

BubbleGlide : N-gram を用いたスマートウォッチ向け 日本語曖昧入力ジェスチャーキーボード

戸羽 遼太郎^{1,a)} 加藤 恒夫¹ 山本 誠一¹

概要 : 本稿では、円環型キーレイアウトをベースに曖昧入力とグライド入力を用いたスマートウォッチ向け日本語入力キーボードである BubbleGlide を提案する。母音を確定させずに入力を行う曖昧入力によりキーの数を限定するとともに、必要な操作を減らし、グライド入力と組み合わせることで、単語あるいは短い文節を 1 ストロークで素早く入力することを可能にした。これまで、スマートウォッチのような小型ディスプレイ端末向けのかな文字入力に関する多くの研究がなされてきたが、日本語特有の漢字かな交じり文の入力や、かな漢字変換/予測変換まで含めた試作と評価は少ない。BubbleGlide の曖昧入力において、行の先頭文字の文字列から漢字かな交じり文に変換するための変換機能や、日本語入力では珍しいグライド入力による入力方法について本稿で紹介する。

1. はじめに

スマートウォッチの用途は多岐にわたり、内蔵センサを用いた健康管理やスマートフォンと連動した通知受信だけでなく、手軽なメッセージングやスケジュール管理など種々のアプリケーションを利用できる。これらのアプリケーションを使用する上でしばしば必要になるのが文字入力であり、タッチ領域の狭いスマートウォッチではタッチ領域のサイズの制約を受けない音声入力が主流となっている。著者らはスマートウォッチの音声入力における修正インターフェースを提案している [1]。一方で、音声入力は、公共交通機関や人混みなど利用に適さない場面も多いため、タッチ入力を用いた実用的な日本語入力が期待される。

これまでに様々な研究がなされ、スマートウォッチのような小型ディスプレイ端末向けの文字入力インターフェースがいくつか提案されてきた。アルファベット文字における入力インターフェースについて、SplitBoard[2] や ZoomBoard[3] は小さな画面上で誤ったキーのタップを軽減させるために、2 段階操作で文字を入力する。WatchWriter[4] は確率言語モデルと確率タッチモデルを用いて 1 ストロークで連続した文字を入力する。一方で、かな文字入力はアルファベット文字より文字数が倍近くあり、小型ディスプレイ端末で快適に文字を入力するためには、入力操作やキーレイアウトを工夫する必要がある。

かな文字入力に関して、これまでに子音と母音を指定し

入力するインターフェースが多く提案されている。下岡らが提案した ShuttleBoard[8] は子音キーから母音キーへ指でなぞり、連続して文字を入力する文字入力キーボードを作成した。安福らは 4 つのキーのみからなり、隣接キーを用いたスライド操作により 1 ストロークで 1 文字を入力できる QuadKey[7] を提案した。東條らは環状に行の先頭文字を並べたキーレイアウトに、直感的操作を可能にするスライド入力方式を用いた BubbleSlide[6] を提案した。これらのインターフェースはかな文字入力に特化しており、狭いディスプレイで効率の良い入力を実現しているが、漢字かな交じり文の入力までは想定されていない。かな漢字変換を考慮すると、入力効率の高いインターフェース設計はまた変化するのではないかと考える。

本研究では、円環型キーレイアウトをベースに漢字かな交じり文の入力に対応したスマートウォッチ向け日本語曖昧入力ジェスチャーキーボードである BubbleGlide を提案する。従来の日本語入力は、子音と母音の組み合わせにより文字を決定していたが、本入力インターフェースでは、母音を確定させず曖昧な状態で入力を行う。キー上を指でなぞり 1 ストロークで連続した文字を一度に入力することができるグライド入力を採用し、N-gram 言語モデルを用いて単語あるいは短い文節を一度に入力することが可能となる。この入力に対応するために、N-gram 言語モデルのための Trie 辞書やかな漢字変換処理の実装を行ったので、本稿で紹介する。

