

タッチインタフェースを用いた描画システムにおける入力方法の検討

水野 由加里^{*1} 大久保 雅史^{*1} 関 和幸^{*2}

Consideration of Input Method on Drawing System Using Touch Interface

Yukari Mizuno^{*1}, Masashi Okubo^{*1} and Kazuyuki Seki^{*2}

Abstract - The application using touch interface is becoming common with the spread of smart phone and tablet PC. In the graphic application, intuitive drawing is enabled by touch interface. However, it is slightly difficult to draw a line just as wanted with a finger, because the finger hides the line to draw. For this problem, the application that is settled by letting a user see a pen point is developed. In this application, however, it includes problems such as the stress by moving the two fingers and drawing position rarely turning over between two fingers. In this research, for the purpose of improvement of the usability of the touch interface in the drawing system, we produce drawing systems to use one finger and two fingers for experimentally and inspect the usability by comparing these systems.

Keywords: touch interface, smart device, drawing system and input method

1. 結論

近年では、タッチインタフェースを搭載しているスマートフォンやタブレット端末が普及している。タッチインタフェースとは、指やスタイラスペンなどで直接ディスプレイに触れることで操作するインタフェースである。スマートフォンやタブレット端末だけでなく、デジタルカメラの液晶ディスプレイ部分や冷蔵庫にさえたタッチパネルが搭載されているものがある。このようにタッチインタフェースはユーザにとってますます身近なものになっている^[1]。一方、タッチインタフェースの登場により、描画システムはより直感的に使えるようになってきている。しかし、スタイラスペンを用いる場合は正確な描画を行うことができることに對して、指を使用して正確な描画を行うことは困難である^[2]。これは描画部分が指で隠れてしまうことと、1 ピクセルに対し指が大きいことが原因として挙げられる。

この問題に対し、Shift Pen が開発されている^[3]。Shift Pen はペン先をユーザに視覚させることにより指で描画する際の問題を解決するアプリである。このシステムでは1本目の指が画面に触れることでペン先が表示され、2本目の指を置くことで描画が開始され、指を同時に動かすことでドラッグした軌跡に描画される。しかし、このインタフェースでは2本の指を使うため、描画位置がまれに反転してしまうことや2本の指を動かすことによるストレスの2つの欠点があげられる。この問題を解決するために本研究では指1本のみで描画できるシステムを

開発する。

本研究で開発するシステムはShift Penと同様に指がディスプレイに触れるとペン先が表示され、表示されたペン先の座標から描画できるインタフェースである。Shift Pen と異なる点は、移動や描画の動作に1本指のみでできるタップとドラッグ、ダブルタップ、ホールドを用いる点である。移動するにはタップとドラッグを用い、描画するにはダブルタップやホールドを用いる。タップするとペン先が表示され、ドラッグすると指先に追従してペン先が動く。ディスプレイの一定位置にてホールドした状態からドラッグすると指の動きに合わせてペン先も移動し、その軌跡に描画される。また、ホールドと同様にダブルタップした後ドラッグすると指の動きに合わせてペン先も移動し、その軌跡に描画される。本研究では、1本指システムと2本指システムを使わせた場合を比較実験し、結果よりタッチインタフェースのユーザビリティの検討を行う。

2. 実験用描画システム

2.1. ペン先のインタフェース

本研究では指がディスプレイに触れるとペン先が表示され、表示されたペン先から描画出来るインタフェースを開発している。ペン先の画像を図1に示す。ペン先の表示や移動の際は図1左の黒、描画する際は図1右の青に変化する。



図1 ペン先 (左: 移動モード 右: 描画モード)

Fig.1 Pen point (Left : Moving mode Right : Drawing mode)

