

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500145

研究課題名(和文)自律的なシステムとの原初的なインタラクションを通じた協調作業への参与感の創出

研究課題名(英文)Creating Sense of Participation to Collaborative Work through the Interaction with Autonomous System

研究代表者

竹内 勇剛 (Takeuchi, Yugo)

静岡大学・情報学研究科・教授

研究者番号：00333500

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：エージェントに象徴される知的なシステムとの原初的なインタラクションを通して、異なる世界に立脚している作業主体間の協調作業であっても、適切にその協調作業への参与感を創出するための方法を解明することを目的とする。そのために本研究では、次の3つの課題に取り組んだ。(1) 参与感を創出する認知的要因の解明 (2) 参与感の創出に寄与する原初的なインタラクションの解明とモデル化 (3) モデルの妥当性の検証と応用可能性の検証。

その結果、自律的なシステムとの原初的なインタラクションを通じた協調作業への参与感の創出のためには、相互行為における当事者間の視点や行為の同時性が強く寄与することが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：This project aims to explore how can we create a participantship in collaborative work between human and agent, even though they stand on different world such as real space and cyber space. In order to explore this question, we carried out the experiments and discussions that are focused on the following three viewpoint: (1)To examine which kind of factor does contribute to create a participantship in collaborative work between human and agent, (2)To investigate and make a cognitive model of the primitive interaction for creating a participantship, (3)To inspect whether the model investigated in (2) was valid to make people feel a participantship when they work with the agent. The results shows that there are important factors to create a participantship in collaborative work between human and agent, even though they stand on different world. The situatedness of each subject and its viewpoint is one of important factor. And, the synchronicity of each action is also important factor.

研究分野：認知科学

キーワード：ヒューマンエージェントインタラクション 参与感 同時性 視線 立脚性

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年日本は HRI (Human-Robot Interaction) や HAI (Human-Agent Interaction) の分野で世界的に先導的な立場にあり、人間と協調して問題解決のための作業に取り組む自律的なロボット/エージェントの研究が活発に行なわれている。その中で注目され始めてきた研究が、ロボット/エージェントとの協調作業を行なう際の人間の作業への参与感 (participantship) に関わる問題である。ロボットは実在する身体を有することで人間とインタラクションする空間を実世界に立脚させている。そのため、たとえロボットが協調的に解決すべき問題に対して自律的に対処していても、人間はロボットの振る舞いからその行動目的を推測することができ、自分と同じ目標を達成するためにロボットと共に作業に従事していると感受する参与感を、現場の状況に基づく自分の行動意図やロボットの行動のタイミングなどと照らし合わせて判断することができる。

(2) ところが、人間が立脚している実世界とは異なる情報世界 (cyber world) の中に仮想的な身体を立脚させるエージェント (embodied agent) との協調作業場面では、しばしば自分と同じ目標を達成するためにエージェントと自分とが協調して同じ問題に取り組んでいるという協調作業への参与感が乏しいことが、申請者らによる研究を通して明らかになってきた。このような協調作業における参与感の欠乏は、協調して解決すべき問題が、エージェントが立脚している世界と同じ情報世界に存在している、つまり人間が立脚している実世界と異なる世界に存在している際に多く生じ、しばしば次のようなエラーを引き起こすことがある。

- 人間がエージェントの働きに過度に期待し、自分がいなくても問題が解決されると信じることで協調作業への参与感を失い、本来必要な人間による作業が行なわれないエラー。
- すでにエージェントが必要な自律的に対処をしているにもかかわらず、人間がそれを同じ目標を達成するための作業であると認識せず、本来不要な行為を加えてしまうエラー。

(3) このようなエラーは、協調作業におけるエージェントの働きの範囲や、人間がどの程度まで寄与しなければならないかなどの知識を人間が有していても、協調作業に対する人間の参与感が欠如していれば容易に発生してしまう。したがってこれらのエラーを排除するためには、人間に協調作業への参与感を創出させるための根本的な取り組みが必要である。

2. 研究の目的

(1) エージェントに象徴される知的なシステムとの原初的なインタラクションを通して、異なる世界に立脚している作業主体間の協調作業であっても、適切にその協調作業への参与感を創出するための方法を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 参与感を創出する認知的要因の解明

