

複数同時操作対応の IR 手描きボードシステムの開発

Development of an IR Based Hand-Drawn Board System which is Capable of Simultaneous Operation with Two or More Users

土江田織枝* 斎藤真弥† 林裕樹* 宮尾秀俊‡
 Oriie Doeda Maya Saitou Hiroki Hayashi Hidetoshi Miyao

1. はじめに

パソコンで絵を描くためには、マウスやペンタブレットや液晶ペンタブレットなどを使う方法がある。マウスを使用した場合には細かい操作が難しく、ユーザが曲線等を意図したように描くことは困難である。ペンタブレットでは細かい描写などは可能となるが、パソコンのディスプレイと描画画面が異なるため、画面を見ながら感覚をつかんで描画する動作に慣れるのには時間がかかる。またこれらのデバイスは複数個を同時に使用することができないシングルユーザを対象としたシステムであり、複数のユーザで同時に描くことはできない。パソコンの画面に直接入力できるシステムとして、画面に液晶ペンタブレットを使用したパソコンなどがある。これらの機器では、ペンで画面を直接触れることで入力を行うことができるので描画操作がスムーズに行える。このようなシステムには、マルチタッチ方式のタッチパネルを採用して、画面をタッチした複数の接触点の位置を認識することが可能となり、ペンではなく指で入力できるシステムも増えている。Microsoft 社のオペレーティングシステムの Windows8 では、最高 10 点までを同時認識することができる。タッチパネルの性能の向上に伴い、タッチパネルを使ったインターフェースについては、さまざまな方法が研究され製品に応用されている[1]。また、スクリーンなどの大きな画面に対応したシステムでは、タッチパネルのスクリーンを使用した電子黒板などがある。Panasonic 社の電子黒板エリートパナボード[2]は、スクリーン画面に最大 3 人までが、指を使って同時に描画することが可能である。(但し、電子ペンを使う場合、2 本以上は同時に使えない。)

このように複数のユーザが同時に描画できるシステムには、描画画面にマルチタッチ機能を使用しており、これらの機能を使わずに実現しているシステムは発表されていない。また、マルチタッチ機能を採用したシステムは、専用のマルチタッチ入力に対応しているハードウェアが必要であり、画面やスクリーンに直接ペンや指などが触れるため、画面が汚れたり傷が付くなどの欠点がある。

紙に絵や文字を描く感覚で使うことができるものとして、磁気を利用した磁気お絵描きボードがある(図 1)[3]。これは、子供向けの商品で、磁気ボードにマグネットペンやマグネット製のスタンプで絵や文字が描け、同時に複数のマグネットペンで描くこともできる。磁気ボードの下側にあるレバーを左右にスライドすることで、描いたものを簡単に消すことができるため、何度でも、描いては消しての操作を繰り返して使うことができる。また、マグネットペンを使うため使用時には小さな子供でもクレヨンやマジックを使ったときのように、手や机や服などを汚す心配がない。しかし、マグネットペンを磁気ボード面に接触して使

うため、使用回数や使い方によってはボード面が劣化し、ボード面に磁気の跡などが消えずに残った状態のままになる。また、描いたものをファイルに保存する機能を備えていないため、描画したものを保存することや紙にプリントすることはできない。

本研究では、マルチタッチ機能の画面やスクリーンなどを使わずに、磁気お絵描きボードのように、手軽に複数のユーザが同時に使用することができるシステムの開発を目的とした。本システムでは、キャンバス面に描いたものを画像ファイルとして保存できる機能や、キャンバス面の大きさの変更も可能にした。また、描画の際は、キャンバス面にペンを接触・非接触の両方の使い方ができるようにした。本研究では、子供でも手軽に描画を楽しめて、文字の練習などにも使うことができるようなシステムの開発を行った。



図 1 磁気お絵描きボード(TAKARA TOMY 製)

2. システムの概要

2.1 システム全体の構成

システム全体の構成を図 2 に示す。本システムは、ペンの位置や個数検出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、描画するキャンバス部分、パソコンの画面をキャンバス面へ投影するために使用するプロジェクタと鏡、そしてキャンバス面上のペン先の位置や個数を感じ取る Wii リモコンで構成する。描画する際に用いるペンには、IR(赤外線)を発光する IR ペンを使用する。本



