

鳥型ロボットに対する餌やり体験による生命感の検討

中村 海翔¹ 秋吉 拓斗¹ 澤邊 太志¹

概要：本研究は、餌やり体験インタラクションを通して、ロボットの生命感向上に与える影響を調査することを目的とした。それに伴い、コウテイペンギンの餌やり体験行動を模倣するよう設計されたロボットを開発した。本研究にて開発したロボットは、3D プリンタで作成した嘴、可動する翼、そして安全な触れ合いを可能にする毛皮の外装を備えている。参加者は「餌やり体験前」と「餌やり体験」の2条件下でロボットと触れ合いを行い、その影響を評価した。その結果、餌やり体験インタラクションがロボットの生命感および心の知覚を高める可能性が示唆された。この結果は、餌やり体験インタラクションが人間とロボットのより深い結びつきを促進し、将来的により生命らしいロボットの設計に寄与する可能性を示唆している。

1. はじめに

ロボット工学の進展により、近年では単なる機械的な動作に留まらず、本物の生物のような存在感を持つロボットが注目されている。[1], [2], [3] 特に、感覚的な豊かさや生命感を持つロボットは、人間との自然なインタラクションを促進し、感情的なつながりを提供するパートナーとして、新しい形態の社会的関係を構築する可能性がある [4], [5]. 生命感および感情的なつながりを有するロボットは、高齢者ケアや教育、家庭内支援など、幅広い応用分野において重要性を増している [6].

これまでの研究では、外観や動作のリアリティを高めるための取り組みが多くなされてきた。例えば、生物の形態を模倣したデザインや、自然な動作を生成するアルゴリズムの開発が進展している [7], [8], [9]. 一方で、ライフサイクルや代謝機能に関連する生物が日常的にする行動に焦点を当てた研究は未だ少ないが、そのような生物的なプロセスを再現することでロボットの生命感を高める可能性がある。

これらの課題に対して、本研究ではコウテイペンギンをモデルとした餌やり体験行動を模倣するロボットを開発した。このロボットは、安全な触れ合いを可能とする毛皮、餌を得るために 3D プリンタで造形した嘴、および上下に稼働する翼を備えている。本研究では、生物の本質的な行動の 1 つである餌やり体験を再現し、人間が感じるロボットの生命感と心の知覚に対して、どのような影響を与えるかを探求する。



図 1 開発したペンギンロボット

2. システム概要

本研究では、図 1 に示すようなコウテイペンギンをモデルとした餌やり体験可能なロボットを開発した。本ロボットの骨格は金属フレームと 3D プリンタで作成され、マイクロコントローラユニットとサーボモータで可動部を構成している。具体的には、嘴は 3D プリンタで造形しており、サーボモータを使って開閉動作を行う。翼には糸が付いた金属フレームが埋め込まれており、体内のサーボモータにより糸を引くカム機構を応用した仕組みで翼を羽ばたかせる動作を可能としている。骨格の外側は毛皮で覆われており、ユーザは柔らかい触感を安全に楽しめる工夫が施されている。加えて、餌は 3D プリンタで造形した魚型のオブジェクトであり、嘴を介して体内に投与することが可能となっている。

¹ 奈良先端科学技術大学院大学

3. 予備実験

3.1 実験概要

これまでの研究により、実際の生物を模倣することがロボットのリアリティ向上に効果的であることが示されている。本研究では、生命サイクルにおいて重要な役割を果たす餌やり体験とその行動に焦点を当てた。本ロボットの餌やり体験機能は、現段階において実際の代謝機能を意味するものではないものの、ロボットの生命感に対する認識を高める可能性があると考えた。そのため、本研究では餌やり体験インタラクションがロボットの生命感向上に与える影響を予備的に検証した。

3.2 実験条件

本実験は参加者内実験として、2条件を設定した。

- (A) 餌やり体験前条件：参加者は手に餌を持った状態で、餌やり体験をせずにロボットとふれあう
- (B) 餌やり体験条件：参加者は手に餌を持った状態で、自由にロボットに餌を与えながらふれあう

両条件において、ロボットの動作タイミングは事前に設定し、どちらも同じ動作を行った。すべての参加者はセッション1で(A)餌やり体験前条件を体験し、その後セッション2で(B)餌やり体験条件を体験した。ロボットは45秒間動作するようプログラムされており、その動作には嘴の開閉や翼のランダムな羽ばたきが含まれている。最後の15秒では、嘴を大きく開いた後にゆっくり閉じ、翼を羽ばたかせることで喜びを表現するようにプログラムされている。

