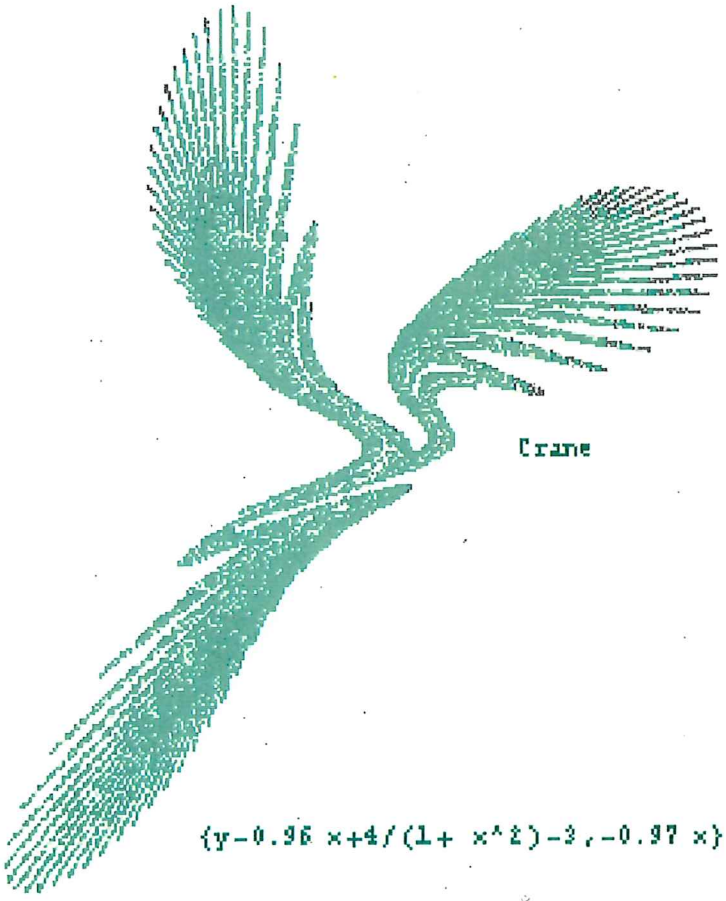
進化経済学論集 第4集

進化経済学会第4回東京大会研究報告
2000年3月25日～26日

Evolutionary Economics in Tokyo

Papers of the Fourth Annual Conference of
The Japan Association for Evolutionary Economics
Tokyo, March 25～26, 2000

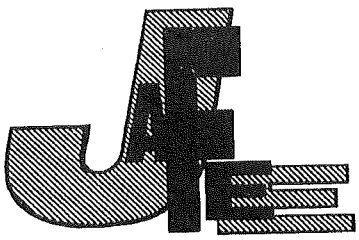


進化経済学論集　第4集

進化経済学会第4回東京大会研究報告
2000年3月25日～26日

Evolutionary Economics in Tokyo

Papers of the Fourth Annual Conference of
The Japan Association for Evolutionary Economics
Tokyo, March 25～26, 2000



Plenary Talks

Tönu Puu, University of Umeå, Sweden

"*Economic Development, Darwin and Catastrophe Theory*"

Daniel Friedman, University of California, Santa Cruz, USA

"*The Viability of Vengeance*"

Shu-Heng Chen, National Chengchi University, Taiwan

"*On the Relevance of Genetic Programming to Evolutionary Economics*"

Tony Lawson, University of Cambridge, UK

"*Why should Economists including Institutionalists be interested in Critical Realism?*"

Session 1-1: *Nonlinear Dynamics 1*

Steve Gaustello (Marquette University).

Attractor Stability in Unemployment and Inflation Rates

Wei-Bin Zhang (National University of Singapore)

Theory of Complexity and Economic Dynamics

Toichiro Asada (Chuo University)

Debt Effect and Macroeconomic Instability:A Theoretical Approach

Willi Semmler (University of Bielefeld)/Mariana Mazzucato(London Business School)

Market Share Instability and Stock Market Volatility: An Evolutionary Approach

Session 1-2: *Nonlinear Dynamics 2*

Mauro Gallegati (University of Teramo)/D. Delli Gatti (Catholic University in Milan)

Technology Adoption, Social Interaction and Out of Equilibrium Dynamics

J. Barkley Rosser, Jr. (James Madison University)

The Problem of Global Environmental Policy in a World of Complex Ecological-Economic Dynamics

Minoru Tabata (Kobe University)/ Nobuaki Eshima (Oita Medical University)/Ichiro Takagi (Kyushu Tokai University)

The Behavior of Solutions of the NonlinearIntegro-partial Differential Equation in Mathematical Economics, and its Economic Meanings

Session 1-3: *Innovation and Evolution*

Florence Astier (University of Lyon)

The Japanese FILP System : A Structural VAR Analysis Approach

Patrick Llerena (University Louis)

Technology Diffusion and Irreversibility in an Industry with Local Interdependencies

Kirill Sadtchenko (NEC Corporation)
Universal Laws in Application to Evolutionary Economics

Session 1-4: *Nonlinear Dynamics 3*
Yuji Aruka (Chuo University)
Family Expenditure Data in Japan, and the Law of Demand : Macroscopic Microeconomic View
Taisei Kaizoji (International Christian University)
Speculative Chaos in a Heterogeneous Agents Model
Tonu Puu (Umea University)
Oligopoly of Three Competitors
Michael Sonis (Bar-Ilan University)
Mathematical Modeling of Evolutionary Dynamics of Individual/Collective Choice of 'Homo Socials'

Session 2-1 **制度進化と経済動態**
木村大成（名古屋大学）
「日本型賃金制度の構造と進化」
遠藤正寛（慶應義塾大学）
The Dynamic Time-path Question of Regionalism
山本英司（京都大学）
「制度進化とカレツキーカレツキにおける史的唯物論ー」

Session 2-2: *Experimental Economics 1*
Toshiji Kawagoe (Future University-Hakodate) / Toru Mori (Nagoya City University)
Pivotal Mechanism and the Truth-telling:An Experimental Study in the Case of Divisible Public Goods
Tatsuyoshi Saijo (Osaka University) et.al.
Finding 'No-Regret' Strategy in GHG EmissionsTrading Institutions in the Kyoto Protocol:An Experimental Approach
Shyam Sunder (Yale University) et.al.
Modeling Bargaining Behavior in Ultimatum Games

Session 2-3 **制度進化と公共経済学**
海老名一郎（京都大学）
「組織編成と協力関係の深化：空間ゲームを用いた分析」
大山明男（大阪市立大学）

「規範理論のための社会認識の試み」
橋本千津子（北海道大学）
「貨幣信用制度における進化と自由－ハイエク『貨幣発行自由化論』を中心に－」

Session 2-4: *Experimental Economics 2*
Shirley Ho (National Chengchi University)
Evolutionarily Stable Coalition Structure
Toshiji Kawagoe (Future University-Hakodate)/Hirokazu Takizawa (Toyo University)
Instability of Babbling Equilibrium in Cheap Talk Games: An Experiment

Session 2-5 **自由論題**
香村由紀（アネルバ株式会社）
「論理、変換、価値フレーム論と反応速度－エネルギー論－」
黒石晋　(滋賀大学)
「経済系の化学進化観」
森口壽一　(大阪経済大学)
「ホメオティック遺伝子・閉包作用素・カリキュラムと職業選択・細胞文化－社会科学（複雑系経済学）と自然科学（分子生物学）の分析同一性－」
吉田和男(京都大学)
「非平衡非線形の経済システム論」

Session 3-1: *Multi-agent System 1*
Shu-Heng Chen (National Chengchi Univ.ersity)
On the Role of Intensive Search in Stock Markets
Koichi Hirano /Ray C. Paton (Univ. of Liverpool)
A Quantitative Evolutionary Interpretation of MacroeconomicBehaviour in the Japanese Economy
Zhanna Mingalyova / Tkachyova Svetlana (Perm State University)
Innovation Activities Infrastructure as Multi-Agent System
Shu-Heng Chen (National Chengchi Univ.)/Chia-Hsuan Yeh (I-Shou Univ.)
Testing Rational Expectations Hypothesis with Agent-based Model of Stock Market

Session 3-2: *Multi-agent System 2*
Takashi Iba (Keio University)
Exploratory Model Building: Toward Agent-Based Economics
Yasuo Nonaka (Chuo University)
Equilibrium Price Distribution and Consumer Search Protocol

Tomohisa Yamashita/Keiji Suzuki/ Ohuchi Azuma(Hokkaido University)
Effects of Competitive Meta-players in Distributed Social Dilemma

Session3-3: Multi-agent System 3
Yeon-Gyu Seo / Sung-Bae Cho (Yonsei University)
Forming Coalition of Multi-agents for Better Strategies in Iterated Prisoner's Dilemma Game
Keiki Takadama (ATR Human) et.al
Role of Individual Evaluation in Multiagent Organization
Qiangfu Zhao (Aizu University)
A Study on Cooperative Co-evolution of Pattern Recognition Agents
Takao Terano /Reiko Hishiyama (Tsukuba Univ.)
Analyzing Negotiation Mechanisms among International Telecommunications Carriers via Agent-Based Approach

Session 3-4: Multi-agent System 4
Keiji Suzuki / Hiroyuki Iizuka (Hokkaido University)
Bottom-up Consensus Formation inVoting Game
Sadayoshi Mikami (HokkaidoUniversity)/ Masao Kubo(National Defence Academy) et.al
Prediction-based Learning Agents and Their Emergent Dynamics
Masayuki Ishinishi /Akira Namatame (National Defense Academy)
The Self-governance of Artificia lMarkets
Saori Iwanaga /Akira Namatame (National Defense Academy).
The Complexity of Collective Decision

Session 3-5 シミュレーション

国枝卓真 （京都大学)
「外国為替市場の不安定性の分析－非線形ダイナミックスを用いて－」
矢澤清明（専修大学）/小方孝（山梨大学)
Ontological Agent-Based Modeling and Narrative Discourse Theory
永友哲彰 （埼玉大学)
「インターネット・オークションのゲーム論的解析とその進化」
河野善文（道都大学)
「空間的競争と企業の参入・淘汰」

Session 4-1 進化経済学とは何か

岡村東洋光（九州産業大学）
「J．ラウントリーの社会改良思想」
柳田香織（東京大学）
「方法論争から経済学史を解きほぐすーシュモラー、シュムペーター、クワインー」
保住敏彦（愛知大学）
「進化経済学へのシュムペーターの貢献」
八木紀一郎（京都大学）
「History-friendly な理論をもとめて：過去と将来」

Session 4-2 進化経済学とは何か
杉浦克己（帝京大学）
「慣習的行為の根拠ーサグデンにおけるコンヴェンション論の考察ー」
江頭進（小樽商科大学）
Common Owning, Transforming and Development of Knowledge
西部忠（北海道大学）
「進化経済学の概念と方法ー進化・アナロジー・シミュレーションー」

Session 4-3 企業システムのイノベーションと進化
白石浩介（三菱総合研究所）
「産業構造変化のシミュレーション分析」
李皓 / 出口弘 (京都大学)
「ハイテク産業の技術進化 ー*Agent-based Simulation Analysis*ー」
宮崎久美子 / Nageswaran Kumaresan（東京工業大学）
" Distributed Industry" - Evolving a New Form of Industrial Structure the Case of Japanese Robotics
弘岡正明（流通科学大学） / 新田重光（城西大学）
「情報技術パラダイム進化と企業システムのダイナミズム」

Session 4-4 進化経済学とは何か
貞岡久里（神戸大学）
「意思決定における内在的選択と外在的選択」
中島義裕（京都産業大学）
「起源問題を契機とした交換過程モデル」
篠原修二（神戸大学） / 中野昌宏（大分大学）
「商品と貨幣の非対称性について」

Session 4-5 企業システムのイノベーションと進化

清水耕一（岡山大学）

「企業システムの進化におけるバイファケーションとイナーシアー自動車産業における事例ー」

宋磊 (名古屋大学)

「日本型産業政策の制度的基礎ー非市場的利益調整、レントシーキング、取引コストの視点からー」

堀出一郎 (麗澤大学)

「企業の老化と再生：生物と企業のアナロジー」

香村由紀 (アネルバ株式会社)

「自由植民を始源とする日本文明からみた企業内決定フレームと組織自由性」

Session 5-4 マルチエージェントシステム

在間敬子（京都大学）

「企業の環境パフォーマンスの多様化：ポリエージェントシステム分析」

小山友介（京都大学）

「少人数グループでの協力の発生と崩壊」

吉地望 / 西部忠（北海道大学）

「多層調整企業モデルによる複雑適応系シミュレーション」

出口弘（京都大学）

「エージェント集団の規範と相互参照型間接制御ー*Norm and Mutual Indirect Control of Agent Based System*ー」

Economic Development, Darwin, and Catastrophe Theory

Tönu Puu

Department of Economics, University of Umeå
SE-90197, Umeå, Sweden
tonu.puu@econ.umu.se

The most obvious aspect of economic development is that of increasing mass and volume: of people, households, commodities, services, firms, communications.

There is also another salient feature, a qualitative aspect of increasing complexity, diversity, and specialization of function. Typically, the various components of a more complex whole seem to become internally more complex, more complex the more specialized their function is.

This development towards increasing specialization and internal complexity almost seems to be a natural law, like the degradation of energy in thermodynamics, though it has a direction reverse to energy degradation, towards higher levels of order and organization.

In this respect economic development is similar to the development of the species in zoology: from a few primitive organisms at a low level of specialization and internal complexity, to highly organized ecosystems of specialized and complex organisms.

It can be maintained that this difference of direction is a salient difference between matter living and dead. Human society in this respect then is just one aspect of life.

The economics of development focuses increasing quantity rather than increasing diversity. This is natural because quantitative increase in well defined sets of objects is easier to analyse than increasing diversity of the set structure itself.

Yet the latter feature is the more interesting one in the development process. It therefore seems necessary to take a new start for modelling economic development focusing qualitative issues, even if it may have to be a simplistic one.

In the history of economics many literary descriptions of development through qualitative change have been advanced, but none has been translated into a successful formal model. There are two excellent well reasoned such examples: Böhm-Bawerk's theory of roundabout production and Smith's of specialisation.

It is interesting to consider how economists would nowadays model the benefits of roundaboutness or of specialization. Roundaboutness would be introduced as an increase of capital K in the production function $Q = F(K,L)$, as a proxy for the heterogeneous set of implements, whereas division of labour would be represented by an increasing productivity constant, multiplied with the labour input L or just with output Q.

This practice must be regarded as very crude, doing no justice at all to the original ideas. It is obvious that not much of the phenomena discussed by Böhm-Bawerk and Smith are caught in this way.

The Development Tree

As we said, a new start would be needed for focusing increasing diversity. Such a starting point could be an analogy to the Darwinian development tree. As can be seen from archeological findings, the development of the tools of primitive man started with multipurpose stone tools, for instance, not differentiating between the operations of cutting, scraping, and sawing, just like zoological development started with primitive organisms of low differentiation, such as amoebas.

In the course of time the saw developed as distinct from the knife and from the scraper, i.e., the lines branched exactly as they do in the biological development tree. Some reflection convinces us that this process of branching and specialization is universal in the development of whatever human implements we study. The question is what the reason for this increasing specialization is.

The idea of regarding the development of human implements as analogous to the development of biological organisms is far from new. A few contemporaries of Charles Darwin actually saw things this way. Most prominent among those was Karl Marx, who, however, found no use for parallels to the ideas of mutations and survival of the fittest. Accordingly he did not detect the greatest potential for Darwinian evolutionism in economic development. If development is a result of wilful planning by the humans, for better or for worse, there remains nothing to model.

George Basalla suggested both mutations (innovations just for the fun of "*homo ludens*") and a selection mechanism due to various socioeconomic forces.

Basalla poses the question whether it would really be likely that such variety as we see in the real world would result from the conscious planning to satisfy human needs concerning shelter, nourishment, and the like.

He asks whether for instance the automobile really was necessary and claims that the automobile essentially was a toy in its first decade 1895-1905, in no way triggered by any kind of shortage of horsepower.

But no matter what the reasons, the interesting thing is that these things were invented without any guarantee for being useful at all, and hence became more like random mutations in Biology. They might linger on, if only as toys, and their use in practice might then explode when a niche is opened up.

Basalla pursues the analogy between the evolution of living organisms and that of human artifacts in great detail. First of all he compares the number of different species, estimated to 1,500,000, with the number of patents, as representing different artifacts, of which only those taken in the US from 1790 to 1980, amounted to 4,700,000. So, he concludes that the world of artifacts is hardly less complex than the world of living organisms.

Earlier writings on these topics classified the mechanical "life" in genera, species, and varieties, and attempted to sketch a development tree in analogy to Darwin's. There also was an absurd preoccupation with the lack of reproductive capacity among the machines, and attempts to make the analogy complete by considering machines making machines on their own. Coupled to this there was a fear that machines would somehow "take over" the role of humanity. At this stage the analogy ceases to be fruitful. We do not need self-reproduction because humans by reinvestment see to it that viable things are reproduced.

Basalla also claims that there is missing a clear idea of the selection mechanism in these early writings, and that they also flip between the idea of technological evolution as a continuous, collectively social process, and as a discrete process of inventions with great names labelled to each one of them. He stresses that there is nothing exclusive in the outlooks, and that in reality there is discontinuity and continuity as well.

Being a pure historian, he, however, has no idea of mathematical bifurcations, competing attractors, basins of attraction, niches for the survival of human implements, or the general way the totality of technology feeds back to provide these niches.

Continuous Evolution

Basalla gives very detailed evidence for the inadequacy of the common idea that technological development is a sequence of discrete revolutionary inventions, and he claims that there is much more of continuous evolution than generally admitted.

He takes a starting point in James Watt's invention of the steam engine in 1775, popularly represented as springing out of a dream of a boy watching a boiling tea kettle. He points at the preexistence of Thomas Newcomen's steam engine for pumping water out from mines, invented in 1712. Though the principles are quite different, Newcomen's working with single action on vacuum resulting from condensating steam, Watt's with double action on expanding steam, it is a fact that Watt's invention arouse in direct connection with repair and improvement of one of the Newcomen engines at the University of Glasgow where he was instrument maker.

Basalla also points at the fact that neither Newcomen's invention was out of the blue sky, as all the mechanical elements, such as piston pumps, linkages, and steam displacement devices were well known and used in Europe in the preceding Century.

He also points at links to the later internal combustion engine, as it in 1759 already was proposed to replace steam by hot air in the engines, and as in 1791 an internal combustion "steam engine", working on turpentine vapour was actually patented. Though there still was two way action remaining from the steam engine, nevertheless the giant leap to Nikolaus Otto's combustion engine is thus bridged over.

More surprising is that even early electric motors were modelled directly after the steam engine, with pistons moving back and forth in cylindrical coils. The rotary motion we take as a matter of course in the electric motor hence was not the only alternative, and, by the way, it also had its obvious mechanical analog in the steam turbine, which itself, of course, goes back to water wheels known since ancient times.

All this demonstrates the usefulness of the biological analogy. First, there no doubt exists a continuous evolution process in the realm of human artifacts quite as in that of living organisms. Second, there is such an overwhelming richness of "species" that they must have arisen through a process of branching and diversification, rather than by some act of premeditated "creation", which is the obvious alternative.

A natural question would be whether bifurcations (i. e. successive splitting in two) could really account for the large number of artifacts which we mentioned. The process of "splitting in two" however is an exponential one, and it easily leads to large numbers. We mentioned the number of US patents, 4,700,000 in the period 1790 to 1980. However $2^{22} = 4{,}194{,}304$, so supposing there was only one implement in 1790, we would on average need no more than around one bifurcation per decade in order to arrive at the required order of magnitude.

Diversification

So let us try to pin down the facts pertaining to the development of human artifacts, keeping in mind the bifurcation idea. We may observe something like a curious natural law: At each state of technology, an implement can be made more efficient the more specific its operation is. The original all-purpose tool can never become as efficient as a saw for sawing, or a knife for cutting. On the other hand an all-purpose tool is better for sawing than a knife.

As a consequence, in the process of harvesting increased efficiency by specialization of function something in terms of the versatility in secondary functions is sacrificed. Only when the different specialized tools are again assembled in a joiner's workshop, or in a modern combination machine, is there an overall improvement of efficiency.

It is very unlikely that such a development would in general ensue according to some premeditated blueprint. Rather we would expect that a more knifelike tool is produced just when efficient cutting is highly needed, and the sawlike tool when sawing is particularly essential (in terms of economics: when the prices for these services are high).

The complete workshop or combination machine is likely to be organized first when most of the specialized tools are already at hand. This will then be the result of recognizing the complementarity property of various specialized tools when they are used in combination.

Lancaster's Property Space

In mentioning the properties of a tool, exemplified by the ability to cut, to saw, and to scrape, it is implicit that tools, and other human implements, could be regarded as bundles of properties.

To make things more specific we can treat them as measurable efficiencies in various operations, thus making the implements representable as coordinate points in some vector space.

This is precisely the way consumers' goods were once regarded by Lancaster in his seminal contribution. It seems fairly obvious that the performance of man-made implements as discussed above, exactly like that of living organisms, for any practical or scientific purpose could be represented by points in a Lancasterian property space of sufficiently many dimensions.

As the next step then we would place the Darwinian development tree in a Lancasterian property space. This is a new setting for the development tree, the branching tree structure remains, but is placed in a vector space of many dimensions. The dimensions of the space in which the biologists usually draw the development tree do not make any mathematical sense, it is just a two-dimensional picture of a set of three-dimensional animals. In this respect our use of the analogy is different.

The essential characteristic of the development tree is its branching structure. By the branchings or bifurcations we can best understand the nature of the emergence of new implements with more specialized function. Later we will focus on mathematical descriptions of such branching structure.

Branching Points

We understand that a new direction in the design of implements is most often caused by changes of needs and tastes. Design ideas occur quite frequently and even erratically over time. Some of them become successful, some are skipped from the beginning.

There are two issues involved. First, the innovation must be transformed from a blueprint idea to a material implement, and second, it must remain at the stage as useful over its lifetime and even be reproduced when it is worn out.

Again, taking the development tree analogy as support, we would say that they arise like mutations. Exactly like the mutations they most often do not remain permanent; only when there is a macro environment with a suitable niche for them, do they appear and remain. The two stages are the same too. First, the genetic change in a chromosome must result in an individual organism that can at all live. Second, it must survive in terms of being propagated to further generations.

Such a permanence for implements results, as we know, from the recognition of the superiority of specialized tools, and of their complementarity, providing for an overall productivity increase when using them in combination.

The emergence of new implements is also a matter of transgressing certain critical threshold values, and the nature of the branching points, as sudden dramatic events contrasted to smooth continuous evolution becomes understandable.

For instance, it is well known that the aeroplane was invented many times, but that it became a reality only when the aerofoil wing could be combined with an engine of a sufficient power and a trunk of sufficient strength in respect to weight.

Bifurcations

Earlier models for dynamical systems were focused on smooth movement. In our days sudden transitions have been focused more and more.

René Thom opened up what used to be called Catastrophe Theory. His intention was to formulate a method by which structural change such as the development of a bud into a leave or into a flower could be mathematically modelled.

Bifurcation is more general than catastrophe. The latter applies to gradient systems, i.e., such that optimise something, whereas the former applies to dynamical systems in general, whether they optimise anything or not.

If we assume that economic development is the result of some sort of optimisation, subject to changing macro environment constraints in terms of changing prices and general know-how, then we can restrict our interest to catastrophe theory.

In our case the state space would be the Lancasterian property space, and the parameters would be represented by such things as the imputed prices that reflect the current tastes and needs.

Under certain parameter changes a previously stable optimum might lose stability and the slowly evolving optimum jump to any of the new optima into which the previous one bifurcates. Assuming that several agents operate in the same system they may together recover several or all of the new stable optima. This explains bifurcations of the type we have been talking about.

Optimising might be represented by an explicit gradient dynamics, and if we wish we can assume adjustment to be momentary. The evolution of the parameters, on the other hand, is slow, and as a result we may see how an equilibrium changes slowly for considerable time, and then bifurcates at an instant. Two words of warning are in place if we want to make an explicit model.

First, we assumed that the Lancasterian property space would need to have a considerable number of state variables, whereas all catastrophe theory attained was a classification of systems with one or two state variables and no more than four parameters.

Second, even though the mathematical proofs, that all possible phenomena can be modelled in terms of the "canonical forms" of the catastrophes and their "universal unfoldings", are safe, it is extremely hard to actually transfer substantial models into these canonical forms by the proper nonlinear coordinate changes. This is why there were so many trivial catastrophe models.

As for the first argument, about the multitude of variables, the Synergetics school of Haken provides a good argument why those low dimensional problems are not so bad after all.

In reality, despite the multitude of variables involved, the probability that more than very few of them are involved in actual phase transitions is very small. The stability of a certain variable is measured by its eigenvalue, obtained at linearising the system in the neighbourhood of an equilibrium.

The eigenvalues can be zero, negative, or positive. Positive eigenvalues signify instability, and they can hence not exist for more than very short periods, otherwise the system will blow up. Distinctively negative eigenvalues mean stability, and in the perspective of what eigenvalues close to zero can cause, their effect can be regarded as momentary damping to equilibrium.

The interesting things, catastrophes and bifurcations, in a system are triggered by those few eigenvalues that are very close to zero and that for a while can become positive.

By probability considerations it is very unlikely that more than a few ones among the negative eigenvalues are close to zero. The philosophical argument is that this movement of the very few "slow" variables is the reason why we find relatively much order and relatively few phase transitions in reality despite its complexity. As a result, low dimensional models may still be useful for high-dimensional systems.

Alternative Futures

Except providing a possibility to understand increasing diversity the present frame enables us to deal with a further question: That of alternative potential futures as advocated by Brian Arthur, according to whom the generally rationalistic lookout of the economics profession would seem to imply that every development follows the unique path of some sort of global optimality. His most convincing counterexample is the QWERTY layout of today's computer keyboards which was devised in 1873 to be sufficiently awkward for slowing the typists down so as to not make the old mechanical typewriters jam too often. Habit has kept the layout, though the rationale for it has evaporated long ago.

Another interesting example is given by Basalla: All oriental hand tools work on the opposite action as compared to the occidental, on drawing the tool towards you instead of on pushing the tool away from you. The interesting thing is that both systems work provided the craftsmen are accustomed to their action. The present discussion with multiple local equilibria in a generally nonlinear world seem to be well suited to accommodate these facts.

Above we tacitly assumed assumed that there would be agents tracing all the branches in a development tree, but this is not necessarily so. It is fully possible that only part of the possible bifurcating tree is traced.

The outcome then is a partial tree, which is only one possible development among many, and another, very slightly different, sequence of random perturbations would result in a different development. The real surprise lies in the large number of partial trees, and in the accordingly small probability for each of them.

There are in all no less than 32,768 different possibilities even if there are only three bifurcation points! This may seem amazing, but there are 2 possibilities of including the basic stem of the tree or not, 4 possibilities of including one, both, or none of the first branches, 16 possibilities for the next level, and 256 for the last. The large number of combinations noted arises as the product of these four numbers. Add one more bifurcation and we end up at billions. The exact function for the number of partial trees is an exponential of an exponential, so it grows immensely fast.

The Viability of Vengeance

Daniel Friedman & Nirvikar Singh*
** Department of Economics, University of California, Santa Cruz*

We offer a theoretical explanation of negative reciprocity or vengeance, the human desire to harm those who have harmed us. Our model shows how negative reciprocity can be sustained by the coevolution[1-3] of genes that determine the capacity for vengeance and group memes (e.g., social norms) that regulate its expression. The model begins with a standard free rider game that captures, simply and directly, a personal cost incurred to reap social gains. The model shows that a taste for vengeance realigns incentives and supports a socially efficient equilibrium, but that by itself the taste for vengeance is not evolutionarily viable. We then show how groups of individuals can use low-power sanctions (or simply status changes) to enforce a particular norm on the proper degree of vengeance. The main result is that actual behavior typically will fall short of the norm, but selection across groups will adjust the norm so that actual behavior maximizes the fitness of group members.

Vengeance is a powerful human motive. We become angry when someone wrongs us, and often try to harm the culprit in return, even at some personal cost. Vengeance deters opportunistic behavior[4] that otherwise might undermine positive reciprocity, direct or indirect[5], and thereby supports social cooperation. On the other hand, misplaced vengeance sometimes leads tragic feuds and even genocide, as in Rwanda or the Balkans.[6]

The existence of vengeance is empirically obvious (and confirmed in controlled experiments)[5], but theoretically mysterious, because vengeance is not individually rational: it is weakly dominated by otherwise similar behavior that shirks on the personal cost. Therefore it is a theoretical puzzle how vengeance ever established itself in the repertoire of human motives, and how it sustains itself. Until the puzzle is solved, theory will offer no guidance on how to regulate vengeance to maximize its social value and to minimize its devastation.

(v=0)	C	D
C	1	-1
D	2	0

Table 1: Fitness with No Vengeance Entries denote fitness payoffs to a player choosing the row (C=cooperate or D=defect when the partner chooses the column (again C or D). Thus the personal cost (fitness reduction) to choosing C rather than D is 1 and the social gain (own plus partner's payoff) is also 1.

We begin our analysis the simplest possible social dilemma, written as a symmetric 2-player game (Table 1). The game has a unique equilibrium: each player chooses the dominant strategy D and achieves fitness 0, thus missing the potential gains of 1 for each player.

We now add a punishment technology and a punishment motive, parameterized by its incurred cost v. We hypothesize that a player can inflict harm (fitness loss) h on the other player at personal fitness cost ch. The marginal cost c in (0,1) is a constant parameter that captures the technological opportunities for punishing others. Also, inflicting harm h yields the player a utility bonus of $v \ln h$ (but no fitness bonus) when he is the victim of the sucker payoff (receiving -1, while the culprit receives +2) and no bonus in other circumstances. Thus the motive is not spite[7] but rather is vengeance for damage personally experienced. The motivational parameter v is subject to evolutionary forces and captures an individual's temperament, e.g., his susceptibility to anger[4].

The objective function when victim of a sucker payoff now is $v \ln h - ch - 2$. Then $h^*=v/c$ is the utility-maximizing degree of inflicted damage and $ch^*=v$ the incurred cost. The game now is as in Table 2, and for $v > c$ we have a coordination game with two locally stable pure Nash equilibria and an unstable mixed Nash equilibrium at $s^* < 1$ (Figure 1). Thus the threat of vengeance can deter defection and support fully cooperative, socially efficient behavior (C,C) as a Nash equilibrium.

(v >0)	C	D
C	1	-1-v
D	2 - v/c	0

Table 2: Fitness with Vengeance For $v > c$, the strategy D is not dominant. When population fraction s plays C, the expected fitness of C is $W(C)=1s-(1+v)(1-s)$ and the expected fitness of D is $W(D)=(2-v/c)s$. The two expressions are equal at $s^* = (1+1v)/(1+1/c)$. For $s<s^*$ the expected fitness is higher for D and play converges to the inefficient (fitness 0) all-D equilibrium, as in the basic game. But for $s>s^*$ the expected fitness is higher for C and play converges to the effficient all-C equilibrium.

The Viability Problem. The vengeance motive v itself is subject to evolutionary forces, perhaps slower than those determining the prevalence s of cooperation, but real forces nonetheless. The expected fitness of a cooperator is $W(C|\, s,v) = 2s-1-v(1-s)$, which is a strictly decreasing function of v for any fixed $s<1$. Only when there are no culprits (s=1) is the expected fitness independent of v. Thus the fitness of player v is weakly dominated by that of player v' whenever $0<v'<v$. Assuming that players occasionally encounter culprits, the vengeance preference parameter v will be driven towards 0 under any plausible evolutionary dynamics. We have a second-order free rider problem, and it seems that vengeance is not viable.

Standard solutions don't work well for this viability problem. Of course, the problem is attenuated for social creatures that form groups of closely related individuals, such as slime molds (relatedness near r=1) or ants (r=2/3). But we are interested in humans, whose groups typically consist of individuals who are not that closely related (say r=0.05). If each individual's v were observable, then those with higher v might encounter D-play less frequently[4] and thus maintain equal or higher fitness. This "greenbeard" solution[8] ignores the evolutionary pressure for lower v individuals to mimic the visible signs of higher v. As noted below, building a reputation is a bit complicated in our setting. Less standard solutions are discussed elsewhere[9] and include a continuing stream of mutants[10], ruling out intermediate values of v[11-12], and moralistic strategies of extended negative reciprocity[13].

Groups and Memes. During most of our evolutionary history, humans, like other social primates, presumably lived in small groups of individuals. In constructing our model, we assume that the typical person interacts every day with other members of his or her group and also often interacts with others outside the group, but repeat encounters with any particular outsider are sporadic. In this setting, cooperation within the group can be maintained by many forms of reciprocation (positive or negative, direct or indirect) but cooperation outside the group is problematic; see Methods below for discussion.

All known groups of humans maintain memes that prescribe appropriate behavior towards fellow group members and typically prescribe different appropriate behavior towards individuals outside the group[14]. The analysis below focuses on competition among memes that prescribe behavior towards culprits outside the group and towards group members who deviate from that prescription. These memes determine the group's reputation and therefore the fitness its members receive in encounters outside the group.

The success of the meme, as with any other adaptive unit, is measured by its ability to displace alternatives, i.e., by its fitness. There are many distinct mechanisms by which one meme may displace another, ranging from warfare to fashion, but for the most part these mechanisms align with the most fundamental mechanism, enhanced individual fitness. Without necessarily accepting assertions[15] that misalignments always are minor and temporary, our analysis will assume that a meme prescribing a particular degree of vengeance is fitter than existing alternatives when it brings higher average fitness to group members.

Groups affect individual fitness in several ways. As already noted, they provide gains from internal cooperation and (depending on the reputation they carry) some gains from external cooperation. They also regulate access to scarce resources such as favorable home sites, stored food and marriage partners. Status or prestige within the group affects access.[14]

Model Elements. The model has two parameters describing relevant memes:

- $v^n \geq 0$ is the group's normative vengeance level, the prescribed cost group members are supposed to incur when punishing outgroup culprits; and
- $a \geq 0$ is the group's tolerance of deviations from that norm. A deviation $x = v^n - v$ incurs a status loss $x^2/(2a)$ and, of course, corresponding status gains by others.

The relevant genes are summarized in one parameter:

- $v^{max} \geq 0$ is the maximum possible taste for vengeance that any meme could induce, given the individual's capacity for anger and his malleability.

Individual characteristics are described by:

- $v \in [0, v^{max}]$ is the actual vengeance cost an individual prefers; we assume it is learned from personal experience within the group.
- $\bar{v} \in [0, v^{max}]$ is the group average degree of actual vengeance cost incurred in punishing outgroup culprits.

Finally, the impact of group reputation is captured in:

- $f(\bar{v}) = \exp(-\bar{v}/b)$ is the frequency with which an individual encounters culprits. It decreases in the group's reputation, summarized in $\bar{v}$, and increases in the positive parameter b representing the hostility of the environment.

Result 1: The level of vengeance that maximizes fitness of group members is $v^o = \max\{0, b-2\}$. This level would be advantageous for the group to induce in its members, given the hostility b of the environment. The derivation is straightforward. Under present assumptions, sanctions against deviators are zero sum within the group, so the group optimum simply trades off the increased fitness cost of higher v against the increased benefit, encountering fewer culprits.

Of course, this result describes optimal rather than actual behavior and ignores the second-order free rider problem that no individual captures much of the benefit, which is dispersed throughout the group. To predict actual behavior, we now consider a fixed meme summarized by v^n and a and examine how individual preferences will adapt.

Result 2: Individual adaptation drives v and $\bar{v}$ toward the individual optimum $v^* = v^n - a$, truncated to $[0, v^{max}]$. For given group characteristics $\bar{v}$ and v^n, the individual fitness cost is proportional to the sum of the direct cost v and the loss $(v^n - v)^2/(2a)$ from deviating from the group norm. The sum is minimized at $v^* = v^n - a$. Individual fitness is single peaked at v^*, so adaptive dynamics push the individual's parameter towards this optimum. The optimum is attained as long as the value

is within the feasible range; otherwise v^* is truncated below at 0 and above at v^{max}. Assuming that individual adaptation is faster than either memetic or genetic evolution, v^* is a good approximation of actual preferences of each individual and an even better approximation of their average.

What is the relation between the group optimum v^o and the individual optimum v^*? The group meme, embodied in the parameters a and v'', is subject to selective pressures in the medium run, and group average fitness is single-peaked. Any group whose memes bring actual behavior (near v^* by Result 2) closer to true optimum (v^o by Result 1) has a selective advantage. Hence memetic evolution will drive actual behavior towards the optimum, as long as it is feasible. But if v^o is infeasible (because the environment is so hostile that $v^o > v^{max}$), then there is a genetic selective advantage to increasing v^{max}. Hence

Result 3: Coevolution of memes and genes drives actual behavior v^* toward the group optimum v^o; in equilibrium $v'' = \max\{0, a+b-2\}$.

Thus the actual vengeance level is socially efficient in evolutionary equilibrium. Note that memes v'' that supports this efficient behavior are not the optimum value v^o but rather exaggerated versions, $v'' = v^o + a$.

On longer time scales there can be shifts in the environment b and in the punishment technology c. These shifts affect the encounter function f and hence the group optimum v^o. Our main conclusion implies that memes (and, when necessary, genes) will adjust under selective pressure so that individual behavior v^* will track the new group optimum.

Discussion. Vengefulness, or a taste for negative reciprocity, is a crucial part of the human emotional repertoire. We model its importance in sustaining cooperative behavior, but highlight an intrinsic free-rider problem: the fitness benefits of vengeance are dispersed throughout the entire group but the fitness costs are borne personally. Evolutionary forces tend to unravel people's willingness to bear the personal cost of punishing culprits. The countervailing force that sustains vengeance is a group norm together with low-powered (and low-cost) group enforcement of the norm. Such memes coevolve with personal tastes and capacities so as to produce the optimal level of vengeance.

The underlying interaction in our model is the simplest possible social dilemma, but our methods extend easily to more complex interactions. It seems straightforward to redefine a culprit as one who harms any group member, not necessarily oneself. More generally, if the interaction took the form of a common pool resource or public goods game, a player would be considered a culprit to the extent that his contribution falls short by an amount e from the efficient level (or a normative level). The utility bonus then could take the form $ve \ln h$, in which case the total harm to the culprit would be Ve/c, where V is the sum of the other participants' vengeance parameters. Results parallel to 1-3 above seem to follow.

Positive reciprocity could be analyzed directly in a similar fashion: preferences could include a utility gain (but no fitness gain) for rewarding a partner's cooperation, and a social norm could impose a fitness loss on deviators. However, since culprits are rare and cooperators are ubiquitous in successful society, the fitness cost of the rewards is excessive when relying entirely on positive reciprocity to sustain cooperation. Negative reciprocity greatly reduces the burden.

We can speculate how our model applies in different societies. The application to hunter-gatherer bands or villagers is clearest; here parameter b reflects directly the uncooperative tendencies of people from neighboring groups, and c reflects the opportunities to identify, track down and inflict harm on them. In more highly structured societies, vengeance is often exacted by delegated specialists. The marginal cost c of vengeance is lower, but still positive so the model remains valid. Here an important shortcoming is that the model takes as exogenous institutions determining the vengeance technology.

What are the empirical implications of our model? Laboratory experiments can distinguish a taste for negative reciprocity from the egalitarian preferences hypothesized recently[8,16-17]. The model's comparative statics are also clear in principle, and testable with anthropological data: norms of vengeance and vengeful behavior should vary systematically with the hostility of the environment, the technology for harming culprits, and the technology for enforcing group norms. If the model is on the right track, one can hope that dysfunctional vengeful behavior (as in the Balkans) might improve in coming decades as the relevant memes evolve.

Methods

In this section we explain how results generalizing 1-3 arise from less restrictive specifications than those used in the text. For concreteness we assume that the underlying social dilemma is still as in Table 1.

Even without imposing a group structure, one can write the expected fitness advantage to cooperating $A(p, u)$ = W(C)-W(D) as a function of the individual's probability estimate p that his partner will choose C and his expectation u of her vengeance parameter. One can derive p and u from a general specification of noisy observables[9]. Figure 2 shows how the fitter choice, C or D, depends on the sign of A, and how the choice shifts with the individual's own parameter v. One can derive[9] a smooth, decreasing encounter function $f(\bar{v})$ from the assumption that everyone chooses according to Figure 2.

One can also develop a theory of group size and the reliability of group reputation from similar considerations[9]. The text shortcut these matters by implicitly obtaining p and u from a convenient but arbitrary encounter function $f(\bar{v})$ together with a given (high) level s of within group cooperation.

The crucial feature of the group is that it imposes an expected fitness loss $\rho(x)$ when an individual deviates $x = v^n - v$ from the group norm v^n. The loss function ρ is assumed smooth, convex (with slope >1 for x sufficiently large) and minimized at 0, but it need not be quadratic or even symmetric.

Result 2 Derivation. With probability $f(\bar{v})$ a v–cooperator encounters a defector and receives fitness loss $(1+v+\rho(v^n - v))$, the sucker payoff plus the cost of wreaking vengeance plus the group status loss from departing from the norm. The individual receives a fitness gain of 1 in an encounter with a cooperator. Thus the individual's expected fitness is $W(v \mid \bar{v}, v^n) = 1(1-f(\bar{v})) - (1+v+\rho(v^n - v))f(\bar{v}) + R = 1 - f(\bar{v})(2+v+\rho(v^n - v)) + R$, where R is the base-level fitness including the (positive) effect on one's status from other group members' deviations from the norm v^n. The fitness function does not account for the possibility that the individual may sometimes play D, but this omission is harmless in terms of analyzing the adjustment of v.

Since the current choice of v has negligible effect on $\bar{v}$, the derivative of W is, up to the positive multiplicative constant $f(\bar{v})$, simply $\rho'(v^n - v) - 1$. The assumptions on ρ ensure that this derivative is decreasing in v and equal to zero at a unique $v^* > v^n$. Hence the single-peaked property holds and the argument in the text shows that individual adaptation pushes actual v towards v^*. With the quadratic specification for ρ we have the first order condition $0 = \rho'(v^n - v) - 1 = (v^n - v)/a - 1$, so in this case $v^* = v^n - a$, truncated to $[0, v^{max}]$, as claimed.

Result 1 Derivation. The text assumes that the group imposes ρ purely through status changes. In this case, R cancels the mean contribution of ρ, so the group average fitness is $W^g(\bar{v}) = 1(1 - f(\bar{v})) - (1+\bar{v})f(\bar{v}) = 1 - f(\bar{v})(2+\bar{v})$. The group optimum v^o maximizes this expression on $(c, v^{max}]$. Using $f(v) = \exp(-v/b)$, the first order condition reduces to $2+v = -f/f' = b$, so v^o is b-2, truncated to $(c, v^{max}]$ as claimed.

More generally, imposing a loss on a deviator may reduce the group's overall fitness by some fraction $t \in [0, 1]$; e.g., some potential gains to cooperation may not be realized. Group average fitness becomes $W^g(\bar{v}) = 1 - f(\bar{v})(2+\bar{v} + t\rho(v^n - \bar{v}))$. With f and ρ as specified in the main text, direct computation yields $v^o = a(-t/2) + b(1 - t) - 2$. If $t = 0$, we have the case just analyzed, where v^o depends only on the environmental hostility parameter b. Higher t decreases the optimal level of vengeance and introduces positive dependence of v^o on the tolerance parameter a and the environmental hostility parameter b.

Result 3 Remarks. The text uses a direct argument from earlier results to establish the striking result that memes solve the second-order free rider problem and align actual behavior with optimal behavior. Here we highlight two underlying assumptions. The first is that there is a heirarchy of time scales, so that individual v (hence also $\bar{v}$) adapts most rapidly, then the memes v^n and/or a, then the genes v^{max}, and finally the environmental and technological parameters b and c. It does seem that v adapts rapidly to social memes; e.g., according to stories in the media, kids raised in Belfast and Lebanon brought to the US have no problem adapting with a few months to the US norm and then adapting back when they return. It is natural to think of memes as evolving faster than genes, but that is not necessary for our result. Examples of coevolution on overlapping time scales include sickle-cell anemia in yam-growing areas, and lactose tolerance in herding communities[2]. The optimality result clearly fails when the environment or punishment technology changes faster than the memes (or, when v^{max} is too low, the genes).

The other key assumption is that there is no fitness conflict between memes and genes. Generally speaking, memes transmitted vertically (e.g., from parents to children) share a common fate with genes and hence their fitnesses tend to coincide. However, horizontal meme transmission (e.g., from one teenager to another) need not respect genetic fitness. Fortunately for our argument, available anthropological evidence points to vertical transmission of v^n and a.[14]

References

1. Dawkins, Richard (1976), *The Selfish Gene*, NY: Oxford University Press.
2. Durham, William H. (1991), *Coevolution : genes, culture, and human diversity*, Stanford, Calif.: Stanford University Press.
3. Boyd, Robert and Peter J. Richerson (1985), *Culture and the Evolutionary Process*, University of Chicago Press.
4. Frank, Robert (1988), *Passions within Reason: The Strategic Role of the Emotions*, NY: WW Norton.
5. Fehr, Ernst and Simon Gaechter (1998), "Cooperation and Punishment," University of Zurich manuscript, September
6. ..New Yorker article of Sept 6, 1999 or other discussion of vengeance in the balkans...
7. David K. Levine (1998) "Modeling Altruism and Spitefulness in Experiments," *Review of Economic Dynamics* 1, 593-622.
8. Boyd & Richerson greenbeard cite..
9. Friedman, Daniel and Nirvikar Singh (1999), "On the Viability of Vengeance", UC Santa Cruz Working Paper, http://...
10. Sethi, Rajiv and Eswaran Somanathan (1996), The Evolution of Social Norms in Common Property Resource Use," *American Economic Review*, 86:4, 766-788.
11. Huck, Steffen and Jorg Oechssler (1999), "The Indirect Evolutionary Approach to Explaining Fair Allocations" ,*Games and Economic Behavior*
12. Robert Axelrod, (1986), " An Evolutionary Approach to Norms," *American Political Science Review*, 80, 1095--1111.
13. Boyd, Robert, and Peter J. Richerson, " Punishment Allows the Evolution of Cooperation (or Anything Else) in Sizable Groups" , *Ethology and Sociobiology*, 13, 171-195.
14. Sober, Elliott and David Sloan Wilson (1998). *Onto others: The evolution and psychology of unselfish behavior*, Harvard University Press.
15. Wilson, Edwin O...Sociobiology...
16. Bolton and Ockenfels (1998). "ERC: A Theory of Equity, Reciprocity and Fairness," Penn State University manuscript.
17. Fehr, Ernst and Klaus Schmidt (1999) "A Theory of Fairness, Competition and Cooperation," QJE.

Acknowledgements. The first author is grateful to CES Munich University for hospitality while writing the first fragments in May 1997. We have benefited from the comments of audiences at Indiana, Purdue, UCLA, and UCSC.

Correspondence and requests for materials should be addressed to D.F. (email: dan@cats.ucsc.edu).

"*On the Relevance of Genetic Programming to Evolutionary Economic*"

Shu-Heng Chen, National Chengchi University, Taiwan

Figure 1: The Advantage of Cooperating.
The fitness advantage A(s)=W(C)-W(D)=(v/c –1)s – (v+1)(1-s) is graphed as a function of the population fraction s playing C for two values of the vengeance parameter v. The graph of A rotates counterclockwise as v increases. The solid dot at s=1 represents a socially efficient, fully cooperative Nash equilibrium.

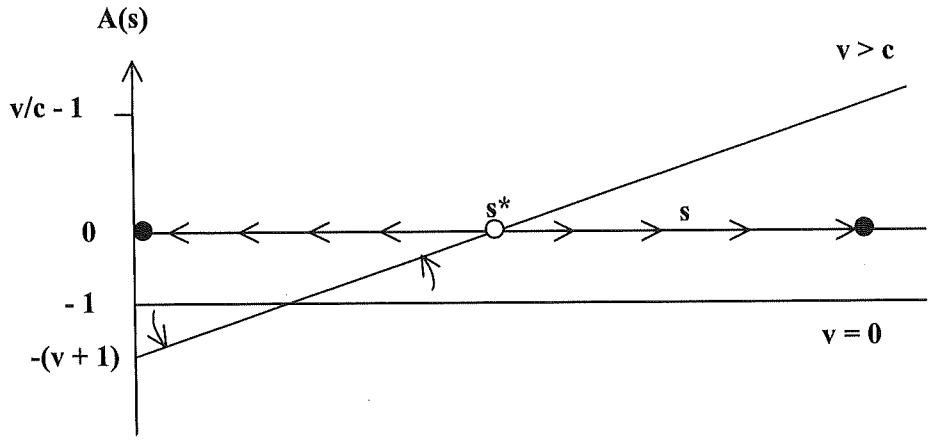
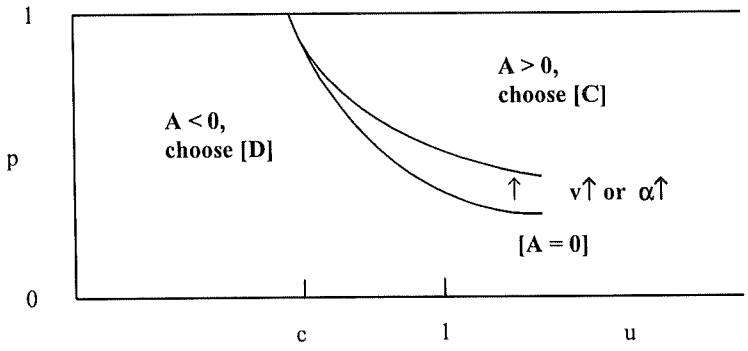


Figure 2: The Decision Rule.
The appropriate choice of C or D is given by the sign of the advantage function A(p,u), where p is the probability that the partner will choose C and u is an unbiased estimate of her vengeance parameter. The A=0 locus shifts up with increases in the the decision maker's direct (v) or full (α=v+ρ(v^n-v) vengeance cost.



Why should economists including (old) institutionalists be interested in critical realism?

Tony Lawson
Faculty of Economics and Politics
Sidgwick Avenue, Cambridge, CB3 9DD, UK
e-mail: Tony.Lawson@econ.cam.ac.uk

The primary objective of this paper is to argue that the discipline of modern economics has much to gain by reorienting itself in the direction of realist social theorising. In particular, I wish to suggest that the discipline can profit significantly by taking on board some of the results of a specific project in realist social theory systematised as critical realism. In making my case I will inevitably be highlighting failings of alternative approaches against which realist social theorising is contrasted. Most of the criticisms made will concern the mainstream project of the modern discipline. But certain fundamental ones will be seen also to apply to aspects, or strands, of heterodox projects such as that systematised as old (or Veblenian) institutionalism.

Defining my terms and explaining my orientation

I start by defining some of my basic categories and explaining my orientation. By social theorising I understand all systematic and sustained attempts to illuminate social reality. By social reality I understand that domain of phenomena whose existence depends at least in part on human (intentional) agency. By realist social theorising I understand social theorising in which ontology, i.e., the study of the nature and structure of social reality or being, is explicit and sustained. Critical realism in economics, then, is a specific project of this latter sort.

Why the concern with ontology? Imagine a situation in which a pneumatic drill has been found successfully to make a hole in the road, and on the that basis of this success is selected for a second task: that of cleaning a glass window. Clearly we know this to be a preposterous decision and are not at all surprised when the drill causes the glass of the window to break. But why do we suppose the decision so to employ the drill can be recognised as mistaken, even in advance of the outcome? Precisely because we know something of the natures both of the glass and of the proposed method of illumination (the drill) to know that the one is not well suited to the other; given what we most of us know about the nature of glass we would expect something softer like a cloth to do a better job of illumination. Now just as we can determine the natures of specific objects such as glass windows so, I believe, we can obtain insights into the nature of the basic subject matter of a field of study. To do so is to engage in ontology. Thus, in analogous manner to matching cleaning tools to the window, so, I believe, by way of ontological reasoning, we can assess the relevance of proposed research procedures to illuminating social reality.

This rather stark analogy hopefully illustrates something of why I take ontology to be essential to social theory, at least in principle. As it happens it is the case that modern economics is both in a state of some disarray (see, for example, Bell and Kristol, 1981; Kirman, 1989; Leamer, 1983; Leontief, 1982; Rubinstein, 1995, Wiles and Routh, 1984; and other references discussed in Lawson, 1997, especially chapter 1) whilst remaining almost wholly neglectful of explicit ontological analysis. My thesis is that it is ultimately the latter ontological neglect that accounts for the discipline's poor showing. This, in my view, is why economics in particular warrants an ontological turn, why, at this point in time especially, it can benefit significantly from a reorientation in the direction of realist social theorising.

Philosophical argument and ontology

How though do we do ontology? The stating point for those contributing to the project of critical realism has been that all practices, including scientific ones, are *intelligible*. That is, the contention sustained is that, whether actual practices are successful or not on their own terms,

they have explanations; there are conditions which render the practices actually carried out (and their results) *possible*. Thus a central strategy has just been to seek to explain (aspects of) certain human actions, to identify their conditions.

Transcendental reasoning

To start from the intelligibility of a form of life, should not be contentious. After all, we do all assume that at least some aspects of the world, including the practices of others, are intelligible. It is difficult, for example, to imagine anyone bothering to attempt to read and understand these lines who supposes otherwise.

The form of reasoning that takes us from generalised practices (or aspects of them) -- or more generally from widespread features of experience -- to their grounds or conditions of possibility, is the *transcendental argument*. The transcendental argument or transcendental deduction is thus clearly a special case of the *retroductive argument*, where the latter moves from conceptions of specific phenomena at any one level to hypotheses about their underlying conditions or causes (see e.g., Lawson, 1997, especially pp. 24, 212-15).

Any results achieved by way of transcendental reasoning are clearly conditional -- upon the human practices selected as premises and our conceptions of them, as well as upon the adequacy of the transcendental argument employed.

Moreover it is clear that philosophy so conceived, ie., as method turning centrally upon the transcendental argument -- considers the *same world* as the sciences, and indeed serves to complement their results. However, it proceeds on the basis of pure reason (albeit exercising it always on the basis of prior conceptions of historically rooted practices) and produces (fallible) knowledge of the necessary conditions of the production of knowledge.

Modern Economics

Let me consider the situation in modern economics from the point of view of ontology. I think there is little doubt that the dominant method is that of formalistic modelling. The latter comprises most of micro economics, macro economics and econometrics. Indeed, formalistic modelling is the essence of the mainstream economics project in modern times, and portrayed by that project even as the core of the whole modern discipline.

Now all such formalistic modelling endeavours warrant, as a condition of their successful widespread application, that closed systems -- i.e., systems in which regularities (deterministic or probabilistic) of the form ' whenever event x then event y' occur -- are ubiquitous. Forms of explanation that require the formulation of event regularities of this sort are called deductivist.

If it had turned out that formalistic deductivist modelling practices had proven widely successful in economics we could pose the ontological question with respect to those practices, we could transcendentally deduce the conditions for their successes. And one clear condition of possibility of such successes - *had they occurred* -- is precisely that in the social realm sufficiently strict event regularities had been found to be ubiquitous.

However, formalistic modelling methods have so far been found not to be very successful at all. And this precisely reflects the fact the sufficiently strict or stable event regularities are yet to be uncovered. Of course, mainstream modellers mostly regard the lack of success with this direction of research as a temporary phenomenon. *Spurred on by an unquestioning ambition to be scientists in the mould of natural scientists* -- and this does seem to be the main motivation of mainstream modellers who pursue their project relentlessly in the face of limited successes -- the main quasi-methodological conclusion to be drawn, typically, is merely that it is for necessary economic modellers to search somewhat harder.

The experimental natural sciences

Ontological analysis, however, enables us to see things somewhat differently. Here it is useful to consider the intelligibility of aspects of those practices bound up with such event regularities as do occur, i.e., in the natural realm. Specifically, I want to make two observations. The first is that event regularities considered significant in science are, in fact, rather rare and largely associated with a specific form of human scientific practice. That is, outside astronomy, most of the event regularities considered to be of interest to science are produced in conditions of experimental control. Second, the

results obtained in experimental work are regularly successfully applied in conditions in which event regularities do not occur.

How do we render these aspects of human practices intelligible? What are their ontological conditions? Notice first that these observations are already problematic for the deductivist conception, for which the elaboration of event regularities is regarded as essential. For the recognition that actual event regularities are in fact highly restricted in their occurrence severely undermines the idea that science is universally applicable; the realisation that such regularities are largely confined to conditions of experimental control bears the implication that any ' laws of nature' depend on us (for human intervention is required in setting up the experimental conditions); and, most significantly of all, the fact that experimental results are successfully applied in conditions where event regularities do not occur is found to be quite inexplicable.

The noted observations concerning experimental practices, however, can be rendered intelligible. But in order to do so it is necessary to recognise explicitly a deeper level of reality to the sorts of event and states of affairs connected in ' whenever this then that' deductivist formulations; there is more to reality than the items which comprise possible objects of experience. Rather we need to recognise that behind the course of actuality, behind actual events and states of affairs, lies a realm of structures, causal powers, mechanisms, tendencies and the like, conditions which produce such events and states of affairs as can be experienced, and which it is the proper function of science to identify.

Once such an ontology (and associated conception of science) is accepted the noted observations concerning experimental practices are no longer problematic. For, first of all, we can see that the restriction of event regularities to the experimental situation no longer places a limit to the practice of science. For science is now properly recognised as the process of seeking out not correlations in surface phenomena such as events, but the causes of surface phenomena, and the experiment is seen as merely one set of procedures that can help in this process. Second, the experiment is not interpreted as producing laws of nature (understood by mainstream economists as, or as necessitating, event regularities) but merely as producing those conditions under which a causal mechanisms or tendencies (now recognised as the proper objects of any laws of nature) are empirically identified. There is nothing counter intuitive about this. Third, the fact that the results of the experiment are successfully applied in conditions where event regularities do not hold is quite intelligible. For the results of experiments do not concern event regularities *per se* but transfactually acting mechanisms that are experimentally empirically identified. Thus the gravitational tendency may be empirically identified in the controlled experiment, but it acts both inside and outside the experiment alike, even on the autumn leaf as it flies over roof tops and chimneys.

Already, then, our ontological reasoning bears implications for economics. For any desire to be scientific in the sense of natural science does not after all necessitate the relentless pursuit of formalistic deductivist methods in the face of repeated failure. Rather the question of naturalism -- whether economics can be scientific in the sense of natural science -- must now be posed some what differently. Specifically, it takes the form of questioning whether social phenomena at any one level can be explained in terms of their causes lying at another. The answer to this question, of course, can be determined only by looking to the social realm directly.

Ontology and social reality

If we do so consider social reality we obtain, by way of transcendental arguments (the details of which are contained in the paper of which this is a summary), a conception of social reality as an emergent realm dependent upon, though irreducible to, inherently transformative human agency, and consisting of stuff that is intrinsically, dynamic and highly internally related, amongst other things.

Some implications for analysis

Ontological analysis of this sort can and does carry numerous methodological implications. These bear both on potentially fruitful possibilities for research practice, as well as on limits to what can be achieved. I have emphasised the former

recently on numerous occasions (see for example, Lawson, 1997, chapter 15). Here I want to take a somewhat more critical orientation, focusing in particular on implications concerning suspect practices prevalent in the mainstream project, but also evident in heterodox traditions like (old) institutionalism.

Accounting for the modern mainstream

As a first consequence of the above ontological excursions I am now in a position to explain the situation of modern economics. When the conditions of the experimental natural sciences were examined above, I observed that event regularities are produced where intrinsically-stable mechanisms are insulated and thereby empirically identified. Ontological analysis of the social realm, however, has now revealed social reality to be not only structured (allowing a science of social phenomena) but also highly internally related, intrinsically dynamic, and dependent upon transformative human agency. As such it is highly unlikely that there are atomistic or otherwise separable intrinsically stable bits of society that can be isolated (experimentally or otherwise) to produce event regularities. To the contrary, the fact of the social domain's highly internally related nature, seems to suggest that, while economics can yet be a science in the sense of natural science, the mainstream tradition, with its *a priori* insistence on formalistic deductivist modelling, has unthinkingly generalised that one aspects of natural scientific practice that possibly has hardly any relevance to the social realm at all. No wonder, then, the modern discipline is in a state of disarray. And it can with reason be said that this is due, in the main, to its continuing practice of ontological neglect.

Institutionalist thinking as reductionist

In the paper from which this summary is drawn I suggest that aspects of the old institutionalist project are also not nearly realist enough. Once more there is a problem of ontological neglect of sorts, and it leads to the same sorts of errors committed by the contemporary mainstream. The problems I have in mind start, I believe, with the contributions of Veblen, a figure lauded by some as the patron of the institutionalist tradition. Now the primary methodological error to which realist social theorising draws attention is the adoption of methods, frameworks and categories, etc., *a priori* on some merely pragmatic, non-ontological or evidential, basis. But this is precisely how Veblen proceeds. In asking why economics, at the turn of the twentieth century, was not yet an evolutionary science, and suggesting (erroneously) that it inevitably was soon to become one, Veblen nowhere argues the superiority of the evolutionary or ' cumulative change' approach over any other. The only quality of the approach recognised by Veblen was that it was regarded as *modern*.

Others who follow Veblen have been encouraged to argue in a similar unsatisfactory fashion. Thus for example, we find Hodgson (1994) following Veblen in supporting merely *a priori* " the adoption of institutions as the main units of analysis, rather than atomistic individuals" (p. 377). Unfortunately, we appear to have here the substitution of one sort of reductionism for another: the assertion of methodological institutionalism in place of methodological individualism. And we find Mirowski (1998) instead predicting that economists will become infatuated with the cyborg sciences, just because they are recently influential in other natural sciences, i.e., because currently they are regarded as *modern*. Being modern in this way, Mirowski seems to think, is automatically and unquestioningly a good thing.

Other problems arise. All can be solved, I think, by moving the subject in the direction of realist social theorising.

References

Bell, D. and Kristol, I. (1981) *The Crisis in Economic Theory*, New York: Basic Books.

Hodgson, G. M., (1994) Institutional Economic Thought in Europe, entry in Hodgson, G. M., Samuels, W. J., and Tool, M. R., (eds.) *The Edgar Elgar Companion to Institutional and Evolutionary Economics*, Aldershot: Edward Elgar.

Kirman, A. (1989) " The Intrinsic Limits of Modern Economic Theory: The Emperor has no clothes" , *Economic Journal* 99(395).

Lawson, T. (1997) *Economics and Reality*, London:Routledge.

Leamer, E.E. (1983) " Lets take the Con out of Econometrics" *American Economic Review*: 34-43.

Leontief, W. (1982) Letter in *Science* 217: 104-7.
Mirowski, P. (1998) " Machine Dreams: Economic Agents as Cyborgs" , in*New Economics and its History: Annual supplement to volume 29, History of Political Economy*, edited J.B. Davis, Durham and London: Duke university press.
Rubinstein, A. (1995) " John Nash: the master of economic modelling" ,*Scandinavian Journal of Economics* 97(1): 9-13.
Wiles, P. and Routh, E. (1984) *Economics in Disarray*, Oxford: Basil Blackwell.

Attractor Stability in Unemployment and Inflation Rates

Stephen J. Guastello, Ph.D.
Dept. Psychology, Marquette University, P. O. Box 1881, Milwaukee, WI 53201-1881
Phone: (1) 414-288-6900;FAX:(1) 414-288-5333;email:6155guastell@marquette.edu

After the demise of the Phillips curve relationship between unemployment and inflation rates, considerable attention and policy making were centered on "natural rate" interpretations of these phenomena. Natural rates implied market-driven fixed-point Walrasian equilibria (Davidson, 1995; Freedman & Kriesler, 1994; Friedman, 1968; Galbraith, 1994; Papadimitriou & Wray, 1994; Phelps, 1967; Seccareccia, 1991). This research examined those suppositions as hypotheses in nonlinear dynamics, using the method of exponential nonlinear regression equations (Guastello, 1995). With this procedure it was possible to detect fixed points, chaos, and bifurcation effects. US data for 1948 through early 1995 were used. The hypotheses were as follows:

- The natural rate explanation suggests that unemployment rates have a fixed point attractor.
- The policies based on a natural rate assumption or a loose Keynesian mechanism suggest that instabilities over time are the norm, although some instabilities are greater than others.
- The complex system of economic forces that affect unemployment rates can produce both upward and downward effects. This pushing and pulling suggest chaotic dynamics.
- Policies that target zero inflation assume that zero inflation is an optimal equilibrium value.
- According to Keynsian theory, the optimal equilibrium is non-zero.
- According to the Horizontal Phillips model, a non-zero equilibrium must exist.
- Instabilities in inflation rates are known to have occurred historically worldwide.
- The complex system of economic forces that affect inflation rates can produce both upward and downward effects. This pushing and pulling suggest chaotic dynamics.
- What are the critical values of employment and inflation stability and instability if they exist?

ANALYSIS FOR UNEMPLOYMENT

The results for the simplest model were: $z_2 = e^{(0.36z1)} - 0.205$. The obtained value of R^2 is .86, and Lyapunov dimension (DL) = 1.43. Interpretation: The function is low-dimensional chaos, as denoted by the positive exponent. This chaotic effect may reflect an autonomous process for which no control parameter is really responsible. Exogenous forces, e.g., a political decision now and then may responsible for specific random shocks which do not send trajectories of unemployment rates out of their attractor basin. Such shock are carried through the subsequent portion of the time series, however. The system is structurally stable.

The results for the bifurcation model were as follows: $z2 = 1.04z1e^{(-0.015z1)}$. The obtained value of R^2 was .92, and DL was 1.98. There is a significant bifurcation factor, which means that a some factor is present, that is responsible for the widening and contracting of the periodic fluctuations. Results thus favored the logistic bifurcation interpretation.

For the linear comparison, where z_2 is tested as a function of z_1, an R^2 of .92 was obtained. For the linear comparison where z_2, was tested as a function of time, an R^2 of .32 was obtained. Both nonlinear models were superior to linear functions of time.

Because the logistic had a negative exponent, iteration was initialized with the average unemployment rate for 1994, then run until it was close to convergence (48 iterations, analogous to 12 years of real time). All the usual assumptions and risks concerning ergodicity and forecasting apply. The natural rate obtained from this situation was 6.6% of the workforce unemployed. The iterated time series appears in Fig. 1.

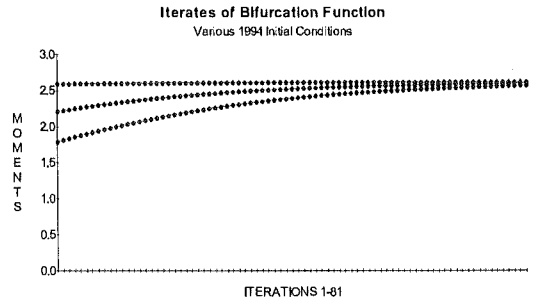


Fig. 1. Iterations of the bifurcation model based on the high, average, and low monthly unemployment rates for 1994 as initial conditions.

Because the Chaotic attractor function had a positive exponent, the method for find the epicenter of the

attractor is to multiply the exponent by -1*t*, and iterate backwards in time to find the initial conditions that are most likely to have produced the time series we observe (Wiggins, 1988). That value was 3.4% unemployment. The iterated time series for the chaotic attractor function appears in Fig. 2.

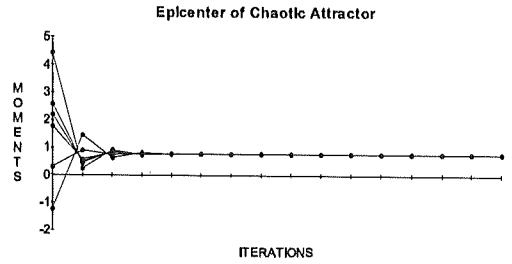


Fig. 2. Backwards iteration of chaotic attractor function to locate its epicenter.

A set of scenarios explored what could happen if the economy were subjected to a shock equal to roughly ten times the ambient rate. Once again, iterations were applied to the logistic bifurcation model obtained from the direct analysis of data. The series were initialized with the 1994 average unemployment rate and the epicenter of the chaotic attractor. The former value represented current economic conditions. The latter was used as a hypothetical value that might be representative of a better-tuned economy.

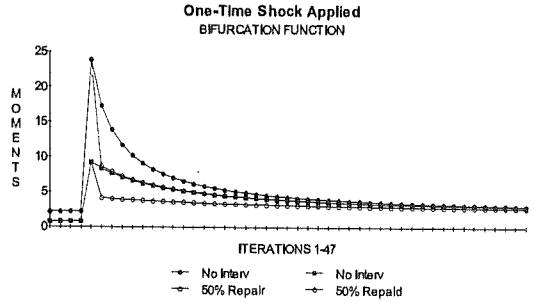


Fig. 3. Iterates of system with one-time shock applied

Next, the bifurcation strength was boosted to 11.0 to represent an acute shock. The bifurcation value was then returned to 1.04 for the 6th through last iteration. The results are shown in Fig. 2. The series based on the 1994 initial value showed a sharp peak when the shock was applied, with an unemployment rate of 41.3% (z = 23.93 moments). The unemployment rate eventually descended to 7.5% (3.09 moments) after 12 years of analog time.

When the same level of shock was applied to the hypothetically well-tuned economy, however, the peak unemployment reached only 17.5%. Ironically, the unemployment level descended to a rate of 7.3%, which was virtually the same as the end result of shock applied to the less advantaged economy (Fig. 3). Two additional options were examined. The two scenarios with one-time shock were re-run, with a hypothetical government intervention applied to iteration 8. The hypothetical intervention had the effect of reducing the unemployment rate to 50% of its value from the iteration before. Both iterated series concluded in virtually the same place as the series without intervention.

ANALYSIS FOR INFLATION

Producer Price Index (PPI)

A chaotic attractor was isolated for the PPI (R^2 = .75) with D_L = 1.51 at a three-month lag interval. The resulting function was: $z_2 = e^{(0.411 z_1)} - 0.789$.

The attempt to test a bifurcation model resulted in a nonsignificant exponent, such that the null hypothesis of linearity was upheld. The time series was well-approximated, however, by the linear autoregressive function, whereby fluctuations were dampened from quarter to quarter and a small increase in inflation was added (R^2 = .84). The test for the linear effect over time showed a poor level of fit, by contrast (R^2 = .02).

The next procedure was to explore the function obtained for the PPI, forecast outcomes based on plausible initial conditions, and reverse-forecast the function to determine plausible initial conditions that might have produced it. Because D_L is evaluated at the norm of the time series, the constant θ_2 can be interpreted as a further correction for location. Thus iterations would proceed without the constant, after which the constant would be added to z_i before multiplying by the scale parameter to obtain real values, y_i.

Depending on the specifics of the problem under study, however, θ_2 may represent the norm of an opposing function. The inflation problem may be such an example inasmuch as the sources of price increase at the producer level would trigger feedback to the producer to engage in cost cutting measures. Thus iterative series were explored with and without the constant.

Figure 4 shows the forecasts for the PPI based on its chaotic statistical model without the constant, with initial conditions of 3%, 6%, and 12% inflation. As expected, inflation rates rise in a nearly linear fashion until they hit a critical value and zoom off the graph into rampant inflation. Figure 5 shows forecasts for the PPI

based on the same chaotic function with the constant included, the same three conditions of inflation, plus initial conditions of 3%, 6%, and 12% deflation. In all cases, iterates reached asymptotic stability at 0.38 moments, which correspond to an inflation rate of 1.93%.

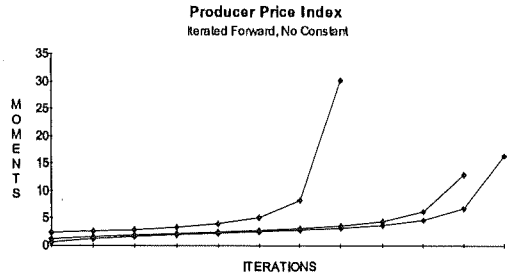


Fig. 4. Chaotic function for PPI iterated forward in time without constant.

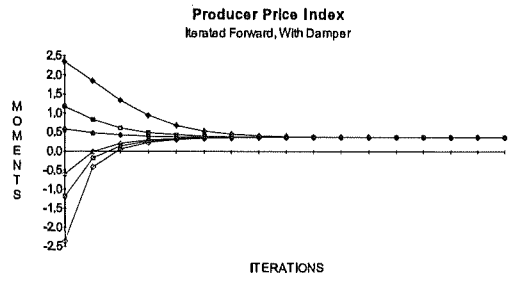


Fig. 5. Chaotic function for PPI iterated forward in time with damping constant

Next, a backward iteration was performed to identify a plausible initial condition that could have produced the attractor that was obtained. Here, all six starting conditions converged to an epicenter of 0.74 moments (Fig. 6). After subtracting the θ_2 constant, the epicenter corresponded to -0.26%. This value represents a near-balance of forces affecting price increases and decreases, with a slight tendency toward price decreases.

A chaotic attractor was isolated for the CPI (R^2 = .85) with D_L = 1.49 at a three-month lag interval (554 observations). The resulting function was: $z_2 = e^{(0.398z_1)} - 0.555$. The test of the bifurcation model produced a nonsignificant exponent; therefore, the null hypothesis of linearity was upheld for that model. The time series was well-approximated, however, by the linear autoregressive function, whereby fluctuations were dampened from quarter to quarter and a small increase in inflation was added (R^2 = .90). The test for the linear effect over time showed a poor level of fit, by contrast (R^2 = .40).

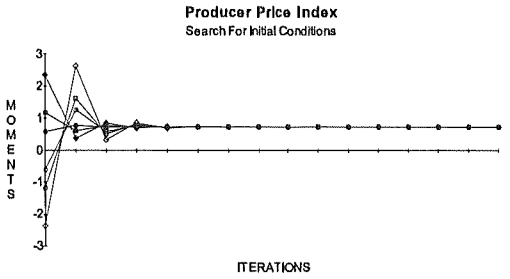


Fig. 6. Chaotic function for PPI iterated backward in time to determine its epicenter.

Consumer Price Index (CPI)

To explore the implications of the chaotic function, the function was iterated backwards without the constant to identify the epicenter of the attractor. Asymptotic stability was obtained at z = 0.324 moments, which, after subtracting the constant and multiplying by the scale parameter, resulting in an epicenter value of -0.76%. This value represented a small downward push on prices. The results are shown in Fig. 7 for initial conditions of 3%, 6%, and 12% inflation.

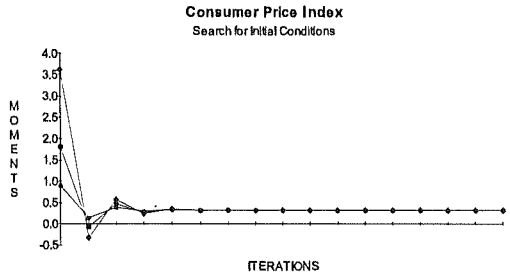


Fig. 7. Chaotic function for CPI iterated backward in time to determine its epicenter.

The chaotic function was then iterated forward in time with the constant, using the same set of initial conditions. For initial conditions of 3% and 6%, the function converged asymptotically to 0.84 moments, corresponding to 2.78% inflation. For initial conditions of 12% inflation, however, there was a surprise -- inflation grew slowly, then took off at runaway proportions. Fig. 8 shows a bit a surfing that was undertaken to determine the critical initial condition that would be responsible for inflation containment and runaway conditions. The critical value was between 3.55 and 3.56 moments, corresponding to initial conditions of 11.75% and 11.78% inflation, respectively.

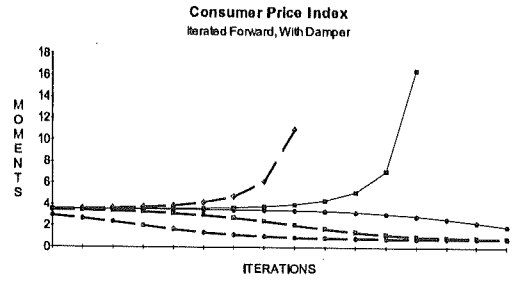


Fig. 8. Chaotic function for CPI iterated forward in time, showing critical point, natural rate of inflation, and conditions for runaway inflation.

DISCUSSION AND SUMMARY

- Unemployment rates do not have a fixed point attractor, and therefore are not "natural rates" in the sense of fixed point attractors.
- The best characterization of unemployment rates identified a bifurcation effect which denotes instabilities over time. Rates, in this model were inclining through 6.6% but were not expected to stabilize.
- The second-best characterization of the unemployment data indicated a chaotic attractor with an epicenter at 3.4%. The chaotic structure may be interpreted as the closest alternative to a fixed point natural rate, but of course, it is not fixed in any sense.
- If the economic system is given a strong shock, then allowed to recover, unemployment will equilibrate at a level greater than the pre-shock level. This same post-shock level will occur with or without government intervention, although an intervention could speed up the equilibration process.
- A non-zero equilibrium in price inflation exists; the structure is chaotic and may be interpreted as the closest alternative to a fixed point natural rate.
- The epicenter of the PPI attractor is located at 0.26%, signifying a slight downward pressure on prices. If the PPI rate is iterated forward in time, it stabilizes at a rate of 1.93%. The forward iteration with the negatively valued constant appears to represent a boundary condition. The boundary is probably held in place by a combination of cost-cutting intiatives by goods producers and federal economic policy.
- The epicenter of the CPI attractor is located at -0.76%, again signifying a slight downward pressure on prices. If the CPI rate is it iterated forward in time with the negatively valued constant, it stabilizes at a rate of 2.78%.
- If the CPI reaches a critical point between 11.75% and 11.78%, runaway inflation will occur.

REFERENCES

Davidson, P. (1995). *Letter to the editor, New York Times.* Electronically retrievable document by File Transfer Protocol: PKT Archives, 25, January, 1995: csf.colorado.edu.

Freedman, C., & Kriesler, P. (1994). *Has the long run Phillips curve turned horizontal?* Technical Report No. 94/27. School of Economics, University of New South Wales, Sydney, Australia.

Friedman, M. (1968). The role of monetary policy. *The American Economic Review, 58.*

Galbraith, J. K. (1994). Self-fulfilling prophets: Inflated zeal at the Federal Reserve. *American Prospect, 18,* 31-39.

Guastello, S.J. (1995). *Chaos, catastrophe, and human affairs: Applications of nonlinear dynamics to work, organizations, and social evolution.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Papadimitriou, D. B., & Wray, L. R. (1994). *Flying blind: The Federal Reserve's experiment with unobservables.* Technical Report. Public Policy Brief, The Jerome Levy Economic Institute, Bard College.

Phelps, E. S. (1967). Phillips curves, expectations of inflation and optimal unemployment. *Economica, 34.*

Seccareccia, M. (1991). An alternative to labour-market orthodoxy: The post-Keynesian/institutionalist policy view. *Review of Political Economy, 3,* 43-61.

Wiggins, S. (1988). *Global bifurcations and chaos.* New York: Springer-Verlag.

COMPLEX THEORY AND ECONOMIC DYNAMICS

Dr. Wei-Bin Zhang
Department of Economics, National University of Singapore
10 Kent Ridge Crescent, Singapore 119260
E-mail: ecszwb@nus.edu.sg

Complexity theory involves the study of complex systems which are characterized by the nonlinear interactions between many elements. It reveals how such interactions can bring about qualitatively new structures and how the whole is related to and different from its individual components. Complexity theory is bringing scientists closer as they explore common structures of different systems. Scientists of interdisciplinary fields have exhibited great interests in creation, diffusion and expansion of complexity ideas. The hallmark of this newly developed science is an insistence on phenomena of change and on an inherent unpredictability in system evolution. The main concern of this study is to explore how important it is to develop economic theory within a dynamic framework, applying complexity theory. We also show how to construct a general economic theory which covers the essential economic relations and treats the current theories which are valid under certain special circumstances as special cases. Writing with the spirit of synthesizing traditional ideas within a coherent framework, we intend to examine some basic issues related to the construction of a synthetical theory.

As time passes, economic issues with which economists are concerned are shifted. Even since the time of Adam Smith, the economic variables that economists have dealt with appear to have been invariant. But the ways in which these variables are combined and speeds at which they change have constantly varied and the dominant economic doctrines have shifted over time and space. Mankind has experienced three economic structural transformations - from hunting society to agricultural one, agricultural society to industrial one, industrial society to information/knowledge-based one. These transformations are still occurring in different nations in different forms at different speeds. Each of these economic systems has certain corresponding dominant ideologies such as religions, socialism and capitalism. At each turning point there tend to be great conflicts among different social classes, though forms of conflicts are affected by geographical conditions, cultural traditions, international environment, and other factors. We illustrate possible difference in change speeds of economic variables in Table 1.

Table 1. Change Speeds of the Economic Variables

	Agricultural	Industrial	Knowledge
Population	fast	fast/slow	slow
Capital	Slow	slow/fast	fast
Knowledge	Slow	slow/fast	fast

It may be argued that if we are interested in examining agricultural economies, we may concentrate on studying population (and power struggle) dynamics. But the analytical conclusions about agricultural economies cannot be applied to explain economic dynamics of industrialized economies as capital is the dominant variable of industrial economies. Similarly the analytical conclusions about capital-based societies cannot be applied to explain economic phenomena of knowledge-based societies. In fact, from the studies of history of economic analysis, it is clear that many economic ideas were created at the time when the societies were faced with new economic problems (such as structural transformation) and thus required new ideas to solve those problems. We may thus expect certain correspondence between creation of economists' ideas and historical conditions.

Adam Smith (1723-1790)

In the *Wealth of Nations* Adam Smith was concerned with the forces that govern the relative levels of prosperity among countries and that cause differences between countries. He discussed the advantages of the division of labor and its dependence on the scale of activity and the extent of the market. Large-scale activity and extended market permit specification and thus improve skills and labor efficiency. He emphasized the significance of free institutions under which people freely exploit the advantage of their skill and knowledge and resources. Adam Smith's economic theory with division of labor and competitive equilibrium, irrespective of positive dynamic elements, sets limits on economic growth as diminishing returns ultimately prevailed. He was living in the stage of initial industrialization. This partly explained his neglect of capital and for the conviction that agriculture and not manufacture was the principal source of Britain's wealth.

Ricardo (1772-1823)

Ricardo's fame relies on his *Principles* (1817). Ricardo emphasized more on manufacturing than Adam Smith. He tried to establish laws which regulate what proportion of the whole produce of the society will be allotted to each of three - landowner, capitalist and worker - under the names of rent, profit and wages, respectively. These laws show how the distribution will change at different stages of society. He was concerned with an economic system consisting of agriculture and industry. Economists formulated different aspects of Ricardo's system.

Malthus (1766-1834)

Although Malthus was not the first to examine demographic problems, he was the first to succeed in developing a theory of population growth. By emphasizing the interdependence of population growth and food supply, his theory lent support to the subsistence theory of wages which had important influences upon Ricardo, Marx and Keynes. By explaining poverty in terms of a simple interdependence between the population and the means of subsistence, the theory still provides important suggestions for poor countries' economic policy. Malthus believed in the non-linearity of structural relations, and their complicated multi-connected nature. In his approach, it is important to analyze the properties of a dynamic system out-of-equilibrium and to trace the paths by which equilibrium might be approached.

Marx (1818-1883)

Central to both Ricardo's and Marx's economics were issues of the fundamental determinants of relative prices, production and reproduction and the distribution of income among social classes. Marx neglected the possibility of class transformation and government's interventions in capitalist dynamics. When we introduce endogenous classes transformation in an industrialized capitalist society within the framework of endogenous knowledge and capital accumulation, Marx's conclusion about capitalism may be invalid in a long-run perspective.

There are a number of other studies designing and defining frameworks for explaining and forecasting economic growth and development. It has been well recognized that growth and development theory has to choose an intrinsically dynamic approach. Various dynamic models of economic growth and development with endogenous money, capital, knowledge, population, environment and natural resources were constructed. There are two limitations in those theoretical models. The first is that each model emphasizes some aspects of economic reality and omits many others. Economic systems exhibit complicated interdependence between many variables. It is necessary to construct dynamic models which include time-dependent motion of key economic variables and economic structure. The second is that from a genuine dynamic point of view the traditional studies were mainly concerned with linearized and static or equilibrium states of the dynamic systems. As mentioned in introduction, complexity of nonlinear dynamic systems is now seen as manifesting itself in many scientific contexts. These new ideas, developed in conjunction with new concepts of structure, pattern, qualitative change, bifurcation, chaos and fractals have provided powerful tools of analysis, guiding practice in many fields. In summary, we argue that current economics has not succeeded in constructing an integrated framework to take into account of significant interdependence between economic variables. Each theory can be considered as a partial approximation of reality for a given time scale (and under certain historical circumstances). It may be the time to construct an alternative based not only on the ideas in the mainstreams but a broader vision of economic evolution and complexity theory. We now illustrate how to construct a general economic theory on the basis of traditional economic theories and complexity theory.

An economy is not simply a collection of various sub-economic systems, for there are well-connected channels between these sub-systems. This implies that economic theories should have a unity. But Various economic theories have co-existed but not in a structured relationship with each other. In order to overcome this incoherence, economics needs a general theory which accounts for the phenomena explained by the current theories in a unified manner to draw together all of the disparate branches of economics into a single organized system of knowledge. We argued that the theoretical structure should be built through connecting interrelations of different levels over space and time. To illustrate this vision, we consider that we can study behavior and structures of economic systems with different combinations of monetary variables, material variables, knowledge-related variables, population, and social and cultural variables. These variables have different change speeds under different social and cultural circumstances. For instance, prices may be determined quickly in a competitive economy; construction of transportation and communication infrastructures may take a long time. For convenience of discussion, let us introduce time-dependent vector variables. Let X denote consumption components, P monetary variables, N population, K capital, Z knowledge, M institutions, Q other variables (e.g., globally political, military and natural environment). It should be remarked that we do not further classify components of a vector. For instance, the wage rate and price of commodities, which are elements of P, may have different speeds. We may generally describe dynamic interactions of these variables in the following way

$$\frac{dX}{dt}=\varepsilon^{s_x}F_x(X,P,N,K,Z,H,M,Q,t),$$
$$\frac{dP}{dt}=\varepsilon^{s_p}F_p(X,P,N,K,Z,H,M,Q,t),$$
$$\frac{dN}{dt}=\varepsilon^{s_n}F_n(X,P,N,K,Z,H,M,Q,t),$$
$$\frac{dK}{dt}=\varepsilon^{s_k}F_k(X,P,N,K,Z,H,M,Q,t),$$
$$\frac{dZ}{dt}=\varepsilon^{s_z}F_z(X,P,N,K,Z,H,M,Q,t),$$
$$\frac{dH}{dt}=\varepsilon^{s_h}F_h(X,P,N,K,Z,H,M,Q,t),$$
$$\frac{dM}{dt}=\varepsilon^{s_m}F_m(X,P,N,K,Z,H,M,Q,t),$$
$$\frac{dQ}{dt}=\varepsilon^{s_q}F_q(X,P,N,K,Z,H,M,Q,t)$$

in which t is time, ε ($<<1$) is a parameter for classifying adjustment speeds of variables and s_j are real numbers. The parameters s_j describe the order of time dimensions of the corresponding variables. Here, we neglect spatial dimensions. It is reasonable to consider s_j to be endogenous variables.

In some abstract sense, different social and economic theories tend to find some specified functional forms of the above system and use different methods to solve them. The author has recently made efforts to construct a dynamic framework for analyzing various social and economic issues. It can be shown that the general framework includes some well established economic systems, such as the Arrow-Debreu equilibrium model, the Solow-Swan model, the Uzawa two-sector model, the Kaldor-Passinetti two-group model, the Oniki-Uzawa trade model, the Arrow learning by doing model, and the Ricardian model by Pasinetti and Samuelson as special cases. That is, we can now treat various ideas in economic theory within a single theoretical framework. Indeed, the usefulness of the framework lies not only in that it unifies some theories, but mainly in that it can explain, in a compact way, many economic phenomena which cannot be explained by the traditional partial theories. With nonlinear theory as methodological basis we may come to a genuine synthesis of the fragmented special theories in sociology and economics.

Real Determinants of Stock Price Volatility: An Evolutionary Model
by M. Mazzucato and W. Semmler

I Introduction

Models of behavioral finance tend to explain stock market volatility by heterogenous trading strategies, for example, the interaction of fundamentalists and noise traders. This study looks at the *real* cause for stock market long swings and short run volatility by focusing on the evolution of firm market shares and innovative behavior in a particular industry over time. An interesting example to study today would be the Information Technology (IT) industry. The study of the currently on-going IT-Revolution is indeed a great challenge for economic theorists. The IT industry displays ever arising new technologies, unstable market shares of firms, stock market swings and volatility. Yet, there is still a lack of data to properly study the evolution of this industry.

We explore how patterns in firm market shares, innovative effort, and stock prices are related in a particular industry for which long time series data are available: the US automobile industry. We explore how inter-firm *switches* in market shares (i.e. when the ranking of firms change) are related to switches in the innovative effort and stock price movements of those firms. All three of these patterns help us to better understand the *dynamics* of competition: i.e. we are not interested in the concentration ratio or market values at one (equilibrium) point in time, but rather how the variables *change over time* as a result of the evolving characteristics of competition (Mazzucato and Semmler, 1999). We focus on particular time periods in which there was a lot of "switching" (e.g. 1910-1940) and others in which there was more stability (e.g. 1960-1998). For clarity of exposition, we focus on the dynamics between the leading firms. We will argue that the "switching" patterns are common across different types of industries in periods characterized by high market uncertainty and high product innovation. Section III uses insights from *evolutionary* economics to argue why market share changes should (theoretically) be related to changes in the other variables. Evolutionary economics is particularly useful for this analysis due to its emphasis on the origin and evolution of *variety* between firms with respect to strategic behavior, technology, and performance. Section IV presents a dynamic model of the "switching" in market shares, innovative effort and stock prices, which incorporates both evolutionary and optimizing behavior. The model explores three different types of interaction: *cooperative* behavior, *competitive* behavior and *predator-prey*. We relate these properties to empirical patterns and to the underlying competitive dynamics.

II Stylized Facts

At the beginning of the life-cycle of an industry only primitive know-how exists. The trial and error aspect of *product* innovation leads to unstable market shares and great uncertainty as to the timing and impact of technological breakthroughs. Some indication of success gives rise to expected rent that attracts entrants. Then, after some period, the market tends to be saturated and the fall in product price and onset of economies of scale cause there to be a shakeout (large exit) of firms (Gort and Klepper, 1982). In both stages the stock price of a firm is guided by its potential growth, and hence follows, with a lag, the patterns of innovation: this causes stock prices to be more unstable in the early phase when technology is much more uncertain. In the later stage of the life-cycle, the benefits that accrue to large firms from *process* innovation and the associated economies of scale cause the stock prices of large firms to increase and undergo less switching. However, this period only lasts until the next wave of product innovations (e.g. the arrival of small cars in the1970s) when the stock prices of the incumbents fall while that of the new (foreign) innovative entrants rises. The subsequent figures from the US autoindustry document some of these facts.

The three graphs in Fig. 1 exemplify for the US automobile industry the type of general switching patterns that we will study. The top graph shows that around 1927 Ford lost its market share lead to General Motors: a lead it never recovered. The middle graph shows that around 1922 the number of innovations/year carried out by GM superceded that of Ford. The bottom graph shows that, in contrast to the average industry stock price, the stock price of GM took off early on.

The time path of the patterns in Fig. 1 indicate that the switch occurred first in the number of innovations/year, then in market shares, and finally in stock prices. A possible explanation, related to the stylized facts above, runs as follows: to innovate, a firm must undertake significant initial costs, which will be repaid only once the innovation begins to affect future

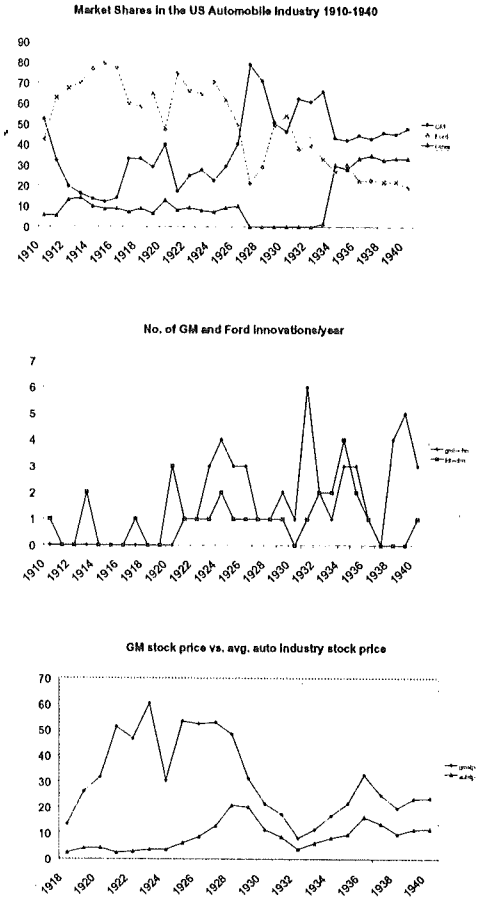
profits. This process takes time. Hence although GM began to supercede Ford in innovations in 1922, it took another 5 years for this success to begin affecting its market share (and its profits). In turn, the increase in market share of GM did not begin to affect its *relative* stock price until 8 years after the increase in innovative effort.

This latter fact can be explained using insight from the industry life-cycle literature (Klepper 1996; Jovanovic and Greenwood, 1999; Mazzucato and Semmler, 1999): in the early stage of the industry life-cycle, switches in market shares cause investors to be wary of using current market shares as good indicators of future market shares since winners often become losers. This results in stock price volatility. If, however, the advantage becomes sustained, as is often true in the mature stage of the industry life-cycle which is characterized by strong economies of scale, current market share becomes a good signal of the true market value of the firm and the stock price begins to reflect it.

III. Industry Life-Cycle

Before outlining our dynamic model in Section IV, we review some of the literature which underlies the above explanation. In the initial stage of the industry life-cycle when there is high entry, little standardization of technology (many trial and error experiments), innovation takes more the form of *product* innovation and due to the uncertain nature of technology and demand, successful innovators are not necessarily *persistent* innovators. In this stage it is often smaller more flexible firms that are better able to adapt to the uncertain and changing nature of technology and demand (simulation models of this dynamic are found in Dosi et al., 1995; and Mazzucato, 1998). Later, when the product is more standardized and demand more stable (i.e. consumers have more knowledge and opinions about the product), innovation takes more the form of *process* innovation. The associated economies of scale allow current innovators to remain the leaders by financing future innovations with the profits made from current innovations and by spreading costs over larger outputs (Klepper, 1996). The switch from the period of high entry and product innovation to the period of economies of scale and process innovation is marked by a "shakeout" in the number of firms: those firms not able to innovate and make profits at the pace of the successful innovators are forced to exit (the number of firms in the US automobile industry was 275 in 1909 and only a couple dozen in 1930!).

Fig. 1: Switches in Automobile Market Shares, Innovations/year, and Stock Prices



How does all of this affect stock prices? In their study of the US tire industry, Jovanovic and MacDonald (1994) predict that just before the shakeout occurs, the average stock price will fall because the new innovation precipitates a fall in the product price which is bad news for the incumbents. Similar results are found in a recent study on IT stock markets by Jovanovic and Greenwood (1999) where the authors argue that since it takes time for innovations to add value to the stock market, the current rise in stock prices in the IT industry can be traced to the wave of innovations in the early 1970's.

IV A Dynamic Model

The model we develop attempts to provide further insights on the relation between the real and financial sides of industrial competition. It models the different types of interactions between firms which underlie the patterns

described above. We refer to two strands of literature. The first is grounded in the evolutionary approach. It revitalizes the Schumpeterian theory of technical change (Nelson and Winter, 1982; Silverberg et al.,1988) but also uses ideas from mathematical biology (Hofbauer and Sigmund, 1984) and the work by Arthur (1988, 1989) on the role of probability and positive feedback in the competition between old and new technologies. The second strand of literature assumes optimizing behavior. This was initiated by Arrow (1962) and has subsequently been extended by Dasgupta and Stiglitz (1980).

As in the evolutionary tradition we present a model with *heterogeneous* firms. There are two types of firms, one group of firms, the challengers, who actively innovate and the other group, the incumbents, who operate existing technology, passively respond to changes in the technological environment. Innovating firms commit resources and undertake inventive investment expecting a return from it. They are postulated to optimize by computing the net present value of their revenue from the innovation. While the innovators aim at harvesting a technological rent, the second group, the incumbents or second movers, do not innovate, though, under competitive pressure, they may learn to improve their efficiency. Due to several kinds of interactions among the two groups of firms the model allows for switching in market shares and even multiple equilibria (Semmler and Griener, 1997).

We posit that the new technology will be created at a certain cost – an innovation cost. The total cost for operating the new technology is assumed to be dependent on the effort spent to obtain the new technology (independent of the number of firms) and on a cost proportional to the number of firms operating it. We do not, however, presume that perfectly competitive conditions hold so that the innovation rent is instantly dissipating. The new technology is employed monopolistically. When the innovating firms expect gains from innovations - which in general will be equivalent to the present value of future profit flows - the firms will expand. Entry into the group of innovating firms from outside the industry may be encouraged when profits are positive and exit occurs with negative profits. The process of compressing the rent is assumed to be slow.

The above mentioned interaction effects are built into the model: a *predator-prey* relation between the new and the old firms; a *cooperative effect*; and a *competition* (or crowding) effect. The predator-prey relation occurs when new firms grow at the expense of the old firms. The crowding effect results when the new technology dissipates the rent of the old technology, reducing its price and compressing the mark-up. We use an inverse demand function to specify this effect (Dasgupta and Stiglitz, 1980). A cooperative effect (spillover or learning effect) bounds the number of old firms away from zero, so that, although firms exit, complete extinction of the old technology does not occur.

With a costly new technology, the innovating firms most likely will have an unprofitable period when the new technique is introduced. Yet, the forward looking stock market may anticipate stock gains. Firms then face a period when they can capture a technological rent, stock prices increase and finally firms lose their rent due to the subsequent crowding effect as a result of an increase in their numbers.

Our intertemporal optimizing model reads as follows:

$$V_{max}=\int_0^{\infty} e^{-rt}g(x_2,u)dt;\ u\in\Omega_+$$

with $g(x_2,u)=\mu(x_2,u)x_2u-cu-c_0x_2$, $\mu=1/(\varnothing+x_2u)$, subject to

$$\dot{x}_1=k-ax_1x_2^2+\gamma x_2-x_1e/\mu \quad (1)$$

$$\dot{x}_2=x_2(ax_1x_2+vg(x_2,u)-\beta) \quad (2)$$

with $g(x_2,u)=\mu(x_2,u)\,x_2,u-cu-c_0x_2$, $\mu=\alpha/(\varnothing+x_2u)$, where $k,\alpha,\beta,e,c,\varnothing$ and $\nu>0$ are constants, x_1 is the number of firms operating the existing technique, x_2 the number of innovating firms, and u a control variable from the control space Ω_+. Note that we require the control u to be non-negative. The control variable u indicates the level of effort spent to create the new technology. This can mean the hiring of engineers, running research laboratories or purchasing information on new technologies. The investment is risky since there is considerable uncertainty and risk involved (Arrow, 1962). For a stochastic version see Semmler (1991). The cost per unit of effort is denoted by c. The cost cu is independent of the number of firms and there is a cost proportional to the number of firms, c_0x_2. Thus, $cu+c_0x_2$ is the amount of resources

that innovating firms have to devote to the innovation. The term $\mu(\cdot)$ is the (net) price, or markup, received for the product produced by the new technology, where $\mu(\cdot)x_2 u$ is the net revenue.

When firms maximize a technological rent $g(\cdot)$, facing a revenue $\mu(\cdot)x_2 u$ and the cost $cu+c_0 x_2$, positive rent will increase their number. In (2) the term $vg(\cdot)$, with v a constant, means that there is an expansion of the innovating firms which is proportional to their excess profit.

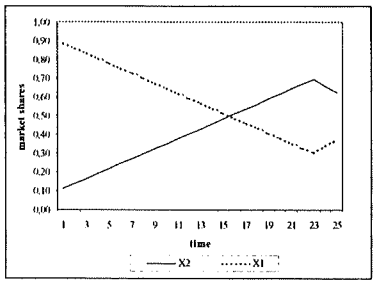
The term $ax_1 x_2^2$ represents the predator-prey interaction where the adoption of the new technology is supposed to take place proportionally to the product of x_1 and $x_2 x_2$ (a common assumption for the spread of information in sales-advertising models). This implies that as the number of firms applying the new technology grows, so does the accessibility to that technology for the incumbents as well. This way the rate of decrease of the incumbents in (1) may be translated into an increase of the challengers in (2). Our assumption means that the diffusion speed accelerates by x_2.

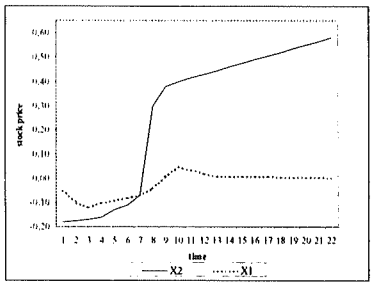
The term γx_2 in (1) reflects the cooperative effect of x_2 on x_1. This represents learning by the incumbents to improve their production processes when information about the new technology spreads and the competitive pressure from the new technology increases. The last term $x_1 e/\mu$ in (1) is the crowding effect for x_1, with μ the mark up from an inverse demand function which also appears in (2).

The model is solved analytically for $\delta \Rightarrow \infty$, as in Semmler and Greiner (1996), and simulated for $\delta < \infty$ with the following parameters: $\varnothing$=5; c=0.1; c_0=0.04; k=1; v=0.5; γ=0.8; e=0.01; α=1; β=0.2.

Figure 2, which depicts the relative market shares of the incumbents, x_1 and the innovators x_2, shows that innovating firms that undertake an optimal inventive investment may succeed, but the incumbents may still coexist side by side with the challengers operating the new technology. In Fig. 3 the present value of the incumbents (dashed line) and the innovators (solid line) are depicted. The stock price of the incumbents is obtained by discounting their current profit flows and the innovators' stock price is obtained from the value function iteration using dynamic programming. Figure 2 replicates the aforementioned stylized facts on the innovators' expansion of market share, the delayed rise of its stock price, the long upswing of the innovators' stock price and the decline and low level of the incumbents' stock price due to the fact that they became the second mover (Arthur, 1989). They cease to be valued by the financial market.

Figs. 2-3: Market Shares, Innovation and Stock Prices from the Model





In the concluding section V we compare the dynamic properties of the model to the stylized facts discussed in section III. The findings that instability emerges from cooperative interaction while stability emerges from competitive interaction, provide us with interesting hypotheses for studying the data.

Main References

GORT, M., KLEPPER, S. (1982), "Time Paths in the Diffusion of Product Innovations," *Economic Journal*, 92.

JOVANOVIC, B., MACDONALD, G. (1994), "The Life-cycle of a Competitive Industry," *Journal of Political Economy*, 102 (2).

JOVANOVIC, B., GREENWOOD (1999), "The Information Technology Revolution and the Stock Market," *American Economic Review*, 89.

MAZZUCATO, M., SEMMLER, W. (1999), "Stock Market Volatility and Market Share Instability during the US Automobile Industry Life-Cycle," *Journal of Evolutionary Economics*, 9(1).

SEMMLER, W., GREINER, A. (1996), "Inventive Investment and the Diffusion of Technology," *Revue Internationale de Systemique*, Vol. 100 (3).

Technology Adoption, Social Interaction and Out of Equilibrium Dynamics

D. Delli Gatti , Catholic University in Milan and Mauro Gallegati, University of Teramo, Italy

In this paper, we model technology adoption in a social interaction context and explore the evolution over time of the number of innovators (the diffusion process). We consider a simple economy consisting of a fixed number of firms and workers. Each worker supply a fixed amount of labour inelastically at a given and constant real wage rate. Each firm has to choose between two alternative constant returns to scale technologies, say A and B, which use only labour to produce output. By assumption, workers consume all the output produced. Since the firm employs a constant share of total available labour, output and profit levels are determined solely by the technology chosen. Technology B is more productive than technology A because the marginal return to labour of the former (b) is higher than the marginal return to labour of the latter (a), i.e . b> a.Technology A can be adopted without incurring additional costs. In order to adopt technology B, on the contrary, the firm has to pay extra costs: -R&D expenses, which are decreasing with the number of "innovators", i.e. firms which adopt technology B. This assumption captures the presence of an externality in R&D activity: the increased use of technology B makes its adoption less costly because it can be imitated, -‘protection expenses’ carried out by the firm in order to prevent the technology from ‘spilling over’ to other firms; this cost is increasing with the number of innovators.

As a consequence, the profit of the firm adopting A is given and independent of the number of innovators, while the profit of the firm adopting B is a non monotonic function of the number of innovators. How does a firm choose between A and B? In a context of uncertainty, we assume that when an agent formulates her strategies, she exploits an information set which consists of the following elements:

1. her own profit in the previous period;
2. the profit achieved in the previous period by a certain number of agents whom she has ‘spied’ on;
3. aggregate income in the previous period.

The fundamental problem consists in attributing a weight to each of these elements and constructing a choice function, say F, which takes all of them into account. Given that the choice involves evaluation of only two alternatives, we can construct the choice function probabilistically adding up the elementary choice functions suitably weighted. If we denote technology B numerically with 1 (one) and technology A with 0 (zero), the agent will choose B if F>1/2 and A otherwise. It is worth noting that the weights are not constant. Instead they are made to evolve by a mechanism which will be explained below. From the additive form of the function and the variability of the weights it is evident that the approach used is an application of statistical mechanics. If the level of income is lower than that obtained if all firms use A, this means that there too few or too many firms which use B. Because the agent does not know the exact number of firms which use B, if it opts for B, the behaviour of the others remaining constant, the following situations may arise:

- there are too many users of B, so that one more user would further reduce income, and with it profits;
- there are too few users of B, so that one more user pushes up income and profits, but the latter can at most be equal to the profits deriving from A.

Therefore the strategy ‘use B’ has an expected value that is lower than the (certain) value of A,

so that in this situation it is advisable to use A. If instead the income level is higher than that obtained if all firms use A, B is the dominant strategy. In fact, the addition of one innovator may make it as economically convenient as A: the expected value of B is higher than the certain value of A.Finally, if the income level is exactly equal to that obtained if all firms use A, we assume that the agent decides to continue with the same technology used in the previous period (inertia principle).It has still to be explained how the weights evolve over time. Associated with each weight is a genetic algorithm, a form of artificial intelligence which, in this context, selects among different values attributable to weights. When processed by the algorithm, the weight undergoes a change of value (in part deterministic and in part stochastic) which is positively correlated with the profit that the agent has obtained in the previous period. In the same way as cellular automata, we conduct simulations assuming that agents are uniformly arranged on a plane, with the same field of territorial domination. The system is represented as a grid in which each cell is an agent, and the colour indicates the technology adopted. The cells in the marginal rows or columns ideally border on those located on the opposite margin; these conditions at the extremes makes the plane topologically identical with a torus. Three types of social interactions are considered in the experiment:

1. Deterministic Local Interaction (DLI): each agent can observe the behaviour of her neighbours,

2. Stochastic Local Interaction (SLI): each agent can observe a certain number of agents selected at random in her neighbourhood,

3. Stochastic Global Interaction (SGI): each agent can observe a constant number of agents chosen at random from all of them.

The three types of interaction yield different results. In almost all cases the DLI yielded, after a brief adjustment process and with any initial distribution, a pulsation phenomenon whereby technology B expanded and contracted with period 2. Spontaneous mutations of zones outside the cyclical area deformed the region but did not affect its cyclicality. By contrast, spontaneous mutations within the cyclical area were immediately absorbed. or some sets of parameters the cycle involves the entire system, which visually becomes a pulsar.The SLI frequently displayed – so often, in fact, that this behaviour can be taken to be typical – a region of B diffusion which was invariant in form but in constant movement (horizontally and vertically). Here too, the diffusion of B follows a path which is entirely similar to that displayed with the DLI. Sometimes the map displays patterns similar to those to be seen in Life, with ‘dolphins’ and ‘blocks’. The dynamics of the SGI is certainly the most difficult to interpret. No distinct shapes emerge, nor does any type of equilibrium different from the extreme cases: identical sets of parameters and identical initial distributions yield sometimes extremely diverse dynamic configurations (because of the stochastic component of the genetic algorithm). Probably the lack of stable cooperation (even if involuntary) due to espionage does not permit the formation of local niches. The only observation worth making is that in the majority of cases the system converges on a homogeneous equilibrium: all agents prefer the same technology

THE PROBLEM OF GLOBAL ENVIRONMENTAL POLICY IN A WORLD OF COMPLEX ECOLOGICAL-ECONOMIC DYNAMICS

J. Barkley Rosser, Jr.
Department of Economics
MSC 0204
James Madison University
Harrisonburg, VA 22807 USA
Email: rosserjb@jmu.edu

"A 'Public Domain,' once a velvet carpet of rich buffalo-grass and grama, now an illimitable waste of rattlesnake-bush and tumbleweed, too impoverished to be accepted as a gift by the states within which it lies. Why? Because the ecology of this Southwest happened to be set on a hair-trigger."
---Aldo Leopold, "The Conservation Ethic," *Journal of Forestry*, 1933, 31, pp. 636-37.

Global environmental policy must confront the fact that combined ecological-economic systems exhibit nonlinear complex dynamics, both at the local and at the global level. The most serious implication of this fact is that for many such systems there will exist critical bounds at which discontinuous changes can occur of a catastrophic nature. These catastrophes may not be merely those of the Thomistic mathematical sort, but of the real world sort such as the extinction of a species or the general collapse of an ecosystem and its abrupt transformation into something very different, as described above by Aldo Leopold regarding what happened to the American Southwest.

These problems of dynamic complexity in ecologic-economic systems raise the issue of resilience and sustainability of such systems. This resilience must not be confused with mere local stability. Indeed, Holling has shown for many ecological systems that these may even be in conflict, with greater local stability inducing a lack of systemic resilience or sustainability. Such a pattern may be seen in purely economic systems as well, such as when the apparently highly stable socialist systems collapsed suddenly.

Such a view is consistent with the punctuated equilibrium view of evolution associated with Eldredge and Gould. Systems may persist in certain states for long periods of time only to be fairly suddenly change in a major way when a critical point is passed. Although such sudden changes may reflect discontinuous exogenous shocks as in the dramatic example of a meteor strike wiping out the dinosaurs, they may also involve relatively minor changes in key controlling variables or parameters. Rosser has more broadly examined this view of evolution in an economic context, linking this to the discontinuous ideas of economic evolution developed by Schumpeter.

A further serious complication regarding these systems is that they are hierarchical in nature. This means that there are interrelationships between subsystems and higher level systems that are also nonlinear and complex. Although normally higher level systems constrain lower level systems, sometimes changes in lower level systems, even of a trivial sort, can trigger changes in the higher level system. This follows the pattern described by Haken in his synergetics theory of master and slave variables in which the faster slave variables "revolt" and become at least temporarily the masters controlling the higher level variables. The implication is of a global system that may lack resilience and can be destabilized by events happening at lower levels of the system.

A clear example is that of the global climatic system and its interrelation with the world economy. Most modeling of the problem of global warming assumes continuous relationships between variables, that increasing concentrations of carbon dioxide from human economic activities will result in continuous accompanying changes in global average temperature and climate. However, the historical record suggests a

much more fragile system, with relatively short periods of time during which major changes in global climate occurred, as for example in the shift from ice age to non-ice age patterns as reported by Bryson and Murray. The dynamics of such bifurcations have been suspected since the work of Edward Lorenz who first demonstrated numerically the "butterfly effect," or sensitive dependence on initial conditions, that is chaotic dynamics, for global climatic systems. Thus, nobody should be surprised that there might be a critical level of carbon dioxide beyond which a discontinuous change in global climate would occur, something also suggested by the extreme conditions found on the planet Venus. Chen has shown that the global climatic system may indeed behave chaotically in response to to economic activities.

At least some systems that recycle pollutants with nonlinear relationships are seen to exhibit multiple possible equilibria, with possibilities ranging from relative ease of reversing polluted states, through hysteretic conditions in which substantially greater efforts must be made to achieve a reversal, to conditions in which such conditions cannot be reversed at all, as studied for eutrophication of lakes by Carpenter, Ludwig, and Brock. Again there will be critical points in the systems and policymakers must work to keep the system within certain crucial bounds.

The modeling of global hierarchical systems involves substantially greater complications. However there fundamentally remains the basic point of discovering the bounds of resilience and sustainability of systems involved. Thus, following Aoki, hierarchical systems can be modeled as multilevel mean-field, interacting particle systems. As shown by Brock and Durlauf, such systems exhibit critical points at each level based on the degrees of interaction between the particles, or agents, and the their "temperature," which can be interpreted as their degree of "intensity of choice," or willingness to change strategies in the case of economic agents, or the degree of changeability of the elements in a broader ecological-economic system.

As modeled by John Nicolis, relations between different levels of a hierarchy can be viewed from the perspective of entrainment of variables with cross-relations across hierarchical levels. Thus, synergetic entrainment can lead to exactly the kind of reversal of relationships in which lower level changes bring about higher level systemic changes. This has been applied to ecological-economic systems by Rosser and others. A strong argument coming out of this viewpoint is the need for determining property rights and decisionmaking at appropriate hierarchical levels based on the nature of the processes involved.

As systems pass through critical discontinuities a variety of complex dynamical phenomena may arise. Thus, the phenomenon of chaotic hysteresis may be observed wherein chaotic dynamics emerge either before or after the passage through the critical bifurcation point. Puu has shown such processes for macroeconomic systems. They have also been observed during the transition between different economic systems when these experience collapse, as observed by Rosser and Rosser. Also such dynamics have been seen in purely ecological and evolutionary frameworks as by Benci and Galleni. The outbreakof such phenomena can increase the difficulty for policymakers in managing a system as it nears a critical point in such a case.

Even without chaotic dynamics, nonlinear systems can exhibit a variety of other complex patterns of dynamic behavior. These can include non-chaotic strange attractors and fractal basin boundaries between basins of attraction, even when the attractors themselves are quite simple. The latter can also lead to sudden discontinuous systemic shifts as small changes in variables or parameters push a system into a new basin attraction whose attractor may be far away from that of the previous basin of attraction. Again, problems of keeping systems within critical boundaries are paramount in such situations.

Although most of the discussion so far has emphasized catastrophic threats and the fragility of global hierarchical ecological-economic systems, complex dynamics also offer possibilities of stabilization and

systemic maintenance that might not be obvious otherwise. One such possibility is that of the tendency for complex nonlinear systems to exhibit patterns of emergence and self-organization. Kauffman has argued this for systems at the edge of chaos. Indeed, such systems are seen as key to the nature of evolutionary processes.

A more specific possibility for optimism can be seen by contemplating the problem of fishery dynamics. Fisheries are among the most unstable and fragile of bioeconomic systems as shown by Colin Clark, with a profound global problem of fisheries collapsing suddenly around the world. These problems are made worse by the sharing of fisheries by different nations and the difficult problems arising from the lack of property rights in the open ocean and the well-known problems associated with open access and overharvesting. Furthermore, these problems are made worse by the great uncertainties associated with fishing with fishers unable to know what is really going on in a particular fishery, with Conrad emphasizing that there are multiple levels of uncertainty involved.

However, even in a situation where the underlying dynamics may be chaotic and the economic agents involved lack rational expectations or full knowledge, it may be possible for them to evolve through learning to a condition wherein the system might be kept sustainably within certain bounds. Thus, even with chaotic cobweb dynamics as can arise in fisheries due to the presence of backward-bending supply curves, boundedly rational fishers can use simple one-period, autoregressive rules of thumb and converge on a pattern that will mimic the true underlying chaotic dynamic which will be bounded and thus resilient, as shown by Hommes and Rosser. This is a process known as "learning to believe in chaos." Presumably such a process might even apply to the globally chaotic system climate change driven by greenhouse gas emissions.

Nevertheless, immense obstacles and problems remain. Thus, the optimistic fisheries model does not include the phenomenon of capital stock dynamics which is a serious problem in real fishery economies. Likewise, such capital stock inertia is very evident in the simlar system of chaotic global warming dynamics, with emitters of greenhouse gases not wishing to close down for good. Clark and others have shown how such capital stock inertia can drive a system over the edge that would otherwise remain within the limits of sustainability.

Also there are the difficult problems associated with time horizons and discount rates. The evolutionarily stable outcome in the Hommes-Rosser model depends on the discount rate being of an intermediate value. If it is too high with the associated myopia, the fishers will simply overfish and collapse the system, a result also well known more generally from models of species extinction and more broadly of resource depletion. Furthermore, discount rates may have complicated effects when the time streams of returns are not monotonic, as when there are costs up front and then costs that are delayed, as is often the case with the lagged effects arising from environmental problems, especially when the latter are not accounted for by policymakers. Such time patterns can lead to the phenomenon of reswitching which has been itself shown to possibly generate discontinuous dynamics.

Furthermore, there is the difficult problem of property rights and negotiations among groups competing for the use of the same resource or environmental amenity. Especially for global problems this may be the most difficult problem of all. For truly global problems such as global warming, property rights can be very hard to assign and transactions costs are inherently very high, thus making any application of a simple Coasian outcome extremely difficult. Global markets for emissions offer a possible solution, but the ongoing refusal of some of the most responsible parties to agree to a more general solution shows how difficult a problem this really is.

Thus, more generally, complexity of global ecologic-economic dynamics reveals competing possibilities. On the one hand there are great dangers in a world of critical limits to fragile systems with possible irreversibilities and possibly unstable hierarchical relationships. These difficulties are compounded by the ongoing presence of

such phenomena as widespread capital stock inertia, excessively high discount rates, and poorly defined property rights that do not correspond to the relevant levels of the ecologic-economic hierarchies. On the other hand there are the possibilities associated with the self-organizing tendencies of complex systems and the possibilities that economic agents may be able to adapt and evolve and learn to manage even complex dynamical systems subject to catastrophic collapses such as fisheries. Which of these outcomes will develop remains to be seen.

[references availiable with complete paper]

The behavior of solutions of the nonlinear integro-partial differential equation in mathematical economics and its economic meanings

Minoru Tabata
Department of Computer and Systems Engineering
Faculty of Engineering, Kobe University, Kobe 657-8501 Japan
Email: mnrtabata@wombat.or.jp

Nobuoki Eshima
Department of Medical Information Analysis
Oita Medical University, Oita 879-5593 Japan
Email: eshima@oita-med.ac.jp

Ichiro Takagi
Department of Management Engineering
Faculty of Engineering, Kyushu Tokai University, Kumamoto 862-8652 Japan
Email: itakagi@ktmail.ktokai-u.ac.jp

Abstract. The master equation can describe the probabilistic evolution of a configuration of macroeconomic variables in nonlinear economics and the labor mobility motivated by regional economic disparity in mathematical socioeconomics. The equation is a nonlinear integro-partial differential equation that has its origin in statistical physics. By making use of both functional-analytic methods and numerical-analytic methods, we derive the following result from the mathematical economic model described by the master equation: The model is strongly governed by a certain dominant parameter as follows: if the parameter is smaller than a certain critical positive constant, then the model has a unique asymptotically stable equilibrium, but if the parameter is larger than the critical positive constant, then each equilibrium of the model is unstable, and the model comes to behave in an extremely complicated manner as the time variable increases.

Keywords and phrases. Configuration of macroeconomic variables, labor mobility, master equation, functional-analytic approach, numerical-analytic approach, unstable equilibrium.

1. Examples. Large free economic unions such as EU and NAFTA have been established recently. In such free trade unions, goods are traded freely, but labor mobility is restricted at a certain level of rigidity. However, there is now a move to abolish the restriction entirely. If no restriction is imposed on the labor mobility, and if there exists regional economic disparity, then the workers will move so as to achieve a higher income. This socioeconomic phenomenon describes *the labor mobility motivated by regional economic disparity*. As investigated in [2], [11], and [12], it is known that *the master equation* can describe such a phenomenon in mathematical socioeconomics. Moreover, as fully investigated in [10], the master-equation approach is taken also in nonlinear economics. It is demonstrated in [10] that the master equation can describe *the probabilistic evolution of a configuration of macroeconomic variables* like investment, capital, labor, prices, production, consumption, and savings, etc.. The master equation thus plays very important roles in quantitatively describing the phenomena induced by the probabilistic transition of certain economic and socioeconomic quantities.

2. The master equation. The master equation is a nonlinear integro-partial differential equation, which has the following form:

$$\partial v(t,x)/\partial t = -\, w(t,x)\, v(t,x) + \int_{y \in D} W(t;x \mid y)\, v(t,y)\, dy,$$

where D is a bounded domain. By $v = v(t,x)$ we denote the unknown function. By $W = W(t;x \mid y)$

we denote the *transition rate* of a certain economic and socioeconomic quantity at time $t \in [0,+\infty)$ and from a point $y \in D$ to a point $x \in$ D. The coefficient $w = w(t,x)$ is defined as follows:

$$w = w(t,x) \equiv \int_{y \in D} W(t;y \mid x)dy.$$

Let us consider regional labor mobility. It is known that the master equation describes the regional labor mobility within the domain D. In this description the unknown function $v = v(t,x)$ represents the density of labor at time $t \geq 0$ and at a point $x \in D$, i.e., the total amount of labor in a subset $d \subseteq D$ is equal to

$$\int_{y \in d} v(t,y)dy$$

at time $t \geq 0$. By $W = W(t;x \mid y)$ we denote the transition rate of labor from a point $y \in D$ to a point $x \in D$ at time $t \geq 0$. We easily see that the first term of the right hand side of the master equation indicates the total amount of labor which gets out from $x \in D$ per unit of time, and that the second term of the right hand side indicates the total amount of labor which comes into $x \in D$ per unit of time.

Let us consider a configuration of macroeconomic variables such as investment, capital, labor, prices, production, consumption, and savings, etc.. Decompose D into small disjoint subsets. If we correspond a macroeconomic variable to a small subset by a one-to-one mapping, if we restrict the class of unknown functions within the set of all *step functions* which are constant in each small subset, and if we impose the same assumptions as [10] on $W = W(t;x \mid y)$, then the master equation can describe the probabilistic evolution of a configuration of macroeconomic variables.

3. The purpose and the methods. If we succeed in constructing a mathematical economic model by making use of a nonlinear functional equation such as, e.g., the master equation, then in order to ascertain the validity of the model we definitely need to fully investigate what kind of economic results can be deductively derived from the model. For this purpose, we need to study the behavior of solutions of the functional equation. Without such investigation, we cannot say that the validity of the model is clearly demonstrated. On the basis of these considerations, we will investigate what kind of quantitative economic results can be deductively derived from the mathematical economic model described by the master equation.

However, it is extremely difficult to fully investigate the behavior of solutions of the master equation. In fact, it is too hard to do so within the framework of classical analysis. Few economic results can be derived from the master equation except for [7-10], and hence there has been little effective ascertain of the validity of the model described by the master equation. The reason for the difficulty thus encountered is to be attributed to the strong nonlinearity of the master equation.

Numerical approaches have been often taken to various nonlinear evolutionary economic models (see, e.g., [2] and [10-12]). However, the strong nonlinearity of the master equation makes our model behave in an extremely complicated manner. Therefore, by making use of numerical methods only, we cannot fully observe the behavior of solutions of the master equation. Hence we need to employ more advanced mathematical methods than numerical analysis.

Recalling that the master equation has its origin in statistical physics, and that various functional-analytic methods play very important roles in statistical physics, we find it useful to take a functional-analytic approach also to the mathematical economic model described by the master equation. Hence, we will employ both numerical methods and functional-analytic methods in the present research. The former methods give us a clear picture of the behavior of the model, and the latter methods give us an accurate picture of the model.

4. Main results. By making use of functional-analytic methods invented in our articles [1] and [3-6], we can obtain important theorems on the behavior of solutions to the initial value problem for the master equation in [7-9]. By making use of this functional-analytic result, and by imposing assumptions accepted also in [2] and [10-12] on the present research, we will prove the following result:

Theorem 1. *The mathematical economic model described by the master equation is governed by a certain dominant parameter as follows: if the parameter is smaller than a certain positive critical constant, then the model has a unique asymptotically stable equilibrium, but if the parameter is larger than the critical constant, then each equilibrium is unstable.*

We will take a numerical-analytic approach to the model. By *discretizing* the master equation with respect to both the space variable and the time variable, we can construct numerical solutions to the initial value problem for the master equation. Computer programs for these numerical calculations can be obtained from the web site, http://www.pascal.seg.kobe-u.ac.jp, which is in construction. See the graphs of a solution drawn in the last page. We can obtain the following result:

Theorem 2. *Suppose that the parameter mentioned in Theorem 1 is larger than the critical constant obtained in Theorem 1. Then, the model exhibits typical self-organizing behavior when the time variable is not large. The behavior of the model is very stable in a certain subset of D, but the model comes to behave in an extremely complicated manner in the complement of the subset as the time variable increases.*

References

[1] N. Eshima, C. Asano, and M. Tabata, Developmental path model and causal analysis of latent dichotomous variables. British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, Vol. 49, pp. 43-56, (1996).

[2] D. Helbing, "*Quantitative Sociodynamics*," Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, (1995).

[3] M. Tabata, The point spectrum of the linearized Boltzmann operator with an external-force potential in an exterior domain, Transport Theory and Statistical Physics, Vol. 24, No. 9, pp. 1271-1294, (1995).

[4] M. Tabata and N. Eshima, The point spectrum of the linearized Boltzmann operator with the potential term in a semi-infinite domain and the corresponding eigenspaces, Rendiconti dell Sem. Mat. Univ. Politecnico di Torino, Vol. 53, No. 2, pp. 99-108, (1995).

[5] M. Tabata and N. Eshima, The spectrum of the transport operator with a potential term under the spatial periodicity condition, Rendiconti dell Sem. Mat. Univ. Padova, Vol. 97, No.1, pp. 1-23, (1997).

[6] M. Tabata and N. Eshima, Decay of solutions to the mixed problem for the linearized Boltzmann equation with a potential term in a polyhedral bounded domain, Rendiconti dell Sem. Mat. Univ. Padova, Vol. 103, No.1, pp. 1-23, (2000).

[7] M. Tabata, N. Eshima, I. Takagi, and T. Hiroyama, The Cauchy problem for the system of equations describing migration motivated by regional economic disparity, Applied Mathematics and Computation, Vol. 94, No. 1, pp. 45-64, (1998).

[8] M. Tabata, N. Eshima, and I. Takagi, The nonlinear integro-partial differential equation describing the logistic growth of human population with migration, Applied Mathematics and Computation, Vol. 98, No. 2, pp. 169-183, (1999).

[9] M. Tabata and N. Eshima, The behavior of solutions to the Cauchy problem for the master equation, Applied Mathematics and Computation, in press, (2000)

[10] W. Weidlich and M. Braun, The master equation approach to nonlinear economics, J. Evolutionary Economics, Vol. 2, pp. 233-265, (1992).

[11] W. Weidlich and G. Haag, "*Concepts and Models of a Quantitative Sociology*," Springer-Verlag, Berlin, (1983).

[12] W. Weidlich and G. Haag (Eds.), "*Interregional Migration*," Springer-Verlag, Berlin, (1988).

Florence ASTIER
University Lyon 2 – GATE
93, chemin des Mouilles
69130 Ecully Cedex FRANCE
astier@ipnl.in2p3.fr

THE JAPANESE FILP SYSTEM: STRUCTURAL VAR ANALYSIS

(Abstract)

Key words: structural VAR analysis, cointegration relationships, Japanese FILP system, monetary policy transmission channel.[1]

Presentation of the Japanese FILP (Fiscal Investment and Loan Program) system

In Japan, the householders savings rate is really high and the share of the postal savings was more than 20% of the total household savings. The Japanese postal system collected 239 trillions yens of savings in 1998 from householders. The major reason for Japanese householders to save in the postal system is the dense network of the postal system. Japanese householders are also responsive to the closeness and convenience of the postal system. And it is a government guarantee deposit. It is why postal saving deposits in Japan are special and cannot be assimilated with private bank deposits.

The savings collected by the postal system are centralized at the Trust Fund Bureau (TFB), a financial institution belonging to the Minister of Finance. The size of the TFB for 1998 was 418 trillions yens (395 trillions yens are invested in FILP- financed institutions and 109 trillions yens are invested in government bonds, and other secured bonds). The TFB transforms savings collected by the postal system to subsidized policy and welfare orientated loans to the economy. Government financial institutions form the distribution network for these loans. Those loans and investments used to be more industry orientated (15.8% of the total FILP loans in 1955, and now it is more welfare orientated such as housing (35.6% the TFB investments for 1998), living environment (17.5%), social welfare (4.0%), education (2.1%), small and medium-sized business (13.0%), agriculture, forestry and fisheries (2.4%), national land preservation (1.4%), road construction (9.1%), transportation/communication (2.9%), regional development (2,4%), industry and technology (2.4%), trade and economic cooperation (4.1%).

In our worke built a Structural VAR model with variables summarizing the Japanese FILP system. The aim of this study is to analyze how monetary policy impulses propagate through the FILP system and show that the Japanese FILP system in Japan allows a new monetary policy channel. The aim is accomplished first by determining the long-run relationships, *i.e.* the cointegration space, and then modeling the instantaneous interactions. Then, dynamic simulations give the linkage between short and long run properties.

The identified cointegration relationships demonstrate a long term relationships between the amount of funds collected by the TFB and the amount of subsidized housing loans issued by the Housing Loan Corporation (HLC). And the structural identification of instantaneous relationships show that an increase of the postal savings interest rate will have a positive effect (within 4 months) on the postal savings collected by the postal savings system, on the amount of funds centralized at the TFB and on the amount of loans issued by the HLC.

The choice of the variables

The choice made is mainly guided by reflecting the feature of the FILP. The following six variables are taken into consideration:

CR (the call rate)
TREP (the postal savings interest rate)
LM2CD (the log of monetary aggregate M2 and certificates of deposit)
LPS (the log of postal savings)
LTFB (the log of TFB funds)
LHLC (the log of the Housing Loan Corporation an institutions belonging to the FILP).

The data are quarterly and refer to the period 1970 :01-1996 :03, all the series are real, and the usual unit root tests[2] clearly indicate that the data are I(1).

The reduced form VAR model[3]

For the choice of the lag length of the VAR analysis, several different criteria have been used, such as the Hannan and Quinn [1979] information criterion (HQ), pointed out by Reimers as the most reliable in the presence of cointegration, the Akaike tests (AIC), the Schwarz tests (BIC) and the classical LR tests (with a small sample correction suggested by Sims [1980]). The HQ and AIC tests give the evidence in favor of a model with three lags but the BIC test suggests k=2[4]. In accordance to Reimers, we choose k=3.

The following step consists in conducting inference on the cointegration rank (r), on the basis of the maximum likelihood approach. In this respect the distributions of the rank statistics depend on the deterministic component in the VAR model as Johansen [1992] explained; therefore we jointly determine the cointegration rank and the kind of deterministic polynomial. In table 1 we present Johansen's cointegrating rank statistics, we only report the tests about the smallest r for which the hypothesis on the cointegration rank cannot be rejected.

Table 1

r	Const .	Trend	Statistic	95%	97.5%	99%
3	m0	0	26.88	29.68	32.56	35.65
3	m0	abl	34.34	42.44	45.4	48.45
3	m0	m1	28.40	34.55	36.94	40.49

[1] The author would like to thank Pr. Jean-François Goux for his helpful comments.

[2] The unit roots tests are done in the article

[3] Structural VAR models will be presented in the article.

[4] The tests are available in the article.

