

ロボットへの認識における「外見」の影響を テセウスの船パラドクスから考察する

Considering the effects of robots' "appearances" on the ways of perception of robot
by means of a ship of Theseus paradox

高橋舞羽 小松孝徳

Mau Takahashi and Takanori Komatsu

明治大学総合数理学部

School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University

Abstract: 著者らはテセウスの船パラドクスを用いてロボットへの認識を把握する先行研究を実施したが、その際、実験参加者に対して特定のロボットの画像は提示しなかった。そこで本研究では、5種類のロボット、スマートフォン、パソコン、人間の画像を提示したうえで先行研究を追試し、「ロボットは人間でもモノでもない存在として認識されている」という先行研究で得られた知見を、ロボットの外見という観点から再考することにした。

はじめに

Human-Robot Interaction や Human-Agent Interaction といった研究分野では、人間とロボットとの共存を目指した様々な研究活動が行われている。その中でも、人間がロボットをどのように認識しているのかを把握することは、人間とロボットの共存を実現する上で重要な課題である。トロッコ問題などのモラルジレンマ課題にロボットを登場させることで、ロボットに対する人間の認識を把握する調査 [1,2]は、その課題を解決するための研究手法として一つの好例であるといえる。さらに金丸ら[3]は、テセウスの船パラドクス[4]を基にしたシナリオにロボット、船、人間を登場させ、同一性の観点からロボットが人間にどのように認識されているのかを調査した。その結果、ロボットは、人でもなく船でもない曖昧な存在として認識されていることが示唆された。

しかしながらこの研究では、特定のロボットの画像を提示せずシナリオのみを参加者に提示したため、シナリオに登場するロボットのイメージが実験参加者間で統制されていなかったという問題があった。

そこで、本研究では、テセウスの船パラドクスを基にしたシナリオと共に具体的なロボット画像を対提示することで、ロボットの外見が、人間のロボットに対する認識にどのように影響するのかを調査することにした。具体的には、複数のロボット、スマートフォン、パソコン、人間を登場させた複数のシ

ナリオを用意することで、これら登場物への認識を網羅的に把握するための調査を行った。

調査方法

画像

本調査では、5種類のロボット、スマートフォンのアイコン、パソコンのアイコン、人間のシルエットと、計8種類の登場物を使用することとし、それらの画像を用意した。ロボット1を除く、ロボット2、ロボット3、ロボット4、ロボット5の画像は、実在するロボットを網羅してその特徴を数値化した ABOT データベース[5]より選択された。具体的には、ロボットの外見がどの程度人間と類似しているかを示す Human-Likeness Score (0~100点:0点は全く人間に似ていない見た目、100点は人間と同等の見た目)が、0から100まで均一に分布するように選択し、ロボット2の Human-Likeness Score は 25.76、ロボット3は 50.70、ロボット4は 66.43、ロボット5は 92.6であった。一方、ロボット1は家庭用のロボット掃除機として既に日常生活に普及しているルンバ¹の画像を使用した。

一方で、スマートフォン、パソコン、人間の見た目は本調査の対象ではないため、それらには抽象的な画像を用意した。具体的には、フリーアイコン

¹ <https://www.irobot-jp.com/roomba/>

配布サイトの ICOON MONO²よりスマートフォンとパソコンの画像を選択し，人間のシルエットは SILHOUETTE DESIGN³より選択した．実際に使用したロボット，スマートフォン，パソコン，人間のシルエットの 8 画像を図 1 に示す．



図 1：使用した 8 種類の画像

シナリオ

ロボット，スマートフォン，パソコン，人間が登場するシナリオとして，金丸ら[3]と同様にテセウスの船パラドクスをベースとした合計 8 種類のシナリオを用意した．本調査で提示したシナリオを以下に示す．

[それ/彼]は[CTR-605/チャールズ]と名付けられ，長い間[使用されてきた/生きてきた]。が，月日が経つにつれ，動かなくなるところが現れだした。そこはその都度，[新品と交換された/移植手術を施された]。そうして，見た目ではわからないが，[CTR-605/チャールズ]の[部品/身体]は徐々に置き換わっていた。

