

現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築
平成 26 年度採択研究代表者

H27 年度 実績報告書

岩田 覚

東京大学大学院情報理工学系研究科
教授

大規模複雑システムの最適モデリング手法の構築

§ 1. 研究実施体制

(1) 東大グループ

- ① 研究代表者: 岩田 覚 (東京大学大学院情報理工学系研究科, 教授)
- ② 研究項目
 - ・微分代数方程式モデルの最適化
 - ・統計的モデリングの最適化
 - ・大規模ネットワーク
 - ・生命現象の最適モデリング

§ 2. 研究実施の概要

モデル化は、数的手法による現実の問題解決や現象の解明に不可欠な第一歩であるが、生命現象や社会現象の様に支配法則の不明確な対象を扱う際には、同じ現象に対しても多数のモデルが考えられる。本研究では、生命現象におけるネットワークや電力システム、交通システムを題材に、離散数学・最適化分野における最新の数理科学的知見を駆使して、多数のモデルの中から最も適切なものを効率的に選択する体系的な手法の創出を目指す。

例えば、微分代数方程式で記述される動的システムは、指数と呼ばれる特性量によって数値解法の難しさが特徴付けられている。同じ物理現象をモデル化した際にも変数の選び方や方程式の立て方によって指数は異なる。そこで、最小指数の微分代数方程式モデルを自動的に導出する手法を作ることが一つの目標となる。本年度は、機械力学系や化学プラントに現れる高指数の微分代数方程式への適用を念頭に、Pantelides による指数減少法の最適性に関する考察を深め、この方法が破綻する状況を克服する手法を検討した。

統計モデルの最適化においては、AIC に代表される情報量規準の最小化が求められる。一般に、この種の離散最適化問題は NP 困難となるものの、目的関数が離散凸関数の差で表現される場合も多い。離散凸関数は一般に最小化が容易であり、構造的性質も解明されている。これらの知見を活用して、離散凸関数の差を最小化するアルゴリズムの枠組みを、論文として発表した[1]。離散凸関数の差集合の最小化も NP 困難であるが、実際には高精度の近似最適解が得られることが計算機実験によって明らかにされた。

微分方程式の数値解法においては、Lyapunov 関数を持つ力学系に対しては、それを離散的に厳密に再現する数値解法が存在し、現在、最有力の手法だと考えられている。しかしながら数値解法を動かす際に、計算効率を上げるために時間刻み幅を可変にした場合の厳密な Lyapunov 理論は 20 年以上に渡って未解決であった。これに対し、非半群的力学系の概念を新たに提唱し、そこで Lyapunov 型の理論を構成できることを示した[2]。

哺乳類の概日周期は、脳の視交叉上核と呼ばれる部位で統率されていることが知られている。植物において同様の役割を果たす部位の存在を探るため、シロイヌナズナに関する計測データの解析を行い、茎頂部が概日周期を統率する役割を果たしていることを明らかにした[3]。解析には、著者の一部(合原・平田)が先行研究において開発した線形計画法を用いた多変量時系列解析の手法が用いられている。

- [1] T. Maehara and K. Murota, A framework of discrete DC programming by discrete convex analysis, *Mathematical Programming*, 152 (2015), pp.435-466.
- [2] S. Sato, T. Matsuo, H. Suzuki, and D. Furihata, A Lyapunov-type theorem for dissipative numerical integrators with adaptive time-stepping, *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 53 (2015), pp. 2505-2518.
- [3] N. Takahashi, Y. Hirata, K. Aihara, and P. Mas, A hierarchical multi-oscillator network orchestrates the arabidopsis circadian system, *Cell*, 163 (2015), pp.148-159.