

漢字直接入力によるタブレット用両手フリックキーボード A Bimanual Flick-Based Japanese Tablet Keyboard Using Direct Kanji Input

中村 優哉*

Yuya Nakamura

法政大学大学院 情報科学研究科 情報科学専攻

Email: yuya.nakamura.9g@stu.hosei.ac.jp

Abstract—Tablets, as well as smartphones and personal computers, are popular as Internet clients. A split keyboard is a software keyboard suitable for tablets with large screens. However, unlike other methods, the split keyboard has space in the center of the screen, which makes the part of the screen for displaying suggestions small and inconvenient. This paper proposes a Japanese input software keyboard that enables direct kanji input on a split flick keyboard. Once the user has mastered this keyboard, it allows the user to efficiently input Japanese text while holding a tablet with both hands. The paper presents an implementation of the keyboard on Android and reports the results of three types of experiments, a comparative experiment, an evaluation experiment, and a long-term experiment. The comparative experiment made it clear that it was difficult to evaluate the performance of the proposed keyboard according to the experiment based on short-time practice. The evaluation experiment examined the degree of its mastery after the use of a learning facility. The long-term experiment was conducted by the author to confirm the possibility of its mastery. For 15 months, both the input speed and the error rate have gradually improved. These results suggest that the performance could be improved by learning.

1. はじめに

タブレットは、スマートフォンやPCと並び、ソーシャルデバイスとして人気がある。現在、タブレットをはじめとするソーシャルデバイスで用いられている日本語入力方法は、過去の入力や用意された辞書を活用する予測変換機能を搭載した、かな漢字変換が主流である。一方、かな漢字変換ではない入力手法として、漢字直接入力が存在する。漢字直接入力は、ユーザが直接入力する漢字を選択する手法であり、一度習得すれば、変換候補を探す必要がないため、より効率的かつ高速に入力が行える手法であるとされている。

スプリットキーボードは、ソフトウェアキーボードの場合、主に画面の大きいタブレット端末などでよく使われるキーボードである。通常のキーボードを分割することによって中央部分にスペースが生まれ、画面を効率的に使うことができるようになる。画面のスペースを効率的に活用することで、効果的にマルチタスクを行えるようになるなどの長所がある。また、画面の両端にキーボードが配置されるので、タブレットを両手で保持したまま文字入力を行うことができる。スプリットキーボードは、WindowsのタブレットPCや、iPadなどで採用されており、その多くはQWERTYキーボードを分割したものである。それらのスプリットキーボードは、一般的なかな漢字変換方式を採用している。しかし、スプリットキーボードは、他のソフトウェアキーボードと異

なり、画面中央にスペースが存在するため、かな漢字変換の候補を表示する部分が小さくなってしまい、不便である。

フリックキーボードは、日本ではQWERTYキーボードと同様に普及しているソフトウェアキーボードの1つである。フリックとは、タブレットやスマートフォンなどのタッチスクリーン端末で文字を入力する際に使われる操作で、ユーザが画面をタップした後、指を上下左右にスライドさせることによって行われる。

本研究では、以前提案した両手フリックキーボード[1]を拡張することで、漢字直接入力を行うことを可能にしたソフトウェアキーボードを提案する。この入力手法を習得することで、タブレットを両手で保持したまま、高速な文字入力が可能になる。また、本研究では3種類のレイアウトを提案する。漢字の部首を用いたレイアウトと、それを改訂したもの、音読みを用いたレイアウトである。本手法は常用漢字2136字を搭載し、直接入力を可能にしている。

本手法の性能に関して3種類の評価を行った。他のキーボードとの比較実験と、習得に関する評価実験、長期的な実験である。比較実験では、部首ベースのレイアウトと音読みベースのレイアウトを2種類のQWERTYソフトウェアキーボード、及びフリックキーボードと比較した。QWERTYキーボードのうち1つは予測変換学習を可能にし、もう1つは無効にした。被験者は23歳から24歳までの8人の男性で、実験は座って両手にタブレットを保持した状態で行った。文章入力と漢字変換を必要とする単語入力の2種類の入力実験を行い、結果から、音読みレイアウトが部首レイアウトよりも速く入力できることがわかった。また、UEQを用いた主観評価の結果、操作性、効率、信頼性には劣るものの、新規性では既存手法に比べて優れていることがわかった。

