

# ShuttleBoard: スマートウォッチにおけるタップ動作の少ない仮名文字入力手法

ShuttleBoard: Kana-Character Entry Method with Less Tap Action for Smartwatches

下岡 純也<sup>◆</sup> 山名 早人<sup>◆</sup>

Junya SHITAOKA Hayato YAMANA

近年スマートウォッチが普及しつつある。現在のスマートウォッチの多くは、音声入力以外の文字入力システムを搭載していない。これに対し、スマートウォッチに文字入力システムが搭載されれば、利用用途を増やすことができると考えられる。しかし、スマートウォッチはその他の携帯デバイスと比較してディスプレイが小さいことから、従来の入力手法をそのまま適用して使うことは困難である。本論文ではスマートウォッチに向けた、タップ動作の少ない仮名文字入力手法である「ShuttleBoard」を提案する。ShuttleBoard では、指を離さずに子音キーから母音キーになぞる操作を繰り返すことで、連続的に文字を入力することが可能である。これによりエラー率の低減、入力速度の向上を図る。被験者 24 人を対象に実験を行った結果、最終セッションにおいて入力速度 49.2CPM(Character per Minute)に達した。

## 1. はじめに

近年、ウェアラブル端末の市場が成長傾向にあり<sup>1</sup>、スマートウォッチもそのうちのひとつである。スマートウォッチは利用者への通知が主要な機能の一つとして挙げられるが、スマートウォッチにおいて文字入力が可能になれば、用途が格段に拡大することが予想される。例えば、メールの通知をスマートウォッチが受信した際に、スマートウォッチ上で文字を入力して返信することができれば、スマートフォンを取り出す手間を省くことができる。

現在利用されている携帯デバイスの多くはタッチパネルを搭載しており、タッチパネル上の操作によって文字を入力する。しかし、スマートウォッチはタブレットやスマートフォンに比べてディスプレイサイズが小さい。そのため、タブレットやスマートフォンで一般的に利用されているフリック入力やQWERTYキーボードをそのままスマートウォッチに適用して利用することは困難である。タッチパネルを用いない文字入力システムとして音声認識によるものがあるが、雑音が多い環境で誤認識が起きる可能性があることや、公共の場で使うことに抵抗を感じる人が多いことが問題として挙げられる。

従来からスマートウォッチのような超小型タッチパネル

に向けた文字入力手法は多く提案されている。英語を対象とした文字入力手法として、タップした位置を拡大表示することでより正確な入力を可能にする ZoomBoard [1]や、QWERTYキーボードを9つのブロックに分けることでスワイプだけによる入力を可能にした Swipeboard [2]、QWERTYキーボード上で上下にフリックすることで入力する Flickey [3]などがある。こういった英字入力手法を用いて日本語を入力する場合、1文字の平仮名を入力するために最大2文字のアルファベットを入力する必要があり、必要な操作が増える。したがって、日本語を対象とした入力手法が求められるが、既存研究は少なく、改善の余地がある。

本稿では、より少ないタップ動作で済む仮名文字入力手法である「ShuttleBoard」を提案する。ShuttleBoardは10個の子音キーと5個の母音キーの、合計15個のキーで構成される。子音キーから母音キーに指でなぞることで1文字が入力され、この動作を指を離さずに行うことで、連続的に文字を入力することが可能である。本手法が解決できる問題は2つある。

1つ目は入力エラーの問題である。超小型タッチパネルにスマートフォンなどで用いられる文字入力システムを適用すると、キーのサイズが小さくなることによって正確に捉えることができなくなる。また、スマートフォンにおいては、把持している手の親指で入力することが可能であり、操作指とタッチパネルの位置関係が変わりにくい。一方で、スマートウォッチの性質上、必然的に装着している腕とは反対側の手で入力することになり、操作指とタッチパネルの位置関係が変わりやすい。これらの要因により、指でタッチパネルをタッチする動作（以降、タッチダウンとする）の際に入力エラーが発生しやすくなる。提案手法ではタッチダウンを少なくすることで入力エラーを減少させる。

2つ目は入力速度である。速記においては、ペンを紙から離す動作が筆記速度の低下につながるということが知られている。現在Googleキーボード<sup>2</sup>に実装されている手法である Word-Gesture Keyboard [4]は、この考えを元にしており、提案手法でも同様に、指をタッチパネルから離す動作（以降、タッチアップとする）を少なくすることで入力速度の向上につながる。

本稿は以下の構成をとる。2章で関連手法を説明し、3章で提案手法について説明し、4章で比較実験について説明し、5章で長期実験について説明し、最後に6章でまとめる。

## 2. タッチパネル端末における文字入力手法に関する研究

本章では、タッチパネル端末における文字入力手法に関する研究を説明する。

### 2.1 超小型タッチパネルを対象とした文字入力手法

本節では超小型タッチパネルを対象とした文字入力手法を説明する。2.1.1項で英語を対象とした手法を説明し、2.1.2項で日本語を対象とした手法を説明する。

<sup>◆</sup> 早稲田大学理工学研究所  
junya.s@yama.info.waseda.ac.jp

<sup>▲</sup> 早稲田大学理工学術院 yamana@yama.info.waseda.ac.jp

<sup>1</sup> 総務省 | 平成 28 年版 情報通信白書 | ウェアラブル、  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc122520.html> (2016/12/12 アクセス)

