

# タブレットベースロボットの目の表現における 光のモチーフの導入効果

## Effects of Introducing Light Motifs in the Representation of Eyes of Tablet-Based Robots

大場 雅博<sup>1\*</sup> 青柳 西蔵<sup>2</sup> 山本 倫也<sup>3</sup>  
Masahiro Oba<sup>1</sup> Saizo Aoyagi<sup>2</sup> Michiya Yamamoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 関西学院大学大学院理工学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

<sup>2</sup> 駒澤大学グローバル・メディア・スタディーズ学部

<sup>2</sup> Faculty of Global Media Studies, Komazawa University

<sup>3</sup> 関西学院大学工学部

<sup>3</sup> School of Engineering, Kwansai Gakuin University

**Abstract:** 市販されている多くのコミュニケーションロボットの目にはセンサーやカメラが組み込まれているものが多く、死んだ魚のような目をしていることが課題である。本研究では、タブレットベースロボットにおいて、キャッチライト、漫符、物理的なエネルギーをモチーフにした目の表現を作成、比較することで、光をモチーフにした表現が生き活きとした目の表現に有効であることを明らかにした。

### 1 はじめに

「目は口ほどに物を言う」「目と目で通じ合う」などと言われるように、多くの情報が目を介して伝えられると考えられている。実際、目をモチーフにしたポスターを駐輪場に掲示することで、監視の効果が出て、違法駐輪自転車を減少させたという研究が報告されている [1]。海外でも、カフェスペースに目の画像を張り付けると、他者の目を意識させる効果が生じて、募金箱への寄付額が約3倍に増加したという報告がある [2]。人が知覚できないレベルにおいても、計測機器を用いれば多くの情報を得ることができる。たとえば、瞳孔径が感情などの内面状態との関係が強いというのはその代表例であり、感情と発話の関係性を示した例など多くの知見が示されている [3][4]。

また、「目をみて話すように」と言われるように、目はコミュニケーションにおいても重要な役割を果たしている。たとえば、アイコンタクトは他者の注意を引き出し、相手に自分の関心を伝えるなど相互作用を引き出し、会話においてターンテイキングを要求する役割がある [5]。加えて、目によって相手に魅力を伝えることもできるという研究例がある。たとえば、静止画

における瞳の輝きが魅力的であると捉えられるという報告 [6] や、瞳に人影を重畳することで人を惹きつける効果を出せるという研究 [7] である。

一方、近年は技術の進展とともに、研究だけではなく広く一般の人々が様々な形で、ロボットとかかわる場面がみられるようになってきている。とくに、コミュニケーションロボット、パートナーロボットと呼ばれるような、コミュニケーションを主な目的とするロボットも数多く実用化されている。Pepper[8]、RoBoHoN[9]、aibo[10]、LOVOT[11]などはその代表例である。ここで、これらのコミュニケーションロボットの目が、どのようにデザインされてきたかについて考えると、時代とともに、以下のように5つのフェーズに分けられる。1.Kismet[12]、Robovie[13]、PaPeRo i[14]などのカメラなどによる物理的な目、2.ASIMO[15]、PINO[16]などのLEDの組み合わせによる目、3.イフボット [17] や Pepper, RAPIRO[18]、Sota[19]などの円形の目の形状とLEDの色表現による目、4.ミライトワ/ソメイティ [20] や LOVOT などの、埋め込みディスプレイによる円形の目、そして、5.Jibo[21] や Astro[22]、Tapia[23]、Unibo[24]のような全面ディスプレイ上の描画による目である (図1)。つまり、先に述べたような、目を介した情報伝達やコミュニケーション支援に向けては、目による表現の可能性が増してきている。

\*連絡先：関西学院大学大学院理工学研究科  
〒669-1337 兵庫県三田市学園 2-1  
E-mail: erd19332@kwansai.ac.jp



図 1: ロボットの目の表現の進化

そこで本研究では、これらのコミュニケーションロボットを、よりパートナーとして捉えられるようにするためには、生き活きとしていること、つまり、活力の源となる気力を感じさせることが重要であると考えた。著者らの先行研究 [25] でパートナーロボットの長期評価における印象変化を調査したところ、キャラクター性、ツール性に関する因子が抽出され、これらがトレードオフの関係にあることが示されており、身体動作による非言語コミュニケーションがキャラクター性につながる一方、ツール性を下げる要因は挙げられていなかった。しかし、生き活きた表現により、主体性を感じさせることができれば、このツール性を下げられると考えたためである。