図 2 システムの構成 (パソコンは省略)

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

† 株式会社 I・TEC ソリューションズ, I・TEC Solution Corporation

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

システムのキャンバス部分の構成には、高さ約 77.5cm の机を用い、キャンバス面の両側にそれぞれ一台ずつ設置し使用した。キャンバス面にペンが接触した状態でも使用できるように、キャンバス面には透明のプラスチック版を使用した。システムのプログラムは C#言語で開発した。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[4][5]を使用した。パソコンは DELL 製 Intel(R)Core(TM)i7-2600CPU@3.40GHz, RAM 8.00GB を使用し、プロジェクタは EPSON 製の EB-X14 を使った。

2.2 IR ペン

本システムでは、描画する際は IR を発光する IR ペンを使用する。IR ペンは、市販のブラックライトを発光するペンを改造して作成した。

2.2.1 IR LED の大きさ

本システムでは、CMOS センサーが、1 本の IR ペンから 1 つの IR を感知するような強さで、IR を発光する IR ペンが望ましい。IR の発光が強すぎて、1 本の IR ペンから複数の IR を感知しては描画に支障がある。また、IR ペンが発光状態のときには、その状態を CMOS センサーが確実に感知する必要があるため、IR ペンの発光が弱すぎると問題が生じる。そこで、IR LED の大きさが 3mm と 5mm の 2 種類を使用して IR ペンを作成し、適切な IR LED の大きさについて実験を行った。実験には、本システムを使用した。

実験内容は、キャンバス面上を約 0.5 から 1cm 程度の間隔で左右上下と IR ペンを発光させた状態で走査する。1 個の IR を CMOS センサーが感知時には、赤色の線が描画され (図 3)、複数個の IR を CMOS センサーが感知時は、赤色とは別の色の線の描画が加わる。また、IR を感知できない時にはキャンバス面へ赤色の線が描画されない。実験は 10 回行った。

その結果、IR LED が 3mm の大きさでは発光が弱いため、感知できない部分が度々あった。5mm では、IR を確実に感知でき、複数個を感知するなどの現象もなかった。また、キャンバス面から約 3 から 4cm 程度 (IR ペン内蔵の電池の残量によって変わる) 離れた状態でも感知が可能だった。このような結果から IR ペンには、5mm の IR LED を使用することとした。

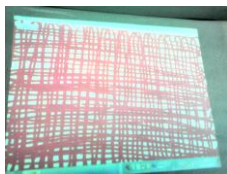
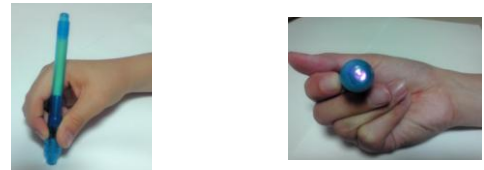


図 3 キャンバス面を IR ペンで走査した結果

2.2.2 IR ペンの使用について

この IR ペンは、ペンを持ったときの人差指の位置に小さなボタンが付いており、それを人差指で押すことで LED を発光させる仕様となっている。本システムでは、IR が発光した状態でペンダウン、発光が消えた状態でペンアップとしたため、ペンダウンの操作は、ボタンを人差指で押しながらペンをキャンバス上で移動することで実現できる。図 4(a)は小学生がペンダウンの操作を行っている様子である。手の大きさに関係なく容易にボタンを人差し指で押し

