

3点タッチを起動ジェスチャとする範囲選択

島 佳吾^{1,a)} 箱田 博之² 栗原 拓郎² 志築 文太郎³ 田中 二郎³

概要: タッチパネル端末において、ユーザはスクリーンをロングタップすることにより、文字列選択などの範囲選択を行う。しかし、ロングタップは時間がかかるという欠点を有する。そこで我々は、3点タッチを起動ジェスチャとする範囲選択手法を開発した。ユーザはこの手法を用いることにより、従来のタッチジェスチャと競合することなく、素早く範囲選択を行うことが可能である。我々はこの手法の有用性を示すため、Android 端末上にて動作する実験用アプリケーションを実装し、文字列選択速度を検証する実験を行った。その結果、文字列選択において、従来手法が複数回タッチを必要とする場合には、本手法の方が素早く選択できることが分かった。

1. はじめに

スマートフォンに代表されるタッチパネル端末において、ユーザが文字列選択などの範囲選択を行う際、画面をロングタップ、またはダブルタップする。しかしロングタップにて範囲選択する場合、ユーザが画面に触れてから範囲選択されるまで、フィードバックを得られない一定の時間が存在する。また、ダブルタップは範囲選択の他に、ユーザが画像の拡大、縮小といった他の操作を行う際にも用いられる。そのためダブルタップを画像選択に用いる場合、他の操作と競合することがある。

また近年、タッチパネル端末のサイズが大きくなり、その表示領域が拡大されている。そのため、複数の指にて画面を操作することが容易になった [1,2]。

そこで我々は、タッチパネル端末を複数の指にて操作する場合の新たな範囲選択手法として、3点タッチを起動ジェスチャとする範囲選択手法を開発した。本手法を用いることにより、ユーザは素早く、かつ他のタッチジェスチャ（以降ジェスチャ）と競合することなく範囲選択を行うことができる。図1に本手法の概観を示す。

本手法の有用性を示すため、我々は文字列選択において、従来の手法であるロングタップおよびダブルタップと本手

法の選択速度、使用感を比較、検証する実験を行った。本稿では、これらについて報告する。

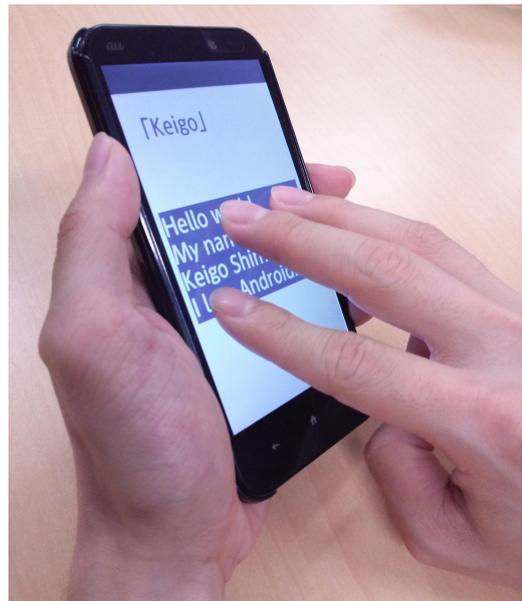


図1 3点タッチの概観

Fig. 1 Using the 3-point touch gesture.

2. 関連研究

本研究は、タッチパネル端末における文字列選択のためのジェスチャを提案した。よって、関連する研究として、タッチパネル端末における文字列選択、およびジェスチャに関する研究が挙げられる。本節では、これらに関する研究を示す。

¹ 筑波大学情報学群情報メディア創成学類
College of Media, Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba
² 筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻
Department of Computer Science, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba
³ 筑波大学システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba
a) keigo@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

2.1 タッチパネル端末における文字列選択

タッチパネル端末において文字列選択を行う手法はいくつか存在する。Bezel Swipe [3] はベゼルジェスチャと呼ぶベゼル(画面の縁)からのスワイプを用いて文字列選択を行う。片方のベゼルから選択範囲の開始点まで指をスワイプさせ、もう片方のベゼルから選択範囲の終了点まで指をスワイプさせる手法と、片方のベゼルから選択したい単語まで指をスワイプさせる手法を提案している。BezelCopy [4] も同様にベゼルジェスチャを用いて文字列選択を行う。ベゼルから選択したい文字列のある文まで指をスワイプさせ、その文を専用のパネルにコピーする。その後、パネル上にて細かい文字列選択とペースト先を指定することにより、Bezel Swipe と比べコピーアンドペーストの時間を短縮している。これらの研究にて用いられるジェスチャは、端末のベゼルから起動する必要があるが、本研究にて用いる3点タッチによる範囲選択はタッチパネル上の任意の場所から開始でき、さらに他のジェスチャとも競合しない。

