

MouseField : ユビキタスコンピューティングのための入力デバイス

椎尾 一郎[†] 増井 俊之^{††} 塚田 浩二^{††}

だれもがいつでもどこでも情報を操作できるユビキタスコンピューティング環境を実現するための各種の研究がさかんになっている。しかし、高価な位置センサや入出力デバイスを多くの場所に正確に設置する必要があるものや、単純な機能しか提供しないものが多く、ユビキタスコンピューティング環境で必要とされる、安価/頑丈かつ必要十分な機能を提供する装置は従来あまり提案されていなかった。本論文では、動きセンサと ID 認識装置を組み合わせた入力装置 “MouseField” を提案する。RFID などを内蔵する物体を MouseField の上に置いた後で動かす操作を行うことにより、マウスを用いた GUI でコンピュータを操作するのと同じ機能をユビキタスコンピューティング環境で実現することができる。

MouseField: A Simple and Versatile Input Device for Ubiquitous Computing

ITIRO SHIO,[†] TOSHIYUKI MASUI^{††} and KOJI TSUKADA^{††}

Although various interaction technologies for handling information in the ubiquitous computing environment have been proposed, some techniques are too simple for performing rich interaction, and others require special expensive equipments to be installed everywhere, and cannot soon be available in our everyday environment. We propose a new simple and versatile input device called the MouseField that enables users to control various information appliances easily without huge amount of cost. A MouseField consists of an ID recognizer and motion sensors that can detect an object and its movement after the object is placed on it. The system can interpret the user's action as a command to control the flow of information. In this paper, we show how this simple device can be used for handling information easily in ordinary environments like living rooms, kitchens, and toilets, and show the benefits of using it in the ubiquitous computing environment.

1. はじめに

コンピュータの小型化低価格化と、インターネットや無線 LAN の普及にともない、家庭や出先のあらゆる場所でコンピュータを利用したり、ネット上の情報を活用したりするためのインフラストラクチャが整いつつあり、「ユビキタスコンピューティング」や「モバイルコンピューティング」が普及すると予想されている。そこで、生活のあらゆる場面でネットワークやコンピューティングパワーを利用する各種のアプリケーションとインタフェース手段が提案されている。

たとえば情報の操作を行おうとする場所の壁や机にカメラやプロジェクタを設置しておけば、手や指をそ

の上で動かすだけでコンピュータ操作を行うことができるようになる⁸⁾。このような装置によるインタラクションは、斬新で有用と考えられるが、実現のためには、多数のカメラ/プロジェクタ/位置センサなどを設置する必要があり、コストがかかり、煩雑な調整が必要である。コンピュータで制御する反射鏡や雲台を利用することで、必要とされるプロジェクタやカメラの個数を減らすことも提案されている¹⁵⁾。しかしながら実際の生活空間にカスタマイズした位置決めは容易ではなく、このような手法が近い将来に家庭で利用されるようになるとは考えにくい。コストの問題と調整の煩雑さに加えて、上記のようなインタフェース装置は、キッチン、風呂、トイレのような湿気が多く、濡れた手で操作される可能性のある場所では利用しにくい。

一般的に広く使われているマウスやキーボードのような入力装置は、現在、十分に安価であり、多様な操作が可能であるので、これを生活空間の様々な場所に

[†] お茶の水女子大学理学部情報科学科
Faculty of Science, Ochanomizu University

^{††} 産業技術総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

設置して入力装置として利用することも考えられる。しかし、やはり台所、風呂、戸外のような湿気、油、塵埃の多い厳しい環境で利用することは困難であり、たとえば家庭内のような限られた環境であっても、コンピュータ資源やネットワーク資源を有効に活用することができないのが現状である。生活のあらゆる場面でコンピュータを利用するアプリケーションの実用化には、マウスやキーボードに代わる、シンプル、堅牢、低価格で、あらゆる場所に設置できる、汎用性の高い入力装置が不可欠である。

カメラや位置センサのように、実世界の物や場所の情報を得る手段として、RFID (Radio Frequency Identification) タグやバーコードの利用が考えられてきた¹⁸⁾。RFID タグやバーコードは、安価で堅牢であるため、ほとんどの場所で利用することができ、また利用の拡大にとまぬ、読み取り装置もマウスやキーボード並みに安価になっている。ユーザは RFID タグやバーコードを必要な場所に貼り、必要に応じてリーダで読むだけであり、複雑な操作が不要であり、あらゆるユーザが想定されるユビキタスコンピューティング環境において理想的な入力装置といえる。たとえば、天気予報を表すバーコードステッカーをリーダで読み取れば、近くのディスプレイに天気情報を表示させたり、株価をのステッカーを読むことで Web ブラウザを起動する必要なく、Yahoo の株価情報のページを開くことも可能である¹⁹⁾。

しかし、単純にタグを読むだけのシステムでは、ユーザは 1 つのタグで 1 つの操作ができるだけであり、複雑な操作の実現が困難である。たとえば、タグを使った音楽再生システムでは、音楽アルバムに対応したタグを用意してユーザにアルバムを選択してもらうほかに、“次のトラック” “早送り” “巻き戻し” “音量上げる/下げる” などのタグを用意して、それぞれの機能を提供することになる。同様に、バーコードを利用した発表システム¹⁴⁾では、多数のカードを用意しておく必要がある。タグを利用したシステムは、単純な作業には有効であるが、複雑な作業や、微妙なアナログ操作をとまぬ作業には適していない。

