

筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

タッチパネル端末におけるオブジェクト操作の  
ためのマルチタッチジェスチャ

島 佳吾

修士（工学）

（コンピュータサイエンス専攻）

指導教員 志築 文太郎

2017年3月

## 概要

タッチパネル端末を用いるユーザがオブジェクトを素早く選択および操作を行うためのマルチタッチジェスチャを示す。提案手法を用いるユーザは、2本指で画面をタッチした後、指を1本残してもう一方の指を離すことにより、残した指の下の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。選択後、画面から手を離すことなく再びもう一方の指をタッチすることにより、指の下に円形メニューを表示し、メニューに沿って指をスライドすることによりコピー等の操作を行う。提案手法はロングタップのように待ち時間が発生することがなく、また、指の移動量も少ない。そのため、提案手法を用いるユーザは素早くオブジェクト選択および操作を行うことが可能である。提案手法によるオブジェクト選択および操作を、既存手法であるダブルタップおよびロングタップと比較する実験を行った結果、提案手法はロングタップよりも有意に速く、また、ダブルタップと同程度に速いことが示唆された。

# 目次

<b>第1章</b>	<b>序論</b>	<b>1</b>
1.1	背景 . . . . .	1
1.2	目的 . . . . .	2
1.3	アプローチ . . . . .	2
1.4	貢献 . . . . .	2
1.5	本論文の構成 . . . . .	3
<b>第2章</b>	<b>関連研究</b>	<b>4</b>
2.1	オブジェクトの選択および操作手法 . . . . .	4
2.2	内蔵センサを用いる新たな入力ジェスチャ . . . . .	5
2.3	追加センサを用いる新たな入力ジェスチャ . . . . .	7
<b>第3章</b>	<b>提案手法</b>	<b>8</b>
3.1	Leaving Select . . . . .	8
3.2	手法の特徴 . . . . .	10
<b>第4章</b>	<b>予備実験：選択ジェスチャの速度評価</b>	<b>11</b>
4.1	被験者 . . . . .	11
4.2	実験機器 . . . . .	11
4.3	実験設計 . . . . .	13
4.4	結果と考察 . . . . .	15
<b>第5章</b>	<b>被験者実験</b>	<b>20</b>
5.1	被験者 . . . . .	20
5.2	実験機器 . . . . .	20
5.3	試行 . . . . .	20
5.4	実験タスク . . . . .	22
5.5	結果 . . . . .	24
5.6	考察 . . . . .	26
<b>第6章</b>	<b>議論</b>	<b>33</b>
6.1	エラーの軽減 . . . . .	33
6.2	アプリケーションへの適用 . . . . .	34

6.2.1	ペイントアプリケーション . . . . .	34
6.2.2	文字列選択 . . . . .	34
<b>第 7 章</b>	<b>結論および今後の課題</b>	<b>37</b>
	謝辞	38
	参考文献	39
<b>付 録 A</b>	<b>選択終了地点ごとの試行時間</b>	<b>47</b>
<b>付 録 B</b>	<b>実験の際に用いた実験同意書およびアンケート</b>	<b>57</b>
B.1	予備実験の際に使用した書類 . . . . .	58
B.1.1	同意書 . . . . .	58
B.1.2	事前アンケート . . . . .	59
B.1.3	実験手順書 . . . . .	60
B.1.4	アンケート . . . . .	64
B.2	被験者実験の際に使用した書類および Web フォーム . . . . .	67
B.2.1	同意書 . . . . .	67
B.2.2	事前アンケート (Web フォーム) . . . . .	68
B.2.3	実験手順書 . . . . .	70
B.2.4	SUS および自由記述アンケート (Web フォーム) . . . . .	72

# 目次

3.1 Leaving Select による画像操作 . . . . .	9
4.1 実験に使用した端末 . . . . .	12
4.2 実験の様子 . . . . .	12
4.3 実験用アプリケーション . . . . .	14
4.4 開始点条件 . . . . .	15
4.5 1 × 1 の選択における, 各開始点ごとの試行時間 . . . . .	16
4.6 3 × 3 の選択における, 各開始点ごとの試行時間 . . . . .	16
4.7 5 × 5 の選択における, 各開始点ごとの試行時間 . . . . .	17
4.8 アンケート結果 . . . . .	17
4.9 選択開始までの所要時間 . . . . .	18
4.10 各セッションにおける手法の選択開始時間 . . . . .	19
5.1 実験に使用した端末 . . . . .	21
5.2 マーキングメニュー . . . . .	22
5.3 実験に用いたアプリケーションの画面 . . . . .	23
5.4 実験の様子 . . . . .	24
5.5 サイズ条件ごとの試行時間 . . . . .	25
5.6 SUS のスコア . . . . .	26
5.7 1 × 1 条件におけるセッションごとの試行時間 . . . . .	27
5.8 2 × 2 条件におけるセッションごとの試行時間 . . . . .	27
5.9 3 × 3 条件におけるセッションごとの試行時間 . . . . .	28
5.10 後半4セッションにおけるサイズ条件ごとの試行時間 . . . . .	28
5.11 サイズ条件ごとのエラー率 . . . . .	30
5.12 手法ごとのエラー率 . . . . .	30
5.13 後半4セッションにおけるサイズ条件ごとの, エラーを除いた試行時間 . . . . .	31
6.1 ペイントアプリケーションへの適用例 . . . . .	35
6.2 文字列選択への適用例 . . . . .	36
A.1 選択終了地点ごとの試行時間: 提案手法, 1 × 1 . . . . .	47
A.2 選択終了地点ごとの試行時間: 提案手法, 2 × 2 . . . . .	48
A.3 選択終了地点ごとの試行時間: 提案手法, 3 × 3 . . . . .	48

A.4	選択終了地点ごとの試行時間：ダブルタップ, 1×1 . . . . .	49
A.5	選択終了地点ごとの試行時間：ダブルタップ, 2×2 . . . . .	49
A.6	選択終了地点ごとの試行時間：ダブルタップ, 3×3 . . . . .	50
A.7	選択終了地点ごとの試行時間：ロングタップ, 1×1 . . . . .	50
A.8	選択終了地点ごとの試行時間：ロングタップ, 2×2 . . . . .	51
A.9	選択終了地点ごとの試行時間：ロングタップ, 3×3 . . . . .	51
A.10	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：提案手法, 1×1 . . . . .	52
A.11	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：提案手法, 2×2 . . . . .	52
A.12	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：提案手法, 3×3 . . . . .	53
A.13	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ダブルタップ, 1×1 . . . . .	53
A.14	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ダブルタップ, 2×2 . . . . .	54
A.15	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ダブルタップ, 3×3 . . . . .	54
A.16	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ロングタップ, 1×1 . . . . .	55
A.17	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ロングタップ, 2×2 . . . . .	55
A.18	選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ロングタップ, 3×3 . . . . .	56

# 第1章 序論

本章において、まずスマートフォンおよびタブレット端末のようにタッチスクリーンを備える携帯情報端末（以下、タッチパネル端末）を用いるユーザが画像や文字列等のオブジェクトに対し、コピー、カット、もしくは削除等の操作を行う際の問題を述べる。次に本研究の目的を述べ、問題解決のためのアプローチを示す。その後、本研究の貢献を示し、本論文の構成を述べる。

## 1.1 背景

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。例えばユーザが、画像や文字列等のオブジェクトに対し、コピー、カット、もしくは削除等の操作を行いたいとする。このときユーザは操作対象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。複数のオブジェクトを一度に操作する場合、ユーザはロングタップ後に操作したいすべてのオブジェクトをそれぞれタッチすることにより、複数の操作対象を選択する。その後、固定位置に表示されるメニューから、操作に応じたボタンをタッチすることによりコピー等の操作を行う。しかしロングタップにて選択する場合、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（以下、認識時間。Android 端末においては最短 500 ミリ秒）を要するため、ユーザが指を動かすことができない時間が存在する。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を行う際にも用いられる。ダブルタップを拡大縮小に用いる場合、オブジェクトを選択するためのジェスチャとして用いることはできない。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、およびメニューを選択するために何度もタッチすることは、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。加えて、固定位置にメニューを表示することは、画面の表示スペースを占有し続ける必要がある。さらにユーザは興味のあるオブジェクトから手および意識を離し、メニューまでの移動にコストを払う必要がある。

これらの問題を解決するため、新たなタッチジェスチャを開発する研究が多くなされてきた。研究の例として、複数の指を用いて 1 つのオブジェクトを操作する手法 [LV15]、画面の縁からのスワイプによりオブジェクトの選択を行う手法 [RT09]、現実の物体をつまむ操作をメタファとして取り入れたジェスチャにより、複数端末間のオブジェクトのコピーアンドペーストを実現する手法 [IS15] 等が挙げられる。本研究は、これらの研究と同様に新たなタッチジェスチャを開発することにより、ダブルタップにすでに機能が割り当てられている場合で

あっても、ロングタップを用いるよりも速いオブジェクト操作を可能とする。

## 1.2 目的

本研究の目的は、タッチパネル端末において、背景にて述べた既存手法の問題を解決し、かつ既存手法よりも速いオブジェクト操作を可能とすることである。

## 1.3 アプローチ

近年タッチパネル端末が大型化した結果、その表示領域が拡大されている。そのため、ユーザは容易に複数の指にて画面を操作できることが示されている [井上 14]。そこで私は、ユーザが画像や文字列等のオブジェクトを選択し、続けてコピー、カット、もしくは削除等のオブジェクトへの操作を行うためのオブジェクト操作手法である **Leaving Select** を考案した。ユーザは、2本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たまま、他方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することができる（以下、選択ジェスチャ）。選択ジェスチャ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。さらに、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 [KB93] 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、カット、もしくは削除等のオブジェクトへの操作を選択ジェスチャから連続的に実行できる（以下、操作ジェスチャ）。

提案手法の設計指針を示すため、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選択ジェスチャの選択速度および使用感の比較を行った [島 14]。また、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選択ジェスチャの選択速度、および使用感を比較する実験を行った [島 16]。さらに選択ジェスチャにより選択したオブジェクトに対し、操作ジェスチャにより操作を行う手順を再設計した上で、提案手法によるオブジェクト操作の性能を既存手法と比較する実験を行った [島 17]。

## 1.4 貢献

本研究の貢献はタッチパネル端末におけるオブジェクト操作手法として **Leaving Select** の設計、実装を行ったことである。また、提案手法を既存手法であるロングタップおよびダブルタップによるオブジェクト操作と比較する実験を行い、提案手法の性能を明らかにした。

## 1.5 本論文の構成

第1章では、本研究の背景と目的を述べる。第2章では、関連研究と本研究の位置付けを述べる。第3章では、Leaving Selectによるオブジェクト操作の方法を述べる。第4章では、選択ジェスチャの速度調査を述べる。また、選択ジェスチャ実行時に最適な指の本数を検討する。第5章では、Leaving Selectによるオブジェクト操作の性能を評価するために行った被験者実験を述べる。第6章では、実験の結果から明らかとなったLeaving Selectのエラーを軽減する方法について議論を行う。また、提案手法のアプリケーションへの実装例を示す。第7章では、結論および今後の課題を述べる。

## 第2章 関連研究

提案手法は、タッチパネル端末におけるオブジェクトの選択および操作を、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ジェスチャにより実現する。提案手法に関連する研究として、タッチパネル端末におけるオブジェクトの選択および操作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方法を、新たな入力ジェスチャを設計することにより増やす研究も複数存在する。本章ではこれらを示す。

### 2.1 オブジェクトの選択および操作手法

タッチパネル端末におけるオブジェクトの選択および操作手法の研究はいくつか存在する。

**Pin-and-Cross [LV15]** は複数の指を用いるオブジェクトの操作手法である。ユーザはまず操作対象のオブジェクトを1本の指（以下、pin）にてタッチする。その後 pin の周囲に放射線状にメニューが表示されるため、ユーザは pin 以外の指にてメニューをクロッシングすることにより、オブジェクトに対する操作を行う。**Pin-and-Cross** を用いるユーザは1つのオブジェクトを pin にて選択し、そのオブジェクトに対し操作を行うが、提案手法を用いるユーザは複数のオブジェクトを一度に選択し、そのオブジェクトに対し操作を行うことができる点で異なる。

**Bezel Swipe [RT09]** は、画面の縁（以下、ベゼル）からのスワイプによりオブジェクトの選択を開始する手法である。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、オブジェクトの選択を行う。また、複数のオブジェクトを一度に選択する場合は、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すべてを選択することができる。また **Chen** ら [CPZO14] は、**Bezel Swipe** と同様にベゼルからのスワイプを用いる文字列の選択および操作手法である **BezelCopy** を提案した。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コピーを行いたい文字列の選択を行う。その後ユーザはパネル上のアイコンをタップすることにより、アイコンに対応したアプリケーションへと文字列をペーストする。**Chen** らは **BezelCopy** を **Bezel Swipe** と比較する実験において、**BezelCopy** を用いるユーザのほうがより短い時間にて、文字列の選択およびコピーアンドペーストを完了できたことを報告している。**Bezel Swipe** もしくは **BezelCopy** を用いるユーザがオブジェクトの選択を開始する場合、端末のベゼルからスワイプを行う必要があるが、提案手法を用いるユーザはタッチスクリーン上の任意の場所からオブジェクト

の選択を開始することができる。

Chen ら [CSH+14] は、深度カメラを端末に取り付けることにより、ユーザの指のホバーを検出し、タッチ操作と空中ジェスチャを組み合わせた新たな入力体系を示した。タッチ前、タッチとタッチの間、タッチ後に空中ジェスチャを行うことにより、オブジェクト選択およびコンテキストメニューの表示を行っている。Han ら [HAL14] は、タッチパネル端末においてドラッグ操作とスクロール操作を両立するため、ユーザのホバー、タッチ、およびタッチパネルの押し込み（プッシュ）の組み合わせである Push-Push を提案した。ユーザは1度目のプッシュによりドラッグ操作を開始し、2度目のプッシュによりドラッグ操作を終了する。Han らは Push-Push を用いたテキスト選択は、既存手法よりも速く選択完了できることを報告している。Chen らの手法および Han らの手法は、端末に外部センサである深度カメラもしくは圧力センサを装着する必要がある。一方、提案手法は端末に内蔵されたタッチパネルのみにて実現可能なオブジェクト操作手法である。

三浦ら [三浦 14] はユーザが文字列の選択を行う際に、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 [FIM13] は文字列の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。これらの手法では選択範囲の開始点および終了点を調整するために、画面を何度もタッチもしくはスワイプする必要があるが、提案手法では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。

提案手法と同様に複数指を用いて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 [IS15] が挙げられる。コピーを行い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メタファに基づいた操作により、ユーザは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ことができる。一方、提案手法を用いるユーザは同一端末内において、複数オブジェクトの選択、および選択したオブジェクトをコピーもしくはカットを行う等の、オブジェクトに対する操作を画面から手を離すことなく行うことができる。

## 2.2 内蔵センサを用いる新たな入力ジェスチャ

端末に内蔵されたセンサもしくはアクチュエータを用いてユーザのタッチ圧力、端末の傾き、端末背面へのタッチ、および端末周辺の中空での手の動きを認識することによる、タッチパネル端末への新たな入力手法が提案されている。ユーザが端末にタッチした際のタッチの圧力を認識することにより、入力として用いた研究がある。ForceTap [HL11b] は、ユーザが端末をタッチする際の加速度を端末に内蔵された加速度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 [App] 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、新たなタッチジェスチャを提案している。GripSense [GWP12] 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。高田ら [高田 16] は、防水機能および気圧センサを有する端末を用いて、ユーザが画面をタッチした際の圧力を取得している。Tung ら [TS16] は、端末内蔵のマイクおよびスピーカを用いた超音波音響センシングによりユーザのタッチ圧

力を取得する手法である **ForcePhone** を示した。 **PseudoButton** [HW12] は、端末のマイク穴をユーザが指で塞いだ際の圧力を取得する手法である。また、端末の傾きを入力として用いる研究もある。 **Tsandilas** ら [TABB14] は、端末の傾きとユーザのタッチ操作を組み合わせたジェスチャである **TilTouch** を示した。 **Crossan** ら [CWBMS08] は、ユーザの手首に端末を取り付けた際の、手首の回転ジェスチャの性能を調査した。 **Teather** ら [TM14] は、タブレット端末を傾けるジェスチャをカーソル移動に適用した際のポインティング性能を調査した。 **Sazawal** ら [SWB02] は、端末を傾けるジェスチャにより文字入力を行う手法を提案している。 **Hinckley** ら [HS11] 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、タッチ操作を組み合わせた新たな入力体系を提案している。ユーザの端末背面へのタッチを入力として用いる研究もある。 **Seipp** ら [SD14] は、端末内蔵のマイクおよびジャイロセンサを用いて、ユーザの親指、人差し指、および中指による端末背面および側面を叩くジェスチャを認識している。 **Roudaut** ら [RBL09] は、加速度センサにより端末背面を叩くジェスチャを認識し、端末の傾きと組み合わせることにより、アプリケーションの切り替えを行っている。カメラやホバー検出機能を備える端末を用いて、ユーザの手の動きを入力として用いる研究もある。 **石井** ら [石井 16] は、端末の背面カメラによりユーザの手を認識し、親指を曲げるジェスチャを決定操作として用いている。 **AirFlip** [STO<sup>+</sup>15] は、ユーザの指のホバー検出機能を有する端末を用いて、ホバー検出領域に指を出入りするように動かすダブルクロッシングジェスチャである。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。提案手法はこれらと同様に端末に内蔵されているタッチスクリーンのみを用いるため、追加センサを用意する必要がない。これらをオブジェクト選択の開始操作とすることも考えられるが、タッチパネル端末における新しい操作手法の可能性を探るため、新たなマルチタッチジェスチャの提案を行う。

ユーザがタッチする指の触れ方の違いをタッチスクリーンのみを用いて認識することにより、入力に用いる手法も研究されている。 **MicroRolls** [RLG09] は、親指をタッチスクリーン上で転がす動作を新たなタッチジェスチャとして用いた。 **The Fat Thumb** [BLC<sup>+</sup>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小に基づく新たなタッチジェスチャを提案している。同様に、 **Benko** ら [BWB06] は、タッチ時にユーザの指が触れている面積の大きさを利用し、ドラッグ操作を実現している。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 [WR09, WCRI09]。他にも、離れた座標に対する連続タップによる、新たなタッチジェスチャが提案されている [HGL14, OLIE15]。 **Luo** ら [LV14] は、オブジェクト間の境界をまたぐようにスライドするクロッシングジェスチャを示し、その性能を調査した。 **Harrison** ら [HXSH14] は、ペンを持つように画面をタッチすることにより線を描く、カメラを持つように画面をタッチすることにより画面のキャプチャを撮る等の、実世界の道具の操作方法を模したタッチジェスチャを提案した。 **Wigdor** ら [WBP<sup>+</sup>11] は、両手を用いることにより、既存のタッチ操作の拡張を行った。提案手法は、これらのタッチ操作と競合しない新たなタッチジェスチャである。また、これらの操作を提案手法と併用することにより、ユーザに豊富な入力方法を提供することが可能である。

