

# 押し込み操作による入力切替えを用いた 携帯情報端末のタッチパネルにおける アイズフリーな文字入力 UI

劔地 一見<sup>1,a)</sup> 鈴木 優<sup>1,b)</sup>

**概要：**携帯情報端末のタッチパネル上でのアイズフリーな文字入力は、触覚フィードバックが乏しいために困難である。本研究では、携帯情報端末のタッチパネル上で、アイズフリーなかな文字入力可能なシステムを開発した。本文字入力システムは、ユーザが手書きで子音ストロークを入力した後、そのまま指を押し込み、フリックで母音を選択することで文字入力を行うものである。本提案手法の評価実験を行い入力方法の改良をしたところ、アイズフリーでの文字入力が平均エラー率 5 %で行える結果となった。

## Eyes-free Text Input Technique for Mobile Devices with a Touch Panel Using Push Operation

KAZUMI TSURUGICHI<sup>1,a)</sup> YU SUZUKI<sup>1,b)</sup>

**Abstract:** It is difficult to input letters on touch panel of mobile devices for eyes-free because a tactile sensation is lacked. In this research, we explain a technique users can input Japanese kana letters for eyes-free on mobile devices. In our technique users input a consonant-stroke with handwriting, then push the touch panel forcefully to switch the input mode from consonants to vowels. Finally users flick to input a vowel. As a result of experiments to evaluate accuracy of this technique, a conclusive error rate to input letters for eyes-free was 5.0 % on average.

### 1. はじめに

携帯情報端末のタッチパネルにおける日本語文字入力の現状として、画面を見ずに入力を行うことは困難だということが挙げられる。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ことと、キーボード上でのキーの押し分けが必要であるということが挙げられる。

もし文字入力をアイズフリーで行うことができれば、指の動きを感知できるノートパソコンのトラックパッド等でも文字入力が行えるようになる可能性があり、画面以外を注視しなければいけない歩行時や会議中にもメモをとることができるようになる。また、人の密集した場所でも気に

せず文字入力ができ、手を下ろしたまま入力を行えば周囲の人に画面を覗き見されることを防止できる。

本研究では、タッチパネル上でアイズフリーな日本語文字入力が行える UI の開発を行う。文字入力 UI の機能として記号入力、漢字カタカナ変換、小文字変換、入力文字の削除修正、入力位置の移動などさまざまなものがあるが、本研究では文字入力の要であるかな文字入力の開発を行う。

### 2. 関連研究

携帯情報端末でのアイズフリーな文字入力について、様々な研究が行われてきた。青木ら [1] は、タッチスクリーンを用いた視覚障害者向けの文字入力システムを提案した。このシステムでは、タッチスクリーンに指が触れた位置から規定の方向にスライドすることで子音を入力し、そこから更に規定の方向に指をスライドさせることで母音を決定す

<sup>1</sup> 宮城大学  
Miyagi University  
a) p1322071@myu.ac.jp  
b) suzu@myu.ac.jp

る。子音入力前にシングルタップがなければあ～な行が入力でき、シングルタップがあれば、は～わ行が入力できる。

深津ら [2] は、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を提案した。このシステムでは、画面を3つのエリアに分け、フリック操作を用いて入力を行う。左上があ～な行の子音、左下がは～わ行の子音の入力ができ、右側で母音の入力を行う。入力は子音入力、母音入力の順に行うが、母音エリアでのフリック操作を連続して行うことで、特殊文字の入力も可能にしている。

箱田ら [3] は、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なかな文字入力方法を提案した。1本指のタップ、または4方向のドラッグをすることであ～な行の入力、1回タップした後に同様の操作をすることでは～わ行の入力ができる。子音を入力後、1本目の指が端末画面に触れたまま2本目の指でタップ、または4方向のドラッグをすることで母音入力ができる。

一方で本研究では、子音入力に手書き入力を用い、入力の切替えにタップ操作ではなく押し込み操作を使用する。

### 3. アイズフリーなかな文字入力方法の検討

まず、触覚フィードバックが乏しいという問題に対しては、バイブレーションによるフィードバックを与えて、使用者が入力している感覚をつかみやすいようにするという対策が考えられる。

次に、キーを押し分ける必要のない入力方法として、フリック入力・手書き入力・トグル入力が挙げられる。画面を見ない状態でのトグル入力は、タップした回数分かりづらく誤入力の原因となるため、本研究では使用しない。

