

# ユビキタスセンサネットワークと連動した コミュニケーションロボットによる科学館での展示案内

塩見 昌裕<sup>1,2</sup> 神田 崇行<sup>2</sup> Daniel Eaton<sup>2</sup> 石黒 浩<sup>1,2</sup>

1. 大阪大学 2. ATR-IRC

**概要:** 本稿では、科学館という科学技術への理解と興味向上を目的とした環境で、人間型対話ロボット Robovie が来館者とゼスチャや音声により相互作用しながら展示物を案内する、という近い将来に実用化が期待される人ロボット相互作用システムの実現例について報告する。来館者は受付にて無線タグの埋め込まれた名札を身につけ、館内を見学する。Robovie にはゼスチャや音声による無目的の相互作用機能が備わっている[1]。また、Robovie は館内に分散して配置された無線タグ読み取り装置や誘導のための赤外線カメラといったユビキタスセンサからの情報を利用して、ロボットの位置、人々の位置や行動履歴を取得し、展示物の前に移動して展示案内を行い、あるいは人々と相互作用する。本環境においてこの相互作用機能の有無と、展示物の案内機能の有無を比較したところ、ロボットの目新しさが原因でどの条件でも高い主観評価を得たが、特にこの相互作用機能は科学技術への興味向上に効果を持ったことが見出された。

## Communication Robot for Science Museum connected with Ubiquitous Sensor Network

Masahiro Shiomi<sup>1,2</sup> Takayuki Kanda<sup>2</sup> Daniel Eaton<sup>2</sup> Hiroshi Ishiguro<sup>1,2</sup>

1. Osaka Univ 2. ATR-IRC

**Abstract:** This paper reports about an interactive humanoid robots, Robovie, that work in a science museum where visitors are supposed to study and grow interests toward science. We believe such a human-robot interaction system will be practically used in our daily life in not-so-distant future. Each visitor wore an RFID tag, and looked around exhibits in the museum. Robovie has an implemented function for an autonomous interaction as free-play [1]. Moreover, it obtains its exact position, visitors' positions, and their history of looking around in the museum from ubiquitous sensor networks, including RFID readers and infrared cameras for navigation. It performs exhibits-guiding by moving around to several exhibits and explaining these exhibits based on the sensor information, in addition to the free-play interaction. We compared the effect of the exhibits-guiding and the free-play interaction. As a result, the free-play interaction contributed to promote visitors' interests for science, while Robovie mostly received higher subjective impression, which is probably due to its novelty.

### 1. はじめに

近年、日常社会のなかで人間とかかわりながら活動する“コミュニケーションロボット”の研究開発が進んでいる。コミュニケーションロボットは人間と同じ環境で活動し、人間の対等なパートナーとして振る舞い、主にコミュニケーションタスクにおいて人間をサポートするようなロボットである。我々は、特に人間とのコミュニケーションにおいてはロボットの人間型の身体が効果的であると考えている。たとえば、道を

案内するというタスクを考えると、ロボットの腕や顔、視線によるゼスチャを人間は直感的に理解できる。

このようなコミュニケーションロボットの知能の実現には二つのアプローチがとられている。一つ目のアプローチは、ロボット単体の能力を高めるアプローチである。センシング、意思決定、行動に関する処理機構とそのためのハードウェアをすべてロボットに内包するこの個体知能のアプローチはロボティクス分野でこれまで盛んに研究が行われ、二足歩行といったロボ

ット特有の問題に関しては大きな成果をもたらしたものの、ロボット自身が動くことによるセンシングの制約は大きく、特に人間とのコミュニケーションという目標に対してそのロボット単体によるセンシング能力は決して十分とはいえない。

これに対して、むしろ環境と一体となってロボットの知性を実現するという環境知能のアプローチがある。これまでも、環境に埋め込まれた視覚[2]、聴覚[3]、触覚[4]といった環境型センサの研究や、これらを統合してサービスに利用するロボティクスルーム[5]といった応用が考えられてきた。

さらに、近年、センサや計算機構を環境中に遍在させる、ユビキタスコンピューティングと呼ばれる手法が注目されている。これは、環境型センサに加えて、RFID タグなどによりすべての物体に ID を与えることで、コンピュータによる環境認識の難しさを低減するアプローチであるといえる[6]。特に人-コンピュータ相互作用への応用として、西村らの無電源タグ Cobit による場所固有の音声ガイド[7]や、角らによる赤外線タグによる視線検出を利用した展示物案内 [8] など、ID タグを利用して高度の情報を直接相互作用に利用する研究が進んでいる。また、ID タグと環境型センサを組み合わせることで、多数の人の位置を正確に追跡するといったセンシングの研究も行われ始めている[9]。これらの環境知能のアプローチによる研究は、ロボットへの応用という文脈で見ると、ユビキタスセンサを利用して単一ロボットからの環境認識の難しさを低減するアプローチであると言える。