やがて全てがすっかり置き換わったある日，誰かが「これは本当に[CTR-605/チャールズ]なのか？」と言った。

なお，シナリオ中のカッコ内の語句は，人間のシルエット画像と共に提示したシナリオのみ，右側を用い，それ以外の画像と共に提示したシナリオでは全て左側を用いた。

設問

シナリオと画像を提示した後で，調査参加者には表 1 に示した 3 つの設問に回答してもらった．設問 1 は 7 段階のリッカートスケール（最高点 6 点，最低点 0 点），設問 2 は自由記述形式，設問 3 は 0 から 100 までの数値の回答を求めた．また，設問 1 から 3 までの全ての設問に答えてもらった後で，調査参加者自身の性別，年齢についての設問に回答してもらった．

表 1 質問項目

| | |
|------|---|
| 設問 1 | 全て置き換わっても[CTR-605/チャールズ]だと思う |
| 設問 2 | 設問 1 でそのように回答した理由をできるだけ詳しく入力してください |
| 設問 3 | 完全に機械の見た目を 0 点，完全に人間の見た目を 100 点とした場合，チャールズは何点に相当すると思いますか？ |

調査手順

本調査には 450 人（男性 284 人，女性 165 人，無回答 1 人；19～75 歳，平均年齢 46.7 歳）が参加した．調査参加者は Yahoo! Japan クラウドソーシングサービス⁴によって募集され，15 円分の PayPay ポイントが参加報酬として支払われた．

参加者は Google Form にて実装されたアンケートに回答する形式で本調査に参加した．参加者は 8 種類のシナリオのうち，いずれかの 1 種類のシナリオのみを経験するという参加者間計画であった．なお得られた回答のうち，重複して答えられていたもの，

² <https://icoon-mono.com/>

³ <https://kage-design.com/>

⁴ <https://crowdsourcing.yahoo.co.jp/>

設問をほとんど読んでいないと判断された 38 人分のデータが排除され、412 人分のデータを解析対象とした。具体的には、ロボット 1 シナリオに 48 人、ロボット 2 に 52 人、ロボット 3 に 57 人、ロボット 4 に 50 人、ロボット 5 に 53 人、スマートフォンシナリオに 46 人、パソコンに 54 人、人間シナリオに 52 人が配置された。

調査結果

設問 1 「全てが置き換わって終わっても」

設問 1 への回答の平均値を図 2 に示す。この数値が大きければ、登場物の全て部品が置き換わってもオリジナルのままだと認識していることになる。

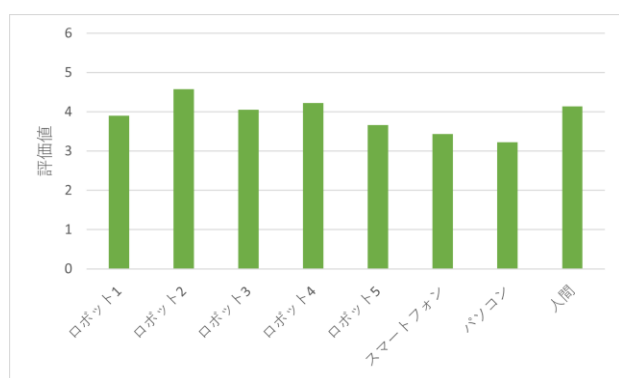


図 2：設問 1 の平均値

回答の平均値に対して一要因参加者間分散分析（独立変数：シナリオの種類、従属変数：回答の平均値）を行ったところ、群の効果は有意であった ($F(7,446) = 3.82, p < .01$)。そこで、HSD 法を用いた多重比較を行ったところ、ロボット 2 の値がスマートフォンおよびパソコンよりも有意に大きいこと、ロボット 4 の値がパソコンよりも有意に大きいことが明らかとなったが ($MSe = 2.6056, p < .05$)、5 種類のロボット間において、有意差は観察されなかった。

設問 3 「人間への類似度」

設問 3 への回答の平均値を図 3 に示す。この設問への回答を精査することで、ABOT データベースの Human-Likeness Score の数値と回答者へのロボットへの認識とかどの程度関連しているのかを確認することができる。

