

# 「ある」「いる」：サービスロボットの印象評価

## “Aru (There is)” or “Iru (Who is)” : A way of Impression Evaluation for Service Robots

鶴田 昂丈<sup>1</sup> 吉田 怜司<sup>1</sup> 菅谷 みどり<sup>1</sup>

Akitomo TSURUDA<sup>1</sup>, Midori SUGAYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 芝浦工業大学 工学部 情報工学科

<sup>1</sup>Shibaura Institute of Technology, College of Engineering,  
Department of Information Science and Engineering,

**Abstract:** Service robots are expected to be able to communicate naturally with humans. We thought that it would be natural for such robots to use the word "Who is" rather than "There is". In this research, from the distinction of "Iru (Who is)" and "Aru (There is)", the purpose of the research is to verify the condition that the service robot that can communicate naturally also combines, and using the existing robot and the robot developed by us, the impression The results of the evaluation experiment are reported.

### 1. はじめに

近年、サービスロボットとの共生が盛んに研究されている。また、日本政府は「ロボット新戦略」を2015年に公表し、数千億円規模のロボットプロジェクトの推進を目指すとしている。このように時代がロボットを求めつつある中で、「ロボットという」という表現が用いられているのを身の回りで聞いた。機械であるロボットに「ある」ではなく「いる」という言葉が用いられているのは、ロボットが「ただの機械」以上の意味を持つからではないかと考えた。

山本は、一般的に「ある」「いる」の差異は主体が対象に主体的な動きを認識するか否かを表すもの[1]としている。また、Reevesらは、人は人に接するようにコンピュータと接することを数々の実験により示している[2]。これらのことから、ロボットに「いる」が用いられる現象は、人間のある種普遍的な感覚に根ざしていると考えられる。具体的には、産業的な生産効率性を目的とせず、プライベートな空間で人間と共存するような、または人とのコミュニケーションに特化したようなサービスロボットには、人間と自然なコミュニケーションができることが必要であるとされている。そのようなロボットには、「ある」よりも「いる」という言葉が使われる方が自然であるという感覚かと思われる。

そこで我々は、既存のサービスロボットについて「ある」「いる」が実際に使い分けられることを確かめた後、それぞれのロボットに共通する要素を設

定し、我々が開発したロボットによって印象を評価するものとした。具体的には日本語表現「ある」「いる」の使い分けをロボットの印象評価の指標とし、開発したロボット(手足、顔、表情、声、移動など)の特徴を全24パターンの状態に分けて印象評価を行った。また、Godspeedらが提唱する擬人性、有生性、好ましさ、知性認識、安全性認識[3]を評価項目として設定し、これらと実験協力者の各属性が各印象評価指標に与える影響の分散分析および、印象評価同士の相関を検証した。その結果、手足、顔、表情といった視覚的な要素はほぼ全ての印象に影響しやすいと考えられ、声や移動といった意思を感じさせる要素は有生性や知性認識に影響しやすいことがわかった。また、「ある」「いる」の指標は、擬人観、有生性、好ましさ、知性認識と正の相関が見られた一方、安全性認識は負の相関が見られた。

本論の構成は、2節にて関連研究、3節にて予備実験、4節にて開発したロボットと、その評価について述べ、5節にてまとめとした。

### 2. 関連研究

山本は、日本語の存在表現「ある」「いる」の意味を、言語主体の如何なる認識の差異が反映されているか、という主体の事態解釈の観点から考察した[1]。「ある」「いる」の差異は「存在」の対象が無生物か生物かによって決定されると説明されるのが従来であったが、従来分類では説明できない事例があり、その意味を解明するにはその背後にいかなる要因が

あるのかを探る必要がある。「ある」「いる」の意味は、ともに主体の主観的な存在認識態度を表すものであり、「いる」は対象の主体的な動きを認識する主体の認識態度を反映し、「ある」は対象の主体的な動きを認識しないとする主体の認識態度を反映すると結論した。

Reevesらは、人間がコンピュータなどのメディアに対して、他者と礼儀、協調、性格（攻撃性、ユーモア、専門性、ジェンダーなど）を携えて接するように、または、実際にその場所に居て物理世界で起きている現象に反応するように反応することを実験により検証した。これは自動的で不可避の無意識的な行動であるとしている[2]。

Bartneckは、サービスロボットの成功は性能評価のみでは計ることができず、ユーザの満足感にかかっているとし、ユーザのサービスロボットに対する知覚を計測する必要があると述べた[3]。また、既存の質問法や研究でよく用いられる概念である擬人観、有生性、好ましさ、知性認識、安全性認識を計測するGodspeed質問法(Godspeed Questionnaire Series)を提案し、これはインタラクティブなロボットを開発するのにそのまま用いることができると述べた。

ロボットが「ある」か「いる」かは、ロボットを認識する主体がロボットに主体的な動きを認識するか否か、ということに置き換えられる。我々はロボットが主体的な動きを認識されるか否かを決定するのは、認識されるロボット自体の特徴と、認識する主体の性向であると考えこれらが「ある」「いる」の判断や印象にどう関わっているのかを検証するものとした。