2. MouseField とその実装

MouseField は、RFID リーダと動き検出装置を統合した汎用のユビキタスコンピューティング用入力装置である。動き検出装置には、光学マウスの動きセンサを利用している。通常の光学マウスとは逆に、光学マウスのセンサ部分をユーザ側に向けて、この部分に当てられた RFID を持つ物体の動きを検出する。セン

サを 1 個使用すれば、物体の二次元方向の移動が検出でき、センサを 2 組使用すれば、さらに物体の平面上の回転も検出できる。

先に述べたように、RFID タグやバーコードリーダによるシステムでは、単純な機能しか提供できないため、タグ情報と位置情報を組み合わせるいくつかのアプローチが試みられている。たとえば、DataTiles¹⁷⁾では、デジタイザ付きディスプレイの上に複数の RFID リーダを設置することで、RFID の位置やユーザの操作を認識することができる。これにより、1 つの RFID を使って複雑な操作を行うことができるが、RFID の絶対位置を検出する装置を利用しているため十分頑強かつ安価に実現できるデバイスではない。

MouseField では絶対位置を検出するセンサを利用するかわりに、光学マウスで使われている、安価で堅牢な動きセンサを利用しているのが特徴である。デジタイザやカメラ、超音波、光などを利用した絶対座標検出装置に比べて、光学マウスは機構が単純であり、簡単に防水処理を行うことができるため、台所や風呂のような場所でも使うことができると期待される。

絶対座標を取得するセンサの方がより汎用的な用途に利用できる。しかし、コンピュータで広く利用されているマウスは座標の変化しか取得できないにもかかわらず、ソフトウェアの工夫によって非常に高度な GUI 操作を行うことができる。たとえば、マウスで検出した相対座標の変化を利用してマウスカーソルを絶対位置に移動させることができるし、そのようにして指定した場所でメニュー選択を行ったりスライダを動かしたりすることができる。

MouseField の場合、RFID を持つ何かを MouseField の上に置いた後で動かすことにより、マウスでのメニュー操作などと同じ操作を行うことができる。マウスと同様に、いったん持ち上げる操作により、長距離の座標移動も可能である。MouseField では通常のマウスと同程度の汎用性を持つインタフェースの構築が可能である。

2.1 PlayStand++

図 1 は、RFID リーダ と 2 個の光学マウスユニットから構成された MouseField デバイスの背面である。RFID リーダと光学マウスユニットは USB ケーブルでコンピュータに接続されており、この上に載せられた物に付けられた ID 番号と動きを検出する。マウスユニットを 2 個使用しているため、MouseField の上に置いた物の移動量だけでなく回転量も認識すること

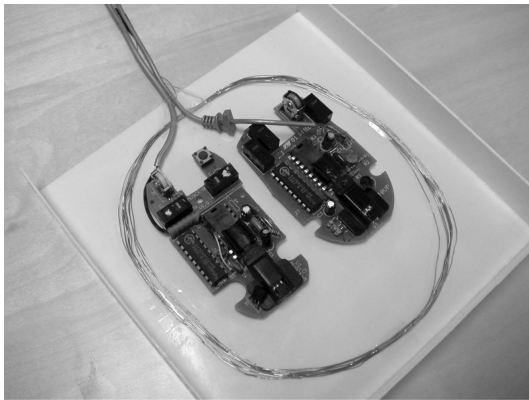


図 1 MouseField 装置の実装例。2 個の光学マウスユニットの周囲に、RFID リーダのアンテナを配置

Fig. 1 An implementation of a MouseField device, with two optical mouse units and an RFID reader.

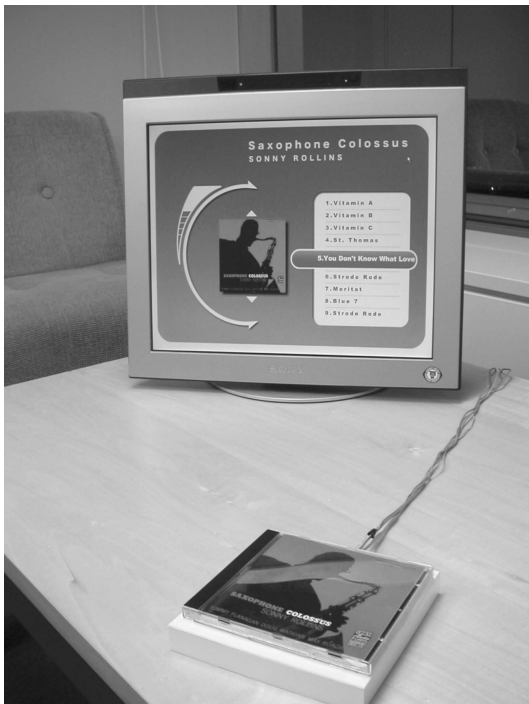


図 2 PlayStand++ : MouseField を利用した音楽再生装置
Fig. 2 PlayStand++: A music player with MouseField.

