

協調的センサ群を用いた人間型ロボットによる体験演出

Guiding Experience by a Humanoid Robot with Collaborative Sensors

小出 義和^{*1*2}
Yoshikazu KOIDE

神田 崇行^{*2}
Takayuki KANDA

角 康之^{*1*2}
Yasuyuki SUMI

小暮 潔^{*2}
Kiyoshi KOGURE

京都大学^{*1}
Kyoto University

株式会社国際電気通信基礎技術研究所^{*2}
Advanced Telecommunications Research Institute International

Abstract This paper reports an interactive guide robot for an exhibition that is supported by ubiquitous sensors. The robot utilizes its human-like gestures such as eye-contact and pointing. The ubiquitous sensors are embedded in an exhibition room, and these provide information on the user's exhibit-visiting history as well as support the development of the robot itself. As a result of a two-day exhibition, we found that the robot attracted visitors and successfully guided them in the environment. Moreover, the obtained interaction data, including video from the ubiquitous sensors, helped us to analyze the interaction between the robot and visitors. We believe this is a promising approach for developing interactive humanoid robots.

1. はじめに

近年、人間型ロボットの開発が進んでおり、同時にこれらの持つ人間的身体性を用いて人との自然なコミュニケーションを行うコミュニケーションロボットの研究も進んでいる[T.Kanda 2002].

しかし、こうしたコミュニケーションロボットの開発は難しく、なかなか実現されない。その理由には、開発したロボットと人のインタラクションを開発者自身が分析し、問題点や不自然な点を改良することが困難であること、また、「目の前の人是谁であるのか」や「その人の興味は何にあるのか」といった実世界の情報は複雑で、ロボットがそれらの情報を取得するのは困難であることが挙げられる。

一方で、広く環境にコピキタスセンサを設置し、環境内の様々な情報を取得してそれらを蓄積・解釈するコピキタスセンサ環境の研究が進められている[角 2003]。そこで我々は、コミュニケーションロボット開発における困難をコピキタスセンサの技術によって解決することを考えた。

こうした背景より、我々はコピキタス環境を実現した展示見学会場で、取得された見学者の行動履歴情報から個人の興味を推定し、個人化した情報を提示するガイドロボットを実現することを考えた。人間型ロボットを利用する事で得られるメリットは、人間のガイドが取得するのが困難な膨大な情報を利用することができる点、また、HMD(Head Mount Display)やPDA(Personal Digital Assistants)といった端末機器によるガイドではできない指差しなどの非言語情報を交えた情報提示が可能である点である。

また、あわせて本稿では一般的なコミュニケーションロボット研究の環境としてコピキタスセンサ環境を提案する。我々は、実際に上記展示見学会場で人間型ロボットによるブースの推薦などの情報提示を行った。その後、コピキタスセンサ環境から得られたビデオデータを解析したところ、見学者が名前を呼ばれてロボットに注意を向けた様子や、ロボットの推薦したブースに興味を示していた様子などがわかった。このように、ロボットとコミュニケーションをした相手の人間の細かな反応を知ることは一

