

インタラクションに基づく体験共有コミュニケーション

間瀬 健二^{†‡}

[†]ATRメディア情報科学研究所 〒619-0288 京都府けいはんな学研都市

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

E-mail: mase@nagoya-u.jp

あらまし 数々のメディア技術の発展の歴史をみるときに、個人の体験を記録として残し、自己を振り返ったり他者と共有したいという欲求は古来から人類に備わったものであることがわかる。超高速ユビキタスネットワークを前提としたウェアラブルコンピューティングやユビキタスコンピューティング技術の発展により、個人やグループの体験や行動を自動的に記録することが可能となりつつある。我々は、ユビキタス体験メディアと総称する、インタラクションを手がかりとするウェアラブル体験記録デバイスや体験共有デバイスを開発し、体験記録を実践し、体験日記や体験共有のアプリケーションの効果を確認する実験をすすめている。本稿では、ユビキタス体験メディアのとしての体験記録デバイス、コーパス型データベース構築技術、体験日記応用などの概略を解説する。

キーワード 体験共有、ユビキタス体験メディア、行動記録、体験日記、ライフログ

Experience Communication based on Interactions Captured by Ubiquitous Experience Media

Kenji MASE^{†‡}

[†]ATR Media Information Science Laboratories,

[‡]Information Technology Center, Nagoya University Furo-cho, Chikusa, Nagoya, 464-8601 Japan

E-mail: mase@nagoya-u.jp

Abstract Human desire of recording personal and group experience has a long history since ancient period, which is discerned by the development of numerous kinds of medium that is used to record and share experiences. A ubiquitous computing environment will become a solid social infrastructure for recording human experiences in the real world and facilitating human activities. The captured activity can be used as a good source of novel communication in the infrastructure. We have developed wearable and ubiquitous experience recording systems and experience sharing systems which we call *the ubiquitous experience media*. This paper focuses on the non-cumbersome recording system, a corpus-based experience database system and abstracting and summarizing application in the form of experience diary.

Keyword Interaction Corpus, Experience Sharing, Ubiquitous Experience Media, Lifelog

1. はじめに

インターネットと Web の発展と、それらの経済活動や生活への浸透により、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つつある。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、情報を入力・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。

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

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。これはヒューマノイドロボットが生活シーンに現れる未来社会において、人間とロボットが共生する場合にも人間の認知や思考とロボットの認知や思考のすりあわによる円滑なコミュニケーションのためにも必要となる。

知識の流通をつなぐ鍵は、電話や電子メールのやり取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「体験共有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。

そこで我々は、インターネット・Webを介して体験を伝えられる新しいインタラクション・メディア技術のひとつとして、「ユビキタス体験メディア」を提案し、研究開発を行ってきた。具体的には、体験を記録する装置としてのウェアラブル・ユビキタスデバイス、体験を演出するヒューマノイドロボット、記録した体験データを構造化して蓄積するインタラクション・コーパス技術、記録した体験データを検索しブラウジングする技術、体験データを要約して日記としてまとめる技術、さらに、体験データから新たな体験を生み出す体験共有デバイスの研究開発を進めてきた。本稿では、これらの成果をまとめて概要を報告する。

2. 体験共有コミュニケーション

個人やグループの体験や行動を記録するということが、いったい社会にどのような価値をもたらすのだろうか。ユビキタス情報環境がもたらす一つの未来社会像は、人間の生活や社会活動において、社会的知識を構成員が協力して構築することで、住みやすく知恵にあふれた生活を営むことである。また、個人の活動の暗黙的な知識やルールを意識下におくことで、生活を改善できる道を開くことができる。さらに、いろいろな場所や場面で個人や組織が体験したことを共有することで、価値判断の材料を相互に提供しあうことが可能になる。経済活動や社会活動のノウハウを適度に提供することで、コンプライアンスを高め、安心して安全な社会の構築に貢献できるかもしれない。

