

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

2021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。本年度は前年度までに構築した研究要素を踏まえ、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

これまでに研究開発を進めてきた意思決定メカニズムの応用展開を進捗させた。具体的には、リザーバコンピューティングと意思決定の融合による動的モデル選択の実験的实现(Mito, NOLTA 2022)、瞬時的調停が求められる Beyond 5G を念頭においたチャネルボンディング (Kanemasa, NOLTA 2022)、非直交多元接続(Duan, NOLTA 2022)等の応用検討を進捗させた。また、超高周波回路との融合研究を進捗させ、その成果が国際会議で受賞した(AVIC 2021)。

【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

フォトクロミック結晶に構築した光異性化パターンを用いた順位認識の実証実験を示した(Uchiyama, arXiv)。また、本手法が一樣疑似乱数利用時より加速を得るメカニズムとして、シューベルト多項式の特異性との関連を見出した。また、ナノ寸法でのフォトクロミック結晶の時空間ダイナミクスの詳細理解に向けフォトクロミック結晶上での自律的境界形成の実験的実証及びカタストロフィー理論を用いた理論化を行った(Suzui, APEX 2021)。

【課題3】基盤理論の構築

理論研究と課題 1, 2 の実験研究の協働を引き続き進捗させ、特に、前年度までに開発したもつれ光子を用いた協調的意思決定の研究を発展させ、光の軌道角運動量の量子干渉を用いることで、多数選択肢からの競合のない意思決定原理を示した(Amakasu, Sci. Rep. 2021)。

§ 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) 内山グループ

- ① 主たる共同研究者: 内山 和治 (山梨大学 大学院総合研究部 准教授)
- 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) 赤羽グループ

- ① 主たる共同研究者: 赤羽 浩一 (情報通信研究機構 ネットワーク研究所 研究マネージャ)
- 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) R. Mito, K. Kanno, M. Naruse, and A. Uchida: Experimental demonstration of adaptive model selection based on reinforcement learning in photonic reservoir computing, *Nonlinear Theory and Its Applications*, IEICE, Vol. 13, No. 1, pp. 123-138, Jan. 2022.
- 2) Z. Duan, A. Li, N. Okada, Y. Ito, N. Chauvet, M. Naruse, and M. Hasegawa: User pairing using laser chaos decision maker for NOMA systems, *Nonlinear Theory and Its Applications*, IEICE, Vol. 13, No. 1, pp. 72-83, Jan. 2022.
- 3) H. Suzui, K. Uchiyama, R. Nakagomi, L. Kono, K. Uchida, M. Naruse, and H. Hori: Boundary formation in photochromic diarylethene single crystals and its catastrophe theory modeling, *Applied Physics Express*, Vol. 14, No. 7, Article No. 075003, Jun. 2021.
- 4) K. Akahane, A. Matsumoto, T. Umezawa, N. Yamamoto, Y. Yata, H. Sotobayashi, M. Naruse,

and A. Kanno: Multichannel random signal generation in optical fiber-based ring laser with quantum-dot semiconductor optical amplifier, Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 61, pp. SC1055-1 – SC1055-4, Feb. 2022.

- 5) T. Amakasu, N. Chauvet, G. Bachelier, S. Huant, R. Horisaki, and M. Naruse: Conflict-free collective stochastic decision making by orbital angular momentum of photons through quantum interference, Scientific Reports, Vol. 11, Article No. 21117, Oct. 2021.