

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(本格研究期間)

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4年4月1日～令和5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(横浜国立大学)

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

(8)「シミュレーション高速化モジュール開発」グループ(日本電気株式会社)

① 主たる共同研究者:清川 裕 (日本電気株式会社データサイエンス研究所、主任)

② 研究項目

- ・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
- ・シミュレーション活用ユースケースにおけるモデルブリッジ技術適用のための調査
- ・モデルブリッジ技術プラットフォームプロトタイプング

§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人のスキル動作を再現できるロボットを POC で実証することである。今年度の研究開発ではスマートロボットの中核となる諸技術課題を解決しその統合を可能にすること、および POC1 と POC2 でその実証を行うことが主目的である。特に、人のスキルの入った動作データからスマートロボットの動作指令を生成する技術は重要な中核技術である。それには精緻なモデルに基づいて人の動作データから事前に AI により動作指令を生成するフィードフォワードシステム (FF 部) と実際に動作しているときの動作対象や動作環境の変化に AI を用いて適応するフィードバックシステム (FB 部) の結合により実現可能であることを示すことができた。FF 部は動作全体をカバーする比較的長い時間領域で動作を生成する必要がある。具体的には、モデルベース手法に基づく動作計画に沿って人の動作データを畳み込みニューラルネットワークに入力することで動作対象に整合する速度と力の混在したハイブリッド制御出力を計算する。これに対しロボットの実際の力と速度情報から対象の変化を力触覚情報から検知することで対象のアドミタンスに整合すべき動作修正を行うのが FB 部であり、指令生成には長・短期記憶を用いた深層学習を適用することで極めて短時間で修正指令を生成することが可能である。把持ロボットに FF 部と FB 部を融合させた動作生成システムを適用した実験で、対象の変化や環境の変化に適応する十分な性能を持っていることが確認できた。POC1 では試作ロボットで曲線縫い等の平面縫製の自動化に成功しており、POC2 では押しつけ動作による研削実験で動作データが取得できる状態に達している。各種試験用の試作ロボットの結果を反映させた改良型マスター装置により次年度のスマートロボットによる実験に供する準備が進められている。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】

K. Ohnishi and Y. Saito, “Quantification of Force/Tactile Sensation”, IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 12, No. 2, pp. 125-130, (2023).

T. Kitamura, A. Saito, K. Yamazaki, Y. Saito, H. Asai, and, K. Ohnishi, “Validation of a Property Estimation Method Based on Sequential and Posteriori Estimation”, 48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, (IECON2022, Belgium), Oct. 17th-20th, (2022).

T. Yamanokuchi, Y. Kwon, Y. Tsurumine, E. Uchibe, J. Morimoto, and, T Matsubara, “Randomized-to-Canonical Model Predictive Control for Real-World Visual Robotic Manipulation”, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 7, No. 4, pp. 8964-8971, (2022).