

# 平成15年度 研究開発成果報告書

## 「超高速知能ネットワーク社会に向けた 新しいインタラクティブ・メディアの研究開発」

### 目 次

1	研究開発課題の背景	3
2	研究開発分野の現状	5
3	研究開発の全体計画	9
3-1	研究開発課題の概要	9
3-1-1	協調メディアの研究開発	11
3-1-2	知育メディアの研究開発	13
3-1-3	五感メディアの研究開発	14
3-1-4	体験共有コミュニケーションの研究開発	15
3-2	研究開発目標	16
3-2-1	最終目標	16
3-2-1-1	協調メディアの研究開発	17
3-2-1-2	知育メディアの研究開発	17
3-2-1-3	五感メディアの研究開発	18
3-2-1-4	体験共有コミュニケーションの研究開発	18
3-2-2	中間目標	18
3-2-2-1	協調メディアの研究開発	19
3-2-2-2	知育メディアの研究開発	19
3-2-2-3	五感メディアの研究開発	20
3-2-2-4	体験共有コミュニケーションの研究開発	20
3-3	研究開発の年度別計画	22
3-4	研究開発体制	23
3-4-1	研究開発管理体制	23
3-4-2	研究開発実施体制	24
4	研究開発の概要（平成15年度まで）	25
4-1	研究開発実施計画	25
4-1-1	研究開発の計画内容	25
4-1-2	研究開発課題実施計画	31
4-2	研究開発の実施内容	33
4-2-1	協調メディアの研究開発	33
4-2-2	知育メディアの研究開発	34
4-2-3	五感メディアの研究開発	35
4-2-4	体験共有コミュニケーションの研究開発	35
5	研究開発実施状況（平成15年度）	36
5-1	協調メディアの研究開発	36
5-1-1	序論	36
5-1-2	協創パートナーによる体験観測技術	36

5-1-3	複数協創パートナー制御技術	47
5-1-4	インタラクション・コーパス構成法	54
5-1-5	協調メディアのまとめ	64
5-1-6	今後の予定	64
5-2	知育メディアの研究開発	66
5-2-1	序論	66
5-2-2	知育のための感性・技能辞書構成法	66
5-2-3	知育体験演出技術	69
5-2-4	知育メディアのまとめ	72
5-2-5	今後の予定	73
5-3	五感メディアの研究開発	74
5-3-1	序論	74
5-3-2	体験における五感への再現提示の特定	74
5-3-3	五感情報の認識・理解・変換技術	78
5-3-4	五感メディアのまとめ	81
5-3-5	今後の予定	81
5-4	体験共有コミュニケーションの研究開発	83
5-4-1	序論	83
5-4-2	個人認知モデルの研究	83
5-4-3	協調認知モデルの研究	86
5-4-4	体験共有コミュニケーションのまとめ	90
5-4-5	今後の予定	91
5-5	総括	92

## 参考資料、参考文献

(添付資料)

### 1 研究発表、講演、文献等一覧

## 1 研究開発課題の背景

政府の e-Japan 重点計画に代表されるように、大量データが送受信できる超高速ネットワークが整備されようとしている。その基本方針によれば、5年以内に3000万世帯に高速インターネットを、また1000万世帯に超高速インターネットを、それぞれ普及させる計画であり、インターネットへの常時接続をもたらし、個人普及率が增大することが見込まれている。デジタル革命は、コンピュータとネットワークの融合をもたらし、地球規模のインターネットの普及へと確実に進んでいる。

こうして、大量の情報や知識が地球規模で入手・共有・発信できるような情報基盤が構築されると、次には、多くの人が多様な情報や知識を流通しあう異分野や異文化のコミュニケーションを可能にするグローバル・メディアが望まれる時代に突入すると予測される。情報革命を通じた政治・経済・文化のグローバル化は、異文化の対立を先鋭化し、デジタル・デバイド、大衆の分衆化、世代間断絶の拡大などさまざまな問題をも引き起こしている。グローバル・メディアの時代には、世代、地域、職業、文化、社会を越えて、情報を入手・共有・発信できるコミュニケーション形態を支えられるような、革新的なメディア技術が必要不可欠である。

この背景には、メディア技術の発展に伴うメディアの利用形態の時代変遷がある。専門家から大衆へ発信するマス・メディアの時代、携帯電話やメールなどの個人が相互に発信するパーソナル・メディアの時代、Webやグループウェアなどの個人がコミュニティへ発信するコミュニティ・メディアの時代へと辿ってきて、その先に、メディアの境界を無くし利用形態の融合を可能とするグローバル・メディアの時代が位置する。こうして、メディアは時代や文化形成の牽引役として重要な働きをしており、本研究が目指す新しいメディアの研究も社会的に重大な責任を負っていると言えよう。我々の生活を豊かにし、平和で文化的な社会を実現することを目標とした情報革命を牽引するという自覚が必要である。

既存のメディア技術を使っても、大規模超高速のインターネットを背景に、多様な分野にまたがったコミュニケーションが進展していくことであろう。しかしながら、分野や文化が異なると、教科書的に文字や写真で知識を表現しただけでは、相手にはなかなか伝わらない。知識の一方向の伝達は表面的な理解をもたらすが、感動や共感にはつながらないからである。コミュニケーションによって相手に伝えたい感動を伝えたり、コミュニケーションを通して育まれる相手との共感が伝達できなければ、異分野のコミュニケーションが十分に成立したとは言いがたい。

知識の流通をつなぐ鍵は、電話や電子メールのやりとりのような気軽な双方向コミュニケーションの上に、経験や体験のような具体例を、感動とともに伝えることである。他者の体験の再現と共有によって、他者の感情や感動の理解がなされ、異なる背景・文化を持つ人々の理解を促進する。ここで、体験を双方向に伝えあうことが可能な「体験コミュニケーション」を実現するメディア技術が重要となってくる。また、体験の共有は教科書レベルの知識の伝達を越えて、「わざ」や「目利き力」の伝承・習得・創出など、深いレベルでのコミュ

ニケーションを通じた人々の協調的な創造力発揮にとっても鍵となる。

このような双方向コミュニケーションを可能とするメディアを実現するにあたって、本提案は、Webに代表されるような蓄積型の非同期コミュニケーションの技術を基盤におく。なぜなら、来たるグローバル・メディアの時代には、同期コミュニケーションを膨大な相手と同時に達成することは不可能だからである。すなわち、Webに載せて体験を伝えられる新しいメディアとして「インタラクション・メディア技術」を研究開発することを提案する。本提案では、インタラクション・メディアを使うことによって体験を入手・共有・発信できる知の流通システムを「体験Web」と呼ぶ。

たとえば、体験Webを使えば、子供の時代から、多くの専門家が有する特殊な技能を体験できるようになり、多様な社会において体験的に学習できる環境が整えば、新しい発想・創造力・知性の高い人材を多く育成することができる。このように、新しいメディア技術によって異分野や異文化の人々との、多様性をもった知識・体験・感性などを共有する共同活動により、創造力豊かな社会を創出できると確信し、本研究課題を提案する。

体験Webの実現につながるインタラクション・メディアを研究開発するにあたっては、グローバル・メディア時代にふさわしい、研究課題の設定が重要である。具体的には、まず、体験に関する情報の爆発的増加と、新たなメディアのインタフェース装置の操作性が課題となる。また、人々が利用したくなるように創造性を支援して流通が活性化する発展性や、社会に受け入れられるような社会性を持たせることも困難な課題である。これらの課題は、Webや携帯電話にみられたような爆発的な普及と経済性効果を見込めば、どうしても乗り越えなければならない。

この困難さを克服するために、本提案は、インターネットのユビキタス情報環境の利点を活かしつつ、現在の人工現実感(VR)に関する研究を発展させ、五感への感覚情報の拡張と、個人が発信できるネットワーク化を進めるアプローチをとる。この研究方針にたつて、ネットワーク環境で体験の登録・再現・共有を可能とするコミュニケーション環境を提供するための、インタラクション・メディアに関する要素技術を確立し、体験Webのプロトタイプを構築することを目標とする。

## 2 研究開発分野の現状

本研究課題によって生まれる基盤技術の収益可能性を高めるために、類似研究の学術的調査だけでなく、製品を産み出すための産官学の連携体制（アライアンスを含む）、具体的な製品発表調査などを含めた動向調査を実施した。これらの結果を踏まえた各サブテーマの状況を以下に示す。

### ア 協調メディア

#### コミュニケーション・ロボット

ロボットの開発においては日本が世界を圧倒的にリードしている。ホンダの二足歩行人間型ロボット ASIMO はロボットの機械制御技術において優れた先進性を実証している。一方、弊社は安全設計や頑健性など機械制御技術に関する実用化技術はこれらのメーカーに委ね、人間とのコミュニケーションやインタラクションの側面に注力し、機械制御技術やソフトウェア、認知科学などの基礎研究を進めてきて、多くの成果を出している。

今後、ロボット産業の中でコミュニケーション技術のニーズは急速に高まると予測されている。実際、ロボットの機械制御技術中心だった企業も最近では積極的にコミュニケーション・ソフトウェア技術を取り入れている。弊社は世界的に最先端のロボットの実用化技術を有する産業用ロボットのメーカーである三菱重工業と協力関係にある。同社のロボット「ワカマル」の開発に協力している。また、このワカマルの安全かつ頑健な機体をベースにし、弊社の機械制御技術やソフトウェア技術を組み入れたロボット Robovie-IV を開発している。このように、弊社は最先端の基礎研究と実用化研究の成果を組み合わせたロボットを開発することが可能である。

さらに、我が国におけるロボットの標準化技術を確立するためのネットワーク・ロボット・フォーラムに参加し、標準化活動などに積極的に貢献し、標準化に準拠したロボットを開発していく予定である。

#### 協調的体験観測とインタラクション・コーパス

体験共有とその基盤となるインタラクション・コーパスに関連する研究開発は、本研究開発が採択され弊社が研究を開始した平成 14 年 1 月以降、ユビキタス・ネットワーク社会のための他の基盤技術の研究開発とあいまって活発化している。米国 DARPA では平成 15 年 5 月 7 日に LifeLog プログラム（[http://www.darpa.mil/ipto/solicitations/open/03-30\\_PIP.htm](http://www.darpa.mil/ipto/solicitations/open/03-30_PIP.htm)）の公募を開始した。同プログラムは個人の実世界での体験やインタラクションの流れの観測・蓄積・検索を可能にし、広い領域での人間の活動を支援することを目指したものであり、特に重要なチャレンジ項目として、マルチモーダルな物理データからイベント、状態、筋道、エピソードなどのラベル付与を行うことをあげている。これらは、本研究開発の中で展示会場という領域において中間目標の中で達成している、協調的体験観測とインタラクション・コーパス構成に関する技術に相当する。2004 年になって、LifeLog プログラムは、中止された。近年 DARPA は、プロジェクトの中止をすることが特別ではなくなっている。LifeLog の中止の理由として、市民からのプライバシー侵害への懸念が大きかったという見方もあり、本提案課題においても、プライバシーにも十分配慮した研究の進め方が必要である。ちなみに、この公募に先立つ平成 15 年 1 月には米国 MIT メディアラボにおいて、記憶に関するワークショップが開催され、弊社

から本研究開発のメンバが参加し、口頭で本研究開発の紹介を行っているが、このワークショップに DARPA のメンバも参加している。さらに、平成 15 年 10 月に開催された知能ロボットに関する国際会議 IROS2003 で本研究開発に関する発表を行った際、DARPA の同プログラム責任者の注目を受けた。また、英国 CRC (Computing Research Committee) でも平成 15 年 5 月に「生活のための記憶」グランドチャレンジという論文（

[http://www.nesc.ac.uk/esi/events/Grand\\_Challenges/proposals/Memories.pdf](http://www.nesc.ac.uk/esi/events/Grand_Challenges/proposals/Memories.pdf)）を公表し、関係する研究者を集めて国際ワークショップを開催したり、研究者が共有することができる生活記憶のコーパスを作成したりすることが第一歩であると締めくくられている。本研究開発では、平成 15 年 9 月に内外の関連研究者を弊社に集めてユビキタス体験メディア国際ワークショップを開催し、情報交換を行っている（<http://www.mis.atr.co.jp/uem2003/>）。

現在、最も関連が深い個別の研究開発プロジェクトとしては、米国マイクロソフト社の MyLifeBits プロジェクトがある。個人の活動における文書・写真など資料の全記録・保存プロジェクトである。しかし、記録に付加する注釈は人間が手作業で行っており、注釈の質と量が個人のインセンティブなどに依存する。一方、本研究開発の成果では、自動的なラベル付与が可能であり、本研究開発の先進性・有用性は高い。

最近では、個別的な研究開発のみではなく、上述のようなシステム・サービスを含む相互運用性の確保などに向けた標準化の動きも加速している。我が国においては、ユビキタス・ネットワーキング・フォーラム、ネットワーク・ロボット・フォーラムが設立されている。弊社はこういった組織で先導的な役割を果たすべく、人員を派遣している。

さらに、本研究開発の実用化開発を視野に入れ、ユビキタス・ネットワーク技術に関する T-Engine フォーラムに参加している。このフォーラムにおいてもワーキング・グループ活動などで積極的に貢献するとともに、参加メーカと装置開発の共同実施を行う予定である。

#### イ. 知育メディアの研究開発

知育メディアに関連するビジネス動向としては、いわゆる e-Learning の普及に弾みがついてきたことが挙げられる。ただし、現状では、高等教育における知識習得を目的としたものが大半であり、感性や技能の習得を目指した若年層向けの知育メディアについては、今後の市場の高まりが期待される。本研究では、このような状況を視野に入れた研究開発を進めている。

また、学術的には、CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning, コンピュータによる共同学習支援) に関する研究の重要性が再認識されている。すなわち、

- ・学習は「個人の頭の中」の記号操作ではなく、学習者が環境・他者と「協調」して知識を「構築」する営みである。
- ・知能は「個人の頭の中」にあるのではなく、環境と他者に「分かちもたれている (distribution)」

といった考え方で、本プロジェクトの他のサブテーマとも共通の問題を含んでいる。これらに関しては CSCL 等の関連学会や MIT Media Laboratory の Future of Learning Group (<http://learning.media.mit.edu/>) 等の先進的な等の動向ウォッチを継続する。また、感性情報処理の分野でも、学習に関する話題は主

要テーマの一つとなっており、本研究では、日本感性工学会 (<http://www.jske.org/>) の研究部会等を通じて情報収集と学術的な貢献に務めている。

一方、拡張現実感 (Augmented Reality) 技術を用いた、エンターテインメント・コンピューティングの分野が非常に活性化しており、ゲーム機およびゲーム・ソフト等により娯楽性の高いコンテンツが提供されている。SIGGRAPH 等の CG および映像系の技術・コンテンツを一同に集める国際的な交流の場も、研究とビジネスが一体化した様相を見せている。本研究でも、SIGGRAPH での展示発表のほか、AR 技術の応用に関する国際会議 (ISMAR2003, The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality : <http://www.ismar03.org/>) 等で成果の報告を行なっている。

このような背景の下、一過性のエンターテインメントに留まらない、協調的な学習環境を提案して行く価値はむしろ高まってきているものと考えられる。その意味で、実際に感性や技能の体験的な学習に利用できるメディアを目指す、本研究の意義は重要である。

#### ウ. 五感メディアの研究開発

東京大学では、没入型ディスプレイ CAVIN を開発し、これを実用化する研究を行っている。その中で、視覚的に高い没入感を生成可能な全面表示ディスプレイを軸に、力覚、聴覚、嗅覚情報を提示する手段の開発を進めているが、平成 13 年度からの力覚、嗅覚の進展の変化は見られない。北海道大学では、人間の諸感覚の生物学的特性の計測とその結果を用いたインタフェース機器の開発を軸とした研究を進めているが、体験を扱う観点からの進展は見られない。五感を扱うメディア機器の開発分野においては、海外よりも日本が進んでいる状況である。歩行に関する研究については、筑波大が階段を上下に移動する昇降感覚を提示する歩行感覚提示装置を提案しているが、進路回転動作を十分には再現していない。現状も、ATR 関連以外の発表は見当たらない (2003IEEE-VR、2003HapticSimposium)。触覚に関しては、複数の微少ピンを用いた表現方法が各方面で提案されているが、粗い質感を表現できる程度に止まっており現実の質感提示には至っていない (Siggraph2003)。温湿風を再現するには、空調機を用いて部屋全体で実現する方法はあるが、人間の周囲のみに仮想気候を実現できている例はない。香り自身の調合関連は資生堂で行っているが、効果的な仮想香り提供環境の研究はなされていない。米国では匂いを送信する方法が商用装置として発表されているが、数種類の匂いを物理的に噴出する程度あり、本格的な実用面ではまだ黎明期である。味覚に関しては、舌の感覚分布は明らかにされている程度で、味覚センサとしては九州大学で行われている。食感としての提示は、筑波大で噛んだ感触にリンゴの味をつける研究がなされているが (Siggraph2003)、研究としては、これからの要素が高い。人間の動作、挙動を計測するモーションキャプチャでは、マーカや磁気センサを用いたものがすでに国内外で商品化されているが、非装着な手法は計測のロバスト性の面で実現されていない。顔の追跡は、MIT や奈良先端大で進んでいるが、ロバスト性の面で背景の影響が大きい。表情認識は顔照合においては商品化レベルにあるが、まだ、十分な実績のある研究はなされていない。画像による人の動作解析については、米国を中心に個人毎の歩行パターン分析 (gait analysis) などセキュリティ分野への応用を目指した研究が盛んである (FG2002 など)。しかし、服装・

照明等の異なる幅広い環境で動作可能なアルゴリズムの提案には至っていない。

五感メディアの再現提示の研究開発では、力覚用ディスプレイ、嗅覚提示において先端を進んでいると思われ、商品化イメージを目指した研究開発を進める。五感情報の認識・理解・変換技術では、外部の研究として応用面の方向性が見えてないと思われる。本研究開発では、展示会会場における行動認識を用いた体験入力の見点からの研究を進める。

#### エ. 体験共有コミュニケーションの研究開発

本研究開発課題の開始後、ユビキタス・コンピューティングに対する注目が高まり、研究開発が盛んに行われるようになった。日本国内では YRP 研究センターを中心として、各種埋め込みタグや T-Engine 計算環境の研究開発が進展している。また、ユビキタスネットワークングフォーラムの設立により技術の実用化に向けた体制も整いつつある。本研究開発課題は、コンピューティングアーキテクチャの研究開発ではなく、その上で動作する応用システム・サービスの研究開発を主眼としている。コンピューティングアーキテクチャにおける研究開発の状況に鑑みて、本研究開発課題においても、T-Engine の開発動向を注視し、T-Engine を積極的に利用することを前提としたシステム技術の開発を目指すこととする。

産業技術総合研究所サイバーアシスト研究センターでは、知的コンテンツのコーパス技術の開発と、それに基づくユビキタス・インタフェース技術の開発を目標とした研究が進められている。コーパス技術に関しては、テキストコーパスを対象としたコーパス構造化システム GDA を、ユビキタス・インタフェース技術に関しては、音声提示機能に特化し、無電力を実現した携帯情報端末システム CoBIT を開発している。これに対して、本研究開発課題では、非言語情報コーパスに主眼を置いたインタラクション・コーパス技術、音声・映像入出力に加えて ID タグ入出力が可能であり機能性が高い装着型ユビキタス・センサ端末の研究開発を進めている。このように、両者の開発技術は相互補完的な関係にあり、今後の研究開発や実用化においては、必要に応じて連携の可能性を検討していく。

ヨーロッパにおいては Fraunhofer 研究所を中心に Disappearing computer プロジェクトが開始され、コンピュータを日常生活環境に埋め込むシステムの研究開発が進められている。個別のインタフェース技術の開発を主眼とし、多様なセンサから得られる複合的情報から体験要約情報を抽出する本研究開発とは目標が異なる。

米国 MIT Media lab. における Human design プロジェクトでは、装着センサによって得られた情報を元に社会ネットワーク情報を抽出する研究が開始された。機械学習の手法を積極的に利用する点に特徴があるが、企業などの集団内での人間関係の抽出を目的としており、インタラクション・コーパスを用いた体験の共有を目標とする本研究開発課題とは目標を異にしている。

### 3 研究開発の全体計画

#### 3-1 研究開発課題の概要

本研究課題では、超高速ネットワークによるインターネットがもたらす高速データ転送とユビキタス情報環境の利点と、メディア情報処理技術を結合することにより、人々の体験や感動の共有を可能とするインタラクション・メディアの研究開発を行う。その新しいメディアを使った具体的なコミュニケーション環境として、体験 Web の構想を掲げ、それを実現に導く基盤技術の研究開発を行う。体験 Web のもとでは、多くの人々が、新しい知識や感性コンテンツを生み出すような創造活動を営むことが可能となることを目指す。

体験 Web は、人々の体験を観測により取り出す認識、取り出された体験のネットワークへの登録、登録された体験情報から所望の体験情報を選び出す検索、個人の特性に合わせて体験の表現や提示方法への変換、ネットワークに登録された様々な体験を組み合わせた新しい体験の創出、体験を再現することにより追体験や体験の共有を実現する合成、の各機能によって構成される。

前述したとおり、体験 Web の実現につながるインタラクション・メディアを研究開発するにあたっては、これらの多くの機能性を実現しながら、グローバル・メディア時代にふさわしい、操作性、発展性、社会性を備えたメディアを実現する研究課題の設定が重要である。

これらを備えるメディア技術の開発のため、4つの研究課題に着目して、サブテーマに分担して研究開発を実施する。これらを備えるものとして、ユビキタス情報環境の構築を前提にする。すなわち本提案は、インターネットのユビキタス情報環境の利点を活かしつつ、現在の人工現実感に関する研究を発展させて、インターネット上で体験を共有できるコミュニケーション環境を提供することにある。本研究期間では、このような大きな方向性のもと、要素技術を確認し、体験 Web のプロトタイプを提示することを目標とする。

##### (1) 機能性の追究

体験を伝えるインタラクション・メディアの基本的な機能として、体験や体感を、感動や感情とともに観測し、また追体験できる必要がある。体験や体感を合成する技術として、人工現実感がある。先端的な研究が着々と進められているが、これまでは、機器が大掛かりで高価であったため、もっぱら再現に着目されていた。そのため、専門家が仮想的に作り込んで大衆に発信することが可能なレベルにとどまっており、個人が自分の体験として発信するためには、体験を観測して認識する機能が必要である。その手がかりとしては、一対一の体感コミュニケーションを可能にするテレ・イグジスタンス技術がある。

ここで、体験の観測と追体験において、人の体験自体は、体験者の思考や感情などにかかわる内的・個人的な事象であり、それを直接抽出し、他人に伝えることは不可能である。しかし、体験を引き起こす原因となった事象を現実にあるいは仮想的に再現・共有することにより、我々は他人と体験を共有し、追体験を得ることができる。そこでまず、このような体験の外的側面である、動作や身体活動を忠実にとらえるために、人間の豊かな五感の情報を統合的に利用する。

また、体験の内的側面についても、心拍・発汗・脳波などの生理的な指標を

観測することにより、限定的ではあるが、客観的な把握が可能である。このような体験に関わる五感情報の観測と再生、認識と合成による、体験 Web の機能性を特に高める「五感メディア」の研究開発を行う。

体験 Web のそのほかの機能、すなわちネットワークへの登録、検索、新しい体験の創出の各機能は、以下のテーマで実現する。

## (2) 操作性の追究

革新的なメディアを提供するためには操作性が良いことが必須条件である。これまで、グラフィカル・ユーザ・インタフェース (GUI) に続き、音声・画像の認識技術を使ったインタフェースの提案がなされ、さらに自律性をもって反応するエージェント技術が開発されてきた。しかし、これらのインタフェースは、一部のユーザには受け入れられるが、けっして一般の人にとって操作性が良いとは言えない。総務省の通信利用動向調査が示すように、インターネットを利用しない人は「気軽に教えてくれる人がいれば」(41.4%)、「気軽に体験や練習できる場所があれば」(36.6%)という要望が多い。体験という実世界に関わる情報を入手・発信しようとするれば、その機器は一見複雑に見え、なおさら敬遠する人が増えよう。体験コミュニケーションに適したインタラクティブで操作性のよいメディア技術の開発が望まれる。

本サブテーマでは、ロボットに代表される、協創パートナーと呼ぶ、実世界にユビキタスに存在し擬人性のあるインタフェースの開発により、この機能向上に伴う操作性の複雑化という困難な課題の解決をはかる。協創パートナーは、場面を演出して、個人の体験の観測と登録・発信を支援する。そして、操作性をさらに向上させるには、ユーザの反応によって別のアドバイスをするような自律性と、ユーザの特性や習慣にあわせた適応的なインタラクションの制御機能が必要不可欠である。その解決策として、インタラクションのやりとりを観測したデータをインタラクション・コーパスとして登録し、流通させ、学習によってパートナーの性能向上を狙う。このような、ユーザとの協調性やネットワークを越えた協調性を持つ「協調メディア」の研究開発を進める。

## (3) 発展性の追究

メディアの歴史をみれば、文字、紙、印刷技術、電話、写真、映画、ビデオ、コンピュータ・グラフィクス、インターネット、人工現実感などのメディアの発明は、人間の知性や感性など創造性を高めるとともに、人間の社会活動を支援してきた。多くの人に使ってもらい、コンテンツが流通しコミュニケーションのための新しいメディアとなるには、メディアが人の創造性を阻害せず、むしろ他の人の知識をうまく利用でき、自分の創造性を支援できることが必要である。たとえば、インターネットでは Web のページ記述言語の簡易性と再利用性、さらにハイパーリンクによって、人の知識の相互利用を大きく助けた。

このように、体験 Web を発展させる起爆剤は、優れた体験コンテンツの発信と流通性のよい記述形式といってもよい。また、優れたコンテンツを膨大な Web 環境からの確に見つけるには、体験の感動を比較する評価尺度が必要である。そこで本研究課題では、まず優れたコンテンツを目利きするコツや、体験に関する感性を引き上げる際の評価尺度を明らかにし、専門家の知識を感性・技能辞書として蓄え、技の体験的学習を可能にする。また、感動や技能を伝わりや

すくするように体験を演出する技術を開発する。こうして、相手に感動や技能が伝わりやすくなり、楽しみながら学習できるメディアを提供できる。感性や技能の情報は教科書的知識とともに感性・技能辞書として構成する。このメディアを「知育メディア」と呼び、研究開発を行う。

#### (4) 社会性の追究

体験の共有を可能とする体験 Web の技術が社会的に普及し、受容されるには、老人や障害者などの社会的弱者を含む誰でもが利用可能であり、個人個人のメディア感受性に適応した体験の伝達ができなければならない。また、プライバシーや著作権の問題に象徴されるように、新しいメディア技術の導入は社会的な問題を引き起こす危険性を孕んでいる。ユニバーサルデザイン、人間中心デザインの思想は、インパクトの大きな技術開発にあたっては、技術中心主義に陥らず、技術を利用する人間の立場に立って技術の方向付け・評価を行う必要性を示している。それにもかかわらず、新しいメディアの提案に際して、このような観点での検討は無視されがちである。

本研究課題においては、人間同士のインタラクション・メディアを用いた体験共有コミュニケーションの実証的な分析と、コミュニケーションを支える人間の認知過程の計算モデル構築を通じて個人やグループの特性に適応した体験の変換を可能とするインタラクション・メディア構築の理論的基盤を確立する。さらに、新しいメディアがもたらす社会の変化を予測し、利用する人間の観点に立ったメディア技術の評価技法を確立する。これらを通じて、メディア技術の開発にフィードバックを行うために、「体験共有コミュニケーション」の研究開発を行う。

上記の全体方針のもとで、機能性、操作性、発展性、社会性を追究したインタラクション・メディアの研究開発を行う。以下、研究開発体制にあわせて、「協調メディア」、「知育メディア」、「五感メディア」、「体験共有コミュニケーション」の各研究サブテーマについて、研究開発の計画を述べる。

#### 3-1-1 協調メディアの研究開発

協調メディアは、体験 Web 全体の中で、ユーザの体験観測や追体験提示におけるインタラクションを制御し、さらに観測した体験を登録・管理することを分担するメディアである。

ユーザの体験を観測するといっても、ユーザの広範囲な活動を1つの固定した測定装置で観測することは実質的に不可能である。また、遠隔センサでは、情動などを観測することが非常に困難である。また、一個のセンサをみても、必要十分な部分だけを記録するには効率のよい制御が必要である。これらの課題に対処するため、ユビキタスな環境のもと多数のセンサを協調させて体験を観測することを目指す。しかしながら、全体のシステムが複雑になって、人がそれぞれを直接操作することはほとんど不可能である。

そこで、まず本サブテーマでは、センサやアクチュエータを内部に持っている、ロボット、人形、着衣、家具などの実世界の実体を、マルチエージェント・システムで制御することによって、必要な観測データを協調的に収録するモデルを考える。この実世界の実体を「協創パートナー」と呼ぶ。その各々はパー

トナー・エージェントと呼ぶモジュールを内部に持ち、それがインタラクションの制御を司る。また、ユーザとのインタラクションにより観測されたデータは、協創パートナー内に、インタラクション・コーパスとして保管する。そして、各ユーザには、協調エージェントと呼ぶ個人のエージェントが付き、複数の協創パートナーのパートナー・エージェントと Web など情報世界とのやりとりのゲートウェイの役目を果たし、情報発信や検索を担う。こうして複雑さを感じさせない操作性を確保する。なお、センサやアクチュエータの新しい機能は、後述する五感メディアの研究成果を逐次利用する。

本サブテーマでは、このようなモデルに従って、以下の研究課題を設定した。

## ア 協創パートナーによる体験観測技術

協創パートナーがどのような形態であれば、ユーザと協調的に必要な体験データを観測できるかを初めに検討する。特に人間型ロボットについては、上半身の非言語的な振る舞いや、簡単な音声対話の機能を持たせることによって、従来のコンピュータ・システムと比べ、人間とのコミュニケーションの障壁を低くすることがあることを予備検討で確認している。

このことから、ロボットとの対話のやりとりを工夫すれば、体験観測時のインタラクションの演出（ユーザへの親しみやすい指示方法）などに人間型ロボットが大きな効果をもたらすことが期待できる。そこでまず、人間との協調制御を行いつつ人間型ロボット単体で体験を観測する技術について研究する。その上で、体験データの観測に必要な演出機能をロボットに追加し、関連する制御技術の開発を行う。

なお、人間型ロボットの機械的なメカニズムについては、日本の優れたロボット制御技術を活用することとし、すでに産業用ロボットの製造技術を保有するメーカーと協力関係を築いている。機械的に頑丈で安全な機体を利用して本研究を進められる見通しが立っている。

さらに、プロジェクト後半では、センサからの情報が体験データとして不十分だったときの再試行の演出など、複雑なインタラクションを可能とする制御技術を検討する。インタラクション制御にともない、ユーザの反応によって別のアドバイスをするような自律性を実現するために、インタラクションを複合センサ情報からなるパターン認識問題として解く。そして、後述のようにインタラクションをコーパスとして蓄積し、パターンの解釈時に利用できる仕組みを作ることにする。

## イ 複数協創パートナー制御技術

ユビキタス環境では、ロボットの他に、衣装や椅子などの身体に密着したセンサの利用により、情動などに反応する生体情報の取得が容易になると予想される。複数の協創パートナーを制御し、統合して1つの体験観測データに構築する技術が必要となるので、その課題を研究する。

協創パートナーのセンサやアクチュエータの局所的な制御を行うためには、ロボットやウェアラブル機器、居住空間などのそれぞれまとまった実体の単位で制御メカニズムを実現し、マルチエージェント・システムを前提として設計する。特に、ロボットなど実世界の自律システムは反射に近い振る舞いを実行することで人とのインタラクションがスムーズになることを確認している。そ

ここで、反射・反応の制御は個々の協創パートナーの局所的な制御ソフトウェアにまかせ、そのパートナー・エージェントが相互にコミュニケーションを行って、観測のための系全体の制御を行う。この制御機能を適用して、必要な観測データを効率よく収集するための方法を検討する。

### ウ インタラクション・コーパス構成法

次に、体験データをインタラクション・コーパスとしてネットワーク上に遍在させて蓄積・構築する技術の研究課題について説明する。

本研究では、協創パートナーとのインタラクション時に観測されたデータをインタラクション・コーパスとして登録・流通させる方式を提案する。ある体験に関わるインタラクション・コーパスの集合が体験データとなる。協創パートナーとのインタラクションによって五感メディアのセンサから取得し認識結果を注釈づけされた観測単位を、どのような形式で、どこに保存するかを検討する。

ここでは基本的に、技術開発が進んでいる分散データベースの構築・管理方式にならう。具体的には、ある固有の体験のインタラクション・コーパスを、その体験に関わる協創パートナーが直接保持し、協調エージェントが管理する方式を考える。こうすることで、コーパスがそれぞれの協創パートナーの環境で条件付けられるため、個別の協創パートナーごとに有意なパターン分布が形成される。しかしそれには、自分が行ったインタラクションに関する情報が協創パートナーに分散するため、必要に応じてそれを収集し、統合して利用できるようにする必要がある。

### 3-1-2 知育メディアの研究開発

体験 Web で知育メディアを開発する狙いは、専門家や芸術家の創作過程での感性情報、芸術作品や技を目利きするコツ等の情報を提供することで、追体験できる優れたコンテンツの発信を促し、共感を導く追体験環境を提供することである。感動や技能を伝えやすい体験の演出によって、楽しみながら技能や体験的知識を学習する環境を提供することを目的とする。

知育メディアは、最終段階では、協調メディアが開発を進める協創パートナーや協調エージェントの特殊なインスタンスとして実現することを目指す。すなわち、一般的なコミュニケーションや体験の観測などを行う協創パートナーに、知育という特殊なタスクを与えて実現する。したがって、インタラクション・コーパスは感性や技能の教科書的知識（感性・技能辞書）を含み、協調エージェントは知育に関するメソッドなどを含む知育体験演出プログラムを持ち知育エージェントとして働くモデルを想定する。協調メディアの研究開発と並行して、本サブテーマでは、感性・技能辞書の構成法や知育体験演出プログラムの研究からプロジェクトを始める。

### ア 知育のための感性・技能辞書構成法

まず、専門家の技法や技を体験的に学習できるように、専門家の制作・創作過程を観測し、再現できる形に蓄積することを目指す。その際、専門家の感性や技法の教科書的知識と、個人のコツや目利きの感性を抽出して、感性・技能辞書の項目として登録する。ここで、専門家の感性や、コツといった暗黙的な

知識を計算的に処理可能な形式で抽出することが、基本的かつ重要な研究課題である。

この基盤の上に、一般のユーザが専門家の知識を流用したり参考にしながら、自らの創造性の発揮を支援してくれる体験学習のシステムが構築できる。これを実現するには、一般ユーザの制作・創作過程において、技法やコツだけでなく感動や感性についても専門家のもものと比較しつつ、作業を助言するインタラクション制御技術が必要になる。その実現方法としては、協創パートナーが持つ演出を誘導する機能を使って、知育の専門家の知識をもとに、インタラクションをデザインし、知育エージェントに埋め込むことが想定される。

感性・技能辞書は、当初は種々の感性・技能に関する作品・制作過程のデータを採取し、統計的手法によりオフラインで作成し、辞書化に必要な項目の洗い出しなどを行う。その際、体験 Web の最終形態に即して、ネットワーク上に流通するインタラクション・コーパスと統合しやすいような辞書化の手法を検討する。

## イ 知育体験演出技術

協創パートナーというユビキタスで実体のあるインタフェースを使いこなし、自分の体験を、相手に説明できるように組み立て、コンテンツ化し、発信を可能とするための方法と技術を開発する。

とりわけ、子供が自分の体験日記を発信できるような操作性のよいインタフェースを提供することを前提に、協創パートナーの新しい部品も探究する。空間的に遍在する協創パートナーの部品をうまく使いこなし、体験の場と起こった事象、自分の感想などを試行錯誤しながら表現し、相手に伝えることができるシステムの実現を目指す。

協創パートナーの部品を使って体験を表現する技術、体験のエピソードを並べ替えたり、メディア変換によって別の表現を使い、わかりやすく、あるいは感動的に表現できるように演出するための知育体験演出技術の開発に挑戦する。

### 3-1-3 五感メディアの研究開発

五感メディアの研究では、体験 Web を構築する場合に、相手に感動を伝えるのに効果がある感覚情報として、現在の Web にあるテキスト、映像、音以外のどんなメディアが利用できるかを明らかにしなくてはならない。次に、体験を発信するユーザと、追体験するユーザとの間で、観測または体験できるメディアや環境が異なった場合にできるだけ同じ感動を体験するにはどのようにすればよいかという問題がある。また、両ユーザでメディアが同じでもそれぞれのユーザの身体能力に差がある場合などに、できるだけ同じ感動を追体験できるように、五感表現を忠実に再現する技術も必要になってくる。すなわち、体験データをそのまま追体験側に伝えることは技術的に容易だが、相手に感動を効果的に伝えたことにはならないという問題が起きる。そこで、五感メディアの研究開発でこれらの問題を解決できるように、次のような研究課題を設定する。

#### ア 体験における五感への再現提示の特定

テキスト、映像、音以外に体験を再現するのに、五感情報、生体情報、身体情報という情報が必要となり、扱う情報量が極めて多くなる。したがって、相

手に感動を伝えるのに効果がある感覚情報を特定する。感覚情報の中で、ユーザ自身が動き、肌で感じることによって得られる体験が、最も感動を増す効果がある。そこで、触覚では、手、足、皮膚という対象から研究を進める。それらについて、直接的および間接的に刺激を与える感覚再現を実現する。直接的刺激には、歩行、触、弛緩刺激を用い、間接的刺激には、温湿風の空間再現を用いる。嗅覚、味覚については、未知の部分が多いので、可能性の調査するところから始める。このような追体験に不可欠な装置について開発し、感動を増したかどうかは、視覚、聴覚の再現にこれらの情報を付加し、臨場感、存在感、感動の程度、一体感、躍動感、没入感等の観点からの主観評価で判定する。さらに、生体情報や身体情報の客観的データとの相関についても調べる。主観評価および客観評価の結果によって、体験における感動を増す五感への再現提示を特定する。

