

2019 年度 卒 業 論 文

スマートフォン Web サイトにおける  
拡大鏡と圧力検知を用いた Fat-Finger 問題に関する研究

指導教員：渡辺 大地 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス

学籍番号 M0116311

山本 夏樹

2020 年 2 月

2019年度 卒業論文概要

論文題目

スマートフォン Web サイトにおける  
拡大鏡と圧力検知を用いた Fat-Finger 問題に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0116311

氏名

山本 夏樹

指導  
教員

渡辺 大地 准教授

キーワード

Fat-Finger 問題、3Dtouch、圧力検知、  
拡大鏡、タッチ UI

近年、スマートフォンの普及により、多くの人が日常的にスマートフォンを利用している。スマートフォンの操作は、多くの場合タッチ UI を用いた操作を行うが、隣接するタッチ UI を誤って押してしまう Fat-Finger 問題が発生してしまう。Fat-Finger 問題はスマートフォンのタッチ UI に限らず、タッチ UI を利用するものすべてのもので起こりえることである。近年様々な研究が行われており、スマートフォンのソフトウェアキーボードを対象としたものやスマートウォッチを対象とした研究が多くある。スマートフォン Web サイトで起こる Fat-Finger 問題も研究が行われているが、スマートフォンのソフトウェアキーボードやスマートウォッチほどではない。スマートフォン対応をしている Web サイトは Fat-Finger 問題を考慮している Web サイトが多いが、すべての Web サイトがスマートフォンに対応しているわけではない。また、スマートフォン対応をしているが Fat-Finger 問題を考慮していないページも存在する。

そのため本研究ではスマートフォン Web サイトを対象に、拡大鏡と圧力検知を利用し、Fat-Finger 問題の解決と既存の拡大鏡よりも扱いやすい拡大鏡の提案を行う。

本論文で提案する拡大鏡は圧力検知を使用し、拡大率を直感的に変えることが出来るようにした。実験では提案した拡大鏡と既存の拡大鏡を指定した Web サイトで触ってもらい、タッチ UI を指定する順に押しもらった。そのため本研究は Fat-Finger 問題の解決は提案拡大鏡と既存拡大鏡は Web サイトによる違いが出たため、提案拡大鏡は特定条件下においては良いとなり、拡大鏡の扱いやすさは、既存拡大鏡よりも提案拡大鏡の方が扱いやすいということがわかった。

# 目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	論文構成	3
第 2 章	提案手法	4
2.1	拡大鏡について	4
2.2	圧力検知の利用	5
2.3	Windows 拡大鏡ベースデモの実装	5
2.4	提案した拡大鏡デモ	6
2.5	拡大鏡の位置と大きさの比較	8
第 3 章	実験と考察	11
3.1	実験概要	11
3.1.1	既存の拡大鏡デモ	11
3.1.2	実験利用 Web サイト選定	12
3.1.3	実験後アンケート	13
3.1.4	実験環境	13
3.2	実験結果	14
3.2.1	押し間違い回数	15
3.2.2	実験後アンケート	16
3.3	評価	16
3.4	考察	17
第 4 章	まとめ	19
	謝辞	21



# 目 次

2.1	上部拡大 . . . . .	6
2.2	提案した拡大鏡デモイメージ . . . . .	7
2.3	提案した拡大鏡サイズ比率イメージ . . . . .	7
2.4	上部拡大イメージ . . . . .	9
2.5	左右縦長拡大イメージ . . . . .	9
2.6	上部左右拡大イメージ . . . . .	10
3.1	既存の拡大鏡デモイメージ . . . . .	12

# 表 目 次

3.1	既存の拡大鏡で押し間違いが発生した回数 . . . . .	15
3.2	提案した拡大鏡で押し間違いが発生した回数 . . . . .	15
3.3	実験後アンケート . . . . .	16
3.4	t 検定 . . . . .	16

# 第 1 章

## はじめに

### 1.1 研究背景

近年、スマートフォン（以下、スマホと表記する）の普及により、多くの人が日常的にスマホを使用 [1] している。スマホの操作は、多くの場合液晶上のボタン（以下、タッチ UI と表記する）を用いた、アプリケーションを用いた操作を行うが、隣接するタッチ UI を誤って押してしまう Fat-Finger 問題 [2] が発生してしまう。Fat-Finger 問題の発生はスマホのタッチ UI に限らず、タッチ UI を利用するもの全ての物で起こりえることである。

