

# 相互注視誘発型見返し行動による ロボットの社会的プレゼンスの向上

岩崎雅矢<sup>†1</sup> 小池祐輝<sup>†1</sup> 大西裕也<sup>†1</sup> 中西英之<sup>†1</sup>

**概要:** 近年、接客ロボットやガイドロボットなど、人の生活環境にロボットが普及してきている。これらの公共空間で利用されるロボットにおいて、そのロボットの発言は、ロボットの社会的プレゼンスの弱さが原因で人に無視されることが多い。ロボットの振る舞いは人々の注意をロボットへ誘導し、ロボットの発言に対して積極的に、頷きや返答をしてもらえようとする必要がある。本研究では、聞き手がロボットに視線を向けたタイミングで、ロボットも聞き手を見返すことによって、聞き手が自分の行動をロボットに認知されているという感覚になるのかを調べる実験を行った。その結果、このような行動が聞き手の感じるロボットに見られている感覚を向上させることができ、ロボットの発言に対する返答も促進できる可能性を示唆した。しかし、その後もロボットが淡々と話し続ける場合、ロボットに見られている感覚やロボットの発言に対する返答率は、時間の経過とともに減少していくため、これらを維持するためには、話の途中で聞き手が見られていると感じるようなロボットの動作を再度入れるなどロボットの社会的プレゼンスを高い状態に保つ工夫が必要であるということも示唆された。

**キーワード:** HRI, コミュニケーションロボット, 社会的プレゼンス, 相互注視

## Robots' Looking Back Behaviors Inducing Mutual Gaze Enhances Its Social Presence

MASAYA IWASAKI<sup>†1</sup> YUKI KOIKE<sup>†1</sup>  
YUYA ONISHI<sup>†1</sup> HIDEYUKI NAKANISHI<sup>†1</sup>

**Abstract:** In recent years, robots have been spreading in people's daily lives such as service robots and guide robots. In this type of robots used in public space, the remarks of the robots are often ignored by people due to the weakness of the robots' social presence. The robots' behaviors need to guide people's attention to the robot and make people positively nod and reply to the robots' remarks. In this research, we conducted an experiment to investigate whether the robot's behavior of looking back at the listener whilst the listener is looking at the robot improves the listener's perception of how well the robot recognizes his/her actions. As a result, we clarified that the behavior of the robot can make the listener feel like being looked at by the robot and can get the customers to nod and reply to the robot. However, when the robot continues talking unilaterally, these effects decrease as time elapses. Therefore, it is also suggested that in order to maintain these effects, it is necessary to have ideas to keep the robot's social presence high, such as showing the behaviors of the robot that the listener can feel like being looked at by the robot in the middle of the robot's talking again.

**Keywords:** HRI, Communication Robot, Social Presence, Mutual Gaze

### 1. はじめに

人間の生活環境においてロボットが普及してきている。例えば、商店街や店舗に設置されている接客ロボットや大きなショッピングモール、博物館、美術館などで利用されているガイドロボット等が挙げられる。このような施設にロボットを導入することで、商品販売の促進効果や、展示品への観客の理解や興味を向上させる効果があると期待されている。しかし、これらの施設を訪れる人々の多くは、商品の購入や展示品の鑑賞がメインであり、必ずしもロボットとのインタラクションに対して積極的な姿勢ではない。このようなロボットが人の注意を引くことができず、人にロボットの話を真剣に聞いてもらえないという問題に対する様々な研究が行われている。例えば、ロボットが注目を

促したい人を名指しし、質問を投げ掛けることによって、ロボットの発言に対して人の集中力が向上し、応答が促進されることが報告されている[16]。この研究では、実際に人間が人々の注目を集め、発話への参加を促進するために行う振る舞いをロボットに模倣させている。そうすることで、人間ではなくロボットが人々に対して発言を行う場合においても、人々の注目を集め、ロボットの発言に対する応答を促すことに成功している。しかし、人の行動を忠実にロボットに再現させることは容易ではない。

本研究では、ロボットの振る舞いを忠実に人と同じようにせずとも、人々の注目がロボットに集まり、人々のロボットの発話への参加を促進できるような重要な要素を含んだ行動について調査する。先行研究において、ロボットを小学校の教室に設置し、ロボットが生徒の名前を呼ぶなどの行動を行い、頻繁にロボットと話してくれた生徒に対しては、ロボットの秘密を教えることによって、ロボットが

<sup>†1</sup> 大阪大学大学院工学研究科知能・機能創成工学専攻  
Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University

周囲の人を識別できる存在であると、生徒に思わせることに成功している。その結果、人とロボットが社会的な相互作用を継続していきける可能性を示唆しているものがある [10] [11] [12]。これらより、人は周囲の状況を認知して発言や行動をする存在に対しては、人と接する時と同様の社会的な振る舞いを行うようになる可能性が考えられる。そこで本研究では、ロボットが聞き手となる人々の態度や行動、発言を観察し、それらを理解した上でロボットが発話や動作をしていると、聞き手に感じさせるような行動として、人がロボットの方に振り向いた瞬間にロボットも人を見返すという見返し行動を採用した。本実験では、ロボットがインタラクションの初期においてこの見返し行動をすることで、その後の聞き手の注目を集め、頷き動作や返答を促進できることを検証する。

