

実影提示を選択可能な影ポインティングシステム

Development of Shadow Based Pointing System which can Turn on and off Shadows

土江田 織枝* 林 裕樹* 山田 昌尚* 宮尾 秀俊†

Orië Doeda Hiroki Hayashi Masanao Yamada Hidetoshi Miyao

1. はじめに

プロジェクタでパソコン画面をスクリーンなどに投影して使用している際に、マウス操作を行うときには、スクリーンへの指示動作を一旦止めて、操作を行わなければならない。このような環境では、説明に中断が生じてしまうため、視聴者にとってもわかりにくくなってしまふ。そこで我々は、スクリーン上で、ユーザが指を動かすだけで主なマウス操作が行えるポインティングシステム（以後、システム I と呼ぶ）の開発を行った[1]。システム I では、赤外線投光器から発光された赤外線を、ユーザの指先に装着した再帰性反射シートで反射させ、その反射光の個数や状態維持時間の情報を使うことでマウスの左ボタンを用いたポインティング操作を実現した。ユーザは人差し指と中指の指先に反射シートで作成した指サックを装着するだけで、スクリーン前での直観的なポインティング操作が可能となった。しかし、指サックの位置にマウスのカーソル（以後、単にカーソルと呼ぶ）の位置が合っているので、ユーザの手が届く程度の比較的小規模なスクリーンでの使用に限定される点や、使用中にはユーザの居場所がスクリーン付近に限定されるなどの制約があった。

そこで、大型のスクリーンでも使用可能で、ユーザがある程度、自由に移動しながら操作ができる、スクリーン上のユーザの影を使ったポインティングシステム(図 1)の開発を行った[2](以後、影ポインティングシステムと呼ぶ)。

大画面のスクリーンへ指示動作を行う関連研究では、Kinect センサーを利用して身体の一部を起点・操作点として検出しそれらをポインティング位置として使用した Remote Touch Pointing[3]などが研究されている。また、光によって現れるユーザの影を利用した直観的なインタフェースとしては、ユーザの仮想の影を大画面の壁面ディスプレイ上に重畳表示し、ユーザはその影を用いて直感的なインタラクションを行えるインタフェース[4]や、影を模したシルエットを利用した遠隔インタフェース PALMbit-S[5]が発表されている。また、影のメタファを利用したポインティング動作なども提案されている[6]。著者らが開発した影ポインティングシステムでは、スクリーン上の実影を使用した。システムの使用環境の制限をできるだけ軽減するために、影の指先部分にカーソルを合わせる方法としては、カメラなどを用いた方法ではなく、可視光は透過し赤外線は反射する性質のダイクロイックミラーを用いて、プロジェクタと Wii リモコンのレンズの光軸を合わせる手法を採用した(図 2)。また、システムの使用やすさを考慮し、赤外線を発光する投光器の使用を止め、ユーザの指先

に赤外線を発光するデバイスを装着するようにした[7]。

ユーザはスクリーン上の影を使って投影内容の指示を行いたい部分を指し示し、その状態を保ちながらマウス操作も行える、直観的で直接的なポインティングシステムが構築できた。しかし、システムを使用中にはユーザの腕などの影もスクリーン上に映ってしまうため、その影がスクリーン上の情報を遮蔽してしまう。スクリーン上の手の影が大きい程、カーソル移動やスクリーンの上部を指し示す時には、ユーザは動作において、ユーザ負担が少なくなるため、ユーザは、スクリーン上の影を大きくして使用する傾向が強い。しかし、影が大きくなると隠れてしまう情報の範囲も大きくなるので、システムを操作中のユーザだけではなく、スクリーンを見て説明を聞いている視聴者にとっても、スクリーン上の影は邪魔に感じる。このように、影ポインティングシステムでは、指示位置を示す部分以外の影の存在が使用中の課題となっていた。

