

# 着用指向情報パートナーにおける記憶支援システムの開発に向けて

## Toward a Memory-aid System in the Wearable Information Playing Project

河村竜幸, 上岡隆宏, 浮田宗伯, 河野恭之, 木戸出正継

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

{tatsu-k, taka-ue, ukita, kono, kidode}@is.aist-nara.ac.jp

http://ai-www.aist-nara.ac.jp/

着用指向情報パートナープロジェクトは人間の日常生活を豊かにするための、知的応用技術、入出力インタフェース技術、及びプラットフォーム基盤技術の開発が目的である。我々は、このプロジェクトの中で、人間の記憶活動に着目し、その視覚情報を中心としたインタフェースや記憶活動を支援するシステムの開発を行っている。本研究では、人間の記憶を計算機により擬似的に拡張する、拡張記憶という概念の基、多種多様な記憶支援を行う機能を統合した Video Diary というシステムの実現を目指す。また本研究では、Video Diary が持つ支援の機能として、拡張記憶の検索・交換・整理・編集を挙げている。Video Diary 実現のための第一歩として、Video Diary で挙げている4つの機能の一部を実現する3つの記憶支援システム、Residual Memory、オブジェクト登録・検索システム、Ubiquitous Memoriesの開発を行っている。また、システムを手軽に扱うためのインタフェースとしてウェアラブル仮想タブレットの開発も行っている。本研究では、これらのシステム、インタフェースの開発を行うだけでなく、ユーザがシステムを利用したときの効果や影響を調査・実験することも計画している。また、単一の機能を持つ記憶支援システムの統合を可能とする記述法に関する研究を計画し、Video Diary の実現を目指す。

### 1 はじめに

我々は、人間の日常生活における活動がより豊かになるために、人間の活動で常に用いられる記憶活動という部分に着目し、日常生活における記憶想起支援の研究を行っている。本研究は、日常生活の拡張を実現させるためのウェアラブルコンピューティング基盤技術の開発プロジェクトの一部として研究を行っている [Kidode 2002]。

人間の記憶活動は、日常生活の全般で利用されている。人間は自らの体験や、本などを通じて身に付けた知識を基にして行動を行う。しかし、人間の記憶は曖昧で思い出せないことが頻繁に生じる。主に、注目していなかった部分の内容が思い出せないこと、時間の経過により記憶した内容が変化すること、体験したことは覚えているが内容そのものを思い出すことができないこと、などが原因として考えられる。このような人間の日常生活における記憶の曖昧性に対して、支援の研究を行うことは有益である。なぜなら、人間の体験は実世界で起きた事実であり、この事実は未来の行動を計画するために有益な情報だからである。ウェアラブルコンピュータを用いることで体験の収集と記録を行い、ユーザはその記録された体験を気軽に編集し、ユーザの必要な時に検索し、時には他ユーザと記録の参照をし合い共同想起を行うという支援を行うことで、ユーザは体験を効率良く再利用できると考えている。

以降の章では、ウェアラブルコンピュータを用いたユーザの記憶を支援するための全体的なシステム開発構想と現在開発されている具体的なサブシステムについて紹介する。最後に、明らかになっている課題と予定と展望を述べる。

### 2 日常生活を拡張する記憶支援

記憶は全ての認識・行動において必要不可欠なものである。たとえ自立した生活を送っている人でも、全ての経験を完全に記憶しているわけではなく、一般人の記憶は曖昧なものである。例えば、アメリカ人に対して日常的に使用している1セントコインのデザインを描かせるという実験において、ほとんどのアメリカ人被験者がデザインの50%も描くことができないという実験結果がある [Nickerson 1979]。この結果は、ある記憶が日常生活で後に利用されるという保証のない場合、人はその情報に対する注意が少なくなるため、注意の低い記憶は不明瞭になることも示している。我々は、個人が日常生活で体験した出来事には、本来多くの重要な情報が含まれていると考えている。しかし、注意が少ないとき、記憶の参照頻度などが原因となり記憶想起が曖昧となる。我々は、この記憶の曖昧性のために人が捨ててきた多くの有益な経験を、計算機が人間に代わり蓄積することが重要であると考え、そして、人が脳内に蓄積している記憶を想起する場合と同程度の負荷で、より正確で変質のない記憶をいつでも獲得できる記憶支援は、日常生活をより豊かにするという点において有益であると考え、

人が日々活動する環境での記憶支援を考えた場合、拡張記憶 (Augmented Memory: AM) という概念を利用することが考えられる [Rhodes 1995]。本論文における拡張記憶は、映像や音声などのメディアからなる記憶想起を直接刺激する情報と、その情報を環境や人間の状態から観測・獲得し、利用者の要求に基づいて検索・交換・整理・編集できる機能で構成される。前者の情報を拡張記憶源 (Augmented Memory Source: AMS) と呼び、後者の機能を拡張記憶機能 (Augmented Memory Function: AMF) と呼ぶことにする。拡張記憶源は拡張記憶機能が参照可能な場所であればどこに記録されていてもよい。図1に示すように、システムは人と同じ環境を観測する。システムは、暗黙的な人の状態の観測、もしくは人からの明示的な操作によって記憶の支援が行われる。システムが支援をするときは、人から得られる暗黙的/明示的な要求に対して適切な拡張記憶機能を選択し、その拡張記憶機能により選択される拡張記憶源を人に提示する処理を行う。

日常生活で計算機がユーザに対して記憶支援を行うために、計算機はユーザが要求する記憶の要素や記憶想起戦略を認識できる能力を持つ必要がある。この能力を持つためには、開発者が支援システムを設計する時に、計算機がどのような記憶の要素を処理できるのかという基本的な能力と、計算機がユーザのどのような記憶想起戦略に対してどのような支援を行うことができるのかという支援パターンを事前に明確化する必要がある。

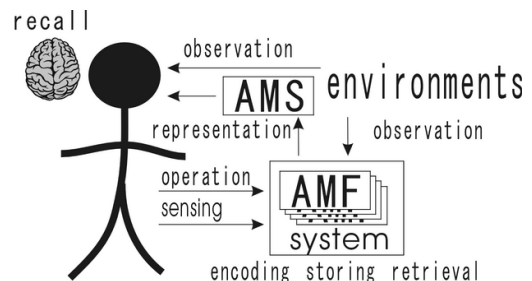


図1: 拡張記憶源と拡張記憶機能

通常、人の活動範囲には拘束がない。その非拘束性により人はあらゆる場所で情報を得ることが可能となる。人の活動の結果としての非拘束な出来事に対する状況には、“人”や“物”、“場所”、“時間”、そして“行為”などの要素として分類することができる。これらの要素が複雑に関係することで特定の状況が生まれ、また時間の経過によって状況の変化が生じる。人はこのような変化の激しい環境の中で多くの影響を受けることで、さまざまな情報を獲得し、自らのために情報を編集し、また他者のためにあらゆる手段を利用して情報を発信する。例えば、“さっき出会った人の話を友人としたいが名前を忘れた”、“休憩所で気楽に話をしていたことは今からする仕事で重要だったが、何を話していたか忘れた”、“今日行った寺の名前は忘れたけど、そういえば歴史的由来を知らない”など日常的な情報を思い出すための手がかりは知識に基づいた情報ではなく、実世界の行動に基づいた情報となる。

