

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03274

研究課題名(和文) 潜在・顕在意識評価に基づく対話ロボットの継続利用を実現する対話技術の開発

研究課題名(英文) Development of interaction technology based-on conscious and subconscious mind evaluation for daily-use communication robot

研究代表者

神原 誠之 (Kanbara, Masayuki)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授

研究者番号：10346306

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,060,000円

研究成果の概要(和文)：年齢を問わず独居世帯が増加することに伴い、現実世界における日常的な発話が不足している問題を解決するために、対話ロボットが話し相手となることで、人の日常的なコミュニケーションを促進する取り組みが注目されている。対話ロボットが活用されるためには、ユーザが対話ロボットと日常的に利用し続けたいと思う“継続利用意欲”が維持され続ける必要がある。本研究では、TVを見ている人と共に対話を行うTV雑談ロボットを用いて、“魅力的な発話文生成”・“臨場感を高める発話”技術、および、人の話し方や振る舞いを模倣して話す“ユーザに同調する発話”を提案することで、人との対話意欲の向上を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

TVを見ている人と共に対話を行うTV雑談ロボットを用いて、“魅力的な発話文生成”・“臨場感を高める発話”技術、および人の話し方や振る舞いを模倣して話す“ユーザに同調する発話”技術を開発し、主観評価とともに、生理指標を用いた客観的評価を行った。その結果、有意に実験参加者に共感しているという印象を与え、提案手法を適用したロボットが継続利用意欲の促進に貢献することが示された。これは、これまで心理学分野において定性的に効果が唱えられてきた対話技術を、客観的かつ定量的に評価を行い、今後対話ロボットが社会的に普及・活用されるための技術として非常に大きな社会的意義を生み出す可能性がある。

研究成果の概要(英文)：As the number of single-person households increases, the number of people who feel social isolation is increasing due to a decrease in the number of daily conversations. In order to solve this problem efforts to promote people's daily communication by having interactive robots act as a talking partner are attracting attention. For interactive robots to be utilized, it is necessary to maintain a high motivation to talk that users want to continue to use the interactive robot on a daily use. In this study, using a TV chatting robot that interacts with people watching TV, we tried to improve the motivation to talk with people by proposing "generating attractive utterance" and "utterance method to enhance the sense of reality" techniques, and "Synchrony Interaction" that mimics the way people speak and act.

研究分野：ヒューマンロボットインタラクション

キーワード：対話ロボット 心理評価 感情増幅対話 潜在意識

1. 研究開始当初の背景

独居によるコミュニケーション機会の減少などの生活環境の悪化による身体機能の低下や、コミュニケーション不足による自殺や孤独死などが社会問題となっている。この問題は、高齢者に限るものではなく、会社や学校に適應できず社会的孤立をも招く事例も少なくない。社会的なコミュニケーション不足による心身活動の低下や社会的孤立化を避ける手段の一つとして、傾聴ボランティアやソーシャルワーカーなどによる対話機会の提供が行われているが、人手不足が深刻な問題となっている。また、高齢者を含めた社会的孤立者の社会参加を目的として、ICT技術を活用してソーシャルネットワークサービス(SNS)を運用するなどの試みが行われているが、デジタルデバイドや、利用意欲の低迷などの問題から継続的に利用されず、コミュニケーション機会の増加には至っていない。さらに近年、人間とコミュニケーションを図る対話ロボットにより、日常生活支援や高齢者のコミュニケーション活性化を行う試みが注目されている。しかし、人同士の対話のような魅力的な(おもしろい)発話文を生成することは困難であるため、単純な対話内容に飽きてしまい、継続的な対話は実現されていない。HRI (Human-Robot Interaction)・HAI (Human-Agent Interaction) 分野において、対話エージェントが社会的孤立者や高齢者などの見守り・自立支援などを実現する可能性のあることが明らかになってきているものの、その実現には、継続的な対話が前提となっている。本研究では、対話エージェントが真に社会活用されることを目的として、利用者がエージェントとおもわず会話したくなる対話技術の実現を目指す。そのためには、対話における利用者の潜在意識・顕在意識の両側面から心的変容を解明・モデル化することで、会話意欲の向上を促す対話技術の開発を試みる。

