

〈ゴミ箱ロボット〉からの「もこー！」が引き出すもの

What interpretation does “Moco” from “Sociable Trash Box” elicit from users?

吉田 あすか^{1*} 長谷川 孔明¹ 大島 直樹² 岡田 美智男¹

Asuka Yoshida^{1*}, Komei Hasegawa¹, Naoki Ohshima², and Michio Okada¹

¹豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

¹Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

²豊橋技術科学大学 エレクトロニクス先端融合研究所

²Electronics-Inspired Interdisciplinary Research Institute, Toyohashi University of Technology

Abstract: 「ゴミを見つけました!」「そのゴミを拾ってください!」と〈ゴミ箱ロボット〉に言われたらどうだろうか。ロボットの発話意図は伝わってくるものの、なんだか指示されている気持ちになる。では、「もこー!」との発話が聞こえてきたらどうか。ついつい、〈ゴミ箱ロボット〉の気持ちを押し量り、思わずゴミを拾ってあげてしまうこともあるだろう。この違いはなんだろうか。

本稿では、〈ゴミ箱ロボット〉の話す言葉によって、まわりの人からの解釈のされかたや印象がどのように変化したかを示し、〈もこ語〉の特徴について考察する。

1. はじめに

公園では、〈ゴミ箱ロボット〉たちがキョロキョロあたりを見渡したり、時々立ち止まったりしながら進んでいる。人とコミュニケーションをとりたくて、人がいる方向へ進んで行ったり、何か気になるものを見つけては、そちらの方へ進んだりと気ままに動き回っているようだ。人に近づいては「もこ!」と挨拶したり、人にゴミを拾ってもらって「もっこもん!」とお辞儀をするなど、私たちが話す言葉とは異なる、この〈ゴミ箱ロボット〉独自の言語を話している。その言葉の意味は正確には分からないけれども、お礼の気持ちや感情の変化などは何気なく伝わってくる。そうして思わず、〈ゴミ箱ロボット〉に対してお辞儀を返してしまう。

「ゴミを拾ってください」、「道を開けてください」、「もう一度話してください」など、音声言語を使うロボットたちは私たちの生活の一部に組み込まれてきており、その存在は身近なものになっている。正確に情報を伝えるという観点からは、明確な意味を持った言葉の使用は適しており、高度で知的な印象を与える。しかし、情報を正確に伝えようとするあまり、相手から解釈の余地を奪い、その意味を押しつけることになりかねない。また、ロボットから命

令されているような印象を与え、人からの協力的な振る舞いを引き出すという点において、インタラクションデザインの余地があるといえる。

このような一方的な関係やコミュニケーションを解消し、ロボットの言葉の意味の解釈に人が参加できるようなインタラクションをデザインできないだろうか。

筆者らは機械的なビープ音と音声言語の間に位置し、ロボットと人の身体的コミュニケーションを補完し、内部状態を表示するようなロボットの声として〈もこ語〉を提案してきた[1]。これはその言葉の意味の解釈をユーザに委ねるもので、ユーザはその言葉の意味を積極的に解釈する余地がある。また、ユーザが自ら意味を見出して解釈するため、その言葉の意味に対して、ユーザの納得感を伴う。

このように、ユーザが自分で積極的に解釈に参加し、何らかの意味を探り出そうと試みる際に、相手(ロボット)の気持ちになり込もう[2]と思わず身体を重ねてしまう。また、相手の気持ちに寄り添うため、その言葉に対して共感を伴うこともあるだろう。このような現象を生み出すことを、身体性を有する社会的なロボットと子どもたちの間で確認できないものだろうか。

そこで、本研究では、自分一人ではゴミを拾うこ

* 連絡先: 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系
〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1
E-mail: yoshida.asuka.gd@tut.jp

とは出来ないが、身体を健気にうごかし、周囲の人からの手助けを上手に引き出してゴミを拾い集めてしまう〈ゴミ箱ロボット〉に着目した。

図1に〈ゴミ箱ロボット〉の振る舞いの例を示す。人を見つけた時には、その方向を見るような振る舞い、感謝を示す時にはお辞儀を行っていたが、〈ゴミ箱ロボット〉には発話機能がないため、振る舞いの意図や志向の解釈の方向性を決めずに子どもたちに完全に任せている状態であった。