ができる。ここでは RFID リーダを使用しているが、筆者らによる FieldMouse デバイス²⁰⁾のように、バーコードリーダを使用することも可能である。

図 2 は、筆者らによる“PlayStand”システム¹²⁾を MouseField で実装した“PlayStand++”である。このシステムでは、音楽 CD の曲は音楽サーバに格納されている。ユーザが、RFID タグが組み込まれた CD

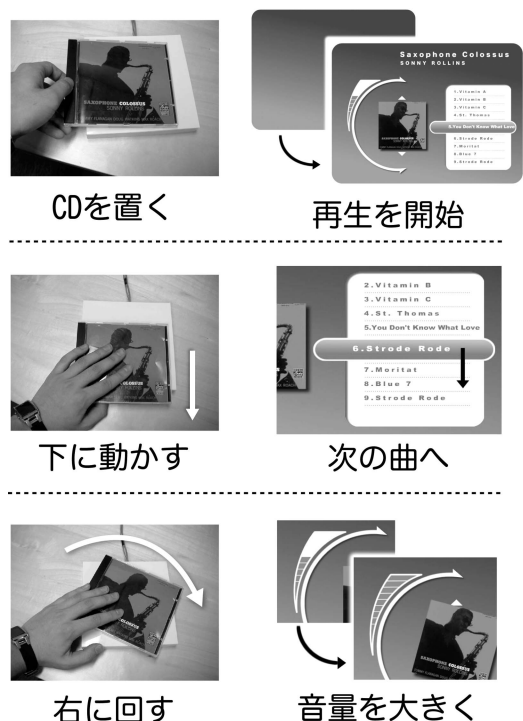


図 3 PlayStand++ . RFID タグが入った CD ケースにより音楽再生を操作

Fig. 3 Controlling the music player PlayStand++.

ケースを MouseField デバイスに置くと、音楽再生ソフトウェアの画面が現れ、再生が開始される。画面には CD の内容が表示され、ユーザは CD ケースを前後に移動させることで、曲を選択できる。また、図 3 に示すように、CD 全体を、ボリュームつまみを回すように回転させることで、音量を調整することができる。ユーザが CD ケースを MouseField から取り去ると、音楽が停止し、スクリーンセーバが動き出す。この音楽再生システムは、操作が非常に簡単であるだけでなく、ボタンやダイヤルなどのコントローラを使うことなく、様々なコントロール機能を提供している。

GUI においてマウスが様々な用途に用いられているのと同様に、MouseField もユビキタスコンピューティングのアプリケーションにおいて、多様な用途に利用できるであろう。たとえば、(マウスクリックでアプリケーションが起動できるように)アプリケーションを起動する、(マウスでドラッグするように)複数オブジェクトを選択する、(マウスでドラッグ&ドロップするように)データを転送するなどが可能になる。

MouseField デバイスを複数使用することで、離れた場所へ情報を持ち運ぶ用途に使用することができる。ユーザが 1 つの MouseField で操作を行い、次に別の

MouseField で操作した場合に、連続した操作を関連付けて解釈し、ユーザがある場所にある MouseField で取得したデータを、別の場所にある MouseField で利用する機能を提供できる。これにより、物を使って情報の移動を実現している他システム^{9),10)}と同様に、仮想的なドラッグ&ドロップ(もしくは“Pick and Drop”¹⁶⁾)を実現することができる。たとえば、ユーザが「テレビブロック」を MouseField に載せて、あるテレビ番組を選んだ後、そのブロックを別の場所の MouseField に持ってゆき、番組の続きを見るという使い方を実現できる。このように MouseField は、従来は特殊でデリケートな装置を用いるため実用困難であった様々な実世界インタラクションテクニックを実用化できる。

2.2 キオスク端末への応用

MouseField デバイスは、可動部分を持たないシンプルな構造であるので、前述のように、全体を堅牢な構造にしたり、全体を防水にしたりすることが容易である。このことから、公共の場に置かれて、不特定多数のユーザによる過酷な使用が予想される情報キオスク端末への応用にも適しているといえる。

たとえば、電子マネーの登録された RFID カードを使用して、インターネット情報の閲覧などを有料で提供する公衆情報端末への応用が考えられる。従来、このような端末のユーザインタフェースを設計する際には、最初にユーザが電子マネーカードを装置に差し込み、次に情報閲覧操作をし、終了したところで、カードを取り出す手順が考えられた。差し込んだカードは、ユーザが機器操作中はユーザの手を離れるので、銀行の現金自動払い出し機のように、カードを安全に保管する機構が必要になるであろう。操作中に他人が割り込んでサービスを受けることがないように、物理的な囲いなどが必要になるかもしれない。また、最後にユーザがカードを取り忘れることのないように、掲示や音声により十分にガイドする必要があるだろう。

一方、このような端末装置に、MouseField デバイスを応用すれば、ユーザは RFID カードを、RFID リーダと光学マウスが一体化したデバイスに載せ、そこでカードを上下左右に動かすことで必要な操作が可能になる。ユーザは、手にした自分のカードで認証を受けると同時に、シームレスに必要な操作を続けて行うことができる。さらに、支払いに必要なカードを手を持っているユーザのみが操作できるので、操作中に他人が割り込むこともなく、また、カードを安全に保管する機構も不要である。このため、端末を小型で簡便にすることができ、設置場所の制約も少なくなるであろう。



図 4 電子行き先掲示板。ID カードを持っているユーザだけが自分のマークを移動可能

Fig. 4 An example of electronic sign-in-board. Only a person holding an ID card can move his/her mark.

