モバイルモンピューティングと
ワイヤレス通信 18－32
高度交通システム 6－32
（２００１．９．７）

実世界情報基盤に向けた人間活動情報の獲得と利用

礒田 佳徳† 太田 賢† 杉村 利明† 古川 雅之‡ 石黒 浩‡

NTTドコモ マルチメディア研究所†
和歌山大学システム工学部情報通信システム学科‡

携帯電話やインターネットに関連する技術の進展は目覚ましい．将来は，更に高機能化した携帯端末と，環境内に多数存在する機器やセンサが相互に活用され，人間の詳細な活動情報をも取り込む実世界情報基盤へと進展していくと考えられる．本研究では，実世界情報基盤を用いて，日常生活のあらゆるシーンで人間の活動を支援するシステム，更には環境との相互作用に基づく環境知能の実現を目指す．本稿では，全方位視覚センサを実世界情報基盤の中心的構成要素として用いた，携帯端末，及び環境内のセンサによる人間活動情報の収集・蓄積・参照システムのプロトタイプとその性能について述べる．

Acquisition and Utilization Human Activity Information for a Real World Information Infrastructure

Yoshinori ISODA† Ken OHTA † Toshiaki SUGIMURA†
Masayuki FURUKAWA‡ Hiroshi ISHIGURO‡
Multimedia Laboratories, NTT DoCoMo, Inc. †
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University‡

In the future, a real world information infrastructure (RWII) that handles information on human activities will be realized by using the future mobile terminals and sensor networks embedded in the environment. We are trying to develop a human support system in daily-life as the RWII. This paper introduces the system using omni-directional vision sensors for recording and utilizing human activity information.

1. はじめに

モバイルコンピューティングにおける技術の進展はめざましく，IMT-2000の本格導入により更なる進展が期待される．国内での携帯電話，PHSに目を向けると2001年6月末の時点で，6900万台を突破し，最も普及したウェアラブル情報機器であると言える．その機能も音声通話からメール，ブラウザ，Javaによるプログラム実行環境，カメラの搭載と高機能化を続けている．更に，将来GPSや短距離無線ユニットなどが搭載されれば，より人間の活動に密着した情報処理が期待できる．

一方，インターネットの普及に伴うコンピュータネットワークの整備と計算機パワーの向上により，1台の計算機内に閉じた情報処理から，世界的なネットワークで繋がれた情報の利用や個人レベルでの情報発信も可能となった．また，カメラ等のセンサの接続により，実世界の情報も取り込みながら成長を続けている．

このような背景のもと，我々は現状の携帯電話を拡張した情報処理端末と環境側のネットワークの上に構築されたシステムが協調動作し，日常生活のあらゆるシーンで人間を能動的に支援するためのシステム構築を目指す．このシステムでは，環境側のネットワークが情報を収集し，機能拡張された携帯端末が，ユーザに常に寄り添いユーザに合わせた情報提供やサービスのカスタマイズなどを行う，電子秘書的な役割を果たす．

このようなシステムを実現するには，携帯端末は，単に情報提供を行うだけでなく，ユーザに適応するために，長時間の個人の活動を収集・蓄積・解析する能力が必要である．人間の活動を収集するシステム[1]，[2]，[3]は，既に幾つか提案されているが，本研究で目指すシステムは，以下の2つの点で異なる．1つはすでに述べたように，環境側のセンサネットワークを活用し，携帯端末とセンサネットワークの双方から情報収集を行う点である．もう一つは，携帯端末の記憶や情報処理能

力だけを追求するのではなく，環境とユーザの相互作用を促進することがユーザ支援の基本にあるというポリシーでシステムをデザインする点である．さらに，このようなシステムの基本デバイスとして，視野に制限を持たず，多種多様な情報が得られる全方位視覚センサを携帯端末側にも，またセンサネットワーク側にも用いる．この新たなデバイスにより，従来実現が難しかった情報収集やサービスが可能となると考える．

以降, 2章では今後の社会的な情報インフラと考える実世界情報基盤とそこで実現される環境知能, 及び，その情報基盤で実現されるいくつかの機能について述べる. 3章では実世界情報基盤上で実現される機能の1つである活動情報収集・蓄積・参照システムのプロトタイプについて述べる. 4章では今後の課題と方針について述べ, 5章でまとめとする．