また、携帯情報端末を実際に利用する場面を想定して、片手で入力が行える操作を用いる。片手で出来る操作として、タップ・スワイプ・押し込みが挙げられる。しかしながら、タップ操作による切替を用いると、どの入力モードなのかをユーザが把握しなければならないため、混乱を招きやすい。よって、本研究ではタップ操作を使用しない。またスワイプ操作はフリック操作と近似しており、片手での携帯情報端末の操作を想定した場合、フリック操作のほうが簡易なため、本研究ではスワイプ操作ではなくフリック操作を用いる。

これらの点をふまえ、本研究では、フリック・手書き入力・押し込み操作を組み合わせた入力方法を採用する。

## 4. 提案するかな文字入力方法

### 4.1 子音の入力

本提案手法では、最初に子音の入力を行う。子音の入力は、タッチパネル上で規定の子音ストロークを手書きすることで行う(図1(a)~(b))。

### 4.2 子音と母音の切替え

子音の入力が終了した後、そのままタッチパネルから指を離さずに押し込むと、母音の入力に遷移し、バイブレーションによるフィードバックがユーザに与えられる(図1(c))。

### 4.3 母音の入力

母音の入力に遷移した後、指を離す、または規定の方向へフリック操作を行うことで入力が完了する(図1(d))。「あ」の母音はそのまま指を離し、「い」から「お」までの母音はフリック操作を行う。母音の配置は従来のフリック入力の配置と同じで、真ん中が「あ」、左方向が「い」、上方向が「う」、右方向が「え」、下方向が「お」となっている。や行とわ行は、真ん中が「や」「わ」、上が「ゆ」「を」、下が「よ」「ん」となっている。

### 4.4 子音のストローク

子音のストロークは、個人の指の長さや書き方に依存しないように直線的でシンプルなもの、かつ覚えやすいものにするために、かなをローマ字入力するときのアルファベットの形状からストロークを考えることにした。また、アルファベットには直線的な形が多い大文字を採用した。

第1段階のストロークを決定するために、宮城大学の学生20名に、あ～わ行と濁音と半濁音のが・ざ・だ・ば・ぱ行にあたるアルファベットを、上下左右のストロークで表してもらい予備実験を行った。その結果をもとに、それぞれのアルファベットで同じ書き順が最も多いものを採用して子音のストロークを決定した(表1)。

### 4.5 ストローク識別アルゴリズム

本システムは、上下左右のストロークの方向を判定するコマンドを作り、そのコマンドによってどのかな文字を入力しているか判定している。たとえば、入力されたコマンドが「↑・↓」なら、子音ストロークが↑↓である「あ行」と判定する。

### 4.6 実装

Objective-C を用いて 3D Touch が搭載されている iPhone6S(iOS9.3.1) 端末上にて動作する iOS アプリケーションを実装した。

表 1 第1段階の子音ストローク

Table 1 The first consonant-stroke

A (あ)	K (か)	S (さ)	T (た)	N (な)	H (は)	M (ま)	Y (や)
↑↓	←→	↔←	→↓	↑↓↑	↓→↓	↑↓↑↓	↓↑↓
R (ら)	W (わ)	G (が)	Z (ざ)	D (だ)	B (ば)	P (ぱ)	
↓→←↓	↑↓↑↑	↔→↓	→↓→	↓→↓←	↔←←	↓→←	

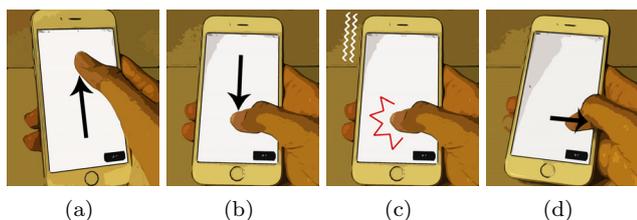


図 1 入力手順

Fig. 1 How to input letters

## 5. 本文字入力システムの第 1 回評価実験

本文字入力システムが適切か検証するために評価実験を行った。

本評価実験では、次の 3 つの目的を設定した。1 つ目は、本提案手法を用いた際の文字入力精度の検証、2 つ目は、本提案手法で文字入力を行ったときの文字入力速度の検証、3 つ目は、本提案手法の使用感の検証である。

