

## 原著論文

# スマートウォッチのバンドに付けて使う 極小文字入力ボードの開発

坂 香太朗<sup>1)</sup>, 田中 敏光<sup>2)</sup>, 佐川 雄二<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 名城大学理工学研究科, <sup>2)</sup> 名城大学理工学部

## Development of a micro touch board for character input that can be attached on a band of a smart watch

Kotaro SAKA<sup>1)</sup>, Toshimitsu TANAKA<sup>2)</sup>, Yuji SAGAWA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Science and Technology Department of Informatics, Meijo University

<sup>2)</sup> Informatics Department of Information and Computer Science, Meijo University

**Abstract:** We have been developing the character input method for smart watches. By using the method, a user can choose a character by one-stroke gestures and one tap. However, during the operations the screen is often hidden by user's finger. To eliminate this problem, we developed the 20mm×20mm touch board. Each of the gestures is defined as a finger movement along screen edge from a corner to another corner. Position of the tap is one of 4 screen corners or one of 4 midpoints of screen edges. Thus, requirement to the board is just to detect that 8 points. However, if 20 mm is equally divided into three, the length is shorter than the width of an index finger that is about 10 mm. We solved this problem by placing eight radial touch areas on the board. When two adjacent areas are touched simultaneously, our board detects the position of their border. In addition, we placed a dome-shaped non-touch area at the center of the board to avoid touching a finger to opposite areas. In the computer experiment with the prototype board, the recognition rate of two-strokes gestures was 99.4%, and the recognition rate of single taps was 99.7%.

**Keywords:** smartwatch, character input, dedicated hardware, gesture, and user interface

**キーワード:** スマートウォッチ, 文字入力, 専用ハード, ジェスチャー, ユーザーインターフェース

### 1. はじめに

スマートウォッチの画面は極めて小さいため、フリック入力やマルチタップ入力では、画面の大半がキーボードに占有されてしまう。この問題を解決するため、様々な文字入力インターフェースが提案されている。

FlickKey Mini[1]では、1個のキーに9個の文字を割り当てることでキーの数を減らしている。また、ZoomBoard[2]では、段階的に拡大することで、同時に表示するキーの数を減らしている。同様の手法に、ズームとスクロールを組み合わせた方法[3]、指が触れた周囲をポップアップで拡大する方法[4]、拡大後にフリックで選択する方法[5]などがある。しかし、どの手法でも、キーボードが画面の半分程度を占有してしまう。

Minimum Keyboard[6]や TouchOne Keyboard[7]では、複数のアルファベットをまとめて1つのキーに割り当て、押されたキーの並びから英単語を推定する。この手法は英語入力

には適しているが、日本語入力では単語の切れ目が明示されないため、そのまま適用することは難しい。

5-TILES keyboard[8]では、ストロークの開始位置と終了位置の組により1文字を指定することで、画面に表示するキーの数を5個に減らしている。これにより、占有面積は狭くなるが、キーを横一列に並べることでそれぞれのキーの幅が指先より狭くなるため、指を離すときに誤操作が生じやすい。

EdgeWrite[9]やそれを日本語化した手法[10]、MicrosoftのAnalog Keyboard Project[11]などは、ジェスチャーで文字を入力するため、画面占有率が低い。しかし、使いこなすには一筆書きのジェスチャーを覚える必要がある。

これに対して、尾崎ら[12]の手法は画面の縁を指先でなぞるジェスチャーで文字を入力するため、画面の中央を広く表示に使うことができる。また、入力を助ける動的なガイドにより、初心者でも短い時間で使い方を覚えることができる。

上記のいずれの手法も、画面を使って文字を入力するため、入力中は指で画面が隠されてしまう。このため、文字を確認しながら入力する妨げとなる。また、キーや入力領域が小さいため、目視で判定したタッチ位置と実際のタッチ位置のずれにより、誤入力が増える。そこで本研究では、尾崎らの

2017年01月15日受理。(2017年3月9-10日シンポジウム「モバイル17」にて発表)

手法に特化したタッチボードを作成することで、この問題を解決する。時計バンドに装着して使うことを想定して、タッチボードの形状を1辺2cmの正方形とする。

持ち運びができる小型入力デバイスはいくつも提案されている。SkinTrack[13]は肌をタッチパッドとして使うためのデバイスで、仮想キーボードやジェスチャーによりスマートウォッチに文字を入力することができる。ただし、位置の検出に指先から皮膚の表面を通して流れる高周波電流を使うため、素肌に触れる必要がある。このため、袖を捲らないと腕をタッチデバイスにすることができない。また、リング状のトランスミッターを指にはめる必要がある。