### 3. 既存ロボットの印象評価実験

#### 3.1 概要

本実験の目的は、ロボットに対してそれが「ある」か「いる」かと、属性評価をし、ロボットが「いる」と評価される条件を調査する。調査にあたり、まず既存のサービスロボットについて実際に「ある」か「いる」かの評価が分かることを確かめる。また、「ある」「いる」の評価と人の属性との間に相関が見られるかどうかを調べる。実験協力者は、研究室内の教授と学生の8名にて実施(女性2名、男性6名)した。ロボットが「ある」か「いる」かを評価するアンケートでは、実験協力者に既製の15体のロボット(表1、表2)の画像と動画を見てもらい、実験協力者が十分な情報を得た上で、「ある」「いる」を両極とする5段階のアンケートを取った。属性調査には、神田ら[4]が用いたロボットへの興味などに関する11の質問から成るアンケートを使用した。また、ロボットの特徴を抽出し特徴したものを表1に示す。

表1 対象のロボットと特徴

ロボット	特徴
ASIMO	人型 大型 汎用 有声
Buddy	小型 表情有り 移動可 コミュニケーション用
Budgee	小型 移動可 専用 移動可
CaddyTrek	小型 移動可 専用
Jibo	小型 表情有り 家庭用
マインレット爽	小型 専用
Nao	人型 小型 多目的 顔有り
Navii	大型 移動可 専用 ビジネス用
Paro	動物型 小型 有声 専用
Pepper	人型 大型 多目的 顔有り 汎用 移動可 有声
Relay	大型 専用 有声
Romeo	人型 大型 顔有り
Roomba	小型 移動可 専用
Sota	人型 小型 顔有り 有声
Tapia	小型 顔有り 表情有り 有声 家庭用

### 3.2 実験

#### 3.2.1 評価項目

「ある」「いる」を評価するアンケートでは、「ある」を1、「どちらかといえばある」を2、「わからない」を3、「どちらかといえばいる」を4、「いる」を5とした5段階評価を行った。属性調査では、石黒らの属性調査のアンケート[4]を用いた。

実験はグーグルフォームにより作成したウェブページ上で行った。実験協力者には、回答の前に実験の趣旨や回答方法の説明をし、各ロボットについて十分な情報を得られるように公式な販売元がYoutube配信している動画と、動画の印象に左右されないように直立で正面から撮られた画像を並べて見てもらった。

#### 3.3 結果と考察

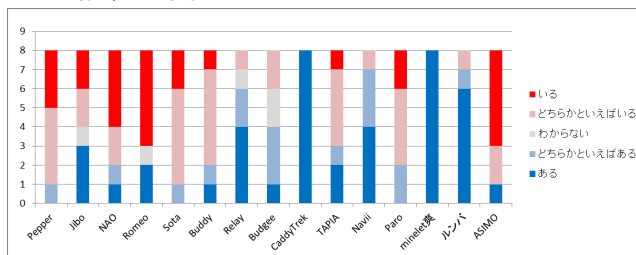


図3 各ロボットの「ある」「いる」の評価結果

図3に実験の結果を示した。横軸はロボットの種類、縦軸は人数とした。赤色は「いる」と答えた人数、同様に「どちらかといえばいる」が薄い赤色、「わからない」が灰色、「どちらかといえばある」が薄い青色、「ある」が青色で表わされている。

ASIMO, Pepper, Sota は 8 割以上の実験協力者が「いる」と評価し, minelet 爽, CaddyTrek, ルンバ, Navii, Relay は 8 割以上が「ある」と評価した. それ以外のロボットは同一種内で「ある」「いる」の評価がほぼ半々に別れた.

表 4 「ある」「いる」の評価と Q6 との一元配置分散分析結果

ロボット	相関係数
Pepper	-0.764**
NAO	-0.293**
Romeo	-0.276*
Sota	0.218**
Buddy	-0.309**
TAPIA	-0.098*
Paro	-0.260**
ASIMO	-0.800**

(\*\*: $p<0.01$ , \*: $p<0.5$ )

また, 人間の属性が「ある」「いる」に与える影響を調べるため一元配置分散分析と相関分析を行った. 表 4, 5 に実験協力者の属性と「ある」「いる」の評価との相関を分析した結果から有意な相関が得られたものを載せた. 「ある」「いる」の評価が Q6 (スターウォーズ, スタートレックなどの SF 映画, SF テレビなどを好んでよく見ますか?) と Q9 (金額的に手が届けば, AIBO のようなペットロボットを購入したいですか?) の質問との間に有意な相関が見られた. 表 4 は各ロボットについて「ある」「いる」の評価と Q6 との一元配置分散分析を行った結果を, 表 5 は各ロボットについて「ある」「いる」の評価と Q9 との一元配置分散分析を行った結果を示している.

表 4 ではほとんどのロボットに負の相関が見られ, SF メディアへの興味が高いほどロボットを「いる」と評価しやすいことが分かった. SF メディアに登場するロボットは人間と同様に振る舞い, 超人的な能力を有することがあるが, そのような期待をこれらのロボットに抱いているのではないかと考えられる. Sota に限っては興味が高いほど「ある」と評価しやすい結果となった. Sota は二頭身でデフォルメ調な見た目をしており, このことが関係しているのではないかと考えた. Peppert と ASIMO については強い相関 (Pepper が相関係数-0.764,  $p$  値 7.58-E05, ASIMO が相関係数-0.800,  $p$  値 4.65E-04) が見られ, これは一般人並みの身長があることが理由なのではないかと考えた.

