

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

2018 年度 実績報告書

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

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。また、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。上記の目的の達成に向け、本研究は次の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推進している。本年度は、昨年度(初年度)の研究立ち上げ状況を踏まえ、期初での実施が特に重要なポイントに焦点を置き、光を用いた意思決定の基盤となる成果の創出に注力した。具体的には下記の成果を得た。

【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

カオス時系列の時分割多重によるスケーラビリティ原理の実証に成功し、併せてカオスの拡散性に着目した分析を示した(Naruse, *et al. Sci. Rep.* 2018)。並行し、光カオスのメリットを活用する新原理の構築(リーダーラガード現象の活用、リングレーザーによる集積化等)、高周波電子デバイスによる超高速履歴記憶機能の回路シミュレーションなど意思決定の基盤となる研究を進捗させた。

【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

フォトクロミックナノ結晶の表面に、近接場光を用いて、波長寸法より小さな領域にアルファベットのパターンを記録することに成功した(Nakagomi, *et al. Sci. Rep.* 2018、山梨大・龍谷大・NICTより合同プレスリリース実施)。ナノ光学を用いた意思決定における動的記憶構造の基礎となる。

【課題3】基盤理論の構築

光を用いた意思決定のメカニズムの数理構造として、三角圏における8面体図式を規範としたモデル構築に成功した(Int. J. Decision Making & Info. Tech. 2018)。また、レーザーカオスを用いた意思決定の応用として、リザーバーコンピューティングとの融合(応物学会講演奨励賞)や無線LANにおけるチャンネル選択(国際会議 KJCCS, Best Student Paper Award)を示した。

【原著論文】

1. M. Naruse, T. Mihana, H. Hori, H. Saigo, K. Okamura, M. Hasegawa, and A. Uchida, Scalable photonic reinforcement learning by time-division multiplexing of laser chaos, *Scientific Reports*, Vol. 8, Article number 10890, 2018.
2. R. Nakagomi, K. Uchiyama, H. Suzui, E. Hatano, K. Uchida, M. Naruse, and H. Hori: Nanometre-scale pattern formation on the surface of a photochromic crystal

by optical near-field induced photoisomerization, *Scientific Reports*, Vol. 8, Article number 14468, 2018.

3. M. Naruse S.-J. Kim, M. Aono, M. Berthel, A. Drezet, S. Huant, H. Hori: Category Theoretic Analysis of Photon-based Decision Making, *International Journal of Information Technology & Decision Making*, Vol. 17, No. 5, pp. 1305-1333, 2018.

§ 2. 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(埼玉大学大学院理工学研究科 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(山梨大学大学院総合研究部 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)