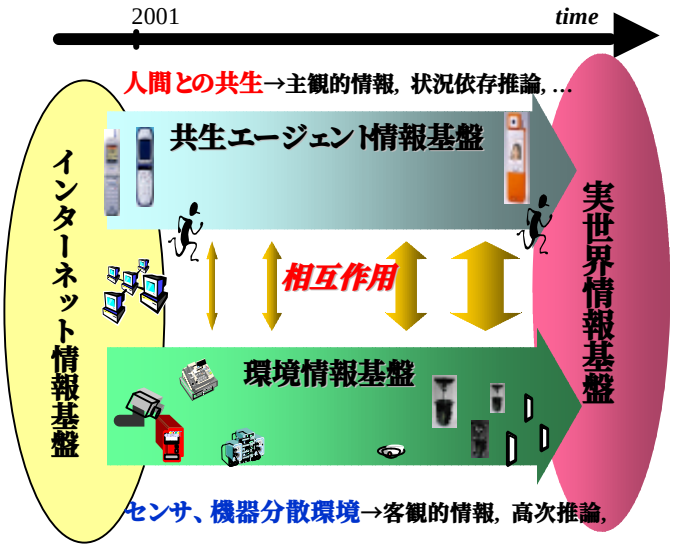

図 1: 実世界情報基盤への進展

2. 実世界情報基盤への進展

2．1 ２つの情報基盤

インターネットは既に広く普及し，必要不可欠な情報基盤となっているが，現状では実世界とは異なる新たな仮想的な世界(Cyber World)を構成していると捉えられることが多い. しかし一方で, 近年カメラを始めとする様々なセンサがネットワークに接続され，実世界情報をインターネット上に取り込む動きが加速している．また，ユビキタスコンピューティング[4] に代表されるような計算資源を環境中の至るところに存在させるというアイデアもでてきている．すなわち，一旦仮想世界として遊離した世界を，実世界と密に結びつけようという流れである．

仮想世界も現在の社会を支える重要な世界であるが，このインターネットで実現される仮想世界に実時間で実世界の情報が流れ込めば，さらに豊かな情報基盤となることは明らかである．すなわち，現在のインターネット情報基盤は，実世界のあらゆる情報を含む実世界情報基盤へと進展して行くと考えられる．我々は実世界情報基盤への進展を, 得られる情報の質的な違いや機能から図1に示す2つの軸で考える．

- **共生エージェント情報基盤**
  ユーザの日常活動に密着し，共生する携帯端末によって，各ユーザ特有の情報を長期間に渡り収集・蓄積することから形成される情報基盤．携帯端末に搭載された短距離無線デバイスによりユーザと環境が相互作用する際の情報だけでなく，携帯端末自体に搭載されたセンサによっても情報を獲得する．ここで得られる情報は，ユーザに密着した携帯端末での情報であることから，そのユーザ特有の個人的（主観的）な情報と言える．また，携帯端末はユーザの活動情報を収集するだけでなく，ユーザと環境のインタラクションの媒介や各種サービスの提供も行う．

- **環境情報基盤**
  環境に張り巡らされたセンサネットワークや情報機器により形成される情報基盤．環境情報基盤を構成する機器は公衆無線，短距離無線を介して携帯端末とインタラクションを行う．特に，センサ群は分散処理や組織化を行うことで，人間活動の推論等の高次な認識処理を行う．環境で取得される情報は環境側の座標系で表現され，ユーザの視点とは異なる客観的な情報を得ることができる．

現在は, 図1に示すように共生エージェント情報基盤のデバイスである携帯電話がインターネット情報基盤に組み込まれた状況であり，またWebカメラなどの環境情報基盤を構成するセンサや機器が増加を開始した段階である．今後，両情報基盤を統合して研究開発することで，実世界情報基盤はより豊かなものとなり，その活用範囲は大幅に広がると期待される．

