

ユビキタス環境に適した次世代インタフェース

塚田 浩二

tsuka@sfc.keio.ac.jp

1. プロジェクトの目的, 背景

近年, コンピュータの小型化・高性能化には目を見張るものがあり, その利用分野は実生活全般に大きく拡大しつつある. Mark Weiser はコンピューティング環境の未来の姿として, 多数の, しかも多様な形態の情報機器群が有機的に協調しあう世界「ユビキタス・コンピューティング(Ubiquitous Computing)」というビジョンを描いた. このような実生活の様々な場面においては, ユーザの置かれている現実世界の状況・位置など, 物理的要因が重要になる. 従来の WIMP(Window・Icon・Menu・Pointing Device)を用いた GUI(Graphical User Interface)はディスプレイの中の事象のみを対象としており, こうした場面に適しているとは限らない.

当初のユビキタス・コンピューティングに関する研究の多くは, 主に研究所などのオフィス環境を想定していた. 一方, 近年情報家電機器や位置依存コンテンツなどの研究が盛んになっており, 今後は家庭内やモバイル環境も含めた本来の意味でユビキタス(普遍的)なコンピューティング環境が普及していくと考えられる.

このようにユビキタス・コンピューティングの領域は拡張しつつあり, 実世界全般での利用を想定した新しいユーザ・インタフェースが必要となっている. だが, 従来のユビキタス・コンピューティングに関する研究の多くはネットワーク・ミドルウェア・OS・ハードウェアなど技術的側面に重点を置いており, ユーザの視点から見た使いやすさや装着負荷, 実現コストなどを十分に考慮しているものは少ない. だが, ユビキタス・コンピューティングの本質は, 「どこでもコンピュータが利用できる」ことだけではなく, 「コンピュータを意識せずに利用できる」環境を構築することであり, ユーザ・インタフェースの担う役割は大きい.

私は, 家庭内やモバイル環境など実世界全般に拡張したユビキタス環境において, 実際の利用場面や使いやすさなどユーザの視点を重視した次世代ヒューマン・インタフェースの研究・開発を行い, 最終的には次世代のデファクト・スタンダードとなるようなキラー・インタフェースを実現したいと考えている.

2. 成果の概要

本プロジェクトにおいて, 提案・開発・改良を行ったテーマは以下の5つである.

1) ユビキタス環境に適した情報家電機器の操作手法の提案

- MouseField: 「置いて, 動かす」イディオムを用いた日用品向けインタフェース
- (※)Ubi-Finger: ジェスチャを用いた情報家電制御インタフェース

2) ユビキタス環境に適した情報提示手法の提案

- PhantomTeller: 残像効果を用いた超小型端末向け情報提示手法
- ActiveWatch: 文字盤のメタファを用いた時計型触覚インタフェース
- (※) ActiveBelt: 方位情報を伴うベルト型触覚情報提示インタフェース

(※昨年度から継続するテーマ.)

以下, 個々のテーマについて詳細を述べる.

3. 昨年度の成果の改良・対外発表について

昨年度開発した，Ubi-Finger と ActiveBelt について，以下のような改良や対外発表を行った．

(1)Ubi-Finger のハードウェアの改良

昨年度開発したハードウェアは無線通信機構として微弱無線を利用していたが，BlueTooth を無線通信機構として採用し，より安定した通信が出来るように改良した．バッテリーにも携帯電話などで利用されているリチウムイオン充電電池を採用し，電池交換の必要なく充電&再利用できるようにした．こうした改良に伴い，本体のサイズ(容積)も約半分に小型化し，より日常生活で利用しやすいデバイスに近づけることができたと考えている．

(2)ActiveBelt の論文執筆・メディア取材

ActiveBelt については，昨年度も学会発表などを行ってきたが，今年度はジャーナル論文を執筆し，情報処理学会論文誌 Vol.44, No.11 に掲載された．また，NHK BS1 のニュース番組「BS ニュース 50(12/12(金) 16:50-17:00)」や，日経新聞(2003 年 10 月 27 日付)朝刊 17 面などに単独のテーマとして取り上げられるなど，複数のメディアに紹介された．

