

制度生態系の理論モデルと その経済学的インプリケーション

橋本敬

北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) 知識科学研究科

hash@jaist.ac.jp

<http://www.jaist.ac.jp/ks/labs/hashimoto/>

西部忠

北海道大学大学院経済学研究科

nishibe@econ.hokudai.ac.jp

<http://cc.econ.hokudai.ac.jp/>

概要

従来のゲーム理論的制度研究では、制度変化はゲーム形式の外生的変化 (North, 1990; Hurwicz, 1996) か、外生的ショックによるゲームの均衡の変化 (Lewis, 1969; Aoki, 1996; Young, 1998) とみなされてきた。これらの制度観はいずれも静的で、実際の社会で見られる内生的制度変化を取り扱うことはできない。後者のアプローチは、制度的補完性により複数の制度システムが安定的に維持されることを記述しているが、その変化はこの補完性を覆すほど大きな外生的ショックがあることにより生じるのであり、内生的変化を通じて複数制度が相対的度数を変化させながら競争・共存する様態を記述できていない。本研究は、このような個体群 (ポピュレーション) の構成 = 遺伝子 (複製子としてのルール) プールの変化を伴う系統発生的進化の特性を持つ制度システムを記述できるよう、進化ゲーム理論の拡張として制度生態系をモデル化する。制度生態系の数理モデル (Rule Ecology Dynamics, RED) では、複数ルールが行為主体に評価されながら重みを変えていくルールダイナミクスが表現される。モデルにはルール評価の「メタルール=主体の価値意識」が導入されており、メタルールの設定により実現されるルールダイナミクスと主体の行動ダイナミクスが変わる。こうすることで、制度を制度間相互作用、制度-戦略間相互作用により内生的に変化するものと捉えることができる。これまで、主体は最も利得の高い戦略を選択できる合理的主体を考えるなどその認知枠や価値は与件だったが、メタルールとして主体の認知枠や価値を表現される内部ダイナミクスを持つ主体を想定し、メゾレベルの制度とマイクロレベルの主体の価値意識の動的相互作用を分析する点に獨創性がある。このモデルでは、制度変化は、ゲームの均衡、すなわち、ゲームにおけるプレイヤーによる戦略の選択 (淘汰) として生じるのではなく、メタルールに基づくマルチゲームにおける多様なルールとしてのゲーム形式自体の消長 (淘汰) として生じると見ている。これは、経済社会進化を個体やその戦略の淘汰よりも一段上のレベルのルールや制度の淘汰と見なす進化的アプローチを基盤としている (Hayek, 1967; 江頭進他, 2010)。本報告では、このような制度生態系のモデルが経済社会の様態の記述やそれに基づく制度設計などの政策展開において、いかなる経済学的インプリケーションを持ちうるかを論じる。

1 はじめに

制度は、意識的・無意識的にかかわらず我々の振る舞いや思考をなんらかの形で統制・調節し、社会生活を可能にする。そのような制度の多くはア priori に与えられるわけではなく、われわれの行動から自発的・自生的に現れる。制度の変化は、制度と、制度に統制された個々人の行動の相互作用を通じて起きる、ルールダイナミクスである。

この制度に対して、ゲーム論的観点から「ゲーム形式としてのルール」(North, 1990; Hurwicz, 1996) と「均衡としてのルール」(Lewis, 1969; Aoki, 1996; Young, 1998) という2つの立場がある。前者の立場では、制度は相互作用のルールであり、プレイヤー、選択肢、帰結関数(利得行列)という「ゲーム形式」によって記述され、個人の行動はゲームにおける選択肢として表現される。この場合、ゲームの外側からゲーム形式を変更しない限り、制度の変化は起きないことになる。

一方、後者の立場では、制度とはあるゲームのナッシュ均衡であり、個人の行動はゲームにおいて戦略(strategy)に基づいて選択された手(move)である。そして、成立している制度は均衡点における戦略の組み合わせにより特徴付けられる。この静学的枠組みを動学化するために進化ゲームを導入すると、制度がない状態(非均衡)における戦略の組から制度のある状態(均衡)への戦略の組への時間発展として、制度の成立を扱うことができる。しかし、一度制度が成立すると、均衡であるがゆえに、そこから大きく外すような外生的ショックがないかぎり制度の変化は生じない。

したがって、どちらの立場においても成立したルールは外生的な攪乱がないならば静的であり、内生的変化を取り扱えない。そこで、制度に対する2つのゲーム論的な見方を統合し、ルールダイナミクスを明示的に扱うための数理モデルを導入する。制度は主体の認識・思考・行動(ミクロ)および社会的帰結(マクロ)との間(メゾ)で相互作用することで生成、維持、変化、消滅し、その過程で代替・補完関係を形成する。こうした制度は if-then ルール(複製子)の束として表現でき、主体(相互作用子)は外なる制度(明示的に共有化されたルールである法、規則、規制など)と内なる制度(暗黙的に共有化されている認知枠、規範、倫理、集合的意識など)に基づいて定型的に認識・思考・行動する。したがって、このような主体は、最適化を追求し、実行する合理的主体ではなく、認知・計算・実行の各面で能力に限界がありながら現実の変化に適応していくような実在的な主体である。制度生態系とは、ミクロ・メゾ・マクロループが絶えず作動することによって、複数の制度が共存・生滅する過程において、制度の多様性が継続的に持続されるようなシステムを意味する。このような、制度の生態系を記述できる数理モデル「ルール生態系ダイナミクス(Rule Ecology Dynamics, RED)」の構築をめざす。

本稿で述べるモデルは、進化ゲーム理論でよく用いられるレプリケータ・ダイナミクスの拡張である。まず、制度は相互作用のルールと考えゲーム形式(利得行列)で、そして、個人の行動はゲームの戦略で表される。そして、複数の制度(ルール)が相互作用する状況を表すために、重みを伴った複数のゲームを導入する。ここで重みはルールの重要性を表現するものである。個々のプレイヤーはすべてのゲームをプレイし、各ゲームにおいて重みがかかった利得を得る。戦略分布は利得に応じて時間的に変化する(進化ゲーム)。戦略分布とともに、ゲームの重みも時間的に変化する

る。この変化は、利得と戦略分布に応じたものである。

ルールの重み変化の仕方を決めるため、新たに「メタルール」を導入する。メタルールは、ルール（ゲーム）を評価するルールであり、変化を見る対象としているルールよりも基本的だと考えられるレベルのものである。こうしたメタルールは、一般には、ルール（ゲーム）のように陽表的に表現されるとは限らない、むしろ、ゲームの参加者によるルール（ゲーム）に対する評価から構成された集合的表象として陰伏的に存在していると考えられるべきであろう。ただし、こうした評価は帰結主義に基づくものの、ゲームの帰結として獲得される自己の利得や効用に対する評価ではなく、ルール（ゲーム）自体に対する評価であることに注意すべきである。この点で、ここでのメタルールは、社会全体にとっての満足を功利主義的観点から評価するために各構成員の効用から構成される社会的厚生関数や、各構成員の選好から社会的選好を導き出すための何らかの集計的規則とは異なるものであるということを確認しておこう。またここでは、メタルールは外生的に所与としており、ルール（ゲーム）やその帰結から構成されるものとは考えていないことも確認しておこう。