### 5.1 実験条件

評価実験の被験者は、大学生 5 名のボランティア (女性 5 名、年齢 21-22 歳) で、すべての被験者が右利きであった。

また、携帯情報端末を実際に使用する場面を想定し、深津ら [2] の研究を参考に、座り姿勢、立ち姿勢、歩き姿勢の 3 つの姿勢条件を用いて実験を行った。

実験の際、用いる姿勢条件の順番によって偏りがでないように、被験者ごとの姿勢条件を入れ替えた。

### 5.2 実験手順

まず被験者は実験で使用する手を決める。次に実験者は、被験者に本文字入力システムの入力方法を説明し、練習用の短文を提示して、入力練習を行ってもらう。練習後、表 2 の本実験用の短文を用いて、姿勢条件ごとに被験者に画面を見ずに文字入力を行ってもらう。実験中、被験者に各行の子音ストロークと母音のフリックの方向、入力する短文が書かれた用紙を常に提示した。入力画面は図 2 のようになっており、被験者に短文 1 文を入力し終えるごとに画面右下の終了ボタンを押してもらうことで、その短文の入力にかかった時間を記録する。被験者 1 人につき、短文 10 種類と姿勢条件 3 つの組み合わせで、30 回の短文入力を行ってもらった。すべての短文入力が終了したら、被験者に対し 5 段階評価と自由記述による使用感に関するアンケートを実施した。

表 2 本実験の短文リスト

Table 2 Short sentences for experiments

1	みやぎだいがく
2	これからかえります
3	ありがとうございます
4	ざんねんです
5	よるはばすたをたべる
6	きんようはのみかい
7	ぼそこんがこわれた
8	ばすのじかんをしらべる
9	あしたはやすみ
10	ろんぶんをよむ

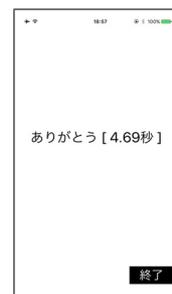


図 2 入力画面

Fig. 2 Input screen

### 5.3 文字入力精度の検証方法

本文字入力システムの文字入力精度の検証を行うために、被験者が入力した短文を見て、エラーの分類とエラー率の算出を行った。

#### エラーの分類

エラーは大きく 3 つに分けられる。また、誤入力エラーは更に 3 つに分類できる。

- 文字を誤って入力した場合の誤入力。
  - 子音ストロークのミス。  
(例)「あ」を「か」と誤入力する。
  - 母音のフリック入力のミス。  
(例)「あ」を「い」と誤入力する。
  - 子音ストロークと母音フリック両方のミス。  
(例)「あ」を「き」と誤入力する。
- 被験者が誤って入力したと自覚し、入力し直した場合の余分入力。  
(例)「ありがとう」を「あにりがとう」と入力した場合のエラー。
- 文字が入力できていなかった場合の不足入力。  
(例)「ありがとう」が「あがとう」と入力していた場合のエラー。

#### エラー率の算出方法

エラー率 (E) を、 $E = (\text{誤入力数} + \text{余分入力数} + \text{不足入力数}) / (\text{短文の総文字数})$  と定める。

### 5.4 文字入力速度の検証方法

本文字入力システムの文字入力速度の検証を行うために、被験者の入力にかかった時間を用いて、文字入力速度の算出を行った。

#### 文字入力速度の算出方法

文字入力速度 (S) を、 $S = (\text{短文 1 文ずつにかかった時間 (秒) の総和}) / (\text{短文の総文字数})$  と定める。

## 5.5 使用感の検証方法

本文字入力システムの使用感の検証を行うため、使用感に関するアンケート調査を行った。

### アンケート項目と評価方法

アンケート項目は次の通りである。

- (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。
- (2) 本文字入力システムの子音ストロークは覚えやすかったですか。
- (3) 本文字入力システムの母音の入力方法は覚えやすかったですか。
- (4) 本文字入力システムの子音と母音の切り替えはわかりやすかったですか。
- (5) 本文字入力システムで、入力しやすかった行と入力しにくかった行があれば教えてください。(複数回答可)
- (6) 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。(自由回答)

評価方法は、問1から4までは、5を最高評価、1を最低評価とした5段階評価とその理由について記述してもらい、問5と6は自由に記述してもらう。

## 5.6 文字入力エラー結果

第1回評価実験の、姿勢条件ごとのエラー率が図3である。姿勢条件によるエラー率の大きな違いは見られなかった。

また、誤入力のエラーに注目したグラフが図4、図5である。誤入力エラーの原因の多くを子音ストロークのミスが占めている行は、不足入力エラーも多くなっていることが分かる(図6)。