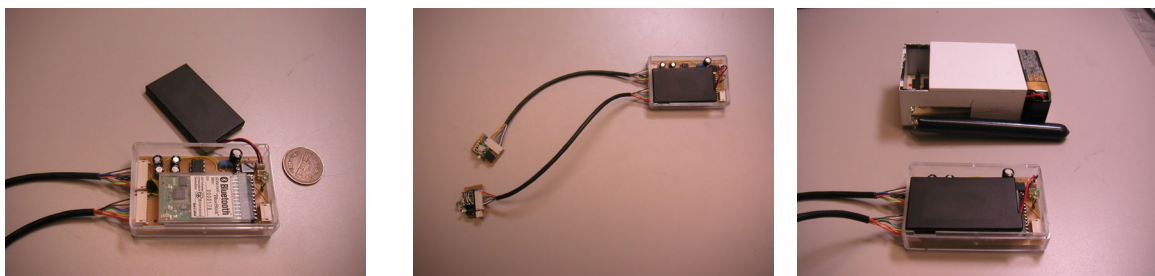


図 1 Ubi-Finger ハードウェアの改良

左：メイン基板(BlueTooth + リチウム充電電池 + マイコンなど，中央：概観（メイン基板 + サブ基板[指装着用]），右：昨年度開発したデバイスとの比較(メイン基板部)

4. MouseField: 「置いて，動かす」イディオムを用いた日用品の拡張

1) 概要

近年，RFID タグなどを利用した ID ベースの実世界指向システムは，一般家庭やオフィスなど広い場面において，実用化にかなり近付いてきている．しかし，こうした ID ベースのシステムは，「手軽さ」という利点を持つ反面，ひとつの ID にひとつの機能しか割り当てることができない，という根本的な問題も持っている．一方，ID リーダと動き検出装置を一体化して，操作の幅を広げようとするシステムも提案されているが，そうしたシステムでは ID ベースのシステムの持っていた「手軽さ」が失われてしまうことが多かった．そこで，我々は単純な ID ベースシステムの「手軽さ」と，動き検出装置を一体化したシステムの「操作の柔軟性」という利点を統合したシステムとして，固定された ID リーダと同じ場所に動き検出装置を設置し，何かを「置いた」後でそれを「動かす」ことにより ID の検出と柔軟な操作を手軽に行うことができる「MouseField」デバイスを提案する．

2) MouseField

MouseField は ID リーダと動きセンサを一体化した装置であり，ID を添付した物を「置いて」，「動かす」ことにより，さまざまな処理をユーザが指定することができる．RFID リーダと動きセンサで構成された MouseField の外観を図 1 に示す．

RFID リーダは Texas Instrument 社の S2000 マイクロリーダを利用し，ケース裏側の外周に沿ってアンテナを配置している．動きセンサは，二つの光学マウスを裏返したものを利用している．ユーザが MouseField 上に RFID タグを添付した対象物を置くと，RFID リーダが ID を読み込む．次に，ユーザが MouseField 上に置いた対象物を動かすと，光学マウス上で移動量を検出する．読み出された ID と光学マウス上の移動量は USB 経由でホスト PC に送られ，適切な処理が行われる．

MouseField では二つの光学センサを利用しており，上下左右の移動に加えて，回転動作も検出することが可能である(図 2)．回転動作は，二つの光学センサの移動量の差分を利用して簡易的に計算している．このような ID を認識してから，動きを検出して利用するインタフェース手法は，単純ではあるが汎用性が高い．たとえば，ある ID をもつ箱を認識したら，その動きでカーソルを動かすことにすれば，

その箱をマウスと同様に扱うことができるため、あらゆるマウス操作は MouseField で実現できることになる。以下に MouseField をさまざまな利用例を述べる。