## 2.3 追加センサを用いる新たな入力ジェスチャ

端末自体もしくはその周辺環境に対し追加のセンサもしくは装置を取り付け、それを用いてユーザのタッチ圧力、端末の傾き、端末周辺の中空での手の動き、およびタッチスクリーン外へのタッチを認識することによる、タッチパネル端末への新たな入力手法が提案されている。Heo ら [HL11a, HL12] は、端末に圧力センサを設置し、ユーザが画面にタッチした際の圧力に応じたジェスチャを提案している。Ono ら [OST13] は、スマートフォンケースにマイクおよび振動スピーカを設置し、端末を振動させた際の反響音を計測することにより、ユーザのタッチ圧力を認識している。Nakai ら [NKOK14] は透明な弾性素材およびプラスチック板をタッチスクリーン表面に設置し、弾性素材の弾性力およびユーザの指の移動量から、水平方向へのタッチ圧力を認識している。Acoustruments [LBHH15] は、端末のマイクおよびスピーカを管により接続し、ユーザの管に対する操作を認識する手法である。竹岡ら [竹岡 12] は、マルチタッチディスプレイの周囲から赤外線レーザーを照射することにより、画面近傍のユーザの指の傾きや向きを認識し、それらを活用した操作を示した。Crossan ら [CMBMS09] は、ユーザの頭にセンサを取り付けることにより頭の傾きを認識し、その傾きを画面に表示されたカーソルの移動に用いた。Kratz ら [KR09] は、端末外周に赤外線近接センサを取り付けることによりユーザの手を認識し、空中ジェスチャの設計指針を示した。Kato ら [KM15] は、端末のタッチスクリーンに導電物質を貼付することにより、ユーザがタッチ可能な領域を拡張した。Löchtefeld ら [LHG13] は、端末背面にタッチパッドを取り付け、通常のタッチ操作と端末背面へのタッチを組み合わせた操作の評価を行った。土佐ら [土佐 13] は、端末の両側にタッチパネルを備える端末を実装し、ユーザの両面タッチを用いた新たな GUI を提案した。これらの研究は端末に内蔵されたセンサのみでは認識できないユーザのジェスチャを認識できる一方で、新たなセンサを設置するためのコストがかかる問題がある。このことに対し、提案手法は端末に内蔵されたタッチスクリーンのみを使用するため、新たなセンサを設置する必要がない。

## 第3章 提案手法

本章にて、まず提案手法である **Leaving Select** を説明する。その後、提案手法の特徴を示す。

### 3.1 Leaving Select

**Leaving Select** は選択ジェスチャと操作ジェスチャからなる、画像や文字列等のオブジェクトを選択し、続けてコピー、カット、もしくは削除等のオブジェクトへの操作を行うための、オブジェクト操作手法である。選択ジェスチャはオブジェクトの選択を実行するためのジェスチャである。また、操作ジェスチャは選択ジェスチャにより選択したオブジェクトに対し、コピー等の操作を実行するためのジェスチャである。本章において、選択ジェスチャによるオブジェクト選択、および操作ジェスチャによるオブジェクト操作の方法を、画像のコピーを例として説明する。

まず、選択ジェスチャによるオブジェクト選択の方法を示す。図 3.1a に示すように、ユーザは2本の指を用いて画面をタッチする。その後、図 3.1b に示すように選択したい画像上の指を1本タッチした状態で残したまま、他方の指を離すことにより、残した指の下の画像を選択する。この時残す指は、タッチした指のうちどちらの指でもよい。複数の画像を選択する場合は、残した指をスライドさせることにより、図 3.1c 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。

次に、操作ジェスチャによるオブジェクト操作の方法を示す。ユーザは図 3.1c のように画像を選択後、選択した画像のコピーを行うとする。この場合、ユーザは選択ジェスチャにて残した指以外の指にて再び画面の任意の場所をタッチする。この時、画像選択を行った指の下に、図 3.1d に示すようなマーキングメニューが表示される。図 3.1d においては、メニューの左側が選択したオブジェクトのコピーを示している。コピーを行うユーザは、図 3.1e に示すように指を左にスライドすることによりメニューを選択し、手を離す。この時点において、選択されたオブジェクトがコピーされる。

これらのジェスチャにより、ユーザはオブジェクト選択からコピー等の操作を、操作を行いたいオブジェクト周辺から手を離すことなく、一連の動作として素早く行うことができる。なお、現在の実装においては、選択ジェスチャによる範囲選択を中止したい場合、ユーザは選択中の指を離すことにより範囲選択を中止することができる。また、選択ジェスチャによるメニュー選択を中止したい場合、ユーザはメニューの中心にて指を離すことによりメニュー選択を中止することができる。

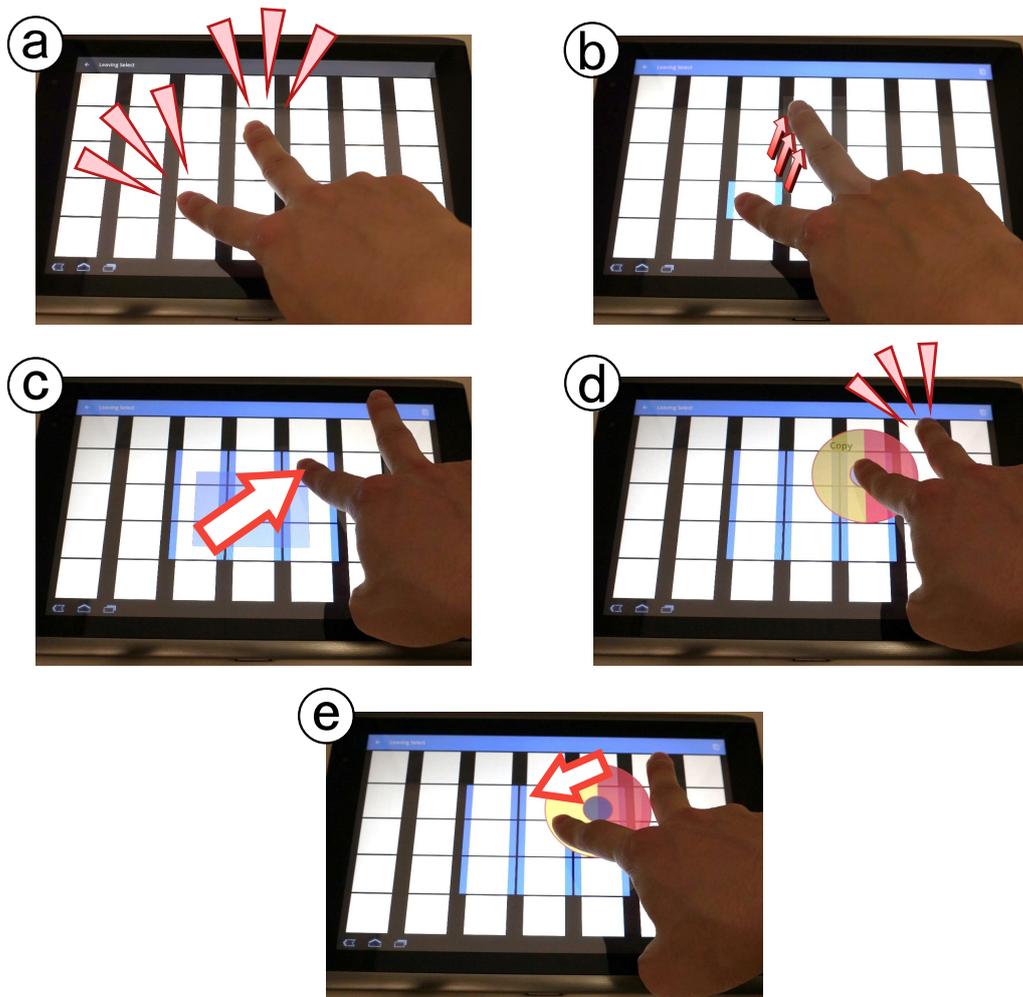


図 3.1: Leaving Select による画像操作

## 3.2 手法の特徴

本節において、用いる指の種類、用いる指の数、画面端におけるメニュー操作、既存ジェスチャとの併用可能性を示す。

提案手法に用いる指の種類を示す。提案手法に用いる2本指は、どの指を用いてもよい。図3.1のように右手の人差し指および中指を用いる場合、画面右端を選択開始点としたい時に中指をタッチするためのスペースが狭く、うまく2本指にてタッチできないことがある。このような場合にユーザは、右手の親指と人差し指で画面をタッチした後親指を離すというように、中指以外の指を用いて選択ジェスチャを行うことができる。また、2本の指でタッチしさえすればよいため、右手および左手の人差し指を同時に用いることも考えられる。この場合、右手人差し指を範囲およびメニュー選択用の指、左手人差し指を選択開始およびメニュー表示用の指といった具合に役割を分けて考えることができる。そのため、ユーザが操作を理解しやすい可能性がある。

提案手法に用いる指の数を示す。提案手法において選択ジェスチャおよび操作ジェスチャは2本指を用いて行う。しかし、Pin-and-Cross [LV15]のように1本の指にてタッチし、その指を離すことなく別の指にてタッチ操作を行うようなジェスチャと両立する場合、選択ジェスチャと競合する可能性がある。そのような場合には提案手法において用いる指を3本とすることも考えられる。第4章に示す実験において、2本指および3本指を用いる場合の性能について比較を行う。

画面端におけるメニュー操作の問題および対処法を示す。ユーザが画面の左右端にて選択を終了した後、操作ジェスチャによりメニューを表示したとする。この時メニューの一部が画面からはみ出すことがある。メニューの一部が画面からはみ出した場合、ユーザは画面外のメニューに向かって指をスライドすることにより、メニューを選択することができる。第5章に示す実験においては、この実装にて実験を行う。

既存ジェスチャとの併用可能性を示す。既存のジェスチャは1本指のみを用いるもの、および2本指を同時に用いるものがある。一方、提案手法は2本の指にてタッチした後、1本指のみで選択を行う。始めに2本指にてタッチすることにより1本指を用いるジェスチャと区別することができる。また、2本指にてタッチした後、動かす指は1本のみであるため、2本指を同時に用いるジェスチャとも区別することができる。そのため、提案手法は既存のジェスチャと競合することなく併用可能なジェスチャである。

## 第4章 予備実験：選択ジェスチャの速度評価

Leaving Select のうち，選択ジェスチャによる範囲選択の速度を既存手法と比較するための実験を行った．また，選択ジェスチャにより範囲選択を開始する際にタッチする指の本数を検討するため，提案手法においては2本の指にて画面をタッチする2点タッチ，および3本の指にて画面をタッチする3点タッチを比較することとした．本実験では，図 3.1 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．今回の実験においては，既存の画像操作であるロングタップおよびダブルタップにおいても，提案手法と同様に指をスライドすることにより矩形選択を行えることとした．

### 4.1 被験者

大学生および大学院生のボランティア 10 名（男性 8 名，女性 2 名，平均 22.3 歳）を被験者とした．すべての被験者は右利きであった．すべての被験者が日常的にスマートフォンを利用しており，利用歴は平均 35.8 ヶ月であった．また，3 名の被験者はタブレット端末利用歴があり，利用歴は平均 18 ヶ月であった．

### 4.2 実験機器

実験用端末として，図 4.1 に示すタブレット端末（ICONIA TAB A500，端末サイズ：高さ 260 mm × 幅 177 mm × 厚さ 13 mm，画面サイズ：10.1 インチ（高さ 217 mm × 幅 137 mm），OS：Android 3.2.1）を用いた．

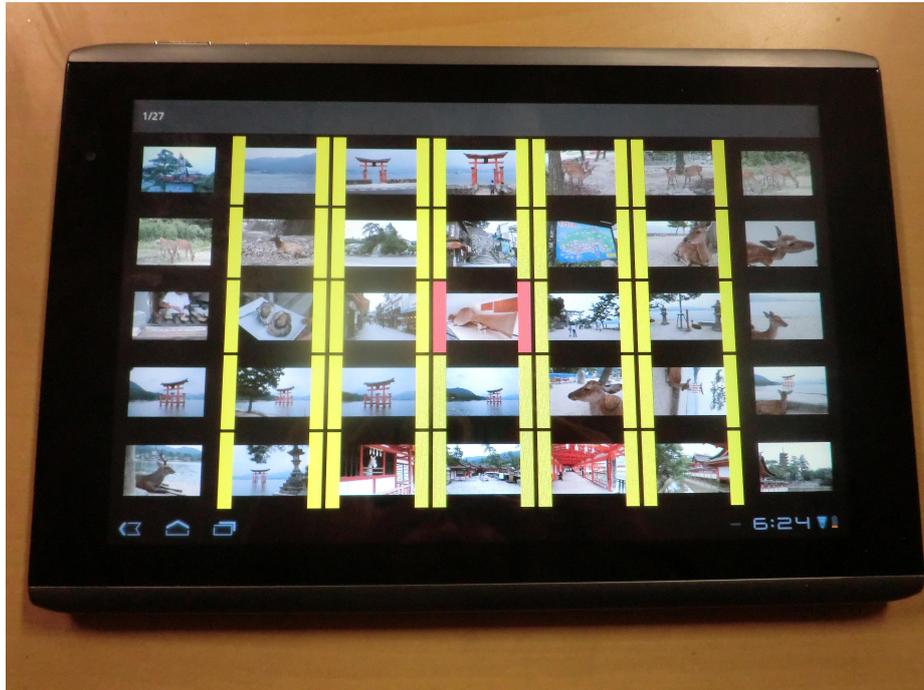


図 4.1: 実験に使用した端末



図 4.2: 実験の様子

### 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、かつ正確に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、図4.2に示すように、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。さらに、被験者の操作によって端末が移動しないよう、両面テープを用いて端末を机に固定した。被験者には実験中に可能な限り使用感等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。

実験中の各セッションは、被験者が図4.3aに示す画面をタッチすることにより開始される。被験者が1試行中に選択すべき画像は図4.3bに示すように赤および黄色にてハイライトされる。赤が最初に選択すべき画像である（選択開始地点）。ハイライトされた画像すべてを図4.3cに示すように選択状態にし、コピーボタンを押すまでを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。選択開始地点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（図4.4a）、中央上（図4.4b）、右上（図4.4c）、左中央（図4.4d）、中央（図4.4e）、右中央（図4.4f）、左下（図4.4g）、中央下（図4.4h）、右下（図4.4i）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回答まで、75分程度の時間を要した。被験者に記入してもらったアンケート、同意書、および実験手順書を付録B.1に示す。

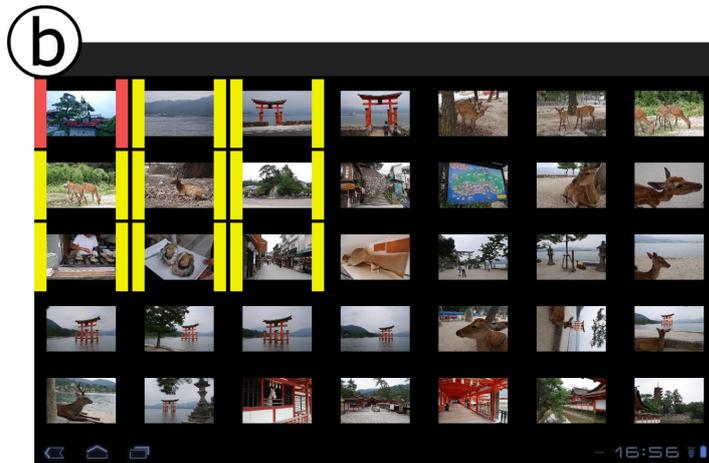
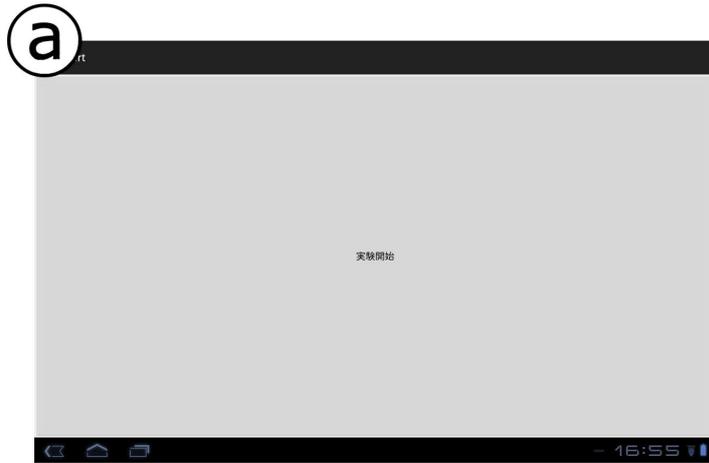


図 4.3: 実験用アプリケーション

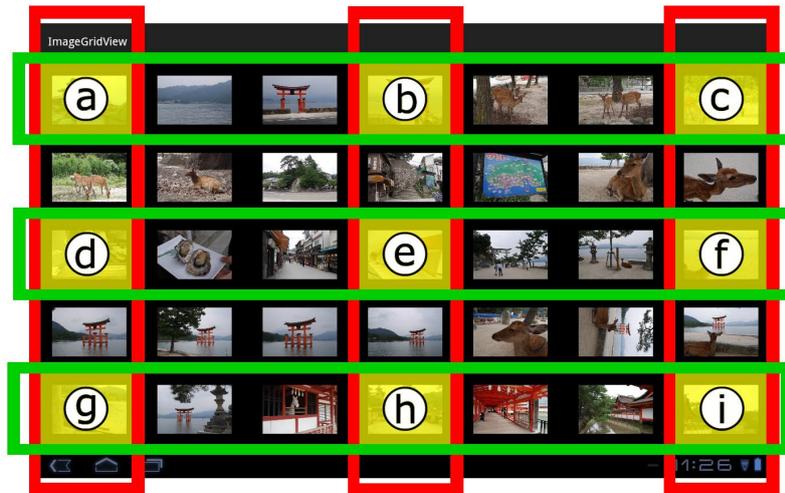


図 4.4: 開始点条件

#### 4.4 結果と考察

各枚数条件における，開始点ごとの1試行あたりの時間を図4.5–図4.7に示す．また，実験後に行った5段階リッカート尺度（5：最高，1：最低）を用いたアンケートの結果を図4.8に示す．なお，グラフ内のエラーバーはすべて標準偏差を表している．全体的に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．ダブルタップが提案手法より速く選択できた理由として，2点タッチおよび3点タッチは普段行わない操作であることが挙げられる．被験者が提案手法の操作に慣れておらず，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．また，ロングタップが試行に最も時間を要した理由は，認識時間が長いためである．ロングタップはユーザが画面を500ミリ秒以上タッチし続けた時に認識される．一方ダブルタップおよび提案手法は，500ミリ秒よりも短い時間にて実行できる．実験ログを解析したところ，すべてのダブルタップおよび選択ジェスチャは400ミリ秒以内に実行されていた．このように，ロングタップは他手法と比較し認識時間が長いため，試行に最も時間を要した．

