

令和元年6月10日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00286

研究課題名(和文) ストロークとタップを使うスマートウォッチ向け文字入力手法と専用タッチボードの開発

研究課題名(英文) Development of character input method optimized for smart watch by combination of slide-in and tap and special touch board for the method.

研究代表者

田中 敏光 (Tanaka, Toshimitsu)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：00262923

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：次の3点を特徴とするスマートウォッチ用ソフトウェアキーボード(名称Slit)を開発した。(1)画面の占有率が低い。画面の縁に配置したキーをスライドイン(画面の外側に触れた指をそのまま画面内に滑り入れる動作)で選択することで、キーの幅を2mmに押さえている。(2)初心者でも容易に使うことができる。実験では使い始めてから約320秒の時点で毎分28.7文字の速度で入力できた。(3)矩形画面でも円形画面でも同等に使うことができるようにインタフェースが設計されている。併せて、この手法専用の、時計バンドに装着できる極小タッチボードを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

画面の大型化が進んだことで、今日のスマートフォンはポケットに入らない大きさとなっている。このため、メールに答えるにもいちいちカバンから取り出さなければならず、手間がかかる。本研究で開発したシステムは、スマートウォッチで文字を入力することを可能にする。時計サイズの画面でもその7割を入力文字の表示に使うことができるので、短い文章ならスクロールすることなく全体を表示できる。また、使い始めても1文字2秒程度の速度で入力できるので、スマートフォンを取りだして答えるより短時間で返事を書くことができる。

研究成果の概要(英文)：We developed a software keyboard named Slit for smartwatch that has the following three features. (1) The occupancy rate of the screen is low. In this method the key arranged on the edge of the screen is selected by sliding-in, which is the action of sliding the finger touching the outside of the screen into the screen as it is. As the result, reliable key selection is available with the key with 2 mm width. (2) Even beginners can use it easily. In the experiment, it was possible to enter at a speed of 28.7 characters per minute approximately 320 seconds after the start of use. (3) The interface of the method is designed so that it can be used equally on rectangular and circular screens. In addition, a micro touch board optimized to this method is developed. Its size is sufficiently small to be attached to the watch band.

研究分野：モバイルインタラクションにおける文字入力手法の開発

キーワード：スマートウォッチ 文字入力 ソフトキーボード モバイルデバイス ユーザーインターフェース タッチボード ヒューマンマシンインタラクション

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

画面の大型化によりスマートフォンがポケットに入らないサイズになった。この対策として、スマートウォッチ（腕時計サイズのモバイル端末）が開発され、手元でスケジュールやメールの確認が可能となった。しかし、スマートウォッチの画面は小さいため、スマートフォンで一般的なフリック入力キーボードを表示すると画面の大半が占有されてしまい、入力文字を表示するスペースが不足する。また、キーが小さくなるため押し間違いが多発する。このため、メールの返信やスケジュールの追加はスマートフォンを鞆等から取り出して行っている。この不便さを解消するため、極小画面に適した文字入力手法が求められた。

### 2. 研究の目的

スマートウォッチに適したソフトウェアキーボードを開発する。この研究では、(1)画面の占有率が低い、(2)初心者でも容易に使うことができる、(3)矩形画面でも円形画面でも同等に使うことができる、ことを特徴とする文字入力手法を開発する。併せて、時計バンドに装着可能な専用タッチボードを開発することで、入力中に指で画面が隠される問題を解決する。

### 3. 研究の方法

Android Wear (Wear OS)を搭載したスマートウォッチに文字入力システムを実装する。このシステムでは、少ないキーで平仮名を入力するために、平仮名1文字を行と段を順に指定する二段階方式で選択する。最初に行う行選択では、キーボードが占有する面積を減らすために、細いキーを画面の周囲に配置してスライドインで選択する。次に行う段選択では、入力ミス減らすために、選んだ行に属する平仮名5文字を大きく表示し、タップで選択する。このシステムを使って入力速度や誤入力率を調べる実験を行い、手法の有効性を評価する。

### 4. 研究成果

#### (1) 提案手法の概要

以下に、本研究で開発した文字入力手法（名称 SliT: Slide-in and Tap 方式）の概要を述べる。手法の詳細と実験結果は、5. の〔雑誌論文〕に掲載されている。