<sup>2</sup> Google キーボード、  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.inputmethod.latin> (2016/12/13 アクセス)

2.1.1 英語を対象とした手法

ZoomBoard [1]では、初期状態においてQWERTY配列のキーボード全体が表示されている(図 2.1 (a))。キーボードを1回タップするとタップした位置が拡大表示され、続けてもう1度タップをすることで、タップされた文字が入力される(図 2.1 (b))。その後、元のキーボードサイズに戻る。1回目のタップで拡大表示することで、より正確な文字入力を可能にしている。左方向にフリックをすることで1文字削除、右方向にフリックをすることでスペースを入力できる。被験者実験の最終セッションにおいて、入力速度が9.3 WPM (word per minute : 1分間あたりの入力単語数)に達している。

Swipeboard [2]では、QWERTYキーボードが9つのブロックに分かれており、キーボード上でタップ、あるいは上下左右斜めの8方向のフリックを行うことによって1つのブロックを選択する(図 2.2 (a))。その後、さらにタップ、フリックを行うことによってブロック中の文字を選択する(図 2.2 (b))。フリックの方向だけで入力を識別するため、キーの位置にとらわれずに入力することができる。左下方向に2回フリックをすることで1文字削除、右下方向に2回フリックをすることでスペースを入力できる。被験者実験において、初回セッションではZoomBoardに劣ったものの、最終セッションにおいて19.58 WPMに達し、ZoomBoardを有意に上回る結果になっている。

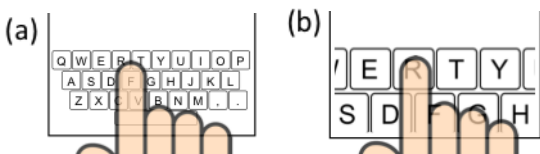


図 2.1 ZoomBoardで「R」を入力する例  
(a) 初期状態。(b) タップした位置が拡大表示される。

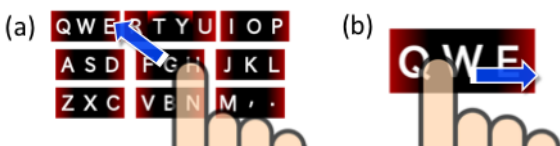


図 2.2 Swipeboardで「E」を入力する例  
(a) 初期状態から左上方向にフリック。(b) 右方向にフリック。

2.1.2 日本語を対象とした手法

我々は以前、スマートウォッチ向けのアイズフリー日本語入力手法を提案した [5]。本手法では、子音選択、母音選択の2回の操作によって平仮名1文字を入力する。子音選択の際に指1本でタップ、あるいは上下左右4方向のフリックで「あ行」～「な行」が選択でき、この操作を指2本で行うことで「は行」～「わ行」を選択できる。母音選択も指1本でのタップ、上下左右4方向のフリックにより行う。指の本数とフリックの方向によって入力を分けるため、アイズフリーでの入力がしやすくなっている。画面を見ない状態で被験者実験を行い、最終セッションにおいて平均21.1CPMに達した。本手法では平仮名1文字の入力に2回の操作が必要になることが課題として挙げられる。

フリック入力、現在タッチパネル端末において一般的に用いられている日本語入力手法である。10個の子音キー上で

タップ、あるいは4方向のフリックを行うことで平仮名1文字を入力することができる(図 2.3)。タップ、左フリック、上フリック、右フリック、下フリックがそれぞれ、「あ」、「い」、「う」、「え」、「お」の母音に対応している。一般的なフリック入力キーボードは4段5列のキーで構成される。平仮名1文字の入力を1回の操作で行うため、高速で入力することができる。しかしキーの数が20個と多いことから、超小型タッチパネルに適用するとキーのサイズが小さく、入力が困難になると考えられる。

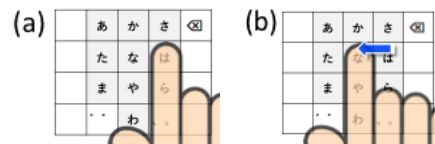


図 2.3 フリック入力で「ひ」を入力する例  
(a) 「は」をタッチダウン。(b) 左方向にフリック。

2.2 関連手法のまとめ

超小型タッチパネルを対象とした文字入力手法は多数提案されているが、その多くは英語の入力を対象としたものである。ローマ字方式により、英語入力手法でも日本語を入力することは可能である。しかし、「あ段」を除いて、平仮名1文字の入力には2文字のアルファベットの入力が必要であるため、効率が悪いと考えられる。

我々が以前提案した、スマートウォッチにおけるアイズフリー日本語入力手法では、フリックの方向だけで入力を分けることができるが、平仮名1文字の入力に子音選択、母音選択の2回の操作が必要になる。

