

インタラクションメディアによる体験共有

間瀬 健二

名古屋大学 情報連携基盤センター / ATRメディア情報科学研究所
mase@itc.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

人類は長い歴史のなかで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、創造活動をおこなってきた。コンピュータは、当初シミュレーションや科学計算に使われていたが、近年その能力が格段に向上したことによって、表現とコミュニケーションのための新しいメディアとして使えるようになった。とりわけ、さまざまなセンサが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。今後、知能ロボットや情報家電に代表されるユビキタス情報環境は個人の行動を記録・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することが可能になるだろう。

たとえば自分のある体験について、マルチメディア日記として自動要約して表現することができるようになると、家族や友人との体験共有が容易になる。その応用は、家庭だけでなく、職場や教育、娯楽など広範囲にわたる。情報通信技術の発達によりコミュニケーション機会が増大しており、限られた人間の能力と時間のなかで効率的なコミュニケーションをするためにこのような体験共有の支援が必要になっている。

一方、コンピュータや機械のインタフェースの歴史を考えると、テラタイプのCUI(Character User Interface)から、マウスやウィンドウによるデスクトップメタファを使ったGUI(Graphical User Interface)へと発展してきた。次は人間の五感や、身体と空間のインタラクションを活用したインタフェースへの展望が必要な時期になっている。それはコンピュータだけでなくそのセンサとアクチュエータが遍在するユビキタスコンピューティングにおけるインタフェースであり、コンピュータの存在を意識させないユビキタスインタフェースと呼ばれるものである。これまで机の前に行って手取り足取り指示しないと使えなかったコンピュータは、人間の本質的な活動や衣食住など生活には深い関連がなかったともいえる。

ユビキタスインタフェースを介して、はじめて情報環境は人間の社会活動や生活にとけ込み、人間と共存していくことができる。また、そのような時代には、情報環境と融合した空間の建築設計が必要になるであろう。

このようなユビキタスインタフェースを実現するためには、人間の行動、とりわけ人と人、人とモノ、人と環境のインタラクションに関する約束ごとや慣習などをコンピュータが理解できなければならない。そこで、このようなインタラクションを電子的な辞書として登録し、コンピュータが参照して状況を認識・理解するための基盤を構築することが、いま最も重要な課題である。その端緒として、我々[1]は、人間の行動に関する常識やプロトコルを分析・モデル化するために、人間同士のインタラクションを様々なセンサ群で観測し、マルチメディアデータに自動的に注釈を与えつつ蓄積するインタラクションコーパスを構築することを提案している。

さらに、あらゆる体験を主観的にコンピュータが記録できるようになると、人間の記憶にとつての外部記憶として働き、人間の脳記憶とコンピュータ記録のインタラクションによる拡張人工記憶(augmented artificial memory)を構築することも夢でなくなる。情報化社会のなかで、人間はますます多くの情報に接している。全ての情報を脳の記憶に頼るのではなく、脳と同じような機能をもった人工記憶によって脳の機能を拡張して記憶を一部委譲しなければ、コンピュータがやるべき検索やラベル付けに人間が多く時間を費やすという不幸な事態も起きよう。また、現代社会は記憶に関わるストレスも強い。忘れてたくても忘れられない記憶のつきまといは、心的外傷や鬱状態において深刻な状況をもたらすという[2]。脳記憶とインタラクションする人工記憶を緩やかに操作することで、このような記憶こそ忘却したり、徐々に向き合う治療が可能になれば、自殺する人の数を大幅に減らせるのではないだろうか。

コミュニケーション支援(Computer Mediated Communication, CMC)の新しい機能を提案し、ITの応用分野の発掘をめざすなかで、客観的な事実を伝えるだけでなく、主観を伝えあうコミュニケーションによって、大量の情報の中から重要な情報へのアクセスを容易にする方法を考えることが重要である。以

Experience Sharing by Interaction Media, Kenji Mase, 名古屋大学 情報連携基盤センター教授, ATRメディア情報科学研究所客員室長を兼務

下、本稿ではインタラクション・コーパス収集環境と体験記憶の2つのアプローチを紹介し、体験共有に関わる、体験の協調的記録、インデクシングと要約、記憶について議論する。

