

Absolute Mouse による実世界インタラクション

椎尾一郎* 増井俊之**

* 玉川大学工学部電子工学科 ** ソニーコンピュータサイエンス研究所

<http://siio.ele.eng.tamagawa.ac.jp/projects/absolutemouse/>

本論文では、バーコードリーダのようなID認識装置と、マウスのような相対移動検出装置を組み合わせた、新しい入力装置 Absolute Mouse を提案し、その応用について述べる。物体上のIDを Absolute Mouse で読み込んでから、この装置を移動させることで、IDからの相対座標を知ることができる。そこで、紙、机、壁、床などにIDを貼りつけることにより、これらの表面をペンタブレットのような絶対位置入力装置と同じように使用することができる。Absolute Mouse を使用することによって、実世界のあらゆる平面を位置入力装置として使うことができるようになるため、実世界指向インタフェースシステムを安価に構築できるようになる。

Real-World Interaction using *Absolute Mouse*

Itiro Siio*, and Toshiyuki Masui**

*Tamagawa Univ., **Sony Computer Science Labs., Inc.

*siio@eng.tamagawa.ac.jp, **masui@csl.sony.co.jp

The Absolute Mouse is a new pointing device which is a combination of a mouse (a relative movement detector) and a bar-code reader (an ID symbol reader). When a user moves this device starting from ID symbol on an object, we can detect absolute position on the object. Consequently, any surface such as papers, tables, and walls can be used as absolute coordinates input devices like digital tablets. This simple device realizes inexpensive augmented reality systems where hyper-links are embedded in real objects such as books, papers, and walls.

1. はじめに

計算機の外側のデータや事物と計算機内データとのギャップをなくすことによって、計算機を意識することなく透明な存在として活用しようという、いわゆる「実世界指向インタフェース」が近年注目を集めている。実世界指向インタフェースシステムでは、計算機内の情報と実世界の事物との関連を定義する手法が大きな課題となっている。例えば、実世界の映像に計算機の生成する画像を重畳することによりユーザに付加的情報を提供しようという拡張現実(Augmented Reality, AR) システムでは、映像内の物体やユーザの位置の把握が必要であるため、

各種の高度な画像認識手法や位置認識装置が使われることが多い。

本論文では、バーコードリーダのようなID認識装置とマウスのような相対移動検出装置を併用した、簡便な位置入力装置 Absolute Mouse を提案し、その応用について述べる。本装置により、紙、机、壁、床など任意の物体の表面をペンタブレットのような絶対位置入力装置と同様に扱うことができる。本装置は、安価なバーコードシステムとマウスを組み合わせた装置であるので、実世界の平面に複数のリンクを埋め込むような、ARシステム、実世界指向システムを、安価に構築できるようになる。



図1. Absolute Mouse の例。ペン型マウスとバーコードリーダーを接着した。物の表面に貼られたバーコードを読み取り、これを原点とした二次元位置を検出する。

2. Absolute Mouse

Absolute Mouse の実装例を図1に示す。この装置は、ペン型機械式マウス Computer Crayon (APPOINT) と、バーコードリーダー BR-530/BR (AIMEX) [1] を組み合わせたデバイスである。マウスを、本、紙、壁、机などの平面に当てて移動すると、相対的な移動量を測定できるが、絶対位置を知ることはできない。そこで、平面に貼られたバーコードと組み合わせることで、絶対位置を測定する。使用者は、まず平面に貼られたバーコードを、バーコードリーダー部分で読み取る(図2)。次にバーコードを起点に、デバイスを平面に接触させたまま移動すると、バーコード位置を原点とした平面上の絶対位置を知ることができる。また、バーコードのIDから、平面に関する情報を得ることができる。

試作にあたって、ペン型マウスを位置座標検出装置として使用した場合の性能を試験した。壁の表面を対象とする応用を想定して、90cm x



図2. Absolute Mouse の使用例。ここでは壁に貼られたバーコードを読み取っている。この後、平面に接触したまま移動することで、バーコードを原点とした二次元位置を検出できる。

