

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする  
次世代フォトニクスの基盤技術  
平成 29 年度採択研究代表者

H29 年度  
実績報告書

成瀬 誠

国立研究開発法人情報通信研究機構  
ネットワークシステム研究所 総括研究員

ナノ光学と光カオスを用いた超高速意思決定メカニズムの創成

## § 1. 研究実施体制

### (1) 成瀬グループ

- ① 研究代表者: 成瀬 誠 (情報通信研究機構ネットワークシステム研究所、総括研究員)
- ② 研究項目
  - ・光カオスによる超高速意思決定メカニズムの創成 (理論・光デバイス・電子デバイス・性能評価)
  - ・ナノ光学による超高集積意思決定メカニズムの創成 (データ分析・性能評価)
  - ・基盤理論の構築 (モデル構築・応用検討)

### (2) 内田グループ

- ① 主たる共同研究者: 内田 淳史 (埼玉大学理工学研究科、教授)
- ② 研究項目
  - ・光カオスによる超高速意思決定メカニズムの創成 (理論・新原理構築・光システム・性能評価)
  - ・基盤理論の構築 (応用検討)

### (3) 堀グループ

- ① 主たる共同研究者: 堀 裕和 (山梨大学総合研究部、教授)
- ② 研究項目
  - ・光カオスによる超高速意思決定メカニズムの創成 (理論)
  - ・ナノ光学による超高集積意思決定メカニズムの創成 (実験)
  - ・基盤理論の構築 (数学基盤構築)

## § 2. 研究実施の概要

本研究では、研究代表者らが世界をリードする光カオス技術及びナノ光学に基づき、人工知能で重要な強化学習の根底にある多本腕バンディット問題(意思決定問題)を、計算機上のアルゴリズムではなく、光の極限性能とともに物理的に解決することを目指す。具体的には、①光の広帯域性の極限による超高速意思決定メカニズム、並びに②光の微細化の極限としての近接場光による超高集積意思決定メカニズムを、スケーラビリティやデバイス化を含めて実証する。さらに、①、②の各々が超高速性、省エネ性に優れることに着目し、モデル分析及びプロトタイプ実験により有効性を定量評価する。さらに、光を活用した意思決定の基礎理論を構築し、物理過程を用いる知能のための普遍学術を確立する。これにより知能に資する革新的な光新機能を創製する。

上記の研究目的の達成に向け、本研究プロジェクトでは、次の 3 課題

**【課題 1】**光カオスによる超高速意思決定メカニズムの創成

**【課題 2】**ナノ光学による超高集積意思決定メカニズムの創成

**【課題 3】**基盤理論の構築

を互いを連動させながら、研究者の密な連携・役割分担によりチーム全体が一丸となって目標達成を図る。研究初年度である当該年度は、全テーマのなかで期初からの立ち上げが特に重要なポイントに焦点を置きつつ、研究環境整備を含め、プロジェクトの始動を行った。具体的には下記を実施した。

**【課題 1】**光カオスによる超高速意思決定メカニズムの創成

成瀬 G と内田 G が協働し、意思決定性能を最大化する光カオスとスケーラビリティ原理の構築に着手した。並行し、履歴記憶の原理確認への着手及び集積フォトニクスを用いたデバイスの評価環境整備等を行った。

**【課題 2】**ナノ光学による超高集積意思決定メカニズムの創成

成瀬 G と堀 G が協働し、局所領域での光学的相関の評価系の整備に着手した。このなかで、独自のダブルプローブ近接場分光装置を用いて、フォトクロミックナノ結晶を局所領域で変調することに世界で初めて成功した<sup>1)</sup>。

**【課題 3】**基盤理論の構築

成瀬 G、内田 G、堀 G が協働し、圏論を用いた理論の全体構造の構築に着手した。並行して応用の探索に着手した。このなかで、半導体レーザーカオスを用いた光知能システムに関する新たな知見(一定の前処理の重要性)を得た<sup>2)</sup>。

原著論文

- 1) R. Nakagomi, K. Uchiyama, S. Kubota, E. Hatano, K. Uchida, M. Naruse, and H. Hori, Nano-Optical Functionality Based on Local Photoisomerization in Photochromic Single Crystal, Applied Physics A, Vol. 124, Article No. 10, 2017.
- 2) Y. Kuriki, J. Nakayama, K. Takano, and A. Uchida: Impact of input mask signals on delay-based photonic reservoir computing with semiconductor lasers, Optics Express, Vol. 26, No. 5, pp. 5777-5788, 2018.