

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文字入力システム

深津 佳智^{1,a)} 志築 文太郎² 田中 二郎²

概要: アイズフリーで文字入力が行える携帯情報端末向けかな文字入力システムを示す。本システムでは、タッチパネルを入力デバイスとして用いる。アイズフリーでの正確な入力を実現するために、本手法では2ストロークに基づくかな入力を用いる。ユーザは、子音入力用のフリック操作に続けて、母音入力用のフリック操作を行うことにより、かな文字を入力することが可能である。入力精度を検証する実験を行った結果、被験者毎のエラー率は3.5%から19.8%、全体のエラー率は9.8%であった。

One-hand and Eyes-free Text Input System on Touch Panel of Mobile Devices

YOSHITOMO FUKATSU^{1,a)} BUNTAROU SHIZUKI² JIRO TANAKA²

Abstract: In this paper, we explain the kana letter text input system for eyes-free typing on mobile devices. This system uses touch panel as input device. To enable eyes-free typing with accuracy, it uses kana letter input based on 2 stroke input. First users manipulate flick operation for consonant input, and then vowel input similarly. We conducted an experiment to evaluate accuracy of input. Participants' error rates of input ranged from 3.6% to 19.8%, and the grand mean error rate was 9.8%.

1. はじめに

携帯情報端末のタッチパネルにおける文字入力は、ソフトウェアキーボードを用いて行われる。しかしながら、このタッチパネルにおいては、アイズフリーな文字入力は困難である。その原因として、第一に、タッチパネルの触覚的フィードバックの乏しさから、ユーザに視覚的な注意を要求すること、第二に、“fat fingers” [1] により、ユーザはキーを細かく押し分けることが難しいため、誤入力が誘発されることが挙げられる。また、一方で、Karlson ら [2] に

よると、ユーザの大部分は、片手による携帯情報端末の操作を望んでいる。

本研究において、我々は、タッチパネルを入力デバイスとし、フリック操作を用いた2ストロークに基づくアイズフリーかつ片手での正確なかな文字入力を実現した。本システムの用途は以下の様なものである。

アイズフリー入力

本システムを用いることにより、ユーザは、歩行時や信号待ち時に前方に注視したままメモをとることが可能である。また、ユーザは、机の下において入力を行うことにより、会議や授業などの場面において、話の流れを妨げることなくメモをとることが可能である。

画面の覗き見防止

本システムを用いることにより、画面の表示がない状態であっても文字入力が可能である。ユーザは、電車

¹ 筑波大学情報学群情報メディア創成学類
College of Media, Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba

² 筑波大学システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

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

内などの、周囲に人が多くいる環境において、画面の表示を消して入力を行うことにより、入力している文を周囲の人に覗き見されることを防止することができる。

我々は、本システムのプロトタイプを iPhone4 端末上にて動作する iOS アプリケーションとして実装し、その精度と使用感を検証する実験を行った。本稿では、これらについて報告する。

2. 関連研究

携帯情報端末におけるアイズフリーでの文字入力については、多くの研究がなされてきた。

Sánchez ら [3] は、視覚障害者のための携帯メッセージングシステムを提案した。携帯情報端末の画面上に 9 つのソフトウェアキーを配置し、それぞれのキーに複数のアルファベットを割り当てた。ユーザは、マルチタップ方式により文字入力を行う。すなわち、入力文字を選択するために、キーを複数回押下する。また、このシステムは、text-to-speech を使用することにより、音声によるフィードバックをユーザに与えた。視覚障害者にとって画面上の正確な位置の押下は困難であるが、このシステムはキーを見えなくても押しやすい位置に配置することにより、この問題を解決している。具体的には、画面上の角と端にキーを配置している。

Bonner ら [4] は、マルチタッチフィンガージェスチャ入力と音声フィードバックを用いた、アイズフリーな文字入力システムを提案した。ユーザは、画面上にある 8 分割のパイメニューから文字グループ（例えば、ABC の文字グループ）を 1 本の指でスライド操作し選択した状態で、もう 1 本の指で画面上の任意の点をタップすることにより、文字グループを決定する。次に、3 分割された画面から文字（例えば、B）を同様に決定することにより、アルファベットの入力が可能である。iPhone の VoiceOver との比較実験では、入力スピード、エラー率の点において、提案システムが VoiceOver よりも優れた性能を示した。