ながら使用することができるので、子供でも問題なく使うことができる。図 4(b)はキャンバス面側から見た IR の発光時の様子である。



(a)ペンダウン時の様子 (b)キャンバス面側から見た様子

図 4 IR を発光する IR ペン

2.3 赤外線センサー

本システムでは、キャンバス面上の IR ペンからの IR の検知と、それをキャンバス面に描画する処理をリアルタイムに行う必要がある。そこで、IR の感知とデータの扱いには、高速処理が行える Wii リモコンが適切であると判断し使用した。このリモコンに搭載されているセンサーは低解像度の CMOS で、視界に入った赤外線が強力な位置で、4 点まで取得することができる。データの取得速度については、通常のビデオカメラが 30 から 60 フレーム/秒程度であるのに対し、このセンサーは 200 フレーム/秒以上で高速にデータを取得できる[6]。CMOS センサーで取得した IR の位置座標を示す値や、感知した光の個数などのデータは Wii リモコンから Bluetooth でパソコンへ無線伝送する。

2.4 キャンバス部分

絵を描くキャンバス部分は、透明なプラスチックボードの上に無地で白色の和紙を敷いて作成した。キャンバス面の大きさは鏡の傾きとプロジェクタの位置によって変更することができる。本システムでは、使用したプラスチックボードの大きさが縦 55cm 横 64.5cm だったため、キャンバス面は縦 54cm 横 64cm の大きさが最大だった。

今回はキャンバス面には、透明のプラスチックボードと和紙を使用した。透明でなくても IR を通す材質であればプラスチックボードや和紙以外のものを使用しても良い。しかし、パソコンの投影画面がキャンバス面に鮮明に投影されているほど、描画の軌跡もはっきりときれいに見えることができる。

本システムではキャンバス部分は床と並行の状態 (通常の机のような状態) に設置して使用した。本システムは IR ペンがキャンバス面に非接触でも描画することができるので、キャンバス面は必ずしも堅い素材を使う必要はない。しかし、本システムのようにキャンバス部分を机のように設置している場合は、描画中に、紙とペンを使って絵を描画している感覚で、IR ペンをキャンバス面に接触させて描画してしまうこともあるので、キャンバス面にはプラスチックボードのように堅い素材のものを使用すると使いやす

3. キャンバス部分への投影について

3.1 キャンバス面への投影について

パソコン画面をキャンバス面に投影することで、キャンバス面を使った描画環境を実現する。ユーザが複数で使用する本システムでは、描画の際にキャンバス面にユーザの

手の影が映ると描画作業の邪魔になる。キャンバス面に手の影を映らないようにするために、ディスプレイの画面の投影は、キャンバス面の下側から投影する背面投影の形式とした。背面投影ではキャンバス面に影が映ることはない。

背面投影を行う際に、鏡を用いずにキャンバス面の下にプロジェクタを設置し、キャンバス面へ投影した状態を図5に示す。床からキャンバス部分までの高さは77.5cmで、床に設置したプロジェクタのレンズ部分からキャンバス部分までの距離は約49.5cmである。プロジェクタと投影面の間に十分な距離をとれないため、キャンバス面へのパソコン画面の投影面は縦約14.5cm、横約23.5cm程度の非常に小さな大きさとなった。この画面を使って、実際にキャリブレーションの操作を試みたが、投影画面が小さすぎるため操作を行うことができなかった。

そこで、キャンバス部分の下に鏡を斜めに設置し、プロジェクタの投影画面をその鏡に反射させ、それをキャンバス面に投影させることとした。そのときのキャンバス面の様子を図6に示す。キャンバス部分への投影画面も操作に十分な大きさにすることができ、キャリブレーションの操作や描画操作を支障なく行うことができる。



図5 プロジェクタをキャンバス面の下に設置した様子



図6 鏡を使用したときのキャンバス面

3.2 投影面の調整

鏡は図7のようにプラスチックボードの下側に設置する。パソコンのディスプレイの画面をキャンバス面の部分に適切に投影するように傾きを調整してセットする。鏡の傾きによってキャンバス部分へのキャンバス面の大きさや投影画面の位置を変更できるので、ユーザが使いやすい場所にキャンバス面を作ることができる。

プロジェクタの位置も固定ではなく移動を自由に行えるため、プロジェクタの位置によって投影画面の大きさを決め、それに合わせて鏡の傾きで投影画面の位置の調整を行う。

キャンバス上のIRペンから発光されるIRが、キャンバス面として使用されている和紙を透過する。そのIRをWiiリモコンで検知する。そのため、Wiiリモコンはキャンバス面に投影された画面上の全ての部分において、CMOSセンサーがIRペンからの発光を、確実に感知できる位置に