平仮名1文字を50音表の行と段をこの順に指定することで入力する。初期状態の画面では周囲2mmをキーの領域とする。図1(a)に示すように、左辺・上辺・右辺をそれぞれ2分割して、左下から時計回りに行を2つずつ割り当てる。右下の区画には記号の入力と英数字モードへの切り替え機能を割り当てる。下辺は3分割して、左から“BS(Backspace)”、“SP(Space)”、“ENT(Enter)”を割り当てる。これらのキーはスライドインで選択する。

スライドインとは、画面の外にタッチした指を接触を保ったまま画面内に滑り入れる動作である。指先が画面の縁を横切るため、幅の狭いキーでも確実に通過を判定できる。入力したい行が書かれている区画からスライドインを始める。指先が画面の縁を通過すると図1(b)のように画面が2分割され、通過した区画に割り当てられている行が1つずつ表示される。そこで、指先を入力したい側に移動する。図1(c)のように背景が緑に変わってから指を離せば、その行が選択される。

続いて段を選択する。段選択では図1(d)のように画面を9分割し、左の区画から時計回りに“あ段”～“お段”を割り当てる。ここに選択した行に属する文字が表示されるので、タップして入力する。右下には濁音/半濁音/小文字に切り替えるボタンを割り当てる。この方式だと濁音や半濁音を大きく表示された状態で選択できるので、入力後に濁点や半濁点を追加する方式に比べて、間違いが少なくなる。下辺中央の区画には“い段”の文字の後に“ゃ”などの拗音を追加した表示に切り替えるボタンを割り当てる。右下のボタンと組み合わせることで、“じゃ”なども1文字分の操作で入力できる。

英数字と記号については、それぞれを5文字ずつのグループに分割し、グループ、グループ内の1文字の順に2段階で指定する。グループの指定は平仮名の行、メンバーの指定は平仮名

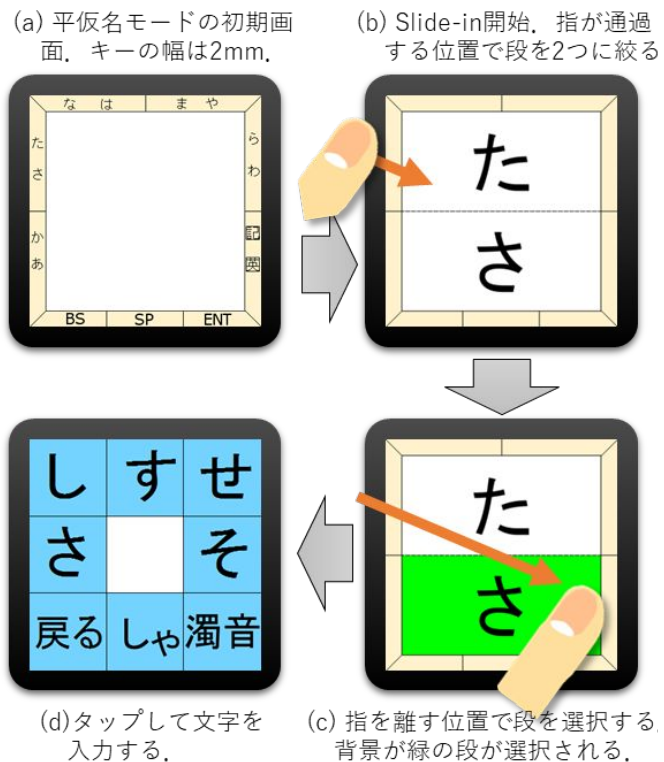


図1 SliTでの文字選択



(a) 平仮名モードの初期画面 (b) さ行を選択する場合の表示 (c) 段選択画面

図2 円形画面のキーレイアウト

の段と同様の方法で選択する。英字の大文字 / 小文字の切り替えは、平仮名の清音 / 濁音の切り替えと同様の方法で行う。

SliT では円画面のスマートウォッチでも同じ手順で文字を入力できる。図2に円形画面のキーのレイアウトを示す。円形画面では矩形画面のように画面の縦横に合わせて領域を分割する必要はないので、選択のしやすさを考えて、選択した区画の中央と画面の中心を結ぶ線を境に領域を分けている。行選択をスライドインで、段選択をタップで行うことは角型と同じである。ただし、画面形状の違いから、スライドインの方向やタップ位置は多少変えている。

