

ユビキタス環境下における体験共有システムの構築

土川 仁¹ 岩澤 昭一郎¹ 伊藤 禎宣¹ 中原 淳¹
高橋 昌史^{1,3} 小出 義和^{1,3} 神田 崇行² 角 康之^{1,3}
間瀬 健二^{1,2,4} 小暮 潔² 萩田 紀博²

1 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

2 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

3 京都大学大学院情報学研究科 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

4 名古屋大学情報連携基盤センター 〒464-8601 名古屋市千種区不老町

E-mail: {megumu, shoichiro.iwasawa, sito, nakahara, masashi, yoshykaz, kanda, sumi, mase, kogure, hagita}@atr.jp

あらまし ATR では、体験共有コミュニケーションを支援する研究を行っている。ユビキタス環境下での体験共有の例として、展示会場でのインタラクションに着目した体験共有システムのプロトタイプを構築し、実証実験を行ったので紹介をする。

キーワード 体験共有、インタラクション、コーパス、ユビキタス、協調メディア

Construction of the Experience Sharing System using Ubiquitous Sensing Environments

Megumu TSUCHIKAWA¹ Shoichiro IWASAWA¹ Sadanori ITO¹ Atsushi NAKAHARA¹
Masashi TAKAHASHI^{1,3} Yoshikazu KOIDE^{1,3} Takayuki KANDA² Yasuyuki SUMI^{1,3}
Kenji MASE^{1,2,4} Kiyoshi KOGURE² Norihiro HAGITA²

1 ATR Media Information Science Laboratories. 2-2-2 Hikaridai, Keihanna Science City, 619-0288, JAPAN.

2 ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories. 2-2-2 Hikaridai, Keihanna Science City, 619-0288, JAPAN.

3 Graduate School of Informatics, Kyoto University. Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501, JAPAN.

4 Information Technology Center, Nagoya University. Furocho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8601, JAPAN

E-mail: {megumu, shoichiro.iwasawa, sito, nakahara, masashi, yoshykaz, kanda, sumi, mase, kogure, hagita}@atr.jp

Abstract ATR is conducting research for supporting experience sharing communication. In this paper, we were talking about a prototype system of experience sharing using Ubiquitous Sensors in exhibition hall. We report the construction of a prototype system aimed to human interactions. and the result of experiments of this system.

Keyword Experience sharing, Interaction, Corpus, Ubiquitous, Cooperative Interaction Media

1 はじめに

ATR では、環境に設置したり人が装着したユビキタスセンサ群を用いて人々の様々な体験を記録し、体験の共有を行う、体験共有コミュニケーションに関する研究を進めている。体験共有コミュニケーションシステムを実現するためには、人與人、人と物、人と環境の間で繰り返されるインタラクションをコンピュータが理解できなくてはならない。我々は、人與人、人と物、人と環境の間で生じるインタラクションを様々なセンサを用いて観測・収集し、分析して、収集された膨大なデータ（映像や音声のデータも含む）に対して

自動的に注釈を付与し蓄積する、インタラクション・コーパスの構築を提案している[1]。

我々は、人與人、人と物、人と環境のインタラクションが頻繁に発生する場である、展示会の会場を体験共有コミュニケーションの実証フィールドのひとつとして選び、体験共有システムのプロトタイプシステムを構築し、複数視点による協調的記録やタグを用いたインタラクションの解釈、体験共有のひとつの手段である体験のビデオサマリの作成などを行っている。

本稿では、インタラクションの検出に大きな役割を果たす赤外線 ID システムを初めとしたセンサ系の改

良や、さまざまな適用分野でのコーパス構築を容易にし、様々な分野に応用できるようにするために、インタラクション解釈の体系化を試みる。また、蓄積されたインタラクションの要約情報をリアルタイムの提示する新たな体験共有アプリケーションも加えたプロトタイプを構築して実証実験を行った結果を報告する。

