

少数キーによるスマートウォッチ向け かな文字入力方式の評価

安福 和史¹ 中村 喜宏¹

概要: 近年, スマートウォッチと呼ばれる腕時計型のウェアラブル端末が注目されている. スマートウォッチは既存の携帯型端末に比べて表示画面が格段に小さいため, 十分な大きさのキーを配置することができない. そのため, オクルージョンの問題やファットフィンガー問題が発生し, スマートウォッチで文字を入力することは困難である. 日常的に使用するキーボードとしての実用性を考慮すると, これらの問題の改善に加えて高い入力性能を兼ね備えている必要がある. そこで我々は, タッチダウンキーから隣接キーへのスライドで入力可能な文字群を切り替えることで入力に必要なキーの数を4つにしたかな文字入力方式を提案する. 提案方式はキーの数を4つにすることで各キーに十分な大きさを確保してオクルージョン・ファットフィンガー問題を改善する. さらに, 隣接キーへのスライドで文字群を切り替える仕組みにより, 1文字を1ストロークで入力することができ高い入力性能を有する. 提案方式の有効性を検証するために20日間の文字入力実験を実施した. 結果, 入力速度は70.6CPM, エラー率 (Cerr) は9.01%となりキーの数を4つにしたスマートウォッチ向けのかな文字入力方式として有効性が示された.

A Japanese Text Entry Method for Smartwatches with a Few Key

1. はじめに

近年, スマートウォッチと呼ばれる腕時計型のウェアラブル端末が注目されている. スマートウォッチは, 主に電話やメール, SNSの通知, 各種センサを用いた健康管理やナビゲーションに利用されている. 音声入力やQWERTY・フリックキーボードなどのソフトウェアキーボードを備えており簡単な文章を入力することも可能である. しかし, 音声入力は雑音環境下で認識率が低く, プライバシーやセキュリティの観点から使用できる環境に限られる. 現状のソフトウェアキーボードはスマートウォッチの小さい領域に12から30個程度のキーを配置する必要があり各キーに十分な大きさを確保することができない. そのため, キーが指に隠れてしまい入力の妨げとなるオクルージョンの問題, キーが指よりも小さくなり押下したいキーを正確に押下できないファットフィンガー問題 [1], [2] が発生し, スマートウォッチで文字を入力することは非常に困難である. これらの問題を改善した小型端末向けのキーボードはいく

つか提案されているが, その多くはQWERTYキーボード(アルファベット入力)をベースとした方式であるため, かな文字を入力するには複数回の操作が必要となり入力時間とエラー(誤入力)の増加につながる. また, スマートウォッチの文字入力にはオクルージョン・ファットフィンガー問題の改善は必須だが, これらを改善するだけで入力性能が伴わなければ実用的とはいえない.

そこで我々は, キーの数を2×2の4つにしたフリックキーボードベースのスマートウォッチ向けかな文字入力ソフトウェアキーボードを提案する. 提案方式は各キーに3つの文字群(合計15文字)が割り当てられており, タッチダウンキー上でのフリックで1文字群(5文字)を入力し, タッチダウンキーから水平方向もしくは垂直方向に隣接しているキーへ指をスライドすることでスライド方向に応じて残り2つの文字群に切り替えて入力を行う. この仕組みにより4キーで60文字の入力が可能となり, またフリックによる入力とスライドによる文字群の切り替えを1ストロークでシームレスに行うことができる.

提案方式はキーの数を4つにすることで, 各キーに十分な大きさを確保し, オクルージョン・ファットフィンガー問題の改善を図り, かつ文字をパターンとして1ストロー

¹ 日本大学大学院 生産工学研究科
Graduate School of Industrial Technology, Nihon University,
Narashino, Chiba 275-8575, Japan

クで入力できることから高速な文字入力およびエラーの少ない入力が可能であると考えられる。提案方式のスマートウォッチにおけるかな文字入力方式としての有効性を検証するために評価実験を行った。