人間と同じ実世界に立脚して協調作業を行なう自律的に振る舞うロボットとのインタラクションを通して、人間が参与感を伴って協調作業に従事している際に、環境内のどのような情報から参与感を認知しているかを実験計画法に基づく認知実験から明らかにする。

(2) 参与感の創出に寄与する原初的なインタラクションの解明とモデル化

(1) の実験の際の人間とロボットとの協調作業を行なうインタラクションを原初的な行為のレベルで解析することを通して、参与感が創出された際にどのような原初的なインタラクションが行なわれているかを1で明らかになった要因と行動データに基づいて明らかにする。

(3) モデルの妥当性の検証と応用可能性の検証

(2) で明らかになった参与感を創出する原初的なインタラクションのモデルに基づいて実装された評価用エージェントを情報空間に立脚させ、人間とエージェントとの協調作業を通じた実験を通してモデルの妥当性を検証し、応用可能性を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 参与感の創出に寄与する行為における主体感の帰属に関する検討

① 仮想的な空間における参与感の創出

環境に応じて自律的に振る舞いを変えることのできる機械をエージェントと称し、人とエージェントのインタラクションにおいて、互いが協調し合うのではなく、人が主体的に行動できることが作業を円滑に遂行する際に重要であると考えている。そこで本稿では人とエージェントが同一環境内で行動する際に、人がエージェントを行動主体として認知しない可能性について述べ、その検証を実験にて行った。実験結果から人とエージェントの目的および身体運動のタイミングが同調することで、人がエージェントを行動主体として認知しない可能性が示唆された。またエージェントの補助行為によって作業効率が向上することが明らかとなった。

② 実世界の空間における参与感の創出

人間とロボットとのインタラクション

に関する議論は、通常それぞれが独立した主体性を有した存在であり、両者が社会的に向き合う状態を想定している。その一方でロボットは必ずしも社会的な存在としてではなく、義手や義足、強化身体といった形で人間の身体能力を補完・拡張する役割としても利用されてきている。

本研究では、遠隔操作することで自らの意志に従った動作をさせることができると同時に、自律的に振る舞う能力を有したロボットの動作の主体性が遠隔操作した人間に帰属するかを、心理実験を通して検証した。その結果、人間とロボットとが働きかける環境に対して同じ視点を共有している場合には、ロボットの自律的な振る舞いに対して人間自身に主体性を帰属させていることが明らかになった。

(2) 他者による行為の主体感の帰属に関するモデル化の検討

① 同時性知覚による主体感の帰属

人が運動主体感を創出できたと感じた場合、エージェントが人の行動を支援したとしてもエージェントの存在は透明化し、人がエージェントに対して抱く不信や過信を排することができるのではないかと考えられる。

実験では自動車の運転場面を仮想的に行う環境の中で、赤信号が表示されたらできるだけ早くブレーキを掛けて停止する課題を実験協力者に与え、次の3条件間でのブレーキ動作を主体的に行っていたかどうかを比較する。

条件 A: 同時水準ではエージェントが実験協力者の操作に関与せず、被験者がブレーキを踏むと同時にブレーキが掛かる。

条件 B: 直前水準の場合、被験者がアクセルを離したと同時にエージェントが自動でブレーキを掛ける。

条件 C: 先行水準では、信号機が赤信号に変わった瞬間にエージェントがブレーキを掛ける。

条件 C の場合には強い違和感・不快感を実験協力者が感じた一方で、条件 A と B とではそれらは低く、ほぼ同程度に自分が主体的にブレーキ操作を行ったという認識をもっていったことが明らかになった。しかし実際には条件 B はエージェントが関与しており、制動距離も条件 A と比較して有意に短くなっていることから、人間の行動意図が生じた時点での同じ意図に基づく他者による行為は、自分自身の行為であると認識してしまう可能性が示された。そして他者と自己との意図的行為と同時性の関係が、他者としてのエージェント認識を弱め、自己の行為として捉える認知的構造が示唆された。

