

「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

H28 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、数理工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、線形時不変システムを記述する微分代数方程式に関しては、Pantelides のアルゴリズムが破綻する状況においても正しく動作する指数減少法を開発した。

統計的モデリングの最適化に関連して、本年度は、様々な 2 値判別モデルを扱いやすい形で統一的に定式化し、その定式化に対して汎用的かつ高速な解法を提案した[2]。数値実験では、大規模インスタンスの計算時間に関して、既存手法に対する提案手法の優位性を示すことができた。このように汎用性と高速さを兼ね備えた解法は、複数のモデルの判別精度を比較し適切なモデルを選択する上で有用である。

大規模ネットワークの圧縮モデリングに向けて、行列の低ランク基底問題を新たに導入し、実用的な高速数値解法を与えた[3]。低ランク基底問題は、3 次元テンソルの CP 分解、行列のメモリ圧縮、画像分離、辞書学習、最大ランク行列補完などの様々な問題に応用できる。提案手法は、特異値分解、QR 分解、行列積、ノルム計算といった基本的な関数のみで実装可能である。多くの例で高速に動作することを計算機実験で確認した。

生命現象の最適モデリングに関する研究では、コウモリの飛行に関する研究を発表した[1]。採餌のためにナビゲーション飛行するコウモリが、目前の獲物のみならず、その先にいる次の獲物の位置までも超音波で先読みすることで、より多くの獲物を確実に捕らえる飛行ルートを選択していることを数理的解析とフィールド計測によって明らかにした。

- [1] E. Fujioka, I. Aihara, M. Sumiya, K. Aihara, and S. Hiryu, Echolocating bats use future-target information for optimal foraging, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol.113, No.17, pp.4848-4852, 2016.
- [2] N. Ito, A. Takeda, and Kim-Chuan Toh, “A unified formulation and fast accelerated proximal gradient method for classification, *Journal of Machine Learning Research*, Vol. 18, No. 16, pp. 1-49, 2017.
- [3] Y. Nakatsukasa, T. Soma, and A. Uschmajew: Finding a low-rank basis in a matrix subspace, *Mathematical Programming*, Vol. 162 , pp. 325-361, 2017.