

# 經濟論叢

第164卷 第2号

---

規範と制度化の階層的意思決定モデル……………	出口 弘	1
都市開発量決定メカニズムの経済分析(1)……………	鄭 炳 潤	31
リーン生産システムと危機における 労働の柔軟性……………	李 在 鎬	45
自社の株式を対象とした売建 プット・オプション取引における 会計問題(1)……………	池 田 幸 典	66
カレッキの開発経済学(1)……………	山 本 英 司	87

---

平成11年8月

京 都 大 学 経 済 学 會

## 規範と制度化の階層的意識決定モデル

出 口 弘

### 要 旨

本稿では、レプリケータダイナミクス（RD）を用いた規範概念の分析を行う。ここではアクセルロッ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行う。

### I はじめに

#### アクセルロッドの規範ゲームとメタ規範ゲームモデル

本稿では、規範や制度化に関する意識決定モデルを、RDを用いて分析する。規範についての社会学的分析は数多いが、それを数理的モデルとして扱ったものは少ない。本稿ではアクセルロッドによって示された、規範概念とそのメタ規範との区別を手掛かりに、代替案選択に関する規範概念と学習を含む、より複合的なモデルについて分析する。

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（大胆さ）」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識決定モデルを考案し、これを規範ゲーム（Norm Game）と名付けた（〔1〕）。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。

ここで規範と呼ばれているのは、個々のエージェントの行為（代替案選択）をエージェント自身が相互にモニタリングして、サンクションを与える行為の

ことである。このように代替案選択の形で表される行為に対する評価的な行為としてエージェント自身が与える、自律分散的な評価とサンクションの枠組みをアクセルロッドは規範と呼んでいる。ここで我々が自律的エージェントに対して導入した間接制御という一種の境界制御を考える。これは政府のような中央的なエージェントがモニタリングとサンクションを与える形でエージェントの自律性を前提とした行為の間接制御概念である（〔2〕、〔3〕）。これに対して、後で示すようにここでの規範概念は分散的で相互参照に基づいた間接制御概念の拡張になっている。

アクセルロッドはこの規範ゲームを遺伝アルゴリズムを用いてシミュレーションしてその性質を解析した。これは画期的なアプローチであった。通常、このクラスの複雑さをもった問題を理論的に扱うことは難しい。そこで社会科学がしばしば陥りがちなのが、計量的モデルの罫と、シンプルなモデルからの過剰なコンジェクチャーの罫、それに規範的な解釈の罫である。計量モデルはシステム分析を行うものならたいてい知っていることではあるが、説明変数が十分多ければ短期的に現象にフィットさせるのは容易なことである。社会科学の計量モデルの多くが、計量に拘泥し、この基本的な部分に隙があるように見える。これに対してゲーム理論の分析などは単純なモデルから現実の問題に対して過剰なコンジェクチャーを与えがちである。数理モデルとしての隙はなくても、そこにはモデルの正確性がコンジェクチャーの正当性を保証するという誤解がないとは言えない。更に問題に思えるのは規範的なモデル設定である。人間が合理的に動けばこうなる筈であるという規範的なモデル設定は、しばしばモデルそのものの貧弱さを覆い隠す最大の武器になる。

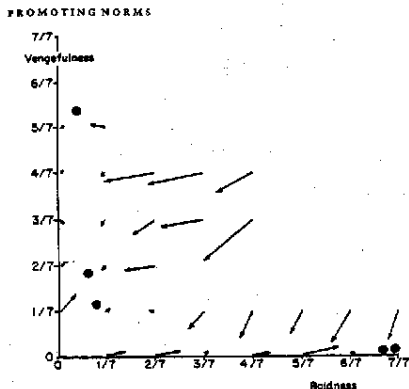
経済学の合理的意思決定モデルは、このような多くの問題を抱えてあちこちで行き詰まっているように見える。これに対し、国際政治学者であるアクセルロッドのアプローチは、まず明かにしなければならぬ現象があり、その特性に応じたモデルを捜し求めている。彼の言によれば、冷戦終結後の世界の問題を明かにするには、2人ゲームやその延長上の手法では明かに不足であった。

そこで彼は新しい道具立てを既存の常識にとらわれずに捜し求めた。その結果彼が、出会ったのが、自律的エージェント集団を解析する手法としての遺伝アルゴリズムであった。

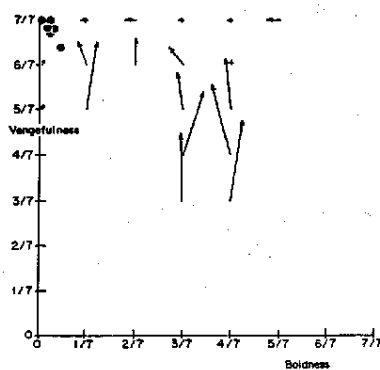
アクセルロッドのモデルでは、評価的態度としての規範的態度を取るエージェントは、裏切りものを罰するコストがかかるために、次第に裏切りものを罰しないことをエージェントが学習して規範的態度が次第に低下する。その結果最終的には全てのエージェントが裏切りものだけになってしまうという結果が得られた。これは、遺伝アルゴリズムによるモデルで得られたものである。この結果をもとに、彼は更に裏切り者を罰しないものを罰するというメタノルムが入ることでこの規範的態度の崩壊を防げるというシミュレーション分析を行っている。

下図はアクセルロッドのシミュレーション結果である。X軸は裏切りの態度を取る人間の比率、Y軸は裏切りものを罰するという規範的態度を取る人間の比率である。第1図では規範的態度が低下して最後に裏切りの態度が上昇する過程が示されている。第2図では、メタノルムを導入することでこの規範の崩壊を防げる様子が示されている。