2. 研究の目的

日常的な継続利用の先にあるものとして、人とロボットの間で信頼関係が構築され、行動変容といった健康促進の支援等によって、ユーザの QoL の向上を促すまでをロボットから能動的に働きかけることで実現することが本研究の最終的な目的である。これを実現するために本研究では主に TV 雑談ロボットを人と音声対話が可能な、身体性を伴った存在として扱う。

本研究で提案する TV 雑談ロボットの振る舞いは、ユーザの潜在意識～顕在意識の範囲に働きかけるアプローチとして分類される。各アプローチは人と人のインタラクションに関する心理学的知見を参考にした。各アプローチは、ロボットの発話内容を決定するアプローチと発話方法を決定するもの 2 つに大別される。発話内容とはロボットが何を話すかを決定するパラメータであり、テキスト化可能な情報である。一方発話方法とは、ロボットがどのように話すかを決定するためのパラメータであり、ノンバーバル言語を調節することによって表現される。この 2 つを適切に決定する手法を提案することによって、TV 雑談ロボットがユーザに受け入れられ、長期的な継続利用を促すことが本研究の目的である。

顕在意識に対して働きかけるロボットの発話内容を決定するための “魅力的な発話文生成” は以下の 2 つである。

- ・発話文生成手法の組み合わせによるロボットの対話感向上
- ・ユーザの趣向を反映したフィルタ生成による適切な発話文の選択手法

発話文生成手法の組み合わせによるロボットの人間性向上は、TV 雑談ロボットが SNS 上のコメント以外の発話文を適切に組み合わせることによって、ロボットの魅力をユーザに伝えるための手法である。個人の趣向を反映した発話文の選択手法は、膨大な量の SNS コメントからユーザ個人の趣向にあったコメントを適切に選択するための手法である。

臨場感を高めるための発話、およびユーザに同調する発話はロボットの発話方法を決定するアプローチとして提案する。臨場感を高めるための発話以下の 3 つである。

- ・SNS コメントの発話タイミング調整
- ・推定された雰囲気を再現する感情増幅発話
- ・ユーザに同調する発話

SNS コメントの発話タイミング調整は、TV 雑談ロボットが SNS コメントを発話する遅延問題によりユーザに与える不快要因を除去するための手法である。推定された雰囲気を再現する感情増幅発話は、TV 番組視聴時の雰囲気に合わせてロボットに適切な振舞いを実行させユーザの感情を高めるための手法である。ユーザに同調する発話はロボットの発話方法を決定するアプローチとして提案する。同調する対象であるノンバーバル言語として韻律情に着目し、ユーザの韻律を模倣する発話を提案する。

3. 研究の方法

以下に、対話継続意欲の向上を目的とした主な対話技術を詳述する。

- ・ユーザの趣向を反映したフィルタ生成による適切な発話文の選択手法

これまで、TV 雑談ロボットはテレビ視聴時という限られた環境下ではあるが、ユーザの継続利用意欲を向上させる可能性を示した。しかし、発話するソーシャルコメントがユーザの継続利用意欲に与える影響は考慮されておらず、新しいコメントが無作為に選ばれる。ソーシャルコメントには、ユーザの継続利用意欲を向上させるコメントだけでなく、継続利用意欲に影響のないコ

