

ロボットの外観制作によるユーザ嗜好の抽出と分類

Extraction and classification of user preferences based on robot appearance design

加藤 雄大^{1*} 御手洗 彰¹ 棟方 渚¹

¹ 京都産業大学

¹ Kyoto Sangyo University

Abstract: 身の回りの物を購入する際、人はその機能だけではなく、外観のデザインも含めて検討して選ぶ。家庭用ロボットが普及した場合も同様に、ロボットの外観は機能を含めて大きな影響を持つと考えられる。そこで本研究ではロボットの外観を制作するシステムを構築し、実験参加者に外観を制作させ、その理由や判断について分析し、ユーザ嗜好の抽出と分類を行った。その結果、実験参加者の嗜好として、人間的/機械的なロボットを求める群に分けられた。

1 はじめに

現在、日常生活においてヒューマノイドロボットが利用されている機会が増えている。日本における事例では、Softbank 社の Papper[1] が多くの企業の接客業務に導入されているなど、我々の日常に身近な存在となりつつある。そして、近い将来では、ヒューマノイドロボットの新たな利用の場面として、家庭内での利用が検討されつつある。家庭内で普及した場合、公共の空間や企業で利用されるものとは異なり、より個人に即した外観や振る舞いであることが求められる。またそれと同時に、個人とより近い距離で生活を共にする家庭用ロボットには、それらの要因が寄与する親しみやすさが求められる。

これまでの先行研究において、人-ロボット間における円滑なコミュニケーションを実現するため、ロボットの身体動作 [2] や外観 [3]、発話・フィラ [4] などロボットが持つコミュニケーション要素が人-ロボット間インタラクションにどのように影響するか調査されてきた。本研究では、ロボットの外観に着目した調査を行う。ロボットの外観はユーザが抱く印象に大きな影響を与え、ロボットの外観とユーザが期待する機能・振る舞いが一致していないと、ユーザにマイナスの印象を与える（適応ギャップが生じる [5]）ため、ユーザの嗜好に即した設計が必要である。一方で、ユーザがロボットの外観に対してどのような嗜好を持つのかは明らかになっていない。その一つの要因として、これまでユーザによって評価されてきたロボットの外観はロボット開発者やデザイナーによって設計されたものであり、ユーザの嗜好が反映されていないことが挙げられる。これは、

ユーザー一人一人の嗜好に即したロボットを設計することはロボットの制作コストの観点から困難であることが考えられる。

そこで、本研究では、ユーザの嗜好とロボットの外観にどのような傾向があるかを調査する。具体的には、ユーザが容易に操作可能なロボット外観システムを開発し、ユーザの嗜好を反映したロボットの外観を作成してもらい、作成したロボットの外観の傾向、またそのロボットに対する印象の抽出を試みる。

2 関連研究

人-ロボット間インタラクションにおいてロボットの外見がどのような影響を与えるかについて、これまで様々なアプローチで調査されてきた。神田ら [3] は、被験者とのインタラクション対象をロボット 2 種と人間の 3 条件に設定し、それぞれの外観が被験者の印象にどのような影響を与えるか調査し、丸みをおびた形状や白色であることなどロボットのデザインが好印象を与える可能性があることを示した。高齢者を対象とした買い物支援ロボットにおいて、ロボットの外観がヒューマノイドロボットであることが、発話の促進や「一緒にいる」という気持ちを高める効果があることが報告されている [6]。また、ロボットの外観設計として、大きな命題として挙げられる事柄の一つが適応ギャップである [5]。適応ギャップとは、人間がロボットの外観に対してインタラクション前にモデル化した振る舞いと、実際のロボットとのインタラクション後で理解される振る舞いとの違いである。そのため、実際の機能より低くモデル化されたロボットの外観を設計することが、ユーザのロボットに対する印象を良くする「正

*連絡先：京都産業大学院大学 先端情報学研究所
E-mail: i2086051@cc.kyoto-su.ac.jp

の適応ギャップ」であるとされている。正の適応ギャップ状態を作り出すためのアプローチとして、上出ら [7] は、ロボットが従事するタスク（ユーザ補助，教育，エンタテインメント，医療，案内）に応じて適したロボットの外観をユーザに制作させることで，各タスクに適した外観の制作を試みた

一方で，これらの研究ではユーザが抱くロボットの外見への印象の傾向について明らかにしているが，個人が所有するものではなく公的な存在であるロボットを対象としている。本研究では，個人が家庭に導入するロボットを想定して，ユーザにロボットの外観を制作してもらい，ここで，先行研究 [7] と異なるのは，個人の所有物として制作するロボットであればユーザの嗜好が反映される点である。本研究では，自身で所有するロボットとして考える場合にユーザの嗜好がロボットの外観形成やその印象に大きな影響を与えるのではないかと仮説立てる。そのため，本研究では自身が所有することを考えてユーザに外観の制作をしてもらい，制作されたロボットに対する印象からユーザの嗜好を抽出することを目的とする。

