

タッチパネル端末における オブジェクト選択のためのマルチタッチ操作

島 佳吾^{1,a)} 志築 文太郎² 田中 二郎²

概要: タッチパネル端末において、ユーザは画面をロングタップすることにより、文字や画像などのオブジェクト選択を行う。しかし、ロングタップは認識に最短でも 500 ミリ秒の時間がかかるという欠点を有する。そこで我々は、オブジェクト選択のためのマルチタッチ操作として Leaving Select を開発した。本手法を用いるユーザは、2 本もしくは 3 本の指でタッチした後、指を 1 本残してその他の指を離すことによりオブジェクトを選択する。残した指をスライドすることにより複数オブジェクト選択も可能である。本手法はロングタップのように選択開始までの待ち時間が発生しないため、素早くオブジェクト選択を行うことが可能である。本手法の有用性を示すため、画像の複数選択速度を検証する実験を行った。その結果、本手法を用いるユーザは平均 310 ミリ秒で選択開始でき、ロングタップよりも有意に素早く選択開始できることが分かった。

Multi-touch Operation for Object Selection on Touch Screen

KEIGO SHIMA^{1,a)} BUNTAROU SHIZUKI² JIRO TANAKA²

Abstract: Selecting objects on a touch screen such as text or images by long tap requires users to wait for a while (at least 500ms). To solve this problem, we developed “Leaving Select” as multi touch operation for the selection of objects. In our technique, the users first touch the screen with two or three fingers. Second, they leave only one finger on the screen releasing the others, and then select an object with the finger that remains on the screen. They can also select multiple objects by sliding the finger left on the screen. Since our technique has no waiting time involved long tap, it enables users to select objects quickly. To show the usability of our technique, we conducted an experiment to examine the selection speed of images. As a result, participants using our technique could more quickly finish selection than those using long tap.

1. はじめに

タブレット端末等のタッチスクリーンを持つ携帯情報端末（以下、タッチパネル端末）に実装されている選択操作には時間がかかる場合がある。例えばユーザはコピーしたい文字や画像などのオブジェクトをロングタップ、もしくはダブルタップすることにより選択する。また複数のオブ

ジェクトを選択する場合、ユーザはロングタップ後にさらにタッチを行う。しかしロングタップにて選択する場合、タッチパネル端末がユーザのロングタップを認識するまでに一定の時間（最短でも 500 ミリ秒）を要する。また、ダブルタップはアプリケーションによっては画像の拡大、縮小等の選択以外の操作にも用いられる。アプリケーションによって操作が変わることは、ユーザの混乱を招く可能性がある。さらに、複数のオブジェクトを選択するために何度もタッチを行うことは、ユーザが意図しない場所をタッチしてしまい誤動作を招く可能性がある。また近年、タッチパネル端末のサイズが大きくなるに伴って、その操作領域が拡大されているため、ユーザは容易に複数の指にてタッチスクリーンを操作できることが示されている [1]。

¹ 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

² 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

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選択手法である Leaving Select を示す。ユーザは、2本もしくは3本の指にてタッチスクリーンをタッチした後、指を1本タッチした状態で残して他の指を離すことにより、残した指の下にあるオブジェクトを選択する。また、ユーザは残した指をスライドすることにより、複数オブジェクトを指を離すことなく矩形選択が行える。Leaving Select にはロングタップのような認識時間が存在しないため、ユーザは素早くオブジェクトを選択できる。また、離れた指を矩形選択後に再びタッチすることにより指の下にマーキングメニュー [2] を表示し、メニューに沿って指を動かすことによりコピーおよびカットを連続的に実行できる。

本手法の有用性を示すため、これまでに我々はスマートフォンを用いた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および使用感の比較を行った [3]。その結果、画面が小さなスマートフォンにおいてユーザが3本の指にてタッチすることは困難であることが分かった。そこで今回、画面の大きなタブレット端末を用いた画像選択において、ロングタップおよびダブルタップと本手法の選択速度、使用感を比較する実験を行った。本稿において、Leaving Select の設計、性能評価実験を報告する。