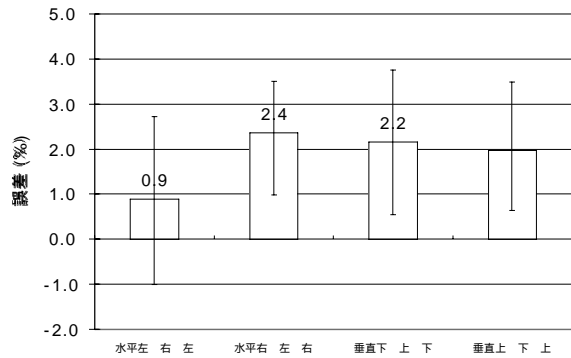


図3. Absolute Mouse の再現性試験結果。80cmの距離を往復した場合に生じる誤差を測定した。10回の往復における平均と最大最小値を示す。

90cmの大きさ、厚さ12mmのラワン合板に壁紙を貼り、操作対象の平面とした。壁紙には、一般的な内装工事で用いられる再湿壁紙(切手のように裏面の糊を湿らせて貼付する壁紙)の一つ、H-8704(東急ハンズ)を用いた。

最初に、水平と垂直方向(マウスボールに接触して直行する2つのローラーの方向)に移動した場合の誤差を評価するために、水平と垂直方向にそれぞれ80cm往復移動した後の、カウント値(ローラーに接続するロータリーエンコーダーのカウント値)の誤差を測定した。10回の測定の平均値と、最大・最小値を図3に示す。いずれの方向も3%程度以下の誤差であった。

次に、斜め方向に移動した場合の誤差を評価するために、15度おきの方向に80cmの移動を行なった場合の誤差を測定した。結果は、図4の「補正前」のグラフで示すように、斜め45度方向ではカウント値が30%近く低下した。これはマウスボールとローラーが、理想的な点接触で

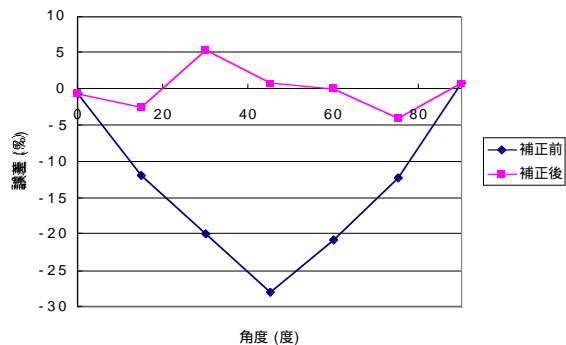


図4. Absolute Mouse の誤差の角度依存性。80cmの距離を移動した場合に生じる、補正前と補正後の誤差を示す。角度は水平を0度とした移動方向。

ないことから生じる、滑りによる誤差と考えられる。そこで、カウント値に対して簡単な補正を行うことにした。角度の正接に比例する係数をカウント値に掛ける補正を行なった結果、最適な比例定数を選択すると、誤差は図4の「補正後」のグラフとなり、誤差を5%以下に押さえることができた。これは、次節以降で述べる応用分野において、許容範囲であると考えられる。

また、本装置の誤差は、原点のバーコードからの移動量と共に累積する。原点のバーコードに戻って移動し直すと、累積誤差は解消する。累積移動量が多く、かつ精度が要求される分野への応用には制約がある。そのような分野では、バーコードを複数の場所に貼りつけ、補正の機会を増やして精度を改善する手法も考えられる。

Absolute Mouseは、従来の実世界指向システムで提案されているアプリケーションを含めた、さまざまな応用分野で利用できる、安価で簡便な位置検出装置といえる。以下では、実際に試作したシステムを含めた応用例を紹介する。

3. Active Book

Active Bookは、ページの一部に貼りつけたバーコードを起点に、Absolute Mouseを動かすことで、紙の上に埋め込まれた計算機情報にアクセスできる本である。図5は試作したActive Bookの例である。絵本のそれぞれのページの隅



図5. Active Bookの試作例。Absolute Mouseでページ左上に貼られたバーコードを読み取った後、絵本の人物の上に移動すると、台詞が音声で再生される。バーコードにはページを特定する情報が記録されている。

(図では左上)に、バーコードが貼られている。Absolute Mouseでバーコードを読み取った後、登場人物の上に移動してボタンをクリックすると、登場人物の台詞が音声で再生される。

ページの一部にIDシンボルを印刷して基準点として、ページの中に計算機情報を埋め込む従来のシステム[2] [3] [4]が、ビデオカメラを用いた画像認識により指示位置を検出しているのに対して、本システムは簡便なAbsolute Mouseを使用している。そこで、ハードウェアや計算量のコストが少なく、装置類の設置の手間と調整が不要である利点がある。

