

小型円形タッチスクリーンを対象とした 縁なぞり操作による文字入力手法

植野 圭一^{1,a)} 郷 健太郎^{1,b)} 木下 雄一郎^{1,c)}

概要: 文字入力は非常に複雑な作業である。特にスマートウォッチのような携帯型情報端末では、サイズが小さいという装置の特徴と、不自然な体勢や姿勢などのユーザのおかれた状況が、文字入力に対する制限を誘発している。物理的な手がかりのある縁と角に沿った一筆書きのジェスチャで文字入力を行う EdgeWrite は、それらの制限の下での文字入力に有効であると考えられる。一方で、EdgeWrite は矩形の入力領域を想定しており、腕時計の伝統的な形状デザインである円形には適用できない。そこで本研究では、デザインの多様性を支持するため、スマートウォッチサイズの比較的小さな円形のタッチスクリーンを対象とした、縁なぞり操作による文字入力手法を提案する。さらに、実施したジェスチャ導出実験の結果をもとに入力ジェスチャの基本デザイン案を示す。

A Text Entry Method using Edge Tracing Operations Targeting Round Face Smartwatches

UENO KEIICHI^{1,a)} GO KENTARO^{1,b)} KINOSHITA YUICHIRO^{1,c)}

Abstract: Text entry is a basic but cumbersome task. Specifically, small devices such as smart watches make it difficult to type in tiny keys on a small touchscreen keyboard and require several actions. Such tasks become even worse when user is in a certain context or situation. For example, entering text while walking makes a slower text entry rate because the user cannot focus on the text entry task with unstable device and unsupported hands. To deal with the issue, EdgeWrite text entry method was proposed, in which user traces the corners and edges of rectangle input area with a finger to enter a character. However, EdgeWrite was designed for being used in rectangle input area. In other words, it does not support input areas in different shapes including rounded ones. In this paper, we propose a text entry method using edge tracing operations targeting round face smartwatches. With user studies, we derive and illustrate the basic gesture design for English, numeric, and punctuation characters.

1. はじめに

コンピュータでの文字入力は、現在の社会生活において基本的なインタラクションである。特にインターネット上でのサービス利用においては、検索やコミュニケーションの状況で文字入力が頻繁に使われる。ところが文字入力は非常に複雑な作業である。ユーザの必要とする文字や語、

記号を、適切に選択したり指定したりしなければならない。まとまった分量を表現するためには、それだけの時間と手間がかかる。

特にスマートウォッチのような携帯型情報端末では、入出力装置のサイズが小さくなるため、ユーザの入力・確認の作業が人間工学的観点から容易ではない。入出力装置としてタッチスクリーンを採用していれば fat finger 問題が生じ、さらに困難性が高くなる。すなわち、サイズが小さいという、使用している装置の特徴が文字入力に対する制限を誘発している。

また、携帯型情報端末は日常生活の場で使われる。すなわちユーザは文字入力の作業だけに集中するのではなく、

¹ 山梨大学
University of Yamanashi, 4-3-11 Takeda, Kofu 400-8511,
Japan

a) t12cs009@yamanashi.ac.jp

b) go@yamanashi.ac.jp

c) ykinoshita@yamanashi.ac.jp

他の活動をしながら行ったり、他の活動の合間に極めて短時間だけ行ったりする。このような場合には、不自然な体勢や姿勢で文字を入力するだけでなく、十分に視認せずに入力を行うことになる。すなわち、ユーザのおかれた状況が文字入力に対する制限を誘発している。

このような、携帯型情報端末における制限の下での文字入力を促すために様々な研究が行われてきた。これらの研究は (1) 超小型タッチスクリーン上で機能するソフトウェアキーボードの開発と (2) 運動機能が制限された状況で機能するジェスチャ入力手法の開発に大別できる。