2. 関連研究

本研究は、タッチパネル端末における選択手法を、ロングタップおよびダブルタップに代わる新たなタッチ操作により実現する。よって関連研究として、タッチパネル端末におけるオブジェクトの選択手法の研究が挙げられる。また、タッチパネル端末への入力手法を、新たなタッチ操作を提案することにより増やす研究も複数存在する。本節では、これらを示す。

2.1 タッチパネル端末における選択手法

タッチパネル端末においてオブジェクトの選択を行う手法はいくつか存在する。Bezel Swipe [4] はベゼル（画面の縁）からのスワイプを用いてオブジェクト選択を行う。ユーザは、ベゼルから選択したいオブジェクトまで指をスワイプすることにより、オブジェクト選択を行う。また、複数のオブジェクトを選択する場合は、片方のベゼルからオブジェクトまで指をスワイプさせ、もう片方のベゼルから別のオブジェクトまで指をスワイプさせることにより、2つのオブジェクト間にあるオブジェクト全てを選択できる。BezelCopy [5] は Bezel Swipe と同様にベゼルからのスワイプを用いることにより、文字列の選択およびコピーを行う。ユーザは選択したい文字列のある文章を、ベゼルから指をスワイプすることにより選択する。選択された文章は専用のパネルに拡大表示される。ユーザはパネル上にて

細かく文字列選択を行うことにより文字列のコピーを行う。BezelCopy による文字列選択は、Bezel Swipe と比較してコピーアンドペーストの時間を短縮している。これらの研究にて提案された操作は、端末のベゼルからスワイプを行う必要があるが、本研究にて示す Leaving Select による選択はタッチパネル上の任意の場所から開始できる点で異なる。また、Leaving Select によりオブジェクト選択を行うユーザは、マーキングメニューにより画面から手を離すことなく選択したオブジェクトをコピーもしくはカットできる。

三浦ら [6] は文字列選択時のタッチ操作において、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。また、Fuccella ら [7] は文字列選択にソフトウェアキーボード上のスワイプ操作を使用している。これらの手法では複数回のタッチ操作を必要とするが、本研究の手法では1回のタッチ操作にて複数オブジェクトの選択を行うことができる。

複数のタッチパネル端末間におけるオブジェクトのコピーアンドペーストを行う手法として、Memory Stones [8] がある。ユーザはコピーしたいオブジェクトを複数の指でつまみ、別の端末上に置くという直感的な操作によりコピーアンドペーストを行うことができる。本研究は、同一の端末におけるオブジェクト選択の提案を行う点に差異がある。

2.2 新たなタッチ操作

センサもしくはアクチュエータを用いた新たな入力手法を提案した研究がある。ForceTap [9] は、ユーザが端末をタッチする際の加速度を端末の内蔵センサによって取得することにより、タッチの強弱を識別し、強弱に応じた操作を提案している。また、3D Touch [10] は端末に搭載された圧力センサによってタッチの強弱を取得し、新たなタッチ操作を提案している。Sensor Synaesthesia [11] 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を提案している。GripSense [12] 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、端末の傾きを入力手法として用いる研究もある [13]。これらの研究は、端末に内蔵されているセンサもしくは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ない。本研究にて提案する Leaving Select はこれらとは異なりタッチセンサのみを用いる入力手法である。

タッチスクリーンにタッチする指の触れ方の違いを入力に用いる手法も研究されている。MicroRolls [14] 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 [15] 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し、新



図 1: Leaving Select による画像選択

Fig. 1 Image selection by Leaving Select.