Fat-Finger 問題の原因は様々である。Akoju[3] は、スマートウォッチでの研究のため、原因は指の大きさにあるととらえている。Song ら [4] は、指は柔らかく、画面を押した際に指の形が変わってしまうことを原因だととらえている。Lindemann[5] は、マルチタップに関する研究を行っており、2 本以上の指が画面に乗ることで、指の占有率が上昇し押し間違いが起こるととらえている。谷ら [6] は、タッチ UI の大きさが原因であるととらえている。このような原因が Fat-Finger 問題には存在しており、本論文では谷ら [6] と、同様にタッチ UI の小ささが問題であると考えた。

近年様々な Fat-Finger 問題を対象とした研究が行われており、スマホのソフトウェアキーボードを対象としたものや、スマートウォッチを対象とした研究が多くある。鈴木ら [7] は、キャレッ

トの位置をタッチして位置を移動させるのではなく、テキスト全体を動かすことによりキャレットを動かす研究を行った。Akoju[3] は、スマートウォッチのソフトウェアキーボードで起こる Fat-Finger 問題に対して、拡大縮小の研究を行った。Leiva ら [8] は、小さい画面のソフトウェアキーボードで起こる Fat-Finger 問題に対して、ソフトウェアキーボードのズーム、吹き出しキーボード、タッチ部分の拡大といった拡大鏡を利用した研究を行った。宇治ら [9] は、Web サイトの文字リンクの文字の高さや行間が及ぼす影響についての研究を行った。谷ら [6] は、タッチ UI とタッチ UI の位置によるタッチ位置の調節を行っている。

また、スマホ Web サイトを対象とした研究は、スマホソフトウェアキーボードやスマートウォッチの研究数より数が少ないが研究がされている。Watanabe ら [10] は、Web サイトの特定のリンクに指を置くと、リンクを拡大して表示させる研究を行った。Ahmed ら [11] は、視覚障害者向けに支援 Web ブラウジングを音声誘導を利用して研究を行った。

スマホ対応の Web サイトには押し間違いを考慮している Web サイトが多くあるが、すべての Web サイトがスマホに対応しているわけではない。また、スマホ対応をしているが、押し間違いを考慮していない Web サイトも存在する。

本研究ではスマホ Web サイトを対象として、多くの Fat-Finger 問題に関する研究でも利用されている拡大をするという方法を拡大鏡として利用した。拡大鏡の拡大率を圧力検知を利用し直感的に変化させることで、Fat-Finger 問題の解消と既存の拡大鏡よりも扱いやすい拡大鏡の提案を行う。

本論文で提案する拡大鏡は圧力検知を使用し、拡大率を直感的に変えることが出来るようにした。実験では提案した拡大鏡と既存の拡大鏡の 2 つを指定した Web サイトで触ってもらい、タッチ UI を指定する順に押しもらった。指定した Web サイトで既存の拡大鏡と提案した拡大鏡の押し間違いの回数を取り、既存の拡大鏡と提案した拡大鏡の扱いやすさをアンケートとして比較した。そのため本研究は Fat-Finger 問題の解決は提案拡大鏡と既存拡大鏡は Web サイトによる



違いが出たため、提案拡大鏡は特定条件下においては良いとなり、拡大鏡の扱いやすさは、既存拡大鏡よりも提案拡大鏡の方が扱いということがわかった。

## 1.2 論文構成

本論文は全 4 章で構成する。2 章で本研究で提案を行う拡大鏡について述べる。3 章では、実験と考察について述べる。4 章で本研究のまとめを述べる。

# 第 2 章

## 提案手法

本章では、本論文で提案する圧力検知を利用した拡大鏡について述べる。2.1 節では拡大鏡について述べる。2.2 節では圧力検知について述べる。2.3 節では、Windows 拡大鏡ベースで制作したデモについて述べる。2.4 節では、提案した拡大鏡のデモについて述べ、なぜその拡大鏡を選んだのかを述べる。

### 2.1 拡大鏡について

拡大鏡とは、ルーペや凸レンズ、虫眼鏡などと言われることもあるが、本論文では拡大鏡は GUI で操作できる機器上で画面拡大を行うものとする。

拡大鏡はすでに様々な機器で実装されている。主要機器である Android、iPhone、Windows、Mac で OS に標準で実装されている拡大鏡は以下の通りである。

- Android[12]:トリプルタッチをすることで拡大・補助状態時にタップすることで拡大し、2本指のフリックで操作
- iPhone[13][14]:拡大画面を表示しその画面をドラッグ移動・画面全体を拡大し別途表示されるコントローラで画面移動