ZoomBoard[1] と SplitBoard[2] は、スマートウォッチサイズのディスプレイを対象として、従来の QWERTY 配列のソフトウェアキーボードを部分的に拡大して入力を行う手法を提案している。初期表示では小さくて選択が困難なキーを拡大することで文字の入力を可能にしているが、最終的には目的文字のキーを選んでタップする必要があり、歩行状態などのような、画面を十分に視認できない状況では利用することが難しい。

EdgeWrite[3] 及び日本語 EdgeWrite[4] は、ジェスチャを用いた入力手法であり、ソフトウェアキーボードを使用せずに、矩形の入力領域内の縁と角に沿った一筆書きのジェスチャを入力に使用する。入力領域の縁と角には物理的な手がかりがあるため、画面を目視する必要がない。また、縁に指を押し当てるように入力することで、手が不安定な状況でも意図したジェスチャを入力することができる。このことから、携帯型情報端末における制限の下での文字入力に有効であると考えられる。一方で、EdgeWrite は矩形の入力領域を想定しており、腕時計の伝統的な形状デザインである円形には適用できない。このことは、スマートウォッチのデザイン空間を小さくしている。

そこで本研究では、デザインの多様性を支援するため、スマートウォッチサイズの比較的小さな円形のタッチスクリーンを対象とした、縁なぞり操作による文字入力手法を提案する。また、ジェスチャ導出実験を実施し、提案手法によってユーザが描くジェスチャについて調査し、得られた結果をもとに入力ジェスチャの基本デザイン案を示す。

2. 円形縁なぞり動作による文字入力手法

本研究は、矩形の入力領域を対象とした文字入力手法である EdgeWrite の基本概念を応用し、円形のタッチスクリーンに適用する。以下ではまず、EdgeWrite の特徴について述べ、円形縁なぞり動作による文字入力手法の基本設計について説明する。

2.1 EdgeWrite

EdgeWrite とは、矩形の入力領域の縁を物理的な手がかりとして利用し、入力文字の形状をイメージしながら一筆書きのジェスチャを描くことで文字を入力する手法で

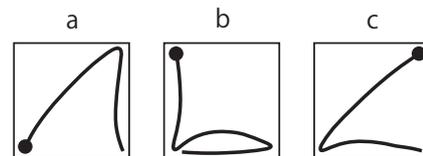


図 1 EdgeWrite の主要な文字形状

Fig. 1 Primary EdgeWrite character forms for 'a', 'b' and 'c'

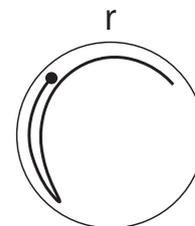


図 2 提案手法における「r」の入力ジェスチャ

Fig. 2 Input gesture for 'r' in the proposed method

ある。EdgeWrite では、ユーザがジェスチャを描く際に通過する 4 つの角への到達順序から、文字の判別を行う。また、各文字には図 1 に示すように、入力するジェスチャがイメージした文字の形状に似るように到達順序が設定されている。

EdgeWrite では、ベゼル状の物理的な手がかりを利用することで、従来の一般的な手書き文字入力とは異なり、精度の高い安定した入力が可能である。すなわち、スマートウォッチ利用時に想定される歩行状態などの不安定な状況での文字入力に対して有効だと考えられる。

2.2 基本設計

本手法では、EdgeWrite の基本概念に基づき、ユーザは入力する文字の形をイメージしながら、指を円形のタッチスクリーンの縁をなぞるように動かすことで入力を行う。また、1 つの文字は一筆書きのように入力し、指を上げることで入力の完了とする。

ここで、本手法で想定されるアルファベット「r」の入力手順の例を以下に示す。

- (1) アルファベット「r」の形状をイメージし、描き始めの位置に指を下ろす
- (2) イメージした文字の形状を、円形の縁をなぞるように指を動かしながら描く
- (3) 文字を描き終え、指を上げる
- (4) 「r」が表示され入力が完了する

