

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： データ解析を見据えた Koopman 作用素の包括的な理論研究

2. 個人研究者名

石川 勲 (愛媛大学データサイエンスセンター 准教授)

3. 事後評価結果

本研究では、Koopman 作用素の性質と力学系の関係性の解明に取り組み、今まで少数の具体的なカーネルの例でしか知られていなかった「Koopman 作用素の有界性と力学系の線形性の同値性」という結果が、かなり広いクラスに解析的なカーネルで成り立つことを証明した。また、一般化スペクトルの計算手法の確立にも取り組み、有限文字のシフト写像について成果が得られた。数学的に非常に難しく抽象度の高い課題であるため、課題として挙げられていたことがすべて解決されたわけではないが、適切な着地点を発見し、数学的な理論結果としても非自明で意義のある様々な成果が得られている。これらの成果により、3編の雑誌論文発表に至っている。今後の展開として発展性・独自性のある研究課題が挙げられており、これからの研究の発展が期待される。

(加速フェーズ)

上記の評価を受けて研究実施期間を1年間延長し、加速フェーズを実施した。

加速フェーズでは、これまでの研究成果を基にして、大きく分けて三つの成果を挙げている。一つ目の結果としては、Koopman 作用素の双対写像で不変な有限次元部分空間の族を考えると jet と呼ばれる概念の双対として捉えられられることを指摘し、新しい Koopman 作用素推定手法の足掛かりを得ている。第二の結果として、この有限次元部分空間族への作用は Koopman 作用素の非有界性を定量化するものであり、Koopman 作用素の推定精度を評価することに使えることを示した。第三の結果としては、これらの理論体系を元にして、これまでに得られていなかった新しい Koopman 作用素およびそのスペクトルの推定アルゴリズムを考案している。これらの結果は数学的に新しい進展を見せているだけでなく、機械学習との関連において応用上有用な手法を提供すると同時に、機械学習的な観点から理論への新しいモチベーションを得ている点で興味深い研究の進展を見せている。その意味で研究成果は分野横断的であり、実際に異なるバックグラウンドの研究者との共同研究も実施しており、新しい数学研究の様相を見せている。今後の展開として加速フェーズから見えた新しい課題を解決するとともに、新しい Koopman 作用素の理論と応用の展開が期待される。