*1: 同志社大学大学院 理工学研究科

*2: 同志社大学 理工学部

*1: Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

*2: Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

2.2. 1 本指インタフェース

図 2は 1 本指システムの状態遷移図である。タップするとペン先が表示される。ドラッグすると指先に追従してペン先が動く。ディスプレイの一定位置にてホールドすると移動モードから描画モードに遷移する。ホールドしたまま指を動かすと、指の動きに合わせてペン先も移動し、その軌跡に描画される。また、ダブルタップをするとホールドと同様に移動モードから描画モードに遷移する。ダブルタップの後そのまま指を動かすと、指の動きに合わせてペン先も移動し、その軌跡に描画される。指を離れた時点で描画は終了され、移動モードに遷移する。ペン先はディスプレイ上の最後に触れていた座標に残り、再度別の座標にタップするとペン先はその座標まで移動する。

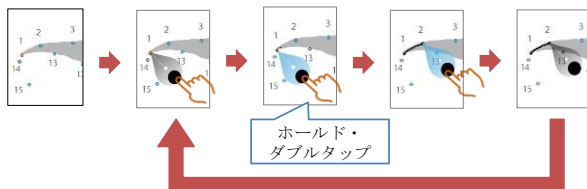


図2 1 本指システムの状態遷移図

Fig.2 State transition of 1 finger interface.

2.3. 2 本指インタフェース

図 3は 2 本指システムの状態遷移図である。1 本目の指でディスプレイをタップするとペン先が表示される。ドラッグすると指先に追従してペン先も動く。1 本目の指をディスプレイに触れさせたまま 2 本目の指もディスプレイに触れさせると、移動モードから描画モードに遷移する。2 本目の指をディスプレイに触れさせたまま 1 本目の指をドラッグすると、指の動きに合わせてペン先も移動し、その軌跡に描画される。どちらか片方の指を離れた時点で描画は終了され、移動モードに戻る。2 本とも指を離すと、ディスプレイ上に黒のペン先が最後に触れていた座標に残り、再度別の座標にタップするとペン先はその座標まで移動する。

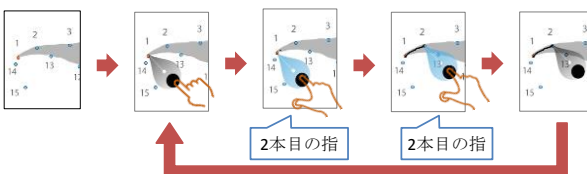


図3 2 本指システムの状態遷移図

Fig.3 State transition of 2 fingers interface.

3. 評価実験の目的と手順

本実験ではタッチインタフェースのユーザビリティの検討を目的として、1 本指システムと 2 本指システムを用いて描画を行わせる比較実験を行っている。

最初に、システムのインタフェースを把握させるために、2 分間の練習時間をもうける。つぎに直線を引かせるタスクとして、点つなぎ (図 4 左) をさせる。最後に

曲線を描かせるタスクとして、カーブ (図 4 右) をなぞらせる。また、アンケートを実施し、実験協力者の主観的な評価を行う。点つなぎタスクにおいては「点つなぎに要した時間」、「開始点の距離誤差」、「終着点の距離誤差」、「直線描画時のエラー」、「総タップ回数」を記録し、カーブなぞりタスクについては「点つなぎに要した時間」、「開始点の距離誤差」、「終着点の距離誤差」、「カーブ描画時のエラー」、「総タップ回数」を記録し、1 本指システムと 2 本指システムの比較する。

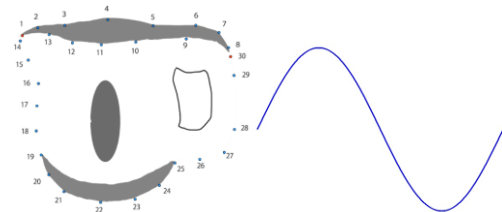


図4 実験画像一例 (左: 点つなぎ 右: カーブなぞり)

Fig.4 Example of experiment task.

