

体験を演出するロボット

小暮 潔[†] 小出 義和[‡] 神田 崇行[†] 角 康之[‡]
石黒 浩[†] 間瀬 健二^{†‡} 萩田 紀博[†]

[†] ATR 知能ロボティクス研究所 〒619-0288 「けいはんな学研都市」光台 2-2-2

[‡] ATR メディア情報科学研究所 〒619-0288 「けいはんな学研都市」光台 2-2-2

E-mail: ^{†‡} {kogure, yoshykaz, kanda, sumi, ishiguro, mase, hagita}@atr.jp

本稿では、体験とインタラクションの関係、体験共有コミュニケーションとこれを支援する知的環境、体験の演出とこれをコミュニケーション・ロボットにより実現する技術に関して議論し、我々が構築した知的環境プロトタイプとその中で体験を演出するロボットに関して紹介する。

Robot That Facilitates Human Experiences

Kiyoshi Kogure[†] Yoshikazu Koide[‡] Takayuki Kanda[†] Yasuyuki Sumi[‡]
Hiroshi Ishiguro[†] Kenji Mase^{†‡} Norihiro Hagita[†]

[†] ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories 2-2-2 Hikaridai, Keihanna Science City 619-0288 Japan

[‡] ATR Media Information Science Laboratories 2-2-2 Hikaridai, Keihanna Science City 619-0288 Japan

E-mail: ^{†‡} {kogure, yoshykaz, kanda, sumi, ishiguro, mase, hagita}@atr.jp

This paper discusses about the relationship between human experiences and interactions, co-experience communication and an intelligent environment for supporting it, as well as human experience facilitation and a robot that facilitates human experiences. Moreover, it introduces a prototype of an intelligent environment for supporting co-experience communication and a robot that facilitates human experiences in this prototype.

1 はじめに

我々の日常生活は様々な体験の積重ねであり、それらの体験を活用することにより日々の活動を改善させることができる。体験の中には体験者のみではなく、他者にも有用なものがあるから、そういった体験（あるいは、それらに関する情報）を、それらを有用とする人々の間で共有することは極めて重要である。

体験の中には、日々の活動に有用な情報を形式知として容易に表出化することができるものもあれば、そっくり模倣するとなぜか成功する場合のように表出化しがたいものもある。後者の場合には、従来、一緒に活動するか、あるいは、特殊な実験室環境でしか使えない機器を使用して体験を観測・記録・再現することでしか有用な情報を共有するのが可能、あるいは、容易ではなかった。

しかし、ユビキタス・コンピューティング技

術¹などの急速な発達により、体験の観測・記録・再現を可能にする技術的基盤が整いつつある。すなわち、各種センサ技術、センサを協調的に動作させる技術、情報を提示する技術などである。それらの技術に、各種機器の操作性を高める技術、情報を簡潔に伝達するための要約技術、体験を促進する技術などを組み合わせることにより、体験共有のためのコミュニケーション（体験共有コミュニケーション）を統合的に支援することが可能となる。

我々は体験共有コミュニケーションを支援する技術に関する研究を進め、多くの人が集まり、様々な体験を行う展示会場などを題材とした知

¹ 本稿では、「ユビキタス・コンピューティング」を文献[10]と同様に、モバイル・コンピューティングの移動性とパーベイシブ・コンピューティングの環境への埋め込み性を統合したものと捉える。

的環境プロトタイプを構築している[2, 4, 7-9, 13, 14]。このプロトタイプ内では、ユビキタス・センサが協調的に動作し、人々の体験を観測・記録し、その要約情報などを提供する。また、コミュニケーション・ロボット Robovie-II [6]が人々の体験を促進、あるいは、演出する。

本稿の以下では、最初に、体験とインタラクションの関係に関して議論する。次に、体験共有コミュニケーションとこれを支援する知的環境に関して議論し、体験の演出とこれをコミュニケーション・ロボットにより実現する技術に関して議論する。次に、我々が構築した体験共有コミュニケーションを支援する知的環境プロトタイプを紹介し、最後に、この知的環境プロトタイプの中で体験を演出するロボットに関して紹介する。