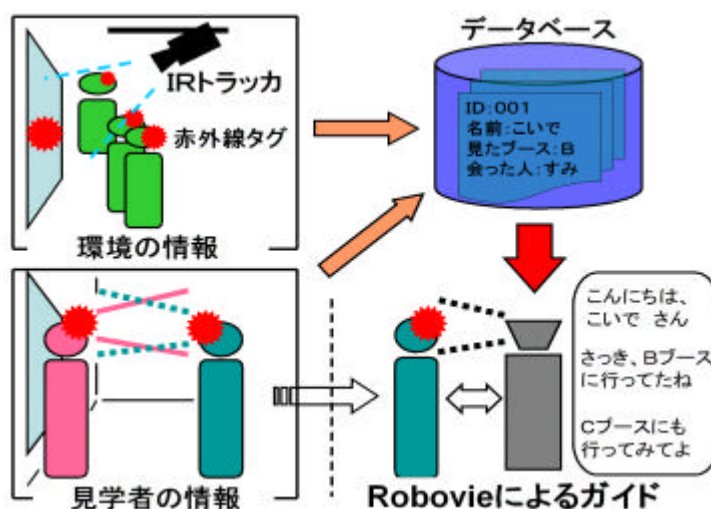


図1. システム概念図

般に困難であり、それらを容易にしたコピキタスセンサ環境は、コミュニケーションロボットの研究にとって有用であると言える。

2. システム構成

本研究のガイドロボット概念図を図1に示す。まずコピキタスセンサで取得した見学者個人の行動履歴や見学会場内の人数などといった情報が逐一取得され、データベースに蓄積される。コミュニケーションロボット「Robovie」はこの蓄積された情報を用いて見学者に個人化した情報提示を行う。以上が本システムの構成である。

2.1 コピキタスセンサルーム

本研究では、5つのブースを配した実際の展示見学会場である10m四方の部屋に赤外線LEDの点滅によるID認識システム(以下、IRトラッカとLEDタグ)、及びビデオカメラを配置し、部屋内の人物の行動や状況といった情報を取得する環境を構築した。これをコピキタスセンサルームと呼ぶ。(図2)



図2. ユビキタスセンサルーム

(1) IRトラッカとLEDタグ

IRトラッカはLEDタグの発する固有の赤外線発光周期によってそのIDを読み取る機器である。これらの機器はユビキタスセンサルームの各ブースに設置されているだけでなく、部屋内の人間も機器を視線方向に向けて頭部に身につけており、見学者同士が会話しているといった情報や、見学者が訪れたブース履歴などの情報が取得される。

(2) ビデオデータ

ユビキタスセンサルームの各ブースやそこを訪れる見学者は上記(1)の機器以外にビデオカメラも装着している。カメラはブースの周りの状況や、見学者の視線方向、ロボットの眼前にいる見学者の様子などをビデオデータとして取得し、データベースに蓄積する。

2.2 人間型コミュニケーションロボット“Robovie”

Robovieは人間と類似した腕や、視線方向を表現可能な頭部を持つ人間型ロボットである。また、視覚・聴覚・触覚センサを使って自律的に人間とインタラクションを行う。その動作は、細分化された単発の行動モジュール(握手をする、等)を次々に実行することで実現される。一連の行動モジュールの実行順序はエピソードルールというシンプルなルールにより規定される[T.Kanda 2002]。

3. Robovieによる体験演出

3.1 ユビキタスセンサ情報を利用した話題の提供

Robovieは、ユビキタスセンサルーム内の見学者の行動履歴情報や各ブースにおける人の分布状況などといった環境情報を記録したデータを効果的に利用することで、見学者に対して次のような情報提示を行う。具体的には、Robovieの提供する話題として以下のようなものを用意した。これらの話題をRobovieの単発行動モジュールとしてそれぞれ構築し、後述するエピソードルールに組み込むことで自然な話題の提供を実現した。

(1) 名前のよびかけ

目前の見学者の名前を呼ぶ。(名前を呼ぶことで、その見学者とロボットのインタラクションを開始する。)