2. 関連研究

スマートウォッチのための文字入力については様々な方式が提案されている。

ZoomBoard[3] はタップによりキーボードを段階的に拡大表示することで、表示されるキーの数を減らして選択しやすくする方法である。キーボードそのものを拡大するのではなく指で隠された部分をふきだし部分に拡大表示し、指の動きで選択する ZShift[4] やフリック操作で選択する Flicky[5] などがある。SplitBoard[6] は左右 2 分割されたキーボードをスワイプにより選択した後、所望のキーをタップする方法である。Swipeboard[7] は QWERTY キーボードを 9 つに分割した領域をスワイプにより選択した後、領域に含まれる 3 文字から所望の文字をスワイプで選択する方式である。HARI キーボード [8] は円形の画面の周囲に子音が配置されており子音にタッチした指を画面の中心まで動かすと画面の周囲に母音が配置され、そのまま指を入力したい母音の上まで動かしタッチアップすることで 1 ストロークで文字が入力できる方式である。BubbleFlick[9] は円形の画面の周囲に各行のあ段の文字を環状に配置し文字にタッチするとその周りに放射状に当該行の文字が表示され、対象文字の方向にフリックすることで文字を入力する方式である。さらに、この方法を改良した BubbleSide[10] では環状に配置した 1 段目の文字をタッチすると画面中心に向かって当該行の文字が 1 列に並ぶように表示し、指をスライドして選択する方式である。尾崎らの方式 [11] は角型の画面を対象とし、行は画面の四隅のいずれかから始まるストロークジェスチャで指定し、段はその後表示される当該行の文字をタップで指定する方式である。主にキーボードの画面の占有率の低さを目的としている。No-look Flick[12] はスマートフォン向けのアイズフリーな文字入力方式である。画面を 3 つの領域に分割し、そのうちの 2 つの領域を子音に、1 つを母音に割り当てて、子音、母音の順に 2 回のフリックで 1 文字を入力する。この方式はキーが 3 個あれば入力できるためそのままスマートウォッチへの適用も可能と考えられる。

本研究では、かな文字を 1 ストロークで入力可能なフリック方式の利点を生かしながら、ファットフィンガーやオクルージョンの問題を改善し、さらに入力性能に優れたスマートウォッチ向けかな文字入力方式について検討する。

3. 提案方式

提案方式は 2×2 の 4 つのキーで構成されたフリックキーボードベースのスマートウォッチ向けかな文字入力ソフト



図 1 提案方式

Fig. 1 A proposed method.

ウェアキーボードである (図 1)。各キーには自キー上で入力できる 1 つの文字群 (以降、メイン文字群) と、隣接キー中央にスライドすることで入力できる 2 つの文字群 (以降、サブ文字群) の合計 3 つの文字群が割り当てられている。キーに対してタッチダウンすることでメイン文字群の入力状態となるが、水平方向もしくは垂直方向に隣接しているキー中央へ指をスライドすることで方向に応じたサブ文字群の入力状態へと切り替える仕組みを備えている (図 2)。この仕組みにより、4 つのキーのみでも 60 文字 (5 文字 × 3 方向 × 4 キー) を割り当てることができ、「かな文字 46 個」と「特殊文字 14 個」を入力することが可能である。

提案方式はキーの数を 4 つに限定することで 1 つのキーサイズを大幅に大きくすることができ、さらに 2×2 のキー配置のため正確にキーの位置を把握する必要がなくキーが指に隠れてしまっても入力の大きな妨げにならない。また、清音 (濁点や小文字などの特殊文字を除いた文字) を 1 つのパターンとして記憶して、1 ストロークで入力することができるため習熟すれば素早く、エラーの少ない文字の入力が期待できる。

以上から、提案方式はオクルージョン・ファットフィンガー問題を改善し、かつ高い入力性能を有していると予想されスマートウォッチのかな文字入力方式として有効であると考えられる。

3.1 入力方法

文字の入力例を図 3 に示す。図 3 は「こんにちは」と入力した場合の例である。図 3 からわかるように、提案方式は自キー上での入力 (メイン文字群の入力) とスライド先キー上での入力 (サブ文字群の入力) に分かれている。キーの選択とメイン文字群の入力、サブ文字群の入力について以下に説明する。