## 2. 関連研究

### 2.1 人の注意を誘導するデジタルサイネージ

駅や商店街、店舗、博物館、美術館などの公共空間には、人とコミュニケーションを取るためのロボットも広く普及しているが、それと同様に大きなディスプレイやプロジェクタを設置することで、店舗や商店街では、商品の販売を促進するための情報を、博物館、美術館などでは、展示品の理解を深めるための情報を発信するデジタルサイネージも広く世の中に普及している。これらのデジタルサイネージにおいても、人々の注意を誘導する試みが数多くなされている。小玉らは、Kinect を用いて、ディスプレイの前を通る歩行者の視点位置を検出し、その位置に応じて、ディスプレイ上の情報を正対表示するシステムを提案している。このシステムを用いて、歩行者の反応を観察したところ、正対表示を行わない場合と比較して、情報を眺める注視時間やシステムの前で足を止める人の数が増加することが示された [13]。木原らは、カメラセンサから映像ディスプレイ前の人の位置移動に基づいて、提示する情報や再生する音声を即応的に変化させることで、システム前を通りすぎる人々に、提示情報を認知させることができることを示した [14]。しかし、これらのシステムは、そもそも音声を発さないシステムである上に、視覚的な情報提示がメインであるため、人間とシステム間の言語的、非言語的なやり取りは見られていない。

### 2.2 人の注意を誘導するロボット

世の中に、コミュニケーションロボットが普及していくにつれて、如何にして、人の注意をロボットの方へ向けさせるかという様々な研究が行われている。人がロボットに対して好印象を持つということは、人がロボットに注目するために必要な要素であると考えられる。そこで、特定のジェスチャーを用いることで、人間のロボットに対する印象を良くする研究も存在する [1] [2] [3]。しかし、これらの研究は、主観的な印象評価しか行っておらず、ロボットと

関わった際のロボットに対する頷きや返答などの行動評価は行っていない。

また、人と人との会話において、聞き手の注目が話し手に向いていない時に、話し手は発話を途中で止め、同じ発言を繰り返すことによって、聞き手の注意を話し手の方へ誘導できることが知られている [4]。葛岡らは、博物館の展示物の説明を行うガイドロボットが、発話の途中で沈黙や言い直しを入れることによって、鑑賞者の視線をロボットに誘導できることを示している [5] [6]。また、Sidner らは、ロボットが、あるモノの説明を行う際に、淡々と同じ方向を見たまま説明を進めるのではなく、説明の途中で、説明対象のモノや聞き手に視線を交互に移すための頭部動作を取り入れることで、聞き手の頷きを誘発できることを示している [6]。しかし、これらの研究では、鑑賞者がロボットに注意を向けているにも関わらず、発話途中で、沈黙や言い直しをはさんだり、ランダムに説明途中に首振り動作を取り入れたりにしている。そのため、適切なタイミングで、ロボットが指定の動作を行っているとはいえない。このことによって、目の前にいるロボットがプログラム通りに動く機械的なものであるという印象を聞き手に与えてしまっている可能性がある。

また、久野らは、首振り機構を備えたロボットを利用し、ロボットの発言において、文の切れ目や文法的に適切なタイミング、若しくは、説明上のキーワードを言うタイミングで、聞き手に視線を向けるように動作させることで、聞き手の頷きや返答などの反応が増えることを示している [7,8]。また、これらの実験室実験の結果を基に、実際の美術館にロボットを設置し、文の切れ目等の適切なタイミングで観客の方へ振り返ることが観客の反応を増加させることにつながるのかを検証している [9] [17]。しかし、この研究で用いられているロボットは、ロボット自身の発言に合わせて、首振り動作を同期させており、聞き手となる人間の発言や動作に反応して、首振り動作を行っているわけではない。そこで、本研究ではロボット自身の発話に応じた動作ではなく、聞き手の行動や態度に合わせてタイミングよくロボットが発言や動作を行うことで、聞き手の注意をロボットへ引き付け、ロボットに対して聞き手が頷きや返答等の行動をより積極的に行うようになることを検証する。

## 3. 実験計画

先行研究において、博物館の展示品の説明を行うロボットが、タイミングを考慮せずに単に、観客の方へ振り返るのではなく、ロボットの発話の切れ目において、観客の方へ振り返ることで、頷きなどの反応を観客に促すことができることを示したものが存在する [7] [8]。これらの研究では、ロボットの発話の中の適切なタイミングで振り返りを行っている。しかし、これらはガイドロボットであるためにロボットが一方的に話す場合が多く、ロボットの発言内

容に合わせてロボットを行動させることができた。しかし、接客ロボットの場合は観客がロボットに対して話す場合も多く存在し、このような方法では対応できない可能性が考えられる。そこで、我々はロボットの発言を含む初期動作を被験者の動きに反応して行わせる。具体的には、被験者がロボットの方を振り返った瞬間に、ロボットもそれに応じて被験者の方に振り返り話し始めるという動作を行わせる。ロボットがこのような行動をすることで、ロボットの動作をプログラムであらかじめ時間などを指定して行わせているのではなく、被験者の動きをロボットが理解して行い始めたという印象を聞き手に与えることができるのではないかと考えた。そこで以下の仮説を立てる。