フリック入力、平仮名1文字を1回の操作で入力することができる。しかし、フリック入力では通常20個のキーが必要であり、超小型タッチパネルにおいてはひとつひとつのキーが小さくなる。そのため、キー補足が困難であるとともに、ユーザ自身の指で複数のキーが遮蔽されること問題になる。

3. 提案手法

本章では提案手法のShuttleBoardについて説明する。

3.1 解決する課題

ShuttleBoardが解決する課題と、それに対する解決法を表 3.1に示す。

表 3.1 課題と解決法

課題	解決法
タッチダウンによるキー捕捉の困難性	キーの数を15個に抑える。 キーの捕捉をタッチダウンではなく、ドラッグにより行えるようにする。
文字入力に要するストローク数	1ストロークで複数文字を入力可能にする。
入力速度の低下	タッチアップの必要性の排除。
押下キーの指による遮蔽	押下中の文字をテキストフィールドに一時表示する。

3.2 文字入力手法

ShuttleBoardは15個のキーで構成され、上2段の10個が子音キー、下1段の5個のキーが母音キーになっている。子音キ

一から母音キーに指でなぞることで平仮名1文字を入力する。本手法では、次の文字の入力に移行する際もタッチアップする必要がない。

例えば、「りす」と入力する場合、まず子音キー「ら」をタッチダウンし、母音キー「I」にドラッグ、そのまま指を離さずに子音キー「さ」にドラッグし、母音キー「U」にドラッグする(図 3.1)。このように、提案手法では入力の終わりまでタッチアップすることなく連続的に文字を入力することができる。これにより、タッチアップの時間を削減するとともに、タッチダウンの際に起こりうるエラーを防ぐことができる。なお、本手法は1文字ごとに指を離して入力することも可能となっている。

文字削除は、10個の子音キーのいずれかをタップすることで実現する。また、エンターは2本指でキーボードをタップすることで入力できる。濁音・半濁音・小文字化については3.4節で説明する。



図 3.1 ShuttleBoardで「りす」と入力する例

(a) 初期状態。(b) 子音キー「ら」から母音キー「I」にドラッグ。(c) 指を離さず子音キー「さ」にドラッグし、母音キー「U」にドラッグ。

### 3.3 レイアウトおよび視覚フィードバック

母音キーと比較して子音キーは10個であるため、ユーザが子音キーの配置を覚えるのに時間がかかることが想定される。提案手法では母音キーを最下段に配置することにより、母音キーに指を乗せているときに子音キーが指で隠れにくくなっている。ユーザが入力文字を確定したとき指が母音キー上にあるため、次に入力する文字の子音キーの位置を目視で確認することができる。

ユーザが子音を決定した際、母音キーの表示がその子音に対応した平仮名に変化する。これにより、ユーザは自身が選択した子音を視覚的に確認することができる。また、ユーザが指を母音キーに置いているとき、そのキーの文字が対象のテキストフィールドに一時的に入力される。これにより、ユーザは自身がどの母音キーを押しているかを確認することができる。

### 3.4 濁音・半濁音・小文字化

平仮名の濁音化、半濁音化、小文字化(以降、まとめて「文字変換」とする)の方法は3通りある。

1つは、母音キー決定後、左右いずれかに指をスライドし、再びもとの母音キーに戻す方法である(図 3.2 (a))。この方法の場合、タッチアップすることなく文字変換が可能である一方で、ストロークがやや長くなるという欠点がある。

2つ目は、文字入力後に母音キーをタップする方法(図 3.2 (b))。文字変換する前にタッチアップしてしまった場合でも、5つの母音キーのいずれかをタップすることで直前の文字を文字変換することができる。しかし、この方法ではタッチダウンの回数が増えることが欠点として挙げられる。

3つ目は、母音決定後に上方向にフリックし、指を離す方法である(図 3.2 (c))。この操作は、指を離してしまった後でも行うことができる。1つ目の方法と比較してストロークが短く済むが、タッチアップする必要がある。これらの文

字変換操作を繰り返すことにより、小文字、濁音、半濁音を切り替えることができる。文字変換の順番は、小文字が優先され、次いで濁音、最後に半濁音が行われる。たとえば、「つ」を文字変換する場合は、「っ」、「づ」の順に変換され、「は」を文字変換する場合は、「ば」、「ぱ」の順に変換される。



図 3.2 「じ」を入力する例

(a) 横にスライドして戻す方法。(b) 文字入力後、母音キーをタップする方法。(c) 上フリックの方法。

### 3.5 入力キーの決定方法

子音キーから母音キー、または母音キーから子音キーに指でなぞる際、ユーザが意図していないキーの上を指が通過する可能性がある。そのようなキーを入力キーとして扱わないために、指の軌道の曲がり角度がある閾値を越えたときのみ、その最近傍のキーを入力キーとして扱う。より具体的には、キーボード上での指の座標を取得し続け、過去3点の座標のなす角度が閾値を越えたとき、その中点に最も近いキーを入力キーとして扱う。また、ユーザがタッチダウンしたキー、およびタッチアップしたキーも入力キーとして扱われる。