富士通の指輪型デバイス[14]では、指で空中に文字を描いて入力する。Ring ZERO[15]も同じような指輪型デバイスである。手書き文字認識技術を使えば漢字仮名交じり文を直接入力できるが、何も無いところに文字を描くため、正しい書体で書くことが難しく、認識精度は低くなる。また、腕を大きく動かして文字を描くので、入力も遅い。画像からジェスチャーを認識する手法[16]もあるが、移動中に使うにはカメラをどこに置くかが問題になる。また、モバイル端末では、画像処理の負荷が大きい。

TAP[17]は5本の指にはめて使う板状のデバイスで、タップする指の組み合わせで文字を指定する。このため、ブラインド入力ができるが、ジェスチャー入力と同様に、使いこなすには学習が必要となる。また、タップする面が必要なため、移動中は使える場所が限られる。

バーチャルキーボードには、プロジェクターで投影するタイプ[18]やそれをスマートフォンに組み込んだもの[19]、紙に印刷したキーボードをカメラで読み込むアプリ[20]など、いろいろあるが、いずれも、使うには平らな面が必要となる。

他にも可搬型の文字入力デバイスはありますが、本研究が目標とする、スマートウォッチより小さく、街角や電車の中などの周囲にもを置く場所がない環境でも使用でき、訓練の必要がなく、ある程度の速度で文字入力できる手法は見当たらない。

## 2. 尾崎らの文字入力手法の概要

尾崎らの手法[12]では、50音表の行と段をこの順に指定することで、平仮名1文字を選択する。画面の4頂点のいずれかから隣の頂点に指を動かす動作をストロークと呼び、ストロークを1つまたは複数繋いでジェスチャーを定義する。

行の選択には戻りのない1~2ストロークのジェスチャーを使う。図1は初期状態の画面で、50音の各行のジェスチャーの開始位置とその形が描かれている。画面の表示から、例えば「か行」を入力したいのであれば、左上の頂点から始めて、右上、右下と指を移動すればよいことがわかる。戻りのない2ストロークのジェスチャーは、4頂点×2方向の8パターンあるので、左上から時計回りに「か行」から「ら行」までを割り当て

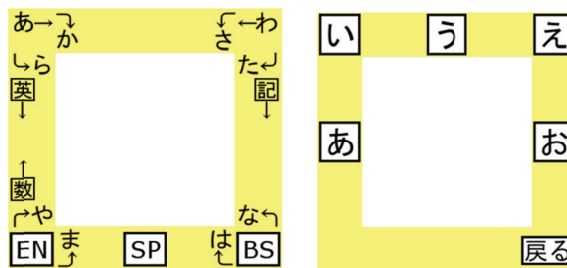
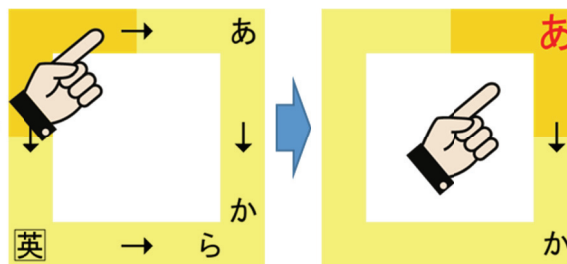


図1 行選択のジェスチャー

図2 段選択のタップ位置



(a) 左上頂点にタッチしたとき (b) 右に移動したとき

図3 入力ガイドの表示の変化

る。「あ行」と「わ行」には上辺の1ストロークを割り当てる。

段選択はタップで行う。タップできるのは4辺の中点と4頂点の合計8か所に限られており、図2に示すように、左辺の中点から時計回りに「あ段」～「お段」を割り当てている。下辺の3か所には、行選択の画面(図1)でEnter, Space, Backspaceを割り当てている。

指の動きにつれて表示を変える入力ガイドが実装されている。図3(a)は左上の頂点に触れた直後の表示で、この位置から入力可能な行が示されている。指を右に動かして中央を超えると、表示が(b)に変わる。この画面では、この位置で指を離れた時に入力できる「あ行」が大きく赤字で表示されている。また、指を下に動かすと「か行」を入力できることが示されている。この指の動きにつれて変わる表示に従うことで、ジェスチャーを覚えていなくても行を選択できる。このため、初心者でも容易に使いこなすことができる。文献[12]に掲載された実験では、システムを初めて使う被験者10名の平均で、10分程度の使用でシステムの操作方法に慣れることができ、毎分18.2文字で平仮名を入力できている。

## 3. 提案手法の概要

本研究の目的は、尾崎らの手法専用のタッチボードを開発し、それを使ってジェスチャーとタップを入力することで、操作中に指が画面を隠してしまう問題を解決することである。

2章で示したように、尾崎らの手法は図4に示す8点でのタップを必要とする。また、ジェスチャーは画面の頂点から隣の頂点に移動するストロークを繋いで定義されるので、通過した頂点の順(図4の1→3→5や7→5→3など)で判定できる。このため、尾崎らの手法専用の入力デバイスでは、各時