2. 体験とインタラクション

体験というと、鑑賞、スポーツ、旅行などを思い浮かべるが、読み書き、対話、会議などの活動も含めて考えることにする。辞書によれば、「体験」は個々人のうちで直接に感得される経験であり、「経験」とはこれらの見たり触れたりする活動そのものとその活動により得た知識のことをいう。特に、「経験」は思考や想像ではなく、感覚や知覚によって直接与えられたもので、「体験」は知性的な一般化を経っていない点で人格的・個性的な意味合いが強いとされている(大辞林より)。本文では、基本的にこの定義に従うが、個人あるいはグループにかかわらず、「他者」および環境を含む「モノ」とのインタラクションによる体験を中心に議論する。身体的な活動を伴えば他者やモノとのインタラクション(相互作用)が自然に生じるので、このように考えても問題はないと考える。

3. インタラクションコーパス

インタラクションコーパスとは、人間の振る舞いや他者やモノとのインタラクションを記録したものである。多数のセンサで取得したインタラクションを、緩やかな構造をもたせたデータとして蓄積する。すなわちインタラクションを要素(primitive)にセグメンテーションしそれぞれに意味的な注釈やタグをつける。すると、あとで検索をしたり要約をする際に容易になる。要約した結果を体験のマルチメディア日記として作成するような応用や、人間のインタラクションを解析して社会的なプロトコルをモデル化するための基礎データとして利用することを考える。インタラクションコーパスは将来、電子化辞書として大規模に整備される。そうすると、音声コーパスが音声認識・音声合成に使われているように、コンピュータシステムがそれを参照しながら、環境で活動する人間の振る舞いやインタラクションを認識・理解する枠組みや、記録されたコーパスからインタラクションを合成する枠組みを構築するという展開がある。(図1を参照。)

3.1. インタラクションの要素

さて、インタラクションの要素としてはどのようなものを考えればよいのだろうか。たとえば、あるアカデミックな会議のポスターセッションにおけるインタラクションを考えると、各ポスターの見学、ポ

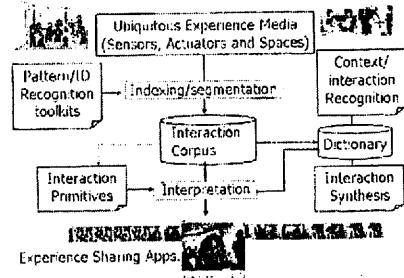


Figure 1: インタラクションコーパスの構築と利用

スターの発表、発表の聴視、モノや他の参加者への注目、挨拶や談話、モノへの共同注視、などさまざまである。

われわれはこのようなインタラクションの要素を定義するために、視点と視野内の対象の関係を原点とすることにした[1]。すなわち人やモノである対象(以下、オブジェクト)のID(識別名)を認識できるセンサがあるとして、センサの視点から視野に入ったオブジェクトはセンサを装着しているオブジェクトとインタラクションをしていると考えることにした。センサの視野内に複数のオブジェクトがあれば、それらは同じ状況を共有しつつインタラクションをしているし、ひとつのオブジェクトを共同注視している複数のオブジェクトもまた同じ状況を共有していると考えることにする。

そうすると、図2に示すようなインタラクションの要素(またはイベント)が考えられる。ここでは、センサとして、オブジェクトに装着した赤外LEDを追跡し、LEDの発光・点滅による符号を読み取ってIDを識別するビジョンセンサ(IRトラッカ)を使う。IRトラッカが読み取ったID系列がある時間より長く継続すれば、そのオブジェクトが視野にあり「インタラクションが起きている」と解釈することができる。これらを組み合わせると図2に示したインタラクションの基本要素が定義できる。これらは次のように解釈する。

- STAY: 環境に設置したIRトラッカが、人が装着したLEDタグを認識している。人はその場所に「stay(滞在)」している。
- COEXIST: 1台のIRトラッカが、複数の人が装着しているLEDタグを認識している。その人たちは同じ場所に「coexist(共存)」している。
- GAZE: ある人が装着したIRトラッカがオブジェクトにつけられたLEDタグを認識してい