我々は、後者のアプローチによって、ユビキタスセンサネットワークと連動することで、人間の複雑な日常環境で動作するコミュニケーションロボットの実現を目指している [10,11]。なかでも、我々がロボットの初期のアプリケーションとして有望と考えているのが、科学館での展示物案内ロボットである。まだ、コミュニケーションロボットの効果は目新しさによる部分が大きい[11,12]、実社会アプリケーションの一つの入り口は、むしろこのような目新しさが活用される部分にある。そこで、本研究では、科学館という科学技術への理解と興味向上を目的とした環境で、コミュニケーションロボットが来館者とゼスチャや音声により相互作用しながら展示物を案内する、というコミュニケーションタスクの実現を試みた。

これまでも、案内機能を主タスクとした博物館案内ロボット[13] やオフィス案内ロボット[14]の開発事例はあるが、これらは単体の移動ロボットによるロボスタなナビゲーションに加えて、コンピュータインタフェースにより情報提供する、といった形により実

現された。我々は、ロボットによる情報提供よりも、むしろロボットとの相互作用そのものに注目する。

本稿では、我々の開発した科学館での展示案内を行う人間型対話ロボット Robovie を用いた人口ロボット相互作用システムと、二ヶ月間に渡り科学館において行った実験の結果について報告する。Robovie にはゼスチャや音声により子供のような遊びを行う相互作用機能が備わっている[1]。また、Robovie は環境に分散して配置された無線タグ読み取り装置や誘導のための赤外線カメラといったユビキタスセンサからの情報を利用して、ロボットの位置、人々の位置や行動履歴を取得し、展示物の前に移動して展示案内を行い、あるいは人々と相互作用する。実験結果から、この相互作用機能の有無と、展示物の案内機能の有無の比較結果が報告される。

## 2. システムの構成

### 2.1 システム概要

開発したシステムは、科学館の来館者の行動をユビキタスセンサにより記録し、その情報を用いてロボットが来館者の展示案内を助け、また科学技術への興味向上を促進することを目的とする。

大阪市立科学館\*の4階(図1)にユビキタスセンサネットワークを構築した。以下に、来館者の情報をユビキタスセンサネットワークが取得する流れを示す。同施設を訪れた来館者には、4階入り口の受付(図1のA地点)で無線タグ利用登録を行ってもらい、その際に氏名・誕生日・年齢(成年か未成年か)を記述してもらい、この情報を来館者に配る無線タグのIDと関連付ける。この際、システムは氏名情報から合成音声を自動生成する。

利用登録を行った来館者には無線タグをつけたまま自由に館内を見学してもらい、その際に環境内に配置された無線タグ読み取り機によって読み取られた無線タグ情報を全てデータベースに記録する。

施設内には複数のロボットが配置(図1,B・C・D地点)されており、来館者は自由にロボットとの相互作用を行う。その際、ロボットはそれぞれに異なる役割を持っており、移動しながら相互作用・展示物案内を行うロボット、2台で対話しながら展示物の説明を行うロボット、出口で名前を呼ぶなどの動作を行うロボットがある。これらのロボットの具体的なふるまいに関しては3章で記述する。

