

タッチパネル端末における2本指を用いたアイズフリーかな文字入力手法

箱田 博之^{1,a)} 深津 佳智¹ 志築 文太郎¹ 田中 二郎¹

概要: タッチパネル端末において、2本指を用いた操作によって、アイズフリーかつ高精度にかな文字入力を行う手法を示す。本手法では、2本指を用いたドラッグとフリックによってかな文字入力を行う。ユーザは、1本目の指のドラッグ操作によって子音を決定し、続けて2本目のフリック操作によって母音を決定する。これにより、アイズフリーにおいても入力過程を把握することが可能となるため、高精度なかな文字入力を実現される。

1. はじめに

タッチパネル端末において、文字入力にはソフトウェアキーボードが用いられている。しかしながら、タッチパネル端末においてアイズフリーな文字入力は困難である。その原因として、タッチパネルの触覚フィードバックが乏しいためユーザが端末画面に視覚的注意を向けなければならないこと [1]、また、小さなキーをそれよりも大きな指で押さなくてはならない場合、キーを細かく押し分けることが難しいこと (fat fingers problem [2]) が挙げられる。

本研究において、我々は、2本指を用いたジェスチャ操作 (ドラッグ及びフリック) を用いたアイズフリーにおいても高精度に入力可能なかな文字入力手法を示す。また、我々は、提案手法を取り入れたプロトタイプを Android 端末上で動作するアプリケーションとして実装し、精度、入力速度、及び使用感を検証する被験者実験を行った。本稿では、これらについて報告する。

2. 関連研究

我々の提案する文字入力手法は、携帯端末におけるアイズフリーな文字入力手法である。また、入力には2本指を用いたジェスチャ操作を用いる。よって、本研究に関連する研究には、携帯情報端末におけるアイズフリー文字入力手法とジェスチャ操作による文字入力手法が挙げられる。本節ではこれらに関する研究についてそれぞれ述べる。

2.1 携帯情報端末におけるアイズフリー文字入力手法

入力デバイスが小さく、ASCII フルキーボードを搭載することが難しい携帯情報端末において、多くの小型キーボードの研究がなされてきた [3]。これらの研究に加えて、アイズフリー文字入力手法に関する研究がなされている。Sánchez ら [4] は、視覚障がい者のためのメッセージングシステム Mobile Messenger を提案した。9つのソフトウェアキーを目の見えないユーザでも触りやすい画面の角や端に配置し、text-to-speech による音声フィードバックを用いる工夫を施している。Binner ら [5] は、マルチタッチジェスチャによるアイズフリー文字入力システム No-look Notes を提案した。被験者実験により、入力速度、精度、被験者の好みの点において VoiceOver [6] よりも優れた結果を得た。Frey ら [7] は、Braille 式点字を模した6つのキーを配置したアイズフリー文字入力システム BrailleTouch を提案した。同様に、BrailleType [8]、TypeInBraille [9]、Perkinput [10] も点字を利用した入力システムを提案している。点字を普段から利用している視覚障がい者にとって、これらの入力手法は覚えやすいという利点がある。青木ら [11] は、視覚障がい者向けのかな文字入力手法 Drag&Flick を提案した。8方向のドラッグ操作とフリック操作に加えて、ストローク開始前のシングルタップの有無を区別することにより入力の種類を増やしている。ユーザは、1ストロークのドラッグ操作 (子音選択) とフリック操作 (母音選択) により1文字のかな文字を入力する。また、かな文字に加えて記号 (!, ?) やその他の入力 (スペース, バックスペース) も同じ操作により入力することができる。被験者実験による評価の結果、平均 40cpm (Characters per minute) の入力速度を記録した (ただし、被験者は音声フィード

¹ 筑波大学
University of Tsukuba

^{a)} hakoda@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

バックの有る状態で1文字ずつ入力を行った)。エラー率に関しては報告されていない。上記の研究は、視覚的制約のあるユーザのための文字入力システムであり、音声によるフィードバックに頼った設計となっている。

一方で、会議中に携帯端末を堂々と使うことができない、街中を歩いている時に前方に注意を向けなければ危ないといった理由で端末画面を十分にみることができず、アイズフリーな入力が望まれる場面がある。このような状況的制約 [12] のある場面においては、音声によるフィードバックがはばかれる。我々は、パイプレーションによるわずかなフィードバックのみに頼り、状況的制約のあるユーザが利用するための文字入力手法を提案する。状況的制約のあるユーザを対象とした文字入力システムもいくつか提案されている。深津ら [13] は、3つのソフトウェアキー（2つの子音選択のためのキーと1つの母音選択のためのキー）を用いた文字入力手法 No-look Flick を提案した。アイズフリーにおいても高精度に入力可能なキー配置に関して予備調査を行い、調査結果に基づき3つのキー配置を決定し、入力にはフリック操作を採用している。ユーザは、1ストローク目のフリック操作（子音選択）と2ストローク目のフリック操作（母音選択）により1文字のかな文字を入力する。また、これに続けて3ストローク目のフリック操作を行うことにより、濁音・半濁音・小文字を入力する。被験者実験による評価の結果、平均 21.7cpm の入力速度と 8.7% のエラー率を記録した（ただし、実験中、被験者に操作方法に関する説明の紙を見ることを許した）。No-look Flick のキー配置は予備調査に基づいた配置となつてはいるが、入力にキーを用いる操作自体がユーザに画面の正確な位置をタッチすることを要求してしまうという問題がある。アイズフリーな入力においては、画面の正確な位置のタッチを必要としないジェスチャ操作の方が入力精度向上のために有効であると我々は考える。我々は、タッチ開始位置に依存しない（つまり、画面の正確な位置のタッチを必要としない）ジェスチャ操作を提案手法に採用した。

