

2023 年度年次報告書

信頼される AI システムを支える基盤技術

2020 年度採択研究代表者

森 健策

名古屋大学 大学院情報学研究科
教授

あいまい性を表現する Reliable Interventional AI Robotics

主たる共同研究者:

青山 忠義 (名古屋大学 大学院工学研究科 准教授)

長谷川 泰久 (名古屋大学 未来社会創造機構 教授)

研究成果の概要

Reliable Interventional AI Robotics を実現するために、①あいまい性を考慮した Reliable Interventional AI 基盤技術の開発(森グループ)、②内視鏡手術支援 AI Robot(長谷川グループ)、③微細操作支援 AI Robot(青山グループ)、の 3 つの研究グループを設定して研究を進めた。グループ間では画像 AI とロボットとの連携テーマを検討し、AI ロボットシステムの構築を開始した。

森グループでは、CT 画像、内視鏡映像、顕微鏡映像などの画像解析手法の性能改善を行った。また、不完全な教師データを利用して内視鏡映像中の手術器具や解剖学的構造などを抽出する手法も検討した。開発した手法により、画像中の解剖学的構造物などを認識することが可能であることを確認した。さらに、グループ間の連携により、あいまい性を利用した情報提示に関する検討を行った。

長谷川グループでは、強化学習ベースの自律型 AI ロボットシステムを構築した。行動決定に用いる機械学習モデルの確信度を定義し、値が低い場合は医師に最適な動作の教示を求めるアルゴリズムを導入した。これにより、モデル出力のあいまい性が高い時には人の支援を求められるようになった。また、医師との協働作業のために音声ベースのインターフェースや、少ないアノテーションで医師の行動を理解するために、複数粒度のワークフロー認識を行う半教師あり学習モデルを開発した。

青山グループでは、熟練者の操作データを用いた機械学習により、微細操作の理想軌道を推論する AI モデルを構築し、ロボット顕微鏡に AI を実装した初学者に対する微細操作支援システムを試作した。そのシステムが微細操作のタスク完了時間やピペットの衝突率を減少させることを確認した。さらに、AI の推論におけるあいまい性を加味し、微細操作支援における力強度を調整する機能も実装した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Zheng, Z. Hayashi, Y. Oda, M. Kitasaka, T. Mori, K. Revisiting instrument segmentation: Learning from decentralized surgical sequences with various imperfect annotations, *Healthcare Technology Letter*, **11**, 146-156, (2024).
- 2) Liu, Y. Hayashi, Y. Oda, M. Kitasaka, T. Mori, K. YOLOv7 - RepFPN: Improving real-time performance of laparoscopic tool detection on embedded systems, *Healthcare Technology Letter*, **11**, 157-166, (2024).
- 3) Fozilov, K. Colan, J. Sekiyama, K. Hasegawa, Y. Toward Autonomous Robotic Minimally Invasive Surgery: A Hybrid Framework Combining Task-Motion Planning and Dynamic Behavior Trees, *IEEE Access*, **11**, 91206-91224, (2023).
- 4) Fozilov, K. Colan, J. Davila, A. Misawa, K. Qiu, J. Hayashi, Y. Mori, K. Hasegawa, Y. Endoscope Automation Framework with Hierarchical Control and Interactive Perception for Multi-Tool Tracking in Minimally Invasive Surgery, *Sensors*, **23**, 9865, (2023).
- 5) Mori, R. Aoyama, T. Kobayashi, T. Sakamoto, K. Takeuchi, M. Hasegawa, Y. Real-Time Spatiotemporal Assistance for Micromanipulation Using Imitation Learning, *IEEE Robotics and Automation Letters*, **9**, 3506-3513, (2024).