そこで本研究では、影ポインティングシステムを操作する際にスクリーン上の影の遮蔽範囲を指定できるシステムを提案する。ユーザも視聴者もスクリーン上のカーソルを目視できる状況であり、指示動作の際も影が必要なければスクリーン上の影は全て消去してポインティング操作を行うことができる。指示動作の際に指先の影が必要などときには指先の周辺だけは影が映り、その他の部分の影は消去するように、ユーザがスクリーン上の影の映り方を選択して使用できるシステムとした。従来の操作中のユーザの影が全てスクリーン上に映るシステムと、影のない状態を選択できる提案システムとで、指示動作の正確性について評価実験を行った。



図 1 影システムを使用している様子

* 釧路工業高等専門学校, National Institute of Technology, Kushiro College

† 信州大学工学部, Faculty of Engineering, Shinshu University

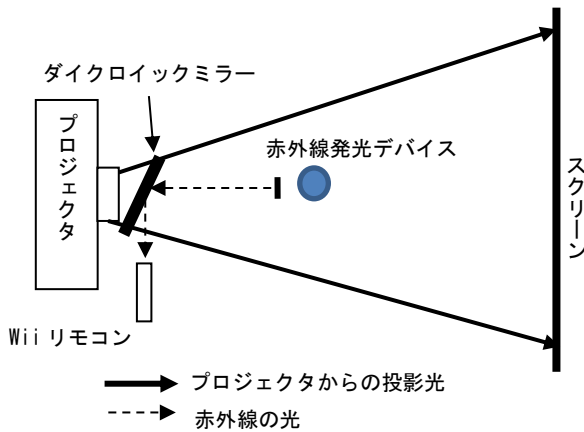


図2 影ポインティングシステムの構成

2. 影ポインティングシステムの問題点

影ポインティングシステムの使いやすさの問題点として以下の二点が挙げられる。一つ目は前章で述べたように、影ポインティングシステムは、スクリーン上のユーザの指先の影の位置にカーソルを合わせているので、聴衆はスクリーン上のユーザの手の影を見るだけで、ユーザが指し示したい位置がわかる。一方で、ユーザが操作に用いる赤外線発光デバイスはプロジェクタとスクリーンの間にあるので、操作中には手や身体でプロジェクタからの投影像を遮ることがありスクリーン上の情報を遮蔽してしまう（図3）。本システムではユーザは自由に移動しながら操作を行うことができるので、場所を移動して操作を行うと影の大きさも変化する。影が大きくなるほど遮蔽される情報の範囲も大きくなる。スクリーン上の情報は指示動作を行っている最中でも、影で隠れて見えない範囲が小さければ小さいほど良く、影での遮蔽の部分は視聴者にとってもユーザにとっても邪魔に感じる。

次に二つ目の問題点としては、システムを操作中にカーソルが見えない状態になることが挙げられる。影ポインティングシステムでは指先に装着している赤外線発光デバイスの位置にカーソルの位置を合わせているため、指先の位置にカーソルがきちりと合っているときには、指先の影でカーソルが見えなくなることがある。通常、マウスを使用してカーソル操作を行うときには、カーソルを目で追いながらマウスを動かし、カーソルの指示している位置を確認して、ポインティング操作を行っている。そのため、カーソルが見えない状態でカーソルを使った操作を行うことは、影を用いたカーソルの操作に慣れていても違和感がある。また、以前、筆者らが行った影ポインティングシステムの指示位置の精度評価[8]の結果から、スクリーンの場所によっては、カーソルの位置と指先の影の位置に約4cm程度のずれが生じることがわかっている。指先の影の外側にずれるときにはカーソルを見ながらポインティング操作を行えるが、影の内側にずれたときにはカーソルは影で隠れてしまう。スクリーン上の細かい部分を指示したいときは、カーソルが見えた方が正確な操作を行うことができる。

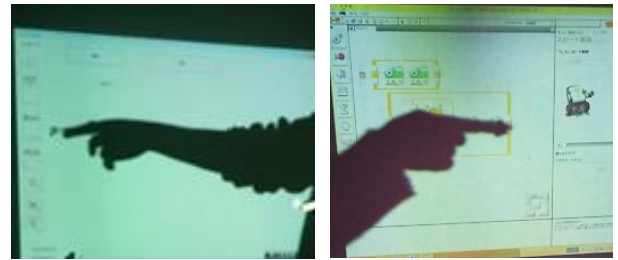


図3 影による情報の遮蔽

3. 提案システムの原理と仕様

提案システムについて原理と仕様について述べる。

3.1 提案システムの原理

提案システムでは、プロジェクタを2台使用する。一台目のプロジェクタ（プロジェクタ1）はパソコン画面の投影に用い、スクリーン前近くに設置する。スクリーンとプロジェクタ1との間のスペースには他には何も設置はせず、またユーザもその場所に立ってシステムを操作することはない。そのため、そのスペースはなるべく狭い方が使用上も都合が良いので、スクリーンから近距離でも投影が可能な単焦点投影の機能を備えたプロジェクタを使用することとした。

