

特集にあたって

池口 徹（東京理科大学）

決定論的カオスとは、少数自由度の非線形力学系の解が示す予測不能で複雑な振舞いのことである。この複雑な振舞いは無秩序ということではない。非線形力学系が有する豊富な時空間ダイナミクスにより、複雑な応答が生み出されるが、その背後には決定論的法則が潜んでいる。そこで、これを積極的に活用することで、柔軟で創発的な情報処理・最適化が可能になると考えられる。

オペレーションズ・リサーチ (OR) という学問分野は、複雑な意思決定や資源配分を数理的に解くための学問である（と筆者は理解している）。この意味では、決定論的カオスが生み出す多様性・創造性は、OR においても重要な資源であると捉えることができるだろう。このような観点から、本特集「カオスと OR」では、カオス理論と最適化・情報処理システム設計の新しい接点を探るべく、種々の実在系に対して多様なアプローチにより複雑性の解明と最適化原理との共存を目指す試みを遂行されている 9 名の先生方に 6 編の解説記事の執筆をお願いした。

まず、「脳型ハードウェアと最適化」では、実際の脳が行っている予測と最適化について、ハードウェアの立場からの解説を帝京大学の堀尾喜彦先生にお願いした。堀尾先生が提唱し、推進している脳の構造とその情報処理原理を工学の立場から実現する「ブレインモルフィックコンピューティングハードウェア」について、周辺技術との関連性も含めて議論されている。

次に、東京理科大学の長谷川幹雄先生からは、「無線通信システム最適化とフォトニックコンピューティングの応用」と題して、無線通信システムにおける最適化のご紹介をいただいた。現在の無線通信システムでは大規模化、複雑化、高密度化が進んでおり、こうした環境下において、どのようなアプローチをとるのかなどの内容が紹介されている。

また、大分大学の加藤秀行先生と芝浦工業大学の保坂亮介先生には、「興奮抑制均衡と神経活動」として、神経系における興奮性ニューロンと抑制性ニューロンのバランスに関する最適化原理を解説いただいた。脳神経系で見られる興奮・抑制の絶妙なバランスが、安

定的かつ柔軟な情報処理を生み出すメカニズムとなる。

「カオスニューラルネットワークと最適化」では、日本工業大学の松浦隆文先生と東京都市大学の木村貴幸先生が取り組まれているカオスダイナミクスを用いたメタヒューリスティック解法について、その開発の歴史と現状について解説いただいた。巡回セールスマン問題、共通モチーフ抽出問題、配送計画問題、パケットルーティング問題などの種々の組合せ最適化問題を発見的に解く際に生じる局所最適解からの脱出には、決定論的カオスの有する時空間ダイナミクスが有効となることが示されている。

さらに、埼玉大学の島田裕先生には、「時系列データからのネットワーク構造の推定」と題して、非線形力学系における各素子がどのように結合しているかを、観測時系列のみから推定する手法についての解説をお願いした。観測時系列からネットワーク構造を推定するという課題は、変数間の因果関係の推定などを含む重要な諸課題に直結する。この課題は種々の分野においても普遍的に現れるため、応用の面からも重要であるが、複雑システムの理解に新しい視点を与えるものである。

最後に、埼玉大学の菅野円隆先生と東京工科大学の小原翔馬先生には、「自律型リザバーコンピューティングによる戻り光レーザカオスの模倣」として、リザバーコンピューティングを用いた戻り光レーザカオスの超高速かつ複雑なダイナミクスとその分岐構造の再現に関する研究を紹介いただいた。リザバーコンピューティングは、近年、時系列予測、音声認識、異常検知など種々の分野において応用されている。本解説では、ギガヘルツを超える超高速な振動を示し、秘匿通信、物理乱数生成、強化学習などにも応用されている戻り光レーザカオスシステムへの適用結果が議論されている。

本特集が、決定論的カオスを含む多様な非線形ダイナミクスと最適化の融合に関心をもつ読者にとって、新しい発想のきっかけとなること、さらには、決定論的カオスを含むさまざまな多様性を積極的に活かす OR の未来像を描く一助となれば幸いである。