

現代「心-脳理論」の鍵概念 である「創発」をめぐる一考察

立木 教 夫

目 次

- 一、問題提起
- 二、マイケル・ポラニーの「創発論」
- 三、イリヤ・プリゴジンの非線形・非平衡熱力学
- 四、動力学理論の拡大
- 五、むすび

一、問題提起

精神作用論の基礎を考察する場合、「心-脳問題」を避けて通ることはできない。「心 (mind) というものをいかにとらえるのか」、「心と脳はどのような関係にあるのか」といった問題は現代科学における最大の難問の一つである。この「脳」と「心」の関係については、唯物論ならびに非唯物論の立場から、様々な「心-脳理論」が提示されてきた。前者に属する代表的な理論としては、「徹底的唯物論」、「汎心論」、「随伴現象論」、「心-脳同一説」などがあり、後者に属する代表的な理論としては、ジョン・C・エクルズ (John C. Eccles, 1903—) の「心身

相互作用論」と、ロジャー・スペリー (Roger Sperry, 1913—) の「メンタリズム」がある。

唯物論に立脚する限り、「心」の「脳」に対する「作用力」の問題を論ずることはできない。つまり、唯物論的「心・脳理論」においては、物理的世界の「自己完結性」が前提とされており、「心」の「脳」に対する「作用力」は否定されているからである。

一九六〇年代中期を境に、何人かの著名な脳科学者がこのような唯物論的理論に疑問を提示した。その中でも代表的な研究者は、エクルズとスペリーである。彼らは、この唯物論的理論の困難性に気付き、非唯物論的「心・脳理論」を構築した。双方とも共に、「心」を「脳」という高度に複雑化した物質系が「創発」した (emerge) ものと理解しており、更に「創発」された「心」は、「脳」という物質系から「上向きの因果作用」(upward causation) の規定を受けつつ、「脳」に対して「下向きの因果作用」(downward causation) を及ぼすことによつて、「脳」を統御しているものとらえている。

しかしまた、エクルズとスペリーの間には根本的な見解の相違も存在している。エクルズの場合、脳という物質系が崩壊した後も、脳が創発した心は残存するという「二元論」を主張しているが、スペリーの場合は、脳の崩壊と共に、脳が創発した心も消滅するという「一元論」を主張していることである。

元来、「創発」(emergence) という考え方は、ロイド・モーガン (Conwy Lloyd Morgan, 1852—1936) とアレグザンダー (Samuel Alexander, 1859—1938) が有機的進化の理論を唱えた際に提唱した考え方である。その意味するところは、個々の要素の結合により「想像し得ないような、真に予測不可能な性質を持った新しい事物や事象が進化の過程で生じる」ということであった。

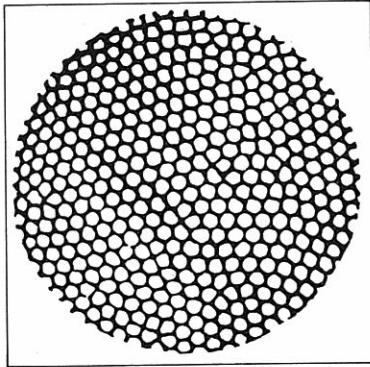
その後、マイケル・ポラニー (Michael Polanyi, 1891-1975) が彼独自の立場から「創発」の考え方を発展させて以来、構成要素に還元しきれない全体的特質を論ずるための鍵概念として、その重要性が認められるようになってきた。しかし、ポラニーは、主として科学哲学的観点から「創発」を論じており、「創発」が生じてくるメカニズムにまで踏み込んだ議論は行っていない。それ故、「創発」は依然としてブラック・ボックス的概念に止どまっていた。

しかし、つい最近に至つて、イリヤ・プリゴジン (Ilya Prigogine, 1917—) を中心とするブリュッセル学派の研究者たちが、非線形・非平衡状態にある開放熱力学系 (物質やエネルギーが絶えず流入したり流出している系) の特質を解明したことによつて、「創発」の物理的メカニズムの解明にとつて有用な知見が数多く見いだされることとなった。このような発見を参照してみると、「創発」という現象は、非線形・非平衡状態に置かれた物質系の「自己組織能」の問題と深くかかわっていることが理解される。

