

# 複雑系の中の自由

小林 道憲

## 複雑系の中の自由

小林 道憲

無数の要素の相互作用から自己自身を形成していく動的系を、〈複雑系〉というとすれば、宇宙、物質、生命、社会、すべて複雑系である。二十一世紀の新しい科学の方向を指し示している〈複雑系の科学〉は、そのような世界を明らかにしている。この論文は、その世界の偶然性、非決定性、不可逆性などを取り出し、自然を因果律によって単純化し決定論的にとらえた近代科学を批判したものである。

### 1 非決定性と不可逆性

#### 対称性の破れ

鏡に物を映したときのように、自然は対称性をもっており、対称性のある法則によって支配されているという考えは、古典物理学から現代物理学に至るまで、自然科学の基本的思考であった。素粒子の分類においても、基本的な対称性が常に求められていた。しかし、自然が対称性をもつという考えは、自然を、生成ではなく存在として、動的なものではなく静的なものとして眺めようとする傾向をもつ知性の産物である。

自然は、むしろ、自発的な対称性の破れによって、自己自身を形成してきた。たとえ、法則そのものが対称性をもっていたとしても、その実現においては、対称性は破られねばならない。もともと、われわれの宇宙そのものが、物質と反物質の対称性の破れから形成されてきたと言われる。われわれの宇宙は、膨張開始直後において、物質の方が反物質に比べて少しだけ寿命が長かったために、対称性が破れ、物質だけの宇宙が形成されたという。われわれの宇宙は、物質によってのみ構成されており、反物質は、実験室でまれに作り出されるだけである。ここには、極端な非対称性が見られる。宇

宙の進化過程でも、宇宙は、一定方向への対称性の破れによって、様々な自己形成を行なってきた。

自己組織化理論が記述する自然現象においても、平衡から遠く離れた条件下では、対称性を破る不安定性が現われる。そこでは、系内部に生じた小さくゆらぎが、非平衡下の相互作用によって増幅され、ある時点で、どちらの方向に進めばよいか分からなくなる分岐点に差しかかる。そのとき、偶然が働いて、対称性が破れ、一定方向への自己増殖的な自己形成（相転移）が起き、全体構造が一変する。自発的な対称性の破れは、新しい構造や形態を形成する上で、重要な役割を果たしている。

世界は、対称性が破れていくことから、無限の分岐が起き、より複雑化してきた。非平衡状態では、ある段階で安定状態が崩れ、多くの分岐が生じる。分岐現象の多くは、対称性の自発的破れを伴っている。だから、この世界は、対称性をもった単一の基本原理には還元することができない。自然は、まるで一つの意志をもっているかのように、一定方向に自己自身を形成する傾向性に支配されてきたのである。自然には

いつも傾きがある。

このような対称性の破れと分岐現象は、宇宙創成時の力の分岐、素粒子の対称性の破れ、物質の状態変化や相転移、細胞分化、生物の成長や進化、技術革新など、宇宙から社会まで、すべての領域で見られる。宇宙にしても、物質世界にしても、生命世界にしても、人間社会にしても、その形成過程には、いつも〈ゆらぎ〉があり、どちらの方向に進んでいけばよいのか迷っていることがある。そのような迷いの中で、どちらか一方を選択することによって、世界は一変するのである。

もしも、行為という言葉によって、人間の意図的行為ばかりでなく、自然の運動や作用なども含めて考えることが許されるなら、宇宙、物質、生命、社会、どこでも、二者択一する行為が、世界を限定し、世界の形成を起こしていると言える。行為するということは、対称性を破ることであり、選択である。そして、それが世界の新しさを創造する。世界への行為の投げ出しが、世界を形成していく。世界は生成する。しかも、生成するということは、行為することである。〈あ

る>ことは<なる>ことであり、<なる>ことは<なす>ことなのである。世界は、必ずしも、不変・不動の法則によって支配されているのではない。

### 偶然性の働き

世界が対称性の破れによって自己自身を形成し、しかも、それが、その時々<の>行為の選択によるとすれば、そこでの偶然性の果たす役割は大きい。宇宙や物質、生命や社会、どれをとっても、その生成変化は、それを構成する諸要素の偶然の出会いから起きる。偶然の出会いが、多くの分岐点をつくり、複雑性を作り出していく。世界は、偶然から作り出される即興劇である。宇宙から社会まで、思いもかけないことが次々と起き、多くの偶然が重なって、一つの流れが作られる。ほんのちょっとした事件をきっかけとして、予想をはるかに超えた巨大な事件が生起する。偶然は、人生同様、世界の運命を左右している。