来館者が4階の見学を終え、下の階に移動する際には、出口受付(図1,E地点)において退出処理を行い、無線タグを返却する。

\* <http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/>

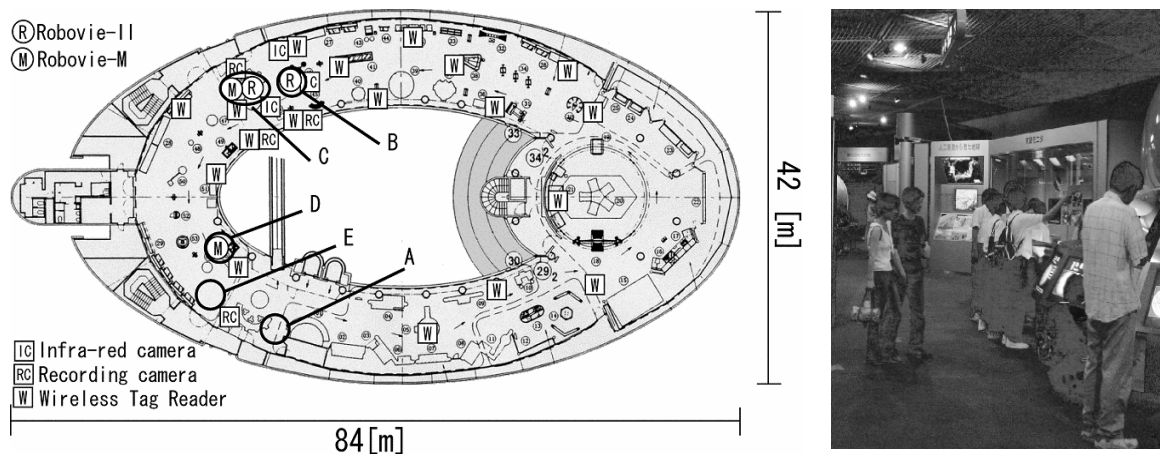


図1 科学館見取り図（左）と館内の様子（右）

## 2.2 環境内で活動するロボット

### 2.2.1 Robovie

本研究で用いたロボット, Robovie を図 2 に示す.

Robovie の持つセンサには, パン, チルト, ズーム機能を備えた二つの CCD カメラ (SONY 製 EVI-G20), 全方位カメラ (ヴイストン製, VSC-11N), マイク (Sennheiser 製 MKE104), 超音波距離センサ (Polaroid 製 6000 シリーズ), 焦電センサ (松下電工社製, MP モーションセンサ/スポット検出タイプ), 独自に開発したタッチセンサ等がある. Robovie の上半身は人の上半身を真似ており, CCD カメラとマイク, スピーカーによって顔を構成している. また, 本研究における環境センサの一環として, Robovie にも無線タグ読み取り機を取り付けた[10]. これにより, Robovie の周囲にいる人間の個人同定を行うことが可能となる.

Robovie の持つ自由度は, 首 3 自由度, 腕各 4 自由度, 移動台車 2 自由度の合計 13 自由度である. 首の 3 自由度, 腕の 4 自由度によって, 身振りや指さし, 頷きなどの人の動作に似たゼスチャが可能となっている. 移動機構は 3 輪移動台車 (ActiveMedia 製 Pioneer2, 独立 2 輪駆動, 1 従輪) を用いている.



図2 Robovie-II

### 2.2.2 Robovie-M

用いた小型ヒューマノイドロボット, Robovie-M を図に示す. Robovie-M は高さ 290mm の小型ヒューマノイドロボットであり, 22 の自由度を持ち, 二足歩行・お辞儀・逆立ちなどの動作が可能である[15]. Robovie-M は本体内に発話機能を持たないため, 本研究では Robovie-M の側にスピーカーを備えた PC を設置して音声を出している.

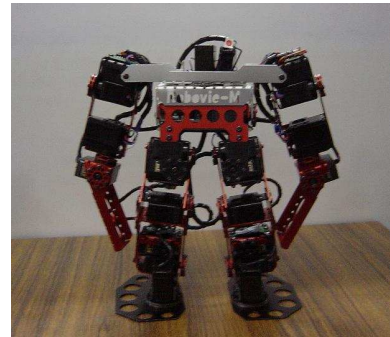


図3 Robovie-M

## 2.3 センサシステム

環境内に配置するセンサとして, 本研究ではアクティブ型の無線タグに着目した. 無線タグの利点として個人識別が容易, オクルージョンが発生しない, 検出範囲が広範囲 (最大約 10m), 大まかな距離が分かる, といった特徴が挙げられる. これは, 面積の広い環境内では特に有効であると考えられる. 一方, 距離が離れるに従って距離精度が悪化する, タグの場所を直接検出する事が出来ないという欠点があるが, 我々は多数の無線タグ読み取り機を環境内に配置することでこの欠点を補うことを試みた.

この無線タグ読み取り機 20 台 (Spider-III A,

RF-CODE 社製. 内 2 台はロボットに搭載する. ロボットに関しては次章で述べる)に加えて, ロボットの位置検出用赤外線カメラ 3 台 (WAT902-H, WATEC 製と赤外線透過フィルム IR96, 富士フィルム製), 録画用カメラ 4 台 (HG-88, RF-SYSTEM) を配置した. 各センサは PC が接続され, センサ情報はイーサネットを通じて中央サーバのデータベースに保存される.