回答の平均値に対して一要因参加者間分散分析（独立変数：シナリオの種類、従属変数：回答の平均値）を行ったところ、群の効果は有意であった ($F(7,446) = 8.62, p < .01$)。HSD 法を用いた多重比較を行ったところ、ロボット 5 の数値が人間を除く他の全ての条件よりも有意に大きかったこと、人間

の数値がロボット 2、ロボット 5 を除く他の全ての条件よりも有意に大きかったことが明らかとなったが ($MSe = 1038.6056, p < .05$) が、設問 1 の分析結果と同じく、ロボット間での差異は見られなかった。

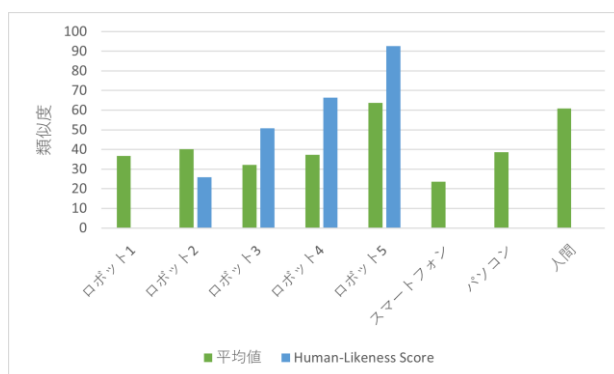


図 3：設問 3 の平均値（緑）と Human-likeness score（青）との比較

設問 2 への対応分析

設問 2 で得られた自由記述の回答に対して、対応分析を行った。対応分析とは、行要素を自由記述からの抽出語、列要素を外部変数（8 種類の登場物）としたクロス集計表を作成し、この行と列の関係を視覚的に表現したものである。つまり、自由記述欄に似たような記述がされている外部変数同士は使用されている抽出語と共に同じような位置に配置され、異なる記述がされている外部変数同士は離れた位置に配置されるため、外部変数同士の関係性およびどのような単語が使われているのかを把握することができる。

対応分析のパラメータは以下のように設定された：語の検索条件として最小出現数を 2、最小文書数を 1、最大出現数、最大文書数はいずれも未定、名詞 B、動詞 B、形容詞 B、副詞 B、否定助動詞、非自立の形容詞を除外、分析する語は上位 100 語まで。なお、KH Coder を用いた対応分析の結果は、抽出語のうち頻度の高い単語は水色の円が大きく描画される。

設問 2 の自由記述に対する対応分析の結果を図 4 に示す。この図より、8 種類の外部変数（登場物）が大きく分けて三か所に配置されていることが理解できる。具体的には、ロボット 4 を除く 4 種類のロボットは第三象限に（以下、ロボット群）、ロボット 4 およびスマートフォンとパソコンは第二象限に（モノ群）、そして人間は第一象限に配置されていた。またこの図より、ロボット群の周辺には「プログラム」「改良」「データ」といった単語が配置され、モノ群の周辺には「名称」「愛着」、また人間の周辺に

