

# ロボットの胸部モニターへの表情拡張が ユーザの印象に与える影響

## Effect of Facial Expression Extension on Humanoid Robot's Chest Monitor on User Interpretation

田中和弘<sup>1\*</sup> 小林一樹<sup>2</sup>  
Kazuhiro Tanaka<sup>1</sup> Kazuki Kobayashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 信州大学大学院 総合理工学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

<sup>2</sup> 信州大学 学術研究院

<sup>2</sup> Academic Assembly, Shinshu University

**Abstract:** 対話ロボットと人間との対話において、ロボットの内部状態を顔の表情として表出することは、双方の円滑なコミュニケーションの実現のために重要である。本研究では、ロボットの表情を外部モニターに拡張することで、コミュニケーションの円滑化を試みる。提案手法により、ロボットの顔の表情を変化さなくても表情と同等な情報をユーザに伝達できる可能性がある。実験では、表示する表情の抽象度の違いがユーザの印象に与える影響を調査した。実験の結果、表示する表情の抽象度が低いほど、ユーザに違和感を与えず、ロボットの内部状態を伝達できることが示唆された。

### 1 はじめに

近年、Pepper や Nao に代表される人間との対話を行うロボットが普及しつつある。このようなロボットは物理的支援ではなく、人間とのやりとりにおける情報支援が期待されている。人間が快適に対話ロボットを利用するためには、人間とロボットとの円滑なコミュニケーションの実現が重要な課題となる。

人間同士の円滑な対面対話には、言語情報だけでなく、顔表情や視線、姿勢、身体動作などの非言語情報を合わせて用いることが重要である [1]。特に顔表情には、性別や年齢といった生物学的属性や人間の心理的状态、口の動きが示す発話情報など非常に多く情報が含まれており [2]、円滑なコミュニケーションに果たす役割は大きい。

人間とのコミュニケーションを行うロボットの設計においても非言語情報の表出は重要な要素の1つであり、人間のモーションとエージェントのモーションを重ね合わせる表出手法の提案 [3] や ASE(Artificial Subtle Expressions) に基づいた相槌がユーザの対話体験に及ぼす影響を調査した研究 [4] がある。ロボットの顔表情を変化させることも複雑な内部状態を表出する方法の1つであり、ロボットの顔表情に着目し、人間とのコ

ミュニケーションの実現を試みた研究がある。たとえば、石黒ら [5] は外見が人間に酷似したロボットを開発し、人間とのコミュニケーションの向上を目指している。また、米津ら [6] は遠隔コミュニケーションの充実のために、人間の頭部、頸部を模したプロジェクタ型ロボットを用いて、遠隔地ユーザの内部状態に応じて表情が変化するテレプレゼンスロボットシステムを提案している。しかし、ロボットの表情表出には不気味の谷や曖昧さによる意思疎通の阻害といった問題が起こりうる。その問題を避け、人間に自然な印象を与える表情を表出するためには、多くのアクチュエータを要するため、その実装は時間的にも物理資源的にも高コストである。

このように、顔の表情表出によるコミュニケーションの円滑化は重要な課題であるため、本研究ではロボットの表情を外部モニターに表示する拡張的な表情の表出手法を提案する。提案手法により、ロボットの顔の表情を変化さなくても表情と同等な情報をユーザに伝達できる可能性がある。具体的には、ロボットの本体に取り付けられたモニターに表情のイラストを表示することで、ユーザに対しロボットの表情の伝達を促進する。提案手法では、表情の変化を表情イラストで表現するため、表情の変化をアニメーションや色づけなどで表現できるため、時間的、物理資源的にも低コストである。実験では、提案手法の有効性の検証するための第1段階として表情のイラストの抽象度の違いが、

\*連絡先： 信州大学工学部電子情報システム工学科  
〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1  
E-mail: 19w2071a@shinshu-u.ac.jp

ユーザの印象に与える影響を調査した。

## 2 外部モニターによる拡張表情伝達

本研究では、ロボットの内部状態を外部モニターに拡張して表出する。表情が固定されたロボットを用いたとき、物理的に顔の形状を変化させて多種の表情を表出することが難しいという課題がある。しかし、提案手法ではスマートフォンやタブレットといった付加的な表示装置を用いることで、容易に多種の表情を表出できる。以下では、ロボットが表情を変化させることによる人間への印象の効果について説明する。