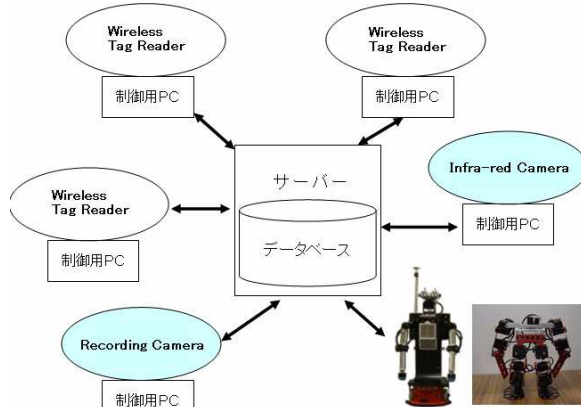


図4 センサシステム

### 2.3.1 無線タグ読み取り機

用いた無線タグ読み取り機は, 受信感度を 8 段階に制御出来る. そのため, 無線タグの読み取り機からのおおまかな距離を検出する事が可能である. ただし, 実験環境内では設置する位置や無線の反射などにより個々の無線タグ読み取り機の読み取り範囲が異なるため, 実験的に無線タグの読み取り範囲をそれぞれの無線タグ読み取り機ごとに計測した.

計測は人間の首, 両手, 腹, 背中部分に無線タグをとりつけ, 8 段階の受信感度ごとに, 無線タグ読み取り機から 20cm ずつ遠ざかり, 3 個以上の無線タグを検出できたもっとも離れた場所の距離を各感度の最大読み取り範囲とする.

無線タグ読み取り機は天井から吊り下げる形で設置されるため, 無線タグからの距離が読み取り範囲 1~4 に比べて大きく, これらの範囲では無線タグは検出されなかった. そのため, 本研究では読み取り範囲 5~8 のみを用いる.

無線タグ読み取り機は図 1 に示されるように特定の展示物の近くに配置され, 来館者がその展示物の近くに滞在したかどうかを検出することが可能である.

また, 複数の読み取り機から検出された距離情報を用いて, ドーナツ状の円により無線タグ読み取り機の周囲に存在する無線タグの場所を表現することができる. それらを重ね合わせることで, 無線タグのおおまかな位置を推定することが可能である (図 5).

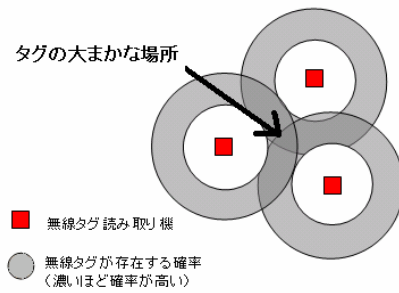


図5 無線タグ位置の推定例

### 2.3.2 赤外線カメラ

環境内で移動するロボットの位置を取得するため, 移動する Robovie-II の上部に赤外線 LED を取り付け, 天井に赤外線のみを検出するカメラを取り付け, 画像処理を行うことでロボットの正確な位置を計測するシステムを構築した. 赤外線カメラから得られた画像に二値化処理を行い, 発光している領域を抽出する. その領域の重心をロボットの絶対座標とし, その座標はデータベースに保存される.

カメラを配置した場所を図 1 に示す. 地面から天井までの距離は約 4[m] であり, カメラから取得する画像サイズは 320x240[Pixel], 1[pixel] は約 1x1[cm] の領域であった.

### 2.3.3 映像記録装置

映像記録装置 (カメラ) の位置を, 図 1 に示す. 各カメラから取得された映像は各 PC のハードディスクに保存される. これらの映像は, 実験終了後のデータ解析資料として利用される.

## 3. 展示案内ロボットシステム

### 3.1 移動ロボット

本節では, 環境内で一定の領域内を自由に移動し, 子供の遊びのような相互作用行動と展示物の説明・案内行動を行う移動ロボットのふるまいについて示す. なお, 移動ロボットのハードウェアには Robovie を用いる.

#### 3.1.1 対話行動

##### 子供のような遊び行動としての相互作用行動

Robovie が持つ対話行動には, 挨拶, 握手などの基本動作に加え, 触られたところを見るなどの反射的な行動や腕組み体操などの待機行動, パトロールの真似などの移動行動がある.

