

「適応ギャップ」の擬人化エージェントへの否定的印象に与える影響に関する実験的検討

An Experimental Study on the Influences of Adaptation Gaps of Anthropomorphic Agents on Users' Negative Impressions

萩原愛^{1*} 田和辻可昌¹ 松居辰則²
Megumi Hagiwara¹ Yoshimasa Tawatsuji¹ Tatsunori Matsui²

¹ 早稲田大学大学院人間科学研究科

¹ Graduate School of Human science, Waseda University

² 早稲田大学人間科学学術院

² Faculty of Human sciences, Waseda University

Abstract: Adaptation gap plays an important role in human-agent interactions. In this study, we experimentally investigated the relationships between appearance-function combinations of agents and humans' negative impressions on agents. In our experiment, we changed how accurate and how fast the agents responded to the human users' instructions, and analyzed the influences of these two variables on the users' impressions on the agents. The results show that when the adaptation gaps were negative, the users' post-interaction impressions were worse than their pre-interaction ones. On the other hand, the positive adaptation gaps did not necessarily improve the users' impressions.

1 はじめに

近年日常生活における様々な場面で、コンピューターシステムやネットワーク上で当事者の代理を務めるエージェントの利用が広がっており、今後さらに一般家庭や企業への導入が進行すると予想される。その中でエージェントは人間とインタラクションを持つことが一般的となり、人間からのより積極的かつ有効なインタラクションが行われることが求められる。このようなエージェントの中でも人間になぞらえた外観や挙動を示すエージェントのことを擬人化エージェントという。機械に目や手を付け加えただけのものから、人間に非常に良く似たCG(コンピュータグラフィック)まで様々な種類が存在するが、本研究では特に人間に良く似たCGエージェントに注目した。

近年CG技術の進歩に伴い人間と見間違えるほどにリアルな擬人化エージェントの制作が可能となっているが、このようなリアルな擬人化エージェントを作成する上で避けては通れない問題として「不気味の谷」[1]という問題がある。一般的に、エージェントの外見や振る舞いがより人間らしくなるのに伴い、人間のエー

ジェントに対する親和度は高くなると考えられている。しかし、実際には本物の人間と少しでも異なる箇所があれば人間は強い嫌悪感を抱くようになり、親和度は急激に下落してしまう。そして、外観や動作が人間と見分けがつかなくなるほどに近似すると再び親和度が高くなる。これを不気味の谷現象という。図1に不気味の谷の概念図を示す。擬人化エージェントの設計を考える際には、この問題を考慮に入れないと人間に嫌悪感を与えるエージェントになってしまう恐れがある。エージェントが人間に嫌悪感を与えるようなものであれば、人間とのインタラクションを妨げる要因になってしまう。そのため、嫌悪感を与えないような擬人化エージェントの設計手法を検討する必要がある。

擬人化エージェントの人間への類似度と否定的印象に関わる先行研究の例としては、Seyama[2]、Macdonnell[3]といった研究が挙げられる。Seyamaら[2]は擬人化エージェントの目の大きさを段階的に大きくし類似度を変化させた刺激を用いた評価実験を行い、擬人化エージェントの顔に非常に大きな目などといった異常な特徴があると、人間に不気味な印象を与えることを明らかにした。Macdonnellら[3]はシェーディングやテクスチャなどのレンダリングの要素を変更することで人間に対する類似度を変化させた擬人化エージェントを用いた評価実験を行っており、レンダリングに

*連絡先: 早稲田大学大学院人間科学研究科松居研究室
〒359-1165 埼玉県所沢市堀之内 135-1 フロンティア
リサーチセンター 213 実験室
E-mail: candy-holic.1812@akane.waseda.jp

