

協調的センサ群を用いたコミュニケーションロボット開発

小出 義和^{1,2}, 神田 崇行², 角 康之^{1,2}, 小暮 潔², 石黒 浩^{2,3}, 間瀬 健二^{2,4}, 西田 豊明^{1,2}

京都大学¹, 株式会社国際電気通信基礎技術研究所², 大阪大学³, 名古屋大学⁴

あらまし

我々は協調的に各種センサが働く環境を利用し、コミュニケーションロボット開発の際に生じる二つの問題を解決した。第一の問題はロボット単体のセンシング能力不足の問題で、第二の問題はロボットのインタラクション評価用データ欠如の問題である。我々は各種センサが協調的に動作する部屋の中でそれらのセンサを取り付けたロボットを動作させ、従来のセンシング能力では不可能であった文脈情報に基づいて相手に合わせた情報提示を行うガイドロボットを実現した。我々は二日間の展示見学発表会場の一室でロボットにガイドさせる実験を行った。アンケート結果ではガイドロボットは好印象であった。実験後に各種センサが取得した映像を閲覧・分析し、インタラクション改善に有益なロボットの各動作に対する反応の統計的データを得た。

Developing a Communication Robot with the Collaborative Sensors

Yoshikazu KOIDE^{1,2}, Takayuki KANDA², Yasuyuki SUMI^{1,2}, Kiyoshi KOGURE², Hiroshi ISHIGURO^{2,3},

Kenji MASE^{2,4}, and Toyoaki NISHIDA^{1,2}

Kyoto University, ATR, Osaka University, Nagoya University

Abstract

There are two problems about developing a communication robot. One of the problems is that the sensors of a robot are insufficient. The other is that there are no data to evaluate an interaction between a robot and human statistically. We solved these two problems by using the collaborative sensors. We developed the guide robot which performs the information presentation, based on context information. We conducted the two-day experiment which made the guide robot perform the information presentation. After an experiment, we acquired the statistical data of interactions, analyzing the image data which were recorded by the collaborative sensors.

1. まえがき

近年、HONDAのASHIMOのような人間型ロボットの開発が進んでおり、近い将来ロボットは我々人間と生活空間を共有し、社会的なパートナーになると考えられている。人間型ロボットは、身体性やコミュニケーション能力を活かして、人とロボットの自然なコミュニケーションを実現することができる可能性を持つ。人との自然なコミュニケーションが可能となったロボットは、人間社会の中で例えば道案内などの対話的なタスクを行うことができるようになる。ガイドロボットは、人間社会で動作するコミュニケーションロボットの典型例であり、幅広い応用範囲がある。

ガイドロボットを開発するためには問題点が二つ存在する。第一の問題は、従来の研究のようにロボットのセンサ情報やユーザプロフィール情報だけでガイド機能を実現するアプローチには限界があることである(ロボットのセンシング能力不足の問題)。

ロボットは、ロボットの周囲に何があるのか、目の前にいる人は誰なのかという基本的な情報を知る事も難しい。例えばカメラなどを用いて解決を図ろうとしても、現在の画像処理ではロボットが見ているものを同定することは困難であった。人間の興味は、刻々と変わるので、それを静的なプロフィールだけで表現することには限界がある。例えば、展示会場でガイドを行う時、見学者がそれまでどのブースを訪問し、誰と話したかと言った動的な情報が無ければ、次に訪問すべきブースを的確に推薦することはできない。こうした問題を解決してガイドを的確に行うためには、相手の名前を知り相手を同定できる情報や履歴情報のような文脈情報が必要である。

第二の問題点は、ガイドロボットのインタラクション機能を改良するために必要となる、具体的なデータが無い事である(評価用データ欠如の問題)。今ま

でも人間型ロボットと人とのインタラクションを分析するために主観的なデータを利用した分析や[1], 客観的なデータを利用した分析[2]が行われてきた。しかし,特定のインタラクションの瞬間を切り出して細かく閲覧することで行う定量的な分析はまだ行われていない。ガイドロボットのインタラクション能力を改良するためには,ロボットがどのような状況でどのようなインタラクションをするのか,それに対する人間の反応がどうであったかなどに関する詳細なデータが必要である。アンケートだけでは問題を具体的に把握して,プログラム改良のための具体的な指針を得る事はできない。