また、カードの移動ですべての操作ができるよう工夫すれば、従来の端末に必要なであったボタンやタッチパネルも省略でき、端末コストを大幅に削減できると考えられる。自分のカードの移動だけで操作できれば、衛生面でもメリットがあり、公共の端末装置のボタンやタッチパネルに触れることを避けたがる潔癖なユーザにも抵抗がなくなるかもしれない。

公共の場に置かれる装置への応用を実験するために、筆者らは図 4 に示すような、オフィスの入り口に設置する行き先掲示板を試作した。この掲示板には、オフィスメンバの行き先が液晶表示器 (LCD) に電子的に表示される。LCD の下には、RFID リーダと光学マウス 1 個を一体化させた MouseField デバイスが設置されている。オフィスメンバは自分の ID カードをこれにかざして、左右に移動させることで、自分の行き先を示しているマークを移動させることができる。これにより、行き先マークを本人だけが移動できるセキュアな掲示板を、非常に簡単な操作方法により実現することができた。

ID カードには、FeliCa 方式のプリペイドカードを利用した。FeliCa カードにはユニークな ID 番号が振られているので、簡単な ID カードとして利用できる。FeliCa カードリーダを改造し、アンテナ部分を外部に取り出し、光学マウスの内部に組み込み一体化し、MouseField デバイスとした。アンテナ組み込みにあたっては、光学マウスから出るノイズを十分にシールドする必要があった。カードを持ちながら操

作するためには、カードの端辺を指で支持する必要がある。そこで、MouseField デバイスは、設置面から 1 cm ほど飛び出した状態に設置し、カードを持ちながら左右に動かす操作が容易になるよう工夫した。

この装置を大学の研究室に設置し、メンバの行き先を掲示する目的に使用した。操作上の問題点はなく、無駄な動きがなく、直感的に操作できる点が好評であった。なお、このシステムには、今後 Web と連携させて、他メンバの行き先を遠隔地から調べる機能や、行き先マークの移動に連携したメッセージ転送などのサービスを取り入れていく予定である。

2.3 MouseField デバイスの操作性

“PlayStand++” と行き先掲示板のために試作した MouseField デバイスは、様々なデモや日常の長期運用において、実用的な応答性と操作性を示した。

RFID タグはアンテナからの電力供給と読み取りに数 10 ms 必要である。そこで、“PlayStand++” では RFID リーダを 100 ms 間隔でポーリングして、タグを検出している。行き先掲示板では、RFID カードを動かすことが操作の前提であるので、光学マウスユニットに最初に動き情報が現れたときに RFID リーダを起動して読み取り、その後はタグが検出されなくなるまで、500 ms 間隔でポーリングしている。いずれの場合も物を置いた直後の RFID タグ検出に 100 ms 程度必要であるが、今回の用途では操作開始の遅延は感じられなかった。

動き検出装置として、現在一般に使われている発光ダイオードを光源とした光学マウスを利用した。この種のデバイスでは、CD ケースのような透過性の高い素材、反射率の高い意匠の RFID カード面などで動作が不安定になることがある。現時点では光を散乱するシートを貼ることでこれを回避している。今後、半導体レーザを光源とした光学マウスを採用すれば、微細な傷などによる回折・散乱光も利用できるので、このような素材での動作を改善できると期待している。

MouseField デバイスで連続した 1 方向移動操作を行う際には、通常のマウスでの操作と同様に、物を動かした後、いったん持ち上げて、元の位置に戻す操作を行うことになる。持ち上げる操作により RFID タグがリーダで読み取れなくなり、MouseField デバイスから物が取り除かれたと判断される可能性がある。そこで、最後にタグが読めてから、“PlayStand++” では 5 秒間、行き先掲示板では 1.5 秒間は操作を継続するようプログラムしている。“PlayStand++” では円滑な操作を優先してタイムアウトを長く設定したのに対して、行き先掲示板ではテイルゲートによる不正ア

クセス防止のために短く設定した。

3. シナリオ：MouseField のある生活

次に、MouseField の可能性を示すために、食卓/台所/トイレ/風呂に MouseField とディスプレイがある家で MouseField を活用した生活をするシナリオを紹介する。以下のように、MouseField を様々な場面で活用することができる。