Frey ら [5] は、Braille 式点字を用いた両手操作による文字入力システムを提案した。このシステムは、iPhone 端末の画面上に Braille 式点字を模した 6 つのキーを配置している。ユーザは、それらのキーを押す組み合わせによりアルファベットの入力が可能である。キーの押下時に、入力された文字は、音声フィードバックを用いて通知される。

これらの研究は、視覚障害者のアクセシビリティ向上を目的としたものであり、アイズフリーでの文字入力に関して多くの示唆を含んでいる。しかしながら、音声フィードバックを用いる点、もしくは両手のインタラクションである点において本研究と異なる。対照的に、本研究は片手かつアイズフリーでの文字入力システムの実現を目的とする。

3. 提案システム

本節では、提案システムにおける文字の入力方法と設計方針を述べる。

3.1 キー配置と文字の入力方法

キー配置を図 1 に示す。タッチパネル面上には 2 つの子音キーと 1 つの母音キーを配置した。ユーザは、2 ストロークに基づくかな入力が可能である。具体的には、子音入力用のフリック操作に続けて、母音入力用のフリック操作を行うことにより、かな文字を入力する。ただし、子音入力を 2 回以上続けて行った場合は、最後の子音入力が反映される。また、子音入力の前に母音入力を行った場合には、文字は入力されない。この 2 ストロークの入力に続けて、再度、母音キーをフリック操作することによって、かな文字の濁音化、半濁音化、小文字化を行う。つまり、3 ストロークにより、濁音、半濁音、小文字の入力を行う。画面の右端から左端へのスワイプ操作が、バックスペース操作である（図 2）。本システムでは、母音入力が行われる毎に、バイブレーション機能によってユーザにフィードバックを与える。また、濁音化、半濁音化、小文字化の際も同様のフィードバックを与える。

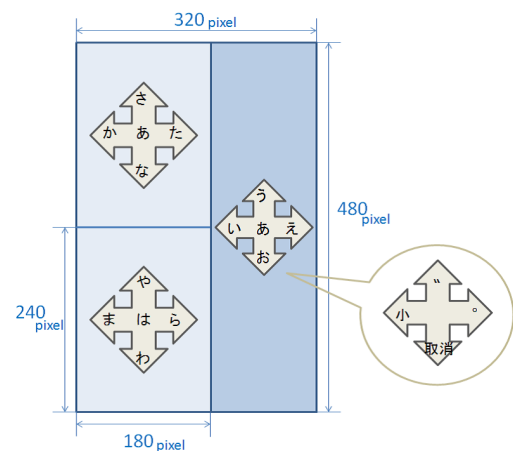


図 1 キー配置。（この配置は、端末上の画面には表示されない。）

Fig. 1 Key arrangement. (This arrangement is not displayed on screen of the device.)

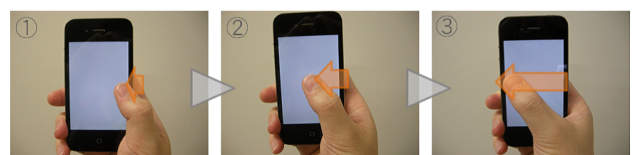


図 2 バックスペースの操作

Fig. 2 Manipulation of backspace.

本手法の状態遷移図を図 3 に示す。この図における特殊

文字入力とは、濁音、半濁音、小文字の入力を示す。母音入力1は、濁音化、半濁音化、小文字化される可能性がないかな文字の入力を示し、母音入力2は、その可能性があるかな文字の入力を示す。具体的には、母音入力1に該当するかな文字は、な行、ま行、ら行、わ行の文字であり、母音入力2に該当するかな文字は、あ行、か行、さ行、た行、は行、や行の文字である。

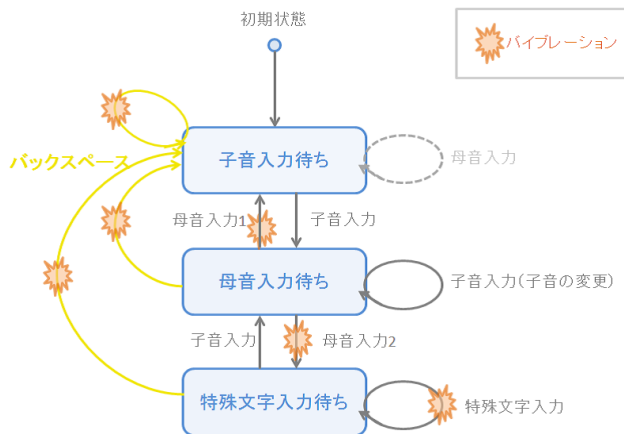


図 3 入力の状態遷移図

Fig. 3 State transition diagram of input.

