

不均衡進化理論と不均衡動学

Disparity theory of evolution and disequilibrium dynamics

村舘 靖之 MURADATE Yasuyuki

内閣府経済社会総合研究所

Economic and Social Research Institute, Cabinet Office

古澤 満 FURUSAWA Mitsuru

株式会社ちとせ研究所

Chitose Laboratory Corp., Biotechnology Research Center

要 旨

経済学の不均衡動学と生物学の不均衡進化理論という2つの不均衡理論の関係について検討する。岩井の不均衡動学はウィクセル・ケインズの理論を展開した短期・中期の不均衡動学だけではなく、シュムペーターの理論を動学化した長期の不均衡動学がある。不均衡進化理論は、DNAの複製原理を忠実に模倣したネオ・ダーウィニアンアルゴリズムを提唱している。ネオ・ダーウィニアンアルゴリズムは二本鎖のDNA型の遺伝アルゴリズムの有用性を主張する。従来の遺伝アルゴリズムは遺伝物質の複製様式とは無関係に、その都度設定したルールに従って変異を入れるのに対して、不均衡進化理論は実際のDNAで観察される不均衡変異、つまり連続鎖で安定性を担保して、不連続鎖で変異を導入するという考え方だ。シュムペーター動学（技術革新の不均衡動学）と不均衡進化理論という2つの不均衡理論の関係を論ずる。経済と生物に共通する原理は不均衡がシステムの進化発展の原動力となることだ。

Abstract

This paper studies the relationship between disequilibrium dynamics in economic theory and disparity theory of evolution in biology. In Iwai's disequilibrium dynamics theory, there exist not only Wicksell-Keynes theories in the medium-run and the short-run, but also Schumpeter dynamics theory in the long-run. Disparity theory of evolution shows neo-Darwinian algorithms. The neo-Darwinian algorithms superior to the conventional genetic algorithms by using double-stranded DNA. Conventional parity-mutagenesis model thinks random mutation, but disparity theory of evolution thinks disparity mutation so that leading chain keeps stable and lagging chain frequently mutates. By comparing disequilibrium dynamics and disparity theory of evolution, we discuss the benefits of disequilibrium theory in both social and bio-science. And we discuss on future researches on disequilibrium theory. We discuss on the relationship between Schumpeter disequilibrium dynamics and disparity theory of evolution. The common principle of economics and biology is that disequilibrium generates the evolution and development of systems.

1. 序論

最後に5-2節で結論「不均衡がシステムの進化発展の原動力となること」を述べる。

1-1 はじめに

経済学と生物学の不均衡理論について検討する。経済学の不均衡理論は不均衡動学であり、生物学の不均衡理論は不均衡進化理論である。2つの不均衡理論の共通性と違いを論じ、そこから見えてくる課題と結論を明らかにする。

1-2節で情報文化学における本研究の位置付けを定義する。

2章で不均衡動学についてまとめる。2-1節で不均衡動学の発展を見る。2-2節でシュムペーター不均衡動学について論じる。

3章で不均衡進化理論についてまとめる。3-1節で不均衡進化理論の含意、3-2節で不均衡進化理論の比較優位について論ずる。

4章で考察を行う。4-1節で2つの不均衡理論の共通性と違いについて述べる。4-2節で「見えざる手」を見るという2つの理論の共通性を議論する。4-3節で不均衡進化理論と不均衡動学の理論の共鳴について述べる。

5章でまとめを行う。5-1節で今後の研究課題について述べ、

1-2 情報文化学における本研究の位置付け

情報文化学における本研究の位置付けについて言及したい。生物学では遺伝情報に基づく不均衡進化を扱い、経済学では情報の非対称に基づく需要と供給の経済的不均衡を扱っている。生物学の進化では、遺伝情報に基づいており、獲得形質は遺伝しないし、獲得形質は進化とは関係がない。しかし、社会システム、文化現象、経済システムにおいては、模倣と学習のプロセスが存在し、獲得形質も次世代に継承される。これが情報文化と言える。獲得形質の遺伝と学習や模倣は、生物学の進化理論においてタブーと言えるが、情報文化の進化を論ずることににおいては、学習と模倣の過程は必要不可欠の議論である。情報文化学会誌という学際的な場で、生物学の不均衡進化理論と経済学の不均衡動学を比較することが、本研究の意図である。

古澤の不均衡進化理論の最初の文献はFurusawa &

Doi (1992)^[10]である。不均衡進化理論を古澤が解説している文献(単行本)は、英語ではFurusawa(1999)^[11], 古澤(2010)^[12]は日本語版である。

岩井の不均衡動学は、英語版はIwai(1981)^[4]および岩井(1987)^[1]は日本語の解説である。岩井が進化論と経済学の関係を論じている文献として岩井(1997)^[2]がある。岩井が前田を聞き手として、それまでの研究を振り返っている文献として、岩井・前田^[3]がある。

2. 不均衡動学

2-1 不均衡動学の発展

岩井の不均衡動学のモデルはヴィクセル＝ケインズモデルとシュムペーター動学モデルから構成される^[1]。

数ある経済学の不均衡理論の研究の中で、岩井の不均衡動学を取り上げる理由は、岩井の不均衡動学は英語版が存在し、その英語版はアカロフやトービンといったノーベル賞を受賞した経済学者が高く評価しており、同じコウルズ財団のモノグラフからはアローやデブブルーといったノーベル賞を受賞した研究者の書物が出版されており、日本人の手による不均衡理論の研究で国際的に評価されている最も権威のある研究といえるためだ^[2]。