3.1.1 キーの選択

各キーの中央にはメイン文字群、その周囲の隣接キー側には対応した方向のサブ文字群の「あ段」の文字が表示されている (以降、ガイド)。ガイドに従い入力したい文字が割り当てられているキーに対してタッチダウンする。キーにタッチダウンすることで、そのキーに割り当てられているメイン文字群の入力状態が開始される。

3.1.2 メイン文字群の入力

入力したい文字がメイン文字群の場合は、タッチダウン

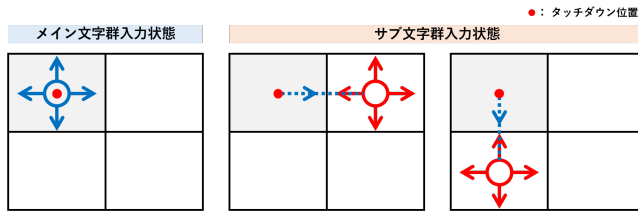


図 2 提案方式の入力方式

Fig. 2 Input Method of proposed method.

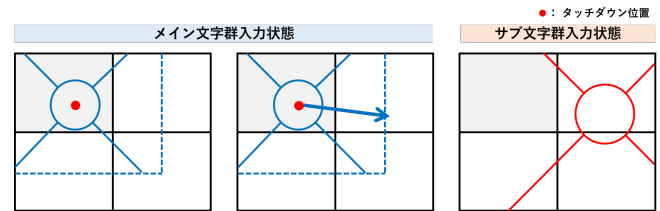


図 4 文字判定アルゴリズム

Fig. 4 Character decision algorithm.

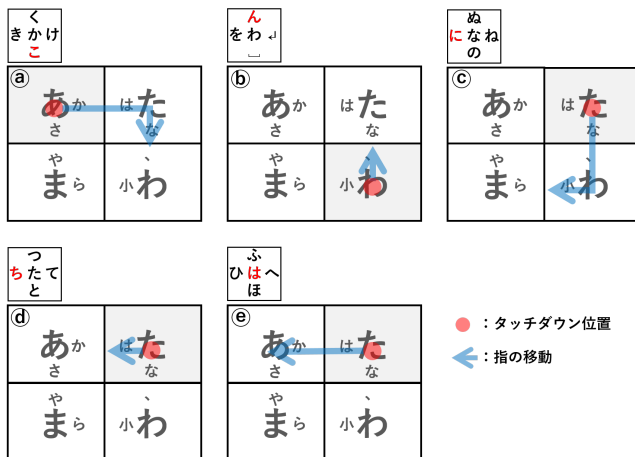


図 3 文字入力例（入力文字：こんにちは）

Fig. 3 Examples of text entry.

したキー上でタッチアップ・フリック操作を行う。タッチアップ（タップ）で「あ段」、左フリックで「い段」、上フリックで「う段」、右フリックで「え段」、下フリックで「お段」の文字が入力される。

3.1.3 サブ文字群の入力

入力したい文字がサブ文字群の場合は、タッチダウンしたキーからガイドに従い水平方向もしくは垂直方向に隣接しているキーの中央に指をスライドしてサブ文字群の入力状態に切り替える。そして、スライドしたキー上でタッチアップ・フリック操作を行う。タッチアップで「あ段」、左フリックで「い段」、上フリックで「う段」、右フリックで「え段」、下フリックで「お段」の文字が入力される。なお、一度サブ文字群の入力状態に切り替えた場合はメイン文字群の入力状態に戻せない仕様となっている。これは文字群の修正よりもサブ文字群に切り替わった後に大きくフリックできるメリットを優先したからである（詳細は次節）。

以上のように、提案方式はフリックとフリックを延長したスライドを用いることで「文字群（子音，行）の選択」と「文字（母音，段）の選択」を1ストロークでシームレスに行うことが可能である。

3.2 文字判定アルゴリズム

前節の「入力方法」では分かりやすさを優先して「タッチアップ」や「上フリック」など大雑把な説明を行ったた

め本節ではより詳細な文字判定のアルゴリズムを説明する。左上キーにタッチダウンした場合のメイン文字群の入力状態と、そこから右上キーにスライドしたサブ文字群の入力状態を図4に示す。各入力状態の文字判定を以下に説明する。