図 2 に示すように、描かれるジェスチャは入力する文字に似た形状を示すことが期待できる。

3. 入力ジェスチャ導出実験

3.1 実験目的

本手法において入力文字の形状をイメージしながらジェスチャを描けるのか、またその際にどのようなジェスチャ



図 3 歩き状態での実験の様子

Fig. 3 Experiments in the walking condition



図 4 実験装置

Fig. 4 Experimental device

を描くのかを調査した。調査はアルファベット 26 文字と 0 から 9 までの数字、カンマ、ピリオド、スペース、バックスペースの合計 40 種類について行った。被験者に課せられた実験のタスクは「指示された文字を、最も適切だと思ふなぞり書きで、他の文字のなぞり書きとできるだけ重複しないように意識をして描く」とした。実験では、調査項目としてユーザがジェスチャを描く際の座標データの測定に加え、描いたジェスチャについての自信度を 7 段階リッカート尺度によって評価してもらった。また、入力時の姿勢や状態による影響を明らかにするため、実験条件として歩き状態と座り状態を設定した。歩き状態では、図 3 に示すように、階段の登り降りを含む周回コースで実験を行った。

3.2 被験者

実験には、大学生 10 名（平均年齢 22.1 歳）に被験者を依頼した。被験者は全員が右利きであった。

3.3 実験装置

実験にはディスプレイサイズ 4.95 インチ、解像度 1080 × 1920 のスマートフォン（LG 社、Nexus 5）を使用し、ディスプレイ面には中央に直径 1.3 インチの円形の穴を開けた 1mm 厚のポリプロピレン製の板を装着した。実験に

使用した装置を図 4 に示す。また、今回の実験では視覚的に提示した文字がユーザのイメージする文字の形状に影響を与えないように、入力する文字の指示は Android の音声読み上げ機能によって行った。

3.4 実験手順

被験者には、本実験の内容や入力手法の説明を 10 分間程度行った。

その後、入力手法の練習を 40 文字すべてについて 1 回ずつ行った。図 3 に示すように、端末は非利き手の手首の甲の側にゴムバンドで装着し、利き手の人差し指で入力してもらった。

実験は無作為な順番で提示される入力文字 40 種類の入力を 1 試行とし、歩き状態と座り状態のそれぞれで 6 試行ずつ、計 12 試行（480 文字）を 2 回に分けて行った。被験者には 1 つの文字の入力後に、描いたジェスチャの自信度（描いたジェスチャが提示された文字に適切であるか）について 1 から 7 までの 7 段階リッカート尺度によって口頭で評価を行ってもらった。1 回の実験では歩き状態または座り状態どちらかの実験を行い、実施する順番はカウンターバランスがとれていた。また、実験中は被験者の判断で自由に休憩をとることができ、1 回の実験時間は休憩を含めて約 1 時間であった。

3.5 結果と考察

3.5.1 ジェスチャに対する自信度

本手法において入力文字の形状をイメージしながらジェスチャを描けるのか、被験者による主観評価で得られた自信度を用いて議論する。ここで、図 5 に最初と最後（第 12 試行）での各文字の自信度の平均値を示す。

まず、アルファベット「c」と「o」と「u」、数字「0」と「9」は、第 1 試行から自信度の平均が 7 段階評価で 6 を超える高い値となっていた。これらは、文字自体の形状が曲線で構成されているために、円形の縁に当てはめることが容易であったと考えられる。アルファベット「f」と「m」と「t」と「x」、数字「4」と「8」は、第 1 試行で中央値である 4 を下回る値であった。これは文字と円形の縁の形状が大きく異なり、また多画数で構成されていたり、縦や横に複数のストロークが組み合わさっているためだと考えられる。一方で、図 5 に示すように、第 1 試行と第 12 試行では自信度の値がほぼすべての文字で上昇している。このことから、ユーザは円形の縁を用いてジェスチャを描く操作に対して、複数回の練習を重ねることで適応すると考えられる。

