

来客と顔見知りになる案内ロボット

宮下 善太^{†‡} 神田 崇行[†] 塩見 昌裕[†] 石黒 浩^{†‡} 萩田 紀博[†]

[†]ATR 知能ロボティクス研究所 [‡]大阪大学

概要: ショッピングセンターの案内ロボットには、来客に親しまれ、道案内や情報提供する役割がもとめられる。また、地元の人が何度も訪れる場所であるため、同じ人と何度も接することが重要である。そこで、RFID タグを利用し、相手を個人同定して、顔見知りになるように対話するような案内ロボットを実現した。親しみやすい対話のための4つの対話指針を設計し、ロボットの対話行動を実現した。我々の興味は、将来的なロボットの利用可能性と、その役割、対話設計にある。そのため、音声認識については、人間のオペレータが操作する仕組みを導入した。

このロボットをショッピングセンターに25日間設置し、実験を行った。実験の結果、ロボットは途中で飽きられることなく、毎日約200人の来客と対話した。親しみやすさに関して、ロボットは第一印象の時点で既に高い印象を与えたが、実験期間中低下させることなく親しみやすい印象を維持できた。ロボットの案内機能の中には、店舗や商品に関する情報提供を口コミのように行う機能もある。これに関して、実験に参加しアンケートに回答した235人中、63人がロボットが話した情報をきっかけに買い物を行ったことを示した。これらの結果は、ショッピングセンターで人に親しまれる案内ロボットの有望性を示すものであると考える。

Guide robot that tries to be familiar with customers

Zenta Miyashita^{†‡} Takayuki Kanda[†] Masahiro Shiomi[†] Hiroshi Ishiguro^{†‡} Norihiro Hagita[†]

[†]ATR Intelligent Robotics Laboratory [‡]Osaka University

Abstract: This paper reports a development of a guide robot in a shopping mall, which tries to be familiar with customers and provide route guidance and other shopping information. Since a shopping center is a place where local people repeatedly visit, it is important for the robot to interact with people repeatedly. We utilized passive-type RFID tags for person identification. The robot interacts with people to be familiar with them, which is designed based on five design-principles. WOZ method was applied mainly for speech-recognition in order to avoid difficulty in it and to study possible role of the robot in a shopping center. A field trial was conducted at a shopping mall for 25 days. During each day, it interacted with approximately 200 visitors. The robot gave familiar impression at the first impression, and kept the same level of familiarity during the experiment. The robot also talked about shopping information in similar way as people talks by word of mouth. The experimental result revealed that 63 out of 235 people in fact went shopping triggered by the talk from the robot. These results seem to demonstrate a positive perspective of a guide robot that tries to be familiar with customers in a shopping mall.

1 はじめに

ロボティクスの技術の進歩と共に、日常生活の中で人間のパートナーとして活動するロボットの実現が期待されている。コンピュータ上のエージェントよりも実空間に存在するロボットの方が、実空間の物体に対する影響を大きく持つことが示されており[1][2]、従来のコンピュータ上での対話インタフェースとの相互作用とは異なったアプローチで、身体を活用して人間同士が行うような自然な相互作用を行うという、ロボットならではの身体性コミュニケーションの実現が試みられている。例えば、視線や指差しによる共同注意機構、能動的・意図的なゼスチャ生成機構、等、

身体を持ち、人と対話するコミュニケーションロボットの研究開発が進んでいる。

しかし、コンピュータと異なり、コミュニケーションロボットは、実際の場面ではまだほとんど利用されていない。そのため、ヒューマンロボットインタラクションに関して、研究すべき課題が何であるか、多くが未知のままである。ロボットはどのような役割を果たすことが出来るのか、そのためにどの未解決の課題を達成することが重要なのか、いまだ明らかでない。そこで、今、実際のフィールドで、ロボットに役割を持たせて活動させ、本質的な問題を見つけ出す、という非常に基本的な探索が始まっている[3-6]。

本研究では、コミュニケーションロボットのフィールド実験の一つとして、ショッピングセンターで顧客

に道案内や情報提供を行う案内ロボットを考える。これまでも、大学などの受付ロボットや[7,8], ショッピングセンターなどで来客に道案内や商品情報の提供を行うロボット[9,10]は実現されてきている。これらの研究は、情報提供サービスの側面に注目したものであった。

しかし、ショッピングセンターで活動する案内ロボットには道案内や情報提供する役割に加えて、来客に親しまれる役割がもとめられる。ショッピングセンターは人が日常的に利用する施設である。地元の人が何度も訪れる場所であるため、同じ人と何度も接することが重要となる。ロボットは目新しいため、はじめは多くの人を引きつけるが、すぐに飽きられる事もある[6]。実際、今回の実験を行うにあたって、事前にショッピングセンターの責任者らは、ロボットが飽きられて、ロボットの周りがさびれてしまうことを最も懸念した。そこで、我々は、人と何度も接することができ、その人と顔見知りになるような対話を行うようなロボットの実現を試みた。