その実現のために、我々は実世界における各個人の体験を適切な方法で記録し、蓄積し、共有する枠組みを開発し提供することで体験共有コミュニケーションを実現することにした。その際、我々は、インタラクション・コーパスと呼ぶ、人の体験や行動に関わる、人と人、人とモノの相互作用を体系的に記録した事典を構築することを基礎としている。このような事典をコンピュータが理解できる形式で用意すると、知的な情報環境が人間活動にどのように相互作用し支援すべきかのよい例題となり手がかりとなる。すでに、人工

知能の分野においてはCyc[1]、Wordnet[2]など言語的な常識(Common Sense)を体系的に整備する研究プロジェクトが進められ、また、音声認識・合成の分野では音声認識率の向上や合成品質の向上のために大量の音声コーパスデータが収集されている。これらの例に習えば、ユビキタス情報環境においてコンピュータが認識し相互作用する場面が実世界へと展開していく将来にむけて、実世界の相互作用の常識や行動パターンの体系的収録こそが、知的なユビキタス情報環境の実現に必要な不可欠のものである。一旦、コーパスの形式で体験を蓄積すると、特定の体験を検索し再現(合成)することは容易である。

体験共有コミュニケーションの実現において、われわれは4つのアプローチをとった。第1のアプローチは、個人や集団の体験の収集技術の追究である。実世界の自然な人間行動から人間同士の相互作用や人間とモノの相互作用を観察して、体系化して収録しなければ、コーパスとしての価値がない。実世界の行動を阻害せず、現実的な時間と手間でもコーパス化できる観測・収集技術が必要である。第2のアプローチは、体験データベースの構築技術である。収集した行動をどのような形式で構造化・蓄積すれば、コンピュータが理解でき(machine readable)、効率的・効果的に検索・再利用できるか明らかにする必要がある。信号処理やメディア認識技術と、人間の相互作用・社会活動理解の橋渡しをする接点であり、両者の知見と統合が不可欠である。第3は、体験データベースの利用技術である。記録した体験をもとに、記憶想起支援、体験要約、体験日記、体験物語による体験共有のほか、行動計画支援、行動予測による情報個人化などのサービスが考えられる。ここでは、ある種の追体験のための特別な体験デバイスも必要となる。最後は、体験共有コミュニケーションの社会的環境整備である。実世界の個人の行動や体験を記録し利活用することは、その利便さの反面、プライバシー保護やセキュリティ保全の点から社会的なインパクトが強い。コストと利益(benefit)のバランスの問題を考えつつ、社会に受容される技術や方策の検討が必要である。

3. 背景・関連技術

人類は長い歴史のなかで、紙、ペン、写真、ビデオといったさまざまなメディア技術を発明し、メディアをつかって体験したことや思考を表現し人と交換したり共有して、社会活動をおこなってきた。メディア技術は、自分の行動や体験を記録して伝えることによって、他者がそれを利用できるという利便性がある。

とりわけ、さまざまなセンサがモバイル・ネットワーク化されることが現実化し、実世界での体験をいろいろなモダリティで、その時にその場所で記録することが容易になってきている。例えば、Gordon BellらはMyLifeBitsというプロジェクトで、Bellが読み書きした文書や電子メール、撮影した写真など個人の体験をすべて電子化している[3]。今後、知能ロボットやウェアラブル・コンピュータに代表されるユビキタス情報環境が発展すると、個人の日常的な行動を記録・認識しつつ、過去の自分自身の活動や他者の体験を検索したり将来の行動予測をして必要な補助をしたり、記憶支

援をすることが可能になると考えられる。

体験を記録する研究は盛んであるが、体験共有まで踏み込んだ議論は少ない。体験記録については次のような研究がある。DARPAは2003年5月に“LifeLog”と呼ぶプログラムをスタートさせ研究テーマを公募した[4]。LifeLogは人間がコンピュータと自然で簡単にインタラクションできる能力を開発することをめざし、PDA(personal digital assistant)が将来はPDP(personal digital partner)になるとした。残念ながら、プライバシー問題を契機に一旦中止され、現在は軍のプロジェクトに引き継がれているとのことである。ウェアラブル・コンピュータを使った主観的な体験記録には、心拍や湿度をとって主観的な体験記録をねらった上岡ら[5]、脳波をとって心的状態と体験との相関を調べた相澤ら[6]の研究がある。