ヴィクセル＝ケインズモデルは、投資・貯蓄ギャップないし総需要・総供給ギャップによってインフレーションやデフレーションが発生するモデルだ。伸縮価格のもとで、均衡に対応する自然利子率と実際の市場利子率が乖離することで、インフレーションないしデフレーション累積過程が発生するモデルだ。

$$1) \quad \Pi = \frac{E}{O} + \frac{I-S}{O}$$

Π : 物価水準, E : 共同体の貨幣所得, O : 産出量

I : 投資, S : 貯蓄

1式つまりケインズ『貨幣論』の第二基本方程式は、投資・貯蓄ギャップをもとに利潤インフレーションないしデフレーションを説明している。 $I > S$ つまり投資が貯蓄を越える時、利潤インフレーション、 $I < S$ つまり投資が貯蓄を下回る時、損失デフレーションが発生する。また $I = S$ の時は、 $\Pi O = E = MV$ となり、貨幣数量説が成り立つ。ただし、 M は貨幣供給、 V は貨幣の流通速度である。

$$2) \quad \pi_t = E_t \pi_{t+1} + \alpha(y_t - \bar{y})$$

π_t : t 期のインフレーション率, E_t : 今期の情報で評価した期待値をあらわす演算子, π_{t+1} : $t+1$ 期のインフレーション率, α : 正の係数

y_t : t 期のGDP, $\bar{y}$: 完全雇用に対応するGDP

ケインズ『貨幣論』の第二基本方程式を現代的に発展させたのが、2式、つまり新ケインズ派フィリップス曲線である。新ケインズ派フィリップス曲線は、今期のインフレーションが合理的期待と、GDPギャップ(GDPから完全雇用GDPを引いたもの)に正の係数を掛けたもので説明される。投資・貯蓄ギャップとGDPギャップという違いや、共同体の貨幣所得を産出で割ったものと、合理的期待のもとでの来期のインフレーションという式の意味合いの違いはあるが、ケインズ『貨幣論』の第

二基本方程式の現代的意味は新ケインズ派フィリップス曲線にあるという点は重要と言える。

さらに、完全雇用に対応する利子率を自然利子率と呼ぶ。この自然利子率と市場利子率が乖離するため、投資・貯蓄ギャップが存在するのが、ヴィクセル＝ケインズモデルの特徴である。この特徴、つまり自然利子率と市場利子率の乖離でマクロ経済モデルを説明することは、新ケインズ派モデルにも引き継がれる特徴である。

価格が伸縮的な中期のヴィクセル経済つまり貨幣経済は不安定性を内包した経済である。ヴィクセルが『利子と物価』^[9]第7章で振り子(英訳.p.101)に経済をたとえたように、均衡に対応する自然利子率と市場利子率は常に乖離している。さらに貯蓄と投資を均衡させる自然利子率と、実際の市場利子率が常に乖離しているため投資が貯蓄を上回る場合はインフレーション累積過程、投資が貯蓄を下回る場合はデフレーション累積過程に経済は直面する。ヴィクセル経済の不均衡を貨幣的不均衡と呼ぶ。

不均衡動学と関連が深い文献として、ケインズの貨幣三部作の内、最も不均衡理論と関係が深いものとして、『貨幣論』(1930)^[6]が挙げられる。価格の伸縮性や情報の完全性・不完全性の観点から経済分析の期間を整理すると、長期は完全情報の元、価格は伸縮的でワルラス的な世界である。一方、中期は情報収集過程で、価格調整期間であり、不均衡が存在しうる。短期は、情報が不完全で価格は粘着的である。

需要と供給の不均衡：情報の非対称性（売り手と買い手で持っている情報が異なる）から不均衡が発生する

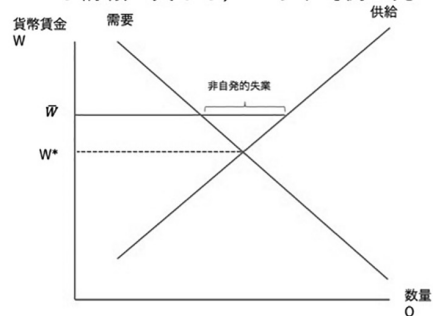


図1. 需要と供給の不均衡の説明
出所) 筆者作成

上記の図1では経済的不均衡、つまり需要と供給の不均衡について労働市場を例に説明している。需要曲線と供給曲線の均衡で決まる均衡価格(均衡賃金)よりも何らかの理由で貨幣賃金が高く設定されているため、その分非自発的失業が存在してしまう。このような需給の不均衡の背景として、情報の非対称性、つまり売り手と買い手で持っている情報が異なることが指摘されている。またこの時の貨幣賃金が固定的で、なかなか均衡賃金の水準まで低下しないことを貨幣賃金の下方粘着性という。

先に述べた長期・中期・短期という3つの観点でケインズの著作を整理すると、『貨幣改革論』は長期、『貨幣論』は中期、『一般理論』は短期を主に分析していると整理できる。ケインズ『貨幣論』第10章の(第二)基本方程式は、繰り返しになるが、

$\Pi = E/O + (I - S)/O$ で表される。つまり価格の変化 (Π) は所得インフレーション (E/O) と利潤インフレーション $[(I - S)/O]$ に分解できるという (E は共同体の貨幣所得, O は産出量, I は投資, S は貯蓄である)。なお短期では有効需要の原理 ($S = I$) が成立し、長期ではセイの法則 ($S \equiv I$) が成立するので、利潤インフレーションの項 (基本方程式の右辺第二項) はゼロとなる。

不均衡累積過程を論じたヴィクセルの著作として『利子と物価』^[9]、『国民経済学講義 2 巻：貨幣』^[6] が挙げられる。ケインズは『貨幣論』第 1 巻 (1930)^[6] で、ヴィクセルを「自分と同じ根源的なアイデア」(p.177 注 3) を持つ先駆者として言及している。ヴィクセルは貨幣経済において、自然利子率と市場利子率が乖離することで、インフレーションないしデフレーション累積過程が発生することを論じた。またケインズは貨幣論の基本方程式で、投資・貯蓄ギャップが発生することで、利潤インフレーションないしデフレーションが発生することを示し、貨幣数量説のモデルを拡張した。