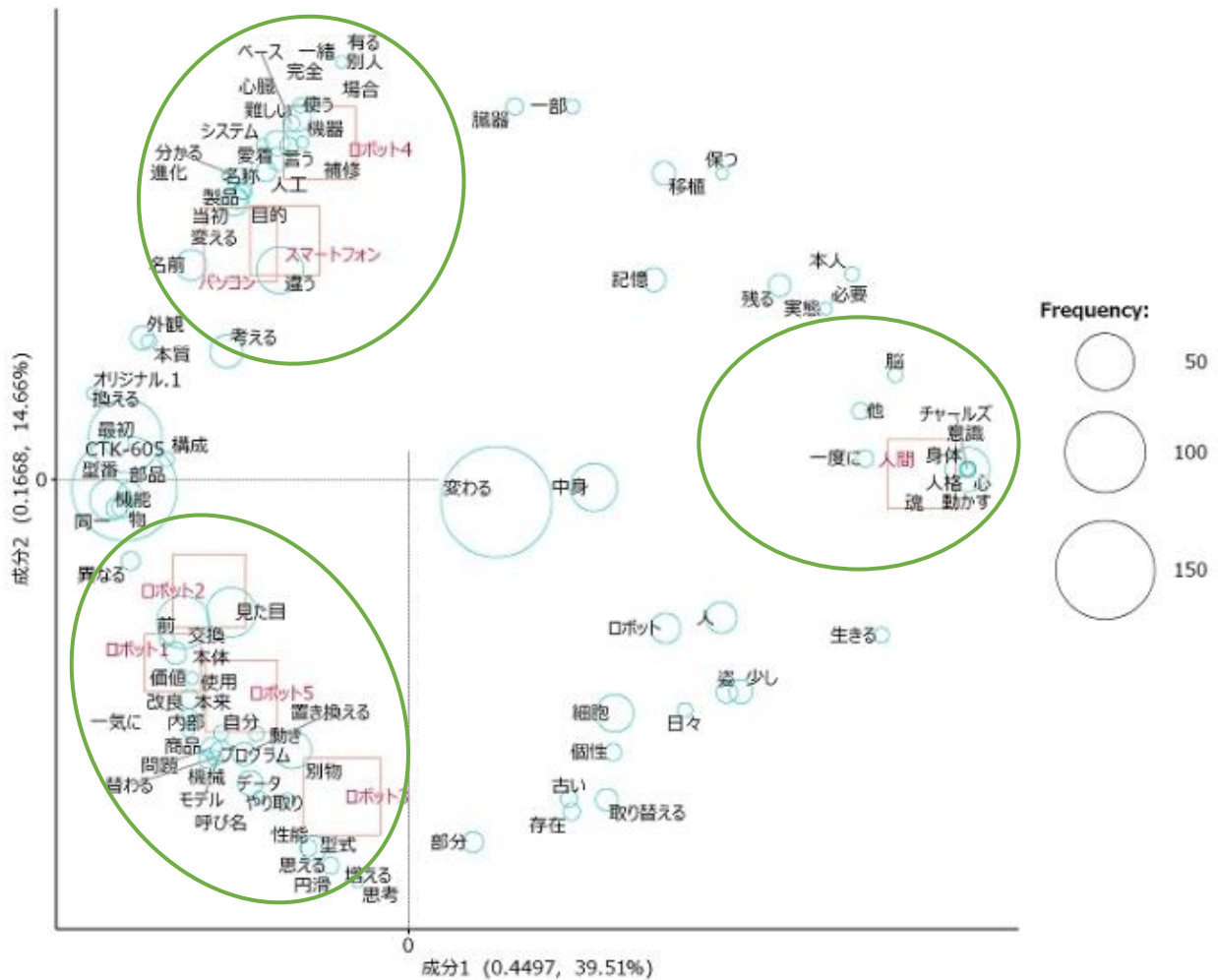


図4：設問2に対する対応分析

は「人格」「身体」「意識」といった単語が配置されていたことも明らかとなった。

さらに、ロボット群，モノ群，人間の3グループの方向に属さなかった単語を見てみると，モノ群—人間の間では，「臓器」「移植」「脳」など人間に固有の単語が，人間—ロボット群の間では人間に固有の単語である「細胞」に加え，「姿」「個性」「存在」など，ロボットにも人間にも適用される単語が，さらにロボット群—モノ群の間では，「型番」「部品」「機能」など機械の特徴とも言える単語が配置されていることも理解できた。

設問2への共起ネットワーク

設問2で得られた自由記述の回答から，共起ネットワークを作成した(図5)．KH Coderを用いた共起ネットワーク図では，中心性の高い単語が青色，低い単語が黄色の円で描画される．図中の線の太さ

は共起関係の強さを示し，円の大きさは語の出現頻度を表す．共起ネットワークのパラメータは以下のように設定された：語の検索条件として最小出現数を2，最小文書数を1，最大出現数，最大文書数はいずれも未定，名詞B，動詞B，形容詞B，副詞B，否定助動詞，非自立の形容詞を除外，共起の程度を計る指標としてJaccard係数を使用，語と外部変数の共起関係線の本数は60本まで．赤い四角で表示されている外部変数は，対応分析と同じ8種類の登場物である．

図5に示すように，共起関係の強さに関しては差異があまり見られなかったが，多くの条件で「全て」「思う」「変わる」「部品」「CTK-605」の語が共有されていることが読み取れた．シナリオに提示した単語である「部品」は，人間を除く全ての外部変数と共起関係が現れ，「CTK-605」は人間，ロボット2を除く外部変数と共起関係が現れた．同様に，人間シナリオに固有の「チャールズ」は，人間と強い共起

