

画面直径 1 インチの丸型スマートウォッチでの平仮名入力

鈴木桜史郎^{†1} 田中敏光^{†1} 佐川雄二^{†1}

概要：画面の直径が 1 インチのスマートウォッチに適した文字入力手法を開発した。この手法では行と段を順に指定して 1 文字を入力する。待機状態では、画面の周囲が 90 度ずつに分割される。1 区画に 5 つの行が割り当てられているので、入力したい行を含む区画を横切るようにスライドイン（画面の外にタッチし、そのまま画面内に指を滑らせる動作）を行う。この方法だと幅 2mm の領域で指先の通過を検出できるため、画面の多くを文字表示に使うことができる。指先が画面の縁を通過すると、画面は 5 分割される。それぞれにスライドインした区画に割り当てられている行の名前が 1 つずつ表示されるので、画面中央で指を離すか上下左右へスライドアウト（指を画面に触れながら画面外に滑り出す動作）して、1 つの行を選択する。続いて、選んだ行に属する平仮名 5 文字が画面に大きく表示されるので、画面中央へのタップまたは上下左右へのフリックで 1 文字を選択する。濁音／半濁音／拗音は、行選択後に画面四隅のボタンで表示を切り替えてから選択する。実験では、使い始めから 844 秒で入力速度 23[CPM]、誤入力率 2% 以下となった。また、62 分使用した時点での入力速度は 30[CPM]、誤入力率は 3% 程度となった。

1. はじめに

スマートウォッチに文字を入力する場合、ユーザーの声を音声認識する手法やペアリングしたスマートフォンから入力する手法が使われている。ただし、音声認識には、人混みや電車の中などの騒がしい場所では認識率が低下する、美術館や劇場などのような静寂を求められる環境では使えない、入力内容が周囲の人に聞かれてしまう、などの欠点がある。スマートフォンから入力する方法では、入力が必要になるたびにスマートフォンをポケットやカバンから取り出さなくてはならず、手間と時間がかかる。

スマートウォッチでフリックキーボードを使うことは可能だが、4 行×5 列のキーを並べる必要があるため、キーが小さくなりすぎて誤入力が多発する。また、画面の大半がキーボードで占有されてしまう。例えば、Google 日本語入力[5]のフリックキーボードをスマートウォッチに表示すると、画面の 90% が占有されてしまう[1]。

秋田らの報告[1]によれば、スマートウォッチ専用のキーボードとして、8 方向のフリックを使うことでキーの数を減らした手法（FlickKey Mini Keyboard[6]など）や画面の周囲にキーを配置する手法（TouchOne Keyboard[7]、HARI キーボード[8]、黒電話フリック[9]など）が開発されているが、いずれも 10 個以上のキーを必要とする。また、各キーにはタッチで選択できる大きさが必要となる。このため、画面占有率が 50% を上回っている。5-TILES[10]では、角型画面では占有率は 30% 程度に下がるが、横に 5 つ並べたキーを使い、指をタッチする位置と離す位置の組み合わせで文字を選択する方法であるため、丸型画面だと占有率が上がる。

ZoomBoard[11]のようにキーボードを段階的に拡大してから文字を選ぶ手法では、キーの大きさは確保できるが、縮小された QWERTY キーボードを表示するために、画面の半分程度を使っている。

秋田ら[1]が開発した SliT はキーの幅を狭くできる手法

であるため、画面占有率は他の手法より低い 25% 程度である。ただし、画面の周囲を 8 分割してキーを配置するため、小型のスマートウォッチではキーの長さが足りなくなる。

現在市販されているスマートウォッチの画面サイズは 1.5 インチ程度であり、円型画面の場合はケースサイズが 40mm を超える。一般の腕時計では男性向けの大型サイズに相当するため、もっと小さなスマートウォッチを望むユーザーも多い。女性向けの腕時計のケースサイズは 26～35mm[12]なので、将来は画面サイズが 1 インチ (25.4mm) 程度の小型スマートウォッチが販売されると予想される。画面がこれほど小さくなると、現在のスマートウォッチ用文字入力手法ではキーが小さくなりすぎて、誤入力が増え、入力速度が低下する。そこで、小型丸型画面でも安定して使用できる、キーの数が少ない文字入力手法を開発する。

