

注目点や指示位置の明示機能を備えたポインティングシステムの開発

Development of a pointing system with function of indicating a remarkable point

土江田 織枝* 堀口 怜也† 林 裕樹* 山田 昌尚* 宮尾 秀俊*
 Orie Doeda Reiya Horiguchi Hiroki Hayashi Masanao Yamada Hidetoshi Miyao

1. はじめに

パソコン画面をスクリーンに投影して講義に使用する際、ユーザはレーザーポインタや指示棒などで、スクリーン上の情報を指示して説明することが多い。しかし、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なければならないため、指示位置がわからなくなるなどの問題があった。筆者らは、スクリーンから離れた位置からも操作が可能で、指示動作をしながら指を動かすだけで、主なマウス操作が行えるポインティングシステムの開発を行っている。スクリーン上の手の影の指先部分にカーソルの位置をあわせて、マウスのポインティング操作を実現したシステム（以後、影ポインティングシステム）[1]は、指示動作を行いながらマウス操作へと続けて行える、直感的で直接的なシステムとなっている。また、影を使うことで、指示位置も明確となり、大型のスクリーンでも使用できるが、操作に不必要な影による情報の遮蔽（図 1）が、このシステムの使い難さの大きな原因となっていた。また、影は指示位置の精度を低下させた[2]。そこで、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影重畳システムの開発を行った[3]。影重畳システムでは、影による情報の遮蔽は軽減できたが、スクリーンから離れたところでは、ユーザの指示位置が見えにくいなどの不都合が生じた。

そこで本研究では、影重畳システムの問題点を解決するとともに、スクリーン上の情報の注目点を強調させるスタンプ機能や、スクリーン上の情報に自由に手描きができる機能を備えたシステムの開発を行った。スクリーン面への手描きを行えるシステムは電子黒板やプロジェクタでは既に存在するが、それらのシステムはスクリーン面が感圧式のタッチパネルを使用しているものや、特殊なペンを使用して、そのペン先がスクリーン面に触れることで書くことが可能となっている。本提案システムは、通常のスクリーンで使用でき、スクリーンから離れた場所からでも手描きを行うことができる。



図 1 影による情報の遮蔽

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

† 株式会社ラクーン, RACCOON CO., LTD.

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

2. 従来システムの概要と問題点

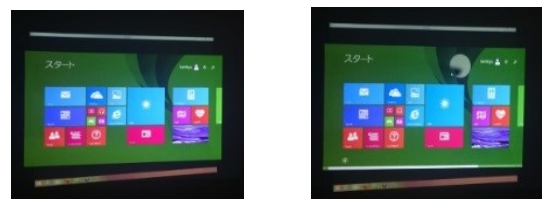
スクリーン上の影の提示を選択可能にした影重畳システムについて、主な特徴と問題点について説明する。影重畳システムでは、パソコン画面をスクリーンへ投影するプロジェクタ 1 と、その投影画面に指先周辺のみを投影するために用いるプロジェクタ 2 の 2 台を使用する。スクリーン上にユーザの影を全く映さないでポインティング操作を行う場合（図 2(a)）には、プロジェクタ 2 からは黒色のみの画面を投影し、スクリーンの画面に重畳する。ユーザの指先部分の影を映したい（図 2(b)）ときには、プロジェクタ 2 からは、黒色の画面上に指先の部分の影を映すための白色の丸形がある画面をスクリーン画面に重畳投影する。

影の指先部分にカーソルを合わせる方法は、カメラを用いずに、ダイクロイックミラーを用いて、プロジェクタのレンズと、赤外線感知のために使用する Wii リモコンのレンズの光軸を合わせる手法により実現した。ユーザは人差し指と中指に、筆者らが作製した赤外線を発光する指輪型のデバイス[4]を装着して操作を行う。Wii リモコンで感知した赤外線の情報 Bluetooth によってパソコンに伝送する。マウス操作は、赤外線の数や停止の時間情報などを使って実現した。

影重畳システムでは、スクリーン画面上の情報を影が遮蔽する問題を解決し、指示位置の精度を上げることができた。また、カーソル付近のごく一部に、ユーザの指先の影を投影することで、カーソルを目視できないスクリーンから離れた場所の視聴者にも、カーソルの位置がわかるような仕様も実装したが、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った。また、プロジェクタを 2 台使用するため、システムが大掛かりになり、設置にはある程度のスペースが必要であった。