- 朝起きて「テレビブロック」を食卓の MouseField に置いてテレビをつける。
- テレビブロックを左右に動かしてチャンネルを変えてニュースを選ぶ。
- テレビブロックを回転させて音量を調整する。
- コーヒーを入れるために台所に行く。このときテレビブロックも持っていく。台所の MouseField にテレビブロックを置くとさっきまで見ていたニュースの続きが映る。
- 作ったコーヒーとテレビブロックを持って食卓に戻り、ブロックを食卓に置くとまた食卓テレビにニュースが映る。
- ブロックを持ってトイレに行くとトイレの中でニュースが見られる。
- ブロックを食卓から取り除いてでかける用意をする。
- 玄関のドアにスイッチを当てて動かすと「今日の予定」や「天気予報」が表示される。
- 帰宅し、ワインを飲みながら映画を見ることにする。
- ワインを食卓の MouseField に置いて動かすと産地などの情報が表示される。
- つまみのオイルサーディンを MouseField に置いて動かすと簡単料理のレシピが表示される。
- 映画カードを置いて動かして見たい映画を選ぶ。
- 映画カードをトイレに持っていき続きを見る。
- 風呂に映画カードを持っていき続きを見る。
- 風呂の中で映画が終わり、今度は音楽カードを操作して音楽を聞きながら風呂を楽しむ。
- ベッドの MouseField で目覚まし時計を動かして起床時間をセットする。

このシナリオでは、テレビブロック、ワイン、映画カード、目覚まし時計などが、それぞれテレビ番組、ワイン情報、映画コンテンツ、アラーム時刻情報などへの物理的な手がかりとして機能している。これを実現するために、実際にはコンピュータや無線ネットワークが活用されているが、ユーザはコンピュータを使っていると意識する必要はなく、直感的にやりたい操作

をシステムに伝達することが可能になっている。

MouseField は堅牢で安価な入力装置であるので、家庭内だけでなく、屋外や公共の場などあらゆるユビキタスな場所で利用できる。たとえば、ユーザが RFID を利用した ID カードやプリペイドカードを所持している場合に、以下のような、キーボードやタッチパネルのない、公共情報端末の応用が考えられる。

- プリペイドカードを使用する際に、カードをかざした後で、暗証番号入力や金額の確認操作をカードの移動で行う店頭レジ。
- キーやタッチパネルのない現金自動払い出し機。
- キーやタッチパネルのない自動発券機/自動証明書発行機。
- プリペイドカードで操作している間だけ利用できる Web 情報端末。
- 会員だけがカードで操作できる情報端末
- ID カード提示に加えて、カードを使った登録済みジェスチャが必要なセキュアな電子錠前。
- プールやビーチなどで防水性能が要求される場所でのキオスク端末

このように、堅牢で安価な特徴を生かすことで、従来では設置や管理のコストがかかりすぎるような場所への展開が期待できる。

4. 議 論

4.1 MouseField の利点

MouseField の最大の利点は安価で頑健なことである。デバイスは、RFID、RFID リーダ、光学マウスユニットで構成されているが、いずれも急速に普及が進んでおり、大量生産の結果、安価であり、この先まだまだ低価格になりつつある。シナリオから予想されるように、MouseField はあらゆる場所に置く必要はなく、人がある程度じっとして仕事をするような場所にだけ置いておけばよいので、家庭ならば数個程度でよいであろう。

4.1.1 使い勝手

家電製品のリモコンは、簡単に持ち歩けることが利点である一方、紛失しやすいという欠点も持っている。テレビなどのリモコンの場合、テレビの場所まで行かずに操作することが第 1 の目的であり、いろいろな場所からテレビを操作したいわけではないだろうから、テーブルなどの限られた場所に MouseField を設置しておけば十分であろう。

4.1.2 汎用性

現在ほとんどのコンピュータは GUI を採用しており、マウスで操作する。MouseField はマウスとまったく同じ使い方ができるので、普通のコンピュータの入力装置として十分使える汎用性を持っている。

1 つのマウスでいろいろなアプリケーションを操作できるのと同様に、1 台の MouseField を様々な用途にもちいることができる。RFID はおよそアプリケーションごとに 1 つずつ用意すれば十分であろう。

4.1.3 サイズ

FieldMouse²⁰⁾ は、移動センサとバーコードリーダを組み合わせることによって実世界環境で本デバイスと同様な操作を可能とするデバイスであった。しかし、環境側に ID を設置するシステムであるため、ユーザが FieldMouse デバイスを持ち歩かなければならないという欠点があった。これを携帯可能にするには、マウスユニットとバーコードリーダに加えて、無線通信機能などを搭載する必要があるため小型化や低価格化には限界がある。

一方、MouseField の場合は、環境にデバイスを設置しているので、持ち歩かなければならないのは RFID タグまたはバーコードだけである。書籍や商品についているバーコードはそのまま活用することができるし、RFID をいろいろなものに内蔵させることは簡単である。また安価であり、簡単に作り直しできるので、紛失してしまってもあまり困ることはない。

4.1.4 頑丈さ

光学マウスも RFID リーダも可動部分がなく透明なガラスやプラスチック越しに利用することができるので、防水対応すれば台所や風呂のように湿気や油気が多い場所や、屋外のように雨や塵埃が多い場所で使うことが可能である。