二台目のプロジェクタ（プロジェクタ2）の投影画面は、プロジェクタ1の投影画面に重畳するように黒色の画面をスクリーン上に投影させる。黒色の画面をプロジェクタ1の投影画面に重畳して投影してもプロジェクタ1からの投影画面に変化は及ぼさない。プロジェクタ2からの投影画面は、スクリーン上にユーザの影を全く映さないでポインティング操作を行う場合には、黒色のみの画面を投影する。ユーザの指先部分の影を指示表示として使用したいときには、黒色の画面上にカーソルの位置付近の指先部分だけを白色にすることで、そこに指先の影を映すことができるようにする。

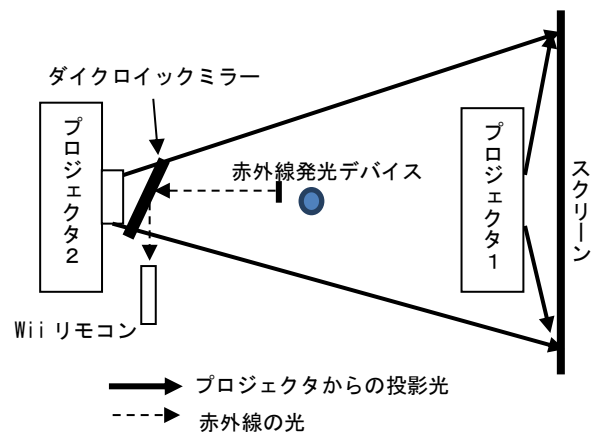


図4 提案システムの構成

本システムでは、デスクトップ画面を表示するプロジェクタ 1 と影を作るためのプロジェクタ 2 は同じ 1 台のパソコンに接続し、両者の表示内容を制御する。

ユーザはプロジェクタ 2 の前方で操作を行うが、プロジェクタ 2 はパソコンの画面を投影していないため、ユーザがプロジェクタ 2 の前のどの位置にいてもスクリーン画面にはユーザの影は一切映らず、システム操作の際もユーザの影が映ることを気にする必要はなくなる。提案システムの構成を図 4 に示す。

3.2 仕様

提案システムのプログラムを実行した直後に図 5 の画面が表示される。同時にプロジェクタ 2 からスクリーン面に黒色の画面が投影される。図 5 の入力画面より、キャリブレーションに必要なスクリーン画面の左右上下の四つ角の座標の入力を行う。指の影でスクリーンの四つ角を順番に従って指示し図 5(a)の入力ボタンを選択することで各座標の入力を行う。四つ角の指示動作はスクリーン上の影を使って行えるので比較的簡単に座標の入力作業を行うことができる。システム起動時に、スクリーン面に指先の影を映すモードにするときには図 5(b)のボタンを選択する。図 5(b)ボタンを選択しなければスクリーン上にはユーザの影は一切映らないモードとなる。図 5(b)ボタンの選択は、キャリブレーション処理の前後のどちらでも可能である。システムを起動後は通常のマウスは使用できなくなる。