(2) 画面占有率

既存手法と提案手法の入力開始時の画面占有率を表1に示す。矩形端末では対角1.63インチの正方形画面に、円形端末では直径1.4インチの画面にソフトウェアキーボードを表示し、その画素数から占有面積を計算している。5-TILESは矩形では画面占有率が低いが、円形では高くなっている。この理由は、キーを横に5つ並べて表示する手法であるため、円形画面では中央付近でないとキーを表示する長さが確保できないからである。SliTは円形画面でも矩形画面でも最も低い占有率となっている。

表1 各手法の入力開始時の画面占有率

手法名	画面形状	矩形	円形
Google 日本語入力 (flick)		90%	-
Flit Keyboard		62%	-
TouchOne Keyboard		61%	56%
HARI		-	48%
5-TILES Keyboard		30%	41%
SliT (提案手法)		26%	22%

(3) 初心者の入力速度

本システムを一度も使ったことのない大学生5名を対象として実験を行った。これらの学生はスマートウォッチを使った経験はない。角型端末 ZenWatch2 W1501Q を利き手ではない腕に装着し、椅子に楽に座った状態で水平に腕を上げ操作する。どの指を使うかは被験者に任せる。実験前に、本システムの操作方法や画面の見方、実験方法を5分間で説明する。実験では、平仮名の単語を5つ入力する課題を3分の休憩を挟んで5回行う。各単語の文字数は4~6文字で、国立国語研究所の現代日本語書き言葉均衡コーパスより頻度の高いものをそれぞれ100単語ずつ選んだ。これを被験者ごとにランダムに並べなおし、先頭から5単語ずつ切り出して1回の課題とする。このため、ひとりの被験者に同じ単語が2度出題されることはない。

入力速度はCPM (Character Per Minute, 1分間当たりの入力文字数) で評価する。図3に5名の被験者の平均速度を示す。初回でも20.6[CPM]で入力できている。課題を重ねるごとに速度が上がり、5回目には28.7[CPM]となった。誤入力率は、誤って入力したが修正された文

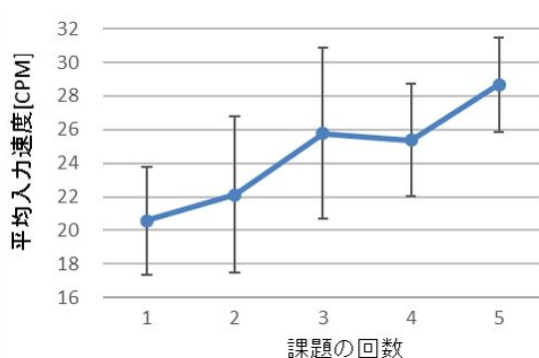


図3 初心者の平均入力速度

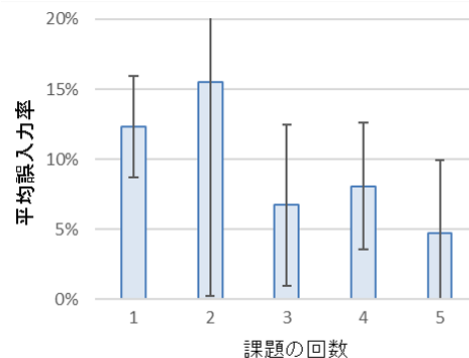


図4 初心者の平均誤入力率

字数と最後まで修正されなかった文字数の合計を課題の文字数で割った値 (Total Error Rate) で評価する。誤入力率の変化を図 4 に示す。操作に慣れていない 1 回目と 2 回目では 10% を超えているが、3 回目以降は 10% を下回り、5 回目には 4.7% まで低下している。5 回の課題の入力文字数の合計は約 125 文字で、入力時間は平均で約 320 秒である。したがって、短い入力経験で手法に慣れることができたといえる。

熟練者 1 名に同じ実験を行ったところ、5 回の課題の平均の入力速度が 67.7[CPM]、標準偏差が 1.85 となった。慣れれば、平仮名 1 文字を 1 秒で入力することが可能である。