### イ 五感情報の認識・理解・変換技術

コミュニケーションとしては、音声、映像でかなりの情報を伝えることができるが、体験を伝える点から考えると、人の動き、表情、触覚、脈拍等の生体情報は不可欠な情報である。これらは、体験の感動を伝える情報であり、これらを意味のある情報に変換することが研究課題である。

人物の動作、行動、表情について、画像認識の向上を図る。環境変化に対するロバスト性の向上に課題を置き、背景・照明条件に適応的に対処するアルゴリズムを構築する。その他の生体情報は、協創パートナーで用いる既存センサを利用する。

次に、得られた認識結果だけでは、ユーザ間でメディア環境が異なる場合には、発信者の感動を思い通りに相手に伝えることができないので、得られた認識結果に意味を持たせることにより、変換を可能とする。そのためのラベル付けを行うことになるが、人手では膨大な手間がかかる。そこで、動画像認識で動きを抽出し、人の行動を解析することから始め、自動的にラベル付けを行うことを試みる。しかし、必ずしも、認識パターンに正しくラベル付けされるものではないので、この誤りを含んだまま、利用できる方法についての学習法を検討する。

このようなラベル付け処理は、協調メディアにおけるインタラクション・コーパスの作成においても重要な処理で、この自動ラベル付けの処理があることで、人手によるラベル付けに比べて非常に膨大な時間と手間を軽減することが可能になる。

### 3-1-4 体験共有コミュニケーションの研究開発

体験 Web を用いて、人々の体験の共有を可能とするコミュニケーションを実現するには、協調メディア・知育メディア・五感メディアの各インタラクション・メディア技術の統合的研究開発が不可欠である。一方、体験 Web の技術が社会的に普及し受容されるには、老人や障害者などの社会的弱者を含む誰もが利用可能であり、個人個人のメディア感受性に適応した体験の伝達ができなければならない。さらに、プライバシーや著作権の問題に象徴されるように、新しいメディア技術の導入は常に新しい社会的問題を引き起こす危険性を孕んでおり、技術開発と並行して、技術を利用する人間の立場に立って技術の方向

付け・評価を進めることが肝要である。そのためには、人間同士のインタラクション・メディアを用いた体験共有コミュニケーションの実証的な分析と、コミュニケーションを支える人間の認知過程の計算モデル構築を通じて、個人の特性に適応した体験の変換を可能とするインタラクション・メディア構築の理論的基盤を確立する必要がある。また、新しいメディアがもたらす社会を予測し、利用する人間の観点に立ったメディア技術の評価技法の開発を進めることも重要である。このような観点から、本サブテーマでは「体験共有コミュニケーションの個人認知モデル」、「体験共有コミュニケーションの協調認知モデル」の2つの研究開発を行う。

#### **ア 体験共有コミュニケーションの個人認知モデル**

個人同士が多様な情報チャネルを利用して体験共有コミュニケーションを行う過程について、参加者個々人の五感情報の活用に着目して実証的観測・分析を行う。体験共有コミュニケーション過程の観測・分析結果に基づいて、インタラクション・コーパスの情報項目および構築法の提案を行う。また、コミュニケーションの過程での五感情報の統合・変換、インタラクションの時間的特性に着目して個人の認知プロセスの計算モデルを構築し、体験 Web のためのインタラクション・メディア技術の理論基盤とする。

さらに、体験共有コミュニケーションの個人認知モデルに基づいて、インタラクション・コーパスからのインタラクション参与構造抽出手法、個人の特性に適応したメディア変換技術など、インタラクション・メディア設計の基礎技術を開発する。

#### **イ 体験共有コミュニケーションの協調認知モデル**

協調メディア技術・五感メディア技術を利用して、新しいグループ協調環境を実験的に構築し、その下でサイバー社会を模擬的に構成し、そこで生じる社会的・協調的インタラクションの実験的分析を行う。その結果に基づいて、協調に関するインタラクション・コーパスの構築法を確立し、体験 Web 技術の普及・受容を推進するために必要となる協調メディア技術に対する要求仕様の定式化を行う。

さらに、体験共有コミュニケーションの協調認知モデルに基づいて、インタラクション・コーパスからの知識構造抽出手法、協創エージェントの制御技術など、インタラクション・メディア設計の基礎技術を開発する。

### **3-2 研究開発目標**

#### **3-2-1 最終目標**

- (1) 五感・生体・身体情報の中で観測できる情報を用いて、ユーザの体験を他人によって体験共有コミュニケーションが可能となるデータ形式に自動的に変換でき、インターネットを介して、他のユーザがその体験を利用できる再現情報を用いて自動的に共有でき、操作性を向上するインタラクション演出が可能な協創パートナーを含む「体験共有コミュニケー

ション」のプロトタイプを開発すること。

- (2) 五感・生体・身体情報の中で観測できる情報を用いて、子供でも自らの体験をわかりやすい日記に自動変換する技術と技能を体験学習できる技術を開発すること。

上記を達成するための各サブテーマの具体的な研究開発目標を以下に示す。

### 3-2-1-1 協調メディアの研究開発

#### ア 協創パートナーによる体験観測技術

- ・単体の協創パートナーとのインタラクションにより、体験データの観測を可能にすること。

#### イ 複数協創パートナー制御技術

- ・複数の協創パートナーを制御する分散型体験観測方式を確立し、ユーザをわずらわせることなく、互いに協調して体験データの観測を可能にすること。

#### ウ インタラクション・コーパス構成法

- ・個々の協創パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベースを構築すること。

本サブテーマの成果となる協創パートナーは医療、介護、福祉、教育など、人間とのコミュニケーションがサービスに関わる分野に適用可能であり、研究終了後には、基本的な研究成果、ノウハウ、特許を元に、目標を絞った実用化をメーカなどと進めることが可能である。インタラクション・コーパス構築技法に関しても、研究終了後には、基本的な研究成果、ノウハウ、特許を元に、展示会向けのシステムなどのように目標を絞った実用化をメーカなどとともに進めることが可能である。また、この技術は他のサブテーマの成果と組み合わせ、実用化することも可能である。

### 3-2-1-2 知育メディアの研究開発

#### ア 知育のための感性・技能辞書構成法

- ・専門家による絵画や映像、楽曲などの創作過程を、自らの創造性を発揮しながら追体験や共有ができる体験学習システムを試作すること。

#### イ 知育のための体験演出技術

- ・協創パートナーとのインタラクションを通じて、子供でも、皆で体験したことをわかりやすい日記に半自動的に変換して、他の人々もその体験を共有できるようにする支援システムを試作すること。

本サブテーマの成果となる、絵画作成知育システム、楽曲創作・演奏知育システム、インタラクティブ・ダンス知育システム、体感型情報検索知育システムは、それぞれの対象における基本的かつ実用性の高い知育環境として構築されることが見込まれ、研究終了後には、その研究成果やノウハウ・特許等を元に、社内開発部門とメーカなどが協力して実用化することが可能である。

### 3-2-1-3 五感メディアの研究開発

- ア 体験における五感への再現提示の特定
  - ・五感の中の触覚を中心として再現する装置を実現すること。
  - ・体験において感動を増す五感への再現提示の統合的組み合わせ方式を提案すること。
- イ 五感情報の認識・理解・変換技術
  - ・自動ラベル付けのアルゴリズムを提案し、70～80%程度の精度での自動ラベル付けを実現すること。

本サブテーマに関して、医療現場、健康、福祉のサービス分野において、認識技術・再現装置を利用でき、研究終了後には、基本的な研究成果、ノウハウ、特許を元に、ターゲットを絞り、社内開発部門とメーカーが協力して実用化を進める。

### 3-2-1-4 体験共有コミュニケーションの研究開発

- ア 体験共有コミュニケーションの個人認知モデル
  - ・人間同士の対面コミュニケーションにおける音声言語、表情、視線、ジェスチャ、身体情報の五感情報の交換の分析に基づいて、体験共有コミュニケーションのための個人認知モデルを構築すること。
  - ・個人の認知特性に適応した情報の変換・提示のためのインタラクション・コーパスの構造化仕様を定式化し、標準化に向けた提案を行うこと。
- イ 体験共有コミュニケーションの協調認知モデル
  - ・サイバー社会の模倣的環境の分析に基づいて、人間がインタラクション・メディアを用いて体験共有による協調活動を行う背後にある、体験共有コミュニケーションの協調認知モデルを構築すること。
  - ・体験 Web の技術を用いて、グループの創作支援システムや知育環境システムを構築するためのインタラクション・コーパスの構造化仕様を定式化し、標準化に向けた提案を行うこと。

### 3-2-2 中間目標

- (1) 視覚と音声を中心にした五感・生体・身体情報の中で観測できる情報を用いて体験データを観測・体験共有する場合に、操作性を向上するインタラクション演出が可能な協創パートナー、および体感的な提示が可能な知育メディア環境を開発すること。
- (2) 展示会場という状況設定において、映像、視覚と音声、位置を中心にした情報を用いて表現できる体験データに対して、体験共有コミュニケーションの知見を考慮して、ユーザ ID、行動パターン、インタラクションの相手となる人または物、場所、時間情報のインデキシングが自動的に付与できること。

上記を達成するための各サブテーマの具体的な研究開発目標を以下に示す。

### 3-2-2-1 協調メディアの研究開発

#### ア 協創パートナーによる体験観測技術

- ・展示会場という状況設定において、人間型ロボット単体を対象として、協創パートナーの基本機能（1. 人間型ロボットが自分自身のセンサによりユーザ体験データの一部を観測できること、2. 人間型ロボットがインタラクション演出のために発話・移動・手振り・身振りの行動を自律的に行えること、3. 人間型ロボットがユーザの触れ方の強弱を区別することができること、の3つの機能）を構築すること。
- ・展示会場という状況設定において、ユーザが興味を持つ展示対象が予め分かっている場合に、その対象に注意を向けるようにするインタラクション演出ができること。

#### イ 複数協創パートナー制御技術

- ・展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、ネットワーク環境と実環境の両方に存在する環境型の複数の協創パートナーが協調してユーザの体験データの一部を観測するとともに、それらについて、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できるようにすること。

#### ウ インタラクション・コーパス構成法

- ・展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、映像、音声、接触、位置などのセンサ情報をもとに、ユーザの行動を観測し、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングが自動的に付与されたインタラクション・コーパス（小単位ごとに意味づけされたインタラクションのデータ）として登録・管理できるようにすること。

### 3-2-2-2 知育メディアの研究開発

#### ア 知育のための感性・技能辞書の構成法

- ・絵画などの美術的な画像制作過程、楽曲の創作・演奏過程、ダンスによる身体表現過程に対して、専門家(3~5名規模)とそれ以外の人々(3~5名規模)との差を、危険率32%以下(線形な統計尺度上の距離が $1\sigma$ 以上)で大分類でき、知育支援に応用可能な感性・技能特徴を明らかにすること。

#### イ 知育体験演出技術

- ・子供でも体験を日記化できるように、日記化に必要な情報を観測しうる協創パートナーの部品として、映像・音声収集機材を埋め込んだユーザ携帯型「ぬいぐるみ」やユビキタス・センサ・ルーム内での個別ユーザの行動を捉える視覚・聴覚センサおよびIDタグ、心拍等の生体情報を違和感無く採取する接触型センサ、などを試作すること。
- ・2~4名程度の複数ユーザが、要約された自分や他人の体験の内容を共有できるように、体験エピソードを空間的に配置する自由度の高い知育メディア環境を提案すること。

### 3-2-2-3 五感メディアの研究開発

#### ア 体験における五感への再現提示の特定

- ・触覚において、直接刺激としての歩行・触・弛緩／緊張の再現および、間接刺激としての温湿風空間再現の動作確認装置を試作すること。  
**(歩行感覚)** 一方向から 90 度程度の範囲に回った感覚が再現できる装置を試作すること。
- (力覚)** 平面ディスプレイ上で指先のガイドができる 3N(ニュートン)程度の力覚を感じる装置を試作すること。
- (弛緩／緊張)** 振動刺激により、10 種程度の情報提示ができる装置を試作すること。
- (温湿風空間再現)** 2～3名の被験者に異なる温湿風空間を提示できる装置を試作すること。
- ・**(評価)** 試作装置を用いて主観評価を行い、その感覚再現の効果を明らかにする。歩行においては一方向歩行からの改善と実歩行とを評価すること。力覚では指先のガイドが容易な力覚制御方法を見つけ出すために主観評価をすること。弛緩／緊張では、振動子を腕、手、足に装着し、これらの組合せで手足の上げ下げのインタラクシオン演出ができることを示すこと。温湿風空間再現では異なる 3 人が並んだ状態で特定の個人だけに温湿風情報を送れたかを主観評価で確認すること。
- (視覚との相関関係)** 触覚における歩行感覚、力覚、弛緩／緊張、温湿風空間再現について、生体・身体情報に応じた視覚と組み合わせを行い、相関関係とその効果を明らかにすること。

#### イ 五感情報の認識・理解・変換技術

- ・ユーザの体験を観測して、人物の行動および顔／口の動きをパターン認識・理解する方法を提案すること。  
カメラが移動する撮影法でも人物の行動を 80%程度の認識、5 種類（歩く、走る、止まる、立つ、座る）程度の行動を理解できること。また、人間型ロボットのインタラクシオン演出に反映できるために、顔／口の動きの認識において、実時間（30 フレーム／秒）のレスポンスが実現できること。
- ・統計的パターン認識法と ID センサとを併用する自動ラベル付け法を提案すること。

上記の人物の行動のパターン認識・理解が、項目「ア. 協調メディアの研究開発」で行った ID センサとの自動インデキシングと相補関係を示す。

### 3-2-2-4 体験共有コミュニケーションの研究開発

#### ア 個人認知モデルの研究

- ・ユビキタス・センサを用いて得られた音声言語、表情、視線、ジェスチャ、身体情報のマルチモーダル・データ（10 人・時間）をもとにして、体験共有コミュニケーションにおける個人の会話参加状態およびインタラクシオン共感性に関する情報認知過程の分析手法を提案すること。

- ・インタラクション・コーパスの基本仕様として、個人の会話参加状態・インタラクション共感性に関する情報項目を提案し、個人による体験情報を表現するために、ユビキタス・センサを用いて得られた 100 人・時間程度の音声言語・表情・視線・ジェスチャ・身体情報の中でどの要素が優位な情報項目であるかを確認すること。

#### イ 協調認知モデルの研究

- ・人間がインタラクション・メディアを用いて体験共有による協調活動を行うための模擬的環境を開発し、体験共有コミュニケーションにおける集団的情報評価および外的情報資源の共同利用に関する協調認知過程の分析手法を、ユビキタス・センサを用いて得られた音声言語、表情、視線、ジェスチャ、身体情報のマルチモーダル・データ（10 人・時間）をもとにして提案すること。
- ・インタラクション・コーパスの基本仕様として、協調的情報評価・外的情報資源共同利用に関する情報項目を提案し、集団による体験情報を表現するために、100 人・時間程度の音声言語・表情・視線・ジェスチャ・身体情報の中でどの要素が優位な情報項目であるかを確認すること。

3-3 研究開発の年度別計画

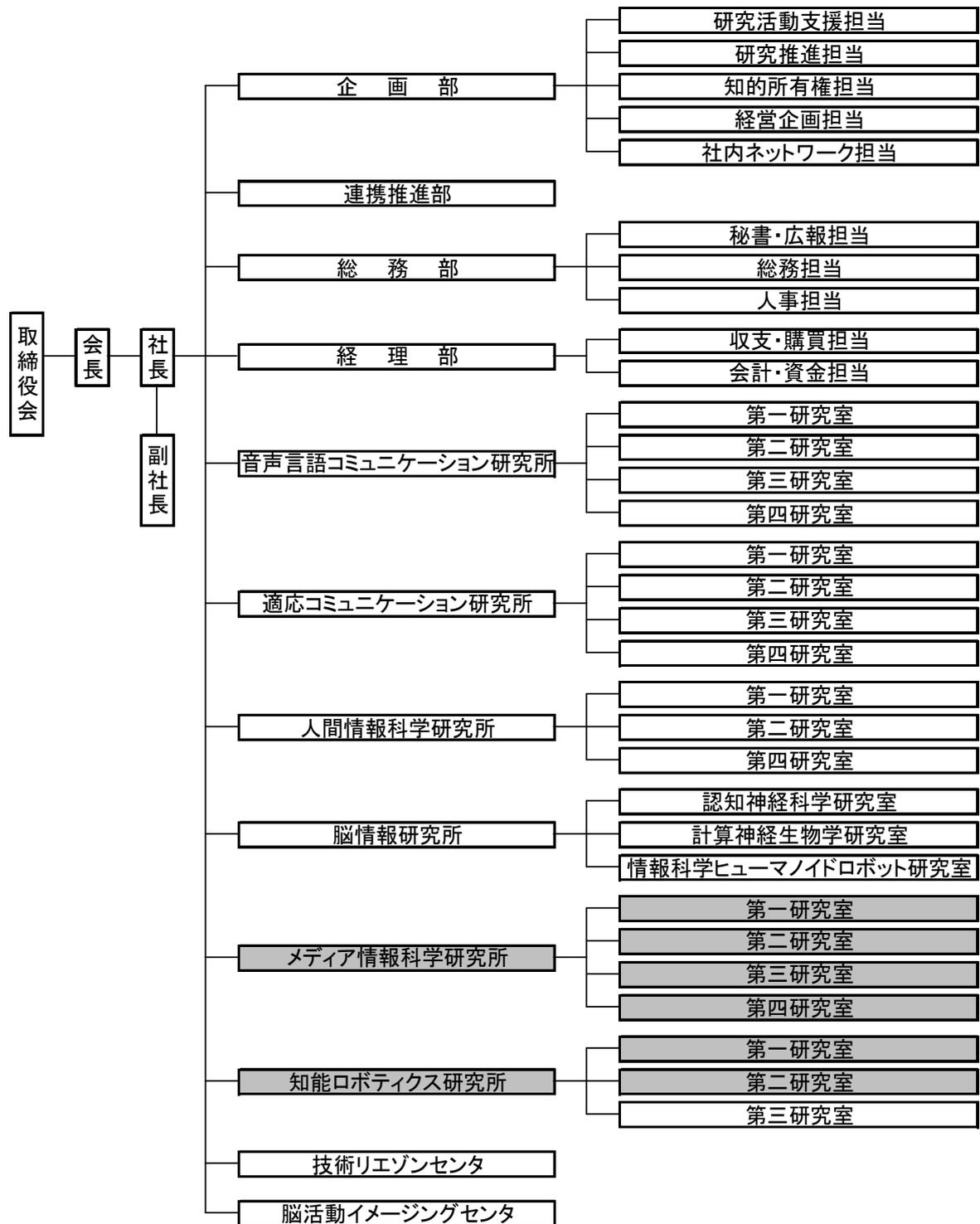
(金額は非公表)

研究開発項目	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度	計	備考
(ア) 協調メディアの研究開発	[基礎検討]	[要素技術開発]	中間評価 ▼	[協調試行]	[統合化]		
	→	→	→	→	→		
(イ) 知育メディアの研究開発	[基礎検討]	[要素技術開発]		[知育試行]	[統合化]		
	→	→	→	→	→		
(ウ) 五感メディアの研究開発	[基礎検討]	[要素技術開発]		[体感試行]	[統合化]		
	→	→	→	→	→		
(エ) 体験共有コミュニケーションの研究開発	[基礎検討]	[要素技術開発]		[モデル化]	[統合化]		
	→	→	→	→	→		
小計							
間接経費							
合計							

- 注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。  
 2 備考欄に再委託先機関名を記載  
 3 年度の欄は研究開発期間の当初年度から記載。

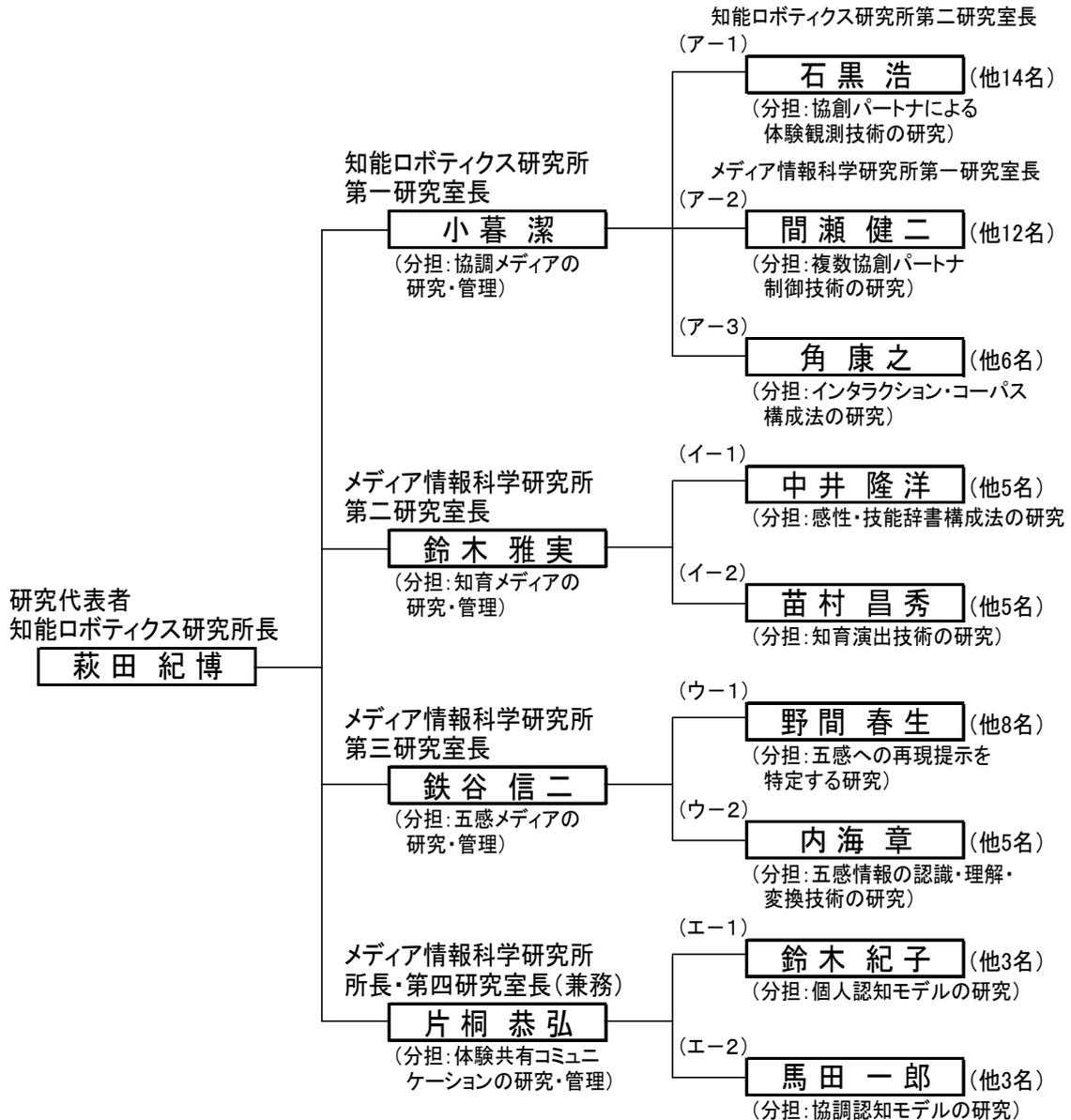
### 3-4 研究開発体制

#### 3-4-1 研究開発管理体制(平成16年3月31日時点)



### 3-4-2 研究開発実施体制(平成16年3月31日時点)

以下に研究開発実施体制を示した。各サブテーマ担当者の左には(ア-1)等のサブテーマの項番を付記した。



### 3-4-3 研究実施場所

〒619-0288 京都府相楽郡精華町二丁目2番地2  
株式会社 国際電気通信基礎技術研究所 内

## 4 研究開発の概要（平成 15 年度まで）

### 4-1 研究開発実施計画

#### 4-1-1 研究開発の計画内容

本研究開発課題は、超高速インターネットとユビキタス情報環境の利点を活かし、人々の体験を自動的にデータ形式に変換でき、インターネットを介して、他の人々もその体験を共有できる、新しい「体験共有コミュニケーション」のプロトタイプを開発することを最終目標とする。また、この枠組みの中で、子供らへの知育を目的に、その体験を分かりやすい日記の形に自動変換する技術および技能を体験学習できる技術を開発することも最終目標とする。

そのために、五感・生体・身体情報の中で、現在インターネットで主に使われている文字、音、映像以外にどの情報をデータ形式に付け加えられるかという「機能性」の課題、簡易に体験を他人が使えるデータ形式に自動変換できるかという「操作性」の課題、子供らへの知育を目的に体験データが流通する「発展性」の課題、体験共有コミュニケーションが社会に受け入れられるかという「社会性」の課題の、4つのサブテーマを設定し、新しいインタラクション・メディアの基盤技術の研究開発を行う。

平成 14 年度は、中間目標の達成にむけて、各サブテーマの研究開発を計画通りに進めた。特に、体験共有コミュニケーションの実験環境として、全てのサブテーマが関係するユビキタス・センサ・ルームを構築して、画像、音声情報に限った範囲ではあるが、複数人の体験をデータ形式に自動変換すること、それらの要約情報をビデオ要約形式で自動的に表示することなどが可能であることを実験で確かめ、本研究課題の最終目標を達成するための第一歩を踏めた。また、これらの実験を通じて、各サブテーマについて、いくつかの課題も明らかになった。15 年度は、これらの 14 年度の成果および課題を中間目標達成に繋げるために、各サブテーマについて、次のように計画する。

#### ア 協調メディアの研究開発

##### ア-1 協創パートナーによる体験観測技術

中間目標を達成するために、(a) 人間型ロボットがユーザ体験データの一部を観測できること、(b) 人間型ロボットがインタラクション演出のために発話・移動・手振り・身振りの行動を自律的に行えること、(c) 人間型ロボットがユーザの触れ方の強弱を区別することができることの実現をめざして研究開発を進めている。

(1) 上記 (a) に関しては、14 年度にロボットに人間用のセンサを装着することにより視覚・聴覚センサでユーザ体験データの一部を観測できるようにしたが、今年度はロボットが持つセンサを使用して同様のことを行えるようにすることをめざす。

(2) 上記 (b) に関しては、自律的行動を記述するためのソフトウェア開発環境「エピソードエディタ」を開発しているが、さらに別のアプローチとして、演出を示すおおまかなシナリオを与えると、ロボットがこれに沿った行動を自動的に付加できるような枠組みの構築をめざす。エピソードエディタのようなソフトウェア開発環境は研究開発自身を加速するとともに、心理学者のようなロボット工学以外の

研究者がロボットを購入する際にソフトウェア開発環境を重要視していることから成果展開による収益性の向上につながる。そこで、エピソードエディタのβ版を作成し、いくつかの外部機関に利用してもらい、成果展開に向けた問題点を洗い出す。

(3) 上記(c)に関しては、触覚コミュニケーションの機能を強化する。具体的には、柔らかい皮膚素材で全身の大部分を覆われ、その下にユーザの触れ方の強弱を区別することができる分布型触覚センサを持つ人間型ロボットを試作する。

(4) 収益性を高めるためには、上記のような機能が多様な形式の人間型ロボットに移植可能であることが望まれる。そのような移植を容易にするための制御の枠組みを検討し、人間型ロボットに実装する。このような枠組みは、経済的波及効果を高める、ロボットの動作記述の標準化に結びつく重要な技術である。

(5) 人間型ロボットによるインタラクション演出の効果を実験的に検証する。具体的には、ユビキタス・センサ・ルームと人間型ロボットを連携し、ユーザの特徴に応じた演出を人間型ロボットが行う場合とそうではない場合の体験データ日記の比較分析を行う。

## ア-2 複数協創パートナー制御技術

展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、ネットワーク環境と実環境の両方に存在する環境型の複数の協創パートナーが協調してユーザの体験データの一部を観測するとともに、それらについて、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できるようにすることという中間目標達成のために、複数のぬいぐるみ型ロボットインタフェースを利用したシステム、電話エージェントシステムなどの研究開発を通して各種の協創パートナーを開発してきた。今年度は、以下を行う。

(1) これまでに開発した、これらの協創パートナーを含むユビキタス・センサ・ルームと人間型ロボットを組み合わせて、ユーザの体験データについて人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できることをめざす。

(2) 前項を行うことにより、複数の協創パートナーを制御する分散型体験観測方式を確立し、互いに協調して体験データの観測を可能にすることという最終目標達成のための問題点を洗い出す。

## ア-3 インタラクション・コーパス構成法

展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、映像、音声、接触、位置などのセンサ情報をもとに、ユーザの行動を観測し、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングが自動的に付与されたインタラクション・コーパス(小単位ごとに意味づけされたインタラクションのデータ)として登録・管理できるようにすることという中間目標の核となる部分は既にユビキタス・センサ・ルームの構築により達成されている。今年度は、その完成度を高めるとともに、個々の協調パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベースを構築することという最終目標に向けた研究開発を前倒し的に進める。すなわち、複数の協調パートナー

が観測したインタラクション・コーパスとして収集された複数のユーザの体験データを解釈し、体験を共有したユーザ間の視点の共有によりインタラクション・コーパスを統合する方法の構築を目指す。具体的には、他のユーザが体験共有できるインタラクション・コーパスが登録・管理されたことを明らかにするためにまず個人のコーパスデータを自由に閲覧し分析に利用できるコーパス・ビューワを試作する。さらに複数ユーザの体験間の時空間の同時性を利用し、互いの視点に乗り移りながら他人の体験記録も閲覧できるように、コーパス・ビューワを拡張する。また、複数のカメラによって記録された体験ビデオデータを利用して、任意の体験時空間を3次元仮想空間として再現するアプローチをとり、複数ビデオデータを意味的整合性に基づき時空間的に配置して任意時空間の映像を生成するシステムを試作する。

## イ 知育メディアの研究開発

### イ-1 画像・映像制作に対する知育環境の構築

本サブテーマでは、絵画などの画像制作、楽曲の創作・演奏、創作ダンスによる身体表現を対象として、それぞれの知育支援に応用するために感性・技能辞書構築法を検討してきた。この結果、中間目標で明らかにすることとした感性・技能特徴の候補がいくつか得られている。15年度は中間目標の達成を果たすべく、それぞれ以下を実施する。

#### (1) 絵画などの画像制作

専門家やそうでない人々の線画制作過程を、試作した「線画制作過程計測・再現装置」を用いて観測し、線の太さや揺らぎなどを変化させて再現した結果に対する印象評価実験を実施して、良い印象を導くような感性・技能の特徴を明らかにする。次に感性・技能特徴を利用して、ユーザの表現に最も近い良好な制作例を描画パネル上に手本として提示する手法の検討を行う。

また、画像内オブジェクトの材質感についても、その物理的な観測量と印象との対応関係を解析して良い印象を導くような感性特徴を明らかにする。そして、写真などの画像のテクスチャを置き換えて様々な画風の画像に変換できるアルゴリズムのパラメータ設定に、この感性特徴を適用し、容易に自分の望む画風の画像に変換できるインタフェースを検討する。

#### (2) 楽曲の創作・演奏

試作した「楽曲創作支援システム」および「身体装着型インタラクティブ楽曲演奏装置」を用いて、専門家やそうでない人々の試行過程を様々な状況で観測し、その創作・演奏過程における時空間的な観測量と、その創作・演奏結果に対する聴衆(評定者)の印象との対応関係を調べる。専門家とそうでない人々との違いが顕著に表れる事例を選別し、知育支援に応用する感性・技能の特徴として利用する。これらの応用技術として、下記のインタラクティブ・ダンスシステムなど他の知育メディアと連携させ、互いの表現力の向上が図れないかについても検討する。

#### (3) 創作ダンスによる身体表現

ダンスによるユーザのイメージ表現を支援するインタラクティブ・ダンス装置への実装技術として、これまでに「全身シルエット映像の様々な物理量を結合してイメージを推定する手法」を開発したが、推定したイメージが誤りであった事例を減らして、よりユーザへの支援効果が高まるように、身体部位の各形状と動きの物理

量を対象に加えて検討を行う。これによるイメージ推定結果の改善を検証し、イメージ推定に大きく寄与する主要因を感性・技能特徴として示す。

## イー 2 知育体験演出技術

中間目標で試作することとした「子供でも体験を日記化できるように、日記化に必要な情報を観測しうる協創パートナーの部品」については、これまでに、センサぬいぐるみやユビキタス・センサ・ルーム内の各種センサの試作および使用実験が「協調メディアの研究開発」で行われ、これらを当該部品として利用できる目途が付いている。15年度は、これらを用いて実際に体験日記を作成するのに必要な情報の観測が可能であるかを検証するとともに、他にも心拍等の利用可能なデータの観測用部品についても検討を行う。

また、知育支援ツールとしてハード面がほぼ整備された「楽曲創作支援システム」と「体感型 Web 検索システム」については、中間目標に設定した「2-4名程度の複数ユーザが、要約された自分や他人の体験の内容を共有できるような、体験エピソードを空間的に配置する自由度の高い知育メディア環境」として提案できるように、それぞれ以下を実施する。

### (1) 楽曲の創作・演奏

試作した「楽曲創作支援システム」を使用して、実際に大人や子供、専門家やそうでない人々に楽曲創作を体験してもらう際に、初期提示する楽曲のサンプル・フレーズやフレーズの改変手段の違い、楽曲フレーズの特徴に合わせて形状や動きが変化して提示される3D映像オブジェクトの設定の違い、すなわち体験演出手法の違いによって、ユーザの使用感および創作結果の印象がどのように変わるかを調べる。その結果を定量的に把握し、大半のユーザが有意に良好な印象を抱くような演出手法を見出す。また、複数のユーザが共同で創作できる機能についても検討する。これらが実現されると、ユーザが楽曲の創作過程で見聞きした事例の内、好ましい物だけを当該インタラクション空間上に思い通りに配置でき、その創作体験を複数のユーザが共有できることになる。

### (2) インターネット等からの情報収集

複数ユーザが同時使用可能な「体感型 Web 検索システム」の情報検索インタラクション機能の設定を数種類用意し、それぞれを情報検索に習熟した人々や習熟していない子供達など、様々なユーザに使用してもらう。その際に観測された「求める情報への到達時間」「試行錯誤の回数」や、使用感の聞き取り結果に基づいて、用意した設定の中から最も適切なインタラクションの組合せを見出す。さらに、協創パートナー等を用いて収集された情報を要約して体験日記用にコンテンツ化したものを、この体感型の情報検索システム上で自由に配置できるような機能を付加する。これが実現されると、ユーザがインターネット等から収集したり自ら体験して得た情報の中から、欲しい物だけを当該インタラクション空間上に思い通りに配置でき、その過程を他のユーザも同時に体験できることになる。

## ウ 五感メディアの研究開発

### (1) 直接刺激

力覚提示が可能な電子机「Proactive Desk」(14年度成果)は、具体的なアプリケーションの実装を進めると共に、複数の物体を同時に駆動できるようなシステム

に改良し、力覚フィードバックを完成させる。力覚と視覚との融合性の評価を行う。

体性感覚への出力として、任意方向に歩ける方法として、フットパッド式（足乗せ台連続提示法）の装置を試作し、基本原理の確認、動作の検証を進める。同時に、一方向ベルトにより、映像と歩行感覚の基礎評価を進め、安定した歩行のためのベルト駆動方法のアルゴリズムを実現する。任意方向の歩行には、90 度程度の範囲で回れる感覚を再現する。それらを元に視覚との相関関係に着手する。

振動刺激を用いた情報提示の取り組みとして、身体の動きの情報を全身に離散的に配置した振動子を制御することにより、映像と組み合わせて、体操等の動きを指示できる手法についての基礎検討に着手する。

## （2）間接刺激

温湿風環境の構築として、空気砲を利用することと、画像処理により人の顔のトラッキングで人の動きに合わせて、エアコンディションを再生することを検討する。同時に、空気砲の安定した搬送条件を明確にする。また、搬送するものとして、温風、湿気、風に取り組む。

全体の中間目標における五感メディアの研究での追体験の操作を可能にする観点から、力覚提示、匂い・温湿風の搬送環境、歩行感覚等の従来にない感覚体験を実現することが可能となる。

## ウー 2 五感情報の認識・理解・変換技術

### （1）人物の認識・理解の研究

手持ち（可搬）カメラによる撮影画像や屋外シーンなど一般環境下での使用を想定した人物検出・追跡アルゴリズムとして、14 年度に提案した画素値分布に基づく統計モデルによる方法を発展させ、背景運動モデル等と組み合わせて検出精度の向上（人物の行動を 80% 程度の認識）をはかる。さらに PC クラスタを用いた処理の分散化により、実時間処理が可能な人物検出・追跡システムを実装し、アルゴリズムの検証（5 種類（歩く、走る、止まる、立つ、座る）程度の行動の理解）および評価を行う。

また、自動カメラ校正アルゴリズムとの組み合わせによる手持ちカメラを使ったシーンの三次元情報の取得についても検討し、新規アルゴリズムを提案する。手を使った物体操作の検出結果を利用したマンマシンインタフェースの構築について基礎検討を進め、試作システムを構築する。システムの改良等の検証を進めることができれば、人物の動作の中間目標を達成できたことになる。

### （2）人物の動き計測の研究

人物の動きの基本となる顔と目の検出、追跡のロバスト化に引き続き取り組む。現状は肌色を利用しているため照明環境の変化にたいするロバスト性が課題である。14 年度提案の 6 分割矩形フィルターは肌色情報を必要としないため、この方向で安定した技術の確立を目指す。またマルチスケール、マルチフェイスの検出追跡の研究への発展の足掛かりを確立する。一方、現状の目と鼻の検出追跡システムをベースに口の形状のリアルタイム追跡の課題を追求し、ジェスチャー認識の可能性を高める。このように、マルチスケール、マルチフェイスの検出追跡ができることで、中間目標の実時間（30 フレーム/秒）のレスポンスが実現できることになる。人物の行動を分類するためのウェアラブル入力装置を 14 年度に開発したが、被験者となる看護師の作業において、サイズが大きく、重量があるので、さらなる

