

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：94301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00293

研究課題名(和文) 情動伝染により人の心的状態を向上させる対話ロボットの研究開発

研究課題名(英文) Studies on a communication robot that improves user's mental condition through emotional contagion

研究代表者

港 隆史 (Minato, Takashi)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・石黒浩特別研究所・研究員

研究者番号：50359858

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ユーザをロボットに共感させることで、ユーザの心的状態をポジティブな状態に導くことができる対話ロボットの実現を目的とした。その方法として、ロボットの情動をユーザに伝染させ、共感を誘発することを考えた。本研究では、ロボットの動きやロボットとの対話内容など、情動を伝染させるための要因について心理実験を通して明らかにした。そして、最も効果的な接触インタラクションに着目し、ユーザと一緒に映画を鑑賞し、ロボットがユーザに触れることによって共感を誘発するロボットを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人型ロボットは人とのインタラクションにおいて親和性を有しているという点において、既存の情報メディア以上に信頼感や安心感をもたらすことができるメディアとなる。ただし、そのためにはユーザの心的な状態を認識し、それに応じて適切なロボットの振る舞いを設計する必要があるが、その認識が難しいという問題があった。本研究では、ユーザをロボットに共感させるという逆のアプローチで、ユーザの心的状態を改善する方法を見つけた。人型ロボットによる人間支援の可能性、有効性を広げたという点で意義のある成果である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop an interactive robot that improves a user's mental state by making his/her feel empathy for it. The approach is emotional contagion, that is, to make the user be infected with the robot's emotion and elicit his/her empathy. This study investigated which kinds of expression modalities such as robot's motion and dialogue content are essential for emotional contagion through psychological experiments. This study finally focused on a touch behavior which is powerful for emotional contagion, and developed a companion robot that is next to the user while watching a movie and elicits his/her empathy with it by touching his/her hand.

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：ヒューマンロボットインタラクション コミュニケーションメディア タッチインタラクション 感情伝達

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

人型ロボットは人とのインタラクションにおいて親和性を有しているという点において、既存の情報メディア以上の付加価値をもたらすメディアとして注目されている。報告者はこれまでの研究で、人型ロボットを遠隔操作して対話メディアとして用いることで、既存の情報メディア以上に信頼感や安心感をもたらすことができることを確かめてきた。このような人型対話ロボットの特性を自律対話が可能なロボットで生かすことができれば、より多様な場面で使用可能な生活支援対話メディアとなる。例えば、精神的に不快な状態を回復させてくれる対話相手になれば、療養的にも貢献できる。また、快感情に共感して、よりゲームや映画鑑賞などを楽しませてくれる対話相手としても考えられる。

しかしながら、ユーザの発話内容を理解し、それに適切な応答を生成しながらユーザの心的状態をポジティブな状態に変化させる対話モデルを構築するためには、自然言語理解や、発話内容に基づくユーザの心的状態推定などの困難な課題を伴う。逆に、ロボットが主導的にストーリーを作って対話を行い、あるいはロボットが状況に適した独話を行い、ユーザをそれに共感させれば、上記のような課題は解消される。すなわち、ユーザに共感する対話ロボットではなく、ユーザをロボットに共感させるような対話ロボットを実現すればよいと考えられる。

2. 研究の目的

ロボットに共感させるような自律対話機能を実現するのは困難であるが、共感の原初的形態である情動伝染であれば、対話内容の深い理解なしに実現可能であると考えられる。情動を伝染させることができれば、より直接的な効果として、ロボットの快情動をユーザに伝染させ、ユーザを快感情に導くことができる。ユーザが不快な状態のときには快感情に共感することが難しい場合もある。そのような場合は間接的な方法として、帰属錯誤(誤帰属)を利用してユーザの心的状態を変化させる方法が考えられる。人は情動によって生じた生理的喚起を、その情動とは無関係の刺激に帰属することがある。これを利用すれば、ある不快な情動によって生じた生理的喚起を、ロボットから伝染された情動が原因だと錯覚させることで心的状態を変化させることができる。例えば、ある対象に対する不安によって生じた生理的喚起を、ロボットの話す不安話への共感と錯覚させることで、その対象への不安を軽減させることができる。