計算機による記憶支援を実現するためには、システムは、ユーザの要求している記憶の要素が何であるか、思い出そうとしている記憶想起戦略が何であるかを意味のある情報として認識している必要がある。特に、ユーザが活動する実世界の日常生活で記憶支援を行うためには、ユーザの実世界における記憶活動やその特性に合わせた表現形式でシステムはユーザに提示できなければならない。ここでは、人間が物事を整理する際に自然に用いている対象と方法を整理する、図2のような5W1Hを利用して、我々は、このモデルに基づいたユーザの記憶活動の説明、その活動に適した記憶支援システム的设计、記憶支援システムによるユーザへの支援の説明できると考えている。Whoは、人間や犬、猫などの動物を表現している。Whatは動物を除く自然に存在するものと人工物を表現している。Whereは地理的特長や、Whatの配置によって構成される空間的特長を表現している。HowはWhoによる動的現象を表現し、これは環境中に存在するWho、What、Whereに影響を与える。WhyはWhoの内部に存在する行動要因を表現している。Whenは時間を表現している。このうち、How、Whyについて計算機が直接得ることは難しく、ユーザの間接的な外在化表現によって推測できるものであると考えられる。

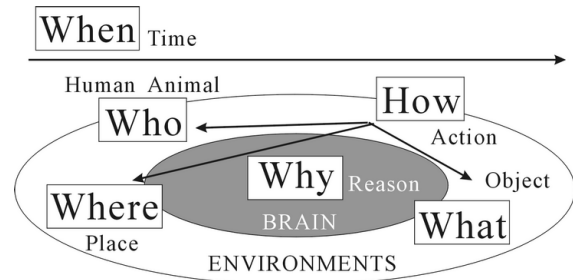


図 2: 計算機による記憶支援のための5W1Hモデル

### 3 関連研究

実世界での人間の活動の中で、記憶支援の部分に注目した関連研究をいくつか挙げる事ができる。これらの研究は、どれも最近に始められたもので、この日常生活における記憶支援研究が盛り上がってきていることが確認できる。しかし、それぞれ対象としている課題が異なるため、本論文では、課題に分けて関連研究を紹介する。

実世界における人間の活動に注目した研究として代表的なものに Ubiquitous Computing [Weiser 1991] と Wearable Computing [Mann 1998] の二つの方法論がある。前者は、環境側を計算機によって拡張することで、人間の活動の一部を記録したり参照したりすることができるようになる。代表的な研究には、Forget-me-not システムが挙げられる [Lamming 1994]。これは室内につけられたセンサとユーザが装着した Active Badge によってユーザの存在する場所を認識し、いつ・どこで・誰と出会い、何の書類を渡したかの履歴情報を記録する。ユーザは、携帯端末から、この履歴情報を参照することで、過去の出来事を思い出すことができる。後者は、人間が装着した計算機が人間につけたセンサから映像や音声、歩行などの運動情報や、気温や湿度などの環境情報を、人間の活動する範囲で、いつでも・どこでも獲得することができるようになる。代表的な研究には、Remembrance Agent システムが挙げられる [Rhodes 1997]。これは特定の場所で利用したファイルやメールなどの履歴を時間情報と共に記録システムである。そして、再び同じ時間帯に同じ場所を訪れたときに、利用されるであろう可能性の高いファイルを選択する。

ユーザがそのときに興味を持った体験だけを残そうというアプローチの研究がある。ユーザが興味を持った体験だけを残すのは、ユーザの生活全てを記録するとデータ量が膨大になるためである。この問題では、ユーザが興味を持った記録だけを残すことでデータの無駄を省くことが目的となる。ここでは、ある出来事に対するユーザの興味を抽出してることが重要となる。ユーザの興味を抽出するために、ユーザの皮膚伝導率、注視、脳波、GPS・ジャイロセンサと地理データなどさまざまな情報を利用した研究がある [Jennifer 1998, Nakamura 2000, 吉田 2000, Aizawa 2001, 上田 2001]。また、上岡のように画像、音声、歩調、脈拍、興味情報による情報の要約効率にの解析を行っている研究もある [上岡 2001]。ユーザが現在どこにいるかを知る技術は、例えば、同じ所で記録された映像を検索する場合で効果を発揮する。また、この技術は、外部からの位置情報計測システムが必ず利用できるという保証がない場合を考慮している。そのため、ユーザが装着しているカメラから得られる映像利用することで場所の特定をしたり、同じ空間で撮影された映像同士でデータをまとめたりする技術が重要となる [Aoki 1999, 石上 1999, Clarkson 2000]。

ユーザが装着したカメラから常時映像を記録した場合、その映像はテレビ番組のような明確なシーン変化を全く含まないものである。システムがユーザにある映像を提示しようとするとき、提示すべき映像の範囲を決定する必要がある [堤 2001]。

ユーザの日常生活では、さまざまな出来事が生じる。システムは、この出来事を認識することで、特定の出来事が生じた記録を提示することが可能となる。しかし、この出来事には、人と会う、物を置くなどいくつかの要素に分割することが可能であり、かつ、それぞれの認識について研究が行われている [Kimura 1995, Jebara 1998, Farrington 2000, 長崎 2000, 加藤 2001, 川崎 2001]。

ユーザと記憶支援システムが共に行動し膨大な情報を獲得しても、後にユーザ参照する情報の質が低い・不便であるという問題を持っていれば、システムと情報が共に、ユーザにとって役に立たないものになってしまう。そこで、記憶活動とその再利用に関する効率化は重要な課題となる。そこで、収集した情報を有効に再利用できる方法に関する研究が行われている [村上 2001]。

最近、工学からの記憶支援システム開発のアプローチだけではなく、従来から記憶に関する研究が行われてきた心理学研究者との共同的研究の計画が提案されている。山下らは、記憶障害者だけではなく、健常者の中でも記憶活動の一部に他者よりも劣るような人たちを記憶弱者と位置付け、その記憶弱者の生活を健常者並の生活を自立して行える支援技術の研究テーマを提案している [山下 2002]。

