

# 腕時計型端末における画面占有面積を抑えたかな文字入力手法

梅澤猛<sup>1</sup> 原清貴<sup>†</sup> 大澤範高<sup>1</sup>

**概要：**腕時計型端末はタッチパネルを使って操作されるが、スマートフォンと比較して画面サイズの制約が大きい  
ため、文字入力を行う場合も他の用途に使える領域を確保することが求められる。キー表示を小さくすれば領域確保  
が可能であるが、小さすぎると誤入力が増えるため実用的でない。そこで本研究では、キーを小さく表示した場合  
でも誤入力率を低く抑える文字入力手法について検討を行った。キーを検知領域よりも小さく表示することでタッチの  
目標位置を検知領域の中央部に誘導する効果をねらい、画面縁に沿って配置することでまとまった矩形領域の確保を  
図った。実機を用いた入力実験を行ったところ、既存手法では入力が困難なほど小さなキー表示であっても実用的な  
入力が可能であった。さらに、キーを画面縁に沿って配置した際には、2タッチ入力およびドラッグ入力を用いた実  
機による入力実験において、一般にスマートフォンで利用されるキー配置による2タッチ入力と比較したところ、同  
程度の入力時間と使用感の評価を得ながらより大きな領域を確保することができた。また、誤入力率においてはドラ  
ッグ入力方式に比べ、2タッチ入力方式が優位であった。

## 1. はじめに

腕時計型端末は、大きさと形状の点で携帯性に優れる。身に着けた端末の操作を通じて、ユーザは連携したスマートフォンに触れることなくアプリの機能を利用できる。現状の腕時計型端末はタッチパネルを搭載したものが主流であるが、機能の選択や表示の確認にのみ使用され、文字の入力は想定していない。このため、メールや SNS (Social Network Service) のアプリでは、メッセージの閲覧に限定される傾向にある。端末単独で文字の入力ができれば、メッセージの新規作成や返信を行うことも可能となる。

一般に、タッチパネルを使った文字入力は、画面に表示したキーや変換候補を指で選択することで行うが、腕時計型端末は画面サイズの制約が大きく、他の形状の端末と同様のキー表示を行うとキー1つあたりの大きさは指先よりも小さくなってしまい、各キーを視覚的に認識できたとしても押し分けが困難な“fat fingers[1]”の問題が発生する。腕時計型端末のタッチパネル上で正確な操作をする難しさを調べるため、筆者らはキーの表示サイズを変化させたときのタップ操作による入力時間と誤入力率について調査を行った。その結果、タッチパネルを有する他の形状の端末[2][3]と同様、入力時間はキーの大きさに依らずほぼ一定であるが、誤入力率についてはキーが小さいほど高くなるという傾向がみられた[4]。したがって、誤入力率を低く抑えるためにキーを大きく表示すると、入力中の文章表示などにアプリが利用可能な領域が小さくなるという問題が生じる。

そこで本研究では、キー表示を小さくしながらも誤入力率を低く抑えることで、文字入力機能以外の用途に利用できる表示領域を広く確保する手法を提案する。各キーの表示(表示領域)を、操作を検知する領域(検知領域)より

小さくすることでタッチの目標位置を検知領域内に誘導する効果を狙い、キーを画面縁に沿って配置することで画面の中央に大きな領域を確保する。提案手法の効果を被験者実験により検証した結果、キー表示を小さくしても誤入力率を低く抑えられることが示された。また、表示領域と検知領域を等しく小さくした従来の手法では実用にならない程小さな表示面積であっても、提案手法を適用すれば実用的に利用できることを示した。一般的なスマートフォンと同じキー配置によるものを比較対象として、実際に腕時計型端末を用いた被験者実験を行い、1文字あたりの入力時間と誤入力率、キー以外に利用可能な領域が画面上を占める割合を求め、使いやすさについての質問紙調査の結果と共に比較した。その結果、提案手法は誤入力率を低く抑えたままキー以外に利用可能な領域をより大きく確保できるため画面の大きさによる制約が強い腕時計型端末において有用であることが示された。

本論文の構成は次のとおりである。まず2章で関連研究として腕時計型端末を対象とした文字入力および提案手法に応用可能な調査結果について述べる。3章では、提案手法を検討するための予備実験として、表示するキーの大きさ、キーの表示領域と検知領域の差が入力結果に与える影響を調査した内容を説明する。4章で提案する文字入力手法について紹介し、5章で提案手法の有用性を確認するために行った評価実験について述べる。6章で結論と今後の課題について述べる。

## 2. 関連研究

### 2.1 腕時計型端末のタッチパネルによる文字入力

Virtual Sliding QWERTY[5]と SplitBoard[6]はそれぞれスクロールとスワイプによってキー表示を切り替えることで文字入力を可能としている。また、Komninosらは6つのキーにアルファベットを振り分け、予測変換を併用することで少ない操作数での文章入力を実現している[7]。これらの手

<sup>1</sup> 千葉大学大学院工学研究院  
Graduate school of Engineering, Chiba University  
<sup>†</sup> 新日鉄住金ソリューションズ  
NS Solutions Corporation

