

ブローデル歴史学の時間構造

安富 歩 (東京大学情報学環)

1 はじめに

フェルナン・ブローデルは1902年に生まれ、1985年に没したフランスの歴史学者である。本稿ではブローデルの大著『物質文明・経済・資本主義』のなかで、彼が時間をどのように捉えているか、を考察する。まずブローデルの時間についての「三階層」を説明する。次に、これと関連する「隷属原理 *slaving principle*」と「固着化 *consolidation*」という数理的概念を解説する。更に、異なるタイムスケールの「波」の相互作用という、ブローデルのアイデアを議論し、最後にマーシャルの時間論とマルクスの上部・下部構造論との違いを論じる。尚、本稿は金子・安富(2005)に依拠している。

2 ブローデルの三階層

正確に言うならば、ブローデルに時間論はない。というのも、ブローデルは「時間」を問題にするのではなく、「持続」を問題にしているからである。すべての出来事は時間のなかで生起し、やがて消滅する。しかし要素間の相互作用のなかで、要素の作り出す関係がマクロ的にほぼ同じ状態への滞留を持続する事態がありうる。ブローデルはこれを「持続」と呼んでいる。

このような「持続」同士が相互作用して、さらに上位の「持続」を作り出すことも可能である。たとえば、個々の生物という「持続」が相互作用して、生態系という「持続」を作り出す。この場合一般に、低いレベルの「持続」の変化速度は、上位の「持続」の変化速度よりも速くなる。こうして「持続」の階層化が生じ、それぞれの階層を流れる時間は多様化する。

同様の階層構造をブローデルは歴史のなかに見る。もちろん、様々のレベルの持続を細かく分類することも可能であろうが、ブローデルはこれを大きくまとめて三層の「持続」を提唱する。すなわち、

長期持続	<i>la longue durée</i> 、
重合局面	<i>conjoncture</i> 、
事件	<i>événement</i> 、

である。これらを、長期持続、中期持続、短期持続と呼称することも可能であろう。

「長期持続」とは非常にゆっくりと変化する物事を指す。たとえば気候、森林、河川、地理的な境界、人々の生活様式、食習慣、種々の技術などがここに分類される。ブローデルはこの言葉をしばしば「構造」と結びつけて論じる。この構造は不変の構造ではなく、人間にはほとんど動いていないかのように見える速度ではあれ、静かに変化しつづける。

「重合局面」とは数十年というようなオーダーで変化する事物の集まりを指す。人口変化、世紀トレンド、コンドラチェフ景気循環、……などがこの領域に含まれる。ブローデルの書物が主として扱うのはこの範囲の物事である。

「事件」とは、歴史のなかに暮らす人々が、発生したと認識するものごとである。宣戦布告、条約の調印、有力者の死、政権の成立・瓦解、選挙など、年表に具体的な項目に記載されるのはこの層に属する事物である。こういった意図的に記録に残される出来事以外にも、人々が毎日の暮らしのなかで繰り返す様々の「雑事」がこの層のなかに含まれる。この書物では、この時間層は重視されない。

ブローデルも、この三層構造が厳然と存在するとは考えていない。同じ階層の持続のなかでも、たとえば世紀トレンドとコンドラチェフ景気循環は、周期が倍ほど違っているので、これを別の階層に分類してしまうことも可能である。それをあえて三層にまとめることで、事態がより明瞭になると判断したものと推測する。

また、それ以上に、「三層」であることに積極的な意味を見出すことも可能である。ブローデルが本書で主として注目するのは重合局面のレベルであるが、そのためにその「上」と「下」を導入したと考えることができる。つまり、様々の階層の持つ全体のなかで生存する「持続」について考える場合、その「持続」だけではなく、その上位と下位の階層について注意を払うという方法は有用に思える。更に一般化すれば、あるタイムスケールに注目すると、それより早いタイムスケールと、それより速いタイムスケールが問題となり、注目しているタイムスケールをそれら二層の間のインターフェイスとして認識する、という方法を考えることができる。ブローデルが二層ではなく三層の持続を考えたのは、このような背景があるのかもしれない。