### 3.1 仮説

**仮説 1** 被験者がロボットに視線を向けた瞬間に、ロボットの言動を開始することで、被験者の感じるロボットに見られている感覚が向上する。

また、ロボットに見られている感覚が向上することで、聞き手は、話し手の発言に対して積極的に反応を示す可能性が考えられる。したがって、以下の仮説を立てる。

**仮説 2** 被験者がロボットに視線を向けた瞬間に、ロボットの言動を開始することで、聞き手はロボットの発言に対して相槌や返答を行うようになる。

### 3.2 実験条件

前述した仮説を実証するため、以下に示す、要因と実験条件を設定した。

**要因：**発話開始時における聞き手の振り返り動作に応じたロボットの見返し動作

**見返し動作なし条件：**被験者が実験室に入室した時から、絶え間なく、ロボットは、あらかじめ決められた原稿を一定の間を取りながら、繰り返し発言する。

**見返し動作あり条件：**ロボットは、被験者が実験室に入室した時には、「見返し動作なし条件」と同様に、発言を行っているが、被験者が席に着くタイミングで、発言を止め、被験者がロボットの方に視線を向けたタイミングで、ロボットも被験者を見返し、発言を再開する。

本実験では、ロボットの被験者を見返す動作による影響を検証することが目的であり、ロボットの動作の有無による影響を検証することが目的ではないため、両条件で、ロボットの発言中、頭部と腕においてランダムな動作を行った。

### 3.3 タスク

図 1 に実験の様子を示す。本実験では、被験者のロボットに対する自然な振る舞いや態度を観察するため、被験者にロボットの話聞くことがメインのタスクであると思われなようにした。被験者にはロボットから、数独を開始する合図が行われると伝え、開始の合図が行われるまで、数独を解かないようにと案内した。ロボットから数独に関する



図 1 実験の様子

Figure 1 Situation of the experiment.

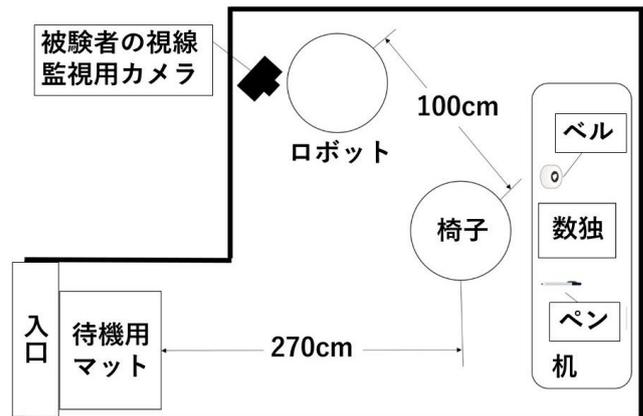


図 2 被験者側の実験環境

Figure 2 The experimental environment.

る話が、しばらく続くことは被験者に伝えなかった。つまり、本実験ではロボットから数独開始の合図を待ちながらロボットの話聞くという状況で実験を行い、被験者の反応を観察した。今回、ロボットの発言中に被験者が数独を解かないように設定した理由としては、数独を解くことに夢中になり、ロボットを一切見ない被験者が出る可能性があるためである。以下に実験の流れを示す。被験者が案内人と共に実験室に入室する時、すでにロボットは発言を始めている。その発言中に、被験者は図 2 に示す待機用マットの上に立って待機し、案内人からの事前説明を受ける。案内人からの説明が終わると、被験者は椅子に座り、ロボットから数独の解答を開始する合図を待つ。このとき、図 3 に示すように、見返し動作あり条件では、説明を聞き終えた被験者が椅子に座るタイミングでロボットは一度発言を止め、被験者がロボットに視線を移した瞬間にロボットが被験者の方を見返し、発言を再開する。一方で、見返し動作なし条件では、案内人の説明終了後もロボットの発言は絶え間なく続いていく。以上のような違いを条件間で設定し、実験を行った。以降はロボットが数独に関する話を約 4 分間話し続けた後、ロボットが「それでは、数独の解答をスタートしてください。」という合図を行い、被験者は数独の解答を開始する。数独を解き終えた被験者は机の上に置かれているベルを鳴らし、案内人を呼んだところで実験は終了となる。

### 見返し動作あり条件



### 見返し動作なし条件



図 3 各条件における実験の流れ

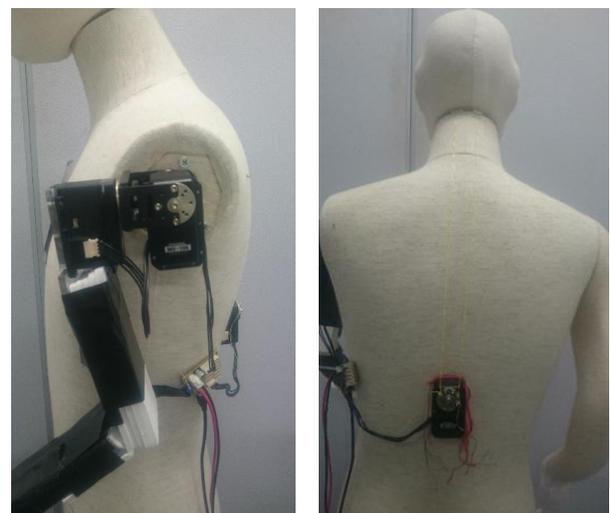
Figure 3 Flow of the experiment under each condition.