たな入力手法として提案している．同様に，Benko ら [16] は，タッチ面積を選択操作の精度向上に用いた．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 [17], [18]．他にも，離れた座標に対する連続タップによる，新たなタッチ入力が提案されている [19], [20]．本研究は，これらのタッチ操作と競合しない，新たなタッチ操作を提案する．

3. Leaving Select

本節において，Leaving Select によるオブジェクト選択の方法を，画像選択を例に示す．まず，図 1a に示すように，ユーザは画面を 2 本もしくは 3 本の指を用いてタッチする．次に，図 1b に示すように選択したい画像上の指を 1 本だけ残して他の指を離すことにより，残した指の下に画像を選択する．この時残す指は，タッチした指のうちどの指でもよい．複数の画像を選択する場合は，指をスライドさせることにより，図 1c に示すように残した時点の位置を開始点として矩形選択できる．

Leaving Select の開始操作として初めに画面をタッチする指の本数は 2 もしくは 3 である．前者（以下，2 点タッチ）は，アプリケーションによっては拡大縮小のためのピンチ操作に用いられており，そのようなアプリケーションに Leaving Select を追加する場合には 3 点タッチを開始操作とする．3 点タッチを開始操作とすることにより，ピンチ操作と競合することなく Leaving Select を実装することができる．

また，Leaving Select では，画面から離れた指をオブジェクトの選択後に再びタッチするという動作が可能であるため，この動作に選択したオブジェクトに対するコマンドを割り当てられる．例えば，タッチした指の下にマーキングメニューを表示すれば，ユーザは指をメニュー上にスライドすることにより，オブジェクト選択からコピーおよびカット操作等のコマンドの実行を，指を離すことなく一連の動作として素早く行える．

4. 性能評価実験

タッチパネル端末における Leaving Select の特性を調査するための性能評価実験を行った．本実験では，図 1 に示

す画像選択アプリケーションを実装し，Leaving Select（2 点タッチ，3 点タッチ）と，ロングタップおよびダブルタップによる複数画像選択の速度および使用感を比較した．

4.1 被験者

大学生および大学院生のボランティア 10 名（22-23 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．スマートフォンの利用歴は平均 35.8 ヶ月（17-60 ヶ月）であった．

4.2 実験端末

実験用端末として，Android 端末（ICONIA TAB A500，端末サイズ：高さ 260mm × 幅 177mm × 厚さ 13mm，画面サイズ：10.1 インチ（高さ 217mm × 幅 137mm）OS：Android 3.2.1）を用いた．

4.3 実験設計

実験者は被験者に，各試行においてなるべく速く操作を行うよう指示した．実験条件をそろえるために，被験者には 2 点タッチ，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よう指示した．また，実験中は椅子に座り，端末を机に置き，右肘をどこにも支えることなく操作を行うよう指示した．加えて左手を膝上に置き，端末に触れないように指示した．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指示し，実験者は録音およびメモにて発話内容を記録した．

被験者が 1 試行中に選択すべき画像は赤および黄色にてハイライトされる．ハイライトされた画像全てを選択状態にするまでを 1 試行とした．1 試行中の選択対象として 2 種類の条件（開始点条件，枚数条件）に従い，27 パターンを用意した．選択開始位置が選択時間に影響を与えるかを調査するために，選択の開始点（赤くハイライトされる画像）を左上，中央上，右上，左中央，中央，右中央，左下，中央下，右下の 9 点とした（開始点条件）．また，複数の選択対象を一度に選択することを想定し，選択数として隣り合う 1，9，25 枚（それぞれ 1×1 ， 3×3 ， 5×5 の矩形）の画像とした（枚数条件）．

被験者にはタスク開始前に，練習として 5 分間自由に 4

手法（2点タッチ、3点タッチ、ロングタップ、ダブルタップ）による選択を行ってもらった。被験者に行ってもらったタスクは、27試行を1セッションとするタスクである。各セッションにおいて、実験者は27パターンの問題をランダムな順で被験者に提示した。被験者には4手法（2点タッチ、3点タッチ、ロングタップ、ダブルタップ）のセッションをランダムな順番にて行ってもらった。これを2回行い、被験者には合計8セッション行ってもらった。結果として、各被験者には216試行（＝4手法×27試行×2回）を行ってもらった。また、疲労による影響を軽減するために、セッション間に3分以上の休憩をとってもらった。タスク終了後に、被験者には使用感に関するアンケートに答えてもらった。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。