タッチ開始点に依存しないジェスチャ操作を用いたアイズフリーな文字入力手法に関する研究もいくつかなされている。Jain ら [14] は、ベゼルからのジェスチャを用いたアイズフリーな文字入力手法を提案した。井川ら [15] は、での1ストロークでの2段階フリックによる入力手法を提案した。8方向のフリック操作を採用しており、フリック操作の方向が既存のフリックキーボードから連想しやすいものとなっている。そのため、普段からフリックキーボードを用いているユーザが入力方法を素早く理解できることが見込まれる。ただし、評価に関しては報告されていない。本研究はこれらの研究とジェスチャに2本の指を用いる点で異なる。ジェスチャに2本の指を用いることにより、アイズフリーにおいてもユーザが入力過程を把握できるため、高精度な入力が実現できると我々は考えた。

2.2 ジェスチャ操作による文字入力手法

Graffiti [16] と Unistroke [17] は、PDA においてスタイラスを用いてジェスチャ入力するアルファベット文字入力手法である。Graffiti は、1ストロークのジェスチャ入力を用いた入力手法である。アルファベットの形状に近いジェスチャを用いることにより、ユーザがジェスチャを覚えやすいという特徴を持つ。Költringer ら [18] の被験者実験によると、Graffiti がソフトウェアキーボードと比べて入力精度・誤入力率共に劣るのにも関わらず、直感的かつ手書きに近い入力であることから、比較的多くの被験者に好まれたことが報告されている。Unistrokes は、Graffiti と同様に1ストロークのジェスチャを用いた手法であるが、ジェスチャがアルファベットの形状に似てはいない。しかしながら、比較的スタイラスの移動量が少なく、簡単なジェスチャを入力に用いているため、Castellucci ら [19] の長期実験においては、入力速度・訂正エラー率ともに Graffiti よりも良い結果が報告されている。これらのスタイラスを用いた入力手法は、タッチパネル端末においても利用可能である。Graffiti に関しては、タッチパネル端末における評価もなされており [20,21]、Android アプリケーションとしても配信されている。EdgeWrite [22] も同様に PDA においてスタイラスを用いた1ストロークのジェスチャ入力である。ユーザは、入力画面の物理的な角（四隅）から4つのエッジもしくは2つの対角線に沿って入力を行う。被験者実験により、運動障がいにより Graffiti を使用することができない者でも高精度に入力できることを証明した。また、タッチパッドとジョイスティックを入力に用いた際の評価もなされている [23]。これらの研究は、1つのタッチ点を用いたジェスチャに関するものである。

一方で、2つのタッチ点を用いたマルチタッチジェスチャによる文字入力手法に関する研究もなされている。Bi ら [24] は、ShapeWriter や Swype などのジェスチャキーボードをマルチタッチ入力に拡張した Bimanual gesture keyboard を提案した。しかしながら、被験者実験において、入力速度、被験者からの評価共にシングルタッチよりも劣る結果となった。Kimioka ら [25] は、スレート端末におけるマルチタッチジェスチャによる日本語入力方式 Niboshi を提案した。ユーザは、左親指のジェスチャ操作で子音を選択した後、右親指のジェスチャ操作で母音を選択することにより、かな文字を入力する。これらの研究は、マルチタッチジェスチャによる文字入力手法を提案している点において本研究と一致する。一方で、本研究においては、アイズフリーにおけるマルチタッチジェスチャを使った文字入力手法の評価を行った点でこれらの研究と異なる。

3. 提案手法

本節では、提案手法における入力方法及び設計の方針を説明する。

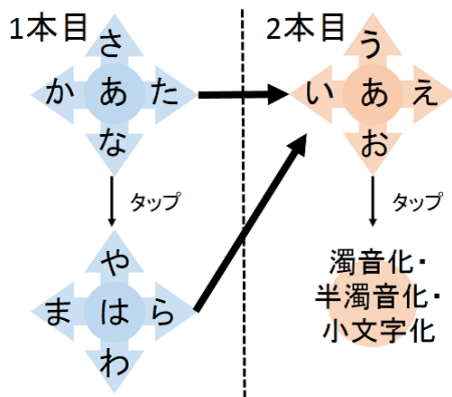


図 1 入力方法
Fig. 1 Input method.

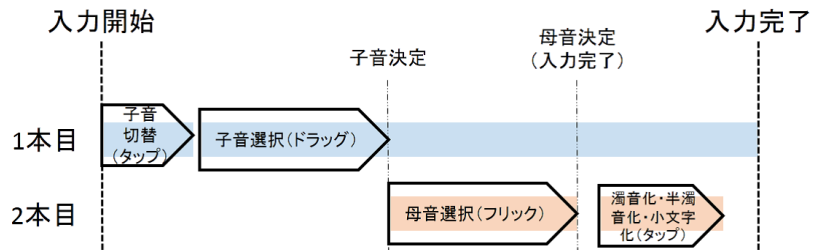


図 2 入力手順
Fig. 2 Input process.