図1 共感喚起ロボットメディア

本研究では、自律対話ロボットとの相互作用を通して、情動伝染によりユーザをロボットに共感させ、ユーザの心的状態をポジティブな状態に導く対話ロボット(図1)を実現することを目的とする。そのためには、ロボットのどのような言語的・非言語的モダリティによる表出が、人の情動喚起をもたらすのか、また、人のどのような心的状態において、ロボットから伝染した情動に共感を覚えるのかを明らかにする必要がある。本研究では対話ロボット設計の観点から、実験室実験による仮説検証を通して上記の課題に取り組み、ユーザの心的状態を向上させるロボットの実現を目指す。

3. 研究の方法

ロボットからの情動伝染によってロボットへ共感させるためのメカニズムを明らかにする研究を下記の点に着目して進め、得られた知見に基づいて、共感喚起ロボットを設計し、実験によりこのロボットの効果を検証する。

- 情動伝染を生じさせるモダリティ
- 情動伝染が生じるためのユーザの心的状態

ロボットの言語的・非言語的表出機能は、人間のそれと同一ではないため、表情、パラ言語、身体動作などの各モダリティにおいて人と同じように情動表現できるわけではない。そのため、情動を伝染させるためには、各モダリティの表現を誇張したり、複数のモダリティを組み合わせたりする必要があると考えられる。本研究では、ロボットとして、様々な表出モダリティを有する人間酷似型のアンドロイドを用いることとし、ここでは、ロボットの各モダリティの表出をコントロールしながら、情動伝染が生じる表出方法を探る。

人はロボットの見かけや、その人の背景知識によって、ロボットがどのような機能を持つか、どのような振る舞いを行うかなどの期待を持つ。本研究の目的においては、ユーザが情動や感情をロボットに帰属しなければ、共感が生じないと考えられる。すなわち、アンドロイドがある事象について感情的に発話したとしても、アンドロイドがその事象の善し悪しを判断できる能力があるとユーザが思い込まなければ、その感情への共感も生じない(例えば、アンドロイドがお店の食事が美味しくなかったと怒ったとしても、アンドロイドは食事の味の良し悪しが判断できないだろうと思われれば、怒りへの共感も生じない)と考えられる。そこで、本研究ではユーザがアンドロイドに情動や感情を帰属しやすい状態を作り出すために、どのような話題に関して対話することが適切かを、様々な話題に対してアンケート調査することにより明らかにする。

最後に、上記の研究結果を踏まえて、アンドロイドを用いた実用例として一緒に映像鑑賞する

ロボットを想定し、映画の場面に同期して、場面に適した感情を表出することで、映画に対する満足度を増加させるようなロボットを開発してその効果を検証する。

4. 研究成果

4. 1 情動伝染を生じさせるモダリティ

ユーザのポジティブな心的状態をもたらすための1手段として、互いに共感して盛り上がる対話を想定し、それを実現するために、対話中のロボットの興奮状態をユーザに認識させるための表出要因について調べる研究を行った。人同士の盛り上がり対話に関する知見から、対話におけるアンドロイドの発話の交代潜時、音声特徴（ピッチ、音量、話速）、上体の姿勢、腕の動きの頻度および激しさ（速さ）の特徴変化について、アンドロイドの平静状態から興奮状態への変化が認識されやすいものを心理実験により調査した。まず、それぞれの要因について、下記のようにアンドロイドの活動エネルギーが高い状態と低い状態を用意した。

- 交替潜時 高：発話のオーバーラップあり，低：発話のオーバーラップなし
- 音声特徴 高：ピッチ高，音量大，話速大，低：ピッチ低，音量小，話速小
- 姿勢 高：上体の前傾あり，低：上体の前傾なし
- 動きの頻度 高：腕を動かす頻度高，低：腕を動かす頻度低
- 動きの激しさ 高：首動作とビートジェスチャの速度大，低：首動作とビートジェスチャの速度小

すべての要因が低い状態で対話するアンドロイド、全ての要因が高い状態で対話するアンドロイド、いずれかの1要因だけが低でそれ以外の要因が高い状態で対話するアンドロイドの7種類のアンドロイドを用意し、アンドロイドと人がある内容の対話を行っているビデオ刺激を作成した。それぞれについて、アンドロイドが興奮している度合いをアンケート調査で評価した結果を図2に示す。この結果から、音声特徴の活動エネルギーを変化させることが、アンドロイドの興奮状態の認識に最も影響を与えていることがわかる。調査前には動きの変化の影響が大きいと想定されたが、音声モダリティが共感の働きかけに効果的に使えることが示唆された。