② 協調作業に参加するエージェントに対

する認識

人はエージェントの行為によって利益を得たとき、無意識的に相手に対し返報義務を感じることを示唆されている。しかし返報義務感の影響を考慮した HAI 研究は十分に発展していると言いがたい。本研究ではエージェントが援助の意図をもつと思わせにくい援助方法を提案することで被援助者に心理的負担を与えず支援することのできる援助方法の設計を目指した。またこの援助方法を実現するため、エージェントは被援助者が目的を達成しようとする行為と異なる方法で目的達成を援助するアプローチをとった。実験の結果、被援助者はエージェントの振る舞いが自分の目的達成と無関係であると感じたときに返報を行いにくくなることを示唆された。

具体的には実験を通して次のことが明らかになった。

- 人はエージェントから自身と異なるアプローチによって目的達成を援助されたとき、エージェントから援助の意図を感じにくい。
- 人はエージェントの行動によって自身の目的達成を援助されたとき、エージェントから自身を援助する意図を感じなければ返報義務感を生じにくい。

(3) 人間とエージェント（ロボット）とのインタラクション場面における参与間の創出

① 立脚する視点の違いが協調作業遂行における指示に対する信憑性に与える影響

人間とエージェントが存在する環境の違いによって、エージェントに対する印象や、提供される情報の解釈の仕方が変化する可能性について焦点を当てる。我々は実空間と情報空間の2つのエージェントとの協調作業 実験を通して、環境の共有による効果を調査した。その結果、エージェントと身体を介して環境を共有することと、人間の視点に直接対応した情報提示方法が、エージェントが提供する情報の信憑性を高めることが明らかになった。

具体的には、次のことがわかった。

- 人間-エージェント間インタラクションにおける相互の立脚性に基づいて、人間はエージェントから提供される情報に対する態度を変える。
- 人間は実空間に立脚するエージェント (RSSA) に対して、情報の送り手としての能力に期待し、送り手としての誠実さは意識しない。
- 人間は情報空間に立脚するエージェントに対して、情報の送り手としての能力に期待するだけでなく、送り手としての誠実さに対しても期待する。

つまりこれらの結果から、視点要因はエージェントとのインタラクションにおいて強く影響する可能性が示唆され、人間は自分と同じ視点に立脚した助言を求める

傾向が強いことが明らかになった。

② ゲームを傍観するロボットの視線行動によるロボットのゲーム参与間の創出

我々の日常的な対話コミュニケーションは、必ずしも 2 人だけの空間で行われるとは限らない。教育現場の協調学習場面やビジネスにおける意思決定・合意形成の場では、3 人以上の参加者で構成された多人数対話の機会が多い。多人数対話では一対一対話に比べて異なる立場や属性の人々による対話により、様々な視点や見解に基づく知識の共有が可能である。多人数対話を効率的なものにするためには、いつ、誰が、どのように話すのかという点を十分に考慮するべきであり、話者交替が円滑に行われずに話者が局所的になったり、発話内容に偏りが生じた場合には健全な対話の場が維持されなかったりすることがある。そこで本研究では、多人数対話の場に傍参与者としてロボットを参与させ、その視線行動の制御により対話場をマネジメントする方法を提案し、それを実現するためのロボットの視線行動に基づく振る舞いのモデルを検討した。その結果、ロボットの視線配が話者交替を円滑にすることで参加者らに暗黙的に発話の機会を与えられると共に、参加者らの議論の方向付けを調整できる可能性が示唆された。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① 内藤久詞, 竹内勇剛: 相互の立脚性に基づくエージェントによる助言に対する人間の反応, 電子情報通信学会和文論文誌 (A), Vol.J97-A, No.6, pp.418-428 (2014). 査読有
- ② Sato, R. & Takeuchi, Y.: Coordinating Turn-Taking and Talking in Multi-Party Conversations by Controlling a Robot's Eye-Gaze, Proceedings of RO-MAN2014, 280-285 (2014). 査読有
- ③ Sato, R. & Takeuchi, Y.: Coordinating Turn-Taking and Talking in Multi-Party Conversations, Proceedings of iHAI2013, I-1-1, 6pages (2013). 査読有
- ④ Yamamoto, S., Bono, M., & Takeuchi, Y.: Simple Multi-party Video Conversation System Focused on Participant Eye Gaze, 4th Workshop on Eye Gaze in Intelligent Human Machine Interaction at ICMi2012 (2012). 査読有
- ⑤ Takeuchi, Y. & Nakagami, H.: Human Responses toward Autonomous Action of an Avatar Robot, Proceedings of 2012 International Workshop on Human-Agent Interaction (iHAI2012) in IROS2012, CD-ROM TW-8_0013, 4 pages (2012). 査読有
- ⑥ Takeuchi, Y. & Naito, H.: Human Reaction to Given Instructions in Cooperative Task with Embodied Agents, Proceedings of RO-MAN2012, pp.197-202 (2012). 査読有
- ⑦ Sato, R. & Takeuchi, Y.: Surmising of location with vague embodied agent's instructions, CogSci2012 member abstract (Poster presentation) (2012). 査読有