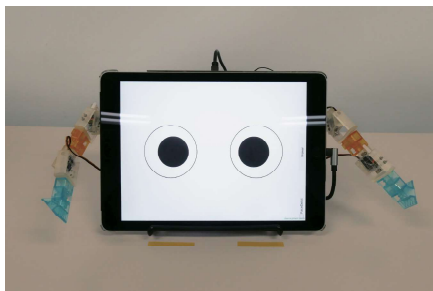


図 2: きろびー v2

このための手法として本研究では、「目を輝かせる」という表現に代表されるような、光をモチーフとする表現を導入した。具体的には、目の輝きがやる気や強い情動を表すという瀬島らの研究 [7] を踏まえて、感情や、熱血的な表現を行わせる際に、輝きの元である光をモチーフとした表現がどのような効果をもたらすかを明らかにしている。ここでは、コミュニケーションロボットとして、著者らの先行研究 [26] で開発した、iPad の両脇に腕を取り付けた形状のきろびー v2 を使用しており、iPad の画面上にアニメーションを表示することにより目を表現できる (図 2)。以下では、まず、写真において確認されているキャッチライトの導入効果 [6] が、タブレットベースロボットの画面上においても確認できるかを確認する。次に、ロボットに様々な感情を表現させる際、どの感情のときに、目に漫符を表示させるのが効果的かを評価し、それが光のモチーフとどのように関係するかを明らかにする。最後に、より

主体性を感じさせる表現の例として、感情を誇張して熱血的な発話をさせたいうで、エネルギーを感じさせる様々な目のアニメーションを比較して、光のモチーフの有効性を明らかにしている。

## 2 キャッチライトの導入効果

### 2.1 方法

タブレットベースロボットの目においても、反射光の導入が魅力表現しうるかを明らかにする実験を行った。刺激として、シンプルな円を描いたもの (以下、Cs)、輝いている様子を表現した十字型の図形を描いたもの (以下、Cc)、蛍光灯の反射に似た感嘆符のような図形を描いたもの (以下、Ce)、何も描いていないもの (以下、NO) の 4 種類を作成した (図 3)。なお、刺激を提示する際には、CeVIO 社の CeVIO Creative Studio で作成した、「君とおしゃべりがしたいな」という音声再生した。

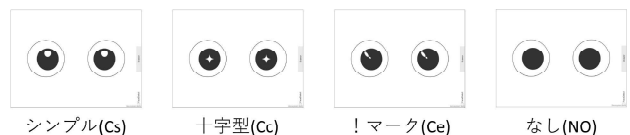


図 3: 提示刺激

実験では、協力者をきろびー v2 の前に着席させ、初めにきろびー v2 の目の中にキャッチライトを表示したものをランダムな順番に 1 種類ずつ提示した。次に、4 種類の中からランダムに 2 種類を提示し、どちらの刺激が魅力的かを問う一対比較を行った。一対比較の際には「どちらが魅力的なように感じましたか？」と質問した。その後、それぞれの目から受けた印象に関して表 1 に記した 3 項目について、7 段階で評価させた。7 段階評価の後には、そのほかに感じたことがなかったかを口頭で回答させた。一対比較と 7 段階の評価アンケートの回答には Microsoft 社の Forms を用いた (図 4)。実験協力者は関西学院大学の学生 39 人 (男性 23 人、女性 16 人) であった。そのうち 23 人は、COVID-19 の感染拡大に伴い、予め撮影した動画 (図 5) と Forms (図 6) を用いたオンラインでの実験とした。