Interaction Primitives

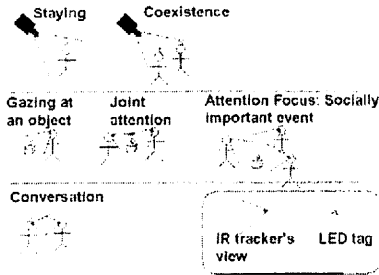


Figure 2: インタラクションの基本要素

る。その人はオブジェクトを「gaze (注視)」している。

- **ATTENTION:** あるオブジェクトに装着された1個のLEDタグが複数のIRトラッカにより認識されている。そのオブジェクトは「attention (注目)」されている。
- **FACING:** 2人のIRトラッカがそれぞれ相手が装着しているLEDタグを認識している。両者は「facing (対面)」している。

3.2. ウェアラブル体験記録デバイスとユビキタス体験ルーム

図3に、我々が試作したIRトラッカとLEDタグの外観を示す。このようなセンサは、ある視点とインタラクション可能な範囲に限定された視野をもちIDが認識できれば、視覚的なセンサに限定する必要はない。音声、触覚、無線などのセンサを利用することでマルチモーダルなインタラクションの要素を取得し記述できる。また、センサの密度と視野の広さを制御することによって記述できるインタラクションの粒度を変えることができる。上記の例では一人の人間や、一個のオブジェクトが1つずつのIRトラッカとLEDタグを装着しているが、それぞれが小型化し複数装着できるようになれば、より詳細なインタラクションを記録できるようになる。

このアプローチの重要なポイントは、環境やモノと人につけたセンサとタグが、協調してその空間のインタラクションを記録し、イベントを記述できるようにしている点である。

このようなインタラクションを記録するために実験室環境に各種センサとLEDタグを配置し、ユーザ

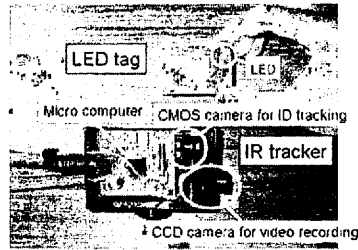


Figure 4: ユビキタスセンサー実験室とウェアラブルを装着したユーザ

にもウェアラブルなシステムとしてセンサとLEDタグを装着してもらい、インタラクション・コーパスの取得、コーパスデータベースの構築、要約とビデオ体験日記の構築などの実験を、ATR内の実験室を使って実施した。図4はその実験の様子である。ここで体験記録用のセンサとして、IRトラッカのほかビデオカメラ、マイクロフォン、生体信号計測センサなども使用した。また別の実験では、頭部の動きを検出する加速度計なども実験している。

3.3. ビデオサマリへの応用

一旦インタラクションコーパスが構築されると、そのイベント情報を使って、容易にマルチメディア体験日記を自動生成することが可能である。本実験環境では、ビデオデータはネットワーク上のファイルサーバに記録している。また、インデクス情報を格納するためにSQLサーバ(MySQL)を立ち上げて、イ

イベントのキーワード検索などを可能にしている。

具体的には、あるユーザを主体に考えてその人が体験した複数のシーンを時間順にならべると、ビデオサマリ (マルチメディア体験日記) が構成できる。ここで、複数の関連するイベントを組み合わせたものをシーンと呼ぶ。各シーンにはシーンの映像アイコンのほかに、開始時刻および長さ、そのシーンを記述する説明文が注釈として提示される。たとえば、あるシーンには、“I talked with [someone].” という文章が添えられて表示される。これは talk with というテンプレートを使って相手の名前を自動的に挿入して説明文を作っている例である。そのほかに was with [someone] や looked at [something] などの文の雛形を用意した。このようなビデオサマリを、実験に参加したユーザに提示したところ好評であった。

なお、ひとつのイベントやシーンのビデオ映像を構成するのは、1台のカメラとマイクロフォンからのデータだけでは限らない。自分のだけでなく、相手のマイクや環境のカメラなどのデータも切り替えてシーン映像を自動編集すると、自分の視点の画像だけでなく、自分が映っている画像も見ることができる。とりわけ有用な例は、自分のカメラで撮影した映像に会話相手の顔が映っていても、自分のマイクでは会話相手の音声がかうまくとれない場合である。このようなときは、相手マイクの音声と自分のカメラの映像を組み合わせて、協調的に映像を構築することでわかりやすいビデオサマリが編集できる。なお効果的な編集を自動で行うためには、パラメータの調整やビデオ技法の知識処理が今後必要になる。