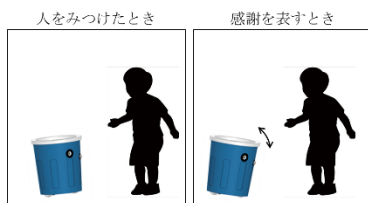


図1 〈ゴミ箱ロボット〉の振る舞い

ここでは新たに〈もこ語〉を援用する〈ゴミ箱ロボット〉を提案し、振る舞いに準じた〈もこ語〉を使用することで、〈ゴミ箱ロボット〉の志向や意図の解釈を相手に委ね、ゴミを拾ってもらうなどの行動を引き出すことを試みた[3]。

本稿では、〈ゴミ箱ロボット〉とのコミュニケーションにおいて、〈もこ語〉や他の言語がどのように解釈されるか、主観評価を行った結果を示すとともに、〈もこ語〉の特徴について考察する。

2. 研究背景

2.1. 権威的言葉・内的説得力のある言葉

ミハイル・バフチンは『小説の言葉』にて「権威的な言葉」と「内的説得力のある言葉」を以下のように表現している[4]。

「権威的な言葉」とは、上司や教師からの指示のように、他者に無条件の承認や受容を強いるもので、意味が狭く、聞き手に対して開いていない言葉である。また、「内的説得力のある言葉」とは、その言葉の意味が完結しておらず、解釈の一部は聞き手に委ねられている言葉であるという。解釈の余地が残されていることで、聞き手は自由に解釈することが可能になる。

「ゴミを拾ってください」などのロボットから人に依頼する言葉は「権威的な言葉」となりやすく、命令されているような印象を受けやすいと考えられる。また、「内的説得力のある言葉」をロボットの声として使うことで、周囲の人が自由に解釈し、強制されることなく行動できるようになると期待される。

2.2. 内部状態の表出と半分節音

2.2.1. ビープ音

「内的説得力のある言葉」のように意味が明確に定まっていない音声には、ビープ音、オノマトペ様の音声などがある。ビープ音は、機械によく使用されている音声である。小松らは、ビープ音によってロボットの内部状態を直感的かつ正確に理解できることを示した[5]。しかし、ビープ音には機械らしい印象が定着している面もある。小松らは、生き物らしいあるいは高性能そうなロボットからビープ音が出ると、ビープ音の解釈にネガティブなバイアスがかかることや、ロボットの印象が悪化する恐れがあると報告している[6]。

2.2.2. オノマトペ様の音声

オノマトペ様の音声は、キャラクターが発する音声として用いられることが多い。特に、アニメーション作品においては、有生性や意思疎通性を備えているが、高度な知性を持っていないキャラクターに採用される傾向がある。

また、人の音声による感情表現に関する研究でオノマトペ様の音声が使われた例として武田らの研究がある[7]。この研究は怒りの度合いによる韻律的特徴の解析を目的としており、有意味単語に「なみなみ」、無意味単語に「まなまな」が使用された。結果として、怒りの度合いに有意味単語と無意味単語の差はなく、音圧や最高基本周波数などの韻律情報に現れたことを示した。また、個々の韻律的特徴のみでは感情を表現するのには不十分で、韻律的特徴を組み合わせることで感情を表現できることを示した。

2.2.3. 〈もこ語〉

筆者らが提案した〈もこ語〉は、ロボットと人の身体的コミュニケーションを補完し、内部状態を表示する声である。〈もこ語〉は、「も」と「こ」という音に加え、撥音(ん)、促音(っ)、長音(ー)から構成されており、「もこ」、「もこー」、「もっこもん」などの様々な内部状態や感情の表現、リズム感を創出する可能性を持つ。〈もこ語〉そのものは明確な意味を持たない無意味単語ではあるが、身体的表現や周囲の環境により様々な解釈を引き出す「内的説得力のある言葉」としての性格も備わる。これまで〈もこ語〉によって、ロボットの振る舞いの解釈や印象が変化し、直感的に解釈を方向づけられることを確認している[1]。

2.3. 〈もこ語〉を話す〈ゴミ箱ロボット〉

〈ゴミ箱ロボット〉は身体の振る舞いから、志向や意図を表現していたが、解釈をするための手がかりが少なく、〈ゴミ箱ロボット〉の意図を正確に汲み

取ることが難しいという側面もあった。そこで、筆者らは〈もこ語〉を援用する〈ゴミ箱ロボット〉を提案した[3]。〈もこ語〉を話すことで、ロボット内部の感情を表現できること、〈ゴミ箱ロボット〉の意図を汲んで、行動を強制させずにゴミを拾ってもらいなどの行動を促すことが期待できる。

