

令和 6 年 5 月 27 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H01112

研究課題名（和文）高齢者の社会的孤立を抑制する物理エージェントの研究

研究課題名（英文）Physical Agent Research Preventing Social Isolation in Elderly People

研究代表者

田中 文英（Tanaka, Fumihide）

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：50512787

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 31,550,000円

研究成果の概要（和文）：少子高齢社会において高齢者を始めとする人々の社会的孤立を抑制する一手段として社会的仲介エージェントを提案し、その設計指針を探る一連の調査研究と開発研究を行った。要素技術開発においてはエージェントの発話や態度など振るまい側面から温度や柔らかさに着目した外装素材側面に至るまで様々な研究成果を得た。高齢者コミュニティからのフィードバックもふまえてエージェントの設計指針をまとめあげ、複数の主要国際雑誌などにて論文発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人々の社会的孤立は現代あるいは今後の社会において大きな問題の一つである。本研究で提案した社会的仲介エージェントは人と人をつなげ、そのコミュニケーションや関係性の向上に寄与するものである。本研究では、社会的仲介エージェントのソフトウェア側面からハードウェア側面に至るまで様々な要素技術を成果として得て、さらには調査研究や開発研究を通じて同エージェントの具体的な設計指針を世界に公表しており、社会的にも学術的にも意義があるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In an aging society with a declining birthrate, we proposed a social mediator agent as a means of reducing the social isolation of the elderly and other people, and conducted a series of research and development studies to find design guidelines for the agent. In the development of elemental technologies, we obtained a variety of research results ranging from the agent's behavior, such as speech and attitude, to the exterior materials, focusing on temperature and softness. Based on feedback from the elderly community, we compiled design guidelines for the agent and published papers in several major international journals.

研究分野：エージェント

キーワード：物理エージェント

## 1. 研究開始当初の背景

人々の孤立・孤独は、現代社会が有する問題のひとつである。少子高齢社会に入り、兄弟や姉妹の少ない子どもや、ひとり暮らしの高齢者が増えていることに伴い、孤立に起因する自殺や孤独死の問題も年々深刻化している。スマートフォンや SNS の普及によって、仮想世界上の「つながり」が手軽に得られるようになり、孤立・孤独の問題も緩和されるかと期待されたものの、現実には精神的に病む人々の数はむしろ増えており、孤独死の増大にも歯止めがかかっていない状況にある。人間にとって物理世界でのコミュニケーションは重要である。指での文字タイプではなく実際に声に出した発話、全身での相手の実感は大事な意味をもつ可能性が高い。

こうした観点で、物理世界でのコミュニケーションを生み出せるロボットなど物理的なエージェントには利があるはずとの期待から、人間とロボットの関わり合いに関する研究が盛んに行われている。中でも子どもや高齢者の支援は一大領域になりつつあり、米国 NSF や EU Horizon 2020 では大型研究プロジェクトが相次いで採択されている。しかしながら、依然として人々の社会的孤立の問題を主対象とした研究プロジェクトは少数である。一部ベンチャー企業による取り組みがあるものの、学術的な活動ではないために詳細知見は公開されておらず、効果効用も不明瞭で発展するに至っていない。

## 2. 研究の目的

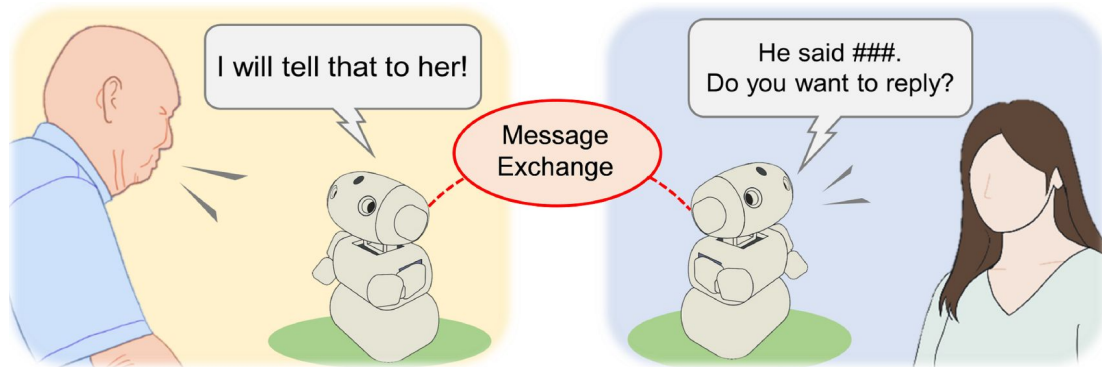
以上の背景から、本研究では「高齢者の社会的孤立を抑制しうる物理エージェントの設計指針はどのようなものか？」という問いを立て、その問いに答えることを研究目的とした。学術的な独自性について、孤立問題を対象とした物理エージェントの研究事例は限られており、更には人のロボットに対する安心感という側面ではこれまでアンケート手法など分析面では研究が進んでいるものの技術面の研究が少なかった。そして安全・安心に関わる技術的研究はこれまで物理的安全性に関わる研究が中心であった。