4. 体験共有

「個々人のうちで直接に感得される経験」である体験を共有するとはどういうことか考察しよう。それは、ある個人が体験を別の人に物語るときに、受け手がその物語をどのように感得して経験するかということと考えることができる。まず、受け手は「話し手が体験を物語る」ことを体験するであろう。この体験をどのように消化して理解し、最終的に個人的な記憶に昇華させるかは、その体験の状況 (原体験の内容、物語体験の内容、および受け手の心的かつ物理的状态) に依存するが、体験共有には次の3つの段階がある。

1. 話し手の物語の体験：話し手が物語る様子を体験する (narrative experience)
2. 話し手の物語の追体験：物語から話し手の経験の本質を感得する (virtual experience, abductive experience)
3. 新しい物語の創成：話し手の体験と受け手の体験から、原体験の新しい解釈や感得を共同で創造する (shared experience, co-creative experience)



Figure 5: 親密なインタフェースとしてのセンサーぬいぐるみ

ここで、最初の2段階は話し手から受け手への一方の体験伝達による共有であるが、第3段階では、両者が原体験をもとに新しい体験を生成し相互に共有している。

このように、体験を段階を追って共有する際に、最初の体験物語が重要な役割を果たす。ビデオサマリやマルチメディア体験日記は、話し手が体験を物語る際の物語補助の役目がある。また追体験の際により鮮明な情報を提供することが容易になる。さらに、あたらしい経験を創成するときに新しい解釈を加える対象として用いることができる。

5. パートナによる体験記録と記憶支援

体験を記録する際に、ウェアラブルシステムや環境のセンサはそれぞれ一人称、三人称の視点で体験を記録するのに都合がよい。自分と異なる身体をもったパートナーによる体験記録は二人称の視点での記録が可能ではないだろうか。ときには、自分に同化するほど寄り添ったかと思うと、ときには第3者の視点で自分の体験を観察記録してくれる人工的なパートナーがいれば都合がよい (図5)。

5.1. センサぬいぐるみ

パートナーの視点で体験を記録できるシステムとして、センサを多数搭載した受動型ぬいぐるみロボットを試作した [3]。このぬいぐるみを使って、ユーザが持ち運ぶにつれて起こす多種多様な行動をパートナーの視点で記録することができるしくみを提案する。

実際に制作したセンサぬいぐるみは、市販のぬいぐるみの中身をくりぬいて、内部にPCとセンサー類をつめている。図6がその内部構造である。この試作機では、USBビデオカメラ (160 x 120 pixels)、USBマイクロフォンなど映像音声センサのほかに、人形とユーザの接触から状況を獲得するために、PCMCIAカード型の16chのAnalog/Digital変換器を導入し、



Figure 6: センサーぬいぐるみの中身

センサーとしてピエゾ圧電素子を利用した圧力センサと曲げセンサ、赤外近接センサ、温度センサなどを人形の各部に装着した。内蔵するコンピュータはカードタイプ (140mm x 100mm x 40mm) のPC (Win2K) を用いた。

このセンサー人形の入力を利用して、感性感覚情報と外部の状況情報とを組み合わせる自動記録する。一旦は全データを内部磁気ディスクに記録し、代表的な体験時のセンサデータを学習データとしてHMMでパターン学習させ、類似のパターンをエピソードとして残すシステムをまず構築した。教示が進みモデルが豊富になれば、このラベル付の作業は次第に減少すると考えられる。こうして日常的なイベントが自動的にラベル付されるシステムができると、非日常的なパターンがあぶりだされてくることを想定している。

人形内の信号処理は次のようになっている。画像信号と音声信号は、初期処理をしてそれぞれ12次元のデータに圧縮し、他のセンサー (16ch) と合わせて、40次元の特徴ベクトルを構成する。ここで用いる画像特徴は、輝度 (Y) とコンポーネント輝度 (R,G) の画像モーメント (0次, 1次, 2次) を用いた。輝度を例にすると、平均輝度値、輝度重心座標 (x, y)、輝度分散の4次元データを計算する。R信号、G信号も同様にして、12次元のデータを得る。また、音声特徴は、音量、継続係数、および0~4KHz帯を400Hzごとに区切ったスペクトルパワーとして、12次元のデータを得る。これらは、比較的、対象に依存しない特徴を得ることができるように選んでいる。これらの特徴量の詳細と、音声および画像のみを用いた状況認識の初期実験については文献 [4] を参照のこと。

