

IoT デバイスにおける擬人化生成のための要素評価

Evaluation of elements for generating anthropomorphic IoT devices

○学 千葉 俊彦*¹, 木田 勇輝*¹, 小木哲朗*¹

Chiba TOSHIHIKO*¹, Kida YUKI*¹ and Ogi TETSURO*¹

*¹ 慶應義塾大学 Keio University

In this study, we discussed the generation of anthropomorphic sensations of objects using IoT devices and the elements necessary for generating anthropomorphic sensations. An IoT device was installed on an object, and the subject was observed communicating with an IoT avatar. We evaluated the impact of changes in the IoT avatar's voice and emotional and biological expressions through flashing LEDs on the anthropomorphic feeling that subjects receive from objects. Changes in tone of voice may hide the presence of a remote person from the user when operating an IoT avatar, and involuntary physiological phenomena such as breathing, heartbeat, and body temperature may cause the viewer to imagine the existence of life. We created an IoT device that has these two elements as functions and evaluated how the sense of anthropomorphism that subjects receive from the IoT avatar changes under each condition. From the experiment, it was suggested that expressions using LEDs are effective in expressing the emotions of objects.

Key Words: IoT device, IoT avatar, Robot avatar

1. 緒 言

近年、実空間の人間と遠隔にいる人間が互いに存在を感じながらコミュニケーションを取ることができるアバターロボットアバタが普及してきている。アバターロボットアバタによるコミュニケーションは、空港、ショッピングモール等の場所でのサービス提供に活用され始めているが、さらなる利用拡大には多くのロボットをいろいろな場所に配置する必要があり、コストや設置場所に制約が生じる。

そこで、既存の物体をアバタ化することで、あらゆる場面で実空間にいる人間と遠隔にいる人間が、アバターロボットを用いた場合と同様に円滑なコミュニケーションを取る方法が考えられる。アバターロボットによる円滑なコミュニケーションには、人間同士と同様に感情表現が重要である一方で、物体は人間のような形をしていないため、擬人化させることに加えて、感情表現を行うという課題が存在する。

本研究では、感情表現を取り入れた IoT デバイスを既存の物体に設置し、ロボットに代わるアバタと位置づけることで（以降 IoT アバタ）、物体に対する擬人化感を高めることを目指している。特に、音声による感情表現を機械的な音声に置き換え、LED を用いた視覚的な感情表現を導入することで、物体が擬人化され、アバタと話しているという感覚を強化できると考えている。実験では、LED による感情表現の有無における擬人化感覚の変化とその関係性を調査する。

2. 関連研究

人間は感情表現を通じて円滑なコミュニケーションを行っている。そのため、ロボットによる感情表現は人間とロボットの共存にも必要であると考えられる。近年では、感情を表現することで、人間との共存に必要なインタラクションを行うロボットの開発が進められている[1, 2, 3, 4, 5]。

杉山ら[6]は、発光する衣服を着たロボットを用いて、発光する色によってユーザが想起するロボットの感情が変化するかを調査した。結果として赤色が怒り、青色が悲しみの感情表現を喚起し、2つの発光条件は発光しな

いフェルト条件よりも強く感情を喚起することがわかった. このことから IoT アバタの怒りの表現として赤, 悲しみの表現として青色の LED 発光を用いることとした.

次に, 孟ら [7, 8] は, 鳥肌, 発汗, 震えを用いたロボットの皮膚上のクロスモーダルな生理的表現により, ロボットの感情状態をユーザに伝達できる可能性を示した. これはロボットの擬似的な生理現象であっても, 本来その生理現象が発生する心的状態と関連付けることで, ロボットの感情としてユーザが知覚できることを示している. この研究で用いている生理現象は, 感情の変化に伴って体表面に現れるものであるが, 本研究では, 体表化しにくい生理現象の一つである心拍という指標をロボットの感情伝達に使用することを試みている.

3. 設 計

本研究では新たなアバタロボットを検討するため, M メソッド法を用いて設計を行った. M メソッド法では, アバタロボットのもつ意味と価値を継承しながら, できるだけ手軽, 低コストで同等の機能を有するアバタの状態, 属性の検討を行った. 特にアバタのもつ擬人化や生命力に注目し, どんなモノでも実空間アバタとして利用できる IoT アバタを考案した. M メソッド法による設計を図 1 に示す.