メントや、逆に継続利用意欲を低下させるコメントも含まれる。例えば、「あー」「まあ」「えー」などの感嘆詞のみの文や、テレビ番組の出演者への誹謗中傷といったコメントである。このように様々な種類の文が混在しているソーシャルコメントの中から無作為に選択して発話すると、ユーザの継続利用意欲を意図せず低下させてしまう問題が発生する。したがって本研究では、よりユーザの継続利用意欲を向上させるために、継続利用意欲を基準とした発話文の選択技術について述べる。発話文の選択を行うにあたり、ユーザにとって魅力的だった発話内容を特定する必要がある。まず、TV 雑談ロボットが発話した内容がユーザの継続利用意欲に与える影響を、データセットとして収集する。そして、収集した継続利用意欲に関するデータセットから、ユーザの継続利用意欲を推定して発話文を評価する。

- ・推定された雰囲気再現する感情増幅発話

感情増幅発話とは対話ロボットとユーザが共有する空間においてユーザが喚起するであろう感情を、対話ロボットがリアルタイムに推定し、ロボットがユーザに対し共感を示す振る舞いを実行する機能と定義する。人が持つ感情には怒り、悲しみ、恐怖、興奮など様々あるが、TV 視聴時にはそれらを喚起する雰囲気が存在すると考えられる。雰囲気には例えば、スポーツ中継などの視聴時に発生すると考えられるネガティブおよびポジティブな感情をともに含んだ盛り上がり（高活性）やバラエティ番組などで見られる笑いが上げられる。これらの要素を基に、ロボットの振舞いを大きく発話およびモーションに分類した。雰囲気推定するためのリソースとして、ユーザ情報を取得する方法が挙げられるが、今回はユーザ自身の持つ情報以外の情報として、TV 雑談システムにて収集される SNS コメントという一般大衆の意見を用いる。ユーザ以外の情報から雰囲気を推定しロボットの振舞いを決定することで、ユーザに対するセンシングされているという心理的負担やセンサを装着する身体的負担を軽減する。

- ・ユーザに同調する発話

同調対話は、ユーザ自身の持つ情動の変化を直接センシングし、ロボットの話し方、つまりノンバーバル言語情報をユーザと同調させるアプローチである。本研究では TV 雑談ロボットに取り入れる対人コミュニケーション戦略として同調（synchrony）に着目する。同調には様々な定義が存在し、同調とは対話者間の行動における時間的構造の動的で相互的な適応であると定義される。ここでは特にノンバーバル言語における同調をロボットに対して実装する。対話者のノンバーバル言語に同調するロボットの機能を「同調対話」と定義し、同調対話の実装および評価を行った。なお同調対話はユーザの潜在意識に働きかけるアプローチとして分類した。韻律情報には話速、ピッチ、音量、アクセント、発話長、応答時間、間の周期と長さ、笑いといった要素が含まれる。これらの特徴の中から話速、ピッチ、音量の3つを対話者の発話から推定し、模倣するシステムを開発する。

4. 研究成果

- ・ユーザの趣向を反映したフィルタ生成による適切な発話文の選択手法

発話文生成手法の組み合わせによるロボットの対話感向上手法の評価結果から、SNS コメント以外の相槌・復唱・自動応答文生成という3つの機械応答を組み合わせることによって、SNS コメントのみで発話を行うロボットよりも人間性が高く自然な応答性を TV 雑談ロボットに付与することができた。また、評価の結果からこの手法がユーザの継続利用意欲の促進に貢献することが示された。一方、個人の趣向を反映した発話文の選択手法では大量の SNS コメントに対する評価データから、フィルタリングされたコメントの抽出を行うための基盤を構築し、フィルタを通してどのようなコメントが抽出されるかを示した。しかし個人の趣向を反映するために必要なモデルを構築するためには膨大な量のデータが必要であるため、フィルタリングされたコメントとランダムに抽出されるコメントによってユーザの印象がどのように変化するかについて評価するには至っていない。したがって、SNS コメント評価の収集を今後も続け、フィルタにフィードバックすることで、個人特化するフィルタの精度を高め、TV 雑談ロボットの発話するコメントに対しユーザの印象がどのように変化するかを調査する。また、個人特化するためのフィルタを検証するだけでなく、性差による SNS コメントの好みの違い、年代別の好みの傾向などが明らかになると考えられる。このように収集された SNS コメントに対する評価を不特定多数のユーザに行なってもらう仕組みを提供することで、新たな研究成果につながることを期待されることから、TV 雑談システムの意義は大きいといえる。