より印象が大きく変わることを示した。さらに、動画を用いた検証も行っており、静止画で不気味であると評価された擬人化エージェントに対し、表情動作が加わることでより一層不気味であると評価されることを示した。これらの先行研究で行われている実験は映像や静止画像を用いた実験が一般的であり、人間と実際にコミュニケーションをとるようなエージェントを用いた研究は行われていない。しかし、現在人型のコミュニケーションロボットの開発や仮想空間でのアバターの使用などが広がっており、コミュニケーションの場面で擬人化エージェントの利用が盛んになっている。以上のことから、エージェントの否定的印象についてもコミュニケーション時においてどのような印象が抱かれるか議論することが必要不可欠である。そこで、本研究では擬人化エージェントの中でもリアルタイムに人間とコミュニケーションをとるエージェントを使用することとした。

擬人化エージェントに対する否定的印象には、外見から予測した機能や動きと実際の機能や動きとの不一致が影響していると先行研究により示唆されている。Sayginら [4] は、人間とロボットとアンドロイド(見た目は人間で動作が機械的)の3種類の映像を被験者に提示し、映像を観察している時の脳活動を比較する実験を行った。その結果、アンドロイドを観察した時のみ脳の広範囲の領域における血流量が増加するとの知見を得ており、この原因を「外見から予測される動作と実際の動作との不一致に違和感を感じたため」と考察している。また、小松ら [5] は外見から予測される機能と実際の機能との差を「適応ギャップ」と定義し、それがユーザに与える印象に強く影響を及ぼしていることを実験により明らかにした。更に、山田ら [6] は「適応ギャップ」と「不気味の谷」との関連を述べており、実際の機能が外見から予測される機能を上回った場合は肯定的印象を得るが、実際の機能が外見から予測される機能を下回った場合はエージェントに対し嫌悪感を抱くと考察している。そこで、本研究では擬人化エージェントの「外見から予測される機能と実際の機能の差」に着目し、外見から予測される機能を上回るような優れた機能を擬人化エージェントに実装することで、肯定的印象を得ることができるのかをエージェントとのコミュニケーション実験を通して検証した。

2 実験

実験では、エージェントの外見と機能の組み合わせによる印象の変化を調査するためエージェントを用いたコミュニケーション実験を行う。そこで、本研究におけるエージェントの「機能」について定義を行う必要がある。山田ら [6] によると「どのような入力情報に基

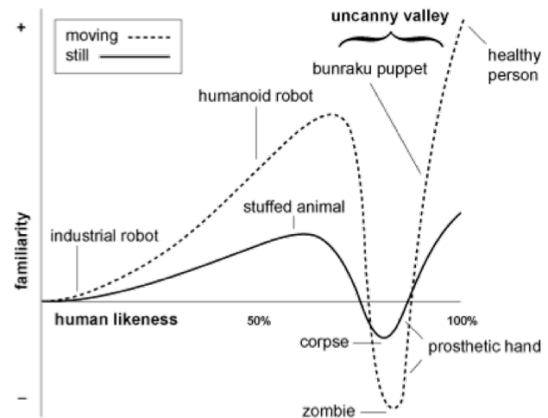


図 1: 不気味の谷 文献 [12] より転載

づいてどのような出力情報を生成できるのかが、人間やエージェントの機能に相当する」とされている。そのため、本研究では入力情報を人間からの指示、出力情報をエージェントによる指示の実行として、人間からの指示の実行度をエージェントの機能と定義した。

2.1 タスク

本研究ではエージェントの機能を人間からの指示の実行度と定義している。そのため、エージェントの機能の違いとして人間からの指示の実行度を变化させる必要がある。そこで、人間からエージェントに指示を出し、エージェントがそれに応答するというタスクとして「探し物ゲーム」を行うタスクを考えた。図2のようにCGで作成された部屋の中にいるエージェントに対し、人間が指示を出して探し物があると思われる場所に誘導するというゲームである。ゲームの詳細を以下に記す。

2.1.1 状況設定

1. 昨日部屋を借りていた人物が部屋の中でのものをなくした。
2. 寝る時にも身に付けていて玄関を出た時になくなっていることに気が付いた。(部屋の中でなくしているのは確実)
3. 部屋の主(エージェント)が探し物を依頼された。

