

感情を喚起させる動きをする ディスプレイ付き立方体ロボットが記憶と印象に及ぼす影響

The Impact of Emotion-Evoking Motions by a Display-Equipped Cubic Robot on Memory and Impression

井上 悠香¹
Yuuka Inoue

宮田 一乗¹
Kazunori Miyata

¹ 北陸先端科学技術大学院大学

¹ Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract: ロボットの動作は、情報伝達において重要な役割を果たす。また、非人間的な形状でも動きによって、感情を感じさせる表現が可能であることが示唆されている。これらの知見より、非人間的な形状である立方体ロボットであっても、動きによって感情を感じさせる表現が可能であり、それにより情報伝達の効果の向上が期待できると考えられる。本研究では、感情を感じさせる動きによる印象強化の可能性に着目し、ロボットの動きが与える情報の印象や記憶への影響を検証する。

1 はじめに

1.1 背景

ロボットは近年、工業用の生産現場だけでなく、家庭用のコミュニケーションロボットとしても開発が進んでいる。ロボットがコミュニケーションにおいて効果的に情報を伝達するためには、動作が重要な役割を果たすことが多くの研究で指摘されている [1][2]。また、非人間的な形状でも動きが加わることで関係性や活気を知覚させることが可能であると指摘されている [3][4][5]。さらに、中山らの研究では、抽象的かつ単純な形状のロボットであっても、その動きによって感情を感じさせるような動きが知覚され、人とロボット間の親和性が向上することが示されている [6]。Santos らの研究によると、小型モバイルロボット群が基本感情の喜び、悲しみ、怒り、恐れ、驚き、嫌悪を動きで表現することができることが明らかになっている [7]。これらの知見は、単純な幾何学的形状である立方体ロボットであっても、動きの工夫によって感情を感じさせる表現が可能であり、それにより情報伝達の効果の向上が期待できることを示唆している。

本研究では、感情を感じさせる動きによる印象強化の可能性に着目し、ロボットの動きが与える情報の印象や記憶への影響を検証する。

1.2 目的

本研究の目的は、表情のない幾何学的形状である立方体ロボットが動きによって印象や記憶に変化を与えることができるのかを検証することである。特に、情報伝達においてロボットの動きが「単語の記憶力」や「メッセージの印象の変化」にどのように寄与するのかを明らかにする。

本研究ではディスプレイ付き立方体ロボットを用いて、以下の仮説を検証する：

- 仮説1. ロボットの動きの印象が表示した単語の印象を強めることで覚えやすくなる
- 仮説2. ロボットの動きの印象が表示したメッセージの印象に影響を与える

単純な形状のロボットでも動きによって感情を感じさせ情報伝達が向上される可能性を示すことで、ロボットの形状にかかわらない動作デザインに関する新たな視点を提供する。これにより、家庭用ロボットや教育用ロボットなど、さまざまな用途への応用が期待される。

本研究では、仮説1を検証するために未学習の外国語の単語の読み方の暗記を「動きあり」と「動きなし」で比較する。未学習の外国語の暗記というタスクを行うことで、ロボットの動きが記憶に与える影響を検証する。未学習の外国語には、木下ら [8] の研究を参考にし、ロシア語を採用した。さらに、仮説2を検証するために、印象がポジティブとネガティブにはっきりわかれぬメッセージを「テキストのみ」、「ポジティブな動き」および「ネガティブな動き」で比較した。

2 予備実験：立方体ロボットの動きと単語の印象評価

本章では、本実験で行う動きによる文字情報の記憶促進および印象への影響を調べるための基礎実験として、動きのデザインとその印象評価、単語、メッセージの印象評価の結果を示す。事前にデザインした動き8種類、選定した単語20種類およびメッセージ6種類の印象評価を被験者13名（男性9名、女性3名、回答しない1名）に対して行った。動きは、toio コアキューブで実装したものを観察してもらい、印象（ポジティブ・ネガティブ・どちらでもない）を回答してもらった。また、単語・メッセージはアンケートに質問項目として表示し、その印象（ポジティブ・ネガティブ・どちらでもない）を回答してもらった。結果として、ポジティブまたはネガティブが69.2%以上であった動き4種類と、ポジティブまたはネガティブが76.9%以上であった12単語、およびポジティブまたはネガティブが有意にわかれぬメッセージを明らかにした。

はじめに、選定された動きを以下に示す。動き1・2はポジティブな動き、動き3・4はネガティブな動きである。

動き1は、図1のように、中央から始まり、加速・停止しながら左右に移動する動きである。動き2は、図2のように、中央を初期位置とし、一周回って(250,250)から(250,125)に加速・減速し最後に停止する動きである。