3.2 設計方針

片手かつアイズフリーでの正確な文字入力を実現するために、以下の様な方針を基に本システムを設計した。

キー配置

アイズフリーでの正確な押し分けを可能にするために、キー数が最少限になる様、3つのキーを配置した。キーの大きさは、ポインティング精度の低い位置にあるキーを広く、高い位置にあるキーを狭くした。この決め方は、端末を右手で把持し、親指を使いポインティングを行った時、画面の左部（特に、左上部）のポインティング精度が低いこと [6] に基づく。

また、現代の日本語は左横書きされる。これに対応させるために、子音入力のためのキーを左側に配置し、母音入力のためのキーを右側に配置した。これにより、ユーザは一文字入力するために、左のキーを押してから、右のキーを押すことになる。

フリック入力

目的とするかな文字入力システムを実現するためには、50音に加えて、濁音（が行、ざ行、だ行、ば行）、半濁音（ぱ行）、小文字（あ、い、う、え、お、つ、や、ゆ、よ）を入力できる必要がある。一方で、アイズフリーでの正確な入力を実現するためには、キー数を最少限にとどめたい。そこで、フリック入力を採用した。フリック入力により、個々のキーにおいて、5種の入力を行うことができる。

子音入力と母音入力の分離

子音入力のためのキーと母音入力のためのキーを分けることにより、子音の再入力を可能にした。これにより、ユーザは、入力するかな文字を確定する前に、何度でも子音を再入力することができる。再入力機能がない場合、ユーザが誤った子音を入力したと思った時に、一度、その子音を消去することになる。しかし、子音の消去は、かな一文字の消去と混同しやすいため、ユーザがどこまで文字を消去したかを把握しづらくする。したがって、子音入力のためのキーと母音入力のためのキーの分離は、このような混同を避けることができる点において有効である。

画面端からのスワイプ操作によるバックスペース

バックスペース操作に割り当てたスワイプ操作の操作開始位置と終了位置とを画面の両端とした。画面の端を操作の開始位置とするインタラクション設計手法は Bezel Swipe[7] でも採用されており、アイズフリーにおいても正確な入力を実現することが示されている [8], [9]。さらに、文字入力のためのフリック操作との干渉を防ぐこともできる。

また、右から左へのスワイプは、左横書きされた文字が右から左へと消去されていくことと対応している。

バイブレーション

バイブレーションによるフィードバックは、状態遷移図（図 3）に示したタイミングで与えられる。これにより、ユーザは文字が入力されたことを把握することができる。

4. 評価実験

提案システムのプロトタイプを作成し、これを用いて文字入力精度と使用感を検証するための評価実験を行った。

4.1 被験者

タッチパネルにおけるフリック入力を日常的に使用している6名のボランティア（男性5名、女性1名、年齢21-24歳）を被験者とした。すべての被験者が右利きであった。フリック入力を日常的に使用している者を被験者とした理由は、フリック入力を日常的に使用し慣れているユーザであれば、フリック入力自体のミスが少ないため、2ストロークによる入力やキー配置が入力精度に及ぼす影響を検証しやすいと考えたためである。

4.2 実験機器

提案システムのプロトタイプを、Objective-Cを用いて、iPhone4 (iOS5.1) 端末上で動作するiOSアプリケーションとして実装した。

4.3 実験環境

静音環境の部屋にて実験を行った。その部屋には、被験者1名、実験者（本稿の著者1名）、実験協力者1名のみがいた。

4.4 姿勢条件

本手法の利用を想定する場面に応じて、以下に示す3つの姿勢条件を設けた。

座り姿勢（図 4a）

被験者は、椅子に座り、端末を把持した手を机の下に構えて、入力を行う。実験者がテスト紙を机の上に置き、提示する。

立ち姿勢（図 4b）

被験者は、壁を向いて立ち、端末を把持した手を腰付近に構えて、入力を行う。実験者がテスト紙を壁に貼り、提示する。

歩き姿勢（図 4c）

被験者は、端末を片手に持ち、実験者の後ろに付いて歩きながら入力を行う。この姿勢条件は [10], [11] を参考に設計を行った。実験者がテスト紙をクリップボードに貼り付け、そのクリップボードを抱えることにより、提示する。

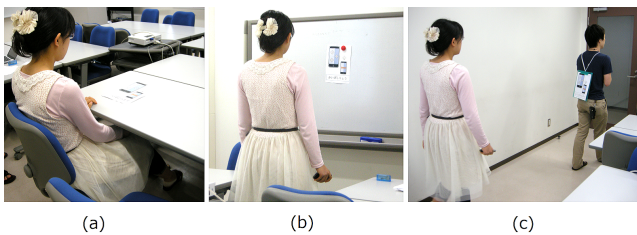


図 4 (a) 座り姿勢 (b) 立ち姿勢 (c) 歩き姿勢

Fig. 4 (a) Sitting posture. (b) Standing posture. (c) Walking posture.