短期のケインズ『一般理論』^[7] 第 3 章のモデルでは、総供給は不足している総需要との交点で決まり、有効需要の原理が成立している。岩井の不均衡動学の主要な貢献の一つは、不安定な中期の不均衡累積過程と、安定的な短期の有効需要の原理を統一的に論じたことにある。

ヴィクセルやケインズが試みたのは貨幣数量説の批判であり、そもそも産出の構成要素である総需要と総供給がマクロ的に不均衡であるから、物価の変動、つまりインフレーションやデフレーションが累積的に起こるというモデルや、貨幣供給だけではなく、貨幣需要という概念も重要であるというケインズの流動性選好説が生まれた。流動性選好説では、人々は貨幣の時間をおかずどのような市場の商品とも自由に交換できるという性質、つまり流動性を人々が好むことで、貨幣が所有されることを説明している。一方で、本来ものとしての価値を越えて、人々が貨幣を貨幣として保有することで、経済交換が阻害され、不況になってしまうことを否定できない。

2-2 シュムペーター不均衡動学

シュムペーター不均衡動学とはシュムペーター『経済発展の理論』(1912, 英訳 1934)^[13] で展開された資本主義経済の発展の理論である。シュムペーターは『経済発展の理論』^[13] で動的な経済発展を企業家によるイノベーション (英訳 p.65) の観点から言葉で論じた。Iwai (2001)^[4] のシュムペーター動学モデルは本来利潤が発生しないとされる長期においても、継起的に独占利潤がイノベーションにより発生し、経済が発展するプロセスをモデル化している。

資本主義経済の発展の担い手は新結合を行う企業家であり、新結合 (新結合は新しい財の導入, 新しい生産方式の導入, 新しい市場の開拓, 新しい原材料・中間投入物の導入, 新しい産業組織の実行の 5 種類に大別される。『経済発展の理論』^[13] 英訳 p.65 を参照) は単に経済生産の新しい手段の組み合わせのみならず、金融 (『経済発展の理論』^[13] 英訳 p.74) においても行われるとされる。シュムペーター動学が長期の不均衡動学といえるのは、通常の長期理論では供給曲線は水平で、利潤は発生しな

いと議論するのに対して、シュムペーター動学では、十分時間を取った長期においても企業家がイノベーションを起こすことによって、独占利潤を得て、それが経済発展の源泉になっていると考えるためだ。

以下の図 2 では、シュムペーター不均衡動学モデルの背景となる S 字型普及率曲線の理論を模式的に説明する。

シュムペーター動学モデル
S 字曲線状 (ロジスティック曲線) に技術革新は発生する

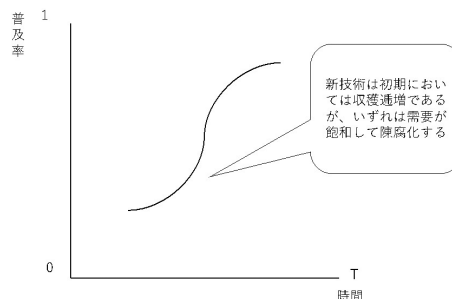


図 2. シュムペーター動学モデルの模式図
出所) 筆者作成

シュムペーター不均衡動学モデルは S 字曲線状 (ロジスティック曲線) に技術革新が発生すると説明している。つまり、新技術が発生した時は独占利潤が発生し、規模に関して収穫逓増であるが、いずれは普及率が 100% に近づき、需要は飽和して陳腐化する。また時間の経過に伴い、次の新技術が市場に発生して、同じことを繰り返す。シュムペーター的不均衡動学では、利潤が発生しないとされる長期においても技術革新によって均衡が破壊され、利潤が発生し、企業の生成と進化、崩壊が繰り返されることを数理モデルによって説明しようとする。イノベーションによる新規需要の生成と時間の経過による陳腐化による需要の飽和を S 字型需要曲線で記述したモデルは、シュムペーター的不均衡動学を数理的に定式化している。

ロジスティック曲線による普及率モデルを説明しよう。ある i 番目の企業のシェアを s_i とした時、シェアの総和は 1, またシェアの時間変化 $\dot{s}_i$ は以下の式で記述できる。

$$3) \quad \dot{s}_i = s_i(1 - s_i)$$

この時シェアの成長率の総和は 0 になる。上記の式で記述される微分方程式モデルがシュムペーター不均衡動学の基礎となっている。

シュムペーター不均衡動学モデルは、差異性つまり情報、不均衡が利潤を生み、それが経済発展の原動力になると説明している。

第 3 章で説明する不均衡進化理論は DNA における連続鎖と不連続鎖の複製エラーの導入率の差異が、情報量のギャップを生み、それが進化の原動力になると説明している。

不均衡を生み出すものとして何らかの情報構造の非対称性を仮定して説明しているという観点では、非対称情報の元でマクロ的不均衡が生まれるヴィクセル＝ケインズモデルと DNA の二本の鎖の中で進化の速度が調整され得るという不均衡変異を導入する不均衡進化理論の論理構造は共通性がある。

また本来ブラックボックスとされてきた価格メカニズムや進化のメカニズムを解明しようとする試みも共通性がある。経済学において価格メカニズムがブラックボックスとされてきたことは、従来ミクロ経済学において価格メカニズムの効率性を証明することに重点を置いて研究を重ねられてきたが、実際に市場の方程式を誰が解いているか、価格の調整を誰が担っているかという議論を回避してきたことを指す。不均衡動学は定価を付ける独占的企業が価格調整を行う主体であると解明している。また進化のメカニズムを遺伝物質の複製機構の分子メカニズムに焦点を置いて解明しようという試みは、従来の進化論では殆どなかった。

