

対ロボット不安特性による不気味の谷の出現傾向の分析

Influence of Users' Anxiety toward Robots on the Manifestation Tendency of the Uncanny Valley

池田 和広, 神田智子

Kazuhiro Ikeda and Tomoko Koda

大阪工業大学情報科学部情報メディア学科

Department of Media Science, Faculty of Information Science and Technology,
Osaka Institute of Technology

Abstract: In this study, we analyzed the influence of an individual's anxiety level toward robots on the manifestation tendency of the uncanny valley. We conducted a series of questionnaire surveys via crowdsourcing to evaluate mechano-humanness (MH) score, likability, and uncanniness of 80 robot face images. Thereafter, we divided the participants into two groups according to their scores of the anxiety toward robot scale (RAS). The results of the t-test of the approximate curves using the MH scores, likability scores, and uncanniness scores showed that the manifestation tendency of the uncanny valley is affected by users' scores in the RAS. The individuals who are less anxious toward robots exhibited higher likability/lower uncanniness toward the 80 robot faces, whereas those with high anxiety exhibited lower likability/higher uncanniness toward the same faces, and the uncanny valley of the latter is deeper than that of the former. Thus, this work provides indication that the uncanny valley manifests differently according to people's anxiety level toward robots, and suggests the importance of considering people's anxiety level toward robots when designing robot faces.

1. はじめに

近年, 人との社会的なインタラクションが可能な対話ロボットが普及し, 一般の生活者が小売店, ホテル, 病院, 銀行などで対話ロボットと関わる機会が増え, 対話ロボットが受付や道案内といった人間の役割を補う機会が増えている [1, 2]. 主にロボットは, 機能と(実務・実用性かコミュニケーション重視か)と外見(人間的か機械的か)から複数のタイプに分類することができる [3]. この中でも店頭で使用されるロボットは, 人間的な外見を持ち, コミュニケーションを重視した用途で用いられている.

日米独を対象とした調査によると, 日本は米国やドイツと比較すると, 「ロボット=人型」「ロボット=コミュニケーション可能」と認識される割合が高いことが示されている [3]. 産業用ロボットではロボットが顔を持つことは必要ではないが, 社会的対話ロボットでは, ロボットの外見がユーザである人間に与える影響を考慮する事が重要である. 社会的な役割を持ち, 人間と関わりをもつ場面で使用される商業的ロボットの例として, SoftBank 社のパーソナルロボット Pepper や Vstone 社の Sota が挙げられる.

これらのような人間的な外見を持つロボットが受付や道案内等の社会的な役割を果たす場面では, 機械的な外見のロボットが支援する場合よりも「楽しさ」「利用意図」が有意に向上することが示されている [4].

しかしながら, 社会的な機能を持つロボットの外見, 特に顔のデザインに関しては, 基準がなく, おもちゃのロボットの顔から人間に限りなく近いアンドロイドまで, さまざまな外見のロボットが開発されている. ロボットの外見と見かけの親近感の関係は, 不気味の谷現象 [5] として知られている. 一方, ロボットに対する親近感, 個人が持つロボットに対する不安特性 [6] にも影響されると考える. 従って, 本研究では, 実際のロボット顔画像を用いて親近感を評価する実験において, 実験参加者のロボット不安特性によって, 不気味の谷の出現傾向が影響されることを検証することを目的とする.

2. 関連研究と本研究の概要

森はロボットの外見が人間的になるほど親近感は向上するが, 人間に近づくある段階で一旦親近感が下がる「不気味の谷現象」があることを提唱した [5].