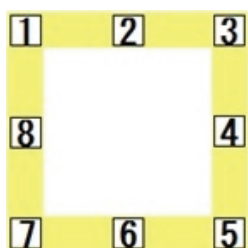


図4 先行研究におけるタッチ配置

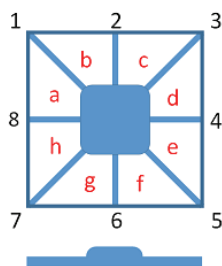


図5 タッチボードの概念図

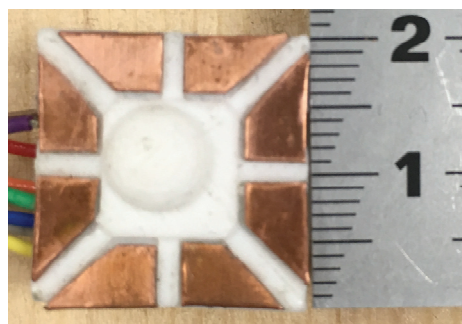


図7 実験で使うタッチボード

刻で指先が図4の1~8のどの近傍にあるかが取得できれば十分であり、指先の座標は必要としない。そこで、タッチセンサを組み合わせるタッチボードを作成する。大きさは、腕時計のバンドに無理なく装着できる20mm×20mmとする。

8点を検出するためにタッチボードを縦横それぞれ3分割すると、およそ1cmある指の腹の幅より1区画の幅が小さくなってしまい、1区画だけに触れることが難しくなる。そこで、図5のようにタッチセンサを放射状に8つ設置し、隣り合う2つの区画に同時に指が触れたときに、境界線に対応する点の番号を出力する。例えば、aとbに同時に指が触れたときには、点番号'1'を出力する。この方法だと、タッチ領域を指先と同程度の大きさにすることが出来る。

さらに、指先が意図した区画と反対側の区画まではみ出してしまふことを防ぐ為に、タッチボードの中央の非タッチ領域内に膨らみを設ける。この膨らみには、指先をここに沿わせることで指の動きを円滑にする目的もある。

#### 4. タッチボードのデザイン

図6に示すように、本研究で作成するタッチボードは20mm×20mmの正方形である。その中央に10mm×10mmの非タッチ領域を設け、そこに直径8mm、高さ2mmのドーム型の膨らみを、左上に寄せて配置する。ドーム型にした理由は、図5のような四角の膨らみだと指先が角に引っかかるためである。左上にずらした理由は、右辺および下辺の入力で指の腹の部分がタッチボードから外れにくくするためである。

図5に示した形状のタッチボード(中央の膨らみは四角形)を作成して予備実験を行ったところ、5→7と5→3で入力誤りが多かった。これらはタッチボードの右下(点5)から始まるストロークである。誤入力の原因として、次の2つが考えられた。(1)日本語の文字では下から上や右から左のストロークは少ないため、これらの動きに慣れていない。

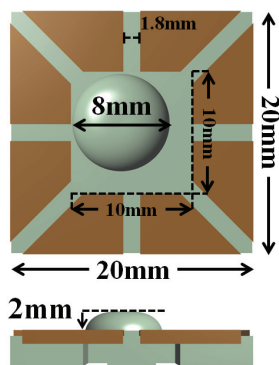


図6 タッチボードのレイアウト

(2)右利きの場合、左辺や上辺のストロークは指の腹を非タッチ領域内の膨らみに沿わせることで滑らかな動きができるが、右辺や下辺では指の先が触れるため、タッチする位置が遠くなり、ボードから外れ易くなった。そこで、中央の膨らみを左上にずらして、右側と下側を広げた。

また、非タッチ領域内の膨らみが四角だと、角に丸みが付いてあっても、ストロークの向きを変えるとき指先が角に引っかかってスムーズに動かせないことがあった。この対策として、膨らみをドーム型にして、角を無くした。

図6は右利き用だが、左上と右下の頂点を結ぶ直線に対して対称となるようにデザインしているため、右回りに90度回転することで左右を反転できる。左利きはこの状態にして使えばよいので、利き手別にタッチボードを作る必要は無い。

タッチボードの作成には3Dプリンタを用いる。土台と非タッチ領域内のドーム型の膨らみを3Dプリンタで造形し、この上に台形に切った銅板(厚さは0.5mm)を貼ることで、図7に示すタッチボードを作成した。

#### 5. タッチセンサの信号処理

本研究で作成するタッチボードは8つのタッチセンサで構成されている。プロトタイプでは、Arduinoで各センサの信号を処理してタッチ位置の判定を行い、結果を1ms毎にシリアル通信でホストへ送信する。この開発では、ホストとしてプログラミング環境がそろっているWindows PCを使っている。