コンパクト化を図る。人の行動を認識・理解するために、ウェアラブル入力装置の改善ができ、少なくとも数種類の作業パターンに分類できれば、中間目標を達成できたことになる。さらに、人物の行動および顔／口の動きをパターン認識・理解で、項目ア. 協調メディアの研究開発した ID センサとの自動インデキシングにおける相補関係を示す。

全体の中間目標における五感メディアの研究での体験データの観測を可能にする観点から、人物の検出・追跡、顔の検出・追跡、特定課題の行動の分類等で、体験の基本的な観測が可能となる。

## **エ 体験共有コミュニケーションの研究開発**

### **エー 1 個人認知モデルの研究**

ユビキタス・センサ環境を利用した複数人会話マルチモーダル・コーパスの収集および分析とを行い、会話への参与構造の動的変化過程の分析手法を開発する。人間と協創パートナーとの音声対話インタラクションにおけるパラ言語情報による共感性成立過程の実験的分析を進める。これらの分析・実験を通じて、個人に関するマルチモーダル情報の統合によるインタラクション・コーパスの構築のための標準的記述法の検討を行う。

### **エー 2 協調認知モデルの研究**

インタラクション・メディアを用いた体験共有による協調活動のための模擬的環境として構築した協創パートナー型グループ協調環境の上で、協調的インタラクション・データを収集し、社会的要約法として提案した分析手法に基づいて協調認知過程の分析を行い、その有効性を確認する。描画メディア介在型の人間同士の協調的インタラクション・データの収集を進め、インタラクションにおける情報交換の協調認知過程の分析手法の検討を進める。これらの分析・実験を通じて協調に関するインタラクション・コーパスの構築のための標準的記述法の検討を行う。

4-1-2 研究開発課題実施計画

(金額は非公表)

研究開発項目	第1四半期	第2四半期	第3四半期	第4四半期	計	備考
ア 協調メディアの研究開発						
ア-1 協創パートナーによる体験観測技術	基本設計		装置試作	検証実験		
ア-2 複数協創パートナー制御技術	基本設計		装置試作	検証実験		
ア-3 インタラクション・コーパス構成法	基本設計		装置試作	検証実験		
イ 知育メディアの研究開発						
イ-1 知育のための感性・技能辞書の構築法	過程観測	要因解析	辞書試作	実効性検証		
イ-2 知育体験演出技術	装置改修	機能評価	効果解析	機能改善		
ウ 五感メディアの研究開発						
ウ-1 体験における五感への再現提示の特定	基本設計	予備実験	装置試作	検証実験		
ウ-2 五感情報の認識・理解・変換技術	基本アルゴリズム検討		動作評価	改善実験		

エ	体験共有コミュニケーションの研究開発					
エー1	個人認知モデルの研究	コミュニケーション	データ収集	データ分析	モデル検討	
エー2	協調認知モデルの研究	実験環境整備	データ収集	データ分析	モデル検討	
	小計					
	間接経費					
	合計					

- 注) 1 経費は研究開発項目毎に消費税を含めた額で計上。また、間接経費は直接経費の30%を上限として計上(消費税を含む)。  
(合計の計は、「3-1の研究開発課題必要概算経費」の総額と一致)
- 2 備考欄に再委託先機関名を記載。

## 4-2 研究開発の実施内容

中間目標の達成にむけて、各サブテーマの研究開発を計画通りに進めた。特に、体験共有コミュニケーションの実験環境として、全てのサブテーマが関係するユビキタス・センサ・ルームを構築して、画像、音声情報に限った範囲ではあるが、複数人の体験をデータ形式に自動変換すること、それらの要約情報をビデオ要約形式で自動的に表示することなどが可能であることを実験で確かめ、本研究課題の最終目標を達成するための第一歩を踏めた。また、これらの実験を通じて、各サブテーマについて、いくつかの課題を明らかにしてきた。15年度は、これらの14年度までの成果および課題さらに発展させ、

- (1) 視覚と音声を中心にした五感・生体・身体情報の中で観測できる情報を用いて体験データを観測・体験共有する場合に、操作性を向上するインタラクシオン演出が可能な協創パートナー、および体感的な提示が可能な知育メディア環境を開発すること。
- (2) 展示会場という状況設定において、映像、視覚と音声、位置を中心にした情報を用いて表現できる体験データに対して、体験共有コミュニケーションの知見を考慮して、ユーザ ID、行動パターン、インタラクシオンの相手となる人または物、場所、時間情報のインデキシングが自動的に付与できること。という中間目標を達成した。

### 4-2-1 協調メディアの研究開発

#### ア 協創パートナーによる体験観測技術

中間目標を達成するために、(a) 人間型ロボットがユーザ体験データの一部を観測できること、(b) 人間型ロボットがインタラクシオン演出のために発話・移動・手振り・身振りの行動を自律的に行えること、(c) 人間型ロボットがユーザの触れ方の強弱を区別することができることの実現を目指して研究開発を進めた。具体的には、赤外線 ID タグ、赤外線 ID センサ、CCD カメラの追加による人間型コミュニケーション・ロボット Robovie-II の拡張、ソフトウェア開発環境「エピソード・エディタ」の継続開発、人間型コミュニケーション・ロボット Robovie-IV の開発、人間型コミュニケーション・ロボットのインタラクシオン演出の効果の検証、ソフトウェア開発環境「シナリオ・エディタ」の開発を行った。以上により中間目標を達成した。

#### イ 複数協創パートナー制御技術

展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、ネットワーク環境と実環境の両方に存在する環境型の複数の協創パートナーが協調してユーザの体験データの一部を観測するとともに、それらについて、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できるようにすることという中間目標達成のために、今年度は、これまでに開発した、協創パートナーを含むユビキタス・センサ・ルームと人間型ロボットを組み合わせて、ユーザの体験データについて人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できる技術を確立した。また、この過程をとおして、複数の協創パートナーを制御する分散型体験観測方式を確立し、互いに協調し

て体験データの観測を可能にすることという最終目標達成のための問題点を洗い出すことができた。以上により中間目標を達成した。

#### ウ インタラクション・コーパス構成法

展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、映像、音声、接触、位置などのセンサ情報をもとに、ユーザの行動を観測し、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングが自動的に付与されたインタラクション・コーパスとして登録・管理できるようにすることという中間目標の核となる部分は平成14年度に既にユビキタス・センサ・ルームの構築により達成されているので、今年度はその完成度を高めるとともに、個々の協調パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベースを構築することという最終目標に向けた研究開発を前倒し的に進めた。

### 4-2-2 知育メディアの研究開発

#### ア 知育のための感性・技能辞書構成法

線描画の制作過程においては、作者が自己表現のために選ぶ線の太さや濃さのパラメータの中から、感性・技能特徴に成りうるものが高い信頼性を持って観測可能であることが明らかとなった。また、楽曲の創作・演奏において、音楽経験に乏しいユーザでも体感的に楽曲フレーズを作成できる楽曲作成支援システム (Augmented Composer: Music Table) を用いて、音楽経験の豊かな専門家とそうでない人との間での創作過程の差異を調べ、両者の作曲パターンの特徴を示すパラメータの決定木を分析した結果、明確な差異が検出された。さらに、ダンスによる身体表現については、ダンス映像から動作特徴量を抽出して、ダンス習熟者とアマチュアとの差を分析し、ダンスの優劣に大きな影響を与えるリズム感が、動作特徴量の周期性を測定することによって推定できることが示された。これらのことから、本課題に関する中間目標は達成された。

#### イ 知育体験演出技術

協創パートナーの一形態としての「ぬいぐるみ」型ロボットを2体使って遠隔コミュニケーションをするシステムを試作し、多数の各種センサにより、映像、音声、ユーザがぬいぐるみの手足を触ってインタラクションした履歴が観測するとともに、無線LANを通じて、他の協創パートナーと通信することが可能とした。また、生体情報計測ユニットを指先に装着することによって、脈拍、皮膚電気活動、温度を観測・記録できる機能により、展示説明者と見学者の間のインタラクションを広く収集し、これらの情報について個人の見学記録が自動生成できることを示した。さらに、複数ユーザで体験内容を共有できる知育メディア環境として、複数ユーザが手や音声を用いて、同時に映像コンテンツを共有可能な「体感型情報共有システム SenseWeb」を開発し、体験エピソードを空間的に配置する自由度の高い知育メディア環境を提案した。

これを用いたマルチユーザ環境での協調的なタスク遂行への効果を検証する実験を行ない、タスク遂行時間の短縮とユーザ満足度の向上が得られた。本年度は、同システムのソフト使用許諾による収益も得られた。このほか、写真を好みの画風の

画像に変換できるアルゴリズム（SIC, Synergistic Image Creator の略）を活用して、感性に訴え、自由度の高いコンテンツを生成する環境を構築し、変換知識の再利用に結びつく事例データの収集を開始した。

#### 4-2-3 五感メディアの研究開発

##### ア 体験における五感への再現提示の特定

五感への再現の取り組みとして、歩行感覚提示、力覚提示、温湿風環境の構築に取り組んだ。平成15年度の目標としては、平成14年度に試作した、歩行感覚提示、力覚提示が可能な電子机、分布型振動触覚提示、空気砲を用いた温湿風提示の実験装置を用いて評価を行い、それぞれの有効性を示すことができた。

##### イ 五感情報の認識・理解・変換技術

五感情報の認識・理解・変換技術の取り組みとして、人物行動の認識・理解に関する研究、人物の動き計測に関する研究、人の頭部追跡に関する研究を進めた。平成15年度は、新たに検討を進めたアルゴリズムや、既に提案したアルゴリズムを改良したアルゴリズムについて、それぞれ評価を行って、それらの有効性を示すことができた。

#### 4-2-4 体験共有コミュニケーションの研究開発

##### エー1 個人認知モデルの研究

体験共有コミュニケーションの個人認知モデルの研究項目においては、中間目標を達成するために、協調メディアの研究サブテーマと連携し、(a) ユビキタス・センサ・ルーム環境を利用したコミュニケーションデータの収集・蓄積手法の開発、(b) 収集したデータを用いた人間のコミュニケーション特性に関する分析手法の提案の研究を実施した。さらにコミュニケーション分析に基づいて、インタラクション・コーパスの基本仕様として、個人の会話参加状態・インタラクション共感性に関する情報項目の提案、およびその有効性の確認の研究を進めた。これらの研究により当初設定した中間目標を十分に達成した。

##### エー2 協調認知モデルの研究

体験共有コミュニケーションの協調認知モデルの研究項目においては、中間目標を達成するために、(a) 描画メディア、協創パートナー等のインタラクション・メディアを介在した人々の協調行動に関するコミュニケーションデータの収集・蓄積、(b) 収集したデータを用いた人間のコミュニケーション特性に関する分析、(c) インタラクション・コーパスのための情報項目の提案の研究を実施した。これらの研究により当初設定した中間目標を十分に達成した。

## 5 研究開発実施状況（平成 15 年度）

### 5-1 協調メディアの研究開発

#### 5-1-1 序論

協調メディアは、本研究開発課題全体の中で、ユーザの体験観測や体験共有におけるインタラクションを制御・演出し、観測した体験をインタラクション・コーパスとして登録・管理する処理を分担する。

ここでは、体験共有コミュニケーションとして広い応用範囲が期待できる、研究発表会や展示会場などでの体験観測・記録を想定して、協調メディアの研究開発を進める。会場を訪れる見学者や発表者などの体験を観測するには、たとえば1つのカメラだけで測定しても、他人が共有できるような十分な体験データを収集することが難しい。そこで、多数のセンサを協調させて体験を観測することになるが、全体のシステムが複雑になって、人がそれぞれを直接操作することはほとんど不可能である。それゆえ、操作性を向上するために協調メディアの技術が必要になってくる。

最初に、協創パートナーによる体験観測技術に関しては、中間目標を達成するために、(a) 人間型ロボットがユーザ体験データの一部を観測できること、(b) 人間型ロボットがインタラクション演出のために発話・移動・手振り・身振りの行動を自律的に行えること、(c) 人間型ロボットがユーザの触れ方の強弱を区別することができることの実現をめざして研究開発を進め、その結果として中間目標を達成した。

次に、複数協創パートナー制御技術に関しては、展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、ネットワーク環境と実環境の両方に存在する環境型の複数の協創パートナーが協調してユーザの体験データの一部を観測するとともに、それらについて、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できるようにすることという中間目標達成のために、今年度は、これまでに開発した、協創パートナーを含むユビキタス・センサ・ルームと人間型ロボットを組み合わせ、ユーザの体験データについて人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できる技術を確立した。また、この過程をとおして、複数の協創パートナーを制御する分散型体験観測方式を確立し、互いに協調して体験データの観測を可能にすることという最終目標達成のための問題点を洗い出すことができた。

最後に、インタラクション・コーパス構成法に関しては、展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、映像、音声、接触、位置などのセンサ情報をもとに、ユーザの行動を観測し、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングが自動的に付与されたインタラクション・コーパスとして登録・管理できるようにすることという中間目標の核となる部分は平成14年度に既にユビキタス・センサ・ルームの構築により達成されているので、今年度はその完成度を高めるとともに、個々の協創パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベースを構築することという最終目標に向けた研究開発を前倒的に進めた。

以下では、協調メディアの研究開発が中間目標を達成したことを示す。

#### 5-1-2 協創パートナーによる体験観測技術

##### a. はじめに

協創パートナーによる体験観測技術の研究開発に関する中間目標である、

- 展示会場という状況設定において、人間型ロボット単体を対象として、協創パートナーの基本機能（1. 人間型ロボットが自分自身のセンサによりユーザ体験データの一部を観測できること、2. 人間型ロボットがインタラクショナル演出のために発話・移動・手振り・身振りの行動を自律的に行えること、3. 人間型ロボットがユーザの触れ方の強弱を区別することができること、の3つの機能）を構築すること。
- 展示会場という状況設定において、ユーザが興味を持つ展示対象が予め分かっている場合に、その対象に注意を向けるようにするインタラクショナル演出ができること。

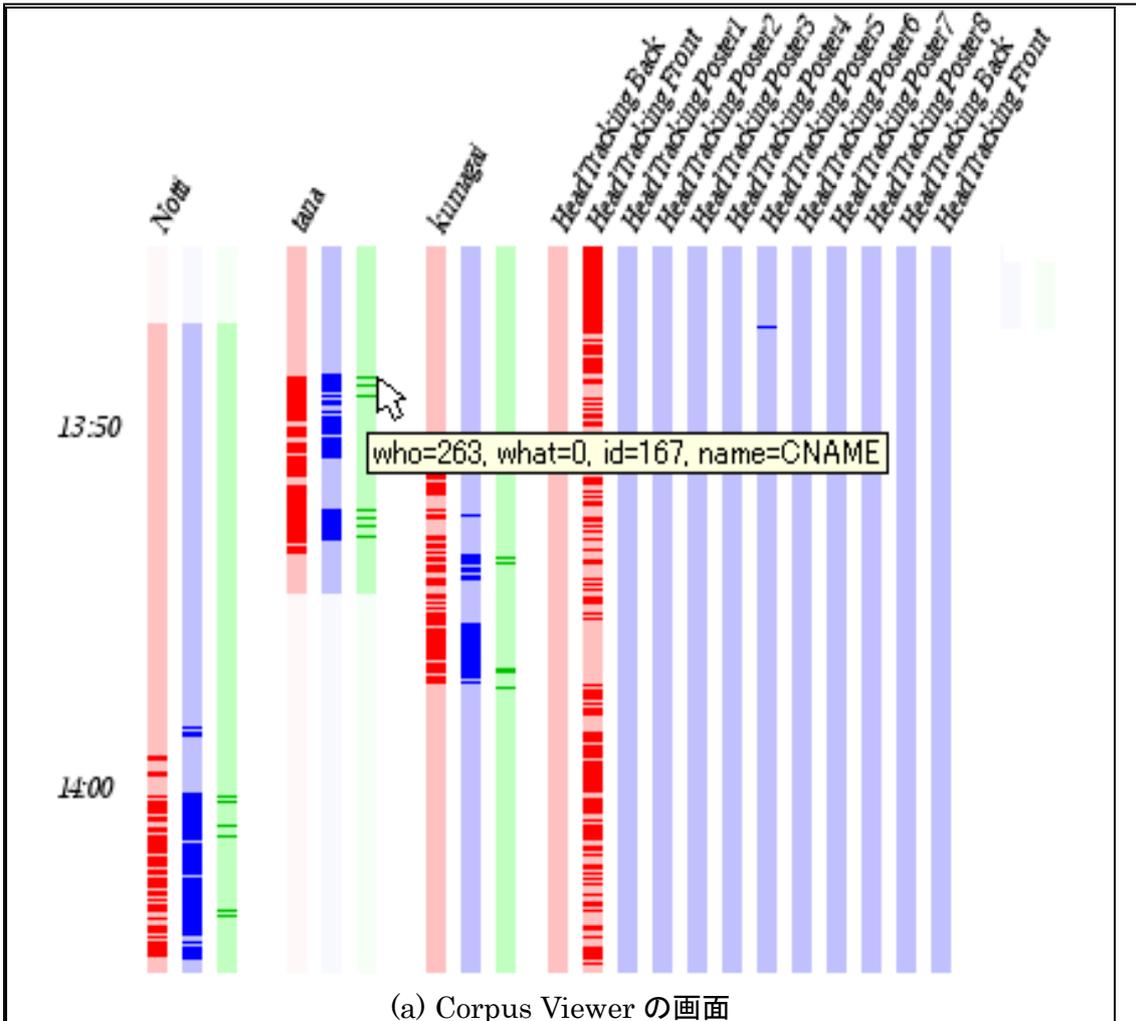
を達成するために、人間型コミュニケーション・ロボット、および、そのユビキタス・センサ・ルームとの連携機能に関して継続開発し、中間目標を達成した。具体的には、人間型ロボット単体に協創パートナーの基本機能「人間型ロボットが自分自身のセンサによりユーザ体験データの一部を観測できること」を持たせるために、人間型コミュニケーション・ロボットによる体験観測技術を継続して開発した。基本機能「人間型ロボットがインタラクショナル演出のために発話・移動・手振り・身振りの行動を自律的に行えること」を持たせるために、ソフトウェア開発環境「エピソード・エディタ」を継続して開発した。基本機能「人間型ロボットがユーザの触れ方の強弱を区別することができること」を持たせるために、全身の大部分を柔らかい皮膚素材で覆われ、その下にユーザの触れ方の強弱を区別することができる分布型触角センサを持つ人間型コミュニケーション・ロボット **Robovie-IV** を開発した。また、インタラクショナル演出に関する中間目標を達成するために、人間型コミュニケーション・ロボットがユビキタス・センサ・ルームと連携し、ユーザの特徴に応じた演出を行う場合の効果の検証を行った。さらに、多様な形式の人間型コミュニケーション・ロボットを開発するためのソフトウェア開発環境「シナリオ・エディタ」を開発した。

#### b. 人間型コミュニケーション・ロボットによる体験観測技術の開発

中間目標の一部である「人間型ロボットが自分自身のセンサによりユーザ体験データの一部を観測できること」を達成するための開発を行った。平成14年度には、人間型コミュニケーション・ロボットに人間用のセンサを装着することにより視覚・聴覚センサでユーザ体験データの一部を観測することの実現可能性を確認したが、今年度はセンサを人間型コミュニケーション・ロボットに追加することなどにより、この目標を達成した。具体的には、既に開発している赤外線IDタグ、赤外線IDセンサ（IRパス・フィルタを備えたCMOSカメラ）、CCDカメラから構成されるユニットを人間型コミュニケーション・ロボット **Robovie-II** に装着するとともに、同様のユニットをユーザに装着することにより達成した。図5.1.2.1に赤外線IDタグ、赤外線IDセンサ、CCDカメラから構成されるユニット（白丸の部分）を装着した **Robovie-II** を示す。

人間型コミュニケーション・ロボット Robovie-II に装着したこれらのセンサ・ユニットにより、ユーザの体験データの一部を観測できること、ユビキタス・センサ・ルームを構成する他のセンサ・ユニットと同様に、ユーザのインタラクション、特に Robovie-II とのインタラクションを分割・分類することができることを確認した。さらには、Robovie-II の振舞い自身も同時に記録することにより、Robovie-II の特定の振舞いに対する、対話相手に関する観測データを検索することを可能にした。図 5.1.2.2 a はインタラクション・コーパスを検索するために開発した Corpus Viewer (後述) の画面の例である。この図で、緑の線は Robovie-II の振舞いを示し、その特定の部分にマウスを移動させ、そのときの Robovie-II の振舞いを表す「who = 263, what = 0, id = 167, name = CNAME」が表示されている。ここで、「who = 263」の部分は Robovie-II が振舞いをした相手を示し、「what = 0」の部分は Robovie-II が情報提供した場合の情報内容を示し (0 は情報提供ではないことを示す)、「id = 167」は Robovie-II の振舞いを示し、「name = CNAME」の部分は Robovie-II の振舞いが対面している人の名前を呼ぶ振舞いの一種であることを示す。この Corpus Viewer を使用することにより、Robovie-II の対面している人の名前を呼ぶ振舞い (CNAME) に対する対話相手の振舞いに観測データを取得することができる。図 5.1.2.2 b と同図 c は、このときの Robovie-II による観測画像と対話相手の装着型クライアントによる観測画像である。





(b) 装着型クライアントからの観測画像



(c) Robovie-II からの観測画像

図 5.1.2.2 Robovie-II による体験観測

### c. ソフトウェア開発環境「エピソード・エディタ」の継続開発

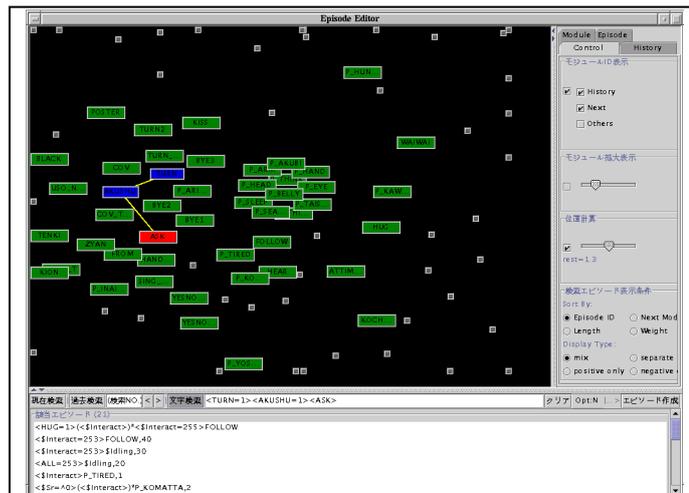
協創パートナーとしての人間型コミュニケーション・ロボットがインタラクション演出のために多彩な発話・移動・手振り・身振りの行動を自律的に行えるようにするためのソフトウェア開発環境「エピソード・エディタ」を継続して開発した(図5.1.2.3)。

平成14年度までに、弊社内での使用に耐えうる「エピソード・エディタ」を開発したが、本年度は外部機関に利用してもらい、評価するためのβ版を作成した。このβ版を外部機関から来ている実習生などに利用させ、外部機関での利用に十分な完成度を持つことを確認した。

### d. 人間型コミュニケーション・ロボット Robovie-IV の開発

最終目標の1つである「単体の協創パートナーとのインタラクションにより、体験データの観測を可能にすること」を達成するために、人間型コミュニケーション・ロボットのこれまでの研究開発で培った技術を統合して備える人間型コミュニケーション・ロボットのプラットフォームとして人間型コミュニケーション・ロボット Robovie-IV を開発した(図5.1.2.4)。

すなわち、音声、手振り、身振り、移動、触覚などによる人間との基本コミュニケーション機能、倒立振り子などバランス制御系による自然な動作生成機能、マルコフ連鎖モンテカルロ(MCMC)法を利用した複数センサ情報統合機能の各機能を統合して装備した。このロボットは平成14年度に開発した Robovie-IIS と同様に、柔らかい皮膚素材で全身の大部分を覆われ、その下にユーザの触れ方の強弱を区別することができる分布型触覚センサを持つ。図5.1.2.5に分布型触覚センサの配置を示す。また、図5.1.2.6にMCMC法に基づく、複数センサによる人物追跡手法を示す。

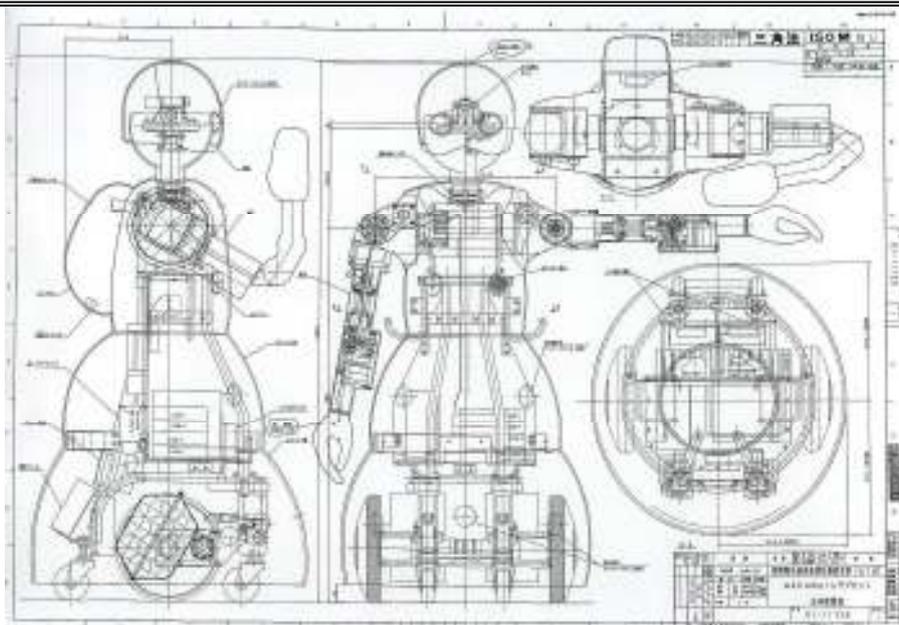


(a) 検索画面



(b)

図 5.1.2.3 エピソード・エディタの画面例



(a) 構成



(b) 前面



(c) 側面

図 5.1.2.4 Robovie-IV

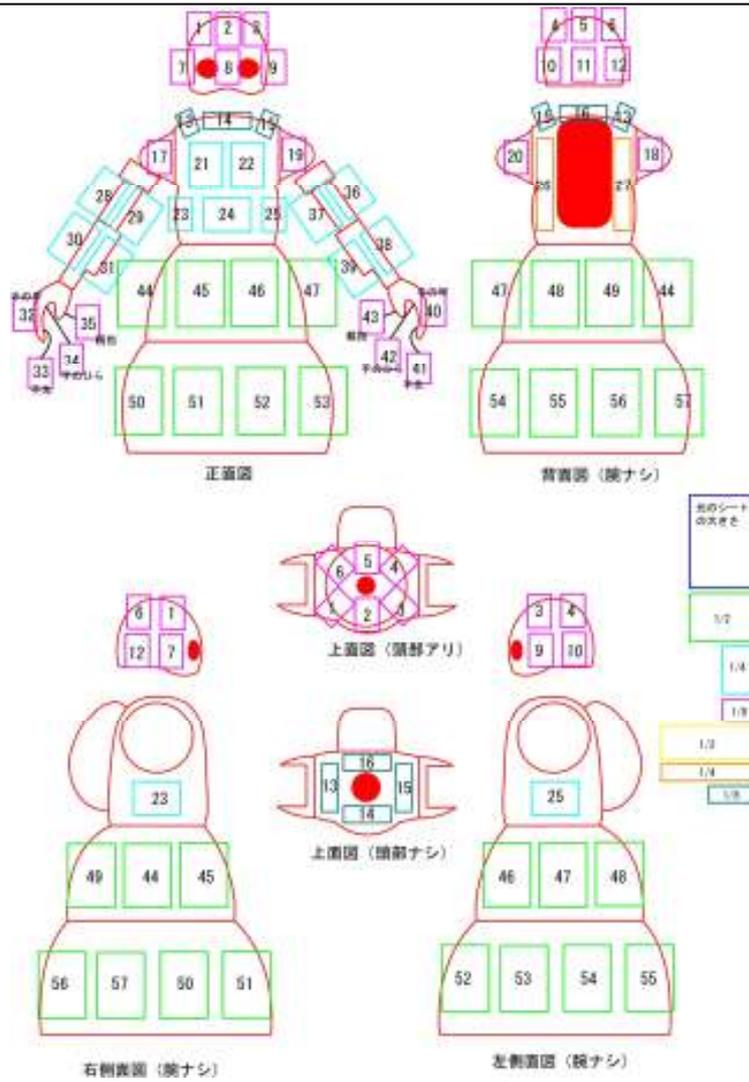


図 5.1.2.5 Robovie-II の分布型触覚センサ

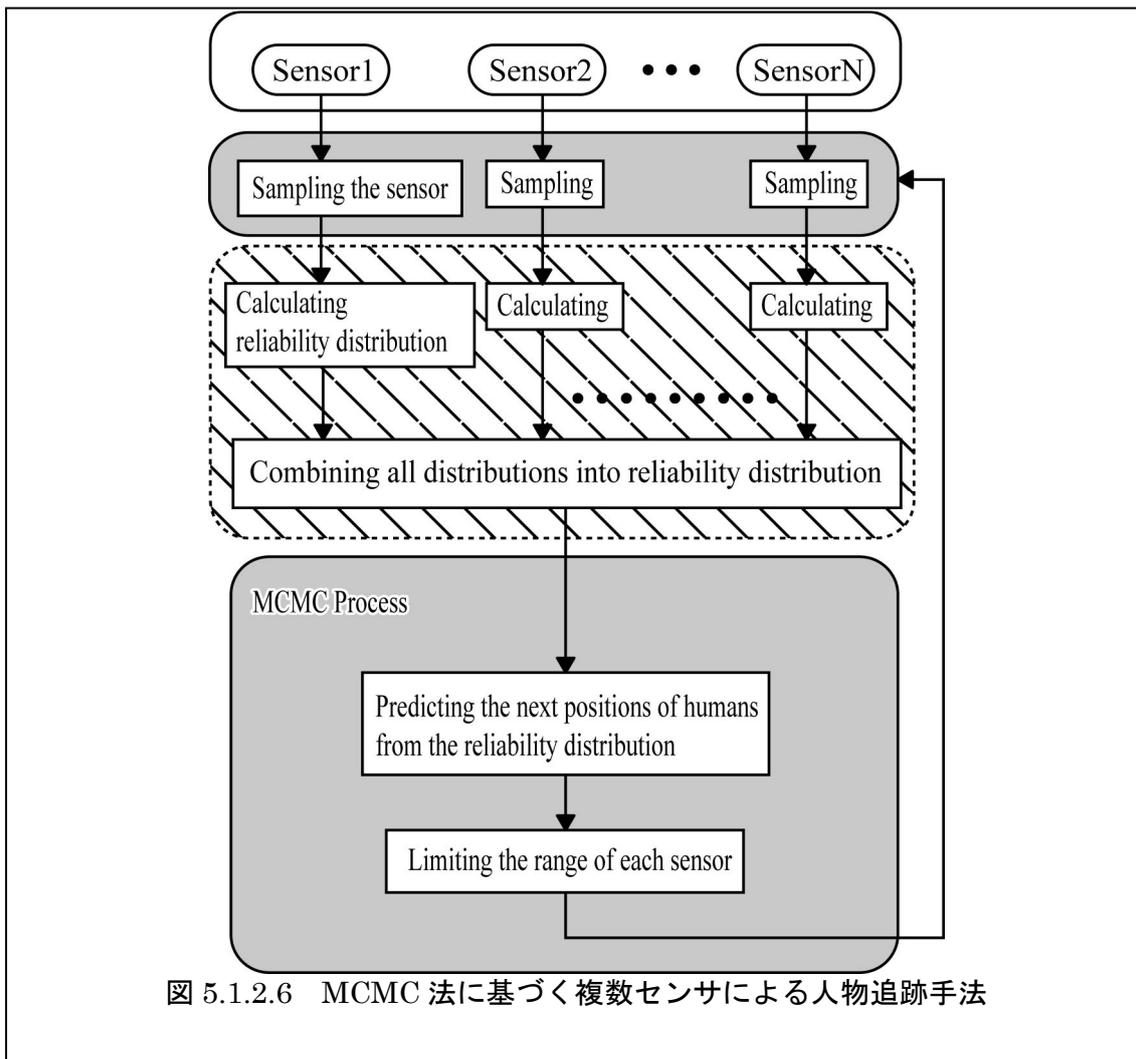


図 5.1.2.6 MCMC 法に基づく複数センサによる人物追跡手法

#### e. 人間型コミュニケーション・ロボットのインタラクション演出の効果の検証

前年度までに開発したソフトウェア開発環境「エピソード・エディタ」と、5-1-2f で述べた人間型コミュニケーション・ロボットによる体験観測技術を利用し、ユビキタス・センサ・ルームが取得した体験データに基づきインタラクション演出を行う機能を人間型コミュニケーション・ロボット Robovie-II 上に実現した。Robovie-II はユビキタス・センサ・ルーム内の人間の行動や人間の分布状況などを記録したデータを効果的に利用することにより、ユーザである見学者の特徴に応じた演出を以下のように行う。すなわち、ユビキタス・センサ・ルーム内のセンサ情報に基づき、Robovie-II は『名前の呼びかけ』（「〇〇さん」といった発話）、『展示ブースに関する話題に関する発話』（「〇〇ブースは人気があるよ」といった発話）、『他の見学者に関する話題に関する発話』（「〇〇さんも同じ展示に興味を持っているよ」といった発話）、『統計的データを利用した話題に関する発話』（「今日は〇〇人の人が来場したよ」といった発話）を行う。これらはそれぞれ Robovie-II の行動モジュールとして構築し、エピソード・エディタを使用して、行動モジュール間のルール（エピソード・ルール）を作成することにより、ある程度の話題の一貫性を維持しながら、見学者ごとに異なる情報提示（パーソナライゼーション）を行うことが可能となっている。たとえば、同一人物に対しては、名前の呼びかけ以外、一度使用した話題を繰り返し行わないようにしている。図 5.1.2.7 に話題の流れを示す。

上記のインタラクション演出の効果を評価するために、2003年11月に開催した弊社研究発表会において、実証実験を行った。この実証実験では、一般来訪者向けの研究成果のポスタ展示のためのユビキタス・センサ・ルーム環境を構築した。この環境内には、Robovie-IIに関するものも含めて、5つの展示ブースが設置された。この環境内で上述の人間型コミュニケーション・ロボット

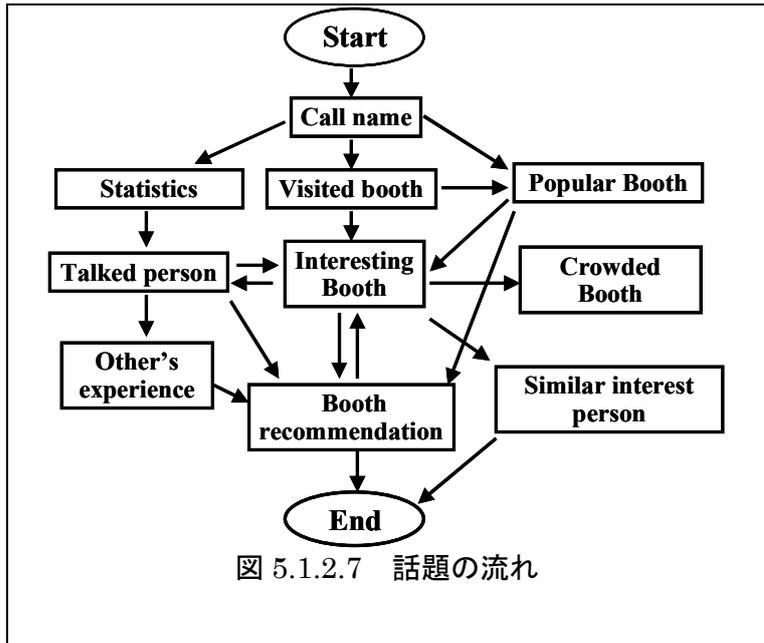


図 5.1.2.7 話題の流れ

Robovie-II にインタラクション演出を行わせた。このインタラクション演出の効果に関して、前述の Corpus Viewer を利用して、ロボットの振舞いに対する反応を検索することにより、振舞いの影響・効果を調査した。

研究発表会は2日間にわたって開催され、171人がユビキタス・センサ・ルームに滞在し、その中で、装着型クライアントを装着したのが105人、バッジ型赤外線IDタグのみを装着したのが78人であった(装着型クライアントとバッジ型赤外線IDタグの両方を試した見学者も存在する)。これらの中で、79名がアンケートに回答した。また、Robovie-IIのブースを見学したのは128人であり、Robovie-IIはそれらの見学者に対して上述のインタラクション演出を行った。このアンケートから、Robovie-IIのブースに最も興味を持ったという回答者が32人(40.5%)、Robovie-IIのブースに最も長く滞在したという回答者が26人(32.9%)という結果が得られた。この結果は、ブース数が5であることから、見学者がRobovie-IIに対して強い興味を持っていたことを示している。また、親しみやすさに関する回答(「1.非常に親しみにくい」から「7.非常に親しみやすい」)平均以上となる評価値4以上の回答者がRobovie-IIのブース見学者69人中45人(65.2%)であった。また、Corpus Viewerを利用した分析から以下の知見が得られた。

- (1) ロボットとの対話の冒頭で対話者の名前を呼ぶことでロボットへの興味を誘うという試みが非常に効果的である。コーパス・データ中の13人全員が自分の名前を呼ばれたことで、何らかの反応を示し、ロボットを注視した(図 5.1.2.8)。