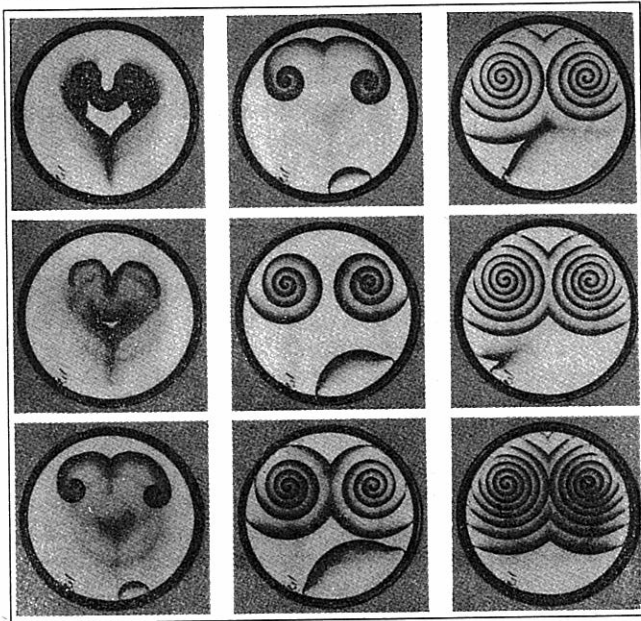
非線形・非平衡状態に置かれた物質系の「自己組織現象」は様々なレベルにおいて見いだされている。これらの「自己組織現象」は次々と解明されてきているが、依然、現象論的解明の範囲を越えていない。現象論的解明を越えるには、動力学的解明がなされなくてはならないのであるが、物質系の「自己組織現象」は、既存の動力学理論 (古典力学、量子力学、相対論等) からは導出できないことが判明している。そのためには熱力学の第二法則を組み込んだ動力学理論が必要とされている。目下、プリゴジンらはこのような動力学理論を開拓しつつあるが、未だ完成していない。それ故、動力学的に物質系の「自己組織現象」や「創発」を解明することは出来ないが、少なくとも現象論的には「自己組織現象」が解明されつつあることによつて、「創発」の基礎的部分も解明されつつあるといえるのである。

「創発」的宇宙観では、宇宙を、次々に「創発」された新たな過程を元の過程に重ねていく「入れ子」になつ

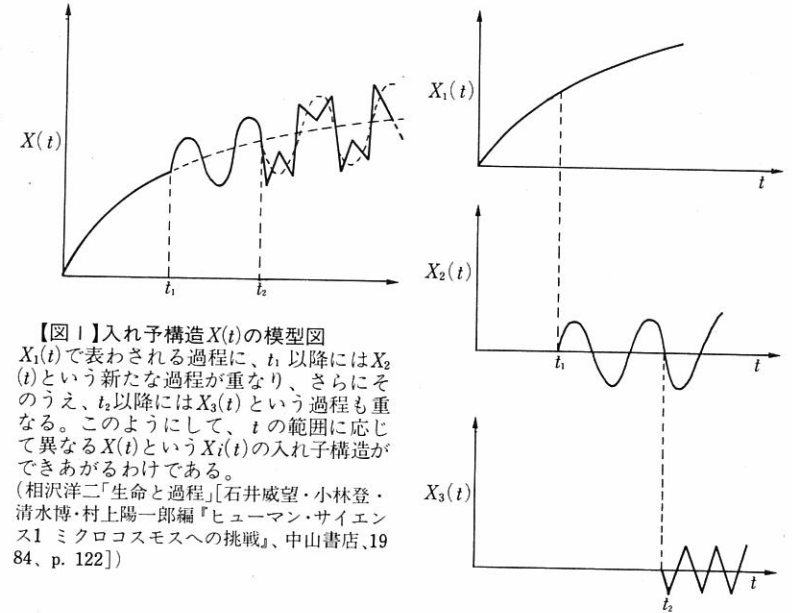
【図3】



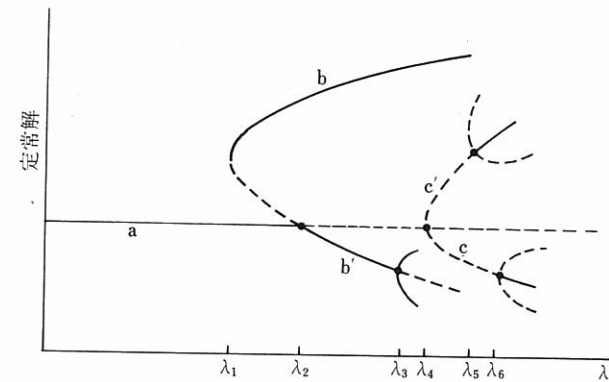
ベナールセル
 下側から熱せられている液体を上側から見たときに観測される細胞状対流のパターン。
 (イリヤ・プリゴジン著 [小出昭一郎・安孫子誠也共訳] 『存在から発展へ』、みすず書房、1984、p. 98)