関係が観察された。「中身」は人間，ロボット1，スマートフォンに共起関係が現れ，人間，ロボット群，モノ群にまたがって記述された語であることが読み取れた。

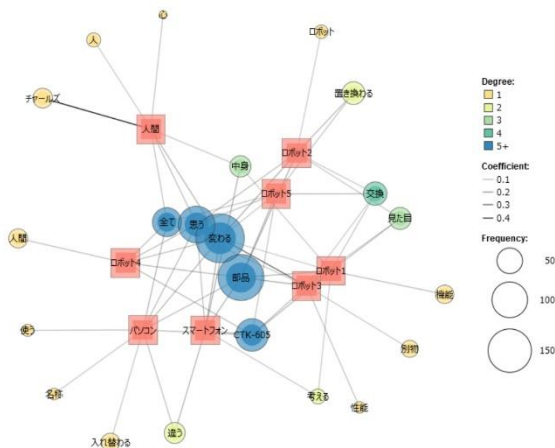


図5：設問2の共起ネットワーク図

考察

5種類のロボット間に見られた差異

設問1と設問3の数値分析では，ロボット間に差異が見られなかったが，設問2で得られた自由記述の回答と各条件とで対応分析を行うと，ロボット群の中でロボット4だけが特異的であることが確認された。具体的には，自由記述においてロボット4はパソコンやスマートフォンに見られる特徴を持つことが示された。ロボット4は，**Human-Likeness Score**こそ高い値を示すが，外見の特徴として，色が黒く，機械的な身体を持っていたり，部品がむき出しになっていたりする。本調査では，外見以外の情報が提示されていないため，それらの外見的特徴から，ロボット4のシナリオの回答者は，ロボット4に対してモノのような印象を持ったのだと考えられた。

ロボットの外見の影響

対応分析では，ロボット4を除いたロボット，すなわちロボット1，2，3，および5が「ロボット群」として第三象限に配置されていた。このことから，ロボット群としてグループ化された4つのロボットは，ロボットに対する人間の捉え方において，似た特徴を持つと考えられた。設問3の数値分析では，ロボット5と他のロボットとの間で有意差が見られたものの，その差は**Human-Likeness Score**の差に比べると顕著ではなかったと考えられた。以上のことから，ロボットの見た目は，人間のロボットに対する認識にあまり影響しないと考えられ，見た目に関

わらず，人間はロボットを人間でもモノでもない「ロボット」という存在として認識しているのだと考えられる。

ロボットという存在に対する認識

対応分析においてロボット群，モノ群，人間が三角形の頂点を描くように描画された結果から，ほとんどのロボットは人間でもモノでもないものとして考えられている，ということを明確に示していると著者は考えている。このことは，先行研究[3]で得られた，「ロボットは人間でも船でもない存在である」という知見を，より強固にしていると推測できる。

図4に表示された抽出語をさらに精査すると，モノ群一人間の間に配置されていた「記憶」という単語は，「記憶を保持していればそのものだと思う」といった文脈で多く使われていた。ロボット群では，「記憶」は特徴的な単語として使用されてはなかったが，ロボット群に特徴的な単語として使用されていた「データ」は記憶と近い意味を持ち，「データに影響があるかないかが重要である」という記述として使用されていた。よって，ロボット群に特徴的な「データ」を，モノ群および人間の回答に特徴的な「記憶」と考えてもいいと言える。記憶装置を持つスマートフォンやパソコンをモノとして扱ったためだと考えられるが，以上のことから，記憶は，人間，ロボット，モノの同一性を考えたときに，いずれの条件でも共有される概念であると推測され，そのうえで，「データ」という単語が特徴的であったロボット群は，機械的な存在として考えられている可能性がある。

