

課題番号	Q21D-03
課題名（和文）	複数の評価関数をもつ人間インタラクションモデルの生成
課題名（英文）	Generate the Human Interaction Model including Multiple Evaluation Function
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、人間インタラクションの理解及び人間-ロボット間の協調作業支援を行うため、物理的な人間どうしのインタラクションを人間の操作情報から数値的に解明・モデル化し、個人差を考慮した人間インタラクションの物理的な力覚アシスト手法を確立することを目的とした。本研究ではまず、力のインタラクションを伴う協調作業の構築を行うため、加速度制御系によるマルチラテラル制御インタフェースと制御設計を行った。また、協調作業を作業員へ提示するために、頭・手・指のトラッキングが可能な仮想環境の構築を行った。また、機械学習環境を構築し、作業員の操作をモデル化した。

研究成果の概要（英文）

In this study, the physical Human-Human Interaction is numerical analyzed and modeled by operation data of humans to assist to Human-Robot cooperation and comprehend a human interaction. This study proposes the method of physical force assisting using machine learning to human interaction considering personal. In this study, we first designed a multilateral control interface and control method to construct a cooperative task with force interaction. In addition, to present the cooperative task to the operator, we constructed a virtual environment that enables tracking of the head, hands, and fingers. A machine learning environment was also constructed to model the operator's operations.

1. 研究開始当初の背景

人間は運搬作業やスポーツなど人間どうし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。特に物理的な人間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、作業員間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 作業員すべての作業結果を平均した解析を解析及びモデル作成に用いており、個人差の考慮が十分ではなかった点。

そこで、本研究では目標に操作対象を近づける協調作業以外にも適用可能な汎用性のあるアシスト手法の確立を目的として、操作意図を考慮した協調技能のモデル生成を行う。

3. 研究の方法

協調技能のモデル生成には非線形で複雑な人間の変化をモデル化する必要がある。これまでの研究の中で NN による人間の操作特性をリアルタイムに予測するモデルの生成に成功している。ここで、人間の操作は大脳皮質で生成される意図によって決定されるが、タスクの実行、相手の入力への予測、相手への認知など、操作意図は複数の評価関数によって生み出される。

本研究では、人間が操作を行うための根源的な操作意図に着目し、評価関数を複数持つ NN (Multiple Evaluation Function-NN: MEF-NN) による協調技能の予測モデルの生成を試みる。本研究では、従来の操作対象を目標へ近づけるタスクに加え、作業相手を優先したタスク、作業相手の変化によるタスクを行い、力入力から NN によってモデル化する。そして、各モデルを統合するため、MEF-NN によって操作意図を考慮した協調

技能モデルを生成する。本モデルは人間関係や役割などがあるインタラクションにおいても適用でき、さまざまな協調作業時の操作予測やアシストに応用可能である。

4. 研究成果

本研究ではまず、力のインタラクションを伴う協調作業の構築を行うため、加速度制御系によるマルチラテラル制御インタフェースと制御設計を行った。マルチラテラル制御はインタフェース間の力のインタラクションを正確に伝達することが可能である。このような正確なインタラクションをもつ作業環境で pHHI の研究をした例は確認されていない。また、協調作業を作業員へ提示するために、仮想環境の構築を行った。仮想環境では作業員の行動を 3D アバターへ反映させるために、ヘッドマウントディスプレイによる頭・手・指のトラッキングが可能なシステムを構築した。また、リアルタイムで予測可能な機械学習環境を構築するために C++ で全結合ニューラルネットワークを作成した。そして、作業員の操作をモデル化するために、ハイパーパラメータを最適化することが可能な Optuna を用いて学習を行った。その結果、作業員の操作をモデル化することに成功し、操作を予測することが可能となった。これらの成果は、今後の pHHI の実験を実施する・アシストシステムを構築するための礎として有用である。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

- ① G. Sasaki and H. Igarashi: "Assist System Considering Cooperative Skills Improves Performance in Dyadic Interaction," 2021 IEEE 30th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), pp. 1-6, 2021/6/21. オンライン
- ② 佐々木元気, 渡辺亮, 五十嵐洋: "チームワーク評価における協調作業解析手法", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'22, 1A1-N07, 2022/6/2, 札幌