

筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

マルチタッチを用いた  
スレート端末向け日本語入力方式

君岡 銀兵

(コンピュータサイエンス専攻)

指導教員 田中 二郎

2011年3月

## 概要

本研究では、マルチタッチを用いたスレート端末向けの日本語入力方式 Niboshi を示す。ユーザは端末を両手で把持したまま、左親指で子音、右親指で母音を選択し、それらの組み合わせによりかな1文字を入力する。マルチタッチを用いることで単純な操作の組み合わせにより文字の入力が可能になる。また、指の運動特性に合わせてボタンを配置し、視覚フィードバックを組み合わせることによってボタンを視認せずに入力を行うことができる。濁点や半濁点等にはストロークを用いて、少ない入力ストローク数で入力することが可能である。本研究では Niboshi のシステムの実装を行い、約1ヶ月の継続使用実験と、熟練の速度を見る為の繰り返し実験の2つの実験を行った。実験より、システムの学習効果の高さを確認し、熟練によって既存手法を上回る速度での入力が期待できるという結果を得た。

# 目次

|            |                                   |           |
|------------|-----------------------------------|-----------|
| <b>第1章</b> | <b>はじめに</b>                       | <b>1</b>  |
| 1.1        | スレート端末における日本語入力                   | 1         |
| 1.2        | スレート端末におけるソフトウェア QWERTY キーボードの問題点 | 3         |
| 1.3        | 本研究の目的とシステム的设计要件                  | 3         |
| 1.4        | 本論文の構成                            | 4         |
| <b>第2章</b> | <b>関連研究</b>                       | <b>5</b>  |
| 2.1        | ソフトウェアによるキーボードを用いる日本語入力手法         | 5         |
| 2.2        | ストロークを用いる入力手法                     | 5         |
| 2.3        | マルチタッチを用いた入力手法                    | 6         |
| 2.4        | かな漢字変換                            | 6         |
| 2.5        | 本研究の位置付け                          | 6         |
| <b>第3章</b> | <b>マルチタッチを用いた日本語入力方式：Niboshi</b>  | <b>8</b>  |
| 3.1        | Niboshi の概要                       | 8         |
| 3.2        | アプローチ                             | 8         |
| 3.2.1      | マルチタッチを用いた単純な操作による入力              | 9         |
| 3.2.2      | 両手で端末を把持した状態での入力                  | 9         |
| 3.2.3      | ボタンを視認せずに入力                       | 9         |
| 3.2.4      | テキスト入力を邪魔しないインタフェース表示             | 10        |
| 3.3        | 端末の把持方法                           | 12        |
| 3.4        | 入力インタフェース                         | 13        |
| 3.4.1      | 清音と長音の入力                          | 13        |
| 3.4.2      | 濁音・半濁音・拗音・促音の入力                   | 15        |
| 3.4.3      | かな漢字変換                            | 16        |
| 3.4.4      | ボタンの配置                            | 18        |
| <b>第4章</b> | <b>入力システムの開発</b>                  | <b>21</b> |
| 4.1        | システムの概要                           | 21        |
| 4.1.1      | マルチタッチによるかな入力                     | 21        |
| 4.1.2      | ねばり衝突判定                           | 21        |
| 4.1.3      | キャリブレーション機能                       | 22        |

|            |                        |           |
|------------|------------------------|-----------|
| 4.2        | 実装                     | 24        |
| 4.2.1      | システム構成                 | 24        |
| 4.2.2      | インタフェース部の実装            | 24        |
| <b>第5章</b> | <b>評価実験</b>            | <b>26</b> |
| 5.1        | 練習のベキ法則                | 26        |
| 5.2        | 継続使用実験                 | 26        |
| 5.2.1      | 被験者                    | 26        |
| 5.2.2      | 実験内容                   | 27        |
| 5.2.3      | 結果と考察                  | 27        |
| 5.3        | 繰り返し実験                 | 29        |
| 5.3.1      | 被験者                    | 29        |
| 5.3.2      | 結果と考察                  | 29        |
| <b>第6章</b> | <b>発展と今後の課題</b>        | <b>33</b> |
| <b>第7章</b> | <b>結論</b>              | <b>34</b> |
|            | 謝辞                     | 35        |
|            | 参考文献                   | 35        |
|            | 付録: 実験に使用した実験説明書とアンケート | 39        |

# 目次

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.1  | ソフトウェア QWERTY キーボード                        | 2  |
| 1.2  | 50 音キーボード                                  | 2  |
| 2.1  | Shin らによるマルチタッチを用いた韓国語入力システム               | 7  |
| 3.1  | 子音選択時の視覚フィードバック                            | 10 |
| 3.2  | 母音選択時の視覚フィードバック                            | 11 |
| 3.3  | 変換確定文字と変換確定前の文字                            | 11 |
| 3.4  | 長文を表示した例：(左)Niboshi (右)ソフトウェア QWERTY キーボード | 12 |
| 3.5  | 端末を縦に持った場合の把持方法                            | 13 |
| 3.6  | 端末を横に持った場合の把持方法                            | 13 |
| 3.7  | Niboshi の概観                                | 14 |
| 3.8  | ひらがな/カタカナの入力方法                             | 15 |
| 3.9  | 濁点入力のスローク                                  | 17 |
| 3.10 | MicroRolls によるジェスチャの際の指の動き                 | 17 |
| 3.11 | かな漢字変換の状態遷移図                               | 19 |
| 3.12 | かな漢字変換候補の提示                                | 20 |
| 4.1  | 横持ちの場合の Niboshi の概観                        | 22 |
| 4.2  | ねばり衝突判定時のボタン表示                             | 23 |
| 4.3  | 通常衝突判定時の衝突判定領域                             | 23 |
| 4.4  | ねばり衝突判定時の衝突判定領域                            | 23 |
| 4.5  | 親指の動きの軌跡とキャリブレーション済のボタン配置                  | 24 |
| 5.1  | 遂行時間 (秒) の推移の線形グラフ                         | 28 |
| 5.2  | 遂行時間 (秒) の推移の両対数グラフとその近似直線                 | 28 |
| 5.3  | 繰り返し実験：被験者 1                               | 30 |
| 5.4  | 繰り返し実験：被験者 2                               | 31 |
| 5.5  | 繰り返し実験：被験者 3                               | 31 |
| 5.6  | 繰り返し実験：被験者 4                               | 32 |
| 5.7  | 繰り返し実験：被験者 5                               | 32 |

# 第1章 はじめに

Apple 社の iPad\*や、Samsung の Galaxy Tab†をはじめとするスレート端末は、7インチから10インチ程度のタッチスクリーンを主な入力インタフェースとして備える情報端末である。スレート端末はスマートフォンや PDA 等の携帯情報端末(以下携帯情報端末と呼ぶ)よりも画面が大きく、より多様なアプリケーションを実行することができるので、携帯情報端末とラップトップコンピュータの中間にあたる存在として人気を集めている。

## 1.1 スレート端末における日本語入力

スレート端末は携帯性に優れており、場所を問わずに使用できるというその特徴から、端末の把持が必要な状況で使用する場面が多いと考えられる。例えば、個々に机が用意されていない講堂で議事録を取る場面や、駅や空港などの待ち時間にベンチに座って文章を書く場面などである。

現在、スレート端末における日本語入力で一般的に用いられているのは、ハードウェアの QWERTY キーボードを模したソフトウェア QWERTY キーボードである(図 1.1)。これは、パソコンのキーボードの配列をスクリーンに写し取ったもので、普段からハードウェア QWERTY キーボードを使用しているユーザにとっては新たに配列を覚える必要がないというメリットがある。しかしながら、ソフトウェア QWERTY キーボードはハードウェア QWERTY キーボードとは性質が異なる為、ユーザにとって使いづらいものになっている。この問題点については次節で詳しく述べる。

この他に、ひらがなの 50 音順に並べたボタンを押して入力を行う 50 音キーボードが用いられることもある(図 1.2)。50 音キーボードは、自動車のナビゲーションシステムや駅の自動券売機等、短い単語を入力する場面で用いられることが多い入力方式だが、スレート端末上でも用いられることがある。50 音キーボードは、普段からパソコンを使わないユーザでも容易に入力可能だが、一方で熟練者が入力する場合でもその入力速度には限界があり、多くの文字を入力するタスクには不向きであると考えられる。

---

\*<http://www.apple.com/ipad/>

†<http://galaxytab.samsungmobile.com/>

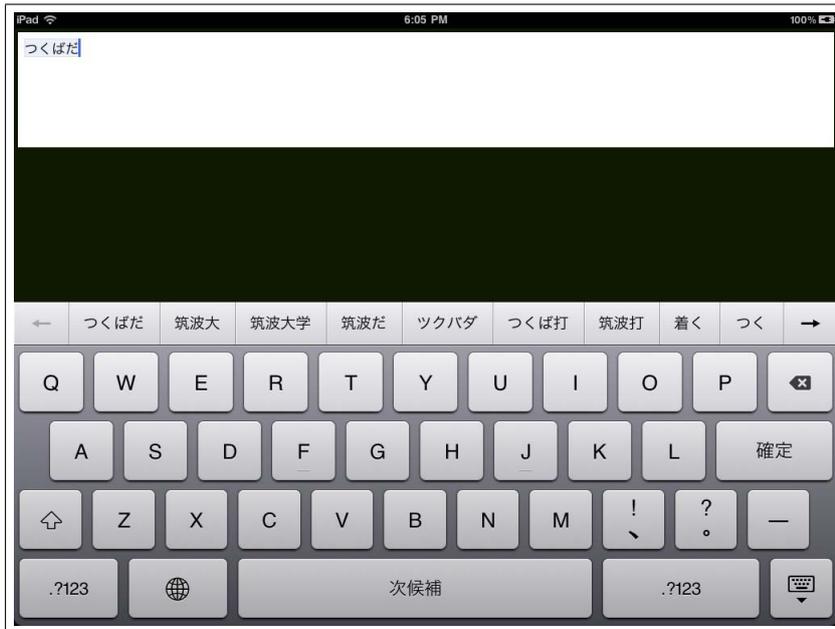


図 1.1: ソフトウェア QWERTY キーボード



図 1.2: 50 音キーボード

## 1.2 スレート端末におけるソフトウェア QWERTY キーボードの問題点

ソフトウェア QWERTY キーボードをスレート端末で用いる場合の具体的な問題点を以下に3つ挙げる。

- スレート端末を両手で把持したまま入力することが想定されていない。スレート端末は携帯情報端末よりも重量があり、安定して把持する為には両手で把持するか、あるいは片手で抱えるように把持する必要がある。屋外等の机が無い場面でソフトウェア QWERTY キーボードを使用するには、安定性の低い把持方法に持ち替えるか、あるいは入力速度を犠牲にして片手でしっかりと把持して片手で入力を行う必要がある、ユーザに負担を与えている。
- キーを触ったときにユーザが得られる触覚フィードバックが無い。ハードウェアのキーボードでは自然に提供される、ボタンを指で触って得られる触覚的な位置の手掛かり (tactile cue) となる触覚フィードバックが無く、ボタンと入力先の両方を視認しながら入力をする必要がある。ハードウェア QWERTY キーボードでは、ユーザはボタンを触った触覚からボタンを見ずにボタンを探することができるが、ソフトウェア QWERTY キーボードには触覚フィードバックが無いことから、ユーザはボタンと入力先の両方を視認しながら入力をする必要がある。
- 画面の多くの部分を入力インタフェース部分が占める。ソフトウェア QWERTY キーボードは、ハードウェア QWERTY キーボードと大きさをある程度合わせる為に、インタフェースを画面に大きく表示することにより、ハードウェア QWERTY キーボードに近い操作感を提供している。しかしながら、一画面に収まらない程度の長い文章を表示させる場合には、インタフェース部分の表示が邪魔になることがある。