最所 [5] は文字列選択時のドラッグにおいて、1文字ずつではなく単語単位にて選択する手法を提案している。Fuccella ら [6] は文字列選択にソフトウェアキーボード上のジェスチャ操作を使用している。これらの手法では複数回のタッチを必要とするが、本研究の手法では1回のタッチにて範囲選択を行うことができる。

2.2 タッチパネル端末におけるジェスチャ

タッチパネル端末の入力語彙を拡張するジェスチャについての研究は数多く存在する。その方法の1つとして、スマートフォンのようなタッチパネル端末に内蔵されているセンサ、アクチュエータを用いて新たな入力手法を提案した研究がある。ForceTap [7] は、ユーザが端末をタッチする際の加速度を内蔵センサによって取得することにより、強いタップと弱いタップを識別する。Sensor Synaesthesia [8] は、加速度センサおよびジャイロセンサから取得した情報と、タッチ入力を組み合わせた新たな入力体系である。GripSense [9] は、端末に内蔵されている加速度センサとバイブレータを併用することにより、端末を握る強さを認識する。また、端末の傾きを入力語彙の拡張に用いた研究もある [10]。これらの研究は、タッチパネル端末に内蔵されているセンサ、アクチュエータのみを用いているため、追加センサを用意する必要が無く、導入コストが小さい。これらを文字列選択の起動ジェスチャとすることも可能であるが、大きなタッチパネル端末における新しいジェスチャの可能性を探るために我々は3点タッチを採用した。

タッチパネル端末に対するタッチの振る舞いによるインタラクションも研究されている。MicroRolls [11] は、親指をタッチパネル上で転がすタッチ入力手法である。The fat thumb [12] は、ユーザがタッチパネル端末を片手親指を用いてタッチする際の、タッチ面積の大きさを識別するこ

とにより、片手タッチ入力 of 語彙を拡張している。同様に、Benko ら [13] は、タッチ面積に応じたインタラクションにより、マルチタッチ環境における選択操作を可能にした。また、タッチの方向によるインタラクションについても研究されている [14,15]。さらに、離れた座標に対する連続タップによる、新たなタッチ入力提案されている [16]。本研究は、これらの入力手法と競合しない、新たなタッチジェスチャを提案する。

3. 3点タッチを起動ジェスチャとする範囲選択

本節にて、まず3点タッチを起動ジェスチャとする範囲選択の方法を示す。次に我々が開発した実験用アプリケーションについて説明する。その後、3点タッチの認識手法を示す。

3.1 操作方法

ユーザはまず画面を3本の指を用いてタッチする。次に、選択したい文字列上の指を1本だけ残して他の指を離す。この時残す指は、3本のうちのどの指でもよい。残した時点の位置を開始点として、指をスライドさせることにより、範囲選択する。

3.2 実験用アプリケーション

提案手法の有用性を確かめるために、図2に示すような、Android 端末上にて動作する実験用アプリケーションを実装した。

ユーザは図2aに示す黒枠内の文字列を、本手法を用いて文字列選択することができる。ユーザの文字列選択中は、図2bに示すように、選択した文字の範囲が青枠にて示される。この時ユーザは、選択ハンドルをタッチし、スライドすることにより、選択範囲の開始点、終了点を調節することができる。範囲選択の後、ユーザは図2bに示す画面上部のActionBar上に表示されるコピーボタン(2つのボタンのうち右側のボタン)をタップすることにより、選択範囲をコピーすることができる。なお、全選択ボタン(2つのボタンのうち左側のボタン)をタップすることにより、文字列の全選択をすることもできる。

実験において従来手法であるロングタップおよびダブルタップと3点タッチの条件をそろえるため、選択ハンドルおよび、文字列選択中に表示されるActionBarは、AndroidのEditTextのデフォルトの機能として実装されたものを使用している。

3.3 3点タッチの認識手法

ユーザが3点タッチを行った際に、指同士が近いとタッチ点が2点であると認識されることがある。そこで我々は、タッチ点が2点であると認識された場合、その2点の面積比に応じてタッチした指の本数を予測することとした。す



図 2 作成した実験用アプリケーション
Fig. 2 String selection application.