3. 実装

以下に、本研究のプラットフォームである〈ゴミ箱ロボット〉のハードウェアデザイン・ソフトウェアデザインを示す。

3.1. ハードウェアデザイン

図2に、〈ゴミ箱ロボット〉のハードウェア構成を示す。このロボットは、ゴミを拾うために必要なアームや手のようなものはない。自らゴミを拾い集めることは出来ない。

図3のように、〈ゴミ箱ロボット〉は上下に分けることが可能である。上部(図3(a))には、〈ゴミ箱ロボット〉を左右にひねるためのサーボモータ、顔を上げ下げさせるためのサーボモータ、ゴミを検出するための赤外線センサ、カメラモジュールがついている。また、顔を上げ下げさせるためのサーボモータには、バネがついている。下部(図3(b))には、足のホイールを動かすサーボモータが2つ、バッテリー、スピーカー、全体の制御を行う小型PCがある。これらの機構を用いることで、首を左右に振ってあたりを見渡す、お辞儀をする、人を見上げたりすることができる。

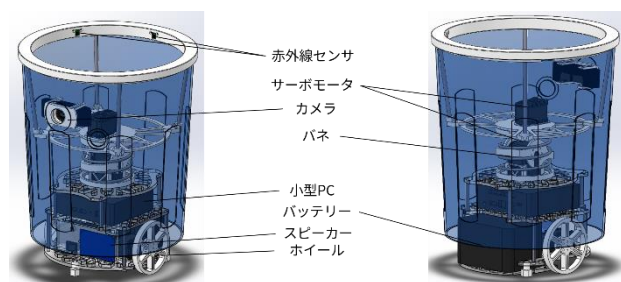
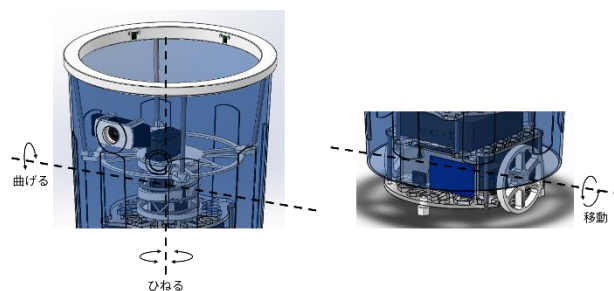


図2 〈ゴミ箱ロボット〉のハードウェア構成



(a) 上部 (b) 下部
図3 ゴミ箱ロボットの上部、下部

3.2. ソフトウェアデザイン

〈ゴミ箱ロボット〉はROS (Robot Operating System) で制御を行っている。ROS のノード構成を図4に示す。指令ノードを中心に、物体検出ノード、センサ制御ノード、サーボ制御ノード、音声制御ノードから成り立っている。

指令ノードでは、〈ゴミ箱ロボット〉の振る舞い決定を行っている。物体検出ノードやセンサ制御ノードから得られた人の有無、ゴミが入れられたかどうかの情報を基に振る舞いを決定し、サーボモータの動作や発話する音声をサーボ制御ノード、音声制御ノードへ送信する。

物体検出ノードでは、〈ゴミ箱ロボット〉が人を見つけるための物体検出を行っている。カメラモジュールから得られた画像から、人などを矩形領域で検出する。検出した物体の種類と、その矩形領域の座標を指令ノードに送信している。

センサ制御ノードでは、赤外線センサの値を取得し指令ノードに送信している。

サーボ制御ノードでは、指令ノードから送信された命令により、サーボモータの制御を行う。各サーボモータにはIDが割り当てられており、IDを指定して制御する。ホイールに接続されているサーボモータは角度制限が無い制御で、体を左右にひねる、顔を下げるといった動作を行うサーボモータは角度で制御している。

音声制御ノードでは、指令ノードから送信された命令により、流す音声の制御を行う。音声データに、IDを割り当てることにより、指令ノードにて流したい音声のIDを選択することで、振る舞いに合わせた音声を流すことができる。