3.3 参加者

参加者は男性7名、女性1名の計8名の大学院生で、平均年齢は24.13歳（標準偏差0.83）であった。

3.4 実験環境

実験室は幅約2.0m、奥行き約3.0mのスペースで、机によって区切られていた。ロボットはペンギン型であるため、外で雪が降る音を環境音として再生した。

3.5 評価方法

過去の研究[10]を参考に、参加者はロボットに対する印象を測定する主観的なアンケートに回答した。質問には、ロボットが生き物のように感じられたか、心を持っているように感じられたかが含まれる。回答は7段階のリッカート尺度（1：全くそう思わない、7：非常にそう思う）で記録した。質問内容は以下の通りである。

Q1：ロボットが生き物のように感じられましたか？

Q2：ロボットに心があるように感じられましたか？

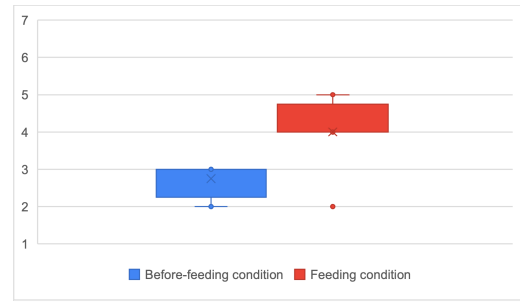


図2 Q1 生命感に関するアンケート結果

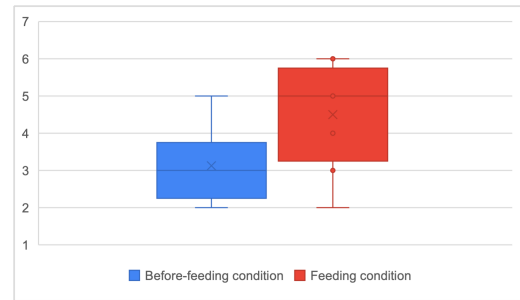


図3 Q2 心の知覚に関するアンケート結果

3.6 実験手順

予備実験前に、参加者に目的と手順を説明し、口頭で実験参加に対する同意を得た。その後、全員が実験室に入り、参加者はセッション1で餌やり体験前条件でロボットと触れ合いを行った。その後、アンケートに回答した。次に、セッション2で餌やり体験条件を体験し、再びロボットに対する印象を回答し、自由記述形式で実験全体に対する感想を記入した。

4. 結果

4.1 アンケート結果

図2に生命感に関する結果を、図3に心の知覚に関する結果を示す。

4.2 参加者の行動

参加者は触れ合いの中で、特に可動部に近い頭や、翼の部位を撫でる行動が見られた。また、ロボットを正面から覗き込んだり、周囲を歩き回りながら観察する様子も多く見られました。餌やり体験の際には、一部参加者が慎重に餌を嘴へと運び、ロボットが翼を羽ばたかせたり、嘴を素早く開閉することで喜んでいる反応を観察することで、笑みを溢している場面も見られた。

参加者の大半は、ペンギン型ロボットの動きが本物らしくかわいらしいと評価した。特に、餌を食べた後の嘴の動きや翼の羽ばたきが生命感を与えるとコメントした。また、撫でた際の手触りが柔らかい、嘴を閉じる音が心地よい、翼の動きがコミカルで面白いといった細部に対する肯定的な評価を得ることができた。

一方で、ある参加者はペンギン型ロボットの顔や嘴を含む頭部がロボットらしい印象を与えと言及した。特に嘴の形状や歪みに関する指摘が寄せられた。また、嘴と翼の動きが単調であり、他部位の動きがないことから、全体としてみるとどこちなく、動物らしさが減少しているとの意見も寄せられた。加えて、餌やり体験時に嘴の動きが翼の動きと細かく連動していれば、より生命感を感じられるのではないかという提案を受けた。他にも、ロボットの体温が再現されていない点、餌に対する反応がない点が生命感を損なっているとの意見も寄せられた。

5. 考察

本研究にて実施した予備実験により、開発したロボットにおける餌やり体験行動が参加者のロボットに対する生命感および心の知覚を向上させる可能性を示唆した。これまでの研究においては、ロボットの外観や行動に着目されることが多数であった。本研究は、生命活動において重要な役割を果たす食事および餌やりという活動に焦点を当て、その可能性を広げるものである。