3.2.1 メイン文字群の入力状態

タッチダウン位置を中心に直径がキー横幅の50%の円形領域と、その周囲からタッチダウンキーの1.5倍の範囲（隣接キー中央）まで上下左右のフリック領域を展開する（図4左）。展開された円形領域、フリック領域のいずれかの中でタッチアップすることで、それぞれ割り当てられているメイン文字群の文字が入力される。フリック領域をキーサイズの1.5倍までにするのは、スライドではない小さい指の移動（フリック）による入力状態の誤切り替えを軽減するためである。図4中央のように、展開されたフリック領域外（隣接キー中央）までスライドするとサブ文字群の入力状態に切り替わる。また、キーの外側付近にタッチダウンした場合は円形領域がキーボードをはみ出した部分が欠けた状態で展開されるが、キーボードの周囲には数mm程度の余白部分があるため、そちら側にフリックして文字を入力することができる。

3.2.2 サブ文字群の入力状態

スライドによってサブ文字群の入力状態に切り替わった位置を中心に直径がキー横幅の60%の円形領域と、その周囲からキーボード全体まで上下左右のフリック領域を展開する（図4右）。展開された円形領域、フリック領域のいずれかの中でタッチアップすることで、それぞれ割り当てられているサブ文字群の文字が入力される。円形領域をメイン文字群の入力状態よりも大きくするのはスライド後のタッチアップ時に指がずれてしまうことによる誤入力を軽減するためである。また、キーの外側付近にスライドした場合は、円形領域がキーボードをはみ出した部分が欠けた状態で展開されるが、キーボードの周囲には数mm程度の余白部分があるため、そちら側にフリックして文字を入力することができる。

3.3 文字割り当て

各キーには1つのメイン文字群と2つのサブ文字群が割り当てられている。タッチ位置でのタッチアップ（タップ）

表 1 文字の割り当て
Table 1 Assignment of characters.

タッチキー	スライド先	中央	左	上	右	下
左上	→右上 →左下	あ か さ ま	い き し ら	う く す る	え け せ れ	お こ そ ろ
右上	→右下 →左上	た な は	ち に ひ	つ ぬ ふ	て ね へ	と の ほ
左下	→左上 →右下	ま や ら	み ・ り	む ゆ る	め ・ れ	も よ ろ
右下	→左下 →右上	わ [記号] 、	を [BS] 。	ん [英] ?	[確定] [数] !	[空白] [小] ー

に「あ段」、左フリックに「い段」、上フリックに「う段」、右フリックに「え段」、下フリックに「お段」が割り当てられており、入力状態の文字群の対応した方向（位置）の文字が入力される。

各キーに割り当てられている文字を表 1 に示す。上から左上キー、右上キー、左下キー、右下キーに割り当てられている 3 つの文字群を示している。各キーの一番上の 1 行がメイン文字群、残りの 2 行がサブ文字群の割り当てである。スライド先列の「→キー名」はそのキー名へのスライドを表している。左上キーを例として説明する。メイン文字群には「あ行」が割り当てられている。右上キーへスライドした場合のサブ文字群には「か行」が割り当てられている。左下キーへスライドした場合のサブ文字群には「さ行」が割り当てられている。そして、それぞれ対応した方向に対応した段の文字が割り当てられている。

日本語の出現頻度を考慮した効率的な文字割り当てがあるかもしれないが、本研究では習熟のしやすさを優先し 50 音を先頭から割り当てた。

3.4 視覚フィードバック

提案方式はユーザの入力を補助するための視覚的なフィードバックを提供する（図 5）。キーにタッチしている間、キーボード上部に入力状態の文字群をフリック方向に対応した配置で表示する（現在選択されている文字は赤字）。また、タッチ状態のキーに対して指を動かしている方向側に開いたオレンジ色の三角形を表示する。サブ文字群入力状態になった場合はスライド元キーの三角形を残しつつ、スライド先キーで同様に指を動かしている方向側に開いた赤色の三角形を表示する。これらの視覚フィードバックは入力状態の文字群と文字、フリック方向、スライド方向、スライド元キーを確認することができ文字割り当てをまだ覚えていない初心者への入力支援と文字割り当ての学習支援を目的としている。

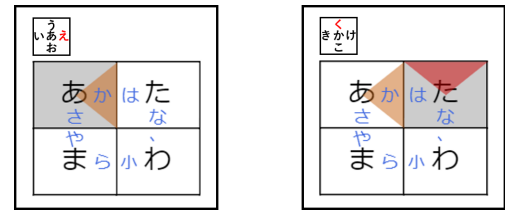


図 5 視覚フィードバック

Fig. 5 Visual feedback.