なわち、大きい方のタッチ面積が、小さい方のタッチ面積の 1.7 倍以上であれば、3 点タッチであるとしている。これは、著者ら (2 名) のタッチ点が 2 点だと認識された時の面積比から、実験的に求めた値である。

4. 被験者実験

3 点タッチを起動ジェスチャとする文字列選択の特性を調査するために被験者実験を行った。被験者実験では、本手法と、既存の選択手法であるロングタップおよびダブルタップによる文字列選択の速度、使用感を比較することとした。実験には、3 節にて述べた実験用アプリケーションを用いた。

4.1 実験機器

実験端末として、Android 端末 (Android 4.2.2, AQUOS PHONE SERIE SHL22, 画面サイズ 60.48mm×107.52mm) を用いた。

4.2 被験者

大学生のボランティア 6 名 (20–23 歳) を被験者とした。全ての被験者が日常的にスマートフォンを利用し、右手によって操作していた。また、スマートフォンの利用歴は平均 33.7 ヶ月 (14–86 ヶ月) であった。

4.3 試行

4.3.1 3 点タッチ

実験者は図 3a の状態にて被験者に端末を渡す。被験者が画面をタッチすると図 3b が表示されるので、被験者はまず、示された問題を確認する。確認後、被験者は右手の 3 本の指 (人差し指、中指、薬指) にて図 3b の選択欄をタッチする。次に被験者は人差し指を残し、他の指を画面から離す。被験者は人差し指をスライドして文字列選択を行う。うまく文字列を選択できなかった場合は、選択ハン

ドルを用いて選択範囲を調整する。文字列の選択が完了したら、コピーボタンを押す。問題と選択文字列が一致していたら、図 3c の状態になり、「次の問題」ボタンをタッチすることにより、次の試行に移る。またこの時、問題と選択文字列が一致しない場合はエラー音が鳴る。その場合、被験者は正しい範囲を選択しなおし、コピーボタンを押す。

4.3.2 ロングタップおよびダブルタップ

実験者は図 3a の状態にて被験者に端末を渡す。被験者が画面をタッチすると図 3b が表示されるので、被験者はまず、示された問題を確認する。確認後、被験者は人差し指にて図 3b の選択欄をロングタップ (またはダブルタップ) する。次に被験者は、選択ハンドルを用いて文字列選択を行う。文字列の選択が完了したら、コピーボタンを押す。問題と選択文字列が一致していたら、図 3c の状態になり、「次の問題」ボタンをタッチすることにより、次の試行に移る。またこの時、問題と選択文字列が一致しない場合はエラー音が鳴る。その場合、被験者は正しい範囲を選択しなおし、コピーボタンを押す。



図 3 実験に用いたアプリケーションの画面
Fig. 3 Application used in the experiment.

4.4 タスク

実験タスクにおける選択対象を、単語と文字列 (複数単語もしくは単語の一部) の 2 通りとした。そのため、実験者は問題として単語 10 種類、文字列 10 種類を用意した。このうち選択対象とした文字列については表 1 に示す分類に基づき用意した。

被験者に行ってもらったタスクは、1 つの単語もしくは文字列の選択を 1 試行とし、10 試行を 1 セッションとするタスクである。セッション内の問題の種類は、単語もしくは文字列に統一されている。

被験者にはまず、問題となる単語 10 種類を各手法にて選択できるまで練習を行ってもらった。練習後、6 通り (3 種類の起動ジェスチャ×2 種類の問題) のセッションをランダムな順番にて被験者に行ってもらった。各セッションにおいて、実験者は、10 種類の問題をランダムに提示し

(1) 1行選択	Hello world
	My name is
	Keigo Shima!
	I love Android!
(2) 複数行選択	world My name
	Shima! I love
(3) 開始点もしくは終了点の どちらかが単語の途中にある選択	orld
	My na
(4) 開始点および終了点の 両方が単語の途中にある選択	igo Shi
	ve Andr

表 1 文字列選択問題の分類

Table 1 Classification of question in string selection.

た。これを2回行い、被験者には合計12セッション行ってもらった。また、疲労による影響を軽減するために、セッション間には3分以上の休憩をとってもらった。結果として、各被験者には

3 (種類の起動ジェスチャ)

× 2 (単語および文字列)

× 10 (試行)

× 2 (回)

= 120 試行

を行ってもらった。

実験者は各試行において、被験者が問題を確認後初めに画面に触れた瞬間から、文字列選択を完了した時点までの時間を測定した。そのため、被験者にはなるべく素早く操作を行うよう指示した。また、実験条件をそろえるために、被験者は左手で端末を把持し、3点タッチ以外の画面操作はすべて、右手の人差し指のみを用いることとした。実験中は椅子に座り、肘をどこにも支えることなく操作を行うこととした。被験者には実験中に可能な限り使用感などの考えたことを発話するよう依頼し、実験者は録音およびメモにて発話内容を記録した。

タスク終了後に、被験者にはアンケートに答えてもらった。アンケートの設問1-4にて3点タッチの使いやすさ、今後も使いたい、わかりやすさ、慣れやすさに関して、5段階リッカート尺度(5:最高, 1:最低)を用いて評価してもらい、その評価理由を自由記述してもらった。また、設問5にて、感想等を自由に述べてもらった。