本研究の主な目的は, IoT デバイスの設置によって任意のモノが擬人化され, 実空間の参加者がモノ自体と話している感覚を得ることができるのかを検証することにある. 具体的には, 実空間の参加者にモノが擬人化したと感じさせる要素として仮定した LED 点灯による生体反応 (心拍) の模擬と感情表現が有る場合と無い場合とで被験者が IoT アバタから受ける擬人化感覚への影響を評価し, 擬人化感覚を生成する要素の洗い出しを行った. この目的の達成のために, 360° カメラ, マイク, スピーカを内蔵した IoT デバイスに生体表現を模擬するための LED を取り付けた. ここで生体表現のための LED は, 定常状態で 1 分間に 60 拍 (成人男性の心拍数は 1 分間に 65~70 拍), 白色で点滅し, 怒り (活発な様子) を表現する際には 1 分間に 120 拍で赤色に点滅, 悲しみを表現する場合には 1 分間に 30 拍で青色に点滅させた.

また, 筆者らはこれまでに, 遠隔ユーザの声を IoT アバタの音声として開発してきたが, 遠隔ユーザの声を音声変換することで, 遠隔ユーザへの意識を下げ, モノ自体とコミュニケーションしている感覚を高めることが期待された [9]. そのため, 遠隔ユーザはボイスチェンジャー (Roland Voice Transformer VT-4) を用いて声を変化させて実験を行った.

図 2 は実験に使用した IoT デバイスの実機イメージで, 図 3 は IoT デバイスの発光パターンを示したモノである. また図 4 は, 実験で使用したボイスチェンジャーである.

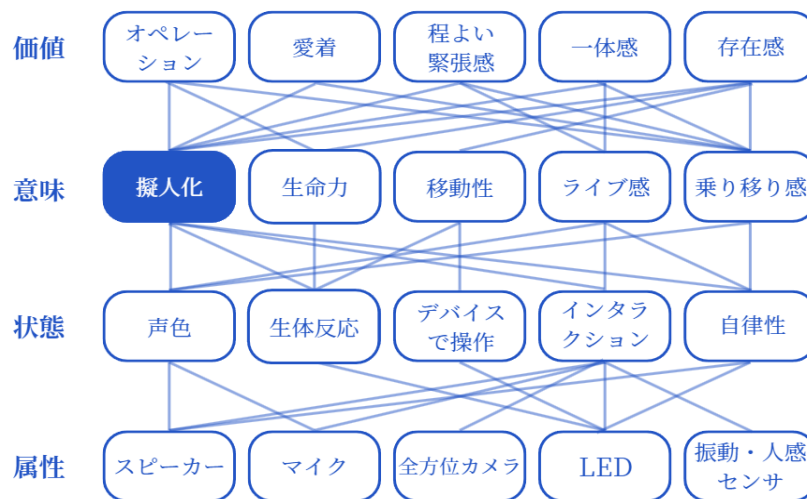


Fig. 1 Extraction of system features using M-method method.

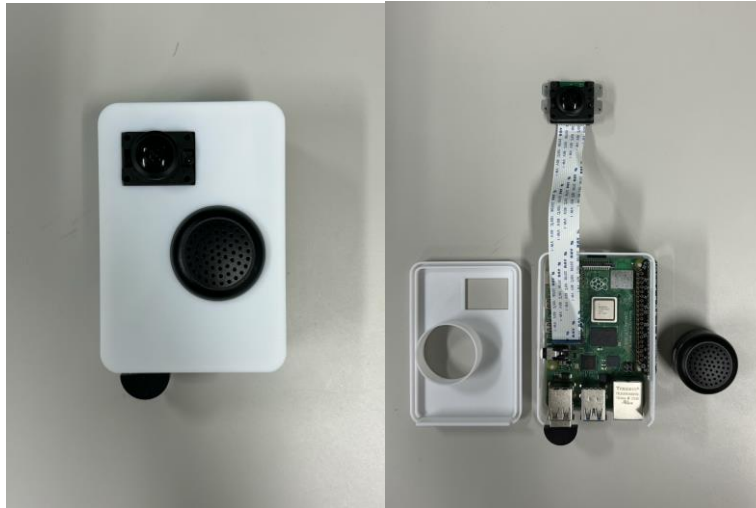


Fig. 2 Actual IoT device.