2.1.2 タスク内容

1. 被験者は探し物がある場所のヒントとして、物をなくした人物の朝の行動が書かれた紙を渡される。

2. 被験者は画面に提示されたエージェントに対して指示をして探し物があると思われる場所に誘導する。
3. 2分以内に見つけ出せればクリアとなり、見つけ出せなかった場合であっても2分でゲームは終了となる。また、2分未満であっても見つけ次第コミュニケーションは終了とする。



図 2: 実験画面の例

3. 不気味の谷に位置しており親和度が低いと考えられるもの (以下 Model3 と記述)
4. 不気味の谷を超えた地点に位置しており親和度が低いと考えられるもの (以下 Model4 と記述)

1~3 のエージェントとしては先行研究 [7] の実験結果から得られた 3 体のエージェントを用いた。4 のエージェントとしては 1~3 のエージェントから頭部のみを編集し作成した。刺激作成には Maya2015 を使用した。図 3 は実際に実験に使用した 4 体のエージェントの画像である。

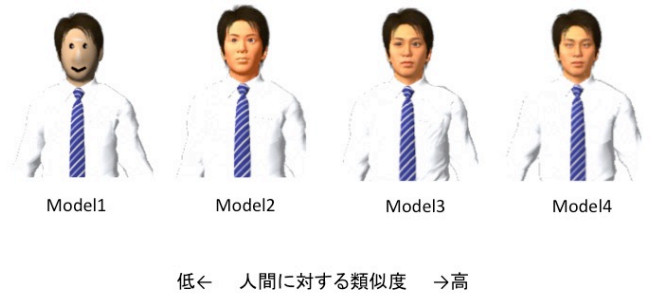


図 3: 実験に使用したエージェントの静止画像

2.2 実験システム

実験では Woz 法を用いたリアルタイムコミュニケーションを行った。Woz 法とはシステムのふりをした人間 (Wizard) がシステムの挙動を制御する方法である。本研究の実験では、人間の動きをモーションキャプチャー装置によりキャプチャーし、そのデータをリアルタイムでストリーミングすることで、CG キャラクターの動きを人間が制御した。

2.3 被験者

実験には早稲田大学大学院の学生 1 名 (女性, 52 歳) が参加した。

2.4 エージェントの外見

実験に用いるエージェントとして以下の 4 体を用いた。

1. 人間に対する類似度が非常に低く Model2 よりも親和度が低いと考えられるもの (以下 Model1 と記述)
2. 不気味の谷の手前に位置しており親和度が高いと考えられるもの (以下 Model2 と記述)

2.5 エージェントの機能

本研究ではエージェントの機能を人間からの指示の実行度と定義した。人間からの指示に対しての反応の正誤、そして指示に対して応答するタイミングを変化させることで指示の実行度を段階的に変化させた。エージェントの指示への応答パターンは以下の 5 パターンである。

1. 指示に従わない (以下パターン 1 と記述)
2. 数回に一度指示に従わない (以下パターン 2 と記述)
3. 指示通りに動く (以下パターン 3 と記述)
4. 数回に一度指示内容を先読みし動く (以下パターン 4 と記述)
5. 指示内容を全て先読みして動く (以下パターン 5 と記述)

被験者は与えられたヒントを元に部屋内の家具の場所を順番に指示するように教示を受けている。エージェントの裏で動いている人間はあらかじめヒントの用紙に書かれた内容を把握しており、先読みして動くことが可能となっている。