表 5 「ある」「いる」の評価と Q9 との一元配置

分散分析結果

ロボット	相関係数
Pepper	-0.078**
Jibo	0.348*
NAO	0.248**
Romeo	0.084*
Sota	0.333**
Buddy	0.236**
Budgee	0.218**
TAPIA	0.348**
Paro	0.397**
ASIMO	0.333**

(\*\*: $p<0.01$ , \*: $p<0.5$ )

また, 表 5 ではほとんどのロボットに正の相関が見られ, 購買意欲が高いほどロボットを「ある」と評価しやすいことがわかった. 実際に購買するイメージが固まっている人ほど, ロボットに対して要求するものが高いレベルにあるのではないかと考えられる. Pepper のみが異なって相関なし (相関係数-0.078,  $p$  値 3.18E-06) であった. 実験協力者のほとんどが企業入口や家電量販店で Pepper の実物が商用のものとして動いているのを見たことがあることに関係していると口頭アンケートの結果から考えた.

## 4. ロボットの印象評価実験

### 4.1 概要

3 章の実験で用いた 15 体のロボットの特徵から, 7 つの構成要素「手足」「顔」「表情」「声」「移動」「背丈」「目的」があると考え, 実験の実現性から「背丈」「目的」を省いた 5 要素が「ある」「いる」の評価とロボットの印象にどう影響しているかを調査した. 実験においては, 「手足」「顔」「表情」「声」「移動」の要素をロボットから付け外しし, 全 24 通りの組合せにおいてロボットの評価を行う. 実験協力者は情報工学科の学生 20 名 (男子学生 18 名, 女子学生 2 名) にて実施した. 実験中, 実験協力者は椅子に座り, ロボットは 4 辺 90cm の机の上で動作させた.

## 4.2 ロボットの実装

本節は、ロボットの実装について述べる。ロボットの外見を図 4.5 に示した。

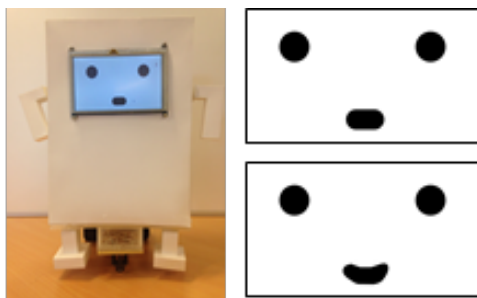


図 4 開発したロボット(左：正面，右：顔画像)

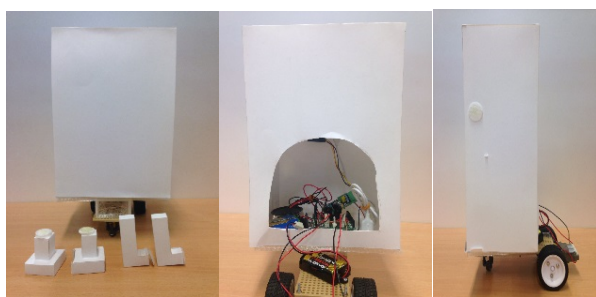


図 5 開発したロボット(左：手足を外して顔を隠したものの、中：背面，右：横面)

ボディと手足はケント紙で作り，顔と表情は LCD 上に表示させ，声は合成音声スピーカーで再生し，移動はボディ下部のモータ付きの車輪で行った。ボディは縦 258.2mm 横 182.6mm 奥行き 112.9mm の直方体で，ボディ内部にコンピュータ (Raspberry Pi 3 Model B と Arduino) を設置している。手足は付け外しが可能であり，顔の有無の切り替えは一枚のケント紙を前面に覆いかぶせることで実現した。表情はスクリプトで画像を切り替えることにより実現し，声の有無はスピーカーのアンプにより切り替え，移動の有無はモータに電源を供給している回路のスイッチにより切り替えた。表情と声は独立したものとして扱うものとした。

プログラムは顔，表情，声，移動を実現するためのもので，Raspberry Pi 3 Model B 上の OS は Raspbian，声は OpenJTalk，顔と表情は OpenCV の Python のライブラリにより実現した，プログラムは Python スクリプトで動作するものとした。図 6 にプログラム全体のフローチャートを示した。

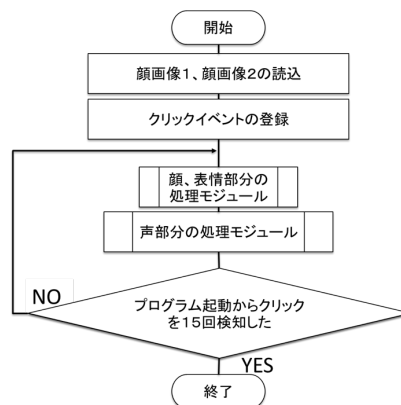


図 6 プログラム全体のフローチャート

### (1) 顔と表情の実装

顔は，先に紹介した Nao の顔を参考にしながらロボットのボディに合うように，GIMP で顔画像を二つ作成した。これらの顔画像を OpenCV の関数で読み込み，5 インチ LCD 上にフルスクリーン表示し，7 秒おきに画像を切り替えて表示するようにした。マシンの性能上，画像の切り替えに 7 秒ほどの時間を置かなければ，画像の切り替え表示がスクリプト実行途中からできなくなってしまったため，画像を切り替え表示してから 8 秒間のクールダウンを設定した。