3 遅い変数から速い変数へ：隷属原理

ブローデルはこれらの三層の持続が、それぞれ無関係に独自の周期で動いているとは考えない。基本的にはより遅い時間スケールの事物が、より早い時間スケールの事物に影響を与えると考える。たとえば16世紀前後(1451年~1650年)に世界全体で人口の急上昇が見られる、という事態を説明するためにブローデルが提案するのは、気候の変化である(訳書I-1,42頁)。また、何を主たる穀物として栽培し食べるか、どのような輸送手段や技術が利用可能か、という遅く変化する事情が、その社会の歴史にどのような影響を与えたか、といった問題を論じるのが第一巻の重要なテーマである。この方向の波及はきわめて一般的なものであり、ブローデルは多くの事例で用いており、枚挙のいとまがない。

遅い事物から早い事物への影響の伝播という論理は、物理学でいう「隷属原理 Slaving Principle」に相当する考え方である(Haken 1979)。隷属原理とは、相互作用する複数の変数がある場合、変数の速度に断熱近似を許すほどに明瞭な差異があるなら、より遅い変数がより早い変数を規定する、という事態を指す。

時間スケールが混在した系を物理で扱う際には、しばしば速く変化する変数を消去する。遅い変化のスケールで現象を眺めると、速いスケールの変化はすでにその条件では終わっている。逆に速い変数のスケールで遅い変数を見ると、「止まって」いるように見える。そこで速い変数を遅い変数の条件下で解いてしまい、その変数を実効的に消去し、遅い変数の変化の問題におきかえるのである。こうすれば、遅い変化を速い変化と分離して考え、速い変化は遅い変数の与えた環境のもとで変動すると考えることができる。

この方向の流れは生きたシステムのなかでも一般的に見出すことができる。たとえばDNAとタンパクの関係を考えてみよう。遺伝子はDNA上にコードされ、次世代に安定して伝わっていく。一方タンパクは細胞の多くの機能を担い、それが分裂するまでの間に、短時間で合成され、活動し、分解していく。一方でDNAはゆっくりと合成されて、その分子も安定している。細胞分裂ま

では複製され、その際に少しは変異を受けるが、変化は非常に遅い。この場合、制御は基本的にDNA側からタンパクへという方向おこなわれ、基本的には前者が後者を規定する。このようにDNAは変化しにくく、また他の性質を制御するので、遺伝情報を担うとされている。扱う現象のレベルは異なるが、こうした変化速度の違いはヒト個体でも存在する。たとえば個体が持っている「性向」と具体的な「行為」の関係である（お好みなら「嗜好」と「選択」と言ってもよい）。ある個体の食べ物の好みはゆっくりと変化するが、ある場面で具体的に何を食べるか、は周りの状況やそれ以前に食べたものと関連しながら早く変化する。この場合、規定関係は「性向→行為」という方向が基本である。

上述のように、この速い変数の消去という考え方はしばしばブローデルも用いている。3層構造のうち事件のレベルは重合局面により規定され、重合局面は長期持続に、という考え方である。ただしこの考え方は、速い変数と遅い変数の変化のスケールが分離している場合にのみ適用可能である。

4 速い変数から遅い変数へ：consolidation

注目すべきは、ブローデルが逆方向の流れ、すなわち、より速いスケールの事物からより遅いスケールの事物への波及を議論に含めている点である。たとえば次のような論述がある。

観察対象としての時間を微細な分刻に狭めるときには、出来事に、あるいは雑事に行き当たる。出来事は、唯一無二とおもわれたがり、またそのつもりでいる。雑事は繰り返され、そして繰り返されるうちに一般性となったり、より正しくは構造となったりする。（訳書 I-1, 12-3 頁）

ここで主張していることは、最も早いタイムスケールの現象である「出来事」が、繰り返し出現し、それが「構造」という長期持続のレベルのものへと書き込まれうる、ということである。

このような議論の具体的な例としては、たとえばイギリスの産業革命の要因論がある（訳書 III-2、第6章）。この現象については、技術という長期持続の層に属する範疇の変化が決定的な役割を果たした、とかつて考えられていた。たとえば「マルクスは技術の卓越性を信じていた（訳書 III-2、243 頁）」。これは技術という遅い変数が、その実地への応用による生産活動という速い変数を制御するという考え方である。これに対して、最近の研究者は技術が重要な役割を果たしたことを認めなくなっている。すなわち、技術が何らかの役割を果たすためには、それを必要とする社会的コンテキストが不可欠なのである。技術は存在するだけでは何の変化も引き起こさない。消費者の永続的な需要と、それに産業が応えるための価格条件が持続してはじめて、技術は革新を惹起する。そして、革新の積み重ねとそれに呼応する社会変化により産業革命という過程が動き出すと、それにあわせて様々の技術が開発され、次々に技術革新を引き起こしてゆくようになる。本来ならば技術という遅い変数が、産業革命という速い変数を制御すべきであるが、逆に、産業革命が技術を制御するに到るのである。革命という速い変数は、いくつもの遅い変数の馬を乗り継ぐようにして前に進み続け、逆方向の制御を実現する。「連続的成長とは留まることを知らないリレー競争なのである（訳書 III-2、276 頁）」