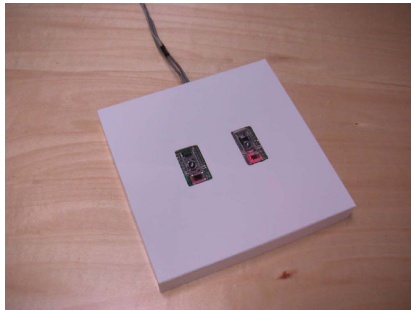


図 2 MouseField の外観

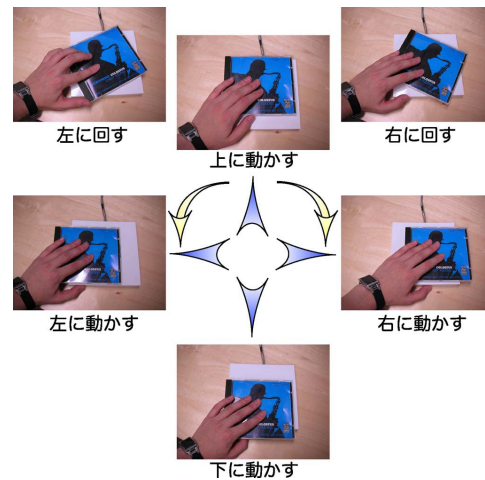


図 3 MouseField を用いた操作例

3) 応用例

3.1) PlayStand++

PlayStand は、CD ジャケット内に RFID タグを装着し、それをスタンドの下に設置した RFID リーダーで読み取ることで、CD の種類を検出して、MP3 ファイルを演奏するというシンプルなシステムであるが、「CD ジャケットをスタンドに置く」という単純な操作だけで、演奏曲目と演奏空間を同時に指定することができるという点で非常に操作が容易になっている。今回製作した PlayStand++ は、PlayStand で利用していた通常の RFID リーダーのかわりに MouseField を利用した CD 演奏システムである。図 3 に PlayStand++ の外観を示す。CD ジャケットを PlayStand++ の上に置くと、CD ジャケットに応じた画面がディスプレイ上に表示され、曲の演奏が開始される。従来の PlayStand では、CD を置くことにより演奏を開始することと、CD を取り除くことにより演奏を終了することしかできなかったが、PlayStand++ ではジャケットを前後にスライドさせることにより曲目を選択したり、回転させることにより音量を操作することができる(図 4)。また、移動操作を覚えてしまえば、PlayStand++ ではディスプレイが存在しない場合でも使うことができる。

3.2) 人物検索システム

人物の写真や名刺にバーコードや RFID を添付しておけば、その人物に関する情報を計算機から簡単に参照することができて便利である。しかし、その人物の住所を知りたい場合/ その人物にメールを送りたい場合/ その人物に文書を送りたい場合など、その人の情報を得た後に行いたい作業はさまざまであろう。このように、対象が多くの属性情報をもつ場合は、必要な情報や機能をメニューなどで選択できるようにしておくのが便利である。たとえば、RFID を添付した名刺を MouseField の上に置くと、その人物に関する様々な情報が表示され、名刺を移動することにより必要な機能（行いたい仕事の種類）を選択することができる。



図 4 PlayStand++ の外観

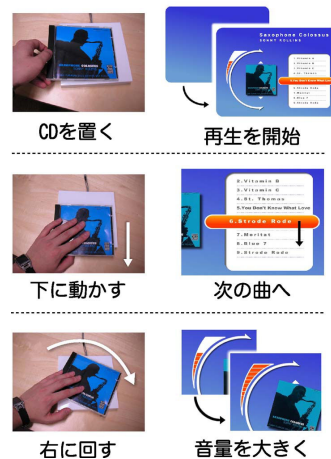


図 5 PlayStand++ の操作例

3.3) 汎用性

MouseField は、読み取った ID により全く異なる動作をさせることができるので、前述のシステムはすべて共存が可能である。たとえば、テレビの横に Mouse-Field を置いておいて、普段はチャンネルや音量を調整するのに使い、CD ジャケットを置くと CD 演奏装置として利用し、日用品を置くと関連 Web ページを開くといった柔軟な応用が可能である。

4.) 議論

ここでは、置いて動かす操作の有用性について検証する。まず、あるものを MouseField に「置く」ことでそれに関連した操作を行うというプロセスは、自動ドアと同じように直感的でわかりやすい操作である。次に、そのあとで「動かす」ことでさまざまな操作を行うというプロセスは、必ずしも慣れ親しんだ操作ではなく、最初はわからない可能性も高い。しかし、操作自体は単純であるため、覚えやすいと考えられる。

こうした、今まで慣れ親しんでいるわけではないが、単純で覚えやすいインタフェースの性質を Alan Cooper は「イディオム」と呼んでいる。たとえば、GUI を用いたコンピュータを初めて見る人にとっては、メニューやスライダーの作用が直感的にわかる可能性は低い。何度か操作すればその動きを忘れることはほとんどない。我々は、こうしたシンプルな GUI 部品と同じように、「置いて、動かす」操作は実世界の事物を操作するための「イディオム」となりうるのではないかと考えている。

一方、ID を認識した後で、マウスやディスプレイを用いて普通の GUI 操作を行う手法も存在する。我々の提案する「置いて、動かす」操作手法とこうした従来の手法は、それぞれ有効な状況があると考えられるため、今後比較を行っていく。

5.) 対外発表

情報処理学会 インタラクシオン 2004 (Mar, 2004)にて、対話発表を行う予定である。

5. Phantom Teller: 残像効果を用いた超小型端末向け情報提示手法

1) 概要

近年、コンピュータは急速に小型化、低価格化し、日常生活のあらゆる場面に浸透しつつある。そして、こうしたユビキタス環境を想定したシステムやインタフェースの研究が盛んに行われている。特に、センサーネットワークをはじめとして、情報の収集・入力側の手法は多数提案されており、環境情報(温度、明るさなど)やおおまかなユーザの状況(位置、存在など)などは、ネットワークを介して容易に取得できるようになってきている。

一方、こうした情報をどのようにユーザにフィードバックするかという、情報提示の手法については、まだ十分に議論が行われていない。たとえば、近年急速に普及しつつある RFID や非接触 IC カード、小型記憶装置(USB メモリーなど)といった超小型の電子デバイスや、Logitech 社の IO Pen に代表されるペン型などの日用品デバイスを想定した情報提示手法はほとんど提案されていない。

そこで、私はこうした超小型の端末や、ペン型などの日用品デバイスに適した情報提示手法、「Phantom Teller」を提案する。PhantomTeller は、少数の LED と視覚の残像効果を用いることで、シンプルな構成である程度の情報量を提示することができる。

2) 視覚の残像効果

視覚の残像効果を、複数の LED のついた棒状のデバイスを例として説明する。LED を用いて一定の周期でパターンを表示し、棒状のデバイスを一定の速度で左右に移動させると、LED の残光をユーザは視認することができる。図 6 のように、LED の点滅パターンを「上→下→上」と徐々に変化させている状態で、空間上を一定速度で移動させると、「V」という文字が空間上に浮かんで見える。

こうした、視覚の残像効果を利用したディスプレイは、屋外向けの掲示板や、デザイン重視の時計などでこれまでも利用されてきたが、小型の日用品向けのインタフェースとして積極的に利用する例はあまりみられなかった。

3) PhantomTeller

ここでは、RFID や非接触 IC カード、USB メモリーなどの超小型デバイス向けの PhantomTeller のプロトタイプについて示す。本プロトタイプでは、図 7 のように、二つの LED を用いて片側を絶対量の表示に利用することで、相対的なゲージ表示を実現する。提示する情報は比較的シンプルだが、たとえば USB メモリーの残量を表示したり、各種センサ出力(温度の履歴など)を視覚化したり、といったように、多くの用途に利用できる可能性がある。