- Mac[15]:カーソル部分の位置に拡大画面を表示
- Windows[16]:画面全体を拡大、カーソル部分の位置に拡大画面を表示、拡大画面を上部に固定して表示、を切り替えて利用

今回の研究で制作するデモンストレーション（以下、デモと表記する）では多様な種類の拡大鏡が実装されていた Windows の拡大鏡をベースとしてデモを制作した。

## 2.2 圧力検知の利用

本研究では圧力検知を指が画面を押す強さの圧力値として取得し、既存の拡大鏡であれば別途設定で変えなくてはならなかった拡大鏡の拡大率を、圧力値により感覚的に拡大率を変えられるようにした。

圧力検知を利用して先行研究を行っている江藤 [17] と同様に、圧力値を取得するために iPhone の 3DTouch[18] を利用する。

## 2.3 Windows 拡大鏡ベースデモの実装

Windows で実装されている 3 種類の拡大鏡をスマホ上で実装を行った結果、上部拡大がスマホ Web サイトで使うのに適していると思われたため、上部拡大をベースとして採用した。

主な理由として、全画面拡大は一般的であり、すでに存在している。レンズ拡大は使用感はよかったが指の周りが隠れてしまい、隠れているところを見るためには、指を毎回移動させなくてはならないということがあったため、消去法的に上部拡大をベースとした。デモの操作として、画面を強く押すと上部の拡大画面が拡大を行い、ボタンの上で指を離すとタッチを行い、画面遷移とした。図 2.1 は上部拡大を実装した際のデモである。

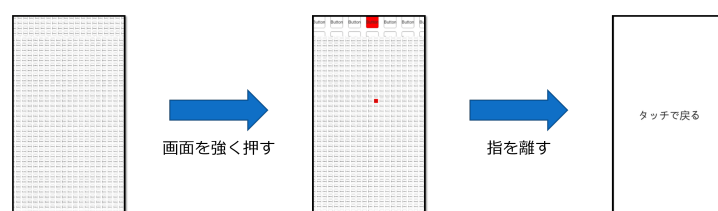


図 2.1 上部拡大

## 2.4 提案した拡大鏡デモ

提案した拡大鏡は上部左右に四角形の形で拡大鏡を配置したもの（以下、上部左右拡大と表記する）である。操作は、フリックによるスクロールは出来ず、上部もしくは下部を長押しすることで押した方向にスクロールするようにした。拡大鏡の左から右への移動は、画面の大きさが、縦 1、横 1 の大きさで、拡大鏡の大きさが、縦 0.1、横 0.1 であった場合、上部 0.1 横 1 の範囲で指が中央から左の場合、拡大鏡の位置は右で、上部 0.1 の範囲で指が中央から右の場合、拡大鏡の位置は左とする。ただし、上部 0.1 外の場合拡大鏡は左になる。ボタンは、指が上に載っている場合、色が変わり、変化した状態のボタン上で指を離すことで、タッチとなる。拡大率の変化は圧力をかけることで変化し、最大拡大率は 2 倍とした。図 2.2 は提案した拡大鏡デモのイメージである。

提案した拡大鏡の大きさは、画面サイズ 9:16 とすると、小の場合は 1.8:1.6 のサイズ感となり、中の場合は 3.6:3.2 のサイズ感となり、大の場合はサイズ感 5.4:4.8 となる。図 2.3 は提案した拡大鏡のサイズ比率のイメージである。