不均衡進化理論の原理を経済に応用することで、技術革新を加速したい。不均衡進化理論はまず生命工学やCAD、計算機による創業支援といった分野に応用されることが想定されている^③。不均衡進化理論の提唱するネオ・ダーウィニアンアルゴリズムや進化を加速するという発想は、技術進歩を加速する原理として応用が期待される。

進化や技術革新を加速する。つまり進化や新しい技術の獲得にかかる時間を短縮するという発想は重要である。このための触媒のようなものが経済システムでも発見されることが望ましい。

3. 不均衡進化理論

3-1 不均衡進化理論の含意

生物学の不均衡進化理論は、進化の世界で元本保証された投資戦略が存在することを論じている。一方で、経済学の世界では、基本的にハイリスク・ハイリターン原理が働き、「元本保証された投資」というのは基本的には考えられない。経済と生物の差は後者には複製子DNAが存在することである。

従来の進化理論の均衡変異モデルに対して、不均衡進化理論では不均衡変異モデルを提案している。

以下の図3では均衡変異モデル、図4では不均衡変異モデルを説明している。

従来の均衡変異の世界における変異の系譜

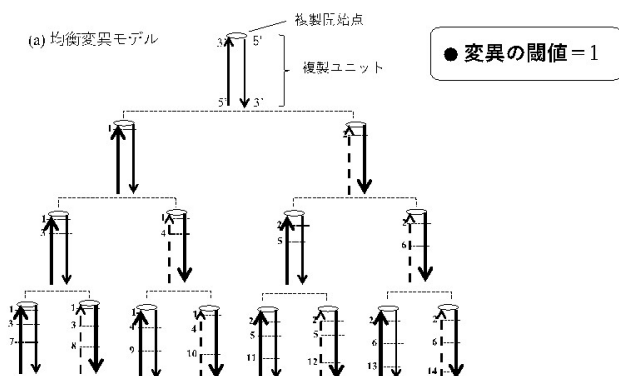
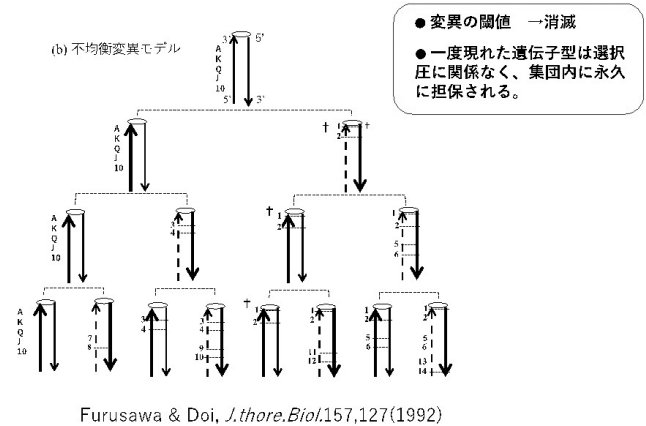


図3. 均衡変異モデルの模式図

出所) 筆者作成

まず図3の均衡変異モデルでは、第0世代から第3世代に至るまで、一世代に平均一個ランダムに変異が入る。また均衡変異モデルでは、全ての世代であらわれる遺伝子型は異なっている。細い実線矢印は連続鎖、細い点線矢印は不連続鎖を表す。

不均衡変異の世界における奇妙な変異の系譜



Furusawa & Doi, *J.theor.Biol.*157,127(1992)

図4. 不均衡変異モデルの模式図

出所) Furusawa & Doi(1992)を元に筆者作成

図4の不均衡変異モデルでは、連続鎖と不連続鎖で変異の入り方が異なっている。つまり連続鎖は変異が入りにくく、遺伝を担保し、不連続鎖は変異が優先的に入りやすく、進化を担っている。AKQJ10と並んでいる遺伝子型は第0世代から第3世代まで維持される。またクロスマークの第1世代から現れた遺伝子型も第三世代まで維持されることがわかる。

不均衡変異モデルの特徴は、一度現れた遺伝子型は選択圧に関係なく、永久に保持されるという特徴である。これが不均衡進化理論のいう元本保証された投資戦略である。

逆説的であるが、生物進化にとって最も重要なのは保守的な連続鎖の存在である。なぜなら、もし革新的な変異が不連続鎖に入ったとしても、その時の環境に適さなければ淘汰されるか、新しい変異が追加されて折角の革新性は台無しになる。しかし、不均衡モデルでは、原理的には、一度現れた遺伝子型はすべての世代で集団内に担保される(古澤^[12], p.89を参照)。何時かは環境が変わって、有用遺伝子として選抜される可能性がある。このとき、進化のジャンプ(断絶平衡)が期待される。既存の進化理論では、変異の閾値が1より十分小さいために、急速進化は否定される。

生きた化石であるとされるシーラカンスと人類とバクテリアはなぜ同時に生存しているのだろうか。時間は生物の進化という現象に対して、同じく一対一対応に作用するのではなく、ある生物種にとっては強烈に作用し、ある生物種にとっては緩やかに作用する。つまり進化は時間の関数ではなく、ある生物種にとっては進化が加速し、ある生物種にとっては進化が緩やかに進む。バクテリアと人類、シーラカンスという表現型が共存している背景には、生物種によって時間の作用が加速したり、減速(緩やか)したりしていることの証左である。なお筆者は現在、進化は時間の関数ではなく複製子の複製回数(あるいは、

世代の数)の関数と考えている。

マクロ経済の動学的モデルの方法論は、大きく分けて無限時間視野モデル(ラムゼーモデル)と重複世代モデルに大別される。ラムゼーモデルは、連続時間で無限に存在すると仮定される王朝国家を想定している。一方で、ラムゼーモデルより生物学の進化理論の想定により近いと想定されるのは重複世代モデルと言える。重複世代モデルでは、老人と若者という2つの世代で、第一世代の老人の発行した貨幣を若者が貯蓄、つまり年金として使用することで、若者が働き、貯蓄し、老人世代が貯蓄を年金として取り崩し、消費するモデルである。重複世代モデルは、差分方程式体系で表され、一期間が一代、つまり約25年程度と想定される。つまりラムゼーモデルよりも単位期間の想定が長く、また必ずしもその競争均衡がパレート効率的とされない点で、重複世代モデルは、進化理論の想定と親和性を持っていると言える。少なくとも異なる世代の概念や世代間の貨幣による交換を想定している点で、代表的個人の想定に立つラムゼーモデルよりも、生物学の想定に共通点がある。