2.6 調査項目

実験ではまず、エージェントの外見から受ける印象を調査するため4体のエージェントの静止画像を用いて表1の項目について調査を行った。そして、エージェントとのコミュニケーション終了後に表2の項目について調査を行った。印象評価の方法にはSD法[8]を用いた。なお、SD法に用いる形容詞対については人型ロボット等の擬人化エージェントの印象評価を行った先行研究[9]と擬人化エージェントの外見と動作の組み合わせに対する印象評価実験[7]の結果を踏まえ、決定した。適応ギャップの値を取得するため、エージェントとのコミュニケーション前に被験者に表1のQ1とQ2の2項目を、コミュニケーション後に表2のQ1とQ2の2項目を回答してもらい、この2つの値の差を求めることで適応ギャップ値を算出することとした。また、被験者のコミュニケーション前後のエージェントに対する印象の変化を調査するため、SD法による印象評価をコミュニケーション前後に同じ形容詞対を用いて行った。さらに、エージェントの「外見と機能」に対する違和感、そして自律的に動作しているかどうかのエージェントに対する否定的印象に影響しているかを調査するため表2のQ3,4の質問をした。

表 1: 調査項目 (コミュニケーション前)

Q1. 何秒間で探し物を見つけられると予想するか (1~120秒の間で回答)
Q2. エージェントに対してどの程度の機能を期待するか (ここでは人間と同等の判断と行動ができるかを指す) ※7が一般的な人間と同じ判断力と行動力であり、数字が低いほど機能が劣る
Q3.SD法(7段階) ・好きな-嫌いな ・人間的な-機械的な ・好意的-敵対的 ・近づきやすい-近づきたくない ・気持ちのよい-気持ちの悪い ・安全な-危険な

2.7 実験手順

まず、エージェントの外見から受ける印象を調査するため4体のエージェントの静止画像を用いて印象の調査を行った。被験者には画面に提示された画像を見て、表1の項目について回答してもらった。次に、エージェントと上記のタスクを行い、コミュニケーションをとった。外見4種類×機能5種類の全20パターンのコミュニケーションを行った。各コミュニケーション終了時に被験者に表2の項目について回答してもらった。

表 2: 調査項目 (コミュニケーション後)

Q1. 何秒間で探し物を見つけられたと思うか (1~120秒の間で回答)
Q2. エージェントに対して感じた実際の機能 (ここでは人間と同等の判断と行動ができるかを指す) ※7が一般的な人間と同じ判断力と行動力であり、数字が低いほど機能が劣る
Q3. エージェントは自律的に動いていると感じるか 操作されていると感じるか
Q4. エージェントの外見と機能に違和感を感じたか (はいかいいえで回答)
Q5.SD法(7段階) ・好きな-嫌いな ・人間的な-機械的な ・好意的-敵対的 ・近づきやすい-近づきたくない ・気持ちのよい-気持ちの悪い ・安全な-危険な

3 実験結果

3.1 適応ギャップによる印象変化への影響

実験では適応ギャップ算出のため表1と表2のQ1,2の2項目について調査を行った。しかし、今回実験結果からは適応ギャップを算出するのにQ2がより有効であると判断し、Q2の期待した機能と実際に感じた機能のみから適応ギャップを算出した。実際に感じた機能が外見から期待した機能より低かったものを負の適応ギャップが生じており、実際に感じた機能が外見から期待した機能より高かったものを正の適応ギャップが生じているとして、適応ギャップが印象の変化に与える影響を確認した。表3に表1のQ2と表2のQ2~Q4の回答の結果を示す。図4~図7は適応ギャップが0であったものを除いた印象評価値を表しており、4種類の外見に分けてグラフにしている。それぞれのグラフの緑色は静止画像、赤色は適応ギャップが正、青色は適応ギャップが負であることを表している。点数が高いほど評価が悪く、点数が低いほど評価が高いことを表す。

全体的に見ると適応ギャップが負となっているものは静止画像を見て感じた印象より印象が悪くなる傾向があり、この結果は先行研究[5]と同じ結果となっていた。しかし、適応ギャップが正の場合には印象が良くなっている点もある一方で、印象が悪くなっている点も確認できる。特に、Model4とパターン5の組み合わせにおいては「好きな-嫌いな」という評価以外は静止画像より悪い評価となっていた。また、Model3とパターン3の組み合わせにおいても静止画像より「好きな、人間的な」という印象が強くなっている一方で「近づきたくない、危険な」という印象も強くなっていることが分