2. 先行研究

図 1 から図 4 に秋田らが開発した SliT[1]の画面レイアウトを示す。図 1 は文字入力を始める前の待機状態の画面で、画面の縁から 2mm の領域を 45 度刻みに分割して、それぞれをキーとしている。キーの幅をこれほど狭くできるのは、キーをスライドインで選択するためである。スライドインとは、画面の外にタッチした指をそのまま画面内に滑り入れる動作で、指先が確実にキーを横切るため、狭い幅でも通過を検出できる。キーの数を減らすため、左下の区画から時計回りに、1 つのキーに平仮名を 2 行ずつ割り当てている。右下の区画には記号モードと英数モードを切り替える機能を割り当てている。下辺は 90 度の範囲を 3 分割し、左から、Backspace(BS)、Space(SP)、Enter(ENT)を割り当てている。

行と段を順に指定することで平仮名 1 文字を入力する。図 1 で入力したい文字の行が書かれた区画からスライドインする。指先が区画を横切ると、画面が図 2 のように二分割され、スライドインした区画に割り当てられている行が

^{†1} 名城大学
Meijo University

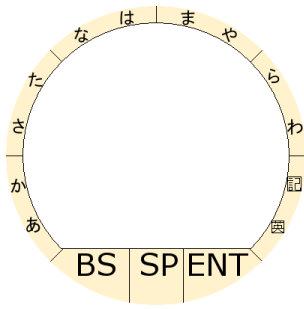


図 1 SLiT の初期画面

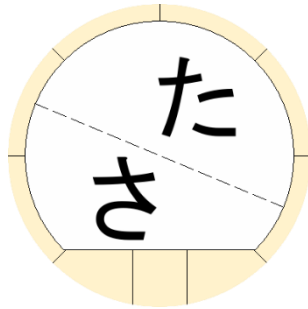


図 2 スライドインを行った時の画面

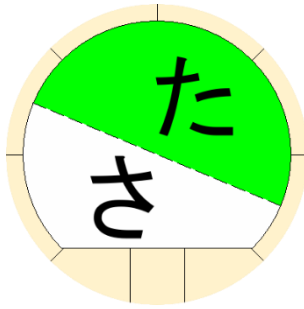


図 3 “た行”選択時の画面



図 4 “た行”に属する段の選択画面

1 つずつ表示される。指を画面に触れたまま選びたい行の領域に移動すると、図 3 のように領域が緑色に変わる。この状態で指を離せばその行が選択できる。スライドインの区画を間違えても、スライドインした区画から画面外へ指を滑り出すことで、初期画面に戻ることができる。

次に段を選択する。行を選択すると、図 4 のように画面が 8 方向に分割される。そこに、選択した行に属する文字が、左の区画を“あ段”として時計回りに 1 文字ずつ表示される。このいずれかをタップして、書かれた文字を入力する。このように、入力を行と段の 2 段階に分けて、画面に同時に表示するキーを減らすことで、それぞれのキーの大きさを確保している。

SLiT では、行選択画面、段選択画面の両方で、画面の周囲を 45 度ずつ分割して、キーとしている。直径 1.5 インチの画面では、キーの長さは約 15mm となるため、指先の大きさ（約 10mm）より大きい。しかし、画面の直径が 1 インチ以下になると、キーの幅は 10mm 未満となり、選択時に指で隠されてしまう。このため、隣のキーを誤ってタップするなどのファットフィンガー問題が起りやすくなり、誤入力が増える。

3. 提案手法

本研究では、秋田らの手法のキー配置と文字選択のジェスチャーを改め、直径 1 インチの画面に対応できる文字入力手法を開発する。秋田らの手法と同様に、平仮名 1 文字を行と段を順に指定して入力する。

3.1 初期画面

提案手法の初期画面を図 5 に示す。行選択では、小さな画面でもキーを指先の幅より長くするため、キー 1 区画あたりの角度を 90 度（秋田らの手法の 2 倍）とする。画面の直径が 1 インチでもキーの長さは 17mm となり、指先より大きいので、容易に選択できる。なお、提案手法では、画面に内接する正方形を文章表示領域とし、残りをキー領域としている。SLiT と同様に画面の周囲の幅一定の領域をキーとした方が画面占有率は下がるが、文字表示領域が円型だと使い勝手が悪いので、矩形で最大面積とするために、このレイアウトを採用している。

