

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05912

研究課題名(和文) 相性の定量化による協調作業の個人技能・集団技能統合アシスト

研究課題名(英文) Team and Individual Assist by Quantification of Concern For Others

研究代表者

五十嵐 洋 (IGARASHI, Hiroshi)

東京電機大学・工学部・准教授

研究者番号：20408652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、複数の人間が介在する協調作業における集団技能要因の定量評価手法およびアシスト手法を提案した。協調作業では、他者の影響に伴う操作量が発生する。本研究では、これを「気づかい」とよび、機械学習により予め学習した単独作業モデルによる予測操作量との差分として定義する。本課題では、協調作業で各操作者が発する「気づかい」のバランスと、個人技能の影響を考慮した相対的なパフォーマンスとの間に相関性があることが認められた。さらに、そのバランスを用いたアシストにより、パフォーマンスに影響を与えることが示唆された。今後、「気づかい」を精査し、新たなチームワークアシストへと展開する。

研究成果の概要(英文)：A social organization needs an evaluation method to determine whether the team possess a good teamwork or not. In many studies, evaluation using a questionnaire after the experiment is carried out. The problem seems to be subjective in the fact that questionnaire can not be used in real-time and objective. By contrast, some studies have suggested objectively evaluation method for teamwork in real-time by "Concern For Others: CFO" which is an element of teamwork in a cooperative task. However, these studies have not considered a force interaction that is an important element of a cooperative task. Therefore, the purpose of this study is to consider a force interaction in a cooperative task using the CFO estimation. The results of the experiments suggests that balance CFO of each operator and the task performance have a correlation. In future, a novel assist with the balance of CFO will be implemented.

研究分野：人間機械系

キーワード：チームワーク 人間機械系 「気づかい」

1. 研究開始当初の背景

人間が社会の構成員の一人として生活していく上で、他者と相互協力を伴う協調作業は回避できない。例えば、大規模な建設作業や搬送作業、チームスポーツといったような協調作業では、個人技能に加え、適切な集団技能が求められる。

人間の集団技能を評価する研究の例として、菊池らは、円滑に対人関係を運ぶためのスキル(社会的スキル)に着目し、それを測定する尺度 KiSS-18(Kikuchi's Scale of Social Skills: 18items)を開発している[1]。この尺度は、信頼性や妥当性について十分であることを示されている一方で、社会的スキル(集団技能)の熟達に向けた具体的なアプローチに課題を残している。

こうしたアンケートによる測定法では、被験者の主観的な意見を含有し、さらに、事後的なアプローチとなる。このため、集団技能をリアルタイムかつ定量的に評価を目指したアプローチはこれまでほとんどなかった。

そこで先行研究は、複数人の協調作業における集団技能を客観的に評価できる要素として、他者配慮の量を定量的に推定した[2]。この研究では、作業に他者が介入することによる人間の行動変化に着目し、これを「気づかい」(Concern For Others: CFO)として定義した上で、定量的な推定を行っている。この「気づかい」により、従来のアンケート方式で困難であった、リアルタイムかつ客観的な集団技能の評価を行いながら、協調作業を解析することが可能となる。

一般的に考えられる協調作業は、共通の目標に向けて役割を分担する場合や、同様な行動を行う中で他者の不足分を補う場合など、さまざまな形態が挙げられる。本研究は、「気づかい」の定義上、対象となる協調作業が単独でも目的の達成できなければならない点から、はっきりと役割分担されるチームワークを対象としていない。

本研究において、集団技能を解析するために着目する協調作業は、操作行動によるインタラクションが発生する環境とする。ここで言語行動は、協調作業を円滑化する要素として解析すべき課題であるが、人間が誰かと共に行動するためには、出現率が低いという報告[3]もあるため対象としない。

さらに、人間の社会的スキルを向上させるトレーニング開発を目指す分野では、ボール運びゲームのようなお互いに目標となる対象を操作しながら相互に協力し合う作業を提案し効果を検討している。こうした背景から本研究は、作業者同士の操作が相互に影響し合い、共に協力しながら目標を達成する作業に着目する。

2. 研究の目的

本研究は、より一般的な協調作業を想定し、最大4名まで参加できる協調作業プラットフォーム(プレートコントロールタスク)を提案

および開発する。そして本研究のプラットフォームを用いて、作業者の「気づかい」推定およびパフォーマンス評価を行うことで、「気づかい」の有効性を示す。

さらに先行研究で示唆された作業者同士の「気づかい」から相対的なパフォーマンスを向上させるバランスを解析することでチームワークの客観的評価に結ぶ。なお本研究は、協調作業における作業者同士の「気づかい」から算出される分散値を、バランスの指標として相性と呼び、その応用について議論する。