### 3.4 ロボット

本実験で使用する聞き手に対して発話やジェスチャーを行うロボットは、図 1 に示されるように、顔に目や口のような感覚器を有していない。顔に感覚器のない頭部を採用した理由は、感覚器によってロボットの表情が構成され、その表情が聞き手のロボットに対する印象に影響を与えてしまうことを防止するためである。また、本実験において、ロボットに待機動作や見返し動作を行わせるため、サーボモーターをロボットの肩関節部分および首関節部分に実装し、ロボットの腕および頭部の動作を可能にした。肩関節部分、および首関節部分に実装したサーボモーターを図 4 に示す。ロボットの肩関節の自由度は図 4(a) に示すように、2 自由度となっており、前方及び後方の挙上動作と側方の外転及び内転の動作を行うことができる。ロボットの首関節の自由度は 1 自由度となっており、頸部の左右方向の旋回運動を行うことができる。図 4(b) に示すように、ロボットの背中部分にサーボモーターを取り付け、そこから 2 本の糸を伸ばして、ロボットの首元と接続する。これら 2 本の糸をサーボモーターで引っ張ることによって、頸部の左右方向の旋回運動を実現した。次に、ロボットの発話をコントロールするためのインターフェースについて説明する。ロボットの発話内容は、あらかじめ決められており、PC 上でボタンをクリックすることで、所定の発話が開始されるようになっている。発話が開始されると、一文ごとに一定の間を取りながら、発話を続けるように設定を行った。

### 3.5 実験環境

図 3 に被験者側の部屋の実験環境を示す。実験者は被験者の様子を観察しながらロボットの発話や動作の操作を行う。被験者側の部屋は、主に事前説明時に被験者が立つためのマット、被験者が座る椅子と数独を解くための机、ロボットで構成されている。被験者との距離は 100cm 離れており、ロボットは被験者の左斜め後ろに設置した。この位置に設置することで被験者はロボットを確認するために振



(a) 肩関節部分

(b) 首関節部分

The shoulder's motor

The neck's motor

図 4 ロボットに実装したサーボモーター

Figure 4 Servo motors mounted on the robot.

り返らなければならない、ロボットの見返し動作が被験者の振り向き行動に伴っているということを明確に被験者に示すことができる。振り向き動作を行うことで被験者自身にロボットをどういう風に確認したのかを強く印象づけることができると考えられる。また、ロボットは図 1 のように正面が被験者とは違う方向を向くように設置した。この理由は、見返し動作あり条件の話し始めで、被験者の方を振り返るロボットの動作以外の場面で、被験者とロボットとの間で顔が向かい合う状況を作らないようにするためである。実験室に流れている音声は、放送ではなくロボットから発せられているものだと被験者に示すために、ロボットは、発言中頭部と腕を用いた待機動作を行う。

### 3.6 被験者

関西圏在住の 18 歳から 24 歳の大学学部生 20 名（男性 10 名、女性 10 名）に対して、2 条件の被験者間実験を行った。

### 3.7 評価方法

#### (1) 行動評価

本実験では、まず、ロボットの発言に対して、相槌を行ったかどうかを相槌の回数としてカウントすることで評価した。相槌をカウントするルールに関して、相槌行動は、被験者がロボットの発言に対して、「はい.」、「そうですね.」のような発声を伴う返答を行った場合、もしくは、声には出さないが、頷きを入れた場合に、相槌行動を1回行ったとしてカウントした。会話初期における「こんにちは」や「よろしくお願いします」は「見返し動作あり条件」では、実験者が被験者の動きを観察しながら、被験者が振り向いたタイミングや、返事をしたタイミングを見計らって発言がされる。一方で、「見返し動作なし条件」では、一文の発言ごとに一定の間隔をおいて発言がされる。発言と発言の間が開くほど、相槌を打ちやすくなる可能性が考えられるため、分析は両条件間で各発言後の間隔が両条件で統制されている区間の相槌回数やロボットに視線を向けた秒数の行動評価を行った。被験者がロボットに視線を向けている時間は、図3に示す視線監視用カメラで撮影した映像を確認被験者がロボットの方を振り向かないと、条件として成り立たない。そこで、どうしてもロボットの方を振り向かない被験者が来た場合は、「こっちを向いてください.」とロボットに発話させることにした。しかし、この言葉をかけることで、意図的に被験者をロボットの方へ向かせてしまっている可能性が考えられる。そこで、実験結果を示す際には、全ての被験者データを含めたものに加えて、「こっちを向いてください.」と被験者に声をかけたデータを除いた場合のものも示すこととする。

#### (2) アンケート評価

ロボットに対する主観的な印象を尋ねるために、アンケートを採用した。実験後、被験者に対して7段階のリッカート尺度を用いたアンケートを取った。全尺度をそれぞれ1:全くあてはまらない、4:どちらともいえない、7:非常によくあてはまる、に対応させた。アンケートの質問項目としては以下のように設定した。

- Q1. 音声は十分に聞き取れた。
  - Q2. ロボットに観察されていると感じた。
  - Q3. ロボットがあなたの返答を待っていると感じた。
  - Q4. ロボットの言動が人らしく感じた。
  - Q5. ロボットの発言を聞かなければならないと感じた。
  - Q6. ロボットの発言に対して返答しなければならぬと感じた。
  - Q7. ロボットがあなたの行動に反応していると感じた。
- 上記の項目に加えて、自由記述欄を設け、アンケート記述後にスコアをつけた理由、実験中取った行動の根拠を尋ねるインタビューを行った。

