

課題番号	Q22D-03
課題名 (和文)	大脳新皮質の操作意図生成プロセスを基とした物理的インタラクションモデル生成手法の確立
課題名 (英文)	Establishment of a method for generating physical interaction models based on the process of generating operational intentions in the neocortex
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 先端科学技術研究科電気電子システム工学専攻 氏名 佐々木元気
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 工学部電子システム工学科 教授 氏名 五十嵐洋
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名

研究成果の概要 (和文)

本研究では、ヒト-ロボットの協調作業において、ロボットが適切な支援ができるように、物理的なインタラクション中のヒトの操作を予測するモデルを生成することを目的とした。本研究では、はじめに、ヒトの操作をモデル化するために、力のインタラクションが伝達可能な協調作業環境を用いて協調作業中のヒトの操作を取得した。そして、機械学習によって取得した協調作業中のヒトの操作から、操作予測モデルを生成した。また、物理的なインタラクションが伴う協調作業において、仮想環境中のヒトの行動を示すアバタが協調作業にどのような影響を及ぼすかを調査した。その結果、アバタの有無によって力のインタラクションに影響が発生しないことがわかった。

研究成果の概要 (英文)

The objective of this study was to generate a model that predicts human operations during physical interactions in order for robots can provide appropriate assistance in cooperative tasks with a human and robots. Firstly, human operations during cooperative tasks were obtained using a cooperative tasks environment. Then, the operation prediction model was generated from the human operations by machine learning. We also investigated the effect of avatars, which indicate human actions in the virtual environment, on cooperative work with physical interactions. As a result, it was revealed that the presence or absence of the avatar did not affect the force interaction.

1. 研究開始当初の背景

ヒトは運搬作業やスポーツなどヒト同士のインタラクション(Human-Human Interaction: HHI)が作用する際に、無意識的に他者と協調する。特に物理的なヒトどうしのインタラクション(Physical HHI: pHHI)領域において発揮される協調特性の解明は、**インタラクションの理解における学際的「問い」**について貢献可能である。これまでの pHHI を解明する研究における協調作業は、作業者をバネやダンパによるダイナミクスによって仮想的に接続し、一つの目標に向かって協調して操作対象を近づけるタスクであった。

2. 研究の目的

これまでの研究で得られた成果は、**操作対象を目標へ近づけるタスクのみ有効**であり限定的なインタラクションといえ、また、個人差も考慮されていない。これより、以下の点を解決する必要があった。

- 1) **タスク依存性をもった特定の協調作業**における pHHI の解析及びモデルの作成が限定的なインタラクションとなっている点。
- 2) 作業者すべての作業結果を平均した値を用いており、**個人差の考慮が十分ではなかった点**。

そこで、本研究では個人差を考慮するためにヒトの意図決定を司る大脳新皮質に注目した。ヒトの動作は大脳新皮質で生成される意図によって決定されるが、その意図は大脳新皮質で発生するさまざまな思惑の統合した情報である。ここで、脳科学の観点から協調作業中の脳の活性部位を調査した研究があり、大脳新皮質の一部が物理的インタラクションにおいて使用されることがわかっている。そこで本研究では pHHI のヒトの操作を大脳新皮質の意図生成プロセスに基づく手法によってモデル化し、その操作を正確に予測することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究ではさまざまな思惑の操作予測モデルの生成を行う。実験では申請者がこれまで遂行してきた研究の協調作業環境を、本研究でも使用して協調作業の実験を行う。本強調作業環境は、マルチラテラル制御によって複数デバイスの力のインタラクションが可能であり、作業者は現実と同じ感覚で協調作業を行うことが可能であ

る。また、実験中、作業者はヘッドマウントディスプレイを被って作業を行う。ヘッドマウントディスプレイでは、仮想空間が表示されており、仮想空間にはプレートと自身と他者のアバタが表示されている。本協調作業はこのプレートを協調して操作するタスクである。

物理的インタラクション中のヒトのさまざまな思惑を考慮するため、「リーダー・フォロワの関係の固定化」、「協調作業の役割分担」、「協調作業相手の周知の有無」といったシチュエーションを設定して、作業者に指示し、協調作業を実施する。その時に得られた作業者の操作(位置や力)などを用いて全結合型ニューラルネットワーク(NN)によって学習する。そして、学習モデルによってシチュエーションごとの協調作業中の操作が予測可能か検証する。もし NN で学習が確認できなかった場合は LSTM を用いて学習を行い、操作が予測可能か検証する。

4. 研究成果

本研究でははじめに、pHHI の操作をモデル化するために、機械学習を用いて操作モデルの生成を行った。機械学習のパラメータは Optuna を用いて最適化を行い、30名の操作モデル生成に成功した。

また、ヒトの操作に仮想空間内のアバタが影響を与えるかが未解明であったため、協調作業実験によって実証を行った。その結果、物理的なインタラクションがある協調作業において仮想空間内のアバタの有無は、ヒトの操作に影響を与えないことがわかった。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

- ① Genki Sasaki and Hiroshi Igarashi: "The Influence of Avatar Representation on Haptic Interaction in Virtual Environment," IECON 2022 - 48th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 1-6, Brussels, Belgium, October 20, 2022. 対面実施
- ② 佐々木元気, 五十嵐洋: "物理的なヒト-ヒト間インタラクションに制御手法が及ぼす影響の解析", 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会, IIPC-5-27, 2023/3/7. 対面実施