

「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

H29 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
 - ・社会システムの最適モデリング

§ 2. 研究実施の概要

モデル化は、数理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、正確な値と独立パラメタの両方を含む混合行列を係数とする微分代数方程式に対する指数減少法を開発した[1]。その結果、現在広く用いられている 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が得られた。さらに、非線形項を独立パラメタと見做すことで、一般の非線形微分代数方程式に適用可能である。

ジャイレータを含む電気回路の過渡解析のための指数減少法を開発するためには、重み付き線形マトロイド・パリティ問題と呼ばれる組合せ最適化問題を解く必要がある。この問題は、Lovász (1978) が一様重みの場合に最大最小定理と多項式時間アルゴリズムを示して以来、40 年近くに渡って未解決であった。本研究では、歪対称多項式行列による定式化を用いて、最初の多項式時間アルゴリズムを開発した [2]。

交通システムへの応用に関して、通勤時間帯の列車が非常に混雑している東京首都圏において、人の動きを適切にモデル化することによって、できるだけ新たなコストを掛けずに、合理的に混雑を緩和する手法の開発を目指している。混雑の影響を受ける乗客の経路は、移動時間と電車の混雑率に基づくコスト関数を用いた利用者均衡配分モデルを利用して計算することができる。そこで、利用者均衡配分問題を繰り返し解く局所探索法により、優等列車停車駅の最適化を行った。局所探索を実行する際には各反復で利用者均衡配分を計算する必要があるが、これを時空間ネットワーク上で直接的に計算していると膨大な計算量となり、最適化が実行できない。そこで、時空間ネットワーク構造を圧縮して計算時間を大幅に短縮する手法を考案するとともに、6 種類の列車種別を持つ京王線に対する数値実験を行って、提案手法の有用性を示した [3]。

[1] S. Iwata, T. Oki, and M. Takamatsu: Index reduction for differential-algebraic equations with mixed matrices. *Proceedings of the Eighth SIAM Workshop on Combinatorial Scientific Computing (CSC)*, 2018, to appear.

[2] S. Iwata and Y. Kobayashi: A weighted linear matroid parity algorithm, *Proceedings of the 49th ACM Symposium on Theory of Computing (STOC)*, 2018, pp. 264-276.

[3] T. Yamauchi, M. Takamatsu, and S. Imahori: Optimizing train stopping patterns for congestion management. *Proceedings of the 17th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS)*, 2017, 13:1-13:15.