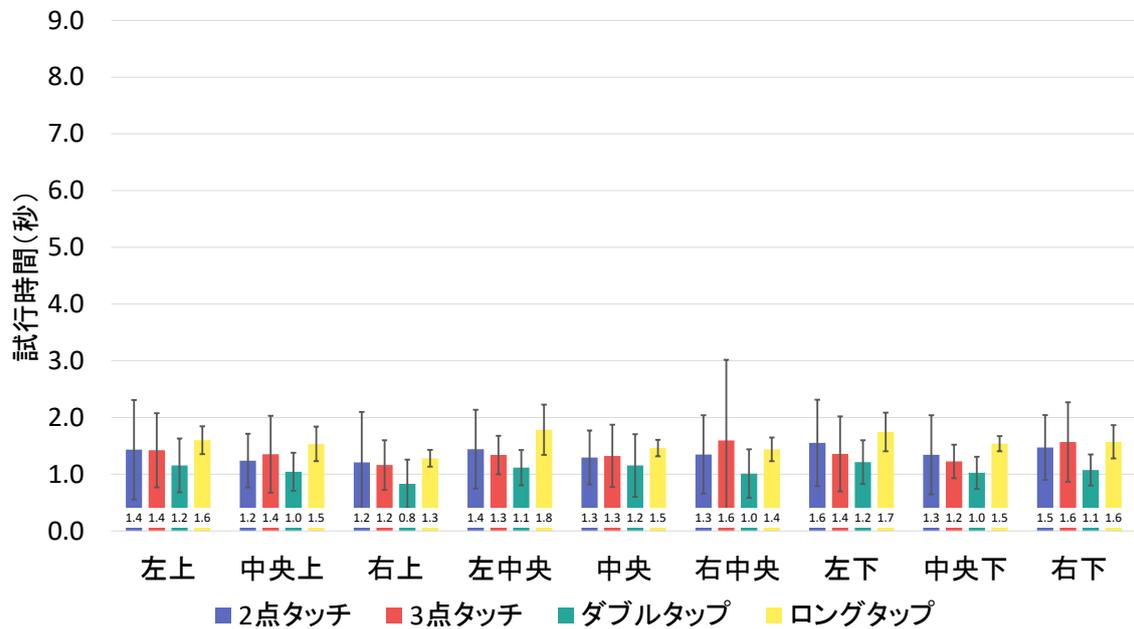


図 4.5: 1 × 1 の選択における，各開始点ごとの試行時間

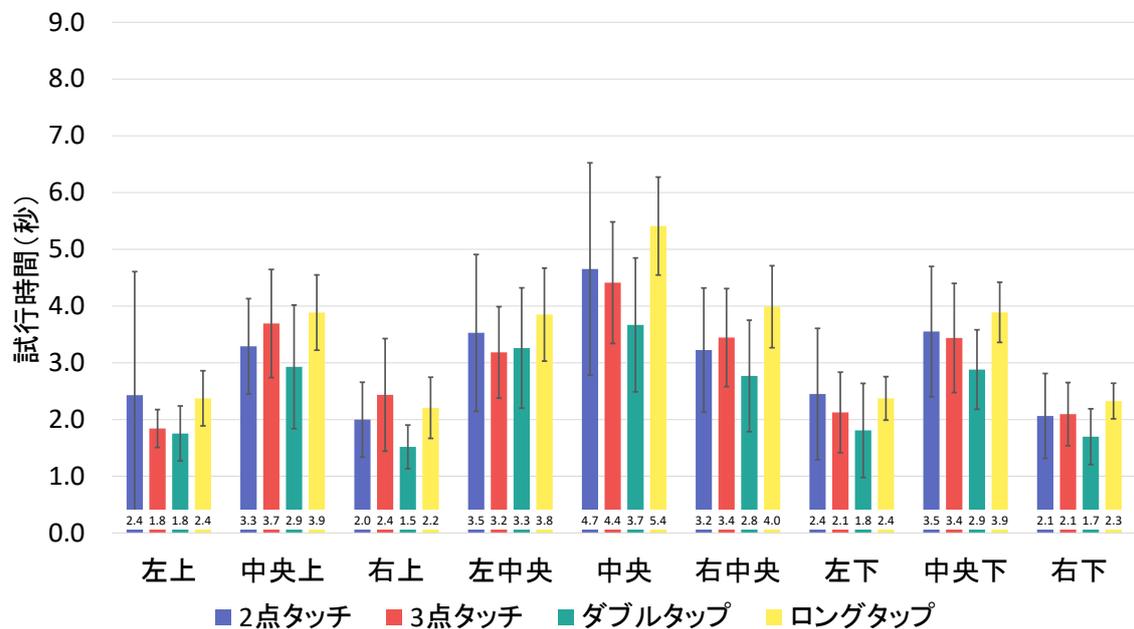


図 4.6: 3 × 3 の選択における，各開始点ごとの試行時間

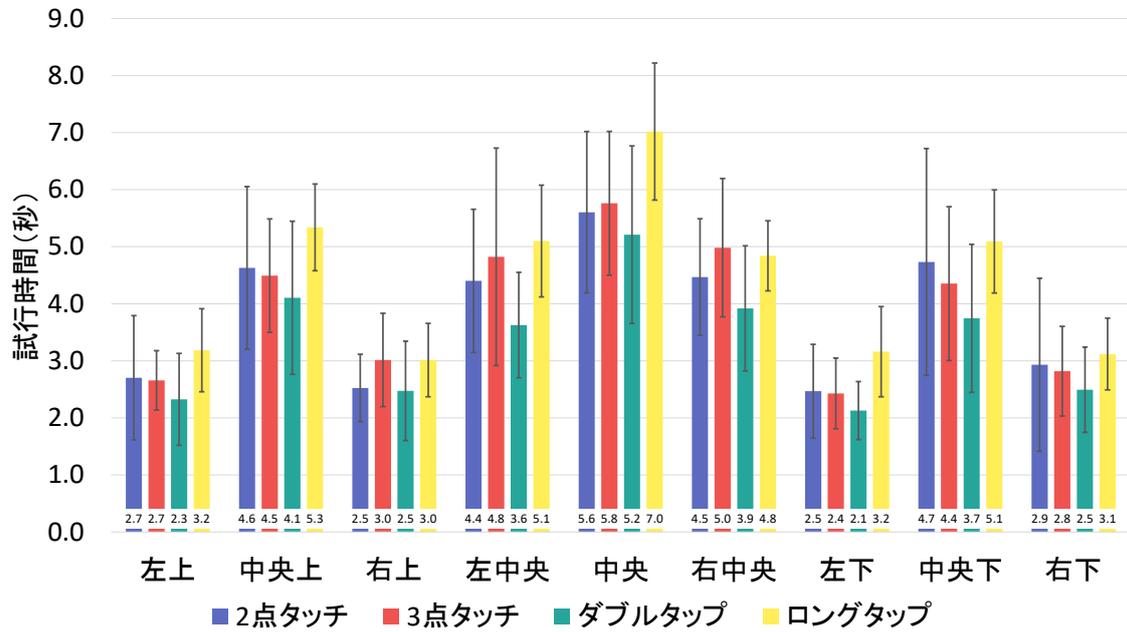


図 4.7: 5 × 5 の選択における, 各開始点ごとの試行時間

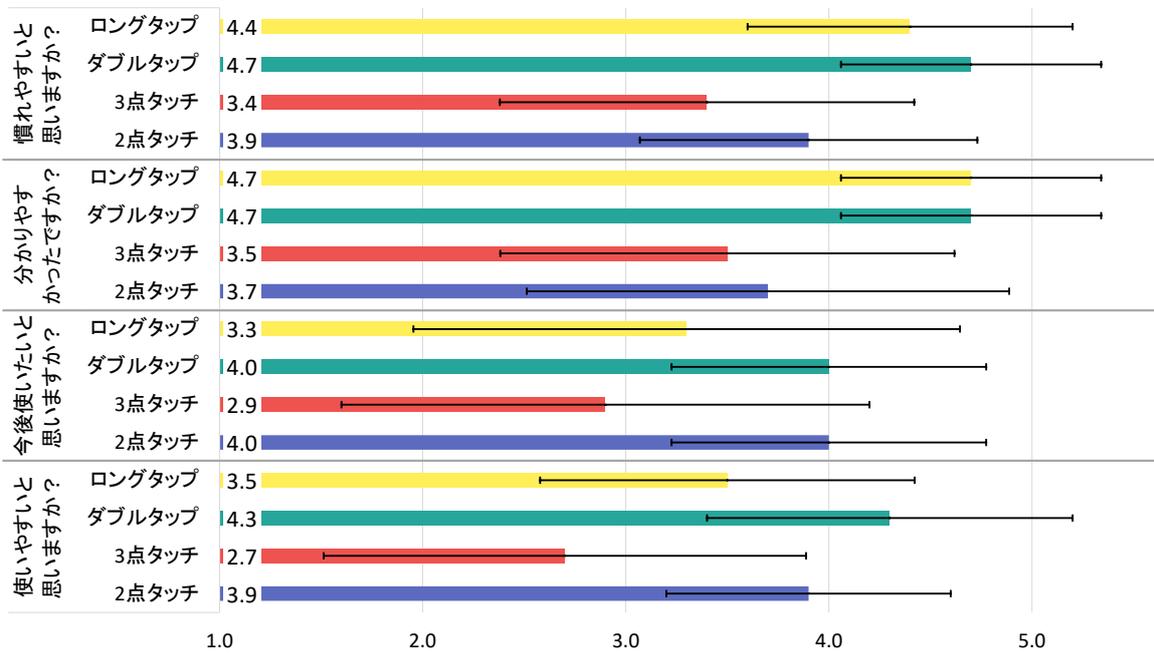


図 4.8: アンケート結果

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、各手法において被験者が初めに画面にタッチしてから選択を開始するまでの所要時間を算出した。手法ごとに所要時間の正規性を検定したところ、正規性が見られなかったため、ノンパラメトリック検定である Kruskal-Wallis の検定により各手法間の有意差の有無を検定した。検定に用いた統計解析ツールである SPSS statistics は、Kruskal-Wallis の検定において帰無仮説を棄却した場合、ペアごとの比較を実施するため、手法間の有意差はこの比較を用いて求めた。なお、検定に用いる有意水準を  $p < 0.05$  とした。図 4.9 に手法ごとの選択開始までの所要時間を示す。図 4.9 に示すように、選択開始までの所要時間は 2 点タッチとダブルタップの間に有意な差はなく、それ以外のペアにはすべて有意差が見られた。なお、3 点タッチは 2 点タッチよりも有意に速かった。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。このことから、Leaving Select はダブルタップより時間はかかるものの、ロングタップよりも速く選択を開始できることが分かった。

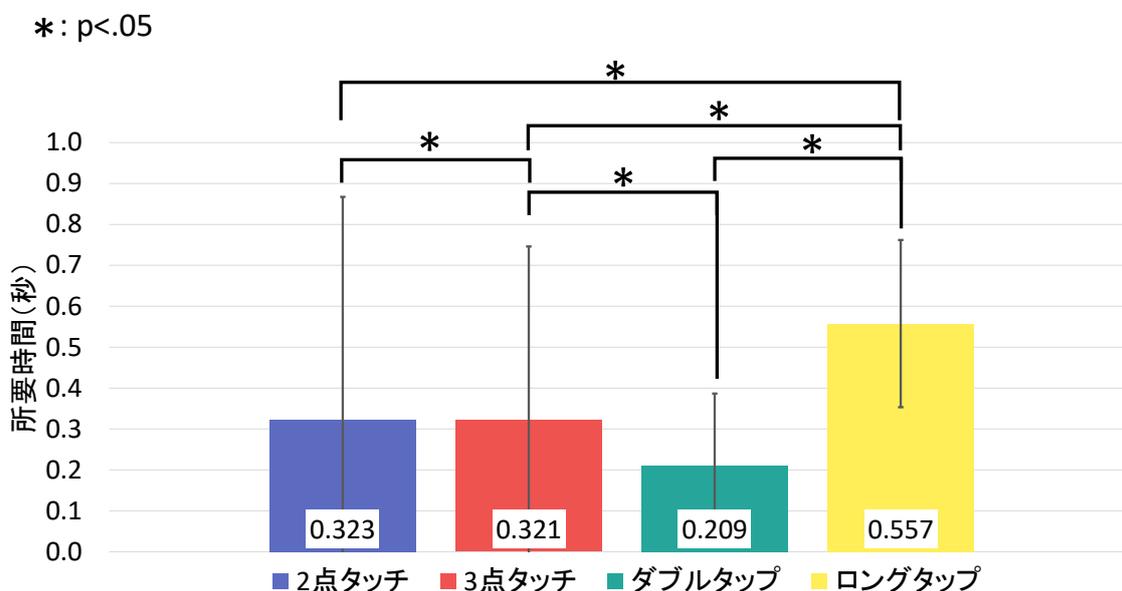


図 4.9: 選択開始までの所要時間

実験後に行ったアンケートの自由記述から、「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。図 4.8 に示すように、慣れやすさに関するアンケートの結果も、2 点タッチのほうが 3 点タッチより評価が高かった。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探るため、図 4.10 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について、手法ごとに対応のある t 検定を用いて比較すると、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ほうが有意に速く選択開始できたことが認

められた ( $p < .05$ )。このことは、ユーザが 54 回の試行によって操作に慣れたことを示している。また、さらに操作に慣れることにより、さらに速く選択開始できる可能性を示唆している。また、図 4.9 に示すように、選択開始までの所要時間について 2 点タッチと 3 点タッチを比較すると、3 点タッチのほうが有意に速い結果となった。しかし、アンケートの自由記述において 2 点タッチと比較し、3 点タッチのほうが難しかったという意見が得られたように、ユーザは 2 点タッチを好む可能性が示唆された。図 4.8 に示すように、すべてのアンケート項目において 2 点タッチのほうが 3 点タッチよりも評価が高かったことも、このことを示している。そのため選択ジェスチャにおいては 2 点タッチを主とし、矩形選択と自由選択のように複数の選択方法を同時に実装する場合の拡張として 3 点タッチを用いることが考えられる。

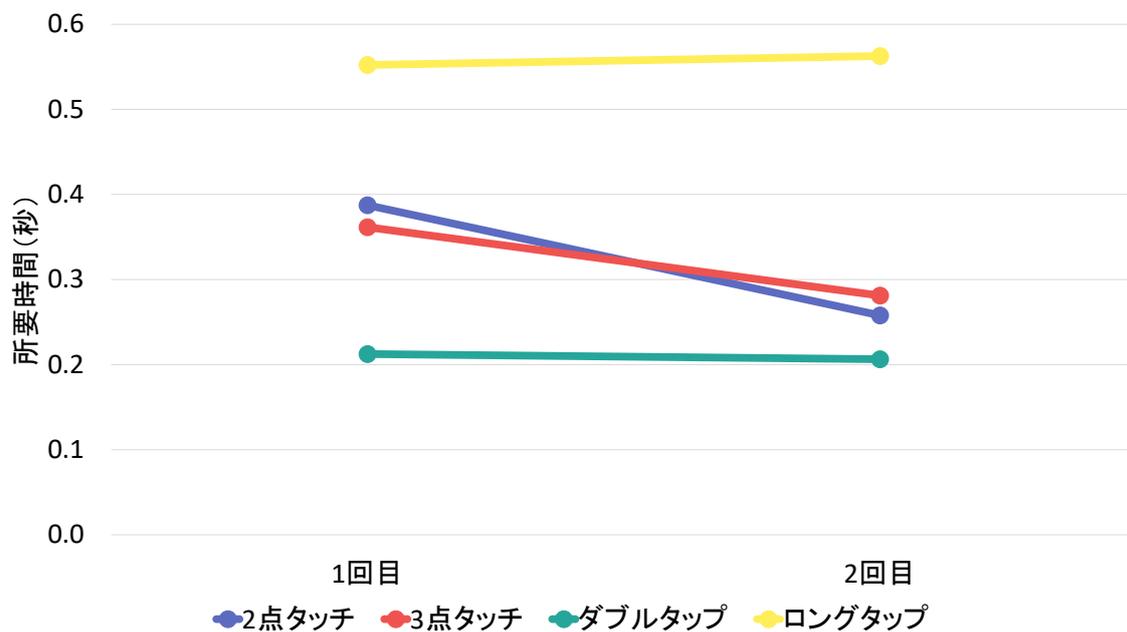


図 4.10: 各セッションにおける手法の選択開始時間

## 第5章 被験者実験

Leaving Select によるオブジェクト操作の性能を評価するため、タッチパネル端末において用いられる画像操作（選択およびコピー）の性能および使用感について、既存手法との比較実験を行った。既存の画像操作においては、ロングタップもしくはダブルタップにより選択を行い、画面の右上等の特定の位置に表示されるメニューをタッチすることによりコピーを行う。また、既存の画像選択において複数の画像を選択する場合は、画像を1つずつタップすることにより行う。一方、Leaving Select を用いる場合、スライドによる矩形選択により一度のタッチ操作にて複数画像を選択できる。今回の実験においては、複数画像選択時の手法間の差を生じさせないため、既存の画像操作においてもスライドによる矩形選択を行えることとした。被験者への負担および手法間の影響を軽減するために、被験者は1日ごとに1手法を行うこととし、実験を3日に分けて行った。

### 5.1 被験者

大学生および大学院生8名（男性6名、女性2名、平均23.5歳）を被験者として雇用した。すべての被験者は右利きであった。すべての被験者は日常的にスマートフォンを利用しており、スマートフォンの利用歴は平均48.6ヶ月であった。また、5名の被験者はタブレット端末利用歴があり、利用歴は平均21.4ヶ月であった。1日あたり50分程度の時間を要したため、実験終了後、各被験者には実験への参加に対する謝礼として2,460円（＝820円×3日分）を支払った。

### 5.2 実験機器

実験用端末として、図5.1に示すタブレット端末（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。

### 5.3 試行

被験者が1試行中に選択すべき画像は図5.3に示すように、緑、赤および黄色にてハイライトされる。緑が最初に選択すべき画像（選択開始地点）、赤が最後に選択すべき画像（選択終了地点）である。また、緑と赤を対角とする矩形上の画像すべてが黄色にてハイライトされ



図 5.1: 実験に使用した端末

る。なお、選択すべき画像が1つだけの時は、その画像は緑色にてハイライトされる。被験者が画面にタッチしてから、ハイライトされた画像すべてを選択状態にし、コピー操作を完了するまでを1試行とした。被験者がコピー操作を行った時に、ハイライトされた画像と選択した画像が一致していたら、次の試行に移る。ハイライトされた画像と選択した画像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、コピー操作を行うこととした。

以下に各手法ごとの1試行を示す。

### Leaving Select

被験者はまず、ハイライトされた範囲を確認する。確認後、被験者は右手の指2本（人差し指および任意の指）にて画面をタッチする。この時、人差し指は緑色にハイライトされた画像の上に置く。次に被験者は人差し指を残し、もう一方の指を画面から離すことにより、人差し指の下の画像を選択状態にする。複数の画像を選択する場合、被験者は人差し指をスライドすることにより、もう一方の指を離れた時点の人差し指の位置を開始点として矩形選択する。ハイライトされた画像全ての選択後、被験者は人差し指を離すことなく再び任意の指にて画面をタッチする。すると人差し指を中心に、図 5.2 に示すようなマーキングメニューが表示されるため、被験者は人差し指を左側のコピーメニュー上にスライドし、指を離す。