- ・推定された雰囲気再現する感情増幅発話

TV 雑談ロボットの臨場感を高めるための発話手法として、SNS コメントの発話タイミング調整と推定された雰囲気に基づく感情増幅発話を実装し評価を行った。各手法を適用することによって、ユーザに対し TV 雑談ロボットの継続利用意欲を高めることに貢献することを示した。本研究では TV 番組に対する SNS コメントを用いて TV 雑談ロボットをどのように発話させるべきかについて調査を行ってきたが、今回実験で検証したジャンル以外にも調査すべき要素が多く存在する。例えば、雰囲気に基づく感情増幅発話では、対象とする雰囲気として盛り上がりや笑いを取り上げた。しかし TV 番組視聴時において生じる雰囲気には今回調査した2種類以外にも悲しみや恐怖、怒り、感動、といった細かな雰囲気に分解し、それらに合わせたロボットの振る舞いについても網羅的に調査する必要がある。

- ・ユーザに同調する発話

評価実験ではロボットとの対話を開始する前に、被験者に左手と顔に電極を装着する。これにより、ロボットの印象を客観的に評価するために用いる皮膚筋電位・大頬骨筋電位・皺眉筋電位を取得する。被験者はロボットとの対話が終わるたびに、以下の7つのアンケートを7段階の尺度で回答してもらう。

- Q1 ロボットは親しみやすかったですか？
- Q2 ロボットと話していて楽しかったですか？
- Q3 ロボットとどれくらい繋がりを感しましたか？
- Q4 ロボットはどれくらい自分に同調していましたか？
- Q5 ロボットを継続的に利用したいと感じましたか？
- Q6 ロボットはあなたの話を聞いている感じがしましたか？
- Q7 2回の対話のうちどちらのロボットが好きでしたか？

Q1 から Q6 では7段階のリッカート尺度（1：まったくそう思わない、7：まったくそう思う）によってスコアをつけてもらうものとした。質問7に関しては、同一対話シナリオにおける2回のうち、どちらのロボットが好きであったか選択してもらった。そのため、1回目の対話では回答せず、2回目の対話後のみ回答してもらった。図1にQ1からQ7に対する同調あり・なし条件におけるスコアの平均値を示す。t検定（両側）により、各質問において同調あり条件が同調なし条件と比較して有意に高いスコアを示した。皮膚筋電位、大頬骨筋、皺眉筋による客観評価の結果として、図2に同調あり・なし条件における平均値のグループを示す。t検定（片側）により、同調あり条件下で皮膚筋電位、大頬骨筋がともに同調なしに比べ有意に高い結果となった。同様に、t検定（片側）により、同調あり条件下で皺眉筋が同調なしに比べ有意に低い結果となった。

以上より、潜在的な意識に働きかけるアプローチとして人の話し方や振る舞いを模倣して話す“ユーザに同調する発話”を提案し、ノンバーバル言語において韻律に着目し、ユーザの韻律情報に同調して発話を行うロボットを用いて、韻律同調を行うロボットを主観的・客観的な指標を用いて評価した結果、共に韻律同調が適用された群が適用されない群と比較して有意に実験参加者に共感しているという印象を与えた。また韻律同調を適用したロボットが継続利用意欲の促進に貢献することが示された。