(Left : Straight line task Light : Carve line task)

4. 実験結果と考察

4.1. 定性的評価

アンケートは 1 本指システムと 2 本指システムを使用した際に感じた印象を 5 が「そう思う」、4 が「ややそう思う」、3 が「どちらでもない」、2 が「ややそう思わない」、1 が「そう思わない」の 5 段階評価で回答させた。表 1 にアンケートの内容を示す。

表1 アンケートの設問

Table 1 Questionnaire.

1 本指システム/2 本指システム 共通項目
Q1 自分が思ったようにペンが移動できたか
Q2 自分が思ったように直線が引けたか
Q3 自分が思ったように曲線が引けたか
Q4 迷わずに描画出来たか
Q5 今後このシステムを使用したいか

図 5にアンケート Q1~Q5 の結果を示す。すべての設問で 1 本指が 2 本指を上回る結果となったが、統計的な有意差はみられなかった。

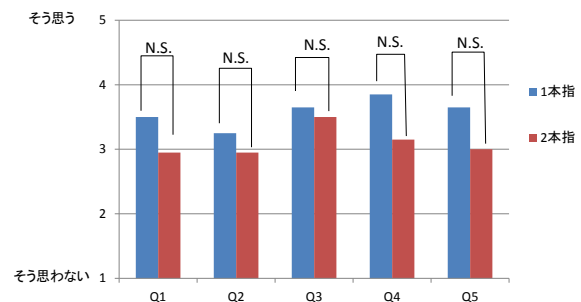


図5 アンケート結果

Fig.5 Results of questionnaire.

4.2. 定量的評価

「点つなぎに要した時間」, 「開始点の距離誤差」, 「終着点の距離誤差」, 「直線描画時のエラー」, 「総タップ回数」の5項目について1本指システムと2本指システムで比較を行っている。

図6に30個の点をつなぐのにかかった時間の平均を示す。2本指システムより1本指システムの方が点をつなぐのに要した時間は少なかった。またこの結果に対し10%の有意傾向がみられた。

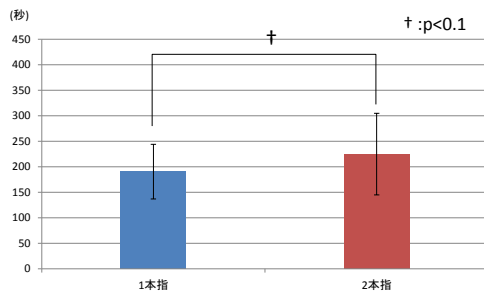


図6 点つなぎに要した時間

Fig. 6 Average and standard deviation of time for straight line task.

図7に開始点の距離誤差, 終着点の距離誤差の平均を示す。開始点の誤差は1本指より2本指の方が誤差は少ないか統計的な有意差はみられなかった。終着点の誤差は2本指システムと比べて1本指システムの方が誤差は少なく1%の有意差がみられた。2本指システム2本の指を協調的に動かすことが難しく, ユーザの思惑通りに描画できなかった可能性がある。

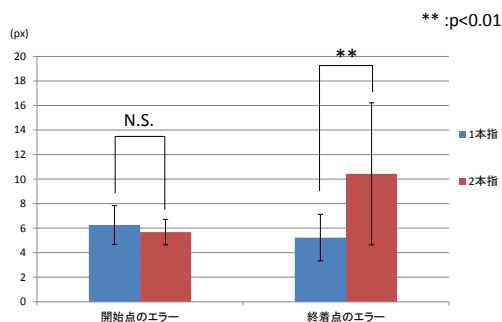


図7 点つなぎにおける開始点の誤差と終着点の誤差

Fig.7 E Average and standard deviation of error of start (left) and end (right) points.