エピソード記憶とその想起支援の研究にはLammingらのForget-me-not[7]がある。彼らはユビキタスコンピューティング環境の中で、携帯端末を使って個人の活動を記録するシステムを作り、その記録が想起の手がかりになることをしめした。川嶋ら[8]およびKawamuraら[9]は、画像処理により特定の人物や動作を検出エピソードとなる場面を記憶する方法を提案している。Clarksonら[10]は、画像、音声、加速度計のデータからHMMを使い状況を監視し、教えたい状況を検出する手法を提案している。人の行動を環境側から観察し、補助しようという研究は、MITのSmart Rooms[11]、ジョージア工科大学のAwareHome、Microsoft社のEasyLivingなど米国の大学や企業で盛んに行われている。

これらに対して我々の研究は、体験記録のデバイスやシステムを構築することにより、インタラクション・コーパスを構築する枠組み[12]を提供しようとしている点新しい。環境センサとウェアラブルセンサをそれぞれ第3者視点と第1人称視点を提供するものとして、それらを統合してとらえて、ユビキタス体験メディアとし、さらに、後述するように体験を演出する機能を付加している[13]。記録した体験を要約したり物語的な提示により、体験を日記化[14]したり共有する新しい応用分野の開発も進めている。体験記録を人間にとっての人工記憶として扱う枠組みの研究[17]も重要である。インタラクション・コーパスの構造を研究することが、記憶の概念化やアクセス手段の計算論的なモデルを提示し、人工記憶を組織化するための新しい理論の提案につながるかもしれない。

4. ユビキタス体験メディア (UEM)

まず体験記録のデバイスやシステムを構築して、体験共有のものになるデータを取得する手段を開発した。その際、環境センサとウェアラブルセンサをそれぞれ第3者視点と第1人称視点を提供するものとして用意することとし、それらを統合してとらえて、ユビキタス体験メディア(Ubiquitous Experience Media, UEM)と呼ぶ。

まず展示会などにおける多数の展示者と訪問者のインタラクションを記録することをターゲットとした。ATRの研究発表会の機会をつかかって、システムをデモ展示し、外部からの見学者と発表者に実際に体験記録

に協力してもらいデータを収集することを想定した。図1は展示室の様子である。

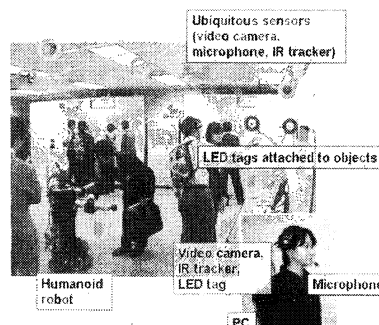


図1 ユビキタス体験メディア実験室の設置状況
Fig. 1 Setup of UEM sensor room

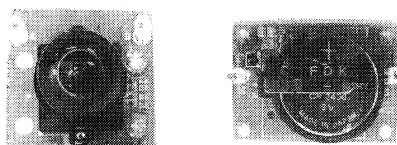


図2 IR Tracker (左) と IR-LED ID Tag (右)
Fig. 2 IR Tracker (left) and IR-LED ID Tag (right)

ユビキタス体験メディアとして、我々は、ビデオカメラ、マイクロフォン、IRIDタグとトラッカ(図2)からなるクライアントシステムを試作した。IRIDタグとトラッカは、人のインタラクションを理解・計測する際に、視線が手がかりになるという知見を利用している[16]。IRIDトラッカを使うことで、モノや人に装着されたIRIDタグが視野に入れば、その位置と識別番号を入手できるようにした。トラッカの視野・感度の設定にあたっては、人間の行動パターンにおける興味と視線の関係を調べた[21]。

クライアントは、設置型と装着型があり、設置型はポスター会場の各場所に設置し、装着型は、ウェアラブルクライアントとしてユーザに着用してもらう。発表者のウェアラブルクライアントには、そのほかに喉マイクとヘッドマウントディスプレイ(HMD)が接続され、発話区間の直接センシングをしたり、環境からのフィードバックの提示をしている(図3)。