実験は各被験者ごとに、事前説明からアンケート解答まで、75分程度の時間を要した。

4.5 計測方法

実験に用いたアプリケーションは、被験者のタッチ操作を記録し、csv形式にてログファイルを書き出す機能を備えている。しかし、実験条件の統制のために選択ハンドラをAndroidのデフォルトのものを使用したため、次のような問題が発生した。すなわち記録すべきタッチ操作のうち、被験者が選択ハンドラを操作したときに発生するイベ

ントは、Androidのデフォルトの選択ハンドラにより処理されるため、取得することができなかった。その対策として、実験用アプリケーションでは15ミリ秒間隔で選択範囲を監視するスレッドを動作させている。実験端末においてACTION_MOVE(指をスライドさせたときに発生する)イベントの間隔を測定したところ、約16-17ミリ秒間隔にてイベントが発生していることが分かったからである。そのため、15ミリ秒ごとに選択範囲を監視することとし、選択範囲が15ミリ秒前と異なる場合、アプリケーションは新しい選択範囲とともにイベントが発生したことを記録する。

5. 結果

各問題ごとの、選択が完了するまでの時間を図4(単語)、図5(文字列)に示す。

また、3点タッチを起動ジェスチャとする文字列選択について行ったアンケートの結果を、図6に示す。設問1(使いやすいと思うか)の評価平均は3.2、設問2(今後使いたいと思うか)の評価平均は3.7、設問3(分かりやすかったか)の評価平均は2.8、設問4(慣れやすいと思うか)の評価平均は4.3であった。

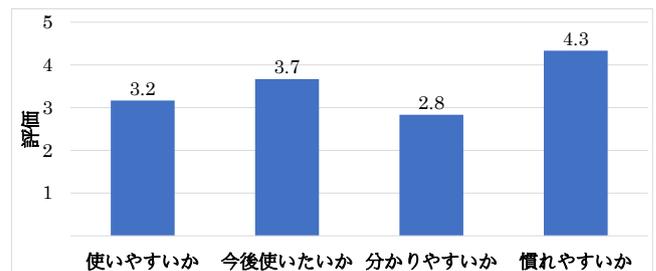


図 6 アンケート結果

Fig. 6 Questionnaire result.

6. 考察

6.1 選択速度

単語の選択速度については、図4に示されるように、早い順にダブルタップ、ロングタップ、3点タッチである。ダブルタップのほうがロングタップより素早く単語を選択できた理由として、ダブルタップのほうが起動時間が短いためであると考えられる。これに関して実験端末において調査したところ、約400ミリ秒以内にユーザが画面を2回タッチしたときにダブルタップイベントが発生しており、またロングタップイベントはユーザが画面を500ミリ秒以上タッチし続けた時に発生していた。さらに、ロングタップおよびダブルタップは、ユーザが押下した点の直下にある「単語」を選択状態にする。それに対し3点タッチは、ユーザが残した指の直下にある「1文字」を選択状態にする。つまり、ロングタップおよびダブルタップ時は、3点タッチとは異なり、文字列選択を起動するのみで選択操作

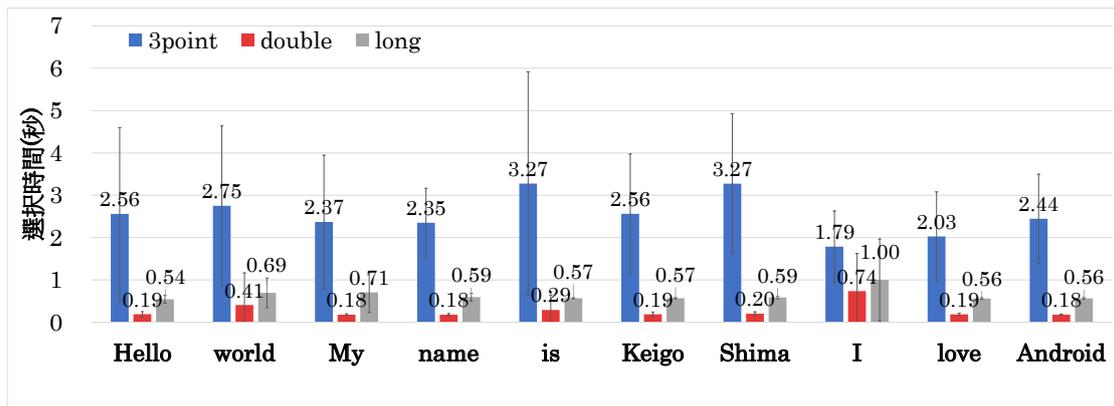


図 4 単語選択における選択時間
 Fig. 4 Selection time in word selection.

