

# 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

深津 佳智      志築 文太郎      田中 二郎\*

**概要.** アイズフリーで自分用のメモを取ることを目的とす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。我々は、まず、タッチパネルを入力デバイスとして用いた際のアイズフリーでのポインティング精度を調べる予備実験を行った。この予備実験の結果、片手把持条件においてアイズフリーでも  $2 \times 2$  に等分割された画面を正確にポインティングできることが分かった。この結果を基に、アイズフリーでの正確な入力を実現するために、本入力手法では 2 ストロークに基づくかな入力を用いることとした。すなわち、ユーザは、画面左側において子音入力用のフリック操作を行い、これに続けて、画面右側におい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。文字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 5.9% から 12.4%、全体のエラー率は 8.8% であった。また、入力したメモを再現する実験を行った結果、被験者毎の正答率は 83.3% から 100%、全体の正答率は 93.1% であった。

## 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、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及び、「fat fingers」[11]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、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 [6]。

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 No-look Flick の用途を以下に挙げる。

### 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、まず、アイズフリーでのポインティング精度を調べる予備実験を行った。この予備実験を基に No-look Flick の設計を行った。また、本システムを 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。[9] は、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、音声フィードバックを用いた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。[1] 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。[3] は、iPhone 端末の画面上に Braille 式点字を模した 6 つのソフトウェアキーを配置し、音声フィードバックを用いた視覚障害者のための両手操作文字入力システムを提案した。

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。

Copyright is held by the author(s).

\* Yoshitomo Fukatsu, 筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類, Buntarou Shizuki and Jiro Tanaka, 筑波大学 システム情報系

### 3 予備実験

システム設計の手掛かりとするために、予備実験として、携帯情報端末を片手で把持した際のアイズフリーでのポインティング精度を調べる実験を行った。

#### 3.1 被験者

大学生・大学院生のボランティア 10 名（男性 9 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。また、タッチパネルが搭載された携帯情報端末の利用歴は、0-84カ月、平均 21.9カ月であった。

#### 3.2 実験設計

机の上にノート PC を設置し、この PC の画面に iPhone4S（画面サイズ 3.5 インチ）と同様の画面（以降、提示部）を映し出した。被験者に椅子に座り、iPhone4S を片手で把持してもらった。なお、被験者全員が右利きであったため、把持する手を右手とした。この時、手を机の下に置き、iPhone4S の画面（以降、操作部）が見えないようにしてもらった。

被験者が操作部の画面の任意の位置をタッチすると、実験が開始され、提示部と操作部に灰色の矩形（以降、ターゲット）を提示される。被験者に、提示部のターゲットを見て、操作部のターゲットをポインティングするタスクを行ってもらった。なお、操作部がタッチされると、ポインティングの成否に関わらず、音を鳴らし、次のターゲットを提示した。

各被験者にはタスクとして縦横に等分割された画面にターゲットを提示した（図 1）。各矩形箇所につき 4 回、無作為順で提示した（例えば、画面分割  $2 \times 2$  の時、 $4 \text{ 回} \times 4 \text{ 箇所} = 16 \text{ 回}$ 、無作為順で提示した）。この提示を画面分割を  $2 \times 2$ 、 $3 \times 3$ 、 $4 \times 4$ 、 $5 \times 5$  と変えて行った。ただし、画面分割の提示順も無作為順とした。結局、各被験者毎に計 216 回（ $4 \text{ 回} \times (4 + 9 + 16 + 25)$  箇所）、ターゲットを提示した。

#### 3.3 実験結果と考察

ポインティング成功数を総ポインティング数で除した百分率により、ポインティング精度を求めた。画面分割毎のポインティング精度を以下に示す。

$2 \times 2$ 分割	100.0%
$3 \times 3$ 分割	83.1%
$4 \times 4$ 分割	57.5%
$5 \times 5$ 分割	48.5%

この結果から、 $2 \times 2$  分割の画面であれば、アイズフリーでも精度良くポインティングすることが可能であることが分かる。

また、 $2 \times 2$  分割画面における全被験者のポインティング位置を図 2a に示す。本図において、ポインティングされた位置を青い点で示す。また、各ターゲット領域の中心を  $\times$ 、各ターゲット領域毎にポイ

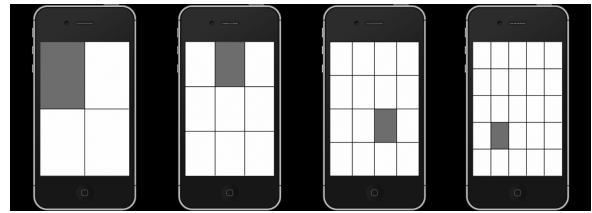


図 1. 提示部に映し出されるターゲットの例（左から画面分割  $2 \times 2$ 、 $3 \times 3$ 、 $4 \times 4$ 、 $5 \times 5$  の時の例）