また、「イギリスがその革命に成功したのは、それが世界の中心に位置し、世界の中心そのものだったからである。（訳書 III-2、212 頁）」とブローデルはいう。この主張もまた、イギリスが世界システムの中心にいた、という比較的短期の事象が、産業革命という世界の歴史全体に深く影響を与えたより遅い事象を惹起するという方向の議論である。

さらにブローデルは、近代ヨーロッパの発足と比較しつつ、ヘレニズム文化の中心地たる、プトレマイオス朝（紀元前305年～紀元前30年）のアレクサンドリアの状況を手短かに論じる（訳書III-2、213-14頁）。そこでは100年から200年にわたりユークリッド、プトレマイオス、エラトステネス、ディカイアルコスらに代表されるような文化革命、商業革命、科学革命が光をはなち、ギリシャ型の都市国家にかわってエジプトやシリアなどの領域国家が成立していた。このような環境下でアレクサンドリアでは発明の情熱が華々しく発揮された。紀元前200年頃～150年頃に活躍したヘロンが、エオリパイルという蒸気機関を発明したのはその一例である。

この状況についてブローデルは「発明というものは集団をなし、房をなし、シリーズをなして進むものであり、それらはあたかも支えあっているかのようであり、あるいはむしろ所与の社会がそれらの発明全体を前方へ押しだしていったかのようである。」と指摘する。このように技術という遅い変数を、社会状況という速い変数が集中的に書き換える時期があるとブローデルは考えている。にもかかわらず、アレクサンドリアでは産業革命は起きなかった。それを実現するような社会的機構を欠いていたからである。

ブローデルはイギリス産業革命を論じたあとに、成長というより一般的な事態の検討に移る（訳書III-2、272-311頁）。まず長期持続に属する要素として土地・労働・資本・市場・国家・社会体制などがあり、これらの構造的関係の変貌により、成長を実現するための潜勢力が形成される。これに対し、成長がじっさいに生ずる仕方は重合局面に由来し、より短期的な事情や国際的契機が関与する。連続的成長が実現されるには、長期持続に含まれる諸条件が整っており、その上で成長に好都合な重合局面が次から次へと現れる必要がある。「ある原動力を別の原動力と取り替え、ある市場を別の市場と取り替え、あるエネルギー源を別のエネルギー源と取り替え、ある圧力手段を別の圧力手段と取り替えして（訳書III-2、276頁）」成長が実現されてゆく。産業革命が実現するまでは、農業生産、輸送、エネルギー、市場の需要といった要因が天井となり、成長が途切れてしまった。近代的成長とはこの天井が絶えず高くなる事態のことである。天井が高くなるのは、長期持続に含まれる諸要素が、重合局面の運動によって変容しているからである。

最近の複雑系生命システムの研究成果により、このような方向の情報の流れが、生命現象などにとって本質的に重要であると示唆されている。細胞の例をあげてみよう。細胞が苦しい環境におかれると、活性が弱まり、速い変化の時間スケールが遅くなるとみなせる場合がある。この結果、もとの状態が不安定化し、遂には別な状態に至って安定化し、また増殖できるようになる。（四方、私信：大腸菌を環境を変えて培養し、そこでタンパクの量の分布を測って得られた結果）。

この遷移過程のしくみはまだ実験では完全にはわかっていないが、力学系の理論側からは以下のような過程が予想される。環境の変化によって速く変わる側の変化が遅くなって、今まで分離していた速い/遅い変数間に相互干渉が起り始める。もともとは隷属原理が作用して状態が安定していてよどんでいたものが、この変数間の相互干渉によって状態が不安定になりうる。その結果、もとのよどんだ状態を維持することができなくなり、大きな変動が生じる。この変化を経てその後新しい状態に至って、安定化する。その状態ではまた速い変化と遅い変化が分離して隷属原理が作用し、そこでよどむと予想される。

