

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月20日現在

機関番号：14303

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16140

研究課題名(和文)感性表出を喚起するインタフェースエージェントの開発

研究課題名(英文)Development of the Interface Agent to Evoke Emotional Expression

研究代表者

田中 一晶(Tanaka, Kazuaki)

京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・助教

研究者番号：70721877

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：ユーザの振る舞いから感情情報を推測し、それに基づいてサービスを提供するためには、感情推定が十分に行えるレベルの感情表出を喚起する必要がある。まず、1人の作業および2人での協働を観察したところ、1人では十分な感情表出が行われないが、2人では感情表出の対象がいることにより、その時々状況(熱中や行き詰まり等)に応じた感情表出が行われたため、ラバン行動分析により高い正解率で感情推定を行うことができた。この感情推定を人とエージェントとの協働においても可能にするため、エージェントの社会的存在感(人らしい性質が感じられる度合)を強化する振る舞いや感情表現について多角的に検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、共同作業における人の感情推定手法、ロボットやCGキャラクタの社会的存在感を強化し、人から感情的・社会的な反応を喚起する手法を提案した。これにより、人の感情表出を喚起するメカニズムの解明、ヒューマンセンシングと知能システムの分野の融合が促進されることが期待できる。また、近年ではAIスピーカ等の音声アシスタントに話しかけることへの抵抗感とその普及の妨げとなっているが、本研究成果を応用することでその抵抗感を低減できる可能性がある。さらに、客の感情に応じて商品を勧める店員ロボットや、気持ちをくみ取る介護ロボット等、様々な分野で活躍するロボットに本研究成果が応用されることも期待できる。

研究成果の概要(英文)：In order for a system to provide services based on a user's emotion, it is necessary to evoke a sufficient level of emotional expression for emotion recognition. First, we observed one person's work and two people's collaboration. In the case of one person, the subjects did not show enough emotion expression. On the other hand, in the case of two people, the subjects performed emotional expressions according to the current situation (enthusiasm, deadlock, etc.) since they had a partner. For this reason, in the two people's collaboration, it was possible to estimate the subject's emotion with high accuracy rate by Laban behavior analysis. To make this emotion recognition possible even in collaboration between a person and an agent, we examined various behavior and emotion expression of an agent that enhances the agent's social presence (the degree to which a user feels similarities to humans).

研究分野：ヒューマンエージェントインタラクション

キーワード：感情推定 社会的存在感 ロボット エージェント 感情表現

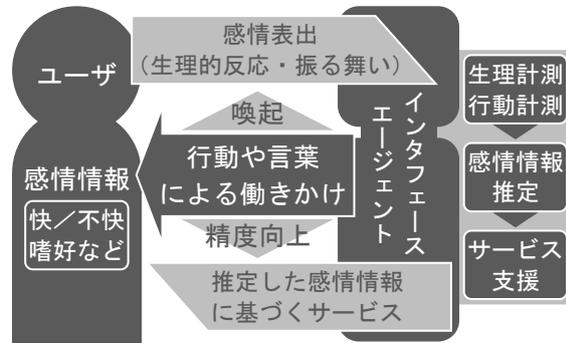
様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

ユーザの振る舞いから感情情報を推測し、それに基づいてサービスを提供する技術が研究されているが、感情推定が十分に行えるレベルの感情表出の喚起には強い刺激が必要であるという問題がある。実用場面での自然な刺激でも感情推定を可能にするため、本研究では言葉や行動による働きかけによりユーザの感情表出を能動的に喚起するインタフェースエージェントを開発する。本研究によって、感情表出を喚起するメカニズムの解明、ヒューマンセンシングと知能システムの融合の促進が期待できる。さらに、その成果は、客の感情に応じて効果的に商品を勧める店員ロボットや気持ちをくみ取る介護ロボットなど多岐の分野に応用できることが期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ユーザの振る舞いから、インタラクティブに感情情報（快/不快、嗜好等）を計測・推定するインタフェースエージェントを開発することである。右図に示すように、このインタフェースエージェントは能動的な働きかけによってユーザの感性表出を喚起し、行動計測から感情情報を推定する。これにより、その感情情報に基づいてユーザが求めるサービスや支援を行うことが可能になる。