隣り合う2つのタッチセンサだけに触れている場合にはその間の点の番号(1~8のどれか)を、指が離れているときや、センサ1つだけに触れているときには0を出力する。3つ以上のセンサに同時に触れた場合の出力は、その前の状態に依存する。候補の値(触れているセンサを組み合わせる出力できる値の全て)の中に直前に出力された値があれば、それが継続して出力される。こうする理由は、3つのセンサに同時に触れる状態は指の移動中に生じるためである。もし、直前の値が存在しなければ、候補の中で最も小さい値を出力する。

図8に左上の角から左下を通って右下の角まで行くジェスチャーの判定処理を示す。指先は頂点1→7→5の順に移動するが、センサは辺の中点の位置も検出するので、正しいジ



図 8 タッチセンサの情報処理

ジェスチャーを行った場合には、値は 1→8→7→6→5 と変化する。実際には、途中で指が一瞬だけ離れたり、1 つのセンサだけに触れている状態が生じたりすることで、間に 0 が入る。このため、0 が 100 ミリ秒未満の区間、すなわち 0 の連続が 100 個未満の区間を削除している。図 8(b)の赤字の 0 は削除対象である。これらを除くと図 8(c)の状態となるので、同じ数字が連続する区間を 1 つにまとめれば、出力は 0187650 となる。先頭と末尾の 0 は指が離れている事を示している。

タップ操作では、1～8 のどれかが 0 に挟まれた形になる。たとえば 1 をタップしたのであれば、010 が出力される。

## 6. 評価実験

作成したタッチボードで、尾崎らの手法[12]のジェスチャー判定に必要な数字列を取得できることを確認する実験を行った。この実験では、ジェスチャーとタップの認識率を計測するとともに、入力エラーの原因を調べることを目的としている。

ストロークの判定では、尾崎らの手法に実装されているジェスチャー修正機能を使用する。これは、入力されたジェスチャーが中点から開始されていたり、中点で終了していたりする場合でも、残りの点からジェスチャーを推定する機能である。この機能により、検出された点列が 1234, 1235, 1245, 1345, 2345, 134, 135, 235 のどれであっても、1→3→5 のジェスチャーとして判定される。他のジェスチャーでも同様の修正が行われる。

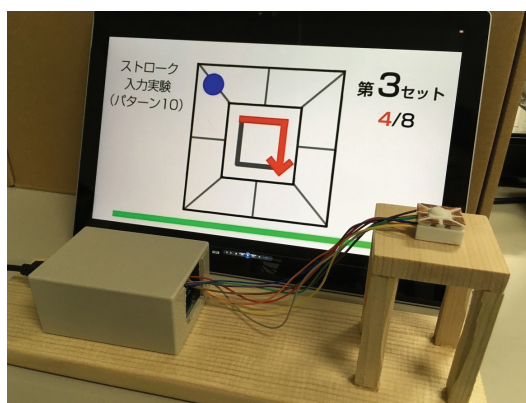


図 9 実験装置

## 6.1 ストローク認識実験の方法

実験装置を図 9 に示す。右側の台(上面の1辺は 5cm)の中央に図 7 に示したタッチボードが設置されている。被験者は椅子に座り、タッチボードに正対する。この時、椅子の高さと位置を、みぞおちの高さで胸がタッチボードから 10cm 程度離れるように調節する。これは、利き手ではないほうの手首にスマートウォッチを着けて、体の前にもってくる状態を再現している。タッチボードは固定した状態で、利き腕の人差し指で操作する。このとき、タッチボードが固定された台の上に手や指を置いてよいものとする。スマートウォッチのバンド部分にタッチボードを設置する場合には、指先の位置を安定させるために、タッチ入力に使わない指をバンドやスマートウォッチをはめた手首に添えることが考えられる。このため、本実験では、入力を行う人差し指以外の指や手の位置は、ボードに接触しない限り、被験者の自由とした。

また、実験後に入力誤りの原因を調査するため、ビデオカメラをタッチボードの左横の実験の邪魔にならない位置に設置し、45 度の俯角でタッチボードとその周囲を撮影した。

評価実験は、(1)実験の説明、(2)タッチボードの操作練習、(3)本実験、の順に行う。(1)では尾崎の文字入力手法[12]とタッチボードの使い方を 5 分程度で説明する。(2)では実際にタッチボードを操作してもらうことで、複数のセンサに触れる必要があることや、中央の非タッチ領域内の膨らみに指を沿わせて操作する感触を体験してもらう。ここで、後で述べる本実験の 1 セット分の入力を行ない、入力したジェスチャーの認識率が 100%であれば、本実験に移行する。誤認識されたジェスチャーがある場合には、短い練習の後に再度 1 セット分の入力を行い、ジェスチャーの認識率が 100%になったら本実験に移行する。ただし、操作を始めてから 5 分経ったら、認識率に関わらず本実験を開始する。