Fig. 3 Light emission pattern of IoT devices (off, white, red, blue).



Fig. 4 Voice changer (Roland Voice Transformer VT-4)

4. システム構成

小型 IoT アバタの構成は以下のとおりである。実空間においてモノに設置する IoT デバイスは Raspberry Pi 4 Model B と 360 度カメラ (VR 220 Camera), USB マイク, Bluetooth スピーカー, LED SHIM で構成した。また, IoT デバイスとその操作を行う PC は, Sky way (NTT communications) の web RTC を用いた通信で行っており, 双方のウェブブラウザから http 通信でウェブアプリケーションを読み取ることでリアルタイムの通信を行っている。

通信の内容としては, IoT アバタから PC へは 360° 映像と音声を, PC から IoT アバタへは音声を送信している。PC と IoT アバタの通信モデルを図 5 に示す。また, 別のサーバを介して PC から IoT デバイスの LED 点滅方式を操作する。PC での LED の操作画面を図 6 に示す。

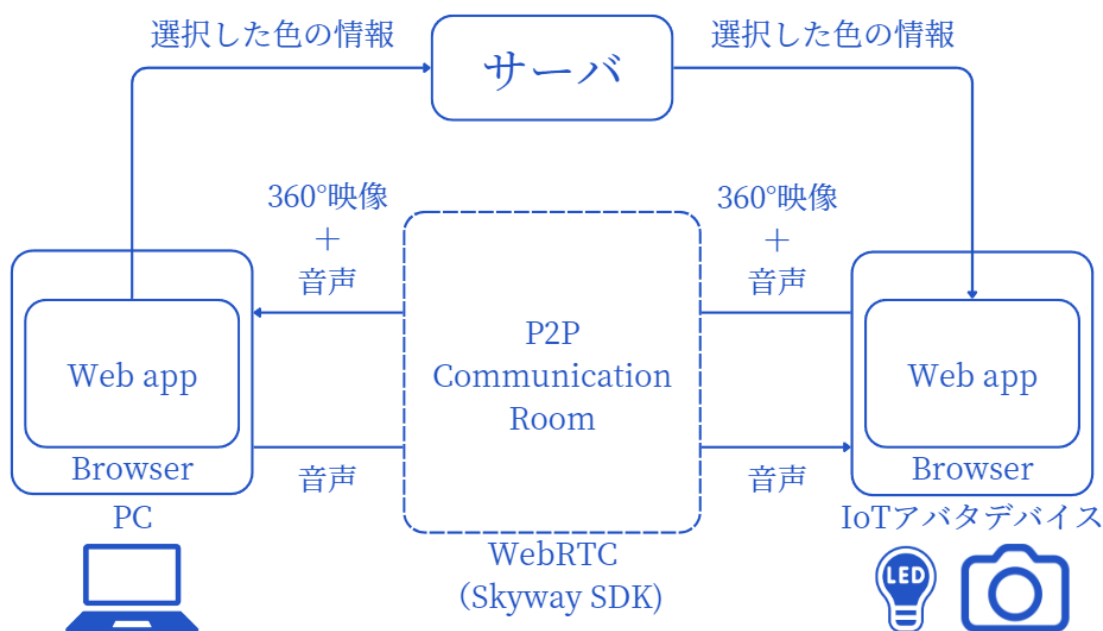


Fig. 5 Communication model between PC and IoT avatar.

IoTアバタ :

----- 色 -----



Fig. 6 Communication model between PC and IoT avatar.

5. 実 験

4・1 検証内容

開発した IoT デバイスを既存の物体 (ホワイトボード) に設置し,LED による感情表現を行った場合と行わなかった場合とで,実空間での参加者が物体に対して擬人化していると感じるかどうか,また物体自体と話していると感じることができるか,モノ自体が感情を持って話していると感じるかを評価した.