4.2 UbiComp のイディオム

一度見れば使い方を忘れないような操作手法はイディオムと呼ばれている。

マウスやキーボードを利用してコンピュータ画面を操作するときの「イディオム³⁾」は現在かなり広く受け入れられている。コンピュータを少しでも使った人ならば、スライダやメニューやボタンなどについて使い方を迷うことはないであろうし、ドラッグ&ドロップのようなやや複雑な操作についてもかなりイディオムとして定着しているといえる。

一方、ユビキタスコンピュータ環境における実世界指向インタフェースはまだ世間で普及していないこともあり、イディオムが確立しておらず、様々な新しいインタフェース手法が提案されている。

2004 年現在で、それぞれ 100 円以下、3,000 円程度、2,000 円程度で入手可能である。

MouseField を用いる場合はマウスの操作とほぼ同じ操作を実世界上で可能になるため、GUI 操作と同じイディオムを利用することができ、「実世界 GUI」¹³⁾ を実現することができるためユーザが新たに覚えなければならないイディオムは少ないといえる。クリック & ドラッグのかわりに「置いて動かす」というイディオムを使うことができるのである。その他、パイメニューのようなイディオムを導入することももちろん可能である。

4.3 フィードバックの利用

直接操作に基づく GUI システムのほとんどにおいて、ユーザの操作に対して即座にシステムが視覚的にフィードバックを返すようになっている。PlayStand++ でも、ユーザが CD ジャケットを MouseField に置いたときにすぐにディスプレイ上にフィードバックを表示する。

ディスプレイ装置を設置困難な場合や音楽/音声だけを操作できれば十分な場合は、画面によるフィードバックを利用するかわりに効果音によるフィードバック、たとえばクリック音などを利用することができる。

4.4 異なる実装とオブジェクト

MouseField の上に置いて動かす物体は現状の実装では光学マウスを利用しているためにある程度平らで面積を持つものでなければならないが、基本的には何でもかまわない。何かを象徴する物に RFID タグを付加すれば、それは物理的なアイコン⁵⁾ として使うことができる。

また、行き先掲示板の例のように、SuiCa カードのようなすでに広く使われている RFID を使って、人を識別して情報をコントロールすることもできる。

RFID リーダのかわりにバーコードリーダを利用すれば、現在の書籍、CD、食品、日用品のバーコードを利用した実世界 GUI 操作も可能になる。これにより、CD や DVD のケースを使用して音楽や映画をコントロールしたり、食品のパッケージを使って成分やレシピなどの情報を閲覧したりできるであろう。このように、どんな物でもマウスにすることができる MouseField は、非常に汎用的な入力デバイスである。

5. 関連研究

RFID タグは様々なユビキタスコンピューティングシステムに使われている^{1),23)}。たとえば“AwareHome”プロジェクト¹⁾では、実験住宅の床のいろいろな場所に RFID リーダが設置されており、ユーザの移動を把握できる。実社会でも、RFID タグは流通現場や図書館などで荷物や本を識別する目的で広く使われている。

多くのユビキタスコンピューティングシステムは、主に人や物を識別する目的で RFID タグを使用しているが、MouseField では RFID タグを、情報の流れをコントロールする手段として、積極的に利用しようとしている。たとえば“PlayStand++”では、音楽 CD を識別するだけでなく、選曲、再生、音量などをコントロールする手段として RFID タグを利用している。

“PlayStand++”では、2 個のマウス機構を使って、物体の回転を検出した。マウス機構を 2 個組み込んで回転を検出するマウスは、文献 11) などで実装されている。

光学マウスは安価で堅牢であるため、様々なシステムで物の移動検出に使われている。たとえば、Navigational Blocks²⁾ではブロックの移動検出に利用されている。

FieldMouse²⁰⁾は、MouseField と同様に、動きセンサと ID 検出器で構成されている。MouseField はテーブルや壁に組み込まれるデバイスであるのに対して、FieldMouse は様々な情報アプライアンスをコントロールするためにユーザが持ち歩くデバイスである。FieldMouse を使用することにより、生活空間の様々な場所にセンサを設置することなく、実世界 GUI¹³⁾を実現できる点が大きな長所である。一方で、ユーザが FieldMouse デバイスを持ち歩かなければならない短所がある。FieldMouse は ID 検出器と動きセンサの組合せであるので、単純な RFID タグのように小型化できない。また、環境にしっかりと組み込むことができる MouseField のように、キッチン、風呂、公共の場所のような過酷な環境への応用に適していない。

PlayStand¹²⁾は、スピーカの横に CD を置くだけでその中身を聴くことができる「置くだけ再生」システムである。CD をスタンドに置くと自動的にその CD の再生が始まり、スタンドから離すと停止する。PlayStand を使うと、CD を置くだけで音楽を聞くことができるなど、使うのが非常に簡単である特長があるが、ユーザが行うことができる操作は、CD を置くことと取り除くことだけなので、次の曲に移動したり音量を変えたりすることはできない。

物理アイコン“Phicons”⁵⁾は、ユビキタスコンピューティング環境において情報を扱う場面でしばしば有用である。RFID タグが物に組み込まれていれば、MouseField を使うことで、ほとんどの物を物理アイコンとして使うことができる。

mediaBlocks²²⁾は、動画クリップのようなマルチメディアコンテンツを、複数のブロックを使って編集するシステムである。mediaBlocks は特殊なハードウェア