メタルールの例として、市場経済という大きな原理の下で、市場の全取引高によって各市場が評価されるという考えがあるとすれば、全体としてより大きな利益を参加者に与える市場ほど高く評価されて、その重みが増していくのに対して、そうではない市場は低く評価され、その重みが減少する。このため、そこでの取引は減少し、やがてそのような市場は消滅することも余儀なくされるだろう。あるいは、功利主義や平等主義といった倫理のベースとなるような規範・価値意識もメタルールを表現する。前者では、最大多数の最大幸福にもっとも近いルールが評価を高める。後者では、人々の間でできるだけ格差がないようなルールが評価される。

ここで導入するルール生態系ダイナミクスでは、メタルールは変化しないものとして外生的に設定される。したがって、どのようなメタルールが妥当であるかは、実証的に導かれるべきである。というのも、まずは、どのようなメタルールが規範的に最も望ましいかを先験的に論じることは困難ないし不可能なことである（アローの不可能性定理の場合のように）と予想できるからである。また、メタルールは、ゲーム参加者がルール（ゲーム）について形成する規範や価値が集合的表象として構成されるものであり、容易に明示化されないものと考えているからである。つまり、それは実証的研究を通じて見いだしていくべきものである。

また、個々のゲームの形式は変化しないが、ゲームに対する重みの変化を通じて、集計されたゲームとしての社会全体のルールは変化すると措定する。これは、ルールの可塑性（変化しやすさ）は程度の問題であり、ルール可塑性の階層性を想定していることになる。たとえば法体系を考えてみよう。そこでは、憲法、刑法、民法、条例、・・・といった様々な種類のルールがある。これらは条例や民法のように変わりわりやすいものと刑法のように変わりにくいもの、そして、憲法のように、刑法や民法よりも上位に位置し、大変変わりにくいルールがある。このような可塑性の階層の中で、メタルールとは、焦点をあてているレベルのルールよりも、普遍的で変わりにくいものとみなす。たとえば、民法のレベルの変化に興味があるならば、憲法は所与で変化しないものと扱う。

この枠組みでは、戦略分布とゲームの重み分布の両方が変化する。また、ある均衡にとどまったり、あるいは、準安定状態としてある程度の期間続く定常状態が現れたりするだろう。準安定状態とどまれば、均衡という意味での制度が暫定的に成立している状態と考えられる。本稿では、以

下でレプリケータ・ダイナミクスからルール生態系ダイナミクスを導出し、その簡単なシミュレーション解析を示す。そして、実際の制度生態系やメタルールの例を検討し、今後の方向性と経済学的インプリケーションを議論する。

2 ルール生態系ダイナミクスの導入

ルール生態系ダイナミクスは、レプリケータ・ダイナミクスの拡張として定義される。ここでは、基礎となるレプリケータ・ダイナミクス、それを複数ゲームでの相互作用に拡張したマルチゲーム・ダイナミクス、さらに、ゲーム自体のダイナミクスを導入したルール生態系ダイナミクスへと拡張の順に説明する。

2.1 レプリケータ・ダイナミクス

社会における多くの日常的な認知・思考・行動について、人々はある種の型を持っている。この型は、家庭や学校における教育を通じて形成されるし、メディアや直接的相互作用を通じた模倣により広まっていく。このように、認知・指向・行動の仕方は、家庭、コミュニティ、学校、会社等の人の集まりの中で、伝播して行くものである。そこでこのような「型」を複製子と考える。

一般に、複製子の伝播ダイナミクスはレプリケータ・ダイナミクスで記述される。これは、複製子の頻度（個体数比）の変化を記述する、

$$\dot{x}_i = x_i(u_i - \bar{u}) \quad (1)$$

という形の微分方程式である。ここでは、 N 種の複製子がゲーム的相互作用をしていると考える。 x_i は i 番目の複製子の頻度で、

$$\sum_{i=1}^N x_i = 1, (i = 1 \sim N) \quad (2)$$

を満たすとする。 u_i は i 番目の複製子が得る利得である。 $E(i, j)$ を複製子 i が複製子 j との相互作用の結果獲得する利得とすると、

$$u_i = \sum_{j=1}^N E(i, j)x_j \quad (3)$$

である。 \bar{u} は平均利得で、

$$\bar{u} = \sum_{i=1}^N x_i u_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N E(i, j)x_i x_j \quad (4)$$

である。

ここでは次のような単純化をしていることになる。まず、各主体はある種のゲーム的相互作用、すなわち、自分の行動の結果が他者の行動に依存するという状況で相互作用を行っている。通常、人は様々なゲームの中で他者と相互作用をするのであるが、ここでは、1つのゲームをプレイして

いる状況だけを取り上げる。そして、各主体はそのゲームでの思考・行動の型を1つだけ持つとする。したがって、主体は複製子により表現されることになる。この主体は、プレイしているゲームにおいて他者がうまく振る舞っている、すなわち、ゲームでの利得が高いならば、その他者が採用している複製子を模倣するようになる。したがって、個々の主体は一つの複製子により特徴づけられるが、同じ複製子は複数の主体によっても採用される。このようにして、成功している複製子の頻度は増えていく。レプリケータ・ダイナミクスでは、成功の度合いに応じて模倣される度合いが増えると考えられる。より具体的には、平均よりも高い利得を持つ複製子は高い分だけ増え、平均より低い利得をもたらす複製子は減っていく。

なお、通常、レプリケータ・ダイナミクスの説明では、上記の「複製子」は「戦略」と書かれる。戦略 (strategy) とゲームにおける手 (move) を混同しやすいので注意が必要である。戦略とは手を選ぶための方法のことを指す。個人の場合は、複製子が戦略、行動が手に対応する。戦略 (複製子) が異なっても同じ手を出す (行動をする) こともある。たとえば、繰り返し囚人のジレンマゲームにおける Tit for Tat という戦略は、「if 相手が前回協力 then 今回は協力, else if 相手が前回裏切り then 今回は裏切り」という if-then ルール = 主体の持つ複製子である。具体的な手は「協力」か「裏切り」である。All-C という戦略は「if * then 今回は協力」と書くことができる。ここで * はワイルドカードで何が入っても良い。すなわち、相手や自分のこれまでの経緯にかかわらず「常に協力する」という戦略である。この二つの戦略は、前回協力した相手に対しては同じ「手」を出す。

本稿の説明では、利得を決める関数 (ゲームの帰結関数) $E(i, j)$ については特に指定はしない。ただ2人がそれぞれの複製子に基づいて行動し相互作用した結果として、なんらかの帰結が得点として得られるとしているだけである。上記の例のように繰り返しゲームでもいいし、ゲーム以外の状況が前件部に入ることを許すような相互作用でもよい。例えば相手と一緒に活動すれば利得が高いというゲームがあり、「if 晴れ then 遊園地, else if 雨 then 部屋でテレビゲーム」という複製子を主体が持っていてよい。晴れか雨かは相手の行動に依存しない自然が決めることである。しかし、一緒に遊園地に行くかテレビゲームをするかは、相手の戦略に基づいた行動に依るので、自分の行動の結果は相手の行動に依存する。

