

# 擬人化エージェントとのインタラクションを促進する要因： デフォルメ度の操作と脈拍を用いた実験的検討

## Factors on facilitating interaction with an embodied agent: An experimental investigation by deformed design and pulse rate

北村 文乃<sup>†</sup>, 林 勇吾<sup>‡</sup>  
Ayano Kitamura, Yugo Hayashi

<sup>†</sup>立命館大学大学院文学研究科, <sup>‡</sup>立命館大学総合心理学部

Ritsumeikan University Graduate School of Letters, Ritsumeikan University College of Comprehensive Psychology

<sup>†</sup>It0486ie@ed.ritsumei.ac.jp

### Abstract

Designing embodied agents that are empathic and positive towards humans is important in Human Agent Interaction (HAI) and design factors need to be instigated based on experimental investigation. One of the important factors on designing agents is the specificity. Less specific animated designs are better than realistic designs on facilitating positive emotions during interactions. Based on this notion, this study investigated the effects of a deformed embodied agent during a collaborative interaction task and investigated how subjective interpersonal states and emotional states change due to the degree of its deformed design. This was examined by using an interactive communication task with an embodied agent where its subjective and emotional state were controlled. The results obtained indicate that deformed agents evoke impressions of closeness and produce higher arousal states. We further discuss what kind of cognitive factors are related on facilitating interaction.

**Keywords — Embodied Agent, Deformation, Collaborative Interaction, Pulse rate**

### 1. 背景と目的

近年、ソフトバンク社の Pepper に代表されるように人間と協調的にインタラクション可能な人型ロボットや擬人化エージェントが社会に普及し、それらに関する研究が多数行われている。人間とエージェントとの間にどのようなインタラクションが可能なかを明らかにするため、人間とエージェントとのインタラクションのデザインを検討する HAI (Human-Agent Interaction) に関する研究が盛んにおこなわれている。その中で、効果的なインタラクションを引き起こす要因とはどのようなものなのか、認知科学的な観点から検討することはきわめて重要であると言える。

人間同士のインタラクションでは、他者の考えや糸を推測する際に、トップダウン処理とボトムアップ処理が行われていることが知られている。トップダウン処理とは事前に持っている知識の枠組み (スキーマ) を元に相手から受け取った情報の処理を行う。一方、

ボトムアップ処理とは話し方や見た目など相手の振る舞い、発言内容を元に情報の処理を行う。Media Equation 研究にも代表されるようにこれらの人間-人間で行われる処理は、人間-エージェントのインタラクションにも当てはめて考えることが可能である。例えば、エージェントの機能や性能に対するや期待や心構えはトップダウン処理、エージェントの外見や振る舞いなど実際の設計は、ボトムアップ処理と捉えることができる。

上記の認知プロセスの中で本研究では、後者のボトムアップ処理と関わるエージェントの外観に関する検討を行う。エージェントの外観は、社会的なインタラクションを引き起こす上で重要な要因であることが知られている。例えば、竹内・上杉・寺田・片上 (2013) は、エージェントとの社会的インタラクションを促進する上で、ソーシャル・キューの重要性を述べている [1]。ソーシャル・キューとは相手の身体的な特徴、心理、言語、社会・対話行動、社会的役割の 5 つが取り上げられており、これらを適切にデザインし実装することでエージェントとの社会的インタラクションを可能にする。また、林・Copper・Kryssanov・浦尾・小川 (2012) の研究では、エージェントの外見の検討において、実在する人間の既知性を誘発するデザインを取り入れることで、相手が人間であると認知した場合と同程度の人間らしさを作り出すことができることを述べている [2]。人間らしさをデザインするには、エージェントに人間と関連付け、呼び出しやすい知識 (スキーマ) を用いることが有効である。

以上のような知見から、人間を想起させるエージェントをデザインすることは非常に有効であると考えられる。しかし一方で、「不気味の谷」現象 [3] など人間に近いリアルさだけでは親密度は上がらないことを示す研究もある。田中・小島・松居の研究 (2009) で検討されているように、人間の特徴をデフォルメ化したデ

