

携帯端末の将来像とその技術的課題

石原 進† 田森 正 紘†
谷口 幸久† 水野 忠 則†

IMT-2000 の運用開始が来年に迫り、Bluetooth 製品も続々と登場しつつあり 21 世紀を目前に控えた現在はモバイルコンピューティングの進歩にとって大きな変化点にあるといえるだろう。本稿では 10 年以上先を見越し、携帯端末の将来像とその実現のための技術的課題について検討する。本稿で示す携帯端末の将来像は筆者らの研究室で自由に討議したものである。現在の技術動向には特にこだわらず、将来人間がどのような携帯端末を使うのかを自由に想像している。必ずしも 10 年程度で実現可能なものばかりではないが、今後のモバイルコンピューティングのあるべき方向性を占う検討材料となることを目指した。

Future mobile terminals and the technical subjects

SUSUMU ISHIHARA,† MASAHIRO TAMORI,† YUKIHISA TANIGUCHI†
and TADANORI MIZUNO†

The management of IMT-2000 will be started next year, and many Bluetooth products are released in this year. We can say that Year 2000 is the big change point of the progress of the mobile terminals. In this paper we discuss the future mobile terminals and discuss the technical subjects. The future mobile terminals discussed in this paper are result of free discussion in our lab. Although these mobile terminals can not be necessarily realized at about ten years, we hope they become the examination material which tells the aim of mobile computing.

1. はじめに

携帯情報端末の進化と普及はコンピュータ技術、小型化技術、ネットワーク技術の発展、普及とともに進み、2000 年現在では i-mode などの携帯電話によるインターネット接続サービスの成功をバネに爆発的な勢いでモバイルコンピューティングが日常生活に浸透しつつある。IMT-2000 の運用開始を来年に控え、動画の送受信やゲームができる小型キーボード付きの近未来の携帯情報端末のイメージがいたるところで宣伝されている。これらで示される将来像は現在の技術および開発中の技術の延長線上に捕らえられている。

その一方でモバイルコンピューティング研究に携わる立場からは、具体的技術の応用例としての将来予測ではなく、利用者の立場から見た 10 年以上先の将来への期待・イメージを明らかにし、将来の技術需要を開拓することも重要と考える。モバイルコンピューティングの普及により、過去の SF 映画や小説で想定

されていた巨大な賢いコンピュータに話しかけるといふ未来のコンピュータのイメージは崩れつつあり、新たなイメージを作り上げて行く必要があるだろう。そこで筆者らは、現代の技術の発展としてではなく自由に将来の携帯端末のイメージを作り上げるというアプローチをとり、現在の技術および将来的に発展ができる技術との関連、将来的に必要となる技術の検討を行った。

本稿では、(i) 子ども向け、(ii) 一般社会人向け、(iii) ビジネスマン向け、(iv) 家庭向け、(v) 高齢者向け、(vi) 防災・災害時向けの異なる利用環境を想定して携帯端末の将来像を示す。これらは筆者らの研究室で学生らとともに自由に議論を行った結果である。いくつかは現在の技術の延長線上に乗ったものであり、10 年以内では実現が困難であろうというものも含まれているが、未来の携帯端末の将来像を占う上での検討材料の一つとなることを目指した。

本稿ではあえてウェアラブルコンピュータの将来像という言葉 avoided。現在の情報機器の小型化、ウェアラブル化の流れから携帯情報端末のほとんどがウェアラブルコンピュータにふさわしいほど小さくなるこ

† 静岡大学情報学部
Faculty of Information, Shizuoka University

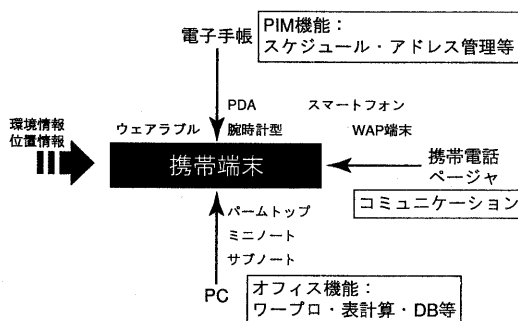


図1 携帯端末の3つの流れ

とは自然であると考えられる。しかしながら、ウェアラブルではない情報端末の需要も消えないと予測できるし、完全ウェアラブル化の途中の段階で登場する様々な形の端末が誕生すると見込まれる。本稿ではウェアラブルであるもの、ウェアラブルではないものも含め、広く個人が携帯する情報機器全体を対象としてそれらの将来像について検討する。