本研究ではスレート端末におけるこれらの問題点を解決する為の方法として、スレート端末を両手で把持し、左右両方の親指を用いて入力を行う日本語入力方式 Niboshi を提案し、システムの開発を行った。

## 1.3 本研究の目的とシステムの設計要件

本研究の目的は、スレート端末における日本語入力方式の問題点を解決し、より使いやすい日本語入力を実現することである。その為のアプローチとして、マルチタッチを用いたスレート端末向けの日本語入力方式を示し、その実装について述べる。

本研究では、1.2 節で述べたソフトウェア QWERTY キーボードの3つの問題点を解決する為に、マルチタッチを用いたスレート端末向け日本語入力方式「Niboshi」を提案する。本研究では、スレート端末における日本語入力システムの要件として以下の4つを定め、これを実現する為のシステムの実装を行った。

**マルチタッチを用いた単純な操作による入力** スレート端末の多くは静電容量方式によってタッチ位置を検出しており、複数の指によるタッチを同時に認識可能なマルチタッチを特徴として備える。このマルチタッチを用いることにより、単純な操作の組み合わせで入力することができるシステムとする。

**両手で端末を把持した状態での入力** 本研究では、両手で端末を把持する状態をスレート端末の主な利用シーンとして想定する。この為、両手で端末を把持したまま端末を持ち替えることなく入力を続けられるようデザインする。

**ボタンを視認せずに入力可能** 視線がボタンと入力先を行き来する問題を解決する為、ボタンを視認せずに入力を続けられるようデザインする。

**テキスト入力を邪魔しないインタフェース表示** インタフェース表示の領域を小さくし、かつ画面の中央付近の表示スペースを大きく確保する。

入力速度は、日本語入力システムを使用する際に最も重要である要因と考えられる。どのような入力システムにおいても、入力速度は熟練によって速くなるので、どのユーザを対象にするかということ考慮に入れて設計する必要がある。例えば、初心者向けのシステムでは浅い熟練でもある程度の速度で入力できるものが望ましいし、熟練者向けのシステムでは初心者に対するわかりやすさよりも、熟練後の入力速度や学習曲線がどの程度であるかということが重視される。本研究では、対象ユーザを熟練者とし、熟練者の入力速度を最も重要な要素と位置づけ、それを実現する為の方法としてマルチタッチを用いる。それぞれの要件と、それを実現する為のアプローチについては3章で詳しく述べる。

## 1.4 本論文の構成

本論文の構成を以下に述べる。第2章では、本研究に関連するタッチスクリーンを備えた端末向けの日本語入力方式等の文字入力に関する研究と本研究の位置づけについて述べる。第3章では、本研究で提案する日本語入力方式 Niboshi について、そのアプローチや入力インタフェースを示す。第4章では、Niboshi を用いた入力システムの概要と実装について述べる。第5章では第4章で述べたシステムの実験について述べる。第6章では本手法の発展と今後の課題について述べ、第7章でまとめる。

## 第2章 関連研究

本章では、本研究で提案する日本語入力手法 Niboshi に関連する研究として、ソフトウェアによるキーボードを用いて入力する日本語入力手法、ペンや指で文字に対応するストロークを描いて入力する手法、かな漢字変換に関する手法、マルチタッチを用いた文字入力手法について述べる。

### 2.1 ソフトウェアによるキーボードを用いる日本語入力手法

タッチスクリーンを備えた端末において、画面上に表示したボタンに触れて入力を行う手法は、1章で述べた、スレート端末で用いられるソフトウェア QWERTY キーボードと 50 音キーボードの他に、ペン入力においてペンの移動量を減らすようにボタンを配置する OPTI[MZ99]、FITALY[So] や六角形のボタンを使った Metropolis[ZHS00] などがある。

これらを発展させた手法として、タッチスクリーン上におけるボタンの配列を工夫するものはいくつかある。楕円形のソフトウェアキーボードを用いたもの [橋本 96] や、親指での 1 ストローク入力を行うもの [塩原 07]、ボタンを親指の運動特性に従って配置するもの [松浦 07][高濱 10] 等である。また、肢体障害者向けに開発された専用デバイスを用いる TagType[田中 01] は、両手で専用デバイスを把持し、かなは左親指と右親指を交互に用いて入力を行う。端末は左右それぞれ 5 つずつのボタンがついており、子音の入力は左親指側が「あかさたな」、右親指側に「はまやらわ」に対応している。子音を選択した後は、両側のボタンが母音の「あいうえお」に対応し、左右どちらの親指からも母音を入力することができる。TagType は専用デバイスを用いた入力システムであるが、タッチスクリーンを備えた端末を両手で把持して入力するよう開発されたものもある [SON]。

### 2.2 ストロークを用いる入力手法

ペンによるストロークを文字の形として認識する研究には、Graffiti[Bli95]、Unistroke[GR93]、SHARK<sup>2</sup>[KZ04] などがある。Graffiti は予め設定されたアルファベットに近い 1 ストロークの字形を、手描き入力によって文字を入力していくものである。Unistroke は Graffiti よりもさらにストロークの距離を短くして入力速度の向上を狙ったものであるが、ストロークの軌跡は実際の文字の形からは大きく離れたものになっている。

また、iPhone<sup>‡</sup>のフリック入力は、子音ボタンを触った後の 4 方向へのストロークと、タッ

---

<sup>‡</sup><http://www.apple.com/iphone/>

ちしてすぐに指を離す 5 種類の入力を母音の入力に用いる方法で、Simeji[sim] にも用いられている。また、Popie[佐藤 06] は、ストロークをメニュー選択に用いるシステムである。Popie では、タッチスクリーン上に円形状のメニューを表示し、それをなぞるようにして入力続ける手法である。

## 2.3 マルチタッチを用いた入力手法

マルチタッチを用いた文字入力システムには、Shin らによる韓国語の入力システム [SLLC09] がある (図 2.1)。これは、韓国語における二重子音の入力にマルチタッチを用いるもので、入力ストローク数を減らすことを目的としているものである。この研究では、従来は 2 回のタッチ操作で入力していた二重子音の入力を、1 回の 2 本指でのタッチによって入力することにより入力ストローク数を減らすことができる。

また、ハードウェアのキーボードにおいて、マルチタッチを入力に用いる手法として親指シフトや NICOLA[日本 01] がある。親指シフトはワープロ専用機等で用いられるキーボードで、親指とその他の指を使用した同時打鍵によってかなを入力していく手法である。

## 2.4 かな漢字変換

かな漢字変換に関する研究には、予測変換を行うシステムとして、インクリメンタル予測変換を行う POBox[増井 97] や kukura[小松 02] がある。インクリメンタル予測変換とは入力毎に予測する変換候補を表示することで入力ストローク数を減らすもので、多くの携帯情報端末において採用されている。タッチスクリーンにおける日本語入力では、ストローク数が入力速度をあげる上で重要な要因となる為、入力中のストローク数を減らすことのできるインクリメンタル予測変換は有効であると考えられる。本研究で提案する手法は、かな 1 文字を入力する度に予測変換を行う POBox と同様の漢字変換機能を備える。

前節で挙げた Popie[佐藤 06] や、TouchMeKey[田中 02] はかな漢字混じり文の文字入力に、子音のみを入力していき、その後子音のみの並びをかな漢字混じり文の変換する子音漢字変換を用いている。子音漢字変換では、入力ストローク数を減らすことができるメリットがあるが、変換辞書に含まれない文字の入力には都度学習させていく手間がかかるという問題点がある。

## 2.5 本研究の位置付け

2.1 節では、タッチスクリーンにおいて、自由にボタンを配置できることを利用した研究について述べたが、これらの研究では全てシングルタッチが用いられている。本研究ではマルチタッチを用いる為、両親指で押しやすい位置にボタンを配置する。

タッチスクリーンはボタンを自由に配置することができるという特徴がある為、人間の指の大きさなどの運動特性に従ったボタンの配列を用いることができるというメリットがある。



図 2.1: Shin らによるマルチタッチを用いた韓国語入力システム

スレート端末はタッチスクリーンを主な入力装置として備える為、タッチスクリーンのこの特徴を活かすことにより、ユーザに使いやすいシステムを開発できると考えられる。本研究では、親指を自然に伸ばした状態で親指を往復させてボタンに触れることのできる配列を用いることにより、ユーザが端末を安定して把持することができ、かつボタンを視認せずに入力ができる方式を示す。

本研究の提案手法は、両親指を使用して端末を把持したまま入力するという点においては TagType と類似している。しかしながら、このシステムはシングルタッチのみを用いたシステムとなっており、本研究の提案手法とはマルチタッチを用いて自然なタイミングでの入力が可能である点が異なる。

2.2 節で示した研究と同様に、本研究でもストロークを入力として用いる。フリック入力や Popie は、ストロークの向きは運動特性とは関係無く設定されている。本研究のようにスレート端末を把持したまま親指を動かす場合には、方向によっては動かしにくい向きが生じ、入力のボトルネックとなる問題がある。この為、本研究においてはストロークによって濁点や半濁点等を入力に用いるが、指の運動特性を考慮した方向へのストロークを用いるよう設計を行った。

2.3 節では、マルチタッチを用いた韓国語の入力システムと親指シフトを挙げた。これらの手法では、入力の一部にマルチタッチを用いているが、Niboshi は、スレート端末向けに特化しており、両手の親指を用いて全てのかな入力にマルチタッチを用いて、左右の親指で子音と母音の入力を明確に区別している点が異なる。

また、2.4 節で述べた予測変換はストローク数を減らすことができる有効な手法であると考えられる。Niboshi でも、インクリメンタルに予測変換の候補を表示する方法を採用している。

## 第3章 マルチタッチを用いた日本語入力方式： Niboshi

本章では、本研究で提案するスレート端末向け日本語入力方式「Niboshi」について、概要とアプローチ、入力操作の方法について述べる。

### 3.1 Niboshi の概要

Niboshi は、マルチタッチを用いたスレート端末向けの日本語入力方式である。マルチタッチを用いることにより、ロバストで高速な入力可能なシステムで、両手で端末を把持したままボタンを視認せずに入力を続けることができる。インタフェースは画面の左右に分かれて表示される為、文章の閲覧性にも優れている。

### 3.2 アプローチ

1.2 節で述べたスレート端末における日本語入力方式の問題点を解決し、更に高速な入力を実現する為の 1.3 節で挙げた 4 つの要件を満たすスレート端末向けの日本語入力方式「Niboshi」の開発を行う。それぞれの要件に対するアプローチとして、以下の通りの設計を行った。

**マルチタッチを用いた単純な操作による入力** 高速なかな入力を実現する為に、左右両手から同時に入力を行うマルチタッチを用いた入力を採用する。マルチタッチを用いることにより、自然なタイミングで高速に入力を行うことが可能となる。

**両手で端末を把持した状態での入力** Niboshi は、両手で端末を把持する状態をスレート端末の主な利用シーンとして想定する。この為、両手で端末を把持したままで入力を続けられるように、端末を把持したまま、左右の親指を使用して入力を行うことのできる設計とする。

**ボタンを視認せずに入力** Niboshi はボタンを親指の動きに合わせて配置し、更に入力先付近に触れている状態を視覚フィードバックとして表示する。これらの組み合わせにより、ボタンを視認せずに入力を続けることを可能とする。

**テキスト入力を邪魔しないインタフェース表示** インタフェース表示の領域を小さくし、左右に分けて表示することによって、画面の中央付近の表示スペースを確保する。

これらのアプローチについて、以下で詳しく述べる。

### 3.2.1 マルチタッチを用いた単純な操作による入力

Niboshi は、タッチされている複数の点を同時に認識し、それらをかな入力に用いる。マルチタッチを用いた入力により、入力ストローク数の低減と入力タイミングのロバスト性の向上という効果を得られると考える。Niboshi において、ユーザはかな入力と漢字変換の入力確定は右親指のリリースのみで行う。連続入力中には、ユーザは左親指をリリースする必要がなく、スライドし続けることが可能である。左右の指は独立して動かせることから、熟練を重ねることで右親指による 1 ストロークに近い速度での入力が可能になると考えられる。また、子音を選択してから母音を選択することも、母音を選択してから子音を選択することも可能である。このように入力のタイミングに曖昧さを持たせることにより、揺れる電車の中での入力等の外部環境の変化に対するロバスト性が向上すると考えられる。Niboshi におけるマルチタッチを用いたインタフェースについては 3.4 節で詳しく述べる。