設置しなければならなので、設置の場所を決める際は調整が必要となる。

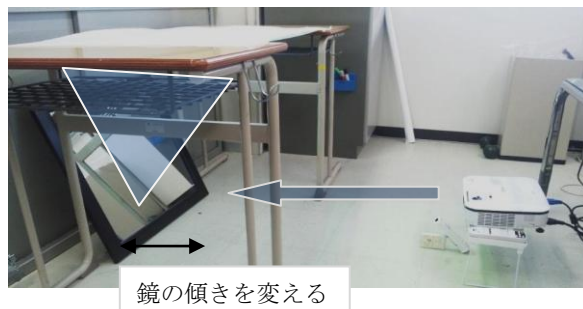


図7 鏡を使った投影面の大きさや位置の調整

4. システムの仕様

4.1 キャリブレーションについて

キャンバス部分のIRペンの位置を、パソコンの画面上への位置へと変換を行うため、キャリブレーション処理が必要となる。キャリブレーションには、キャンバス面に投影されたパソコンの画面の4隅の位置の値の入力が必要となる。本システムでは起動と同時に4隅の位置の値を入力し確定する画面（以後、位置入力画面（図8）と呼ぶ）がディスプレイに表示される。位置入力画面には次に入力する角の位置を示すウィンドウが付いて、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ことはない。このウィンドウには、CMOSセンサーがIRを感知した時には、赤色のマーカ点が表示される。ユーザは、IRペンを使って4隅の角を指定し、位置入力画面上の入力確定ボタンをマウスで選択することでキャンバス部分の座標の入力を確定することができる。キャンバス面上のIRの位置の座標と、確定した座標の値は画面上に表示されているので、確認しながら操作を進めることができる。間違えて適切ではない値を確定してしまったときには、「クリア」ボタンを選択することで、再度入力し直すことが可能となる。入力した4つの座標の値から、内分比を使ったキャリブレーション処理を行った。

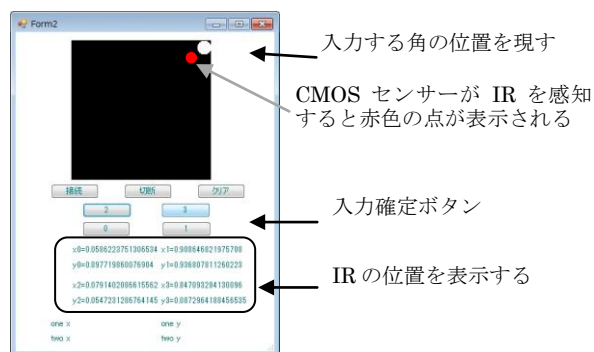


図8 位置入力画面

4.2 描画システムの起動

キャリブレーションのための4点の座標の入力が終了すると自動的に描画面面に切り替わる。描画面面左上にある

「スタート」ボタンをマウスにより選択することで、IR ペンを使って描画できる状態となる。この状態で IR ペンを最大4本使用して同時に描画を行うことができる。

4.3 描画の消去

描画面面上にある「クリア」ボタンをマウスで選択することでキャンバス面の全ての描画を消去することができる。消去後は描画作業をそのまま継続できる。

4.4 描画面面の保存

描画面面はファイルに保存することができる。「保存」ボタンをマウスで選択することで描画面面を PDF 形式の画像ファイルに保存することができる。保存操作をした後にも描画作業はそのまま継続できる。

