

ロボットの外見的分類と感情価： 日本・英語圏を対象とした予備的国際比較調査の報告

五十里 翔吾^{1,a)} 佐藤 浩輔² エミリー・バーデット³ 佐藤 鮎美⁴ 中分遥^{5,b)}

概要：近年、ヒューマノイドに対して人が抱く印象に関する研究が行われている。ヒューマノイドロボットの定義として、研究者間で合意された統一的な定義はなく、各研究者が独自に作り出した定義を使って研究を行っているのが現状である。そこで、ロボットの分類において、(1)人間らしさという要素と他の要素の関係に注目し「人がロボットの外見をどのように分類しているのか」を明らかにすること、(2)日本と英語圏での差異を検討することを目的とした調査を行った。日本と英語圏（英米加）の成人男女を対象に、ロボット19種について人間らしさ・動物らしさ・機械らしさを評価させ、それぞれの評価軸に関する評定値について、同一文化内での他の評定値との相関や、文化差の存在を検討する分析を行った。さらに、これらの評定値とロボットに対する感情価の関係も探索的に検討した。先行研究では人間らしさと機械らしさが対立する次元上の概念として扱われることが多いが、本研究の結果からは、これらが対立する概念ではないことが示唆された。また、日本ではロボットが機械らしいと評価されやすく、英語圏では動物らしいと評価されやすいという文化差の存在が示唆された。また、ロボットに感じた活性度を示す Arousal の評定基準が日本と英語圏では異なり、英語圏ではよりネガティブに捉えられていることが示唆された。

Morphology and Emotional Rating of Robots: A Report on an International Comparative Study of Japan and the West

Abstract: In recent years, research has been conducted on the impressions that people have of humanoids. There is no unified definition of a humanoid robot agreed upon by researchers, and each researcher is currently conducting research using their own definition. Therefore, we conducted a web survey in order to clarify the relationship between the evaluation axes of human-like and animal-like in the classification of robots. We conducted a preliminary survey in which adult men and women in Japan and English-speaking countries (Britain, the United States, and Canada) were asked to rate the human-like, animal-like, and machine-like characteristics of 19 types of robots. In addition, we exploratively examined the effects of these factors on the emotional valence of each robot. In previous studies, human-like and machine-like qualities are often treated as opposing one-dimensional concepts, but the results of this study suggest that they are not opposing concepts. The results of this study suggest that these are not opposing concepts. The results also suggest the existence of a cultural difference in that robots are more likely to be evaluated as machine-like in Japan, while they are more likely to be evaluated as animal-like in English-speaking countries. In addition, the grading criteria for Arousal, which indicates the level of activity felt by the robot, differed between Japan and English-speaking countries, suggesting that it was perceived more negatively in English-speaking countries.

1. はじめに

近年、人と相互作用するヒューマノイドロボットが社会

に進出していることを背景として、人がヒューマノイドロボットに抱く印象に関する研究が行われている。

既存の研究では、ヒューマノイドロボットの定義として、研究者が自ら判断した基準が用いられている。既存の研究では人間らしさ (humanlikeness) と機械らしさ (machine-likeness) を対比した評価軸を用いて、人間らしさが高いロボットをヒューマノイドと分類していることが多い [1], [2]。ロボットの人間らしさと親しみやすさの関係を調査するに

¹ 大阪大学 基礎工学研究科

² 明治大学 研究・知財戦略機構

³ University of Nottingham School of Psychology

⁴ 島根大学 人間科学部

⁵ 高知工科大学 経済・マネジメント学群

a) ikari.shogo@irl.sys.es.osaka-u.ac.jp

b) nakawake.yo@kochi-tech.ac.jp

わゆる「不気味の谷」に関する研究でも、この評価軸が用いられている [3]。

しかし、ロボットの外見を分類するにあたって、人が実際にどのような評価軸を用いてロボットを評価しているのかに関する実証研究はあまり行われていない。そのため、人の心理的傾向に根差した評価軸を用いれば、よりロボットの外見が人にもたらす影響のより適切な評価が可能になると考えられる。