HAI 研究者によって、この不気味の谷現象が実際に発現することが検証されてきた。例えば、不気味の谷現象は、人間的なロボットに対して、落ち着かない、不安な印象(unsettling feeling)として感じられたり [7,8,9], 視線を合わせない、顔や体を背けるという行動(aversion, avoidance)として具現化したりする [10,11,12] ことが示されている。その中でも、Mathur らはアメリカ人を対象に、80 枚のロボットの顔画像を用いて、各ロボットの顔画像を機械的(-100 を機械的, +100 を人間的)の尺度に数値化 (Mechano-Humaness (MH)スコア)し、各ロボットの顔画像に対する親近感を評価するアンケート調査を実施した。その結果、MH スコアと「不気味の谷現象」の関連を示し、「不気味の谷現象」を数値化した (図 1)[7]。

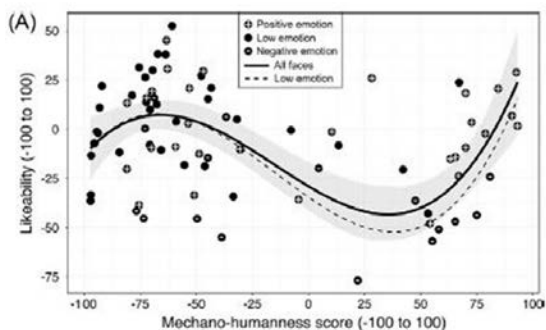


図 1. アメリカ人の不気味の谷現象([7]より転載)

一方、ロボットとのインタラクションに対して不安を感じる人が存在していることから、野村らは、人間のロボットに対する不安を測定する為の対ロボット不安尺度(Robot Anxiety Scale: RAS)を提唱している [6]。RAS は、ロボットと接する事をイメージした時に感じる人間の感情などを測る尺度で、3 種類の下位尺度から構成されている。下位尺度には、まずロボットが会話中に的外れな事を話すのではないかといった、ロボットの会話能力に対する不安を測る「ロボット会話能力不安 (計 3 項目)」, ロボットがどのような動きをするかといった、ロボットの動作に対する不安を測る「ロボット行動特性不安 (計 4 項目)」, ロボットと対話をする事に対する不安を測る「ロボット対話不安 (計 4 項目)」の 3 種類である。

我々の先行研究では、受付ロボットの振舞いの積極性と外見の違いが、ユーザのロボットに対する印象評価に与える影響を、RAS の「対話不安尺度」得点別に分析した。実験では、受付ロボットの外見(図 2 a)人間的な外見のロボット・b)機械的な外見のロボット)と、振る舞い(積極的な受付行動あり・積極的な受付行動なし)を変化させ、実験参加者にロボットと対

話を行ってもらった。図 3 に実験風景を示す。その結果、ロボットとの対話に不安を感じる RAS 高群は、ロボットの外見により親近感が変化するものの、ロボットとの対話に不安を感じない RAS 低群では、ロボットの外見により親近感に変化せず、振舞いの積極性により親近感が変化する事が示された[13]。

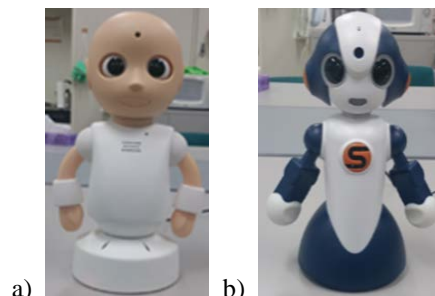


図 2. 先行研究[13]で使用した a)人間的な外見のロボット CommU, b) 機械的な外見のロボット Sota



図 3. 先行研究の実験風景 [13]

これらのことから、本研究では「不気味の谷現象」は日本人においても存在するという前提をもとに、「不気味の谷現象」の出現傾向は、実験参加者の対ロボット不安の程度により影響を受けると考える。アメリカ人の不気味の谷を検証した Martur らの[7]では、実験参加者を RAS 得点により分類していない。従って、本研究では、日本人の実験参加者を募り、ロボットに対し不安を感じる RAS 高群、不安に感じない RAS 低群に分類し、[7] で実施された実験刺激を用い、同様の実験手順に従って実験を行う。

予測される不気味の谷の出現傾向は、RAS 低群が RAS 高群より外見に対する親近感が高い「上下平行型」(図 4a), RAS 高群が RAS 低群より MH スコアの低い段階で親近感が低下し始め、MH スコアの高い段階で上昇し始める「左右移動型」(図 4b), RAS 低群は RAS 高群と比べ親近感があまり変化しない「山谷の深さ変化型」(図 4c) とした。