自己組織化理論でも、系内部の<ゆらぎ>や、それが成長して形成されてきた分岐点では、偶然性が働く。自己組織

系の分岐点においては、系の次の状態を、決定論的法則によってあらかじめ予測することができない。むしろ、偶然の相互作用が、一方向への選択を決断させる。偶然が決断を促し、迷っている系を、新しい方向へと突き動かしていくのである。カオス理論でも、それが把握する系では、たとえ方程式が決定論的に記述されていても、初期条件のわずかな誤差という偶然が、結果の巨大な変動をもたらす。最初の極めて小さな原因が、無視できない大きな差異を生む。そこでは、必然性の中に偶然性が含まれている。確かに、古典力学や相対性理論は、決定論的法則のもと、偶然性を排除し、無視しようとしてきた。しかし、それは世界の理想化にすぎず、現実の世界を記述するものではない。相互連関から自己形成してやまない現実の世界は複雑系であり、偶然に満ちている。そして、その偶然が、世界の形成の方向を左右している。

もともと、この宇宙の誕生そのものが、反物質に対する物質の寿命のわずかのズレという偶然から出発していた。また、生命の誕生においても、化学進化の途上、たまたま

右巻のRNAが誕生し、それが急激に自己増殖したために、この地球上には、右巻の螺旋配列をもった遺伝子からなる生命しか生まれなかった。さらに、アフリカ大陸で、樹の上に住んでいた類人猿が、たまたま草原に降りてきて、道具を作ったことから、人類社会は形成されてきた。いつも、原初は偶然によって開始される。

天体と天体の出会い、素粒子と素粒子の出会い、分子と分子の出会い、生命体と生命体の出会い、人と人との出会い、どれも偶然に依存している。世界は、偶然の出会いから一つの方角を定め、もはや歴史的に逆戻りのできないものにまで拡大してしまう。人間の歴史ばかりでなく、宇宙や物質、生命の形成や進化そのものが、常に偶然によって左右されている。確かに、宇宙の誕生から生命の発生まで、その生成は必然であったかも知れないが、そこには、また、多くの偶然が含まれるのである。

今ここに咲く一輪のユリの花も、一つの出来事であって、今ここにそのような形をもって存在する決定論的必然性が、必ずしもあるわけではないのである。

## 非決定論的自然

自己形成する世界の至るところで、偶然が大きな働きをしているとすれば、この世界は非決定論的に動いているのだと言わねばならない。

なるほど、古典力学は、一つの系の振舞いはその初期条件によって決定されていると考え、決定論的世界観を提示した。古典力学によれば、系の初期状態（位置と速度）が分かれば、その後の系の状態を厳密に決定することができる。いわば、宇宙は、神の一撃によって運動し始め、以来、不変の運動方程式に従って、時計のように運動し続けているということになる。実際、ニュートンの打ち立てた力学的自然観では、宇宙は因果律に支配された巨大な機械であって、未来は原理的に正確に予測できるものと考えられた。この点では、現代物理学でも、相対性理論は、古典力学の考えを引き継ぎ、最後まで決定論の牙城を死守しようとしてきたと言える。

しかし、この古典力学から相対性理論に至るまでの決定

論的世界観は、現代物理学のもう一つの原理を用意した量子力学によって破られている。よく知られているように、ミクロの物質世界では、不確定性原理によって、粒子の位置と運動量は、ただ、確率論的にのみ予測できるだけである。例えば、電子の位置と運動量を同時に確定しようとして、測定のための光を照射すると、光子と電子とが相互作用し、電子の位置や運動量を同時には確定できなくなる。量子力学は、このことを明らかにし、非決定論的自然の扉を開いた。もっとも、量子力学は、粒子の存在や粒子の崩壊を確定的に予測することはできないが、確率的には予測できるとするものであって、そこにはなお、決定論的考えが残っている。量子力学的世界観は、神様がサイコロを振っているかのような法則性に従って現象が起こるという見方をしているのである。

だが、その後、熱力学の新しい解釈から登場してきた自己組織化理論は、自然の非決定性を、量子力学以上に強調した。自己組織化理論によれば、系内部の〈ゆらぎ〉の増幅によって形成された分岐点では、決定論的記述が不可能に

