

スマートウォッチの竜頭を用いたかな文字入力手法の評価

白根 薫^{1,a)} 角田 陸¹ 志築 文太郎²

概要：本研究では，スマートウォッチの竜頭を用いたかな文字入力手法を作成した．この手法は，子音入力と母音入力の2段階入力にて構成され，かつ各入力は竜頭の回転操作により行われる．これにより，スマートウォッチの画面に触れることなく操作できるため，小さいキーの選択が難しい問題（ファットフィンガ問題）およびユーザの指が画面を遮ることにより視認性が下がる問題（オクルージョン問題）が発生しない．我々は，ユーザ実験を実施することにより，本手法の文字入力性能およびユーザビリティを明らかにした．

1. はじめに

近年，スマートフォンに次いで，スマートウォッチの需要が高まっている．スマートウォッチには，健康アプリ，メール，およびSNSなどのアプリケーションがある．これらのアプリケーションでは，文字入力が必要となる．しかし，スマートウォッチの主要な入力モダリティはタッチに依存しているため，小さいスクリーンにてテキスト入力を行うことは難しい．そのため，スマートウォッチの小さなスクリーン上にて，ユーザ自身の指よりもターゲットが小さいことによって誤入力が生じる問題，およびユーザ自身の指によってスクリーンが覆われる問題（以降，ファットフィンガ問題 [1]）が生じる．さらに，ユーザ自身の指が画面を遮ることにより画面の視認性が下がる問題（オクルージョン問題）が生じる．

また，スマートウォッチには，音声入力が搭載されている [2], [3]．しかし，音声入力には，プライバシーおよびセキュリティの懸念 [4], [5], [6], [7]，ならびに音声認識の精度が周囲の雑音に大きく影響されるという問題 [8] がある．そのため，ユーザは公共の場所にて音声入力を使用することを避ける．

今までに，スマートウォッチに関する文字入力手法の研究が行われてきた．スマートウォッチの文字入力手法の研究には，小さなタッチスクリーン上にて，正確なターゲット選択を行う手法，およびスワイプジェスチャまたはフリックジェスチャの操作を行う手法がある．しかし，これらの研究では，小さいスクリーンにて器用な操作が求められるものが多い．

そこで我々は，スマートウォッチの竜頭を用いて，スクリーン上にて器用な操作を必要とせず，オクルージョン問題を解消する手法の実装および評価を行った．

2. 関連研究

本節では，スマートウォッチにおける文字入力手法の研究およびスマートウォッチの竜頭を用いた研究を示す．

2.1 スマートウォッチを用いた文字入力手法の研究

QWERTY キーボードを工夫した文字入力手法は多く研究されている．ZoomBoard [9] は，画面上のキーボードをタップすることにより，タップした周辺のキーを拡大する．そして，拡大された目的のキーをもう一度タップする．この手法は，キーを拡大することにより，他のキーへの誤タップを防ぐ．SplitBoard [10] は，キーボードを半分に分割する．スクリーン上にて，分割されたキーボードを表示する．もう半分の分割されたキーボードにアクセスするには，スワイプ操作を行う．この手法の入力方法は，従来のキーボード操作と変わらないため，学習コストが低い．さらに，一度に表示するキーボードを半分にするため，従来のキーボードレイアウトよりも個々のキーを大きくすることが可能である．

スマートウォッチの画面上のフリック操作を用いた文字入力手法の研究が行われてきた．SwipeBoard [11] は，QWERTY キーボードを9つの領域に分割させ，フリック操作およびタップ操作によって領域を選択し，英文字を入力する手法である．具体的には，最初に9つの領域を，タップ操作および8つの方向に対するフリック操作にて選択する．次に，領域の中から入力したい文字をタップ操作およびフリック操作を行い文字を決定する．下岡ら [12] は，ス