3. 研究の方法

(1) 「気づかい」の定義

本研究は、人間が単独作業を行っているときと、協調作業を行っているときの違いに着目し、集団技能の定量化を行う。まず単独作業とは、ある作業に対して1人で参加し、行動することである。これに対し協調作業とは、作業に対して他者も参加し、相手の行動による影響を受けつつ、自身の行動が相手に与える影響を考える他者配慮を含んだ行動をすることである。本研究は、これらの違いが協調作業のパフォーマンスへ影響していると考え、単独時と協調時の行動量の差を推定することで集団技能の定量化を目指している。

本研究は、この差を作業に他者が介入することによって初めて生まれる行動の変化を「気づかい」と定義する。「気づかい」は、他者の行動により自分の意図する動作とならなかった場合や、他者の行動を踏まえて自分の操作量を抑えようとする場合などで無意識に発生する。そのため他者への影響を無視し、協調作業のパフォーマンスだけを考慮した「気づかい」が生じることは、ほとんどない。したがって「気づかい」は、必ずしも協調作業のパフォーマンスに対して良い影響を与えるとは限らない。

(2) 協調作業タスク

「気づかい」を推定するため、作業者が1名でも複数名でも制御可能な協調作業プラットフォームを開発した(図1)。ここで、提案した協調作業プラットフォームをプレートコントロールタスクと呼ぶ。

各作業者がプレートの各辺から伸びる2本のバーを両手で把持した状態で、プレート上に設置されている物体を制御するという作業である。それぞれの作業者は、プレートを囲

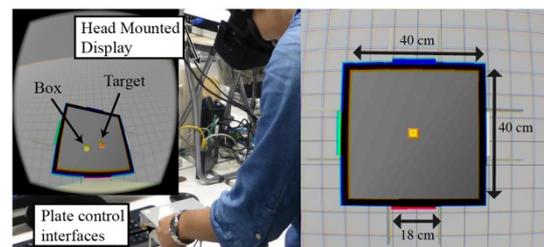


図1：開発した実験プラットフォーム

むように立つことで最大4名まで作業に参加することができる上、1名であってもプレートを十分に操作することができる。

プレートコントロールタスクは、各被験者が入力インターフェースのスティックを操作することで、仮想空間のプレートから伸びるバーを操作できるシステムとなっている。プレートコントロールタスクの仮想物体は、一辺40[cm]の正方形プレートおよびプレートに接触している一辺2[cm]の立方体ボックスと一辺3[cm]の正方形ターゲットにより構成されている。

ボックスは、重力および粘性抵抗を受けるものとして処理した。また、ターゲットは、2.0[sec]毎に10[cm]の一定距離だけ不規則な角度でプレート上を移動する。作業の目的は、プレートの傾きに応じて滑り出すボックスを制御して、不規則に繰り返し移動するターゲットを追従することである。

開発した協調作業プラットフォームは、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)、入力インターフェース、ワークステーションによって構成される。HMDは、装着者に仮想空間の十分な視覚的情報を与えるため、Oculus Rift DK2を採用した。入力インターフェースは、操作するスティック部が可変抵抗、入力された角度を取得および送信するためのmbed LPC1768により構築した。ワークステーションは、NN学習の処理や仮想空間の更新処理を十分に発揮できる性能を示し、HMDに対して75[Hz]の映像出力を実現した。

本研究は、複数名が相互に影響し合いながら行う協調作業を、定量的な因子を用いて、客観的に解析することを目指す。そこで推定される「気づかい」および協調作業パフォーマンスは、解析が可能な定量的要素である必要がある。

ここで、上述した「気づかい」は、被験者の入力インターフェースに対する入力量から推定する。また協調作業パフォーマンスについても、仮想空間におけるパラメータから解析することで、ボックスとターゲットの追従速度や時間から定量的に測定できる。

さらに、パフォーマンス変化に個人技能の要因を含ませないため、十分な練習を行った被験者を採用し、NNによるモデル同士の作業パフォーマンスと比較した値で解析を行った。