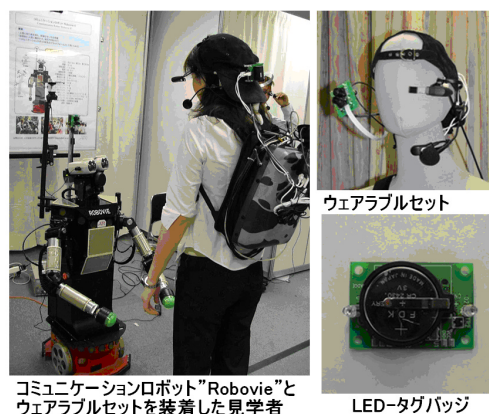
本論文では,ユビキタスセンサルーム[3]を用いて,上に述べた二つの問題の解決を図る。

ユビキタスセンサルームとは,部屋の中にLEDタグやマイクなどの各種センサを配置して部屋内の人間の状況を把握し,行動履歴を逐一データベースに記録していく部屋のことである。また,ユビキタスセンサルームがデータベースに記録する情報には行動履歴以外にも部屋内の人間の名前や人間の視線方向の映像,天井から見た部屋の各所の映像などが記録される。これらの記録された情報をインタラクションコーパスと呼ぶ。インタラクションコーパスの分析を補助するツールに Corpus Viewer[4]がある。これは,雑多な情報の集積であるインタラクションコーパスを時系列にまとめ,特別なインタラクションシーンを視覚的に判断しやすいように表示するツールである。

第一の問題(ロボットのセンシング能力不足の問題)を解決するために,ユビキタスセンサルームから得られる行動履歴や環境情報を用いてガイドロボットを実現する方式を提案する。ガイドロボットは例えば,相手の人間がどのブースを訪れていたか,という行動履歴情報を基にまだ相手が訪れていないブースを判断し,そのブースを推薦できる。また,ガイドロボットは,相手の人間がどの程度の時間各ブースを訪れていたか,という情報を基に相手の人間が最も興味を持っているブースを判断し,同じ興味を持つほかの人間を紹介できる。さらにガイドロボットは,どこに人が多く集まっていたかという情報を基に統計的に人気の高いブースを紹介することもできる。我々は,このような情報提示を行うガイドロボットを二日間のポスターセッション発表が行われる会場の部屋内で動作させ,そこを訪れる見学者に対し



図1.ユビキタスセンサルーム



コミュニケーションロボット"Robovie"とウェアラブルセットを装着した見学者

ウェアラブルセット

LED-タグバッジ

図2.コミュニケーションロボット"Robovie"とウェアラブルセンサ

て上記以外にも様々な情報提示をさせた。実験後,ガイドロボットの情報提示を受けた見学者からのアンケート結果を調べたところ,ガイドロボットが非常に親しみやすい,ガイドロボットのいるブースが最も面白かった,などという高評価を得ることができた。

第二の問題(評価用データ欠如の問題)を解決するためには,ユビキタスセンサルームからインタラクションシーンを獲得する手法が有効であることを示す。我々はコーパスビューアを用いて各情報提示を行った瞬間のロボットの視線方向の映像を抽出し,それを閲覧することで見学者の反応を細かく分析した。その結果,ガイドロボットのインタラクション機能を詳細に評価するための有益なデータが得られた。

得られたインタラクションコーパスを予備的に調べただけでも興味深い知見が得られた。今後は本格的に調べて,より深い知見を得て,より繊細なインタラクション機能を持つガイドロボットの研究開発につなげたい。

2.実験環境

本節では,本研究で行った実験のために与えられた環境を説明する。

2 - 1 .ユビキタスセンサルーム

ユビキタスセンサルーム概要

図 1 にユビキタスセンサルームの外観を示す。

ユビキタスセンサルームは各種センサを全体に設置した、7m×9.5m の部屋である。ユビキタスセンサルームでは、配置したセンサを用いて見学者の体験を取得し、それらをインタラクティブコーパスとしてデータベースに記録していく。ユビキタスセンサルームで取得できる情報には、次のようなものがある。一つは、部屋内のどこに誰がいるか、いたかという環境情報である。もう一つは、部屋内の人間が誰と話したか、どのブースを訪れたのかといった行動履歴情報である。これらの個人情報を取得するために、図中にあるように環境側にセンサ類を設置するだけでなく、部屋内の人間やロボットも同様にセンサ類を装着している。また、ビデオカメラを設置して、各ブースの状況や人間の視線方向の様子などを撮影した映像も同様に取得、記録される。