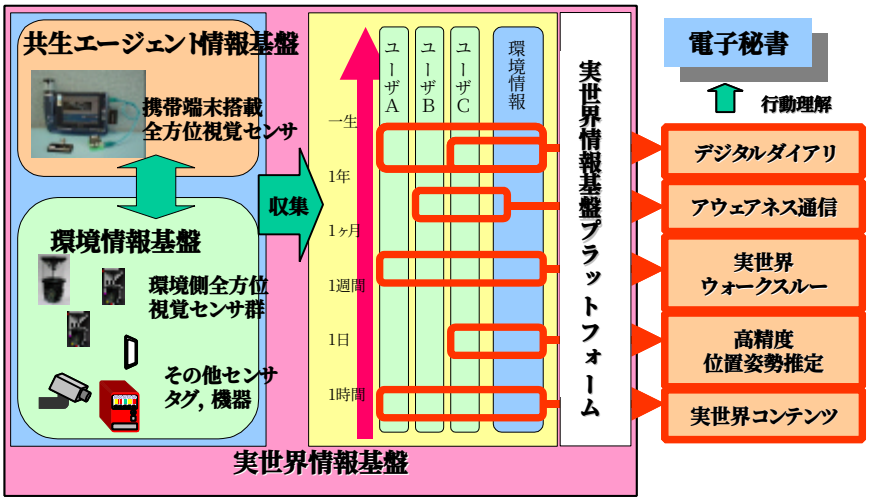

図 2: 実世界情報基盤の活用

2．2 環境知能

この実世界情報基盤における情報処理は，分散認知[5]の概念に基づき設計する．分散認知では，人間は環境との相互作用で世界を認識すると考える．例えば，人間は他者（この場合は他者も環境）に対して知らないことを聞いて問題解決を行い，冷蔵庫にメモを貼り付け，後でそれを見ることで記憶を呼び起こすといった行為を日常生活の中で行っている．分散認知の考えに従えば，自ずと知能に対する概念も変わる．従来の知能ロボットや人工知能の研究では，記憶や推論のメカニズムを指して知能と呼ぶことが多かったが，それはむしろ不自然であり，知能は人間と環境との相互作用に現れると考えた方がより自然である．前者を個体知能と呼ぶならば，環境との相互作用に宿る知能は，まさに環境知能とも呼ぶものである．このような分散認知や環境知能をセンサや携帯端末を用いて直接実現するというのが，この実世界情報基盤の設計方針である．

冷蔵庫にメモを貼り付ける例では，単に人間の記憶が外在化しており，メモを見ることで記憶を想起するという情報の流れだけであるが，更に複雑且つ統制のある相互作用を作り出すことで環境知能は実現されると考える．このようなより複雑な相互作用を人間と環境が行うためには，それらを媒介するだけでなく，相互作用の持続を支援するためのデバイスが必要である．共生エージェント基盤を構成する携帯端末は，まさにこの機能を司るものである．

2．3 実世界情報基盤の活用

我々の最終的な目標は，実世界情報基盤を用いた環境知能の具現化であるが，その最終目標に到達する以前でも，実世界情報基盤は様々な用途で活用することができる．

後述するように，実世界情報基盤を検証するにあたり，我々はそのセンサの1つとして全方位視覚センサを用いる．全方位視覚センサは，360度方向の画像を獲得することが可能であり，通常のカメラに比べてより多くの情報を一度に獲得することが可能である．既に我々は，全方位視覚センサ群を用いた人間追跡[6]や動作認識[7] を実現してきたが，携帯端末上，及び環境に配置された全方位視覚センサ群の間で処理を行うことで，さまざまな機能が実現できる．

また，図2は，センサ群から得られる情報の収集と解析に関する概念図を示したもので，センサネットワークからの情報や携帯端末からの情報を長時間素収集することで，その抽出の仕方によっては人間や社会を理解するための様々な情報を得ることができる．以下，現在開発中の実世界情報基盤の機能について述べる．

実世界コンテンツ利用機能

現状のインターネットにおいても個人の旅行記などの情報が含まれているが，このようなコンテンツはユーザが手間をかけ，情報を作成しなければならない．実世界情報基盤では，ユーザの視点に沿った携帯端末のセンサ情報や環境側のセンサ情報が蓄積されているため，特定部分の隠蔽処理等を行うことで，よりリアルな情報を共有することが可能となる．例えば，「出張先の最寄り駅で昼食が食べられそうな店はあるか？」といったこと

を知りたい場合に，実世界コンテンツとして実世界情報基盤を参照するような利用方法が考えられる．またその際に全方位視覚センサを用いれば，周辺状況の把握が容易となる．

高精度位置推定機能

予め環境内において一定間隔で全方位画像を撮像しておき，携帯端末上での全方位画像と比較することにより，携帯端末の正確な位置を求めることができる．GPS等の利用できない環境においても，予め画像を撮像するだけでよく，また全方位画像であるため，障害物の影響も押さえることができる．ユーザの位置を高精度に求めることにより，位置ベースの環境との密接な相互作用が実現できる