(2) 展示ブースに関する話題

見学者が過去に訪れたブースについて話す。

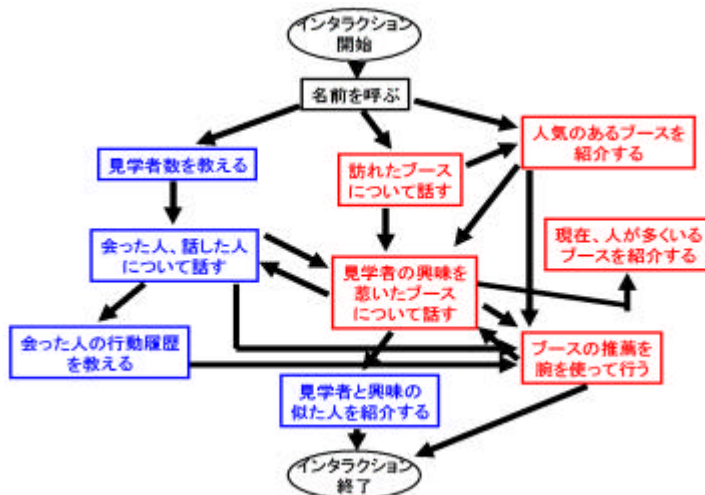


図3. エピソードルール

見学者が最も興味を持っているブースについて話す。
見学者がまだ訪れていないブースを推薦する。
人気のあるブースを教える。
今現在、混んでいるブースを教える。

(3) 他の見学者に関する話題

見学者数を教える。
見学者が過去に会った、話した人について話す。
過去に会った人が訪れたブースについて話す。
見学者と興味の方向性が同じ人を教える。

3.2 自然な対話のためのルール

本研究では、人間型コミュニケーションロボット“Robovie”を用いて自然な情報提示を行うガイドロボットを実現することを目的としている。Robovieの動作は、エピソードルールと呼ばれるシンプルなルールに従って次々に行動モジュールが呼び出されることで実現される。そこで我々は、3.1で示した話題を行動モジュールとして用意し、エピソードルールを試行錯誤しながら作りこむことによって研究の目的を達成することを考えた。

今回の実験で用意したエピソードルールを図3に示す。今回、特に自然なインタラクションのために次の点に留意してルールを構築した。

(1) 話題の一貫性

見学者に提供する話題を「ブースに関する話題」と見学者に対する話題」の二つに分類し、関連ある話題につながるようにルールを構築した。

(2) 同一見学者に対する情報提示

過去に一度情報提示を行った見学者に対して二度目の情報提示を行う際には、過去に行った話題は原則として二度と話題提供しないようにルールを構築した。これにより、見学者に対して常に新しい話題を提供し続けることを可能とした。

(3) 周囲の見学者に対する配慮

Robovieがある見学者に対して話題提供をする際、その見学者本人以外の見学者が、その話題提供を周囲で見ている場合が考えられる。そこで、一度話題提供を行った直後の話題提供では、その相手が誰であれ一度目に行った話題提供の流れとは異なる流れで話題を提供するルールを構築した。これにより、どの見学者に対しても新しい流れの話題提供を行うことが可能となった。



図 4 .名前を呼ばれた時の反応



①名前を呼ばれる ②見学者の数 ③ブース推薦

図 5 .指差しによるブース推薦に対する反応

4. 実験結果・考察

2003 年 11 月に ,ATR で二日間行われた研究発表会で ,実際に 5 つのポスターセッションブースからなる展示見学会場の一室にユビキタスセンサールームを構築し ,その中で情報提示を行うガイドロボットを実装 ,動作させた .本章では ,ユビキタスセンサールームを訪れた見学者にガイドロボットがブースの推薦を行い ,その影響について ,取得したビデオデータの画像を提示しながら述べる .

4.1 実験結果

この研究発表会には全体でのべ約 300 人以上の一般の見学者が訪れた .171 人の見学者がユビキタスセンサールームを訪れ ,IR トラッカ ,LED タグ ,ビデオカメラを着用して部屋内を見学した見学者は 105 人であった .

ユビキタスセンサールームを訪れた 171 人の内 ,79 人がアンケートに回答した .回答した 79 人の中で ,5 つのブースの中で Robovie ブースが最も興味深かったと答えた人が 32 人 (40.5%) ,最も Robovie ブースに長く滞在したと答えた人が 26 人 (32.9%) であった .また ,見学者の感じた Robovie の親しみやすさを 1 から 7 の数値で表すと ,平均 4.3 (7 が最も親しみやすく ,1 が最も親しみにくい) とい結果が得られた .