ロボットの外見の分類を整理した先行研究 [7] では、ロボットの外見に関して、「人間らしさ」「動物らしさ」「機械らしさ」「キャラクターらしさ」という4つの要素が提案されている。

ロボットの外見に関して、人間らしさのみに着目し大規模なデータベースを作成する試みは行われている [4] が、この研究では機械性や動物性といった他の特徴については考慮されていない。また、通文化的に適用可能なロボットの分類方法は確立されていない。

以上を踏まえて、本研究では(1)人間らしさという要素と他の要素の関係に注目し「人がロボットの外見をどのように分類しているのか」を明らかにすること、(2)日本と英語圏での差異を検討することを目的とした調査を行う。

その上で、本研究では文化差に注目する。人のヒューマノイドロボットに対する反応には文化差があることが指摘されている [5], [6] が、人がロボットを分類する際に用いる評価軸に文化差が存在するかどうかは検討されていないため、この点についても合わせて報告する。

本研究では、「キャラクターらしさ」という要素については、日本と英語圏ではキャラクターに対するイメージが異なることが考えられるため、「人間らしさ」「動物らしさ」「機械らしさ」という3つの要素について検討する。そして、これらの要素間にどのような関係や構造があるのかを明らかにする。

また、絵画の鑑賞といった単純な認知の仕方に関しても、東アジアと北米に文化差が存在するように [8]、ロボットに対する認知に関しても文化差が存在する可能性が議論されている [9], [10]。そして近年、社会で稼働するロボットを設計する際には、その社会における文化的背景がロボットの印象に与える影響を考慮することが重要である [14] ことが指摘されている。

以上を踏まえて、本研究で人がロボットの外見を分類する際に用いている評価軸がどのようなものか、また文化差があるのかを検討する。そのために、日本と英語圏の被験者を対象とした比較調査を行う。

また、本研究では、感情価についても探索的に検討する。外見的特徴として先行研究で重要視されているのが、anthropomorphism という概念であり「人間的」であるかという形態的な特徴量に関するものである [11], [12]。こうした人間らしい特徴を持つロボットに対してよりインタラ

クションを楽しむ傾向があることや [11]、共感的な感情反応を示すことが知られている [12]。これらは、人間的という形態的特徴がポジティブな感情と関連があることを示唆している。しかし、こうした感情は必ずしも人間的外見に付随するものであるとは限らないだろう。例えば、コンパニオンロボットには Nao や Pepper とした人間的特徴を持つものもあるが、一方で Aibo や Paro といった動物的な形態的特徴を持つロボットが成功を納めており、例えば Aibo に関しては故障したロボットに対して葬式を行う [13] というように愛着的・共感的な感情をロボットに対して示している。本研究では、これらを検証するために、各ロボットの画像から感じる感情価についても検討する。また、これらの感情価に関する文化差についても探索的な分析を行う。^{*1}

本研究は、ロボットの分類を行うための評価軸を構築するための基盤となる実証的知見を提供し、より適切なロボットの心理学的評価の設計に貢献する。

2. 方法

2.1 参加者

日本：島根大学の学生 23 人が参加した (男性 6 人、女性 17 人、年齢：Mean=18.9, SD=0.8)。参加者の募集は第五著者が行った授業内で行われ、参加は任意であった。

英語圏：第三著者のゼミ学生・友人を対象として募集し (男性 7 人、女性 8 人、年齢：mean=36, SD=14.3、米国 9 人、英国 4 人、カナダ 2 人)、参加は任意であった。

2.2 調査方法

参加者は、オンライン調査フォームにアクセスし、画面上でインフォームド・コンセントを行った後にフォームに回答した。調査フォームでは、ロボットの画像が右上に表示され、参加者はウェブブラウザから画像の評定を行った。調査フォームのスクリーンショットを図 1 に示した。

外見の評価

「人間的」「動物的」「機械的」という3つの要素について調査した。参加者は、画像がそれぞれの要素を持っている度合いについて、7段階の Likert 尺度で評価した。

