

# 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

Perception of Proactive Behaviors and Appearances of a Reception Robot

中川弘也, 神田智子

Hiroya Nakagawa 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:** 受付を行う人間は、視線を合わせ、会釈し、対話を開始するなど、積極的な受付行動をとるため、近年普及しつつある社会的対話ロボットが受付を行う場合においても、積極的な受付行動をとるべきであるという前提でロボットの振舞いが実装されている。しかしながら、ロボットとの対話経験や新しい技術に対する受容性など、人間の属性によってロボットに対する受容性や印象は異なると考えられる。本研究では、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、ユーザのロボットに対する不安度 (RAS) 別に分析した。その結果、RAS 高群のロボットに対する印象はロボットの外見に影響されるが、RAS 低群のロボットに対する印象はロボットの振舞いによって影響されることが示された。

## 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接する機会が増えている。また、この様な対話ロボットの普及に伴い、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。ロボットは、機能（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）から複数タイプに分類することができる[1]。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。日米独を対象にした調査によると、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が示されている[1]。従って、人型対話ロボットにおいては、機能面の評価より、コミュニケーション相手としての印象がインタラクションの良し悪しを決める重要な要素となり得ると考えられる。このため、HAI/HRI 研究では、ロボットの印象評価に関する研究が行われてきた[2, 3, 4]。

受付や道案内に使用されるロボットの例として、SoftBank 社のパーソナルロボット Pepper や受付ロボット SAYA[5], ERICA [6], 地平アイコ[7]などが挙げ

られる。人型ロボットであっても、Pepper のような機械的な外見のロボットと、[5,6,7]のように人間の皮膚や質感、うなずきなどを実装する事で、人間の表情、行動を忠実に表現するアンドロイド型ロボットでは外見が大きく異なる。ロボットは外見が人間らしくなるにつれ、親近感は向上するが、ある時点で不気味だと感じられ親近感が急に低下すると言われており、これは不気味の谷現象とよばれている[8]。カリフォルニア大学の心理学者が、実際に 80 体のロボットの顔写真を用いて印象評価実験を行った結果、機械的な外見から人間らしい外見に変化するにつれ、親近感は向上し、その後一旦印象は急低下するが、更に人間らしくなるにつれ印象が再び向上することを示し、不気味の谷現象が実際に存在する事を明らかにした[9]。従って、人型ロボットの外見によっては、同じ機能を持っていても親近感が低下しユーザに受容されなくなる可能性がある。

また、ロボットに対する受容性は、個人の属性にも影響される。野村らは、人間のロボットに対する不安に焦点を当て、ロボットに対する不安を測定するための対ロボット不安尺度 Robot Anxiety Scale(以下 RAS と呼ぶ)を開発している[10]。RAS は 3 種類の下尺度から構成されており、ロボットが会話中の外的な事話すのではないかとといった、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)」、ロボットと対話することに対する不安を測る「ロボット対話不安(計4項目)」で構成されている。

これらのことから、受付ロボットに求める外見や積極的な行動には人によって違いがあると考えられる。よって本研究では、実験参加者が受付ロボットとの対話に対する不安に着目し、実験参加者を対ロボット不安尺度「RAS(Robot Anxiety Scale)」の「ロボット対話不安」を用いて分類し、受付ロボットに対する不安及び、受付ロボットの振舞いの積極性の有無(人間らしい受付行動あり・人間らしい受付行動なし)と外見(人間的なロボット・機械的なロボット)の違いが、受付ロボットの印象に与える影響を調べる事を目的とする。また、RAS得点を用いて、ロボットとの会話に対して不安に感じている人を「RAS高群」、ロボットとの会話に対して不安に感じていない人を「RAS低群」と分類する。

ロボットとの会話に対して不安に感じている人RAS高群は、人間らしい外見をしたロボット、人間らしい振舞いに対してRAS低群より不気味に感じやすい、不気味の谷に落ちやすいと我々は考える。これを検証するため、仮説1として「RAS高群は人間らしい外見をしたロボットに対して親近性が低くなる。」仮説2「RAS高群は人間らしい受付行動を行うロボットに対して親近性が低くなる。」を立てる。ロボットとの会話に対して不安に感じないRAS低群は、人間らしい外見をしたロボット、人間らしい振舞いに対して不気味に感じにくい、不気味の谷に落ちにくい、従って、ロボットの外見に関わらず、人間らしい受付行動を好むと考え、仮説3は「RAS低群は人間らしい受付行動を行うロボットに対して親近性が高くなる」とした。本実験では、受付ロボットと実験参加者のインタラクション実験を通して印象評価を行ってもらい、これらの仮説を検証する。

## 2. 実験で使用するロボット

### 2.1 ロボットの仕様

本実験で使用するロボットはVstone社製の社会的対話ロボットCommU及びSotaである(図2に外見を示す)。各ロボットのモータの自由度はCommUは胴体に2軸、両腕に2軸、首に3軸、目に3軸、まぶた1軸、口1軸の合計14自由度があり、Sotaは胴体に1軸、両腕に2軸、首に3軸の合計8自由度がある。したがって、CommUではSotaに不可能なまぶたと黒目の動きを実装することができる。また、各ロボットに人の顔を認識する事が出来るカメラや