¹ 同志社大学大学院 理工学研究科

^{a)} ctwd0145@mail4.doshisha.ac.jp

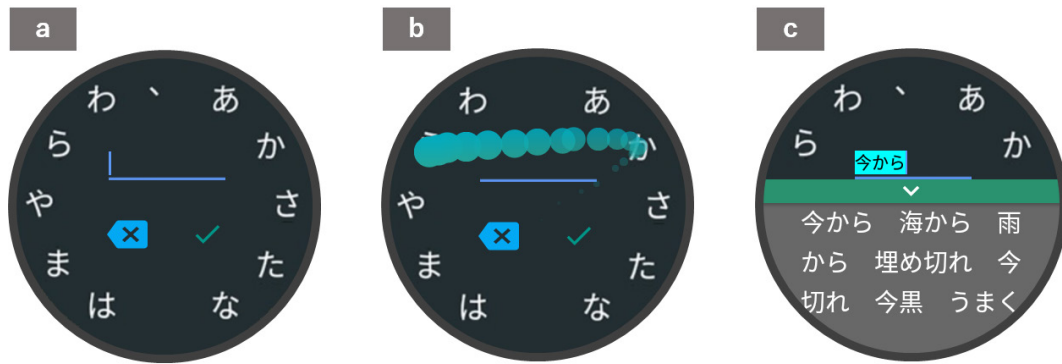


図 1 BubbleGlide a) 初期画面 b) 「か→ら」の順になぞる様子 c) 入力「あ→ま→か→ら」に対する変換結果と候補ビュー（実物大）

2. 関連研究

提案手法に関連して、画面領域の狭い端末を対象とした日本語かな文字入力、グライド入力、曖昧入力に関する先行研究を紹介する。

2.1 スマートウォッチ向けかな入力

かな文字はアルファベット文字と比べて文字の数が倍近いこと、画面の狭いスマートウォッチではキーレイアウトや入力操作を工夫する必要がある。秋田らは矩形画面の各辺に2つの子音を割り当てたキーを配置し、スライドインして内側の母音キー上で指を離して入力を行うキーボードを提案した[9]。キーを画面辺縁部に配置することで、子音キーのサイズを大きく確保し、ファットフィンガー問題[10]を克服している。QuadKey[7]は4つのキーのみからなり、隣接キーを用いたスライド操作により1ストロークで1文字を入力することができる。キーの数を大幅に減らすことで、オクルージョン問題及び、ファットフィンガー問題を改善している。東條らは環状に行の先頭文字である子音のキーを配置し、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文字を入力するBubbleFlick[5]を提案した。1フリックですべての文字を入力できるが、文字毎にフリックの方向が異なることが、直感的な分かりやすさに欠けるという課題が明らかになった。そこで、東條らは改良を行い、各キーを画面中央へスライドさせた距離に応じて母音を確定し入力を行うBubbleSlide[6]を提案した。どのキーからも中央方向への距離で母音を確定させられるため、直感的操作で文字を入力できる。

2.2 グライド入力

グライド入力はキーボードをなぞりながら、1ストロークで複数の文字を入力する手法である。Cirrin[11]は環状に配置したアルファベットキーをペンを用いてグライド入力するテーブルトップディスプレイ向けソフトウェアキー

ボードである。キーの順番はグライド操作距離が最も短くなるように配置されており、1ストロークで英単語を素早く入力できる。WatchWriter[4]は、スマートウォッチ向けQWERTYキーボードベースのグライド入力インターフェースであり、N-gram確率言語モデルと確率タッチモデルを用いて入力単語を推定する。1つあたりのキーサイズは小さいが、タッチモデルにより正確にキーをなぞることができない場合でも適切に単語を推定し入力することができる。

2.3 曖昧キーボード

1つのキーに複数の文字を割り当て、キーを確定させずに曖昧な状態で入力を進めていくキーボードがいくつか提案されている。Komniousら[12]は1つのキーに3つから5つのアルファベットを割り当て、計6つのキーと複数のジェスチャー操作を用いて入力を行うキーボードを提案した。WrisText[13]は同様に、1つのキーに4つあるいは5つのアルファベットを割り当て、キーを画面外周上に配置し、時計をつけている手の動きだけで文字を入力する。Optimal-T9[14]は9つのキーに複数のアルファベットを割り振る際に、入力速度が速く、誤り率が低くなるような最適なT9キーレイアウトを提案した。TouchOneKeyboard[15]は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り、すでに商用化されている。これらは統計的な辞書を用いて入力を推定しながら入力をを行い、少ないキー操作で文字入力を行うことができる。

3. BubbleGlide

3.1 設計方針

BubbleGlideはキー上を指でなぞり1ストロークで連続した文字を一度に入力できる日本語向け文字入力インターフェースである。図1にスマートウォッチ上の表示画面を示す。従来のインターフェースと大きく異なる点は、各文字ごとに母音を確定させず、曖昧なまま単語ある

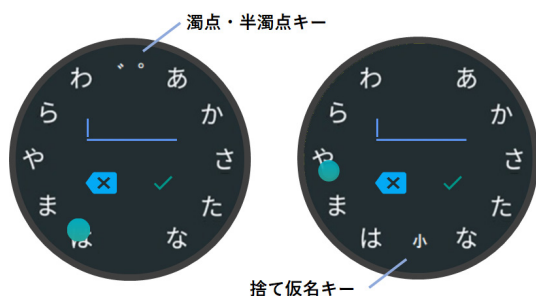


図 2 濁点・半濁点キー（左）と捨て仮名キー（右）

いは短い文節を一度に入力できる曖昧入力にある。曖昧入力にすることで、画面上のキー表示を減らすことができ、BubbleFlick や BubbleSlide で行った各行の先頭キーからのフリック操作やスライド操作も必要なくなる。グライド入力後は、変換候補が図 1(c) のように表示され、候補の中から意図した単語あるいは文節を選択し、入力を確定させる。インターフェースデザインに関しては、東條らが提案した BubbleSlide[6] をベースに改良した。図 1(b) のようにグライド入力中は画面上にユーザがなぞった軌跡の一部が表示される。軌跡が視覚的に確認できるため、誤ったグライド操作にすぐ気づくことができる。次項で、入力操作や予測変換について説明する。

3.2 入力操作方法

ユーザは環状に並んだ行の先頭文字が書かれている各キーをなぞることで文字の入力を行う。例として、「こんにちは」と入力する場合、文字をすべてその行の先頭文字に置き換えた「かわなたは」の順でキーをなぞって入力する。一度のグライド操作における入力単位としては、単語（複合語や用言を含む）と文節を想定している。例えば、「今から少し早いけど部屋に戻る」という文を入力する場合、「今から/少し/早いけど/部屋に/戻る」のように区切って入力する。「早いけど」は「早い/けど」のように区切ってもよく、「少し早い/けど」のように区切っても良い。しかし、一度に入力する文字数が多ければ多いほど、次項で紹介する変換処理にて辞書の探索空間が大きくなり、変換処理によるラグが大きくなるため、今回は一度に多くの文字をグライド入力することを推奨していない。

濁点や半濁点付きの文字、捨て仮名を入力する際は、図 2 に示すように画面上部あるいは下部に専用のキーが出現するため、出現したキーをなぞることで直前になぞった文字を濁点付き・半濁点付き・捨て仮名にすることができる。これらのキーは各行の文字に濁点や半濁点、捨て仮名の文字を有している場合にのみ現れる。各キーを 1 ストロークでなぞったあとは、なぞったキー情報をもとにかな漢字変換が行われる。図 1(c) のように候補ビューが表示され、変換候補を確認することができる。変換候補は大量に得られるため、候補ビュー内を上下にスクロールすることで、そ

表 1 BubbleGlide における文字数ごとの入力時間と変換時間

文字数	入力文字	入力時間 (s)	変換時間 (s)
1 文字	に	1.86	0.71
2 文字	彼	1.16	0.79
3 文字	君は	1.79	0.90
4 文字	今から	3.20	1.70
5 文字	早くなる	2.73	1.23
6 文字	早く帰る	5.29	2.73
7 文字	そろそろ帰る	5.79	2.21