実世界ウォークスルー機能

環境に存在する多数の全方位視覚センサの画像を用いることで，任意視点の画像を生成することが可能となる．高精度位置推定と同様に，予め撮像した画像を用いて実世界環境をモデル化し，ウォークスルーするだけでなく，環境に密に配置された全方位視覚センサ画像を用いることでリアルタイムの実世界をウォークスルーも可能となる．

アウェアネス通信機能

実世界情報基盤では蓄積された情報へのオフライン参照だけではない．ユーザ各自の携帯端末間でリアルタイムにセンサ情報を伝え合うことで，通信相手の状況の把握が可能となり，新たなコミュニケーションの創出が期待できる．状況を獲得するセンサの1つとして全方位視覚センサを用いれば，通信相手の周辺状況の把握が容易となる．

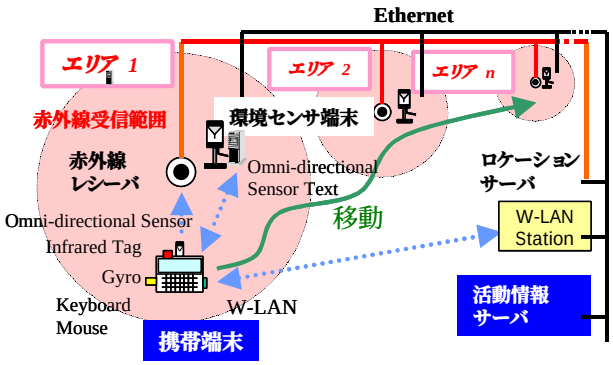

図 3: システム構成

デジタルダイアリ機能

個人の日常活動の情報を収集・蓄積・参照可能とすることで，通常の日記のように記憶の補助的な用途が実現される．特に携帯端末だけでは，その処理能力等により得られる情報が制約されるが，環境側のセンサを積極的に利用することで不十分さを克服する．これにより，当時は気付かなかったことを環境側の別視点の画像から気付くといった効果が期待できる．

また，個人の活動を理解するためには，詳細な活動記録は必要不可欠である．長時間の活動記録を解析することにより，個人特有の活動パターンや人間共通の活動パターンの理解が期待できる．これにより，ユーザに合わせた情報提供やサービスの個人適応化，環境との相互作用の支援を行うことが可能となる．

次章では，実世界情報基盤，及びデジタルダイアリ機能、アウェアネス機能を検証するために構築した活動情報収集・蓄積・参照システムについて述べる．

3　活動情報収集・蓄積・参照システム

図3は構築したシステムの全体構成を示したものである．以下では，各情報基盤別にその構成機器と機能について説明する．

3．1 共生エージェント情報基盤の構成と機能

携帯端末

情報取得機能:図4に示すノートPCに装着した小型の全方位視覚センサ，ジャイロセンサ，赤外タグ，無線LANカードによって活動情報の取得を行う．我々は，全方位画像のみによる端末の位置姿勢推定方法[8] に関しても検討を行っているが，よりロバストな位置姿勢推定のためにジャイロセンサの情報も取得する．また，「会議室」などのロケーション情報は，携帯端末に取り付けた赤外タグを常時検出している環境内のロケーションサーバに問い合わせることで情報を取得する．ここで得られたロケーション情報により，携帯端末は近辺の環境センサ端末を発見し，環境側の全方位画像のURL情報，及び環境側のテキスト情報を取得する．また，携帯端末のキーボードからのテキスト情報，マウスの座標情報も活動記録として取得する．図5に情報取得中の携帯端末の画面を示す．

情報送信機能：携帯端末で取得された活動情報

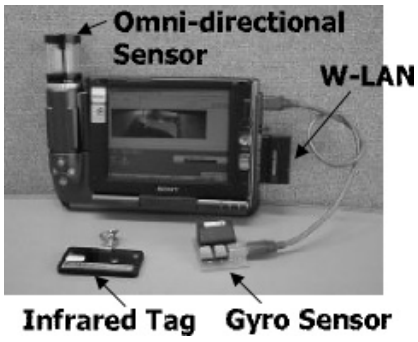

図 4: 携帯端末

図 5: 情報取得画面

を，TCP/IPでソケットを張り，無線LAN(11Mbps)を介して活動情報サーバに送信する．

情報参照機能：活動情報サーバ上に蓄積されている情報,及び環境内の全方位視覚センサ端末(以下，環境センサ端末）に対して，指定した時刻範囲，テキストキーワードによって検索を行い，端末上に表示する．また，現状では活動情報の収集と排他的な機能であるが，他のユーザの携帯端末で取得されている情報を，活動情報サーバを介してオンラインで取得・表示する．

