

## 多様な制度と秩序生成に関する仮想実験

上 田 雅 弘

経済社会の多様性を生み出す要因は歴史的な経緯の中で生成された秩序や慣習から自生的に発生する「制度」の形成にある。「自生的秩序」という概念を提示したハイエクは、個人の知識は限られたものであり、人間の意思決定には社会的秩序が大きく影響していることを指摘している。こうした秩序や慣習が自生的な制度を生み出す理論的な過程については、進化ゲームの枠組みの中で盛んに研究が行われてきた。さらに比較制度分析では、経済システムを制度の集まりと捉え、多様な制度にはそれぞれの合理性があり、それら制度の共存が大域的な経済利益の源泉となり得ると解釈される。したがって、そもそも経済システムには理想的で普遍的なモデルが一元的に存在するのではなく、システムを構成する制度それ自体が自己拘束的な制約として定着していることになる。また、社会の慣習や制度はゲームの均衡として解釈され、各個人がそれぞれのルールに従って行動することが提示される。さらに制度の変容にはさまざまな経済主体に意味ある共時性が伴う。本稿では、個人の相互作用を通じて秩序が生成され、やがて「制度」として定着する過程を、マルチ・エージェント・シミュレーションによって仮想実験し、多元的な経済システムの経路依存性と多様性を検証している。

### 1 序

伝統的な経済学は合理的な経済主体を想定し、市場メカニズムの機能とそれを阻害する要因について、画一的な経済社会の枠組みで含意を捉えることに従事してきた。しかし現実には、異なる経済システムによって機能する多様な経済社会が存在している。経済社会の多様性を生み出す要因は、過去から現在に至るまでの歴史的な経緯の中で生成された秩序や慣習から自生的に発生する「制度」の形成にある。

「自生的秩序」という概念を提示したハイエクは、個人の知識は限られたものであり、人間の意思決定には社会的秩序が大きく影響していることを指摘している。こうした秩序や慣習が自生的な制度を生み出す理論的な過程については、進化ゲームの枠組みの中で盛んに研究が行われてきた。さらに比較制度分析では、経済システムを制度の集まりと捉え、多様な制度にはそれぞれの合理性があり、それら制度の共存が大域的な経済利益の源泉となり得ると解釈される。したがって、そもそも経済システムには理想的で普

遍的なモデルが一元的に存在するのではなく、システムを構成する制度それ自体が自己拘束的な制約として定着していることになる。また、社会の慣習や制度はゲームの均衡として解釈され、各個人がそれぞれのルールに従って行動することが提示される。さらに制度の変容にはさまざまな経済主体に意味ある共時性（偶然の一致）が伴う。新しい制度に観察される新奇性はいかにして生じるのか、またどのように変容する可能性を包含しているのかという問題は不確実性に満ちている。

現実経済では、秩序や慣習などさまざまな行動規範が人々の意思決定や行動に大きな影響を与えており、多様な制度が人々の行動を規律づけたり規定したりする面があることはよく知られている。近年では行動経済学や実験経済学の知見が蓄積され、秩序や制度が生み出す価値観の違いに一定の規則性や法則性も確認できるようになり、人々の行動予測として、そのような「制度的要因」を考慮に入れることが重視されている。

本稿では、個人の意思決定プロセスには社会の秩序や制度が大きく関わっていることを検証するため、マルチ・エージェント・シミュレーションによる仮想実験を試みる。そこでまず、秩序や制度などの概念を定義するため、ハイエクの制度進化論を概観する。また、歴史的な要因により多様な経済システムが存在すると考える比較制度分析の視点を整理する。さらに、個人の相互作用を通じて秩序が生成され、やがて「制度」として定着する過程を、マルチ・エージェント・シミュレーションによって仮想実験し、多元的な経済システムの経路依存性と多様性を検証する。

## 2 ハイエクの制度進化論と比較制度分析による 秩序の生成と制度形成の解釈

多様な経済社会を生み出す要因は、過去から現在に至るまでの歴史的な経緯の中で生成された秩序や慣習によって生み出された「制度」の形成にある。ここで言う「制度」とは、単に明文化された法律や規則だけではなく、社会を構成する個人あるいは企業が他者と協同・協業したり対立したりする中で蓄積されたノウハウも含めた広義の意味として捉えられる。つまり、経済社会システムそのものにとどまらず、秩序、慣習、伝統、規範、倫理など、人々が暗黙裡のうちに共有している仕組みやルールも含めて、「制度」を広く捉えることが、人々の意思決定や社会的な取り決めのあり方を探る重要な視点となる。

こうした「制度」の進化を考える場合に、多くの知見を提供しているのはF. ハイエ

クである<sup>1)</sup>。ここではハイエクの思考を研究したいくつかの先行研究から、ハイエクの「制度」に関する見解を探ることとする。ハイエクは、個人の知識は限られたものであり、人間の意思決定が慣習や秩序に影響されることを、次のように説明している<sup>2)</sup>。

