

2021 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	2021 年度助成額
	氏名	新妻実保子	
	NAME		
			4,347,181 (円)
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
	英 文		

2. 研究組織

※所属機関・部局・職名は 2022 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	人・ロボットインタラクシ ョン	研究代表者
2	大隅 久	中央大学・理工学部・教授	ロボット工学	研究分担者
3	橋本 秀紀	中央大学・理工学部・教授	ロボティクス, 機械学習, 生体計測	研究分担者
4	梅田 和昇	中央大学・理工学部・教授	ロボットビジョン, 画像処 理	研究分担者
5	國井 康晴	中央大学・理工学部・教授	ロボット工学, 宇宙工学	研究分担者
6	中村 太郎	中央大学・理工学部・教授	ソフトロボティクス, アク チュエータ	研究分担者
合計 6名				

3. 2021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)

2020年度の研究課題について、以下の内容についてさらに研究を進めた。

(A-3) ロボットの動作計画のための人の動作推定と解析 (新妻, 中村)

昨年までに実現した人の作業動作の推定手法では動作認識のための学習データの準備に専門知識が必要であり、また多くのパラメータを調整する必要があった。そのため、より事前知識なしに適用できるようノンパラメトリックな手法を提案した。この成果については修士論文にまとめた。現在論文投稿準備中である。

さらに、人の作業負荷推定のため、身体の構造的特徴と機械学習を用いた多様な身体形状でのデータセットの作成に取り組んだ[2]。また、作業支援としては、人工筋肉を用いた外骨格型のアシストスーツの着用も効果的な手法である。そのため、人の身体構造および関節の特性を考慮した力フィードバック装置について検討を進めた[1]。

(B-2) 作業者との協働するためのロボットの動作計画 (新妻, 大隅)

人による組み立て作業を想定し、ロボットによる成果物の搬送と必要部品の補充等の作業を分担させ、自律的にロボットの実行タスクを選択するアルゴリズムを開発した。

(B-3) 分散システムの統合 (新妻, 國井)

(A-3)と(B-2)の成果を一つのシステムとして統合し、作業者の作業状況に基づきながら、ロボットが自律的に安全で効果的なタスクを選択、実行する協働作業システムを構築した。この成果についても修士論文にまとめ、現在論文投稿準備中である。

(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 (橋本, 新妻)

より汎用的な生体計測に向けて、Wi-Fi チャンネル状態情報を用いた生体情報取得システムの構築に取り組んだ[3]。

また、リアルタイムなストレス評価を行うため、リアルタイム心電計測に基づく逐次的 LF/HF 獲得システムの実装を行った。また、fNIRS を用いた作業中の認知負荷の測定に取り組んだ[4]。

その成果を含め、2021年度の研究計画であった以下の課題について取り組んだ。

(C-2) 協働作業の定量的評価 (橋本, 新妻)

作業成績、作業動作観測、主観的認知負荷に基づく人とロボットの協働作業について評価を行った。新型コロナウイルス感染症の影響により十分な数の被験者を集められなかった。また生体計測との統合も実現できなかった。

2022年度への研究計画の延長が認められたため、2022年度に引き続き取り組みたい。

(英文)

Further research was conducted on the following topics for FY2020.

(A-3) Human Motion Estimation and Analysis for Robot Motion Planning (Niitsuma, Nakamura)

The method for estimating human work behavior realized until last year required expertise in preparing training data for motion recognition, and many parameters had to be adjusted. Therefore, we proposed a nonparametric method that can be applied without prior knowledge. The results are summarized in the master's thesis. The paper is currently being prepared for submission.

In addition, for the estimation of human workload, we worked on the creation of datasets with various body shapes using structural features of the body and machine learning [2]. In addition, wearing an exoskeleton-type assist suit with artificial

muscles is also an effective method for assisting workers. Therefore, we studied a force feedback device that considers the characteristics of the human body structure and joints [1].

(B-2) Motion Planning of Robots for Cooperation with Workers (Niitsuma, Osumi)

Assuming assembly work by humans, we developed an algorithm that autonomously selects tasks for the robot to perform by dividing the workload between the robot's transportation of deliverables and the replenishment of necessary parts.

(B-3) Integration of distributed systems (Niitsuma, Kunii)

We integrated the results of (A-3) and (B-2) into a single system and constructed a cooperative work system in which the robot autonomously selects and executes safe and effective tasks based on the operator's work situation. The results are also summarized in a master's thesis, which is currently being prepared for submission.

(C-1) Biometric Measurement to Evaluate Interaction with a Cooperative Robot (Hashimoto, Niitsuma)

Toward more versatile biometric measurements, we worked on the construction of a biometric acquisition system using Wi-Fi channel state information [3].

We also implemented a sequential LF/HF acquisition system based on real-time electrocardiograms for real-time stress assessment. We also worked on measuring cognitive load during work using fNIRS[4].

Including the results of these efforts, we worked on the following issues that were planned for research in FY2021.

(C-2) Quantitative evaluation of cooperative work (Hashimoto, Niitsuma)

We evaluated human-robot cooperative work based on work performance, work movement observation, and subjective cognitive load. A sufficient number of subjects could not be collected due to the effects of the new coronavirus infection. Integration with biometric measurements could not be realized.

Since the extension of the research plan to FY2022 was approved, we would like to continue the project in FY2022.

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] M. Okui, T. Tanaka, Y. Onozuka, T. Nakamura, "Sensory Evaluation of Friction and Viscosity Rendering with a Wearable 4 Degrees of Freedom Force Feedback Device Composed of Pneumatic Artificial Muscles and Magnetorheological Fluid Clutches", Journal of Drive and Control, Vol.18 No.4 pp.77-83 Dec. 2021.

【学会発表】 （発表者名、発表題目、学会名、開催地、開催年月）
[2] 西濱里英, 山中正雄, 中村太郎, "身体の構造的特徴と機械学習を用いた作業負荷ラベル推定のための多様な身体形状でのデータセット作成", システムインテグレーション部門講演 SI2021(SI2021), 2A5-03, pp.1298-1301. 2021.
[3] Kazuya Tsubota, Yuki Nagatsu, Hideki Hashimoto, "Biometric Information Acquisition System Using VMD in Wi-Fi Channel Status Information," IECON2021-47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IES), 2021.
[4] 丸山岳嗣, 黒澤裕之, 新妻実保子, "fNIRS を使用した情報解釈で誘発される認知負荷評価を見据えた振動触覚刺激識別における前頭前野領域の血行動態反応検証", 第 22 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, 2F4-05, 2021.
【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）