漢字直接入力は、習得に時間のかかる手法である。そこで、習得を支援する機能を実装した。その機能を用い、学習する範囲を絞ることで、ある程度学習した後の性能を評価する実験を行った。学習は100文行い、実験では学習した文から10文、学習した文と同じ部首の漢字の文を10文、全く学習していない文を10文の30文で行った。結果は、学習した漢字ほど入力速度が速く、同じ部首、無学習と続いた。

さらに、提案手法の習得による速度の向上を確認するために、著者が部首ベースのレイアウトを用いて、長期的な実験を行った。著者は毎日5文を入力し、15ヶ月間、入力速度が向上し、エラー率が低下した。また、日ごとの入力速度の最低値も、徐々に改善された。

2. 関連研究

本論文では、タブレット用フリックソフトキーボード[1]を拡張した。これはフリックキーボードを左右に分割することで、画面スペースの効率を向上させたキーボードである。しかし、スプリットキーボードは画面の左端から右端に向かって変換スペースが広がるため、か

* Supervisor: Prof. Hiroshi Hosobe

な漢字変換には不向きである。本論文では、漢字直接入力を導入することで、この問題を解決する。

漢字直接入力とは、現在の多くの日本語入力手法で使われている予測変換とは異なり、ユーザが漢字を選択して入力する方法である。漢字直接入力には、連想式と無連想式の2種類がある。連想式は、キー入力と漢字に関係があるため、直感的で使いやすいという利点がある。一方、無連想式は、キー入力と漢字に関係がないため、ユーザにとってはランダムなキー配置になり、連想式よりも使いにくい。T-Codeは、無連想直接漢字入力の中で最も有名な手法の1つである[2]。T-Codeは、QWERTYキーボードの2つのキーストロークを組み合わせて漢字を入力する。キーの組み合わせに規則がないため、ユーザはキー配置を覚える必要がある。無連想式は連想式に比べて学習に時間がかかるが、習得したときの速度は高くなる[2]。これは、連想式では漢字と入力に関連付ける必要があるために入力の際に一度考える必要があるが、無連想式では関連付ける必要がないからである。しかし、どちらの方式を用いても、漢字直接入力は、かな漢字変換の入力に比べてより多くの練習を必要とする。なお、本論文では、漢字直接入力キーボードを比較実験の対象に含めなかった。これは、漢字直接入力を採用したタブレット用のソフトウェアキーボードが見つからなかったからである。

漢字入力の研究開発は、日本に限らない。ペンイン入力は、漢字の読みを利用した漢字入力法として広く利用されている[3]。倉頡輸入法は、香港で使われている漢字直接入力法である。この手法で、ユーザは漢字をパーツの組み合わせとして考え、キーストロークはそのパーツに対応し、キーストロークの組み合わせで漢字を入力する。LiuとLin[4]は、倉頡輸入法を拡張して類似漢字を分類する手法を提案した。Niuら[5]は、携帯電話用の漢字入力手法であるStroke++を提案した。

タブレット用のキーボードについては、これまで様々な研究が行われてきた。Saxら[6]は、人間工学に基づいたQWERTYキーボードを提案している。Biら[7]は、画面スペースの削減と指の動きの短縮を目的とした両手ジェスチャーキーボードを提案した。長谷川ら[8]は、ソフトウェアキーボードの入力について、加齢による影響や利き手と非利き手の違いに着目して研究を行った。Odell[9]は、ソフトウェアキーボードのフィードバックを研究した。TakeiとHosobe[10]は、2×6キーを用いて、1字を2ストロークで入力する日本語のかな入力キーボードを提案した。YajimaとHosobe[11]は、ユーザの疲労を軽減するタブレット用ソフトウェアキーボードを提案した。

フリックキーボードに関する研究も、様々な行われている。桜井と増井[12]は、QWERTYフリックキーボードを提案した。このキーボードは、日本語の仮名と英字をモード変更なしで入力できる。Fukatsuら[13]は、アイズフリーな日本語仮名入力手法であるNo-Look Flickを提案した。これにより、母音と子音のフリック入力を2回のキーストロークで可能にした。箱田ら[14]は、タッチパネル用に2本の指を用いたかな入力手法を提案した。この手法もアイズフリーの日本語入力手法であるが、2本指によるジェスチャー入力を可能にしている。