感情的印象の評価

画像の感情的印象の評価には、Self-Assessment Manikin (SAM [17]) を用いた。SAM は、提示された刺激に対する感情的印象を、単純化された人の表情が描かれた画像を選ぶことによって定量化する手法である。この手法で測定される感情的印象は、Pleasure-Arousal-Dominance の3つの尺度 (PAD 尺度 [15]) である。なお、本研究では Pleasure 尺度を Valence と呼称する。SAM は、特定の言語に依存

^{*1} また、こうした形態に対応した感情価を測定することは、感情価を統制したロボットの画像を用いる実験を行う際に刺激集として有用であるという側面も持つ。

a) 日本語
 4/22
 1)下の写真を見て、その感情的な印象に対応する数字を右の枠に入れてください。一行につき1つにチェックを付けてください。

b) 英語
 1/22
 1)Look at the picture below and choose the number that corresponds to that emotional impression, based on the picture on the right. Please check one per line.

2)How well do the things in the image above fit into each of the following characteristics?

Human unlike ○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 Human like
 Machine unlike ○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 Machine like
 Animal unlike ○1 ○2 ○3 ○4 ○5 ○6 ○7 Animal like

図 1 調査フォームの入力画面 (a) 日本語, b) 英語)

した表現を用いないことから、文化比較調査にも用いられており [16]、言語を用いた手法との比較による妥当性も検証されている [17]。

2.3 提示素材

提示したロボットの画像は IEEE ウェブサイト (<https://robots.ieee.org/>) から取得した。ロボットは、IEEE のウェブサイト内でヒューマノイドと分類されているロボット 11 種とそうでないロボット 9 種をランダムに選定した。選定したロボットの一覧は表 3 に示した。そして、ロボットではない画像として、人形、花束、ミシンの画像を追加した計 22 枚の画像を評定の対象とした (図 3)。画像の提示順序はランダムであった。

3. 結果

3.1 評定値の比較

全体的な回答傾向：日本での各ロボットへの評定値を箱ひげ図で図 4(a) に示し、英語圏での各ロボットへの評定値を図 4(b) に示した。これら 2 つの図の比較から概ね日本と英語圏で一貫した傾向が見られる。この点をより詳細にみるため、各ロボットの、感情および外見に関するそれぞれの要素についての評定について平均値を算出し、文化圏ごとに評定が高い順にロボットを並べたものを図 5 に示した。日本と英語圏での、各項目ごとのロボットの評定順位について相関係数を計算したところ、Valence で 0.94、Arousal で 0.54、Dominance で 0.86、人間らしさで 0.89、機械らしさで 0.89、動物らしさで 0.74 と、Arousal を除いた項目で高い相関が得られた。

IEEE によるカテゴリと本実験の結果の一貫性：IEEE によってヒューマノイドと分類されているロボットとそうでないロボットの「人間らしさ」「動物らしさ」「機械らしさ」を比較したものが表 1 である。ロボットごとに、それぞれの文化の参加者に対して各要素の入力値を平均した値をロボットごとの評定値 V_{jk}^i ($i = \{ \text{日本, 英語圏} \}$, $j = \{ \text{ロボットの種類} \}$, $k = \{ \text{Valence, ... , 動物らしさ} \}$) とした。その後文化ごとの評定値の平均値 $V_{mean}_k^i$ と標準偏差 Vsd_k^i を計算し、 $V_{mean}_k^i \pm Vsd_k^i$ と表記した。表から、ヒューマノイドが「人間らしい」ロボットであるとみなした場合、IEEE の基準は妥当であると言える。また、動物らしさについても 1 点程度の差が見られたため、IEEE の基準によるヒューマノイドは、その他のロボットに比べて「動物らしくない」ロボットであると評価されていた。

「動物らしさ」「機械らしさ」については、ヒューマノイドと認定されているかどうかによって評定値が大きく違うという結果は得られなかった。

表 1 IEEE によってヒューマノイドと分類されているかどうかによる外見の評定値の違い

	Humanoid		Others	
	日本	英語圏	日本	英語圏
人間らしさ	4.68±0.89	4.46±0.80	1.91±1.39	2.47±1.22
動物らしさ	2.07±1.31	2.68±1.13	3.21±2.23	3.57±1.75
機械らしさ	5.84±0.26	5.63±0.68	6.07±0.80	5.34±0.24