ベルーソフ-ジャボチンスキー反応：化学的渦巻波
 ベルーソフ-ジャボチンスキー試薬を浅い皿に注ぐと、らせん状の化学波が発生する。その波はひとりでに発生することもあるし、上の写真の場合のように表面に熱いフィラメントを触れさせて開始させることもできる。小さな円は反応によって発生した二酸化炭素の泡である。最初の写真を撮影してから、引き続き写真は0.5、1.0、1.5、3.5、4.5、5.5、6.5、そして8.0秒後に撮影された。写真はフリッツ・ゴロー氏による。(同前、p.202)



【図1】入れ子構造 $X(t)$ の模型図
 $X_1(t)$ で表わされる過程に、 t_1 以降には $X_2(t)$ という新たな過程が重なり、さらにそのうえ、 t_2 以降には $X_3(t)$ という過程も重なる。このようにして、 t の範囲に応じて異なる $X(t)$ という $X_i(t)$ の入れ子構造ができていくわけである。
 (相沢洋二「生命と過程」[石井威望・小林登・清水博・村上陽一郎編] 『ヒューマン・サイエンス1 ミクロコスモスへの挑戦』、中山書店、1984、p. 122)



【図2】分岐図。定常解が分岐パラメータ λ に対して図示してある。
 $\lambda < \lambda_1$ では各 λ の値に対してただ一つの定常状態があり、この定常状態の集合が分枝 a を作る。 $\lambda = \lambda_1$ では、もう二つの定常状態が可能になる(分枝 b と b')。
 b' の状態は不安定であるが、 $\lambda = \lambda_2$ で安定になる。その点で分枝 a の状態は不安定になる。 $\lambda = \lambda_3$ で分枝 b' は再び不安定となり、もう二つの安定な分枝が現れる。
 $\lambda = \lambda_4$ で不安定分枝 a が新しい分岐点に至り、新しく二つの分枝ができるが、 $\lambda = \lambda_5$ あるいは $\lambda = \lambda_6$ に至るまでは不安定である。
 (イリヤ・プリゴジン、イザベル・スタンジェール著 [伏見康治・伏見謙・松枝秀明共訳] 『混沌からの秩序』、みすず書房、1987、p. 233)

た階層構造を持ったものととらえている[図1]。この階層構造は、物質系が熱力学的分岐を経過しながら次第に系の構造が「固定化」されるという過程を、何回となく繰り返すことによって作り上げられてきたものと考えられている。ここにいう熱力学的な分岐現象とは、制御可能なパラメータを含む熱力学系で、 λ のある領域において安定な解があるとして、 λ を変えるときある値 λ_c を境にしてこの解が不安定になり、新しい解が現れることをさす[図2]。

各々の分岐過程において「自己組織現象」が現れ、「散逸構造」(非線形・非平衡な状態にある開放系において現れる空間的なパターンや時間的なリズムなどのマクロな構造)が形成されることによって、新たな性質が生じてくるということになる。「散逸構造」としては、液体を平たい容器に入れ、下から一様に温め、上からは一様に冷やす場合に見られる「ベナールセル」や、ベルソフ・ジャボチンスキー反応において見られる化学的散逸構造などがよく知られている[図3]。

スペリーやエクルズらが「心-脳理論」において使用してきた「創発」という概念の内容を、物質的基盤において解明しておくことは、「心」と「脳」の作用関係を理解する上で是非とも必要な手続きである。

注

- 1 Roger Sperry, *Science and Moral Priority* (Praeger Publishers, New York, 1983.) [須田勇・足立千鶴子共訳「融合的心と脳」誠信書房、一九八五。]
- 2 Karl R. Popper and John C. Eccles, *The Self and Its Brain* (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg London New York, 1977.) [西脇与作・大村裕共訳「自我と脳」(上・下)思索社、一九八六。]
- 3 *Ibid.*, p. 12.

4 Michael Polanyi, *Personal Knowledge* (Routledge & Kegan Paul, London, Melbourne and Henley, 1958.) [長尾史郎訳「個人的知識」ハースト社、一九八五。]

Michael Polanyi, *The Tacit Dimension* (Routledge & Kegan Paul, London, Melbourne and Henley, 1966.) [佐藤敬三訳「暗黙知の次元」紀伊國屋書店、一九八〇。]

二、マイケル・ポラニーの「創発論」

マイケル・ポラニーは、物質系が持つ非還元的安全性を解明する過程で、「創発」の重要性を発見した。ポラニーは、世界を、階層性をもった幾対もの層で満たされているものととらえた。そして、これらの層の間の関係を、「上位のレベルは、それがはたらくためには、下位のレベルの要素そのものを支配する法則に依存する。しかし、上位のレベルのはたらきを、下位のレベルの法則によって明らかにすることはできない」と説明している¹⁾。