ユビキタスセンサ

ユビキタスセンサルームに配置された各種センサをまとめたものをユビキタスセンサと呼ぶ。

ユビキタスセンサは IR トラッカ、LED タグ、マイク、ビデオカメラで構成される。IR トラッカは CMOS カメラと赤外線識別フィルタで構成されており、固有の発光周期を持つ LED タグから発せられる赤外線を捉えることでタグを個別に認識する。マイクは装着者の発話内容を音声情報として記録する。ビデオカメラは設置した方向の映像を 1 分間ごとに一つのビデオファイルにして記録する。これらのセンサは部屋内の各拠点に設置される。また、部屋を訪れた人間もユビキタスセンサを装着する。

人間が装着する際には二種類のユビキタスセンサセットを用意した。一つは、IR トラッカ、LED タグ、マイク、ビデオカメラで構成されるユビキタスセンサとデータ送信用ノートパソコンを接続したウェアラブルセット(図 2 右上)である。もう一つは、LED タグのみで構成されるタグバッジ(図 2 右下)である。これら二種類のユビキタスセンサセットを用意したのは、ウェアラブルセットには数に限りがあった事、またもっと気軽に見学を楽しみたい方のために手軽なユビキタスセンサが必要と考えられたからである。

センサによる情報取得

ユビキタスセンサルームは、見学者が装着したユビキタスセンサと環境内に配置したユビキタスセン

サが協調的に動作する事で、様々な情報を記録する。

例えば、ブースに取り付けられた環境側 IR トラッカが見学者の装着した人間側 LED タグを捉えることで、その見学者がそのブースを訪れたという環境情報が記録される。また同様に、ユビキタスセンサを装着した両者の IR トラッカが互いの LED タグを認識した場合に、この両者が出会ったという情報が記録される。この時両者のマイクが相互に反応していれば両者が会話をしていた、という情報も記録される。マイクからのセンサ情報は、発話者が相互的に話しているのか、もしくは展示物の説明のように一方的に話しているのかといった違いを検出することが可能である[5]ため、両者が対話しているのか、それとも説明を受けているのか、というような細かな状況を区別して記録する。こうした人間の体験は全てインタラクティブコーパスとして記録される。ロボットも人間と同様にユビキタスセンサを装着し、ロボットの目の前に来た人間の LED タグをロボットの IR トラッカで認識することによって、その人間が誰であるかを判断する。

2 - 2 .人間型コミュニケーションロボット、Robovie

Robovie[6]は、腕や目といった人間のような身体を持ち、各種センサを配置した人間型コミュニケーションロボットである(図 2 左)。Robovie は人間と自然なコミュニケーションを実現するために、腕を差し出す、腕を振る、相手の方を見るといった、人間に近い身体性を活かした簡単な動作を表現する。

Robovie は単体で聴覚、触覚、超音波、視覚センサを持ち、これらのセンサを有効に使うことで、少人数の人間に対して、限られた状況で自律的なインタラクティブな事を実現している。また、特にユビキタスセンサルーム内で動作する Robovie の行動履歴は、人間と同様に全てインタラクティブコーパスに記録される。

Robovie には、状況に応じて細分化された動作モジュールを矛盾なく実行するメカニズムがある。動作モジュールには「握手をする」「挨拶をする」といったようなインタラクティブな動作が規定されておりこれらの動作モジュールを連続して実行させるための規則が別途用意されている。その規則は、各動作モジュールを行った時の相手の人間の反応によって動的に次に実行する動作モジュールを選択するよう