4・2 実験参加者

本実験には,20~50 代の男性 6 名女性 4 名合計 10 名の慶應義塾大学大学院の学生が同意の上,実験に参加した.

4・3 実験方法

アバタ化する物体としてホワイトボードを取り上げた.壁を隔てた 2 部屋を準備し,それぞれ実空間側・遠隔側と模式的に遠隔コミュニケーション環境を構築した.実空間側では IoT アバタデバイスを図 7 のように取り付けたホワイトボードを準備し,遠隔側では,360°映像・音声の通信に加えて LED の操作に使用する PC とボイスチェンジャーを図 8 のように準備した.



Fig. 7 Real space experiment environment.

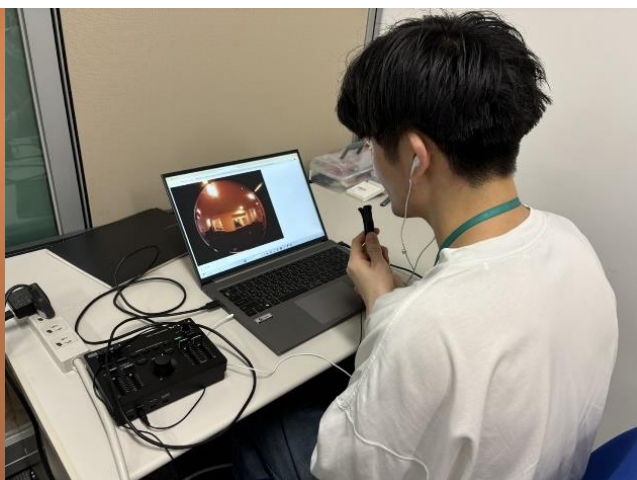


Fig. 8 Remote space experiment environment.

本研究ではまず,被験者(実空間の参加者)に実験の目的・流れを説明し,次に LED による感情表現が有るパターンと無いパターンの 2 パターンで実験を行った.被験者にはホワイトボード(遠隔の実験者)と自由なコミュニケーションを相互が満足するまで行った.遠隔参加者は会話の中で悲しい体験,怒りを感じた体験を話すものとし,LED 有りでの実験では会話の内容に合わせて怒りを表現する場合には LED を赤色,悲しみを表現する場合には青色,定常時には白色に LED 点滅に切り換えて実験を行った.先行して行う実験は,LED 有りと無しを交互に行うものとし,実験終了毎にアンケートを実施した.実施したアンケートの内容を 4・4 に示す.

4.4 アンケート項目

アンケートの質問項目は表1の通りである。Q1～Q8の質問は、7段階のリッカート尺度（1.全くそう思わない,2.そう思わない,3.あまりそう思わない,4.どちらとも言えない,5.ややそう思う,6.そう思う,7.非常にそう思う）で,Q9については自由記述で評価を行った。次にQ10では性別,Q11では年齢を質問した。

Table. 1 Survey question items.

Q1	モノに人格があると感じた
Q2	遠隔ユーザの人格を感じた
Q3	遠隔ユーザではなくモノと話しているように感じた
Q4	モノではなく遠隔ユーザと話しているように感じた
Q5	モノの感情の変化を感じた
Q6	遠隔ユーザの感情の変化を感じた
Q7	モノとのインタラクションで人間との会話に近い感覚が得られた
Q8	モノが擬人化しているように感じた
Q9	その他, コメントや感想などありましたら記載してください。
Q10	性別 <input checked="" type="checkbox"/> 男性 <input checked="" type="checkbox"/> 女性 <input checked="" type="checkbox"/> その他 <input checked="" type="checkbox"/> 答えたくない
Q11	年齢 <input checked="" type="checkbox"/> 10代 <input checked="" type="checkbox"/> 20代 <input checked="" type="checkbox"/> 30代 <input checked="" type="checkbox"/> 40代 <input checked="" type="checkbox"/> 50代 <input checked="" type="checkbox"/> 60代以上 <input checked="" type="checkbox"/> その他 <input checked="" type="checkbox"/> 答えたくない

5. 結 果

実施したアンケートの結果から, LEDによる表現を用いた場合と用いなかった場合でt検定を行った。その結果から, 「Q5.モノの感情の変化を感じた」では, $p=0.041$ で有意な差を確認され, LEDによる感情表現があった方がモノの感情の変化を感じやすいという結果が確認できた。「Q1.モノに人格があると感じた」