[学会発表] (計 11 件)

- ① 山本紗織, 竹内勇剛, 援助に対する返報義務感を低減する HAI デザイン, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーショングループ (HCG) シンポジウム 2014-12, (2014.12.18). 海峡メッセ (山口県下関市)
- ② 高橋元紀, 竹内勇剛: 第三者を対話場に引き込む視線インタラクションのデザイン, HAI シンポジウム 2014 発表論文集, G-11, pp.183-191 (2014.12.14). 岐阜大学 (岐阜県岐阜市)
- ③ 高橋元紀, 竹内勇剛: 視線インタラクションを通じた対話場と心理的状态の変化, 日本認知科学会第 31 回大会論文集, P3-11, pp.731-738 (2014.9.19). 名古屋大学 (愛知県名古屋市)
- ④ 高橋元紀, 竹内勇剛: 視線インタラクションを通じた対話場と心理的状态の変化, 信学技報 HCS2013-104, pp.1-6 (2014.3.4). 瑠璃光 (石川県加賀市)
- ⑤ 佐藤良, 竹内勇剛: 多人数対話におけるロボットの視線行動に基づく発話権と対話場のデザイン, HAI シンポジウム 2013 発表論文集, S-5, pp.219-228 (2013.12.7). 岐阜大学 (岐阜県岐阜市)
- ⑥ 佐藤良, 竹内勇剛: 多人数対話におけるロボットの視線行動に基づく発話権と対話場のデザイン, 日本認知科学会

- 第30回大会ワークショップ1, 『ヒトと人工物のインタラクション:発展のための課題』 (2013.9.12). 玉川大学 (東京都町田市)
- ⑦ 佐藤良, 竹内勇剛: 多人数対話におけるロボットの視線行動に基づく発話権と対話場の制御, 日本認知科学会第30回大会論文集, P3-6, pp.526-532 (2013.9.13). 玉川大学 (東京都町田市)
- ⑧ 山本紗織, 竹内勇剛: 遠隔操作における入出力の時間的同時性が運動主体感へ及ぼす影響, HCS2012-96, pp.105-108 (2013.3.5). ウェルシーズン浜名湖 (静岡県浜松市)
- ⑨ 佐藤良, 竹内勇剛: 多人数対話におけるロボットの視線行動に基づく発話のアドレス先の推定, HAI シンポジウム2012 論文集, 2A-1 (8 pages) (2012.12.8). 京都工芸繊維大学 (京都府京都市)
- ⑩ 山本紗織ほか4名, 竹内勇剛: 会話参加者の顔の向きによる発話のアドレッシングを明示化する多人数ビデオチャットシステム環境の構築, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, No.176, pp.31-36 (2012.8.18). 立命館大学 (京都府京都市)
- ⑪ 竹内勇剛: 作業環境と身体を立脚させる世界との対応関係が HAI を通した課題の達成に与える効果, 第26回人工知能学会大会論文集, 301-OS-3a-1, 4 pages (2012.6.14). ゆ〜あいプラザ山口県社会福祉会館 (山口県山口市)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:
 発明者:
 権利者:
 種類:
 番号:
 出願年月日:
 国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
 発明者:
 権利者:
 種類:
 番号:
 出願年月日:
 取得年月日:
 国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 勇剛 (TAKEUCHI, Yugo)

静岡大学・情報学部・教授

研究者番号: 00333500

(2) 研究分担者

寺田 和憲 (TERADA, Kazunori)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号: 30345798

(3) 連携研究者

()

研究者番号: