

ウェアラブルコンピューティングと ユビキタスサービス

塚本 昌彦, 板生 知子

コンピュータを身体に装着して利用するウェアラブルコンピューティングは、近いうちに若者のファッションとして浸透し、その後より多くの人に使われるようになるだろう。ユビキタスサービスは5年から10年のスパンで、人々の生活の隅々にまで徐々に浸透していくものと考えられるが、その際、ウェアラブルデバイスの存在は最も重要なものとなる。いたるところに存在するネットワークやコンピュータデバイスをユーザとつなげるのが、まさにウェアラブルコンピューティングであるからである。本稿では、このようなウェアラブルコンピューティングの展開とユビキタスサービスについて解説を行う。

キーワード：ウェアラブルコンピューティング、ユビキタスネットワーク、ユビキタスコンピューティング、ヘッドマウントディスプレイ (HMD)、ウェアラブルファッション

1. はじめに

頭にHMD (Head Mounted Display)、腰にはパソコン、オプションとして手にハンディマウス。ウェアラブルコンピューティングといえばこのような奇妙な格好を思い浮かべる人も多いだろう (図1)。いかにも不自然なこの利用形態を見れば、多くの人には「まだまだ使い物になりそうにない」と考えるにちがいない。しかしそれはおそらく間違っており、以下の点を考慮すべきである。

- 現状では機器がまだこなれていない。現行商品では小型・軽量化やデザインなどが不十分であるが、それはウェアラブルの市場がまだ立ち上がっていないためであり、市場さえ立ち上がってメーカーがある程度の開発コストをかけられるようになれば、より洗練されたデザインとなる可能性がある。
- ファッションは一般に「見た目」が異様でも、はやればすぐに見慣れる。以前の「ガングロ」や「ルーズソックス」、あるいはもっと昔の「ウォークマン」、さらには、街中で携帯電話をかける風景など、流行する前は多くの人には異様に感じていたはずである。

次節で述べるように、「ウェアラブル」は情報機器



図1 ウェアラブルコンピューティングの典型スタイル。頭にHMD、腰にパソコン、右の写真では手にポインティングデバイスを持っている

利用形態として、「モバイル」の次のステップとなるものである。これはユーザにとって大きな利便性をもたらすため必然の方向性であると同時に、コンピュータの利用方法そのものにも大きな変革をもたらすものである。特に「ユビキタス」サービスと統合されるとき、おそらくこれまでの情報産業のカバー領域をまったく超えたあらゆる産業に直接的な影響を及ぼすだろう。本稿ではこのようなポテンシャルと今後の見通しについて解説を行う。

2. ウェアラブルコンピューティング

ウェアラブルコンピューティングとは、情報機器を身体に装着して利用することである。前述の「HMDと腰のパソコンを利用する形態」はその典型スタイル

つかもと まさひこ
大阪大学 大学院情報科学研究科
〒565-0871 吹田市山田丘2-1
いたお ともこ
NTT 未来ねっと研究所
〒180-8585 武蔵野市緑町3-9-11

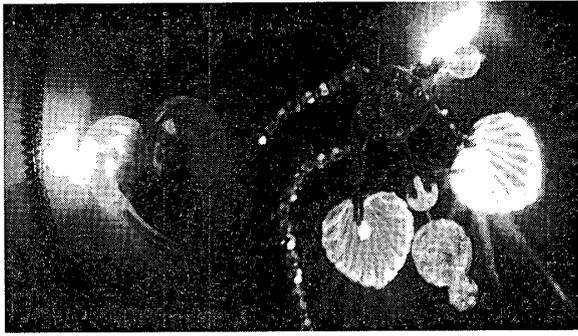


図2 電飾アクセサリの例。小型のマイコンが内蔵されており、外部の信号により点滅をリアルタイムに制御できる。制作・デザインはチームつかもと（後述）と上田安子服飾専門学校



図3 電飾ドレスの例。ドレスの腹部に仕込まれたLEDが点滅して流れる文字を表示する。上田安子服飾専門学校大江瑞子氏の制作・デザイン



図4 チクマのメディアジャケット(左)と松下電器のウェアラブルビジョン(右)。ディスプレイが服に埋め込まれており文字や映像が表示される

であるが、腕時計型のデバイス、電飾アクセサリ（図2）、電飾ドレス（図3）、ディスプレイつきの服（図4）など、さまざまな異なる形態も含む。

2.1 ウェアラブルコンピューティングの機能性

ウェアラブルコンピューティングでは、情報機器を身体に装着することで、従来のデスクトップ型あるいはモバイル型のコンピューティングにない、次のような機能性がもたらされる[1]。