2 体験共有システムの概要

本システムでは、会場内の説明員および見学者の装着する装着型クライアントと環境側に設置したさまざまなセンサを利用して、会場内の人の体験を観測・収集すると同時に、それらに対して自動的に注釈を付与して、インタラクション・コーパスを構築する。さらに、コミュニケーションロボットを用いたインタラクションの演出（インタラクションを促進するために、コミュニケーションロボットが自律的に行う人間とのインタラクション）や、リアルタイムでの使用を想定したヘッド・マウント・ディスプレイ(HMD)や大型ディスプレイを用いた体験共有アプリケーション、見学者終了後の閲覧を想定した体験共有アプリケーションを用意し、実験参加者に使用してもらった。図1に、実証実験の様子を示す。

2.1 ユビキタスセンサ群による体験キャプチャ

本プロトタイプシステムでは、実験フィールド内での体験を観測するため、環境設置型のクライアントと、実験フィールド内にいる人が身に付ける、装着型クライアント（ウェアラブルユニット）、および、データを蓄積するサーバを用意した。

各クライアントには、いくつかの種類のセンサが接続され、複数のクライアントで収集されたセンサデータが統合されて利用される、ユビキタスセンサ群を構

成している。本プロトタイプシステムの大きな特徴の一つは、赤外線方式のタグを用いていることにある[2][3]。赤外線 ID タグは、指向性の高い赤外線 LED を点滅させて ID を送出し、赤外線 ID トラッカで赤外線 ID タグの点滅情報を解析して ID を読み取る。この装置を用いることで、ユーザが何に注目しているのか、の情報を得ることができる。図2に赤外線 ID タグと赤外線 ID トラッカを示す。

今回の実験においては、赤外線 ID タグとして、半減角 60 度の指向性を持った赤外線 LED を採用しており、赤外線 ID トラッカとしては、視野角 90 度のレンズを有する人工網膜チップ搭載の CMOS カメラに赤外線透過フィルタを装着したものをを用いた。本装置を用いることで、対象物の移動や蛍光灯光源の外乱などがあっても、エラー率 0.38% でほぼリアルタイムに ID を読み取ることができる。

環境設置型のクライアントは、カメラ、マイクと、赤外線 ID タグ、赤外線 ID トラッカといったセンサ群と、それらのデータを収集し、ネットワークを介してサーバにデータを送信する PC から構成される。カメラの画角は、赤外線 ID トラッカの感知角度とほぼ一致するものを採用している。各展示ブースには、ポスターの後ろ側から見学者を正面から見下ろすような角度と、ポスターの前側から説明員と見学者の両者を見下ろすような角度にセンサ群を配置している。また、ポスターの周囲には、ID を送信するだけの赤外線 ID タグを数個配置している。環境設置型クライアントの設置例を図3に示す。

一方、会場内の展示説明者および見学者用には、装着型のクライアントを用意した。ユーザの顔の向きと一致させたカメラと赤外線 ID タグ、赤外線 ID トラッカで視野内に何が映っているのかを記録し、マイクで音声情報を収録する。ただし、通常のマイクでは、周囲の雑音も拾ってしまうため、使用しているユーザ自身が発話したかどうかを知るために、喉にスロットマイクを取り付け、簡単な閾値処理で発話しているかどうかの判定を行う。また、装着型クライアントのヘッドセットには、情報提示用の HMD などが装着されている。それらのデータを収集し、無線 LAN でサーバに送信するために、ノート PC をカバンに入れて持つ。なお、一部の使用者は、脈拍などの生体情報の取得装置も装着した。

装着型クライアントの頭部装着ユニットの重さは 500g、かばんに入れて持つ PC 部の重量は、ケーブル等も含めて 2720g であった。図4に装着型クライアントを示す。

これらのユビキタスセンサ群を用いて、映像や音声



[図1 実証実験の様子]