以下本稿では、2章でまず携帯端末の現状について述べ、3章で将来の携帯端末を取り巻く通信環境についてのイメージを示す。4章で携帯端末の将来像を具体的なイメージとその実現のための課題と共に示し、5章でまとめとする。

2. 携帯端末の進化と現状

2.1 携帯端末

携帯情報端末の将来像を検討するにあたり、まず携帯情報端末の進化と現状について眺めることにする。

現在の一般向け携帯情報端末は、図1のように、PCが小型化したもの、電子手帳や腕時計から発展したPDAや多機能腕時計など、携帯電話から発展したものの3種に大別できる。この3種を基本に、それぞれ目的（コミュニケーション、PIM機能、オフィス機能）、端末の特徴（体積、重量、消費電力、バッテリー駆動時間、CPUパワー、ストレージ容量、装備）が異なった多種の端末が登場している。また、PDAや腕時計型の端末をさらに小型化し、腕だけでなく体のいろいろな個所に装着し、コンピュータを体に着ることをコンセプトとしたウェアラブルコンピュータが具現化しつつある。

携帯情報端末の共通の問題は、サイズ・消費電力の制限からその能力（CPUパワー、ストレージ容量、ディスプレイ表示能力）が制限されることであり、いかに小さいサイズ・消費電力で大きな能力を得るかがハードウェア的な課題である。また、制限されたサイズ内

での効率的な入出力インタフェースもハードウェア的な課題である。

小型化、省電力化の試みは特に多機能型腕時計で行われており、腕時計サイズに血圧計、脈拍計、GPS、CCDカメラ、赤外線、Bluetooth、PHSなどによる通信機能、PC並みの機能を組み込んだ製品が実用化されている。消費電力を抑える研究が行われる一方で、人間の動作によって発電を行う研究も行われている。腕時計単体での自己発電はすでに実用化されており、さらに大電力を発生させるための仕組みとしてスニーカーの底に装着した発電機を用いる手法が提案されている。

携帯端末向けの文字入力インタフェースは、キーボード、タッチペンによるソフトウェアキーボード、手書き文字入力などが広く利用されている。また、一般的な両手で入力するためのキーボードではなく、小型の片手で入力するタイプのキーボード、指輪型キーボードなどが開発されている。一方、キーボードに比べて高速な入力が困難なペン入力方式に関しては、Palm OSでは一筆書の簡易文字入力による高速入力と高速処理が実現されているし、入力語候補の表示³⁾などによる高速入力を行うための手法も実用化されている。

キーボードを備える以上、その物理的な大きさを克服する事が困難なので、音声による文字入力のための研究が広く行われている。すでにPDA上で電子メールの読み上げや口述入力可能な技術が実現されている⁶⁾。

文字だけでなく、静止画像、動画の入力・出力、音声出力、位置情報、生体情報、周辺の環境情報の入力機能も多くの携帯端末・ウェアラブルコンピュータで実現されつつある。前述の多機能時計に付加されたようなセンサや、軽量小型のHMD（ヘッドマウントディスプレイ）や、骨伝導スピーカなどがある。

携帯情報端末は当初それ自身単独で動作するものであったが、通信技術の発展とともに、携帯端末どうし、携帯端末とPC、携帯端末と固定ネットワークとの通信機能が強化されてきた。現在では小型PCでは有線・無線のLANカード、モデム、PHSカード等によるインターネットとの通信機能は当然となっている。また、PDAとPHSとが融合した製品が数多く発表されており、これらを対象にしたネットワークサービスも本格化しつつある。さらにBluetoothの登場によって、PDAや小型PC、携帯電話、ウェアラブルコンピュータの各インタフェースなどをすべて短距離無線で接続することも現実化した。今後は目的・サイズによらずすべての携帯端末にインターネットに接続

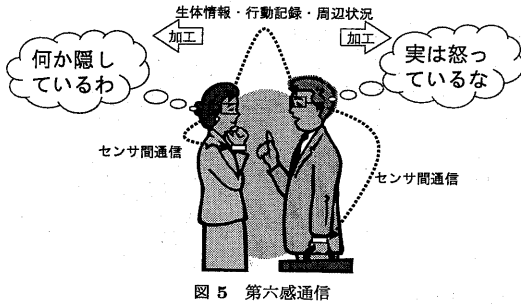


図5 第六感通信

で情報を伝えるロコミ型の通信を使うこともできる。ロコミ型の通信は、短距離無線によるアドホックネットワークで物理的に近いエリアに構成される¹⁰⁾。このようなネットワークの実現は通信範囲の限定や無線資源の有効利用の問題を解決する必要がある。都市の街角無線 LAN 基盤が整えば、携帯端末どうしの直接のアドホックネットワークではなく、街角無線 LAN のバックボーンを介することによって無線資源の利用を最小限にしてロコミネットワークが実現できるだろう。