第1図 ノルムの崩壊



第2図 メタノルム



このアクセルロッドの規範に関する分析は、多くの示唆に富んでいる。とりわけ「基本的な行為の代替案の選択」と「それに対する評価（規範）的な態度の選択」という二つのレベルは異なるが相互に関連しあう代替案選択の問題として規範概念を捉え、それを簡単なゲームの形で表現したことにアクセルロッドの優れた着想がある。以下では我々はこの2重の選択の階層を、基本的行為（代替案）のレベルとそれに対するエージェント自身による分散的な評価的行為（代替案）の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の代替案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。というのは、エージェントの行為をあるモニタリング確率で観察して、それに対して報酬（支援）や罰則の形でサンクションを与えることでエージェント自体が自律的に行為を変化させることを目的とした間接制御の枠組が、何らかの中央型の行政主体によるメカニズムのみならず、エージェント自体による分散的なメカニズムにまで拡張されるからである。このような条件下で行政のような中央的主体は、エージェントの規範的行為そのものを支援したり罰則を与えるという高次の間接制御を行う可能性が生じるのである。

そこでは、レプリケータダイナミクス（RD）と呼ばれる学習を含む意思決定のマイクロダイナミクスとその分岐の手法が用いられる（〔4〕、〔5〕）。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。このカップリングモデルは2次元の空間で表現される。このカップリングの効果として我々は規範が行為に示す影響や、特定の行為の代替案を選択する人数が規範に及ぼす影響などを解析することが可能となる。

我々の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。なおアクセルロッドのモデルでは、エージェントが互いの行為を見るという分散的なモニタリングの確率が  $See$  という変数として陽に扱われているが、本稿の範囲では単純化のためにこの変数を省略している。また我々がここで用いる RD は、ゲーム論的相互作用から導かれたものとは限らない。RD はその構造上、エージェントは戦略全体の平均利得と自己の採用している戦略の平均利得が比較でき、その差によってマクロな社会学習が進んで全体平均よりも利得の高い戦略はそれを採用する人数が増え、低い戦略はそれを採用する人数が減るというマクロ人口動学である。ゲーム理論的な相互作用から RD を導くのは平均利得を計算する一つの方法に過ぎない。

#### RD の拡張とそのボトムアップな構成

物理学の世界では、ミクロな相互作用からマクロの状態発展方程式を導く方法が様々な工夫されてきた。意思決定に関して、このようなミクロとマクロをつなぐダイナミクスに関する研究は、決して十分なものではなかった。

RD は代替案レベルでのマクロダイナミクスであるが、この問題に一石を投じる枠組みを提供してくれた。オリジナルの RD の議論はゲーム理論と密接に結び付いてるが、我々はこれをエージェントの学習の動学として拡張することで、より広範な問題、特に構造変動や制度設計の問題に適用できることを示す。具体的に本稿では、いわゆる規範概念のモデル化のためにこの枠組みを用いることが可能であることを示す。

一般に、 $\{a, b\}$  という代替案集合に対して、エージェントがその代替案を選択したときの平均利得を計算することで、RD によるマクロな社会学習モデルは構成される。RD そのものは、マクロな代替案選択の人口動学であるが、それは個々のエージェントの平均利得をボトムアップに求めることでミクロな相互作用モデルから構成される。

この平均利得の構成法として知られているのが、ゲーム理論的な相互作用を

表す利得表からこれを導く方法である。RD と 2 人非協力ゲームの解の間関係については、既に広く知られている。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。その意味で、我々はエージェントの代替案選択に関して得られる平均利得を基礎的な変数として、そこからモデルを構成するアプローチを採用する。これによってゲーム論的な相互作用の枠組みを含みつつ、その解釈から自由に拡張可能となる代替案選択に関する学習のダイナミクスの構築が可能となる。

#### 行為と規範の基本モデル

我々は、行為のモデルを基本態度モデルと、その行為に対する規範的態度を表す規範的態度モデルに区分する。このような行為とその行為自身に対するメタ行為で規範の成立を分析する視点は、アクセルロッドによって遺伝アルゴリズムを用いた規範のモデルの中で提起されたものである。我々はこれを RD の枠組み、即ち学習するエージェントモデルによって分析することが可能であることを示す。

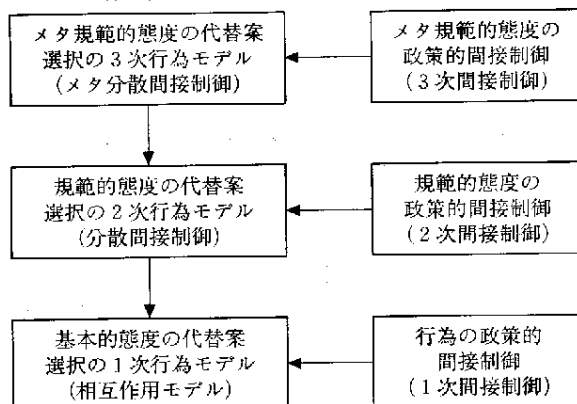
基本的な代替案の選択モデルに対する規範的態度の存在に関しては、我々は多くの場合にそれを数理的にモデル化することを行ってこなかった。これは制度という概念の論理的分析を怠ってきた一つの証拠である。これらの領域は社会学や政治学で高い関心を持たれながらも、モデル化は遅れていた。ここではアクセルロッドの規範とメタ規範の区別に準拠しながら、エージェント集団に対する相互参照型の分散間接制御の概念を導入し、代替案選択に影響を及ぼす多彩な意思決定構造に関し分析する。

まず我々は基本的代替案の選択のモデルを考える。これは当該の代替案の選択に関する利得とその学習のダイナミクスとして RD で基本モデルが与えられる。この基本モデルには、先に述べた間接制御の概念が適用できる。我々が

もともと導入した間接制御の概念は、政府のようなオーソリティによる、罰金や保証金による平均利得の調整という意味を持っていた（〔2〕，〔3〕）。

更に我々は、基本的代替案に関する規範を表現するモデルを導入する。そのために我々はエージェント自身が、当該の代替案に対して、それを支持したりサンクションを課す態度を取ると仮定する。アクセルロッドのモデルでは、 $n$ 人囚人ジレンマ問題に対して、裏切り者を罰するという規範的態度が仮定されていた。しかし後ほど見るように、ひとたび抽象化されたモデル枠組みで問題を定式化することができれば、この規範的態度に関しても様々な可能性を分析することが可能である。この規範的態度の選択に関しても同様に RD のモデルが構成可能となる。また規範的態度に対する間接制御概念も同様に導入することができる。更にこの規範的態度の選択に関する態度としてのメタ規範的態度にまでモデルを拡張することができる。アクセルロッドのモデルでは、このメタ規範的態度は、裏切り者を罰するという規範的態度を取らないものを罰するというものであった。我々は後ほど、このメタ規範に対しても間接制御の概念が有効であることを示そう。このような概念のメタ化は、何階層でも深くすることができるが、実際に意味があるのはこのメタ規範的態度までであろう。