図 8 に、PhantomTeller のプロトタイプの外観を示す。二色の LED を上部に配置し、水銀スイッチを

用いてデバイスの移動するタイミングを取得している。これらのデバイスは、マイコン（MicroChip 社製 PIC12F675）を用いて制御する。上述のように、デバイスを一定の速度で振ることで、相対的なゲージ表示などを行うことができる。（図 9）

今後は、ペン型などの異なる形状の日用品向けのデバイスの試作や、より有効な応用例について検討していく。

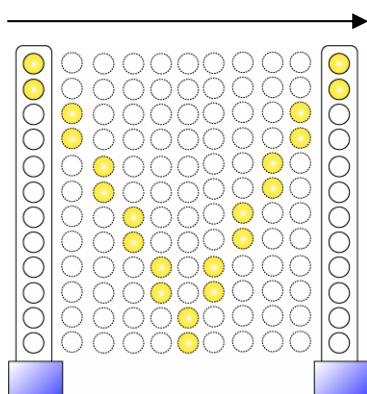


図 6 視覚の残像効果の例

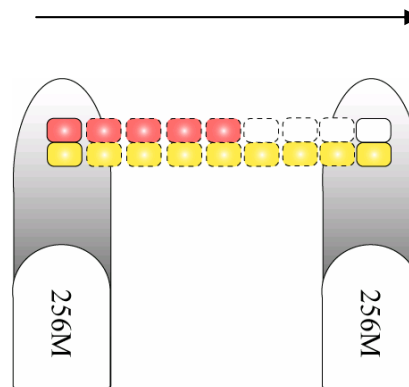


図 7 PhantomTeller の情報提示例
(USB メモリの残量ゲージ)

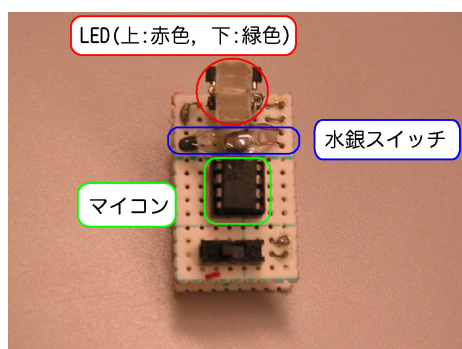


図 8 PhantomTeller プロトタイプ

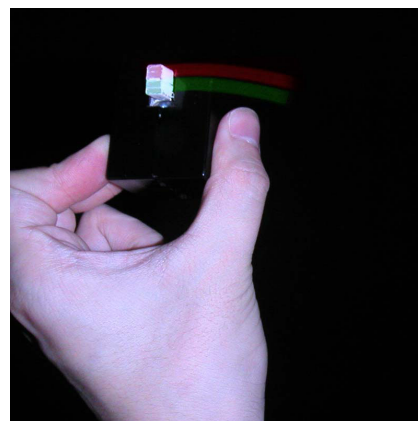


図 9 PhantomTeller の利用例

6. ActiveWatch :文字盤のメタファを用いた時計型触覚インタフェース

1) 概要

モバイル環境における触覚情報の利用手法はまだ十分に議論されておらず、これまでは携帯電話のバイブレーターのように、注意喚起程度に用いられることが多かった。そうした状況の中、昨年度開発した ActiveBelt は、方位情報をユーザに直感的に提示できる、ベルト型の触覚情報提示デバイスとして、新しい可能性を示すことができた。このように、人間の身体に一定の法則で振動子を配置することで、有効な触覚情報提示手法を提案できる可能性がある。そこで今回、手首の周囲に振動子を配置し、時計の文字板のメタファを用いて、時刻情報などを常時「感じる」ことのできるウェアラブル・インタフェース「ActiveWatch」を試作した。