### (2) 声の実装

辞書は open-jtalk-mecab-naist-jdic パッケージを，音声モデルは hts-voice-nitech-jp-atr503-m001 パッケージを用いた。スクリプト実行中に現在時刻を Python の time ライブラリ関数により取得し，「ただいまの時刻は，h 時 m 分 s 秒です。」という文字列を生成し，この文字列から OpenJTalk により音声ファイルを生成して再生する。音声を一回生成する負荷と再生時間を考慮し，10 秒間のクールダウンを設定した。

### (3) 移動の実装

Arduino 言語によって実装し，モータに digitalWrite 関数により右の車輪を数 cm だけ動かし，delay 関数により 3 秒間停止することを繰り返すものとした。

## 4.5 実験

実験は本校学生 19 名(情報工学科 19 名)と外部学生(流通情報工学科 1 名)に対し行った(うち女性 2 名，男性 18 名)。実験協力者には，実験の前にロボットがどのような趣旨で開発され，どのように動作するかを簡単に説明し，事前の自製ロボットに対する知識を同等のものとした。

本実験で使用したアンケートでは，ロボットの印象評価と実験協力者の属性を調査した。ロボットの印象評価には「ある」「いる」の評価項目に加えて，

2.3節で述べた関連研究[3]の Godspeed 質問シリーズを参考にし、擬人観 (anthropomorphism), 有生性 (animacy), 好ましさ (likeability), 知性認識 (Perceived Intelligence), 安全性認識 (Perceived Safety) を評価項目として設定し、それぞれに対応する設問を用意した。これらはロボットについての印象ではあるが、安全性認識のみ、ロボットを見たときの自分の心の様子について回答してもらっている。これら 6 つの評価項目は 1~4 の 4 段階評価としている。実験協力者の属性調査には予備実験と同じものを用いた。

実験環境は研究室にて、実験協力者は椅子に座り、ロボットは 1 辺 90cm の机の上で動作させた。日常生活の場における空間を意識させるため、同室内に人が 4, 5 人以上居て、適度な環境音や雑音がある状況で実験を行った。実験手順は、事前に、属性調査項目とロボットの印象評価項目を印刷した評価紙を用意し、ロボットの要素の全組合せ 24 通りの実験順を乱数によりランダムに並べて確定する。この実験順を評価紙に書いて実験協力者に手渡し、属性調査項目に回答してもらった後、実験の概要を口頭で説明して実験の内容についての理解を得た。その後、先に決めた実験順のとおりロボットの要素を組合せ、ロボットの動作確認後に各々の印象を評価紙に記入してもらった。

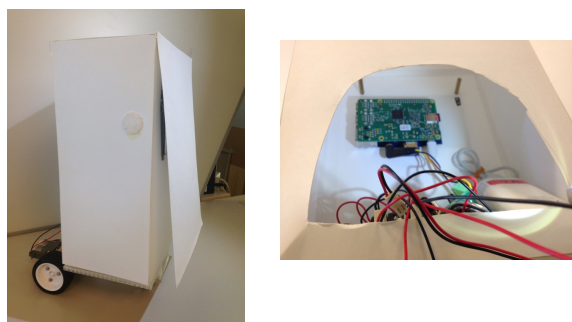


図 7 顔を隠す紙を半固定にした状態を斜め前から見た画像、面ファスナー (左), LCD の裏側と LCD のバックライト電源スイッチ (赤色の丸)

図 7 はロボットの各要素をどのように付け外したかを説明するものである。手足の要素は図 8 のロボット側面と手足に貼り付けた面ファスナーで付け外した。顔の要素は、図 7 の顔隠し用の紙と LCD バックライト電源スイッチによって付け外した。表情の要素は、LCD タッチパネル (感圧式) をタッチペンでタッチし、プログラムのクリックイベントを呼び出すことで付け外した。声の要素は図 10 の音量調整つまみによって付け外した。移動の要素はモータ電源端子を付け外しすることで付け外しができるようにした。

実験順は 10 進法の数字 0~3,8~19,24~31 をメルセンヌツイスタで生成された乱数により並べ替え、この数字を 5 ビットの 2 進数表記にしたものを評価紙に記入した。左端の桁から手足、顔、表情、声、移動の有る無しを表わす。4~7,20~23 は「顔がなくて表情がある」という組合せであり、顔以外で表情を表わすことは今回の実験では考慮しないものとして除外した (各実験協力者の実験順は付録に示した)。

## 4.6 結果

### 4.6.1 ロボットの特徴：一元配置分散分析結果

表 7 に各特徴と各印象に関する一元配置分散分析と相関分析の結果を示した。すべての組合せにおいて 0.1%水準で有意差が得られた。顔と表情は安全性認識以外の全ての印象評価群と正の相関があり、手足は「ある」「いる」の評価と擬人観に、声は有生性と知性認識に正の相関が見られた。移動は有生性と正の相関が見られたが、安全性認識とは負の相関が見られた。

表 6 印象評価とロボットの特徴との相関係数

	手足		P 値	相関
	無し	有り		
あるいるの評価	1.93	2.34	1.5E151	0.202
擬人観	1.58	1.94	1.3E126	0.217
有生性	1.78	2.05	3.9E149	0.162
好ましさ	2.14	2.44	3.3E196	0.171
知性認識	1.65	1.78	7.5E129	0.081
安全性認識	3.39	3.36	0	-0.02
	顔		P 値	相関
	無し	有り		
あるいるの評価	1.49	2.45	6.4E132	0.448
擬人観	1.27	2	2.4E104	0.409
有生性	1.58	2.08	5.5E127	0.281
好ましさ	1.88	2.49	1.2E175	0.325
知性認識	1.41	1.87	1.1E105	0.272
安全性認識	3.41	3.36	0	-0.027
	表情		P 値	相関
	無し	有り		
あるいるの評価	1.89	2.62	7.4E176	0.34
擬人観	1.48	2.31	1.1E154	0.458
有生性	1.69	2.35	2.3E177	0.364
好ましさ	2.05	2.76	3.8E223	0.376
知性認識	1.56	2.04	2.2E158	0.283
安全性認識	3.41	3.31	0	-0.054
	声		P 値	相関
	無し	有り		
あるいるの評価	1.99	2.28	1.5E151	0.14
擬人観	1.66	1.86	1.3E126	0.118