In our model the Johansen [1992] strategy concludes that the cointegration rank is 3 at the usual 5% level and we can associate three different couples of restrictions on the trend and constant ($m_0 = m_0, m_1 = 0$) *i.e.* non zero mean in the I(0) components and linear trend in the I(1) components; ($m_0 = m_0, m_1 = ab_1$) *i.e.* linear trend in the I(0) and I(1) components; ($m_0 = m_0, m_1 = m_1$) *i.e.* linear trend in the I(0) components, and quadratic trend in the I(1) components. We compute the likelihood ratio test for restrictions on the deterministic trend coefficients. For a known and fixed r=3, these test are χ^2 distributed. The outputs are the following :

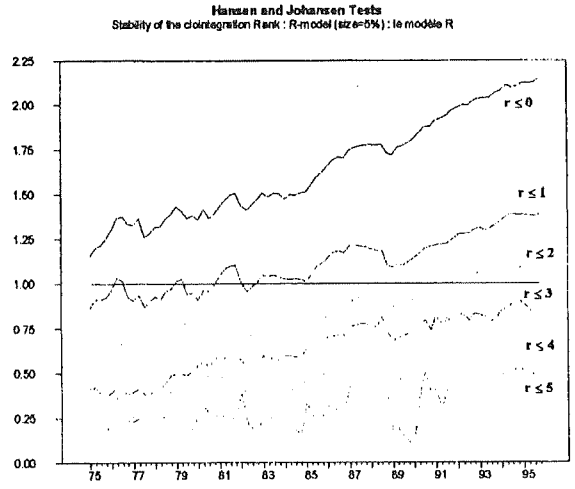
Table 2

H0	HA	TEST	DGF	SIG.LEV.
m0 = m0 ; m1 = ab1	m0 = m0 ; m1 = m1	5.93	63	0.115
m0 = m0 ; m1 = 0	m0 = m0 ; m1 = m1	20.9 9	26	0.002
m0 = m0 ; m1 = 0	m0 = m0 ; m1 = ab1	15.05	63	0.002

The hypothesis H_0 can not be rejected when the significance level is greater than 0.05. According to those results the hypothesis (m0=m0, m1=ab1) can not be rejected when tested against (m0=m0, m1=m1) or (m0=m0, m1=0).

Following Hansen-Johansen [1993] we performed the analysis of stability of the cointegration rank. The figure 1 represents the cointegrating rank statistics of a sub-period. The length of the the first sub-sample is fixed to 20 (the total sample size is 107). Then the test recursivly calculated the trace test in the second part of the sample period to check wether the trace test would have selected a different *r*. The short-run parameters are considered fixed, and estimated only once in the full sample. We cannot reject the *r* corresponding to the upper line below line 1. The uppermost line represents the test for the hypothesis r=0, which in this case is really rejected. The second upper line represents the test for r≤1, and so on. The figure clearly select r=3.

Figure 1



Then the next step is to compute the roots of the autoregressive polynomial of our model, none of them are greater than zero[5].

The following results of the normality tests are reported below :

Table 3

JARQUE-BERA NORMALITY TESTS:

EQUA.	SKEWNESS	p-value	KURTOSIS	p-value	SKEW.&KURT	p-value
1	0.088	0.767	7.942	0.005	8.029	0.018
2	0.123	0.726	6.223	0.013	6.346	0.042
3	0.052	0.820	7.853	0.005	7.904	0.019
4	0.101	0.751	7.682	0.006	7.783	0.020
5	0.022	0.881	7.466	0.006	7.489	0.024
6	0.333	0.564	6.748	0.009	7.081	0.029
SYSTEM	0.680	0.995	45.676	0.000	46.356	0.000

MARDIA MULTIVARIATE NORMALITY TESTS:

	SKEWNESS	p-value	KURTOSIS	p-value	SKEW.&KURT.	p-value
SYSTEM	0.732	NA	0.080	0.777	41.046	0.945

Normality is accepted when *p-value* is greater than 0.05. Both Skewness test and Mardia multivariate normality tests do not reject normality hypothesis although the Kurtosis test and the Skewness & Kurtosis test reject this hypothesis.

Cointegration properties

Each variable was tested for exclusion of the cointegration space, *i.e* the corresponding row of β^* is tested for being zero. The likelihood ratio test for each of these hypothesis is asymptotically χ^2 distributed with *r* degree of freedom under H_0. The tests rejected H_0 for all variables but LPS ($\chi^2_{[3]}$=4.92724, *p-value*=0.17720).

One can check that the constraints written above lead to an identified structure for the long run relationships. Moreover, on the basis of the usual order conditions the long run structure is over identified with nine over identifying constraints imposed on the parameter space of the cointegration relationships. We specified the following set of homogenous linear constraints on the three columns of $\beta^* = [\beta_1^*, \beta_2^*, \beta_3^*]$ [6]

$$\beta_1 = H_1\phi_1, \beta_2 = H_2\phi_2, \beta_3 = H_3\phi_3$$

$$H_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, H_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, H_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

The validity of these constraints is checked by means of a $\chi^2_{[3]}$ distributed likelihood ratio test. Likelihood ratio test for over-identification:

$\chi^2_{[3]} = 4.92724 \quad p-value = 0.17.$

Each variable was checked for weak exogeneity. In this case the null hypothesis is that the corresponding row

[5] The results are available in the article.

[6] cointegration constraints will be presented in the article.

of α is zero. The likelihood ratio test for each of these hypothesis is asymptotically χ^2 distributed with r degrees of freedom under H_0. Week exogeneity hypothesis is rejected for all variables.

The estimated cointegration vectors are presented below (t-statistics in brackets) :

$$LM\ 2CD = -0.0102\ t - 0.0727\ CR + 0.1738\ TREP$$
$$(0.0007)\quad (0.0075)\quad (0.0123)$$
$$LTFB = -0.0071\ t - 0.0239\ CR + 0.9009\ LM\ 2CD$$
$$(0.0007)\quad (0.0032)\quad (0.0749)$$
$$LHLC = 0.0119\ CR - 0.5729\ LM\ 2CD + 2.2593\ LTFB$$
$$(0.0023)\quad (0.0763)\quad (0.0537)$$

The reported t-statistics are obtained on the basis of the asymptotic distribution of over-identification.

The first and second equations unfortunately do not present the long term relationships between FILP' variables. But the third equation is clearly in favor of the FILP system : we can read a positive long term relationship between the amount of funds centralized in the TFB and the amount of loans issued by the Housing Loan Corporation.

Structural identification of instantaneous relationships

In this section we describe how to organize the instantaneous correlation between variables, which have been hidden so far in the covariance matrix of the reduce form disturbances (Σ). Let A and B be two (n×n) invertible matrices such that :

$$A\,A(L)y_t = A\,\varepsilon_t \qquad E(e_t) = 0$$
$$A\,\varepsilon_t = B\,e_t \qquad E(e_t e_t') = I_n$$

We have a structural form where instantaneous relationships among the endogenous variables are explicitly modeled and the impact effect of the orthonormal ramdom shocks hitting the system.

$$A\varepsilon_t\,\varepsilon_t' A' = BB'$$

for Σ known, this equation again imposes a set of $n(n+1)/2$ non-linear restrictions on the parameters of the A and B matrices, leaving overall $2n^2$-$n(n+1)/2$ free elements.

In this case we use the method presented by Amisano & Seghelini [1997] on the Italian interest rates in which the final structure of instantaneous equations has been obtained starting from an exactly identified model and then by deleting the non-significant parameters in the just-identified A matrix to reach a situation of over-identification. The e_t disturbances are interpreted as idiosyncratic shocks. We impose diagonality of the B matrix. The validity of the constraints are tested by a likelihood ratio test. We obtain the following A matrix:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

All the structure is overidentified since all eigenvalues are different from zero[7].

They are 8 more constraints than those strictly required to achieve the exact identification. The over-identification constraints are checked by means of the $\chi^2_{[8]} = 5.82949$, *p-value* = 0.97405. Starting from this structure, where all the non-significant elements below the diagonal of A have been set to zero, no term above the A matrix diagonal has been found significant at 5% size.

Estimates of SVAR parameters (t-statistics in brackets)

$$\varepsilon_{CR} = 0.3715\ e_{CR}$$
$$(14.42)$$
$$\varepsilon_{TR\,EP} = 0.1721\ e_{TR\,EP}$$
$$(14.42)$$
$$\varepsilon_{LM\,2CD} = 0.0051\ e_{LM\,2CD}$$
$$(14.42)$$
$$\varepsilon_{LPS} + 0.0014\ \varepsilon_{CR} + 0.0039\ \varepsilon_{TR\,EP} - 0.1689\,\varepsilon_{LM\,2CD} = 0.0027\ e_{LPS}$$
$$(1.97)\quad (2.50)\quad (-3.27)\quad (14.42)$$
$$\varepsilon_{LTFB} - 0.4230\ \varepsilon_{LPS} = 0.0020\ e_{LTFB}$$
$$(-6.36)\quad (14.42)$$
$$\varepsilon_{LHLC} - 0.0006\ \varepsilon_{TR\,EP} - 0.2141\ \varepsilon_{LM\,2CD} - 0.3096\ \varepsilon_{LPS} = 0.0038\ e_{LHLC}$$
$$(-2.67)\quad (-2.80)\quad (-2.28)\quad (14.42)$$

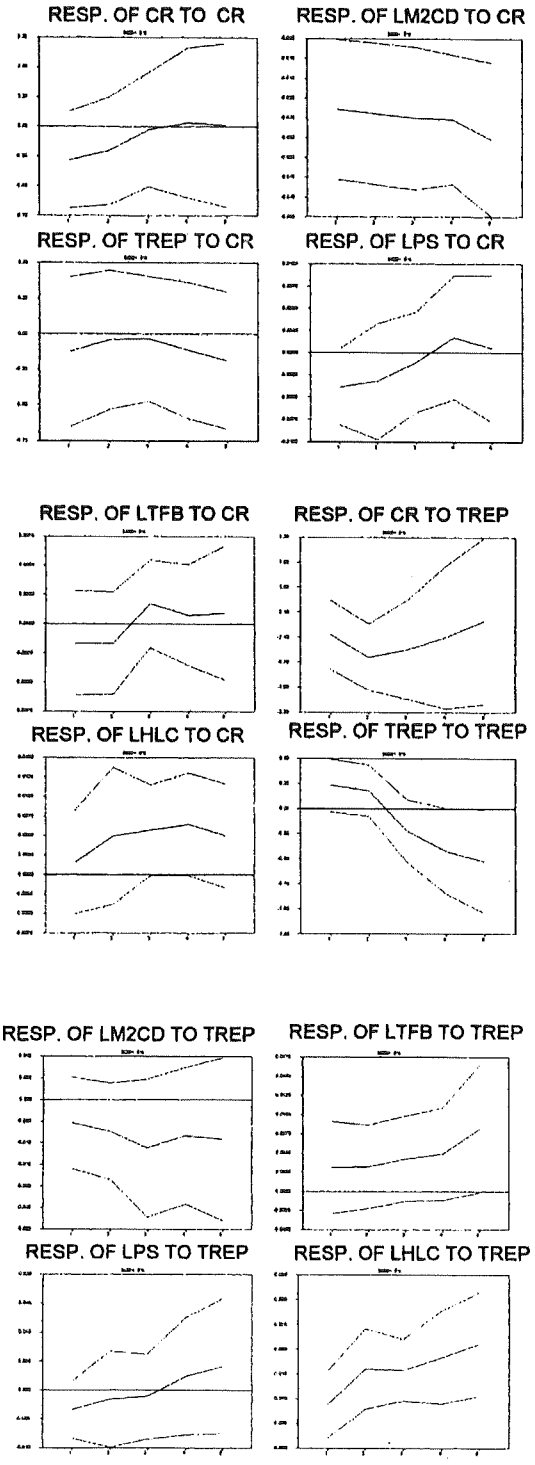
The interpretation of the final structure can be summarized as follow. The impulse ε_{CR} is essentially thought of as a shock on the CR rate, one can make the same analysis for $\varepsilon_{TR\,EP}$ and $\varepsilon_{LM\,2CD}$. The impulse ε_{LPS} is essentially thought on a shock on LPS which immediately affects CR and TREP whit positive coefficient and LM2CD with negative coefficient. The impulse ε_{LTFB} is essentially thought on a shock on LTFB which immediately affects LPS with negative coefficient. The impulse ε_{LHCL} is essentially thought on a shock on LHCL which immediately affects TREP, LM2CD and LPS with negative coefficient.

Dynamic simulation

We proceed to structural impulses response function and their asymptotic variance-covariance matrix of forecast error variance decomposition (FEVD)[8]. We present some selected results taken from the whole set of dynamic simulation obtained by means of the model so far described. The following figures gives structural impulses responses function computed up to 5 steps ahead (20 months). As for impulses responses we present only the responses to the structural shocks on CR and TREP[9], *i.e.* the « policy shocks », which are graphed in figure 2 with the 95% confidence bounds based on the asymptotic distributions of the structured impulse responses.

[7] They will be presented in the article.
[8] It will be presented in the article.
[9] All of them are available in the article.

Figure 2



An increase of the CR has first a positive effect on the postal savings interest rate during one year and then a negative effect. It has a similar effect on the postal savings but the increase period is one year and 4 months and the it decreases. We can notice a similar pattern for the TFB funds and for the HLC loans. So this transmission mechanism can be interpreted as a specific monetary policy transmission channel for the FILP system.

As we expected the effect of an increase of the postal savings rate (TREP) has a positive effect on the postal savings (LPS), on the TFB funds (LTFB) and on the amount of subsidized loans issued by the Housing Loan Corporation.

References

AMISSANO G. & GIANNINI C., [1997], «Topics in Structural VAR Econometrics», second edition, Springer Verlag, New York

ASTIER F. & YOSHINO N., [1998], « Lessons from overseas : public financial systems and the Japanese FILP system of the 21st century », *QRI Report*, vol. 33, January, n°1. (in Japanese).

ASTIER F. & YOSHINO N., [1997], « Comparing the French and the Japanese public financing of housing », *The Quarterly of Housing and Land Economics*, n°25, Summer. (in Japanese).

GOUX J-F., [2000], «Existe-t-il vraiment une relation cointégrante de demande de monnaie M3 en France ? », *Revue d'économie financière*, à paraître.

HANSEN H. & JOHANSEN S., [1993], «Recursive Estimation in Cointegrated VAR-models», Uinversity of Copenhagen, Institute of Mathematical Statistics. Preprint 1993-1.

JOHANSEN S., [1995], *Likelihood-based inference in cointegrated vector auto-regressive models Advanced Texts on Econometrics*, New York, Oxford University Press.

RAO B.B., [1994], *Cointegration for applied economist*, New York, St Martin's Press.

SIMS C., [1980], « Macroeconomics and Reality », *Econometrica*, vol. 48, n°1.

SIMS C., [1992], « Interpreting the macroeconomics time series facts. The effects of Monetary policy », *European Economic Review*, n°36.

SIMS C., [1998], « Comment on Glenn Rudebusch's « Do measures of Monetary Policy in a VAR make sense ? » », *International Economic Review*, vol. 39, n°4.

Technology Diffusion and Irreversibility in an Industry with Local Interdependencies

Patrick Llerena (University Louis)

UNIVERSAL LAWS IN APPLICATION TO EVOLUTIONARY ECONOMICS

K.V.Sadtchenko, NEC Moscow Representative office,
e-mail address: sadtchenko@dionis.iasnet.ru
home address: Krilatsky holmy str, 1, room 177, Moscow, 121609, Russia

Abstract. The purpose of the present paper is to reveal some new conformities to natural laws allowing to advance the theory of evolutionary economics, and to apply a number of evolutionary economics postulates to the area of applied economics. The ergodic hypothesis is applied for economic systems. The interrelation between laws of economics and energy laws is investigated.

«We look not at the visible, but at the invisible. The visible is brief, but the invisible is eternal»

(New Testament)

1 UNIVERSAL LAWS IN APPLICATION TO ECONOMICS.

The laws of economy in interrelation with the evolutional laws are subject to the following hierarchy:

The evolutional, physical, energy laws (transition of quantity in quality, ..., energy conservation laws, thermodynamic laws)

The macroeconomic laws (laws of economic growth , etc)

The microeconomic laws (law of demand, proposal..)

Energy is a measure of motion of the various forms of a matter and including, economic space as one of the evolution forms of a matter.

The law of the money circulation (the law of market equilibrium) states for the closed economic system:

$\Sigma M \times T = \Sigma mg \times pg + \Sigma ms \times ps$,

where M - general money supply in country; T - general money turn-over; mg, ms - money supply of the goods and services accordingly; pg, ps – price of the goods and services accordingly;

From an item of power postulates the law of market balance is other form of display of an energy conservation law for one from areas of economic space:

Esys = Egc + Esc = const, where Esys – energy of a system of money circulation , Egc - energy of circulation of the goods, Esc – energy of circulation of services.

Really law of the money reversal is executed to within the inflationary amendment f:

$\Sigma M \times T = \Sigma mg \times pg \Sigma ms \times ps + f$,

where f is understood as a function of weight of «uncovered» money.

Starting the printed machine tool for an issue «uncovered» by the appropriate growth of the goods weight of money, the state tries to start « the eternal engine ».

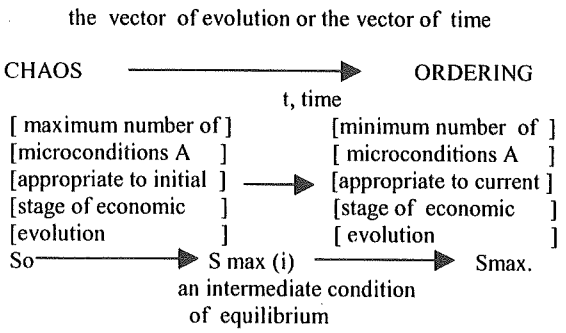
2. FROM CHAOS TO ORDERING. AN ENTROPY AS UNIVERSAL FUNCTION OF A CONDITION OF AN ECONOMIC SYSTEM

The evolution of an economic system as well as evolution of a lifeless matter or biological evolution, is irreversible process, as the convertible process, i.e. return transition from a final condition (current economic stage) in initial (anyone from the previous economic stages) through the same intermediate condition (economic stages) is impossible so that besides there were no changes of an economic system.

The condition of an economic system is set by a function of a condition entropy $S = k \ln A$, or $S = k \ln P + const$ - the entropy is determined by the logarithm of number of economic microconditions (microstates) A, by means of which will be realized given economic macrocondition (macrostate of the economic system) , or logarithm of thermodynamic probability of an economic condition P [5], [9]. The given definition of an entropy S is applied to an economic system as to a statistical system.

As a microcondition it is possible to accept elementary economic «cell», or "gene", representing, suppose an economic condition of the enterprise, transnational company.

The economic system develops in a direction of an equilibrium condition, increase of entropy pursuant to the 2-nd law of thermodynamics, from less to a more stable condition.



In of equilibrium the entropy reaches the maximum value that corresponds to period of association of competing processes (association of small-sized firms in large corporation etc.).

The irreversible process transfers a system from a less probable condition in more probable, seek to equilibrium, however during evolution the fluctuations are possible, when the system begins motion to less probable macrostates with the

subsequent increase of an entropy at the constant current of economic process in a direction of «vector» of time. With reference to economic systems the transition from one social-economic formation, from one economic stage to other represents irreversible process giving in longitudinal (in a direction « of vector» of time) section cross-section wavy processes, but as a whole presenting a spiral in a system of a directivity of «vector» of time. The given wavy processes appear really in a kind of « industrial – capitalist cycles », long wave cycles (N. Kondratyev cycles), macrogenerations [3], [4].

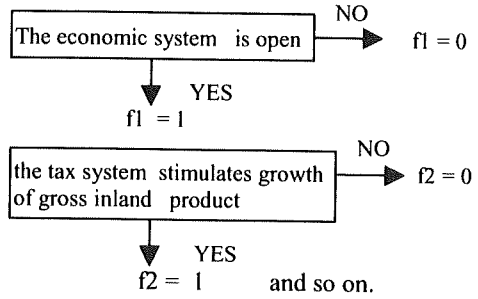
Let's imagine an economic system presenting a combination of elementary economic «cells», with specific external parameters determining a condition of an economic system. Let's conduct reasoning by analogy to consideration macroscopic system with specific external parameters determining power levels of a system [6]. Let's allow, the full energy of an economic system Eec represents the sum of energies Σi of a microcondition, where i - the energy i-st of economic «cell»: $Eec=\Sigma Ei$. The number of economic microconditions of economic system will be determined as:

$$[\text{number of microconditions}] \sim [\ ec - \ ]^{f},$$

where Eo - min value of energy of an economic system, Eec - full energy of an economic system ;

$f = \Sigma f i$, i=1,2,3,...N - number of degrees of freedom of an economic system (economic freedom); each number fi corresponds to the contribution of certain energy to full energy of an economic system.

For an economic system the number of degrees of freedom is understood as a number of economic factors (forces) influencing and describing an economic system, for example, f1 - openness of an economic system in relation to the external market; f2 - optimum taxes system; f3 - growth of the investments and etc.



$\lim_{i \to N} \Sigma f i = f$ current economic stage

$$fml < fmh,$$

where fml, fmh are the number of degrees of freedom of an economic system of more low and more high economic stage accordingly.

Thus, from the point of view of energy postulates, the more number of degrees of freedom of an economic system, the more number of economic microconditions, i.e. the more number of the arising enterprises, companies that corresponds to the period

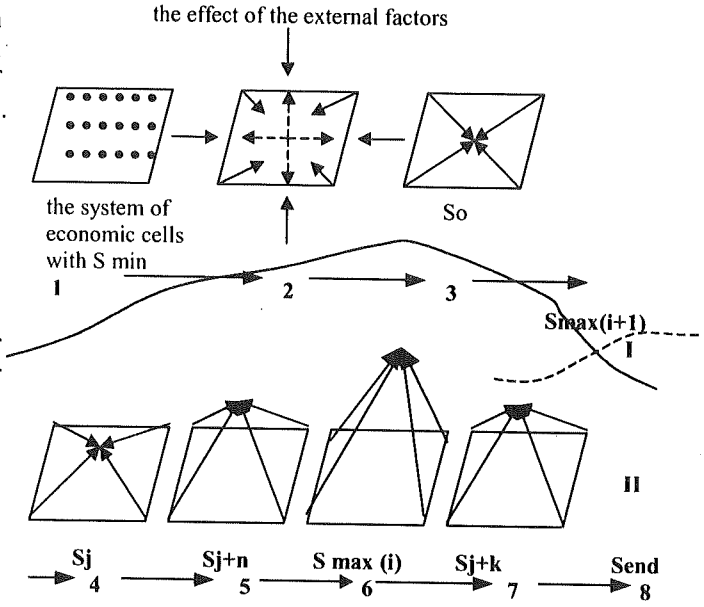


Fig.1 Schematic display of pyramidal economic process

of economic growth. However limit of the number of microconditions limits by final number of degrees of freedom (number of economic factors) of an economic system existing at an current economic stage of development of the social-economic formation.

3. STABILITY OF AN ECONOMIC SYSTEM. THE LAW OF DENYING MONOPOLY.

As the consequence of the above mentioned energy laws evolution ascends at the expense of a competitiveness of opposite processes, for this competitiveness results an economic system in a more stable equilibrium condition integrating earlier competing processes, for example, in monopoly effect of any economic object, for example, transnational company consisting, of affiliated enterprises, thus the entropy of a system reaches the maximum value. Certain time the monopoly plays a positive role as an inevitable completion of association, and further from the moment of tx is transformed into the brake of the appropriate evolution process. Then the economic system begins to pass in an even more stable position, and the entropy begins from intermediate value Smax (i) to grow, denying the previous evolution stage, the general law of denying monopoly is executed, stating

that **the evolution denies monopoly in any of its form** [8].

As a whole competitiveness in economy as a process, denying monopoly, is a consequence and confirmation of the law of denying monopoly. In the modern world such as a centuries-old exclusive object as the state undergoes qualitative changes. Alongside with the process of association of the states, close on an economic level, (for example, the association in European community), proceeds process of growth of transnational companies up to a level of the ministate. These two tendencies are processes denying monopoly of the separately taken state. Evolution of the state as an economic object, development of many economic processes is one of «pyramidal» processes. The pyramidal economic process can be presented as the process of growth of economic «pyramid» from an initial altitude characterized by the initial value entropy So, up At occurrence of external economic forces, alongside with process of ordering, owing to reason-consequence connection by a principle of Le Chatelie-Brown there are also processes seek to return an economic system in an initial condition - stage 2.

If the effect of the external factors (for example, investments), results in an increase of economic energy Eec of an economic system exceeding certain for economic process threshold energy Ethr, the process (3 → 6), accompanied by increase of an entropy from So up to a maximum entropy S max(i) of the given economic process (up to maximum « altitudes of a pyramid ») begins pyramidal discrete – continuous process.

Further there are as a minimum two alternatives: 1st (revival). In case the energy of an economic system Eec > Ethr for the given economic process, « a pyramid » will be transformed to a modified economic pyramid, for example, at the expense of process of association (modern association of the states in unified economic community). The given process is represented by curve I in Fig.1

2-nd (completion of life cycle). If Eec < Ethr, economic process (for example, the construction of financial pyramids) begins to fade on ecsponencial law - stage 7. Stage 8 is the end of the process.

Thus, as a whole « the pyramidal process » is wavy process.The given process is represented by curve II. 1-st alternative is characteristic of large-scale economic systems(states), 2-nd alternative - for small-scale (of the enterprises of one branch, company).

4. ERGODIC HYPOTHESIS FOR AN ECONOMIC SYSTEM

In statistical physics ergodic hypothesis is a postulate that **mean** on **ensemble** (system from n - identical particles) is equal **mean** on **time** [5], [7].The behavior of one economic object (cell) on the average on time t is identical to behavior of systems from n – population of economic objects (cells) on the average on their number in a moment T.

For presentation we shall show a geometrically given postulate for the elementary case (Fig. 2).

Let's allow, X(i)1, Y(i)1 - certain two parameters of an economic system fixed in moment t1,....ti ... for an economic cell of the system (analogy: coordinates (trajectory) of one particle fixed in moment t1,..,ti,... in the Cartesian coordinate system).

X(i)j, Y(i)j, T – the same two parameters of the economic system for «population» (combination)) of identical economic cells 1, ... j ..., N, fixed for each given cell j in a moment T (analogy: coordinates (trajectory) identical particles fixed in a moment T).

In accordance with the ergodic hypothesis, the trajectory (change of parameters) one economic cell on time qualitatively is identical to trajectory for combination N of identical economic cells, i.e. is equal mean on ensemble (combination) of identical economic cell.

The given consideration is right and for economic trajectory on X, Y, Z,...n to changed parameters. In view of the universality ergodic hypothesis is right for economic systems. Leaning on ergodic hypothesis, it is possible to assert that the qualitative character of economic development (economic trajectory) on the average on time (by consideration during several years or more long duration period t) of one enterprise from one industry, is identical to economic development (economic trajectory) on the average in a moment T on N- to number of the enterprises chosen by a principle of equivalence from the same branch.

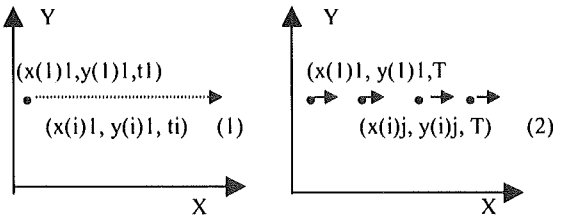
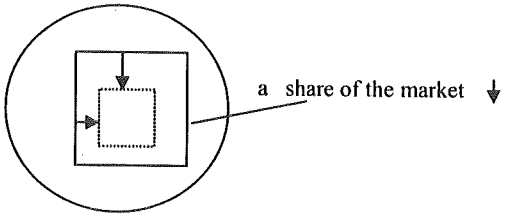


Fig 2. Geometrical illustration of ergodic hypothesis

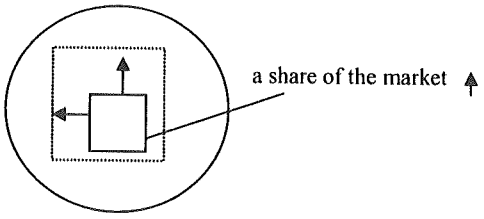
5. AN EXAMPLE OF DEMONSTRATION OF PRINCIPLE LE CHATELIE - BROWN IN ECONOMICS

In case of recovery of price the share of the market, taken by the goods, decreases [1], the feedback acts, the market price is compelled to be reduced, and the given share of the market is increased , i.e. in an economic system (on certain sector of the market) there were market processes seek to return a system in an initial condition:

a. The price is increased, that ↑ causes reduction ↓ of a share of the market



b. The price decreases ↓, that causes ↑ increase of a share of the market



6. LAW OF DENYING MONOPOLY AND CHARACTER OF DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES

The character of life cycle of the goods is determined by motion from the least ordered condition of the goods (initial chaotic distribution of the goods on the market) to more ordered (saturation by the goods of the market, occupation of free « wells ») with the subsequent completion of life cycle.

Occurrence of the new goods Smin → ***an condition of equilibrium S max*** → ***end of life cycle of the goods Send***

Smin, S max, Send – entropy of the stages of life cycle of the goods

Any made goods is «exclusive» in sense of the uniqueness, that results in inevitable completion of life cycle transient to modification of the goods or to the basic new goods (transition from the analog telecommunication equipment to digital). The given process is a consequence of the law of denying of monopoly causing denying «monopoly» of the goods.

The law of denying of monopoly results in wavy process of evolution of technology: the new technology or goods made on the given technology, arises in the market, is distributed and then gradually leaves the market, finishing life cycle of technology or goods. From the data of relations basing on empirical and forecast data [2], follows, that each technology reaches the maximum of volume of sales (maximum of distribution) in the market with the subsequent reduction of volume of sales (leaving the market) on the exponential law. Without dependence from scale of distribution and duration of life cycle each form of technologies represents a «technological» wave described by the wave function Ψ (z (S), t), where z - certain function connected to an entropy of a system economic « of cells », creating the given technological wave. The arisen technological waves are distributed, forming the unified world market of telecommunications. Let's assume proceeding from a kind of empirical relation [2], that the technological wave is set by a known differential equation of conditions oscillations:

$y'' + py' + qy = f(t)$,

where $y = y(Vs, t)$, Vs - volume of sales sold in the moment t, f (t) - revolting external force, interconnected with a wave function $\psi(z(S), t)$,

$f(t) \sim \psi(z(S), t)$; p, q – coefficients

The general solution has a kind of a function

$$y = A \exp(\alpha t) * \psi(z(S), t), \quad A, \alpha\text{-coefficients} \qquad (1)$$

Confirmation, as far as the precisely given equation describes process of attenuation of technological waves requires additional researches.

The telecommunication technologies create a system of technological waves Ψi (z (Si), t) with the boundary conditions determined by the time beginning **tb** and the time end **te** of life cycle of technology or the goods, made on the given technology. In the given system the imposing of technological waves (interconnected technologies) is possible, that can result to mutual « resonant » growth of distribution (volume of sales), for example, for digital telephone stations and wireless systems of transmissions.

References

[1] Andreeva O.D, Technology of business, marketing, Infra, M-Norma, Moscow, 1997, p. 162

[2] Baklanov I.G., Dialectics of telecommunication technology, journal "Vestnik Svyze", Moscow, No 9, 1998

[3] Maevsky V.I, The evolution of macrogenerations and modern macroeconomic theories, from book

"Evolutionary Economics on the brink of XXI century", Institute of Economics of RAS, publishing house"Japan today", Moscow, 1997, p.75
[4] Maevsky V. I, Kazhdan M., The evolution of macrogenerations, Journal of Evolutionary Economics, Springer-Verlag, 1998, 8: 407-427
[5] Matveev A.N, Molecular Physics, publishing house "Visshaya shkola ", Moscow, 1981, p.149
[6] Reif F., Statistical Physics, publishing house "Nauka", Moscow, 1972, pp. 122-126
[7] Sadtchenko K.V, "Ergodic hypothesis for economic system" from book "Evolutionary Economics on the brink of XXI century", Institute of Economics of RAS, publishing house "Japan today", 1997, p. 123
[8] Sadtchenko K.V, "The vector of an open society evolution", International scientific conference "Strategy of outstripping development for Russia in XXI century", Moscow, 1999, v.4, part 2, p. 41
[9] Sivukhin D.V., Thermodynamics and molecular physics, publishing house "Nauka", Moscow, 1979, p. 94, pp. 292-295

Family Expenditure Data in Japan, and the Law of Demand : Macroscopic Microeconomic View

Yuji Aruka
Faculty of Commerce, Chuo University
742-1 Higashinakano Hachioji-shi, Tokyo, JAPAN 192-0393 aruka@tamacc.chuo-u.ac.jp

An Alternative Derivation of the Law of Demand by Hildenbrand Hidenbrand, Grandmont,Grodal and others have tried to formulate Market Demand by a procedure definitely different from the traditional way of using a utility function. According to Hildenbrand(1994),

1)If one insists in deriving Wald's Axiom from assumptions that are expressed exclusively in terms of the individual demand functions (or individual preferences)—I call [Hildenbrand calls] this *miscroscopic microeconomic approach*—then very restrictive assumptions are needed to obtain the desired result; for example, that individual demand functions are linear in income, *i. e.*,$f^i(p,x) = xf^i(p,1)$.[1]

2)An alternative approach in making assumptions on the population of the households as a whole, that is to say, on the *distribution* of the households demand functions—I call this the *macroscopic microeconomic approach*. If the households' demand functions are not identical —and always I have this case in mind—then one nedds a certain form of *heterogenity* of the population of households.Hildenbrand(1994)p.74.

Hildenbrand has been successful to introduce the form of *heterogeneity* of the population of households by constructing a ceartain set of macroscopic hypotheses. We can only give a brief summary on them here. We denote the population of households by I. Households can be classified into groups of different income x. Households with income x_i are called $x_i - household$. $x_i - household$ may also be called $x_i - cloud$, because each member in $x_i - household$ has a various vector of demand

$$f^i(p, x_i)_{i \in I}$$

where $f^i(p, x^i)$ is demand of each household i. The market demand $F(p)$ thus is an average idea of households demand, the sum of household demnads divided by the total number of ouseholds. That is,

$$F(p) = \frac{1}{\#I} \sum f^i(p, x^i)$$
$$S(p) = \frac{1}{\#I} \sum \frac{\partial h^i_j(p,x)}{\partial p_j}$$
$$A(p) = \frac{1}{\#I} \sum \frac{\partial f^i_j(p,x)}{\partial x} f^i_k(p, x)$$

A Jacobian matrix of the market demand function $F(p)$, considering the so-called Slutsky decomposition, can be written in the form of

$$\frac{\partial F(p)}{\partial p} = S(p) - A(p)$$

by which it turns out the condition $\frac{\partial F(p)}{\partial p} < 0$ in order to assure the *Law of Demand* in average.

The following hypotheses supporting the above condition are cleverly proposed by Hildenbrand(1994)pp.19-21.

Hypothesis 1. *The average Slutsky substitution effect matrix $S(p)$ is negative semidefinite.*

[1] *The Axiom of Revealed Preference* may establish a monotone demand function in assosciation with an individualistic utility function $u(z)$ satisfying the following condition to make the Slutsky item a sufficiently large number of negative value:

Condition of Mitjushcin and Polterovich(1978) [Appendix 4 of Hildenbrand(1994)]

$$\frac{-z \frac{\partial^2 u^i_j(z)}{\partial z_k \partial z_l} z}{z \frac{\partial u^i_j}{\partial z_k}} < 4$$

Hildenbrand is not interested in empirical testing on the Hypothesis 1. He instead discussed the assumptions being compatible with *generic function* to be defined. See Chapter 2 of Hildenbrand(1994).

Hypothsis 2. *The average income effect matrix A is positive semidefinite.*

We can test Hypothesis 2 empirically by calculating the *matrix of second moments* of each clouds of households demand undelying the *Family Expenditure Data* officially published. Second moments can be utilized an idex of *spread.* In other words, *spread* may be interpreted a measure of heterogenity of households. The $cloudy^i{}_{i\in I}$ is judged *more spread,* if $m^2y^i{}_{i\in I} > m^2z^i{}_{i\in I}$.

Hildenbrand then proved that Hypothesis 2 can be equivalent to Hypothesis 3, provided the demand functions satisfy the budget identy. See Appendix 5, Hildenbrand(1994).

Hypothesis 3 [Increasing Spread of Household's Demand] . *For every sufficiently small* $\triangle > 0$, *the cloud* $f^i(p, x^i + \triangle)_{i\in I}$ *is more spread than* $f^i(p, x_i)_{i\in I}$

On the other hand, *dispersion* on the clouds can be defined to measure heterogeneity of households. This eventually come down to calculate the *matrix of covarinace* around the mean on the clouds.

Illustration in the One-Commodity Economy The one commodity example is a short way for us to understand a new perspective of Hildenbrand's theory. Lewbel(1994) gives a very nice view on it in terms of the one commodity world[2] he *Slutzky Equation*, that is, the slope of an individualistic deamnd curve in the one commodity case, is as follows:

$$\frac{\partial f}{\partial p} = \frac{\partial f}{\partial p} + \frac{\partial f}{\partial x}f - \frac{\partial f}{\partial x}f = s - \frac{1}{2}\frac{\partial f^2}{\partial x}$$

Applying operator E to averaging among individual agents,

$$\frac{\partial E(f)}{\partial p} = E(s) - \frac{1}{2}E(\frac{\partial f^2}{\partial x}) = E(s) - \frac{1}{2}E[R'(x)]$$

1) Hypothesis 1 implies $E(s) < 0$. 2) $R(x)$ is $E(f^2)$, the square mean of various demands of income level x, since $R(x) = E(f^2)$ [3]

$$R(x) = (E(f^2) - \{E(f)\}^2) + \{E(f)\}^2 = E(f^2)$$
$$\text{variance} \qquad \text{square mean of } f$$

The Larger the value of $R(x)$, the diversity or heterogeneity of household demands at the similar income levels will be more. We can easily know the effects of variance in this model. $R(x)$ therefore measures the *spread* of household demands.Given a density function of income distribution ρ, in general,

$$E[R'(x)] = \int R'(x)\rho(x)dx = \int E(\frac{\partial f^2}{\partial x} \mid x)\rho(x)dx.$$

$E[R'(x)]$ depends on the rank of demand and also on the configuration of income distribution. These features are really demanding the empirical analysis.

Estimation of the Matrices of Second Moments and Covariance in Japan Hildenbrand in cooperation with statisticians like Haerdle(1991) and Kneip working in the field of nonparametric testing, in fact, estimated the matrices of second moments as well as covariance using the available data like *UK Family Expenditure Survey (FES),French Enquete Budget de Famille (EBF)* and the surveys in other developed countires but except for Japan. They derived them by applying some innovative nonparametric methods to the

[2] See Appendix of Lewbel(1994), a bookreview on Hildenbrand(1994). is book review by it self seems off the mark. I think that he has vindicated the orthodox microscopic behavioural principles too much to overlook the essence of innovation in the new theory proposed by Hildenbrand.

[3] $R'(x) = \frac{\partial R(x)}{\partial x} = \frac{\partial E(f^2)}{\partial x}$. *Then* $R(x) = E(f^2)$.

aggregates of each clouds of households. The estimation of income distribution, first of all, has been done by *kernel estimator*, more specifically speaking, by the use of *Rosenblatt-Parzen Kernel Density Estimator*

$$\frac{15}{16}(1-u^2)^2 \quad for \quad |u| \leqq 1.$$

After achieving the kernel smoothing of income distribution data available to us, the matrices of second moments and covarinace have been estimated [4].

The author of this paper has tried the same estimation of the matrix of second moments as well as the matrix of covariance in the Family Expenditure Data in Japan of the period 1979-1998. The source comes from the volumes of the *Annual Report on the Family Income and Expenditure* issued by the Statistics Bureau, Management and Coordination Agency, Government of Japan[5]. In each volume, we can find the pages of Table 4 in the recent editions:

Yearly Average of Monthly Receipts and Disbursments per Household by Yearly Income Group(All Household)

of 18 income rank classifications. The 10 consumption aggregates categories of Living Expenditure are as follows: Food; Housing; Fuel,light, and water charges; Furniture and household utensils; Clothes and footwear; Medical care; Transportation and communication; Education; Reading and recreation; Other living expenditure.

[4] $R'(x) > 0$ implies that spread of demand is larger than before when the agents currently with income x becomes one currently with a larger income $x+\epsilon$. However we can only observe $R(x)$ and $R(x+\epsilon)$ from the data actually available to us.In a paractical point of view, $R'(x)$ may be surrogately identical to $R(x+\epsilon) - R(x)$.This identification is called *metonymy* by Hildenbrandt.

$$m^2 f^i(p, x_i + \Delta)_{i \in I} = m^2 f^i(p, x_i)_{i \in I(x+\Delta)}$$

[5] We are faced to a discontinuity of data formulation at the periods before 1989 and one after 1990 although we keep formally the 18 income rank classifications.

Hildenbrand, W., and A. Kneip(1993) was a nice guide to know how to manage calculation and why such a calculation can be justified. The two kinds of the estimation results are summarized in terms of the *second moment curves* and *variance curves* [6] as being reproduced at the end of this paper. See Figures 1-2. Oveviewing roughly, at the first sight, it may be dubuious whether Hypotheses 3 is empirically supportable in the periods under consideration of Japanese economy. The Bootstrap test on the smallest nonzero eigenvalues of the matrices of second moments and covariance, which is suggested by Haerdle et.al to judge positive semidefinitness of the matrices, does not work well at present in my works because the smallest nonzeor eigenvalue has occured in every case of all the periods under consideration. This seems due to coarseness of the aggregated data information availbale to us. My trial on the above estimation is merely a first trial of application to Japanese data of Hildenbrand's macroscopic microeconomic view to derive the *Law of Demand*. The next important step must be to increase precision of estimation in my work.

References

Haerdle, W.(1990). *Applied Nonparametric Regression*, Cambridge, UK: Cambridge U.P.

Hildenbrand, W.(1994). *Market Demand*, Princeton: Princeton U. P.

Hildenbrand, W., and A. Kneip(1993). "Family Expenditure Data, Heteroscedasticity and the Law of Demand", *Ricerche Economiche*, 47,pp.137-165.

Lewbel, A.(1994). "An Examination of Werner Hildenbrand's Market Demand", *Journal of Economic Literature*, 32, pp.1832-1841.

[6] We call the relationships of the diagonal elements of the above matrices to the average total expenditures the *second moment curves* and *variance curves* respectively.

Figure 1
Second Moment Curves

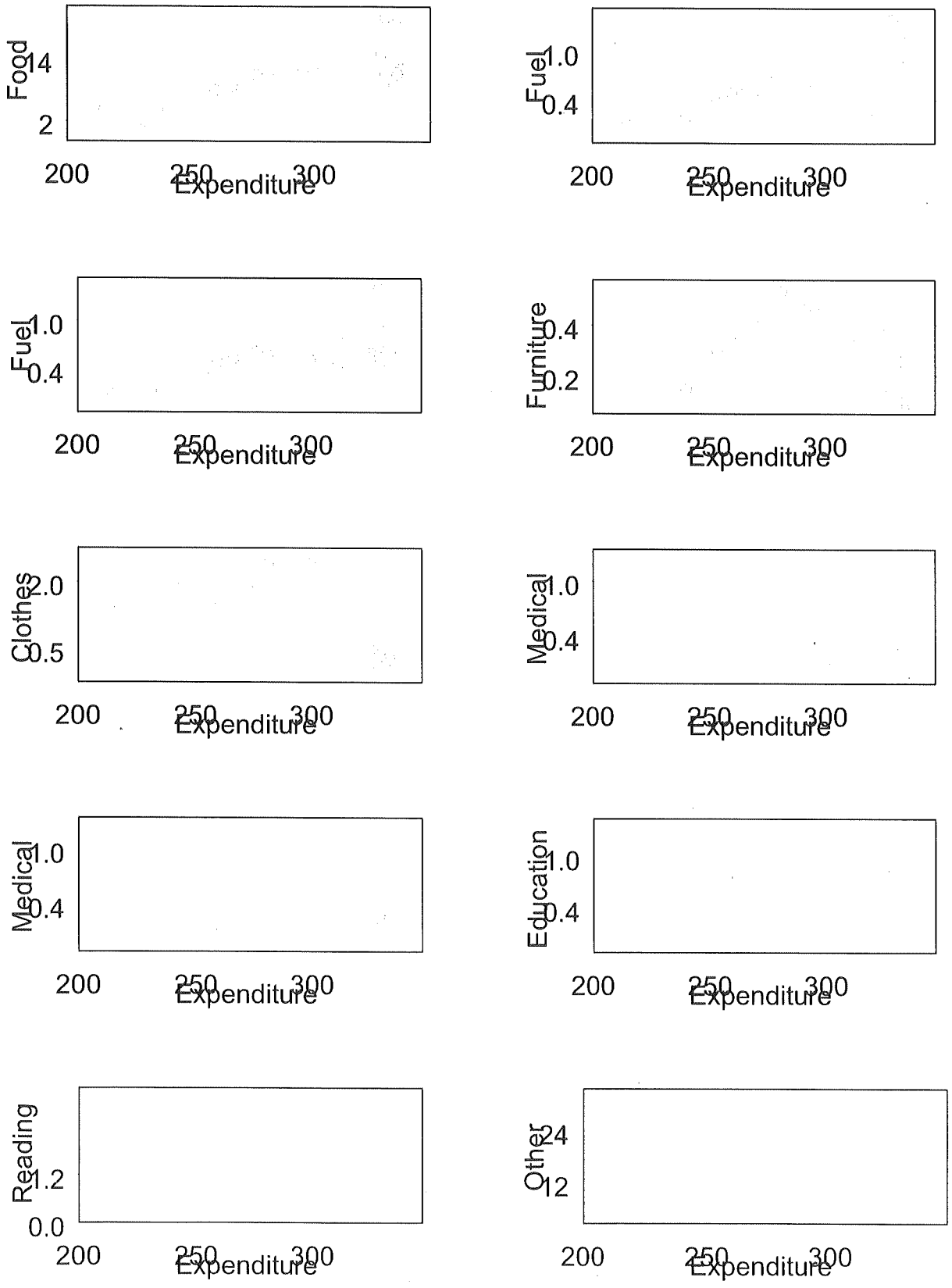
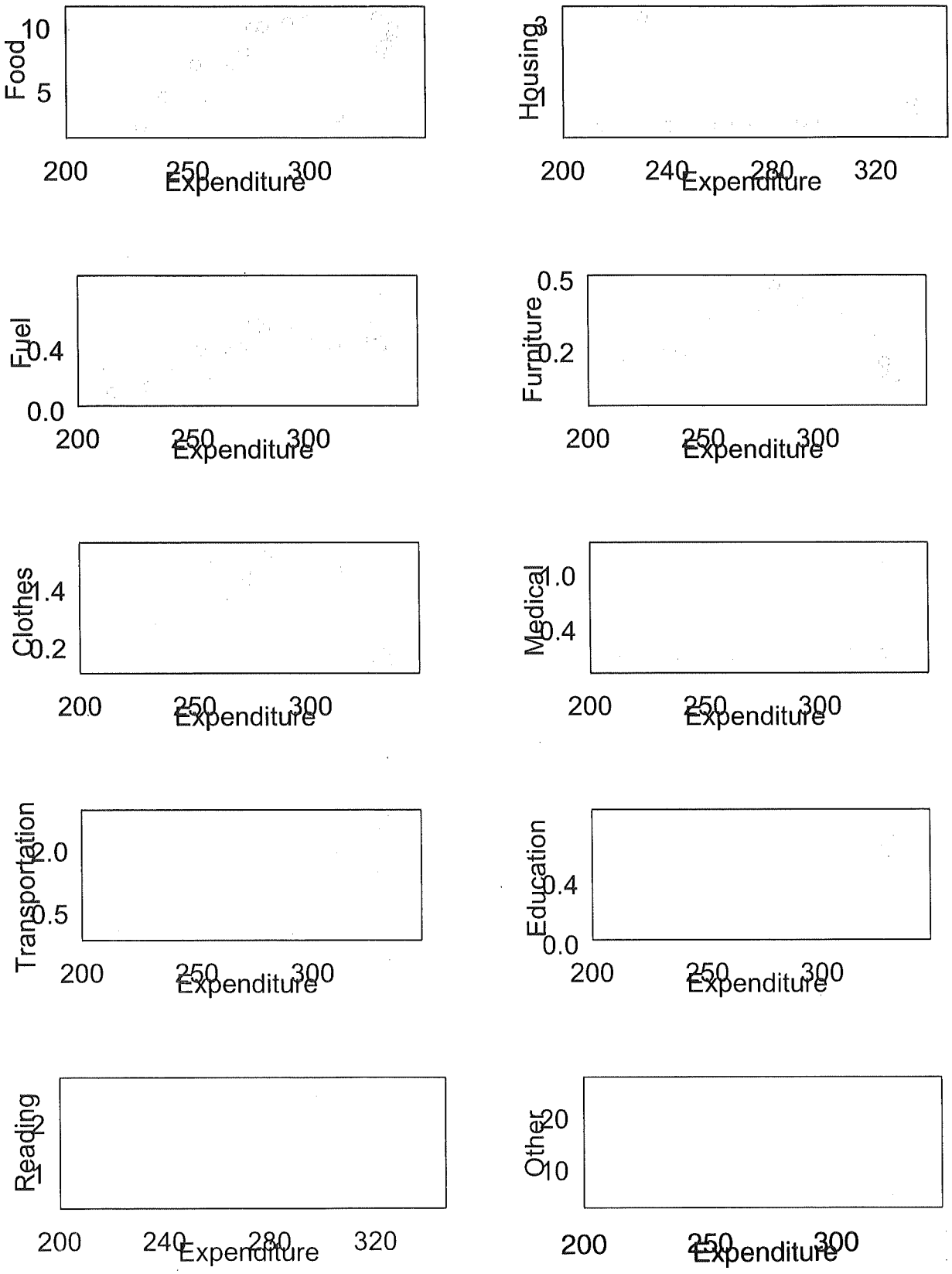


Figure 2
Variance Curves



Speculative Chaos in A Heterogeneous Agent Model

Taisei Kaizoji
Division of Social Science, International Christian University
Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8585, JAPAN; E-mail: kaizoji@icu.ac.jp

Abstract

The aim of this paper is to propose a heterogeneous agent model of a financial market and analyze factors leading to *speculative bubbles* and *speculative chaos* of the asset price. We think of a financial market as consisting of two typical types of traders: *fundamentalists* and *chartists* who try to maximize their utility. We show that the non-linearity of the excess demand functions which are derived as a result of the traders' utility maximization might generate *speculative bubbles* and *speculative chaos* of the asset price.

1 Introduction

A distinguishing characteristic of economic and financial systems is that the system dynamics are affected by the heterogenousity of agents which constitute the system. It is possible that differences in expectations about the situation of the system in the future may generate different dynamic paths. There is already a growing literature attempting to model heterogeneity in trader's expectation formation which may lead to market instability and complicated dynamics, such as cycles or even chaotic fluctuations, in financial market (e.g. Aoki (1998), Brock and Hommes (1998), Chen and Yeh (1999), Chiarella (1999), Izumi and Ueda (1998), Lux (1998) and Kaizoji (1999)).

The aim of this paper is to propose a heterogeneous agent model of a financial market that explains the occurrence of *speculative bubbles* and *speculative chaos* of the asset price. We think of a financial market as consisting of a market maker which mediates the risky asset, and two typical types of traders: *fundamentalists* and *chartists* who try to maximize their utility through trading of assets. We assume that fundamentalists calculate the fundamental value of the risky asset , and chartists predict the future price of the risky asset. We show that the non-linearity of the traders' excess demand functions that are derived from their utility maximization. might generate *speculative bubbles* and *speculative chaos* of the asset price.

2 The Model

Let us consider a financial market, such as a share market and a foreign exchange market. We assume that the market is composed of two groups of agents having the different trading strategies; that is, *fundamentalists* and *chartists*. It is assumed that the nominal wealth of traders consists of a riskless asset such as money and a risky asset. Hence, a trader chooses the bundle of the riskless asset and the risky asset which maximizes his/her utility function.

2.1 Fundamentalists

Fundamentalists will be indexed by $i = 1, 2, ..., n$. The behavior of fundamentalists is assumed as follows: if the price of the risky asset p_t is below the fundamental value of the risky asset expected by fundamentalist i p_i^*, then he tries to buy the risky asset until the price p_t is equal to the expected fundamental value p_i^*, because he thinks that the asset is undervalued, and if the price is above the expected fundamental value, then he tries to sell the risky asset until the price is equal to the expected fundamental value, because he thinks that the risky asset is overvalued. The behavior of fundamentalist may be formalized as maximizing the following utility function

$$U_i(x_{it}, y_{it}) = a_i(y_{it} + p_i^* x_{it}) + b_i(x_{it} - (1 + x_{it})\log(1 + x_{it})) \quad (1)$$

subject to the budget constraint

$$y_{it} + p_t x_{it} = 0 \quad (2)$$

where x_{it} represents the desired excess demand of fundamentalist i for the risky asset at period t,

and y_{it}, the desired excess demand of fundamentalist i for the riskless asset at period t. The parameters a_i and b_i are constant. The second equation is a budget constraint which fundamentalist i faces. Inserting (2) into (1) the utility function only depends upon x_{it}, p_t and p_t^*. The problem are solved for the excess demand function of fundamentalist i for the risky asset

$$x_{it} = \exp(\alpha_i(p_t^* - p_t)) - 1, \quad \alpha_i = \frac{a_i}{b_i} > 0. \quad (3)$$

where α_j is the parameter that denotes the strength of the nonlinearlity of the excess demand function (3). The excess demand function satisfies the characteristics of the trading strategies of the fundamentalists which is mentioned above.

2.2 Chartists

On the other hand, chartists will be indexed by $j = 1, 2, ..., m$. Chartists expect the price of the risky asset to prevail in the future. The chartists' expectation formation is formularized in the section 2.4. The portfolio choice of chartists depends upon their expectation on the price. The behavior of chartist is assumed as follows: chartist tries to buy the risky asset when he/she anticipates that the price of the risky asset will rise at the next period, and chartist tries to sell the risky asset when he/she expects the risky asset will fall at the next period. Thus the behavior of chartist j may be formalized as maximizing the following utility function

$$V_j(x_{jt}, y_{jt}) = c_i(y_{jt} + p_{jt+1}^e x_{jt}) + d_i(x_{jt} - (1 + x_{jt})\log(1 + x_{jt})) \quad (4)$$

subject to the budget constraint

$$y_{jt} + p_t x_{jt} = 0 \quad (5)$$

where x_{jt} represents the desired excess demand of chartist j for the risky asset at period t, and y_{jt}, the desired excess demand of chartist j for the riskless asset at period t. p_{jt+1}^e denotes the expected price of the risky asset. a_i and b_i are parameters. The second equation is a budget constraint which chartist j faces. The excess demand function of chartist j for the risky asset is

$$x_{jt} = \exp(\beta_j(p_{jt+1}^e - p_t)) - 1, \quad \beta_j = \frac{c_j}{d_j} > 0 \quad (6)$$

where β_j are the parameter that denotes the strength of the nonlinearlity of the excess demand function (6). The excess demand function (6) satisfies the characteristics of the trading strategies of chartist j that is mentioned above.

2.3 Adjustment Processes

Let us now consider the adjustment process of the asset price in the financial market. According to Chiarella (1999) we assume that the existence of a market-maker who mediates the trading in the market of the risky asset. If the excess demand in period t is positive (negative), the market maker sells(buys) the quantity of the risky asset needed to clear the market, and raises (reduces) the price for the next period $t + 1$. Hence, the price of the risky asset is adjusted as follows:

$$p_{t+1} - p_t = \theta[\sum_{i=1}^{n} x_{it} + \sum_{j=1}^{m} x_{jt}], \quad (7)$$

where θ denotes the speed of the adjustment of the price.

2.4 Expectations formation

Chartists and fundamentalists take positions in the market in period t based on forecasts that they have made for period $t + 1$. In order to have a complete dynamical system, we should specify the expectations formation. We assume that fundamentalists can compute the exact fundamental value, p^* and chartists extrapolate observed time series of the prices into the future. Formally it is assumed that chartist j predicts the future price p_{jt+1} using the *exponentially weighted moving average* (EWMA) model:

$$p_{jt+1}^e = \mu_j \sum_{k=0}^{t} (1 - \mu_j)^k p_{t-k}, \quad (0 < \mu_j < 2). \quad (8)$$

The equation (8) can be rewritten as

$$p_{jt+1}^e = p_{jt}^e + \mu_j(p_t - p_{jt}^e), \quad (9)$$

where the parameter μ_j is called the *error correction coefficient*. In the economic literature the equation (9) is called *adaptive expectation* for $0 < \mu_j < 1$, and *overreactionary expectation* for $1 \leq \mu_j < 2$.

3 Speculative Dynamics

Now we have a dynamical system that consists of the adjustment process of the price (8) and the chartists' expectations (9). In this section we examine properties of the *speculative dynamics*. For simplicity of analysis we assume as follows:

$$\alpha = \alpha_i, \quad \beta = \beta_j, \quad \text{and} \quad \mu = \mu_j.$$

The dynamical system (8)-(9) can be rewritten as

$$\begin{aligned} p_{t+1} - p_t &= \theta N[(1-\kappa)(\exp(\alpha(p^* - p_t)) - 1) \\ &+ \kappa(\exp(\beta(p^e_{t+1} - p_t) - 1)], \end{aligned} \tag{10}$$

and

$$p^e_{t+1} = p^e_t + \mu(p_t - p^e_t), \tag{11}$$

where κ is the percentage of the chartist in the total number of the traders which is denoted by N. It follows that the dynamical system (10)-(11) has the equilibrium price which is equal to the fundamental value, p^*. We highlight both the effect of the strength of non-linearity of fundamentalist excess demand and the effect of the strength of non-linearity of chartist excess demand upon the system dynamics below.

Let us put the parameters as follows: $\theta = 0.0005$, $N = 1000$, $\mu = 0.5$ and $\kappa = 0.5$. Given the conditions, the local stability conditions for the equilibrium exchange rate p^* are as follows:

$$\alpha < 4 - \frac{1}{1.5\exp(0.5\beta p^*)}. \tag{12}$$

The stability condition (12) demonstrates that the equilibrium Price p^* becomes unstable when either of the parameters α and β that denotes the strength of non-linearity of excess demand functions (3) and (6) respectively is sufficiently large. If the market equilibrium becomes unstable, then what happens ? To understand the global characteristics of the speculative dynamics, we consider two cases below. One is that the fundamentalist excess demand function is strong non-linear and the chartist excess demand function is weak non-linear. Another is that the chartist excess demand function is strong non-linear and in contrast, the fundamentalist excess demand function is weak non-linear.

3.1 Speculative Chaos

In contrast, we can see that, starting from inside the stability region of the condition (12) with a value of β sufficiently low, an increase of the parameter α leads to oscillatory behaviour which may become chaotic around the fundamental value p^*. Figure 1 shows dynamic behaviour of the price observed for $\alpha = 12$ and $\beta = 2$. The chaotic behaviour is the overshooting phenomenon caused by the strong non-linearity of fundamentalist excess demand function.

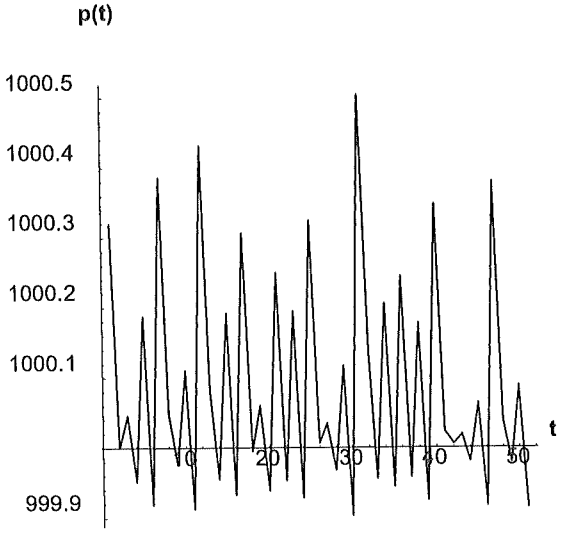


Figure 1: Speculative Chaos

3.2 Speculative Bubble

We can see that, starting from inside the stability region of the condition (12) with a value of α sufficiently low, an increase of the parameter β leads to speculative bubble of the price. Figure 2 shows

dynamic behaviour of the price observed for $\alpha = 2$ and $\beta = 12$. The dynamic behaviour of the price has a time trend apparently, and fluctuates irregularly around the time trend. Namely, the time series is *non-stationary chaos*. Because the continuous rise in the price is mainly caused by the strong non-linearity of the chartist excess demand function, it conforms exactly to *non-rational and speculative bubble*.

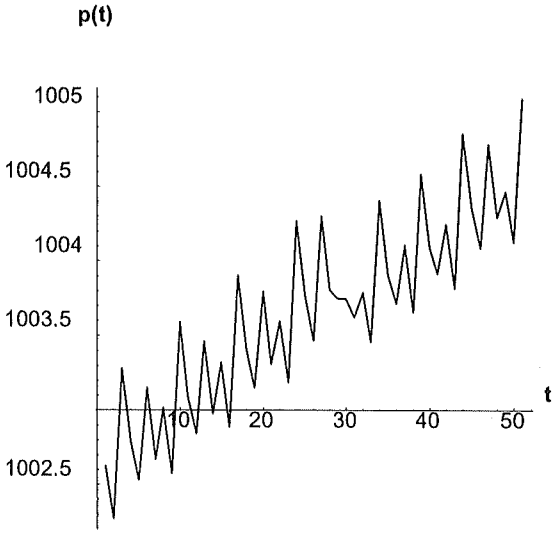


Figure 2: Speculative bubble

4 Concluding Remarks

In this paper we propose a heterogeneous agent model of a financial market. We showed that the non-linearity of the excess demand functions derived from the traders' optimization behavior might generate speculative chaos and speculative bubbles.

We assume that two group of traders, fundamentalists and chartists, but for convenience of analysis each group of traders has the same expectation and the same utility function. In a future work we should consider a model of the artificial financial market that each agent has his heterogeneous expectation function and different degree of risk aversion.

References

[1] M. Aoki, A stochastic model of prices and volumes in a share market with two types of participants, mimeograph, 1998.

[2] W. Brock, W. and C. Hommes, Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model, *Journal of Economic Dynamics and Control*, 22, pp.1235-1274, 1998.

[3] S.H. Chen, S. H., and C.H.Yeh, Modelling speculators with genetic programming, in P. Angeline et al. (eds.), *Evolutionary Programming* VI, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 1213, SV, pp. 137-147, 1999.

[4] C. Chiarella, R. Dieci and L. Gardini, Speculative behaviour and complex asset price dynamics, mimeograph, 1999.

[5] K. Izumi and K. Ueda, Emergent phenomena in a foreign exchange market: Analysis based on an artificial market approach. In C. Adami, R.K. Belew, H. Kitano, and C.E. Taylor, editors, *Artificial Life* VI, pp. 398-402. MIT press, 1998.

[6] T. Kaizoji, A synergetic approach to speculative price volatility, *IEICE Transaction on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, EA82-A, 9, November, pp.1874-1882, 1999.

[7] T. Lux, The socio-economic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos and the fat tails of return distributions, *Journal of Economic Behaviour and Organization*, 33, pp. 143-165, 1998.

Ologopoly of Three Competitors

Tönu Puu

Department of Economics, University of Umeå
SE-90197, Umeå, Sweden
tonu.puu@econ.umu.se

Economics recognizes two opposite market forms: competition and monopoly. In the competitive case the firms are very numerous and thus small in relation to the total size of the market. In consequence they consider market price as being approximately given independently of any action they can take on their own with regard to their supply.

In the case of monopoly one single firm dominates the whole market. Its supply influences market price appreciably, and it takes advantage of this to increase its profits by deliberately limiting the supply, thus establishing a monopoly price. It can also apply various discriminatory policies provided it can segregate segments of consumer's demand and charge different prices from different categories of consumers.

Duopoly, though contextually the first step from monopoly towards perfect competition, is analytically not a case of intermediate complexity, but more complicated than any of the extremes. This is so as the duopolists have to take in consideration, not only the behaviour of all the consumers in terms of the entire market demand curve for the commodity. The duopolist must also take account of the behaviour of the competitor, inclusive possible retaliation on his own actions.

The formal theory of duopoly goes as far back as back to 1838, when Augustin Cournot treated the case where there is no retaliation at all, so that in every step each duopolist assumes the latest step taken by the competitor to remain his last. The process was assumed to lead to a steady state, nowadays called Cournot equilibrium, though it is by no means certain that it is stable. As a matter of fact, the following discussion will show how cycles and chaos may arise from very simple Cournot adjustment procedures.

Exactly a Century later, in 1938, Heinrich von Stackelberg made some ingenious extensions of the Cournot model, by assuming that any of the competitors might try to become a "leader", by taking the reactions of the other competitor according to Cournot in explicit consideration when devising his own actions. The tenability of such a situation would, of course, depend on whether the other competitor was content with adhering to his Cournot-like behaviour, i.e., being a "follower".

He might take up the challenge by trying to become a leader himself. The outcome of such warfare would depend on long term production conditions for the competitors, and on their current financial strengths. In the end one of the duopolists might ultimately force the other out of the market, thus becoming a monopolist. They may agree on collusive behaviour, provided law admits this usually forbidden solution. They may also return to the Cournot equilibrium, or to a Stackelberg equilibrium, provided the duopolists tacitly agree to form a leader-follower pair.

At the event of game theory, duopoly was one of the obvious fields of application, and the theory was recast in terms of probabilistic strategies. This, however, falls outside the scope of the present discussion, because the points we want to make do not need anything but the classical deterministic models. The same holds about Bertrand's well reasoned objections to Cournot, with Hotelling's further elaborations on that and all the interesting perpectives of spatial oligopoly.

It has been realised that the Cournot model may lead to cyclic behaviour, and David Rand in 1978 conjectured that under suitable conditions the outcome would be chaotic. His purely mathematical treatment does not, however, include any substantial economic assumptions under which this becomes true. The present author supplied such very simple substantial assumptions: isoelastic demand and constant marginal cost, which made it possible to solve for the reaction functions explicitly.

There exist, of course, other circumstances, such as marginal revenue curves with rising sections and hence several local equilibria, which also fulfil Rand's conjecture, and which have been proposed in the literature. The disadvantage of those cases, however, is that solutions for the "reaction functions" of the duopolists at least are as complex as the roots to cubic equations with a discontinuous choice between branches. The model we suggest is much simpler as it yields explicit solutions for the reaction functions, so that we can easily focus on the dynamics of the process.

Duopoly

It is easiest to introduce the ides through the case of duopoly. Assume an isoelastic demand function, such that price, denoted p, is reciprocal to the total demand. Provided demand equals supply it is made up of the supplies of the two competitors, denoted x and y. Thus:

$$p = \frac{1}{x+y}$$

This demand function is not unproblematic, because it does not yield a reasonable solution to the collusive case, the reason being that when the possibility of making total supply zero is considered, price can go to infinity and total revenue remain constant. On the other hand, total costs would vanish, and the duopolists could get the entire revenue without incurring any costs. Such a solution is purely formal and does not carry any economic substance. This absurdity does not occur with any of the other solutions, as the presence of a positive supply by the competitor always keeps the price finite. We could also easily remedy this technical problem by adding any positive constant in the denominator.

As this would not change any substantial conclusions, but carries the price of making all formulas much more messy, we abstain from this, and just point out this little complication.

Suppose next that the duopolists produce with constant marginal costs, denoted a and b respectively. The profits of the two firms become accordingly:

$$U(x,y) = \frac{x}{x+y} - ax \quad \& \quad V(x,y) = \frac{y}{x+y} - by$$

The first firm would maximize $U(x,y)$ with respect to x, the second $V(x,y)$ with respect to y. Equating the partial derivatives to zero, we can solve for the reaction functions:

$$x = \sqrt{\frac{y}{a}} - y \qquad \& \qquad y = \sqrt{\frac{x}{b}} - x$$

A check of the second order conditions, in fact, testifies that we always deal with local profit maxima, provided quantities are positive as indeed they should be. The reaction functions start at the origin, have unique maxima, and drop to zero again. The intersection is thus unique. The reaction functions and the Cournot point are shown in the following picture.

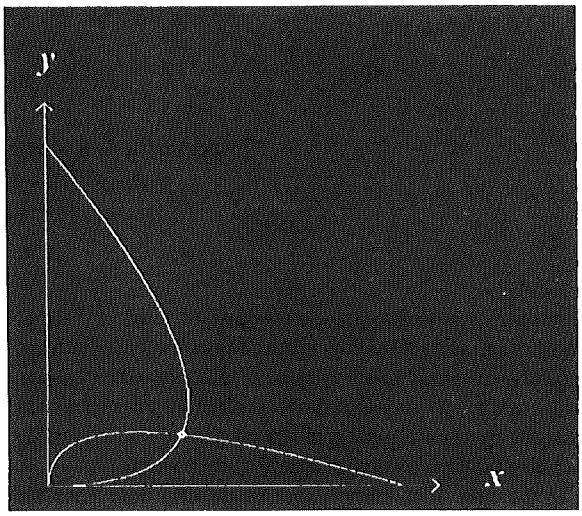
We can easily solve for the output quantities at the Cournot point, taking the preceding equations as a simultaneous system of equations:

$$x = \frac{b}{(a+b)^2} \quad \& \quad y = \frac{a}{(a+b)^2}$$

The corresponding profits of the duopolists at the Cournot point can be calculated by substituting back in the profit expressions. Hence:

$$U = \frac{b^2}{(a+b)^2} \quad \& \quad V = \frac{a^2}{(a+b)^2}$$

For the dynamics we have to reformulate the reaction functions recursively:



Cournot reaction curves and point

$$x_{t+1} = \sqrt{\frac{y_t}{a}} - y_t \qquad \& \qquad y_{t+1} = \sqrt{\frac{x_t}{b}} - x_t$$

The stability of the Cournot point is determined by the ratio of marginal costs. With relatively equal marginal costs the Cournot point is stable. Loss of stability occurs when the equation

$$\begin{vmatrix} 0 & \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{ay}} - 1 \\ \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{bx}} - 1 & 0 \end{vmatrix} = \pm 1$$

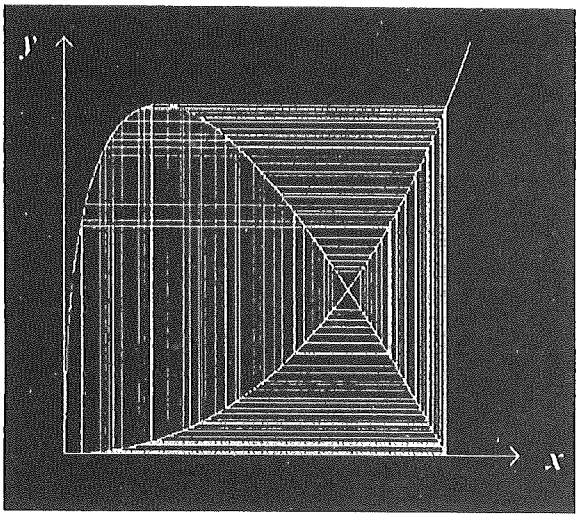
is fulfilled. This simplifies to

$$(a-b)^2 = 4ab$$

or, solving for the marginal cost ratio, to:

$$\frac{a}{b} \text{ or } \frac{b}{a} = 3 \pm 2\sqrt{2}$$

At this parameter ratio there starts a period doubling cascade to chaos. A fully developed case of chaos is shown in the following picture:



Chaotic Cournot duopoly adjustmens.

Three Competitors

The situation becomes much more interesting and complicated with three oligopolists, as it brings in a number of completely new possibilities. Let us keep the notation introduced up to now, but add a third firm, whose profit is denoted W, whose output is denoted z, and whose marginal cost is denoted c.

With the unit elasticity demand function introduced, and with the constant marginal costs, the profits of the three oligopolists become:

$$U = \frac{x}{x+y+z} - ax \qquad \&c$$

and the reaction functions

$$x = \sqrt{\frac{y+z}{a}} - y - z \qquad \&c$$

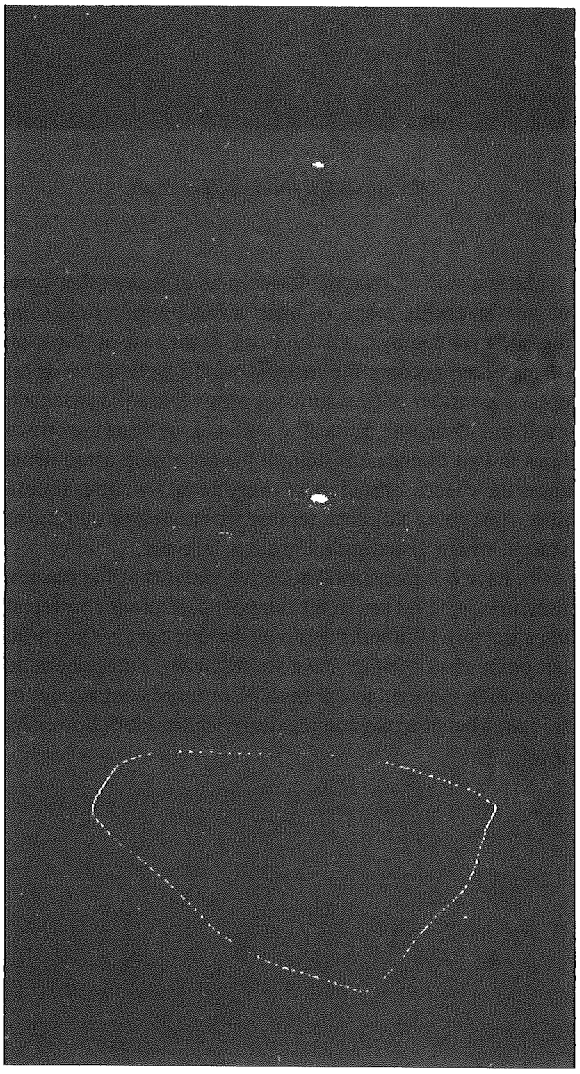
The stability issue is now a bit more difficult to settle, because we have to write down the full characteristic equation in the Cournot point:

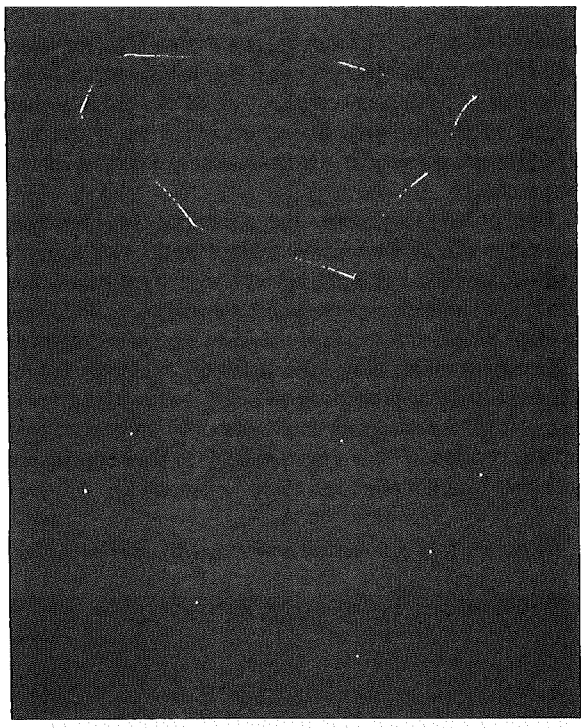
$$\begin{vmatrix} -\lambda & \frac{b+c-3a}{4a} & \frac{b+c-3a}{4a} \\ \frac{c+a-3b}{4b} & -\lambda & \frac{c+a-3b}{4b} \\ \frac{a+b-3c}{4c} & \frac{a+b-3c}{4c} & -\lambda \end{vmatrix} = 0$$

which is a cubic, and check that no eigenvalues exceed unity in absolute value. This can happen in two different ways: either a real eigenvalue gets equal to unity in absolute value, or a pair of conjugare complex eigenvalues cross the unit circle in the complex plane. Currently there are two independent parameters (marginal cost ratios) that control the process.

Both occurrences signify loss of stability. However, from the latter case, we now have the possibilities of not only period doubling cascades, but also of a Hopf bifurcation from fixed point to cycle, which is shown below. Following a Hopf bifurcation we, as usual, have further saddle-node bifurcations which may again break the cycle up, so producing a periodic process. Such a case is shown on the next page. In all the dynamics becomes much richer in the case of three competitors. It is even possible to have coexistence of stable Cournot point and cycle (or chaos).

Stages of Hopf bifurcation from Cournot point to cycle.





Global saddle-node bifurcation.

The analysis of chaotic duopoly, as of many other cases of non-invertible maps is much aided by the critical line method invented by Christian Mirà. In the case of oligopoly of three competitors the method would have to be developed to consider critical surfaces which fold solid space into itself and so delimit absorbing volumes, quite as the critical lines in two dimensions delimit the absorbing areas which show the chaotic attractors in every detail - without simulation. Absorbing volumes represents an area of current research, where visualisation is a crucial issue.

We have not mentioned adaptive variants of the reaction functions, which even in the duopoly case produce interesting attractors. (Without adaptivity the attractors are just product point sets). Neither have we discussed Stackelberg action which, particularly with three or more competitors introduce a bewildering complexity of leadership/followership levels.

Mathematical Modeling of Evolutionary Dynamics of Individual/Collective Choice of "Homo Socialis"

Michael Sonis
Department of Geography, Bar-Ilan University,
Ramat Gan 52900, Israel; e-mail: sonism@mail.biu.ac.il

1. OBJECTIVE

The objective of this paper is the consideration of the quintessential role of innovations and innovation diffusion in the processes of long-term socio-cultural societal change and social evolution. The central core of the spatial socio-ecological dynamics includes the distributions and redistributions of populations between the multiple social alternatives reflecting such socio-ecological spatial phenomena as collective choice behavior, diffusion of cultural, technological and economic innovations, waves of socio-economic development through competition, symbiosis and competition between social, economic and political elites, spatial demography of population changes, information and trade flow dynamics and, more generally, the evolution and sudden jumps in the behavior of spatial social and economic systems. The mathematical basis of the spatial socio-ecological dynamics includes - the systems of ordinary and partial differential equations reflecting the continuous time Volterra ecological formalism (*cf.* Scudo and Ziegler 1978, Hofbauer and Sigmund 1988) in a form of antagonistic and/or cooperative collective hypergames between different sub-sets of choice alternative(Sonis 1986, 1992a,b)
The important contributions of Schumpeter (1950), Perroux (1964) and Volterra (seeScudo and Ziegler 1978) are reflected in main temes of this paper:

(1) the presentation of the Shumpeter "creative gales of destruction" as a result of "ecological competition between innovation alternatives (Nelson and Winter 1982, Sonis 1986, 1992a);

(2) the elaboration of the laws of the individual choice within the collective as the balance between the cumulative interaction between adopters and the cumulative (entropy) equalization of the attraction and captive abilities of innovation alternatives and their supporting elites (Dendrinos and Sonis 1986, Sonis 1992a). In the end of the paper we will discuss the necessity and possibilities of the "disrete" space-time approach (Dendrinos and Sonis 1990).

2. MAJOR ACTORS OF INNOVATION DIFFUSION PROCESS

The choice of innovation alternatives in the socio-economic continuous or discrete space-time generates the innovation spread. Thus, a **duality** exists between the collective choice behavior of adopters of innovations, presenting the **demand pull** component of innovation diffusion, and the behavior of the innovating system adopting, generating, supporting and introducing the alternative innovation options, presenting the **supply push** component of innovation spread. Moreover, the choice, generation and spread of innovations occur within an **active socially and economically structured territorial environment** which influences the behavior of supply-demand components by filtering the information about innovations and by social, physical, cultural, administrative, political, economic etc... stimulations or restrictions. (Hagerstrand 1967, Sonis 1992a).

3. SOCIO-ECOLOGICAL UNIFICATION PARADIGM: "HOMO SOCIALIS" VS. "HOMO OECONOMICUS" AND "HOMO POLITICUS"

The unification and integration of economic and socio-spatial approaches starts on the meso-level of collective socio-spatial behavior of individuals and the innovation alternatives, leaving behind the micro-economic level or the micro-level of psychological individual choice of innovations. The conceptual basis of integration is the gradual transfer from the concept of "Homo Oeconomicus" to the concept of "Homo Socialis".
"Homo Oeconomicus" is a totally egoistic, rational omniscient creature who is supposed to accomplish a rational free choice between different innovations on the basis of the utility maximization principle(Luce 1959, Dreze 1974).
"Homo Socialis" (the notion coined by Francois Perroux, Perroux, 1964, Sonis 1992a)) is an individual whose collective behavior is based on the co-interaction among adopters (or adoption units) of different innovations and on the imitation and learning within an active, uncertain territorial environment directed by the subjective mental evaluation of marginal spatio-temporal utilities (expectations of gains in the future or in other location). This mental evaluation is heavily influenced by the information flows through the contacts with the "near-peers" (adopters or adoption units in a close environment who adopted or rejected an innovation) and through mass media presenting "ready" opinions and solutions and making difficult the rational evaluation of innovations and their utilities.

4. "COLLECTIVE BEINGS" AND

THEIR "COLLECTIVE CONSCIOUSNESS"

The central core of the Innovation Diffusion theory includes the following hypothesis of the choice behavior of "Homo Socialis" based of the existence of "collective consciousness": **the choice behavior of "Homo Socialis"is a collective meso-level choice behavior such that the relative changes in choice frequencies depend on the distribution of innovation alternatives between adopters of innovations** (Sonis 1986,1992a).

This hypothesis generates a system of log-linear differential equations similar to the Volterra ecological dynamics of the multi-species conservative associations (Scudo and Ziegler 1978, Hofbauer and Sigmund 1988).

Let us formalize the notion of "collective being" which is the content of the hypothesis of the choice behavior of "Homo Socialis" (Sonis, 1992). For this purpose consider the exhaustive set of n different mutually exchangable and mutually exclusive choice alternatives and, moreover, a multidimensional space R of space-time parameters and all decision-relevant attributes characterising both the choice-maker and choice alternatives. The frequency vector $\mathbf{y}(r)$,$r \in R$, may represent the relative distribution oif choice frequences in each point $r \in R$:

$$\mathbf{y}(r) = [y_1(r), y_2(r), \ldots, y_n(r)\}, r \in R. \quad (1)$$

$$0 \leq y_i(r) \leq 1, i = 1, 2, ..., n, \ \sum y_i(r) = 1. \quad (2)$$

The relative change in the frequency $y_i(r)$ in some direction s is $\frac{\partial y_i(r)}{\partial s}/y_i(r) = \frac{\partial \ln y_i(r)}{\partial s}$ where $\frac{\partial}{\partial s}$ is the drectional derivative in the arbitrary direction s in the space R .

Our hypothesis of the "collective consciousness" in the choice behavior of "Homo Socialis" analytically can be represented in the form of the system of partial differential equations for each for each innovation i and each direction s:

$$\begin{array}{l} \frac{\partial \ln y_i(r)}{\partial s} = f_{si}\{r, \mathbf{y}(r)\}, \ i = 1.2, ..., n, \\ \sum_i y_i(r) = 1 \end{array} \quad (3)$$

The integrability conditions for the system (3) means that for each two arbitrary directions p and s

$$\frac{\partial^2 \ln y_i(r)}{\partial p \partial s} = \frac{\partial^2 \ln y_i(r)}{\partial s \partial p}, \ i = 1.2, ..., n \quad (4)$$

or

$$\frac{\partial f_{si}\{r, \mathbf{y}(r)\}}{\partial p} = \frac{\partial f_{pi}\{r, \mathbf{y}(r)\}}{\partial s} \quad (5)$$

As well known from the theory of functions of many variables for each i there is a scalar potential $V_i(r)$ such that

$$\frac{\partial V_i(r)}{\partial s} = f_{si}\{r, \mathbf{y}(r)\} \quad (6)$$

It is possible to show that after the substitution of (6) into (3) the system of equations (3) obtains the form

$$\frac{\partial y_i(r)}{\partial s} = \sum_j y_i y_j \frac{\partial}{\partial s}[V_i(r) - V_j(r)], i = 1.2, ..., n. \quad (7)$$

The system of equations (7) represents in the explicit form the sociological process of thansfer from one alternative to another: the product $y_i y_j$ represents the frequency of direct and non-direct contacts between adopters of diferent innovation alternatives i and j; the expression $\frac{\partial}{\partial s}[V_i(r) - V_j(r)]$ measures the impact of these contacts on the relative change in the frequency to adopt the innovation i , i.e.,the effectiveness of these contacts. "Homo Socialis" considers the growth and decline in the relative portion of adopters of an innovation as a change in the utility of this innovation for adopters. Therefore the expression $\frac{\partial}{\partial s}[V_i(r) - V_j(r)]$ can be interpreted as the dynamic marginal utility of transition from alternative i to j, and, correspondingly, the expression $\frac{\partial V_i(r)}{\partial s}$ can be interpreted as the dynamic marginal utility of innovation i , which reflects the expectation of the future gain by replacing place or by changing the socio-economic-ecological attributes of innovation alternative i.

In the case of time dependent cluster of n innovation alternatives the specialization of (7) gives the multinomial system Verhulst of logistic differential equations:

$$\frac{\partial \ln y_i}{\partial s} = \sum_j a_{ij} y_j, \ \sum_i y_j(t) = 1 \quad (8)$$

The condition $\sum_i y_j(t) = 1$ imples that matrix $A = \|a_{ij}\|$is antisymmetric: $a_{ij} = a_{ji}$ which is compatible with the above mentioned game-theoretical interpretation.

This system (Sonis 1992b) describes the competition between innovating elites which materializes in the form of long-term "creative gales of destruction" (introduced by Schumpeter). Each such competition cycle based on the competitive exclusion of non-efficient innovation alternatives and incorporates the wave-like growth-decline of the innovation cluster, initially growing at the expenses of the intensified decline of the cluster of previous old alternatives and eventually losing its relative shares within the population through the internal competition within the cluster and the external competition with the more efficient innovation alternatives. The next cycle will start with

the emergence of new clusters of innovations, overcoming their threshold barriers and competing with old and new innovation alternatives. Thus, each competition cycle includes different short-term and medium term cycles, and the succession of two or more cycles generates the long term waves.

6. DYNAMIC MESO-LEVEL LAW OF COLLECTIVE CHOICE BEHAVIOR: COMPETITION BETWEEN SOCIAL ELITES vs. MICRO-LEVEL INDIVIDUAL UTILITY MAXIMIZATION PRINCIPLE

The generalization of the Volterra mathematical formalism leads further to **the meso-level variational principle of collective choice behavior determining the balance between the resulting cumulative social spatio-temporal interactions among the population of adopters susceptible to the innovation alternatives and the cumulative equalization of the power of elites supporting different choice alternatives.** This balance governs the dynamic innovation choice process and constitutes **the dynamic meso-level counterpart of the micro-economic individual utility maximization principle** (Dendrinos and Sonis 1986, Sonis 1992a).

We present the analytical form of this variational principle for the case of generalized Vershust system (11).Let us consider the commulative portions of adopters of all innovation alternatives at time t :

$$Y(t) = \int_0^t y_i(t)dt, i = 1, 2, ..., n \qquad (9)$$

For such cumulative portions of adopters the variational integral is constructed

$$VarInt = \int_0^t (-2\sum_i y_i \ln y_i + \sum_{ij} a_{ij} y_j Y_i)dt \qquad (10)$$

which plays the role of a welfare function arizing from interaction between adopters of different innovation alternatives and governs the dynamics of choice of individuals within the society. The first variation of this integral vanishes giving rise to the system (8). The stationary value of this variational integral turns out to be the cumulative temporal (over time T) entropy of distributions of innovation alternatives between adopters:

$$VarInt = \int_0^t (-\sum_i y_i \ln y_i)dt \qquad (11)$$

This value can be interpreted as a mesure of results of the process of "power of equalization" of innovation alternatives over time horizon T , which coinsides with the resulting cumulative interaction between adopters of different innovations:

$$\begin{aligned} &\int_0^t (-\sum_i y_i \ln y_i)dt \\ &= \int_0^t \sum_{ij} a_{ij} y_j \{\int_0^t y_i(\tau)d\tau\}dt \end{aligned} \qquad (12)$$

7. EXAMPLE OF ELITE BEHAVIOR: TEN COMMANDMENTS OF AGRESSIVE INTOLERANCE

Elites will do everything possible to attract and capture of adopters; therefore they are using social manipulations, info-distortion of reality in the form of poetic geography and poetic history, they have the ability to influence media . Elites have good understanding of meaning of insufficient understanding and using emotional intelegence versus rationality. Next we present an example of possible application of the meso-level law of competition of elites for demonstration of a model of aggressive elite behavior in the polemic form of "ten commandments" of agressive intolerance:

* I am Us
* We know the Truth, all the truth, we are speaking truth - therefore we are always Right
* Whoever is not with us is agaist us, against the Truth
* Whoever is against us is an enemy, Enemy of Truth
* The enemy should be restrained:
* It you do not know the Truth we will teach you; if you do not want to we will make you
* Once enemy - always enemy
* The enemy should surrender
* If the enemy not surrender, he must be destroyed

8. NECESSITY AND POSIBILITIES OF TRANSFER FROM "CONTINUOUS" TO "DISCRETE" APPROACH: BIFURCATIONS AND WAYS TO CHAOS.

It is important to stress that there is a strong necessity of transfer from "continuous" to "discrete" approach, i.e. transfer from the Volterra formalism to discrete space/time multiple population/multiple alternatives socio-spatial dynamics.The reason is subtle and connected with the impossibility to extend the continuous time Volterra formalism from the case of one population/n alternatives or relative dynamics to the case of multi-population/multi-alternative dynamics. Recently certain limitations of the continuous time Volterra formalism has been exposed: the continuous time relative socio-spatial

multi-population/multi-alternative dynamics degenerated into the separate sets of one population/multi-alternative dynamics. This fact means that the continuous time Volterra formalism can not describe the social behavior of the set of interconnected populations (Sonis and Dendrinos 1990). This conclusion enhance the value of the recently developed discrete relative multi-population/multi-alternative Socio-Spatial dynamics in Dendrinos and Sonis 1990. Replacing the alternative by locations we will have multi population/multi-location relative dynamics, so we can use ideas and notions connected with clasical location theory; composite comparative locational advantages/disadvantages generating increasing/decreasing returns to scale, resulting in location (alternatives) competition and complementarity. The model of one population/multi-location discrete relative dynamics can be formulated in the following way (Dendrinos and Sonis 1990): let the frequency vector

$$\begin{array}{c} \mathbf{y}(t) = (y_1(t), y_2(t), ..., y_n(t)), 0 \leq y_i(t) \leq 1 \\ \sum_i y_j(t) = 1,\ t = 0, 1, 2, ... \end{array} \quad (13)$$

be the relative population size distribution at time t at location i in the environment of n locations (or relative popukation size of the adopters of n different innovation alternatives at time t. The one population/n locations relative discrete socio-spatial dynamics then is given by

$$\begin{aligned} y_i(t+1) &= F_i(\mathbf{y}(t))/\sum_j F_j(t), \quad (14) \\ F_i(\mathbf{y}(t)) &> 0, 0 \leq y_i(0) \leq 1, \sum_i y_j(0) = 1, \\ i &= 1, 2, ..., n,\ t = 0, 1, 2, ... \end{aligned}$$

The treatment of general multipoopulation/multi-location (multi-alternatives) relative discrete socio-spatial dynamics can be found in the book by D.S. Dendrinos and M. Sonis, 1990)

The "discrete" approach presents the most important socio-ecological phenomenon - the bifurcation phenomenon, which describes the changes in the qualitative properties of social behavior. . The first basic element of a bifurcation analysis is the transformation of the classical Routhian formalism, which is giving the complete description of the behaviour of the iteration processes near the boundaries of the stability domains of equilibria.The behaviour of the iteration processes near the boundaries of stability domains can be acheived by the travels of equilibria in the space of orbits. The crossing the boundaries of the stability domain reveals the pletora of the possible ways from stability, periodicity, Arnold horns and quasi-periodicity to chaos.

9. BIBLIOGRAPY

Dendrinos, D.S. and Sonis, M. (1986) "Variational Principles and conservation conditions in Volterra's ecology and in urban/relative dynamics". **Journal of Regional Science** 26, pp. 359-391.

Dendrinos, D.S. and Sonis, M. (1990) **Chaos and Socio-Spatial Dynamics**, Springer Verlag: New York.

Dreze, J.H. (1974) "Axiomatic theories of choice, cardinal utility and subjective probability", In J.H. Dreze (ed.) **Allocations under Uncertainty: Equilibrium and Optimality**, London: Macmillan, pp. 3-23, Field, G.L. and Higley, J., 1980. Elitism. Routledge: London.

Hagerstrand, T. (1967) **Innovation diffusion as a spatial process** Chicago, University of chicago Press.

Hofbauer, J. and Sigmund, K. (1988) **The Theory of Evolution and Dynamical Systems.** Cambridge University Press: Cambridge.

Luce, R.D. (1959) **Individual Choice Behaviour**, New York: Wiley.

Nelson, R.R. and Winter, S.G. (1982) **An Evolutionary Theory of Economic Change**, Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press.

Perroux, F. (1964) **Industrie et Creation Collective.** Tome 1. Paris: Presses Univ. de France

Schumpeter, J.A. (1950) **Capitalism, Socialism and Democracy**, New York: Harper and Row.

Scudo, F.M. and Ziegler, J.R. (eds.) (1978) **The Golden Age of Theoretical Ecology: 1923 1940.** Lecture Notes in Biomathematics, 22, Springer Verlag.

Sonis, M. (1986) "A unified theory of innovation diffusion, dynamic choice of alternatives, ecological dynamics and urban/regional growth and decline". **Ricerche Economiche**, 40,pp. 696-723.

Sonis, M. (1992a) "Innovation Diffusion, Schumpeterian Competition and Dynamic Choice: a New Synthesis". **Journal of Scientific & Industrial Reseach**, 51, no.3,pp. 172-186.

Sonis, M. (1992b) " Dynamics of Continuous and Discrete Logit Models". **Socio-Spatial Dynamics**, 3, no.1, pp. 35-53.

Sonis, M. (1993)."Behaviour of Iterational Processes near the Boundary of Stability Domain, with applications to the Socio- Spatial Relative Dynamics," in M. Drachlin and E. Litsin (eds) **Functional-Differential Equations**, Israel Seminar, vol. 1, pp. 198-227.

Sonis, M. and Dendrinos, D. S. (1990) " Multistock-multilocation relative spatial dynamics are degenerate". **Sistemi Urbani** 1, pp. 7-15.

日本型賃金制度の構造と進化

木村大成 KIMURA, Taisei（名古屋大学大学院）

1．日本型賃金構造

これまで、日本型賃金構造、とりわけ日本型賃金プロファイル構造について、人的資本理論、定年制理論、あるいは生活費保障給理論といった賃金プロファイル理論を用いて分析がなされている。

人的資本理論（human capital theory）とは、Becker（1975）によれば、労働者が職場訓練を積み重ねることによって「企業特殊的熟練（firm specific skill）＝人的資本」を蓄積し労働生産性が向上するなら、企業は労働者の労働生産性上昇に見合って賃金を上昇させ、結果的に年功賃金が出現することを説明する理論である。すなわち、企業特殊的熟練を形成するための訓練費用を労働者と企業の双方で投資しこれを回収するのにタイムラグが生じることから、年功賃金が形成されるとする説である。

また、定年制理論（mandatory retirement theory）とは、Lazear（1979）によれば、労働者の職務怠慢を防止すべく、労働生産性以上に賃金プロファイルの右上がりの傾斜が大きくなるとする説である。すなわち、労働者は若年期に生産性を下回る賃金を受け取り、高年期に生産性を上回る賃金を受け取ることによって、労働者は若年期の「貸し」を高年期にわたって返済されるように賃金制度を設計すれば、職務怠慢が発覚した場合、離職させられることに伴って「貸し」も没収されるが故に、職務怠慢を防止できるというものである。

さらに、生活費保障給理論とは、尾高（1984）、小野（1989）によれば、企業が労働者の生計費に対応した賃金すなわち年功賃金を支払い、彼らの生活を保障することによって彼らを企業に定着させ、その上で、労働者の熟練形成を促進させるものだと説明する。

ところが、これら賃金プロファイル理論に基づけば、年功賃金プロファイルの形状が長期にわたって大きく変化していないことから、日本型賃金構造それ自体ついて分析できても、賃金制度の進化については何も語ることはできない。そのため、本報告では第1図で示すように、外的要因（経済成長、労働者構成）の変化が、内的要因（労働者の公平観）の変化をもたらし、これに伴って賃金制度も状況適合的に変化、すなわち進化するとの立場から分析を行う。

2．日本型賃金制度の変遷

人事賃金制度の歴史的変遷について、成果配分賃金研究委員会編（1995）では、図表2のようにまとめられている。

まず、1945　1960年の15年間は、年齢別生計費に対応した賃金制度である生活給が登場した時代である。すなわち、年齢が賃金を規定する主要な要因であった。そして、賃金プロファイルは生活カーブに準拠するため、若年期に低く高年期に高くなる。また、人事労務管理制度として、戦前からの身分資格制度（身分年功制度）が、戦後の民主化によって解体され始めた。

つぎに、1960　1975年の15年間は、企業によって能力主義導入が模索され始めた時代である。けれども、能力基準としての職能資格制度が確立されていなかったことから、賃金制度は勤続年数基準の年功給であった。すなわち、学歴、性別、勤続年数が賃金を規定する主要な要因であった。けれども、勤続年数とともに賃金が上昇するため、結果的には生活給と大きく変わらなかった。また、人事労務管理制度は進学率の上昇に伴って、指標としての学歴の役割が低下し始めた。

そして、1975　1990年の15年間は、能力主義が確立した時代である。すなわち、賃金は年齢や勤続年数ではなく職能資格制度に基づく職能等級を基準とした職能給である。けれども、労働者の職務遂行能力は一般に勤続年数とともに上昇するため、賃金プロファイルは右上がりとなり、結果的には生活給と大きく変わらなかった。また、人事労務管理制度は職能資格制度が大企業を中心に広く普及した。

最後に、1990年代以降、バブル経済崩壊以降の平

成不況の下、これまでの年功賃金が否定され始めた。その背景として、高齢化の進展、および定年年齢の延長に伴って、企業内での世代間所得移転によって支払われる年功賃金の運用がいよいよ限界を呈し始めたことがあげられる。そのため、労働者の潜在的な職務遂行能力を重視した従来の職能給から、顕在能力を重視した成果主義賃金（例えば「年俸」など）の導入が本格化している。

3．賃金を規定する要因

賃金を規定する上で、労働生産性という絶対的基準を活用することができない。なぜなら、個々の労働者の生産性は限りなく測定不可能だからである。そのため、実際に賃金を支払う上で、労働者に納得されうる代理指標を活用する必要が生じる。この点をを考慮したのが「公正賃金」の議論である。Hicks（1974）によれば、賃金には公正という概念もしくは期待が付着し、この期待に照らして賃金の引き下げは労働者によって拒否される。あるいは切り下げられるならば、それは公正の侵害と映り労使関係は不安定化し、生産効率は低下すると指摘する。また、Akerlof（1982）によれば、労働者の努力水準は彼らが公正に処遇されると確信することにより生じるグループ全体の労働規範に依存する場合、企業はギフトとして高賃金を労働者に支払うことによって生産性を向上させると主張する。

これらの議論を受けて、宮本（1991）は、賃金と労働意欲の間を媒介する公正の概念、および公正と効率の関連が重要であると指摘する。この指摘は、効率賃金仮説を念頭になされたものだが、人的資本理論をはじめとする新古典派賃金プロファイル理論についても当てはまる。さらに、石田（1990）も労働者の公正概念の意義について、労働意欲の発揮を規定する主要な要因の一つであると指摘する。

そのため、企業は労働生産性に替わって、労働者の公平観の範疇で労働者の働きぶりを評価する指標を活用する必要が生じる。そして、この代理指標として表現される労働者の公平観こそが、賃金制度を進化させる要因との立場から、本報告の議論を展開する。

4．賃金制度を変化させる要因

近年においても、賃金プロファイルの傾きは基本的に「右上がり」のままである。けれども、経済成長は1990年以降低迷し、労働力人口の高齢化（老年人口は1950年の5%から1995年の15%に増加し、そして2040年には30%になると予想）と高学歴化（高校進学率は1950年の40%から1975年の90%に増加し、短大を含む大学進学率は1955年の10%から近年では50%弱にまで増加）は着実に進展している。

そして、労働生産性の代理指標の変遷を示したのが図表3である。個々の労働者の生産性が測定困難である以上、企業は何らかの代理指標を用いて労働者の働きぶりを把握する必要があり、労働者の公平観（フェアネス）に矛盾しない形で見いだしたものを時代区分別にまとめたものもである。以下ではこの時代区分に沿って、代理指標の変遷を見ていく。

まず、二村（1997）が指摘するように、戦前・戦中を通じて、労働者は正社員、準社員、工員（職工）、庸員といった「身分」として分類され、人事労務管理においても、工員（ブルーカラー）と職員（ホワイトカラー）との間には明確な差別が存在した。この背景には、近代以前の身分意識が残っていたのみならず、労働者の潜在能力の代理指標である学歴が、身分によって再生産されていたことが指摘できる。

けれども、戦後の民主化によって活発化した労働運動は、身分差別撤廃、および生活費保障給の獲得を目標とした。生活費保障給については、いち早く「電産型賃金」として知られる生活費保障給を獲得したものの、いわゆる「ブルーカラーのホワイトカラー化」に象徴される身分資格制度の解体は、より漸進的に進展した。

身分資格制度の下では、労働者は学歴に基づいて採用されるため、一見機会の平等が保証されているものの、本人の学歴は家庭の経済状態に大きく依存したものであった。けれども、世帯主たる男性正規労働者に生活給が支給されることによって、身分間賃金水準の格差が是正されたことと、進学率、とりわけ高校進学率が一貫して上昇することによって、

従来中卒労働者が中心だったブルーカラーの職務に、高卒者が進出し始めたことがあげられる。この結果、同じ職務に就きながら学歴が異なる労働者が併存することとなったため、次第に学歴に基づいて彼らを処遇することが困難となった。

このため、学歴に基づいて労働者を処遇する方法から、労働者の能力を基準に処遇する概念として、職務遂行能力が誕生した。石田（1990）はこの過程について、企業は当初、仕事に基づいて賃金を支払う欧米の職務給を導入しようとしたものの、労働者の抵抗を受けて、日本の労働者が無定型ではあれ抱いていた「能力」観に基づくフェアネスを倫理化した「職務遂行能力」に基づいて賃金を支払う職能給を誕生させたと指摘する。そして、第1次石油危機を契機とした減量経営の際に、職務遂行能力に基づいて労働者を処遇する手法として査定の伴った職能資格制度が大企業を中心に定着するに至った。

けれども、バブル経済崩壊以降、経済成長が低迷する中、労働力の高齢化が社会経済的に重大な問題となりつつある。これまでのように、労働者を長期雇用し、OJTを中心とした熟練形成の進展水準によって処遇する従来の職能資格制度では、労働者の「選別」よりも「成長」を重視することから、労働者の「公平観」を害しない形で彼らを企業組織から排除することができない。そこで導入されたのが、潜在能力よりも顕在能力を重視した成果主義に基づく処遇方法である。この背景には、労働者の公平観が物質的生活水準の向上に伴って、「結果」から「機会」の平等主義に変わりつつあると指摘できる。

5．むすび

本報告は、外的要因（経済成長、労働者構成）の変化が、内的要因（労働者の公平観）の変化をもたらし、これに伴って賃金制度も状況適合的に変化、すなわち進化するとの立場から分析を行った。そして、労働者の公平観を表現するものとして、労働生産性の代理指標を指摘し、その歴史的変遷を概観した。

そして、この賃金制度の進化の過程は、企業の論理である経済合理性、労働者の論理である社会的「公正概念」が労使双方の対立と妥協として表現できる。

また、賃金制度とは、労働者の働きぶりが直接賃金として反映されるメカニズムと言うより、むしろ賃金原資を労働者の公平観に基づいて分配するルールである。そして、労働者を取りまく外的要因が内的要因に影響を及ぼすことによって、労働者の公平観も変化する。その上で、労使双方が新たな「公正性」を模索する結果、ルール自体も変化する。この断続的な規定関係によって、賃金制度は進化するのである。

参考文献

Akerlof, G. A.（1982）, "Labor Contract as Partial Gift Exchange", *Quarterly Journal od Economics*, vol.97.

Becker, G. S.（1975）, *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education*, 2nd ed., The University of Chicago Press.

Hicks, J.（1974）*The Crisis in Keynesian Economics*, Basil Blackwell.（早坂忠訳『ケインズ経済学の危機』ダイヤモンド社, 1977年.）

石田光男（1990）,『賃金の社会科学：日本とイギリス』中央経済社.

木村大成（2000）,「日本型賃金構造のインセンティブ・メカニズム：人的資本理論と定年制理論を中心に」,『経済科学』, 第48巻第2号, 近刊号.

Lazear, E. P.（1979）, "Why is There Mandatory Retirement?", *Journal of Political Economy*, 87.

宮本光晴（1991）,『企業と組織の経済学』新世社.

二村一夫（1997）「工員・職員の身分差別撤廃」, 日本労働研究雑誌, 443号.

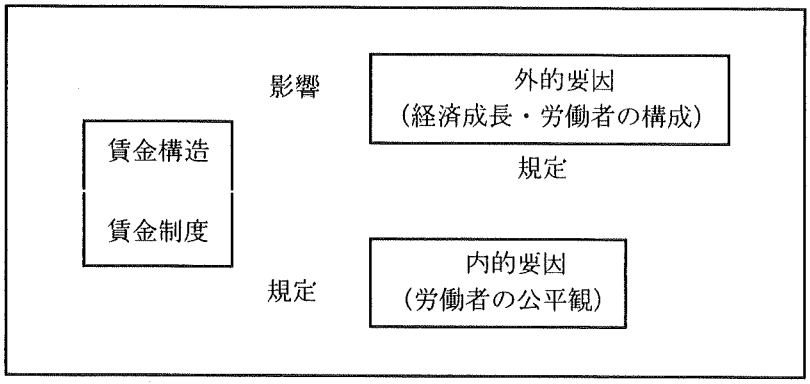
尾高煌之助（1984）,『労働市場分析：二重構造の日本的展開』岩波書店.

小野旭（1989）,『日本的雇用慣行と労働市場』東洋経済新報社.

成果配分賃金研究委員会編（1995）,『21世紀における日本の人事賃金制度：成熟社会に向けた人事賃金制度の展望と再構築』社会経済生産性本部.

植村博恭・磯谷明徳・海老塚明（1998）,『社会経済システムとしての制度分析：マルクスとケインズを超えて』名古屋大学出版会.

図表１.



（注）ここでの「影響」とは価値中立的な関係を表すのに対して、「規定」とは積極的な関与を意味する。

図表２.

	集団主義			加点主義
人事制度	制度模索	年功職階制	職能制Ⅰ	職能制Ⅱ
	1945～	1960～	1975～	1990～
賃金制度	生活給	年功給	職能給	職能給 業績給 年俸制
	生活カーブ準拠			労働カーブ への修正

（出典）成果配分賃金研究委員会編（1995）p.7 より引用。

（注）ただし、「生活カーブ」とは年齢別生活費曲線を、「労働カーブ」とは年齢別労働生産性曲線を意味する。

図表３.

	1945～	1960～	1975～	1990～
「働きぶり」の 代理指標	身分→学歴	学歴→職能資格	職能資格	職能資格→成果
背景	身分間格差の撤廃 （戦後の民主化）	学歴間格差縮小 （高学歴化）	社会経済の安定期	資格間格差縮小 （高齢化）

（注）ここで示した時代区分に対応した代理指標は、各時代区分において相対的に影響力の大きいものを示している。

The Dynamic Time-path Question of Regionalism

遠藤　正寛
（慶應義塾大学商学部）

1．はじめに

「地域主義 (regionalism)」は戦後の国際経済体制の中で２度の興隆を経験している。最初は1960年代、次いで1980年代から現在にかけてである。この現在の地域主義の高まりに刺激され、特恵貿易協定 (Preferential Trade Agreements; PTAs) に関する研究も多く発表されている。

研究者によるPTAsへの理論的関心には、従来は主に２つの視点があった。第１に、PTAsの厚生効果である。これは、PTAsの形成や拡大によって域内国ないし域外国が受ける経済厚生上の影響を分析するものである。第２に、PTAsの締結誘因ないし安定性である。これは、最恵国待遇に基づいてすべての相手国との貿易を自由化するよりも、ある特定の国とのみ自由化を進める方を選択する経済厚生上の理由を明らかにし、そのような理由から形成されたPTAsが安定的に存在できるかどうかを検討するものである。

これら２つの視点に加えて、近年Bhagwati (1993)やBhagwati and Panagariya (1996)が、第３の分析視角としてthe dynamic time-path questionを提示した。PTAsのdynamic effectによって、世界に存在する貿易障壁の除去が進展し、全世界的な自由貿易体制にまで至るのであろうか。それとも、むしろそのような試みを妨げ、ブロック経済体制をもたらしてしまうのであろうか。また、それらに至るまでのtime-pathはどのようなものになるであろうか。ここで彼らは、地域経済統合機構の拡大が阻止される要因を持つ可能性を紹介している。１つは加盟国の政府に由来するものであり、所属する地域機構内のマーケットを十分大きいものとみなし、さらに多くのメンバーを加えることによって得られるベネフィットよりもそれによって被るコストの方が大きいと認識する場合である。これは、「我々のマーケットは十分に大きい」シンドローム ('Our Market Is Large Enough' syndrome) と名づけられている。もう１つは加盟国内の利益団体に由来するものであり、域外供給を域内供給に転換することによって利益を得ている保護主義勢力にとっては、域外供給源を域内に取りこむような地域機構の拡張に反対する場合である。これは、「ここは我々のマーケットだ」シンドローム ('These Are Our Markets' syndrome) と名づけられている。

この研究の目的は、これら３つの分析視角のうち、第２と第３の問題についての分析を試みることである。第２の問題意識では、特にPTAsの締結誘因ないし安定性について、第３の問題意識に有用な政治経済学的アプローチから分析を試みるものである。また、あわせて加盟国の政府と利益団体が持つ２つの「シンドローム」をモデルによって示すことも行う。さらに、第３の問題を取り扱うために、シミュレーションを導入する。

以下、紙幅の関係上、ここではモデルの説明を中心とし、具体的なシミュレーションの方法とその結果については、当日の発表ないしポスターセッションにおいて提示する。

2．多数国差別的寡占モデル

世界は$2l+1$ $(l \geq 2)$国によって構成され、円周上に等距離に位置している。世界の国々によって構成される集合はLと表す。各国は輸入物品に対して一定の従量税tを課しているが、集合Lに属する国は他のLに属する国々と個々

にPTAsを締結し、互いに関税を撤廃できるとする。国j（$j \in L$）がPTAsを$m_j\ (0 \le m_j \le 2l)$国と締結すると、その結果関税なしで国j市場に供給できる国は国j自身も含めてm_j+1国となる。このm_j+1国によって構成される集合はM_jと表す。すると、国i（$i \in L$）から国jに輸出される財に課される国jの関税t_j^iは次のように表現できる。

$$t_j^i = \begin{cases} t & if \quad i \notin M_j \\ 0 & if \quad i \in M_j \end{cases}$$

財としては3種類を想定する。1つは完全競争的に生産・消費されるニュメレール財、もう1つは同じく完全競争的に生産・消費される輸送サービス財、最後に不完全競争財である。これらはいずれも生産要素としては労働のみを用い、規模に関して収穫一定の技術の下で生産される。このうちニュメレール財については、労働1単位につき財を1単位生産でき、無視できるほどの輸送費で各国間を自由に移動し、完全競争的な市場において販売される。ニュメレール財の価格は1、それゆえ労働1単位当りの賃金も1であるので、国jに存在する労働がZ_j単位とすると、国jの労働所得もZ_jとなる。

また、輸送サービス財は不完全競争財を国際的に輸送するのに必要となる財であり、これも同じく労働1単位につき1単位生産できる。不完全競争財を1単位輸送するために必要となる輸送サービス財の量は距離に比例すると仮定する。すると、各国は円周上に等距離に位置しているので、隣の国まで輸送するために要する輸送サービス費をgとすると、さらにその隣の国までの輸送サービス費は2g、そして最も遠い国への輸送に要する輸送コストはl gとなる。自国内の輸送には輸送サービス財は必要ない。各国の経常収支が均衡するように、ニュメレール財と輸送サービス財は国際取引される。

他方、不完全競争財については、生産に従事する企業がそれぞれの国に1つ存在する。この財に関する市場構造は不完全競争の状態にあり、各寡占企業によって生産される当該財は同一のものであるため互いに完全代替である。企業は各国の市場をそれぞれ分断されたものとして認識し、各国への輸出量を決定するが、その際に各国によって課される輸入関税や輸送費も考慮する。このような各企業の行動の均衡は本論文ではクールノー・ナッシュの概念によって分析する。国iに位置する企業によって国jの市場へ供給される当該財の量はq_j^iと表す。不完全競争財を1単位生産するにも労働が1単位必要であり、したがって労働コストが1だけかかる。企業が獲得する収入のうち、この労働コストを除いた部分が企業の利潤となり、企業所有者の所得となる。

国jにおける社会的効用U_jは次のように表現できると仮定する。

$$(1) \quad U_j(K_j, Q_j) = K_j + \left(A_j Q_j - Q_j^2/2\right)$$

ここで、K_jは国jにおけるニュメレール財の消費量、$Q_j = \Sigma_i q_j^i$は各国から国j市場に供給され販売された差別的寡占財の総量である。(1)式より、国j市場における考察対象の差別的寡占財の均衡価格P_jは総供給量の線形関数となり、次のよう表される。

(2) $P_j = A_j - Q_j$

国iに位置する企業が国j市場に供給する財の量q_j^iは以下の問題を解くことで求まる。

(3) $\max_{q_j^i} \pi_j^i = q_j^i\left[A_j - Q_j - \left(1 + t_j^i + d_j^i g\right)\right]$

ここでd_j^iは、隣国間の距離を1と基準化した時の、国iと国jの距離である。

(3)式を解いて整理すると、次の式が導かれる。

(4) $q_j^i =$

$$\left[\frac{A_j - 1 + \left(2l - m_j\right)t + l(l+1)g}{2(l+1)} - t_j^i - d_j^i g\right]$$

(3)式と(4)式より、国iに位置する企業が国j市場に財をq_j^iだけ供給することによって得られる利潤π_j^iは

$$\pi_j^i = \left[q_j^i\right]^2$$

となる。これは全て企業所有者の所得となる。また、これを全ての供給先について合計したものは$\Pi^i = \Sigma_j \pi_j^i$と表記する。

最後に、国j政府が次の選挙において獲得を期待できる潜在的投票数、すなわち政治的支持について考える。国j政府にとって、獲得投票数の源泉は一般投票者からの投票と企業所有者からの投票の2つである。このうち一般投票者の投票数は、国内労働者の総所得Z_j、政府を通じて一般投票者に分配される関税収入$T_j = t\,\Sigma_{i \in M_j} q_j^i$、そして国jの社会的効用から総購入価格を差引いた総消費者余剰$S_j = U_j - \left(K_j + P_j Q_j\right) = Q_j^2/2$に依存する。

ここでは、一般投票者からの得票数はこれらの総計と線形関係にあるとする。また、企業所有者の投票数は国内の総企業利潤すなわち総企業所有者所得Π^jに依存し、この両者も線形関係にあるとする。ただし、この不完全競争財産業の企業所有者は利益団体を形成し、政府に企業利潤を増やすような政策を遂行するよう圧力をかけつつ、利益団体を通じて強力に票の取りまとめを行っているとする。以上から、国j政府が最大化を目指す政治的支持関数あるいは政府目的関数W_jは次のような形をとる。

(5) $W_j = \alpha\,\Pi^j + (1-\alpha)\left(Z_j + T_j + S_j\right)$

αが大きいほど、利益団体の集票能力が優れていることを示す。

3．特恵貿易協定の締結誘因

前節で提示された多数国差別的寡占モデルをベースに、シミュレーションによって特恵貿易協定のthe dynamic time-path questionを考察するのに先立ち、本節では当モデルによる特恵貿易協定締結のインセンティヴの説明を行う。

議論を簡明にするために、以下では$2l+1$国の中からある特定の国を抜き出し、その国の視点からPTAsの締結を考えることにする。考察対象となるこの国を国0とする。国0以外の

国々は全く同一の市場規模Aを持つとする。そして、初期においてどの国もPTAsを締結しておらず、このような経済環境の中で国0が初めてイニシアチヴをとって他の国々と協定の締結を行うものとする。このモデルでは国0から等距離に位置する国は2つ存在し、それらは国0にとって無差別であるので、国0がこの2国の片方とPTAsを締結した場合には必ずもう片方とも締結するとし、その結果国0の協定相手国数は$m_0 = 2n_0\ (0 \le n_0 \le l)$と表現できる。

PTAsの締結相手国が$\overline{n}$の距離内に位置する$2n$国から$\overline{n+1}$の距離内に位置する$2(n+1)$国へと拡大したとすると、その時の国0政府の政府目的関数の増分$\Delta W_0\big|_{m_0=2n}$は、(5)式より次のように表現できる。

(5) $\Delta W_0\big|_{m_0=2n} =$

$$\alpha\ \Delta\Pi^0\ \big|_{m_0=2n}$$

$$+(1-\alpha)\ \Delta(T_0+S_0)\big|_{m_0=2n}$$

ここで$\Delta\Pi^0\ \big|_{m_0=2n}$については、$n=0$かつ$A \ge A_0$の時に$\Delta\Pi^0 > 0$となる(計算は省略、以下も同様)。これより、諸外国の経済規模よりも国0の経済規模が大きいか、互いに同じであれば、国0には企業所有者からの政治的支持を増加させることを目的として、PTAsを締結するインセンティヴが存在することがわかる。また、nが増加するにつれて$\Delta\Pi^0$は減少するので、この値がマイナスになる所まで国0はPTAsの締結国を増加させることでΠ^0を最大にできる。この、Π^0を最大にするnをn^*と表す。Aに比べてA_0が大きくなると、どのようなnにおいても$\Delta\Pi^0$は低下するので、その結果n^*も減少する。これは、国内利益団体による「ここは我々のマーケットだ」シンドロームの悪化を意味している。

次に$\Delta(T_0+S_0)\big|_{m_0=2n}$については、$n=0$の時に$\Delta(T_0+S_0)<0$となる。また、$n$が増加するにつれて$\Delta(T_0+S_0)$は増加する。これらのことから、$T_0+S_0$の最大値は端点、すなわち$n=0$あるいは$n=l$の時に得られることがわかる。

最後に、W_0の値がΠ^0とT_0+S_0のどちらにより影響を受けるかは、αの大きさに依存する。もしAに比べてA_0が大きくなるにつれ、政府が加盟国を減少させることを望むようになれば、それは「ここは我々のマーケットだ」シンドロームの悪化と捉えられる。

これらのセッティングをもとに、多数国によるPTAs形成のシミュレーションを行い、どのような貿易体制が現れるかを分析する。その際には、関税率t、輸送費g、利益団体の相対的集票能力αなどの値をさまざまに変え、どのような条件のときにPTAsのdynamic effectによって、世界に存在する貿易障壁の除去が進展し、全世界的な自由貿易体制にまで至るか、あるいはそのような試みを妨げ、ブロック経済体制をもたらしてしまうかを明らかにし、現実の世界貿易体制へのインプリケーションを考えたい。

進化経済学会第4回東京大会
Session 2-1「制度進化と経済動態」

制度進化とカレツキ
——カレツキにおける史的唯物論

京都大学大学院経済学研究科博士後期課程　山本　英司

はじめに

欧州進化政治経済学会（EAEPE: European Association for Evolutionary Political Economy）が1988年6月29日の設立会合で採択した「理論的パースペクティヴ」[1]の第8項において、15名の著作家が「制度主義的かつ発展的思想と関連する学者であると認定」[八木 (1991), 102頁]されているが、その3番目にミハウ・カレツキ（Michal Kalecki, 1899-1970）の名前も挙げられている[2]。

本報告は、拙稿「カレツキの比較経済体制論」[山本 (1999a)]において示された成果と課題を引き継いで発展させるものである。

1．世界恐慌時のカレツキ
——社会主義者「ヘンリク・ブラウン」

カレツキは1929年にワルシャワで景気循環及び物価研究所に職を得てカルテルの研究に従事することとなったが[Osiatynski (1997), p. 588]、その傍ら、ヘンリク・ブラウンというペンネームで『社会主義評論』誌に創刊号よりしばしば寄稿していた。カレツキは共産主義者のシンパではあったが、独立性を保持するために党には加わらなかった[Osiatynski (1990), p. 428]。

世界恐慌に対するマルクス主義者の対応は一様ではなかった[3]。しかしながら、マルクスの原典に立ち返るならば、恐慌は革命の好機のはずであった[4]。

「恐慌の『資本主義的』克服は可能か？」[Kalecki (1932)]と題する論文においてカレツキは、恐慌を克服する手段として、政府借款か銀行紙幣の増発によってファイナンスされる大規模な公共投資計画を挙げる。もっとも、それはあくまでも理論的可能性に留まるものであって、実践における多大な困難性——あるいは資本主義の性格を変えてしまうかも知れないような——について触れて論考を締めくくっている。

このように、カレツキは資本主義を批判しつつもその体制の枠内での改革の可能性を追求し、そしてそれが政治経済学的力学によって実際には採用されることはないだろうとの見通しを抱く。そして、もしそれが実現されるとするならば、「労働者階級

---

[1] その全文の邦訳は八木 (1991), 101-102頁, にある。

[2] カレツキの概説書としてはSawyer (1985)を参照のこと。カレツキに関する論文集としてはSawyer (ed.) (1999)が便利である。最近のカレツキ研究のサーベイとしては山本 (1999b)を参照のこと。

[3] Howard & King (1992)の第1章「マルクス経済学と大恐慌」を参照のこと。

[4] 『フランスにおける階級闘争』 [Marx (1850), 『マルクス=エンゲルス全集』第7巻, 94頁]、「自由貿易問題についての演説 [Marx (1848), 『マルクス=エンゲルス全集』第4巻, 471頁]、『資本論』第1巻[Marx (1867)]第1部「資本の生産過程」第7篇「資本の蓄積過程」第24章「いわゆる本源的蓄積」第7節「資本主義的蓄積の歴史的傾向」等を参照のこと。

によって取られるポジション」[Kalecki (1932), *CWMK I*, p. 53]が決定的な要素となるとする。これがカレツキの資本主義観・社会主義革命観の原型であった。

2．「根本的な改革」（fundamental reform）
――「完全雇用の政治的側面」（1943年）を中心に

「完全雇用の政治的側面」[Kalecki (1943)]において、カレツキは完全雇用を実現する政策について説明したうえで[5]、なぜそのような政策が採用されないかと議論を進めていく。

> ……永続する完全雇用というものはまったく彼らの好むところではない。労働者は「手に余る」だろうし，「産業の統率者」はしきりに「彼らに訓戒を垂れ」ようとするであろう。更に，上向運動時の物価上昇は大小いずれの金利生活者にとっても不利になり，ために彼らは「好況にうんざり」してしまう。
>
> このような状態においては大企業と金利生活者の利害との間に強力な同盟が形成されそうであり，またそのような状態は明らかに不健全だと言明する経済学者をおそらく1人ならず彼らは見出すことであろう。これらすべての勢力の圧力，とりわけ大企業の圧力によって，政府は，十中八九，財政赤字の削減という伝統的な政策に後戻りしようとするだろう。不況がそれに続き，政府の支出政策は再び自らの権利を回復することになる[Kalecki (1943), 邦訳, 147頁]。

これがカレツキの言う「政治的景気循環」である[6]。カレツキはこれに満足せず、次のように宣言する。

> 「完全雇用資本主義」はもちろん、労働者階級の増大した力を反映する新しい社会的政治的制度へと発展していかなければならない。もし資本主義が自らを完全雇用に調節することが出来るのであれば、根本的な改革（fundamental reform）がその中に導入されなければならないだろう。もしそうでなければ、資本主義は、自らが破棄されなければならない時代遅れの体制であることを示すことになるであろう」[Kalecki (1943), *CWMK I*, p. 356]。

このようにしてカレツキは、資本主義の枠内での改革が目指すところの「完全雇用資本主義」のためには「根本的な改革」が必要であると主張するのだが、カレツキの主張の含意はむしろ、「資本主義の枠内での改革」が理論的にはともかく政治経済学的には実行されないことを指摘することによって、事実上資本主義の廃棄＝社会主義革命の必要性にあったと言えよう。このことは、「完全雇用の政治的側面」以外のカレツキの多くの論考から容易に導かれる[7]。

3．「決定的な改革」（crucial reform）
――「『決定的な改革』についての考察」（1971年）を中心に

しかし、第2次世界大戦後の先進資本主義経済の動向はカレツキの見解に修正を迫るものであった。1970年に生涯を終えたカレツキの死後，コヴァーリクとの共著で発表された論文「『決定的な改革』についての

---

[5] なお、そのような「経済的側面」についての議論は「完全雇用への三つの途」[Kalecki (1944)]においてより一層発展させられている。

[6] カレツキとは異なった問題意識からのものをも含めた論文集として『政治的景気循環』[Frey (ed.) (1997)]がある。

[7] 例えば、資本主義経済における恐慌と失業の経済的必然性を示すものとして『景気循環理論』[Kalecki (1933), *CWMK I*, pp. 79-80]、『経済変動論文集』[Kalecki (1939), *CWMK I*, p. 318]、『経済変動の理論』[Kalecki (1954), 邦訳, 155頁]。改革の処方箋の実行にあたっての政治経済学的な困難性を示すものとして「商品税、所得税および資本税の理論」[Kaleki (1937), 邦訳, 41頁]、『経済変動論文集』[Kalecki (1939), *CWMK I*, p. 285]。

考察」[Kalecki & Kowalik (1971)]において、カレツキの晩年の到達点をうかがうことが出来る。

カレツキとコヴァーリクは、「大衆の強い圧力が、支配階級の反対にもかかわらず、現存する生産関係を廃棄することなく、生産力の発展のために新しいバルブが開かれるようなシステムのラディカルな改革に導くと想像してみよう」と問題を設定する。「そうするとパラドキシカルな状況が現れるだろう。支配階級に課した「決定的な改革」はシステムを、少なくとも一時的には、安定化させるかも知れない。我々が以下で論じるように、我々は現代資本主義のまさにそのような状況に取り組まなければならないのである」[Kalecki & Kowalik (1971), *CWMK II*, p. 467] 。

カレツキとコヴァーリクは、1929-33 年の恐慌をターニング・ポイントとして、「恐慌によって最も強く影響を受けた 2 つの主導的な資本主義国家であるドイツとアメリカにおいて特に、資本主義の「決定的な」改革の時代が始まった」、そして「第 2 次世界大戦は「決定的な」改革プロセスを促進した」[Kalecki & Kowalik (1971), *CWMK II*, p. 472] と指摘する。

政府による市場介入は制度化され、失業率を数%に抑えることが可能となった。これにより労働者階級の変質がもたらされた。「主導的な資本主義諸国における高い雇用率の保持によって一般的に労働者に対して実質所得の満足すべき水準が与えられた。国民所得における分配の低下によって相殺されない限り、高くて安定的な雇用とともに、少なくとも長期において、実質賃金は労働生産性の増大とともに上昇した。結果として、反資本主義的態度は考慮すべきほどに弱められた」[Kalecki & Kowalik (1971), *CWMK II*, pp. 472-473]。そして社会主義についてカレツキとコヴァーリクは、「帝国主義戦争の結果として展開する社会主義革命の理論は今日においては、ほとんどの点において、歴史的遺物である（第三世界諸国を除く）」[Kalecki & Kowalik (1971), *CWMK II*, p. 475]と結論付ける。

ここにおいて示されるのは、あくまでも資本主義の枠内において、一見資本主義の基盤を脅かすかのような、そして「完全雇用の政治的側面」においてはその採用について極めて悲観的な見通ししか与えられていなかった改革（の一部）さえ取り込んでますます安定性を増していく資本主義のしたたかな姿である。

4．カレツキにおける史的唯物論
――「計量経済学モデルと史的唯物論」（1965 年）を中心に

カレツキがマルクス主義上の概念たる史的唯物論について正面から論じたのは、「計量経済学モデルと史的唯物論」[Kalecki (1965)]においてである。

ここにおいて注目すべきなのは、計量経済学モデルの「機械論的性格」[Kalecki (1965), 邦訳, 155 頁]と対比させて、「上部構造もまた土台に影響をおよぼすというフィードバック効果」[Kalecki (1965), 邦訳, 154 頁]こそが史的唯物論を計量経済学モデルから分かつとの解釈である[8]。

『経済学批判』[Marx (1959)]における社会革命についてのマルクスによる定式化[9]を、カレツキは次のように発展させている。

> ……生産関係と上部構造の領域でのなりゆきのために、過去の発展経路からの突発的な乖離がより直接的に生みだされるかもしれない。

---

[8] マルクス自身、上部構造の土台への反作用ないし相対的自立性を認めてはいた。「『経済学批判要綱』への序説」[Marx (1857), 『マルクス資本論草稿集』第 1 巻, 63-64 頁]、『ルイ・ボナパルトのブリュメール一八日』[Marx (1952)]等を参照のこと。

[9] Marx (1859), 『マルクス＝エンゲルス全集』第 13 巻, 6-7 頁。

……。

……現存の生産関係は経済発展を阻害するかもしれない（そして、停滞や後退すらもたらすかもしれない）。そして、上部構造（政府の形態および構成など）は、到達された生産関係の段階にさえ相応しないかもしれない。このことは生産関係と上部構造の両者の激しい変容をともなう革命をもたらす。しかしまた事態は改革で終わってしまうかもしれず、このときには生産関係と上部構造の変容はそれほど深刻なものではなく、長期にわたって展開する。いずれの場合についても、経済発展は深刻な影響を受けるが、異なった程度においてであろう。

体系の期待はずれの運動によって必要となる改革は、しばしば生産関係や政府の形態と構成とを根本的に変化させることにはならないであろう。改革は体系の経済的動態にたいしては重大な意味をもってはいるが、たんに政府の政策の適用によって構成されるかもしれない。最近の例を挙げると、三十年代の大恐慌は資本主義を根底から揺るがした。しかしながら、その結果として生じたものはたんに政府の対不況介入技術だけであった。そして、それは資本主義体制の表面をひっかくだけであるが、にもかかわらず景気循環のパターンにかなりの影響をあたえている[Kalecki (1965), 邦訳, 158-159 頁]。

まさにこの最後の記述において、カレツキが後に「『決定的な改革』についての考察」において記したことが先取りされている。すなわち、「『決定的な改革』についての考察」とは、「計量経済学モデルと史的唯物論」において理論的に明らかにされたカレツキの史的唯物論解釈を「導きの糸」としてなされた歴史分析であったのである。

おわりに

カレツキはその社会主義的信条を終生抱きつづけながらも現実の経済分析においては史的唯物論を「導きの糸」として研究を行い、そして歴史の進展に応じて自己の見解を修正していったのであった。まさしくそれは、カレツキが忠実かつ非教条主義的なマルクス主義者であったことを証すものである。

参考文献

CWMK, edited by Jerzy Osiatynski, translated by Chester Adam Kisiel, *Collected Works of Michal Kalecki*, 7vols.

大内兵衛・細川嘉六監訳（別巻のみ全集刊行委員会編），『マルクス=エンゲルス全集』，全 41 巻＋補巻 4＋別巻 4.

資本論草稿集翻訳委員会訳，『マルクス資本論草稿集』，全 9 巻.

Frey, Bruno S. (ed.) (1997) *Political Business Cycles.*

Howard, M. C. and King, J. E. (1992) *A History of Marxian Economics, Volume II, 1929-1990.*

Osiatynski, Jerzy (1990) "Editorial Notes and Annexes", to *CWMK I.*

――― (1997) "Main Dates and Facts in Kalecki's Life", in *CWMK VII.*

Sawyer, Malcolm Charles (1985) *The Economics of Michal Kalecki.*

Sawyer, Malcolm Charles (ed.) (1999) *The Legacy of Michal Kalecki.*

八木紀一郎 (1991)「ヨーロッパ制度主義経済学の成立」，『経済論叢』，147 (1・2・3).