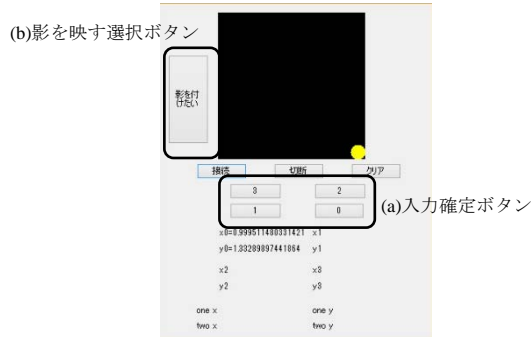


図 5 キャリブレーション座標の入力画面

3.3 システムの動作

システムの動作例を図 6 に示す。図 6(a)は従来の影システムを操作中の様子で、スクリーン画面にはユーザの手の影が映っている。図 6(b)は、スクリーン画面には影は一切映らないモード時の様子で、ユーザは図 6(a)と同じ位置からポインティング操作を行っているが、スクリーン画面にはユーザの影は一切映っていないことがわかる。図 6(c)は、カーソルの部分のみに指の影を映すモード時の様子を示す。画面中央部分の白い半円のような形の部分に指先の影が映

っている。図 6(d)は図 6(c)のスクリーン画面を拡大したものである。影を映す部分は白色で形状は円形としている。



(a) 従来のシステム



(b) 影を全て消去した時の様子



(c) カーソルの部分にだけ影を映した時の様子



(d) (c)のスクリーン画面の拡大

図 6 システムを操作中のスクリーン画面

4. 指示動作についての評価

ポインティング操作の際にスクリーン上に影が映る従来のシステムと、影が映らない提案システムについて、指示動作の正確性や特徴を比較するために評価実験を行った。

4.1 評価内容

実験では、床から約 114cm 縦約 137cm 横約 235cm の大きさで白い壁面をスクリーンとして評価画面を投影して行った。スクリーン面からプロジェクタ 1 は約 75cm、プロジェクタ 2 は約 380cm の場所に設置した。プロジェクタ 1 は EPSON 社の EB-485WT を使用し、プロジェクタ 2 は NEC 社の VT440K を使用した。評価実験は、スクリーン上に円の形のポイント点を一つ表示し、そのポイント点上にカーソルを合わせてクリック動作を行う。ポイント点はクリック直後に自動的に別の場所に移動する。評価の正確性を保つために、次のポイント点は常に違う位置に表示するようにし、被験者がポイント点の位置を推測することはできないようにした。ポイント点の大きさは、直径 1.5cm、直径 3.5cm、直径 6.5cm の 3 種類を選択できるようにした。

評価実験は、3種類の大きさのポイント点について各80回行った。実験中はユーザの指に装着した発光デバイスからの赤外線を正しく評価するために、実験室の窓のブラインドを閉め、室内灯は消して行った。ユーザはプロジェクタ2から65cmから80cm程度の場所で操作を行った。

4.2 評価結果と考察

ポイント点から次のポイント点へのカーソルの移動速度と、クリック動作時のポイント点からのずれの関係について、従来の影ポインティングシステムの評価結果を図7に、提案システムの評価結果を図8に示す。図中のpoint5はポイント点の大きさが直径1.5cmを表し、point10は直径3.5cm、point20は直径6.5cmを表している。評価中にクリック動作を誤って検知したと思われる50pixel以上のずれの点については省略した。

図7, 8より、ポイント点の大きさに関わらず提案システムでは目標点からのずれは25pixel以内に収まっているのに対して、従来システムでは50pixel付近にも多く分布している。提案システムでは従来システムと比較して、大幅にポイント点からのずれが小さくなったことがわかる。提案システムはスクリーン上に影がないので、ユーザはカーソルを見ながらカーソルの位置にポイント点を正確に合わせる事ができる。特に目標点の大きさが一番小さいpoint5(直径約1.5cm)では、従来システムではカーソルの移動速度が遅い状態でもポイント点からずれが大きいが、提案システムではカーソルの移動速度が速くてもポイント点からのずれは小さいので、速く正確にクリック操作が行われている。また、目標点がpoint10(直径約3.5cm)のときにおいても提案システムでは素早く正確にクリック操作が行われている。point20(直径6.5cm)の目標点では、従来システムにおいてもカーソルを速く移動させても比較的ずれが小さい。指先の影の位置とカーソルの位置の最大のずれが約4cm程度[8]で、point20のポイント点の大きさの方が大きいためカーソルが影に隠れていてもポイント点を正しく指示することができるためと考えられる。