本研究では、ショッピングセンターで活動する案内ロボットに、来客と顔見知りになる対話を実現する。さらに、ロボットが親しまれる事を活かし、ロボットはロコミ的な情報提供も行う。このロボットをショッピングセンターで25日間活動させ、その有効性を検証した。

2 対話の設計指針

本章では、本研究で実現した、顔見知りになる案内ロボットの対話の設計指針について述べる。人と長期的に関わるエージェントは、これまでもHCI分野で研究されており、自己開示など、人々が日常的に関係を築くための戦略の有用性が見いだされている[11]。ロボットの対話指針に関しても、小学校[12]やオフィス[13]での長期対話について考察されており、ロボットが相手の名前を呼ぶ、長時間接した相手に秘密を教える、などの対話行動が有効であることが示されてきた。本研究では、これらを発展させ、対話指針を策定した。

また、我々の興味は、将来的な案内ロボットの有効性検証と、そのための対話指針の設計にある。これらの目的を達成するためには、精度の高い音声認識機能を実現する必要がある。現在、研究段階では、65dBAのやや騒がしい環境でも95%の音声認識率を達成しているが[15]、駅構内といった雑音の多い日常環境下では、音声認識率が20%程度まで低下するといった報告がある[10]。そのため、本研究における音声認識機能は、ひとまず人間のオペレータが代替する、Wizard

of OZ (WOZ)法[18,20]によって研究を進めることにした。WOZ法とは、人間がシステムの代わりに勤める方法であり、人・ロボット間相互作用に関する研究で広く利用されている[21]。

2.1 ロボット主導型の対話

本研究では、対話相手との話題があらかじめ用意された範囲から外れないように、ロボットが話題決定の主導権を持ち続けながら対話を進める、ロボット主導型の対話を前提とした。通常、ロボットなどの対話システムはあらかじめ用意されたボキャブラリや文章、話題などの範囲で、特定の文脈の中での対話が行われる。しかし、話題が用意された文脈から外れた際に、システムが自動的に対話することは困難である。近い将来のコンピュータやロボットにおいても、自然言語を一般的に理解することは困難であると考えられる。

人とロボットの対話例を、表1に示す。この対話例では、ロボットはたこ焼きについて話している。それに対し、人は、「好きだよ」と答えた後にあらかじめ用意された文脈から外れた会話を始めようとしている。しかし、ロボットは対応できない発話に対しては返事をせず、対話を続ける。案内ロボットでのロボット主導型の対話は、ショッピングセンターに関連する案内などの、案内ロボットが提供すべきサービスに関する文脈をカバーする限り、許容されると考える。

2.2 人に親しみを与えるための対話指針

本研究では、人に親しみを与え、長期的に関係が続くような対話コンテンツを作成するために、以下の4つの対話指針を設計した。

対話相手を認識していることの明示

人とロボットが長期的に関わる場合、ロボットが相手の名前を呼ぶことが有効であることが示されている[12]。また、何度もロボットと対話した相手には、徐々に対話の内容を増やすなど、相手に応じた振る舞いの変化も有効であった。

そこで本研究では、ロボットが対話相手を個人認識していることを明示する。そのために、対話相手の名前を呼ぶことに加えて、対話履歴を用いた対話を行う。

表1 人とロボット(ロ)の対話例

Table 1 Dialogue between a human and the robot

ロ	「僕はたこ焼きが好きなんだ。あなたはたこ焼きは好き？」
人	「好きだよ。じゃあ、お好み焼きは・・・」
ロ	「そうなんだ、僕と同じだね。 ここのフードコートのたこ焼きは、すごく美味しいんだよ」
人	「へー、そうなんだ」

例えば、過去に「アイスクリームは好きですか?」という質問に「はい」と答えていれば、「アイスクリームが好きだったよね.今日はオススメのアイスクリームを教えてあげるよ」と発話するといったように、過去の対話履歴を覚えていることを明示して、対話を行う。

自己開示

心理学分野の研究では、人同士が親しくなる上での自己開示の重要性が示されている。例えば、誰かわからない人に自分のことを覚えてもらうよりも、自分も相手がどんな人かを理解している人に自分のことを覚えてもらう方が、親しみがわくと考える。互いの自己開示の程度に、自己開示をされた受け手も同程度の自己開示をするという、返報性があることも知られている[16]。Relational agentの研究でも、エージェントに自己開示させることで、人とエージェントの間に関係を構築することが試みられた[11]。

同様に、ロボットに自己開示させることで、関係構築を促進することを考えた。具体的には、ロボットは、「僕はたこ焼きが好きなんだよ」と発話するなど、ロボット自身のことを相手に伝える。