2.2 マルチゲームダイナミクス

制度生態系は、制度が単独で存在するのではなく複数の制度が存在し相互作用していると、現実社会を概念化する。すなわち、制度生態系においては、各主体はただ1つのゲームをプレイしているのではなく、同時に他者とさまざまなゲーム的相互作用をする存在である。このように、主体が複数のゲームを同時にプレイする状況を記述するようにレプリケータ・ダイナミクスを拡張したものが、マルチゲーム・ダイナミクスである。

ここでは、説明を分かりやすくするため、まずは2つのゲームをプレイしている状況を例示し、後にそれを一般化した形式を示す。2つのゲームの利得行列を A, B で表す。これらのゲームでは、それぞれで取り得る手の数 (= 行列の rank) が違っていても良い。戦略を複製子の束 (個々のゲームで採用している複製子をまとめたもの) と考え次のように書く。

戦略 (i, j) : ゲーム A で複製子 i を用い , ゲーム B で複製子 j を用いる*1

そして , x_{ij} をこの戦略 (i, j) を取る主体の頻度 (人口比) とし ($\sum_{i,j} x_{ij} = 1$) , 戦略 (i, j) と戦略 (k, l) の対戦で戦略 (i, j) を取る主体が得る利得を $E[(i, j), (k, l)]$ とする . すなわち ,

$$E[(i, j), (k, l)] = A_{ik} + B_{jl} \quad (5)$$

である . ここでは , 2 つのゲームは独立で , 各ゲームでの利得がプレイヤーの総利得に独立に寄与すると仮定している .

これらを用いて , 戦略 (i, j) を取る主体の頻度変化は

$$\dot{x}_{ij} = x_{ij} \left\{ \sum_{k,l} (A_{ik} + B_{jl}) x_{kl} - \sum_{i',j'} \sum_{k,l} x_{i'j'} (A_{i'k} + B_{j'l}) x_{kl} \right\} \quad (6)$$

と書くことができる . これを整理すると ,

$$\begin{aligned} \dot{x}_{ij} &= x_{ij} \left\{ \sum_{k,l} A_{ik} x_{kl} + \sum_{k,l} B_{jl} x_{kl} - \sum_{i',j'} \sum_{k,l} x_{i'j'} A_{i'k} x_{kl} - \sum_{i',j'} \sum_{k,l} x_{i'j'} B_{j'l} x_{kl} \right\} \\ &= x_{ij} \left\{ \left(\sum_{k,l} A_{ik} x_{kl} - \sum_{i',j'} \sum_{k,l} x_{i'j'} A_{i'k} x_{kl} \right) + \left(\sum_{k,l} B_{jl} x_{kl} - \sum_{i',j'} \sum_{k,l} x_{i'j'} B_{j'l} x_{kl} \right) \right\} \\ &= x_{ij} \sum_{g=1}^2 (u_{ij}^g - \bar{u}^g) \end{aligned} \quad (7)$$

となる . ここで , u_{ij}^g は戦略 (i, j) がゲーム g で得る利得

$$u_{ij}^1 = \sum_{k,l} A_{ik} x_{kl}, \quad u_{ij}^2 = \sum_{k,l} B_{jl} x_{kl} \quad (8)$$

であり , \bar{u}^g はゲーム g における平均利得

$$\bar{u}^1 = \sum_{i',j'} \sum_{k,l} x_{i'j'} A_{i'k} x_{kl}, \quad \bar{u}^2 = \sum_{i',j'} \sum_{k,l} x_{i'j'} B_{j'l} x_{kl} \quad (9)$$

である .

2 ゲームの場合のマルチゲームダイナミクスが式 (7) のようにシンプルに書けることから , M 個のゲームをプレイしている場合には次のように一般化できることがわかるだろう .

$$\dot{x}_{i_1 \dots i_M} = x_{i_1 \dots i_M} \sum_{g=1}^M (u_{i_1 \dots i_M}^g - \bar{u}^g) \quad (10)$$

*1 これは戦略プロファイルとは異なることに注意 . 戦略プロファイルは , 各プレイヤーが選んだ戦略の組のことであり , 社会全体の状態を表す . ここでは戦略 (i, j) は 1 主体の行動の決め方を表現している .

ここで、戦略 (i_1, i_2, \dots, i_M) は「ゲーム 1 で複製子 i_1 を、..., ゲーム g で複製子 i_g, \dots , ゲーム M で複製子 i_M 」をプレイする戦略 = 複製子の束であり、その頻度を $x_{i_1 \dots i_M}$ としている。ここでも

$$\sum_{i_1=1}^{r^1} \sum_{i_2=1}^{r^2} \dots \sum_{i_M=1}^{r^M} x_{i_1 \dots i_M} = 1 \quad (11)$$

を満たすとする。ここで、 r^g はゲーム g における選択枝の数（行列表現の場合は利得行列 A^g の rank）である。 $u_{i_1 \dots i_M}^g$ は戦略 (i_1, i_2, \dots, i_M) のゲーム g における利得、

$$u_{i_1 \dots i_M}^g = \sum_{k_1, \dots, k_M} A_{i_g k_g}^g x_{k_1 \dots k_M} \quad (12)$$

\bar{u}^g はゲーム g における平均利得

$$\bar{u}^g = \sum_{j_1, \dots, j_M} \sum_{k_1, \dots, k_M} x_{j_1 \dots j_M} A_{i_g k_g}^g x_{k_1 \dots k_M} \quad (13)$$

である。

2.3 ルール生態系ダイナミクス

マルチゲーム・ダイナミクスでは、主体は複製子の束で表され、複数のゲームをプレイしている。この点でゲームを制度と考える立場をとると、複数制度の中で平均利得以上の戦略（複製子の束）を取る個体の頻度が増え、そうでない戦略が衰退していく複製子群のダイナミクスを、この枠組みで見ることができるだろう。しかし、ここでは制度自体は静的に取らえられている。

一方、上で述べたように、制度生態系において制度はスタティックな存在ではなく、主体の認識・思考・行動と社会的帰結との間で相互作用することで変化し、制度間の代替・補完関係という生態系も変化するものと捉える。このマイクロ・メソ・マクロループのダイナミクスを表現可能にするように、マルチゲーム・ダイナミクスをさらに拡張しよう。

その方法として、まずマルチゲームにおいて各ゲームが重みを持つとし、その重みが戦略分布の時間発展とともに変化するというモデル化を行う。マルチゲーム・ダイナミクスの式 (10) はゲーム g の重み w^g を導入して

$$\dot{x}_{i_1 \dots i_M} = x_{i_1 \dots i_M} \sum_{g=1}^M w^g (u_{i_1 \dots i_M}^g - \bar{u}^g) \quad (14)$$