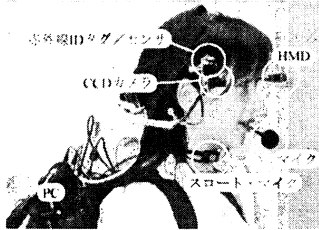


a) タグ付きトラッカ b) 単体タグ

[図2 赤外線 ID タグと赤外線 ID トラッカ]



【図3 環境設置型クライアントの設置例】



【図4 装着型クライアント】

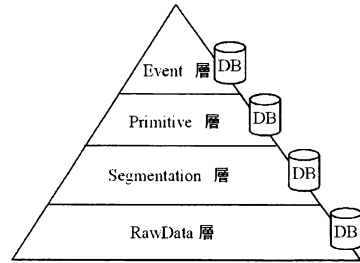
のデータと各種センサのデータを同時に収集し、同期が取れたデータとしてサーバに蓄積する。それらの情報から、人と人、人と物、人と環境の間のインタラクションを自動的に抽出・蓄積することで、インデックス付きのデータを構成する。我々はそれを、インタラクション・コーパスと呼んでいる。

インタラクション・コーパスを構築することで、蓄積された膨大なデータの中から、後から必要な情報だけを引き出す、といった操作が現実的な時間内でできることとなる。

2.2 インタラクション・コーパスの構築

ユビキタスセンサ群の取得データのうち、赤外線 ID 情報からは、いつ誰が何と向かい合っていたか、といった、ユーザの注視(gazing)状況が得られる。この注視が、人のインタラクションにインデックスを付与する上で有効な情報である。本プロトタイプシステムでは、赤外線 ID のデータに加えて移動情報や発話情報といったデータをボトムアップに抽象化してインタラクションを自動的に抽出し、収集された生データに段階的にインデックスを付与している。展示会場に限らず、様々な分野へ応用できるインタラクション・コーパスの構築をめざし、その体系化にむけた第1歩として、図5に示すような4階層モデルで、インタラクションのインデックスの抽象化を行った[4]。

最下層であるRawData層には、センサで取得した生のデータを、時刻と観測値のペアという形式で格納す



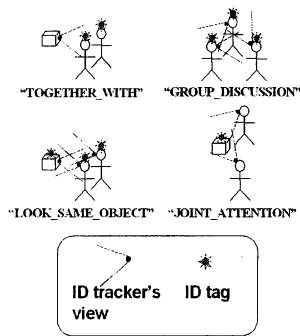
【図5 インタラクション・インデックスの抽象化】

る。センサがデータを取得するとすぐにデータベースに登録を行うため、最も即時性が高いが、検出されたデータが加工されずに格納されているため、データ量が多く、利用用途が限定される。また、センサの特性上、断続的なデータとなっている。

Segmentation層では、RawData層のデータを時間でクラスタリングする。しかし、クラスタリングが完了してから(すなわち、一連のインタラクションが終了してから)データの書き込みを行うと、遅延が大きくなってしまい、リアルタイム性が必要となるアプリケーション(たとえば、コミュニケーションロボットによるインタラクション演出)には不都合である。そこで、クラスタ区間の終了を待たずにデータの書き込みを行い、クラスタ終了時にはクラスタの完了フラグを書き込むことで、完了フラグが書き込まれていなければ継続中のクラスタであると判断することとした。

Primitive層には、一対一のインタラクションに着目した意味づけ情報を格納する。クラスタ分割した情報から得られる、動作の相手や動作の形態、持続時間などの情報を元に、インタラクションのプリミティブ(2つのオブジェクト(センサやタグを装着したすべての対象物)間で発生している、インタラクションの基本要素)を推定し記録する。例えば、2人が向き合って話をしていれば、その間はお互いに“TALK_WITH”というプリミティブを持つ。2人が向き合っているが、一方が話し続けているのであれば、発話者は“TALK_TO”、相手側は“TALKED_TO”となる。プリミティブの情報は、時刻や相手のオブジェクトのIDと共に、オブジェクトごとに、管理する。