徐々に親しくなる振る舞い

社会心理学では人同士が親密になる過程には段階的なプロセスがあると言われている[17]。そこで本研究では、ロボットは人と会うたびに徐々に親しくなっていくような振る舞いを行う。例えば、ロボットはその対話相手と初めて会った際には「あなたとは初めてお話をするから緊張するよ」など、まだその相手との対話に慣れていないような発話を行う。そして、3回目に会った際には「もうお友達だね」などとロボットが相手に親しみを感じているような発話を行う。

再会を促す対話

文献[12]でも、ロボットに「仲良くなったら秘密を教えてあげるよ」などの発話をさせて、対話相手にロボットと何度も関わることを求めさせている。例えば、「たくさん会いに来てくれたら、特別な情報を教えてあげるよ」と発話することや、「アイスクリームが好き」などの相手の情報を得た際には「覚えておくね」と、対話が次回以降に続く印象を与えるように、ロボットに発話させる。

2.3 タスク実行のための対話

今回の研究では、ロボットは「案内ロボット」としてショッピングセンターに導入される。「案内」と言うと、道案内や、会話によるお薦めのお店の紹介をイメージする人が多い。そこで、ロボットは、主導的に会話を進めるなかで、これらについて、必ず対話の中で話題にし、指さしなどを交えて店への道順などを案内するようになった。

内するようにした。

2.4 ロコミ型の情報提供

本研究では、ロボットは来客と親しく接しながら、友達的な立場から情報提供を行う。このようなロコミ型の情報伝達は、オンライン上ではブログやソーシャル・ネットワーキング・サービスといった形で実用的に利用されている。ユーザ間のロコミを促進するコミュニティ支援システム[14]なども研究されている。これらは、基本的に人間同士のロコミであったが、本研究では、ロボットが、半ば広告的に、人の興味を商品や店舗に誘導する。

また、ロコミ型の情報提供は、相手と関係性を持った上で情報を伝えるものであり、相手との親しみがあって成り立つものである。そのため、「〇〇でびっくりした」のように感情的な経験を伝えるような発話や、「昨日フードコートでクレープを食べたら、生地がふわふわだったよ」のようにロボットの経験に基づくような発話を行い、ロコミ型の情報提供を行った。

3 システム構成

3.1 システムの概要

システム全体の概要を図1に示す。まずセンサ部で取得された情報は対話制御部に送られる。そして対話制御部ではセンサ情報などからロボットの発話内容やゼスチャが決定される。そして決定された内容はアクチュエータ部に送られ、ロボットは発話とゼスチャを行う。以下では、それぞれの機能について説明する。

3.2 Robovie

本実験には、Robovieを使用した(図2)。ロボットの高さは120[cm]である。両腕に各4自由度、首に3自由度を持ち、対話に必要な身体表現が可能である。

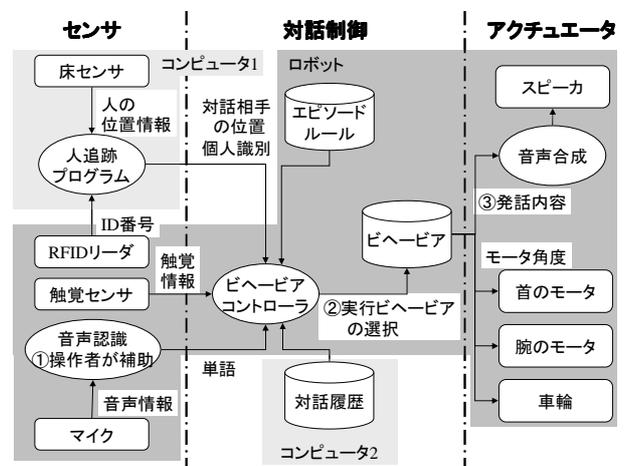


図1 対話システム

Fig.1 System configuration

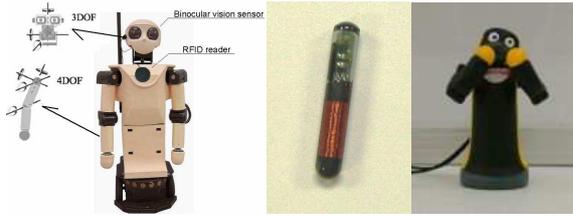


図 2 Robovie と RFID タグ
Fig.2 Robovie and RFID tag

Robovie は車輪により移動可能であるが、今回は回転方向の移動のみを行い、前後方向の移動は行なわない。Robovie には 2 つの CCD カメラ、全方位カメラ、スピーカー、マイク、触覚センサ、地磁気ジャイロ、そして胸部には RFID タグリーダが取り付けられている。

3.3 RFID

本研究では、募集した実験参加者にパッシブ型の RFID タグが埋め込まれたストラップを配布した。実験で用いた RFID タグおよびストラップを、図 2 に示す。実験参加者には、ロボットとの対話開始時にこのストラップをロボットの RFID タグリーダにかざすよう説明した。RFID タグを用いて得られた個人認識結果を用いて、実験参加者毎に対話履歴を記録した。記録した対話履歴と個人認識結果を利用して、2 章で示した対話指針に従った対話を実現した。

