

## 序 文

“複雑系 (Complex System)” という言葉を最初に耳にしたのは、1980 年代中ごろ京都を訪れた S. ウォルフラム氏に会ったときだったと思う。オートマトン系の局所ルールを変えてみると規則パターンや乱雑パターン、さらに明確に特徴を捉えることがむずかしい複雑パターンなど、多様な形態が出現するという。そのときの指摘は、《一見複雑に見える現象も簡単なルールから生成される》という視点を強調するものだったと思う。それと同様なことは、簡単な力学法則に従う系がカオスと呼ばれる複雑で予測不可能な変化を生み出す場合にも当てはまるわけで、当時のカオス研究の展開状況からすれば、その点だけならば必ずしも衝撃的な主張とは思えなかった。しかし、それに端を発する発想の転回は、今になって思えばちょっとした《コロンブスの卵》であったように思われる。つまり、多様性を内蔵する複雑現象を簡単なルールによって生成できるのだから、現実の複雑システムにも単純なルールが潜んでいるかもしれない、そして場合によっては簡単なルールの組合せによって有効なモデルを構成できるかもしれない、というわけである。この主張は多分に楽観的に過ぎる面もあるが、要するに《複雑系は解明できる》という、いわば複雑系宣言であり、科学の新しい方向性と時代に後押しされた重要な転機を明確に意識させることになった。実際、1986 年にその精神の下に *Journal of Complex Systems* (Ed.S.Wolfram) が刊行され、現在の流れに通じる複雑系研究への関心を広く喚起することになった。

その背景を考えてみると、近年のカオス現象の理解が大きなインパクトを与えたことも含めて、基礎となる力学系理論や確率論などの発展、そして計算機基礎論やシミュレーションの進歩などが、それまでは手がつけられなかったほど複雑なシステムへの挑戦を可能にしてきたという事情があるだろう。また、それと並んで、たとえば 20 世紀に開華した有機体論、一般システム理論、自己組織化論、サイバネティクス、そして

散逸構造論やシナジェティクスなど、非線形・非平衡現象としての側面から複雑系研究にとりわけ広範な動機を与えることになる魅力的な数多くの挑戦がすでに始まっていたこともあげられるだろう。複雑だからといって、それを迂回して避けるのではなく、むしろ 複雑さ のなかにこれまでにない新しい法則性や合理性、普遍性を見いだせるという意識の変化は、これらの歴史的経緯のうちに形成されてきたものと思われる。そして、おそらくそれらが統合される将来の姿とその基盤となる理論の発展を見越したうえでの複雑系研究への意思表示となったのではないかと思われる。

ところで、複雑系研究が注目する 複雑さ とはいったい何であろうか。《複雑系》という名称に若干の戸惑いと違和感を覚えるのは筆者だけだろうか。そもそも 複雑さ とは情感のなかにあるものであって、人それぞれに、また時に応じて複雑さを語るニュアンスは違っている。《それは複雑だよ》というとき、そこには決まって深い困惑や戸惑いがあり、時として諦めの表現だったりすることもある。そこに客観性を見いだすのは少なからず無理があるように思われる。しかしその反面、さまざまな場面を虚心に思い返してみると、複雑さ の情感は確実に相手に伝えられているようにも思われる。《それは複雑だよ》という返答をもらえば、しばらく沈黙して相手がさらに言をつづけるのを待ってみようかと思う。聞く側には通り一遍の説明では了解できないものがあり、また語る側には明晰に論旨を通せないもどかしさがある。個別的な事実認識に不備があるというのではなく、もう一つ上の段階で全体をつなぐ道ともいべき述語論理性の全貌が見え難いのである。そのような場合に、仮に双方の《知》の枠組は違っていたとしても、そこに共感と信頼をもって共有されるもの、複雑さ の原型とでも呼べるものがあるのではないかと思われる。

科学はもともとの始まりにあっては無論のこと、おそらく現在でもそのような原型を蔵しているものであろう。そして知識情報の増大が進むほどに、あたかも明かりが強いほどに鮮明な輪郭を描く影の知覚にも似て、広範な《知》の現在を背景にして著しい陰影として 複雑さ は浮かび上がってくるのではないだろうか。合理性と実証性を精緻に追求しようとする科学と技術が、分野の違いを超えて今の時代に心を込めて語る 複雑さ とは何であろうか。つねにその答えは疑問の一部分を照らし出

すただけだとしても、そのような不断の自問自答が複雑系研究には宿命的存在なのかもしれない。複雑系研究においてとりわけ厳しい一面は象徴的意味をもつモデルの役割にあるだろう。複雑さのどの面に注目するか、これはあらかじめ自明でない場合が多い。無理なモデルであるならば、荒唐無稽なアナロジー、悪しき単純化であり、結局は真実をいっそう遠ざけ、思惟の有効性さえも失いかねない。思考モデルの妥当性、普遍性に対する慎重な検討と並んで広い識見がこれまで以上に厳しく求められるだろう。《複雑系》という癖のある呼び方に密かに込められた意図を読み解くのは容易でないが、広範な科学技術の現状から見えてくる複雑さの多様な側面とそこに浮かび上がってくる多くの問題群を深く検討することは、同時代の《知》の基盤を見つめ、これからの科学と技術の可能性を広げることに寄与することになるだろう。