## 4. 既存手法との比較実験

本章では、ShuttleBoard, ZoomBoard [1], Swipeboard [2], フリック入力の4手法の比較実験について説明する。これらの手法を用いて被験者にスマートウォッチ上でフレーズの入力をしてもらい、その入力速度、およびエラー率を測定する。

### 4.1 被験者

大学生、大学院生の男女24名を被験者とする。うち、女性9名、男性が15名。年齢は18-24歳、平均21.0歳。右利きが22名、左利きが2名。文系学生が13名、理系学生が11名。

### 4.2 実験機材

提案手法と比較手法をAndroid Wear端末(SONY SmartWatch3 SWR50, ディスプレイサイズ:約1.6インチ)に実装する。スマートウォッチはスマートフォンとBluetooth通信を行い、フレーズの受信、入力結果の送信を行う。被験者に提示するフレーズはスマートフォンの画面に表示されるが、その画面は大型ディスプレイに複製表示され、被験者は大型ディスプレイ上に表示されるフレーズを見て入力することになる。全入力手法のキーボードは、スマートウォッチのディスプレイの下半分のサイズ(14.4mm x 28.7mm)に収める。なお、提案手法の文字変換方法は3通りの全て実装されており、被験者は任意の文字変換方法を選ぶことができるものとする。

### 4.3 フレーズセット

被験者が入力するフレーズとして、6~8文字の平仮名で構成されるフレーズを240個用意した。これらのフレーズを5つまとめたものを1つのフレーズセットとして、48個のフレーズセットに分ける。濁音・半濁音・小文字の数は、各フレーズセットで統一した。1人の被験者に対して同じフレーズセットは一度しか提示しない。

#### 4.4 実験手順

被験者ごとの1日の実験手順を以下に示す。

- 1) 4入力手法すべての入力方法の説明を10分間受ける。
- 2) 5分間、入力方法の説明資料を見ながら1つの入力手法の練習をする。
- 3) 2)で練習した入力手法で以下のセッションを6回繰り返す。
  - a) 大型ディスプレイに表示される提示フレーズをスマートウォッチで入力する。
  - b) 入力された文字列が提示フレーズと完全一致すると、システムがそれを自動検知し、次のフレーズを大型ディスプレイに表示する。これを1フレーズセット分（5フレーズ）繰り返す。
- 4) 5分間休憩。
- 5) 残りの3つの入力手法で2)~4)を行う。

上記の実験を2日間行う。したがって、被験者は全ての実験を通して240フレーズ入力することになる（5フレーズ x 6セッション x 4手法 x 2日間）。1日目と2日目の間隔は、9人が0日間、7人が1日間、4人が3日間、4人が7日間空いた。

入力の際には、なるべく正確、かつ速く入力するように指示した。また、入力ミスをしたときは提示フレーズと完全に一致するまで修正をしてもらう。

被験者の疲労や慣れにより入力手法ごとに偏りが出るのを防ぐため、被験者24人を6人1組の4つのグループに分け、使用する入力手法の順番をグループごとに変更した。

#### 4.5 評価指標

入力速度の評価指標としてCPM (Character per minute)を用いる。CPMは式(1)により計算する。「入力にかかった時間」は、フレーズが提示された後、被験者が初めにキーボードにタッチしたタイミングから、入力文字が提示フレーズと完全に一致したタイミングまでの時間である。

$$CPM = \frac{\text{提示フレーズの文字数}}{\text{入力にかかった時間 (分)}} \quad (1)$$

入力速度に加えて、Cerr (Corrected error rate), つまり修正したエラー率を測る [6]。Cerrは式(2)により計算する。

$$Cerr = \frac{\text{修正した文字数}}{\text{入力した文字数}} \times 100 \quad (2)$$

#### 4.6 結果・考察

各入力手法の各セッションにおける平均入力速度を図4.1に示す。最終セッションにおける平均入力速度は、Swipeboardが30.5CPM, ZoomBoardが34.7CPM, ShuttleBoardが49.2CPM, フリック入力が90.7CPMとなった。ShuttleBoardがZoomBoard, Swipeboardよりも高い入力速度を出しているものの、フリック入力を下回っている。

各入力手法の各セッションにおける平均修正済みエラー率を図4.2に示す。最終セッションのエラー率は第1セッションと比較して、ZoomBoardは約1.1ポイントの増加、フリック入力は約0.3ポイントの増加、Swipeboardは約8.1ポイントの減少、ShuttleBoardでは約4.5ポイントの減少が見られる。全体として、ShuttleBoardが4手法の中で最もエラー率が高い。最終セッションにおいてはShuttleBoardのエラー率が増加している。最終セッションの提示フレーズに目立った特徴もなく、最終セッションであることによる被験者の気の緩みが原因ではないかと考える。