4. 評価実験

提案方式のオクルージョン・ファットフィンガー問題への有効性、入力速度とエラー率を検証するために No-look Flick[12] を比較対象としてキーボード上部に表示される単語を入力していく文字入力実験を行った。

実験は大学生と大学院生の男性 7 名（年齢：21-26 歳）に協力してもらった。参加した 7 名は全員が右利きであり、普段からスマートフォンでフリックキーボードを用いた文字入力を行っていた（利用歴：8-10 年）。実験ではスマートウォッチを想定した実験用プロトタイプキーボードをスマートフォン上に実装し、それを腕にリストバンドで装着して実験を行った。使用したスマートフォンは、Android 端末の ZenFone2 Laser（画面サイズ：5 インチ、解像度：1280×720）である。

4.1 比較対象

文字入力実験における提案方式の比較対象として No-look Flick を選択した。No-look Flick は 2 つの子音キーと 1 つの母音キーで構成されており、フリックキーボードをベースとしたスマートフォン向けのアイズフリーかな文字入力方式である。基本的には、子音キーで子音を選択し、続いて母音キーで母音を選択して 1 文字の入力を行う。スマートウォッチ向けに開発された方式だが、3 つのキーのみでかな文字を入力できることからスマートウォッチのかな文字入力としても非常に有効であると考えた。No-look Flick は 3 キー（母音キーが 2 キー分のサイズのためキーボードサイズは実質 4 キー）を用いて 2 フリックで 1 文字を入力する方式であり、提案方式は 4 キーを用いて 1 ストロークで 1 文字を入力する方式である。よって、使用するキーの数がほぼ同じ方式として、1 ストローク入力と 2 フリック入力のどちらがスマートウォッチの入力に適しているか比較検証できることから No-look Flick を比較対象として選択した。

4.2 用意したキーボード

想定したスマートウォッチの画面サイズは、24mm×24mm とし入力フォームやフリックのための余白を考慮して、20mm×16mm をキーボード領域とした。そして、

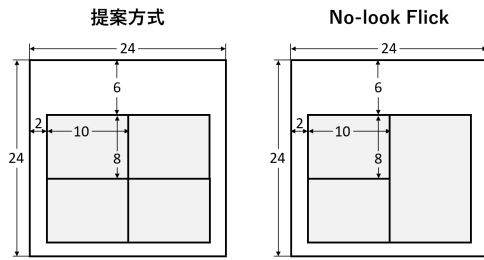


図 6 実験用のキーボードのサイズ (mm)

Fig. 6 Size of prototype keyboards.

20mm×16mm 丁度に収まるように提案方式と No-look Flick を実装した (図 6)。本来の No-look Flick はスマートフォンのタッチ位置の分布を考慮して、母音キーよりも子音キーの横幅を大きくしているが、今回は想定するキーボードサイズが小さいため同じ横幅とした。

4.3 用意した単語

国立国語研究所の現代日本語書き言葉均衡コーパス (BC-CWJ) の頻度リスト [13] から抽出した 450 単語を用いた。まず、数詞と助数詞は単語内の文字の重複が激しいため除外し、読みが同一の単語は 1 つに統合した。そして、頻度順にひらがなで 4~6 文字になる単語を 150 個ずつ抽出した。本実験で使用する文字は、かな 50 音、濁点 (゛), 半濁点 (゜), 小文字, 長音符 (ー) のみである。

4.4 評価指標

文字入力実験では入力速度とエラー率を測定した。文字入力速度の評価指標として 1 分間あたりの文字入力数である CPM (Characters Per Minute) を用いた。CPM は値が大きいほど良好な結果といえる。エラー率の評価指標として修正済みエラー率である Cerr (Corrected Error Rate) [14] を用いた。Cerr は文字入力実験において修正した文字数を全入力文字数で割り 100 を掛けた値である。Cerr は値が小さいほど良好な結果といえる。

