

# タッチ UI におけるボタンの余白の大きさが 操作に与える影響

黒澤敏文<sup>1,a)</sup> 久野祐輝<sup>1</sup> 小森谷大介<sup>2</sup> 志築文太郎<sup>3</sup> 田中二郎<sup>3</sup>

**概要:** 本研究ではタッチ UI におけるボタンの周囲に存在する余白がユーザの操作に与える影響を調査する。まず、我々はボタンの余白の大きさを変えて、ボタン操作に要する時間を計測した。実験にはスマートフォンを用い、持ち方の条件を 1) 片手で持ちその親指を用いて操作する方法と、2) 片手で持ち他方の手の人差し指を用いて操作する方法の 2 つとした。この結果、余白の大きさと操作時間の関係にいくつかの傾向を見出した。

## Effects of Button Margins on Performances on Touch UIs

**Abstract:** We investigate the effect of margins around buttons in touch UIs, for the user operation. We have changed the size of margins of buttons and measured the time of accomplishing button tapping tasks. Smartphone was used for the user study, and its way to hold was determined as those below. 1) Grip the phone with one hand and use it with the thumb of the hand. 2) Grip the phone with one hand and use it with the index finger of the another hand. The result shows some tendencies in the relationship between the size of margins and touch time.

### 1. 序論

タッチ UI において、最適なボタンサイズ及びボタン間隔の調査研究が多くなされている [1-4]。またユーザインタフェースガイドラインも作成されており [5-7]、それによるとボタンサイズは  $7mm$  以上、ボタン間隔は  $1-2mm$  以上が推奨されている。仮にボタン間の余白が全く存在しない場合、ユーザがボタンをタッチしようとした時に、そのボタン以外のボタンまたはその他の操作領域に触れてしまう可能性が高い。

そこで我々は、携帯型タッチパネル搭載端末のタッチ UI におけるボタンの周りに存在する余白の大きさが、ユーザのタッチ操作に与える影響を調査した。我々は先に述べ

た「十分なボタンの大きさ」をガイドラインが示すボタンの最低サイズとしてこの値を固定した。そしてボタンの余白の大きさを変えて、操作に要する時間を計測した。ユーザが操作しやすくなる適切な余白の大きさを明らかにする事が本研究の目的である。上記の被験者実験の結果、我々は余白の大きさと操作時間の関係にいくつかの傾向を見出した。

### 2. 関連研究

タッチパネル搭載端末上におけるソフトウェアキーのタッチ精度を計測する研究は多く行われている [1-3]。Parhi らは、携帯型タッチパネル搭載端末におけるボタンサイズ及び位置によるタッチ精度及びタッチ時間を計測した [1]。Parhi らの実験では、タスク開始ボタンを押してから一度だけボタンを押すタスク、及びタスク開始ボタンを押した後にキーボード上のキーを連続的に入力するタスクの 2 通りが行われた。また Park らは、携帯型タッチパネル端末を片手親指操作する際におけるボタンサイズ及びボタン配置の影響について調査した [2]。また Perry らは、携帯型タッチパネル搭載端末において片手親指操作する際におけるボタンの出現位置の違いによる影響を調査した [3]。

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 筑波大学情報学群情報メディア創成学類

College of Media, Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>3</sup> 筑波大学システム情報系

Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

a) kurosawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

Kim らはタブレット端末のソフトウェアキーボードにおける適切なキー（ボタン）の大きさを調査するためにキーの大きさが異なる 4 種類の QWERTY 配列ソフトウェアキーボードの比較実験を行った [8]。これらの研究は主にボタンサイズや位置に着目しており、余白の大きさには注目していない。

ボタン間の距離を変更しながらタッチ速度及び精度を調査する研究も行われている。Komine らは、携帯型タッチパネル搭載端末上において  $3 \times 3$  の格子状に配置されたボタンのサイズとボタン間の距離がタッチ時間及び精度に与える影響を調査した [9]。Komine らの研究においてはボタンを格子状に配置して実験を行っているため実験因子が複雑であり、純粋にボタン同士の間隔の影響を調査する事に適しない。また、Komine らはボタンの大きさが操作時間に有意な影響を与える事を結論付けたが、ボタン間の距離が与える影響に関しては結論付けるに至らなかった。そこで、我々はこれらの研究とは異なり、実験条件をさらに単純化してボタンの余白の大きさの影響を調査する。そのために、我々は携帯型タッチスクリーン端末上に高さが画面のそれと等しい帯状のボタンを配置し、ボタンの長辺に対して垂直となる方向の移動時における操作に要する時間及び精度を計測する。これにより、2次元であったボタンの配置を1次元に単純化した。上記に加えて、ボタンの大きさ及びボタン間の距離を固定した事により、余白の大きさに注視した実験設計となっている。