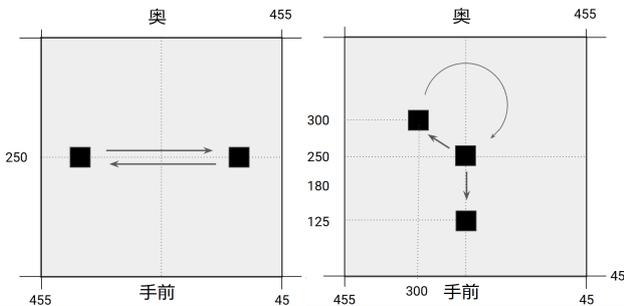


図 1: 動き 1

図 2: 動き 2

動き3は、図3のように、その場で小刻みに震える動きである。動き4は、図4のように、(250,125) (250,180) (250,250) (250,380)の順に加速・減速・停止を繰り返しながら奥側に移動する動きである。

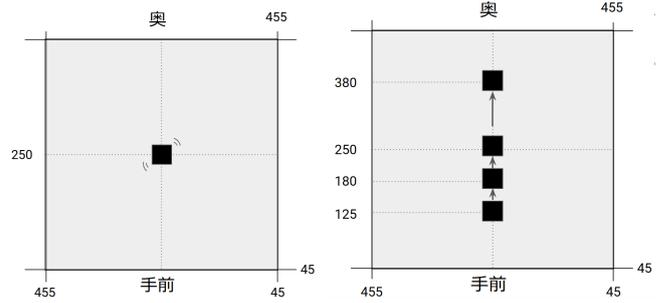


図 3: 動き 3

図 4: 動き 4

グループ分けによる記憶量に差を最小限に抑えるため、ポジティブな単語とネガティブな単語の文字数がおおむね一致するようにロシア語の発音の文字数を考慮しながら、ポジティブまたはネガティブが7割以上を占める単語群の中から表1の単語群を採用した。

表 1: 印象評価の結果により選定された単語一覧

ポジティブな単語	
太陽光	ソールニチヌイ ルチー
旅行者	プチシェーストヴィニク
地上の楽園	ズィムノーイ ライ
黄金	ゾーロタ
冒険家	イスカーチェリ プリクリュチェーニイ
花畑	ツヴィトニーク
ネガティブな単語	
飢餓	ゴーラト
事故	プロイスシェーストヴィエ
暴力	ナシーリエ
破壊	ラズルシェーニエ
倒産	バンクロートストヴァ
失業	ビェズラボーチツァ

筆者があいまいなメッセージと考える8つのメッセージの印象評価を多項検定したところ、有意差が確認されなかった3つのメッセージを、印象がポジティブまたはネガティブにはっきりわかれぬメッセージ群として採用した。採用したメッセージ群を表2に示す。

表 2: 印象評価の結果により選定されたメッセージ

メッセージ内容
まあ、よくやったと思う。
まあ、これで悪くないのでは？
どっちでもいいよ

3 本実験1：仮説1の検証

3.1 実装

本研究では、感情を喚起させる動きをしながらテキストで情報を提供するロボットを作成した。

3.1.1 ハードウェアの実装

図5に実装したロボットの3Dモデル、図6に外観を示す。本システムは、31.8mm × 31.8mm × 25.6mmの立方体ロボットであるtoio コアキューブ (Sony 社) と54mm × 54mm × 16mm のM5Stack Core2(M5Stack 社)、3Dプリンタで作成したtoio コアキューブとM5Stack Core2を接続するドック部分(60mm × 60mm × 35mm)で構成する。表の穴にM5Stack Core2を装着し、裏の穴にtoio コアキューブを装着する。

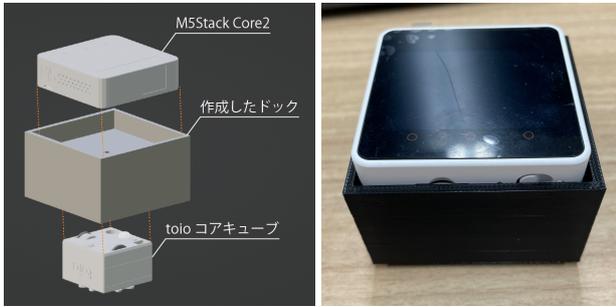


図 5: 3D モデル



図 6: 実装外観

3.1.2 ソフトウェアの実装

PC から信号を送ると同時にディスプレイに右から左に文字が流れる実装をした。例えば、表示する文字の例を「飢餓」とすると、図7のように右から左に文字が流れていく。流れる速度は、表示する文字の長さに依存しており、テキストの総表示時間が8秒になるように速度を調節した。また、「動きあり」条件の場合は、文字が流れると同時にtoio コアキューブにも信号が送られ、実装したデバイスが動き出す。動いている状態の時は文字が回転して読みづらいため、回転しても被験者の方向に文字が向くように実装した。