3.4 床センサ

本システムでは、床センサを用いてロボット周辺の人位置を検出した。床センサを設置した様子と人追跡結果を、図 3 に示す。図 3 の右側は、床センサ上の人やロボットによる圧力を検出した場所を示している。

本研究では、この床センサ情報を利用して人位置追跡プログラムを実装した。人位置追跡プログラムは、床センサ上に存在する人の数と、その位置を追跡する。また、RFID タグリーダと連動することで、ID 情報を付加した人位置追跡が可能である。位置追跡結果は、ロボットの体の向きや視線方向、発話内容などの制御に利用された。

典型的なロボットの行動の流れでは、まず、床センサ上に人がいない場合、(a)ロボットは人が近くに来るまで待機する。次に、床センサが人を検出すると、ロボットは人の方を向き、声をかけ、(b)人と対話を行う。床センサ上に人がいなくなると、ロボットは対話を終了し、(c)待機状態に戻る。本研究では、この(a)から(c)までを行うことを 1 回の対話とする。

3.5 ビヘービアとエピソードルール

ロボットの発話内容やゼスチャは「ビヘービア」としてパッケージ化されている。例えば、握手をするビ

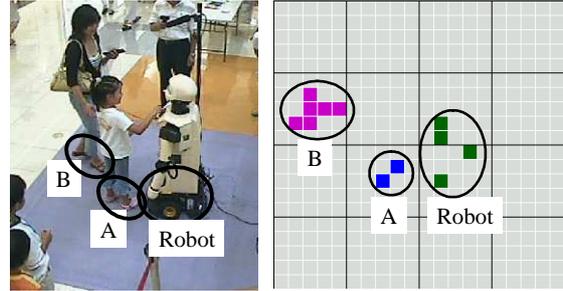


図 3 床センサの使用例
Fig.3 Floor sensors

ヘービアは、発話内容が「握手してね」、ゼスチャが「右腕を前に差し出す」になる。これらのビヘービアはあらかじめ開発者によって用意されており、ビヘービアコントローラが次にロボットが行うビヘービアを選択することにより対話が進む。ビヘービアの選択は、エピソードルールと呼ばれるルールに従って行われる。エピソードルールには、センサ情報と対話履歴に基づいて次にどのビヘービアを選択すべきかが記述されている。

例えば、「クレープは好き？」と発話するビヘービア A、「好きなんだね」と発話するビヘービア B、「好きじゃないんだね」と発話するビヘービア C に対し、

1. ビヘービア A を行い、音声認識結果が「はい」であればビヘービア B を実行
2. ビヘービア A を行い、音声認識結果が「いいえ」であればビヘービア C を実行
3. ビヘービア A を行い、音声認識結果が無ければビヘービア A を実行

という 3 つのエピソードルールが用意されているとする。この場合、ロボットの「クレープは好き？」という質問に対し、人が「はい」と答えれば、エピソードルール 1 に従いビヘービア B を実行し、ロボットは「好きなんだね」と発話する。人が何も答えずに黙っている場合には、エピソードルール 3 に従いビヘービア A を実行し、ロボットは「クレープは好き？」と発話する。一方、人が「案内して」と発話した場合は、それに対応するエピソードルールが用意されていないため、ロボットは次に行うビヘービアを選択することができない。このように、エピソードルールでは人の対話に対応できない場合は、オペレータが操作を行う。オペレータの操作の詳細は次節で述べる。

3.6 オペレータの操作

オペレータは以下の 3 種類の操作を行った。それぞれの操作は図 1 中の①～③に対応する。

①音声認識の代替

ロボットが人と対話をするためには、人の発話内容

を認識する必要がある。しかし、現在の音声認識ソフトウェアはショッピングセンターのような雑音の多い場所では認識精度が低い。そこで、本システムではロボットのオペレータ（操作者）が音声認識の代役を行う。具体的には、まずロボットのマイクから取得された音声オペレータに送信される。同時に、ビヘービア毎に定義された、音声認識結果の候補となる単語リストがオペレータに提示される。その後、オペレータがマイク音声を参考に選択したリスト内の単語が、音声認識結果としてロボットの対話制御部に送信される。例えば、「アイスクリーム好き？」と問いかけるビヘービアは、音声認識結果の候補として「はい」「いいえ」「きこえない」などの単語リストを持つ。

音声認識結果としての単語をロボットに送信した理由は、①におけるオペレータ役割が音声認識器の代替であり、将来的に音声認識部分を自動化したロボットシステムの開発を想定しているためである。そのため、定義された単語リストに適切な音声認識結果の候補となる単語が存在しない場合には、以下に述べる②の方法によってロボットを操作した。また、適切な音声認識結果の候補となる単語を、単語リストに追加した。

