

呼吸・心拍・体温表現機構のあるロボットの表面素材と見た目による接触時の違和感への影響

Effect of appearance and material of a robot with breath, heartbeat and body temperature on discomfort

吉田 直人^{1,2*} 米澤 朋子¹
Naoto Yoshida¹ Tomoko Yonezawa^{1,2}

¹ 関西大学

¹ Kansai University

² 日本学術振興会特別研究員

² Research Fellowships for Young Scientists

Abstract: We have proposed an expressive mechanism of physiological phenomena for breathing, heartbeat and body temperature of a stuffed toy robot. In this research, we verify how the sense of discomfort and unpleasantness of the robot's expression of physiological phenomena is changed by material and appearance of the robot. Experiment participants touched the robot's abdomen which is covered with the shielded box to imagine the touching target such as infants, dogs and stuffed animals presented in photos. The robot in the experiment was covered with either a silicon, fake fur or felt cloth. We discuss the relationship between reality of artificial physiological phenomena and visual/tactile stimuli on discomfort and unpleasantness.

1 はじめに

近年では、人間とのコミュニケーションを目的としたペットロボット [1, 2] や人間の情緒に働きかけるメンタルケアロボット [3] などの動物の見た目を持つロボットや、人工物の外観に対して弱々しい生物のような動きを加えることによって愛おしさや助けたいという感情を喚起させるロボット [4]、生きている人間そのものの存在感を表現するアンドロイド [5] など、様々な観点から「生物らしさ」や「生きているようなふるまい」が注目されている。

本研究では、これまでに、生きるために必要不可欠な生理現象を直接ロボットが表現することにより、ロボットを人工的な機械ではなく生身の肉体を持つ生物のようにユーザ感じさせることができるのでは無いかと考え、呼吸、心拍、体温からなる生理現象表現機構を内蔵したぬいぐるみロボットを製作し、ロボットの生命感や動物的な存在感について検証した [6, 7]。

その結果、ロボットの生理現象表現はロボットの「生きている」状態と、対照的な「死んでいる」状態、そして「死にそうな状態」をユーザに知覚させ、「人工物

による生きているような振る舞い」ではなく「生物として生きている」と認識させる可能性が示唆された。

一方で、検証に用いたロボットはクマのぬいぐるみの外観を持つものであり、より動物らしい見た目や、動物でなく人間の見た目を持つロボットに生理現象を表現させた場合に、ぬいぐるみの場合と同様の生命感や生物らしさを感じるかどうかは明らかでない。また、手触りも動物のものとは異なる非生物のぬいぐるみが、本来なら動物が持つはずの生理現象を表現することに違和感を感じたり、外観や手触りが生物感や生命感を低下させている可能性も考えられる。さらに、触覚を介して伝わる生理現象にも不気味の谷 [8] のような現象が生じる可能性が考えられる。これまでの検証においても、実験参加者からの聞き取り調査において、飼犬のような温かさと安心感が得られたという回答がある一方、ぬいぐるみロボットに初めて触れたときに温かさや動きから気持ち悪さを感じたという回答も得られた。

そこで本稿では、呼吸・心拍・体温の生理現象表現機構を用いて、視覚的に遮蔽されたロボットの腹部に触れる際に異なる表面素材と視覚的イメージを提示することで、生理現象表現機構の違和感や気持ち悪さを評価する。実験参加者は触れる対象を視認できない状態で、触る対象として事前に乳児・赤ちゃん人形・小

*連絡先：関西大学大学院総合情報学研究所
〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1
E-mail: naoto.yoshida.7010@gmail.com

型犬・犬のぬいぐるみの写真を提示されながら、シリコン・フェイクファー・フェルト布のいずれかで覆われた生理現象表現機構に触れ、リアルさや違和感、気持ち悪さを評価する。

2 検証

実験概要 本実験では、遮蔽された箱に入れられたロボットの表面素材と、実験参加者に提示する触れる対象のイメージを変化させることで、擬似的な生理現象と触れた印象の違和感や気持ち悪さを評価する。

実験参加者 19歳から22歳の男女25名（男性8名、女性17名、平均19.84、SD 1.05）で行った。

実験条件 A:触覚要因3水準（a1フェルト布、a2フェイクファー（人口毛皮）、a3人肌ゲル）、B:視覚要因4水準（b1赤ちゃん人形、b2乳児、b3犬のぬいぐるみ、b4小型犬）の2要因12条件の被験者内要因計画である。各被験者は連続して全条件を行い、提示順序は全被験者間であらかじめ順序交差を行う。

実験刺激の選定 提示する心拍および体温に関しては全条件で同じ値とする。体温（乳児の平熱：36.5–37.5度、一般的な成犬の体温…37.5度–39.2度）、心拍（乳児：80–160、成犬：60–160）、呼吸数（乳児：23–35回/分、成犬：10–30回/分）などから、体温：37–37.5度、心拍：110、呼吸数25–30回/分で統一する。

