

2023 年度年次報告書

データ駆動・AI 駆動を中心としたデジタルトランスフォーメーションによる生命科学研究の革新

2022 年度採択研究代表者

三上 秀治

北海道大学 電子科学研究所
教授

高速・高次元閉ループ光計測技術の確立と神経科学への応用

主たる共同研究者:

飯野 雄一 (東京大学 大学院理学系研究科 教授)

瀧 雅人 (立教大学 大学院人工知能科学研究科 准教授)

松井 鉄平 (同志社大学 大学院脳科学研究科 教授)

研究成果の概要

前年度に続き、次世代のバイオ DX に貢献する高速・高次元閉ループ光計測技術の確立と神経科学への応用に向けた検討を行った。まず、独自方式である全光学的神経系操作・観察法、適応型観察法の2種について動作実証に向けた検討を進めた。前者については個別要素技術の検証を進め、システム動作時定数が暫定目標である100msよりも短くなる見込みを得た。後者については、提案方式に適したレーザー光源や光学デバイスの選定を行って具体的な仕様を明らかにするとともに、神経細胞群の検出、追跡アルゴリズムの検討を行い、数値シミュレーションによる動作確認を行った。次に、マウス脳神経系の因果構造推定の基礎検討として公開データベースを用いた検討を行った。結果、解剖学的な結合および細胞ペア間での視覚情報処理の進行をカルシウムイメージングデータから推定することは困難であると見込まれたが、マウス視覚野ネットワークでの視覚情報処理と深層神経回路での画像情報処理の階層的な対応関係が確認された。この結果は、視覚情報処理の因果構造を明らかにする上で、個々の画像が神経細胞の応答に繋がるメカニズムを深層神経回路との対比から解析することが有望であることを示唆する。さらに、線虫の行動を生成する神経機構の解明に向けた検討として、線虫の特定行動(風見鶏行動)に関わる神経細胞について、神経活動計測やタイミング依存な光刺激、数理モデル解析等を組み合わせ、当該神経細胞における感覚運動統合と風見鶏行動における役割を示した。加えて、全脳活動時系列から個体間に共通な神経活動パターンを抽出する手法、および得られた全脳活動時系列に基づいて未来の全脳活動時系列を予測する手法を開発した。本手法は、今後の検討において閉ループ光計測を行う際のシミュレータとして活用していく。

【代表的な原著論文情報】

- 1) A. Matsumoto, Y. Toyoshima, C. Zhang, A. Isozaki, K. Goda, and Y. Iino, “Neuronal sensorimotor integration guiding salt concentration navigation in *Caenorhabditis elegans*,” Proceedings of the National Academy of Sciences **121**(5), e2310735121 (2024).
- 2) Y. Toyoshima, H. Sato, D. Nagata, M. Kanamori, M.S. Jang, K. Kuze, S. Oe, T. Teramoto, Y. Iwasaki, R. Yoshida, T. Ishihara, and Y. Iino, “Ensemble dynamics and information flow deduction from whole-brain imaging data,” PLOS Computational Biology **20**(3) e1011848 (2024).