4.5 実験の手順

(1) 操作方法と実験の流れの説明

プロトタイプの手続きについて、キー配置とバックスペースの操作説明図（図 5a）、フリック方向と入力文字の対応を示した五十音図（図 5b）を用いて説明した。なお、特に分かりにくいと思われるや行とわ行のフリック方向と入力文字の対応については、入念に説明を行った。また、文字入力の際の姿勢条件が本手法を実際に利用する場面を想定したものとなっていることを説明し、速く入力することよりも正確に入力することを心がける様に依頼した。実験の流れを説明した後に、実験への参加について書面による承諾を得た。

(2) 入力練習

練習モード状態のプロトタイプ（図 6a）を用いて、

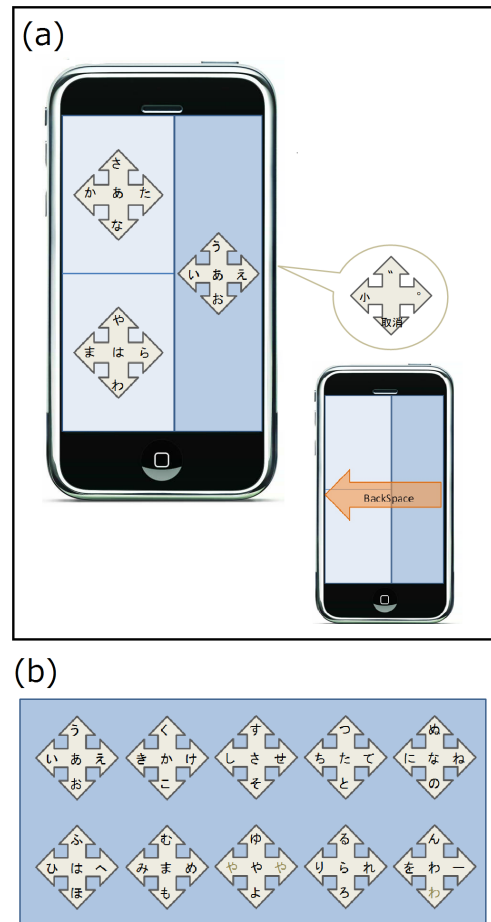


図 5 (a) キー配置とバックスペースの操作説明

(b) フリックの方向と入力文字の対応を示した五十音図

Fig. 5 (a) Key arrangement and operating instructions of backspace.

(b) Kana syllabary that illustrates correspondence of input characters with flick.

被験者に10分間自由に入力を行ってもらった。練習モードにおいては、入力した文字が画面上部に表示される。なお、この時、操作について不明な点がある場合は質問をしてもらった。

(3) 測定

3つの姿勢条件（座り、立ち、歩き）において、それぞれ、提示した短文を測定モード状態のプロトタイプ（図 6b）を用いて入力してもらった。ただし、3つの姿勢条件の提示順を被験者毎に入れ替え、カウンターバランスをとった。

測定モードにおいては、画面は常に何も表示がない状態である。被験者には、キー配置図と短文の書かれた紙（図 7 以下、テスト紙）を見ながら、片手で入力を行ってもらった。測定を行う前に、どちらの手で入力を行うか決めてもらい、3つの姿勢条件すべてにおいて、同じ手で入力を行ってもらった。実験者がテスト紙を提示したら入力を始め、入力が終わったら「終

わかりました。」と合図を送ってもらった。この短文入力を1つの姿勢条件につき8回行ってもらった。すなわち、1名の被験者につき計24回（8回×3姿勢条件）の短文入力を行ってもらった。

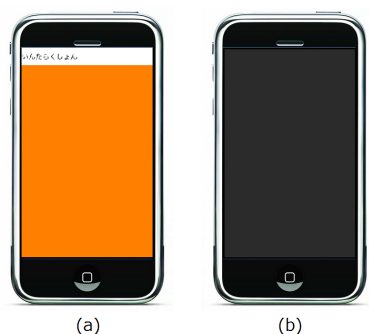


図6 (a) 練習モードの画面 (b) 測定モードの画面

Fig. 6 (a) The screen of practice mode.
(b) The screen of measurement mode.