山本英司 (1999a)「カレツキの比較経済体制論」，『比較経済体制研究』，6.

――― (1999b)「カレツキ研究の現在」，『経済セミナー』，533.

Pivotal Mechanism and the Truth-telling: An Experimental Study in the Case of Divisible Public Goods.

Toshiji Kawagoe
Future University – Hakodate
E-mail: MXE03373@nifty.ne.jp
and
Toru Mori
Nagoya City University
E-mail: mori@econ.nagoya-cu.ac.jp

1. Introduction

As it is well known, in Pivotal mechanism, truth-telling is a dominant strategy for every subjects. It is remarkable feature of the mechanism in spite of the lack of Pareto efficiency and individual rationality. But, in our previous work [3] (see also Attiyeh et al. [4]), we showed that truth-telling was quite rare in laboratory environment because Pivotal mechanism has weak incentive compatibility. Weak incentive compatibility means that even though we have a dominant strategy, we also have many best-responses other than truth-telling in Pivotal mechanism. So, truth-telling is not guaranteed in that environment.

The problem of weak incentive compatibility is inevitable in indivisible public goods environment. So, to overcome the problem due to weak incentive compatibility, it is natural to introduce divisible public goods into Pivotal mechanism as in Clarke [2]'s and Tideman and Tullock [4]'s original demonstrations. With divisible public goods environment, one can show that convexity of preference for public goods guarantees strict incentive compatibility in Pivotal mechanism, that is, truth-telling is the only best-response in every combination of others' strategy. In such an environment, one can convince that Pivotal mechanism can induce truth-telling in laboratory environment.

Consider a version of Pivotal Mechanism in which public goods is divisible (or provision level is continuous), subjects' preference for public goods are strict convex. In this environment, this version of Pivotal Mechanism has strictly quasi-concave payoff

function for each agent. Therefore a unique dominant strategy equilibrium exists. One can prove that strict convexity for preferences for public goods and continuous divisibility of public goods are sufficient conditions for strict concavity of payoff function, and also for strict incentive compatibility.

2. Design

We conducted a new experiment in the environment described. As we have shown that Pivotal mechanism has a unique dominant strategy with strict sense in this environment. But we want to compare weak and strict domination property of dominant strategy equilibrium in Pivotal mechanism. So we try to conduct a partial test of our conjecture based on the following observation of our new mechanism. Since, as the number of subject in a group is fixed, payoff structure becomes steeper as the slope of marginal valuation function decreases, we can have almost flat payoff structure if the slope becomes sufficiently large. So we controlled the slope of marginal valuation function to be same for all the subjects, and then changed the slope, group to group, to compare weak and strict domination property of dominant strategy equilibrium. We employed two values of slope, one is steep (that is, payoff structure become flat) and flat (that is, payoff structure become steep). Each subject revealed the intercept of the marginal valuation function given that they know the slope of the function. Revealing value was in integers ranged from 0 to 100 and minimum unit that they allowed was restricted in each 10. To simplify our experimental environment, we set marginal valuation function to linear function and marginal cost function set to 0. In this experimental settings, one can predict that the higher is the slope of marginal valuation function, the less is strictness of incentive compatibility. So, subject might choose truth-telling in flat slope condition than in steep slope condition.

3. Experiment

We have conducted our experiment on December 17, 1999 at Nagoya City University in Japan. Twenty undergraduate students were recruited. They were students in economics course. They were separated into four groups, two groups were assigned steep slope condition, and the other two were assigned flat slope condition. One group consisted of five subjects and took part in the group decision-making altogether. After the instruction and ten round practices, they went into ten round actual experiment. Experiment has been conducted by computer network. Each subject received their

assigned true intercept of their marginal valuation function through computer software, and then chose the intercept, and send it through the software. After that, they received the result of their decision-making. Reward was paid in cash and average reward was about three thousands yen for about two hours long experiment.

4. Results

The descriptive statistics is shown in Table 1. It is surprisingly that there is no difference of the frequency of dominant strategy plays between flat and steep condition even if, in our experimental settings, the rate of payoff loss caused by one unit deviation in flat condition is ten times of that in steep condition.

Group number	The number of dominant strategy plays	The number of others	Total
1 (flat)	12	38	50
2 (flat)	13	37	50
3 (steep)	10	40	50
4 (steep)	17	33	50

Table 1: Summary data.

We also show the time series of the frequency of dominant strategy plays in Figure 1.

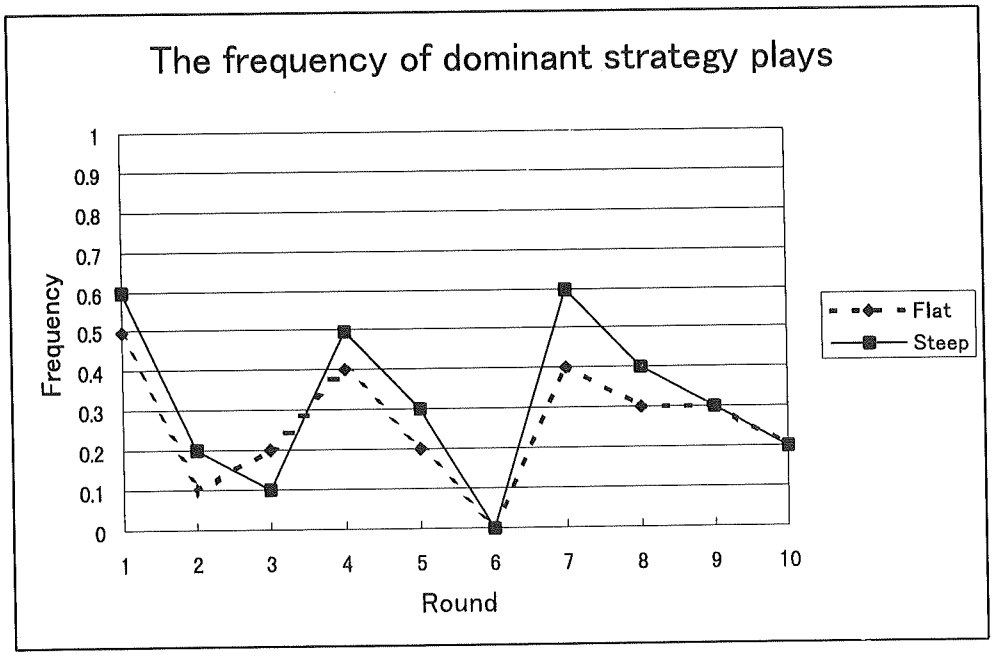


Figure 1.

In this figure, there is also no difference between flat and steep condition and no

tendency toward the dominant strategy equilibrium. In particular, the frequency of dominant strategy plays reached at most 60% of subjects.

5. Conclusions

We should conclude that there is no difference between steep and flat slope environment. That is, steepness of payoff structure of the mechanism played no role in our experiment. In strict sense, both of environments which we used in the experiment have strict incentive compatibility. That is, truth-telling is the only strategy with which subject can attain maximum payoff in every combinations of others' strategy. But, in the steep slope condition, loss caused by deviation from truth-telling is very small. In this sense, the steep slope condition approximates the flatness of payoff structure in the mechanism with indivisible public goods environment which we examined in the previous work. So, this result shows us that satisfaction of strict incentive compatibility is not necessary condition to induce truth-telling from subjects in laboratory setting. This is very puzzling result.

One can suggest that it may be insufficient to make subjects sure the difference between steep and flat condition in the environment which we used in the experiment. Increasing experimental rounds and/or money reward may be necessary.

References

[1] Attiyeh, G., R. Franciosi and R. M. Isaac (1997). "Experiments with the pivot process for providing public goods", forthcoming in *Public Choice*

[2] Clarke, E.H. (1971). "Multipart pricing of public goods", *Public Choice* 11, 17-33.

[3] Kawagoe, T. and T. Mori (1999). "Can Pivotal Mechanism Induce Truth-telling? An Experimental Study", mimeo

[4] Tideman, T. N. and G. Tullock (1976). "A new and superior process for making social choices", *J. Political Economy* 84, 1145-1159

Finding 'No-Regret' Strategy in GHG EmissionsTrading Institutions in the Kyoto Protocol:An Experimental Approach

Tatsuyoshi Saijo (Osaka University) et.al

Modeling Bargaining Behavior in Ultimatum Games

Haijin Lin and Shyam Sunder

Subgame perfect equilibrium predictions of single or multiple round ultimatum bargaining games correspond poorly to the data gathered from human subjects in laboratory environments. Many attempts have been made to explain this discrepancy, or to develop alternative models and predictions of such phenomena. Our effort to understand the behavior in ultimatum games focuses on using laboratory data to model players' beliefs about what their opponents will do. The standard subgame perfect equilibria are derived from an extreme assumption about these beliefs (that the opponent will prefer any positive reward over zero reward.) When this assumption is relaxed, several other modeling possibilities become available. We develop this class of static and dynamic models, and examine their ability to organize the data from previously reported experiments. Less extreme models in which the probability of acceptance of a proposal declines with the amount offered to the second player are better able to organize the data about the behavior of both players.

A variety of explanations have been offered for these discrepancies. Binmore et al. (1985), for example, argued that the first-to-move players demand less than the subgame perfect solution amount (which is virtually all of the pie) because they value the "fairness" of the outcomes. The data gathered by Neelin et al. (1988) did not provide convincing support for either the fairness or the subgame perfect equilibrium predictions.

We reanalyze the data from several prior experiments from a different perspective on reconciling the data to the theory. The reason why the experimental data deviate so radically from subgame perfect equilibrium solution is not necessarily because this solution concept is not appropriate to organize behavior in such games. Instead, we think that the solution concept is applied with a rather extreme assumption about what player 1 believes player 2's decision rule to be. The experimental data may correspond better to the subgame perfect solution derived from a more realistic assumption about player 1's beliefs about player 2's decision rule. We also show that both the fairness solution (equal split) and the usual subgame perfect solution are special cases generated from different beliefs that might be held by player 1. Perhaps it is possible to organize the data and the

theory in relation to each other by staying with a simple and controllable specification of preferences, and adjusting our assumptions about player 1's beliefs about player 2's strategy.

Our approach--inferring individual beliefs or strategies in economically interesting settings from observed outcomes—complements theoretical derivation of outcomes from *a priori* specification of beliefs and strategies. Attempts to explain this discrepancy include abandoning personal utility maximizing behavior in favor of altruism, or placing fairness of outcome directly into preferences as something to be valued by itself. Our analysis of data suggests that it is possible to build data-consistent models of bargaining behavior more economically, and without abandoning the basic framework of personal utility maximizing behavior.

Usual derivation of subgame perfect equilibrium starts with the assumption that player 2 in an ultimatum game should accept any non-zero amount offered to her by player 1, and that player 1 should expect player 2 to do so. Our analysis starts with asking whether player 2 does, in fact, accept all positive amounts offered by player 1, and then asks if the offers made by player 1 are consistent with his believing that player 2 will accept any positive offer, no matter how small it is.

The data from various laboratory ultimatum games support a strong negative answer to both these questions. Player 2's probability of acceptance of an offer from player 1 declines progressively as player 1 demands a larger share for himself. Player 2's actual behavior, clearly, stands in sharp contrast to what has routinely been assumed, *a priori*--that she would accept any offer as long as it offers her a positive amount. She doesn't. Does player 1 believe that player 2 will accept any positive amount. If player 1 demands, say, 60 percent of the pie for himself and offers 40 percent to player 2, we have at least two possible ways of explaining such behavior:

(1) Player 1 knows that even if he offered only 10 percent to player 2, the latter will accept it. However, player 1 feels that it would be unfair to player 2 to give her such a small share.

(2) Player 1 knows that the probability of acceptance of his proposal by player 2 depends on the amount he offers to her. Being a man of the world, he also

knows that the larger the proportion of the pie he offers to player 2, greater is the chance that she will accept it.

How do we choose between these two ways of explaining observed behavior Explanation 1 requires us to introduce a new argument (fairness) into individual preferences, which is not necessary in the second approach. Thus, the second approach is more economical using a simpler model of preferences. In addition, the second approach has the advantage that the beliefs of player 1 about the behavior of player 2 are related to the behavior of player 2. Under the second approach, we need not make an assumption about these beliefs independently from actual behavior. The second approach is therefore economical in two respects, and would therefore seem to be preferred by Occam's razor.

Using the second approach, we specify and estimate a global static model. The estimates suggest that player 2 reject smaller offers with greater frequency, and player 1 behaves as if they know this, and offer a fraction of the pie to player 2 which corresponds closely to the amount that will maximize player 1's expected reward. This correspondence supports the data organizing power of the global static model over the subgame perfect equilibria derived from an extreme assumption about player 2 behavior (this extreme assumption could have been, but is not chosen, by the estimation process).

In a world driven purely by consideration of fairness in bargaining, 100 percent of the offers made by player 1 will be 50/50 splits, and all of them would be accepted, leading to 100 percent efficiency (total money made by the two bargaining agents/maximum possible money the two agents could have made). In subgame perfect equilibrium based on the expectation that player 2 will accept any positive amount, efficiency will again be 100 percent. The actual efficiency in Slembeck (1999) data is 61.9 percent, which also matches the efficiency of the static model because it is fitted to the data.

We also specified a dynamic learning model of behavior in single round ultimatum game played 19 times each by 20 fixed pairs of players in Slembeck (1999). By sacrificing more degrees of freedom, we estimate the model parameters for each pair of players. The data organizing power of the dynamic model also supports the second approach.

So, is it fairness, altruism, or selfishness that induces player 2 to reject positive offers and player 1 to offer more than a minimal fraction of the pie. It is easier to defend selfishness as the motive for player 1's "generosity"; if player 1 believes, for whatever reason, than player 2 will reject an offer smaller than, say, fifty percent, surely selfishness is a better explanation why he offers that much to player 2. It is not so much that player 1 wants to be fair to player 2, but player 1 may expect that player 2 may not want to be at the short end of the stick, and willing to impose discipline on player 1 by denying herself the amount offered.

The argument for player 2 is more complicated. Establishment of social norms is driven by self-interest of individuals. Many people find that making a sacrifice now in order to gain longer-term benefits of desirable social norms is well worth the investment. It is not unreasonable to recognize the externalities that may exist between even carefully designed laboratory games and the life outside the lab. Indeed experimental economics depends on such externalities between lab and the outside world for its value and validity of results. Player 2's rejection of small offers can be seen as an investment in establishment of social norms. It is difficult to identify whether fairness is valued for itself, or as a means to more private goals.

In summary, in order to organize the laboratory data on single-round ultimatum games, it does not seem necessary to abandon or weaken the basic assumptions of individual preferences, and subgame perfect equilibrium. Using more realistic player 1 beliefs about player 2 behavior seem to be sufficient. It has often been suggested that we must use social and cultural factors to understand bargaining behavior. People's beliefs and expectations of what others will do in a given situation is, perhaps, the best economic definition of culture and social norms.

組織編成と協力関係の深化：空間ゲームを用いた分析

京都大学経済学部博士後期課程　海老名　一郎　Ichiro Ebina

「 国際環境とゲームの状況」

本報告では、国際公共財の費用分担における国家間協力のパターンと組織編成の関係を分析する。

一般に公共財は「非競合性」と「排除不可能性」を持つために、費用分担と受益が一致しない。そのため、各主体に費用分担を免れようとする「フリーライド」への誘因が働く。特に分権的な国際社会においては、国家間で情報の非対称性が強く、また問題の内部化や権力的な解決がはかりづらいため、フリーライドへの誘因は一層強くなる。

従来国際公共財の問題が覇権安定論の文脈で議論されてきたのは、同質的な国家間ではお互いにフリーライドをしようとするために、結局国際公共財は供給されなくなると考えられたからである。国際公共財が供給されるためには、キンドルバーガーのように慈善的な覇権国を想定するか、ギルピンやクラズナーのように覇権国の強制力を前提としなければならないと考えられてきた。

一方、アメリカの覇権衰退後も国際協力の進展が多様な分野でみられたとの観察から、コヘインらによってレジーム論が展開された。彼らの論じるとおり、国家間の相互依存関係の深化が、安易な「裏切り」の可能性を減じている。協力分野の拡大は、ゲームの反復と同様の効果をもたらし、国際協力の可能性を広げる。しかし国家行動がレジームの中で規定され、費用負担が拘束的であると考えられる分野は限られている。

この報告では、同質的な国家が、協力関係の維持を基調としながら、しかしフリーライドの誘因が非常に大きい場合にはそれを選択するような国際状況である。各国のフリーライドへの誘因は、２つの極端な場合に高まると考える。つまり、（1）費用分担を行う国が非常に少なく、分担の割合が過大である場合（2）費用分担を行う国が非常に多く、自国の戦略が全体の協力関係に与える影響が小さい場合、である。

「 計算機実験の準備 」

前節のような戦略を持った国家と組織編成（交渉の形式）の関係を調べるために、次のようなシミュレーションを行った。

世界は、各国家を模したセルが方眼目状に並んだ正方形で表現される。上下・左右の境界は、それぞれ反対の端とつながっているものとする。（これは周期的境界条件と表現される。）各セル（国家）は、周囲のセルと費用分担の割合についての交渉を持つ。国際組織がどの程度階層化されているかによって、交渉の範囲は変化する。組織が多重に階層化されている場合には、結果として、交渉の相手は近傍の少数のセルのみとなる。逆に階層化が緩やかな場合には、より多くのセルの戦略に反応した戦略の決定を行う。ここでは、組織編成の形態として小規模、中規模、大規模の 3 通りの組織編成を考える。それぞれゲイロー

ド＝西館(1996)で von Neumann 型、Moor 型、MvonN 型とされているものであり、自国(site)の中心に下図のような広がりを持っているものとする。

小規模

$$\begin{array}{ccc} & N & \\ W & site & E \\ & S & \end{array}$$

中規模

$$\begin{array}{ccc} NW & N & NE \\ W & site & E \\ SW & S & SE \end{array}$$

大規模

$$\begin{array}{ccccc} & & Nn & & \\ & NW & N & NE & \\ Ww & W & site & E & Ee \\ & SW & S & SE & \\ & & Ss & & \end{array}$$

それぞれの国は、協力（費用分担）または非協力（フリーライド）のいずれかの戦略を取る。戦略の決定は、前の期における組織内の協力・非協力関係によって決定される。前の期の組織内の国家のうちp_L以下の割合しか協力に参加しなかった場合、もしくはp_H以上の割合の国が参加した場合には、非協力戦略を次の期で採る。その他の場合は協力戦略を採るものとする。

「実験結果」

15×15 の正方格子上で、小規模、中規模、大規模の組織編成それぞれの場合について、協力関係の変化を調べたのが 3 ページ、及び 4 ページの図である。それぞれ$p_L = 1/8, p_H = 7/8$（協力への誘因が強い場合）と$p_L = 1/4, p_H = 3/4$（協力への誘因が弱い場合）の典型的な出力結果の一部を示している。初期状態をランダムに与えているため、10 期まではその影響が強く現れている。しかし 10 期以降はそれぞれの組織編成や協力関係のやp_H, p_Lの値によって独自のパターンが見いだされる。それぞれ 5 枚のマップは、連続する 5 期間の比較的安定した期間の図を示している。黒いセルは協力戦略を、白いセルは非協力戦略を採る国を表してる。

小規模の組織では、協力的なセルの総数はもっとも安定している。しかしマップを観察すると、個々のセルの戦略変化が激しい様子が見て取れる。これは個々のゲーム状況がチキン・ゲームの性質をもち、全体的な協力パターンの変化を受けにくいためと考えられる。

中規模の組織では、安定的な時期と不安定化が交互に現れているのが読みとれる。また、マップから、パターンの変化が連続的に推移する性質が読みとれる。これは局所的なチキン・ゲームの性質が弱まり、全体的な協力関係のからの影響もさほど大きくない中間的な性質を示している。

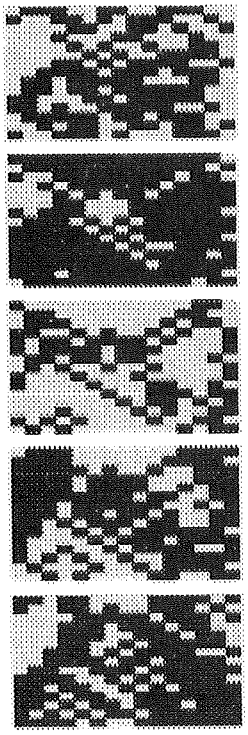
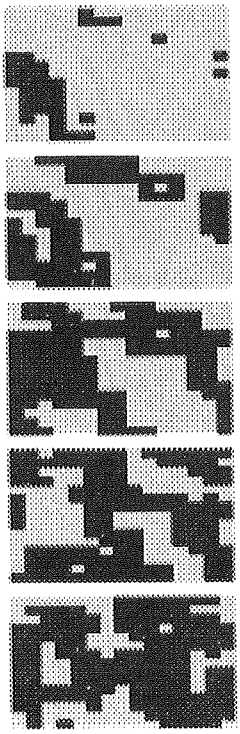
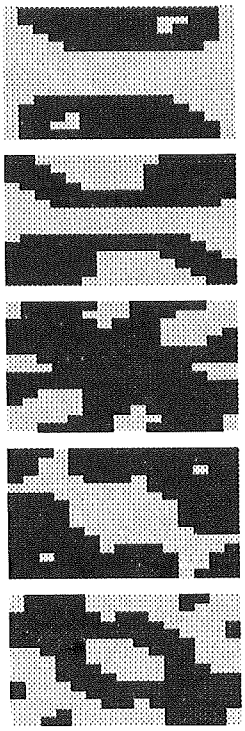
大規模な組織では、安定的な協力関係はみられず、パターン変化も中規模に較べ不安定であることが多い。

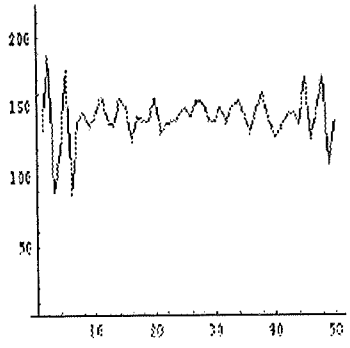
「結論」

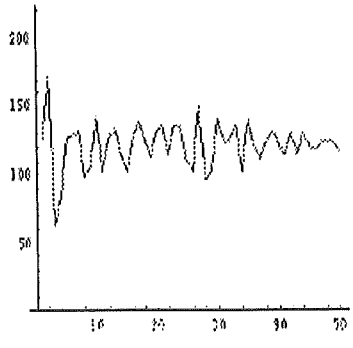
この実験の結果からは、現在の平板な国際行政組織の編成よりも、より階層化された組織が望ましいと結論づけられる。　（おわり）

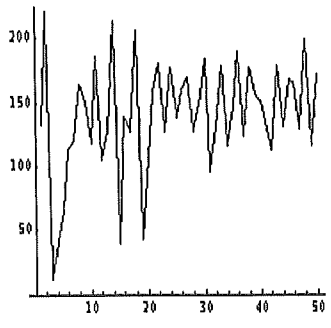
$$p_L = 1/8, p_H = 7/8$$

小規模　　中規模　　大規模



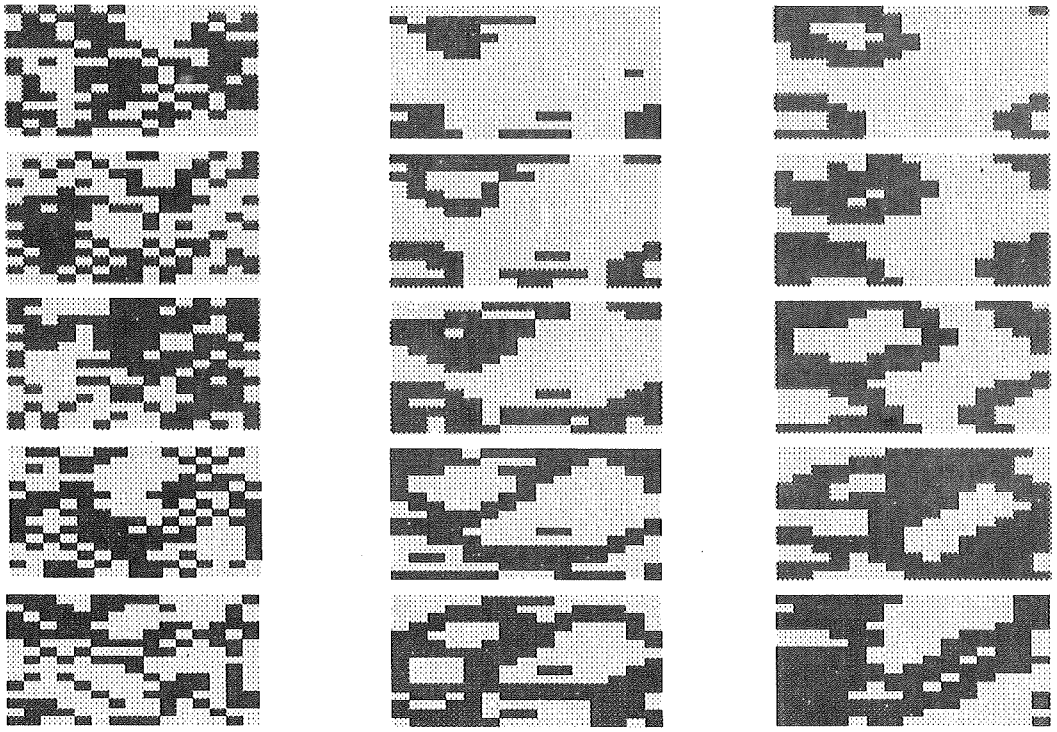


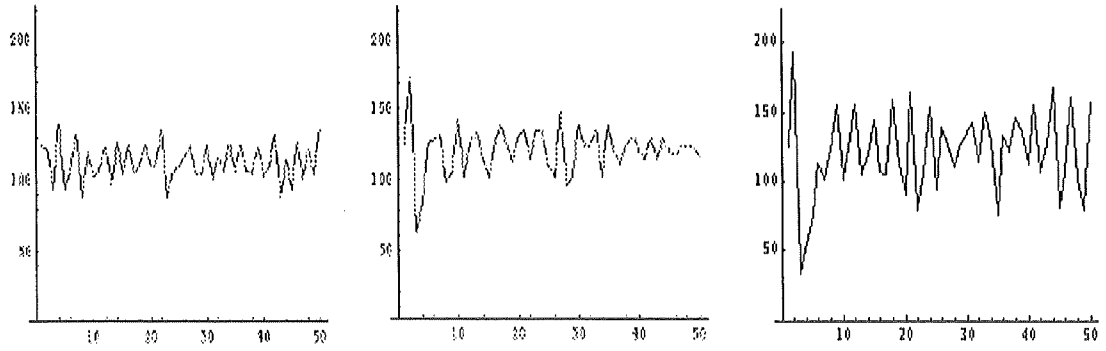


縦軸は協力的なセルの総数を、横軸はイテレーションの回数を表す。

$p_L = 1/4, p_H = 3/4$

小規模　　中規模　　大規模





規範理論のための社会認識の試み

大阪市立大学（院）経済学研究科　大山明男 Akio Ohyama

1．問題の構図

現在，野宿生活者が１万人を越える大阪市街の様子は，不況による雇用状況の深刻さを実感させる。が，失業の要因は景気の低迷が全てではない。失業の背景には雇用水準とＧＤＰの相関関係に象徴されるマクロ的経済変数間の関係を前提にした分析には現れない制度的要因が潜在している。たとえば，もともと女性の雇用機会は男性より少ないとされ，改善されつつも依然条件は女性に不利である。このような失業に関する制度的な要因は，マイノリティの雇用（差別）にもみられる。当然，野宿生活者に占めるマイノリティの割合は，労働人口総体に占めるその割合より大きいと想像できる。ここに，野宿生活者に象徴される失業問題の理解には単に景気の好悪とは別の視点からの分析が必要となる。

一般に規範理論は特定の社会認識に依存する。つまり，そこで導かれる規範的主張が現実世界への適用を目指すものであるなら，当然，適切な社会認識に基礎づけねばならない。本稿では，社会科学上展開される規範理論を有効な社会認識に基礎づけることを念頭に置き，具体的に，景気の好悪とは独立して社会構造として存続するマイノリティの雇用をめぐる問題を，制度を視野に入れながらある種の合理的選択の結果として説明することを目的としている。

失業の存在に対するケインジアンの見解は，総生産と雇用水準のマクロ的な相関関係を前提に，何らかの政策により総生産の増加が導ければそれに伴い労働需要が増大し，失業率が改善されるというものである。確かに，集計的，平均的経済指数間の関係は経験的事象から導かれたものではある。しかし，個々人の社会的地位やそこから派生した社会現象がマクロ的な経済変数の関係のみに基づいて分析できる訳ではない。また，ケインジアンに対置される新古典派は，方法論的個人主義に依っており，個々人の合理的選択の結果として失業状態の説明を行う。しかし，合理的選択理論は，主体の合理的考量の対象に何を想定するかによって，事後的には何でも説明できる形式である。よって，極端には，結果としてそうなったのはそもそも本人がそうしたかったからだ（失業したのは，本人が失業したかったから），という到底説明とは言いがたい論理となりうる。これらが共通して持つ問題の源泉は，個々人が行為の前提として関わらざるをえない制度的なものへの着眼がないことである。

新たな方法の提示は，現実的観点から要請される。以下では，制度的分析に必要な幾つかの概念を導入し，具体的に，マイノリティの雇用をめぐる問題を同定する方法を考えたい。そして，規範理論のための有効な社会認識としてその可能性を考えたい。

2．諸概念の導入と理論の構成

2-1 「選択肢／選択」の区別から制度へ

ある現象を個人の意思決定による行為（の選択と実行）として理解するとき，その個人に与えられた可能な行為の「選択肢」と，その中からの彼／彼女の行為「選択」を区別する必要がある。たとえば，突然ピストルを突きつけられ手を挙げろと言われて手を挙げた人間の行為に対し，手を挙げる選択をしたのは彼の意思だという判断について，手を挙げるか否かに置かれた状況をも考慮したとき疑問が付されるのは当然である。同様に，何らかの理由で就職機会がない個人が失業にあるとき，それを自由選択の結果と見なすのは常識的には納得できないだろう。この場合，彼には就職に関してゼロの選択肢が与えられた，言い換えると選択肢自体がない，と理解できる。一般に，選択肢の幅は社会的世界における個々人の具体的状況に応じて様々であろうから，公共選択理論にみられるように，それを社会の成員全体に

一律に仮定することには疑問が付される。また，合理的選択を説明に利用する場合，合理的選択をあてがう選択肢を社会的世界の中に適切に見極めることが重要となる。

以上のように，行為選択と区別される個人の直面する選択肢は，ある瞬間において直接には彼の意思とは無関係に彼に与えられる。選択に先立つ選択肢は，個々人に与えられるという意味で個々人が従わざるをえないものであり，ここに社会的産物（つまり選択肢）と個人の意思（選択）とが交差する制度への関心が生じる。こうして，ある個人を含む社会現象は，彼の意図が及ばない制度として与えられる行為選択肢と，その中での彼の行為（の選択と実行）によって構成される。

2-2 制度分析における「発生／再生産（循環）」の区別

一般均衡理論を実証理論として展開する規範理論の一つの到達点が「厚生経済学の基本定理」（競争均衡点はパレート効率的であり，任意のパレート効率的配分は競争均衡点として達成できる）である。その分析には，ある時点の選択に先立つ個々人の背景（＝制度）に関する記述がない。初期保有量は個々人にとって所与であり，選択に先立つ前提は問題にしない。よって，この社会認識の下で展開される規範理論の射程は，初期保有量の配分か生産物の分配に限られる。この態度は制度への言及へ繋がるものではない。その理由は，一般均衡理論が市場制度の発生および循環を説明しない形式だからである。現実に影響を与える規範理論は，現実とは無関係に閉じた世界として構築された理論にではなく，当然，現実あるいはその断片から抽出された理論に基礎づけられるべきであり，制度的なものの説明形式をそこに内包させねばならない。ではどのように進めるべきか。

個人の選択に先立ち彼に与えられる選択肢を制度的に捉えるべきことは先に述べた。さらに，制度を考えるとき，まずその発生と再生産を区別することが必要である。本稿では雇用差別を産みだした制度の発生には触れない。理由は，発生の説明が一つではないこと，そして具体的な発生論への言及は本稿の目的外だからである。他方，制度の再生産の過程のみを，次節に見る「制度に対する位置」を導入することで，ある種の合理的選択による説明につなげたい。

2-3 「制度の内／外」の区別——制度に対する個々人の位置

制度を説明する方法を考えるとき考慮せざるをえないものに「社会」がある。制度と社会は同じではないが，制度あるいは制度に関わる主体を画定するものとして社会は考えられている。そして，社会は世界の全体を表す。明示しない場合でも，それを前提にしている。伝統的に社会は外部なき空間として想定され，社会の生成は外部なき空間の中で語られてきた。

たとえば社会契約論は，社会契約以前に世界に存在する人間全員が一斉に契約して一つの社会を構成するという説明を採っている。しかし，結果として複数の社会（国家）が誕生し，併存する可能性を考えると，自然状態にある一体誰が誰と契約するのか（契約しないことも含めて）という問いが生じる。ルソーの社会契約論は基本的に規範理論だが，現実の説明として解釈すると，このような根本問題が認められる。また功利主義は，倫理の対象を「最大多数」と言いながら，実質的にはその全体を明示しない上で，最大幸福を目指す規範理論であるが，これが逆に，社会＝倫理共同体のアドホックな措定と，（実際に可能かはともかく）それに基づく現実への恣意的な適用を保証している。これらは社会の構成員の決定に関する「語る立場＝メタレベル」上の問題である。社会契約論を現代に蘇らせたロールズの『正義論』は，個々人が無知のベールの背後でルールを考慮するという論理だが，その主体そのものはすでに契約した社会の構成員という条件の下にあるので，従来の社会契約論と同様，社会の構成員の非決定性を付随する。

以上に指摘した社会の非決定性は，理論自体の形式としてはともかく，それが規範として現実に適用されるときに関わらざるを得ない社会認識上で問題

となる。規範理論に限らず，実証理論においても，よくある循環論的定義にそれはみられる。社会はそれを構成する人々からなる。あるいは，逆にそれを構成する人々から社会はなる，というもの。それを前提に，制度や秩序の生成等が論じられる。たとえば，ゲーム論で想定される「囚人のジレンマ」は，通常二人世界を前提にしているが，その状況を保証する制度的背景については触れていない。にもかかわらず，すでに存在する何らかの制度下にある二人世界から制度や秩序の生成を論じることには不思議さがある。二人の囚人の外に社会はあるのか。あるとしたら，どんな社会なのか。

では，どのように社会を語りはじめるべきか。本稿の目的は最終的に，現実にある一社会現象を説明することにある。よってここで論じる社会の姿は現実世界の観察から持ってくる必要がある。まず，誰か人間について語るというメタレベル的態度に不可避な対象主体を措定する意味において，対象主体全体を社会（の構成員）とする。制度は社会の中に存在する。よって，ある制度に関わる人々は当然，社会の構成員の部分集合（全体あるいは一部）だが，同時に彼らに別の「意味」を与え，ここではそれを単純に，制度の「内側」と「外側」とする。具体的には，内側は雇用差別という制度を産みだす側（の主体）を表し，外側はそれを与えられる側（の主体）をさす。

2-4 「合理的選択」と制度の関連づけ

先に述べたとおり，合理的選択理論を社会現象の説明に適用するとき，それを適切にどこにあてがうかを考慮する必要がある。ここでは，制度の内側（の主体）に，外側（の主体）と区別して，合理的選択行動をまず想定する。では，その合理的選択は何について，どのように行われるのか。

マイノリティの雇用を拒む企業側の理由に，「客商売だから」とか「世間体が」などがある。勿論，それだけが全ての企業の理由ではないだろうが，企業内部の人間がマイノリティ個人を直接拒絶するというより，周囲の関係者の当企業への評判やそれに派生する対応などを気にする様子がうかがえる。このような心象は，企業としての取引や営業の低下から，最終的に利潤への悪影響という予想へ繋がっていると判断される。これは，制度の内側にある雇用主に，(期待)利潤に関しての合理的選択の基準を与えるのではないだろうか。

さて，・今，内部の各主体は新たな雇用機会にあるとする（「雇用機会」とは，通常，被雇用者の直面する場面に用いられるが，ここでは雇用側の機会とする)。・そして，内部の各主体は，自分以外の他者は何らかの理由でマイノリティを忌避していると考えている。・もし，この状況で自分がマイノリティを雇用すると，他者は皆自分と商品や金融等の経済上の取引を行わなくなり，その結果自分の売上や利潤が減少すると各主体は予想する。・ここから，内部の各主体は，マイノリティを雇用しないことを純粋に経済的基準から合理的に決定する。

これらは，制度の内側からのその一過程を示している。そして同時にこの過程は，外部の主体に対しては，雇用差別という意味の制度を産み与える。これは，外部者にとって，選択に先立つ選択肢を形成する（その結果，開けているのは，日雇いなど定職以外)。

また，この一過程は，合理的選択を行った内部の各主体に対して，次の雇用機会に同様の状況（選択肢）を産む。これは次の過程において，また同じく外部者に対して次の雇用差別を与える。

つまり，ある状況にある制度において，その内部の各主体の合理的選択の結果が，外部者の選択肢を作り出すだけでなく，内部の各主体にとっても次の選択肢を作るという構造をなしている。そしてこれは，内部の各主体の相互への知識とそれに基づく予想に変化がない限り，再生産される。

この，雇用差別という社会現象についての制度論的把握から導かれる一つの理解は，雇用する内部の各主体がマイノリティに対してそれ自身の直接の偏見・差別を持たなくとも，ある知識をもとにした他者の行為の予想を媒介に純経済的次元での各主体の合理的選択の結果が，外部者にとって雇用差別を産み，しかもそれが継起されるということである。

3．これらの理論構成から何がえられるのか

このような理論構成による理解は，権力分析の視点を提供する。現実世界には個人が否応なしに従わざるをえない「権力」と呼ぶべき何かがあると感じられても，そこに単一の意図に則った「(強制) 力」の存在を経験的に指摘することは難しい。外部からは権力を行使したと思える主体が，当人としてはそうせざるを得なかったように，意図的要素が行為の背後になかった場合が多い。内部者によるマイノリティの門前払いは，マイノリティ個人の属性によって判断されるわけではない。各内部者はゲーム論的状況における期待利得についての合理的判断に従っているだけだが，それは，外部者（ここではマイノリティ）には雇用差別として現れ，一種の権力作用と認識されるかもしれない。ただし，これを担保する物的条件，たとえば資本の偏在等，があることはいうまでもない。また本稿で触れなかったが，制度の「発生」には，より直接的に働きかける意図と物的要因（暴力など）が作用しているに違いない。同時に，それがある状況での合理的選択の条件である「知識」を産みだし，普遍化させた要因である。

ある状態において，制度の内部にある雇用主の合理的判断によってマイノリティを雇用しないという選択がなされ，これらは次の過程として循環する。こうしてマイノリティの雇用差別という社会現象は，合理的選択理論，制度論そして権力論の有機的関連において把握される。

4．規範理論のための社会認識へ向けて

差別についての経済学的分析には，ベッカーの『差別の経済学』やポズナーの『正義の経済学』がある。彼らの分析対象はアメリカ合衆国の黒人差別である。彼らは，白人と黒人の間の直接の人種差別意識を想定し，その差別意識が及ぼす経済上の効率を問題にする。本稿は，雇用主が直接差別意識を持たないことを前提としているが，これはアメリカの黒人差別とは本質的に異なる日本の状況への観点から持ってきたものである。また，方法論上の相違としては，彼らの分析は均衡論的認識を背景にしている。本稿は，社会認識上の必要性から，制度論的な接近を試みた。

人間の存在は，社会的マジョリティ／マイノリティという区別だけでなく，同時に男／女，健常者／障害者などの他の線引きを伴う。言い換えると，これらの社会的，身体的属性が交差する所に，個々人の社会的位置が画定される（当然，この状況を支持するかは別である)。よって，本稿の分析は社会の一局面を切り取ったに過ぎない。が，それをさらに現実に近づけるには制度論的接近を抜きにしては考えられない。また，様々な線引きに注目することは，一律な人間から成るものとして想定した社会にではなく，その中の個々の具体的な人間へと視点を移すことになる。これは，逆に社会とは何かという問いを据える。経済学では，特に規範的文脈において，社会を語る立場は，理論上の政策主体を介して，現実に存在する国家，政府などの立場に無反省に同一化され，社会への無自覚な関わりから形成される社会認識のもとに言説が繰り出される傾向がある。規範理論は社会認識に基礎づけられるべきであり，それは現実へのさらなる観察から導かれるものである。

貨幣信用制度における進化と自由——ハイエク『貨幣発行自由化論』を中心に——

橘本千津子
北海道大学大学院経済学研究科
(chizuko@econ.hokudai.ac.jp)
(日本学術振興会特別研究員)

1．ハイエクの貨幣発行自由化構想

現代オーストリア学派のF.A.ハイエクは、一方では伝統や慣習の果たす役割を重視しつつも、他方では自由で競争的な市場を一貫して擁護してきた。そこにおいて市場は、伝統や慣習を破壊する装置というよりも、むしろ、伝統や慣習に支えられてはじめて成立する制度として描かれている。市場を伝統や慣習によって支えることができるならば、われわれは、政府による市場介入や市場管理を極小化することができるはずである。市場は、それを管理する中央当局がなくても、その自生的なメカニズムを制度的に条件づけるならば存立しうるからである。そのことは貨幣制度に関しても例外ではない。現在、貨幣の重要な部分は各国政府によって管理され正当化されているが、しかし、ハイエクのいう「伝統や慣習によって支えられた自由な市場」という理念を実物市場だけでなく金融市場にも要求するならば、われわれは最終的には、政府による貨幣発行の独占を否定し、貨幣発行の自由化を企てることに至るだろう。

ハイエク著『貨幣発行自由化論』(1976→1978)は、そのようなヴィジョンを提出したものとして、詳しく検討するに値する。しかしその具体的な構想は、必ずしも確定したものではなく、われわれはそこに、二つの異なる金融制度構想を見て取ることができる。

第一に、既存の中央銀行制度に立脚しつつ、資本取引や銀行業務等を全面的にある特定の地域内で自由化するという平行通貨制度の提案である。この提案の主たる目的は、単一国民通貨の国内における排他的使用を廃止し、他国の通貨の使用を同等の条件で認めることによって、各国の中央銀行に市場規律を課すことである。長期的には、大国の通貨が支配的になる小国もありうるが、思慮ある政策がとられれば、既存通貨のほとんどが使用され続けるとハイエクは予想している。

第二に、中央銀行のみならず、民間銀行に対しても発券業務を認めるというフリーバンキングの構想である。この構想では、発行される望ましい貨幣のモデルとして、商品等価物（商品バスケット）を価値基準とする「不換通貨」が提案されている。(ただし制度全体としては、他のタイプの通貨を発行する試みを排除してはいない。)一般にフリーバンキングの制度下では、実体的な価値物との兌換可能性がなくても、貨幣に対する信用は確保できると考えるからである。

以上の二つの制度案においては、「自由」の捉え方に相違があり、それに伴い中央銀行の位置づけも異なっている。第一の提案は、中央銀行の貨幣発行独占権を容認した上で、金融自由化を提唱している。したがって通貨の使用に際しては、単一の国民通貨を強制されずに、他国の通貨を用いるという「選択の自由」がある。これに対して第二の提案は、使用する通貨に対する選択の自由を民間銀行券にまで拡張させているだけでなく、民間銀行が銀行券を発行するという「貨幣発行の自由」を認めている。これは、望ましい制度の進化過程に参画する自由を、民間銀行および通貨を使用する人々にも与えるものであり、また、市場による中央銀行の淘汰をも射程にいれている点で、創造性と多様性に富む進化論的立場に立つものである。

2．メンガー、ミーゼスとの比較

以上のようなハイエクの制度構想は、オーストリア学派の先達であるメンガーとミーゼスの貨幣論にその前史をたどることができる。以下では、この二人の貨幣制度論をハイエクのそれと比較しつつ、そ

の共通点と相違点を明らかにしていく。

C.メンガーは、貨幣が立法上の強制や一般的合意ではなく、慣習、模倣、学習などをつうじて、社会構成員の個人的営為の「意図せざる結果」として自生的に生成すると説明した(Menger, 1923=1984)。彼の貨幣生成論は、オーストリア学派の後継――ミーゼス、ハイエク、ロスバード、ホワイト等――に承認され、さらに発展的に継承されたと言えるだろう。ただしメンガー自身は、貨幣が発展して「鋳造貨幣」の段階に至ると、貨幣制度を自生的な発展に委ねるだけでは、発展した国民経済における諸要求を満たせないと考えた。貨幣を自生的な制度に委ねるならば、鋳貨の重量や単位の名称などが複雑になり、交易に支障をきたすに違いない。これに対して国家は、①損失を負担しつつ高品質の鋳造貨幣を供給することができ、②偽造等の犯罪行為から貨幣を保護する権力をもち、③規制と統一化によって、経済計算を合理化し、収益性の評価や予想、投資計画などを容易にすることができる。メンガーはこのように考え、一方では貨幣の自生的生成を主張しつつも、他方では貨幣の国家管理を擁護したのであった。

貨幣の国家管理が必要であるもう一つの理由は、金本位制の擁護論にある。メンガーは、貨幣を根拠づける慣習の力を重視しながらも、貨幣は単なる価値表象ではありえず、貨幣の有用金属としての性格がなくなれば、貨幣の交換能力は、その背後にある慣習とともに消失すると考えた(Menger, 1923= 1984, 訳 492 頁)。貨幣の流通根拠は、慣習に支えられた「市場性の高い商品」性にあり、貨幣が金（本位制）に基礎づけられるならば、国家はそれによって紙幣を発行することができる。メンガーはこの段階を、貨幣発展の完成とみたのであった。

これに対してハイエクの場合、上記の②の点を認めるが、①と③の点については批判的である。すなわち、たしかに政府の金属貨幣は、貨幣経済の初期においては、競争および市場の発展に寄与した。しかし、政府の独占的貨幣発行（とりわけ不換紙幣の発行）は、特権濫用の結果として周期的インフレーションを生み出し、それに伴い不確実性を増大させる。両者の認識の重要な相違点のひとつは、制度の自生性をその正当化の根拠とする場合、国家および中央銀行を自生的に生成したとみなすかどうかという点にある。ハイエクをはじめ、ネオ・オーストリア学派の多くは、中央銀行が自生的に成立したのではなく、財政的な必要性から国家の意図・計画によって生まれたとして批判する(Rothbard, 1963→1990, p.72; White, 1989, pp. 71-72; Selgin, 1996, pp.79-84)。これに対してメンガーその他(Dow,1996; Goodhart, 1988)は、国家や中央銀行を自生的に成立したと考える[1]。池田(1996)によれば、ハイエクは、自生的秩序と国家（政府）を対立させ、経済秩序に対する国家不介入の論理を導いたが、メンガーにとって両者の対立は存在しない。このような国家観の相違が、貨幣発行自由化という政策観の相違に現れている。ただし、メンガーの場合にも、国家による鋳貨・紙幣発行権の濫用を戒めている。そして強制通用力が多くの場合、「貨幣制度を病的な状態に陥らせた政府の行為を保管し援助する措置」(Menger,1923=1984, 訳 479 頁)である点を批判している。この点ではフリーバンキングの見解と一致する。

次にミーゼスについて見てみよう。ミーゼスは、メンガーの貨幣論に依拠しつつ、貨幣が財・サーヴィスの自由な交換過程から生成すること、また、貨幣の複数使用がもたらす不利益を除去すべく、貨幣制度は必然的に統一化される方向に向かうと考えた。『貨幣および流通手段の理論』においてミーゼスは、「金核本位制」から「金本位制」への復帰を提唱し(Mises, 1912→1924, 訳 412-14 頁)、1952 年に書き加えられた第 4 部(Mises, 1912→1980, pp.480-82)、主著『ヒューマン・アクション』においても金本位制を擁護している(Mises, 1949→1966, pp.488-93)。その主張は次のようにまとめられるだろう。すなわち、人間の行為と不断の変化が存在する世界では、貨幣の中立性や、不変の購買力をもつ貨幣など存在しえない。金本位制であれ、そのような貨幣を創出することはできないが、しかしそれは、完全で理想的な制度ではないとしても、政府や圧力団体の変化しやす

[1] メンガーは、貨幣、言語、慣習、法に加えて、国家も「個人的な利益のための諸努力の意図されない合結果」、形成されたとしている(Menger,1883,訳 165 頁)。

い意図の影響から貨幣制度を解放し、政策によるインフレーションの発生を制約することができる。このようにミーゼスは、金本位制が政府の恣意的な政策を制約する点を強調したのであった。

しかしよく検討するならば、ミーゼスにおいては、以下のような二つの相反する貨幣制度構想が提出されている。

第一に、『貨幣および流通手段の理論』では、ピール条例をより強化した形で、中央銀行制度の下での100%準備制度を主張し、民間銀行に対して預金を含めた全流通手段に対する100%準備を求めている(Mises, 1912→1924, 訳428頁)。

第二に、『ヒューマン・アクション』では、前の主張が退けられ[2]、代替案として、自発的準備に基づくフリーバンキング制度が提出されている。ミーゼスによれば、民間銀行の兌換紙幣を貨幣代用物ならしめるのは、発券銀行の「のれん(goodwill)」である(Mises,1949→1966,訳463頁)[3]。のれんとは、「ビジネスが過去の業績によって獲得する名声」であり、これまでの水準が将来も維持されるだろうという期待を暗示している。人々は、自らの選択に関係するすべての分野で専門的知識を獲得することができないため、のれんに基づいて行為を決定する(Mises,1949→1966訳400頁)。銀行券の兌換性にわずかでも疑いがあれば、のれんは損なわれる。懸念される信用膨張は、銀行券の還流、価値低下、取り付け、破産の可能性が生み出す市場規律によって防止できると考える。

これら二つの構想はいずれも、国家の恣意的な貨幣政策によるインフレーション（第一の場合は戦時インフレであり、第二の場合は完全雇用政策に伴うインフレ）を防ぎ、また、民間銀行による信用膨張を制約するための方策として、打ち出されている。重要な点は、個人が選択し行為する自由を確保するためには、政府の恣意的な振る舞いを制約しなければならないということである。ミーゼスのフリーバンキング構想の背後には、個人の自由を尊重し、政府の意識的計画および干渉主義を批判する彼の自由主義経済論があり、この理念はハイエクにおいても発展的に継承されている。

ただしハイエクがミーゼスと異なるのは、必ずしも兌換通貨を発行する必要はなく、また、必ずしも貨幣の価値を金で評価する必要はないとする点である。この二つの点でハイエクは、金属貨幣から切り離された、発券銀行の信用・信頼に基づく金融システムの可能性を模索している。

3．ハイエクにおける貨幣と知識

では、ハイエクの貨幣発行自由化論には、どのような独自性があるのだろうか。それは第一に、「競争」こそが、発券機関に通貨価値を維持させるための有効な制約を課すという信念であり、第二に、自由な市場は「未知」の発見過程として擁護できるとする信念である。ハイエクは、金融面において「発見過程としての競争」に開かれた「自由な市場」を創出することによって、未知の新しい貨幣が発見される可能性をつかもうとする。ここで「発見」とは、自由な諸個人や企業が未知の貨幣を考案することのみならず、新しい貨幣が、市場を通じて試され、人々によって評価され模倣されていくことであり、いわば社会による発見をも意味する。自由な市場制度において可能な「未知の発見」は、創造的で多様な制度進化を促すだろう。一方、規制された制度の下では、権力をもつ個人や、組織による特定の意図や願望に導かれた「発見」のみが、制度の進化に寄与するだけであろう。自由化によって社会がえられる未知の発見とその利点は、まさに未知であるがゆえに予測不可能であり、また新たな危険を生み出す。ハイエクはこの点を認識したうえで、より創造的で多様性に富む進化の可能性を探ろうとする。メンガーやミーゼスに比してハイエクが独自であるのは、「未知の進化への自由」を制度的に構想している点である。

---

[2] 「100%準備制度が純粋な金本位制を基に採用されたとしても、銀行業に対するあらゆる政府干渉に特有な欠点を完全には除去できないであろう」(Mises, 1949→1966, 訳461頁)。

[3] ホーヴィッツは、フリーバンキング制度における、企業に関する知識、消費者の信頼を反映する「理念型」としての商標名(Brand Names)の役割とその重要性について述べている(Horwitz,1992, pp.121-24)。

4．政府の金融政策がはらむ諸問題とフリーバンキング論の意義

こうした「未知の進化への自由」を制度的に構想することは、なるほど現実的な実行可能性という点では、あまりにも長期的な展望に立ちすぎていると批判されるかもしれない。しかしその構想は、現行の金融制度に対して批判的な評価を鋭く投げかける点で、重要な意義を果たすように思われる。最後に、政府の金融政策がはらむ問題と、ハイエク以降の現代オーストリア学派によるフリーバンキング論がもつ意義について、検討する。

ハイエク以降のオーストリア学派が構想するフリーバンキング制度では、多様な通貨が自由に競争的に発行される。そこにおいて市場は、競争の結果として、望ましい通貨、適切な通貨量、望ましい金融のルール、適切な情報、堅固で健全な金融システムなどを発見することができると考えられている。

オーストリア学派のフリーバンキング論は、現行の貨幣制度に対して、具体的には以下のような５つの政策的含意をもっている。(1)金融政策および財政政策に対する批判。(2)最後の貸手機能について。(3)ユーフォリア（多幸症）にかかわる銀行行動について。(4)情報開示の重要性について。(5)一般の消費主体に対する啓蒙の重要性について。（報告では以上の点について補う予定である。）

現代オーストリア学派のフリーバンキング論は、メンガーやミーゼスの貨幣論を継承しつつ、現代の金融問題に積極的に答えていこうとする点で、学問的かつ実践的にみて重要な意義をもっている。フリーバンキング論は、人間の利己心、無知、未知のリスク、反政府＝反支配、システムの自生的進化といった理念に訴えており、とりわけハイエクにおける「未知の進化への自由」という理念は、現代の複雑化した貨幣制度の現在と未来を認識するための、重要な手掛かりを提供している。

参考文献

Dow, Sheila C., 1996, "Why the Banking System Should be Regulated?", *Economic Journal*, May 1996, no.106(436), pp.698-707.

Goodhart, Charles A.E., 1988, *The Evolution of Central Banks*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.

Hayek, F. A. von, 1976→1978 =1988, *Denationalization of Money*, 2nd ed. London, Institute of Economic Affairs.川口慎二訳『貨幣発行自由化論』東洋経済新報社.

Horwitz, Steven, 1992, *Monetary Evolution, Free Banking, and Economic Order*, Colorado, West View Press.

池田幸弘, 1996「ハイエクと制度進化の経済学」『経済学史学会年報』第34号.

Menger, Carl, 1871= 1999, *Grundsätze der Volkswirtschaftslehre, Erster, allgemeiner Teil*, Wien, Wilhelm Braumüller.安井琢磨八木紀一郎訳『国民経済学原理』日本経済評論社.

—— 1883→1969= 1986, *Untersuchungen über die Methode der Sozial- wissenschaften, und der Politischen Oekonomie insbesondere*, Leipzig.福井孝治吉田昇三訳、吉田昇三改訳『経済学の方法』日本経済評論社.

—— 1923=1984, *Grundsätze der Volkswirtschaftslehre*,2.Aufl., Leipzig.『一般理論経済学』一遺稿による『経済学原理』第2版1、八木紀一郎ほか訳、みすず書房.

—— 1892,"On the Origin of Money," *Economic Journal*, June, 1892, pp. 239-55.

Mises, Ludwig, von., 1912→1924=1980, *Theorie des Geldes und der Umlaufsmittel*, 2. Aufl.(『貨幣及び流通手段の理論』東米男訳、日本経済評論社.

—— 1912→1980, *The Theory of Money and Credit*, trans. from the German by H.Batson, Indianapolis, Liberty Classics.

—— 1949→1966=1991, *Human Action : A Treatise on Economics*, 3rd revised edition, Contemporary Books, Inc., Chicago (『ヒューマン・アクション』村田稔雄訳、春秋社).

Rothbard, Murry N., 1963→1990, *What has Government done to Our Money?* Alabama, Praxeology Press of the Ludwig von Mises Institute, Auburn University.

Selgin, George A., 1996, *Bank Deregulation and Monetary*

Order; London, Routledge.

White, Laurence H., 1989, *Competition and Currency: Essay on Free Banking and Money*, New York, New York University Press.

Evolutionarily Stable Coalition Structure

Shirley Ho,

Department of Economics, National Chengchi University, 64, Sec 2 Tz-Nan Rd, Taipei,

Email: sjho@nccu.edu.tw

0.0.1 Introduction

The study of formation of coalitions has been one of the most intriguing and challenging problems open to game theorists. Many solution concepts were primarily designed as ways to solve the problem of joint determination of coalition structure and the allocation of the coalitional surplus among coalition members. However, the following social behavior seems to be neglected in the existing literature: In presidential election, different groups of civilians gather to support their candidates to win the election game; Gamblers bet on different football teams and their rewards depend on the competing results among teams. These examples point out a situation where finitely many individuals form different coalitions and their payoffs depend on the consequence of a noncooperative game with different coalitions. The present paper intends to analyze the formation and stability of coalitions in this category, and analyze the moving path of individuals among various coalitions.

0.0.2 Evolutionary Stable Coalition Equilibrium

Let $\mathcal{L}$ be a finite but large population of individuals. Individuals make their coalition decision independently and simultaneously and the induced partition of population defines a coalition structure. That is, $\forall i \in \mathcal{L}$, i's coalition strategy k^i is to choose which coalition to belong to, or equivalently of which role to play in resulted coalition game. $k^i \in K^i = \{K \subset \mathcal{L} | i \in K\}$. Let $K = \underset{i \in \mathcal{L}}{\times} K^i$. Denote k as the coalition strategy profile, $k = \{k^i\}_{i \in \mathcal{L}} \in K$. Let $\pi(k)$ be the induced coalition structure, i.e., $\pi(k) = \{\pi^i(k) \subset N | i, j \in \pi^i(k)$ if and only if $k^j = k^i$, for $k^j, k^i \in k\}$. Let $n^{\pi(k)}$ denote the number of subsets in $\pi(k)$, that is, $n^{\pi(k)} = |\pi(k)|$. Fix a k, $\pi(k) = \{\pi_1, \pi_2, ...\pi_{n^{\pi(k)}}\}$. Let Π be the set of all possible coalitions, $\Pi = \{\pi(k) | k \in K\}$. Let $N(\pi)$ be the set of indexes for each coalition in π, i.e., $N(\pi) = \{1, 2, ..., n^\pi\}$.

Given a coalition structure π, let $\Gamma^{n^\pi} = (N(\pi), (x_j)_{j \in N(\pi)}, (u_j(x, \pi))_{j \in N(\pi)})$ denote the n^π-player coalition game, where each coalition π_j, $j \in N(\pi)$, plays the role j in Γ^{n^π}. Let C_j be coalition j's strategy set and $x_j \in \Delta(C_j)$ be the associated mixed strategy set. $x = (x_j)_{j \in N(\pi)}$ is a strategy profile. Let $u_j(x, \pi)$, $j \in N(\pi)$, denote coalition j's payoff in Γ^{n^π}, which is continuous in the strategy profile and the coalition structure. To ensure the existence of a coalition structure, we assume that $u_j(x, \pi) = u_j(x, p_j)$, where $p_j = \frac{|\pi_j|}{|L|}$ be the population share of coalition j, and $u_j(x, p_j)$ to be concave in p_j. Furthermore, we assume that each member in a coalition shares the same payoff as the coalition, i.e., $u^i(x, \pi) = u^{i'}(x, \pi) = u_j(x, \pi)$, $\forall i, i' \in \pi_j$.

Definition 1 *Given a $\pi \in \Pi$, let x be an equilibrium of Γ^{n^π} and $\forall i \in \pi_j$, $\pi_j = \arg\max_{k^i \in K^i} u^i(x, \pi(k^i, k_{-i}))$, then x simulates a strong equilibrium of Γ^k. x is then an evolutionarily stable coalition equilibrium of Γ^{n^π}.*

If each coalition's payoff is not related to the size of each coalition, (which is treating the coalition value as a pure public good), $u_j(x, p_j) = u_j(x)$, $\forall j \in N(\pi)$, $\forall \pi \in \Pi$. The set of evolutionarily stable coalition equilibrium is the set of equilibria for Γ^{n^π} that result in identical payoffs for each coalition. That is, x is an evolutionarily stable coalition equilibrium if $x_j \in \arg\max_{\widehat{x}_j \in \Delta(C_j)} u_j(\widehat{x}_j, x_{-j})$ and $u_j(x) = \overline{u}(x), \forall j \in N(\pi)$, $\forall \pi \in \Pi$. Examples with evolutionarily stable coalition equilibria can be found in the prisoner dilemma games and the battle of sex games. However, the existence is obviously not generally guaranteed (for instance, the hawk and chicken games), and the set of evolutionarily stable coalition equilibrium is strictly included in the set of equilibria for Γ^{n^π}.

If each coalition's payoff is related to the size of each coalition, and by assumption, $u_j(x, p_j)$ is concave in $p_j, \forall j \in N(\pi)$, $\forall \pi \in \Pi$.

Lemma 1 *In the coalition game Γ^{n^π}, if the payoff is identical for each coalition and symmetric to the maximal argument p^*, then in an evolutionarily stable coalition equilibrium (if exists), (1)$u_i(x, p_i) = u_j(x, p_j)$, $\forall i, j \in N(\pi)$; (2) it cannot be that $\forall i \in N(\pi)$, $p_i < p^*$.*

For each coalition game Γ^{n^π}, denote $\overline{\Gamma}^{n^\pi}$ as the respective normal form. $\overline{\Gamma}^{n^\pi}$=$(N(\pi), (x_j)_{j \in N(\pi)}, (\overline{u}_j(x)_{j \in N(\pi)})$, where $\overline{u}_j(.)$ is not related to the coalition size. Denote $R_i(x_{-i}, \pi)$ as the set of coalition i's best response to the strategy profile of the rest coalitions x_{-i} in Γ^{n^π}, and $\overline{R}_i(x_{-i})$ as player i's best response set to x_{-i} in $\overline{\Gamma}^{n^\pi}$.

Lemma 2 $\overline{R}_i(x_{-i}) \subset R_i(x_{-i}, \pi)$ *for some* $\pi \in \Pi$.

Proposition 1 *There exists at least an evolutionarily stable coalition equilibrium.*

The existence is guaranteed by the Kakutani fixed point theorem, and by Lemma 2, the set of evolutionary stable equilibrium includes the set of equilibrium of $\overline{\Gamma}^{n^\pi}$.

0.0.3 The Evolutionary Stable Coalition Structure-Stability Condition

Assume that there are only a proportion δ of each coalition that will reconsider their coalition choices at each point of time. Consider a partition of the population $\pi^t = \{\pi_1^t, \pi_2^t, ...\pi_{n^\pi(k)}^t\}$. Let x be a strategy profile in $\Gamma^{N(\pi^t)}$. Denote $u_i(x, p_i^t)$ as coalition i's payoff given the strategy profile x and the population share p_i^t at time t. Denote k^j as individual j's coalition choice if it is j's turn to reconsider her coalition choice. Upon renewing, individual j observes each coalition's payoff from the previous period, and chooses myopically the coalition(s) with the highest payoff. We assume that if there are more than one coalitions with the highest payoff, the renewing individual randomly chooses one with equal probability. That is, $k^j = i$, if $i \in D(x, \pi^t) = \arg\max_{h \in N(\pi)} u_h(x, p_h^t)$. Denote $D_t(x) := |D(x, \pi^t)|$ as the number of coalitions which have the highest payoff at time t. The population share dynamics is$p_i^{t+1} = p_i^t + \frac{\delta}{D_t(x)}(\sum_{k \in -i} p_k^t + p_i^t) - \delta p_i^t$=$(1-\delta)p_i^t + \frac{\delta}{D_t(x)}$, *if* $i \in D(x, \pi^t)$; p_i^{t+1}=$(1-\delta)p_i^t$, *if* $i \notin D(x, \pi^t)$.

Proposition 2 *When both $u_i(.)$ and x are symmetric, (i) if the partition is symmetric, the only evolutionarily stable structure is $\pi^t = \{\pi_1^t, \pi_2^t, ...\pi_{n^\pi(k)}^t\}$, where each $|\pi_i^t| = \frac{1}{n^\pi(k)}$. (ii) if the partition is asymmetric, those coalitions with $|\pi_i^t| < p^*$ and which are not among the highest profit will ultimately diminish; the rest will form another stable structure at some time $\widetilde{t}$, where all coalitions have the share $|\pi_i^{\widetilde{t}}| = \frac{1}{D_{\widetilde{t}}(x, \pi^{\widetilde{t}})}$.*

We now consider when $u_i(.,.)$ is identical for each coalition i, but x is asymmetric. Suppose that we can rank the coalitions according to their payoffs in $\overline{\Gamma}^{n^\pi}$, and let $u_j(x,0) := \overline{u}_j(x), \forall j \in N(\pi)$. That is, $u_1(x,0)$ denotes the highest coalition payoff $argmax_{\forall i \in N(\pi)} \overline{u}_j(x)$, and $u_2(x,0)$ denotes the second highest coalition payoff, and etc.. Hence, $u_1(x,0) > u_2(x,0) > ... > u_{\widehat{n}}(x,0)$, where $\widehat{n} \leqslant n^\pi$ (with strictly less if there are coalitions with the same payoff). Each $u_\phi(x, p^t_\phi)$ for $\phi = 1, 2, ..\widehat{n}$, is concave in the size of coalition p^t_ϕ, and let p^* be the common maximal argument. To ensure the existence of coalitions, we assume that $u_1(x,1)$ is not too high, that is, there will exist more than the grand coalition. This assumption is similar to assume non-superadditivity.

Proposition 3 *When $u_i(.)$s are symmetric but x is asymmetric, (i) the highest payoffs are oscillatory across time still stability happens. (ii)In the evolutionarily stable structure, each group share the same population and the coalition numbers is hence $|D_t(x, \pi^t)|$.*

(ii) When π^t is asymmetric. The analysis is similar to the case with symmetric x.

0.0.4 An Implication to Folk Theorem

Folk theorem says that the efficient payoffs can be supported as average payoffs of subgame perfect equilibria. The rationale for this result is that players can punish the deviators by switching to the minimax equilibrium (the reservation utility). However, when individuals are free to move, the punishment decision will force individuals move toward the deviating coalition which ensures the highest payoff. Hence the partition will change and the game is not the same each period. When a coalition really deviates, other coalitions can only find the best reply to the deviation, and hence would not be the minimax strategy. As a result, the only possible payoff is which can be supported by the equilibrium with evolutionary stable coalition structure.

Instability of Babbling Equilibrium in Cheap Talk Games: An Experiment*

Toshiji Kawagoe†
Future University-Hakodate
and
Hirokazu Takizawa‡
Toyo University

Abstract

This paper reports some experimental results on plays in cheap talk games with private information (sender-receiver games). We experimented with three cheap talk games with different payoff characteristics. In one game, players' interests completely conflict and there exist only babbling equilibria. We find that, in such a game, the frequency of equilibrium play is very low and there is no tendency of convergence to the babbling equlibria. On the other hand, we had high frequency of, and quick convergence to, separating equilibrium play when the game had separating equilibria. In view of the fact that the concept of Nash equilibrium and its refinement generally fail to exclude babbling equilibria in these games, the results seem to favor evolutionary stability arguments rather than the equilibrium arguments.

1 Introduction

This paper presents an experimental results on plays in cheap talk games with private information. Due to its intuitive importance in our daily life, cheap talk has received much attention in game theory. Cheap talk has been studied in two different contexts. In one context, which can be modelled as a game with complete information, game theorists are concerned with whether players' intention of succeeding play of a game can be correctly conveyed in preplay communication. In the other context, the question is studied in the incomplete information setting whether players' private information can be conveyed through cheap talks. In both cases, cheap talk games are known to be plagued by multiplicity. That is, there always exist babbling equilibria where cheap talks are totally uninformative.

Most of the works on cheap talk games, whether theoretical or experimental, has focused attention on the informative separating equilibria. On the theoretical front, evolutionary game theorists have found that separating equilibria evolve when both players' interests coincide. As was surveyed by Crawford [8], on the experimental front also, most works have shown that good convergence to separating equilibrium play is observed in laboratory in games where both players' interests coincide. This paper also provides experimental results on cheap talks. However, our main focus is on babbling equilibria. If we believe in Nash equilibrium, it should be expected that babbling equilibria are played in cheap talk games with only babbling equilibria. We found, however, in such games the frequency of babbling equilibrium play was quite low and there was no tendency of convergence to the equilibrium.

2 Theory and Hypotheses

We consider cheap talk games with private information where a sender sends a payoff-irrelevant message about his type (private information) to a receiver and the receiver takes a payoff-relevant action. The type space for the sender is $T = \{A, B\}$ and the probability for the sender to be type A or B is $1/2$. The sender's message space is $M = \{$"I am type A", "I am type B"$\}$. The receiver, observing the sender's message but not knowing his true type, chooses from her action space $D = \{A, B, C\}$. Then the payoffs for both players are determined according to the combination of sender's true type and receiver's action. The game is called a cheap talk game, because the message sent by the

*This research is supported by the Grant-in-aid of Japan Society for the Promotion of Science project since 1998 in collaboration with Yuji Aruka and Sobei Oda. We would like to thank Colin Camerer, Akihiko Matsui, Richard McKelvey, and Charles Plott for their helpful comments. We are also grateful to Tatsuyoshi Saijo, and Takehiko Yamato for their comments at the 2nd Experimental Economics Conference

†MXE03373@nifty.ne.jp
‡takizawa@hakusrv.toyo.ac.jp

Game #1

		action		
		A	B	C
type	A	4, 4	1, 1	3, 3
	B	1, 1	4, 4	3, 3

Game #2

		action		
		A	B	C
type	A	3, 4	2, 1	4, 3
	B	2, 1	3, 4	4, 3

Game #3

		action		
		A	B	C
type	A	4, 4	1, 1	2, 3
	B	3, 1	2, 4	4, 3

Table 1: Sender-Receiver Game Payoff

sender does not affect the payoffs for either player. In what follows, we restrict our attention to only pure strategy equilibria.

Table 1 shows the payoffs of games we used in the experiment. They are called Game #1,#2,#3 respectively. In Game #1, both players' interests perfectly coincide and there exist two kinds of perfect Bayesian Nash equilibria; separating equilibria and babbling equilibria. Game #2 also has two kinds of perfect Bayesian Nash equilibria which are the same as in Game #1. However both players' interests do not perfectly coincide in this game. Game #3 has only babbling equilibria.

In all of these games, there exists no action for the receiver that can be regarded as "dominated" at her off-the-path information set. So the strategy part of a perfect Bayesian Nash equilibrium corresponds to a Bayesian Nash equilibrium and vice versa. Also it should be noted that the set of sequential equilibria and the set of perfect Bayesian equilibria coincide in these games.

Our hypotheses in this experiment are summarized as follows:

Hypothesis 1 Separating equilibrium will be played more frequently than babbling equilibrium in Game #1 and #2.

Hypothesis 2 Separating equilibrium will be played more frequently in Game #1 than in Game #2.

Hypothesis 3 Babbling equilibrium will be played more frequently than any other outcomes in Game #3.

Since a cheap talk game is a dynamic game, there are always paths that are not observed in each actual play. So classification of observed plays into equilibrium plays had to be devised. In games with separating equilibria, when the observed play path corresponds to the path predicted by equilibrium, we regarded the observed play as an equilibrium play. When the receiver's observed choice is the action that gives her the highest expected payoff given the prior probability over sender's types, we regarded the observed play as a play of babbling equilibria.

3 Experimental Design

The experimental procedure we adopted is as follows: 26 subjects were recruited, who voluntarily participated in the experiment. They were randomly divided into two groups of equal size. Separate rooms were assigned to both groups. When they entered the rooms, they were also assigned their subject numbers at random. Instructors other than the authors of the paper read aloud the instruction and conducted the experiment manually. The instructors knew nothing about the equilibria of the games. Each subject was given an envelope in which written instructions, recording sheet, questionnaire were enclosed. The experiment proceeded in the following way:

(1) Each game is played between two subjects, a sender and a receiver. (2) Assignment of a game to play and the roles in the game to the subjects, and who and who are matched at each round are randomly determined. (3) At each round, 12 out of 13 subjects participate in the game and one subject waits for the next round doing nothing. (4) The sender is assigned one of two types A or B randomly with eaqual probability. (5) The sender's type is only known to the sender. (6) The sender sends one of two messages, "I am type A" or "I am type B." (7) The receiver, observing the message sent by the sender, chooses one of three actions, A,B,or C.(8) Payoff for each player is determined by the sender's true type and the receiver's action. (9) When both players have made decision, then the sent message, the action taken and payoffs for both players are revealed on the board. (10) A session consists of 13 rounds. (11) Reward is determined by one of the two procedures, direct and lottery reward procedure, and then paid in cash. In direct reward condition, each subject's reward was 50 times the sum of payoff obtained by the subject all over the rounds. In lottery reward condition, fixed amount reward was provided for each subject at each round with probability proportional to the payoff obtained by that subject at each round. Participation fee was also provided.[1] (12)

[1]This procedure can induce risk-neutral utility function as described in Roth and Malouf [12] and Berg et al. [2]

Prior to the actual experiment, 3 rounds of practice experiment were conducted. Equilibria and payoffs in this experiment were different from those in actual experiment, and payoffs obtained in this practice did not count for final reward calculation.

Session time was about 3 hours long in which about an hour was spent for reading instructions and practice. Subjects' average reward was about 3,000 yen.

4 Experimental Results

Our experiment consists of 4 sessions, which were conducted at different time and location.

In the first session at Chuo University (February 3, 1999), we fist found that experimental results did not differ between direct and lottery reward groups using χ^2 test. So we decided to adopt the direct reward method in the later sessions. Table 2 shows experimental results in session 1. We merged the results in both direct reward and lottery reward conditions for the above reason. We can find high frequency of separating equilibrium play in Game #1 and #2. In fact, using χ^2 test, we obtained that there was significant difference between the frequency of separating and babbling equilibrium in Game #1 ($\chi^2 = 84.993, df = 1, p = 0.000^{**}$) and Game #2 ($\chi^2 = 26.998, df = 1, p = 0.000^{**}$). In Game #3, the frequency of babbling equilibrium was very low. We compared the frequency of separating equilibrium in Game #1 and #2 with the frequency of babbling equilibrium in Game #3. Using χ^2 test ($\chi^2 = 40.495, df = 2, p = 0.000^{**}$), we have significant difference among 3 games.

Game #	1	2	3
Separating equilibrium	49	34	-
Babbling equilibrium	2	8	18
Others	1	10	34
Total	52	52	52

Table 2: Summary data in Session 1

In session 2 at Saitama University, we permutated action labels for the receiver's actions in order that the action label could not work as a coordination device between the sender and receiver. The results did not significantly differ from those in session 1, except that difference of frequency of separating and babbling equilibria was not significant in Game #2 ($\chi^2 = 0.308, df = 1, p = 0.579$). In sum, in session 1 and 2, our hypotheses 1 and 2 were verified, but hypothesis 3 was not.

The third session was conducted at Kyoto Sangyo University. Non-trivial action labeling for the receiver's action was adopted as in the second session. In this session, however, each of two groups played the same game all over the rounds. Specifically subjects in group 1 played Game #1, while subjects in group 2 played Game #3. This is because we wanted to know how our subjects learn to play cheap talk games over time. Of course the role in each game and the opponent player for each subject was randomly changed as in the other sessions. Again we found significant difference between the frequency of separating and babbling equilibrium in Game #1 ($\chi^2 = 59.233, df = 1, p = 0.000^{**}$). Also the frequency of separating equilibrium in Game #1 was much higher than that of babbling equilibrium in Game #3. This means that hypotheses 1 and 2 were verified again, but hypothesis 3 was not.

Game #1

Round	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SE	1	5	2	3	5	5	5	5	6	6	6	6	6
BE	1	1	4	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Others	4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Total	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

Game #3

Round	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BE	4	4	4	4	2	3	3	4	4	4	3	1	3
Others	2	2	2	2	4	3	3	2	2	2	3	5	3
Total	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

Note: SE := Separating Equil. BE := Babbling Equil.

Table 3: Time Series data in Session3

Game #	1	3
Separating equilibrium	71	-
Babling equilibrium	6	35
Others	1	43
Total	78	78

Table 4: Summary data in Session 4

Time series data are shown in Table 3. We have quick and good convergence to separating equilibrium in Game #1. On the other hand, we don't have any tendency of convergence to babbling equilibrium in Game #3. There seems to be some essential difference between Game #1 and #3 not only in their total frequency of equilibrium play, but also in their dynamic learning nature.

Session 4 took place at Toyo University on December 21, 1999. Table 4 shows the results. The results just reconfirmed our conclusion.

Session	Session 1	Session 2	Session 3	Session 4
Date	Feb. 3, 1999	May 18, 1999	July 14, 1999	Dec. 21, 1999
Place	Chuo Univ.	Saitama Univ.	Kyoto Sangyo Univ.	Toyo Univ.
Number of participants	26	13	26	26
Direct reward	1000 + payoff × 50	1000 + payoff × 50	1000 + payoff × 50	500 + payoff × 25
Lottery reward	Lottery Prize of 200 yen	none	none	none
Game used	#1,#2,#3	#1,#2,#3	#1,#3	#1,#3
Major Differences	Games are assigned randomly in both groups.	Games are assigned randomly in both groups. Permutation of receiver's action labels.	A games is fixed for each group. Permutation of receiver's action labels.	A game is fixed for each group. Permutation of receiver's action labels.
Common characteristics	the assignment of roles, types and matched players are random.			

Table 5: Differences in Sessions

5 Discussion and Conclusion

In this experiment, we observed high frequency of separating equilibria, if there are any, and the frequency was higher when both players' interests coincide. We also had quick and good convergence to separating equilibria in that case. These results are not surprising in that evolutionary game theory predicts so. On the other hand, however, we have low frequency of babbling equilibria and no tendency of convergence to babbling equilibrium even if the game has only babbling equilibria. In view of the fact that the concept of Nash equilibrium and its refinement generally fail to exclude babbling equilibria in these games, the results seem to favor evolutionary stability arguments rather than the equilibrium arguments.

Also interesting is the difference of learning behavior observed in Game #1 and #3. Any learning theory, to the best of our knowledge, cannot explain this difference. Elucidation of the difference might lead us to deeper understanding of the actual behavior of subjects.

References

[1] Arifovic, J. and Eaton, B.C. (1998). "The evolution of type communication in a sender/receiver game of common interest with cheap talk", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 22, 1187-1207

[2] Berg, J.E., Daley, L.A., Dickhaut, J.W., and O'Brien, J.R. (1986). "Controlling preferences for lotteries on units of experimental exchange", *Quarterly Journal of Economics*, 101, 281-306

[3] Blume, A., Y.G. Kim, and J. Sobel (1993). "Evolutionary stability in games of communication", *Games and Economic Behavior*, 5, 547-575

[4] Blume, A., DeJong, D.V., Kim, Y.G., and Sprinkle, G.B. (1998). "Experimental evidence on the evolution of meaning of messages in sender-receiver games", *American Economic Review*, 88, 1323-1340

[5] Cooper, R., DeJong, D.V., Forsythe, R., and Ross, T.W. (1992). "Communication in the battle of sexes game", *Rand Journal of Economics*, 20, 568-87

[6] Cooper, R., DeJong, D.V., Forsythe, R., and Ross, T.W. (1992). "Communication in coordination games", *Quarterly Journal of Economics*, 107, 739-71

[7] Crawford, V. and Sobel, J. (1982). "Strategic information transmission", *Econometrica*, 50, 1431-51

[8] Crawford, V. (1998). "A survey of experiments on communication via cheap talk", *Journal of Economic Theory*, 78, 286-98

[9] Dickhaut, J.W., McCabe, K.A., and Mukherji, A. (1995). "An experimental study of strategic information transmission", *Economic Theory*, 6, 389-403

[10] Farrell, J. (1993). "Meaning and credibility in cheap talk games", *Games and Economic Behavior*, 5, 514-31

[11] McKelvey, R.D. and Palfrey, T.R. (1998). "Quantal response equilibria for extensive form games", *Experimental Economics*, 1, 9-41

[12] Roth, A.E. and Malouf, W.K. (1979). "Game-theoretic models and the role of bargaining", *Psychological Review*, 86, 574-94

[13] Wärneryd, K. (1993). "Cheap talk, coordination, and evolutionary stability", *Games and Economic Behavior*, 5, 532-546

論理、変換、価値ﾌﾚｰﾑ論　と　反応速度-ｴﾈﾙｷﾞｰ論

進化経済学会2006年春

香村由紀　会社員

0.はじめに

内省のいきつく先　はじめに人間精神と異なる無意味-機械因果手法を使う根拠をのべる。意識とは何かを問わずに思考と行動の理論は形成できない。意識をﾓﾃﾞﾙ化した理論ができれば、ｹﾞｰﾑ論、効用関数、合理主義はこれに対抗できない。この意識のﾓﾃﾞﾙ化の為に、思考とは何か内省すれば、自己の思考を背後からあやつる何かにいきあたる。この背後の存在は「我思うゆえに我なし」という命題で表せる。意識主義からの脱却である。意識では意識の最終的な分析はできず、効用関数を基礎とする経済学もこの制約下にある。意識による意識の分析を試みる。

思考とは何かを外界からの刺激をたって考える。すると、真っ暗な中で思考する我と出会う。この思考は、なにも無いなかで、対象を回転させる、力、働き、作用である。この様な回転のなかで、我は存在している。この回転を支配しているのは我ではない。このような思考が我を成立させている以上、我はこの様な回転から成り立っている。意識が思考を成立させているのではなく、回転が思考を成立させ、思考が意識を成立させる。この回転により、外界は再構成される。理解の背後には、この様な回転という無意味の世界が広がっている。

無意味の方法　思考の様式をとわずに、合理主義を仮定する根拠はない。ここで使う無意味の手法は人間を表さないようだが、合理主義や現象学的社会学より深い所で人間を表す。理解や意識を成立させるのは、脳内過程として進行する、事象生成因、確率、構造という無意味の世界である。これらは社会科学の枠から外れ、非了解、無意味の連鎖の世界に属する。この記述手段は、論理学-集合論と、確率事象-構造-生態学である。

統計力学など使ってきたが、出来るだけ成立根拠や、はみだす部分を明示し、公理-原理-前提など枠の拡張をしてきた。最終的には、塩沢、日置、野田先生の批判に従い、物理化学を離れ、対象の完全記述をし、複雑な構造は状態ﾓﾃﾞﾙとして定式化したい。

概要　論理、集合、確率をきそとする「価値-視界による集合論的な推論ﾌﾚｰﾑ」(数理社会学会99年秋)と、「生態学的ｴﾈﾙｷﾞｰ公理系」から1.論理構造分析、2.鏡像変換理論の拡張「変換及びﾌﾚｰﾑ設定」思考体系、と、3.反応(生成、消滅、変換)速度論の拡張を考える。

集合-論理からのﾌﾚｰﾑ・価値の導出

1. ﾊﾞｯｸｸﾞﾗｳﾝﾄﾞ ﾌｫｰﾐｭﾗとして、表層論理の背後に**無限の論理**が控えている。
2. この無限の論理は、集合の**ｵﾝｰｵﾌ**として構造(群構造)を持つ。
3. ｵﾝｰｵﾌに伴う価値ﾌﾚｰﾑが思考過程に価値をあたえ、推論構造を規定する。
4. 推論は励起雑音(変動要因)を背後に持つ。

推論を成立させる要素のｽｹｯﾁ

1. **ｴﾈﾙｷﾞｰ源泉**　論理及び価値構造は、推進源である雑音励起でｵﾝｰｵﾌ励起し推論が可能になる。
2. **推論要素**　推論要素は、集合(ﾌﾚｰﾑ)のｵﾝｰｵﾌを行う。推論要素は、現実からﾎﾟﾃﾝｼｬﾙｴﾈﾙｷﾞｰや親和性をえる。思考結果は、結合履歴としてﾌﾚｰﾑとなる。
3. **価値ﾌﾚｰﾑ**　複数の推論要素が、集合の制約下で自由に動き回り推論を進め、ﾌﾚｰﾑを形成する。このﾌﾚｰﾑは現実の状態を定義し、要素やﾌﾚｰﾑ自身に価値やﾎﾟﾃﾝｼｬﾙを与え、推論を規定する。
4. **確率状態**　論理や事実は競合し確率状態となる。
5. **生成順序**　ﾌﾚｰﾑは競合し、順番に確率的に生成し対象の変換をおこなう。

つぎに、価値やﾎﾟﾃﾝｼｬﾙの駆動源としての雑音-ｴﾈﾙｷﾞｰを分析する。

2.生態学的ｴﾈﾙｷﾞｰ

1. 社会における変動源-ｴﾈﾙｷﾞｰには、**雑音、作用、ｼﾝﾎﾞﾙの3水準**がある。変動要因は、ﾃﾝｿﾙ写像により**下のﾚﾍﾞﾙから上へ埋めこまれる。**
2. 上のﾚﾍﾞﾙでは、下の段階のｴﾈﾙｷﾞｰは保存されず、**別の保存則**がなりたつ。
3. 価値ﾌﾚｰﾑによりｴﾈﾙｷﾞｰは、規定、**変換**される。

数理社会学会のﾎﾟｲﾝﾄは以上。分布は次の構造をもつ。

4. **空間制約と雑音の波及形式**により分配関数とｴﾈﾙｷﾞｰ分布構造がきまる。

論理変換と変化の源泉　上でたりない点を補う。

0．**変動要因の構成原理**（公理０）上のﾚﾍﾞﾙでは下のｴﾈﾙｷﾞｰは隠れ、別の保存が成立するその要素。

1．**人の保存則公理**（公理１）変動要因は人に還元され、人が変化の源となる。

2．**ｻｲｸﾙ差原理**（公理２作用ﾚﾍﾞﾙ）広義ｴﾈﾙｷﾞｰがくみ出される生産、行動のｻｲｸﾙをいう

２点間ﾌﾞﾘｯｼﾞ空間（生態学的空間）により、この公理系が成立する。生物は生態学的空間からｴﾈﾙｷﾞｰをえ（公理２）、その生態系の許容量で安定（公理１）する。この生態学的公理系は、大域的構造とゆらぎに関係がある。

人は、行動を自らの遺伝と思考により確率的に選ぶ。この内的選択過程により、人は物理的ｴﾈﾙｷﾞｰ水準とは別のﾚﾍﾞﾙの独立した単位となる。この単位を支配するのは、**論理空間でおこる論理変換**である。論理変換により行動がかわり作用平面の変化が確率的におこり、**確率規定構造**をみたす。

この論理平面での変換という視点から変動構成要因をみれば、論理平面ではｴﾈﾙｷﾞｰの規定はきえ、論理変換のみが変化の源泉（雑音）になり、次の公理が成立する。

3．**内的論理変換による変動要因の生成公理**（公理２雑音ﾚﾍﾞﾙ）

数理社会学会などで、雑音ﾚﾍﾞﾙのある部分は心的過程とした。これを論理からのべたのがこの公理である。

生態学的な論理拘束とｽﾚｯｼｭﾎｰﾙﾄﾞ　先のﾌﾞﾘｯｼﾞ空間とは、ｴﾈﾙｷﾞｰなどの差をうむ空間の上に定義される、２点間をつなぐ仮想の構成空間である。人は生物である以上、物や人や思想等の環境の中で生き、環境に規定され、推論要素の意味や価値を環境から与えられる。こうして、推論要素どうしの関係や、重要性は**生態学的環境**から決まる。この様な規定が、思想の結合反応ﾓﾃﾞﾙ（数理社会学会）の結合係数やｽﾚｯｼｭﾎｰﾙﾄﾞとなる。

生態学的拘束と論理変換とﾃﾝｿﾙ写像による**はめ込み**を追加することで、ｴﾈﾙｷﾞｰ公理系の残された問題はは解明できた。奈良女子大学の野田隆先生の指摘された情報論の視点からのｴﾈﾙｷﾞｰ解明は非常に重要だが、いろいろ準備が必要で、数年先になる。

3．反応の作用形と論理　ｴﾈﾙｷﾞｰを変動要因とする。

反応の作用形　人間の思考の特徴を分析する。

1．**作用素**　精神の内的世界を構築する作用素

2．**作用形**　作用素のくみあわせ

3．**作用面**　作用する対象の範囲

反応の作用形と構造を分析する。

論理とﾌﾚｰﾑの構造

ある集合から別の集合へ推論を進めるのが、有限な人間推論の特徴である。条件制約の下ではﾄｰﾄﾛｼﾞｰとなるが、無限集合の一部をとりだし、**特定の視点-価値**から推論を進める点で、ﾄｰﾄﾛｼﾞｰではなく、本質的に異質なもの選択である。この**非ﾄｰﾄﾛｼﾞｰ的な源初分解**の基礎のうえに推論は成立する。また、推論の有限性と不確定から、変換は、多様な対象と論理自身の確率的選択となる。この**確率構造**は、論理の反応論の基礎となる。（ｳﾞｨﾄｹﾞﾝｼｭﾀｲﾝ自身のｹﾞｰﾑ論に従っても、等号は無限階層の前提を必要とし、ﾄｰﾄﾛｼﾞｰは成立しなくなる。）

事象の時間-空間への分解は、1．作用と被作用体の分解、2．事象の同一性の保存、により可能となる。この二つにより、同一要素の時間前後での反応確率が計算でき、時間の生成と、それにもとづく推論反応の反応確率がきまる。空間は、事象のうけいれ構造である。

このような論理集合の分解は、要素-変換、時間-存在、作用-被作用、超越-通常、価値-事実、目的-基盤などがある。この分解の背後に確率-多様性がある。

事象の作用-被作用体への分解は、論理の根本にかかわる。要素と要素、集合と集合の関係がなければ、その要素や集合は、無に等しい。この意味で論理は、「要素」と「要素の関係」からなりたつ。推論は、この関係を利用し要素の変換を行う。この要素関係を変換とみなすと、論理とは**要素と変換**からなりたっている。ﾓｰﾂｧﾙﾄの様に一瞬にして音楽の最初から最後まで見通せる能力をもたない限り、人間は源初的論理-集合存在から要素と変換＝推論をきりわける。論理は、**主語-述語構造**をとる。この主語-述語形式は、要素と変換から導かれる**作用-被作用**を基礎とし、生成文法をうむ。

価値は、この変換からうまれる。有限推論はどの集合を基準に、どの集合を選択するかという、集合に重要性を与える過程である。この基準集合の選択が、関係する集合をうきださせる。この視界による対象の広がりで、集合が評価され、重要性(価値)を与えられる。これが価値ﾌﾚｰﾑである。価値は、推論を推進して一種のﾎﾟﾃﾝｼｬﾙとなる。実際、この選択集合を基準にした**視界や広がり**は計算可能で、状態や反応論の基礎となる。この

様に、**事象と価値**は事象に**２重の世界**をはめ込む。

構造化と目的意識の成立　作用(変換)と被作用体(要素)の区別と生成文法型思考のきそを示した。しかし、**作用と反作用**の一方を作用とする理由はない。事象集合のなかから、特定の集合を選び集合空間とし、さらに被作用物をも含む**第２の集合空間**をつくることで作用-被作用の分解がおこる。この分解と価値ﾌﾚｰﾑにより、論理における目的集合ができる。

超越原理　人間が論理遂行を無限に行えないため、説明不可能な事象が残り、これを超越原理から説明する。宗教がその代表である。基本推論は基本ﾌﾚｰﾑを使うため、この還元様式は基本ﾌﾚｰﾑそのものとなる。

外的事実や過去の推論結果からつくられるﾌﾚｰﾑをふくむ推論結果は、複数個えられる。これは、有限推論の結果、**複数状態**が並存して、ﾌﾚｰﾑや価値も相互に完全には連関づけられないためである。このようなﾌﾚｰﾑと価値が競いあうと、**論理のﾊﾟｽ**において、**価値ﾎﾟﾃﾝｼｬﾙのｷﾞｬｯﾌﾟ**をうみ、このｷﾞｬｯﾌﾟが推論の目的となる。

推論目的が一つに集中するﾒｶﾆｽﾞﾑは、推論中の関連事項がﾌﾚｰﾑや要素を**励起**し、主推論に関係しない推論を抑えるﾒｶﾆｽﾞﾑによる。この抑制と促進の両方で、推論の整合性や一貫性、目的集中がおこなわれる。この目的集中とﾌﾚｰﾑの存在により、意識はうまれる。

励起や変換にみられる様に、推論の背後には物理的雑音(ｴﾈﾙｷﾞｰ)がある。しかし、無視してよい。

推論作用の構造　推論作用に次の作用形がある。

１．ｻｲｸﾙ差による生態学的広がりと雑音(ｴﾈﾙｷﾞｰ)
２．思想要素結合としてのﾌﾚｰﾑ(運用規則)
３．要素のﾌﾚｰﾑ枠のなかでの変換反応

ﾌﾚｰﾑとﾌﾚｰﾑに規定される要素について、次の 3 つの側面を中心に、結合-変換作用様式を調べる。

１．推論の使用頻度
２．視点変換　　３．排他性

推論の形　推論には、**集合の使用頻度**できまる推論の形がある。この推論の形のうち、ある推論要素は、よく使われるため推論変換力をもつ**推論ﾌﾚｰﾑ**となり、分岐型構造をとる。この分岐型構造のため推論の使われる状況が一部変化しても、他の状況が同じなら、かわる可能性はひくい。この確率的待ち時間という共変性の問題は、数理社会学会など参照。

ある推論の成立を前提として、次の推論が可能となる。これは、**結合優先度**として反応確率を定義すればよい。しかし、反応を規定する価値ﾌﾚｰﾑにより、反応確率は変わる。反応確率は論理が示す生態学的広がりの大きさできまり、この広がりは、逆に選択された価値ﾌﾚｰﾑに依存する。この**相互規定**が相転位をうむ。

選択ﾒｶﾆｽﾞﾑは、**結合反応、作用構造、ｴﾈﾙｷﾞｰ、ひろがり、価値**、など難しい。しかし、対象にあった集合の選び方-ものの見方や価値を選ぶのが推論である。この推論は集合のｵﾝ-ｵﾌとして、推論の示す対象の変換とみなせる。この様に推論を変換とみて、いかの議論をする。選択の結果は、**対象とその解釈-変換-状態**で表せる。

５．作用素の具体例

鏡像の認知理論と宗教の世界認知構造

鏡像の認知構造　高野陽太郎は、鏡像における認知構造をつぎの３つで構成した。

１．回転、移動作用素による変換
２．認知ﾌﾚｰﾑの対象への固定
３．変換する操作対象の設定

鏡像は、面対称すなわち前後を入れ換える変換をする。しかし、人間は顔にﾌﾚｰﾑを固定し左右の判別し、鏡の中の人間を回転したと思う。このため左右が逆転する。これは、認知ﾌﾚｰﾑを鏡像理論に取り入れ新しい。

しかし、高野の認知ﾌﾚｰﾑ論は、文字や肖像画では変換に変換をかさね解りにくい。その理由は、１．鏡像で目に入った光をそのまま元に戻すと、虚像の位置にとどく、２．文字が鏡に映るとき、文字自体を通常見る位置から 180° 回転させることを見落としている。この二つは、次の a, b, c の様な**存在概念がない**ためである。

a. **認知枠とは独立した存在**(文字の鏡像の混乱原因)
b. **存在は、鏡像のように仮想的に形成**される。
c. 使用頻度の高い相互矛盾**最小の変換**を選ぶ

一言でいうと、つぎの第四の項目となり、宗教の認知構造において決定的な役割をする。

１．認知ﾌﾚｰﾑと**存在**の関係　-特に推論変換の対象と変換要素自身の確率的有効関係

これは認知ﾌﾚｰﾑ自身を認知するﾌﾚｰﾑが存在することを示し、世界観の構造の根本にかかわる。

宗教の認識構造　**仏教とｷﾘｽﾄ教の認知構造と論理展開形式**　仏教とｷﾘｽﾄ教では、世界の構造を把握する

やり方、特に論理に対する立場が全く違う。

1．ｷﾘｽﾄ教は、唯一神という**論理を世界の根源**と考える。このため論理の唯一神聖が成立し、ｸﾞﾉｰｼｽ(汎神論)と、不可知論(神の論理をしりえない)の異端化により、排他論理が確立しｶｿﾘｯｸが成立する。

2．仏教では、世界の根源には支配論理は存在しないことを原理とする。すべて幻で空だとし、**論理の存在を否定する論理**をたて、論理の相対化と他の論理の存在を許す。仏教では宗派の分立はあっても、異端裁判や異教への征服はなかった。

この差は、**論理のﾘｱﾘﾃｨ**と論理構成を仏教とｷﾘｽﾄ教で異なるものにした。論理を存在として認めるかどうかは、鏡像理論で示したｂや４に関係する。ｷﾘｽﾄ教では論理が世界の中心にあり、論理がつみあげられ構造化した世界解釈の構造をとる。これに対して、仏教では、論理が世界の中心になく、論理が基礎から構造化されず、自由に変化するが、**認知枠は不変**である。日本は、仏教をきそに思想を創ってきた。

宗教の地域分布や日本とﾖｰﾛｯﾊﾟの宗教改革を材料とする、思想ﾌﾚｰﾑ(宗教)の生態学的説明は別報告で。

6．結合反応速度論とその拡張　論理分析を足場にして、今まで何度も示してきた反応速度論の議論をする。

論理は、現実から制約をうける。この制約により論理反応の可能性や結合反応の速度がきめられる。現実の生態学的ｻｲｸﾙ差をふくむﾁｬﾝｽが、論理集合と他の論理集合との結合-推論可能性をきめる。これが論理要素間の反応確率で、下の式となる。式の基本的考え方は、思想粒子が出会う確率$[A]^{\alpha}\cdot[B]^{\beta}$及びCと、出会って反応が起こる確率 exp(-E/RT)のかけ算で反応速度が決まる。α，β(反応の次数)は、反応に関与する反応思想種の数で、反応思想種が各々一個ずつ反応に関与すれば、α，βは各々１になる。このﾓﾃﾞﾙは、つぎの分配関数から正確に導ける。　　$\overline{\kappa}$：透過係数

$K=\overline{\kappa}\,(kT/h)^{n-1}\cdot K$　　$K=N_A q_C/(q_A q_B)\cdot\exp(-E/RT)$

、N_A：思想密度、q_A，q_B：基礎状態での分配関数$=(2\pi m/h^2\beta)^{3/2}\cdot V$、$\beta=1/kT$

状態活発度 T が、遷移状態へ思想粒子が移動する頻度-活発さを示す。これをこの式では隠れてしまった T に依存する変数、思想変動頻度νで表し、この変動方向が遷移に適した方向を向いたとき遷移が起こる。この振動方向をも含んだ思想粒子の分配を数えて思想要素の遷移や反応速度をこの式から理論的に導き出せる。

反応をきめる要因分布 exp(-E/RT)は、分布形状がかわると変化する。この分布形状は、要因波及の構造により変化する。例えば、効用関数の指数関数統計ﾓﾃﾞﾙ $\exp(-\alpha-\beta\varepsilon_i\cdot x)$、所得曲線の対数正規分布型縮約統計ﾓﾃﾞﾙ $1/(a\cdot\exp((\ln(n)+1/2)^2)-\exp(\ln(n)))$、技術発達-需要曲線の占有排除統計ﾓﾃﾞﾙ $1-1/(1+e^{ax})=1/(1+e^{-ax})$など。

この要因分布は、障壁、変動の確率変動、波及構造、価値構造と生態学的環境から出せる。すでに示した**論理の反応作用の形**が関係する。残されたﾍﾟｰｼﾞで、作用の形を整理してみる。

推論構造のまとめ

論理-集合の確率ﾓﾃﾞﾙと生態学、生態学的変動要因公理を考え、それをつぎのように展開した。

A．生態系と変動源としての変換雑音

　I．ﾊﾞｽとｻｲｸﾙ差　II．共通推論と生態学規定

B．変換-基礎、変換、構造

　I．集合-枠-共通　II．回転-変換系　III．結合反応速度

これらから、次のような物を導ける。

1．共変- 確率的待ち時間　　相互規定　　内部構造　　相転位（ｲｼﾞﾝｸﾞ格子気体相転位(社会経済ｼｽﾃﾑ学会)、反応性スパッタﾓﾃﾞﾙ(数理社会学会)）

2．作用形と共通推論　　生成文法

3．価値ﾌﾚｰﾑと視点

4．回転などにみられる思考の群構造

5．排他-結合強度-多様-　優先結合水準

7．結論　　主なものは、つぎのとおり。

1．効用関数などの背後に**無意味の世界**がある

2．**変動要因(ｴﾈﾙｷﾞｰ)の公理系を論理から基礎づけ**

3．鏡像変換拡張と、**認知構造特に宗教構造の解明**

4．**反応速度の構造解明**　　論理および一般

参考　　以下の香村、木村参照。関連文献はそこに

数理社会学会予稿集　98 年秋、99 年春、秋

進化経済学会論集　98、99 年及び 00 年と配布

社会・経済ｼｽﾃﾑ学会大会予稿集　99 年と配布

この研究は、木村良晴京都工芸繊維大学教授との共同研究そのものである。しかし、木村教授は進化経済学会会員ではなく共同研究者と出来なかった。

経済系の化学進化観

黒石　晋（滋賀大学経済学部・社会システム学科）

0．序：本報告の意図

社会や経済のメカニズムを「進化」の観点から捉えようという試みは、（社会科学と較べて）「先進の科学」である生命進化の知見を社会科学に応用したいという古い欲求から来ているが、この企図はただちに、社会や経済は生命有機体ほどに統合されたシステムではない、というこれまた古くからの批判に直面する。本報告では、「進化」のプロトタイプとして生命有機体の進化よりもむしろ化学進化、すなわち生命過程の化学反応の進化を取り上げ、これを経済のシステムと比較することを考える：--- 生命の過程は化学反応の連鎖からなっているが、この化学反応の連鎖はどのようになっているのか。それはどのように進化してきたのか。そのことが経済のシステムを理解する上でいかなる示唆を与えるのか ---と。この方針の利点は、いまだ統合されざる、生命以前の進化（化学進化）を論ずることによって、上記の批判を回避しうるところにある。

1．基本構想 --- 生命過程の化学反応と経済過程の市場交換 ---

市場経済における交換とは、最終的には「需要と供給との選択的な結合」であるといえよう。ここに「選択的」とは、「最適」あるいは「満足」、「許容」といった各種の選択基準を満たす結合、という程度の意味であるが、これは純粋に形式的に見ると「分子と分子との選択的結合」、つまり化学反応と基本的に同型なのである。モデルの作り方によっては ---- たとえば「ランダム・マッチング」 ---- 化学反応のそれとほとんど同じ形になる（西山〔4〕）。市場をシャーレの中の化学物質溶液になぞらえ、そこに含まれる分子を経済主体と考えてモデル化すれば、分子と分子とが相互に〝ヨリ安定な状態〟へと結合するのが化学反応であり、経済過程の市場交換である、ということになる。

2．生命現象における「過程」の重要性

光合成能をもつ生命を除くと、一般に生命過程の活動エネルギーの源は食物に含まれる化学エネルギーで、これがすべての生化学反応のベースとなる。エネルギー源の典型として「ブトウ糖」をとりあげれば、そこで生じている反応は、

$$\underset{\text{（ブドウ糖）}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{（酸素）}}{6O_2} \rightarrow \underset{\text{（水）}}{6H_2O} + \underset{\text{（二酸化炭素）}}{6CO_2} + \underset{\text{（エネルギー）}}{688\text{kcal/mol}}$$

なる反応として記述できる。そしてこの結果は化学的に正しい。だが初期条件と終末条件だけを記述する、この方針では、原理的に、生命の過程を記述しえない。「燃焼」と同じ記述になってしまうからである。したがって、生命を記述するには、この間に捨象された「過程」をすくい取ることが決定的に重要である。

このことは、経済系を「生きた系」として記述しようとする場合にも大きな示唆を与える。つまり、因果だけを記述しようとする方針では、結果として物理的は正しいものにはなるとしても、原理的に、経済を「生きた系」として捉えることはできないのである。原因－結果を記述するのではなく、この間に捨象された中間過程を徹底的に記述することを考えねばならない。

現代経済学の標準理論（一般均衡理論）は、基本的に「商人」及び「貨幣」（中間項）を捨象し、財の「需給」（初期条件）とその「均衡」（終末条件）を見ようとする。だがそのために、生きた「過程」としての経済過程を理論的に見落としてしまうのである。したがって経済過程を「生きた系」としてとらえるためには、むしろ逆に、財の需給と均衡（初期と終末）を捨象し商人と貨幣（中間過程）を抽象する必要がある（その理由は後述する）。このことは、これまで「地」として捨象してきた部分（過程＝商人・貨幣）を「図」として認識の対象とし、逆にこれまで「図」として認識の対象としてきた部分（財の需給・均衡）を「地」として捨象する、認識のゲシュタルト転換である。

3．均衡か過程か

この認識の相違は、その一端をいわゆる「社会主義経済計算論争」の中に見いだすことができる。この論争を「計画経済・対・市場経済」のイデオロギー論争と捉えるのではなく、「ローザンヌ学派・対・オーストリア学派」の市場観の相違に関する論争と見るならば、「需給→均衡化→均衡」という市場メカニズムのうち、ローザンヌ学派（ワルラス、パレート、バローネ、ランゲら）は「需給→均衡」という閉鎖系の「因－果」を見ようとしていたのであり、一方のオーストリア学派（ミーゼス、ハイエク、ロビンズら）は「→均衡化→」という開放系の「過程」を見ようとしていたのである。こうみれば、本論争は、どちらが正しいかを問う「正か誤か」の問題ではなく、何を見て何を捨てるかを問う「地か図か」の問題として捉え直すことができる。こうした解釈が許されるなら、発表者はここで「過程」を重視するオーストリアンの立場をとることになる。

4．「開放系」という条件

生化学系にしろ、経済系にしろ、閉鎖系で考えれば、反応時間の遅速の差はあ

れ反応が終了した時点で同じ結果（化学平衡＝市場均衡）に達してしまう。繰り返しになるが、均衡理論は、このような閉鎖系の均衡を問題にしているわけである。この認識は、論理的には正しいにしても、当該システムにとって「死」を意味することになる。逆にこれは、生きた系を過程としてとらえるためには、開放系としてとらえなければならないことをも意味している。

開放系とは、この場合具体的には「初期条件を初期条件のまま維持し、終末条件を系の外へ排出すること」であり、系はこれによって平衡＝均衡から遠い状態に保たれる。生命の例でいえば、エネルギー源（ブドウ糖と酸素）がつねに補給され減少することなく系に存在し、また生成物（二酸化炭素と水）はつねに排出され系に滞留することがない、という条件である。これを経済系でいえば、需要者と供給者は不断に市場に現れ、また交換を終え満足した者はただちに市場の外に去る、という条件であり、これによって市場交換過程が持続し平衡＝均衡に達しない、という条件である（安冨＝葛城〔５〕は、この非平衡を貨幣の生成条件と見ている）。

５．「反応時間」の壁

多数の財（しかし精々 $n > 20$）が存在する経済系の条件の下で、需給の「最適な組み合わせ」を発見するためにはとてつもない時間が必要である ---- これは社会主義計算論争の今日的解釈の中から指摘されるようになったことだが（塩澤〔２〕）、このことは自由市場における需給のランダム・マッチングにおいても真である。自由なランダム系のもとで多数の財を交換させようとしても、系はほとんど作動しえない。これは、自分の所望する財がどこに存するか分からない、という経済主体の「無知」によるところが大きい（ハイエク）。

一方、生命の化学物質も、常温常圧のランダム系ではほとんど反応を起こしえない。適切な分子同士がほとんど衝突しないためである。あるいは、逆にいうと、ほとんど無限の時間を必要とする。

では、現に生命の反応を起こしている仕組みは何だろうか？ ---- それは酵素である。酵素が分子と分子との結合を選択的に媒介しているのである。逆にいえば、酵素がなければ生命の化学反応はありえない。ワトソンらはいう、

> 生物的時間の尺度（秒から年）でみると、酵素の働きは非常に早く、１分間に 10^6 回の反応を触媒するものもある。酵素がなければ、基質どうしは何年間も衝突しないだろうと思われる場合も少なくない。
>
> （ワトソン他『遺伝子の分子生物学』第４版・上、トッパン、p. 35）

してみると、生命の化学進化とは、生化学反応の適切な連鎖をそれぞれに進行させる酵素群の進化である。

経済系においても、酵素に相当する、交換促進の仕組みを与えないと交換は起こらないと言える。では経済のシステムで、酵素に相当する存在は何だろうか？

6．経済系における商人と貨幣の役割

結論をいえば、経済系の「化学反応」、すなわち交換を媒介する「酵素」は、商人である。商人がいなければ、経済系は、酵素のない常温常圧の化学系のように、まったく作動しない。そして経済系の「化学進化」とは、商人たちが交換の連鎖を開拓していく過程、ということになる（経済のシステムにおける商人の理論的意義を論じた数少ない文献として、塩澤〔２〕がある。また拙稿〔１〕をも参照）。商人たちは、限られた知識をもとに、試行錯誤によって販路（すなわち、特定の供給を特定の需要に結合させるノウハウ）を開く。このノウハウおよびそのマクロな組合せの進化が、経済系の進化となるのである。

一方、経済系における「貨幣」の役割は、生命系における「補酵素」のそれに相当する。補酵素とは、酵素に伴って挙動し、化学反応で放出されるエネルギーを受け止める働きをする分子で、その重要な役割は、エネルギーを変換・貯蔵・運搬して生命系が作動するために使える形に持っていくことである（典型的な補酵素として、ＡＴＰがある。このことについては、拙稿〔１〕を参照）。

7．結語

経済系を生命の化学進化と対比的に理解すると、これまで捨象されてきた経済過程の「中間項」の意義が浮かび上がる。中間過程こそが生命的な過程であり、また「進化」しうる過程である。そしてそこで中心的な役割を果たすのは「商人」と「貨幣」であり、経済の進化とはこれらの結合形態の組合せの進化である。

ただし、この認識は従来の経済理論（均衡理論）に「反している」わけではない。あくまでも、何を認識の対象とし、また何を認識から捨象したか、という方法論上の相違である。繰返しになるが、あわせて付言しておきたい。

【参考文献】

〔１〕黒石晋「欲望のエネルギー論」『彦根論叢』306/307/308/310/312/313/320/324号。
〔２〕塩澤由典『市場の秩序学』筑摩書房。
〔３〕西部忠『市場像の系譜学』東洋経済新報社。
〔４〕西山賢一『複雑系としての経済』ＮＨＫブックス。
〔５〕安冨歩・葛城政明「貨幣と選択権」『経済評論』1992年11月号。

Session 2-5

ホメオティック遺伝子・閉包作用素・カリキュラムと職業選択・細胞分化
－社会科学（複雑系経済学）と自然科学（分子生物学）の分析同一性－

大阪経済大学経済学部
専攻 理論経済学 森田寿一

キーワード：ホメオティック遺伝子、閉包作用素、カリキュラムと職業選択、細胞分化

１．閉包作用素は順列組み合わせとは異なり、作用関係の組み合わせである。その上、僅かの要素が十分大きい数の現象を説明する。それ故、複雑系が対象とする生命・知識・社会のうち、特に人間に関する知識＝要素と社会＝関係性の目的的な意味が把握され、関係性が一義的に設定しやすい。この点、現在盛んであるマルチエージェントの方法＝階層の最後は0か1の判断になるという仮説と違って、エージェントに当初から意味が与えられ、十分大きい数の意味をもつエージェントにより、正確な数の意味をもつ関係が明らかになる。しかし、複雑な生命現象の分析過程では対象の初期・中期レベルで物理現象と同じく目的的な意味を与え難いことがあり、逆に事実の数と数の関係からエージェントの相互関係を知り、その意味を把握できる分析手法になる。このように社会科学と自然科学では閉包作用素の使い方に少しの違いがあるが、この分析方法の両科学にとっての共通性は、数の関係性という、最も一般性がある分析である。

２．４要素の閉包作用素の数は１８６、１８６の自乗は３４，５９６、約３５，０００。３要素の閉包作用素の数は１３、人間のホメオティック遺伝子の数は１３（さらに、４種類ある）。２０種類のアミノ酸を規定する３種類の塩基の配列（コドン）は同一のアミノ酸を指定するコドンを１種類と見なすと２０種類。１ホメオティック遺伝子の塩基文字数は１８０。１３＊２０＝２６０、２６０の自乗は６７，６００。以下これらの数の関係を論じよう。

３．２に述べたように、４要素の閉包作用素の数は１８６、１８６の自乗は約３５，０００。私がここに揚げるこの関係の最初の例はスゥエーデンの高等教育のコース数と卒業者数の関係である。実際は、この例の理論化を考えていて、この関係の一般性を発見した。今、４要素はＴ（学習時間／労働時間＞１で表す学習時間集約度）、Ｙ（所得愛好型）、Ｗ（仕事愛好型）、Ｄ（過去の技術の放棄を含む技術の摩滅）である。将来の転職を考慮して学生は２コースを学ぶ。２つの閉包作用素が１つの対になり、その組み合わせは上記のように約３５，０００。これはスゥエーデンのここ３０年以上の毎年の大卒者の数にほぼ等しい。逆に、３４，５９６の平方根１８６は百数十あるコース数と考えることができる。彼らは高等教育を受けるのに制度的に経済面も含めて選択の自由が保障されていることと、少人口ゆえに丁度このモデルの１つ分なのでモデルそのままのようになる。人口の多い国では３５，０００が複数個あることになる。ただし、コース数には変わりはない。２つの閉包作用素の１対の組み合わせの片方づつは、各コースという各形質の発現となる。生命現象と比較して、知識は時空において独立性が高い。それに対して、１つの細胞は全ての遺伝子を保持している。ある細胞の種類やそれらによってできる組織、器官、形質等等を決める為に、全ての細胞が全ての遺伝子を保持せねばならない理由の説明の１つに、固体形成の安定を保つ確率を１に近づけるのに必要であるという説明ができる。塩基・遺伝子・細胞＝生命と知識・社会はその行動パターン・原理に似たもの＝遺伝子の差次的発現（その時々で発現する遺伝子のセットが異なるため起きる）があると考えても、知識が遺伝子・細胞等と同じ数量レベルで考え、行動しているのでないことがわかる。独立性が高い個別の知識は逆に細胞の全能性をもたない。このことはカント以来今日の内部観測に到るまで、知識は自己省察・批判を伴はねば知識そのものが成立しないこととして考察されてきた。これは後に閉包作用素の元の１つに自己を加えることで数量的に分析される。

上述のように、個々１人の大卒者を１対の閉包作用素＝比喩的な１遺伝子と考える。ただしこの場合、上述の１組の４要素（元）では配列が無関係な４文字しかなく、それが１８６の閉包作用素をもつ。この比喩的な１遺伝子は配列が無関係な４文字の同じ２組からなり、その全数は１８６の自乗の数とすることができる。その片方が同種である集合が１コースである。これは１つの細胞に当たり（配列間の類似性に基づくホモロジー検索に似ているが、ここでは類似性が相互作用間に求められている)。コース数は人間では現在２００個以上（２５４個などと断定もある）発見されている細胞の種類＝細胞型の数に対応する。

なお、上述の学習時間／労働時間＞１の条件はカオスの縁に至る必要条件であるが、これについてはすでに別稿で証明・実証してあるのでそれを参照していただくとして、本稿ではカオスの縁における複雑系の世界が描かれている。

以上３においては、経済社会の分析が分子生物学への架橋を生むだとしても、それは依然として、経済学が分子生物学の方法を、すなわち、従来通り、自然科学から社会科学が方法論を借りるという学問の片方通行で、しかも特殊に変更して使ったに過ぎない。過去に経済学からの思想のヒントは与えたこともあっても、マンデルブローのフラクタルの発見の具体的な逆例は稀な例外である。真の学融合は両方通行をもってなり、複雑系が狙う方法論の統一性もそのとき得られるだろう。

４．ピゴイド遺伝子→ハンチバック・ジャイアント・クルッペル遺伝子など→イブ遺伝子など→ホメオチック遺伝子→マスターキー遺伝子の指示系列は体軸、体節、器官形成に作用するものとして研究されてきた。しかし、現在、それ以前ないし同時の細胞分化＝細胞の種類形成に関する指示系列のメカニズムはほとんど分かっていないが、相当にホメオチック遺伝子に関わると予想されている。４では細胞の種類の数の形成メカニズムを、上述のように純粋に数の関係から考えよう。上述のように遺伝子は卵母細胞のビゴイドタンパク質の濃度をはじめ、その他のタンパク質の濃度によつて発現し体のデザインを決めていることが知られている。この濃度勾配が細胞の種類形成にも働いている。ホメオチック遺伝子の作用の研究から知られているように、突然変異は遺伝子が指定するアミノ酸の変異、すなわちコドンの変異、延いては塩基文字の変異によるが、その発現には濃度勾配が塩基文字に作用している。しかし、濃度勾配を異にする他の全ての細胞の或るホメオチック遺伝子でその順番の塩基文字も等しく変異しているのに、それらは発現していない。このように同じ塩基配列をもつホメオチック遺伝子＝ホメオボックス遺伝子が濃度勾配の下で体部位において選択的に発現している。このことを前提にして、ホメオチック遺伝子の作用を細胞分化にも仮説として使うとどういうモデルを作ることができるであろうか。３要素よりなる１コドンの閉包作用素は１３、すなわち１コドンは１３の濃度勾配に対応し、２０種類のコドンでは、２０＊１３＝２６０個の濃度勾配と閉包作用素があることになる。近隣細胞の誘導作用もあろうが、その場合も作用の本質は変わらないと考えられる。

このモデルの特徴を列挙してみよう。①１コドンの１３閉包作用素は量子的分析対象であり、これは実験に待つことである。１つ１つのヌクレオチドはリン酸結合し、イオン結合と原子間引力の２つが分子間力としておそらく作用しているとおもわれ、このうち弱い結合力は分子の形にとって重要である。このことは濃度勾配の微小な差＝低濃度の科学物資の微小な差が引き金になって、微小な差が非線形相互作用を通じて増幅され異なる細胞の型を生み、細胞分化を導いた。②このモデルは経済社会の分析に使った閉包作用素の意味を、ホメオチック遺伝子を対象に利用した。３で述べた逆の例になるかどうかは量子的実験に待つことになる。数個の数の関係に頼った簡単な複雑適応系モデルであって、多くのアミノ酸の連鎖であるタンパク質やそれに対応する遺伝子の長大な塩基文字という現実を省略している。使われた数はつぎのものであった。３：要素数＝１コドンの文字数、１３：３要素の相互関係＝閉包作用素の数＝ホメオチック遺伝子の数、２０：アミノ

酸の種類、２６０：現在ほぼ確定している人間の細胞の種類２５４の最近似値。なお、他の生物のホメオチック遺伝子の数と細胞の種類も同じように計算できる。このモデルは膨大、長大な塩基文字の現実を省略しているし、分子生物学の量子的分析はまだ多くない。しかし、まずそのための理論が必要である。

５．ここでは複雑系の先行研究との方法論的異同を付言して、このモデルの方法論を１に続けてもう少し言及しながら細胞分化と組織、器官形成の両メカニズムの関連について述べよう。遺伝子はＤＮＡ文字の最小単位の言葉コドンより遥に情報を蓄積したものであることは言うまでもない。複雑適応系のスキーマの概念はこの情報の一般的なルールだけを圧縮して保存するものであるが、複雑適応系はこの遺伝子をスキーマと考えてきた。約３０億個ものＤＮＡ文字を前にして単なるコドンでは扱いようがなく、平均してＤＮＡ文字２，０００～３，０００個でできている一つの遺伝子に注目し、５万から１０万個あると言われる人間の遺伝子（６万５千から８万と非常に限定した数字もある）を疑似的に考えスキーマとして、その関係を扱っている。これを細胞分化に適用したカウフマンのランダム・ブーリアンネットワークはＮ個のスキーマ・疑似的遺伝子どうしの簡単な相互作用によって√Ｎ種類の細胞が生まれるというコンピュータ上の実験結果を得ている。しかし、もちろんこのスキーマに本当の遺伝子の構造はないから、それが遺伝子の相互作用を意味するかどうかはわからない。少なくとも具体性は薄い。この拙稿の４は細胞分化を、閉包作用素を利用してモデル化した。５でもその延長に遺伝子数と細胞分化の関係をみよう。比較的に細かい情報をストツク・フロー両方に必要としない細胞分化にたいして、組織、器官形成はそうではない。２６０の閉包作用素とその自乗６７，６００の遺伝子において、それぞれの発現確率の関係はジップの法則下にあると考えられ、ホメオチック遺伝子が器官形成に２つないし３つで共同作用することもこの関係を示している。なお、金子邦彦氏のカオス的遍歴と池上高志氏のホメオカオスの両者による細胞分化論にたいしても小論の比較が必要だが、ここではカウフマンが遺伝子を対象にしたのに対して、氏等が細胞を、私がコドンであることだけを記そう。

６．閉包作用素を内部観測と関係させ内部観測の量的扱いが可能になること、そしてそれを通して一層内部観測の意味を明確にし、またその具体的な実用性を示そう。今、３要素でも４要素でもその１つを観測者自身とする。各閉包作用素に必ず観測者が入っている。４要素では要素が４つに過ぎないのに、１８６もの観測者の型が在るわけである。現実問題として近隣の閉包作用素を数個選んでも観測者自身が他の３要素との作用関係で数個在る。これこそカントも釈迦もキリストもあらゆる方向から論じ、人間を戒め悟るよう諭した問題の根源にある理由と型である。その他閉包作用素を利用する例を２、３挙げておこう。職業選択の型のなかに１要素として自分を含めてその作用関係を分析することもできるし、もちろん内部観測と関係なくマクロ的に必要な産業数も計算できる。また、新オーストリア学派の抽象的にしか表現されていない市場秩序＝カタラクシーの具体的な発展の構図を描くこともできる。

参考文献

Brian Goodwin：How the leopard changed its spots:the evolution of complexity

中村運訳 『DNAだけで生命は解けない －「場」の生命論』

James D.Watson and others：MOLECULAR BIOLOGY OF THE CELL

日本語版 第三版

Stuart Kauffman：AT HOME IN THE UNIVERSE:THE SEARCH FOR LAWS OF SELF-ORGANIZATION AND COMPLEXITY

米沢富美子訳『自己組織化と進化の論理』

金子邦彦・池上高志：『複雑系の進化的シナリオー生命の発展様式』

高橋陽一郎他：『数学ー複雑系の科学と現代思想』

生天目章：『マルチエージェントと複雑系』

森田寿：「人口動態・高等教育・経済政策 － 対極にある日本・スウェーデンの比較－」『日本経済政策学会年報 XLI』所収

「近未来の高等教育と経済政策 － 二十一世紀日本の社会経済システムの一つの柱」『日本経済政策学会年報 XLIII』

『数理科学 No.432 特集ゲノム解析－生物情報科学の発展』

以上。

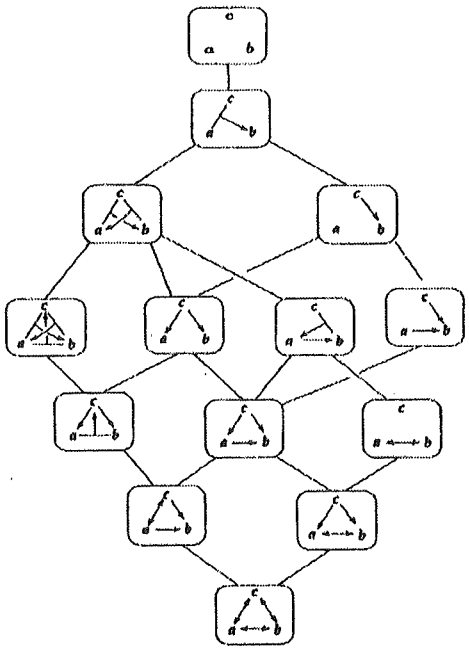


図1　3タイプの構成素の生成関係の一覧。下へ行くほど、生成力の度合いが強くなる。最下のタイプは、どの構成素も単独で全体を生成する。この図では空集合は閉であるもの（構成素が空から湧き出ることはないもの）だけを書いてある。

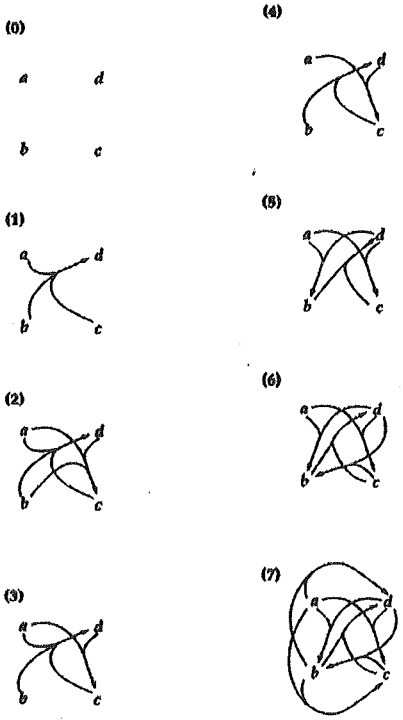


図2　4成分間の関数関係の変化例①。(0)は成分がすべて独立な場合で、順に従属性が増加する。

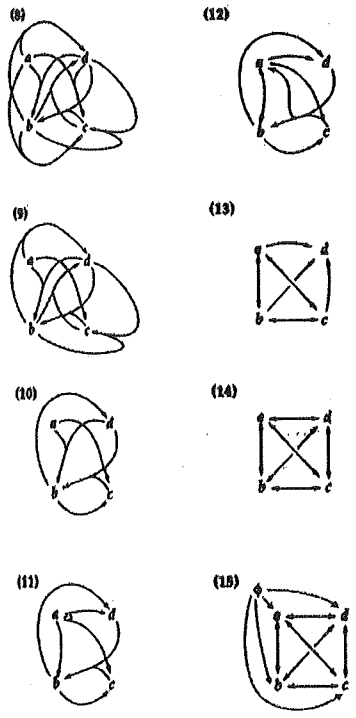


図3　4成分の関数関係の変化例②。(15)はすべての成分が凍結した状態。

図1～3は、辻下徹　1998　「生命と複雑系」　『複雑系の科学と現代思想　数学』青土社　所収

ARG	LYS	ARG	GLY	ARG	GLN	THR	TYR	THR	ARG	TYR	GLN	THR
SER	LYS	ARG	THR	ARG	GLN	THR	TYR	THR	ARG	TYR	GLN	THR
ARG	ARG	ARG	GLY	ARG	GLN	THR	TYR	THR	ARG	TYR	GLN	THR
LEU	GLU	LEU	GLU	LYS	GLU	PHE	HIS	PHE	ASN	ARG	TYR	LEU
LEU	GLU	LEU	GLU	LYS	GLU	PHE	HIS	PHE	ASN	ARG	TYR	ILE
LEU	GLU	LEU	GLU	LYS	GLU	PHE	HIS	THR	ASN	HIS	TYR	LEU
THR	ARG	ARG	ARG	ARG	ILE	GLU	ILE	ALA	HIS	ALA	LEU	CYS
THR	ARG	ARG	ARG	ARG	ILE	ASP	ILE	ALA	ASN	ALA	LEU	SER
THR	ARG	ARG	ARG	ARG	ILE	GLU	MET	ALA	HIS	ALA	LEU	CYS
LEU	THR	GLU	ARG	GLN	ILE	LYS	ILE	TRP	PHE	GLN	ASN	ARG
LEU	SER	GLU	ARG	GLN	ILE	LYS	ILE	TRP	PHE	GLN	ASN	ARG
LEU	THR	GLU	ARG	GLN	ILE	LYS	ILE	TRP	PHE	GLN	ASN	ARG
ARG	MET	LYS	TRP	LYS	LYS	GLU						
ARG	MET	LYS	SER	LYS	LYS	ASP						
ARG	MET	LYS	LEU	LYS	LYS	GLU						

図4　ホメオボックス部分の高い類似性．アミノ酸に翻訳して記してある．上段はアンテナペディア，中段はフシタラズ，下段はバイソラックス．下線はアンテナペディアと同一であることを示す．村松喬『細胞分化』丸善 所収

非平衡非線形の経済システム論

京都大学大学院経済学研究科　吉田和男

1　非平衡モデル

経済は常にダイナミズムを持ち、ヒステリシスを生じて、カオス的変動を行って、進化する現実的状況を考えなければならない。一般企業が利潤を獲得する機会が無くなるまで競争するとしたら、均衡状況になければならないが、自生的なメカニズムで非平衡を実現しているとすると、これらの奇妙と見られている現象を説明できることになる。

この非平衡状態を伝統的な均衡体系で理解しようとすると、経済システム

$$\frac{dx}{dt} = Ax + \varepsilon$$

に示される外乱が継続的に続けば常態は常に非平衡状態を継続することになる。システムの本質は均衡化であるが、非平衡の状況に置かれることになる。このεがホワイト・ノイズであれば現実の状況は非平衡であるが、むしろこの外乱を除去することで、経済システムの本質を研究しようとすることになる。

これに対して、このシステムにおいて有色ノイズであると話は異なってくる。例えば、イワイ［Iwai(1984)］の様に、シュンペータのアイデアを援用して、常に「空から降ってくるイノベーション」が起こり、イミテーターによって均衡点に収束して行くことを考える。εがある一定の水準で次々に入ってくると、状態は非平衡を続けることになる。この状態変数の平衡点は$x = 0$とはならず、$x = -A^{-1}\varepsilon$となる。ここで、このシステムは常に新たなイノベーションによって非平衡体系が形成されることを示す。すなわち、有色ノイズによって偏った非平衡状態に留まることによって経済システムの本源的なメカニズムは見えなくなってしまうことになる。しかしながら、これは経済システムがさまざまな奇妙な非線形現象を示すことを理解しようとする経済学の問題の本質に迫ったものとなっていない。例えば、ノイズと考えられていたものが実際は非平衡非線形現象としての揺らぎであれば状況はまったく異なったものとなる。

経済システムが非線形要素を持ちながら非平衡系を常態とするメカニズムを持っている場合には現実に奇妙な現象を引き起こすことになる。そこで、経済システムを表現するには、線形部分 A と非線形部分Fを分離して、この非線形部分に注目しながら経済学の研究を進めなければければならないことになる。

このような「ゆらぎ」が生じるのは、複雑系を形成しており、非平衡非線形体系であることを意味している。これまで無視されてきた非平衡状態における経済システムの本質を探るためには、非平衡非線形系を分析する方法が求められることになる。例えば、

$$\frac{dx}{dt} = Ax + F(x) + \varepsilon$$

という形で経済システムを理解することになる。

この非線形項を含む方程式が均衡からわずか離れたところでの挙動はヒステリシスを生じて、カオス的変動を行って、進化するという極めて不思議な現象が生じることになる。

例えば、Fが1次元の3次関数であるとして、方程式を

$$\frac{dx}{dt} = ax + bx^2 + cx^3 = ax(x-p)(x-q)$$

とすると、これは均衡の周りで「微分負抵抗」の様な状況となり、安定な平衡点は2つになり、両者のいずれかに収束することになる。これを2次元の微分方程式で考えれば、aが負であってもリミットサイクルとなって非平衡が継続することになる。さらに、3次元以上の空間で考えると、カオスなどの複雑な挙動をするようになる。

これはポテンシャル関数が例えば、4次関数で示され、原点では極値を取るがそれは安定的でなく、原点をわずか離れた所 p,q において極値を取るような状況にある。すると、平衡を離れたところでの挙動は、非平衡（$x = 0$という意味で）を続けることになる。3次元以上になれば、その挙動は極めて複雑になり、非平衡状況がわずかな外的ショックにより新たな軌道を形成する事になり、「進化」の過程を辿ることになる。この様な状況はごく普通に起こることであり、経済システムを理解する上で大きな役割を果たすものと考えられる。ここでは、この非平衡状態においては様々な複雑な挙動を生むことになり、シ

ステムの進化を引き起こして行くことになる。これまで多くの経済学者が指摘したことを表現することが求められることになる。

2　非平衡の経済システム

非平衡システムにおいては、システムの挙動が非線形微分方程式で記述されるような形となることから多重解となり、分岐を引き起こす。分岐を引き起こすのはゆらぎであり、ゆらぎが新しい安定状態へ自己組織化して行くことになる。分岐点から離れた点では決定論的記述で十分であるが、分岐点の近傍では確率論的な要因が本質的になる。

今、非線形非平衡の自己組織化のシステムを分析する一つの方法であるシナジェティクスの考えによって分析することとし、ハーケン［Haken(1978), (1983)］やワイルドリッヒ＝ハグ［Weidlich ＝ Haag(1983)］に従って、簡単に経済システムを次のように記述する。すなわち、ある閉鎖的な市場において、「売り手」の数がn_1とし、「買い手」の数をn_2とする。そして、全体の人数を$2N$とすれば

$$n_1 + n_2 = 2N$$

であり、両者の差を

$$n_1 - n_2 = 2n$$

とする。ここで、

$$n = 0$$

であれば、需給が均衡する状況である。それぞれのグループの人数は

$$n_1 = N + n$$

$$n_2 = N - n$$

となる。すなわち、xが正であれば、「売り手」が過半数になり、超過供給の状況にある。ここで次に売り手になるか買い手になるかの二つのグループの間を行き来する確率を考える。

売り手から買い手へ移る確率　　$p_{12}(n)$

買い手から売り手へ移る確率　　$p_{21}(n)$

とする。つぎに時刻tにおける状態に関する確率分布を

$$p[n_1, n_2; t] = p(n; t)$$

と定義すると、これは当然のことながら

$$\sum_{n=-N}^{N} p(n; t) = 1$$

を満たさねばならない。この確率分布の時間変化は次の様に示される。

$$\frac{dp(j;t)}{dt} = \sum_i [w(i \leftarrow j)\, p(j;t) - w(j \leftarrow i)\, p(i;t)]$$

ただし、$w(i \leftarrow j)$はjからiに変化する遷移確率である。

ここで、確率の定義を満たされなければならないので

$$\frac{d}{dt} \sum_i p(i;t) = \Sigma_{i,j} [w(i \leftarrow j)\, p(j;t) - w(j \leftarrow i)\, p(i;t)] = 0$$

でなければならない。

ここで、買い手が一人増加する場合の問題を考える。すなわち、グループの人数の組合せが

$$|n_1, n_2| \rightarrow |n_1 + 1, n_2 - 1|$$

に変化する場合である。これはまた

$$n \rightarrow (n + 1)$$

に変化するケースである。

今、この変化の確率を次のように示す。

$$w(n+1 \leftarrow n) = w\uparrow(n) = n_2 p_{12}(n) = (N - n)\, p_{12}(n)$$

$$w(n-1 \leftarrow n) = w\downarrow(n) = n_1 p_{21}(n) = (N + n)\, p_{21}(n)$$

$$w(n' \leftarrow n) = 0 \quad \text{ただし、} n' = n + 1, = n - 1$$

このように定義すれば先の確率分布の時間変化は

$$\frac{dp(n;t)}{dt} = [w\downarrow(n+1)\, p(n+1;t) - w\downarrow(n)\, p(n;t)] + [w\uparrow(n-1)$$

$$\times p(n-1;t) - w\uparrow(n)\,p(n;t)]$$

となる。次に、この微分方程式を Tayor 展開して次の近似方程式を求める。

$$\frac{dp(n;t)}{dt} = \Delta n \frac{\partial}{\partial n}[w\downarrow(n)\,p(n;t)] + \frac{(\Delta n)^2}{2}\frac{\partial^2}{\partial n^2}[w\downarrow(n)\,p(n;t)]$$

$$-\Delta n \frac{\partial}{\partial n}[w\uparrow(n)\,p(n;t)] + \frac{(\Delta n)^2}{2}\frac{\partial^2}{\partial n^2}[w\uparrow(n)\,p(n;t)]$$

となる。ここで $\Delta n = 1$ とおいて表現すれば

$$\frac{dp(n;t)}{dt} = -\frac{\partial}{\partial n}\{[w\uparrow(n) - w\downarrow(n)]\,p(n;t)\}$$

$$+\frac{1}{2}\frac{\partial^2}{\partial n^2}\{[w\uparrow(n) + w\downarrow(n)]\,p(n;t)\}$$

を得る。ここで

$$x = \frac{n}{N}\ ;\ \Delta x = \frac{\Delta n}{N} = \frac{1}{N} = \zeta$$

という全体で正規化した変数を導入する。x についての確率分布は

$$P(x;t) = N\,p(n;t) = N\,p(Nx;t)$$

で示される。ただし、これは

$$\int P(x;t)\,dx \fallingdotseq \sum_{-1} P(x;t)\,\Delta x = \sum_{-N}^{N} p(n;t) = 1$$

によって規格化される。

$$w\uparrow(n) = N(1-x)\ p(Nx) = NW\uparrow(x)$$

$$w\downarrow(n) = N(1+x)\ p(Nx) = NW\downarrow(x)$$

こうすれば移流の係数は

$$K(x) = W\uparrow(x) - W\downarrow(x)$$

で示され、ゆらぎの係数は

$$Q(x) = W\uparrow(x) + W\downarrow(x)$$

で定義される。こうすれば次の Fokker-Planck 方程式が求められる。

$$\frac{dP(x;t)}{dt} = -\frac{\partial}{\partial x}[K(x)\,P(x;t)] + \frac{\zeta}{2}\frac{\partial^2}{\partial x^2}[Q(x)\,P(x;t)]$$

がえられる。この方程式から直観的に分かることは確立分布の状態が二つのグループ間の遷移確率によるもの即ち、K（x）以外にQ（x）という「ゆらぎ」が状態の変化を引き起こすことである。この方程式は、確率の流れ

$$\frac{\partial P(x;t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} I(x;t)$$

を導入することで連続の方程式

$$I(x;t) = K(x;t)\,P(x;t) - \frac{\zeta}{2}\frac{\partial}{\partial x}[Q(x)\,P(x;t)]$$

の形に書くことができる。また、これは境界条件

$$I(-1;t) = I(1;t) = 0$$

を満たさねばならない。

一般的には定常での確率分布 P_s は Fokker-Planck 方程式の左辺がゼロとなるようなものであり、

$$\frac{\partial P_s}{\partial t} = 0 = -\frac{\partial}{\partial x} I_s(x)$$

であるから、これに境界条件を代入すれば

$$\frac{\zeta}{2}\frac{\partial}{\partial x}[Q(x)\,P_s(x)] = K(x)\,P_s(x)$$

が求められる。これを解けば

$$P_s(x) = P_s(x_0)\frac{Q(x_0)}{Q(x)}\cdot\exp[N\phi(x)]$$

となる。ただし、

$$N\phi(x) = \frac{2}{\epsilon}\int \frac{K(x')}{Q(x')}\,dx'$$

である。また、規格化の条件から

$$P_s(x_0) = Q^{-1}(x_0) \left| \int Q^{-1}(x') \exp\left[N\phi(x')\right] dx' \right|^{-1}$$

が必要となる。

この様なシステムは各要素が独立した遷移確率を持つことになれば、伝統的な経済学の理論と同じように、均衡理論で考えればよいことになる。しかしながら、これが他の要素に影響を受けて遷移確率が変わることになれば、事情は変わってくる。すなわち、経済の状況は「買い手」と「売り手」が価格などを通じて調整されるものとすると、とりあえず超過供給になれば価格が下落して「買い手」が増え、「売り手」が減る。すなわち、遷移確率$p_{12}(n)$が高まることになる。

従って、遷移確率が次のように示されると、

$$p_{12}(n) = \nu \exp(\alpha + \beta n)$$
$$p_{21}(n) = \nu \exp\left[-(\alpha + \beta n)\right]$$

と考えれば、

$$W\uparrow(x) = \nu\ (1 - x)\ \exp(\alpha + \beta x)$$
$$W\downarrow(x) = \nu\ (1 + x)\ \exp\left[-(\alpha + \beta x)\right]$$

である。ここから移流の係数を求めれば

$$K(x) = W\uparrow(x) - W\downarrow(x) = 2\nu\ \left[\sinh(\alpha + \beta x) - x\ \cosh(\alpha + \beta x)\right]$$

となる。一方、ゆらぎの係数は

$$Q(x) = W\uparrow(x) + W\downarrow(x) = 2\nu\ \left[\cosh(\alpha + \beta x) - x\ \sinh(\alpha + \beta x)\right]$$

となる。一般的な定常解は次のようになる。

$$\phi(x) = 2 \int \frac{\sinh(\alpha + \beta x') - x' \cosh(\alpha + \beta x')}{\cosh(\alpha + \beta x') - x' \sinh(\alpha + \beta x')}\ dx'$$

大きなNに対し、P_sの極大は

$$K(x_m) = 2\nu\ \left[\sinh(\alpha + \beta x_m) - \mu \cosh(\alpha + \beta x_m)\right] = 0$$

を満たすものとなる。これは

$$x_m = \tanh(\alpha + \beta x_m)$$

の解である。これはα、βの大きさにより解x_mが1または3あることになる。すなわち、それぞれの条件によって定常状態における確率分布の形状が異なることを意味している。

$0 < \beta < 1$の時にはαの値のいかんによらず解は一つになる。この場合は初期値の状況のいかんにかかわらずαの大きさによっていずれかに平均値のある単峰の分布に収束して行く。これは人々が大勢に追従しようとする力が弱ければ遷移確率の差によって単純マルコフチェーンのように一定の確率分布に収束することになる。

しかし、$\beta > 1$即ち、変化の力が強ければ、αの値によって解が3つ生じることになる。αの絶対値がα_0より小さい時には解は3つになる。ただし、α_0は

$$\cosh^2(\alpha_0 - \sqrt{\beta(\beta - 1)}) = \beta$$

を満たす。この解が3つすなわち、極値が3つあることは定常状態での確率分布は極大値が2つの双峰型のものとなる。この場合には、初期の分布のいかんに関わらず双峰の分布に移って行く。こうなれば、経済システムはいつまでも非平衡を続けることになる。この結果、常に不均衡な状態が継続するようなメカニズムが生まれることになる。これは一般の価格メカニズムと比較して、非平衡が継続する場合が生じることになる。

この様に、単に価格が一定の率で調整されるようなモデルであれば、$x = 0$で平衡点を形成するが、人々の行動が状態に影響されて調整されることとなれば、不均衡の状況が呈上状態として出現することになる。

Haken,H.(1978) *Synergetics ; An Introduction- Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organaization in Physics,Chemistry and Biology*, Springer-Verlag Belin Heidelberg

_____, (1983) *Advanced Synergetics ; Instability Hierarchies of Self-Organzing*, Springer-VerlagGmbh&Co. KG

Iwai,K.(1984)'Shumpenterian Cynamics : An Evorlutionary Model of Inovation and Imitation', Journal of Economic Behavior and Organization,5(2),Junet

Weidlich,W.andHaag,G,(1983)"Concepts and Models of Quantatitative Sociology;The Dynamics of Interacting Populations" Springer-Verlag GmbH & Co.KG

On the Role of Intensive Search in Stock Markets: Simulations Based on Agent-Based Computational Modeling of Artificial Stock Markets

Shu-Heng Chen
AI-ECON Research Group
Department of Economics
National Chengchi University
Taipei, Taiwan 11623
E-mail: chchen@nccu.edu.tw

Chia-Hsuan Yeh
AI-ECON Research Group
Department of Finance
I-Shou University
Kaohsiung, Taiwan 84008
E-mail: spockyeh@ms38.hinet.net

1 Introduction

Based on the **agent-based artificial stock market** built by Chen and Yeh (2000), this paper study the effect of search intensity on the complex dynamics of artificial stock markets via the manipulation of *peer (social) pressure* function, i.e., the *rank function.*

2 Search

In Chen and Yeh (2000), the *rank function* plays a role in transmitting the *peer pressure* received by traders to their *search intensity.* By appropriately choosing a *rank function*, we can manipulate the sensitivity of traders' search intensity to peer pressure. For example, consider the following two types of rank functions, one is

$$p_{i,t} = (\frac{R_{i,t}}{N})^2, \tag{1}$$

called **Rank Function 1**, and the other is

$$p_{i,t} = (\frac{R_{i,t}}{N})^{\frac{1}{2}}, \tag{2}$$

called **Rank Function 2.**[1] Then since

$$0 < \frac{R_{i,t}}{N} \leq 1,$$

it is clear that Rank Function 2 shall make traders more sensitive to peer pressure and consequently search more actively, while Rank Function 1 would make traders a little sluggish in response to peer pressure.