最上位層のEvent層には、インタラクションを行っているグループとしての意味づけ(社会的な意味づけ)であるイベントを格納する。イベントは、複数のプリミティブが時間的・空間的にどのように共有されているか、から抽出する。例えば、2人の間での会話が記録されている時と近い時間帯に、他の人がそれらの人と会話を行っていれば、3人はグループで討論を行っ



[図 6 さまざまなイベントの解釈例]

ているとして、“GROUP_DISCUSSION”というイベントが発生していると推定する。(図 6)

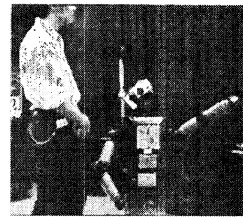
Event 層は、Primitive 層までのすべて情報の蓄積を待って推定されるので、実際の現象が起こってからデータが格納されるまでの遅延が最も大きい。

以上のような自動的に抽出したインタラクションのインデックスを、映像や音声といったストリーミングデータと共に蓄積することで、利用性の高いインタラクション・コーパスを構築することができる。本プロトタイプシステムでは、構築されたインタラクション・コーパスを参照することで、コミュニケーション・ロボットによるインタラクションの演出や、体験共有アプリケーションを実現した。

2.3 コミュニケーション・ロボットによるインタラクション演出

ATR 研究所内で行われた研究発表会の会場では、ATR で開発した人間型コミュニケーション・ロボット (Robovie-II) によるインタラクションの演出 [5] の実証実験も行った。Robovie に赤外線 ID のタグとトラックを装着し、インタラクション・コーパスの情報を参照しながら、目の前に来た見学者とのコミュニケーションを行う。実証実験においては、

- 1) 目の前にいる見学者の名前を呼んで挨拶する
- 2) 展示ブースの案内を動作を交えて行う
例えば、目の前の見学者がまだ立ち寄っていないブースがあれば、どちらの方向にこんなブースがある、といった案内など
- 3) 他の見学者に関する話題を話す
例えば、目の前にいる見学者が過去に会った人について言及する
- 4) 来場者数等の案内
といった話題提供を行ない、インタラクションを促進



[図 7 Robovie によるインタラクション演出]

するための演出を積極的に行った。

特に、Robovie-II が目の前に来た人物に視線を向け、ある対象を指し示し、これに視線を向ける行動は、その人物を同一対象に視線を向ける効果がみられ、インタラクションの演出に大きく貢献している。さらに、Robovie-II 自身もセンサの役割を果たし、インタラクションの観察・記録に貢献する。図 7 に Robovie によるインタラクション演出の様子を示す。

2.4 体験共有アプリケーション

本プロトタイプシステムでは、蓄積された体験を共有するアプリケーションとして、

- 1) ほぼリアルタイムに情報を提供する
- 2) 見学終了後に要約された情報を提供する

といった、想定する利用のタイミングが異なるアプリケーションを用意した。前者には、展示説明者および見学者の装着型クライアントに装着した、HMD に提示するものと、展示会場の入り口に用意した大画面モニタに表示するものの 2 種類がある。

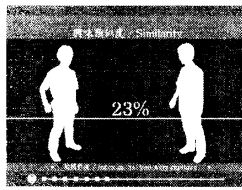
HMD には、構築したインタラクション・コーパスの情報を元に、

- (a) 対面している人物との興味の類似度
- (b) 目の前のブースの人気を示す、ブース来訪者数
- (c) 興味類似度に基づく推薦人物
- (d) 興味類似度に基づく協調フィルタリングによる推薦ブース

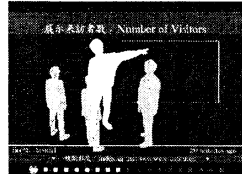
を場面に応じて表示する。これらは見学者が見ているものと関連する情報であり、ただちに提示する必要があるため、主に、時間的遅延の少ない Segmentation 層のデータにアクセスを行っている。

