

数学と情報科学で解き明かす多様な対象の数理構造と活用
2019年度採択研究者

2020年度 年次報告書

薄 良彦

大阪府立大学大学院工学研究科
准教授

データ駆動型クーブマン作用素による非線形力学系の解析と設計

§ 1. 研究成果の概要

2020年度は、2019年度に引き続く、データ駆動型クープマン作用素による非線形力学系の解析と設計に関する研究として、主にシステム制御と近似計算に関する方法論の整備を行い、実応用への適用可能性を検討した。

実応用は空調システムならびに電力ネットワークである。システム制御では、入力に関してアファインな非線形制御系に対して、ドリフト項(ベクトル場)に対するクープマン作用素に基づく状態フィードバック制御則を導出した。そして、屋内温度場の振動抑制を目的として、導出した制御則を空調システムに適用し、計測データを組み込んだ計算機シミュレーションにより有効性を示した。

一方近似計算では、クープマン作用素の固有値およびクープマンモード(固有関数と観測量との内積)を多変量のストリーミングデータから逐次推定するためのオンライン型アルゴリズムを導出し、西日本 60Hz 交流ネットワークに対する同期位相計測データへの適用により、アルゴリズムの妥当性を検討した。

また、理論研究として、クープマン作用素の固有値・固有関数およびクープマンモードをデータから推定するために必要となる観測量の設定について、数式モデルの情報を利用した非線形系の polynomialization に基づく方法を提案した。

最後に、次年度以降の検討に供することを目指して、キャンパス内電力配電ネットワークの同期位相計測システムを構築し、実計測とデータの蓄積を開始した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) 衛藤 滉平, 薄 良彦, 平松 尚人, 石亀 篤司, “クープマン作用素を用いた屋内温度場の振動抑制に関する一検討,” システム制御情報学会研究発表講演会論文集, pp.142-147, 2021年5月.
- 2) 下村 昂大, 薄 良彦, 太田 豊, 石亀 篤司, “オンライン型クープマンモード分解を用いた広域動揺のモードベクトル推定に関する検討,” 電気学会 電力技術・電力系統技術合同研究会資料, PE-20-083/PSE-20-088, 2020年9月.
- 3) Y. Susuki, A. Mauroy, and I. Mezic, “Koopman resolvent: A Laplace-domain analysis of nonlinear autonomous dynamical systems,” *SIAM Journal of Applied Dynamical Systems* (in review); Preprint arXiv:200911544.
- 4) M. Netto, Y. Susuki, V. Krishnan, and Y. Zhang, “On analytical construction of observable functions in extended dynamic mode decomposition for nonlinear estimation and prediction,” *IEEE Control Systems Letters*, vol.5, no.6, pp.1868-1873, December 2021 (published online in 2020).
- 5) 野口 宗孝, 薄 良彦, 下村 昂大, 石亀 篤司, “キャンパス内配電システムにおける同期フェーザ計測データの一検討,” 計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会シンポジウム論文集, pp.52-53, 2021年1月.