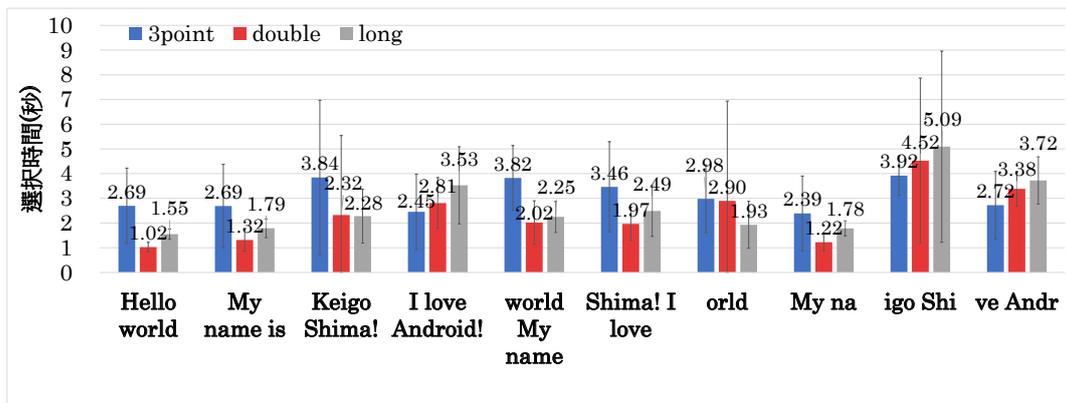


図 5 文字列選択における選択時間
 Fig. 5 Selection time in string selection.

が完了する。そのため、単語選択のタスクにおいては、3点タッチは他の手法より遅くなったと考えられる。

文字列の選択速度については、図5に示されるように、ロングタップおよびダブルタップにおいては、ダブルタップの方が素早く選択することができている。また、3点タッチは他の2手法と比較すると、問題の種類によって選択速度に差が出ている。

(1) 1行選択

図5の左から4問までは、1行を選択する問題である。そのうち、左から3問目までは、3点タッチが他の2手法と比較して選択速度が遅い結果になっている。しかし、4問目の「I love Android!」という文字列のみ3点タッチが最も素早く選択できていることがわかる。図4において問題「I」の選択速度は、ロングタップ、ダブルタップともに他の単語より時間がかかっている。これは、「I」という単語の占める領域が狭く、被験者が正確にタップ操作をすることができなかつたと考えられる。また、ロングタップおよびダブルタップにより単語を選択するとき、文末の「!」は含まれない。そのため被験者が「I」という単語を避けて選択を開始する場合、少なくとも2度のハンドル操作をすることに

なる。「I love Android!」以外の行を選択する場合は、行の開始単語は全て2文字以上であり、被験者が開始単語を選択する場合、1度のハンドル操作にて文字列を選択できる。

(2) 複数行選択および

(3) 開始、終了点のどちらかが単語の途中にある選択

図5の左から5, 6問目は複数行に渡る文字列選択, 7, 8問目は単語の途中から単語の終了点, または単語の開始点から単語の途中までの文字列選択である。これら4問はいずれも、ロングタップおよびダブルタップにおいて開始点を適切に設定することにより、2文字以上の単語を開始点として、1度のハンドル操作にて文字列を選択することができる。したがって、ハンドル操作数が(1)と同等であるため、結果も(1)と同様の結果となった。

(4) 開始、終了点ともに単語の途中にある選択

図5の左から9, 10問目は、単語の途中から別の単語の途中までの文字列選択である。この2問に関しては、3点タッチが他の2手法より素早く選択できていた。その理由として、この2問はロングタップおよびダブルタップにおいて、被験者は少なくとも2度以上

のハンドル操作をする必要がある一方、3点タッチにおいて、開始点を適切に選択することができた場合、選択ハンドルを操作する必要がないためであると考えられる。

これらのことから、ハンドル操作が必要になるような自由選択を行う際は、ロングタップおよびダブルタップに比べ、3点タッチの方が素早く選択できることがわかった。

6.2 エラーを排除した速度比較

慣れによりエラーなく範囲選択できるようになった場合の選択速度を調べるため、実験データからエラーを除いたもののみを比較した。まず今回の被験者実験は実利用環境を想定して行ったため、被験者が最初に画面にタッチした瞬間からコピーボタンを押すまでの間に何度タッチを行ったとしても、すべて結果の時間に含めている。そこで3点タッチにおいて2回以上 ACTION_DOWN (タッチ押下時に発生する) イベントが発生した場合をエラー*1とすることとした。エラーが発生していないデータのみを抽出したところ、文字列選択において平均2470ミリ秒であった。また、図5における3点タッチの平均は3098ミリ秒であった。これらを比較すると、3点タッチによる文字列選択速度が平均500ミリ秒前後速くなった。このことから、操作の慣れに伴い、速度も向上する可能性があることがわかった。

