

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H01708

研究課題名(和文) 子どもと高齢者の教育的コミュニケーションを支援するロボットインタフェース

研究課題名(英文) Robot Interfaces that Support Educational Communication between Older People and Children

研究代表者

田中 文英 (Tanaka, Fumihide)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：50512787

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、子どもと高齢者をつなぐインタフェースとしてのロボット技術に関わるものである。少子高齢社会におけるターゲットケースとして、自宅高齢者による遠隔授業を想定し、生徒や学校教員、そして高齢者達が参画するユーザ参加型開発を行った。この設定のもとで、世代間のコミュニケーションを円滑化するための各種要素技術開発を行い、国内外の学会や雑誌で発表した。同時に、倫理的側面など人文社会学研究も行い、最終的には教育用ロボット技術に関するサーベイガイドライン論文を執筆し、ハイインパクトを有する科学雑誌にて公開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ソーシャルロボットの研究が世界中で活発化しているが、子どもと高齢者など世代間にまたがる知的インタフェースとしてのロボット技術に関する研究は未だに限られている。本研究では、シニアコミュニティの協力を得て、実際に小学校における長期フィールド実験を行い、子どもや高齢者などユーザに積極的に開発関与して頂くことによって有用な知見を得た。得られたフィードバックからは、新しい要素技術研究が複数産まれており、高齢者の社会参加を促進する技術研究として、学術的意義・社会的意義の双方が見込まれる。

研究成果の概要(英文)：This project concerns robotics technologies for supporting intergenerational communication involving young and elderly populations. As a practical use case in aging societies with fewer children, we focused on a remote teaching setting in which elderly persons gave remote classes from his/her home to school children. We conducted a participatory development involving a wide range of stakeholders to extract crucial knowledge and develop element technologies, whose results were published in domestic/international conferences and journals. They include works reported in the field of humanity and social science. A survey guideline paper summarizing robotics for education was published in a high-impact scientific journal.

研究分野：ソーシャルロボティクス

キーワード：知能ロボティクス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

子どもとロボットに関わる研究開発が世界中で活発化している。欧米では EU FP7 や Horizon 2020、NSF などの下で大型プロジェクトが続けて始まっており、韓国を始めアジア諸国では政府主導による教育ロボット導入なども進められている。我が国でも SoftBank 社のロボット事業参加が発表され、同社のロボット Pepper でも子ども向けの教育用アプリケーションが発表されている。

その一方で、こうした子ども向けロボットの安全性や倫理的側面をも含めた総合的ガイドラインは未だ実質的に存在せず、Science 誌などの主要雑誌においても度々警鐘の特集が組まれており、切迫した課題となっている。

こうしたロボット技術が普及すると、少子高齢社会において有用なユースケースが生まれる。それは、高齢者の労働力を活用した子どもの教育やケアである。例えば東京大学では、「高齢者クラウド」と呼ばれる、高齢者の労働資源を ICT で活かそうとする研究活動が始まっている。これは、子どもの教育にも大きな価値をもたらす潜在性がある。

中でも、子どもと高齢者の間の遠隔教育はロボット技術のユースケースとして大きな意義が見込まれる。しかしながら、未だにじっさいの知見は限られており、子ども・高齢者の双方において遠隔インタフェース上の要求も異なることから、フィールド実験に基づく要求の抽出と開発の事例が求められていた。

2. 研究の目的

そこで本研究では、子どもと高齢者の間で行われる遠隔教育を題材として、ロボットによる支援を目的としたフィールド実験を行い、現場での意見抽出と開発により、ロボットインタフェースに関する技術開発と検証、そしてガイドラインの提示をも行うことを目指す。

3. 研究の方法

まず、本研究での基盤システムの開発を行う。Pepper をベースとして双方向のテレプレゼンスロボットシステムを開発し、パイロットテストにより要求の抽出と、フィールド実験に向けた人的ネットワークの準備を進める。つくば市の春日小学校と Smart Senior Association をハブにこれらの活動を進める。

続いて、パイロットテストで得られた知見を分析し、メインのフィールド実験に関する計画を進める。同時に、ロボットインタフェースの改良も進め、重要な技術的課題についてはサブテーマとしてこのフェーズから並行して進めていく。

研究分担者(木村)や連携研究者(檜山)を始めとする中心メンバーの継続的な公開議論の場として、人工知能学会全国大会でオーガナイズド・セッションを継続開催する。技術的な課題のみならず、倫理面や安全安心面も含めた議論を進める。高齢者コミュニティなどから有力なキーパーソンを招いて知見を収集・整理していき、ガイドライン作成に繋げていく。