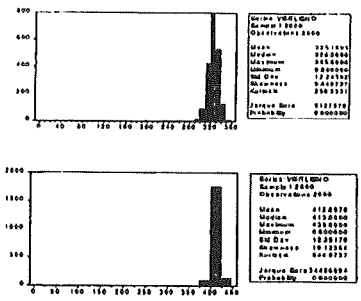


Figure 1: Histogram of the Number of Traders Registering to the B-School

The upper one is corresponding to the case of **Rank Function 1**, and the lower one is corresponding to the case of **RanK Function 2**. The right-hand side of each histogram is the basic statistics of the respective histogram.

Given this understanding, it is not surprising to see that the number of traders registering to the b-school would be much higher under Rank Function 2 than Rank Function 1, while how much the difference is is an empirical issue. Using *the AIE-ASM Version 2*, we simulate the artificial stock market by using the two rank functions as scenarios, each with 2000 trading days. Figure 1 exhibits the histograms of these numbers. When Rank Function 1 is employed, the average of these numbers is 325, while when Rank Function 2 is employed, the average comes up to 412. This difference is significant

[1] These two rank functions are proposed by modifying the the linear function, Equation (23), in Chen and Yeh (2000).

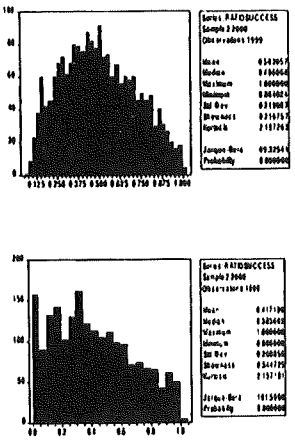


Figure 2: Histogram of the Ratio of Traders with Successful Search in the B-School

The upper one is corresponding to the case of **Rank Function 1**, and the lower one is corresponding to the case of **Rank Function 2**. The right-hand side of each histogram is the basic statistics of the respective histogram.

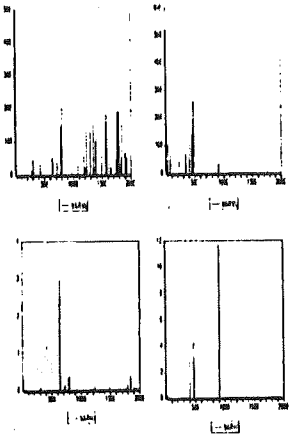


Figure 3: Time Series Plot of Dispersion of Subjective Expectations and Share Holdoing

Dispersion of subjective expectations is shown in the upper half of the Figure, whereas that of share holding is shown in the lower half of the Figure. The left ones are corresponding to the case of **Rank Function 1**, and the right ones are corresponding to the case of **Rank Function 2**.

enough to confirm our priori expectations.

However, what may make these experiments more interesting is to inquire whether the increase in search intensity, due to different employment of rank functions, can actually lead to some *real effects. First of all, would the increase in search intensity make the chance of successful search even more difficult?* While our intuition may suggest so, it is very difficult to have a hard proof. Therefore, here we examine the success ratio, $r_{s,t}$, defined as follows:

$$r_{s,t} = \frac{N_{2,t}}{N_{3,t}}, \tag{3}$$

where $N_{2,t}$ is the number of traders with successful search, and $N_{3,t}$ is the number of traders registering to the b-school at period t. The histogram of $r_{s,t}$ is given in Figure 2. From Figure 2, we can see that the average success ratio r_s for the case with more intensive search (Rank Function 2) is only 0.41, which is even smaller than the chance by even simply random guessing. However, this average is 0.503 in the case with less intensive search (Rank Function 1). Therefore, our intuition that *intensive search would make a successful search even harder* is also confirmed.

3 Heterogeneity

There is a slight evidence to support that the increase in search intensity could make the subjective expectations about the future more homogeneous. The upper half of Figure 3 gives the time series plot of the dispersion of subjective expectations. In the case of Rank Function 1 (the left one), the *median* of this dispersion statistics is 0.03. But, it is reduced down to 0.01 for the case of Rank Function 2 (the right one), which is about a third of that of the previous case. The impact of search intensity on heterogeneity of traders is also reflected on the dispersion of *share holding*. The lower half of Figure 3 is the time series plot of the dispersion of share holding among traders. The median of this dispersion is 0.003 in the case of Rank Function 1 (the left one), but then shrinks further down to 0.0009 in case of Rank Function 2 (the right one), which is *also* roughly a third of that of the previous case. Therefore, we may conclude that *increase in search intensity may reduce the degree of heterogeneity of traders.*

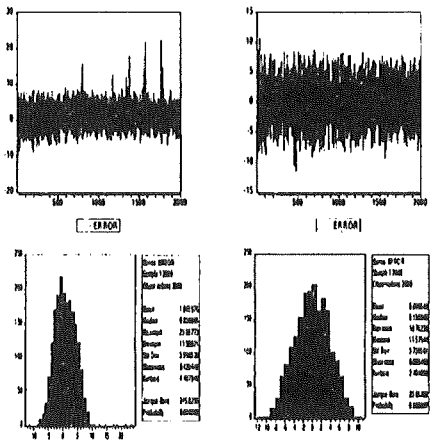


Figure 4: Time Series Plot and Histogram of Market Expectation's Error

The left ones are corresponding to the case of **Rank Function 1**, and the right ones are corresponding to the case of **Rank Function 2**.

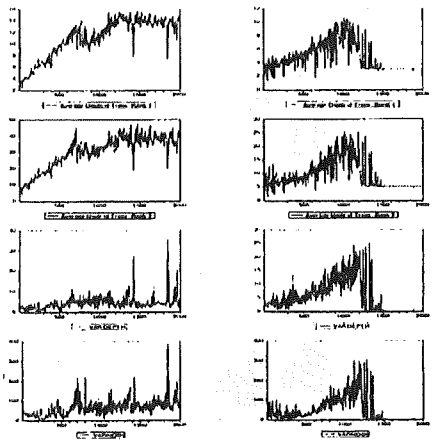


Figure 5: Time Series Plot of Evolving Complexity: Numbers of Depth and Node

The left ones are corresponding to the case of **Rank Function 1**, and the right ones are corresponding to the case of **Rank Function 2**.

4 Collective Rationality

The third question to ask is whether increase in search intensity would make the *market expectations*, defined as *the average of all traders' expectations*, follow the true price and dividends closer. Figure 4 is the time series plot of the traders' expectations error and the associated statistics. The median of the market expectations' error for the first case is 0.83, which is much higher than the one in the second case, i.e., 0.13. In addition, it also has a higher skewness and kurtosis, while its volatility is slightly less. Therefore, there seems to have a real effect of intensive search on reducing market expectations' error.

5 Evolving Complexity

The other interesting aspect of simulating stock markets is to study whether traders' *perception* of the world tend to become more and more complex as time goes on. Since all forecasting models (traders' perception) are in the format of LISP trees, we can ask *how complex these forecasting models are*. To do so, we give two definitions of the *complexity* of a GP-tree. The first definition is based on the *number of nodes* appearing in the tree, while the second is based on the *depth* of the tree. On each trading day, we have a profile of the evolved GP-trees for 500 traders, $\{f_{i,t}\}$. The complexity of each tree is computed. Let $k_{i,t}$ be *the number of nodes* of the model $f_{i,t}$ and $\kappa_{i,t}$ be the *depth* of $f_{i,t}$. We then average as follows.

$$k_t = \frac{\sum_i^{500} k_{i,t}}{500}, \quad and \quad \kappa_t = \frac{\sum_i^{500} \kappa_{i,t}}{500}. \qquad (4)$$

Figure 5 displays the evolving complexity in these two experiments. The upper half of the figure presents the mean complexity, i.e., k_t and κ_t, whereas the lower half of the figure gives the *variance* of the respective complexity. This figure seems to indicate that increase in search intensity can in effect not only reduce the evolving complexity of traders' perception, but also can reduce their diversity. This is well evidenced in the right half of Figure 5. In the case of Rank Function 2, we can see that the evolving complexity, while increasing at the very beginning, but quickly drops to a very low level and then stays there for the rest of the time. Associated with this change in trend, the dispersion of traders' perception actually comes down to nil. In other words, a collection of heterogeneous traders eventually evolve to a collection of homogeneous ones. But, none of these happens in the first market.

References

[1] Chen, S.-H. and C.-H. Yeh (2000), "Evolving Traders and the Business School with Genetic Programming: A New Architecture of the Agent-Based Artificial Stock Market," *Journal of Economic Dynamics and Control*, forthcoming.

A Quantitative Evolutionary Interpretation of Macroeconomic Behaviour in the Japanese Economy: An Introduction of the Internalist Progression Model

Koichi Hirano and Ray C. Paton

Department of Computer Science, The University of Liverpool, L69 7ZF, UK

Email {K.Hirano, R.C.Paton}@csc.liv.ac.uk

Keywords: internalist progression model; macroeconomic systems; Japanese economy

1. Introduction

The purpose of this paper is to introduce the internalist perspective into the empirical study of macroeconomic systems as complex evolving systems. The internalist perspective has been proposed by several researchers in biology and physics such as Gunji [3], Matsuno [7], and Rössler [9]. They emphasise on internal measurement by the participating agents within an empirical system, instead of external measurement of the system by an external observer. From their point of view, evolutionary or emergent phenomena must primarily results from internal measurement. We argue that this view is also important in economics. We shall now take a brief look of an example of ubiquitous internal measurements in economic systems.

Consider a balance sheet. On the sheet, the balance between items on the credit side and ones on the debit side is completely fulfilled. In case that the sheet is an aggregated balance sheet of all banks in Japan which is actually open to public [1], one can obtain an information of the total outstanding amount of bank loans in Japan from the record as the balance sheet. If he has the same kinds of records of the long history in the past, he could analyse the time series of the total outstanding amount by means of a sophisticated technique such as spectrum analysis in order to obtain a brief description of the past records. In the above sketch, there are the records in the form of balance sheets, the external observer who analyses the records, and the description by the external observer. However, in these, there is no residue of all banks' struggles to actualise the balance between their assets and liabilities and net worth. This is the external description of external measurement that essentially eliminates internal measurement by all banks, i.e. the struggles [8].

On the other hand, if one views from an economic subject's stance, the sketch turns out to be far different from the above. The economic subject has to act so as to fulfil the balance between items on the credit side and ones on the debit side. If it fails, a consequence is its bankruptcy. At point is that, viewed internally, the balance on the sheet is not guaranteed in advance and not more than a result of acts of balancing by the company, while the balance is *a priori* guaranteed viewed externally. In this paper, in order to introduce the internalist perspective (i.e. viewing internally), balancing by participating agents within empirical economies shall be focused on hereafter.

2. Maintenance of Monetary Flow Equilibrium

In balancing by an economic subject, it observes outgoing and incoming monetary flows so that it can measure monetary flow disequilibrium

between the sum of the incoming and that of the outgoing to be removed. If the subject faces flow disequilibrium, it must make all efforts to adjust the disequilibrium. The minimum requirement of the equilibration is that apart from central banks, every economic subject no matter which is an individual or a corporation cannot issue central bank notes for the purpose of balancing. If it fails in doing so and if it cannot manage to find a way to equilibrate the flow disequilibrium (e.g. the economic subject has no cash and none increases loans to it), it would end up with bankruptcy. The subject would be eliminated from participating agents in the system (thus there is no balance sheet which is imbalanced in the records). Equilibration of monetary flow disequilibrium is one of the most fundamental processes within modern economies (cf. profit or utility maximisation) [5][10].

For example, suppose monetary flow disequilibrium has happened to a corporation in the form of deficit (the sum of incoming flow is smaller than outgoing flow) at an instantaneous moment. The corporation must make all efforts to recover from the disequilibrium. There should be plural countermeasures available to the corporation, which include: (1) increase loan from banks, (2) decrease wage payment to employees, (3) decrease investment, (4) decrease inventory, (5) decrease saving to banks, and (6) increase the price of products. A decision of a mixed choice from the above list (1)-(6) is also available, with constraint that the total intensity to be intended to recover should be the intensity of the flow disequilibrium the corporation has faced at that moment. If flow disequilibrium still persists as a result, the corporation should further make all efforts to maintain its flow equilibrium.

This equilibration is, however, necessarily under-complete simply because there is no material means which propagates at an infinite velocity, none can know what the rest of economic subjects are going to do [7]. Banks might be going to decrease the interest rate of savings account, and so on. Furthermore, even the corporation itself does not know which decision it will make until the very decision has been made. There is no global co-ordinator which can remove flow disequilibrium from the economy at every instantaneous moment. Perpetual disequilibrium becomes inevitable. For example, if the corporation has done its runaway-intake from its employees through cutting the wage payment, the employees should seek for their way to increase their monetary inflow somehow. This kind of chain indefinitely continues in the economy.

To sum up, viewing the economy internally, equilibration of monetary flow disequilibrium by participating agents is one of the most fundamental process in modern economies. As a result, balance on balance sheets is actualised. Put differently, measuring monetary flow variables takes place, and this results in stock variables in balance sheets *a posteriori* [4].

Following these views, Matsuno developed a network-flow model of macroeconomic systems based on the non-equilibrium dynamics [6]. Matsuno & Ono, and Hirano & Paton also applied it to a method of the data extraction of empirical fiscal records [4][5], which Matsuno and one of the present author later named "Internalist Progression Model". In the following sections, the Internalist Progression Model and a result of an empirical study by means of the model are described very briefly. For details, please see [4].

3. Internalist Progression Model

3.1 The Dynamics

The authors have slightly simplified Matsuno's macroeconomic model [4][5]. All the equations in the simplified model are not shown because of

lack of space. There are five macroeconomic subjects in the model: Corporations, Households, Financial Institutions, Government, and Central Bank.

As briefly described in the previous section, apart from Central Bank, if disequilibrium between its monetary inflow and outflow $\Delta y\!\!\!/$ ($\equiv$total monetary inflow per unit time – total outflow per unit time) at an economic subject at an instantaneous moment happens, the subject should make all efforts to maintain equilibrium between incoming monetary flow and outgoing flow, and there are plural countermeasures available to each macroeconomic subject. If $\Delta y\!\!\!/ \neq 0$ happens to Corporations at an instantaneous moment, there are six countermeasures (the same as (1)-(6) in the previous section) Corporations can choose in order to maintain their flow equilibrium in the present model. A mixed choice is also available with the constraint that disequilibrium to be removed is $\Delta y\!\!\!/$, meaning that the sum of the relative weights of each countermeasure (hereafter decision weights) (1)-(6) is to be unity. If the flow disequilibrium in the terms of $\Delta y\!\!\!/$ is still not removed after Δt which is a time interval over which each successive countermeasure is completed, Corporations must renew their action successively again.

In the same manner, if $\Delta y\!\!\!/ \neq 0$ happens to Households, Financial Institutions, and Government at an instantaneous moment, there are five {(7)-(11)}, seven {(12)-(18)}, and seven {(19)-(25)} countermeasures available to Households, Financial Institutions, and Government, respectively.

Note that the gap between inflow and outflow at the central bank is equivalent to change in total amount outstanding of currency in circulation.

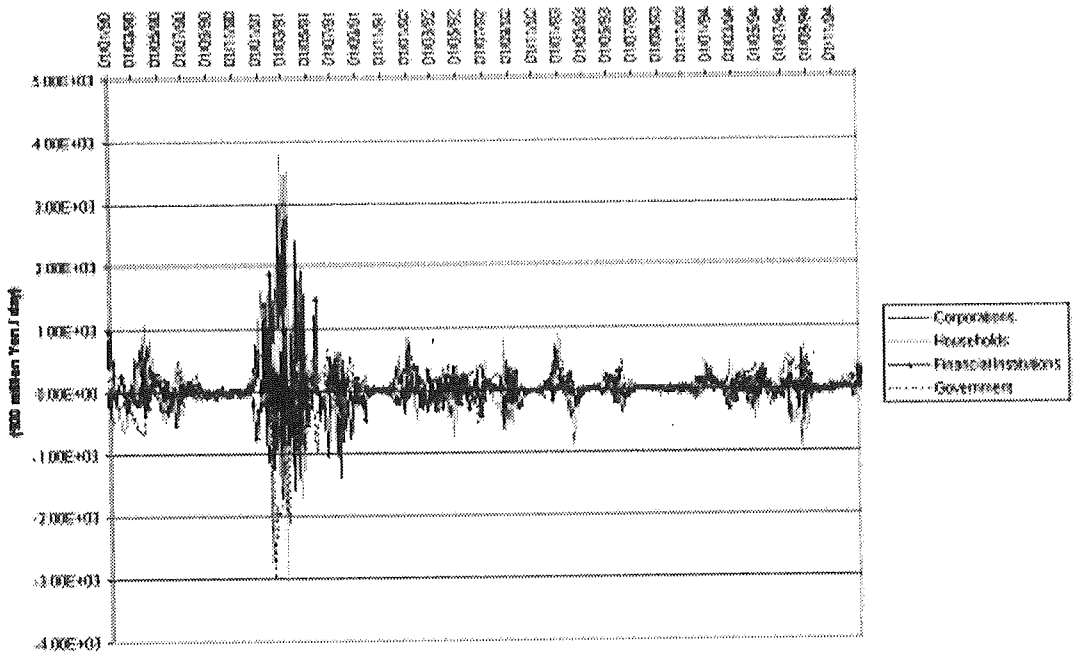
3.2 Decision Weights Determination

The dynamics described in the above can be run so as to reproduce the empirical records. This is done through manipulating the decision weights of (1)-(6), (7)-(11), (12)-(18), and (19)-(25) with the standardization constraint. These weights are generated randomly with the constraint of unity. With each randomly generated set of decision weights, the same dynamics briefly described in the previous section is simulated. The set which reproduces the referred empirical records at a moment most precisely is selected as the decision at that moment. Note that the empirical records are referred to as *a posteriori* constraints, in other words, they are taken as resulting from decisions on the flow equilibrium maintenance by every economic subject. As such, the time evolution of decision weights and, by nature of the dynamics, the time evolution of monetary flow disequilibrium at each macroeconomic subject except Central Bank can be extracted from the empirical records.

4. A Selected Results

In the present study, eight series of monthly empirical fiscal records over about 50 years of the Japanese economy were referred to. They include cash currency in circulation, the official discount rate, and the average loan interest rate of Financial Institutions.

As just an example of the results, the time evolution of perpetual flow disequilibrium at each macroeconomic subject except Central Bank during 1990-1994 is shown in the figure on the next page. There are some points which imply the intensity of flow disequilibrium is legitimate in our sense, the Japanese economy faced the so-



called bobble economy fever, which started to become sharply frozen early in 1991. The distinctive magnitude of disequilibrium intensities around this period seems to meet the experience of the Japanese economy.

5. Concluding Remarks

In the present paper, the authors have attempted to introduce the internalist perspective to economics. Taking a view from inside, by means of the Internalist Progression Model, enormous results that cannot be obtained by the common externalist view were actually depicted from the empirical fiscal records successfully, one of which is shown in the present paper. The application of the present work to fiscal policymaking and market forecasting will be reported in the near future.

Acknowledgements

The authors wish to thank Koichiro Matsuno for a number of discussions and suggestions. Special thanks to K. J. Chan are due to his excellent technical supports in the simulation. The work described here was done during Koichi Hirano's stay at The University of Liverpool from Oct. 1997 to Sep. 1999.

References

[1] Bank of Japan, 1998. Economic Statistics Monthly, No.620. Tokyo.

[2] Day, R. H., 1987. The Evolving Economy. European Journal of Operational Research, 30:251-257.

[3] Gunji, P-Y., 1992. Forms of Life I: It is possible but not necessary. Applied Mathematics and Computation, 47:267-288.

[4] Hirano, K., 2000. An Application of the Internalist Perspective to Simulations of the Japanese Economy. Unpublished PhD thesis, The University of Liverpool, United Kingdom. (Submitted)

[5] Hirano, K., Paton, R. C., 1999. Temporal development within a macroeconomic system interpreted in the past progressive mode: a study of the Japanese economy. In: Proceedings of the 43rd annual conference for the International Society of Systems Science (ISSS1999, CD-ROM), Asilomar, California.

[6] Matsuno, K., 1978. Nonequilibrium Dynamics of Dissipative Systems and Its Application to a Macroeconomic System, IEEE transactions on Systems, Man, and Cybernetics Vol. SMC-8, No. 7:526-533.

[7] Matsuno, K., 1989. Protobiology: Physical Basis of Biology, CRC Press, Boca Raton, FL.

[8] Matsuno, K., 1996. Cohesive Interaction in Biomolecules and Their Organizations as Energy Consumers. In: Cuthbertson, R., Holcombe, M., and Paton, R. C. editors., Computation in Cellular and Molecular Biological Systems. World Scientific, Singapore, pp. 237-249.

[9] Rössler, O. E., 1987. Endophysics. In: Casti, J., Karlquist, A. (editors), Real brains, artificial minds. Elsevier Science Publishing Co., Inc., NY.

[10] Shiozawa, Y., 1989. The Primacy of Stationarity: A Case against General Equilibrium Theory. Osaka City University Economic Review, 24(1): 85-110.

Mingaleva Zhanna,
Tkacheva Svetlana
Perm State University (Russia)

INNOVATION ACTIVITIES INFRASTRUCTURE AS MULTI-AGENT SYSTEM (AS PERM REGION (RUSSIA) EXAMPLE)

1. Introduction

Problems of foundation and functioning of regional innovation systems are faced with the searching internal sources o its self-development. Innovation activities infrastructure can be considered as one of them because of multiplying effect of coordination of all types of innovative activities and its economic agents. The specific importance of such approach is rather actual in transition countries and particularly in Russia and its regions because of the start-up period of regional innovation systems as well. Moreover, it is important to note that every region has its own features, which can be taken into account conducting regional development policies and programs. Perm Oblast is a traditionally industry-developed region with a built-in effect of the military-industry complex and of powerful manufacturing. It is also a production region. with different raw material industries. As Russia as a whole, the oblast suffers from the difficulties of economic development, mass-unemployment burden, falling level of its citizens' standard of living and increasing ecological tension. However, in spite of these difficulties, Perm Region is to be region-donor financing other regions of Russian Federation and its economic situation has been improved. As for general social-economic situation, Perm Region's macroeconomic indicators are better than in other regions: Perm Region occupies the 4th place among 89 Russian regions on the "alive" money volume, the 13th on the level of average income per capita, the 38th on the price of living standard, the 52nd on the rate of price's growth (in comparison with January 1993 the prices have increased only by 67 times while in other regions by 150-250 times). According to official statistics, Perm Region is included in to the group of "rich" territories.. That is why the problem of increasing of efficiency of innovative potential through creating of innovation activities infrastructure is very attractive and actual.

Authors of this paper carried out research in the field of creating of innovation activities infrastructure as multi-agent system. In order to solve this problem following activities were taken place:

1) identification of the main problems of concrete economic agents (firms and enterprises) in the field of science, technologies, techniques and innovations;

2) creation of mechanism (scheme of interrelationship) of different economic agents for organization of an effective process of spreading the scientific-technical and innovative information;

3) identification of regional and other levels of different economic agents that can be involved in such scheme;

4) Finding common points in which all participants of such a scheme are interested;

5) Creation of a mechanism of start-up financing for creation and improvement of such scheme;

6) Identification of the main elements of such scheme and to examine (to create) a scheme of flows of interrelationship between these elements.

The authors of this paper have raised these essential issues through different activities. One of the main is identification if the main problems of concrete economic agents (firms and enterprises) in the field of science, techniques, technologies and innovations was done during the panel surveys of firms and enterprises of Perm Region held by authors in November-December 1998. The aim of the panel survey was the identification of the main problems of enterprises in the real sector of economy concerning the field of scientific-technological and innovation policy. Moreover, its impact on activities of different economic agents, such as educational organizations, research institutes, NGOs, policies of local and federal authorities etc., was analyzed. Through the survey actual and potential agents of the regional innovation system were identified, as well as possibilities and necessities of linkage between business, science, technology and engineering. Also the authors identified the main directions and dynamic of the process of spreading experience of participants of innovation activities in the frame of a regional system for creating investment possibilities and competitive advantages of Perm Region. Through the panel survey, questionnaires were spread among top managers, such as directors, the main engineers, the main managers of accounting, deputy directors in financing etc., and within big enterprises among the leading functional specialists and heads of divisions. Panel surveys were conducted on more then 100 enterprises and firms of the region out of different industries, forms of property, quantity of employment, particularly "de novo" forms, big export-oriented enterprises, enterprises of the social significance of Perm Region economy, including town-founded enterprises. As a result of this survey, the main necessities and difficulties regional innovative activities infrastructure of the region's enterprises in the field of innovation activities were identified.

2. Predictions of theoretical model of innovation activities infrastructure as multi-agent system.

As the result of the survey we could consider the development of the scheme of creation of innovation activities infrastructure in Perm Region, which would be adequate to the current necessities of free market economy.

This scheme could work if the economic agents included in it would receive advantages. So, let us describe such scheme of creation of effective infrastructure of regional innovation activities.

The main strategic goal of the scheme is the development of innovation potential on the territory of Perm Region.

As the participants of such a sheme we can include: regional local authorities (representatives and policy-makers); organizations of local self-management, scientifically organizations (universities, institutes of Russian Academy of Science, defense industry's technological bureaus and scientifically-research institutes, small enterprises of scientifically-technological industry, innovation technological centers and etc.); business (enterprises and different firms of real sector of economy, aimed on economic rent seeking, and consulting, educational and etc. firms), institutes of finance sector (banks, venture foundations, others finance institutes), non-profit sector (NGOs, NPOs, initiative groups of citizens, other forms of self-organization of population, included in solving problems of attractive participation of different groups in reforms, in carrying institutions of civil society, which helps to build strong legal society and the achievement of sustainable economic growth), different international funds.

The difficulty of uniting participants in an indivisible process of spreading scientific-technological and innovation information and knowledge lies in the necessity of the linkage of different interests, so called "civil cohesion." The problem is that different social groups have their own particular interests, which is the element of institutional infrastructure of modern civil society: parties, trade unions, organizations of entrepreneurs, consumers, farmers, ecologists, legal-defenders and others are struggling for the budget share, for the participation in federal programs, for goals and priorities of economic policy as a whole.

Solving the problem of uniting the participants in the scheme is defined as the necessity to take into account the fact, that more optimal decision for realization of such plan is taking into account the profit reason and the demand of decreasing costs (private and social) for the conducting of innovative activities, increasing returns from R&D activities, and also the building of the society founded on democratic principals.

Therefore, for the solution of the problem of effective organization and providing with conditions of self-support and self-development of scientific-technological and innovation activities infrastructure it is important to define possibilities of different social agents for participation.

Let us describe the advantages and weak points and identify possible methods to be included in the scheme of every potential participant and also point out the main advantages received by agents from such collaboration.

The participation as an agent of innovative activities is profitable for the government because it allows to avoid the majority organizational problems in realization of programs to support and develop scientific-technological and innovation activities. The participation in this scheme allows to minimize control for different program budgets. As a result there is increasing effectiveness of using budget finance, aimed at social requirements. Moreover, the total amount of investment of concrete inquiry may be increased partly through volunteers' activities. It is possible to calculate and evaluate the additional amount of money saved through using this way. Additionally, one of the important result of successful innovation activity of regional enterprises and firms could be considered as taxes flows to federal and local budget from innovative active enterprises.

For the first six months of 1999 the total taxes and other inflows to the budgets of different levels have been increased in average on 84,1%, to the Federal budget on 105,2%, to the Regional 290 %. The growth in taxes are spread as follows: company income taxes 410%, excise taxes 210 %, income taxes 40,5 %. The share of industries in taxes and other inflows to the regional budget is 68,8 %.

Analyzing the motivation of local authorities in carrying out and development of innovation activities infrastructure, we have to mention the form (type) of support for regional sustainable economic growth. However, this problem is not only from economic field but also from social one. It means that authorities are interested in regional labor mobility without big social catastrophes and without a decline of their economic situation.

There is also a related problem of social guarding of population. Solving this problem is such an objective necessity that provides with social equality in every social system. Such equality is the background of social stability, support of which is becoming one of the strategic goals of transition economy. Transition period and reforming process in Russia have sharpened the social-economic problems and new problems are still being added. At the same time deep worsening of general economic situation in the country has reduced enormously the possibilities for financing social programs from the government side. This creates additional difficulties in solving social significant issues. The key problem is becoming the organization of self-defending of the population with the help of the government in different social and economic forms.

The participation in this scheme is profitable for scientific and research organizations of all types, because of additional financing, receiving of the basis for practical implementation of discoveries and the possibility of fast commercialization of patents etc.

For firms the advantages from the collaboration could be considered as possibilities of receiving contracts from the government (guarantee demand); economy on applied research; decreasing of transaction costs; possibilities in increasing the product quality and its international standardization (it can allow to provide themselves with sustainable consumer's and investment demand); to conduct reconstruction of production process through implementation of ecological-safety and nature-saving technologies. In addition, of course, an important motivation of participation of private firms could be investment in such infrastructure and receiving profit from this activities (particularly, from the participation in commercial transferring of technologies).

Being included in this innovation scheme as participant of infrastructure it is profitable for non-government organizations (NGOs, NPOs), because of the additional advantages: receiving of additional finance aid, receiving of administration support, increasing of civil status of NGOs (NPOs). In addition, they receive possibilities to satisfy social requirements as the goal of their creation, mostly for different ecological movements, associations of consumer defense etc.

Participation of such collaborations gives advantages also for international foundations. Because of the creation of such infrastructure, inter-regional and international scientific-technological collaboration is possible. There is an increase of regional technological culture, ecological problems could be solved qualitative and complexly, and there are possibilities for a more effective control of the ecological situation and possibilities of fast adequate measures for its improvement. At last, the creation of such infrastructure is more profitable for innovators themselves (researchers, producers, and consumers of scientific-technological products).

As a whole participants are allowed to solve one problem – recreation of the regional economy and decrease of social tension in society. Partly it depends as well from the government side as from the side of the society.

Including different agents in one process of creation and spreading scientific-technological knowledge and information, the experience skills, the number and the size of financing sources are increased. As such sources we can consider direct payment from the government budget; dotations, pensions, subsidies; tax privileges for enterprises with innovation activities; variety of non-budget finance sources (grants, aid, etc.); donations of enterprises and firms etc.

The main stage of such a project on creation and development of scientific-technological innovation activities infrastructure is the identification of priority fields of activities, and the development of take off activities. Proposals on cooperation could be addressed to such organizations, whose goal is socialization and being prepared for collaboration in any form. The main goal is to provide the agreement of necessity of the creation of such an infrastructure using the participation of enterprises and organizations (authorities, banks and organizations that can provide with start financing and active volunteers).

The aim of such infrastructure might be consulting and interrelationship activities; training and re-training of the stuff; informational-analytical and technological services; marketing of high-technology products, providing commercial and non-commercial transfer of technologies; and also, possibly, search for investors for financing of more priority nature-savings, innovative, investment projects.

Today there are some assumptions for implementation of this idea in real practice. It was proved that organizations (institutions) unite people on the background of concrete social interests. Particularly, from the rank of local organizations that are interested in development of such infrastructure and able to participate actively in its creation we can mention the Chamber of Commerce, Ural NGO Support Center, Ural business incubator, Ural Small and Medium Enterprises Support Centerand the Association of Industrial Enterprises of Perm Oblast.

3. Describing of scenario equations:

Types of organization (included 13 agents including in modeling process):

- regional local authorities;
- universities and institutes;
- institutes of Russian Academy of Science (fundamental researches);
- defense industry's technological bureaus and scientifically-research institutes;
- small enterprises of scientifically-technological industry;
- innovation technological centers;
- business (enterprises and different firms of real sector of economy;
- educational firms;
- consulting firms;
- banks;
- venture foundations;
- NGOs, NPOs;
- different international funds.

Calculation of coefficients:

Share investment in non-production sphere from all types of budget is estimates using retrospective data, limited from 0 to 1:

$$A := \frac{\sum_t INV_GOS_t}{\sum_t INV_ALL_t}$$

where :

INV_GOS	- total investment in non-production sector from the government
INV_ALL	- investment in non-production sector from all types of budget

Experts point coefficient of influence of the rate of population income growth on products and services using equations, limited from 0 to 1.

Equation:

$$B^l := \frac{\frac{T_QSD^l_t}{T_PEOPLE_t} - T_QS^l_{t-1}}{T_PIN_t - T_QS^l_{t-1}}$$

where:

B	- coefficient of influence of the rate of population income growth on products and services demand
QSD	- population demand on products and services
PEOPLE	- number of people in the region
QS	- output
PIN	- regional population income

Experts point coefficient of influence of the rate of products and services demand using equations, limited from 0 to 1.

Equation:

$$C^l := \frac{\frac{T_QS^l_{t-1}}{T_TAR^l_t} - T_INV^l_t}{T_QSD^l_t - T_INV^l_t}$$

where:

C	- coefficient of influence of the rate of products and services of demand on output
QSD	- demand on products and services
TAR	- average rate of taxes in the industry for all organizations
QS	- output
INV	- investment from enterprises, organizations and private

Equation:

Calculation for the separate policy

Investment from enterprises, organizations and private:

$$INV^l_t := INV^l_{t-1} \times (A \times T_PR^l_{t-1} + (1-A) \times T_INV_GOS_t)$$

where:

INV	- investment from enterprises, organizations and private
PR	- profit of organizations
INV_GOS	- total investment in non-production sector from the government
A	- share of government investment in investment of non-production sector including of sources of financing

Income of population within the region:

$$PIN_t := PIN_{t-1} \times T_PIN_RF_t$$

where:

PIN	- income of population within the region
PIN_RF	- income of population of Russian Federation

Demand on products, services:

$$QSD^I_t := QSD^I_{t-1} \times ((1-B^I) \times T_QS^I_{t-1} + B^I \times T_PIN_t) \times T_PEOPLE_t$$

where:

QSD	- regional demand on products, services
PEOPLE	- number of people in the region
QS	- output
PIN	- income of population within the region
B	- coefficient of influence of the rate of population income growth on products and services demand

Output:

$$QS^I_t := QS^I_{t-1} \times \frac{(1-C^I) \times T_INV^I_t + C^I \times T_QSD^I_t}{T_TAR^I_t}$$

where:

QSD	- regional demand on products and services
TAR	- average rate of taxes in the industry for all organizations
QS	- output
INV	- investment from enterprises, organizations and private
C	- coefficient of influence of the rate of products and services of demand on output

Production costs of output (products, services) of all organization:

$$QSZ^I_t := QSZ^I_{t-1} \times T_QS^I_t$$

where:

QSZ	- production costs of output (products, services)
QS	- output

Profit of all organization:

$$PR^I_t := QS^I_t - QSZ^I_t$$

where:

PR	- profit of all organization
QSZ	- production costs of output (products, services)
QS	- output

Calculation for cooperative policy

Total investment from enterprises, organizations and private:

$$INV_S_t := \sum_I INV^I_{t-1} \times (A \times T_PR_S_{t-1} + (1-A) \times T_INV_GOS_t) \times VL$$

where:

INV_S	- total investment from enterprises, organizations and private
PR_S	- profit of all organizations

INV_GOS	- total investment in non-production sector from the government
A	- share investment in non-production sphere from all types of budget
VL	- coefficient of influence of investment of cooperation

Aggregated regional demand on products, services:

$$QSD_S_t := QSD_S_{t-1} \times ((1-B) \times T_QS_S_{t-1} + B \times T_PIN_t) \times T_PEOPLE_t$$

where:

QSD_S	- aggregated regional demand on products, services
PEOPLE	- number of people in the region
QS_S	- total output
PIN	- regional population income
B	- coefficient of influence of the rate of population income growth on products and services demand

Total output:

$$QS_S_t := QS_S_{t-1} \times \frac{(1-C) \times T_INV_S_t + C \times T_QSD_S_t}{T_TAR_S_t}$$

where:

QSD_S	- aggregated regional demand on products, services
TAR_S	- average rate of taxes in the industry for all organizations
QS_S	- total output
INV_S	- total investment from enterprises, organizations and private
C	- coefficient of influence of the rate of products and services of demand on output

Total production costs of output (products, services:

$$QSZ_S_t := QSZ_S_{t-1} \times T_QS_S_t$$

where:

QSZ_S	- total production costs of output (products, services)
QS_S	- total output

Total profit of all organization:

$$PR_S_t := QS_S_t - QSZ_S_t$$

where:

PR_S	- total profit of all organization
QSZ_S	- total production costs of output (products, services)
QS_S	- total output

Then we suggest to spread these calculations for organizations using retrospective data.

General equation:

$$POK^I_t := POK^I_{t-1} \times T_POK_S_t$$

where:

POK	- index of structure of industries
POK_S	- summarizing index

The main stage of carrying out innovation activities' infrastructure is the creation of special institutions responsible for the coordination issues among different participants and for the organization to select concrete agents. Particularly, in the distribution of contracts on scientific researches and development specialized institutes (universities, scientific-research institute etc.) have to be taken into account. In addition, it is possible to arrange auction and competition on some issues such as training of the stuff, consulting etc.

We can propose the establishing of such a specialized institution as the Innovation Center that can be considered as infrastructure organization with the main activity of complex of services for participants of innovation-technological cycles.

Conclusions

- Sustainable economic growth can be the result mainly because of innovative activities.

It is rather actual and attractive for countries in transition. In Russia the process of concentration of innovations is going on particularly in its regions. We made an attempt to prove that such element of regional innovation system, as innovative activities infrastructure is becoming to be its essential element of regional innovation system as innovative activities infrastructure is becoming to be its essential element.

- Identifying the main problems of concrete economic agents (firms and enterprises) in

the field of science, technologies, techniques and innovations we prove that creation of mechanism (scheme of interrelationship) of different economic agents for organization of an effective process of spreading the scientific-technical and innovative information will be something like as multiplier of innovation activities output.

- Comparing the effectiveness of seperate and coordination policy in the examined field

we have to the conclusion that all main agents of such scheme (regional local authorities (representatives and policy-makers); organizations of local self-management, scientifically organizations (universities, institutes of Russian Academy of Science, defense industry's technological bureaus and scientifically-research institutes, small enterprises of scientifically-technological industry, innovation technological centers and etc.); business (enterprises and different firms of real sector of economy, aimed on economic rent seeking, and consulting, educational and etc. firms), institutes of finance sector (banks, venture foundations, others finance institutes), non-profit sector (NGOs, NPOs, initiative groups of citizens, other forms of self-organization of population, included in solving problems of attractive participation of different groups in reforms, in carrying institutions of civil society, which helps to build strong legal society and the achievement of sustainable economic growth), different international funds) will receieve benefits from including in such sheme.

- It is more important that government budget will support not only separate economic

agents of innovative activities but its core – infrastructure that is considered to be one of the important advantage of the region.

References

Mingalyova, Zh. Financial institutes in the model of economic growth. Abstract. The fourth International scientific-practical conference "Logistic-mathematical models on technologies, economy and sociology", Penza, 1999.pp. 72-74.

Mingalyova, Zh. Big innovation cycles in economic development. Published paper. In "Vestnik of Perm State University. Issue № 1. Economics", Perm State University, Perm, 1998, pp.49-59.

Mingalyova, Zh. About some problems of innovation business development in Russia. Published abstract. International economic conference "Economic and social technologies of transition society",Perm, 1997, pp.120-121.

Mingalyova, Zh., Tkachyova, Sv. Sources of financing of regional development. Abstract. The 2nd All-Russian scientific-practical conference "Local governance in Russia: problems of arranging, development and functioning of NGO", Perm, 1999.

Mingalyova, Zh., Tkachyova, Sv. Scientific background of regional innovative development strategy. Published abstract. International scientific-practical conference "Regional and municipality aspects of Russian economic development", Perm, 1999, pp. 66-67.

Mingalyova, Zh., Tkachyova, Sv. Methodological approaches to analyzing of impact of innovative activities of enterprises on regional economic development. Published abstract. All-Russian scientific-practical conference "Interregional and cross-industries reserves of increasing of effectiveness of using scientific-technical and economic potential", Penza, 1999, pp. 107-109.

Mingalyova, Zh., Tkachyova, Sv. Scientific background of establishing of regional development strategy. Published abstract. International scientific-practical conference "Strategy of regional development: theory and practice", Perm, 1998, pp. 104-106.

Tkachyova, Sv. Problems of economic growth of the Region. Published abstract. All-Russian scientific-practical conference "Problems of economic growth", Samara, 1999, pp. 63-66.

Tkachyova, Sv. Regional innovation strategy as factor of regional investment attractiveness. Published abstract. All-Russian scientific-practical conference "Regional and cross-industries problems of the market and its infrastructure", Penza, 1998, pp. 137-138.

Tkachyova, Sv. Microeconomic analyzes of regional innovative potential as factor of scientific-technological progress in the frame of national economic system. Published abstract. All-Russian scientific conference "Economics: theory, methodology, trends of development", S-Petersburg, 1998, pp. 168-169.

Testing Rational Expectations Hypothesis with Agent-Based Model of Stock Markets*

Shu-Heng Chen
AI-ECON Research Group
Department of Economics
National Chengchi University
Taipei, Taiwan, 11623

Chia-Hsuan Yeh
Department of Finance
I-Shou University
Kaohsiung County, Taiwan 84008

Chung-Chih Liao
Department and Graduate Institute of International Business
National Taiwan University
Taipei, Taiwan, 106

Abstract

Using agent-based models of stock markets, this paper examines the rational expectations hypothesis from a bottom-up perspective. We apply standard linear and nonlinear econometric tests to artificial time series generated from two artificial stock markets composed of bounded-rational traders. The two artificial stock markets differs in their architectures: one has a business school, and one does not. While the linear test shows that the market with the business school fails to reject the rational expectations hypothesis quite often, the nonlinear one does not. Therefore, strictly speaking, these two agent-based markets of bounded-rational traders do not collectively behave as what rational expectations hypothesis predicts, and hence do not lend support to rational expectations hypothesis.

Keywords: Genetic Programming, Agent-Based Stock Markets, Rational Expectations Hypothesis, Bounded Rationality, Business School, LISP Trees

1 Motivation and Introduction

Rational expectations hypothesis (**REH**) plays an extremely important role in the development of modern macroeconomics. Redman (1992) provided an annotated bibliography of over 470 significant books and articles on this research area. Nonetheless, most of these studies were conducted based on the assumption of the *representative agents* rather than based on a collection of *interacting heterogeneous agents*. Under the assumption of the representative agent, macroeconomic time series, such as consumption, saving, and income, are treated as the behavior of *representative agent*, and the rational expectations hypothesis is then formulated and tested by examining the statistical behavior of this representative agent.

However, the main problem of this research strategy is that, since the representative agent does not really exist, rejecting or accepting rational expectations hypothesis does not imply anything about the rational or irrational behavior of the individuals. In this paper, we took a different approach. We first constructed the market from an bottom-up approach so that we know very well how each traders was born and how their mental power shall develop. By designs, we can make traders behave in bounded-rational style in the sense that they are prudent and adaptive. But, then we asked: *will a market composed of these bounded-rational traders collectively behave as what rational expectations hypothesis predict.* In other words, we test the REH by using the observations from the agent-based stock markets. The purpose of doing this is the following. When REH at the top (as an aggregate phenomenon) is rejected, it does not mean traders at the bottom (as an individuals) behave not rationally. In fact, we know that they all rational in a sense. Therefore, the REH, to some extent, is irrelevant.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 describes the agent-based stock markets considered in this paper, and how the artificial data was generated. Section 3 provides some basic statistics about traders' behavior in these artificial stock markets. Section 4 then gives the econometric tests of the rational

*Research support from NSC grants No.88-2415-H-004-008 and No.87-I-2911-15 is gratefully acknowledged.

expectations hypothesis based on the artificial data generated as described. Section 5 makes concluding remarks.

2 Experimental Designs and Data Description

The data used in this paper were generated from two agent-based stock markets, coded as Market C and Market D in this paper. The artificial time series data of Market D was from CASE 2 in Chen and Yeh (1999a), who also gave a description of Market D. As opposed to Market D, the distinguishing feature of Market C is the addition of the *business school* to the artificial stock market. The motivation to do this is given in Chen and Yeh (1999b) and is briefly summarized in Chen et al. (1999).

2.1 Business School and Single-Population GP

The business school in our model functions as usual business schools in the real world. It mainly consists of faculty, and their different kinds of models (schools of thoughts). Let F be the number of faculty members (forecasting models). These models are propagated via a competition process driven by the faculty through publications. In this *academic* world, a scholar can ill afford to keep something serious to herself if she wants to be well-acknowledged. If we consider business school a collection of forecasting models, then we may well use single-population GP to model its adaptation.

At the evaluation date, say t, each forecasting model (faculty member) will be reviewed by a *visitor*. The visitor is another model which is generated randomly from the collection of the existing models in the business school at $t-1$, denoted by $GP_{i,t-1}$, by one of the following three genetic operators, reproduction, crossover and mutation, each with probability p_r, p_c, and p_m (Table 1). In the case of reproduction or mutation, we first randomly select two GP trees, say, $gp_{j,t-1}$ and $gp_{k,t-1}$. The MAPE of these two trees over the last m_2 days' forecasts are calculated. A *tournament selection* is then applied to these two trees. The one with lower MAPE, say $gp_{j,t-1}$, is selected. We then apply Schwefel's *1+1 strategy* over the host $gp_{i,t-1}$ and the visitor $gp_{j,t-1}$ (in the case of reproduction) or $gp'_{j,t-1}$ (in the case of mutation) based on the criterion MAPE, and $gp_{i,t}$ is the outcome of this *1+1* competition.

In the case of crossover, we first randomly select two pairs of trees, say $(gp_{j_1,t-1}, gp_{j_2,t-1})$ and $(gp_{k_1,t-1}, gp_{k_2,t-1})$. The tournament selection is ap-

Table 1: Parameters of the Stock Market: Market C

The Stock Market	
Shares of the stock (H)	100
(M_1) per capital	100
Interest rate (r)	0.1
Stochastic Process (D_t)	$Normal(10, 2)$
Price adjustment function	$tanh$
Price adjustment (β_1)	10^{-4}
Price adjustment (β_2)	0.2×10^{-4}
Business School	
Number of faculty members (F)	500
Number of trees created by the full method	50
Number of trees created by the grow method	50
Function set	$\{+, -, Sin, Cos, Exp, Rlog, Abs, Sqrt\}$
Terminal set	$\{P_{t-i}\}_{i=1}^{10}$ $\{P_{t-i} + D_{t-i}\}_{i=1}^{10}$
Selection scheme	Tournament selection
Tournament size	2
Probability of creating a tree by reproduction	0.10
Probability of creating a tree by crossover	0.70
Probability of creating a tree by mutation	0.20
Probability of mutation	0.0033
Probability of leaf selection under crossover	0.5
Mutation scheme	Tree Mutation
Replacement scheme	(1+1) Strategy
Maximum depth of tree	17
Number of generations	20,000
Maximum number in the domain of Exp	1700
Criterion of fitness (Faculty members)	MAPE
Evaluation cycle (m_1)	20
Sample Size (MAPE) (m_2)	10
Traders	
Number of Traders (N)	500
Degree of RRA (λ)	0.5
Criterion of fitness (Traders)	Increments in wealth (Income)
Sample size of $\sigma^2_{t\|n_1}$ (n_1)	10
Evaluation cycle(n_2)	1
Sample size (n_3)	10
Search intensity (I^*)	5
(θ_1, θ_2, θ_3)	(0.5, 10^{-4}, 0.0133)

plied separately to each pair, and the winners are chosen to be parents. The children, say (gp_1, gp_2), are born. One of them is randomly selected to compete with $gp_{i,t-1}$, and the winner is $gp_{i,t}$.

2.2 Traders and Business School

Given the adaptive process of the business school, the adaptive process of traders can be described as a sequence of two decisions. First, should she go back to the business school to *take classes*? Second, should she *follow* the lessons learned at school? In the real world, the first decision somehow can be more *psychological* and has something to do with *peer pressure*. One way to model the influence of peer pressure is to suppose that each trader will examine how well she has performed over the last n_2 trading days, when compared with other traders. Suppose that traders are ranked by *the net change of wealth* over the last n_2 trading days. Let $W_{i,t}^{n_2}$ be this net change of wealth of trader i at time period t, i.e.,

$$\Delta W_{i,t}^{n_2} \equiv W_{i,t} - W_{i,t-n_2}, \tag{1}$$

and, let $R_{i,t}$ be her rank. Then, the probability that trader i will go to business school at the end of period t is assumed to be determined by

$$p_{i,t} = \frac{R_{i,t}}{N}. \tag{2}$$

In addition to peer pressure, a trader may also decide to go back to school out of a sense of *self-realization*. Let the growth rate of wealth over the last n_2 days be

$$\delta_{i,t}^{n_2} = \frac{W_{i,t} - W_{i,t-n_2}}{\mid W_{i,t-n_2} \mid}, \tag{3}$$

and let $q_{i,t}$ be the probability that trader i will go back to business school at the end of the tth trading day, then it is assumed that

$$q_{i,t} = \frac{1}{1 + exp^{\delta_{i,t}^{n_2}}}. \tag{4}$$

The choice of this density function is also straightforward. The traders who have made great progress will naturally be more confident and hence have little need for schooling, whereas those who suffer devastating regression will have a strong desire for schooling.

Once a trader decides to go to school, she has to make a decision on what kinds of classes to take. Since we assume that business school, at period t, consists of 500 faculty members (forecasting models), let us denote them by $gp_{j,t}$ (j=1,2,...,F.) The class-taking behavior of traders is assumed to follow the following sequential search process. The trader will randomly select one *forecasting model* $gp_{j,t}$ (j=1,...,F) with a uniform distribution. She will then *validate* this model by using it to fit the stock price and dividends over the last n_3 trading days, and compare the result (MAPE) with her original model. If it outperforms the old model, she will discard the old model, and put the new one into practice. Otherwise, she will start another random selection, and do it again and again until either she has a successful search or she continuously fail I^* times.

Based on the experiment design given in Table 1, a single run with 20,000 generations was conducted for Market C. This time series data and that of Market C was then used to test the rational expectations hypothesis.

3 Experimental Results: Rational Expectations Hypothesis

To test the rational expectations hypothesis, we first constructed a *representative agent* by using the *market expectations*. The market expectations is defined as the *average* of all traders' expectations, i.e.,

$$E_t = \frac{\sum_{i=1}^{N} E_{i,t}}{N} \tag{5}$$

Given E_t, the prediction error of the representative agent at time t is

$$e_t = E_t - (P_t + D_t) \tag{6}$$

Then, in spirit of the conventional rational expectations hypothesis test, we assumed that rational expectations (market expectations) could not make *systematic errors*. By *systematic errors*, we mean that the time series $\{e_t\}$ is *patternless*. In other words, the time series $\{e_t\}$ is totally unpredictable, or $\{e_t\}$ is an independent series with mean 0. Therefore, to test whether rational expectations hypothesis holds in our artificial stock markets, it is required to test whether $\{e_t\}$ is independent.

To do so, we followed the procedure of Chen and Yeh (1999a). This procedure is composed of two steps, namely, *PSC filtering* and *BDS testing*. We first applied Rissanen's predictive stochastic complexity (**PSC**) to filter out the linear process. Table 2 gives us the $ARMA(p,q)$ process extracted from the error series $\{e_t\}$. As we can see from Table 2, most subseries are not linearly uncorrelated. The linear processes selected by the PSC criterion are all AR(1) in Market C except Series 9. In Market D, the linear patterns found are even more structured. A careful examination of the *coefficient of determination* (R^2), however,

Table 2: Rational Expectations Hypothesis: PSC Testing

	Market C		Market D	
T	(p,q)	R^2	(p,q)	R^2
1	(1,0)	0.04	(1,0)	0.06
2	(1,0)	0.05	(1,2)	0.22
3	(1,0)	0.00	(1,3)	0.20
4	(1,0)	0.23	(1,2)	0.15
5	(1,0)	0.07	(1,2)	0.14
6	(1,0)	0.07	(1,2)	0.11
7	(1,0)	0.12	(1,2)	0.13
8	(1,0)	0.23	(2,1)	0.10
9	(0,0)	0.00	(2,2)	0.18
10	(1,0)	0.02	(2,1)	0.11

The orders p and q are selected based on the Rissanen's PSC criterion. R^2 is the coefficient of determination derived by running the PSC-selected $ARMA(p,q)$ regression.

Table 3: Rational Expectations Hypothesis: BDS Testing

	Embedding Dim			
	Market C		Market D	
T	4	5	4	5
1	2.84	2.41	3.33	3.71
2	3.01	2.71	0.88	0.84
3	2.49	1.99	1.89	1.94
4	4.68	4.35	1.14	1.07
5	1.83	1.58	1.08	1.12
6	1.84	1.73	1.24	1.31
7	5.79	5.26	1.22	1.32
8	3.06	2.65	0.98	1.16
9	2.34	2.01	0.89	0.96
10	1.80	1.49	1.64	1.76

Since the BDS test is asymptotically normal, the critical value for rejection of the null hypothesis that *the series in question is iid* at 0.05 significance level is 1.96.

reveals that for many series in Market C, R^2 is very low (lower than 0.1), which means linear patterns, even if they exist, are very weak. As opposed to *Market C*, systemic errors in Market D are more severe. Except for the first series, the R^2 of Market D is always higher than 0.1. Therefore, at this stage, the REH is already rejected in Market D.

Once the linear signals are filtered out, any signals left in the residual series must be *nonlinear*. Therefore, one of the most frequently used statistic, the BDS test, is applied to the residuals from the PSC filter. There are two parameters required to conduct the BDS test. One is the distance parameter (ϵ standard deviations), and the other is the *embedding dimension* (DIM). The result of $\epsilon = 1$ and $DIM = 4, 5$ are given in Table 3.

In Market C, seven out of the ten periods *reject* the null hypothesis that *the filtered error series is nonlinear independent*, while, in Market D, only the first series rejects it. Therefore, while the representative agent of Market C did not make linear systematic errors, she did make nonlinear ones. Hence, strictly speaking, the representative agent of both markets are not satisfied with the rational expectations hypothesis. Alternatively speaking, rational expectations hypothesis is rejected in both agent-based artificial stock markets.

4 Conclusions

The essence of this line of research is the following. We consider the top-down approach (the representative agent), as the mainstream in conventional macroeconomics, can be quite misleading for the understanding of the so-called *emergent*, or *bottom up*, *properties*. In this study, rational expectations hypothesis is rejected in both markets. However, it is also important for us to understand when and how the REH holds. It will be left to future research.

References

[1] Chen, S.-H. and C.-H. Yeh (1999a), "On the Consequence of "Following the Herd": Evidence from the Artificial Stock Market," *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence*, Computer Science Research, Education, and Application Press.

[2] Chen, S.-H. and C.-H. Yeh (1999b), "Genetic Programming in Agent-Based Artificial Stock Markets: Simulations and Analysis," in *Proceeding of 1999 Congress on Evolutionary Computation*, IEEE Press.

[3] Chen, S.-H, C,-H. Yeh and C.-C. Liao (1999), "Testing for Granger Causality in the Stock Price-Volume Relation: A Perspective from the Agent-Based Model of Stock Markets," *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence*, Computer Science Research, Education, and Application Press.

[4] Redman, D. A., (1992) *A Reader's Guide to Rational Expectations: A Survey and Comprehensive Annotated Bibliography.* Edward Elgar.

Exploratory Model Building
Toward Agent-Based Economics

Takashi Iba [†‡], Masaharu Hirokane [†], Hiroyoshi Kawakami [†],
Yoshiyasu Takefuji [†], Heizo Takenaka [†*]

† Graduate School of Media and Governance, Keio University
‡ Research Fellow of the Japan Society for the Promotion of Science
* Fujita Institute of Future Management Research

"The social process is really on indivisible whole.
Out of its great stream the classifying hand of the investigator artificially extracts economic facts.
The designation of a fact as economic already involves an abstraction,
the first of the many forced upon us by the technical conditions of mentally copying reality.
A fact is never exclusively or purely economic."
——— *Joseph A. Schumpeter [1]*

1 Introduction

The economic model is always an abstraction from the real economy, and will not be perfectly completed as long as any kind of models. There is possibility to deny the model by new observations at any moment, because of the nature of scientific models that are just valid to the past experience[2][3]. Especially in the social science, the models are exposed to the fact that individuals and society, which are targets to be modeled, make changes very often. It is caused by the abstraction at high level in social science. At the viewpoint of systemics, the rules on the layer would be changed by the emergence occurred from the lower layer. Thus, the economic model should be well pliant to change as the target changes.

On the basis of the above, we are now developing a platform that provides the extensible economic model. It is called "Boxed Economy Model", which is an artificial economy model for the agent-based economic simulation to make predictions and explanations of the real economic movements in the entire economy [1].

In this paper, we outline the procedure of model building method for the agent-based economic simulation, especially for Boxed Economy Model. The argument is based on the agent-based model, but it can be also applied to other social simulations.

2 Exploratory Model Building

To make a social model, the detail of the target model is understood during the process of making and simulating the behaviors on the computer, because of the complexity of the target. This incremental approach by trial and error is called *constructive method* in the science of complex systems[6]. In many cases, most parts of social models are not always understood and proven. Thus the researchers should build *ad-hoc* models and then improve them better and better. In consequence, the hypotheses, which are contradicted each other, often coexist for long time in social science [7].

The researchers would choose some simulation models by exploring in all possible combinations of the alternative model components, before they make the simulation for the prediction and the analysis. As a beginning, we would like to suggest that we should divide simulations study into the model building process and the application process, while many studies deal with them together. In this paper, we focus on the model building process, and name it *Exploratory Model Building*.

Exploratory Model Building is divided into the four phases after the fundamental procedure of conventional econometrics: model building, model specification (specification of initial settings), parameter estimation, and model validation[2]. What is important here is that the iterations of the whole phases are necessary for the Exploratory Model Building. After the confirmation of the model to some degree through these phases, we can apply it to the prediction, the structural analysis, the experiment on the computer. In the following sections, we would like to consider these four phases.

[1] See the reference[4][5] and our www page (http://www.novel.mag.keio.ac.jp/boxed-economy/) about the detail and the engineering aspect, for example object-oriented modeling and framework design for reuse and extension in the agent-based economic simulation (*boxed-economy@novel.mag.keio.ac.jp*).

[2] To test the fitness of the model to the reality is called "validation" here by course of simulations study, while it is called "verification" in economics. In the usage in simulations study, "verification" means testing the correct coding from the model to the computer program.

3 Model building

The simulation model is divided into module components at some levels in Boxed Economy Model. First, the economy model is composed of *Agent Model Components* and *Relation Model Components*. Agent Model Components are the models of economic actors, for example, consumers, corporations, banks, and government. Relation Model Components describe the relations among the agents, for example, personal networks, corporation networks, goods markets, and labor markets.

Second, the Agent Model Components and Relation Model Components are composed of *Algorithm Model Components*, *Meta-Algorithm Model Components*, and *Adaptive Components*. Algorithm Model Components are modeled the concrete actions of the agents. Meta-Algorithm Model Components describe the procedure to call the concrete algorithm. Adaptive Components are for learning modules like neural networks and artificial intelligence.

4 Model specification

Model specification is the phase to set the initial values at known parameters by the surveyed data and experimental data. There is no realistic constraint in the simulation world. Due to this, we have to assign the realistic limitations that exist in the real economy.

5 Parameter estimation

In the standard method of conventional econometrics, the relations among the parameters are estimated by the regression analysis. The coefficients are assumed by the quantities of the observed values (Figure 1: Left). It can be called *inductive estimation*.

On the other hand, in the method of simulational econometrics, the parameters are estimated through the enormous number of simulation runs with different settings. We can observe the behavior of the model by setting the concrete initial value temporarily, although it is difficult to understand analytically the complex subjects. This way to understand has grown out of the science of chaos, complex systems, and computer simulations. The combination of parameters to generate similar behaviors to the real economy is selected after the simulation (Figure 1: Right). It can be called *deductive estimation* [3]. As well as the parameters, the models can be obtained by the deductive estimation. There are an enormous number of the combinations among the models and the parameters. The criterion of the validation is discussed in the next section.

[3]See the reference [8] [9] [10] about the example of deductive estimation. It is estimated the relation between the local and the global influences for the agents to choose the video format.

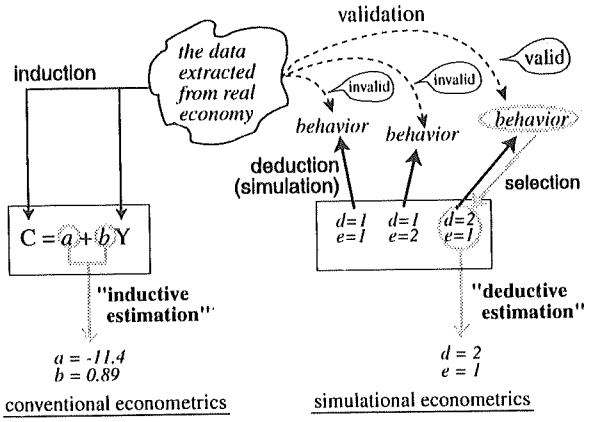


Figure 1: The parameter estimation method of the conventional and simulational econometrics

6 Model validation

Lots of methods about the model validation are studied so far, because there is no direct measure of the distance between the model and real world [11]. Three methods of validation are shown here:

- Comparison with observed data

In the context of economics, the predictability is often used as the validation by interpolation and extrapolation test of time-series trajectories. Because it is necessary to trace the past, especially time-series trajectories, in order to make the prediction of the real economy. The examples of time-series trajectories are gross domestic product (GDP), consumer price index, production index, producers' inventory index, wage index, savings rate, unemployment rate , Engel coefficient, and so on.

- Comparison with other economic theories

Another kind of validation method is compared with the other simpler models known in economics [11]. We can apply the macroeconomic analysis to our artificial economy as well as the real economy. For example, the coefficients of the consumption function and the production function can be estimated and compared with those of real economy in order to validate the model.

- Comparison with empirical tendencies

Little attention has been given to the validation by empirical tendencies of the real economy, for example fractal structures, chaotic behaviors, and self-organized criticality. They are studied in the science of complex systems and "econophysics" [12]. The power law distribution, for example, is observed at the relation between the size of corporation and its rate of growth[13]. And a part of the personal income dis-

tribution is described as the power distributions [14]. The relation between the size and the rank of citis is known as self-organized criticality. In economics, Gini coefficient, Lorenz curve, Phillips curve are also known as the economic tendencies .

7 Total Flow of Exploratory Model Building

We are now ready to look at the total flow of Exploratory Model Building process in order of time (Figure 2).

1. The researchers prepare for several kinds of model components.
2. The researchers assign the combinations of components and each descriptions about the parameter ranges and the increments.
3. The researchers prepare for the data set for model specification and model validation. And they assign the ranges and increments of the each parameter and the random seed.
4. Agent and Relation Model Components are built by combining a Meta-Algorithm Model Component and some Algorithm Model Components. Here is the start of the model composition loop **[Model building I]**.
5. A social model is built by composing the Agent and Relation Model Components **[Model building II]**.
6. The parameters are set at the corresponding observed data as the initial values. The model and these parameters are temporally fixed during the model composition loop **[Model specification]**.
7. The unknown parameters are temporally set at the values within the assigned ranges. The round-robin match of all possible combination is processed as the parameter estimation loop. The parameters are temporally fixed during the parameter estimation loop **[Parameter estimation]**.
8. The random seed for pseudo-random number series is set at the values within the assigned ranges. The random seed loop is started from this step.
9. The simulation with settings assigned above is executed.
10. The model validations are executed **[Model Validation]**.
11. Go back to step 8, if the random seed loop is not finished.
12. Go back to step 7, if the parameter estimation loop is not finished.
13. Go back to step 4, if the model composition loop is not finished.

The 5th to 13th steps can be executed automatically, even if the researcher prepares for the assignations at the 1st to 3rd steps. Through the Exploratory Model Building process, the models and the parameters that are valid to the assigned conditions are obtained.

8 Conclusion

In this paper, we proposed the Exploratory Model Building process for the agent-based economic simulation. The agent-based economic simulations have the possibility for a novel forecast technique, which combines the macroscopic and the microscopic dynamics of economy [9]. In other words, we can estimate the micro-level parameters from the macro-level parameters, and vice versa, because the artificial economy is actually built on the computer. In this paper, we discussed the method for building models before the application process.

Acknowledgment

This research was partly supported by a grant from the Ministry of Education, Science, Sports and Culture, Grant-in-Aid for Encouragement of Young Scientists, 1999. It was also supported by Fujita Institute of Future Management Research, Japan. Special thanks are due to the kind advices by reviewers.

References

[1] J.A. Shumpeter. *The Theory of Economic Development.* Harvard University Press, 1934. translated by Opie, R.

[2] D. Hume. *A Treatise on Human Nature.* 1739.

[3] K.R. Popper. *The Logic of Scientific Discovery.* Harper Torch Books, 1959.

[4] T. Iba, M. Hirokane, Y. Takabe, H. Takenaka, and Y. Takefuji. Boxed economy model: Fundamental concepts and perspectives. In *Proceedings of Computational Intelligence in Economics and Finance*, 2000.

[5] T. Iwamura, M. Hirokane, T. Iba, H. Takenaka, and Y. Takefuji. A framework design for agent-based economic simulation. In *8th workshop of Multi-Agent and Cooperative Computation*, 1999. in Japanese.

[6] K. Kaneko and Tsuda I. Constructive complexity and artificial reality: an introduction. 75, 1994.

[7] M. Blaug. *The Methodology of Economics.* Cambridge University Press, 1980.

[8] T. Iba, H. Takenaka, and Y. Takefuji. Virtual market and consumer behavior on multi-agent model. In *Papers of the second Annual Conference of The Japan Association for Evolutionary Economics*, pages 155–163, 1997. in Japanese.

[9] T. Iba, H. Mizoe, H. Takenaka, and Y. Takefuji. Agent-based social simulation as novel method for economics. In *Proceedings of World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics*, volume 3, pages 58 – 65, 1999.

[10] T. Iba. Agent-based simulation model for bubbles, crashes and winner-take-all market, 1999.

[11] S. Robinson. Simulation verification, validation and confidence: A tutorial. 16(2):63 – 69, 1997.

[12] *Proceedings of Econophysics Workshop*, 1997. 21-27 July 1997, Budapest, Hungary.

[13] Takayasu H. and Okuyama K. Country dependence on company size distributions and a numerical model based on competition and cooperation. 6:67, 1998.

[14] E.W. Montroll and Shlesinger M.F. Maximum entropy formalism, fractals, scaling phenomena, and 1/f noise: a tale of tails. 32(2):209 – 230.

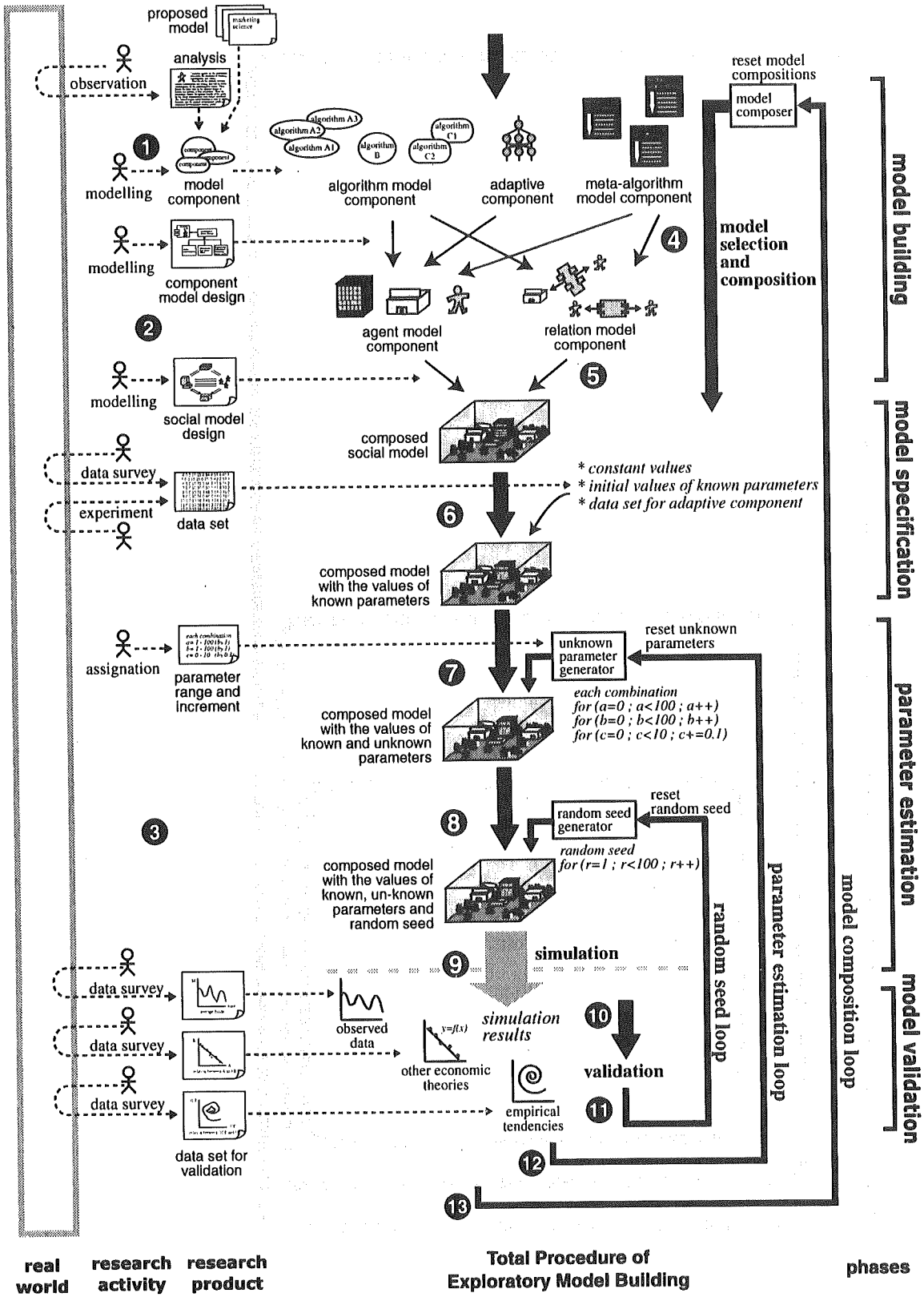


Figure 2: Exploratory Model Building Process

Consumer Search Protocol and Price Distribution

Yasuo Nonaka

Ph.D Student
Graduate School of Economics
Chuo University, Tokyo, Japan.

Abstract

N identical stores sell a homogeneous product with constant marginal cost. Consumers with heterogeneous search costs take Newspaper search protocol. Here, the possible equilibrium is a monopolistically competitive equilibrium.

1 Introduction

In the literature of consumer search model, firms taking oligopolistic pricing behavior have been considered as retailers. Therefore, constant marginal cost is appropriately assumed.

In an earlier work of Braverman(1980), unique perfectly competitive equilibrium exists with a shoppers' atom and if there exists the positive density of shoppers (but not the shoppers' atom), for well-defined demand function, an equilibrium price dispersion occurs only in two prices, where relatively higher price is equal to the monopoly price and lower price is the minimum average cost. However, his conclusion necessarily involves U-shaped average cost curve of firms and if each firm produces the product with constant marginal cost, these results suddenly disappear.

This paper examines an imperfect information market of a homogeneous product. In section 2, we formulate a model in which, consumers take Newspaper search protocol, that is, they can get the complete information of market prices for constant search cost, and firms produce the product with zero cost. In section 3, we prove that in this model, the only possible equilibrium is monopolistically competitive equilibrium with single price and no multiple-price equilibrium exists. A numerical example with linear demand function is examined in an appendix.

2 Model

- N identical firms produce a homogeneous product with constant marginal cost, and we assume that it is equal to zero.
- There are a large number of consumers. We normalize it to one.
- $D(p)$ denotes the identical demand function of each consumer. We assume that $D'(p) \leq 0$, $D(p) \geq 0$, $0 < D(0) < \infty$, and that $\int_0^\infty D(p)\mathrm{d}p < \infty$.
- Consumers can get the complete list of the market prices with constant search cost c, which is heterogeneous among consumers. Here, $\mu(c)$ denotes c.d.f. of search cost across the consumers.
- Consumers search and buy the product to maximize their expected surplus.
- Each firm knows $\mu(c)$ and $D(p)$ and then, charges the price of its product to maximize its expected profit for given other firms' price distribution and consumers search behavior.

Assumption 1 *The revenue function $R(p) \equiv pD(p)$ has a unique maximum point at $\hat{p} < \infty$, and is strictly increasing and continuously differentiable for all $p < \hat{p}$.*

Definition 1 *The consumers, whose search cost is zero are called "shoppers", and there exists an atom of shoppers if and only if* $0 < \mu(0) < 1$.

In Newspaper search protocol, if consumers searched, they know exactly which firm charges the lowest price in the market and visit it for probability one. On the other hand, if they did not search, they would choose a firm at random. Therefore, for given precise distribution, the expected search benefit (ESB) is

$$ESB \equiv \int_{p_{\min}}^{EX} D(p)\mathrm{d}p, \tag{1}$$

where EX is the expected price and $p_{\min}$ is the lowest price in the market [1]. Assume that there exists c^* which satisfies $ESB = c^*$. Then, consumers with search cost $c < c^*$ become informed and the portion of informed consumer is $\mu(c^*)$.

Each firm maximizes its expected profit for given other firms' price distribution and consumers' optimal search strategy. Therefore, firm j's expected profit $E\pi(p_j)$ is

$$E\pi(p_j^*) = \begin{cases} \dfrac{1+(N-1)\mu(c^*)}{N} R(p_j^*) & \text{if } p_j^* = p_{\min} \\ \dfrac{1-\mu(c^*)}{N} R(p_j^*) & \text{if } p_j^* > p_{\min} \end{cases}$$

3 Analysis

3.1 Single-Price Equilibrium

Suppose that all other firms charge same price of p^*, then firm j contemplates changing its price to $p^* \pm \varepsilon$, where ε is small positive number. At first, if firm j cuts its price, equation (1) becomes

$$ESB = \int_{p^*-\varepsilon}^{p^*-\varepsilon/N} D(p)\mathrm{d}p.$$

Assume that there exists c^* which satisfies $ESB = c^*$, and let $\mu_{-\varepsilon}$ be the portion of informed consumers by price cut, the expected profit of firm j by price cut is

$$E\pi(p^*-\varepsilon) = \frac{(N-1)\mu_{-\varepsilon}+1}{N} R(p^*-\varepsilon).$$

[1] Here consumers are assumed that they know the actual price distribution, but do not know which firm charges which price.

If firm j didn't change its price, the expected profit is $E\pi(p^*) = R(p^*)/N$. Then, the variation of expected profit is

$$\begin{aligned} & E\pi(p^*-\varepsilon) - E\pi(p^*) \\ &= \frac{N-1}{N}\mu_{-\varepsilon}R(p^*-\varepsilon) + \frac{R(p^*-\varepsilon)-R(p^*)}{N}. \end{aligned} \tag{2}$$

On the other hand, if firm j raises its price to $p^*+\varepsilon$, equation (1) is

$$ESB = \int_{p^*}^{p^*+\varepsilon/N} D(p)\mathrm{d}p$$

and expected profit of firm j is

$$E\pi(p^*+\varepsilon) = \frac{1-\mu_{+\varepsilon}}{N} R(p^*+\varepsilon),$$

where $\mu_{+\varepsilon}$ denotes corresponding portion of informed consumers by price rise. The variation of expected profit is

$$\begin{aligned} & E\pi(p^*+\varepsilon) - E\pi(p^*) \\ &= -\frac{\mu_{+\varepsilon}}{N}R(p^*+\varepsilon) + \frac{R(p^*+\varepsilon)-R(p^*)}{N}. \end{aligned} \tag{3}$$

Then, $\varepsilon \to 0$, equation (2) and (3) become

$$\lim_{\varepsilon\to 0} \pi(p^*-\varepsilon) - \pi(p^*) = \frac{N-1}{N}\mu(0)R(p^*) \tag{4}$$

and,

$$\lim_{\varepsilon\to 0} \pi(p^*+\varepsilon) - \pi(p^*) = -\frac{1}{N}\mu(0)R(p^*). \tag{5}$$

Proposition 1 *If there exists an atom of shoppers(i.e.* $0 < \mu(0) < 1$*), then, no single price equilibrium(SPE) exists.*

Assuming that $\mu(0) = 0$, the left-hand derivative of expected profit by price cut is

$$\begin{aligned} & \frac{\partial E\pi(p_j)}{\partial p_j^-} \\ &= \frac{N-1}{N}\mu'(c^*)\left[\frac{1}{N}D(EX) - D(p_j)\right]R(p_j) \\ &\quad + \frac{1+(N-1)\mu(c^*)}{N}R'(p_j) \end{aligned} \tag{6}$$

and the right-hand derivative by price rise is

$$\frac{\partial E\pi(p_j)}{\partial p_j^-} = -\frac{1}{N}\mu'(c^*)\frac{1}{N}D(EX)R(p_j) + \frac{1-\mu(c^*)}{N}R'(p_j) \quad (7)$$

where, $c^* = ESB$. Again, let $p_j \to p^* \pm 0$, equation (6) and (7) become

$$\lim_{p_j \to p^*-0}\frac{\partial E\pi}{\partial p_j^-} = -\left(\frac{N-1}{N}\right)^2\mu'(0)D(p^*)R(p^*) + \frac{1}{N}R'(p^*) \quad (8)$$

and,

$$\lim_{p_j \to p^*+0}\frac{\partial E\pi}{\partial p_j^+} = -\frac{1}{N^2}\mu'(0)D(p^*)R(p^*) + \frac{1}{N}R'(p^*). \quad (9)$$

Note that for $N \geq 3$, $E\pi(p_j)$ is not differentiable at $p_j = p^*$. Therefore, the necessarily and sufficient condition of SPE is

$$\frac{(N-1)^2}{N}y(p^*) \leq R'(p^*) \leq \frac{1}{N}y(p^*), \quad (10)$$

where, $y(p^*) = \mu'(0)D(p^*)R(p^*)$.

Lemma 1 *If $\mu'(0) > \mu(0) = 0$ and $N \geq 3$, there exists no SPE.*

For $N \geq 3$ SPE condition is satisfied only if $\mu'(0) = 0$. Then, $p^* = \hat{p}$.

Theorem 1 *For non-degenerated distribution function $\mu(c)$ and more than two firms, possible SPE is a monopolistically competitive equilibrium at $\hat{p}$, if and only if $\mu(0) = \mu'(0) = 0$.*

3.2 Multiple-Price Equilibrium

Proposition 2 *In Newspaper search model, if Assumption 1 is satisfied, the possible multiple-price equilibrium is two-price equilibrium(TPE).*

Under Newspaper search protocol, informed consumers know everything and uninformed consumers know nothing. The consequence is that every firms charging the price higher than $p_{\min}$ get identical share of uninformed consumers $(1-\mu)/N$. According to the assumption of revenue function, to satisfy equilibrium condition, every high-price firms must charge same price.

On the other hand, no low-price firms are motivated to be tie with other low-price firms. Therefore in TPE, the relatively low price must be minimum average cost.

Theorem 2 *Under the assumption of constant marginal cost of firms and Newspaper search protocol, multiple-price equilibrium never exists for arbitrary search cost distribution.*

3.3 Case of Duopoly

In case of duopoly (i.e. $N = 2$), $E\pi(p_j)$ can be differentiable at $p_j = p^*$. Then SPE condition becomes first-order condition. Suppose that $\Phi(\rho)$ denotes the derivative of firm j's profit function at $p_j = p_{-j} = \rho$. Then,

$$\Phi(\rho) = -\frac{\mu'(0)}{2}D(\rho)R(\rho) + \frac{1}{2}R'(\rho). \quad (11)$$

If $\Phi(p^*) = 0$, then, SPE condition is satisfied and $p_1 = p_2 = p^*$ is Nash equilibrium. Note also that if $\Phi(\rho) > 0$, it is optimal for firm j to charge the price higher than ρ, and if $\Phi(\rho) < 0$, firm j charges the price lower than ρ for given its rival's price setting $p_{-j} = \rho$. Therefore, SPE exists in $0 < p^* \leq \hat{p}$.

4 Concluding Remarks

- Under the assumption of constant marginal cost, for non-degenerated distribution function of consumers search cost, firms' equilibrium price setting is never optimal at zero.
- In Newspaper search model, as Assumption 1 is satisfied, the only possible multiple-price equilibrium is TPE but, in this model, no multiple-price equilibrium exists.
- For $N \geq 3$, only possible equilibrium is SPE at monopoly price $\hat{p}$.
- In the case of duopoly, SPE exists in $(0, \hat{p}]$ for atomless distribution function $\mu(c)$.

These results say that the assumption on firm's cost function crucially affects the conclusion of consumer search model. In this model, the existence of a shoppers' atom does not derive any equilibrium, but price dispersion. In addition, if there exist more than two firms and the positive density of shoppers, there exists no equilibrium and then, firms' price setting will change over time. This will be discussed in the next paper.

Appendix: Numerical Example

In Appendix, a numerical example of duopoly case with linear demand function $D(p) = a - bp$, $(a, b > 0)$ is examined. Here, the revenue function $R(p) = ap - bp^2$ has unique maximum point at $p = a/2b$.

In the case of duopoly, for arbitrary distribution function of consumer search cost $\mu(0)$, SPE exists in $0 < p^* \leq \hat{p}$. In addition, with linear demand function, unique SPE is always defined in $(0, \hat{p}]$.

To check the stability of SPE, we set a sequential pricing game. Firm 1 moves first and charge the price to maximize its profit for given firm 2 price, then firm 2 moves during firm 1 stay its deviating price, and continue this process until they are not motivated to deviate. In this case, the unique equilibrium is stable.

References

[1] Braverman, A. "Consumer search and alternative market quilibria". *Review of Economic Studies.* April Vol.47 1980. pp.485-502

[2] Burdett, K. and Judd, K. "Equilibrium price dispersion". *Econometrica.* July Vol.51 No.4 1983. pp.955-969

[3] Diamond, P. "A model of price adjustment". *Journal of Economic Theory.* June Vol.3 1971. pp.156-168

[4] Rob, Raphael. "Equilibrium Price Distribution", *Review of Economic Studies.* vol.52 1985. pp. 487-504.

[5] Rothchild, M. "Models of Market Organization with Imperfect Information: A Survey". *Journal of Political Economy.* Vol.81 1973. pp. 851-858.

[6] Salop, S. and Stiglitz, J. "Bargains and ripoffs: A model of monopolistically competitive price dispersion". *Review of Economic Studies.* Vol.44 1977. pp.493-510.

[7] Stahl, D.O. "Oligopolistic pricing and sequential consumer search". *American Economic Review,* September. Vol.79 1989. pp.700-712

[8] Stahl, D.O. "Oligopolistic pricing with heterogeneous consumer search". *International Journal of Industrial Organization.* Vol.14 1996. pp.243-268

[9] Stigler, G. J. "The Economics of Information". *Journal of Political Economy.* Vol.69 1961. pp.213-225.

[10] Varian, H. R. "A Model of Sales". *American Economic Review.* September, vol. 70, pp.651-659.

[11] Wilde, L. L. and Schwartz, A. "Equilibrium Comparison Shopping". *Review of Economic Studies.* July Vol.46 1979. pp. 543-553.

Effects of Competitive Meta-players in Distributed Social Dilemma

Tomohisa Yamashita, Keiji Suzuki, Azuma Ohuchi

Research Group of Complex Systems Engineering,
Graduate School of Engineering, Hokkaido University,
Sapporo, Hokkaido, 060-8628, Japan
tomohisa@complex.eng.hokudai.ac.jp,
suzuki@complex.eng.hokudai.ac.jp,
ohuchi@complex.eng.hokudai.ac.jp

ABSTRACT

In our research, we propose "Distributed Social Dilemma" as extended social dilemma model. In this model, we introduce meta-player based on the individual rationality to prevent the players from becoming free-riders. Our purpose is to estimate through agent-based simulation, how competitive meta-players effect to form collective cooperation of the players in distributed social dilemma. For the estimation, we introduce "the preference of the players to cooperation" as the measure of effect of the meta-players. As the result of the simulation, we show the degree of effect of the competitive meta-players to distributed social dilemma.

1 Introduction

An issue which a group of members are offered a choice between a common good and a selfish act is a social dilemma.[1, 2, 6] We are faced with numerous social dilemmas every day. Protecting the environment, conserving natural resources and containing the worlds population are prime examples of social dilemmas. These all involve goals that demand effort and cooperation.

In social dilemma game, the deciding factor is when the player based on the individual rationality asks, "Does my payoff of cooperating outweigh my payoff of defecting?" If not, then the player logically won't cooperate. Soon, every player defects. No common good is produced because no player is cooperative. All players of the group are less well off.

In previous study of social dilemma, there is no extended game that the players can select one game from some social dilemma games. General social dilemma game does not represent the situation that the players select the game partner or the playing game from many players or games. In our research, in order to represent such a situation, we propose the game that the players select one game from some social dilemma games at first and then the players decide cooperation or defection in selecting game. We define this game as "Distributed Social Dilemma".

In our research, in order to prevent the players from becoming free-riders, "the meta-player" as new player is introduced in distributed social dilemma. The meta-player imposes a penalty on defective the players and levies a tax on all players based on the individual rationality. If there is only one meta-player in this game, it may raise both the tax and the penalty selfishly. To avoid this situation, the meta-players are assigned into each social dilemma game to cause the competition among the meta-players. The competition among the meta-players may prevent the meta-players from behaving selfishly because the players will not select games under the meta-players with high tax and penalty.

Our purpose is to estimate how competitive meta-players effect to form collective cooperation of the players in distributed social dilemma. For the estimation, we introduce the preference of the players to cooperation as the measure of effect of the meta-players.[4] The preference of the players to cooperation represents the tendency to select cooperation. As the preference to cooperation is greater, the players select cooperation more often even if the players acquire lower payoff by cooperative strategy. By comparing the cases with the meta-players and without the meta-players, we confirm what competitive meta-players are worth the preference of the players. To compare and estimate, we use agent-based simulation that agents are regard as the players and the meta-players.[3, 5, 7]

2 Extention of Social Dilemma Game

In the original social dilemma, it is hard to prevent the players from becoming free-riders if the players are based on the individual rationality. Now, our interest is what kind of interactions will prevent the players from becoming free-riders and how to adjust such interactions autonomously to make the players cooperate.

2.1 Introduction of the Meta-player

In order to prevent the players from becoming free-riders, "the meta-player" as new player is introduced in Distributed Social Dilemma. The meta-player imposes a penalty on the defective players and levies a tax on all players. As a result, the payoff functions of the players are determined by not only the number of cooperative and defective players but also the tax and the penalty. The payoff function of the meta-player is the sum of the tax and the penalty. The purpose of the meta-player is to maximize its own payoff by adjusting the amount of the tax and the penalty.

2.2 Competition among the Meta-players

If there is only one meta-player in this game, it may raise the tax and the penalty selfishly. To avoid the monopolized situation, it is required some kinds of relation to restrain the selfish behavior. In order to realize this

restriction, the meta-players are assigned into each social dilemma game to cause the competition among the meta-players. Here, the strategy set of the players is also extended. The players can select not only cooperation or defection but also the game as the player playing.

The meta-players hence can not raise the tax and the penalty selfishly, because the meta-players obtain no payoff if no player selects games assigned selfish meta-players. As a result, the meta-players are in a dilemma of whether to raise or reduce the tax and the penalty. Therefore, the competition among the meta-players may prevent the meta-players from behaving selfishly even if the objective of the meta-players is maximizing it's own payoff.

3 Basic Structures of Distributed Social Dilemma with the Meta-players

Basic strictures of distributed social dilemma with the meta-players, i.e. the player set, the strategy set and the payoff function are as follows;

The Meta-Player Set $M = \{1, .., j, .., m\}$
Strategy Set of the Meta-Player j $\Omega_{Tax_j}, \Omega_{Pen_j}$

$$\Omega_{Tax_j} = \{tax_1, ..., tax_l\} \quad (2 \leq l) \tag{1}$$

$0 \leq tax_k \leq tax_{max}$
(tax_{max}: maximum tax)

$$\Omega_{Pen_j} = \{pen_1, ..., pen_l\} \quad (2 \leq l) \tag{2}$$

$0 \leq pen_k \leq pen_{max}$
(pen_{max}: maximum penalty)

Payoff Function of the Meta-player j $g_j(Tax_j, Pen_j)$

$$g_j(Tax_j, Pen_j) = (|S_i| + |\overline{S_i}|)Tax_j + |\overline{S_j}|Pen_j \tag{3}$$

$$\begin{aligned} Pen_j &= \{pen_k | pen_1, .., pen_k, .., pen_l\} \\ Tax_j &= \{tax_k | tax_1, .., tax_k, .., tax_l\} \end{aligned} \tag{4}$$

Player Set $N = \{1, .., i, .., n\}$
Strategy Set of The Player i Π_i

$$\Pi_i = \{S_j, \overline{S_j} | j = 1, ..., m\} \tag{5}$$

S_j:Cooperation in game j
$\overline{S_j}$:Defection in game j

Payoff Function of the player i
$|S_j|$: the number of the players selecting Cooperation in game j
$|\overline{S_j}|$: the number of the players selecting Defection in game j

	$\frac{B}{D} \leq m\frac{\lvert S_j\rvert}{\lvert\overline{S_j}\rvert+\lvert S_j\rvert}$	$\frac{B}{D} > m\frac{\lvert S_j\rvert}{\lvert\overline{S_j}\rvert+\lvert S_j\rvert}$
S_j	$\alpha - m\frac{\lvert S_j\rvert}{\lvert\overline{S_j}\rvert+\lvert S_j\rvert}D$ $-B - Tax_j$	$\alpha - mD$ $-Tax_j - Pen_j$
$\overline{S_j}$	$\alpha - m\frac{\lvert\overline{S_i}\rvert}{\lvert\overline{S_i}\rvert+\lvert S_i\rvert}D$ $-Tax_j - Pen_j$	$\alpha - mD$ $-Tax_j - Pen_j$

Table 1: the payoff function of the player i of game j

In our research, we consider the situation that the penalty and the tax do not change the dilemma structure of the payoff function of the players, that is, the defective strategy always dominates the cooperative strategy though the meta-players levy the tax and impose the penalty. Consequently, maximum penalty satisfies follows formula (6).

$$0 \leq Pen_{max} \leq B \tag{6}$$

In order to construct simple model, assuming that the payoff of the player is always more than the amount of penalty and tax. In the case that minimum payoff of the players is 0 and maximum penalty satisfies formula (6) and maximum tax satisfies formula (7).

$$0 \leq Tax_{max} \leq \alpha - mD - Pen_{max} \tag{7}$$

4 Game Analysis with Agent-based Simulation

4.1 Purpose

In distributed social dilemma with the meta-players, it is hard to analyze the behaviors of the players and the meta-players because the interactions among the players and the meta-players are complexity to the approach based on game theory. Thus, in order to confirm what the players and the meta-players behave under some conditions, we conduct agent-based simulation that agents are regard as the players and the meta-players.[3, 5, 7]

4.2 The Method of Decision Making

The players and the meta-players make decisions based on the expected payoffs for each strategy. The expected payoffs of the players are influenced by the preferences of the players to cooperation.

4.2.1 Expected Payoff In this game, the players and the meta-players make decisions on the basis of continuously updated values, "the expected payoffs", that relate to the reactive decisions in the iterated game. A player or a meta-player has received a payoff from the game. It has recorded as history, and it has updated to reflect the receipt of new payoff.

The expected payoff is defined as follows; Suppose that a player (or a meta-player) v selects the strategy s, the number that the player v selected strategy s is $T_{v,s}$, t-th payoff in a series of the payoff acquired by the strategy s, $X_{v,s} = (x^1_{v,s}, ..., x^{T_{v,s}}_{v,s})$, is $x^t_{v,s}$ and the discount factor is δ, the expected payoff of the player v for the strategy s is represented as,

$$expected\ payoff_{v,s} = \sum_{t=1}^{T_{v,s}} \delta^t x^t_{v,s} \tag{8}$$

4.2.2 The Preference of The Players The preference of the player i for the strategy s is represented as $p_{i,s}$, and influences $expected\ payoff_{i,s}$ as follows;

$$expected\ payoff_{i,s} = \sum_{t=1}^{T_{i,s}} \delta^t (x_{i,s} + p_{i,s})^t \tag{9}$$

4.2.3 Decision Making In this simulation, the rationality of the player and the meta-player are the selection of maximum expected payoff. The player i selects the strategy s^* that $expected\ payoff_{i,s^*}$ is largest in the expected payoffs of the player i.

$$s^* = \arg\max_{s \in \Pi_i} \sum_{t=1}^{T_{i,s}} \delta^t (x_{i,s} + p_{i,s})^t \qquad (10)$$

The meta-player j also selects the strategy s^* that $expected\ payoff_{j,s^*}$ is largest in the expected payoffs of the meta-player j.

$$s^* = \arg\max_{s \in \Omega} \sum_{t=1}^{T_{j,s}} \delta^t x_{j,s}^t \qquad (11)$$

5 Experiment

In this paper, we introduce the meta-players to social dilemma. We expect that the meta-players prevent the players from becoming free-riders and that the competition among the meta-players prevents them from behaving selfishly. To confirm this expectation, we observe how the numbers of cooperative and defective players change as the preference of the players to cooperation is greater in some cases, e.g., there are the meta-players or not and there is the competition among the meta-players or not. Based on the result of the observation, we estimate how competitive meta-players effect to form collective cooperation of the players and what competitive meta-players are worth the preference of the players.

5.1 The Preference based on Normal Distribution

In this research, the preference of the player i for the strategy s, $p_{i,w}$, is represented by formula (12).

$$p_{i,w} = \begin{cases} p(i) & if\ \ w \in S_j \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (12)$$

$p(i)$ is the preference function of the players represented in Fig.1. $p(i)$ is arrived at by using the formula (13) based on normal distribution. The formula (13) represent the relation between the preference of the players, p, and the number of the players, $n(p)$.[4]

$$n(p) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \exp[-\frac{1}{2}(\frac{p-\mu}{\sigma})^2] \qquad (13)$$

In Fig.1, vertical axis is the preference of the players to cooperation and horizontal axis is the player i.

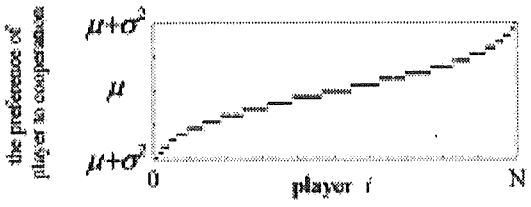


Figure 1: the preference function $p(i)$: the preference of the player i to cooperation based on normal distribution

5.2 The Parameters

In this paper, we conduct following four kinds of experiments (case 1 $\sim$ 4) to estimate the effect of the competitive meta-players. The difference conditions of four experiments are in following Table.2.

		social dilemma game		
	M	game 1	game 2	game 3
case 1	0	off	off	off
case 2	1	on	off	off
case 3	2	on	on	off
case 4	3	on	on	on

Table 2: the condition of the number of the meta-players assigned to the game : For example, in case 2, there is one meta-player assigned to game 1 and there is no meta-player in game 2 and 3, that is, $Tax_1 = Tax_2 = 0$ and $Pen_1 = Pen_2 = 0$.

Important parameters in the simulation are set as follows;

number of the players	$\|N\| = 100$
number of iterations	$T = 25000$
coefficient of the payoff function	$B = 160$
coefficient of the payoff function	$D = 2$
coefficient of the payoff function	$\alpha = 400$
maximum penalty	$pen_{max} = 160$
maximum tax	$tax_{max} = 40$
memory weight	$\delta = 0.9$
coefficient of normal distribution	$A = 4.54$
coefficient of normal distribution	$\sigma = 10^{\frac{1}{2}}$
mutation rate	$Rate_{mutation} = 0.01$

strategy set of tax
$\Omega_{Tax_j} = \{0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40\}$
strategy set of penalty
$\Omega_{Pen_j} = \{0, 16, 32, 48, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160\}$

5.3 Experiment Result

As the result of the experiments in the case 1 $\sim$ 4, Fig.2 $\sim$ 5 show the transitions of the average numbers of cooperative and defective players along the coefficient μ of the preference function $p(i)$.

6 Discussion

By comparing the cases with the meta-players and without the meta-players, we confirm what competitive meta-players are worth the preference of the players. To estimate how competitive meta-players effect to form collective cooperation of the players, we define "the effect of meta-players" as the following formula (14).

Suppose that $|S_{j,t}|^0$ is the number of players at t-game in case 1 that select the cooperative strategy $S_{j,t}$, $|S_{j,t}|$ is that in case 2 $\sim$ 4 that select the cooperative strategy $S_{j,t}$, and the payoff of meta-player j at t-game is $x_{j,t}$. The effect of meta-players is represented as,

$$\frac{\sum_{t=0}^{T} \{\sum_{j \in M}^{|M|} |S_{k,t}| - \sum_{j \in M}^{|M|} |S_{j,t}^0|\}}{\sum_{t=0}^{T} \sum_{j \in M}^{|M|} x_{j,t}} \qquad (14)$$

The results of the calculation for the case 2 $\sim$ 4 are represented in Fig.6. In the case that there are either the games with meta-players and the games without

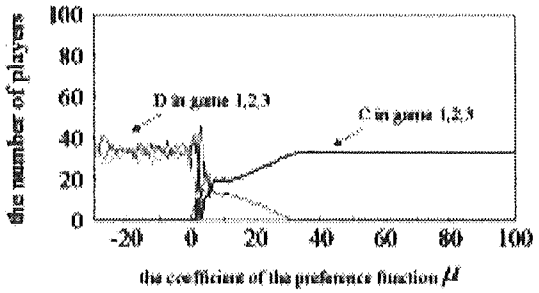


Figure 2: the number of the strategies along the coefficient μ of the preference function $p(i)$ in the case 1

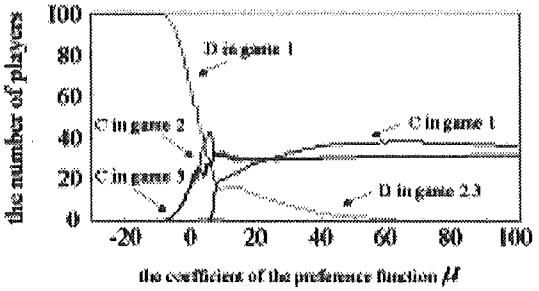


Figure 3: the number of the strategies along the coefficient μ of the preference function $p(i)$ in the case 2

meta-players, as the preference of the players is greater, the players select the cooperative strategy at the game without the meta-players more voluntarily. Therefore, though there are some games without the meta-players, there is the competition as ever. That is the other kind of competition, that is, the meta-players compete with the games without the meta-players in order levy the tax and impose the penalty on more players.

In the case 2, there is the competition with the games without meta-players. In the case 4, there is the competition with the meta-players. In the case 3, there are both competitions. Comparing the case 2 and the case 3 and 4, the effects of the meta-player of the case 3 and 4 are higher than that in of the case 2. Consequently, as the factor making the meta-players levy the tax and impose the penalty accurately, the competition with the game without the meta-player is more effective than the competition with the meta-players.

7 Conclusion

In our research, we propose the game "Distributed Social Dilemma" that the players select one game from some social dilemma games. In order to prevent the players from becoming free-riders, "the meta-player" is introduced in distributed social dilemma. To estimate how competitive meta-players effect to form collective cooperation of the players, we introduce the preference of the players to cooperation as the measure of effect of the meta-players. By comparing some cases through agent-based simulation, we confirm the degree of effect of the competitive meta-players.

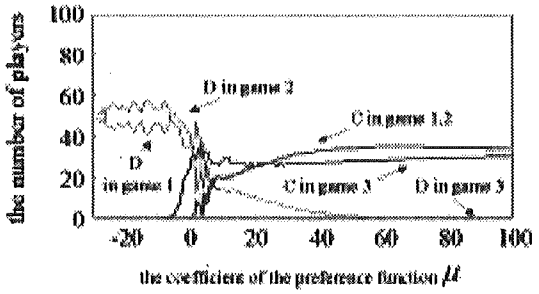


Figure 4: the number of the strategies along the coefficient μ of the preference function $p(i)$ in the case 3

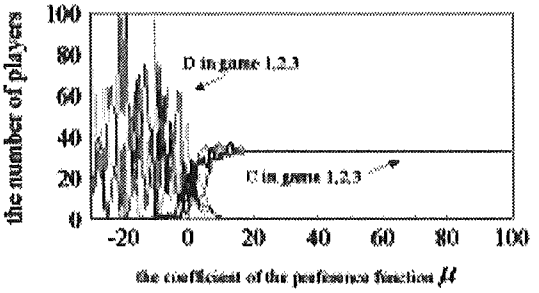


Figure 5: the number of the strategies along the coefficient μ of the preference function $p(i)$ in the case 4

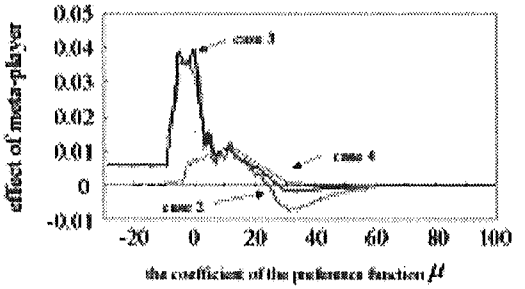


Figure 6: the effects of the meta-players of case $2 \sim 4$

REFERENCES

[1] G.Hardin : The tragedy of the commons, Science 162,1243-1248 (1969)

[2] H.Hamburger : N-person prisoner's dilemma, Journal of Mathematical Sociology,vol.3 (1973)

[3] J.M.Epstein and R.Axtell :Growing Artificial Societies, The MIT Press,(1996)

[4] K.Uno and A.Namatame : Agent based simulation for political issue, Proceedings of IEEE SMC'99,II-581-586,(1999)

[5] R.Axelrod : The Complexity of Cooperation, Princeton Unive.Press (1997)

[6] R.M.Dawes : Social Dilemmas, Annual Review of Psychology,vol.31 (1981)

[7] R.Hegselmann : Social Dilemma in Lineland and Flatland, Frontiers in Social Dilemmas Research, Springer,337-361,(1996)

Forming Coalition of Multi-Agents for Better Strategies in Iterated Prisoner's Dilemma Game

Yeon-Gyu Seo and Sung-Bae Cho
Computer Science Department, Yonsei University
134 Shinchon-dong, Sudaemoon-ku, Seoul 120-749, KOREA

Abstract- The iterated prisoner's dilemma (IPD) game has been used to study on the evolution of cooperation in social, economic and biological systems. The field of aritificial intellignece has exploited the IPD game to investigate evolutionary strategy learning as a kind of machine learning. Because no one optiaml strategy can adapt to dynamic environment, more sophisticated way like utilizing multiple strategies is required to improve the adaptivity. This paper presents our approach to improve the generalization ability of multi-agent system by investigating the impact of the localized interaction and using coalition of strategies in dynamic environment. The experiments on localization of interaction show that high level of cooperative coalition can emerge regardless of the number of players. Furthermore, we can see that strategy coalition turns out to produce better strategies and improve the performance by adjusting the confidences of agents in coalition.

1 Introduction

One of the most well known games for modeling complex social, economical and biological systems is the iterated prisoner's dilemma (IPD) game. In the 2-player IPD game, each player can choose one of the two choices, defection (D) or cooperation (C). Table 1 shows the payoff matrix of the 2-player IPD game. The game is non-zerosum and non-cooperative: One player's gain may not be the same as the other player's loss, and there is no communications between the two players. The game is repeated infinitely. None of the players knows when the game is supposed to end.

According to the conditions given in Table 1, the optimal strategy would be definitely defection (D) if the game is played for one round only. However, if the game is played for many rounds, mutual defection (D) may not be the optimal strategy. Mutual cooperation (C) certainly performs better than mutual defection. There has been a great deal of work in game theories investigating the optimal strategy for the 2IPD game under various conditions. NIPD game, More realistic, has been studied [1, 3]. Table 2 shows the payoff function for the NIPD game, which was defined by Yao and Darwen. All conditions are maintained in NIPD game [3]. In this paper, we invetigate the impact of localization of interaction in NIPD game [3]. and exploit the coalition of strategies to improve the generalization ability.

In Section 2, we explain the evolutionary approach to represent the game-strategy to play IPD game and discuss the impact of localization that is often phenomena in economic and social systems in Section 3. In Section 4, the strategy coalition, including multiple better strategies, and evolving coalition to improve generalization ability in 2IPD game, were explained and then we show the results in Seciton 5. Finally, we summarize the experiments.

Table 1: Payoff matrix of the 2IPD game. T > R > P > S, 2R > T + P

	Cooperate	Defect
Cooperate	R	S
Defect	T	P

Table 2: The payoff matrix of the NIPD game [4].

No. of Cooperators	0	1	$\cdots$	X	$\cdots$	$N-1$
Cooperate	C_0	C_1	$\cdots$	C_x	$\cdots$	C_{N-1}
Defect	D_0	D_1	$\cdots$	D_x	$\cdots$	D_{N-1}

2 Evolutionary Approach to IPD Game

The most important issue here is the representation of strategies. We will use two different representations [1, 3], both of which are look-up tables that given an action for every possible contingency.

In these scheme, each individual is regraded as a set of rules stored in a lookup table that covers every possible history. To represent the strategy, it needs $2^h + h$ bits (h : length of history table). Here, h bits is to assume the first moves of his own and others', because there is no information in the beginning of the game.

3 Localization

Localization restricts the opponents of a player to be selected only from a small neighborhood (i.e., among his neighbors). This restriction will understandably influence how the player is to interact with others and what payoff he is going to get. Such restriction (localization) also influences evolutionary learning of game-playing strategies because fit strategies (fit in the context of localized interaction) will reproduce and propagate in the population even

though they are only fit locally. Very fit strategies without localization may not be fit anymore with localization. We would guess that strategies learned with localization would be less robust than those learned without it since players have less exposure to a wide range of different opponents. However, the NIPD game with localization is a more realistic model of many real world systems. It is interesting to find out the difference between NIPD games with and without localization.

There are two models which can be used in the study of localization in the NIPD game [4]. One dimensional model is used in this paper. We will examine how the neighborhood size and the history length affect the emergence of cooperative coalition [4] and the generalization ability of evolved strategies.

For selecting game players in NIPD game, if one player for a game is determined, the other $N-1$ players are selected at random among his neighbors. It is worth pointing out that such random selection leads to sparse evaluation of a player since he does not see all different groups of opponents. What he learns will be biased towards what he has seen. This is very similar to the situations in our social and biological environments.

4 Coalition of Strategies in IPD Game

It is very hard to find one fixed strategy that can play game adaptively against changing opponents in the IPD game. In this paper, we attempt to obtain the multiple better strategies during the game-playing with the idea of coalition, and then combine these agents properly to improve the generalization ability of coalition.

4.1 Forming Coalition

The coalition of strategies can be formed with as following conditions. The two better strategies belongs to the same coalition,

1. when the game between them brings bad payoff, or
2. when combining them results in good payoff.
3. The two strategies are different.

In the modified IPD game considering the coalition, coalition can be formed after the game between agents as well as between agent and coalition. An agent can join a coalition when the fitness of agent is above the threshold of coalition. Once an agent joins a coalition all the agents including the new one in the coalition play round-robin 2IPD game, and remove the weakest one in the case of exceeding capacity of coalition. After that, confidence is given to each agent in proportional to his ranking. This confidence has an important role of determining the rate of participation in the move of coalition.

Figure 1 shows the procedure of combining the confidence of agents. In this figure O's means opponents' moves (0's or 1's) and His means coalition's moves in previous steps. Confidence that determines the proportion of participating to the move of coalition is given to each agent. The next move of coalition is determined by sum of these confidences of agents belongs to it.

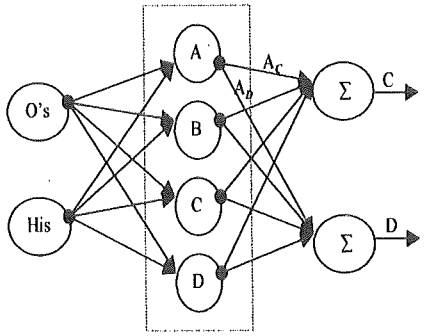


Figure 1: Combining confidences of multiple strategies in a coalition.

Coalitions below the average fitness of agents in a population are removed during evolution. New coalition may be generated by crossover of existing coalitions in the evolutionary process. Crossover of coalitions is done by exchanging agents. What is important is that the coalition extracts better performing agents from the population. Once an agent is moved into a coalition, it is removed from the population. Hence, only weak agents are maintained in the population, along with a number of coalitions containing strong agents. New agents in the population are generated by mixing agents from coalitions since they are stronger.

4.2 Evolution of coalitions

Each agent has a confidence to determine the proportion to the move of coalition. The coalition of fixed confidences would disappear in the course of evolution, because the coalition would have the difficulty to adapt to the changing opponents. To solve this problem, we adjust the confidences of agents to be able to perform well against changing opponents.

To improve the adaptivity of coalition, we uses strategy coalition that has history table for his and opponent's moves and use the information to change confidences of strategies according to the change of opponent's action. This has advantage of finding optimal action in the given moves kept in the history. The confidences in a coalition are randomly initialized as real numbers from zero to two. The condfidence table contains all the confidences of agents for possible combination of history. The training set for adjusting confidences consists of several well known strategies such as TFT, Trigger, CDCD, etc[2].

In the evolution, the confidences leading to good result are selected among population of coalitions. Crossover exchanges the confidences between coalitions selected from

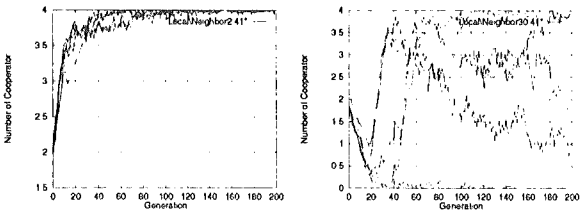
the population, and mutation changes a specified confidence into a random real number between zero and two.

5 Experimental Results

5.1 Localization

Localization limits a player to interact only with his neighbors. This section presents experimental results of the NIPD games with different neighborhood sizes, history lengths and group sizes (i.e., N). The one dimensional model will be used here. The main purpose is to investigate how the neighborhood size influences the evolution of cooperative strategies. We will use the same payoff function as that used by Yao and Darwen, i.e., $C_x = 2x$ and $D_x = 2x + 1$, where $0 \leq x \leq N - 1$ and $N = 4, 8, 16$.

Figure 2 shows the experimental results of the 4IPD games with different neighborhood sizes. It is obvious that the neighborhood size played a critical role in the evolution of cooperation. When the neighborhood size was small (i.e., two). As shown in the Figure 2(b), Some runs did converge to mutual cooperation, but others did not. The number of cooperators appeared to fluctuate greatly in the evolution. In some runs, the number of cooperators climbed to a fairly high level (around 3.5) after the initial dip, and then gradually decreased again. It seemed to be very difficult to maintain a stable cooperative coalition no matter what the coalition size was.



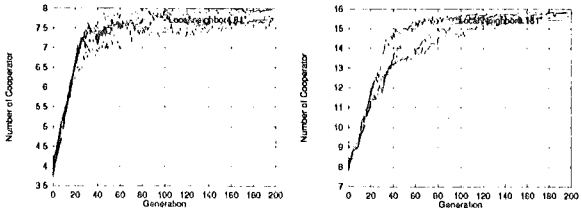
(a) neighborhood size 2. (b) neighborhood size 30.

Figure 2: The 4IPD games with different neighborhood sizes (2 and 30), and history length of 1.

Generally, when the number of players is large, it is difficult to evolve to cooperation [4]. However, It is some interesting that the group size (i.e., N) did not seem to have much impact on the evolution of cooperation anymore in the case of local interaction, as indicated by Figure 3. Instead, the neighborhood size had a critical impact on the evolution.

5.2 Evolving Coalition of Strategies

To obtain strategy coalition we use the population size of 50, crossover rate of 0.6 and mutation rate of 0.001. One-point crossover with elite preserving strategy is also adopted. History size is 2 and maximum number of agents



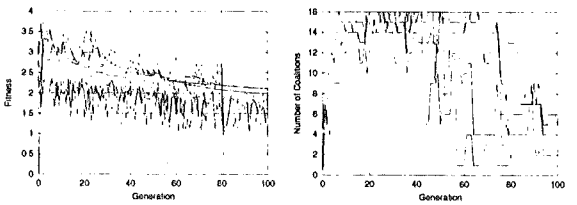
(a) 8 players and eighborhood size 4. (b) 16 players and neighborhood size 8.

Figure 3: The NIPD games with small neighborhood sizes ($N = 8, 16$) and history length of 1.

within a coalition is one third of population. The number of coalitions in the population is restricted under 10.

As shown in the Figure 4, average fitness of coalitions is higher than that of agents in the population. However, this difference decreases as time goes by in the beginning of the evolution. It means that agents in the population do not know how to play against the opponents in the beginning of the game, because they are initialized at random. However, as time goes by, many agents learn how to deal with opponent's move.

The population had more or less convereged after 100 generations. Coalitions may disappear from the population when their fitness is very close to individual agents' fitness. In the above experiments, the coalition's next move is determined by agents' weighted voting at a fixed rate. This means that a coalition's strategy against an opponent can be representd by one agent. Hence, we can sometimes see the phenomenon that coalitions disappear in the population, as shown in Figure 4(b). As pointed out earlier, using a fixed strategy by a coalition produces poor generalization. The next experiment investigates the evolution of agent confidences which enable coalitions to use different strategies for different opponents.



(a) Average Fitness of coalitions and population. (b) Variation of the number of coalitions in the population.

Figure 4: Number of Coalitions and average fitness during the evolution.

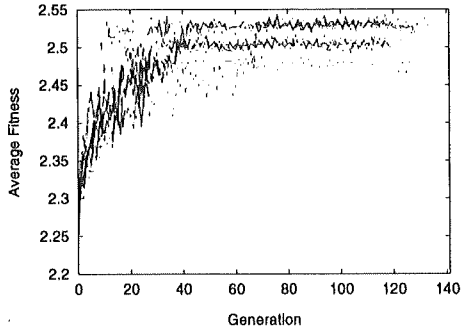


Figure 5: Average fitness of strategy coalition.

Table 4: Performance against opponent strategies

Strategy	Wins	Ties	Avg.	Opp. Avg.
Before	8.6±4.9	6±2.19	1.84±0.28	1.75±0.6
After	18.6±0.5	4±0.63	2.16±0.07	0.92±0.3
TFT	8	0	1.70	1.77
Trigger	30	0	2.13	0.80
TF2T	7	0	1.54	2.40
AllD	30	0	2.17	0.7
CDCD	0	0	1.05	2.75
CCD	0	0	0.91	3.34
C10Dall	27	0	1.97	1.12

5.3 Gating Strategies

In this experiment, we used the same experimental setup as before, except for μ-λ selection. The training set used consists of seven well-known strategies (such as TFT, Trigger, TF2T, AllD, CDCD, CCD and C10Dall) and a random strategy. To evaluate the generalization ability of evolved coalitions, we selected 30 agents, as shown by Table 3, that are top ranked in a random population of 300, and then play them against evolved coalitions in round-robin 2IPD games for ten times.

Figures 5 shows the results of evolving confidences. In the figures, the fitness of coalition increases gradually. In the test of generalization ability of evolved coalition, obtained coalition through evolving confidences of strategies performs better than most of the training set, except for AllD, in the 2IPD game with the top-ranked 30 opponents in the initial population as shown in Table 4.

Table 3: 30 opponent strategies that are extracted from the initial population and top ranked in the population.

History	Lookup Table	History	Lookup Table
1000	0111101111101110	1111	1101111001110011
0100	1101111111110011	1100	0101100111010001
1000	1111111000000111	0111	0011111101010010
0111	0111111110110111	1111	0111011101010111
1100	0111001101010011	1111	0101101100111100
0001	1011111001011100	0111	1001110101010110
0001	0011010111111110	1101	0001000110011010
1100	0001110110110010	0010	1101110011111101
1000	1101110011011101	1001	1001100101011000
0010	1101101111000110	1000	1101000111101010
1111	1111101100011011	0110	1001011001110110
0110	0111010011011111	1011	0101111101110010
1010	1011010111111100	0001	0011110111011000
1101	1101000101011110	1110	0111010101110001
1100	1101011110111011	1011	0101011111110100

6 Concluding Remarks

We experiment two issues :impact of local interaction in IPD game and improving generalization ability. Experimental results of localization in NIPD game indicated that high level of cooperative coalition can be formed regardless of the number of players, where it is difficult for agents to evolve cooperation [4], when neighborhood size is small.

In the experiment of improving generalization ability, we have obtained the strategy coalition using co-evolutionary learning, and we can see that sometimes coalitions disappear in the population. It is because the strategy of coalition can be represented as one strategy due to the fixed confidences of strategies in proportional to his ranking in coalition. In order to solve this problem, we evolve the confidences to adapt well-known training set using genetic algorithm. In the test of generalization ability with the evolved coalition, we can see that they play better than training strategies, except for AllD, in the game with top-ranked 30 strategies of the initial population.

References

[1] R. Axelrod, "The evolution of strategies in the iterated prisoner's dilemma," in *Genetic Algorithms and Simulated Annealing* (L. Davis, ed.), ch. 3, pp. 32–41, 1987.

[2] R. Axelrod, *The evolution of cooperation*. New York: Basic Books, 1984.

[3] P. J. Darwen and X. Yao, "Speciation as automatic categorical modularization," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 1, no. 2, pp. 101–108, 1997.

[4] Y. G Seo and S. B. Cho, "Emergence of cooperative coalition in NIPD game with localization of interaction and learning," *Proc of Congress on Evolutionary Computation*, pp. 877–884, 1999.

Role of Individual Evaluation in Multiagent Organization

○ Keiki Takadama
ATR Human Information
Processing Research Labs.
2-2 Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun
Kyoto 619-0288 Japan
keiki@hip.atr.co.jp
Tel: +81-774-95-1007
Fax: +81-774-95-1008

Takao Terano
Univ. of Tsukuba
3-29-1, Otsuka, Bunkyo-ku
Tokyo 112-0012 Japan
terano@gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp
Tel: +81-3-3942-6855
Fax: +81-3-3942-6829

Katsunori Shimohara
ATR Human Information
Processing Research Labs.
2-2 Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun
Kyoto 619-0288 Japan
katsu@hip.atr.co.jp
Tel: +81-774-95-1070
Fax: +81-774-95-1008

Abstract

This paper focuses on the role of an individual evaluation in a multiagent organization and investigates its characteristics in comparison with those of an organizational evaluation. A careful investigation of the characteristics has revealed the following implications: (1) solutions in an individual evaluation are better than those in an organizational evaluation, but the timing for finding good solutions is unpredictable in an individual evaluation; and (2) an individual evaluation has the potential of breaking organizational knowledge, which is required to get out of local minimum solutions.