の候補の一覧を確認することができる。候補中に所望の候補が見つかった場合、該当候補をタップすることで入力できる。また、画面中央部の入力テキスト表示欄の下には、バックスペースキーと確定キーを配置しており、入力の修正や確定をしたい場合に利用できる。なお、この 2 つのキーはグライド操作中は動作しない。

3.3 かな漢字変換

BubbleGlide において、行の先頭文字のみからなる入力文字列から漢字かな混じり文に変換するための変換辞書とかな漢字変換について紹介する。

3.3.1 変換辞書

変換辞書として用いる Trie 辞書の作成には、ウェブページを文抽出したコーパスから作成されたかな漢字変換用 N-gram[16] を用いた。スマートウォッチはストレージの容量・RAM の制約が強く、サイズの大きい辞書を用いた場合に動作が重くなり、ユーザにストレスを与える可能性がある。そこで、本研究では 1-gram, 2-gram のみを用いて変換辞書を構築した。曖昧入力に対応するため、漢字変換前の文字を各行の先頭文字に変更する前処理を行った。このとき、変換処理中に探索空間が大きくなりすぎないように、濁点付きの文字は濁点付きの行の先頭文字に変換している。半濁点・捨て仮名に対しても同様の処理を行った。また、できるだけ辞書サイズを小さくするために、この前処理を行った後の N-gram に対して、marisa-Trie[17] ライブラリを用いて Trie 辞書を構築した。語彙のサイズは 158263 で、1-gram と 2-gram の各要素数はそれぞれ 158263, 1892223 であった。Trie 辞書のサイズは約 32MB であった。

3.3.2 変換処理

BubbleGlide は母音を確定させない曖昧入力を用いている。しかし、かな漢字変換用 N-gram に前処理を行い、変換前のかな文字をすべて各行の先頭文字に置き換えているため、変換処理自体は曖昧入力を考慮せず、確率言語モデルに基づく形態素の系列に対する生起確率の計算から直接出力される。出現頻度の高い語ほど上位候補として出力されやすく、2-gram 以上を用いることで、文節単位での自然な変換を実現することができる。実際にスマートウォッチで入力を行った時の文字数ごとの入力時間と変換処理に要した時間を表 1 に示す。端末は Moto 360 2nd Gen を使用

した。内部ストレージは4GBでRAMが512MBである。変換する文字によって候補数にばらつきがあるため変換処理時間をそのまま比較することは難しいが、文字数が増えるほど変換処理時間が遅くなる傾向がみられる。

また、この変換方法の欠点として、辞書に含まれない語や出現頻度が低すぎる語を入力する場合、適切な変換結果を出力できず、かな入力を余儀なくされてしまう。3-gram, 4-gram と増やすと、より自然な変換結果の出力を期待できるが、言語モデルのサイズが爆発的に増大するため、スマートウォッチのような小型デバイスでは限界がある。

4. 今後の課題

今回提案した BubbleGlide において、曖昧入力とグライド入力の2点で課題が見つかった。

曖昧入力に関して、現在は2-gramまでを用いて変換処理を行っているが、現状では変換結果におかしな表現のものが含まれる場合がある。例えば、「わらかなあ（わるくない）」と入力するとき、「悪くない」が一位候補として表示されるが、他の上位候補に「悪くな絵」や「悪くの意」といった候補が出力されてしまう。こうした現象は用言の入力の際に多く見られる。2-gram 確率までしか参照していないことが原因と考えられるため、3-gram による変換を用いる必要がある。

グライド入力に関して、現段階ではグライド入力中に入力ミスが生じた場合、グライド入力を中断し、入力内容を消して、再度入力しなおす必要がある。このままでは、入力ミスが生じた場合に入力効率の低下だけでなく、利用者へ大きな心理的・身体的負荷を与えてしまうと考えられる。そこで、少々のグライド入力ミスが含まれていても、近い候補を出力できるような自動修正機能が必要になる。また、変換結果内に所望の候補が含まれていなかった場合、1文字ずつかな入力をする必要があるが、現状では1文字入力すると、1-gram 変換の結果が出力されてしまうため、候補の中からかな文字を探す必要がある。そこで、グライド入力と別のかな文字入力を切り替える仕組みを用意する必要がある。