3.1 かな文字の入力方法

提案手法の入力方法を図 1 に、入力手順を図 2 に示す。

(1) 子音選択 (ドラッグ)

ユーザは、1 本目の指の操作によって子音を選択する。具体的には、タップまたは 4 方向へのドラッグによって、あ行、か行、さ行、た行、な行を選択する。また、タップした後にこの操作を行うことによって、は行、ま行、や行、ら行、わ行を選択する。

(2) 母音選択 (フリック)

ユーザは、1 本目の指を端末画面に触れたまま、2 本目の指の操作 (タップまたは 4 方向へのフリック) を行うことにより、母音 (あ、い、う、え、お) の選択を行う。その後、両方の指を端末画面から離すことによって、入力を完了し、1 文字のかな文字を入力する。また、2 本目の指の操作を行わずに 1 本目の指を離すと、入力をキャンセルする。

(3) 濁音化・半濁音化・小文字化 (タップ)

ユーザは、2 本目の指によって母音を選択した後、1 本目の指を離さずに 2 本目の指をタップすることによって、濁音化・半濁音化・小文字化の切り替えを行う。また、複数変化可能な文字については、連続タップで変更を行う。例えば、連続タップによって、「は」を、「は」、「ば」、「ぱ」、「は」…と切り替える。同様に、「や」を、「や」、「ゃ」、「や」…と切り替える。

3.2 その他の入力

バックスペース

ユーザは、1 本の指での左方向へのフリック操作により、エンターを入力する。

エンター

ユーザは、1 本の指での右方向へのフリック操作により、バックスペースを入力する。

3.3 端末の操作姿勢

ユーザが本手法を用いる際の端末の操作姿勢に関して、以下の 3 つを想定している。

(1) 人差し指+中指操作

ユーザは、片方の手によって端末を把持し、もう片方の手の人差し指・中指を用いて入力する (図 3)。

(2) 両親指操作

ユーザは、両手によって端末を把持し、両親指を用いて入力する (図 4)。

(3) マウス持ち操作

ユーザは、マウスを扱うときのように、片手によって端末を把持し、その手の人差し指・中指により入力する (図 5)。

3.4 設計の方針

アイズフリーにおける正確な入力を実現するために、以下の設計方針に従い提案手法の設計した。

タッチ開始点に依存しないジェスチャ操作

本手法には、タッチ開始点に依存しないジェスチャ操作を採用した。これにより、ユーザは、画面の正確な位置をタッチする必要がない。画面の正確な位置を把握することが難しいアイズフリーな操作において有効な操作方法であると考ええる。

2 本指を用いたジェスチャ操作

本手法には、2 本指を用いたジェスチャ操作を採用した。具体的には、ユーザは、1 本目の指で子音選択のジェスチャを、2 本目の指で母音選択のジェスチャを行う。これにより、ユーザが自分の行っている操作を把握しやすい (1 本目の指を使っている時は子音選択を行っている、また、2 本目の指を使っている時は母音選択を行っているということが把握できる) と我々は考えた。

また、ユーザは 1 本目のジェスチャ (子音選択) を行った後に、「1 本目の指を端末から離さずに」2 本目のジェスチャ (母音選択) を行わなければ文字が入力されない設計

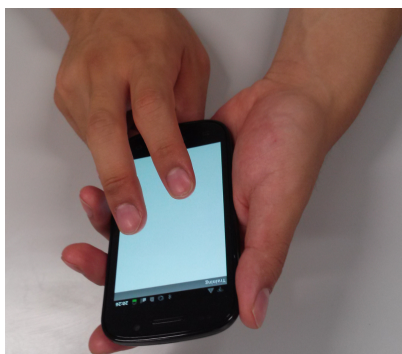


図 3 人差し指+中指操作

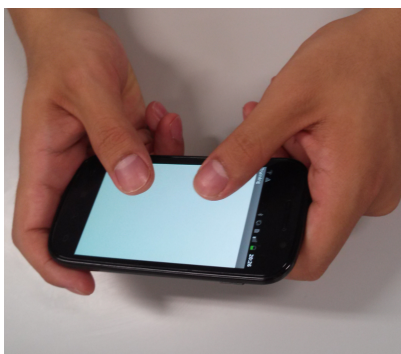


図 4 両親指操作

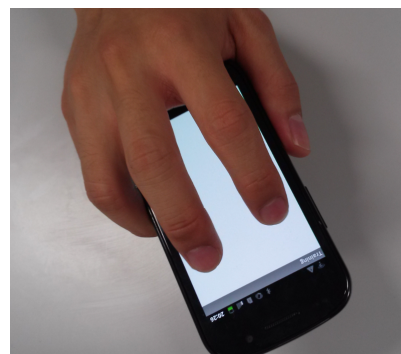


図 5 マウス持ち操作

Fig. 3 Index and middle fingers operation. Fig. 4 Two thumbs operation.

Fig. 5 Mouse operation.