のように書き換えられる。これは、戦略分布のダイナミクスである。

このゲームの重みもダイナミクスを持つ。その変化は、各主体がそれぞれのゲーム（制度）をどのように評価しているかによるとする。平均より評価が高いゲームはその重みを増加させ、平均より低い評価のゲームを重みを下げる。すなわち、ゲームの重みのダイナミクスも、評価を通してレプリケータ系と同じように変化すると考える。このダイナミクスは

$$\tau \dot{w}^g = w^g (\lambda^g - \bar{\lambda}) \quad (15)$$

と書くことができる．ここで， λ^g がゲーム g の評価で，

$$\bar{\lambda} = \sum_{g=1}^M w^g \lambda^g \quad (16)$$

は評価の重みつき平均である． τ はゲームの変化速度を決める時定数であり，個々の複製子の変化速度と全体としての制度の変化速度の比を決めるものである．なお，ゲーム g の重みは

$$\sum_{g=1}^M w^g = 1 \quad (17)$$

を満たすとする．

さて，ここでゲームの評価をどのように決めるかが問題となる．これをわれわれは先述の「メタルール」と考える．すなわち，メタルールとは制度自体を評価する価値意識であり，ルール生態系ダイナミクスにおいてはゲームの評価関数として導入することになる．制度の評価は，その制度の中である戦略を取って（複製子の組に従って）認知・思考・行動した結果として生じるであろう．したがって，ゲーム評価関数は戦略プロファイルと利得プロファイルの関数となっているべきである．すなわち，

$$\lambda^g = \lambda^g(\mathbf{x}, \mathbf{u}^g) \quad (18)$$

という形式をとる．ここで， $\mathbf{x} = (x_{1,1}, \dots, x_{1,1 \dots 2}, \dots, x_{r^1, r^2}, \dots, x_{r^M})$ は戦略プロファイル（各戦略の人口比のベクトル）で， $\mathbf{u}^g(\mathbf{x}) = (u_{1,1}^g(\mathbf{x}), u_{1,1 \dots 2}^g(\mathbf{x}), \dots, u_{r^1, r^2}^g(\mathbf{x}), \dots, u_{r^1, r^2, \dots, r^M}^g(\mathbf{x}))$ はゲーム g における利得プロファイル（各戦略の利得のベクトル）である．

以上をまとめると，ルール生態系ダイナミクス（Rule Ecology Dynamics: RED）は次の3つの式で定義される．

$$\dot{x}_{i_1 \dots i_M} = x_{i_1 \dots i_M} \sum_{g=1}^M w^g (u_{i_1 \dots i_M}^g - \bar{u}^g) \quad (19)$$

$$\tau \dot{w}^g = w^g (\lambda^g - \bar{\lambda}) \quad (20)$$

$$\lambda^g = \lambda^g(\mathbf{x}, \mathbf{u}^g) \quad (21)$$

式 (19) が主体の複製子変化（戦略分布の変化）のダイナミクス，式 (20) がゲームの重み変化のダイナミクス，式 (21) がゲーム評価を決める式である．この枠組み特徴は，以下のようにまとめられる．主体は複製子の組で表される，主体は複数のゲームを同時にプレイする，各ゲームは重みを持つ，主体は重み付きの利得を得る，ゲームはメタルールによって評価される，評価は戦略分布と得点分布による．

進化ダイナミクスにおける複製子（リプリケータ）をリプリケータ・ダイナミクスと同じく主体が選択する戦略＝個体の持つ複製子（行動の型）の組ととらえつつも，リプリケータ・ダイナミクスとは異なり，制度＝ルール（ゲーム）自体もマルチゲームにおいて複製子（リプリケータ）に相当するものと考え，その淘汰のダイナミクスを導入したのが，ルール生態系ダイナミクスである．式 (19) と (20) に見られるように，複製子が戦略（の組）のミクロレベルとルール（ゲーム）のメ

ゾレベルの二つのレベルに同時に存在していることを表現している．ルール（ゲーム）という複製子の消長を決めるのが，式 (21) のメタルールである．そして，ここでは，各主体は戦略やルール（ゲーム）の乗り物にすぎないと考えられている．

3 ルール生態系ダイナミクスの例

前章で導入したルール生態系ダイナミクスが，実際にどのような動きを示すのかを見るため，具体的なゲームの評価関数（メタルール）としてできるだけ単純なものを 2 つ紹介し，そのシミュレーション解析の例を示す．

3.1 メタルールの例

ひとつは平均利得型メタルールで，

$$\lambda_A^g(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = \sum_{i_1, \dots, i_M} x_{i_1 \dots i_M} u_{i_1 \dots i_M}^g \quad (22)$$

と定義される．得られる平均利得が高いゲームほど高く評価するということである．これは，個々の主体の利得や個々の戦略の組の利得ではなく，全体の利得の合計である．例えば，平均的に高い利益を生み出す市場を重要視するというような金融市場が想定される．あるいは，基数的効用を前提し，各主体の効用関数の合計で社会的厚生を表す場合もこの場合に近い．

もうひとつは逆分散型メタルールで，

$$\lambda_{IV}^g(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = \sum_{i_1, \dots, i_M} \left\{ x_{i_1 \dots i_M} (u_{i_1 \dots i_M}^g - \bar{u}^g)^2 \right\}^{-1} \quad (23)$$

と定義される．これは，主体が得る利得の分散が大きいゲームほど評価を低くする．すなわち，平等主義的なメタルールである．

3.2 簡単化

ルール生態系ダイナミクスは戦略の種類とゲームの種類があるので，非常に高次元の力学系となる．ここでは上記 2 タイプのメタルールにおける基本的な振る舞いを見るため，枠組みにいくつか制限を設けて簡単化を行う．まず，全てのゲームにおいて選択肢数は同じ数であるとする．ここではそれを N で表す．

$$r^g = N \quad (g = 1 \sim M) \quad (24)$$

すなわち思考・行動を決める複製子を「if-then」ルールで表した際の後件部で選び得る具体的思考・行動の種類は，主体が相互作用する場，すなわち，同時にプレイされるすべての要素ゲームにおいて同数だとする．

さらに，各主体の複製子の選び方も制限し，すべてのゲームにおいて同一の戦略番号（行・列が同じ位置の戦略）を選ぶこととする．

$$x_{i_1 \dots i_M} = x_i \quad (25)$$

すなわち、ゲーム 1 で戦略 1 を選んでいる主体はゲーム 2 でも戦略 1 を選ぶ。戦略の番号付けは任意であり、行列の行と列の同時置換に対してゲーム構造は変化しないので、「戦略番号」という点においては一般性は低下していない*2。しかし、「ゲーム 1 で戦略 1 , ゲーム 2 で戦略 1 」を取る主体と、「ゲーム 1 で戦略 1 , ゲーム 2 で戦略 2 」を取ような主体、すなわち、あるゲームでは同じ戦略でも異なるゲームでは異なる戦略という主体の組み合わせが共存できないという制約を課す。この制約は、企業の戦略は各市場で調整はできるが基本戦略は同じであることや、人の性格は異なる制度でまったく異なる振る舞いをするほど自由ではなく制度間を貫く基本的性格があるという想定となる。このように、存在可能な複製子の多様性を部分空間だけに制限することになるのであるが、ルール生態系ダイナミクスの基本的ダイナミクスの性質を知る最初のステップとしては、この部分空間でも見られるものがあるだろう。

3.3 シミュレーション結果

各ゲームの戦略数 N , 総ゲーム数 M を決め、要素ゲームをランダムに発生させる。要素ゲームの利得は、平均 0 , 分散 1 となるようにする。時定数は $\tau = 1000$ で、各個体の初期個体数は同一である。

