

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

2019年度 実績報告書

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、昨年度までの研究成果を踏まえ、中間地点に向けて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

カオス時系列の波形の複雑性を利用した従来の原理に加えて、光のメリットを活用する新原理の構築を進捗させた。特に、リーダーラガード現象の活用した意思決定(Optics Express 2019)、リングレーザーによるオンチップ意思決定(Sci. Rep. 2019a)、もつれ光子を用いた協調意思決定(Sci. Rep. 2019b)などの新規な成果を得た。

【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を近接場光により局所光励起を行うことで、ナノ寸法の複雑な光異性化が可能となることはこれまでに実証していたが、その特長を意思決定に応用することを念頭に、組み合わせ幾何学の基礎にあるシューベルト多項式を生成することに成功した(Sci. Rep. 2020a)。

【課題3】基盤理論の構築

レーザーカオスを用いた意思決定の応用として、無線LANにおけるチャネル選択をバンディット問題と見なした実証実験に成功し、原著論文として出版した(Sci. Rep. 2020b)。また、レーザーカオス時系列を用いた人工データ生成に成功した(Sci. Rep. 2019c)。

【代表的な原著論文】

- 1) T. Mihana, Y. Mitsui, M. Takabayashi, K. Kanno, S. Sunada, M. Naruse, and A. Uchida: Decision making for the multi-armed bandit problem using lag synchronization of chaos in mutually coupled semiconductor lasers, Optics Express, Vol. 27, No. 19, pp. 26989–27008, 2019.
- 2) N. Chauvet, D. Jegouso, B. Boulanger, H. Saigo, K. Okamura, H. Hori, A. Drezet, S. Huant, G. Bachelier, and M. Naruse: Entangled-photon decision maker, Scientific Reports, Vol. 9, Article No. 12229, 2019.
- 3) K. Uchiyama, H. Suzui, R. Nakagomi, H. Saigo, K. Uchida, M. Naruse, and H. Hori: Generation of Schubert polynomial series via nanometre-scale photoisomerization in photochromic single crystal and double-probe optical near-field measurements, Scientific Reports, Vol.10, Article No. 2710, 2020.

§ 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)

(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 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)