また、生体情報や周辺状況を端末が認識することによって、実際に対面したときよりも多くの情報をコミュニケーションに組み込むことが可能となる。いわば、第六感通信、超伝達と呼べるものが実現する。例えば、目の前で笑って会話している相手が本当は怒っているとか、のんびり話しているが実は急いでいるというようなことが相手にはわからない形でわかるという具合である(図5)。これを実現するには、携帯端末がカメラから得る相手の表情や、センサなどから得られる生体情報、周辺情報・状況を統合的に処理してユーザに伝達する仕組みが必要である。また、誰と話していても先の例のように思考が筒抜けになるのは問題なので、ユーザが意識することなく相手に応じて伝える情報を制限するためのセキュリティ機構を備える必要がある。

4.2.2 ショッピングツール

携帯端末を持ったユーザが商店の前にいるとその店の商品のカタログやその日の情報が携帯端末に自動的に表示される。売り場に行くと、自分が欲しい商品の売り場への行きかたが案内され、さらに自分が欲しい商品がどれか、その商品の性能や効用などを示してくれる。

これらの機能を実現するには、高度な実空間認識技術、日々変更される商品レイアウトなどにも対応する共通化された位置情報提供プラットフォームが必要である。また、都市の大型店舗には莫大な数の商品や人が集まっているので、それらが発する固有の情報を適

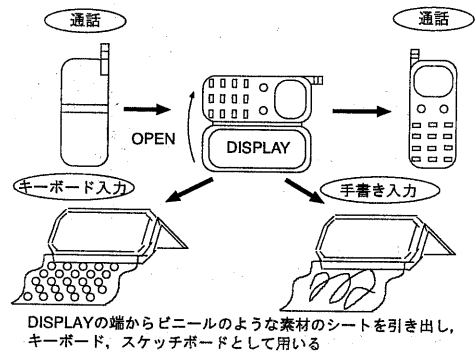


図6 シート引き出し型端末

切にフィルタリングし、ユーザが必要としているものを抽出するユーザに示す必要がある。フィルタリングを行うには、ユーザのスケジュールや体調、時刻、位置、気分、視点、回りに誰がいるかなど様々な要因を考慮する必要があるだろう。

服や化粧品を買うときには、腕時計や指輪やペンダント型の小型三次元映写装置で選んだ商品を着たり使用したときのイメージを三次元で確認できるようにする。またこれらのイメージや価格などの関連情報を保存しておいて自宅でゆっくり検討することもできるようになる。これらのサービスを提供するには各商品にその商品の詳細なデータあるいは詳細データへのポイントを含むタグが必要となる。詳細なデータそのものを含むには、電子的あるいは視覚的な高密度の情報を備えるタグの実現、あるいはそれを認識する技術が必要である。また、ポイントを使う場合には、日々消費される商品タグのポイントを管理するためのネットワーク的、社会的な仕組みが必要となる。

これらの端末は i-mode 携帯電話にコンパクトキーボードをつけた形、Palm のような形から、図6のようにシート状の入力部を引き出す方式に進歩していくと考える。これらを実現するには各部件の超小型化や、薄いシート状のデバイスで入力・出力を実現するための液晶技術が必要となる。

さらに進歩すれば、図7のように腕時計や指輪、ペンダントサイズの超小型三次元プロジェクタを装着した形にまで進化するだろう。拡張現実感の技術によって現実世界の風景にコンピュータで生成された三次元画像が現実のモノに重なり、そのモノに関する情報が表示されるようになる。また、これらのコンピュータ上のオブジェクトを操作するには、特別なデバイスが必要とせず、音声による命令や自分の手を使ってドラッグしたりクリックする動作をするだけで操作できるよ

