

# PonDeFlick $\chi$ : 円環型スマートウォッチ文字入力インタフェース へのかな漢字変換機能・英数字入力機能の導入

赤峰快<sup>†</sup> 加藤恒夫<sup>†</sup> 田村晃裕<sup>†</sup>

**概要** : 私達は、スマートウォッチ向けの日本語入力インタフェースにおいて、これまで見過ごされてきた使い慣れた既存のインタフェースとの親和性に焦点を当て、PonDeFlick を提案した。10 日間の実験で、既存のスマートウォッチ用テンキーフリック方式に匹敵する文字入力速度を達成したが、かな入力のみで留まっており、またいくつかの課題も指摘された。そこで、本研究では、かな漢字変換と英数字入力を導入し、PonDeFlick を進化させた PonDeFlick $\chi$  を提案する。PonDeFlick $\chi$  は、スマートウォッチ端末上になかな漢字変換を実装することで、高速な連文節変換が可能である。さらに、Marking menu のアイデアを取り入れたインタラクティブフリックガイドにより、かなの選択が確実になり、フリック方向の習熟を効果的に促進する。比較実験の結果、テンキーフリック方式に対して、PonDeFlick $\chi$  は誤入力率と使いやすさの観点で優れており、ユーザビリティの側面で有望な性能を示した。

## 1. はじめに

スマートウォッチ上のタッチ文字入力は、小さなタッチスクリーンにキーとテキスト表示領域を効率よく配置し、操作のために十分なスペースを確保し、規則性が高く覚えやすい操作体系を提供する必要がある。これまで、日本語入力用の角型キーボードとして ShuttleBoard[1]、QuadKey[2]など、円型スマートウォッチ向けに HARI キーボード[3]、Slit[4]、一連の円環型キーレイアウトに基づく日本語入力インタフェース[5-8]などが提案されている。

従来の研究では、狭い操作領域の効率的な利用と規則的で分かりやすい操作性に主眼が置かれてきたが、私達は使い慣れた既存のインタフェースとの操作の共通性に着目し、スマートフォンのフリック日本語入力（以降、テンキーフリック方式と呼ぶ）とフリックの向きを共通化した PonDeFlick[9]を提案した。10 日間の実験でテンキーフリック方式に匹敵する文字入力速度を記録したが、かな入力のみで留まっており、実験後のアンケートでは、現在選択されているかなが分かりにくい、一度フリックを開始してしまうとア段を入力できない、といった指摘を受けた。

そこで、本研究では PonDeFlick になかな漢字変換と英数字入力を導入するとともに、フリック操作に柔軟性を与えるインタラクティブフリックガイドを加えた PonDeFlick $\chi$ （カイ）を提案する。スマートウォッチ端末上になかな漢字変換を実装し、高速な連文節変換を実現した。また、PonDeFlick $\chi$  は、Marking Menu[10]の進化版であるグリッド状の M3 Gesture Menu [11]やベゼルからのジェスチャによるコマンド選択インタフェース[12]を文字入力に適応したものとみなすことができる。Marking menu はガイドの表示を 0.3 秒遅らせることでガイドの視認を必要とする初心者モードから記憶した操作を高速に実行する熟練者モードに