なり、系全体は、どちらの方向へ自己組織化していくのか予測できなくなる。むしろ、一定方向への自己組織化は、そこでの確率論的偶然が決定することになる。

カオス理論でも、その方程式は決定論的に出来ていても、その振舞いは、初期条件への鋭敏な依存性のために、確率論的になる。初期条件のわずかの誤差が増幅されて、結果として、大域的な不確定性が出現するのである。カオス理論は、決定論的法則の中に非決定論的現象が含まれることを明らかにし、決定論と確率論、必然性と偶然性、秩序と無秩序が密接に結ばれていることを発見した。

自己組織化理論でも、カオス理論でも、自己形成する自然においては、初期条件を定めても、一義的な結果を演繹することができず、系の将来を正確に予測することはできない。科学は一般に法則定立を志向してきたが、ここでは、その法則定立そのものの限界が露呈する。カオス理論が明らかにしたように、初期条件のほんのわずかな変化でも未来の振舞いを大きく変えるから、たとえ決定論的法則が立てられたとしても、そこには予測不可能性が含まれる。自

然の大部分は、むしろ、非決定論的に生成発展し、創発していくものだと考えねばならない。

非決定論的自然を決定論でつかもうとすると、決定論ではつかむことのできないほとんどの領域が残ってしまう。自然は、決定論的法則によってつかめたと思ったとたん、すぐに別の様相を現わし、遠退いていく。自然は、予測を頑として拒む部分をもっている。今までの科学は、自然の中の理想に近い部分、つまり、初期条件から決定論的に演繹できる部分だけを扱っていたにすぎなかったのである。

実際、この宇宙でも、古典力学的な決定論は、比較的短い時間の範囲内では成り立つが、何十億年にもわたる長い時間の範囲でも成り立つわけではない。どこにどのような銀河が形成され、どこにどのような星が誕生するか、何一つ決定論的法則によっては予測できない。宇宙は一つの乱流であって、銀河や星の分布も一様ではない。たとえ宇宙の始まりが決定論的法則で記述されたとしても、初期条件のちょっとした誤差によって、その後の宇宙の方向は大きく変わる。宇宙は、生命に似て、分岐と分化を繰り返す

ながら、絶えず新しいものを生み出し、進化してきた。そのような宇宙の創造性を、決定論的法則で予測することはできないのである。

ミクロの物質世界でも、量子力学と古典力学との境界領域には、厳密な数学的取り扱いのできないカオスが生じるし、生命世界では、ますます決定論は成り立たなくなる。例えば、生物の進化を決定論的法則で予測することはできない。進化する生命世界では、その後に見られる形態や構造をあらかじめ記述することはできない。遺伝子が生物の進化を決定しているのではない。むしろ、遺伝子そのものが、環境の変動に応じて柔軟に組み変わっていく。また、生命は、ダーウィンの言うような自然選択という外的決定要因がなくても、時に爆発的な分岐を生じ、進化することがある。動物の行動や習性も、環境との相互作用によって主体的に獲得されていくものであり、機械論的決定論では解くことができない。生命は学習し向上する能力をもっているから、決定論的法則の初期条件だけでは、その将来の方向は把握できないのである。

人間の社会や歴史に至れば、そのほとんどが非決定論的要素によって支配されている。人間の営む社会は、無数の成員の相互規定によって成り立っているから、そこには二重三重の偶然性が生まれ、社会や歴史の未来は不確実となり、予測することができない。社会や歴史に、決定論的法則を立てることはできない。

諸要素の相互作用から自発的に自己自身を形成していく複雑系の構造は、物質世界や宇宙、生命世界や社会すべてに見られる。決定論的法則では、この自発性をつかむことができない。決定論は、世界の次の段階に創発してくる新しいものを予測することができないのである。そこには、決定論的法則では把握しきれない飛躍がある。人間の社会や歴史も、不確実であり、意外な出来事によって変化していく。自然にも偶然性が忍び込み、予期に反した事件が起きる。決定論的法則が成り立つ部分は、自然界でも限られており、そのほとんどの部分は、非決定論的世界である。世界は、計算可能な範囲をはるかに超えているのである。科学は、このような非決定論的世界を、非決定のままで把

握する努力をしなければならない。

同じことになるが、複雑系としての自然や社会を、単純な因果律によっては把握できない。複雑系では、諸要素は相互に関連し合っているから、原因—結果の関係は錯綜する。ここでは、たとえ同じ一つの原因があっても、それを可能にする条件や、それを受け取る内部状態が違えば、結果はまるで違ったものとなって現われてくる。また、結果が原因へ回帰してきて、原因を変化させ、それがまた結果の変化をもたらすという循環論も成り立つ。そのため、一因に対して一果を対応させる単純な因果律は、ここでは成り立たない。