Active Bookのバーコード部分には、HTML形式のファイルの名前が記述されている。使用者がバーコードを走査すると、該当するファイルからクリックマップのタグを読み込み、ページ内の領域の座標と、リンク先の音ファイルの一覧を内部で作成する。HTMLを採用したため、Active Bookのオーサリングには、市販のHTMLエディタを使うことができる。図6に示すように、ページをスキャンした画像の登場人物や物の位置に、音ファイルを貼りつけることでコンテンツが完成する。原点を示す特別な音ファイルも用意されていて、これの貼付でバーコード位置をページ内の任意の場所に指定できる。バーコードや領域のリンク先にURLを使用すれば、音データをインターネット経由で配信した

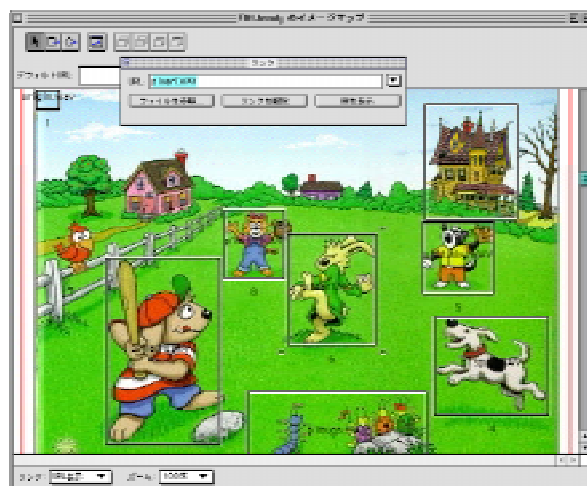


図6. 絵本に音ファイルを割り付けている様子。HTMLのファイル形式(クリックマップ)を利用しているので、市販のHTMLエディタを利用できる。

り、WWWページと連携する応用も可能である。

Absolute Mouseの本へのこのほかの応用例には、本や雑誌の本文やページ余白にバーコードを印刷しておくことで、(1) テレビ番組雑誌に適用して、予約録画を行なったり、赤外線リモコンインタフェース経由でチャンネルを切り替える、(2) 地図帳に適用して、ナビゲーションシステムに目的地や現在地を入力する手段として使う、(3) ビデオテープタイトルやカラオケ曲名のメニューブックに適用して、目的のコンテンツの再生を行なう、(4) 情報提供雑誌に適用して本文記事からリンクした情報を取り出すなどが可能である。(1), (3), (4)については、すべての選択項目にバーコードを埋め込む従来の手法でも実現可能である。しかし、本方式ではバーコードの数を減らすことができるので、人が読むために印刷される本来の情報を損なわないという利点がある。

4. Scroll Browser

Scroll Browser [5] は、Absolute Mouse を使用した簡易型の AR システムである。Absolute Mouse の移動と反対方向に画像をスクロールする小型ディスプレイにより、物の表面に仮想的に貼りつけた大画像の一部を、ディスプレイの窓枠を通して閲覧する感覚を提供する。図7では、壁にバーコード(図8)を貼りつけ、壁の中の配線や柱の様子をのぞき見ている。

実際の応用では、次のような手順が考えられる。まず、壁の工事の際に、壁の中の写真や設計図情報をファイルサーバーに保管する。また、壁上の対応する位置に、データへのポインタを記したバーコードを貼っておく。後日、この壁を再工事する必要が生じたときに、Scroll Browserでバーコードを読み取ると、壁の裏側の情報を閲覧することが可能になる。従来のARシステムと違い、どこの壁でも、バーコードを貼るだけで、拡張現実感を利用した情報の取得が可能になるので、実用性は高いと考える。

このほか、(1) 壁に仮想的に貼った大きな掲示物を閲覧する、(2) 壁の中の宝探しなどのエンターテイメントに応用する、(3) 教材として機械



図7. Absolute Mouse を使った簡易型拡張現実(AR)システム、Scroll Browserの全景。壁のバーコードを読み取った後、Absolute Mouse を壁に当てたまま動かすと、その場所の情報(図では、壁の中の電気配線の様子)が手元のLCDに表示される。