### 3. 実験設計

本研究では、タッチ UI におけるボタンの周囲に存在する余白がユーザの操作に与える影響を調査する事を目的としている。その調査を行うために、我々はスマートフォン上に 2 つの帯状のボタンを表示し、その周囲の余白の大きさを様々に変えた状態にてタッチを行う被験者実験を行った。

#### 3.1 被験者

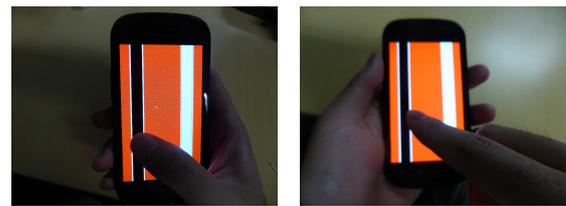
大学生・大学院生のボランティア 12 名（男性 10 名、女性 2 名、21～27 歳）を被験者とした。被験者は全員スマートフォンを 10 ヶ月～2 年使用しており、また、全員右利きであった。

#### 3.2 実験条件及びタスク

被験者は椅子に座り、スマートフォン（Nexus S, 4 インチ,  $800\text{px} \times 480\text{px}$ ,  $123.9 \times 63.0 \times 10.8\text{mm}$ ）にてボタンをタップするタスクを行う。この時、手や腕は机や体等に接地しないようにした。被験者は、以下に示す 2 通りの方法にて操作を行う。

- 片手操作 (図 1(a)): 普段端末を持つ手を用いて端末を把持し、その親指で入力する。
- 両手操作 (図 1(b)): 非利き手を用いて端末を把持し、

利き手の人差し指で入力する。



(a) 片手操作 .

(b) 両手操作 .

図 1 操作方法 .

Fig. 1 How to hold.

試行を開始すると、スマートフォンの画面に図 3(a) のように赤い領域（以降レッドゾーン）、白い領域（以降余白）、及び黒い領域（以降ターゲット）が表示される。被験者は、特にレッドゾーンにタッチしないように注意しながら出来るだけ速くターゲットをタッチする。

レッドゾーンにタッチすると、警告音と共に図 3(b) のような画面が表示されて 7 秒の間待機状態になり、何も操作が出来なくなる。7 秒が経過して待機状態が終了した後、被験者はタッチをやり直す。余白に触った際においても警告音は発せられ、被験者はタッチのやり直しを行うが、待機状態にはならない事とした。レッドゾーンを設けた目的は以下のとおりである。レッドゾーンは被験者がタッチすべきボタン（ターゲット）でも、その周りの余白でもない。つまりレッドゾーンは余白と異なり、触れると誤操作を誘発する「触れてはいけない領域」なのである。レッドゾーンを「触れてはいけない領域」とするために、レッドゾーンをタッチした際には被験者に何かしらのペナルティを与えなければならないと我々は考えた。言い換えればレッドゾーンに触れる事が被験者にとって不利益である必要がある。レッドゾーンにタッチして図 3(b) の待機状態になった場合、この間は一切の操作を受け付けないので被験者はただ待つ事を強制される。これは被験者にフラストレーション

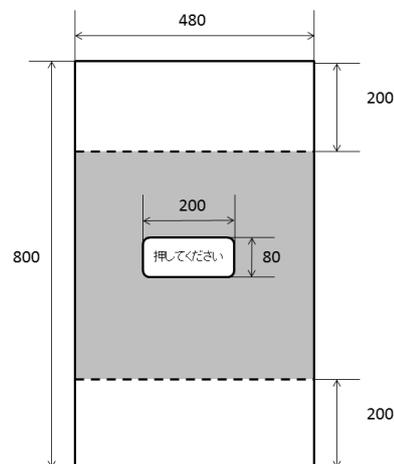


図 2 リフレッシュ画面及びスタートボタンの表示候補位置 .  
Fig. 2 Refresh screen and placement areas of start button.