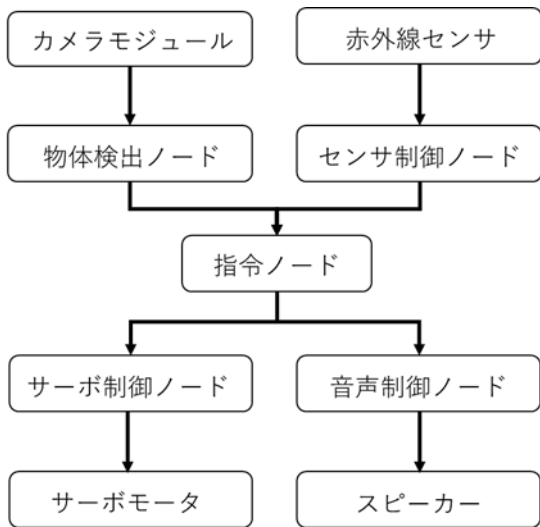


図4 〈ゴミ箱ロボット〉のROS ノード構成

3.3. インタラクシオンデザイン

3.3.1. 「生き物らしさ」を生み出す振る舞い

〈ゴミ箱ロボット〉がただのロボットとは思われず周囲の人から意図の持った存在であると認識されるためには、周囲の人から志向的な構え[8]を引き出す必要がある。そのため、〈ゴミ箱ロボット〉にはロボット特有の機械らしい振る舞いを払拭し、生き物らしさを持たせる必要がある。

〈ゴミ箱ロボット〉の内部にはバネが組み込まれている。これにより、顔を左右に向ける、お辞儀をするなどの振る舞いを行う際に、ロボット全体がよたよたした少し頼りない動きになる。また、移動する際にホイールを同時に動かすのではなく、左右交互に動かすことで、乳幼児の少し不安定なよたよた歩きのように動くことが出来る。

3.3.2. 「志向性」を表す振る舞い

ロボットが人とソーシャルな関係を築くためには、「何に関心があるのか」、「何に対して注意しているのか」という志向性の表示が重要な役割を示す。

注目や関心は、目や顔、身体がどこに向いているのかで表示することが可能である。〈ゴミ箱ロボット〉には顔のようなものはないが、ホイールを動かすことでロボット本体の向きを変え、注目しているものに対して身体を向けることが出来る。また、カメラモジュールのレンズの部分の外から見える部分であるため、「目」として捉えられることが多く、どこに視線を向けているのかを表示することが可能である。これより、視線や身体の向きを使用することで〈ゴミ箱ロボット〉の志向性を表示することが出来る。

3.3.3. 「社会性」を表す振る舞い

周囲の人から志向的な構えを引き出すには、ロボ

ットが意図を備えた存在であり、それによって行動していることを表出することが必要となる。そのためには、ロボット自身の内部状態を表出することが必要である。

方法としては、身体的な振る舞いと音声による〈もこ語〉が挙げられる。振る舞いでは、ゴミをいれてもらった際にお辞儀をして感謝を表示している。これは、他者からの働きかけにより、随伴的に行動する社会的随伴性を備えた動作である。〈もこ語〉は、2.2.3 節で述べたように聞き手に対して解釈の一部が委ねられている音声である。そのためユーザは、ロボットの感情や意図を自由に解釈することが可能である。これらにより、ロボットの意図が解釈されるだけでなく、人との相互のコミュニケーションが可能な存在であると認識され、社会的存在であると認識されやすくなる。

4. 実験

4.1. 目的

〈ゴミ箱ロボット〉が話す言葉（ビープ音(G4)、〈もこ語〉、気づきの日本語、意味が明確な日本語)による印象の違いや発話した内容がどのように解釈されたかを調査する。ここで、気づきの日本語とは「ゴミ」や「拾って」などの意味が明確な言葉を使わないものと定義する。

4.2. 協力者

実験協力者は、13名の高校生（男性11名、女性2名）である。年齢は平均16.69歳（標準偏差0.72歳）である。

4.3. 音声作成

動画で〈ゴミ箱ロボット〉が話す音声を作成した。〈もこ語〉、気づきの日本語、明確な日本語は ATR-Promotions 社の WizardVoice SDK を使用した。話者データベースには「女の子」を指定し、女の子の合成音声で「もっこもん」、「ゴミを見つけました」などを作成した。また、ビープ音はウェブ上で作成したフリー素材のものを使用した。

4.4. 作成した動画の種類

作成した動画の種類を表1に示す。作成した動画は8種である。振る舞いの種類としては、ゴミに向かって話す、人に向かって話すの2種、言語の種類としては、ビープ音、〈もこ語〉、気づきの日本語、意味が明確な日本語の4種である。