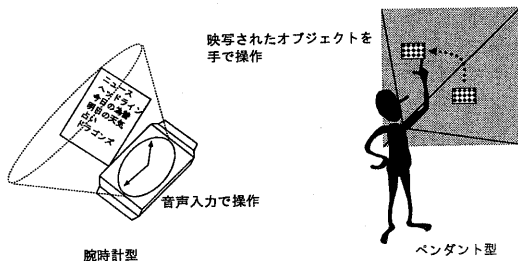


図 7 超小型三次元プロジェクタ

うになる。手を使った操作では、手の形や動きをカメラで認識し、人間の動きによって変わるコンピュータ上の表示との位置関係を判定し、さらに手の動きからコマンドを認識する技術が必要となる。

4.2.3 電子財布

現在の電子財布があらゆるものと通信可能な形に進化して利用される。世界中に普及し、カード型、PDA型、携帯電話型の様々な形の端末ひとつで世界中で決済を行うことができるようになる。商品の購入、乗り物の改札、友人とのお金の貸し借りなど金銭に関わる事柄はすべて処理できるようになる。また、決済データは自宅のサーバに自動的に送信され、複数の複数の銀行口座を利用していても自動的に家計簿ができあがる。自動販売機を使うときは商品が端末に表示され、ボタンを押しただけで商品の選択と決済が同時にできる。自動販売機にはもはや商品のサンプルは必要なく、少量多品種の販売ができるようになり、自動販売機自体のデザインも看板と商品の出口だけになる。

4.3 ビジネスマン向け端末

ビジネスマン向けの携帯端末では、どこにいてもオフィスにいるのとまったく遜色の無い速度で通信できるようになる。PIM機能はもちろん、デスクトップにあるPCと全く変わりの無いオフィス環境が携帯端末上で実現される。オフィス並みの機能を携帯端末に求めると重量や大きさの問題が発生するが、これらの問題はネットワークを介して高性能な固定計算機に処理を代替させることで解決する。携帯端末そのものがオフィスのPCとなり、従来のデスクトップPCは特殊な用途を除いてオフィスからは姿を消す。

4.3.1 ボード型・シート型端末

ペーパーワークを前提とすると、携帯端末の形状は折りたたみが可能なボード型、あるいはロール紙のような形状となり、必要に応じてサイズを変更することができるものとなる。ボードやロール紙状のものは、画像出力装置と入力装置、メモリ、CPU通信装置等を薄い板や膜状に実現したものであり、外から見ると

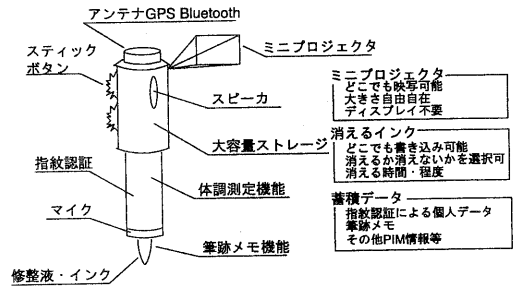


図 8 多機能ペン型端末

あるときはタッチペン入力可能ディスプレイ、あるときはキーボードとして振る舞う。薄い板や紙状のものをキーボードとして扱うと、キーボードのタッチ感が問題になる場合も考えられるが、キーに相当する位置が押されると適切な応力が返される機構が内蔵され、この問題は解決される。また、紙状の画像出力を使うと、あたかも本物の紙を扱うように文書を読むことができるので、現在のディスプレイを眺めて文書を読むよりもはるかに理解しやすくなる。この結果、ディスプレイでは読みにくいので紙に印刷するということが皆無となり、本当のペーパーレス時代がやってくる。

4.3.2 ペン型端末

ペーパーレスが進む一方で、紙に字を書かなければならないという状況は消えることは無いだろう。紙に字を書く一方でデジタルデータを蓄積する需要もあるので、ペン型の端末が誕生するだろう(図8)。この端末では、紙だけでなく何にでも字を書くことができ、必要ならば時間が経てば消えるインクを持つ。ペンで書き込んだ内容は自動的にテキストや画像として小型大容量のストレージに保存され、必要に応じてオフィスや家庭に転送される。画像の出力は超小型のプロジェクタで表示される。この他ボタンや音声による入出力も可能である。所有者の認証はペンを持っただけで指紋認証や腕時計型の認証装置によって自動的に行われる。また、ペンや手書き認識機能のみの端末を先のボードやシート型の端末と連携させて使うこともあるだろう。

画像出力装置はボードや紙状のものだけに頼るのではなく、ボードや紙状の端末がユーザが付けている指輪やペンダント型の二次元あるいは三次元の映写装置を用いることによって、どこにでも大きく表示することが可能となる。