キーの数の減少は、1 つのキーに 5 つの行を割り当てることで補う。左区画に平仮名の“あ行”から“な行”を、上区画に“は行”から“わ行”を割り当てる。1 区画に 4 行とすることも可能だが、50 音の 10 行を 4 行、4 行、2 行に分けるのでは、区切りが分かりづらい。前半と後半の 5 行ずつが日常的な分け方なので、1 区画に 5 行としている。右区画には英数モードに切り替える機能を割り当てる。また、下区画には Backspace (BS), Space (SP), Enter (ENT) の制御キーを割り当てる。

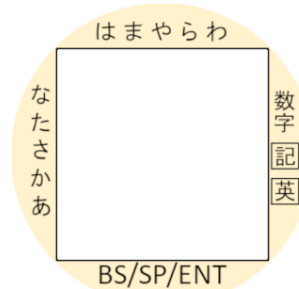


図 5 提案手法の初期画面

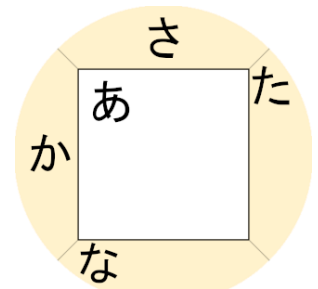


図 6 左区画からスライドインを行った後の画面

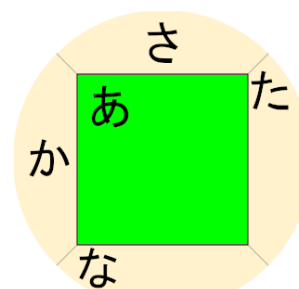


図 7 中心の領域を選択

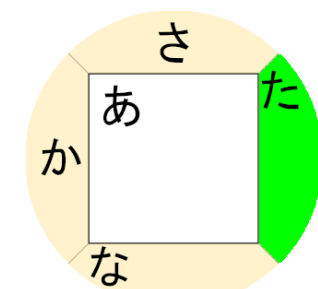


図 8 画面周囲の領域を選択

3.2 行選択

初期画面において、入力したい行を含むキーを横切るようにスライドインを行う。指がキーを横切ると、画面が替わり、キーに割り当てられていた 5 行が表示される。図 6 は左側からスライドインした場合の画面で、中央に“あ”が、左、上、右、下には、それぞれ“か”“さ”“た”“な”が表示されている。この図は右利き（右手で入力する）場

合の文字配置である。指が右下から画面に触るため、指先で隠されにくい場所に文字を表示している。

指先が中央の白色の領域内にあれば、背景が緑色に変わる(図7)。この状態で指を離せば“あ行”が選択できる。他の行は、それぞれの名称が書かれた区画からスライドアウトする(指先を画面にタッチしたまま画面の外に滑り出す)ことで選択する。いずれの区画も、中央の領域と同様に、指が触れているときは領域の色が緑色に変化する。図8は“た行”の領域に指が触れているときの表示である。スライドアウトでは、指先が確実に画面の縁を通過するため、キーの幅を狭くしても通過を検出できる。画面の直径が1インチの場合、画面周囲のキーは余裕を持たせて最も幅が厚い部分が5mmとなるようにデザインしているが、それでも、中央に15mm×15mmの領域が確保できる。このため、中央の領域内で指を離すことは容易である。

3.3 段選択

行選択が完了すると、段選択に移る。段選択の画面を図9に示す。画面中央に十字キーを配置し、選択した行に属する文字を割り当てる。配置は、フリックキーボードに倣って、中央に“あ段”，左から時計回りに“い段”から“お段”としている。“あ段”はタップで，“い段”から“お段”はフリックで選択する。四隅にはボタンを配置している。

中央の緑の円(文字の選択で最初にタッチする位置)や周囲のボタンは小さく表示されている。しかし、タッチの検出領域は図10の赤点線と青点線で囲まれた範囲であり、表示より大きく確保している。これは、表示を小さくすることで、ユーザーに正確なタッチを促すためである。実際の検出領域の直径は12mmある(画面の直径が1インチの場合)ので、指先の位置がずれてもタッチは検出される。中央の領域のタッチが確認された時点で、四隅に配置されたボタンは不要となるため、検出領域が無効化される。このため、フリック動作で指がボタンの指検出領域内に侵入しても、ボタンが誤選択されることはない。また、赤点線内のどこにタッチしても、上下左右に指を動かすスペースが残るため、4方向のフリックが検出できない事態にはならない。