かる。このことから、適応ギャップが正であっても必ずしも印象が良くなるとは言えないということが分かる。さらに、Model4 とパターン5 の組み合わせでは実際に感じた機能が7、Model3 のパターン3 では実際に感じた機能が6 と回答されており、被験者はエージェントに対し人間に匹敵するほどの優れた機能を感じていたことが分かる。以上のことから、エージェントに優れた機能を実装することで必ずしも良い印象が得られるとは限らず、むしろ人間に匹敵するほどの優れた機能は人間に否定的印象を与えてしまう恐れがあると考えられる。

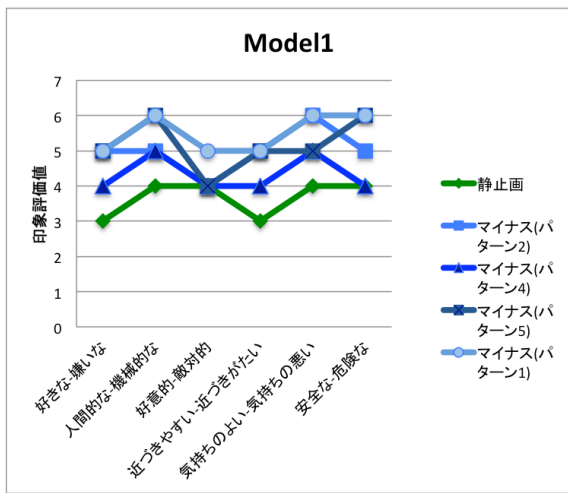


図 4: SD プロファイル (Model1)

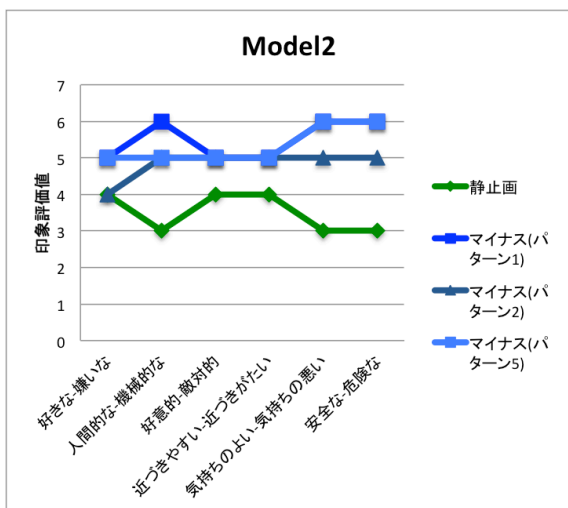


図 5: SD プロファイル (Model2)

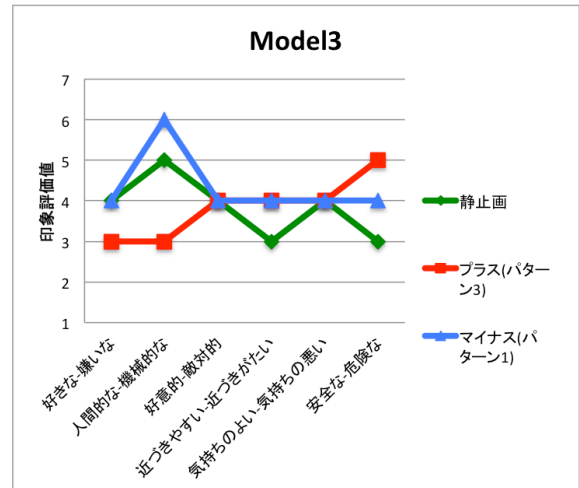


図 6: SD プロファイル (Model3)