この立場でブローデルの時間の3層を眺めてみる。まず、ある安定した社会状態では3層の時間スケールは十分離れている。そこでは、環境のような長期持続が重合局面を、重合局面が事件の変化を与えるパラメータとして働き、遅い変化が速い変化を規定する。上述の如く、これは隷属原理の一種であり、ブローデルがこの本を通じて主に用いている論理である。しかし、その一方で大きな変化が生じる場合には、3層の間で干渉が起こるような表現がされている。つまり、大きな変化が起こる場合には、3層の間で両方向きの相互干渉が起きているように思われる。

この点に関して、ブローデルが2層でなく、3層を用いているのは興味深い。例えば、環境の変化に中間スケールの変化が対応できなくなり変動し始めたとする。するとその結果、中間の時間スケールの現象が速いスケールの変化と干渉し、事件と重合局面のスケールが干渉し始める。それまでは事件レベルの変化は他の時間スケールの現象にすばやく適応していたのに、大きな変動期には事件レベルの変化が状況においついていかない、という印象である。

一方、藤本と金子 (Fujimoto and Kaneko 2003) は、速い変化がインターフェイスを通して遅い変化に影響を与えうることを力学系の研究で示している。このモデルでは、非常に速い変化が途中の時間スケールでの変化を順々に経由して、何桁もちがう遅いスケールの変化に影響を与える。この場合、その中間の時間スケールでの現象が、不安定化して別な状態に移る(分岐現象)ことが、この遅いスケールへの伝播がおこるために必要である。逆に、不安定性がない場合は遅い現象が速い現象をパラメータとしてコントロールするという通常の向きの流れのみが起こる。途中のスケールでの状態の不安定化があって始めて速い現象が遅い現象へと伝わる。

生命現象において、あるレベルでの違いが、異なるスケールや異なる文脈を持った別なレベルでの違いに変換され、その2つのレベルが互いに影響しあうことで互いに強化され、固定されるケースがしばしばある。金子(2003)はこれを固着化(consolidation)と呼んだ。¹

例えば、発生の研究では、相互作用によって細胞が異なる状態をとった後、その各細胞がある空間的に配置をとり、そのパターンがまた各細胞の状態分化を強める、という過程が知られている。ここでは分化とパターン形成の間の正の相互フィードバックが働き、分化もパターン形成も安定化する[Furusawa and Kaneko 2003b]。つまり状態分化がパターンというよりマクロなスケールの現象へと固着化し、これによって各細胞が位置情報を持つようになる。たとえば階級が分化したあとでその人達が住む領域が分かれ、それによって階級がさらに分化するようなことを連想しても良い。

金子と四方は、種分化においては、まず個体間相互作用において、表現型(生物の外にあらわれる性質)が分化し、それが突然変異を経て遺伝子の違いに転化され、異なる種として安定化されるという理論を提唱した[Kaneko and Yomo 2000]。初期に同じ遺伝子をもった個体の群れを用意する。すると同じ遺伝子型の個体同士の相互作用を通して、異なる性質をとるグループに分かれる場合がある。もちろん、表現型から遺伝型への流れは禁止されているので、この性質そのものは遺伝するわけではない。ただ、相互作用によって、はっきりと表現型が分かると、それがランダムな突然変異を通して次第に、遺伝子への違いへと固着化し、子孫はそれぞれ異なるタイプの遺伝子型を持ち、またその結果、表現型の違いも強化される。すなわち、表現型の違いがノイズを通じて遺伝子型の違いを惹起し、今度は遺伝子型の分化がまた表現型の違いを強めるという正のフィードバックが存在し、2タイプの違いが増幅される。

以上のように、発生過程および進化(種分化)において、「固着化」が重要ではないかという議論を金子(2003)はすすめている。これらの固着過程で重要な役割を果たすのは、

- (1) 時間スケールの異なるレベルの間での干渉、
- (2) このレベル間で違いを増幅、固定させて行く相互の正のフィードバック過程、
- (3) まず速いスケールの分化が生じて、遅いスケールへ固定化される過程、

の3つである。

¹金子(2003)では違うレベルが互いに固まっていく点を強調して、「共固定化」と訳した。一方、植物学では着生と訳されているようである。ここでは、固められて定着するという点と日本語としてのこなれ方を考えて「固着化」と訳す。

