

顔皮膚血流の実装が人工エージェントの
人間らしさに与える影響の検討

Effect of Implementation of Facial Skin Blood Flow
on the Humanness of Artificial Agents

二階堂 沙耶[†], 磯村 朋子[†]

Saya Nikaido, Tomoko Isomura

[†]名古屋大学

Nagoya University

nikaido.saya.v2@s.mail.nagoya-u.ac.jp

概要

近年、ロボットやバーチャルアバターなどの人工エージェントの外見や挙動を人間に近づける試みが多くされている。本研究では、人工エージェントの顔に人間由来の脈拍情報に伴う皮膚色の変化を実装した刺激と実装しなかった刺激に対する人間らしさ評価の違いについて検討した。その結果、人間に近い外見を持つERICAにおいて、脈拍情報に伴う皮膚色の変化を実装したことにより知覚される人間らしさが増幅された。

キーワード：人工エージェント(artificial agents), 人間らしさ(humanness), 脈拍信号(pulse signal), 皮膚色変化(skin color changes)

1. はじめに

近年、ロボットやバーチャルアバターといった人工エージェントの外見や挙動を人間に近づけるため、表情・視線・声といった社会的手がかり信号をより繊細に表現しようとする試みが盛んになされている。実際に、これらの手がかりを実装された人工エージェントでは、知覚される能力や人間らしさが向上することが示されている[1]。

一方で、人間同士のコミュニケーションにおいては、従来は他者に伝わらないと考えられていた心臓活動のような信号が脈拍に伴う皮膚色変化を通して他者に伝達され得ることが明らかになってきている[2][3]。表情のような明示的な手がかりに加えて、脈拍のような暗黙的な信号が他者の心的状態の推定に寄与する可能性が示唆されている。しかし、脈拍のような身体内部の変化を反映した暗黙的な手がかりを人工エージェントに実装する試みはまだ少なく、それらが人工エージェントとのインタラクションにおいて人間の知覚プロセスにどのような影響を与えるのかについては、ほとんど明らかにされていない。

そこで本研究では、人工エージェントに脈拍信号に基づく皮膚色の変化を実装することで、人工エージェントの「人間らしさ」が向上する可能性に着目した。具体的には、人工エージェントと人間の顔をモーフィングした画像に対して人間から取得した脈拍信号に基づく皮膚色の変化を実装した／しない動的刺激を作成し、それを観察する人間の評価を通してその効果を検証することを目的とした。

2. 方法
刺激の作成

1-1 モーフィング画像の作成

心理物理的測定法に用いるために、様々な割合（以下、各画像における人間の割合を人間含有率と呼ぶ）で人間と人工エージェントの情報が含まれる7段階のモーフィング画像を作成した。人間の画像として、Yonsei Face DB[4]の3名の女性の中立顔画像を利用した。人工エージェントには、人間に限りなく近い外見をもつジェミノイドERICAと、相対的にロボットらしい外見をもつCommU（共にERATO 石黒共生ヒューマンロボットインタラクションプロジェクト）の2種類を用いた。画像は、モーフィングされた人物の皮膚色を基に、7段階全てで一定の色味になるようPhotoshopを用いて調整された(図1)。

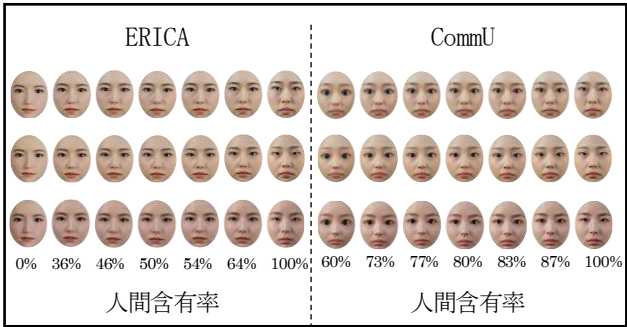


図1：作成したモーフィング画像

1-2 顔皮膚血流情報の収集

人間の顔皮膚から容積脈波を計測し、脈波の時系列データを得た。これらは脈波センサー[AP-C030(A)]とPOLYIMATE AP5148（どちらもミユキ技研）を用いて1000Hzで収集した。顔の右頬にセンサーを貼り、3分間の安静状態の後8秒間のデータを得た。

1-3 顔画像への顔皮膚血流の実装

1-1で作成した各人間含有率画像の皮膚部分の各RGB値に、1-2で得られた時系列脈波信号の情報をのせ、脈波信号に伴って顔皮膚の色味が僅かに変化する「血流あり条件」の8秒間の動画を30fpsで作成した(図2)。この際、先行研究[5]で示された、実際の人間の皮膚色変化を反映する増幅率(R: *0.23; G: *0.41; B: *0.36)を用いた。作成された皮膚色変化は通常ほとんどの場合では自覚されない程度の微弱なものであることが予備調査により確認された。統制刺激として血流情報を付与しない「血流なし条件」の刺激も作成した。