となっている。よって、1本目のジェスチャ（子音選択）を行った後に、選択した子音が誤っていると思った場合、2本目のジェスチャを行わず1本目の指を端末から離せば、選択した子音をキャンセルすることができる。

1 本指を用いたフリック操作

本手法において文字入力には、2本指によるジェスチャ操作を採用した。一方で、バックスペース・エンターの入力には、1本指によるフリック操作を採用した。よって、文字入力とスペース・エンターの入力は競合しない。

フィードバック

文字の入力・消去が決定した際にフィードバックをユーザに与える。具体的には、入力完了時・バックスペース入力時・エンター入力時に、バイブレーションを与える。これにより、ユーザは文字が入力・消去されたことを確認することができる。

4. 評価実験

提案手法のプロトタイプを実装し、これを用いて3通りの端末の操作姿勢毎に文字入力精度、速度、及び使用感を検証するための評価実験を行った。

4.1 被験者

大学生・大学院生のボランティア 18 名（男性 17 名 女性 1 名、年齢 20-24）を被験者とした。それぞれの端末の操作姿勢毎に 6 名ずつ実験を行った。17 名が右利き、1 名が左利きであった。ただし、すべての被験者が普段の携帯端末の使用を右手によって行っていた。

4.2 実験設計

4.2.1 実験機器

提案手法を取り入れたプロトタイプを、Android 端末（Google Nexus S、画面サイズ：4 インチ、OS：Android 2.3.4）上に動作するアプリケーションとして実装した。

4.2.2 タスク

被験者には、椅子に座ってもらい、提案手法における入

力方法が書かれた紙とラップトップ PC（ThinkPad、画面サイズ：12.5 インチ、OS：Windows 7 Professional）のディスプレイ上の提示文を見ながら入力を行ってもらった。実験者が合図をしたら被験者は入力を開始し、入力が終了したらエンターを入力してもらった。エンター入力の際に、Android 端末から音が鳴り（これは、実験用の仕様である）、その音を聞いて実験者が次の文を提示した。

操作に用いる指については、人差し指+中指操作とマウス持ち操作時には、人差し指を1本目、中指を2本目として操作してもらった。また、両親指操作時は、1本目を左親指、2本目を右親指として操作してもらった。これは、日本語が左から右へ読む言語であることからこのような実験条件とした。

4.2.3 実験の手順

(1) 実験の流れと操作方法の説明

実験の流れとプロトタイプの操作方法を説明した。

(2) 練習タスク

練習タスクとして、15 文の入力を行ってもらった。練習タスクにおいては、入力した文字が端末画面に表示されるように設定し、被験者には端末画面を見ながら入力を行ってもらった。

(3) 本番タスク

被験者に、机の下で端末を持ち、50 文の入力（10 文 × 5 セッション）を行ってもらった。セッションの間は、自由に休憩を取ってもらった。本番タスク中は、画面に入力文字は表示されないようにした。

(4) アンケート

プロトタイプの使用感に関するアンケートに答えてもらった。

4.2.4 提示した短文

本手法において入力可能な文字からなる 6-9 文字の短文を 65 個用意した（例：つくばだいがく、しよるいのせいり）。

4.2.5 アンケート内容

アンケートには 3 つの設問を用意した。設問 1 では入力

の正確性，設問 2 では入力手法の覚えやすさに関して，5 段階リッカート尺度（5：最高，1：最低）を用いて評価してもらい，その評価理由を自由記述してもらった．設問 3 には，本手法の良かった点，改善すべき点，及び感想を記してもらった．

5. 結果

5.1 測定結果

操作姿勢毎のエラー率を図 6 に，入力速度を図 7 に示す．エラー率は，提示した短文と被験者が入力した文字列を比較し，誤って入力された文字，余分な文字，入力されなかった文字の合計を，提示した文の総文字数で除したものとなっている．被験者毎のエラー率を図 8 に，入力速度を図 9 に示す．また，エラーをその原因ごとに分類した．分類ごとのエラー数を図 10 に，操作姿勢毎のエラー数を図 11 に示す．また，セッション毎の平均エラー率を図 12 に，平均入力速度を図 13 に示す．

子音選択エラー

誤って入力された文字のうち，子音選択が誤っていたことが原因のもの．

（例：「か」を「さ」と入力するエラー）

母音選択エラー

誤って入力された文字のうち，母音選択が誤っていたことが原因のもの．

（例：「か」を「き」と入力するエラー）

濁音・半濁音・小文字化エラー

誤って入力された文字のうち，濁点・半濁点・小文字への変換が誤っていたことが原因のもの．

（例：「が」を「か」と入力するエラー）

文字不足エラー

入力された総文字数が，提示文の総文字数より少ないエラー．

文字余りエラー

入力された総文字数が，提示した文の総文字数より多いエラー．

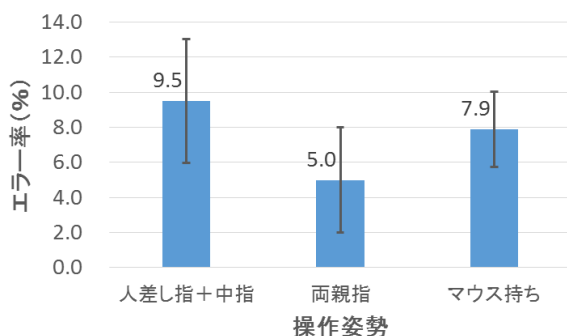


図 6 操作姿勢毎のエラー率
Fig. 6 Error rate per holding posture.