『個人の行動を動かしている意識的な知識はその人の目的達成を可能にする条件の一部分にすぎないということについて、二つの重要な側面がある。一つは、人間の知性それ自体が生まれ育った文明の所産であり、さらに知性を形づくる多くの経験、すなわち、習慣、慣例、言語、道徳的信念の具現化によって知性が助けられているという経験に気づいていないという事実である。二つ目は、ある個人の知性によって意識的にあやつられる知識がどんなときにもかれの活動の成功に役立つ知識のほんの一部分にすぎないということである。(中略) いかえれば、文明は個人ではもっていない知識から利益を受けることをたえず助けてくれるので、さらにまた、各個人が特定の知識をもちいることによって見ず知らずの他人の目的達成を助けるので、文明社会の一員としての人間は単独でなしうる以上の成功をおさめることができる。』

ここでハイエクは、個人の知識は限られたものであり、人間の意思決定には「文明」という社会的秩序が大きく影響していることを指摘している<sup>3)</sup>。ハイエクは、社会秩序を二分して解釈し、自発的に形成される秩序を「自生的秩序 (コスモス)」とし、意図的に作られる秩序を設計的秩序として「組織 (タクシス)」と定義した。そして「自生的秩序」という概念を重要視し、これを「社会」として定義している<sup>4)</sup>。この「自生的秩序」について、森田 (2009) は、個人のルールが自己組織化によって生み出す秩序を「自生的秩序」と定義し、これが他の秩序によって淘汰された結果として進化を遂げた秩序を「慣習・伝統」と解釈している<sup>5)</sup>。こうした慣習や伝統を学習・模倣することで、個人はルールを認識する。この循環が時間軸を貫いて螺旋状に形成されるものが「制度」であるという見解を提示している<sup>6)</sup>。

また、松原 (2011) はハイエクの「自生的秩序」について、次のようなハイエクの見解を引用して説明している<sup>7)</sup>。

『さまざまな種類の多様な諸要素が相互に密接に関係しあっているので、われわれが全体の空間的・時間的なある一部分を知ることから残りの部分にかんする正確な

予想, または少なくとも正しさを証明できる可能性の大きい予想をもちうる事象の状態』

松原(2011)は, この「秩序」の定義が時間的空間的にある一部分を占めてさえいれば, 将来や他の場所に関して予見可能性が高くなる状態が秩序とよばれると説明している<sup>8)</sup>。ハイエクはルールには多くの層があり, それぞれのルールがもたらす結果が複合してシステムを構築すると考えている。

このように, 自生的秩序は多くのルールによって維持されていると考えられる。このルールは必然的に発生したものでもないし普遍的なものでもない。社会秩序を維持する多くのルールは, 暗黙のうちに成立し社会秩序を生成・維持する。したがって, 個人とルールの関係, 社会秩序とルールを理解することが, 自生的秩序が成立するメカニズムを理解する鍵となる。

他方, F. ナイトは経済活動を多様な自生的ルールの生成と変容をとまなうゲームとして捉えることが可能であると考えている<sup>9)</sup>。多様な自生的ルールが試され有益性や有効性が認知されたなら, 新たなルールが支持者を増やすという方法でゲームが展開する。こうした自発的合意形成によって多様な自生的ルールの併存が常態であろうと考えられる。藤井(2000)では, ナイトが現代的な「進化ゲーム」を展開したわけではないが, 経済的自由の論拠を効率性ではなく変化対応能力に求めるべきだとするナイトの主張と, 生産活動における自生的ルールの生成およびその採否の図式とは, きわめて整合的であると解釈している。

このような意味での広義の「制度」が個人や企業の行動をいかに規定するか, またそれらの行為がいかに「制度」を維持し, 新たな「秩序」を生成しているかという問題を包括的かつ体系的に捉える必要がある。経済システムをこうした「制度」の集まりと捉え, その多様性とダイナミズムを分析する研究分野が「比較制度分析」である。

比較制度分析は, 経済システム内部の制度配置によって多様な経済システムが生起する可能性を認めている<sup>10)</sup>。また, 社会の中で大部分が従う特定の行動パターンが普遍的になれば, 個人にとってもそれを選ぶことが戦略的に有利となり, それが「自己拘束的な制約」として定着する。この概念を比較制度分析では, 制度の持つ「戦略的補完性」と呼んでいる。さらに, 多様なシステムが生まれるのは, ひとつのシステム内の様々な制度が相互に補完的な関係にあり, システム全体が合理的な存在として強化されているからであると考えられる。この概念は「制度的補完性」と呼ばれている。またこうし

た経済システムには「慣性」があり、経済の置かれた外部環境と蓄積された内部環境の変化とともに徐々にしか変化しない。このため、現状の制度体系の大部分は、その経済の歴史的要因により規定されてしまうと考えられる。この性質は制度の「歴史的経路依存性」と解釈される。このように、比較制度分析には現実の経済活動の複雑性を重視する経済観がある。

また、比較制度分析の出発点には、「制度はゲームの均衡である」という考え方がある。「制度」のような概念の適切な定式化は分析目的に左右されるが、比較制度分析の大家である青木昌彦は、D. ノースの「制度」に関する解釈に注目している。ノースは制度を「ゲームのルール」として概念化している。ノースによれば、フォーマル・ルール（立憲的な財産権ルールや契約）およびインフォーマル・ルール（規範や習慣）という2つのタイプのゲームのルールが存在する<sup>11)</sup>。しかし青木はこの解釈を拡張し、ゲームのルールがその主体の戦略的な相互作用を通じて内生的に創出され、結果的にそれが自己拘束的になることを示すと指摘している。このような視点から、比較制度分析では、「制度」を「ゲームの均衡」として概念化している。