図8に点つなぎの直線描画時のエラー, すなわち表示されている点と点の直線距離とユーザが描画した線の長さの差の平均を示す。1本指システムの方が2本指システムよりエラーが少なく1%の有意差がみられた。先ほど述べたように2本指システムではペンの移動がユーザの思惑の通りにいかず, 結果的に線の長さを長くしてしまったと考えられる。

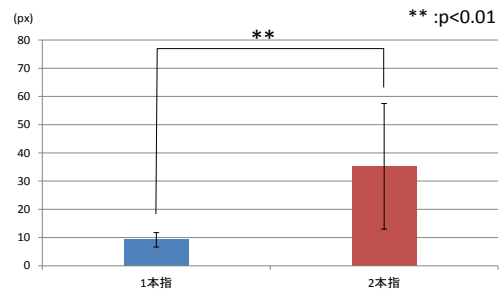


図8 点つなぎの直線描画時のエラー

Fig.8 Average and standard deviation of error for straight line task.

つぎに, 「カーブなぞりに要した時間」, 「開始点の距離誤差」, 「終着点の距離誤差」, 「カーブ描画時のエラー」, 「総タップ回数」の5項目について1本指システムと2本指システムで比較を行う。

図9に3つのカーブをなぞるのにかかった時間の平均を示す。1本指システムの方が2本指システムより描画時間は短かったが, 統計的な有意差はみられなかった。

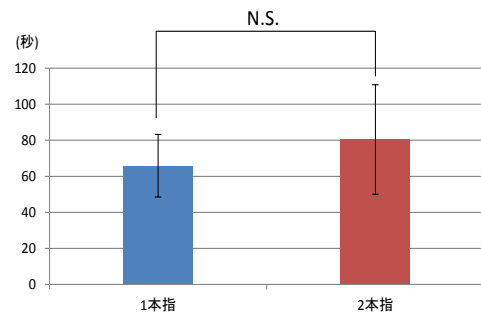


図9 カーブなぞりに要した時間

Fig.9 Average and standard deviation of time for tracing curve line.

図10に開始点の距離誤差, 終着点の距離誤差の平均を示す。開始点誤差は点つなぎと同様に1本指システムより2本指システムの方が誤差は少ないが, 統計的な有意差はみられなかった。終着点誤差は2本指システムより1本指システムの方が誤差は少ないが, これも統計的な有意差はみられなかった。

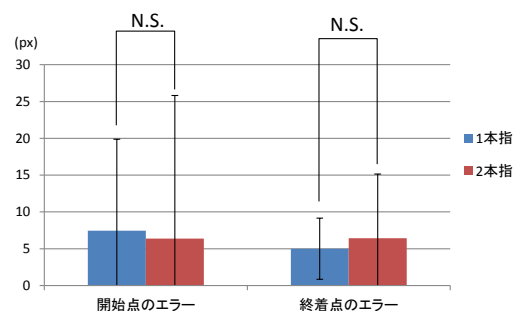


図10 カーブなぞりにおける開始点の誤差と終着点の誤差

Fig.10 Average and standard deviation of errors of start point and finish point in tracing curve line.

図 11 にカーブ描画時のエラー，すなわち表示されている曲線とユーザが描画した曲線の誤差の面積の平均を示す．1 本指システムの方が 2 本指システムよりカーブ描画時のエラーは少なかったが，統計的な有意差はみられなかった．直線を描画した点つなぎとは違い，曲線だと 1 本指システムと 2 本指システムともに描画の定量的な差があまりみられない結果となった．

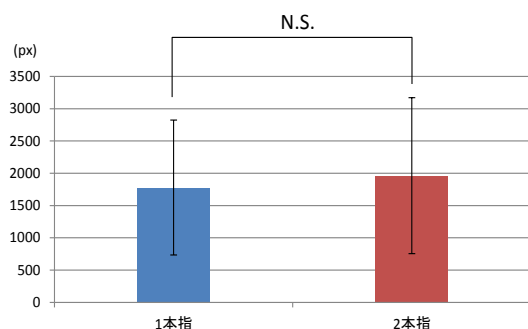


図11 カーブ描画時のエラー

Fig.11 Error of drawing in carve.

