

K-014

## IR ペンを用いた学習支援システムの開発 Development of a study supporting system using an IR pen

土江田 織枝\* 前田 紫苑† 林 裕樹\* 宮尾 秀俊‡  
Oriie Doeda Shion Maeda Hiroki Hayashi Hidetoshi Miyao

### 1. はじめに

パソコン画面をスクリーンなどに投影して使用する際に、それらの画面へ手書きで情報などを書き足せると有用な場合がある。Microsoft 社の PowerPoint などは、表示画面に手書きで書き足す機能があるものの、画面に直接手書きできるかどうかは使用するデバイスに依存する。ペンタイプのデバイスを使用しての自由な書き込みができるシステムとしては、スクリーンに手書きのための機能を搭載した Panasonic 社の電子黒板エリートパナボード[1]などがあり、同時に複数人でスクリーン上に書くことができる。また、特殊なスクリーンを使わずに通常のスクリーンを使って投影画面へ手書きすることができる機能を持ったプロジェクタ (エプソン社の EB-436WT[2]など) などもある。しかし、これらは特殊な機能を備えた高価なスクリーンやプロジェクタを新たに購入しなければならないので追加コストがかかる。また、これらのシステムは、ユーザの影がスクリーン上に映ってしまうので、画面に書き込む手が影で隠れてしまうなどの難点がある。本研究では、特別な機能を持たない普通のプロジェクタを使って、スクリーンに投影したパソコンの投影画面上で、複数名で同時に描画ができ、また、文字の筆記練習にも使うことができる学習支援システムの開発を目的とする。

### 2. システムの概要

システムの構成を図 1 に示す。本システムでは、ペンの位置とペンの個数取得などのデータ処理や、描画システムの処理などを行うパソコンと、描画やパソコン画面の投影を行うためのスクリーン、パソコンの画面をスクリーンへ投影するためのプロジェクタ、そして、スクリーン面上の IR(赤外線)の位置や個数を感知する Wii リモコンで構成する。描画する際に用いるペンには、IR を発光する IR ペンを使用する。Wii リモコンで取得した情報は Bluetooth によってパソコンに伝送する仕組みとなっている。Wii リモコンはプロジェクタの上部に設置する (図 1)。

本システムでは、ユーザの使用環境について、できるだけ制約を与えないシステム構成の検討を行った。図 2-①は、プロジェクタをユーザ側 (スクリーンの前側) に設置して使用している様子を示す。スクリーン前で描画を行うユーザの影が、スクリーン上にできているのがわかる。また、プロジェクタと同じ位置に Wii リモコンを設置するため、ユーザの位置によっては Wii リモコンの受光部をユーザが塞いでしまうため、IR の感知を正確に行うことができない場合がある。図 2-②は、プロジェクタをスクリーンの後ろ側に設置した様子を示す。スクリーン上にはユーザの影が一切映らなくなり描画の邪魔にならない。本システムは、

文字の筆記練習に使用できることも目的としているため、描画面に影が映らないことが重要な条件となる。Wii リモコンもスクリーン後ろ側に設置するため、IR を透過できる素材をスクリーンとして使うことで、ユーザの動きやペンの位置に関係なく IR の感知が可能となる。このことから、本システムはプロジェクタと Wii リモコンはスクリーンの後ろ側に設置し、スクリーンへの投影は、プロジェクタの背面投影機能を使うこととした。

Wii リモコンの制御[3]にはフリーソフトとして公開されている WiimoteLib[4][5]を使用した。パソコンは、HP 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-X14 を使った。

#### 2.1 IR ペン

描画や文字を書く際は IR を発光する IR ペンを使用する (図 3)。使用する IR ペンは、著者らが文献[6]のシステムで作成したものを使用した。この IR ペンは、ペンを持ったときの人差し指の位置に小さなボタンが付いており、それを人差し指で押すことで LED を発光させる仕様となっている。描画するときには、IR が発光した状態ではペンダウン、発光が消えた状態ではペンアップとした。今回の使用にあたり、小学生 6 名を対象に、ペンアップ・ペンダウンの操作を試行したが、手の大きさに関係なく容易にボタン