図 3 表示画面 .  
Fig. 3 Views.

ンを与える．ゆえに被験者がレッドゾーンに触れる事を忌避するように我々は意図した．一方，余白に触れた場合には誤操作は起こらないので待機状態にはならない．ターゲットをタッチできた場合は正しく操作を行えた事を意味するので何の問題もない．

ターゲットは「左 右 左」または「右 左 右」の順序にて表示され，2 移動（3 タッチ）終了すると図 2 にて示すようなりフレッシュ画面を表示し，図 2 の灰色部分にて示す部分のランダムな位置に表示されるスタートボタンを押す事により次の試行に移る．この試行を繰り返し行う．また，試行間には自由に休憩を取って良いものとした．

ターゲットからレッドゾーンまでの距離，即ち余白の大きさとして， $\{0,1,2,3,5,7,9,12,15,18\}$  px の 10 条件，これにレッドゾーンが存在しない事を意味する N 条件を加え，合計 11 条件にてタスクを行った．これをレッドゾーン条件とし，その各値は予備実験の結果より定めた．実験に用いた Nexus S の dpi の実測値は  $(x, y) = (234.46, 236.28)$  であった．本実験ではパラメータの変化を横方向即ち X 軸に限定しているため，1px は  $25.4(mm/inch) \div 234.46(px/inch) \approx 0.108(mm/px)$  に相当する．ターゲットの幅は iPhone5 (iOS6) のボタン幅と同じ長さとなるように 41px とした．この値は実測により求めた．また，ターゲット間の距離は 231px であり，後述するダミータスクを除いては各ターゲットの中心位置は画面中心から 115px 離れた点にて固定であった．ターゲット間の距離の定め方としては，2 つのボタンの距離が十分に離れていればよいと判断したので，231px という値には距離を十分にとる以上の意図はない．

また，片手操作時においては端末を把持する手と入力を行う手が同じであるため，姿勢が安定し動きが単調になりがちである．この時，同じタスクをこなしていくうちに体がその動きを覚えてしまい，ある程度手元を見ずにタスクの遂行が可能になる．我々はこの現象をオートメーションと呼称する事にした．仮にオートメーションが完全に働いた場合，手元を全く見ずに操作が行えてしまう．そのため

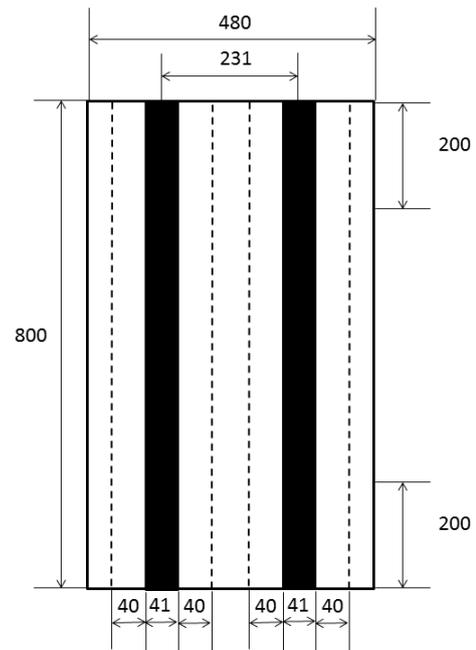


図 4 ダミータスクにおけるボタンの出現位置 .  
Fig. 4 Placement areas of buttons in the dummy tasks.

オートメーションが発生すると，ボタンの周囲の余白の大きさがユーザの操作に与える影響を正確に計測できなくなるおそれがあると考えた．そこで，オートメーションの影響をなるべく排除可能な実験設計のために，我々は 1/3 の割合でターゲットの出現位置がランダムに異なるダミータスクを挿入した．ダミータスクにおいては図 4 の点線にて示すように，通常のターゲットの出現位置から左右にランダムな値 (1-40px) のみずらしてタスクを行う事とした．