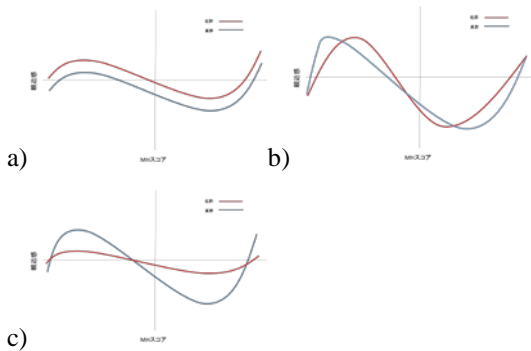


図 4. a)上下並行移動型, b)左右移動型, c)山谷の深さ変化型

3. 実験 1 : ロボットの顔画像の機械的一人間的尺度の評価

3.1 実験 1 の手順

実験 1 では, 80 枚のロボットの顔画像の MH スコアを算出するため, Yahoo!クラウドソーシングを利用し, 100 人の日本人に, [7] で用いられた 80 枚のロボットの顔画像 (図 5) に対する MH スコアアンケート (「機械的」 -100 ~ 「人間的」 +100 の値) に正負の記号をつけた整数値で回答してもらった. 教示は「ロボットの外見に関して機械的か人間的かを -100 機械的~+100 人間的で数字で回答してください。」とした. MH スコア評価のアンケート画面例を図 6a に示す. また, [7]において MH スコアが最も 0 に近かった図 6b のロボットの顔画像を表示し, その画像の MH スコアを 0 として, 他の画像の MH スコアをするように教示した. 提示の順序効果を防ぐため, 実験参加者ごとに顔画像をランダムに提示した.

集まった回答から, 1~4 種類の数字のみで回答している, 負の値を使用していない, などの不適切なデータ約 20%を除外し, 79 人分のデータを分析対象とした. 分析対象の参加者の属性は, 平均年齢 39.2 歳, 標準偏差 9.8, 男性 62 名, 女性 17 名であった.

3.2 実験 1 の結果

各ロボット画像の MH スコアの平均を, 各ロボットの MH スコアとした. MH スコアの昇順に並べたロボット顔画像を, 付図 1a に示す. 得られた MH スコアは最小値 -90.63, 最大値 90.33, 中央値は -37.37, 標準偏差 53.10 であり, MH スコアが 0 に最も近い値は -0.62 であった. 同じロボットの顔画像を用いてアメリカ人が評価した[7]では, MH スコアが最小値 -97.21, 最大値 93.21, 中央値 -49.18, 標準偏差 -49.18

であり (付図 1b), 両実験とも同様の傾向を示した. また, 本実験における MH スコアの度数分布図 (図 7) と [7]における MH スコアの度数分布図 (図 8) においても, 両実験とも MH スコア -80~40 間に分布が多く, -30~30 間の分布が少ないといった傾向を示した.