¹ 筑波大学 情報理工学位プログラム

² 筑波大学 システム情報系

^{a)} shirane@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

スマートウォッチを対象としたアイズフリー日本語文字入力手法を提案した。その手法は、指2本を用いたタップ操作および4方向のフリック操作によって文字入力を行う。さらに、スクリーン上にボタンは存在せず、操作する指の本数、およびフリックする方向にて入力を識別する。そのため、アイズフリー入力が可能である。BubbleSlide [13] は、スマートウォッチのベゼルの周りに、かな文字の子音を割り当てる。割り当てられた子音をタップした後、子音に対する母音が画面中心部に向かって一列に表示される。その後、目的の文字までスワイプ操作を行うことにより、文字入力を行う。PonDeFlick [14] はタッチスクリーン全体を入力操作に利用できる円環型レイアウトを採用し、かつテンキーフリック方式とフリックの向きを共通化した日本語かな文字入力方式を提案した。これまで研究されてきたスマートウォッチの日本語文字入力手法は、スマートフォンのような使い慣れた既存インタフェースとの乖離が生じる。しかし、PonDeFlick はテンキーフリック方式と類似しているため、スマートフォンのフリック入力を行っている参加者は、簡単に入力できる。

WatchWriter [15] は、QWERTY キーボード上にてタップ操作およびジェスチャタイピングを行い文字を入力する手法を提案した。ジェスチャタイピングとは、キーボード上にて、入力したいフレーズのキーを順になぞることにより入力する手法である。そのジェスチャタイピングを行われた軌跡からフレーズを推測する。そして、いくつかの推測されたフレーズから入力したいフレーズ選択することによって文字を入力する手法である。ShuttleBoard [16] は、子音と母音の15個のキーにて構成されたキーボードレイアウト上をジェスチャタイピングを行うことによって、かな文字入力を行う手法である。

2.2 スマートウォッチの竜頭を用いた研究

スマートウォッチの竜頭を用いた研究が行われている [17], [18], [19]。Frederic ら [17] は、スマートウォッチのタッチ入力、竜頭の回転操作における入力、およびベゼルの回転入力の3つの異なる入力手法を対象とした1次元リスト選択のタスクの性能評価を行った。結果として、ほとんどのユーザは竜頭操作を使いやすいと感じた。

TiltCrown [18] では、ファットフィンガ問題を解消するため、スマートウォッチの竜頭を改良した。従来の竜頭の1次元的な回転操作に加えて、2軸ジョイスティックを用いることにより2次元的な操作を可能にした。実験では、竜頭の回転操作手法 (Rotation) および2次元ジョイスティックにおける傾き手法 (Tilt) を用いて、円形レイアウトおよび線形レイアウトに対してポインティングタスクを行い、各手法の性能を調査した。

Crownboard [19] は、スマートウォッチの竜頭を用いた英文字入力手法である。スマートウォッチのベゼルの周り

の8つの領域にアルファベット群を割り当てる。そして、スマートウォッチの竜頭を用いて、8つの領域に割り当てられたアルファベット群を選ぶ。選ばれた領域のアルファベット群から単語を推測した後、ユーザは、推測された単語を選択することにより入力を行う。Crownboard は、竜頭を用いてタッチスクリーン上の複雑な操作を用いず単語を入力できる。