3-2 不均衡進化理論の比較優位

不均衡進化理論の非常に優れた点は、進化のメカニズムをランダムな変異と自然選択に丸投げするのではなく、進化の原理を不均衡変異の導入、つまりカオスの縁(the edge of chaos)における情報エントロピーの差(カルバック=ライブラ情報量)を連続鎖と不連続鎖の間に導入することで説明している点である⁽⁴⁾。つまり不連続鎖に優先的に不均衡変異が導入されることで、保守に対応する連続鎖に対して情報エントロピーの差を生み出し、これが保持されることが生命系の永続条件になるという。不均衡変異モデルの特徴は「元本保証と多様性拡大」および「系としての変異の最大容量を有意に上げ、進化を駆動すること」であり、このように一見矛盾する2つの事象を同時に実現することができる。

表1 不均衡変異と均衡変異の比較
出所)古澤(2010),p.104を元に筆者作成

不均衡変異	均衡変異
小人口 強い選択圧 高変異率 有性生殖, 2倍体 競合的世界	大人口 弱い選択圧 低変異率 無性生殖, 半数体 非競合的世界

上記の表1にあるように、不均衡変異は比較的小人口の集団で、強い選択圧がかかっている時に、高い変異率であることが特徴である。有性生殖、2倍体で、競合の世界に適している(ヒトの場合、1世代あたり約70個の変異が入る)。

従来の均衡変異は大人口の集団で、弱い選択圧がかかっている時に、低い変異率であることが特徴である。無性生殖、半数体で、非競合の世界に適している(ウイルスは別の仕方複製をするのでここでは除外する)。

不均衡動学も需要と供給の不均衡に着目しているが、不均衡進化理論のように、情報エントロピーの差に遡ってまで、不均衡現象を説明してはいない。情報を持っているものとそうではないものの非対称性については説明しているが、情報エントロピーの差(カルバック=ライブラ情報量)について着目している点では、不均衡進化理論の優れた点といえる。

4. 考察

4-1 2つの不均衡理論の共通性と違い

不均衡進化理論は非対称的に変異が導入されることを不均衡(Disparity)と説明し、経済学では需要と供給が情報の非対称ゆえに不一致であることを不均衡(Disequilibrium)といている。

経済学でいう均衡状態は、単に一つの市場のみで需要と供給が一致することを考えるだけではなく、全ての市場で同時に需要と供給が一致することを分析し、その状態を一般均衡と呼んでいる。一般均衡では、完全競争という理想的な状態のもとで、資源配分がパレート効率性(ある人々の状態をこれ以上悪化されることなしに、これ以上他の人々の状態を改善することができない状態。全ての市場に参加する人が、与えられた初期条件と資源の制約のもと、主観的満足を最大化しているとされる望ましい状態)を満たすとされる。つまり完全競争のもとでの一般均衡(競争均衡=提唱者の名前を取ってワルラス均衡)はパレート効率性を満たす(厚生経済学の第一基本定理)。これが神の見えざる手、市場メカニズムの利点の数学的な証明になっている。ところが、現実の経済は必ずしもパレート効率性を満たさず、時に大きく均衡パスから外れ不均衡やバブルの生成と崩壊、経済危機や恐慌状態にさらされる。このような経済システムの性質を不均衡進化理論との比較で議論したい。

19世紀末にヨーロッパ大陸のローザンヌ派のワルラス・パレートによって開発された一般均衡理論と20世紀前半に英国ケンブリッジで生まれたマクロ経済学を統合する試みは動学的一般均衡理論として結実している。現代マクロ経済学の標準的理論モデルである動学的一般均衡理論では均衡からのショックによる一時的な乖離を分析できるが、大規模な均衡からの乖離、不均衡は分析の外であり、経済危機を予測することが苦手で、長引く失業現象やデフレ現象も説明できない。日本経済は特に今後、技術革新による持続的な生産性向上を生み出すことが必須とされているが、そのための方策はなかなか描き辛い。生物の進化のアルゴリズムに持続的イノベーションのヒントがあるのではないだろうか。

個別の財・サービスの需要と供給は不均衡であるが、マクロ的な総需要と総供給が一致している状態を不均衡動学では派生的不均衡(ないしミクロ的不均衡)と呼ぶ。一方で、全ての財・サービスの需要と供給を集計した総需要と総供給が一致しない状態をマクロ的不均衡と呼ぶ。派生的不均衡はミクロ的には不均衡だが、集計的に統計的均衡状態にあり、統計力学と共通の均衡概念である。

不均衡進化理論と不均衡動学の違いは、扱う対象と期間にある。不均衡進化理論は、生物学のゲノムDNAを対象としてお

り、全生物の歴史的期間を分析対象にしている。一方、不均衡動学では扱う対象は経済現象、特に貨幣経済であり、価格や情報の分布によって経済学者は短期、中期、長期など分類しているが、いずれにせよ実質的に1年以内から100年程度のスパンであり、数十億年の進化理論の扱う期間とは大幅に異なる。扱う情報の対象、単位も生物学はDNAの分子を遺伝子情報と見るのに対して、経済学では情報の対象、単位を、信用であったり、経済主体のタイプ（属性）であったりと、特に物理的実在に情報の実態を留めておかない。また経済学では情報の非対称性という言い方をするが、これは情報を持っている主体とそうでない主体が同時に存在し、情報そのものは、例えば情報量といった形で計量する研究はめずらしいと言える。

