

「創発」とは何か

——学際的視点での探究——

板谷和彦

1. はじめに

今日、「創発」という言葉を目にすることが多くなった。その言葉からは、新たに何かを生み出す、前例の無い取組、あるいは単に、「緊急性」といったイメージが喚起される。英訳は、**emergence**であることから、基本となる意味は、「出現」、つまり、「急に現れること」と考えられる。調べてみると、19世紀の概念の提唱に端を発し、ルーウィースによって創発という言葉が導入されて以降 (Stephan, 1992)、多くの論争や解釈を経て、多様な分野で用いられていることがわかった。

一方、分野ごとに創発の使われ方や意味は様々であり、メタファーも異なる中で、創発の定義や意義もゆらいでおり、一部には混乱もあると感じる。今日、巷で見ない日はない「イノベーション」という言葉も、実は100年以上も前に、シュンペーターによって提唱されているが (シュンペーター, 1977)、我が国で多用されている「技術革新」という意が明示的に含まれているわけではない。長く経済成長の停滞が続いているのはこの誤訳に導かれているようでさえある。やはり言葉を正しく理解することは重要なのである。本稿では、今日、目にすることが多くなった「創発」の望ましい理解を旨として学際的な視点で創発を探究し、今日的な意義を考察していくこととした。

本稿を進めるにあたり、原点的な概念として、「創発したものは、その諸成分と共通の性質を持つだけでなく、成分の全体にも成分の違いにも還元することができない」という、前述のルーウィースの表現を用いることとする (Stephan,

1992)。つまり、要素の総和の性質が各要素に還元できないことを創発したという立場を取ることにする。

導入の議論として水を例にしてみよう。水素と酸素からなる化合物である水は古くから創発概念のパラダイムとしてミルらにより例示材料となってきた (McLaughlin, 1992)。確かに、水が持つ基本的な性質である、液体であること、透明であること、多くの物質の溶媒になることは、単独の水素や酸素の性質から演繹できない。

広く知られるこの水の例だけでなく、生物、システム、散逸構造からカオス、情報、経済、経営と今日に至るまで創発の登場する舞台は広がっている。本稿ではまず歴史の側面から探究を始める。科学史あるいは科学哲学的な視点での論考もされているが (森, 2018; 佐藤, 2020)、学際的な視点で分野を横断しながら、各分野における創発の概念の扱いと議論を探ることとする。

なお、各分野において、論拠や知識のパラダイムは異なる上に、深い理解のためには、数式や科学的な専門用語を用いることが必要になる場合もあるが、本稿では学際的に横断的な視点で探究することを優先し、数式や科学的な専門用語を極力用いないようにしたことを予め述べておく。また、古くて容易に入手ができない原著や著作に関しては、それらが妥当に紹介されている文献、もしくは復刻版を引用することとした。

2. 創発の概念の歴史と発展

2.1 生氣論と機械論の論争

創発の概念がミルによって示され、前述のように、ルーウィースによって創発という言葉が導入されて以降発展を遂げることになるが、最初の進展は19世紀後半に勃興した生氣論と機械論の論争に端を発している (マラテール, 2013)。生氣論とは、生物や生命の起源は、物理学や化学などの自然科学によって説明のつかない特別なものであるという考え方である。一方で、生体は単に複雑な機械であるとするのが機械論である。

当時、生氣論、機械論の両立場から様々な議論が提唱されたが、決着はつか

ず、哲学的な論争にも発展するなど対立は深まるばかりであった。創発の概念は、生理学と心理の関連づけにも、新たな化学物質の性質を特徴づけるにも適用できることから、生気論と機械論のコンフリクトを解消するものとして認知され、広まっていった。その適用範囲の広さは自然界のあらゆる階層におよび、これら階層間の主要な移行の際に現れる新たな性質を特徴づけるために用いられていった。生物・生命と創発性は以降も、一つの主要なフレームとして議論・発展が続くことになる。

2.2 ベナール対流から見出されたもの

創発と関連した数々の新しい概念を生み出すきっかけとなったのが、1900年にフランスのベナールによって観察された対流渦である（佐藤，2018）。彼は銅製の器に油を入れ、蒸気で下から均一に加熱した際に、対流の渦がほぼ均等な間隔で並ぶようになり、上から見るとセル構造が蜂の巣状に再現性良く形成されることを見出した。⁽¹⁾ 図1にその対流の様子を概念的に図示する。再現性