### 3.2.2 両手で端末を把持した状態での入力

スレート端末は携帯情報端末に比べて画面が大きく重量があり、安定して把持する為には両手で把持するか、あるいは片手で抱きかかえるようにしっかりと把持する必要がある。両手を用いて把持したまま両方の親指で入力することにより、ユーザは両手で把持したまま端末を持ち替えることなく入力続けることができるようになる。また、Niboshi では、左親指は子音の入力、右親指は母音の入力と文字の確定と、左右親指でそれぞれの役割が明確に分かれており、熟練することにより迷うことなく入力することができる。

### 3.2.3 ボタンを視認せずに入力

タッチスクリーンによる入力の大きな問題点は、tactile cue が無く、ボタンを視認しながら入力続ける必要がある点である。この問題に対処する為、タッチスクリーンに触覚フィードバックを与える研究がある。例えば、振動フィードバックを与える為の作動装置を取り付けるもの [HBJ08] や、指をスライドさせたときのボタンのエッジに合わせて振動で擬似的な触覚フィードバックを与えるもの [NR03] 等である。しかしながらこれらの手法は特殊なハードウェアが必要になる場合があり、現時点では一般的な携帯情報端末では採用されていない。

Niboshi ではこれらの触覚フィードバックを与える手法は用いずに、ボタンを親指の動きに合わせて配置し、更に入力先付近に触れている状態を視覚フィードバックとして表示することによってボタンを視認せずに入力続けることを可能とする。図 3.1 に視覚フィードバックの例を示す。例えば図 3.1 のように「か」と入力するとき、子音だけを選択している時点では、入力先に「k」と表示することでその子音が選択されていることをユーザに対して提示する。この時点では入力は確定されていないので、指をスライドして他の子音を選択するだ



図 3.1: 子音選択時の視覚フィードバック

けで子音の選択をキャンセルすることが可能である。母音の選択にも同様のフィードバックを用い、右親指のリリースによって確定されるまでの間、選択されている子音と母音の組み合わせを入力先に表示する(図 3.2)。また、かな入力確定前の文字色は確定後の文字と容易に区別できるよう、かな入力確定後の文字色には黒、確定前の文字色には赤を用いる。かな入力確定後は、更に漢字変換を行うので、漢字変換を行う前と後の文字列は水色の矩形で囲んで区別できるようにした(図 3.3)。

視覚フィードバックを用いることにより、入力確定前の文字を視認して、もしそれが目的のものとは違う場合は指をスライドさせて自由に入力を変化させることができる。このことにより、子音入力目的のものとは違う場合でも、新たな子音を選択して入力できるので、子音入力のキャンセル操作が不要となる。

また、視覚フィードバックと組み合わせ、ボタンを視認せずに入力を行うことができるように、ボタンはキャリブレーションによりユーザ毎に配置を行う。キャリブレーションを行うことにより、親指の角度という 1 自由度でボタンに触れることができるようになる。通常、タッチスクリーンを用いた端末上では、ユーザは X 軸と Y 軸を視覚的に決定して入力を行うので、ボタンを視認して入力を行う必要がある。Niboshi では、ユーザは端末を把持した状態から親指の角度を変えることによって入力を行うことができ、前述した入力先の視覚フィードバックと組み合わせることによって、熟練が進むと入力ボタンを見ることなく入力することが可能となり、入力時の視線の移動量を減らすことができると考えている。

### 3.2.4 テキスト入力を邪魔しないインタフェース表示

インタフェース表示の領域を小さくし、左右に分けて表示することによって、画面の中央付近の表示スペースを確保する。例えば、既存手法である iPad の QWERTY ソフトウェアキー

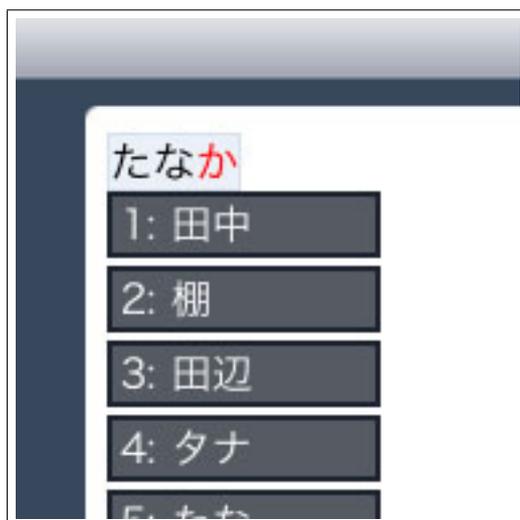


図 3.2: 母音選択時の視覚フィードバック



図 3.3: 変換確定文字と変換確定前の文字



図 3.4: 長文を表示した例：(左)Niboshi (右)ソフトウェア QWERTY キーボード

ボードでは、横持ちの場合で画面のおよそ 52.9%をインタフェース表示が占める。この大きさでは、Web サイトにおける氏名や住所を入力するような場合、インタフェース表示によってページの表示領域が狭くなったり、一画面に収まらないような長い文章を書く場合に文章の閲覧性が悪くなるという問題がある。

図 3.4 に長い文章を入力しているときの例を示す。画面の縦方向に表示を広く取れる Niboshi では、長い文章を入力している場合でも画面の多くの領域を文章表示用として使用できる為、文章の閲覧性に優れる。また、ボタンの表示の不透明度は環境設定によって変化させることができる。熟練が進むとボタンを視認せずに入力できるようになる為、ボタンの不透明度を下げれば更に閲覧性を増すことも可能である。

### 3.3 端末の把持方法

Niboshi での日本語入力時には、ユーザは図 3.5 のようにスレート端末を両手で包むように把持し、左右両方の親指を使用して入力を行う。Niboshi は端末を縦にした把持方法、端末を横にした把持方法のいずれの持ち方にも対応する。横に把持する場合は、端末の重心が把持する手に近くなる為安定感がある。縦に把持する場合には普段使用する書籍や印刷用紙などの形に近くなる為、長い文章を入力する際の閲覧性に優れる。

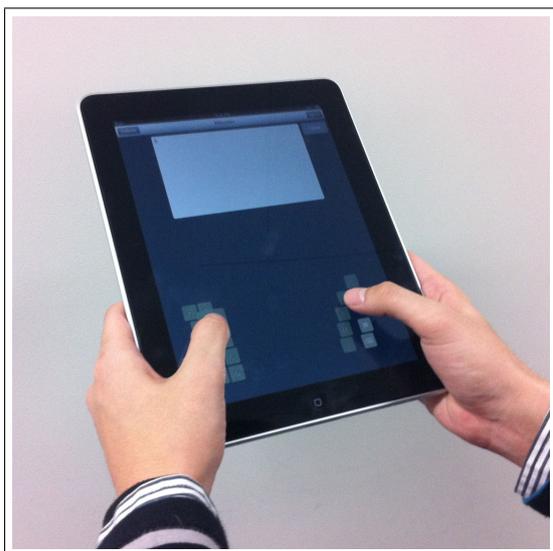


図 3.5: 端末を縦に持った場合の把持方法

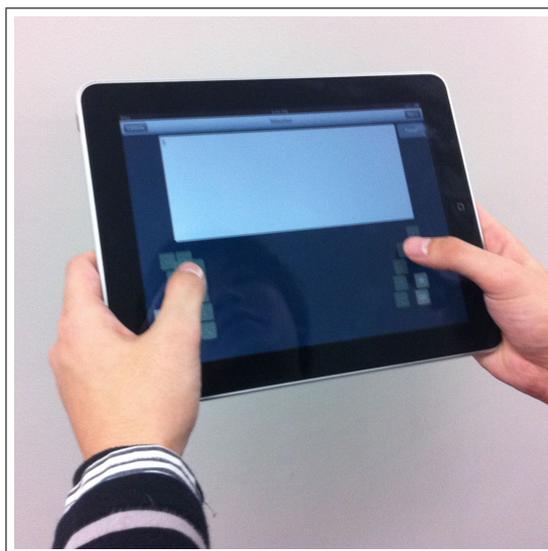


図 3.6: 端末を横に持った場合の把持方法

## 3.4 入力インタフェース

Niboshi における入力インタフェースの概観を図 3.7 に示す。子音ボタンは画面左側に、母音のボタンは画面の右側に楕円状に並ぶ。子音順番はオプションとして変更可能で、「はまやらわ」を上から順番に並べることもできるが、システムの標準としてはボタンを触りながら探索的に指を動かすことができるように「はまやらわ」を下から順番に並べる。これは、使用したときの印象を予備実験において調べたところ、「あかさたな」と「はまやらわ」の「な」と「は」は近い方が分かりやすいというコメントがあった為で、このことにより、「な」と「は」が連続的に触ることのできる配置となる。漢字変換ボタンは左親指側に、バックスペースボタンは右親指側の楕円内側に配置される。

### 3.4.1 清音と長音の入力

Niboshi において連続してかな入力を行う場合の操作手順を以下に示す (図 3.8)。Niboshi では、ひらがなとカタカナは入力前にメニュー選択によってモードの切り替えを行うか、かな漢字変換時に変換するかを選択することができる。入力の操作手順はひらがな、カタカナで共通である。

1. 左親指で子音をタッチして選択する。ボタンを離さずにホールドしている間は選択され続け、選択されている子音に応じて母音入力側の入力候補は変化する。右親指のリリースによってかな入力が確定されるまでは、自由にスライドして子音の選択を変化させ、母音入力の候補を切り替えることができる。