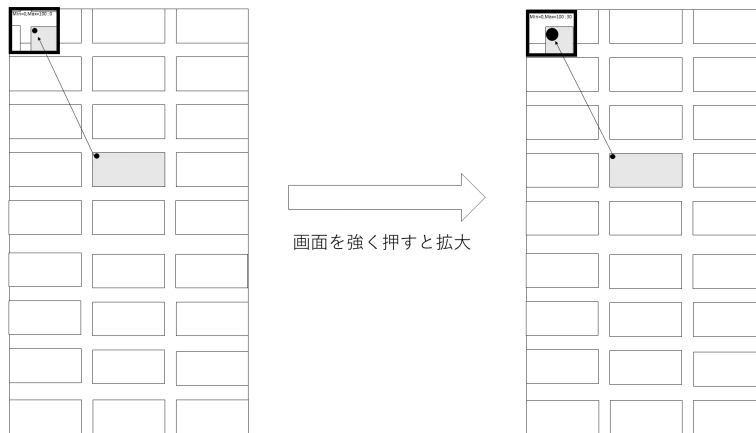


図 2.2 提案した拡大鏡デモイメージ

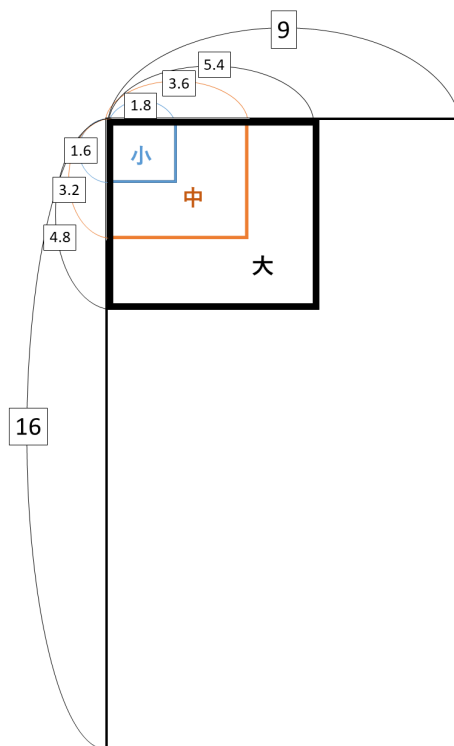


図 2.3 提案した拡大鏡サイズ比率イメージ

## 2.5 拡大鏡の位置と大きさの比較

拡大画面の位置と大きさの比較を行うため、複数人にデモを触ってもらった。まずは、位置だけで比較を行った。上部拡大と拡大画面を左右どちらかに縦長に配置（以下、左右縦長拡大と表記する）、上部左右拡大を比較した。図 2.4 は上部拡大のイメージである。図 2.5 は左右縦長拡大を左に配置したイメージである。図 2.6 は上部左右拡大を左に配置したイメージである。

この 3 つで比較を行った結果、上部拡大が一番良いという結果になった。左右縦長拡大では、Web ページの特性上、縦書きではなく横書きのため、縦長のものでは適切ではなかった。上部左右拡大では、拡大画面が小さいとなった。上部拡大は常に表示されていると邪魔だが、位置だけでいうと上部拡大が一番適切であった。

左右縦長拡大は Web サイトの特性上左右に配置するのは、適切ではないとなったため、上部拡大と上部左右拡大の大きさを大きくして比較を行った。その結果、上部左右拡大の方が良いという結果となった。大きさを変える前は、上部拡大の方が良いと答えていた人たちも大きくした上部左右拡大のほうが良いと答えたため、上部左右拡大のほうが適切であるという結果となった。大きさは、元の大きさを 1 とすると、倍の 2 にして行った。

比較を行った結果、大きくした上部左右拡大が一番良いという結果となったため、採用した。

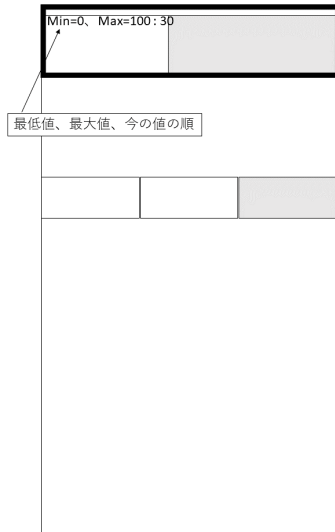


図 2.4 上部拡大イメージ

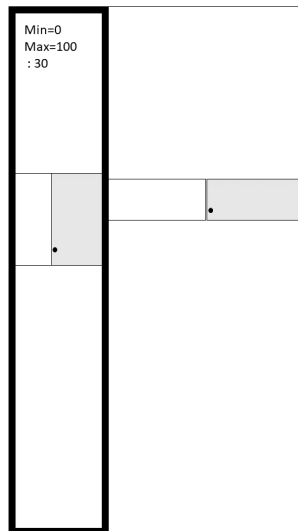


図 2.5 左右縦長拡大イメージ

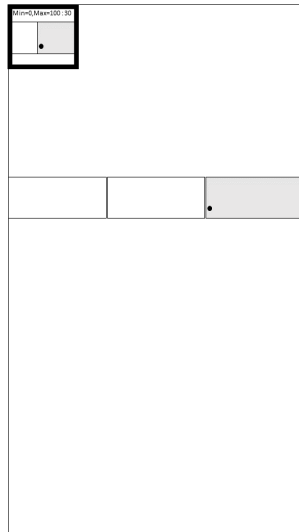


図 2.6 上部左右拡大イメージ



# 第 3 章

## 実験と考察

本章では、本研究で実施した実験について述べる。3.1 節では、実験の概要を述べる。3.2 節では実験を行った結果を述べる。3.3 節では、実験結果をもとに  $t$  検定を行った結果を述べる。3.4 節では実験の結果を元に考察を述べる。

