

未来社会創造事業（探索加速型）

「超スマート社会の実現」領域

年次報告書（本格研究）

令和 3 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:大西 公平]

[慶應義塾大学 新川崎先端研究教育連携スクエア・特任教授]

[研究開発課題名:製造業に革新をもたらすスマートロボット技術の開発]

実施期間 : 令和 5 年 4 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究開発実施体制

(1)「スマートロボット技術開発統括」グループ(慶應義塾大学)

① 研究開発代表者:大西 公平 (慶應義塾大学 新川崎先端研究教育連携スクエア、特任教授)

② 研究項目

- ・人の動作データ定量化手法の構築および実証実験
- ・スマートロボットの設計開発
- ・POC 実現に向けた市場調査

(2)「動作方策学習統合」グループ(京都大学)

① 主たる共同研究者:森本 淳 (京都大学 大学院情報学研究科、教授)

② 研究項目

- ・適応的模倣学習アルゴリズムの開発
- ・ヒト動作からの模倣学習の実装

(3)「シミュレーション高速化アルゴリズム開発」グループ(産業技術総合研究所)

① 主たる共同研究者:山崎 啓介 (産業技術総合研究所 人工知能研究センター、研究チーム長)

② 研究項目

- ・モデルブリッジ技術の基礎アルゴリズム開発
- ・ディープニューラルネットワークに対応するモデルブリッジ技術開発
- ・力触覚データに基づく物性パラメータ推定におけるモデルブリッジ技術適用実験

(4)「動作認識・解析」グループ

① 主たる共同研究者:下野 誠通 (横浜国立大学 大学院工学研究院、准教授)

② 研究項目

- ・人のスキル特徴量抽出技術の基礎理論構築および実証実験
- ・手先モジュールの設計開発

(5)「動作方策転移学習」グループ(国際電気通信基礎技術研究所)

① 主たる共同研究者:内部 英治 (国際電気通信基礎技術研究所 脳情報通信総合研究所、主幹研究員)

② 研究項目

- ・異なるモデル間のスキル転移手法の開発
- ・モデル間スキル転移手法のプロトタイプの実装

(6)「動作方策適応学習」グループ(奈良先端科学技術大学院大学)

① 主たる共同研究者: 松原 崇充 (奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科、教授)

② 研究項目

- ・深層学習を用いた動作方策学習手法の開発
- ・動作方策学習ロボットの実験環境の構築

(7)「動作方策モデリング」グループ(産業技術総合研究所)

① 主たる共同研究者: 多田 充徳 (産業技術総合研究所 人工知能研究センター、研究チーム長)

② 研究項目

- ・ヒト動作評価のための動作測定環境の構築
- ・ヒトモデルに基づくヒト動作データの獲得

§2. 研究開発成果の概要

本格研究の主要テーマを簡潔にまとめると、人と同じ感覚を持つことでロボットがスマート化され人のスキル動作を移植して再現せしめることが可能になることを二つの POC で実証し、作業自体は複雑ではないものの現状の産業ロボットでは困難な非定型作業の自動化に適用可能であることを示すことにある。令和 5 年度の研究開発においては、作業者のスキルの含まれている動作データを作業者の負担を極力軽くせしめることで無理なく取得できるツインマスターシステムの創案とその設計製作、および人のように器用な動作を再現するスレーブハンドの設計製作に取り掛かり、一部性能試験まで行ったことである。ツインマスターシステムでは、作業者は軽く動く受動部に拘束され、負荷全体は能動部が負担するように工夫されているので、これまでの外骨格型マスターシステムに比べて作業者の負荷負担が 93%以上低減され得ることが実験的に明らかにされた。これにより、外骨格型では簡単ではなかった繊細で器用な動作と力強い動作の両方の動作データの取得、および対象の硬軟の性質に影響されない動作データの取得が共に可能であることを実証した。また、人のスキルを発揮することが期待されるスレーブハンドでは、腱駆動を採用することで把持動作のみならず、まだ初期レベルではあるが操り動作の一種である繊細な生地のずらし動作が可能であることを実証することができた。さらに、POC1 では専用機を用いているものの、直線縫製、曲線縫製および三辺縫製からなる平面縫製において作業者の動作データを用いて縫製誤差を仕様で定めた範囲に留めながらすべて自動化できることを実証した。また、POC2 では研削ロボットの動作指令を生成するフィードフォワードシステム(FF部)に新しく生成 AI の一種である拡散モデルを組み入れることでトータルの研削時間を大きく減少させ得ることを実証した。このように本年度は全体として良好な進捗状況にあった。

【代表的な原著論文情報】

1. K. Ohnishi, “Contact Task by Robot”, IEEE 18th International Conference on Advanced Motion Control, (AMC2024, Kyoto), Feb. 28th - Mar. 1st, (2024).
2. T. Hachimine, J. Morimoto, and, T. Matsubara, “Learning to Shape by Grinding: Cutting-Surface-Aware Model-Based Reinforcement Learning”, IEEE Robotics and

Automation Letters, Vol. 8, No. 10, pp. 6235-6242, (2023).

3. M. Mavsar, J. Morimoto, and, A Ude, “GAN-Based Semi-Supervised Training of LSTM Nets for Intention Recognition in Cooperative Tasks”, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 9, No. 1, pp. 263-270, (2023).