4.3.3 業務向け端末

業務向けの端末では、音声によるインターフェースに重みがおかれる。初期は端末向けの音声入力を行う際

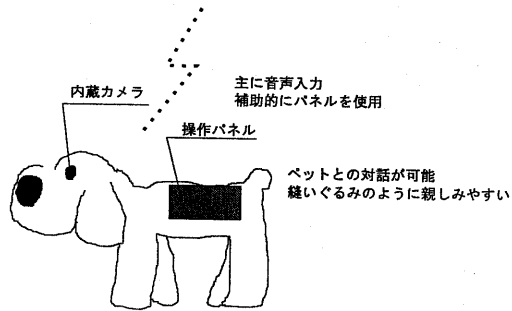


図9 家庭向けペット型端末

にボタンを押すとか、操作とわかるようにわかりやすく話すなどのインタフェースとなるが、最終的には単純に声に出したり、顧客との会話するだけで必要な情報が自動的に入力されるようになる。もちろん、現在でも盛んに研究されているように位置や環境に伴う情報が自動的に収集され、端末への入力に対する補助的な役割を果たす。

4.4 家庭向け携帯端末

家庭を持つ人向きの端末の機能には、前述の一般社会人向の機能に加えて、家電の操作や幼児、要介護老人の監視の機能が追加される。ひとつの端末で世界中のどこからでも家中のあらゆる機器を遠隔操作できるようになる。幼児や介護老人のケアもリアルタイムで可能となり、必要に応じて警告や適切な行動を教えられる。

また特に女性向けの端末には痴漢防止用に護身機能が備わり、いざというときに相手や周囲の写真や時間、場所などの状況証拠を収集したり、警告音があったりする機能が盛り込まれる。いざとなったら刺が出でたり、電気ショックを与えることができ、武器としても使用できる。

家庭の中だけで利用する端末としては、図9 PD Aの機能を持った賢いロボットペットが登場する。犬や猫のような動物のように振る舞うだけでなく、人間の言葉を理解し、スケジュールを覚えたり、時間になったら知らせてくれるなどの機能を持つ。家庭内の無線LANを通してインターネットに接続され、主人の要求にしたがって情報を収集したり、チケットの予約などをしてくれる。ロボットペットをPDAとして利用すれば、町中で音声入力をしていてもペットに話しかけているようにしか見えないので、人から気味悪がられることもない。

自立歩行可能なロボットペットであれば、椅子を引いたり、皿を運ぶなど物理的な操作を必要とするこ

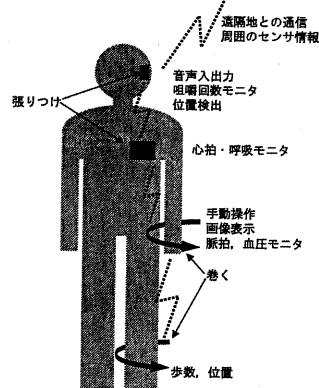


図10 高齢者向け端末

ともロボットペットに命令することが出来るようになる。散歩に連れ歩いたり一緒に遊んだり、会話の相手になってくれる。さらに進歩すれば、二本足で歩いて、主人の代りに買い物に行ったり、会社に行って仕事をできるようになるだろう。

4.5 高齢者・障害者向け端末

図10のように腕に巻いたり、シールのように貼り付ける形で体に装着し、健康状態をモニタできる。すべてネットワークと接続され、遠隔地にいる家族や友人、病院などいつでも連絡がとれ、緊急時には自動的に救急車や家族を呼び出してくれる。ボタンをダイアルなどの手で操作するインタフェース最小限になり、主に音声で操作できるようになる。これらの端末は抵抗力の弱い人々に装着されるので、無線通信などが体に及ぼす影響を明らかにして、悪影響を及ぼさない通信方式や端末の構造を実現する必要がある。

4.6 端末のパーソナル化の進展

携帯端末は今よりもはるかにパーソナルなものとなる。自分で好きな色、デザインを選ぶことができ、自分が必要なハードウェアを選択して搭載できるようになる。ちょうど現在のPCユーザが自分のPCを自作できるように、パーツを組み合わせる好きなように自作携帯端末を作り上げることができるようになる。もちろん、OSは自分で好きなものを選ぶことができるようになるし、パーツを変更してもOSに関係なく問題なく動作する。すべての携帯端末が腕時計程度の大きさになってしまうと、各パーツは米粒ほどの大きさになるだろう。実現のためには、各部品、インタフェース、通信方式、OSの標準化作業が進められる必要がある。