2 体験とインタラクション

最初に、本稿で「体験」により何を示すのかを明確にしておきたい。広辞苑では、「体験」は自分が身をもって経験すること、または、その経験であるとされ、「経験」は人間と外界との相互作用の過程を人間の側から見ていう語であるとされる。本稿でも、「体験」をこの意味で用いる。そして、人間と、他の人間やモノなどの外界を構成する要素との相互作用（インタラクション）の客観的に観察可能な部分を取り扱う。

体験、あるいは、インタラクションを上述のように捉えると、インタラクションの相手である人間やモノが重要な位置を占めることになる。そこで、我々は後述するように、インタラクションの相手に基づき、インタラクションを要素に分割し、分類する。

3 体験共有コミュニケーションとその支援

体験共有コミュニケーションの支援として、どのようなことを目指しているのかに関して、研究発表会のような展示会を例に説明する。この種の催物では、見学者、説明者、展示物などの間で大量のインタラクション（見学者と説明者の間の対話、見学者や説明者が展示物を見ることなど）が発生する。それらのインタラクションに関するデータの集積は見学者、説明者、主催者のいずれにとっても貴重な情報源である。ここで、見学者の視点に立つとする。また、見

学者は上司に報告することになっているとする。

この見学者は展示物の細部や会場の雰囲気伝えるために映像を多用した資料を作成しようとする。すると、ビデオなどの操作に意識を奪われ、展示内容の理解が疎かになるという点で本来の活動が妨げられ、体験の質を損なうことになるかもしれない。良質な体験を行うためには、記録機器の操作を意識することなしに常時、記録を残すことが可能であることが望まれる。

この要求を満足するためには、個人や集団の体験、あるいは、インタラクションを周囲環境とともに自動的に観測・記録する技術が必要になる。ここで重要なことは様々な面で本来の活動を妨げないことである。前述のように機器の操作に意識を奪われ、展示内容の理解が疎かになるといった心理的な妨げ以外に身体的な妨げも避けるべきである。たとえば、見学者は説明者とやりとりする際に指差したり、ジェスチャを行ったりするために手を使用することを望むかもしれない。したがって、そのような際に、手の使用を妨げる観測・記録機器は不適切である。これらの要求は環境設置型や小型軽量の装着型のセンサから構成されるユビキタス・センサ・ネットワークを使用することにより満足することができる。この種のネットワークを使用することにより、我々のインタラクションの多面的な観測が可能になる。また、人間の感情と関連する生理指標（たとえば、心拍）を計測するセンサを個人に装着させることにより、インタラクション中の感情に関するデータを観測することができる。たとえば、見学者がいずれの展示物に対して最も集中していたかに関するデータが得られれば、有益であろう。

しかし、見学者が展示会場に滞在する間、常時記録を残せたとしても、それだけでは不十分である。上司が記録を再生し、追体験するために見学者の滞在時間と同程度の時間を要する可能性があるからである。たとえば、見学者が単に通路を移動しているときの記録の重要性は一般には低い。見学者や上司の関心、あるいは、会場全体の関心の度合（たとえば、展示ブースごとの見学者数）に基づいた要約が望まれる。

この要求を満足するためには、展示会場での記録データを適切な大きさで有意な要素に分

割し、それを解釈し、注釈を付与し、重要性を判断する技術が必要になる。たとえば、見学者がある展示ブースである説明者と対話を長時間していたとしたら、観測データからその対話の部分抽出し、見学者とこの説明者の対話であると解釈し、注釈を付与し、長い対話であることから見学者にとって重要なインタラクションであろうと判断する技術である。

さらに、見学者が短時間に効率的に展示会場を体験するためには、見学者自身や会場全体の関心の度合に基づく案内などが望まれ、そのための技術が必要になる。

我々は上述の技術を確立し、体験共有コミュニケーションを支援するための知的環境を構築することを目指している。

4 体験の演出

前節の最後の方で言及した、見学者自身や会場全体の関心の度合に基づく案内に関して考える。これは、たとえば、見学者が説明者に「このシステムは実際の現場で使われているんですか。」と尋ねたときに説明者が「実際の応用例は展示ブース 10 番で紹介しておりますので是非ご覧になって下さい。」と答える場合のように見学者の関心と関連する展示ブースを推奨すること、指差しながら、「展示ブース 10 番はこちらです。今なら、それほど混雑しておりません。」という場合のように、展示ブースを訪れるために役立つ情報を提供することなどである。さらには、見学者に時間的な余裕がありそうに見える場合には、見学者が現在は関心を持っていないかもしれないが、訪れることにより関心を持つ可能性がある展示ブースを推奨することも考えられる。推奨や情報提供の対象は展示ブースのみではない。たとえば、類似の関心を持つ人物を紹介することも考えられる。