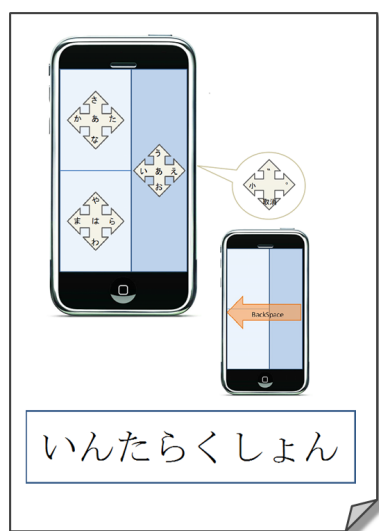


図7 キー配置図と被験者が入力する短文を示したテスト紙

Fig. 7 The test paper that illustrates key arrangement with a short sentence to input.

(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。

なお、被験者1名あたりの実験の所要時間は約50分（操作方法と実験の流れの説明約5分、入力練習約10分、測定約25分、アンケート約10分）だった。

4.6 提示した短文

以下の基準に基づき、6-8文字の短文を24個用意した（表1）。

- 本システムにおいて入力可能な文字を網羅的に含んでいること。

- 本システムの利用を想定する場面において、入力されそうな短文であること。

表1 短文のリスト

Table 1 The list of short sentences to input.

ID	短文
1	りょうかいです
2	ごめんなさい
3	わかりました
4	やっぱりいいわ
5	ちょっとまって
6	さきにたべて
7	いまでさきです
8	すこしおくれます
9	つくばにいます
10	かいぎちゅう
11	すぐに行きます
12	お風呂はいいや
13	いんたらくしょん
14	つくばだいがく
15	れぼーとしめきり
16	かいぎしりょう
17	しりょういんさつ
18	すいどうだい
19	ごごきゅうこう
20	あしたはやすみ
21	おやすみなさい
22	びでおへんきやく
23	ろんぶんよむ
24	どうのみかい

4.7 取得データ

本評価実験において、我々は、被験者により入力された文字列データを取得し、分析を行った。

4.8 アンケート内容

アンケートの内容は以下の3問である。なお、問1, 2については、5段階のリッカート尺度を用いて評価をしてもらうとともに、その評価の理由を記してもらった。問3については、自由記述にて回答してもらった。

設問1

本文字入力システムを使用して、かな入力が正確に行えると思いませんか？

（5：とても思う、1：全く思わない）

設問2

本文字入力システムのキー配列は覚えやすかったですか？

（5：とても覚えやすい、1：全く覚えにくい）

設問3

本文字入力システムについて、良かった点、改善すべ

き点、感想をご記入ください。

5. 実験結果

5.1 測定結果

5人の被験者（A, B, D, E, F）は右手で入力を行い、1人の被験者（C）は左手で入力を行った。

各被験者のエラー率を図8に、各姿勢条件のエラー率を図9に示す。ここでのエラー率は、白鳥ら[12]の算出方法と同様に、提示した短文と被験者の入力した文字列を比較し、誤って入力された文字数、余分に入力された文字数、および入力されなかった文字数の合計を提示した短文の総文字数で除したものである。

また、エラーの分類を行った。分類毎のエラー数を図10に、各姿勢条件における分類毎のエラー数を図11に示す。ただし、このエラー数は、先の誤って入力された文字数、余分に入力された文字数、および入力されなかった文字数の合計数と異なる。これは、複数の分類に含まれるエラーが存在するためである。エラーの分類を以下に示す。

キー上下エラー

誤って入力された文字のうち、子音キーの上下の入力誤ったことが原因のものを数えた。

（例：「き」を誤って「み」と入力するエラー）

フリックエラー

誤って入力された文字のうち、フリックの入力を誤ったことが原因のものを数えた。

（例：「き」を誤って「く」と入力するエラー）

なお、子音入力、母音入力両方においてフリックの入力を誤ったものは、2回のエラーとして数えた。

（例：「き」を誤って「す」と入力するエラー）

特殊文字エラー

誤って入力された文字のうち、小文字化、濁音化、半濁音化が誤っていたものを数えた。

（例：「ぎ」を誤って「き」と入力するエラー）

文字不足エラー

入力されなかった文字数を数えた。

文字余りエラー

余分に入力された文字数を数えた。

その他

上の分類のいずれにも含まれないものを数えた。具体的には、「ぎ」を誤って「きふ」と入力したエラーが1回あった。（例外的に、特殊文字および文字余りとしては数えなかった。）