法では、表示するキーの数を減らし、サイズを大きくすることで誤入力を低減しているが、キーが画面の大部分を占めてしまうという課題が残る。

キーの拡大や表示や、タップ以外のタッチジェスチャによる選択操作を利用することで、キー表示に必要な領域を小さくする入力手法も提案されている。ZoomBoard[8]では表示の拡大とキー入力の2段階のタップ操作を繰り返すことで、小さな画面上での QWERTY 配列ソフトウェアキーボードによる文字入力を実現している。Swipeboard[9]では QWERTY キーボードを9つに分割し、8方向のフリックとタップによって9つのうち1つを選択した後で、さらにもう一度フリックとタップを行って入力文字を選択する。Flickey[10]ではタッチダウンと左右へのドラッグでキー列を選択し、タッチアップと上下フリックで入力文字を選択する。いずれの手法も、キーを小さく表示することによる誤入力の増加は抑えられているが、キー表示以外の用途に利用可能な領域の確保に関しては検討が十分でない。

柴田ら[11]は、画面の縁をなぞる動作を使って文字入力をするので、キー表示以外に利用可能な領域を確保できる手法を提案している。入力する文字には、画面の4頂点のいずれかから開始し、辺に沿って指を隣の頂点まで滑らせるストロークを組み合わせた操作が1つずつ割り当てられている。この手法では、大きい矩形領域を確保することが可能である一方、文字に対応した操作を覚えなくてはならず、ユーザの学習負担が大きいという課題がある。

本研究では、キーを画面縁に沿って配置することによって利用可能な矩形領域を大きく確保した上で、特定のジェスチャを覚える必要のない、視認できるキーを使った単純な操作による入力手法を提案する。

## 2.2 画面の縁を利用するときの特性

画面の縁に沿ってキーを配置した場合と、画面の縁を利用しない場合とでは操作特性が異なることが知られている。Avrahami はタブレット端末において画面の縁に接した目標をタップする場合には、そうでない場合に比べて入力時間が長く掛かるが、誤入力率には大きな差がないと報告している[12]。

タブレット端末とは異なり、本研究で対象とする腕時計型端末のように非常に小さいタッチパネルの場合でも同様の特性となるのかを予備実験により調査した。

## 2.3 検知領域の大きさと誤入力率の関係

Sheik-Nainar は、小さなキーをタップする際に目標位置と実際の検知位置には差があることに注目し、キーの検知領域を表示領域よりも大きく設定することで誤入力率が低くなると報告している[13]。また、Im らは様々な大きさのアイコンを提示した際のタップの位置を測定し、大きさ毎に誤入力率が5%となる検知領域の大きさを算出している[14]。このときの検知領域は、アイコンの表示領域を中心として上下左右に均等に拡大しているため、表示するアイ

コンが極めて小さい場合には大きいアイコンよりも検知領域を広くする必要があると報告されている。また、十字に並んだ5つのアイコンへのタップでは、検知領域を広げすぎると隣り合うアイコンへの誤入力が増えることも明らかになっている[15]。

本研究では、画面の縁に沿ってキーを配置したときの、表示領域と検知領域の差を利用して誤入力の低減を図った。

## 3. 予備実験

### 3.1 予備実験 1: キーの表示サイズが操作に与える影響

画面の縁に沿ってキーを配置した場合、キーの表示サイズが操作に与える影響を調べるために被験者による操作実験を行った。被験者は18-22歳の大学生10名(男性8名、女性2名)であり、8名が右利き、1名が左利き、1名が両利きであった。なお、両利きの被験者は普段腕時計を左に身に着けていたため右手での操作とした。全員がスマートフォンを所有し、タッチパネルによる操作には習熟していた。腕時計型端末には SONY 社の SmartWatch3 SWR50 (画面サイズ: 30 mm×30 mm) を用い、自作した計測用アプリによって実験を行った。表示に用いたキー配置を図1に示す。キーが接する画面の縁に対して平行な辺を5 mm (以下、キーの幅と表記する) 固定とし、これに垂直な辺を1, 3, 5 mm (以下、キーの厚みと表記する) の3通りとした。表示するキーの数は、キー間隔を1 mm とした場合に表示可能な最大数である16個とした。また、画面角に接するキーの形は、画面の縁に平行な辺が5 mm となるL字型とした。実験では、表示されたすべてのキーを指示の順にタップしたときの操作に掛かる時間と誤入力数を測定した。計測用アプリにおいては、次にタップすべきキーが赤色で示され、画面をタップすると成否に関わらず次のキーを示すこととした。キーのタップ指示はあらかじめランダム順のものを1つ用意し、全被験者に同じパターンを提示した。提示するキーサイズの順番については、被験者毎にランダムに決定した。なお、あらかじめ被験者には速く正確なタップを心掛けるよう指示した。

### 実験結果

条件ごとのタップ1回あたりの平均入力時間を図2に、誤入力率を図3に示す。キーの厚みが1, 3, 5 mm のときの平均入力時間はそれぞれ0.86, 0.74, 0.68秒、誤入力率は73.75, 30.00, 4.38%であった。

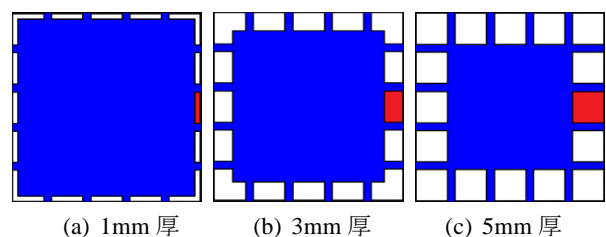


図1 画面の縁に沿ったキー配置パターン

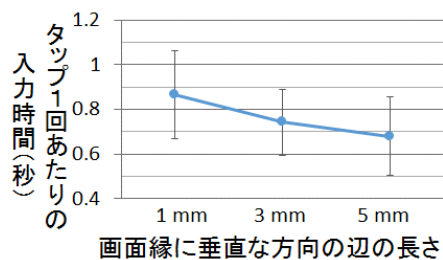


図 2 キーの表示サイズに対する入力時間 (バー：標準偏差)