左下のボタンには、文字入力をキャンセルして初期画面に戻る機能を、右下のボタンには、濁音と清音を切り替える機能を、右上には“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。これらのボタンはいずれもタップで選択する。ボタンを押したときの表示の遷移を図11に示す。

左上のボタンには、“た行”のときに“っ”(小文字)を入力する機能と、“は行”を半濁音に切り替える機能を割り当てる。先行研究で“っ”を入力するには、“ちゃ”のボタンで表示を切り替えてから選択する必要があった。しかし、Webサイト「452万文字分の、はてなダイアリー日

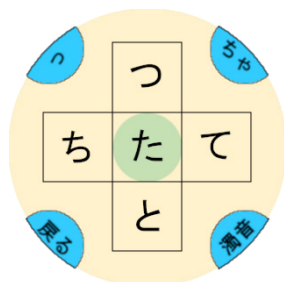


図9 “た行”に属する段選択の画面

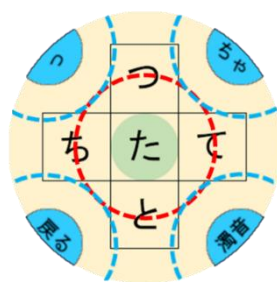


図10 中央付近と四隅のボタンの指検出領域

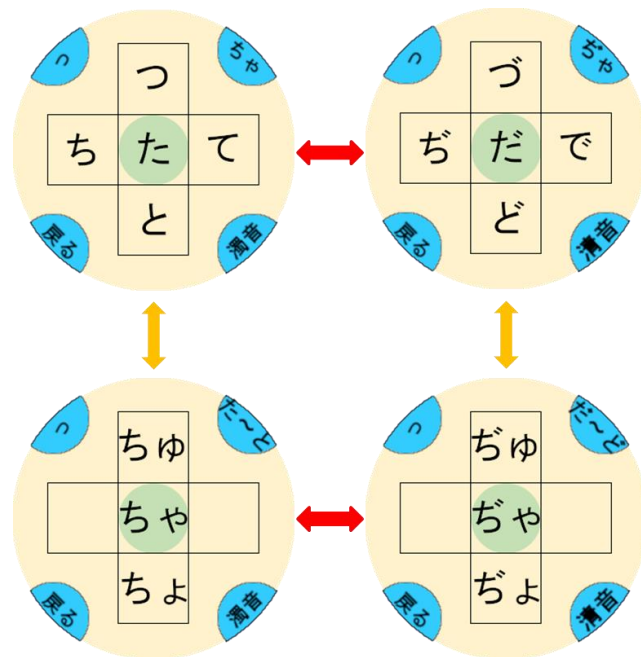


図11 派生語の切り替え

記内かな接続頻度データ。」[2]に掲載された頻度データによれば、“っ”の頻度は1.66%の高い値になっている。このため、清音と同じコストで選択できるようにボタンに割り当てている。同じく、先行研究で“ば行”を入力するには、濁音ボタンを2回押す必要があった(表示は“は行”→“ば行”→“ば行”と変わる)。一度で切り替えられるようにすると、濁音/半濁音の選択間違いを防ぐために、ボタンを分けている。

3.4 制御キーの入力

初期画面(図5)で“BS/SP/ENT”と書かれている区画(画面下側の区画)からスライドインする。スライドインで指が画面の縁を通過すると、表示が図12に切り替わる。Backspace(BS)は左区画、Space(SP)は中央区画、Enter(ENT)は右区画に配置さ

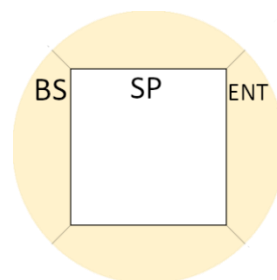


図12 制御キーの入力画面

れており、このいずれかの方向へスライドアウトを行うと、任意の制御コードが入力できる。平仮名入力のとときと同様に、指が触れている領域は背景の色が緑に変わる。また、何も書かれていないキーで指を離すと初期画面に戻り、制御コードは入力されない。