5.2 アンケート結果

アンケート結果を表2に示す。設問1（正確性）の評価平均は3.0、設問2（覚えやすさ）の評価平均は3.3であった。

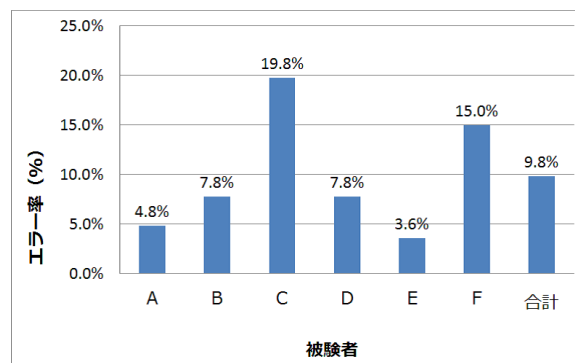


図8 被験者毎のエラー率

Fig. 8 Error rate per subject.

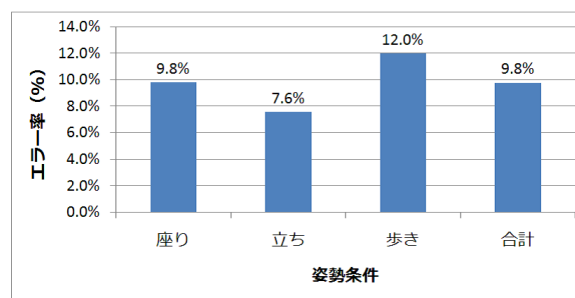


図9 姿勢条件毎のエラー率

Fig. 9 Error rate per posture condition.

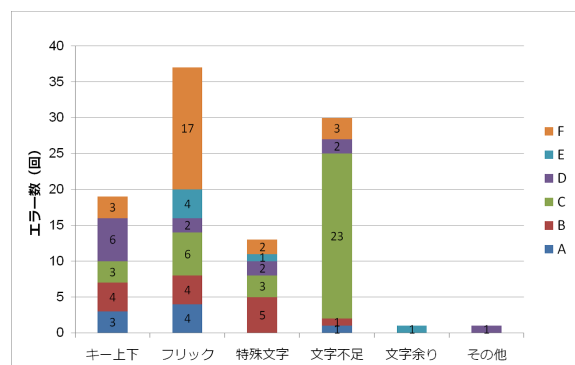


図10 分類毎のエラー数

Fig. 10 Number of errors per error type.

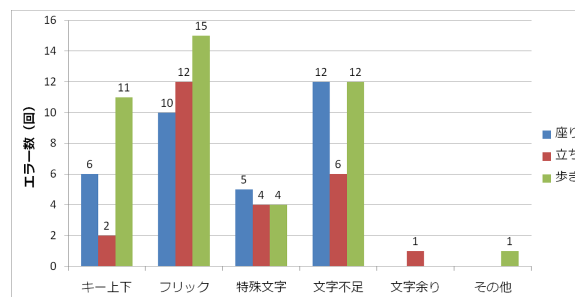


図11 各姿勢条件における分類毎のエラー数

Fig. 11 Number of errors per error type on each posture.

6. 考察

6.1 入力精度

全体のエラー率は9.8%であった。被験者毎のエラー率

表 2 アンケート結果 [人]
 Table 2 Questionnaire result.

	評価				
	1	2	3	4	5
設問 1	1	1	1	3	0
設問 2	0	1	2	3	0

において、最も低いエラー率は 3.6%であった。この最も低いエラー率を記録した被験者 D の測定結果を表 3 に示す。これは、本システムの用途の一つであるユーザ本人のためのメモをとるという場面においては、十分な入力精度であった。一方で、最も高いエラー率は 19.8%であった。この場合、入力された短文を見ても意味を読み取れないものも多かった。

表 3 被験者 D の測定結果 (エラーのあった短文のみを示した.)
 Table 3 The result of subject D. (The table shows only the sentences that have errors.)