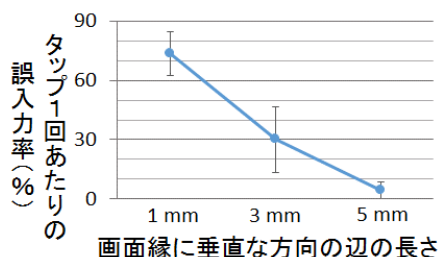


図 3 キーの表示サイズに対する誤入力率 (バー：標準偏差)

### 考察

画面の縁に沿ってキーを配置した場合、入力時間はキーの大きさに依らずほぼ一定であったが、誤入力率はキーが小さくなるほど高くなった。キーの大きさによる誤入力率の違いは分散分析により統計的に有意であった ( $F(2, 27) = 92.78, p < .001$ )。また、異なる条件同士の誤入力率の差は、最小有意差法により統計的に有意であった ( $p < .001$ )。この結果より、単にキーを小さくしただけでは、キーの表示以外に利用可能な領域を大きく確保できたとしても誤入力が増え実用的ではないことがわかる。

ここで、誤入力となったタップについて、どの程度キーから離れていたのかを検証するため、検知領域を表示領域よりも大きく仮定した場合の誤入力率を求めた (図 4)。検知領域の厚みを 3 mm と仮定すると、表示領域の厚みが 1, 3 mm の誤入力率はそれぞれ 13.13, 30.00% となった。検知領域の厚みを 5 mm と仮定すると、表示領域の厚みが 1, 3, 5 mm のときの誤入力率はそれぞれ 3.75, 4.38, 4.38% となった。これらの結果より、検知領域の厚みが 3 mm の場合には表示領域の厚みを検知領域よりも短くした 1 mm の方が誤入力率を小さくできることになる。これは、キー表示を小さくすることによって、タッチの目標位置を検知領域内に誘導する効果があることを示唆している。また、検知領域の厚みが 5 mm の場合には表示領域が検知領域と同じ大きさで、誘導の効果が無い場合も誤入力率が 5% 未満と低いことから、この誘導効果は誤入力率が高い場合に強く働くと考えられる。

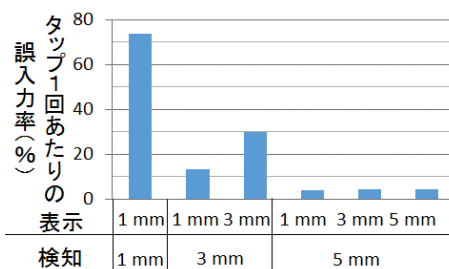


図 5 キーの表示サイズよりも大きい検知領域を仮定した場合の誤入力率

### 3.2 予備実験 2：表示領域と検知領域の差の効果検証

画面の縁に沿ってキーを配置した際に、キーの表示領域よりも検知領域を大きく設定した場合のタッチ位置の誘導効果を検証するために被験者による操作実験を行った。被験者は 21-24 歳の大学生 10 名 (男性 9 名, 女性 1 名) であり、全員が右利きでスマートフォンまたはタブレット端末を所有し、タッチパネルによる操作には習熟していた。

SmartWatch3 SWR50 上に実装した計測用アプリにより、画面の縁に沿って四角形のキーを配置したときのタップ操作に掛かる時間と誤入力数を測定した。実験条件としては、図 5 に示す (a) ~ (e) の 5 通りを用意した。キーの厚みについては、(a) (b) は 1 mm, (c) (d) は 3 mm, (e) は 5 mm とした。このうち、(b) (d) はキーに対応するラベルを表示した。幅は表示領域、検知領域ともに 5 mm とした。キーの表示数はすべての条件で 16 個とした。

被験者は椅子に座った状態で端末を非利き手の手首に装着し、画面上に指示されたキーを利き手の人差し指でタップすることとした。予め被験者には速く正確なタップを心がけるように指示した。実験では、指定されたキーをタップする動作をすべてのキーに対して繰り返す試行を、条

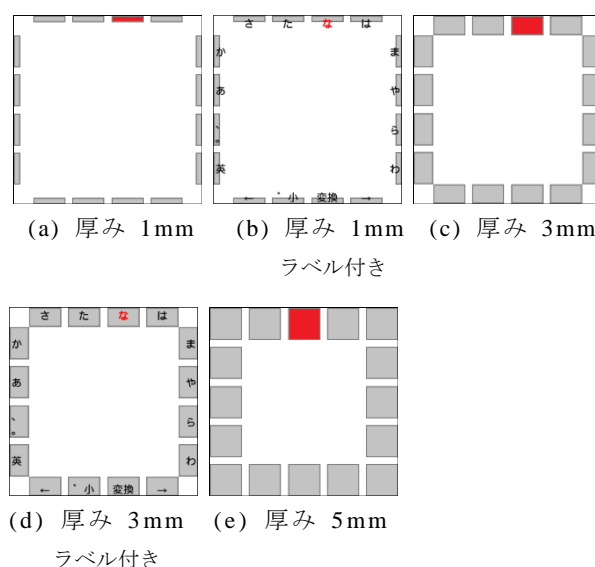


図 4 表示領域と検知領域の差の効果検証におけるキー配置パターン

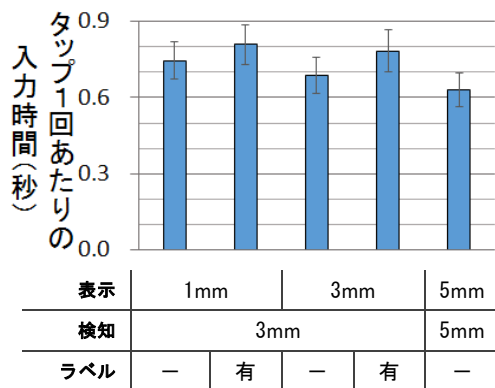


図 6 表示領域と検知領域に対する入力時間  
(バー：標準偏差)