このように比較制度分析においては、「制度」とは社会ゲームが繰り返しプレイされ、このゲームのプレイヤーが相互に取る戦略について共通認識が成立した場合のパターンであると認識されている。現実経済においては、ゲームのプレイヤーとなる各経済主体が局所的で不完全な情報に基づいて複雑に相互作用を繰り返しているが、このプレイヤーは伝統的な経済学が前提としてきたような完全に合理的な存在ではなく、認知能力や計算能力の限界から、「限定合理的」な存在に過ぎないとされる。「制度」は限定合理的な人間が生み出す複雑系の中で、人間の意思決定を助けるために必然的に生まれた「仕組み」であり、環境の変化に応じて望ましいものが出現する。比較制度分析では、この「適応的变化」に基づく制度のダイナミズムを、進化ゲーム理論を応用して分析を行ってきた<sup>12)</sup>。

### 3 進化ゲーム理論による制度の捉え方

比較制度分析が唱えるように、制度をゲームの均衡として捉える考え方の利点は、異なる歴史的初期条件や、関連する他の制度との関係を整合的に説明することができることにある。ゲームの帰結として複数均衡の存在を認めることによって、制度の多様性を容認するとともに、自己拘束性や情報節約性といった制度の多面的な機能が内生的に決

定されるメカニズムを明らかにすることができる。制度変化の進化ゲームで捉える場合、長期にわたる自生的な制度変化と政治的制度改革のような計画的で意識的な短期的制度設計があるが、ここでは町野（2001）でサーベイされた内生的な制度変容に関する分析をもとに、ゲーム理論による「制度」の捉え方を概観する。

「制度」をゲームのルールとして考えると、制度改革は所与の目的を達成するためのメカニズム・デザインという技術的な問題として捉えられる。しかし、制度の構築や改革には動機が必要であり、動機の背景にあるのは自生的で長期的な進化ゲームの均衡としての慣習や社会的価値観である。

経済社会においては、複数の意思決定主体による相互作用が、各自の戦略を過去の経験から学習し進化しながら、さまざまな秩序を生成し制度を生み出す。この相互作用を理論的に説明するのが Maynard Smith and Price（1973）以来の進化ゲーム理論である。進化ゲームのモデルでは、プレイヤーは事前には何も計画せず、社会集団内での相互作用を通じた進化と学習に基づいて戦略を選択し、進化的安定戦略（Evolutionarily Stable Strategy: ESS）等の均衡状態を分析したり、微分方程式や差分方程式を用いて適者生存の動学的過程を分析することが多い。

もともと生物学を起点にした進化ゲームは、自然淘汰によって適応度の高い行動様式を採るタイプの個体が優勢になるメカニズムをモデル化したものである。主な理論的モデルとしては、進化的安定戦略、レプリケータ・ダイナミクス、確率的進化があげられる<sup>13)</sup>。

進化的安定戦略は、Maynard Smith and Price（1973）によって提唱された生物進化における戦略である。同じ戦略を取る集団の中に突然変異のように異なる戦略を取る集団が現れた時、その集団の戦略より高い利得を得るような既存集団の戦略を意味する。これは進化ゲームの基本的な重要な概念として既に確立されており、多くの先行研究で用いられている。

またレプリケータ・ダイナミクス（Replicator Dynamics）とは、それぞれはひとつの戦略しか持たないプレイヤー（親）が、利得の高さに応じた数のプレイヤー（子）を生み、自分の（純粋）戦略を複製して子に伝えることによって、集団の中でのシェアを増していくような動学的な進化過程を捉えている。

例えば青木・奥野（1996）は、レプリケータ・ダイナミクスを部分的最適反応として捉えている。每期行われるゲームのステージでは、プレイヤーはあたかも戦略をプログラム化されたように行動するが、ゲームを行った後で一部のプレイヤーのみが戦略をそ

の時点で最適な戦略に変更でき、さらにその変更の際に他のプレイヤーの反応に対する予想は持たないと仮定する。これはプレイヤーの「限定合理性」を表現するとともに、社会における慣性を仮定していることにもなる。このようなゲームの安定的な均衡点を、社会の中で自然に形成された慣習や制度として解釈している。さらにこのモデルにおいては、複数均衡を許容するが、その長期的均衡点は歴史的な初期条件に依存するとして、「歴史的経路依存性」を説明できるモデルでもある。

Young (1993) や Kandori et al. (1993) が展開した確率的進化ゲームでは、記憶に限界のある限定合理的なプレイヤーが、記憶に残っている自己と相手の戦略の組合せと利得情報に基づいて最適戦略を取る。こうした Markov 連鎖においては、確率的には同じ戦略の組合せで同一の結果が何回か連続して発生する。プレイヤーの記憶には眼界があるため、最適戦略を計算するための情報が画一化し、必然的に互いの最適戦略も長期にわたって同じものとなる可能性がある。