この階層間の関係を具体例をもって示そう。まずはじめは物質系ではないが、階層間の関係をとらえる上で非常に理解しやすい「言葉」の例、次に物質系である「機械」の例、そして生命を持った「人間」の例をとりあげてみたい。

第一の「言葉」に関して、ポラニーは、①声の発声、②単語の形成、③文の作成、④文体の形成、⑤文学作品の創造の、五つのレベルを指摘する。各々のレベルはそれぞれの法則、つまり、①音声学、②語彙論、③文法、④文体論、⑤文芸批判、によって支配されており、これらのレベルの関係は、階層構造をなしている。つまり各レベルの原理はすぐ上のレベルの法則によって支配されているのである。例えば、日本語の音声単位である「あ、い、う、え、お、……」はまとめられ、「あかい、きれい、ほん」などという単語を形成する。単語は文法に従っ

て、「ここにあかききれいなほんがある」といった文章へと形成される。文は文体へと適合され、文体は文芸作品の思想をはこぶものとして用いられる。このように各レベルは、そのレベルの要素に対して成り立つ法則によって支配されるとともに、それらの諸要素から構成されている包括的存在を制御する上位のレベルからの支配も受けているのである。⁽²⁾

ここにおいて注意すべきことは、例えば、語彙「あかい、きれい、ほん、……」を支配している語彙論的法則からは、これらの要素を「ここにあかききれいなほんがある」といった文章にまとめあげる上位レベルの文法法則は説明できないということである。つまり、音声学から語彙論を、語彙論から文法を、文法から文体論を、文体論から文芸作品の内容を導くことはできないということである。このように各レベルで、下のレベルには還元し得ない新たな特質が生じているのである。

第二の例の「機械」はどうであろうか。機械は、生命のない物体として物理学や化学の法則に従うのであるが、物理学や化学の法則だけではその働きを決定できない。何故であろうか。ポラニーは、「かたどり」(stapling)がその筈であるという。自然界にも「かたどり」の例は見られる。例えば、物質が自然の法則によって、太陽や月のような球形に「かたどられる」とか、太陽系のようなパターンに「かたどられる」という例が指摘できる。工学の場合であれば、機械を作成する過程で、機械の作動原理に合うように、人為的な「かたどり」が物質に対して実施される。工学は、物理学や化学という自然の法則が支配する物質に対し、自然の法則を破ることなく、「かたどり」をすることによって境界条件 (boundary condition) を課していくのである。機械の作動原理は、このように「かたどり」を通して物質の中に実現されていくことになる。ポラニーは、この「かたどり」の考え方を一般化し、「下位のレベルの成分をなす諸細目にたいして、上位のレベルの組織原理が行う制御を周縁制御の原理

(The Principle of Marginal Control)」と命名した。⁽³⁾

第三の例である「人間」については、ポラニーはそこに進化のすべてのレベルが存在していると見ている。「最も原始的な生命の形式は、形態発生の過程で見られる、典型的な人間のかたちの成長としてあらわれ、これは発生学によって研究される。そのつぎに、生体の植物機能があり、それは生理学によって研究される。その上に感覚があり、それは知覚へと、また、中枢神経によって制御される運動性の活動へと進むが、これらはいずれもまだ生理学の主題にとどまっている。意識的な行動や知的な行為のレベルで生理学の範囲を越えることになり、これらは動物行動学や心理学によって研究される。そして最上位では人間の道徳意識があらわれ、それは人間に固有な諸基準よりなる最高の領域によって導かれる。」⁽⁴⁾

このような各階層に対して「周縁制御の原理」が作用している。「生命を休止の状態において維持している植物機能系は、筋肉活動を用いる身体的運動がなりたちうる可能性をひらいておくし、筋肉活動の原理は、それらが種にそなわる独特の型の行動へと統合されうる可能性をひらいておく。これらの行動の型も、それらが知性によってかたどられることに可能性をひらいておく。つぎに、この知性の作用は、それを所有する我々人間においてさらにより高い原理がはたらきうる広範な可能性を許している。」⁽⁵⁾

このようにして階層構造の存在が記述的に取り出された後には、今度は上位のレベルと下位のレベルの関係を考察しなくてはならない。「上位のレベルが各々、そのすぐ下のレベルによって未決定にされている境界条件を制御しているのであれば、このことは、実際にその境界条件が下位のレベルで進行している活動によっては、決定されていないということを意味している。言いかえれば、いかなるレベルも、そのレベル自身の境界条件を制御することはできないのである。したがって、いかなるレベルも、そのレベルの境界条件を制御するはたらきをも