上述の推奨や情報提供は見学者が新たな体験を行う雰囲気醸成し、新たな体験を促進する。この意味で、「体験の演出」とみなすことができる。

5 人間型ロボットによる体験の演出

体験の演出を行う人間型ロボットを考える。体験の演出を行うシステムの形態としては、人間型ロボット以外にも PDA (Personal Digital Assistant) などの携帯可能な装置、キオスク端

末などの環境設置型装置が考えられる。しかし、人間型ロボットには次に示す有利な点がある。たとえば、見学者が同伴者とともに行動し、次に訪れる展示ブースを一緒に決定する場合を考えると、PDA などと比較して、人間型ロボットやキオスク端末は、提供する情報に見学者と同伴者が同時に接するのが容易であり、有利である。また、推奨する展示ブースへの行き方を示す場合、人間型ロボットは指差しなどが可能であり、有利である。そこで、以下の議論では、人間型ロボットに焦点を当てる。

体験を演出するための人間型ロボットには、どのような能力が要求されるであろうか。

第 1 に、適切な推奨や情報提供を行うためには、それらのインタラクションを行う相手である見学者を同定するとともに、その行動や周囲状況に関する情報を取得する能力が要求される。また、混雑状況などの会場全体に関わる情報を取得する能力も要求される。しかし、これらの情報を人間型ロボット単体が備えるセンサ類のみで取得するのは（混雑している展示会場では特に）困難である。

この問題の解決に向けたアプローチとしては、人間型ロボット単体のセンサ類に加えて、環境設置型や小型軽量の装着型のセンサから構成されるユビキタス・センサ・ネットワークを使用することが考えられる。これは第 3 節で観測・記録に関する要求条件を満足する方法として述べたものと同様である。

第 2 に、適切な推奨や情報提供を行うためには、対象人物の刻々と変化する関心などに関する情報を管理することが要求される。たとえば、見学者自身に関心事などのプロフィール情報を予め申告してもらった従来からの方法では、見学者の手間や個人情報提供に対する心理的障壁を考えると、詳細な情報を期待することができない。また、たとえば、見学者は展示ブースを訪れることにより関連する展示ブースへの関心を高めたり、失ったりすることがある。したがって、見学者の行動履歴を管理したり、他の見学者の行動履歴との照合により、見学者が関心を持つ可能性が高い展示ブースを推測したりする能力が望まれる。