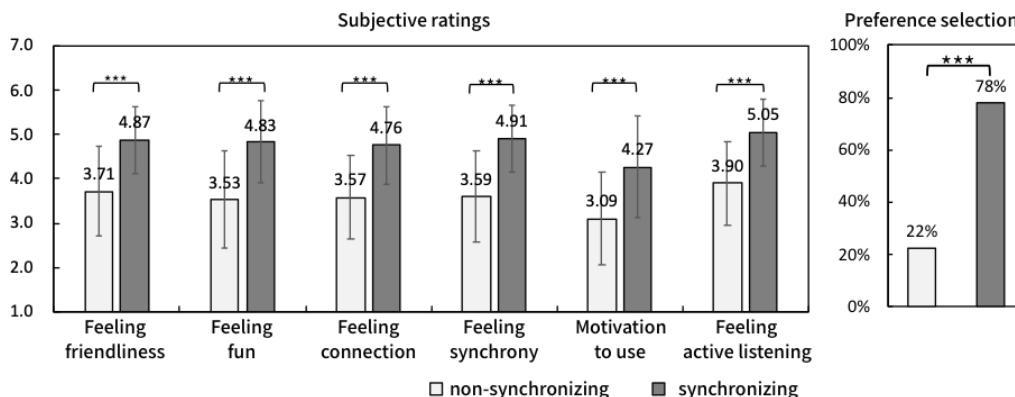


図1 Q1 から Q7 の平均および分散

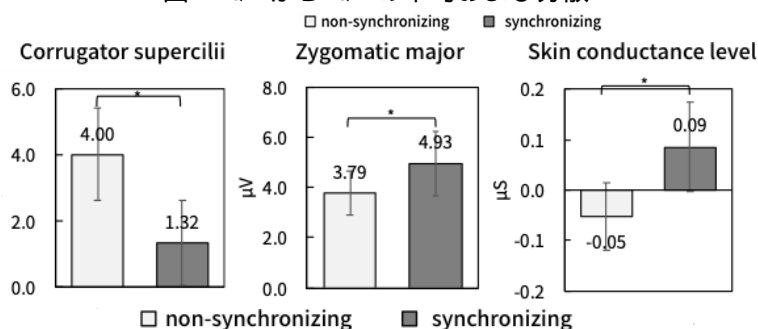


図2 各生理指標における平均および分散

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nishimura Shogo, Kimata Daiki, Sato Wataru, Kanbara Masayuki, Fujimoto Yuichiro, Kato Hirokazu, Hagita Norihiro	4. 巻 20
2. 論文標題 Positive Emotion Amplification by Representing Excitement Scene with TV Chat Agents	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 7330 ~ 7330
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s20247330	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nishimura Shogo, Nakamura Takuya, Sato Wataru, Kanbara Masayuki, Fujimoto Yuichiro, Kato Hirokazu, Hagita Norihiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Vocal Synchrony of Robots Boosts Positive Affective Empathy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2502 ~ 2502
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app11062502	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 中村 卓矢, 西村 祥吾, 川波 弘道, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 対話意欲向上を目的としたロボット対話における同調的音声合成に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, クラウドネットワークロボット (CNR)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村 祥吾, 向井田 一平, 川波 弘道, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 継続的な対話意欲促進を目的としたテレビ視聴型雑談ロボットのための発話文評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, クラウドネットワークロボット
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村 卓矢, 西村 祥吾, 川波 弘道, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 ユーザとの信頼関係構築を目的としたロボット対話におけるペーシングの評価
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, クラウドネットワークロボット
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗田 優輝, 木俣 大樹, 西村 祥吾, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 TV視聴型雑談ロボットのための盛り上がり解析および検証
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, クラウドネットワークロボット
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村 祥吾, 本多 克, 川波 弘道, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 ユーザとの継続対話を目的としたTV視聴型雑談エージェントのための同調対話
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, クラウドネットワークロボット,
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木俣 大樹, 本多 克, 栗田 優輝, 西村 祥吾, 川波 弘道, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 TV視聴型雑談エージェントのための盛り上がり判定手法
3. 学会等名 情報科学技術フォーラム(FIT) 一般講演論文集 J-003
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村 卓矢, 西村 祥吾, 川波 弘道, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 ユーザとの信頼関係構築を目的としたロボット対話における同調的音声合成の評価
3. 学会等名 情報科学技術フォーラム(FIT) 一般講演論文集 J-002
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村 祥吾, 中村 卓矢, 川波 弘道, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 ユーザとの信頼関係構築を目的とした対話ロボットのためのユーザの情動に同調する対話手法
3. 学会等名 情報科学技術フォーラム(FIT) 一般講演論文集 J-001