### 2.1 表情表出による印象の変化

人間同士のコミュニケーションでは、他人がポジティブな表情を示したとき、自分もポジティブな情動を感じ、ネガティブな表情を示したとき、自分もネガティブな情動を感じる [7]。このように、表情を表出することで相手が抱く印象は変化する。ロボットと人間とのコミュニケーションにおいても同様に、ロボットが感情を表情として表出することで、人間が抱く印象が変化する可能性が考えられる。ロボットの表情変化が人間の印象に与える影響を調査した研究も行われており、後藤ら [8] はロボットの表情の表出方法の違いにより、人間に与える印象が変化することを確認している。高橋ら [9] はロボットの表情の曖昧さにより、人間の解釈が変化することを示している。

### 2.2 表情の抽象度による印象の変化

エージェントの表情表出において、表情の抽象度に着目した研究は盛んに行われている。湯浅ら [10] は、顔の抽象度を人間の本来の顔からスケッチ顔や線による似顔絵などにわたる顔特徴の欠落の度合と定義し、エージェントの顔表情の抽象度の違いによって、エージェントが人間に与える影響が異なる可能性があるとして、研究を行っている。エージェントの顔表情の抽象度が低いほど、容姿が人間に近く、視線などの非言語情報を多く用いることができる利点がある。一方、抽象度が高い場合、感情表現が豊かで親しみやすく、いきいきしているなどの利点がある [11]。このことから、外部モニターに表情を拡張する際にも、表示する表情の抽象度の違いがユーザの印象に影響を与える可能性がある。

このような知見から、提案手法のように、ロボットの表情を外部モニターに拡張して表出することで、ユーザがロボットに抱く印象が変化する可能性がある。ま

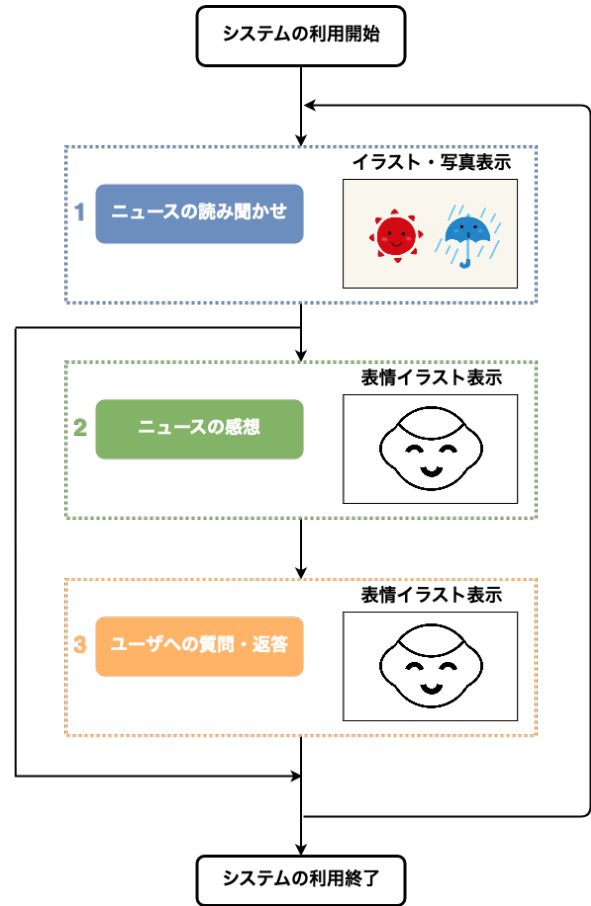


図 1: システムの流れ

た、表出する際の表情の抽象度の違いもユーザの印象に影響を与える可能性がある。

## 3 表情拡張ロボット

提案手法の有効性を調査するため、ロボット（ソフトバンク社 Pepper）を用いたニュース読み聞かせシステムを開発した。以下では、具体的なシステムの設計方法について説明する。