ザインが有効であることが示されている[4]。しかし、デフォルメ化されたエージェントを人間との統制された比較を通じて実証的に検討した検討は行われていない。また、どのようなデフォルメ度が効果的なのか、またどのような感情や感性が関与しているのかに関しては、まだ十分な検討が蓄積されているとはいえない。

上記を踏まえ本研究では、人間が擬人化エージェントと協調的にインタラクションを行うゲーム課題を用いて、デフォルメされた擬人化エージェントとのインタラクションを、人間同士のインタラクションと比較し検討することを目的とする。特にこれまでの研究の多くは、質問紙調査による主観評価が主だったが、本研究では主観評価に加えて、人間らしさを感じる上で重要とされる感情状態の測定を脈拍の計測を通じて行った。脈拍の測定によって、人間の覚醒度を測定することができ、擬人化エージェントとのインタラクション時に人間と同程度の覚醒度が観察されるのかを検討する。

なお、本研究の課題に関して、高橋・片上(2011)の実験研究を参考に、Miku Miku Dance(以下、MMD)というソフトを用いて、擬人化エージェントの3Dアニメーション制作を行った[5]。MMDは、マシンスペックの低いコンピューターでも動かすことができ、初心者でも用意に3DCGアニメーションを作成できるため、簡易な擬人化エージェントを作成するのに適したツールだと考えられる。使用する3DCGモデルのデフォルメ度の客観的な計測には、高松・嶋津(2011)の計測手法に則り、ImgPrcserというソフトで行ったラベリング処理により算出された「省略」度と、人手により測定を行った「誇張」度とを用いた[6]。この客観的な数値により、どの程度のデフォルメを行ったエージェントが対人場面に適しているか実験結果から導き出すことが可能になると考えられる。

## 2. 実験手続き

人間と擬人化エージェントのインタラクションを検討するため、実験参加者に相手(エージェント)の外観や考えに注意を向けさせるため協調的な課題を開発した。Miku Miku Dance Ver9.26(DirectX9 Version)ならびにAdobe Flash Professional CC 2015を用いて次のような実験課題Flashを作成した(図1)。

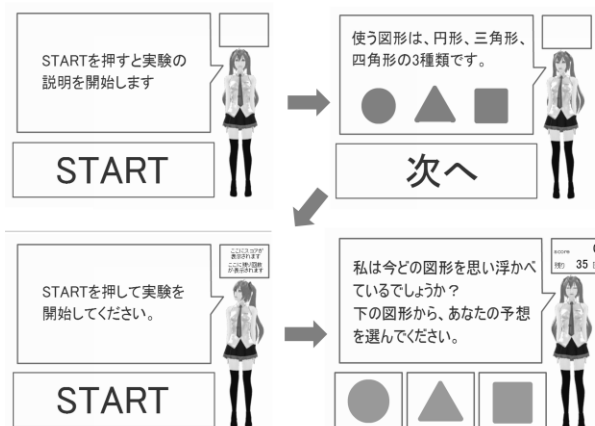


図1 実験課題 Flash

プログラミング言語は Action Script 3.0 を使用し、フレームレートは 10fps に設定した。また、フォントはすべて「\_ゴシック」を使用した。エージェントは画面右側に配置し、実験説明などのテキストや実験課題がエージェントの口元から出ている「吹きだし」のように描き、エージェントが話しているように見せた。画面下方には、教示中や実験開始前には「次へ」「START」という次のステップへ進むボタンを配置した。実験中には、課題で用いる円形、三角形、四角形のボタンを同じ場所に出現させた。また、教示開始前・実験開始前・実験中に出現するボタンには、押したボタンの種類と押した時間がログとして記録されるよう設定した。モーションは、教示中や問題表示中に行う待機モーション、正解時に行う正解モーション、不正解時に行う不正解モーションの3つを設定した。待機モーションは、エージェントが左右に身体を揺らし、瞬きをし、右を見るなど待機しているようなアニメーションとした。正解モーションは、エージェントが笑顔で頷くアニメーションとした。不正解モーションは、エージェントが腕組みをするアニメーションとした。どの条件のエージェントも同じ動作をするように設定した。残り試行回数・スコアは、エージェントの真上に表示した。表示されるスコアは正答数×100で表されるものとした。また、人間条件群の課題は、エージェントを表示しないことと教示文以外はエージェントを表示する課題とすべて同じ動作をするよう設定した。実験装置のパーソナルコンピューターは DELL 社の DC8LA を使用した。モニターは MITSUBISHI 社の Diamondcrysta RDT23IWLWM を使用した。脈拍計は NISSEI 社の光電式脈拍モニターHR-40 パルスコーチを使用した。