第3図 基本代替案上の規範とメタ規範





これらの関係は第3図で示される。

我々は、規範的態度モデルや更に、それに対するメタ規範的態度或いは、規範的態度の間接制御モデルを構成することで、間接制御の概念を高次化することが可能である。

## II 規範ゲームとそのRD分析

### 規範ゲーム

まずアクセルロッドの規範ゲームを、RDによって再定式化することを試みる。そのために下記のような簡単な2次元のRDを用いる。

ただしここでは簡単のためにエージェントが他のエージェントをモニタリングする確率（アクセルロッドはこれを See と呼んでいる）は考慮していない。

$$dP_c/dt = P_c \times (1 - P_c) \times (EC - ED)$$

$$dP_v/dt = P_v \times (1 - P_v) \times (EV - Env)$$

$$EC = -1 \times (1 - P_c)$$

$$ED = 3 \times P_c - 9 \times P_v$$

$$Env = 0$$

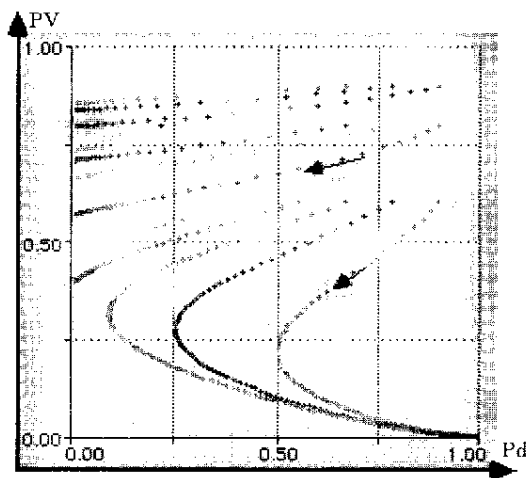
$$EV = -2 \times (1 - P_c)$$

$$pd = 1 - P_c$$

このモデルを解析するのに、厳密な分岐理論解析をすることも可能であるが、本稿ではその大域的な性質とその制度のあり方による構造変化を見ることが目的であるので、様々な初期値からのシミュレーションによる相図の解析にとどめる（〔2〕）。従って本節のシミュレーションの意味は、遺伝アルゴリズムを用いた発見的シミュレーションとは異なり、あくまで理論をたてた上でのその解析の補助手段としての数値シミュレーションである。

このシミュレーションの結果は第4図で示される。図で横軸は、裏切りの態度の人口比、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  $P_c$  は  $1 - P_d$  となる。縦軸はアクセルロッドの用法に従って、

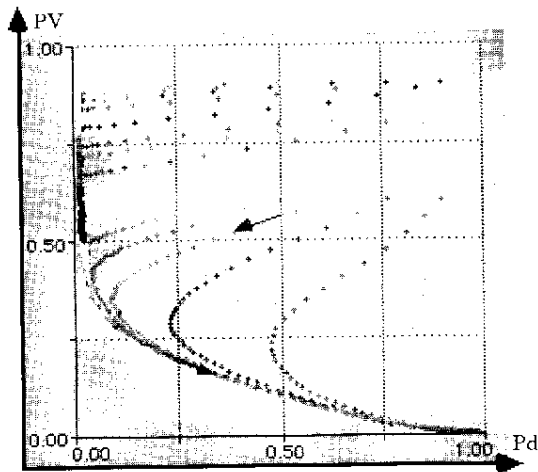
第4図 規範ゲームのRDモデル(単純型)



復讐度 (V) と呼び、その人口比は PV で表現されている。このモデルでは、協力的態度を取るエージェントの平均利得は、裏切りものの人口比率に応じて  $-1$  の損失をこうむる一方で、裏切りものは協力者から  $3$  の平均利得を得る。これだけの仮定であれば Pd はすぐ  $1$  にロックする。しかしここでは裏切りという行為に対して復讐という規範的態度が想定されている。これにより裏切りの平均利得は低下する。これは上式で ED 中の  $-9 \times PV$  という項で示される。また規範的態度つまり復讐を行うエージェントは、それによって  $-2$  というコストを払い、平均利得は  $-2 \times (1 - Pc)$  となる。

Pc に関するゆらぎの入らない、このモデルでは一定以上 PV が大きい初期値から出発した場合、 $Pc=1$  にロックするため、一見すると協力的態度の維持とそれをサポートする一定程度の規範が成立しているように見える。しかし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では、このようなロックは成立していないように見える。この差は、基礎となるモデルを検討することで明かとなる。

第5図 ゆらぎを考慮したRDによる規範ゲームモデル



この基本モデルでは、協力的態度が1になったときには、復讐度の低下が止まっている。これは復讐対象がいなくなることで、モデル上復讐度の変化がなくなるからである。しかし実際の代替案選択には、多少のゆらぎがつきものである。アクセルロッドのモデルではこのようなゆらぎは、戦略の突然変異などで表現されている。そこで我々は  $P_c$  に関するゆらぎのあるモデルを導入する。ここでは確率的な小さなゆらぎを仮定した。すると第5図のように、最終的に復讐度が0となり裏切り解が1となる結果が得られる。ここではゆらぎの結果としてノルムが崩壊していくメカニズムがシミュレーションされている。これはアクセルロッドの遺伝アルゴリズムのシミュレーションで得られた結果にほぼ対応するものとなっている。

このゆらぎを考慮した規範ゲームでは、規範の崩壊には時間がかかるが、ひとたび崩壊が進むと急速に裏切りものが増えるという時間特性を持っており、規範の崩壊過程に関して示唆に富んでいる。