一方で，人間—ロボット群に共通した単語である「個性」は，「個性が変わらない」「個性が維持されていれば，同一物」などの文脈で見られ，人間に特徴的である「人格」と同じように考えられていることがわかった。したがって，ロボットはあたかも人間であるかのように認識されているという側面もあると示唆された。しかしながら，同じく人間—ロボット群に共通した単語である「細胞」に注目すると，「人間の細胞だって入れ替わる」など人間に置き換えて考えている文章が多く見られた。これは，ロボットを人間と置き換えて考えることは可能だが，置き換えることが出来るために，ロボットは人間とは別の存在であるという認識のもとで書かれた文章だと推測され，このことから，ロボットは人間のように扱われることがありながらも，人間ではない存在であるというある種のアンビバレンツな認識を持たれていたと考えられる。

ロボット群と同じように，人間に置き換えて考えたとされる回答は，スマートフォンとパソコンの回

答にも見られた。具体的には、「移植」ないし「臓器移植」を例に挙げた回答がそれに該当する。ロボットにしる、モノにしる、人間に置き換えて考えているという点では同じだが、細胞の新陳代謝と移植とでは、行為の主体も頻度も異なる。日常的に行われている現象としての細胞の新陳代謝のほうが、臓器を手術によって交換する移植よりも身近な現象であることは明らかである。それならば、モノを人間に置き換えることよりも、ロボットを人間に置き換えることのほうが自然であり、考えやすいのだと推測され、人間という存在を軸とすることで、モノとロボットに対する認識の差を現すことができたと考えられる。

総務省の行った調査によると、2019年におけるスマートフォンの世帯における保有割合は83.4%、パソコンの保有割合は69.1%といずれも高い割合を示しており[6]、多くの人々が、人間生活を送るにあたってそれらの保有が当たり前となってきている。スマートフォンやパソコンに及ばずとも、既に「掃除ロボット」として普及しているルンバが、ロボットとして認識されていることは、今後の人間生活におけるロボットのさらなる普及を示唆しているのではないだろうか。

おわりに

本研究では、ロボットの見た目が人間のロボットに対する認識にどの程度影響するのか把握するために、5種類のロボットと、既に普及しているモノとしてのスマートフォンとパソコン、そして人間の画像をとテセウスの船パラドクスを対提示することで、これらの登場物をどのように認識しているのかを把握する調査を行った。数値分析の結果からは、ロボット間での差異は見られず、人間、モノと比べても明確な違いは見られなかったが、対応分析の結果からは、ロボット、人間、モノの三者間での違いが明確に現れ、ロボットは外見に関わらず、モノでも人間でもないという、第三の存在としてのロボットだと認識されていることが明らかとなった。

一方で、本調査において機械らしい外見のロボット4がスマートフォンやパソコンと同じように認識されていたことは注目に値する。ロボットはモノと区別される存在であるが、モノとして扱われるロボットに **Human-Likeness Score** は関係ないのではないだろうか。今後の展望として、モノとして扱われやすいロボットは、どのような理由でそう扱われるのかを外見的特徴、あるいは別の観点から明らかにしたい。

参考文献

- [1] 田畑緩乃・小松孝徳(2017). ロボットとは何者なのかを考えるための日常的モラルジレンマ課題の提案 (HAI シンポジウム 2017), D-1.
- [2] Malle, B. F., Scheutz, M., Forlizzi, J. & Voiklis, J. (2016). Which Robot Am I Thinking About? The Impact Of The Action and Appearance on People's Evaluations of a Moral Robot, In Proceedings of 11th ACM/IEEE International Conference on Human-robot Interaction (HRI2016), pp. 125-132.
- [3] 金丸玲央・小松孝徳(2020). テセウスの船パラドクスにみられる同一性問題とロボットの関係 (HAI シンポジウム 2020), G-18.
- [4] ジュリアン・バジーニ『100の思考実験：あなたはどこまで考えられるか』(向井和美訳), pp. 60-63, 2012
- [5] Phillips, E., Zhao, X., Ullman, D., & Malle, B. F. (2018). What is human-like?: Decomposing robot human-like appearance using the Anthropomorphic roBOT (ABOT) Database. In Proceedings of 13rd ACM/IEEE International Conference on Human-robot Interaction (HRI2018), pp. 105 - 113.
- [6] 総務省：“総務省 | 令和 2 年版 情報通信白書 | 情報通信機器の保有状況”，
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd252110.html> (参照：2021-1-14)