図 5. 実験で使用したロボット顔画像 80 種

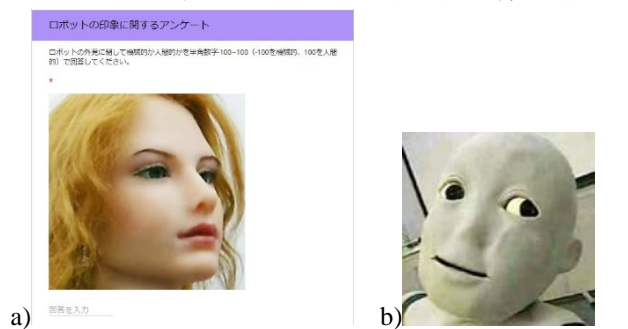


図 6. a) MH 評価アンケート画面と b) MH スコア 0 の参考として用いたロボット顔画像

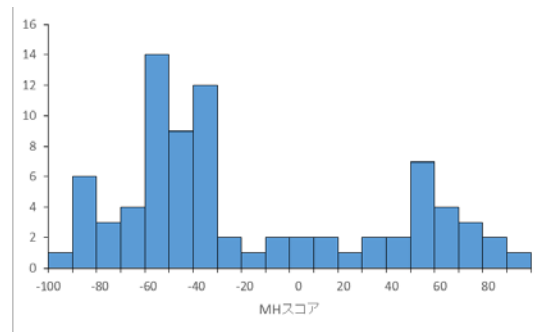


図 7. 本実験における MH スコアの度数分布

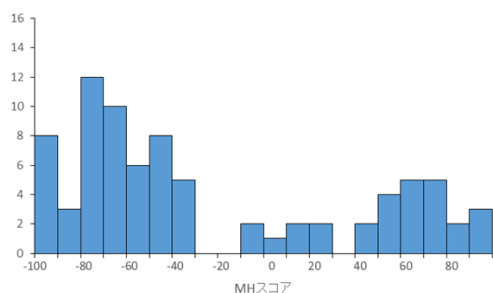


図 8. Mathur らの実験[7]におけるアメリカ人の MH スコアの度数分布

4. 実験 2: ロボットの顔画像の親近感, 不気味さの評価

4.1 実験 2 の方法

実験 2 の目的は, 実験 1 と同じ 80 枚のロボットの顔画像に対する印象評価を行うことである. ロボット顔画像に対する「親近感」, 「楽しさ」, 「不気味さ」(それぞれ, 「全く感じない」 -100 ~ 「とても感じる」 +100) に正負の記号をつけた整数値の値で回答してもらうと同時に, 実験参加者の RAS を測定するアンケート調査を行い, RAS とロボットの顔画像に対する印象を比較分析することである. 実験 2 は, Yahoo!クラウドソーシング上で 300 人を対象に実施した.

実験手順は以下のとおりである. 印象評価アンケートに先立ち, まず, 年齢, 性別に加え, RAS 11 問[6]に回答してもらう. RAS アンケートの各項目における回答は 6 件法 (1: 全く不安に思わない- 6: 非常に不安に思う) である. 次に, ロボットの顔画像に対する印象評価アンケート 240 問 (80 画像×3 問) に回答してもらう. 提示による順序効果を防ぐため, ロボット顔画像の提示順を実験参加者ごとにランダムにした. 印象評価アンケートの質問は以下の 3 問である. それぞれ回答は, 美術館の受付で方向を尋ねるなど, ロボットと日常的な場面に関わる場面を想像するよう教示し, -100~100 の整数で回答を行ってもらった. 図 9 に, ロボット顔画像の親近感, 楽しさ, 不気味さのアンケート画面を示す.

- (1) どれくらい親近感を感じますか?
- (2) どれくらい楽しいと感じますか?
- (3) どれくらい不気味だと感じますか?

回答から, 1 ~ 4 種類の数字のみで回答している, 負の値を使用していない, などの不適切なデータ約 55% を除外し, 139 人分のデータで以下の分析を行

った. 実験 1 と比較して, 不適切なデータが大幅に増加した理由は, ロボット顔画像 80 枚に対してそれぞれ 3 問ずつ回答させたため, 飽きたと考えられる実験参加者が, 途中から同じ数字を入力し続けるなどの入力を行ったためである. このような, クラウドソーシングを用いたアンケート調査に関する問題点に関しては考察の章で後述する. 分析対象の参加者の属性は, 平均年齢 41.6 歳, 標準偏差 10.3, 男性 93 名, 女性 46 名であった. 実験参加者の RAS 得点の平均値 (41.57) により, 139 人を 2 群に分類した. RAS 得点が平均値より高い実験参加者を RAS 高群 (n=74), 低い実験参加者を RAS 低群 (n=65) とした.



図 9. ロボット顔画像の親近感, 楽しさ, 不気味さのアンケート画面

4.2 実験 2 の結果

4.2.1 分析方法

実験 1 で得られた MH スコアを横軸に, 実験 2 で得られた「親近感」, 「楽しさ」, 「不気味さ」のスコアを縦軸とした散布図を作成し, 近似曲線を得た. その後, RAS 高群と低群の間で印象評価スコアを比較するために, 高群($set1(x_i, y_i)$), 低群($set2(z_i, w_i)$)それぞれの近似曲線の幅を標準偏差(高群 σ_{set1}^2 , 低群 σ_{set2}^2) (式 1,2) で定義し, 各データ点における近似曲線の差の合計 (D) (式 3) を算出し, Welch の t 検定を行う.