アによりブロックの位置を検出している。MouseFieldにより、さらに一般的な環境で機能する mediaBlocks を実装することが可能である。

DataTiles¹⁷⁾ は、RFID タグが埋め込まれた透明の四角いパネルを使用して、様々な面白い操作を提供している。ユーザが透明パネルを、タブレットが組み込まれた LCD の上に置くと、LCD 上のパネルが載った部分に情報が表示される。ユーザはパネルに刻まれた溝をペンでなぞることで、表示された情報を操作できる。DataTiles でも、「置いて動かす」イディオムを使うことができる。DataTiles は LCD タブレットを使用しているため、簡単な動きセンサだけを使用している MouseField の方がより低価格で堅牢である。

ユビキタスコンピューティング環境において、情報を持ち歩く様々な手法が提案されている。WebStickers¹⁰⁾ では、身の回りのバーコードに URL を貼り付けて、他の場所に持ち歩く手法が提案された。i-LAND²¹⁾ では、異なるコンピュータの間で情報を持ち運ぶために、Passage⁹⁾ という手法が提案されている。このようなシステムにより、バーコードや RFID タグを使って情報を運ぶことはできても、情報に対する複雑な操作手段は提供されていない。

Pick-and-Drop¹⁶⁾ では、1 つのコンピュータからペンを使って情報をつまみ上げ、別のコンピュータに情報を落とす手法が提案された。FieldMouse²⁰⁾ では、ピック&ドロップ操作を行うことはできないものの、メニュー選択やスライダ操作などのほとんどの GUI 操作を実現できる。InfoStick⁷⁾ では、ある場所の情報を取得して、別の場所に持って行くことができる。これらのシステムでは、データを移動するために、PDA のような特別なデバイスを持ち歩く必要がある。

ユビキタスコンピューティングの研究分野では、人や物を識別するためにカメラが使われることも多い^{8),24)}。カメラとパターン認識システムにより、物の ID と動きの両方を同時に検出できるので、カメラは RFID タグとリーダより有用である場合がある。RFID タグの利点は、特別な印刷パターンを使う必要がなく、タグを物の中に完全に隠すことができる点である。カメラを使ったシステムにも「置いて動かす」イディオムを適用することができる。

近年、ユビキタスコンピューティングのための様々なツールキットが提案されている^{4),6)}。MouseField は、GUI においてマウスを使用することとほぼ同等であるので、既存のツールキットに MouseField を扱う機能を追加することは容易である。

6. おわりに

ユビキタスコンピューティング環境において、様々な情報を操作するためのデバイスとして、シンプル、堅牢で汎用性の高い MouseField デバイスを提案し、実装を行った。本デバイスはシンプルではあるが、従来のキーボードやマウスを利用することができなかったような過酷な環境の場所、たとえば、公共の場所、屋外、台所、風呂、トイレなどにおける、デジタル情報の操作に十分対応できる機能を持っている。本論文では、実装とアプリケーションシナリオを通して、ユビキタスコンピューティング環境における本デバイスの様々な可能性を示した。

ユビキタスコンピューティング環境の操作イディオムはまだ確立していないものの、MouseField の「置いて動かす」という方法は 1 つの有力な候補となるであろう。置いて動かすという方法がどのような場合でも最適とは限らないが、汎用性や馴染みの点から考えると、マウスの操作とほとんど変わらない「置いて動かす」操作をユビキタスコンピューティング環境で活用することは有効であり、本デバイスがユビキタスコンピューティング時代の標準的入力装置の 1 つになりうると考えている。

今後は、本論文で示したシナリオの環境を実際に実現し、様々な環境で有効性を実験していく予定である。

参考文献

- 1) Abowd, G.D., Atkeson, C.G., Bobick, A.F., Essa, I.A., MacIntyre, B., Mynatt, E.D. and Starner, T.E.: Living Laboratories: The Future Computing Environments Group at the Georgia Institute of Technology, *Extended Abstracts of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2000)* (2000).
- 2) Camarata, K., Do, E.Y.-L., Johnson, B.D. and Gross, M.D.: Navigational blocks: Navigating information space with tangible media., *Proc. International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI)*, pp.31-38 (2002).
- 3) Cooper, A.: *About Face — The Essentials of User Interface Design*, IDG Books (1995).
- 4) Dey, A.K., Salber, D. and Abowd, G.D.: A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, *Human-Computer Interaction*, Vol.16, No.2-4, pp.97-166 (2001).
- 5) Ishii, H. and Ullmer, B.: Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, *Proc. SIGCHI conference on Hu-*