## 4 着用指向情報パートナー

情報パートナーは、現在の眼鏡や腕時計のように日常生活の中で常に着用・携帯され、我々の生活における情報活用環境を飛躍的に高度化させ、日常生活空間を拡張することが期待される。このように情報機器が生活の中で常に着用されているような形態を想定すると、そのインタフェースそして機器そのものの利用形態は大きく変化していく。現在、大きさや重さといった物理的制約が比較的影響しないオフィスや家庭における固定設置機器類と比較して、これらの制約が大きく影響する携帯型情報機器においては、機能限定で独自インタフェースを提供し、各ユーザがそれらを自分の情報処理スタイルや目的に応じて取捨選択し使い分けている。本来、日々違った事象に遭遇する外部環境においてこそ、ユーザの置かれた状況に応じた強力な支援がオンデマンドに、更にはユーザが意識して欲求せずとも提供できるパートナーとしての情報機器と利用環境が統一しているユーザインタフェースが必要であり、これらの高度な情報通信機能を開発する。

本研究は、着用指向情報パートナーの実現に向けて3つの技術要素、知的応用技術、入出力インタフェース技術、及びプラットフォーム基盤技術を含む [Kidode 2002] (図3)。

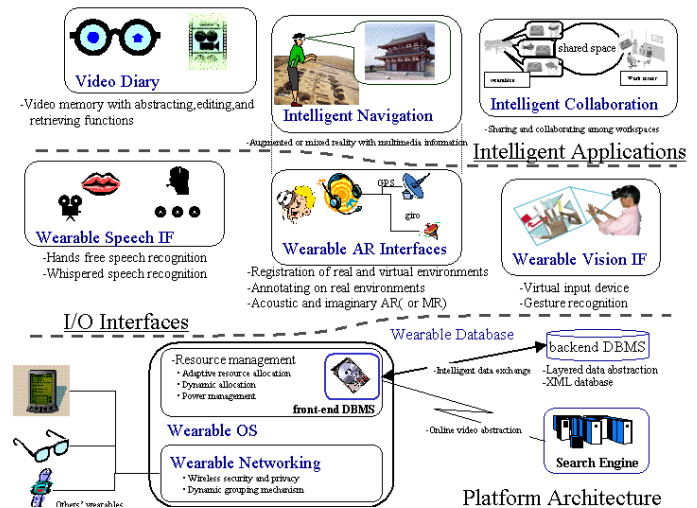


図 3: 着用指向情報パートナーの概要

- (1) 知的応用技術では、ユーザが日々体験することの記録を、常にユーザと共に移動していることでセンシングした状況情報を利用して、いかにユーザの記憶を拡張して人間の知的活動を支援するか、着用型情報機器ならではの新たな利用方法を提案する。
- (2) 入出力インタフェース技術では、着用型機器に適したハンズフリーの音声入力方式を追求すると共に、視覚情報処理技術を援用したユーザ用の新しいデータ入力方式を開発する。更に、実環境と仮想環境をシームレスに融合表示できるマルチメディア情報の提示方式を開発する。
- (3) プラットフォーム基盤技術では、ワイヤレスネットワーク及びマルチメディア情報処理を効率よく支える組み込み型のウェアラブルOSを開発すると共に、フロントエンドの携帯機器とバックエンドの間でデータ資源を適切に分散しキャッシングすることで格納・検索コストを低減する資源分散型ウェアラブルDBを作成する。

我々は、日常生活においてウェアラブルコンピュータを用いて計算機的に記憶支援を行うためのウェアラブルインタフェースの開発を行っている。我々の最終的な目標は Video Diary システムを開発することである。図4に示す Video Diary は、装着型カメラや Head-mounted Display (HMD) という視覚情報を中心としたインタフェースによって構成された記憶支援システムである。Video Diary システムでは、1) ユーザ視点画像を常に観測する、2) 観測された画像と他のセンサ情報によって実世界の文脈を解析する、3) 解析された情報は拡張記憶として画像と併せて記録される、4) 記録された情報はさらにユーザによって編集することで情報の追加や索引付けをすることができる、5) ユーザは解析された文脈やユーザの編集による索引付けから要求する情報が含まれる拡張記憶を検索し、その拡張記憶を参照することで、過去の体験を想起することができる。ここで、記憶支援のために収集・解析・記録された情報を拡張記憶 [Rhodes 1995] と表現することにする。

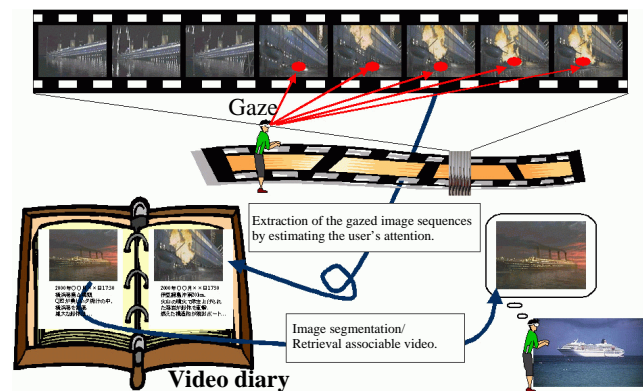


図 4: Video Diary システム

Video Diary 実現のための課題は拡張記憶の検索・交換・整理・編集に分けることができる。検索では、記録された膨大な拡張記憶からユーザの望む内容が含まれる適切な拡張記憶を検索する必要がある。交換では、他者との拡張記憶の共有を可能とし、また共有された拡張記憶を個人想起時に支援可能であり、かつ共同想起時にも支援可能である必要がある。整理では、ユーザの記憶想起戦略に合わせ、ユーザが想起しやすい拡張記憶の整理ができる必要がある。編集では、記録された拡張記憶にユーザが解釈を付加したり、その他の拡張記憶との関係性を明示的に記述できたりする必要がある。

以降では、これらの問題を解決するためのサブシステムを紹介する。最初は、場所に基づく記憶想起支援を目的とした “Residual Memory” を説明する。次に、手に持てる物を最後に置いた場所の想起を支援する “オブジェクト登録・検索システム” を説明する。次に、記憶を実世界にある物に貼り付けるというコンセプトを提案し、また人の間や物の間での記憶の共有を実現するための “Ubiquitous Memories” を説明する。最後に、拡張記憶をいつでも・どこでも手軽に編集するためのウェアラブル仮想タブレットを説明する。Residual Memory とオブジェクト登録・検索システムの2つが検索の課題であり、Ubiquitous Memories が交換、ウェアラブル仮想タブレットが実世界における編集の利用に至る前課題に対応している。