4.5 実験手順

実験協力者 7 名に提案方式と No-look Flick の入力方法を十分に説明した。次に、各キーボードに 1 分程度の練習時間を設け、入力方法に疑問がないことを確認した。実験順序が与える影響を打ち消すために、各実験協力者の 2 つのキーボードの実験順序はランダムに割り振り決定した。実験協力者には集中できる環境で、重複がないようにランダムに表示される単語を入力してもらった。5 単語 (平均 25 文字) を 1 セッションとして、セッションごとに 3 分程度のインターバルを置いて 1 日に合計 5 セッションの実験を行った。文字入力実験では、ある程度の習熟をしてもらうために上記の実験を 20 日間実施して、最終的には合計 100 セッションの実験を行った。100 セッションが終了次

表 2 各実験協力者における最終日の結果

Table 2 Results on the final day of each experimenter.

	提案方式		No-look Flick	
	CPM	Cerr [%]	CPM	Cerr [%]
#1	75.3 (5.1)	6.59 (1.1)	57.7 (2.9)	7.78 (5.1)
#2	69.2 (3.6)	10.9 (7.1)	59.6 (3.2)	8.37 (6.5)
#3	66.6 (3.1)	9.05 (5.9)	63.2 (2.1)	4.78 (3.8)
#4	78.0 (4.4)	8.11 (7.0)	63.6 (3.4)	5.81 (4.4)
#5	67.4 (4.2)	9.99 (7.2)	59.7 (3.3)	7.28 (3.9)
#6	70.5 (7.1)	8.75 (8.8)	66.0 (3.6)	6.64 (4.6)
#7	67.3 (2.2)	9.59 (3.5)	62.1 (3.3)	5.33 (3.5)
平均	70.6 (4.4)	9.01 (1.4)	61.7 (2.8)	6.57 (1.3)

第、同様の手順で次のキーボードの実験を順次行った。

文字入力実験において、入力された文字は 1 文字ごとに正誤を判定して正解の場合のみ次の文字の入力に進み、単語の最後の文字まで正解した場合は自動で次の単語が表示されるものとした。

5. 評価結果

5.1 入力性能

提案方式と No-look Flick の各実験協力者における最終日 (20 日目, 96-100 セッション) の平均入力速度および平均 Cerr を表 2 示す。括弧内の数字は標準偏差を示している。

最終日における全実験協力者の平均入力速度は提案方式が 70.6CPM, No-look Flick が 61.7CPM となり提案方式のほうが 8.9CPM ほど速く、平均 Cerr は提案方式が 9.01%, No-look Flick が 6.57% となり提案方式のほうが 2.44% ほど高い結果となった。また、提案方式は No-look Flick よりも入力速度および Cerr が実験協力者によってばらつきが多く、標準偏差が大きいことから習熟に個人差が出やすいと判断できる。

5.2 入力速度の変化

提案方式と No-look Flick の 1 日 (5 セッション) ごとの全実験協力者の平均入力速度を図 7 に示す。

1 日目, 2 日目は各キーボードともに同等の入力速度であるが, 3 日目からは徐々に差が広がっていき 10 日目あたりまで 5~8CPM ほど提案方式のほうが遅い。これは提案方式は No-look Flick と比較して入力方法が複雑なため習熟が難しいからだと考えられる。しかし, 10 日目以降から No-look Flick の上昇が極めて緩やかとなり, 15 日目には提案方式が追い抜いて徐々に差が広がっていき, 20 日目には約 9CPM ほど提案方式のほうが速くなっている。20 日目時点で No-look Flick は習熟傾向にあるが, 提案方式は依然上昇傾向にあると考えられるため実験を続ければさらに上昇していくと予測できる。全体的に提案方式は緩やかに入力速度が上昇しており習熟に時間がかかることがわ

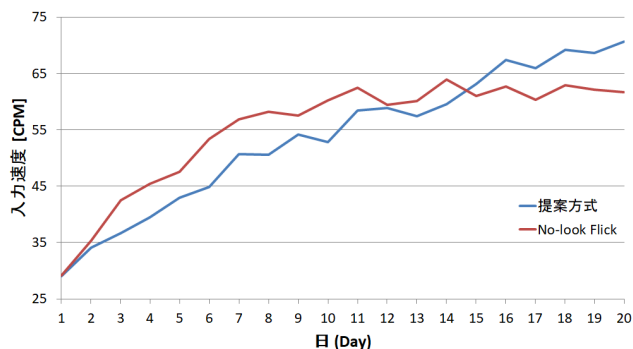


図 7 各日における平均入力速度
Fig. 7 Average text entry speed(CPM) in each day.