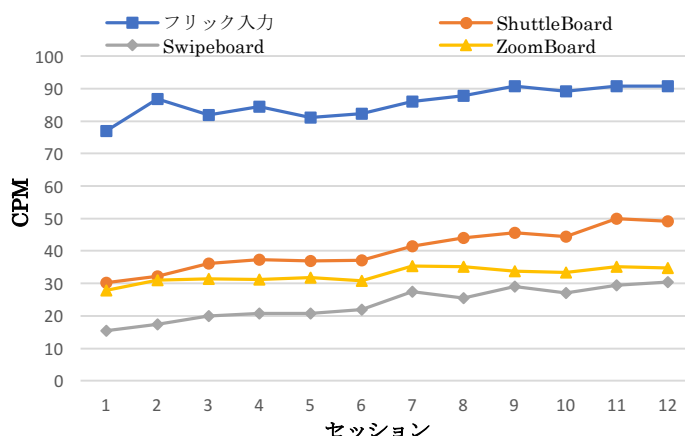


図 4.1 各手法の各セッションにおける平均CPM

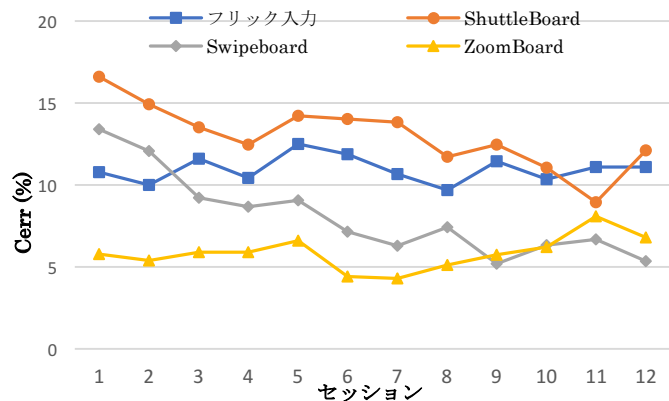


図 4.2 各手法の各セッションにおける平均Cerr

#### 4.6.1 アンケート結果

実験最終日の最後にとったアンケートの結果を以下に示す。

- フリック入力の利用経験は、まったく経験のない被験者が3名、利用したことはあるが普段は利用しない被験者が5名、2年以上利用している被験者が16名。
- ShuttleBoardを用いて入力する際、1文字ごとに指を離して入力していた被験者が16名、なるべく離さずに入力していた被験者が8名。
- 一番使いやすかった文字変換の方法として、21人が母音キーをタップする方法挙げ、1人が横にスライドして戻す方法を挙げ、2人が上方向にフリックする方法を挙げた。

#### 4.6.2 フリック入力の経験が少ない被験者との比較

フリック入力が他手法を上回る結果を出している要因として、多くの被験者がフリック入力を長期的に利用しており、他の手法と比較して慣れていることが挙げられる。全被験者によるShuttleBoardの結果と、フリック入力経験が少ない被験者（8人）によるフリック入力の結果の比較を図4.3, 図4.4に示す。使用経験の少ない被験者の場合でも、フリック入力のほうがShuttleBoardより速いことがわかる。しかし、フリック入力よりもShuttleBoardのほうが、第1セッションから最終セッションまでのCPMの増加が大きいことが見て取れる。

ここで、フリック入力経験が少ない被験者によるフリック入力速度の成長率と、全被験者によるShuttleBoardの入力速度の成長率に有意差があるかt検定を行う。有意水準5%で片側検定のt検定を行ったところ、 $t(30) = 2.33, p = .013$  で、有意差が認められた。なお、「入力速度の成長率」は以下で定義する。

- 1) 計測データを最小二乗法により線形に近似する。つまり、第*n*セッションの CPM を  $y_n$  としたとき、式(3)の SSR (残差平方和) を最小化する係数  $a, b$  を求め、回帰直線  $y = ax + b$  を得る。

$$SSR = \sum_{i=1}^{12} (y_i - ai - b)^2 \quad (3)$$

- 2) 得られた回帰直線から、第*n*セッションにおける推定値は、 $\hat{y}_n = an + b$  で求められる。
- 3) 第1セッションにおける推定値  $\hat{y}_1$  と、最終セッションにおける推定値  $\hat{y}_{12}$  を用いて、入力速度の成長率を式(4)により定義する。

$$\text{入力速度の成長率} = \frac{\hat{y}_{12}}{\hat{y}_1} \quad (4)$$

エラー率についてもShuttleBoardのほうが減少傾向にあることが見られる。しかし、フリック入力経験が少ない被験者によるフリック入力のエラー率の減少量と、全被験者によるShuttleBoardのエラー率の減少量に対して、有意水準5%で片側検定のt検定を行ったところ、 $t(30) = 1.67, p = .052$  で有意差は見られなかった。なお、「エラー率の減少量」は以下で定義する。