パーソナルコンピューターで実験課題 Flash を

Adobe Flash Professional CS5 を用いて全画面で起動させ、実験参加者に表示されている「START」ボタンを押して Flash 内にあらかじめプログラミングされている実験教示を受けるよう指示した。リアル条件とデフォルメ条件の場合は、エージェントが出現し、「私は今から規則的に図形を思い浮かべるので、その規則を予想しつつ私が思い浮かべている図形を予想して当ててほしい」と教示した。対して、人間条件の場合は、「別室にいる人が規則的に図形を思い浮かべて入力するので、その規則を予想しつつ相手が思い浮かべている図形を予想して当ててほしい」と教示した。実験説明はテキストで進行し、説明文を読み終わったら実験参加者に「次へ」ボタンを押して次の説明文へ進むよう指示をした。「次へ」ボタンは説明文が表示された1秒後に出現した。課題内容の説明終了後に、1問例題を行った。実験教示の終了後に、もう一度教示を聞くかどうかの選択肢が出現し、「いいえ」を選ぶと実験課題用を開始するためのボタンが出現した。実験参加者がそのボタンを押すと、3秒後に実験課題へと移行した。実験課題では、画面上に一定の規則の下でエージェントが思い浮かべる図形に対し、その図形を予想し選択するようにエージェントが指示を出し、マウスを操作して正解のボタンを押すように求めた。実験参加者がボタンを選ぶと、エージェントの動作と画面のアニメーションによる正誤のフィードバックと正解図形の提示が3秒間行われた。これを1試行とし、全部で35試行を行った。人間条件でも、エージェントが存在しないこと以外は全く同じ課題を行った。なお、実験中はメモを取らないようあらかじめ実験者が注意を与えた。課題終了後は、エージェントが実験参加者に Google フォームで作成した質問紙調査ページに移動するように求めた。また、課題終了後には実験者が脈拍の測定を停止し、実験参加者から脈拍計を取り外した。人間条件では相手がエージェントではなく、別室にいる人間と本課題に取り組むように教示し、この条件との比較を行った。

### 3. 実験計画

大学生 91 名 (男性 16 名, 女性 75 名, 平均年齢 20.38 歳,  $SD=1.18$ ) を対象に, Google フォームを用いてインターネット上でアンケート調査を実施した。フリー配布されている MMD モデルを同一キャラクターで 12 体用意し, それぞれ正面から撮影したものについて「実際の人間と比べた時, このキャラクターはどの程

度リアルに描かれていると感じたか」について 7 件法で回答するよう指示した。その際, MMD モデルの元となっているキャラクター全般への印象ではなく, 提示された画像についてののみ答えるよう教示した。この結果を元に「最もリアルなモデル」と「最もデフォルメされたモデル」を決定し, エージェントが人間とどの程度類似しているかをデフォルメ度で分類した。

デフォルメ度の分類は[6]の手法を用い, 2 値化した画像にラベリング処理を行ってその逆数から求めた「省略」度と, 頭の大きさを頭頂から顎までの距離, 全身の大きさを頭頂から足の裏までの距離として頭身を測定し, その逆数から求めた「誇張」度の 2 つを用いた。現実の人間に類似したリアルなエージェントを用いる条件 (以下リアル条件とする, 「省略」度 0.01, 「誇張」度 0.14) とデフォルメされたエージェントを用いる条件 (以下デフォルメ条件とする, 「省略」度 0.14, 「誇張」度 0.59) で実験を行った。また, 比較条件として人間をゲームの相手と想定し画面右側には何も表示しない人間条件を加え, 1 要因 3 水準計画で実験を実施した (図 2)。なお, 課題は全ての条件で同じ動作をするように設定されている。