5.2. 記憶の支援

記憶は人間のユニークな知的活動の一つである。たとえば選択的記憶、概念化、連想、感情などは人間の記憶の機能の特徴づけるものであるが、それらは、あるときには、物忘れ、記憶の混乱、思い違いなど困った現象を引き起こす [2]。

前述した紙や写真などのメディアが人の記憶を補助したように、新しいメディアであるコンピュータは人々の日々の活動における記憶の補助に用いられるようになるであろう。拡張人工記憶は、ただのコンピュータメモリではなく、人が記憶するようにインデックス付で記録し、整理したり概念化する機能をもつメモリである。その実現は人工知能研究の永遠の課題でもあるが、実世界の大量の体験記録を対象にして新しいアプローチを考えることができる。その巨大な記録容量と遍在するセンサを活用すれば、体験を常時記録しているインタラクション・コーパスから、いざ記憶想起が必要なときに補助する手がかりを簡単に検索して提示することも可能である。

我々が記憶と呼ぶときに、予定や計画を覚える展望的記憶と過去を振り返る回想的記憶 (あるいは反省的記憶) があるという。パートナーの役割も、予定や計画を通知したり推奨する機能と、過去の事象を想起するのを支援する機能がありうるが、ここでは回想的記憶の支援を中心に考える。

たとえば、日記は回想的な記憶であるが、その事象を記録するのは1日の終わりや一連のできごとが一段落した後ということが多く、事実があいまいになったり感想や感動も薄れてしまうという欠点がある。また、記録をする場合に客観視するため、それを使って体験の物語を聞いても、その場を体験できないこともある。子供の運動会でカメラやテレビカメラをもった親が映像を撮るのに夢中で、その場では勝敗がわからなかったというジレンマを体験したことはないだろうか。また、ある体験をした直後に、記録しておけばよかったと思うようなことはないだろうか。看護師は忙しく緊張の一日を過ごした後には看護日誌をつけるそうである。いったい、1日の終わりにいくつのことを忘れないでいられるだろうか。主体視しつつ、想起したいような日記的事象を自動的に記録するシステムが必要である。また、後から編集や回想をするために、経験を感得したときの状況を含めて記録できることが重要であるし、編集の単位が直感的で人間の記憶と整合がとれていることが必要である。

人間の記憶は曖昧なものである。Schacterの分類では、transience (物忘れ)、absent-mindedness (不注意)、blocking (妨害)、misattribution (混乱)、suggestibility (暗示)、bias (書き換え)、persistence (つきまとい) [2] の7つの問題があるとされている。前者3つは記憶が抜け落ちる問題であり、残りは脳の指令に問題があるようだ。情報処理の立場では、前者の問題は体験記録を回想の補助として、後者の問題は体験記録を脳

記憶の修正の補助として活用すれば、人間の記憶の曖昧さが引き起こす数々の問題を解決できるのではないか。

体験共有を可能にするメディアを、記憶の回想と記憶の修正に用いるために何をすべきか考える必要がある。ここに、体験共有メディアとしてのインタラクションコーパスによる人工的な記録と人間の脳との相互作用が全体として拡張された人工記憶 (augmented artificial memory) を構築するフレームワークを提案する。現在のところ機械的な記録とイベントのタグ付けにとどまっているインタラクションコーパスを拡張して、人間の脳記憶に類似した、概念化や連想、感情との連結を可能にする。インタラクションをベースとした体験を対象に、大規模コーパスを構築しクラスタリングやデータマイニングからの概念化などからアプローチすることが考えられる。

6. 関連研究

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ている [5]。LifeLog は人間がコンピュータとより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) になるだろうとしている。経験、嗜好や目的を記録・分析し、過去の記憶を正確に思い出したり将来のタスクをより効果的に支援する電子日記を想定している。

Gordon Bell は MyLifeBits [6] というプロジェクトで自分の体験を全てデジタル化することを自ら実施している。Bell は自分が書いた著書や電子メール・メモを記録するだけでなく、見たり読んだりした書物や音楽や映画をすべてデジタルフォームで記録することを実践している。現在アノテーションは人間が行っている。

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 [7]、脳波をとって心的状態と体験との相関を調べた相澤ら [8] 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 [9] がある。彼らはエ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た。川嶋ら [10] および Kawamura ら [11] 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 [4] 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、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。