世界は、過去から現在へ、現在から未来へと、絶えず発展し成長していつている。したがって、このように進化していくものを、単純な因果律によって、決定論的に記述することはできないのである。因果律には、過去は現在を規定し、現在は未来を規定しているという時間的因果に関する臆見がある。しかし、実際には、宇宙も物質も、生命も社会も、いわば過去の経験を乗り越えて、現在を確立し、

現在の経験を乗り越えて、新しい未来を獲得しようとしている。このような世界は、単純な機械論的因果律ではつかめない。因果律を突き詰めれば、太古の初期条件によって、現在も未来も規定され、その結果は前もって決定されているという考えになる。しかし、ここでは、現在が過去を乗り越え、未来が現在を乗り越えていくことが度外視されている。自己自身を形成する複雑系としての世界は、単純な因果律では把握できないのである。

### **不可逆な自然**

不断に進化していく世界の過程は、宇宙の進化や生物の進化に見られるように、不可逆である。世界は逆戻りすることはない。この世界では、過去に遡って同じ条件を設定しても、同じことが起きるとは限らない。

ところが、古典力学では、その自然法則は、時間を反転しても変わらないと考えられてきた。古典力学の可逆的法則では、世界の軌跡は、法則通りに過去へ遡ることができる。ちょうど、巻き戻しで見るビデオ映像のように、古典

力学の世界では、逆戻り現象がありうると考えられている。これは、古典力学の驚くべき先入観であり、むしろ、自然認識上の欠陥だと言わねばならない。この古典力学の仮定では、不可逆な自然をつかむことができない。古典力学の可逆的法則では、実際の自然を記述することができないのである。

実際、われわれが目にする自然においては、老人が壮年や青年や幼児に逆戻りすることもなければ、壊れた壺が自然に元へ戻ることもない。自然は、予測できない出来事や偶然によって重大な結果をもたらす。自然は一つの歴史であって、しかも、歴史は繰り返さない。このような不可逆な自然は、可逆で均質な時間の中では記述することができない。ヘラクレイトスの言うように、われわれは同じ流れに立つことはできないのである。

古典力学ばかりでなく、二十世紀初めに登場した相対性理論も量子力学も、どれも可逆な世界を前提していた。この点では、相対性理論も量子力学も、古典力学の仮定を引き継いでいたことになる。なるほど、量子力学は、自然の

非決定性はわずかにとらえた。しかし、自然の不可逆性をとらえることはできなかった。この辺に、なお、量子力学の限界がある。可逆的仮定では、宇宙や物質、生命や社会の<進化>というものが解けなくなるであろう。無秩序から秩序へ発展していく不可逆な過程を、古典力学も現代物理学も把握できなかったのである。

もともと、熱力学は、古典力学の仮定に反して、すでに自然の不可逆過程を問題にしていた。熱力学第二法則が認識していたように、閉鎖系では、エントロピーは常に増大し、最終的には無秩序な熱平衡に至る。しかも、その逆はない。

二十世紀後半の自己組織化理論は、この熱力学が認識していた自然の不可逆性を再解釈して、不可逆性と無秩序が、むしろ秩序の源泉になることを明らかにした。不可逆性は、混沌から秩序を生み出す。非平衡下の開放系では、エントロピーは逆に秩序を生み出すという解釈が提出されたのである。宇宙も、地球も、生命も、社会も、エントロピーを外部に放出しながら、内部のエントロピーを減少させて、

自己組織化していく。自己組織系は、エントロピーの増大に対する戦いである。この考えは、自然観に大きな転換をもたらした。今日の自然科学の新しい方向も、決定論的で可逆な過程を記述する科学から、非決定論的で不可逆な過程を記述する複雑系の科学へと、大きくベクトルを変えてきた。このことに、自己組織化理論の果たした役割は大きかった。

生命や社会はもちろんのこと、宇宙や物質世界でも、不可逆過程は世界の建設的な役割を果たしている。例えば、われわれの宇宙も、誕生以来、短時間で急激に膨張し、温度の低下とともに、熱力学的相転移を繰り返し、進化してきたと言われる。その相転移とともに、重力、強い相互作用、弱い相互作用、電磁気力と、宇宙の力も分岐し、クォーク、素粒子、電子、原子核、原子、分子、銀河、星、惑星と、多様な宇宙構造を生み出してきた。われわれの地球も、その過程で誕生し、やがて生命を生み出すとともに、それらは相互に作用しながら、互いに成長進化してきた。