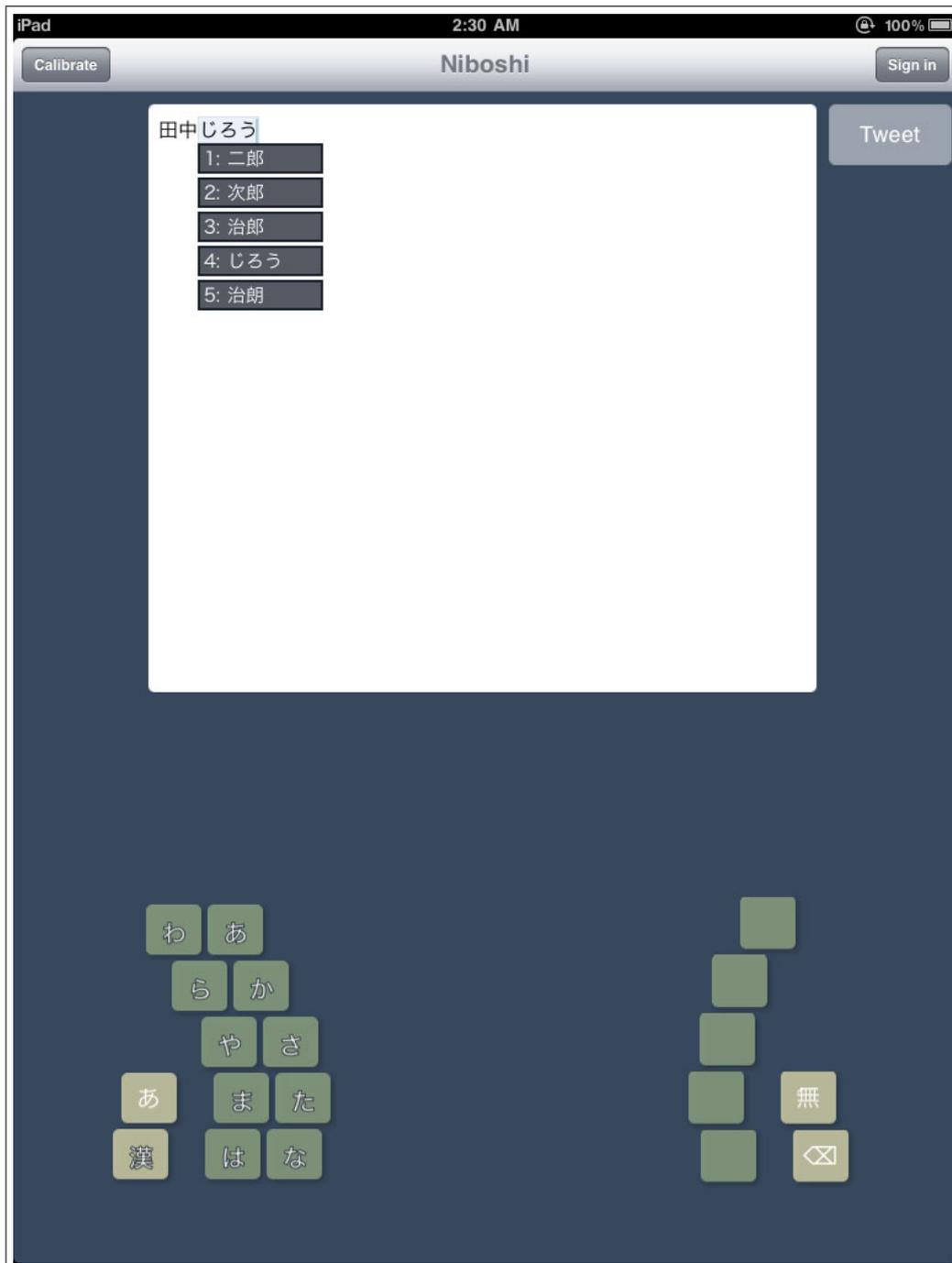


図 3.7: Niboshi の概観

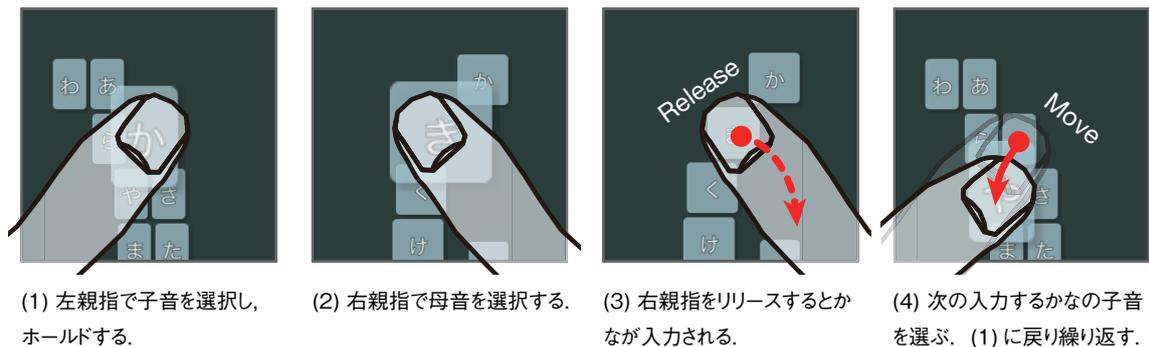


図 3.8: ひらがな/カタカナの入力方法

2. 右親指で母音をタッチして選択する。子音と同様にホールドしている間は選択され続け、リリースするまでは選択対象を変化させることができる。
3. 右親指をリリースして、かな入力を確定する。左親指と右親指の組み合わせで入力されるかなが一意に決定される。
4. かな入力の決定時には左親指はリリースする必要は無いので、連続入力する場合は右親指をそのままスライドして次の入力文字を選択することができる。

表 3.1 は、かな入力時の子音と母音の対応表である。基本的にはローマ字入力と同様に子音と母音の組み合わせを選択して入力する。ただし、「ん」は、わ行の 3 番目として配置し、長音はわ行の 2 番目として配置する。

図 3.8 では、子音を選択した後に母音を選択する手順を示しているが、母音を選択した後に子音を選択することも可能である。このことにより、子音の選択を後から変えることができ、ユーザの入力のタイミングにより幅を持たせることができる。

### 3.4.2 濁音・半濁音・拗音・促音の入力

濁音は清音を選択した後、確定する前に右親指を内側に縮める方向にスライドさせるストロークによって切替え、リリースして入力を確定する。例えば図 3.9 のように「ひ」の場合は、指を内側にスライドすることによって濁点を追加する。その後、濁点を追加した状態で指をリリースすることによって「び」を入力することができる。

半濁音は、濁点を追加した状態からリリースせずに、更に逆方向にストロークを加えることによって入力される。濁点と半濁点、清音の入力切替はストロークを繰り返すことにより行う。

表 3.1: 子音・母音と入力される文字の対応表

|    |   | 母音 |         |   |         |   |
|----|---|----|---------|---|---------|---|
|    |   | a  | i       | u | e       | o |
| 子音 | a | あ  | い       | う | え       | お |
|    | k | か  | き       | く | け       | こ |
|    | s | さ  | し       | す | せ       | そ |
|    | t | た  | ち       | つ | て       | と |
|    | n | な  | に       | ぬ | ね       | の |
|    | h | は  | ひ       | ふ | へ       | ほ |
|    | m | ま  | み       | む | め       | も |
|    | y | や  | (使用しない) | ゆ | (使用しない) | よ |
|    | r | ら  | り       | る | れ       | ろ |
|    | w | わ  | ー(長音)   | ん | (スペース)  | を |

撥音、拗促音も濁音と同様に右親指のストロークによって入力を切り替える。撥音は、「つ」のバリエーションとして切り替えるが、日本語における「っ」と「づ」の出現頻度を考慮し、「つ→っ→づ」の順で切替える。

このジェスチャは、右親指をスライドさせる方法と、MicroRolls[RLG09]の方法のどちらでも入力可能である。MicroRollsは、親指を開いてスクリーンをタッチする点を親指の付け根側にずらす、図 3.10 に示すような動きである。この動きは指をスライドさせる方法よりも、MicroRollsの方が指自体の動きが単純で、Niboshiのように往復させるジェスチャに有効であると考えられる。

### 3.4.3 かな漢字変換

Niboshiでは、漢字の入力には入力したひらがなをかな漢字混じり文に変換するかな漢字変換方式を用いる。Niboshiにおけるかな漢字変換の状態遷移図を図 3.11 に示す。かな漢字変換の候補はかな 1 文字を入力する度に予測候補を入力先付近に提示する、インクリメンタル変換方式を用いる(図 3.12)。左親指側にある「漢」と書かれた漢字変換ボタンをホールドすると、右親指側のボタンにより変換候補を選択できるようになる。変換候補は母音の確定と同様に右親指のリリースにより変換を確定する。また、漢字変換ボタンをタッチオフ(ボタンをリリースするか、スライドによってタッチしている位置をボタンの外に移動する)ことによって変換をキャンセルし、かな入力を再開することができる。これらの設計によって、ユーザは端末を把持したまま持ち替えることなく漢字の選択と入力が可能で、かつ、かな入力の確定と同様に右親指のリリースのみによって漢字変換の確定を行うことができる。

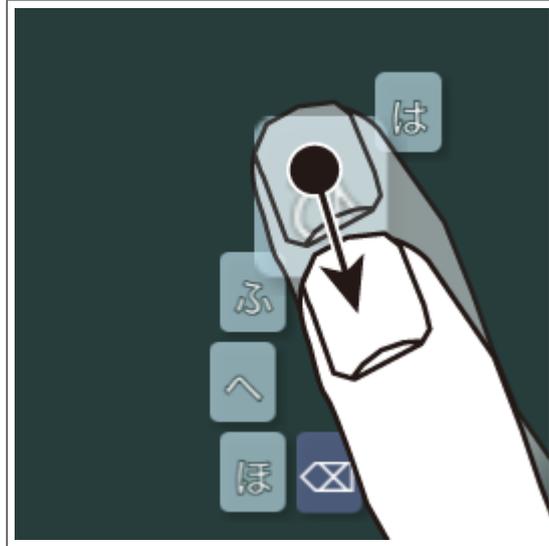


図 3.9: 濁点入力の手動ストローク

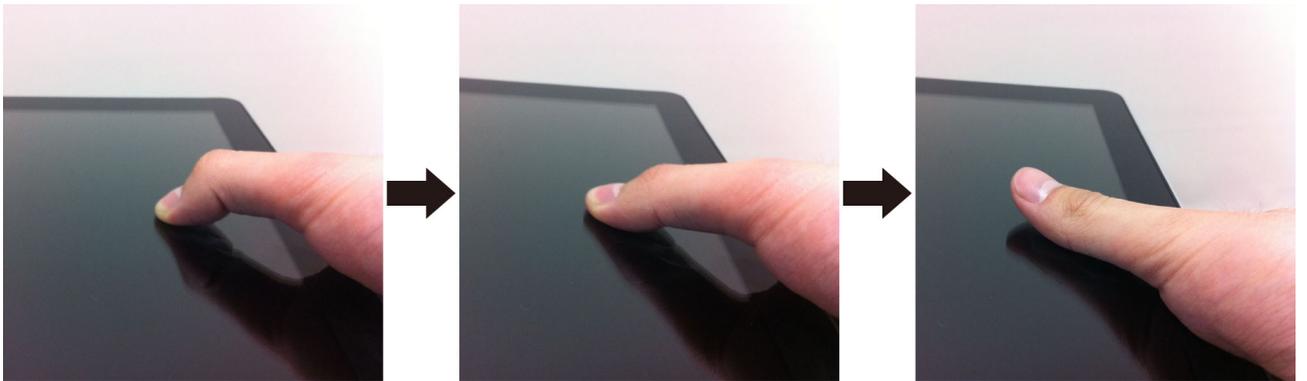


図 3.10: MicroRolls によるジェスチャの際の指の動き

かな漢字変換の候補は1度に5つまで提示する。それぞれの提示は右親指側の5つのボタンに対応しており、対応するボタンを押すことでかな漢字変換を確定することができる。5つ以上の候補を表示するには、右親指を一番下のボタンよりも更に下にスライドさせたり、一番上のボタンよりも上までスライドさせたりすることにより、変更候補の表示ページを切り替える。

### 3.4.4 ボタンの配置

Niboshiでは、両手で端末を把持したまま入力を行うことができるように、ボタンを画面の端に左右に分けて配置する。また、把持した親指から届く範囲にボタンを並べられるようなキャリブレーション機能を備える。

キャリブレーションにより、ボタンを親指の可動範囲に沿った楕円の円周上に配置することが可能である。ソフトウェア QWERTY キーボード等のようにボタンを矩形領域に順番に並べる場合、ユーザはタッチ位置を決定する為には X 軸と Y 軸を視覚的に定めて、触れる位置を決定する必要がある。Niboshi は、ユーザが親指を上下に動かしたときの軌跡に合わせてボタンが配置されるので、ユーザは親指を上下に動かすだけでどのボタンに触れるかを選択することができる。この方法により、入力システムに熟練すると視覚に依存すること無くボタンを選択していくことが可能となり、記憶指示動作が可能となる。記憶指示動作とはいわゆる「指が覚えている動き」である [田村 04]。左右両手の親指は、端末を把持したままの指の角度から入力を決定していくので、ユーザは使用していくうちにどのかながどこにあるかを自然と記憶することができ、十分な熟練の後には入力先を見ずに入力が可能となる。