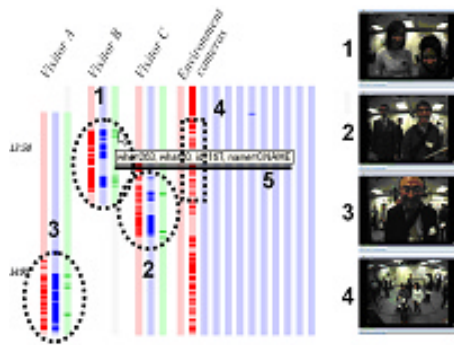


図 3 .Corpus Viewer



図 4 .Corpus Viewer 詳細図

なインタラクティブな規則となっている。この規則はエピソードルールと呼ばれる[7]。

2 - 3 .Corpus Viewer

次に ,Corpus Viewer[4] について説明する。Corpus Viewer は ,集積したインタラクションコーパスを時系列 ,対象ごとに整理し ,インデックスを付けてブラウザ上に可視化することで ,インタラクションシーンの検出を補助するツールである。Corpus Viewer の概観を図 4 に示す。

具体的には ,ユビキタスセンサの LED タグが IR トラックに捕捉されていた瞬間を周りよりも濃い色で表示することで ,LED タグの反応状況を可視化している。このようなタグの反応状況はいつ ,誰が ,誰とインタラクションをしたのか ,といったインタラクションシーン抽出の判断材料である。画面上では上から下に向かって時間の推移を示している。ユーザはこれらの情報を基に ,閲覧したい映像の開始点と終了点を選択することで ,指定した時間の映像データを取得する。図 4 の例は ,ロボットの IR トラックと LED タグが各見学者のそれとどのように反応していたかを示している。

例えば図 4 中の破線で囲まれた部分 1 からは ,図 4 右の 1 に示したようなロボットとインタラクションをしている瞬間のロボットの目の前の映像 ,言い換えればタグが反応している見学者の様子を撮影した映像を取得することができる。また破線 4 の部分からは ,環境側から撮影された映像を取得できる。

次に ,Corpus Viewer の詳細を説明する。図 5 に Corpus Viewer の詳細図を示す。ロボットと人間のタ

グ反応状況を示す三つのライン(a)(b)(c)からはそれぞれ ,人間の視線方向を撮影した映像(a) ,ロボットの前方を撮影した映像(b) ,ロボットが動作モジュールを発動した瞬間のロボットの前方の映像(c ,ただしこのラインから取得できるのは b と同じ映像)を抽出できる。また ,(c)の色濃くなった部分はロボットが特定の動作を実行した瞬間を示している。そこにマウスのポインタを合わせることで ,その時間に行った動作の詳細情報が表示される。図 5 中の「who=263, what=0, id=167, name=CNAME」がそれに当たる。who=263 はロボットが情報提示している相手の人間のタグ ID 番号が 263 であることを示している。what=0 はロボットが提示した情報内容を示している。図中の例では「相手の名前を呼ぶ」動作が例に挙げられているため ,提示した情報内容は特に無し ,の意で 0 が表されている。例えばブースの推薦などを行った場合には ,推薦したブースの ID 番号が表示される。id=167, name=CNAME は ,ロボット内部で管理される動作モジュールの ID とそのモジュール名である。本来 ID とモジュール名は 1 対 1 に対応しているため両方記載することは冗長であるが ,分析の際に分かりやすいように両方表記している。

3 .Robovie を用いたガイドロボットの実現

我々は ,展示案内をするガイドロボットの開発を行った。的確なガイドを実現するためには ,コミュニケーションロボットRobovie単体のセンシング能力が不十分である問題があった。我々は ,ユビキタスセンサルームを利用することでこの問題を解決し ,有効なガイドロボットを実現した。本節では ,その手法を具体的に述べる。

3 - 1 .Robovie のセンシング能力不足問題

ガイドロボット構築のためには ,例えばロボットの目の前の人々が誰であるかという情報やその見学者が持っている興味や行動履歴といった文脈情報を獲得する必要がある。Robovie には視覚センサとしてカメラが設置されているが ,このカメラから得られる映像を画像処理することでロボットの目の前の人間を特定し ,その相手の名前を知ることは困難である。また ,超音波センサや触覚センサによって周囲の状況をある程度把握することができても ,周囲の人間がどのような事に興味を持ちどういった行動をしてきたのかを知ることはできない。こうした単体のセンシング能力の限界によって生じる問題を解決するための確かな情報提示を行うガイドロボットを実現するた