$$\sigma_{set1}^2 = \frac{1}{n} \sum_i^n (f(x_i) - y_i)^2 \quad \dots(式 1)$$

$$\sigma_{set2}^2 = \frac{1}{n} \sum_i^n (f(z_i) - w_i)^2 \quad \dots(式 2)$$

$$D = \frac{1}{n} \sum_i^{\min(n_1, n_2)} (f(x_i) - g(z_i)) \quad \dots(\text{式 } 3)$$

4.2.2 「親近感」の分析結果

図 10 に、MH スコアと実験参加者による親近感のスコアの平均値の散布図および MH スコアの近似曲線を示す。その結果、親しみやすさにおいて、[7] の likability における結果と同じく、不気味の谷の存在を示す曲線が得られた。実験参加者全体の近似曲線における極大値の MH スコアは-45、極小値の MH スコアは 28 であった

RAS 高群・低群それぞれの近似曲線全体間で、近似曲線の幅を標準偏差で定義し、各データ点における近似曲線の差の合計を算出し、Welch の t 検定を行った。その結果、「親近感」では RAS 低群が RAS 高群より高い傾向にあり ($\sigma_{set1}^2=20.112$, $\sigma_{set2}^2=19.142$, $D=4.956$, $T=1.597$, $\varphi=157.616$, $p=0.056$)、「親近感」が上がり始め極大値に至った後下がり始める MH スコア-60~-30 の近似曲線間では、RAS 低群が RAS 高群より「親近感」が有意に高い ($\sigma_{set1}^2=15.515$, $\sigma_{set2}^2=15.067$, $D=11.694$, $T=3.199$, $\varphi=67.942$, $p=0.001$) が示された。しかしながら、不気味の谷に落ち始めてから、極小値に至り「親近感」が上がり始める MH スコア 30~60 の近似曲線間では、RAS 両群の「親近感」に有意差は見られなかった ($\sigma_{set1}^2=11.577$, $\sigma_{set2}^2=15.258$, $D=3.029$, $T=0.525$, $\varphi=12.414$, $p=0.304$)。親近感評価の極大値付近のロボット顔画像と、極小値付近の顔画像を図 11 に示す。

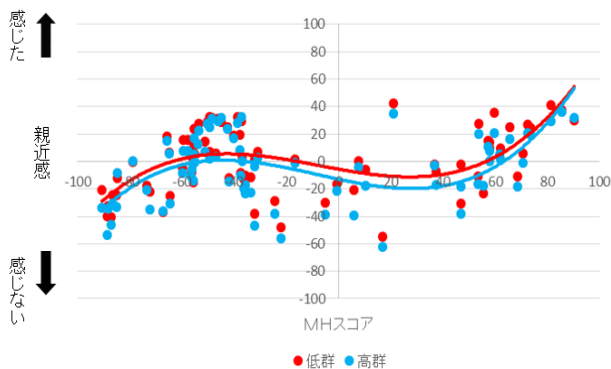


図 10. RAS 得点別の親近感の散布図と近似曲線



図 11. 親近感の極大値・極小値付近の画像 (左: -45.04, 右: 21.13)

4.2.3 「楽しさ」の分析結果

「楽しさ」のスコア平均に関する、RAS 得点別の散布図と近似曲線を図 12 に示す。実験参加者全体の近似曲線における極大値の MH スコアは-49、極小値の MH スコアは 33 であった。全てのデータにおける高群と低群の近似曲線間では RAS 低群が RAS 高群より「楽しさ」が有意に高く ($\sigma_{set1}^2=18.626$, $\sigma_{set2}^2=17.102$, $D=5.380$, $T=1.903$, $\varphi=156.861$, $p=0.029$)、「楽しさ」が上がり始め極大値に至った後下がり始める MH スコア-60~-30 の近似曲線間では、RAS 低群が RAS 高群より「楽しさ」が有意に高い ($\sigma_{set1}^2=13.654$, $\sigma_{set2}^2=12.877$, $D=8.880$, $T=2.799$, $\varphi=67.768$, $p=0.003$) が示された。しかしながら、不気味の谷に落ち始めてから、極小値に至り「楽しさ」が上がり始める MH スコア 30~60 の近似曲線間では、RAS 両群の「楽しさ」に有意差は見られなかった ($\sigma_{set1}^2=15.111$, $\sigma_{set2}^2=14.376$, $D=5.170$, $T=0.822$, $\varphi=19.950$, $p=0.210$)。「楽しさ」評価の極大値付近のロボット顔画像と、極小値付近の顔画像を図 13 に示す。