① 常時オン：常にコンピュータやディスプレイをオンにしておくため、いつでも使いたいときにコンピュータを利用できる。

- ② 生活密着：ユーザの日常生活自体をサポートでき、生活に密着したまったく新しいアプリケーションが構築できる。
- ③ ハンズフリー：両手で何かをしているときや身動きができないときにでもコンピュータが利用できる。かばんを持っているときや満員電車の中など。ウェアラブルコンピューティングの用途は、軍用、業務用、民生用の三つに大別される。軍用用途は30年以上前から米国で研究開発が行われており、業務用途は10年以上前からいくつかの会社が取り組んでいるものである。常時オンであることやハンズフリー性が活かせる用途は多数あり、サービス業や建築、警備、監督、興行系など多くの現場ビジネスへの導入が考えられている。しかし、節1でも述べたように、現時点では「こなれた」使いやすい機器が見当たらないという問題があり、これらのビジネスもまたなかなか立ち上がらない。民生用途に関しても、PL法や特許などをクリアしなければならず、現時点では市場は立ち上がっていないといえる。

筆者らは、前述の生活密着という点を重要ととらえ、民生用こそウェアラブルビジネス立ち上げの原動力になると考えている[2]。むしろ業務用のポテンシャルも非常に大きい、「卵が先か鶏が先か」的議論があり、現実的にも10年以上の関係各社の努力の甲斐なく、業務用からはなかなか市場が立ち上がっていないのが現状である。民生用の用途としては、

- ① 従来パソコンのアプリケーション：WWW、メール、プレゼン、表計算、資料作成など。
- ② モバイル情報家電の発展：デジカメ、ケータイ、DVDプレーヤ、オーディオプレーヤ、ゲームなど。
- ③ もっと低機能なもの：時計、方位指示、単に光るだけなど。
- ④ ユビキタス連携。
- などが考えられる。一般に従来パソコンのアプリケーションはウェアラブル環境では使いにくく、また、ユビキタス環境はこれから徐々に浸透していくものであり現状では未整備である。そのため、当面は②、③の用途が有力である。実際に商品展開が進めば、携帯電話のコンテンツと同様、ゲームやイラスト、音楽、占いなどのエンターテインメント用途が広まるのが予想される[3]。

2.2 ウェアラブルコンピューティングのファッション性

ウェアラブル機器は身体に装着するものであるため、従来のコンピュータ機器と異なり、「目立つ」という特徴を持つ。身体に装着するものはファッションの一部をなし、従来のコンピュータ機器ではほとんど考えられなかったファッション性に対する考慮が本質的となる。実際、新しいHMDが民生用商品としていくつが出てきたとき、若者はその機能ではなくむしろ「かっこいい」方を選ぶこともあるだろう。地味で目立たないものより派手で目立つものの方が、急激な展開が可能である。このようにHMDは、ファッション性が重要であり、カラーのバリエーション(図5)や付け替え式カバーなど、好みや目的に応じた選択が可能であることが望ましい。コンピュータ機器や入力装置も、従来のプラスチックや金属の冷たい「感じ」から生地や皮、毛糸、ファーなどで覆った、より暖かい「感じ」のものが必要となってくるだろう。

ウェアラブルとファッションの関係にはもう一つ別のアプローチがある。ここまでの話はコンピュータ機器を装着したときにいかにファッションナブルに着こなすかという話、つまり「機能からファッションへ」という話だったが、逆に「ファッションから機能へ」と

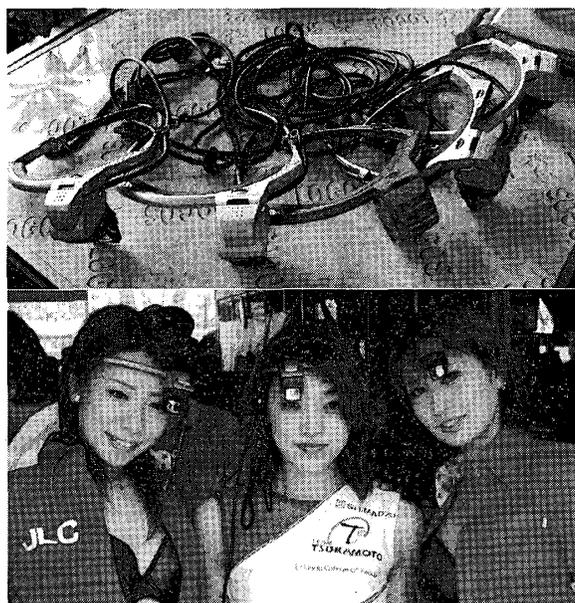


図5 さまざまなカラーに着色されたHMD(上)とそれを装着したところ(下)。チームつかもとによる鈴鹿8耐プロジェクト(後述)のおりに塚本が着色したもの。下の写真はSpec-Aヤマモトレーシングのキャンペーンガール(両脇)と板生(中央)。「ウェアラブル」も図1とはずいぶん違うイメージとなっている

いう視点も重要である。つまり、従来のファッションがウェアラブル機器を利用することで、その表現力を向上できるという点である。そもそもファッションの目的とは、自己表現であったり、ホスピタリティであったり、人とのコミュニケーションであったりするが、従来はその目的を実現するために色やデザイン、材質、動きなどをうまく組み合わせてきた。情報機器が材料に加わると、色やデザイン、動きなどをコンピュータで制御できるため、ファッションのバリエーションは大きく変化するものと考えられる。図2~4で示した電飾ファッションやディスプレイ付きの服がその一例である。ブリリアントカットのダイヤモンドが光を受けて優雅にきらめくのと同じように、LEDやディスプレイはファッションの一部として服と組み合わさって優雅に色や模様を変えるようにデザインできるはずである。

さらにセンサと組み合わせれば、BGMに流れる音楽にあわせて点滅するとか、ユーザの気分を表して色を変えるなどといった表現が可能となる[4]。これもまたTPOを取り入れた新しいファッションの可能性を提示するものである。

2.3 ウェアラブルコンピューティングの可能性

ウェアラブルコンピューティングが5年ぐらゐの間に民生用途で広がるということについては、多くの人たちのコンセンサスになりつつある。例えば、日経コンピュータ[5]には「2010年には街角の若者がHMDを装着しているようになる」という未来予測が掲げられている。立ち上がりのタイミングについては予測しにくい側面もあるが、筆者らはもっと過激に、1,2年のうちには立ち上がるものとする。ウェアラブルが近いうちにブレイクすると考えているのは、次のような観点による。

- ① ファッション性：節2.2で述べたように、ウェアラブルはファッションである。そしてファッションの流行サイクルは家電やコンピュータ機器と比べて非常に短い。つまり、ウェアラブルは立ち上がるとしたら急に立ち上がる可能性が高い。
- ② 機は熟している：小型・軽量化技術や無線通信技術など、要素技術は成熟している。特に、デジカメ、ケータイの次ステップとしての展開が可能であること、地上波デジタル放送や第三世代携帯など、ウェアラブルを生かす基盤技術が整ってきたことなど、よいタイミングにある。
- ③ メディアの注目：人が機器を装着している姿は目

を引くため、テレビ・新聞・雑誌・WWWなどのメディアとしても報道するメリットがある。特に、ユビキタス時代の象徴として、場所や物に隠されたユビキタス機器よりも、人が装着したウェアラブル機器の方が「絵」になる。

④ ユビキタス産業の立ち上がり。

④については節3で述べる。

3. ユビキタスサービス

本稿では、ユビキタスサービスとは、いつでもどこでも提供されている現地型の情報サービスにとらえる。それを実現する基盤技術としては、ユビキタスネットワークとユビキタスコンピューティングがある。これらの言葉はよく混同して利用され、人や文脈によってその定義も若干異なるが、ウェアラブルとの関連性に触れながら、両者について簡単に述べる。

3.1 ユビキタスネットワーク

ユビキタスネットワークとは、どこにでもネットワークがあるということであり、携帯電話や無線LANが浸透し、さらに高機能・高性能になると、いつでもどこでもインターネットに接続し、さまざまな情報が得られるようになることを意味する。特に、携帯電話でのメールやWWWアクセスはここ数年急激な勢いで若者の間に普及している。また、PHSカードや無線LANカードとノートパソコンを用いて新幹線やコーヒーショップでメールを読むビジネスマンは徐々に増えてきている。このような意味で「ユビキタスネットワーク」は既に現実のものとなっており、今後はそれがますます高機能・高性能になっていくことが予想される。