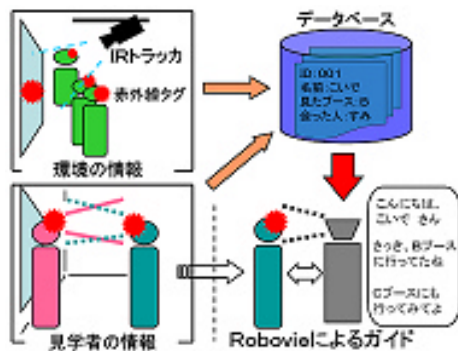


図5. コピキタスセンサを用いたガイドロボット

めには、相手を一意に決めるための情報や動的に変化する相手の興味や行動履歴などの文脈情報を新たなセンサを用いて取得することが必要である。

3-2. コピキタスセンサを利用したガイドロボットの実現

我々は、前文節で述べた問題を解決するために、コピキタスセンサルームを利用することを考えた。

Robovie にコピキタスセンサを設置し、IR トラッカで見学者の LED タグを捉えることで目の前の見学者が誰であるかということを知別した。この情報を用いて、相手の名前を呼ぶ動作を実現した。(図5右下)コピキタスセンサルームでは、見学者のブース見学履歴がインタラクティブコーパスとして記録される(図5左下)。Robovie は目の前の見学者のブース見学履歴を取得し、各ブースの滞在時間からその見学者の興味を推定した。この情報を基に、その見学者と同じ興味を持っていると判断される他の見学者を紹介する動作を実現した。同様に、見学者のブース見学履歴情報から、見学者がまだ訪れていないブースを判断し、このブースの推薦を行った。その際には発話だけでなくブースの位置を視線と腕で指示した。コピキタスセンサルームでは、各ブースに現在誰がいたのかという環境情報が記録される(図5左上)。Robovie は各ブースに累計で何人の見学者が訪れたのかという情報を取得し、統計的に人気のあるブースを決定した。この情報を基に、見学者に対して最も人気のあるブースを教示した。

他にもインタラクティブコーパスから得られる様々な情報を利用し、従来の単体のセンシング能力では実現できなかったガイドロボットを実現した。具体的な情報提示内容については以下に述べる。

3-3. Robovie が提示する話題

今回の実験で Robovie が見学者に対して提示す

表1. 実験で提示した情報内容分布

話題の種類	提供回数
(1)名前を呼ぶ	267
(2)訪れたことのあるブース	138
(3)興味があると推定したブース	64
(4)ブース推薦	96
(5)人気のあるブース	13
(6)混雑しているブース	13
(7)(8)以前に会った(話した)人	69
(9)会った人の行動履歴	27
(10)同じ興味を持っている見学者	18
(11)(12)部屋内の状況	67

る話題の種類と内容について述べる。提示する話題は12個用意した。各話題の種類とRobovieの行動履歴データから得られた提供回数を示した表を表1に示す。

Call name

Robovie は情報提示の始めに、これから対話を行う相手の名前を呼んで興味を引く。見学者の名前は予め見学者が部屋に入る時に手入力してもらい、データベースに登録する。Robovie はそのデータを基に音声合成で音声ファイルを作成し発話する。

- (1) 「こんにちは、X(名前)さん。」
- (1') Xさん、さっきも会ったね。(二度目以降)

展示ブースに関する話題

Robovie は見学者が過去に訪れたブースや最も興味を持っていると思われるブースについて言及する。また、見学者がまだ訪れていないブースや人気のあるブースの推薦などを行う。

- (2) 「さっき、Aブースに行ってたよね。」
- (3) 「Aブースは、おもしろかったでしょ。」
- (4) 「Bブースにも行って見てよ。ブースは向こうだよ。(指差し)」
- (5) 「Bブースが人気あるみたいだよ。」
- (6) 「Bブースに人がたくさんいるみたいだね。」

他の見学者に関する話題

Robovie は、現在対話している見学者が以前に会った、もしくは話した他の見学者の行動履歴情報を提示する。また、見学者の興味推定から、似た興味を持っていると判断した他の見学者を教える。