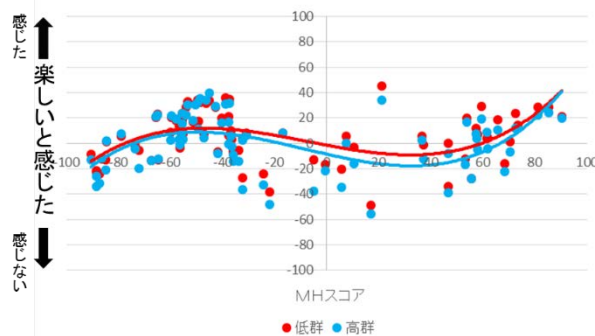


図 12. RAS 得点別の「楽しさ」の散布図と近似曲線



図 13. 「楽しさ」の極大値・極小値付近の画像 (左: -49.32, 右: 36.65)

4.2.4 「不気味さ」の分析結果

「不気味さ」スコア平均に関する、RAS 得点別の散布図と近似曲線を図 14 に示す。図 14 では縦軸が上に行くほど不気味でないという評価を示している。実験参加者全体の近似曲線における極大値の MH スコアは-59、極小値の MH スコアは 29 であった。全てのデータにおける高群と低群の近似曲線間では RAS 低群が RAS 高群より「不気味さ」が高い傾向にあり ($\sigma_{set1}^2=22.577$, $\sigma_{set2}^2=22.666$, $D=8.442$, $T=2.360$,

$\phi=157.998$, $p=0.010$), 「不気味さ」が上がり始め極大値に至った後下がり始める MH スコア -60~-30 の近似曲線間では, RAS 低群が RAS 高群より「不気味さ」が有意に高い ($\sigma_{set1}^2=18.159$, $\sigma_{set2}^2=16.907$, $D=8.137$, $T=1.940$, $\phi=67.656$, $p=0.028$) ことが示された. また, 不気味の谷に落ち始めてから, 極小値に至り「不気味さ」が上がり始める MH スコア 30~60 の近似曲線間では, RAS 「不気味さ」に有意差は見られなかった ($\sigma_{set1}^2=16.062$, $\sigma_{set2}^2=17.313$, $D=8.137$, $T=2.824$, $\phi=19.889$, $p=0.005$). 不気味でない評価の極大値付近のロボット顔画像と, 極小値付近の顔画像を図 15 に示す.

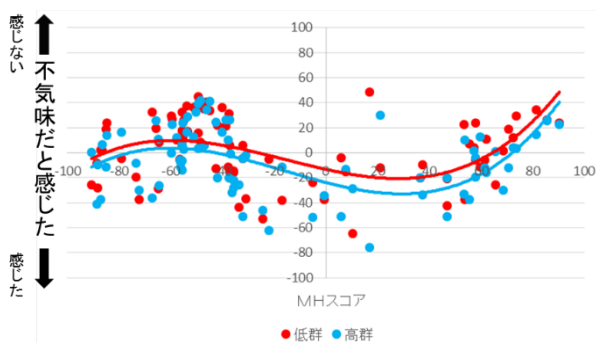


図 14. RAS 得点別の「不気味さ」の散布図と近似曲線



図 15. 極大値・極小値付近の画像 (左: -59.62, 右: 36.65)

5. 考察

実験で得られた MH スコアと「親近感」, 「楽しさ」 「不気味さ」評価の散布図より, RAS 両群の近似曲線の t 検定を行った. その結果, 親近感と楽しさ評価では, MH スコアが上がるにつれ親近感および楽しさが上がり始め, 極大値に至った後下がり始める MH スコア -60~-30 間における, RAS 低群のスコアが高群より有意に高い ($p<0.01$) ことが示された. しかしながら, 不気味の谷に落ち始めてから, 谷底に至り親近感および楽しさが上がり始める MH スコア +30~+60 の近似曲線間では, RAS 両群のスコアに有意差は見られなかった.