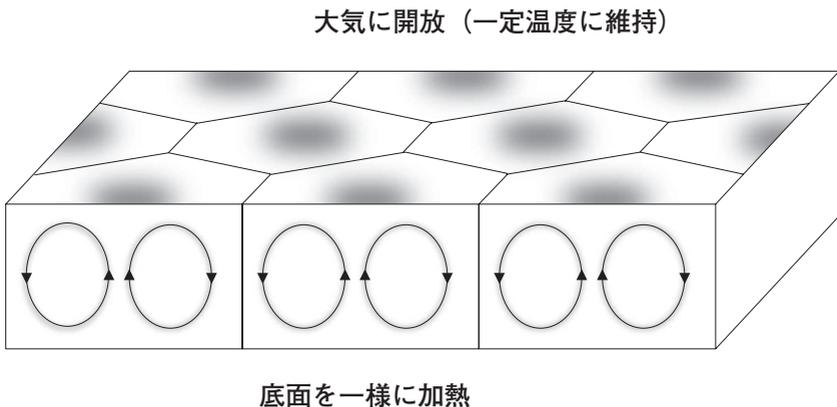


図1. ベナール対流渦の模式図

(1) 身近なものでも、熱い味噌汁をしばらく放置した後の表面や雲の形状に同様な対流渦を見出すことができる。

良く見出されるこの対流の生成は、油そのものの性質や、加熱というはたらきかけだけからは想定できない現象であり、まさに創発の好事例とも言えるものだが、実は重要な発展の概念を含んでいる。それは、熱エネルギーや物質の出入りが自由な外部に開放されたシステム（系）における動的な創発現象であるということと、対流、渦やセルといった何らかの「秩序」を呈していることである。

ベナルの論文発表以降、レイリーによる物理解析を経て、後に、気象学者のローレンツによって「カオス」あるいは後に「複雑系」と総称される概念に結実する（ローレンツ，1997；ローレンツ，2000）。一方、物質や個体が、個々の自律的な振る舞いの結果として秩序を示す自己組織化という視点や、解放されたシステム（系）においてエネルギーなど一定の入力と散逸が均衡して自己組織化されたパターンを示すと呼ばれる動的な構造である散逸構造の存在やモデル化の着想を促すなど（Nicolis・Prigogine, 1980）、斬新な学術領域を生み出していくことにもなった。

2.3 経済学の分野における創発

ここで、自然科学の分野から社会科学の分野に議論の対象を転じてみることにする。経済学の分野では水の分子のように個々の消費者が相互に作用する集合体と捉えた場合に発現する創発性に関する議論がある。クルーグマンは、経済において見出される創発現象としての自己組織化に関して議論している（クルーグマン，2009）。

一つは企業の立地獲得のパターンである。街を中心にした土地獲得競争の結果、もたらされた同心円状の生産配置に見出す創発性から、エッジ・シティの動学（商業地の進化）上に見出される創発性へと発展させている。競争を嫌うために生ずる遠心力と、顧客機会のインセンティブから生じる求心力を仮定したモデルで計算すると、特有のパターン、すなわち自己組織化が見出されるという。具体的には、住民の居住のパターン、都市における商業地域の発生の仕方などに現れるという（クルーグマン，2009）。

一方、クルーグマンは、「パーコレーション」という現象にも言及している（クルーグマン，2009）。元々は臨界の縁へと近づこうとする際の相転移や森林火災、多孔質物質に対する水の浸透などに見られるパターンであるが（小田，1993；バーコール，2020），景気循環における内生的な変動を生み出す様子も説明できるという。最終財に対して中間財を持つ製品の需要と在庫調整の挙動を例にとると，在庫はつねに臨界値付近に置かれているので，最終財への注文と中間財への発注が連鎖し，臨界値に収束する動的なパターンが創発されるという。

20世紀後半以降に提唱されたこのようなモデル化や創発の概念が提唱されるずっと前に，アダム・スミスは，市場参加者が集団的に消費者余剰と生産者余剰の合計を最大化するかのごとく導かれる様を「見えざる手」と表現している（スミス，2007）。実は市場における経済活動の創発性を表したものではないかとの指摘もあるが（クルーグマン，2009），彼自身物理学にも精通していたのが暗示的である。