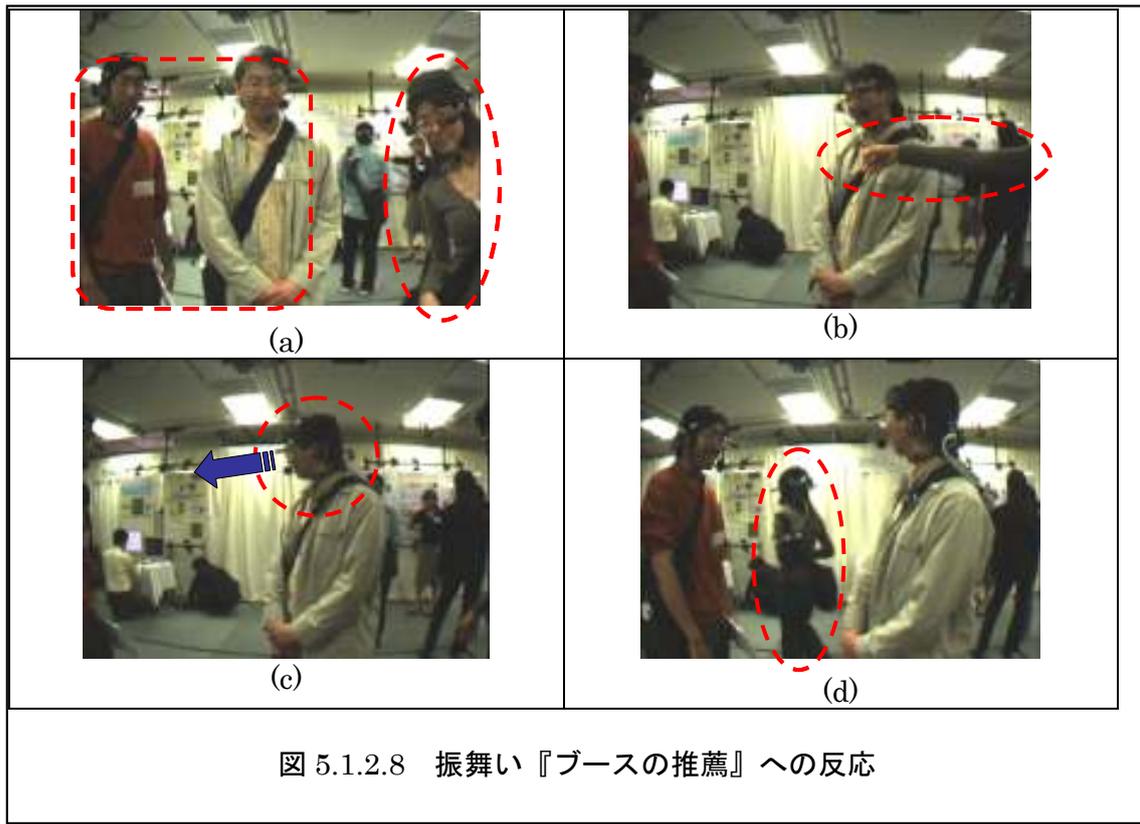


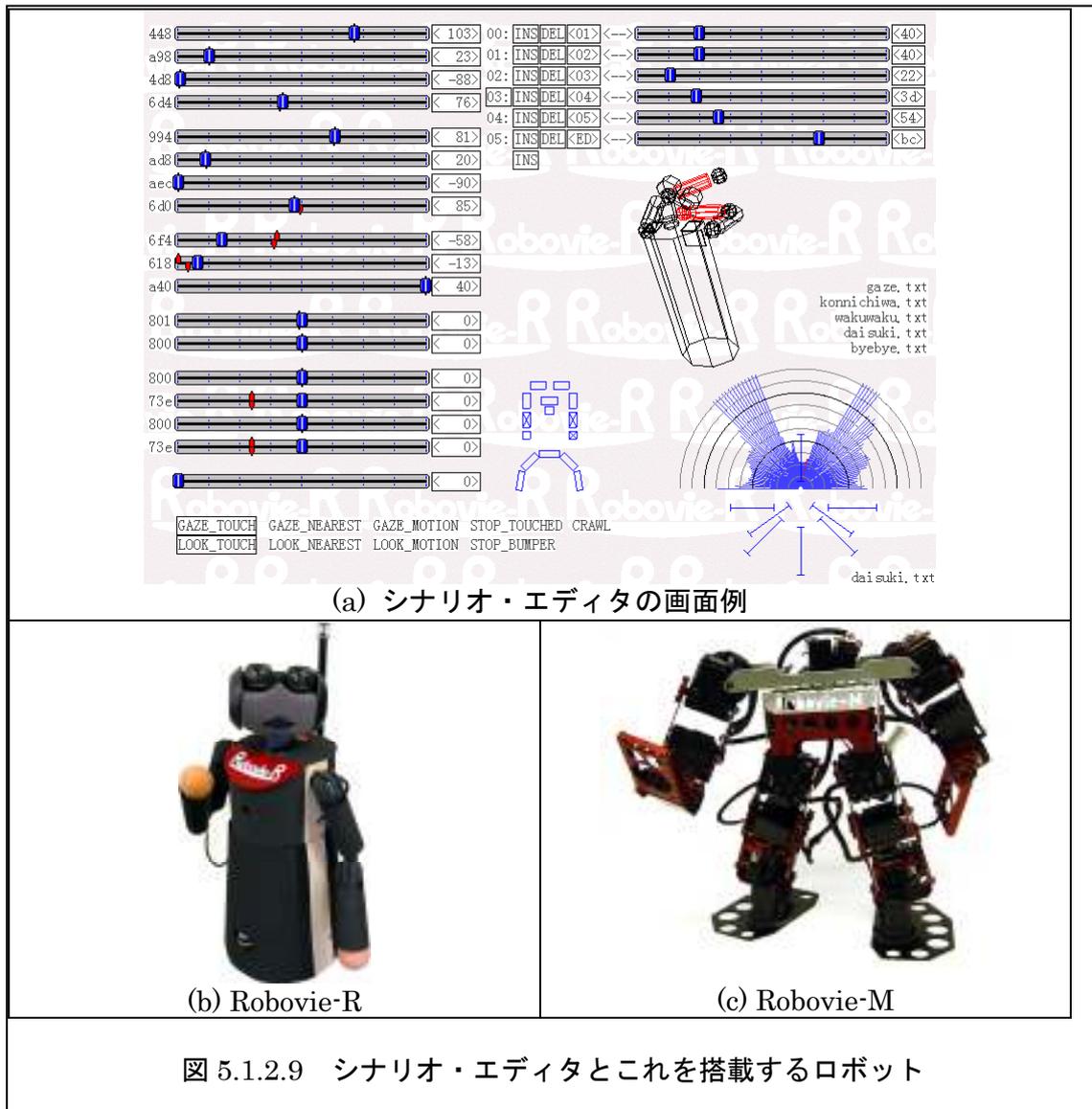
図 5.1.2.8 振舞い『ブースの推薦』への反応

- (2) ロボットが腕や視線を使用して情報を提示し誘導する振舞い『ブースの推薦』に対しては、ロボットが単に情報提示する行動よりも、見学者の反応が良かった。振舞い『ブースの推薦』に対して、ロボットの指す方向を見るなど、見学者が興味を持ったことを示す映像が得られている。
- (3) ロボットが実世界で実体を持つことの有効性を示す結果として、複数人の前でロボットが特定の人物に対して振舞い『ブースの推薦』を行った際に他の人物もロボットの指す方向を見ただけではなく、見学者間で対話が生じたという事例が得られた。図 5.1.2.8 に一例を示す。図 a は **Robovie-II** が一番右の人物に振舞い『ブースの推薦』を行ったときの反応を示す。この後、**Robovie-II** が振舞いを行った相手自身が **Robovie-II** が示した方向を示し (図 b)、他の見学者もこれに反応し (図 c)、他の見学者間のインタラクションが発生している (図 d)。

#### f. ソフトウェア開発環境「シナリオ・エディタ」の開発

人間型コミュニケーション・ロボットに関する収益性を高めるためには、ロボットの様々な機能が多様な形式の人間型コミュニケーション・ロボットに移植可能であることが望まれる。また、人間型コミュニケーション・ロボットのインタラクション演出を容易に実現するためのソフトウェア開発環境も望まれる。このような要請に応えるために、人間型コミュニケーション・ロボットの頭、首、腕などを各部の動作を直感的に編集することができるソフトウェア開発環境「シナリオ・エディタ」を開発した。この開発環境は、(1) ロボットの各関節の状態を指定・編集するロボット・ポーズ編集機能、(2) ポーズの組み合わせとして動作を編集するロボット動作編集機能、(3) ロボットの動作の組み合わせを編集するロボット動作シナリオ編集機能、(4) ロボットの動作を自然に演出する反射動作の **ON/OFF** を設定するロボット反射動作付加機能を有する。特に、インタラクション演出の際には、決

められた動作を実行するための機能として、上記(1)～(3)の機能の実現が不可欠であるが、さらにその動作を自然に演出するためには「触られたところを見る」「近くのものを見る」「障害物をよける」などの反射的な動作も重要となる。しかし、反射的な動作はロボット工学の知識と個々のロボット特性を十分に把握していなければ作ることが困難であった。そこで、本開発環境では、上記(4)の機能として、代表的な反射的な動作、すなわち「触られたところを目で見る／顔を向ける」「もっとも近くのものを目で見る／顔を向ける」「動くものを目で見る／顔を向ける」「触れられたら／バンパーに反応があれば停止する」「障害物をよけて移動する」以上の9個の動作を個々のロボット用にあらかじめ作成し、上記(1)～(3)の機能によってユーザが作成した動作と同時並列に実行することが可能なグラフィカル・ユーザ・インターフェース (GUI) を用意した。たとえば、人に挨拶をするための動作シナリオをユーザが作成する際、単に挨拶をするだけではなく、近くの相手を見ながら挨拶をするという動作を作成することが可能となる。上記(1)～(4)の機能は、すべて GUI で扱うことができ、ユーザは、コンピュータのマウス操作が可能であれば、上記機能を扱うことも可能となる。人間型コミュニケーション・ロボットの大小にかかわらず、本開発環境で扱っている動作シナリオを編集することができる方法は従来にはない。この技術をソフトウェアとして販売すれば、多様な人間型コミュニケーション・ロボットのソフトウェア開発環境として利用される可能性が高い。実際、本研究開発の成果展開として、このソフトウェアを搭載する大小2種類のロボット **Robovie-R** と **Robovie-M** を開発し、平成 15 年 10 月末から販売を開始した。図 5.1.2.9 に「シナリオ・エディタ」の画面例、**Robovie-R** と **Robovie-M** を示す。



## g. まとめ

以上で述べた今年度の開発により、協創パートナーによる体験観測技術の研究開発に関する2つの中間目標を達成した。また、最終目標を達成するための人間型コミュニケーション・ロボットのプラットフォーム Robovie-IV を開発した。さらに、これまで開発してきた技術を基盤に、成果展開の一環として2種類のロボット Robovie-R と Robovie-M の市販を開始し、収益を上げた。

## 5-1-3 複数協創パートナー制御技術

### a. はじめに

複数協創パートナー制御技術の研究開発に関する中間目標である、

- 展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、ネットワーク環境と実環境の両方に存在する環境型の複数の協創パートナーが協調してユーザの体験データの一部を観測するとともに、それらについて、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できるようにすること。

を達成するために、ユビキタス・センサ・ルームに関して継続開発し、中間目標を

達成した。

具体的には、環境設置型センサ、ウェアラブル・センサ、人間型コミュニケーション・ロボットからなる複数の協創パートナーが協調して、ユーザの体験を観測・記録し、記録された映像・音声に対してインタラクションの時刻、場所、状態などのインデックス情報を自動的に付与されたインタラクション・コーパスを構築して、インタラクション・コーパス中のあるユーザの履歴情報を用いて、人間型ロボットがそのユーザの興味を引きそうな展示物を紹介するソフトウェア、ユーザが今いる場所で過去のインタラクションの要約情報があればそれを提示するソフトウェアなどを開発し、効果のある提示制御法を分析した。

また、ユビキタス・センサ・ルームの装置とインタラクション・コーパスを利用して、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を行った。

これらをもとに、インタラクション・コーパスから得られるインタラクションのプリミティブを経験的に構成する際に、どのようなプリミティブが抽出されるべきか、行動制御の観点からの要求条件を明らかにし、センサが集中している場所にユーザを誘導するなど互いに協調して体験データの観測を可能にするための問題点の洗い出しを行った。

#### **b. 複数協創パートナーによる体験データの観測システムの機能拡充**

中間目標の一つである、「ネットワーク環境と実環境の両方に存在する環境型の複数の協創パートナーが協調してユーザの体験データの一部を観測する」ことを実現するための環境として構築を進めている、環境設置型センサ、ウェアラブル・センサ、人間型コミュニケーション・ロボットを用いた、ユビキタス・センサ・ルームの機能拡充を行った。

平成 14 年に構築したユビキタス・センサ・ルームからの主な改良点は、以下である。

(1) 赤外線 ID システムの信頼性の向上

(2) 環境設置型クライアントの改良

(2-1) インタラクションに関わるイベントの分割の精度を向上させるための、発声の有無を識別するスロート・マイクの追加

(2-2) ユーザごとの情報提供サービスを実現するための、ヘッドマウントディスプレイ (HMD: Head Mount Display) の追加

(2-3) 長時間の装着の際の不快感を軽減するための軽量化

(3) インタラクション演出を行うコミュニケーション・ロボット Robovie-II との連携の強化

平成 15 年度に構築した、ユビキタス・センサ・ルームは、環境設置型クライアント、装着型クライアント、コミュニケーション・ロボット Robovie-II、および、サーバから構成されている。環境設置型クライアント（図 5.1.3.1）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。人間が装着する装着型クライアント（図 5.1.3.2）は、PC、赤外線 ID タグ、赤外線 ID センサ、CCD カメラ、マイク、スロート・マイク、HMD、生体センサ（オプション）から構成される。

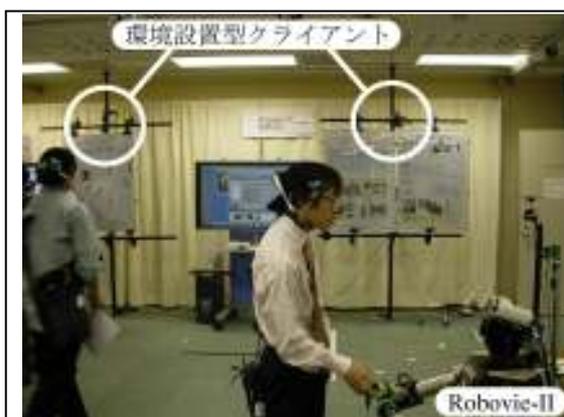


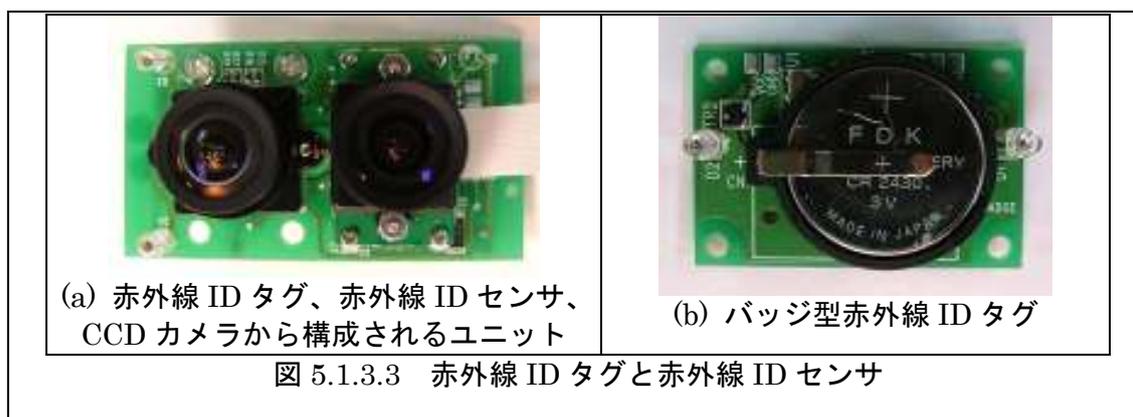
図 5.1.3.1 環境設置型クライアント



図 5.1.3.2 装着型クライアント

赤外線 ID システムは、赤外線 ID タグと赤外線 ID センサからなり、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 センサは赤外線 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に関する情報を簡単な方法で得ることができる。平成 14 年度に使用した赤外線 ID センサでは、移動や蛍光灯光源などの外乱に弱く、単体では運用上 3 割程度の認識エラーがあり、一定時間収集したセンサデータから統計的にユーザ位置や注視対象の判定を行うことで対処していた。しかし、統計的判定ではリアルタイム性の確保が困難であるため、平成 15 年度は、ID のデコード手法にセンサの電気的特性を考慮したヒューリスティクスを導入し、エラー検出手法の改善を行った。これにより、エラー率を 0.38% にまで低下させるとともにほぼリアルタイムにユーザ位置や注視対象の判別が可能な精度を得ることができた。なお、赤外線 ID タグには半減角 60 度の指向性を持った赤外線 LED を、赤外線 ID センサには視野角 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使用した。また、赤外線 ID センサとユーザの視線で周辺状況を撮影する CCD カメラとは、視野角がほぼ同じレンズを用いており、さらに光軸が平行になるように調整されている（図 5.1.3.3）。

イベントの分割を行うためには、赤外線 ID システムの情報と共に、音声情報か



らの発話の有無の情報を用いている。しかし、通常のマイクでは周囲の雑音も拾ってしまうため、外乱が多く、使用しているユーザ自身が発話したかどうかの判定が困難であった。そこで、声帯振動を咽喉部から直接ピエゾ素子（スロート・マイク）で検出し、振動の強弱で発話の有無を検出する手法を採用した。検出する振動レベルの閾値は、展示会場を模擬した予備実験を行って、呼吸による振動を排除し、発生された相槌などは検出できる程度を目安にして経験的に決定した。同様に、咳払いなどを排除し、有意味な発話を検出する目安として、発話の最小継続時間を導入し、これを 500ms とした。これにより、高い S/N 比でほぼリアルタイムに発話を検出することができた。

対話交流が主な展示会場では、音を利用した情報提示は適切ではなく、短時間で伝送可能な情報量も限定されてしまうため、協見型の単眼式 HMD を装着型クライアントのヘッドセットに追加し、ユーザごとに情報を提供できるようにした。情報提示時に画面のブリンクなどでユーザの受動的注意を喚起し、サムネイル画像などを用いた一覧性の高い画面で、ユーザが情報の要不要を即座に判断できるようにした。各情報は、展示物注視、対面関係形成といったインタラクションのプリミティブに応じて即座に発行することができる。

これらの装置を用いた装着型クライアントは、頭部装着ユニットの重さが 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。

コミュニケーション・ロボットに関しては、5-1-2 に詳細に述べられている。

このユビキタス・センサ・ルームに関して、平成 14 年度と平成 15 年度の弊社研究発表会でフィールド実験を行なった。各研究発表会で 2 日間延べ約 15 時間にわたり、ユーザの行動を観測・記録した（図 5.1.3.4）。実験期間中、ほぼ常時 5 名程度の展示説明者、10 名程度の見学者が装着型クライアントを装着した。また、インタラクション・コーパスに蓄積されたデータを基に、人間型ロボット、装着型クライアントに含まれる HMD がユーザの活動を促進するための情報の提供などのサービスを行い、構造化したインタラクション・コーパス中のデータがインタラクション演出に使用することができることを確認した。各フィールド実験において、延べ参加者、データ量などを表 5.1.3.1 に示す。



図 5.1.3.4 平成 15 年度の実験風景

	平成 14 年度	平成 15 年度
ウェアラブル・センサ・セット利用者	75 人	104 人
ID バッチ利用者	9 人	77 人
ピーク時のウェアラブル・センサ・セット利用者	12 人	13 人
ピーク時の ID バッチ利用者	5 人	18 人
総データ量	300GB(延べ約 300 時間)	285GB (延べ約 290 時間)
ID 検出回数	38 万回	約 61 万回

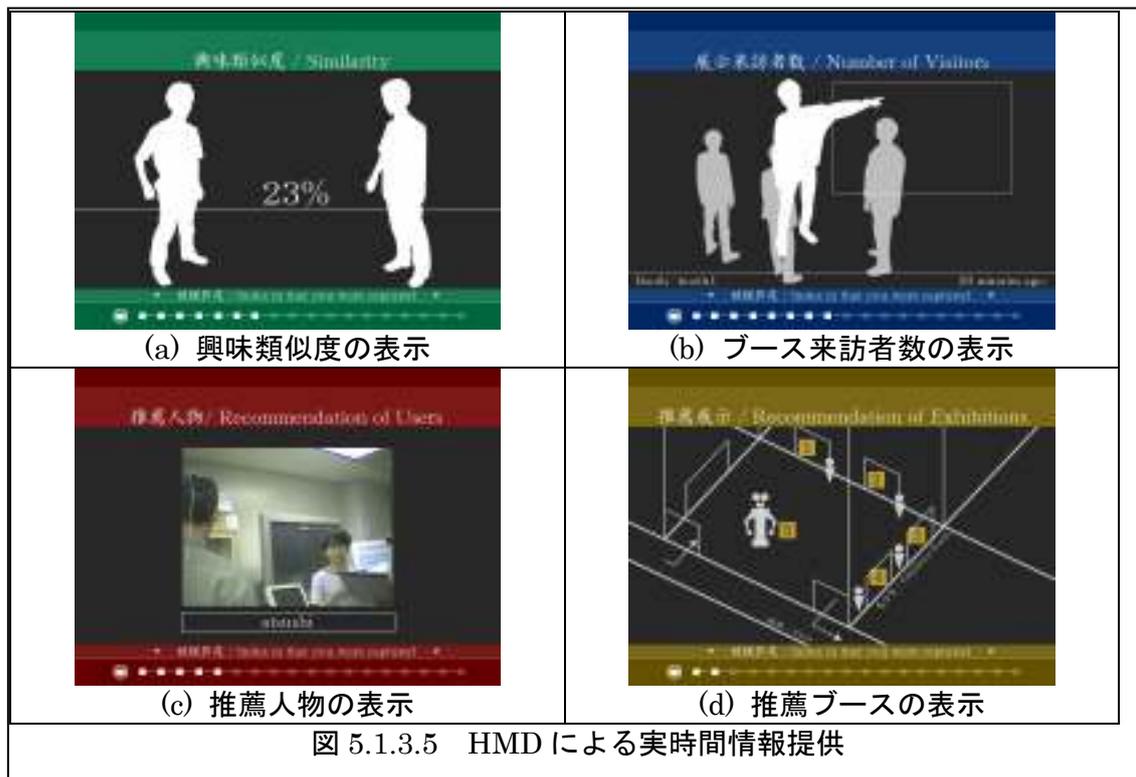
### c. 体験共有アプリケーションの開発

複数の協創パートナーが協調して取得したインタラクション・コーパス中のあるユーザの履歴情報を用いて、ユーザに過去のインタラクションの要約情報があればそれを提示するソフトウェアを開発した。開発にあたっては、インタラクション・コーパスに、どのような情報が必要であるかの要求条件を明らかにし、インタラクション・コーパスの構築に反映させた。

具体的には、蓄積されたインタラクションの要約情報を提示するアプリケーションとして、ユーザが今対面している人や物などに関して、ほぼリアルタイムに情報を提供することを目的として、ユーザが装着している HMD に提示するアプリケーションと、展示会場の入り口に用意した大画面モニタに提示するアプリケーションの 2 種類を開発した。これらを実現するためには、情報提示サービスをタイムリーに提供する制御メカニズムが必要であり、ユビキタス・センサ・ルームを用いて構築されたインタラクション・コーパスを用いることで具現化している。

HMD に表示するアプリケーションでは、構築したインタラクション・コーパスの情報に基づき、状況に応じて以下を表示する。

- (a) 対面している人物との興味の類似度
- (b) 正面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



これによってユーザは、対面する人や物に関する体験を共有したり、協創パートナーによって新たなインタラクションを創出したりするための機会を与えられる。これらの情報表示に際しては、効果のある提示制御が行われるように以下の方針で作成した。

- (1) 煩雑感を少しでも減らすために利用者の操作を必要としない。
- (2) HMD の視認性を考慮して、主となる情報 1 種類のみを画面のほぼ全域を使用して提示する。
- (3) 凝視しなくても今表示されている情報が何であるかが判別可能なように、一覧性の高いサムネイル画像を利用し、情報の種類に応じて色を変える。
- (4) 受動的注意を喚起するために情報提示時には画面のブリンクなどを用いる。
- (5) 提示すべき情報がない時には、何も表示しない。

図 5.1.3.5 にそれぞれの場面で表示される画像の例を示す。これらの情報は、展示物の注視や対面関係の形成といったインタラクションのプリミティブに応じて表示されるが、これらのうち複数の情報が提示の候補となっていた場合には、数秒間ごとに切り替えて表示する。



図 5.1.3.6 大画面モニタへのブース状態の提示

また、展示会場の入り口には大画面モニタを設置し、構築したインタラクシオン・コーパスの情報を元に、会場内の各ブースの状態を

- (a) 展示説明者が説明している状態
- (b) 展示説明者と見学者が討論している状態
- (c) 見学者が存在しない状態

の 3 種類に分類し、表示している (図 5.1.3.6)。このような進行中の体験の要約により、たとえば、状態(b)や(c)の場合には、すぐに説明を聞くことができる可能性が高いというような判断を行うことができ、次に訪れるブースを決定する際に役立つ。

以上のように、効果のある提示制御法の分析を行い、それに基づいて、情報提示サービスをタイムリーに提供する制御メカニズムを実現し、体験共有を行うアプリケーションとして具現化した。

#### d. コミュニケーション・ロボットによるインタラクシオン演出の開発

中間目標の一つである、「ネットワーク環境と実環境の両方に存在する環境型の複数の協創パートナーが協調してユーザの体験データの一部を観測する」ことを実現するために、ユビキタス・センサ・ルームで構築されたインタラクシオン・コーパスを用いて、人間型ロボットがそのユーザの興味を引きそうな展示物を紹介するソフトウェアを開発し、効果ある提示制御法を示した。

コミュニケーション・ロボットによるインタラクシオン演出については、5-1-2 e に述べたとおりである。

#### e. 複数協創パートナー制御法の現状の問題点

ユビキタス・センサ・ルームにおける HMD を使用した体験共有アプリケーションやコミュニケーション・ロボットによるインタラクシオン演出に関する実証実験を通して、最終目標を達成するための検討課題を抽出した。

ウェアラブル・システムを使った実時間の情報提示サービス実験において、アンケートによれば、使いにくいという意見もあった。その原因のひとつとして、赤外

線 ID タグの認識時間および解釈時間などを原因とする情報提示の遅れがあることが想定できる。すなわち、実世界の場において体験をしているユーザに、その体験にかかわる情報提示をする際に、どれくらいの時間遅れならば、サービスとして許容できるのか、認知的実験などによって明らかにしていく必要があるなどの問題点を浮き彫りにできた。

また、情報提示サービスとして SIACE や体験カタログなどを試作し実験サービスとして提供した。体験共有の一助となる可能性についてユーザの好反応を得た。一方、提示時における記録体験データの取舍選択と提示デザインについて、ユーザの体験記憶を演出する立場でさらに洗練すべきであるというアドバイスなどもあった。協創パートナーをつかって体験を演出するという本研究開発課題とは切り口が異なるが、本質的な問題を共有している。体験の主観的な受容との関係を解明していくことは長期研究テーマとして重要である。

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関しては、位置情報を利用し、ロボットが移動することによる誘導案内に関する昨年度の実験結果から、ロボットが他の展示物を案内した際に、ユーザが案内された方向を見るという反応をしても、必ずしもその展示を見に行かないという現象が見られた。より効果的なインタラクション演出を行うためには、ロボットが案内する際に、実際に展示物の前までユーザを連れてゆくことなどが考えられ、そのための誘導技術などが今後の技術的な課題である。

#### e. まとめ

複数協創パートナーによる体験データの観測システムとして、ユビキタス・センサ・ルームの構築を行い、10 名以上のユーザが同時にウェアラブル・センサ・ユニットを装着した環境下で合計 290 時間におよぶ体験データの収集を行った。これは、「展示会場で少なくとも 10 名程度のユーザがそれぞれ 30 分滞在する」という状況設定を大きく上回るものである。観測された体験データは、自動的にインデキシングが行われ、インタラクション・コーパスという形で構造化されて蓄積されたことを確認した。

また、インタラクション・コーパスに蓄積されたデータを基に、ユーザが装着している HMD への活動を促進するための情報の提供や、人間型のコミュニケーション・ロボットによる他の展示の案内を行い、構造化したインタラクション・コーパス中のデータがインタラクション演出に使用することができることを確認した。

以上により、複数協創パートナー制御技術に関する中間目標

- 展示会場で少なくとも 10 名程度のユーザがそれぞれ 30 分滞在するという状況設定において、ネットワーク環境と実環境の両方に存在する環境型の複数の協創パートナーが協調してユーザの体験データの一部を観測するとともに、それらについて、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングを自動的に付与できるようにすること。

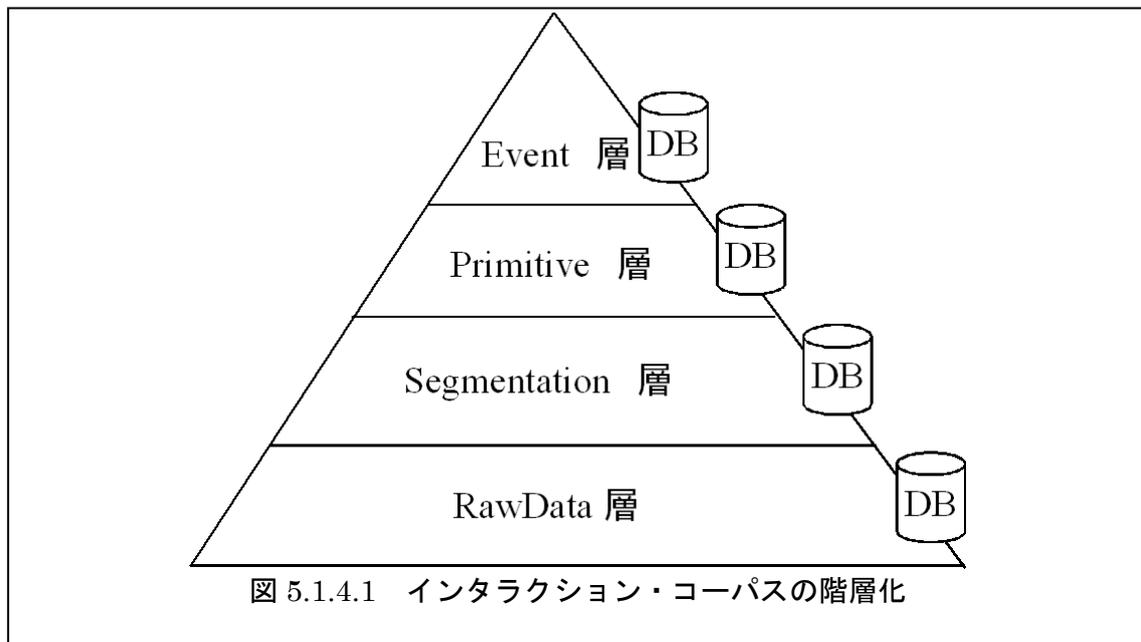
を達成するとともに、最終目標達成のための課題を明確化した。

#### 5-1-4 インタラクション・コーパス構成法

##### a. はじめに

インタラクション・コーパス構成法の研究開発に関する中間目標である、

- 展示会場で少なくとも 10 名程度のユーザがそれぞれ 30 分滞在するという状況設定において、映像、音声、接触、位置などのセンサ情報をもとに、ユーザの



行動を観測し、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングが自動的に付与されたインタラクション・コーパス（小単位ごとに意味づけされたインタラクションのデータ）として登録・管理できるようにすること。

を達成するとともに、最終目標

- 個々の協創パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベースを構築すること。

に計画を前倒し的に進めるために、ユビキタス・センサ・ルームを継続して開発し、人間型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やヘッドマウントディスプレイによる情報提示などが容易にできるよう、インタラクション・コーパスの構造を体系的に再設計した。

他のユーザが体験共有できるインタラクション・コーパスが登録・管理されたことを明らかにするため、個人のコーパスデータを自由に閲覧し分析に利用できるコーパス・ビューワを開発した。

これら、ユビキタス・センサ・ルームを用いて構築されたインタラクション・コーパスを利用して、HMD 上に、複数ユーザの体験相互の関係を可視化したり、興味の近い他の見学者の体験を提示するツールや、個人の体験をストーリー化し、体験カタログとしてユーザ自身や、実際には体験をできなかった人に対して、わかりやすく提示するシステム、複数ユーザの体験間の時空間の同時性を利用し、互いの視点に乗り移りながら他人の体験記録も閲覧できるようなツールを開発した。

赤外線 ID タグを環境側に 2 次元配列状に設置し、見学者の絶対位置や視線方向を計測する手法を新たに開発し、複数のカメラによって記録された体験ビデオデータを利用して、任意の体験時空間を 3 次元仮想空間として再現するアプローチをとり、複数ビデオデータを意味的整合性に基づき時空間的に配置して任意時空間の映像を生成するシステムを開発した。

#### b. インタラクション・コーパス構築の体系化

中間目標である、映像、音声、接触、位置などのセンサ情報とともに、人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングが自動的に付与されたインタラクション・コーパスの構築と、最終目標である、個々の協創パートナーが観測したインタ

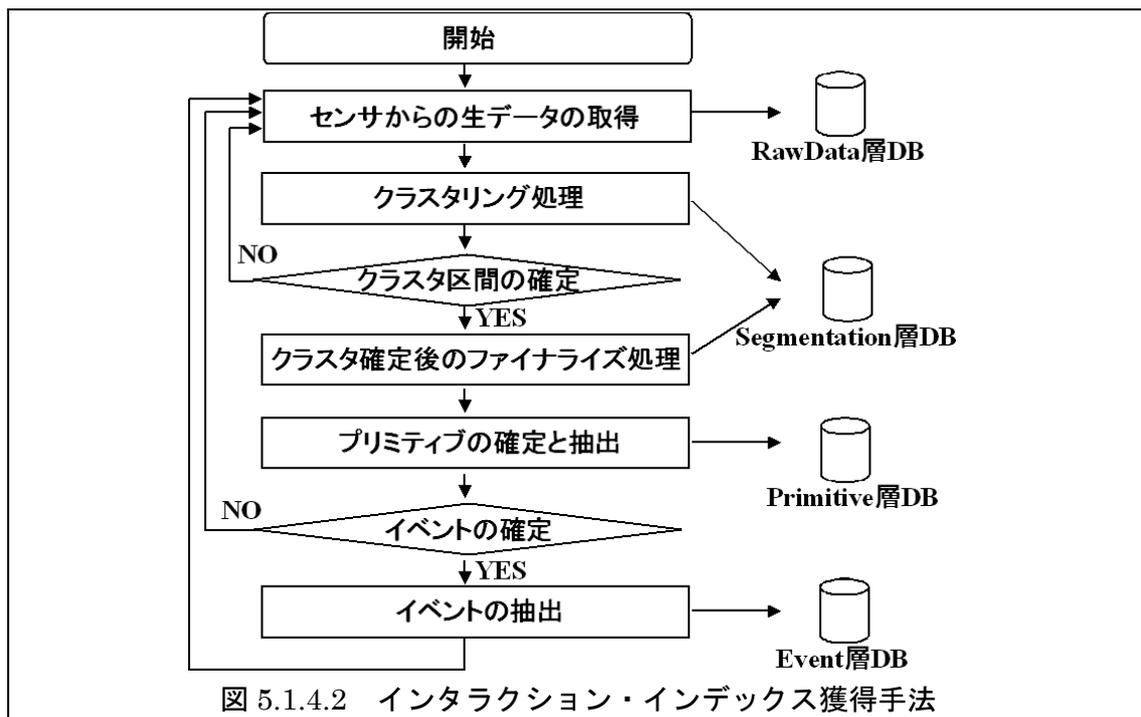
ラクション・コーパスを統合した観測データベースの構築を実現するために、5-1-3 b に述べたようなユビキタス・センサ・ルームを用いて、インタラクション・コーパスの構造を体系的に再設計した。

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。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、インタラクション・コーパスを構築する。この際、図 5.1.4.1 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し、図 5.1.4.2 に示すような処理フローでデータを格納した。

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。

次の 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。

次の 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。

最上位層である 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人の中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たら、3人はグループで討論を行っていると推定する(図 5.1.4.3)。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。

以上のような方法で、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・コーパスを構築した。

### c. コーパス・ビューワの開発

中間目標である、インタラクション・コーパスや、最終目標である、個々の協創パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベース(5.1.4bで述べた体系化されたインタラクション・コーパス)が構築されたことを明らかにし、個人のコーパスデータを自由に閲覧し分析に利用できるコーパス・ビューワを開発した。

インタラクション・コーパスを構築している本来の理由は、その膨大なデータからインタラクションのパターンを見出し、それをモデル化したり、パターンの辞書化を試みたりすることである。前年度までに試作したビデオサマリは、ヒューリスティクスを用いてハイライトシーンを自動的に切出したり、同一シーンのビデオクリップの中でのカメラを切り替えたりする過程を自動化した。エンドユーザ向けのアウトプットとしては、そういった要約の自動化の基本方針は正しいと考えられるが、分析者にとっては、特定のシーンのビデオを特定の視点でじっくりと観察することが重要である。したがって、そういった分析的な研究を進めるために、膨大なデータで構成されるインタラクション・コーパスを分析者の要求に動的に応えながら閲覧可能にするツールが必要であり、その第一歩として我々はコーパス・ビューワと呼ばれるコーパス閲覧ツールを開発した。