図8. バーコードの一例。アイコンと説明も印刷されている。

内部や人体の臓器を閲覧する、(4) 手押し車型の構成にして床下や地面の下の配管などを閲覧する、などの応用も考えられる。

5. 実世界指向プログラミング

Absolute Mouse は、時間、場所、人間、電話、紙など実世界の事物をプログラミング要素として活用する「実世界指向プログラミング」[6] に利用することもできる。目覚し時計の設定やビデオ予約などは、特定の時間になればある操作を起動するという実世界指向プログラミングの一例であるが、実世界プログラミングによって「駅のそばに行ったら時刻表を表示する」「知人が近くにいることがわかれば要件を伝える」といった新しい応用も可能になる。

GUIのプログラムを作成するときには、テキストのみを用いるよりもビジュアルプログラミング環境が便利である。同様に、実世界の対象を扱う実世界指向プログラミングでは、実世界の事物そのものを使ってプログラムを作成することが適していると考えられる。実世界の事象を計算機のプログラム要素として扱うためには、

なんらかの変換手法が必要になるが、Absolute Mouse を用いることにより、普通のカレンダーや時計を使って日時を指定したり、紙の地図を使用して位置を指定したりすることが簡単にできるようになる。たとえば「駅の近く」という条件をプログラム要素として指定したい場合は、Absolute Mouse を用いて紙の地図上の領域をなぞるだけでよい。

6. そのほかの応用

6.1 紙 GUI

通常の紙片の表面をタブレットのように使うことができるので、紙に印刷された GUI 部品を操作して、機器のコントロールや入力が可能である。たとえば、(1) 紙に印刷されたボタンを選択して機器を制御する、(2) 時計の絵や、紙のカレンダーを使って、時刻や日時を入力する紙メニュー、(3) CDジャケットの曲目一覧を指示して選曲するなどが可能である。(4) Pie Menu の手法を使って、バーコードの読み取り直後の移動で、メニューを選択したり、(5) スライダーを操作してアナログ的なコントロールをすることもできる(図9)。いずれも、バーコードだけを使った紙メニューに比べて、見やすくわかりやすいインタフェースを設計できる。また、アナログ的なコントロール機能が実現できることも特長である。

前述のActive Bookにこの手法を取り入れて、Pie Menu による台詞の言語の選択(たとえば英語、日本語、スペイン語に切り替える)と、ス



図9. バーコードを読み取った後の移動により操作する、Pie Menu (上)とスライダー(下)の例。

ライダーによる音量の調整機能を実現し、ユーザビリティを検証する予定である。

6.2 Active Surface

Absolute Mouse により、紙以外に、任意の平面がペンタブレットのように利用できる。そこで、事務機全体をタブレットとして使い、メモ書きをしたり、透明シート(デスクマット)の下に置いた紙片をメニューの項目に使ったり、倉庫に積み上げられた段ボール箱、本のページ、壁などに、仮想的なメモ書きを行なう利用が可能である。流通システムで管理されている貨物(段ボール箱)には、識別用のバーコードが貼付されているので、これを基準点として利用できる。現実のペンによる物へのメモ書きに比べて、デジタル情報として遠隔地から共有できること、物の表面を汚さないことなどの利点がある。

また、紙などの静的な平面に、リンクや動的な情報を埋め込むことが可能になる。たとえば、WWWページのハードコピーを本装置で指示して、情報閲覧するシステムが考えられる。WWWページのハードコピーのアンカー部分に、バーコードを使ってURLを埋め込むシステムはすでに提案されているが[7]、Absolute Mouse ではハードコピーの隅に1個のバーコードを埋め込むだけで、複数のアンカーポイントを利用できる。前述のActive Bookでは、リンク情報をHTML形式で管理しているが、これは、クリッカブルマップページのハードコピーと考えることもできる。

6.3 オーサリング機能

実世界インタフェースで使用するデータの作成には手間がかかるのが普通であるが、実世界プログラミングの簡単な例としてオーサリング機能を Absolute Mouse で提供することによりこのような手間が軽減される。

たとえば、Active Book のように本や紙の上に音声メモを付けたい場合には、音をつける領域を Absolute Mouse でなぞって指定してから音声を吹き込むことにすればよい。写真アルバムに情報を貼りたい場合はアルバムに貼られた写真の一枚や、写真に写っている人物などを Ab-

solute Mouseで指し示しながら、アルバムを見ている人々の会話などを録音すればよい。

また、本装置の移動をタイムスタンプ付で記録すれば、たとえば Absolute Mouse の動きで道順説明するアニメーションのオーサリングにも利用できる。

6. 評価と課題

本研究で試作した Active Book と Scroll Browser システムは、いくつかの研究会の場でデモンストレーションを行った。特に Scroll Browser は、AMCP '98 に併設された Dynamic Media Contest (DMC) [8] に出品し、三日間にわたってのべ 374 名の見学者にデモを行った。