2) ActiveWatch

ActiveWatch は、手首の周囲に 6 つの振動子を一定間隔で配置し、時計の文字盤のメタファを用いて、時刻情報などを提示できるデバイスである（図 10）。振動子は 6 個だが、ファントム・センセーション（二つの振動子を一定の周波数で同時に振動させることで、中間点の刺激として感じられる現象）を利用することで、12 個分の刺激を表現している。

図 11 に、ActiveWatch のプロトタイプを示す。ActiveWatch の制御部は、マイコン(MicroChip 製 PIC18F252), D/A コンバータ(Analog Devices 製 AD7304), 加速度センサー(Analog Devices 製 ADXL202E)などから構成されている(図 12)。加速度センサは、手首の動きを取得し、情報提示のトリガーなどに利用する。

これまでに、シンプルな触覚時計としてのソフトウェアを開発してきたが、今後はより幅広い応用について検討し、開発を進めていく予定である。

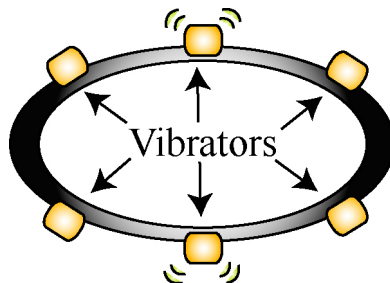


図 10 ActiveWatch の概念図



図 11 ActiveWatch のプロトタイプ

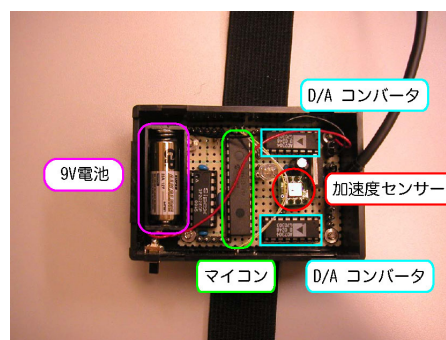


図 12 ActiveWatch の制御部

7. まとめ

本プロジェクトでは、ユビキタス環境に適した入出力インタフェースとして、(1)MouseField: 「置いて、動かす」日用品向けインタフェース、(2)PhantomTeller: 残像効果を用いた超小型端末向け情報提示手法、(3)ActiveWatch: 文字盤のメタファを用いた時計型触覚インタフェース、を提案し、開発を行った。同時に、昨年度開発を行った、(4)直感的な情報家電制御システム"Ubi-Finger", (5)方位情報を伴うベルト型触覚提示システム"Active Belt"についても、更なる改良や対外発表などを行った。こうした成果は、家庭内やモバイル環境へと拡張するユビキタス・コンピューティング環境に適した次世代のユーザ・インタフェースとして有望であり、コスト面でも十分な実現可能性を持っている。

今後は、これらのテーマをより掘り下げ、システムの実装を進めていく。さらに、より広い視野から次世代ユーザ・インタフェースについて捉えなおし、ユーザの使いやすさ、実現コストなどを重視した、実用に耐えるシステムを提案していきたいと考えている。

8. 対外発表など

◆ジャーナル論文

塚田浩二, 安村通晃: Active Belt:触覚情報を用いたベルト型ナビゲーション機構, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.11, pp.2649-2658 (2003).

◆学会発表

塚田浩二, 増井俊之: MouseField: 「置いて、動かす」イディオムを用いた日用品の拡張, インタラクション 2004, To Appear (Mar, 2004).

◆メディア掲載

- 日経新聞(2003 年 10 月 27 日付)朝刊 17 面に ActiveBelt が掲載.
- NHK BS1 の BS ニュース 50(12/12(金) 16:50-17:00) にて, ActiveBelt が紹介.
- PC Watch(2003 年 12 月 25 日)に ActiveBelt と Ubi-Finger が掲載.