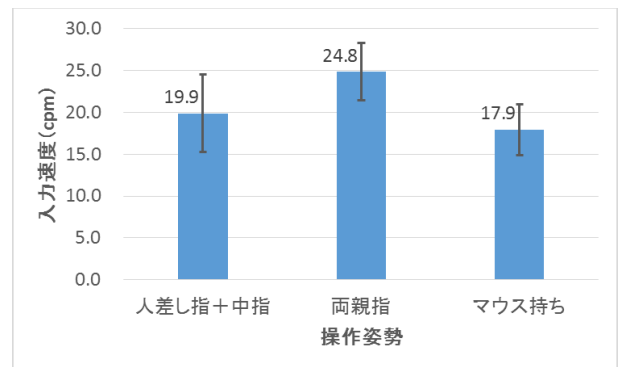


図 7 操作姿勢毎の入力速度
Fig. 7 Text entry speed per holding posture.

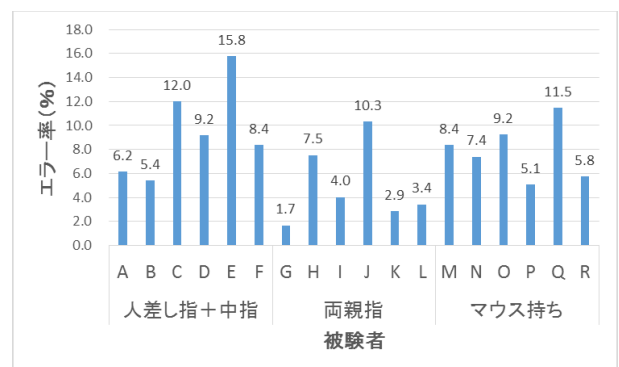


図 8 被験者毎エラー率
Fig. 8 Error rate per participant.

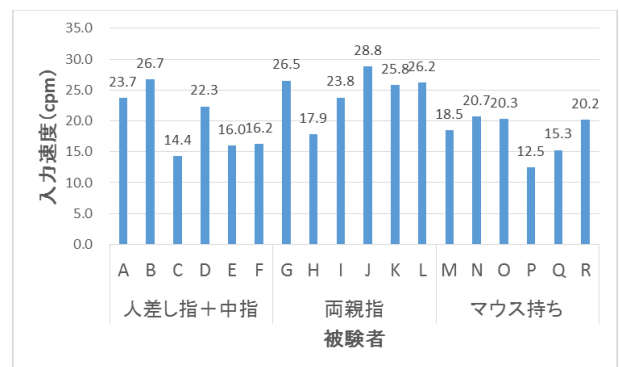


図 9 被験者毎入力速度
Fig. 9 Text entry speed per participant.

5.2 アンケート結果

アンケート結果を図 14 に示す．設問 1（正確な文字入力が可能であると思うか）の評価平均は 3.4，設問 2（覚えやすさ）の評価平均は 3.5 であった．

6. 考察

6.1 入力精度

全体のエラー率は 7.5% ($SD = 4.9$) であった．また，被験者毎のエラー率で最も低いエラー率は，被験者 G（両親指操作）の 1.7% であった．操作姿勢毎の平均エラー率を比較すると，両親指操作のエラー率が 5.0% ($SD = 3.9$) と最も低

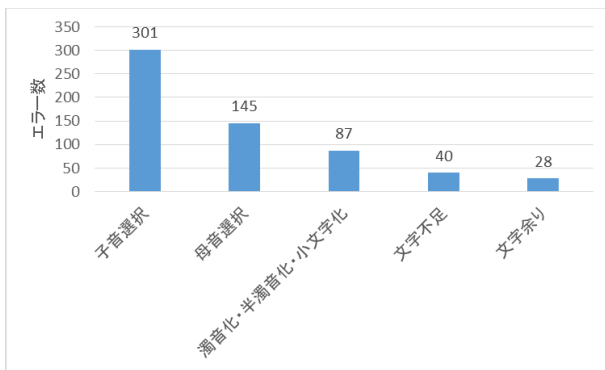


図 10 分類毎のエラー数
Fig. 10 Text entry speed per holding posture.

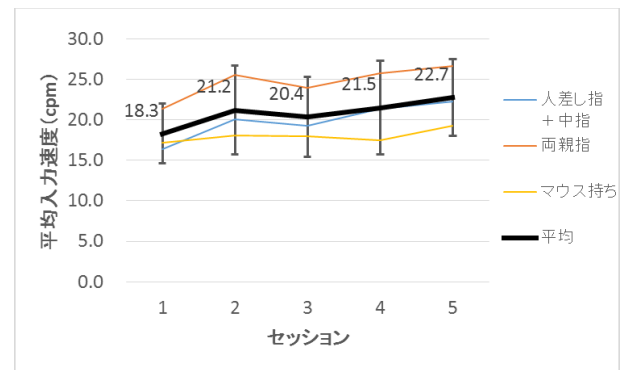


図 13 セッション毎の平均入力速度
Fig. 13 Text entry speed per session.