各レッドゾーン条件につき 2 移動ずつ行う事を 1 セットとした．これを 3 セット + ダミータスク (1 セット) を 1 ファミリーとし，各被験者は合計 5 ファミリーのタスクを行った．よって，各被験者は，2 (持ち方)  $\times$  2 (移動)  $\times$  11 (条件)  $\times$  4 (セット，ダミー含む)  $\times$  5 (ファミリー) = 880 (回) の移動タスクを行った．実験所要時間はアンケート回答まで含めて一人あたり 30 分程度であった．なお，各レッドゾーン条件が適用される順序はランダムであった．

### 3.3 手順

#### (1) 実験説明

実験者は，被験者に実験の流れ及び注意点について説明した．特に「入力速度よりも入力精度に気を付けてタスクを行うこと」，「レッドゾーンには絶対に触らないようにすること」に注意してタスクを行うように指示した．

#### (2) 練習タスク

被験者は，操作に慣れるまで練習タスクを行った．こ

の際被験者は故意にレッドゾーンにタッチし、レッドゾーンをタッチした際のペナルティについて確認した。

(3) 本番タスク

被験者は、3.2 にて示すタスクを行った。

(4) アンケート

被験者は、スマートフォンの使用歴、操作方法、及び実験の感想をアンケートにて答えた。

4. 結果と考察

我々は実験結果の分析に際し、各被験者の最初の1ファミリーのタスクも練習タスクとして扱った。そのため、以降に述べる結果は全ての被験者のタスクにおけるデータから第1ファミリーとダミータスク分を排除したものを解析したものである。各持ち方に対して、各レッドゾーン条件に対する操作時間の平均値をそれぞれ図5(a)、図5(b)に、エラー率をそれぞれ図6(a)、図6(b)に示す。操作時間からはターゲットをタッチできなかったケース、即ち余白がレッドゾーンに触れた場合を排除している。これらの場合はタッチを完了できていないので、操作時間は計測されないためである。

4.1 操作時間の分析

図5(a)、図5(b)にて示す操作時間の平均値の推移を見ると、片手操作及び両手操作共に余白が大きくなるにつれて操作時間が減少する傾向にあると思われた。また、片手操作時の操作時間の平均値に式1にて示す自然対数の対数曲線(ln曲線)にフィッティングした所、その決定係数 $R^2$ は0.4357であった。同様に両手操作時においても式2にて示すln曲線にフィッティングした所、 $R^2$ は0.9614であった。ただし、 $x$ は余白の大きさを表し、 $N$ 条件は考慮に入れていない。この結果から両手操作においては余白が大きくなるにつれて操作時間が対数関数的に減少していくと思われたが、 $N$ 条件を除く各余白の大きさと操作時間との間に無相関検定を行った結果、有意差は見られなかった( $r = -0.01036, P > 0.1$ )。

$$f(x) = -9.227\ln(x+1) + 515.00 \quad (1)$$

$$f(x) = -15.01\ln(x+1) + 543.97 \quad (2)$$

そこで、同様に操作時間と余白の大きさとの関係を被験者毎に調査した。その結果、各持ち方に対して、操作時間と余白の大きさとの間に $P < 0.05$ にて有意に負の相関が見られた被験者が4名ずついた(片手操作:被験者A,E,F,L。両手操作:被験者C,E,I,L)。この被験者のアルファベット表記は後に示す図8等と等しい。また、片手操作時において相関係数が高い被験者は両手操作時においても相関係数が高く、その逆もまた然りであった。片手操作時における相関係数と両手操作時における相関係数の相関を図7に示す。無相関検定を行った結果、この2つの相関係数の間に