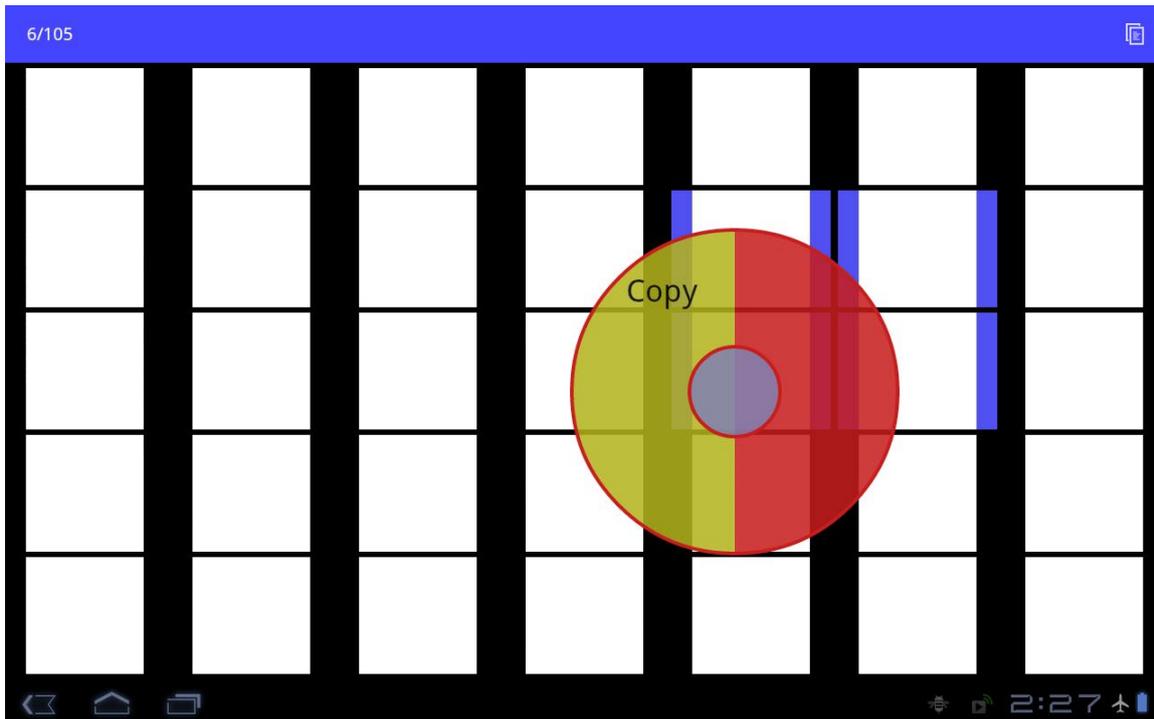


図 5.2: マーキングメニュー

#### ロングタップおよびダブルタップ

被験者はまず、ハイライトされた範囲を確認する。確認後、被験者は右手の人差し指にて緑色にハイライトされた画像をロングタップ（またはダブルタップ）することにより、人差し指の下の画像を選択する。なお、ロングタップの認識時間は Android 端末における最短の認識時間である 500 ミリ秒とした。複数の画像を選択する場合、被験者は人差し指をスライドすることにより、ロングタップ（またはダブルタップ）した位置を開始点として矩形選択する。ハイライトされた画像全ての選択後、被験者は右手の指 2 本（人差し指および任意の指）にて画面をタッチする。すると人差し指を中心に、図 5.2 に示すようなマーキングメニューが表示されるため、被験者は画面から指を 2 本とも離し、続けて人差し指にて左側のコピーメニュー上をタッチする。なお、2 本指タッチによるメニュー表示方法は、タッチパネルを備える PC においてコンテキストメニューを表示する際に用いられる手法を参考に実装した。

## 5.4 実験タスク

サイズ条件として、1 枚、4 枚、9 枚（ $1 \times 1$ 、 $2 \times 2$ 、 $3 \times 3$  の矩形）の画像がハイライトされる。また、画面に表示された 35 枚の画像すべてが選択終了地点となる。なお、選択開始地

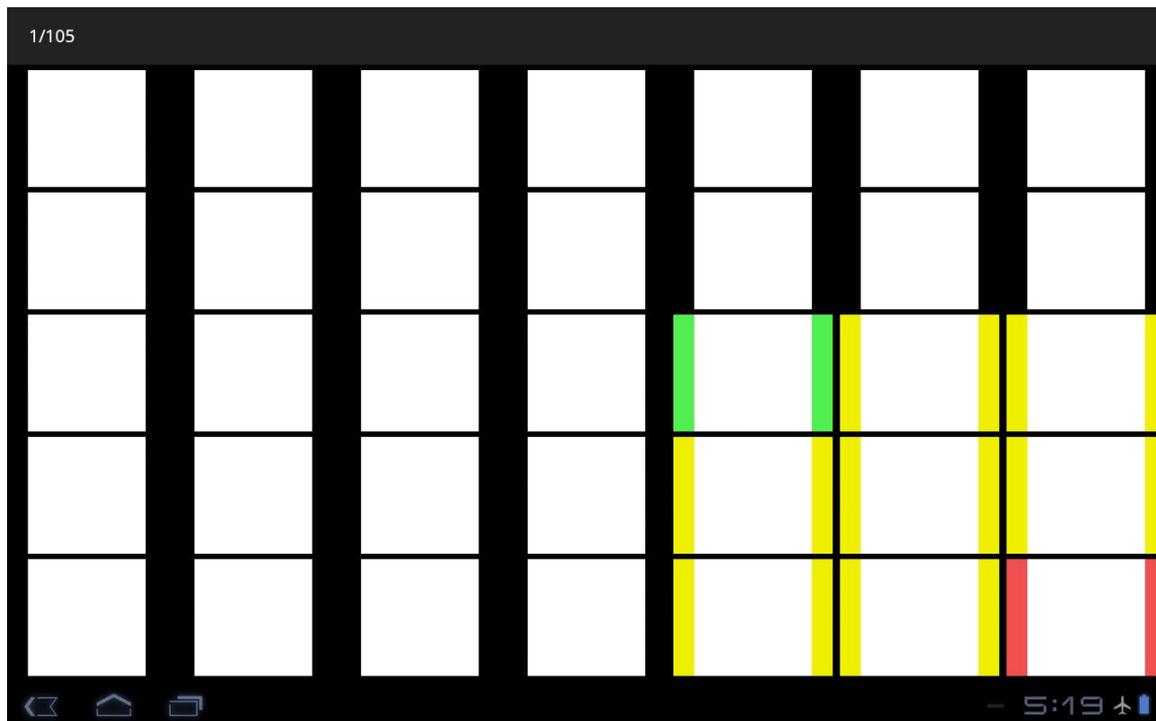


図 5.3: 実験に用いたアプリケーションの画面

点となる画像は、選択終了地点となる画像に対し、 $1 \times 1$ 、 $2 \times 2$ 、 $3 \times 3$ の画像を一度に選択できる画像の中からランダムに選定される。よって被験者が行ったタスクは、5.3節にて示した試行を1試行とし、105試行（＝選択終了地点35ヶ所 $\times$ 3サイズ条件）を1セッションとするタスクである。被験者は3手法（Leaving Select, ロングタップ, ダブルタップ）のセッションを手法ごとに連続して8セッション行った。なお、順序効果を打ち消すため、手法の提示順は被験者ごとにランダムとした。また、被験者は1日あたり8セッション行い、手法ごとに日を変えて実験を行った。結果として、各被験者は

3（Leaving Select, ロングタップ, ダブルタップ）  
 $\times$  105（試行）  
 $\times$  8（セッション）  
 $=$  2520（試行）  
 を行った。

被験者は手法ごとに、練習タスクとして4隅および中央画像の選択およびコピーを3セット行った。3セット完了後、被験者は4隅および中央画像の選択およびコピーを行い、実験者は被験者が失敗なく選択およびコピーを行うことができることを確認した。このとき被験者がうまく選択およびコピーができなかった場合は、失敗なく選択できるまで繰り返し4隅および中央画像の選択およびコピーを行った。練習タスク終了後、被験者が実験開始ボタンをタッチすると、図 5.3のように画像が表示される。被験者はハイライトされた画像を確認し、

試行を開始した。また被験者は、疲労による影響を軽減するために、セッション間に1分以上の休憩をとった。

実験者は被験者に、各試行においてなるべく素早くかつ正確に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、2点タッチ以外の画面操作をすべて右手の人差し指にて行うよう指示した。加えて図5.4に示すように、実験中は椅子に座り、端末を机に置き、操作によって端末が移動しないよう左手にて支えるよう指示した。

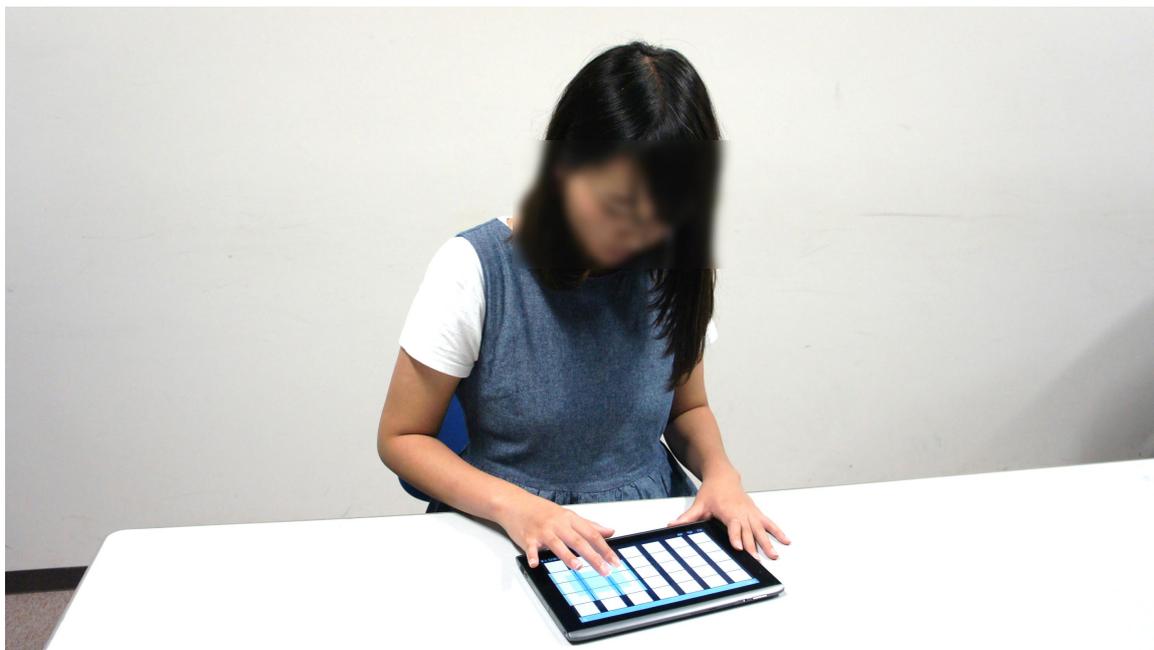


図 5.4: 実験の様子

各手法の全セッションが終了するごと（8セッションごと）に被験者に System Usability Scale (SUS) [Bro13] に回答するよう求めた。SUS は 10 項目の質問に対し 5 段階の評価を用いて答えることにより、システムの使いやすさを定量的に評価するためのアンケートである。SUS の質問は英語にて記述されているが、本実験の被験者は全員日本語を第一言語としていたため、今回は古井ら [古井 14] により日本語に翻訳されたものを原文に併記し、被験者に提示した。加えて被験者に使用感を自由記述するアンケートに回答するよう求めた。本実験は、被験者ごとに 1 日あたり、手法の説明からアンケート回答までに 50 分程度の時間を要した。被験者に記入してもらったアンケート、同意書、および実験手順書を付録 B.2 に示す。

## 5.5 結果

サイズ条件ごとの試行時間を図 5.5 に示す。なお、グラフ内のエラーバーはすべて標準偏差を表している。各サイズ条件ごとに 1 試行の平均試行時間について正規性を検定したとこ

る、すべての条件下において正規性が見られなかったため、ノンパラメトリック検定である Kruskal-Wallis の検定により各手法間の有意差の有無を検定した。検定に用いた統計解析ツールである SPSS statistics は、Kruskal-Wallis の検定において帰無仮説を棄却した場合、ペアごとの比較を実施するため、手法間の有意差はこの比較を用いて求めた。以下、断りがない場合はこの比較により有意差が認められた手法を述べる。なお、検定に用いる有意水準を  $p < 0.05$  とした。

図 5.5 に示されるように、すべてのサイズ条件において、提案手法-ロングタップ間、およびダブルタップ-ロングタップ間に有意差があり、ロングタップの試行時間は他手法と比較し有意に長かった。

図 5.6 に SUS により得られた各手法のユーザビリティを示す。なお、SUS の値は大きいほうが良い結果と言える。結果として、すべての手法間に有意差は無かった。

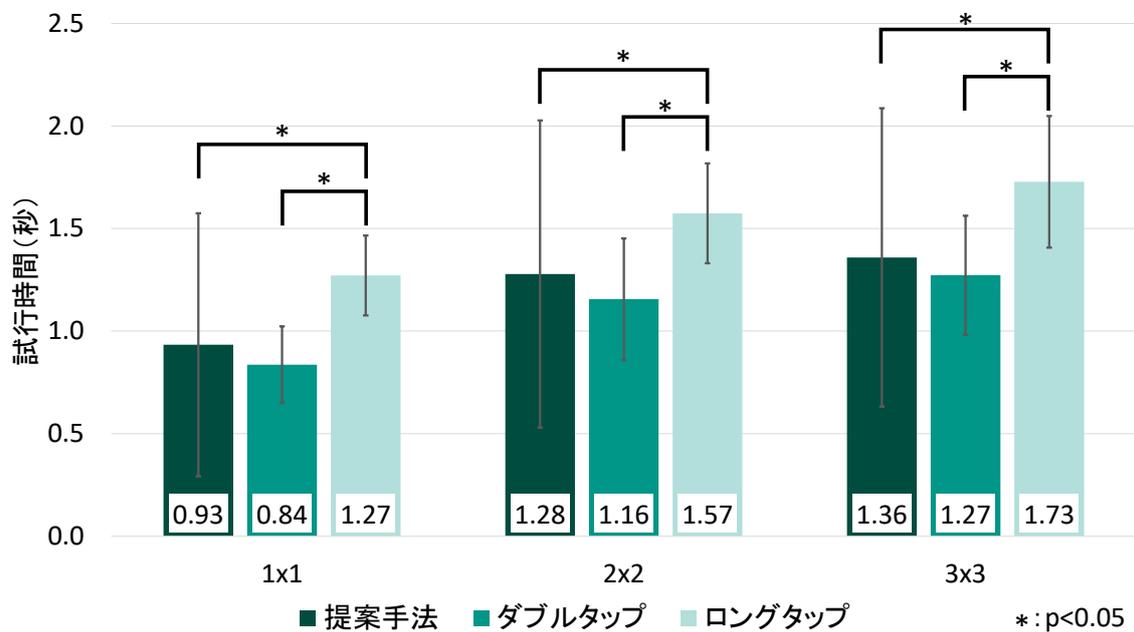


図 5.5: サイズ条件ごとの試行時間

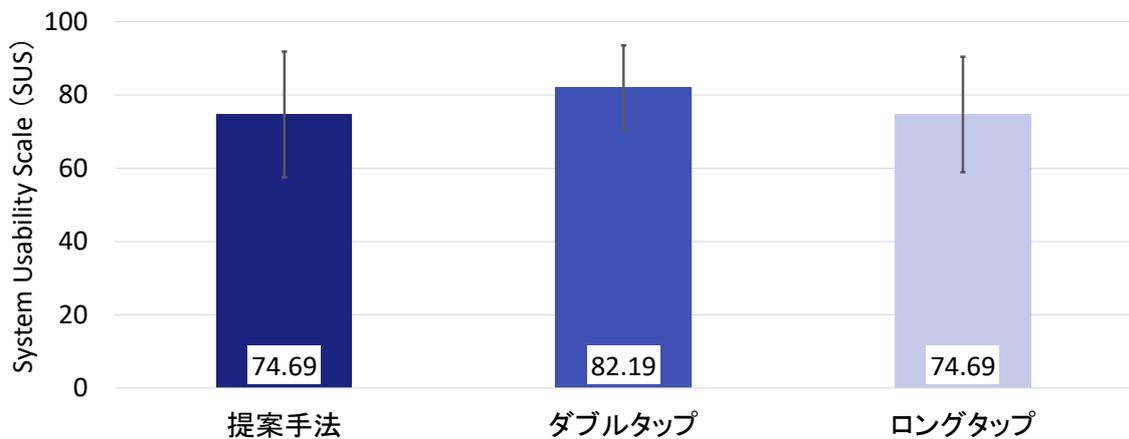


図 5.6: SUS のスコア

## 5.6 考察

図 5.7-図 5.9 に、各サイズ条件におけるセッションごとの試行時間を示す。これらによると、ダブルタップおよびロングタップの試行時間と比較し、提案手法の試行時間が右肩下がりとなっていることが分かる。1×1条件において1回目と8回目のセッションの試行時間を比較すると、提案手法の試行時間は25%減少していた。一方ダブルタップの試行時間は6%、ロングタップの試行時間は5%減少していた。既存手法であるダブルタップおよびロングタップについては、被験者がその操作に十分慣れているため、提案手法と比較し試行時間に大きな変化は見られなかった。一方、提案手法については、被験者がその操作に慣れていないため、セッションを重ねるごとに試行時間が短くなる傾向にある。

図 5.7-図 5.9 によると、提案手法における後半4セッションの試行時間の変化は、前半4セッションの試行時間と比較すると小さい。このことは、セッションが進むにつれて被験者が操作に慣れたため、試行時間のばらつきが小さくなったためだと考えられる。実験後に行ったアンケートにおいても、「提案手法は慣れれば他手法以上に速く操作できるかも」「回数を重ねるごとにだんだんと慣れていった」という慣れに関する記述が得られた。そこで提案手法の操作に慣れた場合の試行時間を確かめるため、図 5.10 に後半4セッションにおけるサイズ条件ごとの試行時間を示す。また、すべてのサイズ条件において、提案手法-ダブルタップ間、提案手法-ロングタップ間、およびダブルタップ-ロングタップ間に有意差があり、すべてのサイズ条件においてダブルタップ、提案手法、ロングタップの順に短かった。提案手法およびダブルタップ間に有意差は見られたものの、提案手法に慣れた場合ユーザはダブルタップに次いで素早く操作を行うことができるようになる可能性が示唆された。