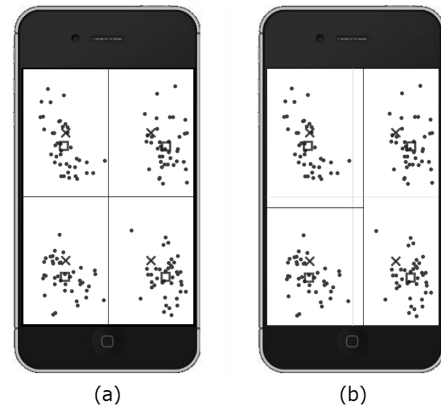


図 2. (a) ポインティングの分布  
(b) ポインティングの分布とキーの境界線

ンティングされた点の重心を  $\square$  で示す。これらの重心を見ると、ポインティングが全体的に、中心から下方向にずれている。また、右側のターゲットのポインティングが中心から右方向にずれている。

ターゲット同士の境界付近に着目してみると、左側のターゲットの青い点の最右のものは境界線近くにあり、かつ右側のターゲットの青い点の最左のものは境界線から遠くにある。

## 4 提案システム

予備実験の分析を基に、No-look Flick の設計を行った。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。

### 4.1 キー配置と文字の入力方法

キー配置を図 3 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。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。本手法の状態遷移図を図4に示す。

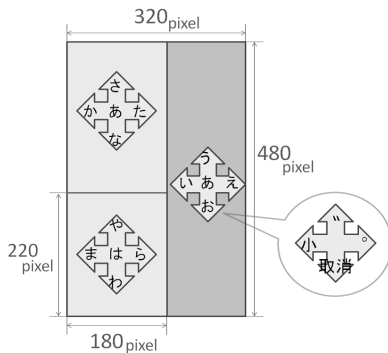


図 3. キー配置 (この図は端末の画面に表示されない。)

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。

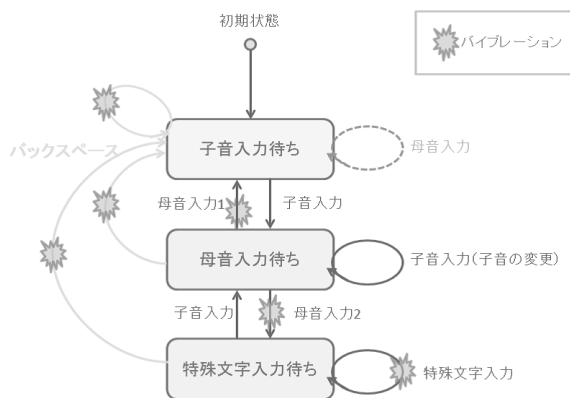


図 4. 入力の状態遷移図

## 4.2 設計方針

片手かつアイズフリーでの正確な文字入力の実現のために、以下の方針を基に本システムを設計した。

### キー配置

予備実験の結果から、2×2分割の画面を十分に精度良く押し分けることが可能であることが分かっ

た。また、ポインティングが中心から右下方向にずれていることが分かった。これらの結果を基に、図2bの黒い実線で示す様にキーの境界線を決定した。

### 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、キー数を最小限にとどめたい。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、この様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[8]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 [5, 2]。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。

### 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4) 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。

## 5 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、及び入力文の再現性を検証するための評価実験を行った。

### 5.1 被験者

予備実験に参加していない大学生・大学院生のボランティア6名（男性5名 女性1名、年齢21-23歳）を被験者とした。5名は右利き、1名は左利きであった。ただし、すべての被験者が普段、携帯情報端末の操作に右手を用いていた。また、4名はフリック入力を利用した経験がなかった。

## 5.2 実験設計

### 5.2.1 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) 端末上にて動作するiOSアプリケーションとして実装した。

### 5.2.2 タスク

被験者には、キー配置と短文の書かれた紙(図5、以降、テスト紙)を見ながら、右片手で提示された短文を入力してもらった。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「終わりました。」と合図を送ってもらった。この短文入力を3つの姿勢条件(座り、立ち、歩き)で行った。1つの姿勢条件につき8回の短文入力を行ってもらった。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。

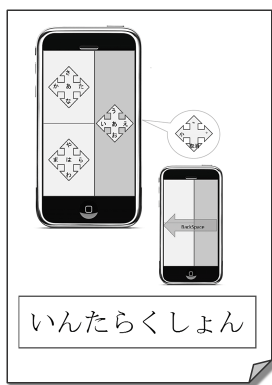


図 5. キー配置と被験者が入力する短文を示したテスト紙

### 5.2.3 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

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

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

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[4, 7]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。