4.7 災害時向けの端末

災害時には有線の通信インフラが分断される可能性

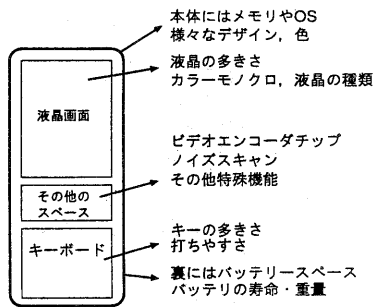


図 11 自作携帯端末

があり、災害時にも通常と変わらぬ通信環境を提供するには、短距離、長距離の無線通信を組み合わせた2重3重の通信手段が必要となる。携帯端末・コンピュータネットワークに依存した一般の利用者が使用する端末はすべてこれらの通信機能を備える必要があるだろう。

また、災害に巻き込まれて動けない場合に救助を呼ぶ必要がある。このような場合、携帯端末が自動的に生体情報や周辺状況を判断して、短距離無線によるアドホックネットワークを使って周囲の人や救助隊に助けを求めることができる。携帯端末によって被害者の状態が正確に判断できていれば、救助隊ではなくても適切な処置が出来る可能性がある。

このような万一のために重たい端末を持ち歩くのは困難なので、利用者が全く意識しないで持ち運べる携帯端末が望ましい。高齢者向けの端末として述べたものと同じようにシール型や腕時計型でこれらの端末が実現される。

5. ま と め

ユーザ層および状況別に分けて自由に思い描いた携帯端末の将来像を示し、各端末およびサービスの実現に向けての課題を示した。ここで示した課題をまとめると、以下ようになる。

- ソフトウェア無線の実現と通信方式の標準化
- 無線通信の高速化、無線通信インフラのロバスト化
- 柔らかい素材でのデバイスの実現、小型化、記憶装置の大容量化
- 位置、センサ、生体情報を含む個人情報の保護機構
- 社会で共通して利用できる位置、実空間認識のためのプラットフォーム
- 固定ネットワークと併用したモバイルアドホックネットワーク構成技術
- 位置情報、センサ情報、画像情報などを利用した状況認識機構
- 周辺情報のフィルタリング技術、拡張現実へのマッピング技術
- 音声認識・合成技術、自然言語処理技術
- ユーザの操作が簡易な個人認証技術
- 携帯端末構成部品、OSの標準化

さらに3章では特に述べなかったが、携帯端末に共通する課題として長寿命のバッテリーの開発、省電力化、自己発電技術が重要である。

これらの課題を克服する間で本稿で示したものだけでなく、ユーザの多様化する需要にあわせて多種の端末が誕生すると考える。

参 考 文 献

- 1) G. Banavar, J. Beck, E. Gluzberg et. al, An Application Model for Pervasive Computing, *in proc. of MobiCom'2000*, pp. 266-274, 2000
- 2) Shinichiro Haruyama, Software-Defined Radio Technologies, *Wireless Technologies for the 21st century, Chapter 6*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, July 2000
- 3) Toshiyuki Masui, An Efficient Text Input Method for Pen-based Computers, *in proc. of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'98)*, April 1998.
- 4) Open GIS Consortium, <http://www.opengis.org/>
- 5) 島健一, 位置情報流通のためのサービスプラットフォームについて, モバイルコンピューティングとワイヤレス通信シンポジウム, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol. 2000, No. 11, pp. 55-75, 2000
- 6) Lernort & Hauspie, Nak Demonstration Video, <http://www.lhsl.com/pressroom/nak/>
- 7) J. Rekimoto, Y. Ayatsuka and K. Hayashi, Augment-able Reality: Situated Communication through Digital and Physical Spaces, *in proc. of IEEE 2nd Interanational Symposium on Wearable Computer (ISWC'98)*, pp.68-75, 1998.
- 8) 塚本, 実空間利用のためのビジュアルなコンピュータ間通信方式, 情報処理学会研究報告, モバイルコンピューティング, Vol. 2000, No. 14, pp. 25-33, 2000
- 9) ウェアラブル環境情報ネット推進機構, <http://www.npowin.org/index.html>
- 10) 水谷, 本田, 勝野, 相原, 無線ロコミ伝言版・井戸端会議システム, DICOMO 2000 論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol. 2000, No. 7, 2000