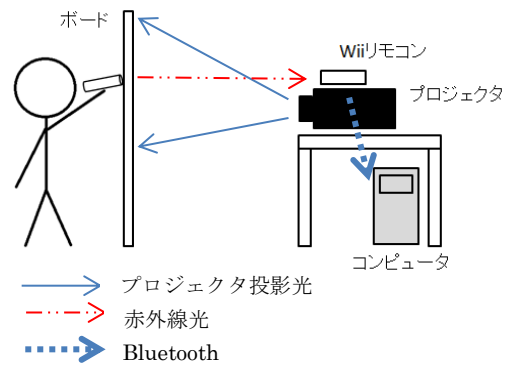


図 1 システムの構成



① ユーザ側にプロジェクタを設置  
② スクリーンの後ろ側にプロジェクタを設置

図 2 プロジェクタの設置位置

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

† 株式会社ポータス, PORTUS Corporation

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

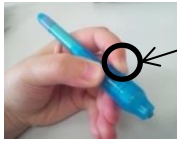


図3 IRペン

を人差し指で押しながら使用することができ、子供でも問題なく使うことができることを確認している。

## 2.2 スクリーン

描画の際に使用するスクリーンについて検討を行った。本システムの構成は図1のようになっており、スクリーン上のIRを、スクリーンの後ろ側に設置しているWiiリモコンで感知する必要があるため、スクリーンはIRペンからのIRを透過する素材で作る必要がある。また、プロジェクタからの投影画像についても背面投影の状態、スクリーン表面にできるだけ綺麗に投影することが望ましい。そこで何種類かの紙をスクリーン面に使用し、比較を行った。その結果、トレーシングペーパーは、プロジェクタからの投影光を、綺麗にスクリーン面に投影できることがわかったものの、スクリーンを透過する光が強いため(図4左図)、スクリーン面近くで描画作業を行う本システムでは、使用中に投影光が眩し過ぎて目が疲れるため適さないと判断した。そこで、眩しさを感じない程度に透過する紙を用いたところ(図4右図)、パソコン画面の映像を支障なく透過投影できるため、本システムではこの紙を使用することとした。スクリーンの枠としては、部屋の間仕切りに使うパーティションを改良して作成した(図5)。パーティションに既に付いていたすりガラスの部分、厚さ5mmの透明なアクリル板に付け替えて、その上に紙を貼った。スクリーンの大きさは縦80cm横85cmである。

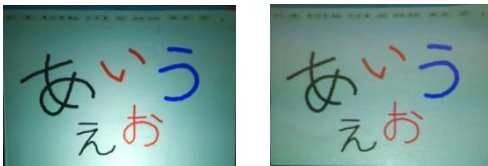


図4 背面投影した時のスクリーンの状態



図5 紙を貼って作ったスクリーン

## 3. システムの仕様

### 3.1 キャリブレーションのための位置入力

スクリーン上にあるIRペンの先の座標をパソコンの画面上での座標に変換する必要があるため、キャリブレーション

によって座標変換のパラメータを求める。システムを起動するとキャリブレーションの処理を行うための、スクリーンの4隅の位置を指示する画面(以後、位置指示画面)がディスプレイに表示される(図6)。この位置指示画面には現在指示しなければならない隅の位置を示すエリアが表示され、マーカ点によって位置を表しているため、本システムを初めて使うユーザでも、入力の順番を間違える心配はない。座標は4隅それぞれで確定ボタンをマウスでクリックして決定する(図6-①)。また、IRのある座標や確定した座標などを表示する(図6-②)ようになっているため、それらを確認しながら操作を進めることができる。