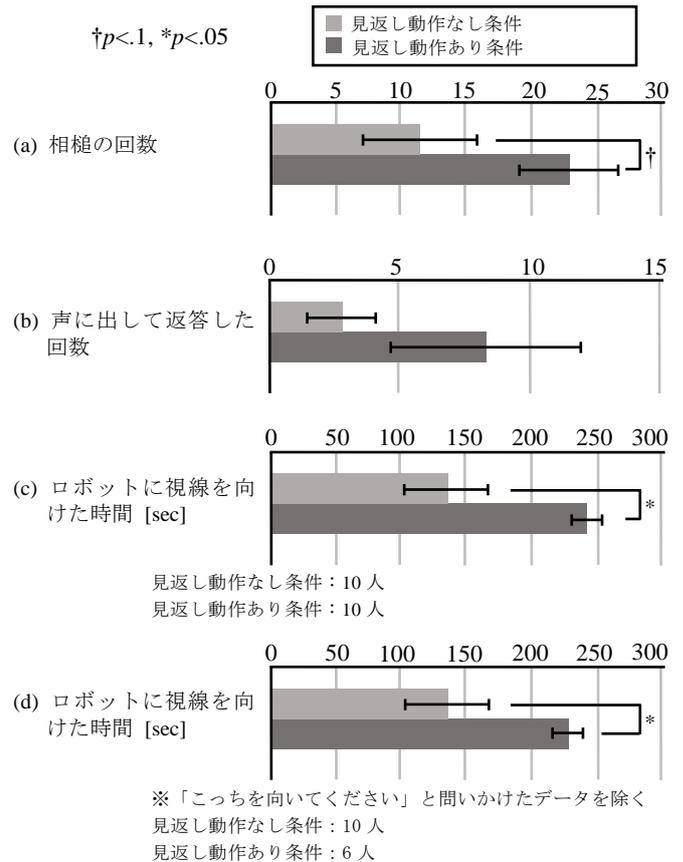


図5 行動評価結果

Figure 5 The results of the behavior evaluation.

## 4. 結果

行動評価の結果を図5に、アンケートによる印象評価の結果を図6に示す。図の箱は各項目のスコアの平均値を表し、棒は標準誤差を表す。分析は、対応のないt検定を用いた。まず、図6に示す音声の質を問う項目では、各条件間で有意な差は見られなかったため、ロボットの発話の質による被験者の行動及び、ロボットの発話に対する印象の結果には影響がないと考えられる。図5に示す行動評価の結果について、相槌の回数に関しては、「見返し動作あり条件」の方が「見返し動作なし条件」に比べて、有意に相槌の回数が増える傾向が得られた( $t(18)=1.86, p < .1$ )。また、声に出して返答を行った回数に関しては、条件間で有意差は見られなかった。しかし、ロボットに視線を向けた時間に関しては、「見返し動作あり条件」の方が「見返し動作なし条件」よりも有意に時間が長くなった( $t(11)=2.92, p < .05$ )。また、「こっちを向いてください.」と被験者に声をかけたデータを除いた場合においても、「見返し動作あり条件」の方が「見返し動作なし条件」よりも有意に時間が長くなった( $t(11)=2.49, p < .05$ )。図6に示すアンケートによる印象評価の結果では、t検定による比較を行った結果、Q2のロボットに観察されている感覚では、「見返し動作あり条件」

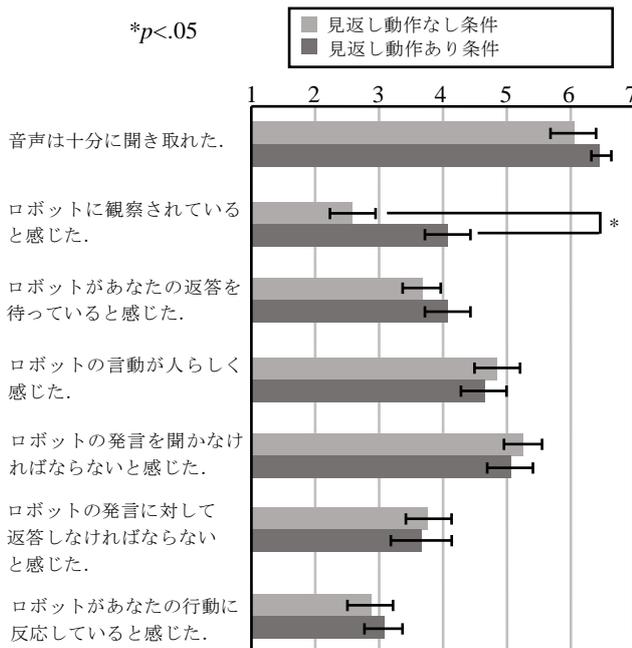
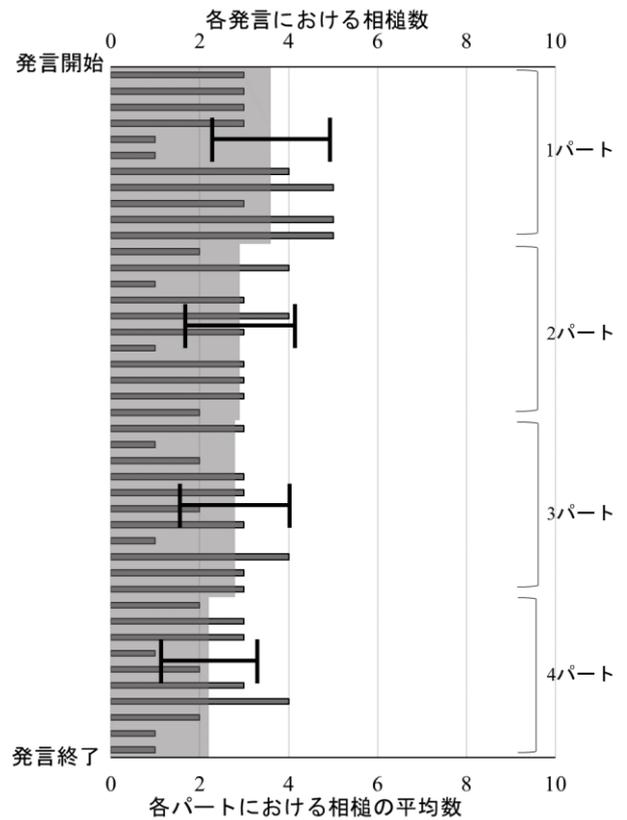