表 1: アンケート項目

① 魅力的だと感じた
② 目の輝きを感じた
③ 生き生きしていると感じた

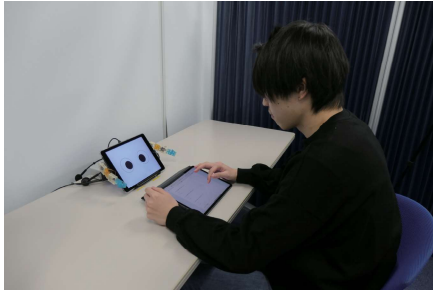


図 4: 実験風景

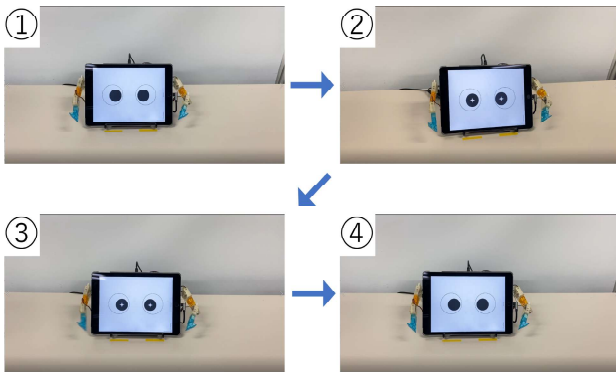


図 5: オンライン実験用動画

質問 知否

動画を7段階で評価してください

12.1つめについて評価してください\*

<https://www.surveymonkey.com/s/2017909b>

1 感じない 2 3 4 5 6 7 感じる

1 魅力的だと感じた

2 目の輝きを感じた

3 生き生きしていると感じた

4 楽しみやすいと感じた

5 好きだと感じた

6 今後使いたいと感じた

13. そのほか何か感じたこと、選択理由などがあれば回答してください

回答を入力してください

図 6: オンライン実験用 Forms

## 2.2 結果

図 7 は一対比較の結果であり、左の表の数字は各刺激において好みと答えた協力者の人数である。これをもとに、Bradley-Terry モデル [28] により強さ  $\pi$  の値

(合計 1) を求めた結果を右に示す。この結果に対して適合度検定を行った結果、モデルは棄却されず、妥当性が保証された。Cs が最も高く評価され、Cc, Ce, NO の順に続いた。

図 8 は 7 段階評価の結果の平均値であり、Friedman 検定と Bonferroni 法による検定を実施した。すべての質問項目において、主にキャッチライトを描いた Cs, Cc, Ce と、何も描いていない NO の間で有意差が認められた。平均値だけを見ると、Cc が高く評価される傾向があった。

いずれにせよ、タブレットに表示する場合でも、目の輝きを表現することで、魅力を感じさせるという結果となった。また、これらが生き活きとした印象に繋がるという結果となった。



図 7: 一対比較の結果

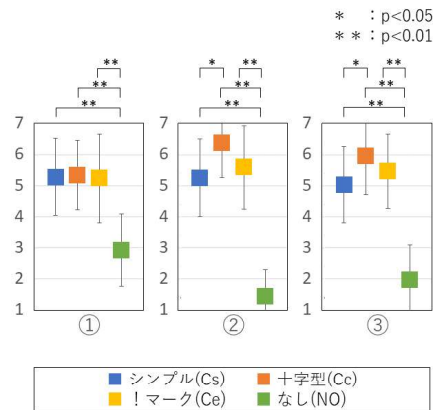


図 8: 7 段階評価の結果

## 3 漫符による表現と光のモチーフの関係性

### 3.1 方法

次に、ロボットに様々な感情を表現させる際、どの感情のときにどのような表現をさせればよいかという観点から、光のモチーフの効果を明らかにする。ここでは、Ekman ら [27] の基本 6 感情 (喜び, 悲しみ, 怒り, 驚き, 嫌悪, 恐怖) を選択した上で、目には、感情と関係の深い表現として、この史代の著書「ギガタ

ウン漫符図譜」[29] から、漫符をピックアップして用いた。実験では、図9のように、各感情ごとに漫符を目の中に描いた刺激(以下、IN)、漫符を目の右上に描いた刺激(以下、RT)、漫符を描いていない刺激(以下、NO)の3種類を作成し、同じ感情内の組み合わせで比較した。なお、刺激を提示する際には、各感情ごとにCeVIO Creative Studioで作成した図9下に記した音声も同時に再生した。

実験では、協力者をきろびーv2の前に着席させ、初めに同じ感情内の3種類の刺激の中からランダムな順番に1種類ずつ提示した。次に、3種類の中からランダムに2種類を提示し、どちらの刺激が感情を感じるかを問う一対比較を行った。一対比較の際には、各感情ごとに表2に記したように質問した。その後、目から受けた印象に関して、各感情ごとに、表3に記した4項目について、7段階で評価させた。7段階評価の後には、そのほかに感じたことがなかったかを口頭で回