提案手法は、既存手法よりも漢字の知識を必要とする。特に部首や音読みに関しては、ユーザはより多くの知識を持っていることが好ましい。したがって、提案手法を継続的に使用することは、漢字や漢字の要素を学習する過程であると考えることができる。漢字の学習については多くの研究がある。DragonTale[15]は、漢字を学習するアドベンチャーゲームである。Kanevら[16]

は、漢字の要素を学習するための3Dモデルを提案している。日本では、研究者以外によるものも含め、様々な漢字教育の方法が提案されている。

3. 提案手法

3.1. 両手フリック入力

本研究では、タブレット用のフリックキーボードを左右に分割するソフトウェアキーボードを提案する。これは、以前提案した通常の仮名漢字変換を用いたスプリットフリックキーボードをベースにしたものである[1]。以前採用した通常のかな漢字変換の代わりに、漢字を直接入力できるようにした。タブレットを両手で持ちながら使用できるため、スプリットキーボードの長所を損なうことはない。ユーザが仮名を入力したい場合は、他のスプリットキーボードのように片側のキーボードをフリックすることで入力できる。

これまでに利用されてきた漢字直接入力は、デスクトップコンピュータ用に設計されていた。このため、タブレットやスマートフォンなどの現在使われているデバイスにも漢字直接入力が対応できる可能性はあるが、研究が少なく、その有効性は不明である。すなわち、現代における漢字直接入力の有効性の検証も、本研究の動機の一つである。また、提案手法は中国語にも適用できる可能性がある。これは、倉頡輸入法が部首ベースの手法に類似しており、ペンイン入力が音読みベースの手法に似ているからである。ただし、日本語と中国語では使用される漢字に異なりがあるため、完全に対応しているわけではない。

提案手法における漢字入力の流れの例を図1に示す。図では「桜」を入力している。図1-aは、何も入力していない状態である。「桜」は木偏であり、木偏はひらがな「き」の漢字キーボードに対応している。このため、ユーザはまず右手の親指で「か」のキーをタップする。すると、反対側のキーボードが「か」に対応した漢字キーボードに変化する(図1-b)。次にタップした指を左にフリックして「き」のグループを表示させる(図1-c)。次に、左側のキーボードから桜の文字を探すと、桜の文字が一番左上のキーに属していることがわかるので、左手で左上のキーをタップする(図1-d)。そして、左手を右側にフリックすると、「桜」の漢字が入力される(図1-e)。

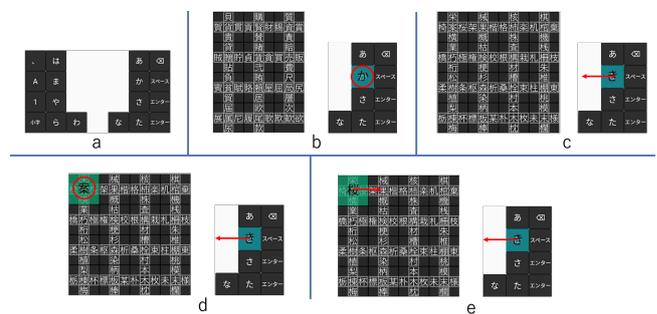


図1. 典型的な漢字入力の流れ

本手法で入力できる漢字の数は常用漢字の2136字である。文化庁の調査によると、日本の社会生活で常用されている漢字のうち、96%以上が常用漢字であることがわかった。このため、提案手法では、より多くの漢字をカバーすることが可能だったが、これ以上の漢字は必

4. 実装

提案したソフトウェアキーボードを ASUS ZenPad 10 タブレット (Android OS 7.0, 1920 × 1200 px の画面) に実装した (図 6)。1つのキーの大きさは 60 × 60 px で、キーボードは画面の下端に対称的に配置されている。キーボードの上下位置は、画面右下部のバーで調整できるようにした。図中の赤色部分は、常用漢字でない漢字とカタカナ文字を入力するための変換スペースである。変換スペースは、左右にスワイプすることで、異なる文字を表示できる。図の中央にあるラジオボタンでキーレイアウトを変更できる。



図 6. 実装したソフトウェアキーボード

5. 比較実験

提案したソフトウェアキーボードを評価するために、既存のソフトウェアキーボードとの比較実験を行った。比較対象は、部首ベースレイアウト、音読みベースのレイアウトと、2種類の QWERTY キーボード、フリックキーボードである。QWERTY キーボードは、予測変換の学習を有効にしたものと、学習を無効にしたものの2種類がある。漢字直接入力方式と比較しなかったのは、漢字直接入力を利用したタブレット用のソフトウェアキーボードが入手できなかったからである。予測変換の学習は、被験者ごとにリセットした。比較実験では、各キーボードを横持ちにして扱った。提案手法のキーボードは、被験者がキーボードの位置を画面下部のバーで調整可能であった。キーボードの位置は被験者各自で設定した。