ロボットの振る舞いである「ゴミに向かって話す」、

「人に向かって話す」の動画のスクリーンショットを図5、6に示す。「ゴミに向かって話す」では、ゴミが置いてある方向へ進み、頭を下に向けている時に発話をし、前を向くという動作を行う。「人に向かって話す」では、人が座っている方向へ旋回し、前進し、人に向かって体を傾けながら発話するという動作を行う。動画の長さは約7秒、約6秒である。

表1 動画の種類

振る舞い	音声
ゴミに向かって話す	ビー
	もこ
	なにかある
	ゴミをみつけました
人に向かって話す	ビー ビー
	もこー
	なにかあるね
	ゴミを拾ってください

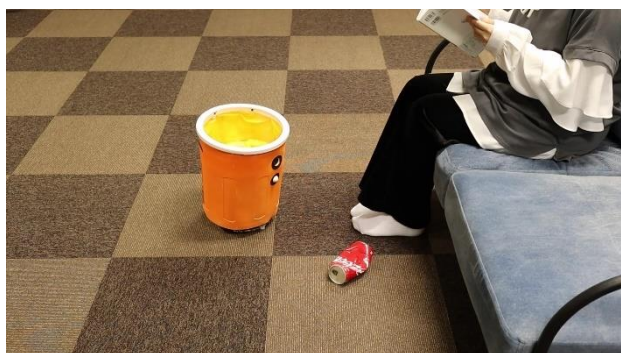


図5 振る舞い1:「ゴミに向かって話す」

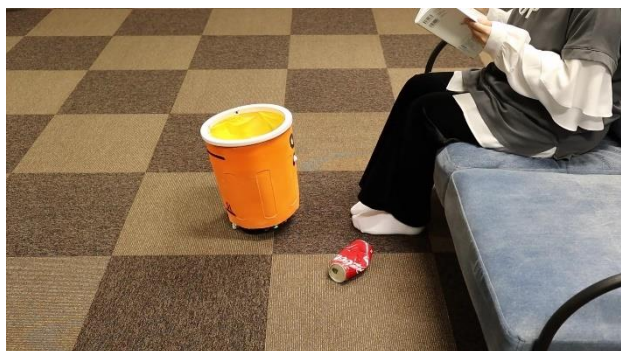


図6 振る舞い2:「人に向かって話す」

4.5. 質問紙

言葉がどのように解釈されるかを調査するため、「このロボットはなにを話そうとしていましたか」

と、口頭で尋ねた。また、各言語の印象についても調査するため表2に示す質問項目を用意した。回答は5件法のリッカート尺度（1:まったくそう思わない、2:あまりそう思わない、3:どちらでもない、4:ややそう思う、5:非常にそう思う）で求めた。

表2 質問項目

Q1	〈ゴミ箱ロボット〉を助けたいと思った
Q2	〈ゴミ箱ロボット〉と一緒に暮らしてみたいと思った
Q3	〈ゴミ箱ロボット〉にはこのメッセージの伝え方があっていいと思った
Q4	〈ゴミ箱ロボット〉にゴミ拾いを強制されていると思った

4.6. 試行

協力者には各動画を順に視聴してもらい、ロボットが発話した言葉がどのように聞こえたかを口頭で尋ねた後、質問用紙に回答してもらった。これを1セットとし、8回繰り返した。

教示として、動画内に出てくるロボットはゴミ箱の形をした〈ゴミ箱ロボット〉であること、動画内でロボットがなにか話すので何を伝えようとしていたのか注意しながら見るように教示した。

各動画を1人ずつ視聴してもらい、見せる動画の順番は「ゴミに向かって話す」の各言葉の後に「人に向かって話す」の各言葉とし、各言葉を話す順番はカウンタバランスに配慮し、変更した。

5. 結果

協力者1人に対して4つの条件すべての試行を行ったため、質問紙の結果の各項目でルビーン検定を行い分散に有意な差がないことを確認した後、一元配置分散分析を行った。各質問の結果を図7、8に示す。