上述の能力を実現するために、第 3 節で述べ

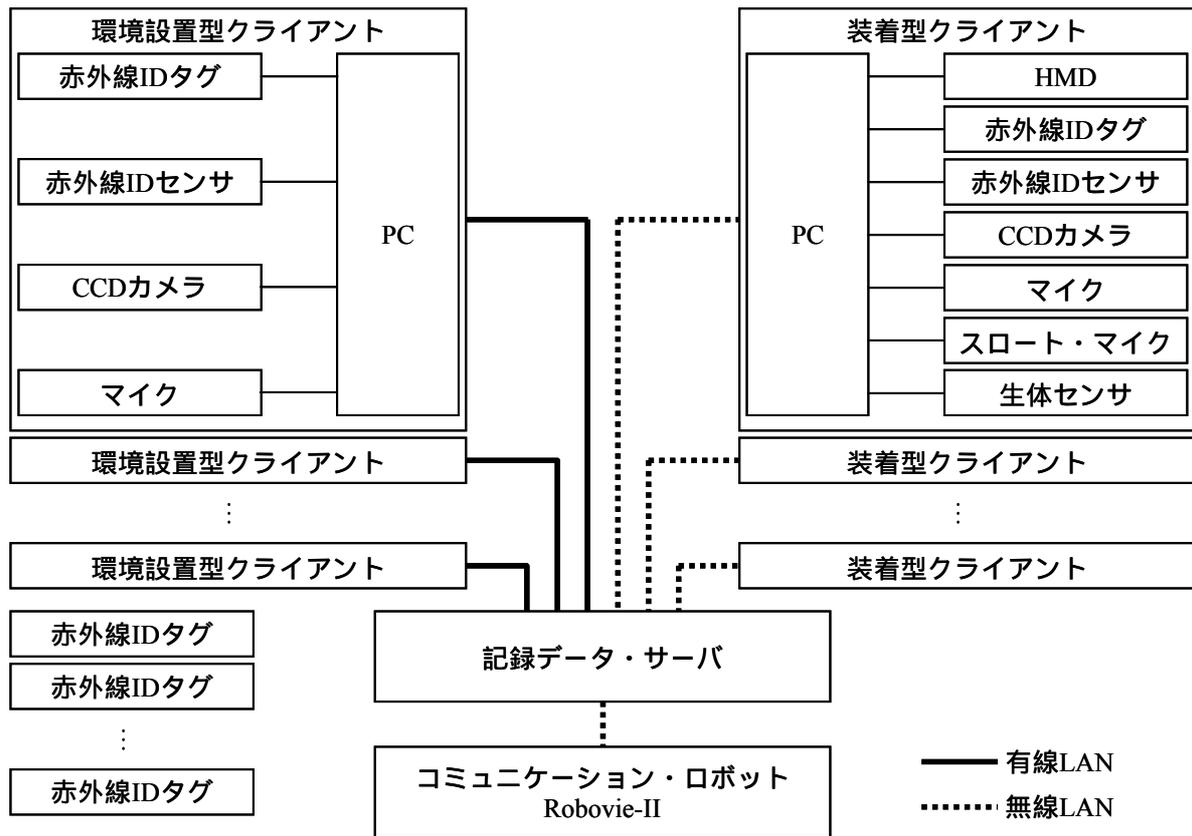


図1 知的環境プロトタイプ構成

た体験の要約のための技術と同種の技術を使用することができる。すなわち、展示会場の中で活動している人々の体験データを適切な大きさで有意な要素に分割し、それを解釈し、注釈を付与する技術である。

第3に、ロボットは推奨や情報提供といった人間とのインタラクションのための振舞いを行うことができなければならない。さらに、それらの振舞いが所定の効果を発揮することができなければならない。たとえば、ある人物に何か特定の対象に目を向けさせるために、その対象を指差すという振舞いをロボットが行ったとしても、その人物がその対象に目を向けなければ、振舞いは有効ではない。また、ロボットが展示ブースへの行き方を説明する振舞いを行ったとしても、相手がそれを理解し、その展示ブースに到達することができなければ、やはり有効ではない。有効な振舞いを行うためには、たとえば、ある人物の注意を特定の対象に向けるためには、ロボットがその人物と「アイコンタクト」

をとり、それから対象物を指差し、ロボット自身の目を対象物に向けるという振舞いが有効であるという知見[3]、ある人物に道案内を行うときには、その人物と同じ方向を向き、ジェスチャを交えて説明するという振舞いが有効であるという知見[11]などを利用することが考えられる。また、推奨のための個々の振舞いが同様であっても、推奨を行う戦略（たとえば、段階的要請法や譲歩的要請法[1]）により、ロボットが行う推奨の効果が異なることがある[12]。したがって、体験の演出を行うロボットは上述のような知見を利用して振舞うとともに、有効な戦略をとる能力が要求される。

6 体験を演出するロボットを含む知的環境プロトタイプ

我々は上述の展示会場を題材として、そこでの体験共有コミュニケーションを支援するための知的環境プロトタイプを構築した。このプロトタイプには、体験を演出する人間型ロボット Robovie-II が含まれる。



