

人間と AI のインタラクションデザインのための動きの緩急に対する感情評価の分析

Analysis of affective evaluation on motion variations for human-AI interaction design

前東 晃礼[†], 久保 賢太[‡], 山田 誠二^{§,¶}
Akihiro Maehigashi, Kenta Kubo, Seiji Yamada

[†]静岡大学, [‡]マツダ株式会社, [§]国立情報学研究所, [¶]総合研究大学院大学
Shizuoka University, Mazda Motor Corp., National Institute of Informatics,
The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)
maehigashi.akihiro@shizuoka.ac.jp

概要

本研究は, 人工物の動きの質が, ユーザの感情評価に与える影響を実験的に検討した. 実験参加者は, 7 種類の異なる緩急のパターンで開閉するように動く 2 本の線を観察し, その後, 感情評価を行った. 主成分分析とクラスター分析の結果, 急激な変化をともしう動作は, 覚醒度が高く快感情が低い評価が得られる傾向があり, 警戒や不安を喚起することが示唆された. 一方で, 定速の動作では, 覚醒度が低く中立的な快感情が得られる傾向があり, 動作設計の基準点として有効であることが示唆された. その他の緩急のパターンでは, 覚醒度に異なる傾向がみられたものの, 快感情を喚起する傾向が示された. これらの結果は, 動きの設計が, 人間と人工物とのインタラクションにおいて, 感情的反応に影響する要因となることを示すものである.

キーワード: インタフェースデザイン, 感情評価, 非言語行動, ヒューマンエージェントインタラクション

1. はじめに

現在, 人工知能 (AI: Artificial Intelligence) を搭載した人工物は社会に広く浸透し, 人間の生活環境を支える基盤となっている. こうした人工物を通じて, 人間が日常的なタスクを円滑に遂行できることはもとより, 生活基盤としての役割を果たす上で, ユーザに対して心地よさや安心感をもたらす設計が求められている.

これまでの心理学研究では, このような感情的な快適さは, しばしば非言語的な身体ふるまひを通じて喚起されることが知られている (Dael, Mortillaro, & Scherer, 2012). とくに, 人間は他者の表情や視線 (Argyle & Cook, 1976), 動作の速さや滑らかさ (Johansson, 1973) などの身体動作の様相を通じて, 感情や内的状態を直観的に読み取る能力を備えており, こうした知覚は対人理解の基盤ともなる.

このような知見を背景に, 仮想エージェントやロボットをはじめとする対話型エージェントの研究では, 人間の非言語的なふるまひを人工物に実装する試みが

行われてきた.

たとえば, 仮想エージェントに関する研究では, Bickmore & Cassell (2005) が, 言語的・非言語的行動を統合したエージェントによってユーザの信頼感や自己開示が促進されることを示した. また, Aicher ら (2024) は, エージェントがジェスチャーを行うことで, ユーザの関与, 興味, 感情評価が高まることを実験的に明らかにしている. また, ロボットに関する研究では, Yamada ら (2013) は, ロボットの一時停止動作によって, ためらいを伝達できることを示している. また, Wallkötter ら (2021) は, ロボットの表情, ジェスチャー, 姿勢, 動作の軌道がロボットの感情や内的状態を伝える手段として有効であることを示している.

これらの動作表現は, 単なる情報伝達的手段にとどまらず, ユーザとの自然な相互作用や感情的つながりを生み出す要素として機能する可能性がある.

このような観点から, 動きの質に着目した研究も進みつつある. Zhou ら (2017) は, 同じロボット動作であっても, 速度, 速度変化, 一時停止の有無といった違いによって, ユーザの印象が大きく変化することを示した. たとえば, 素早い動きは自信がある, ゆっくりとした動きや不自然な停止は, ためらいや重い物を持っているといった印象を与える. また, Wallace ら (2024) は, ユーザがロボットの非言語的動作を生体力学的観点 (構造的・運動的に合理的な動作として解釈する視点) と物語的観点 (内部状態や感情を含む文脈的解釈) の両面から解釈していることを示した.