4. 初心者の入力速度の評価

4.1 実験の目的

スマートウォッチでの文字入力短い文の入力に使われることが多いと考えられるので、使用時間も短くなる。このため、使い始めから簡単に文字入力を行えることが重要であると考えた。そこで、提案手法を知らない大学生 5 名(男性 4 名・女性 1 名、年齢 20～22 歳)を対象に、入力速度と誤入力率の変化を調べた。これらの学生はいずれも、スマートフォンの使い方は熟知しているが、スマートウォッチを使った経験はない。

4.2 実験環境

提案するシステムを Android Wear で作成し、スマートウォッチに実装した。実験には丸型スマートウォッチ Fossil Sport FTW6024 (画面サイズ: 1.22 インチ、画素数 390×390) を使用する。図 13 にその画像を示す。提案手法は 1 インチの画面を前提に設計しているため、実験に



図 13 実験に使用したスマートウォッチ

使うスマートウォッチに表示すると、入力画面の周囲に何も表示されない領域が残る。この部分を隠す目的と、余計な動作を防ぐ目的で、リング状のカバーで覆っている。カバーは樹脂製で、1mm の厚さがあるため、カバーの部分に触ってもタッチ入力は発生しない。これを利き手ではない腕に装着し、自然な姿勢で椅子に座る。そして、装着した腕を机に置くようにして、利き手で画面を操作する。どの指を使うかは被験者が決める。

4.3 実験方法

実験手順を以下に示す。

- (1) 操作方法の説明を受ける(説明時間は約 5 分)
- (2) 5 つの単語を平仮名で入力する課題を行う
- (3) 3 分間休憩する
- (4) (2)～(3)を合計 10 回繰り返す

最初に PowerPoint のスライドと動画を使って、被験者にシステムの操作方法と実験方法を説明する。この時、できる限り正しく文字を入力するように依頼した。その後、スマートウォッチを利き腕と反対の手首にはめ、課題に取り組んでもらう。事前には一切の操作練習を行わない。

画面の中央(テキストを表示する領域)をタップすることで、実験が始まる。スマートウォッチの画面上部に課題

の単語が 1 語ずつ平仮名で表示される(図 14)ので、その単語を入力する。被験者が入力した文字は課題の下に並べて表示される。1 語の入力が終わったら“ENT”を入力して、単語の入力を確定する。“ENT”を入力すると、次の単語が表示される。5 単語入力すると 1 回の課題が終了する。3 分休憩をはさんで課題を 10 回行い、それぞれで入力時間と誤入力率を計測した。

課題で使う単語は国立国語研究所の現代日本語書き言葉均衡コーパス(BCCWJ)の頻度リスト[3]から選択した。まず、数詞・助数詞を除いた名詞で、平仮名で 4, 5, 6 文字となる単語を、頻度が高い順にそれぞれ 100 語ずつ抽出する。次に、平仮名表記



図 14 実験中の画面

が同じになる単語(「九州」と「吸収」のような読みが同じ単語)を 1 語に統合する。このとき、統合後の単語の頻度は、統合した単語の頻度の合計とする。4, 5, 6 文字のそれぞれのリストから頻度が上位の 50 語を選ぶ。このようにして求めた合計 150 語を出題対象とする。一度出題された単語はその都度リストに記録し、各課題の開始時にこれらの単語を参照して出題候補から除外する。その後、出題候補の単語をプログラム上でシャッフルし、ランダムに出題する。このため、被験者ごとに出現する単語の順番は違い、合計の文字数も異なる。また、いずれの被験者もすべての課題を通して同じ単語が出題されることはない。

実験システムには画面をタップした時刻や入力した文字を記録するログ機能が実装されている。このログから、単語ごとに、課題が表示された時刻と Enter が入力された時刻を求める。この時間差を 1 語の入力時間とし、各語の入力時間を合計したものを課題の入力時間とする。このため、入力時間には修正の時間(Backspace による消去や入力のやり直しの時間)も含まれている。課題で入力した文字数を課題の入力時間(秒)で割って 60 を掛けることで、1 分間あたりの入力文字数(Character Per Minute, CPM)を算出する。

誤入力率も同様に評価する。誤入力率は、誤って入力したが修正された文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[4])で評価する。

4.4 実験結果

5 名の被験者の入力速度を平均することで課題ごとの平均入力速度を、各被験者の誤入力率を平均することで、課題ごとの平均誤入力率を求めた。図 15 に平均入力速度を、図 16 に平均誤入力率を示している。図 17 と図 18 は被験者ごとの入力速度と誤入力率である。