図 6 アンケート結果

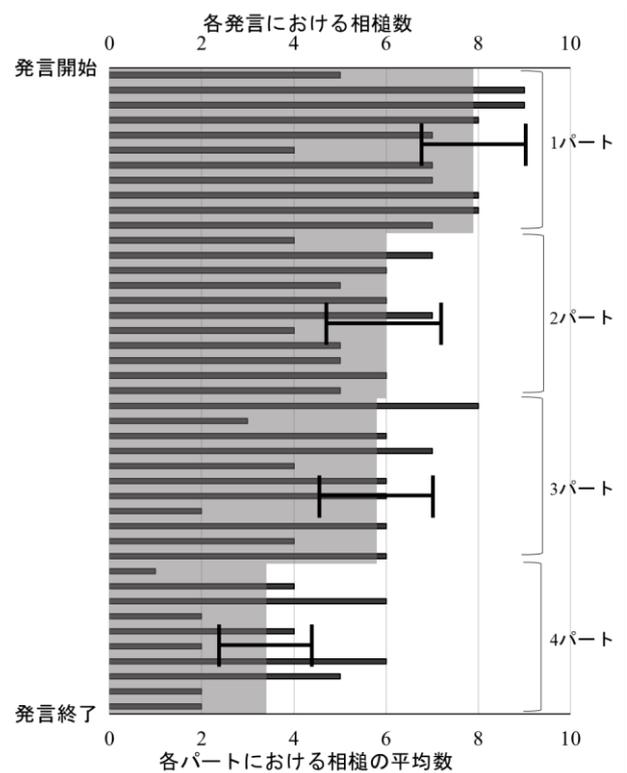
Figure 6 The results of the questionnaire evaluation.

が「見返し動作なし条件」より有意にスコアが高くなる結果となった ( $t(18)=2.11, p<.05$ )。したがって、仮説 1 は支持された。また、アンケートのその他の項目に関しては、条件間で有意な差は見られなかった。

また、図 7 に両条件における、ロボットの各発言に対して、相槌を打たれた回数を表したヒストグラムを示す。図の箱は、ロボットの各発言に対して打たれた相槌の数を表示しており、薄い灰色で示されたグラフは、ロボットが話す原稿の文の数を 4 分割にし、各パートで打たれた相槌の合計を示したものである。4 分割とした理由としては、全原稿を発言するためにかかる時間がおおよそ 4 分間であったため、4 分割にすることで、おおよそ 1 分毎の相槌の総数を区切りよく集計することができるからである。以降、ロボットの発言の 3~13 番目の発言を第 1 パート、14~24 番目の発言を第 2 パート、25~35 番目の発言を第 3 パート、36~45 番目の発言を第 4 パートと呼ぶことにする。図 7 の縦軸に示す数字は、原稿の発言順に該当する。また、グラフ上部に示された横軸は、ロボットの各発言に対して打たれた相槌の回数を示しており、グラフ下部に示された横軸は、パート毎の相槌の平均数を示している。図 7 を見ると、どちらの条件においても、ロボットの話が進むにつれて、相槌の回数が減っている傾向が読み取れる。また、第 1 パートが最も各条件間で、相槌の回数に差があると推測される。そこで、各パートで行われた相槌の回数に条件間で差が見られるか、分析を行った。その結果、図 8 に示すように、第 1 パートにおける相槌の回数は、「見返し動作あり条件」の方が「見返し動作なし条件」に比べて、有意に相槌の回数が



(a) 見返し動作なし条件  
 No reciprocating condition



(b) 見返し動作あり条件  
 Reciprocating condition

図 7 ロボットの各発言に対する相槌数

Figure 7 The number of responses for each the robot's remarks.