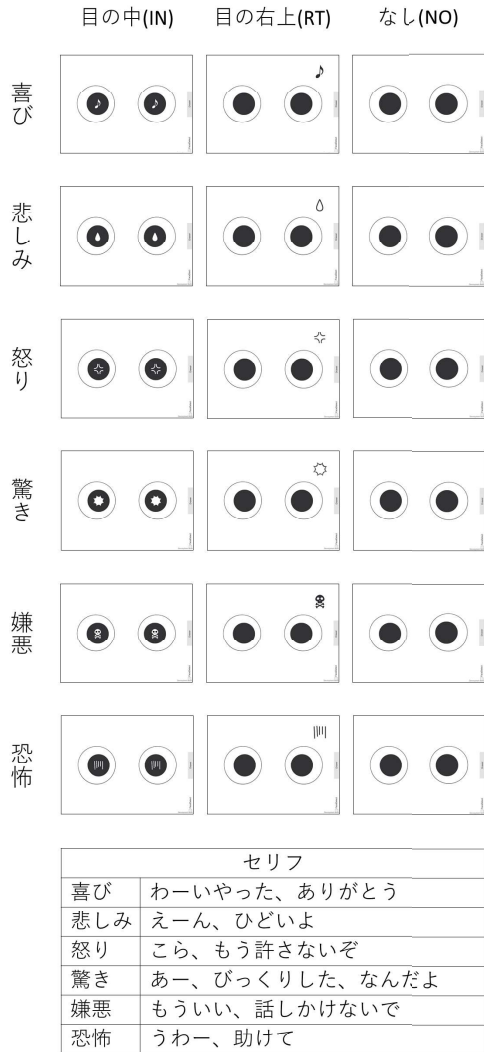


図9: 提示刺激

答させた。これを6感情分、ランダムな順番で行った。質問の回答にはMicrosoft社のFormsを用いた。実験協力者は関西学院大学の学生39人(男性23人、女性16人)であった。そのうち23人は、COVID-19の感染拡大に伴い、予め撮影した動画とFormsを用いたオンラインでの実験とした。

表2: 一対比較での質問

喜び	どちらが喜んでるように感じましたか？
悲しみ	どちらが悲しんでいるように感じましたか？
怒り	どちらが怒っているように感じましたか？
驚き	どちらが驚いているように感じましたか？
嫌悪	どちらが嫌がっているように感じましたか？
恐怖	どちらが怖がっているように感じましたか？

表3: アンケート項目

喜び	① 喜んでいるように感じた ② 機嫌が良いように感じた
悲しみ	① 悲しんでいるように感じた ② 涙が出ているように感じた
怒り	① 怒っているように感じた ② 青筋を立てているように感じた
驚き	① 驚いているように感じた ② 衝撃を受けているように感じた
嫌悪	① 嫌がっているように感じた ② 悪い印象を持っているように感じた
恐怖	① 怖がっているように感じた ② 青ざめているように感じた
全感情共通	③ ロボットが感情を抱いているように感じた ④ 活き活きしていると感じた

### 3.2 結果

図10は一対比較の結果であり、左の表の数字は各動画において好みと答えた協力者の人数である。これをもとに、Bradley-Terryモデルにより強さ $\pi$ の値(合計1)を求めた結果を右に示す。この結果に対して適合度検定を行った結果、モデルは棄却されず、妥当性が保証された。「喜び」、「悲しみ」、「驚き」、「嫌悪」においてはINが、「怒り」、「恐怖」においてはRTが最も評価された。

図11は7段階評価の結果の平均値であり、Friedman検定とBonferroni法による検定を実施した。①から③は、「嫌悪」以外の感情で、主にIN、RTがNOと比較して有意に高く評価される結果となった。また、④についても同様の傾向であった。

漫符を描画することは、感情の表現に有効であったが、感情によって、目の中が評価される場合と、右上が評価される場合に分かれた。ここで、目の中が高く評価された漫符をみると、明るい雰囲気を表す音符、光が反射しているような水滴、光が広がるような針吹き出しであったため、目と、光をモチーフとする表現との関係性が強いという結果となった。