## 4.1 Residual Memory

場所に基づく記憶想起支援システムでは、ユーザが想起しようとする過去の記憶を検索する手段として、ユーザが検索したい体験をした場所に行き“見る”という操作を用いる。ユーザは、想起したい場所へ行き、その場所を見ることによって、システムはほぼ同じ視点から記録された過去の類似映像を検索しユーザに提示する。

### 4.1.1 システム説明

このシステムでは、我々は主に、映像検索手法について研究している [Kawamura 2001]。第1に、類似画像比較がある。画像比較では、画像から場所の情報だけを抽出して、その場所の情報だけを用いて比較し類似度を計算することが望ましい。そのために、カメラを装着しているユーザの頭部運動や視野に映る運動物体の情報を排除する必要がある。第2に、映像シーンの構成がある。このシステムでは画像を常時撮影しているため、通常の映像作品のような明示的な映像の切れ目は存在しない。また、撮影された映像の文脈がユーザによって明示的に切り分けられることも困難である。しかし、ユーザに映像を提示するときにはある特定の範囲の映像を提示するため映像シーンを切り分ける必要がある。第3に、映像の高速検索がある。このシステムでは、映像を要約することをしないため、膨大な映像が記録されることになる。この長時間映像記録から、ユーザの記憶想起に対して負担がかからない時間で望む映像を検索できる必要がある。



図 5: 場所に関する類似映像 (左, 中央) と頭部装着機器 (右)

本研究での、場所に関する類似画像の例を図5(左, 中央)に示す。これらの違いは、人の手が映っているかどうかである。場所に関する画像の類似度を計算するためには、部分的に画像に映る運動物体をノイズとして、場所に関する画像の類似度計算から排除する必要がある。単純には、連続して撮影される2枚の画像を比較することが考えられるが、図5の装置を用いてユーザ視点の画像を撮影すると、連続して撮影される2枚の画像には、ユーザの頭部運動情報も含まれる。そこで、ユーザ頭部の運動情報と運動物体の運動情報を分離するために、ユーザの頭部に角速度センサを取り付け、頭部の角速度情報を用いることで、これら2つの運動情報を分離可能となった。最終的に、画像から運動物体の領域を排除することで [Satoh 2000] 表 1のように、排除を行わないで類似度を計算する手法と比較したとき、運動物体の領域の排除を行い類似度を計算する提案手法が有効であることが示された。他に、角速度センサを用い頭部運動情報の傾向を解析することで映像シーンの構造化も行った。

本研究では、常時撮影されるユーザ視点画像を用いて、大規模な映像データの中から類似する視点から撮影された過去の映像を高速に検索する技術の開発を行っている。常時画像が撮影されるという条件では、最終的に検索される検索画像と、対象となる場所に関する検索画像に類似するユーザ視点の対象画像を取得する直前でも、その対象画像/検索画像に比較的類似する別の画像を取得する可能性が高い。この性質を利用すれば、逐次入力されて来る画像に対して、随時、画像の類似度計算を継続することで、映像検索の時間を短縮することが可能となる。我々は、この性質を考慮して映像検索を行うHySIM(Hybrid-space Image Matching)法を提案している。この手法は、時系列に撮影される映像データを、時系列に連続である空間と設定される特徴量によって分類される離散的な特徴空間という2種類の特徴空間を観測し、逐次入力される対象画像に合わせて繰り返し類似度の計算をすることで、全映像区間中の類似度計算の対象区間を遷移・追跡する手法である [Kawamura 2002]。本手法の評価のために、10枚の画像を用いた検索実験を行った。提案手法は、記録された映像データ量の増加に対して検索時間の増加を抑制しながらも、検索精度の減少を一定の範囲に収めることができた。

### 4.1.2 展望

Residual Memoryに関する研究では、以下の課題が残る。まず、運動物体の追跡性能の向上である。現在では、カメラから取得される映像中に運動物体が含まれるとき、運動物体が動いている間ではしか認識することができない。画像内で一時静止しても認識可能な手法が必要となる。次に、映像区間の適切な分割がある。基本的には、映像中に明示的な映像の分割点は存在しない。この問題に対して、ユーザが要求する出来事を十分に含んだ映像区間を分割する手法が必要となる。最後に、大規模映像記録データからの高速映像探索である。膨大な映像記録データに対しては、時系列で映像探索する手法ことは現実的解決法ではなく [粕野 2000]、いかに必要な区間だけを探索するかを考えることが重要である。また、ユーザが要求に対して即座に対応する必要があることから、探索のための前処理に時間をかけることができない。我々はまず、HySIM法における、現在の30%/10万枚の認識精度から、60%/10万枚への精度向上を目標とする。そして、場所に基づく映像探索の比較実験用の比較実験よう評価データの作成も計画している。

表 1: 適合率と再現率

	relevance		recall	
	proposed	normal	proposed	normal
outdoor	0.90	0.54	0.98	0.96
hall	0.97	0.56	0.92	0.90
room	0.88	0.57	0.97	0.96
average	0.92	0.56	0.96	0.94

## 4.2 オブジェクト登録・検索システム

我々は日常生活において、多種多様なオブジェクト（手に持てる大きさの物体）を頻繁に移動させる。そのために、移動したオブジェクトがどこにあるかを忘れてしまうことがよくある。オブジェクト位置の想起支援を行うために、ウェアラブル装置を用いたオブジェクト登録・検索システム [上岡 2002] を開発している。

### 4.2.1 システム説明

まず、システム構成について説明する。このウェアラブルシステムは、頭部に装着するカメラデバイスでユーザ視点の画像を取得し、ウェアラブルPCで画像の分析・記録を行い、片眼ディスプレイによってユーザに情報を提示する（図6）。ユーザ視点画像を取得するためのカメラデバイスには、カラー画像と赤外画像を光軸一致状態で取得可能な複合撮像デバイス [Sasaki 2001] を用いる。ユーザ視点のカラー画像は図7(a)のように取得できる。複合撮像デバイスに設置されている赤外光源から環境中に照射される赤外光の反射光によって、赤外画像には背景の領域が暗く、近接物体の領域が明るく映る（図7(b)）。近接物体にはユーザが把持するオブジェクトとユーザの手領域が含まれるため、この赤外画像を閾値で二値化することで、カラー・赤外画像中の近接物体領域を背景から分離することができ（図7(c)）、さらに色情報を使って肌色の手領域を近接領域から除去することで、対象オブジェクトの画像だけを取得することができる（図7(d)）。こうして得られるオブジェクト画像を用いて、同定に用いるためのオブジェクト特徴量を取得する。

