

未来社会創造事業（探索加速型）

「次世代情報社会の実現」領域

終了報告書（探索研究）

令和 3 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:金広 文男]

[国立研究開発法人 産業技術総合研究所 AIST・CNRS ロボット工学連携研究ラボ・
連携研究ラボ長]

[研究開発課題名:物理的接触の遠隔化によるレジリエントな社会の実現]

実施期間：令和 3 年 10 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(1)「触覚センシング技術」グループ(産業技術総合研究所)

① 主たる共同研究者:延島 大樹 (産業技術総合研究所、主任研究員)

② 研究項目

- ・マルチモーダル分布センサ設計手法および製造手法の確立
- ・超高解像圧力センサシートによる表面プロファイル及び質感評価手法の確立
- ・ロボット体表面への実装方法の開発

(2)「動作理解・再現技術」グループ(産業技術総合研究所)

① 研究開発代表者:金広 文男 (産業技術総合研究所、連携研究ラボ長)

② 研究項目

- ・異なる身体構造をもつロボットへの接触動作リターゲティング
- ・触覚情報に基づいた安全な制御

(3)「安全基準の策定」グループ(産業技術総合研究所)

① 主たる共同研究者:尾暮 拓也 (産業技術総合研究所、主任研究員)

② 研究項目

- ・介護アバターのコンセプト探索

§2. 研究開発成果の概要

パンデミックの発生や生産年齢人口の減少に対してレジリエントな未来社会実現を目指し、本探索研究においては遠隔介護サービス実現に必要となる、3つの基盤技術開発に取り組んだ。

(1) 触覚センシング技術については、圧力の計測だけでなく温度など複数の物理量計測を可能とするための分布センサのマルチモーダル化技術、人の触覚に匹敵する空間分解能を持つ超高解像な圧力分布センサの作製技術、開発したシート状分布センサを複雑な立体表面へ実装するための立体成形技術、および立体へ実装した圧力分布センサを正確に校正するための技術を開発し、ロボット体表面での触覚センシングを行うためのセンサ作製に関する基盤技術を確立した。

(2) 動作理解・再現技術については、異なる身体構造を持つ遠隔操作者の動作を介護アバターの動作に優先度付けされた様々な制約条件化でリアルタイムに変換する技術、人間の動作モデルに基づく動作の予測やゴールの推定結果に基づいて効率的な遠隔操作を実現する技術、分布型の触覚センサから得られた情報と他のセンサ情報などを組み合わせて接触状態を推定し、速度やトルク等の性能を犠牲にせずに安全性を保証することが可能な制御技術を開発した。(3) 安全基準の策定については安全技術と基準を探索するためのコンセプト探索を行い、安全基準の策定根拠になる安全要求分析書を作成した。対象は計画に従ってトイレ支援の介護アバターを選び、大きなリスクである転落防止についての安全技術のコンセプト探索を行って実装可能な安全要求を分析し、さらに実際に実験用のトイレ自立支援用リフトに実装して検証した。2回の実装作業を経て検証された安全要求は6項目であり、これは安全基準の検討材料となるので本格研究において標準化提案を行っていくことが有意義である。

【代表的な原著論文情報】

- 1) A. Dallard, M. Benallegue, F. Kanehiro, A. Kheddar, “Synchronized Human-Humanoid Motion Imitation”, IEEE Robotics and Automation Letters, vol.8, no.7, pp.4155-4162, 2023.
- 2) S. Chefchaoui Moussaoui, R. Cisneros-Limón, H. Kaminaga, M. Benallegue, T. Nobeshima, S. Kanazawa, F. Kanehiro, “Spatial Calibration of Humanoid Robot Flexible Tactile Skin for Human-Robot Interaction”, MDPI Sensors, vol.23, no.9, pp.4569, 2023.
- 3) M. Celerier, M. Benallegue, Y. Hu, R. Cisneros, H. Kaminaga, G. Venture “Explicit safety and compliance on torque controlled robots for physical interaction”, IEEE Robotics and Automation Letters (under review)