メインのフィールド実験は、小学校と高齢者の自宅をインターネット接続する形で継続的に実施する。パイロットテストでの準備により、春日小学校内の科学クラブ活動の枠組内で行うことが可能となった。高齢者サイドも Smart Senior Association を中心としたネットワークから参加者を得ることができた。ここに至るまでの議論を経て、じっさいに子ども達や高齢者も技術開発に関わりやすい、参加型開発を含めたフィールド実験を計画実施する。

並行して、次項成果の項に述べる技術開発も研究期間後半に実施する。そしてフィールド実験やオーガナイズド・セッションなどで得られた知見をまとめたガイドライン色を有するサーベイ論文を有力雑誌に投稿するところまでを行う。

4. 研究成果

初年度に行ったパイロットテストにより、Pepper をベースとした双方向テレプレゼンスロボットシステムが開発され、つくば市の春日小学校と、川崎市にお住まいのシニア自宅との間でテストが行われた(図1)。2年次以降に実施したメインのフィールド実験に向けた諸準備が行われると同時に、物理的相互作用などのテーマにおける重要な技術的課題が見出され、2年目にかけて、ソーシャルタッチ(例えば遠隔地間でのハイタッチ)を可能とする機能が実装され、ACM/IEEE HRI や IEEE RO-MAN などの国際会議にて論文発表した。

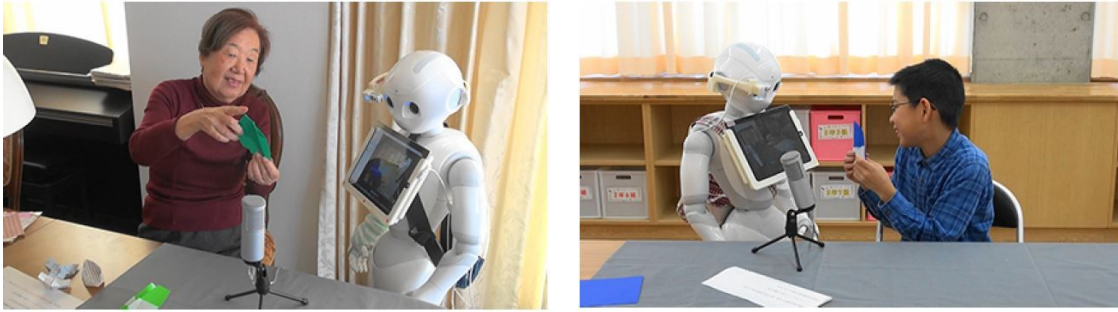


図1：双方向テレプレゼンスロボットシステム

人工知能学会全国大会において「世代をつなぐ知的インタフェース」と題したオーガナイズド・セッションを以後3年連続で開催し、本プロジェクトに関する成果発表を行うと共に、アクティブシニアコミュニティなどを招き、公開討論や意見収集なども行った。また、研究分担者の木村が主導する倫理的側面や人文社会学からの議論も深めた。ここでの成果は、人工知能学会誌や、人社分野の学会を含む、複数の場にて発表している。

2年目からは、フィールド実験と並行して、複数の要素技術開発研究に着手した。世代間の遠隔コミュニケーションを円滑化するための視覚情報提示やシェアエージェントの研究、遠隔地間での物理的相互作用促進のためのハイタッチ動作に着目した研究(図2)などである。これらの研究成果は、2年目以降、国内外の学会にて論文発表している。

