

2022 年度中央大学共同プロジェクト 研究実績報告書

1. 概要

研究代表者	所属機関	理工学部		2022 年度助成額
	氏名	新妻 実保子		2,748,751 円
	NAME	Mihoko Niitsuma		※期間延長による繰越分
研究 課題名	和 文	人と産業用ロボットの協働作業の実現とその相互作用 の評価に向けた基礎研究	研究 期間	2019～2022 年度※ (特例措置によ り 1 年間延長)
	英 文	Human-Industrial Robot Collaboration Based on Intelligent Space Framework and Its Evaluation		

2. 研究組織

※所属機関・部局・職名は 2023 年 3 月 31 日時点のものです。

	研究代表者及び研究分担者		役割分担	備考
	氏名	所属機関/部局/職		
1	新妻 実保子	中央大学・理工学部・教授	研究統括, 空間知能化, 人の作業支援	研究代表者
2	大隅 久	中央大学・理工学部・教授	協働ロボットの動作計画及び制御	研究分担者
3	橋本 秀紀	中央大学・理工学部・教授	生体計測に基づく作業者評価	研究分担者
4	梅田 和昇	中央大学・理工学部・教授	画像センサによる動作計測	研究分担者
5	國井 康晴	中央大学・理工学部・教授	分散システムの統合	研究分担者
6	中村 太郎	中央大学・理工学部・教授	作業者の物理的アシストと動作解析	研究分担者
合計 6名				

3. 2022年度の研究活動報告 ※行が不足する場合は、適宜、行を追加してご記入ください。

(和文)

2022年度は主に提案する人-ロボット協働作業の被験者による実証実験を行った。具体的には、人による組み立て作業を想定し、ロボットによる組立完成品の搬送、必要部品の補充、完成品を入れるための容器の補充の作業を分担させ、作業者の作業状況の認識に基づき、自律的にロボットの実行タスクを選択する。このシステムの実現にはこれまでの課題

(A-3) ロボットの動作計画のための人の動作推定と解析

(B-2) 作業者との協働するためのロボットの動作計画

(B-3) 分散システムの統合

の成果を統合し、実現している。20名の被験者を募り、実証実験を行った。

その結果、本提案システムを用いずに事前のプログラムに従って行う協働作業よりも、本研究にて提案する作業状況に応じた自律的動作計画を用いた協働作業の方が、有意に作業達成率が高く、また作業者の作業妨害も有意に少ないことを確認した[1]。

現在はこの成果の論文公表に向けて投稿準備中である。

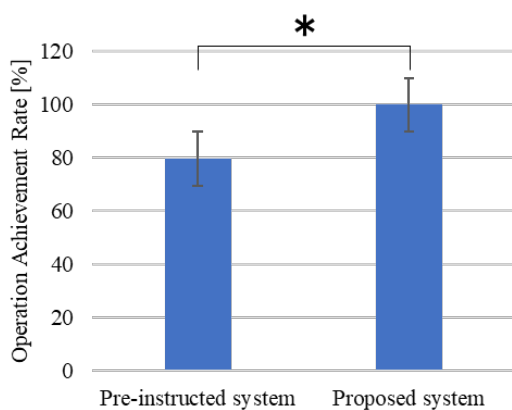


Fig. 1 Operation Achievement Rate (* : $p < 0.05$)

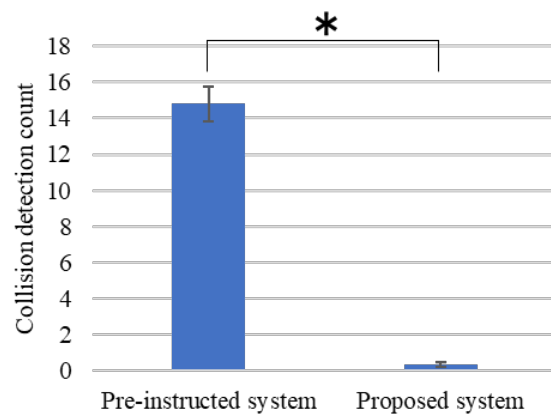


Fig. 2 Collision detection count

さらに、作業者の健康状態として心拍変動に注目し、作業状況と心拍変動に基づくロボットの動作計画及び表情を用いた作業者へのフィードバックを行った。この結果は上の成果に加え、以下の課題

