

Society 5.0を支える革新的コンピューティング技術
2018年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

鈴木 秀幸

大阪大学 大学院情報科学研究科
教授

光ニューラルネットワークの時空間ダイナミクスに基づく計算基盤技術

主たる共同研究者:

谷田 純 (大阪大学 大学院情報科学研究科 教授)

橋本 昌宜 (京都大学 大学院情報科学研究科 教授)

劉 載勳 (東京工業大学 科学技術創成研究院 准教授)

研究成果の概要

光ニューラルネットワークの計算基盤技術の構築に向けて、「FRET ネットワークと情報処理」、「リザバー計算のモデルと実装」、「空間光変調イジングマシンの拡張」の3重点テーマに関して、鈴木グループによる数理モデル研究、谷田グループによる実装研究、橋本グループによるシステム化研究からなる融合研究を進めた。

鈴木グループの数理モデル研究では、FRET ネットワーク設計論の構築のため、クラスター型空間点過程によるモデリングに基づき、量子ドットの空間配置による挙動の違いの解析を行った。リザバー計算に関しては、横断リアプノフ指数を用いたハイパーパラメータチューニング手法の提案や、ティッピング現象の予測手法の構築を進めた。空間光イジングマシンに関しては、適用可能な組合せ最適化問題のクラスを拡大させる計算モデルを提案するとともに、統計的学習が実現できることを示した。

谷田グループの実装研究では、電気泳動堆積法を用いた量子ドットリザバーの試作手法、その時間-空間蛍光出力に基づく機械学習の論理を確立した。FRET ネットワークによる回帰問題の実証実験を行ない、適切な学習動作を確認した。レート方程式により、量子ドット構成・配置・各種パラメータと時系列信号予測性能の関係を評価した。時間・空間多重化空間光イジングマシンを構築し、ランク2以上の相互作用行列が必要な組み合わせ最適化問題の解探索を実現した。

橋本グループのシステム機能の研究においては、リザバーと類似性がある Hidden-Fold Network について、階層的なマスクを導入することによりネットワークの表現能力を拡張した。システム実装の研究においては、昨年度構築した PoC デバイス評価環境を用いて、MNIST タスクの実機動作を確認した。1 パッケージ内に光源、リザバー、センサ、制御、出力計算が収められる構成を念頭に、センサチップの初期回路を設計・試作した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) N. Tate, Y. Miyata, S. Sakai, A. Nakamura, S. Shimomura, T. Nishimura, J. Kozuka, Y. Ogura, and J. Tanida, “Quantitative analysis of nonlinear optical input/output of a quantum-dot network based on the echo state property,” *Optics Express*, vol. 30, no. 9/25, pp. 14669-14676, 2022.
- 2) Á. L. García-Arias, Y. Okoshi, M. Hashimoto, M. Motomura, and J. Yu, “Recurrent Residual Networks Contain Stronger Lottery Tickets,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 16588-16604, 2023.
- 3) H. Yamashita, H. Suzuki, and K. Aihara, “Entropic herding,” *Statistics and Computing*, vol. 33, 31, 2023.