滑らかに移行できるメニューインタフェースである。インタラクティブフリックガイドは Marking menu の知見を活かした設計となっている。

## 2. 関連研究

スマートウォッチの狭いタッチスクリーンで効率的に文字入力をするために多くの入力方式が提案されてきた。

日本語入力においては、五十音表の行と段、即ち子音と母音の組合せの規則性を活かしたインタフェースが多く提案されてきた。ShuttleBoard[1]は 10 個の子音キーと 5 個の母音キーで構成され、子音キーから母音キーへ指でなぞることで文字を連続して入力できる。円環型キーボードでは、画面の中心部分のスペースを編集などに利用でき、狭い画面を効率的に使用することができる。HARI キーボード[3]は円環状に子音キーを配置し、子音キーをタップし画面中央へ指をスライドすると子音キーが母音キーに切り替わり、目的の母音キーへ再度スライドすることでかなを確定する。BubbleFlick[5]は円環状に行の先頭文字のキーを配置し、キーをタップすると放射状に当該行の文字が表示され、目的の文字の方向へフリックすることでかなを確定する。BubbleSlide[6]は各キーから画面中央へスライドした距離に応じて母音を確定する。BubbleGlide[7]と BubbleOne[8]は、行の先頭文字だけを指定する曖昧入力を導入し、N-gram 言語モデルを用いてかな漢字変換を含む入力を可能にした。PonDeFlick[9]はユーザが使い慣れたインタフェースとの共通性に焦点を当て、円環型のキー配置でありながら、タップした指を画面中央にスライドしてからフリックすることで、テンキーフリック式を使用する感覚での文字入力を可能にしている。

英語入力においては、日本語よりも入力に使用する文字の種類が少ないため、QWERTY キーボード配列を用いた



図 1. 図 2 . PonDeFlick. a)入力時の画面, b)変換候補の表示,a)の「今日は」を右方向にフリックすることで表示される。c)フリック方向のハイライト。「あ」のキーをタップしたまま1秒以上経過した状態。「う」がハイライトされている。

入力方式が多く提案されている[13],[14]. しかし, 1つのキーに複数のアルファベットを割り当てることで, 円環型のレイアウトに対応したインターフェースも提案されている. TouchOneKeyboard[15]は T9 の文字割り当てに従い, 1つのキーに3つあるいは4つのアルファベットを割り当て, キーを画面の外周上に配置したキーボードである.

Marking menu[10]の進化版として, M3 Gesture Menu[11]はタッチスクリーンデバイス向けに放射状メニューの代わりにグリッド状メニューを提案している. スマートフォンに実装し, 初心者モードから熟練者モードへの移行を計測する実験を行ったところ, 10分間の練習を3回行った後に操作時間が大幅に短縮されることを確認している. また, Bezel menu[12]では, 応用例としてスマートフォン向けアイズフリー文字入力インターフェースを提案している. 画面の外周上に8つのキーを配置し, キータップ後に中央にスライドした後4方向にフリックを行うことで入力ができる.

### 3. PonDeFlicky

PonDeFlickyの初期画面, 変換候補画面, インタラクティブフリックガイドを図1に示す.

かなの入力方法は PonDeFlick から変わらず, ア段の場合, 行の先頭文字キーにタッチダウンしたらその位置でタッチアップして確定する. イ段からオ段の場合は, 行の先頭文字キーにタッチダウンした後, テンキーフリック方式と同じ向きにフリックして確定する. フリック方向にスペースがない場合には画面中央にスライドしてからフリックする.

#### 3.1 かな漢字変換

スマートウォッチ上に N-gram 言語モデルに基づく連文節変換[16]を実装した. かな漢字変換部は MARISA trie として実装している. 日本語ウェブコーパス 2010[17]を用いて Kneser-Ney スムージングを掛けて得た形態素 3-gram を用いている. 3-gram の適用は, 直前に確定した語は参照せず, 入力中の文字列情報のみを用いる. 予測変換機能は実装していない.



図 2. 英語入力キーボード 図 3. 数字入力キーボード

図 1a)のように, 画面中央部分に変換の第一候補を表示させた. 文字の上をタップで第一候補の入力が決定, 右方向へフリックで図 1b)の変換候補一覧が表示, 左方向へフリックで無変換の状態での入力される. 変換候補一覧は上下にスワイプが可能で, 文字の上をタップすると入力が確定される. 変換表示中に画面上半分に触れると変換が中止され, キーボード画面に戻る.