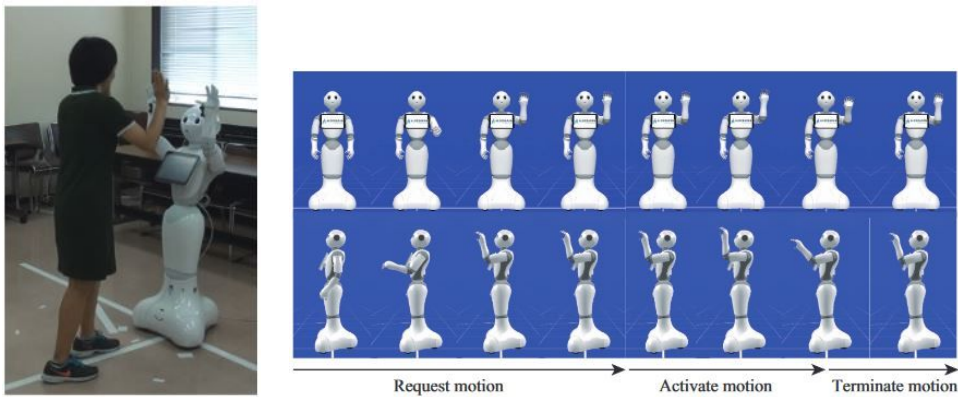


図2：自動ハイタッチ機能の開発

これら一連の研究は当初研究計画以上の速度で進展し、3年目には、当初研究計画にて最大の目標であった遠隔教育の実験を、前後含めて半年間、春日小学校内の科学クラブ活動の枠組内にて実施することができた。高齢者サイドは Smart Senior Association を始めとするネットワークから複数の参加者を得て、各自の自宅から参加して頂いた。実験を通じて、小学校の子ども達と教員、そして高齢者も積極的に開発に参加してもらったユーザ参加型開発の枠組を確立し、「準備」「実験」「意見収集」「改善」のループを期間中2回続けることに成功した(図3)。教室内 SNS とソーシャルロボットを組み合わせた知的インタフェースは、そのユーザ参加型開発における主たる成果である(図4)。ここで得られた成果は、国内外の学会および雑誌にて論文発表している。



図3：フィールド実験とユーザ参加型開発

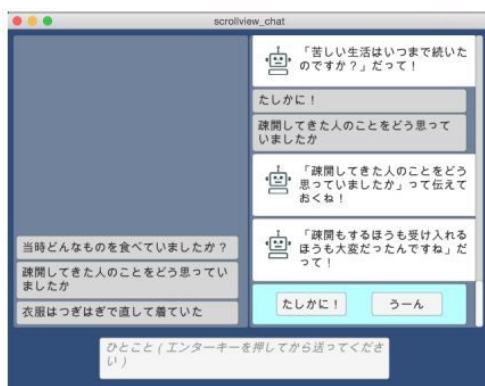


図4：遠隔授業を支援する、ロボット併用型の SNS

シェアエージェントの研究(図5)は、3年目以降、多数の参加者調査なども行い、大きく進展した。高齢者の自己開示生や性格特性など、重要な要因に関する調査研究を、総計1,200名を超える大規模な参加者について実施し、シェアエージェントや仲介者ロボットなど、世代間コミュニケーションを支援するシステムに関する設計論の指針(図6)を得た。これらの設計論に基づき開発されたロボットのHRI実験も行っている(図7)。シェアエージェントの研究を始め、遠隔コミュニケーションを円滑化する要素技術(物理的相互作用・モードスイッチング)など、得られた成果は、国内外の学会および雑誌にて論文発表している。

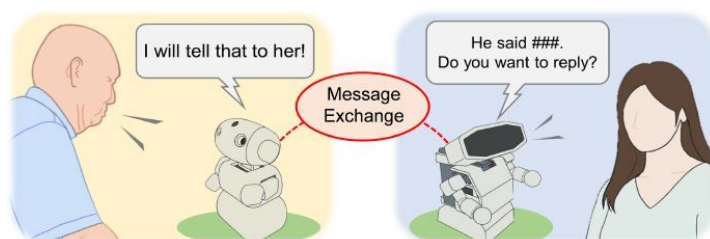


図5：シェアエージェントの概念

Topic		User's Personality Traits			
		HE+HN	HE+LN	LE+HN	LE+LN
Health	Matching Effect	-	-	Repulsive	-
	Recommended Design	LN	LN	Unmatched	LN
Finance	Matching Effect	-	-	Mixed	-
	Recommended Design	-	LN	LN	-
Isolation	Matching Effect	Repulsive	-	-	-
	Recommended Design	Unmatched	LN	LN	-
Reasons to live	Matching Effect	-	Attractive	Repulsive (male)	-
	Recommended Design	LN	Matched	Unmatched (male)	-

図6：調査実験から得られた設計指針の一部

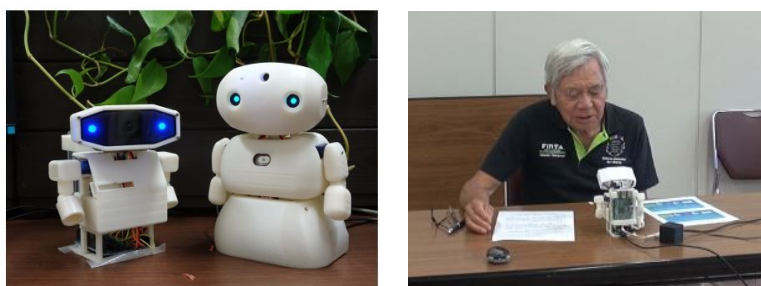


図7：シェアエージェントのHRI実験

3年目終わりまでにフィールド実験の分析と知見の整理を行い、4年目にかけて、当初研究計画における残りの課題であったガイドライン・サーベイ論文の執筆と投稿を行った。同論文は、トップジャーナルの Science Robotics 誌に採択・掲載され、その内容に関連して、米国 CNN などからインタビューも受け、報道された。