4.4 結果と考察

選択速度は、ダブルタップが最も速く、次いで2点タッチおよび3点タッチが同程度、そしてロングタップが最も遅い傾向がみられた。ダブルタップがロングタップより速く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だと考えられる。実験アプリケーションにおいて、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、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。また、2点タッチおよび3点タッチは普段行わない操作であり、被験者が慣れておらず、選択開始に時間がかかることがあったため、ダブルタップより遅くなったと考えられる。

選択開始までの時間が選択速度に影響していることを確かめるため、各手法の選択開始速度を算出した。図2に示すように、全体の平均において2点タッチと3点タッチの間に有意な差はなく、2点タッチとダブルタップ、および3点タッチとダブルタップは両者ともダブルタップのほうが有意に速かった（ $p < .05$ ）。また、2点タッチおよび3点タッチは、どちらもロングタップよりも有意に速かった（ $p < .05$ ）。このことから、Leaving Selectはダブルタップより時間はかかるが、ロングタップよりは速く選択を開始できることが分かった。

実験後に行ったアンケートから、「2点タッチは3点タッチより慣れやすかった」（3名）、「3点タッチは難しい、慣れるのに時間がかかる」（5名）という意見が得られた。そこで、Leaving Selectにおける2点タッチ、および3点タッチの慣れやすさを示すため、図3に示すように各セッションごとの手法の選択開始時間を求めた。2回のセッションの結果を比較すると、ダブルタップおよびロングタップは有意な変化が見られなかった。それに対し2点タッチおよび3点タッチは、どちらの結果も2回目のセッションの方が有意に速く選択開始できたことが認められた（ $p < .05$ ）。

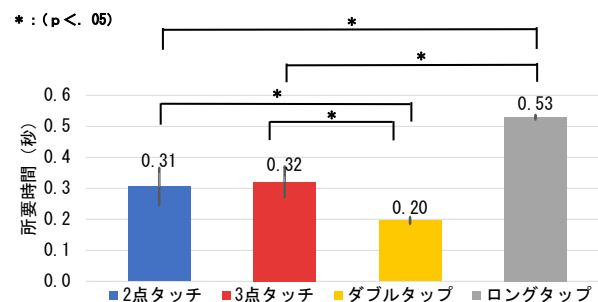


図 2: 選択開始速度

Fig. 2 Selection start speed.

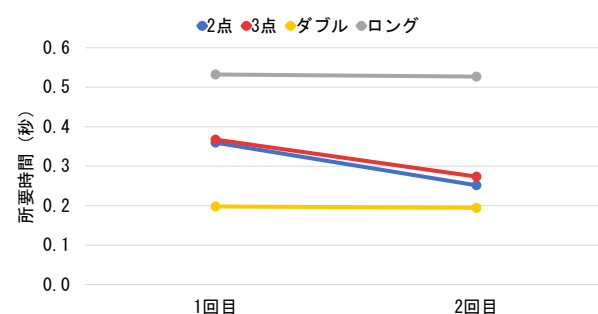


図 3: 各セッションにおける手法の選択開始時間

Fig. 3 Selection start time of each method in each session.