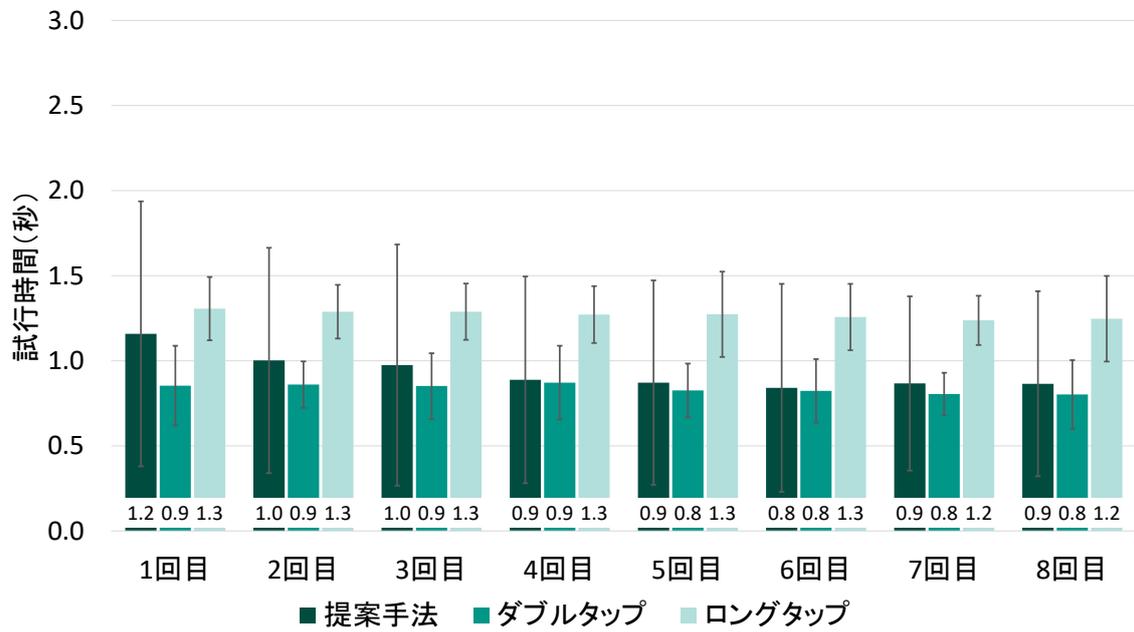


図 5.7: 1 × 1 条件におけるセッションごとの試行時間

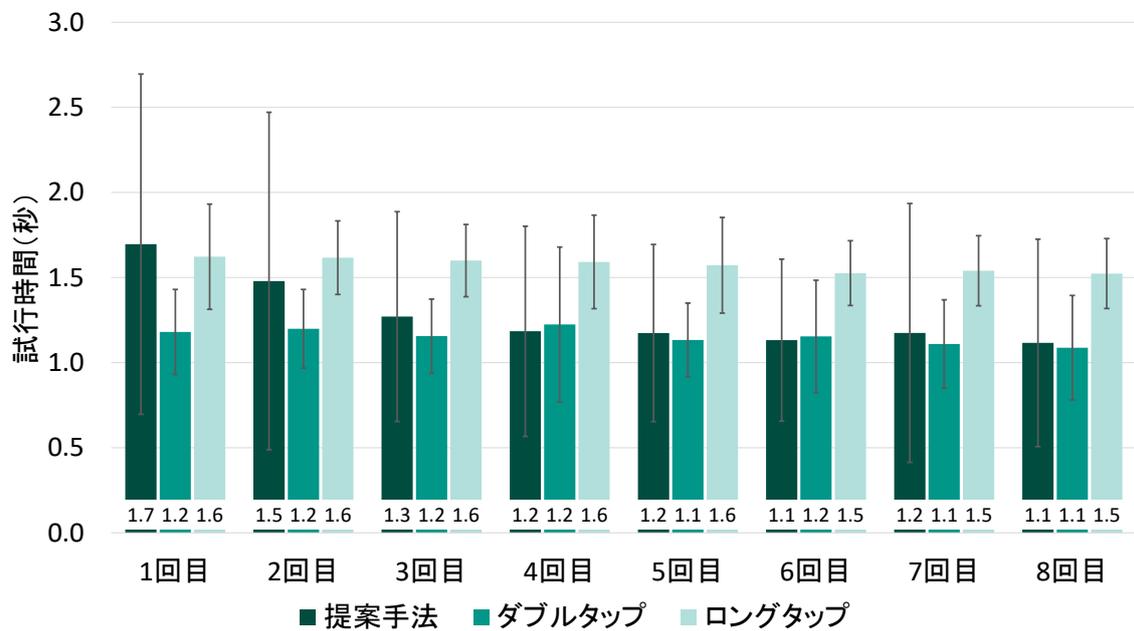


図 5.8: 2 × 2 条件におけるセッションごとの試行時間

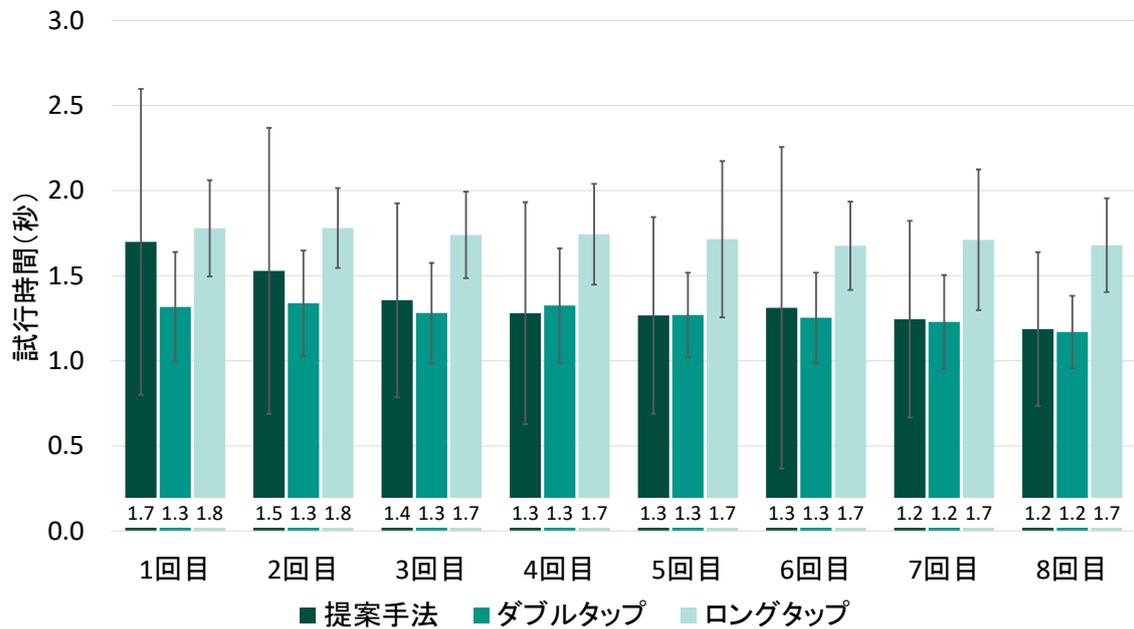


図 5.9: 3 × 3 条件におけるセッションごとの試行時間

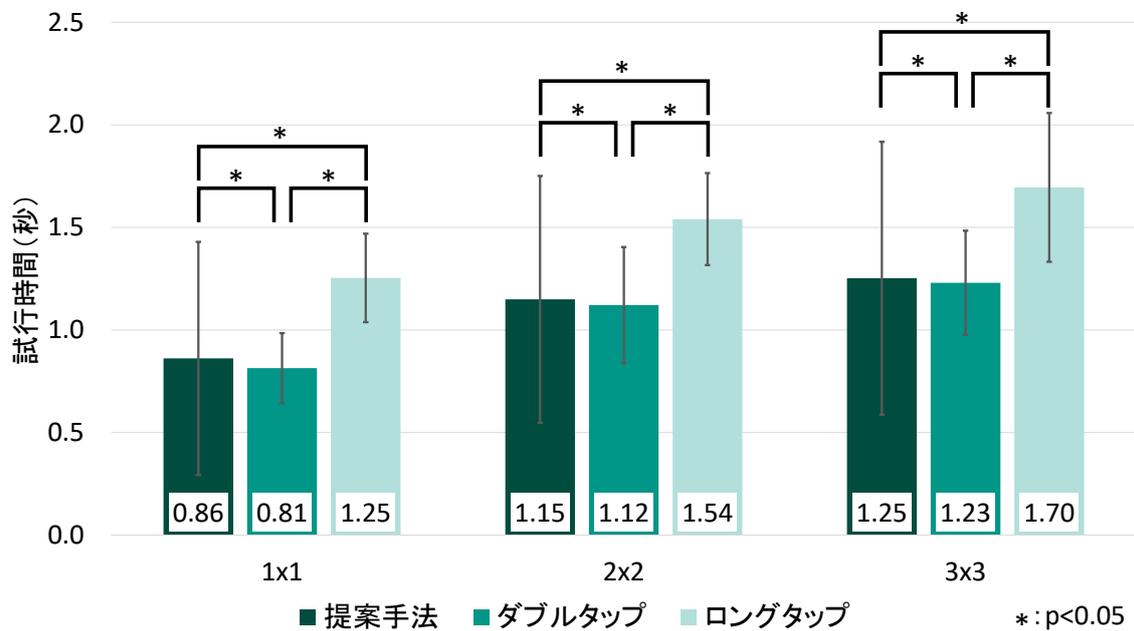


図 5.10: 後半 4 セッションにおけるサイズ条件ごとの試行時間

図 5.5 および図 5.10 のエラーバーを見ると、提案手法はダブルタップおよびロングタップと比較してエラーバーが長いことが分かる。これは、被験者が提案手法の操作に慣れていないために操作ミスを生じた結果、多くの時間を要する試行があったことを意味する。また、実験後に行ったアンケートにおいて、「慣れた後もエラー率が高いと思う」「操作を覚えることが大変だった」という操作ミスの多さについて言及する記述が得られた。そこで被験者の操作ログを確認したところ、操作ミスとして以下の3種類の操作を行っていたことが分かった。

1. 提案手法において、試行中に画面から手を離す。また、ダブルタップおよびロングタップにおいて、規定数（ダブルタップの場合は2回の連続タップ、メニュー表示、およびコピーメニュー選択の合計4回、ロングタップの場合は3回）より多く画面をタッチする。
2. メニュー選択において、コピー以外のメニューを選択する。
3. ハイライト画像以外の画像を選択した状態においてコピーを行う。

そこで、これらの操作をエラーとし、またエラー率を次のように定義することとした。

$$\text{エラー率} = \frac{\text{エラーの出現回数}}{\text{総試行数}}$$

なお総試行数は、エラーにより試行をやり直した場合も含めて1試行として算出した。この定義に基づき算出したサイズ条件ごとのエラー率を図 5.11 に示す。1×1条件において、提案手法-ロングタップ間、およびダブルタップ-ロングタップ間に有意差があり、提案手法-ダブルタップ間には有意差は無かった。2×2条件において、提案手法-ダブルタップ間、および提案手法-ロングタップ間に有意差があり、ダブルタップ-ロングタップ間には有意差は無かった。3×3条件において、提案手法-ダブルタップ間、および提案手法-ロングタップ間に有意差があり、ダブルタップ-ロングタップ間には有意差は無かった。また、図 5.12 に手法ごとのエラー率を示す。すべての手法間に有意差があり、エラー率はロングタップが最も低く、次いでダブルタップ、提案手法の順であった。なお、総試行数は図 5.11 においては2240回、図 5.12 においては6720回である。図 5.11 および図 5.12 によると、ダブルタップおよびロングタップと比較し、提案手法においては誤操作およびコピー以外のメニューを選択した割合が多い。この原因の一つとして、人差し指を画面から離すことなく他の指にて画面をタッチすることは普段行わない操作であるため、被験者は意図せず画面から手を離したことが考えられる。また、別の原因も考えられる。提案手法では、被験者が操作ジェスチャによりメニューを表示した後、メニューを選択する際には、タッチした2本の指を離すことなく選択する必要があった。2本の指をタッチしたまま片方の指をスライドすることは通常行わない操作であり、コピーメニューまで指をスライドする前に他のメニュー上にて手を離してしまうことがあったと考えられる。また、図 5.11 において、1×1条件におけるダブルタップは他手法より選択範囲を間違えた割合が多かった。ダブルタップにより1×1の画像を選択する場合、被験者はダブルタップした点から指をスライドする必要はない。しかし、2×2および3×3の画像を選択する場合は指をスライドする必要があり、この操作に慣れた被験者は1×1の画像を選択する場合であっても指をスライドしたため、このような結果が得られたと考えられる。

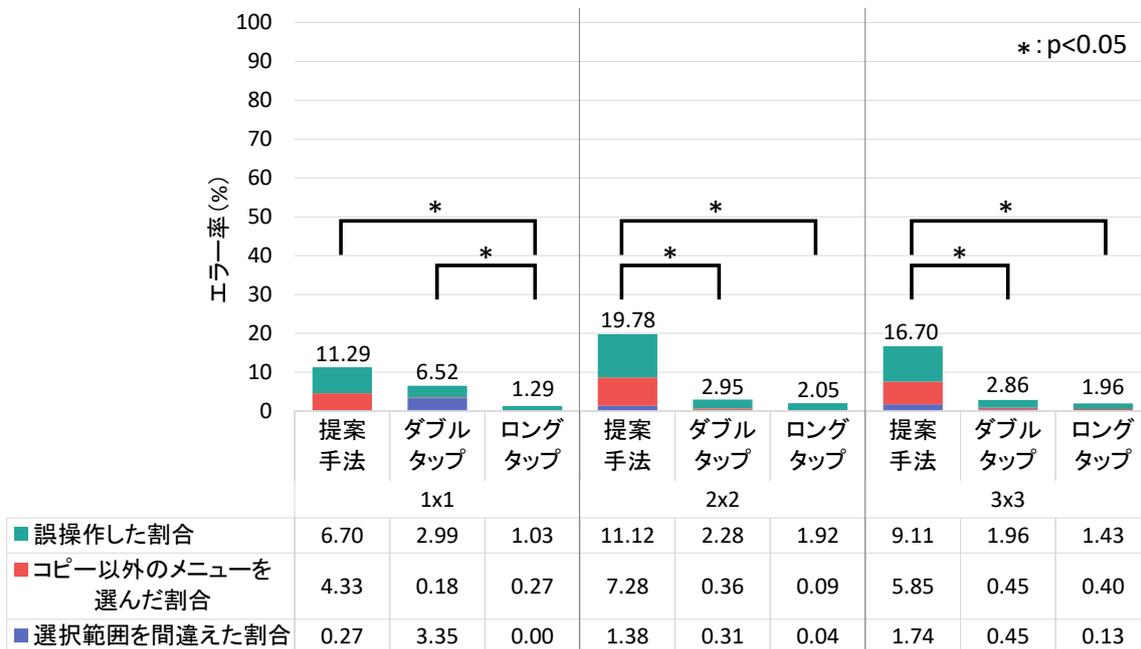


図 5.11: サイズ条件ごとのエラー率

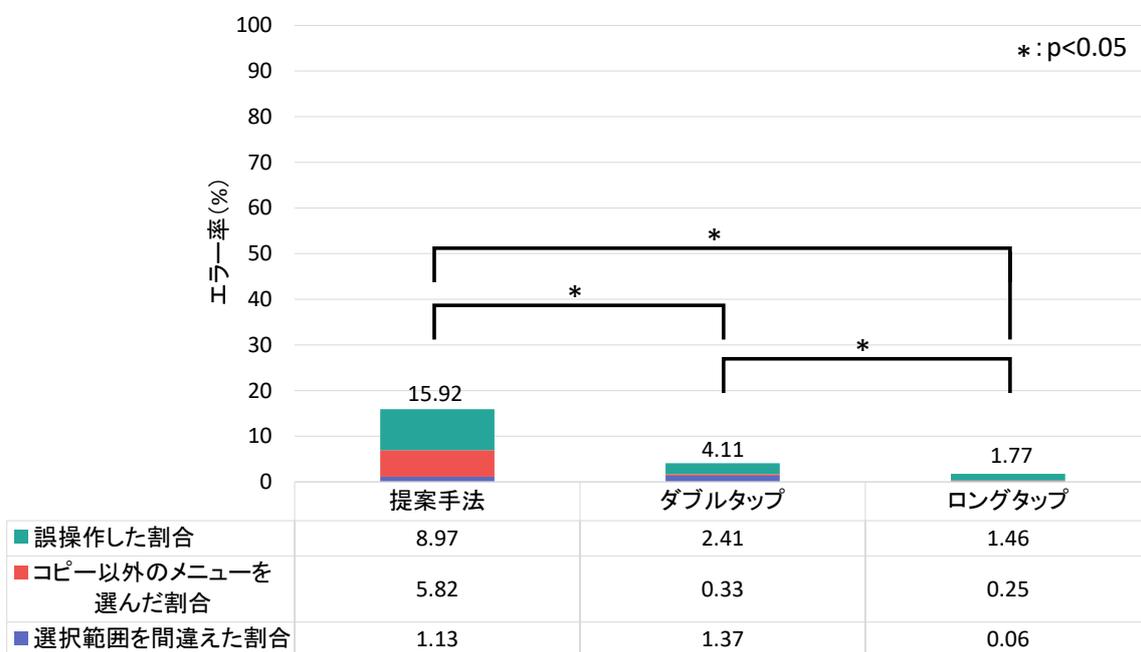


図 5.12: 手法ごとのエラー率

このように、図 5.11 にて示したエラーの多くは、被験者が操作に不慣れであったため引き起こされた可能性がある。そこで、操作に慣れたユーザがエラーなく操作を行った場合の試行時間を調べるため、手法ごとに後半 4 セッションからエラーによりかかった時間を除いた試行時間を算出した。図 5.13 に、後半 4 セッションにおけるサイズ条件ごとの、エラーを除いた試行時間を示す。エラーを除いた試行時間は、すべてのサイズ条件において提案手法が最も短く、次いでダブルタップ、ロングタップの順であった。また、すべてのサイズ条件において、提案手法-ダブルタップ間、提案手法-ロングタップ間、およびダブルタップ-ロングタップ間に有意差があった。このことから、エラーなく操作を行うことができた場合は、ダブルタップよりも有意に速くオブジェクト操作を行うことができる可能性があることが分かった。そのため、提案手法におけるエラーを軽減することができれば、ダブルタップと同等以上の性能にて提案手法を使用することができることが示唆された。