3. 提案システムの構成

影重畳システムの問題を改善した、提案システム（以後、F2015 と呼ぶ）の開発を行った。システムの構成を図 3 に示す。F2015 では、短焦点のプロジェクタをスクリーン前に設置する（図 4 の 1）。キャリブレーションのために使



(a) 影を消去した時

(b) カーソルの部分に影を映した時

図 2 影重畳システムを使用中のスクリーンの様子

用する Web カメラは、ノートパソコンに搭載されたカメラを使った。Web カメラはパソコンのディスプレイの上部にあるが、そのすぐ上に Wii リモコンを設置 (図 4 の 3) する。ユーザは影重量システムにも使用した赤外線を発光する指輪型のデバイスを、人差し指と中指に装着して操作を行う (図 4 の 2)。Wii リモコンの制御にはフリーソフトとして公開されている WiimoteLib[5][6][7]を使用した。パソコンは、DELL 社のノートパソコンで、CPU は Intel(R) Core(TM) i5-3230(2.6GHz) メモリは 4.00GB である。プロジェクタは EPSON 製の EB-485WT を使った。

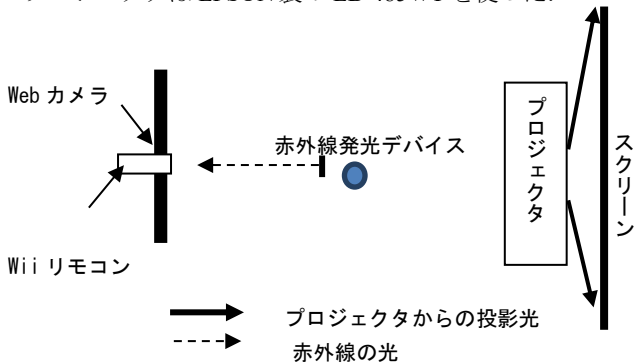


図 3 提案システムの構成



図 4 システムを操作中の様子

4. 自動キャリブレーション

Wii リモコンとスクリーンの座標を一致させるために、キャリブレーションを行う。通常はスクリーンの 4 隅を何らかの方法で指示することでそれらの座標の値を取得するが、F2015 は AR マーカーを使用して自動で 4 隅の座標の値の取得を行うこととした。AR マーカーの認識には NyARToolkit ライブラリを使用した[8]。

F2015 を起動するとパソコン画面には図 5 の設定ウィンドウが表示される。設定ウィンドウはマウスを使って選択を行う。キャリブレーションは、設定ウィンドウのキャリブレーションの設定画面から、AR マーカーをスクリーン上に投影するためのディスプレイの選択を行い、開始ボタンを押すと図 6 の左図のような AR マーカーがスクリーン面に投影される。AR マーカーが投影されている範囲がスクリーン上の使用できる範囲となる。スクリーン上の AR マーカーを Web カメラが認識した時には、図 6 の右図のように AR マーカー上に立方体が表示される。ユーザはこの立方体を確認した後に、設定ウィンドウの終了ボタンを押すと、スクリーンに投影されている AR マーカーの白い外枠の 4 隅の座標が自動的に取得され、同時にキャリブレーションの処理が行われる。次に設定ウィンドウを描画設定ウィンドウ

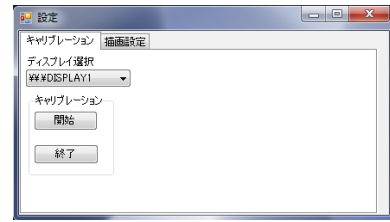


図 5 キャリブレーションの設定ウィンドウ

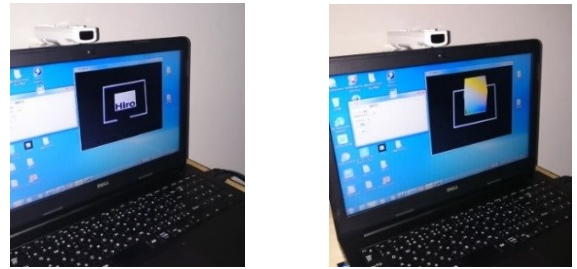


図 6 キャリブレーション処理中のパソコンの画面 (パソコン画面右側はパソコン内蔵の Web カメラで撮ったスクリーン面の画像を表示している)