3. システム

本節では、スマートウォッチの竜頭を用いたかな文字入力手法のレイアウト、および入力方法を述べる。

3.1 レイアウト

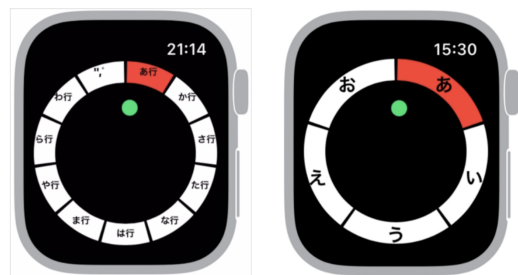


図1: 本手法のレイアウト図。左図: 子音入力時のレイアウト。右図: 母音入力時のレイアウト。

図1に本手法のレイアウトを示す。TiltCrown [18] では、竜頭を用いた回転操作を用いて、線形レイアウトおよび円形レイアウトのポインティングタスクを行った。その結果、線形レイアウトよりも円形レイアウトの方がポインティング性能が高いことが示された [18]。そのため、円形レイアウトを本手法に採用した。我々は、竜頭の回転により動く円形カーソルを配置した。これは、AppleWatch のアラームアプリのUI [20] を参考にした。円形カーソルは、竜頭を上回転させると反時計回りに、また、竜頭を下回転させると時計回りに回転する。これにより、選択しているキーの遷移がわかりやすい。現在選択されているキーを赤色にハイライトしている。これは、Crownboard [19] のシステムを参考にした。キーを赤色にハイライトすることにより、視覚的に選択されているキーを認識することができる。

3.2 入力方法

本節では、本手法の文字入力手順を示す。竜頭を上下に回転させ、円形カーソルを動かす。入力したいキーにカーソルを合わせた後、竜頭の回転速度が0の際にキーを確定させる。なお、円形カーソルはキーを決定した後、初期位置に戻る。初期位置とは、図1の円形カーソルの位置のことを指す。本手法は、上記の操作を子音および母音の2回に分けて入力することによって1文字分のかな文字を確定させる。

また、入力時の補助として、竜頭を動かした際および選択されているキーの遷移の際に振動フィードバックを付与している。

濁音、半濁音、および小文字化については、かな文字を確定させた後に、子音入力する際に「゛、゜」キーを選択する。変換する順序は、スマートフォンのトグル入力の変換順序と同じである。例として、「は」を入力した後に「゛、゜」キーを選択すると、「は」、「ば」、「ぱ」の順に変換される。

我々は、竜頭を一定の速度にて、上に回転する操作を削除操作に割り当てた。なお、一定の速度の値は、著者の使用経験をもとに設定された。

4. 評価実験

実験の目的は、竜頭の回転感度（Control-display ratio. 以降、CD 比）を変えた時の本手法の文字入力性能の評価および比較を行うことである。本節では、実験に用いた実装、評価指標、実験環境、実験参加者、および実験手順を述べる。

4.1 評価指標

評価指標には、かな文字入力速度を測定するための指標である Character Per Minute（以降、CPM）、および入力された文字のエラー率を測定するための指標である Minimum String Distance Error Rate（以降、MSD ER）を用いた。さらに、本手法のユーザビリティを評価するため、SUS（System Usability Scale）[21]を用いた。

文字入力速度を示す CPM を以下に示す。

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

T は入力された文字、 S は最初のキーの操作（子音入力）から最後のキーの操作（母音入力）までに経過した時間である。エラー率を示す MSD ER を以下に示す。

$$CPM = \frac{MSD(P, T)}{MAX(|P|, |T|)} \quad (2)$$

P は提示されたフレーズ、 T は入力された文字である。 $MSD(P, T)$ は、 P および T の編集距離、 $MAX(|P|, |T|)$ は、 P および T の文字数の最大値を示している。

4.2 実験環境

参加者は、Apple Watch Series 8 [22] を左手に装着した。そして、参加者は、椅子に座った状態にてスマートウォッチの画面に表示された文字を入力した。

4.3 実験参加者

参加者数は、研究室内の大学院生 6 人（男性 5 人、女性 1

人）である。そのうち、右利きが 5 人、左利きが 1 人だった。参加者のスマートフォン使用年歴は平均 9 年だった。また、スマートウォッチを普段から使用している人はいなかった。

