

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 研究開発年次報告書

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3年5月1日～令和4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研究推進機構、
特任准教授)

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:木佐森 慶一 (日本電気株式会社データサイエンス研究所、
主任研究員)

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。今年度は動作対象のモデルをロボットを用いて抽出する技術を開発すること、人の作業動作をロボットの動作に反映させる制御方法を確立すること、およびモジュールロボットの実機製作等に取り組んだ。最初の課題では、最尤推定とAIを組み合わせることで作業動作中の力触覚をリアルタイムで定量化することに成功した。人は作業対象の変動を力触覚で感じ取り、それが予想と違うと動作を適応的に変化させる。力触覚を定量化しその性質をリアルタイムで動作へ反映するサイクルはその人工実現過程である。その実行時間は動作の制御サンプリング時間より長く、軌道計画の変更時間よりも短い数十ミリ秒程度であり、十分なリアルタイム性を確保できる。この成果によりロボットが人のように感覚フィードバックが可能になることが示されたので、人のスキルを抽出してこれを動作に反映させるプロセスを確立することが次の課題となった。AIを援用して動作データから人のスキルの特徴量を抽出し、その結果をサイクル時間内で動作指令に反映させて作業対象に適応する制御システムを構築したところ、良好な性能を有していることが実証できた。このスキル特徴量は動作の良否と相関を持つため結果の評価法を確立する必要がある。本年度は把持動作を対象にした制御システムが十分な性能を有していることを実証したが、これを拡張してより汎用性を高めれば、複雑な作業における自動化が可能になると期待される。この実証のため多自由度アームを持ちハンドが交換可能なモジュールロボットを製作した。これが三番目の課題になる。POC検証については、複数企業と具体的な作業や評価方法の確立を進めており、効果実証の準備を整えているところである。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】

T. Kitamura, X. Sun, Y. Saito, H. Asai, T. Nozaki, and, K. Ohnishi, “Motion Generation Based on Physical Property Estimation in Motion Copy System”, IEEE 17th International Conference on Advanced Motion Control, (AMC2022, Italy), Feb. 18th-20th, pp. 62-67, (2022).

T. D. Itoh, K. Ishihara, and, J. Morimoto, “Implicit Contact Dynamics Modeling with Explicit Inertia Matrix Representation for Real-Time, Model-Based Control in Physical Environment”, Neural Computation, Vol. 32, No. 2, pp. 360-377, (2022).

R. Komatsu, K. Yamazaki, “Conditional Drive Environment Translation using StarGAN with CBIN”, 4th Artificial Intelligence and Cloud Computing Conference, (AICCC '21, Japan), Dec. 17th-19th, (2021).