Keywords: agent-based approach, multiple learning agents, individual/organizational evaluation, learning classifier system

1 Introduction

How to improve the performance of an organization? This is one of the important questions to clarify in organization science, and many researchers have addressed this issue in the context of *organizational learning* [Argyris 78, Cohen 95], *knowledge management* [Nonaka 95], and so on. These research efforts have particularly focused on phenomena at an organizational level and analyzed results from the same level. However, we should not ignore the power of members in an organization at an individual level because an organizational level effect originates from individual members. From this viewpoint, this paper shifts our focus among several types of individual members in an organization and investigates their characteristics with an *agent-based approach* [Axelrod 97]. We employ this approach because detailed analyses of results can be done by comparing them with those of other conventional approaches (*e.g.*, case studies) in social science.

This paper is organized as follows. Section 2 starts by categorizing the types of individual members. Sections 3 and 4 respectively describe a computational model and an example for analyzing the characteristics of each type. Section 5 presents our simulations, and conclusions are finally made in Section 6.

2 Categories of Individual Members

Since we can consider various types of individual members in an organization, we start by categorizing the following four types that are extended from Moriarty's categories [Moriarty 98]. In our classification, the four types are categorized according to goals at individual/organizational levels and according to evaluations at individual/organizational levels.

- **Category 1:** Members pursue their individual level goals and their behaviors are evaluated according to their individual results.
- **Category 2:** Members pursue their individual level goals but their behaviors are evaluated according to their organizational results.
- **Category 3:** Members pursue their organizational level goals but their behaviors are evaluated according to their individual results.
- **Category 4:** Members pursue their organizational level goals and their behaviors are evaluated according to their organizational results.

To understand these categorizations in more detail, let's consider an ordinary company. In this example, *part-time*, *newcomer*, *manager*, and *president* correspond to categories 1, 2, 3, and 4 respectively because of the following reasons: (1) part-time workers work to achieve their own goals (*e.g.*, to earn money) and they are evaluated by each result (*e.g.*, a high salary is paid to workers who contribute to sales); (2) newcomers work to achieve their own goals (*e.g.*, to accomplish assigned tasks) but they are evaluated by organizational results (*e.g.*, salaries are not so different among newcomers); (3) managers work to achieve organizational goals (*e.g.*, to improve profit in an organization) but they are evaluated by each result (*e.g.*, an evaluation is made in a unit of projects proposed by each

* Paper submitted to The 2000 JAFEE (Japan Association for Evolutionary Economics) Annual Meeting (JAFEE'2000)

manager); (4) president and officers work to achieve organizational goals (*e.g.*, to enlarge a company) and they are evaluated by organizational results (*e.g.*, they must resign their posts when sales fall off).

3 Organizational-Learning Oriented Classifier System

An Organizational-learning oriented Classifier System (OCS) [Takadama 99] is a computational model for analyzing characteristics of phenomena in multiagent environments. Specifically, OCS is extended to introduce the concept of organizational learning (OL) into Learning Classifier Systems (LCSs) [Goldberg 89].*1

3.1 Agents

In OCS, agents are implemented by their own LCSs. In order to solve problems that cannot be solved at an individual level, agents divide given problems by acquiring their own appropriate *functions* through interaction among agents. According to this method of problem solving, the *aim* of the agents is defined as finding appropriate *functions*. Since these functions are acquired through the change in agents' *if-then* rules and the change in the strength*2 of rules, a *function* is defined as a rule set in OCS.

3.2 Architecture

As shown in Fig. 1, OCS is composed of many agents, and each agent has the same architecture that includes the following components.

< Problem Solver >

- **Detector** and **Effector** translate a part of an environment state into the internal state of an agent and derive actions based on the internal state, respectively [Russell 95].

< Memory >

- **Organizational knowledge memory** stores a set comprising each agent's rule set as organizational knowledge. In OCS, this knowledge is shared by all agents and represents knowledge on the division of work.
- **Individual knowledge memory** stores a rule set (a set of CFs (classifiers)) as individual knowledge. In OCS, agents independently store different CFs that are composed of *if-then* rules with a strength factor.
- **Working memory** stores the recognition results of sub-environmental states and also stores the internal state of an action of fired rules.

*1 A detailed introduction of the concepts of OL is discussed in [Takadama 99].

*2 Strength in this paper is defined as the worth or weight of rules.

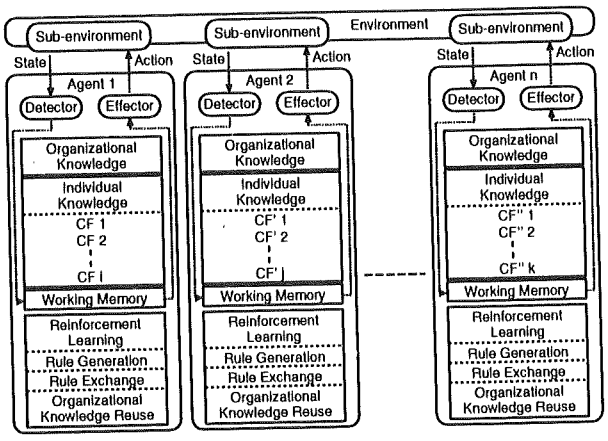


Figure 1: **OCS architecture**

< Mechanisms >

- **Reinforcement learning, rule generation, rule exchange, and organizational knowledge reuse mechanisms** are reinterpreted from the four kinds of learning in OL.*1

4 Pentomino Tiling Problem

4.1 Problem description

A pentomino is a figure that combines five squares as shown in Fig. 2 (a), and its tiling problem is to appropriately place the pentominos while minimizing the area that encloses all pentominos without any overlap. We select this domain because (1) this problem can be considered as a multiagent problem when one pentomino is assumed to be one agent, and (2) this problem provides detailed analyses of properties in multiagent environments that contribute to understanding social phenomena in alternative ways.

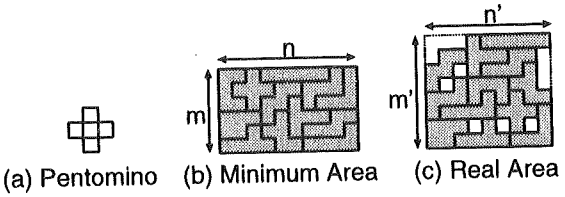


Figure 2: **Pentominos**

4.2 Pentomino design and problem setting

In the task, each pentomino is designed as an agent in OCS and has 17 primitive actions including stay, move, and rotate. In a concrete problem setting, all pentominos are initially placed at random without considering any overlap, and thus most pentominos actually have some overlap with others. After this initial placement, the pentominos start to perform some

primitive actions to reduce the overlap while pursuing their goals (*e.g.*, minimization of the area that encloses all pentominos). When the size of this area converges without any overlap, all pentominos evaluate their own sequences of actions. Then, the pentominos restart from the initial placement to acquire more appropriate sequences of actions that bring them closer to their goals. In this cycle, one *step* is counted when all pentominos perform one primitive action, and one *iteration* is counted when the size of the area converges without overlap.

5 Simulation

5.1 Experimental Design

A simulation investigates the characteristics of the following four categories in individual members as described in Section 2. All four categories are tested with 12 pentomino tiling problems as shown in Fig. 2. Furthermore, all simulations start by reusing some organizational knowledge in order to investigate the utilization and breaking ability of organizational knowledge in the individual evaluation.

- Category 1: Part-time
- Category 2: Newcomer
- Category 3: Manager
- Category 4: President

5.2 Experimental Setup

The following components are designed in the pentomino tiling problem.

< Goal >

An *individual goal* is set as the maximization of the space adjoining other pentominos, and an *organizational goal* is set as the minimization of the area enclosing all pentominos without overlap. In every step, pentominos perform their actions to pursue their assigned goals. Note that the two types of goals have the following opposite properties: (1) pentominos with individual goals tend to move to the center of the area enclosing all pentominos, because the outside pentominos cannot fill up other pentominos (they can only adjoin inside pentominos); (2) pentominos with organizational goals tend to spread while minimizing the area enclosing all pentominos because they are not concerned about local (individual) situations but about total (organizational) situations.

< Evaluation >

An *individual result* is evaluated according to the total number of adjoining spaces (squares), and an *organizational result* is evaluated according to the size of the area enclosing all pentominos. These evaluations are made in every iteration, which means the time when the area size converges without any overlap. Pentominos perform their actions according to their own goals until the area size converges, and then their results are evaluated according to their own (individual/organizational) way of evaluation.

5.3 Experimental Results

Figs. 3 (a)~(d) show the change in solutions (= (Minimum area) − (Real area)) of each category, which are calculated from 1 to 50 iterations at a certain random seed.[*3] In these figures, the vertical and horizontal axes indicate the solution and the iterations, respectively. From these figures, we find that good solutions in an individual evaluation (categories 1 and 3) are better than those in an organizational evaluation (categories 2 and 4), but the timing for finding good solutions is unpredictable in an individual evaluation.

5.4 Discussion

(1) Exploration in individual evaluation

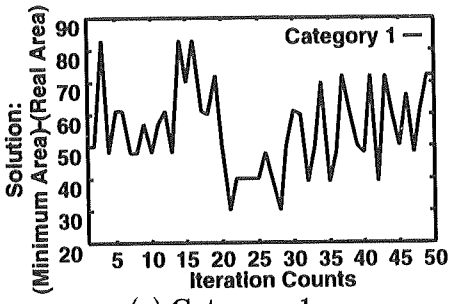
The individual evaluation promotes maximization of the space adjoining other pentominos, and thus pentominos scramble for the space. The organizational evaluation, on the other hand, promotes minimization of the area enclosing all pentominos without overlap, and thus pentominos do not scramble for the space adjoining other pentominos.[*4] From these properties, we find that the individual evaluation has an ability to explore multiagent solution space by comparing with the organizational evaluation. This is because the same actions are not always performed due to different evaluations of their own results. Since there are a lot of solutions (mostly local minimum solutions) in multiagent environments, the exploration ability of the individual evaluation is necessary to find good solutions, even though the ability makes it difficult to predict a time for finding good solutions. Furthermore, considering the fact that social phenomena drastically change even by a slight change in environments, the exploration ability of the individual evaluation is indispensable to addressing unpredictable, dynamic, and complex social environments.

(2) Power of individual evaluation

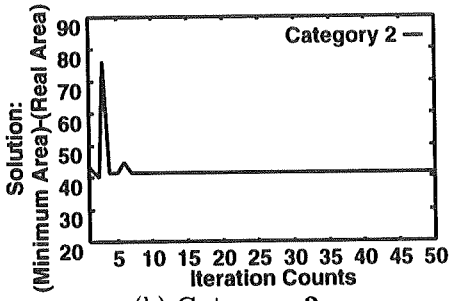
Fig. 4 represents the degrees of similarity between organizational knowledge before problem solving and that after problem solving. In this figure, the vertical and horizontal axes indicate the percentage of the degree of similarity and the four categories of individual members, respectively. All values are averaged from five different random seeds. From this figure, the percentage in the individual evaluation is smaller than that in the organizational evaluation. Considering the fact that the percentage of similarity in the organizational evaluation is close to 100%, the individual evaluation enables members to break organizational knowledge. In particular, organizational knowledge

[*3] We have confirmed that the tendency of the figures does not drastically change with other random seeds.

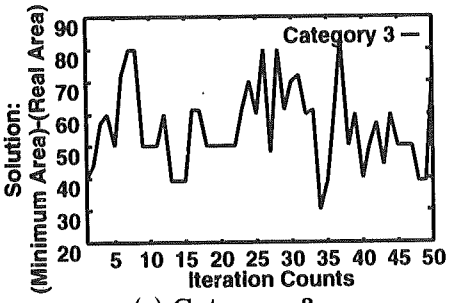
[*4] Even if some pentominos cannot fill up other pentominos, all pentominos are satisfied with their situations when the area enclosing all pentominos becomes small.



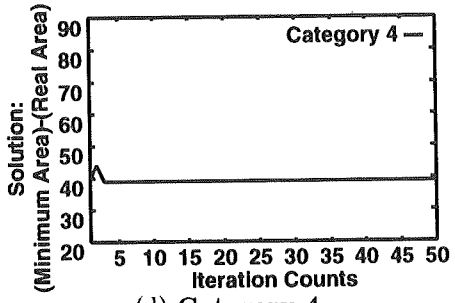
(a) Category 1



(b) Category 2



(c) Category 3



(d) Category 4

Figure 3: **Solution change in each category**

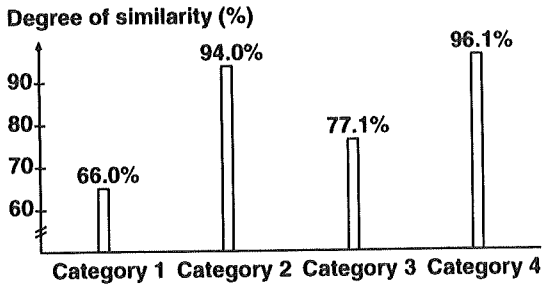


Figure 4: **Degree of similarity of knowledge**

acquired in some problems is not always appropriate for other problems, and thus members must grasp what parts of organizational knowledge can be utilized for the current problems and what parts must be broken to adjust for the current problems. In this sense, the individual evaluation provides an appropriate breaking of organizational knowledge, which is required to get out of local minimum solutions.

6 Conclusion

We focused on the role of the individual evaluation in the multiagent organization and investigated its characteristics in comparison with those of the organizational evaluation. Although the pentomino tiling problem does not cover all properties of social problems, our investigation of the individual evaluation provides alternative understanding of fundamental processes in social phenomena from computational viewpoints. The main results are summarized as follows: (1) solutions in an individual evaluation are better than those in an organizational evaluation, but the timing for finding good solutions is unpredictable in an individual evaluation; and (2) an individual evaluation has the potential of breaking organizational knowledge, which is required to get out of local minimum solutions.

Future research will include an analysis of the gap between computational problems and social problems and an integration of all four categorizations of individual members in an organization.

References

[Argyris 78] C. Argyris and D.A. Schön: *Organizational Learning*, Addison-Wesley, 1978.

[Axelrod 97] R.M. Axelrod: *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton University Press, 1997.

[Cohen 95] M.D. Cohen and L.S. Sproull: *Organizational Learning*, SAGE Publications, 1995.

[Goldberg 89] D. E. Goldberg: *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley, 1989.

[Moriarty 98] D.E. Moriarty, S. Handley, and P. Langley: "Learning Distributed Strategies for Traffic Control", *The Fifth International Conference of the Simulation for Adaptive Behavior (SAB'98)*, pp. 437–446, 1998.

[Nonaka 95] I. Nonaka and H. Takeuchi (1995), *The Knowledge Creating Company*, Oxford University Press.

[Russell 95] S.J. Russell and P. Norving: *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice-Hall International, 1995.

[Takadama 99] K. Takadama et al.: "Making Organizational Learning Operational: Implications from Learning Classifier System", *Computational and Mathematical Organization Theory (CMOT)*, Kluwer Academic Publishers, Vol. 5, No. 3, pp. 229–252, 1999.

Cooperative Co-Evolution of Pattern Recognition Agents

Qiangfu Zhao
The University of Aizu
Aizu-Wakamatsu, Japan 965-8580
qf-zhao@u-aizu.ac.jp

Abstract

A pattern recognition system can often be considered as a symbiotic system consisting of many expert agents. Although each agent may only be able to recognize a limited number of patterns, when they are put together, they may form a very powerful system. In this paper, we study the learning of such kind of pattern recognition agents based on the cooperative co-evolutionary algorithms (CoopCEAs). We will try to answer one question in this paper: how to evaluate the fitness of each agent ? Five evaluation methods are proposed and tested. Experimental results show that the CoopCEA outperforms the standard genetic algorithms only if the agents are evaluated properly.

1 Introduction

In the recent years, several authors have proposed different cooperative co-evolutionary algorithms (**CoopCEAs**), and applied them to neural network learning, optimization, etc [1]-[8]. The basic idea of CoopCEA is **divide-and-conquer**: divide the system into many modules, evolve these modules separately, and then combine them together again to form the whole system. Most results given in the literature support the usefulness of CoopCEAs. To study CoopCEAs in a more systematic way, we introduced a general framework — a society model in [8]. In this paper, we will first give a brief review of the society model, and then apply it to learning of pattern recognition agents. We will try to answer one question in this paper: how to evaluate the fitness of each agent ? Five evaluation methods are proposed and tested. Experimental results show that, if we fix all other parameters, the CoopCEA outperforms the standard genetic algorithms only if the agents are evaluated properly.

2 The Society Model

The society model is shown in Figure 1. A society S is defined as an **object** consisting of two members $\mathcal{O}$ and $\mathcal{P}$, and two member functions Φ and Ψ. Each organization O_i is defined again as an object containing a set of tasks (training samples) T_i to be fulfilled, a set of representatives (modules)

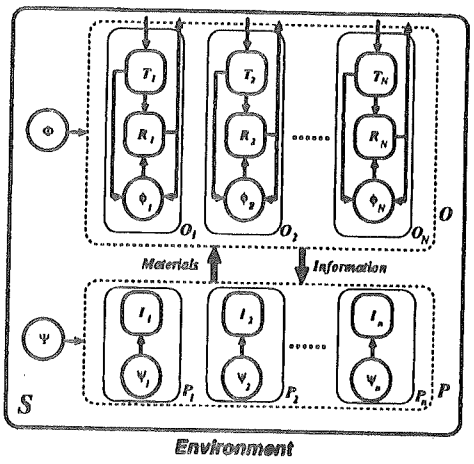


Figure 1: A society model for CoopCEA

R_i to fulfill the tasks, and an *organizer* ϕ_i who 1) translates the genotype to obtain a set of pointers, the system structure, and the learning rule ζ_i, 2) gets the representatives from $\mathcal{P}$, 3) constructs the system, 4) updates the system, and 5) evaluates the fitness of the system. The genotype is contained in the organizer. In general, the pointers, the system structure, and the learning rule are evolved together, and *the yet-to-be-evolved system is to be built from yet-to-be-evolved modules, according to yet-to-be-evolved structure.* In practice, however, if we can pre-define the system structure, and give an explicit way to decompose the system,

good systems could be obtained more efficiently.

Each P_k is called a module producer, which is again an object containing a population of module individuals I_k and a function (an EA) ψ_k for evolving individuals in I_k. Each individual in I_k is a candidate of a module or representative. A producer may produce only one type of modules, or all types of modules. For multi-level (hierarchical) evolution, a producer can be recursively defined as a *society* of a lower level [8]. In this case, each module will be a sub-system consisting of still smaller modules. At the time being, we consider only the two-level evolution.

Φ is an EA for evolving the individuals (organizations) in $\mathcal{O}$. Once the genotype and the fitness function of the organizations are defined, any kind of EA can be used here. The genotype of an organization is contained in its organizer. Ψ is used for creating new producers which can produce better modules. The genotype of a producer may include information about the common features of the modules it produces, and/or information about the evolution strategies and parameters. The fitness of a producer might be defined by the best/average performance of the modules it produces. To simplify the discussion, we will not consider Ψ in this paper.

3 Evolution of Pattern Recognition Agents

Suppose that we have a set of patterns with predefined class labels. The problem is to find a group of pattern recognition agents, and construct a pattern recognition system from them. There are many ways to construct the whole system from the agents. Examples include majority voting, linear combination, winner-take-all (WTA), and so on. In this paper, we will use WTA. That is, for a given input pattern x, all agents try to recognize it, and x will be assigned the class label suggested by the k-th agent A_k if the *certainty* value of A_k is the largest (or smallest). The simplest WTA rule is the nearest neighbor rule (NNR), in which the unknown pattern x is assigned with the class label of A_k (the k-th prototype) if A_k is most **close** to x (using some distance measure). Here, the certainty value is the distance.

To be more concrete, in our study, all agents are neural networks (NNs). For example, the k-th agent A_k is an NN with $n_k \leq n$ outputs, where n is the number of classes. For a given input x, if the i-th output y_{ki} (the certainty value) is the largest, the agent will give a suggestion that the class label is k_i. If y_{k_i} is also the largest output value among the outputs of all agents, k_i will be the final output of the system.

Clearly, it is very difficult to design an agent based pattern recognition system as described above, if we use conventional learning algorithms proposed in the NN context. First, we do not know how many agents to use. Second, we do not know how many patterns to recognize by each agent. Third, we do not know which pattern should be recognized by which agent. Fourth, we do not know the architecture of the agents. It seems that the only method is *evolution*.

To make the discussion more understandable, in this paper, we will consider the evolutionary learning of the nearest neighbor multilayer perceptron (NN-MLP), which is the simplest agent system with each agent corresponding to one neuron. In an NN-MLP, each agent is used only for recognizing patterns from one of the classes, and the certainty value is given directly by the distance between the input pattern and the weight vector of the only neuron it contains. The problem now is to find a pattern recognition system consisting of a proper number of agents with proper weight vectors.

3.1 Evolution based on SGA

Using the simple genetic algorithm (SGA), we can determine the number of agents and the weight vectors together if we define the genotype of an agent pattern recognition system as follows:

$$\{t_1, w_{11}, w_{12}, \cdots, w_{1m}; \cdots; t_M, w_{M,1}, w_{M,2}, \cdots, w_{M,m}\}$$

where m is the dimension of the problem space, M is the user specified maximum number of agents, w_{kj} is the j-th element of the k-th neuron (agent), and t_k is a tag number which equals to 1 if the k-th agent is **used**, and 0 otherwise. All elements in the above string are represented in binary numbers with appropriate word lengths. The actual number of agents is the sum of all t_k's.

The fitness of an individual system is defined by

$$f = 1 - \frac{\text{number of mis-classification}}{\text{number of training samples}} \quad (1)$$

Based on the above definitions of genotype and fitness, we can adopt the SGA to evolutionary learning of NN-MLP directly.

3.2 Evolution based on CoopCEA

Let's give some definitions first. In each organization O_i, the task set T_i is the training set, the representative set R_i consists of the agents, and the organizer ϕ_i contains 1) the genotype and 2) the pointers to the individuals (agents) in $\mathcal{P}$. The fitness of an organization is defined again using Eq. (1). The genotype of an organization is

$$\{t_1, p_1; t_2, p_2; \cdots; t_M, p_M\}$$

where t_k is the same as that used in the SGA, and p_k is a pointer represented by a binary number. p_k is the address from which the k-th agent is cloned. The sum of all t_k's is the actual network size.

The number of module producers is the same as the number of class n. The agents for recognizing patterns in the i-th class are produced by the i-th producer. The genotype of an individual in I_i is defined by

$$\{w_1, w_2, \cdots, w_m\}$$

where all elements are represented as a binary number. We have five methods for evaluating the fitness of an agent.

- Method-I: All individuals in the organization population are generated at random in each generation, and the fitness of an individual A in the agent population is defined by

$$f(A) = \sum_{i=0}^{N} f(O_i)/(1 + d(O_i, A)) \quad (2)$$

  where $f(O_i)$ is the fitness of the i-th organization, and $d(O_i, A)$ is the shortest Euclidean distance between A and the used representatives in O_i.

- Method-II: Again, all individuals in the organization population are generated at random in each generation, and the fitness of an individual agent is defined by

$$f(A) = \max_i f(O_i)/(1 + d(O_i, A)). \quad (3)$$

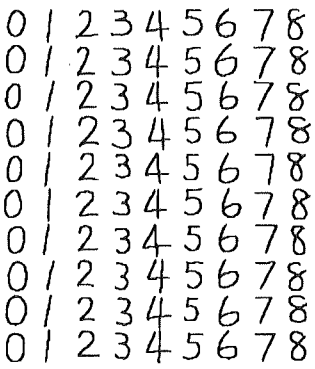


Figure 2: Part of the examples

- Method-III: The organizations are initially generated at random, and then evolved (by using Φ). The fitness of an agent is defined by Eq. (2).

- Method-IV: Again, the organizations are evolvable, but the fitness of an agent is defined by Eq. (3).

- Method-V: The organizations are evolvable, and the fitness of an agent is 1 if it is *used* by some *elite* organization; 0 otherwise. Agents with fitness 0 will be replaced by offsprings of agents with fitness 1.

With the above definitions, the CoopCEA can be used to evolve the agents and the whole system together.

4 The Experiments

To see the effectiveness of different methods for evaluating the agent individuals, we did several experiments with a handwritten digit recognition problem. In this problem, 40 samples were written by the author in an ordinary manner for each class. The samples were written using mouse in a 256×256 frame. No normalization of any kind was performed. Part of the samples are shown in Fig. 2. The features are the crossing numbers on 16 concentric circles, with the center of the concentric circles being the center of gravity of the image. The problem is to find an agent pattern recognition system to recognize these samples. Note that

the goal here is not to design a real OCR system, but to show how to evolve a pattern recognition system using CoopCEA. Therefore, results given below may not be good enough for practical application.

The evolution parameters used in all experiments are (some parameters are not used in the SGA): 1) Size of organization population N = 256, 2) Size of module population = 64, 3) Number of producers = 9, 4) Number of bits per parameter = 12, 5) Number of maximum modules M = 5 × 9, 6) Number of generations = 2,000, 7) Selection ratio $r_s = 0.5$, 8) Cross-over ratio $r_c = 1.0$, and 9) Mutation ratio r_m = 1/genotype length.

The selection strategy is to remove $r_s \times pop_size$ of the worst individuals, and replace them by the offsprings of the good ones. This strategy is used in both organization level and module level (except for Method-V). One-point cross-over and bit-by-bit mutation are used.

Table 1 shows the results of 10 runs for all methods. The first value is the fitness (recognition rate) of the best network obtained in 10 runs, the second is the average of the results, and the third is the worst result. The last value is the average size of the (current-best) networks obtained in 10 runs. Clearly, results obtained by using Method-III are the best (in the sense of fitness), and this is the only case in which the CoopCEA outperforms SGA. In addition, results of Method-III, IV and V (with evolvable organizations) are much better than those of Methods I and II (with random organizations).

Table 1: Evolution results

	Best	Ave.	Worst	Size
SGA	0.900	0.776	0.722	22.80
Method-I	0.450	0.402	0.331	23.50
Method-II	0.436	0.300	0.161	23.70
Method-III	0.936	0.878	0.808	28.50
Method-IV	0.797	0.692	0.650	12.70
Method-V	0.847	0.790	0.756	29.70

5 Summary

In this paper, we have studied the society model for cooperative co-evolutionary algorithms (CoopCEAs), and applied it to co-evolutionary design of pattern recognition agents. Although the agents designed in this paper are still very simple, the idea can be extended to designing of more complicated agent systems. This is just what we are going to do in the next step. It is worthwhile to notice that we have not explored the full power of the society model, because many parameters are either fixed or omitted in this paper. In one word, there are still many many open problems to study in the future.

References

[1] M. A. Potter and K. A. De Jong, "A cooperative co-evolutionary approach to function optimization," Proc. Third Conference on Parallel Problem Solving from Nature, pp. 249-257, Springer-Verlag, 1994.

[2] K. A. De Jong and M. A. Potter, "Evolving complex structures via cooperative coevolution," Proc. 5-th Annual Conference on Evolutionary Programming, pp. 307-317, The MIT Press, 1995.

[3] D. E. Moriarty and R. Mikkulainen, "Efficient reinforcement learning through symbiotic evolution," *Machine Learning*, Vol. 22, pp. 11-33, 1996.),

[4] D. E. Moriarty and R. Mikkulainen, "Hierarchical evolution of neural networks," *Technical Report*, AI96-242, The University of Texas at Austin, Jan. 1996.

[5] Q. F. Zhao and T. Higuchi, "Evolutionary learning of nearest neighbor MLP," IEEE Trans. on Neural Networks, Vol.7, No. 3, pp. 762-767, 1996.

[6] Q. F. Zhao, "Co-evolutionary learning of neural networks," *International Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, No. 6, pp. 83-90, 1998

[7] Q. F. Zhao, "EditEr: a combination of IEA and CEA," Proc. ICEC'97, pp. 641-645, Indianapolis, April 1997.

[8] Q. F. Zhao, "A general framework for cooperative co-evolutionary algorithms: a society model," Proc. IECE'98, pp. 57-62, 1998.

Analyzing Negotiation Mechanisms among International Telecommunications Carriers via Agent-Based Approach

Reiko HISHIYAMA, Takao TERANO
Graduate School of Systems Management, Tsukuba University
3-29-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-0012, Japan
tel.: +81-3-3942-6855 fax.: +81-3-3942-6829
terano@gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp

ABSTRACT

This paper analyzes the international accounting rate system of telecommunications carriers and considers the structures of the social systm surrounding them and their negotiation practices. The issues have been discusses in the perspectives of economics, international law, and political sciences. Unlike such conventional literatures, the approach we employ is agent-based simulation. Using simulation models, we discuss which decisions in rate adoptions are fed back as changes in the economic environment and results of negotiations due to changes in negotiation strategies adopted by telecommunications carriers.

1. INTRODUCTION

Computational Organization Theory and Agent-Based Simulation have become one of powerful tools for analyzing the complexity and adaptability of complex social and economic systems including human activities [Axelrod 1997, Carley 1994, Epstein 1996]. The approach is characterized by the concepts of *agents*, which (1) have internal models of the world and the other agents, (2) communicate each other, and (3) actively behave in the world based on the information of the internal models and communications.

The approach is in the middle way between mathematical and/or statistical models with numerical values and case studies with descriptive discussions. It is said that the approach is *interpretation by implementation* and/or *analysis by synthesis.*

In this paper, we focus on the international accounting rate system of telecommunications carriers and considers the structure of the social system surrounding them and their negotiating practices. The international accounting rate system has up until now been only considered from the perspectives of economics, international law, and political sciences. Unlike such literatures, we discuss their social structure and negotiation practices by agent-based simulation via artificial social systems [Epstein 1996, Weiss 1999]. The model focuses on how the agents will form consensuses during mutual interactions about the negotiation in a world with given constraints.

2. ARCHITECHTURE OF THE SIMULATION MODEL

2.1 OUTLINE

Before the development of the simulation model, we have carried out structural analysis and modeling of the accounting rate system referring to [FCC 1997, ITU YEARBOOK]. by statistical techniques. The assessment has revealed that, the globalization of socioeconomic activities and the accompanying linkage among national systems have affected the gaps created from the international interdependence.

Based on the assessment, we have developed a social simulation system, which forms an agent-based artificial society using ABS simulation kit [ABS 2000].

We have developed one basic model for considering the negotiation mechanisms taking note of the decision-making practices in the carriers and three practical models: Basic Model, Simple Negotiation Model (Case 1), Alliance Model (Case 2), and Strategy Change Model (Case 3).

2.2 Basic Model

The basic model consists of the world with resources (level 0 to 4) and moving ten agents (countries) with the same internal model, each of which gathers resources and makes negotiations and settlements when meeting each other in the world. Af-

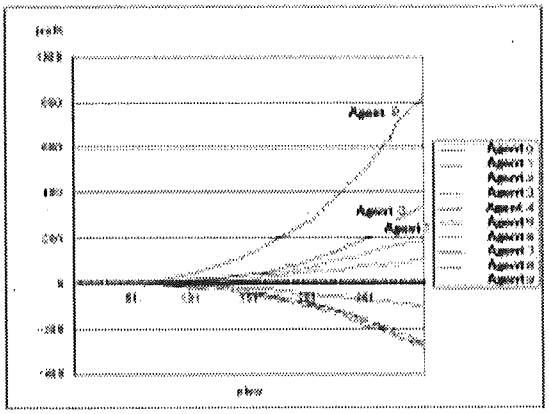


Figure 1: Agents' Profits of the Basic Model

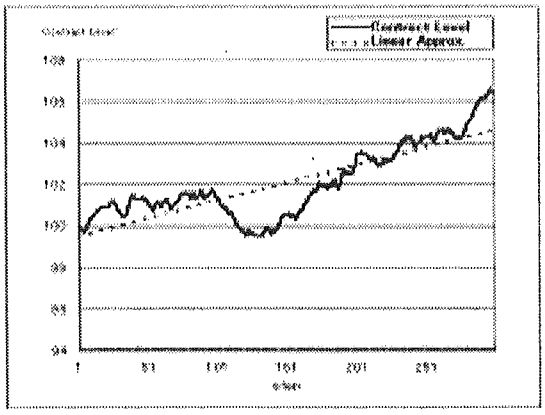


Figure 2: Settlement Levels of Basic Model

ter the negotiation and settlements, the accounting rates and negotiation power will change.

The procedure of the agents activities of the basic model is summarized in the following.

[BASIC MODEL] AGENT X
$X[position, Settlement_rate(Set), vision_power, negotiation_power]$
< Moves of AGENT X >
step1: Acquiring Social Resoures
$X.resoure \Leftarrow f(X.vision_power)$
step2: Discovering another AGENT Y
step3: Calculating Social Resources
$u \Leftarrow X.resource - Y.resource$
step4: Negotiation & Settlement between X & Y
$If\ u > 0\ then\{$
$\{X\ pay\ Y\}\ u * \frac{Set(X) + Set(Y)}{2} * 0.5$
$X.negotiation_power \Leftarrow X.negotiation_power + a$
$X.vision_power \Leftarrow X.vision_power + b$
$X.Settlement_rate \Leftarrow X.negotiation_power + c\}$
$else\ \{$
$\{Y\ pay\ X\}u * \frac{Set(X) + Set(Y)}{2} * 0.5$
$X.negotiation_power \Leftarrow X.negotiation_power - a$
$X.vision_power \Leftarrow X.vision_power + b$
$X.Settlement_rate \Leftarrow X.negotiation_power + c\ \}$
where $a = 0.01, b = 0.01, c = 0.1$
and $Set(X)$ is a randomly determined to represent settlement rates

Figures 1 and 2 respectively show typical agents' profit curves during the simulation steps, and changes of settlement rates. The two figures suggest that (1) only one agent will get profits from the negotiation and settlement processes, (2) thus, only one agent will acquire heavy traffics among the countries, (3) the settlement rate will increase during the negotiation, and (4) *Tragedy-of-Commons* like phenomena have happened.

3. CASE STUDIES

From the observations of the basic model above, we have extended the simulator to the three cases in order (1) to uncover the activities of current advanced and developing countries and also (2) to investigate the possibility of adequate and moderate control mechanisms in the telecommunication negotiation.

3.1 Case 1: Simple Settlement Model

To make the simulation model more practical, we design two kinds of agents: advanced countries (α agents) and developing countries (β agents). The difference of the α and β agents are (1) α agents have the ability of getting more resources around them (2) α agents have higher negotiation powers.

We have implemented 200 agents in the world, in which 17% of them are $alpha$agentsand83%ofthemare$beta$ agents. The negotiation procedure of Case 1 is described below.

[Case1: Simple Settlement Model]
* Advanced Country α AGENT
$\alpha[A-type, position, Settlement_rate(Set), negotiation_power]$
< Moves of α AGENTS >
step1: Discovering β AGENT
step2: Calculating Traffic Minutes (positon)
$u \Leftarrow \alpha.traffic - \beta.traffic$
step3: Negotiating & Settlement between α & β
$If\ u > 0\ then$ {
$(\alpha\ pay\ \beta)u * \frac{Set(\alpha) + Set(\beta)}{2} * 0.5$
$\alpha.negotiation_power \Leftarrow \alpha.negotiation_power + a$
$\alpha.Settlement_rate \Leftarrow \alpha.negotiation_power + c$ }
else {
$(\beta\ pay\ \alpha)\ u * \frac{Set(\alpha) + Set(\beta)}{2} * 0.5$
$\alpha.negotiation_power \Leftarrow \alpha.negotiation_power - a$
$\alpha.Settlement_rate \Leftarrow \alpha.negotiation_power + c$}
* Developing Country β AGENT
$\beta[B-type, position, Settlement_rate(Set) negotiation_power]$
< Moves of β AGENT >
step1: Requiring Settlement from α AGENT
step2: Calculating Traffic Minutes (positon)
$u \Leftarrow \alpha.traffic - \beta.traffic$
step3: Nagotiation & Settlement between α & β
$If\ u > 0\ then$ {
$(\alpha\ pay\ \beta)\ u * \frac{Set(\alpha) + Set(\beta)}{2} * 0.5$
$\beta.negotiation_power \Leftarrow \beta.negotiation_power + a$
$\beta.Settlement_rate \Leftarrow f(\beta.negotiation_power + c)$ }
else {
$(\beta\ pay\ \alpha)\ u * \frac{Set(\alpha) + Set(\beta)}{2} * 0.5$
$\beta.negotiation_power \Leftarrow \beta.negotiation_power - a$
$\beta.Settlement_rate \Leftarrow \beta.negotiation_power + c$ }

From the simulation study of Case 1, we have observed that (1) the α agents in total have got twice traffics compared with the β agents, (2) the profits have been monopolized by the α agents, and (3) after 100 simulation steps, the settlement rates has decreased by the pressures of negotiation power of α agents.

3.2 Case 2: β Agents Make Alliances

To empower the developing countries, in Case 2, we have introduced the mechanism of the alliances among β agents, by which β agents will be able to avoid arrogant negotiation powers of the α agents to decrease the settlement rates. The experimental conditions are the same in Case 1. The procedure is summarized below.

[Case 2: Negotiating with βs to Make Alliances]
* Developing Country β AGENT
$\beta[B-type, position, Settlement_rate(Set), negotiation_power, unite_frag]$
< Moves of β AGENTS >
step 4: When Decreasing $Settlement_rate(\beta)$ during Recent 3 times, and There are the other βs around the Target α,
then βs Make Alliances
$unite_frag \Leftarrow on$
step5: Support for Developing Countries from α
$If\ unite_frag = off\ then\ no_action$
$If\ unite_frag = on\ then$ action
action: Support from α to βs
and Decrease Negotiation Powers of βs
$unite_frag \Leftarrow off$

From the simulation of Case 2, we have observed that (1) the β agents have succeeded in avoiding decreased settlement rates, (2) however, α agents have still got profits, although the ratio has remarkably reduced, (3) the amount of traffics has become stable in the lower level. The observation coincide with the real situation that many telecommunication careers in various countries have compete with the United States by the alliance.

3.3 Case 3: Changing Strategies

In order to attain more flexible successes in the negotiation, we have implemented the functions of nogotiation strategy changes in the both types of the agents. The strategies they will take are *competition* or *cooperation*. The strategies and their effects are summarized in the tables below.

Negotiation Strategy and Effects of α AGENT

Strategy	HA	HB	HC	HD
My.Str.	Coop.	Coop.	Forc.	Forc.
Obj.Str.	Coop.	Alins.	Coop.	Alins.
My.Neg_Power	-	-	↗ up	-
Neg_Effect	↗ up	-	-	-

Negotiation Strategy and Effects of β AGENT

Strategy	LA	LB	LC	LD
My.Str.	Coop.	Coop.	Alins.	Alins.
Obj.Str.	Coop.	Forc.	Coop.	Forc.
Obj.Neg_Power	-	↗ up	-	-
Neg_Effect	↗ up	-	-	-

The procedure is described in the following. The other experimental conditions are the same in Case 1.

[Case3: Negotiation with Strategy Changes]

* Advanced Country α

$\alpha[A-type, position, Settlement_rate(Set), negotiation_power, strategy]$

$\alpha.strategy = Cooperatitive_{S}tr.or Forcing_{S}tr.$

* Developing Country β

$\beta[B-type, position, Settlement_rate(Set), negotiation_power, strategy]$

$\beta.strategy = Cooperative_{S}tr.or Alliance_{S}tr.$

< β Follows the orders of α >

$\alpha.strategy = Forcing_{S}tr.$

$\beta.strategy = Cooperative_{S}tr.$

$\alpha.negotiation_power \Leftarrow \alpha.negotiation_power + c$

$\beta.negotiation_power \Leftarrow \beta.negotiation_power + c$

< Both αs & βs Cooperate each ohter >

$\alpha.strategy = Cooperative_{S}tr.$

$\beta.strategy = Cooperative_{S}tr.$

$\alpha.negotiation_power \Leftarrow \alpha.negotiation_power + c$

$\beta.negotiation_power \Leftarrow \beta.negotiation_power + c$

In the simulation, the agents are able to adapt the situations of the world by changing the strategies. In the earlier stages of the simulation, the strategies of both α and β agents are not stable, however, after about 30 steps, α agents often take the cooperation strategy, and after about 120 steps, the strategies of the both agents converge to the cooperation strategy. These results imply that careful and subtle system design of the mechanisms will make structural stability of the negotiation processes of the telecommunication problems. The results of the three cases are summarized in Figure 3.

4. CONCLUDIING REMARKS

This paper has focused on the international accounting rate system of telecommunications carriers and considers the structure of the social system surrounding them and their negotiating practices. Using the four kind of agent-based simulation models, we have carried out intensive computer experiments.

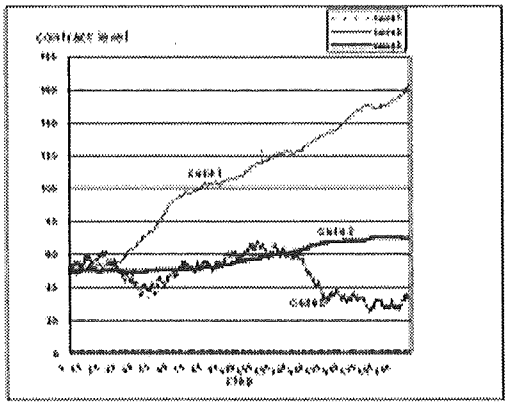


Figure 3: Changes of Contract Rates in CASEs 1,2,& 3

Through these investigations, we have observed that (1) it is possible to further understand the overall structures of the system surrounding the issues, (2) it is also important for the carriers to take note of common interests at the negotiation table, and (3) we should design future rate accounting systems considering overall interests of the carriers.

References

[ABS 2000] Kozo Keikaku Kenkyuusho: http://www2.kke.co.jp/abs/, 2000.

[Axelrod 1997] Axelrod, R.: *The Complexity of Cooperation: Agent-Based Models of Competition and Collaboration.* Princeton University Press, 1997.

[Carley 1994] Carley, K. M., Prietula, J. (eds.): *Computational Organization Theory.* Hillsdale, N.J.: Lawlence-Erlbaum Assoc., 1994.

[Epstein 1996] Epstein. J, Axtell, R.: *Growing Artificial Societies.* Brookings Institution Press/The MIT Press, 1996.

[FCC 1997] FCC : Report and Order In The Matter Of International Settlement Rates,FCC97-280,IB Docket No.96-280, 1997.

[ITU YEARBOOK] ITU : *STATISTICAL YEARBOOK.* 1995.

[Weiss 1999] Weiss, G. (ed.): *Multiagent Systems - A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence.* MIT Press, 1999.

Bottom-up Consensus Formation in Voting Game

Hiroyuki IIZUKA, Keiji SUZUKI, Masahito YAMAMOTO and Azuma OHUCHI

Research Group of Complex Systems Engineering,
Graduate School of Engineering, Hokkaido University,
Sapporo,Hokkaido, 060-8628,Japan
{ezca,suzuki,masahito,ohuchi}@complex.eng.hokudai.ac.jp

Abstract: We introduce a model of Voting Game as negotiation process among agents. In our model, we focus on how a party gains a majority, how much a party compromise on issues and through what negotiation process a consensus is reached. As a game environment, we use a political game, that is one of the Voting Games, where each player's position on preferences or ideologies is different from the others. We confirm the phenomena by simulating the negotiation process that some agents form a party (coalition) or a party is divided in such a situation.

1 Introduction

Agents are becoming widespread in a variety of computer systems and domains. Especially, agent-based simulations are expected to enable analysis of complex phenomena. The modeling and simulation of real systems consisting of intelligent agents that cooperate with each other has recently emerged as an important field of research. Multiagent System using such agents is often applied to simulation research or optimization problem. One example of the domains successfully applied is social phenomena because many social phenomena are caused by collective behaviors of components [1, 2, 3]

In a society, many components have different preferences and interests, and behave cooperatively or competitively with each other. Sometimes, some components form a party (coalition) for something to go just as they want [4]. In this paper, we focus on such a social phenomena.

Especially we consider a model of voting game in which we treat how a party gains a majority, how much a party compromise on issues in response to a size of the opponent party, and how players that have different preferences reach a consensus. As the environment, we use a political game of voting games in game theory. In the voting game, a consensus among all players is determined by the player's voting. In political game, each player's position on preferences or ideologies is considered. We introduced a time factor that is a deadline until voting for election into the political game. Moreover, we design agents as the players. Namely, the players can negotiate in order to gain the majority of votes until the deadline. The agents reach a consensus by local negotiations and then form a party. The majority will grows with forming the consensus with a bottom-up approach. We conducted simulations in terms of these points. To realize the such simulation, the agents evolve to get the ability of negotiation in such a situation and form a consensus with a bottom-up approach in voting game.

2 Voting Game with Deadline

We model a political game with a time factor, that is, deadline, for investigating how many parties compromise on the issues and how the parties gain the majority through negotiation processes.

2.1 Political Game

Political game is one of the voting games. The voting game is represented by $(N, \mathbf{W})$. N denotes players, and $\mathbf{W}$ denotes a set of winning coalitions. Therefore, a set of coalitions excepting winning coalitions becomes losing coalitions, $\mathbf{L}$. Generally, the characteristic function $v(S)$ is defined as follows.

$$v(S) = \begin{cases} 1 & S \in \mathbf{W} \\ 0 & S \in \mathbf{L} \end{cases} \quad (1)$$

The voting game is modeled on condition that players have symmetry positions. The political game allows the players to have asymmetry positions.

2.2 Game model with agents

It is important to consider a time factor in negotiating process like as our daily life. To investigate such time factor in our model, we introduce the deadline into the political game. That is, the players are required to reach a consensus with compromising on the issues until the deadline. In order to gain the majority, the players must form a party throughout locally negotiations within the deadline.

Each agent as the players posses an integer valued strength and an ideal position to each issue. Strength measures the issue's relative importance to the agent. The ideal position denotes the agent's most preferred policy. Consider a model with I issues and V agents. We will use the following notation:

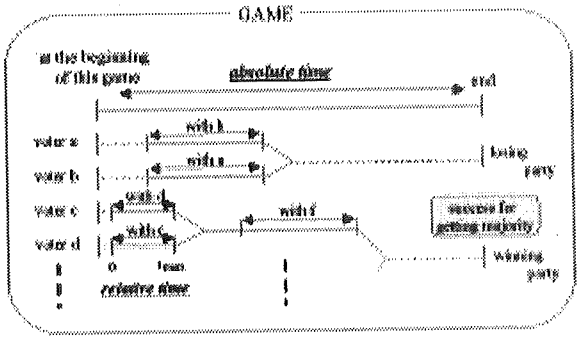


Figure 1: Overview of this game

y_i^j Consensus position of party j on issue i.
x_{vi} Agent v's preferred position on issue i.
s_{vi} Agent v's strength on issue i.
We require for all i that $s_{vi} \geq 1$.

$u_v(y^j)$ Agent v's utility of party j's position in a negotiation:

$$u_v(y^j) = -\sum_{i=0}^{I} s_{vi}(y_i^j - x_{vi})^2 \tag{2}$$

When the time is over the deadline, $l_v(y^j)$, agent v's last utility of party j's position is as follows.

$$l_v(y^j) = \begin{cases} 1 + \frac{u_v}{\alpha} & j \in \mathbf{W}, \\ 0 & j \in \mathbf{L} \end{cases} \tag{3}$$

The agents negotiate as profitably as possible in order to get much l_v. Therefore, parties formation or division of parties are repeated in response to results of negotiation.

Figure 1 shows the overview of this game from the beginning of the game to end. The players negotiate locally in parallel. The time that it takes in a negotiation is called relative time. On the other hand, the time from the beginning to end is called absolute time.

2.3 Negotiation process

In our model, three kinds of negotiation forms can be considered, that is an agent to another agent, an agent to one party and one party to another party. However, three kinds of negotiation forms are regarded as a negotiation between one party and another party because an agent can be regarded as one party. For simplicity, only a kind of negotiation form, one party to another party, is considered.

The negotiation process between two parties (a, b) consists of an alternate succession of offers and counter-offers. This continues until an offer or counter-offer is accepted by the other side or until the relative time of the deadline is reached without an agreement being made.

For party a, the interpretation of an offer $p_{b\to a}^{t'}$ at relative time t', which has been given at time $t < t'$, is defined as follows:

$$I_a(t', p_{b\to a}^{t}) = \begin{cases} \text{reject} & \text{all rejected} \\ \text{accept} & \text{all accepted} \\ \text{division} & \text{all players representing accepted and rejected} \\ p_{a\to b}^{t'} & \text{otherwise, that is, negotiating,} \end{cases} \tag{4}$$

where $p_{a\to b}^{t}$ is the contract that the party a would offer to party b at relative time t. The new offer is calculated based on the average of the offers of negotiating players. t_{max}, which is the value calculated from an artificial neural network (Sect. 3), represents the limitation of relative time for the negotiation. "reject","accept",and "division" lead to the termination of negotiations.

2.4 Formation and Division Rules of Party

Results of the negotiation between one party and another are divided into three cases as follows.

All players in one side party have accepted

In this case, since all players in one side party have accepted, these two parties will change into a new party. If some players in the party have rejected, the rejecting players maintain the original party's policy. The rest of players and all players in another party form a new party with a point of compromise.

All players in one side party have rejected

These two parties could not reach a consensus. Therefore, both two parties maintain the each party's policy.

All players in one side party have represented accepted and rejected

Accepting players in both two parties will change into a new party. Because rejecting players in both two parties are not satisfied, such players in each party maintain the present policy. Accepting player in both two parties form a new party with a point of compromise.

3 Structure of Agents as Players

The agents have to make following three important decisions to enter the negotiations.

- With whom the agent should negotiate.
- How long the agent should continue to negotiate with a opponent(t_{max}).
- How much the agent should compromise.

In order to achieve these problems, we designed the agents with three layer artificial neural network to decide these values. The agent i's inputs of the artificial

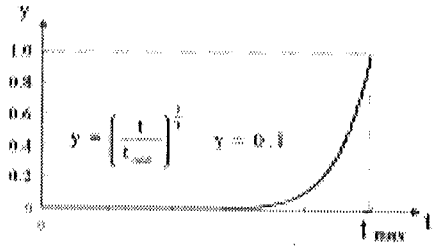


Figure 2: A curve for agents to compromise

neural networks consist of the opponent party j's information, i.e., "a distance between j's policy and i's preference, $u_i(y^j)$", "j's power index" and "absolute time." One of the outputs of the artificial neural network decides whether or not the agent should negotiate with this opponent j. Another is used to calculated t^{ij}_{max}:

$$t_{max} = \text{output} * \beta, \tag{5}$$

where *output* means an output value of the artificial neural network in [0,1] and β is a constant value.

Third problem is approved by using this t_{max}. From agent a to agent b, offer $\mathbf{z}^t_{a\to b}$,which is a vector of policies on issues, as the next proposal at relative time t which has been given at time $t < t'$, is as follows:

$$\mathbf{z}^t_{a\to b}(\mathbf{z}^{t'}_{b\to a}) = c^{ab}(t) * \frac{\mathbf{z}^{t'}_{b\to a} - \mathbf{x}}{|\mathbf{z}^{t'}_{b\to a} - \mathbf{x}|} \tag{6}$$

$$c^{ab}(t) = \left(\frac{t}{t^{ab}_{max}}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \tag{7}$$

where γ is a constant value. In Fig. 2, a curve of this formula is shown.

4 Evolutionary Process

The GA is applied to the agents for the evolution to get better negotiation ability. In the GA, the phenotypes of the agent strategies, that is, the weight sets of the artificial neural networks, are required to be encoded to the genotypes. The weight set as the phenotype are directly encoded to the genotype, so the genotype is a vector of weight values.

The number of individuals is equal to that of players participated in the game. Namely, one gene is assigned to one player. The best gene in a generation is left in a next generation as an elite. The other genes imitate more adaptive genes to the game than itself (crossover). To search new techniques, mutation operator is performed to the genes. The fitness function is given by the total of $l_v(y)$ in twenty games as follows:

$$Fitness = \sum_{i=0}^{20} l_v(y) * \delta \tag{8}$$

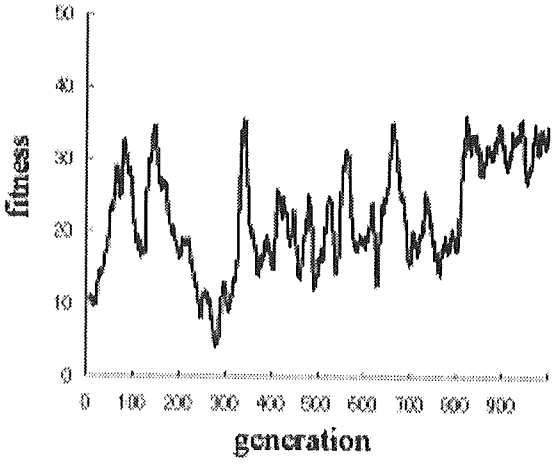


Figure 3: The average of fitnesses of all ten agents

One generation is regarded as the twenty games, and GA operator is performed at every one generation.

5 Experimental Result

To confirm whether or not the agents get negotiation abilities competitively or cooperatively and then a consensus is reached, the following experiments were carried out.

The parameter settings for these experiments were as follows:

$$\begin{aligned} Number\ of\ Issue &= 1, \\ Strength\ Max &= 3, \\ Population &= 10, \\ Game\ Time\ Max &= 1000, \\ \alpha = 1.7 \quad \beta &= 500, \\ \gamma = 0.1 \quad \delta &= 4.0. \end{aligned}$$

We set the number of issues to 1 because it is easy for us to confirm the results and make it easy to solve the problem.

5.1 Getting Negotiation Ability

First, we show the fitnesses of the agents throughout generations. In Fig. 3, the average of the fitnesses of all ten agents is shown. Since the weights of the artificial neural network are given random values at the beginning of the generations. Therefore, the agents do not have a negotiation ability. The average of fitnesses is small in Fig. 3. However, as the agents evolves within 100 generations, the average of the fitnesses increases. Namely, it can be thought that evolutionary operator worked well. On the other hand, the average of fitness oscillates from 100 generations.

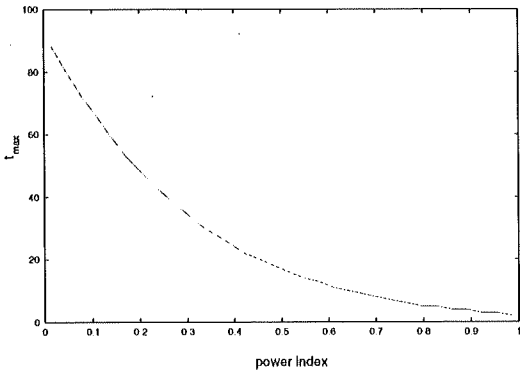


Figure 4: How much compromise in response to the power index

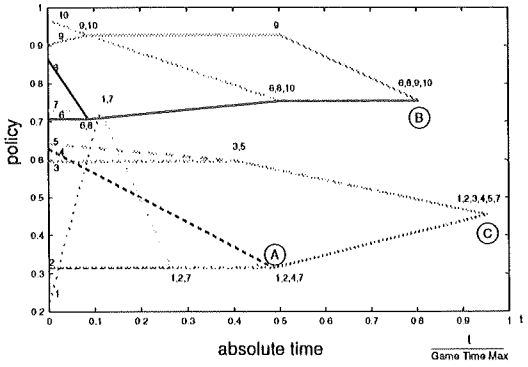


Figure 5: The process of party formation in the case of reaching a consensus

As the agents evolve, what do the agents get about negotiation ? Can the agent make decisions with considering the number of agents in an opponent party (power index) ? To confirm about that, we experimented in terms of the power index as follows. An agent evolving throughout the generations is given the inputs that only power index is variable and we focus on the outputs of t_{max}.

At the beginning of the generations, the outputs are uniform because of random initial values. However, according to Fig. 4, when the power index of an opponent party is large (near one), the output about t_{max} of artificial neural network is small. This means the agent makes the degree of compromise large. On the contrary, when the power index of an opponent party is small (near 0), the output about t_{max} is large. Namely, the agent does not compromise very much. These decision-making look like thinking of ours. According to these points, the agents getting the negotiation ability are shown.

5.2 Process of reaching a consensus

In this section, we confirm a track of party formations or divisions. Figure 5 and 6 represent two examples of tracks in latter generations. Intersection of two straight lines represents that the parties form a new party. On the contrary, a turning point represents that a party is divided.

In Fig. 5, the example that a consensus could be reached is shown. In this case, as described in previous section, the influence of the power index can be seen. In the intersections, A and B, of Fig. 5, parties of the larger number of agents hardly compromise. However, in the C intersection, to gain the majority, both parties compromise. In Fig 6, the example that a consensus could not be reached is shown. In this case, there are three parties simultaneously, however whichever party does not gain the majority. Namely, all agents could not get any benefits. It is interesting to see this case in latter generations.

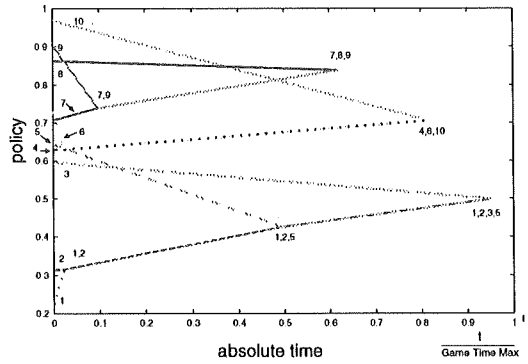


Figure 6: The process of party formation in the case of not reaching a consensus

6 Conclusion

We introduce a model of Voting Game as negotiation process among agents. We focused on how much a party compromise on issues and through what negotiation process a consensus is reached. We confirm the phenomena by simulating the negotiation process that some agents form a party (coalition) or a party is divided and the agent could get the decision-making in negotiation in response to power index evolutionarily.

References

[1] Peyman Faratin,Carles Sierra,Nick R.Jennings:Negotiation decision functions for autonomous agents,Robotics and Autonomous Systems 24,pp159-182,1998

[2] Takao Terano, Setsuya Kurahashi, Ushio Minami: TRURL: Artificial World for Social Interaction Studies, Proc, ARTIFICIAL LIFE VI, pp.326-335,1998

[3] Ayumu Yasutomi: The emergence and collapse of money, Physica D 82 ,pp180-194, 1995

[4] Ken Kollman, John H. Miller, Scotte. Page:Political Parties and Electoral Landscapes, B.J.Pol.S. 28,pp139-158,1998

Prediction-based Learning Agents and Their Emergent Dynamics

Sadayoshi Mikami (HokkaidoUniversity)/ Masao Kubo(National Defence Academy) et.al

The Self-governence of Artificial Markets

Masayuki Ishinishi, Akira Namatame
Dept. of Computer Science, National Defense Academy,
Yokosuka, 239-8686, JAPAN

Abstract

In this research, we investigate the algorithms for cooperative computation based on the market mechanism. We define economic agents as autonomous software entities that behave based on the market principle. They have their own computational capability. They are also designed to have their own utility function defined by the market prices. We obtain both competitive and cooperative equilibrium solutions in an interdependent market. We discuss how cooperative solution can be obtained through the decentralized computation of economic agents with the self-interest seeking behaviors. We also provide the dynamic adaptive model of each economic agent. We analyze the stability of the cooperative computation and show the convergence of the market depends on the internal model of each economic agent.

1 Introduction

Recent years the study of artificial market is emerging. The agent-based approach is also introduced for investigating the complexity of artificial market. This approach is to investigate phenomena of society as a whole by agent's behavior in the environment given by the computer[1].

The computational market mechanism is defined as a society of software agents using market mechanisms, based on foundations that provide for the encapsulation and communication of information, access, and resources among agent. Each of these notions plays a role in supporting computational markets. The ability of trade and price mechanisms to combine local decisions by diverse self-interested agents into globally effective behaviors suggests their value for organizing computation in large systems[6][9]. Market strategies are outlined which, if used by agents locally, lead to distributed resource allocation algorithms that encourage utility modification based on local knowledge. It is argued that such a system should give rise to increasingly intelligent behavior as an emergent property of interactions among software entities and people.

Another goal of this research is also to understand the types of simple local interactions based on the self-interested motivations which produce complex and purposive collective behaviors as a whole. We especially address the question of how a group of the economic agents with different motivations can achieve complex collective behaviors. Different agents necessarily have different sets of goals, motivations, or cognitive states by virtue of their different histories, the different resources they use, different setting they participate in, and so on.

A society is defined as one with many rational agents, in which heterogeneous agents are responsible for different decisions and make those decisions on the basis of different information. The outcome to the society depends jointly on those collective behavior. Rational agents may have different preferences, conflicting objectives or they may have the same goal.

For an individual rational agent, it behaves to improve its own adaptive based on its local observation. This ability is based on principles of the individual rationality. By a social goal we mean a goal that is not achievable by any single agent alone but is achievable by a group of agents.

2 A Model of Economic Agents and Definition of Equilibrium Solutions

We consider a society of economic agents, $G = \{A_i : i = 1, 2, \ldots, n\}$. Economic agents are defined as autonomous software entities equipped with the adaptive capabilities. They have their own utility functions as the function of the market price which is governed with the market mechanism. We define the utility function of each agent $A_i \in G$ as

$$U_i(x_1, \ldots, x_i, \ldots, x_n) = x_i P_i\{x_i, x(i)\} \tag{1}$$

where $P_i\{x_i, x(i)\}$represents the price scheme associated to the activity of agent $A_i \in G$. And x_i represents the level of activity of agent $A_i \in G$, and $x(i) = (x_1, \ldots, x_{i-1}, x_{i+1}, \ldots, x_n)$ represents the set of activities of all agents in G except agent A_i.

As a specific example, we consider the following social price scheme for each agent $A_i \in G$,

$$P_i = a_i - \sum_{j=1}^{n} b_{ij} x_j \tag{2}$$

where $a_i, b_{ij}, i, j = 1, 2, \ldots, n$,are some positive constant.

The competitive solution in which each agent maximizes its own utility function simultaneously is given as the solution of the following system of linear equations:

$$(B + B_1)x^\circ = a \tag{3}$$

where B is a $n \times n$ matrix with the (i, j)th element is, $b_{ij}, i, j = 1, 2, \ldots, n$, B_1 is a diagonal matrix with the i-th diagonal element is b_{ii}, and a are the column vectors with the elements, $a_i, , i = 1, 2, \ldots, n$, respectively.

We define the socially optimal behavior as the set of the activities that optimize the summation of the utility functions of all agents defined as

$$S(x_1, \ldots, x_i, \ldots, x_n) = \sum_{i=1}^{n} U_i\{x_1, \ldots, x_i, \ldots, x_n\} \tag{4}$$

The socially optimal behaviors is then obtained as the set of the activities satisfying the following equations.

$$\partial S/\partial x_i = \partial U_i/\partial x_i + \sum_{j \neq i}^{n} \partial U_j/\partial x_i = 0, \quad i = 1, 2, \ldots, n, \tag{5}$$

As an example of the quadratic utility functions with the linear social price scheme is given in (2), the social optimal solution is obtained as the solution of the following system of linear equations:

$$(B + B^T)x^* = a \tag{6}$$

where B^T is the transpose matrix of B.

We especially consider the case in which the interaction matrix B is symmetric with the diagonal elements are the same, i.e., $b_{ii} = d$ and the off-diagonal elements are, $b_{ij} = b, (0 < b < d), i, j = 1, 2, \ldots, n$. The column vector a also has the same elements, i.e., $a_i = a, i = 1, 2, \ldots, n,$.

The utility of each agent at competitive equilibrium is obtained as follows:

$$U_i^\circ(n) = a^2 d / \{2d + b(n-1)\}^2 \tag{7}$$

The utility as a society, which is defined as the summation of the utility of each agent is then given as

$$G^\circ(n) \equiv \sum_{i=1}^{n} U_i^\circ(n) = a^2 dn / \{2d + b(n-1)\}^2 \tag{8}$$

In the area with the number of agents is small, the summation of the utilities increase as the number of the agents increase, and it become to decrease if the number of agents increases, and it converges to zero as the number of agents in a society becomes so large. Such a turning point of the number of agents at which the value function change from the increasing function to the decreasing function is given at

$$2 \leq n \leq (2d/b) - 1 \tag{9}$$

The utility of each agent at socially optimal behavior is given as

$$U_i^*(n) = a^2/4\{d + b(n-1)\} \tag{10}$$

The utility as a society, which is defined as the summation of the utility of each agent is then given as

$$G^*(n) \equiv \sum_{i=1}^{n} U_i^*(n) = a^2 n/4\{d + b(n-1)\} \tag{11}$$

Here we are interested in how the adaptiveness of the whole organization may affect if the size of the organization increases, i.e, we will investigate the asymptotic value of the summation of the utility functions of each agent in the case that the number of agents increases. By taking the limits of those utility functions with the number of the economic agents, those values converge as follows:

$$\lim_{n\to\infty} G^\circ(n) = 0 \tag{12}$$

$$\lim_{n\to\infty} G^*(n) = a^2/4b \tag{13}$$

This implies the level and heterogeous (in this case b/d) of the interaction among agent, the increase of the agents do not give any effect on the collective behaviors.

Fig.1 shows the sums of the utilities as the function of the number of agents.

This implies that the utility under competitive behaviors converges to zero, and that of under socially optimal behaviors converge to same constant.

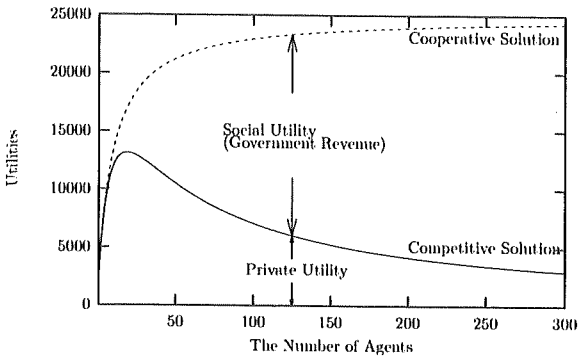


Figure 1: The sums of the utilities at competitive and cooperative solutions

3 The Competitive Adaptation Using Market Prices

In this section, we formulate the competitive adaptive model of each economic agent so that the competitive solution can be obtained at equilibrium at the dynamic adaptive process. The adaptive decision-making is facilitated by designing the economic agents to be somewhat modified selfish behavior. We call this ability as mutual learning[5]. In the model of mutual learning, two types of learning may occur: the economic agent can learn to cooperate as a group, while at the same time, each economic agent also learns its own objective by adjusting its behavior. Mutual learning would require the exchange of behaviors with the other agents. We interpret the adaptive process as mutual learning which is defined as the web of activity emerged from the competitive interactions among economic agents[7][8].

Each agent modifies its strategy based on the current and previous performance in order to optimize its own utility. We formulate the competitive adaptation as follows: We denote the set of strategies at the time period t except agent $A_i \in G$ by $x(i,t) = (x_1(t), \ldots, x_{i-1}(t), x_i(t), x_{i+1}(t), \ldots, x_n(t))$. Since the marginal utility of each economic agent provides the information for the direction for improving its utility, we describe the adaptive process of each economic agent as follows:

$$\begin{array}{ll} if & M_i\{x_i(t), x(i,t)\} > 0 \quad x_i(t+1) := x_i(t) + \delta_i \\ if & M_i\{x_i(t), x(i,t)\} < 0 \quad x_i(t+1) := x_i(t) - \delta_i \end{array} \tag{14}$$

We implement the dynamic process in (14) by specifying the size of the modification as follows:

$$\begin{aligned} x_i(t+1) - x_i(t) &= (\alpha_i/b_{ii}) M_i\{x_i(t), x(i,t)\} \\ &= (\alpha_i/b_{ii})\{P_i(t) - b_{ii}x_i(t)\} \end{aligned} \tag{15}$$

By rewriting the relation in (15), we have the following equation:

$$x_i(t+1) = (\alpha_i/b_{ii})P_i(t) + (1 - \alpha_i)x_i(t) \tag{16}$$

The dynamic action selection process must be coordinated to achieve globally consistent and efficient actions. The very simplest cooperation would be an exchange of

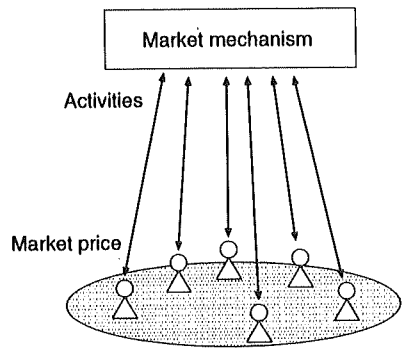


Figure 2: Decentralization with the market mechanism

facts such as the current actions. This adjustment process generates a partial strategy that governs the actions of the agents . The use of directives by an agent to control another can be viewed as a form of incremental behavior adjustment. This adjustment process generates a partial strategy that governs the actions of the agents. The mutual learning model describes how each economic agent, without knowing the others' utilities, adjusts its strategy over time and reaches to an equilibrium situation.

As shown in (16), we have the decentralized computational process in which each economic agent does not need to consider the other economic agents' private knowledge. Each economic agent $A_i \in G$ only needs to care about the current market price $P_i(t)$ and its previous behavior $x_i(t)$, and modifies its behavior based on the current and previous performance in order to optimize its own utility. The concept of the decentralized computation under the market mechanism is shown in Fig.2. Each economic agent does not need to infer the strategies, knowledges, plans of other agents, they only need to know prevailing market prices.

In the equation in (16), we define the size of α_i as the adaptive speed of each agent $A_i \in G$. We classify economic agents into several types depending their adaptive speed.

4 Social Rules that Induce Implicit Cooperation

In Section 2, we showed that the conditions of the individual optimality and the social optimality are different. This implies that if each economic agent seeks its own individual optimality by adapting its behavior based on the equation (16), the society, as a whole, faces so called the social dilemma[3] as shown in Fig.1. Our question is then stated as follows, how will the implicit cooperation may proceed in a decentralized society. We consider the role of a government with the authority of designing and implementing a social rule. The government has the authority of setting up the social rule. Each economic agent then pursues its profit under the social rule.

The process of building up cooperative intentions in a society of interdependent agents may be called social learning[4]. Social learning from the social perspective is grounded in the actions of many agents' activities taken together, and it not a matter of individual choice. It is one's actions in relation to those of others (vice versa) that maintain its participation. Social learning, in this sense, is the outcome of a web of activity emerged from the competitive interactions among agents.

We consider the following modified utility function for each economic agent by paying the tax as the social rule

$$\overline{U_i}\{x_i, x(i)\} = U_i\{x_i, x(i)\} - \lambda_i\{x(i)\}x_i \qquad (17)$$

$\lambda_i(x(i))$ is the tax rate on $A_i \in G$. The marginal utility function of the modified utility of each economic agent is given as

$$M_i\{x_i, x(i)\} - \lambda_i\{x(i)\} = 0 \qquad i = 1, 2, \ldots, n \qquad (18)$$

The government set the tax rate of each economic agent set as follows:

$$\lambda_i(x(i)) = -\sum_{j \neq i}^{n} (\partial U_j / \partial x_i) x_j \qquad i = 1, 2, \ldots, n. \qquad (19)$$

The tax rate also indicates the influence level of the strategy of $A_i \in G$ to the utility functions of the other agents. Then, the condition of the individual optimality under the modified utility functions in (17) is equivalent to the condition of the social optimality as given in (5). With the linear market price scheme as given in (2), the tax rate is given as follows:

$$\lambda_i(x(i)) = -\sum_{j \neq i}^{n} (\partial U_j / \partial x_i) x_j = \sum_{j \neq i}^{n} b_{ji} x_j \qquad (20)$$

Economic agents are quite apparently both selfish agents and social actors. In the model of social learning, two types of learning may occur: the economic agent can also learn its own by adjusting its action, while at the same time, the government also learns to set the social rule that realizes social fairness. We define the social learning as the dynamic adjustment process of economic agents and the social rule[8]. The social learning model describes how each economic agent, without knowing the others' objectives, adjusts its strategy over time and reaches to cooperative equilibrium situation. The cooperative solution can be realized if each agent modifies its utility function defined by two terms, the private utility and the social utility.

The dynamic adaptive of each economic agent process under the social rule is modified as follows:

$$\begin{array}{lll} if & M_i\{x_i, x(i)\} > \lambda\{x(i)\} & then \quad x_i := x_i + \delta x_i \\ if & M_i\{x_i, x(i)\} < \lambda\{x(i)\} & then \quad x_i := x_i - \delta x_i \end{array} \qquad (21)$$

The adjustment rate is then given as follows:

$$\delta_i = x_i(t+1) - x_i(t) = (\alpha_i / b_{ii})[M_i\{x_i(t), x(i,t)\} - \lambda_i\{x(i,t)\}] \qquad (22)$$

where $x(i,t) = (x_1(t), \ldots, x_{i-1}(t), x_i(t), x_{i+1}(t), \ldots, x_n(t))$.

By rewriting the relation in (22), we have the following equation:

$$x_i(t+1) = (\alpha_i / b_{ii}) P_i(t) + (1 - \alpha_i) x_i(t) - (\alpha_i / b_{ii}) \lambda_i\{x(i,t)\} \qquad (23)$$

The above adaptive model with the tax rate $\lambda_i, i = 1, \ldots, n$, given in (18) converges to a cooperative solution. On the other hand, the adaptive model without tax by setting $\lambda_i = 0, i = 1, 2, \ldots, n$, converges to a competitive solution.

The social learning model also need specify how the government adjusts the tax rate. In this case, we provide a model as follows:

$$\lambda_i(t+1) = \beta_i[M_i\{x_i(t), x(i,t)\} - \lambda_i\{x(i,t)\}] + \lambda_i\{x(i,t)\} \quad (24)$$

By rewriting (24), we have the following adaptive model:

$$\lambda_i(t+1) = \beta_i\{P_i(t) - b_{ii}x_i(t)\} + (1-\beta_i)\sum_{j\neq i}^{n} b_{ji}x_j(t) \quad (25)$$

If the government collects the taxes from each economic agent, the society of economic agent can realize the cooperative equilibrium without losing the principle of free competition. However, as shown in Fig.1, the decentralized mechanism of realizing society efficiency is realized by collecting the private wealth of each economic agent, and make them as the government revenue.

Next, we consider the mechanism of redistributing the taxes to each economic agent. With this redistribution mechanism, there is no surplus at the government side. Then, the utility of each economic agent with the rules of the tax collection and the distribution is then given as follows:

$$\begin{aligned}\overline{U_i}(x_i, x(i)) = \; & U_i(x_i, x(i)) - \lambda_i(x_i, x(i))\dot{x}_i \\ & + \textstyle\sum_{i=1}^{n}(\lambda_i(x_i, x(i))\dot{x}_i)/n\end{aligned} \quad (26)$$

5 Simulation Results

The goal of the research is to understand the competitive interactions based on the self-interested motivations which produce purposive collective behavior such as a socially optimal one. In this section, we address the question of how a society of the economic agents can achieve optimal collective behaviors as a whole. Different agents necessarily have not only different sets of goals or motivations, but they also have different interaction among agents or cognitive states by virtue of their different histories. As a result, it is shown by simulations that the collective behavior may vary with the different internal models of economic agents.

We provide the conditions of simulation as follows:

(1) The number of economic agents: 10

(2) The price scheme: $a_i = 1000$

(3) Initial strategies of each agent:
$x_i(0) = 5, \quad i = 1, \ldots, 10$

(4) Adaptive speed of each agent:
$\alpha_i = 0.1, \quad i = 1, \ldots, 10$

We consider the interdependence structure among agents in Fig.3. In this case, the government has both roles of collecting tax and subsidizing them. Then, each economic agent acquires the same utility as shown in Fig.4. Therefore, the fairness of society is realized with such a social rule.

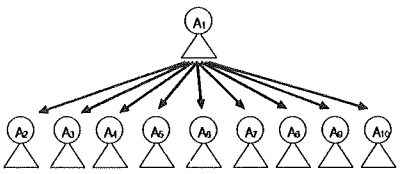


Figure 3: The asymmetric interactions among economic agents

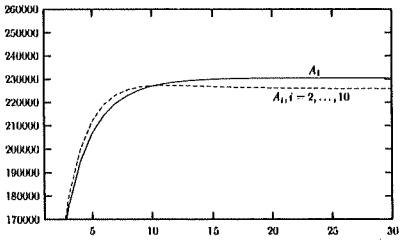


Figure 4: The utility of each economic agent with taxes and subsidies

6 Conclusion

The goal of the research was to develop the model of the decentralized computation by a set of economic agents produce complex and purposive group behaviors. We formulated and analyzed the interdependent decision making problem of economic agents. We showed that an equilibrium solution can be realized through purposive local interactions based on each individual goal-seeking. Each economic agents does not need to express its objective or utility function, nor to have a priory knowledge of those of others. Each economic agent adapts its action both to the actions of other economic agents, and thus allowing previously unknown economic agents to be easily brought together to customize a group responsible for a specific mission. This paper also described the research of studying competitive interactions leading to a coordinated behavior. The goal of the research is to understand the types of simple local interactions which produce complex and purposive behaviors.

References

[1] K.Carley,M.Prietula: Computational Organization Theory, Lawrence Erallbawn, 1994.

[2] J.E.Creps: An Introduction to Modern Micro Economics, MIT Press, 1991.

[3] J.Friedman: Game Theory with Applications to Economics, Oxford Univ. Press, 1990.

[4] L.Gasse,: Social conceptions of knowledge and action:DAI foundations and open systems semantics, in *Artificial Intelligence*, Vol.47, pp.107–135,1991.

[5] Kirman,A., & Salmon, M.: Lerning and Rationality in Economics, Blackwell, 1995.

[6] J.Kurose, R.Simha: A Microeconomic Approach to Optimal Resource Allocation in Distributed Computer Systems, IEEE Tran. on Computers, Vol.38, pp.705-717,1989.

[7] G.M.P.O'Hare, N.R.Jennings: Foundations of Distributed Artificial Intelligence, Wiley-Interscience, 1996.

[8] Y.Shoham: Agent-oriented Programming, *Artificial Intelligence*, Vol.60, pp51–92,1993.

[9] C.Waldspurger: SPAWN: A Distributed Computational Economy, IEEE Tran. on Software Engineering, pp.103-117,Vol.18, 1989.

The Complexity of Collective Decision

Saori Iwanaga & Akira Namatame
Dept. of Computer Science,
National Defense Academy, Yokosuka, 239-8686, JAPAN,
E-mail: {g38042, nama}@nda.ac.jp
Tel: +81-468-41-3810 (ext. 2432), Fax: +81-468-44-5911

Abstract

This paper discusses the complexity of collective decisions, which consists of simple individual decision. The models we present are particularly valuable on helping to understand situations where collective outcomes do not seem intuitively consistent with the underlying individual motivation preferences. Usually we tend to observe mainly outcomes and assume that the motivations generating them were consistent with rather than opposed or unrelated to them. The large-scale collective behavior emerged through the purposive interactions among self-interested agents. We provide the aggregate models for describing collective behavior in the long run, and show the complex and interesting collective behavior which emerges through the interactions of agents with micromotives.

Keywords: contingent behavior, collective decision, complexity, nonlinear dynamics

1. Introduction

An agent's behavior is called purposive behavior, if it is based on the notion of having preference, pursuing a goal, or maximizing his interest. However, in many situations, the goal or purpose of an agent relates directly to other agents. Therefore, their behaviors are also constrained by an environment consisting of other agents who are also pursuing their goals or interests. We call this type of behavior as contingent behavior with micromotives that also depends on what others are doing. We consider the collective decision problem among heterogeneous agents in Fig.1. As shown in this figure, what agents do affects what other agents do, and agents' behaviors or choices depend on the behavior or the choices of other agents, and which usually do not permit simple summation or extrapolation to the aggregate [8]. To make the connection we usually have to look at the interaction between agents and their environment, that is, between agents and other agents or between agents and the collective.

We formulate each local interaction as a game problem, and provide the aggregate model for describing collective behavior. The evolutionary consideration is taken to model the dynamics of the collective behavior. The growing literature on evolutionary models, however, treats agents as automata, merely responding to changing environments without deliberating about decisions or motivations of agents' [7]. Within the scope of our model, we include models which agents make deliberate decisions by applying rational procedures that guide their reasoning about what to do and also how to decide.

A simple relation between collective results and individual motives, that if most agents of a group make the same behavioral decision, we can infer from this that most ended up sharing the same norm or belief about the situation, whether or not they did so at the beginning. However, it will be clear even in the simplest versions of these models that the collective behavior can seem paradoxical, that is, intuitively inconsistent with the intentions of the individuals who generate them. Conventional models treat the aggregation of individual preferences, and they do not consider how individuals happen to have the preferences they do. There is still a great deal to be done, and those outcomes cannot be determined by any simple counting of motivations. This will be particularly clear in cases where a very small change in the distribution of preferences generates a large difference in the outcome. Analysis focusing only in determination of motivations could not explain such a phenomenon.

The collective decision process is guided by the self-interest seeking of many heterogeneous agents. The mechanism has a strong similarity to the nature of the self-organizing and growing process [5]. The growth starts from the set of the unstructured decisions based on different micromotives of agents. However, they are let to self-organize into the whole collective decision by establishing the harmony as a whole. We also argue here that knowing preferences, motives, and beliefs of agents as the components in can only provide a partial condition for the explanation of outcomes of the collective behavior. We also need models of how these individual motivations interact and aggregate.

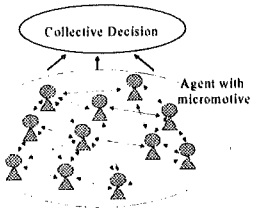


Fig.1: Concept of collective decision of heterogeneous agents with micromotives

2. Rational Decisions of Heterogeneous Agents

A models of collective behavior is developed for situations where actions have two alternatives and the costs and/or benefits of

each depend on how many other agents choose which alternative. The key concept is that of threshold; the number or proportion of others that must make one decision before a given agent does so. The models of this paper treat binary decisions problem where each agent has two distinct and mutually exclusive behavioral alternatives. In most cases the decision can be thought of as having a positive and negative side, deciding to do a thing or not to. The individuals in these models are assumed rational, that is, given their goals and preferences, and their perception of their situations, they act so as to maximize their utility.

As shown in Fig.2, at any given moment, a small fraction of the population is exogenously given opportunities to observe the exact distribution in the group, and to take the best response against it. We assume that there are many numbers of random matches within each time period, so that each agent's average payoff in that period is equal to the expected payoff. There are two features distinguish our approach from traditional approach [3]. First, each agent is not assumed to be rational. Second, each agent is not assumed to be knowledgeable enough to correctly anticipate the other agents' choices. It cares only about the distribution of behavioral pattern of agents in an organization.

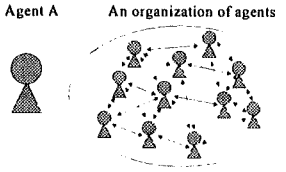


Fig.2: The modeling of a decision problem of an agent in an organization

One's decision to vote for a particular candidate, for instance, may depend heavily on how many others have already decided to do so, partly because of social influence, partly because one does not want to waste one's vote. One outcome of this situation is what we call bandwagon effects. Here, we consider an organization of agents $G = \{A_i; 1 \le i \le N\}$, in which each agent has the following two strategies: S_1 : votes for, S_2 : votes against

Agent A_i \ The other agents	$p(t)$ S_1	$1-p(t)$ S_2
S_1	U_i^1	U_i^2
S_2	U_i^3	U_i^4

Table 1. The payoff matrix

The proportion of agents in the organization who vote for at the time t is denoted by $p(t), (0 \le p(t) \le 1)$ and the proportion of agents who vote against is then denoted by $1-p(t)$. The associated payoff for each strategy of Agent $A_i (1 \le i \le n)$ is given as shown in Table.1. The expected utilities he votes for (S_1) and he votes against (S_2) are then obtained as follows:

$$\overline{U}_i(S_1) = p(t)U_i^1 + (1-p(t))U_i^2$$

$$\overline{U}_i(S_2) = p(t)U_i^3 + (1-p(t))U_i^4 \qquad (2.1)$$

Since each agent makes his decision in order to maximizing his utility, he votes for (S_1) if

$$p(t)U_i^1 + (1-p(t))U_i^2 \ge p(t)U_i^3 + (1-p(t))U_i^4 \qquad (2.2)$$

otherwise he votes against (S_2). By rearranging (2.2) we have following relation;

$$p(t) \ge (U_i^4 - U_i^2)/(U_i^1 + U_i^4 - U_i^2 - U_i^3) \qquad (2.3)$$

Agent A_i's rational strategy is then given as the function of the common information $p(t)$ and his personal attributes U_i^1, U_i^2, U_i^3 and U_i^4, which is described:

(I) $p(t) \ge (U_i^4 - U_i^2)/(U_i^1 + U_i^4 - U_i^2 - U_i^3)$: votes for (S_1)

(II) $p(t) < (U_i^4 - U_i^2)/(U_i^1 + U_i^4 - U_i^2 - U_i^3)$: votes against (S_2) (2.4)

The parameters in the payoff matrix in Table1 can be also given as follows:

$$U_i^1 = \alpha_i + \beta_i, U_i^2 = \alpha_i, U_i^3 = 0, U_i^4 = \beta_i \qquad (2.5)$$

where α_i represents the relative preference of Agent A_i over the strategy S_1. If $\alpha_i > 0$, Agent A_i prefers to vote for, and the value of α_i represents the preference level. On the other hand, if $\alpha_i < 0$, he prefers to vote against. The parameter $\beta_i (> 0)$ represents Agent A_i's preference so that his decision is consistent with the group decision. Using the relation in (2.5), the value of the right hand side of (2.3) can be given as

$$(\beta_i - \alpha_i)/(\alpha_i + \beta_i + \alpha_i - \beta_i) = (1 - \alpha_i/\beta_i)/2 \equiv \theta_i \qquad (2.6)$$

We define the parameter θ_i as the threshold of Agent A_i. Each agent's rational decision rule given in (2.4) is then described as follows:

(I) $p(t) \ge \theta_i$: votes for

(II) $p(t) < \theta_i$: votes against (2.7)

These observations imply that each agent is decision can be determined by not only by his preference (his own internal attributes), but also by the common information $p(t)$.

The threshold is simply that point where the perceived benefits to an agent of choosing the alternatives in question exceed treat of the other.

3. A Dynamic Model of Collective Decision

Threshold models share with game-theoretic models the assumption of rational agents with complete information. Much recent literature on collective behavior has reacted against the older

notion that irrationality is the key to explanation; agree that collective behavior often results from rational, sometimes calculated action. A formal account of rational action in situations of mutual interdependence is given by game theory. Actions of a large number of people into the analysis of a two-person game in which each person plays against all the others taken collectively. Threshold models take the elements of collective behavior which game theory handles only with difficulty and makes them central: substantial heterogeneity of preferences and inter dependence of decisions over time. This is possible because the n-dimensional payoff matrix of game theory is replaced by a one-dimensional vector of threshold, one for each agent. This allows enormous simplification in the ensuring analysis. Like all simplifications, this one carries a cost. The payoff matrix of game theory allows us to investigate, for any particular agent. Which outcome maximizes his utility and whether outcomes are Pareto optimal for the whole set of agents? The threshold model does not permit this. When an individual is activated because his threshold is exceeding, he acts so as to maximize his utility under existing conditions. The resulting equilibrium may or may not maximize anyone's overall utility. From the distribution of thresholds alone, nothing can be said about this. Thresholds do not give information about the utility to an individual of each possible equilibrium outcome. Schelling describes models of binary choice situation where full utility functions are given explicitly. Most of his analysis requires every agent to have the same function, but see the brief discussion of how one might relax this limitation. The time sequence of choices is not treated.

We especially observe the phenomena such as how each agent's rational decision combines with the decisions of the others to produce the macro behavior and some unanticipated results. We especially investigate the long-run behavior of collective decisions where a finite number of agents are repeatedly matched to play a stage game by adjusting their decision over time.

Beginning with a frequency distribution of thresholds, the models allow the calculation of the ultimate or equilibrium number choosing each strategy. The stability if equilibrium results against various possible changes in threshold distribution is then considered as follows.

We denote the number of agents who have the threshold value of θ_i in the organization G by $n(\theta_i)$.

We also define the accumulated distribution pattern of the threshold as follows;

$$f(\theta) = \sum_{\theta_i \le \theta} n(\theta_i) / N \qquad (3.1)$$

The portion of the agents whose thresholds are less than θ is then given as follows;

$$F(\theta) = f(\theta) / N \qquad (3.2)$$

We now describe the dynamic process of collective decision that emerged from the interactions among agents. The proportion of agents who vote for (S_2) at the time period t is given as $p(t)$. By the definition of the rational decision rule in (2.7) and the accumulated function $F(\theta)$ in (3.2), and the proportion of agents who vote for at the next time period is given by $F(p(t))$, and the dynamic change of $p(t)$ is given by the following dynamics:

$$p(t+1) = F(p(t)) \qquad (3.3)$$

The aim of the model presented here is to predict, from the initial distribution of threshold, the ultimate number or proportion making each of the two strategies. Mathematically, the question is one of finding equilibrium in a process occurring over time.

The collective decision at equilibrium is characterized by the fixed point of the accumulated distribution function, which is given by

$$p^* = F(p^*) \qquad (3.4)$$

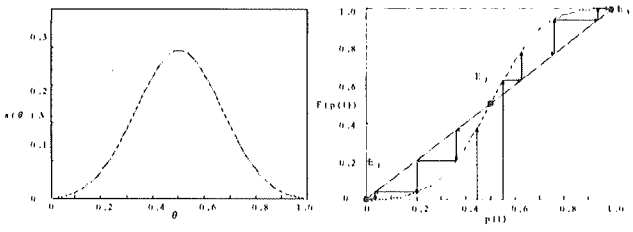


Fig.3 (a): The distribution pattern of the threshold θ

Fig.3 (b): The convergence and the properties of collective decision

4. The Complexity of the Collective Decision

In this section, we characterize the collective decision of with different distribution patterns of thresholds. In the previous section, we showed that heterogeneous agents with different thresholds could be classified into three types, the hard core agent of type1, the hard core agent of type2, and the opportunistic agent of type3. Agents of the type1 choose the strategy S_1 without regard to the other agents' decisions. Agents of the type2, on the other hands, always choose the strategy S_2, without regard to the other agents' decisions. The opportunistic agents, on the other hand, change their decision depending on how the other agents may decide.

We consider the distribution pattern as shown in Fig.4 (a). The organization with this distribution pattern of the threshold consists of the hard core of type1 and type2. Its accumulated function is obtained as shown in Fig.4 (b). There are one stable equilibrium E_2 and two unstable equilibria E_1 and E_3. In this case, starting from any initial position, the collective decision always converges to the equilibrium E_2.

By comparing the collective decision in Fig.3 (b), we can characterize the role of the hard core as follows: If some hard core of type1 or type2 join the organization with the distribution pattern of the threshold as given in Fig.3 (a) their decision becomes decisive, and it does not depend on the initial condition. From this, an agent of the hard core is said to be stabilizing agent.

Let consider the case where some opportunistic agents join the organization with the distribution function of threshold given in

Fig.4 (a). the new distribution pattern of thresholds is then given in Fig.5 (a). There exist many equilibria as shown in Fig.5 (b), and this organization becomes to be uncertain, since which equilibria can be realized is uncertain. By comparing the Fig.4 (b), with joining some opportunistic agents, the collective decision becomes unstable. From this, an opportunistic agent is said to be a destabilizing agent.

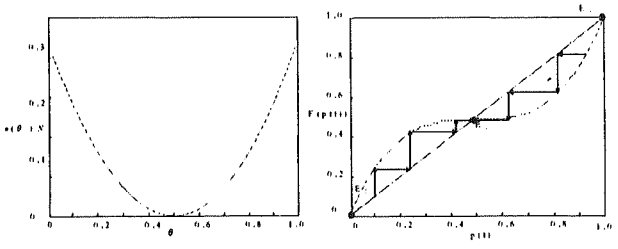


Fig.4 (a): The distribution pattern of an organization with hard cores
Fig.4 (b) The convergence to the collective decision

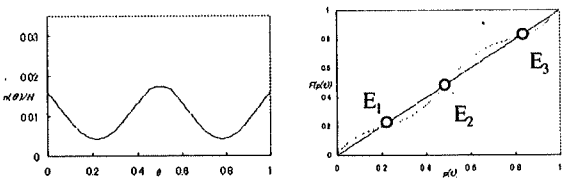


Fig.5 (a) The distribution pattern of Threshold
Fig.5 (b) The convergence to the collective decision

5.Conclusion

In this paper, we investigated the collective behavior of an organization that consists of many heterogeneous agents. Each agent was modeled to be rational in that he sought to optimize his own interest. We obtained the relation between each agent's rational decision (micro behavior) and the collective decision (macro behavior) as the nonlinear dynamics. We provided a methodology for characterizing the nonlinear dynamics between micro and macro behavior. Sometimes the analysis of the collective behavior is difficult, and it is inconclusive. But even an inconclusive analysis warned against jumping to conclusions about the behavior of aggregates from what one knows or can guess about agent interests or motivations, or jumping to conclusions about agent intentions from the observations of aggregates. By explaining paradoxical outcomes as the result of aggregation process, our model take the strangeness often associated with collective behavior out of the heads of agents and put it into the dynamics of situations. The proposed model may be useful in large numbers of heterogeneous agents. Their greatest promise lies in analysis of situations where many agents behave in ways contingent on one another, where there are few institutionalized precedents and little preexisting structure. Providing tools for analyzing them is part of the important task of linking micro to macro levels of adaptive behavior. In general, results are surprising; how well each agent does in adapting to his social environment is not the same as how to satisfy a social environment, therefore we also need to discuss how to manipulate the collective decision as a future research.

References

[1] Arthur R., *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, Michigan University Press, 1994.

[2] Frank R., *Passions with Reason*, Norton Publishing Company, 1988.

[3] Fudenberg D., *Game Theory*, The MIT Press, 1991.

[4] Grosz. K. & Kraus S., *Collaborative plans for complex action*, Artificial Intelligence, Vol.86, pp195-244, 1996.

[5] Holland G., *Hidden Order*, Addison-Wisely Publishing, 1995.

[6] Paul D., *Clio and Economics of QWERTY*, Amer.Econ.Rev.Vol.75, pp332-337, 1985.

[7] Rosenschein J S. & Zlotkin G., *Rules of Encounter*, Designing Conventions for Automated Negotiation among Computers, The MIT Press, 1994.

[8] Schelling T., *Micromotives and Macrobehavior*, Norton, 1978.

[9] Weibull J., *Evolutionary Game Theory*, MIT Press, 1996.

Mark Granovetter., *Threshold Models of Collective Behavior*, AJS Vol83 No6, 1978.

Ontological Agent－Based Modeling and Narrative Discourse Theory

矢澤　清明
専修大学 経営学部
〒214-8580　川崎市多摩区東三田 2-1-1
E-mail:GHA01510@nifty.ne.jp

小方　孝
山梨大学 工学部
〒400-0016　甲府市武田 4-3-11
E-mail:ogata@esi.yamanashi.ac.jp

1．はじめに

社会科学分野において、agent-based model (以下ABM)或いは人工社会シミュレーションといった構成的計算手法を用いた研究が、近年数多く行われるようになってきている。確かにこのアプローチは、従来の研究方法論では困難であった「実験可能性」、「相互作用に規定される関係ルールの解明」、「限定合理性の取り扱い可能性」と言った点で、方法論的な可能性を持っている(矢澤,1999)。しかし現在、多様な分析視点や対象領域(内容多様性)と多様なアルゴリズムやモデル構造(形式多様性)によるABMが量産されつつある中で、ある属性を持ったagentとagent間の相互関係を取り扱うという共通認識以上の一般性を持った方法論的枠組みについては、必ずしも十分検討されていないように思われる。

その結果、現状においては次のような問題点を指摘することができる。(1)ad hocなモデル構築によるモデル自体及びその解釈の妥当性に対するメタレベルの視点(評価視点)の軽視。特にABMの場合には、既存のモデリング方法に比較して、人工的に社会を生成するという点で非常にパラメータの自由度が高く、ある意味ではどのようなモデルも可能であり、パラメータ設定に関するメタ知識が重要である。(2)モデル構築や解釈における既存理論、特に既に過去に多くの研究者によって検討され経験的に確認されているような既存理論(場合によっては経験的データ)との無関連性(関連性の軽視)。(3)シミュレーション結果の蓄積・統合及び共有化の機構の欠如。様々に異なるモデル前提によるシミュレーションが数多く行われても、結果の統合の契機がなければ、やりっぱなしに終わる危険性が高い。

ABMは、本質的には有限個の状態をとり、有限個の刺激(入力)によって状態を変化(遷移)させる計算機上に実装された有限オートマトンである。オートマトンの一例としてよく知られたコンウェイのライフゲームは、R pentominoのような単純な初期状態と単純な遷移ルールから、万華鏡を覗いたような複雑なパターンを生成する。ライフゲームでは、ある初期状態はどのようなパターンを生成するか、或いはあるパターンはどのような初期状態から生まれたかというパターン探しに人々は夢中になり、やがてその流行は去っていった。社会科学におけるABMは、ある初期状態にある遷移規則を与え、遷移後の状態を解釈する(或いはその逆の操作)という点で、ライフゲームと何ら変わらない。しかし、パターン生成そのものが重要なのではなく、そのパターンが人間の社会現象を何からの形で表現していることが不可欠な必要条件である。その点では、モデル構築(初期状態と遷移規則のミクロ仕様の設定)の前提となるメタレベルの概念や知識の枠組みこそがABMの中核であり、ABM自体はそれを作動させるための装置に過ぎない。本研究では、このメタレベルの概念や知識の一般的枠組みをontologyと呼ぶことにする。ABMは、このontologyに主導される計算装置であり、ontologyはモデルの前提となる人間や社会現象に関するメタレベルの概念・知識の枠組みとして、またシミュレーション結果を蓄積して検証し統合する概念・知識ベース機構として機能する。

本研究では、上記のような問題意識から、今後さらにABMが発展していくための計算主義に基づく新しい研究枠組みとしてOntological agent-based modeling(或いはOntology-driven agent-based model(ODABM))を提案する。これは、当初ある特定領域を対象とするが、将来的には人間及び人間の社会性を取り扱う複数領域を包含するより一般的な「計算社会科学論」として構想されている。本稿ではこのODABMの概要と本研究でキーワードとなっているオントロジカルな観点に基づくシミュレーション実験事例を紹介する。

我々はまた、計算主義とagent-based approachに基づいて、狭義の文学的物語のみならず、広く社会現象も物語現象と捉える視点から、物語を解釈・生成する枠組みとしての計算物語論について研究を行っている。人工的に世界を構成する場合、構成された内容(物語内容)は表現(物語言説)と独立に存在しうるのものではなく、表現は内容を形づくる重要な側面である。このような世界を語るための計算論的な物語論を、現在構想中である。紙幅の関係で、この内容について本稿では触れられないが、シミュレーション結果の記述などにおいても、このような問題を考慮する必要がある点を指摘する。(当初本稿で、このNarrative Discourse Theoryについても紹介する予定であったが、紙幅の関係もあり本発表とは別にポスターセッションにおいて小方・矢澤「世界を語るレトリックについて-物語言説論の観点から-」というテーマで発表を行うので、そちらをご参照頂ければ幸いである。)最後に、今後の展望について述べる。

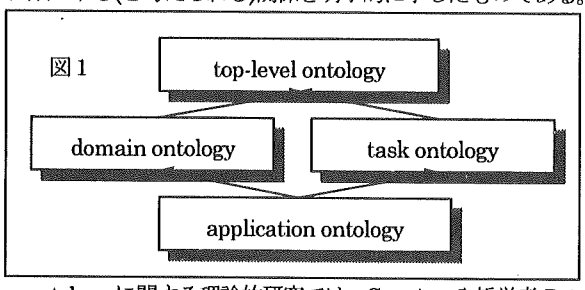
2．Ontology-driven agent-based modelについて

ここでは本研究が提案するOntology-driven agent-based modelの概要を説明する。計算機上にモデルを構築する際、我々はそのモデルの対象となる世界の概念化を行っている。先にも述べたように、ODABMでは計算モデルそのものよりもモデルの前提となるこの概念・知識の枠組みをモデル機構の中心に据える。ODABMでは、この概念・知識の枠組みをontologyと呼ぶが、まず元々のontologyの意味とODABMにおけるontologyの内容について説明する。

２．１．ontologyについて

ontologyとは、元々は哲学用語で存在論という意味であるが、知識処理/AIの分野では、「人工システムを構築する際のビルディングブロックとして用いられる基本概念/語彙の体系(理論)」、「概念化のための明示的な規約」、或いは「ある目的のための世界の認識に関する共通の合意」等と定義されている(溝口,1999)。溝口(1999)は、ontologyとは『情報処理が対象とする世界のモデル構築者がその世界をどのように「眺めたか」、言い換えるとその世界には「何が存在している」と見なしてモデルを構築したかを(共有を指向して)明示的にしたものであり、その結果得られた基本概念や概念間の関係を土台にしてモデルを記述する事ができる』と述べている。ODABMにおけるontologyの基本的機能も、この説明にほぼ集約されている。言い換えればontologyは、対象とする世界に存在する(と考えられる)概念とそれらの間に成立する(と考えられる)関係を明示的に示したものである。

図1



ontologyに関する理論的研究では、Guarinoや哲学者Peirceの理論をベースにしたConceptual Graphを提案するSowaらの研究が知られている。ontologyは通常一般性のレベルに応じて階層的に分類され、例えばGuarino(1998)はtop-level ontology、domain ontology, task ontology、application ontologyという各ontologyを設定している(図1)。top-level ontologyは、領域に依存しないspace、time、matter、object、event等の非常に一般的な概念を記述する。下位のontologyは、top-level ontologyの概念が特殊化されたものとして位置づけられ、top-level ontologyを継承する。domain ontologyやtask ontologyは、特定領域に関連する概念・語彙を記述する。application ontologyは、関連する複数の上位ontologyによって限定された特定領域の概念を記述する。これは、状況独立的情報を包含するontology部分と状況依存的情報を包含するknowledge base部分とに区別できる。ODABM(図２)のapplication ontologyでは、状況依存的なknowledge base部分も包含して扱う。ontologyは対象世界の「骨格」とも言えるメタ知識に相当するが、我々が知りたいのはメタ知識のみでなく、むしろそこから導出された対象に関する具体的な状況理論である。そのため、ODABMではontologyと整合する対象領域の知識をknowledge base機構として持たせている。

ontologyは、知識処理/AIの分野でもまだ幼児期にあり、図1の上位から下位までを網羅したontologyは、現状では殆ど無いといってよい。top-level ontologyでは、Guarinoが次のような各理論に基づいてformal ontologyを提案している。(1)全体性の理論：どのように要素を接続したら全体とみなされうるか、(2)部分の理論：部分とは何か、(3)identityの理論：異なる属性を持つ実体が如何なるときに同一になりうるか、(4)依存性の理論：特定の個体が異なるクラスに含まれるという外延的な依存の形態に関する理論、さらにGuarinoは、ontologyを(5)特殊体(particulars)：実世界の実体の認識(物体、出来事、物質など)、と(6)普遍体(universals)：実体について語るときのカテゴリー(概念、属性、状態、関係など)に２分している。このようにtop-level ontologyは、哲学的議論を背景とし数理論理学的手法に基づく形式的特性を持つ。top-level ontologyの重要性は言うまでもないが、我々の主たる関心は、社会科学領域のdomain/task ontologyである。社会科学領域においても取り組みが徐々に開始されており、企業活動ontologyや法律ontologyなどの事例がある。企業或いは企業活動を対象としたontologyとしては、TOVE、Enterprise Ontology 、IDEF5等が開発されている。例えば、エディンバラ大学のEnterprise Ontologyでは、Activity、Organization、Strategy、Marketing、Timeといった概念が抽出され、Strategyはさらに下位のPurpose、Vision、Mission、Goal、Critical Assumption、Influence Factor等に細分化される。また、これらの記述言語として一階述語論理を拡張したKIFやOntolingua等が開発されている。

２．２．ODABMの概要

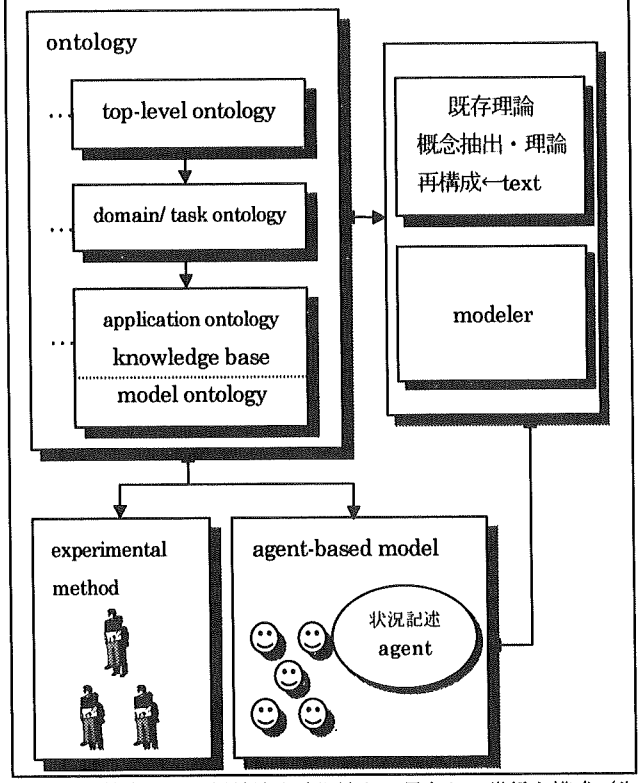
以上のようなontologyを、agent-based model(ABM)の制御機構として用いるモデルがODABMである。現時点でのODABMの構成は、図２の通りである。

通常ABMの構築では、限定合理的な人間(agent)の相互作用の構成が試みられることになるが、そもそも計算能力と視野の限界といった限定合理性に制約された人間自身であるモデル構築者が、このような構成作業を十分に行い得ると想定すること自体に一つの論理矛盾がある。ある現象を構成しようとする場合には、モデルに構成要素の複雑さをどの程度取り入れるかを決定する必要がある。ある現象を構成するために必要な、有効かつ最小の複雑度を最小有効複雑性(多様性)と呼ぶとすれば、これは必ずしも一義的には決まらない。そこでモデル構築者は、自身がとりあえず自明であると考えるagentの内部属性と相互関係に関わるミクロ仕様(ﾐｸﾛﾒｶﾆｽﾞﾑ)を限定合理的に設定せざるを得ないが、その設定の妥当性は必ずしも保証されているわけではない。このような事情は、従来の被説明変数－説明変数の関係に基づくモデル設定等でも本質的には変わらないが、実際にagentの相互作用モデルを構成しようと試みると、ミクロ仕様に関する綿密な設定の必要性を実感せざるを得ない。

モデル内容は、モデル構築者の裁量に任されるが、モデルを構成する構成要素は、我々が対象世界について知り得ている制約を満足している必要があるだろう。ontologyは、対象とする世界に存在する概念とそれらの間に成立する関係をどのようなものとして捉えたかを明示し、対象世界の認識に関する共通の合意を形成することによって、対象世界のモデルが満足すべき制約を明らかにする機能を果たす。このようなontologyを意識しつつモデル構築を行うことにより、構成的計算アプローチが陥りやすい「恣意性」の問題を回避することが期待されるのである。ontology自体が、世界を正確に概念化しているかを、客

観的に検証することは困難であるとしても、少なくともontologyとしてモデル前提を明示することで、さらにontology自体の漸次的改善の契機も期待できる。このようにontologyは、モデル構築に対して、①メタモデル機能、②合意を得る手段、③暗黙情報を明示化、④再利用と共有、⑤計算機上での知識の体系化等のメリットを与える(溝口,1999)。

図2: ontology-driven agent-based model



構成的方法は、帰納法や演繹法とは異なり、世界を構成（生成）することによって、世界を説明しさらにその世界に可能な過程を提示することで、世界がどのようになり得るかを明らかにする方法である。構成することは、演繹することを含意する(Epstein,1999)。従って、モデルのミクロ仕様の妥当性は、モデルの妥当性を保証するための必要条件であり、それをontology機構を用いて頑健にすることがODABMの狙いである。計算シミュレーションでは、プログラムの中にあらかじめ「入れておかなかった」ものが、有限状態の世界の有限ステップの中で生成されることは論理的にありえない(金子・津田,1996)。しかし有限状態ではあっても、多数のパラメータの複雑で莫大な組み合わせからは、限定合理的な人間が未だ知り得ていない可能な過程に基づく新しい知見の発見可能性がある。構成的方法の目的の一つは、計算実験からこのような知見を得ることである。

ODABMでは、可能な限りモデルのミクロ仕様の現実対応性を考慮するが、仮定されたミクロ仕様は観察された(マクロ)現象を構成するために十分であろうか。この場合、得られた結果が反証可能であることが、一つの基準となる(Epstein,1999)。この観点から言えば、構成的モデルの妥当性は、上記のようなミクロ仕様に関する内的妥当性とシミュレーション結果が現実と対応しているかという外的妥当性の２つを満足する必要がある。

外的妥当性の検証のために、domain/task 或いは application ontology は、対象領域の観察されたマクロ現象の概念・知識に関する合意を蓄積する。このような概念知識としては、定量的・定性的なものの両者を含む。例えば、企業の出現と成長に関するモデルの場合は、構成された企業の規模分布や成長率が経験的に知られているそれらに対応しているかどうか検証することが一つの基準になりうる(Epstein,1999)。この場合可能な限り分節化された概念化が望ましく、また単一基準よりも、可能な限り複数の基準の観点から評価出来るような概念化が望まれる。さらに例えばゲーム論のような従来の解析的な方法や実験的方法による知見も知識体系に含めるべきであろう。

ontology は、概念・知識の領域固有性を前提にしており、ODABMではこのような領域固有概念をdomain/task ontologyとして措定し、さらに具体的な対象領域の概念・知識をapplication ontologyとして明示化する。当該モデルのミクロ仕様はこれらを継承して特殊化されたmodel ontologyとして記述され(内的妥当性の検証)、モデルに組み込まれる。この機構は、技術的にはモデル開発時とモデル実行時の双方で用いることが出来るが、既存のontologyが存在しない現状では、限られた範囲でontologyを考慮するだけでも有用であろう。シミュレーションから得られた結果は、外的妥当性が検証され、さらに様々な実験に基づく可能な過程の探索を通じて、可能系としての将来、或いは過去に関する知見を得る。これらは、状況によって分節化された知識として application ontology の知識ベースに蓄積される。また場合によっては、計算モデルだけではなく、人間による実験的方法も併用する(図2左下)。この場合ontologyは、実験計画の参照枠組みとしても機能する。ODABMでは、単純な初期状態・遷移規則から初めて、そこから得られた知見を、次期のmodel ontologyとして導入することにより、行為の作用が行為を行う者自身に返って来るメカニズム自体をシミュレーションすることも可能である。

ODABMのontologyは、単に概念ラベルの集合ではなく、操作可能な概念定義を意味している。そのため溝口(1999)が指摘する次のような３つのレベルを組織化する。(1)レベル１：対象世界に存在する概念(ミクロ・マクロ概念を含む)の切り出し(選択)とそれらの関係の記述、(2)レベル２：各概念の意味定義(制約)や関係の記述(公理的記述)が付加され、ontologyを利用したモデル構築において種々の適切なガイドや示唆を与えると共に、ontology で記述できるもの全体の性質に関する質問に答えることが可能、(3)レベル３：ontology を用いて記述したものが実行された時の振る舞いに関する質問に答えることが可能。レベル３を実現するために、ODABMではシミュレーション結果も分節化された手続き的記述として application ontology の知識ベースに蓄積する。モデルのパラメータ数が多くなると、その結果もパラメータに対応して膨大となり、博物学的記述が必要になる。そのためには、上記のように分節化された記述を計算機上に蓄積することが有効であろう。ODABMは、このような組織化プロセスによるontology自体の深化・彫琢とontologyに基づくABMの結果を分節化して累積的に蓄積することにより、我々

の認識を支援する機構を目指すものである。

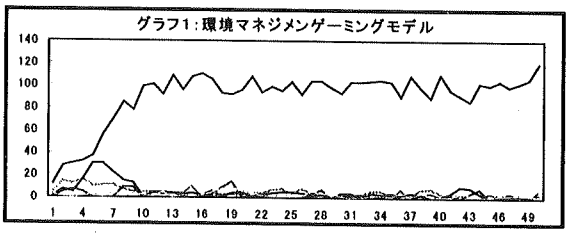
ontology の構築は、従来の事例では専門家がブレーンストーミングを行うこと等により行われているが、ODABM では、ontology を既存の学問理論(テクスト)から構築する機構を提案する(図2の右側)。既存の学問理論は、対象領域に関する理解を自然言語で記述したモデルと考えることが出来る。ODABM では、既存の社会科学領域の理論を ontology として記述することで ontology を深化させることを目指している。異なる領域における既存理論から同一概念用語を取り出し、共通概念属性と差異概念属性を明らかにすることにより、特定領域の下位 ontology の発展的見直しが可能になることが期待される。また、共通概念属性で共約できない場合は、多重オントロジーとして理論間の接合や統合が期待される。このような計算的機構について、現在研究中である。さらにまた、既存理論から抽出された ontology に基づいて ABM を構成することにより、既存理論を検証する可能性を考えることが出来る。既存理論の理論的妥当性を構成的に検証する際の基準として、ODABM では「構成可能性」の基準を提唱したい。Popper の反証可能性は、理論の反証可能性が高いほど、より多い経験的情報内容を持つことを意味していた。「構成可能性」とは、ある理論によって対象世界を構成できる可能性であり、構成可能であることは構成不能の場合に比較してより多い情報内容を持つと言えるだろう。ある理論に基づいて世界が構成できないことは、直ちにその理論の不備を意味するものではないが、その理論が記述としては成立しても、説明としては不十分であると考えざるをえない。例えば、社会学における機能主義やその派生とも言えるマクロ組織論は、構成可能性を満たさない場合が多いように思われる。ontology の構築は、それ自体労力を要する作業であり、ODABM では既存理論から概念抽出する方法によって ontology の効率的構築を目指すと同時に、それを既存理論の検証を構成的に行うための方法として位置づけている。

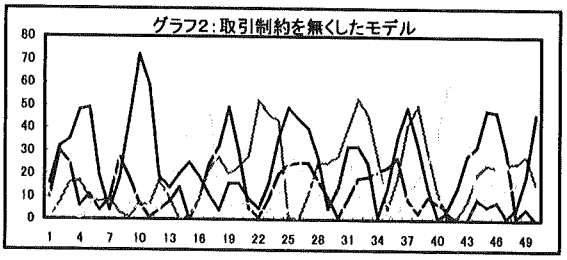
以上が、ODABM のおおよその概要である。複数の agent からなるシミュレーションの結果は、かなり膨大でありその全情報を有効に利用することは必ずしも容易ではない。結果の解釈においては、どのような視点に基づくかが重要な影響を及ぼす。ODABM では、Narrative Discourse Theory における焦点化といった手法を導入して有効な解釈を行うために、図2の ABM の部分に状況記述 agent という agent 機構の設定を検討している。

3．オントロジカルな観点に基づく実験事例

以上ような ODABM について、現在具体的な開発を行っているが、ここでは再現実験の重要性(Axelrod, 1997)の観点に基づいて、既存の興味深いモデル事例を取り上げオントロジカルな観点から考察する。出口・矢萩は、「共有地の悲劇問題」に資金繰りや消費行動という社会構造を加えた環境マネジメントゲーミングを提案している。この研究の基本モデルでは、税金や生活補助などの間接制御を行わない場合には、一人の独占 agent の出現が見られるという。そのため共有地を維持するような制度として、税金や生活補助の導入効果の実験が行われている。

この基本モデルの再現実験を行ったところ、確かに独占 agent の出現が確認された(ｸﾞﾗﾌ 1)。この基本モデルの取引ルールは、販売可能頭数は何頭までというような制約されたルールとなっている。取引概念は様々な下位概念を含むが、このモデルに関連する概念分類としては自由取引と制限取引の取引形態の区別があげられる。一般的には取引制約がない場合が自然であり、同じモデルで取引の制約を無くしてみると、必ずしも独占者が出現するわけではなく、羊を多数保有する agent が交互に出現する結果となった(ｸﾞﾗﾌ 2)。これは、羊を多数保有しても、それを売って現金や物を得ようと agent が自由に任意の頭数を取引する結果であり(販売動機は、総資産の増加として与えられている)、独占 agent が発生したのは取引規制のため一定数以上の羊の販売ができず、独占的な agent の所有頭数が減らないためと考えられる。このことは、制度的規制が既得権者の利益を保護する傾向があることを示唆している。このようにモデル前提の概念を洗い出し、前提毎の結果を蓄積することは、ABM 研究をより生産的にすると考えられる。





4．今後の展望について

本研究では、従来の ABM の問題点を検討し、新たな研究方法論として ODABM の提案を行った。ODABM の基本的な立場は、ontology の機構を導入することで個別 ABM の結果や既存理論のように統合されずに分散化されたままの対象領域の概念・知識を、我々が利用可能なように蓄積、統合、体系化しようとする点にある。特に社会科学分野においては、そのような必要性が高いだろう。ODABM は、当面は非常に狭い特定領域を対象とせざるを得ないが、将来的には ontology の統合化や多重化を通じて、人間及び人間の社会性を取り扱う複数領域を包含するより一般的な「計算社会科学論」として構想されている。ODABM の詳細をさらに検討して、この構想を具体化していくことが今後の課題である。

(参考文献)
- Axelrod,R., *Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences*, Rosaria Conte(Eds.),Simulating Social Phenomena,Springer,1997.
- Epstein,J.M.,*Agent-Based Computational Models And Generative Social Science*,Complexity,Vol.4,No.5,1999.
- 出口弘・矢萩智之,「共有地の悲劇に対する人工社会的分析」,数理社会学会 98 年 3 月大会予稿集,1998.
- Guarino,N.,*Formal Ontology and Information Systems*, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications,Vol.46,IOS PRESS,1998.

・金子邦彦・津田一郎,『複雑系のカオス的シナリオ』,朝倉書店,1996.
・溝口理一郎,「オントロジー研究の基礎と応用」,人工知能学会誌,Vol14,No.6,1999.
・小方孝,「多重物語構造のマクロモデル・シミュレーションとしての物語序説-」,『シミュレーション&ゲーミング』,2000.(近刊)
・小方孝・矢澤清明,「世界を語るレトリックについて-物語言説論の観点から-」,進化経済学第4会大会ポスターセッション,2000.
・矢澤清明,「経営学における構成的計算アプローチの可能性と展望」,日本経営学会編『21世紀の企業経営』,千倉書房,1999.