有生性	1.67	2.15	3.9E149	0.285
好ましき	2.18	2.4	3.3E196	0.124
知性認識	1.42	2.02	7.5E129	0.379
安全性認識	3.45	3.3	0	-0.086
	移動			
	無し	有り	P 値	相関係数
あるいるの評価	1.95	2.31	1.5E151	0.177
擬人観	1.73	1.78	1.3E126	0.03
有生性	1.62	2.21	3.9E149	0.348
好ましき	2.31	2.27	3.3E196	-0.021
知性認識	1.64	1.8	7.5E129	0.097
安全性認識	3.62	3.12	0	-0.305

手足、顔、表情といった視覚的な要素はほとんどの印象に影響しやすいと考えられ、声や移動といった意思を感じさせる要素は有生性や知性認識に影響しやすいと考えられる。

#### 4.7.2 実験協力者の属性：一元配置分散分析結果

表 7 に各属性と各印象に関する一元配置分散分析と相関分析の結果を示した。コンピュータの使用歴が短いほど (Q2)、ロボットコンテストへの興味が低いほど (Q4)、ロボットのおもちゃなどを持っていないほど (Q5)、ヒューマノイドを見たことがないほど (Q7)、擬人観、有生性、好ましきを高く評価した (Q2—擬人観：相関係数 0.32, p 値 1.61E-04, Q2—有生性：相関係数 0.31, p 値 1.03E-05, Q4—擬人観：相関係数 0.34, p 値 5.57E-04, Q4—有生性：相関係数 0.2, p 値 5.84E-04, Q5—擬人観：相関係数 0.35, p 値 4.05E-04, Q5—有生性：相関係数 0.29, p 値 0.03, Q7—擬人観：相関係数 0.23, p 値 0.02)。

また、SF メディアへの興味が低いほど (Q6)、ヒューマノイドを見たことがないほど (Q7)、知性認識を高く評価した (Q6—知性認識：相関係数 0.36, p 値 0.07, Q7—知性認識：相関係数 0.36, p 値 0.01)。

さらに、SF メディアへの興味が低いほど (Q6)、ロボットの機能 (Q8) や自律行動への期待 (Q10) が高いほど、購買意欲が高いほど (Q9)、ヒューマノイドが日常で活躍する期待が低いほど (Q11, Q12)、安全性認識を高く評価した (Q6—安全性認識：相関係数-0.27, p 値 1.55E-08, Q8—安全性認識：相関係数-0.38, p 値 5.79E-08, Q10—安全性認識：相関係数-0.27, p 値 4.82E-13, Q9—安全性認識：相関係数-0.39, p 値 1.05E-04, Q11—安全性認識：相関係数-0.36, p 値 5.30E-09, Q12—安全性認識：相関係数-0.29, p 値 2.56E-12)。

コンピュータやロボットへの理解度が低い、あ

るいは慣れていないほど印象評価が高いのは、ロボットがそういう人たちにとって真新しいものであるために、興味を喚起するからではないかと考えた。また、SF メディアに登場する架空のロボットや実物のヒューマノイドをよく見る人たちは、ロボットの知性への期待の水準が高くなると考えた。

表 7 印象評価と実験協力者の属性との相関係数

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
ある	**	**	**			
いる	0.45	0.31	0.01	0.38	0.23	0.2
擬人観	** 0.18	** 0.32	* 0.09	** 0.34	** 0.35	0.16
有生性	** 0.14	** 0.31	** -0.1	** 0.2	* 0.29	0.22
好ましき	** 0.36	** 0.05	** -0.06	0.14	0.01	0.32
知性認識	** 0.14	** 0.1	* 0.15	** 0.22	** 0.28	0.36
安全性認識	** -0.03	** -0.09	** 0.12	** -0.18	** -0.04	** -0.27
	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12
あるいる	0.23	-0.07	** 0.1	** -0.02	0.18	-0.07
擬人観	* 0.23	0.39	** 0.08	* 0.11	-0.27	0.1
有生性	0.13	0.26	** 0.09	** 0.13	0.12	0.16
好ましき	0.26	0.23	* 0.15	** 0.36	* -0.13	** 0.01
知性認識	* 0.36	0.33	** 0.15	0.2	-0.32	-0.08
安全性認識	**	**	**	**	**	**
認識	-0.13	-0.38	-0.39	-0.27	-0.36	-0.29

#### 4.7.3 印象評価指標同士での一元配置分散分析結果

表 9 に、印象評価指標同士での、「ある」「いる」の一元配置分散分析を行った結果をまとめた。

擬人観、有生性、好ましき、知性認識と正の相関が見られた。擬人観は有生性、好ましきと正の相関が見られた。有生性は好ましき、知性認識と正の相関が見られた。知性認識は好ましきと正の相関が見られた。安全性認識については唯一有生性との負の相関が見られた。