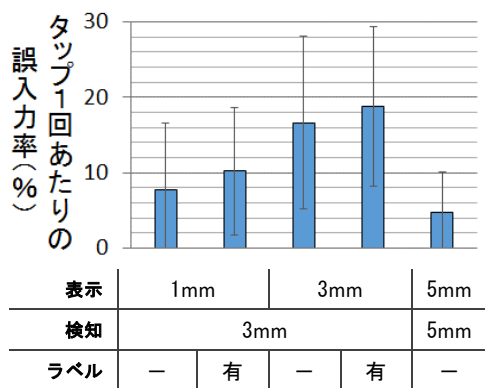


図 7 表示領域と検知領域に対する誤入力率  
(バー：標準偏差)

件ごとに3回ずつ行った。測定は、画面中央に表示される開始キーをタップすることで開始し、タップすべきキーの全体（ラベルなしのとき）またはラベルの文字（ラベル付きのとき）を赤く表示することとした。画面をタップするとタップ位置に関わらず、次にタップすべきキーまたはラベルが赤く表示される。指示に従い、表示されているすべてのキーに対し1度ずつタップし終わると1試行分となる。試行中にタップするキーの順番はランダムに決定した3パターンを用意し、3回の試行で各パターンを1回ずつ利用した。パターンの順番はアプリ内でランダム化した。キーの厚み5mmの場合については、他の条件とはキーの配置が異なるため、試行中にタップするキーの順番は一致しなかった。条件の順番は、偏りがないように被験者ごとに指示した。

### 実験結果

条件ごとのタップ1回あたりの平均入力時間を図6に、誤入力率を図7に示す。実験条件(a)～(e)について、平均入力時間はそれぞれ0.74, 0.81, 0.69, 0.78, 0.63秒、平均誤入力率はそれぞれ7.71, 10.21, 16.67, 18.75, 4.79%であった。

### 考察

図7より表示領域を検知領域より小さくした場合、誤入力率が低くなる傾向が見られた。条件による誤入力率の違いは分散分析により統計的に有意であった ( $F(4, 145) = 15.34, p < .0001$ )。また、ラベルの有無に関わらず、キーの表示領域と検知領域に差がある場合とない場合に、誤入力の差異は最小有意差法により統計的に有意であった ( $\text{all } p < .001$ )。一方、ラベルの表示およびキーの縮小表示を行うと入力時間は長くなる傾向がみられた(図6)。条件による入力時間の違いは分散分析により統計的に有意であった ( $F(4, 145) = 13.78, p < .001$ )。被験者の操作の様子を観察すると、表示領域と検知領域に差がある条件でタップする際、指と画面との接触面が画面外となったため検知されないことや、ラベルの表示により目的のキーを見つけるのに要する時間が長くなる傾向が見られたため、これらが入力時間の増加に影響したと考えられる。タップ1回あたりの入力時間を $t$ 、誤入力率を $p$ とすると誤入力時に再入力することを考慮した入力時間は次の式で表すことができる。

$$T = t \times (1 + p) \quad (1)$$

ただし、単純化のために誤入力時に再入力以外の時間的ペナルティがなく、再入力の際は誤入力しないとしている。この式を用いて求めた各条件の入力時間はそれぞれ0.80, 0.89, 0.80, 0.93, 0.66秒であった。この結果より、誤入力時には再入力することを考慮すると表示領域の小ささによる入力時間の増加は大きな問題ではないと考える。

## 4. 提案手法

キーの表示領域よりも検知領域を広く取ることで、誤入力を低減できることが予備実験により示唆されたことから、これを応用した腕時計型端末向けの文字入力手法を提案する。入力対象は日本語の五十音とし、子音に対応するキー（子音キー）と、子音選択後に提示する母音に対応するキー（母音キー）とで入力を行う。

### 4.1 表示領域と検知領域の差を利用したキーとキー配置

提案手法で用いるキー配置パターンを図8に示す。画面上側の縁に沿って左から「あ行、か行、さ行、た行、な行」、下側の縁に沿って左から「は行、ま行、や行、ら行、わ行」に対応する子音キーを配置する。また、画面の左右の縁には文字の訂正など制御操作を行うためのキーを配置する。表示するキーの厚みは1mm（ラベルを含めて2mm）、検知領域3mm、幅については表示領域5mm、検知領域6mmとする。なお、隣接する子音キーの検知領域間には隙間を設けない。

### 4.2 文字入力操作

子音、母音の選択操作は2タッチ入力とドラッグ入力の2通りを比較検討することとした。提案手法による文字入力の手順を図9に示す。

2タッチ入力では、子音と母音の選択をともにタップで

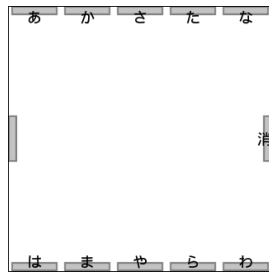
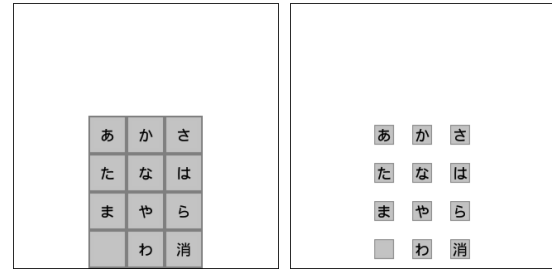