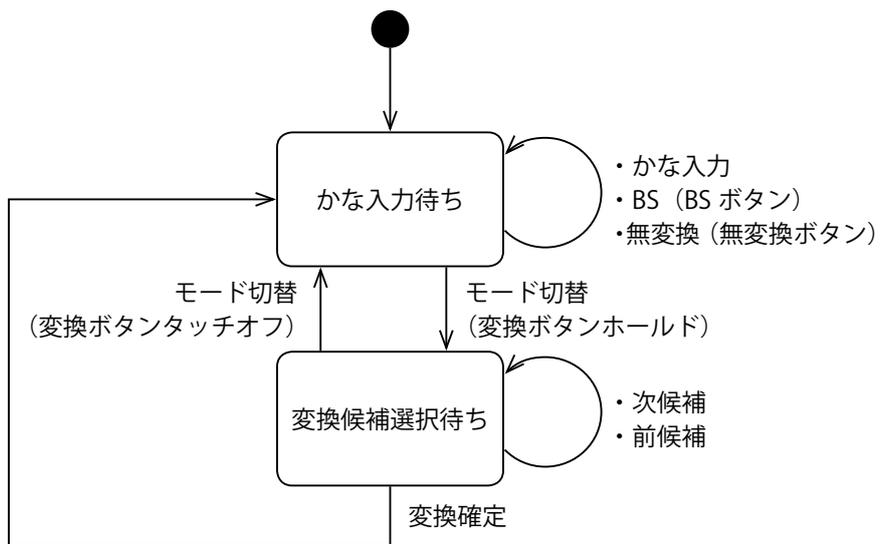


図 3.11: かな漢字変換の状態遷移図



図 3.12: かな漢字変換候補の提示

## 第4章 入力システムの開発

本章では、Niboshi を日本語入力方式として採用したアプリケーションの実装について述べる。アプリケーションは iPad 向けの Twitter クライアント「Nibotter」として実装を行った。

### 4.1 システムの概要

Nibotter は日本語入力対応の twitter クライアントで、日本語入力方式として Niboshi を採用した iPad 用アプリケーションである。アプリケーションは端末を縦と横のどちらの向きの把持方法にも対応する。縦に持ったときの概観は図 3.7、横に持ったときの概観は図 4.1 の通りである。

#### 4.1.1 マルチタッチによるかな入力

Niboshi では、左右の親指によるマルチタッチを認識して、入力を行う。入力は、左右それぞれの親指のボタンとの衝突判定を行い、左親指が子音ボタンに触れているときに、右親指が母音ボタンからリリースされるときに、どの組み合わせのボタンかによって決定される文字を入力テキストに追加していく。右親指のリリースまでは左右親指ともにスライドして選択を変更することができる。

#### 4.1.2 ねばり衝突判定

Niboshi では、ユーザは、左親指で子音ボタンをホールドしながら右親指で母音の決定とかなの入力を行う。システムは右親指のリリースを検知して文字の入力を行うが、右親指をリリースしてかなを確定する瞬間に左親指のホールド位置が少しずれて、意図している子音とは別の子音を選択して入力してしまう場合がある。この問題に対処する為、ボタンを触っている間はボタンが2倍に拡大表示され、その表示範囲内で指が移動している間はそのボタンを押していると判定する「ねばり衝突判定 (sticky hit check)」の実装を行った(図 4.2)。リリースの瞬間に子音が切り替わってしまうという問題に対処している。また、この問題の発生には個人差がある為、アプリケーションの設定でねばり衝突判定のオンとオフを切り替えることができるように実装した。

例として、子音ボタン「か」の、通常の衝突判定領域を図 4.3 に、ねばり衝突判定時の衝突判定領域を図 4.4 に示す。図中の赤の太枠で囲まれた部分がそれぞれの衝突判定領域を示して

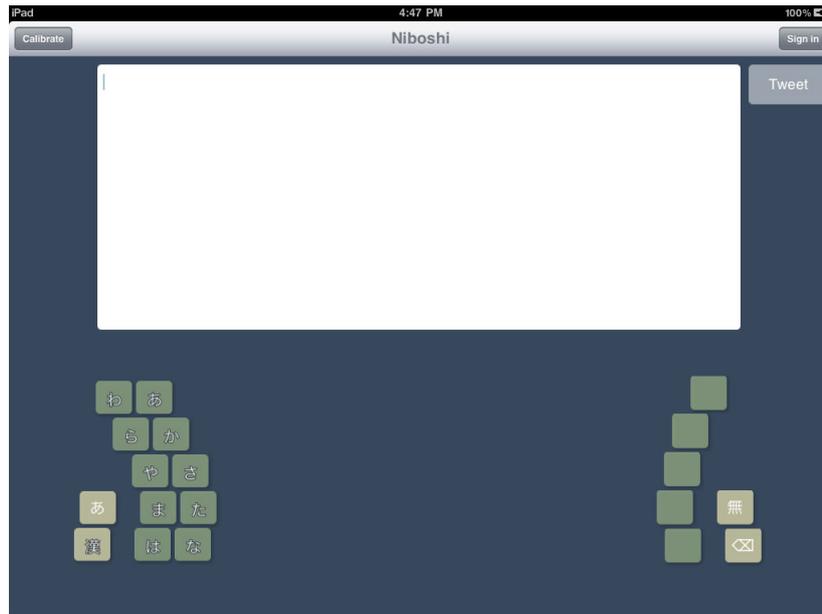


図 4.1: 横持ちの場合の Niboshi の概観

おり、通常時とねばり衝突判定時で異なることを示している。ねばり衝突判定時には、通常衝突判定時に「あ」や「さ」に判定される領域にまで衝突判定が拡大する。システムは、ユーザがボタンに触れていないときには通常の衝突判定を用い、既に触れているボタンがあるときは、そのボタンとねばり衝突判定を行う。これにより、ぶれの少ない安定した入力を実現している。

#### 4.1.3 キャリブレーション機能

スレート端末は携帯情報端末と比べて画面が大きく、ユーザは端末を両手で把持した場合でも手の大きさや把持方法によって親指の可動範囲は大きく異なる。本研究では、運動特性に基づいたボタン配置を行う為、ボタンの位置をユーザによって変えられるキャリブレーション機能を実装した(図 4.5)。この機能により、システムはユーザの手の大きさや指の可動範囲等に応じてボタンを配置することができる。

キャリブレーションを行うには、画面上端に用意されているキャリブレーションボタンを押して、システムをキャリブレーションモードに切り替える。キャリブレーションモード中には、ユーザは自分が持ちやすいように端末を把持したまま、両親指を自分が動かしやすい範囲でゆっくりと上下させる。システムはその軌跡に合わせて子音ボタンと母音ボタンの位置と大きさを少しずつ近づけてゆき、これをユーザの好みの位置と大きさになるまで繰り返してボタンの配置を決定する。ボタンの横幅は固定で、高さは往復した軌跡の大きさにより決定される。漢字変換ボタン、バックスペースボタン、ひらがな／カタカナ切り替えボタン、



図 4.2: ねばり衝突判定時のボタン表示



図 4.3: 通常衝突判定時の衝突判定領域



図 4.4: ねばり衝突判定時の衝突判定領域

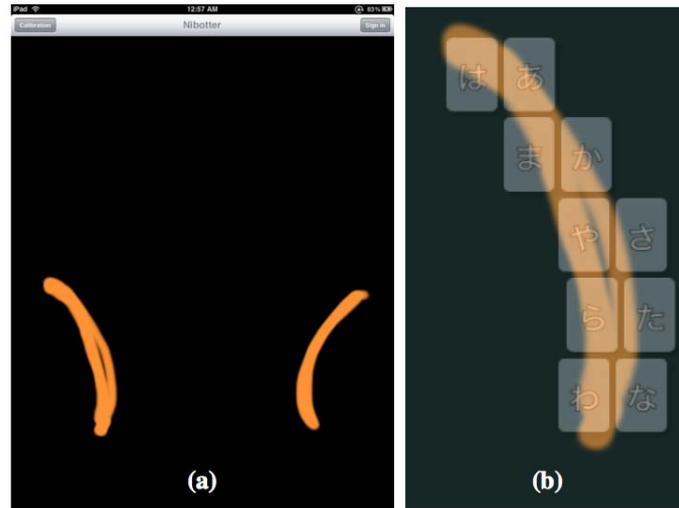


図 4.5: 親指の動きの軌跡とキャリブレーション済のボタン配置

無変換ボタンは子音ボタンと母音ボタンの内側に配置する。

## 4.2 実装

### 4.2.1 システム構成

本研究では、iPad 上で独立したアプリケーションとして動作する twitter クライアント「Ni-botter」として提案手法を実装した。アプリケーションはインタフェース部、かな入力エンジン、かな漢字変換エンジン、twitter エンジンの 4 つの部分からなる。インタフェース部とかな入力エンジンに用いた言語は Objective-C で、iPhone SDK3.2.5 を使用した。かな漢字変換エンジンに用いられている言語は C++ で、Popie[佐藤 06] で用いられた子音かな漢字変換エンジンをかな漢字変換エンジンとしてカスタマイズしたものを使用した。また、twitter エンジンには MGTwitterEngine<sup>§</sup>を用いており、twitter への認証には xAuth 認証を使用する。

### 4.2.2 インタフェース部の実装

Niboshi におけるインタフェースは、ボタンやテキストを描画する機能、左右親指がタッチされている場所がどの領域に含まれているかを判定する衝突判定機能、右親指のストロークを判定してイベントを発行するジェスチャ機能と、キャリブレーション機能からなる。

<sup>§</sup><http://aralbalkan.com/>

システムは、メニューの基本部分となる左右に並ぶボタン群に加え、かな漢字変換候補のリストをテキスト入力先付近に提示する。変換候補のリストはかな漢字変換エンジンから取得し、入力確定前の文字の下側に表示される (図 3.12)。

## 第5章 評価実験

Niboshi は熟練者を対象にした日本語入力方式である為、その有効性を検証する為には熟練者を対象とした実験を行う必要がある。この為に、2つの実験を行った。1つは、被験者1名による1ヶ月間継続的に使用する継続使用実験と、もう1つは被験者4名によるソフトウェア QWERTY キーボードと Niboshi の繰り返し実験である。本章では、まず練習のベキ法則と呼ばれる手法を紹介し、その後この2つの実験について述べる。

### 5.1 練習のベキ法則

練習のベキ法則とは、スキルの学習率に関する法則のひとつで、単純なスキルの学習過程における遂行時間の減少が累乗近似曲線に近似するというものである [木村 03][Cro59]。P 回の練習を重ねたときの課題の遂行時間  $T$  は、5.1 式に近似する。

$$T = NP^c \quad (5.1)$$

ただし、 $N$  は課題の難易度、 $C$  は学習率を表す。これは、練習回数を  $X$  軸、遂行時間を  $Y$  軸にとった両対数グラフ上にプロットすると、近似曲線は直線として表されることを意味する。本研究の実験では、遂行時間の減少は練習のベキ法則に従うものと仮定し、入力速度の向上が練習を続けた場合にどの程度になるかを予測を行った。

### 5.2 継続使用実験

本実験では、提案手法を用いたシステムを数週間継続的に使用した場合にどの程度の速度でかな入力が可能かを調べる実験を行った。実験には、スレート端末として Apple iPad(Wifi モデル、iOS4.2.1) を用い、4.2 章で述べた Niboshi を搭載したアプリケーション Nibotter を用いて毎日決まった文章を入力してもらった。本実験ではひらがな入力の速度を計測することを目的としているので、システムの漢字変換機能は使用しなかった。

#### 5.2.1 被験者

本実験の被験者は、コンピュータ操作に慣れた 39 歳の男性である。実験開始時にスレート端末の使用経験はほとんど無かった。

## 5.2.2 実験内容

被験者は、1日に1回、新聞記事から抜き出した短い文章を Nibotter 上で入力を行う。文章は日経新聞 Web サイト<sup>¶</sup>に掲載されていた以下のものを使用した。

2010年のノーベル化学賞などの授賞式が10日午後4時半（日本時間11日午前0時半）から、スウェーデンのストックホルム中心部のコンサートホールで開かれた。根岸英一・米パデュー大特別教授（75）と鈴木章・北海道大名誉教授（80）が化学賞を受賞した。