以上、4年目をもって、当初研究計画にあった内容を全て実施することができ、さらには当初研究計画になかった複数の新しい研究にも着手することができた。シェアエージェントの研究

などは、本計画で対象としていた遠隔教育のドメインを超えて、その有効性も見えてきた。こうした状況を踏まえて、本研究については5年間の当初研究計画であったが、1年前倒しで終了することとした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tony Belpaeme, James Kennedy, Aditi Ramachandran, Brian Scassellati, Fumihide Tanaka	4. 巻 3
2. 論文標題 Social Robots for Education: a Review	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science Robotics	6. 最初と最後の頁 eaat5954
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1126/scirobotics.aat5954	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 該当する
1. 著者名 野口 洋平, 上出 寛子, 田中 文英	4. 巻 20
2. 論文標題 遠隔コミュニケーションを仲介するロボットが高齢話者の自己開示に与える影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 67-78
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.20.1_67	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 田中 文英	4. 巻 66
2. 論文標題 教育におけるロボットの活用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 教育と医学	6. 最初と最後の頁 28-32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takeshi Kimura	4. 巻 9
2. 論文標題 Masahiro Mori's Buddhist Philosophy of Robot	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Behavioral Robotics	6. 最初と最後の頁 72-81
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1515/pjbr-2018-0004	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 Takeshi Kimura	4. 巻 64
2. 論文標題 Robotics and AI in the sociology of religion: A human in imago roboticae	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Social Compass	6. 最初と最後の頁 6-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177%2F0037768616683326	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 田中 文英	4. 巻 31
2. 論文標題 世代をつなぐ知的インタフェースとしてのロボット活用	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 人工知能	6. 最初と最後の頁 339-342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	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 Social Mediator Robot Encouraging Elderly Self-Disclosure on Loss Experiences	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACM Transactions on HRI	6. 最初と最後の頁 Article No.17
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39件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 21件)

1. 発表者名 Yohei Noguchi, Hiroko Kamide, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Effects on the Self-disclosure of Elderly People by Using a Robot Which Intermediates Remote Communication
3. 学会等名 The 27th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Dante Arroyo, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 A Time-based Strategy for the Transition of Control in Telepresence Robots
3. 学会等名 The 27th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野口 洋平, 上出 寛子, 田中 文英
2. 発表標題 家族の世代間コミュニケーションを支援する仲介者エージェントの研究
3. 学会等名 第32回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口 佑希子, 野口 洋平, 田中 文英
2. 発表標題 コミュニケーションロボットにおける話題・自己開示の深さに応じた傾聴動作の調査
3. 学会等名 第19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 2018年

1. 発表者名 笠井 翼, 田中 文英
2. 発表標題 継続的なインタラクションのために複数のユーザ間を聴き巡る巡学対話システム
3. 学会等名 第19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 2018年