### 3.1 実験概要

実験は既存の拡大鏡と提案した拡大鏡のデモに、押し間違いが起りやすいページと起りづらい Web サイトのボタンを指定した順で押すよう指示した。提案した拡大鏡は拡大画面の大きさを客観的に図るため、小、中、大の 3 種のサイズで行った。また対照実験を行うため、A 群と B 群に分けて行った。A 群は既存の拡大鏡→提案した拡大鏡の順で行い、B 群は提案した拡大鏡→既存の拡大鏡の順で行った。実験後アンケートを行った。

#### 3.1.1 既存の拡大鏡デモ

既存の拡大鏡のベースは Android に存在する全画面拡大をベースにした。通常の Web サイトと違いフリックによるスクロールは行わず、上部もしくは下部を長押しすることでその方向にスクロールする。全画面拡大を切り替えて行うものがベースのため、ボタンにより拡大していない

状態から、拡大状態にするようにした。拡大状態時は上部、下部の長押しスクロールだけでなく、左端、右端を長押しすることで、横スクロールするようにした。拡大率は2倍とした。ボタンのタッチは通常サイトと同じ、意図したボタン上で指を押し離しすることで押す動作となり、押したボタンは色が一瞬変化するようにした。図 3.1 は既存の拡大鏡デモのイメージである。

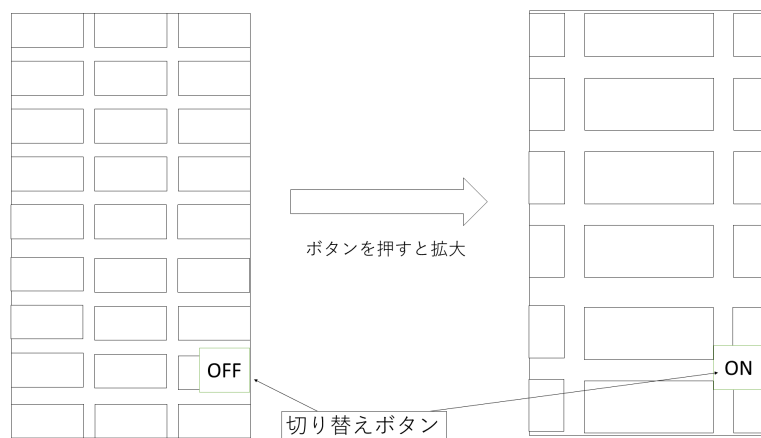


図 3.1 既存の拡大鏡デモイメージ

### 3.1.2 実験利用 Web サイト選定

実験で利用する Web サイトは、押し間違いが起こりやすいページと起こりづらいページを 1 ページずつ選んだ。

Parhi ら [19] は、ボタンサイズが 9.6mm 以上の大きさが必要という結論を出しているため、選定基準はボタンサイズが 9.6mm 以下のものが多いサイトを押しまだ間違いが起こりやすいサイトとして選び、ボタンサイズが 9.6mm 以上のものが多いサイトを押しまだ間違いが起こりづらいサイトとして選んだ。押し間違いが起こりやすいサイトとして Discode[20] を選び、押し間違いが起こりづらいサイトとして Note[21] を選んだ。

### 3.1.3 実験後アンケート

実験後に取ったアンケートの質問は以下のとおりである。

- 実験後アンケート質問項目

1. 年代
2. 圧力検知を利用するものを普段から利用しているか。
  - 2.1 利用している場合どのようなものか。
3. 利用スマホ機種名
4. 普段からスマホで拡大鏡、ズームができるようなものを利用しているか。
  - 4.1 利用している場合どのようなものか。
5. 既存の拡大鏡 or 提案した拡大鏡どちらが良かったか。
  - 5.1 なぜそれを選んだか。
6. 提案した拡大鏡の大きさでどれが一番良かったか。
  - 6.1 なぜそれを選んだか。

これらのことをアンケートとしてデータを取った。

### 3.1.4 実験環境

実験で利用したスマホは、iPhone8 を利用した。開発を行ったツールは Unity バージョン 2019 1.1f1 を利用した。実験は iPhone8 とパソコンを有線接続し UnityRemoto を利用して行った。実験時被験者へ、普段通りの持ち方と既存の拡大鏡の場合拡大状態を維持したままで、提案した拡大鏡の場合指をずらしてボタンをタッチするように指示を行った。