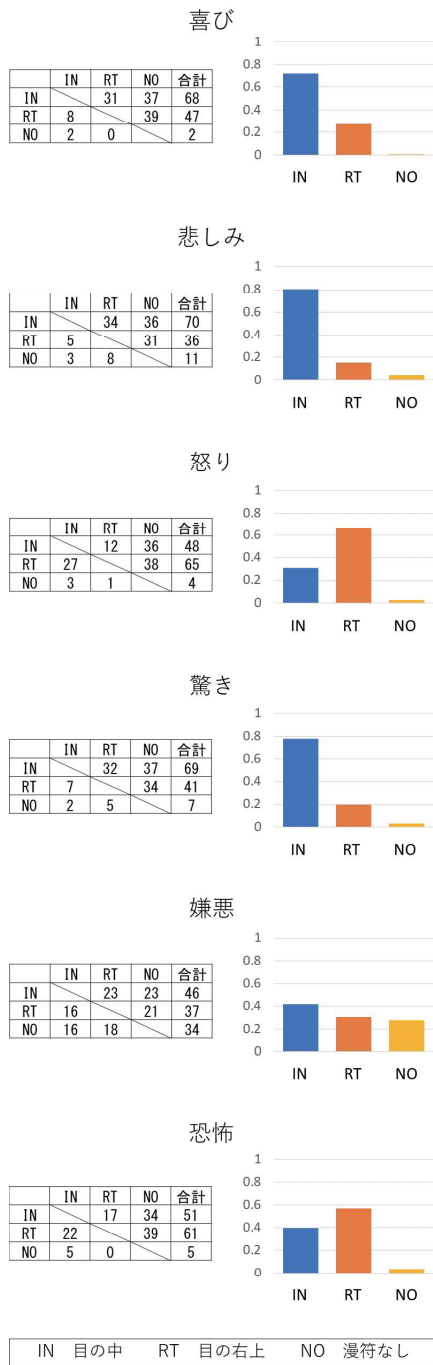


図 10: 一対比較の結果

## 4 熱血的な表現と光のモチーフの関係性

### 4.1 方法

目において光をモチーフとする感情表現の効果が明らかになったため、感情および表現をより誇張させた例として、熱血的な発話をさせ、物理的なエネルギー

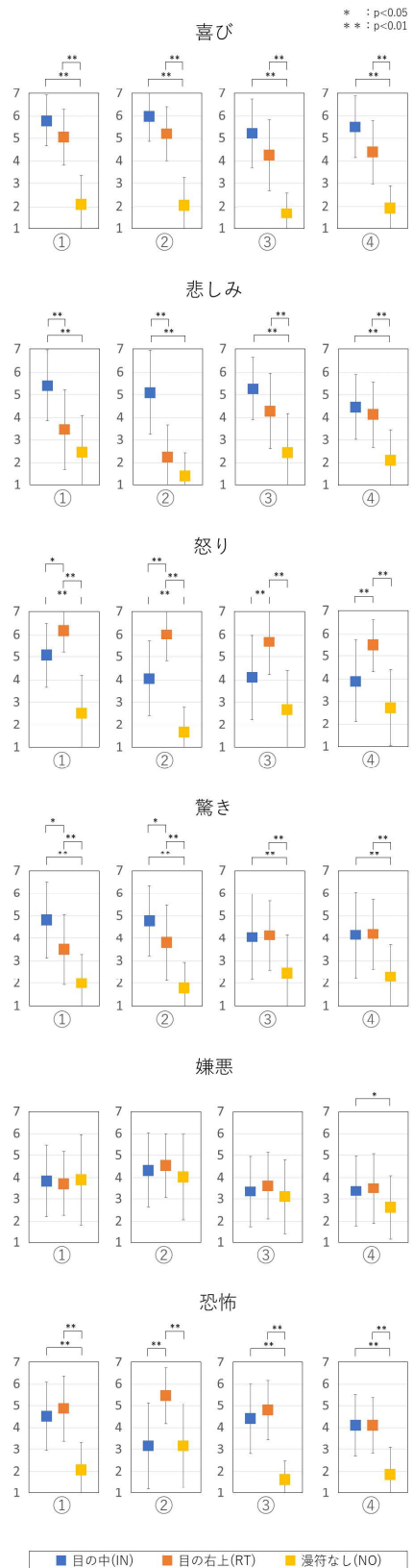


図 11: 7段階評価の結果



をモチーフにした白目のアニメーションを比較することで、光のモチーフの有効性を評価する。モチーフは、電気エネルギー、光エネルギー、音エネルギー、運動エネルギー、熱エネルギーとし、図 12 のアニメーションを制作した。電気エネルギーは稲妻、光エネルギーは発光、音エネルギーは破裂音、運動エネルギーは球が一直線に飛んでくる様子、熱エネルギーは湯気が出る様子を表現した。また、アニメーションを再生する際には、松岡修造の著書「松岡修造の人生を強く生きる 83 の言葉」[30] から、セリフ A「自分を創るのは自分だ!」、セリフ B「失敗したらガッツポーズ」、セリフ C「人を感じてください。信じてください」の 3 つを選択し、5 種類のアニメーションと 3 種類のセリフを組み合わせた 15 通りの刺激を作成した。