(a) 環境設置型クライアントと赤外線 ID タグ



(b) 装着型クライアント



(c) コミュニケーション・ロボット Robovie-II

図 2 知的環境プロトタイプの構成要素

6.1 プロトタイプの構成

上述のプロトタイプは展示ブースを含む部屋の中に構成されている。プロトタイプ全体は環境設置型クライアント、装着型クライアント、

赤外線 ID タグ、記録データ・サーバ、人間型コミュニケーション・ロボット Robovie-II から構成される(図 1)。環境設置型クライアント(図 2a)は PC、赤外線 ID タグ、赤外線 ID センサ、CCD カメラ、マイクから構成される。装着型クライアント(図 2b)は PC、HMD(Head Mounted Display)、赤外線 ID タグ、赤外線 ID センサ[4]、CCD カメラ、マイク、スロート・マイク、オプションの生体センサから構成される。赤外線 ID タグは赤外光の点滅で ID を示す。赤外線 ID タグは環境設置型クライアント、装着型クライアント以外にも、展示物、装着型クライアントを装着していない人間に装着される。赤外線 ID センサは IR パス・フィルタを備えた CMOS カメラで、赤外線 ID タグを検出し、それらの ID と画面上での位置を出力する。この出力に基づき、赤外線 ID タグが装着されている人物、あるいは、モノが同定される。後述するように、この同定結果に基づき、インタラクションが要素に分割・分類される。CCD カメラは映像記録用に使用され、通常のマイクは音声記録用に使用される。スロート・マイクは閾値処理により装着者の発声の有無の判定に使用される。生体センサは心拍センサ、皮膚電気活動センサ、温度センサから構成される。記録データ・サーバには、観測された生データとともに、分割・分類されたインタラクションのデータが蓄積される。蓄積されたデータをインタラクション・コーパスと呼ぶ。

コミュニケーション・ロボット Robovie-II(図 2c)は高さ 114cm、重さ 39kg の人間型ロボットである。人間との自然なコミュニケーションを実現するために、音声認識・合成、全方位カメラによる人物検出、ステレオ・カメラによる視線制御、触覚などの機能を有する。たとえば、腕に触れると、触れた場所に目を向けるといった反射行動を行う機能を有する。本プロトタイプでは、Robovie-II にも赤外線 ID タグ、赤外線 ID センサ、CCD カメラが追加されている。この追加により、インタラクション相手の人間を同定し、たとえば、相手の名前を呼びかけることができる。

以上の説明では、Robovie-II を知的環境プロトタイプの構成要素として取り扱った。別の見

方として、Robovie-II を中心に考えると、Robovie-II はこのプロトタイプ中の他の構成要素によりセンシング機能、記憶機能が拡張されているとみなすことができる。

6.2 インタラクションの分割・分類

第2節で述べたように、ある人物が他の人物、あるいは、モノとのインタラクションをこの人物、あるいは、モノに基づき要素に分割し、分類する。ここでは、インタラクションの相手を注視方向（頭部方向）に基づき推定する。

具体的には、赤外線 ID センサが赤外線 ID タグを一定閾値以下の時間間隔で断続的に検出し、これが一定閾値以上の持続時間を有するとき、それらを装着している人間、コミュニケーション・ロボット、あるいは、展示物の間に意味のあるインタラクションがあるとし、インタラクションの要素と捉える。たとえば、人物 A が装着している赤外線 ID センサが人物 B が装着している赤外線 ID タグを検出し、B の赤外線 ID センサが A の赤外線 ID タグを検出し、かつ、A が B が発声している（すなわち、スロート・マイクの音量が閾値以上である）とき、A と B が会話をしていると捉える。このようなインタラクションの要素の中で時間的・空間的に関係しているものをまとめあげ、より大きなインタラクションとして捉える。たとえば、A と B が会話していて、それに人物 C と D が加わったとき、A、B、C、D のグループの議論と捉える。

分類・分割されたインタラクションのデータはセンサからの生データとともにインタラクション・コーパスの中に蓄積される。

7 コミュニケーション・ロボット

Robovie-II による体験の演出

上述の知的環境プロトタイプ中のセンサからのデータに基づき構築されたインタラクション・コーパスに逐次蓄積されるデータを使用し、体験の演出を行う機能を Robovie-II に実装した。使用するデータは具体的には、登録されている人間の名前情報、行動履歴に基づく情報、部屋内の人数などの環境情報である。これらの種類の情報に基づき、見学者の注意を引き付けるために名前を呼びかけるインタラクション、展示ブースに関する話題のインタラクション、他の見学者に関する話題のインタラクション、部屋