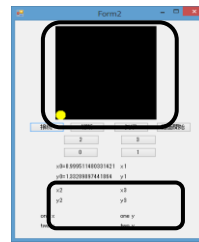


図6 位置指示画面

### 3.2 システムの起動

キャリブレーションのための4隅位置の座標確定後、「描画開始」ボタンをクリックすると、描画画面に切り替わる。描画画面上側には、各種のボタンが配置されており、その中の「スタート」ボタンをクリックすることで、IRペンを使って描画できる状態となる。Wiiリモコンは4つまでのIRを同時に感知できるため、4本のIRペンを同時に使用して描画等を行うことができる。本システムでは、Wiiリモコンが取得するスクリーン上のIRの位置をマウスポインタの位置として割り当てていないので、描画中でもマウス機能を独立して使用することができる。

### 3.3 ペンダウンの実現

IRペンをペンダウンの状態にしたときのスクリーンへの描画法について説明する。キャリブレーションによって得られた座標変換のパラメータを用いることで、IRペンのペン先のスクリーン上での座標をパソコンの画面上の座標へ変換し、その座標に目的の色の円を描画することでペンダウンを実現した(図7)。

曲線なども自然なカーブで描くことができるため、文字を書くことにも適している。塗りつぶす円の大きさや色を変更することで描画する太さ・色を変更している。IRペンの電池残量が少なくなると、IRの発光が弱いときには、ペンを素早く動かすと、円と円との間に隙間ができて曲線がかすれた表示になることがあるが、通常の状態ではそのようなことはない。IRペンをスクリーンから3cm程度離れた非接触の状態でも接触時と同じように描画することができる。

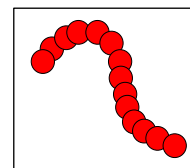


図7 ペンダウンの実現



図 8 システム起動後描画画面上部に表示される機能選択ボタン

#### 4. システムの機能

本システムでは、スクリーン面に自由に絵を描くことができる他、文字の筆記練習ができる機能についても実装を行った。なお、各機能が割り当てられているボタンについてはマウスによる選択とした。

##### 4.1 ペンの種類の選択

描画する際のペンの色を、青色・赤色・黒色の 3 色から、また、ペンの太さについても、太・中・細から選択することができる (図 8-①)。ペンダウンの状態であれば選択した種類で筆記を続けることができる。

##### 4.2 消しゴム機能

描画画面の必要のない部分を消すことができる。「消しゴム」ボタンを選択した後、IR ペンをペンダウンの状態にして消したい部分で動かすとペンの軌跡の部分が消去する。

##### 4.3 描画画面の消去

「クリア」ボタンを選択することで、スクリーン画面上の全ての描画を消去する。消去後はそのまま描画作業を継続できる。

##### 4.4 描画画面の保存

描画画面はファイルに保存することができる。「保存」ボタンを選択することで描画画面を PDF 形式の画像ファイルに保存する。保存操作をした後にも描画作業はそのまま継続できる。保存操作は何度でも行えるが、同じファイル名に上書き保存となる。

##### 4.5 システムの終了

システムの終了は「終了」ボタンを選択することで行う。この状態からシステムを起動するときには、キャリブレーションのための位置入力が再度必要となる。

##### 4.6 文字練習のための機能

###### 4.6.1 グリッド枠の表示

文字の形状の確認を行うために、「グリッド」ボタンを選択すると、十字のグリッド線のグリッド枠が二つ左右に並んで表示される。

###### 4.6.2 お手本コピー機能

「お手本コピー機能」を使うと、他の人が書いた文字などを参考にして、字の練習を行うことができる。文字の形状の確認を行いたいときには、「グリッド」ボタンを選択しグリッド枠を表示させた後、「お手本」ボタンを選択する。お手本となる文字を書くユーザは左側のグリッド枠内に文字を書く。右側グリッド枠部分には左側のグリッド枠部分に文字が書かれると同時にコピーが行われる (図 9)。

本システムは複数のペンを同時に使用することができるため、練習をするユーザは、お手本を書くユーザが文字を書いている途中でも練習用グリッド枠にコピーされた文字上をなぞって一緒に筆記することができ、文字の書き順などを覚える学習にも適用できる。