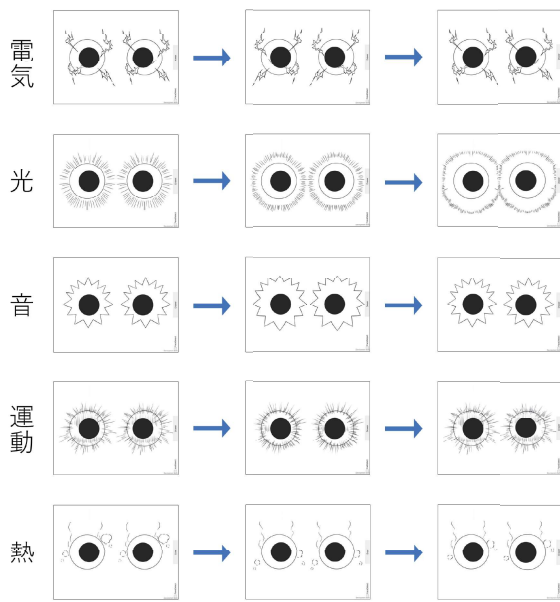


図 12: 提示刺激

実験では、協力者をきろびー v2 の前に着席させ、初めに同じセリフの 5 種類のアニメーションの中からランダムな順番に 1 種類ずつ提示した。次に、5 種類の刺激をランダムな順番に提示し、それらを熱血的だと感じた順番に並べ替えさせた。並べ替えさせる際には「熱血的だと感じた順番に並べてください」と質問した。その後、アニメーションごとに、表 4 に記した 3 項目について、7 段階で評価させた。7 段階評価の後には、そのほかに感じたことがなかったかを口頭で回答させた。質問の回答には Microsoft 社の Forms を用いた。実験協力者は関西学院大学の学生 39 人 (男性 23 人、女性 16 人) であった。そのうち 23 人は、COVID-19 の感染拡大に伴い、予め撮影した動画と Forms を用いたオンラインでの実験とした。

表 4: アンケート項目

全アニメーション共通	① 熱血的だと感じた ③ 活き活きしていると感じた
電気エネルギー	② 稲妻が走っているように感じた
光エネルギー	② 光を発しているように感じた
音エネルギー	② 張り裂けるように感じた
運動エネルギー	② スピード感があるように感じた
熱エネルギー	② 熱を発しているように感じた

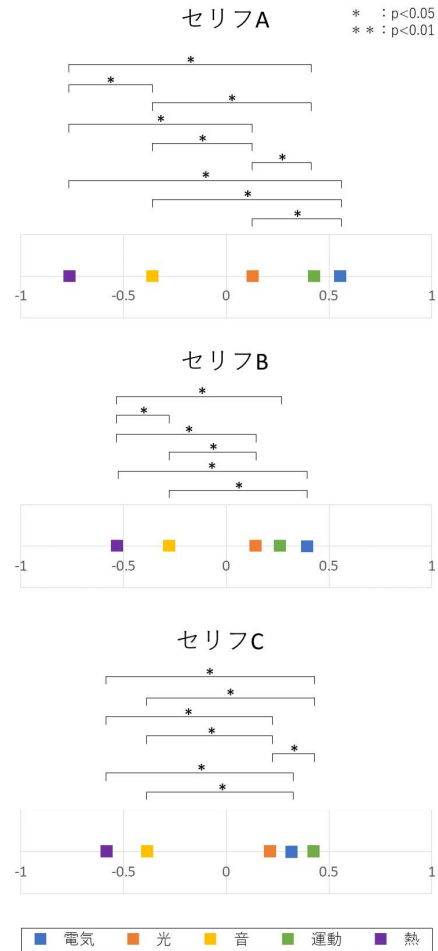


図 13: 順位付けの結果

## 4.2 結果

図 13 はセリフごとに各刺激を熱血的だと感じた順番に並べ替えさせた結果を、正規化順位法を用いて順位付けした結果を示す。電気エネルギーと運動エネルギーはセリフによって順位が異なったが、いずれのセリフでも 2 つのアニメーションに有意な差は認められず、上位に順位付けられた。続いて光エネルギー、音エネルギー、熱エネルギーの順に評価された。