生物学では遺伝子が複製によって世代を越えて継承される。このような性質、つまり時間と空間を越えて移動可能な実在として経済学では貨幣を想定している。貨幣は耐久性があるものであれば、それは何であっても良いが、実際のところ、交換の対価として時空間を越えて流通する存在である。

4-2 「見えざる手」を見る試みという共通点

不均衡動学は「価格調整メカニズム」を見る、不均衡進化理論は「進化のメカニズム」を見るという試みである。

ミクロ経済学（一般均衡理論）は価格調整メカニズムの存在・一意性を証明したが、実際にどのような価格調整が市場で行われているかはブラックボックスに近かった。

一般均衡理論の提唱者ワルラスはその主著『純粋経済学要論』^[14]で中央集権的なオークショナー（競売人）という仮定で、価格調整メカニズムを説明するか、一回限りの契約を成立するために市場で調整が行われる模索過程（タトマン）という分析をした（模索過程は本文第20講、英訳p.242および付論I、英訳p.470で登場する）。

従来のダーウィンの進化理論は自然選択と遺伝的浮動に進化の主たるメカニズムを託し、敢えて、生物自体に積極的に進化を駆動するメカニズムを求めようとはしなかった。

「見えざる手」を見るとは、不均衡進化理論においては、不均衡変異の導入、つまり連続鎖には殆ど変異を入れず、不連続鎖に偏った変異を導入する。生きた生物では、不連続鎖の合成に関わるDNA合成酵素 δ の校正ドメインを特異的に不活化した変異体（不均衡ミューテーター）を使う。この進化加速の方法は全ての真核生物に応用できる。

「見えざる手」を見るとは、不均衡動学においては独占的競争企業による価格設定の分析が見えざる手、つまり価格調整の主体を明らかにして見ることである。独占的競争企業は、製品差別化された財に対し、価格支配力を部分的に持っている企業であり、賃金と製品価格に対して価格設定を行う主体である。

市場メカニズム（価格機構）を神の見えざる手と形容したスミスの神を見ようとする不均衡動学の視点は、その成果として、市場の価格調整機構をモデル化して、市場を調整する主体である独占的競争企業の存在を発見した。一方、不均衡進化理論では、進化の担い手、主体である「見えざる手」の実体を自然選択や遺伝的浮動のような偶然にだけに委ねるのではなく、DNA

の分子レベルでの不均衡変異の導入によって説明しようとする。

価格調整メカニズムおよび進化のメカニズムを見る、つまり見えざる手の主体を不均衡変異の導入や独占的競争企業によって説明しようということおよび不均衡というキーワードに基づき情報の非対称性を元に経済システムの発展や生物の進化を説明しようとする点が、不均衡動学と不均衡進化理論のロジックの共通性である。

生物学では、従来の均衡モデルでは神の見えざる手はカオスの縁として可視化できる⁽⁵⁾。変異の閾値（約1変異／DNA／複製）を超すとDNAの集団は消滅するから、進化速度は緩やかにならざるを得ない。不均衡モデルはカオスの縁は消滅し、理論的にはどんな変異率も許される。究極的には複製はするが増えないという極限值に至る。不連続鎖の変異率を変えることにより、進化速度を自由に調節することができる。

4-3 不均衡進化理論と不均衡動学の共鳴

生物学の世界で提唱された不均衡進化理論は、不均衡動学つまりマクロ経済学と共鳴する部分がある。ここでいう不均衡進化理論と不均衡動学の共鳴とは、どちらの不均衡理論も従来の均衡理論に対して異なる視点を提供しており、不均衡進化理論は遺伝情報における不均衡変異の導入、不均衡動学は情報の非対称性の元での需要と供給のマクロ的不均衡をモデルに導入し、不均衡理論という観点で相互に議論を参照することで理論が深化する可能性がある点をさしている。不均衡をキーワードに伝統的な均衡理論とは異なる視点で理論を構築している点は、生物学と経済学の間で、学問分野は異なっても共鳴していると言える。

不均衡進化理論の対立仮説は従来の進化理論、いわゆる進化の総合説である。ダーウィンの進化論とメンデルの遺伝の法則を統合した進化の総合説は現在も主流の進化理論であり、基本的には変異はランダムに導入されるという仮定の上に立っている。一方で、不均衡進化理論では、複製に伴う点突然変異（塩基置換）は専ら不連続鎖に偏って非対称的（不均衡）に導入されると仮定される。塩基置換変異の原因は、DNAの複製の際に自然界に一定の割合で存在する塩基の互変異体の間違った取り込みである。つまり、量子化学的次元の問題であるから変異を避けて通ることはできない。

不均衡進化理論では、DNA（遺伝情報）の複製過程において二本鎖の中で、片方の鎖は正確に複製され、もう一つの鎖に非対称的に変異が導入されると議論している。

従来の進化理論では、両方の鎖に確率的に均等に変異が導入されると仮定している。不均衡進化理論ではDNA複製の際、連続鎖で保守性を担保して、不連続鎖で非対称性的に変異を導入して革新すると説明している。

なお、後者の低い忠誠度は単に合成の仕方における機械的な複雑さによることが分かっている。不均衡進化理論の独自性はその数理的定式化や進化を加速するという実験的証明が可能である性質にある。

保守と革新の非対称性の中で、進化が起こるという発想は、実は経済学のように需要と供給のアンバランスが情報の非対称

性のもとで進化が発生するという不均衡動学の視点と共鳴するところがある。不均衡動学は短期、中期、長期という期間で開発されてきたが、特に長期の技術革新を論じるシュムペーターの不均衡動学と不均衡進化理論は共鳴する。