3.2 実験条件

被験者は56cm × 56cmのプレイマット上で動作するロボットを観察した。ロボットの運動・視覚刺激の提示時間は約8秒間である。ここで、2章で検証した動き1と動き2をポジティブな動き、動き3と動き4をネガティブな動きとして使用した。また、提示する単語も同様に、2章で採用した12単語を使用した。

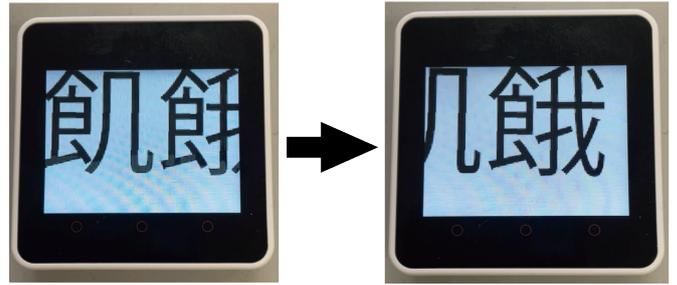


図 7: 文字が送られる様子

3.2.1 参加者の群分け

実験条件は単語リスト2条件と、動き有り無しの2条件の計2×2=4条件である。提示する単語リストと動きの有無による順序効果無くすカウンターバランスをとるため、表3のような実験順序グループを用意した[8]。被験者16名をグループ1からグループ4まで均等に割り振った。単語リストは表4に示す。

表 3: 実験順序

グループ	実験条件
1	単語リスト A (動きなし)
	↓
2	単語リスト B (動きあり)
	↓
3	単語リスト A (動きあり)
	↓
4	単語リスト B (動きあり)
	↓
	単語リスト A (動きなし)

表 4: 単語リスト群

単語リスト A	
飢餓	ゴースト
事故	プロイスシェーストヴィエ
太陽光	ソールニチヌイ ルチー
地上の楽園	ズィムノーイ ライ
暴力	ナシーリエ
旅行者	プチシェーストヴィニク
単語リスト B	
冒険家	イスカーチェリ ブリクリュチャーニイ
失業	ビェズラボーチツァ
黄金	ゾーロタ
花畑	ツヴィトニーク
倒産	パンクロートストヴァ
破壊	ラズルシェーニエ

3.3 実験手順

実験の流れを図8に示す。まず、被験者は静止したロボットのディスプレイに表示される6つの「日本語の意味」と「ロシア語の発音(カタカナ)」の組み合わせを記憶した。ディスプレイには、「単語の日本語の意味：ロシア語の発音」が右から左に2回スクロール表示される。「動きあり」の条件では、ロボットはディスプレイに文字を表示しながらプレイマット上を移動する動作を伴った。被験者は、ロボットのディスプレイを視覚的に観察しながら記憶を行った。3分間の記憶セッション終了後、5分間の休憩をとった。その後、スマートフォンを用いて記憶のスコアを測定するアンケートを実施した。アンケートは、日本語の意味からロシア語の正しい発音(カタカナ)を選択する形式で実施した。各設問には、正答1つを含む計8つの選択肢を設定した。この選択肢には、ほかの問題の正答及び偶然による選択を防ぐために設けたダミー選択肢2つが含まれている。選択肢の数を8に設定した理由は、視認性と操作性を確保するために、スマートフォンの画面に一度に表示可能な選択肢の最大数を基準としたためである。設問の順番および選択肢の並びは、被験者間の偏りを防ぐためにランダム化した。最後に被験者は、以下の設問に対して自由記述で回答した。

- 動きについてどのような印象をうけましたか
- 感想やコメントをお願いします

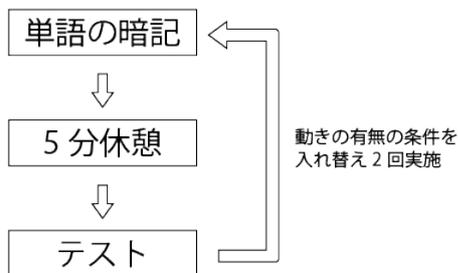


図8: 実験の流れ

3.4 結果

実験には、大学生16名(男性10名女性5名回答しない1名)が参加した。図9に、AおよびBグループの「動きあり」条件と「動きなし」条件における平均正答数を示す。最大得点は6点である。「動きあり」条件では、平均正答数が3.44点、分散2.80であり、「動きなし」条件では、平均正答数が3.62点、分散2.78であった。「動きあり」条件と「動きなし」条件における