その過程は、分化と多様化であり、複雑性の増大にほか

ならなかった。それは、膨張する宇宙が非平衡であったからであり、自己組織系だったからである。自己組織系内部では、エントロピーは減少し、複雑性は増大する。宇宙の進化も、地球や生命の誕生も、そのような複雑性の増大の過程で生じ、どれも不可逆な過程である。不可逆な過程では、絶えず新しい出来事が生成し、その過程は非決定論的である。宇宙は、いわば自分自身の法則を選択しながら、進化してきたことになる。生命の営みも、人類の歴史も、この宇宙の不可逆な進化の一過程を担っている。

世界は不可逆な歴史をもつ。人間の歴史ばかりでなく、自然もまた過去の履歴をもち、その上に現在の経験を積み重ね、未来の新しい経験に引き継いでいく。宇宙も、物質も、生命も、不可逆な歴史をもつ人間社会に似ている。非決定的で不可逆な自然の過程を記述する科学が求められねばならない。そのためには、むしろ、人文科学や社会科学的世界観を、自然科学の世界観に及ぼしていく必要がある。近代物理学は、対象の〈いま〉〈ここ〉の瞬間のあり方しか記述せず、対象の履歴をあまりにも無視してきた。

もしも、この世界が決定論的で可逆な法則に支配されているのなら、思いもかけない予測不可能なことが起きるといふようなこともなく、新しいものが登場するということも何一つないはずである。しかし、世界は時々刻々新しい。世界には、絶えず、新しい出来事が積み重なっていく。新しい出来事が付け加わった分、過去と現在には飛躍があり、非連続がある。かつて生起したものは、再び生起することではなく、現在生起しているものは、将来再び生起することはない。永遠の新しさ、それが、常に自己自身を形成していく不可逆な世界の真理である。ヘラクレイトスの言うように、万物は流転し、太陽は日に日に新しい。

## 自由と創造

不断に新しいものが生成している世界にこそ、自由はある。現在の創造の瞬間から、新しいものが生まれる。瞬間はいつも新しさを含んでいる。その新しいものを生む創造性は、予測することができない。予測することができない創造性にこそ、自由は宿っているのである。

世界の自己形成の過程には分岐点というものがあり、その分岐点には多くの可能性がある。その可能性のうち、どの道を選択するかということに関しては、人間世界や生命世界はもちろんのこと、物質世界や宇宙においてさえ、不確定性と自由度がある。確かに、どの系も、その分岐点では、どの方向を選ぶか逡巡している時がある。しかし、その逡巡を断ち切って、一つの方向を選択することから、新しい自己形成は始まる。そして、そこに、過去からの延長では予見することのできない自由がある。

なるほど、古典的な自然法則では、一般に、初期条件を一定にすれば、その後の事態はすべて予測できるとされている。その後の事態は、すべて、初期条件の中に含まれていたものの展開にすぎない。しかし、この決定論的自然観では、現在の創造の瞬間をとらえることができない。創造の瞬間には、自由がある。したがって、たとえ初期条件が一定であっても、結果は一義的には定まらない。同じ初期条件からでも、多くの結果が生じうる。自己形成する世界は、人間世界や生命世界はもちろん、物質世界でも、初期

条件には縛られない自由をもつ。

古典的自然法則が則っている因果律は、過去から現在をつかみ、現在から未来をつかもうとする。しかし、生成する世界の途上においては、進行しつつある事態そのものが、その因果律に従うかどうかは、必ずしも定かではない。現在は、過去にのみ束縛されてはいない。未来も、現在にのみ拘束されてはいない。自由は必然に属さない。自由は、むしろ偶然と親しい。自由は偶然を含み、偶然の中から新しい方向を見出し、新しいものを創造していく。

なるほど、われわれの太陽系の動きや地球上での物体の落下は、必然的な決定論に従っているように見える。そこには、何一つ自由というものはないように思われる。しかし、それは、ある極限された範囲内で近似的に成り立っているにすぎない。もっと広大な宇宙や物質世界では、いつも予見可能な必然的法則が成り立つとは限らない。むしろ、宇宙や物質は、決定論的法則ではつかめない面をもっており、それを破る自由をもっている。まして、それ以上の生命世界や人間世界においては、自由度はより高まる。むしろ