企業の進化という視点では、経営学とも接点が存在する。不均衡変異モデルの最大の特徴は、DNA が分裂・複製するとき、2 匹の子 DNA のうち、一方では元本（親の遺伝情報）が確実に継承され、もう一方の子 DNA では新しい変異が導入されて多様性が創出されることである。このような DNA の系譜の中では、世代の回数とは無関係に、元本はもとより、一度現れた些細な遺伝情報も確実に担保・継承される点である。その時は陳腐に見えていても、環境が変わればどれほど役に立つかはわからない。なお、生物学でいう遺伝情報とは経営の分野では文化子つまり卓越したアイデアや人材に相当する。不均衡変異モデルは経営者にとっては人材配置上真に示唆に富むシステムではないだろうか。

不均衡進化理論では、DNA（遺伝情報）の複製過程において二本鎖の中で、片方の鎖は正確に複製され、もう一つの鎖に非対称的に変異が導入されると議論している。従来の進化理論では、両方の鎖に確率的に均等に変異が導入されると説明される。

総需要と総供給が乖離する中期の不均衡動学は、その背景に情報の非対称性を仮定して議論してきた。この不均衡動学に「不均衡進化理論」の発想を導入すると、同じ情報の導入であっても初期値（初期状態）によって、経済の発展経路は依存する。例えば、米国大統領のツイッターが何時発信されるかによって、同じ文章であっても株価に大きな差異が生ずる。

経済学におけるこのような革新的技術の発明に起因する企業の革新的進化のアナロジーは、ネオ・ダーウィニズム的遺伝アルゴリズムによってシミュレートされている。即ち、進化の安定期に巨大隕石の衝突のような劇的な環境変化を仮定する。環境変化の直後には集団の適応値が急激に低下するが、やがて急速に適応値を増し新しい種に分歧し進化することが証明されている。重要な点は、シミュレーションの期間を通じて変異率は一定に保たれていることである⁶⁾。進化の総合説では、環境の激変をクリアするためにはその都度変異率の上昇を仮定している。そうしない限り、急速な進化は期待できない。一方で、有害変異による絶滅のリスクを負わなければならないのは言うまでもない。均衡変異モデルのシミュレーションにおいては、最高条件にあっては環境激変のちに集団は回復し適応値も上昇するが、個体の多様性が大きすぎて安定した種を形成するのは容易ではない⁷⁾。

今まで技術革新を誘発することを実証的に論じた経済理論は、残念ながら希少であった。実際、日本経済は少子高齢化のもと労働力の潜在的な供給不足にあり、生産性を向上させるための持続的なイノベーションを誘発することが期待されているが、政策的に現実に実現することは、なかなか難しい。

経済システムの発展においては、差異性による不均衡がシステムの発展の原動力となっている。これはシュムペーター不均衡動学によって示されている。

生物のシステムの進化についても、不均衡変異の導入がシス

テムの進化の原動力となっている。これは不均衡進化理論の基本命題である。

繰り返しになるが、シュムペーター不均衡動学モデルは、差異性つまり情報、および不均衡が利潤を生み、それが経済発展の原動力になると説明している。一方で不均衡進化理論は DNA における連続鎖と不連続鎖の複製エラーの導入率の差異が、情報量のギャップを生み、それが進化の原動力になると説明している。

つまり経済と生物に共通する原理は、不均衡がシステムの進化発展の原動力となることだ。

5. まとめ

5-1 今後の研究課題

2 つの不均衡理論に関して、そのあり方や有用性を担保するために必要なことをまとめたい。不均衡動学は『不均衡動学の理論』としての色彩が強い。言い換えると、不均衡動学は理論研究が基本で、それが学界で認められるには実証研究が必要である。

不均衡進化理論では実際に不均衡ミューテーターを使い、進化を実験している。不均衡進化理論の論理構成が正しくても、自然科学の進化の理論として正しいと証明するには、実験による証明が必要といえる。論理的に正しくても、自然現象がその論理に沿って実際に動いているかを示す必要がある。

つまり不均衡進化理論も不均衡動学も、実証研究や実験による証明が求められている。

不均衡動学が均衡動学ないし動学の一般均衡理論に比べて優位性を持っているとしたら、それは論理的だけではなく、実証的にも示されるべきである。経済現象において不均衡現象が観察されることを計量的ないし実証的に示して、不均衡動学の正しさを証明する必要がある。実証研究においては、計量経済学的研究と数値計算による工学的アプローチの研究が考えられる。何らかの誘導系の方程式に不均衡動学モデルをまとめて実証するという方向と、不均衡動学モデルの数値計算を行い、その理論が示す所を可視化するという方向性である。

情報と不均衡をキーワードにしている不均衡動学と不均衡進化理論であるが、本稿で比較を試みたように、生物学の遺伝情報の不均衡進化と経済システムの非対称情報による需給不均衡の動学理論の相互作用で、情報文化の性質、つまり生物の遺伝情報にはない獲得形質の模倣と学習のプロセスをシステムとして考察することを継続すべきである。経済学が生物学の不均衡進化理論から学ぶことは、遺伝的アルゴリズムの観点だけではなく、本来生物に備わっている知恵を経済の発展や技術革新に生かすという視点である。また生物学と経済学の相互作用は、かつて進化ゲーム理論がそうであったように、経済社会問題に応用可能である。また昨今の社会・経済事情は、経済システムと生物界のシステムつまり生態系の望ましい共存関係を分析、改善するために、ますます生物学と経済学が協働する可能性を示唆している。

5-2 結論

最後に本稿の主張をまとめておく。経済と生物に共通する原理は「不均衡がシステムの進化発展の原動力となる」ことだ。今後も不均衡動学および不均衡進化理論の継続的な研究が望まれる。

謝辞

本稿は研究者としての筆者達個人の見解で、所属機関の公式見解ではありません。情報文化学会関東支部研究会の報告において、有益なコメントをいただいた先生方に感謝いたします。論文の内容をよくするために匿名の複数の査読者の先生方から頂いた丁寧なコメントと編集委員会の先生方に感謝いたします。なお、残りうる過ちは全て筆者の責任です。

