

革新的コンピューティング技術の開拓  
2019 年度採択研究者

|                  |
|------------------|
| 2021 年度<br>年次報告書 |
|------------------|

砂田哲

金沢大学 理工研究域  
教授

光波動コンピューティングの展開

## § 1. 研究成果の概要

本研究の目的は、光の自然現象に潜む複雑・非線形の現象を活かした新原理の大規模な光ニューラルネットワーク処理を先端フォトニクスにより実証することである。本年度における主な成果の一つは、昨年度に設計・作製した光リザバー計算回路チップの機能実証に成功したことである。本光リザバー計算回路チップは、スパイラル型の結合マルチモード導波路構造であり、位相に情報をエンコードした光を入射すると、内部の導波過程を通して自発的に情報の遅延（記憶）および擬似ランダム行列演算に相当する処理を実行する。重要な特徴は、光のニューラルフィールドと呼ぶべき、空間連続な仮想的な光ニューラルネットの形成が可能な点であり、これにより従来の光回路デバイスを超えた高密度かつ大規模な光リザバー演算が可能となる。実際、カオス予測タスクや母音認識タスクにおいて、従来回路を上回る精度での予測・認識が可能となることを示した。また、本提案回路は、最先端光リザバー回路の60倍の高速性と100倍のエネルギー効率を実現できる可能性を示唆する理論的な見積結果も得た。さらに本光リザバー回路は、光位相における情報を直接的に処理することができる。複雑な光干渉システムを導入する必要もない。そこで通信・センシング分野での応用を想定して、光位相変化をリザバー計算によって抽出する実験を行い、位相情報が精度よく抽出できることを示した。本成果は、リザバーとセンシングを結びつける重要な結果である。2つの成果は、物体の高速認識を可能する前処理システムの構築である。本システムは光ランダム行列に基づく圧縮センシング処理をベースにしており、物体の空間情報を超高速に時系列データへと変換可能である。本年度においては、数十ギガフレームのレートで光ランダムパターンを生成して、そのパターンによりコード化された時系列データから文字認識が可能であることを実証した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) S. Sunada and A. Uchida, “Photonic neural field on a silicon chip: large-scale, high-speed neuro-inspired computing and sensing,” *Optica* 8(11), pp. 1388–1396, 2021.