4.4 実験手順

まずはじめに、スマートフォンおよびスマートウォッチの使用年歴を問う事前アンケートを行った。次に、本システムの理解を深めるために、参加者は任意の文字を入力した。その後、参加者は、本手法を 3 つの CD 比に対して提示されたフレーズセットについて文字を入力する。CD 比は、竜頭を 1 度回転する毎に円形カーソル 3 度回転する cd3、竜頭を 1 度回転する毎に円形カーソルが 4 度回転する cd4、および竜頭を 1 度回転する毎に円形カーソルが 5 度回転する cd5 を用意した。文字入力タスクに用いたフレーズセットは、6 から 8 文字程度のフレーズにて構成されている。そして、練習セッションと本番セッションはフレーズが異なる。各 CD 比に対して、参加者は練習セッションを 5 文、本番セッションを 15 文の順に計 20 文のフレーズを入力する。参加者は人差し指を用いて竜頭を回転するように指示した。さらに、文字入力タスクはなるべく高速かつ、精確に入力するように指示した。なお、参加者ごとに CD 比の順序についてカウンタバランスをとった。セッション間には、1 分程度の休憩を設けた。本番セッションが終わった後、CD 比に対して SUS を行った。全てのタスクが終了した後、本手法についてインタビューを行った。

5. 結果

本節では、実験にて得られた結果を述べる。

5.1 文字入力速度

CD 比ごとの文字入力速度を図 2、順序ごとの文字入力速度を図 3 に示す。CD 比ごとの文字入力速度の平均は、cd3 が 19.5 CPM (SD=3.7)、cd4 が 20.1 CPM (SD=3.6)、および cd5 が 20.9 CPM (SD=5.7) であった。順序ごとの文字入力速度の平均は、順序 1 が 18.0 CPM (SD=3.6)、順序 2 が 20.7 CPM (SD=3.8)、および順序 3 が 21.8 CPM (SD=4.9) であった。CD 比間または順序間の文字入力速度に有意差があるかを調べるために Shapiro-Wilk 検定を行ったところ、CD 比ごとの文字入力速度、および順序ごとの文字入力速度に正規性はないことがわかった。そのため、CD 比ごとの文字入力速度、および順序ごとの文字入力速度をノンパラメトリック検定を用いて有意差を解析する必要がある。

CD 比ごとの文字入力速度の有意差を調べるために、Kruskal-Wallis 検定を行った。その結果、文字入力速度に対して優位な差は見られなかった ($p = 0.193 > 0.05$)。次に、順序ごとの文字入力速度の有意差を調べるために、

Kruskal-Wallis 検定を行った。その結果、優位な差が見られた ($p = 3.87 \times 10^{-10} < 0.05$) ため、ペアワイズ比較を行った。Mann-Whitney U 検定を用いることによって、各順序ごとの有意差を調べた。その結果、順序 1 ($p = 3.08 \times 10^{-7} < 0.05$) および順序 2 ($p = 1.80 \times 10^{-9} < 0.05$)、ならびに順序 1 および順序 3 において有意な差が見られた。

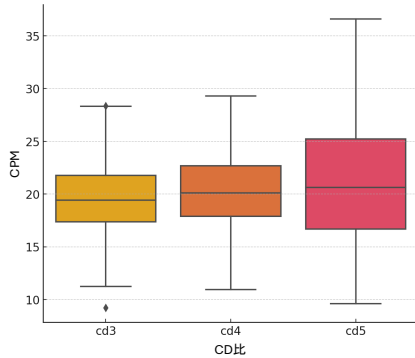


図 2: CD 比ごとの CPM.

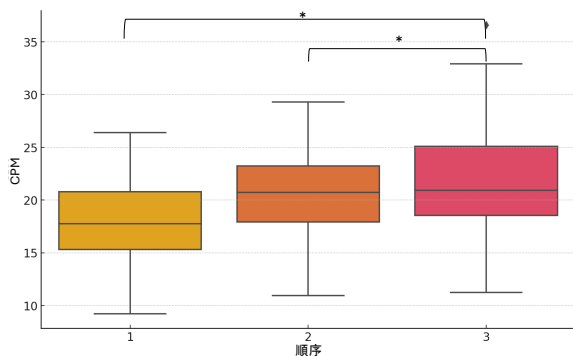


図 3: 順序における CPM ($p^* < 0.05$).