3 ロボットの外観制作システム

本研究において，実験に用いたロボット外観制作システムについて述べる。本ロボット外観制作システム (Dearobot) は，ロボットの外観を制作経験のないユーザによって制作されることを目的にしたシステムである¹。そのため，実際のロボット制作に用いられる 3DCAD といった高度な 3D モデリングツールとは異なり，2次元的に外観を制作するシステムとなっている。

本システムは，ブラウザ上で操作することが可能な Web アプリケーションであり，図 1 がそのシステムのトップ画面である。Design System は Google LLC の Material Design [8] を採用しており，操作系は Material Design Components，描写に p5.js を用いて作成した。これは，ロボット外観制作の初学者が短時間で操作に慣れるため，広く普及している且つ日常的に利用されている Design System を採用している。また，ユーザが使用するパーソナルコンピュータの画面サイズに依存しないようにレスポンシブデザインを採用しており，それぞれのロボットの構成パーツの編集はタブによる切り替えにより編集が可能となっている。

ロボットの作成時に編集できる構成要素は，顔・目・口・体の 4 要素である。この 4 つに絞った理由としては，多くの既存のヒューマノイドロボットに共通して存在するパーツであったためである。ロボットのそれぞれのパーツはプリセットを選択することで組み合

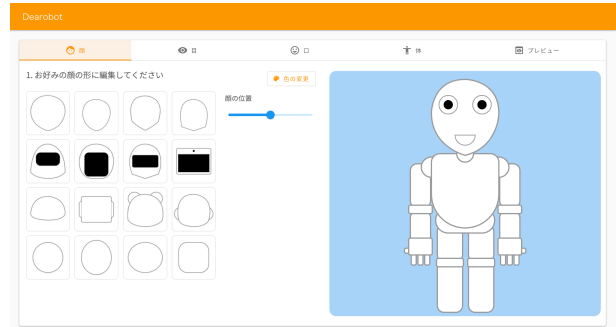


図 1: ロボットの外観制作システム: Dearobot

わせを変更でき，ロボットの外観制作が行えるといった仕様となっている。プリセットの数はそれぞれ顔が 16 個，目が 15 個，口が 9 個，体が 5 個である。また，構成要素ごとに色や体を起点とした位置，大きさのパラメータ調節を行うことが可能である。

4 実験

4.1 実験内容

本実験は，ロボット外観制作システム Dearobot を用いて実験参加者にロボット外観制作を行ってもらい，その後アンケート回答してもらおうという手順で行われた。ロボットの制作時間には個人差があると判断し，時間の指定は行わなかった。まずユーザには，事前説明として Dearobot に関する簡単な操作の説明と「制作するロボットは自身が将来的に家庭内に導入する場合のケースにおいて自身が好むものである」という旨を伝えた。その後，ロボットの制作が終了したのち，作成したロボットを画像形式でロボットの各パラメータを提出してもらった。

4.2 実験環境

本実験では，すべてオンライン形式の実験となっている。そのため，通信環境の調った環境にて，パーソナルコンピュータを音声通話ソフトで繋ぎながらの実験となった。また，説明後の制作作業中は音声通話が作業のノイズとならないよう，作業時のみ切断または音声無効化（ミュート機能）を行なった。本システムは Web アプリであるため，被験者にはそれぞれのパーソナルコンピュータにインストールされているブラウザを使用して作業を行なってもらった。

¹システムへのリンクを記す。
<https://dearobot-e6b85.web.app>

4.3 アンケート

参加者へのアンケートとして、参加者が制作したロボットに対し、SD法による印象評価を行なった。印象評価の各項目は神田らの先行研究 [9] にて使用された 28 つの形容詞対を用いた。尺度は 7 段階 (非常に・かなり・やや・どちらでもない・やや・かなり・非常に) である。本アンケートは、ユーザが制作したロボットの外観特徴と同じく、ユーザの嗜好を印象評価という観点から調査することを目的としている。

4.4 参加者

参加者は 19 歳から 24 歳までの 13 名 (男性 12 名 女性 1 名) である。参加者はロボットの外観制作経験のない者を対象として実験を行なった。

4.5 実験結果

それぞれの実験参加者が制作したロボットに対する外観の印象評価が得られた。その SD 法の 7 段階の評定をポジティブな項目が最大値になるよう 3 から -3 まで数値化し、それぞれの項目の平均と標準偏差を求めた。その中でも「人間的な/機械的な」が、最も標準偏差の値の大きいことや平均値が 0 に近いことから、「人間的な/機械的な」を軸として分類することが可能であると考え、以下では「人間的な/機械的な」にポジティブな群とネガティブな群を対象に比較を行った。