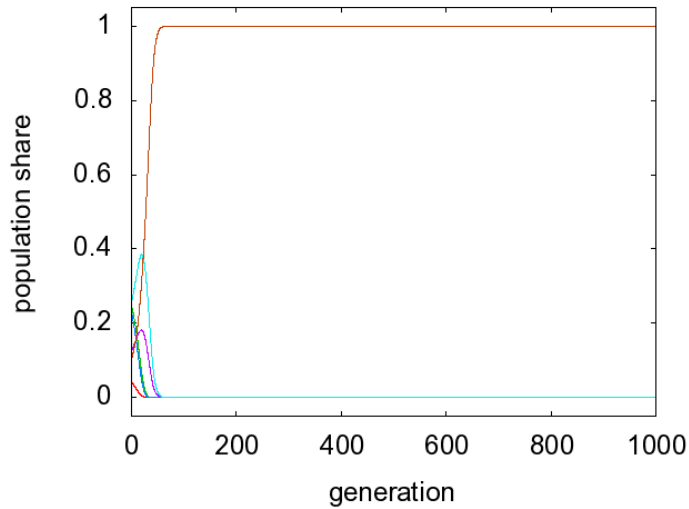
このような設定で、まず平均利得型メタルール (式 (22)) の典型例をしめす。図 1 は、戦略数が $N = 5$, ゲーム数が $M = 7$ の場合の、戦略の頻度分布 (a) と、ゲームの重みの分布 (b) の時間変化である。この場合、すぐにある一つの戦略が支配的になっている。そして、それに追従するように、独占的戦略が最も利得を得ることができるゲーム (ルール) が、最も成長する (重みが高くなる)。これは一種のグローバルゼーションのような現象である。

ある戦略が成功し頻度が増すことで、その戦略が得点を稼ぐことができるゲーム (ルール) が評価を高め相対的に重要視されるようになり、すると、そのゲーム (ルール) において成功するその戦略が頻度を増し... , というポジティブフィードバックが生じて、このような独占にいたる。ゲームの独占化がどの程度の速度で戦略の独占化に追従するかは、時定数を決めるパラメータ τ に依存するが、戦略、ゲームのどちらもで独占状態が生じるという結果は、平均利得型メタルールの場合にいつも起きる現象である。

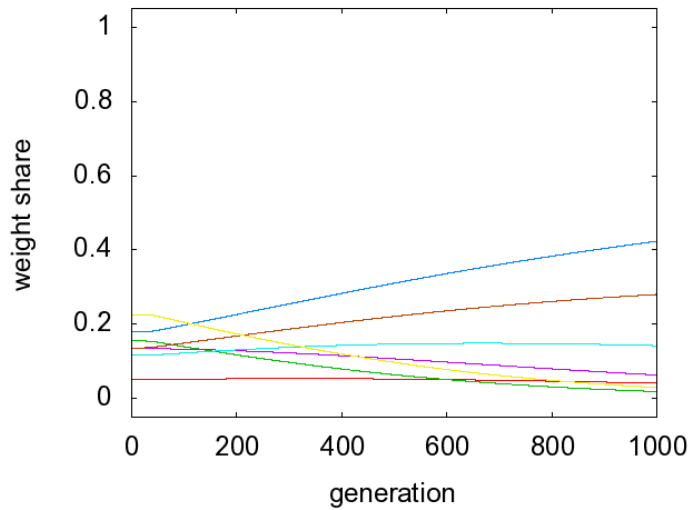
次に、逆分散型メタルール (式 (23)) の例を図 2 に示す。これは、 $N = 3$, $M = 10$ の場合である。ある戦略が支配的になる期間が生じるものの、平均利得型とまったく異なり、その期間は長くは続かず、次々に支配的戦略が入れ替わる。それと同様に、ゲームもある一つが支配的になる期間があり、支配的ゲームが交代して行く。ここでは、レプリケータ・ダイナミクスの特徴であるサドル・ネットワークが形成され、交代までの期間は長くなっては行くものの、この交代現象は永続する。また、同様にこのメタルールの特徴として、社会構造の革命的变化のように支配的なゲームが突然変わることが挙げられる。

逆分散型メタルールの場合、あるゲームである戦略が他よりも相対的に高得点を得ると、その

*2 ゲーム 1 で戦略 1 を、ゲーム 2 で戦略 2 を取る個体がいる場合、ゲーム 2 の行列で 1 行 1 列と 2 行 2 列を入れ替えることで、ゲーム 2 で戦略 1 を選ぶ個体へと変換可能



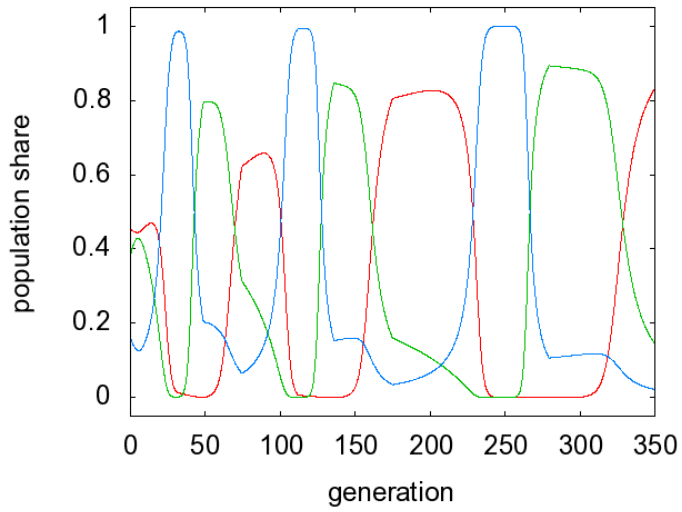
(a)



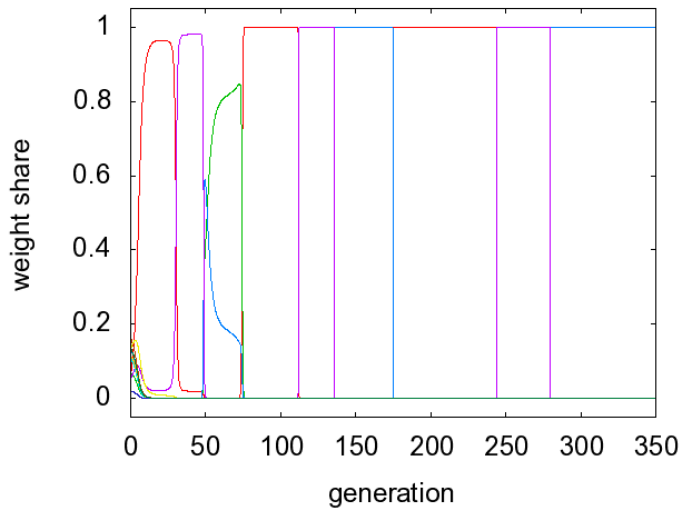
(b)

図1 平均利得型メタルールにおける戦略 (a) とゲームの重み (b) のダイナミクスの典型例 (5 戦略, 7 ゲーム)。

ゲームにおける得点の分散が大きくなり、ゲームの評価が下がる。したがって、多くの戦略がまんべんなく点を取れるようなゲームが重みを増すことになる。そのような「平等主義的」ゲームが支配的になり平等主義的社会が確立するかと思いきや、どのようなゲームでも戦略ごとの得点の差は必ず存在する。そして、平均より高得点の戦略が増え低得点の戦略が減るというレプリケータ・ダイナミクスの特徴により、得点分布の格差が拡大する。そうすると、もはやそのゲームでは分散が小さいということはなく、評価が下がる。そしてその時点での戦略の分布に対して分散が小さいルールの重みが増すことになるのであるが、同じ事が繰り返される。



(a)



(b)

図2 逆分散型メタルールにおける戦略 (a) とゲーム (b) のダイナミクスの典型例 (3 戦略, 10 ゲーム).