図 8 表示領域と検知領域の差を利用したキー配置パターン



(a) 検知領域=表示領域 (b) 検知領域>表示領域

図 11 評価実験における比較手法のキー配置

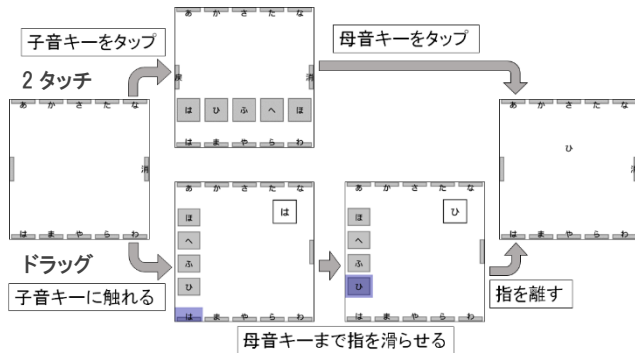


図 9 提案手法における入力手順

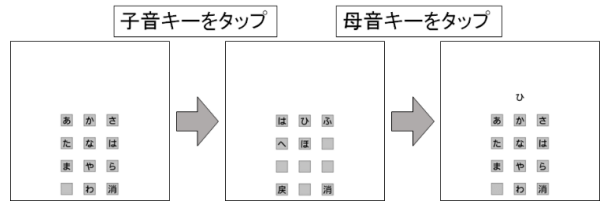


図 10 評価実験における比較手法の入力手順

行う。子音選択後、選択した子音キー付近に左から「あ段、い段、う段、え段、お段」に対応する母音キーを提示する。母音キーの表示領域は一辺 5 mm、検知領域は一辺 6 mm の正方形とした。隣接する母音キーの検知領域は接しており隙間は設けていない。誤った子音を選択した場合には、提示された母音キーを無視して正しい子音キーをタップすると選択を修正することができる。

ドラッグ入力では、子音キーを選択する際にタップした指を離さずに画面上を滑らせて移動し、目的の母音キーの上で離すことで文字を入力する。母音キーは選択した子音キーに近い方から「い段、う段、え段、お段」の順に縦並びで提示する。「い～お段」に対応する母音キーの表示領域は幅 5 mm、厚み 4 mm、検知領域は幅 6 mm、厚み 5 mm とした。「い～お段」のキーの検知領域には隙間を設けていないが、「あ段」と「い段」のキー間および「お段」と向かいの子音のキー間には、誤選択を防ぐために検知領域に 2 mm の隙間を設けた。指を画面から離すまでは、子音・母音ともに選択を修正できる。選択中のキーは別枠で画面上に表示して確認できるようにした。

どちらの選択操作でも、文字を消す場合は画面右縁の消去キーをタップする。2 タッチ入力においては、画面左縁の取り消しキーをタップすることで母音キーの選択を取り消すことができる。

## 5. 評価実験

提案手法の有用性を検証するために、既存手法と比較する実験を 21-24 歳の大学生 12 名 (男性 11 名, 女性 1 名) を

被験者として行った。被験者は全員右利きで、全員がスマートフォン、またはタブレット端末を所有し、タッチパネルの操作に慣れていた。

### 5.1 比較手法

既存の腕時計型端末向けの文字入力手法の多くは英文字を対象としているため、提案手法と比較する対象としては、スマートフォンで利用されるキー配置を用いた 2 タッチ入力を採用した。キー配置としては図 10 に示すように (a) 検知領域と表示領域の差がない場合と、(b) 検知領域の方が大きい場合の 2 条件を用意した。キーの大きさは提案手法の子音キーとほぼ同じになるように決定したため、(a) の表示領域および (a), (b) の検知領域は一辺 4.2 mm (キーあたりの面積は提案手法より 0.03 mm<sup>2</sup> 大きい、この差はタッチパネル全体の 5×10<sup>-4</sup>% にあたる)、(b) の表示領域は一辺 2.2 mm (キーあたりの面積は提案手法より 0.24 mm<sup>2</sup> 小さい、この差はタッチパネル全体の 3×10<sup>-3</sup>% にあたる) とした。キーの表示数は提案手法と同じ 12 であり、隣接するキーの検知領域は接しており隙間は設けていない。子音と母音の選択はそれぞれタップで行う (図 11)。子音選択後、キーの表示が切り替わり「あ～お段」に対応する母音キーを提示する。子音の選択を誤った場合には、左下の取り消しキーをタップすることで、子音キーの表示に戻って選択をやり直すことができる。

### 5.2 実験内容

実験では比較手法 (a), (b)、および提案手法の 2 タッチ入力、ドラッグ入力を評価した。SmartWatch3 SWR50 上に実装した実験用アプリ (図 12) を用いて、各手法における入力時間と誤入力数を測定した。あらかじめ、被験者には速く正確な入力を心掛けるように指示した。実験では、各手法において 3 種類の課題文を入力する操作練習を行った後、