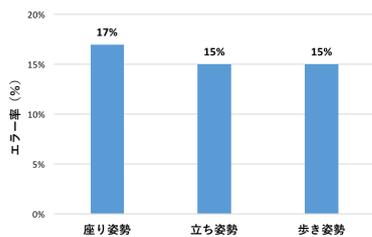


図3 姿勢条件ごとのエラー率

Fig. 3 Error rates of pose conditions

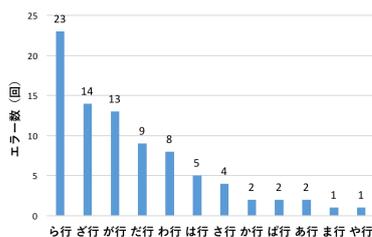


図4 行ごとの誤入力エラー数

Fig. 4 The incorrect inputs of consonants

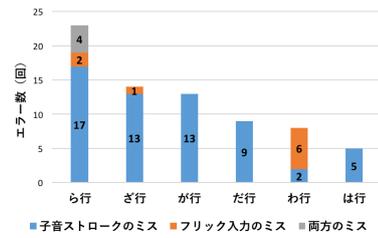


図5 誤入力エラー数が多かった行のエラー原因

Fig. 5 Error factors of incorrect inputs

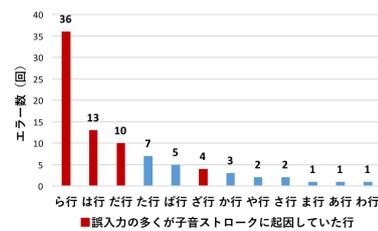


図6 行ごとの不足入力エラー数

Fig. 6 The number of insufficient inputs

## 5.7 文字入力速度計測結果

第1回評価実験での平均文字入力速度は3.33(秒/字)であった。姿勢ごとの入力速度は、座り姿勢が3.35(秒/字)、立ち姿勢が3.40(秒/字)、歩き姿勢が3.26(秒/字)であり、姿勢による文字入力速度に差は認められなかった( $p > 0.1$ )。

## 5.8 使用感に関するアンケート調査結果

5段階評価を行った結果、問1は平均3.4、問2は平均4.0、問3は平均5.0、問4は平均4.4という評価であった。問1の回答では、「自分できちんと打てたと思っても、実際は違う文字が入力されていたことがたくさんあった。」という意見があった。問2では「全体的には覚えやすいが、一部覚えづらいものがあった。」などの回答が得られた。問3はほとんどの被験者が「普段使用しているフリックと同じ配置なので、覚えやすかった。」と回答していたが、「わ行が普段使用しているフリックの配置と異なったため混乱した。」と回答している者もいた。問4はどの被験者からも「押し込んだ時バイブレーションが鳴るのでわかりやすかった。」というような回答を得られた。問5の入力しやすかった行の上位3つは、あ行(5名)、ま行(5名)、わ行(4名)であった。対して入力しにくかった行の上位3つは、だ行(5名)、ら行(4名)、ざ行(2名)であった。問6では、「子音ストロークの最後の向きと、母音フリックの向きが同じ時、画面の大きさが足りなくなることがあった。」という回答が得られた。

## 5.9 第1回評価実験についての考察

誤入力エラーに関するグラフの図5を見ると、誤入力エ

ラー数の多い行は、子音ストロークのミスが原因になっているものがほとんどである。子音ストロークのミスが主なエラーの原因になっているら行、ざ行、が行、だ行、は行の子音ストロークを見ると、どの行も共通して縦横2ストローク以上の長さがあることがわかる。また、「→↓」「↓→」の動きが入っていることも共通している。この2つの要因がエラーを引き起こす原因となっていると考える。

縦横2ストローク以上の長さがあると、アンケートの回答にもあったように、子音ストロークの最後の向きと母音のフリックの方向が同じとき、画面の大きさが足りなくなるということにつながる。また、「→↓」「↓→」の動きは、片手でスマートフォン操作の場合、親指をかなり曲げて動かさなければいけなくなり、ユーザがストロークを入力しづらい。この入力しづらさが、子音ストロークの長さ不足などにつながり、誤入力だけでなく不足入力を増加させる原因になっていると考える。