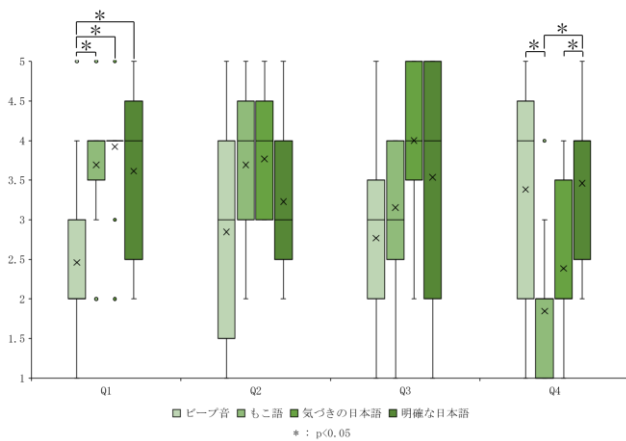


図7 振る舞い「ゴミに向かって話す」
の実験結果

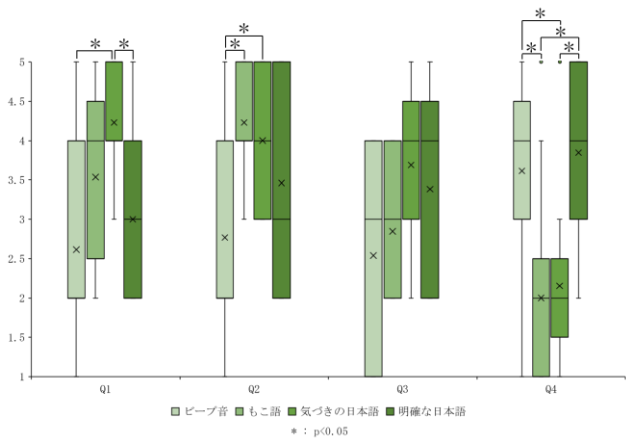


図8 振る舞い「人に向かって話す」
の実験結果

6. 考察

6.1. 振る舞い「ゴミに向かって話す」

「ゴミに向かって話す」条件では、Q1 と Q4 に有位水準 5%で有意差が認められた。

Q1 では、ビープ音と各音声に対して有意差が見られた。ビープ音での解釈では、「ゴミを感知、検知した」、「信号、警告音」など機械を連想させる解釈が 7 名から得られた。他の音声ではこのような解釈は見られず、手助けしたくなるかどうかロボットが機械として見られるかどうかの影響している可能性がある。

Q4 では、〈もこ語〉とビープ音、〈もこ語〉と意味が明確な日本語、気づきの日本語と意味が明確な日本語に対して有意差が見られた。意味が明確な日本語の解釈では、「ゴミを拾って」というゴミを拾うこ

とを依頼していると解釈した回答が 6 名から得られた。また、気づきの日本語では「人の注目を引きつけている」が 2 名、「直接的に言わずに、ゴミが落ちている。」が 3 名、発話内容と同じ「なにかある」という解釈を 6 名がしている。これらの解釈はゴミを拾うという行為の言及までしていないと言える。これより、気づきの日本語と意味が明確な日本語では行為を言及するかしらないかで印象に違いが出たと考えられる。〈もこ語〉では、「あった」という回答が 5 名、「拾いたい」、「ゴミを拾って」という回答がそれぞれ 2 名から得られた。また、「ゴミが落ちている環境に注目しなければ、挨拶のようにも聞こえた。」、「ビープ音同様に注意を引きつけるけど、鳴き声のように聞こえた。」といった回答も得られた。〈もこ語〉ではビープ音のような機械的印象を与えないこと、明確な日本語が多かった「ゴミを拾って」以外の解釈が引き出されたと考えられる。

6.2. 振る舞い「人に向かって話す」

「人に向かって話す」では、Q1, Q2, Q4 に有位水準 5%で有意差が認められた。

Q1 では、ビープ音と気づきの日本語、気づきの日本語と意味が明確な日本語に有意差がみられた。ビープ音では、「警告している」、「早く拾って」という拾う行為を強制されていると 6 名が解釈した。また、明確な日本語では「ゴミを拾ってください」と 13 名が解釈している。対して、気づきの日本語では「遠回しにゴミを拾って欲しいことを伝える」が 2 名、「ゴミがあることを人に話しかけている」が 6 名から回答が得られた。これらは、ゴミがあることは伝えるが、拾ってまでは言っていないという解釈であると言える。これより、行為の言及があるかないかで強制されていると感じるかどうかには差があり、助けたいと思うかどうかに影響があると考えられる。〈もこ語〉と気づきの日本語では有意差が見られなかった。〈もこ語〉の解釈として「しゃべりかけたい」が 4 名から得られた。〈ゴミ箱ロボット〉として「ゴミを拾ってもらおう」という目的ではなく、「しゃべりたい」という意思があると感じ、助けたいという印象が下がったのではないかと考えられる。