## 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、裏切り者に復讐しないものを罰するという形で導入され、こ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。

$$dPc/dt = Pc \times (1 - Pc) \times (EC - ED)$$

$$dPMV/dt = PMV \times (1 - PMV) \times (EMV - EMnv)$$

$$dPV/dt = PV \times (1 - PV) \times (EV - Env)$$

$$EC = -1 \times (1 - Pc)$$

$$ED = 3 \times Pc - 9 \times PV$$

$$EMnv = 0$$

$$EMV = -2 \times (1 - PV)$$

$$Env = -9 \times PMV \times Pc$$

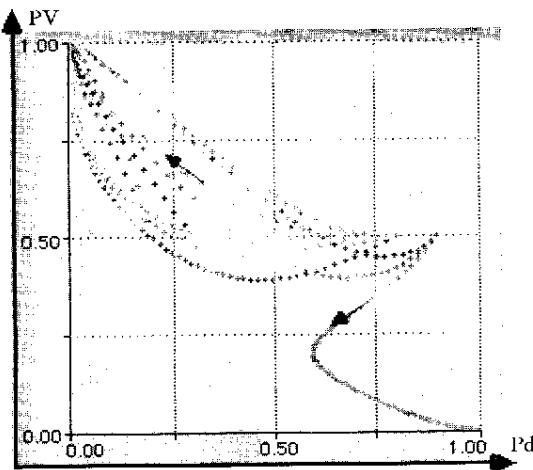
$$EV = -2 \times (1 - Pc)$$

$$pd = 1 - Pc$$

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コストを  $-2$  として、 $-2 \times (1 - PV)$  となる。ここでは  $Env = -9 \times PMV \times Pc$  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。

第6図は、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

第6図 メタ規範を導入したRDによる規範ゲームモデル



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。

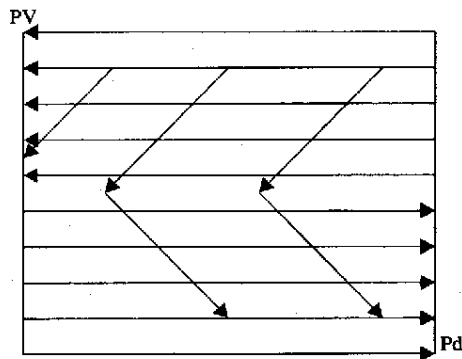
なお本来裏切りの態度を取る人が、復讐的行為（規範的態度）やメタ規範的態度を取ることはおかしいが、ここでのモデルではこのような境界条件として本来外すべき領域の軌道解も計算されている。しかしこれはここでの議論の本筋には影響しない。

### III 規範の論理構造と制度設計

#### 規範の論理構造

この規範やメタ規範は、どのような論理的メカニズムで成立するのであろうか。アクセルロッドのモデルは、まず規範の構造をシンプルにモデル化し、そこでの規範の崩壊の可能性を人工生命の手法を用いた計算機実験によって示したことに大きな意義があった。だが遺伝アルゴリズムそのものは、複合的なアルゴリズムであり、その結果を理論分析、構造分析するにはあまり適してはいない。我々はRDという学習を含む人口動学のマクロモデルを、エージェン

第7図 Vによる態度の分岐の模式図



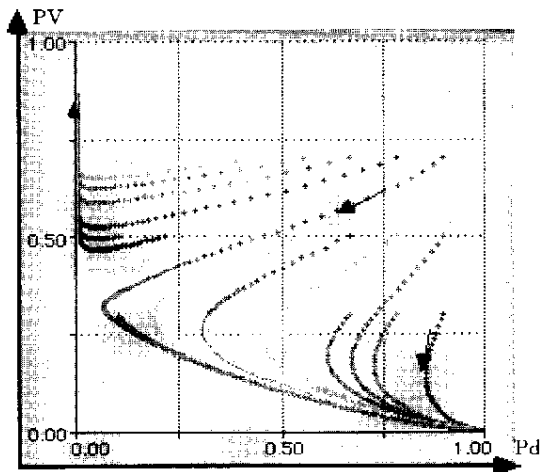
トの平均利得からボトムアップに構成することでより理論的検討が容易なモデルをこの問題に対して構成した。

システムの制度的構造変動を表すモデルとして力学系の分岐という概念が有効である。この規範のモデルでは、その力学系が顕著な特徴を持つ。それは規範的態度の変数が、より下位の行為の代替案に関する力学系に対して、構造パラメータのように振る舞う形となっていることである。上記の規範のモデルで言えば、PVを分岐パラメータと考えると、ベースとなる態度変容モデルが、PVを軸に第7図のように左 ( $P_c=1$ ) にロックする解と右 ( $P_d=1$ ) にロックする解に分岐していると見なせる。そして、このPV自身に関するダイナミクスからPVが高いところから始まった解の軌跡は、一旦規範(協力解)を強化しつつ、あるところまでPVが下がることで今度はPdが上昇する軌跡へと転じるのである。

#### 様々なメタノルムと制度設計、分析の可能性

ひとたび規範に関する上記のような理論的モデルを確立すれば、より詳細なノルムの自己形成モデルや規範という相互参照的で分散的な間接制御に外的インセンティブやペナルティを附加するなど様々な高次間接制御に関するモデル

第8図 少数個体効果による規範の維持

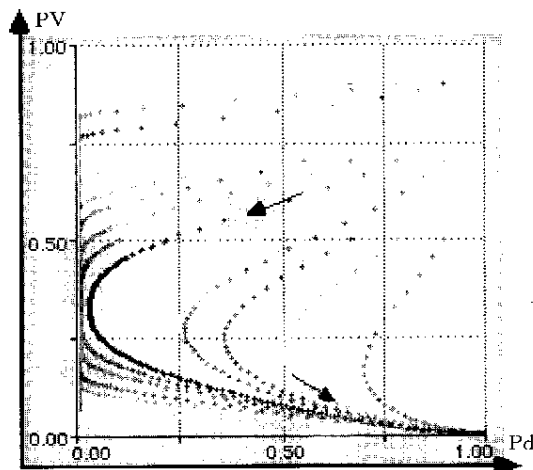


を分析、設計することが可能となる。また少数の信念を持った個体の持つ意味やゆらぎの役割などについてもより詳細な分析が可能となる。

例えば、一般に人間集団の中には、確信犯的な信念を持つ個体がいる。このような少数個体が存在することを仮定すると、シミュレーションの結果が変わってくる。第8図は、少数の個体が復讐度の平均利得を極わずか上昇させる役割をしていると仮定したときのシミュレーション結果である。ここで我々は、復讐的態度に対して平均利得が0.1だけ上回るような確信的活動をするエージェントがいると仮定している。このような少数の確信犯のエージェントがいるだけで、規範の解体を防ぐことができ、一度確立された規範的態度は維持される。