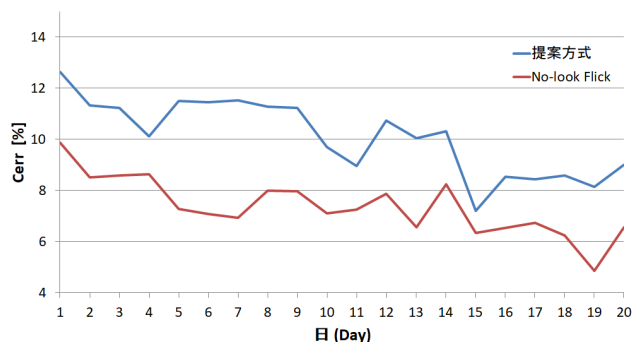


図 8 各日における平均 Cerr
Fig. 8 Average Cerr in each day.

かる。

5.3 エラー率の変化

提案方式と No-look Flick の 1 日 (5 セッション) ごとの全実験協力者の平均 Cerr を図 8 に示す。

1 日目の平均 Cerr は提案方式が約 12.6%, No-look Flick が 9.87% と約 2.7 ポイントほど提案方式が高い。これは、前節の「入力速度の変化」でも述べたように、提案方式の入力方法が No-look Flick よりも複雑なため慣れていない状態だとエラー率が高くなるからだと考えられる。提案方式は No-look Flick より比較的速やかに Cerr が減少していき、20 日目の時点でも減少傾向だと見られるため実験を続ければさらに減少していくと予測できる。

6. 考察

提案方式はオクルージョン・ファットフィンガー問題を改善する方法としてキーの数を 4 つにすることで 1 つ 1 つのキーサイズを大きくするというアプローチをとった。実験 20 日目時点における Cerr が約 9% と高い結果となったが、エラー原因を分類したところエラー原因の多くはスライド方向の間違いであり、タッチダウンキーの間違いは 9% のうち、わずか 0.6% ほどであった。エラーの大部分であるスライド方向の間違いは習熟不足に起因するものであると

考えられ、所望のキーを正確にタッチダウンできていることから、キーの数を 2×2 の 4 キーにした提案方式はキーを押し分けること自体は容易になっており、さらに高い入力速度が出ていることからオクルージョン・ファットフィンガー問題をある程度改善できていると推察できる。

提案方式の高い入力速度は起点となるキーが 4 つであり、かつ 1 ストロークで 1 文字を入力できることが要因であると考えられる。習熟により文字ごとのストローク操作をパターンとして覚えることができ、さらに 1 文字の入力に要するキーへのタッチダウン・タッチアップ操作が 1 回で済むため高速な文字入力が可能となる。元々はオクルージョン・ファットフィンガー問題の改善を目的としたものだが入力起点となるキーを 2×2 の 4 つにしたことでキーの位置を正確に把握する必要がなくなり、所望のキーのターゲティングに要する時間の削減にもつながったと考えられる。

また、実験 20 日目の時点で入力速度が上昇傾向であり Cerr が減少傾向であること、エラー原因のほとんどがスライド方向の間違いであったことから提案方式は十分な習熟ができておらず、さらに実験を続ければまだ入力速度および Cerr は向上すると予測できる。逆にいえば提案方式は習熟までに時間を要することがわかるが、十分な習熟ができていない状態でも高い入力速度を発揮できていることから習熟の遅さは大きな問題にはならないと考えられる。