活動情報サーバ

情報蓄積機能：携帯端末から送信された活動情報をXMLフォーマットによって構造化し蓄積する．XMLフォーマットを採用することによって活動情報の参照や解析，異なるユーザ間での情報交換を容易にすることができる．

情報配信機能：携帯端末から要求される検索条件に基づき，情報を配信する．

表 1: 情報取得性能

	活動情報	取得性能 (frame/sec)	備考
携帯端末	全方位画像	3.52	JPEG形式 サイズ320×240
	ジャイロ情報	10	TOKIN社製
	マウス座標	10	
	キーボード	-	イベント情報
	ロケーション情報	2	ELPAS社製
	環境センサ情報	2	URL,Textのみ
環境センサ	全方位画像	18.6	BMP形式 サイズ320×240

携帯端末：Windows Me, Crusoe 600MHz

環境センサ端末：Windows98, PentiumII 800MHz

活動情報サーバ：Windows2000, PentiumIII 1GHz

3．2　環境情報基盤の構成と機能

環境センサ端末

画像取得・配信機能：環境内に複数配置され，全方位視覚センサの画像を収集･蓄積する．また，携帯端末からの情報要求により，取得画像のURLやテキスト情報を配信する．

ロケーションサーバ

位置検出・送信機能：携帯端末に装着した赤外タグの位置をレシーバにより検出する．得られたロケーション情報は，携帯端末からの情報要求に従い配信される．赤外タグの発信間隔 0.5(frame/sec)であり，各赤外レシーバの検出範囲は約5mである．

RFIDタグ

環境情報取得・相互作用機能：RFIDタグ(縦54mm×横85mm×厚さ3mm)を環境内に複数配置し，環境と人間のインタラクションによって得られた情報を，テキスト情報として収集・蓄積する．得られた環境情報は携帯端末を介して収集･活用される．

3．3 実験システムの評価

現状の実験システムで実現されている機能は，活動情報の収集と蓄積，及びオフライン，オンラインでの活動情報の参照機能である．以下では，これらの性能について述べる．

図 6 情報参照画面

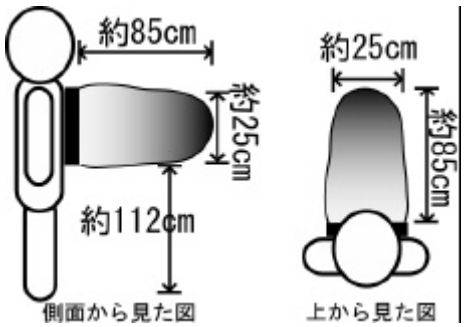

図 7: RFID タグの通信範囲

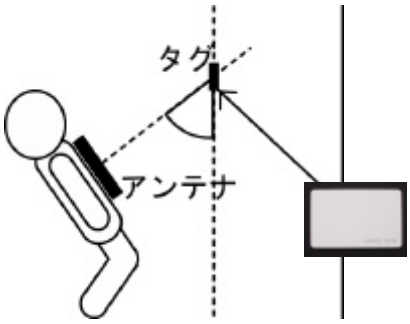

図 8: RFID タグアンテナの指向性

情報の取得性能

活動情報サーバに収集する情報の種類は，携帯端末の画像を除き選択的に指定することが可能である．また，情報の取得レートは，携帯端末やセンサの性能に制限されるが，任意に指定することが可能である．表1に示すフレームレートで，全ての情報を同時に取得することが可能である．ただし，携帯端末に取得される全方位視覚センサ端末の情報は，環境センサ端末で取得されている全方位画像のURL情報，及びテキスト情報のみである．

アウェアネス通信の性能

図6に携帯端末での取得情報をオンラインで表示した際の表示画面を示す．なお，図6は情報を全体表示するために，携帯端末ではなく，別のデスクトップ端末で情報表示を行ったものである．携帯端末上で取得した情報だけでなく，環境センサ端末で取得されたユーザの周辺状況を示す画像も表示可能となっている．また，携帯端末を持つユーザがマウス操作によって画像上をポインティングしたマウス軌跡も表示可能となっている．アウェアネス通信を行うためには，情報参照の遅延が重要であるが，現状のシステムでは送信の遅延が約3秒となっており，画像送信プロトコル等の改善が必要である．