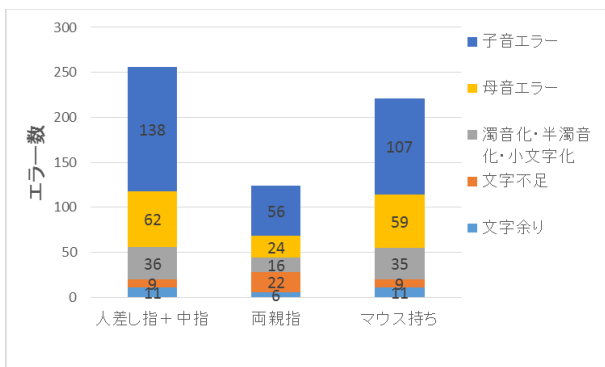


図 11 各操作姿勢における分類毎のエラー数
Fig. 11 Number of errors per error type on each holding posture.

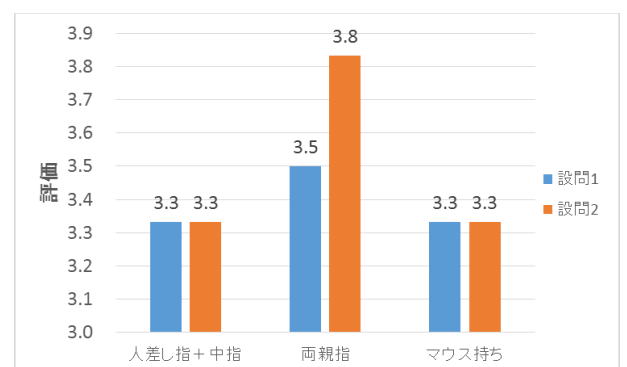


図 14 各操作姿勢における評価
Fig. 14 Questionnaire results per holding posture.

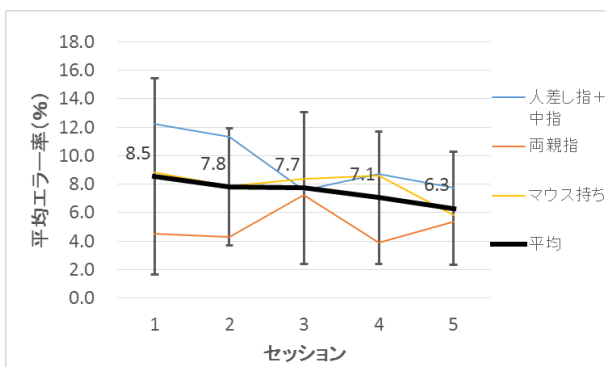


図 12 セッション毎の平均エラー率
Fig. 12 Error rate per session.

く、次いでマウス持ち操作のエラー率が 7.9% ($SD = 4.6$), そして人差し指+中指操作のエラー率が 9.5% ($SD = 5.1$) と最も高かった。端末の操作姿勢の間に入力精度の有意差は見られなかったものの、両親指操作の入力精度が最も良い結果となった。

分類したエラーの中で最も多かったのは、1 本目の指の誤入力による子音エラーであった。すべての操作姿勢において、子音エラーが最も大きい割合を占めた。また、「子音選択の際の『はまやらわ』への子音の切替時のタップがされたかどうか分からない」(3 名) という意見が得られ

た。つまり、子音選択のエラーがエラー率を増大させる最も大きな要因となったことが分かった。そのため、子音の切替方法の改善や子音選択時のフィードバックの追加が、エラー率の減少につながると考えられる。

6.2 入力速度

全体の平均入力速度は 20.9cpm ($SD = 5.2$) であった。また、被験者毎の平均入力速度で最も速い速度は、被験者 J (両親指操作) の 28.8cpm であった (図 8)。操作姿勢毎の平均入力速度を比較すると、両親指操作時が 24.8cpm ($SD = 4.8$) と最も速かった。次いで人差し指+中指操作時が 19.9cpm ($SD = 5.2$)、最も遅かったのはマウス持ち操作時の 17.9cpm ($SD = 3.3$) であった。Goel ら [26] も同様に、両親指操作時の文字入力速度が、右親指操作時、左親指操作時、人差し指操作時の速度よりも高かったことが報告されている。

6.3 使用感

設問 1

設問 1 (正確な文字入力が可能であると思うか) の評価平均は 3.4 であった。

設問 1 の評価理由に関する回答として、マウス持ち操作の被験者は、「指の構造的に打ちにくい文字があった。」(3

名)や、「指がきつい」など、操作姿勢そのものの困難さを指摘していた。特に、「『え』段の入力が困難」(2名)という右方向へのフリック操作の困難さを指摘する回答があった。また、人差し指+中指操作を行った被験者から、「『ち』や『り』など、人差し指を右に、中指を左に動かす操作は指がぶつかってしまい、入力しにくい」(3名)など、人差し指と中指による入力操作に否定的な意見があった。

操作姿勢に起因する入力の困難さについて意見があったのは、人差し指+中指操作とマウス持ち操作のみであった。これら2つの操作姿勢において、中指を1本目として用いるなど、指を動かしやすい操作方法を検討している。

両親指操作の被験者から、「タップの際のフィードバックがほしい」(3名)という入力決定時以外のフィードバックを求める意見もあった。一方で、人差し指+中指操作とマウス持ち操作の被験者から「1文字毎・エンター・バックスペースのときのフィードバックがよかった」(3名)という、現在のフィードバックの設計への肯定的な意見もあった。つまり、ユーザは人差し指+中指操作とマウス持ち操作のような、片手による操作において、両親指操作のような両手による操作よりフィードバックを必要としないと考えられる。これは、提案手法における片手の人差し指と中指を用いた入力方法は、両手を用いた入力より段階的な入力が意識されやすいため、フィードバックがなくとも入力過程の把握がしやすいためだと考えられる。よって、中指と人差し指によって操作する2つの操作姿勢においては、アイズフリーにおける入力を、最小限のフィードバックの元で行うことができる。