解決不能の問題を解くとまでは言わないが、糸口を解きほぐすために、初歩物理学が扱う周期的振動を脳裏に浮かべなくてはならない。弦のばあいであれ振動板のばあいであれ、振動というものはつねに、外部からの衝撃と、その衝撃によって振動させられた物体の反応との結果として生ずるのである。ある振動は当然のこととして別の振動を引き起こすことがありうる。…そこでこのように想像しよう。複合した重合局面にさいしては、あれこれの動きが別の動きに反響し、ついで第二の動きに伝わり、以下同様に続いてゆく。(訳書 III-1、96 頁)

このイメージは鮮烈であるが、実は、このような波及は、初等物理学で記述できるものではない。初等物理学で学ぶ線形の振動子を連結させても、それぞれの振動のモードは独立なので、その間での干渉は生じない。ここで線形というのは、簡単なばねを引っ張った場合に、加えた力とばねの伸び具合が比例するような事態を考えていただければ結構である。一方、非線形というのは、比例しない場合であるから、その意味では大抵の事態が非線型である。とはいえ、比例からのずれが大きくなければ、線形の場合で議論したあとで、ずれの効果を補正すれば(摂動論)、それで記述できる。

大きく異なる周波数の間で波が伝わっていくというブローデルのイメージを実現するにはそれでは不十分で、本質的に非線形(すなわち摂動論では表現できない事態)の効果がきかなければならない。この波が非線形のばねであれば、異なる周波数の波が互いに干渉しうるので、ここで引用したイメージが実現する。

とはいうものの、ある時間スケールの振動子に生じた衝撃が、大きく異なった時間スケールの振動子にまで伝わるかどうかは自明ではない。先に述べた不安定性を媒介とした異なる振動間の伝播などのしくみが必要である。また、こうした異なる時間スケールの干渉を生じやすいものとして、(決定論的)カオスが知られている。カオスは、有限の周期で元の状態に戻る現象ではないので、多くの異なる時間スケールを内包しうる。これは、時間スケール間の干渉を生じやすい一つの機構である。

ブローデルはイギリス産業革命を論じるにあたって、農業、人口、技術、木綿革命、遠隔地通商、国内輸送、といった分野を次々に検討する。そして、数々の分野が様々の寄り道を繰り返しながらゆっくりと成熟し、結果的に産業革命を構成するための分野間の相互連関を形成してゆく過程を捉えた上で次のように論じる。

それは初めからなにかしらの目的に向かって進んだのではなくて、むしろ多様な流れの交錯から発した力強い生命が高まりゆくうちに目的に出会ったのだ、と言ったほうがよい。しかし、それらの流れは<産業革命>を押し進めてゆきはしたが、同時に本来の意味での<産業革命>の枠からじつに大幅にはみ出してもいたのである。(訳書 III-2、271 頁)

すなわち、分野間の連関は何かしらの目的に向かって形成されたのではない。様々の方向にむかって独自に変動する個々の変数が、相互作用のなかである種の構造を生み出し、それが独自の実体的力を個々の変数に及ぼすようになったのである。こうした相互作用のなかから生成した構造は、それに適合するように個々の変数を制御することになる。上述の如く、このような構造の形成と再生産をブローデルは「持続」のダイナミクスと呼ぶ。とはいえ「持続」は個々の変数を制御しつづけることができない。個々の変数は「持続」の枠から常に逸脱する契機を内在している。上の引用はこのようなダイナミクスへの言及とみなすことができる。

発生の例では、細胞個々のスケールが細胞集団のパターンというもっとゆっくり変化する大きなスケールへ書きこまれた。種分化では表現型の違いが遺伝子のゆっくりした変化へ。生命情報の起源においては分子の性質の違いが分子間のネットワーク内での関係というより大きなスケールへの違いへとまとめこまれて固着化した。いずれの場合も、よりゆっくりと変化する、より安定したダイナミクスへと転換されることで、速い側に生じた状態の違いが、固まり、強まり安定化されたのである。

当然ながらこの問題は、異なる時間スケール間の干渉と密接に関係する。通常の場合、すなわち隷属原理が支配している場合には、速い時間スケールと遅いスケールの変数の影響関係は、遅い変数の瞬間瞬間での値に対して、速い変数が平衡条件に達してしまうので、速い変数は遅い変数に対して「受身」でしか変化しない。上の例でいうなら、置かれた場所によってその性質が決まって来る、とか遺伝子に従って一意的に表現型が決まると言う状態である。