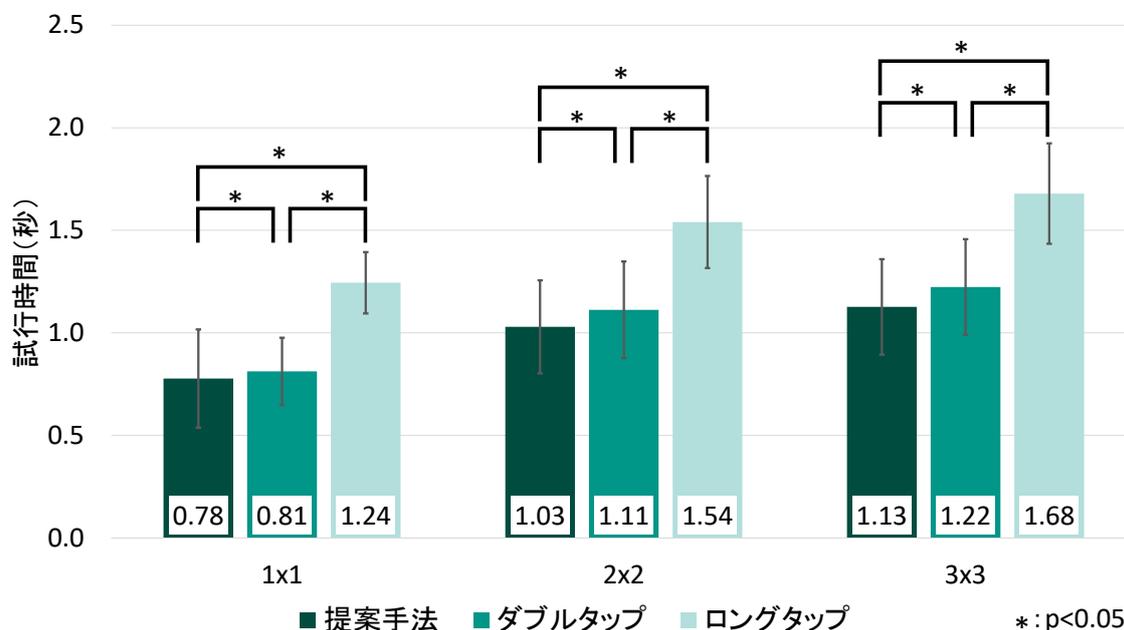


図 5.13: 後半 4 セッションにおけるサイズ条件ごとの、エラーを除いた試行時間

実験中、画面の左右の端に選択開始地点および選択終了地点が存在する場合に、被験者がより多くの試行時間を要している様子が観察された。このことを確かめるため、35 か所の選択終了地点それぞれの試行時間を、手法およびサイズ条件の組み合わせごとに算出した。それぞれの試行時間を付録の図 A.1-図 A.9 に示す。また、操作に慣れたユーザがエラーなく操作を行った場合の試行時間についても同様に確かめるため、付録の図 A.10-図 A.18 に、35 か所の選択終了地点それぞれのエラーを除いた試行時間を示す。図 A.1-図 A.3 に示すように、提案手法は画面端に終了点がある場合、他の場所よりも多くの試行時間を要する傾向があることが分かる。画面右端に多くの試行時間を要することは、操作ジェスチャによりメニューを表示する際に、2 本目の指をタッチするための空間が少ないためうまくタッチできず、メニュー

表示に失敗したことに起因すると考えられる。また、左端に多くの試行時間を要することは、操作ジェスチャにおいてメニューを表示した後、コピーメニューを選択する際に、コピーメニューが画面の描画領域外に存在し、コピーメニューの選択可能領域が狭くなったため、うまくコピーメニューを選択できなかったことに起因すると考えられる。これらの問題を解決することができれば、既存手法のように画面内のどの場所で選択終了したとしても、均一の速さにてオブジェクト操作できると示唆された。このことは、図 A.10-図 A.12 に示すエラーを除いた結果において、図 A.1-図 A.3 よりも均一の速さにてオブジェクト操作できていることから示唆される。

SUS の結果は図 5.6 に示すように、各手法間に有意差は無かった。しかし、図 5.11 および図 5.12 に示すように、提案手法は他手法よりもエラー率が高い。そのため、提案手法により被験者にかかる負荷は、他手法と比較すると大きい可能性がある。そのため、今後は NASA-TLX [HS88, 芳賀 96] のような、手法がユーザへ与える負荷を調査するアンケートを用いることにより、提案手法を用いる場合の負荷を明らかにする必要がある。

## 第6章 議論

本章にて，エラーの軽減について議論する．また，アプリケーションへの適用について検討する．

### 6.1 エラーの軽減

第5章にて示した実験において，提案手法におけるエラー率を下げる事ができれば，更なる性能向上が望めることが分かった．また，提案手法のエラーの原因として，操作ジェスチャによりメニューを表示した後，メニューを選択するまでの間，2本の指にて画面をタッチし続ける必要があることが挙げられる．すなわち，2本指でタッチし続ける必要がなくなればエラー率を下げる事ができると考えられる．そのため，今後操作ジェスチャにおいて2本目の指にてタッチした後，指を画面から離すことにより，メニューを表示することを検討する．これにより，ユーザはメニュー選択のために1本目の指のみをスライドすればよいため，エラーを軽減できる可能性がある．また，別のエラーの軽減案として，提案手法を片手操作だけでなく，両手操作にて使うことを検討する．ユーザが両手を用いて提案手法を使用すれば，選択ジェスチャおよび操作ジェスチャにおいて2本指でタッチするときに，左右の手の指を1本ずつ用いることができる．これにより，片手の2本指で画面をタッチし続ける必要が無くなるため，メニュー表示に改変を加えることなくエラー率を下げる事ができる可能性がある．

## 6.2 アプリケーションへの適用

実在するアプリケーションにおいて、選択操作には矩形選択以外の方法もある。本節にて、6.1 節にて示したメニュー表示方法を実装した上で、矩形選択以外の選択方法を提案手法を用いてアプリケーションに適用する方法を示す。

### 6.2.1 ペイントアプリケーション

ペイントアプリケーションにおいて、図 6.1a に示すように、任意に輪郭を描いて選択範囲を指定する自由選択が提供されていることがある。矩形選択と自由選択の両方を同時にユーザに提供するために、自由選択を提案手法、矩形選択をダブルタップに割り当てる設計が考えられる。このように設計すると、ユーザが自由選択中に細かい部分を選択したい場合は、図 6.1b に示すように、選択している指と別の 1 本指にてピンチジェスチャを行うことにより、選択している指を離すことなく画面の拡大縮小を行うことができるようになる。これにより、図 6.1c に示すように、ユーザは自由選択中において手を離すことなく正確に選択できるようになると考えられる。また、ピンチジェスチャおよびタッチ後にその場で指を離す操作は区別可能であるため、6.1 節にて示したメニュー表示方法とは競合することなく併用可能である。

### 6.2.2 文字列選択

テキストエディタや Web ブラウザにおいて、文字列のコピーを行いたいことがある。しかし図 6.2a に示すように、画面に表示される文字は、範囲選択に用いる指より小さく、コピーを行いたい範囲を正確に選択することは困難である。そこで提案手法により文字列を選択する場合、選択ジェスチャにより右手の人差し指を用いて大まかに選択した後、図 6.2b に示すように選択の終了点を中指のスライドで一単語右に、図 6.2c に示すように親指のスライドで一単語左にずらせるような設計が考えられる。これにより、ユーザは文字列のコピーを行う際に正確に範囲を選択できるようになると考えられる。また、スライドおよびタッチ後にその場で指を離す操作は区別可能であるため、6.1 節にて示したメニュー表示方法とは競合することなく併用可能である。

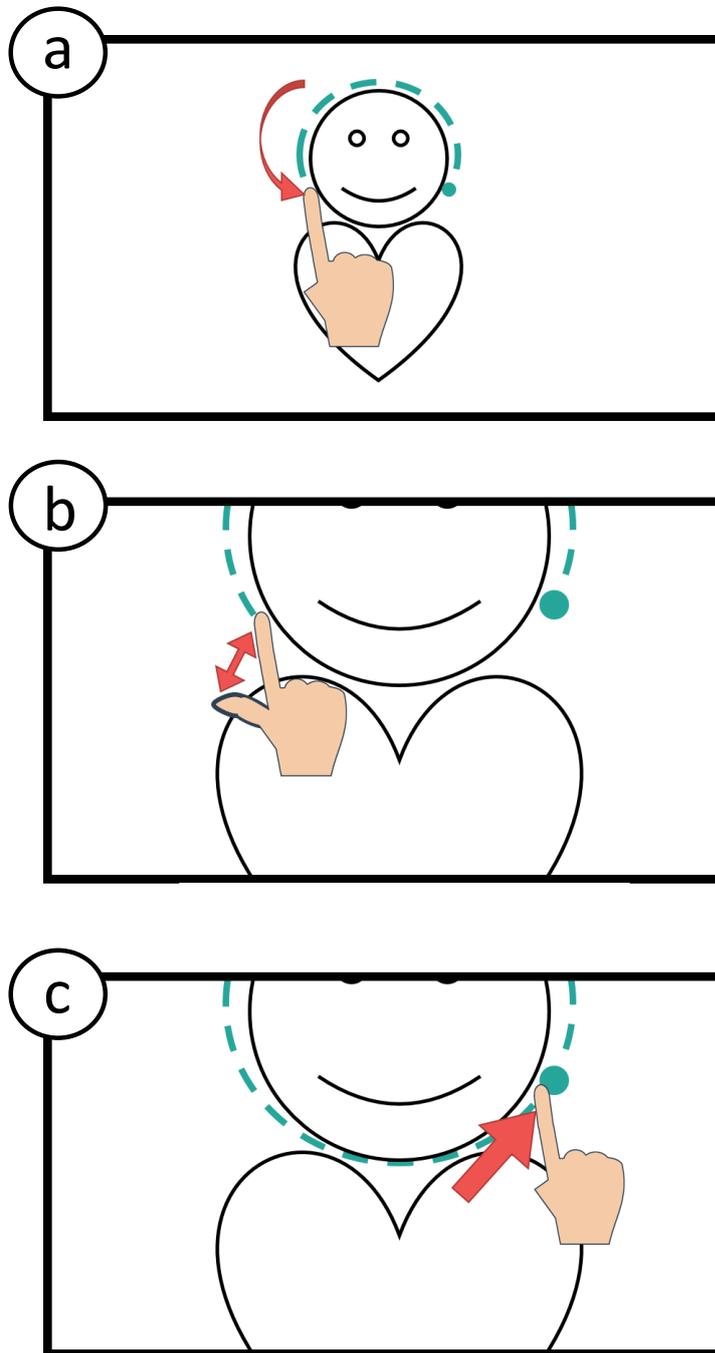


図 6.1: ペイントアプリケーションへの適用例

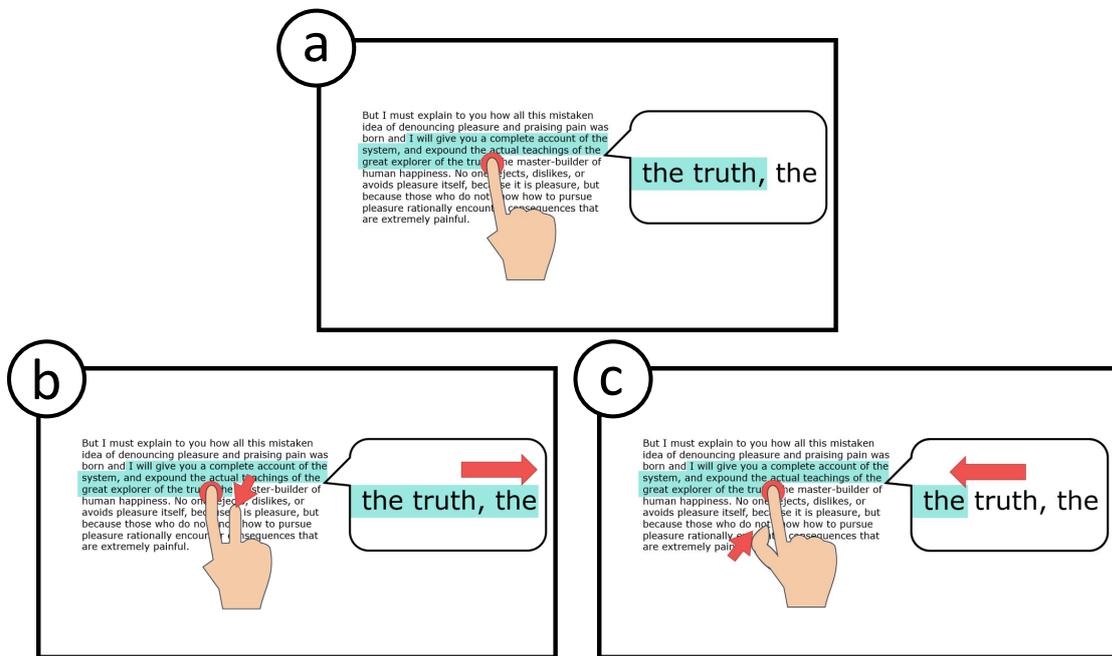


図 6.2: 文字列選択への適用例

## 第7章 結論および今後の課題

タッチパネル端末を用いるユーザが画像や文字列等のオブジェクトを選択し、続けてコピー、カット、もしくは削除等のオブジェクトへの操作を行うためのオブジェクト操作手法である **Leaving Select** を考案した。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、提案手法によるオブジェクト操作の性能を、既存手法であるダブルタップおよびロングタップと比較する実験を行った。その結果、提案手法はロングタップよりも有意に速くオブジェクトを操作できることが分かった。また、ユーザが操作に慣れエラー率が下がった場合は、提案手法はダブルタップと同等以上の性能にてオブジェクトを操作できることが示唆された。

今後は、エラー率を下げるためにマーキングメニューの表示方法について検討する。その後、6.2節にて述べたアプリケーションを実装する。また、そのアプリケーションを用いた使用感調査を実施し、その結果に基づいたさらなる性能向上を検討する。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり，志築文太郎先生，高橋伸先生，田中二郎先生には多くのご意見とご指導を頂きました。特に，志築文太郎先生には，日頃から研究の相談や実験設計について，また論文執筆に関する事等，数えきれないほど多くのご指導を頂きました。無事本論文を執筆することができたのは，志築文太郎先生のご助力があつてのことです。深く感謝致します。

IPLAB の皆様には，研究活動において様々のご助言を頂きました。特に WAVE チームの皆様には，チームゼミをはじめ，多様な場面にて研究の進め方やアプリケーションの実装まで様々なアドバイスを頂きました。論文執筆の際には，忙しい中，多くのご助言や添削をしていただきました。深く感謝致します。また，被験者実験の被験者としてご協力頂いた皆様に，感謝申し上げます。

最後に，筆者の生活面，精神面を支えてくださった家族と友人，大学院生活においてお世話になったすべての方々へ心より感謝致します。

## 参考文献

- [App] Apple Inc. 3D Touch - iOS - Apple Developer. <https://developer.apple.com/ios/3d-touch/> (accessed 2017.1.11).
- [BLC<sup>+</sup>12] Sebastian Boring, David Ledo, Xiang ‘Anthony’ Chen, Nicolai Marquardt, Anthony Tang, and Saul Greenberg. 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, MobileHCI ’12*, pp. 39–48, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [Bro13] John Brooke. SUS: A retrospective. *Journal of Usability Studies*, Vol. 8, No. 2, pp. 29–40, February 2013.
- [BWB06] Hrvoje Benko, Andrew D. Wilson, and Patrick Baudisch. 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.
- [CMBMS09] Andrew Crossan, Mark McGill, Stephen Brewster, and Roderick Murray-Smith. H1. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI ’09*, pp. 1–10, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [CPZO14] Chen Chen, Simon T. Perrault, Shengdong Zhao, and Wei Tsang Ooi. 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.
- [CSH<sup>+</sup>14] Xiang ‘Anthony’ Chen, Julia Schwarz, Chris Harrison, Jennifer Mankoff, and Scott E. Hudson. Air+Touch: Interweaving touch & in-air gestures. In *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST ’14*, pp. 519–525, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [CWBMS08] Andrew Crossan, John Williamson, Stephen Brewster, and Rod Murray-Smith. Wrist rotation for interaction in mobile contexts. In *Proceedings of the 10th International*

*Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI '08*, pp. 435–438, New York, NY, USA, 2008. ACM.

- [FIM13] Vittorio Fucella, Poika Isokoski, and Benoit Martin. 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.
- [GWP12] Mayank Goel, Jacob Wobbrock, and Shwetak Patel. 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.
- [HAL14] Jaehyun Han, Sunggeun Ahn, and Geehyuk Lee. Push-Push: A two-point touch-screen operation utilizing the pressed state and the hover state. In *Proceedings of the Adjunct Publication of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '14 Adjunct*, pp. 103–104, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [HGL14] Seongkook Heo, Jiseong Gu, and Geehyuk Lee. 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.
- [HL11a] Seongkook Heo and Geehyuk Lee. Force Gestures: Augmented touch screen gestures using normal and tangential force. In *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '11*, pp. 1909–1914, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [HL11b] Seongkook Heo and Geehyuk Lee. 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.
- [HL12] Seongkook Heo and Geehyuk Lee. ForceDrag: Using pressure as a touch input modifier. In *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference, OzCHI '12*, pp. 204–207, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [HS88] Sandra G. Hart and Lowell E. Staveland. 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.

- [HS11] Ken Hinckley and Hyunyoung Song. 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.
- [HW12] Sungjae Hwang and Kwang-yun Wohn. PseudoButton: Enabling pressure-sensitive interaction by repurposing microphone on mobile device. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '12, pp. 1565–1570, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [HXSH14] Chris Harrison, Robert Xiao, Julia Schwarz, and Scott E. Hudson. TouchTools: Leveraging familiarity and skill with physical tools to augment touch interaction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pp. 2913–2916, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [IS15] Kaori Ikematsu and Itiro Siio. Memory Stones: An intuitive information transfer technique between multi-touch computers. In *Proceedings of the 16th International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, HotMobile '15, pp. 3–8, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [KB93] Gordon Kurtenbach and William Buxton. 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.
- [KM15] Kunihiro Kato and Homei Miyashita. ExtensionSticker: A proposal for a striped pattern sticker to extend touch interfaces and its assessment. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, pp. 1851–1854, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [KR09] Sven Kratz and Michael Rohs. HoverFlow: Expanding the design space of around-device interaction. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '09, pp. 4:1–4:8, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [LBHH15] Gierad Laput, Eric Brockmeyer, Scott E. Hudson, and Chris Harrison. Acoustruments: Passive, acoustically-driven, interactive controls for handheld devices. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, pp. 2161–2170, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [LHG13] Markus Löchtefeld, Christoph Hirtz, and Sven Gehring. Evaluation of hybrid front-and-back-of-device interaction on mobile devices. In *Proceedings of the 12th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, MUM '13, pp. 17:1–17:4, New York, NY, USA, 2013. ACM.