## 3.2 実験結果

本実験では男女 10 名に対して実験を行ったため、以下のことを表にまとめる。

- 既存の拡大鏡で押し間違いが発生した回数
  - － 被験者番号
  - － 押し間違いが起こりやすいページ
  - － 押し間違いが起こりづらいページ
- 提案した拡大鏡で押し間違いが発生した回数
  - － 被験者番号
  - － 小の拡大鏡での押し間違いが起こりやすいページ
  - － 小の拡大鏡での押し間違いが起こりづらいページ
  - － 中の拡大鏡での押し間違いが起こりやすいページ
  - － 中の拡大鏡での押し間違いが起こりづらいページ
  - － 大の拡大鏡での押し間違いが起こりやすいページ
  - － 大の拡大鏡での押し間違いが起こりづらいページ
- 実験後アンケート
  - － 被験者番号
  - － 圧力検知を利用するものを普段から利用しているか
  - － 利用スマホ機種名
  - － 普段からスマホで拡大鏡、ズームができるようなものを利用しているか
  - － 既存の拡大鏡と提案した拡大鏡どちらの方がよかったか
  - － 提案した拡大鏡の大きさでどれが一番良かったか

### 3.2.1 押し間違い回数

表 3.1、表 3.2 は既存の拡大鏡と提案した拡大鏡の押し間違い回数を取得した実験の結果である。押し間違い回数で取得したデータは、既存の拡大鏡と提案した拡大鏡、どちらも押したボタンとタッチした回数を取得した。集計方法は、指示した順でボタンを押せているかどうかで集計した。指示した順番がずれていた場合押し間違いが起きたと判断した。

表 3.1 既存の拡大鏡で押し間違いが発生した回数

被験者番号	グループ	起こりやすいページ	起こりづらいページ
1	A	1	1
2	B	0	0
3	A	0	1
4	B	0	1
5	A	0	1
6	B	0	5
7	A	0	3
8	B	0	2
9	A	0	1
10	B	1	0
平均		0.2	1.5

表 3.2 提案した拡大鏡で押し間違いが発生した回数

被験者番号	グループ	小起こりやすい	小起こりづらい	中起こりやすい	中起こりづらい	大起こりやすい	大起こりづらい
1	A	1	0	1	0	1	0
2	B	1	0	0	1	0	0
3	A	1	1	2	0	2	0
4	B	3	1	2	0	2	2
5	A	0	0	1	0	1	0
6	B	3	4	4	2	3	2
7	A	1	0	0	0	1	0
8	B	2	1	2	1	1	1
9	A	2	0	0	0	0	0
10	B	1	0	0	0	0	0
平均		1.5	0.7	1.2	0.4	1.1	0.5

### 3.2.2 実験後アンケート

表 3.3 は、実験後アンケートの結果である。

表 3.3 実験後アンケート

被験者番号	グループ	圧力検知の利用	利用スマホ機種名	拡大鏡、ズームの利用	既存の拡大鏡 or 提案した拡大鏡	大きさ
1	A	×	iPhone7Plus	×	提案	中
2	B	×	Huwei p10r	×	提案	中
3	A	×	iPhone8	×	提案	中
4	B	×	iPhone6s	×	提案	中
5	A	×	iPhoneSE	×	提案	中
6	B	×	iPhone6s	○	提案	中
7	A	×	iPhone8	×	提案	中
8	B	×	mono mo-01k	×	提案	中
9	A	○	iPhone10s	×	提案	中
10	B	×	iPhoneSE	×	提案	中

### 3.3 評価

既存の拡大鏡と提案した拡大鏡の差を計るため、t 検定を利用した。既存の拡大鏡で押し間違いが起りやすいページと提案した拡大鏡の小、中、大で押し間違いが起りやすいページ、既存の拡大鏡で押し間違いが起りづらいページと提案した拡大鏡の小、中、大で押し間違いが起りづらいページで行った。

表 3.4 t 検定

対象	p 値
小起りやすい	0.0062
小起りづらい	0.0223
中起りやすい	0.0629
中起りづらい	0.0174
大起りやすい	0.0414
大起りづらい	0.0319

帰無仮説を「既存の拡大鏡と提案した拡大鏡の押し間違い回数には差がある」とする。標本数

は 10 で行い、優位水準は 5 %とした。

表 3.4 の結果より、中サイズで押し間違いが起こりやすいページ以外は優位水準よりも低いため、棄却された。だが、中サイズで押し間違いが起こりやすいページは優位水準よりも高いため棄却されなかった。