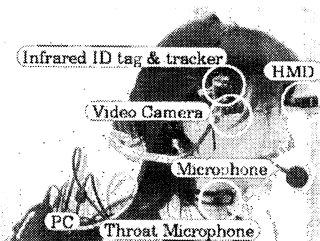


図3 UEM機能評価用ウェアラブルクライアント
Fig. 3 Wearable sensors for evaluating functions of UEM

頭部に装着するヘッドセットは重量 500 グラム、バックパックで背負う PC は 2720 グラムとなった。外部の見学者にもウェアラブルクライアントを貸し出し、体験記録に協力してもらった。しかしながら重さやケーブルの取り回しに対する不満の声が多かった。そこで、機能を体験記録に絞って軽量化をめざして設計をなおした。図 4 は軽量化したシステムである。ヘッドセットはカメラ部 39g (ケーブルを除く)、新たに開発した記録用モジュールは、145mm×113mm×26mm、245 グラム (電池部を除く) となった。ヘッドセットは、1つのレンズで集光し、ホットミラーを使ってビデオセンサと ID トラッカセンサに可視光と赤外光を分光して光軸合わせを実現している [20]。レンズの画角は 90 度で設計した。この設計値は、人がだれかと対話しているときに頭部の向きが相手とどのような位置関係にあるかをいろいろな場面で測定して求めた [21]。CPU として MPEG-4 エンコーダ/デコーダ内蔵システム LSI である LC690132A を使用することで、部品点数や消費電力を抑えると共に、シリアルポートや汎用の A/D ポートなども確保した。取得した体験データの通信には、CF タイプの IEEE 802.11b の無線 LAN アダプタを用いている。

5. インタラクション・コーパス

インタラクション・コーパスは人間の行動や人間とモノの間の相互作用を、分野や場所を問わず記録して収録したものである。マルチメディア技術とユビキタスセンサ技術によって、このようなデータも、いつでもどこでも効率的にさりげなく自動的に収集することができるようになりつつある。図 5 に、センサで観測したデータからインタラクション・コーパスを構成し、さらにアプリケーションで利用する流れを図示する。

センシングからインデクシング: 体験の事象は、ユビキタス体験メディア (UEM) を使って記録する。記録された事象や相互作用 (インタラクション) は、対象やタスクに依存して自動的にあるいは半自動的にインデックスをつけて記録保管する。具体的には赤外線 ID (IrID) タグと IrID センサを使うことによって、自動的に (近接) 位置情報を抽出する技術を使って、人間と対象物のインタラクションを記録できる。知的なビジョンシステムなどを使えば、物体の種別や人の氏名を認識するなど将来的に可能になると考えられるが、当面は IrID を用いた識別技術を使って、コーパス構築を進める。これによってインタラクションをコンテキストを手がかりに分析できるので、コンテキストにもとづくインタラクション・コーパスを整備するところから、アプローチした。会議などの、内容や意味がインタラクションの方法に影響を及ぼすものは、コンテンツ解析が必要になる。これについてはメディア処理のさらなる進歩が必要であり、将来の課題と考えている。まずコンテキストの理解を進めることが、コンテンツ処理技術の発展に寄与するという立場である。

インタラクション・コーパス構造: 我々はインタラクション・コーパスの構造化においてインタラクション構造のプリミティブな単位として、発話 (SPEAK) と視認 (LOOK) の 2 種類の行動が取得可能であるという前提にたつ。これらのプリミティブを第 3 層とし

た、4 階層モデルを提案する。この階層化には、言語の階層化のアナロジーを援用して説明することができる。後述するように、階層構造にすることによって、多様なアプリケーション構築に非依存の汎用構造と依存したアプリケーション指向構造を分離して、効率的な開発が可能である。