本実験では入力時の姿勢や状態による影響を明らかにするため、実験条件として歩き状態と座り状態を設定した。全ての被験者の全試行の歩き状態での自信度の平均は 5.41 であり、座り状態では 5.37 であった。これは、本手法は歩

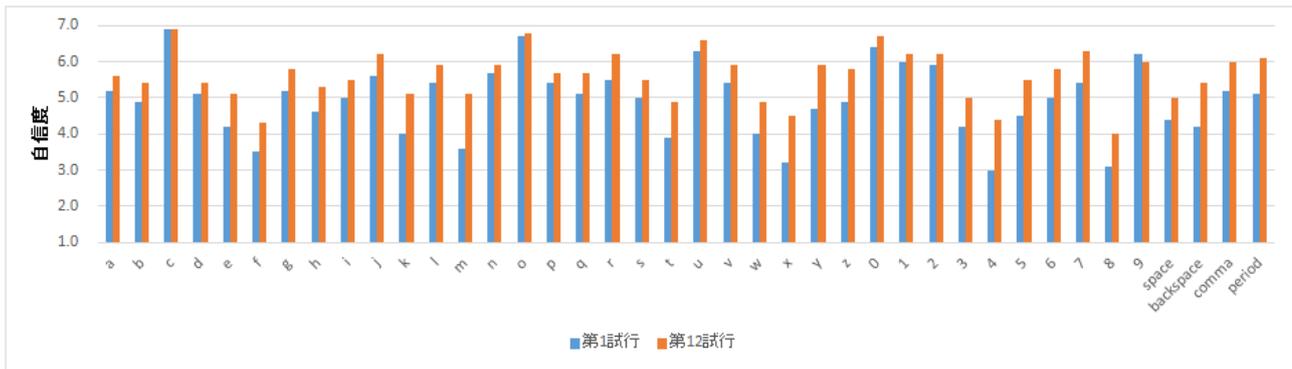


図 5 最初と最後の試行での各文字の自信度

Fig. 5 User preference for each character at the first and final trial

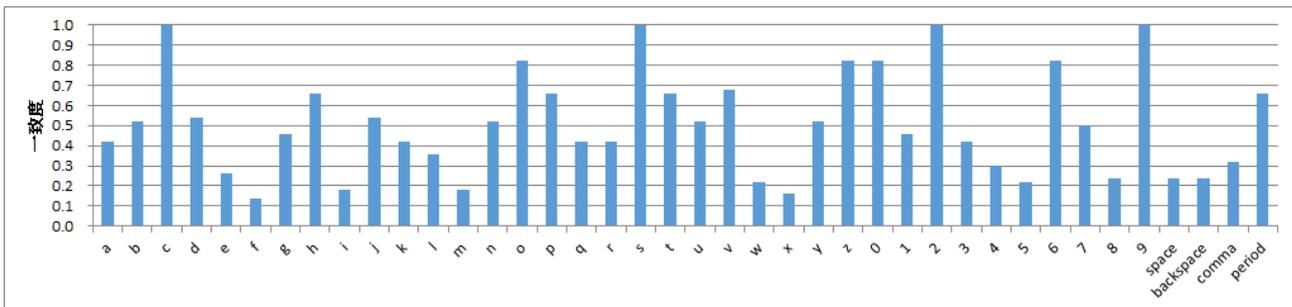


図 6 最後の試行で描かれたジェスチャの一致度

Fig. 6 Agreement score for each character at the final trial

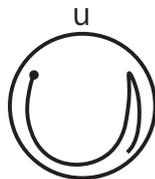


図 7 小文字「u」をイメージした場合のジェスチャ
 Fig. 7 Input gesture for the lowercase 'u'

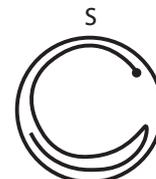


図 9 アルファベット「s」のジェスチャ
 Fig. 9 Input gesture for 's'