4 インプリケーション

4.1 複製子集団と制度集団の相互作用系としての貨幣制度生態系

ルール生態系ダイナミクスは、複数集団レプリケータ系の形に書くことができる。集団 x と y の 2 集団レプリケータ系は、一般に、次のような方程式系となる。

$$\dot{x}_i = [u(x_i; \mathbf{y}) - \bar{u}(x_i; \mathbf{y})] x_i \quad (26)$$

$$\dot{y}_j = [u(y_j; \mathbf{x}) - \bar{u}(y_j; \mathbf{x})] y_j \quad (27)$$

ここで、 $u(x_i; \mathbf{y})$ は、集団 x 中の i 番目の主体が、集団 y との対戦で得る利得、 $\bar{u}(x_i; \mathbf{y})$ はその集団 x 中での平均である。同様に、 $u(y_j; \mathbf{x})$ は、集団 y 中の j 番目の主体が、集団 x との対戦で得

る利得, $\bar{u}(y_j; x)$ はその集団 y 中での平均である. すなわち, ゲームの対戦は 2 集団間で行われ, その対戦の結果が自集団内で比較されて, 平均よりも高いものは増え, 低いものは減るというものである. 集団 x が集団 y と相互作用する際の相互作用行列行列を A , 集団 y が集団 x に対する相互作用行列行列を B として行列形式で書くと,

$$\dot{x}_i = [(Ay)_i - x \cdot Ay] x_i \quad (28)$$

$$\dot{y}_j = [(Bx)_j - y \cdot Bx] y_j \quad (29)$$

と表現される.

ルール生態系ダイナミクスの場合について考えてみよう. まず, 戦略 $x_{i_1 \dots i_M}$ が要素ゲーム g で得る得点 $u_{i_1 \dots i_M}^g$ は要素ゲーム g を表す行列 A^g とすると $(A^g x)_{i_1 \dots i_M}$ と書け, これを $(i_1 \dots i_M, g)$ 成分とする行列 A を定義する. また, 重みを表すベクトル (重みプロファイル) $w = (w^1, \dots, w^g, \dots, w^M)$ を導入することで, 重みを勘案した場合の戦略 $x_{i_1 \dots i_M}$ の得点が, $(Aw)_{i_1 \dots i_M}$, その集団 x 内の平均が $x \cdot Aw$ となる. 結果, 以下のように式 (19) ~ (21) を次式のように書き直すことができる.

$$\dot{x}_{i_1 \dots i_M} = [(Aw)_{i_1 \dots i_M} - x \cdot Aw] x_{i_1 \dots i_M} \quad (30)$$

$$\tau \dot{w}_g = [\lambda^g(x, u^g) - \bar{\lambda}(x, u^g)] w^g \quad (31)$$

このような形式より, ルール生態系ダイナミクスが, 戦略群とゲーム (制度) 群の相互作用である複数集団レプリケータ・ダイナミクスとなっていることが見て取れる. すなわち, 各戦略はゲーム群と相互作用し戦略群の中で競争をし, 各ゲームは戦略群と相互作用しゲーム群中で競争をし, それぞれ頻度と重みを増減させる.

では, 複数のゲーム (制度) が補完性や代替性といった関係を持ち, 相互作用しながら, 主体の戦略の変化と相まって変化していくという制度生態系は, 具体的にはどのようなものがあるだろうか. その例として考えられるのは, 1990 年代アルゼンチンの貨幣制度である. 当時のアルゼンチンは, 当時のアルゼンチンでは, 政府のデフォルトにより国家通貨ペソの信用が失墜し, 基軸通貨 (ドル), 国家通貨 (ペソ), 債券通貨 (パタコン・レコップ), そして, 地域通貨 (RGT 等) といった複数の貨幣が併存する時期があった. これら複数種貨幣は, その使用ドメインに違いがあり, 各貨幣を使用する階層や各貨幣で購入 (支払い) できるもの, 使える市場が異なるものであった.

このように, 複数の貨幣があり, それぞれがその使用域を拡大しようとしている系を考えると, 貨幣という制度と, 複数種の貨幣に関するポートフォリオミックスを戦略として採用する使用者という 2 集団が相互作用する生態系として, 貨幣制度生態系を見ることができる. ここでは, 貨幣という制度にとって使用者は資源であり, より多くの人に使ってもらうことを志向する. 使用者にとって貨幣は資源であり, より多くの貨幣を獲得したいという欲望の対象となる. これはまさに, 式 (30)(31) の形をした, 制度生態系における戦略とゲームという二つの異なるレベルにある複製子の相互作用ダイナミクスすなわち共進化となっているだろう.

4.2 貨幣制度生態系におけるメタルール

アルゼンチンを代表例とするような貨幣制度生態系において、使用者の戦略（内部ルール）とともに貨幣の使用域や使用量は変化し、貨幣制度そのものが変化していく。ここで、戦略に相当する内部ルールとは、主体の認知・思考・行動を決定するような習慣、性癖、ルーティン、規範、価値などからなるルールである。そして、こうした貨幣制度を変化させていく根底には、人々の価値意識があるのではないだろうか。その価値意識は、貨幣制度を評価するルール、すなわち、ルール生態系ダイナミクスにおけるメタルールの役割を担うものと考えられる。それは、各主体は、自己の内部ルール（戦略プロファイル）やそうした内部ルールから得られる利得（貨幣所得だけとは限らず、社会的、文化的価値も含まれる）を参照して、貨幣制度（ゲーム）に対する評価をどの貨幣をどの程度使用するか（どのゲームに相対的に参加するか）という重みの形式で表現しているであろう。そうした重みを決定するための基準であるメタルールはどのようなものだろうか。このような問題意識のもと、貨幣意識調査が行われた（小林他, 2010）。

この調査では、地域通貨の運営者・発行者および参加者・利用者、金融機関に従事している者・していた者、その他（社会人・学部生・大学院生）（計 164 名）を対象にして、貨幣意識に関する全 27 の質問をランダムな順番で回答者に提示し、5 つの選択肢（強い肯定・弱い肯定・中立的・弱い否定・強い否定）から当てはまるものを選択してもらう、というものである。回答の因子分析より、「多様性」「公正」「利益志向」という 3 つの因子が浮かび上がった。

「多様性」は、「国民通貨と異なる他のお金を利用できるのが良いか」、「人々が自由にお金を創造・発行できる方がよいと思うか」、「お金の発行権を中央銀行や商業銀行だけでなく人々やコミュニティも持つべきだと思うか」といった項目が高い負荷量を示すものであり、これが第一因子であった。「公正」は、「政府が所定の年齢を超える全成人に最低限の生活のための基礎所得を一律給付すべきだと思うか」、「お金を人々の間で融通し合うことは良いことだと思うか」、「お金の貸し手は商業銀行などの金融機関でなく、政府であるべきだと思うか」など、主にお金の公平な配分に関わる項目が高い負荷量を示したものである（第二因子）。そして、「利益志向」は、「お金で何でも買える方がよいと思うか」、「お金は儲ければ儲けるほどよいと思いますか」、「お金は営利目的で発行した方がよいと思うか」といった項目について高い負荷量を示した。

