

2024 年度年次報告書
CRONOS 中尾領域
2024 年度採択研究開発代表者

桂 誠一郎

慶應義塾大学 理工学部
教授

身体リンクインタラクション基盤

1. 研究進捗状況と成果

本研究開発では、人と人との「身体リンク」を実現するために、各関節の動きや指先力のセンシングならびに機能的電気刺激による直接的な身体駆動を実現することを目的としている。2024年度においては、人間の運動を構成する速度情報、力情報を計測するための「動作センシングシステム」ならびに筋電を計測するための「生体信号センシングシステム」の構築に関して研究を実施した。

「動作センシングシステム」に関しては、モーションキャプチャの利用により、身体関節の角速度情報の抽出が可能になることを確認した。「生体信号センシングシステム」は指先で直接対象に触れて行うタスクにおける力情報の取得に必要である。指先に関しては直接力覚センサを装着することができないため、上肢筋電のセンシングに基づいて推定アルゴリズムを構築する。本研究では、力覚センサを直接指で押した際の上肢筋電データを取得し、加えた力と合わせて人工知能 (AI) で学習を行った。この際、独自開発の AI 技術である「バイラテラル AI」を使用することで、得られたモデルがブラックボックス化されることなく、数式で表現して理解することを可能にしている。「バイラテラル AI」はあらかじめ用意した要素の候補を基に最適化演算が行われるため、計算過程が全て物理式で明快に記述されるばかりでなく、その都度演算結果を見ながら対話型での設計が可能であるため、過学習などへの対応も可能になっている。

また、2025年3月11日に慶應義塾大学において、Krzysztof Szabat 教授（ブロツワフ工科大学・ポーランド）を招聘し、応用抽象化に関する国際シンポジウムを開催した。本研究で得られた成果の発表を行うとともに、研究チームメンバーを交えて深くディスカッションを行った。

以上のように、本年度掲げていた研究目標を全て達成することができ、「身体リンク」実現に向けた研究基盤の構築を着実に進めることができた。

2. 代表的な論文

- 1) Sora Yamaguchi, Yuki Tanaka, Seiichiro Katsura: “Contactless Environmental Impedance Estimation: Image-Based Approach Using Confidence Scores of Object Detection Model,” *IEEJ Journal of Industry Applications*, Vol. 14, No. 2, pp. 152–160, March, 2025.
- 2) Yuki Tanaka, Seiichiro Katsura: “Sensorless Reaction Torque Regulation of Multi-DoF Industrial Manipulator Using Gated Recurrent Unit-Based Virtual Environment Quarrier,” *IEEJ Journal of Industry Applications*, Vol. 14, No. 2, pp. 169–176, March, 2025.
- 3) Aina Kojima, Shunichi Sakurai, Seiichiro Katsura: “In-Hand Manipulation Using Interaction Mode Control in Polar Coordinate System,” *IEEJ Journal of Industry Applications*, Vol. 14, No. 2, pp. 177–187, March, 2025.
- 4) Kei Ueda, Seiichiro Katsura: “Passive Tension Adjustment of Tendon-Driven Mechanism for Improvement of Drivability,” *IEEJ Journal of Industry Applications*, Vol. 14, No. 2, pp. 277–284, March, 2025.
- 5) Yuki Nagatsu, Seiichiro Katsura: “Admittance-Control-Based Two-Channel Bilateral Control with Equivalent Phase Compensator Towards Teaching by Robot-

Guidance,” The 11th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control, and Optimization, SAMCON2025-MATSUE, pp. 175–180, March 21–23, 2025.

以上