また、「画面を見る必要がないのがよかった」(2名)といった、アイズフリー入力が可能であることを示す意見もあった。「画面の位置にとらわれずに入力可能なのはよかった」(3名)や「2段階入力になっていてキャンセルができるため、誤った入力をしないですむ」(2名)のように、タッチ開始点に依存しないジェスチャ操作、及び2本指を用いたジェスチャ操作に対して肯定的な意見があった。本手法における、アイズフリーにおける正確な入力を実現するための設計方針が妥当であったと考えられる。

マウス持ち操作の被験者から得られた、「指の構造的に打ちにくい文字があった。」(3名)と。「慣れたら使いやすそう」(1名)、「片手入力も可能だと思った」(1名)、「慣れたら面白い」(1名)という意見がある。多くの携帯情報端末の利用者が片手での端末操作を望んでいるという研究報告[27]もあることから、利用者や利用場面によっては片手操作可能なマウス持ち操作が有効であると考えられる。

また、3つの操作姿勢すべてにおいて、「使うにつれて覚えてきた」、「慣れるとさくさく入力できるようになった」など(4名)、評価実験中に学習効果があったことが伺える意見があった。図12、図13には各セッション間のエラー率や入力精度に有意差は見られないが、セッションを重ね

るごとに平均入力速度は上昇し、エラー率は減少する傾向にある。また、平均エラー率の標準誤差も減少傾向にある。アンケート・測定結果から、学習効果が期待されるため、今後、長期的な実験による学習効果の検証も考えている。

設問2

設問2(覚えやすさ)の評価平均は3.5であった。設問2の評価理由に関する回答として、「フリック入力に似ているのでわかりやすい。」(5名)という普段からスマートフォンにおいてフリックキーボードを用いて入力を行っている被験者からの好意的な意見があった。一方で、「『や』行と『わ』行がわかりにくい」(4名)、「濁音・半濁音がわかりにくい」(3名)という特定の入力に関する困難さが指摘された。設問2において評価平均が最も高かった操作姿勢は両親指操作である。これは、人差し指+中指操作とマウス持ち操作の場合、入力システムの把握と共に、入力操作の把握も行わなければならない、覚えることが多いために、入力システムを覚えにくいと感じたと考えられる。結果として、両親指操作が最も自然、かつ容易な入力操作によって行うことができることがわかる。

7. まとめと今後の課題

タッチパネル端末において、2本指を用いた操作によって、アイズフリーかつ高精度にかな文字入力を行う手法を示した。本手法を取り入れたシステムをAndroidアプリケーションとして実装し、想定される操作姿勢毎の入力精度と速度、及び使用感を検証するための評価実験を行った。その結果、操作姿勢毎の入力精度、速度に有意差はなかったものの、両親指操作において入力速度、速度共に最も良い結果が得られた。そして、いずれの操作姿勢においても、アイズフリーにおける文字入力が可能であることがわかった。また、測定結果とアンケート結果から、学習効果が期待できるため、長期的な評価実験を検討している。しかし、端末の操作姿勢と入力文字によっては困難な入力操作が発生するなど、指の構造の問題があった。これを改善するために、より操作しやすい端末の操作姿勢や、指の使い方についても検討する。

また、本手法は、子音と母音の入力を別の指によって入力して明確な区別をすることにより、ユーザに入力状態の把握を容易にさせている。人差し指と中指によって操作する操作姿勢においては有効だったが、両手を用いる両親指操作においては、フィードバックの乏しさから、想定していた使用感を得ることができなかった。そのため、バイブレーションによるフィードバックの再設計を行う。また、人差し指・中指を用いた操作においては、1本目を人差し指としているが、1本目を中指としたときの操作性についても検討する。