注

- (1) 岩井の不均衡動学モデルでは岩井^[1]第3章でヴィクセル理論に基づく不均衡累積過程、第4章でケインズの有効需要原理を統合的に扱っている。またIwai^[5]では長期のシュムペーター不均衡動学モデルを扱っている。
- (2) 日本人の手による不均衡理論の研究例として、理論と実証のバランスの取れた研究である伊藤^[20]や在庫に焦点をあてた不均衡動学および社会的共通資本のアンバランスな配置による社会的な不均衡に着目した宇沢^[21]が挙げられる。これらの研究に対して不均衡動学の代表的研究として岩井^[1]およびIwai^[5]を取り上げる理由は、岩井の研究は不均衡の理論の先駆者としてヴィクセルを再評価している点や、技術革新の不均衡動学としてシュムペーターの理論を数理モデルとして定式化している点で、伊藤^[20]や宇沢^[21]にはない独自の分析を行なっている点である。なお岩井・前田^[3]の第3章「エール大学」のpp.156-159にIwai^[4]の査読者の一人がアカロフであることおよびトビンからの非常に高い評価が記されている。
- (3) Furusawa^[11]の前文に（不均衡進化理論の）「ネオ・ダーウィニアンアルゴリズムが様々な分野の最適化問題を解くために実用が可能」との記述があり、「特に、工学、経済学、政治学、経営管理やCADなどが含まれる」とある(p.x)。
- (4) 情報学の観点から進化理論を解説している佐倉^[19]によると、カオスの縁とはカオス領域の近くのごくわずかな生存領域をクリス・ラングトンが命名した概念とされる。「クリス・ラングトン自身も、自分のセル・オートマトンを駆使して、生命のような複雑なシステムが複雑さを保ったまま生き残れる条件を分析し、それがカオス領域の近くにごくわずかだけ存在することを突き止めた」(p.124より引用)。
- (5) Fujihara & Furusawa (2016)^[16]を参照。
- (6) ネオ・ダーウィニズム的遺伝アルゴリズムのシミュレーションに関してはWada et al.(1993)^[15]とFujihara & Furusawa(2016)^[16]参照。
- (7) Fujihara & Furusawa (2016)^[16]を参照。

参考文献

- [1] 岩井克人『不均衡動学の理論』岩波書店, (1987).
- [2] 岩井克人「進化論と経済学」『資本主義を語る』筑摩書房; pp.34-62, (1997).
- [3] 岩井克人・前田裕之『経済学の宇宙』日本経済新聞出版社, (2015).

- [4] Katsuhito Iwai. *Disequilibrium Dynamics: A Theoretical Analysis of Inflation and Unemployment*. New Haven and London. Yale University Press, (1981).
- [5] Katsuhito Iwai. "Schumpeterian Dynamics: A Disequilibrium Theory of Long-run Profits," in Lionello Punzo ed. *Cycles, Growth and Structural Change*, (London: Routledge, 2001); pp.169-200, (2001).
- [6] John Maynard Keynes. *A Treatise on Money. Volume I: The Pure Theory of Money*. London. Macmillan. Reprinted in 1971, (1930).
- [7] John Maynard Keynes. *The General Theory of Employment, Interest, and Money*. London. Macmillan. Reprinted in 1974, (1936).
- [8] Knut Wicksell. *Lectures on Political Economy. Volume II: Money*. London. Routledge. (1935).
- [9] Knut Wicksell. *Interest and Prices: A Study of the Causes Regulating the Value of Money*. London. Macmillan. (1936).
- [10] Furusawa, M and Doi, H. Promotion of evolution: disparity in the frequency of strand-specific misreading between the lagging and leading DNA strands enhances disproportionate accumulation of mutations. *Journal of Theoretical Biology*, 157(1), 127-133, (1992).
- [11] Mitsuru Furusawa. *DNA's Exquisite Evolutionary Strategy*. Tokyo. Kodansha, (1999).
- [12] 古澤満『不均衡進化論』筑摩書房, (2010).
- [13] Joseph A. Schumpeter. *The Theory of Economic Development*. New Brunswick and London. Transaction Publishers, (1934).
- [14] Walras, Léon.(1954). *Elements of Pure Economics; Or the Theory of Social Wealth*. translated by Jaffé, W. London.Routledge.
- [15] Wada, K. N., Doi, H., Tanaka, S. I., Wada, Y., & Furusawa, M. A neo-Darwinian algorithm: Asymmetrical mutations due to semiconservative DNA-type replication promote evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 90 (24), 11934-11938, (1993).
- [16] Fujihara, I. & Furusawa, M. Disparity mutagenesis model possesses the ability to realize both stable and rapid evolution in response to changing environments without altering mutation rates. *Heliyon* 2. e0014, 1-25, (2016).
- [17] Furusawa, M. The disparity mutagenesis model predicts rescue of living things from catastrophic errors. *Frontiers in Genetics* 421, 1-8, (2014).
- [18] Akashi, M., Fujihara, I., Takemura, M., & Furusawa, M. 2-Dimensional Genetic Algorithm Exhibited an Essentiality of Gene Interaction for Evolution. *Journal of Theoretical Biology*, 111044, (2022).
- [19] 佐倉統『進化論という考えかた』講談社, (2002).
- [20] 伊藤隆敏『不均衡の経済分析: 理論と実証』東洋経済新報社, (1985).
- [21] 宇沢弘文『経済動学の理論』東京大学出版会, (1986).

著者紹介

村館 靖之（むらだて やすゆき）

博士（社会情報学）。2015年3月取得。
（第一稿の執筆と最終稿の調整を担当）。

古澤 満（ふるさわ みつる）

博士（理学）1967年6月取得。
（株）ちとせ研究所。ファウンダー、最高科学顧問
（生物学、不均衡進化理論の面での加筆修正と最終稿の調整を担当）。