4.3. タッチ倍率

タッチ倍率とは総タップ回数を最低タップ回数で割ったものとする．ここで，総タップ回数とは点つなぎタスクとカーブなぞりタスクの合計タップ回数であり，最低タップ回数とは点つなぎタスクとカーブなぞりタスクのタスク完了における最低タップ回数である．今回，2 本指システムにおいて描画する際の 2 本目の指のタップは回数に入っていない．また，同様に 1 本指システムにおいて，ダブルタップの 2 回目のタップは回数には入っていない．図 12 にタッチ倍率の平均を示す．1 本指システムの方が 2 本指システムよりタッチ倍率が低く，有意傾向がみられた．

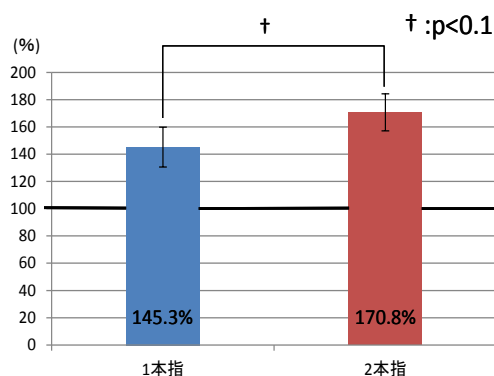


図12 タッチ倍率の平均

Fig.12 Average and standard deviation of touch magnification.

5. 結論

本研究では，1 本指でタッチ操作を行う描画システムと 2 本指でタッチ操作を行う描画システムで比較実験をし，タッチインタフェースのユーザビリティの検討を行うことを目的としている．そのために，指がディスプレ

イに触れるとペン先が表示され，表示されたペン先の座標から描画できるインタフェースを開発した．実験では指定した直線を引くタスクとカーブをなぞるタスクを行わせ，その後アンケートに回答させた．

定性的評価の結果，直線，曲線の移動や描画のスムーズさに関する項目において 1 本指システムの方が 2 本指システムと比較して高い評価が得られた．しかし，これらの結果に統計的な有意差はみられなかった．

一方，定量的評価の結果，カーブをなぞる実験では 2 つのシステムに統計的な有意差がみられなかった．また，直線を引く実験では開始点における誤差に関して 1 本指システムより 2 本指システムの方が誤差は小さい結果となったが，統計的な有意差はみられなかった．しかしながら，直線を引くのに要した時間や直線の終着点誤差，点つなぎの直線描画時の面積誤差，タッチ倍率に関しては 1 本指システムが 2 本指システムと比較して高い数値が得られ，統計的な有意差または有意傾向がみられた．よって定量的評価より，直線を引く際の描画開始点を除けば，2 本指システムより 1 本指システムの方が正確に描画できる傾向がみられた．このことから，タスクによって 1 本指システムの方がユーザの意図した通りに描画できる可能性が高いことが示された．

今後の課題として，1 本指システムの開始点の誤差を改善することが挙げられる．今回，1 本指システムにおける描画の開始をホールドとダブルタップに設定した．しかし，1 本指システムの描画の開始がユーザによっては難しいとの意見が寄せられた．実際の描画をみると，描画開始時に余分なタップをしているユーザもあり，タップの回数を増やす原因にもなっていた．これらのことから，2 本目の指でタップすることで描画が開始されるなど，1 本指システムの描画の開始がより容易に出来れば，ユーザにとってさらに使いやすいタッチインタフェースになる可能性が高い．

謝辞

本研究は科研費（26560016）の助成を受けたものである．

参考文献

- [1] 田中：触る所のすべてにタッチ・パネル；日経エレクトロニクス(1125)，2014 年 1 月 6 日号，pp.47-54 (2014)．
- [2] 村田：対話型システムにおけるポインティング装置の操作性に関する実験的検討；人間工学 28(3)，pp.107-117 (1992)．
- [3] Suyama, A. : Shift Pen; <http://atsuto.com/shiftpen/>.