つ、より上位のレベルを生みだすことはできない⁽⁶⁾」として、「上位のレベルは、下位のレベルで見られない過程、つまり創発とよばれるべき過程によってのみ、生みだされる⁽⁷⁾」という考え方が提示されるのである。

この「創発」という考え方が導入されてくるところは、次のように記号化してとらえてみることができるだろう。ある一つのレベルの構成要素を a_1, a_2, a_3, \dots とするならば、ポラニーの「創発論」では、これらの要素を (a_1, a_2, a_3, \dots) , (a_2, a_3, a_4, \dots) , \dots というように「 \dots 」で「かたどる」法則の由来の問題としてとらえられるのはなからうか。この「かたどり」を行う法則は、構成要素 a_1, a_2, a_3, \dots からなるレベルに内在しているのであるうか、それとも外からやってくるのであろうか。ポラニーの「創発論」ではこの由来については答えられていない。我々はこの点で、物質系が非線形・非平衡状態におかれたときに現出してくる「自己組織現象」に注目し、「創発」の物質的基礎を考察することにする。このことによって、ポラニーが「創発」を持ち出さなくてはならないと論じた点、つまり、「いかなるレベルも、そのレベルの境界条件を制御するはたらきをもつ、より上位のレベルを生みだすことはできない」とした点を、多少修正することになるであろう。それは、物質系が非線形・非平衡状態に置かれたときに「自己組織」した「構造」が「固定化」されることによって、「境界」の発生を説明し得ることになるからである。この「境界」を生み出す法則は、物質系が非線形・非平衡状態に置かれたときに環境と物質系内部の相互作用から「自成」⁽⁸⁾してくるものであつて、構成要素にのみ還元し得ない特質である。更にまた、このような「固定化」された「構造」が一つの構成要素となり系を構成することになると、そこでまた構成要素間に相互作用が生じ、「自己組織化」された「構造」が出現してくるといふようにして、次々と新たなレベルが生じてくることになるのである。

非線形・非平衡状態に置かれた物質系の「自己組織能」と、「構造」の「固定化」という過程を通して、階層構

造が作られていく。このような階層構造の発展は「進化」そのものである。

注

- 1 マイケル・ポラニー『暗黙知の次元』、五九頁。
- 2 前掲書、六〇頁。
- 3 前掲書、六五―六六頁。
- 4 前掲書、六一―一二頁。
- 5 前掲書、六七頁。
- 6 前掲書、七二頁。
- 7 前掲書、七二頁。
- 8 「自成」という概念は、早稲田大学の永安幸正教授から示唆していただいたものである。この「自成」という考え方は、次に取り上げる、イリヤ・プリゴジンのいう「活性ある物質」(active matter)や「混沌からの秩序」という考え方に通ずるものである。

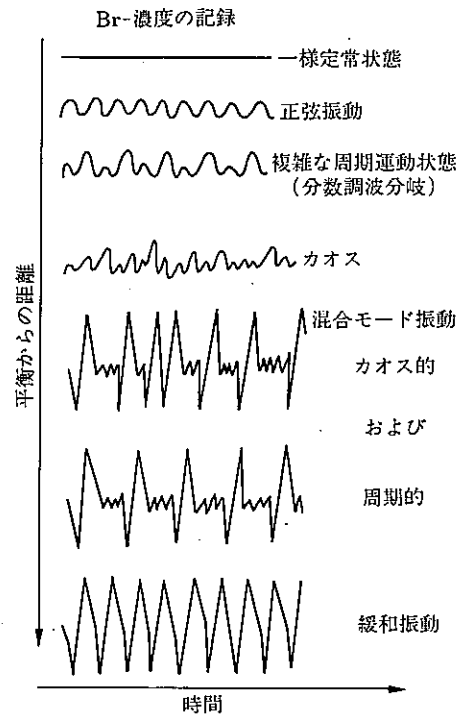
三、イリヤ・プリゴジンの非線形・非平衡熱力学

物質系における「自己組織性」の問題は、非線形・非平衡状態の熱力学が発展してきてはじめて注目を集めるようになったものであり、ほんのつい最近のことである。この非線形・非平衡状態における物質系の「自己組織能」は、ポラニーが「創発」を持ち出さざるを得ないとした点を更に解明し、「創発」のメカニズムを明らかにする上で重要な知見を提供してくれる。