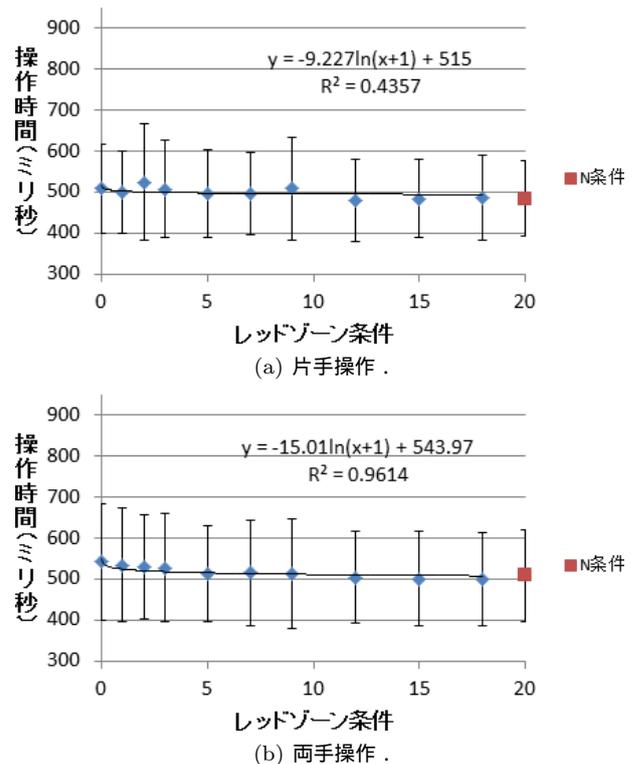


図5 各レッドゾーン条件に対する操作時間の平均値。

Fig. 5 The mean time of touch time with the size of margins.

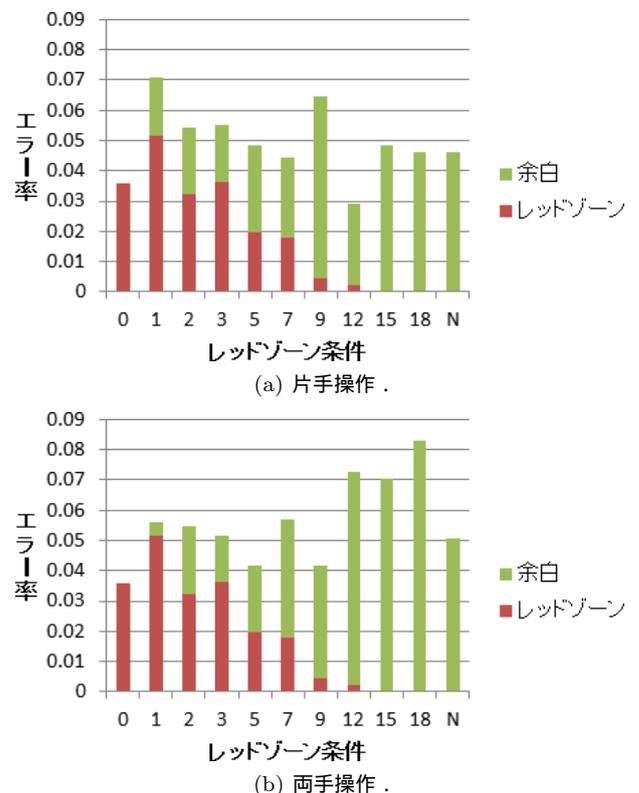


図6 各レッドゾーン条件に対するエラー率。

Fig. 6 The error rate with the size of margins.

は有意に正の相関があった( $r = 0.7744, P < 0.01$ )。この事から、余白の大きさが操作に与える影響は持ち方にはよらず、被験者によって異なる事が分かる。

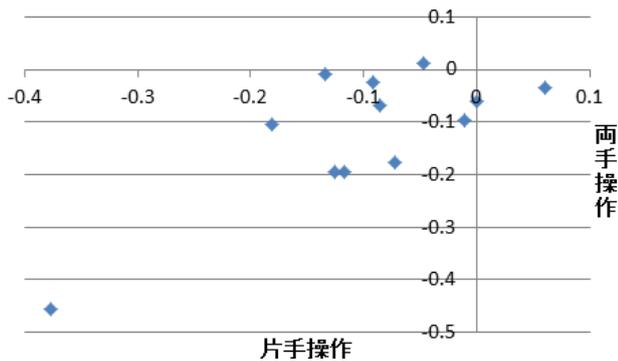


図 7 各持ち方に対する、操作時間と余白の大きさとの相関係数の相関。

Fig. 7 The correlation with touch time and the size of margins in each holdings.