4. 研究成果

(1) 「気づかい」の影響

まず、プレートコントロールタスクにおいて、作業者の「気づかい」が与えるパフォーマンスへの影響について検討する実験を行った。ここで実験条件は、あらかじめNN学習によって得られた作業者のモデルから、無作為に選ばれた3種のモデルと人間1名による協調プレートコントロールタスクと設定した。

実験では、被験者1名の「気づかい」とパフォーマンスの相関関係を算出し、他者の「気

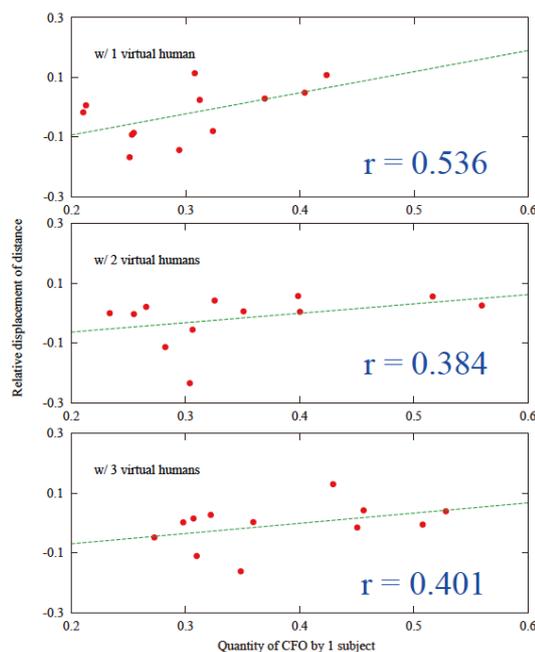


図2: 「気づかい」とパフォーマンスの関係

づかい」による影響を受けていない単体の「気づかい」が与えるパフォーマンスへの影響について解析した。この実験結果を図2に示す。いずれの結果も「気づかい」の量が多いほどパフォーマンスが低下していることを示している。

(2) 「気づかい」の相性

続いて、プレートコントロールタスクにおける作業者同士の「気づかい」が、組み合わせによってパフォーマンスへの影響を変化させるかについて検討する実験を行った。この実験条件は、人間2名による協調プレートコントロールタスクとした。

実験では、「気づかい」の相性を分散値で表し、パフォーマンスの相関関係を算出することで、2名の「気づかい」の相性が与えるパフォーマンスへの影響について解析した。この実験結果を図3に示す。この結果、作業者同士の「気づかい」が乖離し分散値が大きくなるほどパフォーマンスが低下することが明らかとなった。

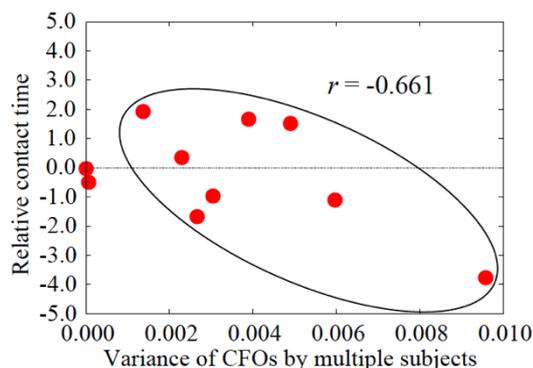


図3: 「気づかい」の分散とパフォーマンスの関係

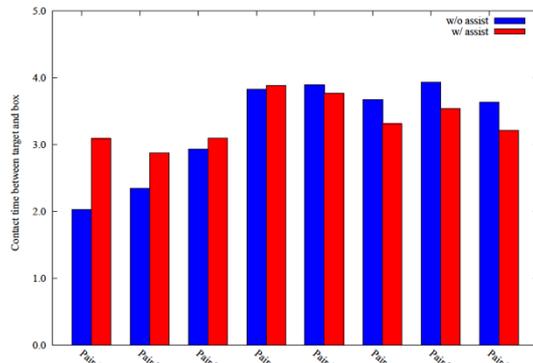


図 4: 「気づかい」の模倣によるアシスト

(3) 「気づかい」の模倣によるアシスト

最後に、「気づかい」の相性において分散値が小さいほどパフォーマンスが良好になることに着目して、「気づかい」の模倣による影響を検討する実験について述べる。この実験は、これまで「気づかい」がパフォーマンスに与える影響についての検討を踏まえ、直接その因子にアプローチすることで協調作業に関与することを狙う。