人間の社会的制度の形成を進化ゲームでモデル化する際には、そもそも限定合理的なプレイヤーを前提としている。あるプレイヤーは他のプレイヤーたちの過去からの行動を読み込んで推測し自らの行動を決定するが、このとき、限定合理性が進化過程を通じて合理的な結果をもたらすことになる。さらに、こうした動学的過程は様々な環境要因によって攪乱されるが、これがいわゆる突然変異に似た役割を果すことになる。したがって、進化的な動学過程の結果は唯一のものに収束しない。このような動学過程そのものを予想することはできないが、到達する状態が「確率的に安定的」であるかどうかは証明できる。

「制度」が人間社会の長い歴史の中で時間をかけて生み出されてきたことを考慮すると、伝統的な経済学が仮定する完全に合理的なプレイヤーよりも、限定合理的なプレイヤーを前提とする進化論的解釈が現状を説明するのに説得力を持つ。「学習」はこのような限定合理性を補完する概念である。ここではそれぞれのプレイヤーが相互依存的な意思決定環境で他のプレイヤーの行動に対して適応する過程を「学習」と定義する。この適応過程のメカニズムとしては、自然淘汰 (Natural Selection)、模倣 (Imitation)、強化 (Reinforcement)、最適反応 (Best Reply) などがあげられる<sup>14)</sup>。自然淘汰はレプリケータ・ダイナミクスを意味し、模倣には利得の高そうな行動をまねるわけだから、他人の利得を観察できることが条件であり多くの繰り返しが必要となる。強化とは利得が高かった自分の行動を取る確率を高くすることであり、他人の利得を観察できなくてもよいが、やはり多くの繰り返しが必要である。最適反応とは期待利潤の最大化であり、

仮想プレーのように個人の選好と周囲の世界での信念 (Brief) を区別して考えることができる。

例えば Milgrom and Roberts (1991) は、最適反応は近い過去しか考慮せず、仮想プレーは遠い過去にウェイトを置きすぎていると批判している。さらに合理化可能性や協調均衡は利得情報のみでウェイトを置いていると考えられる。これらの問題を解消するのが「洗練された学習」であると結論づけている。

限定合理的な主体が行う「学習」は、以前の経験に基づいて新しい適応の仕方を習得している。Fudenberg and Levine (1998) は繰り返しゲームの枠組みで、特定の学習ルールをプレイヤーが用いる場合の相互関係を分析することのできる理論モデルを提示している。このようにゲームのプレイヤーから見ると、均衡へ至る進化の過程では学習メカニズムが機能していることが重視される。

#### 4 制度変容のマルチ・エージェント・シミュレーション

人間は利己的に振舞うこともあれば、利他的に行動することもある。しかし利他的な行動は、他者を意識することによって生じた結果ではなく、自身のために行った行動が客観的に見て利他的である場合も多く、その意味では人間は利己的な主体と解釈される。このような利己的な主体である人間が、それぞれ利己的に振舞いながらも、社会全体では協調関係を成立させていることがある。こうした相互作用の過程を分析する手法として、近年、人工社会の構築やマルチ・エージェント・シミュレーション (以下 MAS) の手法を用いた様々な研究が行われている。これらの研究の多くは、ゲーム理論の戦略をあらかじめ与えてエージェント (主体) に対戦させ、その社会進化の傾向や協調関係が発生する条件を仮想実験する研究が多い。

MAS を用いた研究は、例えば Axelrod (1984) のように主体間の相互作用である繰り返し囚人のジレンマや、進化ゲーム理論のダイナミクスを明示するメリットがある。Axelrod (1984) が行ったのは、コンピュータ・プログラムによって、初回に 14 の戦略を設定し、これに協力と非協力をランダムに出現させる戦略を加えた 15 の戦略について総当たり戦をシミュレーションしている。200 回の繰り返し囚人のジレンマゲームを行い、それぞれの戦略はそれぞれ 5 回ずつ対戦するようになっている。2 人のプレイヤーを想定した場合、両者が非協力になるのがナッシュ均衡であり、ともに協力できればパレート最適となる基本的な利得構造である。



この総当たり戦で最高得点をあげたのは、ゲームの始めに協力を選択し、以降は相手が選んだ戦略を繰り返すという、しっぺ返し戦略 (Tit-for-Tat) である。そして集団の構成員がしっぺ返し戦略を取る限り、いかなる突然変異な戦略も集団に侵入することができず、集団的安定に寄与していることを証明している。他方で、構成員がすべて非協力戦略を取った場合にも、集団的安定であることが証明されている。

さらに Axelrod は総当たり戦で自分の戦略を提示する際に、相手の戦略を予測することでしっぺ返し戦略が有効となるきっかけになるのではないかと考え、先入観のない状況でもしっぺ返し戦略が成功するかという問題意識から、エージェント・ベースのモデルを用いた研究を進めた。エージェント・ベース・モデルは、プログラム上の主体であるエージェントにさまざまな特性を付与し、遺伝的アルゴリズムによって特定の戦略、例えばしっぺ返し戦略がランダムな初期状態から進化するか検討する手法である。この手法によっても、初期状態でランダムな戦略を与えても、進化の過程を経てしっぺ返し戦略に似た戦略が有効となることが検証されている。

