

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
2020年度採択研究者

2020年度 年次報告書

森岡 博史

理化学研究所革新知能統合研究センター(AIP)
特別研究員

非線形表現学習による大規模ネットワーク動的機能構造の解明

§ 1. 研究成果の概要

本研究は、未だ多くの謎につつまれている大規模ネットワークに発現する様々な動的機能構造のメカニズムの解明を目的とする。そのために、新たな理論に基づく非線形ネットワークダイナミクス表現学習法を開発し、ネットワーク時系列データからの、非線形ダイナミクスと、その動的機能を駆動・制御している潜在因子のデータ駆動表現学習を実現することで挑戦する。

本年度は主に、研究の第一段階である「非線形ダイナミクスに隠れた潜在成分を同定する教師なし推定法の開発」に従事した。提案法は、近年代表者らが開発した深層学習に基づく非線形独立成分分析(ICA)を、内部に再帰的な結合を持つダイナミカルモデルへと理論的に拡張することで、非線形ダイナミクスの背後にある潜在成分を推定する手法である。一般的にそのような非線形表現学習は高い不定性をもつため、同定性を保証した推定法はこれまで存在しなかった。

この研究では新たに、潜在成分に対していくつかの仮定(独立性と非定常性)を与えることによってその同定が保証できることを示し、さらにその実用的な推定法をいくつか提案した。推定法は深層学習を用いた自己教師学習(または教師なし学習)に基づくものであり、いずれの推定法によっても潜在成分が同定可能であることを示した。提案法の優位性はシミュレーションデータで評価したほか、実データでの有効性を示すため、外部刺激(視覚・聴覚)下におけるヒトの脳活動計測データ(MEG)に適用した結果、脳ダイナミクスが実際に外部刺激に依存する形で駆動されていることが示された。提案法は非線形ダイナミクスを解析する上で極めて汎用性の高い手法であり、脳に限らず様々なダイナミクスに適用可能であるため、今後さらなる発展が期待できる。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Hiroshi Morioka, Hermanni Hälvä, Aapo Hyvarinen. “Independent Innovation Analysis for Nonlinear Vector Autoregressive Process”, International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS2021), pp. 1549–1557, 2021.