擬人観、有生性、好ましき、知性認識、安全性認識は、それぞれ関係があると Bertneck は述べており、本論文の実験結果からも安全性認識以外についてはその様子をうかがい知ることができる。安全性認識の指標について、実験前に実験協力者に安全性を評価するものであることを説明したら、この指標も他の指標と正の相関が表れたかもしれない。

Godspeed 質問法の指標はサービスロボットの成功 (ユーザの満足感) を測るためのものであるが、本論文独自の印象評価指標である「ある」「いる」の評価も、Godspeed 質問法のほとんどの指標と正の相関があった。ロボットが「ある」よりも「いる」と

呼ばれることがユーザの満足感を裏付けするものとして有効である可能性を示唆するものと思われる。

表 8 印象評価指標同士との相関係数

	あるい る	擬人 観	有生 性	好まし さ	知性 認識	安全 性 認識
あるいる	1.00					
擬人観	** 0.55	1.00				
有生性	** 0.52	** 0.57	1.00			
好ましさ	* 0.53	** 0.58	** 0.52	1.00		
知性認識	** 0.44	0.59	** 0.59	** 0.52	1.00	
安全性認識	** -0.11	** -0.04	** -0.23	** -0.03	** -0.14	1.00

#### 4. 8. 考察

##### 4. 8. 1 ロボットの特徴が印象評価に与える影響

図 11 に手足のある場合とない場合の各印象の平均とその有意性を示した。手足は動くわけではなく見た目にしか影響を及ぼさず、「手足は評価に影響しなかった」「手足がある方が何となく良い」と実験協力者の意見は割れていた。図 11 を見ると、統計的には手足があることで安全性認識以外の印象をやや強めると考えられる。

図 12, 13 に顔のある場合とない場合、表情のある場合とない場合の各印象の平均とその有意性を示した。図 12, 13 から、顔も表情もないよりはあるときの方が安全性認識以外の印象評価が高くなるようだ。実験中、顔と表情があることについては全員が肯定的な態度を示していたが、「表情がないなら顔もない方がよい」「表情がないと怖い」と表情はなく顔があるパターンには否定的な意見も見られた。表情部分の設計に関して「表情の変化がわかりにくい」「表情の変化の頻度が少ない」という意見もあり、表情設計が雑であったかもしれないが、「顔と表情がないとただの道具」と表情があること自体を重要視する実験協力者もあり、顔と表情がロボットがただの機械とそうでないものの境を越えるための重要な要素であることを示唆すると考えた。