#### 3.2 インタラクティブフリックガイド

フリックの方向と対応するかなを明確にするため, 図 1c)のようなインタラクティブフリックガイドを実装した. キーをタッチしてから一定時間 (日本語・数字キーボードでは 1.0 秒, 英語キーボードは 0.5 秒) が経過するとガイドが表示され, 指の座標に応じてハイライトが変更される. ガイドが表示された後は, タッチアップ座標を用いて入力される文字が決定する. 指が動き, ハイライトの位置が切り替わる際にヴァイブレーションによる振動フィードバックを与えるようにした. この実装によって, ガイドが表示された後から画面中央付近で指をタッチアップすることでア段の入力が可能となった. フリックガイドが表示されるまでの遅延は Marking menu の知見に基づき, 熟練者には不要な情報を省き, 初心者がフリックの方向をより効果的に覚えるのに役立つことが期待される.

#### 3.3 英数字入力

英数字入力に対応させるため, 画面下部のバックスペー

スキ어의左に言語切り替えキーを配置した。日本語入力キーボードの状態ではタップすると、レイアウトが英語入力キーボードに切り替わる(図 2)。各キーのアルファベットの振り分けはテンキーフリック方式の英語キーボードでも採用されている T9 方式に準拠しており、フリックの方向もテンキーフリック方式と対応している。英語入力キーボードで言語切り替えボタンをタップすると数字入力キーボードに切り替わる(図 3)。英数字キーボードで言語切り替えボタンをタップすると日本語入力キーボードに切り替わる。英語・数字入力キーボードでも、インタラクティブフリックガイドを採用している。なお、英語キーボードにおいては、フリックの方向を覚えていない場合を考慮して、フリックガイド表示の遅延をキーがタップされてから 0.5 秒後に設定した。

## 4. 評価実験

### 4.1 実験概要

PonDeFlick  $\chi$  の性能と操作性を調査するために、同じく日本語のかな漢字変換、英数字入力が可能なテンキーフリック方式 (Google 日本語入力) を比較対象として、ユーザビリティの評価を行った。実験協力者には、PonDeFlick  $\chi$  とテンキーフリック方式の両方のインタフェースを使用し、評価をしてもらった。

### 4.2 実験協力者

PonDeFlick からのアップデートを含めた評価をしてもらうため、実験協力者は過去に実験で PonDeFlick を使用したことがある大学生 10 名とした。そのうち男性が 8 名、女性が 2 名、8 名が右利きであった。年齢は 22 歳~24 歳で、全員が普段からスマートフォンでテンキーフリック方式を利用していた。普段からスマートウォッチで文字入力をしている人はいなかった。

### 4.3 使用したデバイス

本研究では Google PixelWatch 1st Gen を使用した。解像度は 320[ppi]、画面の直径は 41[mm]である。

### 4.4 用意した短文

実験協力者には PonDeFlick  $\chi$  用とテンキーフリック方式用の 2 つの文セットを入力してもらった。各セットには 1 種類の英文と、英数字を含む漢字かな交じり文 9 文、漢字かな交じり文 20 文の計 30 文を用意した。条件として 1 セットの短文の文字を足し合わせると、ひらがなパングラムになるように短文を作成した。パングラムとは、指定した言語の全ての文字を文章中に 1 文字以上使用して構成された文章を意味している。句読点やスペースも 1 文字として数えている。PonDeFlick  $\chi$  の文セットは合計 296 文字 (うち、英数字が 52 文字)、テンキーフリック方式の文セットは合計 300 文字 (うち、英数字が 65 文字) である。

### 4.5 評価指標

性能評価指標は文字入力速度(char/min, CPM)と誤入力率



図 4. テンキーフリック方式 (左: 日本語, 右: 英語)

(error/char, EPC[%])とした。誤りの数は修正された誤りと未修正の誤りを合算しており、文字数は漢字かな交じり文の状態の文字単位で計算している。実験終了後にはユーザビリティの主観評価を取得するため、System Usability Scale(SUS)[18]の評価と使用感についてのインタビューを実施した。