対話行動の例としては, 人が正面にいるときに手を差し出し, 「握手して」と発話する動作や, 両手を広げ



て「抱っこしてね」と発話し、人が近づいた場合には「大好き」などと発話して相手を抱きしめる動作がある。図6に相互作用の様子を示す。



図6 ロボット-人間間の相互作用の様子

### ユビキタスセンサを利用した相互作用行動

Robovieは自身が持つ無線タグ読み取り機を用いて、近くにいる人間の無線タグIDを取得し、IDと関連付けられた個人情報を用いて名前を呼ぶ・誕生日をお祝いするといった動作を行う。

また、環境側に取り付けられた無線タグ読み取り機を利用して、無線タグをつけた人間が特定の展示物の近くに滞在していたかどうかを推定し、結果として得られた人間の科学館内の見学行動の履歴を相互作用に用いた。

具体的には、Robovieが検出した無線タグをつけた人間が、Robovieと相互作用を行う前に展示物Aの周囲に一定時間以上滞在していた場合、その展示物で遊んだと仮定して「〇〇さん、展示物Aで遊んでくれたんだね、面白かったでしょ？」などと発話する動作や、展示物Aの周囲に一定時間以上滞在していない場合に、その展示物で遊んでいないと仮定して「〇〇さん、展示物Aで遊んでくれてないんだね。せっかく科学館に来たのに、もったいないよ」などと発話する動作がある。

### 3.1.2 展示案内・説明

移動ロボットは対話行動を行いつつ、展示物案内や説明を人間に提供する。展示物の説明行動には、科学館内に点在する展示物の遊び方や由来の説明、人気のある展示物の推薦、同施設内にあるプラネタリウムなどの感想を聞く、展示物に関するクイズ、などがある。

展示物の案内行動において、移動ロボットが案内をする展示物の数は4つであり、その中からランダムで案内を行う展示物を決定する。例えば、望遠鏡の案内を行う場合には、「展示物を案内するから、僕についてきてね」などと発話したのち、まず望遠鏡の存在する

場所の近辺まで移動を行う。そして、望遠鏡を覗くよう到来館者に促す、誰が望遠鏡を作ったのかの説明などを行う。移動ロボットによる展示物案内の様子を図7に示す。



図7 展示物案内の様子

### 3.2 会話ロボット

図1, C地点に存在するロボットはRobovieとRobovie-Mであり、この2台のロボットはロボット同士で互いに会話を行っているように見せることで科学館に関する説明を来館者に行う。実際にはネットワーク経由で同期をとることであらかじめ決められた内容を表現している。

具体的には、Robovie-Mが展示物の説明を行うと、Robovieがそれに対する質問を行い、Robovie-Mがそれに答える形で補足説明を行う、という流れである。実際の会話例を以下に示す。

**(Robovie-M)** : ああ椅子は、人が座っても浮いているんだよ

**(Robovie)** : 不思議だねえ、どうしてだろう？

**(Robovie-M)** : 磁石の力でね、浮いているんだ

**(Robovie)** : 僕も座れるかな？

**(Robovie-M)** : 無理じゃないかな…

展示物の説明に加え、2台のロボットは移動ロボットと同じように無線タグ・ユビキタスセンサから得られる情報を用いた相互作用も行う。

図8に2台で会話するロボットの様子を示す。

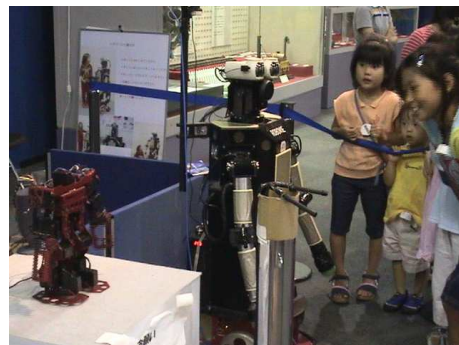


図8 ロボット同士による会話

### 3.3 挨拶ロボット

図 1, D 地点 (出口) に存在する挨拶ロボットは, 他のロボットらと違い, 相互作用や展示物の説明を行わず, 来館者に対して名前を呼ぶ, バイバイといった別れの挨拶, タグを返すよう呼びかけるといった動作を行う. ロボットの近くに無線タグを検出できなかった場合には, 体操や座る動作などの一人遊びを行い, 常に何らかの動作を行っているようにしている. なお, このロボットには Robovie-M が用いられる. 出口挨拶ロボットの様子を図 9 に示す.



図 9 出口に設置された挨拶ロボット

## 4. 実験

### 4.1 二ヶ月間の展示実験

我々は, 本研究で作成した環境センサと連動して相互作用を実現するロボットシステムの有効性を検証するため, 大阪市立科学館内で二ヶ月間の展示実験を行った. 実験の対象は, 来館者のうちで無線タグ利用登録を行った人 (同時に参加同意書に記入を行った) とし, 出口にて任意でアンケート調査を行った. アンケートの項目は以下に示す 5 つとし, 各項目において 1 (全く, そう思う) から 5 (全く, そう思わない) の 5 段階尺度による回答を求めた. また, 来館者が感じた意見を自由に記述してもらった.