図 14 は 7 段階評価の結果の平均値であり、①と③についてはアニメーション間で Friedman 検定と Bonferroni 法による検定を実施した。いずれのセリフにおいても、電気エネルギー、光エネルギー、運動エネル

ギーが、他の2つに比べて有意に高く評価された。また、いずれのアニメーションにおいても②の平均値は5前後であり、物理的なエネルギーのモチーフが伝わっていた。

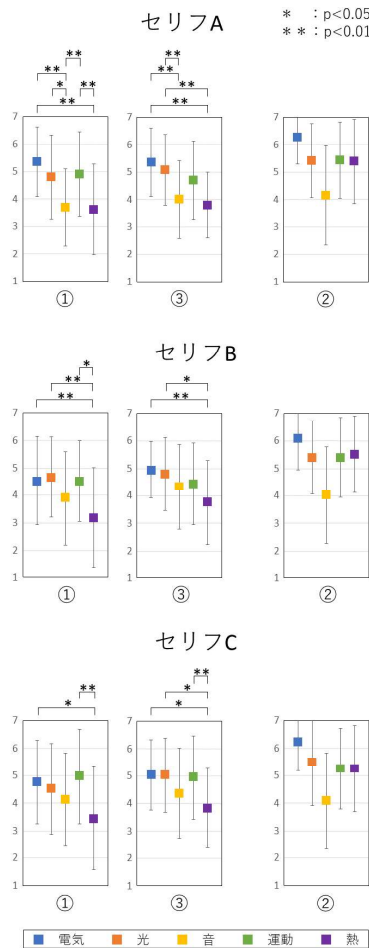


図 14: 7段階評価の結果

電気エネルギーと運動エネルギーが最も熱血的に感じられた理由としては、それぞれのアニメーションの速さの印象が影響したと考えられる。逆に、ゆっくりした印象の熱エネルギーの評価は低かった。

## 5 結論

本研究では、3つの実験を通じて、タブレットベースロボットを生き生きさせるうえで、光をモチーフとした表現が有効であることを明らかにした。この知見は、ディスプレイを用いて顔を表示するロボットにおいてに生かすことができ、今後広く役立つものである。

## 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 20H04096 などの支援による。また、本研究の遂行にあたり関西大学総合情報学部瀬島吉裕准教授の協力を得た。ここに感謝する。

## 参考文献

- [1] 阿部正太郎, 藤井聡: 他者の監視を想起させる「目」の絵を用いたポスターによる放置駐輪抑制効果の検証, 日本都市計画学会, 都市計画論文集, Vol.50, No.1, pp.37-45 (2015).
- [2] Bateson, M., Nettle, D. and Roberts, G.: Cues of being watched enhance cooperation in a real-world setting, *biogeo letters*, Vol.2, No.3, pp.412-414 (2006).
- [3] Bradley, M.M., Miccoli, L., Escrig, M.A., et al.: The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation, *Psychophysiology*. 2008 Jul, Vol.45, No.4, pp.602-607 (online), DOI: 10.1111/j.1469-8986.2008.00654.x (2008).
- [4] Sejima, Y., Egawa, S., Sato, Y., Maeda, R. et al.: A Speech-Driven Pupil Response System with Affective Expression Using Hemispherical Displays, *Journal of Advanced Mechanical Design, Proc. 2018 27th IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2018)*, pp.228-233 (2018).
- [5] Richmond, V.P. and McCroskey, J.C.: *Nonverbal behavior in interpersonal relations*(2003). 山下耕二 (訳): 非言語行動の心理学: 対人関係とコミュニケーション理解のために, 北大路書房 (2006).
- [6] 蔵富恵, 河原純一郎: 瞳のキャッチライトが顔の魅力に及ぼす影響, 日本認知心理学会 13 回大会, pp.153 (2015).
- [7] 瀬島吉裕, 西田麻希子, 渡辺富夫: 人を惹き込む瞳に人物影を重畳合成した瞳輝表現手法の開発, *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019 講演論文集*, pp.475-478 (2019).
- [8] ソフトバンク社: ロボット, ソフトバンク社 (オンライン), 入手先 <<https://www.softbank.jp/robot/>> (参照 2022-02-19).
- [9] SHARP 株式会社: RoBoHoN, SHARP 株式会社 (オンライン), 入手先 <<https://robohon.com/>> (参照 2022-02-19).