5. 描画の色の割り当て

キャンバス部分上で IR ペンを発光させて移動させた軌跡は CMOS センサーが IR を感知した時系列の順番に1つ目は赤色、2つ目は青色、3つ目は黄色、4つ目は緑色で描かれる（図9）。本システムは、IR ペンを発光させる（IR ペンの発光ボタンを押す）ことでペンドウン、発光をやめる（IR ペンの発光ボタンを離す）とペンアップとなる。ペンドウンしたままの状態では CMOS センサーが各 IR ペンからの IR を感知した順番は変わらない。例えば、1つ目から4つ目がペンドウンの状態のときに、2つ目（青色）のペンだけがペンアップし、再度2つ目のペンをペンドウンをしたときには、ペンアップする前に割り当たっていた、2つ目に指定されている青色のまま描画することができる。複数の IR ペンをペンアップした時には、再度それらをペンドウンすると、CMOS センサーの感知した順番に、再度色が割り当てられるため、全てのペンが、ペンアップ前と同じ色に割り当てられるとは限らない。複数で同時使用中でも、各ペンが確実にペンドウンの状態のままであれば、複数のペンの軌跡が交わっても色は変更されない。複数のユーザで4分程度を10回、同時に描画を行い、ペンドウンの状態でのペンの色の变化について検証を行った。その結果、複数のユーザのペンアップがなければ、各ユーザが最初に割り当てられた色の変更はなかった。また、ユーザが一人だけペンアップしても、再度ペンドウンした際にはペンアップ前と同じ色が割り当てられた。



図9 描画中の画面

6. IR ペンの先端部と描画ポイントの精度について

ユーザが思い描いている通りに描画を行うためには、IR ペンの先端部分と、描画する予定の描画ポイントの位置にずれがないことが望ましい。描画面面の場所による IR ペンの先端部分と描画ポイントの位置のずれについて評価実験を行った。

6.1 評価環境

実験は室内で行い窓のブラインドを閉め、太陽光が直接 CMOS センサーには当たらないようにした。天井の室内灯は付けた状態で行った。プロジェクタは鏡から約 65.5cm のところに設置し、プロジェクタのレンズの中央部分の位置から右側に 13cm 離れた位置に Wii リモコンを設置した。キャンバス面は縦約 28cm、横約 45cm の大きさとし、鏡の角度は 60 度とした。

キャンバス面の 30 個の目標点（図 10 点 a から点 D）のそれぞれについて、IR ペンをキャンバス面に接触して目標点をポイントする動作を、それぞれ 10 回行った。各目標点は、横に約 9cm、縦に約 7cm 間隔とした。配置を図 10 に示す。

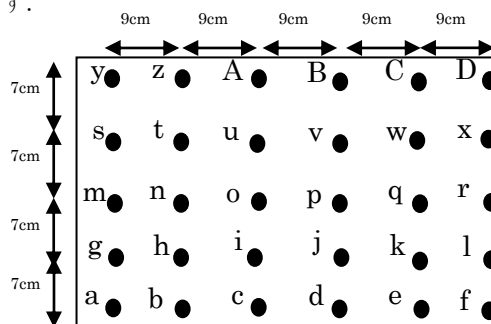


図10 評価の目標点の位置

6.2 評価結果

各目標点と IR ペンの先端部分のずれは、キャンバス面上部の点 y, z, A, B, C, D では、最小で 0.4cm、最大で 0.7cm、目標点から下方向へのずれがあった。また、点 o, p, q では、最小で 0.2cm、最大で 0.5cm、目標点から下方向へのずれがあった。その他の 21 個の目標点では、ほとんどずれは生じず、生じても約 0.2cm 以内で目標点をポイントできた。

プロジェクタのレンズと Wii リモコンの受光部の位置を近づけて設置した時のずれの変化について実験を行った。プロジェクタのレンズの中心点から右側に 5cm の位置に Wii リモコンを移動した。図 10 の目標点をポイントした結果、ずれが改善した目標点もあった。

また、鏡の傾きによるずれの変化についても実験を行った。キャンバス面がほぼ同じ大きさになるように、プロジェクタの設置位置を変えることで調節を行い、鏡を床から 60 度の状態と、70 度の状態で設置したときに図 10 の目標点をポイントした。その結果、鏡の傾きによってずれが急激に増えたり、ずれが大きくなることはなかったが、ずれが生じる目標点の場所は多少変化した。更に、キャンバス面の大きさやプロジェクタの位置、Wii リモコンの位置を変えながら約 50 回程度、ずれの大きさについて検証を行ったが、全てのパターンにおいて、完全にずれがなくなることはなかった。しかし、プロジェクタや Wii リモコンの設置位置を微調整することで、ずれを小さくできることがわかった。複数の IR ペンを同時に使用したときのずれについても実験を行ったが、IR ペンを 1 本のみで使用したときと違いは見られなかった。