### 3.1 読み聞かせ機能

読み聞かせ機能の流れを図 1 に示す。ロボットは機能の開始後、ニュースの読み聞かせ、ニュースの感想、ユーザへの質問・応答を繰り返す。ニュースの読み聞かせを行った際、必ずニュースの感想を発言するが、ユーザへの質問・応答は数回ごとに実行するように設定した。また、ニュースの読み聞かせの際にはロボットの胸部画面にニュースに関連したイラストや写真を表示する。ニュースの感想、ユーザへの質問・応答の際には、ロボットの胸部画面に後述する表情イラストを表

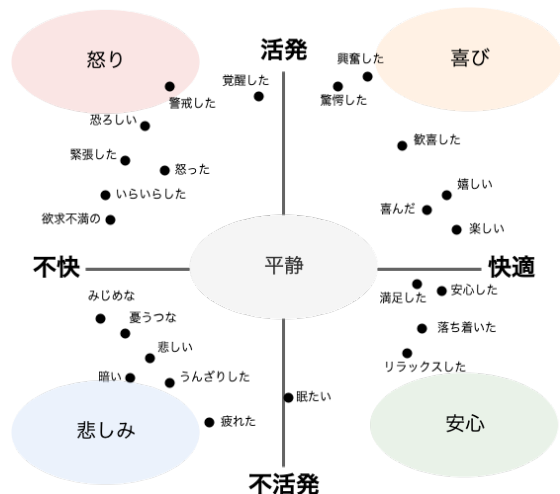


図 2: Russell の円環モデル

示す。また、ロボットにはマイクを持たせており、質問の際にマイクを向ける動作を行う。

### 3.2 拡張表情

ロボットの内部状態として、石川ら [12] の先行研究を参考に、図 2 の Russell の円環モデル [13] に基づき「平静」、「喜び」、「安心」、「悲しみ」、「怒り」の 5 状態を定義する。ロボットはニュースの内容に応じて内部状態が変化し、外部モニターにそのときの内部状態を表情イラストとして表示する (図 3)。

## 4 実験

本実験では、外部モニターに表示する表情イラストの抽象度の違いがユーザの印象に与える影響を調査する。実験では、ユーザがロボットに抱く印象の調査に加えて、ユーザの解釈や、ロボットの意思伝達の度合いについても同時に調査を行った。

### 4.1 実験方法

実験条件は「抽象的表現条件」と「具象的表現条件」の 2 種類とした。抽象的表現条件では、目と口のみを表示条件に設定した抽象度の高いイラストをロボットの胸部モニターに表示する。具象的表現条件では、抽象度の高いイラストに実際のロボットの顔に似せた輪郭を追加したものを表示条件に設定としたイラストをロボットの胸部モニターに表示する。図 4 に外部モニターに表示する抽象度の高い表情イラストを、図 5 に抽象度の低いイラストをそれぞれ示す。本実験では、「安心」のイラストを使用する頻度が高いことから、表情

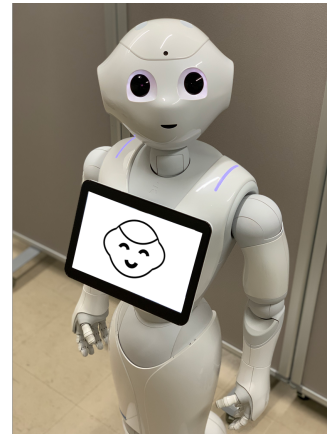


図 3: 拡張表情ロボット

の変化を与えるために 2 つイラストを用意した。

実験ではロボットが他者にニュースを読み上げている様子の動画を参加者に提示した。動画は約 6 分であり、動画内容はロボットがニュースを 11 項目読み聞かせ、ニュース読み上げ後に感想を 11 回述べる。また全体で 5 回質問を行う。質問のタイミングは、ニュース 3 項目、7 項目、10 項目後に 1 回ずつ、11 項目後に 2 回とした。ニュースの内容は長野県に関するニュースを Web ページから採用し、感想と質問、その回答については自然なものを採用した。その一例を表 1 に示す。両条件間のロボットの動きは同じ、動画の音声は音声のみ別撮りして聞きやすく調整したものを動画に合成した。