②エピソードからそれる実行ビヘービアの選択

オペレータは、ビヘービアコントローラの代わりにロボットが次に実行するビヘービアを選択する。この操作は、人の発話内容に対して実行すべきビヘービアが、用意されたエピソードルールでは選択できない場合などに行う。この操作が発生した場合、ロボットの開発者は操作履歴に基づいてエピソードルールを改良し、次回からセンサ情報と対話履歴に基づいて自動的にビヘービアが選択されるようにする。

③テキスト入力による発話内容の作成

オペレータは、ビヘービアの代わりに発話内容を作成する。この操作は、人の発話内容に対して実行すべきビヘービアが存在しない場合などに行う。ロボットの開発者は、操作履歴に基づき新しいビヘービアとエピソードルールを追加する。

以上の操作を、本研究では1人のオペレータが行った。②と③の役割は、将来的にも完全な自動化が難しいと考えられる。そのため、WOZ法のように、実際にロボットをプロトタイプとして動作させながら、これらの事例が起きる頻度を低減する必要がある。なお、今回の実験と同程度の複雑さの対話タスクで上記①～③を担当する場合、1人で4台の対話ロボットを操作できるという報告もある[19]。少数のオペレータが多数のロボットを操作できれば、将来的にも、オペレータが②、③に該当する役割を担当することが期待できる。

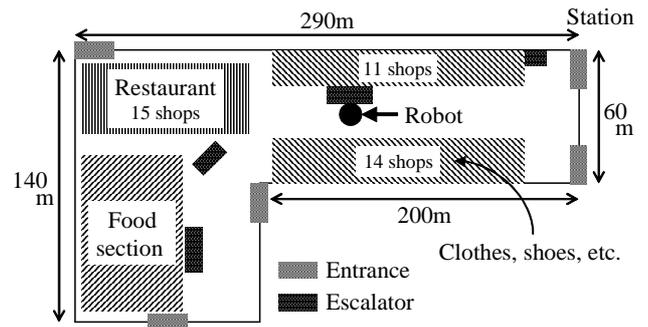


図4 ショッピングセンター(2階)の地図

Fig.4 The map of the 2nd floor of the shopping mall

4 実験

4.1 実験環境

実験はイオン高の原ショッピングセンターで行った。ショッピングセンターは4階からなり、1階が駐車場、2階から4階には150店程の専門店が入っている。来場者数は1日約25000人である。また、ショッピングセンターは駅に隣接しており、ロボットは人通りの多い駅方向への出口に繋がる2階の通路に設置した(図4)。実験は平日の13:00~17:00に行った。実験期間は7月23日~8月31日の6週間であり、そのうち混雑する土日やお盆(8月13日~17日)を除く25日を実験日とした。

4.2 実験参加者

ショッピングセンター来場者は誰でもロボットと対話することができる。また、希望者には、モニタ参加者としてRFIDを貸し出した。モニタ参加者は小学校5年生以上とし、募集方法は実験開始前の告知チラシの配布と、実験期間前半(7月23日~8月10日)の実験現場での呼び込みの2種類を行った。モニタ参加者には個人認識用のRFIDタグが埋め込まれたストラップを配布した。

4.3 実験の様子

人とロボットの対話の様子は、本稿に添付したデモビデオに示す。本実験では、ロボットは実験期間の途中で飽きられることなく、ほぼコンスタントに毎日平均105.7回、198.9人と対話を行った。実験モニタには、332名が参加し、そのうち235名からアンケートの回答を得られた。実験参加者がロボットに会いに来た日数は平均2.1日で、最も多い人で18日だった。また、4日以上ロボットに会いに来た人は49人だった。1日の実験参加者の来場者数も減少することなく、ほぼコンスタントに平均28.0人だった。ロボットは全体的に人に飽きられることなく、実験現場での呼び

込みを無くした実験期間後半でも、ロボットの周りが寂れることはなかった。

4.4 アンケート

モニタ参加者に、実験前後にアンケートへの回答を求めた。実験参加前のアンケートでは実験を行った現場でロボットが他の人と接している様子を見ながらその第一印象を回答してもらい、実験終了後のアンケートでは実験期間終了後に実験参加者の自宅へ質問紙を郵送し、回答した質問紙を返信してもらった。主に、親しみと情報提供の2つの側面について、アンケートで評価した。

ロボットの印象

以下の項目について、評価した。

- ・ロボットの親しみやすさ(4が中立点、4より大きい値がポジティブ、4未満がネガティブな7段階評価)
- ・ロボットの良い点(自由記述)

案内・情報提供の効果

以下の項目について、ロボットの親しみやすさと同様の4が中立点の7段階で評価した。

- ・道案内の適切さ
- ・情報が信頼できる度合

また、実験を行ったショッピングセンターには、店舗や新商品の情報を表示するための大型の広告ディスプレイが設置されていた。そこで、ロボットの案内・情報提供の効果がどの程度か、この広告ディスプレイと比較した。以下の項目を、ロボット・広告ディスプレイそれぞれについて、評価した。