図 2 実験条件

実験参加者 大学生 30 名 (男性 15 名, 女性 15 名, 平均年齢 21.5 歳,  $SD=1.11$ ) を対象として行った。

収集データ

実験中に脈拍の記録・1 回の回答にかかった時間の記録を行った。実験終了後, 神田・石黒・石田 (2001) の尺度 (表 1, [7]) を用いてエージェントの近づきやすさや親しみやすさを表す「親近性」・エージェントに抱いた快・不快を表す「愉快性」・動作そのものの活発性を表す「活動性」・性能への評価を表す「性能評価性」について, 尺度の各形容詞に「非常に・かなり・やや」を付けたものに「どちらでもない」を加えた 7 件法で質問紙調査を行った。質問紙では同時に発見した規則を回答するようにも求めた。また, 実験中のエージェントに違和感を覚えたか否か, 覚えたとしたらそれは身体のどこの部位かということについても自由記述で

回答を求めた。

表1 人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的尺度

		尺度	
親近性因子	1	やさしい	⇔ 怖い
	2	感じの良い	⇔ 感じの悪い
	3	親しみやすい	⇔ 親しみにくい
	4	安全な	⇔ 危険な
	5	暖かい	⇔ 冷たい
	6	かわいらしい	⇔ にくらしい
	7	うちとけた	⇔ 堅苦しい
	8	わかりやすい	⇔ わかりにくい
	9	近づきやすい	⇔ 近づきたい
	10	明るい	⇔ 暗い
	11	思いやりのある	⇔ わがままな
愉快性因子	12	面白い	⇔ つまらない
	13	愉快的な	⇔ 不愉快的な
	14	好きな	⇔ 嫌いな
	15	興味深い	⇔ 退屈な
	16	良い	⇔ 悪い
活動性因子	17	速い	⇔ 遅い
	18	すばやい	⇔ のろい
	19	はげしい	⇔ おだやかな
	20	積極的な	⇔ 消極的な
	21	強気な	⇔ 弱気な
	22	派手な	⇔ 地味な
	23	陽気な	⇔ 陰気な
性能評価性因子	24	敏感な	⇔ 鈍感な
	25	賢い	⇔ 愚かな

#### 4. 結果

##### 主観評価に関する分析

質問紙の尺度ごとの分析結果（図 3）では、親近性因子ではデフォルメ条件群が他条件群よりも有意に高かった ( $p < .05$ )。愉快性因子では有意差は見られなかった ( $p > .05$ )。活動性因子ではリアル条件群がデフォルメ条件群よりも高いとする有意傾向が見られた ( $p < .10$ )。性能評価性因子では、デフォルメ条件群が人間条件群よりも有意に低かった ( $p < .05$ )。また、エージェントに違和感を覚えたか否か質問したところ、リアル条件の方がデフォルメ条件よりも違和感を覚えた参加者が有意に多かった ( $t(18) = 1.41, p < .05$ )。

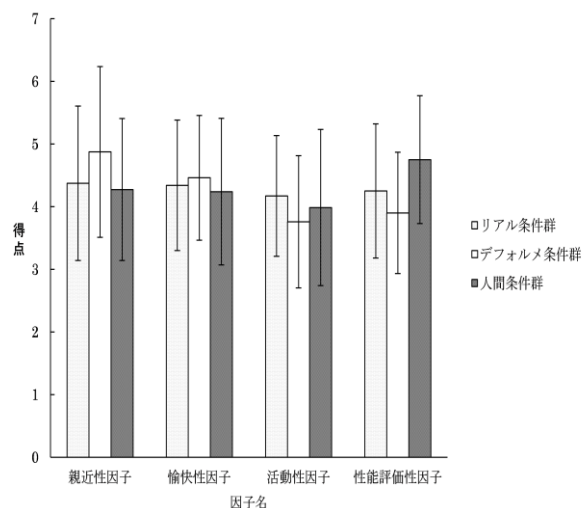


図3 主観的評価

条件群ごとに違和感を覚えた平均人数を算出したところ、リアル条件群が 0.50 人、デフォルメ条件群が 0.20 人となった。この平均人数について t 検定を実施したところ、有意差が見られた ( $t(18) = 1.41, p < .05$ )。