ろ、法則を破る自由な行為によって、世界は新しく自己自身を形成していくのである。

世界は変化してやまない。世界は絶え間なく自己を差異化している。生成する世界は、休むことなく自己を乗り越え、新しいものを創造し進化している。そこに、世界の向上と飛躍がある。自由の源泉も、そこに求められねばならない。

## 2 近代科学批判

### 自然の単純化

確かに、ニュートンは、その力学体系の中で、三つの運動法則と万有引力の仮説のみで、天上の惑星の軌道や地上の物体の運動を、その決定論的な法則に支配されたものとして、統一的に記述した。そこでは、均質で一様な絶対空間と絶対時間が前提され、さらに、質量をもちながらも空間を占めることのない質点というものが仮定され、質点と質点の間に働く運動法則が打ち立てられた。そうすれば、

初期条件における質点の位置と速度のみを知ることによって、その後の質点の位置は、すべて計算することができる。こうして、ニュートン力学においては、世界は、数学的関数によって決定論的に記述することができる機械論的体系となった。ここでは、すべては初期条件によって決定されているから、未来は例外なく予測可能である。このような決定論的な記述のもとでは、事物は、古典的因果律のもと、一定の法則に支配されて、決められた軌道に沿って動いているだけにすぎない。そこには、何一つ自由というものはない。世界は、一定の運動方程式に支配された機械論的秩序の中に固定されてしまったのである。

このような機械論的自然観が確立されるには、時計が普及した西欧十七世紀の社会状況も考慮しておかねばならない。多くの歯車やゼンマイによって動く時計という自動機械は、目に見えない時間を目に見える数値に変換し、時間の計測を可能にした。ちょうど、それと同じように、自然もまた時計仕掛けの巨大な自動機械であって、最終的には、数学的法則に則るものと考えられるようになったのである。

デカルトやニュートンは、このような機械論的な自然観を確立するのに大きく貢献した。

近代科学の機械論的自然観の特徴は、何よりも、複雑なものを単純化するというところにあった。それは、自然を、まず、単純な要素の集まりで構成され、単純な数学的法則に従って動く機械とみなしたのである。ちょうど、ピュタゴラスが、この宇宙を、単純な数の比例によって構成された秩序と調和であると考えたように、ニュートンは、自然を、単純な数学的法則に従うものと考えた。これは、近代自然科学の決定的モデルとなった。本来、複雑な系を単純な系に還元し、単純な図式で説明することは、不可能である。ところが、近代の自然科学は、単純化し理想化したモデルを立てることによって、単純な法則に支配された自然という幻想を作り上げた。

実際の物理空間は、一定の広がりをもった剛体によって占められ、その運動や衝突には、摩擦もあれば誤差もあり、多くの偏りや損失がある。ところが、古典物理学は、理論の単純化のために、そのような剛体が置かれている連関性

や場を無視してしまった。古典物理学は、自然の複雑性を捨象し、抽象化してしまっただのである。単純な決定論的法則によって自然を説明するには、逆に、自然を、数学的法則によって説明しうる範囲内に限定し、その限られた範囲内で、特定の理想化された抽象物を扱う以外にない。しかし、現実の生成する自然へ戻ってきたなら、この単純化された機械論的自然観はほとんど成り立たないことが分かるであろう。

もともと、この世界のすべてのものを決定論的法則によって説明しうるとする考えには、限界がある。世界に生起する事象は、必ずしも、必然的法則に支配されてはいない。確かに、古典物理学は、惑星の軌道や物体の運動を、決定論的法則に基づいて予測することができたが、その決定論的法則は、自然の極く限られた範囲内で成り立つものにすぎなかった。古典物理学の正確さは、一種のフィクションである。その意味では、古典物理学の決定論的世界観をなおまだ引き継いでいる相対性理論にも、限界があると言わねばならない。古典物理学はもちろんのこと、相対性理論

でも、相互連関性から自己自身を形成していく複雑系としての自然は解けない。

一般に、古典物理学が単純化した自然ではなく、現実の複雑な自然においては、何が起きるか予測できない。先々の天候や地震の発生を法則に基づいて正確に予報することができないように、多くの変数が相互作用する系においては、時間が経過すればするほど、カオスが現われ、その振舞いは予測することができなくなる。まして、生命の進化などに至れば、どのような形態のものが生み出されるか、予測することができない。自然は、物質、生命、精神と、階層的秩序が高まるに従って、自由度が高まり、ますます決定論的法則によってはとらえにくくなる。しかも、その自由は、宇宙や物質の創成そのものから始まっているのである。