まず、「人間的な/機械的な」に対してポジティブな群 (3~1) の群とネガティブな群 (-1~-3) までの群に分けられ、それ以外のどちらでもない (0) と回答した 2 名は比較データとして除外した。それぞれの形容詞対との有意差を測るために、中央値検定を用いた。その結果を表 1 に示す。各形容詞対ごとの平均値では、人間的な印象を好む群は「やさしい」「親しみやすい」といったロボットに対して親和性を表す項目に高い値が示された。2 群ともに共通して高い値が示されたのは「安全な」であった。標準偏差においては、2 群ともに「複雑な/単純な」に高い値が示されたことから値にばらつきが生じていることが確認された。さらに、中央値検定の値を確認すると、大きく有意性が示された項目はなかったものの、「うちとけた/かたくるしい」において優位傾向が示された。

人間的な印象を好む群から親和性を表す項目に高い値が示されたことから、2 群の間でと神田らの先行研究 [9] において、これらの項目を 4 つの因子に分類した項目 (「親近性」「愉快性」「活動性」「性能評価性」) について更なる分析を行なった。その結果が以下の表 2 である。各因子ごとの平均と標準偏差には有意な値が示

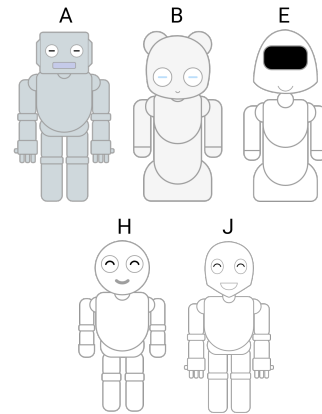


図 2: 人間的な印象を好む参加者のロボット

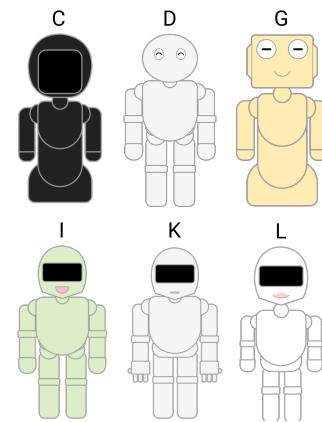


図 3: 機械的な印象を好む参加者のロボット

されなかったが、「親近性」因子の平均値にて有意傾向が示された。

さらに、有意傾向が確認された「親近性」因子のそれぞれの項目ごとの値を比較すると平均値の差が「親しみやすい/親しみにくい」「暖かい/冷たい」「うちとけた/かたくるしい」の 3 項目において大きな差がみられた。よって、この 3 項目が特に「親近性」因子の有意傾向に寄与していると考えられる。

また、図 2・3・4 は参加者が制作したロボットの外観をそれぞれ人間的な印象を好む群と機械的な印象を好む群、またどちらでもない群に分類したものである。それぞれ参加者をアルファベット順に A から M でラベル付けを行った。外観特徴をそれらの群で比較した場合に、選択されたパーツやパーツごとのパラメータ、配色に有意な傾向は確認されなかった。