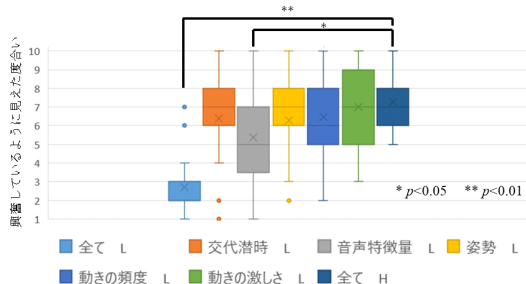


図2 アンドロイドの興奮状態を伝えるモダリティ



図3 ユーザ（右）とアンドロイド（左）が映像を鑑賞している際の接触インタラクション

次に接触（相手の身体に手で触れる）モダリティによる感情伝達について調べる研究を行った。接触インタラクションとして、アンドロイドとユーザが隣同士で座ってモニタ等を見ながら対話している状況で、アンドロイドがユーザに触れるインタラクションを想定した（図3）。そして、感情の種類によって感情を伝える触れ方が異なるかどうかについて、心理実験により調査した。触れ方の要因として、触れる時間（長く触れる／短く触れる）、接触の瞬時性（軽くたたくように触れる／たたかないように触れる）、触れる部位（指で触れる／手の平で触れる）に着目した。感情の種類としては、ポジティブな感情である「楽しい」とネガティブな感情である「悲しい」について着目し、どのような触り方が、それぞれの感情を強く伝えるのかを調べた結果を図4に示す。

図4より、触れる時間と瞬時性については、楽しいと悲しいを強く伝える触れ方がそれぞれ異なることがわかる。すなわち、楽しさは軽くたたくように短時間触れる、悲しさはたたかないように長めの時間触れると強く伝わる。触れる部位については、どちらの感情も指先で触れると強く伝わる。以上から、ロボットがユーザに情動を伝染させる、あるいは感情を伝えることによって共感させるために、どのようなモダリティを用いればよいかの知見を増やすことができた。

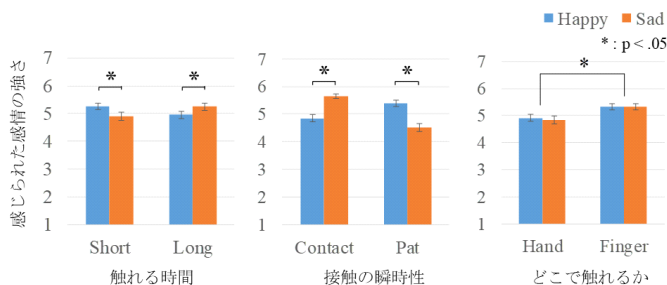


図4 触れ方と伝わる感情の強さ

4.2 情動伝染が生じるためのユーザの心的状態

アンドロイドがユーザとの対話を通して情動伝染を生じさせる上で課題となるのは、対話における話題内容である。アンドロイドがある事象について感情的に発話したとしても、アンドロイドがその事象の善し悪しを判断できる能力があるとユーザが思い込まなければ、その感情への共感も生じない。そこで、アンドロイドが話すのに適切な話題、すなわちアンドロイドと話したいと思える話題とその要因を確かめる調査を行った。図3に示す女性型アンドロイドを対象として、アンケート調査によって、被験者のアンドロイドへの対話意欲を種々の話題について調査した。まず、話題として「食べものの美味しさ」、「数学の難しさ」など、ある事象の評価についての話題を100種類用意し、それぞれについてアンケートにより、被験者の関心度合いとアンドロイドが各話題の意見を持つことが自然かどうか（意見が帰属できるかどうか）を調べた。さらに、それぞれの話題についてアンドロイドと対話するとしたときに、対話したいと思うかどうか（対話意欲）についても調べた。その結果、被験者の話題への関心度が対話意欲に影響するだけでなく、アンドロイドに意見を帰属できる話題かどうか（アンドロイドが良し悪しを判断できると思える事象について話すかどうか）が、対話意欲に影響することが明らかになった。さらに、100種類の話題を図6のように分類してそれぞれについてアンドロイドに意見を帰属できると回答した被験者の割合を調べたところ、図6に示すように自然やサイエンス、通信・コンピュータに関する話題はアンドロイドに帰属されやすい一方で、人間関係などの話題は帰属されにくいことが分かった。ロボットが主導的にストーリーを作って対話を行い、ユーザを共感させるようなインタラクションを想定した場合、話題内容によってはアンドロイドに意見を帰属させやすくするための対話のデザインが必要になると考えられる。これについては、今後の課題である。