- ・設置してあった場所の適切さの度合
- ・情報が役に立った度合
- ・商品や店舗に興味を持った度合

(以上3つは上記と同様の4が中立点の7段階評価)

- ・この情報をきっかけに訪れた店舗数
- ・この情報をきっかけにした買い物の回数
- ・その理由(自由記述)

ただし、我々は、この実験では「親しみやすい対話指針の有無」などの比較実験は行わなかった。これは、実際に商業運用がされているショッピングセンターでフィールド実験を行ったため、一部の来客に不公平な扱いをすることがクレームにつながることを避けるためである。例えば、参加者の半数に対してのみロボットが名前を呼び、残りの半数に対してはRFIDタグを利用しても名前も呼ばないようでは、この残り半数の参加者は明らかに不満を持つ。むしろ、我々は、事例研究として、実現したロボットがどのような効果を持ち、参加者がどのように感じたのかについて調査した。

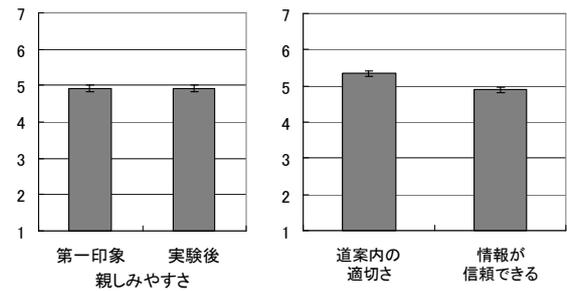


図5 ロボットの印象および案内・情報提供の評価
Fig.5 Impression of the robot and evaluation of guiding

4.5 ロボットの印象

図5に第一印象と実験終了後に人がロボットに感じた親しみやすさの平均値と標準誤差を示す。これを見ると、第一印象の時点で4.9点と中立点の4点を越える高い評価を得た。また実験終了後も4.9点となり、実験前後に有意差は無かった($F(1,231)=0.0086, p>.10$)。実験のねらいに反して、対話を通してロボットの親しみやすさが上がることはなかったが、第一印象の時点での評価が高かったため、これ以上印象が上がる余地は少なかった可能性がある。

一方、自由記述回答からは、

- ・1人1人覚えていてくれて、その人にはその人の接し方があって、喋る回数によって話題が変わってくるのが良かった
- ・会うごとに仲良くなってくれる

などの意見が得られ、ロボットの人と顔見知りになる対話を楽しんだ人がいたことがわかる。

4.6 案内・情報提供の効果

実験終了後のアンケートで尋ねた、ロボットの道案内の適切さと情報が信頼できる度合の平均値と標準誤差を図5に示す。これを見ると、道案内の適切さが5.3点、情報が信頼できる度合が4.9点と、共に中立点の4点を越える評価を得た。これより、ロボットの案内や情報提供は人にとって適切な内容であったと言える。

また、アンケート回答者235人中99人がロボットが話題にした店舗を訪れ、63人がロボットの話しした内容をきっかけに買い物をを行った。買い物をした理由を自由回答形式で尋ねたところ、

- ・チョコチップ(アイス)を勧められて、食べた事があったので一度食べてみたいと思ったから
- ・(ロボビーが話題にした)映画が面白そうだった
- ・クレープ:ロボビーが食べた事がないと言ったから
- ・クレープ:(ロボットが)何度も話題にするので、子供が食べたがった為



図 6 広告ディスプレイ

Fig.6 Display for the advertisement

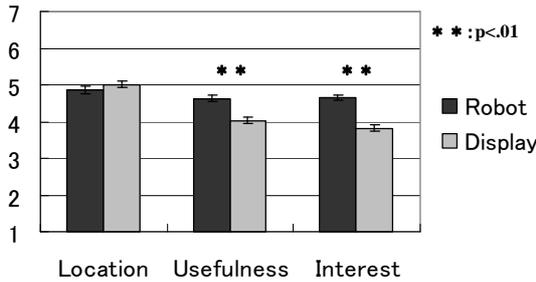


図 7 ロボットとディスプレイの比較(印象)

Fig.7 Comparison of the robot and display (impression)

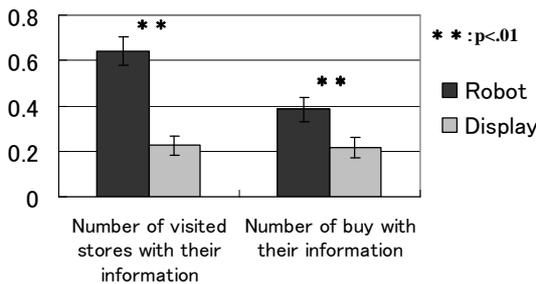


図 8 ロボットとディスプレイの比較(購買行動)