- [10] SONY株式会社:aibo, SONY株式会社(オンライン), 入手先 <<http://aibo.sony.jp/>> (参照 2022-02-19).
- [11] GROOVE X株式会社:LOVOT, GROOVE X株式会社(オンライン), 入手先 <<https://lovot.life/>> (参照 2022-02-19).
- [12] Rodney A. Brooks, Cynthia B, et al.:The Cog Project: Building a Humanoid Robot, Computation for Metaphors, Analogy, and Agents, pp.52-87 (1998).
- [13] ヴイストーン株式会社:Rovovie-Z, ヴイストーン株式会社(オンライン), 入手先 <[http://www.vstone.co.jp/products/robovie\\_z/](http://www.vstone.co.jp/products/robovie_z/)> (参照 2022-02-19).
- [14] 日本電気株式会社:PaPeRo i(パペロ アイ), 日本電気株式会社(オンライン), 入手先 <[https://www.necplatforms.co.jp/solution/paper\\_o\\_i/index.html](https://www.necplatforms.co.jp/solution/paper_o_i/index.html)> (参照 2022-02-19).
- [15] 本田技研工業株式会社:ASIMO, 本田技研工業株式会社(オンライン), 入手先 <<https://www.honda.co.jp/ASIMO/>> (参照 2022-02-19).
- [16] ASCII.jp:あの『PINO』がついに発売—ツクダオリジナルがシリーズ展開, 桑本美鈴, ASCII.jp(オンライン), 入手先 <<https://ascii.jp/elem/000/000/324/324284/>> (参照 2022-02-19).
- [17] ITmedia NEWS:高齢者向けロボット「よりそい ifbot」登場~脳のトレーニングも, 芹澤隆徳, ITmedia NEWS(オンライン), 入手先 <<https://www.itmedia.co.jp/lifestyle/articles/0411/29/news075.html>> (参照 2022-02-19).
- [18] Rapiro:Rapiro, Rapiro(オンライン), 入手先 <<http://www.rapiro.com/ja/>> (参照 2022-02-19).
- [19] PC Watch:卓上ロボットがファミレス「ココス」でおもてなし実験を実施, 森山和道, PC Watch(オンライン), 入手先 <<https://pc.watch.impress.co.jp/docs/news/1053626.html>> (参照 2022-02-19).
- [20] トヨタ自動車:トヨタ自動車, 東京 2020 オリピック・パラリンピックを様々なロボットでサポート, トヨタ自動車(オンライン), 入手先 <<https://global.toyota/jp/newsroom/corporate/28713215.html>> (参照 2022-02-19).
- [21] jibo社:jibo, jibo社(オンライン), 入手先 <<https://www.jibo.com/>> (参照 2022-02-19).
- [22] Amazon.com, Inc.:Astro, 入手先 <<https://www.amazon.com/dp/B078NSDFSB>> (accessed 2022-02-19).
- [23] 株式会社 MJI:tapia, 株式会社 MJI(オンライン), 入手先 <<https://mjirobotics.co.jp/tapia/>> (参照 2022-02-19).
- [24] ユニロボット株式会社:unibo, ユニロボット株式会社(オンライン), 入手先 <<https://www.unirobot.com/unibo/>> (参照 2022-02-19).
- [25] 青柳西蔵, 山本倫也, 福森聡:長期評価を通じたパートナーロボットの印象変化, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.23, No.1, pp.109-120 (2021).
- [26] 奥田悠資, 青柳西蔵, 山本倫也, 福森聡, 渡辺富夫:きろびー:腕型ハードウェアによりキャラクターが付与されたタブレットベースのロボット, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.20, No.2, pp.209-220 (2018).
- [27] Ekman,P. and Friesen,W.V:UNMASKING THE FACE,Prentice-Hall (1975). 工藤力(訳):表情分析入門-表情に隠された意味をさぐる, 誠信書房 (2020).
- [28] Bradley, R.A., and Terry, M.E.: Rank analysis of incomplete block designs: the method of paired comparisons, Biometrika, Vol.39, No.3, pp.450-470 (1995).
- [29] こうの史代:ギガタウン漫符図譜, 朝日新聞出版 (2018).
- [30] 松岡修造:松岡修造の人生を強く生きる 83 の言葉, アスコム (2011).