表 1: 2 群間の印象の平均, 標準偏差と中央値検定

形容詞対	人間的な		機械的な		中央値検定	形容詞対	人間的な		機械的な		中央値検定
	平均	S.D.	平均	S.D.			平均	S.D.	平均	S.D.	
やさしい/こわい	2.40	0.89	1.50	1.05	<i>n.s.</i>	愉快な/不愉快な	0.80	0.45	-0.17	1.17	<i>n.s.</i>
感じのよい/感じのわるい	1.80	1.10	1.67	0.82	<i>n.s.</i>	好きな/嫌いな	1.80	0.84	1.17	1.17	<i>n.s.</i>
親しみやすい/親しみにくい	2.60	0.89	1.50	1.22	<i>n.s.</i>	興味深い/退屈な	2.20	0.84	1.17	1.47	<i>n.s.</i>
安全な/危険な	2.60	0.55	2.00	0.89	<i>n.s.</i>	良い/悪い	1.60	1.67	1.67	1.51	<i>n.s.</i>
暖かい/冷たい	1.80	1.30	0.67	1.37	<i>n.s.</i>	複雑な/単純な	-0.20	2.17	0.33	1.97	<i>n.s.</i>
かわいらしい/憎らしい	1.00	1.22	0.33	1.37	<i>n.s.</i>	速い/遅い	1.20	1.30	0.67	1.21	<i>n.s.</i>
うちとけた/かたくなるしい	2.00	1.22	0.83	1.33	† <i>p</i> < 0.1	すばやい/のろい	1.00	1.22	1.00	0.89	<i>n.s.</i>
わかりやすい/わかりにくい	0.40	1.95	0.83	1.17	<i>n.s.</i>	はげしい/おだやかな	-2.20	0.45	-1.00	1.26	<i>n.s.</i>
近づきやすい/近づきたくない	2.00	0.71	1.50	0.55	<i>n.s.</i>	積極的な/消極的な	0.20	0.45	0.00	1.10	<i>n.s.</i>
明るい/暗い	1.00	1.22	0.67	1.75	<i>n.s.</i>	強気な/弱気な	-0.40	1.14	-0.17	0.41	<i>n.s.</i>
思いやりのある/わがままな	1.60	1.34	1.83	1.17	<i>n.s.</i>	派手な/地味な	-0.80	1.64	-1.00	0.89	<i>n.s.</i>
人間的な/機械的な	2.00	0.71	-2.00	0.89	** <i>p</i> < 0.01	陽気な/陰気な	0.20	1.64	0.50	1.52	<i>n.s.</i>
充実した/空虚な	2.20	0.84	0.50	1.64	<i>n.s.</i>	敏感な/鈍感な	0.40	1.52	1.00	0.89	<i>n.s.</i>
面白い/つまらない	1.40	0.55	0.00	1.10	<i>n.s.</i>	賢い/愚かな	2.00	1.73	1.83	1.17	<i>n.s.</i>

表 2: 2 群間の 4 因子の平均, 標準偏差と中央値検定

4 因子	人間的な		機械的な		中央値検定
	平均	S.D.	平均	S.D.	
親近性	1.75	0.36	1.21	0.64	† <i>p</i> < 0.1
愉快性	1.56	0.67	0.77	0.97	<i>n.s.</i>
活動性	-0.05	0.48	0.13	0.18	<i>n.s.</i>
性能評価性	1.20	1.57	1.42	0.58	<i>n.s.</i>

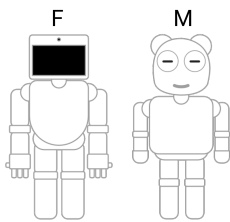


図 4: 「人間的な/機械的な」のどちらでもない参加者のロボット

5 考察

5.1 印象評価による嗜好の抽出

実験結果より, 自身が制作したロボットの外観に対する印象評価のうち, 「人間的な/機械的な」に肯定的な群と否定的な群に分けた場合, 「うちとけた/かたくなるしい」と「親近性」因子に有意傾向が示された。これは, ロボットに対して人間のような親しみや距離感を求めているユーザと物として一定の距離感を保ちたいというユーザに二分されていることを示している。さらに, 「親近性」因子の有意傾向に寄与しているとされる 3 つの形容詞対である「親しみやすい」「暖かい」「うちとけた」はいずれも親近性の高い親しみやすい距離感のロボットが求められていることが理解される。

また, 2 群に共通して平均値が高い値が示された「安

全」においては, どちらの印象のロボットであったとしても高い安全性が求められていることが分かる。機械的なロボットに安全性が求められることは自明であるが, 人間的なロボットにおいてもより強い安全性が求められることは, 今後家庭内に導入される上で理解されなければならない。

最後に, 2 群に共通して標準偏差からばらつきが確認された「複雑な/単純な」は, さらに 2 群の分類を細分化する際に軸となるキーワードであると考察される。例えば, 人間的でかつ単純なロボットであれば, 親しみややさしさといった親近感を伴うが完璧なコミュニケーションが求められていないペットロボットのような存在であるのかもしれないといったことである。このように今回得られた結果からは, 大きな括りでの嗜好の抽出に留まっているが, 今後更に細分化することや外見だけではなく振る舞いを考慮することでより個人にあった嗜好を抽出できるのではないかと考える。

5.2 外観特徴による嗜好の抽出

人間的なロボットを好む群と機械的なロボットを好む群とで, 外観特徴に有意な差が確認されなかった。この結果は, 個人のロボットに対する嗜好がより複雑で且つ多様であることを示している。これは, 個人がロボットの外観に対する印象付けとして, ロボットを見たり触れたりすることで得た経験によるものであり, 個人によって異なると考えられる。