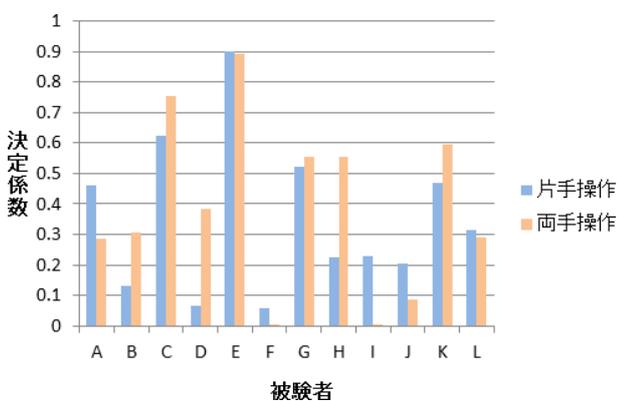


図 8 操作時間と余白の大きさの関係を ln 曲線へフィッティングした際の決定係数 (被験者別)。

Fig. 8 The coefficient of determination in fitting touch time and the size of margins to natural logarithmic function (for each participants).

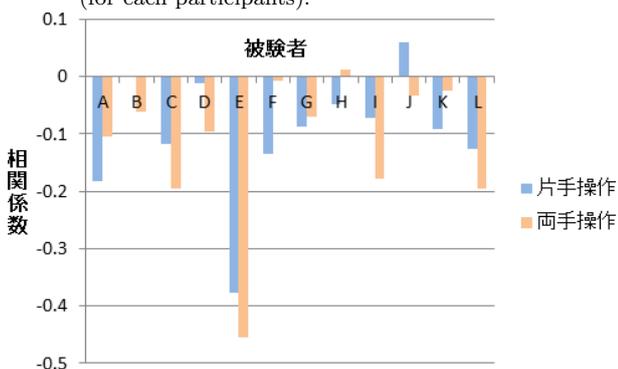


図 9 操作時間と余白の大きさの相関係数 (被験者別)。

Fig. 9 The coefficient of correlation of touch time and the size of margins. (for each participants)

#### 4.2 エラー率の分析

図 6(a), 図 6(b) に示すエラー率は、レッドゾーンに触れた割合と余白部分に触れた割合とに分けて示してある。グラフから、片手操作・両手操作共に概ね余白が大きくなるにつれてレッドゾーンに触れた割合が減少し、対照的に余白に触れた割合が増加していく事が分かる。余白が大きくなるほど誤ってレッドゾーンに触れる可能性は低くなるの

でこの結果は妥当である。また、レッドゾーン条件が 0px の時、即ち余白が無い状態においてはエラー率が低い。この原因として、余白が全くない場合はそのことによる心理的負荷が強くなる事が挙げられる。実際に予備実験時に 2 人の被験者から、余白が無い場合に圧迫感を受けた、とのコメントを頂いている。

また、両手操作時においては余白が大きくなると被験者のエラー率が上昇する傾向が見られた。この理由として、被験者の多くは普段から片手にスマートフォンを操作しており両手操作の経験が少ない事と、余白の拡大による心理的緩みによる影響が考えられる。ただし、この仮説は定量的評価を行っていないので強く主張する事は出来ない。今後の課題として、余白の大きさによる心理的負荷の違いをリッカート尺度を用いたアンケートまたは脈拍の計測等により判定し、定量的に評価する事が挙げられる。

#### 4.3 操作時間と余白の大きさとの関係を ln 曲線にフィッティングした際の決定係数が高い被験者の分析

各被験者に対して操作時間と余白の大きさの関係を ln 曲線にフィッティングした際の決定係数を図 8 に示す。グラフから、被験者はおおよそ決定係数が高い被験者と低い被験者に二分される事が分かる。決定係数が高い被験者の例として、被験者 E の片手操作及び両手操作時における操作時間のグラフを図 10 に示す。被験者を全体的に見た場合、決定係数が高いと log の係数が高くなり、ln 曲線のカーブが急になる傾向が観察された。この事から、決定係数が高い被験者は余白の影響を強く受けていると考えられる。しかし、決定係数が高くなる要素は明確にできなかった。この点に関しては今後の課題であり、彼らのような被験者のタッチ時の指の動きに着目する必要がある。