平均正答数を比較するためにウィルコクソン順位検定を実施したが、有意差は認められなかった。

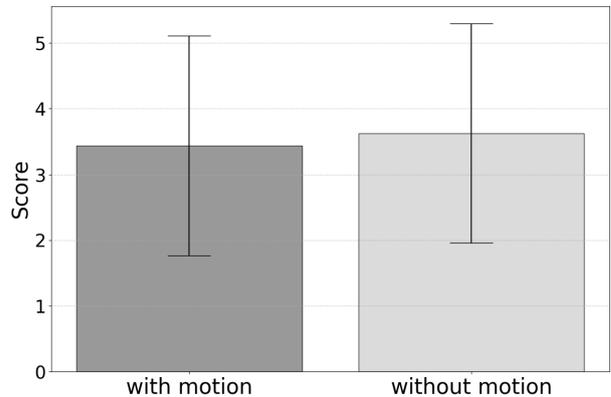


図9: 平均正答数

3.5 考察

3.5.1 仮説の検証

本実験1の結果、「動きあり」条件と「動きなし」条件における平均正答数を比較するためにウィルコクソン順位検定を実施したが、有意差は認められなかった。これにより、動きの有無がスコアに有意な影響を及ぼさなかったことがわかる。このことより仮説1は立証されなかった。

3.5.2 自由記述からの考察

自由記述の内容から、動きに対する印象や実験における記憶への効果について、被験者の反応はさまざまであったことを確認した。動きに対する肯定的な意見として、「動きがあるほうが実験に集中して取り組めた」や「動き回っていて、表現している感があった」といったコメントが挙げられた。これらの意見は、動きが被験者の注意を引いたことによるものであると考えられる。一方で、「回転すると文字を認識するのに時間がかかった」「見づらい」といった意見から、動きによって視覚的負担が増加し、文字認識や記憶を妨げる要因となった可能性があることも明らかになった。また、一部の被験者は、「覚えるのに必死で動きについて気にしている余裕はなかった」と述べており、動きの影響を意識する余裕がなかったことがわかる。さらに、「動いているなという印象しか受けなかった」「特に変わった印象はなかった」という意見もあり、動きがすべての被験者に強い影響を与えたわけではないと考えられる。

4 本実験2：仮説2の検証

4.1 実験条件

被験者は本実験1と同様の環境下で評価実験を行った。ここで、ポジティブおよびネガティブな動きにはそれぞれ2章で検証した動きを使用した。また、提示するメッセージも同様に、2章で検証した3つのメッセージを使用した。

4.2 実験手順

被験者は、ネガティブな動きとポジティブな動きを伴い表示される3つのメッセージに対しそれぞれ印象評価を行った。被験者は提示されたメッセージに対して以下の質問に回答した。

- 印象を教えてください（選択式：ポジティブ、ネガティブ、どちらでもない、わからない）

4.3 結果

実験には、大学生15名（男性10名女性4名回答しない1名）が参加した。各メッセージに対する印象評価の結果を図10-12に示す。なお、テキストのみの印象評価の結果は2章で行った実験によるものである。