表 2 はリアル条件群とデフォルメ条件群において、実験中にエージェントに関して違和感を覚えた部位についての回答をまとめたものである。

表2 違和感を覚えた部位

条件群	違和感を覚えた部位
リアル条件群	顔
	目元
	全体
デフォルメ条件群	顔・口
	表情
	色 全体・頭身・首

##### 感情に関する分析

実験開始前を基準とした脈拍の変化の分析結果（図 4）では、実験条件と脈拍計測時の間に交互作用が見られ ( $F(5, 89, 343.97) = 2.22, p < .05$ )、25~30 試行目の間リアル条件群がデフォルメ条件群よりも有意に脈拍が下がっていた ( $p < .05$ )。

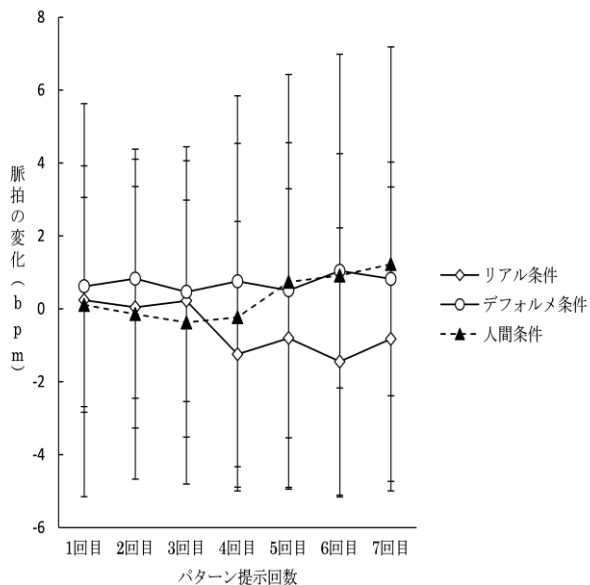


図4 脈拍の変化

ボタン入力にかけた時間から各試行の思考時間の分析結果 (図5) では、デフォルメ条件群が人間条件群よりも有意に長い時間がかかっていた ( $p < .05$ ) .

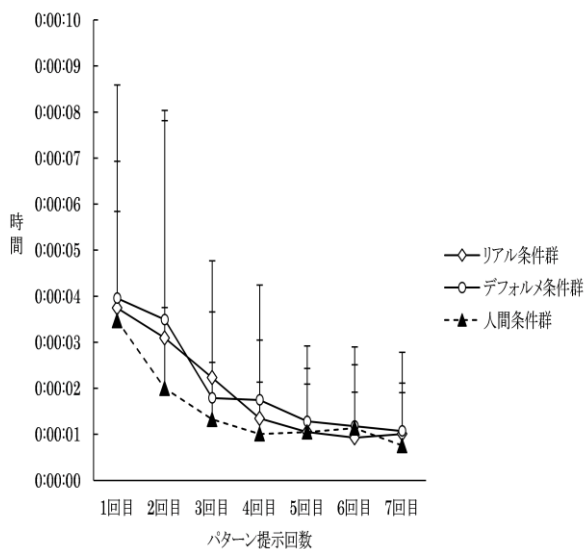


図5 ボタン入力にかけた時間の変化

その他の分析

条件群ごとに正解数の平均値を算出したところ、リアル条件群が 20.1 回、デフォルメ条件群が 18.9 回、人間条件群が 19.1 回となった。この3つの平均値について一元配置分散分析を実施したところ、有意差は見られなかった ( $F(2,27)=0.07, p > .05$ ) .