さらに、今回のロボットは限られた動作のみを再現する設計であったため、動作の多様性が生命感に与える影響については十分に検討されていない。例えば、腹時の行動、特定の餌への反応、満腹時の振る舞いなど、餌やり体験に関連する多様な状況を取り入れることで、より豊かなインタラクションが可能になると考えられる。また、ロボットの温度感や匂いといった感覚的な要素を追加することで、さらなる生命感を実現できる可能性がある。

参加者のコメントにもあったように、動作のみならず、ロボットの外観が親しみやすさに影響を与えることを示唆している。本研究では、餌やり体験という活動に焦点を当てているが、できる限り参加者の認識を阻害するような要素は取り除くべきであると考えられる。例えば、顔の造形や嘴の形状、毛皮の質感など、外観の細部がロボットに対する印象を左右する重要な要素であると考えられる。特に、結果でも言及した通り参加者からは嘴の形状や動きがロボットらしさを感じさせるとの指摘があり、外観のデザインを改良することで、より生物らしい印象を与えることが可能になるだろう。

加えて、外観が与える視覚的な影響だけでなく、触覚や動作との一貫性も重要である。例えば、柔らかく温かい毛皮の触感が、動作や音声と調和することで、より統合的な生命感を生み出すと期待される。また、餌を受け取る動きが嘴や翼の動作と自然に連動していれば、参加者の没入感がさらに高まる可能性がある。今後の研究では、外観デザインと動作の一貫性を高めるだけでなく、参加者の多様な感覚や知覚の違いを考慮した改良を行う必要がある。

6. 結論

ロボットが餌やり体験という行動を模倣することにより、人間がロボットに対して抱く生命感や心の知覚に与える影響を実験的に調査した。その結果、餌やり体験によってロボットの生命感および心の知覚を向上させる可能性が示唆された。さらなる生命感向上には、ロボット・インタラクション設計に関して改良する必要がある。

謝辞

本研究は、経済産業省 AKATUKI プロジェクトによる助成を受けたものであり、小西康晴 PM に感謝申し上げます。また、設備の提供や日頃の助言等、加藤博一教授に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Melo, K., Horvat, T. and Ijspeert, A.: Animal robots in the African wilderness: Lessons learned and outlook for field robotics, *Science Robotics*, Vol. 8 (2023).
- [2] Bonnet, F., Mills, R., Szopek, M., Schönwetter-Fuchs, S., Halloy, J., Bogdan, S., Correia, L., Mondada, F. and Schmickl, T.: Robots mediating interactions between animals for interspecies collective behaviors, *Science Robotics*, Vol. 4 (2019).
- [3] Lellis, P. D., Cadolini, E., Croce, A., Yang, Y., Bernardo, M. and Porfiri, M.: Model-Based Feedback Control of Live Zebrafish Behavior via Interaction With a Robotic Replica, *IEEE Transactions on Robotics*, Vol. 36 (2020).
- [4] Park, S. and Whang, M.: Empathy in Human-Robot Interaction: Designing for Social Robots, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 19 (2022).
- [5] Urakami, J. and Sutthithatip, S.: Building a Collaborative Relationship between Human and Robot through Verbal and Non-Verbal Interaction, *Companion of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (2021).
- [6] Breazeal, C.: Emotion, social robots, and a new human-robot relationship, *Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference* (2022).
- [7] Yang, C., Chen, C., Wang, N., Ju, Z., Fu, J. and Wang, M.: Biologically Inspired Motion Modeling and Neural Control for Robot Learning From Demonstrations, *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, Vol. 11, pp. 281–291 (2019).
- [8] Connor, J., Joordens, M. and Champion, B. T.: Fish-inspired robotic algorithm: mimicking behaviour and communication of schooling fish, *Bioinspiration & Biomimetics*, Vol. 18 (2023).
- [9] Zamanian, A. and Voltzow, J.: Soft robots and soft bodies: biological insights into the structure and function of fluidic soft robots., *Bioinspiration & biomimetics* (2024).
- [10] Akiyoshi, T., Nieda, K., Takahama, Y., Takahashi, K., Nakamura, K. and Sawabe, T.: Egg-Laying Robot to Enhance Mind Perception of Children and Parents, *Companion of the 2024 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, p. 187–190 (2024).