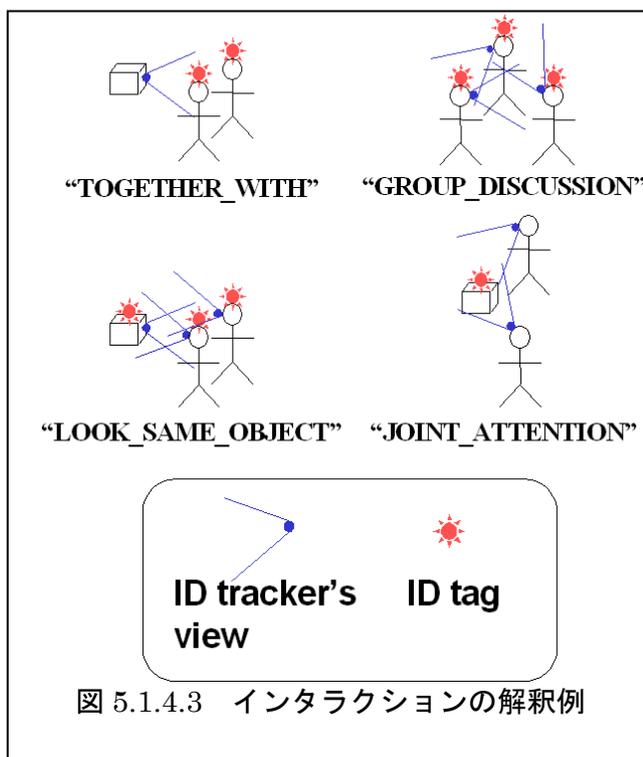


図 5.1.4.3 インタラクションの解釈例

我々のインタラクション・コーパスは、大量のビデオや音声の生データにあわせて、SQL サーバに蓄積されたインデクス・データで構成されている。SQL に記録されるデータは大きく分けて以下のようなデータで構成される。

- 登録ユーザに関するテーブル：  
各ユーザの個人プロフィールに加えて、システムを利用した時間帯（利用セッション）と利用した機器セットの ID の対応関係を記録したテーブルである。
- 各クライアントが記録しているビデオや音の元データのインデクス
  - ビデオ・データ：  
元ビデオのクリップは 1 分ごとに分割されているので、それらのスタート時間とクリップ ID の対応テーブルとなる。
  - 赤外線 ID センサ・データ：  
各ビデオに対応して、その視野に移っている LED タグの ID を検出した結果が時系列に並ぶ。
  - 生体データ：  
Procomp+から送られるデータを時分割した値を時系列に並べたデータである。どの生体データがどのユーザのものであるかは、上記のユーザに関するテーブルを参照して対応させる。

上記のような、インデクス・データが SQL サーバに格納されているので、SQL を利用できるプログラムであれば、自ら問合せ文を記述して、様々な分析を行うことができる。

実際、前年度までに試作したビデオサマリのアプリケーションも、主に IR トラックのデータに着目して複数の SQL 問合せ文を組み合わせ、その結果に基づいてビデオクリップを自動編集するプログラムである。

しかし、インタラクション・コーパスを分析に利用することを想定する認知心理学者やインタラクティブ・システムのデザイナーが誰でも SQL プログラムを自ら書けるとは考えづらい。また、いくつかの基本的な問合せ文は再利用性が高いであろうから、そういったものを提供することは有益であろうと考える。そこで、そういった基本的な分析研究に利用可能であろうと考えるコーパス・ビューワを開発した。

コーパス・ビューワはユーザにインタラクション・コーパスへの GUI を提供する。すなわち、ユーザが注目した部分を選択すると、その部分に関するビデオ・データを簡単に閲覧可能にした。この機能の実装において、汎用性を考え Web アプリケーションとした。また、この際、php による CGI の問合せと、JavaScript を利用した対話性を統合した。

コーパス・ビューワの新規の機能として、インタラクションのある種の「密度」を表すことを試み、そのために赤外線 ID センサのデータを使用した。生体データやロボットの行動データなどの他のインデクス・データを指標とした可視化も可能であり、今後実装していく予定である。

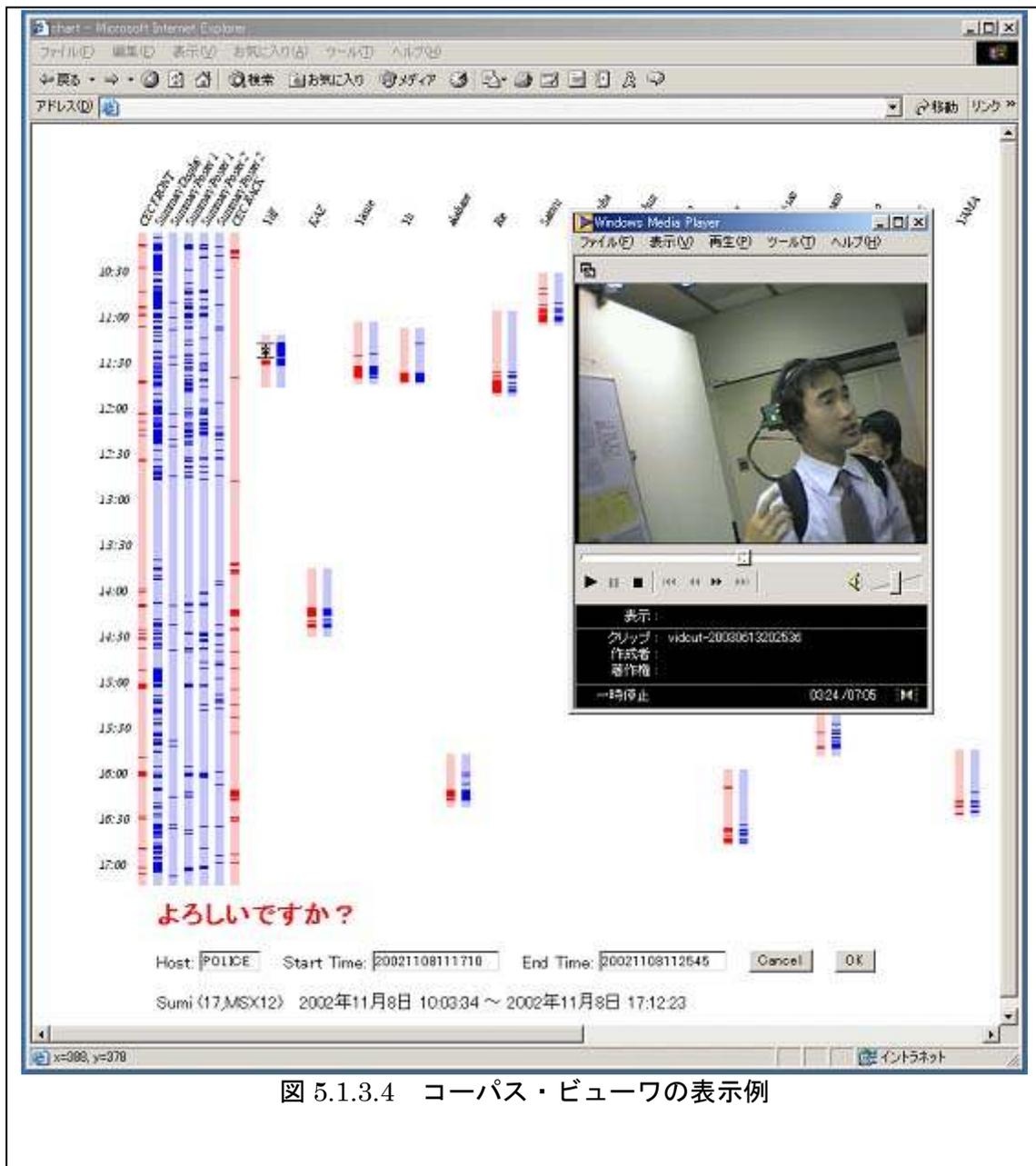


図 5.1.3.4 コーパス・ビューワの表示例

開発したコーパス・ビューワを利用している様子を図 5.1.3.4 に示す。縦軸が時間軸で、上から下に向かって時間が進んでいる。縦に伸びた帯は、一本ずつがそれぞれ、他のイベント参加者や天井に備え付けた赤外線 ID トラッカと赤外線 ID タグを表している。その帯の上には、今着目しているイベント参加者との「インタラクション」があった瞬間をマークしてある。マークが密集している部分では、その対象物（他者）と着目しているイベント参加者が「密に」インタラクションしていることが直感的に理解できる。

#### d. 体験カタログ・システムの開発

中間目標である、インタラクション・コーパスや、最終目標である、個々の協創パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベースを用いて、個人の体験をストーリー化し、体験カタログとしてユーザ自身や、実際には体験をできなかった人に対して、わかりやすく提示するシステムとして、体験カタログ・システムを開発した。



図 5.1.4.6 体験カタログの例

体験カタログ・システムは、展示会の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従って、インタラクション・コーパスを利用してユーザの行動履歴データを要約し、体験カタログを生成する。ユーザにとっては、体験の振り返りを助ける手段となる。自動的に記録された、ユーザ自身の視線での映像や、環境に設置されたカメラより見学者を捕らえた俯瞰映像、他者の視点による映像などに加え、画像に対応した行動を説明するテキストや、展示会開催者提供のガイドブックや展示会の統計情報などから画面が構成される。また、体験カタログに物語性を付加するために、キャラクターを登場させ、ユーザの体験や、ユーザには直接知りえない統計情報などを語らせた。これにより、ユーザ自身や実際には体験をできなかった人に対して、わかりやすく体験を提示できると共に、娯楽性を高め興味を引くことができる。図 5.1.4.5 に体験カタログの表示例を示す。

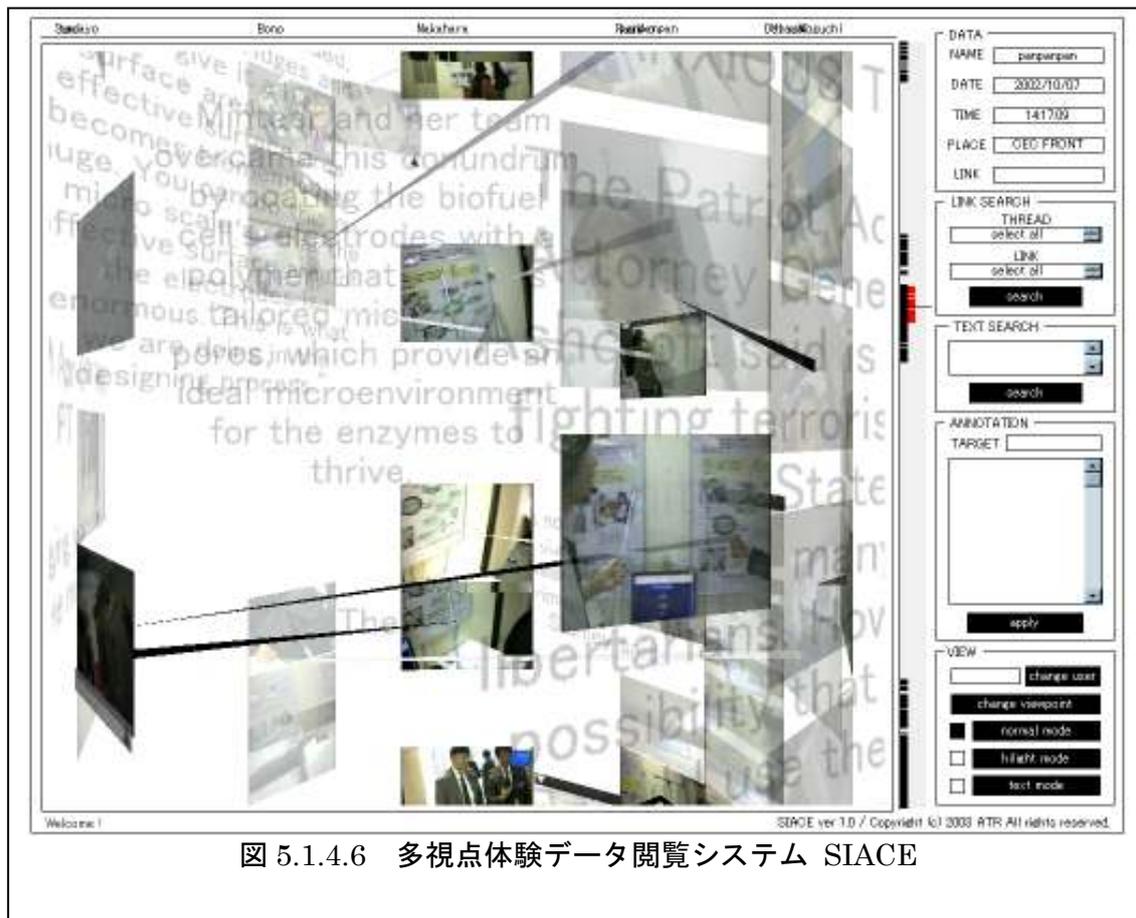


図 5.1.4.6 多視点体験データ閲覧システム SIACE

#### e. 他者の体験データの閲覧システムの開発

インタラクション・コーパスを利用して、複数ユーザの体験間の時空間の同時性を利用し、互いの視点に乗り移りながら他人の体験記録も閲覧できるようなシステムとして、SIACEを開発した。

我々が扱っている体験データは主に、展示見学者同士のインタラクション、すなわち、一緒に展示を見学したとか、1対1で喋ったとか、複数人で議論したといったシーンの集合である。従って、体験データは単純に一人一人のユーザに独立に対応するわけではなく、複数ユーザに帰属した複数の体験データ要素が網の目のように連携しあっている。そういったことを考えると、複数ユーザの体験が網の目のように絡み合っている様子を可視化することが、体験共有のための第一歩となりうると考えられる。そういった仮説のもの、見学体験の多視点的な理解を可能にし、ユーザ間のコミュニケーションを促進することを目指して、SIACEと呼ばれるシステムを開発した(図5.1.4.6)。

このシステムは、Web3Dの技術を利用して、体験履歴データから、仮想的な半透明の円筒形立体構造を生成する。この可視化技法によって、ユーザの見学体験が、複数人の他者とのインタラクションによって構成されているということを、明示的に表現することができる。



図 5.1.4.6 体感型体験データ閲覧システム

さらに、体感型インタラクティブ Web 情報検索システムで研究してきた、体感的に情報を検索する技術と融合させ、大画面を用いた体感型の体験データ閲覧システムも開発した（図 5.1.4.7）。

#### f. 光学式位置測定システムと追体験空間構築システム

インタラクション・コーパスを用いた追体験空間を構築するための一アプローチとして、複数視点によってとらえられたビデオ映像の時空間コラージュによる 3 次元仮想空間の構築を行った。

3 次元仮想空間の構築を行うためには、ユーザの位置、姿勢情報を自動的に取得することが必要である。このために環境側の天井に赤外線 ID タグを格子状に配置し、ユーザの持つ赤外線 ID センサから認識することで、LPS（Local Positioning System）を実現し、ユーザの動きを追跡できる程度の精度が得られることを確認した。また、追体験空間を構築するために、複数視点から得られた映像をコラージュすることで 3 次元空間に浮かび上がらせるアプローチでレンダリングを行った。構築された追体験空間の例を、図 5.1.4.8 に示す。

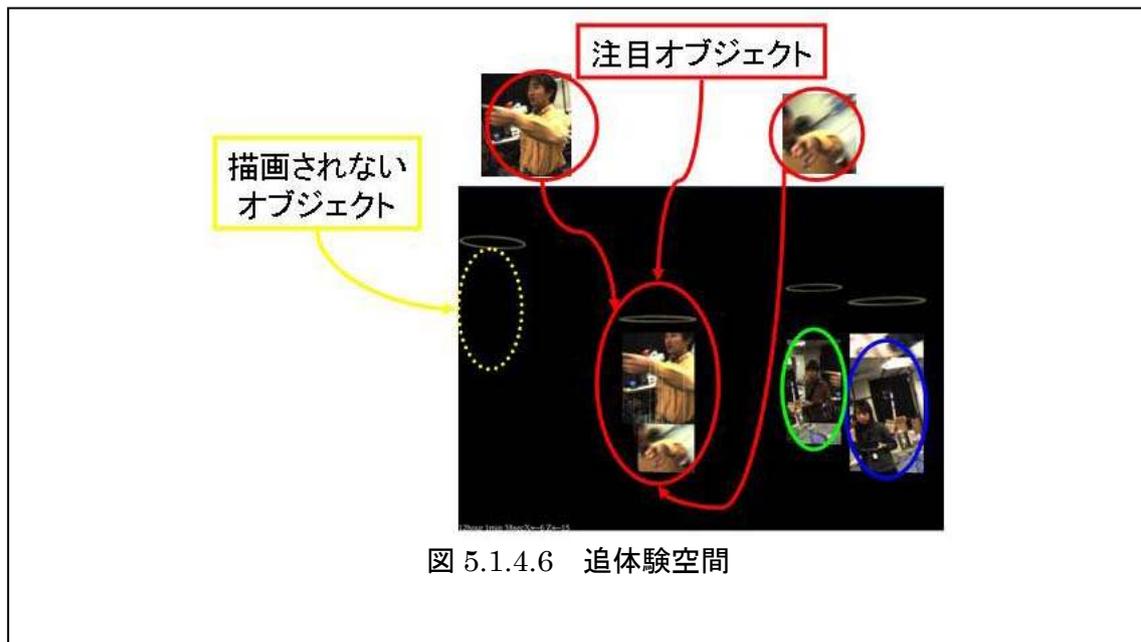


図 5.1.4.6 追体験空間

#### g. まとめ

ユビキタス・センサ・ルームを継続して開発し、4つの階層分けがされた、体系化されたインタラクション・コーパスの構築を行った。10名以上のユーザが同時にウェアラブル・センサ・ユニットを装着した環境下で合計290時間におよぶ体験データの観測を行い、自動的にインデキシングを行って、インタラクション・コーパスに登録・管理した。これは、「展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在する」という状況設定を大きく上回るものである。

また、個人のコーパスデータを自由に閲覧し分析に利用できるコーパス・ビューワを開発し、他のユーザが体験共有できるインタラクション・コーパスに登録・管理されたことを明らかにした。

これらを利用して、ヘッドマウントディスプレイを利用した情報提示や、個人の体験をストーリー化し、わかりやすく提示するシステム、複数ユーザの体験間の時空間の同時性を利用し、互いの視点に乗り移りながら他人の体験記録も閲覧できるようなツールを開発した。

さらに、赤外線IDタグを用いてユーザの位置や視線方向を計測する手法を開発し、複数ビデオデータを意味的整合性に基づき時空間的に配置して任意時空間の映像を生成するシステムを開発した。

上記により、インタラクション・コーパス構成法の研究開発に関する中間目標である、

- 展示会場で少なくとも10名程度のユーザがそれぞれ30分滞在するという状況設定において、映像、音声、接触、位置などのセンサ情報をもとに、ユーザの行動を観測し、体験日記を構造化するための人、物、時間、場所に関する情報のインデキシングが自動的に付与されたインタラクション・コーパス（小単位ごとに意味づけされたインタラクションのデータ）として登録・管理できるようにすること。

を達成するとともに、最終目標である、

- 個々の協創パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベースを構築すること。
- の達成に向けて前倒し的に進捗した。

### 5-1-5 協調メディアのまとめ

平成 15 年度の協調メディアの研究開発を総括すると、このサブテーマに関する中間目標をすべて達成するとともに、最終目標達成に向けた検討課題を抽出し、前倒し的にその達成に向けた検討を開始したという点で、予想以上に順調であったと述べることができる。

協創パートナーによる体験観測技術に関しては、要素技術としての人間型コミュニケーション・ロボットに関する目標を達成し、今後は他の項目との連携機能の強化と総合評価のみが残されている。

複数協創パートナー制御技術に関しても、同様に中間目標を順調に達成し、今後は最終目標達成に向けた研究開発に集中する。

インタラクション・コーパス構成法に関しては、要素技術としての基本的な部分はほぼ達成した。今後は、大規模データへの対応や複数の応用分野への適用可能性を実証していくことが求められる。

### 5-1-6 今後の予定

協調メディアの研究開発としては、全体の最終目標の 1 つである「体験共有コミュニケーション」のプロトタイプの開発を進める過程で本サブテーマ自身の最終目標を達成することを目指す。社会に受け入れられるという社会性の視点も取り入れて開発するために、特にサブテーマ「エ. 体験共有コミュニケーションの研究開発」と深く連携しながら、研究開発を進める。

協創パートナーによる体験観測技術に関しては、最終目標「単体の協創パートナーとのインタラクションにより、体験データの観測を可能にすること」を達成するために、人間型コミュニケーション・ロボットのこれまでの研究開発で培った技術を統合して備える人間型ロボットのプラットフォームとして人間型コミュニケーション・ロボット Robovie-IV を開発してきたが、この Robovie-IV にネットワーク機能を付加して、ユビキタス・センサ・ルームにあるタグの付いたオブジェクトや据え置き型カメラ、各ユーザが携帯しているウェアラブル・センサと連携させる。すなわち、タグを使用して人や物を同定し、これに基づき、いつ、どこで、だれが、だれと、どんなインタラクションをしていたかを自動的にインデキシングして、インタラクション・コーパスを作成する予定である。このインタラクション・コーパスに蓄積された情報をロボットが検索することによって、ユーザの興味にあった情報を提供する演出機能である。また、協創パートナーとして人間型コミュニケーション・ロボットの総合評価を行う予定である。

複数協創パートナー制御技術に関しては、最終目標「複数の協創パートナーを制御する分散型体験観測方式を確立し、ユーザをわずらわせることなく、互いに協調して体験データの観測を可能にすること」を達成するために 15 年度までで必要な要素技術を確立することができた。16 年度からは特に「体験共有コミュニケーション」のプロトタイプの実現にむけて、以下を計画する。

- (1) 平成 15 年度までに、ユーザの視線方向に対応した画像、音声、生体情報などが観測可能なウェアラブル・センサ・ユニットを開発した。ユーザが見た方向の画像が取れるので、ユーザの興味の視点で体験を観測できるという利点をもつが、重量もまだ重く、ユーザの負担を軽減するという点で課題が残されている。そこで、今年度は、将来の実用化にむけて、「体験を自然に観測できる」ために、体験共有コミュニケーションのプロトタイプとして、装置の小型化と少なくと

も2時間連続装着可能なユニットを試作する。

- (2) 人間型コミュニケーション・ロボットと他の協創パートナーの連携に関しては、連携によって可能な共同注意などに関する評価を行い、被験者実験などで有効性を検証する。
- (3) 体験共有コミュニケーションのプロトタイプのために、机の上や軽量で持ち運びが可能な新たな小型ロボットの協創パートナーを開発する。これは机の上や床レベルでユーザの興味や視点にたって、インタラクション演出を行う。

インタラクション・コーパス構成法の研究開発に関しては、以下を行うことを計画している。

- (1) 将来、実用段階でインタラクション・コーパスが **Web** で使われてくることを想定すると、そのためには「社会性（社会に受け入れられるか）の問題」を解決しておく必要がある。そこで **Web** 業界での標準化動向を踏まえて、**XML** との連携を強化する。同時に、プライバシー保護の点を考慮し、ユーザ別の体験データのインタラクション・コーパスは個人的に管理し、検索には個々のインタラクション・コーパスを統合して使えるような、インタラクション・コーパスの分散管理方式について検討する。
- (2) 最終目標「個々の協創パートナーが観測したインタラクション・コーパスを統合した観測データベースを構築すること」は展示会場の場合は基本的な動作確認は終えている。この構築法を展示会以外の分野に適用可能にするために、他の分野を対象にしてインタラクション・コーパスを構成し、適用するための問題点を抽出する。

## 5-2 知育メディアの研究開発

### 5-2-1 序論

知育メディアの研究は、本研究課題の最終目標として構築を目指している体験 Web を、優良なコンテンツがより多く流通し、より多くの人に使ってもらえるようなメディアとして発展させることを目指している。優れたコンテンツを膨大な Web 環境からの確に見つけるには、体験を通じて得られた感動や技能を比較する評価尺度が必要である。また、これらの感動や技能がユーザに伝わりやすくなり、楽しみながら学習できるようになる演出技術も必要である。

本サブテーマで進める「知育メディア」の研究開発は、まず優れたコンテンツを目利きするコツや、体験に関する感性や技能を引きあげる際の評価尺度を明らかにし、さらに専門家の感性・技能特徴を明らかにした上で、体験的学習を可能にする基盤の確立を目指している。また、これと並行して、これらの感動や技能がユーザに伝わり易くするように、ユーザの個性に合わせて体験を演出する技術を研究する。本サブテーマでは、視覚的・聴覚的・身体動作的・知能的な知育対象の代表例として、

- ・ 絵画・デザイン制作
- ・ 楽曲の創作・演奏
- ・ ダンスによる身体表現
- ・ 情報の収集・交換のスキル

の4つを選び、これらについて効果的な知育を可能にするメディア環境の構築を目指すこととした。

平成 15 年度は上記をふまえ、各研究対象向けに開発を進めてきた基本システムに対して、さらに機能追加、演出付加の拡充を進めるとともに、中間目標を達成すべく、各試作システムを用いて、専門家と非専門家の持つ感性・技能特徴の比較を行なった。さらに、知育メディアとしての有効性について、想定する利用者や応用先を考慮した効果検証に着手し、評価実験に基づく種々の興味深い知見が得られつつある。なお、関連技術の調査・検討においては、グラフィックスとその応用に関する有力な国際会議である、SIGGRAPH2003 における、システムの展示を伴う発表のほか、複合現実感に関する国際会議 ISMAR2003 ほかの主要国際会議で、発表および情報収集を行ない、研究を進める上での参考とした。

### 5-2-2 知育のための感性・技能辞書構成法

#### 1) 絵画などの画像制作支援

線画の制作過程において、制作者が自己表現のために選ぶ線の太さや濃さのパラメータの中から、感性・技能特徴に成りうるものが観測可能であり、それが鑑賞者にも良い印象を与えているかを調べた。その結果、制作者（計 4 名）が選んだ線の太さと濃さを変化させて、人工的に再現した線描画について、鑑賞者（25 名）が良いと評価するような線幅、筆圧はやはり制作者が自己表現のために選んだパラメータ値に近い傾向が強いことが判った。表 5.2.2.1 に、作品およびそれに対応する人工的線描画（線幅、筆圧を変更したもの）に対する総合評価の 25 人の平均値を示す。これを見ると、8 枚の作品に対して比較対象とした人工的線描画は 32

枚あり、この 32 枚の人工的線描画の内の 25 枚(78%)に対しては、オリジナルな作品の方が評価が高くなっている。特にこの評価平均値の差について、*t* 検定を行ったところ、表 5.2.2.1 に示すように、この 32 枚の人工的線描画の内の 4 枚に対しては 1%有意で作品の方が評価が高く、5 枚に対しては 5%有意で作品の方が評価が高かった。また逆に 32 枚の人工的線描画の方が作品よりも有意に評価が高いものは皆無であった。この実験結果から、実際に制作された作品が 5 段階の上位ランク 2 位までの評価値として支持された割合は 70%に達した。人工的に再現した線描画を非専門家の作品とみなせば、制作者の選ぶこれらのパラメータが危険率 30%の範囲で感性・技能特徴に成りうる。これにより、絵画などの画像制作において、中間目標は達成した。

表 5.2.2.1 作品および人工的線描画の総合評価

オリジナル作品		人工的線描画		総合評価の差 (**:1%, *:5%)		
作品番号	総合評価 m1	線描画番号	総合評価 m2	m1 >m2	上側 有意 差	下側 有意 差
A1 (B11)	0.94	B12	0.38	○	*	
		B13	-0.56	○	**	
		B14	0.36	○	**	
		B15	0.86	○		
A2 (B23)	0.04	B21	0.34			
		B22	0.32			
		B24	-0.16	○		
		B25	-0.10	○		
A3 (B31)	0.30	B32	0.50			
		B33	0.14	○		
		B34	-0.48	○	*	
		B35	0.70			
A4 (B42)	0.42	B41	-0.04	○	*	
		B43	-0.24	○	**	
		B44	0.24	○		
		B45	0.30	○		
A5 (B52)	0.74	B51	0.06	○	**	
		B53	0.40	○		
		B54	0.52	○		
		B55	0.40	○		
A6 (B61)	0.26	B62	0.62			
		B63	0.02	○		
		B64	-0.08	○		
		B65	0.58			
A7 (B72)	0.40	B71	0.22	○		
		B73	-0.22	○	*	
		B74	0.64			
		B75	0.24	○		
A8 (B82)	0.76	B81	-0.42	○	**	
		B83	0.70	○		
		B84	0.60	○		
		B85	0.66	○		

## 2) 楽曲の創作・演奏

知育メディアという視点で、音楽の知識に乏しいユーザでも体感的に楽曲フレーズを作成できる環境を提供するため、拡張現実感 (Augmented Reality) 技術を利用した楽曲作成支援システム The Music Table (Augmented Composer) を試作した。このシステムは楽器が上手に弾けなくても楽曲が作成可能である点に特徴がある。図 5.2.2.1 にシステム構成を示すように、テーブルの上に置かれたカードを頭上のカメラで撮影し、その動きや位置を追跡する。そのパターンを即時に音として

フィードバックすると同時に目の前のスクリーン上にイメージとして再現する。従来「聴く」あるいは「見る」（楽譜など）のどちらかではしか把握できなかった音楽のパターンを、本システムを通して双方のチャンネルで同時に楽しむとともに、カード操作により身体的に触知することも可能とした。

この楽曲創作支援システムに関して、ディスプレイ上での「楽音」パターンの表示を、視覚的に楽しめる CG パターンを重畳するように改良した。また、音楽経験の豊かな専門家とそうでない人との間での創作過程の差異を調べた。3名ずつの被験者にシステムを5分間操作してもらい、作曲経過を記録した MIDI データ（図 5.2.2.2 の出力例を参照）を基に、大量データから知識を発見するためのデータマイニング技法を用いて分析した。その結果、各音符のピッチ・長さなど音楽的な要素の組合せパターンの特徴に応じて、両者の特性を階層的な決定木に分類できることを示した。また、ユーザ個人の作曲パターンの特徴抽出結果を、各要素間の関連図として提示する KeyGraph を使用して、視覚的に表現した。この階層決定木（図 5.2.2.3 参照）や KeyGraph（図 5.2.2.4 参照）から、音楽経験の豊かなユーザは、音符の長さや強弱に対して、素人よりも変化に富んだ細やかな音作りをする傾向が強いことが明らかとなった。この決定木によれば、専門家と素人の特徴分布の重なりは2割程度となり、中間目標は達成した。



図 5.2.2.1 楽曲創作支援システム

```

loop 1 card 1 pitch 61 position 5 on_off 0
velocity 124 duration 17;
loop 1 card 2 pitch 55 position 2 on_off 0
velocity 0 duration 24;
...
loop 1 card 10 pitch 59 position 3 on_off 0
velocity 121 duration 17;
loop 2 card 1 pitch 61 position 5 on_off 0
velocity 124 duration 17;
loop 2 card 2 pitch 55 position 2 on_off 0
velocity 0 duration 24;
.....
    
```

図 5.2.2.2 MIDI データの出力例

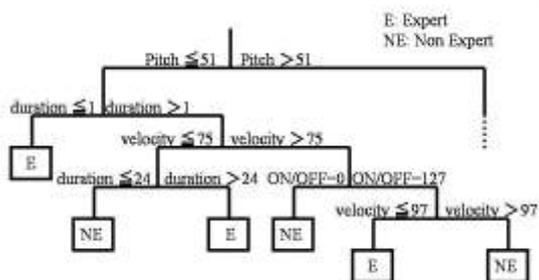


図 5.2.2.3  
音楽経験の差による階層的な特徴分類  
(データマイニング・ツール C4.5 を使用)

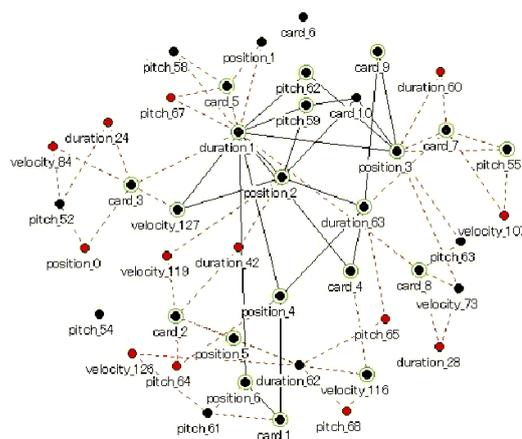


図 5.2.2.4  
音楽経験の豊富なユーザの特徴抽出例  
(KeyGraph を使用)

さらに、2台のネットワークを介してThe Music Tableを接続し、2名のユーザが協調しながら、楽曲を創作すると同時に演奏を行なえる実行環境も作成し、音楽体験を共有する一つの方向性を示唆するに至った。

### 3) ダンスによる身体表現

平成14年度までに開発した「全身シルエット映像の様々な物理量を結合してイメージを推定する手法」を用いて、ダンスの基本パターンを映像化して得られた素材画像を対象に、心理要因の抽出および物理量の計測を行なった。心理要因の抽出は、SD (Semantic Differential)法による心理評価結果を主成分分析して求め、感性特徴量の抽出は、心理要因と物理量に重回帰分析を適用した。その結果、これらの物理量がダンサーの感性特徴を反映できることが分かった。

また、ダンス映像から動作特徴量を抽出して、ダンス習熟者とアマチュアとの差を分析した。両者の差は、主観評価により得られた優劣度(習熟者に近い程度)を、映像の動作特徴量に関連付けることによって行なった。動作特徴量は、ダンサーのシルエット画像からスケルトン処理、ハフ変換処理で得られた、上半身主軸のハフパラメータの角度成分を時系列に並べたものである。図5.2.2.5にダンス習熟者とアマチュアにおけるそのハフパラメータ角度成分の時間的変化の代表例を示す。抽出した動作特徴量を周波数解析したところ、ダンス習熟者は、アマチュアよりもある周波数で高いピーク値を有する傾向があることがわかった(図5.2.2.6参照)。これより、ダンスの優劣に大きな影響を与えるリズム感が、動作特徴量の周期性を測定することによって推定できることが示された。この動作特徴量を主観評価結果に関連付けることにより、ダンス習熟者(教師レベル)とアマチュアとの差が、この特徴量に関して、5%の危険率で有意であることが示された。このことから、ダンスの身体表現に関する中間目標は達成できた。

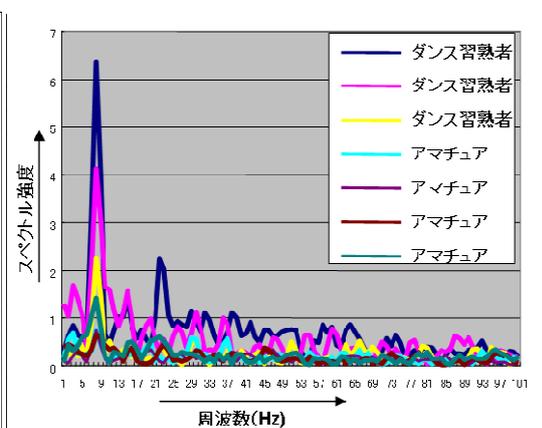
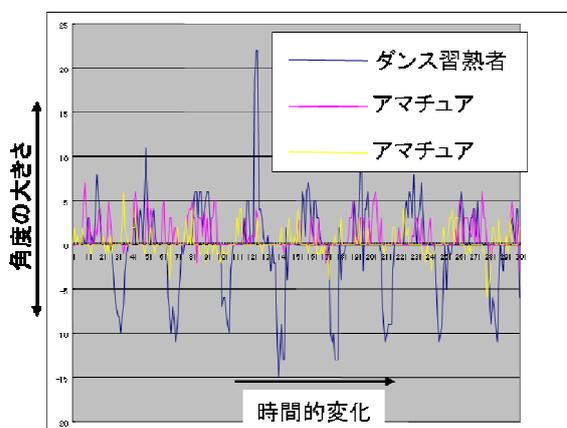


図 5.2.2.5 動作特徴量の時間的変化図 図 5.2.2.6 動作特徴量の周波数スペクトル

## 5-2-3 知育体験演出技術

### 1) 「ぬいぐるみ」型ロボットの試作

協創パートナーの一形態としての「ぬいぐるみ」型ロボットを2体使って遠隔コミュニケーションをするシステムを試作し、中間目標を達成した。これらのぬいぐるみ型ロボットは、多数の各種センサ(カメラ、マイク、タッチセンサ、曲げセン

サなど)を備えて映像、音声、ユーザがぬいぐるみの手足を触ってインタラクションした履歴が観測可能である。インタラクションによって内部状態が変化し、内部状態に依存してそのインタラクションに反応して音を発するという演出を組み込んである。また、無線 LAN によって、他の協創パートナーと通信することが可能である。

## 2) 生体情報も取れる接触型センサの試作

平成 14 年 11 月に開催された ATR 研究発表会の際、前述したように、ユビキタス・センサ・ルームで据置型センサ群とウェアラブル・センサ群によって、視覚(映像)、音声、ID の情報を観測・記録できた。この中で 3 個のウェアラブル・センサには、図 5.2.2.7 に示す、生体情報計測ユニットを指先に装着することによって、脈拍、皮膚電気活動、温度を観測・記録できる機能を付け加えた。2 日間の研究発表会中の展示説明者と見学者の間のインタラクションを広く収集し、これらの情報について個人の見学記録が自動生成でき、視覚・聴覚センサおよび ID タグ、生体情報を採取する接触型センサを試作するという中間目標を達成した。



図 5.2.2.7 生体情報計測ユニット

## 3) 体感型情報共有システムの試作

複数ユーザで体験内容を共有できる知育メディア環境として、複数ユーザが手や音声を用いて、同時に映像コンテンツを共有可能な「体感型情報共有システム SenseWeb」を開発し、体験エピソードを空間的に配置する自由度の高い知育メディア環境を提案することができ、中間目標の第 2 項目を達成した。図 5.2.2.8 にシステムの構成概略を示す。複数ユーザの同時操作を可能とするため、図 5.2.2.9 のように、赤外線による手指操作の検出を行なっている。SenseWeb の有効性を評価する一つの観点として、本システムとインターネット上の通常のブラウザによる画像検索エンジン(図 5.2.2.10)との探索効率を比較した。その結果、一定の環境条件の下では、本システムの方が、順序的な表示しかできない通常のブラウザに比べて平均で約 70%の時間で効率的に探索が実行できた。図 5.2.2.11 に比較実験結果の例を示す。

さらに、SenseWeb の特徴である、マルチユーザ環境での協調的なタスク遂行への効果を検証するため、対象とする写真画像データ(アーカイブ)の中から目的に合った数枚の写真を 2 名のユーザが合意の下に選択する課題による実験を行なった。この結果、同時に複数のユーザがマルチポイントのスクリーン・タッチ操作が可能な条件では、一人のユーザしか(片手で)タッチ操作ができないシングルポイントの認識条件と比較して、タスク遂行時間も短くなり、ユーザ満足度も向上することが明らかとなった。以上から、ブレインストーミングのように、要約された自分や他人の体験の内容を複数人で共有するために、SenseWeb のマルチユーザ環境を特徴とするインタフェース技術が有効であることが分かった。