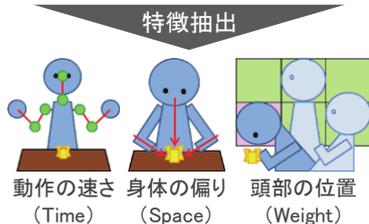
3. 研究の方法

まず、(1)インタフェースエージェントの必要性を確認するため、1人および2人での協働において振る舞いからの感情推定を行った。1人では感情表出を行う対象がいないため、感情推定を行うのに十分な感情表出が行われないが、2人では感情表出の対象がいることにより、その時々での協働の状況（熱中や行き詰まり等）に応じた感情表出が行われ、振る舞いから高い精度で感情推定を行うことが可能になると考えられる。次に、この人同士の協働における感情推定を人とエージェントとの協働においても可能にするため、エージェントの社会的存在感（人らしい性質が感じられる度合）を強化する手法を明らかにする。その手法として、(2,3)視覚的な感情表現：表情、(4)振る舞い：音楽同期動作、(5)対話方策：適応的な主導交代、(6)聴覚的な感情表現：音楽的感情表現の効果を検証した。

4. 研究成果

(1) 協働における人の振る舞いからの感情推定

個人のものづくりにおいて、作業に熱中している時には見守り、行き詰って不安を感じている時にはアドバイスをする等のものづくり支援システムを構築するため、ものづくりの共同作業中の振る舞いから、ラッセルの円環モデルに基づいた8感情（喜び/不快、驚き/眠気、熱中/退屈、満足/不安）の推定をラバン行動分析に基づいて試みた。まず、モーションキャプチャセンサで取得した作業者の身体動作から次の3つの特徴量を抽出した。Space：両手と頭的位置から成る三角形の面積、Weight：頭の上下位置、Time：手の速さの移動平均。これらの特徴量を基に決定木を用いてその時々での感情状態（本人によるラベル付けを真値とする）の推定を行った。実験の結果、8感情の推定において約60%の正解率が得られた。また、快/不快または覚醒/眠気の2クラス分類においては共に80%を超える正解率が得られた。これらの結果は、他者による客観的な感情状態推定よりも高い正解率であった。この成果は2人の共同作業において得られたものであり、1人での作業では感情推定に十分な身体動作の変化は観察されなかった。このことから、人は相手がいなければ感情表出（情動的な振る舞い）を行いにいと考



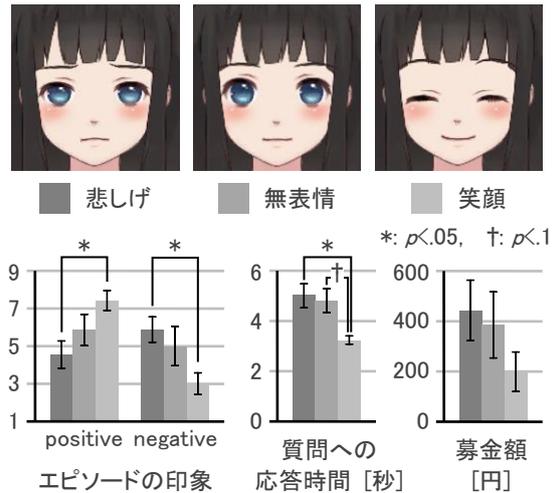
		推定値								
		全体	1 驚き	2 熱中	3 喜び	4 満足	5 眠気	6 退屈	7 不快	8 不安
真 値	全体	8165	694 8.5%	3249 39.8%	1279 15.7%	514 6.3%	0 0.0%	1425 17.5%	653 8.0%	351 4.3%
	1 驚き	799 9.8%	296 37.0%	256 32.0%	63 7.9%	19 2.4%	0 0.0%	50 6.3%	81 10.1%	34 4.3%
	2 熱中	2757 33.8%	108 3.9%	2037 73.9%	259 9.4%	31 1.1%	0 0.0%	151 5.5%	105 3.8%	66 2.4%
	3 喜び	1324 16.2%	89 6.7%	400 30.2%	647 48.9%	74 5.6%	0 0.0%	29 2.2%	75 5.7%	10 0.8%
	4 満足	656 8.0%	7 1.1%	158 24.1%	114 17.4%	271 41.3%	0 0.0%	82 12.5%	19 2.9%	5 0.8%
	5 眠気	58 0.7%	10 17.2%	0 0.0%	2 3.4%	2 3.4%	0 0.0%	36 62.1%	8 13.8%	0 0.0%
	6 退屈	1326 16.2%	86 6.5%	146 11.0%	84 6.3%	74 5.6%	0 0.0%	908 68.5%	28 2.1%	0 0.0%
	7 不快	658 8.1%	24 3.6%	76 11.6%	90 13.7%	37 5.6%	0 0.0%	108 16.4%	323 49.1%	0 0.0%
	8 不安	587 7.2%	74 12.6%	176 30.0%	20 3.4%	6 1.0%	0 0.0%	61 10.4%	14 2.4%	236 40.2%