5. おわりに

本稿では、曖昧入力とグライド入力を用いたスマートウォッチ向け日本語入力キーボードである BubbleGlide を提案した。母音を確定させずに入力を行う曖昧入力によりキーの数を限定するとともに必要な操作を減らし、グライド入力と組み合わせることで、単語あるいは短い文節を1ストロークで素早く入力することを可能にした。また、これまでのスマートウォッチにおけるかな文字入力の既存研究では、かな漢字変換/予測変換まで含めたものが少なかったが、BubbleGlide では単語もしくは文節単位のかな漢字変換機能まで実装した。現在、曖昧入力とグライド入

力それぞれに課題が確認できたため、今後はその課題解決へ取り組むとともに、本インターフェースを用いたユーザ評価実験を行い、インターフェースの性能評価を行う予定である。

参考文献

- [1] R Toba, T Kato and S Yamamoto.: *Efficient Speech-Recognition Error-Correction Interface for Japanese Text Entry on Smartwatches*, Proc. of MobileHCI '19, No.13(2019).
- [2] Jonggi H, Seongkook H, Poika I, and Geehyuk L.: *SplitBoard: A Simple Split Soft Keyboard for Wristwatch-sized Touch Screens*, Proc. of CHI' 15, pp.1233–1236(2015).
- [3] Stephen O, Chris H, Amy O, and Jason W.: *Zoom-Board: A Diminutive Qwerty Soft Keyboard Using Iterative Zooming for Ultra-small Devices*, Proc. of CHI' 13, pp.2799–2802(2013).
- [4] Gordon, M, Ouyang, T, and Zhai S.: *WatchWriter: Tap and gesture typing on a smartwatch miniature keyboard with statistical decoding*, Proc. of CHI' 16, pp.3817–3821(2016).
- [5] T Tojo, T Kato and S Yamamoto.: *BubbleFlick: Investigating effective interface for Japanese text entry on smartwatches*, Proc. of MobileHCI' 18, No.44(2018).
- [6] 東條, 加藤, 山本.: *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.2019, vol. 60, no. 11, pp.2075-2084.
- [7] 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. 2019, Vol. 60, no.8, p.1403-1412.
- [8] 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).
- [9] 秋田, 田中, 佐川.: スライドインによるスマートウォッチ向けの文字入力手法, インタラクション 2018 (2018).
- [10] Katie A. Siek, Yvonne Rogers, and Kay H. Connelly.: *Fat Finger Worries:How Older and Younger Users Physically Interact with PDAs*, INTERACT2005, pp.267-280(2005).
- [11] Jennifer M and Gregory D.: *Cirrin: A Word-level Unistroke Keyboard for Pen Input*, Proc. of UIST' 98, pp.213–214(1998).
- [12] Komninos A and Dunlop M.: *Text Input on a Smart-Watch*, IEEE Pervasive Computing, Vol.13, No.14, pp.50-58(2014).
- [13] J. Gong, Z. Xu, Q. Guo, T. Seyed, X. Chen, X. Bi, and X.-D. Yang.: *WrisText: One-handed text entry on smartwatch using wrist gestures*, Proc. of CHI' 18, pp.181-194(2018).
- [14] Ryan Q, Suwen Z, Yu-Hao L, Yu-Jung K, and Xiaojun B.: *Optimak-T9: An Optimaized T9-like Keyboard for Small Touchscreen Devices*, Proc. of ISS' 18, pp.137-146(2018).
- [15] TouchOneKeyboard: GooglePlay, 入手先 <<https://play.google.com/store/apps/details?id=net.infiniti.touchone.nimbus>> (2019.12.23).
- [16] 黒橋・河原研究室 - 言語モデル配布ページ, 入手先 <<http://www.ar.media.kyoto-u.ac.jp/member/gologo/lm.html>> (2019.12.23).
- [17] 矢田.: *Prefix/Patricia Trie の入れ子による辞書圧縮*, 言語処理学会第17回年次大会 発表論文集, p.576-578(2011).