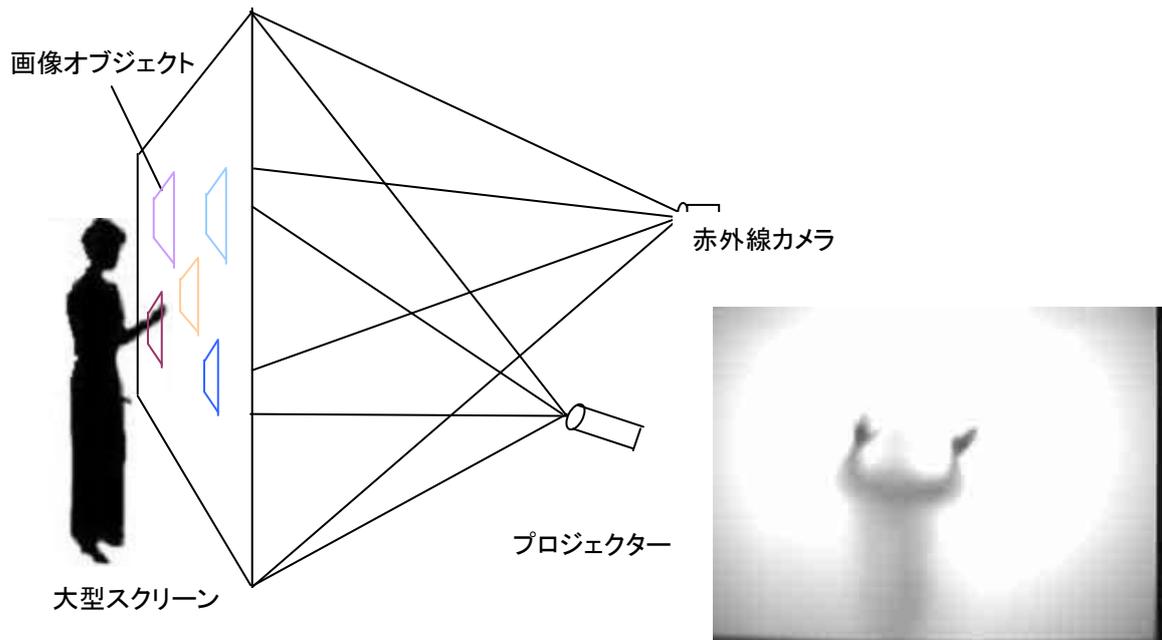


図 5.2.2.8 体感型情報共有システムの構成 図 5.2.2.9 赤外線による手指操作の検出

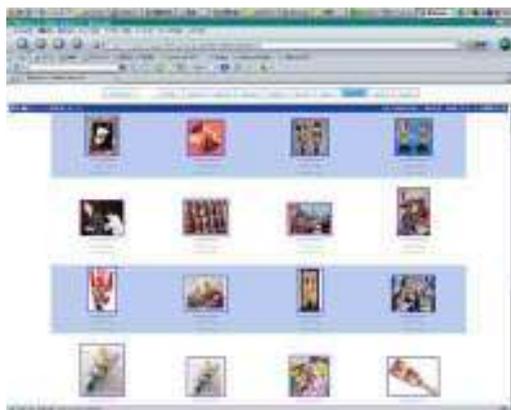


図 5.2.2.10 比較対象 (Web 画像検索)

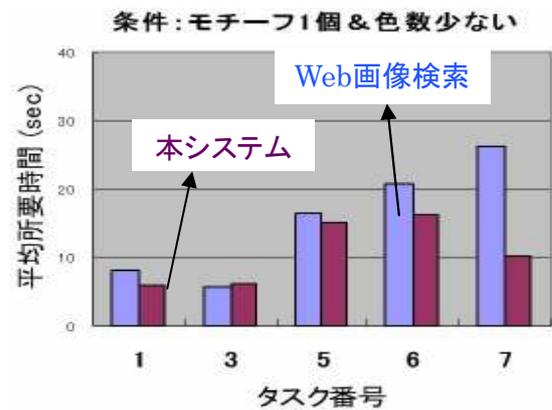


図 5.2.2.11 比較実験結果

このほか、5-1-4 のインタラクションコーパス構成法の e. 他者の体験データ閲覧システムの開発の項で述べた通り、複数ユーザの体験間の時空間的同時性を利用し、互いの体験内容を閲覧できるような環境を構築する実験を行なった。

#### 4) アルゴリズムに基づく絵画創作体験の共有

写真を好みの画風の画像に変換できるアルゴリズム (SIC, Synergistic Image Creator の略) を活用して、感性に訴え、自由度の高いコンテンツを生成する環境を構築した。ユーザの感性に合った画風に画像 (SIC 画像) を生成することを支援するため、様々な画風の作品とそれに使用された一連の画風変換のパラメータ設定 (スクリプト) を収集した。この画像変換のパラメータは、原画像の特徴解析による領域分割と、分割された領域を再統合する際の、各画素に対する操作を定義するものである。これらは、絵画作品の創作と鑑賞における感性・技能の差が客観的に表せる有効なパラメータであるため、将来、様々な体験や感動を効果的な表現で共

有する実用システムにおいても、感性・技能辞書を表すデータ形式として利用できることがわかった。「発展性」という課題を解決するには、様々な画風データについての共有知識として再利用可能であることが重要であることから、多くのデータを収集するために Web サイトを公開した。図 5.2.2.12 に、その基本概念図を掲げる。

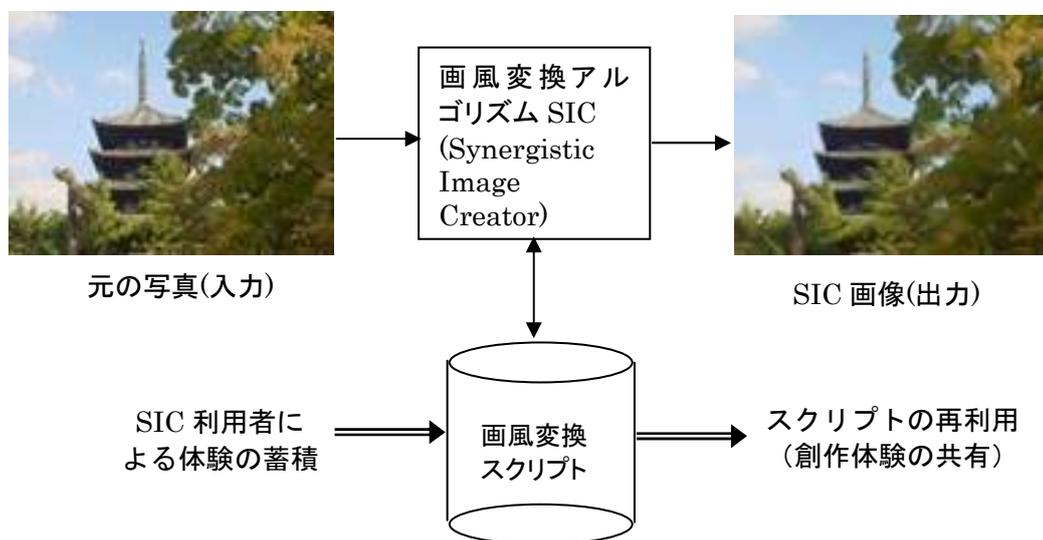


図 5.2.2.12 画風変換アルゴリズム SIC を用いた絵画創作体験の共有

#### 5-2-4 知育メディアのまとめ

平成 15 年度の知育メディアの研究開発については、知育のための感性・技能辞書構成法および知育体験演出の技術の両課題において、各適用分野における試作システムの改良と、それらを用いた評価実験等を行なって、知育メディアとしての活用面に関する指針を得た。

##### ・知育のための感性・技能辞書構成法

線描画の制作過程における線の太さや濃さのパラメータ、楽曲の創作・演奏支援システムにおける作曲パターンの特徴を示すパラメータ、さらにダンスによる身体表現映像からの動作特徴量の抽出等の、一連の分析を通して、専門家（習熟者）とアマチュア（非専門家）とのスキル・感性を比較し、両者の違いを明確に検出することができた。

##### ・知育体験演出の技術

協創パートナーの一形態としての「ぬいぐるみ」型ロボットや、生体情報計測ユニットの装着による脈拍、皮膚電気活動、温度の観測・記録を通して、展示説明者と見学者の間のインタラクションを広く収集し、これらの情報について個人の見学記録が自動生成できることを示すことができた。また、複数ユーザが手や音声を用いて、体験内容を共有できる「体感型情報共有システム SenseWeb」の有効性を示す実験結果を得たほか、写真を好みの画風の画像に変換できるアルゴリズム（SIC, Synergistic Image Creator の略）を活用して、感性に訴え、自由度の高いコンテンツを生成する環境を整えることができた。

これらの結果から、全体として中間目標を達成することができた。

### 5-2-5 今後の予定

#### ・知育のための感性・技能辞書構成法

本サブテーマの最終目標にあげた体験学習システムを試作するため、協調的な音楽演奏およびダンス習得のための体験学習システムの試作を行なう。前者では、ピアノの連弾で教師と生徒が互いに協調しながら学習していく、新しい音楽体験学習システム「連弾支援システム」(仮称)を試作する。予め、システムには楽譜情報を入力し、伴奏側パートの演奏者が打鍵する際のメロディー再現上の負荷を軽減するとともに、主演奏者側にテンポの変化や後戻りなどが生じて、伴奏者側で息を合わせて演奏できる自動トラッキングの仕組みを実現する。また、生徒同士が楽しみながら楽曲を創作し合う環境として、前年度までに試作した「楽音創作支援システム」をネットワーク経由で2台接続することにより、協調的な楽曲創作と同時に演奏する機能を用いて、エンターテイメントを含む体験学習システムの発展形について検討する。後者のダンス学習支援では、基本動作の習得を支援するシステム「楽々ダンス習得システム」(仮称)として、リズム感覚・ステップ等の習得レベルを計測・分析し、習得の度合いとともに適切なアドバイスをフィードバックする機能を、試作システムとして実現する。

#### ・知育体験演出技術

絵画・デザインなどの画像制作を支援し、撮ってきた写真などを日記にする場合に、「わかりやすい日記に半自動的に変換する」方法として、画像内オブジェクトのテキストを置き換えて様々な画風の画像に変換するアルゴリズム SIC をサーバ上で提供する機能を開発する。このサーバ・アプリケーション環境下で事例を蓄積し、容易に自分の望む画風の画像に変換できるインタフェースの改良を進め、利用者コミュニティ内での知識の再利用による創造支援を目指す。また、「他の人々もその体験を共有できるようにする支援システム」を、複数ユーザが手や音声を用いて、同時に映像コンテンツを検索可能な「体感型情報共有システム SenseWeb」をベースに構築する。複数ユーザによる協調作業を通じた体験共有における演出効果を検証するため、最終目標に向けて幾つかの具体的なアプリケーションを想定した評価実験を行なって、本システムの有用性を示す。また、本研究プロジェクトのサブテーマのうち、体験共有のための協調メディアの研究開発と連携して、体験内容の表示における共有支援への応用を目指す。

## 5-3 五感メディアの研究開発

### 5-3-1 序論

#### a. はじめに

五感メディアの研究開発は、人の体験を観測するための入力系と他人と体験を共有するための体験提示に関する出力系を分担する。そのため、体験Webを構築する場合に、相手に感動を伝えるのに効果がある感覚情報として、現在のWebにあるテキスト・映像・音以外のどんなメディアが利用できるかを明らかにしていく。

平成15年度は、中間目標の達成に向けて、平成14年度に確立した要素技術を基に試作した装置を用いて実験を行なうなどして、その有効性について検討を進めた。出力系では、体験を体感として感じとるための手法について研究を進めた。歩行感覚提示では任意方向に歩行できるための基礎装置の試作とその評価を進めた。力覚提示においては、力覚と映像とを組み合わせた提示法を提案し、その基本装置を試作してその有効性を確認できた。温湿風環境構築においては、空気の搬送方法に主眼をおいて香りの提示方法を提案し、装置を試作して実験を行ない、複数の人間に対して異なる香りを提示できることを確認した。

入力系においては、人に関する動きを体験として取り込むためのカメラを利用した非装着な入力方法の研究として、広範囲に人物の行動を取れるための複数カメラの設置較正におけるアルゴリズムの検証、手持ちカメラのような条件下でも人物の認識ができる手法の検討を進めた。また、顔を追跡するために、鼻を実時間トラッキングすることに成功した。さらに、自動ラベル付けについては、看護師の行動を題材として研究を進め、要素技術としての自動ラベル付け法を提案することができた。

また、関連技術の調査・検討においては、人工現実感（VR）に関する主要な国際会議である Haptics Symposium および 2004 IEEE-VR に参加して力覚・触覚提示に関する最先端の研究調査を行ない、各研究テーマの今後の進め方の参考とした。

### 5-3-2 体験における五感への再現提示の特定

#### a. はじめに

五感への再現の取り組みとして、歩行感覚提示、力覚提示、温湿風環境の構築に取り組んだ。平成15年度の目標としては、平成14年度に試作した、歩行感覚提示、力覚提示が可能な電子机、分布型振動触覚提示、空気砲を用いた温湿風提示の実験装置を用いて評価を行い、それぞれの有効性を示すことができた。以下に、具体的な取り組みを示す。

#### b. 歩行感覚提示の研究

五感メディアにおける体性感覚についての研究を進めるために、仮想的に合成される空間内を自由に歩き回る歩行体感をディスプレイする装置の改良・試作を行なった。これまでにベルト制御系の従来装置の技術を継承しつつこの問題を解決するために、二次元ベルトを構成する方式を検討して試作機を製作し、歩行面を形成する布面の2自由度駆動の評価を行ない、X軸とこれに直交するY軸方向への球状ベルトの独立ベルト受け駆動を行えることを確認している。しかし、この方式では長時間駆動を行った場合に、ベルト送り部分でのベルトのスタック現象が発生して連

続いて駆動できず、また複数の駆動軸機構のベルト押さえ圧力の均等化が十分には実現されずにベルト駆動にムラが生じ、これが駆動速度に悪影響を及ぼすという問題があった。

平成15年度は、このような問題を踏まえて、改良版として複数のフットパッド型ロボット（移動可能な足乗せ台ロボット）の群動作によって、疑似歩行平面を形成する方式を提案し、これを搭載した歩行感覚提示装置を試作した。各ロボットは、擬似的に歩行面を連続的に再現することで、従来のベルト方式に比べて、歩行の進行方向を90度方向に曲がるなどの移動動作が楽に指示できることを確認した。（図5.3.2.1）



図 5.3.2.1 歩行感覚提示装置

### c. 力覚提示の研究

#### (1) 力覚提示が可能な電子机"Proactive Desk"の研究

現在のPCの操作環境は、GUI(Graphical User Interface)、すなわち、絵として表現されたボタンをマウスなどで押しながら操作するという方法が主流である。これに対してDigital Deskというシステムでは、コンピュータのデスクトップ画面を机の上に投影し、カメラなどを用いてユーザの手の動きや机上のノート位置などを計測することにより、実世界とコンピュータの世界をシームレスかつより直観的に操作できるような電子的に拡張された机の提案をしている。このような従来のGUIをより直接的に操作する入力手法に主眼を置いた研究はこれまでも多くなされているが、それらのシステムから提示される情報は視覚や聴覚に頼るものがほとんどである。従って、実際の机の上で行われる作業に必要な力覚的な情報（例えば、筆を走

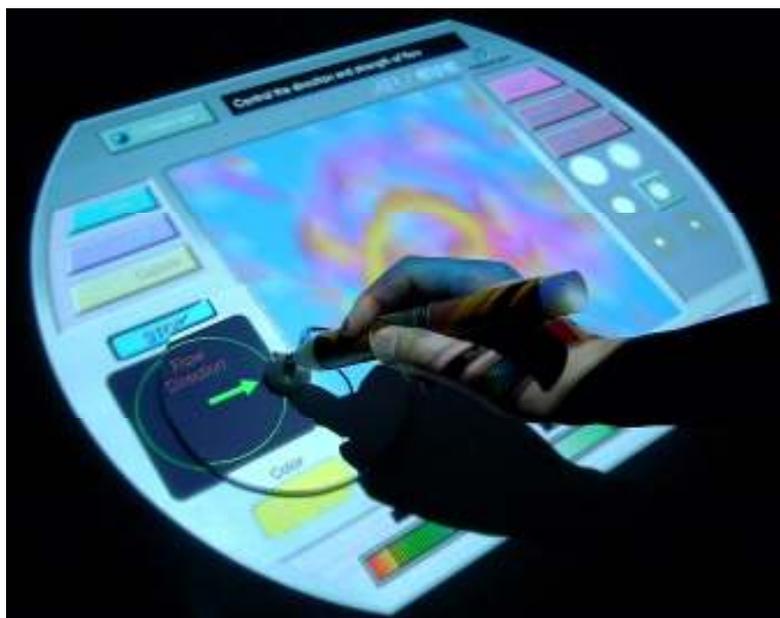


図 5.3.2.2 力覚提示装置

らせるときの感触や、物差しを当てるとまっすぐな線が引けるなど)をユーザに与えることはできなかった。本研究は、仮想的な道具からの指先への感触や、コンピュータが積極的に机上有る物体を動かして情報提示するような力覚提示が可能な電子机(Proactive Deskと呼ぶ)の実現を目指すものである。

平成15年度は、映像に映し出された仮想的な道具から指先へ力を返す、または机上の物体を動かして情報提示する、などの力覚提示方式を提案し、これらが可能な力覚提示装置を試作した。力覚提示には、二次元リニアモーターによる力の制御方法に基づいて、机の下に三相交流電流を印加することで進行磁界を起こす二組のコイル群を直交して配置し、平面の任意方向に進行磁界を発生できるようにした。このとき机上の導体は、フレミングの法則に従い進行磁界に誘導されて移動する。ユーザはこの導体を手に取りすることで机から提示される力を感じる。従来の機械式リンク構造や糸の張力を用いた手法と比較して、ユーザから見える部分が単純な板だけとなり構造が簡素化するだけでなく、机上の作業に適した平面方向のシームレスな力覚提示が可能である。また、すでに面積200mm×100mm、厚み2mmのアルミ板で3Nの力を発生できることを確認しているが、机上の導体の素材およびその面積と厚みを変えて実験した結果、面積200mm×100mm、厚み10mmの銅板で最大11Nの力を発生できることを確認した。

さらに、具体的な力覚を伴う操作環境の例として、伝統芸術「墨流し」をモチーフにした流れるデジタル絵画を体感可能なアプリケーションを力覚提示装置上に実現した(図5.3.2.2)。ユーザは筆型のデバイスを手に持ち、筆を使うかのようにして特殊な机の上にコンピュータグラフィックス(CG)の絵を描ける。机は一種のデジタルなキャンバスと定義されており、筆の動きに応じて絵を描くようにCGを描画していく。また、キャンバスの上に描いたCGは水に流されるかのごとく随時変化し続ける。このキャンバス上での流れはユーザの行動により変化し刻一刻と変化しつつ新しい絵を生み出す。ユーザが受ける感触は「慣性」、「流体抵抗」、「摩擦抵抗」をモデル化した3種類の仮想的な力の合力で、描画に応じた感触を再現できる。

## (2) 分布型振動触覚提示方式の研究

これまで、バーチャルリアリティ(VR)の分野における触覚提示は、主に最も敏感な指先を対象として行われてきた。しかしながら、人間にとって指先で何か物体に触ることだけが触覚ではなく、体全体の皮膚を使って周囲の状況を察知している。本研究では、全身を利用した皮膚感覚提示を目指し、その一環として振動触覚を利用した情報提示法の検討を行っている。振動触覚提示は、感覚代行などの領域で1970年代から1980年代にかけて盛んに研究が行われたが、当時の装置は文字や画像などの認識率を高めることを目的とした大がかりなものであり、そのまま全身へ展開することは容易ではない。そこで本研究では、現在安価に入手可能で取り扱いの容易な振動モータを利用して、なるべく簡単な構成でシステムを構築することを試みた。構築したシステムを図5.3.2.3に示す。

振動刺激において、インタラクション演出に振動刺激がどの程度有効かを明らかにする基礎実験を、刺激点数を3×3のマトリクス状という少ない配置で行ない、これら9つの振動子の位置を識別できるかについては大まかな位置の識別は可能であり、同時に縦方向に誤まる確率が比較的高いという知見が得られている。また、文字を書くストロークパターンを記録・再生するソフトウェアを作成し、0から9の数字に関して識別実験を行ない、少ない刺激点数でもストロークの特徴を捉えること

により識別が可能であり、振動子を用いて数字10種類程度の情報が提示できることを既に確認しているが、さらに3×3の振動子アレイによるストローク情報を利用した文字提示において、アルファベット大文字26文字と数字10文字のうち、パターンが区別できない2つ(2とZ、0とO)を除いて87%の正答率が得られた。数字10文字とアルファベット26文字、その混合34文字(26+10-2)の識別率に有意差は確認されなかった。振動子の位置識別が同程度であることから、振動位置識別の精度が確保できれば、ストローク情報の利用で、より多数の文字セット提示ができる可能性が示唆された。



図 5.3.2.3 分布型振動触覚提示装置

#### d. 温湿風環境構築の研究

温湿風環境の構築については、顔に温湿風が提示できる手法として、「空気砲」の原理に着目し、搬送する媒体として、香りを扱って実験を行った。間接刺激の一環として、香りによる環境提示を試みた。これは五感のうち嗅覚の感覚チャンネルを利用するものであるが、嗅覚提示はアロマセラピーなどの分野で芳香を部屋に充満させるような場合に利用されているものの、インタラクティブな情報提示の手段としては世界的に見てもまだ研究の途に着いたばかりである。

香り提示において時空間的な制御を行おうとする場合、単純に香りを空間中に拡散させる方法では放出した香りを簡単に消すことができず、別の香りを提示しようとしても先に提示した香りが邪魔になってしまうことが最大の問題であった。その一方で、チューブを通して香りのついた空気を鼻先へ運ぶ方式では、人間の頭部運動計測と組み合わせることによって香りの時空間制御が可能であるが、顔面または頭部に何らかの器具を装着する必要がある、煩雑である。本研究では、これらの問題を一挙に解決するため、「空気砲」の原理に着目し、香りを空気塊に載せて少し離れた場所から人間の顔面へ運ぶ方式を提案した。

空気砲は円形の開口を持ち部分的に変形可能な箱または容器で構成される。空気砲の開口部から押し出された空気はドーナツ状の渦を形成して、粒子が散逸することなく形状を保持したまま空中を移動する。空気塊射出の瞬間に開口部付近へ香り物質を充填しておけば、ドーナツ



図 5.3.2.4 非装着・局所型香り提示装置

状の空気塊に載って香りが搬送される。

並んで着座した2人の被験者へ向けて線香の煙を満たした空気砲から空気塊を射出し、煙の匂いを感知した被験者が挙手するよう指示した実験により、局所的な香り提示が可能であることを既に確認しているが、平成15年度は鼻の追跡技術と組み合わせることで常に鼻に香りを提示でき、射出速度とストローク量を制御可能な空気砲装置を試作し、空気塊の到達距離に関する実験を行った。その結果、空気砲開口径が空気塊到達距離に最も影響するとともに、射出ストローク、射出速度の調整によりある程度到達距離を制御可能であることが明らかになった。また、射出毎に異なる香りを提示可能な構造を考案、装置を試作することにより、複数の人間に対して異なる香りを提示できることを確認した。

#### e. まとめ

体験における五感への再現提示の特定において、平成15年度は、以下の成果が得られた。

- ・歩行感覚提示の研究：複数のフットパッド型ロボット（移動可能な足乗せ台ロボット）の群動作によって、疑似歩行平面を形成する方式を提案し、これを搭載した歩行感覚提示装置を試作し、擬似的に歩行面を連続的に再現することで、従来のベルト方式に比べて、歩行の進行方向を90度方向に曲がるなどの移動動作が楽に指示できることを確認した。
- ・力覚提示が可能な電子機の研究：最大11N（ニュートン）程度の力を計測できた。また、具体的な力覚を伴う操作環境の例として、伝統芸術「墨流し」をモチーフにした流れるデジタル絵画を体感可能なアプリケーションを力覚提示装置上に実現した。
- ・分布型振動触覚提示方式の研究：人が背中で振動を感じる場合、3×3の振動子アレイによるストローク情報を利用した文字提示が可能であり、振動位置識別の精度が確保されれば、ストローク情報の利用で、より多数の文字セット提示ができる可能性が示唆された。
- ・温湿風環境構築の研究：空気砲開口径が空気塊到達距離に最も影響するとともに、射出ストローク、射出速度の調整によりある程度到達距離を制御可能であり、射出毎に異なる香りを提示可能な構造を考案、装置を試作することにより、複数の人間に対して異なる香りを提示できることを確認した。

これらの成果は、再現提示の特定のための方法として利用できる可能性を示すことができ、平成16年度に向けて、装置の改良、機能の高度化にするための礎となった。

### 5-3-3 五感情報の認識・理解・変換技術

#### a. はじめに

五感情報の認識・理解・変換技術の取り組みとして、人物行動の認識・理解、人物の動き計測の研究を進めた。平成15年度は、平成14年度に検討を進めたアルゴリズムや改良したアルゴリズムについて、それぞれ実験および評価を行い、それらの有効性を示すことができた。以下に、具体的な取り組みを示す。

## b. 人物・顔の認識・理解について

物体の構造(形状)によって生じる画素値分布の変化に着目して見え方をモデル化する方法を提案し、服装や背景・照明条件が変化した場合も人物検出が可能となった。実験により、ランダムに選んだ背景に対して 83%以上の認識率を得られることを確認した。また、姿勢の変化等によって人の見え方が

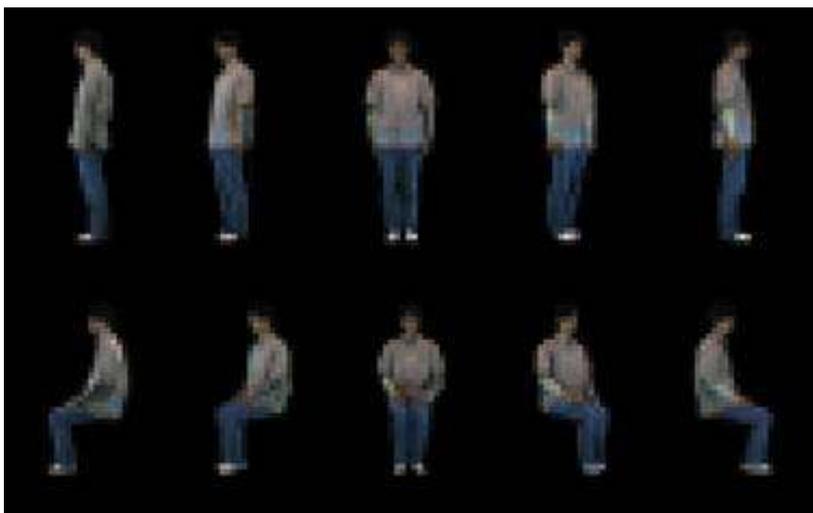


図 5.3.3.1 生成モデル(10 種類)

どのように変化するかをモデル化し、服装の異なる人物に対しても姿勢認識モデルを動的に生成できる手法を提案した。生成した結果を図 5.3.3.1 に示す。少数の入力画像から入力画像とは異なる姿勢の見え方を生成することで人物検出および追跡処理が可能となる。「立つ」・「座る」を含む 10 種類の姿勢について実験を行い、人物検出および追跡が可能であることを確認した。

さらに、肌色情報を必要としない顔検出フィルタ (6 分割矩形画像フィルタ) を多重解像度画像に適用することにより、照明の色温度変動の影響を排除すると同時に、画像上でのみかけの顔サイズによらず顔が検出できる。また多重解像度画像を利用したことにより、追跡中の顔サイズが大きく変化しても、実時間で追跡できる。実験結果例を図 5.3.3.2 に示す。同一画面上で複数人の顔を同時に捉えるマルチフェース化についても、基本原理は完成し、二人までならほぼ実時間処理 (15 フレーム/秒:1 人は 30 フレーム/秒) を達成した。また、発話時の口の形状 (面積と縦横の長さの比) をもとに、画像認識を用いて、日本語の五つの母音の発声を実時間で認識できることを明らかにした。さらに、この機能とキーボード入力とを組み合わせることで、日本語入力にも適用可能であることを示した。



図 5.3.3.2 顔のトラッキング例

## c. 自動ラベル付け法について

実際の看護の現場における実験で、音声、傾斜角、歩数計測装置によって記録された体験データを分析した結果、看護師の歩数、姿勢の傾斜角は看護業務毎に特徴を有することが判った (図5.3.3.3)。音声入力されたデータを音声認識エンジンで識別した結果、70%程度の精度で業務内容を正しく識別した。この識別率を向上さ

せるために、音声データを入力してから看護師の歩数、姿勢の傾斜角が図5.3.3.3中の(3)と(4)のオーバラップするエリアにある場合、音声認識の辞書を(3)、(4)に関連する業務についての辞書だけを用いることで、看護業務の音声識別率を80%以上に向上できた。これによって、要素技術として自動ラベル付け法を提案することができた。

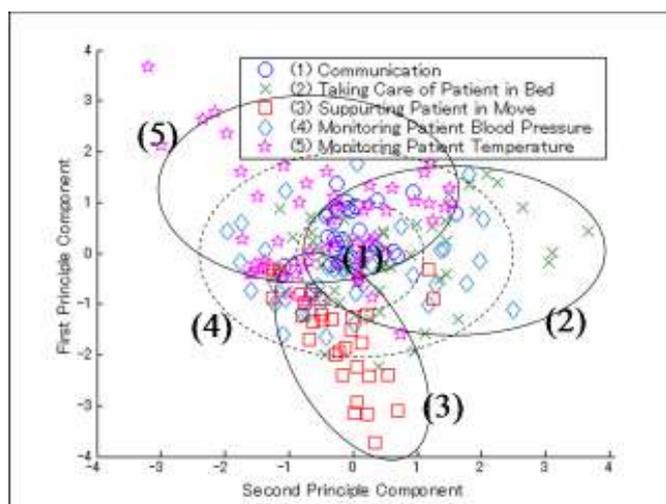


図 5.3.3.3 歩数、傾斜角の主成分分析結果

また、離散的に高精度のラベル付けを行なえる ID センサと、連続的に人物を追跡してラベル付けするコンピュータビジョンとの相補的な関係に着目した、画像に基づくカメラ位置・姿勢推定手法を提案した。移動カメラと固定カメラの両方を用いて人物の3次元追跡を行ない、追跡結果から計算される移動カメラ上での人物・背景領域の移動量と実際の移動カメラの画像を比較することにより頭部カメラの位置・姿勢を更新する。10m×15mの実験エリアにおいて、姿勢推定誤差が平均8.1度、位置推定誤差が平均10.4cmという推定精度が得られた。頭部カメラ位置姿勢推定結果を図5.3.3.4に示す。画像情報によって、離散的に設置されたIDタグでは検地できない区間(IDタグの検知範囲は2m程度)を補完する連続的な位置・姿勢検出が可能であることを確認した。

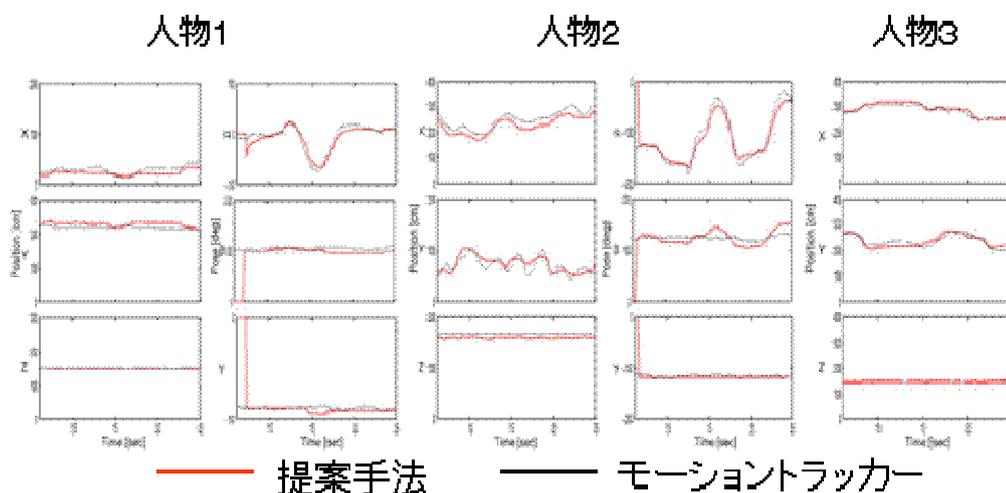


図 5.3.3.4 頭部カメラ位置姿勢推定結果

センサによる体験・行動記録をより広範囲に適用するために、センサ装着時のユーザの身体的・心理的負担を低減しながら、従来のヘッドマウント型システムに近い情報獲得が可能な胸部装着型のセンサ装置を提案した。

当該装置は、頭部運動を検出する赤外線カメラと前方の広視野画像を獲得する可

視光カメラおよびマイクロフォンからなる。撮影環境を限定した基礎実験により、同装置による注視方向映像の切り出しおよび注視方向に基づく映像のラベル付けが可能であることを示した。

#### d. まとめ

五感情報の認識・理解・変換技術において、平成15年度は、新たに検討を進めたアルゴリズムや基本的なアルゴリズムを改良したアルゴリズムの検証を行い、以下の成果を得た。

- ・人物・顔の認識・理解：物体の構造(形状)によって生じる画素値分布の変化に着目して見え方をモデル化する方法を提案し、服装や背景・照明条件が変化した場合も人物検出が可能となった。
- ・自動ラベル付け法：実際の看護の現場における実験で記録された体験データを分析し、要素技術としての自動ラベル付け法を提案した。また、IDセンサとコンピュータビジョンとの相補的な関係に着目し、画像情報によって、離散的に設置されたIDタグでは検知できない区間を補完する連続的な位置・姿勢検出の可能性を確認した。さらに、従来のヘッドマウント型システムに近い情報獲得が可能な胸部装着型のセンサ装置を提案し、注視方向映像の切り出しおよび注視方向に基づく映像のラベル付けの可能性を確認した。

これらの成果は、体験の入力のための方法として利用できる可能性を示すことができ、平成16年度に向けて、アルゴリズムの改良、機能の高度化のための礎となった。

#### 5-3-4 五感メディアのまとめ

五感メディアの研究開発について、多方面から調査・検討を進めると同時に、試作した出力系の実験装置を用いた評価、入力系のアルゴリズムの提案・改良およびその検証を行った。これらの結果、今後の研究開発に向け以下の指針が得られた。

##### ・体験における五感への再現提示の特定

五感への再現の取り組みとして、歩行、力覚、温湿風環境の構築に取り組んだ。15年度は、14年度に試作した歩行感覚提示、力覚提示が可能な電子机、分布型振動触覚提示、空気砲を用いた温湿風装置を用いて、それぞれ評価を行い、それらの有効性を示すことができた。これにより、最終目標達成に向けた礎を構築することができた。

##### ・五感情報の認識・理解・変換技術

五感情報の認識・理解・変換技術の取り組みとして、人物行動の認識・理解、人物の動き計測の研究を進めた。新たに検討を進めたアルゴリズムや既に提案したアルゴリズムを改良したアルゴリズムについての検証を進め、実応用のための展開を積極的に進めた。それぞれについて実験および評価を行ない、それらの有効性を示すことで次年度への高機能化への礎を構築することができた。

全体としては、平成15年度は、五感メディアの研究開発を実行する上での必要な要素技術に基づいた試作装置を用いた実験および評価、あるいは新たに検討を進めたアルゴリズムや改良したアルゴリズムの検証を行ない、その結果として中間目標を達成することができた。

#### 5-3-5 今後の予定

体験における五感への再現提示の特定では、歩行感覚提示の15年度試作に基づ

いた改良版の評価、力覚提示が可能な電子机では応答速度の向上と2箇所同時の力覚提示、分布型振動触覚提示では全身への提示のための基礎検討、空気砲を用いた温湿風装置では、香りの提示制御方法のさらなる検討を進め、「体験共有コミュニケーション」のプロトタイプの開発に、その成果を活用していく。

五感情報の認識・理解・変換技術では、これまで両眼が見えていることを前提としている頭部追跡について、顔の向きの変化により片眼しか見えない状況においても追跡可能なアルゴリズムを開発を進め、また、画像を用いた人の行動検出においては、認識モデルの自動生成法を利用した動作認識システムを構築するとともに、複数カメラの統合による3次元映像処理手法、ジェスチャ等の人の振る舞い検出手法の提案・実装を進め、これらの成果を「体験共有コミュニケーション」のプロトタイプの開発に反映していく。

## 5-4 体験共有コミュニケーションの研究開発

### 5-4-1 序論

体験共有コミュニケーションの研究サブテーマでは、本研究開発において開発する新しいインタラクション・メディアを、人間の特性に合致し、社会に受容されるものとするために、他の研究サブテーマと連携して、人間のメディアを利用した体験共有コミュニケーションの認知特性の実証的分析・モデル化を行い、体験 Web システムの構成要素となるインタラクション・メディア技術の設計法を確立する。研究活動の有効かつ迅速な推進を図るために、現実のデータ収集に基づく実証的モデル構築研究のためのコミュニケーションデータの収集および分析を中心に業務を進めた。特に、協調メディアのサブテーマとの密接な連携の下で、多数の据え付け、およびウェアラブル・センサによる体験データの記録を可能とするユビキタス・センサ・ルーム実験環境を構築し、人間同士のコミュニケーション活動データの収集および分析を進めた。体験共有システム技術の核となるインタラクション・コーパスの仕様の開発を進めた。また、協創パートナー対話環境、メディア介在型コミュニケーション環境、サイバー社会模擬環境など各種のインタラクション・メディア環境を設定し、人間同士および人間対メディアの体験共有コミュニケーションデータの収集および分析・実験を行った。