音声応答のためのスピーカーなどが内蔵されている。

### 2.2 動作制御プログラムと実際の動作

本実験では、ロボットとPCを無線で接続し、PC側からロボットの制御プログラムを実行する。ロボットの動作制御はVstone社が配信しているCommU/Sota用のプログラミングソフトウェアVstoneMagicを用いることにより、簡易的な動作制御の作成は可能である。しかし、本実験では、実験参加者のいる方向の記憶や対話中の動作といった、より詳細な動作制御を要するため、eclipseを用いてJavaのプログラムで動作制御を行っている。開発したプログラムでは、各関節のモータの数値を指定することで、動作(首を左右に動かす、目玉を左右に動かす事など)制御が可能である。

また、実験参加者とロボットが対話を行う際、音声認識の誤認識によるロボットによる印象変化を避けるため、実験参加者の音声応答によりロボットの応答を変更する場合は、WOZ法を用いてロボットを制御する。このWOZ法を可能にするプログラムにより、VstoneMagicを用いた動作制御では不可能な、状況に応じた人手による操作が可能になる。WOZ実験の際は、実験参加者が音声応答を行ったタイミングで、実験者がPC側のキーボードから任意の文字を入力し、ロボットがそれを受信する事で、文字に対応した応答を行うプログラムの仕様とした。

さらに、本実験では、ロボットに実装する人間らしい受付行動として、人間の一般的な受付行動である1)相手に気づく、2)相手と視線を合わせる、3)相手に言葉を発する、を元に、ロボットには、1)首を動かして周りを見て実験参加者に気づく、2)実験参加者と視線を合わせる、3)実験参加者の方を向き顔いた後言葉を発する、という動作を実装した。受付行動を行うロボットの印象評価実験として、岡田らは、人間が接近すると、相手の方を振り向き、手を挙げて挨拶をするロボットを用いて、ロボットが能動的であると、活動性、愉快性、親近性などの印象が向上する事を示している[11]。

本実験で各ロボットが、人間らしい受付行動ありの条件で動作する場合の、プログラムの開始から終了までの制御を図1のフローチャートに示す。また、実装した各ロボットの動作を図2に示す。ロボットが、人間らしい受付行動無しの場合で動作する場合は、図2のフローチャートの「顔を検出するまで首を動かし続ける」の制御が「首を動かさずに顔検出を行う」となり、動作制御が異なる。また、SotaはCommUと違い、目やまぶたの動作制御が出来ないため、目やまぶたの動作制御だけを除き、フローチャート通りに制御を行うものとする。

初期化処理では関数の初期化や、ロボットのサーボモータを ON にする処理を行う。その後、ロボットのポーズの初期化を行い、実験参加者の顔を検出させるため、ロボットの頭部に内蔵されているカメラを使用して、実験参加者の顔を検出するまで首を動かしながら顔認識を開始する。実験参加者の顔を連続で 5 回検出すると、顔検出機能を終了し、実験参加者のいる方向に顔、目、身体を向け、右腕を上げて挨拶をする。この際に各ロボットは検出した実験参加者のいる方向を記憶しており、首を左右に振るといった動作をさせても、再度実験参加者の方へ向く仕様としている。その後、腕を下げ、実験参加者と 1 分程度の対話を行う。また、話しかける際の腕の上下や、目、腕や首などの制御は、ロボットの会話内容に合わせ、ロボットが音声を発声するタイミングで各軸のモータの数値を変更させる事で目玉を動かす、首を傾げるといった動作を行う。

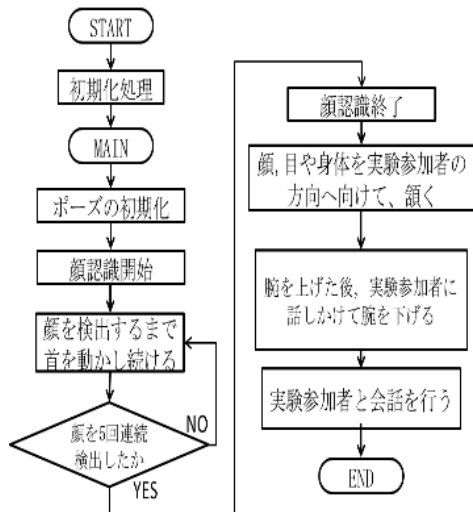


図 1. 積極性ありの受付行動  
動作制御フローチャート

### 3. 実験方法

#### 3.1 実験条件

本実験では、3つの仮説の検証するための実験を実施する。実験条件ではロボット外見要因を2条件、積極性要因を2条件、RAS 要因を2条件用意する。実験で使用したロボット外見要因(x2)、積極性要因(x2)、RAS 要因(x2)は以下の通りである。