### 4.2 実験手順

参加者には、開発しているシステムの評価を行う実験であることを事前に説明した。参加者は動画視聴時にヘッドホンを装着した。実験では、テスト音声を用いて参加者がヘッドホンの音量を調整後、動画視聴を開始した。動画終了後、実験説明者が参加者にアンケートを手渡し、回答するように依頼した。

### 4.3 参加者

実験には、19 歳～25 歳の男女の大学生・大学院生 20 名 (男性 15 名、女性 5 名) が参加した。実験は上記の 2 条件について参加者間配置で実施した。

### 4.4 評価指標

評価指標として、アンケートによる評価を用いた。アンケート内容は表 2 に示すとおりであり、評価値を「非常にあてはまらない」を 1、「非常にあてはまる」を 7 と

表 1: 会話の一例

| 話者   | 発話内容                        | 項目   | 胸部画面 |
|------|-----------------------------|------|------|
| ロボット | (旅行のパンフレットに関するニュース)         | ニュース | 写真   |
| ロボット | うん！これがあると良い旅行ができそうです。       | 感想   | 安心 1 |
| ロボット | そういえば、何県出身なんですか？            | 質問   | 安心 1 |
| ユーザ  | 京都                          | 返答   | 安心 1 |
| ロボット | 関西出身なんですか。いろんな観光地があつていいですね。 | 回答   | 安心 2 |

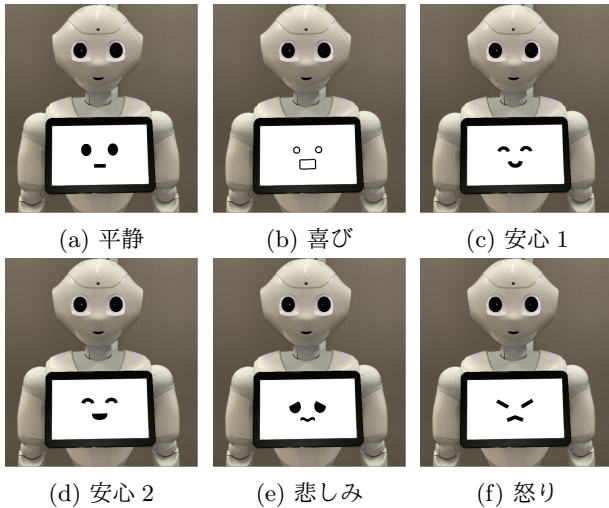


図 4: 抽象度が高い表情

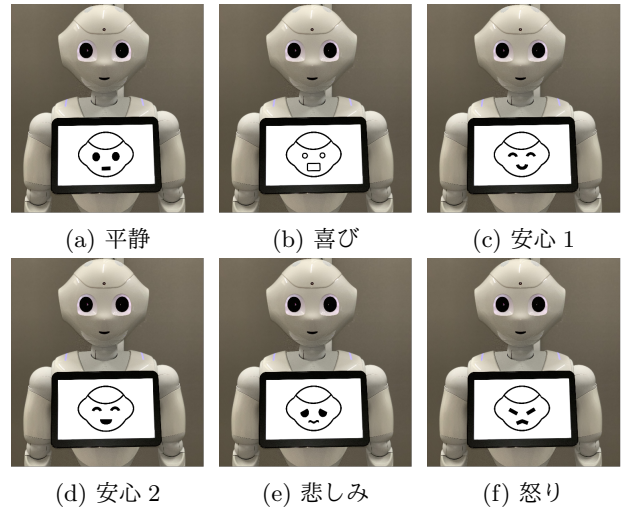


図 5: 抽象度が低い表情

した 7 段階で主観評価を行った。また、自由記述として「Q16 に関して、ご意見・ご感想・気になる点をご記入ください」、「Q16 以外の点に関して、ご意見・ご感想・気になる点をご記入ください」の 2 項目を設けた。