蓄積された体験を元に、自分の体験と他人の体験とが比較され、この先の行動を決めるためのヒントが提供されるという、まさに体験共有の一例である。さらにこれらの情報の表示は、提示された人にインタラクションを促進させるという側面も持っている。図 8 に HMD に提示される画像の例を示す。

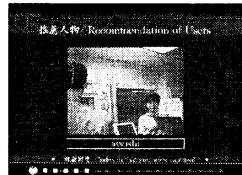
また、展示会場の入り口に設置した大画面モニタに



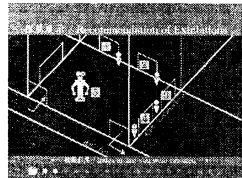
(a) 興味類似度の表示



(b) ブース来訪者数の表示

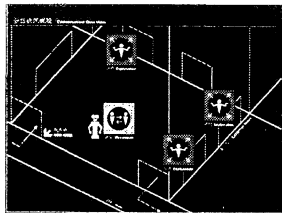


(c) 推薦人物の表示



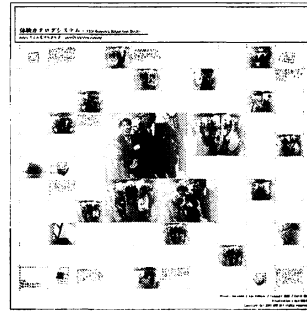
(d) 推薦ブースの表示

[図 8 HMDへの提示画像の例]



[図 9 大画面モニタへの表示画像の例]

は、会場内の各ブースの状態を、展示説明員が説明中／見学者とディスカッション中／見学者が来ていないの3通りに判定し、表示している。ブースの状態判定には、インタラクションの分析が必要であり、表示の時間遅れが多少あっても許容される情報提示であるの



[図 10 体験ビデオカタログの例]

で、Event 層のデータを利用している。これらの情報も、構築されたインタラクション・コーパスを利用して判定しており、見学者の誘導に役立つ。図 9 に大画面モニタへの表示例を示す。

体験カタログは、見学者の行動履歴データと、開催者提供の展示会全体に関する情報を統合して、ひとつの電子的な要約物として作られたものである[6]。見学者にとっては、体験の振り返りを促進する道具となり、開催者にとっては、見学者全体の展示会への理解向上や展示会の社会的認知度の向上、見学者の行動の誘導といった効果が期待される。体験カタログでは、開催者が設定した表示のためのレイアウトテンプレートにしたがって、見学者の行動履歴データを要約し、キャラクターにユーザの体験とユーザが直接は知りえない展示会全体に関する情報とから構成されるストーリーを語らせることで、物語性を持たせた。作成された体験カタログは、見学者自身の体験の振り返りに役立つだけでなく、他人がその体験カタログを閲覧することで、見学者の展示会場での体験の共有が図れる。図 10 に体験カタログの表示例を示す。

2.5 実験結果

上記のシステムを、2003年11月6日および7日に行われた、ATR 研究発表会において、1つの部屋において使用し実証実験を行った。実験は、

- ・1つの部屋には展示ブースが5つあり、それぞれにカメラとIRトラッカを2台ずつ、タグを10個ずつ設置
- ・各ブースの展示説明者(合計5名)は、いずれも装着型クライアントを装着
- ・見学者は、最大9人が同時に装着型クライアントを使用可能
- ・展示ブースには、カメラおよび赤外線IDタグ、赤外線IDトラッカを装着した、コミュニケーション

ロボット (Robovie II) を 1 台配置し、動作と発話によってインタラクションの演出を行うといった環境の元で行った。

2 日間の合計で、延べ 105 人の見学者が装着型クライアントを装着し、蓄積されたデータは、290 時間分の映像・音声データと、Raw Data 層が 612 万件、そこから、検出された Segmentation 層のデータが 119 万件、Primitive 層が 23 万件、Event 層が 2 千件であった。装着型クライアントを装着してもらった見学者には、見学終了後アンケートによる調査を実施した。