Q2 では、ビープ音と〈もこ語〉、ビープ音と気づきの日本語に対して有意差が見られた。「ゴミに向かって話す」ではなかった有意差が見られた。人に向かって話すことで、実際に暮らすことの想像がしやすくなり、印象が変わった可能性がある。

Q4 では、ビープ音と〈もこ語〉、気づきの日本語、明確な日本語と気づきの日本語、〈もこ語〉に対して有意差が見られた。図 8 でも見られるように、ビー

ブ音と意味が明確な日本語、〈もこ語〉と気づきの日本語の二つに分けることが出来るとみられる。ピーブ音では、「ゴミを拾って」や「警告」という解釈を6名、意味が明確な日本語では、「ゴミを拾って」という解釈を13名がしている。これより、ゴミを拾うという行為を強制されていると感じた人が多いと考えられる。対して、〈もこ語〉と気づきの日本語では、「ゴミを拾って」という解釈はそれぞれ5名、4名から得られた。その中でも〈もこ語〉では、「ゴミを拾うことをお願い」、「ゴミを拾うのを手伝って欲しい」という解釈が3名から得られた。また、〈もこ語〉では「人にしゃべりかけたい」、「人に向かって鳴くことで拾ってもらおう」という解釈もそれぞれ3名、2名から得られた。気づきの日本語では「遠回しにゴミを拾って欲しいことを伝える」、「ゴミがあることを伝えている」という解釈からゴミを拾う行為を強制されていないと感じた人がいたと考えられる。

「ゴミに向かって話す」、「人に向かって話す」どちらの振る舞いもQ3は、いずれの有意差もみられなかった。ロボットをどのような存在と捉えるかで、ロボットの意志の伝え方があっているかどうかは変わるため、有意差がみられなかったと考えられる。

最後に〈もこ語〉の印象についてのまとめを行う。図7、8より、〈もこ語〉は、ピーブ音や意味が明確な日本語に比べてゴミを拾うという行為を強制されにくいと考えられる。また、〈もこ語〉と気づきの日本語では質問紙の傾向は似てるが、解釈のされ方が異なると考えられる。

7. まとめ

本稿では、自らゴミを拾うことは出来ないが、周囲の人の力を上手に引き出すことにより、ゴミを拾い集めてしまう〈ゴミ箱ロボット〉を研究のプラットフォームとして、ロボットが話す言葉によって、受け手の言葉の解釈の仕方や受ける印象について調査し、考察を行った。

今後の展望として、実際の〈ゴミ箱ロボット〉を用いた実験を行い、印象評価やインタラクション中の行動分析など、〈もこ語〉の調査を進めたいと考えている。

謝辞

本研究の一部は、愛知県が公益財団法人科学技術交流財団に委託し実施している「知の拠点あいち重点研究プロジェクト第IV期（第4次産業革命をもたらすデジタル・トランスメーション(DX)の加速）」により行われた。

参考文献

- [1] 石川, 西脇, 塚本, 岡田: 〈もこー〉 〈もこもこ〉 〈もこもん〉は何を伝えるのか…; ヒューマンエージェントインタラクションシンポジウム 2017,G-18 (2017).
- [2] 鯨岡: 『原初的コミュニケーションの諸相』; ミネルヴァ書房 (1997).
- [3] 濱, 植野, 川合, 長谷川, 岡田: もこー! 人の手助け行動を促す〈ゴミ箱ロボット〉のインタラクションデザイン; ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019 (2019).
- [4] Bakhtin, M. M.: 伊東訳: 『小説の言葉』; 平凡社 (1996).
- [5] 小松, 山田, 小林, 船越, 中野: Artificial Subtle Expressions: エージェントの内部状態を直感的に伝達する手法の提案; 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 6, pp.733-741 (2010).
- [6] 小松, 山田: エージェントの外見の違いがユーザの態度解釈に与える影響 - 外見のことなるエージェントからの同一人工音の提示実験; 日本知能情報フュージ学会誌, Vol. 20, No. 4, pp. 500-512 (2008).
- [7] 武田, 大山, 朽谷, 西澤: 日本語音声における「怒り」を表現する韻律的特徴の解析; 日本音響学会誌, vol.58, No.9, pp.561-568 (2002).
- [8] Dennett, D. C.: 土屋訳: 『心はどこにあるのか』; 草思社 (1997).