第 3 章の例で示したメタルールとの関係を見ると、「公正」は公平な配分を高く評価することから結果としての平等を志向する「逆分散型メタルール」に、「利益志向」はよりお金を増やし便利に使うことに重きを置いているので、平均所得の増大を志向する経済成長主義に近い「平均利得型メタルール」に対応するものと考えられる。

上記のシミュレーション解析の結果から考えると、もし「利益志向」のメタルールを持つ人々ばかりだとすると、お金を儲けられる、なんでも購入できる一つの貨幣へと収束していくことになるだろう。これは、プラットフォーム制度である貨幣は一つの「事実上の標準」へロックインすることを示唆する、収穫逓増とネットワーク外部性に基づく標準化競争に関する議論（Arthur, 1994）と同様の予測である。もし結果としての平等を求め「公正」を志向する貨幣制度が施行されたとしても、やはりその貨幣を用いて経済活動が行われるのであれば所得の格差はどうしても生じるもの

であり，上記シミュレーションの結果からは，その貨幣制度は真なる公正を求めて改正され続けることとなるだろう．

では，貨幣意識調査 (小林他, 2010) で第一因子であった「多様性」は，ルール生態系ダイナミクスの枠組みにおけるメタルール (ゲームの評価関数) としてどのように定式化されるだろうか．たとえば，多様性を得点分布の幅広さと考えると，分散を用いる関数が考えられる (利得分散型メタルール)．

$$\lambda_V^g(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = \sum_{i_1, \dots, i_M} x_{i_1 \dots i_M} (u_{i_1 \dots i_M}^g - \bar{u}^g)^2 \quad (32)$$

貨幣意識調査から3つのメタルールが見いだされたということは，実際にはどれか一つが存在するのではなく，3つが合わさって存在していると思われる．またその配分は各個人での違いがあるだろう．実際，小林他 (2010) は，地域通貨関係者と金融関係者とで重点が異なることを示した．だとするならば，ルール生態系ダイナミクスにおいては，

$$\lambda_A^g(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = \alpha \lambda_A^g + \beta \lambda_{IV}^g + \gamma \lambda_V^g \quad (\alpha + \beta + \gamma = 1) \quad (33)$$

のように，複数のメタルールを結合させたもので分析を進めなくてはならない．これらのメタルールは，分散型と逆分散型のように全く逆の関数のように，振る舞いの異なる関数の結合であり，そのダイナミクスは複雑なものとなるだろう．

また，利得分散型メタルールは相互作用の結果として生じる各戦略の利得プロファイルが多様であることを評価するものとなっている．一方，実際にアンケートで訊かれているのは，むしろ制度そのものが多様であることを評価するかどうかであると思われる．利得プロファイルが多様であることはゲーム (制度) が多様であることの間接的な結果であるという0次近似として利得分散型メタルールを用いることも考えられるが，ゲームの多様性を直接評価するように制度生態系の枠組みを拡張して近似精度を上げる必要もあるだろう．そのためには，重みプロファイル w をメタルールの評価関数に入れるように，式 (21) を次のように定義しなおさなくてはならない．

$$\lambda^g = \lambda^g(\mathbf{x}, \mathbf{u}^g, \mathbf{w}) \quad (34)$$

その上で，ルールの多様性を重みの分散や平均からの距離などを勘案してルールの評価を決定する関数 (メタルール) を導入することは，貨幣意識調査から明らかになった実証的知見に基づいてメタルールを設定するための今後の課題である．

4.3 ミクロ・メゾ・マクロ・ループとしてのルール生態系ダイナミクス

動的な社会は，主体の認識・思考・行動 (ミクロ) および社会的帰結 (マクロ) を繋ぐメゾに制度が位置し，相互作用を通して生成，維持，変化，消滅し，その過程で制度が代替・補完関係を形成する，ミクロ・メゾ・マクロ・ループとなっている (西部忠, 2006) ．この観点から，もう一度ルール生態系を考察してみよう．

まず，元となるレプリケータ系がどうなっていると考えられるかを，図3にしめす．ミクロに位置づけられる主体が持つ戦略群がゲーム (ルール) を介して相互作用し，そのマクロの社会的帰結

として得点分布が形成される。レプリケータ・ダイナミクスはこの得点分布に応じて戦略群の分布が変わるというものであり、ここでマクロからミクロへと相互作用ループが形成される。このように、ゲーム（ルール）は、ミクロとマクロを繋ぐ位置（メゾ）にあると考えられる。ゲーム形式を外部ルールとしての外なる制度と考える立場からは、ミクロ：メゾ：マクロ＝戦略（内部ルール）：ゲーム（外部ルール）：社会的帰結という対比が成り立っている。しかし、マクロからメゾへの相互作用はなく、通常のレプリケータ系ではゲームの変化は生じない。したがって、ミクロ・メゾ・マクロ・ループを通して制度が生成・変化するダイナミクスは記述・分析しえない。

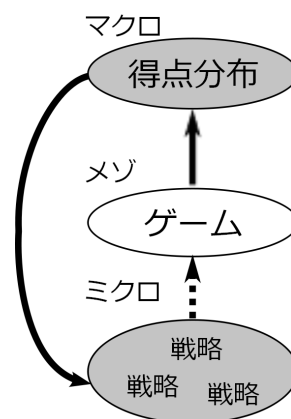


図3 レプリケータ系のミクロ・メゾ・マクロ・ループ。点線は入力，実線は作用を表す。網掛け部分は動的，白抜きは静的。

一方、均衡を制度と考える立場 (Lewis, 1969; Aoki, 1996; Young, 1998) では、均衡にある戦略分布は共有信念としてメゾに位置づけられることで制度となる (図4)。そして、この立場では、ミクロ、メゾ、マクロの全てが静的に維持され、マクロからミクロへの相互作用は制度の安定化・自己維持に働くことになる。

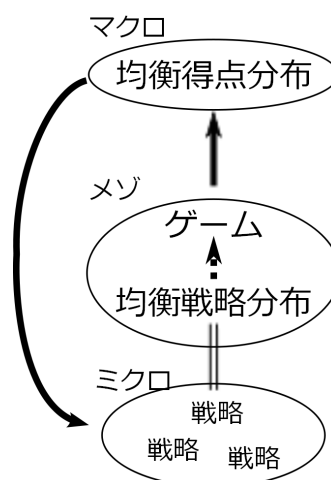


図4 均衡状態にあるレプリケータ系のミクロ・メゾ・マクロ・ループ。点線は入力，実線は作用を表す。白抜きは静的。

つぎに、ルール生態系のマイクロ・メゾ・マクロ・ループのあり方を考える（図5）．ここではメタルールを導入しており、マイクロの状態とマクロの状態がメタルールを介してゲームへと作用する．したがって、マクロからメゾへの影響があり、マイクロからメゾへの影響もゲームへと入力されるパスと、マクロ状態と相まってゲームの評価に影響するというパスが追加されることになる．この結果として、ゲームが動的なものとなる．