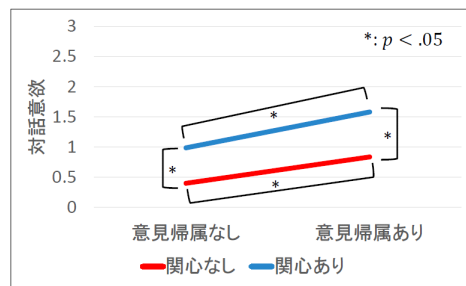


図5 アンドロイドに意見が帰属できる話題かどうかと、その話題に話したいと思う度合いの関係

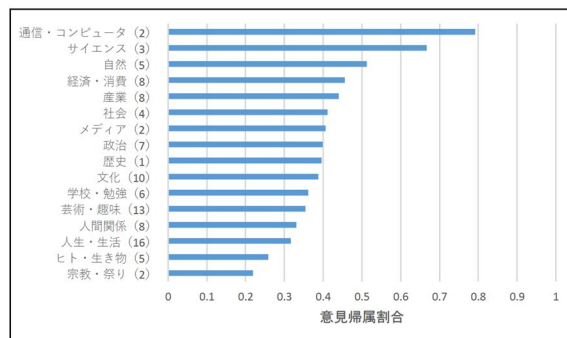


図6 話題ごとの意見帰属度合い

4.3 ロボットへの共感誘発

上述の結果より、ユーザをロボットに共感させるためには、接触インタラクションによる方法が効果的であると考えられる。そこで、次に接触インタラクションを通して、ユーザをロボットに共感させることができるかを確かめる実験を行った。ここでは、図3に示すようにユーザとアンドロイドと一緒にモニタ上の映画を鑑賞している状況を設定し、アンドロイドがユーザの手に触れることで共感を誘発することを試みた。共感させる感情として、「感動」と「恐怖」を想定し、感動的な場面がある映像や、恐怖で驚く場面がある数分の映像をそれぞれ4種類用意した。それぞれの映像中に、感動的場面や恐怖場面のクライマックスが1度現れる。アンドロイドはクライマックス場面に合わせて発話なしに接触インタラクションを行う。ここではクライマックスのタイミングに合わせてやすいように、アンドロイドは常にユーザの手の甲に手を重ねておいて(図3)、クライマックス場面で少し握るような動作を行った。ユーザに対してアンケート調査したところ、感動場面、恐怖場面、どちらにおいてもユーザがアンドロイドへの共感を覚えるということが確かめられた。このことから、映画などクライマックスのシーンにシーンインデックス情報をあらかじめ埋め込んでおけば、ユーザと一緒に映画を鑑賞し、触れるインタラクションによってユーザの心的状態をより盛り上げるようなロボットメディアを実現できると考えられる。また、恐怖のような不安感情においても一緒にいるロボットに共感させることができると、ユーザ自身の不安をロボットへの共感のためであると原因帰属させ、不安を軽減することが期待できる。これについては、今後さらに調査を進める。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 内田貴久, 港隆史, 石黒浩	4. 巻 34
2. 論文標題 対話アンドロイドに対する主観的意見の帰属と対話意欲の関係	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 人工知能学会論文誌	6. 最初と最後の頁 B-162_1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1527/tjsai.B-162	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 Shiomi Masahiro, Shatani Kodai, Minato Takashi, Ishiguro Hiroshi	4. 巻 3
2. 論文標題 How Should a Robot React Before People's Touch?: Modeling a Pre-Touch Reaction Distance for a Robot's Face	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 3773~3780
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LRA.2018.2856303	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 Ishiguro Hiroshi, Minato Takashi, Koyama Tora	4. 巻 37
2. 論文標題 Development of an Autonomous Android with Conversational Capability based on Intention and Desire	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Robotics Society of Japan	6. 最初と最後の頁 312~317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.7210/jrsj.37.312	査読の有無 無
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 Keshmiri Soheil, Shiomi Masahiro, Shatani Kodai, Minato Takashi, Ishiguro Hiroshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Facial Pre-Touch Space Differentiates the Level of Openness Among Individuals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 11924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI:10.1038/s41598-019-48481-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 Zheng Xiqian, Shiomi Masahiro, Minato Takashi, Ishiguro Hiroshi	4. 巻 5
2. 論文標題 What Kinds of Robot's Touch Will Match Expressed Emotions?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 127 ~ 134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LRA.2019.2947010	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 Shiomi Masahiro, Minato Takashi, Ishiguro Hiroshi, Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR) 2-2-2 Hikaridai, Keihanna Science City, Kyoto 619-0288, Japan, Osaka University 1-3 Machikaneyama, Toyonaka, Osaka 560-8531, Japan	4. 巻 32