1. ロボットに対して, 興味をもたれましたか?
2. ロボットと対面されたとき, 親しみを感じましたか?
3. ロボットによる案内は役に立った, と思えましたか?
4. ロボットに話しかけられたとき, 不安を感じましたか?
5. ロボットが今後, 今回のような働きにより, 社会進出することに関して, 不安を感じましたか?

実験期間中のうち, 来館者の数は 91,107 人であり, タグ登録を行った人数は 11,927 人となった. アンケートに答えた人数 3034 人であり, そのうちの回答に欠損がなかった 2,891 人分を分析した. 図 10 にアンケートの結果を, 図 11 に回答者の性別・年齢別のグラフを示す.

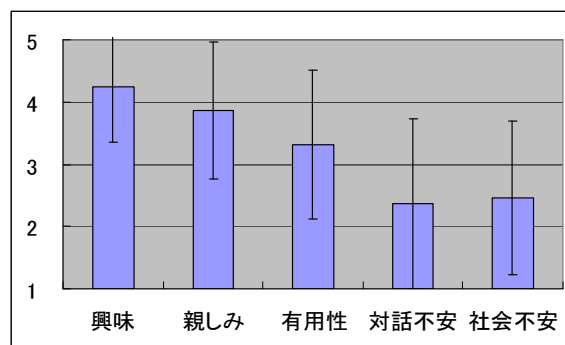
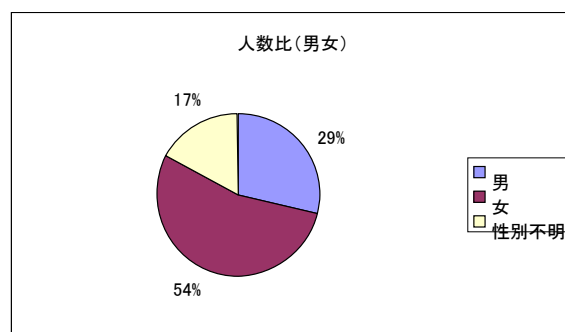
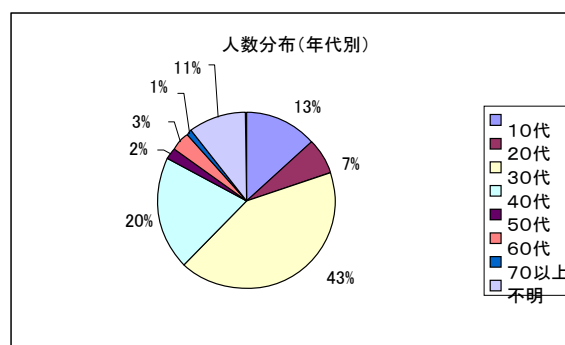


図 10 アンケート結果



(a) 回答者性別割合



(b) 回答者年齢割合

図 11 回答者の年齢・性別割合

回答者の自由記述による意見は, 「おもしろい」「名前を呼ばれてうれしかった」「ロボットが身近に感じられて良い」などの好意的な意見が大半を占め, ロボットが日常社会に進出していることに対して好意的な印象を持っていると思われる. また, 回答者らはロボットが自分の名前を呼ぶ, 抱擁をしてくれるなどの動作を気に入った動作として挙げていた.

しかし, 「安全対策は大丈夫か」「見た目が怖い」など, 特に子供を持つ親たちの意見の中にそのような安全性や安心感に関して心配する声も見られた. アンケートに答えた年齢層は 20 代以上の方が多く, また科学館という施設の特性上親子で来館することが多いた

め、このような意見が出たと思われる。また、ロボットとの相互作用に関する意見として「何を言っているかわからない」「こちらの質問に答えてほしい」などが見られた。しかし、今回実験を行ったような多くの人がある日常環境での音声認識ははまだ困難であり、実社会にロボットが進出する上での基本的な問題点を浮かび上がらせる結果も見られた。

#### 4.2 ロボットの対話行動に関する実験

さらに、案内ロボットの行動の内容が人間に与える印象を評価するため、ロボットの行動を後述する3条件用意して比較実験を行った。実験は1週間の間に各条件についてランダムに選んだ複数の日の午前・午後で行った。無線タグ利用登録を行い、Robovieと相互作用した直後の来館者を対象とし、その場で任意で詳細なアンケートへの記入を求めた。