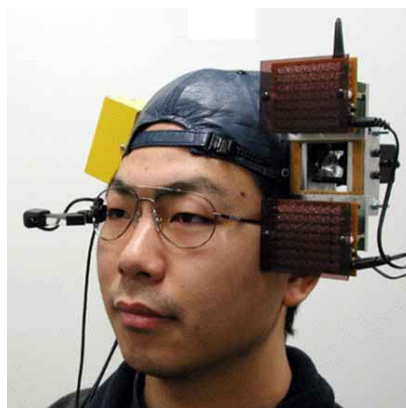


図6: オブジェクト登録・検索システム

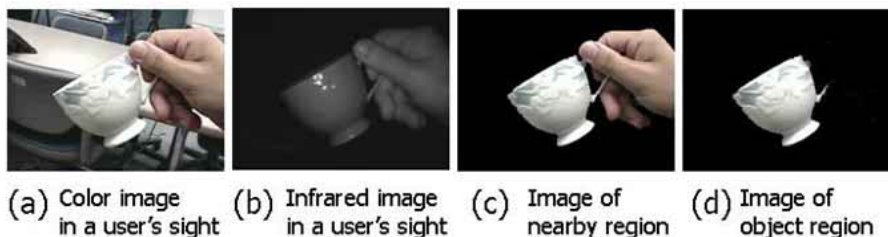


図7: オブジェクト画像の取得

次に、オブジェクト登録・検索システムの動作について説明する。ユーザは、あらかじめ想起対象となるオブジェクトをシステムに登録する必要がある。オブジェクト登録では、ユーザはオブジェクト名を入力する。また、オブジェクトを手に持って回転・移動させることによって、様々な大きさ・姿勢のオブジェクト画像をシステムに入力する。システムはこのオブジェクト画像群を用いて、オブジェクト同定に必要な特徴量を抽出する。オブジェクト同定の手法としては画像群の固有ベクトルを用いた部分空間法 [村瀬 1994] [Akiri 1995] を用いるが、見た目のカラー画像だけを用いる手法では、形状やテクスチャが同じで大きさが異なる、相似関係のオブジェクト（図8（左））を弁別することが困難である。しかし、相似関係の各オブジェクトの見た目の大きさと赤外画像における輝度中央値の関係（図8（右））を見ることで、粗同定として相似関係オブジェクトを弁別し、オブジェクト同定の候補数を減らすことができる。本システムでは、粗同定を行うためのパラメータと部分空間法のためのパラメータをオブジェクト特徴量として抽出・登録する。

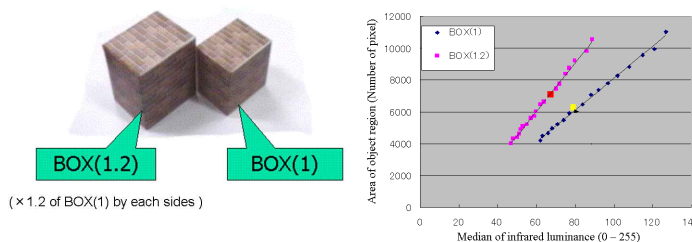


図8: 相似関係オブジェクト（左）とその弁別に用いる関係（右）

ユーザがシステムに対してオブジェクトの登録や検索などの指示を行わない時、システムはユーザ視点の画像を常時記録する。同時に、ユーザ視点画像内に観測されたオブジェクトと登録オブジェクトとの同定を行い、同定結果のオブジェクト名をユーザ視点画像のインデックス情報として記録する。インデックス情報はオブジェクト名を用いた検索に使用される。

あるオブジェクトの位置を忘れてしまったときユーザは対象オブジェクトの名前を登録オブジェクト名一覧の中から指定する。システムはその対象オブジェクト名を用いて、記録映像のインデックスを参照し、最後に記録された対象オブジェクト画像を検索する。ユーザは検索結果の画像を見ることで、オブジェクト位置想起のためのヒントを得ることができる。

### 4.2.2 展望

現在は、オブジェクト検索において対象オブジェクト名を登録一覧から指定するインターフェースを採用しているが、より知的なインターフェースとして、ユーザによる間接的なオブジェクト指定を許容するインターフェースを構築することで、さらに日常生活のオブジェクト位置想起支援に役立つシステムになる。たとえば、「コーヒーを飲みたい」とシステムに伝えることで、コーヒーを飲むために必要となる、カップやスプーン等の複数のオブジェクト位置想起を一度に支援することが可能になる。また、オブジェクト観測時にオブジェクトに関する名前以外の情報を関連付けて記録できるようにすれば、対象オブジェクトの位置想起支援だけでなく、幅広い記憶想起支援を行うことができる。今後の研究では、オブジェクト同定精度の向上とともに、前例のようなインターフェース改良や、応用範囲の拡大を目指す。

### 4.3 Ubiquitous Memories

人間は物を見たり持ったりしたときに、その物と自己とが関係する記憶を想起することがある。このシステムは、この人間が自身と物とを体験により関係付けることで記憶の保持を行い、物を介して記憶想起を行うという仮説を立て、実世界の物に“触れる”ことで拡張記憶を貼り付けたり、参照したりする記憶支援システムである [福原 2001]。これにより、拡張記憶を実世界の中で効率良く整理することができると考えている。

#### 4.3.1 システム説明

このシステムでは、我々は拡張記憶の共有を想定した蓄積手法と検索手法を中心に研究している [河村 2002]。記憶想起を行うとき、想起したい内容についてお互いが共通の体験をしていた場合は、個人で思い出すときよりも共同で思い出すほうが、より思い出すことができるという実験結果がある [高取 1980]。このシステムにおける拡張記憶の共有は、ユーザ間の共有と物の間の共有である。拡張記憶の蓄積手法では、人間が実世界の物を介してどのように記憶想起を行っているかという記憶想起戦略を考え、その戦略に近い情報の蓄積手法の構築を行っている。また、利用者間での拡張記憶の共有を考慮した蓄積手法を考慮する必要がある。次に、拡張記憶の検索手法では、物に大量に関連付けられた拡張記憶の中から、ユーザの要求する拡張記憶を提示できることが重要である。