Fig.8 Comparison of the Robot and the display (behavior)

といった回答があった。これらの結果から、ロボットの口コミ型情報提供により、人に商品や店舗への興味を与え、購買行動に誘導することができたと考える。

そこで、ロボットの情報提供が人にどの程度の興味を与えていたのかを調べるために、提供される情報への興味などを案内ディスプレイ(図 6)と比較した。それぞれについて各項目の平均値と標準誤差を図 7,8 に示す。これらを見ると、設置場所の適切さについては両者間に有意な差は見られないが、それ以外の項目の、それぞれが提供する情報の役立ち度($F(1,229)=40.96$, $p<.01$)、提供される情報への興味($F(1,229)=69.52$, $p<.01$)、それらの情報をきっかけにして訪れた店舗数($F(1,226)=36.19$, $p<.01$)、それらの情報をきっかけにして買い物をした回数($F(1,226)=7.66$, $p<.01$)に関して、ロボットの方がディスプレイに比べ有意に高い評価を得た。この結果からも、ロボットは人が興味を持ち、役立てられる情報を提供できたと考えられる。

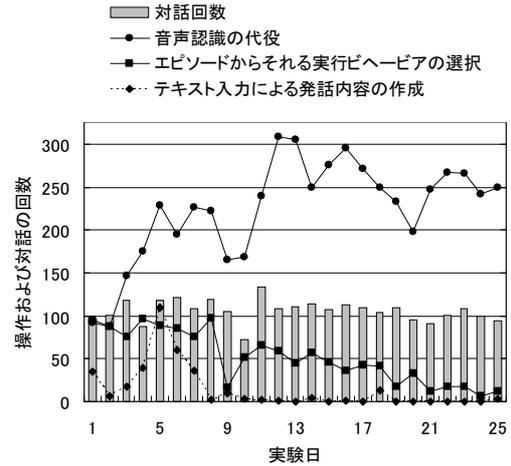


図 9 オペレータの操作回数

Fig.9 Transition of the number of operation by the operator

4.7 オペレータの関与の度合

1 日のロボットの対話数とオペレータの操作回数を図 9 に示す。ロボットはほぼコンスタントに毎日平均 105.7 回の対話を行った。また、実験序盤では音声認識の代役とエピソードからそれる実行ビヘービアの選択共に 1 日に 100 回以上行った。5 日目にテキスト入力による発話内容の作成が多く行われているが、これはロボットが人に質問をし、人に発話の主導権を渡した際に、人が返事をしなかった場合に、相手に対話を促す内容を入力したからである。これ以外には、しつこく想定外な質問をされた場合の返答を数回行った程度である。エピソードを選択したケースは、道案内の際に予想していなかった場所への案内を頼まれた場合である。ただし、念のためショッピングセンター内のすべての店舗への案内ビヘービアを用意していたため、オペレータがそれを選択した。これ以外にも、対話途中に何度も案内を頼まれた場合などに対話を飛ばして案内を行うなどの操作をした。また、実験時間に対するオペレータの操作量は平均で 24.8 秒につき 1byte となり、2 章で述べた対話指針を超えるような過剰な操作は行わなかったことがわかる。

オペレータの操作をもとに、よく起きる現象に対処できるよう、1 日平均で、ビヘービアを 0.2 個、エピソードルールを 3.4 個追加した。その結果、エピソードからそれる実行ビヘービアの選択は減り、代わりに音声認識の代役の回数が増えた。

10 日目以降では、1 日の音声認識の代役の回数は平均 254.2 回、エピソードからそれる実行ビヘービアを選択した回数は平均 35.2 回、テキスト入力による発話内容の作成回数は平均 1.7 回になった。エピソードからそれる実行ビヘービアを選択した回数はその後も減り続け、最後の週では 1 日平均 13.4 回となった。

ただし、あまり起きない現象については追加しない方針にしていたため、オペレータの操作が全て無くなったわけではない。

以上より、オペレータが操作した情報を元にビヘービアやエピソードルールを追加した結果、音声認識が行うべき操作以外の操作を減らすことができ、徐々に自動化に近づけることができた。

5 おわりに

本研究では、ショッピングセンターで活動するヒューマノイドロボットに、人に親しみを与えるために、対話相手を認識していることの明示、自己開示、徐々に親しくなる振る舞い、再会を促すという対話指針を設計し、これに従いロボットの対話を作成した。さらに、指差しを用いた道案内や人へのロコミのような情報提供を行った。その結果、ロボットは親しみやすい印象を実験期間中維持することができた。また、235人中63人がロボットが話した情報をきっかけにして買い物を行うなど、来客に利用されるような情報提供が実現された。これらの結果は、ショッピングセンターで人に親しまれる案内ロボットの有望性を示すものであると考える。