## 5 実験結果

主観評価値に対して、対応のない t 検定を実施した。分析結果を表 3 に示す。アンケートの結果、アンケート項目 Q2「ロボットの気持ちが変わっていた」Q5「あなたが実際に聞き手だった場合、ロボットからの質問に答えやすい」は、具象的表現条件の方が抽象的表現条件よりも大きな値を示している。有意水準 5% としたときアンケート項目 Q2「ロボットの気持ちが変わっていた」は有意差が確認でき、Q5「あなたが実際に聞き手だった場合、ロボットからの質問に答えやすい」では有意傾向が確認された。また、有意差は認められなかったが、アンケート項目 Q8「ロボットの話が聞きやすい」Q13「ロボットはニュースの読み聞かせがうまい」は、具象的表現条件の方が抽象的表現条件よりも大きな値を示しており、アンケート項目 Q11「胸部の表情イラストはロボット本体の気持ちとは異なる感じがした」では、抽象的表現条件の方が具象的表現条件

よりも大きな値を示した結果となった。

このことから、外部モニターに表情イラストを表示したとき、抽象度の低いイラストの方が抽象度が高いイラストに比べて、参加者が表情イラストに違和感を感じなかった可能性がある。

## 6 考察

### 6.1 輪郭の有無による印象の違い

アンケートの結果、アンケート項目 Q2「ロボットの気持ちが変わっていた」において、具象的表現条件の方が抽象的表現条件よりも高い値となり、有意差が確認された。また、アンケート項目「胸部の表情イラストはロボット本体の気持ちとは異なる感じがした」では抽象的表現条件の方が具象的表現条件よりも有意差は認められないが、高い値となった。このことから、ロボットの表情を外部モニターに表示するとき、具象的表現条件の方が抽象的表現条件よりもユーザは表情イラストに違和感を感じない可能性が示唆される。これは、参加者が胸部の表情イラストをロボット本体の感情、つまり本音であるかのように解釈したためであると考えられる。自由記述では両条件で共通してロボット

表 2: アンケート項目

| 記号  | 質問内容   |
|-----|--|
| Q1  | ロボットの反応の仕方が人間らしい                                     |
| Q2  | ロボットの気持ちが変化していた                                      |
| Q3  | ロボットに心がない  |
| Q4  | ロボットの感情が豊かだった  |
| Q5  | あなたが実際に聞き手だった場合、ロボットからの質問に答えやすい                      |
| Q6  | ロボットの反応に違和感がない                                       |
| Q7  | ロボット本体 (頭部) の顔に変化があるように感じた                           |
| Q8  | ロボットの話が聞きやすい   |
| Q9  | ロボット本体 (頭部) の表情が想像しやすい                               |
| Q10 | ロボットに愛着が湧いた  |
| Q11 | 胸部の表情イラストはロボット本体の気持ちとは異なる感じがした                       |
| Q12 | ニュースの読み聞かせに満足した                                      |
| Q13 | ロボットはニュースの読み聞かせがうまい                                  |
| Q14 | ロボットからのニュースを聞くのはつまらない                                |
| Q15 | またロボットからニュースを聞きたい                                    |
| Q16 | ロボット本体 (頭部) の顔に加えて、胸部にも表情が表示されていましたが、その点に違和感を感じましたか？ |

の発話に関する意見として以下のようなものがあった。

- ロボットの発話に抑揚がなかったため、表情イラストの感情が伝わらなかった
- ロボットの感想が不自然だった
- ロボットの発話に違和感を感じた

この結果から、ロボットへの違和感が印象評価に影響した可能性が考えられる。発話方法などのロボットの振る舞いは個人の嗜好が影響する部分もあると考えられるが、今後より信頼性の高い検証を行っていくためには、より多くのユーザが自然に感じる振る舞いを検討していく必要がある。

アンケート項目「あなたが実際に聞き手だった場合、ロボットからの質問に答えやすい」で、具象的表現条件の方が抽象的表現条件よりも高い値となり、有意傾向も確認された。また、アンケート項目「ロボットの話が聞きやすい」「ロボットはニュースの読み聞かせがうまい」でも具象的表現条件の方が抽象的表現条件よりも大きな値を示す結果となった。このことから、胸部に表示する表情イラストの抽象度が低いほど、参加者がロボットに抱く信頼性が向上した可能性が考えられる。これは、ロボットの表情表出が適切な自己開示として参加者に受け取られたためであると考えられる。自己開示とは、心理学の分野で他人が知覚しうるように自分をあらわにする行為のことをいう [14]。適切な情報の開示は人間同士の信頼性を高める。人間とエージェントとの間における自己開示に関する研究も行われており、Bickmore ら [15] はエージェントに自己開示させることで、人間とエージェントとの関係を構築することを試みている。ロボットからの適切な自己開示は人間とロボットとの円滑なコミュニケーションのために重要な要素であり、本実験においては表情イラストの抽象度が低いほど、自己開示が円滑に行われ、ロ