平均入力速度は1回目が12.5CPMであったのに対し、10回目では23.1CPMまで上昇している。途中で一度速度が下

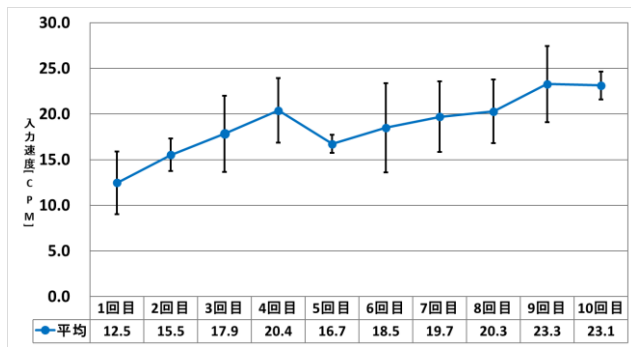


図 15 短期実験の平均入力速度

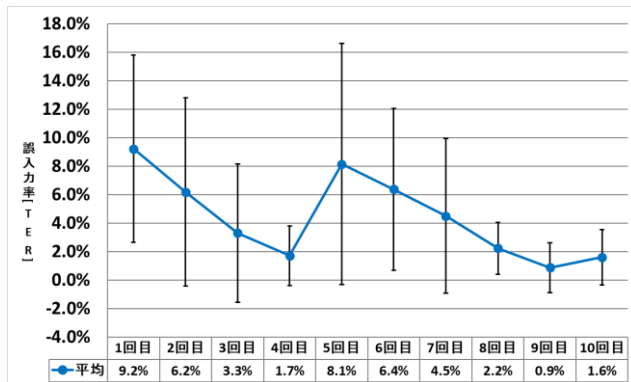


図 16 短期実験の平均誤入力率

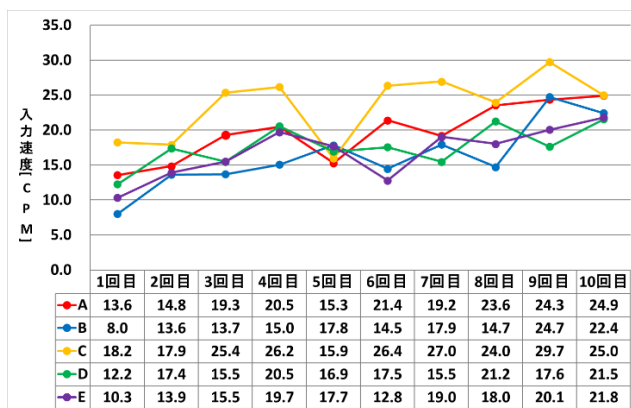


図 17 短期実験の被験者ごとの入力速度

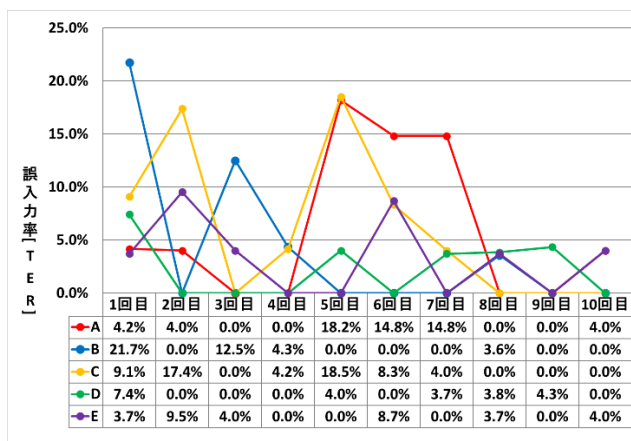


図 18 短期実験の被験者ごとの誤入力率

がっているが、おおむね単調に増加している。平均誤入力率は1回目が9.2%であったのに対し、最も誤入力が少ない4回目は1.7%まで減少した。5回目は大きく増えたが、その後は単調に減少し2%程度に落ち着いている。