被験者は大学生と社会人の 8 名であった。年齢は 23～24 歳で、全員男性であった。被験者は椅子に座り、両手でタブレットを横向きに持ち実験を行った。QWERTY キーボードとフリックキーボードを使用する際、キーボードの中央に手が届かない場合は手を離すことを許可した。比較実験は、入力実験と主観評価の 2 つで構成した。入力実験の後、それぞれの手法について主観評価を行った。主観評価は UEQ [18] を使用し、自由記述欄も設けた。

入力速度とエラー率は以下の式で計算した。入力速度は以下の CPM で測定している。

$$CPM = \frac{T - E}{S} \times 60 \quad (1)$$

ただし、T は入力した文字列の長さ、S は入力時間、E は誤って入力された文字数である。これは、1 分間に正しく入力された文字数を表す。一方、エラー率は以下の ER で測定している。

$$ER = \frac{IF}{C + IF + INF} \quad (2)$$

ただし、C は正しく入力された文字数、IF はバックスペースで修正された数、INF は正しく入力されなかったが修正されなかった文字数である。これらの式は Bi らの研究 [7] に基づき、日本語に対応するように式に修正を加えている。

比較実験では、文章入力と漢字変換を必要とする単語の入力の 2 種類を行った。以下ではこれら 2 つの実験の詳細と結果について述べる。

5.1. 文章入力実験と結果

文章入力実験では、常用漢字を例文で学習するという文献 [19] の中から、手法ごとに 5 つの文、合計 25 文を選択した。QWERTY キーボードとフリックキーボードでは予測変換学習を行ったが、学習は手法ごとにリセットした。実験の前に、被験者は各手法ごとに数文のウォーミングアップを行った。画面左上のスタートボタンを押して実験を開始し、エンターキーを押して次の文に移動した。画面上部のテキストフィールドに、入力する文章が表示された。入力する文章は、20 字程度の長さで、仮名と漢字が混在していた。

部首レイアウトは学習に時間がかかり、実験前の短いウォーミングアップでは学習に不十分であると判断したため、サポート機能を提供した。それらは、漢字の部首のヒントと漢字の位置のヒントの 2 つである。部首のヒントは、図の右上のヒントボタンを押すことで表示される (図 6)。ボタンを押すと、入力対象の文中の漢字の部首が 1 つずつ表示される。漢字の位置のヒントは、図 2 と図 3 である。被験者は、部首の位置がわからない場合、これらの図を参照した。

入力速度とエラー率の結果をそれぞれ図 7、図 8 に示す。図の棒グラフの青色が部首ベース、緑色が音読みベースであり、図の灰色の部分に、既存手法である。図の QWERTY_ON は予測変換学習を有効にした QWERTY キーボードである。QWERTY_ON と Flick では、予測変換学習を行った。図中の入力速度は高い方が良く、エラー率は高い方が悪いことを表している。結果は、提案手法と既存手法との間に大きな差があることを示している。また、提案した 2 つの手法についての ANOVA による結果では、入力速度には有意差が見られたが ($p < 0.05$)、エラー率には差が見られなかった。既存手法の中では、フリックキーボードが最も高速であり、2 つの QWERTY キーボードはほぼ同じ速度であった。また、エラー率はフリックキーボードが最も高く、2 つの QWERTY キーボードはほぼ同じエラー率を示した。

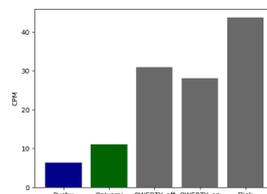


図 7. 文章入力実験の入力速度

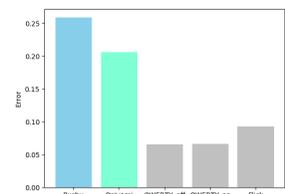


図 8. 文章入力実験のエラー率

5.2. 単語変換入力実験と結果

単語変換入力実験は、文章入力実験と同じ比較対象を扱った。実験手順は文章入力実験と同様であるが、入力対象が異なる。この実験では、画面上部にひらがなの単語が書かれており、それを漢字に変換して入力した。

