

## 複雑系科学への招待

坂口英継・本庄春雄共著, B5判, 168頁, 本体2176円, サイエンス社



多くの要素が強く相互作用して要素単独では見られない性質を自発的に生み出すとき、その系を複雑系とよぶ。タイトルに複雑系を冠する書籍は、このパラダイムが脚光を浴びた1990年代以降、数多く上梓されているが、その大半は、特定の問題や手法に特化したものであったり、または数式を極力使わずに書かれた啓蒙書であるように見受けられる。本書はその両極の中間に位置し、理系学部初年次程度の素養を仮定して、適度に数式を用いつつ、この古くて新しい学問領域の全容を見渡せるようにした数少ない書籍の一つである。

本書は8章からなるが、第1章では複雑系が着目されるに至った歴史的経緯を述べたあと、地球科学を例にとって対流や気候変動などのダイナミクスが複雑系そのものであることを示している。また、複雑系を記述する幾何学的な概念であるネットワーク構造や各種の空間パターンを挙げている。一つの章をあえて一貫した筋書きにまとめず、いくつかの側面から撮ったスナップショットによって構成する手法は、ジャングルのような広がりを持つ複雑系科学を俯瞰する上で自然かつ有効と思われ、以降の章でも用いられる。第2章では生命現象におけるリズム、生態系における個体数のカオスの変動、社会的な合意形成のプロセスなど、動的な現象を記述する方法として、リミットサイクルやカオスの概念が紹介される。第3章は複雑なパターンとして、フラクタルやべき分布、ネットワーク理論、セルオートマトンを取り上げている。これらの概念もまた、自然現象のみならず、所得分布やインターネット、交通渋滞などの社会現象に適用できることは興味深い。第4章は人工生命と進化が主題である。単純なルールの反復によって複雑なパターンが生成されることをライフゲームなどの例で示したあと、自己複製という生命の本質を備えたさらに高度なモデルを紹介している。進化に関しては共生や共進化という生命科学の知見を踏まえて、各個体が自らの利得を最大化しようとするゲーム理論によってこれらの現象が説明できる可能性を述べている。第4章までは複雑な数式を用いず（とは言っても数列や確率分布といった概念は必

要だが）、ストーリー中心の展開がなされており、文理横断型の講義でも利用できるよう工夫されている。本書の後半では微分方程式を用いたより数理的な解説が繰り広げられる。第5章では非線形微分方程式の示す分岐現象やカオスについて概説したあと、拡散方程式やナビエ-ストークス方程式といった偏微分方程式が導入される。第6章は協力現象とゆらぎをテーマとして、相転移や感染拡大のモデル、確率的な時間変動を表すランジュバン方程式や自己アフィン・フラクタル、自己組織化臨界現象と地震、格差社会のモデルを扱っている。第7章では、体内時計などの仕組みを説明する集団同期現象、鳥や魚の群れに代表される自己駆動粒子の集団運動、対流パターンを生じる流体力学・熱拡散方程式、色鮮やかな熱帯魚の縞模様や心筋細胞の興奮現象を説明する反応拡散方程式など、様々なメカニズムで自己組織化が起きることが示される。最後の第8章ではニューラルネットワークと人工知能を取り上げ、最近話題のディープラーニングにまで言及している。

著者はいずれも非線形動力学や非平衡統計物理学、パターン形成の研究で多くの実績を重ねてきた方たちであり、その該博な知識と教育経験が、多岐にわたる内容を160ページ程度という紙幅に収めることを可能にしたと思われる。本書は複雑系科学に関心を持つ学部生、大学院生にとっての入門書としてはもちろん、この領域の概観を得たい研究者にとってもレファレンスとして役立つだろう。オピニオンダイナミクスや格差社会のモデルは評者も初めて目にする内容であった。入門書という性格上、どの項目もコンパクトにまとめられているが、各章末には最近の論文から一般向け啓蒙書まで含む文献が挙げられており、より詳しい、もしくはさらに噛み砕いた解説が欲しいときの参考になる。また各章の内容は独立性が高いため、本書の一部を講義やセミナーの題材として取り上げることも比較的容易と思われる。一読をお勧めしたい。

内田 就也 (東北大学理学部)