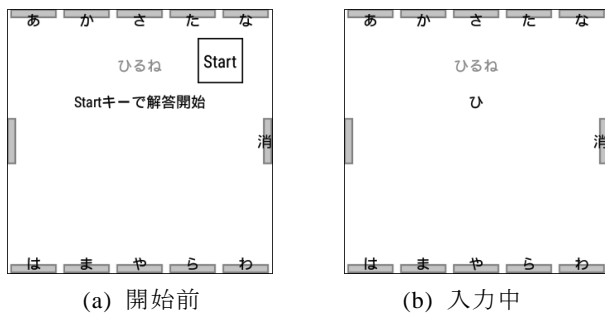


図 12 測定アプリの画面例

15 種類の課題文を入力する試行を 1 回ずつ行った。課題文としては、操作練習では 3 文字の単語 1 種類、4 文字の単語 2 種類を、本実験では 2, 3, 4, 5, 6 文字それぞれ 3 種類を用意した。なお、操作練習と本実験における課題文に重複はない。被験者には 1 試行で全種類の問題文が提示されることになる。

測定を開始すると、画面中央上部に課題文（図 12 (a) では「ひるね」）が、その隣に Start キーが表示される。被験者は Start キーをタップした後に入力を始め、入力中の文字は図 12 (b) に示すように課題文の下に表示される。入力した文字は正しく入力されていれば黒、誤って入力されていれば赤で表示される。課題文を正しく入力し終わると、次の課題文と Start キーが表示されるため、被験者は連続して入力を行うことができる。Start キーが表示されている間、測定は休止されており、被験者は休憩をとることができる。指示に従い 15 種類の課題文を入力し終わると計測は終了する。課題文の提示順はアプリ内でランダム化した。また、操作する入力手法の順番は偏りがないように被験者ごとに指示した。課題文や入力した文章、Start キーは入力手法に関係なく同じ位置に表示される。観察のために、試行中の被験者の上半身をビデオカメラで撮影した。また、全試行終了後に操作感について質問紙調査を行った。

### 5.3 結果

入力手法ごとの指示に合った文字 1 字あたりの平均入力時間を図 13、誤入力率を図 14 に示す。入力時間には正しい文字を入力するまでの誤入力とその修正の操作時間が含まれている。誤入力率は「修正操作数 / (文字入力に必要な最小の操作数 + 修正操作数)」として求めた。比較手法 (a), (b), および提案手法の 2 タッチ入力, ドラッグ入力における平均入力時間はそれぞれ 1.53, 1.52, 1.74, 1.73 秒、誤入力率はそれぞれ、4.57, 3.93, 2.17, 7.10% (子音選択の誤入力が原因であるものはそれぞれ、2.05, 1.73, 1.43, 2.58%, 母音選択の誤入力が原因であるものはそれぞれ、2.52, 2.20, 0.74, 4.51%) であった。

また、質問紙調査により操作感を評価した結果を図 15 に示す。被験者は 3 つの項目に対し「5: 強く同意, 4: 同意, 3: どちらでもない, 2: 不同意, 1: 強く不同意」で評価した。比較手法 (a), (b), および提案手法の 2 タッチ入

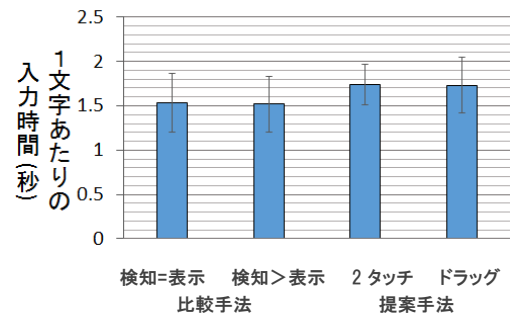


図 13 入力手法と入力時間 (バー: 標準偏差)

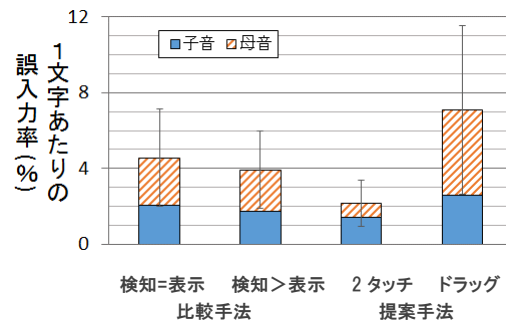


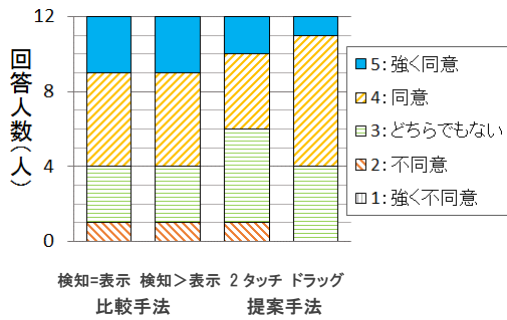
図 14 入力手法と誤入力率 (バー: 子音・母音を合わせた誤入力率の標準偏差)

力, ドラッグ入力における「キーの配置が覚えやすかった」という問いに対する平均評価はそれぞれ 3.8, 3.8, 3.6, 3.8, 「操作の負担が軽かった」という問いに対する平均評価はそれぞれ 3.8, 3.5, 3.7, 3.5, 「使いやすかった」という問いに対する平均評価はそれぞれ 3.8, 3.3, 3.8, 3.2 であった。