## 3. 研究の方法

当初計画では、高齢者をつなぐ物理エージェントの開発と検証、および人を安心させるエージェントの外装素材開発など技術開発系の研究と、高齢者コミュニティにおけるワークショップ系の研究を進め、最終的にエージェントの設計指針をまとめていくという内容であった。しかしながら本研究を開始して間もなく世界がコロナ禍に突入し、本研究計画も軌道修正を余儀なくされた。具体的には、対面での高齢者ワークショップ等の実施は極めて困難になったため活動を縮小し、代わりに技術開発側面の研究内容を大きく拡充した。結果として、最大の目標であった設計指針のまとめは当初の研究計画以上に早く進展し、さらには当初計画に無かったエージェントの技術開発研究も進展し、最終的には当初計画よりも一年前倒しで研究を完了(終了)するに到った。次項にて、各々テーマの研究方法をも説明しつつ、研究成果を説明する。

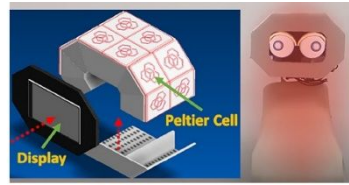
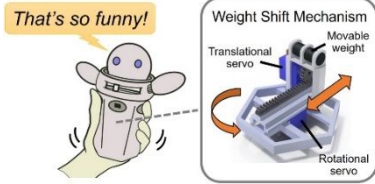
#### 4. 研究成果

高齢者の社会的孤立を抑制する物理エージェントの基本形態として、本研究では下図にあるように高齢者を他者とつなぐ社会的仲介エージェントを提案し、その要素技術を様々な方面から研究・開発して成果を挙げた。



まずはエージェントの振る舞いや話し方について、大規模調査研究を実施し、そこで得た調査結果の分析から、高齢者の話し相手となりその自己開示を促進するための物理エージェントの設計指針をまとめた。同時に物理エージェントのプロトタイプを実装・開発し、その性能を検証するユーザ実験も行った。こうした成果を Human-Robot Interaction 分野のトップジャーナルである ACM Transactions on HRI に投稿、査読を経て採択、出版に到った。さらにはプロジェクトの後半期間においては上図における受け手側をも考慮した物理エージェントの設計指針を同様の手法からまとめあげる独立した研究を実施し、こちらの成果は Social Robotics 分野のトップジャーナルである International Journal of Social Robotics に投稿、査読を経て採択、出版に到っている。なお、コロナ禍に際して高齢者コミュニティにおけるワークショップ活動は縮小を余儀なくされたが、研究協力者の牧を中心にオンラインでの活動は継続し、研究代表者や分担者とのミーティングからフィードバックを得てこれらの研究活動とくに設計指針のまとめにおいて反映されている。また、社会的仲介エージェントの介入手段として非言語的な手段を用いる研究も同時に進め、weight-shifting 手法を用いて言外の思いを伝達する新しいエージェント方式(次ページ図の左端)を提案した。この weight-shifting 手法の設計指針を探るユーザ実験も実施し、その分析結果をまとめた論文を HCI 分野のトップカンファレンスである ACM CHI にフルペーパー採択、発表している(2020年)。

次に、人を安心させるエージェントの外装素材など安心マテリアルに関する研究では、温度と柔らかさの二要素に特に着目した要素技術研究を行った。ユーザの孤立や孤独を和らげる手段として物理的な温かみは有効であるとの着想から、ペルチェ素子を用いて外装温度可変な物理エージェント(次ページ図)を開発し、性能検証のユーザ実験を行った。同研究は早い段階から学会などで新規性が高く評価され、ACM/IEEE 国際会議 HRI では LBR 論文が Honorable Mention (6/183) に選出、ロボット学会学術講演会 RSJ-2020 では International Session Best Presentation Award Finalist に選出されている。そして最終的には成果をまとめた論文が ACM Transactions on HRI (前述の論文とは別の論文として)に採択、出版されている。



体表温度可変  
エージェント



柔らかさ可変  
エージェント

さらには、安心マテリアル研究の一環として、柔らかさ可変エージェントの開発も行った。温度応答性ゲルに電熱線を組み合わせるにより柔らかさ可変エージェントを実現し、そのプロトタイプ(上図の右端)を開発、ユーザ実験からその性能を検証した。この研究成果はソフトロボティクス分野のトップカンファレンスである IEEE RoboSoft にてフルペーパー採択、発表している(2021年)。