実験は文章入力実験の後に行われ、ウォーミングアップの時間は設けなかった。それぞれの手法で5つの単語を使用し、被験者がエンターキーを押すと次の単語が表示された。対象となる単語は、文章入力実験中に含まれていた単語であった。このため、文章入力実験で使用したヒント機能は、単語変換入力実験では使用しなかった。

入力速度とエラー率の結果をそれぞれ図9、図10に示す。文章入力と同様に、提案手法と既存手法との間に大きな差が見られた。提案手法間のANOVAも同様に、入力速度に有意差 ($p < 0.05$) が見られたが、エラー率に有意差は見られなかった。既存手法では、予測変換学習を有効にしたQWERTYキーボードとフリックキーボードが最も高速であり、ほぼ同等の結果であった。既存手法の全てが、低いエラー率を示した。

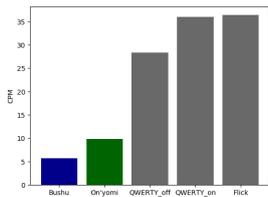


図9. 単語変換入力実験の入力速度

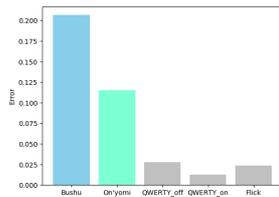


図10. 単語変換入力実験のエラー率

5.3. 主観評価

主観評価は、入力実験で使用した手法について、UEQ [18] を用いて行った。提案手法における主観評価の結果を図11と図12に示す。部首ベースレイアウトでは、新規性において音読みベースレイアウトよりも高い評価を得たが、他の項目は低い評価を示した。特に見やすさと効率の評価が低かった。音読みベースレイアウトは、新規性を除いて部首レイアウトよりも高い評価を得た。音読みベースレイアウトと既存手法を比較した結果(図13)、見やすさ、効率、信頼性では既存手法の方が優れており、刺激と新規性では音読みレイアウトの方が優れていた。

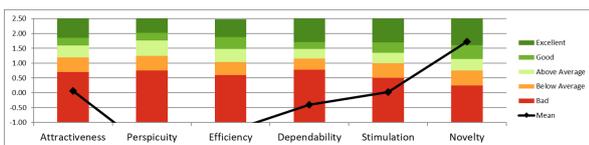


図11. 部首ベースレイアウトのUEQの結果

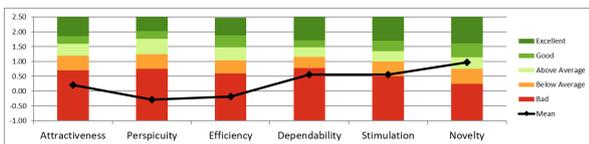


図12. 音読みベースレイアウトのUEQの結果

6. 修得に関する評価実験

6.1. 方法

比較実験の結果を基に、短時間の学習で提案手法を評価できるように、レイアウトに改訂を加え、習得支援の

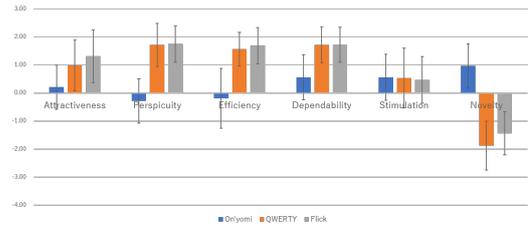


図13. 音読みベースと既存手法のUEQの比較

機能を追加することで、習得支援機能と提案手法を評価する実験を行った。改訂した部首レイアウトは、部首の配置が部首自体の画数ごとになっており、数の多い部首も1箇所にとめられた。被験者は日本人の大学生と社会人の8名であった。年齢は21~24歳で、全員男性であった。実験は100文の練習入力と30文の本番入力で構成された。練習入力での入力文は、1つの文ごとに1つの漢字を使用し、数の多い20の部首から5つの漢字を選び構成された。本番入力での入力文は、練習入力で使用された文が10文と、使用された文と部首が同じ漢字の10文、練習していない漢字10文で構成された。

6.2. 結果と考察

入力速度とエラー率の結果をそれぞれ図14、図15に示す。図の横軸は、(1) 練習入力で使用された文が10文、(2) 使用された文と部首が同じ漢字の10文、(3) 練習していない漢字10文である。入力速度の結果は、練習した文が最も速く、次点で部首が同じ漢字の文、練習していない文と続いた。エラー率の結果は、練習していない文が最も良く、次点で練習した文であり、部首が同じ漢字の文が最も悪かった。