#### 4.4 操作時間と余白の大きさの相関係数が高い被験者の分析

前述のように、各持ち方に対して操作時間とレッドゾーンまでの距離の間に有意に負の相関が見られた被験者が 4 名ずついた。各被験者ごとの操作時間とレッドゾーンまでの距離の相関係数を図 9 に示す。ここで、スマートフォンの使用期間が長い被験者は、動作の慣れによってボタンの周囲の余白に影響を受けずにタッチ操作を行う事が出来る、という仮説を立てた。そこで、スマートフォンの使用期間と相関係数の相関を調べた。各被験者のスマートフォンの使用期間を表 11 に示す。片手操作・両手操作時における相関係数はそれぞれ -0.5555, -0.4337 であった。片手操作時においては  $P < 0.10$  に有意に負の相関があり、両手操作時には有意な相関は見られなかった。この事は即ち、片手操作時においては被験者のスマートフォンの使用期間が長い程、ボタンの余白が大きくなるに従って操作時間が減少する事を示し、前述の仮説とは対照的な結

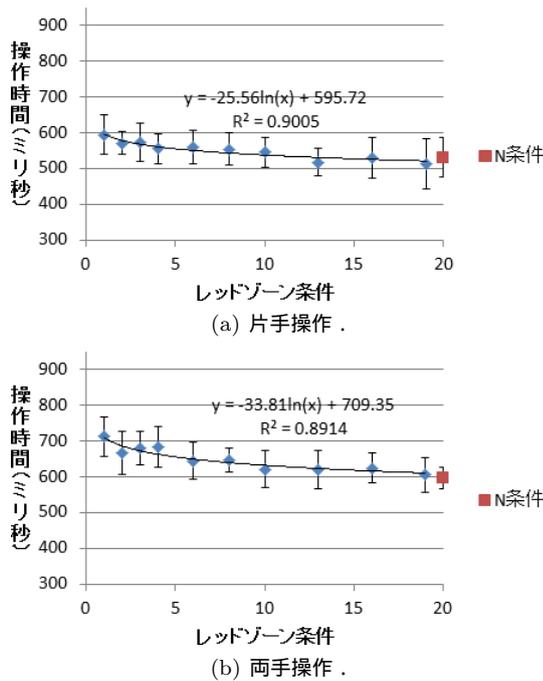


図 10 被験者 E の操作時間 .

Fig. 10 The touch time of the participant E.

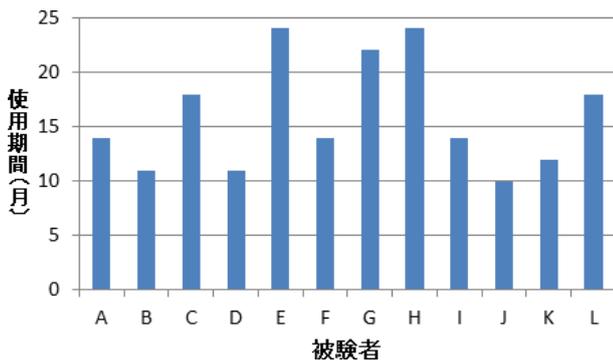


図 11 各被験者のスマートフォン使用期間 .

Fig. 11 A period of use of smartphones for each participants.

果となった。即ち、スマートフォンの操作に慣れた被験者ほど余白の影響を強く受けると考えられ、興味深い知見である。

被験者による違いをさらに探るために、アンケートの自由記述欄を参照した。その結果、操作時間と余白の大きさとの間に有意に相関傾向があった被験者延べ 8 名（片手操作：被験者 A,E,F,L。両手操作：被験者 C,E,I,L。）のうち、延べ 3 名が以下のように実験における心理的な影響をコメントしていた。

- ミスをした際に次の操作が慎重になる。
- 警告音が緊張感を生み、正確性への意識に繋がった。
- 通常の使用場面より緊張した状態にて実験を行っていた。

これらのコメントをした被験者らは他の被験者よりも正確性を意識して集中してタスクを行っていたと考えられるが、今回の実験からはその事を定量的に示す事が出来ない。そ

のため、今後の課題としてリッカート尺度を用いて被験者の集中度合いのアンケートを採る事や、脈拍や視線の動き等をモニタリングする事により、操作時間と余白の大きさとの間に有意に相関傾向があった被験者が他の被験者より集中してタスクを行っていた事を定量的に示す事が挙げられる。