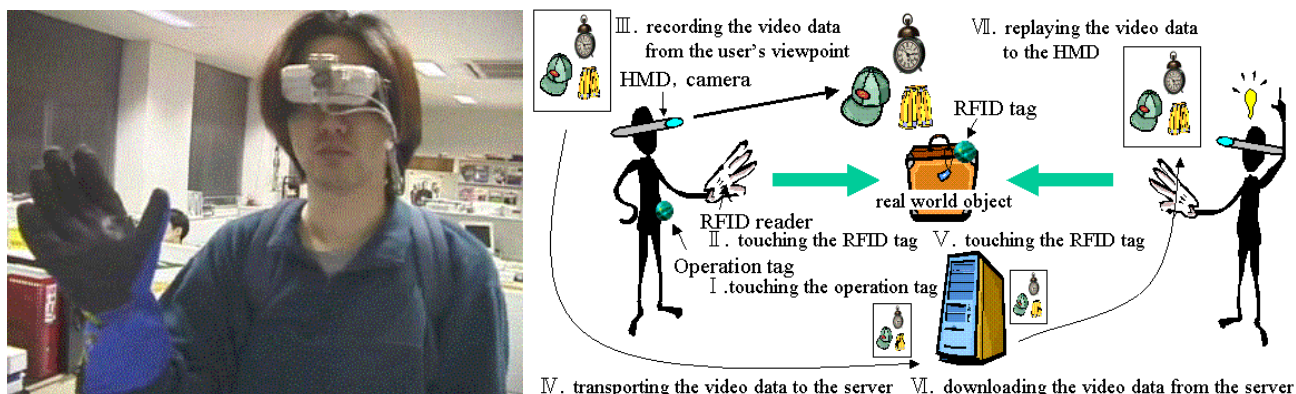


図 9: システム外観 (左) と操作手順概要 (右)

図 9(右) は、装置の外観を表している。ユーザは、HMD を装着する。HMD の中央にはカメラが設置され、ユーザ視点の映像を獲得することができる。また、ユーザは RFID (Radio Frequency Identification) 小型タグリーダ/ライタが仕込まれた手袋を装着する。実世界にある物には、RFID タグが埋め込まれ、または、貼り付けられて、ユーザはそのタグをタグリーダで読み込むことで、タグと関連付けられた映像を参照することができる。図 9(右) では、利用者の記憶共有を可能とする、操作手順を示している。システムが取り得る状態には、再生モード・記録モードがある。平時には、システムは再生モードを維持しているものとする。利用者は、自分の体の特定部位 (腰など) にある記録モードタグに触れることで、システムの状態を再生モードから記録モードへと変更する (I)。この状態で、利用者が記憶に関連付けたい物に手袋で触れると、その物のタグ情報がタグリーダで読み取られる (II)。システムはタグに書き込まれた情報を読み込むと同時に、小型カメラから視点映像を取り込む (III)。その後、システムはタグの情報を元に映像を格納するためのサーバを特定し、取り込まれた映像をサーバに格納する (IV)。利用者が物に関連付けられた映像を参照したくなったとする。システムの平時状態は再生モードであるため、利用者は参照したい物に触れることで (図 10(左))、すぐに、その物のタグ情報をタグリーダで読み取ることができる (V)。システムはタグから取得すべき映像が格納されているサーバを特定し、映像を取得する (VI)。そして、取得した映像を利用者の HMD に提示する (VII) (図 10(右))。



図 10: 物に触れる (左)、関連映像が再生される (右)

#### 4.3.2 展望

我々は、これまでにコンセプトの提案、コンセプトの基本機能の実装を行ってきた。今後、残された課題には実世界での使用と機能の拡充がある。我々は、実際の日常生活で使用可能なレベルのシステムの開発を行っている。このレベルのシステムを開発することにより、システムの操作にはどのような機能や手順が必要であるかという部分がある。また、実際に使用することで、誰が・いつ・どこに・どのような記憶が使用した履歴を獲得することが可能となり、このシステムを実現することによって、どのような効果があるのかを調査することが可能になると考えている。このシステムの使用という部分では、システム利用時の有効性を示すために、10 人程度の実験協力者にシステムを 1ヶ月利用してもらうという大規模実験を計画している。次に、機能の拡充であるが、人と人の間の拡張記憶の共有、物と物の間の拡張記憶の共有がある。人と人の間の拡張記憶の共有については、我々は、これまでに他者が者に貼り付けた拡張記憶を参照可能にしてきたが、逆に、多くのユーザがさまざまな拡張記憶を貼り付けることになれば、その大量の拡張記憶の中からユーザが要求する適切な拡張記憶を適切な量、提示する手法が必要となる。物と物との間の拡張記憶の共有では、拡張記憶を貼り付けられた物と張り付いている拡張記憶自身との関係を計算することができれば、他の物との関係を計算することが可能となる。さらに物と物との関係の計算から接続されるネットワークやユーザの行為履歴から接続されるネットワークにより、システムはユーザに対してユーザが要求する/しないに関わらず興味を持つであろう拡張記憶の予測が可能となると考えられる。

## 4.4 ウェアラブル仮想タブレット

屋内や屋外を考慮した日常生活では、時間や場所に関わらず、拡張記憶を整理するための注釈付けや検索を行うための索引付けが手軽に行えるインタフェースが必要である。場所、時間に依存せずに手軽に利用できるインタフェースがあることで、ユーザは自分が思い立ったときに作業ができるという作業負荷の分散が期待できる。さらに、ユーザがある体験を思い出したときに、思い出した時点で気軽に編集することが可能であれば、ユーザの体験がユーザに対して再利用される可能性が増加することが期待できる。このようなインタフェースを実現するためには、人間が実世界で行う何気ない行為によって手軽に入力可能なインタフェースが必要である。我々は、実世界のあらゆる面を入力領域とすることを目標としている[寺部 2001]。ユーザがこのインタフェースを介して拡張記憶を編集することで、記憶支援システムは観測情報から解析することが不可能な体験の文脈に対するユーザ独自の解釈を獲得することができる。このユーザ独自の解釈をシステムが認識することで、ユーザに合わせた拡張記憶の検索ができるようになると考えられる。現在は、手に持てる矩形平面を入力領域とし、指を入力デバイスとしたインタフェースを開発している。

### 4.4.1 システム説明

このウェアラブル仮想タブレットでは、入力領域の認識、指先と入力領域の接触判定を主に研究している[寺部 2002]。前者の入力領域を認識するために、手に持った矩形平面を背景から切り出す必要がある。そのため、背景の除去が容易である赤外線照射カメラを採用している(図11(右))。次に、入力面となる平面上に文字を書くための指が存在するかどうか、また指が存在する場合には、その入力点となる指先を判定する必要がある。最後に、指にセンサを装着したり、入力用物体に細工をせずに指先と入力領域の接触判定をするために、接触を間接的な情報から獲得する必要がある。この指先と入力領域との接触状態を認識するために赤外線照射カメラから照射された赤外線の指先付近における反射赤外線情報を接触判定の情報として採用している。これらの処理の結果として、ウェアラブル仮想タブレットを用いることで、図11(左)のように紙の上で指を用いて文字を書くことが可能となる。