内の状況に関する話題のインタラクションを実現した。具体的には、以下の発話などを行う。

【名前の呼びかけ】

- (a) 「こんにちは、A（名前）さん」
（A さんとの最初の出会いの場合）
- (b) 「A さん、さっきも会ったね。」
（A さんとの2度目以降の出会いの場合）

【展示ブースに関する話題】

- (c) 「さっき、X（ブース名）ブースに行ってきたよね。」
- (d) 「X ブースは、おもしろかったでしょ。」
- (e) 「Y（ブース名）ブースにも行って見てよ。ブースは向こうだよ（指差し）。」
- (f) 「Y ブースが人気あるみたいだよ。」
- (g) 「Y 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】

- (h) 「さっき、B（名前）さんと会ったよね。」
- (i) 「さっき、B さんと話したでしょ。」
- (j) 「B さんは、今日 X ブースと Y ブースを見たみたいだよ。」
- (k) 「X ブースなら、B さんも興味があるみたいだよ。」

【部屋内の状況に関する話題】

- (l) 「現在の見学者は...N（数）人いるよ。」
- (m) 「今日の見学者は...N（数）人くらいかなあ。」

これらを組み合わせて自然な対話を実現するために、今回の実装では、以下の点に留意して対話を構成するように、Robovie-II の動作に関する規則を作成している。

1. 話題の一貫性：

提供する話題を展示ブースに関する話題と見学者に関する話題に分類し、関連する話題が繋がるように対話を構成している。

2. 同一見学者に対する情報提供：

過去に情報提供を行ったことがある見学者に対しては、原則として、過去に使用した話題は提供しないように対話を構成している。これにより見学者に常に新しい話題を提供し、新たな体験を促すようにしている。

3. 周囲の見学者への配慮：

Robovie-II がある見学者に対して話題を提供すると、Robovie-II とこの見学者とのインタラ



(a) 人間の装着型クライアントからの観測



(b) Robovie-II からの観測

図3 人間と Robovie-II とのインタラクション

クションは周囲の人物により観測可能である。そこで、周囲で傍観していた人物にも新鮮な話題を提供するために、ある話題を一度提供した直後は異なる流れで話題を提供するように対話を構築している。

上述の知的環境プロトタイプとその中で体験を演出するコミュニケーション・ロボット Robovie-II は 2003 年 11 月に開催された ATR の研究発表会で運用された。このときに Robovie-II が体験を演出するために行った人間とのインタラクションのシーンを図 3 に示す。これは Robovie-II が相手の名前を呼びかけたときの相手の装着型クライアントが観測したシーンと Robovie-II が観測したシーンである。

人間型ロボットによる体験の演出の 1 つの特徴は、ロボットが実世界で身体を有するために、前述のように、ある人物とロボットとのインタラクションが周囲の人間にも観察可能であり、影響を与えることである。たとえば、前述の研究発表会において次に示す事例が観察されている。正面に立っている 3 人の見学者の中の 1 人に対して、Robovie-II が名前を呼びかけ、展示

ブースを指差しながら推奨した。この振舞いに対して、呼びかけられたインタラクション相手は同調し、指差しを行い、推奨された展示ブースに向かった。これは Robovie-II の推奨の振舞いが期待通りの効果を発揮していることを示している。このとき、さらに、他の 2 人の見学者も推奨された展示ブースに顔を向けている。これは推奨の振舞いがインタラクション相手のみではなく、周囲の人間にも影響を与えていることを示している。

知的環境プロトタイプ中のセンサからのデータに基づき構築されたインタラクション・コーパスは、このプロトタイプ中の任意の人物に関する行動履歴を逐次蓄積している。これは、この人物が Robovie-II とインタラクションを行っているか否かに関わらない。このインタラクション・コーパスの内容に Robovie-II の行動が依存することから、インタラクション・コーパスが Robovie-II の記憶の一部であるとみなすことができる。このように捉えると、Robovie-II はこの人物と会っていないときでも、この人物のことを考えていると考えられなくもない。これは深田[1]が指摘している対人コミュニケーションの性質との類似が興味深い。すなわち、2 人の人物が会っていないときでも、いずれか一方が他方のことを考えていることがあるから、対人コミュニケーションが両者が会っている間に限定されず、開始と終了が明確ではないという性質である。