ここではこれまで概観した「秩序」の生成と「制度」の変容を、MAS によって仮想実験を試みる。具体的には、「利己的な主体」と「利他的な主体」という特性を持つエージェントと、周囲のエージェントの特性を見て多数派の特性を採用する「安定志向の主体」を設定する。そして日常の仕事を行う企業組織を想定して、エージェントの構成比率で表現される「秩序」がどのように変容し、安定的な「制度」が形成されるかというシミュレーションを行う。以下のモデルは山影 (2008) で紹介されている汎用 MAS のシミュレータを用いて人工社会を生成している<sup>15)</sup>。また具体的なモデルは柿沼 (2011) のモデルに基づきながら詳細部分の設定を変更している<sup>16)</sup>。

まず、 $X \times Y$  の 2 次元正方形格子空間の各セルに、空白セルが生じないようにエージェントをランダムに配置する。エージェントの初期状態は、戦略的特性 ( $C_i$ )・自律性 ( $A_A$ )・他律性 ( $A_H$ )・成功係数 ( $W_p$ )・戦略 ( $S_i$ )・戦略変更ポリシーがランダムに設定されたのちに決定されるとした。各エージェントは、自身と隣接する 8 人のエージェントを参照してステップ (期間:  $t$ ) において、表 1 に示した利得構造を持つタカ・ハトゲームを 1 回を行い、自らの戦略変更ポリシーに応じて次ステップの戦略を決定する。その際、すべてのエージェントが 8 人の隣人を有するよう設計している。以下ではそれぞれの変数について詳しく説明する。

まず、各エージェントには、「利己的」、「利他的」、

表 1 タカ・ハトゲームの利得表

	協力	非協力
協力	(5,5)	(0,10)
非協力	(10,0)	(-5,-5)

「安定志向」という3つの特性が初期戦略としてランダムに設定されている。戦略変更ポリシーは「成果重視」、「評価重視」、「和重視」の3種類とし、各期内でのポリシー変更は行わないものとしている。

戦略変更ポリシーのうち、まず「成果重視」を判断する「成果寄与度 ( $R$ )」は、与えられた仕事以外にも自主的に取り組む能力を表す「自律性 ( $A_A$ )」と、単に与えられた仕事をこなす能力を表す「他律性 ( $A_H$ )」の和に「成功係数 ( $W_p$ )」を掛けた値で定義する。自律性と他律性は、5段階評価でランダムに割り当てている。また成功係数 ( $W_p$ ) はエージェントの自律性と他律性が発揮された場合に、どれくらいの割合で成果に寄与するかを表現しており、成果にうまく寄与した場合は0.7、あまり寄与しなかった場合は0.5をランダムに付与している。これらの前提にしたがって、成果寄与度 ( $R$ ) は次のように定義される。

$$R = (A_A \times 1.5 + A_H) \times W_p$$

ここでは積極性が表れる自律性の能力の高さによって仕事のスキルに差が生まれ、成果に対する寄与度も変化すると考え、自律性 ( $A_A$ ) に対して重みが大きなウエイト付けを行っている。「成果重視」の戦略変更ポリシーを採用した場合は、この成果寄与度  $R$  が最も高い隣人の戦略特性を採用する。

次に「評価重視」の戦略変更ポリシーの指標 ( $P$ ) は、自律性 ( $A_A$ ) と他律性 ( $A_H$ ) の和に協力度 ( $C$ ) を掛けた値で定義し、次式のように求められる。

$$P = (A_A \times 1.5 + A_H) \times C$$

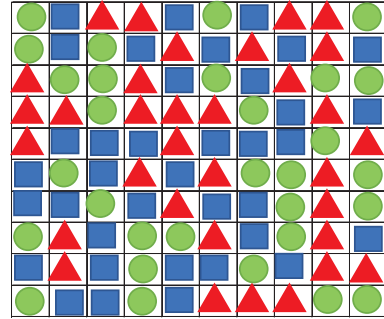
ここで協力度 ( $C$ ) は、エージェントの組織に対する協力度合いを表す数値であり、戦略特性とは別に、協力的か非協力的かをランダムで振り分け、それに応じて決定するものとした。戦略特性が「利他的」である場合には、この協力度 ( $C$ ) が0.8と0.6のいずれかでランダムに振り分けられ、「利己的」である場合は0.6と0.4となる確率を設定している。「評価重視」の戦略変更ポリシーは、周囲のエージェントを  $P$  で評価し、それが最も高い隣人の戦略特性を採用する。

最後に「和重視」は隣人がとっている戦略特性の中で最も人数が多いものを自らの戦略特性として採用するものである。このような相互作用を設定したモデルを用いて200

ステップのシミュレーションを試行した。

初期状態では、図1のように利己的主体 ( $\triangle$ ), 安定志向主体 ( $\square$ ), 利他的主体 ( $\circ$ ) をスクエアにランダムに配置する。この空間は閉じておらず、それぞれが接する8方向にループするかたちで無限に続いている。図1では10×10のケースを提示しているが、まず、5×5のスクエアに25のエージェントが配置されるケースで