- ロボット外見条件

(1)人間的なロボット条件：CommU を使用

(2)機械的なロボット条件：Sota を使用（実際には Sota は機械的というより玩具的であるが、本論文では機械的と記述する）

CommU	Sota
待機状態	
実験参加者の顔を探す動作(右)	
実験参加者の顔を探す動作(左)	
顔検出時の挨拶動作	
対話中の動作(1)	
対話中の動作(2)	

図 2. ロボットの人間らしい受付行動及び会話中の動作(左：人間的なロボット条件 CommU, 右：機械的なロボット条件 Sota)

## ● 積極性要因

### (1)人間らしい受付行動あり条件

人間らしい受付行動「1)首を動かして周りを見て実験参加者に気づく, 2)実験参加者と視線を合わせる, 3)実験参加者の方を向き, 頷いた後, 言葉を発する」を行う条件とする.

### (2)人間らしい受付行動なし条件

人間らしい受付行動あり条件とは違い, 一般的な受付行動を行わず, 実験参加者がロボットの前に来るまで会話を開始しない.

## ● RAS 要因

実験日より以前に, 日本人大学生の実験参加者 20名のロボットに対する不安を測るため, RAS 評価アンケートに回答してもらった. RAS は 3 種類の下位尺度で構成されており, 本実験では「ロボットとの対話に対する不安」(ロボットにどう話しかけたらいいの, 等の質問項目)の 4 項目の合計得点で属性分けを行った. RAS の得点分布は 8 点~24 点(最低 4 点~最高 24 点)であり, 中央値は 15.5 であった. 本実験にあたり, 中央値(15.5)で実験参加者を「RAS 高群」10 名, 「RAS 低群」10 名に 2 分割した.

### (1)RAS 高群

本実験では, RAS 高群はロボットとの対話に対して不安に感じている人と定義した.

### (2)RAS 低群

本実験では, RAS 低群はロボットとの対話に対して不安に感じていない人と定義した.

## 3.2 実験手順

本実験では, 受付ロボットの積極性及び外見の違いがユーザに与える印象の影響を調べる. そのため, ロボットが受付をしているという状況で実験参加者と会話してもらう必要がある. そこで, アメリカ南西部の壺を展示するギャラリーの受付ロボットとして, ロボットをテーブル上に配置した. また, 実験参加者には真の実験内容である「受付ロボットの印象評価」ではなく, 「ギャラリーの印象評価実験」と教示した. ギャラリーの見取り図を図 3 に, 実験風景を図 4 に示す.

本実験では, 実験参加者にはギャラリー内にいる壺を紹介する受付ロボットと計 4 回(外見要因(2)×積極性要因(2))会話してもらった. また, 提示による順序効果を防ぐため, 実験参加者によって提示する順番をランダムにした. 実験の手順は①~⑤のとおりである.

- ① 実験参加者にギャラリー内に入室してもらう
- ②a (人間らしい受付行動ありの場合)ロボットが実験参加者の顔を検出次第, 実験参加者の方を向き会話を開始する.

②b (人間らしい受付行動なしの場合)ロボットは人間らしい受付行動をせずに, 実験参加者がロボットの目の前に来ると会話を開始する.

③ ロボットが壺の紹介を始め, 実験参加者に興味のある壺の数字を聞く.

⑤ 実験参加者が数字を発言したのちに, WOZ 法でロボットを制御し, 該当する壺の説明を行う.

⑥ 1 分程度の説明終了後, 実験を終了する.

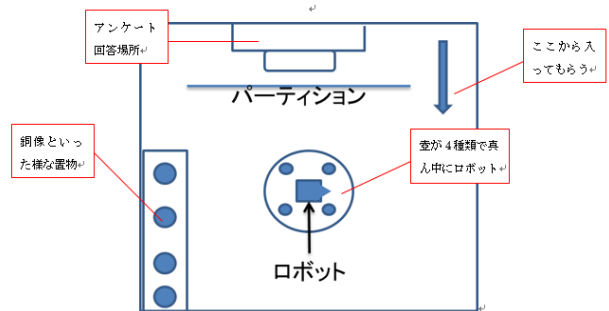


図 3. ギャラリーの見取り図



図 4. 実験風景 (Sota 条件の場合)

## 3.3 印象評価アンケート

実験参加者は, 各条件終了後に受付ロボットに対する印象評価アンケートに回答する. アンケートの項目は, ロボットに対する印象評価として用いられる GODSPEED[4]を使用し, 「親近性」5 項目, 「人間性」5 項目, 「アニメシー」6 項目, 「機能性」4 項目, 「安全性」3 項目を SD 法を用いて 5 段階評価で評価してもらう. また, 「見かけの可愛さ」の質問項目を追加した.

## 4. 結果

アンケート結果より, ロボット外見要因, 積極性要因, RAS 要因で 3 要因分散分析を行った.