4.2 ビデオデータによる解析

まず ,今回の実験で動作した行動モジュールの内訳を表 1 に示す .この内 ,ブースの推薦は 96 回行われたが ,その中には説明のためにプレゼンターに行ったデモとして発動したもの

行動モジュール名	実行回数
名前を呼ぶ	267
訪れたブース	138
興味あるブース	64
ブース推薦	96
人気のあるブース	13
混んでいるブース	13
見学者数	136
会った人 話した人	132
会った人の行動履歴	27
興味が同じ人	18

表 1 .行動モジュール内訳

ブースの推薦に対する反応	人数
推薦されたブースに向かう	4
推薦されたブースの方を向いて反応する	5
推薦に関心を示さない	4

表 2 .ブースの推薦に対する反応

や ,見学者が対話途中で遠くに離れていってしまっ実質的には推薦が行われなかったものがあり ,またビデオデータが取得されていない場合もあったために ,結局今回の実験で「名前を呼ぶ」から「ブースの推薦」まで正しく行ったビデオデータは全部で 13 本検出された .これらを用いて以下の点を特に細かく分析した .

(1) ロボットに名前を呼ばれた時の反応

Robovie が見学者と対話を開始する際に ,見学者の名前を呼ぶ事で見学者の注意をひき ,自然な情報提示を行うきっかけとする事ができたかどうかを分析した .見学者が名前を呼ばれた時の反応を ,Robovie の視点から撮影したビデオデータによって分析したところ ,図 4 に示したような反応が見られた .検出した 13 本のビデオの内 ,名前が呼ばれたことによってロボットに何らかの注意を示した例は ,13 本全てに見られた .これは ,ロボットが名前を呼ぶ事で見学者の注意をひきつけていることを示している .

(2) 指差しによるブースの推薦に対する反応

人間型ロボットである Robovie が ,指差しとい非言語情報を用いてブースの推薦を行った際の見学者の反応を ,様々な話題を提供した時の Robovie 視点から撮影したビデオデータによって分析した .そうして得られた「名前を呼ぶ」 ,「見学者数」 ,「ブース推薦」に対する ,同じ見学者の反応を図 5 に示す .図 5 が表しているように ,明らかにブースの推薦に対して視線を動かし ,興味を示している .

また ,このような分析を全ビデオデータ 13 本に対して行ったところ ,表 2 のような結果が得られた .ビデオ解析が可能であった 13 人に対して ,4 人はブースの推薦通りそのブースに向かい ,5 人は推薦されたブースに対して視線を投げ ,明らかに興味を示していた .

(3) 対話している見学者の周囲に与える影響

ロボットとい実体を伴う情報提示デバイスが持つ有用性を示すため ,ガイドロボットと見学者の対話によるインタラクションが周囲の人間に与える影響を分析した .その結果 ,図 6-1 ,2 ,3 が示すように ,ロボットがブースの推薦を行った際に ,直接の被



図 6-1 . 名前を呼ぶ

(右の人物が直接の対話者 , 左の二人は対話を見ている見学者)



図 6-2 . ロボットの指差しによるブースの推薦

(対話者が指さしで同調)

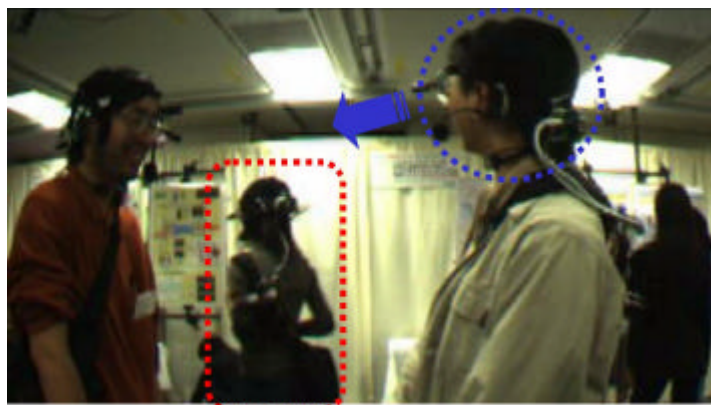


図 6-3 . 対話者が推薦されたブースに向かう

(周囲の見学者もそのブースに興味を持つ)