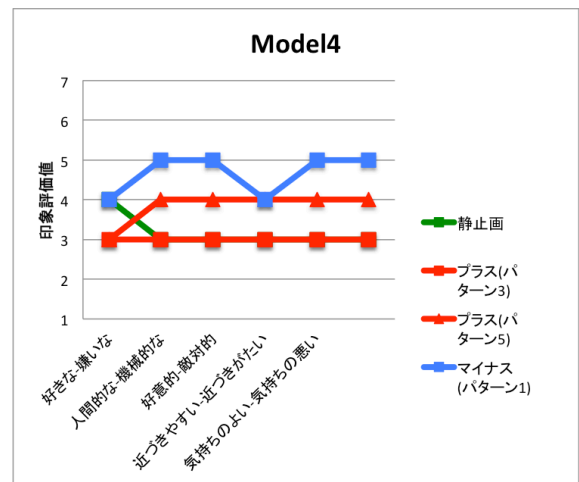


図 7: SD プロファイル (Model4)

3.2 外見と機能の違和感

外見と機能に違和感があると回答されたのは全 20 パターン中 7 パターンであった。類似度の一番低い Model1 のエージェントは指示通り動く、指示を先読みするといった行動をとった場合に違和感があると評価されていた。Model2 においては応答パターン 4 の数回に一度指示を先読みするというパターンを除いて全て外見と機能に違和感があると評価されていた。違和感があると回答されたものは全て適応ギャップが負もしくは 0 になっており、静止画像での印象より印象が悪くなる傾向があった。しかし、違和感がないと評価されたものであっても静止画像の印象よりも印象が悪くなっているものもあり、外見と機能の違和感が否定的印象に関わっているかは判断ができなかった。今回の実験は被

表 3: 実験結果 (Q2~Q4)

	期待した機能	実際に感じた機能	自律的に動いている	操作されている	外見と機能の違和感
Model1-パターン 1	5	3	×	○	×
Model1-パターン 2	5	4	×	○	×
Model1-パターン 3	5	5	○	×	○
Model1-パターン 4	5	4	×	○	○
Model1-パターン 5	5	4	×	○	○
Model2-パターン 1	5	3	×	○	○
Model2-パターン 2	5	4	×	○	○
Model2-パターン 3	5	5	×	○	○
Model2-パターン 4	5	5	×	○	○
Model2-パターン 5	5	4	×	○	○
Model3-パターン 1	5	4	×	○	×
Model3-パターン 2	5	5	×	○	×
Model3-パターン 3	5	6	○	×	×
Model3-パターン 4	5	5	×	○	×
Model3-パターン 5	5	5	○	×	×
Model4-パターン 1	6	3	○	×	×
Model4-パターン 2	6	6	○	×	×
Model4-パターン 3	6	7	○	×	×
Model4-パターン 4	6	6	○	×	×
Model4-パターン 5	6	7	○	×	×

験者一人で行ったが、今後被験者を増やし実験を行うことで、外見と機能の違和感が人間の印象に与える影響について何らかの傾向が見えてくる可能性があるだろう。

3.3 エージェントの自律性による影響

実験の結果、自律的に動いていると評価されたエージェントは 20 パターン中 8 パターンであった。人間に対する類似度が最も高い Model4 のエージェントは全ての応答パターンで自律的に動いていると評価されていた。自律的に動いていると評価されたエージェントは Model4 と応答パターン 1 の組み合わせを除いて、全て適応ギャップが 0 もしくは正となっていた。このことから、エージェントが自律的に動いていると感じるかはエージェントの機能が優れていると感じるかどうかに関わっていることが推測される。

4 考察

実験の結果から適応ギャップは被験者の印象変化に影響を与えていたことが分かった。適応ギャップが負の場合は印象が悪くなるという傾向が確認され、先行研究 [3] と同様の結果が得られた。適応ギャップが正の場合には必ずしも印象が良くなっているとは言えなかった。特に、Model4 とパターン 5 の組み合わせでは適応ギャップが正であったにも関わらず静止画像を見たときの印象より印象が悪くなっていた。コミュニケーション