### 4.1 親近性の分析

「親近性」では, ロボット外見要因, 積極性要因で主効果が見られた. ロボット外見要因では人間的なロボットより, 機械的なロボットの方が「親近性」の項目において, 有意に高い事が示された

(Score:3.32,3.71,  $p \leq 0.000, F=23.18$ ). 積極性要因では、人間らしい受付行動なしより、人間らしい受付行動ありの方が「親近性」の項目が有意に高い事が示された(Score:3.28,3.74,  $p \leq 0.000, F=34.418$ ).

また、ロボット外見要因×RAS 要因で交互作用が見られた( $p \leq 0.000, F=13.71$ ). 親近性評価に関して、ロボット外見要因×RAS 要因の多重比較の結果を図5に示す。RAS 高群においては、人間的なロボットより機械的なロボットの方が「親近性」が有意に高い事が示された(Score:3.1,3.8,  $p \leq .000, F=43.72$ ). また人間的なロボットにおいては,RAS 高群より RAS 低群の方が「親近性」が有意に高い事が示された(Score:3.1,3.8,  $p \leq .002, F=8.54$ ).

「親近性」評価に関して、ロボット外見要因と積極性要因毎の多重比較の結果を図6に示す。多重比較の結果、RAS 要因間(図6の青色の棒線)、ロボット外見要因間(図6の黒色の棒線)、積極性要因間(図6のオレンジの棒線)に、有意差が示された。

RAS 要因間では、人間的なロボットの受付行動ありにおいて、RAS 高群より、RAS 低群の方が有意に「親近性」が高い傾向が見られた(Score:3.38,3.76,  $p \leq 0.054, F=3.81$ ). 人間的なロボットの受付行動なしにおいても同様に、RAS 高群より、RAS 低群の方が有意に「親近性」が高い事が示された(Score:2.86,3.28, $p \leq 0.022, F=5.40$ ). 機械的なロボットの受付行動あり条件においては、人間的なロボット条件とは逆に、RAS 低群より、RAS 高群の方が有意に「親近性」が高い傾向が見られた(Score:3.8,4.04, $p \leq 0.057, F=3.72$ ).

ロボット要因間では、RAS 高群において、人間的なロボットの受付行動ありより、機械的なロボットの受付行動ありの方が有意に「親近性」が高い事が示された(Score:3.38,4.04, $p \leq 0.000, F=24.494$ ). また、同じく RAS 高群において人間的なロボットの受付行動ありより、機械的なロボットの受付行動ありの方が有意に「親近性」が高い事が示された(Score:2.86,3.58, $p \leq 0.000, F=19.829$ ).

積極性要因間では、RAS 高群においては、各ロボットにおける受付行動なしより、受付行動ありの方が有意に「親近性」が高い事が示された(人間的なロボット Score:2.86,3.38, $p \leq 0.001, F=11.328$ ) (機械的なロボット Score:3.58,4.04, $p \leq 0.001, F=11.495$ ). RAS 低群においても、各ロボットにおける受付行動なしより、受付行動ありの方が有意に「親近性」が高い事が示された(人間的なロボット Score:3.28,3.76, $p \leq 0.002, F=9.652$ ) (機械的なロボット Score:3.42,3.8, $p \leq 0.006, F=7.844$ ).

これらの結果より、仮説1「RAS 高群は人間らしい外見をしたロボットに対して親近性が低くなる」

について、ロボット外見要因×RAS 要因の多重比較の結果、RAS 高群において人間的なロボットより、機械的なロボットの方が親近性が有意に高い事が示された。このことから、仮説1は支持された。

つぎに、仮説2「RAS 高群は人間らしい受付行動を行うロボットに対して親近性が低くなる」について、3 要因分散分析の多重比較の結果から、RAS 高群は、各ロボットにおいて、受付行動なしより受付行動ありの方が有意に「親近性」が高い事が示された。このことから、仮説2は支持されなかった。

最後に、仮説3「RAS 低群は人間らしい受付行動を行うロボットに対して親近性が高くなる」について、3 要因分散分析の多重比較の結果から、RAS 低群は、各ロボットにおいて、受付行動なしより受付行動ありの方が有意に「親近性」が高い事が示された。このことから、仮説3は支持された。

これらのことから、RAS 高群も低群も積極的条件の方が積極的でない条件より有意に親近性が高くなること、また、RAS 高群はロボットの外見によっても親近性が変化すること、RAS 低群はロボットの見かけによって親近性は変化しないが、積極性によって親近性を変化させることが示唆された。