(C-1) 協働ロボットとの相互作用を評価するための生体計測

の成果と統合を行い、被験者実験を通じて評価した。この実験では人による組み立て作業を想定し、組み立て作業を1サイクルとしたとき、1サイクルごとに作業成績(時間及び時間変化)と心拍変動に基づくストレス度推定結果に基づき作業者へ5つ表情(happy, natural, anxiety, angry, concentration)にてフィードバックを行った[2]。

また、人とロボットの協働作業の高度化に向けて、力覚提示による身体誘導[3][4]、非接触な心拍計測[5][6]、作業状況認識のためのジェスチャ認識[7]及び高速3D物体認識[8]、人とロボットの協働によるねじ締め作業[9][10]について研究を推進した。

(英文)

In FY2022, we mainly experimented with the proposed human-robot collaboration. Specifically, assuming assembly work by humans, the robot is assigned the tasks of transporting the completed assembly, replenishing necessary parts, and replenishing containers for the finished product. The robot autonomously selects the task to be performed based on the worker's recognition of the work situation. We have integrated the results of the following research plans to realize this system. Twenty subjects were recruited and experimented with the proposed approach.

(A-3) Estimation and Analysis of Human Motion for Robot Motion Planning

(B-2) Motion planning of a robot to cooperate with a worker

(B-3) Integration of distributed systems

As a result, we confirmed that the collaborative work using autonomous task planning based on the work situation proposed in this study was significantly more successful than the collaborative work performed according to a pre-programmed program without using the proposed system and that there was significantly less obstruction to the worker's performance [9].

We are currently preparing to submit the results of this study for publication.

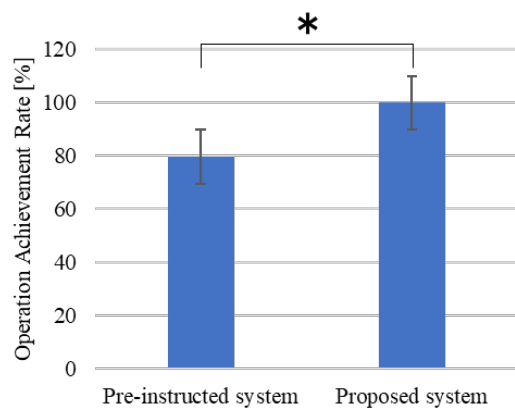


Fig. 1 Operation Achievement Rate (* : $p < 0.05$)

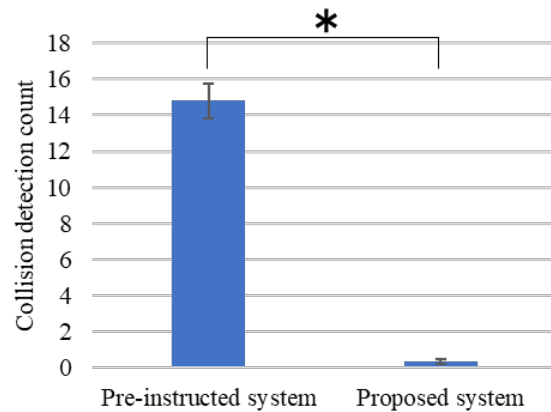


Fig. 2 Collision detection count

In addition, we paid attention to heart rate variability as the worker's health condition, planned the robot's actions based on the work situation and heart rate variability, and provided feedback to the worker using the robot's facial expressions. In addition to the above achievements, the result was integrated with the achievements of the following research plan and evaluated through experiments on test subjects.