- 1) 入力速度の成長率と同様に、エラー率から回帰直線  $y = ax + b$  を求める。
- 2) 第1セッションにおける推定値  $\hat{y}_1$  と、最終セッションにおける推定値  $\hat{y}_{12}$  を用いて、エラー率の減少量を式(5)により定義する。

$$\text{エラー率の減少量} = \hat{y}_1 - \hat{y}_{12} \quad (5)$$

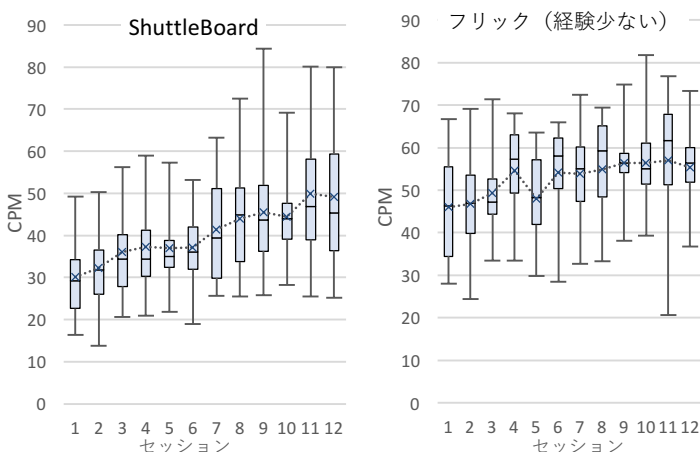


図 4.3 全被験者によるShuttleBoardの入力と、フリック入力経験が少ない被験者 (8人) によるフリック入力のCPM

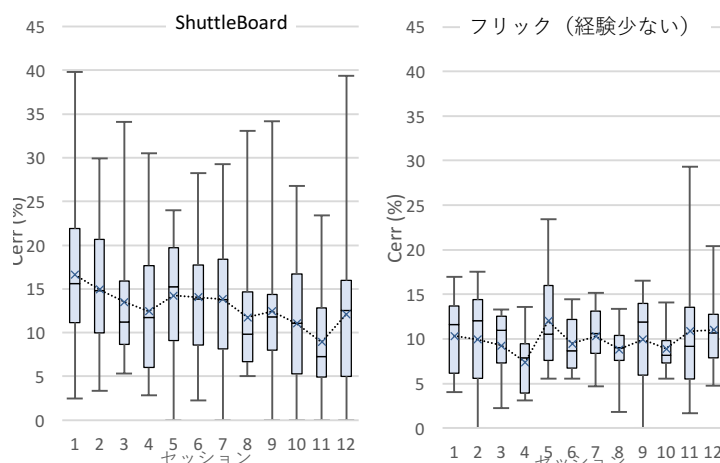


図 4.4 全被験者によるShuttleBoardの入力と、フリック入力経験が少ない被験者 (8人) によるフリック入力のCerr

### 4.6.3 提案手法の入力方法の違いによる比較

ShuttleBoardの入力方法として、16名の被験者が1文字ごとに指を離して入力しており、8名の被験者がなるべく指を離さずに入力していた。この結果を受け、本項では2群間の比較、考察を行う。

ShuttleBoardにおいて1文字ごとに指を離す被験者 (16人) と、ShuttleBoardにおいてなるべく指を離さずに入力する被験者 (8人) の入力速度を図 4.5に示す。4.6.2と同様に、二群の入力速度の成長率に対して有意水準5%で片側検定のt検定を行ったところ、 $t(22) = 2.15, p = .021$  で、タッチアップしない場合の成長率が有意に高かった。

また、ShuttleBoardにおいて1文字ごとに指を離す被験者 (16人) と、ShuttleBoardにおいてなるべく指を離さずに入力する被験者 (8人) の修正済みエラー率を図 4.6に示す。4.6.2と同様に、二群のエラー率の減少量に対して有意水準5%で片側検定のt検定を行ったところ、 $t(22) = 2.18, p = .020$  で、タッチアップしない場合の減少量が有意に大きかった。

多くの被験者が1文字ごとにタッチアップしていた理由として、子音キーの配置を覚えられていないためだと考える。子音キーの配置を覚えられている場合、指の動きを止めることなく次の子音キーに移行することができる。しかし覚えられていない場合、子音キーの配置を確認する時間を要するため、確認中にタッチアップすることが時間的なコストにならないと考えられる。したがって、ShuttleBoardをより長期的に利用することで子音キーの配置を覚えれば、タッチアップが時間的なコストになり、タッチアップしないほうがより高速に入力できるようになると考える。

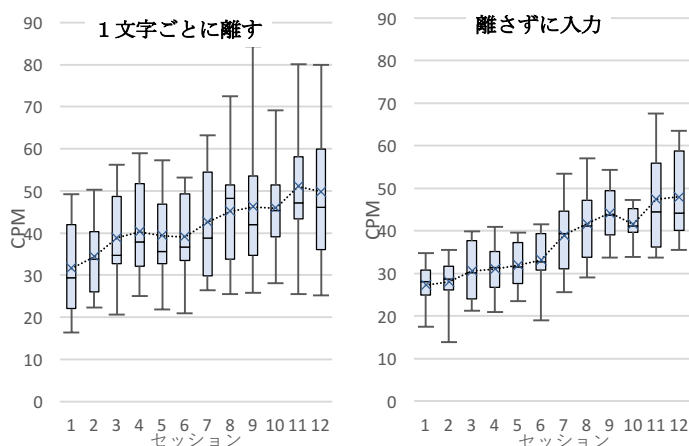


図 4.5 ShuttleBoardにおいて1文字ごとに指を離す被験者 (16人) と, ShuttleBoardにおいてなるべく指を離さずに入力する被験者 (8人) のCPM