ボットの内部状態が円滑に伝達できた可能性が考えられる。

## 6.2 制約事項

本実験は参加者に対して、ロボットと他者とのやりとりを行っている様子の動画を視聴させた。そのため、参加者がロボットと対面してやりとりを行う場合にも同様の評価結果が得られるかは不明である。劉ら [16] は人間とロボットとのインタラクション実験において、動画視聴と対面対話で同様の結果が得られたとしているが、主観評価実験の信頼性を高めていくためには、ロボットとの対面での実験も必要だと考えられる。

また、自由記述では両条件で共通して表示したイラストについて以下のような意見が見られた。

- 表情が固定だったため、動きや色づけがあるとより感情が伝わったと思った
- 喜怒哀楽は伝わったが、もっと複雑な表情だと人間味を感じると思った
- どういう表情かわからない時があった

本実験では、胸部に表示する表情は静止したイラストであった。そのため、ユーザに違和感を与え、意思伝達が不十分となった可能性がある。表情イラストにアニメーションや色づけを行うことは時間的にも物理資源的にも低コストで実装でき、動的なイラストを用いた方が人間の感情表現に近くなると考えられる。

## 7 まとめ

本研究では、人間とロボットの円滑なコミュニケーションの実現のために、ロボットの表情を外部モニターに拡張する手法を提案した。実験では、表示する表情

表 3: アンケート結果

| 項目   | 抽象的表現条件 |       | 具象的表現条件 |       | t 検定   |      |       |
|--|---------|-------|---------|-------|--------|------|-------|
|  | 平均値     | S.D.  | 平均値     | S.D.  | t 値    | d.f. | p 値   |
| Q1 ロボットの反応の仕方が人間らしい  | 4.0     | 1.414 | 3.8     | 1.398 | 0.318  | 18   | 0.754 |
| Q2 ロボットの気持ちが変わっていた   | 3.6     | 0.966 | 4.7     | 1.252 | -2.200 | 18   | 0.041 |
| Q3 ロボットに心が無い   | 3.7     | 1.252 | 3.7     | 1.059 | 0.000  | 18   | 1.000 |
| Q4 ロボットの感情が豊かだった   | 4.1     | 1.449 | 4.3     | 1.059 | -0.352 | 18   | 0.729 |
| Q5 あなたが実際に聞き手だった場合、<br>ロボットからの質問に答えやすい                           | 5.4     | 1.174 | 6.2     | 0.789 | -1.789 | 18   | 0.090 |
| Q6 ロボットの反応に違和感がない  | 4.4     | 2.011 | 4.5     | 1.179 | -0.136 | 18   | 0.894 |
| Q7 ロボット本体 (頭部) の顔に変化があるように感じた                                    | 3.5     | 1.509 | 2.9     | 1.792 | 0.810  | 18   | 0.429 |
| Q8 ロボットの話が聞きやすい  | 3.8     | 1.476 | 4.6     | 1.350 | -1.265 | 18   | 0.222 |
| Q9 ロボット本体 (頭部) の表情が想像しやすい  | 3.5     | 0.707 | 3.7     | 1.252 | -0.440 | 18   | 0.665 |
| Q10 ロボットに愛着が湧いた  | 4.0     | 1.333 | 3.4     | 1.075 | 1.108  | 18   | 0.283 |
| Q11 胸部の表情イラストはロボット本体の<br>気持ちとは異なる感じがした                           | 3.5     | 1.581 | 2.7     | 1.337 | 1.222  | 18   | 0.238 |
| Q12 ニュースの読み聞かせに満足した  | 4.6     | 1.174 | 4.5     | 0.850 | 0.218  | 18   | 0.830 |
| Q13 ロボットはニュースの読み聞かせがうまい  | 3.6     | 1.174 | 4.4     | 1.430 | -1.368 | 18   | 0.188 |
| Q14 ロボットからのニュースを聞くのはつまらない  | 4.4     | 1.506 | 4.1     | 1.524 | 0.443  | 18   | 0.663 |
| Q15 またロボットからニュースを聞きたい  | 4.1     | 1.370 | 3.9     | 1.370 | 0.326  | 18   | 0.748 |
| Q16 ロボット本体 (頭部) の顔に加えて、<br>胸部にも表情が表示されていましたが、<br>その点に違和感を感じましたか? | 3.4     | 1.647 | 3.2     | 1.476 | 0.286  | 18   | 0.778 |