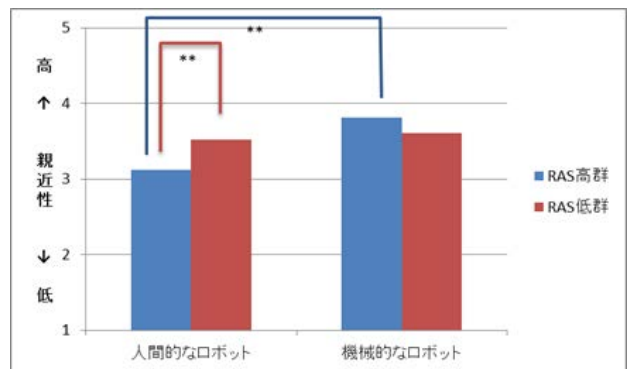


図5. 親近性のロボット外見要因×RAS 要因の多重比較の結果

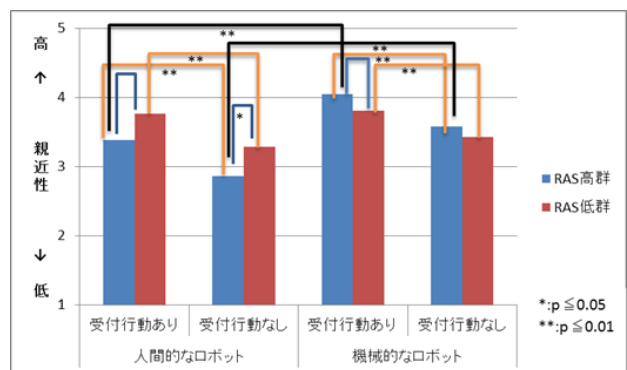


図6. 親近性のロボット外見要因と積極性要因の各水準における多重比較の結果

## 4.2 人間性、アニメシーの分析

「人間性」においては積極性要因に主効果が見られ、積極性なしより、積極性ありの方が有意に「人間性」が高い事が示された (Score:2.46,2.92,  $p \leq 0.000, F=20.38$ ). またロボット外見要因×積極性要因×RAS 要因間で 2 次の交互作用が見られた ( $p \leq 0.000, F=5.067$ ). 「人間性」の平均値及び多重比較の結果を図 7 に示す. 多重比較の結果, RAS 要因間(図 7 の青色の棒線), ロボット外見要因間(図 7 の黒色の棒線), 積極性要因間(図 7 のオレンジの棒線)に, 有意差が示された.

RAS 要因間では, 人間的なロボットの受付行動なしにおいて, RAS 低群より, RAS 高群の方が有意に「人間性」が高い事が示された (Score:2.18,2.62  $p \leq 0.02, F=4.98$ ). また, 機械的なロボットの受付行動ありにおいては, RAS 低群より RAS 高群の方が有意に「人間性」が高い事が示された (Score:2.78,3.26,  $p \leq 0.03, F=4.62$ ).

ロボット外見要因間では, RAS 高群において, 人間的なロボットの受付行動ありより, 機械的なロボットの受付行動ありの方が「人間性」が有意に高い事が示された (Score:2.84,3.26,  $p \leq 0.021, F=5.53$ ).

積極性要因間では, RAS 高群においては, 機械的なロボットにおいて, 受付行動なしより, 受付行動ありの方が有意に「人間性」が高い事が示された (Score:2.62,3.26,  $p < 0.002, F=9.80$ ). RAS 低群においては, 人間的なロボットにおいて, 受付行動なしより, 受付行動ありの方が有意に「人間性」が高い事が示された (Score:2.18,2.82  $P \leq 0.000, F=16.17$ ). RAS 低群においては, 人間的なロボットの受付行動ありと機械的なロボットの受付行動ありの間に有意差は見られず, 評価に差が無い事が示された (Score:2.78,2.82,  $p \leq 0.825, F=0.05022$ ). また, 機械的なロボットに対して, RAS 低群は受付行動の有無間に有意差は無く, 評価に差がなかった (Score:2.44,2.78,  $p \leq 0.145, F=2.15$ ).

これらのことから, RAS 低群はロボットの外見によって人間性の評価を変化させず, ロボットが積極的であると人間性が高くなると評価しているのに対し, RAS 高群は, 機械的なロボットが積極的に受付行動をとらない場合は RAS 高群や人間的なロボットと同様の人間性を感じているが, 機械的なロボットが積極的に行動する条件では, 顕著に有意に人間性が向上する評価したことを示している. 親近性評価と同様, RAS 低群はロボットの外見は人間性評価に影響を与えないが, RAS 高群では, ロボットの外見と積極性の相乗効果で印象評価が変化することを示唆している.

アニメシー評価においても, 人間性と同様の傾向が見られた.