実験条件は、あらかじめ NN 学習によって得られた作業者のモデルから、無作為に選ばれた 2 種のモデルと人間 1 名による協調プレートコントロールタスクと設定した。そして選ばれたモデルは、予測した入力値に加え、作業相手となる人間の「気づかい」を模倣係数だけ模倣(加算)した操作量を出力する。

この実験結果を図 4 に示す。この結果から「気づかい」の模倣は、必ずしもすべての作業者に対しパフォーマンスを向上させる制御とならなかったが、向上させた組も確認できた。また向上した組の結果は、模倣が無い場合にパフォーマンスが比較的低いという共通点があり、模倣させることで一定のパフォーマンスまで制御することが可能であることが示唆された。

(4) まとめ

本研究は、チームワークを客観的に評価することを目指し、集団技能を定量的に表す因子として「気づかい」に着目した協調作業の解析を行った。そのために協調作業を解析するための要素が定量的に算出できる環境を、プレートコントロールタスクとして開発した。さらに、「気づかい」が協調作業パフォーマンスに与える影響を、相関関係の算出によって解析した。さらに作業者同士の「気づかい」がお互いに影響し合うことを踏まえ、相性という観点からも協調作業パフォーマンスへの影響を解析した。

実験の結果、「気づかい」が増加するほど、また作業者同士の「気づかい」が乖離するほど、協調作業パフォーマンスが低下する傾向を示唆していた。この傾向は、お互いに自分の行動を変化させない阿吽の呼吸のような環境において、高いパフォーマンスを発揮していることを示唆している。

最後に本研究は、これまでの結果から得られた関係性を踏まえ、協調作業パフォーマンスを向上させるため「気づかい」を模倣させる制御を行った。

しかし、元々パフォーマンスが低かった組に対して有効な制御であったが、必ずしもすべての被験者に対してパフォーマンスを向上させる制御とならなかった。この原因は、今回の模倣係数を更新する制御が単純な最急降下法によるものであるため、時間変化する人間の特性とマッチングしなかったことが挙げられる。

以上のことから本研究では、作業者の「気づかい」が、その量だけでなく作業者同士の相性にも、協調作業パフォーマンスへの影響があることを確認できた。しかし最後の実験では、実験結果から得られた関係性を踏まえた上での「気づかい」を模倣するモデルを提案したが、単純な制御だったために多くの被験者に有効な手法とはならなかった。

今後は、「気づかい」の時間的変化に着目し、協調作業においてより柔軟な制御を検証することで、パフォーマンスの向上が考えられる。

<引用文献>

- [1] 菊池章夫: "KiSS-18 研究ノート," 岩手県立大学社会福祉学部紀要, 第 6 巻, 第 2 号, pp. 41-51, 2004-3.
- [2] Hiroshi Igarashi: "¥Intermediary Assist for Cooperative Works: Quantification Technique of Concern for Others," The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp. 753-758, 2012
- [3] Y. Kim, M. Kim, and D. Kwon: "A Fuzzy Intimacy Space Model to Develop Human-Robot Attitudinal Relationship," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and reviews, Vol. 42, No. 6, pp. 1031-1041, 2012.

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 6 件)

- [1] Masaki Tanaka and Hiroshi Igarashi: "Feedback Assistance with Concern For Others in Cooperative Work", The 2018 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications, and Signal Processing, 7AM2-2-4, 2018
- [2] 佐々木 元気, 新居 駿也, 五十嵐 洋: "力のインタラクションを考慮した協調作業における気づかい推定", 第 18 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, 3D3-02, 2017
- [3] 新居駿也, 五十嵐洋: "協調作業を行う人間同士の相性とパフォーマンスの解析", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 '17, J02-2, 2017
- [4] 新居駿也, 五十嵐洋: "複数名での協調作

業における気づかい相性分析", 第 34 回日本
ロボット学会学術講演会, 3G2-04, 2016

[5] Hiroshi Igarashi: "Human Maneuver
Model Learning with Prediction Based
Filtering," Proceedings of the 41st Annual
Conference of the IEEE Industrial
Electronics Society, pp. 3857-3862, 2015

[6] Shunya Nii and Hiroshi Igarashi:
"Estimation of Teamwork in Cooperative
Tasks by Multiple Persons," The 2016 RISP
International Workshop on Nonlinear
Circuits, Communications, and Signal
Processing, 8PM1-4-3, 2016

[その他]

ホームページ等

<http://www.crl.epi.dendai.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

五十嵐 洋 (IGARASHI, Hiroshi)

東京電機大学・工学部・准教授

研究者番号 : 20408652