本研究は、SCAT研究助成、並びに専修大学平成11年度研究助成によっている。記して、感謝致します。

外国為替市場の不安定性の分析

非線形ダイナミックスを用いて

国枝卓真*

1．はじめに　1997 年以降，東アジアの通貨危機をきっかけに世界各国で連鎖的に通貨危機が発生した。1999 年に入ってようやく安定化の様相は見せてはいるものの，通貨危機は金融危機を併発することが多く，その実体経済への影響は過酷なものであったということは記憶に新しい。二つの通貨が相対するとき，その相場の不安定性は避け難いものと考えられるが，その振幅を押さえる方法はあるかもしれない。そして，その振幅が小さいほうが実体経済への悪影響も小さいものと思われる。そこで本稿では，伝統的なオーバーシューティングモデルや通貨危機モデルとは違う独自の方法を用いて，外国為替市場のモデルを構築する。そしてシュミレーション分析により外国為替市場の不安定性についての分析を試みる。

2．モデル　まず，市場為替レートの遷移式から考えていく。為替相場の決定理論はいくつかあるが，伝統的なモデルで使われているものは購買力平価式と金利平価式である。本稿でもこの二つの式を用いていくが，伝統的なモデルと使い方の点でいくつか異なったところがある。第一に，購買力平価式のほうであるが，伝統的な通貨危機モデルでは購買力平価を無条件で成立させている。だが，普通，市場為替レートが均衡為替レートに一致しているとは考えがたい。そこで本稿では，均衡為替レートは市場為替レートが長期的に向かって行くようなレートであると考える。第二に，金利平価式のほうである。これもまた伝統的なオーバーシューティングモデルや通貨危機モデルでは直ちに成立してしまっている。金利平価式とは二国間の金利差が為替の期待減価率と均衡するというものであるが，これは金利を国際資本移動の代理変数として捉えたものであるといえる。だが，外国為替市場に参加する投機家は，ただ単に金利差を眺めて投機活動をおこなう者ばかりではない。すなわち，金利差以外に，為替のミスアラインメントを眺めたり，市場の状態によって市場の方向だけに追随してしまう投機家も多数存在すると考えられる。そこで本稿では，市場為替レートの遷移式に資本の国際的移動を直接導入していく。以上を考えて，市場為替レートの遷移式と国際資金フローの遷移式を次のように定式化する。

$$①\ \dot{e} = \alpha(e^* - e) - \beta x,\ \alpha > 0,\ \beta > 0$$

$$②\ \dot{x} = -\gamma(e^* - e) + \delta x + \varepsilon(i - i^0 - E(\dot{e})),$$

$$\gamma > 0,\ \delta > 0,\ \varepsilon > 0$$

ここでiとi^0はそれぞれ当該国と相手国の金利である。また，$E(\cdot)$は期待値を表わす。②式の右辺の各項を分析しておこう。まず第一項は市場為替レートが均衡為替レートからかけ離れているとき，それを修正しようとする投機家が存在することを表わしている。投機家が実際に為替のミスアラインメントを観察するのは難しいかもしれないが，彼らは自分の予測するターゲットを基準に収益を得ようとする。つまり安く買って高く売ろうとするのだ。ここでは投機家のターゲットを均衡為替レートとするが，後のシュミレーション分析では変更する。また，第二項は市場の向かう方向に反応して投機活動をおこなう投機家の存在を示している。ここでは，$\delta > 0$が仮定されているので，市場に追随的な投機家の存在が仮定されている。そして第三項は，金利平価式からの乖離に反応して投機をおこなう投機家の存在を示している。金利平価式とは，$i = i^0 + E(\dot{e})$という式であるが，

* Takuma.Kunieda@ma2.seikyou.ne.jp

この均衡よりも自国の金利が高ければ当該国に資金が流入するであろう。ここで，金利差を眺めながら投機を行う投機家に対しては，近視眼的完全予見を仮定すると，①式を用いて次式が成立する。

③ $E(\dot{e}) = \dot{e} = \alpha(e^* - e) - \beta x$

③を②に代入して整理すれば，

④ $\dot{x} = (\alpha\varepsilon + \gamma)(e - e^*) + (\delta + \beta\varepsilon)x + \varepsilon(i - i^0)$

となる。ここで，通貨危機が発生する局面においては，市場の向かう方向だけを指向する投機家が市場に充満する。すると δ の値は他のパラメータに比べてはるかに大きくなり，このダイナミックスのヤコビアンの固有値 $\beta\gamma - \alpha\delta$ は負になると考えられる。すると，①式と④式で示されるダイナミックスの均衡点は鞍点となり不安定なものとなる。このモデルを用いれば通貨危機の発生メカニズムをよく分析することができるが，このモデルでは時間の経過とともに資金フローや市場為替レートが発散してしまう。このことは，投機家の合理的な行動には一致せず，平常時の外国為替市場のモデルとしては現実的なものではない。以下では，経済の構造パラメータの非線形的な変化をモデルの中にとりいれることにより，発散経路を除外する。

市場に追随的な投機家が充満しているということを表わす δ の条件を緩めて次のようにする。

⑤ $\delta = -\delta_1(e - e^*)^2 + \delta_2$ ， $\delta_1 > 0$ ， $\delta_2 > 0$

ここで，市場為替レートが均衡為替レートとはそれほど離れていないとき，市場に追随的な投機家が充満すると考えられるので，δ_2 はやはり他のパラメータよりもかなり大きいものとする。市場に追随的な投機家の態度を表わす δ を⑤のように定式化することは，現実的であると思われる。なぜなら，市場に追随的であった投機家は，市場為替レートが均衡為替レートから大きくオーバーシューティングしてしまったときには，さらに市場に追随するというよりは市場の行き過ぎを警戒し，追随の程度を弱める，さらには市場の方向とは違う方向に投機しようと考えはじめると思われるからである。

⑤を④に代入すると

⑥

$\dot{x} = (\alpha\varepsilon + \gamma)(e - e^*) + (-\delta_1(e - e^*)^2 + \delta_2 + \beta\varepsilon)x + \varepsilon(i - i^0)$

となる。①式と⑥式で示されるモデルは金利差が，$\frac{2\alpha\delta - \beta\gamma}{3\beta\varepsilon}\sqrt{\alpha\delta - \beta\gamma} < i - i^0 < \frac{2\alpha\delta - \beta\gamma}{3\beta\varepsilon}\sqrt{\alpha\delta - \beta\gamma}$ を満たすのなら複数の均衡点を持つ。本稿では，金利差はそれほど大きくはないものとし，複数均衡の存在を仮定する。そして，簡単化のために金利差をゼロと仮定しておく。すると，⑥は次のようになる。

⑦ $\dot{x} = (\alpha\varepsilon + \gamma)(e - e^*) + (-\delta_1(e - e^*)^2 + \delta_2 + \beta\varepsilon)x$

ここでは，$\beta\gamma - \alpha\delta_2 < 0$ と $0 < \alpha < \frac{\beta\varepsilon + \sqrt{\beta^2\varepsilon^2 + 4\beta\gamma}}{2}$

と金利差が，$\frac{2\alpha\delta - \beta\gamma}{3\beta\varepsilon}\sqrt{\alpha\delta - \beta\gamma} < i - i^0 < \frac{2\alpha\delta - \beta\gamma}{3\beta\varepsilon}\sqrt{\alpha\delta - \beta\gamma}$

の範囲にあること，以上の三つの条件が満たされることが現実に近いものと考え，この条件を満たすようにパラメータを設定し，シュミレーションによりリミットサイクルの存在を確かめておく。

オイラーのアルゴリズムを用いて，①と⑦を次のように変形する。

⑧ $e_{t+h} = e_t + h(\alpha(e^* - e_t) - \beta x_t)$

⑨ $x_{t+h} = x_t + h((\alpha\varepsilon + \gamma)(e_t - e^*) + (-\delta_1(e_t - e^*)^2 + \delta_2 + \beta\varepsilon)x_t)$

各パラメータを，$\alpha = 0.39$ ， $\beta = 0.3$ ， $\gamma = 0.4$ ， $\delta_1 = 1.0$ ， $\delta_2 = 1.0$ ， $\varepsilon = 0.5$ とし，$e^* = 5$，初期値を $e_0 = 3$ ， $x_0 = -15$ として，また，$h = 0.01$（日）とする。このよ

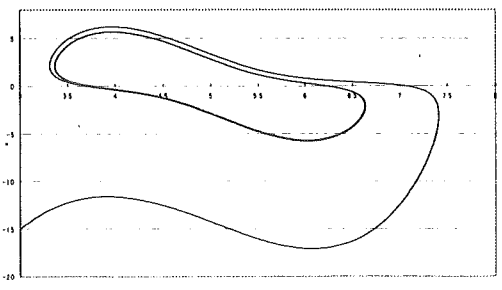


図1：横軸e 縦軸x

うにパラメーターを設定すると，先の三つの条件の，最初の二つは満たされ，最後の条件にこれらのパラメーターを代入すると，

$-0.57 < i - i^0 < 0.57$ となり，金利差が57%を超えない限り確実に満たされる。市場為替レート（の対数値，以下同様）と資金フローの軌道を描いたものが図1である。図1によると，初期の段階で市場為替レートは急激に減価し，その後，均衡点を中心に周期的な動きをすることがわかる。

3．シュミレーション結果　考えられるパラメータを設定すれば周期解が得られることがわかったが，この周期解は現実的なものではない。なぜなら，為替のミスアラインメントを眺めながら投機を行う投機家の認識する均衡為替レートと真の均衡為替レートは必ずしも一致しないであろうし，投機家個々人にとってもその認識は異なるからである。そこで，⑨式において投機家のターゲットを $\tilde{e}$ とし以下のように変更する。

⑩　$x_{t+1}=(\alpha\varepsilon+\gamma)(e-\tilde{e})+(-\delta_1(e-\tilde{e})^2+\delta_2+\beta\varepsilon)x_t$

投機家のターゲットは一意ではなく投機家個々の情報，認識によってそれぞれのターゲットをもっているものとし，$\tilde{e}$ は $\tilde{e} \sim U(a,b)$ という一様分布をしているものとする。以下では a，b に値を与え乱数を発生させてシュミレーションを行う。

ケース1　$a=3$，$b=8$……投機家のターゲットの分散が小さいケース

個々の投機家は平均が $E(\tilde{e})=5.5$ と全体として真の均衡為替レートよりかなり低めのターゲットを持っているが，分散は $V(\tilde{e})=2.08$ と比較的小さい場合をシュミレーションした結果が図2にある。この図からわかるように投機家のターゲットの分散が小さいと為替レートに対する循環的な変化の影響が大きくなり，為替レートの振幅は大きいところで10以上にもなる。

ケース2　$a=1$，$b=10$……投機家のターゲットの分散が大きいケース

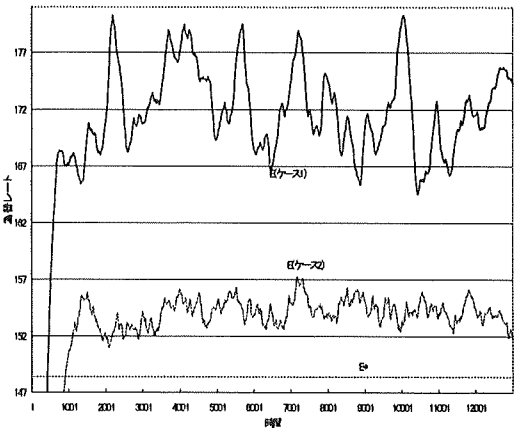


図2

$E(\tilde{e})$ はケース1と変わりはないが，分散が $V(\tilde{e})=6.75$ と個々の投機家は大きくばらついたターゲットを持っている場合をシュミレーションした結果が同じく図2にある。ここで，ケース1，ケース2の場合とも市場為替レートについては対数値ではなく実勢値 E をとっていることに注意してほしい。

ケース1とケース2から，市場為替レートは均衡為替レートよりも減価した位置で不規則な循環的な変動を続けていることがわかる。減価した位置にある理由は投機家のターゲットが真の均衡為替レートよりも低くなっているからである。このように，投機家のターゲットにより，市場為替レートのミスアラインメントは続くこともある。ところで，市場為替レートは不規則ではあるが循環的な変動を続ける。この変化を短期的循環変化と呼んでおく。ケース1とケース2を比べてわかることは，個々の投機家が同じ様なターゲットを持ってしまうと市場為替レートの振幅は，循環的な要因が影響し，大きくなるということである。この結果は直感に反する結果かもしれない。なぜなら，伝統的なオバーシューティングモデルにおいては，すべての投機家が合理的期待を抱き発散経路を除外するならば長期的には鞍点の意味で安定な均衡点に収束するからである。しかし，本稿のモデルでは市場に追随的な投機家の存在がこのような結果を許さない。ケース1とケース2の結果は外国為替市場がなぜこれほどまでに不安定であるかを如実に物語っている。すなわち，外

皆が同じ様なターゲットをもつようになると，為替レートの変動は大きくなってしまうのである。そのいちばん極端な例が通貨危機であることはいうまでもない。

ケース3　通貨当局が為替介入を行うケース

モデルにおいて，為替市場介入の方法として考えられるものは三つある。一つはγを政策パラメータとする方法である。すなわち，市場為替レートのミスアラインメントだけを参照しながら，常にそれを修正する方向に介入をし，γの値を大きくしようとする介入方法である。二つ目は，δ2 を政策パラメータとするやり方である。これは，当期の資金フローとは常に逆の方向に介入をおこなうもので，δ2 の値を小さくしようとするやり方である。もう一つはδ1を政策パラメータとし，δ1 の値を大きくしようとするやり方である。これは，市場為替レートのミスアラインメントと資金フローを参照しながら，市場の行き過ぎにブレーキをかけていくという介入方法である。詳しい分析は省略するが，以上の三つの中で効果面，コスト面を考えてえて一番良いやり方は第三の方法である。この方法の効果を，シュミレーションしてみよう。他のパラメータはケース2ものと同じにして，第6000期にδ1の値がδ1=2 またはδ1=3 と なるように通貨当局が投機速度を制御したものとしよう。この結果が図3である。

図3からわかるように投機速度を制御するような通貨当局の介入は市場為替レートのミスアラインメントを修正する働きと短期的循環変化の振幅を抑える働きがあるといえる。しかし，市場に均衡からの乖離のシグナルを送ることにより，市場参加者が同じ様なターゲットを持ってしまうのではないかという問題が生じる。ケース1でのシュミレーションによれば，投機家が皆同じ様なターゲットを持ってしまうと市場為替レートは大きく変動する。ここでは，δ1=2 またはδ1=3 と投機速度を制御するのに加え，投機家がその情報を察知し皆が同じ様なターゲットを持つようになり，分布の幅を狭め，$a = 2.5$，$b = 7.5$ となったとしてみよう。結果は図4のようになる。図4からわかるように，通貨当局の介入とともに投機家が皆同じ様なターゲットを持つようになると，今の場合ーゲットが全体として高くなったために為替の

図3

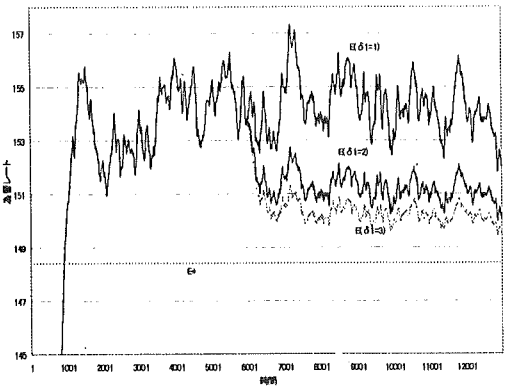
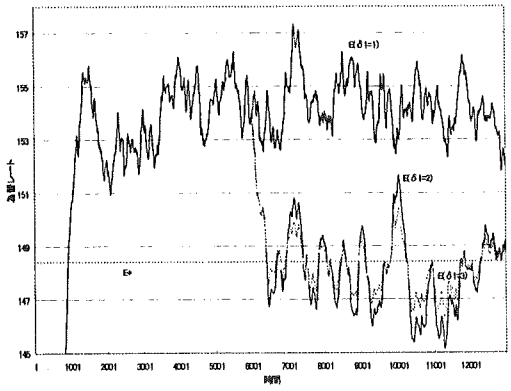


図4



ミスアラインメントは修正されるものの，市場為替レートの振幅の大きさは介入によって抑えることはできない。このように，通貨当局の投機速度を制御する介入は，投機家がばらついたターゲットを持ち続ける限り，市場為替レートのミスアラインメントを修正する働きと変動の振幅を押さえる働きがある。しかし，その介入に投機家の心理が刺激されて，皆が同じ様なターゲットを持つようになってしまうと市場為替レートの振幅は抑えることはできない。

4．結論　市場為替レートの変動の振幅は投機家のターゲットのばらつきに大きく影響をうける。投機家のターゲットの分散が小さくなると，市場為替レートの変動の振幅は大きくなり，大きくなると変動の振幅は小さくなる。これは伝統的なオーバーシューティングモデルの視点からは，直感にそぐわない結果であるが，市場に追随的な投機家の存在がこのような結果をもたらす。この結果は現実に観察できる外国為替市場の不安定性を理解するのに役立つ。

［進化経済経済学会 2000］

インターネット・オークションのゲーム論的解析とその進化

永友 哲彰 [1] Tetsuaki Nagatomo
本城 愼之介 [2] Shinnosuke Honjo

インターネット・オークションは、昨年以来、国内でも急速にその市場規模を広げている。インターネット上にも複数のオークション専門サイトが林立しており、さまざまな形態のオークションを提供している。言うまでもなく、オークション自体は古代から伝わる伝統的な価格決定のメカニズムの一つであり、その平等性、透明性などが高く評価されて今日に至っている。

昨今のインターネットの普及により、具現化した不特定多数が参加可能なオークションは、これまでのどちらかといえば供給、あるいは流通側が先導する形で、価格が決定されてきた市場価格決定のメカニズムとは、大きく異なるシステムでの価格決定と市場形成を行ないつつある。

インターネットで行われるオークションは、対象となる商品にもよるが、理論的にはその参加規模が、市場の全員になり得るという点が大きな特徴である。現実に数十万人が参加するオークションを実施できる環境になりつつある現在、インターネット・オークションは、これらからの新しい市場価格の決定メカニズムとして期待されている。

本研究では、このインターネット・オークションに注目して実際にインターネット・ショッピングモールで、さまざまな商品をオークションを実施し、また販売しながらその結果を利用する新しいマーケティング方法を検討した。

このマーケティング方法を利用すれば、もっとも利益を生む価格を決定することが可能であり、またその時の市場規模をあらかじめ推測することもできる可能性が示された。

更に、インターネット上でのマーケティングツールとして、より有用なオークション形式や商品の提供側にもまた購入側にもメリットのある、新しいオークション形式についても提案・考察する。

1. マーケティングツールとしてのインターネット・オークション

インターネット・オークションは、言うまでもなくコンピュータ・ネットワーク上で実施される。したがって、容易に入札結果の収集、分析が可能であり、また通常のオークションに比べ、きわめて多数の多種多様の人間の参加が可能である。現在のネットワーク規模やその発展状況を考えれば、すでに十分に現実そのものの市場であり、マーケット・リサーチの対象と捉えてることが可能と考えられる。

そこで、このバーチャル市場（すでにバーチャルではないが）で、１円からのオークションを実施することにより、その商品の適切な販売価格を調査する方法を検討した。

インターネット・オークションの実施

ここでは、市場に投入した新商品である「焼酎M」を具体例として、実際のインターネット・オークションの結果を示しながら、その結果を利用したマーケティング方法について検討する。 なお、同様な結果を他の商品、電子機器などのオークションでも得ていることを付け加えておく。

このオークションは、未発表であり、かつ希少性のある焼酎３０本を対象として、1999年08月14日00時00分～08月28日00時00分の１４日の間で開催した。入札最低価格は１円とし、入札価格を非公開とするクローズド形式を採用し、落札価格はイングリッシュ形式（パワー・オークション：入札した価格の高いものから順にその入札した価格で落札する方式）で実施した。

オークション開催の告知は約200,000人に対し電子メールを発信することにより行った。その結果、314件の入札があり、入札価格の分布は最高価格が 11,100 円、最低価格は１円であった。なお、最低落札価格は5,000円となり、その価格以上の入札者が、それぞ

1）株式会社 ダイナディクト・システマ、埼玉大学経済学部（院） nagatomo@dynadixt.com
2）楽天株式会社 honjo@rakuten.co.jp

れ入札した価格で落札した。なお、開催中にこのオークションページへのアクセス数はおよそ4,300件であった。

以上のオークションの結果を例として、以下、インターネット・オークションによるマーケティングについて考察を加える。

最適販売価格の予測

オークションの入札結果をグラフにしたのが図1．である。このグラフは、ある価格で落札可能な者が全入札者中で占める割合を示している。ここで言う、ある価格で落札可能な者というのは、その価格以上で入札した人の合計数である。この商品を「6,000円であれば購入したい」と考える人は6,000円で入札した人に加え、それ以上の価格で入札した人である。 たとえば8,000円で入札した人も、もし6,000円で落札が決まれば、それはそれで良いはずである。

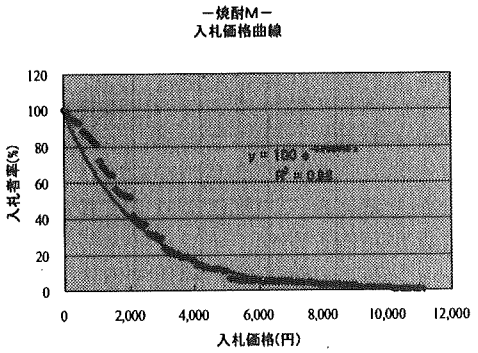


図1． 入札曲線

図1．は入札価格とその価格における落札可能者の割合をプロットしものである。当然ながら、価格が上昇するに連れてその価格での入札者率は低下する。

図1．に示したように、この分布は指数関数で非常良く近似できるのが特徴である。この式は価格を変化させると、市場規模、つまり販売量がどの程度変化するかを示していると考えられる。

そこで、この結果を踏まえて、商品供給者にとって最適な販売価格を求めてみた。つまり、価格を下げれば販売数が増えるが、一つあたりの利益が減少する。しかし、価格を上げれば、販売数が減り、利益が減少する。つまり、販売数と価格、この2つのバランスがとれ、もっとも利益性の高いポイントを求めようというわけである。

そこで、いくつかの具体的な初期条件を与え、上記の近似式を利用して、どの価格で販売するのがもっとも利益を生むかを求めた。

図2．に示したように、この商品の原価が5,000円の場合の利益の予測をした。結果として、最も利益が出る価格はおよそ7,000円であることが示された。なお、ここで言う利益は「利益＝販売予測数＊（売価－原価）」である。

現在、この結果にもとづき、年間販売数を500本程度に限定し、最低価格を6,500円に設定してインターネット・オークションのみで限定販売を行っている。

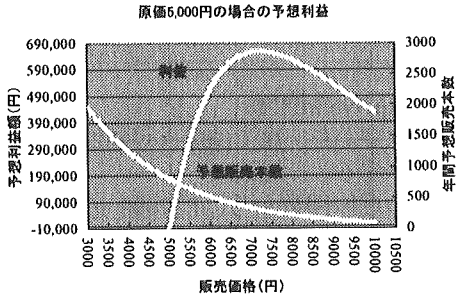


図2．焼酎Mの利益予測曲線

毎月50本程度を継続的にオープン形式のパワーオークションで販売している。報告の際には、この繰り返しオークションにおける入札者や価格の推移についても報告する予定である。一般には繰り返しオークションは価格の低下をもたらすといわれているが、実際にはどうなるのか結果に注目したい。

市場規模の予測

入札とは「その価格であればその商品を購入したい」という意思表示である。したがって、価格Pで入札した人は、それ以下であっても基本的には積極的にその商品を購入する意志があると考えることが出来る。この考え方に基づいて、インターネット・オークションの結果を利用して、インターネット市場以外も含めた市場規模を予測する方法について検討した。

- 金額Pでの予想入札率 Rp
- 入札数 Nb
- 入札期間のアクセス者数 Na
- オークション参加可能者数 Mi
  （メールにより開催を告知した数）
- 商品購入可能層 Ma
  （年齢20以上、総人口の約80%）

オークションの結果より、1円以上での購入希望者数はNbであり、オークションで入

札はしなかったが興味を示したと考えられる人数は Na 人であることが示されている。つまり、この商品に興味を示した人の存在率は Na/Mi である。

ここで、インターネット・オークションに参加可能な集団、つまり電子メールによりオークションの開催を告知可能な約２０万人が、商品を販売する市場の抽出集団と仮定する。この前提により、Na/Mi を商品の購入可能層 Ma に乗じることにより、その商品に興味のある人の国内での数が予測でき、Nb/Mi*Ma により、商品を購入する可能性のある人数ということが可能となる。

ここで、販売価格Ｒでの市場規模予想数は以下となる。

Rp*Nb/Mi*Ma

以上の数字から、次では購入可能性のある人数を試算する。

図１．の近似関数から、P=7000 の場合であれば R_{7000}=4.3% であることがわかる。1 円以上での購入を希望した人数は Nb=314 であるから、

4.3/100*314/200,000*100,000,000=6,751

つまり、国内の市場すべてに、この商品についての情報を伝えることが可能であれば、ある時間断面で 6,751 本の需要が国内にあることが推計できる。もし購入者が毎月１本購入するとすれば、この商品は 7,000 円で販売した場合、年間でおよそ 8 万本の市場があることが示される。

ある電子機器メーカーでは、この価格決定方法と市場規模の予測手法を用いて、販売価格や生産計画を決定した新製品を 2000 年 3 月から販売開始を予定している。

このような予測方法が、はたしてどの程度実際の結果とあうのか、その結果は、本報告が実際に行われるときには明らかになる。

2. インターネット・オークションの限界と可能性

さて、このように市場分析などのマーケティング・ツールとして、非常に有用なインターネット・オークションであるが、商業ベースでの販売ツールとしてはいくつかの限界が指摘されている。

まず、インターネット・オークションでは商品を販売する際に、数個程度の小ロットしか売れないため、商品あたりの販売コストが高くなる点にある。これが、現実的な商業ベースでの利用を困難としている。

そこで、この問題点を回避し、リスクを払わずに一度に大量に販売する方法を検討した。

本来、オークションは、競争相手を価格というリソースを投入しながら打ち負かして、商品を落札する、非協力Ｎ人ゲームである。この競りがオークションの醍醐味でもあり、平等感、そして価格決定の透明性をオークションに与えているわけである。

しかし、残念ながら多くの商品は希少性を評価され、オークション形式で販売されているわけではない。多くの消費財は大量生産され、「定価」という商品提供側が決定した価格で販売されているのが現状である。

確かに、リスクは有るが、ある商品を販売したい場合に、その商品を全てオークション形式で販売する方法もある。最近では、比較的大量の商品をまとめてオークションする方法が受け入れられつつあるが、商品提供側からすれば、頻繁に実施すれば価格が低下しすぎる危険性が高く、リスクが大きい。また、入札者側がある程度、学習をすれば価格を引き上げる競争をしなくなり、やがて協力し始めることも容易に予想される。

そこで、本来のオークションとは逆の協力Ｎ人ゲームを前提にすることが、これからのインターネット上での商品販売戦略に重要ではないかと考えた。これにより、大量に販売することが可能となり、インターネット・オークションをより商業的に利用することが可能になるのではないかと考え以下のようなしくみを検討した。

協力N人ゲームのインターネット・オークション

基本的な発想は、団体購入のインターネット版である。ただし、最終購入数があらかじめ予測できないため、購入価格が未決定というところに若干のゲーム性が存在する。しかも、購入者には価格が下がるというメリットのみが存在し、いわゆるオークション・ブルーという「高く入札しすぎた」というリスクもないのが特徴である。また、価格がある程度下がってから、それを確認して入札することも可能となるので、より入札者のリスクは少なくなる。

このような仕組みを【この指とまれ！オークション】と称し、実際にいくつかの商品をインターネット上で販売した。これまで、飲食料をはじめ、電子計測器、リゾート会員権などを、この形式で販売している。

この販売方法は協力Ｎ人ゲームと理解することができる。しかも、プレーヤーの中に競

争グループの存在しない協力N人ゲームである。この仕組みにより、自分が入札することにより価格が下がるという参加意識がうまれ、これがネットワーク上での協力関係の基礎となる。一方、商品供給側は、ある程度の利益を維持しながら、量販することが可能となる。

この方式で実際に、焼酎（図１．とはまったく異なる商品）の販売を行った。結果を図３．示す。この【この指止まれ！オークション】は２０００年１月１４日からスタートした。１５日の１０：００頃に電子メールによる開催広告をおよそ５０万人に対して発信した。その直後から、入札が盛んに始まり、約24 時間後に再びやや低い二度目の入札ピークを経て、商品完売により終了した。

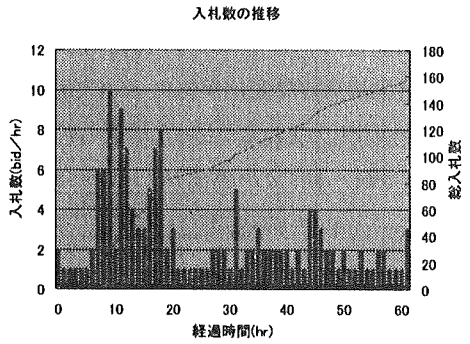


図３．入札数の時間推移

この結果は、実施側の予測を大きく上回るものであり、3 日間で３５０本を完売したことは注目に値する。特に、価格が下がるのを期待して、一度に多くの量を入札する傾向が見られたのも興味ある点である。

3. これからのインターネット・オークション

最後に、本研究を行なう過程でセミクローズド・オークションという新しい概念が生まれたのでこれを紹介する。これは、クローズドオークションとオープンオークションという二つの形式のオークションのメリットを兼ね備えた新しいオークションスタイルである。

クローズドオークションは、入札した額で落札できるかは、オークション終了時までわからない。その代わり、入札者は自分の価値判断にのみしたがって価格を入札する。

また、インターネット・オークション、特に低価格からスタートするクローズド・オークションは価格決定以外にも、引き合い情報の収集という目的がある。誰がいくらであれば購入したい、という情報を収集する目的でもオークションが実施されるのであるが、販売者側から見るとクローズド・オークションでは、落札を競い合って価格が上昇する傾向が少ないという欠点がある。

一方、オープン形式のオークションは、落札可能額が表示されており、それを見て落札したいものは価格を上げることができる。そのため、現在の落札可能額より低めの額が値ごろ価格である利用者は入札をしない。このため、引き合い情報を収集するという目的には向かないと言う欠点がある。

そこで、この２つのオークションの仕組みの良いところだけを合わせたオークション形式「セミ・クローズドオークション」を考案した（特許申請番号 11-345456)。

このセミクローズド・オークションは、最初の入札時にはクローズであり、入札をすると初めて、現在の落札可能価格が知らされる仕組みである。入り口で、入札をしてからオークション会場に入ることを想像していただければわかりやすい。

このオークション形式は価格決定とマーケティングツールとの両者の機能を併せ持っており、今後インターネット・オークションに新しい変化をもたらすと考えられている。

インターネットはコンピュータ・ネットワークから、携帯電話をも巻き込んだより広範囲のユーザーを抱えるネットワークに進化してきている。これらのさまざまな層のユーザーに対してオークションを含むさまざまな商品販売形態が進化してくると考えられる。携帯電話のネットワーク上でのオークションについては、原稿執筆時点では計画段階であるが、報告時点にはＰＣ上のインターネット・オークションと比較してどのような差異があるのかなどを含め、具体的な結果を報告できると考えている。

【参考文献】

(1) 楽天市場オーナーズカンフレンス資料
(2) 進化とゲーム理論 J.メイナードスミス 寺本英、梯正之 訳 産業図書 (1985)
(3) 企業の適応戦略 西山賢一 中公新書 (1985)
(4) 囚人のジレンマ ウイリアム・パウンドストーン 松浦俊輔 訳 青土社 (1995)
(5) はじめてのゲーム理論 中山幹夫 有斐閣ブックス (1997)
(5) http://www.rakuten.co.jp/letsauction

空間的競争と企業の参入・淘汰

道都大学短期大学部 河野善文

1 導入

消費者が商品を選択する上での価格の重要性は言うまでもない．しかしながら供給者の立地点もまた消費者にとって重要である．例えばコンビニエンス・ストアにある清涼飲料水，食品，雑誌等の商品の多くは低価格の日常品であり，その場合には往々にして価格よりも店舗の場所の方が重要である．このような空間的に差別された財に関する企業の競争を分析したのが Hotelling(1929)である．彼は顧客が直線上に均一に分布する市場において，2 人の売手が競争するモデルを提示し，空間的に差別化された財を供給する売手は，より多くの顧客を求めて市場の中央で背中合わせに立地すると結論した．

Hotelling のモデルは多くの社会現象に対する説明を与えるものとして注目を集めた．彼によると，家具，住宅，衣類，自動車ならびに教育など多くで規格化が行なわれているのは，規模の経済の理由以外にも，より多くの顧客を獲得しようとする供給者側の行動，つまり流行の追随や他者の模倣という要因があると考えられる．

その後，Hotelling 流の立地モデルは多くの研究に応用され，Veendrop and Majeed (1995)のように市場も一次元だけでなく二次元について，また Eaton and Lipsey (1975)のように非均一的な市場についても研究がなされている．その中でも Hay (1976)や Prescott and Visscher (1977)は，それまでの Hotelling 以降の研究の多くが企業の数を所与として分析していたのに対し，企業が逐次参入するという動学モデルを提示した．Prescott and Visscher のモデルで企業は，潜在的な競争相手(参入をうかがっている後続企業)の脅威を考慮したうえで自己の立地を決定し，市場に順次参入する．既存企業が潜在的な競争相手を排除する形で立地を選択しているため，既存企業の周辺には文字通り新規参入の余地はなく，既存企業の退出はない．

しかしながら現実のすべての市場が Prescott and Visscher のいうように安定した状態にあるわけではない．たとえば近年のコンビニエンス・ストアの出店の増加は，競争の激化をもたらし，なかには周辺の店舗との競争に敗れ市場から退出するものもいる．その原因はいろいろと考えられるが，原因の一つとして，この企業が合理的な企業ではないか，もしくは潜在的競争相手の存在を見誤り，立地点の選択に失敗したものと考えられる．あるいは参入した時点での立地点の選択には問題がなかったが，その後に市場環境に大きな変化があり，必ずしも最初の立地点が最適なものではなくなった場合も考えられる．

本稿ではこれらのことにかんがみ，Prescott and Visscher のモデルを参考にしながら，完全予測を持たない企業を仮定する．逐次参入ではなく，ランダムな企業参入と淘汰による競争を考察する．操業するに十分な需要がある地域には一定の新規参入の確率があると仮定する．参入は必ずしも 1 社づつ行なわれるわけではなく，同時参入も含まれる．自然選択を仮定し，周辺に他企業の参入を受けた不幸な企業は操業に必要な市場シェアを失った時点で市場から退出する．このようなランダムな参入と淘汰の過程を複数回繰り返し，最終的にどの企業が生き残るかをシミュレートした．

また常に定常状態にある市場とは別に，市場の成長過程が市場の結果にどのような影響を与えるかを考察する．具体的には，市場規模の成長とともに市場で操業可能な企業数が増えるケースと最初からある程度の規模を持った市場への参入を比較する．

2 モデル

この節では，ランダムな参入以外は Prescott and Visscher (1977)の仮定を参考にし，コンピュータ・シ

ミュレーションを行うための離散モデルならびに仮定について示す.

市場:消費者が均一に分布する区間を考え,その区間を同じ長さのn個の区間(以降サイトと呼ぶ)に分割する.

財:各企業の供給する財は,販売される立地によってのみ差別化され,その他の特性はすべて同じとする.価格についてもすべて同一とする.

消費者行動:個々の消費者は当該の市場で毎期せいぜい1個の財をもっとも近いサイトの企業から購入する.左右に同じ距離だけ離れた企業がいる場合,隣接する左右の企業の財は無差別であり,そのサイトの需要は両左右の企業の財に均等に分割される.

企業の市場シェア:企業の獲得する顧客の数は,隣接するライバル企業との間の距離によって決まる.企業は,自己の位置するサイトについてはすべての顧客を獲得し,左右にいくつかの空白のサイトがある場合,隣接する企業とその空白サイトの顧客を二分する.ライバル企業が存在しない場合,すべての顧客を獲得する.

企業の費用構造:一定の固定費用を仮定し,企業が市場で生き残るためには一定の市場シェア(サイトの数によって代表される)を確保する必要がある.

企業行動:参入の機会をうかがっている潜在的参入企業は無数に存在する.あるサイトが空白で,かつ市場で生き残るのに十分な顧客を獲得するだけのスペースを周辺にもっている場合,次期には,そのサイトにある一定の確率で新しく企業が参入する.各サイトにはせいぜい1企業しか立地できない.

企業が密集し,生存に必要な市場シェアを獲得できない企業は市場から退出する.よってその企業が存在したサイトは次期には空白になる.また参入後企業の移動はない.

市場均衡: 市場の既存企業のすべてがその市場での生存に必要な市場シェアを確保し,かつ,新しく潜在的参入企業が参入するのに十分なだけのスペースが市場のどこにもないとき,その市場は均衡状態にあるものとする.

3 ランダムな参入と市場の均衡

Prescott and Visscher のモデルでは立地のための固定費用が仮定され,市場の企業数の上限はその固定費用と市場の大きさによって決まる.例えば市場規模の関係から2企業しか市場で操業できないとしても,Hotellingの言うようにその2企業は市場の中央に立地するとは限らない.

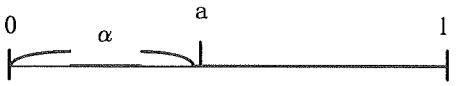


図1

例えばいま市場を長さ1の区間で表したものが図1である.価格を所与とし,企業のとりうる戦略は立地の選択のみである.企業は固定費用をカバーするために一定の市場シェアを確保する必要がある.その市場シェアを記号αを用いて表すと,市場で操業可能な企業数の限界は$1/\alpha$である.

逐次参入モデルにおいては,企業は 1 社づつ順に市場に参入してくる.1番目あるいは2番目に参入する企業は,新規参入を妨げ,かつもっとも利潤が高くなる立地を選択する.市場の中央に立地することで市場の境界と自分の立地点との間の距離を空け過ぎると,新規企業がその境界との間に参入し,自分が操業を続けるのに必要な顧客を確保できなくなる.

固定費用をカバーする市場シェアをαとして,「この均衡においては最初の企業は一方の端からαのところに立地し,2番目の企業はもう一方の端からαのところに立地する」(Prescott and Visscher, 1977, p.385).

参入する企業をAとすると企業Aはその立地とその左側の境界点との間の距離がαを越えないかぎりこの区間に他企業は立地不可能であると推測し,境界からaの距離にある地点aに立地する.

このPrescott and Visscherが想定した企業行動による均衡を念頭においたうえで,企業が後続企業の

行動に対して予測をもたずに市場にランダムに参入し，自然選択された場合，どのような市場均衡が達成されることになるかをシミュレートする．操業に必要な市場シェアを参入後に確保できるすべてのサイトについて一定の確率(0.15)で参入が生じる．他企業との立地の関係で，必要な市場シェアαを確保できなかった企業は市場から退出する．このシミュレーションではこの参入と退出の過程を 30 ターン繰り返したものを最終結果とする．

いま市場に 20 個のサイトがあり，各サイトは 1 単位の需要をもつものとする．よって市場全体の需要は 20 単位である．操業に必要な市場シェアあるいは需要がα=8, 9, 10 であるケースについてシミュレーションの結果を示す．いずれの場合も企業数の上限は 2 である．

α=10: 2 企業が中央を中心として対称に並ぶ 10 通りの均衡が存在する．しかし後続企業の行動を意識する Prescott and Visscher 流の行動をとる場合，唯一の均衡が存在し，2 企業は背中合わせに中央に立地する．左から 10 番目のサイトと右側から 10 番目のサイトに企業が立地する．

次の表は，この 30 回のターンのシミュレーションを 30 回行い，20 のサイトのうち1から10の各サイトについて，結果的にどれくらいの頻度で企業が立地したかを集計した．図2はその頻度を棒グラフで表現したものである．10 番目に立地した企業が自然選択の結果，生き残ったケースが多い．

α=10: 均衡は 10 番目と 11 番目

サイト	1	2	3	4	5	6	7	8	9	**10**
頻度	0	0	0	0	1	0	1	3	3	**22**

以後α=9, 8 の各ケースについてもα=10 と同様に，30 回の試行を行い，その結果を集計してそれを表で示す．

α=9: 均衡は9番目と 12 番目

サイト	1	2	3	4	5	6	7	8	**9**	10
頻度	0	0	1	1	0	1	2	2	**22**	1

α=8: 均衡は8番目と 13 番目

サイト	1	2	3	4	5	6	7	**8**	9	10
頻度	0	3	0	2	3	1	3	**18**	0	0

4 市場の変化と均衡への影響

前節では企業が他社の参入を排除しながらより多くの顧客を獲得できるように立地することを見た．しかしながら，立地を決定した時点では最適な選択であったかもしれないが，市場は必ずしも常に定常状態にあるわけではない．本節では市場の規模が変わるケースにおける企業の参入を考察する．特に市場の成長過程の違いが市場の結果に与える影響に関して考察する．具体的にはつぎの二つのケースについて，市場で最終的に生き残る企業数に違いの可能性を考察する．

一つは，最大3企業が生存可能な大きさの需要をもった市場へのランダム参入を扱う．他方は，最初 1 企業しか存続不可能な市場から，徐々に市場の需要が成長して，最終的には最大3企業が生存できるまでになるケースについてランダム参入を扱う．結果としてシミュレーションの結果得られる企業数の平均は二つのケースに関して異なる．

[ケース 1]

市場には 40 のサイトがあり，各サイトにはそれぞれ 1 単位の需要が存在する．各企業は操業を維持していくために，最低限 12 単位の需要，つまり 12 のサイトを自分のマーケットとして確保する必要がある．各サイトは初期時点ではすべて空白であり，操業を維持するに十分な需要を得られるとき，0.1 の確率で新規参入が生じる．

[ケース 2]

ケース 2 では需要がしだいに成長していくケースを扱う．つぎのようなリストの需要表を仮定する．

{0.31, 0.32, 0.33, 0.34, . . . 0.97, 0.98, 0.99, 1., 1., . . . 1., 1., 1., 1., 1.}

リストの値はシミュレーションの各ターンごとの 1 サイト当たり需要量を表す．初期時点においては，各

サイトの持つ需要の値が 0.31 であるため，市場全体でも 12.4 単位の需要しかない．よって初期時点では 1 企業しかこの市場で操業することはできない．ケース 2 では最初に 40 個のサイトの中からランダムに選んで独占企業を配し，需要リストにしたがって市場が成長していく中で，企業の参入と退出をシミュレートする．最終的にはケース 1 と同じ需要状況(1 サイト当たり 1 単位)が達成される．

結果:

ケース 1 におけるシミュレーションの結果得られた企業数の集まりを母集団 1 とする．ケース 2 の結果を母集団 2 とする．両ケースについて 50 回の試行を行った．

	母集団 1	母集団 2
標本数:	$n_1 = 50$	$n_2 = 50$
標本平均:	$\bar{x}_1 = 2.2$	$\bar{x}_2 = 2.04$

標本標準偏差: $s_1 = 0.404061$ $s_2 = 0.222985$

標本数が十分に大きいとき，標本平均の分布は，中心極限定理により，正規分布に近づくものと考えられる．そのとき両母集団の平均の差も正規分布に従うものと考えられる．よってモデルを正規分布として両母集団の平均の差が有意であるかどうかを検定する．

モデル: 正規分布，

帰無仮説: 母集団 1 と 2 の平均は等しい，

対立仮説: 母集団 1 と 2 の平均は異なる．

シミュレーションの結果をもとに検定統計量 z を計算すると，

$$z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1 - 1} + \frac{s_2^2}{n_2 - 1}}} = 2.4892$$

である．z の棄却域は $|z| \geq 1.96$ であるから，この z は 5%水準で有意となり，帰無仮説は棄却され，ケース 1 とケース 2 では企業数に有意な差がある．

5 結語

本稿では Prescott and Visscher (1977)が提示した逐次参入モデルに注目してきた．とくに価格を所与とした企業の立地選択に注目し，彼らが得た結論を念頭において，ランダムな企業参入と自然選択に基づいたシミュレーションを行った．結果として，後続企業の行動を考慮しないランダムな参入においても，Prescott and Visscher のいう立地を選択した企業が生き残る割合がもっとも多かった．

また市場形成の過程と市場の結果に関して，二つの両極端なケースを考察した．市場が最初から複数の企業が存続できるだけの需要を持っているケース 1と最初は 1 企業分しか需要がないが，やがて市場が成長して，生存可能な企業数が増加していくケース2である．本稿のシミュレーションの結果からは，二つのケースに関して市場の企業数に明らかに有意な差が生じた．シミュレーションからはケース 1 の方がケース 2 よりも企業数が多いということが示された．このことからつぎのことが示唆される．本稿で考察したような線形の市場における企業の立地は，その市場が形成されてきた歴史的過程に影響を受ける．市場が急激に成長するほど，あるいは規模の経済が急激に進行していくほど，売り手の数は大きく，あるいは生産物分化が多様になっていく傾向にある．

参照文献

Eaton, B.C. and Lipsey, R., (1975): "The Principle of Minimum differentiation Reconsidered: Some New Developments in the Theory of Spatial Competition," *Review of Economic Studies*, 42, 27-49.

Hay, D. A., (1976): "Sequential Entry and Entry-Deterring Strategies," *Oxford Economic Papers*, 28, 240-57.

Hotelling, H., (1929): "Stability in Competition," *Economic Journal*, 39, 41-57.

Prescott, E. C. and Visscher, M., (1977): "Sequential Location among Firms with Foresight," *The Bell Journal of Economics*, 8, 378-93.

Veendrop, E. C. H. and Majeed, A., (1995): "Differentiation in a Two-dimensional Market," *Regional Science and Urban Economics*, 25, 75-83.

J．ラウントリーの社会改良思想

九州産業大学経済学部　岡村東洋光

1．はじめに

ジョーゼフ・ラウントリー（Joseph Rowntree;1836-1925）はクェイカー教徒であり、チョコレート産業で大成功を収めた人物である。成功の一因は経営上の革新によってもたらされたが、企業の成功を踏まえて彼は労働者やヨーク市民、さらには英国民へ向けて多くの社会貢献や社会改良活動をおこなった。19 世紀末から 20 世紀初頭にかけての彼の活動は慈善活動の限界を超えて社会改良へと踏み込んだものであり、旧来の新救貧法体制の転換を促す一要因となった。

2．ラウントリーの社会改良活動の概要

＜福利厚生等＞

企業規模の急激な拡張は労働者を産業機械の単なる歯車とし、企業内の家族的な雰囲気を失わせた。これに反対であった彼は、工場労働者のために様々な福利厚生や職場環境の改善を行なった。例えば、若年女性労働者への配慮として、1891 年に女性の welfare worker を導入した。彼女は若い女性労働者たちの衣服や態度に目を配り、彼女たちへの貸し出しのための図書館の運営や様々な社会的な催しを行い、彼女たちが病気の際には家庭を訪問し、友人、助言者として行動した。新工場では、これにレクレーション、生活、労働や教育野問題が加わった。そして部屋の拡幅、採光、清潔、換気、快適さを配慮し、建物を木や花で囲んだ。1904 年には無料の薬と歯の治療施設を工場内に作られた。

また、経営者・管理者と労働者との疎遠な関係の改善のために、1902 年に the Cocoa Workers Magazine を創刊し、様々な情報を労働者へ伝えるとともに、製造工程の改善、製品の改良や労働条件の改善に関して、労働者の提案に対する報奨金制度を作った。こうして彼は労働者にとって妥当な賃金、妥当な労働時間、そして日常的な労働条件の決定への参加といった問題に関心をもって対処した。

＜教育＞

ラウントリーは、人間の精神的な能力は各人の中に秘められているのだから、それに種を蒔き、花を咲かせるには教育が最も重要な要素であり、教育なしでは人間の能力の発展はありえないと考えていた。また、教育は全人格的なものであり、肉体と精神を含み、男女を問わず英文学、歴史、社会政策へと導くものでなければならない、と考えていた。したがって、生涯、熱心に教育に携わり支援した。

彼はヨークの学校の理事であり、新工場（Haxby Road）に体育館や義務学級を開き、New Earswick に男女共学の学校を創設し、長年ヨーク市内の学校の教育委員会に奉仕し、設備の改善や生徒達への奨学金を提供した。それは、当時ヨークで唯一の宗派に関係なく入学できる学校であり、しかも低所得者層の子弟も教育を受けることができた。

1905 年には工場の中で（17 歳以下は必修の）少女たちのための家庭科クラスが、1907 年には同じく少年達のための鍛錬、数学、英語クラスが作られた。しかも、これらは就業時間中に企業の負担で実施された。彼は 21 歳から 30 年あまり成人学級で教え続けた。

＜年金制度の創設＞

ラウントリーは永年、ココア工場労働者の老後の生計の不安を軽くすることを願っていた。そこで彼は事業から引退する労働

を超えてはならないこと、各戸は2本の果物の木の植わった庭を持っていること、そして全戸のリヴィングルームは南向きであることが付加された。

完成した家々は上の条件を満たしたのみならず、標準として4つのテラスハウスを持つブロックで区切られ、それぞれスタイルやタイプが異なっていた。ガーデン・ヴィレッジの名前に恥じず、各戸には最初から2本の果物の木が植えられ、野菜が育ち、洗濯物を乾かすことの出来る十分な広さの土地と、子供の遊び場があった。また、道路に名前が付けられた後、すべての緑地の境界には木が植えられた。建築費用は、1904年から1914年の間は、250から400ポンドであった。ほとんどの家は、寝室が3つ、居間、客間、台所、貯蔵室と石炭小屋を持っていた。煉瓦は村のすぐ外側の土で作られた。この村はその後増設と改良が加えられ、今日に至っている。

これらの家はココア工場の労働者に限らず、相応しい条件を満たせば、申込者に順々に貸し出されたから、町中の不衛生な住宅街に住んでいた低収入の労働者は、そこから抜け出すことが可能となった。彼の作った住宅は、その後彼自身が助言する立場となった市営住宅の建設基準となって今日まで活かされてきている。

ヴィレッジは、住民参加による自主的な運営を目指し、1907年以降全住民が選挙権を持ち、彼らによって選出されるVillage Councilが運営にあたっている。社会的、宗教的活動の中心であるFolk Hallの周りには、先に述べた学校の他、病院、図書館、体育館、プールといった、健康で豊かな暮らしに必要な諸施設が建造されている。

＜チャリティとトラスト＞

彼は大規模な慈善事業家でもあり、数千ポンドを拠出してチャリティを実践した。例えば、1909年企業を代表して野外プールと数個の室内プールを市に寄贈。1921年20エーカーの荒れ地をボール・ゲーム用の芝生、湖、子供用プール、砂場等の遊び場を有する美しい公園に変えて市に寄贈。これらの施設は、今日でもヨーク市民にとって憩いの場になっており、町の環境設計の観点からいっても多大な貢献となっている。彼は人知れず慈善活動をおこない、特権を手にすることを嫌った。そういう意味で高潔な人物であった。

だが彼はチャリティについて次のように書いている。「私は、多くの現在なされている慈善的努力が社会的な害悪や困窮の、より表面的な現象の救済に向けられているが、他方で、そうした害悪や困窮の基礎をなす原因を調査するためにはわずかの考察と努力しか向けられていない、と感じている。明らかな困窮や害悪は、概して、それを緩和するために必要な活動はかなり適切に支持される、という感情を呼び起こす。これらの繰り返される飢えの原因の探究を始めたり、遂行したりすることよりも、インドでの飢饉に襲われた人々のために基金を得ることの方がずっと容易いことである。ヨークにおけるスープ接待所(無料食堂)が適切な財政的支持を得るのは決して難しくはなかった、しかし、貧困の範囲と原因を調査にはわずかの支持しか得られないであろう。」

元来、富者と貧者を前提とするチャリティは、貧困そのものの解消をもたらすものではない。したがって貧困を解消するには社会貢献活動にとどまることなく、社会改良に向かわざるを得ないのであった。こうして彼は、統計数値を集めることや貧困の実態について書くことに満足するのではなく、貧困の原因を調査し、その撲滅に向かって努力した。したがって彼の活動は、工場やヨーク市にとどまらず、もっと広い領域に拡がっていった。当然のことであるが、

者のために、1904 年に年金制度創設のための委員会を作り、1906 年にはブリテンで最初の職業年金基金を創設した。彼はほとんどの事業主が従業員の家族への道徳的な責任を認識していなかったのとは対照的に、私的に 10,000 ポンドを寄付した。また、企業からは 9,000 ポンドが寄付された。彼の計画では、労働者の引退時賃金の半額支給を目指した。最低が週１５シリング、最高は週１ポンドであった。これは戦争による寡婦にも拡げられ、やがて 1917 年 11 月 12 日付けで 50 歳以上の寡婦を対象に、一定の条件で年金が支払われるようになった。これは失業と老齢へのリスクに対する経済的な安全手段であり、後年の国家による年金制度に先駆けるものであった。

＜禁酒運動＞

ラウントリーは死ぬまで禁酒立法連盟の議長であった。彼は飲酒という娯楽をやめさせようとか、アルコール全面禁止を提唱したのではなく、飲み過ぎが社会進歩の最大の障害物であると見なしていた。彼が飲酒に反対したのは、酔っぱらいのだらしなさ、飲み過ぎの不健康ということの他に、社会的な観点から見た場合、労働者家族の収入に占める酒代の大きさが、労働者の暮らしの改善を妨げているという認識にあった。

A.Sherwell との共著『禁酒問題と社会改良』（J.Rowntree & A.Sherwell,The temperance problem and social reform.）は 1899 年に出版され、10 版 70,000 部を売り上げた。その中で労働者が平均して収入の 6 分の 1 を酒に費やしていることを指摘して、貧困という社会問題の解決は節酒なくして達成できないと論じた。問題の根本には、酒の販売がよい金儲けの手段になっていることにあると捉え、これを国の専売にする、あるいは酒場の従業員は固定給で経営される方式、等を提唱した。また、パブの代わりに、美術館、コンサート・ホール、禁酒カフェー等が若者の交際場所として推奨されるべきこと、パブが女性のバーテンを雇わないことで男性にとって魅力のない場所にすること、さらに飲酒に高い税金をかけることを主張した。

彼が労働者のための快適な住宅建設に向かった理由の一つは、彼らの家のむさ苦しさのゆえにパブに入り浸る。その結果、酒に溺れ健康を害する。のみならず酒代が嵩み、生活が苦しくなるという悪循環を断ち切るためであった。したがって彼は、ガーデン・ヴィレッジのどの建物も酒の製造や販売に使われてはならないと考えた。快適な居住環境は、きっと労働者の過度の飲酒を止めるに違いない、というのが彼の確信であった。彼にとっては、禁酒運動とガーデン・ヴィレッジ構想は、密接な繋がりを持っていた。

＜ガーデン・ヴィレッジ＞

彼は、低収入の労働者に良質の家を低コストで供給することに着手した。1901 年に工場に隣接して購入した 123 エーカーの土地を利用して、New Earswick Village が計画された。G.Cadbury と同じように、ラウントリーはこのヴィレッジの住民を、彼の工場の労働者に限定することなく、近隣在住の肉体労働者と事務労働者からなる混合のコミュニティとして構想した。

彼は都市計画とガーデンシティ概念の先駆者でプランナーの R. Unwin と建築家 B.Parker を雇い、「外観は芸術的で、衛生的な、頑丈な建物で、しかも週あたり 25 シリングの収入」に合わせた住居の提供を望んでいると告げた。こうして賃借料は低く、バランスの取れた建物を配置されたヴィレッジが目指された。シティではなく、ヴィレッジにこだわったのは、住み易さの規模を考慮した結果であった。快適な暮らしの条件として、1 エーカーあたり 12 戸

そのためには政治活動にも参加した。彼の立場は福祉国家政策に基礎を置いたラジカルな自由主義であり、また、労働党にも親和的であった。

晩年に得た巨富の使い道を考えた彼の回答は、1904 年の３つのトラスト創設であった。Joseph Rowntree Village Trust は New Earswick 住宅村の建設、住宅供給と生活条件の領域で様々な経験を試みるとともに改良を促進し、Joseph Rowntree Charitable Trust は社会調査、成人教育やクェイカー事業に資金を提供し、Joseph Rowntee Social Service Trust は慈善団体によって資金提供を受けられない社会的や政治的な活動を支えるものであった。彼は後二者については、設立後 35 年もすれば必要がなくなると考えた。なぜなら、目下なされている膨大な額のフィランソロピックな努力が社会的な弱者や悪の表面的な繕いに使われるのではなく、それらの原因探究に向けられたならば、数年の間に英国の様相は変わると考えたからである。他方彼は、ヴィレッジ・トラストを永続的と見ていた。住宅問題が短期間で解消されるとは考えていなかったからであろう。

３．ラウントリー社会改良活動の意義

ほとんどの企業家が自己利益以外に関心を持たず、社会的責任を放棄していた時代に、ラウントリーはこれに取り組んだ。慈善活動から始まり、企業内の福利厚生や職場環境の改善、企業内外における教育、年金制度、禁酒運動、ガーデン・ヴィレッジ、貧困調査と原因究明、貴族院の廃止、反帝国主義キャンペーン等々、さらには３つのトラストを創設して社会改良活動を展開した。（例えば、彼の工場で採用された welfare worker 制度は、後世のイングランド社会の中で social worker として根を降ろした）

企業活動における成功と社会改良とを結びつけようとしたラウントリーらの存在は、少数ではあれ１９世紀末から２０世紀初頭を特徴付けるものである。彼らは、貧しい家の出生で、しかもクェイカーのような国教徒ではないケースが多い。彼らは雇用労働者のみならず社会全体の利益を念頭に置いて、福利厚生、住宅、健康、教育、娯楽、さらに政治の領域において実践的な活動を行ったのである。これらは総じて貧困の救済と解消という時代の公共的な課題に個人的に応えるものであったがゆえに、その影響は一企業、一地域にとどまらず、英国社会全体へ及んだ。彼らの試みは、「最低生活水準を資力調査なしに権利として給付する」というベバリッジ報告(1942)の原則に先駆けるものであった。個々の企業家の努力が企業内(ミクロ)の改革にとどまらず、経済社会(マクロ)のあり方、人々の価値観や思考習慣や社会制度を変えていく力になったことは注目に値する。

また、この点に関連して、従来、ヨークの貧困調査(Poverty: a study of town life.1901.)を行った息子の Benjamin Seebohm (1871-1954) に注目する研究が多く見られるが、むしろ父親ラウントリーの業績を評価すべきである。

創設後、百年近く経過した今日においても三つのトラストは健在であり、政府が取り組んでいない課題を先行的、指導的に実践している。もし、トラストが無ければ、人々のリスクやイノベーションのサポートが不足する。政治的な軋轢や、景気変動によって(会社は不滅ではないので)、人々はいつも「狭間」に追いやられる危険におかれている。この危険を避ける意味でトラストという組織と活動は重要である。英国社会にゆとりと奥深さを与えているものの一つは、こうした諸制度や諸活動である。

「方法論争から経済学史を解きほぐす
－メンガー、シュモラー、シュムペーター、クワイン」

東京大学大学院・経済学研究科・博士課程　　柳田　香織

(1)Introduction －なぜ「方法論争」か？

〈問題関心〉

発展途上にある進化経済学をどう位置付けるか。経済学史ではあまり顧みられなかったにもかかわらず進化経済学においては発掘されつつある経済学者を、どのように整理すべきか。

→・方法論は、多様な発展を遂げる経済学史における座標軸の役割。

・反主流派経済学としての進化経済学は、「方法論争」におけるメンガーの「精密的方針(exact orientation)」に対する反動という特徴を有するが、その傾向を客観的に理解する必要がある。

〈付随的成果〉

・「方法論争」という座標軸によって、経済学史の書き換えが可能になる。

・進化経済学の客観的位置付けを確認することで、受け継ぐべき学問的遺産と残された課題が明らかになる。

(2)Explanation －本報告の大枠を明かす

1. Flow Chart

C.Menger,G.Schmoller	J.A.Schumpeter	W.V.O.Quine	Evolutionary Economics
19 世紀末	1910 年代～	1950 年代～	今日

chart.1〈系譜関係（方針）〉

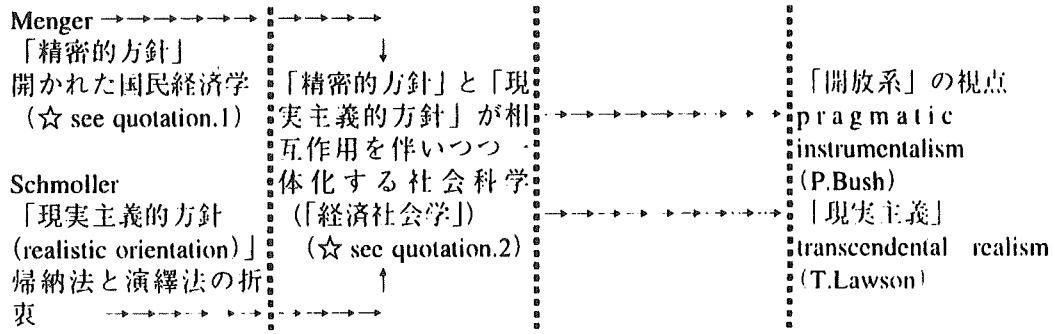
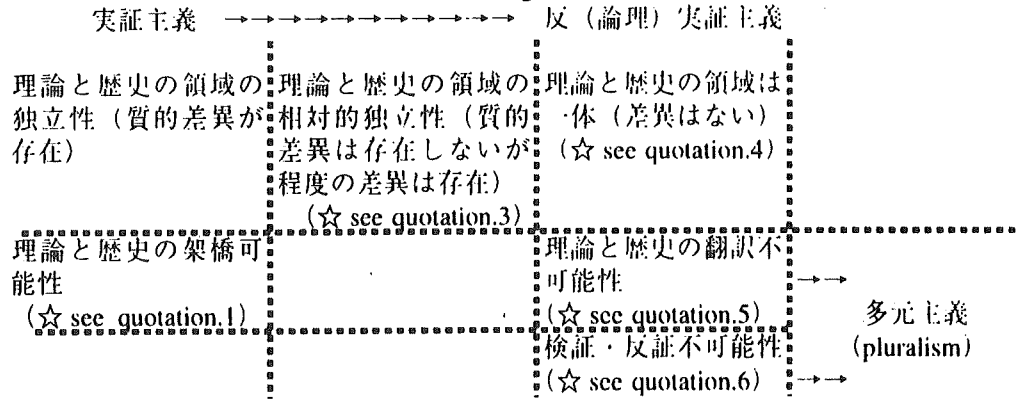
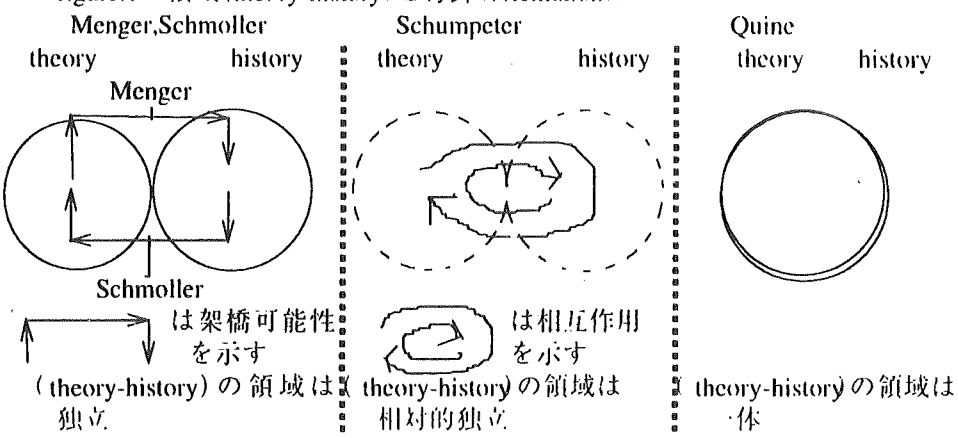


chart.2〈方法論争の前提（領域）〉(☆ see figure.1)



② Figure

figure.1〈領域(theory-history)と方針(orientation)〉



③ Explanation (Chartの左から右へ。chart.1とchart.2を同時並行で)

〈Menger, Schmoller〉

・「方法論争」は、「現実主義的方針」に支配されたドイツ国民経済学において、Mengerが「精密的方針」に対する市民権を要求したことに端を発する。

・「精密的方針」
現実的なものの中から最も簡単な要素(理論経済学においては合理的経済人)を取り出し(要素還元主義)、その要素に基づいて、ある一定の条件の下では現象が必然的に継起する例外なき普遍的法則を確立する(普遍的法則)。

・「現実主義的方針」
現実的なものを、その本質の全体性(totality)と錯雑性(complexity)のうちにあらわれるがままに研究する。

・「精密的方針」と「現実主義的方針」は、相対立する2つの方向。Mengerと Schmollerは、その領域・方針に関して棲み分けを行うことで表面的和解。

・MengerとSchmollerが共有していた「方法論争」の大前提

Menger -- 理論は歴史研究から独立(歴史研究に依存しない理論研究の方向性は、デカルトから経済学においてはJ.S.Millに至る「先天的(a priori)な方法」を踏襲するもの)。精密的理論の積み重ねにより歴史の領域に到達できると確信(実証主義(positivism)の時代の産物)。

Schmoller --歴史研究は理論研究とは無関係に資料収集から始められる。歴史研究の積み重ねにより理論の領域に到達できると確信。

・Mengerの"開かれた国民経済学""諸社会科学の協働により経験的現実に接近"という社会科学の未来に対する大理想と、Schmollerの"帰納法と演繹法の折衷"は、Schumpeterの「経済社会学」へ通じる第一歩。

〈Schumpeter〉

・繰り返される方法論争。「歴史と理論-シュモラーと今日の諸問題」において、Schumpeterはシュモラー再解釈の形で自らの方法論を開陳。精密的理論の固着化とも、その対極にあるミッチェルらの精密的理論の否定とも異なる第3の道を提示。

・Schumpeterによる方法論争の前提の改訂→理論と歴史の領域は独立ではない

・「精密的方針」と「現実主義的方針」は相対立する2つの方向ではない
「精密的方針」は普遍的法則の確立をめざす。普遍的なものの把握は経験的事実の思想的消化によってなされるものであり、普遍的なものはものごとの本質を捉えるゆえに現実的である。逆に、「現実主義的方針」は鋭い現実の把握のために精密的理論を利用する。

・Schumpeterの方法論は、Mengerの"開かれた国民経済学"とSchmollerの"帰納法と演繹法の折衷"の発展形態と解釈される一方で、理論と歴史の領域の独立性を否定したこ

とで反（論理）実証主義のQuineに接近。

〈Quine〉
・プラグマティストQuineの「経験主義のふたつのドグマ」は、近代知における実証主義の根底を覆し、方法論争の前提の更なる改訂を迫る。
・経験主義の第1のドグマ批判
分析的真理と綜合的真理とのあいだの境界（最も単純なケースは、言語(words)と対象(objects)とのあいだの境界）はない→理論と歴史の領域は一体
純粋に論理学としてのみ正しい理論は存在しないゆえに、歴史研究から独立した理論研究（Mengerの前提）は不可能。"生のままの事実""ありのままの現実"は存在しないゆえに、理論研究から独立した歴史研究（Schmollerの前提）は不可能。
・経験主義の第2のドグマ批判
特定の言明（論理的構築物）は特定の経験に対応しない→理論と歴史の翻訳不可能性
精密的理論の積み重ねにより歴史の領域に到達できるというMengerの想定の否定。
・実証主義の時代を背景になされた「方法論争」の大前提は、まさしく「経験主義のふたつのドグマ」そのものだったのであり、**それはQuineによって退けられてしまった。**
・特定の経験によって、特定の言明は検証・反証不可能。「ドグマなき経験主義」を提唱するQuineは、言明をひとつの全体として経験と結び付けることを主張（ホーリズム）。

④ Quotation
〈quotation.1〉
「人類がいつか社会現象一般、とくに国民経済（完全な経験的現実として考えられた）の全般的な精密的理解を達成するとしたなら、このことは確かに多数の精密的社会科学を通じてはじめてできることであって、それらの全体が社会現象の全面的な精密的理解をわれわれに開くはずである。そのとき、もちろんわれわれがとくに国民経済現象とよぶ現実的現象のなかで、非経済的な影響や作用を一純粋経済学によってではなく、これらの影響の属している他の諸領域の社会科学によって一精密的なやり方で、すなわち、経済現象の法則性の例外としてではなく、社会法則の例証として（中略）理解することができよう。」Menger［1883］71頁
〈quotation.2〉
「具体的で意義あるものへの関心と普遍的で真なる、もっとよく言えば、広く適用可能なものへの関心は、たしかに概念的には区別されるが、しかしながら実践的な研究においてはすぐにふたたび融合する。」Schumpeter［1926］459頁
「・・ひとつの特別な、その対象の本性に従っていえば「細目研究的」で資料収集をおこなうとともに理論的でもある学科、つまり「経済社会学」が形成された。」Schumpeter［1926］469頁
〈quotation.3〉
「具体的とか抽象的とかが表示しているのは、（中略）特定の場合の委細に対するある熟考の漸進的な接近における程度の差異にすぎない。（中略）けっしてそこには、**論理的な飛躍は存在しないのである。」Schumpeter［1926］459-460頁**
〈quotation.4〉
・経験主義の第1のドグマ一「分析的(analytic)真理、すなわち事実問題とは独立に意味に基づく真理と、綜合的(synthetic)真理、すなわち事実に基づく真理とのあいだに、ある根本的な分裂があるという信念」Quine［1961］p.20,31頁
「・・分析的言明と綜合的言明との間の境界というものはまだ引かれていない。こうした区別がそもそも立てられるべきであるというのは、経験主義者の非経験的ドグマであり、形而上学的信条なのである。」Quine［1961］p.37,55頁
〈quotation.5〉
・経験主義の第2のドグマ－「有意義な言明はどれも、直接的経験についての（真あるいは偽である）言明に翻訳可能(translatable)である」（Quine［1961］p.38,57頁）という主張
「どんな特定の経験も、場の内部の特定の言明と結び付けられているということはない。特定の経験は、場全体の(the field as a whole)均衡についての考慮を介して、間接的な

仕方でのみ、特定の言明と結びつくのである。」Quine［1961］p.43,63-4 頁

〈quotation.6〉

「還元主義のドグマは、個々の言明が、他の言明から孤立して考えられても、ともかく確証(confirmation)や反証(infirmation)を受け付けるという想定のなかに生き残っている。私の反対意見は、(中略) 外的世界についてのわれわれの言明は、個々独立にではなく、ひとつの団体(a corporate body)として、感覚的経験の裁きに直面するのである。」Quine［1961］p.41,61 頁

(3) Implication －「方法論争」という座標軸を使った経済学史の整理から何が見えてくるか？進化経済学の受け継いでいる学問的遺産とは何か？

・Menger と Schmoller の「方法論争」の大前提は、今日では通用しない。Quine の「経験主義のふたつのドグマ」を反駁できない以上は、「方法論争」の大前提の改訂を受容する以外にはない。

①「現実主義」

・「現実主義的」であるか否かは、Schmoller のように「全体性と錯雑性をあるがままに研究」するかどうかではない。

・Schumpeter を経由した進化経済学は、20 世紀初頭のアメリカ制度学派の一部に見られたような、精密的理論に対する反動となるべきではない。

②「開放系」の視点

・進化経済学は、精密的理論に対する反動ではなく精密的理論の固着化－自己完結的体系化に対する反動であるべき。「開放系」の視点は、反主流派経済学の identity。

・Menger,Schumpeter から進化経済学に至る、道具主義(instrumentalism),プラグマティズムの流れの発掘は、進化経済学の成果として経済学史の書き換えに貢献。

③「多元主義」

・"科学とは実証主義的な理論であり、社会科学も当然、その意味における科学を追究している" と無条件に信じることのできる時代は終わった。

・超越的にその実証性を自らの専売特許とする理論（それらは実際には、何ら実証されていないかあるいは実証のレベルが極めて低い単なる教説であることが多かったのであるが）が存在しえないとともに、これまではその実証性が欠如しているとみなされたゆえに排斥されてきた理論も参入。進化経済学は相互乗り入れの広場(forum)。

・経済学の順調な発展にとって、理論の優劣の厳しい判断基準（必ずしも「経験主義」のみが判断基準とは限らない）が要請される。「経験主義」に関しても、個々独立に検証や反証を受け付けない言明を、いかにして「ひとつの団体として感覚的経験の裁きに直面」させるかは、Quine からわれわれに残された課題。

(4) Reference

・Bush.P.The Methodology of Institutional Economics:A Pragmatic Instrumentalist Perspective,*Institutional Economics:Theory,Method,Policy*,1993

・Lawson,T.*Economics and Reality*,1996

・Menger,C.*Untersuchungen über die Method der Socialwissenschaften,und der Politischen Oekonomie insbesondere*,1883 福井孝治・吉田昇三訳，吉田昇三改訳『経済学の方法』日本評論社,1986

・Quine,W.V.O.Two Dogmas of Empiricism,*From a Logical Point of View*,1961 飯田隆訳『論理的視点から－論理と哲学をめぐる 9 章』勁草書房,1992

・Schmoller,G.*Volkwirtschaft-slehre und method,Handwörterbuch der Staatswissenschaften*,1911 戸田武雄訳『国民経済，国民経済学及び方法』有斐閣,1938

・Schmoller,G.Zur Methodologie der Staats-und Socialwissenschaften,*Schmollers Jahrbuch für Gesetzgebung,Verwaltung und Volkwirtschaft*,Jg.7,1883「国家科学・社会科学の方法論のために」『経済学の方法』所収

・Schumpeter,J.A.Gustav v.Schmoller und die Probleme von heute,*Schmollers Jahrbuch für Gesetzgebung,Verwaltung und Volkwirtschaft*,Jg.50,1926 中村友太郎・島岡光一訳「歴史と理論－シュモラーと今日の諸問題」，玉野井芳郎監訳『社会科学の過去と未来』ダイヤモンド社,1972 所収

「進化経済学へのシュムペーターの貢献」

保住敏彦(愛知大学経済学部)
hozumi@vega.aichi-u.ac.jp

1．はじめに

進化経済学とは何かという問題について、まだわが国において統一的な理解は、成立していないのではないだろうか。この報告においては、まず進化経済学の概念について経済学史の流れの中で検討し、ついで、経済発展論を中心としたシュムペーターの学説の特徴と変化について概観し、最後に、かれが進化経済学にどのような理論的貢献を果たしたかについて、ケルムとホジソンの論争を軸に、考察する。

2．進化経済学とは何かという問題の今日的了解。

進化経済学は、経済制度の進化を問題にする。その際、進化ということから、ダーウィン、ラマルクなどの生物進化論やスペンサーなどの社会進化論との対比で、経済進化が捉えられることになる。たとえば、進化経済学の旗手のひとりであるG．M．ホジソンは、進化経済学の系譜を次のように捉えている。まず、経済発展論は、発展論と遺伝的進化論とに分けられ、前者には、マルクス、シュムペーター、進化社会学者や社会人類学者が含まれ、後者は遺伝子による進化過程の説明を行うものであり、これには、アダム・スミス、カール・メンガーなどの個体発生的なタイプのものと、T．H．マルサスやT．ヴェブレンなどのように系統発生的なタイプのものがあるという。これは、進化生物学とのアナロジーで、諸経済学者の進化経済学を分類しようという試みである。

進化経済学においては、経済社会を多様な企業や多様な制度から構成されるものと捉え、それらの単位が、どのようにしてその存続の生命力を持っているのか（つまりその遺伝子はどのようなものか)、また、そのなかである優れた単位がどのようにして成立するのか（つまり突然変異はどのようにして生じるのか)、さらに、それらの諸単位間の競争によってどのようにして優れた単位の選択と劣った単位の除去がなされるのか（つまり自然選択はどうなるのか）などが、問題にされる。これら問題の説明努力の中で、経済学者それぞれの経済進化論の異なったタイプが、生じてくると考えられるのである。

ここで、昨年刊行された、進化経済学会の編集した『進化経済学とは何か』を手がかりに、さらに、進化経済学とは何かという問題について、考えてみよう。

リチャード・ネルソンによれば、進化経済学著作の共通の特徴は、「その中心的な関心を動態的過程の解明にむけていること」、「それらのほとんどすべては、経路依存性を仮定するか,あるいは組み込んでいる」ことであり、こうした共通性のもとにいくつかの理論化の試みがなされている。そして、かれ自身は「変異一淘汰」のモデルを取るという立場にたっている。すなわち、「わたしは、経済的変化の過程を考察したことによって、そこで進行しているのが、現存する複数の変異からの選択と新しい代替的変異の発生の組み合わせにあるということを強く示唆されたのです」と。こうした観点の下に、かれは、経済単位としての企業が、「利潤」を基準にその適合性が争われ淘汰がなされる事情などに注目している。

また、マックス・プランク研究所のウルリヒ・ヴィットは、経済学においてダーウィンの概念に訴える試みが、二つなされてきたと述べ、そのひとつが「自然淘汰の理論を人間の経済行動に直接に適用する試

み」であり、いま一つは「ダーウィン的概念を比喩的に使用すること」であるという。前者の例としては、進化ゲーム理論とハイエクの社会進化理論に見られるという。他方、後者の例としては、ネルソンとウィンターによる試みを挙げている。かれらは、企業をある行動ルーティンをもった組織と捉え、それらがあたかも遺伝子のように、淘汰過程の対象となり、また、あるイノヴェーション(突然変異)を行うとみなす。しかし、ヴィットは、これらのようにダーウィンの概念に直接的ないしは間接的に依拠して、経済進化を説明することは無理がある。「経済学における進化主義は、遺伝的変異と自然淘汰という驚くほど単純な、しかし強力な原理とは異なります。経済進化にともなう規則性は、はるかに複雑な仕方で作用するように思われます」と述べている。その理由として、経済進化においては、種の進化における遺伝子のような連続性のあるものは、存在しないという事が挙げられている。

こうした叙述からみて、進化経済学は、経済の動態的過程を経路依存的に捉えようとするが、その際、ダーウィンの進化生物学概念の直接的ないしは間接的な利用を行おうとするものと、これとは無関係に経済進化について捉えようとするものに、分かれると言えよう。では、こうした進化経済学の動向に鑑みて、シュムペーターの学説における経済進化論は、どのような特徴を持っているのだろうか。

3．シュムペーターの経済発展論の変遷。

シュムペーターは、１９１２年に刊行された初期の著作『経済発展の理論』において、静態的な経済においては利潤は発生しないが、企業者が出現し、イノヴェーションを開始することによって、企業者利潤が発生するとともに、イノヴェーションの模倣者が大量に出現することによって生産の増加がなされ、経済発展が行われるとみた。

シュムペーターは、まず、ワルラスにならって、静態的経済から出発する。静態的経済とは、同じ規模で循環する経済、および、連続的で量的な拡大のなされるような経済と、捉えられている。他方、動態的経済とは、経済に内在する要因によって、たとえば、技術や生産組織の変化によって、発展するような経済のことである。「したがって『発展』とは、経済が自分自身のなかから生み出す経済生活の循環変化のことであり、外部からの衝撃によって動かされた経済の変化ではなく、『自分自身に委ねられた』経済に起こる変化とのみ理解すべきである。」と、シュムペーターは定義している。

では、経済のうちから生じる変化は、どのようなものであり、誰によって行われるのか。シュムペーターは、生産を生産要素の結合と捉えるので、経済の内部に現れる新しい事態とは、その生産要素の新しい結合ということになる。「われわれの意味する発展の形態と内容は、新結合の遂行という定義によって与えられる。」新結合には、周知のように、五つの場合があり、(1)新しい財貨の生産、(2)新しい生産方法の導入、(3)新しい販路の開拓、(4)原料・半製品の新しい供給源の獲得、(5)新しい組織の実現等を、挙げている。ところで、こうした新結合が遂行されるにあたっては、生産要素が旧生産の場から奪われ新生産の場に移されると考えられており、そのための資金を供給するのが、銀行家であり資本家であるとされている。

そして、この新結合を遂行することが、「企業」と捉えられ、新結合を遂行する担い手が「企業者」と捉えられている。さらに、シュムペーターは、企業者のおこなう「新結合を遂行する担い手が「企業者」と捉えられている。さらに、シュムペーターは、企業者のおこなう「新結合」がいかに困難な機能であるか説明し、企業者類型と

その行動の特徴について、論じてゆく。従来の生産が、経営に携わるものの既知の認識や「行為習慣」に依拠し、「日常生活」にみられる「慣行の軌道」にそったものであるのに対して、イノヴェーションの遂行に際しては、「慣行軌道」からでることに伴う困難性や、「新しいことを行う」ことの困難性や、周囲のひとびとによる「社会環境の抵抗」等の困難が、存在している。こうした困難を克服してイノヴェーションをおこなうのが、企業者の「指導的活動」であり、そこには、「自己の王朝を建設しようとする夢想と意志」や、「勝利者意志」や「創造の喜び」があるという。このように、シュムペーターは、経済発展を、企業者のイノヴェーションの活動を中心に、経済に内在的な原因による、非連続な発展として捉えたのであった。

しかし、後期の『資本主義・社会主義・民主主義』発表の頃になると、シュムペーターは、個人的な企業者の役割よりも、株式会社である大企業によって新たな技術が開発され、イノヴェーションがなされると見るようになる。１９２９年アメリカ移住以来のアメリカ資本主義の現状についての認識の深化が、こうした変化をもたらしたのであろう。最近刊行された清成忠男氏の編訳になるシュムペーターの論文集『企業家とは何か』は、ヴァイマル共和国期のドイツからアメリカ移住後までの彼の企業家論を納めており、かれの中期・後期の企業家観を知ることができる。

ヴァイマル期に刊行された『国家学事典』に掲載された論稿「企業家」においては、かれは企業の形態と種類について歴史的に回顧し、資本家との対比での企業家の特徴、企業家の機能、企業家の類型などを述べているが、ここにおいてすでに、企業規模の大規模化につれて、企業家の機能が低下するということが指摘されている。すなわち、「経済の分野においても計算可能な領域がひろがる」等の状況は、「企業家の機能を特に容易にし民主化するだけでなく、その重要性を低下させた」と。また、同じ時期に執筆された論文「今日の国民経済における企業家」においては、競争経済における企業者の特徴を論じた後、「トラスト化された経済における企業家」の機能におよび、「トラスト組織においては、企業家機能の本質を変えることはないが、その重要性を制限するような現象がいまや起きている。すなわち、意思形成の機械化と官僚化である」と指摘している。

さらに、アメリカ移住後の論稿「経済史における創造的反応」においては、経済状況の変化にたいする人間の反応の中に、従来のやり方をそのまま続けて行こうとする「適応的反応」と、新しいことを試みようとする「創造的反応」のふたつがあり、企業家の機能は後者の「創造的反応」と関連しているという。その最後の部分において、「企業家機能の推移」を問題とし、「個人的能力の代わりに、専門家のチームが幅を利かすようになるかもしれない」ので、リーダーシップを取ることを特徴とする企業家の機能を低下すると述べている。

このように、シュムペーターは、初期の『経済発展の理論』においては、旧い慣行軌道をはなれて、イノヴェーションを遂行する企業者に大きな意義を見出したが、後期になるにつれて、経済のトラスト化の結果として、イノヴェーションの遂行を機能とする企業者の役割が低下すると見なずに至ったのである。では、このようなシュムペーターの経済発展論は、進化経済学にどのような貢献を果たしているのだろうか。

４．進化経済学へのシュムペーターの理論的貢献をめぐる論争。

シュムペーターの進化経済学への貢献に関して、対照的な二つの論文が掲載されている。すなわち、一つは、マチアス・ケルム氏の「シュムペーターの経済進化論；ダ

ーウィン的な解釈」であり、いま一つは、そこで示された見解を批判した、ジョフリー・M・ホジソン氏の「進化的であるが、非ダーウィン主義的なジョゼフ・シュムペーターの経済学」である。この二つの論文を紹介し、その対立点を示しながら、シュムペーターの進化経済学への貢献は何か、という問題を検討したい。

ケルムの論文は、浩渤なもので、論点も多岐にわたっているが、その中心的な主張点は、シュムペーターの経済理論をダーウィンの進化論の観点から解釈することができ、経済システムの進化過程に働く諸勢力についてもよりよりく特徴づけることができるということである。論文の前半部分では、ケルムは、シュムペーターが進化経済学に貢献したということはできないというホジソンの論拠を検討し、また、シュムペーターがワルラスの均衡理論から出発していることの意味を論じている。そして、シュムペーターが、ワルラスの均衡理論においては、内生的な変化を伴わない定常状態が前提されているが、経済発展は内生的な原因によって起こる変化であり、ワルラス理論とは全く異なった仕方で説明されねばならないことを明らかにしたとみる。そして、ポジソンの批判に関連しては、シュムペーターはかれの生きた時代の雰囲気に規定されて、ダーウィン進化論によって、経済進化を説明しようとしなかったことは事実だが、シュムペーターの経済進化論は、ダーウィンの進化論の観点から解釈することができると主張する。

論文の後半で、ケルムは、シュムペーター理論のダーウィン主義的解釈を積極的に提示しようとする。ケルムによると、ダーウィン理論の核心は、(1)情報貯蔵のメカニズム、(2)変異を発生させる内生的変化のメカニズム、(3)変異の頻度が増大する際の選択的保存のメカニズムなどである。そして、ジェムペーター理論のなかには、これらの三つの要素に照応するものが含まれている。つまり、経済進化における情報貯蔵のメカニズムは、「個人の習慣や組織的な日常性が行動を導くルールという形で、情報を含んでおり」、これが、経済過程の安定性とともに多様性を保持させているという。ルーティーンは、生物学の遺伝子に比較できるものである。つぎに、第二の内生的変化のメカニズムは、企業家のイノヴェーションにより、従来の習慣とは異なる新しい試みがなされるところにある。通常のルーティーンワークのなされる静態的過程にたいして、創造的反応をおこなう企業者が出現し、イノヴェーションつまり新しい生産要素の結合を行う。イノヴェーションは、突然変異に比較できる、最後に、そうした企業家によるイノヴェーションの遂行とそれが利潤をもたらすところに示される成功によって、おおくの企業がそのイノヴェーションに適応しそれを吸収する過程が始まる。この過程において、適応できない企業は、競争によって除去される。このようにイノヴェーションが普及して行く中で、同時に、適応できない単位が除去されていくので、この過程が、経済における選択的保存の過程であると見ることができる。このように、ケルムは、シュムペーターの経済進化論を、情報貯蔵のメカニズムとしての「ビジネスの日常性」、内生的変化のメカニズムとしての「イノヴェーション」、および選択的保存のメカニズムとしての「学習」と競争という「自然淘汰」の三点から成るものと捉える。

これにたいして、ホジソンは、シュムペーターは、生物進化論やダーウィン主義のアナロジーでシュムペーターの経済進化論を解釈するのは間違っていると反論する。ホジソンの主張点は、第一に、「シュムペーターは、ダーウィン理論の経済学への適用の試みはしなかった」ということである。ホジソンによると、シュムペーターは、哲

学的に実証主義的傾向をもっており、ダーウィン理論をメタファー（隠職）として用いることに拒否的であったという。ついで、ホジソンは、シュムペーター理論をダーウィン主義的に解釈するというケルムの試みに対して、反論する。ホジソンの反論は、まず、ケルムによるダーウィン理論の三つの核心についての理解に向けられる。ホジソンは、生物学者の見解を引用しつつ、ダーウィンは、内生的変化のみに注目したのではなく、むしろ、「生物と種のダーウィン的変化は、『内部からの』いくつかの変化を含むだけでなく、また、本質的には、生物とその環境との相互作用からの（変化）をも含んでいる」とみていたという。生物が内部的変化によってのみ進化して行くという見解は、ラマルクのものであり、ダーウィンのものではない。そして、経済の進化を企業家によるイノヴェーションという内生的要因からのみ説明しようとする、シュムペーターの理論は、ダーウィン的というよりはラマルク的であると批判する。結局、ホジソンは、「シュムペーターは「進化論的経済学者」と記述されるべきであろうがかれのアプローチをダーウィン主義的と記述するような基礎は存在しない」と批判する。

５．進化経済学へのシュムペーターの貢献は何か。

前節の叙述からも洞察できるように、ホジソンは、シュムペーターよりもヴェブレンのほうが進化経済学に対してより多く貢献しており、シュムペーターを進化経済学の最大の貢献者とみなすのはあやまりだと評価している。事実、同氏の別の論文「進化経済学におけるソースティン・ヴェブレンとジョゼフ・シュムペーター」によれば、シュムペーターの経済進化論は、ダーウィンの生物進化論よりは、マルクスやヘーゲルの弁証法的な進化論の影響を多く受けている。また、シュムペーターは、ワルラスの一般均衡論に深く影響され、動態論の出発点としてワルラスの一般均衡論を置き、両者は「システムの内部から生じる変化」という概念を共有している。シュムペーターの場合、この変化は企業家によるイノヴェーションに基づいている。この変化によって,経済進化という動態過程が生じるが、やがてこれは再び別の均衡に到来すると見なされている。しかし、シュムペーターは、この際、非均衡化メカニズムと均衡化メカニズムの併存に含まれた矛盾に気づいていないと批判する。結局、ホジソンは、「事実、シュムペーター自身の進化概念の性格は、あまり淘汰主義的ではなく、より多くマルクス主義的である。つまり、自然淘汰的であるよりはよりおおく進化的であり、経済進化的であるよりは経済革命的である。それはまた、ワルラス均衡論の付属物であり、一般均衡理論を多様性や変化などの諸観念と和解させようとする、表面的で究極的には不満足な試みである」と述べている。さらに、１９８０年代以降の進化経済学への関心の高まりを、シュムペーター的ないしは新シュムペーター的と特徴づけることにも反対している。

このように、ホジソンは、進化経済学へのシュムペーターの貢献について、非常に否定的な評価を与えているのであるが、他面では、前節の論争のなかでも、シュムペーターが２０世紀の最も優れた経済学者のひとりであり、進化経済学にも貢献したと評価している。しかし、シュムペーターの経済発展論の特徴をダーウィンの概念をもちいてより具体的に説明するケルムに比べて、ホジソンがシュムペーターの進化経済学への貢献をどの点にあると考えていたかは、あまり明確ではない。シュムペーターの経済進化論が、ダーウィンよりもマルクスやヘーゲルの影響をより多く受けていると主張するが、その具体的な内容はいま一つ不明確である。したがって、ホジソンの主張に沿ってシュムペーターの経済進化論

の特徴を浮き彫りにするためには、シュムペーターの経済発展論とマルクスやヘーゲルの社会理論とを比較検討する必要があると思われる。

文献

シュムペーター著／塩野谷祐一・中山伊知郎・東畑清一訳；『経済発展の理論』（上・下）岩波書店。
シュムペーター著／清成忠男編訳；『企業家とは何か』東洋経済新報社。
進化経済学会編；『進化経済学とは何か』東洋経済新報社。
Hodgson,G.M., W.J.Samuel,and M.R.Tool (ed.), 1994; The Elagr Companion to Institutional and Evolutionary Economics, Edward Elgar.
Hodgson, G.M.(1998); Thorstein Veblen and Joseph Schumpeter on Evolutionary Economics (筆者より E-mail にて送付されたもの)。
Hodgson, G.M.(1997); The Evolutionary and Non-Darwinian Economics of Joseph Schumpeter, in : Journal of Evolutionary Economics, Vol.7. No.2, pp.131-145.
Kelm, Matthias(1997); Schumpeter's Theory of Economic Evolution: a Darwinian Interpretation, in;op.cit.

History-Friendly な理論をもとめて：過去と将来

八木紀一郎（京都大学大学院経済学研究科）
yagi@econ.kyoto-u.ac.jp

1．進化的経済学のなかの歴史的観

1985 年にポール・デービッドがパソコンのキーの QWETRY という配列を Clio の女神と結びつけて以来、「経路依存性」や「ロック・イン」、さらには「ポジティヴ・フィードバック」や「収穫逓増」といった概念は、過程の歴史性を説明する概念として経済学の諸領域のなかに次第に定着しはじめている。さらに、進化的経済学の提唱者たちは、しばしば経済学における進化的枠組みの発展は、これまで乖離の度を強めるばかりであった理論研究と歴史研究を再度結びつけることに貢献すると示唆してきた。本学会の創立大会で記念講演をした R・ネルソンは「歴史友好的」history-friendly な理論モデルについて語ったが、1986 年に'Histonomic approach'を提唱したことのある K・ドプファーも History-friendly な理論のあり方について最近（1999）再度考察している。

広義に解された経済現象の進化的多様性への関心を焦点として組織された本学会の会員の中でも、経済史や思想史などの歴史的アプローチをバックグラウンドとした研究者は無視できない割合を占めている。しかし、私自身そのようなタイプの研究者として認めざるをえないことは、私たちが期待している歴史研究と理論研究を連携的に発展させるには、なお意識的な努力が必要だということである。

1つのやり方としては、いくつかの焦点的な研究領域を具体的に設定して、歴史的な過程分析と理論モデルの分析（シミュレーションを含む）を結合ないし並行させることに意識的に取り組むのが良いかもしれない。すでに技術の革新・普及過程は、そのような進化経済学的な研究領域の1つとして確立しているが、1989 年以来の旧社会主義諸国の市場経済への移行過程や、あるいは 1990 年代末の通貨・金融危機後のアジア諸国の成長体制の変化のような現在なお進行中の歴史過程も、そうした研究領域の有望な候補であろう。

いま1つには、具体的な研究対象・領域を離れても、より一般的に、歴史的な研究と理論的な研究の関係について思考をめぐらすことによって、個々の研究アプローチをそのなかに位置づけるべき枠組みを発展させることも必要であろう。その際、歴史的研究のなかに、思想史的アプローチも含まれることに特別の注意が払われるべきである。本報告は、この点についての考え方の整理を意図している。

2．文理遭遇の場としてのヒストリオグラフィー

進化経済学会はいまや「文理融合」とまではいかないものの「文理の遭遇」の場となっているが、「文」「理」というのはどのような学問理念による区分なのであろうか？この点において私は十分な調査をおこなっていないが、学問の世界における「文科」「理科」の区分は、１８世紀はじめに、精神と物体を分離したデカルトが確立した要素還元的な「自然学」に、ルネサンス以来の人文主義者の伝統を引くヴィーコが、人間の知性の様々な現れを理解するための「新しい学」（1709）を対置した時にはじまるのではないだろうか。ヴィーコにおいては、この「新しい学」が対象とするのは、現在および過去の諸国民がのこした多様な歴史＝誌であったが、１８世紀末にはその対象は非西洋世界の諸国民の生活誌にも拡大した。この学＝「知性」をそなえた「人間」を理解する「人文学」humanities は、知性の所産としての文書類（史＝誌）を基礎にして、それを整理して「真正の歴史」を確定することを目標とするものだが、その対極に「虚構」によって「真実」に到達しようとする「文学」を生み出した。

それに対して、「理科」の領域においては、「自然学」は理論として「物理学」や「化学」に純化したが、自然史＝誌は統御された「実験」記録に置き換えられる傾向がみられたものの、完全に消失したわけではない。自然自体の歴

史的変化を探求する地学、そして何よりもダーウィン以降の生物学にとっては、観察・記録の史＝誌は、やはり基礎的な重要性をもつであろう。科学者は、この観察・記録をもとに仮説的なモデルを構成し、理論によってその整合性を検討する。

以上のように考えると、「文」「理」の双方において、モノグラフとしての史＝誌の蓄積とそのHistoryとしての確定、および「虚構」も加えてのモデル化は共通している。このことが示唆することは、「進化的経済学」のプロジェクトが文理の「融合」ないし「遭遇」の場であるとすれば、それはモノグラフの作成・収集と「正史」ないし「理念型」(M.Weber) 形成のための作業を含む歴史的アプローチ（私はそれをとりあえずHistoriographyとよびたい）が有力な基礎になるということである。

3. 歴史学派と唯物史観

過去においてHistoriographyを基礎にして経済学を構築することを標榜したのは、ドイツ歴史学派であった。この学派は、(1)人間性は時代ごと国民ごとに異なるとして普遍的な人間性を否定し、(2)個人は完全に独立した単位ではなく、歴史的に成立した国民その他の社会集団の構成員であるというホーリスティックな見方を採用し、また(3)経済過程において倫理的・文化的要素が重要であるとした。しかし、(1)は歴史的相対主義、(2)は有機的社会観、また(3)は評価と分析の混交を生んだ。

その点、マルクス (1859) によって提唱された「唯物史観」は、(1)発展段階の基礎的な規定要因として物質的な生産力をおき、(2)個人の行動の規定要因として個人が入り込んでいる生産関係をおき、(3)個人の意識や知識・文化・倫理などについてはそれを独自の歴史をもたない「観念形態」＝「上部構造」と位置づけ、ホーリスティックであるとともに決定論的な枠組みを歴史研究に対して提供した。それは、賛同者からは、「歴史」を「科学」にするものと考えられたが、「人文学」humanitiesとして「歴史」を捉える立場からは支持しうるものではなかった。マルクス主義の影響を受けた歴史研究自体のなかからも、(1)単線的な歴史の発展法則論、(2)個人の行動の図式主義的理解、そして(3)受動的で機械的な「上部構造」の位置づけに対する異議が唱えられるようになった。現在では「唯物史観」を大枠として承認する研究者でも、それをリジッドな決定論として解する人はほとんど存在しないと思われる。

4. 非決定的な歴史過程論

歴史的決定論に対する批判は個人の行動の自由と制約の理解を焦点にしている。発展の多様性や「上部構造」の独自性も、この問題圏に吸収されるといっていい。歴史的決定論を拒否するとしても、人間の行動を歴史的過程のなかで把握するという本来の課題までも放棄するべきではない。

歴史的過程のなかで人間とその行動を把握するということは、その時々をとってみれば所与の物的・制度的環境のもとで互いに関係しあいながら生活を営み、そのなかで自分自身もまた環境自体をも変化させていく過程のなかで個人の行動を捉えることである。「人間はたしかに歴史を創るが、それは与えられた条件のもとである。」より、唯物論的＝生物学的にいえば、人間は単独の主体としてではなく、与えられた物的環境のもとで、個体あるいは種として与えられた心身の能力をもって互いに交渉しあう諸主体（個体群＝population）として存在しているとみることである。

このような歴史的な見方は、一種の「過程実在論」（ホワイトヘッド）を前提とする。それは、制度（や社会関係）は個人間の関係から成り立ち、知識や規則は人間が生み出したものであるから、それらの存在を所与とすることはできないという還元主義＝構成主義の対極にある。このような方法論的立場をとるならば、制度（および社会関係）の論理上、あるいはシミュレーション上の成立とその制度の歴史的成立および発展の歴史的研究は没交渉になってしまう。それに対して、歴史過程のなかで行動を把握する見方は、現時点で何らかの制度（や社会関係）を所与とおき、その持続ないし変容の条件を探求することから、歴史研究

と理論研究を同時に出発させる。私は、マルクスとエンゲルスが『ドイツ・イデオロギー』(1845) で到達し、『資本論』において「再生産」の理論として提出されたものこそ、こうした「過程実在論」的観点なのではないかと思う。

5. 生物学の再生産と人間社会の再生産

再生産というのは、現在の生産過程自体の内部で次期の生産を可能にすることである。逆にいえば、通時的に反復/進行する生産のなかの1時点を取り出して、どのような共時的活動構造によって通時的な継続性ないし変化が生み出されるかを考察することが「再生産」の見方である。したがって、この進行する過程の1断面にあらわれた共時的な活動は、一方では過去の活動によって拘束されていると同時に、他方では将来の発展によって規定されている。たとえば、急速に成長する経済の要求する再生産の構造は停滞的経済のそれとは異なるが、そのような再生産構造自体が過去の生産活動の結果なのである。もちろん時点ごとの局面において自由な選択の幅は存在するが、そうした選択自体が未来を規定していく。

進化的経済学の基礎として「再生産」論的な「過程実在論」を考える際に、生物学的進化理論の基礎である生物学の「再生産論」との対比が有益であろう。生物学においては「再生産」はまずは、個体の再生産であり、その結果としての「個体群」の維持である。生物の「個体群」を構成する個体には、その形質・行動においてそれぞれ変異があり、個体が生存や生殖に成功、あるいは失敗することによってそうした変異の取捨選択がおこなわれる。その際、「個体群」の生息する空間的・時間的locality がきわめて重要な役割を果たす。それによって「個体群」自体が他の「個体群」と区別されるようになれば、ついには種が分かれることになるというのがダーウィンの『種の起源』(1859) である。生物学者E・マイア(1988)によれば、「本質主義的思考」から「個体群思考」(population thinking) への「劇的な離脱」が自然選択による進化理論を可能にしたというが、マルクス以来の社会科学内部での「再生産論」についても、「個体群思考」を適用できないかどうかを検討する要があるであろう。

ダーウィン以降の進化論においては「遺伝子」の発見によって「遺伝型」と「表現型」が区別され、通時的に存続ないし変容するのは「遺伝型」であるが、生存ないし生殖における成功ないし不成功の試練を受けるのは個体=「表現型」であるという二重構造が存在することが明らかになった。「遺伝子」を再生産および普及可能な「複製子」とみなし、個体をその乗り物とする再生産動学 (population dynamics) は、近年社会科学の分野でも試みられている。

社会現象 (たとえば技術変化) に適用された進化論的な枠組みにおいては、知識=技術が「遺伝型」、それを実地に応用する企業が「表現型」にあたるとしても、企業は実地の応用を通じて (その存続・没落を通じてではなく) 技術の変化を促すとともに、実地の経験から学んで自分自身を変化させる。いいかえれば、「企業」は「遺伝型」としての技術を受動的に受け入れるだけの存在ではない。しばしば、社会現象に応用された進化論はダーウィン型というよりラマルク型だといわれるのはそのためである。それでも、直接には「個体群」の変容として現れる生物的な進化過程のなかにこうした「背後の構造」(J. Mokyr) が、それも再生される「情報」として存在していることを知ることは有益である。人間社会の現象に進化的「再生産」の見方を適用する際には、「表現型」にあたるものは具体的な人間行動であると考えていいであろうが、「遺伝型」として他者にも伝達可能な知識が「再生産」の枠組みの内に含まれなければならない。そしてまた (所与の遺伝子ヴァリエーションに縛られ1世代かぎりで使い捨てられる) 生物学的な個体と異なり、知識を変化させたり、自分の行動を変える主体=個人が存在している。

6. 進化過程の一部としての知的活動

「思想」thought (「知識」knowledge という言葉に代えてもかまわない) というのは「思考する」という意識活動の結果形をとるにいたったものであり、また思考過程の内部においては「思われた」内容でもある。生物学では「遺伝子」にあたるはずの知識が、こうした主観的および客観

的な2つの側面をもっていることが留意されなければならない。個人の行動を直接に規定しているのは、主観的に意識された「知識」「思想」であるが、客観的に伝達可能になった「知識」「思想」は共有される知的資産となり、またその一部は人間関係を整除する制度的知識となる。「個体群」としての人間集団が、個人をこえた「制度」をもちうるのも、(慣習にもとづく程度の場合もあるが) 多かれ少なかれ客観化された「知識」によって、それぞれの位置=役割をもった個人の行為が関係付けられるからである。

しかし、人間は意識において個々の具体的行動を超えた時間的視野をもつことのできるので、行動に直接縛られない、あるいは制度や現実にも縛られない思考活動 (想像作用) をおこなうことができ、またその成果を客観化することもできる。かつての「人文学」あるいは現在の思想史研究者が対象とするのは、このような独立した知的活動の所産としての文献群 (史=誌をも含む) である。

このような知的活動をも歴史的再生産の過程のなかに包含すると、歴史過程は事実的な過程だけにとどまらない重層的な過程となる。科学、歴史、文学、法制などのそれぞれの分野における思想=知識群も、その内部でつねに蓄積と争闘がおこなわれ、進化的なプロセスを備えた現実的な存在である。他方で、個人、あるいはごく少数の人たちにしか理解されない知的活動も存在する。

これらのテキスト群の背後には社会的・歴史的に規定されたコンテキストがある。知的活動は、反事実的なそれも含めて、慣習的なものと創造的なものの複合である。Q. スキナーがいうように、思想史研究者はテキストのうちに表面的な意味とコンテキストによって与えられる慣習的思考を確認し、さらに慣習的思考をうちやぶろうとする「発語内的力」illoqutionary force の発見につとめる。新しい表現の創造にせよ、実践的な意図をもった説得活動にせよ、そうした「力」をこめた言説はさらに、現実の歴史過程を変更するのには成功しない場合でも、言説上の新しいコンテキストを生み出すことであろう。

【参考文献】

P. A. David, "Clio and the Economics of QWERTY", *American Economic Review*, May 1985, 75(2)

K. Dopfer, "The Histonomic Approach to Economics: Beyond Pure Theory and Pure Experience", *Journal of Economic Issues*, 20(4), 1986.

————, "History Friendly Theories in Economics: Reconciling Universality and Context in Evolutionary Analysis", Paper presented at the workshop on "Self-Organisation, Evolutionary Economics and Innovation", held at the University of Queensland, Brisbane, Australia, July 12-15, 1999.

T. Lawson, *Economics and Reality: Economics as Social Theory*, Routledge, 1997.

E. Malerba, R. Nelson, L. Orsenigo and S. Winter, "'History-Friendly' Models of Industry Evolution: The Computer Industry", *Industrial and Corporate Change*, 8(1), March 1999.

J. Mokyr, "Science, Technology, and Knowledge: What Historians can learn from an evolutionary approach", Papers on Economics & Evolution, Max-Planck-Institute for Research into Economic Systems, #9803, June 1998.

C. Hermann-Pillath, "On the Ontological Foundations of Evolutionary Economics", in K. Dopfer ed., *Evolutionary Economics: Orinciples and Developments*, Kluwer (forthcoming).

Q・スキナー著　半澤孝麿・加藤節編訳『思想史とはなにか』岩波書店、1990年。

E・マイア緒　八杉貞雄・新妻昭夫訳『進化論と生物哲学』東京化学同人、1994年。

R・ネルソン「進化的経済理論の観点」進化経済学会編『進化経済学とは何か』有斐閣、1998年。

八木紀一郎「進化経済学を求めて：西山賢一著『複雑系としての経済』によせて」『社会科学論集』(埼玉大学) 第95号、1998年10月。

慣習的行為の根拠

——サグデンにおけるコンヴェンション論の考察——

杉浦克己（帝京大学）

1　問題提起

本稿は、ルール準拠的行為 rule-following behavior をいかなる人間行為として説くか、ということについて考察する。このテーマは、旧制度学派が最も重んじてきた問題領域のひとつであり、多くの研究成果を残してきた。その後、新古典派経済学を基礎とする新制度学派の研究者も人間の慣習的行為を研究課題として取り上げるようになってきた。

ラザフォードは、新制度学派の内部に、ルール準拠的行為に関して２つの観点があるという。第１は、伝統的な利益最大化を求める合理的選択の観点からルール準拠的行為を説くものであり、第２は最適化の理論枠組みを拒否して進化的パースペクティヴにたつものであるという(Rutherford[1994]68)。そして、後者は、ハイエクの「人間は、目標を追求する動物であるというのと同様に、ルール準拠的動物でもある」という指摘に見られるように、これまで旧制度派の議論とされてきたものと極めて類似性の強いものになっているという(Hayek[1973]11)。

この２つの観点における利益最大化というのは、個々の選択における合理性をいっているのであるが、第２の観点においては、現実はあまりに複雑であるから全ての要素を勘案した上で合理的な行動を決定することはできないというのである。とくにサイモンによる限定合理性概念は、理性能力が限界をもっていることを説くものであった(Simon[1976])。しかし、理性能力が限界づけられているといっても、それは十全な意志決定が困難で、そのために決定コストがかさむと言うことまでは明らかであるが、ルールに準拠する必要があることがポジティヴに示されているわけではない。不十分ではあるが、当事者がその都度満足のいく限りで熟慮して意思決定するという仕方でしか説きえないわけで、それがルール準拠的になるかどうかは、別問題であろう。

ここから２つの議論の方向が示唆されている。第１は、人間による選択に関して、理性とは異なる感情などの要素をも理論に取り込んで、実際には重層構造をもって働く心の仕組みを基盤に議論していくという方向である。それは、理性がどのように制約されているかをポジティヴに示して考察するものである。人間というのはルール準拠的な動物であるというハイエクの見方はこれに当たる。第２の可能性は、個々人の行為選択を個々人が理性能力に限界をもつものとして問うのではなくて、社会的行為あるいは相互作用における相関的な意思決定の問題として考察しようとするものである。限定された理性が、対話のうちに固有の世界を作り上げていく過程がいかなるものかを見ようとする観点といってよい。

ルール準拠的行為の根拠に関しては、こうした諸々の方向をそれぞれに考察する必要があるが、その全てに言及する余裕はない。そこで、第１の方向に関しては別に考察することにして、ここでは、第２の方向にそって、それもゲーム理論的な観点からルール準拠的行為すなわちコンヴェンションの成立を説いているサグデンの議論にかかわりつつ考察をすすめていきたい。

2　ゲーム理論に基づくサグデンのコンヴェンション論

サグデンは、ルール準拠的行為の成立を、２人からなるチキン・ゲームを使って説明している。(Sugden[1989]) ここでは、両者ともに２つの戦略をとりうるものとされている。２つの戦略は、タカとハト

と名付けられ、利得関数は、タカとハトが出会ったときはタカ１，ハト０，ハトとハトが出会ったときは両者ともに１／２，そしてタカとタカが出会ったときは両者とも－１になるものとされている。そしてこれは混合戦略ゲームとしても考察されている。

このゲームにおいては、３つのナッシュ均衡点があるとされていて、２人がそれぞれタカ戦略とハト戦略をとる場合の２つと、それぞれが１／３の確率でタカ戦略をとる場合であるとされる。最も、この２つの均衡は質的に異なるとされている。というのは、後者にあっては、両者の出会いは確率的に決定されているのに対して、前者においては、両当事者が相関的にプレーしてタカ戦略とハト戦略を分け合うことによって実現されるからである。すなわち、２人のうち１人が一方的にタカ、他方がハト、あるいはその逆にプレーするというのではなくて、ゲーム自体には記述されていないが、例えば、流木の占有について最初に見つけるとか後で見つけるという印を介して、一方がタカを、他方がハトをプレーするというものである。ゲーム論的には協力解が両者に長期的な利益をもたらす均衡になっているわけである。この点に、サグデンの議論が、新古典派経済学を基礎とする議論として提起されている理由がある。

したがって、サグデンの議論は基本的に新古典派経済学を基礎とするといってよいのだが、それが記述を含めた彼自身のコンヴェンション成立の議論と調和的に結合されているといえるかというと、それは疑わしい。そこで、ゲーム理論の構造を見るために、例として囚人ゲームを取り上げよう。まず、１回限りのゲームにおいては、両者の裏切り戦略が経済合理的な選択であることが示される。それに対して、無限繰り返しゲームにおいては、協力的な戦略が、当事者の長期的な利益を実現し、かつ、その戦略からの逸脱は利得削減という罰をこうむることを示すことにより協力戦略が均衡を与えることを証するものであることを提示している。このようにして、経済的な利益が協力戦略をとる根拠であることをゲーム理論として示しているのである。それ故に、繰り返しゲームの理論が、新古典派経済学を基礎とする協力関係の根拠を与えるものとなるというのである。

この点で、サグデンは、古典的ゲーム理論におけるゲームが、「あたかも他のプレーヤーの効用関数と彼が理性的であるということ以外は彼のことをなにも知らず、また、他の人々によってどのようにゲームがプレーされるかについても一切知ることなく、各プレーヤーが一人で部屋の中に座っているようなものである」(Sugden[1989]88)と描いている。そして、こうした想定を、「プレイヤーが何をすれば合理的かを割り出すとしたら彼ら当事者が必要とする情報を、理論が放棄することを要請するものである」(Sugden [1989]89) と批判し、これまでのゲーム理論が説く経済合理性概念を否定しているのである。

３　協調の形態を捨象するゲーム理論

それにしても、繰り返しゲームにおいては、サグデンがいう合理性概念に到達しているかというと、それには疑問が残る。囚人のジレンマゲームを例にとって両者の利得ベクトルを平面上に示すと、利得集合は、４つの純粋戦略ベクトルを頂点とする平行四辺形である。そのうち両者の裏切り戦略が、１回限りのゲームにおける唯一のナッシュ均衡を与える。それに対して、繰り返しゲームになると、利得集合を示す平行四辺形のうちで、両者の裏切り戦略に対応する左下の頂点のいずれの座標（両者のミニマックス値）よりも小さな点を除く全ての点が繰り返しゲームの均衡点になっている。とくに、このうちの右上の境界は、コアと呼ばれて、両者のそれぞれにとっても、また集団としても、もっとも合理的な利得を獲得しうる状態に対応している。しかしながら、こうした均衡点は、プレーヤーが単独には実現しえないものであって、両者のプレーが相関していなければならない(Aumann[1989]訳 110-1)。長期的に大きな利益が得られるかどうかといっても、それは相手に向けられた行為が相互に関連を有するにいたった結果である。こうなると相手との相互の関係自体が長期の利益によってもたらされたものとはいえないのでないかという問題があるわけで、繰り

返しゲームも、相互関係自体を説明する論理になっているわけではないように思われる。

繰り返しゲームは、情報・知識の要素を考慮に入れてきている。純粋超戦略の関数形は、第1回から前回までの参加者の戦略や利得を知った上で次の戦略を決定することになっている(Aumann[1989]訳 99)。そういう状況の中で、TIT for TAT 戦略を含む協調の戦略が長期的に利得が高いという経験も積むことになりうるとされる。そこから、協調戦略が登場しうるというのがゲーム理論の考え方であると見てよいが、ここには協調の形態を定めるという問題が無視されている。

具体的に問を立て直してみよう。例えば、相互に贈与を供与しあう互酬ゲームとか、相互に相手の言葉を信ずる信頼ゲームといったものを考えてみよう。前者の場合、経済人類学的には、互酬性のルールが両者の行為を規定するというわけだが、そうしたルールは確かに両当事者の繁栄を促進するといえよう。このルールの根拠をゲーム理論的に考察してみよう。例えば、互いに贈与しあう場合には両者とも有利であるので3点の利得がえられるとし、贈与を受けたがお返しをしない場合には労せずに貴重なものを入手するので4点、逆に贈与したが返礼がない場合にはなにもない場合より痛手は大きいので－1点、両者ともに贈与しないのは0点とすると、これは囚人ゲームの形をしている。そうすると、TIT for TAT 戦略を含む協調戦略が過去の経験から長期的利益に刺激されて構想できるようにも見えようが、しかしながら、実際にはこの互酬的贈与という囚人ゲームの形態自体は、贈与しあう協力関係の中でしか形成されえない。ゲーム理論は、具体的には特定の形態自体をもってしか存立しえないゲームを、利得関係のみに抽象化してしまうので、形態自体が両者の相互的な協力関係としてしか存立しえない要因が無視されてしまうのである。協力関係に長期的な利益があるということではあっても、この協力の関係は、具体的形態をもってしか形成されえないのである。協力の利益はその結果としてあらわれてくると考えるほかない。繰り返しゲームは、両者の関係の形態を問題にする論理を有していないので、協力関係の結果として存立するにいたるゲームの利得から協力の成立をとくという循環論法に陥っているのである。

4　ゲームという共同空間の構成問題

それにもかかわらず、サグデンの議論にはこうしたゲーム理論を超える要素があるのではないかという期待があろう。サグデンは、戦略の選択に先立って、流木をどちらが先に発見するかということに注目している。これは古典的ゲーム論では捨象されている要素であるが、サグデンによると、それは、「限られた合理性を持つが、ある程度の経験と想像力を持つ普通の人々であれば、彼らの行為を協調するのに何の困難ももたない」ようになるであろう情報だという(Sugden[1989]89)。この時、理性の命令としては、後で流木を発見した人がそれを占有するというルールにするのも不可能ではないので、先に流木を発見した人がそれを占有するというコンヴェンションは、「理性と整合的ではあるが、理性による命令ではない。」(Sugden[1989]89)この合理性を超える部分は、人々の共通の知識によって決まる。そして、これらは「共通の経験」に基盤をおく。「共通の経験をもつ人間であるがゆえに思いつく」こうした情報が、まさに、「彼らの行為を同調させるために必要な」情報なのである。このサグデンの議論は、経済合理性にのみ依拠するこれまでのゲーム論の不十分な点を明らかにしているので、十分評価されなければならない。

しかしながら、もう一つ先の問題も残っている。流木に関して、その享受なり占有に焦点を合わせてゲーム化している状況が既にあるわけで、そうしたゲームとして問が立てられているからこそ共通の経験が必要な情報として想起されるにいたったり、問題解決に向けて利用されたりするのである。ここで忘れられているのは、実は、こうした問題そのものの発見やゲーム的な状況そのものの創造が、当事者の外部から来るのではなくて、当事者間におけるゲームの進展自体の中から生まれてくることである。そして、特定の問を立てるということ自体において、既に、ゲームの形態を確定すべく協力関係が存在しているのである。「共通

経験」に基づく知識をゲームの解決に導入して協力関係の行為空間を生み出すというのではなくて、当事者間の協力関係が特定のゲームという共通の空間を構成するのである。流木の享受・占有について何らかのコンヴェンションが成立しないことには、流木の処分を巡る対話が成り立たないわけで、当然こうした問題が存在すべきであるというのは人を基本的に近代市民として一様にとらえるものである。私たちは、自らがこうした偏見に拘束されがちな存在であることを常に自覚しなければならない。そして、真の対話は、己とは異なる他者との間でなされるものであることに留意しなければならない。もちろん、全ての点で異質の他者であれば、話し合いには持ち込めないで、暴力にゆだねることもあるだろう。この微妙な距離――理性によって問題を立て解決するほど近くはなくて、相手の心を全く読めないので暴力に訴えるほど遠くはない距離――を、私は、相互に共感を抱きうる距離と規定したい。そして、共感に基づいて協力関係を確定しつつ、対話の流れの中で探求すべき問題の焦点を定めていくわけで、そこに初めてサグデンのいう共通の経験を基盤として必要な情報を引き出しうることにもなるのである。当事者間の公的な空間が登場して初めて、こうした情報の意味も明らかになるのである。このように考察してくると、サグデンも、当事者が問題空間を初めから共有しているという想定にたっている点で、一様な近代市民を前提とする議論になっている。それは、古典的ゲーム理論の経済合理性を批判する議論としてネガティヴである。探求されるべき問題自体がどう構成されるかを主題として提起していないからである。

5　結論

我々は先にサグデンの議論がゲーム理論を超える要素をもっているかという問を立てた。それに対しては、確かに超える要素はあるし、それがコンヴェンションの成立を説くうえで有力な考え方であると評価した。しかし、サグデンの議論は不十分であることも明らかにしてきた。問題空間そのものの成立を、協力関係の発展の中に位置づけようとする我々の議論は、ゲーム理論の形式ではとらえ切れそうもないものであろう。それは、旧制度学派の流れに属する議論ということになるであろう。

サグデンの議論を検討して明らかになったことは、確かに人間はルール準拠的な動物であるとしても、そのルールをコンヴェンションとして確定していくのは、他者との共同的な関係をおいてはありえないということである。すなわち、人間が繰り返しのうちに自らの思考や行動をつかんで確定していくという特性をもっていることは重要な想定であるが、しかしそうした特性も現実には、対話とか協力といった他者志向的な関係――共同主観性――を創造する中でしか発露されていかないように思われるということである(杉浦[1993])。

参照文献

Aumann,R.J.[1989] *Lectures on Game Theory,* Westview Press, Inc. 『ゲーム論の基礎』丸山・立石訳、勁草書房、1991

Hayek,F.A.[1973] *Law, Legislation and Liberty,* Routledge & Kegan Paul

Rutherford,M.[1994] *Institutions in Economics: The Old and the New Institutionalism,* Cambridge University Press

Simon,H.A.[1976] *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization,* The Free Press 『経営行動――経営組織における意思決定プロセスの研究』松田・高柳・二村訳、ダイヤモンド社、1989

Sugden,R.[1989] Spontaneous Order, *Journal of Economic Perspectives,* Vol.3,No.4

杉浦克己[1993] 『コミュニケーションの共同世界――相関社会科学序説』東京大学出版会

Common Owning, Transforming and Development of Knowledge

Susumu Egashira

Otaru University of Commerce, Japan

1. Introduction

This paper deals with the problem of information in economics. Although we always use information in daily economic activities, "information" is a very ambiguous word. However, economists have tried to give an exact definition to this term. In an introductory textbook of microeconomics, for example, "information" means consumers' knowledge of their utility functions or firms' knowledge of their production functions. In the game theory, "information" is defined as knowledge of player's payoff (cf. Fudenburg and Tirole 1994). According to this definition, "perfectness" or "imperfectness" of information is also defined in economics. Modern economists regard imperfect information as a variety of perfect information.

Here, however, is a problem that arises from this definition In modern economics, perfect information is equal to equilibrium and it means that an efficient distribution of resources is realized and imperfect information means inefficient distribution of resource. Modern economists regard imperfect information as an unfavorable situation because they consider achieving equilibrium point ideal. This is the basic idea of modern economics. Therefore, when there is imperfectness of information, it must be improved from a political viewpoint. It is however clear that this conclusion greatly depends on the definition of information.

From this viewpoint, however, it is difficult to understand how we overcome the lack of information in daily life. Moreover, modern economists fail to understand the role of imperfectness of information in the economic process, in other words, the role of noise in evolutionary systems.

It is not my purpose to assert that information is not playing an important part in real economic process, but we have to change the conception of information to comprehend its role. In our daily economic activities, it is always important to confirm reliability of the obtained information. In term of subjectivism, to check reliability of information A needs additional information B, but then, more additional information C is required to confirm reliability information B. This chain is logically infinite. From this viewpoint, information is "fundamentally" imperfect and "imperfectness" of information should not be defined as the reverse of "perfectness."

This is the starting point of our argument. The purposes of this paper are to consider why we do not faces serious difficulty in our daily life without "perfect" information and how the imperfectness of information affect the dynamics of society.

For the explanation, we adopt the agent-based simulation model, which consist of 50 information senders and 400 receivers. They repeatedly interact

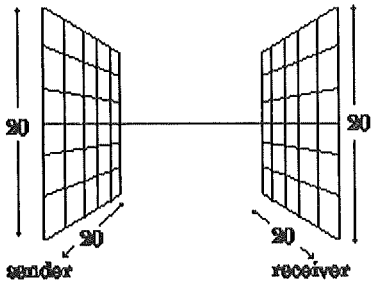


Fig.1

with each other and gradually begin to process information as a group. In section two, a basic model is explained. This model is a cellular automaton and each player is assumed to have system for recognizing his or her circumstances and mechanism of interpreting information. The third section shows the first result for basic model. In the fourth section, to see the behaviour of the system emerging from an interaction of players, the model is slightly altered. We can observe that there are several clusters on our cell which adopts a different strategy to process information and that the clusters also interact with each other.

My main aim is to consider the role of social institutions in our decision-making. As Nelson and Winter(1983) pointed out, one of the important functions of institutions is to support the decision-making in a situation where we cannot judge rationally and optimize our action. My argument in this paper is one approach to this problem.

2. Model

To explain the alternative theory of transferring information, we use the computer simulation model. This model has two plains, one is senders of information and the other is receiver and each plain has a 20x20 lattice (Fig.1) Each cell is a player, so there are 400 senders and 400 receivers and they have interpretation filers. At the beginning of each turn, "true information" is created randomly. Then each sender sees it and interprets it through his own interpretation filter by himself and sends it to the receivers. In the first turn, it is decided randomly that which players receive information from which senders. Then, each receiver also interprets it through his own interpretation filers, the received information by himself. Information consists of the ten-binary string. The purpose of this game is basically to see how many figures on the binary string receivers can guess rightly without knowing directly. And its result is measured by average of receivers' scores. In other words, if receivers want to gain exact information, receivers have to prepare suitable filter for senders' whom each receiver chooses.

Some end of each turn, the players meeting the condition revise his filters according the rule as below. Each sender count the number of his client and compare with his neighbors (each player has 8 neighbours around him), and then if his score is the lowest among them he change his filter. He copies half of a binary string of the best score player around him. In term of the genetic algorism, it is so-called, "crossover" and its probability is given as a control valuable. On the other hand, receivers change their filter in different way. In each end of turn, they count their score and rank themselves among their neighbours. If they get the lowest score they changed their filters' figure randomly. This is mutation and mutation rate is also decided as control variable. For a while, each player continue to receive information from the same sender as they received before, but if they continuously get the

lowest score, they adopt the new senders whom the best receivers around them are adopting.

For this rule, both senders and receivers have an incentives to search the more popular filter. Senders try to adopt the filter of the most popular sender, because they want to gain more clients and Sender try to adopt better filters and look for the most reliable sender to obtain "exact" information. The word "exact" in this context has very subjective meaning, because it is, after all, useful information only from each receivers' viewpoint. In this model, every process is repeated in 10000 times and we observe that the degree of convergence of filters' pattern, popularity of sender and average score of receivers.

3. The Result

First, Our experiment is carried out with regard for the revision frequency of a receiver as a control variable and we take the average of ten trials. We can observe the decreasing tendency of suppliers' popularity, which shows how many clients the most popular supplier has, as the interval of revision is going to widen(Fig.2).

However, This does not mean that the number of client which the most popular sender has always becomes fewer when interval become greater. It is only "tendency". Although receivers change their client in every time when they gets the lowest score among their neighbors, the most popular supplier sometimes cannot have so many clients (for example 20-25 customers at most). On the other and, even if receivers alter their suppliers once every twenty times, a certain supplier

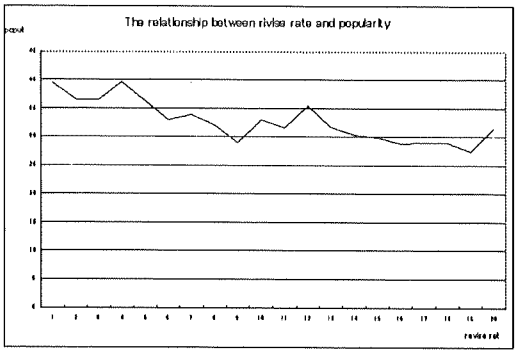


Fig.2

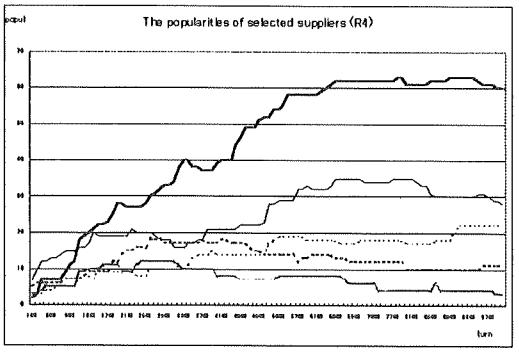


Fig.3

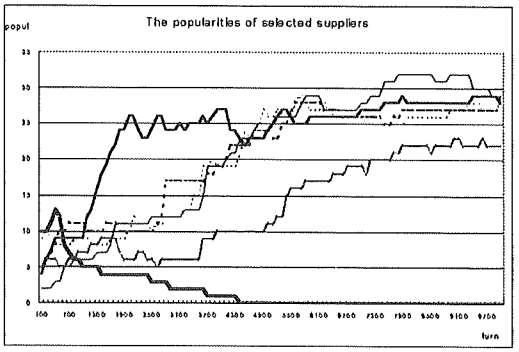


Fig.4

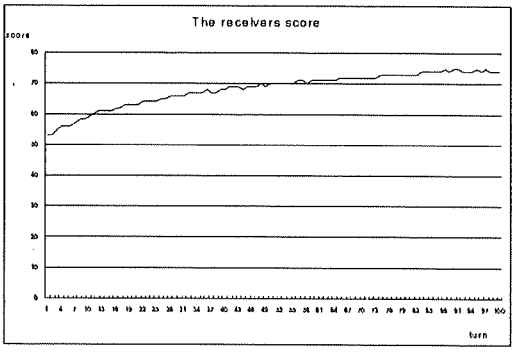


Fig.5

can obtain forty one clients. The variance is large and it has no relation to the interval

of revision.

Secondly, we can pick up some typical suppliers and observe their changing of the number of clients. Figures 3 and 4 show the transition of clients, when their interval of revision is once every four turns in the game. The popularity of the most popular one reach more than sixty in the figure 3, while one in the figure 4 reaches only thirty-three at most. Every graph shows the same shape, i.e. the rate of growth is decreasing. Most suppliers have constant number of clients, but some of them gradually begin to lose them. The obvious difference between these figures is that in figure 3, the dominant supplier is decided in relatively early turn (near turn 1000), but in figure 4, there are several alternations after turn 5000.

After a certain supplier is dominant, the probability that most neighbors of many receivers will select the same dominant suppliers increase, so they do not change their suppliers of information, even if they gain the lowest score. Then, they cope with sent information only by changing their filters spontaneously. In such a situation, there are less chance that other suppliers become greater. On the other hand, in the situation figure 4, there are enough room for several kind of suppliers, but each of them cannot be dominant.

In every case, the receivers' filter for interpreting information does not merge into one filter and they make some loose groups which have some common parts on their binaries. Despite this, every test shows that 75% information transfer from senders to receivers. This shows that the internal development plays an relatively important role in developing the ability to interpret information(Fig.5:in the same setting with Fig 4). However, this figure, 75% largely depends on the algorism which we adopt here.

4. Conclusion

In this paper, we see the role of the group action in transferring information. The model in this simulation is that each agent revises his filter of an interpretation not only spontaneously, but also referring to other people action. The most distinguishing feature of this system is that the observer's ability to predict is facilitated by the fact that the agent's action are unconsciously restricted example, supposing there is isolated agent who decides every thing by himself, he have to search the solution from far too many possible set (in this model, 2^{10} patterns). However, in this simulation, the agent, using CA, can find the solution relatively early.

The results of this simulation, as we have seen, show that for transferring information, it is most important that every agent can acquire "not so bad" outcome, after they behave according to it. They maintain the constant relationship or the structure as long as they gain the worst score. This suggests the possibility that successful communication between us depends not on correctness of transferred information, but on its result. This is a feature of an evolutionary system.

進化経済学の概念と方法

進化・アナロジー・シミュレーション

西部　忠[†]

［0］　はじめに

進化経済学に対する統一的な定義や共通の理解は今のところ得られていないのが現状である[i]。進化経済学の積極的な意義は,それが「多様な」制度の様態と進化の経路を理解・説明しようとし，同時に「多様な」アプローチの競争・共存を可能にする類推的多元主義をもとにした緩やかな学的ネットワークへの進化をめざすことにある。だが，進化経済学がこうした二重の意味での多様性を指向する経済学であるためには，次のような自己への問いを避けて通ることはできない。①進化経済学における「進化」とはどのような意味をもつのか？②進化経済学はどのような研究方法により，どのように対象を理解するのか？

本稿は，これら二つの問題を論じ，進化経済学の多様性への二重の指向性を明確にすることを目的とする。

［1］　「進化」概念の再検討

1.1 進化概念の進化

進化経済学は，生物学の進化概念を経済学に適用して成立する学問ではない。進化概念は経済学で生まれ,その後，経済学と生物学の相互影響の中で進化してきたといえる。

進化は，適者生存や自然淘汰のみならず，共存や共生をも意味しうることが近年の進化論研究で明らかになりつつある。進化過程では，生物は相互に競争しながら自らを変化させるので，最適なものだけが勝ち残るのではなく，多様化や複雑化を伴いながら共存するとされている（四方1997,金子・池上1998）。進化が競争と共生を含むならば，それは個体や群の間の多様なコミュニケーションの進化過程であるともいえる。進化経済学が理解しようとし，自らが実現しようとするのはこのような進化過程であろう。

1.2　進化概念の多義性

「進化的(evolutionary)」という語の意味は現在でも極めて曖昧であり,そのことが「進化経済学とは何か」という問いに答えることを困難にしている。問題は「進化」概念の多義性が未整理なことである。ホジソンに依拠して進化概念を次のように類型化する（Hodgson,1993）。

<経済進化の分類： Hodgson,1993,p.39 による>

1 発展的Developmental
- 1.1 単線的Uni-linear
- 1.2 多線的Multi-linear [Marx, Hobson]

2 発生的Genetic
- 2.1 個体発生的Ontogenetic
  - 2.1.1 連続的Continuous [Smith, Menger, Walras, Marshall]
  - 2.1.2 断続的Punctuated [Schumpeter]
- 2.2 系統発生的Phylogenetic
  - 2.2.1 完結的Consummatory [Spencer, Hayek]
  - 2.2.2 非完結的Non-consummatory [Malthus, Veblen]

まず「発展的」と「発生的（遺伝的）」に大きく分けられる。「発展的」進化は，進化を必然的な展開や段階的な発展とみなすが，必ずしも進化過程の構成要素やメカニズムを記述しない。「発生的」進化は，システムの構成要素単位の相互作用を伴う緻密な因果説明を説明する。

個体発生とは一組の遺伝子を持つ生殖細胞が分裂をくり返して特定の生物体へ成長すること，系統発生とは一定の個体群（人口）が選択やソーティングの過程で内部構成（遺伝子プール）の変化を伴いつつ変動することである。系統発生論はシステムを種ないし個体群と考え，その内部構成の変化を問題とするため，進化過程における多様性の源泉として創造性や新奇性の役割を説明しうる。

個体発生的進化はさらに「連続的」と「断続的」に，系統発生的進化はさらに「完結的」と「非完結的」に細分される。「完結的」と「非完結的」は，系統発生的進化に最終的帰結（均衡／静止）を想定しているかどうかによって分類される。完結的系統発生論は，完成可能性を前提とするラマルク的ないしスペンサー的進化であり，非完結的系統発生論はそれを前提しないダーウィン的進化である。

ドーキンス(Dawkins,1989)の利己的遺伝子の理論は，あらゆる現象をDNAという単一レベルの遺伝子から説明しつくそうとする点に問題がある。我々はミクロレベルからシステムの挙動や進化を説明すべきだが，このような極端な還元主義的立場をとる必要はない。社会的マクロ・システムは，同一レベル内での構成要素間の水平的相互作用が存在しており，構成要素の上位レベル構成要素への多重帰属をも部分的に可能にするような「多層構造」である[ii]。したがって，選択の単位を多層レベルの遺伝子的実在—人間の習慣，個人，組織のルーティン，社会的慣習・制度，経済体制—にまで拡張して理解し，模倣，改良，学習，目的保有的行動といったラマルク主義的要素を考慮に入れて，ミクロとマクロの双方向的関係を理論的に構成する必要がある。こうした見方にたつ社会進化論は，「多層的実在主義」を存在論的な了解とする「ラマルク＝ダーウィン主義」と呼びうるだろう。

［2］　進化経済学の方法論的・哲学的基礎

2.1　レトリックとしての経済学[iii]

80年代に，マクロスキー(McCloskey, 1985)の議論を嚆矢として経済学のレトリックの意味が問い直された。

マクロスキーによれば，経済学は未来を予測する社会工学ではなく，「社会的自己理解」のための歴史科学である。経済学のモデルや概念—需要・供給曲線，ゲーム理論，集計的資本，弾力性や均衡など—はすべて「非装飾的なメタファー」であり，経済学とはこうしたメタファーを用い経済学者が自らの物語を人々に説得するための技芸である。実際に我々は，「大文字の方法論」が指示する厳密なルールではなく，開かれた会話や対話の進行のために必要とされる暗黙的ルールや道徳—明解さ，正直，忍耐のような—に従っている。これが「小文字mの方法」に他ならない。

しかし，「小文字mの方法」は対話のための最低限の道徳的指針を示すだけで，個々の議論や状況において経済学者がどうレトリックを使えばよいかを教えてくれない。また，経済学はレトリックであるとしても，単なる修辞や文飾ではない。レトリックやメタファーが説得力を持ちうるのは，常に現実の諸問題への実践的関心－価値や思想－が核となっている時である。マルクスやケインズが鋭く自覚していたように，経済を語る経済学の理論や言説は，人々を説得するというプロセスを通じて，意識や政策を補強／変更し，それを通じて経済社会の制度構造を補強／変更する潜在力を持っており，そうした事態がまた理論や言説の受容／拒絶を決定する。レトリックとしての経済学の意味は，こうした自己実現性や自己言及性を備えた社会科学的言説の一般的構造から理解する必要がある。我々は，経済学が，経済という実在を対象とする言説（記述理論）であると同時に，経済学という実在をも対象にするメタ言説（批判理論）であるという二重性を持つことを自覚すべきである。

2.2 批判的実在論の存在論・認識論

レトリックとしての経済学が対象とする実在(reality)とは何か。ローソンら(Lawson,1998)の批判的実在論(Critical Realism)により経済学の哲学的基礎を検討する。

モダニズムを批判するレトリック論は，ポストモダニズムと同じ哲学的基礎の上に立つ。それは，科学，文学，物語，対話などのすべての言説をレトリックと括ることで，経験主義や実証主義にもとづく社会科学の客観性を否定したものの，言説やテキストの恣意性・表象性を強調することによって，言説の指示対象の実在性を暗黙的に否認している。これに対し，批判的実在論は，経験主義が前提とする科学観とそれを基礎づける実在概念の狭さを批判する。

近代科学は，「事象xはいつも事象yをしたがう」という普遍法則の演繹とそれによる現象の記述を科学的営為とみなすが，これはヒューム的な実証主義ないし経験的実在論(empirical realism)に基盤をもつ。それは，知識は感覚的経験ないし印象の形式をとるとする認識論と，現実は経験や印象の対象たる原子的事象から構成されるとする存在論からなるが，経験可能性こそ実在の要件であるとみなすがゆえに存在論を認識論に還元してしまう。他方，批判的実在論は，経験的・現実的という二つの実在層の下に「非現実的 (non-actual)」対象—深層構造，メカニズム，力，傾向—の実在層があるとする存在論と，人間はそうした非現実的な対象を直接的に経験・認識できないとする認識論をたてる。それゆえ批判的実在論の科学は，原子的事象間の普遍法則の発見のみならず，それを支配する構造やメカニズムの同定や解明—「説明」—にも向かわねばならない。

経験的実在論が前提する普遍法則は実験により工学的に作り出された閉鎖系においてのみ同定できる（真空中の木の葉）。だが，現実の世界は一般には開放系であるから，我々は普遍法則（重力法則）を直接に観察することはできない（空気中の木の葉）。これは，人間が持つ「アナロジー」や「抽象化」の能力の存在を哲学的に表現したものと考えれば理解できる。例えば，コペルニクスの地動説やアインシュタインの相対性理論は観察事実や実験データからではなく，未知の実在のヴィジョンへの人格的コミットメントを通じて「発見」された(M. Polanyi, 1959)。

社会科学における批判的実在論の意義は，現実には観察や経験できないような深層構造やメカニズムの説明の可能性を哲学的に基礎づけ，それらに関する言明を非科学的であると論駁する経験主義的実在論とそこから帰結する科学観を批判した点にある。メタファーとしての「進化」概念の実在性はこうした哲学的基礎の上で是認されうる。

2.3 推論方法－アブダクションとアナロジー－

近代科学の推論方法は，仮説の必然的帰結を論理的に導出する演繹(deduction)と，多くの観察事実から一般的な命題や法則を推論する帰納(induction)である。一方，批判的実在論で重要な推論方法は，興味ある現象から主要な原因となる非現実的なメカニズムや構造や概念を導出するアブダクション(abduction)やアナロジー(analogy)である。

パース(Peirce, 1934)のアブダクションは科学的創造のための重要な研究方法である。我々は，演繹と帰納に先立ち，それまで説明されていない現象や事実に仮説的秩序を見出す過程を遂行している。このような「仮説的推論」がアブダクションである。それは，レトリックやメタファーを媒介として，異質だが類似の諸概念に移動・接続・交配などの相互作用をもたらし，新規な意味論的文脈を導き出すことで，未知の仮説や概念を創造したり，法則を発見す

る<発見の論理>の役割を果たす。

2.4 思考の基盤としてのアナロジー—認知科学の近年の研究

近年の認知科学におけるアナロジー(類推)研究は,それが重要な思考活動の一つではなく,演繹,帰納を含む思考全体の基盤であることを明らかにした(鈴木, 1996)。アナロジーが注目されたのは,一般的な推論規則や汎用ルールによっては人間の思考をうまくモデル化できないからである。人間の思考の対象は記号やシンボルではなく世界に存在する対象である。このため,「内容独立」な演繹や帰納では「領域固有性」「文脈依存性」にうまく対処できない。

従来のアナロジー研究は,アナロジーをベースの要素のターゲットの要素への写像(mapping)と理解してきた。このモデルはかなりの成功を収めたが,記憶の階層構造や観点の設定を考慮していないため,アナロジーが当てはめになっていた。そこで鈴木は,アナロジーをベース,ターゲット,抽象化の間の三項関係であると考えた(同上, chap.5)。抽象化(abstraction)とは,ベースとターゲットを事例として持つようなカテゴリー(目標と文脈にたいする何らかの観点)による同一化のことである。この抽象化により,検索や写像の計算量が縮減され,アナロジーの一貫性が獲得される。カテゴリーは人間の活動の目標を達成する際に置換可能な類似性に基づいて生み出される。人間の持つ抽象化は,一般化された目標の達成という観点から意味的・機能的なまとまりを作り出す「準抽象化(quasi-abstraction)」である。

興味深いのは,準抽象化が人間の活動における目標の達成に結びついた身体的な志向性を基盤とすることである。アナロジーの基盤に記憶の階層化と実践的志向性による抽象化が存在することは,批判的実在論とも整合している。

「進化」概念は準抽象化のカテゴリーであるといえる。なぜなら,「進化」は,経済の自己形成性や内生的動態性の理解という目標(ターゲット)に向けられているし,進化は階層的な意味的・機能的なまとまりを持っており,しかもそれぞれの細分されたカテゴリーに利用可能な経済理論や経済学者が目標達成のための条件(ベース)として準備されているからである。「進化」という準抽象化は,ターゲットに向けたベースの検索を容易にするとともに,アナロジーを首尾一貫したものにする。このような認知的構図の上で各学派や各研究者が独自のアナロジーを働かせてターゲットに向かう研究過程が進化経済学の特性になる。

2.5 科学方法論——類推的多元主義へ

クーン(Kuhn,1962)のパラダイム論は,「科学革命」を「社会革命」のメタファーとして理解する。そのため,パラダイム・チェンジが,①革命のような非連続性をもつ,②説得・改宗のような非科学的要因による,③社会体制変革のように,単一のパラダイム間の転換であることを示唆することができた。しかし,それは「進化」のメタファーからみれば,単線的発展ないし断続的個体発生でしかない。そこに欠けているのは,系統発生的進化である。

ラカトシュ(Lakatos,1978)の科学的研究プログラムの方法論(MSRP)は系統発生的進化を表現している。それは,①RPの多様な並存,②RPのハードコアの反証不可能性,③RPの前進性/後進性という科学判定基準,を表現している。だが,ハードコアの変更・反証不可能性を前提とするために,④遺伝子(ハードコア)還元主義,⑤多層的選択過程の無視,⑥新たな研究プログラムの創造や異なるプログラムの統合の説明不可能性などの問題がある。

コールドウェル(Caldwell,1982)の方法論的多元主義(MP)は,科学の判定基準を拒否しハードコアの合理的再構成による内在的批判を導入したことで,ラカトシュの②や③を訂正して,④や⑤の問題を回避した。こうして,経験主義・実証主義的な科学観は是正され,方法論の多元性は是認されることになったが,最後の⑥すなわち科学的発見や創造はいかに可能かという問題は残された。

我々は,すでに見たアブダクションやアナロジーの積極的な意義からこの問題へ接近しうる。アナロジーは,非現実的実在へのヴィジョンをターゲットとして設定し,準抽象化を媒介にして異なる学派・理論の諸概念・モデルのベースを検索して,そこから必要な概念やモデルを転移・配合・変形する。こうしたアナロジーにもとづくヒューリスティクスが生み出す創造性を許容するような立場を「類推的多元主義(Analogical Pluralism)」と呼ぶことができるだろう。これは,準抽象化のためのメタファーである「進化」を共有することにより諸理論が競争的・共生的ネットワークを形成することをめざす多元主義である。

[3] シミュレーションの目的と意義

3.1 対象構成的理解のためのシミュレーション

自由度の高い動的な多対多関係,すなわち非還元主義的・非線形的な複雑系のモデルの多くは,数学的解析が困難か不可能である。このためモデルの性質を研究するためにコンピュータ・シミュレーション(以下,CSとする)を利用せざるをえない。だが,非線形的システムでは長期的予測は不可能であるので,CSは数値解析による定量分析,将来予測を目的とするものではない。

CSの目的は,変数の時系列や横断面のパターンを観察してモデルを定性的に「分析」することといえよう。だが,分析対象はモデルであって現実ではない。モデルは現実の精緻かつ完全な模写ではないので,CSが現実を定量的/定性

的に記述しているとはいえない。むしろCSの目的は，研究者が現実の経済の観察や経験からアブダクションやアナロジーを通じて理解した経済の本質的な特徴，すなわち経験的実在の背後にあると考える非現実的実在—深層構造やメカニズム—をコンピュータ上に人工的に構成することにある[iv]。換言すれば，CSは現実を直接「記述」しているのではなく，非現実的実在を構成することで現実を「説明」しているのである。それは，あるランダムな時系列を観察して，それを確率変数として記述するのではなく，非線形的力学系が作り出す決定論的カオスとして説明するということに等しい。CSは現実の模倣（直喩）ではなく，現実のメタファー（隠喩）すなわち仮想的現実である。それゆえ，CSの提示する実在性は，現実への近似という観点から実証主義的に判断できない。CSが依拠するモデルが現実の本質を抽出しているか否かという観点から設計者が用いたアナロジー自体を批判的に吟味する他ない。CSは対象の分析手法というよりも対象の構成的理解手法である。モデルはその予測可能性ではなく説明能力によって判定される。

3.2 実在性テストとしてのシミュレーション実現可能性

モデルのCSを行う時には自ずと内部主体の計算能力という問題にぶつかる。CSが一定の実効時間内で作動するためには，内部主体に無限の計算能力を仮定することはできない。財や主体の数の増加により計算時間が爆発してしまうような主体のモデル化は実現できない[v]。このように，CSの動作可能性は自ずとモデル内の主体の計算能力に制約を課す。実効時間内でCSの作動可能性を保証できないような経済モデルは，人工世界だけでなく現実世界においても実在性が保証されていない。その意味で，CS実現可能性は，任意の経済モデルの実在性を保証するための「必要条件」である。このCS実現可能性という基準にパスするためには，モデル内の主体は一定の要求水準や閾値を持ち単純な定型的行動を行う満足化主体でなければならない。

［4］ おわりに—進化経済学の二重の意味

我々は，進化の「多義性」を，経済科学としての厳密性や明証性の欠如として否定的に捉えるべきではなく，理論の多様性を生み出す源泉として肯定的に理解すべきである。ここで，「進化経済学」が二重の意味を持っていることに留意すべきである。「進化」が形容しているのは「経済」であると同時に「経済学」でもある。

まず第一に，「進化経済学」とは「進化する経済の学」である（この点は本稿でも若干説明したし，しばしば指摘されるので，その詳細は省略する）。第二に，進化経済学は「進化する経済学の学」すなわち「メタ経済学」でもある。経済学の概念や用語の意味はしばしば多義的で曖昧である。このような多義性や不定性は，論争や討論で同じ概念の他の理論での使用法や意味を参照し，両者を類比的に理解することから明らかになる場合が少なくない[vi]。このように，諸概念の意味論的な多義性や文脈依存性は，各研究者，各学派ごとの意味と使用の相互比較を通じて産出される。メタ経済学は，諸概念の意味論的な変異や種差を系統発生的進化の観点から肯定的に認識する。アナロジーを積極的に利用する類推的多元主義とは，諸学派の競争と共存を可能にし，経済学を豊穣化させるための一般的条件であり，専門家集団の独善と閉鎖性をその内部から打開する「開放性」を志向するものである。

[参考文献]

Caldwell, B. J., *Beyond Positivism*, George Allen& Unwin,1982（堀田他訳『実証主義を超えて』中央経済社，1989）

Dawkins, R. *The Selfish Gene*, 2ed., Oxford Univ. Press, 1989（日高他訳『利己的な遺伝子』紀伊國屋書店，1991）

Hodgson, G. M., *Economics and Evolution*, Polity, 1993

Koestler, A., *Janus*, Hutchinson, 1978（田中他訳『ホロン革命』工作社,1983）

Kuhn, T. S., *The Structures of Scientific Revolutions*, Univ. Chicago Press, 1962（中山訳『科学革命の構造』みすず書房,1971）

Lacatos, I.,*The Methodology of Scientific Research Programmes*, Cambridge Univ. Press, 1970（村上他訳『方法の擁護』新曜社,1986）

Lawson, T., *Economics and Reality*, Routledge, 1998

McCloskey, D.N., *The Rhetoric of Economics*, Univ. of Wisconsin Press, 1985.