しかし, 人工物の動きの質や, 擬人的な身体性をもたない人工物の動きがユーザに与える影響については, まだ十分に解明されていない. そこで本研究では, 人工物の動きの質が, ユーザの感情評価に与える影響を実験的に検討する. 具体的には, 動きの緩急の違いがユーザの感情に与える影響を分類することを目的とする.

2. 方法

人工物の動きの質が感情に与える影響を評価するため、参加者は感情評価課題を実施した。この課題で、参加者は、2本の縦線（図1①）が3秒間かけて回転して1本の水平線（図1②）となり、再び、3秒間かけて元の縦の位置に戻るというアニメーションを1分間観察した。その動きは、扉が開閉するように見えるアニメーションとなっていた。

その後、参加者は、覚醒度（高覚醒－低覚醒）と快感情（快－不快）の2次元からなるモデル（Russell, 1980）に基づいて、アニメーション観察後の感情を評価した。具体的には、参加者は、8つの感情語（活気ある、楽しい、いらいらした、緊張した、穏やかな、リラックスした、退屈な、気が重い）について、9段階（1：まったくそう思わない－9：非常にそう思う）で評価を行った。

この手続きは、図2に示された5つの動作パターンに加えて、定速パターン（3秒間を通じて線が一定速度で動くもの）、急変パターン（1.5秒の時点で線が突然、水平または垂直になるもの）の全7パターンを用いて、ランダム順に行われた。

参加者は、Yahoo! JAPAN が提供するクラウドソーシングサービスを通じて200名を募集した。参加者はまず同意書に同意し、実験の説明を読んだ後、課題に取り組んだ。

図1 感情評価課題で用いた線の動作範囲

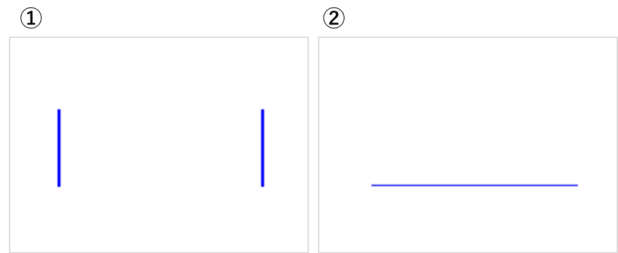
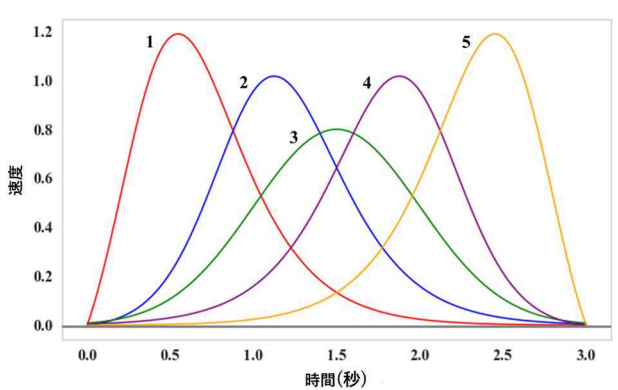


図2 動作パターン



3. 結果

Directed Questions Scale（Maniaci & Rogge, 2014）により、14名が不注意な回答を繰り返したと判定され、分析から除外された。その結果、186名（男性145名、女性41名、22－65歳、 $M=47.42$, $SD=9.23$ ）のデータが分析に使用された。