- [LV14] Yuexing Luo and Daniel Vogel. Crossing-based selection with direct touch input. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pp. 2627–2636, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [LV15] Yuexing Luo and Daniel Vogel. Pin-and-Cross: A unimanual multitouch technique combining static touches with crossing selection. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology*, UIST '15, pp. 323–332, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [NKOK14] Yuriko Nakai, Shinya Kudo, Ryuta Okazaki, and Hiroyuki Kajimoto. Tangential force input for touch panels using bezel-aligned elastic pillars and a transparent sheet. In *Proceedings of the Adjunct Publication of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST'14 Adjunct, pp. 111–112, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [OLIE15] Ian Oakley, DoYoung Lee, MD. Rasel Islam, and Augusto Esteves. Beats: Tapping gestures for smart watches. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, pp. 1237–1246, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [OST13] Makoto Ono, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. Touch & Activate: Adding interactivity to existing objects using active acoustic sensing. In *Proceedings of the 26th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '13, pp. 31–40, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [RBL09] Anne Roudaut, Mathias Baglioni, and Eric Lecolinet. TimeTilt: Using sensor-based gestures to travel through multiple applications on a mobile device. In *Proceedings of the 12th IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction: Part I*, INTERACT '09, pp. 830–834, Berlin, Heidelberg, 2009. Springer-Verlag.
- [RLG09] Anne Roudaut, Eric Lecolinet, and Yves Guiard. 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.
- [RT09] Volker Roth and Thea Turner. 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.
- [SD14] Karsten Seipp and Kate Devlin. BackPat: One-handed off-screen patting gestures. In *Proceedings of the 16th International Conference on Human-computer Interaction*

*with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '14, pp. 77–80, New York, NY, USA, 2014. ACM.

- [STO<sup>+</sup>15] Keigo Shima, Ryosuke Takada, Kazusa Onishi, Takuya Adachi, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. AirFlip-Undo: Quick undo using a double crossing in-air gesture in hover zone. In *Adjunct Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology*, UIST '15 Adjunct, pp. 97–98, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [SWB02] Vibha Sazawal, Roy Want, and Gaetano Borriello. The unigesture approach one-handed text entry for small devices. In *Proceedings of the 4th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '02, pp. 256–270, Berlin, Heidelberg, 2002. Springer Berlin Heidelberg.
- [TABB14] Theophanis Tsandilas, Caroline Appert, Anastasia Bezerianos, and David Bonnet. 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.
- [TM14] Robert J. Teather and I. Scott MacKenzie. Position vs. velocity control for tilt-based interaction. In *Proceedings of Graphics Interface 2014*, GI '14, pp. 51–58, Toronto, Canada, Canada, 2014. Canadian Information Processing Society.
- [TS16] Yu-Chih Tung and Kang G. Shin. Expansion of human-phone interface by sensing structure-borne sound propagation. In *Proceedings of the 14th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, MobiSys '16, pp. 277–289, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [WBP<sup>+</sup>11] Daniel Wigdor, Hrvoje Benko, John Pella, Jarrod Lombardo, and Sarah Williams. Rock & Rails: Extending multi-touch interactions with shape gestures to enable precise spatial manipulations. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pp. 1581–1590, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [WCRI09] Feng Wang, Xiang Cao, Xiangshi Ren, and Pourang Irani. 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.
- [WR09] Feng Wang and Xiangshi Ren. 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.

- [井上 14] 井上育美, 棟方渚, Rzepka Rafal, 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.
- [古井 14] 古井陽之助, 前田環貴, 松本誠義. 講義画面の自動連続キャプチャを行う講義・学習支援システムとその評価実験. 火の国情報シンポジウム2014, pp. 1–8, 2014.
- [高田 16] 高田峻介, 林威, 安藤宗孝, 志築文太郎, 高橋伸. BaroTouch: 防水タッチパネル端末に内蔵された気圧センサを用いた押下圧力取得手法. 第24回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, WISS '16, pp. 9–14. 日本ソフトウェア科学会, 2016.
- [三浦 14] 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. 第22回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, WISS '14, pp. 45–46. 日本ソフトウェア科学会, 2014.
- [石井 16] 石井晃, 阿達拓也, 島佳吾, 中前秀太, 志築文太郎, 高橋伸. FistPointer: モバイルVR環境のための空中操作を用いたターゲット選択手法. 第24回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, WISS '16, pp. 17–22. 日本ソフトウェア科学会, 2016.
- [竹岡 12] 竹岡義樹, 味八木崇, 暦本純一. 指先の3次元姿勢を検出する3次元マルチタッチZ-touch. 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 4, pp. 1338–1348, 2012.
- [土佐 13] 土佐伸一郎, 田中二郎. LoopTouch: 画面ループを用いたモバイル端末片手操作手法. インタラクシオン2013論文集, pp. 175–182, 2013.
- [島 14] 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. (159回ヒューマンコンピュータインタラクシオン研究会), pp. 1–8, 2014.
- [島 16] 島佳吾, 志築文太郎, 田中二郎. 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. インタラクシオン2016論文集, pp. 493–498, 2016.
- [島 17] 島佳吾, 志築文太郎, 高橋伸. タッチパネル端末におけるオブジェクト操作のためのマルチタッチジェスチャの評価. 情報処理学会研究報告. (171回ヒューマンコンピュータインタラクシオン研究会), pp. 1–8, 2017.
- [芳賀 96] 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.

## 参考論文

- 公表済み論文

- (1) Keigo Shima, Ryosuke Takada, Kazusa Onishi, Takuya Adachi, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. AirFlip-Undo: Quick Undo using a Double Crossing In-Air Gesture in Hover Zone. Adjunct Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology, UIST '15, ACM, 2015, pp. 97-98
- (2) Hiroyuki Hakoda, Takuro Kuribara, Keigo Shima Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. AirFlip: A Double Crossing In-Air Gesture Using Boundary Surfaces of Hover Zone for Mobile Devices. 17th International Conference on Human-Computer Interaction, HCI International 2015, Springer, 2015, pp. 44-53
- (3) 石井晃, 阿達拓也, 島佳吾, 中前秀太, 志築文太郎, 高橋伸. FistPointer : モバイル VR 環境のための空中操作を用いたターゲット選択手法. 第 24 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2016), 日本ソフトウェア科学会, 2016 年 12 月, pp. 17-22
- (4) 栗原拓郎, 箱田博之, 島佳吾, 志築文太郎, 田中二郎. AirFlip : モバイル端末におけるホバー検出領域のダブルクロッシングジェスチャ. 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2014), 日本ソフトウェア科学会, 2014 年 11 月, pp. 219-220

## その他の論文

- 公表済み論文

- (1) Keigo Shima, Kazusa Onishi, Ryosuke Takada, Takuya Adachi, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. Investigating Accuracy of Tilting Operation on Wrist-worn Devices with Touchscreens. The 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '16, ACM, 2016, pp. 2705-2711

- 査読のない発表論文

- (2) 島佳吾, 志築文太郎, 高橋伸. タッチパネル端末におけるオブジェクト操作のためのマルチタッチジェスチャの評価. 情報処理学会研究報告. (171回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会), 一般社団法人情報処理学会, 2017年1月, pp. 1-8
- (3) 石井晃, 阿達拓也, 島佳吾, 中前秀太, 志築文太郎, 高橋伸. 携帯端末背面における空中ジェスチャを用いたターゲット選択手法. 情報処理学会研究報告. (169回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会), 一般社団法人情報処理学会, 2016年8月, pp. 1-8
- (4) 島佳吾, 志築文太郎, 田中二郎. 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. インタラクション 2016 論文集, 情報処理学会, 2016年3月, pp. 493-498
- (5) 大西主紗, 高田峻介, 島佳吾, 阿達拓也, 志築文太郎, 高橋伸. 腕に装着した超小型タッチパネル端末に対する傾け操作の精度評価. 情報処理学会研究報告. (165回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会), 一般社団法人情報処理学会, 2015年11月, pp. 1-8
- (6) 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. (159回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会), 一般社団法人情報処理学会, 2014年7月, pp. 1-8

## 付録A 選択終了地点ごとの試行時間

第5章において、選択終了地点が試行時間にどのような影響を与えていたかを調査するため、図A.1–図A.9に、35か所の選択終了地点それぞれの試行時間を、手法およびサイズ条件の組み合わせごとに示す。また、5.6節にて述べたように、慣れによりエラーが軽減した場合の影響を調査するため、図A.10–図A.18に、35か所の選択終了地点それぞれのエラーを除いた試行時間を、手法およびサイズ条件の組み合わせごとに示す。図A.1–図A.18の色は緑に近いほど試行時間が短く、赤に近いほど試行時間が長いことを示している。なお、図A.1–図A.18において最も試行時間が短いのは図A.10の0.74秒、最も試行時間が長いのは図A.9の1.81秒である。

1.09	1.13	0.94	0.88	0.81	0.95	1.20
0.91	0.83	0.81	0.75	0.78	0.82	1.06
0.87	0.89	0.94	0.79	0.85	0.89	0.97
1.07	0.91	0.81	0.80	0.87	0.93	1.08
1.09	0.91	0.86	1.02	0.97	0.96	1.24

図A.1: 選択終了地点ごとの試行時間：提案手法，1×1

z

1.41	1.19	1.09	1.22	1.34	1.38	1.60
1.31	1.33	1.28	1.30	1.13	1.29	1.58
1.21	1.30	1.11	1.22	1.33	1.15	1.26
1.21	1.27	1.11	1.21	1.23	1.27	1.32
1.38	1.33	1.22	1.25	1.18	1.21	1.56

図 A.2: 選択終了地点ごとの試行時間：提案手法, 2 × 2

1.59	1.29	1.22	1.45	1.29	1.30	1.62
1.32	1.28	1.19	1.29	1.50	1.23	1.46
1.34	1.31	1.52	1.22	1.39	1.33	1.49
1.39	1.28	1.25	1.23	1.36	1.30	1.33
1.63	1.36	1.48	1.27	1.39	1.22	1.45

図 A.3: 選択終了地点ごとの試行時間：提案手法, 3 × 3

0.88	0.83	0.84	0.80	0.83	0.85	0.86
0.81	0.84	0.80	0.79	0.84	0.85	0.87
0.82	0.80	0.81	0.79	0.80	0.83	0.89
0.79	0.85	0.82	0.83	0.83	0.83	0.85
0.87	0.86	0.82	0.84	0.86	0.86	0.92

図 A.4: 選択終了地点ごとの試行時間：ダブルタップ, 1 × 1

1.17	1.14	1.15	1.13	1.16	1.17	1.18
1.15	1.13	1.12	1.17	1.15	1.21	1.15
1.14	1.11	1.09	1.24	1.14	1.13	1.24
1.13	1.12	1.15	1.13	1.14	1.19	1.27
1.13	1.11	1.12	1.12	1.14	1.16	1.22

図 A.5: 選択終了地点ごとの試行時間：ダブルタップ, 2 × 2

1.30	1.29	1.25	1.26	1.27	1.23	1.26
1.29	1.27	1.26	1.30	1.28	1.25	1.29
1.28	1.27	1.26	1.24	1.25	1.34	1.33
1.24	1.23	1.29	1.25	1.28	1.31	1.28
1.22	1.25	1.25	1.27	1.28	1.30	1.34

図 A.6: 選択終了地点ごとの試行時間：ダブルタップ, 3 × 3

1.25	1.27	1.25	1.27	1.26	1.25	1.36
1.25	1.24	1.24	1.27	1.24	1.25	1.29
1.23	1.24	1.24	1.24	1.28	1.25	1.29
1.29	1.27	1.29	1.26	1.28	1.28	1.38
1.28	1.25	1.28	1.29	1.30	1.27	1.28

図 A.7: 選択終了地点ごとの試行時間：ロングタップ, 1 × 1

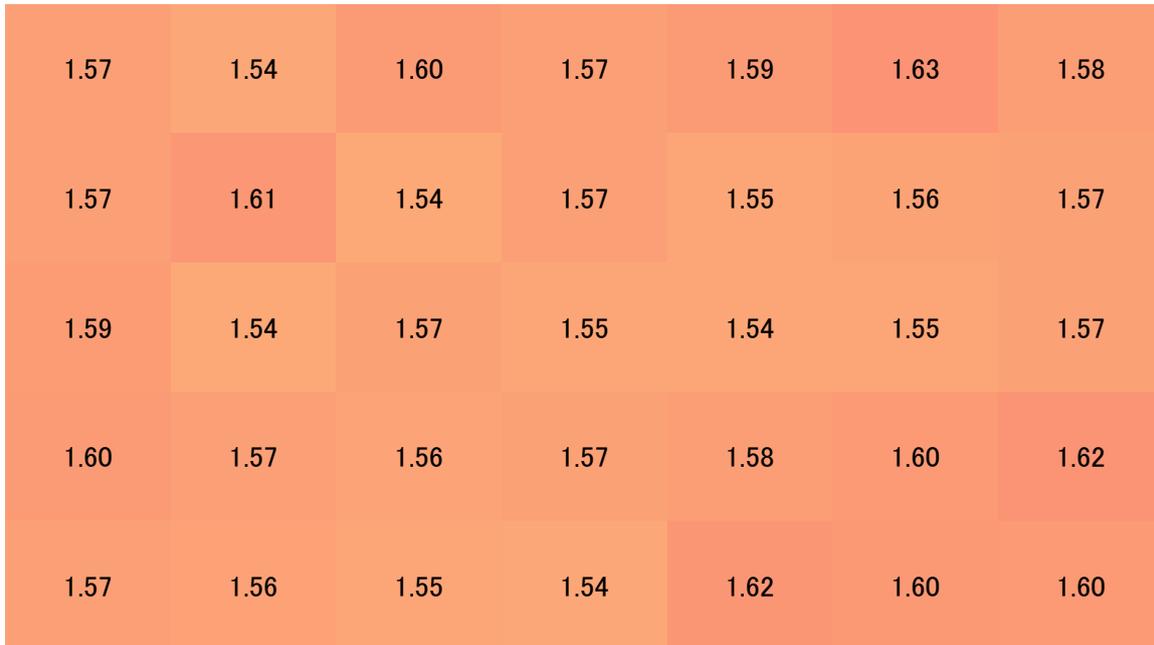


図 A.8: 選択終了地点ごとの試行時間 : ロングタップ, 2 × 2

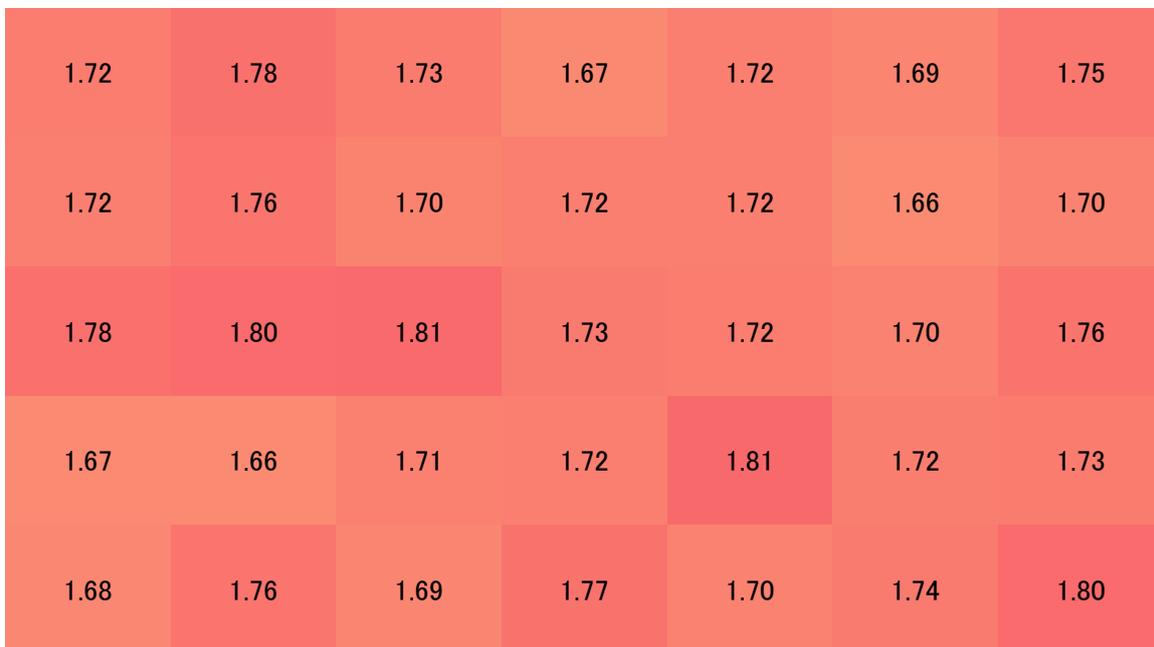


図 A.9: 選択終了地点ごとの試行時間 : ロングタップ, 3 × 3

0.88	0.86	0.90	0.79	0.75	0.80	1.08
0.84	0.74	0.77	0.74	0.78	0.82	0.91
0.83	0.78	0.85	0.76	0.79	0.79	0.86
0.85	0.82	0.78	0.76	0.83	0.80	0.95
0.93	0.86	0.84	0.91	0.92	0.89	0.99

図 A.10: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：提案手法, 1 × 1

1.18	1.12	1.04	1.11	1.09	1.26	1.21
1.15	1.09	1.08	1.07	1.11	1.12	1.13
1.12	1.10	1.03	1.04	1.06	1.08	1.13
1.13	1.11	1.08	1.10	1.09	1.13	1.19
1.23	1.16	1.13	1.11	1.09	1.13	1.16

図 A.11: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：提案手法, 2 × 2

1.29	1.24	1.18	1.25	1.24	1.16	1.30
1.27	1.18	1.17	1.21	1.19	1.10	1.20
1.27	1.24	1.24	1.21	1.20	1.17	1.23
1.25	1.22	1.17	1.16	1.22	1.15	1.19
1.29	1.27	1.24	1.22	1.27	1.19	1.28

図 A.12: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：提案手法, 3 × 3

0.88	0.83	0.84	0.80	0.83	0.83	0.86
0.81	0.84	0.80	0.79	0.81	0.85	0.87
0.82	0.80	0.81	0.79	0.80	0.83	0.89
0.79	0.85	0.82	0.83	0.83	0.83	0.85
0.84	0.86	0.82	0.84	0.86	0.86	0.92

図 A.13: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ダブルタップ, 1 × 1

1.17	1.14	1.15	1.13	1.16	1.17	1.15
1.13	1.13	1.12	1.17	1.15	1.21	1.15
1.14	1.11	1.09	1.14	1.14	1.13	1.18
1.13	1.12	1.13	1.13	1.14	1.16	1.23
1.13	1.11	1.12	1.12	1.14	1.16	1.22

図 A.14: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ダブルタップ, 2 × 2

1.30	1.29	1.25	1.26	1.24	1.23	1.26
1.29	1.27	1.26	1.27	1.28	1.22	1.29
1.28	1.27	1.26	1.24	1.25	1.26	1.30
1.24	1.21	1.27	1.25	1.28	1.29	1.28
1.22	1.25	1.25	1.27	1.28	1.30	1.30

図 A.15: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ダブルタップ, 3 × 3

1.25	1.27	1.25	1.24	1.26	1.25	1.31
1.25	1.24	1.24	1.27	1.24	1.25	1.29
1.23	1.24	1.24	1.24	1.28	1.25	1.29
1.27	1.27	1.27	1.26	1.28	1.28	1.32
1.28	1.25	1.28	1.29	1.30	1.27	1.28