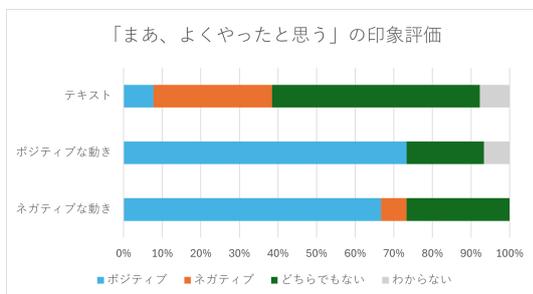


図 10: 「まあ、よくやったと思う。」の印象評価

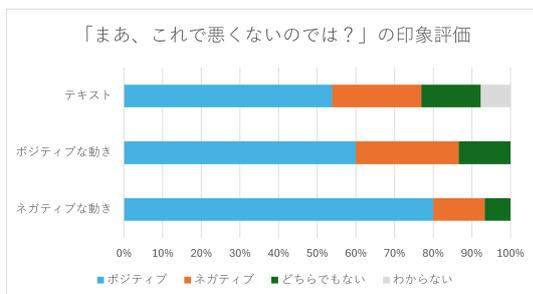


図 11: 「まあ、これで悪くないのでは？」の印象評価

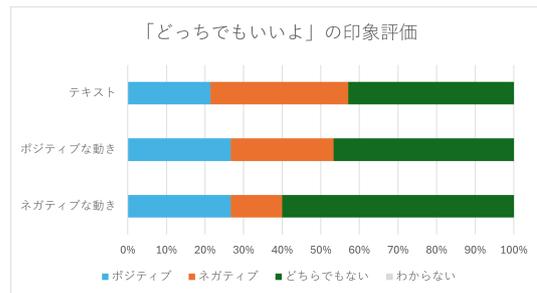


図 12: 「どっちでもいいよ」の印象評価

メッセージ自体の印象評価と動きを付与した場合の印象評価を比較するためにロジスティック回帰を行った。その結果、メッセージ1では、「ポジティブな動き」および「ネガティブな動き」の条件でポジティブな評価が有意に高いことがわかった ($p < 0.05$)。メッセージ2では、「ポジティブな動き」では有意差は認められなかった。一方「ネガティブな動き」では動きなしに対してポジティブ評価に有意差が認められた ($p < 0.05$)。メッセージ3では、有意差は見られなかった。

4.4 考察

4.4.1 仮説の検証

メッセージ1では、どちらの動きの条件でも動きなしに比べてポジティブ評価が大幅に増加しており、動きのデザインがメッセージの印象をポジティブの方向に導く可能性が示された。メッセージ2では、ネガティブな動きの場合、ポジティブ評価がやや増加している。このことにより、動きの印象とは必ずしも一致しないことがわかる。メッセージ2の「ポジティブな動き」条件、メッセージ3の両条件でもポジティブな評価の割合がわずかに増加していることから、内容に関わらず動き自体がメッセージをポジティブに受け取りやすくする効果がある可能性が示された。これらにより、「仮説2. ディスプレイ付き立方体ロボットの動きの印象によってテキスト表示したメッセージの印象が変化する」は、一部支持される結果となった。

4.4.2 自由記述からの考察

自由記述の中で、「細かく振動する動きはポジティブに感じた」「素早く動きを変えているのはポジティブに感じた」「可愛いらしい動きだった」「とても可愛いと思った」「掃除ロボットのように面白かった」などの意見が見られた。これらは、動きのデザインがメッセージの印象をポジティブに変換させる可能性を示唆している。一方で、「動きながら文字を読むこと自体にそも

そも不快感があった。」「読みづらいと思った」というコメントから、動きによって文字認識が阻害された可能性も考えられる。

5 おわりに

本研究では、動きとテキストの組み合わせが記憶と印象に与える影響を検証した。動きによるスコアの差は統計的に有意ではなかったが、動きが印象形成や記憶内容への感情的な影響を与える可能性が自由記述から示唆された。本実験では、動きによってポジティブの割合が増加したことから、動き自体が情報にポジティブな印象を与える可能性が示唆された。本研究で得られた結果は、動き自体の効果を検討する必要性を示している。本実験の自由記述において、日本語の印象が動きと結びついたとの意見があった。このことから、覚える対象を外国語の発音ではなく、母国語にすることで新たな知見が得られる可能性があると考えられる。

今後は、テキスト情報を音声情報に切り替え、覚える内容を母国語に変更することで、単語の印象と動きがどのように結びつき、記憶に影響を与えるのか調査を行っていく。

参考文献

- [1] Fumitaka Yamaoka and Takayuki Kanda and Hiroshi Ishiguro and Norihiro Hagita. "Lifelike" behavior of communication robots based on developmental psychology findings. 5th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, 2005. pp.406–411
- [2] Cynthia Breazeal. Emotion and Sociable Humanoid Robots. International Journal of Human-Computer Studies, vol.59, no.1, pp.119–155 (2003)
- [3] Patrice D Tremoulet, Jacob Feldman, Perception of animacy from the motion of a single object, Perception, 2000, volume 29, pp.943–951
- [4] Heider, F. and Simmel, M. An experimental study of apparent behavior. American Journal of Psychology, 57, pp.243–259
- [5] Brian J. Scholl and Patrice D. Tremoulet, Jacob Feldman, Perceptual causality and animacy, Trends in Cognitive Sciences, Volume 4, Issue 8, pp.299–pp.309
- [6] 中山 桃歌, 山中 俊治. 直線運動型単純機構群ロボットによるアニマシー知覚. 情報処理学会 インタラクション 2016
- [7] María Santos and Magnus Egerstedt. From Motion to Emotions: Can the Fundamental Emotions be Expressed in a Robot Swarm?, International Journal of Social Robotics (2021) 13:751–764
- [8] 木下 峻一, 宮田 章裕, 大澤 正彦. ハイタッチが記憶に与える影響の調査. HAI シンポジウム 2022