6.3 ずれの影響についての検証

描画時において、IR ペンのペン先の位置のずれが及ぼす影響を、実際に本システムに曲線や文字を書くことで検証を行った。検証実験を行う前に、使用するシステムでの IR ペンのペン先と、描画ポイントの位置のずれを 6.1 節の要領で確認した。キャンバス面は、縦 27cm、横 37cm の大きさで、鏡からプロジェクタまでは 38cm、プロジェクタのレンズの中心点から 7cm 右側に Wii リモコンを設置し、鏡の傾きの角度は 60 度とした。図 10 に示したキャンバス面の 30 点の各目標点は縦 5cm、横 6cm 間隔とした。キャンバス面の最上部の 6 点について約 0.5cm 程度のずれと、キャンバスの右側点 x, r, l, f について約 0.3cm 程度のペン先と描画ポイントのずれが確認された。

検証実験は、黒色のマジックを使って曲線や文字を書いた透明のフィルムを用意し、それをキャンバス面上にのせ、IR ペンでそれらをトレースした（赤色文字）。検証は、フィルムと、キャンバス面に書かれた曲線や文字のずれの状態（図 11(a)~(c)）を比較することで行った。図 11(b)(c)は形状の比較のために、フィルムを下にずらした状態である。また、図 11(d)は、トレースではなくキャンバス面上の違う位置に同じ文字を書いたときの、文字の形状による評価を行った。トレースでの検証実験の際は、フィルムの黒色の曲線や文字上に IR ペンのペン先の位置を合わせてトレースした。ペン先と描画ポイントにずれがあるときには、トレースが正しく行えないため黒色の曲線や文字からずれた位置に赤色で描画される。検証実験の結果、図 11(a)の曲線については、曲線から大きくずれることなく書くことができた。図 11(b)(c)についても、ずれを意識せずに文字をなぞることができた。図 11(d)は、図 11(b)(c)よりも小さな大きさの文字をキャンバス面に書いた結果である。キャンバス面右上の文字が書き難く「赤」の「土」の部分が「十」と「一」に分かれて書かれている。キャンバス面のこの部分は、目標点を使ったずれの確認の際に、0.3 から 0.5cm のずれが生じていた位置なので、細かな文字を書くときには、このような現象となった。

検証実験の結果から、文字などをずれの少ない位置で書く時にはその文字の形などに影響はないが、ずれの生じて

いる位置に文字を書くと形に影響があることがわかった。曲線などを描画するときには、文字ほどの影響はなかった。

IR ペンを非接触で使用した場合では、IR ペンの先端部分を意識せずに、キャンバス面の描画の状態を見ながら IR ペンを移動するように使うため、ずれについては接触して使用するときよりも影響は少なかった。

7. システムの使いやすさに関する評価

7.1 評価環境と被験者

評価の環境は、6.1 節と同じ環境で行った。被験者は、11~74 歳までの 14 名を対象とした。予めキャリブレーションは済ませておき、描画作業が行える状態から評価実験を開始した。評価実験は 2 名以上の複数名で描画操作を行ってもらった。評価は以下の手順で行った。

- ・操作についての説明をする。
- ・本システムの操作（5~10 分程度）。

7.2 評価内容と評価基準

被験者には、文字を書く、絵を描画する、描画を削除する、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: 非常に使いやすい, 4: 使いやすい, 3: 普通, 2: 使い難い, 1: 非常に使い難い

8. 結果と考察

本システムの「使いやすさについて」の結果を図 12 に示す。評価結果では、「4:使いやすい」は 86%で「5:非常に使いやすい」は 14%となり、それ以外の回答は 0%だった。システムの使いやすさとしては使い勝手が良いと評価できる。また、「複数で同時に描画できることについて」の評価結果を図 13 に示す。評価結果では、「4:使いやすい」は 64%で、「5:非常に使いやすい」は 36%となり、それ以外の回答は「使いやすさについて」の評価同様に、0%だった。描画時には、軌跡を何度も交差させるなどの描画も試してもらい、ペンダウンの状態では描画の色も変更されないことを確認してもらった。この評価の結果から、本システムを複数人で同時に描画することに関しても使いやすいと評価できる。