日本と英語圏における評定値の違いを詳細に調べるために、各ロボットに関する評定値の文化差を検討した。前述の平均値 $V_{mean}_k^i$ を用いて、要素ごとに中心化した評定値 c_{jk}^i を算出し、この値を文化間で比較した差 ($c_{jk}^{\text{日本}} - c_{jk}^{\text{英語圏}}$) を計算した。その結果をヒートマップとして図 2 に示した。ヒートマップ中では日本のほうが値が大きいほど赤く表示され、英語圏のほうが値が大きいほど青く表示される。全体的に、日本ではロボットがより機械的であると評価されやすい一方で、英語圏では動物的であると評価されやすい傾向があった。

3.2 要素間関係の比較

次に「人間らしさ」「動物らしさ」「機械らしさ」といった項目が独立ないしは関連するのか、またこれらが感情価とどのように関連するかを検討するため、要素間の評定値の相関係数を日本と英語圏でそれぞれ算出し表 2 に示した。

外見に関する項目間では、日本と英語圏のどちらにおいても、人間らしさと動物らしさに中程度の負の相関が見られた (日: $r = -0.47$, 英: $r = -0.54$) 一方で、機械らしさと人間らしさおよび機械らしさと動物らしさの相関は低く積極的に先行研究の前提を支持するものではなかった (日: $r = -0.14$, 英: $r = -0.34$)。この結果は、「人間ら

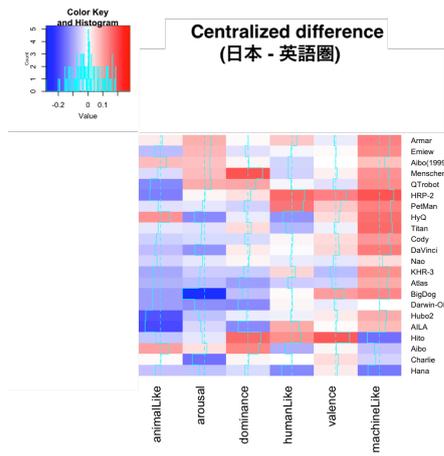


図 2 各ロボットへの評価値の文化差 (centered)

しさ」と「動物らしさ」は相反する関係性があるが、「人間らしさ」と「機械らしさ」が同時に満たされる可能性があり、この2軸が必ずしも相反する概念ではないことが示された(ただし、相関係数の方向性はどちらも負である)。

感情価を含めた場合でも、相関係数は似た傾向を示している。違いが大きいものとして、Arousal と Valence の負の相関が英語圏では中程度であるのに対し、日本では全く相関が見られなかった(日: $r = 0.07$, 英: $r = -0.58$)。

4. 考察

4.1 評価値の比較

Arousal に関するロボットの評価順位は日本と英語圏であまり一貫していなかった。図 2 を見ると、日本では Aibo や QTrobot、Emiew といった小型のロボットの Arousal が高く評価されていた一方、英語圏では HyQ や Titan、Bigdog といった大型のロボットの Arousal が高く評価されていた。このことは、日本では Arousal は可愛らしさといったイメージと結び付けられており、英語圏ではロボットの大きさや重さといったイメージと結び付けられている可能性が示唆される。ただし、本調査では可愛らしさを調査していないため、今後仮説を立てて再度検討する必要がある。

日本ではロボットがより機械的であると評価されやすいのは、日本ではアニメ・漫画などで自律的に行動するロボットというプロフィールを持つキャラクター的な存在(e.g., ドラえもん)が身近であるために、現実のロボットに対しては機械的であるとみなしやすいためである可能性がある。ただし、本研究ではキャラクターへの親しみや、ロボットへのキャラクター性の付与の度合いを測定していないため、今後はこの点に関して検討が必要である。