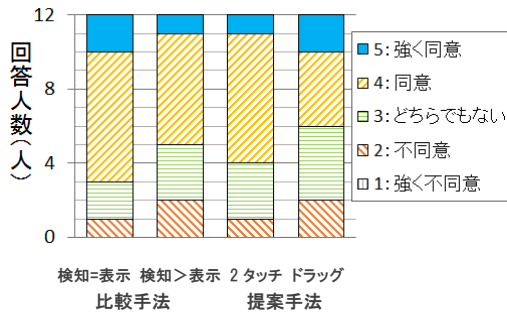
### 5.4 考察

図 14 より提案手法による 2 タッチ入力は誤入力率において最も優れ、提案手法によるドラッグ入力が最も劣っていることがわかる。入力手法による誤入力率の違いは分散分析により統計的に有意であった ( $F(3, 44) = 5.21, p < .01$ )。また、検知領域が表示領域よりも大きい比較手法と提案手法によるドラッグ入力、提案手法による 2 タッチ入力ドラッグ入力の誤入力率の差異は最小有意差法により統計的に有意であった (検知領域が表示領域よりも大きい比較手法と提案手法によるドラッグ入力は  $p < .05$ , 提案手法による 2 タッチ入力ドラッグ入力は  $p < .001$ )。

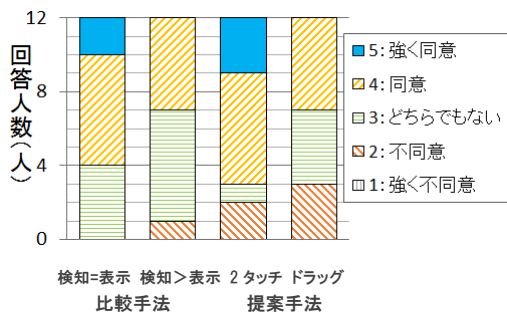
キー以外の用途に利用可能な領域が画面を占める割合は、検知領域は面積を統一したため全手法 75.2%であるが、比較手法 2 種と、提案手法の表示領域はそれぞれ 75.2, 80.4, 91.9 (ラベルを含めると 83.9) %となった。ここでは比較手法の表示領域と検知領域の差がある場合のキー間の隙間はキー以外の用途の表示に利用できないものとしている。また、比較手法 2 種、提案手法のキー以外の用途に利用可能な表示領域の最大矩形の面積はそれぞれ 360, 389, 778 (ラベルを含めると 710)  $\text{mm}^2$  となった。この結果より、



(a) 「キーの配置が覚えやすかった」への回答



(b) 「操作の負担が軽かった」への回答



(c) 「使いやすかった」への回答

図 15 評価実験における質問紙調査結果

提案手法による 2 タッチ入力、誤入力を抑えたまま、キー以外の用途に使用可能な領域を 2 倍程度大きく確保できるという点で優れていると考えられる。提案手法による 2 タッチ入力と比較手法の入力時間の差は 0.2 秒程度であるが、最小有意差法では有意差は認められなかった。

手法毎の入力時間について考察するために、各手法の誤入力を含まずに 1 文字に対応する子音を選択する時間(子音選択時間:  $tc$ )、誤入力を含まずに子音選択後から母音選択するまでの時間(母音選択時間:  $tv$ )、間違っただけの子音を選択 1 回と子音選択の状態に戻す操作を合わせた時間(子音修正時間:  $tec$ )、間違っただけの文字 1 文字の入力とその文字を消す操作を合わせた時間(文字修正時間:  $tech$ )を求めた(図 16)。比較手法 (a), (b), および提案手法の 2 タッチ入力、ドラッグ入力における子音選択時間はそれぞれ 0.65, 0.66, 0.92, 0.86 秒、母音選択時間はそれぞれ 0.62, 0.64, 0.67, 0.65 秒であった。比較手法 2 つと提案手法の 2 タ

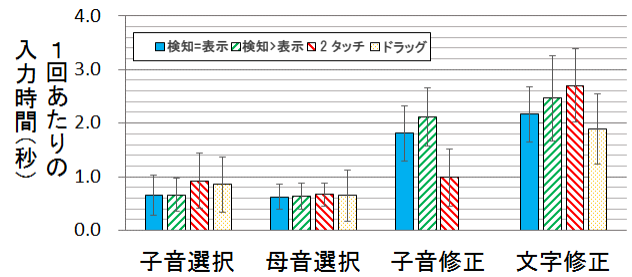


図 16 入力手法と各操作における平均入力時間 (バー: 標準偏差)

チ入力における子音修正時間はそれぞれ 1.81, 2.12, 0.98 秒であった。ドラッグ入力では選択した子音と母音の確定が同時に行われ、子音修正を行うことができないため、子音修正時間は存在しない。また、比較手法 (a), (b), および提案手法の 2 タッチ入力、ドラッグ入力における文字修正時間はそれぞれ 2.16, 2.46, 2.70, 1.89 秒であった。2 タッチ入力、ドラッグ入力の入力時間 ( $T2T$ ,  $TDR$ ) はそれぞれ次の式で表すことができる。