RFIDタグの通信性能

図7に人間が胸にRFIDのアンテナを装着した場合のRFIDタグの通信範囲を示す．(アンテナから出ている半楕円が通信範囲を示している．) アンテナの指向性が強いため，胸にアンテナを装着すると， アンテナの移動範囲が限定され， タグと通信ができる範囲が狭くなる．また， 図8のようにタグとアンテナの角度が小さくなると，タグとの通信感度が悪化し， 通信できなくなる．環境とのインタラクションを実現するためには，アンテナを自由に多方向に移動できることが重要であり，アンテナの配置や大きさ等の改善が必要である．

4. 今後の課題

現状の活動情報収集・蓄積・参照システムは，活動情報取得のための基本的な機能を確認した段階である．従って，情報の取得性能や表示遅延等の更なる向上が必要である．また，実世界情報基盤，及び環境知能を実現するための，その他の課題と今後の方針は以下の通りである．

- **長時間活動記録の収集と解析**:人間に特徴

的な活動パターンや，特定の人間に特有の活動パターンを理解するためには，長時間の活動情報の収集と解析が必須である．今後は，システムの改良のもと，複数人による長時間の活動情報の取得と解析を行う．多くの活動情報を取得するためには，携帯端末としてノートPCを用いる必要があるが，日常生活で使用するには可搬性等の問題がある．携帯端末におる収集情報を限定し，Java機能を持つ携帯電話やIMT-2000端末を用いた長時間記録も想定し，実験を進める．

- **環境情報基盤の位置検出機能**：現状のシステムでは，人間の位置検出を赤外タグシステムで行っており，環境情報基盤の全方位視覚センサは画像情報の蓄積・配信のみを行っている．今後は，別システムとして既に実装されている全方位視覚センサネットワークによる人間の位置決めや追跡，動作認識機能を組み込むことで環境情報基盤の機能拡張を行う．これにより現状よりも密接な位置ベースでのユーザと環境との相互作用の実証実験や，より詳細な人間活動の記録を行う．

- **意味情報に基づく相互作用機能**：上記の環境情報基盤の拡張による人間の位置検出機能は，人間の位置に基づく相互作用を支援するものである．しかし，環境と人間の関係は，位置情報に基づくだけでなく，人間が環境内で活動すれば，環境の各部分は様々な意味を持つと考える．これらの意味情報を環境側に埋め込み，携帯端末を介して収集・活用することにより，人間と環境との相互作用や人間の活動理解に用いることが可能と考える．今後は，短距離のRFIDタグ等を用いて，この機能の検証を行う予定である．

5. まとめ

将来の携帯端末，及び環境側のネットワークから形成される実世界情報基盤とそこで重要となる環境知能について述べた．また，実世界情報基盤に向けた人間活動情報の収集・蓄積・参照システムの基本機能を実装し，評価を行った．今後は，システムの機能拡張よる長時間活動記録の収集と解析を行っていく．

参考文献

[1] 廣瀬通孝，上岡玲子，山村明義，檜山敦："ウェアラブルコンピュータの為の体験記録についての研究",日本バーチャルリアリティ学会第5回大会論文集，pp.389-392，Sep．2000

[2] 石島健一郎，椎名誠，相澤清晴："個人体験映像の構造化と要約-生体情報を用いた映像要約によるライフメディア-"，信学技報 PRMU2000-48，pp. 51-58，Jul．2000

[3] 佐藤知正，一條裕紀子，森武俊："生理量とともに日常生活を整理記録する研究"，日本機械学会ロボティクス･メカトロニクス講演会，2P1-H2,Jun．2001

[4] Dan Russell and Mark Weiser: "The Future of Integrated Design of Ubiquitous Computing in Combined Real and Virtual Worlds", Proc. CHI-98, Los Angeles, CA, pp. 275-276, 1998.

[5] Gavriel Salomon: "Distributed cognitions", Cambridge university press,1993

[6] Takushi Sogo, Hiroshi Ishiguro, Mohan M. Trivedi, "Real-Time Target Localization and Tracking by N-Ocular Stereo", IEEE Workshop on Omnidirectional Vision (OMNIVIS ’00), pp.153-160, 2000

[7] Hiroshi Ishiguro, Takuichi Nishimura, Takushi Sogo and Ryuichi Oka, "VAMBAM: View and Motion-based Aspect Models for Distributed Omnidirectional Vision Systems“, International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI ’01), 2001,(to appear)

[8] 浜田哲也，高野孝英，片桐雅二，杉村利明:"全方位画像の動きベクトル解析によるカメラ位置姿勢推定手法の一検討",信学技報 PRMU2001-80，pp.117-124,Jul,2001