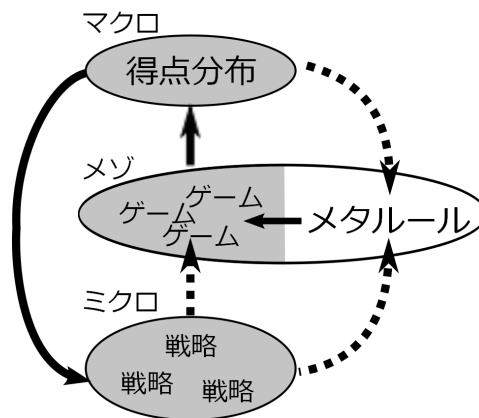


図5 ルール生態系のマイクロ・メゾ・マクロ・ループ．点線は入力，実線は作用を表す．網掛けは動的，白抜きは静的．

ルール生態系の枠組みが時間変化するゲームを持つレプリケータ系という特徴を持つことは、次のように見るとわかりやすい．複数のゲームをプレイしている主体たちが作る社会の状態を、各要素ゲームの重みつき平均で特徴づけよう．これをトータルゲームと呼び、

$$G_T = \sum_{g=1}^M w^g A^g \quad (35)$$

を導入する．ここで、 A^g ($g = 1, \dots, M$) は要素ゲーム g の利得行列である．この形から明らかにように、 $w^g = w^g(t)$ と時間変化するので、 G_t も時間に依存する関数となる．このトータルゲームを用いて、ルール生態系における戦略個体数分布のダイナミクス (19) を行列形式で表すと、

$$\dot{x} = (G_T(t)x - x \cdot G_T(t)x) x \quad (36)$$

となる．すなわち、この系は時間変化する相互作用行列 $G_t(t)$ を通じて相互作用し時間発展する戦略群とゲーム群という二重の複製子群を扱う、拡張されたレプリケータ方程式というかたちをしている．

戦略の均衡分布と同様に、ゲームの均衡を考えることもできる．ある戦略プロファイル x の下で、ゲーム g (トータルゲームでもよい) が、任意のゲーム g' に対し、

$$\lambda^g(x, u^g) > \lambda^{g'}(x, u^{g'}) \quad (37)$$

を満たすとき、ゲーム g はあらゆるゲームの進入に対し安定である．さらに、その戦略プロファイル x が進化的安定戦略であるならば、ゲームと戦略の両方で変化の誘因がない．よって、その系は

ゲームと戦略の両方に関して均衡状態にある。このゲーム g と戦略プロファイル x を進化的安定ゲーム (evolutionary stable game, ESG) と呼ぶ。

このように、進化的安定ゲーム、進化的安定戦略が存在し、系全体に均衡状態が実現されているならば、ミクロ・メゾ・マクロ・ループは図6のようになり、ミクロ、メゾ、マクロが静的な状態となる。平均型メタルールのように単純なメタルールの場合はこのような均衡状態が実現されるであろうが、逆分散型のように常に他のゲームに侵入されるようなメタルールもある。前節で述べたように、実際の社会ではこのようなメタルールの複合が常態であり、あらゆるゲーム g' に対して $\lambda^g(x, u^g) > \lambda^{g'}(x, u^{g'})$ となるような進化的安定ゲームが存在することは難しいであろう。

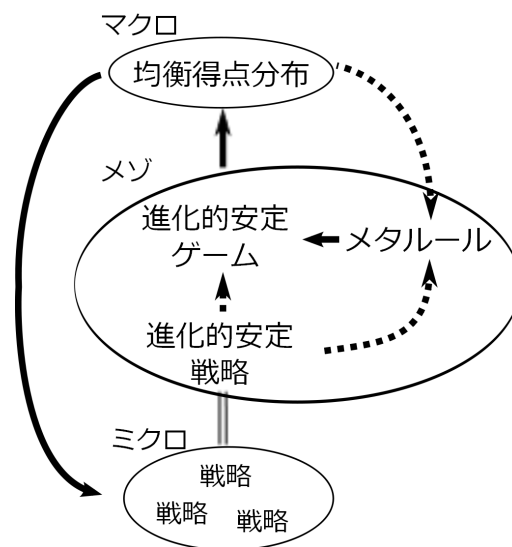


図6 均衡状態にあるルール生態系のミクロ・メゾ・マクロ・ループ。点線は入力、実線は作用を表す。白抜きは静的。

5 結論

レプリケータ・ダイナミクス of 拡張としてルール生態系ダイナミクスを導入し、戦略プロファイルとゲームの両方における動的な変化が実現されることを見た。戦略とゲームが準安定状態の間を断続的に変化するというダイナミクスから、ルールに対するゲーム論的な2つの見方がうまく統合されていると考えられる。

ルール生態系は複数集団レプリケータ系という見方ができることから、ゲームも個々人の戦略との相互作用を通じて複製されていく複製子 = 外部ルールと考えられる。そして、共有化された戦略 = 内部ルールとの複製子の二重性を扱うためには、ミクロとマクロに加えて、その間に存在しミクロとマクロを繋ぐメゾレベルを導入した、ミクロ・メゾ・マクロ・ループという概念が必要である。

貨幣制度生態系と貨幣意識の調査結果からの考察より、「多様性」を表すメタルールを定式化し、多様性、公正、利益志向が複合したような系に対する解析をする必要があることが示された。さら

に、制度の多様性を直接評価するように、ルール生態系ダイナミクスの枠組み自体の拡張も検討しなくてはならない。

メタルールは人々のゲームへの評価が重み付けとして集合的に表現されるものであり、うまく操作することは難しいだろう。また、ミクロレベルの複製子である戦略は、新古典派経済学のように合理性をアприオリの前提としないならば、個々人の認知枠、習慣、ルーティン、価値により決まる内部ルールと考えることになり、それが共有化されると、内なる制度である文化、伝統、規範、社会意識（貨幣意識）になる。しかし、こうした内部ルールや内なる制度はやはり直接操作することはできず、直接の設計も困難である。したがって、外部ルールであるゲーム＝外なる制度、特に貨幣制度や会計制度などのプラットフォーム制度の制度設計を通じて、こうした複製子に対しても間接的な影響を与えるのが、進化主義的制度設計（西部忠, 2006; 江頭進他, 2010）である。ルール生態系ダイナミクスの枠組みとその実証性を発展させ、進化主義的制度設計を行い効果を予測するシミュレーション・モデルを作っていくことが、今後の課題である。

参考文献

- Aoki, M. (1996). *Toward a Comparative Institutional Analysis*. The MIT Press.
- Arthur, W. B. (1994). *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. University of Michigan Press.
- Hayek, F. A. (1967). “Notes on the Evolution of Systems of Rules of Conduct”. In *Studies in Philosophy, Politics, Economics and the History of Ideas*. University of Chicago Press.
- Hurwicz, L. (1996). “Institutions as families of game forms”. *Japanese Economic Review*, 47 pp.113–32.
- Lewis, D. (1969). *Convention*. Harvard University Press.
- North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Young, H. P. (1998). *Individual Strategy and Social Structure – An Evolutionary Theory of Institutions*. Princeton University Press.
- 江頭進・澤邊紀生・橋本敬・西部忠・吉田雅明 (編) (2010). 『進化経済学 基礎』. 日本経済評論社.
- 小林重人*・西部忠*・栗田健一・橋本敬 (2010). 「社会活動による貨幣意識の差異 - 地域通貨関係者と金融関係者の比較から - 」. 企業研究, 17 pp.73–91. *equal contribution.
- 西部忠 (2006). 「進化主義的制度設計におけるルールと制度」. 経済学研究 (北海道大学), 56(2).