同様の分析を, 「不気味さ」評価で行ったところ, 極大値前後の MH スコア -60~-30 間でも ($p<0.05$), 極小値前後の MH スコア +30~+60 間でも ($p<0.01$), RAS 高群の不気味さ評価が低群と比較して有意に高いことが示された. 「親近感」や「楽しさ」評価と比

較すると, RAS 高群・低群間でロボットの顔画像の「不気味さ」に最も顕著な有意差が出ていることから, RAS 得点はロボットに対する不安を測る指標であるため, 「親近感」や「楽しさ」より「不気味さ」の評価とより深い関連があることを示唆していると考えられる. また, RAS 高群・低群の「親近感」, 同様の傾向を示す「楽しさ」, RAS 高群と低群の評価差がより顕著に現れる「不気味さ」の近似曲線より, 本実験で使用したロボットの顔画像の実験結果に関しては, 「上下移動型」に近い傾向であることを示していると考えられる. これらのことから, 対ロボット不安特性は不気味の谷の出現傾向に影響を与えることが示された.

しかしながら, 使用したロボット顔画像 80 枚中, MH スコアが正の値を示す画像数が, 負の値を示す画像数より少ないこと, 特に不気味の谷付近である +20~+50 の画像が少ないことから(図 7,8,10,12,14 参照), MH スコアの分布のばらつきを防ぐために画像数を増やして評価実験を行う必要があると考える.

最後に, 本実験とアメリカ人参加者による [7] の近似曲線を元に, 日米の比較を行う. 本実験における日本人の親近感の極大値 +7 の MH スコアは -45, 極小値 -20 の MH スコアは 28 であった. アメリカ人による評価実験では, 親近感の極大値 +7 の MH スコアは -66, 極小値 -43 の MH スコアは 36 であったことから, 両実験で用いたロボット顔画像では, アメリカ人参加者の方が日本人参加者と比較すると, 親近感が減少する MH スコア区間が長く, 不気味の谷が深い傾向がある可能性を示唆している. このことは, 日本においてロボット=人型と認識されていることと関連があるのではないかと考える.

これらの結果より, 個人の対ロボット不安によって, ロボットの顔に対する不気味感および親近感が影響されるため, 不気味感を軽減し親近感を感じやすい顔をデザインすることの重要性が明らかとなった. また, 本研究では日本と米国の比較のみしか行っていないが, 文化によっても同じロボットの顔に対する不気味感および親近感が変化する可能性がある. 従って, 本研究の結果は, ロボットの顔のデザインも文化に適応して変化させる必要性を示しているといえる.

今後の展望として, 本実験におけるアンケート結果には不適切なデータが多数含まれており, 信頼性に劣るデータである可能性が考えられるため, 一人の回答数を減少させる等の方策をとる, または実験室内実験でアンケートを行うことで, より精度の高いアンケート調査を行い, データの正確性を向上させる必要があると考える. また, 使用したロボットの顔画像で, MH スコアが正の値を示す画像数が,

負の値を示す画像数より少ないこと、特に不気味の谷付近の画像が少ないことから、MH スコアの分布のばらつきを防ぐためにロボットの顔画像数を増加させて評価実験を行う必要があると考える。