図1 ランダムな初期状態



MAS を実行してみる。図2と図3はその試行を行った結果である。

これらの図に見られるように、5×5の空間で試行した場合、図2では利己的主体が8割を占め、図3では利他的主体が8割を占める。シミュレーションを数回試行しても、特定の戦略特性をもつエージェントの数が支配的になり、戦略特性の変動も小さいケースが出現することが多い。この含意は、構成員が少ない社会では特定の志向に偏った秩序が生成され、それが定着して特定の行動様式が支配的になる「制度」が形成されることを意味する。

次に10×10のスクエアで100のエージェントが存在するケースでMASを試行する。その結果の一部を図4から図9に提示している。図4は利己的主体、安定志向主体、利他的主体とも同程度の割合で空間に出現するケースである。図5は利己的主体が、図6では利他的主体が、また図7では安定志向の主体が、空間で支配的になるケースを提示しており、想定した3つの戦略特性それぞれの行動様式が空間で支配的になるケースを示している。5×5のスクエアに25のエージェントを配置したケースと比べると、10×10で100のエージェントでMASを行ったケースの方が多様な状況が発生しており、戦略特性や行動ポリシーは同じでも、行動主体が多いほど多様な秩序が生成され、形成される制度も多様性を持つことが推察される。

さらに、これらのシミュレーションでは、当初の10ステップほどの動きが、エージェントのその後の割合をある程度決めていくことがわかる。これは初期時点での状況がその後の秩序や制度を規定するという、比較制度分析が説明する制度の多元性と「歴史的な経路依存性」を仮想実現しているものと解釈できる。

また、図8では利己的な主体と利他的な主体が空間で競合し、特定のステップではエージェントの数が逆転するようなケースを、また図9では利己的な主体と安定志向の主体が拮抗する一方で、利己的な主体は15%程度で存在し続けるようなケースとなっ

図2 利己の主体が支配的なケース (5×5)

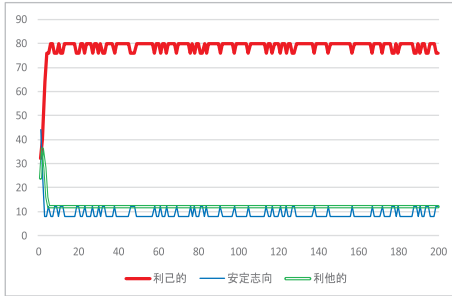


図3 利他的主体が支配的なケース (5×5)

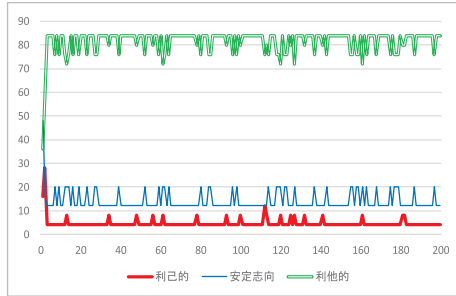


図4 同程度の構成比率になるケース

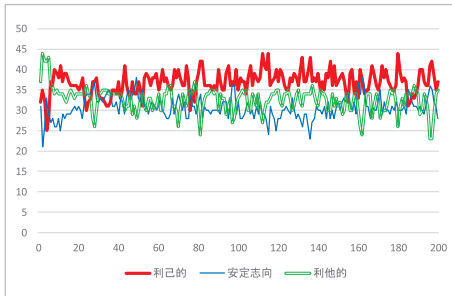


図5 利己の主体が支配的になるケース

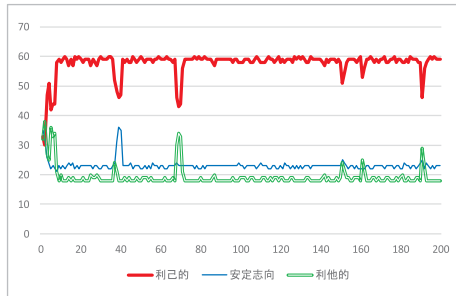


図6 利他的主体が支配的になるケース

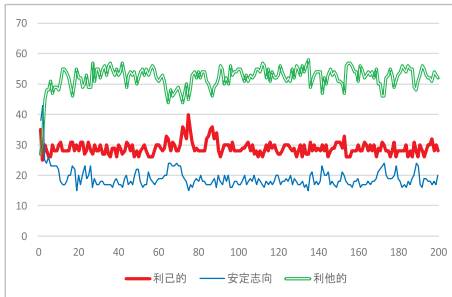


図7 安定志向主体が支配的になるケース

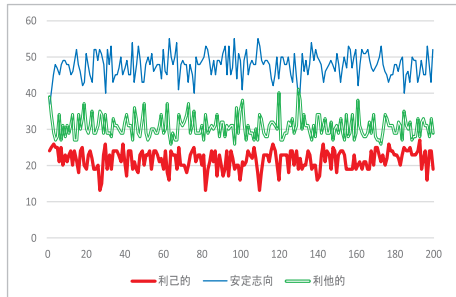


図8 利己と利他主体の変動が大きいケース

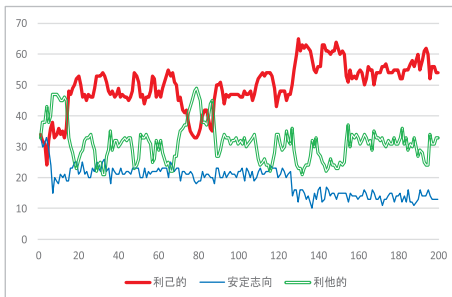
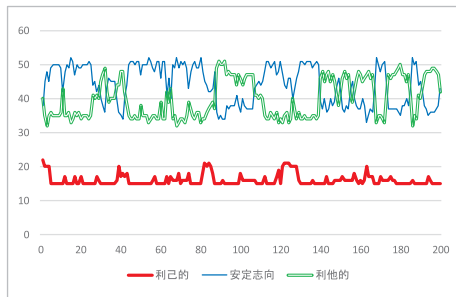