6.3 3点タッチの使用感

設問1 (使いやすいと思うか)

設問1の評価平均は3.2であった。設問1の評価理由に関する回答として、「他の2つの方法と比べて、どこに開始点が置かれるのかわかりにくいように感じた。」(2名)や、「文字が隠れてしまうのが難点だった」(1名)、「残りの2本の位置を確保しなければならない」(1名)など、複数指を画面上に配置することによる選択範囲の視認の困難さを指摘していた。また、「片手でスマートフォンを扱えないのは不便」(1名)と、片手操作ができないため、使用機会が限られるという意見もあった。

文字列選択の開始点の分かり辛さに対し、我々は、指の下にガイドを表示し、タッチ位置を明確に示すという対策を検討している。また、指の位置の確保の難しさの問題は、今回の実験において条件の統制のために被験者に人差し指を残すよう指示したために起こったと考える。このことは、人差し指にて画面右端の文字を選択をする場合、人差し指以外の指を画面の枠に収めることが困難であると示唆している。しかし実際のアプリケーションにおいてはタッチした3本のどの指を残しても良いため、選択範囲に応じて残す指を使い分けることにより、位置の確保難しさの解

消につながると考える。また、3点タッチは片手操作時には行うことができないジェスチャであるため、今後は両手持持が想定されるタブレット端末への応用も考えている。

設問1の評価理由に関する回答には、「選択へのアクセスが1タップで済む」(1名)という肯定的な意見もあった。これは、3点タッチがダブルタップのように複数回タップする必要がなく、ロングタップのように、起動するまでの時間も存在しないためである。

設問2 (今後使いたいと思うか)

設問2の評価平均は3.7であった。設問2の評価理由に関する回答として、「タブレット端末等だとより使いやすい」(1名)、「長文をコピーしやすいと思った」(2名)、「アクセス速度が速いのでストレスが少ない」(1名)という意見が得られた。これらの意見も、今後のタブレット端末への応用が有効であることを示唆している。また、画面一杯に広がる長文を一度に選択する場合に使いやすいと考えられる。

設問3 (分かりやすいと思うか)

設問3の評価平均は2.8であった。設問3の評価理由に関する回答として、「慣れるまでは指を離すタイミングに少し戸惑う」(1名)、「人差し指による選択の開始位置が、慣れていないためかわかりにくかった」(1名)、「3点同時に押す動作を普段しない」(1名)という意見が得られた。これらの意見は、3点タッチがスマートフォンにおいて行わることのない操作であり、実験において十分な練習時間を確保できていなかったことを示唆している。さらに端末の画面サイズが、指の本数に対して十分な画面領域を確保できていなかったと考えられる。

設問4 (慣れやすいと思うか)

設問4の評価平均は4.3であった。設問4の評価理由に関する回答として、「普段スマートフォンを使う人ならすぐ慣れると思う」(1名)、「コツをつかめば簡単」(1名)、「2回目のタスクでは実行速度が上がった」(1名)という意見が得られた。

3点タッチの慣れやすさを示すため、図7に、被験者が実験中に行った4回の3点タッチのセッションの結果を抜き出し、時系列順に並び替えたものの平均起動時間を示す。図7の1回目と4回目を比較すると、4回目が有意に速くなっていることが認められた ($p < .05$)。このことは、ユーザが少ない学習コストにて3点タッチを習得できることを示唆している。

また、操作への慣れと文字列選択速度との関係を調べるため、被験者実験と同様のタスクを、操作に慣れた著者ら(2名)で行った。図8にその結果を示す。図5と比較して、文字列選択における速度が向上し、ロングタップおよびダブルタップよりも素早く文字列を選択できるようになっていることが分かる。