## 5.2 フレーズセット

フレーズは6~8文字の平仮名で構成され、1つのフレーズセットは5つのフレーズから成る。60個のフレーズセットを用意する。濁音・半濁音・小文字の数は、各フレーズセットで合計8文字に統一した。被験者は1つのセッションで1つのフレーズセットの入力を行い、全ての実験を通して同じフレーズセットは一度しか入力しない。

## 5.3 実験手順

被験者ごとの1日の実験手順を以下に示す。

- 1) 5分間、入力方法の説明資料を見ながらShuttleBoardの練習をする。
- 2) 以下のセッションを12回繰り返す。
  - a) スマートフォンに提示されるフレーズをスマートウォッチで入力する。
  - b) 入力された文字列が提示フレーズと完全一致すると、システムがそれを自動検知し、次のフレーズを大型ディスプレイに表示する。これを1フレーズセット分 (5フレーズ) 繰り返す。

上記の実験を5日間行う。したがって、被験者は全ての実験を通して300フレーズ入力することになる (5フレーズ x 12セッション x 5日間)。実験日の間隔は、1日間まで空くことを許容した。入力の際には、なるべく正確、かつ速く入力するように指示した。また、入力ミスをしたときは提示フレーズと完全に一致するまで修正をしてもらう。入力するフレーズセットの順番は各被験者で統一した。

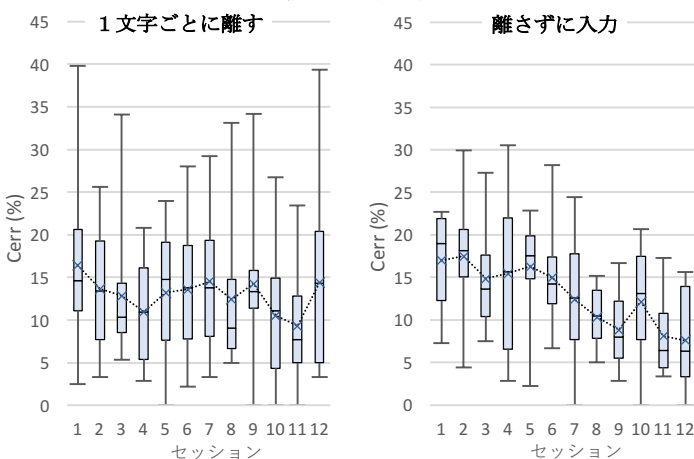


図 4.6 ShuttleBoardにおいて1文字ごとに指を離す被験者 (16人) と, ShuttleBoardにおいてなるべく指を離さずに入力する被験者 (8人) のCerr

## 5.4 結果

本節では長期実験の結果を示す。5.5項で入力速度・修正済みエラー率の結果を示し、5.6項でアンケートの結果を示す。

## 5.5 入力速度・修正済みエラー率

長期実験の各セッションにおける平均入力速度を図5.1に、平均修正済みエラー率を図5.2に示す。なお、4.6節の比較実験における全被験者によるShuttleBoardの結果、2年以上の経験がある被験者によるフリック入力の結果、経験が少ない被験者によるフリック入力の結果も併せて載せる。

### 4.6.4 まとめ

本章では、ShuttleBoardと既存手法の比較実験を行った。実験の結果、入力速度の面でZoomBoard, Swipeboardを上回ったものの、フリック入力には劣った。しかし、経験の少ない被験者によるフリック入力と、ShuttleBoardを比較したところ、入力速度の面でShuttleBoardの成長率が有意に高かった。また、1文字ごとにタッチアップする被験者と、タッチアップせずにつなげて入力する被験者では、つなげて入力する被験者の成長率が有意に高かった。これらのことから、長期的に利用し、タッチアップせず入力することに慣れることで、フリック入力を上回る可能性がある。