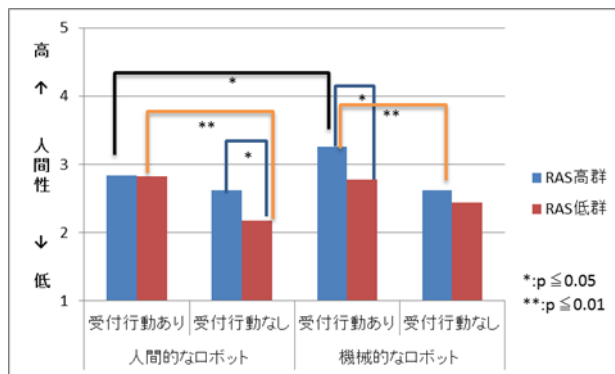


図 7.人間性評価のロボット外見要因と積極性要因の各水準における多重比較の結果

## 4.3 機能性、安全性の分析

GoodSpeed アンケート中の「機能性」「安全性」においては, いずれの要因の主効果も見られなかった. また, 「機能性」のロボット外見要因×積極性要因に交互作用が見られた ( $p \leq 0.002, F=10.38$ ). 多重比較の結果, 人間的なロボットの受付行動なしより, 受付行動ありの方が有意に「機能性」の値が高い事が示された (Score:3.57,3.76,  $p \leq 0.10, F=6.954$ ). また, 受付行動なしにおいて, 人間的なロボットより, 機械的なロボットの方が有意に「機能性」の値が高い事が示された (Score:3.66,3.77,  $p \leq 0.007, F=7.615$ ). また, 3 要因分散分析の多重比較の結果, RAS 高群において人間的なロボットの受付行動なしより機械的なロボットの受付行動なしの方が「機能性」評価が有意に高くなった (Score:3.46,3.68,  $p \leq 0.031, F=4.56$ ). 有意差は見られるものの, 親近感や人間性のような顕著な差は見られず, いずれも 7 段階の 3-4 点であり, 中程度に機能的であると評価されたと考えられる. 「安全性」に関しては, いずれの要因の交互作用も見られなかった.

## 4.4 見かけの可愛さの分析

「見かけの可愛さ」の質問項目においては, 見かけが可愛い「5」, 怖いを「1」とし, 5 段階で評価してもらった. その結果, ロボット外見要因に主効果が見られ, 人間的なロボットより, 機械的なロボットの方が有意に「見かけの可愛さ」の項目において値が高い事が示された (Score:2.8,4.25,  $p \leq 0.000, F=25$ ). また, 積極性要因に主効果が見られ, 受付行動なしより, 受付行動ありの方が有意に「見かけの可愛さ」の項目において値が高い事が示された (Score:3.35,3.70,  $p \leq 0.031, F=5.51$ ).

また, ロボット外見要因と RAS 要因で交互作用が

見られた ( $p \leq .019, F=6.7$ )。見かけの可愛さ評価の RAS 要因×ロボット外見要因の多重比較の結果を図 8 に示す。見かけの可愛さ評価のロボット外見要因と積極性要因の各水準における多重比較の結果を図 9 に示す。多重比較の結果、人間的なロボットにおいて、RAS 高群より、RAS 低群の方が有意に「見かけの可愛さ」の評価が高く、平均値の差が顕著に大きい事が示された (Score:2.25,3.25,  $p \leq 0.001, F=12.01$ )。また、RAS 高群において、人間的なロボットより機械的なロボットの方が有意に「見かけの可愛さ」の評価が高く、平均値の差が顕著に大きい事が示された (Score:2.25,4.45,  $p \leq 0.000, F=50.1144$ )。RAS 低群においても、人間的なロボットより、機械的なロボットの方が有意に「見かけの可愛さ」の項目において値が高い事が示された (Score:3.35,4.05,  $p \leq 0.030, F=5.07$ )。

RAS 高群においては、人間的なロボットの受付行動ありより、機械的なロボットの受付行動ありの方が可愛さ評価が有意に高く、平均値の差が顕著に大きい事が示された (Score:2.4,4.7,  $p \leq 0.00, F=31.52$ )。また、人間的なロボットの受付行動なしより、機械的なロボットの受付行動なしの方が得点が有意に高く、平均値の差が顕著に大きい事が示された (Score:2.1,4.2,  $p \leq 0.00, F=18.46$ )。RAS 高群の人間的なロボットの受付行動ありの評価より、RAS 低群の人間的なロボットの受付行動ありの評価の方が有意に高く、平均値の差が大きい事が示された (Score:2.4,3.5,  $p \leq 0.043, F=4.76$ )。また、RAS 高群の人間的なロボットの受付行動なしより、RAS 低群の人間的なロボットの受付行動なしの方が有意に高く、平均値の差が大きい事が示された (Score:2.10,3.20,  $p \leq 0.013, F=7.51$ )。

これらのことから、RAS 高群、低群共に、見かけの可愛さ評価では、機械的なロボットを高く評価しているが、人間的なロボットの可愛さ評価は RAS 高群、低群で大きく差があることが示された。RAS 高群では、可愛さ評価と親近性評価や人間性評価が同様の傾向を示しており、RAS 高群が機械的なロボットに親近感と人間性を感じた要因は外見の可愛さにあることを示唆していると考えられる。一方、RAS 低群は、機械的なロボットをの外見を可愛いと評価するものの、当該ロボットに対する親近性や人間性評価は外見の可愛さ評価の影響を受けないと考えられる。