上段：推定回数(n) 下段：推定率(%)

えられるため、1人のものづくりにおいて感情推定に基づいた支援をシステムが行うためには、共同作業者としてロボットを用意し、そのロボットを通して感情推定や作業支援を行うことが望ましいと考えられる。

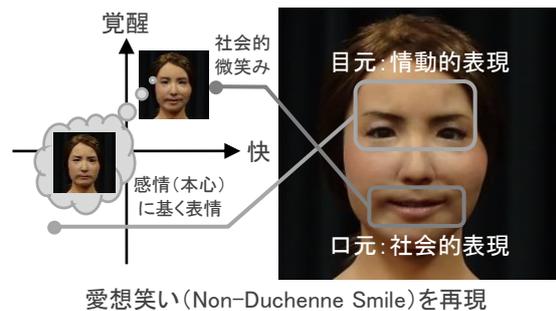
### (2) 視覚的感情表現

エージェントによる感情・意図伝達において、表情がどのように寄与するか調査するため、盲導犬に関する全く同じエピソードを、同じエージェントに、同じ平坦な合成音声で語らせた。このタスクにおいて、異なる3種類の表情（快表情／無表情／不快表情）を伴って語ることを被験者間条件として比較した。また、エージェントはエピソードを語った後に、盲導犬育成への募金額を被験者に質問した。実験の結果、全く同じエピソードであるにも関わらず表情を伴って語ることで印象や聞き手の心情が大きく異なることが分かった。また、不快表情条件では、盲導犬が生来の本能を抑えて仕事を行っているというネガティブな側面を被験者に印象付けることができ、それによって募金額が向上する傾向が見られた。これは、不快表情条件において質問への応答時間が有意に長くなったことから、盲導犬についてより深く考えさせることができた結果であると思われる。発話に表情を付加することは、発話内容の意図伝達に非常に有効であり、聞き手の心情のみならず判断行動にも影響を与えられることが分かった。



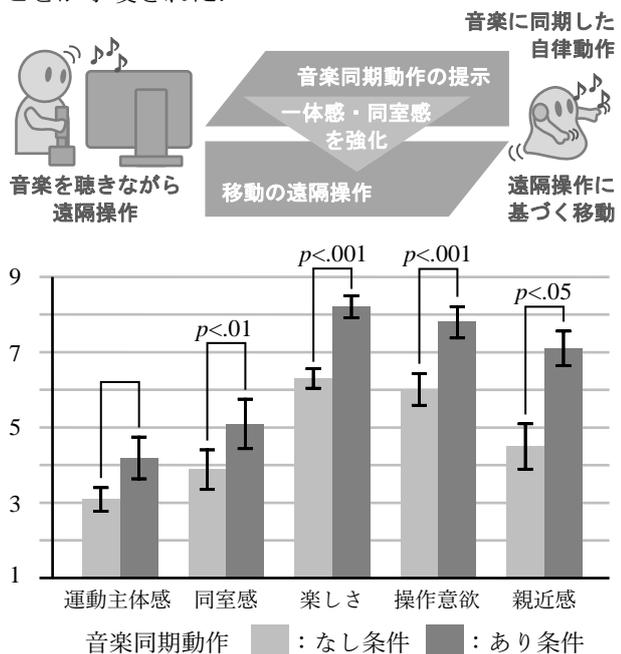
### (3) 情動的・社会的感情表現

人とインタラクションを行うロボットの感情表現は、感情状態をそのまま表現するか、感情状態とは無関係に社会性を表現するか、いずれかの方針で設計されている場合が多い。本研究では、これらの感情表現を情動的表現、社会的表現と定義し、新たに両方を組み合わせた感情表現手法を提案した。人が愛想笑いをを行う時、目元の表情には感情が不随意に表れるが、口元の表情を随意に変化させて微笑むと言われている。この知見に基づいて、提案手法では、目元は情動的表現によって、口元は社会的表現によって表情を決定する。人との対話実験において、提案手法を実装したロボットと一方の感情表現しか行わないロボットとを比較した結果、提案手法は人間らしい印象と社会的な印象の両方において高い評価が得られる可能性が示唆された。さらに、親密さの評価として、友達になりたいなど、強い社会的結合を必要としない項目の評価では社会的表現が有効に働くが、一緒に生活したいなど、より強い社会的結合を必要とする項目の評価では、情動的表現も必要であることが示唆された。