2.4 経営学の分野における創発

同じ社会科学でも経営学の分野においては，創発は組織における実務的な活動に焦点があてられている。ミンツバーグは，戦略には計画的戦略と創発的戦略があるとしている（ミンツバーグ，2013）。計画的戦略はコントロールすることに焦点を当て，少人数のメンバーによって意思決定された経営的な意図が，行動において確実に実現されるようにする。

一方，創発的戦略では「学習」を強調し，試行錯誤を通して，その都度学習する過程で戦略の一貫性やパターンが形成されるという。実務的な活動においても，トップダウンですべて還元的に計画できるのではなく，ボトム（ミドル）アップの総和として想定を超えるパフォーマンスが期待できるとともに，パターンも見出すという視座は創発の概念の実社会での有効性を示すものでもある（ミンツバーグ，2013；沼上，2009）。

創発的戦略における「創発」の意味性は，他の分野で用いられている還元で

きない性質の出現というよりは、さまざまな試行錯誤の過程と遭遇する想定外の事象から「学習」するという意味性を重視しているのが他の分野では見られない特徴である。ミンツバーグは、「回顧の意味づけ」という表現も用いながら、自らの行動パターンを認識し、未来への計画として変換していく、つまり、組織における実験的な取り組みにより組織にとって望ましい方向を修正・創造していくことが重要だと結んでいる（ミンツバーグ、2013）。

2.5 システム論における創発

システム論、システム科学、あるいはシステムアプローチは、要素と関連する要素全体を扱う考え方である（Checkland, 1985）。基本的には要素は階層で整理され、各階層の複雑性は異なっており、ある階層を記述する法則は、より低い階層での法則と比べると、高次のものに見えるとされる。つまり、複雑性があるレベルになると、創発的性質が生じ、そしてその性質はより低いレベルのものでは説明がつかなくなる。システムそのものが多くの要素から成り立っていることもあり、システムには、全体性とその性質にかかわる独自のパラダイムが存在するという言い方もされている。

ここでの創発の基本概念を踏襲しており、他へ還元できない何らかの性質が存在するというのが創発という考え方で、通信・制御工学、情報工学など工学の分野だけでなく生物学にも影響を与えている。

1990年代になると、「複雑系」と呼ばれるシステム科学が生まれた。この分野では、「基本的な構成成分を見分けることができないか、または相互作用を的確に記述することができない」ために複雑系という言葉を用いているが、いわばベナール対流現象の延長上に、システム（系）としての予測できない挙動に対して創発概念をリニューアルして適用したものと言える。様々な不安定現象や乱流、非線形現象が複雑系の分野で扱われるようになっている。

2.6 生命領域における創発のその後

生氣論と機械論の論争後も、生命領域における創発の議論は、新たな発見と

解釈で進展を遂げながら続いている。生命領域における大きな発見である DNA の二重らせん構造は、生命の神秘を解き明かすものと期待されたが、皮肉にも、その後には繰り返り広げられたヒトゲノム計画によって遺伝子のデータが集まれば集まるほど生命の発現をすべてに理解するには DNA の分子レベルだけでは不十分であるということも判明した（マラテール, 2013）。

今日的な解釈を佐藤の著書に求めるならば、例えば細胞の発生を例にとると、細胞は、動的な創発モデルによって発現されるということになる（佐藤, 2018）。ベナール対流になぞらえると、加熱が外部から移入する食物や太陽などからのエネルギー、対流を生む重力が遺伝情報に相当し、詳細は省略するが、エントロピー（乱雑さ、あるいは不均一性）の廃棄に伴って無撞着的に細胞の複製（ベナール対流におけるセルに相当）がなされるという。

前述の散逸構造のフレームにあてはめるならば、生命体というのは、物質の出入り、エネルギーの流入やエントロピーの廃棄がある開放系において、自己組織化された動的な秩序構造（細胞等）を創発的に維持する散逸構造の一つである、と表現できる。

3. 創発の定義

ここまで学際的に創発を探究してきた。あらためて創発の定義を確かめるとともに、今日的な定義を考察してみることにする。

3.1 古典的定義

創発の嚆矢であるルーウィースは以下のように創発を定義（説明）している（Stephan, 1992）。「どんな効果もその構成成分の結果で、要素の生み出したものであるとはいえ、それぞれの要素がどのように働いているのかを生み出された結果のなかに見出すために、途中の過程を完全にたどることがいつでもできるわけではない。この場合、私はこの効果を創発的と名付けることを提案する。」「創発したものは、その諸成分と共通の性質をもつわけではなく、成分の全体にも成分の違いにも還元することができないという意味において、その諸成分