### 5.2.4 実験の手順

#### (1) 操作方法と実験の流れの説明

プロトタイプの操作方法について説明した。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。

#### (2) 入力練習

練習モード状態のプロトタイプを用いて、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を用いて入力してもらった。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。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。

#### (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。

#### (5) 入力文の再現性の検証

後日(タスク終了後48時間以降)、被験者に、実験にて本人が入力した文を見てもらい、提示した文を再現してもらった。

### 5.2.5 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(例:ぎゅうにゅうかう、れぼーとしめきり)。

- 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。

### 5.2.6 アンケート内容

アンケートの設問数は3つである。設問1では入力手法の正確性、設問2では入力手法の覚えやすさについて、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うとともに、その評価理由を記してもらった。設問3では本システムについて、良かった点、改善すべき点、感想を記してもらった。

## 5.3 実験結果

### 5.3.1 測定結果

各被験者(A-F)のエラー率を図6に、各姿勢条件のエラー率を図7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8に、各姿勢条件における分類毎のエラー数を図9に示す。エラーの分類を以下に示す。

#### 子音キー上エラー

誤って入力された文字のうち、上側の子音キーの入力を誤って下側の子音キーを入力し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)

#### 子音キー下エラー

誤って入力された文字のうち、下側の子音キーの入力を誤って上側の子音キーを入力したことが原因のものを数えた。

(例:「み」を誤って「き」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)

#### 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。

なお、文字入力速度は21.7文字/分であった。

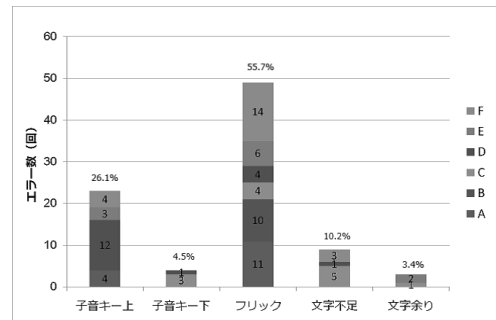


図 8. 分類毎のエラー数

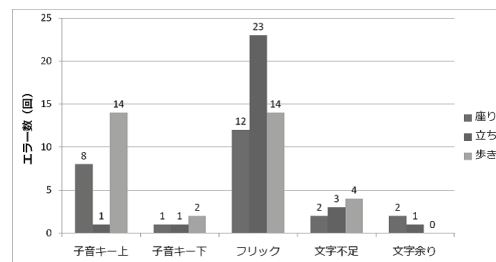


図 9. 各姿勢条件における分類毎のエラー数

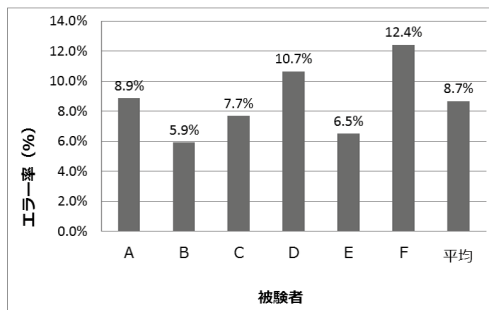


図 6. 被験者毎のエラー率

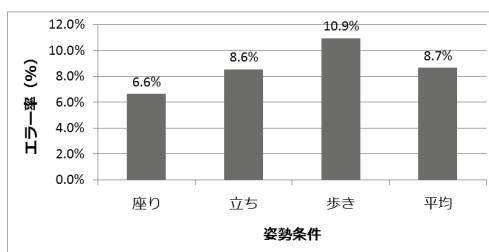


図 7. 姿勢条件毎のエラー率

### 5.3.2 アンケート結果

アンケート結果を表1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2.7であった。

表 1. アンケート結果 [人]

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

## 5.4 考察

### 5.4.1 入力精度

全体のエラー率は8.7%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5.9%であった。姿勢条件毎のエラー率を比較すると、歩き姿勢におけるエラー率が最も高かった。歩き状態における操作精度の低下は[10]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55.7%を占めた。アンケートにおいては、「わ行、や行のフリック方向が分かりにくく混乱した。」(5名)という意見が得られた。フリックエラーが比較的多かった被験者A, Fから、実験後に、わ行のフリック方向を勘違いしていたという報告があった。このことが、フリックエラーの増加に影響した可能性がある。