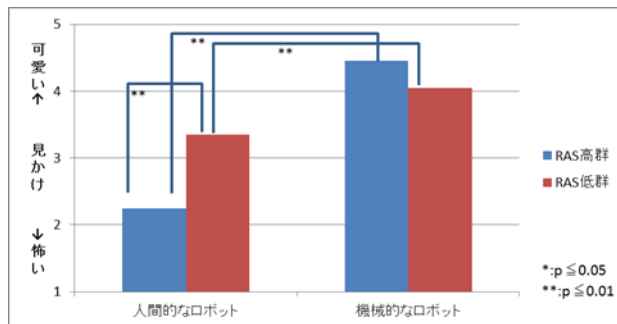


図 8.見かけの可愛さ評価の RAS 要因×ロボット外見要因の多重比較の結果

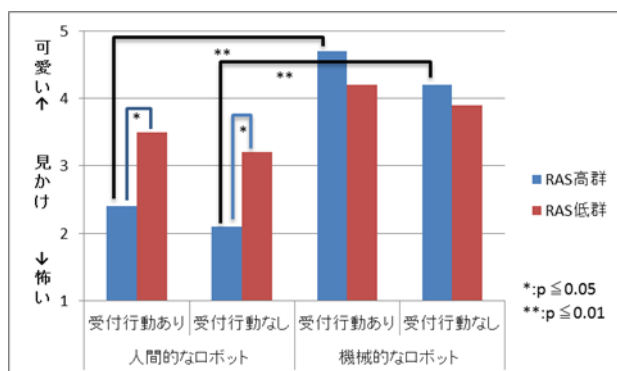


図 9.見かけの可愛さ評価のロボット外見要因と積極性要因の各水準における多重比較の結果

#### 4.5 RAS 対話不安の実験前後の比較

実験参加者の RAS 得点が、実験の前後でどのように変化したかを分析するために、参加者の分類に用いた RAS 対話不安の得点を実験前後で比較した。結果を表 1 に示す。RAS 低群においては、実験前の RAS 対話不安得点より実験後の対話不安得点の方が低くなっているが(13.3→9.8-11.9)有意差は示されなかった。一方、RAS 高群においては、実験前の対話不安が 18.4 と高い値を示していたのに対し、実験後は 9.4-13.3 へと大きく有意に低下している。この不安得点の低下は特に機械的な外見のロボット (Sota) 条件で顕著であり、高群と低群とでは対話不安得点がほぼ同等である。

表 1. RAS 対話不安得点の実験前後の比較

	人間的なロボット		機械的なロボット	
	高群	低群	高群	低群
実験前	18.4	13.3	18.4	13.3
実験後(積極性あり)	12.6**	9.9	9.4**	10
実験後(積極性なし)	13.3**	11.9	10.5**	9.8

## 5. 考察

### 5.1 親近性に関する仮説の検証

「親近性」の項目では、RAS 高群において人間的

なロボットより機械的なロボットの方が評価が有意に高い事から、仮説 1「RAS 高群は人間らしい外見をしたロボットに対して親近性が低くなる」は支持された。このことから、ロボットとの対話に対して不安を感じている RAS 高群はロボットの外見によって「親近性」を変化させると考えられる。一方、RAS 低群は人間的なロボットと機械的なロボットとで親近性の評価に有意差がなく、中央値よりやや上の値を保っていることから、RAS 低群は、ロボットの外見によって親近性を変化させないことを示唆していると考えられる。

仮説 2「RAS 高群は人間らしい受付行動を行うロボットに対して親近性が低くなる」に関して、RAS 高群において、どちらのロボットにおいても受付行動あり条件の評価が、なし条件より有意に高い事から、支持されなかった。また、人間的なロボット条件では RAS 高群の親近性評価が常に RAS 低群より低い一方、機械的なロボットの受付行動あり条件では、RAS 低群より評価が有意に高くなった。このことから RAS 高群は、ロボットの外見に親近感を抱く場合、ロボットが積極的な受付行動をとることで、さらに親近感を高める可能性を示唆していると考えられる。

仮説 3「RAS 低群は人間らしい受付行動を行うロボットに対して親近性が高くなる。」は、RAS 低群において、各ロボットの受付行動なしより、受付行動ありの方が有意に親近性が高い事から支持された。このことから、RAS 低群は、ロボットの外見ではなく、行動によって親近性を変化させ、積極的であると評価を高める可能性が示された。

## 5.2 親近性以外の評価

「人間性」、「アニメシー」、「見かけの可愛さ」の項目において「親近性」の評価と同様な傾向が見られた。RAS 高群、低群共に、ロボットの受付行動なしより、受付行動ありの方が評価が高い傾向であった。RAS 低群では、ロボットの外見によって評価値が変わらず、受付行動の有無で評価値が変化していた。すなわち、RAS 低群はロボットの外見に関わらず、一定の印象をロボットに対して持っており、人間らしい受付行動の違いが親近性や人間性、アニメシーの印象評価に影響を与えていると考えられる。一方、RAS 高群では、人間的なロボットより、機械的なロボットの方が評価が高く、機械的なロボットが積極的に受付行動をとる場合、顕著に評価が向上する傾向が示された。このことから、RAS 高群はまずロボットの外見が可愛いと感じられた場合、人間性やアニメシーが高く評価され、そのロボットの積極的な受付行動がさらに印象を向上させると考えら