こう述べると、現状のケータイや無線LANを用いたモバイル環境とはどう違うのかが分かりにくいですが、「根本的に異なるものではない」というのが筆者らの見解である。つまり、ユビキタスネットワークとは、現状のモバイル環境およびその自然な延長としての高度な通信環境のことである。「ユビキタス」という奇異な言葉を使っているのは、「ニューメディア」、「マルチメディア」、「IT」などと同様の事情によるものだろう。

ユビキタスネットワークの今後の進展の方向としては次の点が挙げられる。

- ① 広帯域化によるマルチメディア通信技術の発展。
第三代携帯、街角ホットスポットサービスなど。
- ② 位置情報を絡めた情報やエンターテインメント系

などのコンテンツの充実。

これらに対して、携帯電話を用いたユビキタスサービスには次のような点に限界がある。

- 頻繁には使えない。一日に数十回までならよくても、百回以上になるといちいちポケットから取り出して利用するのは面倒である。
- 歩きながらや両手がふさがっているときには利用できない。
- 電車の中などでは、周りの人に画面を見られてしまう。

一方、ノートパソコンやPDAは持ち運びながら利用するには不便である。ウェアラブル機器は、常時オン、生活密着、ハンズフリーという前述の3点の機能面でのメリットのために、これらの進展方向を適切に受け止める利用形態といえる。

3.2 ユビキタスコンピューティング

ユビキタスコンピューティングというのは、どこにでもコンピュータがあるということで、1980年代にゼロックスパロアルト研究所のマーク・ワイザー氏が提唱した概念として最近よく知られるようになった。特に、あらゆる「もの」やあらゆる「場所」にコンピュータが埋め込まれ、多数の埋め込まれたコンピュータが互いに通信しあって、現実空間で何らかの機能を果たすという状況が想定されている。

ユビキタスコンピューティングにはいくつかの基盤技術がある。

- ① ICタグをはじめとする実空間内での情報センシング技術とサービス。
 - ② TRONをはじめとする組込型コンピュータとそのシステム技術。
 - ③ ①、②を統合した実空間およびそこでのサービスの構築。
- ①は特にここ数年、ビジネスレベルでの急速な進展が見られる。②は携帯電話や情報家電、カーナビなどで技術開発が行われ、今後は超小型化・超低消費電力化が進めば、価格も下がり、もっと低価格の日用品に組み込まれていくことになるだろう。③は研究レベルでのアプローチはさかんに行われており、「限られた場所」でのサービスは数年先には可能になるだろう。「あらゆる場所」に至るには、ビル建設や道路工事、交通システムなどの都市開発計画とも絡むため、10年以上のスパンで徐々に実現していくことになるだろう。

ここで、ウェアラブルコンピューティングはユビキ

タスコンピューティングの一種とみなすことができる。あらゆる「もの」の一つとして「人間」を考えると、それがウェアラブルである、という見方である。その場合、ウェアラブルデバイスはユビキタスコンピューティングの人間とのインタフェースを担うことになり、まさに、ユビキタスコンピューティングの要としての位置づけになる。

「もの」や「場所」に埋め込むユビキタスコンピューティングは、数年後に急展開するウェアラブルとは異なり、基本的にはそれほど急に展開するものではない。ユビキタスが広がるのはウェアラブルより後ということになるので、ユビキタスサービスを利用するユーザは当然のようにウェアラブル機器を装着しているということが想定される。つまり、将来のユビキタスコンピューティングの利用シーンで、PDAなどの携帯端末が使われることはほとんどないのではないだろうか。

3.3 さまざまなユビキタスサービス

ユビキタスサービスの主なものを以下に挙げる。

① 位置情報サービス：

- (a) 位置情報の直接利用：ユーザや物体の現在位置を地図上に表示するサービスや物体検索サービスなど。
- (b) 位置独立サービス：ユーザがどこにいても同じサービス・情報が受けられる。サービスローミング、スマートフォンなど。
- (c) 位置依存サービス：ユーザが移動すればその位置に基づき異なるサービス、情報が受けられる。近隣情報サービス、This-room ボタンなど。
- (d) 位置追跡サービス：遠隔地に存在するユーザや物体の位置を追跡するサービス。