### 3.4 考察

押し間違い回数の結果は押し間違いが起こりやすいページ>押し間違いが起こりづらいページとなるのが意図した結果であったが、既存の拡大鏡での押し間違いは、押し間違いが起こりづらいページのほうが平均値が高くなり、意図しないものとなった。提案した拡大鏡では押し間違いが起こりやすいページよりも押し間違いが起こりづらいページのほうが平均値が低くなり意図した結果となった。起こりやすいページでは既存の拡大鏡のほうが平均値が低いという結果となり、起こりづらいページでは提案した拡大鏡のほうが平均値が低く、押し間違いが起こりやすいページであると、既存の拡大鏡のほうが押し間違いが少なく、押し間違いが起こりづらいページであると、提案した拡大鏡のほうが、押し間違いが少ないという結果となった。

このような結果となったのは、被験者のタッチ操作の慣れにあると考えられる。既存の拡大鏡であると、普段と同じタッチ方法であるが提案した拡大鏡であると、指をずらしてボタン上で離すとタッチとしており、普段との操作の違いにあると思われる。普段から圧力検知を利用している被験者は、あまり押し間違いが発生していないことから、押して離すという動作に慣れているからだと考えられる。

実験後のアンケートの結果から、既存の拡大鏡よりも提案した拡大鏡の方が良く、提案した拡大鏡の大きさも検証実験時に得られた中の大きさが一番適切であったと、良好な結果となった。

実験後アンケート時に被験者から聞いた口頭アンケートでも、なぜ提案した拡大鏡を選んだのかという質問では、「既存の拡大鏡だと拡大中に見えなくなるところが多くなって使いづらいが、

提案した拡大鏡であれば見たいところだけ拡大され、拡大率を直感的に調節できるため」や「既存の拡大鏡だと拡大してもタップミスが起こる可能性があるが、提案した拡大鏡であれば画面をタッチした状態で指をずらすことによりタッチ位置を調節できるから」といった理由をもらった。提案した拡大鏡の大きさが中サイズがいいというのがなぜかという質問では、「小さいのだと拡大しても文字が見ずらく、大きいのだとタッチ位置と被る部分があり邪魔である」や「画面の占有割合的に中が丁度いいと思ったのと、ボタンの邪魔していなかった」などの理由をもらった。

実験の結果から、押し間違い回数データは元々のデモに問題があったか、圧力を利用することの慣れがある程度必要であったため、このような結果になったと考えられる。だが実験後アンケートからもわかるように既存の拡大鏡よりも提案した拡大鏡の方が良いという結果となった。

t 検定の結果から、既存の拡大鏡と提案した拡大鏡では優位水準以上の結果が多かったため、棄却されたといえる。

被験者に既存の物より良いと言ってもらい、t 検定の結果からも値に差が出たことから、既存の拡大鏡と提案した拡大鏡では、押し間違いの起こりやすさに差があるということがわかり、提案自体は成功したと考える。



## 第 4 章

# まとめ

本研究ではスマホ Web サイトを対象とし、Fat-Finger 問題の改善、既存拡大鏡よりもスマホ Web サイトで扱いやすい物の提案を行った。

既存の拡大鏡をベースに圧力検知により拡大率の変更動作を加えたもので検証実験を繰り返し、圧力検知を利用した拡大鏡を提案した。提案した拡大鏡と既存の拡大鏡のデモを作成し対照実験と実験後アンケートを行い、対照実験の押し間違い回数のデータから t 検定を行った。

対照実験の結果として、既存拡大鏡と提案拡大鏡の押し間違い回数は、既存拡大鏡であれば、押し間違いが起りづらいページが押しやすいという結果となり、提案拡大鏡であれば、押し間違いが起りづらいページが押しやすいという結果となった。

実験後アンケートの結果として、既存拡大鏡よりも提案拡大鏡のほうが良いという結果となり、拡大鏡の大きさも小さいものと大きいものよりも、その間をとった中サイズぐらいが良いという結果となった。

押し間違いデータを基にした t 検定を行った結果で既存の拡大鏡と提案した拡大鏡の値に差が出たため、押し間違いが既存の拡大鏡と提案した拡大鏡では差があるという結果となった。

結論として、被験者たちが拡大鏡を使った感覚では、提案拡大鏡のほうが良いということとなったが、押し間違いを取得したデータでは、ページによる差が出るという結果となり、提案拡大鏡