本文で示した体験共有モデルは、グループの創造的思考過程のモデル (グループ思考モデル) [12] と関係が深い。グループ思考モデルは、思考の主体が個人からグループに移移する際に 3 つのモードがあり、モードの切り替えがスムーズに行なわれるようなシステムを提供することが、グループ思考支援ツールとしての要件であることを提案している。すなわち個人思考モードと協調 (Cooperative) 思考モードから、協同 (Collaborative) 思考モードへと行き来することで、情報交換をしなが新しい価値観を見いだす (探索) ことを形式化している。

インタラクションコーパスのように日常的な知識を構築する研究としては、Cyc を代表として知識処理の分野で言語的な表現による大規模な常識の辞書化が試みられている。マルチモーダルな知識をシンボルグラウンディングさせることは知識を計算メディア化するための、ひとつのアプローチであるが、インタラクション・コーパスが目指しているのは必ずしもシンボル化ではない。非言語・マルチメディアデータ間の関連づけができれば、それはコーパスとして有用な情報を提供すると考えている。

7. あとがき

体験やインタラクションの注釈付きの記録であるインタラクションコーパスを、ウェアラブルセンサ、環境センサ、人工パートナーのセンサを使って分散協調的に記録し、それを体験共有のメディアとして使う方法について考察した。とくに体験共有を体験物語の伝達理解の観点から説明を試みた。また、体験記録が体験共有 (すなわちコミュニケーション) に重要な役割をはたすだけでなく、拡張人工記憶への発展を展望させるものであることを強調しておく。

知的なヒューマンインタフェースは、あくまで、人間に対してあるタスクをもったコンピュータシステムのインタフェースである。私たちが目指すのは、人と共生することをタスクとし、実体をもったり、あるいは実体はないけれども仮想的に存在するパートナーとして、人間の生活や活動と関わりをもつ知的システムを作ることに他ならない。コンピュータシステムは人間との社会的な関わりを通じてはじめて、その処理過程に意味的な要素を取り込むことができるのではないだろうか。つまり、人間とのインタラクションを通じて、はじめて、機械が知的な処理可能になると考えることが、これからの知的システムのパラダイムに大きな役割を果たすのではないかと期待している [13]。

謝辞

本稿で紹介したインタラクションコーパスとその実験システムは角康之、伊藤慎宣、岩澤昭一郎、松口哲

也ほか多数の方々の協力で実現したものである。また、体験記録ぬいぐるみは、Brian Clarkson, 米澤朋子, 齊藤心志, 各氏の協力による。日頃熱心に議論していただく名古屋大学間瀬研究室メンバをはじめ諸氏に感謝する。本研究の一部は通信放送機構(TAO)の委託研究および文部科学省科学研究費補助金特定領域研究(情報学)によるものである。

参考文献

- [1] 角康之, 伊藤偵宣, 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.
- [2] Daniel L. Schacter: “Seven Sins of Memory: How the Mind Forgets and Remembers” Houghton Mifflin, 2001 (日本語訳: 春日井晶子訳「なぜ、「あれ」が思い出せなくなるのか」日本経済新聞社)
- [3] 米澤朋子, ブライアン＝クラークソン, 間瀬健二: “文脈適応型音楽生成をともなうぬいぐるみインタラクション” 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 8, pp. 2810-2820, 2002.
- [4] Brian Clarkson and Kenji Mase and Alex Pentland: “The Familiar: a living diary and companion,” CHI2001 extended abstracts, pp.271-272, Seattle, April, 2001.
- [5] <http://www.darpa.mil/ipto/research/llog/>
- [6] <http://research.microsoft.com/research/barc/MediaPresence/MyLifeBits.aspx>
- [7] 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.
- [8] 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
- [9] 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).
- [10] 川嶋総夫: “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).
- [11] 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.
- [12] 西本一志, 角康之, 門林理恵子, 間瀬健二, 中津良平: “マルチエージェントによるグループ思考支援”, 電子情報通信学会論文誌, J81-D-I, 5, pp. 478-487(1998).
- [13] 間瀬健二, 角康之: “インテリジェント・インタフェース” ヒューマンインタフェース学会誌, vol. 5, no. 2, pp.25-28, May, 2003.