参考文献

- [1] Silfverberg, M.: Using Mobile Keypads with Limited Visual Feedback: Implications to Handheld and Wearable Devices, in *Proceedings of the 5th International Symposium on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '03, pp. 76–90, Springer-Verlag (2003).
- [2] Siek, K. A., Rogers, Y. and Connolly, K. H.: Fat finger worries: how older and younger users physically interact with PDAs, in *Proceedings of the 2005 IFIP TC13 international conference on Human-Computer Interaction*, INTERACT'05, pp. 267–280, Berlin, Heidelberg (2005), Springer-Verlag.
- [3] 増井俊之, 岡本明, 伊藤和幸, 内田斉: 文字入力インタフェース, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol. 4, No. 3, pp. 131–144 (2009).
- [4] Sánchez, J. and Aguayo, F.: Mobile messenger for the blind, in *Proceedings of the 9th conference on User interfaces for all*, ERCIM'06, pp. 369–385, Berlin, Heidelberg (2007), Springer-Verlag.
- [5] Bonner, M. N., Brudvik, J. T., Abowd, G. D. and Edwards, W. K.: No-look notes: accessible eyes-free multi-touch text entry, in *Proceedings of the 8th international conference on Pervasive Computing*, Pervasive'10, pp. 409–426, Berlin, Heidelberg (2010), Springer-Verlag.
- [6] Apple - Accessibility - iPhone - VoiceOver, <http://www.apple.com/accessibility/voiceover/>.
- [7] Frey, B., Southern, C. and Romero, M.: Brailletouch: mobile texting for the visually impaired, in *Proceedings of the 6th international conference on Universal access in human-computer interaction: context diversity - Volume Part III*, UAHCI'11, pp. 19–25, Berlin, Heidelberg (2011), Springer-Verlag.
- [8] Oliveira, J. a., Guerreiro, T., Nicolau, H., Jorge, J. and Gonçalves, D.: BrailleType: unleashing braille over touch screen mobile phones, in *Proceedings of the 13th IFIP TC 13 international conference on Human-computer interaction - Volume Part I*, INTERACT'11, pp. 100–107, Berlin, Heidelberg (2011), Springer-Verlag.
- [9] Mascetti, S., Bernareggi, C. and Belotti, M.: TypeIn-Braille: quick eyes-free typing on smartphones, in *Proceedings of the 13th international conference on Computers Helping People with Special Needs*, ICCHP'12, pp. 615–622, Berlin, Heidelberg (2012), Springer-Verlag.
- [10] Azenkot, S., Wobbrock, J. O., Prasain, S. and Ladner, R. E.: Input finger detection for nonvisual touch screen text entry in Perkinput, in *Proceedings of the 2012 Graphics Interface Conference*, GI '12, pp. 121–129, Toronto, Ont., Canada, Canada (2012), Canadian Information Processing Society.
- [11] 青木良輔, 橋本遼, 瀬古俊一, 片岡泰之, 井原雅行, 渡辺昌洋, 小林透: Drag&Flick: タッチスクリーンを用いた視覚障がい者向け文字入力方式, インタラクション 2013, pp. 72–79, 一般社団法人情報処理学会 (2013).
- [12] Sears, A., Lin, M., Jacko, J. and Xiao, Y.: When Computers Fade...Pervasive Computing and Situationally-Induced Impairments and Disabilities, in *Proceedings of The 10th International Conference on Human-Computer Interaction*, HCI2003, pp. 1298–1302 (2003).
- [13] 深津佳智, 志築文太郎, 田中二郎: No-look Flick: 携帯情報端末のタッチパネルにおけるアイズフリーな片手かな文字入力システム, 第20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, WISS2012, pp. 133–138, 日本ソフトウェア科学会 (2012).
- [14] Jain, M. and Balakrishnan, R.: User learning and performance with bezel menus, in *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, pp. 2221–2230, NY, USA (2012), ACM.
- [15] 井川洋平, 宮下芳明: アイズフリーで速記できる「方向のみ」のフリック入力手法, インタラクション 2013, pp. 651–656 (2013).
- [16] Graffiti, <http://www.palm.com/products/input/>.
- [17] Goldberg, D. and Richardson, C.: Touch-typing with a stylus, in *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 conference on Human factors in computing systems*, CHI '93, pp. 80–87, NY, USA (1993), ACM.
- [18] Költringer, T. and Grechenig, T.: Comparing the immediate usability of graffiti 2 and virtual keyboard, in *CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '04, pp. 1175–1178, NY, USA (2004), ACM.
- [19] Castellucci, S. J. and MacKenzie, I. S.: Graffiti vs. unistrokes: an empirical comparison, in *Proceedings of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '08, pp. 305–308, NY, USA (2008), ACM.
- [20] Tinwala, H. and MacKenzie, I. S.: Eyes-free Text Entry on a Touchscreen Phone, in *Proceedings of the IEEE Toronto International Conference - Science and Technology for Humanity*, TIC-STH 2009, pp. 83–88, NY, USA (2009), IEEE.
- [21] Tinwala, H. and MacKenzie, I. S.: Eyes-free text entry with error correction on touchscreen mobile devices, in *Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, NordiCHI '10, pp. 511–520, NY, USA (2010), ACM.
- [22] Wobbrock, J. O., Myers, B. A. and Kembel, J. A.: EdgeWrite: a stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion, in *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '03, pp. 61–70, NY, USA (2003), ACM.
- [23] Wobbrock, J. O., Myers, B. A., Aung, H. H. and LoPresti, E. F.: Text entry from power wheelchairs: edgewrite for joysticks and touchpads, in *Proceedings of the 6th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, Assets '04, pp. 110–117, NY, USA (2004), ACM.
- [24] Bi, X., Chelba, C., Ouyang, T., Partridge, K. and Zhai, S.: Bimanual gesture keyboard, in *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '12, pp. 137–146, NY, USA (2012), ACM.
- [25] Kimioka, G., Shizuki, B. and Tanaka, J.: Niboshi for slate devices: a japanese input method using multi-touch for slate devices, in *Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction: interaction techniques and environments*, HCI'11, pp. 81–89, Berlin, Heidelberg (2011), Springer-Verlag.
- [26] Goel, M., Jansen, A., Mandel, T., Patel, S. N. and Wobbrock, J. O.: ContextType: using hand posture information to improve mobile touch screen text entry, in *Proceedings of the 2013 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pp. 2795–2798, ACM (2013).
- [27] Karlson, A. K. and Bederson, B. B.: Understanding single-handed mobile device interaction, Technical report, Department of Computer Science, University of Maryland (2006).