の利用はある程度の慣れが必要であるという結論になった。

今後の課題として、被験者たちの感覚では提案した拡大鏡は既存の拡大鏡よりも Web サイトで扱うのには適しているという結果となったため、さらに扱いやすい大きさや位置の検証、デモを提案した拡大鏡に合わせた操作にすることでより、Fat-Finger 問題を解決することにつながると考えている。

# 謝辞

本研究を形に出来たのは、ご指導いただいた渡辺大地准教授と阿部雅樹助手に心より感謝いたします。また、実験と研究に協力いただいた研究室の皆様にも心より感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 総務省. 情報通信機器の保有状況. <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/html/nd252110.html>. 参照:2019.12.07.
- [2] Katie Siek, Yvonne Rogers, and Kay Connelly. Fat finger worries: How older and younger users physically interact with pdas. Vol. 3585, pp. 267–280, Sep 2005.
- [3] Amruth Akoju. Literature Review : To explore text input techniques for smart watches to overcome the occlusion and fat finger problem. *SOFTENG 702*, 2014.
- [4] Peng Song, Boon Goh, Chi-Wing Fu, Qiang Meng, and Pheng-Ann Heng. WYSIWYF: Exploring and annotating volume data with a tangible handheld device. pp. 1333–1342, May 2011.
- [5] Patrick Lindemann. A short report on multi-touch user interfaces. *Department of Media Informatics*, 2010.
- [6] 谷堯尚, 山田誠二. タッチパネルにおけるキー配置を考慮した操作エラーモデル. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2014, pp. 3B4OS10b4–3B4OS10b4, 2014.
- [7] 鈴木健司, 岡部和昌, 坂本竜基, 坂上大介. テキスト全体の移動によりキャレットの相対位置を変化させるポインティング手法の提案. インタラクション 2015 論文集, pp. 638–640, 2015.
- [8] Luis A. Leiva, Alireza Sahami, Alejandro Catala, Niels Henze, and Albrecht Schmidt.

Text entry on tiny qwerty soft keyboards. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '15*, pp. 669–678, New York, NY, USA, 2015. ACM.

- [9] 宇治大河, 西村崇宏, 土井幸輝, 藤本浩志. テキストリンクの文字高さで行間がタッチパネル携帯端末の操作性に及ぼす影響. 日本機械学会論文集, Vol. advpub, , 2019.
- [10] Willian Massami Watanabe, Renata Pontin de Mattos Fortes, and Maria da Graça Campos Pimentel. The link-offset-scale mechanism for improving the usability of touch screen displays on the web. In *INTERACT*, 2011.
- [11] Faisal Ahmed, Muhammad Asiful Islam, Yevgen Borodin, and IV Ramakrishnan. Assistive web browsing with touch interfaces. In *Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pp. 235–236. ACM, 2010.
- [12] Google. Android のユーザー補助機能ヘルプ. <https://support.google.com/accessibility/android/answer/6006949?hl=ja>. 参照:2019.12.08.
- [13] SoftBank. ズーム機能で画面を拡大・縮小する (視覚サポート). <https://www.softbank.jp/mobile/support/iphone/accessibility/zoom/>. 参照:2019.12.08.
- [14] Apple. iphone や ipad で拡大鏡を使う. <https://support.apple.com/ja-jp/HT209517>. 参照:2019.12.08.
- [15] きゃん. デスクワーカー必見! Mac 純正の拡大鏡ルーペが便利. <https://candoit.hatenablog.com/entry/2018/01/09/120840>. 参照:2019.12.08.
- [16] Microsoft. 画面上の項目を見やすくするために、拡大鏡を使用する. <https://support.microsoft.com/ja-jp/help/11542/windows-use-magnifier-to-make-things-easier-to-see>. 参照:2019.12.08.
- [17] 江藤凌. スマートフォンゲームにおける圧力変化を使用したタッチパッド UI に関する研究.

学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部ゲームサイエンスプロジェクト, 2019.

- [18] Apple. iPhone で 3DTouch や触覚タッチの感度を変更する. <https://support.apple.com/ja-jp/HT205056>. 参照:2019.12.08.
- [19] Pekka Parhi, Amy Karlson, and Benjamin B. Bederson. Target size study for one-handed thumb use on small touchscreen devices. In *Proceedings of MobileHCI 2006*, pp. 203–210. Association for Computing Machinery, Inc., January 2006.
- [20] Discode. <https://discordapp.com/>. 参照:2020.1.14.
- [21] Note. <https://note.com/>. 参照:2020.1.14.