### 5-4-2 個人認知モデルの研究

#### a. はじめに

インタラクション・メディアを利用した体験共有コミュニケーションの個人レベルでの認知モデルの開発に向けて、以下のような中間目標を設定して研究開発を進めた。

#### 【中間目標 エー 1】

- ・ユビキタス・センサを用いて得られた音声言語、表情、視線、ジェスチャ、身体情報のマルチモーダル・データ（10人・時間）をもとにして、体験共有コミュニケーションにおける個人の会話参加状態およびインタラクション共感性に関する情報認知過程の分析手法を提案すること。
- ・インタラクション・コーパスの基本仕様として、個人の会話参加状態・インタラクション共感性に関する情報項目を提案し、個人による体験情報を表現するために、ユビキタス・センサを用いて得られた100人・時間程度の音声言語・表情・視線・ジェスチャ・身体情報の中でどの要素が優位な情報項目であるかを確認すること。

#### b. インタラクション構造分析

人間同士の対面コミュニケーションは体験共有の基本的な形態である。対面コミュニケーションにおける臨場感は、ことばの情報だけでなく、音声の韻律特徴、顔表情、ジェスチャ、身体動作、視線など多様なモダリティの情報の交換によって実現される。体験共有の個人レベルでの認知モデルを構築するには、以下の2つの課題を解決する必要がある。

- ・マルチモーダル・コミュニケーション対話コーパスの作成・収集

人間同士の対面対話コミュニケーション場面における多様なマルチモーダル情報の交換の過程を実証的に分析するための材料としてマルチモーダル・コミュニ

ケーション対話コーパスを作成・収集する。

- ・マルチモーダル情報交換の実証的分析に基づくインタラクション構造分析  
マルチモーダル・コミュニケーション対話コーパスに基づいて対面対話コミュニケーションの持つ体験共有の臨場感を構成する要因を分析・抽出する。

これらの課題に対して、従来試みられていた方法は、基本的には、旅行会話のような特定の状況・課題を設定して二人の人間に会話を演じてもらい、その結果を音声対話コーパスとして収録し、それに基づいて音声対話の構造を分析するというものである。このような手法は、音声対話に限定し、電話自動応答システムや自動翻訳システムなどの予め決められた範囲の課題遂行を対象とした応用システムの構築には有用であった。しかしながら、これらの方法は、音声言語に情報交換の範囲を限定することにより、豊かな非言語情報の交換によって実現されるインタラクション構造を考察の対象外としたため、対面コミュニケーションによる体験共有の持つ臨場感をとらえるためには不十分であった。

本研究課題では、人間同士の対面コミュニケーションにおける多様なマルチモーダル情報交換のデータ収集を目的として、装着型のビデオカメラ、マイクロフォン、ID マーカ/トラッカ、据え置き型のビデオカメラ、ID マーカ/トラッカを備えたユビキタス・センサ・ルーム環境を設定して、人間同士の対面対話における音声言語情報だけでなく、表情、ジェスチャ、身体動作、視線など多様なマルチモーダル情報を統合的に収集・蓄積し、体験共有コミュニケーションの総合的な個人認知モデルの構築に必要なインタラクションモデル実験環境を構築した。

昨年度までに、ユビキタス・センサ環境を用いて試験的に収集したデータに基づいて、会話参加状態を表わす指標として、会話モード状態と会話参与者（会話に割り込む人）の役割割当状態の2つの概念を提案し、ユビキタス・センサによって得られる発話および視線情報からそれらの状態を抽出する分析手法を提案した。同時に、体験共有コミュニケーションにおけるインタラクション共感性を捉える指標として、音声韻律の同調の状態が重要であることを提案し、発話音声データに基づいてその状態を分析抽出する手法を提案した。今年度には、これらの分析手法の有効性を確認するために、ユビキタス・センサ環境（図 5.4.2.1）を用いて、延べ180人・時間のマルチモーダル・データを収集した（図 5.4.2.2）。会話モード状態および会話参与者の役割割当状態が会話への参入の容易さを決めるのに優位な情報項目であることを確認した（図 5.4.2.3、図 5.4.2.4）。同様に、会話参与者役割割当の交替頻度が参加者の興味を、声の大きさ・速さの音声韻律特徴の同調が話し手・聞き手間のインタラクション共感性を決めるのに優位な情報項目であることも確認した（図 5.2.4.5）。これらの研究成果については、学術雑誌および国際会議において発表するとともに、発話参加状態指標・共感性指標の抽出法について特許の申請を行った。



図 5.4.2.1 データ収集に利用したウェアラブル・センサ



図 5.4.2.2 ウェアラブル・センサを用いたインタラクション・コーパスデータ収集の状況

会話参与者役割割当

scene	conversational style	mode	turn	participants		
				E	VA	VB
1	E: SPK VA: ADR VB: —	1 → 1	E			
2	E: SPK VA: ADR VB: BST	1 → 1 + BST	E			
3	transition place		VB			
4	E: ADR VA: SPT VB: SPK	1 : 1 + SPT	VB			

E: Echibler, VA: Visitor A, VB: Visitor B  
 SPK: Speaker, ADR: Addressee, SPT: Side participant, BST: Dystander  
 P: look at the poster, non-P: look away the poster

図 5.4.2.3 インタラクション・コーパスデータにおける会話参与構造分析の一例

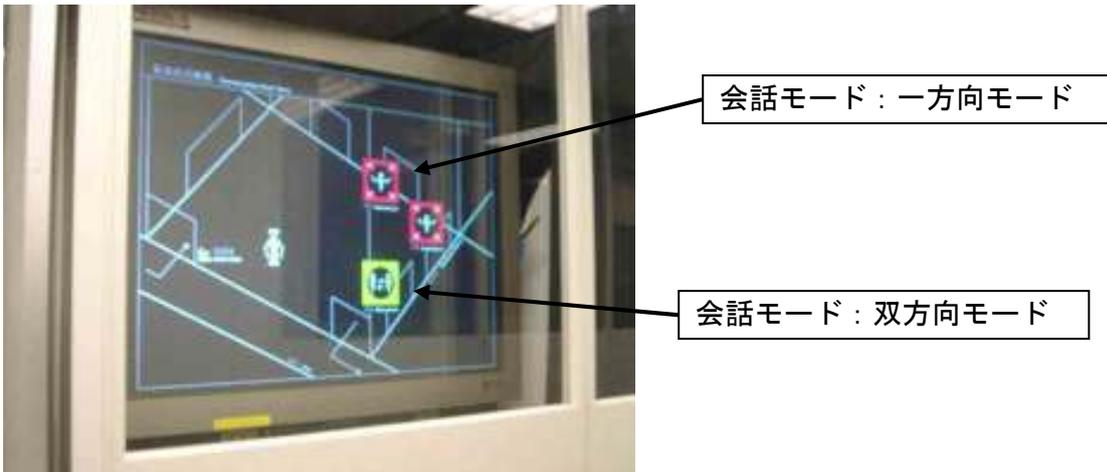


図 5.4.2.4 会話モード状態の自動抽出結果表示

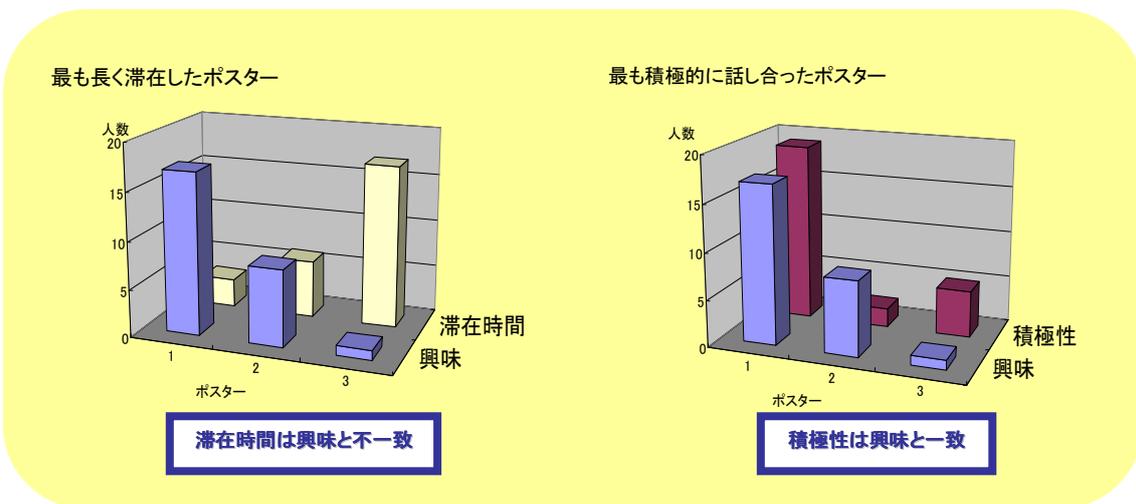


図 5.4.2.5 参加者の興味を表す指標の分析

### c. まとめ

体験共有コミュニケーションの個人認知モデルの研究項目においては、主に協調メディアの研究サブテーマと連携し、ユビキタス・センサ・ルーム環境を利用したコミュニケーションデータの収集・蓄積手法を開発するとともに、収集したデータを用いた人間のコミュニケーション特性に関する分析手法の提案を行った。さらにコミュニケーション分析に基づいて、インタラクション・コーパスの基本仕様として、個人の会話参加状態・インタラクション共感性に関する情報項目の提案を行うとともに、その有効性を確認した。これらにより、当初設定した中間目標は十分に達成された。

## 5-4-3 協調認知モデルの研究

### a. はじめに

メディアを利用した体験の共有は、ネットワークを介したグループでの協調的活動やコミュニティの自発的創成・運用を通じて新しい社会的インタラクションの形態・文化を生み出す可能性を備えている。その一方で強力なメディア技術は悪用されると、一部の人々の搾取、操作、侵害につながる危険性をも秘めている。新しいインタラクション・メディアの導入が社会的インタラクションを通じた新しい知

識・文化の創造へと結びつくようにするには、メディアを利用した人間のコミュニケーション行動のグループレベルでのダイナミクス・認知モデルを解明し、それに基づいてメディア技術の開発を進める必要がある。

体験共有コミュニケーションの協調認知モデルの研究では、インタラクション・メディアを利用した体験共有コミュニケーションの協調レベルに着目した認知モデルを開発するために、情報の感覚化に基づく協調創造活動支援およびコミュニティ知識の構造化の研究開発を行う。

平成15年度は研究開発の第三年度として、これまでの研究活動を発展させ、以下の中間目標の達成を目指して研究開発を進めた。

### 【中間目標 エー2】

- ・ 人間がインタラクション・メディアを用いて体験共有による協調活動を行うための模擬的環境を開発し、体験共有コミュニケーションにおける集団的情報評価および外的情報資源の共同利用に関する協調認知過程の分析手法を、ユビキタス・センサを用いて得られた音声言語、表情、視線、ジェスチャ、身体情報のマルチモーダル・データ（10人・時間）をもとにして提案すること。
- ・ インタラクション・コーパスの基本仕様として、協調的情報評価・外的情報資源共同利用に関する情報項目を提案し、集団による体験情報を表現するために、100人・時間程度の音声言語・表情・視線・ジェスチャ・身体情報の中でどの要素が優位な情報項目であるかを確認すること。

### b. 情報の感覚化に基づく協調創造活動支援

メディアを利用した体験共有コミュニケーションでは、多様な感覚モダリティを利用した情報提示により、新しい協調創造活動が可能となる。そのためには以下の3つの課題を解決する必要がある。

- ・ 情報の感覚化提示インタフェースの構築  
視覚、聴覚あるいはその他の五感を利用した情報の感覚化提示に基づくインタフェースを提案する。
- ・ 情報の感覚化提示インタフェースを用いた協調創造活動の分析および評価  
インタフェースを協調創造活動支援ツールとして用いた人間の協調創造活動の過程の体系的分析を行い、それに基づいてツールの有効性を評価する。
- ・ 情報の感覚化提示インタフェースの備えるべき要件の明示化  
協調創造活動支援ツールの有効性を保証する情報の感覚化提示インタフェースの特徴を体系的に把握する。

これらの課題に対してこれまで試みられている方法は、基本的には芸術的表現を対象範囲とした新しいメディアアートの創作という形をとっていた。このような方法は、大半がそれぞれ完結したパフォーマンスの提示であり、協調創造活動の支援という観点は乏しかった。また、異なる作品間の体系的な比較が困難であり、そのため、協調創造活動の体系的な分析やインタフェースとしての要件の明示化は不可能であった。

本研究課題では、情報の感覚化に基づく協調創造活動支援ツールとして、タブレ

ット PC や携帯電話における写真・地図情報利用の普及を考慮して、描画インタフェースを用いた図的コミュニケーションを領域として取り上げ、昨年度までに共有電子白板による描画コミュニケーション環境を整備し、協調問題解決における図的コミュニケーションデータの収集を進めた。共有電子白板による描画コミュニケーション環境は、自由描画という自然なコミュニケーション手段を電子的なコミュニケーション・メディアにおいて提供する。インタラクション・コーパス技術の開発においては、音声言語と描画メディアにまたがる複合的情報項目の統合様式の体系的な分析と設計の面でユビキタス・センサ環境を補完する役割を果たす。

今年度は、描画コミュニケーション環境については視線情報抽出機能の追加を行った。図 5.4.3.1 に視線情報抽出機能付きの図的コミュニケーションデータ収集実験環境を示す。協調行動の種類を変化させて対象の指示やインタラクションの組織化における音声言語情報と描画情報との統合的な利用様式の分析を行い、描画インタラクションの統合形態に関する情報項目が協調行動のタイプの同定にとって優位であることを確認した。これらの研究成果については、学術雑誌および国際会議において発表するとともに、言語・描画情報統合分析手法について特許の申請を行った。

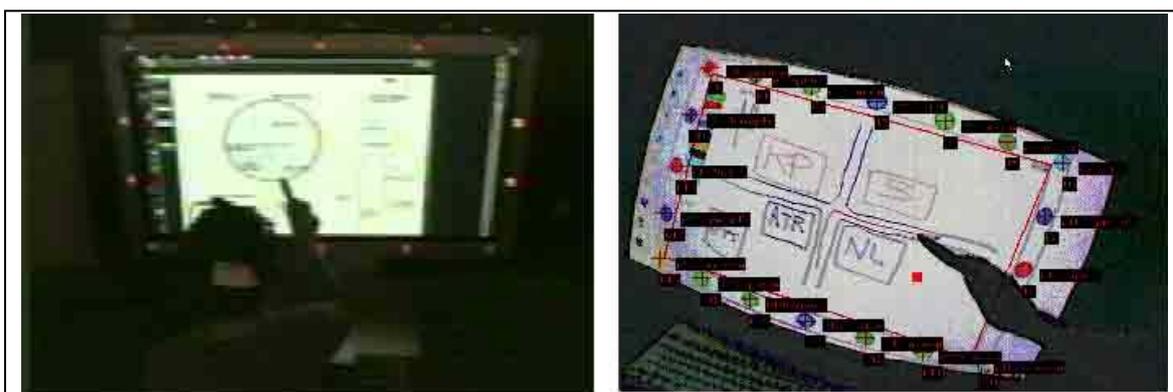


図 5.4.3.1 視線情報の抽出を伴う描画コミュニケーション環境

### c. コミュニティ知識の構造化

インタラクション・メディア技術を利用した体験の共有は、ネットワークを介したコミュニティにおける社会的インタラクションを活性化し、新しい知識や文化の創造をもたらす可能性を持つ。そのような体験共有ネットワークコミュニティを実現するには、以下の3つの課題を解決する必要がある。

- ・コミュニティコミュニケーション支援インタラクション・メディアの構築  
ネットワークコミュニティにおけるコミュニケーションを支援するインタラクション・メディアを提案する。
- ・インタラクション・メディアを利用したコミュニティ活動の分析  
コミュニティコミュニケーション支援インタラクション・メディアを利用したコミュニティ活動を記録、分析し、評価する。
- ・分析結果に基づくインタラクション・メディアの要件の明示化  
社会的インタラクションを活性化し新しいコミュニティ知識・文化の創造をもたらすために有効となるインタラクション・メディア技術の特徴を体系的に把握す

る。

これらの課題に対してこれまで試みられている方法は、基本的には上記課題の1番目のメディアに関する提案にとどまり、コミュニティ活動の分析やインタラクション・メディアの要件の明示化には至っていなかった。

本研究課題では、インタラクション・メディアを用いた体験共有コミュニケーションの協調認知モデルを構築するために、対面のコミュニケーションによる体験共有を対象とするユビキタス・センサ環境を補完するものとして、協創パートナーを人間のアバター(分身)として用いるサイバーコミュニケーション環境 TelMeA(テルミア)の開発を進めた。協創パートナーを用いたオンラインコミュニティ環境では、協創パートナーを使用することにより、言語メッセージに加えて表情・ジェスチャ・身体配置などの非言語情報までユーザが明示的に指定・選択をしてコミュニケーションを行うことができる。インタラクション・コーパス技術の開発においては、非言語情報項目の体系的な分析と設計の面でユビキタス・センサ環境を補完する役割を果たす。ネットワークコミュニティにおける人々の非対面のコミュニケーションを通じた知識の構造化過程の分析とモデル化のためのデータとして利用できる。

昨年度までに、国立情報学研究所との協力の下で、遠隔教育を実践している NPO 団体 e-教室 における TelMeA の試験的運用により、延べ10人・時間程度のマルチモーダル・コミュニケーション・データを予備的に収集し、言語行為、感情表現、対人距離に関する非言語表現項目の利用状況に基づく集団的情報評価についての分析法の提案を行った。

今年度は、協創パートナーを用いたオンラインコミュニティ環境の改良を進め、非言語情報表現の拡充を行った。図 5.4.3.2 に e-教室で運用中の TelMeA コミュニティシステムを示す。また、提案した分析手法の有効性を確認するために、オンラインコミュニティ環境を用いて延べ112人・時間のマルチモーダル・コミュニケーション・データを収集した。協創パートナーを用いたオンラインコミュニティ環境については、非言語表現項目の利用に基づく集団的情報評価の分析を行い、集団による体験情報を捉えるという点で、表情・ジェスチャ・身体距離の選択によって表示される情報評価・対人評価情報項目が協調的な情報の重要性評価にとって優位であることを確認し、非言語情報を加えたインタラクション・コーパス記述法の提案を行った(図 5.4.3.3)。これらの研究成果については、学術雑誌および国際会議において発表するとともに、集団的情報評価分析手法について特許の申請を行った。



図 5. 4. 3. 2 e-教室で運用中の TelMeA コミュニティシステム

```

<?xml version="1.0" encoding="Shift_JIS" ?>
<telmea_sml ver="1.1">
- <cast>
  <personified_media id="pm_0" name="よどがわ" uri="TofuYellow" left="0.2764" top="0.5951" />
  <personified_media id="pm_1" name="CosmyYellow" uri="CosmyYellow" left="0.1621" top="0.3867" />
  <personified_media id="pm_2" name="Takahashi Toru" uri="TofuBlue" left="0.5039" top="0.362" />
  <document_media id="dm_0" contentType="unclear" uri="http://www.jouhou.ne.jp/hanabi-taikai/biwako/index.html"
    cache="db/circles/1/threads/0/cache/web/jouhou.ne.jp@20030826144627.jsp" left="" top="" prior="true" />
  <document_media id="dm_1" contentType="unclear" uri="http://www.jouhou.ne.jp/hanabi-taikai/ujigawa/index.html"
    cache="db/circles/1/threads/0/cache/web/jouhou.ne.jp@20030826145451.jsp" left="" top="" prior="true" />
  <document_media id="dm_2" contentType="unclear" uri="http://www.kdoyukai.on.arena.ne.jp/yakei/100kei/hanabi/html/82.html"
    cache="db/circles/1/threads/0/cache/web/kdoyukai.on.arena.ne.jp@20030826181106.jsp" left="" top="" prior="false" />
</cast>
- <script actor="pm_0">
  <speech performative="挨拶する" animation="wave" utterance="こんにちは、お二人さん。よどがわです。" />
  <feeling type="待ち遠しい" category="喜" animation="yearn" utterance="今度の花火大会、楽しみにしてます。" />
  <attitude opposite="pm_1" type="温かい態度" distance="personal" animation="wave" utterance="CosmyYellowさん、琵琶湖の花火、私もいったことあります。お勤めですね。" />
  <comment id="dm_1" target="TelMeA_img29" animation="Pointing" utterance="でも、どうやらもう終わってみたいですね。残念。" />
  <attitude opposite="pm_2" type="温かい態度" distance="personal" animation="help" utterance="Toruさん、" />
  <speech performative="説明する" animation="hello" utterance="宇治川の花火、毎年いきたいと思いつつ、まだいったことがないんですよ。" />
  <citation id="dm_2" target="dm_2" />
  <comment id="dm_2" target="TelMeA_img5" animation="Pointing" utterance="" />
  <speech performative="賛成する" animation="nod" utterance="なので今年は是非行ってみたいです。" />
  <speech performative="質問する" animation="wave" utterance="他のみなさんはどうですか？" />
</script>
</telmea_sml>

```

図 5. 4. 3. 3 インタラクション・コーパス記述の一例

#### d. まとめ

体験共有コミュニケーションの協調認知モデルの研究項目においては、描画メディア、協創パートナー等のインタラクション・メディアを介在した人々の協調行動に関するコミュニケーションデータの収集・蓄積・分析を中心として研究開発を進めた。収集したデータを用いて人間のコミュニケーション特性に関する分析を実施し、その有効性を確認するとともに、インタラクション・コーパスのための情報項目の提案を行った。これらにより当初設定した中間目標は十分に達成された。

#### 5-4-4 体験共有コミュニケーションのまとめ

平成 15 年度の体験共有コミュニケーションの研究開発を総括すると、サブテーマの中間目標をすべて達成することができたと同時に、最終目標に向けた研究の方向性を設定できたという点で、きわめて順調であったと言える。

体験共有コミュニケーションの個人認知モデルの研究項目においては、(a) ユビキタス・センサ・ルーム環境を利用したコミュニケーションデータの収集・蓄積手法の開発、(b) 収集したデータを用いた人間のコミュニケーション特性に関する分析手法の提案の研究を実施し、コミュニケーション分析に基づいて、インタラクション・コーパスの基本仕様として、個人の会話参加状態・インタラクション共感

性に関する情報項目の提案、およびその有効性の確認の研究を進めることにより当初設定した中間目標を十分に達成した。

体験共有コミュニケーションの協調認知モデルの研究項目においては、(a) 描画メディア、協創パートナー等のインタラクション・メディアを介在した人々の協調行動に関するコミュニケーションデータの収集・蓄積、(b) 収集したデータを用いた人間のコミュニケーション特性に関する分析、(c) インタラクション・コーパスのための情報項目の提案の研究を実施することにより、当初設定した中間目標を十分に達成した。

プロジェクト後半においては、他のサブテーマ、特に「ア. 協調メディアの研究開発」との連携を一層密接にし、『体験共有コミュニケーション』のプロトタイプ開発の最終目標に向けた研究開発を加速させる。

#### 5-4-5 今後の予定

中間目標の達成を踏まえ、最終目標へ向けてプロジェクト後半の研究開発を加速する。個人認知モデルの研究開発については、ユビキタス・センサ・ルーム環境を利用した開放環境における対面コミュニケーションの分析の基礎が確立できたので、今後は、協調メディアサブグループにおいて研究開発を進めている体験の自動要約技術と対面コミュニケーション分析との統合化を行い、ユビキタス環境における体験を表現するインタラクション・コーパスの仕様および抽出技術の研究開発に注力する。

協調認知モデルの研究開発については、描画メディアおよび協創パートナー等のインタラクション・メディアを介在した人間同士の協調行動のデータ収集・分析を発展させると同時に、デザイン・教育などの実際的応用場面でのインタラクション・メディア利用を想定した実験を実施し、体験共有コミュニケーションにおける協調認知過程の分析手法の提案、およびインタラクション・メディアの中核となるインタラクション・コーパス仕様の研究開発に注力する。

## 5-5 総括

以上説明してきたように、平成15年度は、中間目標の達成にむけて、各サブテーマの研究開発を計画通りに進めた。特に、体験共有コミュニケーションの実験環境として、全てのサブテーマが関係するユビキタス・センサ・ルームを構築して、画像、音声情報に限った範囲ではあるが、複数人の体験をデータ形式に自動変換すること、それらの要約情報をビデオ要約形式で自動的に表示することなどが可能であることを実験で確かめ、本研究課題の最終目標を達成するための第一歩を踏めた。14年度までの成果および課題さらに発展させ、

- (1) 視覚と音声を中心にした五感・生体・身体情報の中で観測できる情報を用いて体験データを観測・体験共有する場合に、操作性を向上するインタラクション演出が可能な協創パートナー、および体感的な提示が可能な知育メディア環境を開発すること。
- (2) 展示会場という状況設定において、映像、視覚と音声、位置を中心にした情報を用いて表現できる体験データに対して、体験共有コミュニケーションの知見を考慮して、ユーザ ID、行動パターン、インタラクションの相手となる人または物、場所、時間情報のインデキシングが自動的に付与できること。という中間目標を達成した。

ユビキタス・センサ・ルームについては、現段階でもイベント企画会社、各種機器製造メーカーなどから関心をもってもらっている。ユビキタス・ネットワーク技術は e-Japan、U-Japan 計画に盛り込まれ、ユビキタス・センサの超小型化、低廉化を目指す研究開発が急速に進んでいる。本研究開発課題、15年度に T-engine フォーラムに参加するとともに、我が国を取り巻く研究開発動向を睨みながら、できるだけ早い時期にウェアラブル・センサなどの小型化を実現し、実用化を加速したい。

また、コミュニケーション・ロボットについても、平成15年10月末に、本研究開発課題から生まれた動作生成エディタ「シナリオエディタ」を搭載した、Robovie-M および Robovie-R をベンチャー企業から販売を開始し、収益納付できた。今回開発したこれらのロボットやエディタについては、幾つかの企業、大学、ユーザから興味をもってもらっているので、これらについても、早期に成果展開の加速策を実行したいと計画している。

これ以外にも収益見込みのあるシステムがいくつか見えてきているので、早期に成果展開できるものから、弊社技術リエゾンセンタなどを利用して次年度以降販売していきたい。

## 参考資料、参考文献

サブテーマの内容を詳細に知るために適当と思われる資料、文献を記載した。

### サブテーマ1（協調メディアの研究開発）関連

- 萩田 紀博, 小暮 潔, 間瀬 健二, 角 康之: Collaborative Capturing of Experiences with Ubiquitous Sensors and Communication Robots, ICRA2003, 2003年9月.
- 角 康之, 伊藤 禎宣, 松口 哲也, Fels Sidney, 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, 2003年11月.
- 角 康之: Collaborative Capturing of Interactions by Multiple Sensors, The Fifth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2003), 2003年10月.
- 小暮 潔, 萩田 紀博, 角 康之, 桑原 教彰, 石黒 浩: Toward ubiquitous intelligent robotics, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2003), 2003年10月.
- 萩田 紀博: Collaborative Capturing of Experiences with Ubiquitous Sensors and Robots, The 5th International Conference on Advances in Pattern Recognition (ICAPR-2003), 2003年12月.
- 神田 崇行, 石黒 浩, 今井 倫太, 小野 哲雄: Body Movement Analysis of Human-Robot Interaction, The International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-03), 2003年8月.
- 神田 崇行, 平野 貴幸, Daniel Eaton, 石黒 浩: A practical experiment with interactive humanoid robots in a human society, Third IEEE International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2003), 2003年10月.
- 宮下 敬宏, 石黒 浩: Natural Behavior Generation for Humanoid Robots, The 3rd IEEE International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2003), 2003年10月.
- 神田 崇行, 平野 貴幸, Daniel Eaton, 石黒 浩: Person Identification and Interaction of Social Robots by Using Wireless Tags, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2003), 2003年10月.
- 小野 哲雄, 今井 倫太, 神田 崇行, 石黒 浩: Embodied Communications between Humans and Robots Emerging from Entrained Gestures, 2003 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation, 2003年7月.

### サブテーマ2（知育メディアの研究開発）関連

- Rodney Albert Berry, Palle Dahlstedt, Eduardo Miranda: Artificial Life: Why Should Musicians Bother?, Contemporary Music Review – special edition on artificial life and music, edited by Eduardo Miranda, 2003年11月.
- 蓼沼 眞, 前川 督雄, 井上 正之, 原田 育生, 岩館 祐一, 柴 眞理

子：感性に適合したインタラクティブ・ダンスシステムの開発とそのイメージ伝達支援効果の検証，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，2003年12月。

- 西本 一志，大島 千佳，宮川 洋平：Why Always Versatile?: Dynamically Customizable Musical Instruments Facilitate Expressive Performances, 2003 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME-03), 2003年5月.
- Rodney Albert Berry, 牧野 真緒, 樋川 直人, 鈴木 雅実, 蓼沼 眞: The Augmented Composer Project: The Music Table, SIGGRAPH symposium, 2003年7月.
- Rodney Albert Berry, 牧野 真緒, 樋川 直人, 鈴木 雅実, 蓼沼 眞: The Music Table, International Computer Music Conference, 2003年9.29
- 小林 裕一, 鈴木 雅実, 大谷 淳: Softness Perceptive Texture Method, Electronic Imaging 2004, 2004年1月.
- 阿部 明典, Rodney Berry, 鈴木 雅実, 萩田 紀博: Augmented Music Composition Support as Active Mining, 情報処理学会知能と複雑系研究会, 人工知能学会知識ベース研究会, 電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会合同研究会特集「アクティブマイニング」, 2003年9月.
- 苗村 昌秀, 鈴木 雅実: 動作解析に基づいたダンスの評価手法, 画像電子学会研究会, 2003年11月.
- 栃木 博子, Roberto Lopez-Gulliver, 佐藤 知裕, 鈴木 雅実: 体感型情報共有システム SenseWeb における協調的画像分類の評価, 情報処理学会 グループウェアとネットワークサービス研究発表会, 2004年3月.
- Roberto Lopez-Gulliver, Makoto Tadenuma, C. Sommerer (IAMAS), L. Mignonneau: SenseWeb: Interaction Environment for the Internet, 映像情報メディア学会 メディア工学研究会, 2003年5月.
- 牧野 真緒, ロドニーベリー, 樋川 直人, 鈴木 雅実: 作曲・演奏支援システム, The Music Table インタラクション 2004, 2004年3月.

### サブテーマ3 (五感メディアの研究開発) 関連

- 柳田 康幸, 川戸 慎二郎, 野間 春生, 鉄谷 信二, 伴野 明: A Nose-Tracked, Personal Olfactory Display, ACM SIGGRAPH 2003, 2003年7月.
- Robert W. Lindeman, 柳田 康幸, John L. Sibert, Robert Lavine: Effective Vibrotactile Cueing in a Visual Search Task, Interact 2003, 2003年9月.
- Oraya Sawettanusorn, 千田 康隆, 川戸 慎二郎, 鉄谷 信二, 山内 寛紀: Real-Time Face Detection Using Six-Segmented Rectangular Filter, IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication System (ISPACS 2003), 2003年12月.
- 内海 章, 鉄谷 信二: Adaptation of Appearance Model for Human Tracking Using Geometrical Pixel Value Distributions, ACCV2004 (Asian Conference on Computer Vision), 2004年1月.
- 山添 大丈, 内海 章, 鉄谷 信二, 谷内田 正彦: VISION-BASED HUMAN

MOTION TRACKING USING HEAD-MOUNTED CAMERAS AND FIXED CAMERAS FOR INTERACTION ANALYSIS, Asian Conference on Computer Vision (ACCV 2004), 2004年1月.

- 川戸 慎二郎, 鉄谷 信二 : Scale Adaptive Face Detection and Tracking in Real Time with SSR Filter and Support Vector Machine, Asian Conference on Computer Vision 2004, 2004年1月.
- 柳田 康幸, 川戸 慎二郎, 野間 春生, 伴野 明, 鉄谷 信二 : Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking, IEEE Virtual Reality 2004, 2004年3月.
- 吉田 俊介, 柿田 充弘, 野間 春生, 糊沢 順, 鉄谷 信二 : Proactive Desk の実装と応用一流れる絵画「Sumi-Nagashi」の体験一, 日本バーチャルリアリティ学会第8回大会, 2003年9月.
- Jiang Yu, 柳田 康幸, 川戸 慎二郎, 鉄谷 信二 : 鼻追従機能を有する非装着局所型香り提示システムの構築, 日本バーチャルリアリティ学会第八回大会, 2003年9月.
- 川戸 慎二郎, 鉄谷 信二 : SSR フィルターと SVM を用いた顔の実時間検出と追跡, 電子情報通信学会 PRMU研究会, 2003年11月.

#### サブテーマ4 (体験共有コミュニケーションの研究開発) 関連

- 坊農 真弓, 鈴木 紀子, 片桐 恭弘 : An analysis of participation structure in conversation based on Interaction Corpus of ubiquitous sensor data, INTERACT 2003 Ninth IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction, 2003年9月.
- 鈴木 紀子, 片桐 恭弘 : Prosodic Synchrony for Error Management in Human-Computer Interaction, ISCA Workshop on Error-Handling in Spoken Dialogue Systems, 2003年8月.
- 馬田 一郎, 下嶋 篤, 片桐 恭弘, Nik Swoboda : Interaction Organization in Graphical Communication, 25th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 2003年7月.
- 馬田 一郎, 下嶋 篤, 片桐 恭弘 : Speech and Graphical Interaction in Multimodal Communication, Diagrams 2004, 2004年3月.
- 高橋 徹, 片桐 恭弘, 中尾 恵子 : TelMeA Theatre, SIGGRAPH 2003, 2003年7月.