図 A.16: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ロングタップ, 1 × 1

1.57	1.54	1.60	1.57	1.56	1.63	1.58
1.57	1.56	1.54	1.57	1.55	1.56	1.57
1.59	1.54	1.57	1.55	1.54	1.55	1.57
1.60	1.57	1.56	1.57	1.58	1.60	1.62
1.57	1.56	1.55	1.54	1.62	1.60	1.60

図 A.17: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ロングタップ, 2 × 2

1.72	1.78	1.73	1.67	1.72	1.69	1.75
1.72	1.72	1.70	1.72	1.72	1.66	1.70
1.71	1.80	1.73	1.70	1.69	1.70	1.76
1.67	1.63	1.71	1.72	1.77	1.72	1.73
1.68	1.72	1.69	1.73	1.70	1.74	1.80

図 A.18: 選択終了地点ごとのエラーを除いた試行時間：ロングタップ, 3 × 3

## 付録B 実験の際に用いた実験同意書およびアンケート

第4章および第5章における実験の際に使用した実験同意書，実験手順書，アンケートの用紙，およびSUSのWebフォームのスクリーンショットを以下に示す。

## B.1 予備実験の際に使用した書類

### B.1.1 同意書

#### 範囲選択のためのタッチジェスチャ性能評価実験のお願い

文責：島 佳吾

この度は実験にご協力いただき、ありがとうございます。

- 本実験の目的は、島の研究「範囲選択のためのタッチジェスチャ」の性能を評価することです。
- 実験中に、写真および動画の撮影、音声の録音を行う場合がありますが、これらは実験の様子を記録するために行い、その写真、動画および音声を発表において利用する場合は、本人の確認を得た上で、研究目的においてのみ利用いたします。
- この実験によって得られたデータは、個人が特定できないように処理いたします。
- 実験への参加は、協力者の自由意思によるものであり、実験への参加を随時拒否・撤回することができます。
- 学内外において発表する論文に実験内容を利用することがありますが、いかなる場合においても協力者のプライバシーは保全されます。

平成 年 月 日

実験者 所属 \_\_\_\_\_ 署名 \_\_\_\_\_  
説明者 所属 情報学群 情報メディア創成学類 \_\_\_\_\_ 署名 \_\_\_\_\_

## B.1.2 事前アンケート

### 実験に関する事前アンケート

文責：島 佳吾

1. 年齢，性別，利き手についてお答えください。

年齢：      歳          性別： 男・女          利き手： 右・左

2. 普段使用しているスマートフォン，タブレット端末の機種は何ですか？

(例：iPhone4S, docomo Galaxy S II, docomo AQUOS PHONE ZETA SH-01F)

---

3. スマートフォンの利用歴はどのくらいですか？

     年               カ月

4. タブレット端末の利用歴はどのくらいですか？

     年               カ月

5. 普段文字や画像をコピーするために選択する場合，どのように操作しますか？

(回答例 1：左手でスマホを持って左手の親指でロングタップする.)

(回答例 2：左手でタブレットを持って右手の人差し指でコピーメニューを開き，  
画像を選択する)

---

## B.1.3 実験手順書

### 実験に関する説明

- 3点タッチ, 2点タッチ, ロングタップ, ダブルタップを用いて, 「画像」の複数選択を行っていただきます.
- まず, 各選択手法について説明します.

#### 3点タッチ

- まず, 右手の「人差し指」, 「中指」, 「薬指」で画面を同時にタッチします.
- その後, 「人差し指」のみ画面に残して, 他の指を画面から離します.
- 人差し指をスライドすることにより, 人差し指を残した点の画像を起点として, 範囲を選択できます.
- 指を離れた後, 再び3点タッチする, もしくは画像をタップすることにより範囲を調節できます.

#### 2点タッチ

- まず, 右手の「人差し指」, 「中指」で画面を同時にタッチします.
- その後, 「人差し指」のみ画面に残して, 他の指を画面から離します.
- 人差し指をスライドすることにより, 人差し指を残した点の画像を起点として, 範囲を選択できます.
- 指を離れた後, 再び2点タッチする, もしくは画像をタップすることにより範囲を調節できます.

#### ロングタップおよびダブルタップ

- まず, 右手の「人差し指」で画面をロングタップ (ダブルタップ) します.
- 人差し指をスライドすることにより, ロングタップ (ダブルタップ) した点の画像を起点として, 範囲を選択できます.
- 指を離れた後, 再びロングタップ (ダブルタップ) する, もしくは画像をタップすることにより範囲を調節できます.

- 画像選択中は椅子に座った状態で, 右肘を他の物に触れさせずに操作を行ってください.
- 左手は膝の上において, 端末に触れないようにしてください.

□ 以下に実験のタスクを示します。

#### 実験タスク

- 「実験開始」ボタン（図 1）を押すと、画面に選択用画像が表示されます。  
選択すべき画像は赤および黄色にてハイライトされています（図 2）。
- 開始時に指示する選択手法を用いて、枠内の画像をすべて選択状態にさせていただきます。  
選択を開始する場所は赤くハイライトされています。  
必ずその画像から選択を開始してください。  
選択を開始すると、画面上部のバーの色が青く変化します。また、選択中の範囲は青くハイライトされます（図 3）。
- 選択完了後、画面右上のコピーボタン（図 4）をタッチすることにより、選択範囲の正誤判定が行われます。
- 正解の場合、次の問題が表示されます。  
不正解の場合、エラー音が鳴り、次の問題には進みません。もう一度正しく画像を選択しなおしてください。
- 27 問正解するまでを 1 セッションとし、条件を変えて 8 セッション行っていただきます。  
セッションごとに、約 3 分間の休憩をとるものとします。

#### 実験中の注意

- 選択は必ず赤くハイライトされた画像から開始してください。
- 問題が表示されたら、まずその位置を確認してから操作を開始してください。
- 選択すべき位置がわからない場合は、実験者に聞いてもらっても構いません。
- 選択すべき位置がわかっていない状態で画面をタッチしないでください。
- 操作中に思ったこと、考えたことは、その都度口に出して言ってください。
- できるかぎり速く、かつ正確にタスクを行ってください。

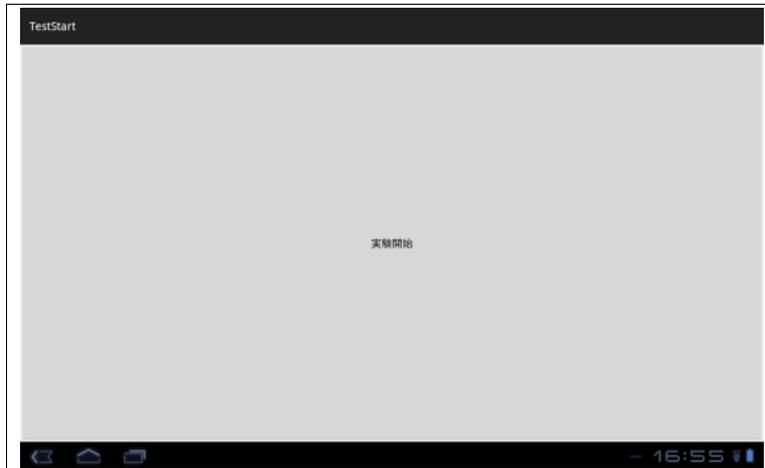


図 1

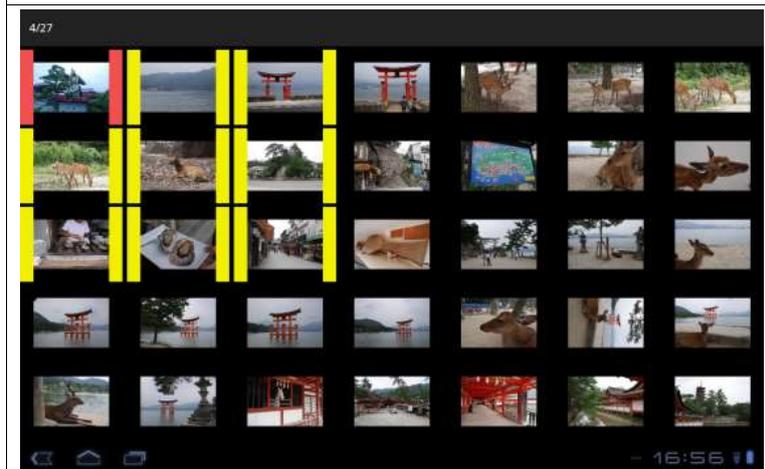


図 2

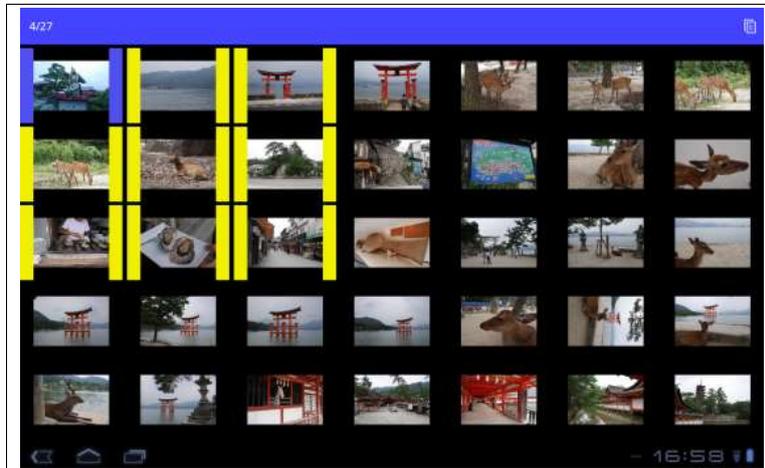


図 3

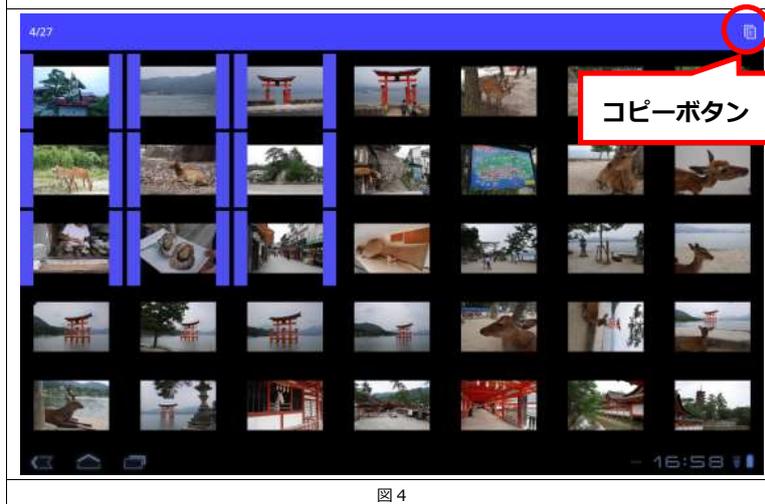


図 4

## B.1.4 アンケート

### 実験に関するアンケート

文責：島 佳吾

1. 画像を選択する方法として、良いと思った順に1～4の番号をつけてください。

3点タッチ ( )      2点タッチ ( )

ロングタップ ( )      ダブルタップ ( )

2. 各選択方法について、使いやすいと思いますか？

3点タッチ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

2点タッチ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

ロングタップ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

ダブルタップ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

理由

3. 各選択方法について、今後使いたいと思いますか？

3点タッチ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

2点タッチ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

ロングタップ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

ダブルタップ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

理由

4. 各選択方法は分かりやすかったですか？

3点タッチ : (とても分かりやすい) 5・4・3・2・1 (とても分かりにくい)

2点タッチ : (とても分かりやすい) 5・4・3・2・1 (とても分かりにくい)

ロングタップ : (とても分かりやすい) 5・4・3・2・1 (とても分かりにくい)

ダブルタップ : (とても分かりやすい) 5・4・3・2・1 (とても分かりにくい)

理由

5. 各選択方法について、慣れやすいと思いますか？

3点タッチ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

2点タッチ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

ロングタップ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

ダブルタップ : (とてもそう思う) 5・4・3・2・1 (まったく思わない)

理由

6. 3点タッチについて、良かった点、改善すべき点をご記入ください。

良かった点
改善すべき点

7. 2点タッチについて、良かった点、改善すべき点をご記入ください。

良かった点
改善すべき点

8. 本実験についての感想、意見等あればご記入ください。

--

アンケートは以上になります。ご協力ありがとうございました。

## B.2 被験者実験の際に使用した書類および Web フォーム

### B.2.1 同意書

#### 性能評価実験のお願い

文責：島 佳吾

この度は実験にご協力いただき、ありがとうございます。

- 本実験の目的は、「オブジェクト操作のためのマルチタッチジェスチャ」の性能を評価することです。
- 実験中に、写真および動画の撮影、音声の録音を行う場合がありますが、これらは実験の様子を記録するために行い、その写真、動画および音声を発表において利用する場合は、本人の確認を得た上で、研究目的においてのみ利用いたします。
- この実験によって得られたデータは、個人が特定できないように処理いたします。
- 実験への参加は、協力者の自由意思によるものであり、実験への参加を随時拒否・撤回することができます。
- 学内外において発表する論文に実験内容を利用することがありますが、いかなる場合においても協力者のプライバシーは保全されます。

平成 年 月 日

実験者 所属 \_\_\_\_\_ 署名 \_\_\_\_\_  
説明者 所属 システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻 \_\_\_\_\_ 署名 \_\_\_\_\_

## B.2.2 事前アンケート（Web フォーム）



### 実験に関する事前アンケート

**\*必須**

**名前 \***

回答を入力

**年齢 \***

回答を入力

**性別 \***

男

女

**利き手 \***

右

左

**普段使用しているスマートフォン、タブレット端末の機種は何ですか？ \***  
(例: iPhone7, Xperia XZ)

回答を入力

**スマートフォンの利用歴はどのくらいですか？ \***  
(例: 4年8か月)

回答を入力



タブレット端末の利用歴はどのくらいですか？ \*

(例:4年8か月)

回答を入力

普段文字や画像をコピーするために選択する場合、どのように操作しますか？ \*

(例1:左手でスマホを持って左手の親指でロングタップする。)(例2:左手でタブレットを持って右手の人差し指でコピーメニューを開き、画像を選択する)

回答を入力

送信

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このフォームは 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング研究室 内部で作成されました。不正行為の報告 - 利用規約 - 追加規約

Google フォーム



## B.2.3 実験手順書

### 実験に関する説明

- 提案手法、ロングタップ、ダブルタップを用いて、画像の複数選択、およびコピー操作を行っていただきます。
- まず、各選択手法について説明します。

#### 提案手法

- まず、右手の人差し指、中指で画面を同時にタッチします。
- その後、「人差し指」のみ画面に残して、他の指を画面から離します。
- 人差し指をスライドすることにより、人差し指を残した点の画像を起点として、範囲を選択できます。
- 画像選択後、人差し指を離すことなく再び中指で画面をタッチすることにより、人差し指の周辺にメニューを表示します。  
(なお、中指の代わりにほかの指でタッチしてもメニューを表示することができます。)
- 人差し指をコピーメニュー上にスライドし手を画面から離すことによりコピーを行うことができます。

#### ロングタップおよびダブルタップ

- まず、右手の「人差し指」で画面をロングタップ（ダブルタップ）します。
- 人差し指をスライドすることにより、ロングタップ（ダブルタップ）した点の画像を起点として、範囲を選択できます。
- 画像選択後、いったん画面から手を離し、  
右手の人差し指、中指（もしくは人差し指、親指）で画面を同時にタッチすることにより、指の下にメニューを表示します。
- 人差し指でコピーメニューをタップすることによりコピーを行うことができます。

- 実験は椅子に座った状態で行ってください。
- 左手は端末をぶれないように支え、かつ画面に触れないようにしてください。

□ 以下に実験のタスクを示します。

#### 実験タスク

- 「実験開始」ボタンを押すと、画面に選択用画像が表示されます。  
選択すべき画像は緑、赤および黄色にてハイライトされています。
- 開始時に指示する選択手法を用いて、枠内の画像をすべて選択状態にしてください。  
選択は必ず緑のハイライト画像から開始し、赤のハイライト画像で終了してください。  
選択を開始すると、画面上部のバーの色が青く変化します。また、選択中の範囲は青くハイライトされます。
- 選択完了後、コピーを行うことにより、選択範囲の正誤判定が行われます。
- 正解の場合、次の問題が表示されます。  
不正解の場合、エラー音が鳴り、次の問題には進みません。もう一度正しく画像を選択しなおしてください。
- 105問正解するまでを1セッションとし、1日8セッション行っていただけます。  
セッションごとに、1分以上の休憩をとるものとします。
- 1日のセッション終了後に、アンケート（SUS）に回答していただけます。

#### 実験中の注意

- 選択は必ず緑のハイライト画像から開始し、赤のハイライト画像で終了してください。
- ハイライトが表示されたら、まずその位置を確認してから操作を開始してください。
- 選択すべき位置がわからない場合は、実験者に聞いてもらっても構いません。
- 選択すべき位置がわかっていない状態で画面をタッチしないでください。
- 操作中に思ったこと、考えたことは、その都度口に出して言ってください。
- できるかぎり速く、かつ正確に操作を行ってください。

## B.2.4 SUS および自由記述アンケート（Web フォーム）

### アンケート

評価実験に参加していただきありがとうございます。  
性能評価のため、アンケートへのご記入をお願いします。

**\*必須**

**名前 \***

回答を入力

**使用した手法 \***

- 提案手法
- ロングタップ
- ダブルタップ

#### SUS (System Usability Scale)

このシステムに関する次の記述に同意しますか、最も当てはまるものを選んでください。

【注意】  
もし、あまり当てはまらない項目があればポジティブ側に回答してください。

**わたしはこのシステムを頻繁に使いたいと思う(I think that I would like to use this system frequently.) \***

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

**このシステムは無駄に複雑であると思った(I found the system unnecessarily complex.) \***

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

このシステムは簡単に使えると思った(I thought the system was easy to use.) \*

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

このシステムを使えるようになるには、わたしは技術者の支援を必要とするだろうと思う(I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.) \*

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

このシステムでは様々な機能がよくまとまっていると思った(I found the various functions in this system were well integrated.) \*

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

このシステムにはあまりにも多くの矛盾があると思った(I thought there was too much inconsistency in this system.) \*

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

ほとんどの人々はこのシステムの使い方をすぐに覚えるだろうと思う(I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.) \*

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

このシステムはとても扱いにくいと思った(I found the system very cumbersome to use.) \*

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

このシステムを使用できる自信がとてもある(I felt very confident using the system.) \*

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

わたしはこのシステムを使い始める前に、多くのことを学ぶ必要があった(I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.) \*

	1	2	3	4	5	
全く思わない	<input type="radio"/>	強く思う				

### 自由記述

手法を簡単に使える／使うのが難しかった理由についてご記入ください \*

回答を入力

本実験についての感想、意見等をご記入ください \*

回答を入力

送信

Google フォームでパスワードを送信しないでください。



このフォームは 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング研究室 内部で作成されました。不正行為の報告・利用規約・追加規約

## Google フォーム