一方で, 統計的な差こそみられなかったが, ユーザ自身が作成したロボットの外観からは, 機械的なロボットを好む群にディスプレイが搭載された顔が多く確認された。これは起動時と終了時のオンとオフの状態遷移がディスプレイで表現されるため, ロボットとして一定の距離感を保つための住み分けがなされているの

ではないかと考える。また、人間的なロボットを好む群には目や口といった構成パーツを含むものが多くみられ、動物のような耳が生えたキャラクター性の高いBのようなロボットも確認された。どちらでもない群の参加者は、そもそもの「人間的な/機械的な」という尺度では測れないこと、本システムが2Dであったためロボットのイメージが湧きずらかった可能性が挙げられる。具体的には、Fの参加者はディスプレイを採用した理由として、「ソフトウェアごとの違いによってロボットの振る舞いを変化させたい」と述べている。つまり、参加者Fにとって状況やロボットの提供するサービスに応じて、人間的に振る舞ったり機械的に振る舞ったりというロボットが求められていたため、どちらでもないという回答に至ったのではないかと考えられる。

以上のことより、今回の実験で作成されたロボットの外観に傾向があることを統計的に示すことは出来なかったが、ロボットの外観に関するユーザの嗜好は多岐にわたることが分かった。特に、動物のような人間の形状と異なったロボットの形状を好むユーザ(B)や状況に応じて振る舞いに変化するような特徴的なロボットを好むユーザ(F)がいることが分かった。このことから、それらの嗜好を抽出するためには、その複雑さに即した多角的な視点からの分析を要する。その一例として、対人コミュニケーションにおける不安傾向が強い人は機械的なロボットを選好している[10]などが本研究では調査されていない観点での調査などが挙げられる。

6 おわり

本研究では、参加者がロボットの外観制作を行い、得られた印象評価や外観に対して嗜好の抽出を行った。その結果、印象評価においては、人間的なロボットを求める群と機械的なロボットを求める群に分類されることを示した。また、外観特徴によるユーザの嗜好としては、有意な傾向は見られず、ユーザの嗜好は多岐にわたることが分かった。そのため、ユーザの嗜好を抽出し分類するためには多角的な分析を要することが考えられる。今回の実験は、外観のみの印象に焦点を当てているが、ロボットの印象には振る舞いによる影響が大きい。よって展望として、その外観に伴った振る舞いの設定をユーザ自身が行うことで、より個人に即した嗜好の抽出が行えるのではないかと考える。

将来的に、家庭内にロボットを導入する際に、個人で外観や振る舞いをカスタマイズし、個人の嗜好ごとに合ったロボットが導入されることで、人とロボットのより良い関係性が導き出せるのではないかと考える。

謝辞

本実験の実施にあたり、ご協力いただきました参加者の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Softbank. Talk about pepper~pepper と暮らすお客様の声 — ロボット — ソフトバンク. <https://www.softbank.jp/robot/special/talkaboutpepper/>.
- [2] 岡田明帆, 菅谷みどりほか. 人と能動的なロボットとのインタラクション設計および印象評価. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), Vol. 2016, No. 6, pp. 1–6, 2016.
- [3] 神田崇行, 宮下敬宏, 長田拓, 配川有二, 石黒浩. 人ロボット相互作用における人型ロボットの外見の影響. 日本ロボット学会誌, Vol. 24, No. 4, pp. 497–505, 2006.
- [4] 水丸和樹, 坂本大介, 小野哲雄. 複数ロボットの発話の重なりによって創発する空間の知覚. 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 12, pp. 2279–2287, 2018.
- [5] 山田誠二, 角所考, 小松孝徳. 人間とエージェントの相互適応と適応ギャップ (<特集> hai: ヒューマンエージェントインタラクションの最先端). 人工知能, Vol. 21, No. 6, pp. 648–653, 2006.
- [6] 岩村大和, 塩見昌裕, 神田崇行, 石黒浩, 萩田紀博. 高齢者を対象とした買い物支援ロボットの雑談と外観の影響. 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No. 1, pp. 60–70, 2013.
- [7] 上出真裕, 小松孝徳. ロボットが従事するタスクに適したロボットの顔デザインの検討. HAI シンポジウム 2018, 2018.
- [8] Google LLC. Material design (最終閲覧日:2021年2月19日), 2021. <https://material.io/design>.
- [9] 神田崇行, 石黒浩, 石田亨. 人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価. 日本ロボット学会誌, Vol. 19, No. 3, pp. 362–371, 2001.
- [10] 鈴木公啓, 山田幸恵, 野村竜也, 神田崇行. コミュニケーション相手としてロボットは選好されるのか—ロボットの外見を考慮した対人不安傾向との関連による検討—. 知能と情報, Vol. 31, No. 5, pp. 789–796, 2019.