5.2 エラー率

CD 比ごとのエラー率を図 4、順序ごとのエラー率を図 5 に示す。CD 比ごとのエラー率の平均は、cd3 が 15.8 % (SD=15.7), cd4 が 21.3 % (SD=19.7), および cd5 が 16.4 % (SD=15.6) であった。順序ごとのエラー率の平均は、順序 1 が 25.6 % (SD=19.6), 順序 2 が 15.1 % (SD=14.5), および順序 3 が 12.5 % (SD=14.3) であった。CD 比間または順序間の文字入力速度に有意差があるかを調べた。Shapiro-Wilk 検定を行ったところ、CD 比ごとの文字入力速度および、順序ごとの文字入力速度に正規性はなかった。CD 比ごとのエラー率の有意差を調べるために、Kruskal-Wallis 検定を行った。その結果、CD 比ごとのエラー率に有意な差は見られなかった ($p = 0.099 > 0.05$)。次に順序ごとのエラー率の有意差を調べるために Kruskal-Wallis 検定を行った。その結果、順序ごとのエラー率に有意な差が見られた ($p = 6.26 \times 10^{-8} < 0.05$)。各順序に対するペア

表 1: SUS Score

	Mean	SD
cd3	58.3	19.3
cd4	63.3	22.3
cd5	65.0	22.2

ワイズ比較を行うために、Mann-Whitney U 検定を行うことにより、各順序ごとの有意差を調べた。その結果、順序 1 および順序 2 ($p = 3.11 \times 10^{-5} < 0.05$)、ならびに順序 1 および順序 3 ($p = 7.44 \times 10^{-8} < 0.05$) において有意な差が見られた。

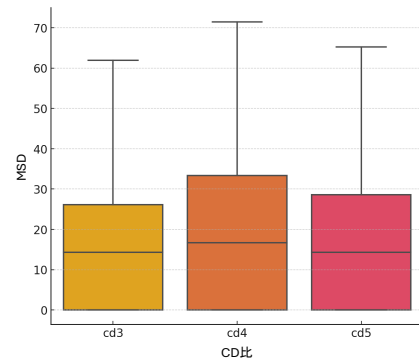


図 4: CD 比ごとの MSD ER.

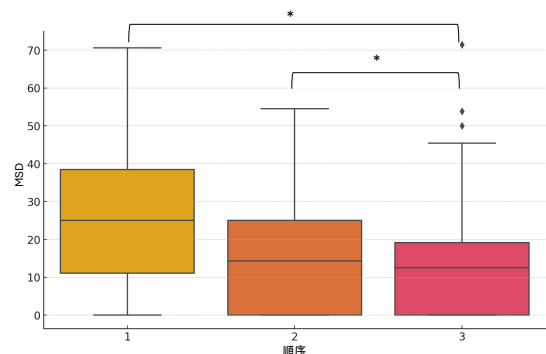


図 5: 順序における MSD ER ($p^* < 0.05$).

5.3 ユーザビリティ

SUS の結果を表 1 に示す。Shapiro-Wilk 検定を行ったところ、正規性があった。そのため ANOVA を用いて CD 比間に有意差があるかを検定した。その結果、CD 比間にて SUS のスコアに有意な差は見られなかった ($p = 0.854 > 0.05$)。

6. 考察および今後の課題

本節では、実験の結果に対して考察および本研究の今後の課題を述べる。

文字入力速度について、各 CD 比に対して有意差は見られなかったものの、順序に対して有意差が見られた。この理由の 1 つとして、本手法が QWERTY キーボードを用い

た文字入力または T9 キーボードを用いた文字入力のような使い慣れた文字入力手法と類似していないことが考えられる。参加者のアンケートから、「レイアウトの配置を理解するまで、キーの選択が難しい」という意見があった。特に子音入力の「は行」、「ま行」、および「な行」などの円形カーソルの初期位置から遠いキーに対して入力が難しいという意見が多かった。子音入力のキーの幅は母音入力のキーの幅よりも小さいため、CD 比に関わらずキー選択が難しいことを示唆している。さらに、順序を経るにつれて文字入力速度が有意に高くなっている。なお、著者の文字入力速度の平均値は、cd3 が 39.8 CPM (SD=2.7), cd4 が 41.1 CPM (SD=4.1), および cd5 が 36.9 CPM (SD=4.5) であった。そのため、本手法により習熟することにより、文字入力速度の向上が期待できる。