熱力学はこれまでに三つの段階を経過して発展してきた。第一は平衡状態の熱力学であり、第二は平衡に近い

「線形」領域を扱う線形熱力学であり、第三は平衡から遠く離れた「非線形」領域を扱う非平衡熱力学である。非線形・非平衡熱力学の発展により、熱平衡状態にある物質系からは予想もできなかったような特質が発見された。ここにそのいくつかを示しておくことにしよう。

第一は、系を熱平衡から離していくと、系の状態は様々な分岐を経過していくことである。分岐点と分岐点の間では系は決定論的な法則に従う。しかし、分岐点の近くでは「ゆらぎ」が本質的な役割を演じ、系がたどるべき分岐を決定する。熱平衡から離れるにしたがって、系は空間的な定常パターンや時間的リズムを生じ、やがてカオス状態に至ることが分かった〔図4〕。



〔図4〕 ベルーソフ-ジャボチンスキー反応におけるBr-イオンの時間振動。図は、定性的な違いにもとづいて一連の分岐パラメータの領域を示す。あくまでこれは模式的表現である。実験データによれば、これよりはるかに複雑な系列が存在する。
(イリヤ・プリコジン、イザベル・スタンジェール著 [伏見康治・伏見誠・松枝秀明共訳] 『混沌からの秩序』、みすず書房、1987、p. 232)

第二は、「ゆらぎ」の役割である。熱平衡系ではゆらぎはほとんど何の役割も果たしていない。しかし非線形・非平衡系では大きな役割を果たしている。ゆらぎには、系が自発的に作り出すゆらぎと、系が外部の雑音として受け取るゆらぎがある。この二つのゆらぎが競合しており、系の内部では増幅したり減衰したりしている。系が分岐点に近付くとゆらぎは異常に大きくなる。ゆらぎがある臨界値を越えると、系の分岐点のところで見られる分岐の一つが選択され、それによって系の平均値自体が変化してしまう。分岐点における分岐の選択においては、熱平衡系における「大数の法則」は成立せず、確率的要因に支配されることが分かっている。

第三は、非線形・非平衡状態にある物質は「活性」を帯びていることである。この「活性」を帯びた状態にある物質の特徴は次のようなものである。「平衡状態では物質は盲目であるが、平衡から遠く離れた条件下では、物質は(弱い重力場や、電場のような)外界の違いを感じ、それを考慮に入れて機能し始める」¹⁾、あるいは、「平衡状態では分子は本質的に独立体として振舞い、互いに他の存在を無視しているが、非平衡は分子を目覚めさせ、平衡ではめったにおこらないコヒーレンス(多くの分子が一定の方向へ一定の速度で協調して動く運動)を生み出す」²⁾、と。つまり、非線形・非平衡状態においては、巨視的な距離を隔てている分子が互いに結びつく「長距離相関」³⁾が現出してくるのである。分子間相互作用は¹⁰センチメートル程度を越えることはないのに、各分子はあたかもマクロな長距離力が作用しているかのように全体的行動をとるのである。これは熱平衡状態においては見られない物質の特性である。この「長距離相関」が生じることによって、局所的現象が系全体に影響を与えることができるようになるのである。

第四は、非線形・非平衡状態下では、物質の活性やゆらぎの成長を通して、「熱的混沌から秩序への転移」⁴⁾が生ずるといふことである。この転移によって生ずる新しい状態は、与えられた系とその環境の作用を反映した「散

逸構造」をなしている。このように「不可逆性は、混沌から秩序を生み出す機構である」ことが明らかにされたのである。

プリゴジンらは、非線形・非平衡状態に置かれた物質系が「自己組織能」を通して生み出してくる「散逸構造」の観点から、「進化」を論じている。すでにプリゴジンらは、平衡から遠く離れた状態にあり、しかも系の大きさを分岐パラメーターに含んでいるモデルでは、「散逸構造の成長が不可逆な進化を生み出す」ことを見いだしている。プリゴジンらは、この「散逸構造」の成長の延長線上に生命の起源をとらえようと構想している。生命の起源の第一段階においては、「化学エネルギーを吸収し変換する能力を持ち、その結果、系を『平衡から遠く離れた』状態に押しやる機構（つまり散逸構造）の形成があった」と考えているのである。清水博は、このような動的な散逸構造から「生命システム」が生み出されるためには、散逸構造の「固定化」が必要であると指摘しているが、この固定化はあまり固いものでなく、ゆるい固定化でなくてはならない。

散逸構造が固定化されることによって進化してきた生命システムは階層構造を作り上げた。例えば、低分子、生体高分子、オルガネラ、細胞、組織、器官、個体、集団、社会、生態系といったレベルが指摘できる。プリゴジンは「創発」という概念を用いてはいないが、これらの各レベルにおいて、「要素的活動の性質とは全く異なる計画、それらを超越するような計画が実現されている」として創発的性質の発現を指摘している。