図9 利他と安定主体の変動が大きいケース



ている。これらは必ずしも歴史的経路依存性を表さないケースにも見える。しかし試行のステップ数を1,000回も反復すれば、ある程度一定の傾向に収束するケースがほとんどであった。さらにエージェントの数も $20 \times 20$ の400に増やし、相互作用のステップを10,000回に設定しても、それぞれのエージェントは活動空間に多様な割合で収束する。

このシミュレーションでは、エージェントの戦略特性の構成を秩序の形成と見なし、エージェントの相互作用によって秩序が生成される過程を試行した。初期時点ではランダムなエージェントを配置することで多元性を表現し、時間軸を通じた秩序の定着によって多様な「制度」が形成される過程を表現している。ハイエクの表現した自生的秩序の生成と進化ゲームが説明する「制度」の形成に関する仮想実験を試みたが、ゲームの回数を大きくするとエージェントの戦略特性が固定化し、秩序の変容や制度の変革を十分に表現できていない。このような点については、今後シミュレーションに変数として考慮する必要がある。

## 5 結 論

人々の行動や経済活動は、秩序や慣習がどうなっているかに依存しており、経済政策や企業戦略を考える際には、秩序の生成と制度の構造を理解し、それらに整合的なルールや規制を考えなければならない。それぞれの「制度」を抜きにして政策や戦略を構築すると、想定外の効果を生み出してしまう可能性がある。

しかし、制度的要因が重要だからといって、それを完全に所与のものとして扱うべきではない。そもそも秩序や慣習は時間とともに変化している。またシミュレーションにも見られるように、突然変異のように構造が変化することもある。今後の経済政策や企業戦略においては、秩序や慣習が織りなす「制度」にいかに関与するかという視点が重要になってくる。

つまり経済政策や企業戦略には、秩序や慣習によって規定されていく側面と、それらに関与していく側面の両方があり、その相互作用を適切に考慮に入れることが重要になる。もちろん、制度は経済のためだけに存在するわけではない。技術革新などによって社会構造が大きく変わっていく中で、どのような社会を今後構築していくべきか。政策の実行にあたっては、このような大きな構想が求められている。

今後のシミュレーションにおける課題としては、エージェントにさまざまなゲームの

戦略を持たせることである。また、レプリケータ・ダイナミクスを表現することや、学習過程を組み込むこと、個人や社会の生産性を評価する指標を取り入れることも課題としてあげられる。さらには社会的な固定化を変革するメカニズムをシミュレーションによって表現することが重要である。

#### 注

- 1) ここではハイエクの制度進化論を取り上げているが、池田(1996) p.41では、メンガーの制度論がハイエクの制度進化論に大きな影響を与えており、経済と時間の問題、あるいは経済行為における不確実性の意味などについても、共通した認識を持っていることを認めている。しかし、ハイエクの言う自生的秩序からは国家が除外されていることを指摘している。
- 2) Hayek (1960) 気賀・古賀訳(2007) pp.40-41より引用。
- 3) そもそも人は不完全な認知システムしか持ち得ないというハイエクの捉え方は、Hayek (1952)で独自の解釈が展開されている。ハイエクの秩序概念に関する解釈は、森田(2009) pp.103-137が詳しい。
- 4) 自生的秩序と社会についての定義は、Hayek (1973) 矢島・水吉訳(2007) p.64を参照。
- 5) この「自生的秩序」の解釈については、森田(2009) p.205を参照している。森田(2009)はハイエクのテーマを明確に区別することなく議論を展開していることが、「自生的秩序」という概念の本質を見定められない要因であると考えている。
- 6) この「制度」の解釈については、森田(2009) p.224を参照。
- 7) これはハイエク(1989) p.50からの引用である。
- 8) この見解については、松原(2011) pp.194-195を参照している。
- 9) ここで展開したF. ナイトの自生的ルール概念については、藤井(2000) pp.138-139の解釈を参照している。
- 10) 以下で展開する比較制度分析の概要については、青木・奥野(1996)序章が捉えやすいが、Grief(2006)や青木(2008)、また青木・岡崎・神取(2016)は、比較制度分析の歴史的・理論的な分析手法の多面性を網羅している。また多様な秩序や文化が「制度」というゲームの均衡状態を成立させるという論理的展開については、大浦(2003)や七条(2003)も参照している。
- 11) ノースの制度に関する捉え方については、North(1990)竹下訳(1994)を参照。青木のノースに関する解釈については、Aoki(2010)谷口訳 p.146で詳述されている。
- 12) 松井(2002)によれば、経済系の理論の中の模倣学習を仮定した進化ゲーム理論と生物系の進化ゲーム理論のみを進化ゲーム理論と呼び、経済系の中で最適反応動学などを仮定した理論を社会ゲームと呼ぶ立場もある。また進化ゲーム理論における「進化」とは「変化」を意味し、「進歩」といった意味合いは含まれていない。
- 13) 進化ゲームの分類については、町野(2001) pp.60-61で詳しくまとめられている。