の抽象度の違いが参加者の印象や解釈に与える影響の調査を行った。実験の結果、表示する表情の抽象度が低いほど、参加者に違和感を与えず、ロボットの内部状態を円滑に伝達できることが示唆された。今後より提案手法の信頼性のある有効性の調査を行っていくためには、対面での実験や動的なイラストの作用、ユーザが違和感を感じにくいロボットの発話方法などの振る舞いの検討が必要となる。

## 謝辞

本研究は株式会社ロゴスの協力のもと行われたものです。ここに記して感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 辻三郎: 感性の科学—感性情報処理へのアプローチ, サイエンス社 (1997)
- [2] 高木幸子: コミュニケーションにおける表情および身体動作の役割, 早稲田大学大学院文学研究科紀要, No.51, pp.25-36 (2006)
- [3] Kobayashi, K., Yamada, S.: Motion Overlap for a Mobile Robot to Express its Mind, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol.11, No.8, pp.964-971 (2007)
- [4] 小林一樹, 船越孝太郎, 小松孝徳, 山田誠二, 中野幹生: ASEに基づく相槌によるロボットとの対話体験の向上, *人工知能学会論文誌*, Vol.30, No.4, pp.604-612 (2015)
- [5] 石黒浩: アンドロイドを造る, オーム社 (2011)
- [6] 米津壮二, 大澤博隆: テレプレゼンスロボットにおける同調動作の効果, *人工知能学会全国大会論文集*, 3Q11in1 (2017)
- [7] Hatfield, E., Cacioppo, J., and Rapson, R.: *Emotional contagion*, Cambridge University Press (1994)
- [8] 後藤みの理, 加納政芳, 加藤昇平, 国立勉, 伊藤英則: 感性ロボットのための感情領域を用いた表情生成, *人工知能学会論文誌*, Vol.21, No.1, pp.55-62 (2006)
- [9] 高橋英之, 岡田浩之: コミュニケーションにおける曖昧さとその機能, *知能と情報*, Vol.22, No.4, pp.450-463 (2010)
- [10] 湯浅将英, 斎藤恵一, 武川直樹: 抽象度を変化させた顔の脳反応—電子コミュニケーションにおける顔の効果—, *電学医用生体工学研究会*, pp.19-23 (2005)
- [11] Koda, T., Maes, P.: Agents with Faces: The Effects of Personification of Agents, *Human-Computer Interaction* 96, pp.98-103 (1996)
- [12] 石川葉子, 水上雅博, 吉野幸一郎, Sakriani Sakti, 鈴木優, 中村哲: 感情表現を用いた説得対話システム, *人工知能学会論文誌*, Vol.33, No.1, pp.1-9 (2018)
- [13] Russell, J. A.: Evidence of convergent validity on the dimensions of affect, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol.36, No.10, pp.1152 (1978)
- [14] Jourard, S. M., Laskow, P.: Some factors in self-disclosure, *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 56 (1958)
- [15] Bickmore, T. W., Picard, R. W.: Establishing and maintaining long-term human-computer relationships, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol.12, No.2, pp.293-327 (2005)
- [16] 劉超然, 石井カルロス寿憲, 石黒浩, 萩田紀博: 人型コミュニケーションロボットのための首傾げ生成手法の提案および評価, *人工知能学会論文誌*, Vol.28, No.2, pp.112-121 (2013)