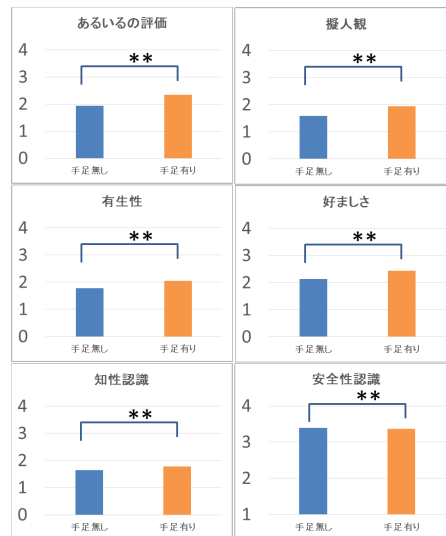


図 11 手足と各指標の平均の差の検定結果

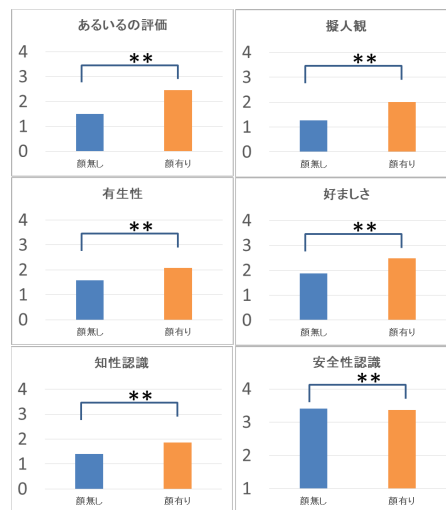


図 12 顔と各指標の平均の差の検定結果

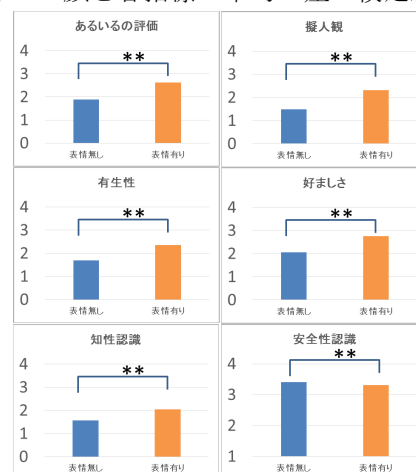


図 13 表情と各指標の平均の差の検定結果

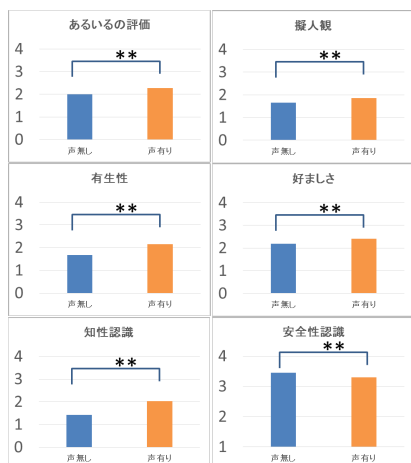


図 14 声と各指標の平均の差の検定結果

図 14 に声のある場合とない場合の各印象の平均とその有意性を示した。声があることで図 14 左下の有生性と知性認識を特に高めるようであることが示唆された。

声については「声があると人間的で親近感がある」「単調であるため人間的というより機械的である」と人によって感じ方が異なり、「時刻を詳細に告げるから知的だ」という意見もある。仮に「ワン」「ニャー」など動物のような鳴き声を発していたら人間的な親近感や知的さは感じなかっただろうし、発声する内容にパターンを追加すれば単調さを感じなかっただろう。声の有無というよりはしゃべる内容に依存するものと思われる。

図 15 に手足のある場合とない場合の各印象の平均とその有意性を示した。移動があることが図 15 左上の「ある」「いる」の評価を若干高めて、左中の有生性の評価を高めて、右下の安全性評価を大きく低めた。移動については「足ではなく車輪で移動するから機械的」「モータ音があるから機械的」「単調な移動なので機械的」という意見があったものの、統計的には生き活きとした感じを与えたようだ。また、ロボット下部の土台が不安定だったため体が左右に振れていたことに、実験協力者は動揺を態度に表わすことがあったが、実験が進むにつれて「冷静な」のみを選ぶことが多かった。

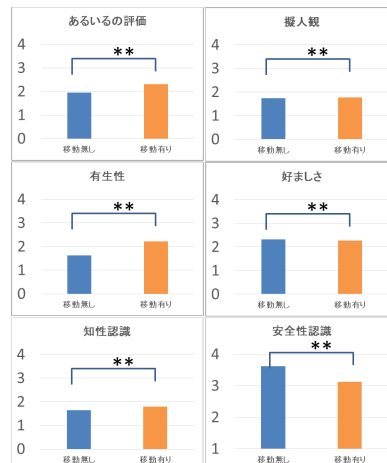


図 15 移動と各指標の平均の差の検定結果

#### 4.8.2 安全性認識指標の齟齬

Godspeed 質問法から引用した各指標の名前は我々が独自に翻訳したもので、我々が「安全性認識」と呼んだ指標は引用元の論文では「Perceived Safety」と呼ばれている。安全性認識指標は実験質問時に「動揺している」「冷静な」という評価軸を用いたが、この評価軸が「安全性認識」という指標のものであることを実験協力者に伝えてはいなかった。実験協力者が、小型で重要な機能もないこのロボットに安全かどうかを気にするというよりは、「興味がある」「無関心」という意味の評価軸として解釈する方が妥当に思える。そう解釈した場合、ロボットは興味を持たれるように設計されるべきか否かは議論の対象に成り得るだろう。西洋の上流家庭内で働く給仕人や使用人などの下流労働者は、そこに居ないものとして扱われるというのが慣例らしい。ありきたりではあるが、ロボットを適応する状況によって設計を考えるべきだろう。

ちなみに、Godspeed 質問法では各指標にいくつかの評価軸があるが、本論文では実験の評価ケースが多いため、各指標に一つの評価軸を用いることにしている。本論文で選定した評価軸が各指標を評価するのに最も相応しかったとは断言できない。それぞれがどのようなものであったのか妥当性を改めて検証する必要がある（付録 2）。

#### 4.8.3 「いる」への社会的な影響と関係性の所有

専門家の意見によれば、モノに「ある」より「いる」を用いる場合は、他の人が「いる」を用いると考えられる場合と、自分とそのモノとの間の関係性に所有を見出されたものに用いる場合があると言う。また、人はモノを見たときにまず擬人化して考え、その後に擬人化したままかモノとして見るようになるかが別れる。見た目が人らしくても、不気味さがあったり、動作の原理がわかったりすると、たちま



ち「ある」が用いられるようになる。逆に、見た目が人らしくなく無能そうであっても、そのロボットの機能を体験することで「いる」が用いられるようになるという。これは小松と山田[5]が適応ギャップと呼び、ユーザがインタラクション前に抱いた印象と実際のインタラクションを通じて感じた印象の差である「エージェントに対する印象の変化」が、ユーザとエージェントとのインタラクションの在り方、具体的にはユーザがエージェントとインタラクションを続けたいか否かに影響するものとしている。

適応ギャップが全てのロボットに対して起こるならば、一時的にユーザと接するロボットは人らしい見た目に、長期的にユーザと接するロボットは人らしくない見た目に設計した方が良いかもしれない。適応ギャップを回避することができるのならば、つまり第一印象も長期的な印象も良好に保とうとするならば、人らしい見た目で動作原理が単純でない設計が適していると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、日本語表現「ある」「いる」の使い分けに着目し、これをロボットの印象評価の指標として既存のロボットと我々が開発したロボットを評価した。3章の実験では、既存のロボットについて「ある」「いる」が使い分けられることを確認し、実験協力者の属性とロボットの特徴が「ある」「いる」の評価に影響することが示された。また、4節の実験では、3節で用いたロボットから抽出した特徴を元にロボットを設計・開発し、印象評価指標を5つ加え、全24パターンのロボットの状態について印象評価を行った。この結果を分析し、ロボットの各特徴と実験協力者の各属性が各印象評価指標に与える影響と、印象評価同士の相関が示唆された。