5. おわりに

本研究では、スクリーン上の手の影の動きでマウス操作が行える影ポインティングシステムの難点となっていた、操作中のユーザの手や腕などの影によるスクリーン画面上の情報を遮蔽してしまう問題に対して、不必要な影を削除できるシステムの提案・試作を行った。影ポインティングシステムでは、情報の遮蔽の問題の他に、指先の影によってカーソルが隠れてしまうことで正確なカーソルによる指示動作の妨げになる点が大きな課題であったが、影を消去することで正しく指示動作が行えるようになった。提案システムには、スクリーン上のカーソルが目視できない状態のときに、カーソル付近のごく一部にユーザの指先の影を投影できる仕様も実装している。しかし、ユーザの指の角度によっては影の映り方に違いが生じるなどの問題もある。今後は、カーソルを隠さないような指先部分のみの影の投影について、使いやすさの面からも改良を進める予定である。

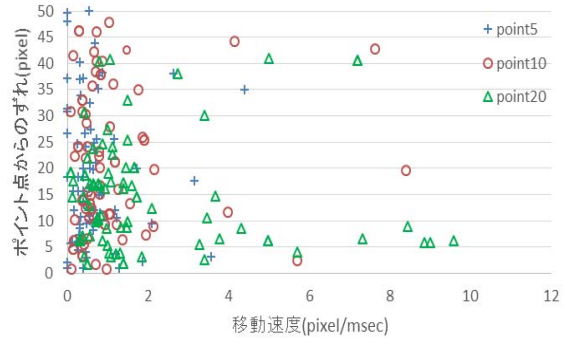


図7 従来の影ポインティングシステムの評価結果

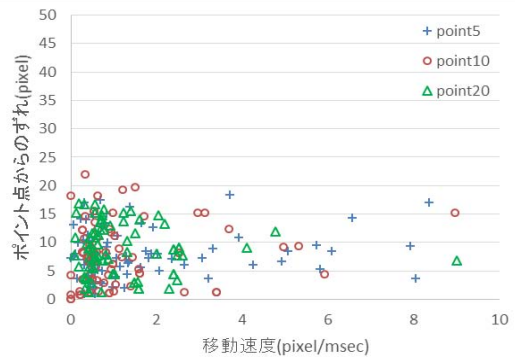


図8 提案システムの評価結果

謝辞

本研究の一部は、科学研究費基盤研究(C)(No.25330250)の援助による。

参考文献

- [1] 土江田織枝, 宮尾秀俊, “IR 反射光を用いたポインティングデバイスの開発”, FIT2010, 第3分冊, pp.105-110 (2010)
- [2] 土江田織枝, 財原ちひろ, 林裕樹, 宮尾秀俊: “影を利用したポインティングシステムの開発”, FIT2012, 第3分冊, pp.85-90(2012)
- [3] 渡辺啓太, 中道上, 山田俊哉, 尾関孝史, “大画面を利用した講義における直感的なポインティング手法の提案と評価”, 情報処理学会インタラクシオン 2014, pp. 326-331 (2014).
- [4] Shoemaker, G., Tang, A., and Booth K.S., “Shadow reaching: a new perspective on interaction for large wall displays.”, Proceedings of ACM UIST, pp.53-56(2007).
- [5] 山本豪志朗, 徐会川, 佐藤宏介, “Palmbit-silhouette: 掌シルエットに重畳表示による分散大型ディスプレイへのアクセス”, 映像情報メディア学会論文誌, Vol.62, No12, pp.1988-1996(2008)
- [6] 築谷番之, ガースシューメイカー, ケログ S.ブース他 4名, “大画面壁面ディスプレイ上での影のメタファを利用したポインティング動作におけるフィッツの法則”, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No4, pp.1495-1503(2011)
- [7] 土江田織枝, 椎名穂乃華, 林裕樹, 宮尾秀俊, “指輪型発光デバイスによる影ポインティングシステムの操作性の改善”, 教育システム情報学会第39回全国大会, 論文集, pp.147-148(2014)
- [8] 土江田織枝, 財原ちひろ, 林裕樹, 宮尾秀俊, “プロジェクタ画像の影によるポインティングシステム”, 釧路工業高等専門学校紀要第48号, pp.39-46(2015)