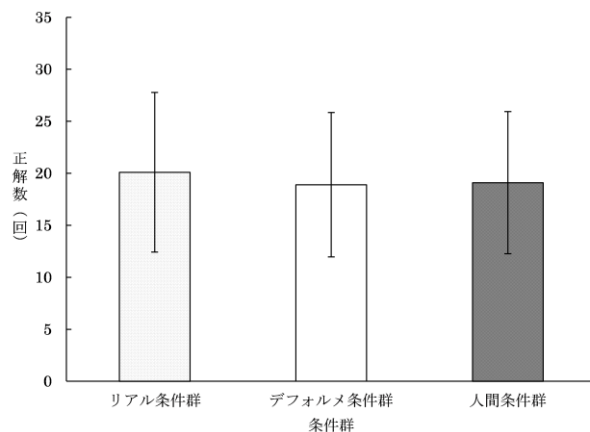


図6 平均正解数

条件群ごとに平均規則発見人数を算出した (図6) ところ、リアル条件群が 0.45 人、デフォルメ条件群が 0.25 人、人間条件群が 0.35 人となった。この3つの規則発見率について一元配置分散分析を実施したところ、有意差は見られなかった ( $F(2,27)=0.50, p > .05$ ) . なお、規則を完全に正答できている者を規則発見者 1 人、「円形、円形、四角形、三角形、四角形」のように規則は合っているが規則の開始図形が間違っている者を規則発見者 0.5 人として扱った。

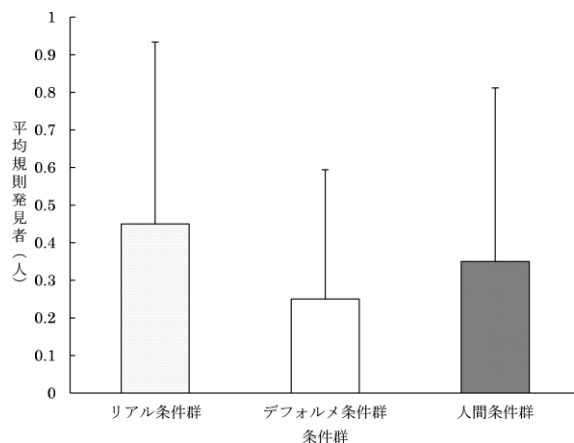


図7 平均規則発見者数

実験課題開始から実験課題終了までにかかった総時間の平均の平均値を算出したところ、リアル条件群が 189 秒、デフォルメ条件群が 174 秒、人間条件群が 156 秒であった。この3つの平均値について一元配置分散分析を実施したところ、有意差は見られなかった ( $F(2,27)=0.66, p > .05$ ) .

5. 考察

結果より、課題の正解数と規則の発見率はエージェ

ントの有無・デフォルメ具合によって左右されないということが示され、かつ実験課題終了までに要した時間も条件間で差は見られなかった。このことから、実験条件が異なっても課題そのものは同等であったということが言えるだろう。

このような同等の課題を行っているにもかかわらず、デフォルメされたエージェントは、親近性は高かったもののエージェントとしての働きへの評価は高くなかったと考えられる。これを示唆する興味深いものとして、デフォルメ条件の規則回答欄には、規則的に図形を提示していたにもかかわらず「ランダムで同じものが連続で出てきたり順番を抜かしたりと一定的ではなかった」との回答があった。このように規則性を否定する回答は、リアル条件群と人間条件群では見られなかった。また、脈拍に関しては人間条件に対して統計的に有意でなかったことから、デフォルメされたエージェントとのインタラクションは人間とのそれと同程度の覚醒を引き起こすと考えられる。また、ボタン押しにかかった時間の分析から、デフォルメ条件では他の条件よりも考える時間が長かったことが示された。このこととデフォルメ条件の性能評価が低かったことから、デフォルメされたエージェントは人間相手の場合と比べて、問題解決の阻害となっているのではないかと推測される。この原因としては、外見から予期できない言葉遣いや情報がデフォルメされたエージェントからもたらされたため、上手く情報を伝達できなかったのではないかと考えられる。先行研究で「たとえ同じ情報であってもその情報を出すエージェントの外見が異なると、その情報が必ずしも同じ意味として解釈されない」[8]ということが報告されている。デフォルメされたエージェントと教示文や実験課題の文が上手く対応していなかったため、性能評価が下がり実験参加者の問題解決の阻害となったのではないだろうか。しかし、デフォルメされたエージェントの親近性が高いことから、ボタンを押すまでに親近性を抱いたエージェントと接触をしていた可能性も捨てきれない。以上の可能性を除去するためには、出来るだけ早く課題を終わらせるように教示する、もしくは眼球運動を測定し実験参加者の視線を分析する必要があると考えられる。