逆に規範に関する確信的な態度を取るコアとなる少数エージェントが存在しなくなる。或いは規範に反するものを罰しないことを奨励するような態度を持つ少数の個体が態度違反を罰する確信的個体よりも影響力が大きくなるだけで、規範は容易に崩れていく。このような場合のシミュレーション結果は第9図のように示される。

第9図 逆少数個体効果による規範の崩壊

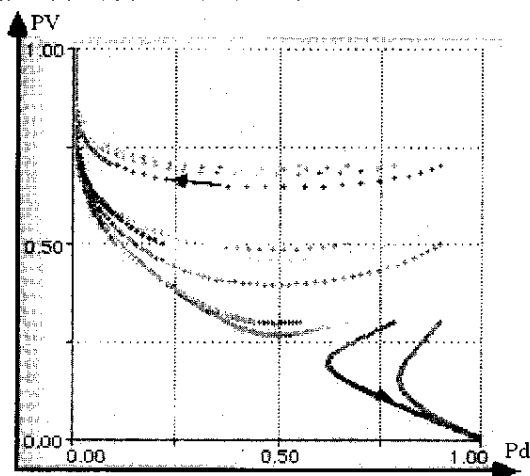


このように、比較的少数の確信的エージェントの影響によって規範がロックされたり崩れたりする可能性は注目に値する。規範の維持や崩壊にマージナルな個体の存在が影響を及ぼす可能性は上記のモデルで示された。だがここで我々がマージナルな個体の影響と解釈した要素は、そのまま規範的態度を対象とした間接制御政策と見なすこともできる。コアとなる少数エージェントをサポートすることで、規範の崩壊を効果的に防げるということも意味している。このような二次的な間接制御政策として、規範違反者を罰するコストを打ち消すだけの報償が規範的態度を取ったものに与えられる、或いは規範違反を見逃すものに対するペナルティが課されるとしよう。これは規範という自律分散的な間接制御を対象とした上位の中央型の間接制御を政策的に行っていることを意味する。その結果は極めてクリアな形で規範の成立、即ち協解と規範的態度へのロックが見られる。このシミュレーション結果は第10図のように示される。これにゆらぎの効果を入れてもその大筋は変化しない。

興味深いことに、規範的態度そのものが十分に強力であれば、その態度を維持するための二次的な間接制御のコストは、基本となる態度をペイオフレベルで



第10図 中央型の2次間接制御による協力解へのロック



動かすために必要な罰金や補助金（1次間接制御）に対して非常に低いコストですむ。

#### 2次間接制御としての連帯責任制度

ここでは規範違反を罰することをしないエージェントがペナルティを受けるメカニズムを、メタ規範によってではなく、何らかの政策主体の存在を前提とした2次間接制御によって行われるモデルを考えている。これは規範違反的態度を罰しないものを政策的に罰することを意味する。このような2次間接制御としてのメタサンクションのあるシステムでは、そのサンクションが大きければ、規範的態度にエージェント集団を強力にロックさせることができる。しかも、実際に規律違反をする人間の比率が小さければその政策コストは極めて小さい。しかし、このサンクションは、規律違反をした人間を罰しなかった人間をどうやって政策的に見つけるかという問題がある。これに対する一つの解は、エージェントが互いに互いを監視するメカニズムそのものを制度化して、違反者を罰しないものを罰することを集団の中で組織化し、それをサポートするこ

とである。これは3次の間接制御である。この3次の間接制御に近い制度化は歴史的に江戸期の五人組や、様々な密告制度の中に見て取ることができる。だがこのような形でのメタノルムの制度化は、今日の我々にとって容認し難い制度設計であろう。我々は別の形の分散型の間接制御と、中央型の高次間接制御の可能性を考える必要がある。本節の後半ではこの課題に答えたい。

#### IV 階層的規範モデルと間接制御の一般化

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的態度のダイナミクスをより一般化して、規範概念のみならず様々な代替案選択とそれに対する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。ある代替案選択を行って得られる直接的な利得と、それらの代替案に対する相互評価の結果得られる利得をここでは区別する。その上で代替案選択と相互評価の行為の二重構造が意思決定に関与するメカニズムをまず解析する。ここでは抽象化を進め代替案 {A, B} の選択のダイナミクスを論じる。このとき基本となる代替案選択のダイナミクスは、1次元力学系と想定するので、前述のタイプ以外に相図として次のような形のものも想定できる。

第11図 2個の代替案選択の力学系の相図



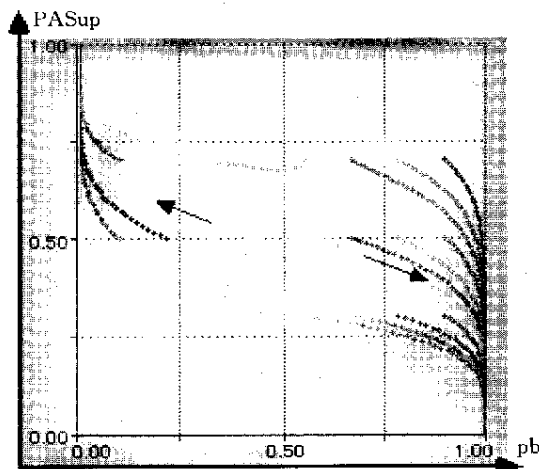
我々は状況に応じて様々な解釈とペイオフを与えられる代替案選択行為に対するRDと、これに対する相互評価的態度が導く構造変数に関するRDの複合モデルを分析する。この複合モデルは更にそれに対するメタ規範的態度を含めたモデルに拡張したり、様々なレベルの中央型の間接制御モデルを付け加えることができる。このような立場から更に分析を進め、評判や教育、知識が代替案選択に及ぼす影響について我々の立場からのモデル化を試みる。