Perice, C. S., *Collected Papers of Charles Sanders Peirce, vol. 5*, eds.Hartshorne and Weiss, Harvard Univ. Pres, 1934

Polanyi,M., *Personal Knowledge*, The Univ. of Chicago Press, 1958（長尾訳『個人的知識』ハーベスト社，1985）

Simon, H., *The Sciences of the Artificial*, 3rd, MIT Press,1996（稲葉他訳『システムの科学（第3版）』パーソナルメディア，1999）

金子邦彦・津田一郎『複雑系のカオス的シナリオ』朝倉書店，1996

金子邦彦・池上高志『複雑系の進化的シナリオ』朝倉書店，1998

塩沢由典『市場の秩序学』筑摩書房，1990

進化経済学会編『進化経済学とは何か』有斐閣，1997

鈴木宏昭『類似と思考』共立出版，1996

西部忠『市場像の系譜学』東洋経済新報社，1996a

西部忠「レトリックとリアリズム」『批評空間』太田出版，II-10，1996b

四方哲也『眠れる遺伝子進化論』講談社，1997

[†]北海道大学経済学部(nishibe@econ.hokudai.ac.jp)。

[i]例えば，進化経済学会(1997)の各論文は，各論者のアプローチから見た進化経済学のさまざまな特徴を述べてはいるが，進化経済学の方法論的固有性がどこにあるのかを必ずしも明確に説明していない。

[ii]それは，①完全なヒエラルキー構造（構成要素の同一レベルの水平的相互作用が存在せず，構成要素の上位レベル構成要素への単一帰属しかない），②あるレベルの各構成要素は，その内部（下位レベル）の部分に対する相対的自律性とその集合（上位レベル）に対する相対的従属性を同時に持つ場合（密度の大きな気体分子構造，ケストラー(Koestler, 1978)のいう「ホロン」）や，③あるレベルの構成要素間の相互作用が構成要素内部の部分間の相互作用よりもきわめて小さいので，その構成要素はほとんど自律的に振る舞いうる場合（密度の小さな気体分子構造，サイモン(Simon, 1996)のいう「準分解可能システム」）など，さまざまな性質を持ちうる。

[iii]レトリック論と批判的実在論について詳しくは西部(1996b)。

[iv]金子・津田(1996)，金子・池上(1998)のいう「構成的アプローチ」は，このような考え方にもとづいていると思われる。

[v]予算制約下の効用最大化問題における計算困難は，塩沢（1990）第8章。

[vi]例えば，社会主義経済計算論争における「競争」や「市場」，資本論争における「資本」の意味は各学派・各論者間で実際には異なっていたが，その多義性は論争におけるその概念の意味と使用をめぐる討論（コミュニケー

ション）を通じて次第に明らかにされた。前者の論争については西部(1996a)。

産業構造変化のシミュレーション分析

三菱総合研究所 経済調査部　白石 浩介　Kousuke Shiraishi

1．全要素生産性と産業構造変化

本研究では、全要素生産性（TFP）が引き起こす産業構造変化のシミュレーション分析を行なう。

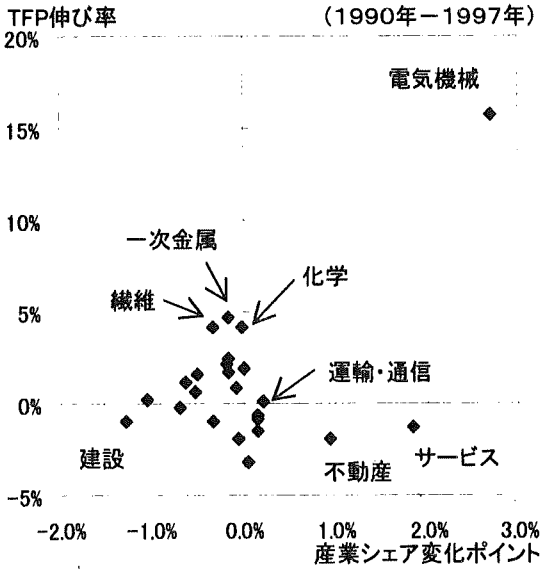
経企庁「ＳＮＡ産業連関表」に基づいて、1990年～1997年における24産業別の実質産出額シェアの変化をみていくと、シェア増加した業種としては、電気機械+2.7%ポイント、サービス+1.8%ポイントがあり、シェア減少した業種としては、一般機械▲0.7%ポイント、金融・保険業▲0.6%ポイント、農林水産業▲0.5%ポイント、輸送機械▲0.5%ポイントがある。総じて第3次関連の業種においてシェアが上昇する一方で、第2次関連の業種のシェアが低下しているが、電気機械は大きく伸長している。

全要素生産性（TFP）とは、産出額の成長率から資本、労働、中間投入などの投入要素の成長率を差し引いたものである。つまり、産出額において、投入要素による成長寄与を上回る伸びが発生した場合、これが全要素生産性として定義される。このTFP伸び率を、ディビジア指数法により試算した。

試算結果によると、1990年～97年においてTFPが上昇した業種は14業種あり、逆に減少した業種は10業種である。TFP伸び率が高かった業種としては、電気機械（各年平均+15.7%）、一次金属（+4.64%）、化学（+4.16%）、繊維（+4.10%）など製造業が多い。逆に、運輸・通信（+0.09%）、サービス（▲1.23%）など非製造業種における伸び率は低く、マイナス化しているものもある。TFP変化率と先にみた産業シェアの変化ポイントの組み合わせをプロットすると、TFPを上昇させながら産業シェアも増加させたものは、電気機械、運輸・通信の2業種にとどまる。サービス、電力・ガス・水道は、TFPが下落したにもかかわらず産業シェアを増加させており、逆に、化学、一次金属、繊維ではTFPを上昇させる一方で、産業シェアを落としている。大雑把な試算結果ではあるが、TFPと産業シェアの間には必ずしも正の関係が存在するわけではないことが示唆される。

これを説明するのが、ボーモルの命題である。非貿易財産業では生産性上昇により価格低下しても、価格の需要弾力性が低い場合には需要の増加がなく、むしろ価格が低下した分だけ産業ウェイトが低下してしまう。逆に生産性の上昇がないと価格低下がないので、一定の売上高、産業ウェイトを維持することができるとボーモルの命題は説明する。長岡（1999）は、日本の名目付加価値データを用いた分析により、ボーモルの命題の妥当性を検証し、生産性上昇に乏しい非製造業における産業ウェイトの増加が実際に認められると指摘している。

図　TFP伸び率と産業シェアの相関



２．Ｇ－ＣＵＢＥＤモデルの概要

シミュレーション分析には、オーストラリア国立大学のワーウィック・マッキビン教授が中心となって開発したＧ－ＣＵＢＥＤモデル（Global General Equilibrium Growth Model）を用いた。このモデルは、世界経済モデルと応用一般均衡モデルを結合した新タイプの計量経済モデルであり、三菱総研では1999年に導入している。

応用一般均衡モデルなので、家計、企業などの経済主体はミクロ経済学に基づいてモデル化されている。つまり、生産関数（６セクター）、支出関数が最適化原理に従うように定式化される。マクロ経済モデルとしての特徴は、経済主体の行動が民間消費、設備投資、政府支出といったマクロ変数として年次別に示される点に表れている。通常の応用一般均衡モデルの政策シミュレーションに際しては、事前と事後の産業別生産額、家計支出などが推計結果として示されるので、時間をおった変化を分析することはできない。Ｇ－ＣＵＢＥＤモデルでは、マクロ経済変数へのインパクトが明示化され、さらに時間を追った変化分析が可能である点に特色がある。

また、異時点間にわたる合理的期待を導入している点にＧ－ＣＵＢＥＤモデルの先進性があり、各経済主体は将来を含めた最適化行動をとるように定式化される。例えば、税率などの外生変数の変化により、家計の長期にわたる恒常所得が変化し、これが当期の消費を増減させる。なお、外生条件の変化に応じて、そのつど長期均衡や最適化行動が再計算されるため計算量が膨大となるが、この問題はGAUSSという外部の計算パッケージを導入した新アルゴリズムにより解決している。近年のパソコン性能のアップも、計算負荷の減少に寄与している。

金融市場について明示的に考慮している点にもＧ－ＣＵＢＥＤモデルの特徴がある。まず、マネーサプライは外生変数であり、総生産に応じて名目短期金利が変動するように定式化される。国内の部門別のＩＳバランスの差額が、金融資産の変動要因となるが、これが金融資産と実物資産（設備投資）に配分される。この配分は、各資産の期待収益率に基づいた裁定条件により定式化されている。また、国際間の資金移動については、貿易収支の裏側として資本収支により定義される。為替レートの変動を加味した各国における資産形態別、産業別の収益率の格差を調整されるように、資本が移動するという定式化を実現している。

McKibbin（1995）によると、Ｇ－ＣＵＢＥＤモデルの主な特徴点は、以下のとおりである。

- ◆ 産業別に需要、供給を定式化すること
- ◆ 実物経済市場、金融市場を世界規模でリンクすること
- ◆ 実物資源、金融資産のフローとストックの形成を異時点間で定式化すること
- ◆ 経済主体（企業、家計、政府）に異時点間の予算制約を課し、無限の借金はできないように定式化すること
- ◆ 経済主体の短期における行動は、新古典派的な最適化行動および当期の所得制約下の行動という２行動の加重平均として定式化されること
- ◆ 実物経済は、生産、貿易から構成されること
- ◆ 短期における経済変動は、長期的には新古典派的な成長（ソロー＝スワン型）に収斂するように定式化されること
- ◆ モデル全体は、合理的期待により定式化されること

３．シミュレーション分析の実施

３．１　シミュレーションケースの設定

シミュレーション・ケースとして８ケースを設定した。いずれも産業別のTFPを増

減させるものである。TFPは、各産業別の生産関数に用意された外生変数であり、この設定値を増減させることによりシミュレーションする。モデルには、エネルギー業、鉱業、農業、耐久財製造業、非耐久財製造業、サービス業の6産業が存在し、ケース1からケース6では各産業のTFPをそれぞれ各年1%ずつ上昇させることにした。つまり、1年目+1%ポイント、2年目+2%ポイントといった外生ショックが与えられる。20年目の外生ショックは+20%ポイントであり、21年目以降については変化なし、すなわち+20%ポイントが続くものとした。ケース7は、ケース1からケース6の統合シナリオであり、6産業すべてのTFPを各年1%ずつ上昇させた。ケース8では、先に示したわが国のTFP伸び率に関する試算結果をもとに産業ごとの変化にちがいを設けた。具体的には、1年目から20年目までの各年あたりのTFP上昇率を、それぞれエネルギー業▲1%ポイント、鉱業▲1%ポイント、農業+1%ポイント、耐久財製造業+2%ポイント、非耐久財製造業：変化なし、サービス業▲0.5%ポイントとしている。

3．2　シミュレーション結果

1）耐久財製造業のTFP上昇（ケース4）

ケース4では、耐久財製造業のTFPを向こう20年間にわたり1%ポイントずつ上昇させるという外生ショックを与えた。シミュレーションのスタート年（0年目）における耐久財製造業の生産額シェアは24.0%であるが、これが10年後には+3.3%ポイント増えて27.3%となり、20年後にはさらに+3.4%ポイント増えて30.7%となる。当初の10年間で生産額シェアが+3.3%増えることに応じて、他産業ではシェアが低下するが、低下ポイントはサービス業▲2.3%ポイント、非耐久財製造業▲0.8%ポイントにおいて大きい。産業別の産出価格の変化率（ベースライン価格からの乖離率%）をみていくと、耐久財製造業では▲26.3%と推計される。つまり、生産性の10%の上昇により、実質価格が2割以上、低下するのであり、これより価格効果が働くことにより、生産額が増えるのである。他の産業においても、10年目に▲10%前後の価格低下が生じている。価格低下が需要増に結びつくことで他の産業においても実質生産額が増えるが、生産額の伸び率では耐久財製造業に劣るため、生産額シェアを低下させる。

マクロ経済変数の推計結果については、以下が指摘できる。ケース4では10年目において、実質GDPがベースラインに比べて+8.6%上昇する。需要項目別には、民間消費+5.8%、民間投資+13.5%、政府支出+8.4%、輸出+1.0%である。これらのシミュレーション結果から、ケース4においては次のようなメカニズムが働いたと考えられる。すなわち、耐久財製造業におけるTFP上昇により、当該産業の価格低下が実現され、これにより生産額が増大した。他産業においては、耐久財製造業の産出物を中間投入とする状況に応じて自産業の産出価格を低下させ、やはり生産額を増加させている。マクロ的には、このような価格効果が引き起こした生産増が所得増に結びつき、民間投資、民間消費、輸出などの最終需要をさらに増加させている。これより経済成長が実現することになる。

2）シミュレーション結果のまとめ

下表では、ケース1～ケース8の推計結果のうち、生産額シェアの推移をまとめた。表中の上段において10年後の6産業における生産額シェアの変化ポイントを示し、下段では、シェア変化インパクトとして、それぞれのシェア変化ポイントがシミュレーション0年目のシェアに占める割合を算出した。これより以下が指摘できる。

表　推計結果のまとめ（生産額シェアの変化）

	当初シェア 1996 (a)	シェア変化ポイント(1996-2006) ケース1 (b)	ケース2 (c)	ケース3 (d)	ケース4 (e)	ケース5 (f)	ケース6 (g)	ケース7 (h)	ケース8 (i)
1 エネルギー業	4.3%	0.7%	0.0%	0.0%	-0.2%	-0.1%	-0.2%	0.0%	-0.9%
2 鉱業	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3 農業	2.3%	0.0%	0.0%	0.3%	-0.1%	0.0%	-0.1%	0.1%	0.2%
4 耐久財製造業	24.0%	-0.1%	0.2%	0.0%	3.3%	-0.9%	-2.2%	-0.6%	7.7%
5 非耐久財製造業	15.9%	-0.2%	-0.2%	0.0%	-0.8%	2.0%	-0.6%	0.9%	-0.9%
6 サービス業	53.4%	-0.4%	-0.1%	-0.3%	-2.3%	-1.1%	3.1%	-0.4%	-6.0%
合計	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
		シェア変化インパクト(1996-2006) ケース1 (b/a)	ケース2 (c/a)	ケース3 (d/a)	ケース4 (e/a)	ケース5 (f/a)	ケース6 (g/a)	ケース7 (h/a)	ケース8 (i/a)
1 エネルギー業		16.2%	0.4%	-0.3%	-4.5%	-3.1%	-5.7%	0.0%	-21.6%
2 鉱業		4.2%	21.6%	3.6%	-3.1%	-2.1%	-5.5%	-5.3%	-21.6%
3 農業		0.5%	1.2%	13.7%	-2.8%	1.2%	-4.0%	2.6%	8.4%
4 耐久財製造業		-0.4%	0.8%	-0.1%	13.7%	-3.6%	-9.2%	-2.4%	32.0%
5 非耐久財製造業		-1.3%	-1.1%	0.1%	-4.7%	12.9%	-3.5%	5.9%	-5.8%
6 サービス業		-0.8%	-0.1%	-0.5%	-4.3%	-2.0%	5.8%	-0.8%	-11.3%
平均		3.1%	3.8%	2.7%	-0.9%	0.6%	-3.7%	0.0%	-3.3%

◆1.特定の１産業のTFPのみを増加させた場合（ケース１～ケース６）、当該産業の生産額シェアは比較的大きく増加する。10年目すなわちTFP+10%ポイントの上昇に対応するシェア変化インパクトは、エネルギー産業+16.2%、鉱業+21.6%、農業+13.7%、耐久財製造業+13.7%、非耐久財製造業+12.9%、サービス業+5.8%であり、国内における他産業あるいは海外部門との競争において、比較優位効果が発生することがわかる。

◆2.輸出産業である耐久財製造業のTFPが上昇した際に、輸出産業ではないサービス業の生産額シェアの減少分（シェア変化インパクト）は▲4.3%に留まる（ケース４）。一方、このサービス産業のTFPが上昇した際の耐久財製造業の減少分は▲9.2%であり（ケース６）、数値規模が大きい。つまり、貿易財産業のTFP上昇は他産業の生産額シェアの減少をそれほどもたらさない。これはボーモル効果によると思われる。

◆3.ケース７では、統合ケースとして全産業のTFPを増加させた。ここで注目されるのは、耐久財製造業の生産額シェアが低下することである。現実経済における耐久財製造業のシェアは大きく増加しているが、これは他産業におけるTFP上昇の低迷に助けられた面があることが示唆される。

◆4.ケース８では、現実経済に近いTFP増減率を各産業に与えた。ここで注目されるのは、サービス業の生産額シェアが低下することである。これより、現実経済におけるサービス業のシェア増加には、産業間のTFP増減以外の要因が働いている可能性が示唆される。おそらく、最終需要のサービス化が寄与しているのであろう。

【参照文献】

経済企画庁「SNA産業連関表」各年版（使用データ）

黒田昌裕（1999）「我が国産業の国際競争力と生産性パラドックス」、『郵政研究所月報』1999.8

長岡貞夫（1999）『内外価格差の経済分析』NTT出版

白石浩介（2000）「世界経済・応用一般均衡ﾓﾃﾞﾙによる政策ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ」、『三菱総合研究所所報36号』（近刊）

尾崎タイヨ（1999）『世界経済のマクロ計量モデル分析』晃洋書房

McKibbin (1995) "The Theoretical and Empirical Structure of the G-Cubed Model" mimeo

OECD（1996）"Technology and Industrial Performance" OECD

ハイテク産業の技術進化

Technological Innovation of High-tech Industry

-Agent based Simulation Analysis-

李 皓 京都大学経済学研究科(院生) ibuki@amateru.econ.kyoto-u.ac.jp
Hao Lee, Kyoto University, Graduate School of Economics (Master Course)
出口 弘 京都大学経済学研究科 deguchi@econ.kyoto-u.ac.jp
Hiroshi Deguchi, Kyoto University, Graduate School of Economics
Keyword: **innovation, high-tech industry, agent based simulation**

Abstract: In this paper, we formulate a multi-agent model of high-tech industry by agent based simulation. In this model technological innovation of high-tech industry causes the increase of quality but not quantity. We assumed three types of agent societies, in which each agent has a different goal depending on the type. The first type is profit maximization. The second is market share maximization. The last is technology maximization. We compare agent societies with different goals. We analyze that what kind of strategy is powerful in agent society. Also we verify the effect of industrial policy in high-tech industry.

1 はじめに

現代は過去と比べて、技術依存性が高い産業が多く見られる。また今日収穫逓増らしき現象は知識技術依存性の高い産業にはしばしば見られる。ハイテク産業の生産設備投資とR&D投資を比べて見ると、生産設備投資がきわめて低い産業があると。このような生産費の低い産業としてもっともよく知られている例はコンピューターソフト産業である。コンピューターソフト産業では、ソフト開発には多大な開発費を必要とするが、ソフトを載せるメディアは極めて安い。ソフトの開発を完成したあと、他はコピーすれば、商品の量は簡単になおかつ安く増える。ゲームソフトなどのソフト業界はほとんど同じような傾向が見られる。同じくハイテク産業の薬メーカーではもうひとつの面白い現象が見られる。R&D費用をかけ、新しい薬を開発する企業が有れば、新薬を開発せず、特許を切れた古い薬を安く作り、安く売る企業も存在する。なぜその様な企業も生き延びられるかと言うと、消費者は元々違う消費性向を持っているからであろう。ある消費者は新しい商品が好みで、ある消費者は平均的商品で満足することができ、ある消費者は常にローコストの物を使用している。たとえばコンピューター市場を見ると、ハイエンドの機種を選ぶ人が有れば、一般的な国民機種を選ぶ人もある、もちろんローコストのエコノミータイプも同じく売られている。

知識技術に依存する産業では、企業間の技術の競争はこの市場の構造を決めるもっとも重要な部分である。では、技術の進化はどのような形で進められているのであろうか。技術を進化させるためには、企業は研究開発費を投入しなければならない。新しい技術の開発は困難で、多くの時間と資金を必要とする。しかしすでにある程度研究された技術は、リーディング企業の技術を模倣する事によって、開発費は大幅に削減できる。

本研究では、ハイテク産業の技術進化の結果は生産費用の減少ではなく、商品の品質(技術レベル)を高める効果を持っていると仮定している。そして消費者は商品の品質と値段により、どの商品をどれくらい消費するかを決めると仮定する。これらの仮定のもとで、我々は企業のどのような戦略が生き残るか、そして技術革新を加速する産業政策は可能か等をエージェントシミュレーションシミュレーションにより分析する。

2 モデルの仮定

われわれは架空のハイテック産業を想定する。この産業の消費者は大きく三つのタイプに分かれると仮定する。まずは先端技術(高級品)好み、PU(Power User)と呼ばれる;第二は標準的な商品を買う RU (Regular User)で;第三は安さに惹かれ、安定で使える物を購入する EU(economical User)である。それによって、上位市場(Upper Market)普通市場(Middle Market)下位市場(Lower Market)三種類の市場が存在する。

この人工市場には八個の企業が存在すると仮定している。企業は技術レベルを持ち、その水準に応じた製品を作る。PU は技術レベル上位四つの企業の平均技術レベルより高い技術レベルを持つ企

業の製品を買う、EUは下位四つの企業の平均技術レベルより低い技術のレベルを持つ企業の製品を買う、RUはその間の商品を買うように仮定する。各市場への総供給量はその市場へ商品を提供している企業の供給量の和となる。各ユーザーの需要曲線は次のようになる。しかし、供給量により、下の市場価格が上の市場価格の80%より高い時、下の市場価格は一つ上の市場価格の80%になる。

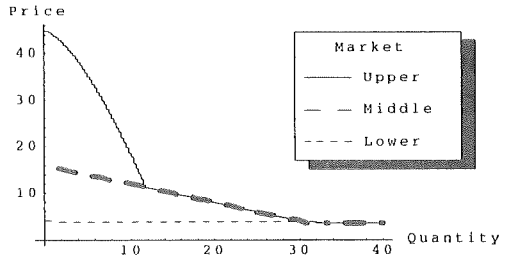


図1 各市場の需要曲線

各企業は評価関数を設定し、行動から学習する。目標は以下のようなタイプが設定される。

1. 利益最大化を目指すタイプG
2. シェア最大化を目指すのタイプS
3. 技術レベル最大化を目指すタイプT

個々の企業の行動ルールは、目的タイプに応じて評価され、クラシファイアによって、学習される。技術レベルを上げるには、研究開発投資をする。資金は製品の売り上げから来る。ただし、製品を作るためにも資金が必要。製品ひとつあたりの生産コストはすべての企業で共通、変化しないと仮定する。

3 モデル

t 期の平均技術~T(t)は t 期すべての企業の技術平均で決まる。n は企業の数(このモデルではn=8)。

$$\sim T(t)=\sum \{T(i,t)\,|\,i=1\ldots n\}/n$$

i 番目の企業のt期の研究費を I(i,t)、生産量をQ(i,t)とする。これらは持ち資金と自分の技術レベルと平均技術レベルの差を条件部とする行動ルール(クラシファイア)の選択によって決められる。K(i,t)は i 企業 t 期の持ち資金、T(i,t-1)は i 企業前期の技術レベルとする。今期の持ち資金と持ち技術レベルと平均技術レベルの差を自分の行動ルールとマッチングして、マッチングしたルール集合からルーレット選択を行って、今期の開発費と生産費を決めるためのアルゴリズムを DM で表す。

各企業は以下のようなルールの集合を持っている。

{ルール1:(A1,B1,C1,D1,W1)
ルール2:(A2,B2,C2,D2,W2)
…
ルールm:(Am,Bm,Cm,Dm,Wm)}

もし An=K(i,t)、そして Bn=T(i,t-1)-~T(t-1)の時、ルールnは選ばれる可能性がある。選ばれる可能性のあるルールの重み Wm が大きいほど、選ばれる確率が高い。その確率に応じてルーレット選択により、ルールの中で今期実行されるルールxを選ぶ。そして選ばれたルールの Cxを I(i,t)として、Dxを Q(i,t)として行動する。

$$\{Q(i,t),I(i,t)\}=DM[K(i,t),T(i,t-1),\sim T(t-1)]$$

今期の技術レベルは研究費、前期の持ち技術レベルと前期の平均技術レベルによって決まる。平均技術レベルの差によって、1レベルをあがるための開発費は違う。平均技術レベルより高い時は普通の二倍をかかり、低い時は普通の二分の一の開発費をかかる。Adv は技術レベルがどのくらい上がるかを求める関数。B は持ち技術レベルと前期の平均技術がまったく同じの時の開発費とする。

$$T(i,t)=Adv[T(i,t-1),\sim T(t-1),I(i,t)]$$
$$=T(i,t-1)+\Delta t$$
$$\Delta t=Floor[I(i,t)/2B] \quad \text{if } T(i,t-1)>\sim T(t-1)$$
$$=Floor[(I(i,t)-B)/2B]+1 \quad \text{if } T(i,t-1)=\sim T(t-1)\,\&\,I(i,t)>B$$
$$=0 \quad \text{if } T(i,t-1)=\sim T(t-1)\,\&\,I(i,t)<B$$
$$=Floor[I(i,t)/(B/2)] \quad \text{if } I(i,t)<(B/2)*(T(i,t-1)-\sim T(t-1))+B$$
$$=Floor[I(i,t)/(B/2)]+1 \quad \text{if } (B/2)*(T(i,t-1)-\sim T(t-1))+3B>I(i,t)\,\&\,I(i,t)>(B/2)*(T(i,t-1)-\sim T(t-1))+B$$
$$=Floor[I(i,t)/(B/2)]+1+Floor[(I(i,t)-I(i,t)/(B/2)-B)/2B] \quad \text{if } I(i,t)>(B/2)*(T(i,t-1)-\sim T(t-1))+3B$$

但し、Floor は小数点以下を切り捨てる整数化関数。

R(i,t)は i 企業が t 期に製品を投入するマーケット(U,M,L)を表す。MS はこの製品投入市場を決定する関数。ここでは、すべての企業の技術レベルを比較し、高い技術レベルを持つ半数の企業の技術レベルの平均より技術レベルを持つ企業は上位市場に製品を投入する物、低いほうの半数の企業の技術レベルの平均より低い技術レベル持つ企業は下位市場に製品を投入する、その間の企業は普通市場に製品を投入する。

$$R(i,t)=MS(T(1,t)\ldots T(n,t))$$

~C はひとつあたりの生産費用、これはすべての企業、すべての期で定数であると仮定した。この時我々は研究開発投資を加味した i 企業 t 期の単位あたりの平均生産コスト C(i,t)を次のように定義。

$$C(i,t)=\sim C+(I(i,t)/Q(i,t))$$

Q(r,t)で t 期 r 市場ランク(r∈{U,M,L})の総生産量を表す。

$$Q(r,t)=\sum \{Q(i,t)\ /\ r=R(i,t),i=1\ldots n\}$$

P(r,t)はｔ期で市場ランクがrの時の価格とする。D(r,q)は市場ランクrの消費者需要関数とすると。

$$P(r,t)=D(r,Q(r,t))$$

π(i,t)はｉ企業ｔ期の製品単位あたりの利益。

$$\pi(i,t)=P(R(i,t),t)-C(i,t)$$

K(i,t)はＩ企業のｔ期の資本(手持ち資金)。

$$K(i,t+1)=K(i,t)+\pi(i,t)*Q(i,t)$$

来期の資本 K(t+1,i)は今期の資本 K(i,t)＋今期一つあたり利益π(i,t)＊商品数 Q(i,t)。

4 シミュレーションと学習のプロセス

ここではクラシファイア式強化学習の方式で、行動ルールを学習させている。エージェントベースシミュレーションの流れは以下のように成っている。

1. 各エージェントは5000のルールを持ち、それらはランダムに生成されると。
2. エージェントの現在の状態とマッチした条件部を持つルールをピックアップして、重みによってルーレット選択でその中から一つのルールを選ぶ。選ばれたルールの行動部に従って、生産量と研究開発投資を決定する。
3. 研究開発費に基づいて、現在の技術レベルを決め、あらかじめ決めた生産量を今の技術レベルで作り、市場へ投入する。
4. すべての企業の技術と比べ、自分の製品はどの市場へ販売することを決める。
5. すべてのエージェントの利得、シェアなど計算し、今の持ち資金を変化させる。
6. 各エージェントは目的タイプに応じた評価関数に従って、ルールの重みを変化させる。但し以前のルール選択が現在の利益を影響している可能性もあるので、前の三期に選ばれたルールの重みも調整する。
7. 2に戻る

目的タイプによってルールの評価法は異なる。すべての評価の与えは－1から＋1の間になるように定義される。

1. 利益最大化、Gタイプの評価は、資金の変化量である。資金が増えれば増えるほど、評価が高まる。資金の変化が正で有れば、評価も正となる。
2. シェア最大化、Sタイプ評価は、占有しているシェアの大きさ。(売り上げ／この市場の総需要)が多ければ大きいほど評価が高い。
3. 所有技術最大化Tタイプの評価は、自分の技術と平均技術の差で決まる。差が大きいければ、評価が高い。

5 シミュレーション結果

ここでは、企業の目的タイプ別に、「すべて企業が利益最大化を目的とする場合」と「すべて企業が技術レベル最大化を目的とする場合」、「すべて企業がシェア最大化を目的とする場合」を各々10回づつ実行した結果を表1、図2、図3、図4に示す。

表1:シミュレーションの結果

企業種類	利益最大化	技術最大	シェア最大
最終期の利益	1169	262	165
最終技術レベル	694	923	895
UM 価格	13.918	12.183	10.6799
MM 価格	3.053	3.081	3.0267
LM 価格	2.417	2.506	2.3667
UM 生産量	17.1	19.5	20.1
MM 生産量	89.6	81.8	91.0
LM 生産量	8.6	10.7	13.9
総生産量	115.3	112.0	125.0

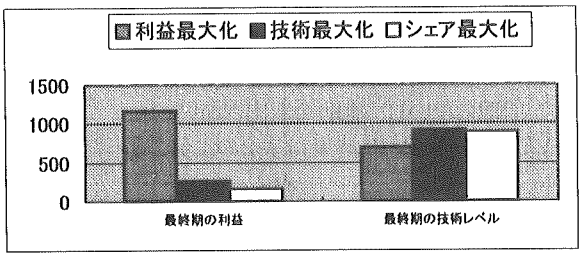


図2 利益と技術レベル

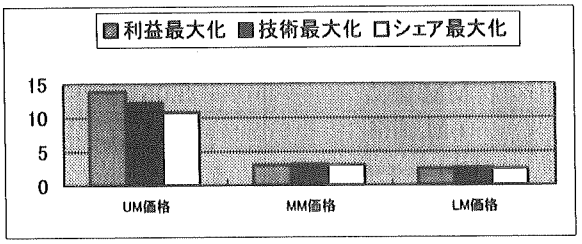


図3 各市場の価格

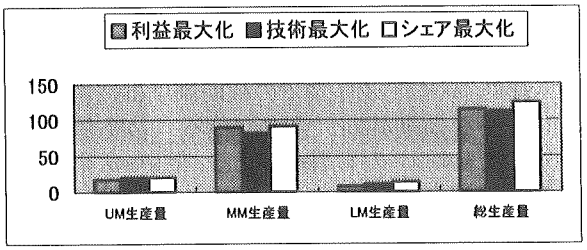


図4 各市場の生産量

企業の目標の違いで市場の状態が変化することがわかる。一般に産業の社会的評価は、どのぐらいの品質と価格でどのぐらいの量の製品を供給できるかによるであろう。今回のシミュレーションでは、品質は技術の高さで測ることができ、量は単純に供給量からわかる。価格は需要曲線から決定される。一番品質のいい商品を提供できたのは技術最大化を目的とする企業からなるの産業であった。そして、一番多くの量を安く提供したのはシェア最大化を目的とする企業からなるの産業であった。シミュレーションの結果によれば、ハイテック産業の場合、利益

最大化を求める企業達は社会にとって、品質の悪い商品を少量提供していることになる。社会にとって、これは必ずしも望ましい状況ではない。そこで、これを改善する産業政策の可能性をシミュレーションによって、検討する。

商品の質を高めるために、技術の開発をサポートする補助金制度が考えられる。先のモデルには、税金がはいていないが、補助金を出すために、商品税を取り入れ、税金を補助金として使うことにする。まずは企業から直接税金を取り、企業へ補助金を出すケースを考える。補助金と税金のシステムは以下のようになっている。

- 税金:商品一つあたり価格の20%の税金を取る。
- 補助金:取った税金は今期技術が上がった比率ですべての企業に補助金として分ける。
- しかし、技術上昇した企業が無いなら、税金は取らないし、補助金も出さない。

シミュレーションの結果は表2のように成った。

表2

企業種類	政策前	政策後
最終期の利益	1169	768
最終期の技術レベル	694	1022
UM 価格	13.918	15.275
MM 価格	3.053	3.0405
LM 価格	2.417	2.4471
UM 生産量	17.1	15.8
MM 生産量	89.6	94.8
LM 生産量	8.6	16.7
総生産量	115.3	127.3

シミュレーションでは、政策の効果ははっきりと示された。ハイテック産業での補助制度は技術の上昇に十分な効果があると判断できる。しかも供給量についてもプラスの影響を与える。但し、企業自身の利益は減少している。

最後に、どのような戦略が強いかを検証する、すべての行動を後で詳しくチェックすることができるのはシミュレーションの強みである。ここでは利益最大化を求める前提で、強い戦略を検証する。シミュレーションの結果から見ると、最初の行動がもっとも結果に影響する。

勝者のクラシファイアを検討してみると。生産と研究をバランスよく行い利益を得ることを優先し、3ターン目か4ターン目で技術のリーダーになることで、上位市場をキープすると。そして生産と技術の進歩をバランスよく行っているために、利益は単に技術を上げる企業よりは多い。上位市場での利益により次からは開発費を多く投入することができるので、そのまま技術最優先の企業になって勝つ場合が多い。大量の研究開発投資は短期には損失をまねくが、長期的には、上位市場の利益を独り占めすることができ、結果として多くの利益をあげるとこができる。これは技術レベルで他の企業を圧倒すると、上位市場に存在するのはその企業だけになるからであると。もう一つの勝利のパターンとして、最初は技術を上げないまま、思い切って生産をして、大量生産で資金が貯まったら、生産量が多いまま、一気に技術レベルをアップして、上位市場の利益を独り占めになる場合がある。

たまには他の複数企業が技術の競争をしている間、下の市場で十分な利益を得て、一気に模倣で技術を追いつき、そのまま大量の資金により技術を進化させ、上位市場を独り占めすることもある。

ここでは、勝利の戦略は、結果として上位市場の独り占めにより、成り立っている。つまり、技術を開発できるだけの資金をいかに早く獲得できるかが一つのキーポイントだと思われると。なんらかの形で儲かった資金でほかの企業が追いつかないほどの技術レベルを獲得できるかがカギである。

参考文献:

1. Richard J. Gaylord, Louis J. D'Andria. Simulation Society:A Mathematica Toolkit for Modeling Socioeconomic Behavior. Springer-Verlag New York Berlin Heidelberg (1998)
2. 伊庭 斉志、遺伝的アルゴリズムの基礎-GA の謎を解く、オーム社 (1994)
3. メラニー・ミッチェル著、伊庭 斉志訳、遺伝的アルゴリズムの方法、電機大出版社 (1997)
4. 高木春夫、木嶋恭一、出口弘編著、マルチメディア時代の人間と社会、日科技連(1995)
5. Nelson, Richard R. An evolutionary theory of economic change. Library of Congress Cataloging in Publication Data. (1996)
6. Arthur Brain W. Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-in by Historical Events. Economic Journal Vol.99 (1989)
7. Hiroshi Deguchi(1998), Agent Based Approach for Social Complex Systems - Management of Constructed Social World. In Toru Ishida(Ed),『Community Computing and Support Systems』 LNCS 1519, Springer, pp.62-77.
8. 出口弘(1997),「社会科学とポリエージェントシステム」,『オペレーション・リサーチ』, 9 月号,PP.16-21.

"Distributed Industry"- evolving a new form of Industrial Structure - the case of Japanese robotics

Nageswaran Kumaresan, Kumiko Miyazaki
Dept. of Industrial Engineering & Management, Tokyo Institute of Technology,
2-12-1, O-okayama, Meguro-ku
Tokyo-152.

Abstract- This paper focuses on a new phenomenon of evolutionary changes taking place in the industrial structures due to its inter-dependent nature. There are a number of industrial sectors exhibiting different characteristics in their evolution because of their inter-dependency and discontinuities within itself. Evolution of some technologies in cross-disciplinary way progressively blurs the traditional boundaries of industrial structures. We call these structures "distributed industries". Characteristics of distributed industrial structures differ from the traditional industrial concepts and become highly co-evolutionary with many other industries. This paper traces the changing patterns of industrial structure, taking the case of Japanese robotics sector as it shifts its innovation trajectory. The characteristics of the evolution show some similar signs as Information Technology industry, which we categorize as another highly, distributed industry. We conclude that this new form of distributed industrial structure will possess different evolutionary characteristics from the traditional patterns and need different approaches.

I. INTRODUCTION

Technological change is widely recognized to constitute a primary source of industrial dynamics. It proceeds along quite distinct patterns for different industries and technologies, in terms of rates, directions, sources of innovative opportunities and mechanisms by which these opportunities are tapped and exploited (Rosenberg, 1978, 1982; Freeman, 1982; Dosi, 1988). The technological changes have been conceptualized as evolutionary models by theorists advocating technology as evolving with many similar analogous features with biological creatures. Different patterns of technology evolution have been discussed in several studies: technology regimes and their development along particular trajectory (Nelson,R. ; Dosi,G. ; Twiss, 1982), emergence of dominant designs, design hierarchies, industrial standards for a given technological regimes (Clark, 1985), dynamics of product and process innovations within design configurations along a particular technology trajectory (Abernathy, 1978), competence enhancing or destroying nature of new technological regimes (Tushman and Anderson, 1986). Most of the above studies identify some major evolutionary forces associated with technological changes, which interactively influences some firm specific as well as industry specific behavioral patterns. These evolutionary forces affect variables like R&D intensity, capital intensity, innovation intensity, market competitiveness, other technology and structural specific features across industrial sectors and distinguish in some characters from one another.

Most of the evolutionary theories and concepts focused upon the industrial structures of particular technological regimes and its dynamics along a particular technology trajectory. The specific nature of these approaches limits its scope in emerging inter-dependent nature of industrial sectors. When an industrial sector crosses through many clearly established industrial disciplines, the evolutionary characteristics of that cross-sectional space exhibits more of co-evolutionary characteristics than the characteristics (i.e. rate and direction of technology evolution etc.) of its own technology trajectory. These cross-disciplinary industrial structures have attracted little attention in evolutionary studies. Widely used taxonomy of sectoral grouping was proposed by Pavitt (Pavitt, 1988) and that was an early attempt to classify groups of sectors according to some shared feature of the innovation process and together, identify the modal characteristics of the innovation actors.

This paper discusses rather distinguishable form of industrial evolution, which crosses many industrial disciplines. Evolution of some technology spaces in cross-disciplinary way progressively blurs the traditional boundaries of industrial structures. We call these structures as "distributed industries". Evolution towards distributed industrial structure differs from the traditional industrial concepts and becomes highly interdependent with many crossing industries. Considering the case of the recent evolutionary changes taking place in the Japanese robotic industry, this paper draws attention on shifting evolutionary to more co-evolutionary characteristics of distributed industrial structure.

Robotic innovation has been undergoing drastic technological changes, application diversification and market challenges, which has been changing the innovation trajectory. The emerging trajectory is being driven by unconventional robotics, differing from the traditional industrial robots, which had been exclusively used by the

manufacturing sector. Application diversities extending to land, water and space crossing heterogeneous industries, highly customized product architectures and market segmentation lead to an industrial structure similar to "distributed industry". Utilizing the basic framework of Techno-Economic network, we identified structural changes in the Science, Technology and Market poles that have been directly involved in the innovation process and discuss the changing industrial structure and its co-evolutionary characteristics. This paper draws attention to an emerging question and contribute to the initial understanding of the co-evolutionary trajectories.

II. Brief historical evolution of Japanese robotics

Japan had a long history of robotic-related activities, but the first modern industrial robot was imported by Kawasaki Heavy Industries from Unimation in the US in the late 1960s. Many companies active in heavy industries and electrical machinery correctly identified the potential and flocked into the industry. Before any other country, Japan created an association called the Japan Industrial Robot Association (which recently changed its name to Japan Robot Association (JARA)) to promote the development of industrial robots. The first oil shock in 1973, which led to the increase in price of consumer goods and thus an increase in wages, together with the rapid growth in automobile industries and shortages in the supply of labor, drove the robotics industry in its early stages. The statistics taken by JARA in 1980 showed that more than 60% of the robots were for the automobile industries, mainly in welding applications, and only around 10% were for electrical machinery. The internal diffusion and exports increased substantially thereafter, and Japan became a leading robot maker and user of industrial robots in the world.

The next wave of diffusion in the robotics industry came in the early 1980s with the development of semiconductor industries. A new family of industrial robots for the needs of the semiconductor industries was formed, and assembling was the main driving application. Assembly overtook welding applications in the mid-1980s and became the top industrial robot application. The number of robotic applications, especially for industrial robots, widened and robots diffused into almost all manufacturing industries. The diffusion rate is exceptionally high, and wider in application in Japan compared to many other industrialized countries.

A new turn in the evolution of robotics came with the introduction of non-industrial robots. The first mobile kind of robot, called "Shakey", was developed at Stanford University in the early 1970s, and that successful invention created a new trajectory. A widely used application of mobile robots in the early stages were the Auto Guided Vehicles (AGVs), which were mainly used for material handling applications. The application areas kept on increasing, and the emerging application spectrum finally led to a broad categorization according to land, sea and space. Another branch of robotics evolution emerged, targeting micro kinds of applications, and thus called micro robots. These are extremely small robots comprising minute functional elements capable of performing micro-level complicated tasks. These robots have many potential applications across many industries. Some of those evolving directions are sophisticated, advanced micro factories to produce micro-level component systems, high-quality maintenance systems for precision systems, advanced medical technologies for remote surgery, etc.

III. Distributed industries - a different industrial classification

In order to map out the inter-dependent nature of industrial structures, we formulate a framework based on "cross industry space" of that industrial sectors. Cross-industry space identifies the inter-related industrial sectors in a dynamic way through its evolutionary process. The space is formulated based on the number of main clearly defined SIC industrial sectors that a particular system crosses upon in technology and market poles. The horizontal axis considers the main industrial sectors of makers (upstream diversity) of that system (in our case robots) and the vertical axis describes the main application sectors (downstream diversity) of that system. We can identify four distinguishable groups of sectors by dividing the cross-industry space. If main industrial sectors of makers (including the first layer of supply network) are restricted to few industries and its' application sectors are also restricted to few, we call that as "focused industries". We can think of some example as some specialized product sectors such as specialized equipments etc. The evolutionary trajectory in these cases is comparatively follow concepts of technology trajectory (Dosi,G.). Less diverse nature of makers and diverse application sectors describe another group of sectors called "downstream diverse industries". Here the industrial sectors of makers are relatively focused but they deal wider applications for their products/processes. Mostly generic kind of products sectors fall into this category. Compare to the earlier one, downstream diverse industries are more inter-dependent characteristics. Diverse sector of makers and focused application sectors show a group of "upstream diverse industries". Most of the complex product systems fall into this category such as aircraft, ships etc. Finally higher upstream diversity and higher downstream diversity exhibit a new form of industrial structure called "distributed industries". These structures are highly inter-dependent with number of technologies and markets and display strong co-evolutionary characteristics relative to other sectors. Figure below describes the different sectoral groupings of technology-market space.

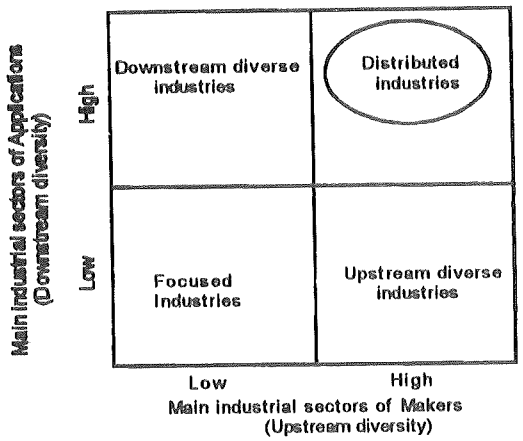


Figure 1:Industrial groupings based on cross industry space

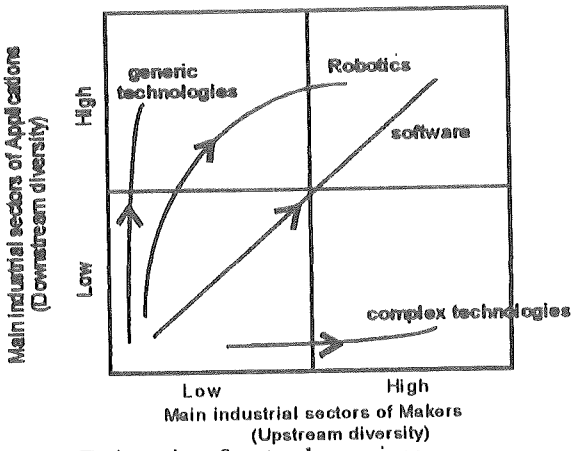


Figure 2: Trajectories of sectoral groupings

It is not only the groupings, but also the trajectories each system makes in that space shows the dynamic characteristics of evolution / co-evolution. Figure 2 below identifies the evolutionary trajectories of some example sectors, generic products sectors, complex product sectors, software and robotics. Software can be interpreted as a higher level of inter-dependent and closely resembles the characteristics of distributed industrial structures. Technological development of software is highly co-evolutionary in nature with almost all main industrial sectors and product specific developments are in progress within all clearly defined industrial sectors. As we discussed above, the main question arises, how to trace the boundaries of software industry. It also does not show any specific characteristics of industries like focused or upstream/downstream diverse industrial groupings. It may reflect highly heterogeneous characteristics with discontinuities in nature. Co-evolutionary characteristics with other industries increase the pervasiveness in many industrial sectors. Similarly robotic industry in Japan is now entering a new phase of distributed industrial characteristics as its innovation trajectory shifts from traditional industrial robots to wider industrial sectors. The number of makers of disparate industrial sectors and the application sectors of robot use are on steady increase. The technology becomes pervasive in many industrial sectors and exhibits higher level of discontinuities in its characteristics. These simple framework groups different kind of industrial sectors based on its inter-dependence and evolutionary nature.

IV. Framework for Empirical Analysis and Data

The complex nature of the industrial evolution structure has been analyzed under a framework of Techno-Economic Network (Callon.M, 1991). The framework provides a simple analytical tool to examine the complex, dynamic, industrial evolution process into actors and activities. Techno-Economic Network can be defined as a coordinated set of disparate actors such as firms, universities, research centers, financial and other organizations, which participate collectively in the design, development and production / diffusion of production processes, goods and services some of which give rise to commercial transaction (Callon, 1991). It has been organized around major poles and each of which is defined by the type of intermediaries circulated by the members of the network. The intermediaries, which include codified knowledge (publications, patents, reports etc.), embodied knowledge (mobility of researchers and engineers, technical objects), tacit knowledge (informal contacts, experienced personnel mobility), money etc, link the actors and activities internally and externally and play an important role in strengthening or weakening the network.

By tracing the changes in intermediaries flowing between poles, the structural changes in the system can be mapped out. Each of the poles are defined in the following way (Callon,1991, 1997).

Science Pole: Mainly the activities of producing certified knowledge are considered in this pole. Output intermediaries are generally publications (includes articles, reports, working papers), embodied knowledge (graduates, trained scientists moving to industry) and sometimes technical devices, etc. In our model, the publication activities are considered specifically as one of the main activity to represent the science pole for the analytical purposes. Compendex Engineering database, a specialized engineering and

technology database developed by an American company called Engineering information is widely used in the science pole of our analysis.

Technology Pole: Mainly characterized by the conception and development of material products that are coherent (durable and reliable) and capable of rendering specific services. Intermediaries of this pole can be patents, prototypes, standards, rules and methods etc. Patenting is considered as a representative activity for the empirical analysis in the technology pole.

Market Pole: Mainly refers to the users- state of demand (identity of consumers, the nature of their needs, their priorities, etc.). The primary intermediary here is money. The transaction in this pole reflects the utility of the goods and services. International trade data taking into account of the national difference compiled by International Federation of Robots (IFR), a body comprising most of the robot producing countries, data taken annually by Japan Robot Association (JARA) are used specifically to analyze the market pole.

V. Some Empirical Findings

In a companion paper (Kumaresan,N. Miyazaki,K., 1999), we discussed the empirical evidences of this changing trajectory. Traditionally robots have been classified based on several factors, for example, application (welding robot, construction robot, welfare robot etc.), structure (serial robot, parallel robot, humanoid robot etc.), control technology and intelligence (sequence controlled robot, numerical controlled robots, adaptive controlled robot etc.). Increasing application spectrum extending outside the manufacturing sectors led to removed the word "industrial" from its previous name, Japan Industrial Robot Association, Japan Robotic Association (JARA) forced to concentrate wider sectors rather than merely focusing on manufacturing. To increase its coverage, it categorizes robots into three broad groups based on application spectrum accommodating the recent changes (Figure 3).

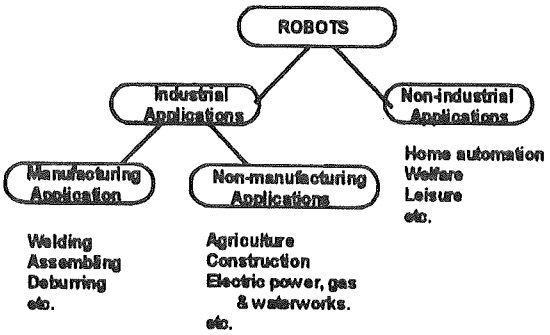


Figure 3: Robot Categories based on Applications (JARA 's groupings)

Manufacturing applications such as welding, painting, assembling, machining etc. have been the major application areas for fixed industrial robots. Recently industrial robots are being used in construction and other industries for similar applications. Mobile robot application ranges from land, sea to space. One widely used mobile robots in industrial environment is the auto-guided vehicle (AGV) and recently with the introduction of NASA's mars pathfinder, it has become well known. Applications are targeted from manufacturing (such as AGV etc.), non-manufacturing (such as pipe inspection, wall inspection & painting, cleaning, moving etc.) to non-industrial (such as welfare, entertainment, education, defense etc.). Micro robot applications on the other hand are in the development stage and a commercial model has yet to be fully developed. It is expected that micro robot technology will have high potential in next generation manufacturing, where atomic level manipulations will be a necessity. With the convergence of bio-technology, nano-technology and micro robot technology, one can expect new innovations in medical applications.

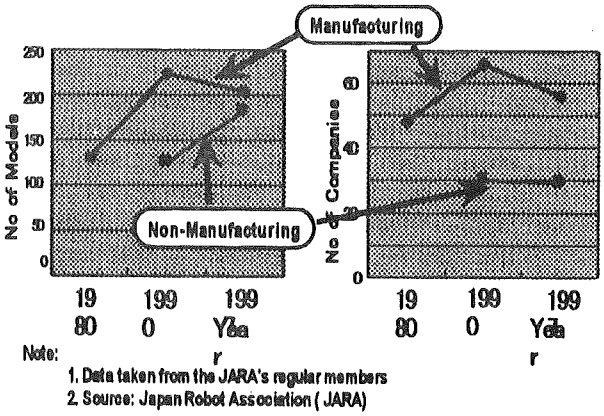


Figure 4: Changing trends in Models and Companies

Figure 4 shows the changing pattern of the number of commercially available models, manufactured by the regular members of JARA, which include approximately 20-30% of all robot makers. Most of the top group of makers is regular members of JARA. A comparison of manufacturing models with non-manufacturing models shows clearly the changing trend in the Japanese robotic industry. Non-manufacturing applications include construction, electricity, gas and other services using robots of fixed and mobile types. Robot makers for manufacturing applications show a trend towards saturation.

Non-Manufacturing Robots	No of Models	
	1990	1997
a. Mining	2	1
b.Construction		
1. Building	39	69
2. Civil Engineering	27	51
c. Electricity		
1. Nuclear Power	20	28
2. Thermal Power	15	9
d. Gas	6	5
e. Services	10	13
f. Others	6	7
Total	125	183

Note:
1. Source- JARA

Table 2: Number of non-manufacturing robot models produced by regular JARA members

Table 2 shows non-manufacturing robots used in different industrial sectors. It indicates that the number of applications and models have been steadily increasing. They are the kind of robots listed for commercial purposes in the annual directory of the Japan Robot Association. Our interviews showed that many other types of robots developed for internal use or non-commercial motives, which are not listed in the table, are also increasing in number and range. In addition to the above table, the application sectors widen to games/entertainment, welfare, medical. Furthermore, applications in defense, security, explorations, space mission increase the scope of range of applications. In most cases, we identified a direct involvement of that industrial player in developing the robots. For example, construction industries, power industries, entertainment industries develop and market robots by themselves. We also found the cases of joint development with a player of general machinery or electrical machinery industry.

In our analysis (Kumaresan,N. Miyazaki,K.,1999) in Technology and Science pole, we used the classification of industrial, mobile and micro robots with their wider definitions to trace the structural changes. The analysis showed the major structural shift in the innovation trajectory in the Japanese robotics industry. The industrial structure shifts from downstream diverse to distributed industry.

VI. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This paper draws attention to an evolving new form of industrial structure, which we call as "distributed industries". It also distinguishes with other forms of industrial structure with that of distributed and argue that, the new structure evolves exhibits more co-evolutionary characteristics than others. In addition, as it connects wider industrial network and disparate players of different nature, any developments in technology in any of the connected but distributed network can have the potential to reach wider audience. The knowledge it carries, need not only be restricted directly to robotics but many of its peripheral / complementary technologies as well. The nature of spillover network it forms and how this network can be utilized to enhance the cross-sectional spillovers among different sectors are policy level challenges yet to be approached.

REFERENCES

[1]. Dosi,G. at.el, 1997, The industrial structures and dynamics: evidence, interpretations and puzzles, Industrial and Corporate Change, 3-24

[2]. Dosi,G., 1982, Technological Paradigms and Technological Trajectories, Research Policy, 11, 147-62.

[3]. Nelson, R and Winter, S, 1982, An Evolutionary Theory of Economic Change, Cambridge, MA (Belknap Press).

[4]. Nelson, R, 1994. The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions, Industrial and Corporate Change, 47-63.

[5]. Abernathy, W.J., 1978. The productivity dilemma: Roadlock to innovation in the automobile industry, Baltimore, Johns Hopkins university press.

[6]. Clark, K.B., 1985. The interaction of design hierarchies and market concepts in technological evolution, Research policy (14), 235-251.

[7]. Twiss, B, 1980. Managing technology innovation, London: longman press.

[8]. Callon, M.,and Bell,G., 1991, Techno-Economic Networks and Science and Technology policy, Working paper for the Technology and Economy Programme for STI, OECD, Paris.

[9]. Callon,M., Laredo,P., & Mustar,P.1997, Techno-Economic Networks and the analysis of structural effects in Callon,M., Laredo,P., & Mustar,P.(ed.) The strategic management of research and technology, pp385-429.

[10]. Kumaresan, N. and Miyazaki, K., 1999. "An integrated network approach to systems of innovation - the case of robotics in Japan", Research Policy 28, 563-585.

[11]. IFR Publication of " World Robots" 1996, 1997.

[12]. JARA annual survey reports.

[13]. Kondo,M., 1986, Japanese R&D developments in robotics, in (ed. H.Grupp) Problems of Measuring Technological Change, Verlag TUV Rheinland GmbH, Koln.

[14]. Kumaresan, N., and Miyazaki, K., 1999. "Comparative Innovation Trajectories of US and Japan - the Case of Robotics ", PICMET 99, 168-175.

情報技術パラダイム進化と企業システムのダイナミズム

流通科学大学 情報学部　弘岡 正明 *
城西大学 経済学部　新田 光重 **

はじめに

ある基本発明を基盤として技術が進展すると、新製品が生まれ、その製品をめぐる市場が形成されると、新しい産業が発展する。この一連の流れが技術革新のパラダイムである。既存の産業も、新しい技術革新を取り込み、進化する。

技術革新のパラダイムはロジステック方程式で表される技術軌道とそれに続く普及軌道で記述でき、そのダイナミズムの解析が可能となる。本論はこのようなロジスティックダイナミズムの解析法を用いて、情報技術革新のパラダイムの進化過程と、その中での企業の活動について論じた。このような解析から、情報技術のパラダイム進化の状況が明らかにできた。さらに、電子情報技術パラダイムについて、その詳細を論じ、各国の情報産業発達の経緯から、イノベーション国家システムを解析した。この研究から国際的な産業化の同期現象が明らかとなり、テクノグローバリゼーションの全貌を論じることができた。さらに、普及軌道初期にベンチャー企業化の技術機会が集中していることが指摘された。また、既存産業がいかに電子情報技術を取り込むか、その企業行動を解析し、技術融合と複合システムの関係について論じた。

1．技術革新のロジスティックダイナミズム

技術革新による新製品の普及については、すでに1957年にGrilichesらがロジスティック方程式に従う事を見出してから、多くの経済学者によって検討されてきた。筆者らも製品の普及がロジステイック式に従う事を確認するとともに、多くの現象を解析することができた。

ロジスティック方程式は（1）式で表される非線形微分方程式である。新製品の普及曲線では、時間 t において、すでに製品を購入した人と、まだ持っていない人の積で表され、その情報の交換というフィードバックを表わしているといえる。

$$dy/dt = a\,y(y_0 - y) \qquad (1)$$

ここで、yは製品の普及量、y_0は究極市場の大きさ、aは常数

製品の普及はS字形の曲線を描き、通常、約30年前後の歳月を経て究極市場へと成熟化する。技術革新の経過をさらに詳細に検討すると、製品が市場に現れるかなり前に基本技術が発明され、約30年かけてその技術が発展すると、市場の評価に耐えられる新製品が開発され、普及が始まる。この前半の技術軌道はその技術レベルを縦軸に取るとやはりS字形のロジスティック曲線となる。例えば、一連の技術開発に関する特許数を縦軸にとると、確かにロジスティック曲線となることが幾つかの事例から実証された。たとえば、19世紀後半のドイツ染料工業の新製品上梓件数、戦後のプラスチック特許、農薬特許などで検証できた。すなわち、技術革新は、市場を形成する前の潜在期間である約30年の技術軌道と、それに続いて約30年で成熟する普及軌道の2つのSカーブのカスケード接続で表わす事ができる。

普及軌道は、製品の普及量でプロットすれば、ロジスティック曲線を描いて、その位置を同定する事ができる。技術軌道は特許数をいちいち検索してプロットすることもできるが、所詮ロジスティック曲線である事が前提であれば、そのフラクションで縦軸を表わして、S字曲線のスパンを決めれば、必然

＊　流通科学大学 情報学部　神戸市西区学園西町3-1
＊＊城西大学 経済学部　埼玉県坂戸市けやき台1-1

的に位置決めができる。具体的には、技術軌道を形成する一連の発明がどの期間に分布しているかを判定すれば、そのスパンを確定する事ができる。たとえば、エレクトロニクスの技術軌道は、1948年のショックレイらによるトランジスターの発明以来、25年、1973年のIBMによるサブミクロンリソグラフィーの完成までの期間で技術が完成したことが判定できた。最初の基本発明をロジスティック曲線の達成度10%に位置づけ、最終の主要発明が達成度90%の時点にあるとして、$\Delta F_{1\text{-}9}=25$ として、そのスパンを定義する事とした。普及軌道は1980年より少し以前から半導体チップの普及が始まり、その生産普及量から、やはり25年のスパンで2005年に90%の普及度になるものと同定された。

これまでの情報通信分野の技術革新について、その技術軌道と普及軌道を検証したところ、電信、電話、無線、ラジオ、真空管、コンピュータ、半導体素子、光通信技術など、いずれも、技術軌道と普及軌道がカスケード結合した関係が同定できた。

2．開発軌道の認知とその意義

技術軌道は、技術革新パラダイムのコアテクノロジーの発展期間である。コア技術が成熟し、新製品が市場を形成し始める段階となると、市場に適合するための応用研究が必要となり、そのための開発技術が進展する。この開発軌道ともいうべき軌道が普及軌道の少し手前に存在するのが検知できる。エレクトロニクス技術革新での開発軌道は、1973年に半導体素子のコア技術が完成し、シリコンチップが普及し始めた時点で、インテルがマイクロプロセッサーを開発して、パソコンの開発が始まり、半導体チップの応用展開のための各種技術が開発されるようになった。そこでは、半導体のハード技術、特にマイクロプロセッサーの発展、ワークステーションの開発と共に、パソコンの発展に重要な鍵を握った各種のソフト技術の開発がエレクトロニクスの開発軌道を形成している。これは、半導体チップの普及軌道より約10年先行した軌道としてその位置が同定できた。

開発軌道は他のすべての技術革新パラダイムで検証された。19世紀後半にドイツで合成染料が工業化されたが、その技術軌道は科学軌道といったほうが良いが、有機化学そのものの発展の軌跡であった。それらはすべて大学での基礎研究であったが、その知識が企業に移転され、産学共同の成果として、各種の新染料が開発されて行った。この開発の軌跡が染料工業の開発軌道である。すなわち、開発軌道が技術革新の重要な役割を果たしている。

3．ベンチャービジネスの技術機会と産学共同

エレクトロニクスの開発軌道は1973年のインテルがマイクロプロセッサー8008を開発した時点を10%ポイントとして$\Delta F=25$年のロジスティック曲線で表示すると、その前半約10年余りのところにベンチャービジネスが集中して発生する期間がある。1969年Intel、75年Microsoft、82年LotusおよびSun Microsystemsなど、半導体産業の主要企業は1960年代後半から80年代初頭にかけて、開発軌道の前半に集中して発生していることが検証された。

同様な事は、19世紀の合成染料の技術革新パラダイムでも認知できる。すなわち、その開発軌道は1856年のPerkinによるMouve染料の発見に端を発した軌道として認定できるが、その軌道の前半、1857年Perkin&Sons,61年BASFの前身ベンチャー、63年Bayer, Hoechst、65年BASFなど、その10年余りの間にドイツを代表する化学会社がベンチャー企業として集中的に誕生している。

バイオテクノロジーの開発軌道は1978年大腸菌でヒトインシュリンの合成に成功し、工業化の目処が立った時を基点としている。その軌道の前半、1976年Genentech,78年Biogen,83年Amgenなど、著名なベンチャーはこの時期に集中して発生している事がわかる。バイオテクノロジーの技術軌道は、合成染料と同様に、大学での分子生物学の発展の軌跡であり、その開発軌道は産学共同の最も重要な共同研究の機が熟した時として、その重要性が指摘できる。

ベンチャービジネスの技術機会はこのような解析から、開発軌道の前半に濃縮されている事が指摘できる。技術革新により誕生したベンチャー企業は普及軌道に沿って発展し、技術革新の成熟期までに大企業に登りつめ、新産業を構築する。

4．イノベーション国家システムと産業展開

技術革新で新産業が誕生するのは開発軌道の前半が鍵で、そこに大きな技術機会があることが明らかとなった。開発国ではその技術機会が自然発生的に技術軌道の延長上の事象として醸成され、ベンチャー企業が誕生し、新しい市場が形成される。しかし、後進国では、Vernon がプロダクトサイクル説で解釈したように、普及軌道の後半になって、開発国の技術を導入して、ようやく生産に入り、安い人件費がコスト競争力を持つ事で、先進国に対して優位に立つとされてきた。

このことは電子情報産業についてみると、今日韓国、台湾が巨大な生産基地となっていることから、理解できるように思われるが、その詳細について、アジア各国の電子情報産業の発展の経緯をもう少し詳しく解析してみた。

4.1 日本の電子情報産業構築とイノベーション国家システム

先ず日本であるが、電子情報は当初アメリカの圧倒的な優位技術にもかかわらず、普及軌道のごく初期から日本が主導権を握り、半導体ビジネスでアメリカは大きく出遅れた。その背景には日本政府が超LSI プロジェクトを組織し、企業の共同研究を政府が主導した事で、技術レベルが大きく向上し、国際競争力を持つに至ったとされ、このような政府の介入によるイノベーションの国家システムとして高く評価されてきた。しかし、日本企業はただ政府の言いなりになって、政府に依存したのではない。日本企業は 1976 年から 79 年の 4 年間、半導体産業の 5 社が超 LSI 研究組合を組織したが、それより 25 年も前にアメリカの半導体技術にキャッチアップし、ビジネスを始めてきたことがその根底にあるのであり、その経験からコア技術が醸成されていたことの重要性を指摘したい。

半導体技術軌道は 1948 年の Shockley らによるトランジスタの発明に端を発しているが、1952 年にはすでにソニーの井深大が Western Electric 社から技術を導入し、54 年にはアメリカに先んじて、トランジスターラジオの生産を始めた。1961 年に Intel の Noyce がモノリシック IC 技術を発明し、集積回路の基本技術を開発したが、翌 62 年には NEC がその独占実施権を得て、６６年には生産を開始している。また、シャープをはじめ多くの日本企業が電卓の開発をはじめ、その IC 化の先鞭を切った。その中で日本ビジコン社は、Intel にマイクロプロセッサーのアイディアを提示し、共同開発を持ち込み、これがマイクロプロセッサー開発のきっかけとなった。さらに、1976 年に始められた 5 社の共同研究による超LSI 開発研究のタイミングがまさに開発軌道の前半で、技術機会が大きく横溢してきたその時で、極めてタイムリーであったことが重要である。

日本政府、特に通産省は戦後の復興期を乗り切り、日本企業の更なる発展を促すために、種々の政策を講じてきたが、1960 年代前後の日本企業の積極的な行動に突き上げられ、重点育成産業の選別と、研究開発への援助という政策を打ち上げてきた。電子情報技術についていえば、その技術軌道のまだ半ばにもならない 1957 年に電子工業振興臨時措置法を施行し、日本電子工業振興会を設立、61 年には、研究組合法を作り、企業間の共同研究により、技術力の向上、育成を図ってきた。66 年には大型プロジェクトの制度をつくり、さらに効果的な企業育成計画を充実させてきた。このような背景のなかで、76 年に超 LSI 研究組合が設立された。日本は、すでに技術軌道の上でアメリカを凌駕すべく、National System of Innovation を構築し、新しい企業システムを築き、コア技術を蓄えてきたのである。このような背景があったからこそ、日本企業は開発軌道に沿って、半導体素子の開発で主導権を握り、普及軌道の最盛期でアメリカを凌駕できた。これらの経緯は、そのロジスティックダイナミズムの解析から、より的確に理解することができる。

4.2 韓国の電子情報体制整備と企業システム

韓国の半導体産業は日本に 10 年遅れてスタートした。そこで、電子情報産業構築の対応は開発軌道に沿って進行した。1966 年、韓国政府は電子産業育成方針を打ち出し、67 年電子工業共同研究組合、69 年、電子工業振興法、83 年には半導体産業育成計画を打ち出した。1969 年に設立された三星電子は家電の生産を始めたが、1982 年 DRAM の開発に着手し、マイクロン社、シャープなどの技術導入により 64K DRAM の開発に成功した。このような初期の半導

体生産体制は、韓国政府の育成策に支えられて進展し、1985 年には 1M 試作ラインをつくり、自力で開発ができる体制が出来上がった。特に重要なことは、シリコンバレーに拠点を作り、韓国からの若手研究者が帰国して、今日の韓国半導体産業隆盛の基盤を作った事である。これらの経緯は、エレクトロニクス開発軌道に沿って、進展してきた事象として適切に説明できる。

4.3 台湾の電子情報産業の発展と政府の役割

台湾の半導体産業もエレクトロニクス開発軌道に沿って発展した。台湾の場合は韓国よりもさらに政府主導のイノベーション国家システムが機能した。台湾政府は電子情報技術の重要性に気づき、1974 年に政府の工業技術研究院に電子工業研究所 ERSO を作り、ベンチャー企業化の中心的役割を果たしてきた。1980 年には新竹科学工業園区を設立し、台湾のシリコンバレーに育てた。とくに、シリコンバレーと密接な連携を保ちながら、ERSO からのスピンオフで企業を設立しながら、台湾の今日の隆盛を築き上げた。これらの経緯も、エレエクトロニクス開発軌道に沿って進展した。

さらに、インドのバンガロールを中心とした体制、シンガポール、マレーシアの電子情報産業の発展も経過は異なっても、同じ開発軌道の上で展開している事がわかった。ビジネスチャンスはすべてこの開発軌道を外れては存在しないといえる。

5．既存産業の技術融合と Complex System

電子情報技術は半導体、コンピュータ産業を発展させただけでなく、既存産業に取り込まれて、その技術融合による産業の進化を達成してきた。既存産業がどのような経過で進化し、複合システムを構築してきたのかを検討した。工作機械のエレクトロニクス化でメカトロニクスという造語が生まれ、技術融合という概念が定着した。実際にこの種の技術融合で既存産業がどう進化したのか、幾つかの事例を検討した。

5.1 メカトロニクス— 工作機械の数値制御化はジャガード織機のパンチカード式で開発されたが、半導体素子ができてからの進化過程を辿ると、1967 年に最初の数値制御 NC の IC 化が行われた。71 年にはミニコンによる直接数値制御工作機械が生まれ、同じ年に Intel の開発したマイクロプロセッサ-を取り入れた工作機械が開発された。73 年には LSI 化が進み、83 年には対話式工作機械、85 年には学習式 CNC に発展した。これらの経緯は、まさにエレクトロニクスの開発軌道に沿って技術融合が進んだ事を示している。

5.2 カーエレクトロニクス— 自動車のエレクトロニクス化は 1950 年代後半からトランジスターに注目し、点火制御などが試みられてきたが、IC の開発に伴い、カーエレクトロニクス化が本格化し始めた。1960 年代後半から 70 年代の前半にかけて、電子燃料制御 EFI、自動変速制御 ETC,スキッドコントロール ESC などが実用化され、1970 年代後半になると、マイコン制御による複合制御システムに移行し、各種の電子制御システムが導入された。80 年代の LSI 化に伴い、多様な展開が進み、90 年代には自動車そのものが走る情報機器化する時代となった。91 年は GPS ナビゲーションシステムが実用化され、環境・エネルギー対策にもエレクトロニクス化が必須の道具となっている。これらの電子情報技術による進化はエレクトロニクス開発軌道そのものの上に展開してきた事が明らかに認知できる。

5.3 カメラの技術融合— カメラの自動化は自動露出と自動焦点化の発展に集約される。露出計を組み込んだカメラは 1950 年代から検討されてきたが、本格的な自動化は 1971 年にアサヒペンタクスが電子シャッターTTL 自動露出カメラを開発したことに始まる。76 年には CPU を組み込んだキャノン AE-1 が出現した。77 年には、自動焦点化が達成され、90 年代初頭までに自動化の体制が出来上がった。これらの経緯もエレクトロニクスの開発軌道そのものの上に軌跡を描いている。

以上、電子情報技術を題材に、その技術革新パラダイムの発展過程をロジスティックダイナミズムの手法で解析した。その結果、開発軌道が技術革新の進展に重要な役割を果たしており、その軌道の上でベンチャー企業の発生、産業への発展、技術融合による他産業の進化など、主要な活動が支配されており、極めて限られたタイミングが存在している事が指摘できる。

意思決定における内在的選択と外在的選択

貞岡 久里（神戸大学自然科学研究科）
sada@pegio.planet.sci.kobe-u.ac.jp

1 はじめに

われわれは、連想シリトリというゲームにおいて[1]、プレイヤー間で交される情報量がシステム全体の振る舞いに影響を与える場合と、プレイヤーがその情報量の変化を吸収して、システムの振る舞いを一定に保つ場合の２つの様相を見出した[1]。情報量の変化によらずシステムが特定の振る舞いを示す場合（A）には、ゲームによって得られるツリー構造が常にべき分布を示し、この場合はシリトリがほぼ成立していた。一方、情報量の変化がシステムの振る舞いに影響する場合（B）には、選択肢を設定して順次検索するという描像が一部可能（同時に一部不可能）になると共に、べき分布から他の分布への変化[1]が認められた。さらに、シリトリの成立が困難になる場合もあることが観察された。

物理化学過程においては、（B）のような分布の変化は、パーコレーション相転移現象などで認められる。一方社会現象においては、べき分布そのものはよく見られる現象であるが、（B）のような例はあまり報告されていない様に見える。

そこで、（A）と社会現象、（B）と物理化学的現象が対応する可能性が見出せる。本稿では、できるだけ実証的にべき分布を他の分布へと変化させるような要因を発見することにより、（A）、（B）の差異、および何が分布をべき的にしているかについて、我々が検討している２つの事例に基づいて述べる[2]。

[1] log-log プロットで、上に凸～下に凸への変化の傾向が見られた。

[2] べき分布に対しては、（A）、（B）で得られた構造に対する分布から離れて、本稿ではジップ則を取り扱った。

2 事例１～病理的状態～

（B）においてシリトリの成立が困難であったことを、現実におけるコミュニケーションの不成立状態と考えと、コミュニケーション不全の状態で、(B) のような分布の変遷が実際に観察されることが期待される。そこで、われわれはコミュニケーションが阻害される状況として、精神病理的状態に着目した。この章では、病理的状態下で書かれたと考えられる文章の、語の使用頻度について検討する[3][4]。コミュニケーションは人対人の相互作用であり、文章を書くという行為は個人で完結しうる。対人関係として現われる病理的な状態は、通常個人内での思考の連関の障害等としても観察され、この点で広義のコミュニケーション（思考の連関）の不全状態であると考えることが出来る。

本稿では、芥川竜之介の小説「鼻」と「歯車」の全文に対する解析結果を報告する。「鼻」は、健康的な印象を受ける作品といえる。一方、「歯車」は、作者の自殺直前に書かれた小説であり、その内容からも精神的な病理性が感じ取れる作品である。まず、この両者のジッププロットを、図１、２に「鼻」と「歯車」の解析結果を示す。「鼻」からは、べき的な結果が、一方、「歯車」からは、下に凸の曲線が得られた。

図１、２に見たとおり、分布の形と病理的状態、および、意味の連関としての内的コミュニケーションのありかたになんらかの関係があることが予想さ

[3] 解析には、品詞分解での誤謬をさけること、かつ計数の簡略化のために、名詞のみの使用頻度を計数した。

[4] 一般に、文章中における語の使用頻度はジップ則を満たすことが知られている [2] が、日本語、特に名詞のみでの計数結果の報告はない様である。我々が試みた範囲では、ランクの１、２位がジップ則よりもやや低く出ている。

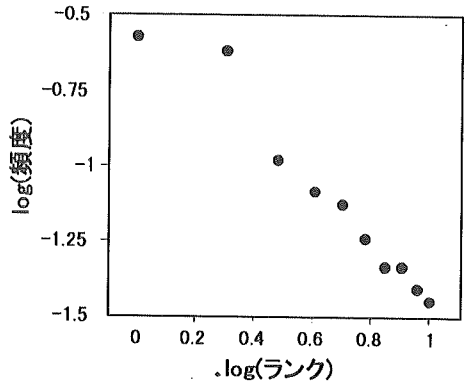


図 1: 「鼻」のジッププロット。ランクが１０位までの語における出現頻度。全般にジップ則に従う直線が得られている。総語数は２７８語である。

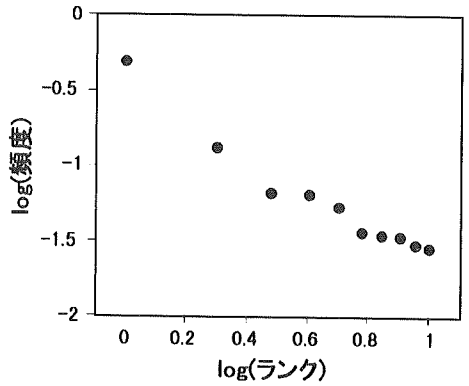


図 2: 「歯車」のジップロット。図１同様、ランク１０位までの語における出現頻度。特に上位層において、ジップ則からのずれが認められる。全般に下に凸傾向の分布が観察された。総語数９６０語。

れるが、詳細は今後の課題である。

3 事例２～選択の内在／外在性～

前述したように、連想シリトリにおいてわれわれは、選択肢を設定し、それらを順次検索して行動するという描像が困難な現象と、同時に、その選択肢から確率的に選択して行動していると考えられる現象をも見出した。確率的な行動が現われてきた場合に、分布のずれが認められたことから、分布の遷移のについて考察するには、選択肢から選択するということの意味について検討していくのが妥当であろう。

選択肢が明示されている場合における選択行為と、選択肢が明示されていないが、結果として選択肢内の行為から逸脱しなかった場合の差異を見出す必要がある。そこで、次のような実験を行った。

被験者は、小学生の３、４年生４９人。実験は二段階に分けて行われた。まず、「あなたのいちばん好きな食べ物はなんですか?」という質問に、全員が解答（自由記述）し、その結果を一旦集計した。次に、その集計結果を選択肢として与えて、「あなたのいちばん好きな食べ物はどれですか?変えてもいいです。」という質問を再度行い、全員が解答（選択）した。

まず、食べ物ごとの回答数の全結果を表１に示す。

食べ物名	自由	選択	食べ物名	自由	選択
カレー	8	2	親子丼	1	1
ステーキ	5	7	八宝菜	1	1
から揚げ	3	0	魚	1	1
寿司	2	5	スイカ	1	1
ハンバーグ	2	0	イチジク	1	1
リンゴ	2	0	ラーメン	1	1
イチゴ	2	0	クッキー	1	1
焼き肉	1	5	スープ	1	0
グラタン	1	4	筍	1	0
オムライス	1	4	魚フライ	1	0
クレープ	1	3	マグロ	1	0
キムチ	1	3	葡萄	1	0
カツ丼	1	3	スパゲティー	1	0
かずのこ	1	2	セロリ	1	0
栗	1	2	ビーフジャーキー	1	0
チャーハン	1	2	カマンベールチーズ	1	0

表 1: アンケート調査の全データ。４９人。「いちばん好きな食べ物」とその人数。表中「自由」は自由想起による、「選択」は選択肢から選択による回答数である。

自由想起による回答は多様であり、選択でその多様性は減少している。自由想起の回答から選択での回答への変更は、通常、固着という概念で説明される。あるものを一旦思い付いたら、そのものが、他のより優れた回答へ至る過程を阻害するというものである[5]。この概念では、選択肢が与えられることで、より好きなものに気がついたという説明がなされるであろう。固着は当然あったと予想されるが、われわれは、ジッププロットの結果と共に、違う視点からの解釈を提供したい。

回答数のジッププロットを、図3、図4に示す。

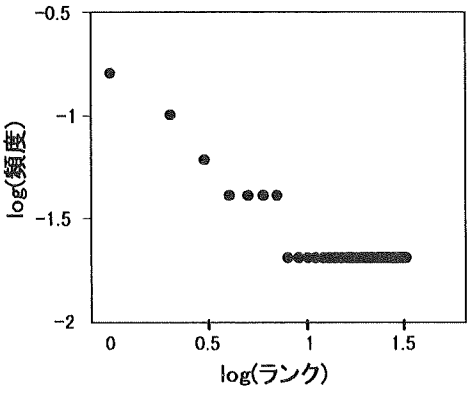


図 3: 自由想起による、食べ物に対する回答数のジッププロット。ジップ則に従っている。

自由想起時にはほぼジップ則を満たしていた分布（図3）が、選択肢を与えられることにより、指数分布（図4）へと変化している。選択肢による多様性の減少は、この分布の変化と共に解釈される必要があるだろう。

まず、ジップ則を満たしたこと（あるいは多様性を持ったこと）について、われわれは以下のように解釈している。自由想起の中で際立った回答として、「セロリ」「ビーフジャーキー」「カマンベールチーズ」などがあった。これらは、他のより好きな

[5]この考え方は、選択肢を順次検索しているようには見えない現象の説明を、順次に検索しているという描像のもとになすための説明概念である。さらに、この結果を説明するためには、いちばん好きな食べ物には元来多様性はそれほど無いという仮定をおかなければならない。

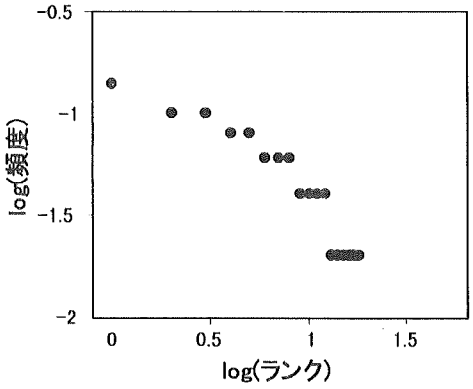


図 4: 自由想起で得られた回答を選択肢として再び選んだ食べ物に対する回答数のジッププロット。明らかに、指数分布へと移行している。

食べ物を想起できなかったのではなく、「一番好きな食べ物」が、自分の中に想定される他者に比較して自分が特徴的に好きな食べ物という意味合いをもったのではないだろうか。私はセロリがいちばん好きと表明することは、同時に、「セロリが好きな自分」を表明することにほかならない。内的に他者を想定し、その他者との関係で自己を見る、あるい逆に、自己を表出することが他者を立ち表せることになり、そのなかでアイデンティティが確保されるという作業が行われていたと見ることが出来る。

個性のばらつきで、あるいはより好きなものを思い付けなかったことで、ジップ則に従う分布が帰結されたのではなく、成員で共有している文化に間接的に媒介された、内的な相互作用により、ジップ則に従う分布が現われた可能性も考えられる。

このことは、中島が指摘するように [4]、互いを読み合う状況が、べき分布を導くという見解、あるいは、判断主体と判断材料が非分離である場合にべき則が出現するという、Gunji らの結果 [3] と整合的である。

次に、べき分布が指数分布へと変化した（あるいは多様性が減った）ことについて考えよう。選択肢が与えられることで、食べ物が、上述のアイデンティティ表明の道具として主体的に想起するもの

ではなくなり、自己から切り離された客観的対象となったと見ることが出来る[6]。この場合は、外部的に固定された条件下での、個人の嗜好の分布を測定したことになる[7]。

この状況は、上述した、互いに読み合う、または判断の主体と対象が非分離であるという状況の対極にあり、べき分布が現われないことは、不自然ではない[8]。

ここで述べたことは、あくまで解釈のひとつに過ぎない。選択における選択主体と選択対象のかかわりについて、明らかにしていくことが今後の課題である。あらゆる質問は多義性を持つ。われわれが問題にしているのは、意味上の多義性（例えば「好きな食べ物＝好きな食材」などの読み替え方が複数あること）ではなく、読み替えによって現われる、質問の取り扱われ方の差異、例えば、質問に答えるという一見受動的な行為の中に、集団に対するコミットなどの様相で潜んでいる能動性の表出のされかたを問題にしたい。今後は、この能動性のあり方の差異そのものがクリアに表出するような系を考える必要がある。

4 まとめ

われわれは、他者を読み合うという不定さに晒されたなかでの行為の総体としての経済あるいは社会現象に関心を持っている。その不定さの中で協調的に互いを読み会うという実験系 [1] の構築からまずスタートし、そこで認められた現象をより際立たせる現象を現在確認しつつある。

今回の結果は、多くの思考をアナロジーに頼るという欠点を持つが、べき分布一般に対する Gunji ら [3] あるいは中島 [4] の見解をサポートするものと考えている。しかしながら、ジップ則成立の内部的なメカニズムには、全く踏み込んでいない。むしろジップ則を成り立たせない状況から、ジップ則を成り立たせる何物かを逆照射しようという試みであった。今後は、メカニズムに直接迫るような知見を得る必要がある。

それと同時に、ジップ則成立不成立の意味論が進化経済学の立場にとっては重要であると考えている。なぜなら、実在の社会システムにもまたべき分布は存在し、その不成立の局面を理解することは、社会のなかに置ける我々のあり方、あるいは病理的として語られる現象[9]を理解することにつながると考えているからである。ここで報告した一連の試みを、ジップ則（あるいはべき則）をひとつの縦糸として、様々なシステムのあり方を統一的に捉える試みの端緒として理解して頂ければ幸いである。

[6] 選択肢が明示された場合に特徴的だった回答は、「ステーキ」「おすし」「焼肉」であり、自由想起から大きく票を伸ばし、上位3位を占めている。この三つは、回答の中では最も高額な食べ物であり、このことからも選択に際しての回答者の意識の変化が読み取れる。

[7] 連想シリトリの文脈で述べれば、選択肢を与えられることにより、プレイヤーの主体的な判断が剥奪された状態（つまり（B）の状態）と考えることも出来る。

[8] この結果は、ある種のシミュレーションにも応用が可能である。例えば、自己の欲求に基づいた選択を行うエージェントからなるシステム（[5] 等）に対しては、エージェントの個性はべき的に分布させ、外部から与えられた情報に対して最適な解を求めるという特徴を強く持っている場合には、個性を指数分布で与えるという方法が考えられる。

[9] 通常、社会と生物に対してのみ病理という言葉が用いられる。このことは示唆深いと考えている。

参考文献

[1] 貞岡 久里, 1999, 内部観測によるシステムの組織化～連想シリトリによる実験～, 進化経済学論集第3集（進化経済学会第3回大会実行委員会（編））, 進化経済学会, pp. 89-98.

[2] Zipf, G.K., 1949, The human Behavior and the principle of Least Effort (Addison-Wesley Press, Cambridge, MA)

[3] Gunji, P.Y., Ito, K., and Kusunoki, Y., Formal model of internal measurement : alternate changing between recursive definition and domain equation, PhysicaD, Vol.110, pp. 289-312

[4] 中島 義裕, 1999, 経済現象に見られる決定論的性質と確立論的性質の両義性, 情報処理学会論文誌 : 数理モデル化と応用, 情報処理学会, vol.40 No.SIG9 (TOM2) pp. 102-110.

[5] 篠原 修二, 1999, 販売可能度を媒介にした商品需要と貨幣の生成崩壊モデル, 進化経済学論集第3集（進化経済学会第3回大会実行委員会（編））, 進化経済学会, pp. 61-70.

起源問題を契機とした交換過程モデル

中島義裕 (京都産業大学経済学部)

1 進化経済学とは何か

塩沢由則 [?] は, 進化経済学会 2 回大会で以下のように述べている.

> 日本の進化経済学がどうあるべきであるのか, どんな展望があるのか, についていまだ議論は煮詰まってもいないし, 盛り上がってもいない. ...「遅れていることの有利さ」もあるのであり,... かなり自由にその出発点を記せるという希有な機会をもっている.

ここで敢えて「進化経済学とは何か」と問うのは, 我々が「遅れていることの有利さ」を享受する為であり, それは我々がどこを出発点にするのかを問う問いである. 瀬地山 [?] は, この問いに対する一つの解答として「諸システムが経過する「時間」と諸システムがおかれている「空間」の再発見」を挙げている.

本稿では, この一つの具体例として貨幣の起源, 中でも価値の起源という問題を考えてみたい.

これまで起源を説明する理論に対して, 「論点先取」もしくは「遠近法的錯誤」いう批判がなされてきた. ここで「遠近法的錯誤」とは, 「現在ある機能を前提に過去に遡り, 起源した対象の発生論的根拠とみなす」ことをいう. これは, まさに起源を扱うシステムの「時間」や「空間」の再考を促すものに他ならない.

私は, 起源問題への回答が遠近法的錯誤をおかすことが不可避的であることを認める立場をとりたい. そして, 内部観測の立場から起源を扱う際に逆に起源問題と遠近法的錯誤の関係を契機とする方法を考察する.

以下では, 最初に (1) クラウゼの議論における推移性問題を貨幣, もしくは価値の起源問題として扱う. その上で (2) 起源問題と遠近法的錯誤の関係を, 辻下の「形式世界」という概念を用いて考察する. (3) 内部観測の考え方を用いて, 「形式世界に出る」ことによって起源を扱えること, そして, その契機として逆に起源問題を用いることができることを提案する.

2 推移性問題と価値の起源

クラウゼ [?] の最初の問題はこうであった. 交換構造を構成する一つの交換行為では厳密に 2 商品だけが対置され, それらが相互に交換される. この時ある生産物の一定量が他の生産物の一定量と交換される. そこで,2 商品 A と B とが数量 x と y で交換される場合, その交換関係を $xA\ r\ yB$ と置くことができる. ここでrは交換関係を表す二項関係とする.

さて, 交換構造を構成する個々の交換は相互に何の関係ももたず, 偶然的なものでしかない. それゆえ, 関与している生産物が異なる限り, 交換行為は独立性をもつ. 例えば,$xA\ r\ yB$ を満たす交換と $uB\ r\ vC$ を満たす交換, そして $wA\ r\ zC$ を満たす交換行為は相互に独立であるから, 交換比率 y/x,v/u,z/w の間には, いかなる連関も存在しない.

しかしながら, われわれは通常貨幣によって交換している. その時, 貨幣を媒介として交換された 2 つの商品は, 共に価格が割あてられる. そこでは $y/x = v/u = z/w$ という等式が成立する. この時交換構造が斉合性を持つと言い, そこでは, どの商品所有者も単なる交換によっては自分の商品量を増加させることができない. そこで, クラウゼは「個別の偶然的な

交換から得られる交換構造は斉合的ではないにも関らず, 実際に見られる交換構造は斉合的であるのはなぜか」という問いをたてた.

クラウゼは, 更に間接交換によって交換される2商品間の交換比率を価値関係と定義した上で, 偶然的な交換によって得られる価値関係は錐関係 (完全性, 一意性, 同次性, 反射性) で定式化できるとした. そして, 交換構造が斉合的である時, 価値関係は同値関係 (錐関係を満たし, かつ対称性と推移性を満たす二項関係) であることを示した. 価値関係は推移性を満たすとき対称性を満たすので, 先の問題は「推移性問題」と呼ばれる.

ここで, ローカルな交換における価値関係とグローバルな交換構造における斉合性の間の階層の違いをまとめると以下の表になる.

グローバルな 交換構造	斉合性 を持つ	斉合性 を持たない
ローカルな 価値関係	錐関係 (推移性 無し)	同値関係 (推移性 有り)

クラウゼの以上の議論はマルクスの価値形態論を定式化したものである. 錐関係で定義される価値関係によって全体的価値形態を, 同様に同値関係で定義される価値関係で一般的価値形態をあらわしている.

岩井 [?] は, マルクスの価値形態論における全体的価値形態から一般的価値形態への進展を貨幣を存立させる循環論法であると主張している. この観点からすると, クラウゼの推移性問題は貨幣の起源問題の一つであると考えることができるだろう. また, 吉沢 [?] も

> それは、「簡単な価値形態」にはじまり順次、「拡大された価値形態」、「一般的な価値形態」へと展開され、この最後の「一般的価値形態」において基本的に商品の貨幣形態 (値札表示) が与えられる。こうしたかたちで商品世界は必然的に貨幣を産出させるとされる。

と述べマルクスの価値形態論に貨幣の起源問題を見出している.

この推移性問題は起源問題の典型的な構造を持っている. 一般に起源が問題となるのは, グローバルなシステム全体の挙動に, 自明ではない特殊な構造が見出される時である. 例えば貨幣の起源問題では,(1) ローカルな規則から演繹される構造が非斉合的であったり,(2) 交換媒体が存在しない直接交換であるが, 実際に貨幣が用いられている状況を考えると,(1)' 交換構造は斉合的であり,(2)' 貨幣交換を行っている. このローカルな構成要素が持つ規則とグローバルなシステム全体の挙動の間のギャップが起源問題を構成させているのである.

3 起源問題と遠近法的錯誤

起源問題に対して,

(1) 最初に考えていたローカルな規則群への仮定が, そもそも間違いであることを指摘する.

(2) グローバルな挙動に対して, 系の外側からの要請や制限が加えらていることを指摘する.

の二つの方向からの答えが試みられて来た.

(1) は「そもそも起源問題は成立していなかった」という主張であり,(2) は, 系の外部の起源問題へと問題を先送りするにすぎない. そして, 共に「新たな仮定がアドホックに導入されている」との批判が不可避である.

クラウゼは, 推移性問題に対して抽象的労働という概念の導入よって解決を図っている. これは, 個別の商品が持つ価値自体が推移性を満たすということを示しており,(1) による解決を試みていると考えられる. また, 推移性問題における (2) の解決としては, 交換を行う商人の欲望概念を持ち込むことで斉合性要件を満たすとの主張があげられるであろう. すなわち「各人が交換によって自分の商品量を増加させることができるならばそこに裁定が働き, 結局は斉合性な交換のみが行われるようになる」との解決である.

西部 [?] は, こうした正面からの解決が持つ問題を「遠近法的錯誤」という言葉で指摘している. 遠近法的錯誤とは,「理論家が現在ある機能を前に過去に遡

り, その機能を, 対象とする構造の発生論的根拠にすえる」または,「理論家の視点をモデル内の主体の動機へと翻訳する」といった理論家の行為のことである. 黒石 [?] は同様の問題を「論点先取の困難」とよび, また吉沢 [?] はマルクスの価値形態論における第二形態から第三形態への進展に対して同様の言葉を用いて批判した.

私は, 遠近法的錯誤という指摘が避けられないことを認めると同時に, この指摘を積極的に受け入れる立場を取りたい. この立場から内部観測, 特に郡司の研究 [?] に引き付けて起源を考える.

もう一度遠近法的錯誤が生じる状況を考えてみよう. 我々が起源を問題にしたいとき, それはある種の予想外な状況を考えている. 交換を行う際に貨幣が使われるのが自明であれば, 誰も貨幣の起源を問うことは無いだろう. また, 我々は未来に何が起源するのかを, 予想することはできない. もし, 予想できるとすると, それは一種の自明性を持つが故に, 起源したと表現することは無いからである.

4 形式世界と時空間

我々が起源問題を考えるのは, いつも起源した後である. 起源を説明するとは現在から未来を語る様に, 過去から現在を説明する必要があるのだ. この時, 過去と現在, 現在と未来との置き換えが可能であるとするのが, 数理モデルによって対象を捉えられるとする立場にほかならない. これは, 辻下 [?] の言葉を使うと「形式世界で理解する」ことである. 辻下は以下のように言っている.

> 形式世界とは語るものが自分とは切り離されたと考える物事の総体を指す.... 形式世界が自分から切り離されたものであることと, その全体を見渡せるということとは同じことである.

数理モデルは形式世界の典型例の一つであるが, その基礎になっている数学は良く言われている様に無時間的に存在しているものとして扱われる. 従って, 過去と現在, 現在と未来とを置き換えることに無理が無い. しかしながら, 過去から現在の流れを数理モデルによって説明してしまうと予想外な状況は抜け落ちてしまう. それは, ひとたび数理モデルを構築してしまうと, ある状態から起こりうることが全て数え上げられるからである. そして, 過去や現在そして未来とは単に状態への符号でしかない.

起源問題を扱う際に, 我々が目指していたのは「現在から未来を語る様に過去から現在を説明する」ことであったが, 形式世界では, 現在から未来を説明するということが過去から現在を語る様にしかできないのである. 起源問題において問いたかった予想外のことが,「過去においても予想できたが, 単にしてなかったこと」, もしくは起源したものが,「過去においても実現できたが, 実現していなかった.」という形にすりかわってしまうのである. これは起源問題に対する (1) の解決に対応する.

(2) の解決は, 一見すると形式世界の外部を想定しているかのようである. 形式世界が「原理的には予想できる世界」であるから,「予想外」を特定の形式世界の外部として表しているとも考えられるだろう. しかしながら, それが解決として扱われている時,「予想外」であったのは何であるのかを観測者が指摘できることを含意している. つまり予想外も含めた形式世界を考えているのである.

遠近法的錯誤という指摘は, 形式世界において起源問題に答えるということが, 我々が問いたかった「予想外」, つまり「起源」を扱っていないという指摘であるが, 重要であるのは, そうした形式世界で起源問題を扱うことの困難が,「記述者の視点が排除できていない」という形で指摘されていることにある.

5 形式世界の外

私は, 遠近法的錯誤を積極的に認める立場から内部観測を考えると述べた. 内部観測では観測対象と観測者が分離できないということを強調する. 観測者を分離できるという仮定の下で起源問題を形式世界で扱いながら, 逆にそのことによって観測者が排除

できていないという形で,再び観測者が浮かび上がっている.遠近法的錯誤を積極的に認めるとは,形式世界の仮定を疑うとともに,起源問題を,起源を考える為の契機(きっかけ)として使えることを意味する.

我々は起源問題を通して,観測者の問題が出現することをみて来た.逆に,形式世界として起源問題を考えることによって観測者がいかなるものであるのかということが浮かび上がってくる.

第一に,形式世界として起源問題を扱う際に「予想外」が抜け落ちてしまうことを確認した.これは,観測者を排除する過程において起きていることである.ここから逆に「予想外を抜けおとす」という行為の主体として観測者が浮かび上がり,観測という行為を構成することができる.

第二に,形式世界において起源問題を考えると疑問に思うのが「なぜそもそも起源問題が問われたのか」という点である.形式世界においては,過去と現在との間の本質的なギャップはない.ゆえに,もし世界が形式世界であるならばそもそもギャップを見出すことができない筈である.その意味で,形式世界の外部観測者は切り離すことはできない.

逆に,起源問題の発見,ギャップを認めるということによって観測者が構成されているとも考えられる.

このことから,起源問題の成立要件に対し以下の2つの見解が得られる.

(1) ローカルな規則群による素過程のモデル化自体が,「遠近法的錯誤」を許す観測者の行為として理解される.

(2) 齟齬を認めうる視座としてのグローバリティは,先行的に与えられているのではなく,「齟齬の発見」によって構成される.

観測対象の素過程から観測者を分離できないという意味で,この様に構成される観測行為は,観測対象の素過程と区別できない.

ここで,推移性問題に焦点を当てると,個々の交換を統べる錐関係と同値関係とによって,交換構造に言及する観測者の行為が構成できる.すなわち,グローバルな齟齬の発見=斉合性の有無を錐関係と同値関係の分離として構成し,齟齬の解消をこの二つのローカルな関係が持つ違いが無効化する行為とする.この時,この操作が観測過程を表現していると共に,進行する交換過程のモデルとなる.

われわれが起源を知る為には,「起源したまさにその時点に起きたことのみを理解することであり現在進行している交換過程(対象の素過程)は十分に理解できている」とする立場を捨てる必要があると考えている.むしろ,現在進行する交換過程そのものが起源問題を構成するギャップを見出し解消するというプロセスであると考えることで起源を担う素過程を構成し,その時間発展の中で,それが否定されるが故に発見/構成される「議論の前提」を確認することを通じて知りえるものではないだろうか.この点については本稿では扱い切れなかった.今後の課題としたい.

参考文献

[1] 岩井克人. 貨幣 筑摩書房,1993.

[2] U. Krause. *Gelt und abstrakte Arbeit, Űber die analytischen Grundlagen der Politischen Őnomie*. Campus Verlag, Frankfurt, 1979. (高須賀義博監訳:貨幣と抽象的労働-政治経済学の分析的基礎-, 三和書房 (1985)).

[3] 吉沢英成. 貨幣と象徴. ちくま学芸文庫, 1994.

[4] 郡司 P 幸夫. 生命と時間, そして原生一計算と存在論的観測. 現代思想, 1994-1996. 連載.

[5] 黒石 晋. システム社会学. ハーベスト社, 1991.

[6] 瀬地山敏. はじめに. 進化経済学会編, 進化経済学とは何か. 有斐閣, 1998.

[7] 西部 忠. 自律分散型市場における貨幣. 1999. 出版準備中.

[8] 辻下徹. 生命と複雑系. 数学, 複雑系の科学と現代思想 5, 3 章, 青土社, 東京, 1998.

[9] 塩沢 由則. 進化経済学の課題と範疇. 進化経済学会第 2 回大会実行委員会, 進化経済学論集第 2 集, 進化経済学会, 1998.

商品と貨幣の非対称性について

篠原修二* 中野昌宏†

I はじめに

日常生活において我々は，対象を語で呼ぶということをしばしば行う．例えば貨幣に関して言えば，これまで紙や金属，貝殻など様々な対象が「貨幣」[1]と呼ばれてきた．現在の日本では，日本銀行券が「貨幣(紙幣)」と呼ばれている．なぜ我々は，皆一致して特定の対象を「貨幣」と呼ぶのだろうか．

貨幣は交換媒体特性や価値尺度としての機能などの貨幣性をもつ．これらの特性は，各対象が元来もつ属性とは異質である．このため，皆が一致して特定の対象を「貨幣」と呼ぶことを，その対象固有の属性によって根拠付けることは不可能である．換言すれば，我々がその対象を「貨幣」と呼ばなければならない必然性など何もないように思われる．しかしだからといって我々は,「貨幣」と呼ぶ対象を自由に取り決めることができるわけでもない．ほとんどの人は，そのような取り決めの会合に参加したことはないはずである．

では，我々はどのようにして特定の対象を「貨幣」と呼ぶようになった(なる)のだろうか．おそらく，子供時代に大人か誰かにそう教えられることによってであろう．つまり，我々(子供)は他の人々(大人)がその対象を「貨幣」と呼んでいるからそれを「貨幣」と呼ぶのだろう．ここで，大人がある対象を「貨幣」と呼ぶという前提から，大人と同様に子供がその対象を「貨幣」と呼ぶという結論が直ちに導かれるわけではないことに注意されたい．両者の間には，ある対象を「貨幣」と呼ぶという対象と語の関係が大人から子供へ伝えられ，子供がその関係を知るという過程が不可欠である．ここで，ある対象がある語で呼ばれるということを知ることを承認と言うことにする．本稿では，承認という意味での知るとは如何なる過程なのかについて議論を行う．

II 質問–判断・命令–復唱・教示–承認

本節では，話し手と聞き手の間の発話–応答行為を質問–判断，命令–復唱，教示(依頼)–承認に分類し，それらの言明可能性条件(Kripke[5])について明らかにする．

1 普通名詞・代名詞

本項では，質問–判断と命令–復唱という二つの発話–応答行為を，それらの行為において使用される語の品詞という観点から区別する．我々は，両者の行為において使用される語を各々普通名詞と代名詞と位置付け．それらの語は相反する有効性をもつことを示す．

1.1 普通名詞とその有効性

まず，普通名詞とその有効性について述べる．ここで普通名詞を質的性質を表現する記述の略語，あるいは同義語とみなされる名詞と定義する．例えば「富士山」であってもそれが確定記述――「日本一高い山」のように,「φx であるような唯一の x」という形の句――の略語とみなされる場合には，普通名詞とみなす．名詞が何らかの質的性質を記述した記述子の略語であるとみなされる時，その語はそのような質的性質を意味するということにする．また，普通名詞の指示対象を，その語によって意味される質的性質を満足するような対象(群)のこととする．例えば「マウス」[2]は語のもつ意味ゆえに任意の対象に適用できるわけではなく，この語によって指示し得る対象はある特定の対象(群)に制限される．このため目の前に複数(種)の対象があり，それらのうちでマウスを取ってもらいたい時，我々は「マウスを取って」と相手に言うことよって目的を達成し得る．ただし，普通名詞の使用が実行的となるためには，話し手と聞き手の間で，語が何を意味するかということについての一致が不可欠である．例えば「マウス」の意味も「キーボード」の意味も全く知らない子供に「マウスを取って」と言ったとしても，彼はマウスを取れないだろう．本稿では，話し手と聞き手の発話–応答行為において，聞き手が質的性質を媒介にして対象が何であるかの同定を行う時，その行為を判断と呼び．その時の話し手の行為を質問と呼ぶ．また，普通名詞の指示対象のことを，質的性質を媒介にして同定されるという意味で意味論的指示対象と呼ぶことにする(Kripke[7])．

*神戸大学大学院自然科学研究科，E-mail:sino@shidahara1.planet.kobe-u.ac.jp
†大分大学経済学部，E-mail:nakano@cc.oita-u.ac.jp

[1]本稿では語を表したい時には，例えば「貨幣」のように「」を付けることにし，対象自体を表す「」の付かない貨幣と区別することにする．

[2]本項では,「マウス」を普通名詞として議論を進める．

1.2 代名詞とその有効性

次に代名詞とその有効性について述べる．例えば指示代名詞「それ」は共通の属性をもたないような任意の対象を指示し得る．すなわち,「それ」は「マウス」のように，語の適用がある対象(群)に限定されるわけではなく，指示対象の属性とは無関係に使用し得る[3]．また代名詞は，ある時点である対象を指示するために使用されたとしても，次の指示においてはその対象以外の対象を自由に指示し得る．本稿では代名詞を語それ自体ではどんな質的性質も表現しない無意味な語と定義する．代名詞は無意味であるため，その指示対象の固定にあたっては語の発話とは別の，例えば直示などの行為が不可欠となる[4]．しかし代名詞はその透明性ゆえに，話し手は聞き手との間で判断の一致が必要なく，子供のような相手に対してさえも「マウスを取って」の代わりにマウスを直示しつつ「それを取って」と言うことで目的を達成し得る．逆にいえば聞き手がマウスを取れない(取らない)時，少なくとも話し手との間での判断の不一致はその理由にならない．子供は，話し手によって直示された対象について「これはマウスでない」と言うことは可能だが,「これはそれではない」でないということは権利上不可能である．代名詞の場合，その指示対象がどれであるかは話し手の指示に一方的に依存し，聞き手は話し手の指示を受け入れるしかない．本稿では，聞き手としての主体が質的性質を媒介にせず，話し手の指示にのみ依存して語の指示対象を同定する時，その行為を復唱と呼び，その時の話し手の行為を命令と呼ぶ．また，代名詞の指示対象のことをその決定権が話し手側にあるという意味で，話し手の指示対象と呼ぶことにする(Kripke[7])．

普通名詞と代名詞の違いで重要なのは以下の二点である．一つ目は，普通名詞の場合，語と指示対象の関係は，判断に基づいて聞き手自身が決定するものであるのに対し，代名詞の場合，その関係は話し手が決定するものであり，聞き手はそれを受け入れるしかないということである．このため語の実行性に関して，代名詞は話し手と聞き手の判断の一致が不必要という点で，普通名詞よりも有効である．二つ目は，代名詞の場合，指示対象を確定するためには発話とは別の例えば直示などの行為が不可欠であるが，普通名詞の場合，その必要はないということである．このため直示などが不可能な場合，例えば取ってきてもらいたい対象が隣の部屋にあるような場合には，普通名詞は代名詞よりも有効である．このように，普通名詞と代名詞は互いに相反する役割を演じ，両者の特性は相容れない．

[3]代名詞「それ」が任意の対象を指示し得るといっても通常人間(生物)に対しては適用されない．ここでは対象を無生物に制限して議論を行う．

[4]指示代名詞の用法は現場指示と文脈指示の二つに分けられる．

> 現場指示とは，基本的には，対話，講演など話し手と聞き手が同一の空間を共有する場面において，多くの場合身ぶり・手ぶり・表情などの表現行為を伴いつつ，話し手が現に知覚していて聞き手にも知覚されるはずだとする事物を対象として，コ・ソ・ア系の語を用いて指示する方法である．また文脈指示とは，対話などにおいて，相手の表現した内容を指示の対象にするものと対話などにかぎらず文章にも内言・独白にも用いるもので，自分の表現の内容を指示の対象にするものと，二つがある(堀口[4])．
>
> 本稿で扱う代名詞は現場指示用法のみに限定する．

2 名前と教示(依頼)–承認

2.1 唯一的状況

以上の議論では,「マウス」と「それ」を各々普通名詞，代名詞と仮定して議論を進めてきた．しかし，そのような前提を置くことは妥当だろうか．ここで，思考実験として「マウス」という語を聞いたことも見たこともない，つまり「マウス」によって何も意味しない子供の目の前に唯一マウスのみが置かれてある状況を考えよう．以後，目の前に唯一の対象しかない状況のことを唯一的状況と呼ぶことにする．この状況で大人が子供に直示なしで「マウスを取って」と言ったとすれば，彼はマウスを取るだろうか，それとも取らないだろうか．

「マウス」という語を聞いたことも見たこともない子供は，先行的に「マウス」が普通名詞か代名詞かを知っているわけではない．話し手の指示対象を明らかにするという観点からすれば，唯一的状況はそれ自体で直示と同等の効果を有するとも言える．子供が「マウス」を「それ」と同等な代名詞として解釈すれば，躊躇無くマウスを取り上げるだろう．なぜならこの状況において，話し手(大人)の指示対象が目の前の対象であることは自明であるから．ただし、このことは子供において「マウス」の意味の曖昧さが低減したということを意味しない。なぜなら、この場合子供は目の前のにマウスではなく，他のどんな対象が置かれてあったとしても，それを取り上げるであろうし，また代名詞はそもそも有意味ではないからである．

一方「マウス」を普通名詞的に解釈すれば，唯一的状況であってもマウスを取れないだろう．なぜなら「マウス」の意味を知らない子供は目の前の対象がマウスであるか否かの判断を自ら下せない，すなわち正当化できないからである．ここで，普通名詞の場合，対象の同定に目の前の対象が幾つかということは全く寄与しないことに注意されたい．むしろこの点にこそ，不在の対象さえ指示し得るという普通名詞の有効性がある．唯一的状況や直示など，発話以外の行為が指示対象の同定に関係してくるのは代名詞である．

この状況において，子供は二つの非決定性に直面する．第一は，普通名詞としての「マウス」の意味を知らないこと，つまり「マウス」の意味が子供にとって曖昧であることに起因する非決定性である．この曖昧さのために，子供は目の前の対象がマウスであるか否かについての判断に迷うだろう．第二は，普通名詞と代名詞の間の非決定性である.「マウス」が普通名詞か代名詞かさえも知らない子供

は,「マウス」が普通名詞，代名詞どちらであるのかについて迷う．もし代名詞ならば，対象が何であるかにかかわらず，それを取らなければならない．無意味な代名詞の意味について迷うことは正当な行為ではない．一方，普通名詞ならば,「マウス」の意味を知らない子供が判断に迷うのは正当な行為である．このような状況において，子供は「マウス」の意味を同定しようとして迷うと同時に，そもそも意味を同定しようとすること自体の正当性を疑うというパラドックスに陥る．本稿ではこのような第二の非決定性を郡司 (郡司 [2, 3]) に従って不定さと呼び，第一の非決定性である曖昧さと区別することにする．

2.2 承認——？から！へ

さて，唯一的状況で子供がマウスを取り上げるか否かについて考える前に，次のような状況を考えよう．今子供の目の前にマウスとキーボードが置かれてあり，この状況で大人が直示なしで「マウスを取って」と言うとしよう．ここで子供は「マウス」と同様に「キーボード」の意味についても全く知らないとする．この状況においては，子供が「マウス」を普通名詞，代名詞どちらとみなすにしても，マウスを取れないことは明らかである．もし子供が「マウス」を一般名詞とみなすならば，その意味を知らない子供が，「マウス」の意味論的指示対象がどちらの対象であるかの判断を下すことは不可能である．また「マウス」を代名詞とみなしたとしても，発言には直示が伴わないがゆえに，聞き手としての子供は，話し手の指示対象がどちらの対象であるのかを確定できない．この状況と唯一的状況の違いはただ一点，対象が唯一か複数かということのみである．この状況において子供がマウスを取り上げることはないのだから，もし唯一的状況において子供がマウスを取り上げるとするならば，唯一的状況それ自体が，子供がマウスを取り上げることの根拠とならなければならない．

ここで，子供は唯一的状況において以下のように考えたとしよう．

1. これがマウスかな？
2. これがマウスだ！(∵これしかないから)

つまり子供は，まずこの対象がマウスか否かについて迷い，次に，これしかないという唯一的状況に根拠付けられて，この対象が「マウス」と呼ばれる対象であると確信するとしよう．我々は，ここでの子供の一連の行為を承認行為と考える．また，この時の大人の発言を教示，あるいは依頼と呼ぶことにする．この行為は一見自明に見えるが，しかし非常に逆説的な行為である．

まず，1 において子供が迷うとすれば，ここでの「マウス」は普通名詞でなければならない．なぜなら，もし子供が「マウス」を代名詞とみなすとすれば，この状況において話し手の指示対象が，目の前のこの対象であることは自明であり，子供が迷うことはないと考えられる．一方，2 において，唯一的状況それ自体がマウスを取り上げることの根拠足り得るためには，ここでの「マウス」は代名詞でなければならない．前項でも述べたように，もし子供が「マウス」を普通名詞とみなすならば，唯一的状況は指示対象確定のための根拠とはならない．ここで注意しなければならない点は，唯一的状況は子供が「マウス」を代名詞的に解釈する時のみ，指示対象の確定にその効果を発揮するのであって，決して代名詞を選択すること自体がこの状況によって根拠付けられるのではないということである．このように，子供の行為が承認であるためには，一方で「マウス」を普通名詞とみなしつつ，他方で「マウス」を代名詞とみなすという普通名詞と代名詞の差異の無効化が不可欠となる．

3 名前

さて，前項でのべたような承認行為において，子供が承認することは何かと言えば，目の前の対象が「マウス」と呼ばれる対象であるという語と対象の関係である．本稿では承認行為において使用される語のことを名前と呼ぶことにする (Kripke[6])．唯一的状況において子供は，目の前の対象が「マウス」という名前で呼ばれる対象であることを承認し，対象マウスを躊躇無く取り上げる．ここで，承認行為において子供は，不定さに抗して「マウス」を代名詞と普通名詞のどちらかに確定する，つまりパラドックスを解決するわけではないということに注意されたい．子供が承認行為において行うのは，対象と名前「マウス」との接続，つまり名付けである．名前は代名詞でも普通名詞でもない．この点を明確にするために，唯一的状況で子供がマウスを取り上げる状況を思い出してみよう．この状況で大人は直示なしで単に「マウスを取って」と言っているに過ぎない．それにもかかわらず子供はマウスを取り上げる．すなわち，語の実行性に関して発話とは別の行為が不必要という点において，名前は普通名詞的である．しかし，子供は「マウス」の意味を知らないことが仮定されており，意味論的指示対象を同定することは不可能である．それにもかかわらず子供はマウスを取り上げる．すなわち，指示対象の同定に質的性質を介在せず，語の実行性に関して話し手と聞き手の間での判断の一致が不必要という点において，名前は代名詞的であると言える．このように名前は，直示なしで語の発話それ自体が，直示の役割を果たす，つまり普通名詞と代名詞の両義性をもつと言える．換言すれば，名前の発話は行為遂行的である (Austin[1],Searle[8])．

名前は一つの重要な特性をもつ．それは，教示 (依頼)-承認過程によって話し手から聞き手に伝えられるという性質である．もし唯一的状況における子供の取り上げ行為が，承認ではなく自らの判断に基づくものであるとすれば，子

供によって独自に見出される語と指示対象の関係は，対象が「マウス」によって意味されるような何らかの質的性質をもっているということであろう．この時子供は仮定に反し，事前にその対象が「マウス」と呼ばれることを知っていたということになろう．一方，行為が単に復唱的でしかないとすれば，語と指示対象の関係に関して，大人から子供に伝えられる事は何もない.「マウス」を「それ」と同等な代名詞と解釈する限り，子供がこの語を対象の名前と想定することは不可能である．子供の行為が承認である時，我々は，子供はこの対象を「マウス」という語でもって呼ぶという大人の教示 (依頼) を承認した，と言明可能である．

III　おわりに——承認と規範性

前節で述べたような意味で，承認は聞き手による名付けとも言い得る．しかし，それは新たな場面での名付け，例えば生まれたばかりの子供に対して父親が行う命名とは異なる．命名の場合，父親が妥当だと思う名前であればどんな命名をしても構わない．この意味で父親の命名行為は私的に閉じる．

一方承認の場合，聞き手は名前と指示対象の関係を承認するのであって，対象にどのような名前を付けるのかを決定するわけではない．つまり，承認する限りにおいて名前と指示対象の関係は必然である．この意味で聞き手の名付けは私的に閉じない．しかし，この必然性は聞き手が話し手の教示を承認する限りにおいてであって，聞き手がこの関係を拒否する可能性は排除できない．もし子供が単なる復唱主体でしかないとすれば，唯一的状況でマウスを取ることは明らかだろう．しかしこの場合,「マウス」は子供にとっては代名詞でしかなく，対象の名前になることはない．一方，子供が判断主体であるとすれば，彼が対象を何であると判断するにせよ，あるいは判断に迷うにせよ，その応答は大人の発言とは無関係に，ただ対象の質的性質のみに基づいて子供自らが決定することである．

我々は通常，新しい対象に遭遇した時，その対象の名前を誰かに尋ね，教えてもらう．そしてほとんどの場合において，その教示を承認する．承認する限りにおいて，話し手と聞き手の反応が一致することは自明である．なぜ我々は大体において承認するのか．我々は，これが規範性の問題であると考える．共同体の成員が一致してある対象を同じ語で呼ぶということが，各成員間の判断の一致によって支えられているとみなされる時，語と対象の関係は共同体的であると言うことにする．この時語は普通名詞であり，語の指示対象が何であるかは，各成員の判断に基づいて独立に見出されるものである．一方，共同体の成員が一致してある対象を同じ語で呼ぶということが,，成員間での教示と承認の連鎖よって受け継がれていくものとみなされる時，語と対象の関係は規範的であると言うことにする．この時語は名前である．名前とその指示対象の関係は，聞き手の判断に基づいて独立に発見されたり，一方的な話し手の指示によって確定されるものではなく，教示と承認の連鎖によって，話し手から聞き手に伝えられて行くものである．承認は復唱でないがゆえに，拒否の可能性を不可避的に伴う．しかし承認される限りにおいて，ある対象が名前で呼ばれることは必然である．承認は復唱という意味での自明性 (安定性) と判断の不一致という意味での変化の自由 (不安定性) の両義的性格を併せもつ．

我々が子供にある対象を「貨幣」と呼ぶことを教える時，通常子供は「いや，それは貨幣ではない.」とは言わない．ほとんどの子供が我々の教示を承認する．また我々のほとんどは，子供としてある対象を「貨幣」と呼ぶことを誰かに教わり，その関係を承認してきたはずである．もしそうならば，日本銀行券が「貨幣」と呼ばれることは必然的である．またそれを「貨幣」と呼ぶという反応が共同体の成員間で一致することも必然的である．ここに規範性が出現する．

参考文献

[1] Austin J. L., *Philosophical Papers*, 2nd ed., Oxford Univ. Press, 1970. 坂本百大監訳,『オースティン哲学論文集』, 勁草書房, 1991 年.

[2] 郡司ペギオ-幸夫,「生命と時間、そして原生-計算と存在論的観測 (承前)」,『現代思想』, Vol.24-11, 青土社, 1996 年, pp. 156–181.

[3] 郡司ペギオ-幸夫, 松野孝一郎, オットー E. レスラー,『内部観測』, 青土社, 1997 年.

[4] 堀口和吉,「指示語の表現性」, 金水敏, 田窪行則編,『指示詞』, ひつじ書房, 1992 年, pp. 74–90.

[5] Kripke S. A., *Wittgenstein on Rules and Private Language*, Basil Blackwell, New York., 1982. 黒崎宏訳,『ウィトゲンシュタインのパラドックス』, 産業図書, 1983 年.

[6] Kripke S. A., *Naming and Necessity*, Basil Blackwell and Harvard University Press, 1980. 八木沢敬, 野家啓一訳,『名指しと必然性』, 産業図書, 1985 年.

[7] Kripke S. A., "Speaker's Reference and Semantic Reference," *Contemporary Perspective in the Philosophy of Language*, 1977. 黒川英徳訳,「話し手の指示と意味論的指示」,『現代思想』, Vol. 23-04, 青土社, 1995 年, pp. 266–295.

[8] Searle J. R., *Speech Acts: An Essay in The Philosophy of Language*, Cambridge Univ. Press, 1969. 坂本百大, 土屋俊訳,『言語行為——言語哲学への試論』, 勁草書房, 1986 年.

企業システムの進化における バイファケーションとイナーシア 自動車産業における事例

清水耕一

進化経済学派による企業の進化に関する主要な議論は、進化の経路依存性(path dependency)と進化経路のバイファケーション(bifurcation)であろう。

進化経済学派に従えば、企業の進化は企業特殊的資産である「ルーティーンの束」=コア・コンピーテンスと、学習によるコア・コンピーテンスの蓄積=発展にもとづいている。すなわち、企業の進化は企業自身の過去の経験と学習によって形成されたコア・コンピーテンスに依存するのであり、その意味で経路依存であると言われている。その上で、進化経済学派は進化そのものを漸進的な進化とバイファケーションを伴う進化を区別している。前者はコア・コンピーテンスに変化の無い進化であり、後者のケースはコア・コンピーテンス自身がシフトする進化である。ここでコア・コンピーテンスのシフトとは、企業活動においてコア・コンピーテンスの周囲にそれを補完するものとして発展する副次的コンピーテンスが、企業環境に、したがって市場においてこの副次的コンピーテンスに対する「テクノロジー機会」が出現するときに、企業にとっての新しいコア・コンピーテンスになることであると理解されている(Dosi/Teece/Winter[1990])。進化経路のバイファケーションが語られるのは、このようなコア・コンピーテンスがシフトする進化についてである。

私は清水[1999b]において、このような理解がテクノロジー中心主義である点を指摘し、進化経済学派の「ルーティンの束」としての企業観ではなく、企業という組織を構成する社会関係と、利害関係を異にする経済主体間の「制度化された妥協」としての制度=「ルール」を重視して、企業を「制度の束」として捉え、企業をこのような「制度の束」としての企業システムと、「制度の束」のガバーナンス様式を規定する利潤戦略とを統一した「産業モデル Industrial Model」の観点から分析することを提案した。すなわち、企業システムは一定の製品開発体制、一定の労使関係と労務管理システム、対サプライヤー関係を含む一定の部品供給体制、一定の販売体制=対ディーラー関係といった相互に補完的な諸関係からり、そしてこの企業システムは一定の利潤戦略(製品戦略を含む)によってガバーナンスされている。こうした企業システムと利潤戦略の全体が、産業モデルである。

本報告はこの産業モデル・アプローチによるわれわれ GERPISA の自動車産業における進化経路の実証研究(Freyssenet/Mair/Shimizu/Volpato[1998])から得られたファクト・ファインディングに基づいて、企業の進化、特に進化経路のバイファーケーション問題に一定の解答を与えようとするものである。進化経済学派の理論との対比で言えば、産業モデル・アプローチにおいては、一つの産業モデルが支配するかぎり企業の進化は漸進的であり、進化経路のバイファーケーションは一つの産業モデルが危機に陥り、新たな産業モデルが選択されることを意味する。この場合、進化経路のバイファケーションを産業モデルのイノベーション(特に組織イノベーション)であると言うことができる。したがって、イノベーションは企業を襲った危機的状況によって引き起こされるという Nelson/Winter[1982]の主張は、一般的には認められてよい。しかし、経営危機は必ずしも進化経路のバイファケーションを生まない。すなわち、経営危機はバイファケーションの必要条件であるに過ぎない。プロダクト・イノベーションによる事業内容のバイファーケーションとは異なって、産業モデルにおける進化経路のバイファケーションには、企業システムそれ自体が社会関係であることから様々なイナーシア(inertia)が働き、このイナーシアがバイファケーションそれ自体の在り方、したがって新しい産業モデルの在り方に大きな影響を与えることになるということ、あるいは新たな産業モデルへの移行が阻止されるケースもあるということを指摘したい。

I 経営危機と進化経路のバイファケーション

進化経路のバイファケーションを促す経営危機としては労働の危機とその他の経営危機(販売不振と営業赤字)を区別できる。マルクス主義的発想に基づく研究は、技術進歩や管理様式の変化を労働支配の観点から説明してきたが、現実はそれほど単純ではない。

1.1 労働の危機とパラダイム・シフト

まず、労働の危機には労働力不足と労使紛争という2つのケースが存在する。労働の危機が生産労働システムの革新をもたらした例はボルボとトヨタである。しかし、ボルボは経営側の判断によってカルマル工場やウッデヴァラ工場での「労働の人間化」の実験を進めたが、労使間協議の結果ではなく、トルシュランダの労組はこの実験を支持しなかった。したがって、トルシュランダおよびゲントの主力工場ではフォード主義的大量生産が維持され、しかも経営危機の結果としてカルマル工場の閉鎖とウッデバラ工場の TWR エンジニアリングへの事実上の譲渡(51%支配)が行われた。これに対してトヨタは、労使間協議の結果として技能系職場の「魅力アップ」が合意され、能率管理、労務管理、生産システム、労働条件の改革を進められてきた。したがって、新たな生産労働組織の追求には労使間合意が不可欠であると言える。他方、労働力不足は必ずしも生産労働組織の革新をもたらさない。実際、移民労働者の雇用による解決(ドイツ、フランス)、あるいは自動化=資本労働代替による解決(日本が観察されている。スウェーデンと日本でも、ボルボとトヨタ以外は「労働の人間化」のためのイノベーションを進めるということはなかった。同一の経済環境の下で企業行動の多様性が存在するのである。

他方、労使紛争は、少なくとも我々の例では、パラダイム・シフトを生んではいない。ルノーのケースでは、様々な改革が局地的に試みられたが、経営側の基本政策は、個人の文化的社会的開花は労働の外にあるとし、フォード主義的生産労働システムを維持したまま自動化と労働時間短縮をはかろうとした。他方、フィアットの場合には、70 年代の激しい労使対立から経営側は労働に依存しない生産システム作りを目指し、自動化を進めた。いずれのケースでもフォード主義的生産労働編成原理は問題にならなかった。さらに、GM のケースもこれに当てはまる。対立的労使関係は GM 本体において改革を不可能にしている。よって、労使紛争はむしろ技術進歩や労務管理様式の改革を凍結してしまうように見える。

1.2 経営危機とパラダイム・シフト

ところが企業自身が深刻な経営危機に陥った場合、パラダイム・シフトが起き、進化経路にバイファケーションが起こる可能性が強い。古くは 20 年代のフォードの市場支配下において事業部制等を導入した GM のスローン・モデルや、49-50 年の経営危機・大争議を経験した後に構築されたトヨタ生産システムの例がある。我々の観察期間においても、フォード、クライスラー、フィアット、ルノー、VW の例を指摘できる。

フォードは 1979-82 年に企業の存続が問われるような深刻な経営危機(時代遅れのモデル、品質の低下による販売低下)に遭遇した結果、過去の経営様式を見直し、マツダから学んで「日本化」=リーン生産化を進めた。クライスラーもまた、ちぐはぐな政策(セイルズ・バンク・システム)、高賃金、対立的労使関係等を原因として 60 年代末から経営危機が続き、70 年代末の倒産の危機を契機に産業モデルの再編成を進めることになった。フィアットは、価格設定者としてイタリア市場を支配していたが、自動化戦略の失敗(不効率と高コスト体質)が明らかになった 80 年代末に、フォードが価格の引き下げを行ったために価格設定者としての地位を失い、販売量が低下し、経営危機に陥った。そのため、1989 年から競争力回復のためにリーン生産化を開始した。ルノーは80年代に入ってシェアが低下し、1984 年には破産の危機に陥った。この年からルノー再建の試みが始まるのであるが、1987 年より自動車メーカーとしての存続を目指して「リーン生産」化を進めることになる。また VW は 60 年代末のビートルの大量生産というフォード主義的産業モデルの危機の後、「多様化されたフォード主義」へと転換し、高コストではあるが「多様化された高品質商品のフレキシブルな生産」を行い、日本モデルのオルタナティブと見なされていた。しかし、VW は 1991 年に歴史的販売量を記録した後、1992 年からの景気後退とともに高コスト体質が原因で記録的な赤字を計上することになる。こうして、VW の経営はアフター・ジャパン政策を進めることになる。

このように、企業が自己の進化経路上で企業の存続が問われるような深刻な経営危機に陥った場合、パラダイム・シフトが起こり(経営陣の交代を伴う)、進化経路

にバイファケーションが起こるというケースが多い。ただし、経営危機は新しい産業モデルへの移行の必要条件ではあるが、十分条件とは言えない。実際、産業モデルの再編は労使関係を始めとする社会関係および諸制度(ルーティンの再編を意味することから、様々なイナーシアが作用し、新産業モデルへの移行を阻止したり、多様なハイブリッド化が起こる。

II バファケーションとイナーシア

イナーシアは制度化された社会関係もとでのルーティンの硬直性＝頑健性から生まれる。以下では様々なイナーシアによってリーン生産の多様なハイブリッド化が生まれるという事実と、リーン生産化が行き詰まるケースを見ておきたい。

2.1 イナーシアとハイブリッド化

経営再建によってフォードは「リーン生産」化にもっとも成功した企業という評価を得た。コンカレント・エンジニアリングの導入、サプライヤー数の削減と多頻度納入、品質管理の強化、等々。しかしフォードのコスト削減は工場閉鎖と人員削減に負っていたし、労働様式に大きな変化はなかった。UAW はフォードの再建に協力し労使協調路線に転換し、譲歩交渉、プロフィット・シェアリング等、労働慣行の再編を進めたが、労働者の参画は低い。また、構想と実行の分離は強化され、ガバーナンス様式においては伝統的なフォード主義はさらに強化されたとも見ることができる。クライスラーの場合も事情は似ている。つまり、経営再建のために日本モデルから学んだ技術や戦略を伝統的なフォード主義モデルに適用したハイブリッド・モデルを作り出しているのである。

ルノーは品質向上を優先し、FO および CFDT と「生き方についての協約」を結び、Optim'hom(人的資源の最適化)を目指してチームワーク(UET)を導入した。労働生産過程においてはトヨタ化を目指しているが、しかしトップ・ダウン方式の経営と部門間の壁は変わらず、むしろテクノセンターの建設に見られるように、強化されている。またサプライヤー関係もリーン化を目指しているが、要求に応えられるサプライヤーが少なく、あまり進んでいない。ルノーの復活は専ら工場閉鎖によるコスト低減と新開発車種の販売好調に拠るのである。いわば、トップダウン型経営スタイルを維持しつつ、一方で生産のトヨタ化を進めながら、他方でホンダ的製品イノベーション戦略を追求するというハイブリッド・モデルになっている。

2.2 バイファケーションを阻むイナーシア

ただし、経営危機に遭遇したとしてもパラダイム・シフトが起こるとは限らない。GM がその典型例である。GM 経営陣は「リーン生産」化を進めようとしているが、対立的労使関係のゆえに、GM本体においてはリーン生産化を進めることができず、子会社サターンや周辺地域の工場(メキシコ、ブラジル)においてリーン生産を導入している。VW の場合も、同じような問題を抱えている。労働側は過去の労働慣行を信頼しており、日本的リーン生産化は遅々としている、これに対して、周辺部(モーゼル、スペイン)の工場においては日本化が進んでいる。両者において労使関係の性格は異るが、いずれの場合でも過去のルーティンが頑健性をもち、「リーン生産」化が困難になっているのである。

III 結論

以上、自動車産業を事例にとり、企業システムあるいは産業モデルの進化と進化経路のバイファケーションの実態を見てきた。一般に、企業の進化経路にバイファケーションあるいはパラダイム・シフトが起こる、つまり企業が新しい産業モデルを選択し、新たな進化経路を進み始める原因は、企業自身の遭遇する経営危機である。しかし、経営危機と進化経路のバイファケーション、あるいは産業モデルのイノベーションとの間には必然的関係は存在しない。つまり経営危機は進化経路のバイファケーションの必要条件であるが、十分条件ではない。

「労働の危機」は労働力の確保が問題になる場合、労働力を確保するために「労働の人間化」を進め、生産労働システムのイノベーション(あるいはフォードのように高賃金政策を採用し賃金政策のイノベーション)を生むこともあれば、生産労働システムの編成原理を維持したまま自動化を促進したり、移民労働者や期間従業員等の雇用によって危機を回避することもある。

他方、労使紛争が企業システムのイノベーションを生んだ例は、少なくとも我々の事例には存在せず、労使紛争がかえって労使対立を硬直化し、生産労働組織のイノベーションを阻止するケースが見られる。

「労働の危機」を除く経営危機の場合、品質・コスト競争力の低下による販売量の低下が経営危機を生むというケースが一般的である。ただし、新しい産業モデルあるいはパラダイムへのシフトは経営側の危機の認識と、労使関係およびその他の社会関係に依存している。経営側が過去の産業モデルを維持するかぎり危機を克服できないと認識した場合、危機を克服するために新しい産業モデルが模索されることになる。しかし、我々のケースではこの場合に全くオリジナルなイノベーションを追及するケースは存在せず、成功していると考えられる事例を新たなパラダイムとして企業システムの組替えが試みられている。ただし、このパラダイムの解釈および適用は企業に特有のものになる。単純化すれば伝統的な取引関係や労使関係をそのまま維持して強権的にコスト・カットをする場合もあれば、新しい協調的な労使関係と取引関係を導入することで互恵的にコスト・カットを進める場合もありうるのである。また品質については、製造過程における労働者の品質管理意識が重要であるが、そのためには生産への労働者の参画が不可欠になる。したがって、企業は「チームワーク」と小集団活動を導入しようとするが、コスト問題以上に労使関係が成否のカギを握ることになる。

結局、進化経路のバイファケーションにおいては、経営側の危機認識に基づく政策決定と、この政策実現のための労使関係および、企業システムを支えるその他の社会関係(企業内ヒエラルキー、対サプライヤー関係、対ディーラー関係)のあり方が問題になるのである。

実際、進化経路のバイファケーションとは、ルーティンの変更を意味し、そのためには企業システムを構成している諸制度を変更する必要がある。そして制度(とルーティン)の変更は労使間あるいは当事者間で問題を共有し、新たな「妥協」を制度化する必要があるのである。進化経路のバイファケーションは社会関係そのものの組替えによってのみ可能になると言っても良い。したがて産業モデルにおける進化経路のバイファケーションには、企業システムそれ自体が社会関係であることから様々なイナーシア(inertia)が働き、このイナーシアがバイファケーションそれ自体の在り方、したがって新しい産業モデルの在り方に大きな影響を与えることになる、あるいは新たな産業モデルへの移行を阻止することになるといえる。

フル・ペーパー(草稿)は3月中に以下のサイトの「工事中の論文」からダウンロードできるようにします。

http://www.e.okayama-u.ac.jp/~shimizu/page1.html

[参照文献]

Dosi/Teece/Winter [1990] 、 Les frontiers des entreprises, *Revue d'Economie Industrielle*, 1er trim.