1. 発表者名 笠井 翼, 田中 文英
2. 発表標題 高齢者をつなぐ巡学ロボットにおけるユーザの感情表出量に基づく対話選択のアルゴリズム
3. 学会等名 第32回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口 佑希子, 田中 文英
2. 発表標題 コミュニケーションロボットにおける文脈に依存した視線外し動作の検討
3. 学会等名 第32回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takeshi Kimura
2. 発表標題 Artificial Intelligence and the Frontiers of Religiosity
3. 学会等名 CRCS and ICRS Wednesday Forum (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Erina Okamura, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Design of a Robot that is Capable of High Fiving with Humans
3. 学会等名 The 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yohei Noguchi, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 A Pilot Study Investigating Self-Disclosure by Elderly Participants in Agent-Mediated Communication
3. 学会等名 The 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Research Topics on Robot for Learning
3. 学会等名 Swiss R4L - Robot for Learning (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takeshi Kimura
2. 発表標題 Robot/AI Technology and Their Ethical and Religious Implications
3. 学会等名 The 9th International Graduate Students and Scholars Conference in Indonesia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takeshi Kimura
2. 発表標題 The Challenge of Robots/AI to the Study of Religion
3. 学会等名 7th South and Southeast Asian Society for the Study of Culture and Religion (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takeshi Kimura
2. 発表標題 A New Horizon for the Study of Religion: Robot/AI and Human in Future
3. 学会等名 Workshop on Religion in Robotics in the 9th International Conference on Social Robotics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 笠井 翼, 田中 文英
2. 発表標題 巡学ロボットの提案と忘却機能を用いた人間的学習機能
3. 学会等名 第31回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野口 洋平, 田中 文英
2. 発表標題 ロボットを介したコミュニケーションにおける高齢者の自己開示の調査
3. 学会等名 第31回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 矢幡 有朋, 田中 文英
2. 発表標題 ユーザの特徴を表現する癖の検出方法の提案
3. 学会等名 第31回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Care-Receiving Robot for Child Education
3. 学会等名 Second International Conference on Social Robots in Therapy and Education (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Intelligent Robot Interface that Facilitates Intergenerational Interactions
3. 学会等名 The IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), Workshop on Robots for Learning (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Long-term Child-Robot Interaction
3. 学会等名 The IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), Workshop on Long-term Child-robot Interaction (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Co-Adaptive Learning in the Context of Educational Robotics
3. 学会等名 The 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Workshop on Human-Robot Collaboration: Towards Co-Adaptive Learning Through Semi-Autonomy and Shared Control (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka
2. 発表標題 HRI and Me
3. 学会等名 The 12th Annual Human-Robot Interaction Pioneers Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中文英
2. 発表標題 助け合う人間と技術
3. 学会等名 TEDxTsukuba (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fumihide Tanaka, Shizuko Matsuzoe
2. 発表標題 A Self-Competitive Method for the Development of an Educational Robot for Children
3. 学会等名 The 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Dante Arroyo, Yuichi Ishiguro, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Design of a Home Telepresence Robot System for Supporting Childcare
3. 学会等名 The 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing (CSCW) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tsubasa Kasai, Erina Okamura, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 Studying Coevolution between Social Robots and their Stakeholders
3. 学会等名 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yohei Noguchi, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 A Shared-Agent System for Encouraging Remote Communication over Three Generations: The First Prototype
3. 学会等名 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 時崎涼輔, 田中文英
2. 発表標題 ケア・レシーバー型ロボットの学習ダイナミクスの初期検討
3. 学会等名 第30回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 梅田将孝, 田中文英
2. 発表標題 視覚的なイメージを付与することによる世代間遠隔コミュニケーションの円滑化
3. 学会等名 第30回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岡村栄里奈, 田中文英
2. 発表標題 双方向テレプレゼンスロボットを用いた高齢者による子どもへの遠隔授業の実現に向けた予備実験の報告
3. 学会等名 第30回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 石黒雄一, Dante Arroyo, 田中文英
2. 発表標題 育児支援のための家庭内テレプレゼンスロボットシステムの提案
3. 学会等名 第34回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岡村栄里奈, 田中文英
2. 発表標題 人型ロボットのハイタッチ動作の検討
3. 学会等名 第34回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 野口洋平, 田中文英
2. 発表標題 多世代間コミュニケーション促進のためのシェアエージェントシステムの開発
3. 学会等名 第17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 2016年

1. 発表者名 田中 文英
2. 発表標題 世代をつなぐ知的インタフェース：幼児教育と高齢者就労の接点を考える
3. 学会等名 第29回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 木村 武史
2. 発表標題 ロボット技術による世代間インタフェースのロボエシカル的考察
3. 学会等名 第29回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 田中 文英
2. 発表標題 ソーシャルロボティクスの潮流
3. 学会等名 コミュニティ工学シンポジウム2016 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Erina Okamura, Fumihide Tanaka
2. 発表標題 A Pilot Study about Remote Teaching by Elderly People to Children over a Two-way Telepresence Robot System
3. 学会等名 The 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takeshi Kimura
2. 発表標題 Hybridity of Robotics and Mahayana Buddhism: The Buddhist Philosophy of Robot in the case of Masahiro Mori
3. 学会等名 Annual Meeting of American Academy of Religions (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takeshi Kimura
2. 発表標題 New Possibility or Fatal Demise: Human-in-Fusion-with-Robot
3. 学会等名 International Society for the Sociology of Religion (国際学会)
4. 発表年 2015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	木村 武史 (Kimura Takeshi) (00294611)	筑波大学・人文社会系・教授 (12102)	
連携 研究者	檜山 敦 (Hiyama Atsushi) (00466773)	東京大学・先端科学技術研究センター・講師 (12601)	
連携 研究者	國吉 康夫 (Kuniyoshi Yasuo) (10333444)	東京大学・情報理工学系研究科・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	田中 英彦 (Tanaka Hidehiko) (60011102)	情報セキュリティ大学院大学・情報セキュリティ研究科・名誉教授 (32721)	