

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中盤技術
2017年度採択研究代表者

2020年度 年次報告書

成瀬 誠

東京大学 大学院情報理工学系研究科
教授

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. 研究成果の概要

本研究は光カオス技術及びナノ光学に基づき人工知能の基盤をなすバンディット問題を、光の極限性能とともに物理的に解決することを目指す。本目的の達成に向け、本研究は下記の課題 1～3 を連動させ推進している。本年度は、中間評価までに構築した要素技術を踏まえ、課題間の連動を含め、光意思決定の基盤技術のさらなる強化並びに応用創出に向けた研究に注力した。

【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:従来の光意思決定は報酬最大の選択肢のみの発見を目的としていたが、応用によっては報酬の順位認識が重要になる。カオス時系列と信頼度を融合した新原理を実現した(Narisawa, Sci. Rep. 2021)。さらに、前年度に実証したリーダーガード現象を用いた意思決定を発展させ、スケーラビリティ原理の実証に成功した(Mihana, Opt. Exp. 2020)。また、光意思決定と光リザーバーコンピューティングを融合した動的モデル選択を実証した(Kanno, Sci. Rep. 2020)。

【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:昨年度、近接場光によってフォトクロミック結晶に構築した光異性化パターンを用いたシューベルト多項式の生成に成功していたが、これを用いた順位認識の実現に成功した(中島, 応物春 2021)。

【課題3】基盤理論の構築:光カオスによる意思決定高速化の基盤に、カオス時系列の負の時間相関及び振幅分布の両者が寄与していることをサロゲート手法を駆使して実証した(Okada, Complexity 2021)。また、理論研究と課題 1, 2 の実験研究の協働を進め、もつれ光子を用いた協調的意思決定のスケーラビリティ解析(Chauvet, Sci. Rep. 2020)並びに古典光子との混合による性能向上(Maeda, Sci. Rep. 2021)を示した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 成瀬グループ

- ① 研究代表者: 成瀬 誠 (東京大学 大学院情報理工学系研究科、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・システム・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)

(4) 松本グループ

- ① 主たる共同研究者: 松本 敦 (情報通信研究機構 ネットワークシステム研究所、主任研究員)
- 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 (光デバイス・電子デバイス)

【代表的な原著論文情報】

- 1) S. Maeda, N. Chauvet, H. Saigo, H. Hori, G. Bachelier, S. Huant, and M. Naruse: Entangled and correlated photon mixed strategy for social decision making, Scientific Reports, Vol. 11, Article No. 4832, Mar. 2021.
- 2) K. Kanno, M. Naruse, and A. Uchida: Adaptive model selection in photonic reservoir computing by reinforcement learning, Scientific Reports, Vol.10, Article No. 10062, June 2020.
- 3) N. Narisawa, N. Chauvet, M. Hasegawa and M. Naruse: Arm order recognition in multi-armed bandit problem with laser chaos time series, Scientific Reports, Vol. 11, Article No. 4459, Feb. 2021.
- 4) T. Mihana, K. Fujii, K. Kanno, M. Naruse, and A. Uchida: Laser network decision making by

lag synchronization of chaos in a ring configuration, *Optics Express*, Vol. 28, No. 26, pp. 40112–40130, Dec 2020.

- 5) N. Okada, M. Hasegawa, N. Chauvet, A. Li, and M. Naruse: Analysis on Effectiveness of Surrogate Data-Based Laser Chaos Decision Maker, *Complexity*, Vol. 2021, Article No.8877660, Feb. 2021.