その結果、有効回答 71 名中、約 7 割の 50 名で、一番興味を持ったブースと一番長く滞在したブースが一致していた。実験前に想定した、「興味を持ったブースには長く滞在するであろう」という推測がある程度はあたっており、滞在時間を一つのキーとして体験の要約を作成することが、的を外れた方法ではないものと考えられる。しかし、この結果は、研究発表会に先立って行われた予備実験において得られた、「興味を持ったブースと長く滞在していたブースとは必ずしも一致せず、見学者にとって、発表内容の理解が困難であったブースに長く滞在する傾向が見られた」という結果とは異なるものとなった。これは、予備実験の際には、見学者には発表の内容を把握してもらうことをあらかじめ指示していたのに対して、実際の研究発表会においては、特に指示を与えていなかったこと、また、予備実験では、同時にいる見学者数が少なく限定しており、見学者が自由に長時間の説明を聞くことができたのに対して、研究発表会では見学者が多かったため、一人が長時間独占して質問をする雰囲気ではないと見学者が感じたためではないかと推測される。

その他のアンケート項目からは、特別な傾向をつかむことはできなかったが、実証実験を行った会場が一つの部屋だけであり、すべてのブースを見渡せる環境であったため、体験演出の効果や体験共有の必要性が少なかったことも原因であると推測している。

また、ユーザへの聞き取り調査から、
・装着型クライアントが重い（頭部装着ユニット、PC 部、ケーブルとも）
・PC を片肩からかけるとバランスが悪く肩がこる
・ケーブルにより、首がまわしにくい
・HMD は動きながらでは見にくい
・HMD に表示される情報が少し遅れるため、表示された情報の意味がわかりにくい
といった意見が、本システムの運用者からは、
・ユニットの装着に手間がかかりすぎる
・首の細い人(特に女性)にスロートマイクの固定困難
・赤外線 ID タグ系の感度が良すぎて、予定外のイン

タラクションが多数記録された
といった意見が寄せられた。

3 おわりに

本稿では、ユビキタス環境下での体験共有システムの一例として展示会場を実証実験の場としたプロトタイプシステムを構築し、実証実験を行った結果を報告した。

さまざまな場所で体験キャプチャシステムを使用するには、装置類の軽量化と共に、ケーブル負荷の軽減や装置類の改良など、ハードウェア面での改善がまだ必要である。

今後は、汎用の組み込み型プラットフォームを用いた装置の小型・軽量化を進めると共に、展示会場だけでなく、さまざまな環境下で利用可能な、汎用なコーパスの設計を進めていきたい。また、インタラクションの多く発生するフィールドとして、会議室での会議の場などへの応用、生体情報の安定的な収集などもできるようにしての見守りシステムへの応用なども有望な応用分野であると考えている。これらのフィールドでの実証実験も行っていきたい。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、日ごろよりご意見をいただくとともに、システムの実装を行っていただきました、ATR メディア情報科学研究所および ATR 知能ロボティクス研究所の方々に感謝いたします。なお、本研究は情報通信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。

文 献

- [1] 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. (Nov. 2003.)
- [2] 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、HI104-4. (Nov. 2003)
- [3] 伊藤禎宣、高橋昌史、中原淳、角康之、間瀬健二：“インタラクション状況のリアルタイムな判別と利用”、インタラクション 2004, (Mar. 2004.)
- [4] 高橋昌史、伊藤禎宣、角康之、間瀬健二：“複数センサを利用したインタラクション・パターンの自動抽出”、情報処理学会研究会報告、UB12-41. (Nov. 2003.)
- [5] 小出義和、神田崇行、角康之、小暮潔：“展示見学環境における人型ロボットによる体験演出”、インタラクション 2004, (Mar. 2004.)
- [6] 中原淳、熊谷賢、角康之、間瀬健二：“ユビキタス環境下での体験要約サービス”、インタラクション 2004, (Mar. 2004.)