ソフトロボティクス研究では、当初計画に無かった要素技術研究も進めた。物理エージェント外装においてずれ感覚提示を付与する手法(SI-2020 優秀講演賞受賞)、ユーザの不安を軽減する握り合いデバイスの開発などを行い、論文発表を行った。その他、ユーザの孤立・孤独を軽減する一手段として、愛玩動物に着想を得たハプティックインタラクションの方式やソーシャルロボットの外観の設計に関する研究も進め、それぞれ国内学会や国際会議にて論文を発表した。論文発表以外でも、高齢者コミュニティを交えたセッションを人工知能学会全国大会で行った他、社会的仲介エージェントの研究については筑波大学からプレスリリースを出しており報道もされている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yohei Noguchi, Hiroko Kamide, Fumihide Tanaka	4. 巻 15
2. 論文標題 How Should a Social Mediator Robot Convey Messages About the Self-Disclosures of Elderly People to Recipients?	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Social Robotics	6. 最初と最後の頁 1079-1099
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12369-023-01016-x	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 Denis Pena, Fumihide Tanaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Human Perception of Social Robot's Emotional States via Facial and Thermal Expressions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Human-Robot Interaction	6. 最初と最後の頁 1-19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3388469	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 Hiroko Kamide, Tatsuo Arai	4. 巻 13
2. 論文標題 Caring for Things Helps Humans Grow: Effects of Courteous Interaction with Things on Pro-Environmental Behavior	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 1-25
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/su13073969	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 Yohei Noguchi, Hiroko Kamide, Fumihide Tanaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Personality Traits for a Social Mediator Robot Encouraging Elderly Self-Disclosure on Loss Experiences	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Human-Robot Interaction	6. 最初と最後の頁 1-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3377342	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21件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Yuri Ouchi, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Eye Design of Social Robots Inspired by the Difference of Gaze Clarity in Canid Species
3. 学会等名 31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Kimura, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Development of a Wearable Robot that Moves on the User's Arm to Provide Calming Interactions
3. 学会等名 18th Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 太田 尚都, 田中 文英
2. 発表標題 2 輪駆動型球体ロボットにおけるWeight-Shiftingを利用した走行時の安定化制御
3. 学会等名 第23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
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大内 優梨, 田中 文英
2. 発表標題 イヌ科動物の視線明瞭度の違いに着想を得たソーシャルロボットの目の設計
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Motoki Yasuda, Arisa Ota, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Development of a Variable-Softness Robot by Using Thermo-responsive Hydrogels for Haptic Interaction with Humans
3. 学会等名 IEEE 4th International Conference on Soft Robotics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Yonezawa, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Handwriting Messenger by Which the User Can Feel the Presence of Communication Partners
3. 学会等名 ACM International Conference on Intelligent User Interfaces (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Robots in Education: where are we at?
3. 学会等名 OECD International Conference: Digital education for a strong recovery: a forward look (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yohei Noguchi, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 OMOY: A Handheld Robotic Gadget that Shifts its Weight to Express Emotions and Intentions
3. 学会等名 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Erina Okamura, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Deployment of a Social Robot into a Classroom of Remote Teaching by Elderly People to School Children: a Case Report
3. 学会等名 29th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Denis Pena, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Combining Facial and Thermal Expressions Affects the Human Perception of the Robot's Emotional State
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 文英
2. 発表標題 不安緩和のための技術的手法を考える
3. 学会等名 第34回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野口 洋平, 田中 文英
2. 発表標題 体重移動により感情や意図を表出するハンドヘルド型コミュニケーションロボットOMOY
3. 学会等名 第34回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 イム ユチャン, 田中 文英
2. 発表標題 握ると同時に握られるロボットハンドを用いた人の痛み軽減の試み
3. 学会等名 第34回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 虎取 幸太郎, 野口 洋平, 田中 文英
2. 発表標題 ずれ感覚の提示により生物感を把持者に与える人工皮膚の試作
3. 学会等名 第21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
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yijie Guo, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Robot that Sweats to Remind the Elderly of High-temperature
3. 学会等名 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Kubota, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Robot that Expresses Human Pains by Deformations
3. 学会等名 2020 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hikaru Senbonmatsu, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Robot with an Olfactory Display: Decorating its Movements by Smells
3. 学会等名 28th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 文英
2. 発表標題 安心テクノロジー
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Robot Use in Education
3. 学会等名 EMEMITALIA 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田 元樹, 田中 文英
2. 発表標題 触れると体表面の柔らかさが変化するセラピーロボットの開発
3. 学会等名 第20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
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yim Youchan, 田中 文英
2. 発表標題 ソーシャルタッチによる痛み軽減に向けた握り合いロボットハンドの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2019
4. 発表年 2019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	上出 寛子  (Kamide Hiroko)  (90585960)	名古屋大学・未来社会創造機構・特任准教授    (13901)	

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
---------	---------