今回の実験では、ロボットの第一印象のみを評価しており、ロボットとのインタラクションをする前と後の印象評価が異なることを考慮していない。はじめにロボットを「いる」と呼んだ人が、後になって「ある」と呼ぶ（あるいはその逆）ことも考慮したとき、ロボットとインタラクトする前にユーザがロボットに抱く期待と、ロボットが実際に為すことを設計する必要があると考える。今後は、ロボットの特徴とユーザの属性がロボットへの期待を生成し、この期待とロボットの活動結果の差が印象を決定すると仮定し、印象を向上させるためにロボットの特徴をどのように設計するかを再検討することを考えている。

## 謝辞

帝京大学、理工学部、情報電子工学科（執筆時は、芝浦工業大学工学部共通学群情報科目）の有本泰子特任准教授には、本研究のご支援を頂き感謝致します。また、京都大学情報学研究科の大本義正助教授には、研究内容に助言を

いただきました。マンマシンインターフェース、会話エージェントなどの分野での長年の経験から発せられる含蓄に富んだお言葉からは、重要な洞察を得ることができました。心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 山本雅子. "存在表現「ある」「いる」の意味—事態解釈の観点から—", 愛知大学
- [2] Byron Reeves, Clifford Nass: The Media Equation (How People Treat Computers, Televisions, and New Media Like Real People and Places), (p. 5) 1996
- [3] Christoph Bartneck et al. : Measurement Instruments for the Anthropomorphism, Animacy, Likeability, Perceived Intelligence, and Perceived Safety of Robots. International Journal of Social Robotics, 2006
- [4] 神田 他. "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. 2013, Vol.19, No.3, p.362-371
- [5] 小松孝徳, 山田誠二. "適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響", HAI シンポジウム 2008, 1D-1

付録1 各実験協力者の実験順

No	実験順
1	17-15-13-31-18-29-10-24-26-27-14-1-12-0-19-16-9-11-2-3-30-8-25-28
2	19-30-18-31-16-15-26-24-9-29-11-14-1-12-28-2-3-10-17-25-13-27-0-8
3	29-15-11-30-24-26-19-13-3-1-8-28-25-27-18-31-16-17-2-12-14-0-9-10
4	2-15-16-19-29-0-13-12-10-1-9-18-30-3-26-11-8-14-24-28-17-27-31-25
5	14-10-25-19-17-2-16-18-13-0-15-3-30-11-26-8-12-31-1-27-29-9-28-24
6	10-2-1-15-30-24-16-26-13-19-14-26-9-8-31-25-3-29-12-17-18-0-11-27
7	16-1-25-26-10-12-3-15-11-17-19-31-14-26-9-24-0-29-27-18-30-8-2-13
8	12-3-25-26-13-11-27-15-10-26-17-30-1-19-0-16-31-29-14-9-24-2-8-18
9	17-13-1-10-19-0-27-14-2-8-18-26-3-28-31-14-16-24-11-25-30-15-9-29
10	2-8-10-19-25-18-11-1-12-31-0-24-29-13-17-3-16-9-26-30-28-15-14-27
11	9-3-25-31-24-13-11-15-8-29-10-12-17-27-17-1-16-0-28-30-14-19-26-2
12	9-31-15-27-30-1-26-8-19-10-18-11-13-3-12-25-16-2-0-14-26-17-29-24
13	31-12-26-28-25-9-8-10-24-13-30-18-27-17-19-29-14-3-

	15-0-11-16-2-1
14	30-25-19-29-1-16-10-27-3-2-31-14-0-26-28-13-17-15-9-24-8-11-12-18
15	29-8-16-19-12-18-17-15-9-3-25-26-11-31-14-0-26-2-1-13-30-24-27-10
16	30-31-17-14-29-11-15-8-2-16-1-12-3-26-25-19-0-18-27-9-24-13-28-10
17	10-27-13-1-0-26-2-17-24-11-19-14-16-9-12-8-31-18-29-15-25-30-3-28
18	12-17-18-16-14-26-31-8-25-28-9-1-19-24-2-13-27-30-3-0-15-29-11-10
19	14-1-28-19-0-25-9-8-27-13-15-2-11-29-30-24-12-17-26-16-3-31-18-10
20	14-8-19-18-1-30-13-17-12-25-29-16-3-11-27-15-9-31-2-28-24-26-10-0

		平穏な	驚いた
--	--	-----	-----

付録2 Godspeed 質問法の各指標の評価軸群

指標名	指標名 (Bartneck 訳)	評価軸群	
擬人観	人格化 Anthropomorphism	偽物のよう な	自然な
		機械的	人間的
		意識を持た ない	意識を持つて いる
		人工的	生物的
		ぎこちない 動き	洗練された動 き
有生性	生命性 Animacy	死んでいる	生きている
		活気のない	生き生きとし た
		機械的な	有機的な
		人工的な	生物的な
		不活発な	対話的な
		無関心な	反応のある
好まし さ	可愛度 Likeability	嫌い	好き
		親しみにく い	親しみやすい
		不親切な	親切な
		不愉快な	愉快な
		ひどい	良い
知性 認識	感知能力 Perceived Intelligence	無能な	有能な
		無知な	物知りな
		無責任な	責任のある
		知的でない	知的な
		愚かな	賢明な
安全性 認識	安全性 Perceived Safety	不安な	落ち着いた
		冷静な	動揺している