入力速度の結果は想定通りであったが、エラー率は想定と異なる結果を示した。これは、練習していない文は慎重に入力を行い、練習した文ほど慣れて入力を行うからであると考えられる。その中でも、練習した文は、漢字の場所を覚えているのでエラー率の増加が小さく、部首が同じ漢字の文は、漢字の場所を把握していないので、エラー率の増加が大きかったと考えられる。

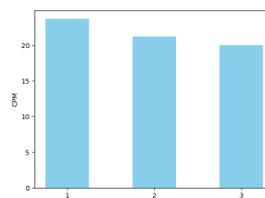


図14. 評価実験の本番入力の入力速度

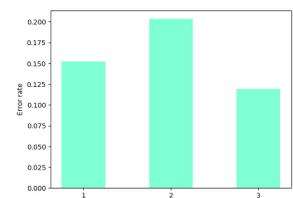


図15. 評価実験の本番入力のエラー率

7. 長期間にわたる入力実験

7.1. 方法

漢字直接入力、習得に時間がかかる手法である。そこで、著者は、提案手法を15ヶ月間使用し、習得度の向上を確認するための実験を行った。実験の内容は、文章入力実験と同様の入力実験である。毎日、文献 [19] に掲載されている602文の中からランダムに5文を入力した。その602文の中には、常用漢字の68%が含まれ

ている。著者は23歳の情報科学系大学院生の男性である。実験では、著者は椅子に座り、両手でタブレットを持っていた。実験は、部首ベースレイアウトで行われ、漢字の部首や位置がわからない場合には検索機能を使用した。

7.2. 結果と考察

入力速度とエラー率の結果をそれぞれ図16と図17に示す。両図とも、主線は1日の平均値を示している。緑のバーはその日の最大値と最小値を表している。比較として、ATOKのQWERTYキーボード(赤線)と前研究の両手フリックキーボード[1](紫線)を使って同じ文章を入力した。また、QWERTYキーボードは予測変換での学習を可能にした。グラフに示されるように、入力速度、エラー率ともに徐々に改善された。また、入力速度の最低値にも、日ごとに改善がみられた。両手フリックキーボードのエラー率が高かったのは、変換調整にバックスペースキーを使っていたからである。また、実験から15ヶ月が経過しているが、実験を行う中で、入力速度に向上の余地を感じる。

評価実験と長期の実験の結果から、習得支援と長期の学習による性能の向上が確認された。今後の指針として、長期の学習を行った後に既存手法と比較することや、異なる漢字直接入力手法との比較が必要であると考える。また、長期の実験を通して、漢字直接入力の学習性の高さを確認した。漢字直接入力を現代の手法に活用することで、その手法の学習性を大きく高めることができると考えられる。

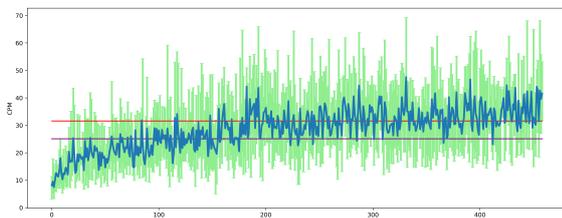


図 16. 長期実験の入力速度 (15ヶ月)

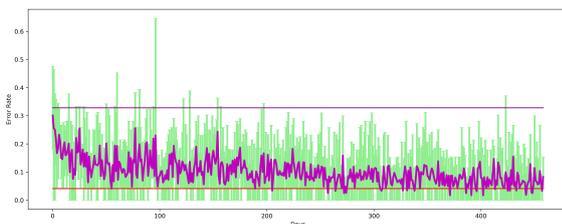


図 17. 長期実験のエラー率 (15ヶ月)

8. まとめと今後の課題

本論文では、漢字直接入力を用いた両手フリックタブレットキーボードを提案した。部首ベース、音読みベース、改訂部首ベースの3つのレイアウトを用意し、比較実験、評価実験、長期の実験で性能を評価した。比較実験の結果、提案手法は、少ない学習時間では既存手法に大きく劣ることがわかった。このため、短時間での学習ができるように習得支援機能を追加して、評価実験で性能を確かめた。さらに、提案手法の長期間の使用に