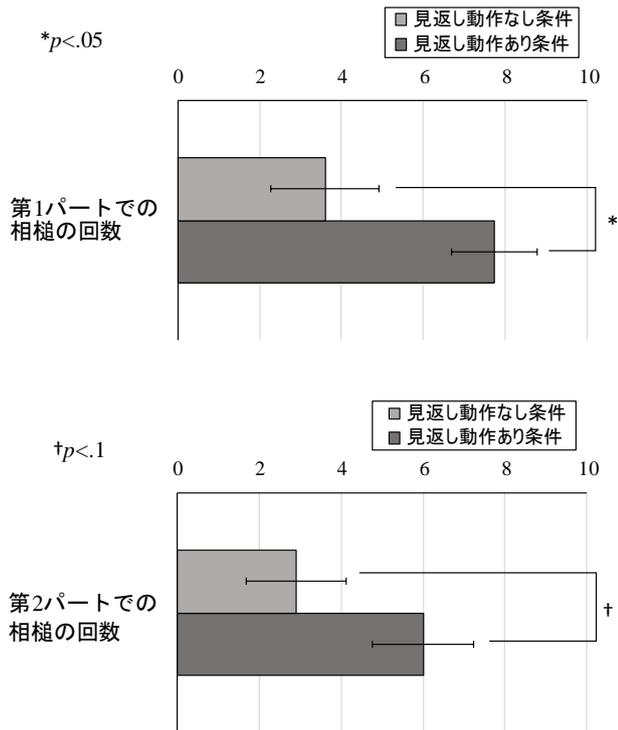


図 8 第1パート, 第2パートにおける相槌の平均数  
 Figure 8 The average number of responses in the first and the second part.

多くなる結果となった ( $t(18)=2.47, p<.05$ ). また, 第2パートにおける相槌の回数は, 「見返し動作あり条件」の方が「見返し動作なし条件」に比べて, 有意に相槌の回数が多くなる傾向が得られた ( $t(18)=1.77, p<.1$ ). 第3パート, 第4パートでは, 条件間に相槌の回数で有意な差は見られなかった. したがって, 仮説2はロボットの発言の序盤部分(第1パート)に着目すると支持された.

## 5. 考察

まずはアンケート評価について考える. Q2のロボットに観察されている感覚において, 「見返し動作あり条件」の方が「見返し動作なし条件」よりも有意にスコアが高くなる結果となった. これは, ロボットが被験者の振り返りに対して見返す行為が直接的に働いたためであると考えられる. 実際に実験後のインタビューにおいて, 「はじめに後ろを振り返り向くと, ロボットと目が合った」という意見や, 「振り返り向くと, こっちを見返してきた」という意見が得られた. 次に行動評価について考える. ロボットに視線を向けた時間で差が見られた理由としては, 被験者の感じるロボットに見られている感覚が向上することで, 被験者自身の行動や態度を理解できるロボットなのではないかと被験者が感じるようになり, そのロボットに対して話をしっかり聞いていることを, 態度で示そうとしたためであると考えられる. 実際に実験後のインタビューにおいて, 「ロボットに話を聞

いているアピールをしたかった」という意見が多く得られた. さらに, 「見返し動作あり条件」では, 顔だけロボットの方へ向けるのではなく, 体ごとロボットの方へ向いて話を聞く様子が多く見られた. また, 相槌行動に関しては, ロボットの発言全てに対する相槌の回数で有意な傾向が示された. 有意差までは得られなかった理由としては, 話し始めに被験者の振り返り動作に合わせてロボットが振り返り話し始めること以外条件間に違いがなく, それ以降は「見返し動作なし条件」も「見返し動作あり条件」でも同じ原稿を同じ間を取りながら発言がされていたため, 両条件で被験者の行動や態度, 発言を理解しないロボットであるという印象を時間の経過とともに与えてしまったからであると考えられる. また, 一方的に話を進める時間が約4分間と長かったため, 「見返し動作あり条件」において, 話し出しに行ったロボットの振り返りの印象が, 発言が進むにつれて薄れていったためであるとも考えられる. しかし, 図6に示されるように, ロボットの話し出しのパートに着目すると条件間で相槌の回数に有意な差が見られた. これは, 被験者の振り返り動作に合わせて, タイミングよくロボットが被験者の方に顔を向けることで, 被験者の感じるロボットに見られている感覚が向上し, ロボットが自分の行動や発言を理解できる存在であり, 対話のできるロボットであると被験者が考えるようになったからではないかと推測される. また, ロボットの話し出しのパートのみに着目しているため, このロボットの振り返り動作が被験者に強く印象づいていることが原因となり, 条件間で有意な差が見られたと考えられる. 実際に実験後のインタビューで「話が進むにつれて印象が薄れていったが, 始めのうちは見返されたこともあり, こっちの行動が見られていると感じた」という意見が得られた. したがって, 行動分析においては前半のみ条件間で相槌の回数に有意な差が見られたが, アンケート評価において, Q5の「ロボットの発言を聞かなければならないと感じた。」やQ6の「ロボットの発言に対して返答しなければならないと感じた。」には差が見られなかった原因としても, アンケートは実験後に行われるため, 実験後半の印象が強かったためであると考えられる. また, 「見返し動作あり条件」で相槌を返した被験者にその理由を聞くと, 「返事をしないとロボットに申し訳ないと思った」という意見が多く得られた. また, 「相槌を返さないとロボットが悲しみそう」だと答えた被験者も, 見受けられた. 以上のことから, 「無視された」ということをロボットに感じさせてしまうことに, 被験者は罪悪感のようなものを覚え, 相槌を返してくれるようになった可能性が考えられる.