対してリアルなエージェントは、デフォルメ条件に比べて表情を表出したり言葉を発したりする頭部が社会的な合図（ソーシャル・キュー）に強い影響力を持っているからだと推測できる。ソーシャル・キューはコ

ンピューターを社会的な存在として人間に認知させるものであり、適切に組み込むことで人間との自然なインタラクションを可能にするものである。このソーシャル・キューに大きな役割を果たすだろう頭部は、頻繁に視線を向けられるために違和感を生じさせやすいのではないだろうか。違和感を覚える部位が多い為に親近性が低かったと考えられる。これは、森（1970）の「不気味の谷」にもあるように、人間に近すぎるリアルなデザインでは、親近感が得られないという知見と一貫する結果と言える。違和感を覚えられた部位は頭部に集中しており、これは、一方で、脈拍測定の結果より本実験においてリアルなエージェントはデフォルメされたエージェントと比べて、人間と同等の緊張感を持ってインタラクションをできなかった。

今後、今回用いたエージェントの中間のデフォルメ度を持つエージェントを用いて詳細に検討していけば、擬人化エージェントをデザインする上での客観的な指標が作り出せるのではないだろうか。ただし、具体的にどのような「中間」のデフォルメが有効なのかに関しては、実証的に検討していく必要がある。例えば、人間らしさを有し、かつ感情に訴えるデザインとしては、ベビースキーマという身体に対して大きな頭・全体的に丸みのある体型などの特徴を持つスキーマを誘発するデザインが考えられる。人間にとって最適なデフォルメ度とは何か、インタラクション場面やユーザーの特性の関係の中で詳細に検討していく必要がある。

## 謝辞

本研究はJSPS 科研費 16K00219の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 竹内勇剛・上杉繁・寺田和憲・片上大輔, (2013) “インタラクションのミニマムデザイン”, ヒューマンインターフェース学会論文誌, Vol. 15, pp. 1-14.
- [2] 林 勇吾・Eric Cooper・Victor V. Kryssanov・浦尾 彰・小川 均, (2012) “対話エージェントとのコミュニケーションにおける心理特性—スキーマと擬人化に関する検討—”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 11, pp. 459-467.
- [3] 森 政弘, (1970) “不気味の谷” *Energy*, Vol. 7, 33-35.
- [4] 田中 かおり・小島 一晃・松居 辰則, (2009) “対話エージェントとのコミュニケーションにおける心理特性—スキーマと擬人化に関する検討—”, 日本感性工学会論文誌, Vol. 26, pp. 2-18.
- [5] 高橋 朋裕・片上 大輔 (2011). “常時稼働を想定した情報インタフェースとしてのエージェント設計” HAI シンポジウム 2011, II-1 A-2.
- [6] 高松 耕太・嶋津 恵子 (2011). “キャラクターの外見的特徴量の計測実験” 情報処理学会研究報告, Vol. 6, pp.

1-4.

- [7] 神田 崇行・石黒 浩・石田 亨 (2001) “人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価”, 日本ロボット学会誌, Vol. 19, pp. 362-371.
- [8] 小松 孝徳・山田 誠二 (2008). “エージェントの外見の違いがユーザの態度解釈に与える影響—外見の異なるエージェントからの同一人工音の提示実験” 知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌). Vol. 20. pp. 500-512.