エラー率について、各 CD 比に対する有意差は見られなかったものの、順序に対して有意な差が見られた。これは文字入力速度と同じく、手法に習熟することによってエラー率が減少することを示す。

また、本手法のエラー率は全体的に高かった。その要因には、削除操作の誤動作が考えられる。削除操作を行うためには、一定の速度より速く竜頭を上回転させなければならない。さらに、参加者のアンケートから、「cd3 にて削除操作の誤動作が多かった」という意見が得られたことから、遠いキーに対して、CD 比が低い場合に削除操作が誤動作しやすいことが示唆される。

誤動作を減らす改善として、削除操作を画面のスワイプ操作に割り当てること考えた。また、著者のエラー率の平均値は、cd3 は 0.0 % (SD=0.0), cd4 は 9.0 % (SD=10.0), および cd5 は 14.0 % (SD=17.0) である。そのため、長期的な実験を行うことによりエラー率の低下が期待できる。

今回、CD 比、および決定操作の閾値を著者の主観にて定めた。参加者から「cd3 にて削除操作の誤動作が多かった」、「速度 0 の時にキーを決定する手法が厳しい」、および「本手法の決定操作の後に猶予時間を設けてほしい」という意見が得られた。今後、参加者の意見を踏まえ、CD 比、および決定操作の閾値の設計を行う。

7. おわりに

CD 比を変えた時のスマートウォッチの竜頭を用いたかな文字入力手法の文字入力性能の評価および比較を行った。結果、CD 比ごとの文字入力速度の平均は、cd3 が 19.5 CPM (SD=3.7), cd4 が 20.1 CPM (SD=3.6), cd5 が 20.9 CPM (SD=5.7) であった。さらに、CD 比ごとのエラー率の平均は、cd3 が 15.8 % (SD=15.7), cd4 が 21.3 % (SD=19.7), cd5 が 16.4 % (SD=15.6) であった。また、CD 比間に文字入力速度において有意な差は見られなかった。参加者から、本手法についていくつかのフィードバックを得た。今後、フィードバックをもとに本手法の改良を

行う。また、改良した手法における長期的な実験を行う。

参考文献

- [1] Siek, K. A., Rogers, Y. and Connelly, K. H.: Fat Finger Worries: How Older and Younger Users Physically Interact with PDAs, *Human-Computer Interaction - INTERACT 2005* (Costabile, M. F. and Paternò, F., eds.), Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, pp. 267–280 (2005).
- [2] Apple: Apple Watch の Siri を使う, <https://support.apple.com/ja-jp/guide/watch/apd02f71f945/watchos>. 最終参照日: 2024 年 6 月 25 日.
- [3] Motorola Mobility LLC: Voice commands - Moto 360 2nd Generation, https://en-us.support.motorola.com/app/answers/detail/a_id/106996/~voice-commands---moto-360-2nd-generation. 最終参照日: 2024 年 6 月 25 日.
- [4] Easwara Moorthy, A. and Vu, K.-P. L.: Voice Activated Personal Assistant: Acceptability of Use in the Public Space, *Proceedings of the 16th International Conference on Human Interface and the Management of Information. Information and Knowledge in Applications and Services - Volume 8522*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 324–334 (2014).
- [5] Moorthy, A. E. and Vu, K.-P. L.: Privacy Concerns for Use of Voice Activated Personal Assistant in the Public Space, *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 31, No. 4, pp. 307–335 (2015).
- [6] Efthymiou, C. and Halvey, M.: Evaluating the Social Acceptability of Voice Based Smartwatch Search, *Information Retrieval Technology* (Ma, S., Wen, J.-R., Liu, Y., Dou, Z., Zhang, M., Chang, Y. and Zhao, X., eds.), Cham, Springer International Publishing, pp. 267–278 (2016).
- [7] Pandey, L., Hasan, K. and Arif, A. S.: Acceptability of Speech and Silent Speech Input Methods in Private and Public, *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 251:1–251:13 (2021).
- [8] Li, N., Zhou, T., Zhou, Y., Guo, C., Fu, D., Li, X. and Guo, Z.: Research on Human-Computer Interaction Mode of Speech Recognition Based on Environment Elements of Command and Control System, *2019 5th International Conference on Big Data and Information Analytics (BigDIA)*, pp. 170–175 (2019).
- [9] Oney, S., Harrison, C., Ogan, A. and Wiese, J.: Zoom-Board: a diminutive qwerty soft keyboard using iterative zooming for ultra-small devices, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 2799–2802 (online), DOI: 10.1145/2470654.2481387 (2013).
- [10] Hong, J., Heo, S., Isokoski, P. and Lee, G.: Split-Board: A Simple Split Soft Keyboard for Wristwatch-sized Touch Screens, *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1233–1236 (online), DOI: 10.1145/2702123.2702273 (2015).
- [11] Hong, J., Heo, S., Isokoski, P. and Lee, G.: Split-Board: A Simple Split Soft Keyboard for Wristwatch-sized Touch Screens, *Proceedings of the 33rd Annual*

- ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '15, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 1233–1236 (online), DOI: 10.1145/2702123.2702273 (2015).
- [12] 下岡純也, 浅井洋樹, 山名早人: スマートウォッチにおけるアイズフリー日本語入力手法, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, WISS2015, 日本ソフトウェア科学会, pp. 145–146 (2015).
 - [13] 東條貴希, 加藤恒夫, 山本誠一: BubbleSlide: フリック操作の規則性を高めたスマートウォッチ向け日本語かな入力インタフェース, インタラクション, pp. 1048–1053 (2018).
 - [14] Akamine, K., Tsuchida, R., Kato, T. and Tamura, A.: PonDeFlick: A Japanese Text Entry on Smartwatch Commonalizing Flick Operation with Smartphone Interface, *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '24, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 941:1–941:11 (online), DOI: 10.1145/3613904.3642569 (2024).
 - [15] Gordon, M., Ouyang, T. and Zhai, S.: WatchWriter: Tap and Gesture Typing on a Smartwatch Miniature Keyboard with Statistical Decoding, *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '16, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 3817–3821 (online), DOI: 10.1145/2858036.2858242 (2016).
 - [16] 下岡純也, 山名早人: 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).
 - [17] Kerber, F., Kiefer, T. and Löchtefeld, M.: Investigating Interaction Techniques for State-of-the-Art Smartwatches, *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '16, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 2540–2547 (online), DOI: 10.1145/2851581.2892302 (2016).
 - [18] Ahlström, D., Hasan, K., Lank, E. and Liang, R.: TiltCrown: Extending Input on a Smartwatch with a Tilttable Digital Crown, *Proceedings of the 17th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, MUM '18, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 359–366 (online), DOI: 10.1145/3282894.3289726 (2018).
 - [19] Rakhmetulla, G. and Arif, A. S.: Crownboard: A One-Finger Crown-Based Smartwatch Keyboard for Users with Limited Dexterity, *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '23, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, pp. 46:1–46:22 (online), DOI: 10.1145/3544548.3580770 (2023).
 - [20] Apple: Apple Watch にアラームを追加する, <https://support.apple.com/ja-jp/guide/watch/apd27ce65478/watchos>. 最終参照日: 2024 年 6 月 25 日.
 - [21] Brooke, J. et al.: SUS-A quick and dirty usability scale, *Usability evaluation in industry*, Vol. 189, No. 194, pp. 4–7 (1996).
 - [22] Apple: Apple Watch Series 8 - 技術仕様, <https://support.apple.com/ja-jp/111848>. 最終参照日: 2024 年 6 月 25 日.