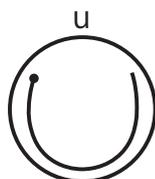


図 8 大文字「U」をイメージした場合のジェスチャ
 Fig. 8 Input gesture for the capital letter 'U'

き状態のような不安定な条件であっても、自信度に影響を受けずに入力が可能であることを示している。

3.5.2 被験者間でのジェスチャの一致度

次に、提示された文字に対して描かれたジェスチャが被験者間で一致しているかを議論するため、著者らは2名の分析者(2名では判断がつかない文字については他のもう2名を加えた計4名)でジェスチャを形状によって分類し、Wobbrockらによって提案された一致度(Agreement score) [5]を計算した。分類対象として、最も本手法の入

力に慣れていたと思われる第12試行の結果を使った。一致度 A は以下の(1)式で表される。

$$A = \frac{\sum_{r \in R} \sum_{P_i \subseteq P_r} \left(\frac{|P_i|}{|P_r|}\right)^2}{|R|} \quad (1)$$

ここで r は課題文字の集合 R のうち、提示された文字(例:「a」)であり、 P_r は r に対して描かれたジェスチャの集合、 P_i は P_r のうち的一致しているジェスチャの集合である。一致度は0から1までの値をとり、1に近いほどユーザが同じジェスチャをしたことを示す。

まず、前述した自信度が特に高かった文字(c, o, u, 0, 9)のうち、「c」と「o」、「0」、「9」は図6に示すように一致度においても高い値を示す傾向にあったが、アルファベット「u」は一致度0.52であり、やや低い値を示した。これは本実験ではイメージするアルファベットの形状に小文字か大文字かを指示しなかったため、図7と図8に示すように「u」と「U」をそれぞれイメージする被験者に分かれた

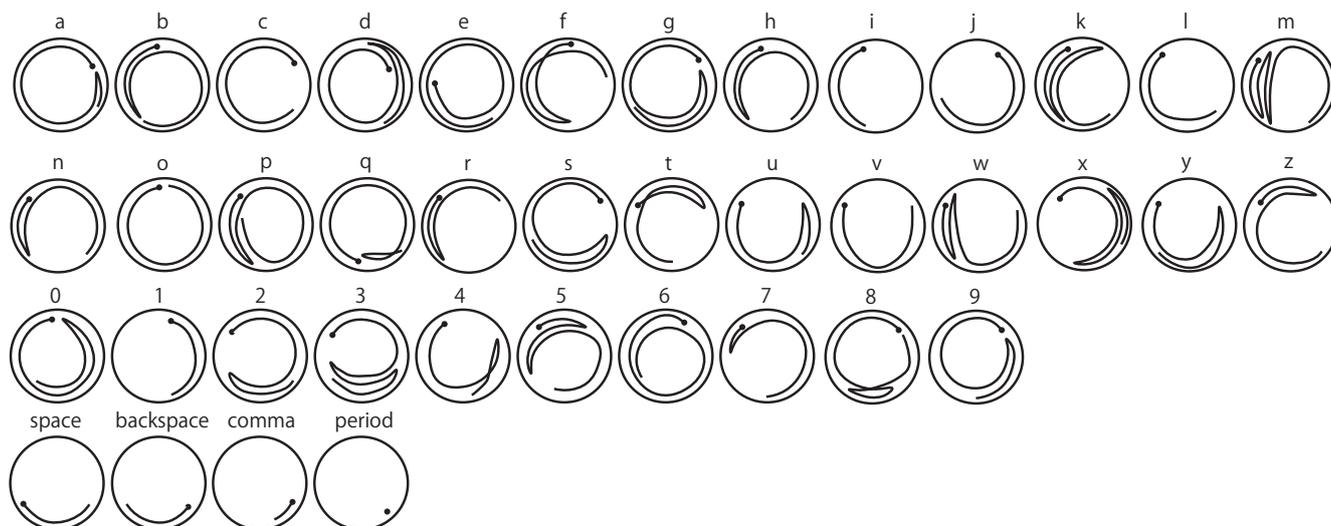


図 10 入力ジェスチャの基本デザイン案
 Fig. 10 The basic design of the input gesture

ことで引き起こされていると考えられる。つまり、ある文字についてイメージする形状が個人によって異なる場合、その文字の形状を円形の縁で表しやすく自信度が高かったとしても、描かれるジェスチャの一致度が低くなると考えられる。