このことは、ユーザが少ない学習コスト（2セッション＝54試行）にて2点タッチおよび3点タッチを習得できることを示唆している。しかし、2点タッチと3点タッチの結果には有意な差は見られなかった。

5. 議論

本節にて Leaving Select の有用性、タッチ点数および選択後のコピーショートカットメニューについて検討する。また、Leaving Select を適用したペイントアプリケーションを示す。

5.1 Leaving Select の有用性

4.4節にて示したように、Leaving Selectはロングタップよりも有意に速く選択を開始できる。そのため、ロングタップに代わる選択操作として有用である。また、ダブルタップは Leaving Select よりも速く選択を開始できたものの、アプリケーションによってはダブルタップを画像の拡大や縮小等の他の操作に用いることもあり、オブジェクト選択に用いることができない場合がある。Leaving Select を選択に用いることにより、ダブルタップを他の操作に用いるアプリケーションにおいても、ユーザはロングタップを用いることなくオブジェクトを選択できる。

5.2 タッチ点数の検討

被験者実験においては、比較のため Leaving Select は3

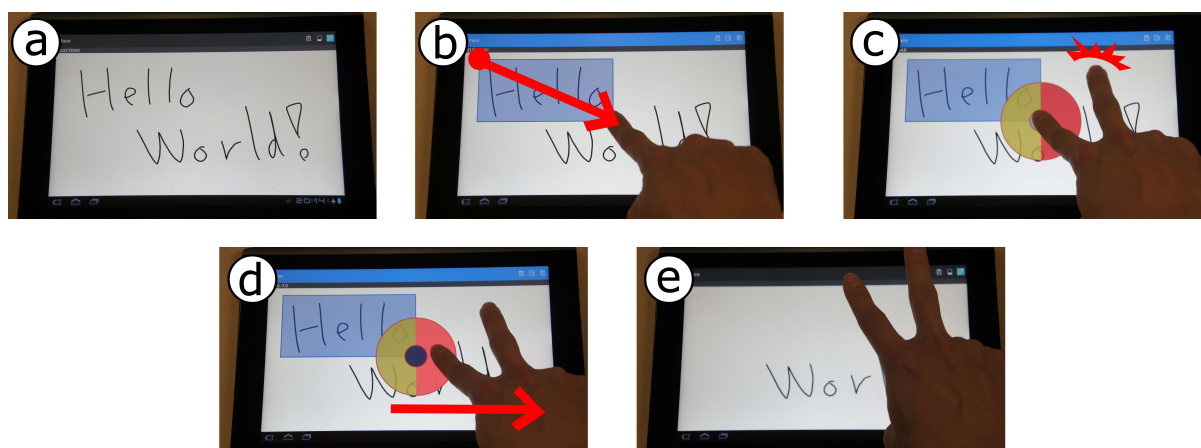


図 4: コピーおよびカット操作のショートカットメニュー

Fig. 4 Shortcut menu of copy and cut operation.

点タッチ，もしくは2点タッチ後に1本指を残すことによりオブジェクトを選択した．3点タッチを採用した理由は，2本指操作は，アプリケーションによっては拡大縮小のためのピンチ操作に用いられており，そのようなアプリケーションにて2点タッチを用いると，誤動作を引き起こすと考えたためである．しかし，ピンチ操作は2点タッチ後に両方の指をスライドさせるのに対し，Leaving Selectは2点タッチ後，どちらかの指をすぐに離す．操作を行う指の数が異なるため，ピンチ操作を使用するアプリケーションにて2点タッチを用いても誤動作は発生しない．このことを確かめるため，今後はWebブラウザのようなピンチ操作を用いるアプリケーションにおいてLeaving Selectを実装し，ピンチ操作と競合することなくLeaving Selectを使用できるか調査する．

被験者実験において2点タッチは慣れやすく，3点タッチは難しいという意見は得られたものの，4.4節に示すように，2点タッチおよび3点タッチによる範囲は，選択開始速度，慣れやすさにおいて有意な差は見られなかった．そこで，どちらをLeaving Selectに用いるのが良いか検討するため，今後Leaving Selectを実装したアプリケーションを用いて使用感調査を行い，日本語版NASA-TLX[21]，[22]を用いてユーザの作業負荷の調査を行う．これによりユーザにとってより負荷の少ないタッチ点数を明らかにする．