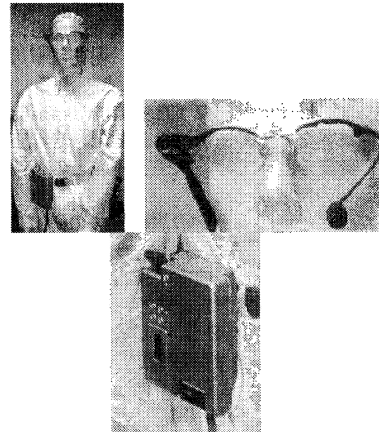


図 4 ウェアラブルクライアントの軽量化
Fig. 4 Lightweight Wearable Client

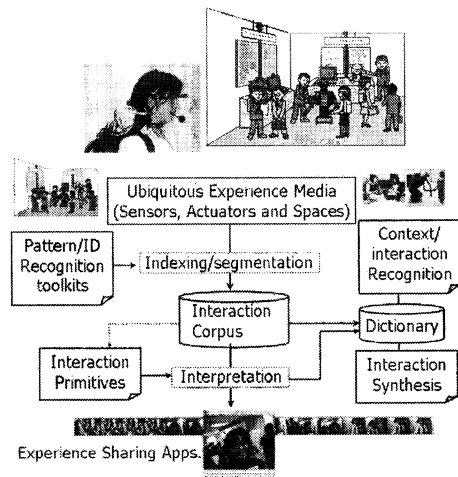


図 5 インタラクション・コーパス
Fig. 5 Interaction Corpus

そして第 4 階層で、プリミティブの複合的な組み合わせによって、多様なインタラクションの記述をする。第 4 階層のデザインにおいては、トップダウンとボトムアップの 2 アプローチを考えている。トップダウンアプローチでは、プリミティブの組み合わせはアプリケーションのデザイナーがトップダウンに指定する。一方、ボトムアプローチは、第 4 階層は、第 3 階層のプ

リミティブの生成パターンからデータマイニング的手法により、アプリケーションドメインごとにインタラクション事象を効率的・効果的に記述できるものを抽出して定義する[22].

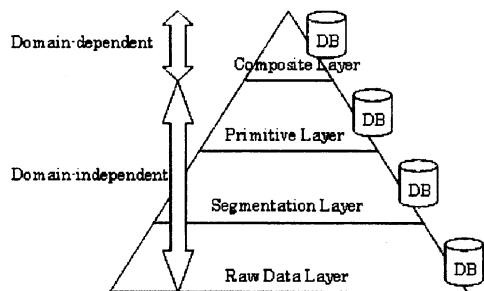


図5 インタラクション・コーパスの構造
Fig. 5 Structure of Interaction Corpus

6. コーパス構造の設計

上記の実験で記録されたインタラクションの中には、ポスターの見学、離脱、説明、発表の聴取、モノへの注目、他者との対話、挨拶、会議のほか、あたりを見回すなどの行動がみられた。これらはすべてデータベースサーバに時刻情報と一緒に図5のような階層構造で蓄積されている。

まず第1層は、生データ層と呼び、センサデータとタイムスタンプの組を格納している。これらはセンサから直接、実時間で記録される。現在はIrIDトラッカのIDと位置、ビデオ、マイク、モーションセンサのデータを別々に格納している。この層は音声でいえば、音素にあたるようなものである。

第2層は、セグメンテーション層とよぶ。それぞれのモダリティのデータが前処理により、ある程度意味のある長さにとめられる。また、短いセグメントはノイズとして消去される。音声では発話単位が切り出される。IDはおなじIDが規定時間以上連続するとセグメントとされる。言語でいえば、ことばのレベルである。

第3層はプリミティブ層で、インタラクションの単位としてのプリミティブを定義し格納する。行動の基本的な区間として定義することができる。一つのインタラクションの意味づけが行われる。これは、言語の形態素解析を行うことに類推できる。たとえば、IrIDトラッカデータから注視状況をプリミティブとして抽出できるし、あるいは、マイクデータから発話状況を一つのプリミティブとして抽出することもできる。前者は、主体と客体のある2者間インタラクションのプリミティブであり、後者は、主体のみの自己完結している行動単位のプリミティブである。このように、マルチモーダルなセグメントを単体であるいは複合させて、数々のプリミティブを形成できる。我々は、視線と発話が人間同士あるいは人間-物体間のインタラクションで非常に重要であると考えている。例えば、ユーザAのIrIDトラッカが別の人のタグをみていれば、