### 4.6 実験の手順

実験協力者には、用意した短文のセットを PonDeFlick  $\chi$  とテンキーフリック方式のそれぞれで短文を入力してもらった。まず PonDeFlick  $\chi$  で文字入力を行い、終了後に SUS アンケートと PonDeFlick からの変更点についてのインタビューを行った。その後、テンキーフリック方式の実験と SUS アンケート、インタビューを実施した。実験開始時には、実験協力者に対して実験の手順を説明するとともに、インタフェースの操作方法を理解してもらうために、練習用の 5 文の短文を入力してもらった。テンキーフリック方式には PonDeFlick  $\chi$  にはない予測変換機能が備わっているが、使用の制限はしていない。

### 4.7 テンキーフリック方式キーボード

テンキーフリック入力スマートフォン上の日本語入力方式として最もポピュラーなインタフェースである。今回は Google 日本語入力を比較用インタフェースとした。入力画面を図 4 に示す。画面上部はテキスト表示部、それより下部は入力部になっている。入力部の中央には 3x4 の並びで行の先頭文字、濁点半濁点、句読点のキーが配置されている。また入力部の両外縁にはカーソル移動、文字削除などのキーが配置される。文字キーをタッチすると上下左右に当該行の文字が表示され、目的の文字の方向にフリックすることで文字を決定する。また予測変換機能により、入力部の上部に候補文字が表示される。入力方式にはフリック入力に加えてトグル入力も備えており、どちらでも入力ができる。トグル入力では文字のキーを連続してタッチすることで、文字を決定する。英数字の入力の際はレイアウトが変更され、QWERTY キーボード配列を用いている。

## 5. 評価結果

### 5.1 性能評価

平均入力速度は、PonDeFlick  $\chi$  が 16.9[char/min]、テンキ

表 1.評価項目と各入力方式における平均 SUS スコア

項目	PonDeFlick $\chi$	テンキーフリック式
頻繁に使いたいと思う	4.1	3.2
複雑だと感じる	2.1	2.1
簡単に使える	4.0	3.3
技術者のサポートが必要	1.4	1.2
様々な機能がまとまっている	5.0	3.7
多くの矛盾があると思う	1.6	2.0
使い方をすぐに覚えると思う	4.5	4.4
とても扱いにくいと思う	2.1	3.2
使用できる自信があると感じた	4.5	3.8
使用前に多く学ぶ必要がある	1.8	1.3
平均 SUS スコア	82.8	71.5

フリック方式が 26.2[ $\text{char}/\text{min}$ ]であった。平均誤入力率は PonDeFlick  $\chi$  が 45.5%, テンキーフリック方式が 58.6%であった。誤入力率が両手法ともに高いことから、かな漢字変換を伴うエラーの修正に大幅に時間が掛かっており、文字入力速度に影響していると考えられる。

## 5.2 SUS スコア

表 1 に平均 SUS スコアを示す。表 1 より、PonDeFlick  $\chi$  のほうがテンキーフリック方式よりも平均 SUS スコアが高いことが確認できる。また、項目ごとのスコアを見ると「頻繁に使いたい」、「簡単に使える」、「機能がまとまっている」、「使い方をすぐに覚えると思う」、「使用できる自信がある」の項目で PonDeFlick  $\chi$  がテンキーフリック入力を上回っている。

## 5.3 インタビュー調査

実験終了後に、PonDeFlick  $\chi$  についてインタビュー調査を実施した。以下に PonDeFlick  $\chi$  に対する回答を示す。

「PonDeFlick ではフリックガイドが必ず出てきて使いにくかったが、今回は邪魔にならなかった」、「フリックガイドが見やすく、何が入力されるかわかりやすかった。」など、ほとんどの実験協力者がフリックガイドについて好印象であったと回答した。このことから、インタラクティブフリックガイドの実装は効果的であったといえる。

「変換操作が直感的でわかりやすかった」という意見が得られた。タップとフリックを用いた変換操作も効果的であったといえる。

「英語でのフリック入力に慣れていないため、難しかった」という意見があった。ほとんどの協力者が普段からスマートフォンの英語入力ではテンキーフリック方式を使っていないことが原因であると考えられる。英語入力ではフリックガイドの表示の遅延を無くすなどの改善策が考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、かな漢字変換を搭載した円環型スマートウォッチ向け文字入力インタフェース PonDeFlick  $\chi$  を提案し