図 7 描画設定のウィンドウ

(図 7) に切り替えて接続ボタンを押すと、システムと Wii リモコンが接続され赤外線による操作が可能になる。

5. システムの仕様

F2015 は、スクリーン上にユーザの影を映さないで、ユーザの指し示す箇所を目視できない。そこで、指示位置を明確にしながらマウス操作を行えるマウスモードと、スクリーン上に自由に描画できる描画モードを実装した。ユーザの使用目的により、マウスモードと描画モードを切り替えることでそれぞれの操作を行う。モードの切り替えボタンはシステムを動作中は常に、スクリーンの左側上部に表示している。モードの切り替えは、マウスの他に、ユーザの指に装着している赤外線を発光するデバイスを使って行うこともできる。

5.1 マウスモード

マウスモードは画面に表示されているウィンドウに対して、ユーザの指先の動きだけでマウスのクリック・ダブルクリックの操作が行える。マウス移動はどちらのモードでも行える。マウス操作は、ユーザの人差し指と中指の指先に装着したデバイスから発光した赤外線を、Wii リモコンが感知した数や、感知してからの赤外線の停止時間を使って実現した。

マウス操作の具体的な動作について説明する。カーソルの移動は、指を 1 本の状態でスクリーン上を移動させる。

クリック動作は、指を 1 本の状態でカーソルを移動し、クリックしたい位置で指を 2 本の状態にすることでクリックが実行される。ダブルクリック動作については、目的の位置にカーソルを移動してから、2 本の指を 2 秒間停止させることでダブルクリックの動作となる。マウスモードでは、カーソルを図 8 のように丸印で囲む。そのため、スクリーンから離れた場所からでもカーソルの位置がわかるので、視聴者もユーザも、指示したい部分を目視することができる。また、カーソルを囲んでいる丸印の内側の部分は透明であるため、ユーザはカーソルの位置を確認しながらマウス操作を行うことができる。

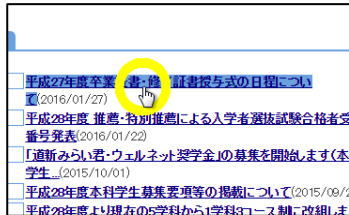


図 8 マウスモードでシステムを操作中の様子

5.2 描画モード

描画モードは、ユーザが視聴者に注目してもらいたい情報の部分に、スタンプ (印) を付けることや、フリーハンドで線や文字を書くことを目的としている。スタンプと線の機能の切り替えは、スクリーン上のモード切り替えボタンから選択する。更に、図 7 の描画設定ウィンドウからは、それぞれの機能についての色や大きさの選択を行う。実際に描画モードを使用してスタンプや線を描画した様子を図 9 に示す。描画モードでは、カーソルの位置に図 9 の 1 のように、塗りつぶしの丸印が表示される。スタンプ機能を選択している場合は、スタンプを置きたい位置までカーソルを移動し、指を 2 本にするとスタンプを置くことができる(図 9 の 2)。線を描画したいときには、線の描画機能を選択し、線の始点の位置で指を 2 本にし、そのままの状態での線の終点の位置まで指を移動させ、終点の位置で指を 1 本にすると描画は終了する。図 9 の 3 が線の描画機能を使用して注目して欲しい箇所を線で囲った状態である。描画モードでは、動作を一つ戻すことや、描画状態を全て消去することもできる。描画モードの実装は、表示されているウィンドウの前面に透明なウィンドウを用意し、そのウィンドウに対して描画操作を行うことで、表示されているウィンドウへの描画を実現した。



図 9 描画モードでシステムを操作中の様子

6. システムの使いやすさに関する評価結果

システムの評価について、マウス操作に関しては F2015 と影重畳システムを比較した評価実験を行った。また、

F2015 については、被験者にユーザと視聴者の両方の立場になってもらい、描画モード機能についての評価を行った。

6.1 評価環境

評価は影重畳システムを操作した後に F2015 を操作し比較を行った。実験は窓のブラインドは閉め、室内灯は消した状態で、投影画面の大きさは縦 112cm 横 150cm、Wii リモコンからスクリーンまでの距離は 300cm とし、被験者はスクリーンから 250cm 程の位置で操作した。被験者は 20 歳から 55 歳までの 15 名とした。システムの操作についての評価実験では、まず、システムについての説明を行った後、実際に 5 分程度操作して使い方に慣れてもらい、その後、それぞれのシステムについて、カーソルの移動、クリック、ダブルクリックなどのマウス操作を実行してもらった。また、F2015 については、描画モードの「スタンプ」や「線の描画」を使ったときの操作のしやすさの他に、被験者が視聴者の立場としたときの F2015 の評価も行った。評価の基準は、1.非常に使いやすい (非常にわかりやすい) 2.使いやすい (わかりやすい) 3.普通 4.使い難い (わかり難い) 5.非常に使い難い (非常にわかり難い) の 5 段階とした。