② 現地機器制御：自動販売機、家電機器、エレベータなどのさまざまな現地機器を利用するサービス。これらのサービスをウェアラブルと組み合わせるときにも、節2で述べたウェアラブルの三つのポイントがキーとなる。①については、ユーザは何かをしながらこれらのアプリケーションを利用し続けることができる。ナビゲーションや街角情報提供サービスは、街の中を歩きながら利用するものであるため、ウェアラブルの必然性は高い。また、これらのサービスをユーザが一日中利用し続ければ、ユーザの行動記録として蓄積し、自動的に記録される日誌や家計簿となる。②では、歩きながら両手で荷物を持った状態での機器制御が可能となる。さらに、嗜好や予定などのユーザ情

報を把握しているウェアラブルコンピュータが、カフェ、レストラン、切符の販売機などで自動的にオーダーや購買を行うこともできるだろう。

4. ウェアラブルによるファッション・空間・コミュニケーションの融合

空間中にセンサやデバイスを仕込み、その情報を用いて高度なユビキタスサービスを提供するような実空間[6]はスマートスペースと呼ばれる。現在研究レベルではさまざまなスマートスペースが構築されているが、ウェアラブル機器とうまく組み合わせたものはほとんど見当たらない。

スマートスペースにおいてウェアラブル機器を組み合わせることができれば、個人の感情などを反映し、これに応じてサービスをカスタマイズすることが可能となる[7]。特に、ウェアラブルの本質であるファッション性を活用すれば、次のようなことが可能になる。

- ファッション・空間における個人の表現力を高め、個人の感情に働きかけるユビキタスサービスを提供する。例えば、ウェアラブルセンサで取得したデータに基づいてユーザの気分を推定し、これに応じて衣服と一体化したディスプレイや空間に設置されたディスプレイのコンテンツを動的に変更すれば、ユーザの気持ちを反映したファッションや空間の演出が可能となる。
- ウェアラブル機器を装着した複数のユーザ間で、ファッション・空間を介したコミュニケーションをとる。例えば、コンサート会場に集まった群衆の盛り上がりを反映して、個々のユーザが装着している電飾アクセサリの点滅を激しくしたり、空間の照明の色を変更する。その結果、ユーザ間の一体感や感動など、言葉を越えた感性レベルのコミュニケーションが可能になる。

このように、ウェアラブル機器を活用することで、ファッション、空間、コミュニケーションを融合し、人により深く働きかける高度なユビキタスサービスが実現できるだろう。

5. チームつかもとの取り組み

筆者らは2003年1月より任意団体「チームつかもと」を結成し、ウェアラブルコンピューティングの普及啓蒙活動を推進している。実際にウェアラブルコンピュータをさまざまな現場で活用して、運用経験によりその利用性を高めることと、メディアにアピールし

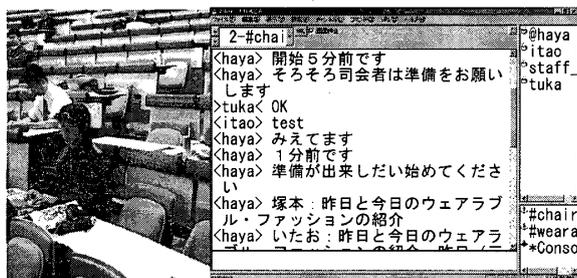


図6 情報処理学会全国大会の「ウェアラブルコンピューティング」特別トラックにおいて板生と塚本がウェアラブル司会を行っているところ。司会者2名(上)とディレクタ(下左)、下右は使用した画面



図7 WPC Expo 2003 (主催:日経BP) のメインステージで行った「21世紀最初のウェアラブルコンピューティングショー」でもウェアラブル司会プロジェクトを行った。司会の二人がウェアラブル機器を装着しており(左)、会場わきのディレクタが指示を送っている(右)

て報道を促し、ウェアラブルの認知度を高めることを目指している。具体的には次のような取り組みを行った。

- 学会やイベントの司会にウェアラブルを利用して、ディレクタからの指示を受けながら進行する(図6, 7)[8]。
- 鈴鹿8耐(オートバイレース)でピットにいるチーム監督に装着してもらい、レースの現場でリアルタイムにレース情報やコンピュータの計算するスケジュールリング情報を見て、現場の指揮に活用してもらう(図8)。