## 代替案の二重の強化メカニズム

まず、代替案 {A, B} を選択する利得が自己と同じ選択をする人数に応じて高まると仮定しよう。これはゲーム論でいうコーディネーションゲームのランダムマッチング型の相互作用に対応する。更に各エージェントが自分と同じ選択をするエージェントを評価しそれを支持するとして、そのダイナミクスを含めたエージェントの行為モデルを考えたい。仮定から二つの代替案 A, B について、それを選択する人口が増えれば、個々のエージェントにとってもその利得が大きくなるし、その代替案に対してこれをサポートする評価的態度を取る人の数も増大し、それが更にその代替案の利得にも反映することになる。

基本代替案 A の選択をサポートする態度を取るエージェントの人口比率は  $PA_{sup}$  で表される。ここで A を選ぶエージェントをサポートするエージェントの平均利得  $EA_{sup}$  は、代替案 A の人口比率に比例するとする。 $EB_{sup}$  についても同様である。このモデルは、仮定から明らかなように一種の自己強化型の構造を持ち、人口の多いほうにクリアにロックする。モデルは次のように示される。

第12図 代替案選択とその相互評価の自己強化型モデル



$$dPa/dt = Pa \times (1 - Pa) \times (EA - EB)$$

$$dPA_{sup}/dt = PA_{sup} \times (1 - PA_{sup}) \times (EASup - EBSup)$$

$$EA = 0 \times (1 - Pa) + 3 \times Pa + PA_{sup}$$

$$EB = 0 \times Pa + 3 \times (1 - Pa) + (1 - PA_{sup})$$

$$EASup = 1 \times Pa$$

$$EBSup = (1 - Pa) \times 1$$

$$pb = 1 - Pa$$

このシンプルな二重の強化メカニズムは、バンドワゴン効果と数の多い方がその評価も高いという効果が加わったものと見なせる。次に我々は流行の循環現象のように、態度の変容が循環プロセスを導くような状況をモデル化しよう。

#### 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。

$$dPa/dt = Pa \times (1 - Pa) \times (EA - EB) + fract1$$

$$dPA_{sup}/dt = PA_{sup} \times (1 - PA_{sup}) \times (EASup - EBSup)$$

$$EA = 0 \times (1 - Pa) + 3 \times Pa + 5 \times PA_{sup}$$

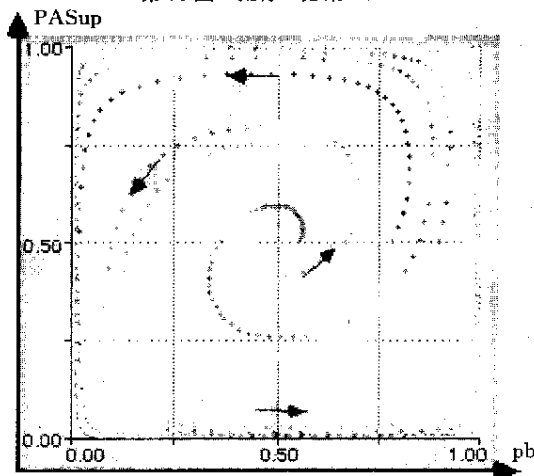
$$EASup = -5Pa$$

$$EB = 0 \times Pa + 3 \times (1 - Pa) + 5 \times (1 - PA_{sup})$$

$$EBSup = (1 - Pa) \times (-5)$$

$$fract1 = \text{IF } (Pa < 0.5) \text{ then RANDOM}(0, 0.05)$$

第13図 流行の循環モデル



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つてくる。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。

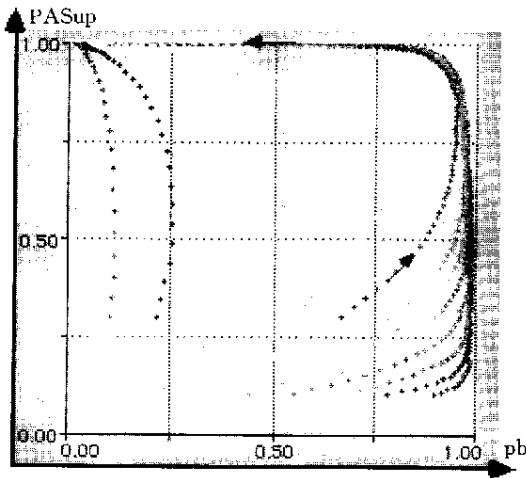
#### 2次間接制御としての支援

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、先に述べた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〔6〕。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の多彩な機能分化が可能となったと考えられる。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〔7〕。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。

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。そこでまず規範的態度に対する二次的間接制御の効果を示す簡単な例を見てみよう。ここでは {C, D} の代わりに {A, B} という2種の代替案が基本行為としてあるが、基本的態度の利得は囚人のジレンマ型のもので採用しているのでAを協力的態度、Bを裏

第14図 政策的な2次間接制御による協力的態度へのロック



切りの態度と呼ぶことにする。

第1表

	A	B
A	(2, 2)	(-5, 3)
B	(3, -5)	(-2, -2)

まず協力的態度を取る人の平均利得が上がるような支援を行うという間接制御を行うケースをモデル化する。ここで政策支援は  $EAsup$  に於ける  $Polsup$  の項で表わされている。協力的態度を支持する態度を取る人口が十分増えれば、それによって協力的態度を取った人の平均利得が十分上昇すると仮定している。モデルでは  $EA$  に於ける  $3 \times PASup$  の項がこれを示している。社会がこのような状況を満たしていれば、この協力的態度を取る人を増やすための政策的支援コストは比較的小さくてすむ。一度裏切りの態度の人口にロックしたように見えても、内心でサポート的態度を取る人が増えることで逆転が生じる。なおここでは協力や裏切りの人口比率に応じてその価値観（支持的態度）をサポー