6.2 結果と考察

図 10 から図 14 に、システムの操作についての評価結果を示す。マウス操作を行ったときのシステムの使いやすさについての評価結果として、F2015 について (図 10) は、実装した操作「カーソルの移動」「クリック」「ダブルクリック」の全てについて「普通」以上の評価が得られた。特にカーソル移動ではユーザの指の動きがそのままカーソルの動きとなっているので、直感的に実行できることも高い評価となったと考えられる。また、被験者からは、カーソルに印が付いている(図 8)ので、使用中にはカーソルの位置が確認しやすいとのコメントが得られた。クリック動作については、カーソル記号を見ながらクリック動作ができるので正確に指示できるとの意見もあった。次に、影重畳システムで指先の部分に影を表示させてマウス操作を行ったときの評価結果 (図 11) は、カーソル移動については全ての回答が「普通」以上であるが、クリックやダブルクリックでは、「普通」以下の評価のみとなった。この理由については、影が薄く見え難い点と、影を映すための白い背景が操作の邪魔に感じるとのことであった。影重畳システムで影を全く映さない状態での評価結果 (図 12) では、「普通」以上の評価が、カーソル移動では 80%、クリックやダブルクリックでは共に 67%であった。被験者からは、スクリーンから視線を逸らした後にカーソルを見つけるのには若干時間がかかった。また、スクリーン面の色によってはカーソルが見え難くなるため操作に支障が生じたとの意見が聞かれた。

次に F2015 の描画モードの機能の操作についての評価結果 (図 13) については、スタンプ機能では、被験者全員が「普通」との回答となった。また「線の描画」については「普通」が 47%で、「使い難い」が 33%、「とても使い難い」が 20%となった。「とても使い難い」と感じた理由については、線を真っ直ぐに引くことが意外と難しいと感じたとのコメントが多かった。次に、被験者を視聴者として、F2015 を使用して模擬的な説明を受けながらシステムのわ

かりやすさについて評価した結果(図14)では、スタンプ機能は、「とてもわかりやすい」との回答が53%、「わかりやすい」が40%、「普通」が7%となり、注目する箇所が明確になるためわかりやすいとの意見があった。線の描画の機能については、「とてもわかりやすい」が33%、「わかりやすい」が47%、「普通」が20%となり、手描きの操作が指示動作のまま行えるところが良かったなどの意見が得られた。

7. おわりに

スクリーンから離れたところからポインティング操作可能で指示位置や注目点を明示可能とし、手描きができるポインティングシステムの開発を行った。カーソルを印で囲むことでユーザの指示している部分を明確にし、また、スクリーン面の情報の注目点には専用のスタンプを付けることが可能で線の描画も行えるシステムとした。それらの機能について、評価実験の結果から、マウスの操作については影重畳システムと比較しても使いやすいとの回答が得られた。また、カーソルの印やスタンプ機能については、操作にはほぼ問題ないと思われる。しかし、線を描画する機能については改善が必要であることがわかった。今後はより使いやすいシステムへと改良を進める予定である。

謝辞

本研究は科学研究費基盤研究(C)(No.25330250)の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 土江田織枝, 財原ちひろ, 林裕樹, 宮尾秀俊, “プロジェクト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).
- [3] 土江田織枝, 林裕樹, 山田昌尚, 宮尾秀俊, “実影提示を選択可能な影ポインティングシステム”, FIT2015, 第3分冊, pp.85-90(2015).
- [4] 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).
- [5] Brian Peek, “BrianPeek.com”, <http://www.brianpeek.com/>, (accessed 2016-03-03).
- [6] CodePlex, “CodePlex”, “Project Hosting for Open Source Software”, <http://www.codeplex.com/>, (accessed 2016-03-03).
- [7] 白井暁彦, 小坂崇之, くるくる研究室他, “WiiRemoteプログラミング”, オーム社開発局, 株式会社オーム社, 東京都, 2009.
- [8] NyARToolkit project, “<http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>”, (accessed 2016-01-27).