前にエージェントに期待した機能の調査結果を見ると Model4 を見て被験者が期待した機能は 6 と回答されており、人間に近い外見は人間とほぼ同程度の機能が期待されていることが分かる。そして、Model4 とパターン 5 の組み合わせのエージェントにおいては実際に感じた機能は 7 と回答されており、人間に匹敵する機能だと評価されていた。以上のことから、適応ギャップが正となれば必ずしも印象が良くなるわけではなく、むしろ、余りにも優れた機能は人間に否定的印象を与えてしまう恐れがあると推測できる。この原因として、人間が自分たちに匹敵するほどの優れたエージェントに対して、本能的に恐怖を感じたからではないかと考える。恐怖とは自己防衛の反応であり、脅威刺激からの回避・逃避動因として機能している [10]。人間に匹敵するほどの機能を有したエージェントは、人間にとって制御不可能なものであり、脅威とみなされたのではないかと考える。山田 [11] も制御下を外れた機械は恐れの対象になるという可能性を示唆している。

人間にとってより親しみやすいエージェントを開発するためには、ある程度類似度の低いエージェントにおいては優れた機能を設定するという方法は有効である。しかし、類似度の非常に高い外見においては必ずしもそれが有効であるとは言えない。類似度の非常に高い外見ではどの程度の機能を実装することで人間に良い印象を与えられるのか、今後も検証していく必要があるだろう。また、今後の課題として、今回の実験は予備実験として被験者 1 名で実験を行ったが、今後はより被験者を増やし実験を実施していく必要がある。

謝辞

本研究は、早稲田大学特定課題研究助成費(特定課題B)「FACSに基づく人工物の表情生成過程と表情認知・感情の関係構造の形式化と実装方式」(課題番号: 2015B-390)による支援を受けている。

参考文献

- [1] 森政弘: 不気味の谷, *Energy*, Vol. 7, No. 4, pp. 33–35 (1970)
- [2] Seyama Junichiro, Ruth S. Nagayama: The uncanny valley: Effect of realism on the impression of artificial human faces., *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Vol. 16, No. 4, pp. 337–251 (2007)
- [3] McDonnell Rachel, Martin Breidt, Heinrich H Blthoff: Render me real?: investigating the effect of render style on the perception of animated virtual humans., *Transactions on Graphics*, Vol. 31, No. 4, pp. 1–10 (2012)
- [4] Aya Pinar Saygin, Thierry Chaminade, Hiroshi Ishiguro, Jon Driver, Chris Frith: The thing that should not be : predictive coding and the uncanny valley in perceiving human and humanoid robot actions., *Cognitive and Affective Neuroscience*, Vol. 22, No. 2, pp. 1–10 (2011)
- [5] 小松孝徳, 山田誠二: 適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響, *人工知能学会論文誌*, Vol. 24, No. 2, pp. 232–240 (2009)
- [6] 山田誠二, 角所考, 小松孝徳: 人間とエージェントの相互適応と適応ギャップ, 特集 HAI: ヒューマンエージェントインタラクションの最先端, *人工知能学会誌*, Vol. 21, No. 6, pp. 648–653 (2006)
- [7] 萩原愛, 田和辻可昌, 村松慶一, 松居辰則: 動作の滑らかさに着目した擬人化エージェントの最適な外見と動作に関する実験的検討, 第11回日本感性工学会春季大会, (2016)
- [8] 岩下豊彦: SD法によるイメージの測定 その理解と実施の手引き, 川島書店, (1983)
- [9] 神田崇行, 石黒浩, 石田亨: 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, No. 3, pp. 362–371 (2001)
- [10] 中島義明, 安藤清志, 子安増生, 坂野雄二, 繁榊算男, 立花政夫, 箱田裕司(編): 心理学辞典, 有斐閣, (2004)
- [11] 山田誠二: 人とロボットの<間>をデザインする, 東京電気大学出版局, (2007)
- [12] Mori Masahiro, Karl F MacDorman, Takashi Minato: The uncanny valley., *IEEE Robotics & Automation Magazine*, Vol. 19, No. 2, pp. 98–100 (2012)