入力速度が上がる要因として、次の2つが考えられる。1つ目は、キーの配置を覚えることで選択したいキーを探す時間が減り、動作の始まりが早くなったこと、2つ目は、操作に慣れたことで指先を動かす速度が速くなったことである。先に配置を覚えると、キーの選択が正確になるため、入力速度と誤入力は並んで向上すると予想される。しかし、先に指先の動きが速くなると、間違った位置に触れてしまう誤入力が増え、一時的に速度が低下する予想される。どちらが先かは被験者により異なるので、誤入力率がばらつく原因となる。

図18の被験者別の誤入力率のグラフでは、被験者Aの5回目の課題の誤入力率が18.2%、被験者Cは18.5%と飛びぬけた値となっている。残りの3名は、Bが0.0%、Dが4.0%、Eが0.0%なので、AとCの2名が極端に多くの誤入力をしたことで、平均誤入力率が増えている。被験者Cの誤入力率は6回目以降順調に低下し、8回目以降は0となっていることから、慣れる過程で動きが雑になって誤入力が増えたものと思われる。また、被験者Aでは5回目から7回目までの3課題で値が高いが、その後は低い値に戻っている。この間も入力速度は増えているため、指の動きが速くなる過程で生じた一過性の現象だと思われる。この2名の入力速度は平均して他の3名より速いので、誤入力の増加による速度の低下が平均速度の変化に影響している。

10回の課題の合計文字数の平均は約245文字で、入力時間の平均は約844秒である。この時点の入力速度は、初めて触った時と比べて約1.8倍に向上し、誤入力率は1.6%まで低下している。この結果から、提案手法の入力方法は理解が容易であると考えられる。

5. 30日実験

5.1 実験方法

5.1節では初心者で短期間での使い勝手の変化を調べたが、10回目の実験においても入力速度と誤入力率はまだ向上傾向にある。そこで、毎日1回10単語ずつ入力する課題を30日間にわたって行い、長い期間における変化を調べた。この実験条件は、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。

被験者21～22歳の男子大学生3名で、この実験でシステムを初めて使う(4節の実験には参加していない)。課題は被験者の都合がつく時間に行っている。課題の単語は5.1節の実験と同じ方法で選んでいる。同じ単語を繰り返し入力すると、指の動きをパターンとして覚えてしまい、入力が速くなる可能性がある。このため、実験期間を通して各単語の出題回数を1回以下に制限している。実験には4章

と同じスマートウォッチを使用している。

5.2 実験結果

被験者 3 名の平均入力速度の変化を図 19 に、平均誤入力率の変化を図 20 に示す。図 19 中の点線は入力速度を対数近似した曲線($y = 5.99 \times \ln x + 11.67$)である。

1 日 2 分程度の短い利用時間でも速度が向上している。1 日目の入力速度は 12.5CPM だが、21 日目には最高値の 34.9CPM に到達している。その後は 30CPM 付近で推移している。日々の入力速度は変動しているが、近似曲線によると、35CPM 付近で速度が頭打ちとなる。