この文章を括弧や中黒を含めてひらがなにすると、以下の206文字になる。これを最初から最後まで続けて入力を行い、1セッションとする。

にせんじゅうねんののーべるかがくしょうなどのじゅうよしがとおかごよ  
じはんひらきかっこにつぼんじかんじゅういちにちごぜんれいじはんとじかっ  
からすうえーでんのすとつくほるむちゅうしんぶのこんさーとほーるでひらか  
れた。ねぎしえいいちてんべいばでゅーだいとくべつきょうじゅうひらきかっ  
こななじゅうごとじかっことすずきあきらてんほっかいどうだいいいよきょう  
じゅうひらきかっこはちじゅうとじかっかがかかしょうをじゅうしょうした。

被験者はなるべく手元のボタンを見ないように、この文章を最初から最後まで連続して入力を行う。実験は2010年12月15日から2011年2月9日までの56日間56セッション行った。時間の計測には、システムのログを時刻付きのテキストとして保存したものを使用して計算を行った。

## 5.2.3 結果と考察

使用した56日間におけるタスクの遂行時間を線形グラフで表したものを図5.1、両対数グラフで表したものを図5.2に示す。それぞれ、X軸には入力を行ったセッション番号、Y軸にはセッションの遂行時間を示している。1分間あたりの入力文字数（Characters per minute: CPM）は最大で46.3CPMで、セッションを重ねるごとに順調に熟練が進み高速に入力できることがわかった。入力速度の向上が5.1節で述べた練習のベキ法則に従うと仮定すると、両対数グラフからは練習を今後続けた場合に、どの程度の変化で遂行時間が推移するかを概算で読み取ることができる。このことから、5,000回あたりで遂行時間100秒以下で入力できるようになることが期待できることがわかった。

また、被験者から、セッションをある程度重ねると「きょうじゅう」や「かっこ」等文章中に繰り返し出現する単語の入力が、ジェスチャのように決まった指の動きとして入力できるようになってきたというコメントが得られ、ユーザが決まった指の動きとして指を動かすことのできる記憶指示動作が熟練によりある程度可能となることが明らかになった。

<sup>¶</sup>日経新聞 <http://www.nikkei.com/>

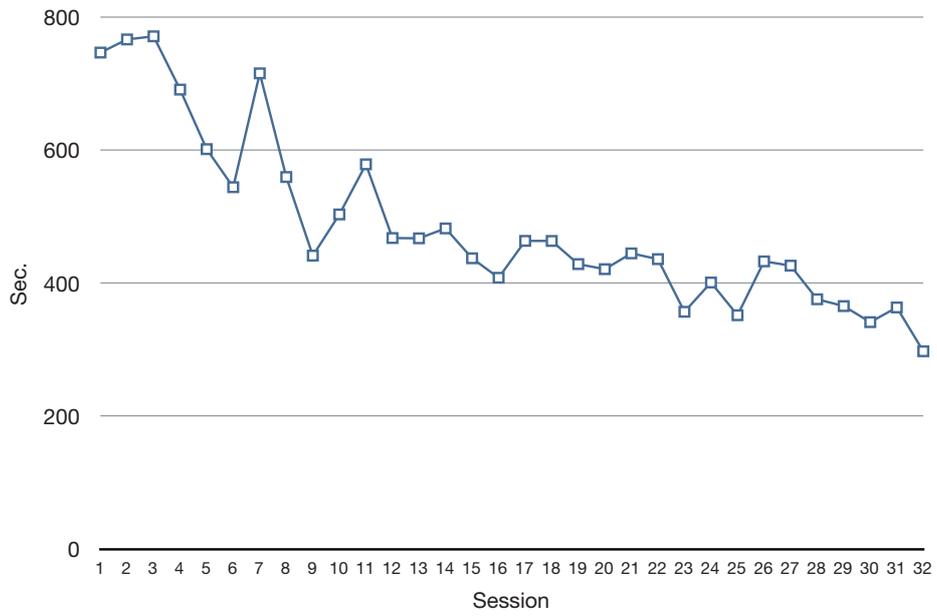


図 5.1: 遂行時間 (秒) の推移の線形グラフ

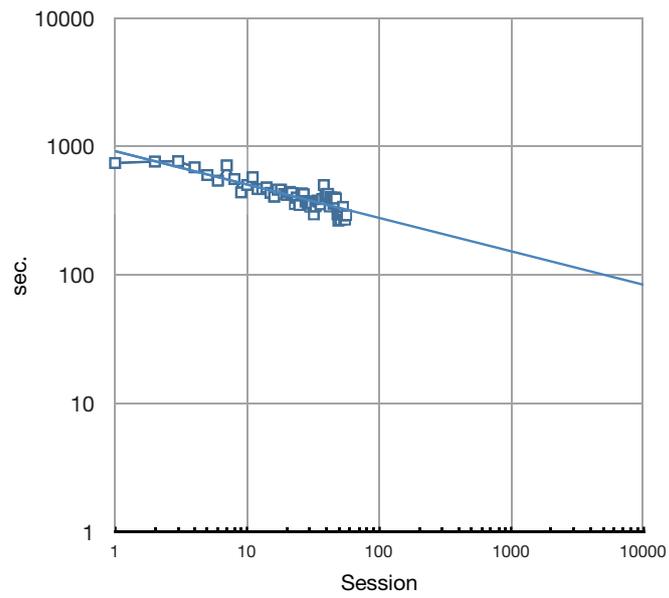


図 5.2: 遂行時間 (秒) の推移の両対数グラフとその近似直線

## 5.3 繰り返し実験

熟練者がどの程度の速度で入力するかを明らかにする為、短い文章を繰り返し入力させることによって、熟練の進み方と熟練者が入力した場合の速度を予測する実験を行った。この実験では、Niboshi とソフトウェア QWERTY キーボードを使用して、短い文章を繰り返し連続でそれぞれ 60 回入力してもらう。熟練の速度は、練習のベキ法則に従うものと仮定し、多くの練習を行ったときにどの程度の速度で入力できるかを予測し、それぞれの入力速度の違いを比較した。

### 5.3.1 被験者

本実験の被験者は、22 歳から 24 歳の情報系の大学生、大学院生 4 名と 40 代の事務員の 5 名（男性 3 名、女性 2 名）である。うち 2 名はタッチスクリーンを備えた端末の日常的な使用経験はほとんど無く、残り 3 名はタッチスクリーンを備えた携帯情報端末や携帯音楽プレーヤを 1 日に 1~3 時間程度使用するユーザであった。また、被験者は全員右利きで、日常的にハードウェアの QWERTY キーボードを使用している。

### 5.3.2 結果と考察

実験の結果を図 5.3 から図 5.7 に示す。正方形が付いた細かい線が実験の計測データ、太い直線がその累乗近似直線を示している。図 5.3 の被験者 1 は、近似直線の傾向から、20,000 回から 30,000 回の間で Niboshi における入力速度が、ソフトウェア QWERTY キーボードの入力速度よりも速くなるのが期待できる。被験者 5(図 5.3) は、同様に 6,000 回から 7,000 回の間で Niboshi における入力速度がソフトウェア QWERTY キーボードを上回ると期待できる。被験者 2 においても、Niboshi がソフトウェア QWERTY キーボードよりも熟練の進み方が良いという結果を得た。被験者 3 は熟練の進み方はほぼ同程度で、被験者 4 においてはわずかにソフトウェア QWERTY キーボードの方が熟練がよく進んでいるという結果を得た。

本実験では、学習効果に重点を置いている。被験者は 5 名中 4 名が情報系の学生で、ハードウェア QWERTY キーボードの入力によく慣れており、ソフトウェア QWERTY キーボードの入力速度も非常に高速であると考えられる。被験者の QWERTY キーボードの熟練度は長年のキーボード操作の繰り返しにより相当なものであると考えられるので、Niboshi とソフトウェア QWERTY キーボードの速度は単純には比較することはできない。被験者 1、被験者 2、被験者 5 において、Niboshi の学習効果はソフトウェア QWERTY キーボードよりも高い結果が得られたことから、熟練が進むとソフトウェア QWERTY キーボードよりも高速に入力できることが期待できる。

実験のビデオ映像から、どの被験者も Niboshi 使用時には間違えて入力した後の文字の削除に時間が掛かっていることが読み取れた。Niboshi の実装では、削除ボタンは右親指側の付け根の位置に配置されているが、この位置を見直すことにより更に入力速度が向上することができると考えられる。

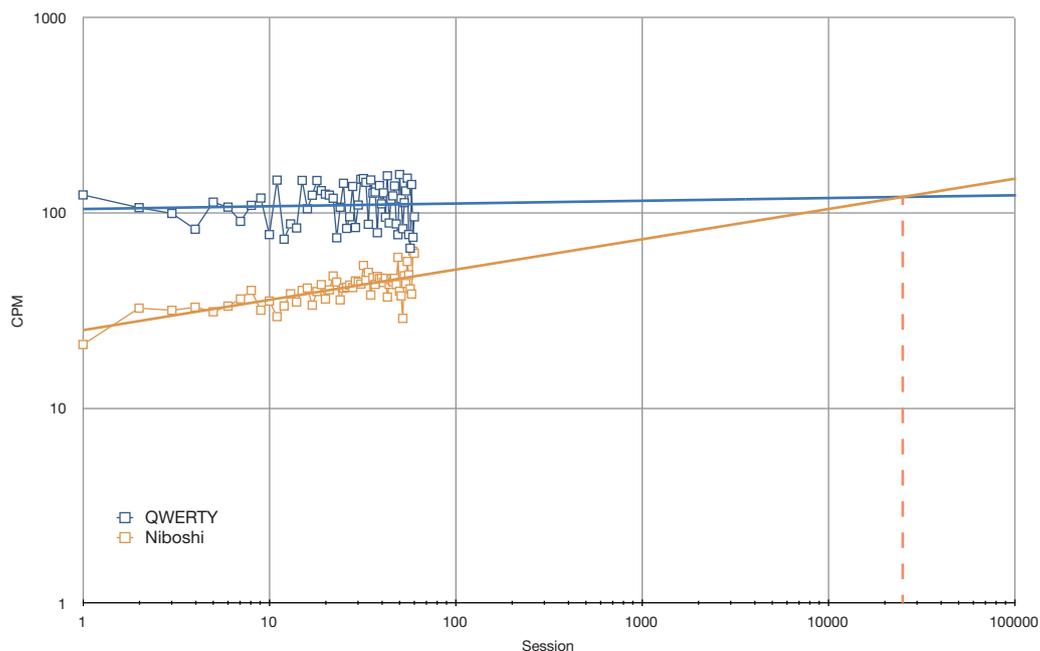


図 5.3: 繰り返し実験：被験者 1

また、被験者から、ソフトウェア QWERTY キーボードは指の移動量が多く、把持している腕が疲れるというコメントや、Niboshi は端末を安定したまま把持できるので安心感があるというコメントも得られた。これらのコメントから、ソフトウェア QWERTY キーボードのボタン配列は、端末を両手で把持した状態では親指の移動量が極端に多くなるという問題点があり、Niboshi の有効性が確かめられた。