本実験では、被験者は平仮名入力の行選択に当たる戻りのない 2 ストロークのジェスチャーを入力する。ジェスチャーは 4 頂点×2 方向の 8 種類あるので、それぞれを 1 回ずつランダムな順に入力する。これを 1 セットとし、15 セット分(ジェスチャー 120 回分)の入力を行う。入力順はセットごとにランダムに変える。また、各セットの間に 10 秒間の休憩を設ける。

先行研究[12]の実験では、熟練者は 1 文字を約 1.5 秒で入力しているが、1 文字はジェスチャーとタップの組で指定されるため、ジェスチャーに要する時間は 1 秒程度と考えられる。そこで、この実験では、映像を用いて被験者が 1 回のジェスチャーを 1 秒で行うように誘導した。図 9 に示したように、被験者の前にディスプレイを置き、表示される画像で入力するジェスチャーを指定する。また、青丸のアニメーションを表示し、その動きを追従するように指を動かしてもらうことで、入力速度を一定に保つ。ただし、入力速度がアニメーションと異なっても誤りとはしていない。

青丸はジェスチャーの開始位置に 1.5 秒間表示された後に移動を始め、1秒で終了地点まで到達する。その後、1.5秒間終了地点で表示されたのち、次のジェスチャーに移行する。ジェスチャーの最初と最後で一定時間青丸を静止することで、隣り合う2つのセンサにしっかりと触れるように促している。

図9のモニタ画面の下部に映る緑色の線は、4秒(ジェスチャーを行う1秒とその前後の待機時間各1.5秒の合計)の時間経過を示している。長さが減少することで、次のジェスチャーが始まるまでの残り時間がわかる仕組みになっている。

## 6.2 ストローク認識実験の結果と考察

大学生男子10名を被験者として実験を行った。いずれの被験者も右利きである。実験では、総計1200回(10名×120回)のジェスチャーのうち1193回を正しく判定することができた。認識率は99.4%と高い値になっている。熟練者の指の動きに倣ってこの認識率であり、画面を使った入力でもミスは発生するので、尾崎らの手法の外部入力として使うには十分な精度だといえる。

この実験では、3名の被験者がタッチボードを載せた台に指を付けて入力を行った。うち2名は、タッチボードの左右に親指と中指を添えていた。タッチボードがスマートウォッチのバンド部分に設置されているとすれば、バンドを両側か挟むことに相当する。他の1名は台の上下を親指と中指・薬指で挟んでいた。この場合はタッチボードを上下に挟む持ち方となる。残りの7名は手を浮かせ、指を台から離していた。指を離していた者1名と指を添えたもの1名を除き、ジェスチャーの認識率は100%だった。

1193回中66回(約5.5%)でジェスチャー修正機能が適用された。正しく判定できなかった7回と修正が行われた66回において、認識できなかった位置とその割合を表1に示す。

表1 認識されなかった位置とその割合

点の番号	点8	点2	点7	その他
割合(%)	71	16	5	8

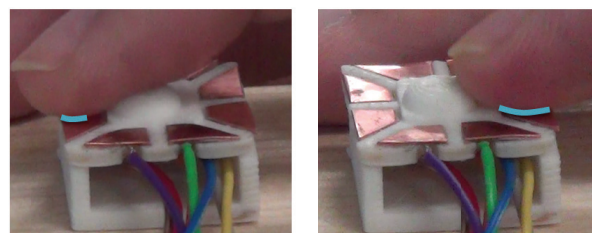
認識されなかった位置の7割が点8で、次いで点2が多くなっている。点8を通るストロークには、下向きの1→8→7と上向きの7→8→1があるが、認識できなかったストロークの内訳は、1→8→7が62%、7→8→1が38%であり、上から下への動作の方が高かった。点2では、1→2→3が70%、3→2→1が30%と、左から右への動作の割合が高かった。

これらの向きでは、指の腹を非タッチ領域の膨らみに沿わせることで、指を滑らかに動かすことができる。実験時に撮影した映像で確認しても、指を動かし辛そうにしている様子は見られなかった。そのため、指の動きが速すぎて、角を曲がり切れずにタッチボードから指先が外れたのではないかと考えた。もしそうであれば、第2ストロークで誤りが発生するはずである。しかし、ストローク別の誤り発生回数を調べたところ、1→8→7

が第1ストロークとなる1→8→7→6→5と第2ストロークとなる3→2→1→8→7の1→8→7における誤り回数の比は2:3であった。また、1→2→3が第1ストロークとなる1→2→3→4→5と第2ストロークとなる7→8→1→2→3の1→2→3における誤り回数の比は3:4であった。どちらについても、誤りが第2ストロークに偏っているとは言えない。このため、指が非タッチ領域内の膨らみに乗り上げて、指先が浮いたことが原因だと推測された。