3. おわりに

本研究では「不気味の谷現象」の出現傾向は、実験参加者の対ロボット不安の程度により影響を受けると考え、クラウドソーシングにより日本人の実験参加者を募り、80枚の様々なロボットの顔画像を用いて親近感や不気味さの評価実験を行った。また、対ロボット不安尺度(RAS)を用いて、実験参加者をロボットに対して不安を感じるRAS高群、不安に感じないRAS低群に分類し、親近感や不気味さ評価の変化を比較した。その結果、不気味の谷の出現傾向は両群で異なり、対ロボット不安により影響を受ける事が示された。RAS高群・低群の「親近感」の近似曲線において、低群の近似曲線が高群の近似曲線より上に位置することから、本実験の範囲内では「上下移動型」に近い傾向を示していることが示唆された。また、「不気味さ」におけるRAS高群・低群の近似曲線間において、顕著な違いが表れていたことから、RAS得点はロボットに対する不安を測る指標であるため、「不気味さ」の評価と深い関連があることが示唆された。本研究により、個人の対ロボット不安によって、ロボットの顔に対する不気味感および親近感に影響を与える可能性があるため、ユーザーの対ロボット不安傾向に対応したロボットの顔をデザインすることの重要性が明らかとなった。

謝辞

本研究の一部は、科研費「基盤(C)JP17K00287」の交付を受けて実施した。

参考文献

- [1] Pepper for Biz 導入事例
<https://www.softbankrobotics.com/jp/product/biz3/case/> (2019/12/11 閲覧)
- [2] 卓上ロボットがファミレス「ココス」でおもてなし実証実験を実施
<https://pc.watch.impress.co.jp/docs/news/1053626.html> (2019/12/11 閲覧)
- [3] 日戸浩之, 谷山大輔, 稲垣仁美. ロボット・AI 技術の導入をめぐる生活者と受容性と課題日米独3ヵ国調査. NRI 知的資産創造, pp.108-125, 2016.
- [4] 岩村大和, 塩見昌裕, 神田崇行, 石黒浩, 荻田紀博. 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.
- [5] Masahiro Mori, Karl F MacDorman, and Norri Kageki. 1970/2012. The uncanny valley. IEEE Robotics & Automation Magazine.
- [6] Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., and Kato, K., 2006. Measurement of anxiety toward robots. In Proc. IEEE International Symposium of Robot and Human Interactive Communication, 372-377.
- [7] Maya B. Mathur, David B. Reichling, 2015. Navigating a social world with robot partners: A quantitative cartography of the Uncanny Valley. Cognition Vol. 146, 22-32. DOI:10.1016/j.cognition.2015.09.008.
- [8] Jari Kätsyri, Klaus Förger, Meeri Mäkäräinen, and Tapio Takala. 2015. A review of empirical evidence on different uncanny valley hypotheses: support for perceptual mismatch as one road to the valley of eeriness. Frontiers in Psychology. DOI:10.3389/fpsyg.2015.00390.
- [9] Astrid M Rosenthal-von der Pütten and Nicole C Krämer. 2015. Individuals' evaluations of and attitudes towards potentially uncanny robots. International Journal of Social Robotics 7, 799-824. DOI:10.1007/s12369-015-0321-z.
- [10] Megan K. Strait, Victoria A Floerke, Wendy Ju, Keith Maddox, Jessica D Remedios, Malte F Jung, and Heather L Urry. 2017. Understanding the Uncanny: Both Atypical Features and Category Ambiguity Provoke Aversion toward Humanlike Robots. Frontiers in Psychology 8, 1366. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01366
- [11] Megan K Strait, Lara Vujović, Victoria Floerke, Matthias Scheutz, and Heather Urry. 2015. Too much humanness for human-robot interaction: exposure to highly humanlike robots elicits aversive responding in observers. In Proceedings of the 33rd ACM International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 3593-3602. DOI:10.1145/2702123.2702415.
- [12] Astrid M Rosenthal-von der Pütten and Nicole C Krämer. 2014. How design characteristics of robots determine evaluation and uncanny valley related responses. Computers in Human Behavior 36, 422-439. DOI:10.1016/j.chb.2014.03.066
- [13] 中川弘也, 神田智子. 受付ロボットの積極性及び外見が与える印象のユーザ属性別分析. HAI シンポジウム 2017, G-12, pp.1-9, 2017.

付図1： 日本人とアメリカ人のMHスコア昇順

赤枠内は、順に、最小値、中央値、スコア0、最大値

青枠内は、親近感の極大値画像、緑枠内は親近感の極小値画像

黄色枠内は、不気味さの極小値画像、紫枠内は不気味さの極大値画像

1-a) 日本人のMHスコア昇順



1-b) アメリカ人のMHスコア昇順 [7]