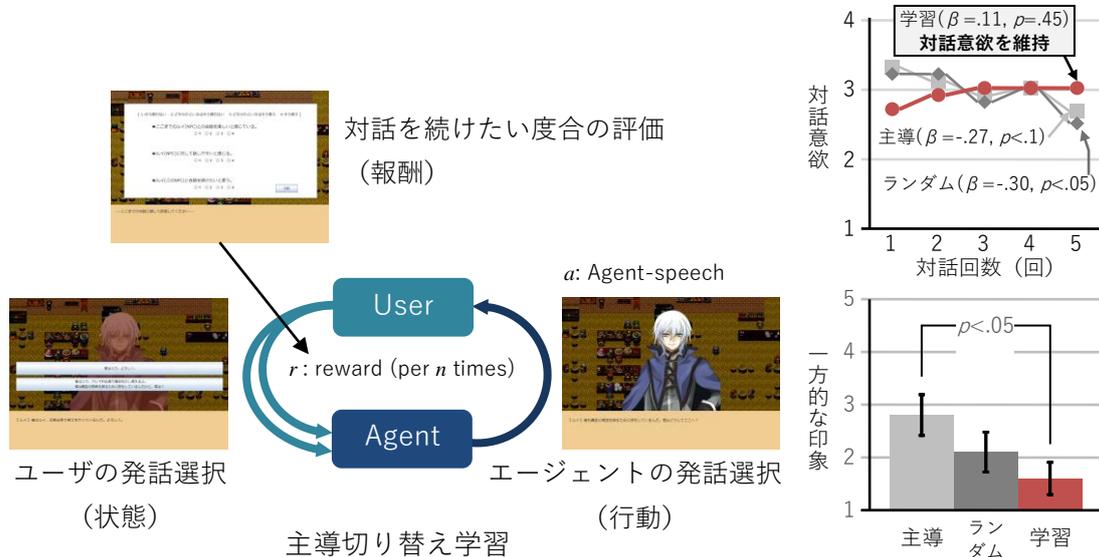
### (4) 音楽同期動作

エージェントの社会的存在感を高める手法として、ユーザが聞いている音楽のリズムに同期した自律的な動作（音楽同期動作）を提示する手法を提案する。実験では、移動ロボットに搭載したカメラ映像を見ながらそのロボットを遠隔操作するインターフェースを用いて、ロボットの音楽同期動作の提示／非提示を比較した。その結果、音楽同期動作を提示すると、身体所有感（ロボットの動きをユーザ自身の動きであると感じる度合）、同室感、およびロボットへの親近感を創出できることが分かった。この結果から、ユーザが音楽に乗ると同じようにエージェントも音楽に乗っていることをユーザに提示することで、エージェントの社会的存在感を強化できる可能性が示唆された。



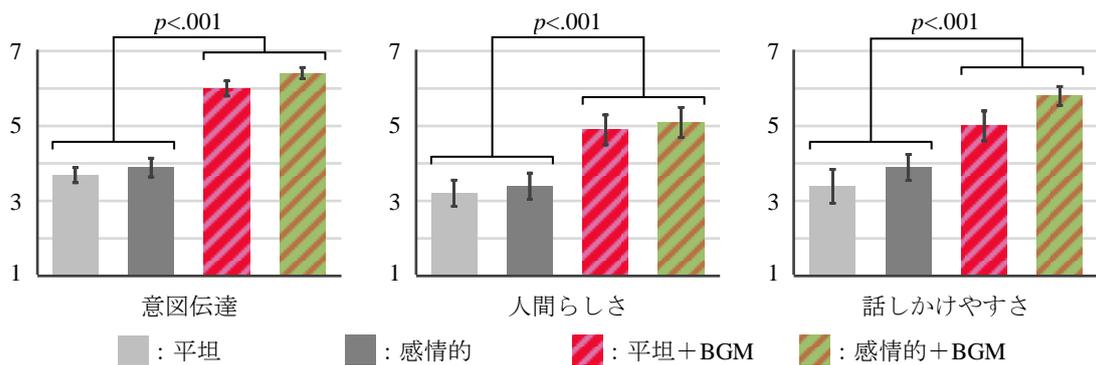
### (5) 主導交代

人と人との対話は、相手の話したい／聞きたいという欲求を察知し、それに応じて対話の主導権を適応的に切り替えながら行われている。人とエージェントとの対話においても、ユーザの欲求に応じてエージェントが適応的に対話の主導権を切り替えることで、エージェントに対する対話意欲が喚起できると考えた。そこで、ユーザの主導的／非主導的発話に対して、エージェントが主導的／非主導的／沈黙から発話選択を行う方策を、対話へのユーザの評価を報酬として強化学習する適応混合主導対話を提案した。この適応混合主導対話を行う学習条件と、エージェントが主導的発話のみを行う主導条件、および、ランダムに主導交代を行うランダム条件とを比較した結果、適応混合主導対話はユーザの一方的な印象が軽減され、対話意欲が維持される傾向が見られた。