日本よりも英語圏でロボットがより動物的であると評価されやすいこと背景には、動物に対する態度の違いが存在する可能性がある。米国を比較対象とした調査であるが、動物を実用的、支配的に扱う態度が日本よりも高いこ

とが報告されている [18]。さらにロボットに対しては人にコントロールされる存在であると認識する割合も日本より高いことも報告されている [6]。これらから、日本に比べて英語圏では動物らしさとロボットが結びつきやすい可能性が考えられる。動物に対する態度も合わせて調査することで、この考察が妥当であるのかをより詳細に検討できる。

4.2 要素間関係の比較

日本、英語圏どちらにおいても、人間らしさの評価値と動物らしさの評価値が負の相関を持ち、人間らしさと機械らしさおよび生物らしさと機械らしさの間には相関が認められなかった。このことは、ロボットの外見の評価において、多くの先行研究の仮定とは異なり人間らしさと機械らしさは排他的ではないということを示唆する。一方で、本研究ではアンドロイドのような人間酷似型ロボットは評価の対象となっていないなどロボットに偏りがあった可能性がある。今後は評価対象のロボットを増やして調査を行う必要がある。

Arousal と Valence に関して、英語圏のみで両者に負の相関が認められた。Arousal は活性度の高さを表し、Valence は快さを表すことから、英語圏ではロボットの活性度が上がると快さが減じると認識されている可能性がある。日本と米国を対象とした調査であるが、米国では日本に比べロボットが兵器と関連付けられて認識されているという結果が報告されている [9]。そのため、ロボットの活性度が高いことが攻撃性や危険性と結びつき、そのことが快さが低いという判断につながったのかもしれない。ただし上記は単なる可能性に過ぎず、仮説として設定し検証する必要がある。

本研究の結果は、概ね日本と英語圏でのロボットの評価に一貫性がみられたという以上の解釈を行うべきではなく、今後の調査ではこれらの感情価について得られたパターンについて仮説として設定した上で適切なデザインを用いて再検討する必要がある。

4.3 本研究の問題点

本研究の問題点として、英語圏の参加者の年齢幅が大きく国籍も異なっていたことが挙げられる。今後は実験群ごとに、参加者の国籍や年齢を統一して調査を行うことで、より妥当性の高い文化比較調査を行う必要がある。

5. 結論

本研究では (1) 人間らしさという要素と他の要素の関係に注目し「人がロボットの外見をどのように分類しているのか」を明らかにすること、(2) 日本と英語圏での差異を検討することを目的とした調査を行った。日本と英語圏(英米加)の成人男女を対象に、ロボット 19 種について人間らしさ・動物らしさ・機械らしさを評価させ、それぞれの

表 2 要素間の評定値の相関係数

	日本					英語圏						
	HL	ML	AL	Val	Aro	Dom	HL	ML	AL	Val	Aro	Dom
人間らしさ (HL)		-0.14	-0.47	0.16	0.29	0.45		-0.34	-0.54	0.15	-0.14	0.20
機械らしさ (ML)			0.03	-0.71	0.16	0.42			0.14	-0.61	0.30	0.43
動物らしさ (AL)				0.13	0.42	-0.28				0.05	0.35	-0.19
Aroucal					0.07	-0.44					-0.58	-0.66
Valence						0.45						0.61
Dominance												

評価軸に関する評定値について、同一文化内での他の評定値との相関や、文化差の存在を検討する分析を行った。さらに、これらの評定値とロボットに対する感情価の関係も探索的に検討した。

その結果、人間らしさと機械らしさが対立する一次元上の概念ではない可能性が示唆された。先行研究では人間らしさと機械らしさが対立するとされることが多いが、本研究ではそれとは異なる結果が得られたことになる。

人間らしさ・動物らしさ・機械らしさの各評定値間の関係においては、文化による差は認められなかった。一方、全体としては、日本ではロボットが機械らしいと評価されやすく、英語圏では動物らしいと評価されやすいなど、文化差の存在が示唆された。

今後は提示するロボットの種類や調査参加者の規模を増やし、参加者の属性を統一した調査を行うことで、本研究によってもたらされた仮説の妥当性を検証する。

謝辞 本研究の一部は、バーデットと中分の東芝国際交流財団の助成に支援を受けたものである。

参考文献

[1] 日戸浩之, 谷山大介, & 稲垣仁美. (2016). NAVIGATION & SOLUTION ロボット・AI 技術の導入をめぐる生活者の受容性と課題: 日米独 3 カ国調査からの示唆. 知的資産創造 = Knowledge creation and integration, 24(5), 108-125.