表面素材に関しては、ぬいぐるみのような柔軟性のある人工繊維の触覚を与えるための薄手のフェルト布、動物の表皮に近い感覚を与えるためのフェイクファー、乳幼児のきめ細かい肌の質感を再現するための人肌ゲル素材を選定した。

触れる対象のイメージとして、箱の中に収まるサイズとして違和感のない乳児、赤ちゃん人形、小型犬、犬のぬいぐるみの4種類を選定した。

実験手続き 触れる対象をより具体的にイメージしやすくするため、触覚刺激提示前に静止画を用いて対象の代表的なイメージを例示し、触覚提示中は視覚を遮断した上で対象をイメージしながら行う。

実験環境を図1に示す。被験者は仕切り板の手前に着席し、実験説明を受ける。「液晶モニタにこれから触れる対象の例が表示されるので注目してください」と教示する。触れる対象の静止画は3秒間提示する。次に「仕切り板から右手を入れ中の物に触れ確認してください。手のひらを下向きにして、対象の腹部に優しく乗せ、手は動かさずに15秒間対象の様子を確かめてください」と指示する。触れている間は装置の動作音



図 1: 実験環境

が聞こえないように、スピーカからホワイトノイズを流す。15秒が経過したら、仕切り板から右手を取り出し、指示に従いコンピュータからアンケートに回答する。これを全条件が終わるまで繰り返す。

ロボットの表面素材は実験参加者がアンケートに回答している間に実験協力者が交換する。なお、実験参加者の前には黒いシートが張られており、実験協力者の姿を実験参加者から確認することはできない。

評価項目 下記の評価項目 Q1–Q5 に対し、1 まったくあてはまらない – 5 とてもあてはまる の 5 段階で評価を行った。

- Q1 触った感覚はリアルに感じた
- Q2 触った感覚は気持ち悪いと感じた
- Q3 触った感覚に違和感があった
- Q4 触った感覚は生きているように感じた
- Q5 触った感覚は生物のように感じた

3 実験結果

評価項目 Q1–Q5 の回答に対し分散分析を行った結果、全ての評価項目において要因 A–B 間で交互作用が見られた。2 要因分散分析の結果を表 2、平均値と標準誤差を図 1 に示す。

触覚のリアリティに関する Q1 に関して、要因 A–B 間の交互作用における多重比較の結果を述べる。まず、要因 A の各水準（a1–a3）における要因 B の主効果からは、乳児の見た目であれば人肌ゲルが適しており、赤ちゃん人形であれば人肌ゲルとフェルト布の差はなく、動物の外観をしていれば、ぬいぐるみか実際の小型犬

かにかかわらずフェルト布とフェイクファーの差はないことが示された。次に、要因 B の各水準 (b1-b3) における要因 A の主効果からは、素材がフェルト布のときには犬のぬいぐるみに対して最も高く評価されており、素材がフェイクファーのときには、赤ちゃん人形や乳児よりも、犬のぬいぐるみや小型犬に対して高く評価されており、素材が人肌ゲルのときには、犬のぬいぐるみや小型犬よりも、赤ちゃん人形や乳児に対して高く評価された。

触覚に対する気持ち悪さに関する Q2 に関して、要因 A-B 間の交互作用における多重比較の結果を述べる。まず、要因 A の各水準 (a1-a3) における要因 B の主効果からは、犬のぬいぐるみをイメージし人肌ゲルの表面に触れた際に値が高く、これは、小型犬をイメージした際にも同様であった。対して、フェルト布やフェイクファーに触れた際には、A 要因のそれらの水準における有意な差は見られなかった。次に、要因 B の各水準 (b1-b3) における要因 A の主効果からは、フェイクファーに触れた際に、赤ちゃん人形や乳児をイメージした場合に値が高く、その他の B 要因の水準における有意な差は見られなかった。

触覚に対する違和感に関する Q3 に関して、要因 A-B 間の交互作用における多重比較の結果を述べる。違和感に関しては、気持ち悪さに関する Q2 と似た傾向が見られた。まず、要因 A の各水準 (a1-a3) における要因 B の主効果からは、犬のぬいぐるみをイメージし人肌ゲルの表面に触れた際に値が高く、これは、小型犬をイメージした際にも同様であった。次に、要因 B の各水準 (b1-b3) における要因 A の主効果からは、フェイクファーに触れた際に、赤ちゃん人形や乳児をイメージした場合に高い値が示された。ただし、違和感に関しては、赤ちゃん人形をイメージし、フェルト布に触れた時に値が高く、乳児をイメージした場合においても高い値が示された。