(C-1) Biometric measurement to evaluate the interaction with a collaborating robot

In this experiment, we assumed a human assembly task. When the assembly task was considered as one cycle, we gave feedback to the worker with five facial expressions (happy, natural, anxious, angry, and concentration) based on the results of the estimation of stress level based on the task performance (time and time variation) and heart rate variability for each cycle. The feedback was given to the workers based on the results of the stress level estimation based on the work performance (time and time variation) and heart rate variability [10].

In addition, we promoted research on body guidance by force feedback[1][3], non-contact heart rate measurement[5][6], gesture recognition [2] and high-speed 3D object recognition[4] for work situation recognition, and screw fastening work by human-robot cooperation[7][8] toward the advancement of future collaborative work between human workers and industrial robots.

4. 主な発表論文等（予定を含む）※行が不足する場合は、適宜、行を追加してご記入ください。

【学術論文】《著者名、論文題目、誌名、査読の有無（査読がある場合は必ず査読有りと明記してください）、巻号、頁、発行年月》

[1] 澤橋龍之介, 保井拓巳, 西濱里英, 奥井学, 中村太郎, ”空気噴出を利用した力覚提示装置による身体誘導,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 27 No. 3 pp. 264-273, https://doi.org/10.18974/tvrsj.27.3_264, 2022. 9. (査読有り)

[2] 顔 世荀, 池 勇勳, 梅田 和昇, “任意の位置での簡単なジェスチャによる家電操作システム”, 日本機械学会論文集, Vol.87, No.898, p. 20-00310, DOI:10.1299/transjsme.20-00310, 2021.5. (査読有り)

【学会発表】（発表者名、発表題目、学会名、開催地、開催年月）

[3] 澤橋龍之介, 小松丈也, 奥井学, 中村太郎, ”空気圧人工筋肉と磁気粘性流体ブレーキを用いた双腕装着型力覚提示装置による粘弾性力提示,” ロボティクス・メカトロニクス講演会 2022, 2P2-E11, 札幌市, 2022.6.

[4] Masahiro Takahashi, Takumi Kitsukawa, Alessandro Moro, and Kazunori Umeda, “Fast 3D Object Detection with RGB-D Images Using Graph Convolutional Network,” Proc. of 2022 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2022), pp. 395-400, 2022.1. オンライン (査読有り)

[5] 寺井奎祐, 大平峻, 橋本秀紀, “近赤外線カメラを用いた睡眠時における常時非接触心拍数測定”, 第 23 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2022) , 3A2-A15, 2022.12, 千葉

[6] Kazuya Tsubota, Takashi Ohhira and, Hideki Hasimoto, Heart Rate Variability and Body-Movement Extractions Using Wi-Fi Channel State Information, 2023 IEEE/SICE International Symposium on System Integrations (SII 2023), pp. 473-483, 2023.1. Atlanta, USA. (査読有り)

[7] Kazuhiro Inamura, Kenta Iwasaki, Ryosuke Kunimura, Shunsuke Hamasaki and Hisashi Osumi: Investigation of Screw Fastening by Human-Robot Cooperation, 2023 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2023), pp.1-6, 2023.1. Atlanta, USA. (査読有り)

[8] 稲村 和浩, 岩崎 健太, 國邑 亮介, 濱崎 峻資, 大隅 久, “人とロボットの協働によるねじ締め作業に関する研究,” 第 40 回日本ロボット学会学術講演会(2022), 3I1-03, 東京, 2022.9. (日本ロボット学会学術講演会 優秀講演賞 受賞予定)

[9] 田原滉太, 新妻実保子, “空間知能化を用いた作業推定とマルコフ決定過程によるロボットのタスク選択に基づく人とロボットのコラボレーションシステム,” ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023, 名古屋, 2023.6. (発表予定)

[10] Kenta Ohashi, Mihoko Niitsuma, “Collaborative Robot’s Perception of Human Co-Worker’s Physiological Condition and Its Feedback Using Facial Expressions,” 2022 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), ThMPI.10, 札幌市, 2022.7. (査読有り)

【図 書】(著者名、出版社名、書名、刊行年)

【その他】(知的財産権、ニュースリリース等)