- (7) 「さっき、Y(名前)さんと会ってたよね。」
- (8) 「さっき、Yさんと話してたでしょ。」
- (9) 「Yさんは、今日AブースとBブースを見たみた

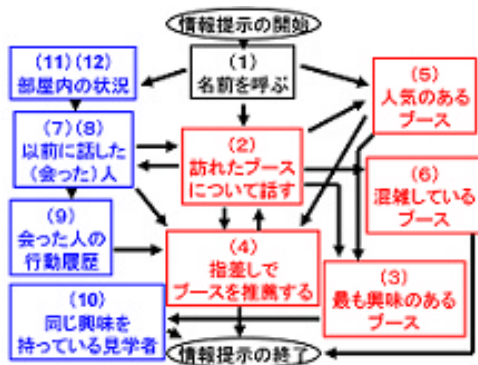


図5. 情報提示のシナリオ

いだよ。」

(10) 「Aブースなら、Yさんも興味があるみたい。」

部屋内の状況

Robovieは現在ユビキタスセンサルーム内に何人の人間がいるか、また累計で何人の見学者がセンサルームを訪れたか、といった情報を提示する。

(11) 現在の見学者は...17人いるよ。」

(12) 今日の見学者は...72人くらいかなあ。」

3-4. 自然な対話を実現するためのエピソードルール

我々は、ガイドロボットに話題を用意した上で、見学者に不自然さを感じさせることなくそれらの話題を提供するためには二つのアプローチがあると考えている。一つは、人間のガイドの行動パターンを基にモデルを構築し、それを模倣する方法である。我々は、この手法はAIBOなどの動物を模倣したペットロボットには有効であるが、今回のような人間型ロボットによるガイドを実現するためには有効でないと考えた。なぜなら、人間は複雑な行動・反応をするため、規定された行動に留まるような作り方ができない本手法では限界があるからである。

そこで我々はもう一つの手法、すなわち見学者の反応を見ながら実験を重ねてより適した動作を作りこんでいく手法を選択した。本研究ではインタラクションコーパスによって大量の情報が取得できる。そのため、ある程度動的に、相手や状況に合わせて自由に振舞うガイドロボットを構築することが可能となった。それにより複雑な人間らしい振る舞いを実現することができるようになった。

これらの理由から我々は、定型的なガイドロボットを作るのではなくガイドロボットを構築し動作させてそれに対する見学者の反応を見ながらより適当な情報提示手法を作りこんでいく手法を選択した。

表2. アンケート結果(1)

質問内容	回答数	割合(%)
Robovieブースに最も興味を持った	32	40.5
Robovieブースに最も長く滞在した	26	32.9

表3. アンケート結果(2)

質問内容	回答平均値
Robovieの親しみやすさ	4.3

(Robovieの親しみやすさを1~7段階で評価。7が最も親しみやすい)

上記の手法に従ってまず我々は、Robovieの提供する話題を大きく二つのカテゴリに分け、原則的にそのカテゴリに沿って話題を提供するようにした。一つはブースの推薦などの展示ブースに関する話題、もう一つは見学者が過去に会った他の見学者などの見学者に関する話題である。図6にこの情報提示シナリオを示す。

4. 実験

我々は、2003年11月にATRで行われた研究発表会で、発表会場内の一室をユビキタスセンサルームとして構築し、そこで開発したガイドロボットを動作させた。

4-1. 実験の概要

実験は、5つの研究発表ブースから成る部屋をユビキタスセンサルームとして構築し、その中でRobovieをガイドロボットとして動作させて行った。各ブースでは説明員が各々の研究内容を見学者に対してポスターを用いて説明しており、Robovieブースでは、ロボットによる情報提示と展示案内を行った。二日間の研究発表会で300人以上の来訪者があり、のべ171人がセンサを装着してユビキタスセンサルームを見学した。その内のべ105人はウェアラブルセットを装着し、のべ78人がLEDタグバッジだけを装着した。両者の合計が上で述べた数字と異なるのは、見学者の何人かはバッジとウェアラブルセットの両方を試していたからである。