(添付資料)

1 研究発表、講演、文献等一覧

通し 番号	発表方法	発表雑誌名、講演会名、学会名等	発表者	発表タイトル	発表日 from	発表日 to	査 読
1	研究論文	ヒューマンインタフェース学会論文誌	岡田 美智男, 片井 修 (京都大学), 塩瀬 隆之 (京都大学), 大須賀 美 恵子(大阪工業大学), 椎 尾 一郎(玉川大学)	コミュニケーションと身体性	2003.5.30		有
2	研究論文	システム/制御/情報	馬田 一郎	CMCにおける視覚情報: マルチモーダ ルな対人コミュニケーション環境の研 究	2003.8.1	2003.12.31	有
3	研究論文	The 3rd IEEE International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2003)	Takahiro Miyashita, Hiroshi Ishiguro	Natural Behavior Generation for Humanoid Robots	2003.10.1	2003.10.3	有
4	研究論文	Snippets	Naomi Harada	No Head Raising in Light Verb Constructions	2003.10.23		有
5	研究論文	情報処理学会論文誌	角 康之(ATR/京都大), 伊藤 禎宣, 松口 哲也 (UCSF), Fels Sidney (Univ. British Columbia), 間瀬 健二	協調的なインタラクションの記録と解釈	2003.11.1		有
6	研究論文	情報処理学会論文誌(ジャーナル)	桑原 教彰, 野間 春生, 鉄谷 信二, 萩田 紀博, 小暮 潔, 伊関 洋	ウェアラブルセンサによる看護業務 の自動行動計測手法	2003.11.1		有

7	研究論文	Contemporary Music Review – special edition on artificial life and music, edited by Eduardo Miranda	Rodney Albert Berry, Palle Dahlstedt, Eduardo Miranda	Artificial Life: Why Should Musicians Bother?	2003.11.1	2003.11.1	有
8	研究論文	日本バーチャルリアリティ学会論文誌	蓼沼 真, 前川 督雄, 井上 正之, 原田 育生 (NTT), 岩館 祐一 (NHK), 柴 真理子 (神戸大)	感性に適合したインタラクティブ・ダンスシステムの開発とそのイメージ伝達支援効果の検証	2003.12.31		有
9	研究論文	計測と制御	柳田 康幸	香りの提示とバーチャルリアリティ	2004.2.10		有
10	研究論文	Journal of Signal Processing	Oraya Sawettanusorn (Ritsumeikan Univ.), Yasutak Senda (Ritsumeikan Univ.), Shinjiro Kawato, Nobuji Tetsutani, Hironori Yamauchi (Ritsumeikan Univ.)	Detection of Face Representative Using Newly Proposed Filter	2004.3.1		有
11	外国発表 予稿等	10th Joint Symposium on Neural Computation	Joel Chenu, Ian Fasel, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Javier R. Movellan	Automatic Evaluation of Human-Robot Interaction	2003.5.17		有
12	外国発表 予稿等	10th Joint Symposium on Neural Computation	Javier R. Movellan, Takayuki Kanda, Ian Fasel, Joel Chenu, Hiroshi Ishiguro	ATRV-I: A Dataset for Development and Evaluation of Pose Estimation and Expression Recognition Systems	2003.5.17		有
13	外国発表 予稿等	International Conference on New Interfaces on Music Expression	David Ventura (Carnegie Mellon Univ.), Kenji Mase (ATR/Nagoya Univ.)	Duet Musical Companion: Improvisational Interfaces for Children	2003.5.22	2003.5.24	有

14	外国発表 予稿等	2003 International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME-03)	Kazushi Nishimoto (ATR/JAIST), Chika Oshima (JAIST), Yohei Miyagawa (JAIST)	Why Always Versatile?: Dynamically Customizable Musical Instruments Facilitate Expressive Performances	2003.5.22	2003.5.24	有
15	外国発表 予稿等	CVPR2003	Marian Stewart Bartlett (UCSD), Gwen Littlewort (UCSD), Ian Fasel (UCSD/ATR-IRC), Javier R. Movellan (UCSD/ATR-IRC)	Real Time Face Detection and Facial Expression Recognition: Development and Applications to Human Computer Interaction	2003.6.16	2003.6.22	有
16	外国発表 予稿等	HCI International 2003	Masami Suzuki, Yuichi Kobayashi, Takahiro Nakai, Norihiro Hagita	Empathy-inducing Effects on Subjective Impression via Multimedia Haiku	2003.6.22	2003.6.27	有
17	外国発表 予稿等	HCI2003 3rd. Int'l Workshop on Chance Discovery	Akinori Abe, Kiyoshi Kogure, Norihiro Hagita	Discovery of Hidden Relations from Medical Data	2003.6.22	2003.6.27	有
18	外国発表 予稿等	ICCS/ASCS-2003 Joint International Conference on Cognitive Science	Mayumi Bono, Noriko Suzuki, Yasuhiro Katagiri	An analysis of non-verbal cues for turn-taking through observation of speaker behaviors	2003.7.13	2003.7.17	有
19	外国発表 予稿等	2003 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation	Tetsuo Ono, Michita Imai, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro	Embodied Communications between Humans and Robots Emerging from Entrained Gestures.	2003.7.16	2003.7.20	有

20	外国発表 予稿等	IEEE Computational Intelligence in Robotics and Automation for the New Millennium (CIRA 2003)	葛岡 英明(筑波大学), 野間 春生, 高坂 純一(筑波大学), 小山 晋也(CRL), 山崎 敬一(埼玉大学), 山崎 晶子(はこだて未来大学)	Designing a Robot as Communication Media-The Effect of Head and Body Movement on Co-Present's Impression-	2003.7.16	2003.7.20	有
21	外国発表 予稿等	SIGGRAPH symposium	Rodney Albert Berry, Mao Makino, Naoto Hikawa, Masumi Suzuki, Makoto Tadenuma	The Augmented Composer Project:The Music Table	2003.7.26	2003.7.31	有
22	外国発表 予稿等	ACM SIGGRAPH 2003	Yasuyuki Yanagida, Shinjiro Kawato, Haruo Noma, Nobuji Tetsutani, Akira Tomono (ATR/Toukai University)	A Nose-Tracked,Personal Olfactory Display	2003.7.27	2003.7.31	有
23	外国発表 予稿等	ACM Siggraph 2003	Michael Lyons, Daniel Kluender, Chi-ho Chan, Nobuji Tetsutani	Vital Signs: Exploring Novel Forms of Body Language	2003.7.27	2003.7.31	有
24	外国発表 予稿等	SIGGRAPH2003	Atsushi Kasao (ATR/Tokyo Institute of Polytechnics), Yuichi Kobayashi, Mao Makino, Naoto Hikawa, Hitoshi Akayama (Tukuba University)	Mutually Quoted Algorithm1~4	2003.7.27	2003.7.31	有
25	外国発表 予稿等	SCI 2003	Masami Suzuki, Yuichi Kobayashi, Takahiro Nakai, Ikuyo Yoshimura (Asahi University)	Analysis on Empathy raise by Haiku-style Expression	2003.7.27	2003.7.30	有

26	外国発表 予稿等	The 30th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques	Shoichiro Iwasawa, Kiyoshi Kojima (Seikei Univ.), Kenji Mase, Shigeo Morishima	How to Capture Absolute Human Skeletal Posture	2003.7.27	2003.7.31	有
27	外国発表 予稿等	SIGGRAPH 2003	Toru Takahashi, Yasuhiro Katagiri, Keiko Nakao	TelMeA Theatre	2003.7.27	2003.7.31	有
28	外国発表 予稿等	IEEE Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems(MFI2003)	Itaru Kitahara, Yuichi Ohta (Univ. of Tsukuba)	Recording Multiple Videos and 3D Video Display in a Large-Scale Space	2003.7.29	2003.8.1	有
29	外国発表 予稿等	25th Annual Meeting of the Cognitive Science Society	Ichiro Umata, Atsushi Shimajima (JAIST), Yasuhiro Katagiri, Nik Swoboda	Interaction Organization in Graphical Communication	2003.7.31	2003.8.2	有
30	外国発表 予稿等	The International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-03)	Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Michita Imai, Tetsuo Ono	Body Movement Analysis of Human-Robot Interaction	2003.8.9	2003.8.15	有
31	外国発表 予稿等	IGC (Interactive Graphical Communication)	Nicolas Fay, Mayumi Bono, Yasuhiro Katagiri	Interactive Gesture Co-ordination: A study of interpersonal pointing alignment.	2003.8.25	2003.8.26	有
32	外国発表 予稿等	Workshop on Interactive Graphical Communication	Ichiro Umata, Atsushi Shimajima (JAIST), Yasuhiro Katagiri, Nik Swoboda	Graphical Turns in Multimodal Communication	2003.8.25	2003.8.25	有
33	外国発表 予稿等	Interactive Graphical Communication Workshop 2003	Patrick G. T. Healey, James King, Nik Swoboda, Ichiro Umata	Graphical Language Games: Interaction and Abstraction	2003.8.25		有

34	外国発表 予稿等	ISCA Workshop on Error-Handling in Spoken Dialogue Systems	鈴木 紀子, 片桐 恭弘	Prosodic Synchrony for Error Management in Human-Computer Interaction	2003.8.28	2003.8.31	有
35	外国発表 予稿等	Interact 2003	Robert W. Lindeman (George Washington Univ.), Yasuyuki Yanagida, John L. Sibert (George Washington Univ.), Robert Lavine (George Washington Univ.)	Effective Vibrotactile Cueing in a Visual Search Task	2003.9.1	2003.9.5	有
36	外国発表 予稿等	INTERACT 2003 Ninth IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction	Mayumi Bono, Noriko Suzuki, Yasuhiro Katagiri	An analysis of participation structure in conversation based on Interaction Corpus of ubiquitous sensor data	2003.9.1	2003.9.5	有
37	外国発表 予稿等	EuroSpeech2003	Noriko Suzuki, Yohei Yabuta, Yugo Takeuchi, Yasuhiro Katagiri	Effects of Voice Prosody by Computers on Human Behaviors	2003.9.1	2003.9.4	有
38	外国発表 予稿等	INTERACT 2003 - Bringing the Bits together	Noriaki Kuwahara, Haruo Noma, Nobuji Tetsutani, Kiyoshi Kogure, Norihiro Hagita, Hiroshi Iseki	Wearable Auto-Event-Recording of Medical Nursing	2003.9.1	2003.9.5	有
39	外国発表 予稿等	European CogSci	Nicolas Fay, Simon Garrod (University of Glasgow, Scotland), Tracy MacLeod (University of Glasgow, Scotland)	On the evolution of 'good' representations.	2003.9.9	2003.9.13	有
40	外国発表 予稿等	ICRA2003	Norihiro Hagita, Kiyoshi Kogure, Kenji Mase, Yasuyuki Sumi	Collaborative Capturing of Experiences with Ubiquitous Sensors and Communication Robots	2003.9.14	2003.9.19	有

41	外国発表 予稿等	Western Conference on Linguistics 2003	原田なをみ	Nominative-Genitive Conversion as Last Resort	2003.9.26	2003.9.28	有
42	外国発表 予稿等	International Computer Music Conference	Rodney Albert Berry, Mao Makino, Naoto Hikawa, Masumi Suzuki, Makoto Tadenuma	The Music Table	2003.9.29	2003.10.4	有
43	外国発表 予稿等	Third IEEE International Conference on Humanoid Robots (Humanoids 2003)	Takayuki Kanda, Takayuki Hirano, Daniel Eaton, Hiroshi Ishiguro	A practical experiment with interactive humanoid robots in a human society	2003.10.1	2003.10.3	有
44	外国発表 予稿等	International Symposium on Mixed and Augmented Reality	Rodney Albert Berry, Mao Makino, Naoto Hikawa, Masumi Suzuki	The Music Table	2003.10.7	2003.10.10	有
45	外国発表 予稿等	The Fifth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2003)	角 康之	Collaborative Capturing of Interactions by Multiple Sensors	2003.10.12	2003.10.15	有
46	外国発表 予稿等	The 4th Japan-Korea International Symposium on Kansei Engineering	Yuichi Kobayashi, Masami Suzuki, Takahiro Nakai, Jun Ohya	The study of Communicability of Verbal and Non-Verbal expressions in Haiku and Haiga	2003.10.12	2003.10.12	有
47	外国発表 予稿等	IEEE EMBS Asian-Pacific Conference on Biomedical Engineering 2003	Noriaki Kuwahara, Haruo Noma, Nobuji Tetsutani, Kiyoshi Kogure, Norihiro Hagita, Hiroshi Iseki	Toward intelligent nursing environment by using wearable sensor system	2003.10.20	2003.10.22	有
48	外国発表 予稿等	IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2003)	Takayuki Kanda, Takayuki Hirano, Daniel Eaton, Hiroshi Ishiguro	Person Identification and Interaction of Social Robots by Using Wireless Tags	2003.10.27	2003.10.31	有
49	外国発表 予稿等	IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2003)	Kiyoshi Kogure, Nnorihiro Hagita, Yasuyuki Sumi, Nnorihiko Kuwahara, Hiroshi Ishiguro	Toward ubiquitous intelligent robotics	2003.10.27	2003.10.31	有

50	外国発表 予稿等	ICMI 2003: Fifth International Conference on Multimodal Interfaces	Chi-ho Chan, Michael Lyons, Nobuji Tetsutani	Mouthbrush: Drawing and Painting by Hand and Mouth	2003.11.5	2003.11.7	有
51	外国発表 予稿等	The 2nd International Conference on Mechatronics and Information Technology	Sudhanshu Semwal, Noriaki Kuwahara, Kiyoshi Kogure, Norihiro Hagita	Medical Applications of Wearable Computing	2003.12.4	2003.12.6	有
52	外国発表 予稿等	IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication System (ISPACS 2003)	Oraya Sawettanusorn (Ritsumeikan Univ.), Yasutaka Senda (Ritsumeikan Univ.), Shinjiro Kawato, Nobuji Tetsutani, Hironori Yamauchi (Ritsumeikan Univ.)	Real-Time Face Detection Using Six-Segmented Rectangular Filter	2003.12.7	2003.12.10	有
53	外国発表 予稿等	ICAPR-2003 The 5th International Conference on Advances in Pattern Recognition	Norihiro Hagita	Collaborative Capturing of Experiences with Ubiquitous Sensors and Robots	2003.12.10	2003.12.13	有
54	外国発表 予稿等	IEEE Computer Graphics and Applications special SIGGRAPH edition	Rodney Albert Berry, Mao Makino, Naoto Hikawa, Masumi Suzuki, Makoto Tadenuma	The Augmented Composer Project: The Music Table	2004.1.1	2004.1.1	有
55	外国発表 予稿等	Electronic Imaging 2004	Yuichi Kobayashi, Masami Suzuki, Jun Ohya	Softness Perceptive Texture Method	2004.1.18	2004.1.22	有
56	外国発表 予稿等	ACCV2004 (Asian Conference on Computer Vision)	Akira Utsumi, Nobuji Tetsutani	Adaptation of Appearance Model for Human Tracking Using Geometrical Pixel Value Distributions	2004.1.27	2004.1.30	有

57	外国発表 予稿等	Asian Conference on Computer Vision (ACCV 2004)	Hirotake Yamazoe (Osaka Univ./ATR), Akira Utsumi, Nobuji Tetsutani, Masahiko Yachida (Osaka Univ.)	VISION-BASED HUMAN MOTION TRACKING USING HEAD-MOUNTED CAMERAS AND FIXED CAMERAS FOR INTERACTION ANALYSIS	2004.1.28	2004.1.30	有
58	外国発表 予稿等	Asian Conference on Computer Vision 2004	Shinjiro Kawato, Nobuji Tetsutani	Scale Adaptive Face Detection and Tracking in Real Time with SSR Filter and Support Vector Machine	2004.1.28	2004.1.30	有
59	外国発表 予稿等	Diagrams 2004	Patrick G.T. Healey, James King, Nik Swoboda	Co-ordinating Conventions in Graphical Dialogue: Effects of Repetition and Interaction	2004.3.22	2004.3.24	有
60	外国発表 予稿等	Diagrams	Fay Nicolas, Swoboda Nik, Fukaya Takugo, Umata Ichiro, Katagiri Yasuhiro	Using Graphics to Communicate Across Cultures	2004.3.22	2004.3.24	有
61	外国発表 予稿等	Diagrams 2004	Ichiro Umata, Atsushi Shimajima, Yasuhiro Katagiri	Speech and Graphical Interaction in Multimodal Communication	2004.3.22	2004.3.24	有
62	外国発表 予稿等	12th International Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems	Yasuyuki Yanagida, Mitsuhiro Kakita, Robert W. Lindeman, Nobuji Tetsutani	Vibrotactile Letter Reading Using a Low-Resolution Tactor Array	2004.3.27	2004.3.28	有
63	外国発表 予稿等	IEEE Virtual Reality 2004	Yasuyuki Yanagida, Shinjiro Kawato, Haruo Noma, Akira Tomono, Nobuji Tetsutani	Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking	2004.3.27	2004.3.31	有
64	収録論文	ゆめテク新潟'03	宮下 敬宏	人間とロボットが仲良くなるために	2003.5.3	2003.5.4	無

65	収録論文	「マンスリーきんき」、「経済人」(関西次世代ロボットフォーラム講演概要)	萩田 紀博	ATRにおけるコミュニケーション・ロボットの研究開発	2003.5.10		無
66	収録論文	映像情報メディア学会 映像表現&CG 研究会	中井 隆洋, 蓼沼 眞	植物の線描画に対する総合評価の分析	2003.5.23		無
67	収録論文	電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU) 2003 年 5 月 研究会	古山 孝好(筑波大学), 北原 格, 大田 友一(筑波大学)	仮想化現実技術を用いた大規模空間自由視点映像のライブ配信と提示	2003.5.29	2003.5.30	無
68	収録論文	情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会	鈴木 雅実, 皆川 直凡, 山本 健一(岐阜市立女子短期大), 吉田 香(九州工業大), 吉岡 亮衛(国立教育政策研究所)	俳句への学際的アプローチ-クロスメディア俳句研究フォーラムの発足に寄せて-	2003.5.30	2003.5.30	無
69	収録論文	画像電子学会	Chi-ho Chan, Michael Lyons, 鉄谷 信二	マルチモーダルジェスチャー描画インタフェース-ペン型入力を制御するためのロインタフェース-	2003.5.31		無
70	収録論文	日本認知科学会 第 20 回大会	馬田 一郎, 片桐 恭弘, 下嶋 篤(北陸先端科学技術大学院大学), ニック スウオボダ	図形コミュニケーションにおける描画インタラクションについて	2003.6.6	2003.6.8	無
71	収録論文	第 20 回日本認知科学会大会	藤井 洋之, 岡田 美智男	ロボットとの行為連鎖の中から引き出される行為について	2003.6.6	2003.6.8	無
72	収録論文	日本認知科学会第 20 回大会	李 銘義, 山下 幸範(京大), 藤井 洋之, 岡田 美智男	ヒトとロボットとの快適距離とその調整機構について	2003.6.6	2003.6.8	無
73	収録論文	第 23 回ヒューマンインタフェース学会研究会「人工現実感」	柿田 充弘(北陸先端科学技術大学院大学), 吉田 俊介, 野間 春生, 鉄谷 信二	二次元リニア誘導モータの特性に基づいた Proactive Desk の設計に関する考察	2003.6.9	2003.6.10	無

74	収録論文	画像電子学会第31回年次大会	内海 章, 鉄谷 信二	手・人物の複数カメラによる入力技術	2003.6.19	2003.6.20	無
75	収録論文	第17回人工知能学会全国大会	角 康之	イベント空間におけるインタラクションの支援から理解へ	2003.6.23	2003.6.27	無
76	収録論文	人工知能学会全国大会	石黒 浩, 神田 崇行	日常活動型ロボット Robovie 開発の現状と将来展望	2003.6.23	2003.6.27	無
77	収録論文	2003年度第17回人工知能学会全国大会	李 銘義, 岡田 美智男, 足立 紀彦(京大)	ロボットにおける基礎定位とその調整機構	2003.6.23	2003.6.27	無
78	収録論文	第17回人工知能学会全国大会	小野 哲雄, 鎌島 正幸, 本田 喜久, 神田 崇行, 今井 倫太, 石黒 浩	身体化された音声インタラクション	2003.6.23	2003.6.27	無
79	収録論文	International Workshop : From Semantic Web to Semantic World	Yasuhiro Katagiri, Toru Takahashi	Social Summarization for Semantic Society	2003.6.24		無
80	収録論文	3次元画像コンファレンス 2003	柳田 康幸, 須佐見 憲史, 鉄谷 信二	テレイグジスタンス望遠鏡システムの構築	2003.7.1	2003.7.2	無
81	収録論文	3次元画像コンファレンス 2003	古山 孝好(筑波大学), 北原 格, 大田 友一(筑波大学)	スタジアムの自由視点ライブ中継が可能な3次元映像システム	2003.7.1	2003.7.2	無
82	収録論文	情報処理学会 ヒューマンインタフェース研究会	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	2003.7.10	2003.7.11	無
83	収録論文	情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会	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	2003.7.10	2003.7.11	無

84	収録論文	電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会	小暮 潔, 萩田 紀博, 石黒 浩, 間瀬 健二, 角康之	体験 Web のための協調メディアの確立に向けて	2003.7.31	2003.8.1	無
85	収録論文	平成 15 年(2003 年)電気学会 電子・情報・システム部門大会	吉田 俊介, 野間 春生, 糊沢 順 (ATR/Chiba University of commerce), 鉄谷 信二	力覚ディスプレイを用いた絵画の流れの知覚	2003.8.29	2003.8.30	無
86	収録論文	電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会	北原 格, 小暮 潔, 萩田 紀博, 大田 友一	多数の固定カメラと可動カメラが混在する環境に適したカメラキャリブレーション手法	2003.9.8	2003.9.9	無
87	収録論文	第 19 回ファジシステムシンポジウム	神田 崇行, 石黒 浩	SD 法による人ロボット相互作用の評価	2003.9.8	2003.9.10	無
88	収録論文	情報処理学会知能と複雑系研究会, 人工知能学会知識ベース研究会, 電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会合同研究会特集「アクティブマイニング」	阿部 明典, Rodney Berry, 鈴木 雅実, 萩田 紀博	Augmented Music Composition Support as Active Mining	2003.9.14	2003.9.16	無
89	収録論文	日本バーチャルリアリティ学会第8回大会	吉田 俊介, 柿田 充弘, 野間 春生, 糊沢 順, 鉄谷 信二	Proactive Desk の実装と応用一流れる絵画「Sumi-Nagashi」の体験一	2003.9.17	2003.9.19	無
90	収録論文	日本バーチャルリアリティ学会第八回大会	Jiang Yu, 柳田 康幸, 川戸 慎二郎, 鉄谷 信二	鼻追従機能を有する非装着局所型香り提示システムの構築	2003.9.17	2003.9.19	無
91	収録論文	日本バーチャルリアリティ学会第 8 回大会	佐々本 博和, 野間 春生, 伊藤 雄一, 北村 喜文, 岸野 文郎, 鉄谷 信二	列車模型を用いた幼児向け計算機学習システムの構築	2003.9.17	2003.9.19	無
92	収録論文	日本バーチャルリアリティ学会 第 8 回大会	大村 亜希, 桑原 教彰, 野間 春生, 鉄谷 信二	無線タグ機能を有した看護師のウェアラブル自動行動計測法	2003.9.17	2003.9.19	無

93	収録論文	日本ロボット学会第21回学術講演会	神田 崇行, 今井 倫太, 小野 哲雄, 石黒 浩	モーションキャプチャシステムによる相互作用解析	2003.9.20	2003.9.22	無
94	収録論文	日本ロボット学会 第21回学術講演会	宮下 敬宏, 塩見 昌裕, 石黒 浩	触覚を埋め込んだ柔らかい全身皮膚を持つコミュニケーションロボットの実現	2003.9.20	2003.9.22	無
95	収録論文	ヒューマンインタフェースシンポジウム2003	山添 大丈(大阪大/ATR), 内海 章, 鉄谷 信二, 谷内田 正彦	対話シーン解析のためのヘッドマウントカメラ画像による頭部位置・姿勢推定	2003.9.30	2003.10.2	無
96	収録論文	平成15年電気関係学会東海支部連合大会	萩田 紀博, 小暮 潔, 石黒 浩, 間瀬 健二, 角康之	ユビキタスセンサ群とロボットによる新しい体験共有コミュニケーション空間	2003.10.3	2003.10.3	無
97	収録論文	電子情報通信学会研究会	牧野 真緒, Rodney Albert Berry, 樋川 直人, 阿部明典	The Augmented Composer Project - The Music Table -	2003.10.6		無
98	収録論文	電子情報通信学会 画像工学研究会	内海 章, 山添 大丈, 鉄谷 信二	人物動作認識のための見え方モデルの動的生成手法の検討	2003.10.23	2003.10.24	無
99	収録論文	情報処理学会関西支部大会環境知能研究会	宮下 敬宏, 石黒 浩	触行動認識に基づく触覚コミュニケーション	2003.10.31	2003.10.31	無
100	収録論文	情報処理学会関西支部大会 環境知能研究会	岩瀬 佳代子, 伊藤 亮介, 神田 崇行, 石黒 浩, 河原 達也, 柳田 益造	日常活動型ロボットの状況依存型音声認識	2003.10.31		無
101	収録論文	高臨場感ディスプレイフォーラム2003	野間 春生	Proactive Desk: 触覚を提示するデジタルデスク環境	2003.11.12	2003.11.12	無
102	収録論文	システム制御情報学会産学連携セミナー「次世代ロボットの最前線(人間と機械のコミュニケーション)」	宮下 敬宏	人間共存型ロボットの製作最前線	2003.11.13	2003.11.13	無

103	収録論文	電子情報通信学会 PRMU研究会	川戸 慎二郎, 鉄谷 信二	SSR フィルターと SVM を用いた顔の実 時間検出と追跡	2003.11.20	2003.11.20	無
104	収録論文	画像電子学会研究会	苗村 昌秀, 鈴木 雅実	動作解析に基づいたダンスの評価手 法	2003.11.21	2003.11.21	有
105	収録論文	ロボットビジネスフォーラム 2003	宮下 敬宏	ロボットはいかにしてビジネスになりう るのか?	2003.11.27		無
106	収録論文	IPA 2003 年度未踏ソフトウェア創 造事業「情報共有とコラボレーショ ン支援のためのソフトウェア」中間 発表会	坂本 竜基	ハイパーリンク型経験共有システムの 構築	2003.11.28	2003.11.28	無
107	収録論文	International Conference on Artificial Reality and Telexistence	Jiang Yu, Yasuyuki Yanagida, Shinjiro Kawato, Nobuji Tetsutani	Air Cannon Design of Projection-Based Olfactory Display	2003.12.3	2003.12.3	無
108	収録論文	第 15 回人工知能学会ことば工学研 究会	阿部 明典	ことばの感性とは?	2003.12.5	2003.12.6	無
109	収録論文	人工知能学会ことば工学研究会	鈴木 雅実, 小林 裕一, 吉村 侑久代	俳句表現が喚起するイメージに関する 実験と考察	2003.12.5	2003.12.6	無
110	収録論文	2004 年情報学シンポジウム	間瀬 健二	インタラクションメディアによる体験共 有	2004.1.15		無
111	収録論文	Electronics and Communications in Japan	神田 崇行, 石黒 浩, 小 野 哲雄, 今井 倫太, 中 津 良平	Effects of Observation of Robot-Robot Communication on Human-Robot Communication	2004.2.1	2004.2.1	無
112	収録論文	京都大学 COE アドバイザ 特別講 演	宮下 敬宏	ロボットシステムの構築 -- 実例に基 づくロボット製作手法の紹介 --	2004.2.24		無

113	収録論文	人工知能学会 第64回KBS研究会	阿部 明典, 納谷 太, 小暮 潔, 萩田 紀博	非均質少量データからのルール獲得	2004.3.1	2004.3.3	無
114	収録論文	第66回全国大会 特別トラック	Norihiro Hagita	「ネットワークロボットの将来展望」 「コミュニケーションロボットがもたらす未来像」	2004.3.9	2004.3.9	無
115	収録論文	電子情報通信学会 PRMU 研究会	小暮 潔, 間瀬 健二, 石黒 浩, 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	2004.3.18	2004.3.19	無
116	収録論文	電子情報通信学会 PRMU 研究会	北原 格, 小暮 潔, 萩田 紀博	Stealth Vision: 被写体のプライバシーを保護する映像獲得方式	2004.3.18	2004.3.19	有
117	収録論文	情報処理学会 グループウェアとネットワークサービス研究発表会	栃木 博子, Roberto Lopez-Gulliver, 佐藤 知裕, 鈴木 雅実	体感型情報共有システム SenseWeb における協調的画像分類の評価	2004.3.18	2004.3.19	無
118	学術解説等	電子情報通信学会 情報システム ソサイエティ誌	横矢 直和, 萩田 紀博	「研究最前線」パターン認識・メディア理解研究の最新動向	2003.5.1		無
119	学術解説等	ヒューマンインタフェース学会誌	間瀬 健二, 角 康之	インテリジェント・インタフェース	2003.5.25		無
120	学術解説等	the Journal of the Australian Music Centre vol. 62	Rodney Albert Berry	The World of the Augmented Composer in Sounds Australian	2003.7.1		無
121	学術解説等	Workshop on Robot Therapy and Assitance: in IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation	Tatsuya Nomura	Influence on Emotions in Robotic Therapy from Social Psychological and Sociological Perspectives	2003.7.16		無
122	学術解説等	電子機器及び電子デバイス関連の動向 講演会	萩田 紀博	コミュニケーション研究の最前線	2003.7.24	2003.7.24	無

123	学術解説等	画像ラボ	柳田 康幸, 鉄谷 信二	トレイグジスタンス望遠鏡? 立体視環境におけるズーム操作に関する考察	2003.9.1		無
124	学術解説等	「ロボット」と「ユビキタスネットワーク」の融合 日本発 新 IT「ネットワーク・ロボット」の実現方策	萩田 紀博	ネットワーク・ロボットの将来イメージと研究開発・標準化課題	2003.9.19	2003.9.19	無
125	学術解説等	Journal of the IEICE	Gert J. Van Tonder (京都大), Michael Lyons, 江島 義道(京都大)	龍安寺の石庭を科学する	2003.10.1		無
126	学術解説等	情報処理学会誌	天野 真家, 小暮 潔	「知能ロボットの技術: 人工知能からのアプローチ」 編集にあたって -- 企画方針と概要	2003.11.15	2003.11.15	無
127	学術解説等	情報処理学会誌	小暮 潔, 天野 真家	特集: 「知能ロボットの技術: 人工知能からのアプローチ」解説	2003.12.15	2003.12.15	無
128	学術解説等	Electronics and Communications in Japan	神田 崇行, 石黒 浩, 小野 哲雄, 今井 倫太, 前田 武志, 中津 良平	Development of Robovie as a Platform for Everyday-Robot Research	2004.1.1	2004.1.1	無
129	著書等	ヒューマンインターフェース学会誌	小野 哲雄	人工知能とインターフェース	2003.5.1		無
130	著書等	画像ラボ(日本工業出版)	蓼沼 眞	感性に合わせたダンス環境の生成 : インタラクティブ・ダンスシステムの開発	2003.10.1		無
131	著者等	Life-Like Characters: Tools, Affective Functions, and Applications	Yasuyuki Sumi, Kenji Mase	Interface Agents that Facilitate Knowledge Interactions between Community Members	2004.1.1		無
132	著者等	影山太郎・岸本秀樹(編), 「日本語の分析と言語類型」, くろしお出版	馬田 一郎	視覚的表象を伴う会話における言語使用の分析	2004.1.5		有
133	一般口頭発表	インタラクション分析研究会	坊農 真弓	インタラクション・コーパスを用いた参与構造の分析	2003.4.15		無

134	一般口頭発表	朱鷺めき新潟・シンポジウム	Roberto Lopez-Gulliver	Interfacing the web(ウェブとの対面)～インターネット情報の新しいインタラクティブ視覚化技術～	2003.4.30	2003.5.1	無
135	一般口頭発表	NPO 法人ウェアラブル環境情報ネット推進機構第18回講演会	小暮 潔	人間とロボットの触覚コミュニケーション	2003.5.16	2003.5.16	無
136	一般口頭発表	The 2nd CREST Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable Information Playing	Yasuyuki Sumi	Collaborative Capturing of Interactions by Wearable/Ubiquitous Sensors	2003.5.23	2003.5.24	無
137	一般口頭発表	映像情報メディア学会 メディア工学研究会	Roberto Lopez-Gulliver, Makoto Tadenuma, C. Sommerer (IAMAS), L. Mignonneau (IAMAS)	SenseWeb: Interaction Environment for the Internet	2003.5.23		無
138	一般口頭発表	画像電子学会 第202回研究会	中原 淳, 角 康之(ATR/京都大), 間瀬 健二	体験シリンダ表現	2003.5.31	2003.5.31	無
139	一般口頭発表	VALDES (Department of Value and Decision Science) Cognitive Science Open Discussion Series	原田 なをみ	Linguistic theories as theories of mind	2003.6.21		無
140	一般口頭発表	日本人工知能学会全国大会	宮田 一乗(北陸先端大/ATR), 笠尾 敦司(東京工芸大/ATR), 蓼沼 眞	階層的筆触データを用いた絵画表現の一手法	2003.6.23	2003.6.27	無
141	一般口頭発表	情報処理学会 第8回 ヒューマンインタフェースプロフェッショナル・ワークショップ (HIP8)	中原 淳	体験シリンダ表現	2003.7.10	2003.7.11	無
142	一般口頭発表	情報処理学会 第8回ヒューマンインタフェースプロフェッショナル・ワークショップ	伊藤 禎宣	社会的経験とウェアラブルデバイス	2003.7.10	2003.7.11	無

143	一般口頭 発表	Workshop on Universal Grammar 2003	Naomi Harada	Raising-to-Object Revisited	2003.7.25		無
144	一般口頭 発表	言語学のフロンティア Part II	原田なをみ	Raising-to-Object without Raising of Object	2003.8.4	2003.8.6	無
145	一般口頭 発表	日本心理学会 第 67 回大会	坊農 真弓	参与構造の分析-非言語行動に対す る語用論的アプローチ	2003.9.13	2003.9.15	無
146	一般口頭 発表	「京都アート・エンタテインメント創成 研究」シンポジウム『モーショキャ プチャ技術と身体動作処理』	岩澤 昭一郎, 森島 繁 生, 間瀬 健二	モーショキャプチャによる精確な骨格 姿勢の計測の試み	2003.10.3		無
147	一般口頭 発表	社会言語科学会第 12 回研究大会 基調講演	片桐 恭弘	会話と身体的情報: コーパスにもとづく インタラクションの分析を目指して	2003.10.4	2003.10.5	無
148	一般口頭 発表	第5回日本感性工学会大会	中井 隆洋, 鈴木 雅実, 小林 裕一	マルチメディア英語俳句に対する共感 度の分析	2003.10.12	2003.10.14	無
149	一般口頭 発表	平成 15 年度 情報処理学会関西支 部支部大会	佐藤 知裕, Roberto Lopez-Gulliver, 栃木 博 子, 鈴木 雅実	大量イメージの可視化~SenseWeb に おける画像提示手法の評価	2003.10.31	2003.10.31	無
150	一般口頭 発表	The Origins of Language Reconsidered	坊農 真弓, 鈴木 紀子, 片桐 恭弘	Interaction Analysis of Multi-party Conversation	2003.12.4	2003.12.7	無
151	一般口頭 発表	第 4 回計測自動制御学会システム インテグレーション部門講演会	柳田 康幸, 野間 春生, 伴野 明, 鉄谷 信二	香り提示の時空間制御方式に関する 考察	2003.12.19	2003.12.21	無
152	一般口頭 発表	かがみやま言語科学コロキウム	原田なをみ	Wh-Questions, Relative Clauses, and Scrambling in Japanese: An Overview	2003.12.19	2003.12.20	無
153	一般口頭 発表	2004 Linguistic Society of America Annual Meeting	原田なをみ	"Exceptional Accusative Objects" in Statives and Syntax-Morphology Mismatches	2004.1.8	2004.1.11	有

154	一般口頭発表	文化庁メディア芸術祭 受賞作品展	糊沢 順, 吉田 俊介, 野間 春生, 鉄谷 信二	Sumi-Nagashi	2004.2.26	2004.3.7	無
155	一般口頭発表	ロレアル賞連続ワークショップ 2004	糊沢 順, 吉田 俊介, 野間 春生, 鉄谷 信二	スミナガシ	2004.2.28	2004.2.28	無
156	一般口頭発表	言語コミュニケーション研究会ワークショップ	坊農 真弓	多人数会話における参与構造の分析とモデル化	2004.2.28	2004.2.29	無
157	一般口頭発表	The Meeting for the JSPS Project on Conditionals and Modality	原田なをみ	"Exceptional Accusative Objects" in Statives at the Interfaces	2004.2.28	2004.3.2	無
158	一般口頭発表	インタラクシオン 2004	柳田 康幸, Jiang Yu, 川戸 慎二郎, 野間 春生, 吉田 俊介, 鉄谷 信二	プロジェクション型ディスプレイによる匂いの局所提示	2004.3.4	2004.3.5	有
159	一般口頭発表	インタラクシオン 2004	牧野 真緒, ロドニーベリ一, 樋川 直人, 鈴木 雅実	作曲・演奏支援システム The Music Table	2004.3.4	2004.3.5	有
160	一般口頭発表	インタラクシオン 2004	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	2004.3.4	2004.3.5	有
161	一般口頭発表	インタラクシオン 2004	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間型ロボットによる体験演出	2004.3.4	2004.3.5	有
162	一般口頭発表	インタラクシオン 2004	伊藤 禎宣, 高橋 昌史, 中原 淳, 角 康之, 間瀬 健二	インタラクシオン状況のリアルタイムな判別と利用	2004.3.4	2004.3.5	有
163	一般口頭発表	インタラクシオン 2004	坂本 竜基	立場変更が可能な漫画インタフェース	2004.3.4		有
164	一般口頭発表	インタラクシオン 2004	田浦 善弘, 坂本 竜基, 篠沢 一彦, 小暮 潔, 藤波 努	テンプレート追跡による光学タグ認識	2004.3.4	2004.3.5	有

165	一般口頭 発表	インタラクシオン 2004	坂本 大介, 神田 崇行, 小野 哲雄, 今井 倫太, 鎌島 正幸, 石黒 浩	協調的身体動作に基づく人-ロボット 対話の実現	2004.3.4	2004.3.5	有
166	一般口頭 発表	・情報処理学会第66回全国大会 ・第66回(平成16年)全国大会 講 演論文集(4), 情報処理学会	中井 隆洋, 鈴木 雅実	植物の線描画の作者が選択した描線 の感性・技能特徴	2004.3.9	2004.3.11	有
167	一般口頭 発表	第33回ホミニゼーション研究会	坊農 真弓	会話における参与構造の分析	2004.3.12	2004.3.13	無
168	一般口頭 発表	COEフェスティバル『祭/ユビキタ ス』	Norihiro Hagita	ユビキタスセンサ群とロボットによる 「ユビキタス体験メディア」これからの 体験共有コミュニケーション	2004.3.15	2004.3.15	無
169	一般口頭 発表	電子情報通信学会2004年総合大 会	二村 幸孝, 北坂 孝幸, 森 健策, 末永 康仁, 間 瀬 健二, 高橋 友一	コーパスベース発話映像合成のため の口形素分類に関する検討	2004.3.22	2004.3.25	無
170	一般口頭 発表	社会言語科学会第13回研究大会 シンポジウム講演	片桐 恭弘	談話行動における規範と共有	2004.3.27	2004.3.28	無
171	一般口頭 発表	第13回社会言語科学会大会	坊農 真弓	多人数会話における話者交代再考— 参与構造とノンバーバル情報を中心に	2004.3.27	2004.3.28	有
172	報道発表	日経新聞、日経産業新聞、日刊工 業新聞、読売新聞、毎日新聞	萩田 紀博	「ロボットがぐっと身近になりました ！！動作が簡単に作れる大小2種 類のロボットを開発・販売」	2003.10.28		無
173	その他 資料	朱鷺めき新潟	Roberto Lopez-Gulliver	Sense Web	2003.5.1	2003.5.5	無
174	その他 資料	日経サイエンス「ヴィジュアル・サイ エンス・フェスタ」	中原 淳, 角 康之, 間瀬 健二	体験シリンダ表現	2003.8.22		無
175	その他 資料	ATR Workshop on Ubiquitous Experience Media	Masami Suzuki	Learning Environments with Shared Empathy	2003.9.9	2003.9.10	無

176	その他資料	ATR Workshop on Ubiquitous Experience Media 2003	Nobuji Tetsutani	Research on Sensory Media : Sensing and Display	2003.9.9	2003.9.10	無
177	その他資料	ATR Workshop on Ubiquitous Experience Media 2003	Norihiro Hagita	Introduction to " Ubiquitous Experience Media"	2003.9.9	2003.9.10	無
178	その他資料	ATR Workshop on Ubiquitous Experience Media 2003	Yasuhiro Katagiri	Embodied Information Exchange for Experience Sharing	2003.9.9	2003.9.10	
179	その他資料	ATR Workshop on Ubiquitous Experience Media 2003	Kiyoshi Kogure	Communication Robots as Partners in Sharing Experiences	2003.9.9	2003.9.10	無
180	その他資料	ATR Workshop on Ubiquitous Experience Media 2003	Kenji Mase, Yasuyuki Sumi	Interaction Corpus and Experience Sharing	2003.9.9	2003.9.10	無
181	その他資料	artscape(大日本印刷の運営ホームページ) <a href="http://www.dnp.co.jp/artscape/">http://www.dnp.co.jp/artscape/</a>	吉田 俊介, 野間 春生, 糊沢 順 (ATR/Chiba University of commerce), 鉄谷 信二	Sumi-Nagashi	2003.9.15	2003.9.15	無
182	その他資料	私の仕事館 展示会	Roberto Lopez-Gulliver	SenseWeb : Research Environment (Poster Photo)	2003.10.1	2003.11.1	無
183	その他資料	Japan Cultural Center - Sydney Australia	Rodney Albert Berry, Masami Suzuki, Naoto Hikawa, Mao Makino	The Music Table	2003.11.10	2003.11.10	無
184	その他資料	NHKおーいニッポン	萩田 紀博	おーいにつぽんとことん京都府	2003.11.23	2003.11.23	無
185	その他資料	DTMマガジン	樋川 直人, Rodney Albert Berry, 牧野 真緒	カードをアレンジして作曲できる『The Music Table』	2004.2.1	2004.3.1	無
186	その他資料	日本バーチャルリアリティ学会誌	野村 竜也	RO-MAN2003 参加報告	2004.3.25		無