$$T2T = tc + tv + pec \times tec + pech \times tech \quad (2)$$

$$TDR = tc + tv + (pec + pech) \times tech \quad (3)$$

ここで、 $pec$ は子音選択の誤入力率を、 $pech$ は母音選択の誤入力率を表す。ただし、単純化のために修正操作の際は誤入力が発生しないと仮定している。

図 13 より提案手法は既存手法と比べ、入力時間が長くなっていることがわかるが、その入力時間の違いは子音選択時間に表れていた(図 16)。2 タッチ入力の子音選択時間が比較手法の子音選択と同程度になれば、入力時間も同程度になると予想できる。子音選択時間の差は Avraham の研究[15]における、目標が画面縁に接している場合と画面縁に接していない場合のタップの入力時間の差異よりも大きくなっていることや、提案手法の子音選択の時間が予備実験のキーの厚さ 1mm でラベル付きの時の入力時間 (0.81 秒) よりも長くなっていることより、被験者が提案手法のキー配置に慣れていなかったことが影響したと考える。被験者の操作の様子を観察した結果から提案手法において目的のキーを探す様子が確認できた。さらに質問紙調査における自由記述では「提案手法は子音が上下に分かれており、対象の発見に時間を要する。」という意見を得ている。以上から、提案手法による 2 タッチ入力と比較手法の入力時間の差はキー以外の用途に利用可能な表示領域を確保するという観点からは大きな障害にならないと考える。また、図 15 より質問紙調査による操作感の評価において提案手法は既存手法に優る結果を得られなかったことがわかる。ただし、ウィルコクソンの符号順位検定により統計的有意差があったのは比較手法の検知領域と表示領域の差がない場合と提案手法によるドラッグ入力、提案手法における 2 タ

タッチ入力とドラッグ入力の「使いやすかった」という問いに対する評価だけ ( $p < .05$ ) であった。前述の自由記述から、被験者の操作の慣れが操作感の評価に影響した可能性があると考える。

## 6. おわりに

本研究では、画面縁にキーを配置することでキー以外に利用可能な領域を大きく確保した腕時計型端末向けの文字入力手法を提案した。提案手法は表示領域を検知領域より小さくし、タッチの目標位置を検知領域内に誘導することでキーの小ささによる誤入力を低く抑えている。子音選択、母音選択には、2タッチ入力とドラッグ入力の2通りの選択操作を検討した。被験者実験において提案手法と比較手法による結果を比べたところ、キー以外の用途に利用可能な領域を大きく確保するためには、実験を行った手法の中では提案手法による2タッチ入力の方が最も優れていることがわかった。一方、ドラッグ入力は2タッチ入力と同程度の領域を確保できるものの、エラー率と入力時間の観点からは2タッチ入力に劣ることがわかった。操作への慣れが入力時間、操作感に与える影響を明らかにするために、被験者が操作に習熟した場合の実験を行うことが今後の課題である。

## 参考文献

- [1] Siek, K. A., Rogers, Y. and Connelly, K. H.: Fat Finger Worries: How Older and Younger Users Physically Interact with PDAs, Proc. INTERACT '05, pp.267-280 (2005).
- [2] Colle, H., Hiszem, K.: Standing at a Kiosk: Effects of Key Size and Spacing on Touch Screen Numeric Keypad Performance and User Preference, Ergonomics, Vol. 47, No. 13, pp.1406-1423, (2004).
- [3] Parhi, P., Karlson, A. K., and Bederson, B. B. Target Size Study for One-handed Thumb Use on Small Touchscreen Devices, Proc. MobileHCI '06, pp.203-210 (2006).
- [4] Hara, K., Umezawa, T. and Osawa, N.: Effect of Button Size and Location When Pointing with Index Finger on Smartwatch, Proc. HCI International 2015, pp.165-174 (2015).
- [5] Cha, J., Choi, E. and Lim, J.: Virtual Sliding QWERTY: A New Text Entry Method for Smartwatches Using Tap-N-Drag, Applied Ergonomics, Vol.51, pp.263-272 (2015).
- [6] Hong, J., Heo, S., Isokoski, P. and Lee, G.: SplitBoard: A Simple Split Soft Keyboard for Wristwatch-sized Touch Screens, Proc. CHI '15, pp.1233-1236 (2015).
- [7] Komninos, A. and Dunlop, M.: Text Input on a Smart Watch, IEEE Pervasive Computing, Vol. 13, Issue 4, pp.50-58 (2014).
- [8] Oney, S., Harrison, C., Ogan, A. and Wiese, J.: ZoomBoard: A Diminutive QWERTY Soft Keyboard Using Iterative Zooming for Ultra-Small Devices, Proc. CHI '13, pp.2799-2802 (2013)
- [9] Chen, A. X., Grossman, T., Fitzmaurice, G.: Swipeboard: a text entry technique for ultra-small interfaces that supports novice to expert transitions, Proc. UIST '14, pp. 615-620 (2014).
- [10] 石井晃, 箱田博之, 志築文太郎, 田中二郎: Flickey: 超小型タッチパネル端末におけるフリック操作を活用した QWERTY キーボード, 情報処理学会研究報告, Vol. 2015-HCI-164, No.6, pp.1-8 (2015).
- [11] 柴田祐希, 田中敏光, 佐川雄二: 超小型タッチデバイスに適した文字入力方法, 映像情報メディア学会冬季大会講演予稿集, pp. 3-1-1 - 3-1-2 (2013).
- [12] Avrahami, D.: The Effect of Edge Targets on Touch Performance, Proc. CHI '15, pp. 1837-1846 (2015).
- [13] Sheik-Nainar, M.: Contact Location Offset to Improve Small Target Selection on Touchscreens, Proc. HFES 2010, pp.610-614(2010).
- [14] Im, Y., Kim, T. and Jung, E. S.: Investigation of Icon Design and Touchable Area for Effective Smart Phone Controls, Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, Vol. 25, Issue 2, pp.251-267 (2015).
- [15] Jung, E. S. and Im, Y.: Touchable Area: An Empirical Study on Design Approach Considering Perception Size and Touch Input Behavior, Industrial Ergonomics, Vol. 49, pp.21-30 (2015).