また、アルファベット「s」は、自信度は高い値を示さなかったが、一致度は 1.0 となっており被験者全員が同じ形状のジェスチャを描いた。「s」の形状自体は縦に半円が 2 つ連なったものであり、円形の縁では表しにくいいため自信度は低かったが、文字を描く動作を考えると、図 9 に示すように円の右上から右下へ反時計回りに円周をなぞり、その後進行方向を折り返すことで比較的忠実に再現できるため、同じ形状のジェスチャを描きやすかったと考えられる。

4. 入力ジェスチャの基本デザイン案

ジェスチャ導出実験により、円形の縁のなぞり方によって文字の描き方の再現が難しい場合や、ある文字についてイメージする形状の違いによって、描かれるジェスチャの個人差が顕著に現れることが明らかになった。円形縁なぞり動作によって文字入力を行うためには、入力文字の判別の観点からジェスチャの個人差を軽減する必要がある。そこで、ジェスチャ導出実験で得られた結果をもとに、本手法の入力ジェスチャの基本デザインを行った。これを図 10 に示す。基本デザインでは被験者が最も本手法の入力に慣れていたと思われる第 12 試行で描かれたジェスチャのうち、他の文字と重複しない場合は多くの被験者が一致して描いたものを選択した。また、被りが生じる場合には一致度が高い文字を優先し、一致度が低い文字はそのジェスチャを除いた中から選択した。ただし、アルファベット「o」と数字「0」については全ての被験者が描き分けられなかったため、EdgeWrite のデザインを参考に数字「0」の

ジェスチャを決定した。

5. おわりに

本論文では、小型円形タッチスクリーンを対象とした縁なぞり動作による文字入力手法を提案した。ジェスチャ導出実験によってユーザが実際に描くジェスチャを測定し、練習を複数回行うことでユーザが本手法に適應できることを確認した。また、入力文字の形状からジェスチャに生じる個人差を軽減するため、ユーザの入力をもとにしたジェスチャの基本デザイン案を示した。

今後は、本手法によって入力されたジェスチャから文字を判別し、文字入力を実現するシステムを実装する。また、実装したシステムについて性能評価を行い、有用性について議論していく予定である。

参考文献

- [1] Oney, S., Harrison, C., Ogan, A., and Wiese, J. Zoom-Board: a diminutive qwerty soft keyboard using iterative zooming for ultra-small devices. ACM CHI '13, pp. 2799-2802, 2013.
- [2] Hong, J., Heo, S., Isokoski, P., and Lee, G. SplitBoard: A Simple Split Soft Keyboard for Wristwatch-sized Touch Screens. ACM CHI '15, pp. 1233-1236, 2015.
- [3] Wobbrock, J. O., Myers, B., and Kembal, J. A. EdgeWrite: A Stylus-Based Text Entry Method Designed for High Accuracy and Stability of Motion. ACM UIST '03, pp. 61-70, 2003.
- [4] Go, K., Kinoshita, Y., and Watanabe, S. Designing EdgeWrite versions for Japanese Text Entry. IEEE Conference on Cyberworlds, pp. 120-123, 2013.
- [5] Wobbrock, J. O., Aung, H. H., Rothrock, B., and Myers, B. A. Maximizing the guessability of symbolic input. ACM CHI '05, pp. 1869-1872, 2005.