5.3 選択後のコピーショートカットメニュー

ユーザがオブジェクト選択を行う場合，ユーザは選択後にオブジェクトのコピーやカットを行うと推測できる．つまり，選択を行った後，手を離すことなくオブジェクトのコピーおよびカットを行うことができれば，ユーザはより素早い操作を行える．現在の実装において，ユーザは複数点タッチ後に1本指を残すことでオブジェクトを選択でき，そのまま指をスライドすることによって複数のオブジェクトを選択できる．そこで，オブジェクト選択を完了した後，

指を離さず再び複数点タッチすることにより，オブジェクトのコピーおよびカットを行う手法を示す．ユーザは図4a，bに示すようにLeaving Selectを用いてオブジェクト選択を行う．その後指を離さず，再び複数点タッチすることにより，図4cに示すように，オブジェクト選択をしていた指の下にマーキングメニューが表示される．メニューは左側がコピー，右側がカットを表しており，ユーザは図4dに示すように指をメニュー上にスライドすることにより，コピーおよびカット操作を手を離すことなく素早く行える．

5.4 ペイントアプリケーションへの適用

これまでの議論をもとに，ユーザがLeaving Selectにより範囲選択できるペイントアプリケーションを，Android端末上にて動作するアプリケーションとして実装した．4節にて行った実験後アンケートにおいて，被験者は2点タッチを3点タッチよりも好んでいたため，本アプリケーションにおいてはLeaving Selectは2点タッチにて行うこととした．本アプリケーションにおいてユーザは，画面を1本指にてタッチ後，スライドすることにより，線を描画できる．また，ユーザは画面上部の消しゴムボタンをタッチすることにより，描画した線の一部を消去できる．ユーザは描画した線のコピーおよびカットを行う場合，Leaving Selectによって範囲選択を行う．選択後ユーザは5.3節にて示したショートカットメニュー，もしくは画面上部のボタンをタップすることにより選択範囲のコピーおよびカットを行える．ユーザはコピーおよびカット後，画面上部のボタンをタップすることにより，コピーした線をペーストできる．

6. まとめと今後の計画

タッチパネル端末におけるオブジェクト選択手法であるLeaving Selectの設計および実装を示した．また，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、Leaving Select を画像の複数選択に用いた場合の速度および使用感を調査するための評価実験を行った。実験の結果、Leaving Select を用いるユーザは平均 310 ミリ秒で画像選択を開始でき、ロングタップよりも有意に素早く画像選択を開始できることが分かった。また、Leaving Select は 54 回の試行により選択開始速度が有意に速くなることが分かり、慣れやすい操作であることが示唆された。

今後は実験から得られた知見をもとに、オブジェクト選択を行うアプリケーションを実装する。具体的には Web ブラウザとファイルマネージャアプリケーションの実装を考えている。これらのアプリケーションに画面の拡大、縮小のためのピンチ操作を実装し、ユーザがピンチ操作と Leaving Select を誤動作なく使用できるかどうかを調査する。また、これらのアプリケーションを実際に使用してもらい、ユーザへの作業負荷を調査する実験を行い、Leaving Select に用いる指の本数が 2 もしくは 3 のどちらが良いかを調べる。