RobovieはRobovieブースを訪れた108人の見学者に対して合計268回のインタラクションを行った。各動作の内訳は表1に示す。

4-2. アンケート結果

ユビキタスセンサルームを訪れた見学者にアンケートに協力してもらい、どのブースが最も面白かったか、どのブースに最も長くいたか、ロボットの印

表 4.各話題の分析結果

話題の種類	シーン数	成功	失敗
(1)名前を呼ぶ	107	89	18
(2)訪れたブース	30	8	22
(3)興味があるブース	300	12	18
(4)ブース推薦	28	12	16
(5)人気のあるブース	2	0	2
(6)混雑しているブース	3	1	2
(7)(8)会った(話した)人	12	3	9
(9)会った人の行動履歴	2	1	2
(10)同じ興味の人	0	1	0
(11)(12)部屋内の状況	53	13	40

象はどうであったか、といった質問に対して79人から回答を得た。その結果を表2,3に示す。

アンケートではいずれの設定も高い評価がされており、訪れた見学者に総じて好印象を与えたという結果であった。今回の試みであった、相手の人間の状況に合わせた的確な情報提示を行うガイドロボットの実現に成功したと考えられる。

その一方で、提供した情報の的確性や有効性がどうであったのかという結果はアンケートからではわかりにくい。例えば、Robovie にブースの推薦を受けた見学者がその後本当に推薦されたブースを訪れたかどうか、といったデータや、Robovie が名前を呼ぶことで見学者をインタラクションに引き込むことが出来ていたかどうか、といった細かな反応はアンケートを見る限り判断できない。

5.インタラクションシーンの分析

ガイドロボットを開発するにあたって、ロボットと人間のインタラクションを具体的に評価するためのデータが無いという問題があった。我々は、この問題をユビキタスセンサールームとCorpus Viewer を利用することで様々なインタラクションシーンの検出と抽出を行い、各見学者の反応を細かく調べることで解決した。以下に具体的な手法を示す。

5-1.インタラクションシーンの閲覧

我々は、評価用データ欠如の問題をユビキタスセンサールームで得られるインタラクションコーパスを利用することで解決した。ユビキタスセンサールームでは、一部の例外を除いて各見学者やロボットがその視線方向を撮影したビデオカメラを装着している。そのカメラから撮影された映像は、インタラクションコーパスとしてデータベースに記録されている。



図 7.名前を呼ばれた時の反応例



図 8.指差し動作の効果

我々は、取得されたこれらの映像を閲覧することで、ロボットが情報提示を行った時の見学者の反応やその後の行動といった細かな分析を行った。その結果、今までの分析手法では得られなかった、各話題の細かな反応の成否を統計的に表した表4のようなデータが得られた。

各話題の細かな分析の例を以下に示す。

名前呼ばれた時の反応

本研究では、Robovie が見学者をインタラクションに引き込む際に、見学者の名前を呼ぶことで注意を喚起しその後の情報提示につなげていくことを目標とした。そこで、インタラクションコーパスから得られたビデオデータを閲覧し、見学者が名前を呼ばれた時の反応を分析したところ、のべ107回のRobovieの呼びかけに対して89人が、微笑む、驚く、喜ぶといったように表情を変化させて反応した(図7)。

指差し動作の効果

また今回の試みの一つとして、その身体性を利用して、発話だけでなく視線と腕を使ってブースの方向を指すことでブースの推薦を行う動作があった。その効果として、のべ28人中12人が推薦したブースに行くかそちらに視線を向けて興味を示すという結果が得られた。また、図8に見られるように見学者は他の発話のみによる情報提示と異なり、Robovieの指差し方向を見ると同調の姿勢が見られた。

5-2.考察

これらの解析の結果、Robovie が名前を呼んだ事に対する見学者の反応から、Robovie のようなコミュニケーションロボットであっても、相手の名前を呼んで注意を喚起することは十分な効果があったと考えられる。加えて、ブースを推薦する際にロボットの視線によってそちらに注意を促し、さらに腕を使って指差しを行ったところ、見学者や周囲の人間がこの動作に対して同調するなどして推薦に興味を示してい