とは似てないのである。」

哲学者であったブロードは以下のように表現している (Broad, 2008)。「互いに R という関係をもっているたとえば, A, B, C という成分からなる集合はみな, ある特徴的な性質を持つとする。A, B, C という成分は R とは異なる種類の関係にある集合に存在することもありうる。そのとき, $R(A, B, C)$ という集合には特徴的な性質が, 同じ A, B, C が単独で示す性質やそれらが $R(A, B, C)$ とは異なる形の集合に含まれるときの性質に関する最も完全な知識から, 理論的にすら演繹できないとする。これを創発と考える。」抽象的ではあるが, 原点的な概念の正確な表出を見て取ることができよう。

3.2 今日の定義

前章の探究を経て今日の創発の定義を考察してみる。ルーウィースの提唱以降, 様々な分野で創発が取り上げられるとともに, 解釈も変容を遂げてきた。動的な側面にもスポットがあたるようになったのが大きな変化点であり, また, 社会科学の分野では, 試行錯誤の学習の過程にも使われるように広がりもある。そこで以下のような表現で今日の創発の定義を表現してみた。

「あるもの・事柄や現象が分解できる要素から成り立っており, 個々の要素や関連する所与の条件からは予測できない静的な性質, 動的な秩序やパターンが現れること, あるいは, 試行錯誤によってこうした予測できない静的な性質, 動的な秩序やパターンを見出すことも創発という。」

4. 論 考

本章では, 創発から想起される, あるいは, お互いに強い関係性があると考えられる概念や言葉として, 「偶然」「イノベーション」との比較考察を行うとともに, 今後, 創発の概念の活用が見込まれる教育・研究において, その有効性を考察してみる。

4.1 創発と偶然

「必然」に対して、創発だけでなく「偶然」も古くから多くの学問分野で、古くから必然と対比され議論されてきた。市井（1982）は、経験法則的な必然性に対して、ある条件のもとである結果が起こる確率が50%より低いことが確認された場合、その生起は偶然であると定義している。

ここであらためて、必然性について考えてみる。例えば古典物理学におけるニュートン力学に象徴されるように、初期状態を決めると現象が予想される必然性を目ざして、数学的な厳密な記述を用いた方程式やモデルによって構築されてきた。ほかにも経済学の分野も同様で、佐和（1982）によると、経済学の主流は、経済現象には何らかの法則性があると考えて、その法則の成り立ちを数学的な必然的モデルで解き明かそうとしてきた。偶然は、必然では説明しきれない部分⁽²⁾に対する誤差や残差として扱われてきたのである。一方で、創発は、要素とシステムなどの関係性において還元的に予測できない因果の過程を説明するために導入されたものと言える。

両者はこのように本質的に異なるが、必然に対峙する概念として、歴史をくぐり抜けてきた経緯がある。物理学では、量子論の導入により、確率的な形で偶然を内在させる法則が本格的に議論されるようになった。極めて多くの小さな粒子の振る舞いのすべてを初期状態から決定するよりも偶然を前提に記述した方が良いとされたのである。

経済学でも1900年代の中ごろから、確率モデルとして積極的に確率項が導入されるようになった。その後、数学モデルの進展もあり、「カタストロフ」、前述の「カオス」、「ゆらぎ」など物理学や経済学を中心とする多くの分野で偶然性に対する解釈も見直されるようになっていった。今日的には、総じて、暗中模索のような何らかの確率的なランダムな過程の中で、時に不安定状態が引き起こされ、大きな「ゆらぎ」のような偶然にも遭遇するという解釈が共通してなされるようになっていく。部分的には創発と偶然は切り離せない概念にも

(2) 有名なもので「ソロー残差」がある。経済成長において説明がつかない項を残差としたものである。後にイノベーションによるものだと解釈された。

なりつつあると言えるのだろう。

4.2 創発とイノベーション

イノベーションの提唱者であるシュンペーターによれば、イノベーションは、「新結合による、創造的破壊をともなう慣行軌道の変更である」として、経済活動の慣行軌道の変更，すなわち非連続的変化の出現が、旧式の財や便益，制度を破壊しながら経済を発展させ，これが資本主義経済発展の源であると述べている（シュンペーター，1977）。