- 14) 学習過程の分類と説明についても、町野（2001）p.63を参考にしている。
- 15) MASの分析を行うツールとしては artisoc 4.2 standard（64 bit）を使用している。ここで用いる artisoc による分析手法については、山影（2008）pp.245-266の文化変容モデルを参照している。
- 16) 柿沼（2011）は、組織における構成員の能力を三段階に分類し、2:6:2になる法則を検証しているが、ここでは3種類の特性を持つ主体を考慮するためにこのモデルを援用している。

### 参考文献

- Aoki, Masahiko (2010) 'Corporation in Evolving Diversity Cognition, Governance and Institutions' 谷口和弘訳 (2011) 『コーポレーションの進化多様性 集合認知・ガバナンス・制度』NTT 出版。
- Axelrod, Robert M. (1984) 'Evolution of Cooperation' 松田裕之訳 (1998) 『つきあい方の科学』ミネルヴァ書房。
- Fudenberg, Drew and David K. Levine (1998) 'The theory of learning in games' MIT Press.
- Grief, Avner (2006) 'Institutions and the Path to the Modern Economy; Lessons from Medieval Trade' 岡崎哲二・神取道宏監訳 (2009) 『歴史比較制度分析』NTT 出版。
- Hayek, Friedrich A. (1952) 'The Sensory Order: An Inquiry into the Foundation of Theoretical Psychology' Routledge & Kegan Paul 穂山貞登訳 (1989) 『感覚秩序』春秋社。
- Hayek, Friedrich A. (1960) 'The Constitution of Liberty' 気賀健三・古賀勝次郎訳 (2007) 『自由の条件 I』ハイエク全集 第5巻 春秋社。
- Hayek (1973) 'Law Legislation and Liberty Vol.1 Rules and Order Routledge & Kegan Paul' 矢島釣次・水吉俊彦訳 (1987) 『法と立法と自由 I ルールと秩序』ハイエク全集 第8巻 春秋社。
- Kandori, Michihiro, George J. Mailath and Rafael Rob (1993) "Learning, Mutation, and Long Run Equilibria in Game," *Econometrica*, 61, pp.29-56.
- Maynard Smith, John and, George R. Price (1973) "The logic of animal conflict". *Nature* 246 (5427) : pp.15-18.
- Milgrom, Paul and John Roberts (1991) "Adaptive and Sophisticated Learning in Normal Form Games" *Games and Economic Behavior* 3 pp.82-100.
- North, Douglass C. (1990) "Institutions, Institutional Change and Economic Performance' Cambridge University Press 竹下公視訳 (1994) 『制度・制度変化・経済成果』晃洋書房。
- Young, H. Peyton (1993) "The Evolution of Conventions," *Econometrica* 61, pp.57-84.
- 青木昌彦 (2008) 『比較制度分析序説－経済システムの進化と多元性－』講談社学術文庫。
- 青木昌彦・奥野正寛 (1996) 『経済システムの比較制度分析』東京大学出版会。
- 青木昌彦・岡崎哲二・神取道宏 (2016) 『比較制度分析のフロンティア』NTT 出版。
- 池田幸弘 (1996) 「ハイエクと制度進化の経済学－自生的秩序と国家－」(特集：制度進化の

- 思想と経済学) 経済学史学会年報。
- 大浦宏邦 (2003) 「秩序問題への進化ゲーム理論的アプローチ」『理論と方法』数理社会学会 18(2) pp.133-152。
- 七條達弘 (2003) 「文化進化系進化ゲーム理論による社会的ジレンマ分析」『理論と方法』数理社会学会 18(2) pp.169-183。
- 藤井賢治 (2000) 「F. ナイトにおける経済学の倫理性と科学性」『経済学史学会年報』。
- 町野和夫 (2001) 「制度化と制度改革のゲーム論的分析」『経済学研究』北海道大学 51(1) pp.57-69。
- 松井彰彦 (2002) 『慣習と規範の経済学』東洋経済新報社。
- 松原隆一郎 (2011) 『ケインズとハイエク - 貨幣と市場への問い -』講談社現代新書。
- 森田雅憲 (2009) 『ハイエクの社会理論 自生的秩序の構想』日本経済評論社。
- 山影進 (2008) 『人工社会構築指南 - artisoc によるマルチ・エージェント・シミュレーション入門』書籍工房早山。

#### 参考 URL

- MAS コミュニティ構造計画研究所 <https://mas.kke.co.jp/model/prisoner/>
- 柿沼英樹 (2011) 「組織モデルによる『2:6:2の法則』の検討」第11回 MAS コンペティション 会場賞受賞論文  
[https://mas.kke.co.jp/wp-content/uploads/2020/01/論文\\_\\_柿沼英樹.pdf](https://mas.kke.co.jp/wp-content/uploads/2020/01/論文__柿沼英樹.pdf)