トする自己強化的なロックイン効果も仮定しているが、それを上回る支援が得られるかどうか分岐のポイントとなる。モデルは次のように示される。

$$\begin{aligned} dPa/dt &= Pa \times (1 - Pa) \times (EA - EB) + fract1 \\ dPASup/dt &= PASup \times (1 - PASup) \times (EASup - EBSup) \\ EA &= -5 \times (1 - Pa) + 2 \times Pa + 3 \times PASup \\ EB &= 3 \times Pa - 2 \times (1 - Pa) \\ EASup &= Polsup + 1 \times Pa \\ EBSup &= (1 - Pa) \times 1 \\ fract1 &= F(Pa < 0.5) \text{ then } RANDOM(0, 0.05) \\ &\quad \text{else } -RANDOM(0, 0.05) \\ pb &= 1 - Pa \\ Polsup &= 1.5 \end{aligned}$$

第14図では、協力的態度の間接制御による支援効果が、ロックイン効果を上回るケースをシミュレーションしている。むろん、この間接制御効果がなければ、ロックイン効果が優先し、裏切りの態度に集団の代替案選択はロックする。

#### 知識の普及と教育

ジレンマ状況を回避し、協力的態度にエージェント集団の自己意思決定を変化させるためには、2次間接制御としての支援政策が一定の効果を示すことがわかった。しかし2次間接制御を具体的に政策として遂行することは難しい。むしろこの支援的態度に影響を与える要因として、我々の内部モデルとしての知識の持つ意義に着目し、我々が正しい知識を得ることで長期的な利得を理解し、それが支持的な態度に反映するモデルを考えることがより妥当性を持つ場合がある。

そこで次に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ことを試みる。その



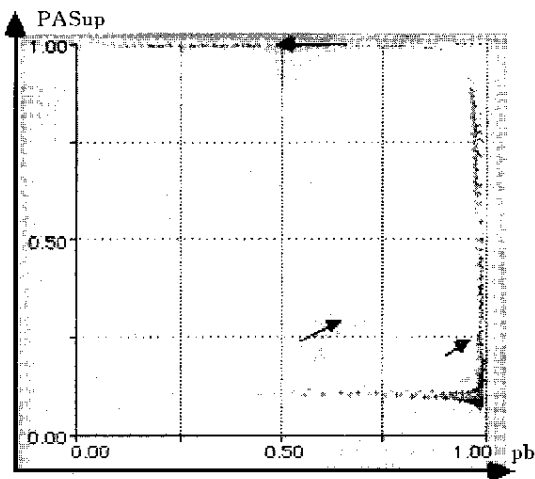
ためにメタ規範に於ける規範違反者を罰する態度の代わりに、規範的行為を支持する態度を含む意思決定の動学を考える。即ち協力的行為（代替案）に対する正しい知識の普及によって、協力的行為を支持する態度が広がっていくというメタノルムモデルを考える。ここでも |C, D| の代わりに |A, B| という2種の代替案が基本行為としてあるが、基本的態度の利得は囚人のジレンマ型のものを採用しているのでAを協力的態度、Bを裏切りの態度と呼ぶ。モデルでは、メタ分散間接制御レベルの変数として、協力的態度に対する正しい知識の普及を表す人口動学的変数 PaKnow が導入される。この知識の普及のために三次レベルの政策的間接制御変数、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、サポート的態度の平均利得 EASup に影響を与える要因として、当該の代替案の人口比率 Pa 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平均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。

$$\begin{aligned}
 dPa/dt &= Pa \times (1 - Pa) \times (EA - EB) + fract1 \\
 dPaKnow/dt &= PaKnow \times (1 - PaKnow) \times (EAKnow - EBKnow) \\
 dPASup/dt &= PASup \times (1 - PASup) \times (EASup - EBSup) \\
 EA &= -5(1 - Pa) + 2Pa + 3PASup \\
 EB &= 3Pa - 2(1 - Pa) + 0 \times (1 - PASup) \\
 EASup &= Pa + 2PaKnow \\
 EBSup &= (1 - Pa) + 0 \times (1 - PaKnow) \\
 EAKnow &= polsupA \\
 EBKnow &= 0 \\
 polsupA &= 1 \\
 fract1 &= IF (Pa < 0.5) then RANDOM(0, 0.05)
 \end{aligned}$$

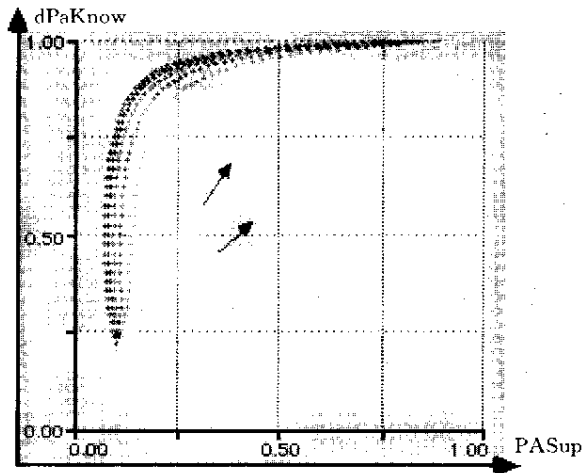
else -RANDOM(0,0.05)

pb=1-Pa

第15図 支持的態度の上昇に伴う協力解へのロック



第16図 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



第15図では、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、横軸が裏切りの態度の人口比率となっている。ここでは、一度裏切りの態度を取るようになって、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。

更に第16図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、次第に協力的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。

## V 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）を定式化した。また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。

これらのモデルを通じて、我々はアクセルロッドの規範やメタ規範の概念を拡張し、意思決定の代替案選択に関する様々な相互評価や間接制御を含む制度化に関するシステムの性質の特色を明かにしてきた。これらのアプローチを通じて、代替案選択のダイナミクスがロックしないためには、ゆらぎやマージナルな個体の存在が非常に大きな意味を持つことが明かになった。このようにマージナルな集団の持つゆらぎや信念、実験的な多様性が学習を含むシステムの意味決定動学では大きな意味を持つ。