図10の左側に、指が1→2→3と移動するときの点2の位置における画像を示す。タッチボードを左側から撮影しているため、画像ではタッチボードの左前の角が点1、右前の角が点7となっている。右側は、7→6→5と移動するときの点6付近の画像である。図中の水色の線は、指の腹がセンサに触れている長さを示している。

タッチボード右側や下側では指が通る領域を広げているが、左側と上側では、指が通る幅が最小で5mmとなっている。このため、点6のほうが、点2より指がセンサに触れる面積が大きくなる。実験では点6をほぼ正しく認識できているが、こ



1→2→3のときの点2付近 7→6→5のときの点6付近

図10 タッチ位置によるセンサへの接触面積の違い

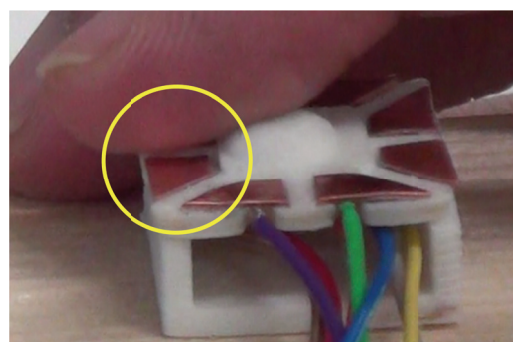
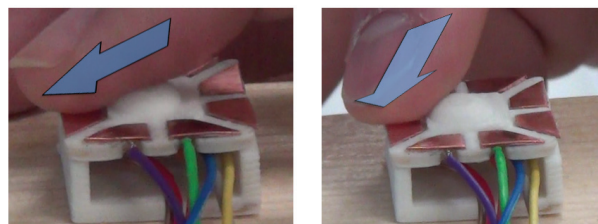


図11 指先が浮くことによる入力の失敗



(a) 指が上を向いている (b) 指が左上を向いている

図12 点2を通る時の指の角度の違い

これは、点6では、非タッチ領域の膨らみに指が乗りあげてしまっても、指の腹がセンサに触れている可能性が高くなるためだと考えられる。一方、点2では、長さに余裕がないため、タッチ領域の膨らみに指が乗りあげてしまうと、図11のように指がセンサから離れてしまう。このため、誤認識が多くなったと考えられる。点8も指が触れる幅が5mmしかないので、同じ理由で誤認識が発生していると考えられる。

図12は2人の被験者が1→2→3を入力したときの点2付近の様子である。左の画像では、指がタッチボードの上を向いている。(図12はタッチボードの左側から撮影しているため、画像の左側がタッチボードの上方向となる。)一方、右の画像では、指はタッチボードの左上を向いている。指がセンサと重なる面積は、指が斜めになっている分だけ、右側のほうが大きくなる。また、左側では、指の腹が膨らみに乗り上げるため、指先がタッチボードから浮きやすいが、右側では膨らみを指の側面ですらえるため、指が浮きにくい。点2を正しく判定できなかった回数は、左の被験者が8回、右の被験者が0回だった。この差は指の向きの違いにより生じたと考えられる。

全ての位置で比較しても、左の被験者は延べ41か所を触れていない(ジェスチャーの認識率は95%)が、右の被験者は2か所にすぎない(ジェスチャーの認識率は100%)。実験中に撮影したビデオ映像で確認したところ、左の被験者の指の方向は、終始、タッチボードに対して上向きだった。一方、右の被験者は、左右のストロークは指を左上に向けて、上下のストロークは指を上に向けて行っており、ジェスチャーの途中で指の向きを適切な方向に変更していた。他の認識率が高い被験者も同じ操作方法をとっていた。

そこで、左側の被験者にストロークの方向で指の向きを変える操作方法を説明した。また、点8及び点2の認識率が低かったことを説明し、これらの位置では、よりしっかりとセンサ部分に触れるよう、注意を促した。その後、5分間練習したあとで、6.1節の実験を再度行ったところ、120回全てのジェスチャーを正しく入力することができた。(初回は6回失敗)

また、初回の実験ではジェスチャー修正機能が31回働いたが、再実験では2回に激減している。この2回はどちらも1→8→7→6→5を入力する際の点8で発生しているが、初回の実験では15回中6回で入力できなかったため、入力ミスは1/3に減少している。

以上の結果から、作成したタッチボードにはストロークの方向で指の向きを変える操作方法が適しているといえる。そこで、最初の説明にこの指の動かし方を加えることで、誰でも初めから高い精度で入力できることが期待される。

### 6.3 タップ認識実験

この実験では、合計8か所(4頂点と4辺それぞれの中点)のタップの精度を計測した。実験環境はストローク認識実験と同じである。実験では、8か所を1回ずつランダムな順序でタ