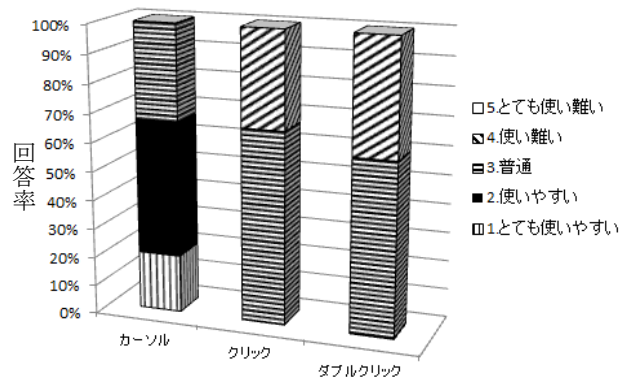


図11 影重畳システム(影有り)の使いやすさについての評価結果

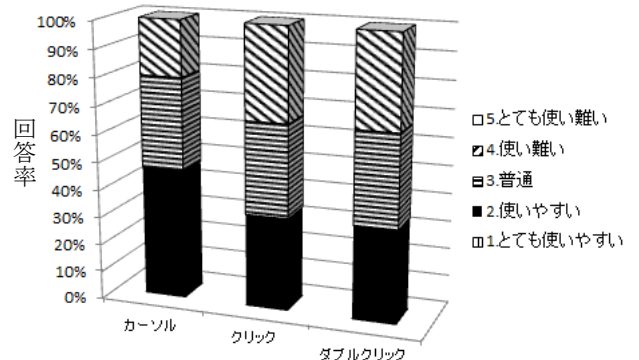


図12 影重畳システム(影無し)の使いやすさについての評価結果

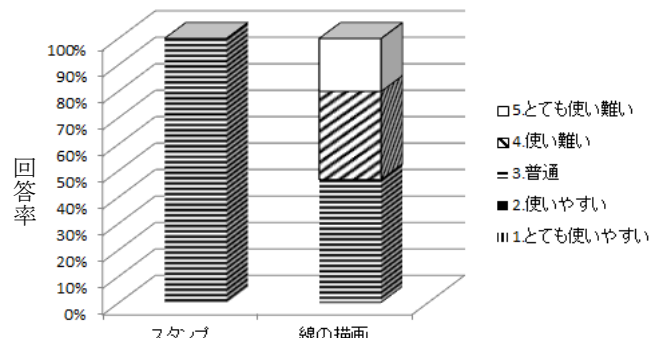


図13 F2015の描画モードの使いやすさについての評価結果

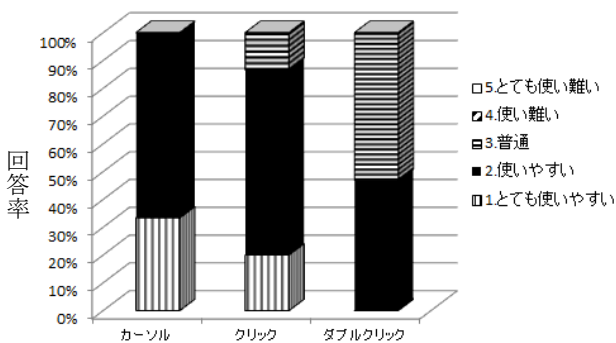


図10 F2015の使いやすさについての評価結果

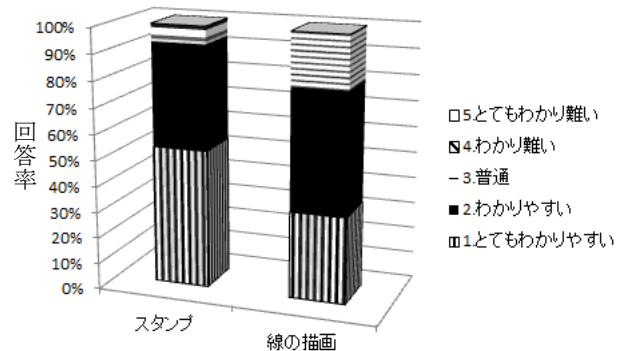


図14 F2015の描画モードのわかりやすさについての評価結果