生成変化するということ、絶え間なく新たなものが生成するということが、実在そのものの姿であって、それは予見不可能である。自然は、常に、決定論的法則を破る自由をもっている。そのような自然を、決定論的自然法則によ

って、無理やり把握しようとしたなら、自己自身を形成してやまない自然を殺してしまうことになるであろう。法則定立とか予見可能性は、むしろ、科学の本質ではないと考えねばならない。

### 相互作用の無視

近代の機械論的自然観は、また、要素還元主義によっても特徴づけられる。要素還元主義は、デカルトが考えたように、複雑な対象を単純な構成要素に分割し、複雑さを除去することによって、自然の明晰な認識に至りうるとする。この考えを徹底すれば、この世界は、物理学のクォーク・レベルにまで還元され、それが、世界のすべてを決定していることになる。要素還元主義は、世界をその最終的要素にまで分解した後、その要素の総和として、自然を再構成しようと考えたのである。機械論的自然観と要素還元主義、決定論と還元論は、近代科学を推し進めてきた車の両輪であった。

しかし、実際には、自然は複雑系である。そこでは、無

数の要素が相互に関連し、相互に浸透し、相互に作用し合っているから、それを、独立した諸要素に切り離すことはできない。諸要素は相関的にのみ存在し、相互関連の場において働き合っているのだから、クォークやDNAが見つかったとしても、それでもって、すべての物質現象や生命現象を決定論的に記述できるわけではない。クォークやDNAが、すべてを決定しているのではない。むしろ、それらの相互作用から、それらの要素にはなかった構造が創発してくるのが、実際の自然である。自然は、基本要素の単なる集合ではない。要素還元主義は、部分の総和以上のものを生み出しうる自然の自己形成能力を捨象してしまった。宇宙、物質、生命、社会、精神と、世界は、より上位の階層に飛躍すればするほど、より複雑でより新しい特性を創発してくる。近代科学の要素還元主義は、この創発する世界をとらえ損なったのである。

古典力学は、さらに、自然の不可逆過程を記述することができなかった。古典力学は、可逆な系しか記述しない。だが、実際の自然は、相互関連性からなる複雑系であって、

不安定性を常にもち、不可逆である。それは、古典力学の可逆な運動法則には則らない。それどころか、飛んで行く矢のように、時間そのものが不可逆である。古典力学は、このような自然の不可逆過程や時間の不可逆性を無視してしまったのである。

実際、宇宙も進化し、物質も複雑化し、生命も進化する。社会も発展し、われわれの精神も、経験を積み重ねて成長する。その過程は不可逆であり、不断に新しいものを産出する過程である。生命や社会はもちろんのこと、宇宙や物質も、一回限りの歴史をもつ。このような不可逆な世界を考えるなら、古典力学による自然の可逆な記述はほとんど成り立たない。それどころか、古典力学を引き継いで、なお可逆な時間を前提する相対性理論や量子力学でも、自然の不可逆過程を記述することはできない。相対性理論や量子力学も、今日の宇宙論で試みられているように、逆に、不可逆過程を記述しうるように改良されねばならないであろう。

わずかに、古典科学で、自然の不可逆過程を記述してい

た熱力学は、初期条件に支配された決定論的過程ではなく、初期条件に支配されない非決定論的過程を認識していた。だから、この熱力学の再解釈に基づく自己組織化理論は、自然の単純化ではなく、複雑化を、要素への還元ではなく、要素の相互作用からの自己形成を説いた。複雑系の科学は、この理論に源泉をもっている。

古典物理学は、つまるところ、自然における複雑な相互作用を無視し、それをできるだけ消去する方向に向かっていった。古典物理学は、自然を単純化し理想化するために、要素間の相互作用や環境との相互作用を度外視し、それに伴う誤差を消去しようとしたのである。しかし、この要素間相互作用や環境との相互作用と、それに伴う誤差が、実は、自然を大きく変化させていく。現実の自然は、個と個、場と個、部分と部分、全体と部分の相互作用の中で自己自身を形成していく複雑系なのである。