また、レッドゾーンが無い N 条件の際に、操作時間が大きく跳ね上がる被験者が両手操作時においては 7 名、片手操作時においては 5 名いた。この理由として、レッドゾーンの表示が突然消えた事により被験者が戸惑った事が考えられる。実際に、アンケートにて N 条件の際に戸惑ったと答えた被験者が 5 名いた。この事から、意図した通りの実験を行うためには、「触れてはいけない領域」、即ち今回の実験におけるレッドゾーンの表示方法、もしくは N 条件時の表示方法を極端に色を変化させないように工夫するべきであった。

## 5. 結論

本研究では、タッチ UI におけるボタンの周囲に存在する余白がユーザの操作に与える影響を、従来の研究よりも単純化した被験者実験により調査した。その結果、余白の大きさと被験者の操作時間との関係性に 2 つのパターン、即ち両者の関係性を自然対数の対数関数に近似できる場合とできない場合、がある事が分かった。今後、この 2 つのパターンそれぞれにおける共通点についてさらに考察を深めると共に、ボタンサイズやボタン間の距離と余白の関係についても調査し、定式化したいと考えている。なお、ここでいうボタン間の距離とは実験における余白やレッドゾーンの領域も含めたボタンとボタンの間の距離である。

今後は、実験に際し余白によって変化する被験者の心理的負荷を計測する。具体的な手段として、心理的負荷を計測するためのより詳細なリッカート尺度を用いたアンケートを実施する事や、被験者の脈拍や視線等をモニタリングする事が挙げられる。また、今回の実験の被験者の中には、余白が小さい場合においてはターゲット付近における指の動きが慎重になったと答えた被験者がいた。そこでより詳細な分析の手段として、指の筋電位の計測により被験者の指の動きを取得する事が挙げられる。これによりボタンの余白の大きさによる被験者の指の動きの違いを詳細に分析する事が可能になり、新たな知見が得られると考えられる。

## 参考文献

- [1] Pekka Parhi, Amy K. Karlson, and Benjamin B. Bederson. Target size study for one-handed thumb use on small touchscreen devices. In *Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, MobileHCI '06, pp. 203–210. ACM, 2006.
- [2] Yong S. Park, Sung H. Han, Jaehyun Park, and Youngseok Cho. Touch key design for target selection on

- a mobile phone. In *Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, MobileHCI '08, pp. 423–426. ACM, 2008.
- [3] Keith B. Perry and Juan Pablo Hourcade. Evaluating one handed thumb tapping on mobile touchscreen devices. In *Proceedings of graphics interface 2008*, GI '08, pp. 57–64. Canadian Information Processing Society, 2008.
- [4] Wenchang Xu, Jie Liu, Chun Yu, and Yuanchun Shi. Digging unintentional displacement for one-handed thumb use on touchscreen-based mobile devices. In *Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, MobileHCI '12, pp. 261–270. ACM, 2012.
- [5] iOS Human Interface Guidelines: Platform Characteristics. <http://developer.apple.com/library/ios/#documentation/userexperience/conceptual/mobilehig/Characteristics/Characteristics.html>. Accessed: 2013-06-12.
- [6] Microsoft: Windows Dev. Center: Touch interaction design (Windows Store apps). <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/hh465415.aspx>. Accessed: 2013-12-15.
- [7] Nokia: NOKIA Developer: S60 5th Edition C++ Developer's Library v2.1. [http://developer.nokia.com/info/sw.nokia.com/id/d2d77ad4-b40d-4b81-bdd2-9cbf7407e005/S60\\_5th\\_Edition\\_Cpp\\_Developers\\_Library.html](http://developer.nokia.com/info/sw.nokia.com/id/d2d77ad4-b40d-4b81-bdd2-9cbf7407e005/S60_5th_Edition_Cpp_Developers_Library.html). Accessed: 2013-12-15.
- [8] Jeong Ho Kim, Lovenoor S. Auluk, Ornwipa Thamsuwan, Michael C. Bartha, Christy A. Harper, and Peter W. Johnson. The effects of touch screen virtual keyboard key sizes on typing performance, typing biomechanics and muscle activity. In *Proceedings of the 15th International Conference on Human-Computer Interaction*, Vol. 2.
- [9] Shohei Komine and Miwa Nakanishi. Optimization of gui on touchscreen smartphones based on physiological evaluation - feasibility of small button size and spacing for graphical objects. In *Proceedings of the 15th International Conference on Human-Computer Interaction*, Vol. 1.