評価では、本システムについて、「使いやすいと感じた部分」についても被験者から意見を伺った。その結果、複数で同時に使えるところ、机の面に紙に描くイメージで描くことができる点、描きやすい、各ユーザが違う色で描けると、スムーズに描くことができる、ペンを空中に浮かせたまま描けると、ペン先と線のずれもなく直感的に操作できる点、描く線の色がそれぞれ違うので複数人で使用するときにも分かりやすい点などの意見があった。

この結果からも、本システムの特長である非接触でも使用できる点や、複数人で同時に使っても線の色を変えることでお互いどの部分を描いているかが明確にできることなども使いやすいと感じていることがわかった。

また、IR ペンについては、IR ペンが軽く使いやすい、IR ペンはボタンを押した時だけ描けるところが良いなどの意見があり、今回使用した IR ペンについても問題なく使うことができることがわかった。

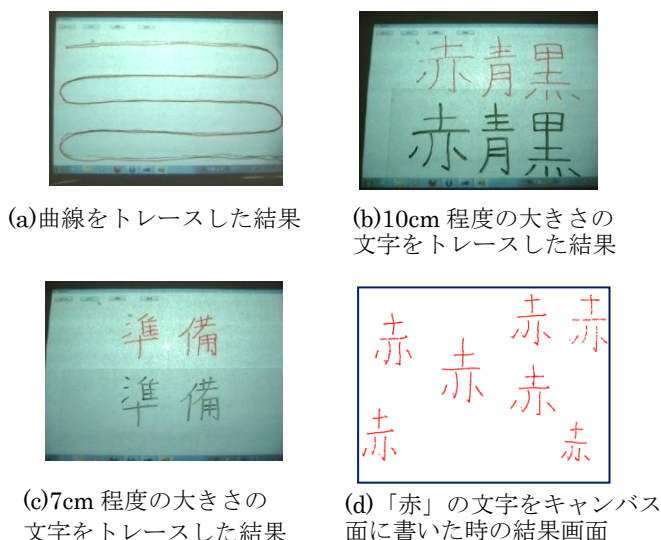


図 11 ずれの及ぼす影響についての検証画面

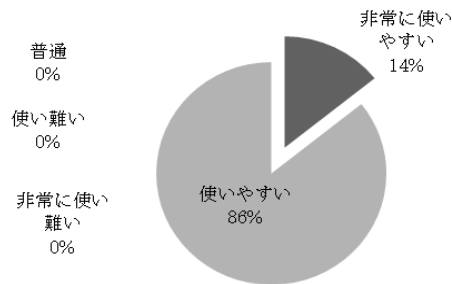


図12 システムの使いやすさについての評価結果

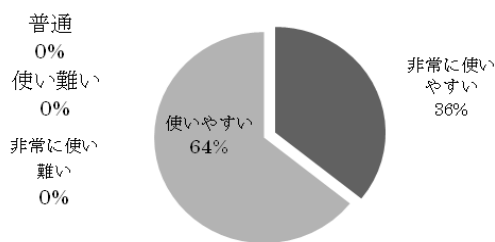


図13 複数で同時に描けることについての評価結果

9. おわりに

本研究では、磁気お絵描きボード（図1）のような手軽に複数の人が同時に描画を楽しむことができるシステムの開発を行った。本システムでは、マルチタッチの装置などを使わずに、透明なプラスチックボードと和紙を用いて作成したキャンバス面に、プロジェクタと鏡を用いてパソコン画面を背面投影することで描画環境を作った。背面投影を行うことで、描画中にもユーザの手の影がキャンバス面に映らないため影が描画の邪魔になることはない。本システムを構成しているプロジェクタやWiiリモコン、鏡などの設置は固定していない。6.2節の結果より、これらの設置位置によってIRペンの先端部分と描画ポイントのずれを軽減できることがわかったので、システムの利用内容に応じて、キャンバス面の大きさを決めた後、ずれの大きさを確認しながら設置位置を微調整することで、ずれが少ない状態で使用することが可能である。