触覚に対する生物感に関する Q4 に関して、要因 A-B 間の交互作用における多重比較の結果を述べる。まず、要因 A の各水準 (a1-a3) における要因 B の主効果からは、フェルト布に触れた場合に乳児より犬のぬいぐるみをイメージしたほうが高い値が示された。次に、要因 B の各水準 (b1-b3) における要因 A の主効果からは、犬のぬいぐるみをイメージしてフェルト布やフェイクファーに触れた時に値が高く、フェルト布とフェイクファーの間に有意な差は見られなかった。これは小型犬をイメージした場合も同様であった。

触覚に対する生命感に関する Q5 に関して、要因 A-B 間の交互作用における多重比較の結果を述べる。まず、要因 A の各水準 (a1-a3) における要因 B の主効果からは、フェイクファーに触れた場合、赤ちゃん人形や乳児をイメージする時より犬のぬいぐるみをイメージした時のほうが高い値が示され、乳児をイメージする

時より小型犬をイメージした時のほうが高い値が示された。次に、要因 B の各水準 (b1-b3) における要因 A の主効果からは、犬のぬいぐるみをイメージする場合には、フェルト布やフェイクファーに触れた時のほうが、人肌ゲルの場合より高い値が示され、小型犬をイメージするときも同様の結果であった。

4 考察

実験結果より、擬似的生理現象表現のリアルさ、違和感や気持ち悪さ、生物感や生命感について考察する。

まず、擬似的な生理現象表現のリアルさに関しては、イメージする対象と、触れたときの触覚が一致することが必要であると考えられる。例えば、人肌ゲルのような素材は、赤ちゃん人形や乳児の外観を持つ際にリアリティを高めることが示された。

一方で、フェルト布とフェイクファーの間では、小型犬をイメージした場合でもぬいぐるみをイメージした場合でも有意な差は見られなかった。この理由として、小型犬など人間の外観から遠ざかるほど外見の印象による影響が小さくなり、犬の外観でもぬいぐるみでも生理現象そのもののリアルさを感じた可能性も考えられる。これについては、今後、他の哺乳類や爬虫類、植物、機械や物などの人工物の外観を与えることで検証する必要がある。

次に、違和感や気持ち悪さについては、犬や犬のぬいぐるみなどの動物の外観を持つものに対して人肌のような触覚を与えた場合、また赤ちゃんや赤ちゃん人形に対して、布や毛のような触覚を与えた場合に、気持ち悪さや違和感を与えた。これは、イメージと触覚が大きく異なることから推測できる。

一方で、フェルト布やフェイクファーを表面素材とした場合には、提示イメージが小型犬であっても犬のぬいぐるみであっても、違和感や気持ち悪さに有意な差がみられなかった。このことから、ぬいぐるみロボットの外観をより本物の犬のような外観に近づけた場合においても気持ち悪さや違和感を感じさせにくいと考えることができる。

生物感や生命感についても、イメージ対象に対して、表面素材の質感が近い場合に、生物感や生命感を高める一方、外観や表面素材は生物感や生命感を低下させる要因となる可能性が明らかになった。このことから、生理現象を表現するロボットの生物感や生命感に表面素材が影響することが示唆された。本稿における検証では、ぬいぐるみをイメージした場合と小型犬をイメージした場合には、生物感や生命感に有意な差はみられなかったが、今後、本物の動物や人工的な外観を持つ機械や生理現象を持たないロボット等と比較することによって、擬似的な生理現象表現がぬいぐるみの生物感