ところが、先述したように、速く時間変化する変数が遅い変数に影響を与える場合がある。これはそれらの変数の運動がある種の不安定性を持っていて、もともとの安定状態のまわりでの変化とは異なる時間スケールで運動しはじめるからである。例えば、速い変数の状態が不安定になって、ある安定した状態から別な状態へ転移する際には、その転移点の近くで、ゆっくり時間変化するようになる、速い変数側にも遅い時間スケールが生じて、遅い変数と相互に干渉しはじめる。つまり(1)で掲げた異なるレベルでの干渉が生じる。そして一般に状態が不安定化するの、小さな違いが増幅することになり、(2)の正のフィードバックが実現する。そこで速い側の違いが遅い側の違いに転化される。この相互フィードバックの結果、両者がまた安定化し、よどんだ状態に至るという形で(3)が実現される。このよどんだ状態では、また遅い側が速い側を規定するようになる。このようにして、より柔軟な速いダイナミクスのレベルで生じた分化がより強固な安定した機構、例えば記号であらわされるような「情報」の違いへと変換され、固着化する。

以上は、ある「持続」が不安定となって遍歴が始まり、別な「持続」に至って安定化する、という事態の基本的機構であると考えられる。制度が形成され固定化する、儀式として安定化する、新しい食習慣が確立する、偶々形成された定期市ネットワークが都市群となって固定化する等々の形で様々な場所で見られる。ブローデル自身は明示していないが、変動期では(1)(2)(3)をみたく過程があらわれ、それが新しい「持続」の形成へとつながっていくのではなかろうか。

興味深いことに、ブローデルの書物には、次のような文章がある。

この分業は、《本性にかなった》、おのずからなる天職といったものの果実などではない。程度の差はあれ昔からあった情況が、ゆっくりと、歴史のなかで描き出されながら固まってできた遺産なのである。(III-1、50頁)

この「固まって」という箇所は原著 III-1(36頁)では consolidation という言葉が使われている(英語版も同じ)。この文はリカードの比較優位の議論を批判する個所で書かれている。ブローデルの趣旨は、ポルトガルとイギリスの比較優位関係は「自然に」形成されたのではなく、過去の状況からの継承と固着化(consolidation)による、という意味である。この用法は、過去の出来事の連鎖が、生産構造というより遅いレベルに書きこまれる、という意味であり、上述の我々の用法と近い。

5 異なるタイムスケールの「波」が相互作用するダイナミクス

ブローデルは異なるタイムスケールの「波」が相互作用を起こし、それが新しいレベルの「実体」を作り出すという論理をしばしば展開する。たとえば次のような表現がある。

6 おわりに

歴史学は不可避免的に時間軸に沿った思惟を強要される。そのような地平で展開されてきた歴史家の思想のなかには、常にといいわけではないにせよ、複雑系科学の志向と響きあうものがある。そのような思索を数理科学の観点から再構成することにより、複雑系科学の新しい方向を開拓することができるものと筆者は考える。今回の研究会は、そのような展開を目指す上で重要な機会であったと考える。

文献目録

Braudel Fernand, *Civilisation Matérielle, Économie et Capitalisme, XV^e – XVIII^e Siècle*, Librairie Armand Colin, Paris, 1979.

tome 1, Les structures du quotidien. (村上光彦訳『物質文明・経済・資本主義 15-18 世紀、I、日常性の構造 1,2』みずす書房、1985 年。)

tome 2, Les jeux de l'échange. (山本淳一訳『物質文明・経済・資本主義 15-18 世紀、II、交換のはたらき 1,2』みずす書房、1986, 1988 年。)

tome 3, Le temps du monde. (村上光彦訳『物質文明・経済・資本主義 15-18 世紀、III、世界時間 1,2』みずす書房、1995, 1999 年。)

Fujimoto, K. and Kaneko, K., “How Fast Elements can Affect Slow Dynamics”, *Physica D* 180 (2003) 1-16.

Furusawa, C. and Kaneko, K., “Robust Development as a Consequence of Generated Positional Information”, *J. Theor. Biol.* 224 (2003b) 413-435.

Haken, H., *Synergetics*, Springer, 1979. (牧島邦夫、小森尚志訳『協同現象の数理』東海大学出版会 1980 年。)

金子邦彦、『生命とは何か—複雑系生命論序説』、東京大学出版会、2003 年。

金子邦彦・安富歩、「経済学から歴史学中心の社会科学へ」、吉田雅明編『経済学の現在 (2)』、日本経済評論社、2005 年、97-180 頁。

Kaneko K. and Yomo T, “Symbiotic Speciation from a Single Genotype”, *Proc. Roy. Soc. B* 267 (2000), 2367-2373.