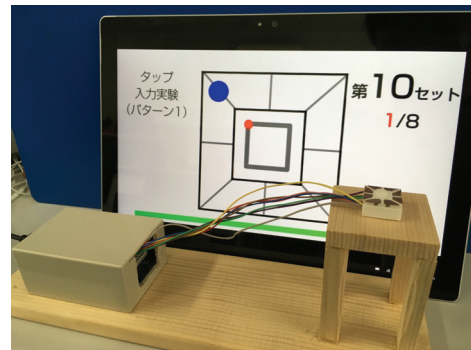


図13 タップ実験で提示される画像

ップすることを1セットとして、15セット分(タップ120回分)の入力を行う。各セットの間には10秒間の休憩を設ける。タップは利き手の人差し指で行う。実験方法も、ジェスチャーをタップに変える以外はストローク認識実験と同じにしている。手の位置の条件もストローク認識実験と同じである。

この実験でも、被験者は目の前に置かれたディスプレイの表示に従ってタップする。図13に示すように、画面に青丸が表示されるので、被験者は表示された直後にその場所をタップする。この実験では、表示が変わってから0.5秒の間にタッチボードから出力された位置で、タッチの正誤を判定する。タップを入力する時間を0.5秒としたため、画面下部の緑色の線は3.5秒で一巡する。

### 6.4 タップ認識実験の結果

大学生男子5名を被験者として実験を行った。いずれの被験者も右利きのため、右手の人差し指でタップしている。他の指は台に触れていない。合計600回(5名×120回)のタップのうち、2回を除き正しく判定することができた。認識率は約99.7%である。当然の結果だが、ジェスチャーより高い認識率となっている。この結果から、作成したタッチボードの精度は尾崎の手法に組み込むには十分であるといえる。

実験では、点2と点4のタップでそれぞれ1回ずつ誤りが発生しているが、これらは間違った位置をタップしたために生じている。回数が少ないため断定はできないが、偶然指が少しずれたことが原因と考えられる。

## 7. まとめと今後の課題

尾崎らの文字入力手法専用の、20mm×20mmのタッチボードを作成した。このタッチボードでは、放射状に8つタッチセンサを設置し、隣り合う2つに同時にタッチしたときに間の位置を出力することで、超小型であっても指の場所を正しく判定できる。また、中央の非タッチ領域内にドーム型の膨らみを設けることで、指が意図した領域の反対側にはみ出すことを防いだ。さらに、膨らみに指を沿わせて動かすことで、スムーズなジェスチャー入力を可能にした。作成したタッチボードで入力を行うことで、入力中に画面が指で隠される問題を

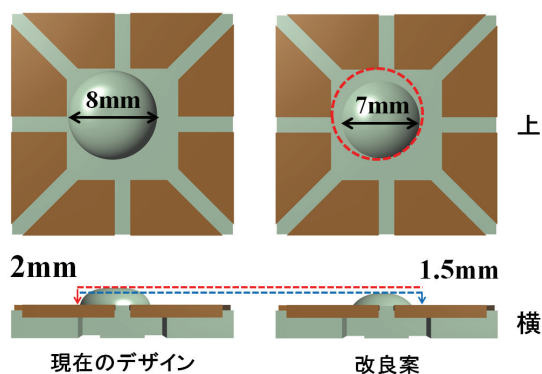


図 14 タッチボードの改良案

解決できる。

平仮名入力に使う2ストロークのジェスチャーと8か所のタップの認識率を調べる実験を行い、タッチボードが設計通りの文字入力に必要なジェスチャーを判定できることを確認した。戻りのない2ストロークのジェスチャーの認識率は99.4%であり、タップの認識率は99.7%だった。文字入力を行う上で十分な認識率を確保できている。

ストローク入力実験の結果から、左辺の中点(点8)や上辺の中点(点2)で比較的誤入力が発生しやすいことが明らかとなった。この原因として、上側や左側が狭いため、指がはみ出すことが考えられる。このため、さらに認識率を上げるには、これらの部分の面積を増やす必要がある。下側と右側では予備実験のタッチボードから2mm広げることで入力誤りが削減できているので、上側や左側も2mm増やせば改善すると予想されるが、タッチボードの大きさや下側と右側の面積を変えないとすると、中央の膨らみを6mmまで減らす必要があり、はみ出しによる誤入力が増える可能性が高い。そこで次の実験では、図14に示すように、非タッチ領域内の膨らみの直径を1mmだけ縮小し、その分だけ右下に移動する。さらに、膨らみの高さを2mmから1.5mmに縮小することで、タッチボードの角を曲がる際に指が膨らみに引っかかりにくくし、指の角度を浅くすることで、センサに触れる指の面積を増やす改良を計画している。今後は、このデザインを評価する実験を行い、改良の効果を検証する。

(本研究はJSPS科研費16K00286の助成を受けたものです)

### 参考文献

[1] FlickKey Mini, [http://www.flickkey.com/FlickKey\\_Mini.html](http://www.flickkey.com/FlickKey_Mini.html). (2017.1.14 確認).