一方で、本稿では事例研究的にフィールド実験の結果を報告したが、ロボットが来客と顔見知りになることと来客の購買行動の関係性や、どの対話指針がどの程度効果を持ったのか、など明らかに出来なかった点も多い。これらについては、顔見知りになることと購買行動の関係性については現在解析を行っている途中である。また、対話指針の効果については、今後、各対話指針の有無によるデータの分析を行うなどにより、明らかにしてゆきたい。

謝辞 実験環境を提供していただき、様々なご支援をいただいたイオン高の原ショッピングセンターの皆様には厚く感謝申し上げます。また、実験にご協力いただいたATR 知能ロボティクス研究所のDylan氏、坂本氏、田近氏、野原氏、井澤氏、吉井氏、Niklas氏に厚く感謝申し上げます。本研究は、総務省の研究委託により実施したものである。

参考文献

- [1] C. Kidd and C. Breazeal: Effect of a Robot on User Perceptions, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'04), 2004.
- [2] K. Shinozawa, F. Naya, J. Yamato and K. Kogure: Differences in Effect of Robot and Screen Agent Recommendations on Human Decision-Making, IJHCS Vol. 62/2, pp. 267-279, 2005.
- [3] T. Shibata and K. Tanie: Physical and affective interaction between human and mental commit robot, Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 2572-2577, 2001.
- [4] H. Kozima, C. Nakagawa and Y. Yasuda: Interactive robots

for communication-care: A case-study in autism therapy, IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN-2005), pp. 341-346, 2005.

- [5] J. R. Movellan, F. Tanaka, I. R. Fasel, C. Taylor, P. Ruvolo, M. Eckhardt, The RUBI project: a progress report, Int. Conf. on Human Robot Interaction (HRI2007), pp. 333-339, 2007.
- [6] 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, Vol. 22, No. 5, pp. 636-647, 2004.
- [7] 小林宏: 表情豊かな顔ロボットの開発と受付システムの実現, 日本ロボット学会誌, Vol. 24, No. 6, pp. 708-711, 2006.
- [8] R. Nisimura, T. Uchida, A. Lee, H. Saruwatari, K. Shikano, Y. Matsumoto: ASKA: receptionist robot with speech dialogue system, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System, 2002.
- [9] 村川賀彦, 十時伸: サービスロボットによる「ふるまい」の評価, HAI シンポジウム 2006 予稿集, 2006.
- [10] 塩見昌裕, 坂本大介, 神田崇行, 石井カルロス寿憲, 石黒浩, 萩田紀博: 駅構内で日常生活を支援するコミュニケーションロボット, 画像ラボ, Vol. 18, No. 4, pp. 23-27, 2007.
- [11] T. W. Bickmore, R. W. Picard: Establishing and maintaining long-term human-computer relationships, ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), Vol. 12, No. 2, pp. 293 - 327, 2005.
- [12] 神田崇行, 佐藤留美, 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論文誌, Vol. 7, No. 1, pp. 27-37, 2005.
- [13] 光永法明, 宮下善太, 宮下敬宏, 石黒浩, 萩田紀博: コミュニケーションロボット Robovie-IV の開発とオフィス環境での日常対話, 日本ロボット学会誌, vol. 25, No. 6, pp. 822-833, 2007.
- [14] 吉田匡志, 伊藤雄介, 沼尾正行: ロコミによる分散型情報収集システム, 日本ソフトウェア科学会第 10 回マルチ・エージェントと協調計算ワークショップ (MACC2001), 2001.
- [15] C. T. Ishi, S. Matsuda, T. Kanda, T. Jitsuhiro, H. Ishiguro, S. Nakamura and N. Hagita Robust speech recognition system for communication robots in real environments, IEEE International Conference on Humanoid Robots (Humanoids2006), pp. 340-345, 2006.
- [16] 鈴木聡, 山田誠二: 擬人化エージェントからの自己開示と第三者への自己開示の伝達がユーザに及ぼす影響, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会, 信学技報 HCS2003-22, Vol. 103, No. 410, pp. 13-18, 2003.
- [17] I. Altman and D.A. Taylor: Social penetration: The development of interpersonal relationships, 1973.
- [18] D. Dahlback, A. Jonsson, and L. Ahrenberg: " Wizard of Oz studies - why and how, Knowledgebased systems," Vol. 6, No. 4, pp. 258-266, 1993.
- [19] D. F. Glas, T. Kanda, H. Ishiguro, N. Hagita: Simultaneous Teleoperation of Multiple Social Robots, submitted for HRI2008, (in review).
- [20] S. Dow, B. MacIntyre, J. Lee, C. Oezbek, J. D. Bolter, and M. Gandy, Wizard of Oz Support throughout an Iterative Design Process, Pervasive computing, Vol. 4, No. 4, 2005.
- [21] S. Woods et al.: Comparing Human Robot Interaction Scenarios Using Live and Video Based Methods, Towards a Novel Methodological Approach, Int. Workshop on Advanced Motion Control, 2006.