実世界で、実際に文字を入力するとき、その入力面が必ずユーザに対して並行になっているという保証はなく、また書いている最中や見ているときに面の向きが変化することが考えられる。ウェアラブル仮想タブレットは、この事象への対策を行っている。これにより、ユーザが入力している最中に入力面の向きの変化が生じてても、入力された文字は入力面の3次元変化に対応して変形される(図12)。



図 11: 指による文字入力(左)とインタフェース外観(右)

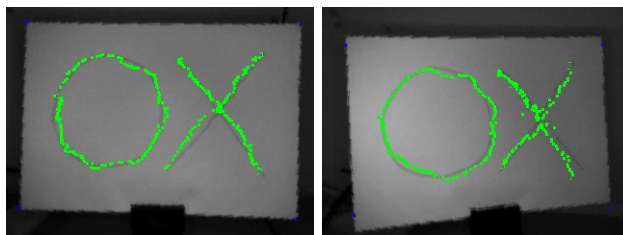


図 12: 並行な重畳画像(左)と傾けた重畳画像(右)

## 5 課題と予定と展望

日常生活における記憶支援の研究は、人間の脳内で処理される行為を理解し支援するという目的から、実世界における人工知能の研究と言ってよいだろう。そして、我々はこの領域を実世界対応人工知能と呼んでいる。従来からの人工知能研究を記号処理の研究とみなし、人工知能研究から派生した画像処理研究を信号処理の代表的な研究とみなせば、人間の日常生活を支援するという実世界対応人工知能では、人間の行動を観察し、観察から得られた行動を説明することが重要となり、そこでは必然的に記号・信号を共に扱えなければならないという大きな課題がある。

本研究の、日常生活における記憶支援に関する研究課題は、記憶支援モデル構築・システム開発・実証実験の3つである(図13)。第1に、実世界の日常生活におけるユーザの記憶想起戦略、計算機によるシステム設計とデータ構造、計算機による記憶支援がユーザにどのような影響を与えるか、を説明可能な記憶支援モデルとしての共通記述表現を構築することである。第2に、Video Diaryシステムとして汎用的な記憶支援を行うために、前述の共通記述表現を基にして、現在は独立したサブシステム(拡張記憶機能)で扱われている拡張記憶を統合システムで扱うことのできるデータの構造化を考えること、そして個々のサブシステムにおける記号処理・信号処理・信号-記号接地の技術を開発することである。記憶支援システムの評価では、システムがユーザの記憶想起に対してどれだけ支援ができたかという実証実験が重要である。これらの課題における記憶支援モデルの構築と実証実験では、人間の記憶活動を心理的に捉える必要がある。このため、心理学を専門とする研究者と共に研究を行うべく予定である。また、Video Diaryシステムへのシステム統合とサブシステムの開発を随時推進させ、個々に重要となる技術課題を明らかにし、その技術課題を解決してゆく予定である。

将来的には、実世界における健常者の日常生活だけでなく、記憶障害患者の日常生活におけるユニバーサル記憶支援技術の研究へと移行してゆくと考えられる。さらには、記憶支援モデルの共通記述表現の実現により、記憶支援の範囲が実世界に止まらず、人間が記憶活動を行う場所、例えばサイバースペースにおける記憶活動とのシームレス化にも繋がると考えられる。

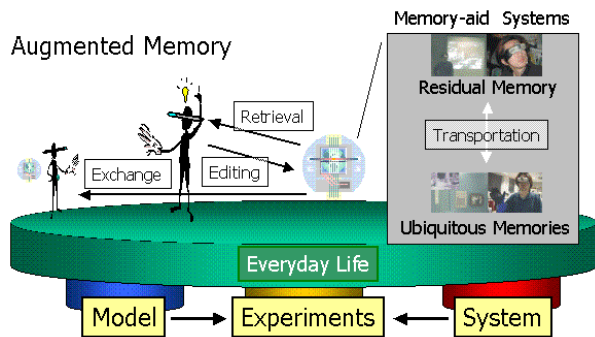


図 13: 日常生活における記憶支援の課題

## 謝辞

本研究の一部は、科学技術振興事業団 ( JST ) の戦略的基礎研究推進事業 ( CREST ) 「高度メディア社会の生活情報技術」プログラムによる。また、システム開発・実験や、研究に関する議論をしていただいた寺部亮紘氏、福原知宏氏、武田英明氏には感謝いたします。