被験者からのシステムの評価は、非常に使いやすい14%、使いやすいが86%の回答であり、好評な意見も多く聞かれた。しかし、改良が必要と思われる部分としては、小さな文字が書きにくい、ペンと画面の微調整が必要などの意見があった。小さな文字の書き難さについては、ペンの描画時の太さが本システムでは固定となっているためだと考えられる。評価実験の際は、多少大きめの太さで描画するようになっていたためであり、この太さを変えることで、細かい字でもスムーズに書くことができる。本システムではユーザの好みでペンの描画の太さの変更ができるようになっていないので、今後は、ユーザが描画中にも自由に変更できるようにする予定である。

評価実験での被験者の様子では、システムの使い始めはとても不思議そうに描画していた。複数で同時に描画できることや、ペンの色が変わること、また、非接触でも使用できる点などに非常に興味を持っていただき、描画面面を

消しては描く操作を何度も繰り返し試して、ほぼ全員の被験者が面白いシステムであると評価してくださった。また、本システムは、主に絵を描くことを想定していたが、被験者のほとんどが文字を書くことにも挑戦していた。比較的簡単な文字から字画の多い文字まで筆記を試みた。ペンの先端部分とペンの描画ポイント位置のずれも、最大で0.7cm程度であるため、文字を書くことも容易に行うことができた。

本システムは磁気お絵描きボードのように、子供でも気軽に使えるシステムを目的としているので、小学5年生の児童にも、本システムを使つての描画作業を試みた。ペンの色が変わるところや、非接触でも描くことができる点、同時に複数で描画できる点などに興味を持っていた。絵も描いていたが、やはり文字も熱心に書いていた。IRペンは、ペンダウン時にはボタンを押しながら使わなければならないが、問題なく使っており、とても使いやすいとの感想だった。評価の途中で、小学生と一緒に評価していたユーザがキャンバス面に英単語を書き始めたのを見て、小学生が真似をして書き始めた。上手に書けるようになるまで何度も練習をしていた（図14）。本システムでは、複数のユーザが同時に書くことができるため、このような文字の練習にも適していると考えられる。

今後は、スクリーン画面のような大型のキャンバス面にも対応した、キャンバス部分の構造や、システムの設置方法の検討を行う予定である。大型のキャンバス面でも使用が可能になると、複数同時対応の電子黒板のようなシステムを、特殊なスクリーンや高額なシステムを購入せずに実現でき、子供達が文字を練習することや、大きなキャンバスに絵を描くことが楽しめる環境を簡単に作ることが可能となる。

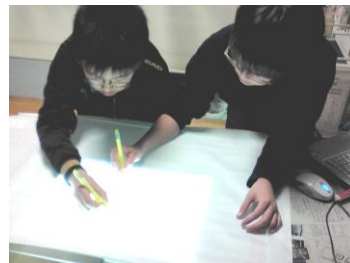


図14 小学生（左）が使用中の様子

参考文献

- [1]古市昌一,“タッチパネル方式によるヒューマンインタフェースの研究最前線”,情報処理学会誌 Vol.50, No.4,(2009)
- [2]Panasonic エリートバナボード UB-T880, <http://panasonic.biz/doc/eboard/elite/ubt880.html>,(accessed2013-03-22).
- [3]TAKARATOMY せんせい, <http://www.takaratomy.co.jp/products/sensei/>,(accessed2013-03-13)
- [4]Brian Peek,“BrianPeek.com”, <http://www.brianpeek.com/>,(accessed 2013-03-26)
- [5]CodePlex,“CodePlex”,“Project Hosting for Open Source Software”,<http://www.codeplex.com/>,(accessed 2013-03-26)
- [6]白井曉彦,小坂崇之,くるくる研究室,木村秀敏,“WiiRemote プログラミング”,オーム社,(2009)