プリゴジンらは、物質系の自己組織性の問題を、様々なレベルの現象において見出し、分析・解明を進めている。例えば、化学反応系の自己秩序化、前生物的進化、細胞内組織のレベルでの制御機構、細胞レベルでの制御機構、細胞の分化とパターン形成、生態系の振舞い、社会的系の振舞い等々、多彩である。プリゴジンは散逸構造論への寄与によって、一九七七年にノーベル化学賞を授与されている。

カール・ポパーは、宇宙の歴史において最も重要な「創発」的事象として、①重元素の生成、②生命の出現、③意識の発現、④人間の言語と大脳の発現、という四つを指摘しているが、プリゴジンの「散逸構造論」は、これら四つの「創発」的事象の発現に関して、物質的基盤からのアプローチを提供している。

さて、脳の問題に立ち返ってみよう。脳は、非線形・非平衡状態に置かれた物質系が様々な自己組織を経過し、様々なレベルで構造の固定化が行われることによって出現してきた器官であり、階層構造のレベルを形成しているのとらえられる。脳の神経細胞には、興奮性のもものと抑制性のもものがあり、これらが組み合わされると自励的な非線形振動子となる。これは非線形・非平衡状態に置かれた物質が「活性」を帯びた状態に相当する。このような「活性化」した状態にある神経細胞は「コヒーレンス」や「長距離相関」を生み出し、「混沌から秩序への転移」を生ずるのである。清水博によれば、脳内部での神経細胞の興奮は、動的コネクションを作り出し、一種の散逸構造として自己組織されるといふ。例えば、LSD服用による幻覚では、様々な規則的図形が見られるがこの図形の起源は脳の視覚野における神経が互いに協力して興奮し、一種の散逸構造を作るために出現することが示唆されているといふ。

このような散逸構造としての脳は「意識体」を自己組織するものと考えられている。ここにおける「意識」は、スペリーのいう「脳が創発した意識」であり、エクルズのいう「自己意識を持った心」である。

注

1 イリヤ・プリゴジン「混沌からの秩序」、五〇頁。

2 前掲書、二四六頁。

- 3 前掲書、二四六頁。
- 4 前掲書、四八頁。
- 5 前掲書、三七七頁。
- 6 前掲書、二五五頁。
- 7 前掲書、二五八頁。
- 8 前掲書、二四一頁。

四、動力学理論の拡大

散逸構造に関する以上の議論はあくまでも現象論である。プリゴジンは動力学を拡大することによって、このような秩序の形成という不可逆過程を扱い得るようにしようと構想している。この試みは未だ完成をみていないが、その目指す方向は非常に興味深い。それ故、ここでその理論化の方向をごく簡単にしておくことにしたい。プリゴジンは従来の動力学理論の限界をどのようにとらえた上で、新たな理論を構築しようとしているのである。第一の限界は、自然の記述における「客観性の仮定」にあり、第二の限界は、「単純性の仮定」にあるととらえている。

前者は、「神に似せて作られた人間の心が、最初から手に入れることができた神の視点」に立つことができ、しかも「世界に関する唯一の真理、自然全体を解き明かす唯一の言葉を発見」することができるとする仮定である。⁽¹⁾しかし、このような世界の外部に視点を設定することの不可能性は、相対論、量子力学などの発展によって証明されていることである。

後者は、「世界は単純であり、時間に関して可逆的(基本方程式の時間パラメータを t に置き換えても、基本方程式は不変)な基本法則によって支配されている」という仮定である。近代科学建設にあたって選択され解明された現象は、落体運動、振り子の運動、惑星運動等々の時間的不可逆性を持った単純な対象であったため、「最も単純な現象が、自然全体を理解するための鍵」であるとする仮定が指導原理となってしまったのである。

しかしプリゴジンらによれば、自然記述は「対話」⁽⁴⁾であり、「我々が物理的世界に埋め込まれた巨視的存在であるという制約」⁽⁵⁾を免れることはできないにもかかわらず、従来の力学ではこの点が基本方程式の中に反映されていないという。

客観性と単純性の仮定に立脚する動力学理論においては、その基礎方程式は時間に関して対称な形式に定式化されるといふ特色を持っていた。そのために、時間に関して非対称な法則である「エントロピー増大の法則」を含む熱力学的現象は、動力学的には解くことができなかったのである。つまり、熱力学は、力学法則と両立するが、力学法則から導出することのできない新たな法則を基礎としているのである。