そのインタラクションプリミティブを“LOOK_AT”と呼ぶ。また、トラッカが物体を見ており発話が発出されれば“TALK_TO”とする。

最上位は複合層であり、社会的あるいはアプリケーションに依存した複合的なインタラクションを記述する。図6に示すような複数人の主体があるような状況は、複合層で定義し説明する。これらは、トップダウンにデザイナーが設計した例である。

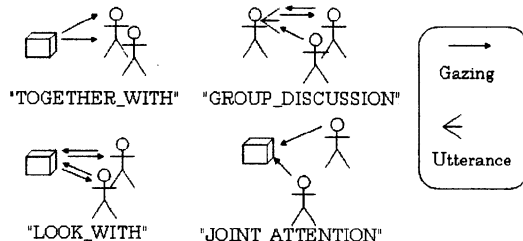


図6 複合インタラクションの例
Fig. 6 Interaction Composites

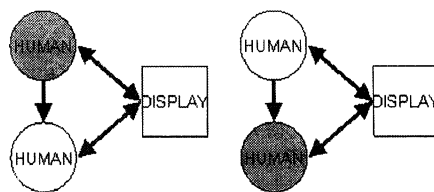


図7 ボトムアップ抽出された複合インタラクション
Fig. 7 Composites extracted by a bottom-up method

それに対し、第3層のプリミティブ TALK と LOOK をつかって複合インタラクションを抽出することもできる。我々は、あるパターンの実際の生起回数を、ランダムに起こりうる生起確率で正規化した値を尺度として、その値が高い組を抽出する方法を提案した[22]。図7は、この方法により抽出されたディスプレイの内容の説明者(左上)と被説明者(左下)の関係をグラフ構造で示したものである。説明者が被説明者とディスプレイに視線配布している様子が記述できている。

7. 応用

体験共有コミュニケーションの応用としてまず考えられるものは、ビデオ日記生成、ビデオ要約である。インタラクションコーパス構造を使って、特定の複合インタラクションの箇所を自動抽出して接続すると、容易にビデオ要約を作ることができる。会議録やメンテナンス作業記録など、様々な応用が考えられる。

体験の要約だけでは、体験者の主観的な立場を伝えるのはまだ難しいかもしれない。そこで、体験データを操作しながら他者にもものがたり(story-telling)をすることによって、体験を共有したり新しい体験を創造することを検討している[18].

人間型ロボットなど自律的で物理的なエージェント

を空間に放ち、社会的行為者・演出者(social actor)として、主体的に人に近づきインタラク션을しながら人間の行動を記録する仕掛けを開発し、実験的に効果を調べている[19]。例えば小学校や博物館にロボットを置き、ユーザとのインタラククションによって、発話や案内内容を変えるとどのようにユーザが反応するかをしらべている。

8. まとめ

本稿では、体験共有コミュニケーションのためのユビキタス体験メディアの技術開発について報告した。体験を取得するウェアラブルデバイス、取得した体験を構造的に記録するインタラククションコーパス、そして、体験を共有するための応用について、概要を紹介した。底流の考え方に焦点を当ててのべたつもりであるが、紙面の都合で詳細については書ききれなかった部分が多々ある。それらは、参考文献に詳細があるのでそれらを参照して欲しい。

ユビキタス体験メディアとインタラククションコーパスの研究はまだ緒にたばかりである。解決すべき技術課題、社会的課題は多々あるが、よりよいグローバル社会の時代に貢献するメディア技術を追求していきたい。

謝辞：本研究は通信情報研究機構の委託研究「超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラククション・メディアの研究開発」により(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)にて実施したものである。本稿をまとめるにあたって、本研究プロジェクトの運営に携わる萩田氏および小暮氏のほか、角、鳥山、伊藤、岩澤、鳥山、土川の各氏、ATRメディア情報科学研究所、ATR知能ロボティクス研究所の所員の貢献に感謝する。