「Q3.遠隔ユーザではなくモノと話しているように感じた」「Q7.モノとのインタラクションで人間との会話に近い感覚が得られた」「Q8.モノが擬人化しているように感じた」では, LEDの有無の間で有意差は確認できなかったものの, LEDの使用により, モノの人格, 人間との会話に近い感覚等で上昇が見られ, 擬人化の強化に寄与していると考えられる。

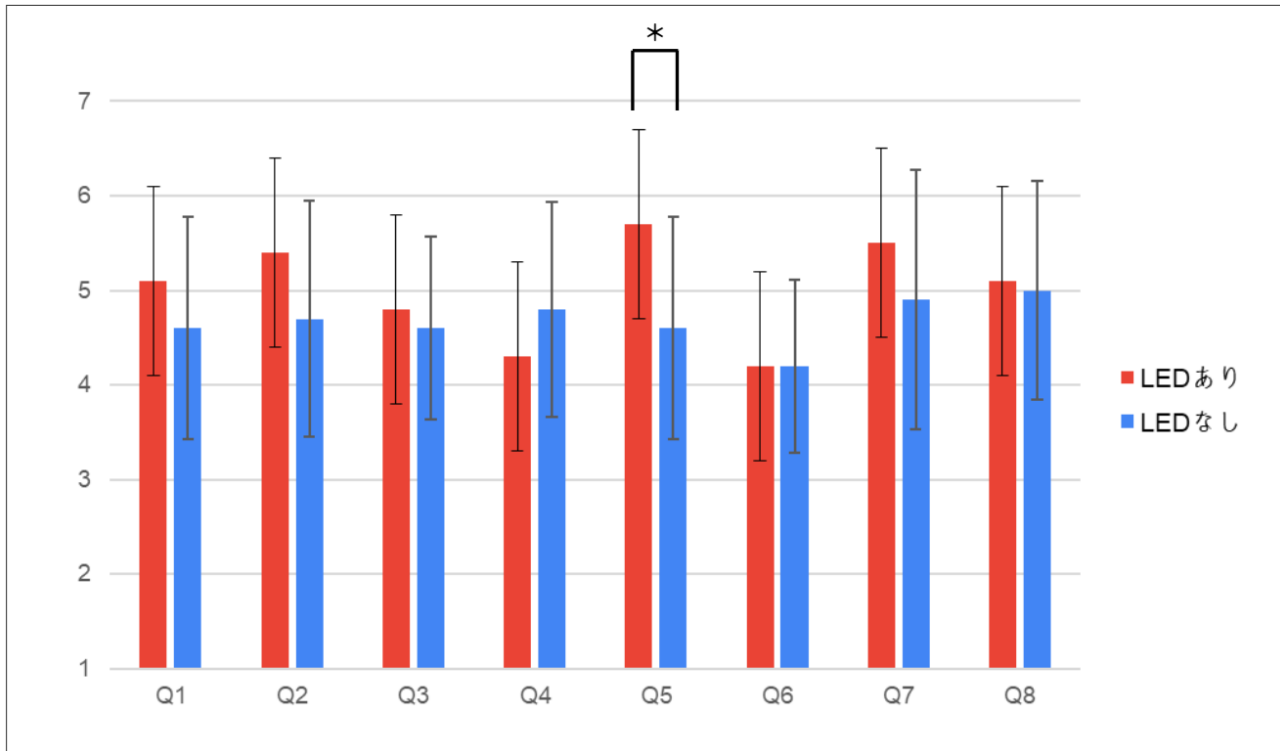


Fig. 9 Survey results.