Active Book では、B5 変形サイズのページの中に、一辺が 3cm 以上のクリッカブル領域を設定した。一方、Scroll Browser では、90cm 四方の壁の中の配線を閲覧するデモを用意した。Absolute Mouse はいずれの用途でも十分な精度を持っていたので、安価なデバイスにも関わらず快適な操作が実現できていることが評価された。

一方、ペン型マウスの平面に対する角度の許容範囲が狭かったため、ペン型マウスに慣れていない使用者は、特に垂直の平面を対象にした Scroll Browser システムにおいて、角度を一定に保てずスクロールに失敗することがあった。接地角度が保たれるような形状（たとえば 3 点以上で接地する箱形）の検討が必要である。

本装置では、マウスの傾きを計測していないので、正しい座標値を得るためには、マウスをまっすぐに持つ（マウスの水平・垂直軸を本や壁の水平・垂直軸に合わせる）必要がある。しかし、このことを操作上の注意として説明することで、試用したほとんどの見学者は、問題なく操作することができた。

長時間操作しているうちに、スクロール動作が不安定になる現象が現れた。マウスボールを取り外して水洗いすると、すぐに正常に戻った。これも、大きな平面を対象とする Scroll Browser のデモで顕著であった。壁紙を対象にした場合の、Absolute Mouse のカウント値の変化を図 10 に示す。これによると 5m 程度の移動でマウス

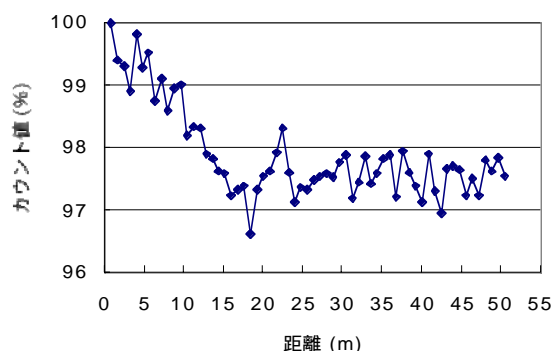


図10. 移動距離に対するマウスカウント値の変化。

ボールがスリップしはじめる様子が見える。壁紙表面の汚れ（壁紙の繊維または糊と思われる）をマウスボールが巻き込んで、内部のローラーとの接触が不良になる事が原因と考えている。本や書類のような清浄な平面でなく、壁や床を対象にして本装置を実用化する場合には、汚れにくいボール素材、光学センサーなどによりローラーを使用しない回転検出機構、クリーニング機構などを検討する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)「新規産業創造型提案公募事業」の支援を受けた。

参考文献

1. AIMEX Corporation: <http://aimex.co.jp/>.
2. Usuda, H., and Miyazaki, M.: The multimedia interface using "paper": Ultra Magic key, Proceedings of Asia Pacific Computer Human Interaction 1998 (APCHI'98), pp. 393-397, IEEE Computer Society Press, 1998.
3. Rekimoto, J.: Pick-and-Drop: A direct manipulation technique for multiple computer environments, Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'97), pp. 31-39, ACM Press, 1997.
4. 小林元樹, 小池英樹: 電子情報の表示と操作を実現する机型実世界指向インタフェース「EnhancedDesk」, インタラクティブシステムとソフトウェアV (日本ソフトウェア科学会 WISS '97), pp. 167-174, 近代科学社, 1997.
5. 椎尾一郎: Scroll Browser: 簡易型拡張現実システム, 情報処理学会研究会報告 99-HI-82, 1999.1.29, pp. 17-22.
6. 増井俊之: 実世界指向プログラミング, 第40回プログラミングシンポジウム報告集, pp. 19-25, 1999.
7. 脇田敏裕, 長屋隆之, 寺嶋立太: 二次元コードを用いたWWWと紙メディアとの融合の試み, 情報処理学会研究会報告 98-HI-76, pp. 1-6, 1998.
8. <http://www-nishio.ise.eng.osaka-u.ac.jp/AMCP/>.