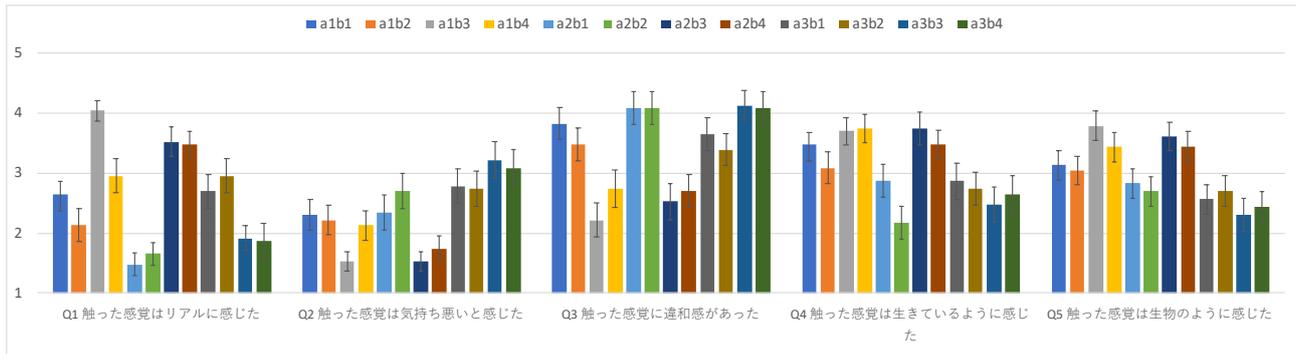


図 2: 条件毎の平均値と標準誤差

表 1: 分散分析結果と交互作用における多重比較

	Factor A		Factor B		Interaction A-B		Interaction (Multiple comparisons)
	F	p	F	p	F	p	
Q1	8.476	<.01	10.117	<.01	17.232	<.01	b1(a3-a2, a1-a2), b2(a3-a2, a3-a1), b3(a1-a3, a2-a3), b4(a2-a3, a1-a3), a1(b3-b2, b3-b1, b4-b2, a3-a4), a2(b3-b1, b3-b2, b4-b1, b4-b2), a3(b2-b4, b2-b3, b1-b4, b1-b3)
Q2	12.809	<.01	2.662	0.0551	3.986	<.01	b3(a3-a1, a3-a2), b4(a3-a2, a3-a1), a2(b2-b3, b2-b4, b1-b3)
Q3	8.853	<0.1	9.670	<.01	5.800	<.01	b3(a3-a1, a3-a2), b4(a3-a2, a3-a1), a1(b1-b3, b1-b4, b2-b3), a2(b2-b3, b2-b4, b1-b3, b1-b4)
Q4	8.593	<.01	4.873	<.01	3.779	<.01	b2(a1-a2), b3(a2-a3, a1-a3), b4(a1-a3, a2-a3), a2(b3-b2, b3-b1, b4-b2)
Q5	9.196	<.01	2.934	<.05	3.069	<.01	b3(a1-a3, a2-a3), b4(a1-a3, a2-a3), a1(b3-b2), a2(b3-b2, b3-b1, b4-b2)

や生命感を小型犬と同程度に高めているのか、あるいは、小型犬の外観であっても擬似的な生理現象表現によって、ぬいぐるみの外観を付与した場合と同程度の生物感や生命感になっているのか検証する必要がある。

5 おわりに

本稿では、呼吸・心拍・体温の生理現象表現機構を用いて、視覚的に遮蔽されたロボットの腹部に触れる際に異なる表面素材と視覚的イメージを提示することで、リアルさや違和感、気持ち悪さを評価した。

その結果、ロボットに擬似的な生理現象表現を付与する場合、ロボットの外観と表面素材は、生理現象のリアルさ、違和感や気持ち悪さ、生物感や生命感に影響を与えることが示唆された。

実験結果の考察から、提案手法の擬似的生理現象表現を付与したぬいぐるみロボットの外観をより本物の

犬のような外観に近づけた場合においても気持ち悪さや違和感を感じさせにくい可能性が考えられる。

また、小型犬など人間の外観から遠ざかるほど外見の印象による影響が小さくなり、犬の外観でもぬいぐるみでも生理現象そのもののリアルさを感じた可能性も考えられる。

今後、哺乳類・爬虫類など様々な種類の動物の外観や機械のような人工的な外観比較することにより、人間や様々な動物と比べて擬似的生理現象表現がどの程度のリアルさを持つか、生物感や生命感を表現するか検証する必要がある。

謝辞

本研究は科研費 15H01698 および特別研究員奨励費 17J00704 の助成を受け実施したものである。

参考文献

- [1] Masahiro Fujita. Digital creatures for future entertainment robotics. In *Robotics and Automation, 2000. Proceedings. ICRA '00. IEEE International Conference on*, Vol. 1, pp. 801–806. IEEE, 2000.
- [2] 藤崎亜由子, 倉田直美, 麻生武. 幼児はロボット犬をどう理解するか: 発話型ロボットと行動型ロボットの比較から. *発達心理学研究*, Vol. 18, No. 1, pp. 67–77, apr 2007.
- [3] 柴田崇徳. 人の心を癒すメンタルコミットロボット. *日本ロボット学会誌*, Vol. 17, No. 7, pp. 943–946, oct 1999.
- [4] 岡田美智男. <弱いロボット>の思考 わたし・身体・コミュニケーション. 講談社, 2017.
- [5] 坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩田紀博ほか. 遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性. *情報処理学会論文誌*, Vol. 48, No. 12, pp. 3729–3738, 2007.
- [6] Naoto Yoshida and Tomoko Yonezawa. Investigating breathing expression of a stuffed-toy robot based on body-emotion model. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction, HAI '16*, pp. 139–144, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [7] Naoto Yoshida and Tomoko Yonezawa. Physiological expression of robots enhancing users' emotion in direct and indirect communication. In *Proceedings of the 5th International Conference on Human Agent Interaction, HAI '17*, pp. 505–509, New York, NY, USA, 2017. ACM.
- [8] 森政弘. 不気味の谷. *Energy*, Vol. 7, No. 4, pp. 33–35, 1970.