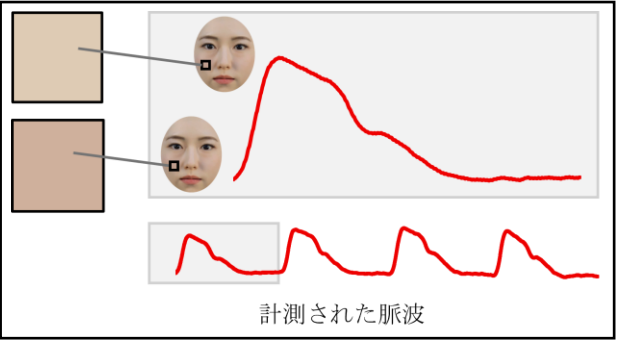


図2：顔画像への顔皮膚血流実装のイメージ

評価実験による顔皮膚血流の実装効果の検討

作成した各刺激に対する「人間らしさ」の評価実験を実施した。参加者はクラウドワークスを用いて募集された(ERICA条件：成人260名(うち女性155名)，平均年齢41.11±10.72歳，CommU条件：成人271名(うち女性151名)，平均年齢42.11±10.16歳)。実験はオンライン上で実施された。

人工エージェントの種類(CommUまたはERICA)と、人工エージェントとモーフィングされた人物(3名のうち1名)を被験者間要因、血流情報の有無を被験者内要因とした。各参加者は1ブロックにつき14種類の動画刺激(8秒程度)を観察し、その対象が「人間らしい」か「ロボットらしい」かを二肢強制選択で評価した。全4ブロックの評価実験後、「画像のどの部分に注目して評価したか」、「人物の皮膚色の变化に気づいたか」についても回答した。

各人間含有率に対する「人間らしい」の選択率をログ

スティック関数でフィッティングし、選択率が50%となる人間含有率を「主観的等価点」(PSE)として算出した。そして血流あり条件、血流なし条件それぞれにおけるPSEを比較した。

本研究では、血流あり条件で血流なし条件に比べてPSEが低くなるという作業仮説を立てた。本作業仮説が支持された場合、これは人間由来の血流情報により、知覚される人間らしさが増幅されたということなので、脈拍情報という内的で暗黙的な信号が人工エージェントの人間らしさを高める手段になり得ると結論づけることができる。

3. 結果

血流あり条件、血流なし条件それぞれのPSEの平均値の差が統計的に有意であるか確かめるために、有意水準5%で対応のあるt検定を行った。なお、モーフィングする人工エージェントとしてERICAを用いたとき(ERICA条件)、二条件間の差の正規性が確認されなかったため、ウィルコクソンの符号付き順位検定を用いた。その結果、血流あり条件で血流なし条件よりPSEの平均値が有意に低かった($Z = 2.91, p = .004, r = 0.22$)。一方でモーフィングする人工エージェントとしてCommUを用いた場合(CommU条件)、両条件間で有意差は見られなかった($Z = 0.31, p = 0.76, r = 0.02$) (図3)。

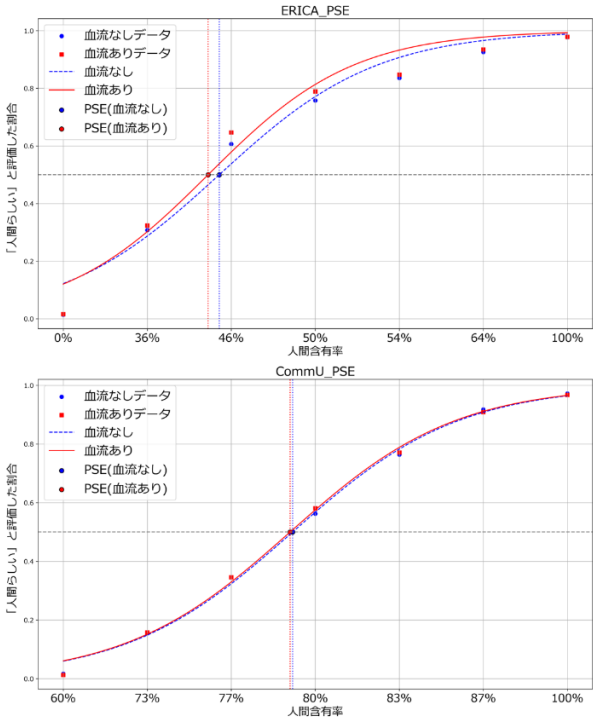


図3：血流情報の有無による各人工エージェントの各人間含有率における人間らしさ評価の違い

次に「画像のどの部分に注目して評価したか」という問いへの回答を確認した。このとき、各参加者が刺激顔の目や鼻、口などといったパーツそれ自体に注目していたか、刺激顔の肌の質感、全体のバランス、表情、色などの全体に注目していたかを確認した。その結果、ERICA 条件では 107 名がパーツに、153 名が全体に注目しており、CommU 条件では 223 名がパーツに、48 名が全体に注目していた。