またメタ分散間接制御として知識の普及の影響を組み入れたモデルでは、知識の普及に関する支援という3次の間接制御政策の有効性に関してこれを論じた。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、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や知識そのものの比較を支援するのでは支援の質が異なる。知識が討議などのプロセスで深まる中で、行為の代替案の効果や影響などに関する正しい理解がもたらされるという仮定が成り立つならば、特定の知識をサポートするのではなく、知識そのものの深まりや普及を支援する政策が持つ意味が明かになる。我々は新しい地球社会の創生の過程にある。そこでは、経済学的な問題と同時に文化社会的問題も避けて通ることはできない。そのとき特定の規範的態度に対する学習を支援することと、知識そのものを自律的に進化させるための支援とはその質が異なる。国連の人口政策では、各国政府のインセンティブやペナルティを伴う人口政策がなかなかうまくいかずに、結局は家族計画の推進には正しい知識の普及が必須であることが明かになった。この事実は、知識が我々の規範的態度に及ぼす強い影響を示している。

規範的態度のような相互評価やそのメタ評価は、我々の内部モデルに密接に関連する。特に裏切りものを罰しないものを罰するというメタ規範を制度化しようとする、しばしば主体の思想信条というレベルの内部モデルに対する監視と干渉を伴うことになる。近代の法システムはハートの言葉を借りるならば、明示的な罰則を定めた法的な一次ルールと、これを変更する法的二次ルールという透明性の高いシステムとしてデザインされてきた ([6])。歴史的な規範の多くは結果的に高次の間接制御政策としてうまく機能したとしても、制度の持つダイナミズムは非常に小さい。これに対し、行為の一次ルールとしての間接制御を二次ルールという明示的な法制度によって制御することで社会の透明性を確保したのが近代の社会システムである。我々の一次レベルの間接制御概念は、この一次ルールに対応している。この意味では、近代社会は不透明な規範やメタ規範を解体し、国民国家という政策主体を前提として明示的な法体系で規範を代替する方向に変化してきた。また比較的明示的な行為の制御モデルを構成したことが、近代社会に様々な代替案に対する評価のダイナミックな流動化を可能にしたと言える。近代の国民国家は、伝統的な社会にしばしば見ら

れる内面的規範に関する管理政策を捨て、思想信条の自由を原則とする一方で、特定の概念や知識を国民に普及するために、教育やメディアのシステムを通じて知識の普及政策のチャンネルを確保してきた。これも我々の観点からは一種の高次間接制御を行ってきたことになる。そこでは多くの場合何が普及されるべき知識であるかについての方向づけが予めなされていた。だがそれでは知識そのものについてのダイナミクスは得られない。

今日、経済発展を遂げた国の多くは、国の差を問わず社会の規範の多元化や解体に悩んでいる。社会規範の再構築を教育や知識の取得を核として明示的な形で制度デザインできるかは、我々の社会にとって大きな課題となる。そのためには、価値や評価、規範概念を含んだ制度化に関するモデルの探究が必須となる。その際に、ダイナミックな規範や価値の再構築を可能とし、我々の知識のありようが規範的態度に反映するようなモデルの分析が重要となる。

我々は、一次ルールの調整による間接制御の社会システムモデルから、知識の獲得や討議を支援することでダイナミックに価値や評価を調整することのできる高次間接制御のダイナミクスを取り入れた社会システムモデルへの転換の可能性を主張したい。二次レベルの行為の相互評価や規範的態度を直接支援するのではなく、正しい知識の普及が規範に影響を及ぼすような社会的制度化が重要になるというのが、我々のモデルでの暫定的な結論となる。だがその際に、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。ネットワーク社会は新しい情報技術の発展の中で、知識の進化に関する新しい実験を可能にしつつある。またコミュニケーションメカニズムの発展が、様々な集団の行為規範のダイナミクスに従来にない影響を与えつつある。特に内部モデルを共有し、相互参照するピアグループがインターネットなど新しい情報コミュニケーション環境の影響で多元化し、地域や共同体の枠を容易に擦り抜けるようになったことは、地域や共同体の規範にとっては新たな危機とも捉えられるだろう。だがこの非常に流動的な知識伝達と共有のメカニズムをうまく進化させ、デザインすることができれば、我々は

法的な行為制御のダイナミクスとは別の、集団的規範に関する知の解釈学的循環と進化による制御のメカニズムを発展させることが可能となるかもしれない。この知識の進化のメカニズムについて今後、様々な新しい可能性の実験が、国の枠組みを越えても試みられる必要がある。また既にインターネット上では、その萌芽的試みが、様々な代替案に対するネットワーク評価の成立という形で現れ始めている。

成熟したコミュニティに通常見られる、互いの行為のゆるい相互チェックのメカニズムによる規範は次第に崩壊しつつある。だがそれに替わるシステムの像は明確ではない。新しい情報コミュニケーション環境のもとで、知識の進化を含む新たな規範的モデルが明かになるには、より詳細な規範の構造やその制度的デザインの議論がモデルを通じて様々に論じられる必要がある ([8], [9], [10])。

#### 参考文献

- [1] Robert Axelrod [1997] *The Complexity of Cooperation-Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, Princeton University Press.
- [2] 出口 弘 [1999] 「多主体複雑系と間接制御」『システム／制御／情報』Vol. 43, No. 5, 227-235ページ。
- [3] Hiroshi Deguchi [1998] "Agent Based Approach for Social Complex Systems-Management of Constructed Social World" in *Community Computing and Support Systems*, Toru Ishida (Ed), LNCS 1519, Springer, pp. 62-77.
- [4] Fernando Vega-Redondo [1996] *Evolution, Games, and Economics Behaviour*, Oxford University Press.
- [5] ジョルガン・W. ウェイブル, 人和瀬達二訳 [1998] 『進化ゲームの理論』文化書房博文社。
- [6] H. L. A. ハート, 矢崎光圀監訳 [1976] 『法の概念』みすず書房。
- [7] 黒田俊夫 [1999] 『世界人口白書』世界の動き社。
- [8] 出口 弘 [1999] 「複雑系としての経済学から見た経済政策」『ESP』経済企画庁, No. 5, 62-69ページ。
- [9] 高木春夫, 木嶋恭一, 出口弘他 [1995] 『マルチメディア時代の人間と社会』(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) 日科技連

出版。)

- [10] 出口 弘 [1999] 「国際公共財のグローバルマネジメント」『国際公共経済研究』Vol. 9-10, 110-119ページ。