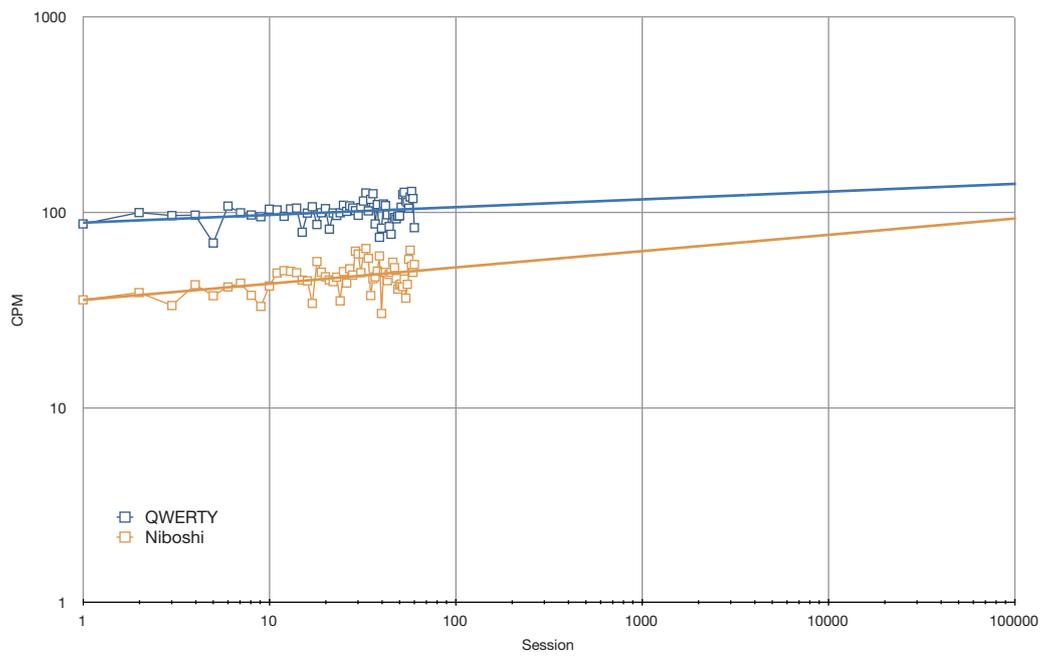


図 5.4: 繰り返し実験：被験者 2

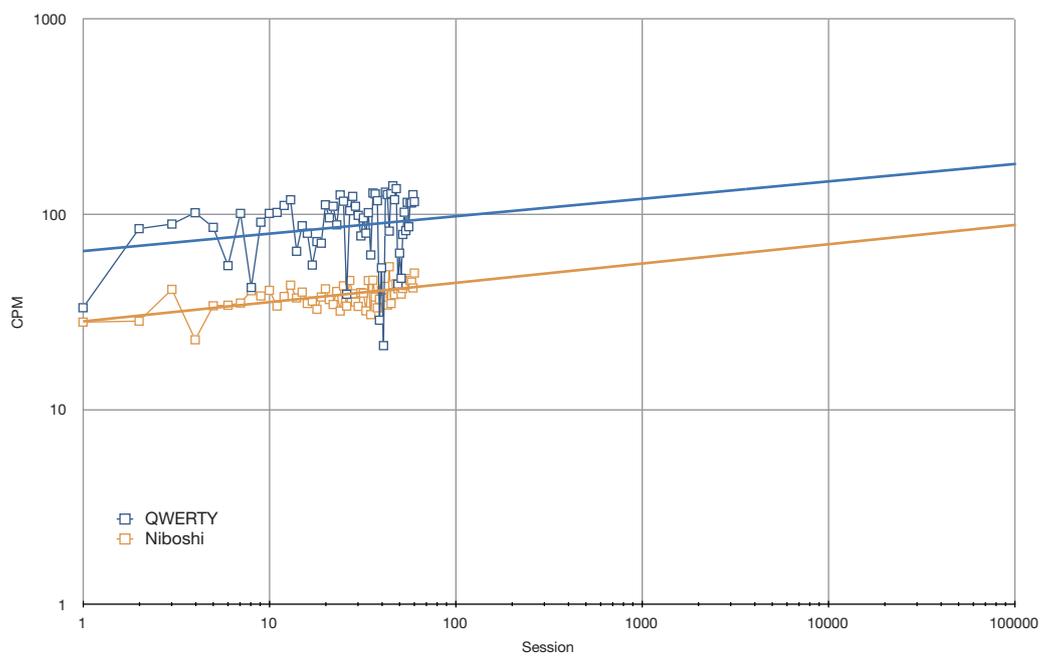


図 5.5: 繰り返し実験：被験者 3

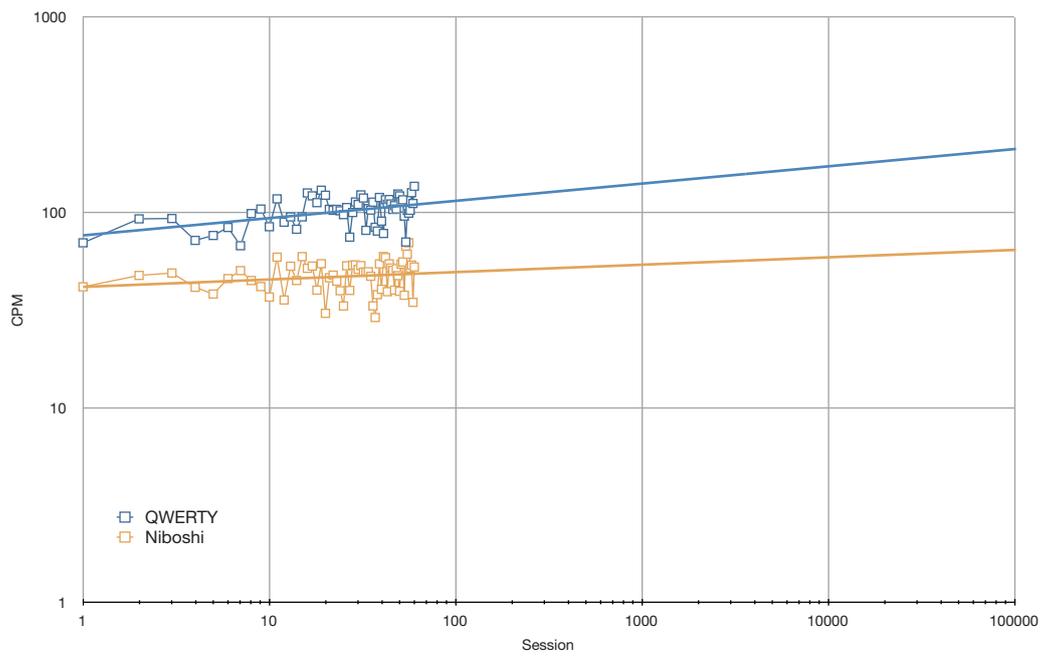


図 5.6: 繰り返し実験：被験者 4

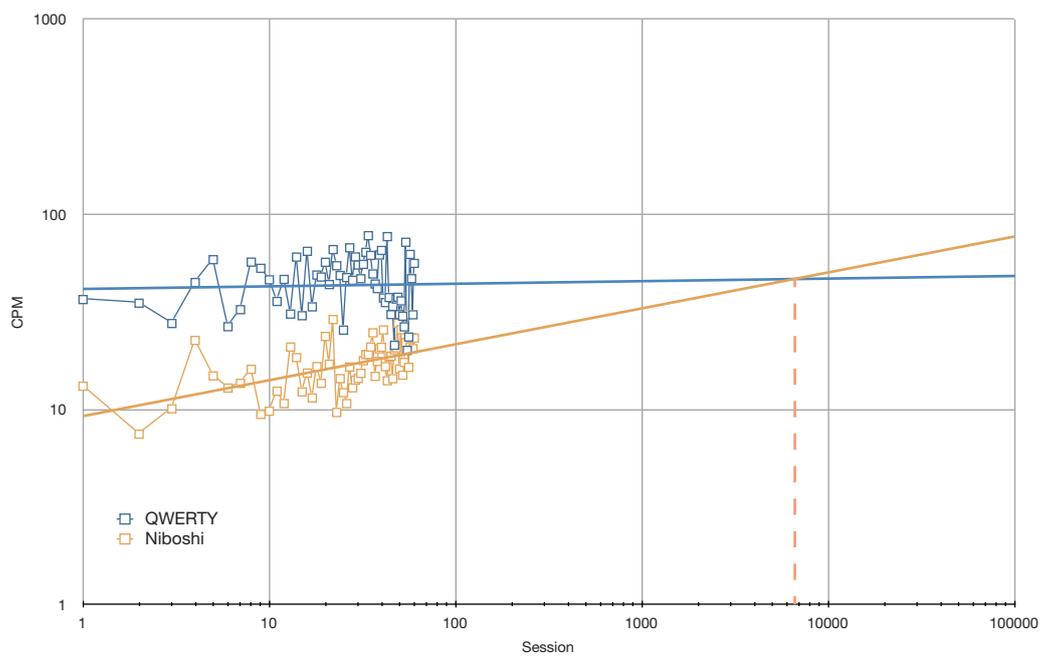


図 5.7: 繰り返し実験：被験者 5

## 第6章 発展と今後の課題

本研究ではスレート端末向けの日本語入力システムとして、マルチタッチ Niboshi の提案と開発を行ったが、携帯情報端末における日本語入力システムとしても利用可能であると考えられる。携帯情報端末はスレート端末同様に端末を把持して使用することが多い為、端末を把持した状態のまま入力が続けられる Niboshi は有効であると考えられる。ただし、携帯情報端末はスレート端末よりも画面が小さく、親指に合わせてボタンを配置する Niboshi をそのまま携帯情報端末に適用した場合、インタフェース表示が画面に占める割合が大きく、入力テキストの表示部分が小さくなってしまふという問題がある [君岡 10]。この為、インタフェース表示を半透明あるいは透明にして、テキストの表示部分に重ねるといった手法を使用する等インタフェース表示に関して検討が必要である。

また、日本語は、アルファベットや記号を文章の中に多く含む特徴を持っている。Niboshi では、これらのアルファベットや記号はかなから変換する方法を採用しているが、端末を両手で把持したまま入力を行える Niboshi の特徴を活かした、アルファベットや記号の入力方法に応用することも可能であると考えられる。アルファベット入力が可能なシステムであれば、日本語入力だけでなく英語入力にも対応した入力システムを開発することができる。

日本語に多く見られるかなの組み合わせとして「しゃ」「しゅ」「しょ」「きゃ」「きゅ」「きょ」などがある。これらの入力は、多くのかな入力システムと同様2つのかなの組み合わせとして入力する必要があるが、これをサポートすることができれば全体のパフォーマンスを上げることができると考えられる。

本研究において、熟練者であれば Niboshi はソフトウェア QWERTY キーボードを上回る速度で入力可能なことが確かめられた。今後の課題として、熟練者における入力速度を確認することが挙げられる。

また、本研究ではボタンの配列を調整する為にキャリブレーションを行う手法を提案したが、ボタンの配列については使用中に自動的に調整していく方法も考えられる。キャリブレーションによってボタンの場所を固定することにより、ユーザが自分の体をシステムに慣れさせていくという効果があると考えられるので、使用中に調整していく方法を使用する場合は慎重に設計を行う必要があるが、その設計と妥当性の確認は今後の課題である。

## 第7章 結論

本研究では、マルチタッチを用いたスレート端末向け日本語入力方式 Niboshi を提案し、そのシステムの実装を行った。

Niboshi は左親指を子音の入力、右親指を母音の入力とジェスチャによる濁音等の入力、かな入力の決定に用いる。左右それぞれを独立して動かすことができる為、実質右親指の1ストロークの速度で入力が可能である。インタフェース表示は左右に分けて表示し、広いテキスト表示領域を確保しており、また、視覚フィードバックとキャリブレーションにより、ボタンを視認せずに端末を両手で把持したまま入力することができる。実験により、Niboshi は高い学習効果があり、有効な手法であることが示された。

## 謝辞

本研究を行うにあたって、田中二郎先生には指導教員という立場から多くのご指導とご助言をいただきました。また、志築文太郎先生には、研究の方針から実装のアドバイス、論文の執筆に至るまで、丁寧できめ細かいご指導をいただきました。三末和男先生、高橋伸先生には、様々な視点からのご意見と研究発表に関する多くのご助言をいただきました。心より感謝申し上げます。インタラクティブプログラミング研究室の皆様には研究活動と日常生活を通じて大変お世話になりました。特に WAVE チームの皆様には、日常の議論やチームゼミを通じて多くのアイデアをいただきました。NAIS チームの皆様、UBIQUITOUS チームの皆様には実装や論文へのアドバイスをいただき、実験にもご協力いただきました。コンピュータサイエンス専攻事務室の佐久間敬子さんにも実験にご協力頂きました。また、研究室 OB である佐藤大介氏には、Niboshi に関するご意見をいただくと共に、かな漢字変換エンジンの実装においてご協力をいただきました。心より感謝いたします。最後に、今日まで私を支えてくれた両親と家族、友人、学生生活の中でお世話になった全ての方々に心より感謝いたします。本当にありがとうございました。