2. 論文標題 Effects of Robot's Awareness and its Subtle Reactions Toward People's Perceived Feelings in Touch Interaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 43 ~ 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2020.p0043	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 Jinnai Nobuhiro, Sumioka Hidenobu, Minato Takashi, Ishiguro Hiroshi, Graduate School of Engineering Science, Osaka University 1-3 Machikaneyama, Toyonaka, Osaka 560-8531, Japan, Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR) 2-2-2 Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-0288, Japan	4. 巻 32
2. 論文標題 Multi-Modal Interaction Through Anthropomorphically Designed Communication Medium to Enhance the Self-Disclosures of Personal Information	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 76 ~ 85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2020.p0076	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 Zheng Xiqian, Shiomi Masahiro, Minato Takashi, Ishiguro Hiroshi, Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR) 2-2-2 Hikaridai Seika-cho, Sorakugun, Kyoto 619-0288, Japan, Graduate School of Engineering Science, Osaka University 1-3 Machikaneyamacho, Toyonaka, Osaka 560-0043, Japan	4. 巻 32
2. 論文標題 How Can Robots Make People Feel Intimacy Through Touch?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 51 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2020.p0051	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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Masahiro Shiomi, Takashi Minato, Hiroshi Ishiguro
2. 発表標題 Does a robot's subtle pause in reaction time to people's touch contribute to positive influences?
3. 学会等名 IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Minato
2. 発表標題 Development of an autonomous android that can naturally talk with people
3. 学会等名 World Symposium on Digital Intelligence for Systems and Machines (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hidenobu Sumioka, Takashi Minato, Masahiro Shiomi
2. 発表標題 Development of a sensor suit for touch and pre-touch perception toward close human-robot touch interaction
3. 学会等名 IEEE/RSJ International Workshop of New Advances in Tactile Sensation, Perception, and Learning in Robotics: Emerging Materials and Technologies for Manipulation (RoboTac2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zheng Xiqian, 塩見昌裕, 港隆史, 石黒浩
2. 発表標題 ロボットが表出する感情をより強く自然に伝えるための触れ方に関する検討
3. 学会等名 日本ロボット学会第37回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Minato, Kurima Sakai, Hiroshi Ishiguro
2. 発表標題 Design of a robot's conversational capability based on desire and intention
3. 学会等名 IoT Enabling Sensing/Network/AI and Photonics Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 ロボット、ロボット制御プログラムおよびロボット制御方法	発明者 塩見昌裕, 港隆史, 石黒浩	権利者 株式会社国際電 気通信基礎技術 研究所
産業財産権の種類、番号 特許、特願:2018-164160	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 布型センサ、服型センサおよび服型センサを装着したロボット	発明者 住岡英信, 港隆史, 塩見昌裕, 松本正秀	権利者 株式会社国際電 気通信基礎技術 研究所
産業財産権の種類、番号 特許、特願:2020-55753	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 布型センサ、服型センサおよび服型センサを装着したロボット	発明者 住岡英信, 港隆史, 塩見昌裕, 松本正秀	権利者 株式会社国際電 気通信基礎技術 研究所
産業財産権の種類、番号 特許、特願:2020-031563	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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