また、わ行に関して、誤入力のエラーに関するグラフの図5を見ると、母音フリック入力のミスが多くを占めている。これはアンケートの回答にあるように、普段のわ行のフリックの配置と、本文字入力システムの子音フリック配置が異なったため、被験者に混乱を招いたと考えられる。

## 6. 子音ストロークの改良

第1回評価実験についての考察をもとに改良した子音ストロークを、表3に示す。グレーのセルが、第1段階から変更した子音ストロークである。第2段階の子音ストロークは、どの子音も長さを縦横2ストローク以内におさめ、「→↓」「↓→」の動きを排除した。また、わ行のみ母音フリックの方向を、スマートフォンのフリック入力の配置と同じく左が「を」、上が「ん」に変更した。

表3 第2段階の子音ストローク

Table 3 The second consonant-stroke

A (あ)	K (か)	S (さ)	T (た)	N (な)	H (は)	M (ま)	Y (や)
↑↓	←→	←→←	→	↑↓↑	↓	↑↓↑↓	↓↑
R (ら)	W (わ)	G (が)	Z (ざ)	D (だ)	B (ば)	P (ぱ)	
↑→←	↓↑↓↑	↓↑↓	→←→	→←	→←←	↑→←	

### 6.1 本文字入力システムの第2回評価実験

改良した子音ストロークを用いた本文字入力システムが適切であるか検証するため、第1回評価実験と同様の条件で、第2回評価実験を行った。ただし被験者は、経験が実験結果に影響を及ぼさないように、第1回とは別の被験者とした。被験者は大学生5名のボランティア（女性5名、年齢20-22歳）で、内4名が右利き、1名が左利きであった。

### 6.2 文字入力エラー結果

第2回評価実験での姿勢条件ごとのエラー率のグラフが図7である。第1回の姿勢条件ごとの平均エラー率は16%だったが、第2回の平均エラー率は5%であった。

誤入力のエラーに注目したグラフが図8、図9である。全体のエラー数が大幅に減ったため、誤入力エラー数も減少したが、第1回と比較するとエラー数の順位が比較的低かったま行、わ行がエラー数上位になっている。

不足入力のエラーに注目したグラフが図10である。第1回では最多で36回の不足入力エラーがあったが、第2回では最多でも6回という結果だった。しかし、第1回では1回しか不足入力エラーがなかったわ行が、第2回ではエラー数が6回になった。

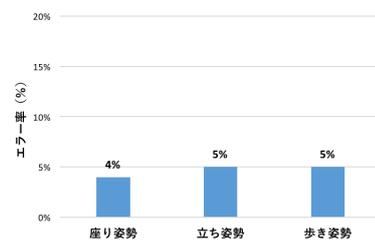


図7 姿勢条件ごとのエラー率

Fig. 7 Error rates of pose conditions

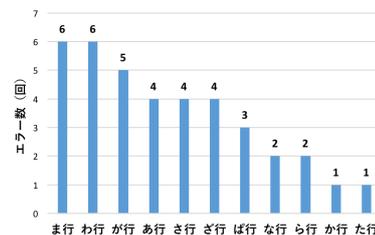


図8 行ごとの誤入力エラー数

Fig. 8 The incorrect inputs of consonants

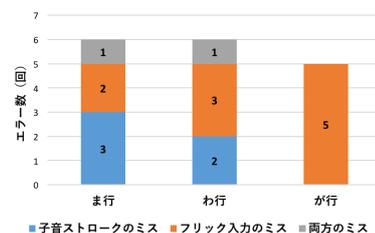


図9 誤入力エラー数が多かった行のエラー原因

Fig. 9 Error factors of incorrect inputs

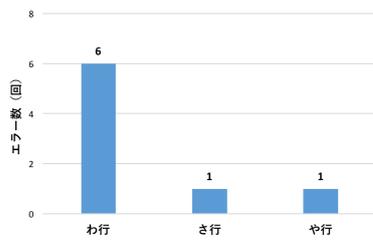


図 10 行ごとの不足入力エラー数

Fig. 10 The number of insufficient inputs

### 6.3 文字入力速度計測結果

第 2 回評価実験での平均文字入力速度は 3.19 (秒/字)であった。姿勢ごとの入力速度は、座り姿勢が 3.06 (秒/字)、立ち姿勢が 3.22 (秒/字)、歩き姿勢が 3.29 (秒/字)であった。