#### (4) 入力速度の変化

システムを初めて使う大学生 1 名を被験者として、毎日 1 回 10 単語ずつ入力する実験を 30 日間にわたって行った。この実験は、スマートウォッチでメールの返信等の短い入力を日々行う場面を想定している。課題の単語は初心者実験と同じ方法で選んでいる。ただし、1 単語 1 回の出題とするために、単語数を 450 に増やしている。この実験では、被験者は都合がつく時間に課題を行っている。

図 6 に 1 か月間の入力速度と誤入力率を示す。1 日 1 分程度の短い

利用でも速度は向上し、最終日には 50[CPM] を超えている。日々の入力速度は変動しているが最終日においても上昇傾向にあるので、さらに速くなる可能性がある。30 日間の入力時間の合計は 39 分 28 秒なので、習熟に要する時間も短いといえる。操作に慣れてきた後半で誤入力が多くなっているが、20 日目以降は 3% 前後で推移している。

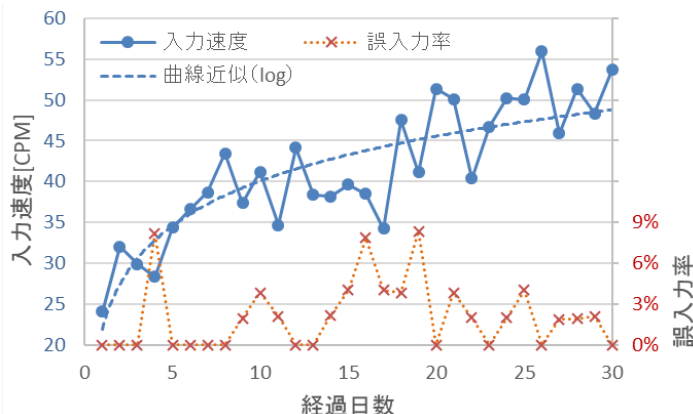


図 5 30 日実験の結果

#### (5) 矩形画面と円形画面の入力速度の比較

この実験では、「ん」を除く清音平仮名 45 文字を入力する速度を計測する。各被験者は、実験前に矩形画面の端末で 10 分間×9 日間の練習を行う。実験では、初めに矩形画面での入力速度を計測し、1 時間休んでから円形画面の入力速度を計測する。従って、円形画面では一切の練習を行わず計測している。計測実験では、平仮名 45 文字を入力する課題を 3 分間の休憩を挟んで 5 回行う。表 2 に被験者別の平均入力速度[CPM]と標準偏差 (括弧の中の数字) を示す。被験者間で速度の差が大きいが、被験者別に U 検定を行ったところ、すべての被験者で矩形画面と円形画面の速度に有意な差は認められなかった。

表 2 矩形画面と円形画面の入力速度[CPM]の比較

被験者	A	B	C	D	E
角型画面	31.0(1.1)	38.3(0.6)	42.7(1.3)	30.4(0.7)	29.6(0.5)
円形画面	28.7(2.1)	37.1(1.5)	42.5(1.3)	29.4(1.5)	28.5(1.2)

#### (6) 専用タッチボード

SliT では、12 種類 (6 開始位置×2 方向) のスライドインと 8 か所でのタップを使う。これらを判定できるデバイスがあれば、外部入力が可能となる。そこで、図 6 に示すタッチボードを作成した。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その間に割り当てられた値を出力する。スライドインは通過するタッチ位置の系列で判定する。評価実験では、スライドインの 98.7%、タップの 99.4% を正しく認識することができた。

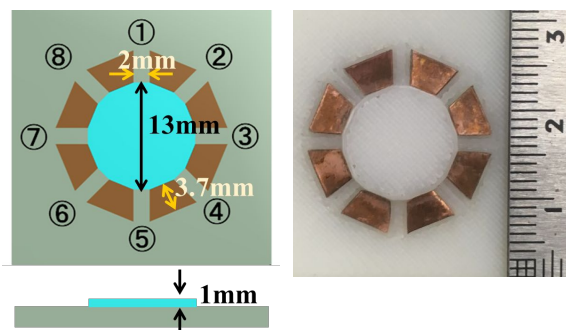


図 6 SliT 専用タッチボード

#### (7) まとめ

本研究ではスマートウォッチ向けの文字入力手法 SliT を開発した。SliT の 1 番目の特徴は既存手法に比べて待機状態におけるキーボードの画面占有率が低いことである。1.63 インチ正方形画面ならその 74% を、1.4 インチ円形画面ならその 78% を文字の表示に使うことができる。