参加者から得られた8つの感情語に対する評価データを用いて、動作パターンごとの感情評価の相対的な違いを検討するために主成分分析を実施した。その結果を図3に示す。

分析の妥当性は、第1および第2主成分によって説明される分散の割合に基づいて評価した。第1主成分は全分散の37.07%を、第2主成分は24.61%を説明し、両者を合わせて全体の分散のかなりの割合を占めた。因子負荷量の分析の結果、快の感情語（活気ある、楽しい、穏やかな、リラックスした）および不快の感情語（いらいらした、緊張した、退屈な、気が重い）は第1主成分と強く関連しており、一方で、高覚醒の感情語（活気ある、楽しい、いらいらした、緊張した）および低覚醒の感情語（穏やかな、リラックスした、退屈な、気が重い）は第2主成分との関連が強かった。

さらに、第3主成分が17.82%の分散を説明しており、この成分は活動的な感情（活気ある、楽しい、緊張した）と抑制的な感情（いらいらした、穏やかな、リラックスした、退屈な、気が重い）を区別する次元を示していると解釈された。

これらの分析に基づく、急変パターンは、他の条件と比較して最も特異な分布を示し、覚醒度が高く快感情が低い傾向が認められた。これに対して、動作パターン1は、高い覚醒度と快感情が特徴的であり、パターン2は覚醒度がやや低く、快感情は高い傾向がみられた。また、定速パターンは、覚醒度は低いが、快感情の次元では中立的な印象を与えていたことが示された。

動作パターンの類似性と相違をさらに検討するため、感情評価スコアに基づいてクラスター分析を実施した。その結果を図4に示す。クラスタリングモデルは高い説明力を示した（ $R^2 = 0.93$ ）。分析の結果、7つの動作パターンは主に2つのクラスターに分類された。第1クラスターには、動作5、1、4、2が含まれており、この中でも、動作5と1は最も近い関係にあることが明らかとなった。一方で、動作3と定速パターンは、別のクラスターに属し、最も離れて位置したのが急変パターンであった。

図 3 主成分分析の結果

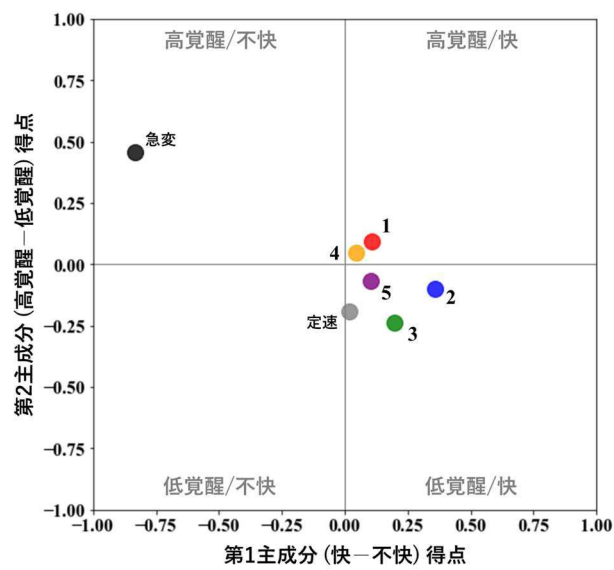
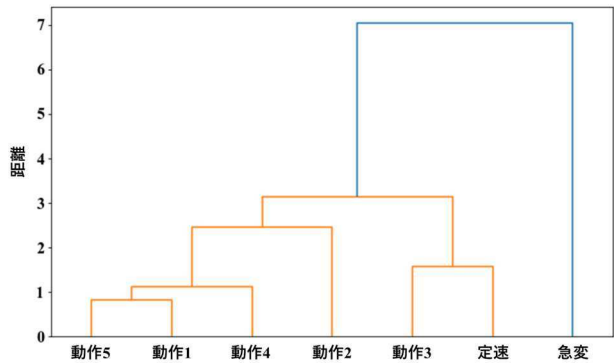


図 4 クラスタ分析の結果



4. 考察

本研究では、人工物の動きの質が、ユーザの感情評価に与える影響を実験的に検討し、分類した。主成分分析の結果から、感情評価は覚醒度と快感情という 2 つの次元によって主に構成されていることが確認された。さらに、第 3 主成分も一定の説明力を有しており、動作パターンの違いは、活動的あるいは抑制的といった身体的緊張感に関連する感情の喚起にも影響を与える可能性が示唆された。