[2] S. Oney, C. Harrison, A. Ogan, and J. Wiese, : ZoomBoard : A Diminutive QWERTY Soft Keyboard Using Iterative Zooming for Ultra-Small Devices, ACM CHI '13, pp. 2799-2802 (2013).

[3] 原清貴, 梅澤猛, 大澤範高: 腕時計型端末におけるズーム・スクロールを用いたタッチ入力、インタラクション2014 論文集, pp. 317-320, 情報処理学会 (2014).

[4] L.A. Leiva, A. Sahami, A. Catala, N. Henza, and A.

Schmidt : Text Entry on Tiny QWERTY Soft Keyboards, CHI '15 Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 669-678 (2015).

[5] 石井晃, 箱田博之, 志築文太郎, 田中二郎: FlickKey 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, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2015-HCI-164(6), pp.1-8 (2015).

[6] Minimum Keyboard, <http://minuum.com/minuum-on-smartwatch>. (2017.1.14 確認).

[7] TouchOneKeyboard, <http://www.touchone.net>. (2017.1.14 確認).

[8] 5-TILES keyboard, <http://fivetiles.com>. (2017.1.14 確認).

[9] J.O. Wobbrock, B.A. Myers, J.A. Kember: EdgeWrite: A Stylus-Based Text Entry Method Designed for High Accuracy and Stability of Motion, ACM UIST '03, pp. 61-70 (2003).

[10] 村松駿, 郷健太郎, 木下雄一朗: 日本語 EdgeWrite のスマートウォッチへの実装と評価、第20回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, pp.9 (2015).

[11] The Analog Keyboard Project, <https://research.microsoft.com/en-us/um/redmond/projects/analogkeyboard>. (2017.1.14 確認).

[12] 尾崎尚人, 田中敏光, 佐川雄二: 画面の縁を使うスマートウォッチ向けの文字入力方法, シンポジウム「モバイル'17」論文集, pp.75-78(2017).

[13] Y. Zhang, J. Zhou, G. Laput, C. Harrison : SkinTrack: Using the Body as an Electrical Waveguide for Continuous Finger Tracking on the Skin, <http://www.gierad.com/assets/skintrack/skintrack.pdf>. (2017.1.14 確認).

[14] 空中に手書きで文字入力する指輪型デバイス, <http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1501/13/news090.html>. (2017.1.14 確認).

[15] Ring Zero, <http://logbar.jp/ring/ja>. (2017.1.14 確認).

[16] 萩原正人, 益子宗: KooSHO - 空中での手書きジェスチャーに基づく日本語入力環境、言語処理学会第19回年次大会 発表論文集, pp.414-417(2013).

[17] Tap, <http://www.tapwithus.com>. (2017.1.14 確認).

[18] 投映型 Bluetooth プロジェクションキーボード TK-PBL042BK, <http://www2.elecom.co.jp/peripheral/full-keyboard/tk-pbl042>. (2017.1.14 確認).

[19] Smart Cast, <http://japanese.engadget.com/2015/06/03/smart-cast>. (2017.1.14 確認).

[20] Paper Keyboard, <https://itunes.apple.com/us/app/paper-keyboard-type-on-real/id715319520>. (2017.1.14 確認)

### 著者紹介



#### 坂 香太郎 (学生会員)

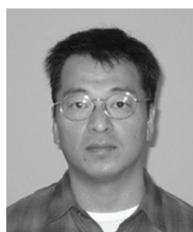
2016 名城大学工学部情報工学科卒業。名城大学大学院理工学研究科情報工学専攻入学。現在に至る。スマートウォッチに特化した文字入力手法専用デバイスの研究に従事。モバイル学会。



#### 田中 敏光 (正会員)

1984 名古屋大学大学院情報工学専攻博士 (前期) 修了。工学博士。1984 NTT 入社。1994 名古屋大学大型計算機センター助教授。2000 名城大学工学部情報科学科 (現情報工学科) 教授。

現在に至る。CG の研究・教育に従事。情報処理学会。



#### 佐川 雄二 (非会員)

1987 名古屋大学大学院情報工学専攻前期課程修了。1992 名古屋大学大学院情報工学専攻後期課程単位取得退学。工学博士。1992 名古屋大学助手、同講師を経て、2000 名城大学工学部講師、2008 同教授。現在に至る。自然言語処理の研究・教育に従事。電気学会。

現在に至る。自然言語処理の研究・教育に従事。電気学会。