自然は、いわば、歯車と歯車が相互作用している時計のようなものである。その時計は、確かに、時間を、算術的に等分化した数値として表現することはできない。しかし、

実際の自然は、不安定性や無秩序、複雑性やムラをもった時間しか表示できない時計のようなものである。古典物理学は、そのような自然から、複雑性や不安定性や無秩序を排除しようとしてきた。

自然が、要素間相互作用によって複雑な様相を呈し、非決定性を内に含んでいるということは、すでに、古典物理学内でも、多体問題が解けないというところに現われていた。つまり、三個以上の物体が相互作用している系は、極めて複雑な軌道を描き、その振舞いは、初期値のわずかな誤差によって大きく変動し、初期条件からは決定論的に予測できない。

また、量子力学でも、ハイゼンベルクの不確定性原理は、観測される系と観測者との相互作用を、その体系の中に読み込んだ。観測という行為が観測される世界を乱し、世界は不確定になる。観測という行為と観測される系は相互作用する。このような現象は、ミクロの世界ばかりでなく、生命や社会など、それ以上のレベルの世界になれば、むしろ始終現われる。というより、そういう相互連関と相互作

用によって、世界は常に変動しているのである。

### 世界の不完全性と生成

宇宙は、ピュタゴラスが描いたように、完全な秩序でも比でもない。宇宙は完成されていない。だからこそ、宇宙は進化する。世界は、不完全ゆえに、生成するのである。ゲーデルの不完全性定理は、このことを、隠喩として含んでいた。無矛盾の数学的公理体系でも、その中には必ず真偽の証明の不可能な論理式が含まれてしまい、その体系そのものは不完全だというのが、ゲーデルの不完全性定理である。無矛盾の体系の無矛盾性を、その体系自身によっては証明できない。不完全性定理は、数学や論理学の体系の完全性への信仰を打ち砕いた。しかし、これは、むしろ、数学や論理学の公理体系の不完全性や無根拠性を暴くことによって、その体系の発展性あるいは開放性を主張したものと解釈しなければならない。そればかりか、われわれの世界そのものが不完全であり、それゆえにこそ、発展していくのである。

世界はもともと不完全な体系であって、それを記述しようとするれば、その記述を超える沈黙の領域が現われ、いつも無限遡及や循環論や自己言及に陥る。無限遡及や循環論や自己言及は、形式論理から言えば矛盾であるが、世界は、まさに、この矛盾によって自己形成していくものなのである。無限遡及こそ、世界の無限の形成を可能にし、循環論や自己言及こそ、新しい世界を作り出していくことに貢献している。世界を、常に動くものとして、形成しゆくものとして見ていくなら、無限遡及や循環論や自己言及も、矛盾ではなくなるであろう。むしろ、それらは、生成のためには必要なものである。科学は、世界を単純化するものであってもならないし、世界の完全性を追求するものであってもならない。むしろ、不完全なものを不完全なままに、生成するものを生成するままに理解する科学が必要である。複雑系の科学は、確かにその可能性をもっている。

われわれは、生きた自然、創造的自然をとらえる努力をしなければならない。自然は、自分で自分を産出する系であり、新しいものを生み出し、自己自身を形成しゆく創造的な系で

ある。機械論的自然観は、このような生きた自然、生産的自然を、何一つ説明しえなかった。機械論的自然観では、一個の受精卵から一個の個体が発生してくることも、生物が成長し進化することも解けない。それでも、なお、機械論的自然観を生きた自然に無理に当てはめようとすれば、自然を単なる惰性の体系に貶めたり、生きものを、単に刺激に対して機械的に反応するだけの刺激反応機械にすぎないものとしてしまうことになる。近代の科学は、生きたものを、あまりにも死の平衡状態から見すぎていた。

生成するものを、存在するものとしてではなく、生成するものを、生成するものとしてみななければならない。複雑なものを、単純なものとしてではなく、複雑なものを、複雑なものとしてみななければならない。自然は、自己自身を形成しゆく創造的自然である。このような自己形成する自然を理解するには、存在を生成として理解しなければならないであろう。世界は絶え間ない流れのうちにある。世界は、自己自身を生産し、千変万化する生成する世界である。世界は、〈ある〉のではなく、〈なる〉のである。

註

1 Herakleitos, Fragment 6, Die Fragmente der Vorsokratiker (Diels u. Kranz) Bd. I, Weidmannsche, 1961.

(出典 『小林道憲〈生命の哲学〉コレクション』5 ミネルヴァ書房 2016 京都 所収『複雑系の哲学』第2章)