よる性能の向上を確かめるために、著者が長期的な実験を行った。15ヶ月続けた結果、入力速度、エラー率ともに改善がみられた。今後の指針は、長期の学習を行った後の比較実験や異なる漢字直接入力手法との比較が考えられる。

参考文献

- [1] Yuya Nakamura and Hiroshi Hosobe. A Japanese bimanual flick keyboard for tablets that improves display space efficiency. In *Proc. VISIGRAPP*, Vol. 2, pp. 170–177, 2020.
- [2] T-Code Project. T-Code laboratory, 2003. <http://openlab.ring.gr.jp/tcode/index.html>.
- [3] Guanlong Li and Yueqing Li. Chinese Pinyin input method in smartphone era: A literature review study. In *Proc. HCI International*, Vol. 11569 of LNCS, pp. 34–43, 2019.
- [4] Chao-Lin Liu and Jen-Hsiang Lin. Using structural information for identifying similar Chinese characters. In *Proc. ACL HLT*, pp. 93–96, 2008.
- [5] Jianwei Niu, Like Zhu, Qifeng Yan, Yingfei Liu, and Kongqiao Wang. Stroke++: A hybrid Chinese input method for touch screen mobile phones. In *Proc. MobileHCI*, pp. 381–382, 2010.
- [6] Christian Sax, Hannes Lau, and Elaine Lawrence. LiquidKeyboard: An ergonomic, adaptive QWERTY keyboard for touchscreens and surfaces. In *Proc. ICDS*, pp. 117–122, 2011.
- [7] Xiaojun Bi, Ciprian Chelba, Tom Ouyang, Kurt Partridge, and Shumin Zhai. Bimanual gesture keyboard. In *Proc. UIST*, pp. 137–146, 2012.
- [8] 長谷川 旭, 長谷川 聡, 宮尾 克. タブレット端末のソフトウェアキーボードによる文字入力の特徴—加齢効果および利き手、非利き手による違い—. *モバイル学会誌*, Vol. 2, No. 1, pp. 23–28, 2012.
- [9] Dan Odell. On-screen keyboard: Does the presence of feedback or tactile landmarks improve typing performance? In *Proc. MobileHCI*, pp. 131–136, 2015.
- [10] Kei Takei and Hiroshi Hosobe. A 2-by-6 button Japanese software keyboard for tablets. In *Proc. VISIGRAPP*, Vol. 2, pp. 147–154, 2018.
- [11] Teppei Yajima and Hiroshi Hosobe. A Japanese software keyboard for tablets that reduces user fatigue. In *Proc. COMPSAC*, pp. 339–346, 2018.
- [12] 桜井 雄介, 増井 俊之. QWERTY ソフトキーボード上のフリック日本語入力システム. *情報処理学会研究報告*, Vol. 154, No. 5, pp. 1–4, 2013.
- [13] Yoshitomo Fukatsu, Buntarou Shizuki, and Jiro Tanaka. No-look flick: Single-handed and eyes-free Japanese text input system on touch screens of mobile devices. In *Proc. MobileHCI*, pp. 161–170, 2013.
- [14] 箱田 博之, 深津 佳智, 志築 文太郎, 田中 次郎. 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. *情報処理学会研究報告*, Vol. 154, No. 6, pp. 1–8, 2013.
- [15] David A. Plecher, Christian Eichhorn, Janosch Kindl, Stefan Kreisig, Monika Wintergerst, and Gudrun Klinker. Dragon tale—a serious game for learning Japanese kanji. In *CHI PLAY Extended Abstracts*, pp. 577–583, 2018.
- [16] Kamen Kanev, Itaru Oido, Rentaro Yoshioka, and Nikolay Mirenkov. Employment of 3D printing for enhanced kanji learning. In *Proc. HCCE*, pp. 165–170, 2012.
- [17] Kip Knox. Designing the Windows 8 touch keyboard, 2012. <https://docs.microsoft.com/en-us/archive/blogs/b8/designing-the-windows-8-touch-keyboard>.
- [18] Martin Schrepp, Andreas Hinderks, and Jorg Thomaschewski. Construction of a benchmark for the user experience questionnaire (UEQ). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, Vol. 4, No. 4, pp. 40–44, 2017.
- [19] 藁谷 久三. 一行読んでおぼえる常用漢字: 子供から大人まで「学力」「語彙力」を伸ばす例文 939. 梧桐書院, 2008.