- man factors in computing systems*, pp.234–241, ACM Press (1997).
- 6) Klemmer, S.R., Li, J., Lin, J. and Landay, J.A.: Papier-Mâché: Toolkit Support for Tangible Input, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2004)*, pp.399–406 (2004).
 - 7) Kohtake, N., Rekimoto, J. and Anzai, Y.: InfoStick: An Interaction Device for Inter-Appliance Computing, *Proc. 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, Gellersen, H.-W. (Ed.), Lecture Notes in Computer Science, No.1707, pp.246–258, Springer-Verlag (1999).
 - 8) Koike, H., Sato, Y., Kobayashi, Y., Tobita, H. and Kobayashi, M.: InteractiveTextbook and InteractiveVennDiagram: Natural and Intuitive Interface on Augmented Desk System, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2000)*, pp.121–128, Addison-Wesley (2000).
 - 9) Konomi, S., Müller-Tomfelde, C. and Streitz, N.A.: Passage: Physical Transportation of Digital Information in Cooperative Buildings, *Cooperative Buildings — Integrating Information, Organizations, and Architecture, Proc. 2nd International Workshop (CoBuild'99)*, LNCS 1670, pp.45–54, Springer, Heidelberg, Germany (1999).
 - 10) Ljungstrand, P., Redström, J. and Holmquist, L.E.: WebStickers: Using Physical Tokens to Access, Manage and Share Bookmarks to the Web, *Proc. Designing Augmented Reality Environments (DARE2000)*, pp.23–31 (2000).
 - 11) MacKenzie, S.I., Soukoreff, W.R. and Pal, C.: A two-ball mouse affords three degrees of freedom, *CHI '97 extended abstracts on human factors in computing systems*, pp.303–304, ACM Press (1997).
 - 12) 増井俊之, 高林 哲: 「置くだけ主義」による情報家電制御, 情報処理学会 2002 年夏のプログラミングシンポジウム (2002).
 - 13) Masui, T. and Siio, I.: Real-World Graphical User Interfaces, *Proc. 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, Thomas, P. and Gellersen, H.W. (Eds.), Lecture Notes in Computer Science, No.1927, pp.72–84, Springer-Verlag (2000).
 - 14) Nelson, L., Ichimura, S., Pedersen, E.R. and Adams, L.: A paper interface for giving presentations, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'99)*, pp.354–361, Addison-Wesley (1999).
 - 15) Pingali, G., Pinhanez, C., Levas, A., Kjeldsen, R., Podlaseck, M., Chen, H. and Sukaviriya, N.: Steerable Interfaces for Pervasive Computing Spaces, *1st IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom'03)*, pp.315–322 (2003).
 - 16) Rekimoto, J.: Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments, *Proc. ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'97)*, pp.31–39, ACM Press (1997).
 - 17) Rekimoto, J., Ullmer, B. and Oba, H.: DataTiles: a modular platform for mixed physical and graphical interactions, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2001)*, pp.269–276, Addison-Wesley (2001).
 - 18) 椎尾一郎: RFID タグを利用したインタフェース, 情報処理, Vol.45, No.2, pp.160–163 (2004).
 - 19) 椎尾一郎, 美馬義亮: IconSticker: 紙アイコンによる情報整理, コンピュータソフトウェア, Vol.16, No.6, pp.24–32 (1999).
 - 20) Siio, I., Masui, T. and Fukuchi, K.: Real-world Interaction using the FieldMouse, *Proc. 12th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp.113–119, ACM Press (1999).
 - 21) Streitz, N.A., Geissler, J., Holmer, T., Konomi, S., Müller-Tomfelde, C., Reischl, W., Rexroth, P., Seitz, P. and Steinmetz, R.: i-LAND: An interactive Landscape for Creativity and Innovation, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'99)*, pp.120–127, Addison-Wesley (1999).
 - 22) Ullmer, B., Ishii, H. and Glas, D.: mediaBlocks: Physical Containers, Transports, and Controls for Online Media, *Proc. SIGGRAPH'98*, pp.379–386 (1998).
 - 23) Want, R., Fishkin, K.P., Gujar, A. and Harrison, B.L.: Bridging physical and virtual worlds with electronic tags, *Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'99)*, pp.370–377, Addison-Wesley (1999).
 - 24) Wellner, P.: Interacting with Paper on the DigitalDesk, *Comm. ACM*, Vol.36, No.7, pp.87–96 (1993).

(平成 16 年 10 月 25 日受付)

(平成 17 年 5 月 9 日採録)



椎尾 一郎 (正会員)

1984年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。同年日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所。1997年玉川大学工学部助教授, 2002年同教授。2001年米国ジョージア工科大学客員研究員。2005年より, お茶の水女子大学理学部情報科学科教授。実世界指向インタフェース, ユビキタスコンピューティングを中心に研究。ソフトウェア科学会, ヒューマンインタフェース学会, ACM 各会員。工学博士。



塚田 浩二 (正会員)

1977年生。2000年慶應義塾大学環境情報学部卒業。2005年同大学大学院政策・メディア研究科博士課程修了。2005年4月より独立行政法人産業技術総合研究所情報技術研究部門。ガジェット収集・開発に興味を持つ。博士(政策・メディア)。



増井 俊之 (正会員)

1984年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻修士課程修了。1984年4月富士通(株)半導体事業部, 1986年シャープ(株)コンピュータシステム研究所, 1989年カーネギーメロン大学機械翻訳研究所客員研究員, 1991年シャープ(株)情報技術研究所, 1996年(株)ソニーコンピュータサイエンス研究所を経て, 2003年より独立行政法人産業技術総合研究所情報処理研究部門。博士(工学)。