*1 選択ハンドルタッチ時の ACTION_DOWN は取得していないため

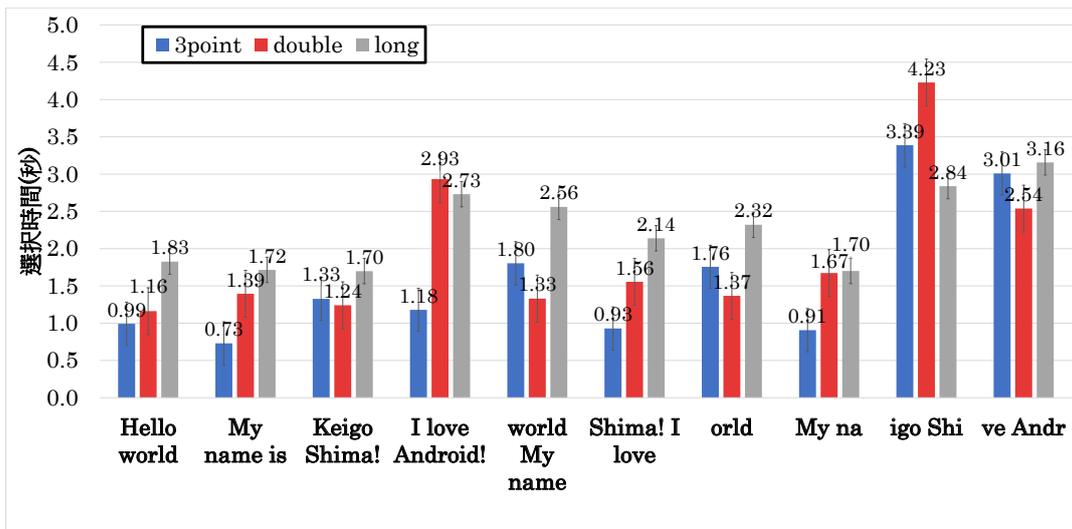


図 8 著者らによる文字列選択における選択時間
 Fig. 8 Selection time in string selection by authors.

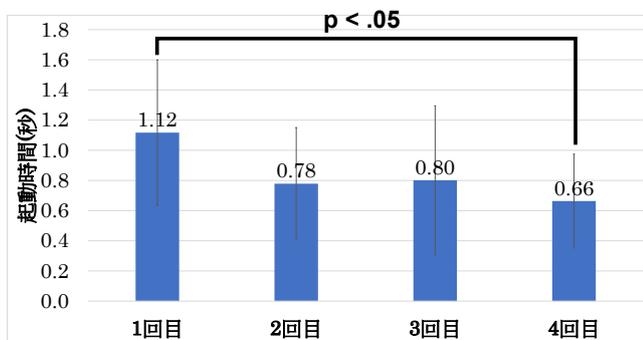


図 7 3点タッチの起動時間
 Fig. 7 Start-up time of 3-point touch.

自由記述

被験者に実験の感想を述べてもらったところ、改善すべき点として「3点タッチの判定を改善してほしい」(3名)という意見が得られた。また、「単語単位で自動選択してくれるといいと思った」(1名)、「単語を選択するときは従来のタップにかなわなかった」(1名)という意見が得られた。3点タッチの判定についての意見は、3点タッチの判定が正しく行われていないことを示唆している。その理由として、実験に用いたアプリケーションは、ユーザのタッチする3点のうち2点が近い場合、その面積に応じて2点タッチであると認識されているかどうかを判断している。しかし、実験時の実装においては、ユーザのタッチする3点すべてが近い場合、それらが1点であると認識されているかどうかを判断することができない。そのため、3点すべてが近い場合、文字列選択を起動できないという問題が発生した。3点すべてが近い場合の判定処理も加えることにより、3点タッチの判定が改善されると考えられる。また、単語選択において図5に示すように、単語単位にて範囲を自動選択するロングタップおよびダブルタップ

のほうが、3点タッチより素早く選択できていた。このことから、3点タッチにおいても単語単位の選択を可能にする仕組みを取り入れることにより、より素早い選択ができるようになると考えられる。現在の実装においては、開始選択範囲は1文字であるが、ユーザが3点タッチした後残す指によって、開始時の選択範囲を単語および文字単位にて切り替えできるようにするという改善案が考えられる。

一方良かった点として、「一度に大量の文をコピーしたい時は、範囲の調整が気にならないので使いやすそう」(2名)、「大まかな選択がしやすい」(1名)という意見が得られた。今回の被験者実験においては、選択文字列は多くても3単語であった。今後3点タッチの性能を比較していくにあたり、より長い行に渡る選択、あいまいな選択(必要な文字列の前後に不必要な文字を含んでも良いとする)も考察していく必要があると考える。

他にも「文字以外の選択に使うと、また違った感想を持つかも」(1名)という意見が得られた。現在文字列選択以外の利用方法として、ペイントアプリケーションの実装を行っている。また、ファイル整理アプリケーションにおけるオブジェクトの一括選択への応用も検討している。

7. まとめと今後の課題

タッチパネル端末において、3点タッチを起動ジェスチャとする範囲選択手法を開発した。本手法を用いて、Android端末上にて動作する実験用アプリケーションを実装し、文字列選択速度を検証するための評価実験を行った。その結果、単語の選択時間においては既存の手法であるロングタップおよびダブルタップと比較して明らかに遅い結果が得られたが、文字列選択においては大きな差は得られなかった。また著者らが実験を行ったところ、3点タッチが他の2手法と比較して素早く文字列選択することができる