子音キー上エラーは全エラー数の28.1%を占めた。また、子音キー下エラーは全エラー数の4.5%を占めた。ユーザ毎に、子音キー上エラーと子音キー下エラーが排他的に発生する傾向にあった。また、歩き姿勢において、これらのエラーが増加した。ユーザ毎また姿勢毎の端末の把持方法がこれらのエラー数に影響した可能性がある。

### 5.4.2 使用感

設問1の評価理由についての回答として、「キー数が少ないので正確に入力できたと思う。」(1名)、「キー配置を覚えれば、正確に入力できそう。」(1名)という肯定的な意見の一方で、「何を入力しているのか分からないので不安。」(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。この様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、「わ行、や行、濁音、半濁音、小文字が、分かりにくかった。」(3名)という否定的な意見の一方で、「普段からフリックに慣れていれば覚えやすいのでは」(1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2.7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。」(1名)という意見が得られた。フリック入力や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。

### 5.4.3 再現性

全体の正答率は93.1%であった。また、すべての短文を再現できた被験者が3名であった。このことから、本システムを用いて入力したメモをユーザが十分に再現できることが分かる。

高い正答率が得られた理由は、被験者が誤入力した場合でも、子音か母音のいずれかを正しく入力できていれば、入力した文字を正しく推測できたためだと考えられる。このことは、被験者Dの実験結果に特によく表れていた。被験者Dのエラー率は2番目に高かったが、正答率は100%であった。この被験者は、「すくじゅーる」、「ほんぶんよむ」と誤入力したが、いずれも、「すけじゅーる」、「ろんぶんよむ」と正しく回答した。つまり、一文字を入力するために子音と母音の2ストローク入力を行うという冗長性が、入力文の再現性を向上させたと考えられる。

今後、英数字の入力にも対応できるように改良を進める際も、ユーザが入力した文を推測しやすくなる工夫が必要である。

## 6 まとめと今後の課題

アイズフリーで自分用のメモを取ることを目的とする携帯情報端末向けかな文字入力システム No-

look Flick を示した。また、本システムを iOS アプリケーションとして実装し、その入力精度と使用感、及び入力文の再現性を検証するための評価実験を行った。その結果、使用を想定する場面において、十分な入力精度と入力文の再現性が得られた。これにより、携帯情報端末のタッチパネルにおいて、アイズフリーでの文字入力が可能であることが分かった。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使用感に関する問題点が見つかった。今後の課題は、使用感の改善である。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、使用感の改善を図る。また、今回、操作に用いる手を右手とし設計及び評価実験を行ったが、今後、左手向きの設計も行う。

### 参考文献

- [1] M. N. Bonner, J. T. Brudvik, G. D. Abowd, and W. K. Edwards. No-Look Notes: Accessible Eyes-Free Multi-Touch Text Entry. In *Pervasive 2010*, pp. 409–426.
- [2] A. Bragdon, E. Nelson, E. Nelson, and K. Hinckley. Experimental Analysis of Touch-Screen Gesture Designs in Mobile Environments. In *CHI 2011*, pp. 403–412.
- [3] B. Frey, S. Caleb, and R. Mario. Brailletouch: mobile texting for the visually impaired. In *HCI International 2011*, pp. 19–25.
- [4] M. Goel, L. Findlater, and J. Wobbrock. Walk-Type: Using Accelerometer Data to Accommodate Situational Impairments in Mobile Touch Screen Text Entry. In *CHI 2012*, pp. 2687–2696.
- [5] M. Jain and R. Balakrishnan. User Learning and Performance with Bezel Menus. In *CHI 2012*, pp. 2221–2230.
- [6] A. K. Karlson and B. B. Bederson. Understanding single-handed mobile device interaction. Technical report, Department of Computer Science, University of Maryland, 2006.
- [7] H. Nicolau and J. Jorge. Touch typing using thumbs: understanding the effect of mobility and hand posture. In *CHI 2012*, pp. 2683–2686.
- [8] V. Roth and T. Turner. Bezel Swipe: Conflict-Free Scrolling and Multiple Selection on Mobile Touch Screen Devices. In *CHI 2009*, pp. 1523–1526.
- [9] J. Sánchez and F. Aguayo. Mobile Messenger for the Blind. In *the 9th conference on User interfaces for all*, pp. 369–385. Springer, 2006.
- [10] B. Schildbach and E. Rukzio. Investigating selection and reading performance on a mobile phone while walking. In *MobileHCI 2010*, pp. 93–102.
- [11] K. A. Siek, Y. Rogers, and K. H. Connelly. Fat finger worries: How older and younger users physically interact with PDAs. In *INTERACT 2005*, pp. 267–280.
- [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, 28(6):658–667, 1987.