## 6. おわりに

本研究では, 聞き手がロボットに視線を向けたタイミングで, ロボットも聞き手を見返すことによって, 聞き手が

自分の行動をロボットに認知されているという感覚になるのかを調べる実験を行った。その結果、このような行動が聞き手の感じるロボットに見られている感覚を向上させることができ、ロボットの発言に対する返答も促進できる可能性を示唆した。しかし、その後もロボットが淡々と話し続ける場合、ロボットに見られている感覚やロボットの発言に対する返答率は、時間の経過とともに減少していくため、これらを維持するためには、話の途中で聞き手が見られていると感じるようなロボットの動作を再度入れるなどロボットの社会的プレゼンスを高い状態に保つ工夫が必要であるということも示唆された。

本研究から得られた最も重要な知見は、人の言葉や動作をロボットがわかっているということを出することが人とロボットの間の会話において重要であるということである。このような行動をロボットが行うことで、人はそのロボットが自分の行動を理解していると思い、話を聞いているというアピールをするために返答しうなずくようになる。我々はこの研究によってロボットと人の会話が促進され、ロボットがより効果的に使われることを願う。

**謝辞** 本研究は、電気通信普及財団からの支援を受けた。

## 参考文献

- [1] Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Tom Ishida. Psychological Analysis on Human-Robot Interaction, Proc. of the IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA). 2001, pp.21-26.
- [2] Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Michita Imai, Tetsuo Ono. Body Movement Analysis of Human-Robot Interaction, IJCAI. 2003, pp.177-182.
- [3] Masahiro Shiomi, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Norihiro Hagita. Interactive humanoid robots for a science museum, HRI'06 Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction, 2006, pp.305-312.
- [4] Goodwin, C.. The Interactive Construction of a Sentence in Natural Conversation, Everyday Language: Studies in Ethnomethodology, 1979, pp.97-121.
- [5] Hideaki Kuzuoka, Karola Pitsch, Yuya Suzuki, Ikkaku Kawaguchi, Keiichi Yamazaki, Akiko Yamazaki, Yoshinori Kuno, Paul Luff, and Christian Heath. Effect of restarts and pauses on achieving a state of mutual orientation between a human and a robot, CSCW'08 Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work, 2008, pp.201-204.
- [6] Candace L. Sidner, Christopher Lee, Cory D. Kidd, Neal Lesh, and Charles Rich. Explorations in engagement for humans and robots, Artificial Intelligence, vol.166, no.1, 2005, pp.140-164.
- [7] Akiko Yamazaki, Keiichi Yamazaki, Yoshinori Kuno, Matthew Burdelski, Michie Kawashima, and Hideaki Kuzuoka. Precision Timing in Human-Robot Interaction: Coordination of Head Movement and Utterance, CHI 2008 Proceedings Human-Robot Interaction, 2008, pp.131-139.
- [8] Yoshinori Kuno, Kazuhisa Sadazuka, Michie Kawashima, Keiichi Yamazaki, Akiko Yamazaki, and Hideaki Kuzuoka. Museum guide robot based on sociological interaction analysis, CHI '07 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2007, pp.1191-1194.
- [9] Yamazaki Keiichi, Yamazaki Akiko, Okada Mai, Kuno Yoshinori, Kobayashi Yoshinori, Hoshi Yosuke, Pitsch Karola, Luff Paul, vom Lehn Dirk, Heath Christian. Revealing Gauguin: Engaging Visitors in Robot Guide's Explanation in an Art Museum, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2009, pp.1437-1446.
- [10] 神田崇行, 平野貴幸, ダニエル イートン, 石黒浩. 日常生活の場で長期相互作用する人間型対話ロボット, 日本ロボット学会誌. 2004, vol.22, no.5, pp.636-647.
- [11] 神田崇行, 石黒浩. 対話型ヒューマノイドロボットからの日常生活の中の友達関係の推定, 情報処理学会誌. 2004, vol.45, no.8, pp.2098-2104.
- [12] 神田崇行, 佐藤瑠美, 才脇直樹, 石黒浩. 対話型ロボットによる小学校での長期相互作用の試み, ヒューマンインタフェース学会誌. 2005, vol.7, no.1, pp.27-37.
- [13] 小玉駿, 須藤翔太, 渋谷進. デジタルサイネージに向けた情報を正対表示させ歩行者を引き付けるシステム, 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), 2014, 2014-EC-31, no.4, pp.1-8.
- [14] 木原民雄, 横山正典, 渡辺浩志. 人の位置移動による状況即応型デジタルサイネージの構成法, 情報処理学会論文誌. 2012, vol.53, no.2, pp.868-878.
- [15] 川ロー画, 葛岡英明, 鈴木祐也, 中尾誉, 山下淳, カラーラビッチ, 山崎敬一. ロボットの発話途中の沈黙と言い直しによる人の注意誘導, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌. 2009, vol.14, no.3, pp.257-264.
- [16] 阿部和彦, 赤嶺裕樹, 山下淳, 葛岡英明, 山崎敬一. 鑑賞者が好意を持って接することができる博物館ガイドロボットの振舞いに関する考察. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC) . 2010, 2010-EC-15, no.26, pp.1-6.
- [17] 星洋輔, 小林貴訓, 久野義徳, 岡田真依, 山崎敬一, 山崎晶子. 観客を話に引き込むミュージアムガイドロボット. 言葉と身体的行動の連携, 電子情報通信学会論文誌 A. 2009, vol.J92-A, no.11, pp.764-772.