[2] Stroessner, S. J., & Benitez, J. (2019). The social perception of humanoid and non-humanoid robots: Effects of gendered and machinelike features. *International Journal of Social Robotics*, 11(2), 305-315.

[3] MacDorman, K. F. (2006, July). Subjective ratings of robot video clips for human likeness, familiarity, and eeriness: An exploration of the uncanny valley. In *ICCS/CogSci-2006 long symposium: Toward social mechanisms of android science* (pp. 26-29).

[4] Phillips, E., Zhao, X., Ullman, D., & Malle, B. F. (2018, February). What is human-like? Decomposing robots' human-like appearance using the anthropomorphic roBOT (ABOT) database. In *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE international conference on human-robot interaction* (pp. 105-113).

[5] Kaplan, F. (2004). Who is afraid of the humanoid? Investigating cultural differences in the acceptance of robots. *International journal of humanoid robotics*, 1(03), 465-480.

[6] Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., Han, J., Shin, N., Burke, J., & Kato, K. (2008). What people assume about humanoid and animal-type robots: cross-cultural analysis between Japan, Korea, and the United States. *International Journal of Humanoid Robotics*, 5(01), 25-46.

[7] Fong, T., Nourbakhsh, I., & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. *Robotics and autonomous systems*, 42(3-4), 143-166.

[8] Nisbett, R. E., & Masuda, T. (2003). Culture and point of view. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(19), 11163-11170.

[9] MacDorman, K. F., Vasudevan, S. K., & Ho, C. C. (2009). Does Japan really have robot mania? Comparing attitudes by implicit and explicit measures. *AI and Society*, 23(4), 485-510.

[10] Nomura, T., Kanda, T., Suzuki, T., Han, J., Shin, N., Burke, J., & Kato, K. (2007). Implications on humanoid robots in pedagogical applications from cross-cultural analysis between Japan, Korea, and the USA. *Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, 1052-1057.

[11] Walker, J. H., Sproull, L., & Subramani, R. (1994). "Using a human face in an interface," in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (New York, NY: ACM), 85-91.

[12] Riek, L. D., Rabinowitch, T. C., Chakrabarti, B., & Robinson, P. (2009). How anthropomorphism affects empathy toward robots, in *Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction*, (New York, NY: ACM), 245-246. *Robotics*,

[13] 高松淳. (2019). ヒトとロボットの協調. *日本ロボット学会誌*, 37(4), 293-296.

[14] Sabanovic, S., Bennett, C. C., & Lee, H. R. (2014, March). Towards culturally robust robots: A critical social perspective on robotics and culture. In *Proc. HRI Workshop on Culture-Aware Robotics* (Vol. 2014).

[15] Mehrabian, A. and Russell, J.A., (1974) "An Approach to Environmental Psychology," The MIT Press

[16] Morris, J. D., Robers, M. S. and Baker, G. F., (1999) "Emotional Response of African American Voters to Ad Messages," in *Campaign Communication*, Lawrence Erlbaum Associates.

[17] Lang, P. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: Computer applications. *Technology in mental health care delivery systems*, 119-137.

[18] 高柳敦, 若生謙二, 石田敢, & 亀山章. (1991). 日本人の動物に対する態度の特性について. *造園雑誌*, 55(5), 25-30.