た。円環型のキーレイアウトを採用しながら、ユーザが普段から使い慣れたインタフェースとフリックの方向を共通化させた。インタラクティブフリックガイドの実装によって確実にかなの選択ができるようになった。テンキーフリック入力との比較実験では、PonDeFlick  $\chi$  は文字入力速度では及ばなかったが、SUS スコア、アンケート調査の結果から、使いやすいインタフェースことが確認できた。かな漢字変換と英数字入力の導入は効果的であったと考える。今回の実験では実験協力者が 10 名と少数であったため、今後は人数を増やして様々な角度から評価をしていきたい。

## 参考文献

- [1] 下岡, 山名.: スマートウォッチにおけるタップ動作の少ない仮名文字入力手法, DEIM Forum 2017, 13-2 (2017).
- [2] 安福, 中村.: QuadKey: キーの数を 4 つにしたスマートウォッチ向けかな文字入力方式, 情報処理学会論文誌. Vol.60, no.8, p.1403-1412(2019).
- [3] 齋藤, 奥, 佐川.: HARI キーボード: 超小型タッチパネル端末向け日本語入力キーボード, インタラクシオン 2016 論文集, pp701-703 (2016).
- [4] 秋田, 田中, 佐川.: 画面占有率の低いスマートウォッチ向け文字入力手法 SliT, ヒューマンインタフェース学会論文誌. Vol.21, No.1 pp131-p140(2019).
- [5] T. Tojo, et al.: BubbleFlick: Investigating effective interface for Japanese text entry on smartwatches, Proc. MobileHCI' 18, No.44(2018).
- [6] 東條, 他.: BubbleSlide: スマートウォッチ向け円環型日本語かな入力インタフェース, 情報処理学会論文誌 vol. 60, no. 11, pp.2075-2084(2019).
- [7] 戸羽, 他.: グライド操作を用いたスマートウォッチ向け日本語曖昧入力キーボードの試作, ヒューマンインタフェースサイバーコロキウム, 1F4-4 (2020).
- [8] 戸羽, 他.: BubbleOne: スマートウォッチ向け日本語曖昧入力インタフェースの試作と評価, インタラクシオン 2021.
- [9] 赤峰, 他.: PonDeFlick: スマートフォンの日本語入力とフリックの向きを共通化したスマートウォッチ向け円環型かな入力インタフェース, インタラクシオン 2023, pp.298-303(2023)
- [10] G. Kurtenbach and W. Buxton. 1993. The Limits of Expert Performance Using Hierarchic Marking Menus. In Proc. INTERCHI '93 and CHI '93, pp.482-487. (1993)
- [11] J. Zheng, et al.: M3 Gesture Menu: Design and Experimental Analyses of Marking Menus for Touchscreen Mobile Interaction. In Proc. CHI '18, 249: pp. 1-14. (2018)
- [12] M. Jain and R. Balakrishnan. 2012. User Learning and Performance with Bezel Menus. In Proc. CHI'12. 2221–2230. (2012)
- [13] 石井, 箱田, 志築, 田中.: Flickey: 超小型タッチスクリーン端末におけるフリックに基づく QWERTY キーボード, 情報処理学会研究報告, Vol.2015-HCI-164, No.6, pp.1-8,(2015).
- [14] M.Gordon, T. Ouyang and S. Zhai.: WatchWriter: Tap and Gesture Typing on a Smartwatch Miniature Keyboard with Statistical Decoding, In Proc. CHI' 16, pp.3817-3821(2016).
- [15] TouchOneKeyboard <https://twitter.com/TouchOneKey>, (2023.12.22)
- [16] <https://github.com/hiroshi-manabe/ngram-converter-cpp> (2023.12.22)
- [17] N-gram コーパス 日本語ウェブコーパス 2010 <http://www.s-yata.jp/corpus/nwc2010/ngrams/>, (2023.12.22)
- [18] J.Brooke.: SUS: A quick and dirty usability scale, Usability Evaluation in Industry, pp.189-194,(1996).