### (6) 聴覚的感情表現

合成音声に伴って音情報を提示する研究について述べる。インタフェースエージェントは、ユーザが作業中であっても音声対話で支援できることが望ましい。しかしながら、エージェントと視覚的なインタラクションを行うことが困難な場合には、社会的存在感を強化する上で、外見や振る舞いを人らしくする等の視覚的な工夫を用いることは適切とは言えない。そこで、合成音声に伴って伝達すべき感情に応じた音情報を提示してエージェントの感情表現を強調する手法を提案した。実験の結果、合成音声に伴って音情報（BGM や効果音）を提示すると、合成音声が平坦か感情的かに関わらず、エージェントの感情が意図通りに伝わりやすくなること、また、人間らしい印象や話しかけやすい印象が向上することが分かった。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 5 件)

- ① 田中 一晶, 西村 庄平, 耿 星, 中西 英之, 空間の移動感と物体の共有感による鏡型ビデオ会議のソーシャルプレゼンスの強化, Vol. 60, No. 2, pp. 419-428, 2019.  
<http://id.nii.ac.jp/1001/00194275/>
- ② 田中 一晶, 大城 健太郎, 山下 直美, 中西 英之, 遠隔窓口システム: 手書きの紙書類共有によるソーシャルプレゼンスの強化, Vol. 60, No. 2, pp. 411-418, 2019.  
<http://id.nii.ac.jp/1001/00194274/>
- ③ 田中 一晶, 小山 直毅, 小川 浩平, 石黒 浩, ロボットの情動的かつ社会的表情による人との親密さの強化, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 2, pp. 622-632, 2018.  
<http://id.nii.ac.jp/1001/00185781/>

- ④ 田中 一晶, 山本 倫也, 青柳 西蔵, 長田 典子, ラバン行動分析に基づくモノづくりの場における感情抽出の試み, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 18, No. 4, pp. 363-372, 2016.  
<https://ci.nii.ac.jp/naid/40021066986/>
- ⑤ 田中 一晶, 加藤 良治, 中西 英之, 鏡型ビデオ会議における視触覚相互作用によるソーシャルテレプレゼンスの強化, 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 5, pp. 946-954, 2017.  
<http://id.nii.ac.jp/1001/00178831/>
- [学会発表] (計 7 件)
- ① 高橋 ともみ, 田中 一晶, 岡 夏樹, Melodic Emotional Expression : 音楽重畳による AI アシスタントの社会的存在感の強化, 音学シンポジウム 2019, 2019.
- ② Tomomi Takahashi, Kazuaki Tanaka, Natsuki Oka, Adaptive Mixed-Initiative Dialog Motivates a Game Player to Talk with an NPC, Proc. HAI2018, 2018.
- ③ 小原 宗一郎, 田中 一晶, 小川 浩平, 吉川 雄一郎, 石黒 浩, 岡 夏樹, 音楽による操作者と移動ロボットとの一体感の創出, インタラクション 2018, 2018.
- ④ 高橋 ともみ, 田中 一晶, 岡 夏樹, 対話エージェントの感情伝達における視線移動の効果検証, インタラクション 2018, 2018.
- ⑤ 田中 一晶, 西村 庄平, 耿 星, 中西 英之, 鏡型ビデオ会議における空間の移動感と物体の共有感の強化, インタラクション 2018, 2018.
- ⑥ Naoki Koyama, Kazuaki Tanaka, Kohei Ogawa, Hiroshi Ishiguro, Emotional or Social?: How to Enhance Human-Robot Social Bonding, Proc. HAI2017, 2017.
- ⑦ 小山 直毅, 田中 一晶, 小川 浩平, 石黒 浩, ロボットの Non-Duchenne Smile による人との社会的結合の強化, インタラクション 2017, 2017.

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

なし

### (2) 研究協力者

なし

※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。