アンケート項目は、ロボットの全体的な印象を調査するための「ロボットが科学館にいてどう思うか」という項目と、また、来館者に与えた影響の種類を調査するための「ロボットを実現している科学技術を体験できてどう思うか」「ロボットとやり取りしたことでの展示の見やすさはどうなったか」という項目を設けた。

各項目1(悪い)から7(良い)の7段階尺度による回答を求めた。

対話条件)

ロボットは従来の相互作用型ロボットの役割のみを果たす。つまり、全てのロボットは環境センサから得られた情報を用いない相互作用行動(3.1.1の1段落目で示した行動)のみを行い、展示物の案内・説明行動は行わない。

案内条件)

ロボットは従来の案内ロボットの役割のみを果たす。つまり、全てのロボットは展示物の案内・説明行動(3.1.2で示した行動)のみを行い、相互作用行動(握手、など)は行わない。

対話+案内条件)

ロボットは従来の相互作用型ロボットと案内ロボットの両方の役割を果たす。つまり、全てのロボットは展示物の案内・説明行動(3.1.2で示した行動)と、環境センサから得られた情報も用いた相互作用行動(3.1.1で示した全ての行動)の両者を行う。

#### 4.3 対話行動に関する実験結果

アンケートは、各条件下において約100ずつ取得された。表1と図12に用いたアンケートの内容とアンケート結果を示す。

アンケートは全般に7段階尺度で6以上となる比較

的高い主観評価を得た。分散分析法による比較を行った結果、「ロボットは良いか」「展示物の見やすさは良くなったか」という二つの項目に関しては条件間に有意差は見られなかったが、「科学技術体験は良かったか」という項目に関しては、対話+案内条件下の評価と他の条件下の評価との間に有意差が見られた( $p < 0.05$ )。これは、展示物の案内・説明行動に加え、ロボットが人間の名前を呼ぶことや、握手や遊びなどの展示案内目的とは異なる相互作用を行うことで、人間がより科学技術の体験に興味、満足感を持ったことを示している。

来館者は各ロボットや全体のシステムに対して、比較的高い評価を下していることが自由記述回答からも得られた。アンケートにおける自由記述項目において、どの条件下においても「ロボットと遊べて楽しかった」などの記述が見られた。つまり、現在のところ、このようなロボットを来館者らが目にする機会はまれであり、ロボットの行動よりもむしろロボットそのものの目新しさがこのような好意的な評価につながった可能性が大きいと考えられる。

表1 アンケート結果(抜粋)

| 質問項目/条件                          | 平均値  | 標準偏差  | F値    |
|----------------------------------|------|-------|-------|
| ロボットが科学館にいたことをどう思いますか?           |      |       | 1.425 |
| 対話                               | 6.55 | 0.685 |       |
| 案内                               | 6.49 | 0.972 |       |
| 対話・案内                            | 6.67 | 0.692 |       |
| ロボットとやり取りしたことでの展示の見やすさは変わりましたか?  |      |       | 1.533 |
| 対話                               | 5.15 | 1.198 |       |
| 案内                               | 4.94 | 1.19  |       |
| 対話・案内                            | 5.24 | 1.165 |       |
| ロボットを実現している科学技術を体験できたことをどう思いますか? |      |       | 5.566 |
| 対話                               | 6.21 | 0.939 |       |
| 案内                               | 6.1  | 1.061 |       |
| 対話・案内                            | 6.51 | 0.741 |       |

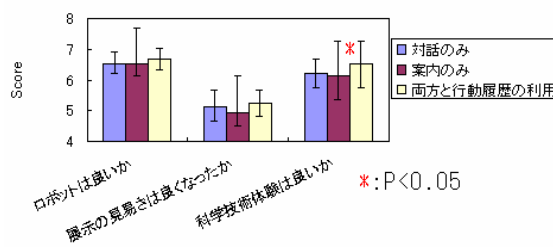


図12 アンケート評価

## 5. 結論

本研究では、科学館内に個人識別のための無線タグ読み取り機とロボット誘導用の赤外線カメラからなるユビキタスセンサネットワークを構築し、各センサから得られる情報を利用して人間の個人情報および行動履歴を取得し、行動履歴に応じた展示物の案内・説明や名前を呼ぶ、握手をするなどの相互作用を行うコミュニケーションロボットを実現した。

2ヶ月間の実験の結果、9万人以上が科学館を訪れ、1万人以上の来館者が無線タグを身に付けて館内を見学し、そのうちの約3千人の被験者がアンケートに答えた。アンケート結果から、ロボットが人間と相互作用を行うことやその存在に対し、多くの人々が好意的な印象を抱くことがわかった。