れる。この結果は、親近感の結果と同じ傾向である。

RAS 高群において人間的なロボットの親近性が低い理由として、「見かけの可愛さ」評価が RAS 低群と比較して顕著に低く、RAS 高群にとって、人間的なロボットは不気味の谷に落ちていたのではないかと考えられる。一方、RAS 低群では、見かけの可愛さ評価は中央値以上であること、見かけの可愛さ要因で、親近性や人間性などの他の印象評価値が変化しないこと、いずれのロボットにも一定の親近性を持っていることから、人間的なロボットに対して不気味に感じず、不気味の谷に落ちなかったと考えられる。このことから RAS 高群、RAS 低群ではロボットの外見に対してまず不気味に感じるか感じないかで親近感や人間性等の評価が二分化されると考えられる。しかし、RAS 高群は、ロボットの外見が可愛く好ましいものであれば、RAS 低群よりもロボットに対して好ましい印象を抱くことを示唆している。このことは、RAS 対話不安得点の実験前後を比較すると、低群では得点に有意差が見られないのに対し、高群では実験後に対話不安が大きく低減すること、特に機械的なロボットでこの傾向が顕著に見られることから支持される。従って、予め使用者が限定されない場合のロボットの外見の設計指針として、人間に近い外見より、カートゥーンや玩具的な外見を持つロボットを設計した方が、RAS 高群、低群のどちらに対しても好印象を保つことができると考える。

今後の展望としては、本研究では、実験参加者の分類を RAS の下位尺度「ロボット対話不安」でのみ分類したが、他の下位尺度「ロボット会話能力不安」や「ロボット行動特性不安」で分類し分析する必要がある。また、実験参加者数が各群 10 名ずつであったため、より多くの参加者の評価が必要である。また、本研究ではロボットの外見は 2 種類しかなかったが、今後、受付ロボットの外見の種類を増やし、RAS 高群と RAS 低群で不安を感じる外見に違いがあるのか、また RAS 高群と RAS 低群で不気味の谷現象が起こるロボットの外見の人間類似度が異なること、すなわち、RAS 高群の方が、低い人間類似度でも親近感が急激に低下することを分析していく必要がある。

## 6. おわりに

本研究では、実験参加者のロボットに対する不安、受付ロボットの振舞いの積極性の有無と外見の違いが、受付ロボットの印象に与える影響を調べた。その結果、仮説 1「RAS 高群は人間らしい外見をしたロボットに対して親近性が低くなる」は支持され、仮説 2「RAS 高群は人間らしい受付行動を行うロボ



ットに対して親近性が低くなる」は支持されなかった。また、仮説3「RAS 低群は人間らしい受付行動を行うロボットに対して親近性が高くなる」が支持された。その結果、RAS 高群のロボットに対する印象はロボットの外見に影響されるが、RAS 低群のロボットに対する印象はロボットの振舞いによって影響されることが示された。本実験の結果は、今後の受付ロボットの振舞い設計,ロボットの外見設計に貢献できると考える。

動設計によるユーザの印象評価の向上. 情報処理学会インタラクション 2016 予稿集, pp.160-165, 2016

## 謝辞

本研究の一部は、科研費「基盤(C)26330236, 17K00287」の交付を受けて実施した。

## 参考文献

- [1] 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
- [2] 山田誠二監著. 人のロボットの<間>をデザインする. 東京大学出版局, 2007
- [3] 神田崇行, 石黒浩, 石田亭. 人間-ロボット間相互作用にかかわる心理的評価. 日本ロボット学会誌 Vol.19, No.3, pp.362-371, 2001
- [4] Bartneck, C., et al. Measurement instruments for the anthropomorphism, animacy, likeability, perceived intelligence, and perceived safety of robots. International Journal of Social Robotics, 1(1), pp.71-81, 2009
- [5] 原文雄, 小林 宏: 顔という知能, 共立出版, 2004
- [6] 石黒共生ヒューマンロボットインタラクションプロジェクト・開発ロボット ERICA  
<http://www.jst.go.jp/erato/ishiguro/robot.html>  
(2017/11/01 閲覧)
- [7] 東芝コミュニケーション・アンドロイド「地平アイコ」  
[http://www.toshiba.co.jp/about/press/2015\\_02/tp\\_j2701.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/press/2015_02/tp_j2701.htm) (2017/11/01 閲覧)
- [8] 森政弘「不気味の谷」, Energy 第7巻第4号, pp.33-35, 1970
- [9] Maya B. Mathura, David B. Reichlingb. Navigating a social world with robot partners: A quantitative cartography of the Uncanny Valley. Cognition, Vol.146, pp.22-32, 2016
- [10] 野村 竜也, 神田 崇行, 鈴木 公啓, 山田 幸恵, 加藤 謙介. Human-Robot Interaction(HRI)における人の態度・不安・行動. Fuzzy System Symposium, 2010
- [11] 岡田明帆, 菅谷みどり. ロボットの能動的な行