動作パターンの中でも、急変する動作は、他の動作と大きく異なる評価を受けた。この動作では、覚醒度が高く、快感情が低い傾向が顕著であり、ユーザにとって警戒や不安を喚起するような反応が生じたと考えられる。これは、人間が人工物の予測困難な動きに対して警戒的に反応する傾向を示した先行研究 (Lyons et al., 2023)

とも整合的であり、感情評価において重要な要素であると考えられる。

一方で、動き出しに素早い動きを含む動作 1 は、覚醒度と快感情の両面で高い評価を得た。また、比較的滑らかで制御された動作 2 や 3 は、覚醒度は低く、快感情が高いという落ち着きやリラックスに関連する傾向が強かった。さらに、定速パターンは覚醒度こそ低かったものの、快感情は中立な位置にあり、中立的かつ穏やかな印象を与える動きとして設計上の基準的な動作になり得ることが示唆される。

クラスター分析の結果も主成分分析と整合的であり、動きのパターンによる感情の違いが生じていることが確認された。

今後、今回の実験では扱われなかった絶対的な速度の違いや一時停止などの動きのバリエーションを取り入れ、また Wallace ら (2024) で示された、動きの背景にある文脈を考慮して、感情的・認知的に円滑なインタラクションを実現する動きのデザインについて検討する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23K11722 , JST CREST (JPMJCR21D4)の助成を受けたものです。

文献

Aicher, A., Morais, D., & André, E. (2024). Exploring the impact of non-verbal virtual agent behavior on user engagement in argumentative dialogues. *Proceedings of the 12th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI'24)*, 224 – 232. <https://doi.org/10.1145/3687272.3688315>

Argyle, M., & Cook, M. (1976). *Gaze and Mutual Gaze*. Cambridge University Press.

Bickmore, T., & Cassell, J. (2005). Social dialogue with embodied conversational agents. In J. van Kuppevelt, L. Dybkjaer, & N. O. Bernsen (Eds.), *Advances in Natural Multimodal Dialogue Systems* (pp. 23–54). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3933-6_2

Dael, N., Mortillaro, M., & Scherer, K. R. (2012). Emotion expression in body action and posture. *Emotion*, 12(5), 1085–1101. <https://doi.org/10.1037/a0025737>

Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14(2), 201–211. <https://doi.org/10.3758/BF03212378>

Lyons, J. B., Hamdan, I., & Vo, T. Q. (2023). Explanations and trust: What happens to trust when a robot partner does something

- unexpected? *Computers in Human Behavior*, 138, 107473.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107473>
- Maniaci, M. R., & Rogge, R. D. (2014). Caring about carelessness: Participant inattention and its effects on research. *Journal of Research in Personality*, 48, 61–83.
<https://doi.org/10.1016/j.jrp.2013.09.008>
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161–1178.
<https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Wallace, B., van Otterdijk, M., Zhang, Y., Rajabi, N., Marin-Bucio, D., Kragic, D., & Torresen, J. (2024). Imitation or innovation? Translating features of expressive motion from humans to robots. *Proceedings of the 12th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI'24)*, 296 – 304.
<https://doi.org/10.1145/3687272.3688302>
- Yamada, S., Terada, K., Kobayashi, K., Komatsu, T., Funakoshi, K., & Nakano, M. (2013). Expressing a robot's confidence with motion-based artificial subtle expressions. *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA 2013)*, 1023–1028. <https://doi.org/10.1145/2468356.2468539>
- Zhou, A., Hadfield-Menell, D., Nagabandi, A., & Dragan, A. D. (2017). Expressive robot motion timing. *Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '17)*, 22–31.
<https://doi.org/10.1145/2909824.3020221>