Freyssenet/Mair/Shimizu/Volpato [1998] 、 *One Best Way? Trajectories and Industrial Models of the World's Automobile Producers*, OUP UK

Nelson/Winter [1982] 、 *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap/Harvard

Shimizu[1999a] *Le toyotisme*, Repères/La Découverte

清水[1999 b]「企業への『制度の政治経済学』的アプローチ」、八木紀一郎編『制度の政治経済学の体系化』(文部省科学研究費助成研究報告書)

日本型産業政策の制度的基礎
——非市場的利害調整、レント・シーキング、取引コストの視点から——

宋　磊 Song Lei（名古屋大学大学院）

1．はじめに

本稿は産業政策の分配効果に関する非市場的利害調整という視点を導入し、レントシーキング・アプローチ、取引コスト経済学の分析道具を通じて先行研究を総合した上で、ひとつの一貫した仮説を提出する。具体的には、産業政策に関わるコンフリクトを産業政策の実施に伴う重層的なインフルエンス・コスト(influence cost)と見なした上で、これらのコストは公共領域と企業レベルの制度によってそれぞれ節約されうるものであり、そしてこの節約に成功したがゆえに、日本型産業政策は大きな社会的コンフリクトを引き起こすことなく遂行しえた、という仮説を提示する。そして産業政策の実施に伴うインフルエンス・コストを制限する制度的基礎の存在こそが、日本型産業政策の遂行を保証する一つの要因であると指摘する。

2．予備的考察—問題の所在—

産業政策研究をリードする諸アプローチのうちには、1つの共通点が存在する。すなわち、産業政策の生産性上昇効果に重点が置かれる点である。しかし、産業政策による資源配分の変化はパレート改善的な変化ではなく、明らかにある種の非パレート最適な変化である。なぜなら、産業政策はある産業または企業の地位(資金供給および政策の優先順位など)を向上させると同時に、他の産業または企業の地位を悪化させるからである。言い換えれば、資源が有限であるかぎり、ある産業・企業が獲得可能な資源が増加することは、ほかの産業・企業にとっては獲得可能な資源が減少することを意味するからである。それだけでなく場合によっては、産業政策は分配問題とも直接に関わる（例えば、衰退産業調整援助政策、地域開発政策など)。

それゆえ、産業政策は不可避的に所得分配効果を生み出す。そして、この認識の下では、産業政策は資源配分政策のみならず、所得分配政策をも意味する。産業政策が所得分配政策的性格を有する以上、それは経済の各部門、社会の各階層の間のコンフリクトを引き起こす可能性をもつと考えられる。実のところ、いくつかの国において産業政策が計画どおり実施できなかったということは、産業政策の所得分配政策的側面と強く関連する。それにもかかわらず、なぜ日本型産業政策はほぼ意図どおりに実施できたのか、また、これを可能にした制度的基礎とは何か、そしてこれらの制度を統一的な分析枠組みの下で理解可能なのか——これらを究明することが本稿の目的である。

問題の重要性にもかかわらず、産業政策の所得分配効果に関する研究はあまりなされていなかった。定量分析の困難さがこの研究方向が十分に展開されないことの原因の1つだと指摘できるが、それだけではない。これ以外にも2つの原因があると考えられる。第1に、戦後日本の所得分配は相対的に平等であり、産業政策の分配効果は特に重要な問題ではないと推測できる。ここで指摘すべきことは、産業政策の分配効果をめぐる問題を、さらに2つのレベルに分けられるということである。1つは市場による利害調整であり、市場調整を経て出現するものである。もう1つは非市場的制度による利害調整である。前者の中心的な問題は、競争形態および所得分配の産業連関であるのに対して、後者の中心的な問題は、主に産業政策を策定・実施する際のコンフリクトの調整問題である。産業育成政策を中心とする産業政策体系を想定する際、それに関連するコンフリクトを労使間、労働者間、部門（企業間)のコンフリクトに分類できる。これらのコンフリクトは、産業政策の実施に伴うレントの配分をめぐるものと見なすことができる。部門間のコンフリクトについては若干の先行研究がなされているが、労使間、労働者間のコンフリクトについては無視される傾向が強い。これらのコンフリクトを左右するのは、市場による利害調整と非市場的制度による利害調整という2つのメカニズムである。したがって、戦後日本の相対的に平等な所得分配と、そうした結果を導く市場による利害調整および非市場的制度による利害調整とを切断して

はいけない。そのため、長期的パフォーマンスだけではなく、政策が策定・実施される時点の社会的コンフリクト、そしてそれを緩和する組織、制度の様態、つまり非市場的制度による利害調整についても考察する必要がある。事実、市場による利害調整と非市場的制度による利害調整は混在しており、非市場的制度による利害調整が市場による利害調整の前提条件となる場合が多い。第2に、議会民主制政府の下での産業政策と権威主義的政府の下でのそれとは区別されなければならない。

3．産業政策に伴う利害調整

3．1先行研究の到達点と問題点

①原田・香西仮説

第1に、産業政策はレント・シーキング活動を引き起こす可能性が存在する。第2に、戦後の3大改革の影響の一部としてレント・シーキング活動の根源が消滅させられた。だが、彼らは、レント・シーキング活動に対する抑制として、「オルソン・ショック」型の制度革新以外の制度要因については重要視していない。この点を補足する研究として、岡崎・石井(1995)、奥野・堀(1995)などが注目に値する。

②小宮仮説

第1に、育成産業の利潤率は概して低く、その原因は価格移転および賃金上昇にある。第2に、中小企業が大企業と同様に成長した。小宮仮説の要点は、激しい市場競争のため、産業政策の分配効果が平準化されるという点でり、青木仮説と本質的に類似する。

③青木仮説

青木によれば、高生産性部門が組織革新によって獲得している準レントが、価格システムや政府の補助金などを通じて、低生産性部門に移転される。産業政策、価格システムの変動、産業別生産性上昇、利潤率の相互関係に関する詳しい検討は別稿に譲る。本稿の主要な問題関心は、非市場的制度による利害調整にあり、これに先立ち、統計データを手がかりに、市場による利害調整(青木仮説の核心部分)を簡単に検討する(略)。

④寺西仮説

寺西仮説は、分配に関わる経済政策の影響はコンフリクトを代表する集団のパターンに依存し、日本においては、労働市場との制度補完性のため、階級間コンフリクトよりも産業間コンフリクトの方が重要だと要約できる。

3．2多次元の利害調整と多層な制度

これまでの検討を通じて、産業政策をめぐる利害調整の多次元性(市場による利害調整と非市場的制度による利害調整)の問題が明らかになった。また、上で考察された4つの仮説から窺われるように、利害調整に関わる制度を、①政府介入のあり方(バランスの取れた政策体系、政府－企業間関係、業界団体、有能かつ階級コンフリクトに関わらない官僚、原局体制、状態依存型レントなど)、②市場システム(競争形態およびその結果としての価格システム)、③企業レベルの制度、という3つの制度群に分けることができる。3つの制度群の中で、とりわけ「企業レベルの制度」は注目に値する。第1に、日本において、産業政策が直接に企業内部の経営活動に介入する例は極めてまれである。第2に、企業レベルの制度は高度成長期を通じて制度的環境の基礎をなしたとみなしうる。若干の留保は存在するが、市場による利害調整を中心とする青木・小宮仮説を基本的に受け入れるとするならば、非市場的制度による利害調整としての政府介入のあり方、企業レベルの制度の如何は産業政策の分配効果およびその計画的実施可能性を左右すると言える。第4節は、インフルエンス・コストという分析道具を通じて、政府介入のあり方、企業レベルの制度を同時に分析するものである。

4．インフルエンス・コストと産業政策の制度的基礎

4.1　取引コスト経済学と産業政策研究

政治過程に取引コスト経済学を応用する発想は、North(1990, 1992)、Dixit(1996)による。Dixi が指摘したように、産業組織研究においては取引コストの存在が認められるものの、マクロ政策研究においては取引コスト経済学の影響は希薄である。産業政策研究についてはこの論断も基本的に正しいが、例外的に取引コスト経済学の発想を産業政策研究に直接に応用したものとして Chang(1994)が挙げられる。彼の仮説の中には、2つの要点がある。第1は、国家介入(産業政策を含む)が所有権システムの確立、およびマクロ経済の

安定性の確保を通じて、民間部門における取引コストを削減しうること。第2に、Chang はコーディネーション(coordination)の失敗を重視することから、国家が市場より低いコストでコーディネーション問題を解決できるか否かである。また、彼は政府介入コストの性質は取引コストと類似するために、取引コスト経済学の分析手法を用いることによって、政府介入コストの問題を分析できると主張する。事実、Chang(1996)の研究には2つの「取引コスト」が混在している。1つは政府介入を通じて節約できる取引コストであり、もう1つは政府介入そのもののコストである。前者はWilliamsonらが言う取引コストと一致するのに対して、後者にはより広い含意が含まれる。

4.2　産業政策の制度的基礎

インフルエンス・コストの理論は組織の設計を研究するものであり、われわれの問題意識とやや異なっているが、この議論の延長線上には企業内部の個人間、各集団間のコンフリクト問題、あるいは企業内部におけるレント・シーキング問題の存在が考えられる。また、企業レベルの制度様態と政府レベルの制度様態をつなげる分析道具を提供するという意味においてMilgrom and Robertsの研究は示唆に富んでいる。

インフルエンス・コストの理論を応用する前に、レント・シーキングの視点から利害調整過程としての産業政策を再解釈する可能性を指摘しておきたい。レント・シーキング・アプローチは2つの方向から産業政策研究に応用しうる。1つはいわゆる正の応用であり、レントの創出とその性質が経済発展に対する正の影響を及ぼすケースを研究する方向である。もう1つはいわゆる負の応用であり、レント・シーキング活動の抑制から産業政策の可能性を分析する方向である。この2つの研究方向を統合する研究もいくつか存在するが、体系的なアプローチは確立していない。Milgrom and Robertsの一連の研究はまさにその可能性を提示した。というのは、インフルエンス・コストが制限されるか否かは技術コストにも影響を及ぼすからである。

一般的に、レント・シーキング活動は3つの種類に分けられる。この認識にしたがって、産業政策をめぐるレント・シーキング活動もほぼ同様に分類可能である。そして、産業政策をめぐるレント・シーキング問題に関する諸仮説は、基本的にこの3つの角度から展開される。ただし、産業政策の分配効果との視点を考慮すれば、企業内部におけるレントの配分をめぐるコンフリクトも重要な問題となる(Tirole, 1988)。レントを中心に産業政策を分析する際、「市場」も1つの制度であるとの観点を導入すれば、産業政策に関わる制度的補完性とは、市場競争を通じて獲得する準レント、成長産業に対して政府が提供するレントの機会、および衰退産業に対して政府が提供するレントとの間の補完性ではなく、この三者と企業内部におけるレント・シーキング活動を制限する制度との間の補完性である。つまり、市場を中心とする制度群、政府を中心とする制度群、企業を中心とする制度群(特に企業内部の利害調整に関するもの)との間の補完性が重要である。この意味で、Milgrom and Roberts の一連の研究は、産業政策研究へのレント・シーキング・アプローチの応用範囲を拡張したと言えよう。

本稿では、産業政策は市場メカニズムを補完する上で、一定の役割を果たすことを主張する。しかし、潜在的な有効性が顕在化するか否かは制度いかんによる。ここでの制度とは、以下の2つのレベルに分けることができる。1つは賃労働関係をはじめとした国家、金融、国際体制などの制度諸形態であり、もう1つはこれらの制度諸形態を支える具体的組織様態、規則、慣習などである。このため、一貫したアプローチによって制度諸形態を支える具体的組織様態、規則、慣習などを分析する必要がある。

Milgrom and Roberts(1990)が指摘したように、インフルエンス・コストは取引コストの一種であり、経済活動にともなう重要なコストである。本稿の問題意識にしたがえば、産業政策の導入によって、各種のコンフリクトが活発化し、これらのコンフリクトによって発生するコストは、基本的にインフルエンス・コストに帰結しうる。

まず、企業にとって、産業政策の導入は経営環境の変化を意味する。産業育成政策の対象である企業では特にそうである。経営環境の変化は必ずインフルエンス活動を引き起こし、しかも、このようなインフルエンス活動は生産性的側面だけではなく、経営環境の変化の再分配的側面にも依存する。そして、産業政策が

導入される以前に従業員間のコンフリクトが均衡に達していたとしても、経営環境の変化によって、利害をめぐる各集団間のコンフリクトによって再び不均衡に陥る可能性が考えられる。なぜなら、変化した経営環境に対する不適切な対応はインフルエンス・コストを増加させるからである。したがって、産業政策と関連して企業レベルの制度を考察する際には、産業政策導入の前後におけるインフルエンス・コストの変化に注目する必要がある。この意味で、高度成長期に労働分配率が持続的に低下したこと、また、春闘の開始と高度成長期の開始がほぼ同時期であったことは興味深い。

政府の立場からすれば、産業政策はレント及びレントを獲得する機会の配分である。ただし、レント・シーキング活動が一定水準を越えると、産業政策の実施は困難になる。

それゆえ、産業政策をその意図通りに実施するためには、企業レベルと政府レベルにおけるレント・シーキング活動、あるいはインフルエンス・コストの削減が必要不可欠である。Milgrom and Roberts(1990a)は日本企業におけるインフルエンス・コストの制限メカニズムの一般的特徴を提示したが、高度成長期特有の歴史環境についてさらに詳しく検討する必要がある(詳細は参考資料２を参照)。

要するに、日本において、産業政策に関わるインフエンス・コストは企業、政府レベルの諸制度によって節約されたのである。

５．結びにかえて

本稿が示すように、制度が産業政策の分配効果に影響を及ぼすとする考えは、経済理論において新しいものではない。とはいえ、この点が経済理論の中で強調されることは少なかった。本稿は、利害調整過程としての産業政策の問題を抽出した上で、産業政策の分配効果をめぐる諸制度を政府を中心とする制度群、市場を中心とする制度群、企業を中心とする制度群の３つに分類した上で、企業を中心とする制度群の重要性を指摘した。また、利害調整について、市場による利害調整と非市場的制度による利害調整の２つに分類した上で、産業政策の分配効果に対する非市場的制度による利害調整(政府を中心とする制度群、企業を中心とする制度群)の役割を中心に分析を進めた。そして、産業政策を利害調整過程として見る際、市場による利害調整の効果がコンフリクトを緩和する方向に働くと仮定すれば、企業、公共部門におけるインフルエンス・コストをそれぞれに制限する企業を中心とする制度群、ならびに政府を中心とする制度群という非市場的制度こそが、日本型産業政策の制度的基礎であると結論づけることが可能である。

参考文献

Aoki, M., Kim, H. K. and Okuno-Fujiwara, M. (eds.) (1996) *The Role of Government in East Asian Economic Development*, Oxford Univ. Press.

Chang, H. J. (1994) *The Political Economy of Industrial Policy*, Macimillan Press.

Dixit, A. (1996) *The Making of Economic Policy: A Transaction-Cost Politics Perspective*, The MIT Press.

Milgrom, P. (1988) "Employment Contracts, Influence Activities and Efficient Organization Design", *Journal of Political Economy*, Vol. 96.

Milgrom, P. and Roberts, J. (1990a) "Bargaining Costs, Influence Costs, and the Organization of Economic Activity", in J. Alt and K. Sheples (ed.) *Perspectives on Positive Political Economy*, Cambridge Univ. Press.

Milgrom, P. and Roberts, J. (1990b) "The Efficiency of Equity in Organizational Decision Process", *American Economic Review*, Vol. 80.

仲重人 (1994) 「戦後日本経済の制度選択と政治契約の取引コスト」, 『公共選択の研究』第24号.

North, D. C. (1992) *Transaction Costs, Institutions, and Economic Performance*, Occasional Papers, No. 30, ICEG.

寺西重郎 (1996) "Industrial Interests vs. Class Interests: Conflicts over Income Distribution in the Economic Development of Japan and Brazil", Paper presented at the Round Table Conference of the International Economic Association, Tokyo.

Tollison, R. and Congleton, R. (eds.) (1995) *The Economic Analysis of Rent Seeking*, Kluwer Academic Publishers.

Willamson, O. E. and Manster, C. (eds.) (1995) *Transaction Cost Economics*, Kluwer Academic Publishers.

山田鋭夫(1993)『レギュラシオン・アプローチ』藤原書店.

企業の老化と再生：生物と企業のアナロジー

慶應大学国際経済学部　堀出一郎

1　はじめに

本論文では、加齢・老化に関する細胞生物学における最新の知見を基に、企業の進化、特に加齢・老化による衰退、経営革新による再生・永続のプロセスに関するる論的分析をおこなう。

2　基礎概念の定義

2－1　進化 (evolution)

広辞苑では、進化を「生物の場合には、世代を経て変化し、もとの種との差異を増大し、多様化すること。また、社会の場合も、同質なものから異質なものへ、未分化から分化へと進むこと(第4版)。」と定義するが、進化を進歩と関連付ける言及はない。進化生物学では、進化を「生物の異なる環境に対する多様な適応変化」と機械的に定義し、そこに「低級」から「高級」へ進歩するという目的論的な意味を含めない(Futuyma, 1986:24-25)。しかし、目的論的に捉える場合には、進化を単なる変化を超え、進歩 (progress)、いいかえれば、よくなること(the better)とみる(Futuyma, 1986, 和訳:24-25)。

しかし、最近の進化生物学においては、進化を目的論的に捉えず、偶然的な変化と捉える考え方が有力である。キムラの中立進化説でも、遺伝子に現れる突然変異は自然選択に対して有利であることはごく稀で、有利でもなく不利でもない変異か、むしろ有害な変異のほうが出現しやすいと主張し(木村, 1988:228)、進歩の概念からほど遠い。現在では、突然変異と自然選択を柱とする進化総合説 (Evolutionary Synthesis) が有力であるが、われわれの対象となる企業の進化については、どう考えたらよいだろう。広辞苑は、企業の進化に触れないが、社会進化については、異質化、分化を進化と定義する。言語表現に関する限り、そこに価値的な表現は見られない。したがって、生物学と基本概念を一致させるため、本論における企業進化は、betterment を含まないものと前提する。

しかし、現実の企業の世界ではどうだろう。進化を価値の創造と結び付け、betterment を目的と考えていないだろうか。用語の使用を厳密に定義せず、無意識に進化を進歩とみなしている場合もあるだろう。もしそうであれば、科学的な進化を考える自然科学者からの厳しい批判を避けられない。

ビジネスの世界では、イノベーションと経営環境の変化への対応が企業存続の決定的要因になることは、常識である。シュンペーター(Joseph Schumpeter)の新結合(new combinations)、いいかえれば、イノベーションにより、経営の革新を実行に移さない限り、企業の体質の変革をはかり企業の存続をはかることは困難である。しかし、イノベーション、適応によって企業生命の永続をはかれたとしても、その結果がbetterment かどうかは疑問である。経営者、従業員、株主、取引先、一般社会のいずれにとってもbetterment かどうかは、進化、存続という事実だけで判断できない。イノベーションが、企業の利害関係者(stakeholders)に対し、一様に価値を生み出すかどうかは、なんともいえない。マーシャルの「環境を自分に都合のいいように利用するのに適した有機体が生き残ってゆく...環境を最もよく利用するものはその周囲のものにとっても最も有益なものであることが多いが、かえって有害な影響を与えるものであることも時にはあるのだ(1920:和訳218)」という指摘は、企業のイノベーションによる生き残りが、必ずしも社会的にbetterment なものにつながるとは限らないことを示す有力な証左といえよう。

2－2　成長 (growth)

広辞苑 (第4版) では、成長とは、一般的に「育って大きくなること」、また、生物学的には「生体の量的増加、形態形成、形態変化」と定義する。マクロ経済学の分野においては、成長といえば、紛れもなく数量的増加を意味するが、生物、人間の場合の成長は、形態変化、形態形成だけに限らない。たとえば、「人間的に成長する」という場合、単に数量的な意味でなく、質的な「精神的に幅、深みができる」という意味を含む。つまり、物理的・外面的な数量変化でなく、内的・精神的、つまり質的・内面的な変化が成長となる。ペンローズ (Edith Penrose) も、成長には「単なる数量的な増加」だけでなく、「生物学的な発達」に近い

「発育的な量の増加、質の向上」を含むものと指摘する(Penrose, 1996:1)。

成長には、量的変化、質的変化にみられる「量的拡大・縮小、質的向上・劣化」というプラス・マイナスの両局面が含まれる。しかし、本報告では、成長概念に、縮小・劣化を含めず、次の、加齢・老化の項で取り上げる。

2－3　加齢 (aging) と老化(senescence)

進化生物学では、加齢 (aging)、老化 (senescence) という用語を使用するが、その意味は各種各様であり、確立した定義がない (Arking, 1998:9-13)。

最新の文献では、生物の加齢を「時間の経過とともに発生する退化・低下(Masoro, 1999:1)」と定義する。しかし、退化・低下となれば、加齢より老化のほうが適切な表現かもしれない。マソロ(Edward J. Masoro)は、老化の定義として「成人にみられる退化現象」「チャレンジ精神の弱体化、生存能力の低下」と定義する(Masoro, 1999:1)。

単細胞生物は、体細胞と生殖細胞に分離せず、自らが生殖細胞として不死細胞として増殖する。しかし、多細胞生物の場合、生殖細胞が分裂せず不死細胞細胞として生き続けるが、体細胞には分裂に限界があり、最終的に細胞死が個体死につながる。しかし、企業の場合は、経営に成功すれば、倒産・消滅せず個体そのままが連続的に存続する。したがって、一般論として生物は加齢により老化し個体として死ぬが、企業は必ずしも加齢により老化せず生存可能といえる。

生物の体細胞には、誕生と共に増殖を中止する脳神経細胞や心筋細胞と、出生後も有限回の増殖を行い生体の維持に活躍する細胞がある。しかし、生物の細胞の入れ替えは、現状では、一部の器官、組織の取り替えを除けば、不可能であり、原則として、誕生以来の細胞と共に生体は成長・加齢・老化のプロセスを辿り、死を迎える。ただ生殖細胞によって同種に属する他の生物個体と交配をおこない、遺伝子の交換により新しい組み合わせができれば、誕生する子供(offspring)経由で、種として生命活動の維持をはかれる。しかし、個体はあくまでも別物である。一方、企業の場合には、企業を構成するヒトは定年などにより継続的に新陳代謝される。したがって、個体として同一体でも、構成要員は、絶えず入れ替わる。生物にたとえれば、絶えず老衰した細胞を外部に放出し若い活力ある細胞の取り入れにより、加齢による細胞の老化を防止できる。

3　なぜ加齢により老化するか

生物の加齢による老化の原因については、諸説が並立し、文献によっては、１５にも及ぶ理論を列挙する研究書(Arking, 1998:372)もあるが、現状では、細胞レベルにおける加齢による老化説が有力である。生命個体を構成する要素の中で、生命をもつ最小単位である細胞の死が、単細胞生物 (酵母, バクテリア) であれ、多細胞生物 (人間) であれ、究極的に、その老化・死の原因になるという理論である (Clark, 1999:21)。

細胞の加齢による老化に関しても、諸説があるが、煎じ詰めると、確率理論 (エラー説) とプログラム理論 (システム説) に大別できる(Arking, 1998:372, Clark, 1999:23-26)。

確率説では、細胞外の条件により細胞が傷害を受け、老化し、崩壊し、壊死する。プログラム説では、細胞の中の細胞核が小さくなり断片化し機能を失い死にいたる。アポトーシス(apoptosis)といわれる細胞死がそれに該当する。細胞老化の原因を証明する有力な実験がヘイフリック(Hayflick)によって行われ、体細胞分裂の有限性が実証された (ヘイフリック, 1983)。細胞分裂が有限であれば、時間の経過とともに総細胞数が減少する。細胞数の減少は、細胞によって構成される器官、組織の老衰・老化の原因となる。なぜ細胞分裂が有限なのだろう。その原因は、分裂時におけるエラーの発生にといわれてきたが、最近の研究では、老化をコントロールする遺伝子の存在が指摘されている (三井, 1999:50-66)。遺伝子にコントロールされ、細胞機能に変異が生じ、分裂が有限になる。分裂回数をカウントするテロメアの短縮が分裂の有限性に関係するのではないかという説が有力であるが (Clark, 1999:108-112)、テロメアの短縮・消滅が、細胞核の中で、染色体に異常をもたらし、遺伝子に何らかのきっかけを与え、分裂回数の有限性につながると考えられている(三井1999:14-17)。

細胞死については、まだ最終的な定説がない。しかし、老化については、老化遺伝子の発見により理論の正当

性が確立されつつあると見てよいだろう。

4 老化のプロセス

4－1 生物の場合

細胞の老化が生物個体の老化原因であれば、生物個体自身の老化・死はどのようなプロセスによって、進行するのだろう。

特に単細胞生物に比べ、複雑な多細胞生物であるヒトの老化のプロセスは、生体を構成する細胞と細胞間物質の老化により、生体の生理的機能が衰弱するプロセスといわれ、その原因には、諸説があるが(Ross,1995)，(Spence,1995)，有力説は、生体のホメオスタシスを維持するための統合機能を役目とする脳神経・内分泌・免疫系の老化説である（今堀、1993:73）。神経系でも末梢神経の場合は、機能の劣化が遅く、機能の衰えが少ないが、高次神経である脳の中枢神経は、知識、言語、記憶力、想像力、判断力の生理的メカニズムを司る関係で、その機能の老化の影響が大きい。さらに、中枢神経・末梢神経系で機能する神経・内分泌系は、ホルモンの分泌、または、自律神経のはたらきによって、生体機能をコントロールし、ホメオスタシスの維持をはかっている。したがって、脳の中枢機能が、老化し、機能が低下すれば、生体の総ての機能は、コントロール不能となり、生体個体としての機能の衰弱をまねく。それだけでない。自己と非自己を区別する免疫系の老化も、ホメオスタシスを維持する機能を衰弱させる。中枢機能の老化は、ヒトの知識、言語、記憶力、想像力、判断力の低下、ホメオスタシスの維持機能の衰弱をまねき、ヒトは老衰・死を迎える。

4－2 企業の場合

企業の老化プロセスを、二つに分ける。第一は、企業経営の最高責任者であるCEO (chief executive officer)の老化であり、第二は、企業組織 (organization) の老化である。

4－2－1 CEOの老化

（1）個人の老化

企業を人体にたとえれば、CEOは大脳中枢神経にあたり、従業員は人体を構成する各器官に相当する。大脳（CEO）から発信される指令により各器官（従業員）が活動し、また、各器官（従業員）から大脳中枢神経（CEO）に報告される現場情報のフィードバックによって大脳中枢神経（CEO）に最新の情報が蓄積され、さらに新しい指令が発信される。したがって、いかに優れたCEOであっても、年齢とともに、老化は不可避である。したがって、ヒトとして老化したCEOが、企業組織の中枢にあって経営に関与し、重要業務に参画すれば、経営力低下による企業活動の衰退は免れない。老化したCEOが関与すれば、当然経営判断に誤りが生じ、ましてや、経営環境の変化に対する察知能力が鈍化すれば、経営危機をまねくことは必然である。特に経営環境変化への適応には、抜本的な業態の変更を迫られる場合が多いので、感度が鈍り、判断力、決定力、推進力が衰弱し、バイタリティの欠けたCEOは企業衰退の元凶となる。

（2）世代交代による老化

CEO個人のみならず、世代交代によるCEO機能の老化も、企業老化の原因となる。CEOが老化すれば、交替の必要がある。CEO個人の生理的老化は、若返りによって、リカバーできる。しかし、先人が持っていた経営活性、経営情報に基づく経営力を、世代を経て、どれだけ劣化させずに歴代のCEOに遺伝継承できるかは、疑問である。遺伝継承による誤差の発生確率は、ゼロより大きいと考える方が常識である。劣化は、程度の差があっても、避けられないと考えて不思議でない。そうであれば、交代による若さの復活と継承による経営活性並びに経営情報の劣化とのバランスが問題であり、デメリットの大きい場合は、生理的若さの維持が可能でも、経営力の低下により、先代が在任中に築き上げた企業組織を維持できない場合が現れる。もちろん、先代をしのぐ後継者の出現する突然変異も考えられる。先代からの遺伝継承でない優れた経営力をもつ突然変異的な後継者である。

4－2－2 企業組織の老化

企業組織は、構造的に単階層組織と多重階層組織とに分けられる。単階層組織は、いわゆる平坦組織、または文鎮型組織といわれ、中枢組織と現場組織との間に中間階層のない組織であり、また、多重階層組織は、細胞分裂のように、多重階層に分化した組織であり、現場組織と中枢組織との間に、距離があり、中間組織が存在する組織である。

（1）単階層組織における老化プロセス

単階層組織の場合、CEO と従業員が直結しているので、全員の間に情報が行き渡り、従業員も、経営者に信服し、トップの経営意思を体現している。この規模の企業では、働く全員の間の経営情報交換が、きわめて緊密であって不思議でない。したがって、小規模の単階層組織は、トップ経営者個人が老化しない限り、老化しにくい。単細胞の寿命が長いのと同じである。

（2）多重階層組織の老化プロセス

事業の拡大とともに、企業組織が、巨大化、多重階層化し、情報伝達経路に中継点が増え、情報伝達の歪みが発生する。必要かつ、重要な情報が、意思決定者 CEO に、タイミングよく伝達することが困難になり、また、CEO の意図が正確に下部に伝わらなくなる。情報伝達経路における中継点の数に比例して、情報に歪みの発生する確率が増加する。情報伝達の中継にはヒトが介在するので、ヒトの理解力、判断力、処理能力などが影響する。したがって、多重階層組織は、規模が大きくなればなるほど、機能を劣化させる傾向にあり、企業組織の老化を促進する。

5 生存 (survival)

5－1 生物の場合

多細胞生物であるヒトは、個体としての生命が有限であり、いかに好条件の下で生活を営んでいても、必ず死が訪れる。しかし、種としてのヒトは、生殖細胞による生殖活動により、子を生み、育て、家系の維続・維持を計る。生殖活動により、遺伝子の構成が変化し、新しい組み合わせ、つまり突然変異により、自然選択に耐え、生き残れる子供（offspring）が誕生する。両親から引き継がれた生殖細胞の核内に収められた遺伝子が、子に引き継がれ、さらに子から孫へと、生殖活動の続く限り、永遠に子孫の生体の中で生存を続ける。その意味では、生物は、子を生むことにより、永遠に生き続けることができる。単細胞生物の場合も、分裂により、遺伝子が娘細胞に引き継がれ、生存を続けるが、分裂がある回数に達すると、分裂が終了し、生命は途絶える。したがって、単細胞生物の場合でも、時折、自家生殖活動により、若返りをはかり、生命の維続をはかる（土居,1991）。いずれにしても、生物の生命活動は、個体の死を乗り越え、生殖活動が維続される限り、遺伝情報を引き継ぐ新しい個体によって、永久に生きる。

5－2 企業の場合

企業は生物と違い、細胞にあたる構成要員を新陳代謝により入れ替え、構成要員の老化を防ぎ、企業組織の存続をはかる。どの企業においても従業員は６０歳前後で定年により会社を離れ、その補充として若い従業員が加わる。しかし、問題は環境への適応である。生物の場合、突然変異と自然選択が生き残りの条件になるが、企業の場合も、突然変異に相当するイノベーション、つまり、シュンペーターの新結合にあたる経営の活性化が存続のための必要不可欠な条件になる。耐えず変化する経営環境の下で生き残りをはかり、厳しい競争に打ち勝たない限り存続は不可能といえる。そのプロセスは、生物の自然選択そのものといっても過言でないだろう。

6 終わりに

生物の加齢による老化のプロセスは、企業の加齢による老化のプロセスに類似している。しかし、生物の場合は、構成要素である細胞が個体と共に老化しても、現状では取替え不可能なので、生命個体は死を迎えざるを得ない。一方、企業は、構成要素であるヒトの新陳代謝により、構成要素の老化を回避でき、個体の若さを維持できる。しかし、生物、企業ともに、生存を続けるには、新しい組み合わせによって革新をはかり、環境に適応せねばならない。生物は交配により、新しい個体を誕生させ、また、企業はイノベーションにより、事業・組織を変革し、存続をはかる。

参照文献

Arking, R. (1998), *Biology of Aging*, Sinauer Assoc.

Clark, W.R. (1999), *A Means to an End*, Oxford.

Doi, H. (1991) 土居洋文『老化』岩波書店.

Futuyma, D.J. (1986), 岸由二他訳, 1991『進化生物学』培風館.

Hayflick, C. (1983), 川島誠一郎訳『人はなぜ老化するのか』日経.

Imabori, K. (1993), 今堀和友『老化とは何か』岩波新書.

Marshall, A. (1920), 馬場啓之助訳, 1966『経済学原理』東洋経済.

Masoro, E.J. (1999), *Challenges of Biological Aging*, Springer.

Mitsui, Y. (1999), 三井洋司『不老と不死』丸善.

Penrose, E. (1996), *The Theory of the Growth of the Firm*, Oxford.

Ross, I.K. (1995), *Aging of Cells*, W.C. Brown.

Spence, A.P. (1995), *Biology of Human Aging*, Prentice-Hall.

自由植民を始源とする日本文明からみた企業内決定ﾌﾚｰﾑと組織自由性

「決定フレーム制御」、「平信徒組織変革権」 － 日本型組織の改革手法 －

香村由紀　会社員

概要　はじめに、日本文明の二つの特徴、1．平等－下からの合議主義と、2．非商業主義がもたらした歴史文明論的－生態学的分析を行う。これを元に、いま日本の組織が抱えている問題点をしめす。この分析を踏まえ、実際の企業組織での欠点は何かを示し、新しい日本にあった組織構造とはなにか考える。

新しい点　梅棹忠夫の文明の生態史観での楕円構造に赤道をいれ、乾燥帯農業と交易が結びつき、西の文明の中心に交易と商人が入り、ｷﾘｽﾄ教-論理-対外侵略思想-奴隷制が成立した事をしめした。

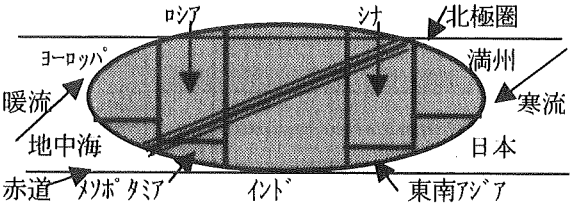
山本七平による日本社会の議論を 1.自由植民としての日本文明、2.仏教の思考方法、3.商人階級が権力中心から外れているから説明しなおした。

日本の組織の欠点を、判断ﾌﾚｰﾑ制御と組織自由性により改善し、日本の伝統にあった組織構造をつくれる可能性を示した。この組織は、組織論的にも合理性がある。組織共変性や変革自由度の概念を示した。

基礎　この研究は、我々が展開した論理学の決定ﾌﾚｰﾑ、社会-組織の生態学-統計力学-化学熱力学ﾓﾃﾞﾙ、都市成立の流体力学ﾓﾃﾞﾙ、企業の共変性-変革自由度-ｲｼﾞﾝｸﾞﾓﾃﾞﾙ-確率的待ち時間などが基礎にある。

注）この報告は、発表者の所属企業とは関係しない。

1．日本文明の構造　梅棹の生態学的楕円構造の修正と商人階級の位置　川勝と異なる視点で、梅棹の気候区分に基づく文明系の修正をする。修正の動機は、ｼｭﾒｰﾙに始まる西の文明では交易が社会構造の基幹であるのに対し、東の文明は交易が文明の中心にない。注）矢野が示した様に、東南ｱｼﾞｱの海衝国家では交易が主流をしめたが、この文明は成立自体がおそく、文明の展開に影響を与えなかった。



この差は、楕円図に赤道の線をひくと理由が解る。農耕は、赤道付近で始まり、たかい生産力をもつ地域も南にあり、北極にちかい地域の生産力は低い。西世界の南の地域では、最初の文明ｼｭﾒｰﾙは砂漠の中にある大河の流域に始まり、ｷﾞﾘｼｬ、ﾛｰﾏは、地中海沿岸に成立した。いずれも交易が文明の重要な要素であった。これは、ﾕｰﾗｼｱ大陸を斜めに貫く乾燥地帯と気温が高くすぐれた生産力もつ地帯の交点に文明が成立した事に関係する。西では、海と乾燥地帯に挟まれた交易路が同時に農耕地帯であり、商業階級が武士階級とほぼ同じ階級をしめ、文明の展開に影響した。

最初の文明ｼｭﾒｰﾙからみられる議会制都市国家は、この様な交易文明の流れの中でおこった。交易都市国家は自足経済でなく、外にでて植民都市という拠点をつくろうとする。この様な権力形態は、その統治思想が防衛の為の侵略を正当化する。また、砂漠の民の侵略が常態であり、防衛も攻撃的でなければならず、また砂漠の民が征服者になれば、自己の攻撃を正当化する。いずれにしても、外部拡張的な政治思想が成立する。東の世界では仏教が、西の世界ではｷﾘｽﾄ教-ｲｽﾗﾑ教が支配宗教になったのも交易による。

1．日本は、組織の中枢に商人階級がくみこまれなかった。このため対外発展思想もよわい。敵対的株買い付けはこの流れにある。

東では、東南ｱｼﾞｱは乾燥にはほどとおく、矢野のいうように疫病が影響し発達が遅れた。また、地球の自転による偏西風が暖流寒流のさをうみ、満州とﾖｰﾛｯﾊﾟの役割の差になる。また、川勝の文明はｱｼﾞｱの海からという命題も、たかい生産力をもつ地域が赤道に近いｲﾝﾄﾞや南ｼﾅ(ｼﾍﾞﾘｱ、ﾛｼｱとの差)というｱｼﾞｱ(梅棹のいう中洋の地域)であり、日本やﾖｰﾛｯﾊﾟは、その周辺地域にすぎない事に関係している。

自由植民を始源とする日本文明

自由植民文明ﾓﾃﾞﾙ　日本文明を植民文明とする。植民は、紀元前４世紀頃おこった弥生人の植民をいう。植民文明の特徴は、母体の文明集団から独立し、集団で移住するにしろ支配者の影響をぬけだす。移住は、新しい機会を求め個人の決断で行われる。

この様な事が起こるのは、海を隔てた対岸に対し

て起こり、陸続きの場合、普通これは征服となる。植民の代表的なものは、ｼｭﾒｰﾙ、ﾕﾀﾞﾔ、ｶﾙﾀｺﾞ、ｷﾞﾘｼｬ、ｱﾒﾘｶ等で、ｼｭﾒｰﾙ、ﾕﾀﾞﾔ、ｷﾞﾘｼｬは陸続きだが、移動は、隣接地域の征服ではなく、海の民などの移住だった。

平等、下克上、入れ札(投票)　この様な植民文明としての日本は、やがて中世を迎えると、仏教の言い伝えの一つである「入れ札」による投票制度が仏教集団を中心に広まり一般化する。また、宗教集団から始まった講組織も、平等な横の繋がりを中心にして、同じ趣味や仕事仲間の組織として成立した。講の経済版が座である。下の団結は下克上をうむ。この様にして成立した平等社会は、異民族の征服としての奴隷階層のない社会として、ﾖｰﾛｯﾊﾟ型の階層社会とは全く異なる社会構造を持つ。

日本社会は、その成立期から中国の同族社会と異なり、**血の繋がりを中心とせず**、地域での共住により成立した擬制的な同族構造であったと思われる。この理由は、言語がｳﾗﾙ=ｱﾙﾀｲ語族であるように、中国的同族組織を元々持っていなかった。(最近の学説では日本語は、ｳﾗﾙｱﾙﾀｲ語族に属さないが、環太平洋言語の中で、中国語とは別系統)。もう一つは、植民により同族組織よりも地縁組織が中心になり、同族組織が地縁的に再編された可能性が高いこと等である。

商人階級のくみこみによる影響　商人は、機会があればどこにでもでかけて、商売をする。たえず世の中を客観的にみ、危険と隣り合わせの世界に生き、一人一人が決断を毎日くだす。この商人階層が社会の支配階級に含まれなかった。さらに、支配階級が一つであった為、広い視野をかき、全体のﾊﾞﾗﾝｽをとる事ができる判断ﾌﾚｰﾑを形成できなかった。日本人の上層部が決断を行わないのは、歴史的背景がある。

仏教とｷﾘｽﾄ教　同時報告で示す様に、仏教とｷﾘｽﾄ教は全く思考方法が異なる。仏教は中心論理が存在しない事を原理とするのに対し、ｷﾘｽﾄ教は中心論理が存在する事を原理とする。このために、日本の政治家や経営者は、自己の存立基盤を論理に求めず、決断ができない状態いにおちいる。政治や経営は、権力-論理そのものであるにも関わらず、政治権力とは調整作用であるというなさけない思想で権力を行使してきた。日本では、仏教が個人宗教として浸透する前は、自分達の論理を法として汲み上げ、論理化する力をもっていたが、仏教とともに失われた。

2．日本は、より平等主義的で奴隷がいない。上層部は、祭り上げられ決断できない。これは、商人階級が社会の核に入らなかった事と宗教に関係。

この様な組織に、ｱﾒﾘｶ型の経営をくみこんでも木に竹をつぐ様なもので、世界をﾘｰﾄﾞできない。新しい、日本にあった経営手法が必要である。

2．日本企業組織の限界と問題点と決定ﾌﾚｰﾑ制御

下克上をもたらす平等主義は、現在の企業内で下部の判断による行動となり、仏教による論理の軽視は、経営者が経営判断に必要な判断ﾌﾚｰﾑをうばう。

日本では、ﾄｯﾌﾟの決断で仕事をするのではなく、下部が仕事を進める。目標が明らかな時にはうまく働くが、つぎの様な理由で、この方式は限界にきた。

1．組織が巨大化し、一つの仕事がおおくの部署にまたがり、その仕事を行う部署の決断では仕事の変更が不可能になった。上層部が変更する必要があるが、判断基準がなく決断できない。

2．TQCの手法、特にこれを進めるｴﾝｼﾞﾝとなるQCｻｰｸﾙの活動範囲は、物作りや情報加工に限られ、組織を改革する権限はなく、活動対象でもない。上層部はﾄｯﾌﾟの権限とし、改善を動機づけない。

3．上層部の決断を助ける組織が、現場から離れ、現場への権限のない社長室－企画室であるため、適切な判断可能な情報をﾄｯﾌﾟに上げられない。

4．技術開発は、無限の選択肢の中から一つを選び全てを集中する。最初の選択を誤れば全ては無にきす。無限の選択肢を新しい視点から技術的理論的に徹底検証しなければならない。しかし、これを判断するﾌﾚｰﾑがない。

組織機能の視点からこれらの問題を調べる。

決定組織　組織の成立根拠と特徴は、次の通り。

1．分業　　A.ｽﾐｽ

2．仕事の流れ　　取引ｺｽﾄおよびM.ｳｪｰﾊﾞｰ(文書規定による没主観的業務遂行としての官僚制)

3．**共変性**　組織を一斉に一定方向に向ける機能

4．**決定位置**　　現場に近いと、適切な解決可能

5．**変革自由度**　柔軟に組織をかえられるか。共変性の概念と裏表の関係にある

6．**変換投入力**　組織資源を一点に集中。注)

7．**情報集中**　専門組織論　変異経路　通常経路

8．**価値フレーム**　仕事の流れ、共変性に関係、ゆらぎ

問題は3－8で、今の日本の企業組織はこれを解決する手段をもたず、状況にあう組織変革ができない。これを組織における意志決定の機構-権力と組織の共変機能-に焦点をあて分析する。注)

組織モデル　組織の環境への適応は、通常経路からいかにして経路変更を行うかであり、環境や組織内部のゆらぎにより組織が変更される。相転位モデルとして示したイジングモデル自由気体モデルの共変変数は、このゆらぎに関係する。2次相転移では、相転位点に近付くとゆらぎが大きくなる。通常、ゆらぎが大きくなって相転位する。しかし、意志決定機構が方向を示し、組織成員が変化の可能性を確信し行動を変える事で、相転位がスムースに行われる。－確率的待ち時間-注)

この相転位モデルの意義は、共変という組織機能を数学モデルで表し、機能が組織構造を支配する秩序変数に関係する事を示し、機能を初めて定式化した。

仕事の流れをつかんでいるのは、担当の部署である。しかし、仕事には、いくつもの部署が関係する。このため、一部門が変えようとしても組織は動かない（日本企業組織の限界1）。このため、上部組織が変更権をもつ。これは、物理相転位モデルでの長距離秩序を意志決定上部機構がになう事をいみする。これは、権力のない組織にくらべ共変性（組織成立根拠3）という点で有効であるが、問題もおおい。それは、問題をかかえている部門が決定をくだせない事である。取締役でも部門間にまたがる仕事の変更はできない。意志決定をできるのは、社長のみである。

カンパニー制は中途半端で、この問題を完全には解決出来ないだけでなく、日本型組織にあわず、別の問題もひきおこす。それは、組織成立根拠の最も重要な機能である変換投入力をそこなう点にある。カンパニー制を導入した電機業界では、半導体設備投資が必要な時期に、半導体分身会社は資金不足で投資できず、資金共用システムが欠けている。結局、カンパニー制は中途半端な形態で、意志決定の点に最大の問題がある。

実際の組織構造と目標変換にかんする項目

上部組織が、共変性や決定権をもつのは当然にみえる。しかし、この制度は組織成立の根拠となる8つの要件のうち、特に5の変革自由度と4の決定位置を満たさない。変換はどのようにおこるのか。この組織の変化－相転位は、つぎの4つに規定される。

1．判断フレーム　判断にしたがい組織を変化させる。

2．決定権をもつ組織　変革をきめる経営幹部

3．制度変革自由度　トライアル可能?、変化が許される?

4．組織状態伝達　変化が必要な事を伝達

日本型組織では、これらを全て下部がになう割合が高く、下部が自由に動けなくなると組織は硬直する。アメリカ型の上部への権限集中では、下部の自由度を上げる事にはならない。そこで、**経営幹部が組織構造や目標を決定するという発想をかえ、次の組織形態を考えてみたい。**

1．決定位置すなわち、現場にちかい部署が自由に組織をかえられる

2．単独で、他の部署を考慮せず組織や業務の変更ができる条件をしめす

これで、組織の変化に対する抵抗は解消する。

組織構造改変の見方　単独組織変革権

前に、組織と権力の共変性を論じた時、各部門がかってに、組織をかえると組織がばらばらになり、崩壊すると主張した。注)しかし、実際には、そうではない。それは、日常業務の進み方をみてみればわかる。開発をふくむ日常業務は、たえず変革の連続で、他の部門と調整をはかりながら業務革新を行っている。

組織の変革や目標の変更も日常業務とおなじである。業務とおなじで、改革を日常化し、事後承認でも組織が間違いなくうごく様な方式を採用すればよい。現状では、現場からの重要な情報が上部にとどかず、判断フレームもないため、上部が組織運営をうまく実行できにくい制度となっている。

組織改革方式の要点

1．どの様な要件をみたし、どの様な方法をとれば組織改革のトライアルができるか明示する

2．部門や個人単独で組織変化可能とする

3．組織改革を業務の一部とする

4．暫定試行制度をもうけ、まず紙の上で試行し、つぎに時期と範囲をかぎって試行する

5．問題を指摘した人間に案と根回しをまかせ、要

件をみたせば他部門の同意は不要とする

以上で下部が自由に動ける条件を示した。これは、上部の決断を下部が担うことに他ならない。これまで示した決定的な点は、下部の自由決断と、それ以上に決断を下せる判断ﾌﾚｰﾑの問題であった。いくら下部が自由に動けても、企業の命運を決める決断はﾄｯﾌﾟのものである。これは、判断ﾌﾚｰﾑの問題である。

この様な日本の組織風土にあった意志決定機構をもつ組織は、つぎの二つの条件を備える必要がある。

1．決定ﾌﾚｰﾑ制御　　DFC

2．組織成員個人が、組織変更できる方式を創る。

DFC とは、経営者の意志決定判断に必要な情報を下部組織が用意できる組織をつくりだす事である。

これらは、唯一の問題、決定における総合的判断ﾌﾚｰﾑが欠けている為である。この判断ﾌﾚｰﾑが確立すれば、上層部の判断が適切になり、下部が組織方針を自由に誤りなく変更でき、日本の伝統的組織原理、上部への意見具申と、下部が自分の判断で行動する原理に適合した方式が可能になる。

判断ﾌﾚｰﾑ制御　この判断ﾌﾚｰﾑ欠如は、仏教や日本のもつ組織原理によるため、簡単になおせない。この判断ﾌﾚｰﾑ欠如を事実としてうけとめ、長所にかえる方式をあみだす必要がある。

研究開発や新商品開発において、新しい視点で、未来の不確定要因を徹底的に分析する必要がある。開発すべき新商品の技術的課題をどう乗り越えるかという、天文学的数字になる技術的分岐、需要の分岐を徹底して解析する方法と、感性をも含む原理原則をたて、それを貫いて分析する方策と目標をさだめる方式と組織が必要である。この様な組織の基礎体力がなければ、経営幹部は適切な判断を行えない。

日本のﾄｯﾌﾟが弱いのは、このﾊﾞｯｸｱｯﾌﾟ体制がない為である。このﾊﾞｯｸｱｯﾌﾟ体制が判断ﾌﾚｰﾑ制御に他ならない。判断ﾌﾚｰﾑ制御は、下部組織が広い視野で徹底的に分析した判断材料を経営幹部に提出する事であり、日本の伝統的組織原理に適合している。この判断ﾌﾚｰﾑ制御が組織変更をも含めた問題の中心である。

判断ﾌﾚｰﾑ制御は上部意志決定ｻﾎﾟｰﾄであり、特に開発における以下の思想、方法、判断の確立をめざす。

1．原理－状況明示、公開　　トップの全人格的決断を可能とする。絶対目標と課題、持続

2．判断基準　　情報の価値、重要性、ﾀｲﾐﾝｸﾞ

3．特性表　趨勢、応用や顧客技術のﾈｯｸ、時系列

4．手法　展開法、探索法、焦点技術、ﾌﾟﾛｾｽｳｲﾝﾄﾞｳ

5．組織原理　　変異可能性、情報源、伝達、ｱｲﾃﾞｱ

3．結論

権力とは、組織のﾛｼﾞｯｸ作用であり、組織の共変を可能にする。この様な組織のﾛｼﾞｯｸ作用を判断ﾌﾚｰﾑで肩代わりし、これを利用して組織の方向転換を全ての成員が行えるようにすると、権力への負担がへり、権力の多くが不要になる。また、この権力ﾊﾞｯｸｱｯﾌﾟ体制（下部組織が上層部へ何を決断すべきかしめす）は、日本の伝統的組織行動を可能にし、TQC にかわる手法となり、ｱﾒﾘｶ型の団体幹部に権力を集中するのとは逆の平等型組織を実現する。そして、上層部が本当に下すべき決定力を強化する。

論じた次の２点、**1．判断ﾌﾚｰﾑ制御、2．変革の自由度を与える制度**は、組織論からみて、組織が自己の問題点を自動修復する点で優れる。今までの組織論は、成員の組織変革のﾄﾗｲｱﾙが視野になかった。

組織論的には、**共変性の概念をもとに、それと表裏の関係にある個体による変革自由度の概念**をしめした。　文明論的には、つぎの２つを示した。

1．梅棹の楕円ﾕｰﾗｼｱﾓﾃﾞﾙに赤道をいれ、西の文明は、乾燥地帯での交易文明として成立し、ﾕﾀﾞﾔ教という論理中心の宗教と対外拡張政治思想を生んだ。

2．日本は平等型で下からの改革が中心だが商人階級が社会の核に入っていないためﾊﾞﾗﾝｽが悪い。

謝辞　この研究は、木村良晴京都工芸繊維大学教授との共同研究だが、木村教授は進化経済学会会員ではなく共同研究者と出来なかった。野田隆大國學院大學教授から多くの適切なｺﾒﾝﾄを頂き修正した。

注と文献:　文明論と生態学は、数理社会学会 98 年秋と比較文明学会 99 年、都市の成立ﾓﾃﾞﾙは、進化経済学会 99 年ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ、組織共変性はｲｼﾞﾝｸﾞ格子気体ﾓﾃﾞﾙでの秩序変数であらわせ、これと変革、投入力は社会経済ｼｽﾃﾑ学会 99 年、この基礎となる確率的待ち時間は進化経済学会論集 99 年

梅棹忠夫、「文明の生態史観」、1989、梅棹忠夫全集 5

山本七平、「日本人とは何か」、1989、PHP 研究所

企業の環境パフォーマンスの多様化：

ポリエージェントシステム分析

京都大学大学院 在間敬子 Keiko Zaima zaima@amateru.econ.kyoto-u.ac.jp

1 研究の背景と本論文の目的

近年、環境報告書の公開、第3者機関認証の環境ラベルの取得や企業独自による製品の環境情報開示など、企業の環境パフォーマンスは進んでおり、その程度も企業により様々である。Afsah, Laplante & Wheeler (1996)は、この現象が先進国のみでなく中国やインドネシアなどの途上国においても生じていることを示し、これらの事実が伝統的な環境規制に関する理論と矛盾する点を指摘している。すなわち、経済学において環境問題は外部不経済としてとらえられている。外部性を内部化するために、政府は直接規制や環境税などの環境政策を行うことが必要になる。政府の対策が不十分であれば、企業の環境負荷削減インセンティブは小さく、汚染水準は高くなると考えられている。しかし実際には、政府の規制力の弱い途上国においても、環境対策が進んでいる先進国においても、企業の環境パフォーマンスのレベルは多様化しているのである。

Afsah, Laplante & Wheeler (1996)の事例研究によれば、企業の多様な環境パフォーマンスを促しているのは、地域独自の環境税や、環境ラベリング制度の実施である。Tietenberg (1998)は、環境ラベリング制度、国際的な環境管理システムの規格ISO14001、有害化学物質排出情報公開制度など環境情報提供型の政策を、環境政策の第3の波[1]と位置づけ、理論分析研究例や事例研究例を紹介している。しかし、環境情報提供型政策による企業の環境パフォーマンスの多様化を説明するモデル分析例はこれまでのところ皆無である。Afsah, Laplante & Wheeler (1996)は、具体的なモデル分析は行っていないものの、この現象の理解には、規制者対被規制者という従来の枠組みでなく、市場やコミュニティにおける様々なエージェントの相互作用を考慮した新たなパラダイムが必要であることを指摘している。

本論文では、ポリエージェントシステムの考え方に基づいて構成されたエージェントベースモデルを用いて、環境情報提供型政策の導入に伴ってエージェントの環境パフォーマンスの多様化が生じるメカニズムを再現する。さらにエージェントの環境パフォーマンスをより促進する政策シナリオに関する分析を行う。

以下、2節ではモデルの方法を述べ、3節では具体的なモデルを提示し、4節ではこれまでに得られたシミュレーション結果を示す。政策の応用分析などについては報告時配布の著者のワーキングペーパーを参照されたい。

2 モデルの方法

環境パフォーマンスが多様化する要因の一つは、消費者や企業などエージェントの、環境問題に関する認識、環境保全に対する考え方、製品の環境面における選好が様々であることである。これらを本論文では「環

[1] 第1の波は直接規制、第2の波は環境税や排出権取引などの経済的手法である。

境配慮レベル」と名づける。個々のエージェントは、エージェント固有の環境配慮レベルに基づいて市場における商品選択やコミュニティにおける環境保全行動をしている。

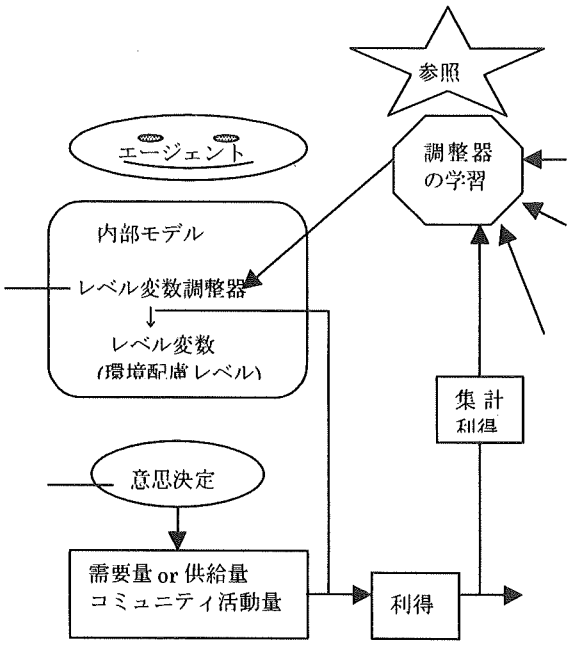
また個々のエージェントは、他のエージェントの行動などを参照しながら自らの環境配慮レベルを変化させる。その調整の仕方もまたエージェント固有のものであり、これが多様化の２つめの要因である。例えば、グリーンコンシューマリズムに見られるような環境配慮レベルの高い消費者の出現に対して、追従する企業もいれば、従来の市場を相手にする企業もいる。時には環境面で先取り商品を供給する企業もある。また消費者についても、グリーンコンシューマの影響を受ける消費者もいれば、無関心な消費者もいる。

さらに３つめの要因としては、調整の仕方自体を学習していくプロセスも個々のエージェントにより異なることが考えられる。上述の企業行動の例では、どのような場合に追従し、どのような場合に見過ごせばより大きな利得を得るか、というようなことを企業は他の企業との比較において学習していくであろう。

本論文では、ポリエージェントシステムの方法[2]に従って、これら３つの要因を取り入れたモデルを構築する。ポリエージェントシステムの考え方とは、個々のエージェントは主観的な内部モデルをもち、相互にそれぞれの内部モデルを参照し学習することによって、自らのものを修正しながら活動する。そのような自律的エージェントが多数集まって相互行動をとったときの全体としての挙動をとらえようとするものである。

本論文のモデルでは、個々のエージェントは、レベル変数である環境配慮レベルとその変化調整器を内部モデルとしてもち、それに基づき行動する。さらに長期的には、他のエージェントの行動を参照し、調整器そのものを学習し、自らの行動を修正する。図１はモデルの概念図である。次節で具体的に述べる。

図１　モデルの概念図



3　モデル

①コミュニティ（経済）

消費者と企業、２つのカテゴリーのエージェントから構成されるあるコミュニティ（経済）を考える。それぞれの数はｎ、ｍで一定であり、正の整数であるとする。エージェントのIDは、消費者がc1, c2, … cn、企業がf1, f2, …fmのように表される。

②エージェント

個々のエージェントはレベル変数である環境配慮レベルとその調整器から構成される内部モデルをもつ。任意の消費者ci、任意の企業fjのｔ期における環境配慮レベルをそれぞれ$s_{ci}(t)$、$s_{fj}(t)$と表す。

$s_{ci}(t), s_{fj}(t) \in S$、Ｓは０または正の整数、

$\underline{s} \le s_{ci}(t), s_{fj}(t) \le \bar{s}$ 、$\underline{s}, \bar{s} \in S$ である。値が大きいほど環境配慮レベルが高いことを意味する。

③コミュニティ活動

エージェントは、自分の環境配慮レベルに

[2] 高木他(1995)参照。

応じたコミュニティ活動を行う。任意の消費者ci、企業fjがが行う活動の大きさの関数は、それぞれ、$A_{ci}(t)=f(s_{ci}(t))$、$B_{fj}(t)=g(s_{fj}(t))$で与えられる。コミュニティ活動は、例えば廃棄物の減量や、他のエージェントへの働きかけ、自社製品の環境配慮の宣伝などである。ここで$f(\underline{s})=g(\underline{s})=0$、f'>0、g'>0である。

④経済活動

エージェントは、自分の環境配慮レベルに応じた財の需要または供給を行う。単純化のためこの経済における財は一つであるとする。任意の消費者 ci は、自分の環境配慮レベル$s_{ci}(t)$を市場に反映させる。企業は市場調査により消費者の環境配慮に関する選好を知り、自分の環境配慮レベル$s_{fj}(t)$を超えないレベルの財を供給する。消費者は市場に供給された製品のうち自分の環境配慮レベルを超えないレベルの財を需要する。

環境配慮レベル q の財の価格を$p_q=p(q)$とし、所与であるとする。環境配慮レベル q（$q \le s_{ci}(t)$）の財を消費する消費者 ci の需要量は$x_{ci}(t)=[E-p_A f(s_{ci}(t))]/p_q$である。ここで、E は消費者の所得、$p_A$は消費者のコミュニティ活動に要する単位コストである。

単純化のため在庫を考えない。従って毎期市場では需給が一致しているとする。よって環境配慮レベル q（$q \le s_{fj}(t)$）の財を生産する企業 fj の生産量を$y_{fj}(t)$とすると

$\sum_i x_{ci}(t) \equiv \sum_j y_{fj}(t)$　が成り立つ。

⑤環境配慮レベルの調整

前節で述べたように、個々のエージェントの周囲の変化などによる影響を受け方も様々である。このモデルでは以下の３つの要素を考慮する。

エージェントは個々のエージェントのコミュニティ活動の大きさを知ることはできないが、コミュニティの平均値の推定値を知ることができるとする。この推定値は、

$\hat{A}(t)=\theta_{ci}(t)\left[\sum_i A_{ci}(t)/n\right]$

$\hat{B}(t)=\theta_{fj}(t)\left[\sum_j B_{fj}(t)/m\right]$で定義される。ここで、$\theta$(t)は推定のパラメータで、各個人により違うが、環境情報提供型政策により正確な情報が提供される。エージェントはコミュニティの推定平均値と自分の活動レベルを相対比較する。

レベル変数調整器の１つ目の要素は、同じカテゴリーの推定平均値と自らの活動の差である。すなわち、消費者 ci、企業 fj は、$A_{ci}(t)-\hat{A}(t)$、$B_{fj}(t)-\hat{B}(t)$で与えられる。これらを dRhomo と呼ぶ。

レベル変数調整器の２つ目の要素は、異なるカテゴリーの推定平均値と自らの活動の差である。すなわち任意の消費者 ci、企業 fj は、$A_{ci}(t)-\hat{B}(t)$、$B_{fj}(t)-\hat{A}(t)$で与えられる。これらを dRhetero と呼ぶ。

レベル変数調整器の３つ目の要素は、需要量または供給量の前期との差である。すなわち任意の消費者 ci、企業 fj は、$x_{ci}(t)-x_{ci}(t-1)$、$y_{fj}(t)-y_{fj}(t-1)$で与えられる。これらを dX と呼ぶ。

レベル変数調整器は、dRhomo, dRhetero, dX の符号を考慮する。これらの値はいずれも正、０、負のいずれかであり、その組み合わせにより、環境配慮レベルを上げる（１）か、変えない（０）か、下げる（－１）を選択する。ただし、環境配慮レベルの定義域を越えて変化させることはできない。個々のエージェントは 27 個の値から構成される遺伝子をもつ。図２はいくつかの遺伝子を示す。相手のカテゴリーのエージェントの変化に敏感なタイプ、自分と同じカテゴリーのエージェントの変化に敏感なタイプ、目先の需要または供給量に敏感なタイプ、全く態度を変えないタイプなど様々な調整方法がある。

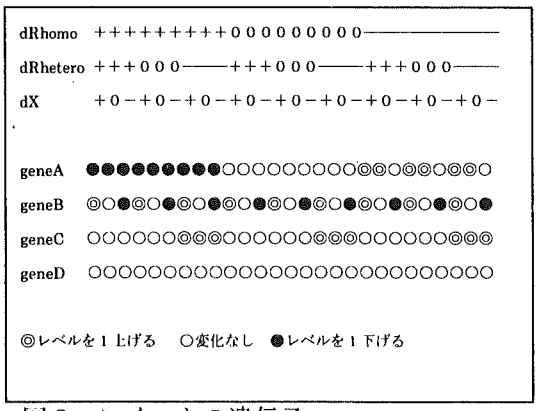


図２　いくつかの遺伝子

⑥調整器の学習における評価関数

エージェントは長期的には、以下で示される利得を評価し、他のエージェントとの比較により、環境配慮レベル調整器そのものを学

習する。

企業 fj の評価関数は以下の式で定義される。

$$\sum_t \Pi_{fj}(t) = \sum_t [p_q y_{fj}(t) - c(q) - p_B g(s_{fj}(t))]$$

$(q \le s_{fj}(t))$ ここで、c(q)は環境配慮レベル q の財の生産する際に要する費用であり、c'(q)>0 である。また p_B は企業のコミュニティ活動に要する単位コストである。

消費者 ci の財の消費によって得る効用は下記のように定義される。

$$\sum_t U_{ci}(t) = \sum_t [\psi_{ci}(q) x_{ci}(t)] \quad (q \le s_{ci}(t))$$

ここで、Ψci(q)は、消費者 ci の環境に配慮した製品購入による満足度を示すパラメータであり、Ψ'(q)＞0である。

⑦政策パラメータ

本論文では政策を構造パラメータで表す。環境ラベリングのような環境情報提供型政策の特徴の一つは、消費者に環境配慮された製品を購入することはよいという認識を与えることである。これを考慮してΨ(q)を政策の有無により変化させた。2 つめの特徴は情報が明らかになることで、これを θ ＝1 で表した。3 つめは、広報活動など社会活動費用を下げることであり、この点を p_A、p_B の政策の有無による変化として考慮した。

4　シミュレーション

①時間変化

離散時間を考える。t_0-1 期までは、すべてのエージェントの環境配慮レベルは等しく、$s_{ci}(t) = s_{fj}(t) = \underline{s}$、$t \in [\underline{t}, t_0 - 1]$ とする。t_0 期に、微少な割合の消費者の環境配慮レベルが向上し、例えば消費者 ck に変化が生じたとすると、$s_{ck}(t_0) = \underline{s} + 1$ となる。この微少な変化のもと、t_0 期から T 期まで各エージェントは内部モデルに従って環境配慮レベルを選択し、経済活動、コミュニティ活動を行う。T 期の活動後、エージェントは合計利得をより高くする調整器を学習する。

②パラメータ設定

ワーキングペーパーを参照されたい。

③シミュレーション結果

40 世代後の企業の環境配慮レベルを表 1 に示す。A は政策がない場合でありブランクである。B1,C1 は環境情報提供型政策で、消費者の認識のみ変化させた場合、B2,C2 は消費者の認識の変化に加えて環境活動のコストも減った場合である。これらを比較すると、消費者の認識を変えるだけで企業行動に影響を及ぼすことは難しく、企業の PR コストなどの削減が不可欠であることがわかる。その場合、消費者の認が大きい方が効果も大きい。

また、消費者に 0 や 1 の製品はよいないというダメージを与えることにより企業行動に影響を及ぼすことがわかる。これは表の D に示されている。D は w1=0.1 であるが、環境配慮ラベル 0 と 1 の財の場合Ψ(q)を半分にした。さらに E1 は 0 と 1 の企業に課税、2 以上に補助金を与えた場合、E2 は E1 の政策時に消費者が 0 と 1 が悪いという認識をもつ場合である。この例からもダメージの効果は大きいと考えられる。

表 1　企業の環境配慮レベル

			環境配慮レベル					
	W1	Pa, Pb	0	1	2	3	4	5
A 政策なし	0.1	2,10	49	1	0	0	0	0
B1 情報政策 1	1.0	2,10	48	2	0	0	0	0
B2 情報政策 2	1.0	0,0	42	5	2	1	0	0
C1 情報政策 3	2.0	2,10	45	5	0	0	0	0
C2 情報政策 4	2.0	0,0	35	10	1	1	1	2
D 情報政策 5 0&1 にダメージ	0.1*	2,10	30	7	13	0	0	0
E1 0&1 に課税	0.1	2,10	46	1	1	2	0	0
E2 0&1 に課税とダメージ	0.1	2,10	21	10	4	5	5	5

参考文献

Afsah, S., Laplante, B. & D. Wheeler (1996) "Controlling Industrial Pollution: A New Paradigm", *World Bank Policy Research Working Paper #1672.*

Tietenberg, T. (1998) "Disclosure Strategies for Pollution Control", *Environmental and Resource Economics*, Vol. 11, pp.587-602.

高木晴夫他(1995)『ﾏﾙﾁﾒﾃﾞｨｱ時代の人間と社会－ポリエージェントソサエティー』日科技連出版社。

少人数グループでの協力の発生と崩壊

京都大学経済学研究科(院生) 小山友介 Yuhsuke Koyama

【1】問題意識

囚人のジレンマに代表される「相手に自分が都合よく利用される可能性のある状況下」で、2 人の人間が協力を決断するには何が必要だろうか？

一方の側から眺めると、第一に必要なのは、偶然・手違いなどは除いて、相手が裏切ろうとしない高い倫理観を持つ人間であることである（アクセルロッド（1998）で述べられているところの「上品」な戦略を持つ人間)。また、自分が裏切らないことを「信頼」[1]して相手が協力行動に出てくれることも必要である。

相手側の条件に加えて必要なのは、自分が相手の意図を察知できることである。もし相手がこちらを利用してやろう、と思っているときに協力的に出ると被害を受け、相手が協力しようと思っているときに協力し損ねると、得られるはずの利益を得ることができない。このような事態をできるだけ回避しなくてはならない。山岸(1998)は、相手の意図を見抜く力を「社会的知性」と呼んだが、「社会的知性」が高いことが必要なのである。

山岸(1998)によると、相手を積極的に信頼しようとする人は決して「だまされやすいお人よし」ではなく、同時に社会的知性が高く相手の意図を正確に読み取れる上に、もし自分の推測が外れていたときにはすばやく相手への信頼度を修正できる能力も持ち合わせている。逆にいえば、これらの能力も合わせて持ち合わせていない限り、積極的に相手を信頼するという戦略は成功できないのである。

それでは、社会的知性がそれほど高くない人が社会内で取りうる戦略はどのような戦略であろうか？

一つの可能性として、自分以外の人の力を借りる方法がある。すなわち、信頼できる他の人からの評判を参考にする方法である。

では、他の人の評判を参考にする時に、どのような戦略がとりうるのだろうか？流れる評判の種類によって、戦略が変化するのだろうか？また、社会的知性が高い人と比べて手にする利得はどうなのであろうか？本稿では評判の結果が出やすい比較的少人数の場合でこれを検討したい。

【2】モデル

（1）概要

n 人のプレーヤーによるグループを想定する。各プレーヤーに社会的知性、倫理度（「上品さ」の度合い)、基本信頼度（初対面の相手に対する信頼度)、信頼の修正速度を固有なパラメータとして用意する。毎回ランダムに２人をマッチングさせゲーム（後述）を行う。ゲーム後相手への信頼度を修正し、双方が協力行動であった場合には他のプレーヤーの情報を交換し合う。このプレイを繰り返す。

（2）ゲームの内容

ゲームは２プレーヤー・３×３の対称ゲームである。利得行列は表 1[2]である。

各プレーヤーは３種類の選択肢を持っている。

---

[1]「信頼」の意味は山岸(1998)に準ずる。すなわち繰り返し何度も相互作用を経て情報を得る以前からこちらの意図を積極的に読み取ろうとすることである。

[2] この行列は囚人のジレンマとコーディネーションゲームを合わせたような利得行列になっている。すなわち、M の項目を除外すると囚人のジレンマの利得行列になる。また、D の項目を除外するとコーディネーションゲームの利得行列に似た行列になる。

積極的に相手と協調することで高い利益を得ることを目指す協調行動Cと、そのような相手の行動を利用して自分だけ高い利益を得ようとするD、相手と積極的にかかわろうとしない中間的な選択肢であるMである。

表1の利得行列の純粋戦略ナッシュ均衡は（M，M）であり、ESSでもある。

表 1

player1 ↓(左)	player2 (右)→	協調 (C)	無関係 (M)	裏切り (D)
協調（C）		(30,30)	(10,13)	(0,50)
無関係（M）		(13,10)	(16,16)	(13,10)
裏切り（D）		(50,0)	(10,13)	(5,5)

プレーヤーiはそれぞれパラメータとして、以下のものを保有する。

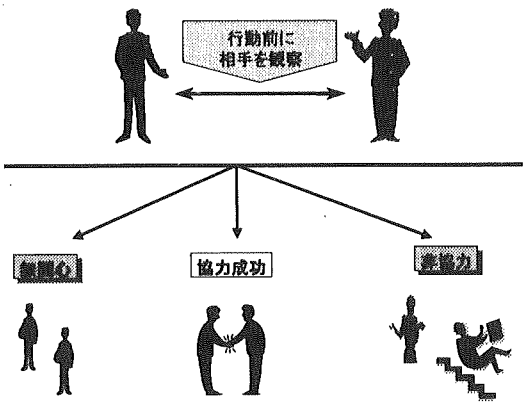
- ID番号
- 知性（I_i）：大きいほどゲームをプレイするときに相手の協力度（後述）を正確に推測できる。
- 倫理（E_i）：大きいほど各プレイで協力行動を採用する確率が大きくなる。
- 信頼度（R_{ij}）：相手が協力行動をとってくれることへの信頼度。初対面時はデフォルトの信頼度（R_i）を適用し、毎回のプレイごとに修正する。
- 信頼度修正速度（V_i）：大きいほど相手のプレイ結果に従って信頼度R_{ij}が大きく変化する。
- 履歴：各相手のプレイ回数、相手がCを出した回数、Dを出した回数を記録する。

Ii,E_i,R_i,Viはそれぞれ1から100の整数で、プレーヤー毎に異なる。

一回のプレイは以下の1－5が繰り返される（図1）。

1. ゲームをプレイする2プレイヤーがn人からランダムに選ばれる。
2. 各プレーヤーは行動を起こす前に相互に観察し、相手の協力性向（後述）を推測する。推測の精度は自分の知性（I_i）に依存する。
3. 読み取った結果を元に、行動（C，M，D）を決定する。行動の結果得られる利得が双方に与えられる。
4. プレイ後、相手への信頼度を修正する。修正度合いは、信頼度修正速度（V_i）に依存する。
5. 行動結果が（C,C）の場合、他のプレーヤーに関する情報を交換し、信頼度を修正する。

図 1



（3）行動決定・信頼度修正方法

行動決定方法

ゲームでの行動の決定に際しては、ワン・ショットゲームでの利益最大化行動を狙わない。その代わり、ゲーム毎の各プレーヤーの協力性向を定義して決定する。

プレーヤーの協力性向が高い時、協力行動を採ろうとする意思があり、相手が自分をだまそうとしていない限りは協力しようとする。

協力性向が低い時、相手に対して攻撃的で、スキがあれば利用しようとし、少々自分が傷ついても相手の利得を下げようとする。

選ばれた２プレーヤーのうち番号の小さい方をi、大きいほうをjとする。1から100からランダムな整数をとる乱数をRAND100とする。また、プレーヤーα(=i,j)が相手の意図を読み取ろうとする行為をS_αであらわす。

1. 1~100 の整数値乱数を自分の倫理（E）からマイナスしたものに相手への信頼度を掛け合わせる。これを自分の協力性向Xとする。

$$\begin{cases} X_i = (E_i - RAND100) \cdot R_{ij} \\ X_j = (E_j - RAND100) \cdot R_{ji} \end{cases}$$

2. 相手のXを推測したものをYとする。

$$\begin{cases} Y_i = S_i[X_j] \\ Y_j = S_j[X_i] \end{cases}$$

推測する値はIが大きいほど精度が高い。推測は２段階で行う。

①$X_j(X_i)$の符号を推測する。推測精度は50+I/2%とする。知性がゼロの場合はランダム、100では完全に把握できる。

②相手の実値の±（100-I）%の精度でXの絶対値を推測する。すなわち、I=70のときはXの70%～130%の値を推測する。

3. 相手が自分のXを推測した値を推測したものをZとする。

$$\begin{cases} Z_i = S[Y_j] = S_i[S_j[X_i]] \\ Z_j = S[Y_i] = S_j[S_i[X_j]] \end{cases}$$

推測方法は２の場合と同じとする。

4. YとZの値を表2と照らし合わせ、相手の行動Aを推測する。

5. XおよびAを表3と照らし合わせ、自分の行動を決定する。

表 2

Y↓	Z→	300~	-300~300	~-300
300~		C	M	M
-300~300		C	M	M
~-300		D	D	M

Y：相手の協力性向の推測

Z：相手の推測した自分の協力性向

表 3

X↓	A→	C	M	D
300~		C	M	M
-300~300		C	M	M
~-300		D	D	M

X：自分の協力性向

A：相手の行動（推測）

信頼度修正方法

今期の現在の相手への信頼度をR_{ijt}とするとき、プレイ後の信頼度（R_{ijt+1}）の修正は次のように行う。

$$R_{ijt+1} = (1 - \frac{V_i}{100}) \cdot R_{ijt} + kV_i$$

kは相手が出した手により異なる。相手がCを選択した場合は1、Mの場合は0.6、Dの場合は0とする。

評判による信頼度の修正

双方の行動が（C,C）の場合、情報を交換し、信頼度を修正する。手順は１～２で行う。

1. 双方が過去のプレイの履歴から、Cを採った回数がDを採った回数より多かった相手プレーヤーのリストを作成する。

2. リストを相互に交換し、そのリスト内の相手への信頼度を実際にプレイした場合と同様に（下方に）修正する。

（4）プレーヤーのパラメータ修正

一定回数のプレイ毎に、各プレーヤーの1プレイあたりの平均利得を計算して、下位のプレーヤー数人が知性（I）は変更せずに倫理度(E)、基本信頼度(T)、信頼の修正速度(V)を変更する。新パラメータとして、生き残ったプレーヤーの中で最も知性が近いプレーヤーのパラメータを少し（ランダムに±5）変化したものを採用する。履歴はクリアーされ、新しくゲームはスタートする。

【3】シミュレーション：９人の場合

初期状態として知性・倫理それぞれに高(90)・中(60)・低(30)の３段階を用意し、それぞれ掛け合わせた９人の場合をシミュレートした（表４）。ゲーム 500 回の平均利得が最も低い２人のパラメータを入れ替えるという作業を 1000 回（総ゲーム数 50 万回）行った。

表 4（初期状態）

ID	知性	倫理	初期信頼	修正速度
1	90	90	60	15
2	90	60	60	15
3	90	30	60	15
4	60	90	60	15
5	60	60	60	15
6	60	30	60	15
7	30	90	60	15
8	30	60	60	15
9	30	30	60	15

実行結果として、知性の同じ３グループの各平均値を上の４つのグラフに示す。

紙数の関係から詳しい分析を記す余裕がないため、いくつかの特徴を箇条書きで挙げる。詳しい内容は当日の発表で報告する。

1. ほぼ一貫して、高知性者ほど高い利得をあげる。
2. 低知性者は初期信頼が低く、しかも信頼度の修正速度も遅いままである。これは山岸（1998）と同じ結果である。
3. 評判の制裁効果は不十分で、高知性者が高い倫理観を持って協調に励むとは限らない。

ｴﾗｰ! ﾘﾝｸが正しくありません。
ｴﾗｰ! ﾘﾝｸが正しくありません。
ｴﾗｰ! ﾘﾝｸが正しくありません。
ｴﾗｰ! ﾘﾝｸが正しくありません。

参考文献

- 山岸俊男　『信頼の構造』　東京大学出版会　1998
- アクセルロッド　『つきあいかたの科学』　ミネルヴァ書房　1998
- Axelrod, R.　"Complexity of Cooperation"　Princeton University Press 1997
- Richard J. Gaylord, Louis J. D'Andria, "Simulating Society" Springer-Verlag New York, 1998
- ゲイロード、カーミン、ウェリン（榊原進訳）　『Mathematica プログラミング』　近代科学社　1994

多層調整企業モデルによる複雑適応系シミュレーション*

吉地　望†　　西部　忠‡

1　はじめに

本稿は，多層入れ子型時間において価格調整と数量調整を定型的に行う多層的調整企業モデルと価格調整ないし数量調整のみを行う単層的調整企業モデルを構築し，両者のシミュレーションにおける挙動を1) 安定性，2) ランダムなショックにたいする適応性という観点から比較することを課題とする。このような比較により，市場経済が一般均衡理論の描くような他律集中型システムではなく，自律分散型システムであることを明らかにしたい。多層的調整企業モデルは「局所的情報」を重視し，マルチ・エージェント・システムは「自律分散型」になるように設計されている。現実の市場では各主体が近傍の諸主体と直接かつ緩やかに連結されたネットワークが形成されていると考えられるからである。本稿が特に注目するのは，1) 緩衝および情報としての在庫の役割，2) 数量調整と価格調整のための閾値の導入（限定合理性），3) 数量調整と価格調整のための調整時間サイクルの差異，の3つである。

企業は需要を事前的に知ることができず，在庫量の増減から事後的に需要を知る。このため，稼働率は需要変化から遅れて受動的に調整される[1]。在庫量は不測の需要変化に対する緩衝としての役割を果たしているので，在庫量の変動の全てが稼働率調整のための情報となるのではなく，企業の設定する在庫量の上限・下限値を超えたときに初めて稼働率調整の情報として認知される。また企業は稼働率調整の回数を記憶し[2]、それが一定の閾値を超えると上方あるいは下方へ価格改定を行う。このような限定合理的な企業が全体としてどのような挙動を見せるかをシミュレートする。

2　モデル設定

時間ループ）……多層的時間構造

短期，中期，長期の三重ループを時間構造として持つ。短期 w は1週，中期 m は1月，長期 y は1年に相当する。企業のライフサイクルを 30 年と仮定して時間ループで表現すると，30y = 360m = 1440w となる。短期ループで稼働率調整，中期ループで価格調整の決定を行う。本稿では分析外となっているが，長期ループでは設備投資によるストック調整の決定を行い，さらに超長期のループとして新商品や技術革新の問題を視野に入れている。

市場）……分散的市場

財を集中させた市場で競売を行うのではなく，企業が消費者と相対で財を販売するような市場を前提とする。各企業がマークアップ原理に基づき価格設定するために，一般的に一物多価が形成される。消費者は，一人一人市場に登場し，低価格の財から順番に購入する (逐次的購入の仮定)。売り切れの場合は，財の購入を断念する[3]。

財の性質）

同質財を仮定する。需要の価格弾力性パラメータを利用することにより，財を必需品，奢侈品のように大まかに分類する事ができる。また在庫費用パラメータを利用する事により，工業製品のように保存のきく財や生鮮食料品のような腐敗がはやい財を分類できる。加えて在庫費用を大きくする事により，パソコンや電子機器などのように陳腐化のはやい財を取り扱うことも出来る。

需要関数)

需要関数は一般的な価格の関数として与えられる

$D = \frac{b}{p^a}$

[D : 需要量,p: 価格,a : 需要の価格弾力性,b : 需要パラメータ]

供給関数)

供給は今期の生産量に前期の在庫量を加えたものである。生産関数は以下の関係式で表される。

$Q_t^i = u_{t-1}^i Q_{max}^i$

[Q^i : 生産量，u^i : 稼働率，Q_{max}^i: 最大生産容量]

価格設定はマークアップ原理に基づく。各企業が異なる価格設定を行う場合，集計された供給関数は階段型の形状を持つ。需要関数と供給関数の交点で決まる価格を指標価格と定義する。指標価格は販売された財の中ので最も高い価格である。競売市場で成立する市場価格とは異なる点に留意が必要である。

多層的調整)

第 1 層 : 数量調整——短期ループ

$if(Z_i \geq th_i)$　[減産]

$then$

$u_t^i = u_{t-1}^i - pr(Z_i - th_i)$

$if(Z_i == 0)$　[増産]

$then$

$u_t^i = u_{t-1}^i + pr(th_i - Z_i)$

$s.t.\quad 0 \leq u \leq 1$ [th_i : 在庫上限閾値,Z_i : 在庫水準,pr : 稼働率速度パラメータ]

第 2 層 : 価格調整——中期ループ (1m ~ 12m)[4]

$if(g \geq gm)$[値下げ]

$then$

$mp_t^i = \frac{p_{min}^{t-1}(1-pc)}{nc} - 1$

[mp_i : マークアップ率,nc : 標準原価,p_{min} : 最低価格,pc : 価格調整パラメータ]

$if(f \geq fm)$[値上げ]

$then$

$mp_t^i = mp_{t-1}^i(1+pc)$

$s.t\quad mp \geq 0$

企業は在庫量が上限閾値以上の場合に短期ループで稼働率を下げ，下限閾値に達すると稼働率を上げる。このような数量調整を行っても，需要に適応できない場合には中期ループで価格調整を行う。価格調整は次のように行われる。短期ループで稼働率を上げた回数を f フラグで記憶し，このフラグが企業の設定する価格改定閾値 fm を超えると企業が価格の上方改定を行うものとする。同様に短期ループで稼働率を下げた回数 g フラグが企業の価格改定閾値 gm 以上で価格の下方改定を行うものとする。価格改定方法はマークアップ部分の変更を通じて行われる。詳しくは次節で検討する。使用されたフラグは長期ループごとに 0 にリセットされる。

3　価格設定・費用関数

価格設定は限界費用価格形成原理ではなく，フルコスト原理に基づいて行われる (Kalecki [4], Hall and Hitch [2])。企業が

---

*本稿は，西部 [10] に基づき修正，拡張されている。

†北海道大学経済学部経済学研究科博士課程

‡北海道大学経済学部助教授

[1]数量調整には積極的な販売予測に基づく場合と在庫変動を見て受動的に行う場合が考えられる。本稿は後者を採用した。森岡 [11] 参照。

[2]最長 1 年の記憶を持つプリミティブな学習モデルと言える。

[3]在庫受注残を入れずに，在庫量が非負の条件を仮定したためである。

[4]稼働率と同じように在庫と閾値の差による調整は調整の非対称性が大きいため用いなかった。

標準原価を設定し，その原価にマークアップを上乗せし価格設定する。標準原価の計算[5]には標準稼働率の設定が必要である。本モデルは，収穫が逓減する 100 %超の稼働率を想定しない。また通説によれば，競争的部門の標準稼働率は 80 %前後，寡占的部門の標準稼働率は 60 %前後と言われているが、各企業の生産容量が異なる場合，各企業の標準原価が 1 になるように標準稼働率を設定している。すなわち，企業の生産容量の大きさが標準稼働率そして標準原価を決定していると想定した。価格決定式，費用関数は以下の通りである。

$p_t^i = nc(1 + mp_t^i)$　[p^i：価格,nc：標準原価 (= 1)]

ただし、費用関数は稼働率変化に基づく収穫逓増と生産規模に基づく収穫逓増の両方をモデル化した[6]。

$k_t^i = C_{min}^i + (1 - u_t^i) * k_0 + \frac{sc * Z_{t-1}^i}{S_t^i}$

[k^i：単位費用,sc：在庫費用,S^i：供給量（生産量＋在庫量），C_{min}^i：最大稼働率単位費用,k_0：費用パラメータ (= 1)]

稼働率水準が上昇すると，単位費用が低下する。つまり収穫逓増 (費用逓減) が成立する。加えて，大規模企業ほど，最大稼働率単位費用が低くなるようにモデル化した[7]。

$C_{min}^i = 1 - Q_{max}^i * set$　[set：標準原価設定パラメータ (= 0.004)]

上式より，大規模企業は，他の小規模企業より同じ稼働率水準では単位費用が低いために，小規模企業より稼働率が低くても，同じレベルの利潤[8]を生み出しうる。また単位費用が低下する標準稼働率からフル稼働率までの単位費用の低下幅も大きい。稼働率が標準稼働率を上回れば単位費用は低下し，逆に下回れば単位費用は上昇する。高すぎる標準稼働率を設定した企業は倒産する可能性が高くなる。したがって，標準稼働率の決定は企業にとって重要な戦略上の決定となる。

在庫費用が正の場合，費用関数は非線形になる。図 1 は需要一定で，$sc = 0$，$sc = 1$，$sc = 5$ の場合の費用関数である。在庫費用 sc が大きくなるにつれて非線形性が大きくなる。$sc = 0$ の時，右下がりの直線，$sc = 1$ の時，在庫の発生する稼働率 0.66 付近から非線形になり，$sc = 5$ の時，稼働率が 0.66 以上で急激に費用が逓増する。稼働率上昇に伴う費用逓減効果は，在庫費用の上昇により相対的なものとなる。図 2 は、ある週におけるこの産業の階段供給関数と需要関数である。

4　代表的企業モデル

まずは代表的企業で多層的調整企業の挙動を観察する。変更パラメータは在庫閾値 th，需要の価格弾力性 a，在庫費用 sc，稼働率速度 pr などが挙げられる。

初期設定)

$y = 30, mp = 0.5, nc = 1, pr = 0.01, sc = 0, a = 1, b = 80, pc = 0.1, fm = gm = 25, Q_{max} = 100$

実験 1)

企業の在庫閾値を変化させた時に，価格や稼働率がどのように変化するかを調べた。その結果が図 3 と図 4 である。

結果 1)　a) 在庫上限閾値が極めて小さいとき ($th \leq 1$) には価格が高水準になる。b) 在庫上限閾値が極めてに小さいときは稼働率水準が低くなり、閾値が中程度 ($1 \leq th \leq 20$) の時稼働率水準は高くなり、さらに閾値水準が大きくなるにつれて稼働率水準が下方へ分散する。

閾値が生産容量に対して大きすぎると稼働率変動が大きくなり，企業活動が不安定になることが見てとれる。

閾値は在庫費用と深く関わっている。在庫閾値が大きい企業は，手持ち在庫量も多く，在庫費用を膨らませるからである。したがって，在庫閾値は在庫費用の問題とセットで分析されて初めて意味を持つ。次の実験は在庫閾値と在庫費用の関係を総生産量を用いて評価した。

実験 2)

th と sc を変化させ，その結果，総生産量 Q_s の挙動を観察した。図 5 は，1440w 回転の末尾 100w をプロットしたものである。

結果 2)

a) 図 5 より，閾値が大きくかつ在庫費用の大きな企業が倒産していることがわかる。b) 閾値が 0 に極めて近い場合，稼働率のレベルが著しく低下する傾向にある。a) の結果は，本モデルが倒産の可能性をビルドインしていることから生じている。倒産は経常赤字が信用の閾値を超えた時に生じると仮定されている。信用は最大生産容量に応じて与えられている。a)，b) より閾値の大きさが課題環境への適応に深く関わることが見てとれるが，在庫費用との関係で適応度は大きく変化する。また閾値が極端に低い企業は総生産量が低く，閾値が生産容量の 1 %以上の企業は適応度が高い。閾値が大きすぎると，在庫費用が高いときには倒産する可能性が高くなる。

5　マルチ・エージェント企業モデル

生産容量 $Q_{max}^i = 100$ を持つ 5 企業にそれぞれ異なる在庫上限閾値を与え 30y の期間にどのような挙動を見せるかをシミュレートする。

初期設定) … 異質在庫上限閾値

$th^1 = 20, th^2 = 21, th^3 = 22, th^4 = 23, th^5 = 24$，他のパラメータは代表的企業と同じとする。変更するパラメータは稼働率調整パラメータ pr，価格調整パラメータ pd と価格改定閾値 fm，gm である。

実験 3)

稼働率調整パラメータや価格改定閾値を変え，各企業の稼働率，価格水準，および集計した生産量を比較した。

結果 3)

5 企業が共存する場合，図 6[$pr = 0.0001, b = 500, pc = 0.1, fm = gm = 15, sc = 0.3$] や，いくつかの企業が倒産する場合，図 9[$pr = 0.0001, b = 200, pc = 0.1, fm = gm = 15, sc = 0$] などが観察される。5 企業が共存するケースの産業全体の生産水準の推移を表したのが図 7 である。需要にはランダムなショックを与えていないにも関わらず，景気変動のような挙動を観察できる。共存のケースの価格変動を表したのが図 8 である。価格変動は狭い範囲内に収まっている。この共存や倒産に大きな影響を与えるパラメータが価格改定閾値 fm と gm である。

実験 4)

全ての企業の fm, gm を同じように変化させ，産業全体の需給ギャップ調整の状態を比較した。

結果 4)

その結果が図 12 である。縦軸に産業全体の需給ギャップと生産量，横軸に価格改定閾値をとっている。0 に近いのが需給ギャップで上の方に描かれているのが総生産量である。需給調整がうまくいって，かつ高い稼働率水準を維持できるパラメータの範囲が図 12 より推測できる。$fm = gm \geq 33$ で需給調整も生産量水準も良好である。同様に範囲は狭いが $fm = gm = 4$ の時も良好である。したがって，良好な範囲は，a) 価格改定閾値が小さいケース，b) 価格改定閾値が大きなケースに分けられる。ただし，価格調整には二つのパラメータが存在し，pc パラメータを変更する場合と，fm, gm パラメータを変更する（但し範囲は $4 \leq fm \leq 48$）場合があるがここでは pc の変化は含まれていない。pc を動かした場合，良好範囲に揺れはあるが，需給調整と稼働率水準が安定的になるパターンは大方この 2 つに分かれた。このことより，多層的調整であっても，数量調整と価格調整パラメータの組み合わせによっては市場に適応できない場合が生じるため，全ての多層調整企業が単層調整よりも優れているとは一概に言えないことが理解できる。例えば数量調整のみのモデルが図 13[$pc = 0$] で価格調整のみのモデルが図 14[$pr = 0$] である。数量調整のみのモデルは適応度が非常に高い。価格調整のほうはパラメータの組み合わせによって適応に大きな差が出るが，中には優れた適応力を持つパラメータが存在することが

[5]伊東 [6] はフルコスト原則を採用する場合の問題を 2 点指摘している。1) マークアップ率を資本利潤率，売上利潤率のどちらで計算するか，2) 標準稼働率の設定方法，である。本稿では売上利潤率をマークアップ率と見なして定式化した。

[6]この点は収穫一定を仮定するカレツキー [4] モデルと異なる。

[7]生産容量が異なっても，各企業の費用逓減率は一定である。

[8]$r_t^i = \frac{p_t^i - k_t^i}{k_t^i}$　r_t^i：実現利潤率

わかる。ただし良好なパラメータの範囲が広いのは多層的調整と数量調整であることを忘れてはならない。

ここで需要にランダムな変動を 3 年ごとに与え，単層的調整企業と多層的調整企業を比較する。先ほどの実験で適応度の高い fm と gm を選んで実験を行った。

図 15[$fm = gm = 6$]，図 16[$fm = gm = 30$] と図 17[$fm = gm = 4$] から，単層的数量調整・価格調整よりも多層的調整の方が需要変化により円滑に適応していることが見てとれる。

6 モデルの意義

本稿の意義は 2 つある。1) 価格調整や数量調整のみの単層的調整に比べ，多層的調整を行う企業のほうが広範囲のパラメータで安定性を持ち，ランダムな需要変化に対する優れた適応力を持つ点，2) 個別企業の多層的調整行動が，産業レベルにおいて，景気循環に似た周期解 (リミット・サイクル) やストレンジ・アトラクターなどの定常的な挙動を生み出す点，を示したことにある。

また，マルチ・エージェント・モデルで分析した意義は，個別企業の倒産などにより定常性が破壊されてから，次の定常性を生み出す過程を観察できることにあった。マルチ・エージェント・モデルにおける倒産は，他企業のマーケットシェアの拡大，さらには利潤の拡大を生み出す。外生的なショックによらずに倒産という内生的ショックに基づき経済過程の非連続的変化を説明しうる。これは景気循環を理解，説明するための新しい視点を提供するであろう。紙幅の制約上すべての実験結果を記載する事は出来ないので，発表の際に残りの結果を報告する予定である。

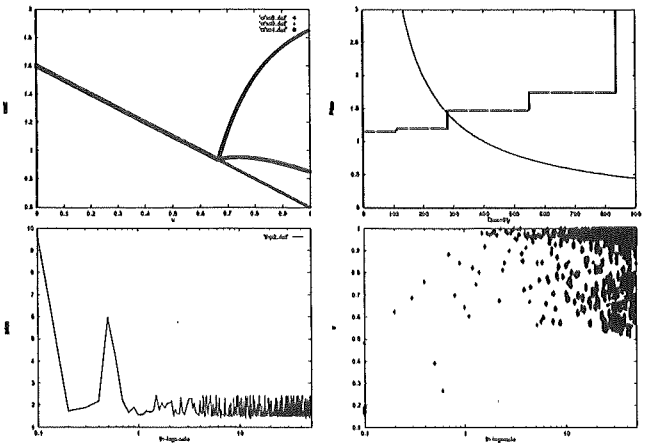


図 1: 費用関数 (上左)[横軸：稼働率，縦軸：費用]

図 2: 階段関数 (上右)[横軸：生産量，縦軸：価格]

図 3: 閾値価格 (下左)[横軸：閾値，縦軸：価格]

図 4: 閾値稼働率 (下右)[横軸：閾値，縦軸：稼働率]

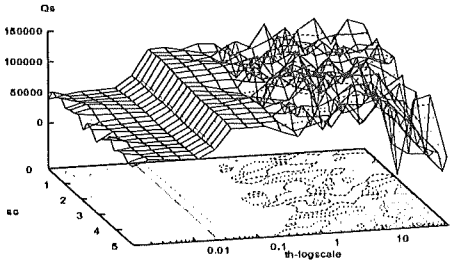


図 5: 閾値・総生産量散布図

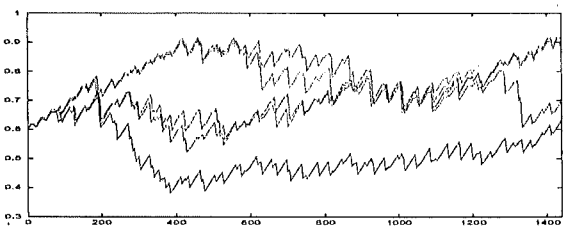


図 6: 5 企業の稼働率の推移 (共存)

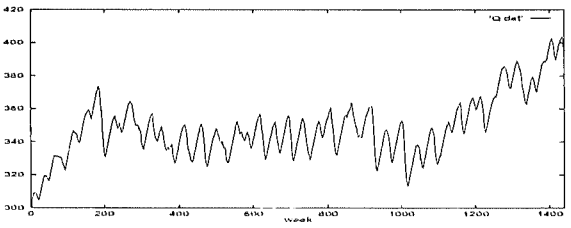


図 7: 集計生産量の推移 (共存)

参考文献

[1] Marshall, A. *Principles of Economics*, 8th.ed.Macmillan,1920 (マーシャル『経済学原理 I-IV』馬場啓之助訳，東洋経済新報社，1965-67 年)

[2] Hall, R.L. and Hitch, C.J. "Price theory and Business Behavior," Wilson, T. and Andrews, P.W.S.(eds.) *Oxford Studies in the Price Mechanism* , The Clarendon Press, 1951

[3] Hicks, J., *A Market Theory of Money*, Oxford University Press 1989 (ヒックス『貨幣と市場経済』花輪敏哉，小川英治訳，東洋経済新報社，1993 年)

[4] Kalecki, M., *Theory of Economic Dynamics* George Allen and Unwin Ltd., 1954 (カレツキ『経済変動の理論』宮崎 義一，伊東光晴共訳，新評論，1958 年)

[5] Morishima M., *Capital and Credit*, Cambridge University Press,1992
(森嶋 通夫『新しい一般均衡理論－資本と信用の経済学－』安富 歩訳，創文社，1994 年

[6] 伊東 光晴『現代経済の理論』岩波書店，1998 年

[7] 塩沢 由典『市場の秩序学』筑摩書房，1990 年

[8] 西部　忠『市場像の系譜学』東洋経済新報社，1996 年

[9] 同上 「競争と動態の概念－市場価値論の課題」北海道大学経済学部『経済学研究科』第 43 巻第 4 号，1995 年

[10] 同上「市場の多層的調整機構 (上) －最短期と短期における価格・数量調整－」北海道大学経済学部『経済学研究』第 45 巻第 4 号，1996 年

[11] 森岡 真史「多部門在庫調整過程の安定分析」『立命館国際研究』第 6 巻第 2 号，1993 年

[12] 森嶋 通夫『無資源国の経済学』岩波書店，1984 年

[13] 吉川　洋『マクロ経済学研究』東洋経済新報社，1984 年

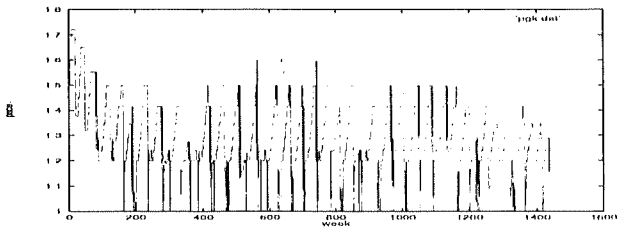


図 8: 指標価格の推移 (共存)

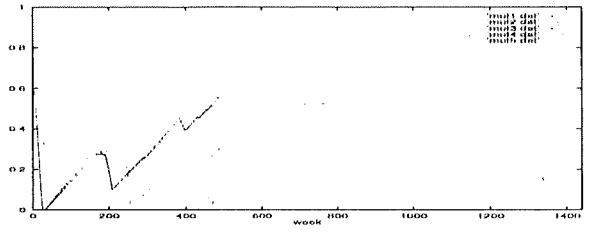


図 9: 5 企業の稼働率の推移 (倒産)

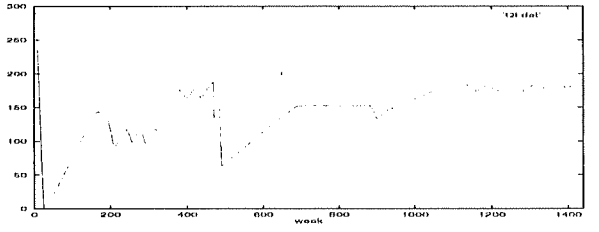


図 10: 集計生産量の推移 (倒産)

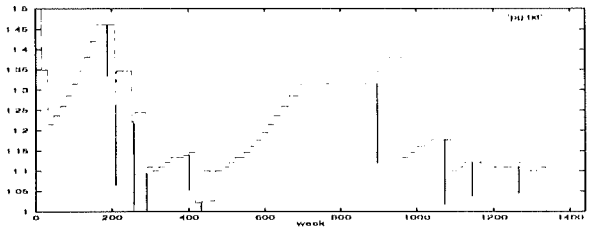


図 11: 指標価格の推移 (倒産)

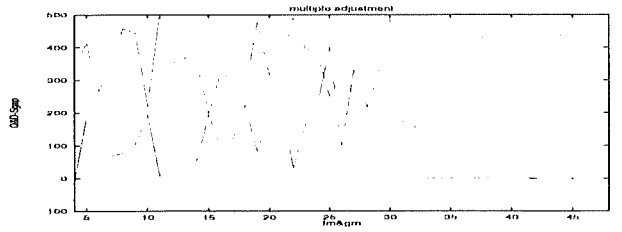


図 12: 需給ギャップと価格閾値 (多層調整)

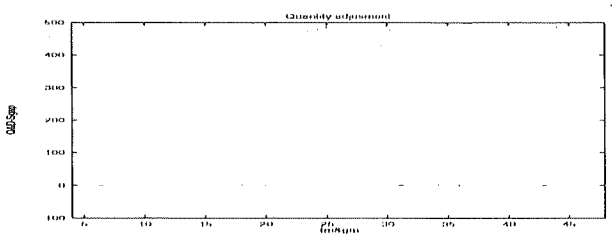


図 13: 需給ギャップと価格閾値 (数量単層調整)

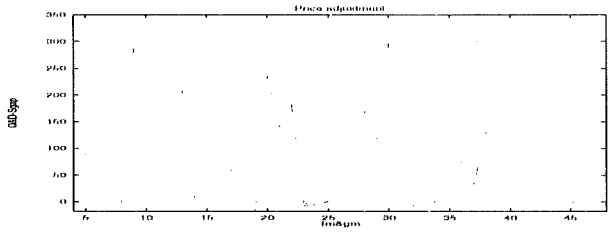


図 14: 需給ギャップと価格閾値 (価格単層調整)

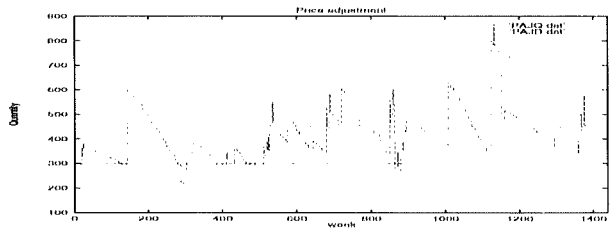


図 15: ランダム需要と価格調整

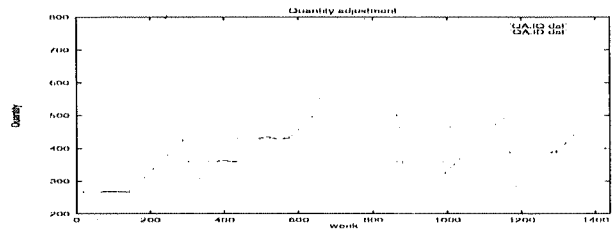


図 16: ランダム需要と数量調整

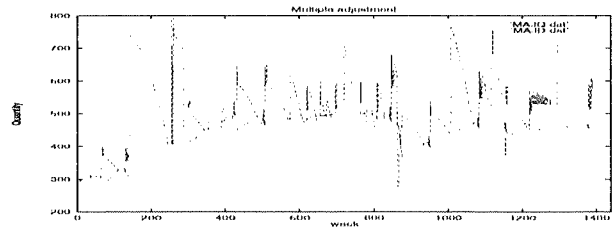


図 17: ランダム需要と多層調整

エージェント集団の規範と相互参照型間接制御
- レプリケータダイナミクスによる多主体複雑系分析 -
Norm and Mutual Indirect Control of Agent Based System

京都大学経済学研究科　出口 弘
Kyoto University, Graduate School of Economics
Hiroshi Deguchi　deguchi@econ.kyoto-u.ac.jp

Key word: Norm Game, Multi Agent System, Replicator Dynamics, Indirect Control, Poly Agent System
Abstract: In this paper we introduced a replicator dynamics (RD) model of norm game. Norm game was introduced by R. Axelrod to explain how norm collapse.

We reformulate norm game as a weak coupling model between two 1 dimensional RD models. The one represents a population dynamics of alternatives {C,D}. The other represents a population dynamics of normative attitude. We also extended this model and introduced several types of centralized and distributed indirect control mechanism on agent base system.

1. はじめに

本稿では、レプリケータダイナミクス(RD)を用いて規範概念の分析を行う。ここではアクセルロードの規範ゲームとメタ規範概念を出発点としながら、規範概念を含む間接制御等、制度化の問題をＲＤによる分析枠組みを拡張することによって可能とする。

アクセルロッドは、ｎ人囚人のジレンマ問題を拡張し、「裏切り」と「協力」という代替案選択と、その代替案選択に対する規範的態度となる、「裏切り者を見つけたら罰するか否か」という規範的代替案を同時に含む意思決定モデルを考案し、これをノルムゲームと名付けた。彼はこれを遺伝アルゴリズムの手法を用いて、創発的シミュレーションによって分析した。そこではプレーヤ（エージェント）は裏切りと協力の二つの態度を選択できる。またエージェントは規範を維持するために裏切り者を罰するか罰しないかというレベルの選択も同時に行う。アクセルロッドのモデルでは、評価的態度としての規範的態度を取るエージェントは、裏切りものを罰するコストがかかるために、次第に裏切りものを罰しないことをエージェントが学習して規範的態度が次第に低下する。その結果最終的には全てのエージェントが裏切りものだけになってしまうという結果が得られた。この結果は、遺伝アルゴリズムによるモデルで得られた。この結果をもとに、彼は更に裏切り者を罰しないものを罰するというメタノルムが入ることでこの規範的態度の崩壊を防げるというシミュレーション分析を行っている。

以下では我々はこの２重の選択の階層を、基本的行為の代替案レベルと評価的態度の代替案レベルと呼んで区分する。その上で我々はこのアクセルロッドの分析を拡張しこの二重の代替案選択のモデルの理論モデルとしてモデル化を試み、規範概念のみならず代替案選択とそれに対する評価的態度の選択を含む広範な意思決定問題のクラスが存在し、それが社会経済システムの制度の設計にとって極めて重要であることを明かにする。

そこでは理論分析のためにレプリケータダイナミクス(RD)とその分岐のモデルが用いられる。我々は規範ゲームを比較的シンプルな2変数+規格化条件からなる１次元ＲＤが二つカップリングしたモデルで表現する。ＲＤを用いた規範ゲームのモデルでは、アクセルロッドの遺伝アルゴリズムを用いたシミュレーションモデルと異なり、数理的なモデルが明示的に与えられその大域的な軌道に関するシミュレーション結果が示される。ＲＤは、ゲーム論的相互作用から導かれたものがしばしば議論される。しかしＲＤは、代替案選択の学習に関するより一般的なダイナミクスであり、エージェントの代替案選択に関する平均利得と、全体としてのエージェントの平均利得を、エージェントが行う相互作用や何らかの外的な場の影響としてボトムアップに構成することができればよい。我々はこの立場からモデルを構成している。

dPc／dt = Pc*(1-Pc)*(EC-ED)
dPV／dt = PV*(1-PV)*(EV-Env)
EC = -1*(1-Pc)
ED = 3*Pc-9*PV
Env = 0
EV = -2*(1-Pc)
pd = 1-Pc

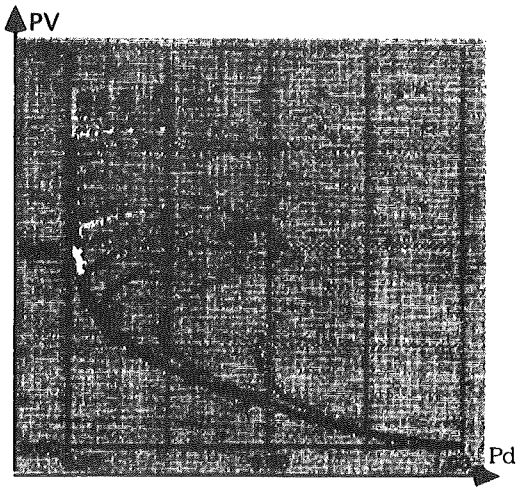


図1　規範の崩壊仮定のＲＤシミュレーション

これにゆらぎの効果を入れた式を作ることで、ほぼアクセルロッドのシミュレーションにある規範ゲームの意思決定プロセスが動的なシステムで再現される。シミュレーションの結果は図1で示される。

図1で横軸は、裏切り的態度の人口比、縦軸は裏切り者を罰する規範的態度の人口比（ｐｄ）を示す。協力者の人口比Ｐｃは１－Ｐｄとなる。縦軸はアクセルロッドの用法に従って、復讐度(V)と呼び、その人口比はＰＶで表現されている。

このメカニズムは図２に示されるように、基本的な代替案に対する規範レベルの意思決定が構造パラメータの力学系になっていて、それらにカップリングがあることが基本的なメカニズムとなっている。

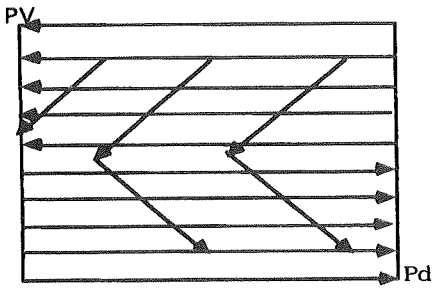


図２規範崩壊の力学系の分岐解釈

我々はこれらの分析からスタートして、彼のメタノルム概念を更に検討し、高次の意思決定を含む意思決定ダイナミクスのモデルとそこでの制度設計としての間接制御概念を明かにする。

2.　様々な相互参照型の分散間接制御

【メタノルム】

アクセルロッドは、この規範の退化をどのようにしたら防ぐことができるかを分析し、メタノルムという概念を提起している。これは裏切り者を復讐するかしないかという規範的代替案の選択そのものを対象としたメタ規範的態度を導入することで行われる。メタ規範的な代替案は、裏切り者を復讐しないものを罰するという形で導入され、それにより復讐度の低下とノルムの崩壊が食い止められることがやはり遺伝アルゴリズムのモデルによって示された。

このアクセルロッドのメタノルム概念を我々のＲＤを用いた下記のような枠組みでモデル化してみる。ここでは、PMVでメタ規範的態度を取る人間の人口比率を表す変数とし、そのダイナミクスを次のように定式化する。

dPc／dt = Pc*(1-Pc)*(EC-ED)
dPMVdt = PMV*(1-PMV)*(EMV-EMnv)
dPv／dt = PV*(1-PV)*(EV-Env)
EC = -1*(1-Pc)
ED = 3*Pc-9*PV
EMnv = 0
EMV = -2*(1-PVenge)
Env = -9*PMV*Pc
EV = -2*(1-Pc)
pd = 1-Pc

このとき、EMVつまりメタ規範的態度を取る人の平均利得は、メタ規範的態度を取ることのコストを－２として、-2*(1-PVenge)となる。ここではEnv= -9*PMV*Pcという形で、復讐的行為を行わない人は、メタ規範的態度を取る人に罰せられることで平均利得が低下する。

図3は、以前と同じく縦軸がPV,横軸がPdを表わし、メタノルムの初期値を0.2、0.5、0.8と変え、更にPdの初期値を変えてシミュレーションした結果が示されている。ここでは初期のメタノルムの度合いが小さいときにはPdが１にロックすることがあるが、かなりの度合いで復讐度も上昇し、基本的行為の代替案も協力解にロックする。

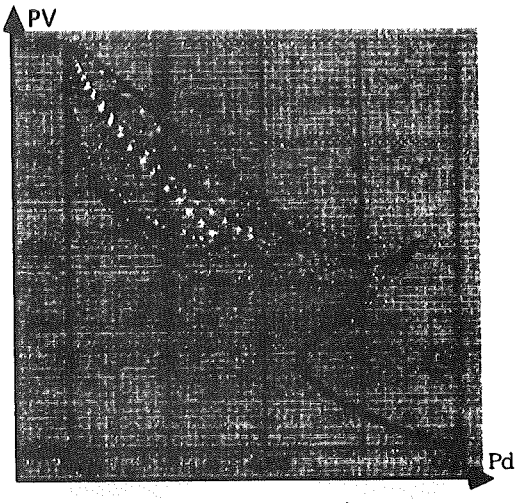


図3　ＲＤによるメタ規範のモデル

【間接制御の一般化】

行為の代替案選択とその構造パラメータを制御する規範のダイナミクスをより一般化して、エージェント自身による分散的な間接制御としての相互評価（サンクション）のダイナミクスやそれに対する中央型の上位の間接制御などを論じたい。

【流行的な態度の循環型モデル】

ここでは流行の循環に見られるような、基本的代替案{a,b}の選択とそれに対する相互評価的態度が、一種の循環を起こす場合についてそのモデル的構造を明かにしたい。そこである代替案を選択する態度が増えてくるとその選択そのものの利得が事後的に高くなる一方で、その流行に対する評価そのものは、流行が進む（対象となる代替案を選択する人口が増大する）中で逆に低くなるというモデルを考える。これは、流行に伴うバンドワゴン効果と、流行に飽きて別のものを評価したくなる状態が共存するプロセスをモデル化したものになっている。モデルは次のように示される。

dPa／dt = Pa*(1-Pa)*(EA-EB)+fract1
dPASup／dt = PASup*(1-PASup)*(EASup-EBSup)
EA = 0*(1-Pa)+3*Pa+5*PASup
EASup = -5Pa
EB = 0*Pa+3*(1-Pa)+5*(1-PASup)
EBSup = (1-Pa)*(-5)

fract1 = IF(Pa<0.5) then RANDOM(0,0.05)
else -RANDOM(0,0.05)
pb = 1-Pa

このモデルでは、ゆらぎが大きな意味を持ってくる。基礎となる代替案選択の人口比にゆらぎがない場合は、各頂点で態度がロックしてしまう、或いは極端に学習速度が遅くなる。これに対して代替案の選択態度にゆらぎがあるといわゆるリミットサイクル的な軌道を描き、基本となる代替案間の流行的循環が、その代替案に対する評価的態度の循環と共に生じることがわかる。これは、流行のような現象では、新しい流行の芽が少数の前衛によって出されることが大きな影響を及ぼす可能性を示唆している。

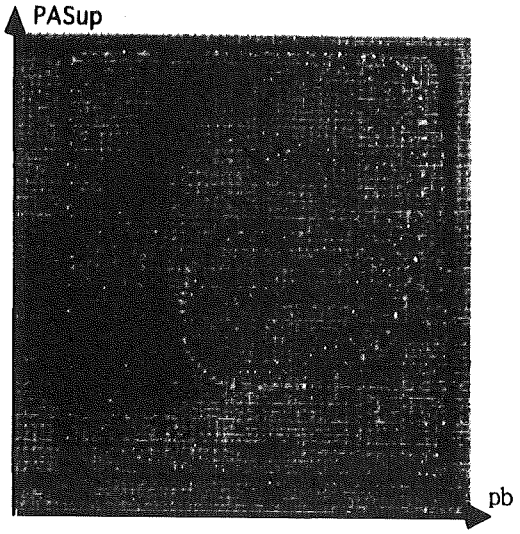


図4　流行の循環モデル

【2次間接制御としての支援】

アクセルロッドの言うメタノルムは、規範違反を罰しないものを罰するという、非常に強いメタ規範概念である。だがメタ規範をそのまま制度化しようとすると、連帯責任制度のように、歴史的に捨て去った人々の心的内部モデルにまで踏み込んだ制度化が必要となる。近代社会はコストはかかる方法ではあるが、法的一次ルールを明示化し、行為をモニタリングして直接サンクションをかけることで社会の規範を維持し、それを二次ルールとしての立法システムで維持管理するという透明性の高いシステムを構築してきた。またこれにより伝統的で流動性の小さい社会から、様々な代替案が評価され動的に再構成可能な社会になることで産業社会としての多彩な機能分化が可能となった。だがこのような一次ルールとしての法制度だけでは、我々の社会の規範のすべてを覆いつくすことはできない。他方で伝統的社会の慣習や道徳はそれを維持するメカニズムが次第に希薄となりつつある。また社会的な規範を維持していたピアグループが変容することで規範的行為が減少し、規範的行為が衰退するプロセスは現実にもしばしば観察される。その中で多くの伝統的規範は、時代に応じて変化し再構築される必要がある。これらに対して、教育や知識の普及が果たす役割の重要性はしばしば指摘される。国連家族計画の長年のアプローチは、人口抑制に関する家族計画の普及はインセンティブやペナルティだけでは不可能で、正しい知識の普及が不可欠であることを教えてくれる。開発途上国の人口問題に関して直接的な不妊政策は結果的に有効ではなく、人々の家族計画に関する学習を進め、強制することなく個人に情報を与えて選択を与えるというリプロダクティブヘルスでしか行えないことが次第に明らかになってきている。今日の地球社会は、知識の普及に関して国民国家の枠組みを越えた新たな情報流通の時代に向かおうとしている。様々なレベルの行為の評価やそれに対するメタ評価が、様々なグローバルネットワーク上で討議され、その知識が共有されることで、様々な問題に対する代替案選択やその相互評価のダイナミックな変化が従来の枠組みを越えて可能となる。

【知識の普及と教育】

このような教育や知識が代替案選択や相互評価的態度に与える影響を、重要な間接制御のクラスとして我々のモデルで扱いたい。ここでも{C,D}の替わりに{A,B}という２種の代替案を用いるがその利得は囚人のジレンマ型のものを採用しているのでAを協力的態度、Bを裏切り的態度と呼ぶ。

表1

	A	B
A	(2,2)	(-5,3)
B	(3,-5)	(-2,-2)

ここでは協力的態度に対する知識の普及がもたらす効果を、メタ規範（メタ分散間接制御）レベルの態度変容動学として定式化する。そのために規範違反者を罰するのではなく、逆方向で規範的行為を支援する態度を考える。即ち協力的行為（代替案）に対する正しい知識の普及によって、協力的行為を支持する態度が広がっていくというメタノルムモデルを考える。ここでメタ分散間接制御レベルの変数として、協力的態度に対する正しい知識の普及を表す人口動学的変数Paknowが導入される。また知識の普及のために三次レベルの政策的間接制御変数、polsupA が導入される。規範（分散間接制御）レベルのサポート的態度の意思決定では、サポート的態度の利得に影響を与える要因として、当該の代替案の人口比率そのもののロックイン効果と、知識の普及効果を想定している。ただし知識に関しては正しい知識の普及が協力的態度をサポートする態度の利得を高くする効果だけを想定している。その上で、正しい知識(PaKnow)の普及に対する３次の間接制御として政策的な支援が与えられることを想定している。これらは下式でモデル化される。

dPa／dt = Pa*(1-Pa)*(EA-EB)+fract1
dPaKnow／dt = PaKnow*(1-PaKnow)*
(EAKnow-EBKnow)

dPASup／dt = PASup*(1-PASup)*(EASup-EBSup)
EA = -5(1-Pa)+2Pa+3PASup
EB = 3Pa-2(1-Pa)+0*(1-PASup)
EASup = Pa+2PaKnow
EBSup = (1-Pa)+0*(1-PaKnow)
EAKnow = polsupA
EBKnow = 0
polsupA = 1
fract1 = IF(Pa<0.5) then RANDOM(0,0.05) else -RANDOM(0,0.05)
pb = 1-Pa

図5では、縦軸が協力的態度に対する支持的態度を取るエージェントの人口比率、横軸が裏切り的態度の人口比率となっている。ここでは、一度裏切り的な態度を取るようになっても、知識が次第に普及すると共に、支持的態度が上昇し、その結果再び協力的態度が上昇していくメカニズムが示されている。

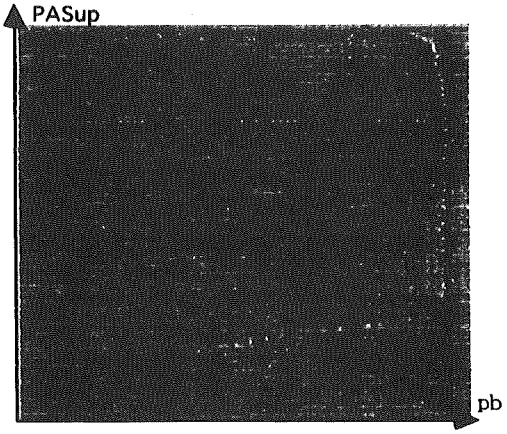


図5　支持的態度の上昇に伴う協力解へのロック

更に図6は縦軸が協力的態度に対する正しい知識の普及で、横軸が協力的行為に対するサポート的態度の普及を意味している。結果的に協力的行為へのサポート的態度や協力的行為の比率が低いところからスタートしたとしても、正しい知識が普及するにつれて、次第に協力行為をサポートする人口が増大して、最後には協力的行為が普及するようになるのである。

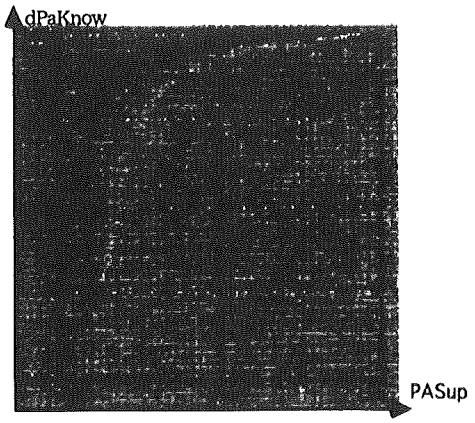


図6　正しい知識の普及による協力的行為をサポートする態度の普及

正しい知識の普及が、規範的な態度や代替案の選択に影響を及ぼすモデルに於ける、知識普及の支援政策の持つ意味は非常に重要である。ただしそこでは特定の知識や信念を教育によって支援するのと、知識そのものを比較し、代替案選択の結果が社会に及ぼす影響についての正しい知識を共有することを支援するのでは支援の質が異なる。特定の知識を普及するのではなく、知識そのものを学習し、進化させる枠組みの支援こそが重要となる。

5　結語

我々は基本的代替案とそれに影響を与える相互評価としての規範的態度（分散間接制御）、更にそれに対するメタ評価や知識の層をメタ分散間接制御の層として仮定し、更に各々のレベルでの政策的間接制御をモデル化し、それらを数値シミュレーションを通じて解析してきた。これらを概念図式で示すと下図のようになる。

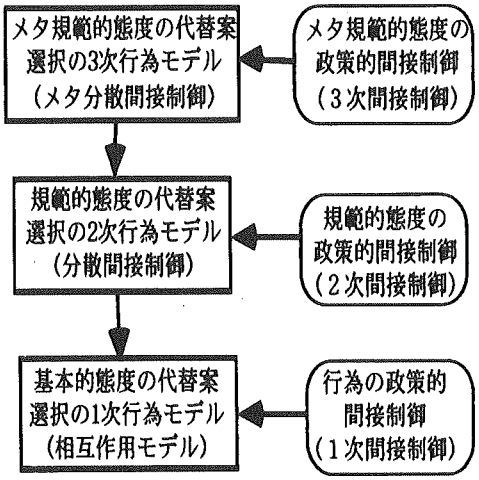
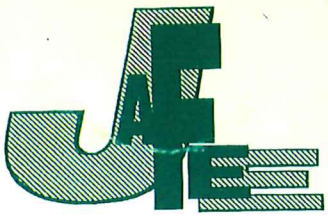


図7　代替案洗濯の階層的間接制御の構造

文献

[1] Robert Axelrod, The Complexity of Cooperation - Agent-Based Models of Competition and Collaboration, Princeton University Press,1997
[2]Hiroshi Deguchi, Agent Based Approach for Social Complex Systems - Manage ment of Constructed Social World - in Toru Ishida (Ed),『Community Computing and Support Systems』 LNCS 1519, Springer, pp.62-77, 1998
[3]出口弘,多主体複雑系と間接制御，システム／制御／情報, Vol.43, No.5, pp.227-235,1999
[4]黒田俊夫,『世界人口白書』,世界の動き社,1999
[5] 高木春夫、木嶋恭一、出口 弘他著、『マルチメディア時代の人間と社会』、日科技連出版、高木、木嶋、出口監修シリーズ社会科学のフロンティア、第1巻、1995
[6] Fernando Vega-Redondo: Evolution, Games, and Economics Behaviour, OXFORD UNIVERSITY PRESS (1996)



Evolutionary Economics in Tokyo

Papers of the Fourth Annual Conference of
The Japan Association for Evolutionary Economics
Tokyo, March 25～26, 2000