情報提示者以外の見学者も推薦されたブースの方を向き、興味を示した例が 2 例あった。

4.3 考察

以上の分析結果より、情報提示を行うきっかけとして名前を呼ぶことで見学者の注意をひきつけることができ、そこから話題提供を行っていく手法が有効であることがわかった。人間型ロボットの擬人性を活かした指差しを伴うブースの推薦では、13 人中 9 人に推薦したブースに興味を持たせることに成功した。また、

実体を持つロボットがガイドを行ったことで、直接対話していない、周囲にいる見学者に対しても推薦したブースに興味を持たせるとい効果を得られることがわかった。こうした結果から、ユビキタスセンサ環境における人間型コミュニケーションロボットによるガイドが有効であることが示された。

その一方で、ブースに設置したビデオデータから、Robovie と見学者のインタラクションを遠巻きに眺めている見学者の数も多く、そういった見学者をインタラクションに引き込めなかった点が問題点としてあげられる。また、ロボットと対話を行っている見学者のビデオを分析することで、ロボットの提供する話題の合間に意図的に設けていた空白時間が、見学者に対して間延びした印象を与えていることもわかった。今後は、それらの問題点を改善するため、見学者を積極的にインタラクションに引き込むために、コミュニケーションロボットが自律的に動き、見学者に対して間延びしないスムーズな会話を仕掛けるような必要性があることがわかった。

以上で得られた知見は、コミュニケーションロボットに対する見学者の反応を細かく分析することで得られたものである。これは、ユビキタスセンサルームによって様々な視点から逐一取得されたビデオデータによって可能となった。以上から、コミュニケーションロボットの研究・開発の環境としてユビキタスセンサルームが非常に有用であることを示している。

5. おわりに

本稿では、コミュニケーションロボットの研究として、ユビキタスセンサ環境において、そこから得られる個人情報などを利用して見学者一人一人に個人化ガイドを行うロボットを、人間型コミュニケーションロボット Robovie を用いて実装し、実験した。その後、従来では難しかったロボットの行動や見学者の反応などの分析に、ユビキタスセンサ環境が複数個のカメラから取得したビデオデータを利用した結果、推薦したブースに見学者が視線を向ける、などの人間型ロボットによる個人化ガイドの可能性が見えた反面、周囲の見学者に自律的に対話を仕掛ける必要性があるなどといった改良点も見つかった。以上から、本稿で提案した複数視点のカメラからビデオデータを取得するようなユビキタスセンサ環境が、人間型コミュニケーションロボットの研究・分析環境として有用であるということがわかった。今後は、本件で得られた問題点や改良点を解決しながら人間型ロボットの身体性、擬人性、社会性を生かしたコミュニケーションロボットの開発をさらに進めていきたい。

6. 謝辞

本研究に関して、京都大学大学院情報学研究科の村上裕介氏のシステム開発と実験に際する多大な協力に感謝いたします。また、本研究を進めるにあたって株式会社国際電気通信基礎技術研究所の間瀬健二氏、荻田紀博氏、片桐恭弘氏に多大なご協力をいただきました事を深く感謝いたします。

また、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

- [T.Kanda 2002] T.Kanda, H.Ishiguro, T.Ono, M.Nakatsu, and R.Nakatsu : Development and Evaluation of an Interactive Humanoid Robot “Robovie”, *Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2002)*, pp. 1848-1855, 2002.
- [角 2003] 角 康之, 伊藤 禎宣, 松口 哲也, Sydney Fels, and 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.