姿勢条件	ID	短文	入力した文字列	エラー数
歩き姿勢	14	つくばだいがく	つくばだいくく	1
座り姿勢	1	りょうかいです	りょうかいだす	1
	24	どうのみかい	とようのみかい	1
	19	ごごきゅうこう	ごごきょうこう	1
立ち姿勢	2	ごめんなさい	ごめんなたい	1
	12	おふろはいいや	おふくろはいいや	1

姿勢条件毎のエラーを比較すると、歩き姿勢においては、座り姿勢と立ち姿勢に比べて、キー上下エラーおよびフリックエラーが増加する傾向にあった。歩き状態における操作精度の低下は [13] においても指摘されている。

分類したエラーの中で最も多かったものは、フリックエラーで、全エラー数の 36.6%を占めた。特に被験者 F については、フリックエラーが、この被験者の全エラー数の 52.0%を占めていた。アンケートにおいては、「普段使用しているフリック入力と異なる入力 (わ行、や行、濁音、半濁音、小文字) が、分かりにくく混乱した。」(3 名) という意見や、「練習時間のみでは五十音の対応が覚えられなかった。」(1 名) という意見が得られた。よって、普段使用しているフリック入力との入力方法違いがフリックエラー数を増加させた可能性がある。また、同様に、この入力方法の違いが特殊文字エラー数も増加させた可能性がある。入力方法の違いに起因するエラーについては、ユーザが本システムの入力方法に慣れることにより、改善がされる可能性がある。また、アイズフリーにおいては実際の指の動きが目で確認できないため、指のフリック方向が、実際に動かし方向と本人の心象方向で異なったため、意図したフリック操作が行われず、フリックエラーが増加した可能性も考えられる。今後、フリックエラーの問題を解決するために、視覚状態と非視覚状態の 2 状態におけるフリック操

作を比較して、フリック方向にズレが生じるかについての分析を考えている。また、アイズフリーでのフリック操作自体の入力精度の分析も考えている。これらの分析を基にして、フリック操作の判定アルゴリズムを改良できる可能性がある。

2 番目に多かったものは、文字不足エラーで、全エラー数の 29.7%を占めた。特に被験者 C の文字不足エラーが他の被験者と比べて極端に多かった。このため、立ち姿勢において、座り姿勢と歩き姿勢に比べて文字不足エラーが増加するという他のエラーと異なる傾向となった。この被験者は、右利きであったが、携帯端末を使う際は左手を使うことを好み、実験においても左手を使って入力を行っていた。実験後にインタビューを行ったところ、母音の入力をしたつもりであったが、バイブレーションのないことが何度かあったと答えていた。この原因は、左手で端末を把持した際、母音キーに親指が届きにくくなることにあると考えられる。すなわち、母音キーを押すために延ばした親指が子音キーを押してしまい、これに伴って文字が入力されず、その結果としてバイブレーションがなかったと考えられる。これにより、文字不足エラーが増加したと考えられる。本システムは、右手の使用を想定して右側のキーを広くする設計を採用しているため、上記の結果は妥当な結果と言える。この問題を解決するためには、左側のキーを広くした左手用のモードを開発すれば良いと考えている。

キー上下エラーは全エラー数の 18.8%を占めた。アンケートにおいては、「キー配置がタッチしやすくなっており、入力しやすかった。」(2 名) という意見が得られた一方で、すべての被験者において、キー上下エラーが 3 回以上発生した。このエラーを減少させるために、被験者に対して画面の上端もしくは下端を意識してフリックすることを操作方法の教示として与えることを考えている。被験者にこの 2 つの子音キー境界付近を避け、端を意識してフリックさせることにより、キー上下エラーが減少することが期待される。また、母音キーの大きさを変えることも解決策として考えている。

6.2 使用感

設問 1 の評価理由についての回答として、「それなりに正確に入力できたと思う。」(2 名)、「キー配置を覚えれば、正確に入力できると思う。」(1 名) という肯定的な意見の一方で、「自分が何を入力しているのか自信がなかった。」(2 名)、「打った文字が見えないと、正確かどうかは分からなかった。」(2 名) という否定的な意見も得られた。このことは、設問 1 の評価平均が 3.0 であったことにも表れている。また、システムの改善点として、「フィードバックを工夫して、何の文字が入力されたのか、誤入力をしていないのかが分かる様にして欲しい。」(4 名) という意見が得られた。このような問題を解決するために、バイブレー

ションによるフィードバックに工夫を施す改良案を考えている．具体的には，母音を入力した時と濁音，半濁音，小文字を入力した時のバイブレーションのパターンを変えることを考えている．