相関の調査では「Q5.モノの感情の変化を感じた」と「Q7.モノとのインタラクションで人間との会話に近い感覚が得られた」を比較すると、2つの評価の間には強い相関（相関係数：0.81）があり、モノが感情表現をしていると感じるほどに、モノとのコミュニケーションが人間のものと近づくことが分かった。

加えて、Q9の自由記述では「LEDで感情の変化により親近感を感じた」という声がある一方で、「赤色のLEDを怒り、青色のLEDを悲しみのシグナルとは受け取りづらかったが、色が変わること自体はモノを擬人化に近づけるように感じた」という声もあり、必ずしも赤が怒り、青化が悲しいという感情を伝えるシグナルにはならないということが分かった。

6. 考 察

本研究の目的は、IoTデバイスの設置により任意のモノが擬人化し、実空間の参加者がモノ自体と話していると感覚を得ることができるのかを検証することにある。アンケートの結果から、LEDによる感情表現を用いることにより、被験者はモノ自体が感情を発していると感じるという結果に加えて、「Q5.モノの感情の変化を感じた」と「Q7.モノとのインタラクションで人間との会話に近い感覚が得られた」の間に相関があることから、今後LEDの点滅・点灯方法や光の強度を工夫することで、モノ自体が感情表現をしているという感覚を高めていき、モノと会話している感覚と擬人化感覚を強めることができると考察される。また、その他にLEDの有無による有意差が確認できなかった「Q1.モノに人格があると感じた」、「遠隔ユーザではなくモノが話しているように感じた」、「モノが擬人化しているように感じた」についても、LEDによる感情表現が有ることで評価が高まっていることから、LEDによる感情表現とLED以外の擬人化感覚を強める要素を併用することで効果を出すことができると考察する。

5. 結 語

実験の結果から,LEDの有無により「Q5.モノの感情の変化を感じた」に有意差が生まれることがわかり,LEDによる感情表現が,物自体が感情表現を行っているという感覚に繋がる要素であることが確認された。一方で,「Q7.モノとのインタラクションで人間との会話に近い感覚が得られた」には有意な差が見られなかったが,Q5.との高い相関が確認され,本研究の目的である「IoTデバイスの設置に伴って任意のモノが擬人化し,実空間の参加者がモノ自体と話していると感覚を得る」ことに対し,感情表現が有効な方法であることは示された。今後は,IoTアバタの擬人化感覚を高める要素とそれら要素を組み合わせた際に擬人化感覚の変化を調査し,既存のロボットアバタと人,あるいは人同士のインタラクションに近い感覚を実空間の参加者に与えるIoTデバイスの制作を進めて行く予定である。

文 献

- (1) S. Sugano and T. Ogata: Emergence of mind in robots for human interface-research methodology and robot model. IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol.2, pp.1191–1198, 1996.
- (2) T. Ariyoshi, K. Nakadai and Hiroshi Tsujino: Effect of facial colors on humanoids in emotion recognition using speech. IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp.59–64, 2004.
- (3) K. Terada, A. Yamauchi and Akira Ito: Artificial emotion expression for a robot by dynamic color change, IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp.314–321, 2011.
- (4) R. Plutchik: Emotions and life : Perspectives from psychology, biology, and evolution, Amer Psychological Assn, 2002
- (5) T. Sugiyama and M. Kanoh, “Meaning of clothing colors in interactive robots,” 2022 Joint 12th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 23rd International Symposium on Advanced Intelligent Systems, (2022)
- (6) Sugiyama, T., Kanoh, M. (2023). Investigating Emotional Expressivity in Robots Wearing Light-Emitting Clothing. In: Tareq Ahram and Waldemar Karwowski (eds) Emerging Technologies and Future of Work. AHFE (2023) International Conference. AHFE Open Access, vol 117. AHFE International, USA.
<http://doi.org/10.54941/ahfe1004414>
- (7) 孟曉順, 吉田直人, 万キン, 米澤朋子: “ロボットの恐怖を伝える複数の不随意的皮膚上生理表現における量的影響の検討,” 知能と情報, Vol.33, No.4, pp. 742-756, 2021.
- (8) X. Meng, N. Yoshida, and T. Yonezawa: “Evaluations of involuntary cross-modal expressions on the skin of a communication robot,” Proc. of the 2015 12th Int. Conf. on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), pp. 347-352, 2015.
- (9) Kida, Y., Chiba, T., Kinoshita, T., Mikami, A., Yakoh, T., & Ogi, T. (2024). IoT avatar: Turning Various Objects into Avatars. In *Advances in Networked-Based Information Systems: The 27th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS-2024)*