### 6.4 使用感に関するアンケート調査結果

第 2 回の使用感に関するアンケートで、5 段階評価を行った結果、問 1 は平均 4.4、問 2 は平均 3.8、問 3 は平均 4.6、問 4 は平均 5.0 という評価であった。問 1 の回答では「ほぼ正確に読み取ってくれた」など肯定的な意見がみられた。否定的な意見は「歩いている時など、子音ストロークを入力している最中に指を押し込んでしまって、間違っ て入力してしまうことがあった。」という回答があった。問 2 では「な行の N などほぼアルファベットの原型を留めているものとそうでないもの、ば行やぱ行などの縦棒横棒を省略していたりいなかったりが判断しづらかった。」、「子音のストロークがアルファベットをもとにしているため、何度か「ん」のローマ字入力を連想して N の子音ストロークを入力してしまった。」などの意見があった。問 3 は「普段のフリック入力と同じでわかりやすい。」という意見が多くあった。問 4 の回答は「バイブレーションによる切り替えがわかりやすい。」などの肯定的な意見がみられた。問 5 の入力しやすかった行の上位 4 つは、た行 (4 名)、あ行 (3 名)、か行 (3 名)、は行 (3 名) と画数が 2 画以下の行が集まった。対して入力しにくかった行の上位 4 つは、わ行 (3 名)、ら行 (2 名)、ば行 (2 名)、が行 (2 名) と画数が 3 画以上の行が集まった。第 1 回では入力しやすかった行の上位に入っていたわ行が、第 2 回では入力しにくいという意見が多くなった。問 6 では、「入力していて楽しかった。慣れるとすすいできる。」等の肯定的な意見のほかに、「子音ストロークを入力中にスマートフォンを落としそうだった。より短いストロークでも認識できるなら、その方が安定して持っていられそうだった。」という意見や、第 1 回と同じく子音ストロークの最後の向きと母音フリックの向きが同じ時に入力しづらいという意見がみられた。

### 6.5 第 2 回評価実験についての考察

第 1 回実験と比較して、第 2 回実験のわ行の誤入力エラーと不足入力エラー数の合計が 9 から 12 に増加している。わ行の子音ストロークを中途半端に入力しても対応する子音ストロークがあるため、不足入力エラーは第 1 回も第 2 回もフリックミスに起因すると考えられる。このことから、第 1 回実験のフリックミスの数は 7 回、第 2 回実験は 10 回になっており、エラー数増加の原因がフリックミスであると考えられる。よって、わ行の母音フリックの方向は第 1 回の上が「を」、下が「ん」の方が適切であったと言える。

第 2 回評価実験の使用感アンケートの回答にあった、入力途中で押し込んでしまったり、スマートフォンを落としそうという意見から、子音ストロークの画数が多いと途中で力んでしまったり、たくさん動かすと片手では持ちづらくなると考えられる。また、アルファベットの原型を留めているものとそうでないもの、縦棒の有無の判別がしづらいという回答がみられたが、アルファベットの形に沿うと第 1 回の子音ストロークのように画数が多くなったり、入力しづらい動きが含まれることがある。これら 2 つの考察から、アルファベットの原型に沿うよりもできるだけストロークの画数を少なくした方が、子音ストロークを覚えた後はユーザにとって打ちやすいと考える。アルファベットをもとにしたストロークよりも画数の少なさを優先させることで、子音ストロークの最後の向きと母音フリックの方向が同じで入力がしづらくなるという問題や、わ行の子音をローマ字入力と混同してしまうという問題も改善できる。

## 7. まとめと今後の展望

本研究では、携帯情報端末のタッチパネル上でのアイズフリーな日本語かな文字入力が可能な UI の開発を行い、その評価実験を行った。

今後の展望としては、第 2 段階の子音ストロークを用いて、著者が座り姿勢で文字入力速度の測定を行ったところ、1.1 (秒/字) であったため、子音ストロークの改善を更に重ねることで、アイズフリーでも通常のスマートフォン上での文字入力に近い速度で入力が可能になるということが考えられる。また、入りに慣れることで、子音ストロークやフリックのミスが減少し、エラー数が減少すると考える。

### 参考文献

- [1] 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. 情報処理学会 インタラクシオン 2013.
- [2] 深津佳智, 志築文太郎, 田中二郎. 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. 情報処理研究学会報告, Vol. 2012-HCI-149, No. 5, pp. 1-8.
- [3] 箱田博之, 深津佳智, 志築文太郎. 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. 情報処理研究学会報告, Vol. 2013-HCI-154, No. 6, pp. 1-8.