7. おわりに

スマートウォッチ向けのかな文字入力方式としてキーの数を 4 つにしたソフトウェアキーボードを提案した。提案方式はタッチダウンしたキーから隣接キーの中央に指をスライドすることで入力状態の文字群を切り替える仕組みを備えることにより、わずか 4 キーで 60 文字の入力が可能であり、文字を 1 ストロークで入力できるという特徴を持つ。キーの数を 4 つにすることで各キーを大きくし、オクルージョン・ファットフィンガー問題の改善を図り、1 ストロークで入力できることにより高い入力性能を有すると考えた。評価実験の結果、提案方式は入力速度が 70.6CPM、Cerr が 9.01% となった。高い入力速度を有しており、エラー率が 9% 近くあるもののエラー原因の多くは習熟不足によるものであると考えられ、また依然伸びしろがあることからスマートウォッチのかな文字入力方式として十分実用的であることがわかった。

今後の課題として、提案方式は実験 20 日目の時点で十分な習熟ができていないと予測できるため、追加の実験を行い習熟時の入力速度とエラー率を検証する必要がある。また、より効率的な文字割り当て、視覚フィードバックの方法の検証を行う必要がある。

参考文献

- [1] Siek, K., Rogers, Y. and Connelly, K. H.: Fat finger worries: How older and younger users physically interact with PDAs, *INTERACT 2005*, pp. 267–280 (2005).
- [2] Vogel, D. and Baudisch, p.: Shift: A Technique for Operating Pen-based Interfaces using Touch, *Proc. 25th Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'07)*, pp. 657–666 (2007).
- [3] Oney, S., Harrison, C., Ogan, A. and Wiese, J.: ZoomBoard: A Diminutive Qwerty Soft Keyboard Using Iterative Zooming for Ultra-small Devices, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'13)*, pp. 2799–2802 (2013).
- [4] Leiva, L. A., Sahami, A., Catala, A., Henze, N. and Schmidt, A.: Text Entry on Tiny QWERTY Soft Keyboards, *Proc. 33th Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'15)*, pp. 669–678 (2015).
- [5] 石井 晃, 箱田博之, 志筑文太郎, 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, 研究報告回 HCI, Vol.2015-HCI-164, No.6, pp. 1–8 (2015).
- [6] Hong, J., Heo, S., Isokoski, P. and Lee, G.: SplitBoard: A Simple Split Soft Keyboard for Wristwatch-sized Touch Screens, *Proc. 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'15)*, pp. 1233–1236 (2015).
- [7] Xiang 'Anthony' Chen, Grossman, T., Fitzmaurice, G.: Swipeboard: A Text Entry Technique for Ultra-small Interfaces That Supports Novice to Expert Transitions, *Proc. 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'14)*, pp. 615–620 (2014).
- [8] 齋藤航平, 奥寛雅: HARI キーボード: 超小型タッチパネル端末向け日本語入力キーボード, 情報処理学会, インタラクション 2016, pp. 701–703 (2016).
- [9] Tojo, T., Kato, T. and Yamamoto, S.: BubbleFlick: Investigating Effective Interface for Japanese Text Entry on Smartwatches, *Proc. ACM MobileHCI' 18*, pp. 44:1–44:12–70 (2018).
- [10] 東條貴希, 加藤恒夫, 山本誠一: BubbleSlide: フリック操作の規則性を高めたスマートウォッチ向け日本語かな入力インタフェース, 情報処理学会, インタラクション 2018, pp. 1048–1053 (2018).
- [11] 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形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).
- [12] Fukatsu, Y., Shizuki, B. and Tanaka, J.: No-look Flick: Single-handed and Eyes-free Japanese Text Input System on Touch Screens of Mobile Devices, *Proc. Mobile HCI 2013-Touch and Text input*, pp. 161–179 (2013).
- [13] 国立国語研究所コーパス開発センター: 「現代日本語書き言葉均衡コーパス」語彙表短単位語彙表データ, (オンライン), 入手先 http://pj.ninjal.ac.jp/corpus_center/bccwj/freq-list.html (参照 2018-12-06).
- [14] Soukoreff, R. W. and Mackenzie, I. S.: Metrics for text entry research: an evaluation of MSD and KSPC, and a new unified error metric, *Proc. SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI'03)*, pp. 113–120 (2003).