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村 祥吾, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 TV雑談対話ロボットのためのユーザとの継続対話を目的とした雰囲気共有
3. 学会等名 HAIシンポジウム 2018
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 卓矢, 西村 祥吾, 佐藤 弥, 神原 誠之, 萩田 紀博
2. 発表標題 ユーザとの信頼関係構築を目的としたロボット対話におけるペーシングの評価
3. 学会等名 HAIシンポジウム 2018
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 神原 誠之
2. 発表標題 快適化知能と人をつなぐディスプレイ
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗田 優輝, 西村 祥吾, 佐藤 弥, Alexander Plopski, 藤本 雄一郎, 神原 誠之, 加藤 博一,
2. 発表標題 対話者の動作推定に基づくロボットによるミラーリングの影響に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, クラウドネットワークロボット
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shogo Nishimura, Masayuki Kanbara, Norihiro Hagit
2. 発表標題 Atmosphere Sharing with TV Chat Agents for Increase of User 's Motivation for Conversation
3. 学会等名 International Conference on Human-Computer Interaction 2019 (HCI International) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shogo Nishimura, Takuya Nakamura, Masayuki Kanbara, Sato Wataru, Norihiro Hagita
2. 発表標題 Evaluation of Pacing for Dialog Robots to Build Trust Relationships with Human Users
3. 学会等名 International Conference on Human-Computer Interaction 2019 (HCI International) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田井中 溪志, 児玉 哲哉, 川瀬 寛也, イシドロ ブタスラク, 澤邊 太志, 神原 誠之
2. 発表標題 ツンデレインタラクション ~ 冷たい振る舞いと優しい振る舞いを統合したインタラクションによる行動変容 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, クラウドネットワークロボット
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keishi Tainaka, Tetsuya Kodama, Isidro Mendoza Butaslac, Hiroya Kawase, Taishi Sawabe, Masayuki Kanbara
2. 発表標題 TSUNDERE Interaction: Behavior Modification by the Integrated Interaction of Cold and Kind Actions
3. 学会等名 International Conference on Human-Robot Interaction (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田井中 溪志, 児玉 哲哉, 川瀬 寛也, 澤邊 太志, 神原 誠之
2. 発表標題 ツンデレインタラクション -行動変容を目的とした計測振舞データを用いたツンデレARエージェントの評価-
3. 学会等名 第26回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神田将吾, 澤邊 太志, 神原 誠之, 藤本 雄一郎, 加藤 博一
2. 発表標題 継続利用意欲の向上を目的としたTVゲームを共にプレイする対話ロボットの提案
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告, クラウドネットワークロボット
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田井中 漢志, 淺田 樹生, 山内 翔太郎, 児玉 哲哉, 川瀬 寛也, 澤邊 太志, 神原 誠之
2. 発表標題 ツンデレインタラクション - 受け手の支配的・服従的な性格の違いと作業意欲の関係の調査 -
3. 学会等名 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shogo Kanda, Taishi Sawabe, Masayuki Kanbara, Yuichiro Fujimoto, Hirokazu Kato
2. 発表標題 A Communication Robot for Playing Video Games Together to Boost Motivation for Daily-use
3. 学会等名 International Conference on Human-Robot Interaction Late-Breaking Reports (HRI2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	佐藤 弥 (Sato Wataru) (50422902)	国立研究開発法人理化学研究所・科技ハブ産連本部・チーム リーダー (82401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------