## 参考文献

- [Bli95] Conrad H. Blickenstorfer. Graffiti: Wow! *Pen Computing Magazine*, pp. 30–31, 1995.
- [Cro59] E.R.F.W. Crossmann. A theory of the acquisition of speed-skill. In *Ergonomics*, pp. 153–166, 1959.
- [GR93] David Goldberg and Cate Richardson. Touch-typing with a stylus. In *Proceedings of ACM INTERCHI 1993 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 1993)*, pp. 80–87, 1993.
- [HBJ08] Eve Hoggan, Stephen A. Brewster, and Jody Johnston. Investigating the effectiveness of tactile feedback for mobile touchscreens. In *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '08, pp. 1573–1582, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [KZ04] Per-Ola Kristensson and Shumin Zhai. Shark<sup>2</sup>: a large vocabulary shorthand writing system for pen-based computers. In *UIST '04: Proceedings of the 17th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 43–52. ACM Press, 2004.
- [MZ99] I. Scott MacKenzie and Shawn X. Zhang. The design and evaluation of a high-performance soft keyboard. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit*, CHI '99, pp. 25–31, New York, NY, USA, 1999. ACM.
- [NR03] Andrew Nashel and Sharif Razzaque. Tactile virtual buttons for mobile devices. In *CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems*, CHI '03, pp. 854–855, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [RLG09] Anne Roudaut, Eric Lecolinet, and Yves Guiard. Microrolls: expanding touch-screen input vocabulary by distinguishing rolls vs. slides of the thumb. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, CHI '09, pp. 927–936, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [sim] Simeji. <http://www.adamrocker.com/blog/302/simeji.html>.

- [SLLC09] Heesook Shin, Woohun Lee, Geehyuk Lee, and Ilyeon Cho. Multi-point touch input method for korean text entry. In *Proceedings of the 27th international conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, CHI '09, pp. 3871–3876, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [Sol] Textware Solutions. Fitaly. <http://www.fitaly.com/>.
- [SON] SONY. Tagtype for VAIO. <http://www.vaio.sony.co.jp/Enjoy/Download/Tagtype/>.
- [ZHS00] Shumin Zhai, Michael Hunter, and Barton A. Smith. The metropolis keyboard - an exploration of quantitative techniques for virtual keyboard design. In *Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '00, pp. 119–128, New York, NY, USA, 2000. ACM.
- [塩原 07] 塩原悠希, 田野俊一, 市野順子, 橋山智訓. 運動特性に基づく視覚非依存親指1ストローク入力の提案. ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, pp. 573–576. ヒューマンインタフェース学会, 2007.
- [橋本 96] 橋本美奈子, 長嶋雲兵, 富樫雅文, 細矢治夫. ペン入力のための楕円形仮想キーボードとベクトル入力法. 情報処理学会論文誌, Vol. 37, No. 11, pp. 2105–2115, 1996.
- [君岡 10] 君岡銀兵, 志築文太郎, 田中二郎. マルチタッチを利用した携帯情報端末用日本語入力方式とその評価. 情報処理学会研究報告, 第 Vol.2010-HCI-138 巻, pp. 1–6. 社団法人情報処理学会, 2010.
- [高濱 10] 高濱健児, 郷健太郎. 親指の往復運動に基づく小型タッチ画面端末向けソフトウェアキーボード. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 269–275, 2010.
- [佐藤 06] 佐藤大介, 志築文太郎, 三浦元喜, 田中二郎. Popie : フローメニューに基づく日本語入力手法 (ヒューマンインタフェース基礎). 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 7, pp. 2305–2316, 2006.
- [小松 02] 小松弘幸, 高林哲, 増井俊之. 文書蓄積システム kukura を用いた予測入力. In *Proceedings Workshop on Interactive Systems and software 2002 (WISS 2002)*, pp. 43–47. 日本ソフトウェア科学会, 2002.
- [松浦 07] 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. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 9, No. 4, pp. 455–461, 2007.
- [増井 97] 増井俊之. ペンを用いた高速文章入力手法. In 日本ソフトウェア科学会 (編), *Proceedings of Workshop on Interactive Systems and software 1997 (WISS 1997)*, pp. 51–60. 近代科学社, 1997.

- [田村 04] 田村博. ケータイの文字入力とそのメンタルプロセス. バイオメカニズム学会誌, Vol. 28, No. 3, pp. 112–116, 2004.
- [田中 01] 田中正人, 田川欣哉, 山中俊治. 新型親指キーボード tagtype の開発研究. 機械力学・計測制御講演論文集, p. 306. 社団法人日本機械学会, 2001.
- [田中 02] 田中久美子, 犬塚祐介, 武市正人. 携帯電話における日本語入力: 子音だけで日本語が入力できるか. 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 10, pp. 3087–3096, 2002.
- [日本 01] 日本語入力コンソーシアム. NICOLA, 2001. <http://nicola.sunicom.co.jp/>.
- [木村 03] 木村泉. 長期的技能習得データの「見晴らし台」とその意義. 日本認知科学会第 20 回大会発表論文集, pp. 28–29. 日本認知科学会, 2003.

## 付録: 実験に使用した実験説明書とアンケート

次ページ以降は、5.3 章で示した評価実験の際に被験者に配られた実験説明書とアンケートである。練習タスクと実験タスクを行う前に実験説明書を使用して被験者に実験の説明を行い、タスク終了後にアンケートを被験者に提示し、回答してもらった。

# 日本語入力実験

## 実験者

君岡 銀兵

筑波大学大学院システム情報工学研究科

つくば市天王台1-1-1 筑波大学 総合研究棟B1024

電話：029-853-5165

メール：gimpei@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

## 1. 実験の前に

今回は、お忙しい中実験にご参加頂きありがとうございます。実験中は携帯電話の電源はお切り頂くかマナーモードに設定し、応答をお控え頂きますようお願いいたします。

## 2. 実験について

本実験では、2つの日本語入力方式（Niboshi・ソフトウェア QWERTY キーボード）におけるかな入力の速度を比較し、それらの特徴を明らかにすることを目的とします。

この実験の様子は全てビデオ録画し、各操作の統計的な分析と、実験者による観察的な分析に用います。これらの計測値や、アンケートの回答結果は各条件ごとに集計し、全て匿名のものとして扱います。

また、アンケートは記名式ですが、不明な点が生じた場合に後ほど実験者より問い合わせる為で、被験者自身の知能や性格などを個別に測定することを目的としているものではありません。また、情報は全て機密情報として厳重に管理し、実験者以外に特定情報が知れることはありません。

調査結果全般についての問い合わせにはお答えできますが、個別的な測定結果、記録および回答結果については実験者ご本人からの問い合わせである場合を除いてお答えいたしかねますのでご了承ください。

## 3. 実験において計測するもの

本実験では実験タスクにおいて以下の項目について時間もしくは発生率を計測し、統計的な分析に用います。

- ・かなの入力速度
- ・エラー入力率（例：誤った文字を入力する割合）
- ・エラー回復に要する時間（文字を削除し、正しい文字を入力するまでに掛かる時間）
- ・休憩回数、休憩時間

## 4. 実験の手順

1. 実験についての説明を行います。
2. ひとつめの入力システムの説明を行います。
3. 練習タスク。
  - ・日本語の文をひとつ提示します。この文章を声に出して読んで、記憶して下さい。
  - ・記憶した文章を10回連続で入力して下さい。
4. 質疑応答を行います。
5. 実験タスク。
  - ・始める前に「すたーと」と入力し、それを確定すると実験タスク開始です。自分のタイミングで始めて貰ってけっこうです。
  - ・練習タスクと同様の手順を75回繰り返します。
  - ・1分以内の休憩はテキストが空の状態のときに適宜取ることができますが、なるべく連続して作業を続けて下さい。休憩する場合は、その回数を数えますので実験者に休憩する旨を伝えて下さい。
6. 10分休憩。
7. 2～5の手順をもうひとつの入力システムで繰り返します。
8. ヒアリングとアンケートにお答えください。

## 5. 入力システムの説明で説明するもの

- ・50音の入力方法
- ・濁点と半濁点の入力方法
- ・拗促音の入力方法
- ・長音の入力方法
- ・削除方法
- ・キャリブレーション方法 (Niboshi のみ)

## 5. 実験における条件と制限、注意事項

**文字入力** 実験タスク中は入力に専念することとします。また、入力はなるべく速くかつ正確に行い、間違えた場合には速やかに入力を修正してください。また、提示された文章を一字一句正確に再現する必要はありません。また、「てにをは」等は自分の好きなように変えても結構です。ただし、誤字に気付けば削除して修正して下さい。また、繰り返しの最中はなるべく同じ文章を続けるようにして下さい。

**端末の把持** 端末は机の無い状況で、両手で把持することを前提とします。いずれのシステムを使用する場合でも、両手で把持した状態で両親指を使用して入力して下さい。端末を机で支えてもかまいません。

**制限操作** ソフトウェア QWERTY キーボードにはかな漢字変換やカーソル移動等の入力補助機能が実装されています。本実験では条件を統一するため、以下の機能は使わずに入力を行うこととします。また、クリック音は消して操作します。入力のかな漢字変換は1文を全て入力後に一度確定するようにして下さい。間違えて確定してしまった場合や、漢字に変換してしまった場合は再変換や入力のし直しの必要はありません。

- ・かな漢字変換
- ・カーソル移動
- ・コピーアンドペースト
- ・入力モード切替

**操作の発話** 入力中の被験者の意図と操作の整合性を確かめるため、なるべくひとりごとを言いながら操作を行ってください。

**実験者の動作** 実験者は実験中に、ビデオの確認の為に歩き回ったり、メモをとったりしますが、きにせずに作業を進めてください。

**キャリブレーション** キャリブレーションは上に大きめに、下に小さめにするのがコツです。気に入らないキャリブレーション結果だと感じれば、練習タスク中、練習タスク後と、実験タスク 25 回後に修正できます。

本実験において、上記目的に実験結果や映像を使用することについて、実験者の意思を確認した上で、これらの上記目的で使用することに同意します。

署名 \_\_\_\_\_

# アンケート

回答者氏名：

年齢：

以下の項目について、お答えください。回答は回答用紙にお書きください。

1. あなたが使用している／使用したことのあるスレート端末についてお答えください。

1-1 どのスレート端末を使用していますか？（使用したことがありますか？）

1-2 使用している／したことのある機種において、日本語入力を行う場合に主に使用する／使用していた入力システムをお答えください。

1-3 使用頻度はどの程度でしたか？一日、あるいは一週間あたりの使用時間でお答えください。

2. タッチスクリーン搭載携帯情報端末を日常的に使用されたことがある、あるいは使用されていますか？

はい      /      いいえ

2-1 タッチスクリーン搭載携帯情報端末を使用する／使用されたことのある方は以下の項目にお答えください。

|                         | 1 台目       | 2 台目       | 3 台目       |
|-------------------------|------------|------------|------------|
| 1-1 使用機種                |            |            |            |
| 1-2 主に使用する<br>日本語入力システム |            |            |            |
| 1-3 使用頻度                | 時間 / (日・週) | 時間 / (日・週) | 時間 / (日・週) |

3. Niboshi の良いと思う点、悪いと思う点があればお書きください。

4. ソフトウェア QWERTY キーボードの良いと思う点、悪いと思う点があればお書きください。

4. 本実験やシステムについてその他お気づきの点があればお書きください。

— 以上で実験は終了です。ご協力ありがとうございました。