## 参考文献

- [Aizawa 2001] K.Aizawa, K.Ishijima and M.Shina: Automatic Summarization of Wearable Video-Indexing Subjective Interest, *In Proc. of The Second IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM2001)*, Springer LNCS2195, pp.16-23, 2001.
- [Akiri 1995] Y.Akiri, N.Ishikawa and Y.Sugiyama: Extraction and Recognition of Facial Regions by Subspace Method, *In Proc of ACCV1995*, pp.III-738-III-742, 1995.
- [Aoki 1999] H.Aoki, B.Schile, and A.Pentland: Realtime Personal Positioning System for a Wearable Computers, *In Proc. of The Third International Symposium on Wearable Computers*, pp.37-43, 1999.
- [Clarkson 2000] B.Clarkson and A.Pentland: Framing through Peripheral Perception, *In Proc. of The 2000 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP2000)*, pp.10-13, 2000.
- [Farrington 2000] J.Farrington and V.Oni: Visual Augmented Memory (VAM), *In Proc. of The Fourth International Symposium on Wearable Computers*, pp.167-168, 2000.
- [Jebara 1998] T.Jebara, B.Schiele, N.Oliver and A.Pentland: DyPERS: Dynamic Personal Enhanced Reality System, MIT Media Laboratory, Perceptual Computing Technical Report #463, (1998).
- [Jennifer 1998] H.Jennifer and W.Rosallind: StartleCam: A Cybernetic Wearable Camera, *In Proc. of The Second International Symposium on Wearable Computers*, pp.42-49, 1998.
- [Kawamura 2001] T.Kawamura, Y.Kono and M.Kidode: A Novel Video Retrieval Method to Support a User's Rcollection of Past Events Aiming for Wearable Information Playing, *In Proc. of The Second IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM2001)*, Springer LNCS2195, pp.24-32, 2001.
- [Kawamura 2002] T.Kawamura, N.Ukita, Y.Kono and M.Kidode: HySIM: a Hybrid-space Image Matching Method for a High Speed Location-based Video Retrieval on a Wearable Computer, *In Proc. of IAPR Workshop on Machine Vision Applications (MVA2002)*, 2001. (in submission)
- [Kimura 1995] K.Kimura, E.Ohira and H.Fujisawa: Formation of Low-level Episodic Memory from Video Data, *In Proc. of '95 The RWC Symposium*, 1995.
- [Kidode 2002] M.Kidode: Design and Implementation of Wearable Information Playing Station, *In Proc. of The First CREST Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable Information Playing*, pp.1-5, 2002.
- [Lamming 1994] M.Lamming and M.Flynn: Forget-me-not: Intimate Computing in Support of Human Memory, *In FRIEND21: International Symposium on Next Generation Human Interface*, pp.125-128, 1994.
- [Mann 1998] S.Mann: Humanistic Intelligence: WearComp as a New Framework for Intelligent Signal Processing, *In Proc. of The IEEE*, Vol. 86, No. 11, pp. 2123-2151, 1998.
- [Nakamura 2000] Y.Nakamura, J.Ohde and T.Ohta: Structuring Personal Experiences - Analyzing Views from a Head-mounted Camera -, *In Proc. of IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 2000.
- [Nickerson 1979] R.S.Nicherson and M.J.Adams: Long-term memory for a common object, *Cognitive Psychology*, 11, pp.283-307.
- [Rhodes 1995] B.Rhodes: Augmented Memory, <http://www.media.mit.edu/projects/wearables/augmented-memory.html>, 1995.
- [Rhodes 1997] B.Rhodes: The Wearable Remembrance Agent: a System for Augmented Memory, *In Proc. of The First International Symposium on Wearable Computers*, pp.123-128, 1997.
- [Sasaki 2001] Hiroshi Sasaki: Hand-area Extraction by Sensor Fusion using Two Cameras for Input Interface of Wearable Computers, *Scandinavian Conference on Image Analysis*, 2001.
- [Satoh 2000] Y.Satoh, S.Kaneko and S.Igarashi: Robust Image Resigstration Using Selective Correlation Coefficient, *In Proc. of IAPR Workshop on Machine Vision Applications*, pp.231-235, 2000.
- [Weiser 1991] M.Weiser: The oputer for the 21th century, *Scientific American (September)*, pp.66-75, 1991.
- [石上 1999] 石上陽一, 飯島俊匡, 川嶋稔夫, 青木由直: 日常生活空間における視点映像の階層的セグメンテーション, 信学技報 PRMU99-124, pp.165-172, 1999.
- [上岡 2002] 上岡隆宏, 河村竜幸, 浮田宗伯, 河野恭之, 木戸出正継: ウェアラブルオブジェクト位置想起支援システムの試作, インタラクシオン 2002, pp.63-64, 2002.
- [上岡 2001] 上岡玲子, 廣瀬通孝, 広田光一, 檜山敦, 山村明義: ウェアラブル体験記憶装置のための体験記憶および再生についての研究, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.3 No.1, pp. 13-16, 2001.
- [上田 2001] 上田隆正, 天笠俊之, 吉川正俊, 植村俊亮: 位置情報と地理情報を用いたウェアラブルカメラ映像のダイジェスト作成, 情報処理学会データベースシステム, 電子情報通信学会データ工学合同研究会研究報告, Vol.2001, No.71, 2001-DBS-125(II)-88, pp.177-184 / Vol.101, No.193, DE2001-101, pp.175-182, 2001.
- [柏野 2000] 柏野邦夫, 黒住隆行, 村瀬洋: ヒストグラム特徴を用いた音や映像の高速AND/OR探索, 電子情報通信学会論文誌, D-II Vol.J83-D-II, No.11, pp.2735-2744.
- [加藤 2001] 加藤文和, 蔵田武志, 坂上勝彦: VizWear-Active -記憶補助のための顔画像検出, 追跡-, 登録-, 映情学技報 VIS2001-102, Vol.25, No.85, pp.41-46, 2001.
- [河村 2002] 河村竜幸, 福原知宏, 武田英明, 河野恭之, 木戸出正継: 実世界で遍在化された記憶を共有するウェアラブルシステム, インタラクシオン 2002, pp.65-66, 2002.
- [川崎 2001] 川崎広一, 久野義徳: 日常生活のモニタリングによる記憶支援システム, 電子情報通信学会情報・システムソサイエティ大会, pp.316-317, 2001.
- [高取 1980] 高取憲一郎: 記憶過程におけるコミュニケーションの役割 -個人再生と共同再生の比較研究-, 教育心理学, Vol. 28, pp.108-112, 1980.
- [堤 2001] 堤富士雄: ウェアラブルな視覚記憶補助装置のための映像分割法, WISS2001, 2001.
- [寺部 2001] 寺部亮紘, 河村竜幸, 河野恭之, 木戸出正継: ウェアラブルコンピュータ実現のための文字入力インタフェースの検討, 第15回人工知能学会全国大会, 2001.
- [寺部 2002] 寺部亮紘, 浮田宗伯, 河野恭之, 木戸出正継: ウェアラブル仮想タブレット ~赤外線照射カメラを利用した指先入力インタフェース~ MIRU2002, 2002.
- [長崎 2000] 長崎健, 飯島俊匡, 川嶋稔夫, 守田了: 日常生活映像からのエピソードの要約, 情報・システムソサイエティ大会, 2000.
- [福原 2001] 福原知宏, 河村竜幸, 松本文宏, 高橋徹, 寺田和憲, 松塚健, 武田英明: Ubiquitous Memories: 実世界の物理的オブジェクトを用いた記憶外在化システム, 第15回人工知能学会全国大会, 2001.
- [村上 2001] 村上晴美, 平田高志: Memory-Organizer: 個人の外化記憶構築システム, 第15回人工知能学会全国大会, 2001.
- [村瀬 1994] 村瀬洋, Shree K. Nayar: 2次元照合による3次元物体認識-パラメトリック固有空間法, 電子情報通信学会論文誌, D-II Vol. J77-D-II, No.11, pp.2179-2187, 1994.
- [山下 2002] 山下耕二, 福原知宏, 松村憲一, 寺田和憲, 久保田秀和, 畦地真太郎, 西田豊明: 記憶弱者のQOL(Quality of Life)を補償する行動支援システム, 第16回人工知能学会全国大会, 2002.
- [吉田 2000] 吉田将志, 吉高淳夫: Digital Reminder: ユーザの視点からの実世界指向データベースの構築とそのインタフェース ~視線を用いた視覚情報の動的獲得と提示~, インタラクティブシステムとソフトウェア VIII, pp.111-116, 2000.