《複雑系》の思考モデルの一つとして、冒頭にふれたオートマトンの歴史をもう少し遡ってみよう。20世紀の前半から多くの人を捉えていた謎の一つに乱流があった。決定論的法則(Navier-Stokes方程式)に従っていながら、予測することも、また再現することも著しく困難な乱流現象はいかに出現するのか、今もその解明に向けた努力はつづいている。それに対する挑戦の一つが、フォン・ノイマンが指摘したオートマトンによるメタファであった。性質のよくわかっているオートマトン素子結合系(セルオートマトン)に生じる複雑現象から背後にある普遍的構造を抽出できないだろうか、というものである。先に述べたウォルフラム氏の研究はこの延長線上にあり、流体现象ばかりでなく他の多くの複雑現象に対するオートマトンモデルのいっそうの精密化を促すことになった。さらに少し遡ると、1940年代始めには素朴な手法によって複雑パターンの分析を行ったユラム氏(S. Ulam, ロスアラモス研究所)の先駆的な研究があった。

ノイマンのオートマトン研究は計算機械の基盤モデルとして現在のノイマン型コンピュータの実現に貢献するとともに、生物の形態形成論や脳中枢神経系の理論、ゲーム理論などとも結びつき、その後多様に発展することになった歴史的経緯は非常に印象深い。無論、コンピュータは安定かつ制御可能な演算機能システムであり、不安定な乱流とは対極にあるシステムであるが、同じ思考モデルが乱れや複雑さの起源の探求にも貢献している。そして、“乱流を理解したい”という夢がコンピュータ

によって具体的に探究できるようになった現在の状況を想うと、思考モデルの役割や科学技術の歴史が見せる不思議な展開に感慨を憶えると同時に、複雑さに目を向けることの意味をあらためて考えさせられる。新たな思考モデルを追求しながら、これからも科学と技術は複雑さを軸にして思いもかけない共同を生み出してゆくのではないだろうか。

工学技術や社会技術も含めて、多くの分野に広がっている《複雑系》への関心はそれぞれが置かれている状況に応じてさまざまである。ひとまとめに論じることはできない。しかし、少し抽象的に、あるいは大雑把に考えてみると、そこにはいくつかの類似点、あるいは特徴とも言えるものがシステムの捉え方のなかに見られるように思われる。たとえば、その一つとして、システム全体に広がる応答の多様性や機能性、さらに環境との関係や有機的調和の由来などに積極的に分析の目を向けて、錯綜する因果関係とそれが織り成すグローバルな暗在的機構の発見にかかわってゆこうとする姿勢をあげることができる。システムを外側からだけでなく内側からも見ようとするこのような視点は、従来のシステム論の枠組みを大きく変えることになるだろう。

自然世界であろうと、人工世界であろうと、あるいはまた心的表象世界であろうと、システムの本性と存在意義を《つながり - 述語論理性 - 》のなかで追求しようとする姿勢は、これまでの挑戦にまったく欠けていたというわけではないが、真摯な《知の共同》を促す新鮮な風を感じさせる。一つのシステムが存在するとは、それに直接間接に浸透してくる他者との統合のなかで暗在することである。システム全体を部分要素によって語らせる (reduce to) だけではなく、部分さえも全体によって語られなければならない (arise from) ところにシステムは生まれる。そのような生成システム一般のもつ自己言及的本質については、フォン・ベルタランフィ以来現在もまだ刹那的理解を脱していないが、システムの全体性を視野に収めようとする意欲が科学において改めて示された点の特筆すべきことに思われる。

《複雑系》への挑戦は、現代科学技術の高度な発展によってはじめて可能になった《知》の新しいフロンティアの一つであると同時に、それは誕生まもない挑戦であるにもかかわらず、人間の科学と技術が文化とともに成熟してゆく上で欠くことのできない確かな通過点の一つと考えられる。これまでの専門性の垣根を越える《知の共同》は科学の可能性

を広げるだけでなく、その本来の豊かな求心力を確実に生み出してゆくだろう。本シリーズにおいても、《複雑系》へのそれぞれの挑戦者がおのおのの課題の意義と成果を明らかにするだけでなく、個別のテーマを超えて現代の「複雑さ」の基本問題群を浮かび上がらせるものと思う。複雑系研究が求める《知》とは、さまざまな意味を込めて、それを築いてゆく側の内面形成まで含めた「グローバルな知」であり、微細画とともに全体画を描こうとするその姿勢のなかに新しい学問への扉が開かれるだろう。

2006年5月

相澤洋二