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] Kurtenbach, G. and Buxton, W.: The Limits of Expert Performance Using Hierarchic Marking Menus, in *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '93, pp. 482–487, New York, NY, USA (1993), ACM.
- [3] 島佳吾, 箱田博之, 栗原拓郎, 志築文太郎, 田中二郎: 3 点タッチを起動ジェスチャとする範囲選択, 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクシオン研究会報告, Vol. 2014, No. 5, pp. 1–8 (2014).
- [4] Roth, V. and Turner, T.: Bezel Swipe: Conflict-free Scrolling and Multiple Selection on Mobile Touch Screen Devices, CHI '09, pp. 1523–1526, New York, NY, USA (2009), ACM.
- [5] Chen, C., Perrault, S. T., Zhao, S. and Ooi, W. T.: Bezel-Copy: An Efficient Cross-application Copy-paste Technique for Touchscreen Smartphones, AVI '14, pp. 185–192, New York, NY, USA (2014), ACM.
- [6] 三浦元喜, 最所賢至, 清弘祥太: タブレット型端末における日本語形態素を考慮した文字列範囲選択手法, WISS '14, pp. 45–46 (2014).
- [7] Fuccella, V., Isokoski, P. and Martin, B.: Gestures and Widgets: Performance in Text Editing on Multi-touch Capable Mobile Devices, CHI '13, pp. 2785–2794, New York, NY, USA (2013), ACM.
- [8] Ikematsu, K. and Siio, I.: Memory Stones: An Intuitive Information Transfer Technique Between Multi-touch Computers, HotMobile '15, pp. 3–8, New York, NY, USA (2015), ACM.
- [9] Heo, S. and Lee, G.: ForceTap: Extending the Input Vocabulary of Mobile Touch Screens by Adding Tap Gestures, MobileHCI '11, pp. 113–122, New York, NY, USA (2011), ACM.
- [10] Apple, : iPhone 6s 3D Touch: <http://www.apple.com/iphone-6s/3d-touch/> (accessed 2015.10.19).
- [11] Hinckley, K. and Song, H.: Sensor Synaesthesia: Touch in Motion, and Motion in Touch, CHI '11, pp. 801–810, New York, NY, USA (2011), ACM.
- [12] Goel, M., Wobbrock, J. and Patel, S.: GripSense: Using Built-in Sensors to Detect Hand Posture and Pressure on Commodity Mobile Phones, UIST '12, pp. 545–554, New York, NY, USA (2012), ACM.
- [13] Tsandilas, T., Appert, C., Bezerianos, A. and Bonnet, D.: Coordination of Tilt and Touch in One- and Two-handed Use, CHI '14, pp. 2001–2004, New York, NY, USA (2014), ACM.
- [14] Roudaut, A., Lecolinet, E. and Guiard, Y.: MicroRolls: Expanding Touch-screen Input Vocabulary by Distinguishing Rolls vs. Slides of the Thumb, CHI '09, pp. 927–936, New York, NY, USA (2009), ACM.
- [15] 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, MobileHCI '12, pp. 207–208, New York, NY, USA (2012), ACM.
- [16] Benko, H., Wilson, A. D. and Baudisch, P.: Precise Selection Techniques for Multi-touch Screens, CHI '06, pp. 1263–1272, New York, NY, USA (2006), ACM.
- [17] Wang, F. and Ren, X.: Empirical Evaluation for Finger Input Properties in Multi-touch Interaction, CHI '09, pp. 1063–1072, New York, NY, USA (2009), ACM.
- [18] Wang, F., Cao, X., Ren, X. and Irani, P.: Detecting and Leveraging Finger Orientation for Interaction with Direct-touch Surfaces, UIST '09, pp. 23–32, New York, NY, USA (2009), ACM.
- [19] Heo, S., Gu, J. and Lee, G.: Expanding Touch Input Vocabulary by Using Consecutive Distant Taps, CHI '14, pp. 2597–2606, New York, NY, USA (2014), ACM.
- [20] Oakley, I., Lee, D., Islam, M. R. and Esteves, A.: Beats: Tapping Gestures for Smart Watches, CHI '15, pp. 1237–1246, New York, NY, USA (2015), ACM.
- [21] Hart, S. G. and Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research, in *Human Mental Workload*, Vol. 52, pp. 139 – 183, North-Holland (1988).
- [22] 芳賀繁, 水上直樹: 日本語版 NASA-TLX によるメンタルワークロード測定各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度, 人間工学, Vol. 32, No. 2, pp. 71–79 (1996).