第一義的な定義や概念からは，創発とイノベーションは異なるものとして捉えるべきであるが，一方で，視点を変えると類似点や相互の関係性が見えてくる。新結合とは，様々な要素を組み合わせることである。電球などの電気機器は，それ自体大きな発明であるが，発電所や送電システムと組み合わせることにより生活が一変するとともに，大きな経済成長にもつながったのがイノベーションの典型的な事例であろう。統合を企てた発明者もしくは企業家自身，ある程度は自分たちの意図した企てが実現した際の世界観を予測していただろうが，後世にいたるまでこれほどの影響を与えるものとは思ひもしなかったであろう。まして，イノベーションの生成や過程の全てを各要素に還元して説明するのは難しい。

一方，イノベーションの普及パターンはS字カーブをたどるという（丹羽，2006；丹羽，2010）。当初はイノベーターによる努力や目論見に反して投入した財や便益の普及が遅々として進まないが，何らかの望ましいきっかけを得ると，その財や便益は人々の渴望の対象となり，一気に普及が加速する。その後しばらくすると普及も行きわたり，イノベーションは次第に収束していく。経済が，供給者と顧客が参加する市場を有し，財や便益，対価が複雑に出入りする開かれた系とする。この開かれた系においてイノベーションは，起点となる何らかの要素同士の結合が，人々を引き付ける求心力と普及の駆動力を引き起こし，時間で変化するある動的な平衡と秩序に収束する一種の散逸構造の生成と言えるのではないだろうか。

一方で、要素同士を結合させれば必ずイノベーションが生成するわけではない。失敗したり、立ち消えになったりする結合も無数にある、イノベーションは偶然の側面を有する創発とも言えよう。どちらにしてもイノベーション生成が、本質的に予測不可能で計画化が困難な側面を有することも忘れてはならないだろう。

4.3 創発と教育研究

香川大学では、2022年度から新研究として創発科学研究科が発足する（香川大学、2021）。この研究科の設置準備に関わり、研究科の名称の提案をしたメンバーの一人として、ここまでの議論を踏まえて、創発と教育研究の関係性について述べていきたい。創発科学研究科においては、「創発科学」を「既存の学問分野を軸に、各分野の総和にとどまらない画期的な知や解決策を導出することを旨とする学習や研究の規範」という言葉で定義している。これは前述した創発の今日的定義を社会へと実装する一つの実験的な挑戦でもある。

具体的には、学問分野ごとに、ゆるやかな専門性で適度な科目数により構成された「ユニット」と呼ぶ科目群を設定する。自分の志向する専門（学位）や関心事に従って主とするユニットを選択し、その主ユニットから所定の単位を取得するとともに、他の異なる学問分野のユニットからも科目を学び、これらの総和として学びと研究を完成させていくことになる。共通科目として、上述の創発科学の学び方のヒントになるリテラシーや、考え方、実践的方法論などを共通科目として用意しているのも特徴である。

研究科のねらいとしているのは、前例の無い解決策を導いたり、画期的なアイデアやビジネスプランを提案したりする学生を輩出することにある。今日遭遇する社会課題は複雑化する一方で、先端を走るグローバル企業のいくつかは、従来の価値観の延長からは想像できない財やサービスを提供して富を得ようになっている。これらに対峙するためには学問分野を単純に結合させることも有力な方法となり得るが、もはやそれだけでは不十分と言える。自律的に学問分野を試行錯誤しながら組み合わせることにより、学生一人一人の取組みが、

独自の解決策や思いもしなかったアイデアを見出す、すなわち「発見」することを促す仕組みを備えることが重要である。

教育や研究の指導を提供する教員側には、こうした理念を理解し、学生たちを自分の専門に囲い込むのではなく、軸足として専門は深めながらも、学生自らによる選択を尊重する姿勢が必要となろう。創発科学研究科で学ぶことになる学生も安易に科目を履修するのではなく、修了後に活躍することになる未来の社会を想像し、そこで有効となる解決策の提案やアイデアの創造を旨として知識や考え方を学ぶ姿勢が何より重要である。

苦労も想定されるが、自分で選び取った試行錯誤の学びと研究の先に、想定外の強さを秘めた知の鎧と剣を手にした自分があるかも知れない。また、創発科学研究科を俯瞰して眺めた際に、輩出する人材と研究成果に何らかの望ましい動的な秩序やパターンが見出されたのならば、教育研究分野における散逸構造としての創発の具現化の瞬間となるであろう。

5. ま と め

本稿ではまず創発を歴史から紐解いていった。創発の議論は、生气論、機械論の論争から始まり、ベナールの対渦の発見によって様々な分野で新たな潮流を作っていった。今日では、各分野において創発は独自に解釈もされ、様々な分野で潮流の柱となる概念を形成するに至っている。