いずれの場合も、現場で適切な情報を適切に処理する

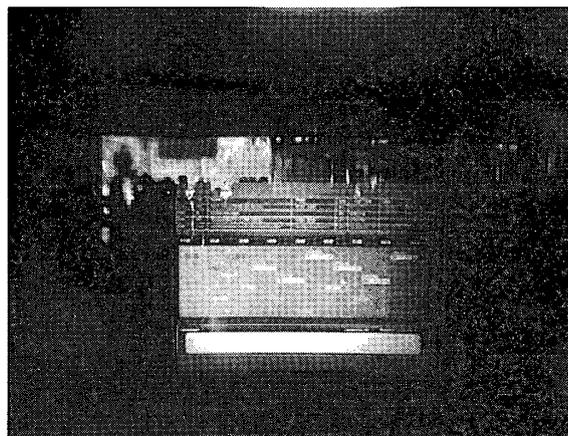
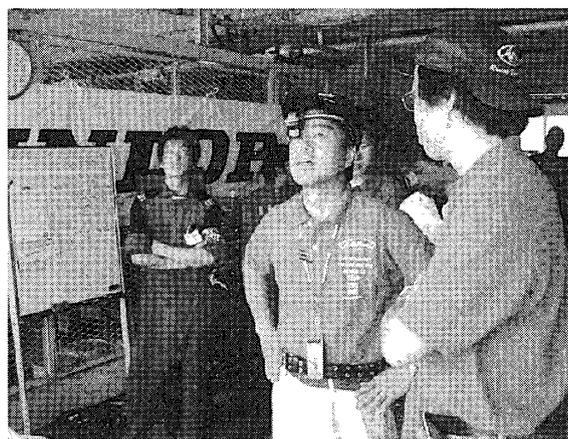


図8 鈴鹿8耐でチーム京都デザイン専門学校の田村圭二監督が現場の指揮にウェアラブルコンピュータを利用(上)、下は実際の画面

ためにウェアラブルが有用であった。一方、機器の使いこなしにはユーザのノウハウが必要であり、機器やシステムには改良の余地があることを感じた。これらのプロジェクトにおいて、新しいコスチュームを披露するなど、ファッション性も重視した。その結果、これまでにない目新しい雰囲気現場を演出でき、多くのメディアで報道されるなど、普及啓蒙の目的を十分に果たすことができたと考えている。

6. おわりに

ウェアラブルコンピューティングはここ数年のうちに民生ビジネスが立ち上がる。ユビキタスサービスは5年から10年ぐらいかけて、徐々に立ち上がっていく。ウェアラブルはユーザと環境の間のインタラクションをとりなすキーデバイスとして、あらゆるユビキタスサービスの要となっていけよう。ウェアラブルには、常時オン、生活密着、ハンズフリーという機能性に加えて、ファッション性という非常に特殊な要素を持つため、ユビキタスサービスの展開を考える上では、空間をいかにファッションナブルにデザインするか、

ウェアラブルとユビキタスのインタラクションをいかに格好よく演出するかなどといった従来のネットワークサービスとは異なる要素を考慮することが重要になる。ウェアラブルのもつ大きなポテンシャルを生かすユニークなユビキタスサービスが、今後多数出現することを願う。

参考文献

- [1] 塚本：モバイルコンピューティング，岩波科学ライブラリー 77，岩波書店，1999.
- [2] M. Tsukamoto：Wearable Computing in Daily Life, Proc. of IPSJ SAINT 2004 Workshops, pp. 291-292, 2004.
- [3] 塚本：エンタテインメント用ウェアラブル・ユビキタスコンピューティング，情報処理，Vol. 44, No. 8, pp. 811-814, 2003.
- [4] 岸野ほか：ファッション・コミュニケーションのためのLEDを用いた装着型デバイス，情報処理学会第65回全国大会，pp. 5-191-5-194, 2001.
- [5] 2010年の情報システム6つの予言，日経コンピュータ 12月29日号，pp. 42-73, 2003.
- [6] 板生，塚本：高度ユビキタス環境のためのJa-Netアーキテクチャ，電子情報通信学会総合大会，2004（掲載予定）.
- [7] T. Itao, et al.：Real-world Oriented Entertainment Applications, Proc. of IPSJ SAINT 2004 Workshops, pp. 289-290, 2004.
- [8] 板生，塚本：ウェアラブル司会プロジェクト：ウェアラブル機器を用いた学会の司会進行，情報処理学会研究報告，2003-HI-104, pp. 5-12, 2003.