また、ロボットの相互作用機能と展示案内機能に関する実験を行った。案内タスクのみを行う・相互作用行動のみを行う・案内タスクと行動履歴を用いた相互作用行動を行う、という3条件における統制実験を1週間にわたって行った。各条件において得た各100程度の主観評価を分析した結果、開発したロボットはどの条件でも高い主観評価を得たが、案内タスクのみを実行するロボットよりも、案内タスクに加え子供の遊びのような相互作用も行うロボットの方が、科学技術への興味向上に効果を持ったことが見出された。

## 謝辞

実験環境を提供していただき、様々なご支援をしていただいた大阪市立科学館の皆様へ厚く感謝申し上げます。また、実験にご協力いただいた龍谷大学の野村助教授、阪南大学の田崎氏、大阪大学の柴田氏、林氏、垣尾氏、田近氏、山岡氏に厚く感謝申し上げます。なお、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] H. Ishiguro, T. Ono, M. Imai, T. Maeda, T. Kanda, R. Nakatsu, "Robovie: an interactive humanoid robot," *Int. J. Industrial Robot*, Vol. 28, No. 6, pp.498-503, 2001.

[2] K. C. Ng, H. Ishiguro, M. M. Trivedi, and T.Sogo, "An Integrates Surveillance System-Human Tracking and View Synthesis using Multiple Omni-Directional Vision Sensors", *Image and Vision Computing Journal*, Vol.22, No.7, pp.551-561, Jul. 2004.

[3] T. Ikeda, T. Ishida, and H. Ishiguro, "Framework of Distributed Audition", *Int. Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 2004.

[4] T. Murakita, T. Ikeda, and H. Ishiguro, "Human Tracking using Floor Sensors based on the Markov Chain Monte Carlo Method", *Int. Conf. on Pattern Recognition (ICPR)*, pp.917-920, Aug. 2004.

[5] H. Morishita, K. Watanabe, T. Kuroiwa, T. Mori and T. Sato, "Development of Robotic Kitchen Counter: A Kitchen Counter Equipped with Sensors and Actuator for Action-adapted and Personally-fit Assistance", *Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems IEEE Robotics and Automation Society and Robotics Society of Japan*, pp.1839-1844, 10 2003.

[6] 椎尾一郎, "RFIDタグを利用したインタフェース", *情報処理*, Vol.45, No.2, pp. 160-163, 2004.

[7] T. Nishimura, H. Itoh, Y. Nakamura, Y. Yamamoto, and H. Nakashima: A Compact Battery-Less Information Terminal for Real World Interaction, *PERVASIVE 2004, Springer LNCS3001*, pp.124-139(2004).

[8] Y. Sumi, T. Matsuguchi, S. Ito, S. Fels, and K. Mase, Collaborative capturing of interactions by multiple sensors, *Int. Conf. on Ubiquitous Computing (Ubicomp)*, pp. 193-194, 2003.

[9] D. Schulz, D. Fox, and J. Hightower, "People Tracking with Anonymous and ID-Sensors using Rao-Blackwellised Particle Filters," *Int. Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pp. 921-926, Aug. 2003.

[10] T. Kanda, T. Hirano, D. Eaton, H. Ishiguro, "Interactive Robots as Social Partners and Peer Tutors for Children: A Field Trial," *Journal of Human Computer Interaction*, Vol. 19, No. 1-2, pp. 61-84, 2004.

[11] Y. Koide, T. Kanda, Y. Sumi, K. Kogure, and H. Ishiguro, An Approach to Integrating an Interactive Guide Robot with Ubiquitous Sensors, *Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp.2500-2505, 2004.

[12] T. Kanda, R. Sato, N. Saiwaki, and H. Ishiguro, "Friendly social robot that understands human's friendly relationships", *Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp.2215-2222, 2004.

[13] W. Burgard, A. B. Cremers, D. Fox, D. Hähnel, G. Lakemeyer, D. Schulz, W. Steiner, and S. Thrun, "The Interactive Museum Tour-Guide Robot", *Proc. National Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, 1998.

[14] H. Asoh, S. Hayamizu, I. Hara, Y. Motomura, S. Akaho, and T.Matsui, "Socially Embedded Learning of the Office-Conversant Mobile Robot Jijo-2," *Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 1997.

[15] Robovie-M, VSTONE  
[http://www.vstone.co.jp/top/p\\_info/robot/robovie-m.html](http://www.vstone.co.jp/top/p_info/robot/robovie-m.html)