た。これは、ロボットの身体性を活かした動作がブースの推薦に効果的に働いた結果だと思われる。

一方で、ガイドロボットとして不十分な部分も多々あることが表4によって示された。例えば、表4の(2)や(11)(12)といった話題は見学者にとって有効な情報だったとは言えないことがわかる。その理由は、エピソードルールの構造上(11)(12)の話題は何度も呼ばれることが多く、それが見学者にとって飽きを生じさせたから、もしくは部屋内の状況は見学者が周囲を見渡すだけで十分に知る事ができたからだと考えられる。

こうした詳細な評価は、ユビキタスセンサルームを利用して評価用データを得、Corpus Viewerを利用してそれを閲覧して統計的に表したことで可能となった。コミュニケーションロボット開発の第二の問題点であった、評価用データ欠如の問題はユビキタスセンサルームを利用することで解決された。

6. おわりに

本稿では、ユビキタスセンサルームを利用して代表的なコミュニケーションロボットであるガイドロボットの実現を進める際に生じる大きな二つの問題点、センシング能力不足の問題とインタラクション評価用データ欠如の問題を解決した。

ユビキタスセンサルームは部屋内の人間の行動履歴情報や環境情報をインタラクションコーパスとして自動的に記録する。また、ロボットの視線方向や各ブースの周囲の様子を撮影した映像を記録する。

我々は、ユビキタスセンサを用いることでRobovieのセンシング能力不足の問題を解決した。具体的には、従来のセンサ群では知り得なかった相手の行動履歴情報から興味を推定する、まだ訪れていない場所を知ることで相手に合わせた的確な情報提示を行うといったガイドロボットを実現した。二日間の実験を行い、展示見学会場で構築したガイドロボットを動作させたところ、見学者の回答したアンケート結果から、概ねガイドロボットが見学者に好印象を与えていたことがわかった。

次に、ガイドロボットのインタラクション評価用データ欠如の問題を、ユビキタスセンサルームが取得した映像を用いることで解決した。我々は実験後、ロボットと人間のインタラクションシーンを検出、閲覧することで両者間のインタラクション分析を行った。その結果、表4のような各話題に関する成否の統計的データが得られた。このデータから名前を呼ぶこ

との効果や、逆に効果的でない情報の種類などを知ることができた。また、細かな分析からガイドロボットの身体的特徴が活かされていたシーンなどが見られた。

本研究では、まだ予備的にインタラクションコーパスを調べたに過ぎないが、従来の分析からは得られなかった興味深い知見が得られた。今後はRobovieの持つ各種センサなどの内部情報も交えてより本格的に調査することで、ガイドロボット構築のより深い知見を得、より繊細なインタラクション機能を持つガイドロボットの開発につなげていきたい。

謝辞

本研究のシステム開発に関して、京都大学大学院情報学研究科の村上裕介氏、株式会社国際電気通信基礎技術研究所の山本哲史氏に多大なご協力を頂きましたことを感謝いたします。

本研究は情報通信研究機構の委託研究により実施した。

参考文献

- [1] 神田崇行, 石黒浩, 石田亨, "人間ロボット間相互作用に関わる心理学的評価," 日本ロボット学会誌, Vol.19, No.3, pp.362-371, 2001.
- [2] 神田崇行, 今井倫太, 小野哲雄, 石黒浩, "人 ロボットの対話におけるロボット同士の対話観察の効果," 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp. 2699-2709, Nov. 2003.
- [3] 角康之, 伊藤禎宣, 松口哲也, Sidney Fels, 間瀬健二, "協調的なインタラクションの記録と解釈," 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2628-2637, 2003.
- [4] 角康之, 岩澤昭一郎, 間瀬健二, "インタラクション・コーパス分析ツールの試作," 情報処理学会研究報告(ヒューマンインタフェース), HI104--7, 20003.
- [5] M. Bono, N. Suzuki, and Y. Katagiri, "An analysis of participation structure in conversation based on Interaction Corpus of ubiquitous sensor data," Int. Conf. on Human-Computer Interaction (INTERACT 03), pp. 713-716, 2003
- [6] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 前田武志, 中津良平, "研究用プラットフォームとしての日常活動型ロボット"Robovie"の開発," 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol.J85-D-I, No.4, pp.380-389, Apr. 2002.
- [7] T. Kanda, H. Ishiguro, M. Imai, T. Ono, and K. Mase, "A constructive approach for developing interactive humanoid robots," Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS2002), 2002.