設問 2 の評価理由についての回答として，「普段使用しているフリック入力と異なる入力（わ行，や行，濁音，半濁音，小文字）が，分かりにくく混乱した．」（3 名）という否定的な意見の一方で，「フリック入力と似ていたので，覚えやすかった．」（3 名）という肯定的な意見も得られた．このことは，設問 2 の評価平均が 3.3 であったことにも表れている．また，「慣れるともっと上手く使えるようになりそう．」（2 名）という意見や，設問 3 のシステムの感想を記述する項目において，「慣れれば既存のソフトウェアキーボードと同程度の速度で入力できそう．」（1 名）という意見が得られた．本システムでの入力に慣れることにより，入力精度および入力速度が向上すると期待される．これについては，今後，入力精度および入力速度についての学習効果の実験を行うことを考えている．

7. まとめと今後の課題

本研究では，携帯情報端末のタッチパネルにおいて，片手かつアイズフリーでのかな文字入力を行うことを目的とし，iOS アプリケーションとしてプロトタイプを実装し，その精度と使用感を検証するための評価実験を行った．具体的には，座り，立ち，歩きの 3 つの姿勢条件下での文字入力タスクと使用感に関するアンケートを行った．

実験の結果，全体のエラー率が 9.8% であった．被験者毎のエラー率において，最も低いエラー率は 3.6% であった．これは，本システムの用途の一つであるユーザ本人のためのメモをとるという場面においては，十分な入力精度であり，アイズフリーでの正確な文字入力を実現するシステムとしての可能性を示した．使用感に関するアンケートにおいては，入力手法，キー配置については好意的な意見が多かった．一方で，入力している文字が把握しづらく，正確に入力できているか不安になるという問題点が見つかった．

今後の課題は，入力精度の向上である．エラーの分類により，フリックエラーと文字不足エラーが入力精度を下げる主な要因となっていることが分かった．また，アンケートにより，どの文字を入力しているのか把握しづらいという意見が得られた．これらの問題点を解消することにより，入力精度の向上が望める．具体的には，視覚状態と非視覚状態の 2 状態におけるフリック操作を比較して，フリック方向にズレが生じるかについての分析，および，アイズフリーでのフリック操作自体の入力精度の分析を行い，これらの分析を基にしたフリック操作の判定アルゴリズムの改良を行うことにより，フリックエラーを減少し，入力精度の向上をはかる．また，様々なバイブレーションのパターンを用いることにより，入力している文字の把握を容易に

することによって，文字不足エラーを減少し，入力精度の向上をはかる．

参考文献

- [1] Siek, K. A., Rogers, Y. and Connelly, K. H.: Fat finger worries: How older and younger users physically interact with PDAs, in *Proceedings of the Tenth IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 267–280, Springer (2005).
- [2] Karlson, A. K. and Bederson, B. B.: Understanding single-handed mobile device interaction, Technical report, Department of Computer Science, University of Maryland (2006).
- [3] Sánchez, J. and Aguayo, F.: Mobile Messenger for the Blind, in *Proceedings of the 9th conference on User interfaces for all*, pp. 369–385, Springer (2006).
- [4] 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 Eighth International Conference on Pervasive Computing*, pp. 409–426, Springer (2010).
- [5] Frey, B., Caleb, S. and Mario, R.: 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*, pp. 19–25, Springer (2011).
- [6] 松浦吉祐，郷健太郎：小型タッチ画面における片手親指の操作特性，電子情報通信学会技術研究報告，Vol. 106, No. 535, pp. 61–66 (2007).
- [7] Roth, V. and Turner, T.: Bezel Swipe: Conflict-Free Scrolling and Multiple Selection on Mobile Touch Screen Devices, in *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 1523–1526, ACM (2009).
- [8] 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*, pp. 2221–2230, ACM (2012).
- [9] Bragdon, A., Nelson, E., Nelson, E. and Hinckley, K.: Experimental Analysis of Touch-Screen Gesture Designs in Mobile Environments, in *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems*, pp. 403–412, ACM (2011).
- [10] Goel, M., Findlater, L. and Wobbrock, J.: WalkType: Using Accelerometer Data to Accommodate Situational Impairments in Mobile Touch Screen Text Entry, in *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2687–2696, ACM (2012).
- [11] Nicolau, H. and Jorge, J.: Touch typing using thumbs: understanding the effect of mobility and hand posture, in *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 2683–2686, ACM (2012).
- [12] 白鳥嘉勇，小橋史彦：日本語入力用新キー配列とその操作性評価，情報処理学会論文誌，Vol. 28, No. 6, pp. 658–667 (1987).
- [13] Schildbach, B. and Rukzio, E.: Investigating selection and reading performance on a mobile phone while walking, in *Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, pp. 93–102, ACM (2010).