結果も得られた。さらに慣れやすさについて検討してみると、40回の試行を重ねることにより3点タッチの起動時間が有意に短くなることが分かった。そのため、ユーザは少ない学習コストにて、新たな範囲選択手法である3点タッチを使用することができると考えられる。

今後の課題について、ユーザがタッチした3点すべてが近い場合はそれらが1点であると認識されているかどうか判定を行えるよう改良を施す。また、文字列選択における単語の選択時間の向上を図るため、残す指によって開始時の選択範囲を単語に一致させるようにするなど、指の使い方について検討する。さらに、スマートフォンの横持ち時や、タブレット端末にて本手法を用いた際に、従来手法と比較して速度や使いやすさに違いが見られるかも検討する。

本手法のさらなる応用例として、ペイントアプリケーションへの応用を考えている。文字列選択以外の範囲選択に本手法を取り入れることにより、どのような使用感が得られるか調査したい。

参考文献

- [1] 井上育美, 棟方渚, Rafal, R., 荒木健治: 3指を用いたタッチパネル入力の評価と考察について, 第2014巻, pp. 1-6, 一般社団法人情報処理学会 (2014).
- [2] 池松香, 椎尾一郎: 記憶の石: マルチタッチを利用したデバイス間情報移動, 情報処理学会論文誌, Vol. 55, No. 4, pp. 1344-1352 (2014).
- [3] Roth, V. and Turner, T.: Bezel Swipe: Conflict-free Scrolling and Multiple Selection on Mobile Touch Screen Devices, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, pp. 1523-1526, New York, NY, USA (2009), ACM.
- [4] Chen, C., Perrault, S. T., Zhao, S. and Ooi, W. T.: BezelCopy: An Efficient Cross-application Copy-paste Technique for Touchscreen Smartphones, in *Proceedings of the 2014 International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, AVI '14, pp. 185-192, New York, NY, USA (2014), ACM.
- [5] 最所賢至: タブレット型端末の特性を考慮した文章範囲選択手法, 九州工業大学工学部総合システム工学科卒業論文 (2014).
- [6] Fuccella, V., Isokoski, P. and Martin, B.: Gestures and Widgets: Performance in Text Editing on Multi-touch Capable Mobile Devices, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pp. 2785-2794, New York, NY, USA (2013), ACM.
- [7] Heo, S. and Lee, G.: Forcetap: Extending the Input Vocabulary of Mobile Touch Screens by Adding Tap Gestures, in *Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '11, pp. 113-122, New York, NY, USA (2011), ACM.
- [8] Hinckley, K. and Song, H.: Sensor Synaesthesia: Touch in Motion, and Motion in Touch, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pp. 801-810, New York, NY, USA (2011), ACM.
- [9] Goel, M., Wobbrock, J. and Patel, S.: GripSense: Using Built-in Sensors to Detect Hand Posture and Pressure on Commodity Mobile Phones, in *Proceedings of the 25th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '12, pp. 545-554, New York, NY, USA (2012), ACM.
- [10] Tsandilas, T., Appert, C., Bezerianos, A. and Bonnet, D.: Coordination of Tilt and Touch in One- and Two-handed Use, in *Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pp. 2001-2004, New York, NY, USA (2014), ACM.
- [11] Roudaut, A., Lecolinet, E. and Guiard, Y.: MicroRolls: Expanding Touch-screen Input Vocabulary by Distinguishing Rolls vs. Slides of the Thumb, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, pp. 927-936, New York, NY, USA (2009), ACM.
- [12] Boring, S., Ledo, D., Chen, X. A., Marquardt, N., Tang, A. and Greenberg, S.: The Fat Thumb: Using the Thumb's Contact Size for Single-handed Mobile Interaction, in *Proceedings of the 14th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services Companion*, MobileHCI '12, pp. 207-208, New York, NY, USA (2012), ACM.
- [13] Benko, H., Wilson, A. D. and Baudisch, P.: Precise Selection Techniques for Multi-touch Screens, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '06, pp. 1263-1272, New York, NY, USA (2006), ACM.
- [14] Wang, F. and Ren, X.: Empirical Evaluation for Finger Input Properties in Multi-touch Interaction, in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '09, pp. 1063-1072, New York, NY, USA (2009), ACM.
- [15] Wang, F., Cao, X., Ren, X. and Irani, P.: Detecting and Leveraging Finger Orientation for Interaction with Direct-touch Surfaces, in *Proceedings of the 22nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '09, pp. 23-32, New York, NY, USA (2009), ACM.
- [16] Heo, S., Gu, J. and Lee, G.: Expanding Touch Input Vocabulary by Using Consecutive Distant Taps, in *Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pp. 2597-2606, New York, NY, USA (2014), ACM.