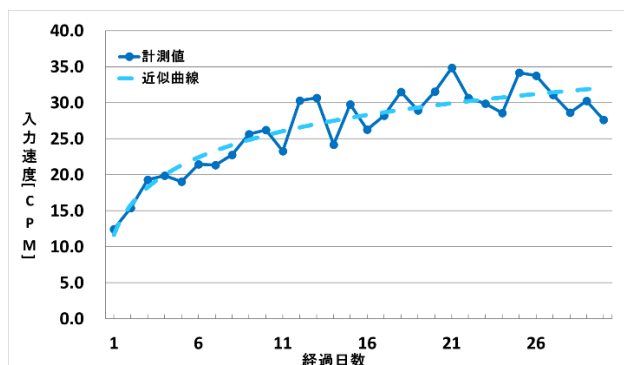


図 19 30 日実験の平均入力速度

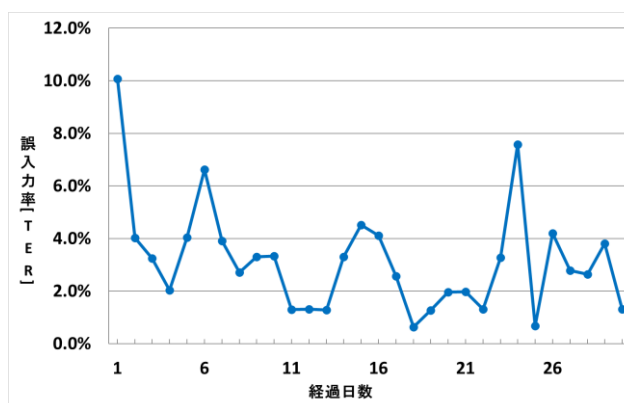


図 20 30 日実験の平均誤入力率

誤入力率は 1 日目が 10%以上であったのに対し、20 日以降はおおむね 3%前後で推移している。24 日目は 7.6%で、被験者の 2 人が偶然この日に多くミスをしており、ピークとなっている。入力ログによると、一人の被験者では行選択の誤りに気づかずフリックしてしまうことで誤入力となっており、もう一人では、単語の読み間違え(課題“にゅうようじ”を“にゅうじょう”と間違えるなど)で誤入力となっていた。これらは被験者が手法に慣れたことで操作が速くなったが、その代わりに正確さが疎かになったことと、不注意から生じた確認不足といった要因による一時的なものであり、文字入力手法の問題ではない。この日以降は再び 3%前後の誤入力率となっている。30 日間の総入力時間の平均は 62 分 11 秒なので、習熟に要する時間も短いといえる。

6. まとめ

本研究では画面の直径が 1 インチのスマートウォッチに適用可能な文字入力手法を開発した。約 10mm の幅がある指でタッチ入力を行うために、初期画面ではキーの数を 4 つに減らしている。平仮名 10 行を前半(あ～な行)と後半(は～わ行)に分け、それぞれをキーに割り当てる。スライドインで一方のグループを選択し、画面中央で指を離す、または、上下左右にスライドアウトすることでその中の 1 つを選択する。スライドアウトにより選択に必要なキーの幅を狭めている。4 つのキーと 5 種類のストロークジェスチャーを組み合わせ、行の選択、モードの切り替え、制御コードの入力を行う。段選択でも、画面中央からのフリックと四隅のボタンを使い分けることで、少ないタッチ位置で平仮名を入力できるように工夫している。

本システムを初めて使用する被験者に対して入力速度と誤入力率を調べる評価実験を行った。初心者実験では、約 14 分の使用で 23.1[CPM]で入力できるようになることが示された。この時の誤入力率は 3%程度なので、初心者でも使いやすいシステムと言える。また、30 日実験では、いずれの被験者も、総使用時間 1 時間程度で、30[CPM]程度の入力速度と 3%程度の誤入力率を達成した。このため、手法に慣れることも速いと考えられる。

参考文献

- [1] 秋田 他: 画面占有率の低いスマートウォッチ向け文字入力手法, HI 学会論文誌, 21(1), pp.131-140 (2019)
- [2] 452 万文字分の、はてなダイアリー日記内かな接続頻度データ. <https://ena.hatenablog.jp/entry/20101011/1286787571> (2020/1/22 確認)
- [3] 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 http://pj.ninjal.ac.jp/corpus_center/bccwj/freq-list.html (2020-12-18 確認).
- [4] Soukoreff, R. W. and MacKenzie, I. S.: “Metrics for text entry research: An evaluation of MSD and KSPC, and a new unified error metric”, Proceedings of ACM CHI'03, pp.113-120 (2003).
- [5] Google 日本語入力 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.inputmethod.japanese&hl=ja&gl=US> (2020/12/16 確認)
- [6] FlickKey Mini Keyboard <http://www.flickkey.com/> (2020-12-18 確認)
- [7] TouchOne Keyboard <https://www.kickstarter.com/projects/790443497/touchone-keyboard-the-first-dedicated-smartwatch-k?lang=ja> (2020-12-18 確認).
- [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 インタラクシオン 2016, pp.701-703 (2016).
- [9] 西田圭佑, 西田圭佑, 加藤恒夫, 山本誠一: スマートウォッチ向け日本語かな入力インターフェースの試作; 情報処理学会インタラクシオン 2017, pp.897-902 (2017).
- [10] 5-TILES <https://ja-jp.facebook.com/fivetiles> (2020-12-18 確認).
- [11] Oney, S., Harrison, C., Ogan, A. and Wiese, J.: A Diminutive QWERTY Soft Keyboard Using Iterative Zooming for Ultra-Small Devices; Proceedings of ACM CHI'13, pp.2799-2802 (2013).
- [12] BLAND WATCH MANIAX <https://watchmania.jp/casesize/> (2020-12-18 確認).