2 番目の特徴は初心者でも容易に使えることである。評価実験では、使い始めから 20.6[CPM] の速度で入力できた。また、約 320 秒の使用で 28.7[CPM]で入力できるようになった。この時の誤入力率は 4.7%なので、初心者でも使いやすいシステムと言える。1 日 10 単語を 30 日間入力した実験では、総使用時間 40 分足らずで 50[CPM]を超える速度で入力できるようになったので、慣れることも速いと考えられる。3 番目の特徴は矩形画面と円形画面の両方に対応していることで、SliT を使えばどちらの画面でもほぼ同じ速度で文字を入力することができる。

## 5. 主な発表論文等

### 〔雑誌論文〕(計 5 件)

秋田光平, 田中敏光, 佐川雄二:「画面占有率の低いスマートウォッチ向け文字入力手法 SliT」, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.21, No.1, pp.131-140 (2019), 査読あり

坂香太朗, 田中敏光, 佐川雄二:「スマートウォッチ向け文字入力手法 SliT 専用のマイクロタッチボードの開発」, モバイル学会誌 Vol.8, No.1/2, pp.23-30 (2018), 査読あり

秋田光平, 安藤佐真, 田中敏光, 佐川雄二:「円形スマートウォッチ用のストロークタップによる文字入力」, モバイル学会誌 Vol.8, No.1/2, pp.9-14 (2018), 査読あり

尾崎尚人, 本多信吾, 田中敏光, 秋田光平, 佐川雄二:ストロークジェスチャとタップの組み合わせによる角型スマートウォッチ向けの文字入力手法, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.8, pp.1511-1519 (2018), 査読あり

坂香太朗, 田中敏光, 佐川雄二:「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」, モバイル学会誌 Vol.7 No.1/2, pp.15-22 (2017), 査読あり

### 〔学会発表〕(計 8 件)

秋田光平, 田中敏光, 佐川雄二:「SliT: 角・丸両方の画面に対応したスマートウォッチ向け文字入力手法」, ヒューマンインタフェース 2018, 09D (2018.9.6)

Kohei Akita, Toshimitsu Tanaka, Yuji Sagawa: “ SliT: Character Input System Using Slide-in and Tap for Smartwatches ”, Human-Computer Interaction. Interaction Technologies (20th International Conference, HCI International 2018, Las Vegas, NV, USA, July 15-20, 2018, Proceedings, Part II), pp. 3-16 (2018.7.20), 査読あり

秋田光平, 田中敏光, 佐川雄二:「スライドインによるスマートウォッチ向けの文字入力手法」, 情報処理学会インタラクティブ 2018 予稿集, 1B24,(2018.3.5)

坂香太朗, 田中敏光, 佐川雄二:「スライドインを用いたスマートウォッチ向け文字入力手法専用のタッチボード」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017, 6A1-1(2017.9.6)

秋田光平, 田中敏光, 佐川雄二:「スマートウォッチ向けのスライドインを用いた文字入力手法」, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2017, 5A2-1 (2017.9.5)

坂香太朗, 田中敏光, 佐川雄二:「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」, シンポジウム「モバイル'17」論文集, 2122 (2017.3.10)

秋田光平, 田中敏光, 佐川雄二:「入力領域縮小機能を追加したタブレット向けの親指ジェスチャーによる文字入力方式」, シンポジウム「モバイル'17」論文集, 2123 (2017.3.10)

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, 2124 (2017.3.10)

### 〔その他〕

ホームページ等

<http://www-ie.meijo-u.ac.jp/~tanaka/>

<http://www-ie.meijo-u.ac.jp/~tanaka/gallery.html> にデモ動画を掲載

## 6. 研究組織

### (2)研究協力者

研究協力者氏名: 秋田 光平

ローマ字氏名: (AKITA, kohei)

研究協力者氏名: 坂 香太朗

ローマ字氏名: (SAKA, koutaro)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。