我々の住んでいる世界の記述において、時間に関して対称な法則を基本とする力学と、時間に関して非対称な法則を基本とする熱力学という、「二つの科学と二つの真理」⁽⁶⁾が存在しているというのは不満足な状況である。プリゴジンはこの世界を首尾一貫して記述するために、動力学そのものの拡大を構想した。

その拡大は、第二法則を自然の基本的事実として認め、それを動力学の中に取り込むことによって、「力学を『救済する』方法」⁽⁷⁾を探索するというものである。

不可逆性が問題となる場合には、軌道の考え方が意味を失う。従って系の記述には分布関数を用いざるを得ない。ここにおいて、エントロピーは位相空間上(あるいは超空間上)での演算子として表されるはずである。こ

のエントロピー演算子と系の時間発展を規定するリウヴィル演算子の非可換性から不可逆性が導出できる、というのがプリゴジンの主張である。これに関連して、時間も演算子で表されることになり、不可逆性と密接に関連した内部時間というものが定められることになる。詳細な議論はプリゴジンの著書に譲ることとする。プリゴジンの動力学の拡張は未だ試論の段階にあるが、極めて多くの示唆を含み、注目を集めている。

注

- 1 イリヤ・プリゴジン「混沌からの秩序」、九七頁。
- 2 前掲書、四一頁。
- 3 前掲書、八七頁。
- 4 前掲書、三八六頁。
- 5 前掲書、三八六頁。
- 6 前掲書、二七八頁。
- 7 前掲書、三〇九頁。

五、むすび

人間の「心」(mind)の「脳」に対する「作用力」を論ずる場合、唯物論的「心脳理論」では物理的世界の自己完結性が前提とされているため、この「作用力」の問題は取り上げることができない。しかし、非唯物論的「心脳理論」、特にスペリーやエクルズの理論によるならば、可能となる。

これらの「心脳理論」は、「創発」という概念をその理論化の核に取り込んでいる。しかしこの「創発」はいわばブラック・ボックス的概念であり、内容が与えられていない。本稿はこの「創発」のメカニズムの明確化を試みたものである。

はじめに、マイケル・ポラニーの「創発論」を取り上げ、彼が「創発」という考え方を導入せざるを得なかった理由を考察した。そして、それは、自然界に見られる各階層間の関係は還元主義的手法で構成することができない、つまり、「いかなるレベルも、そのレベルの境界条件を制御するはたらきをもつ、より上位のレベルを生み出すことはできない」と述べられていることから明らかのように、「境界設定」の法則が一体どこから来るのかが不明なため、「創発」という考え方が導入されてきたことをつきとめた。

しかしこのような形で要請された「創発」は、物質系の「自己組織能」を通して出現してくる「散逸構造」の「固定化」とその累積という過程から見みるならば、物質の特性から理解できるものと思われる。「固定化」された「散逸構造」は、新たな境界条件を生み出し、構成要素には還元し得ない新たな法則を現出するとともに自己自身にその法則を課すことになるのである。

物質系の「熱力学的分岐」と「散逸構造」の「固定化」の連続的發展過程として「進化」をとらえることにより、自然界の階層構造が理解される。例えば、物質レベルでの「散逸構造」の「創発」とその「固定化」、細胞レベルでの「散逸構造」の「創発」とその「固定化」、器官レベルでの「散逸構造」の「創発」とその「固定化」、生態系レベルでの「散逸構造」の「創発」とその「固定化」など、様々なレベルで説明が進められている。

「脳」は人間の器官の一つである。「脳」は「散逸構造」を呈しており、それが「創発」する新たな性質として「心」を理解するというアプローチが提唱されているのであるが、非線形・非平衡熱力学で明らかにされた知見を以てするならば、「意識」の「創発」に対しても物質的側面から更に厳密な議論が可能となることを見た。

しかし、このように様々な物質レベルで「散逸構造」が見い出され、それが「創発」する新たな性質が解明されても、これはあくまでも現象論的議論の域を出ていない。しかしプリゴジンらの研究は根本的なところへと進んで行く。すなわちそれは、このような「混沌からの秩序形成」を、如何にして動力学的にとらえ得るかという方向である。彼らは古典動力学に熱力学の第二法則を組み込むことによって不可逆過程を動力学的に扱えるようにし、そこで「自己組織性」や「散逸構造」を論じようとしているのである。プリゴジンらの構想はいまだ試論の段階に止まるが、その目指すところは、現代自然科学を大きく書き換えることになるものと思われる。

*本稿執筆の際、草稿段階において、永安幸正早稲田大学教授、望月幸義モラロジー研究所研究部部長、高巖同研究所研究員、宗中正同研究所研究生から、貴重なコメントを頂戴した。記してここに謝意を表したい。