8 おわりに

本稿では、体験とインタラクションの関係、体験共有コミュニケーションとこれを支える知的環境、体験の演出とこれをコミュニケーション・ロボットにより実現する技術に関して議論した。また、我々が構築した知的環境プロトタイプとその中で体験を演出するロボットに関して紹介した。

本稿では、ロボットによる体験の演出として、展示ブースの推奨や展示ブースを訪れるために役立つ情報の提供など、その空間的・時間的広がり比較的限定されているものを取り扱った。ロボットによる体験の演出として、より大きな空間的・時間的広がりをもつものをも考えることもできる。たとえば、ロボットの周囲に集まっ

た人間が相互にインタラクションを行い、新たな社会的関係を構築していく場合、ロボットが外国語を話すことにより周囲の人間がこの言語に関心を持ち、その結果として学習意欲を高める場合などである。我々はこの種の体験の演出に関しても研究を進めていて、小学校で実証実験を行っている[5]。

謝辞

日頃ご議論いただくとともにシステムの実装に尽力していただいた ATR 知能ロボティクス研究所と ATR メディア情報科学研究所の所員に感謝する。本研究は通信情報研究機構の委託研究「超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラクション・メディアの研究開発」により実施したものである。

参考文献

- [1] 深田博己, “インターパーソナル・コミュニケーション 対人コミュニケーションの心理学,” 北大路書房, Feb. 1998.
- [2] N. Hagita, K. Kogure, K. Mase, and Y. Sumi, “Collaborative capturing of experiences with ubiquitous sensors and communication robots,” Proc. 2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 4166-4171, Taipei, Taiwan, Sep. 2003.
- [3] M. Imai, T. Ono, and H. Ishiguro, “Physical relation and expression: joint attention for human-robot interaction,” Proc. 10th IEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication, pp. 512-517, Bordeaux/Paris, France, Sep. 2001.
- [4] 伊藤禎宣, 角康之, 間瀬健二, “赤外線 ID センサを用いたインタラクション記録装置,” 情報処理学会研究会報告, vol. HI104-4, Nov. 2003.
- [5] T. Kanda, T. Hirano, D. Eaton, and 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.
- [6] T. Kanda, H. Ishiguro, M. Imai, T. Ono, and K. Mase, “A constructive approach for developing interactive humanoid robots,” Proc. 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1265-1270, Lausanne, Switzerland, Oct. 2002.
- [7] K. Kogure, N. Hagita, Y. Sumi, N. Kuwahara, and H. Ishiguro, “Toward ubiquitous intelligent robotics,” Proc. 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1826-1831, Las Vegas, Nevada, Oct. 2003.
- [8] 小暮潔, 間瀬健二, 石黒博, 萩田紀博, 片桐恭弘, “体験共有コミュニケーションのためのユビキタス・センサを使用した知的環境,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 103, No. 738, pp. 71-76, Mar. 2004.
- [9] Y. Koide, T. Kanda, Y. Sumi, K. Kogure, and H. Ishiguro, “An approach to integrating an interactive guide robot with ubiquitous sensors,” Proc. 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Sendai, Japan, pp. 2500-2505, Sep. 2004.
- [10] K. Lyytinen and Y. Yoo, “Issues and challenges in ubiquitous computing,” Communications of the ACM, vol. 45, no. 12, pp. 62-65, Dec. 2002.
- [11] 小野哲雄, 今井倫太, 石黒浩, 中津良平, “身体表現を用いた人とロボットの共創対話,” 情報処理学会論文誌, vol. 42, no. 6, pp. 1348-1358, Jun. 2001.
- [12] K. Shinozawa, F. Naya, J. Yamato, and K. Kogure, “Differences in effect of robot and screen agent recommendations on human decision-making,” International Journal of Human-Computer Studies, to appear.
- [13] 角康之, 伊藤禎宣, 松口哲也, シドニーフエルス, 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, Nov. 2003.
- [14] 角康之, 間瀬健二, 小暮潔, 土川仁, 片桐恭弘, 萩田紀博, 伊藤禎宣, 岩澤昭一郎, 中原淳, 神田崇行, “イベント空間における体験の記録と共有,” 第 18 回人工知能学会全国大会, 3C1-06, 2004.