図 10 は、右側グリッド枠の文字上をなぞって筆記練習した様子を示す。お手本をコピーした文字と、練習の文字の色を変えることで、コピーした文字上からずれた部分については容易に確認を行える。この機能を使用するときには、お手本で使った文字の太さで練習の文字も書くこととした。



図 9 お手本コピー機能を使用して文字をコピーした様子



図 10 コピー文字 (右側) の上から筆記した画面

###### 4.6.3 練習した文字の採点機能

お手本コピー機能を使って文字の筆記練習を行った後に、練習の文字がどの程度お手本の文字の形状に近いかを評価する機能を用意した。本システムは楽しく文字の筆記練習を行えることも目的としている。採点機能は、結果から他人と競うものではなく、練習への意欲を高めたいと考えた機能だったので、評価は点数ではなく、「よくできました」・「もうすこし」・「がんばろう」の 3 種類のアイコン (図 11) で示すこととした。採点処理については、お手本の文字の画像ファイルと練習の文字の画像ファイルの内容を 1 画素ごとに比較を行う。その結果から求められた 2 つのファイルの誤差の大きさにより採点結果を決めた。

採点機能は、練習の文字の入力が終了後、図 8 の「採点」ボタンを選択すると、お手本と練習の文字の形状の比較が行われ、結果が図 8-②に表示される。採点をせずにお手本コピー機能を使った練習状態を保存するためには、「文字保存」ボタンを選択する。「お手本終了」ボタンを選択することで、お手本文字をコピーする機能が終了する。

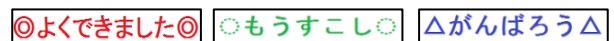


図 11 文字練習の評価アイコン

### 5. システムの使いやすさに関する評価

#### 5.1 評価環境と被験者

評価実験は、室内で行い、窓のブラインドを閉め、太陽光が直接 Wii リモコンの CMOS センサーには当たらないようにした。天井の室内灯は点けた状態で行った。スクリー

ンは、2.2 節の図 5 で示した物を使用し、投影画面の大きさは、縦 55cm 横 80cm とした。評価は、被験者 20 名を対象として行った。評価は、操作について説明した後、絵や文字の描画、文字の練習機能を使用してもらった。描画は、被験者が一人の状態と、複数人同時使用の状態の双方で行い、文字の練習機能については、被験者 2 名で行った。被験者それぞれが評価にかかった時間は、約 5 分から 10 分程度であった。また、キャリブレーションの処理は評価実験を行う前に済ませておいた。

## 5.2 評価内容と評価基準

被験者には、絵を描画する、文字を書く、お手本コピー機能を使って練習する、削除する、描画面面を保存するなどの操作を自由に行ってもらった。評価は以下の 5 段階とした。5:とても使いやすい・4:使いやすい・3:普通・2:使い難い・1:とても使い難い。

## 6. 評価結果と考察

評価実験の結果を図 12 に示す。お手本コピー機能については、「普通」以上の回答を被験者全員から得られたため、問題なく使うことができることがわかる。次に、色や太さの選択については、「普通」以上の回答が、20 名中 18 名だった。しかし、「使い難い」「とても使い難い」との回答がそれぞれ 1 名だった。それらの理由としては、それぞれの機能の選択を IR ペンで行うともっと便利になるとの意見だった。次に複数人での描画については、「普通」以上との回答が 20 名中 18 名だった。「使い難い」「とても使い難い」との回答はそれぞれ 1 名ずつだった。それらの回答者からは、IR ペンの感度が少し悪いとの意見があった。これは、IR ペンの電池の残量によるものと考えられる。一人での描画については、「普通」以上との回答が 20 名中 18 名で、「使い難い」との回答が 2 名だった。使い難いと感じた理由は、ペン先と描画部分に少々ずれが生じていたとの意見だった。これについては、描画を行うための処理に必要な時間が、ペンの軌跡に色を付けるときにわずかな時間差となって現れ、ペン先と描画部分のずれとして感じられてしまうからである。よって、より処理性能の高いパソコンを用いれば、このような問題も軽減されることが考えられる。