一方、偶然と並んで創発は、必然と対比される概念として議論されるとともに、イノベーションと相補的な位置づけで、今日的に重要となった規範の一つを示す概念となりつつあることも浮き彫りになった。香川大学において、2022年度に創設される創発科学研究科は、これら創発の理念と概念を社会へと実装する一つの実験的な挑戦である。研究科の名称の提案に関わった一人として、一通りの創発のルーツを探るとともに、あらためて新研究科の名称に相応しいことを確認できたことに安堵を感じながら筆を置くこととする。

6. 本稿の限界

本稿では平易な表現による創発の学際的な理解を優先したため、各分野での専門的な議論、数式や過度な専門用語を駆使した記述は避けるか、あるいは省略をしている。専門分野ごとの詳しい系譜や深い議論には言及していないことは本稿の限界の一つとして示しておく。

参 考 文 献

- Broad, C. D., 2008 *The Mind and its Place on Nature*, Routledge.
- Checkland, P., 高原康彦, 中野文平監訳, 1985 「第2章 人間の活動としての科学: その歴史と方法」『新しいシステムアプローチ—システム思考とシステム実践—』オーム社.
- McLaughlin, B., 1992 “The rise and fall of British emergentism,” Beckermann et al. (eds.) *Emergence or Reduction?* Walter de Gruyter.
- Nicolis, G., Prigogine, I., 小島陽之助, 相沢洋二訳 1980 「第II部 自己秩序化の数学的側面: 決定論的方法」『散逸構造』岩波書店.
- Stephan, A., 1992 “Emergence—a systematic view on its historical aspects,” Beckermann et al. (eds.) *Emergence or Reduction?* Walter de Gruyter.
- 市井三郎 1982 「政治学における偶然性の概念」竹内啓編『偶然と必然』東京大学出版会.
- 小田垣孝 1993 『バーコレーションの科学』裳華房.
- クリストフ・マラテール 2013 佐藤直樹訳『生命起源論の科学哲学 創発か還元的説明か』みすず書房.
- 香川大学 2021 創発科学研究科ホームページ
<https://www.kagawa-u.ac.jp/faculty/15461/27048/>
- クルーグマン, P., 2009 『自己組織化の経済学 経済秩序はいかに創発するか』筑摩書房.
- 佐藤直樹 2018 『創発の生命学』青土社.
- 佐藤直樹 2020 「第1章 動的な科学の見方」『科学哲学へのいざない』青土社.
- 佐和隆光 1982 「経済学における偶然性の概念」竹内啓編『偶然と必然』東京大学出版会.
- シュンペーター, J. A., 塩野谷裕一・中山伊知郎・東畑精一訳 1977 『経済発展の理論: 企業者利潤・資本・信用・利子および景気回転に関する一研究 (上・下)』, 岩波書店.
- スミス, A., 山岡洋一訳 2007 『国富論 (上・下) 国の豊かさの本質と原因についての研究』日本経済新聞出版社.
- 丹羽清 2006 「第4章 イノベーション」『技術経営論』東京大学出版会.
- 丹羽清 2010 「第1章 イノベーションの基本思想と実践的展開」『イノベーション実践論』

東京大学出版会.

- 沼上幹 2009 「第3章 創発戦略学派」『経営戦略の思考法 時間展開・相互作用・ダイナミクス』日本経済新聞出版社.
- バーコール, S., 三木俊哉訳 2020 「第6章 相転移 I 結婚, 森林火災, テロリスト」『世界を覆す究極のしくみ』日経 BP.
- ミンツバーグ, H., 2013 「第1章 サファリ・ツアーのねらいと構成」『戦略サファリ 第2版 戦略マネジメント・コンプリートガイドブック』東洋経済新報社.
- 森秀樹 2018 〈創発〉概念の起源(1)―〈創発〉をめぐる議論と科学論の生成―兵庫教育大学研究紀要 第52巻2月号, pp.37-48.
- ローレンツ, E., N., 杉山勝, 杉山智子訳 1997 「2章 カオスへの旅」『カオスのエッセンス』共立出版株式会社.
- ローレンツ, H., W., 小野崎保, 笹倉和幸訳 2000 「第4章 離散時間経済モデルにおけるカオス動学」『非線形経済動学とカオス』日本経済評論社.