本実験の結果から、より長期的な実験が必要であると判断した。長期実験について5章で説明する。

## 5. 長期実験

本章では、ShuttleBoard単体での長期実験を行う。なお、実験機材は4.2節と同様のものを用いる。

### 5.1 被験者

4章の比較実験に参加していない大学生、大学院生合計3名を被験者とする。女性1名、男性2名。

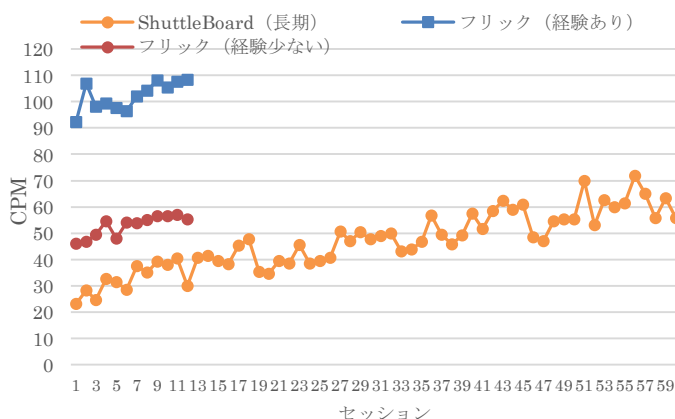


図5.1 長期実験におけるShuttleBoardの平均CPM

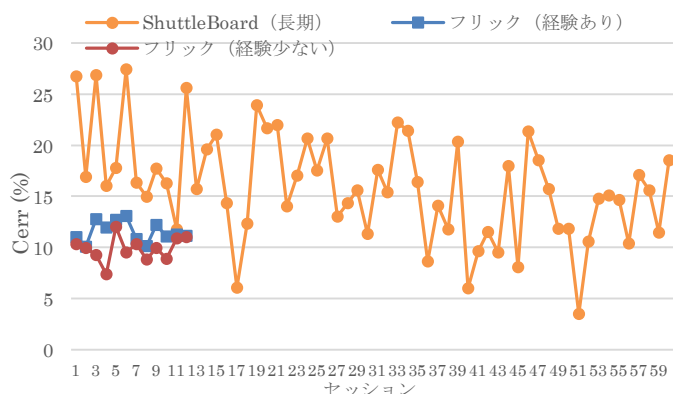


図5.2 長期実験におけるShuttleBoardの平均Cerr

### 5.6 アンケート結果

アンケートの結果、被験者3名のうち、1人が1文字ごとにタッチアップして入力し、2人が指を離さずにつなげて入力していた。また、一番使いやすい文字変換の方法として、2人が母音キーをタップする方法挙げ、1人が横にスライドして戻す方法を挙げた。

### 5.7 考察

ShuttleBoardの長期実験における入力速度はセッションを追うに連れて向上しているが、2年以上の経験者によるフリック入力の速度を上回ることにはできていない。しかし、経験の少ない被験者によるフリック入力を上回る入力速度を出している。また、ShuttleBoardの入力速度は向上を続けていることが見られる。

ShuttleBoardの長期実験におけるCerrを最小二乗法により線形に近似すると、傾きは-0.129であり、低下傾向にあることがわかる。

## 6. まとめ

本稿では、スマートウォッチを対象としたタップ動作の少ない仮名文字入力手法である「ShuttleBoard」を提案した。ShuttleBoardは、子音キーから母音キーに指でなぞることで1文字を入力し、指を離さずにこの動作を繰り返すことが可能である。タッチアップ、タッチダウンの回数を少なくすることにより、エラー率の低減、入力速度の向上を図った。被験者24人を対象に比較実験を行なったところ、最終セッションにおいて49.2CPMと、フリック入力に次ぐ入力速度を達成した。

長期実験では、2年以上の経験者によるフリック入力の速度を上回ることにはできなかったが、ShuttleBoardの入力速度が向上し続けていることが観測された。成長具合を比較するために、非経験者によるフリック入力の長期実験も行うことが望まれる。

今回の実験ではShuttleBoardのエラー率が他手法よりも高い値を示していたことから、エラー率を低減させることで、ShuttleBoardの入力速度がさらに向上すると予想される。改善案として、Flickey [3]のように、指で遮蔽された領域をユーザから見える位置に表示することで、正確にキーを捉えられるようになるのではないかと考える。

### [文献]

- [1] S. Oney, C. Harrison, A. Ogan and J. Wiese, "ZoomBoard: a diminutive qwerty soft keyboard using iterative zooming for ultra-small devices", Proc. of the SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems. ACM (2013).
- [2] X. A. Chen, T. Grossman and G. Fitzmaurice, "Swipeboard: a text entry technique for ultra-small interfaces that supports novice to expert transitions", Proc. of the 27th Ann. ACM Symp. on User Interface Software and Technology (2014).
- [3] 石井晃, 箱田博之, 志築文太郎, 田中二郎, "Flickey: 超小型タッチスクリーン端末におけるフリックに基づくQWERTY キーボード", 情報処理学会 インタラクシオン (2016).
- [4] S. Zhai and P. O. Kristensson, "The Word-Gesture Keyboard: Reimagining Keyboard Interaction", CACM Vol.55, No.9, pp. 91-101, (2012).
- [5] 下岡純也, 浅井洋樹, 山名早人, "スマートウォッチにおけるアイズフリー日本語入力手法, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ", pp. 145-146, (2015).
- [6] R. W. Soukoreff and I. S. MacKenzie, "Metrics for text entry research: an evaluation of MSD and KSPC, and a new unified error metric", Proc. of the SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems, pp. 113-120, (2003).

下岡 純也 Junya SHITAOKA

早稲田大学理工学研究科.

山名 早人 Hayato YAMANA

早稲田大学理工学術院 教授.