どの評価項目も、「とても使いやすい・使いやすい」を合わせると 70% を超える結果となったことから、本システムは概ね使いやすいと評価できる。

## 7. おわりに

本研究では、特別な機能を持たない普通のプロジェクタを使って、パソコンの投影画面上で複数の人が同時に描画を楽しむことができる他、文字の筆記練習ができるシステムの開発を行った。本システムでは、複数人で同時に絵や文字を描くことができる描画機能の他に、文字の形状がわかるようにグリッド枠の表示や文字の筆記練習にも使える機能としてお手本コピー機能を実装した。お手本を書くと同時に練習者も筆記練習をすることができるので、文字の書き順を覚える学習にも適用可能である。お手本コピー機能を使用中の様子を図 13 に示す。手前のユーザがお手本の文字を書いているところである。右側のグリッド枠に文字がコピーされていることが確認できる。

本システムは、描画だけでなく文字の練習にも使用することが目的であったため、スクリーンにユーザの影が一切映らないように、プロジェクタは背面投影とした。そのため、既存のスクリーンではなく和紙を使ったスクリーンを使用することとなった。今後は、スクリーンも含めてコンパクトで持ち運び可能なシステムへと改善を行う他、お手本コピー機能についても音符や英単語の筆記練習もできるように機能拡張する予定である。また採点方法については、字形の他筆順を評価できる方法[7][8]なども参考にし、正確な採点ができるよう改良を行う予定である。

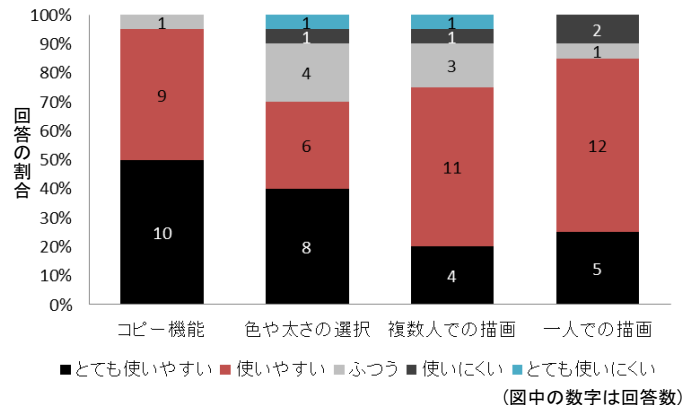


図 12 評価結果

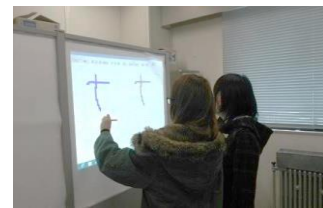


図 13 お手本コピー機能を使用中の様子

## 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] Panasonic エリートパナボード UB-T880, <http://Panasonic.biz/doc/eboard/elite/ubt880.html>,(accessed2014-03-03).
- [2] Epson EB-485WT, <http://www.epson.jp/products/offirio/emp/eb485wt/>,(accessed 2014-03-06).
- [3] Brian Peek,“BrianPeek.com”, <http://www.brianpeek.com/>,(accessed 2014-03-03).
- [4] CodePlex,“CodePlex”,“Project Hosting for Open Source Software”,<http://www.codeplex.com/>,(accessed 2014-03-03).
- [5] 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.
- [6] 土江田織枝,斎藤真弥,林裕樹,宮尾秀俊,“複数同時操作対応の IR 手描きボードシステムの開発”,FIT2013,pp.81-86(2013).
- [7] 武居典子,持田佳介,未代誠仁,中川正樹,“字形の評価箇所を指示できる手描き漢字学習システム”,情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE),15(2004-CE-078)号,pp.15-22(2005).
- [8] 古性淑子,内田誠一,迫江博昭,“筆順・続け書き判定機能付き漢字学習システム”,FIT2003, pp.397-398 (2003).