文 献

- [1] <http://www.cyc.com/>
- [2] <http://www.cogsci.princeton.edu/~wn/>
- [3] <http://research.microsoft.com/barc/mediapresence/MyLifeBits.aspx>
- [4] <http://www.darpa.mil/ipto/Programs/lifelog/>
- [5] 上岡玲子, 広田光一, 廣瀬通孝, “ウェアラブルコンピュータによる主観的体験とその展開”, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, vol.5, no.4, pp.65-68, 2003.
- [6] 相澤清晴, 石島健一郎, 椎名誠, “ウェアラブル映像の構造化と要約: 個人の主観を考慮した要約生成の試み”, 信学論 D-II, Vol.J86-D-II, no.6, pp.807-815, 2003.6
- [7] M. Lamming and M. Flynn: “Forget-me-not” Intimate computing in support of human memory”, Proceedings of International Symposium on Next Generation Human Interface 94FRIEND21, pp. 150-158 1994.
- [8] 川嶋稔夫: “記憶想起支援とウェアラブルコンピュータ”, 第5回知能情報メディアシンポジウム論文集, pp. 107-108(1999).
- [9] T. Kawamura, Y. Kono, and M. Kidode, “Wearable interfaces for a video diary: Towards memory retrieval, exchange, and transportation”, The 6th International

Symposium on Wearable Computers (ISWC2002), pp. 31-38, 2002

[10] Brian Clarkson, Kenji Mase and Alex Pentland: “The Familiar: a living diary and companion,” CHI2001 extended abstracts, pp. 271-272, Seattle, April 2001.

[11] Alex P. Pentland: “Smart Rooms”, Scientific American, pp.54-62, April 1996.

[12] Y. Sumi, T. Matsuguchi, S. Ito, S. Fels and K. Mase: “Collaborative Capturing of Interactions by Multiple Sensors,” Adjunct Proceedings of the Fifth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2003) pp. 193-194, Seattle, Oct. 2003.

[13] Kogure, K., Hagita, N., Sumi, Y., Kuwahara, N. and Ishiguro, H.: “Toward Ubiquitous Intelligent Robotics,” in Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1826-1831, Oct. 2003.

[14] Yasuyuki Sumi, Ryuuki Sakamoto, Keiko Nakao, Kenji Mase: ComicDiary: Representing individual experiences in a comics style, *UbiComp 2002*, in G.Borriello, L.E.Holmquist (Eds.), *UbiComp 2002*, LNCS 2498, pp.16-32, Springer, Sep. 2002.

[15] Mase, K., Sumi, Y., Tsuchikawa, M. and Kogure, K.: “Interaction Corpus and Memory for Experience Sharing,” International Symposium on Large-scale Knowledge Resources. Mar. 2004.

[16] Rainer Stiefelbogen, Jie Yang, Alex Waibel: Towards tracking interaction between people; in Proc. of the Intelligent Environments AAAI Spring Symposium, Stanford Univ., Calif., (1998).

[17] 角, 間瀬, 小暮, 土川, 片桐, 萩田, 伊藤, 岩澤, 中原, 神田: ユビキタス環境における体験の記録と共有, システム制御情報学会誌「システム/制御/情報」, vol.48, no.11, pp.458-463 (2004).

[18] Norman Lin, Kenji Mase, Yasuyuki Sumi, and Tomoji Toriyama. Enabling communication-based interactive storytelling through a tangible mapping approach. In *International Conference on Virtual Storytelling 2005*, 2005.

[19] 神田崇行, 佐藤留美, 才脇直樹, 石黒浩, “対話型ロボットによる小学校での長期相互作用の試み,” ヒューマンインタフェース学会論文誌 (ソーシャルインタフェース特集号), Vol.7 No.1, 2005, pp.27-37.

[20] 土川, 岩澤, 伊藤, 鳥山, 小暮, 萩田, 間瀬, 角: “装着型共有体験記録装置の試作”, VR 学会論文誌, 2006 (掲載予定)

[21] 伊藤, 岩澤, 土川, 角, 間瀬, 片桐, 小暮, 萩田, “装着型体験記録装置による対話インタラククションの判別機能実装と評価”, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 1, pp. 167-178 2005.

[22] 森田友幸, 平野靖, 角康之, 梶田将司, 間瀬健二, 萩田紀博, “マルチモーダルインタラククション記録からのパターン発見手法”, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.1, Jan. 2006. (掲載予定)

[23] 角康之, 伊藤禎宣, 松口哲也, シドニーフェルス, 間瀬健二: 協調的なインタラククションの記録と解釈, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2628-2637, 2003