さらに「人物の皮膚色の变化に気づいたか」という問いへの回答を確認すると、ERICA 条件では 260 名中 124 名が、CommU 条件では 271 名中 56 名が人物の皮膚色の变化に気づいたと回答していた。

4. 考察と展望

本研究では、人工エージェントと人間の顔のモーフィング画像に脈拍に伴う皮膚色の变化という情報を載せた場合と載せなかった場合の PSE を比較することにより、脈拍情報に伴う皮膚色変化という内的で暗黙的な信号が人工エージェントの人間らしさを高める手段になり得るかどうかを検討した。その結果、相対的にロボットらしい見た目を持つ CommU においては、二条件間で有意な差が見られなかった一方で、人間に近い外見を持つ ERICA においては、血流情報を付与した場合に、付与しなかった場合と比較して人間らしさが増幅されることが示された。

このように人工エージェント間で結果に違いがあった背景には、参加者が評価時に注目していた部分が異なっていたことがあるかもしれない。ERICA 条件では、刺激顔の目や鼻、口などといったパーツそれ自体に注目していた参加者よりも、肌の質感、全体のバランス、表情、色といった刺激顔全体に注目していた参加者の方が多かった。一方 CommU 条件では、刺激顔全体よりもパーツそれ自体に注目する参加者が大多数を占めていた。これは、ERICA 条件画像はどの人間含有率でも目、鼻、口などのパーツに大きな違いが無く、特定のパーツに注目するだけでは、画像が人間らしいか判断するのが難しかった一方、CommU 条件画像は各人間含有率でパーツの大きさや形などに違いがあったため、顔全体を見ずともパーツに注目することで画像の人間らしさを判断することができたからだと考えられる。その結果、CommU 条件では参加者によって刺激画像が十分観察されず、脈拍情報に伴う皮膚色の变化がうまく伝達されなかった可能性がある。実際、「人物の皮膚色の变化に気づいたか」という問いに「気づいた」と回

答した参加者数が ERICA 条件では 260 名中 124 名であった一方、CommU 条件では 271 名中 56 名のみであった。

本研究では、統制条件として脈拍情報を全く載せない血流なし条件を設定した。しかし、この条件と血流あり条件とを比較するのみでは、脈拍情報の中のどういった要素が人間らしさの増幅に関わっているのかを十分明らかにすることができない。そこで今後の実験では、統制条件として、顔色の变化を正弦波のリズムで呈示する条件や、脈拍間隔の揺らぎを調整した条件などを追加する予定である。それにより、実装された脈拍情報のうち、人間らしさの増幅に重要な要素は何であるかを明らかにしようと考えている。

また本研究では、人工エージェントとモーフィングする人間の画像として三名の女性の画像を使用した。人物によって脈拍情報の付与による人間らしさの増幅度合いに差があった。これは、各人物のもともとの皮膚色が異なっていたことによるものではないかと考えている。今後の研究では、ベースとなる皮膚色による脈拍情報の実装効果の違いについてより詳細に検討する必要がある。

文献

- [1]. Feine, J., Gnewuch, U., Morana, S., & Maedche, A. (2019). A taxonomy of social cues for conversational agents. *International Journal of human-computer studies*, 132, 138-161.
- [2]. Galvez-Pol, A., Antoine, S., Li, C., & Kilner, J. M. (2022). People can identify the likely owner of heartbeats by looking at individuals' faces. *cortex*, 151, 176-187.
- [3]. Benitez-Quiroz, C. F., Srinivasan, R., & Martinez, A. M. (2018). Facial color is an efficient mechanism to visually transmit emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(14), 3581-3586.
- [4]. Chung, K. M., Kim, S., Jung, W. H., & Kim, Y. (2019). Development and validation of the Yonsei face database (YFace DB). *Frontiers in Psychology*, 10, 2626.
- [5]. McDuff, D., & Nowara, E. M. (2021). "warm bodies": A post-processing technique for animating dynamic blood flow on photos and avatars. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-9).