表 3 選定したロボットの一覧

	Release year	Category
Aibo	2018	Entertainment, Consumer
Aibo(1999)	1999	Consumer
AILA	2010	Humanoid, Research
Armar	2017	Humanoid, Research
Atlas	2016	Humanoid, Industrial
BigDog	2005	Research, Military
Charlie	2012	Humanoid, Research
Cody	2009	Research, Medical
Darwin-OP	2010	Humanoid, Research
DaVinci	1999	Medical
Emiew	2016	Humanoid, Industrial
HRP-2	2002	Humanoid, Research
Hubo2	2009	Humanoid, Research
HyQ	2011	Research
KHR-3	2009	Humanoid, Consumer
Nao	2008	Humanoid, Research
PetMan	2009	Humanoid, Military
QTrobot	2017	Education, Research, Medical
Titan	2007	Medical, Research
Flower	-	-
Doll	-	-
Menschen	-	-

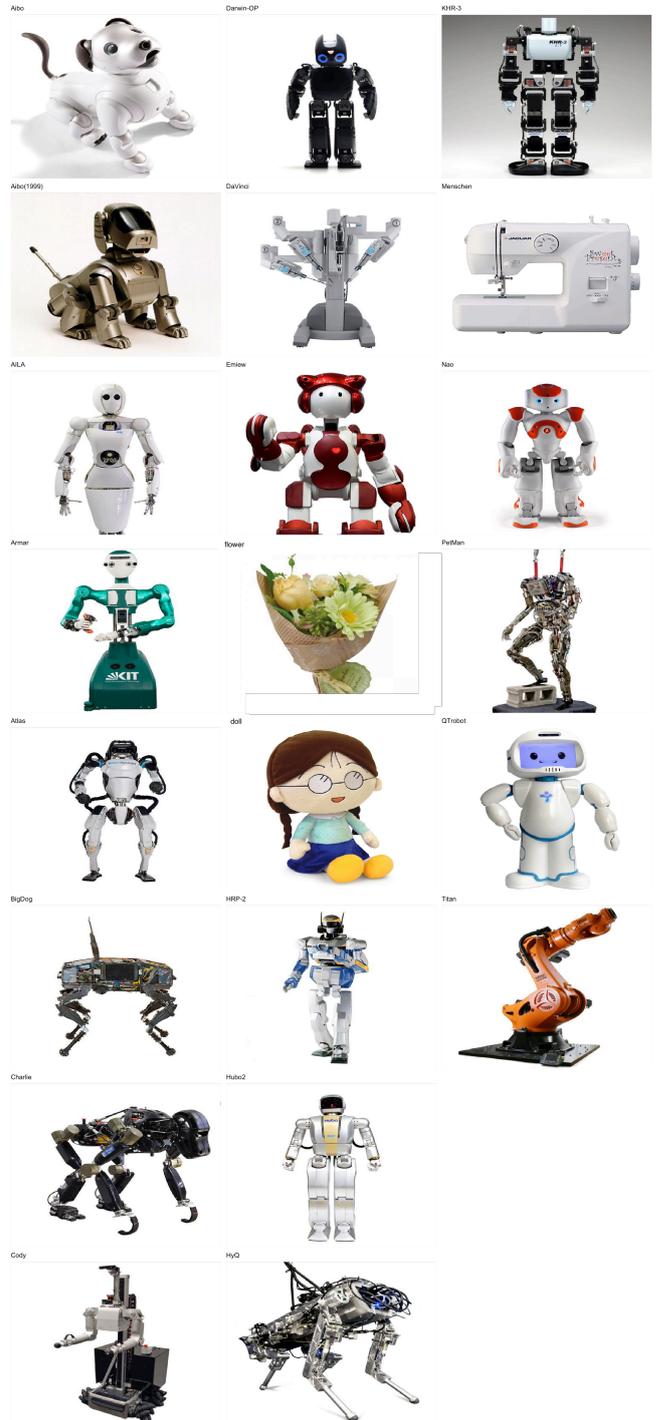


図 3 提示した画像刺激の一覧



箱ひげ図中の太い黒線が中央値を表す。平均値を青い丸で表した。
 さらに、それぞれの文化圏における全ロボットの平均値を赤い棒で示した。

図 4 各ロボットへの評定値

