

WristRayFlick：手首からのレイによる VR 向けの片手かな文字入力手法

井口 凌輔* 横山 海青* 磯本 俊弥* 志築 文太郎*

概要. 本研究では、ハンドトラッキングを用いる VR 環境において使用できる、手首からのレイによる片手かな文字入力手法である WristRayFlick を示す。従来のフリック入力に基づく VR 向けの文字入力手法において、ユーザは指先をキーに触れさせるために奥行き方向へ手を移動させる必要がある。対して、WristRayFlick においては、手首からのレイによる子音キーの選択が可能であるため、奥行き方向の手の移動を必要としない。これにより、疲労の軽減および文字入力の高速化が見込める。

1 はじめに

VR 環境において、ハンドトラッキング技術を用いることにより、手の動作のみにて操作を行えるようになってきた。その状況におけるかな文字入力が近年研究されている [4, 8, 9, 11, 12, 13]。中でも、スマートフォン操作におけるフリック入力を活用した手法がある [8, 9, 12, 13]。フリック入力は、日本人の若者の 80% が既に慣れ親しんでいる [5]。加えて、スマートフォンにおけるフリック入力は 78.6 CPM と高速である [10]。そのため、VR 環境におけるかな文字入力においても、フリック入力に基づくものを開発することにより、短時間での習熟かつ高速な文字入力が可能となる可能性が見込める。

一方で、これまでの、ハンドトラッキング技術を用いた VR 向けフリック入力手法（以降、VR フリック入力手法）には、子音および母音を確定するためにユーザが奥行き方向へ手を移動させる必要があるため、入力に必要な手の移動量が多いという課題がある [8, 13]。一般に腕を上げてインタフェースを操作し続けると腕の疲労が生じることがわかっている（ゴリラアーム現象 [1, 2, 3]）。従来の VR フリック入力手法 [8, 13] においても同じ問題が発生していると考えられる。また、手の移動量が多いことにより、文字入力に時間がかかると考えられる。そのため、VR フリック入力手法において手の移動量を減らすことは、疲労の軽減および文字入力の高速化のために重要だと考えられる。

本研究では、手首の付け根の座標を始点として、ユーザから見て正面方向に放出されるレイ（図 1a）を用いる VR フリック入力手法である WristRayFlick を提案する。本手法においては、ユーザはレイを子音キーに当てる（子音選択）ことにより母音キー（図 1b）を表示し、次にいずれかの母音キーの方向へ指先をフリックする（図 1c）ことにより、その母音の入

力が可能である。この子音選択にレイを用いるという設計により、従来の VR フリック入力手法 [8, 13] において存在していた奥行き方向への手の移動は必要なくなっている。また、WristRayFlick では、レイの放出の始点を人差し指ではなく手首の付け根としたことにより、指によるさらなる操作を可能とした。そのため、スマートフォンにおけるフリック入力と似た、人差し指によるフリックを用いた文字入力を実現できた。

2 関連研究

従来の VR フリック入力手法（例えば [13]）においては、ユーザは指先をキーに触れさせることにより子音を選択し、その後に表示される母音キーへ指先を移動し、指を手前に引くことで母音を選択できる。対して、手の移動量を削減するために、奥行き方向への手の移動を、親指を曲げる動作 [12] や親指と人差し指でつまむ動作 [9] によって代替した手法がある。これらは手の移動量を削減した一方で、フリック入力とは異なる動作を必要とする入力手法である。WristRayFlick は、スマートフォンにおけるフリック入力と同様に指先によるフリック動作にて入力可能な VR フリック入力手法である。

また、フリック入力をコントローラを用いて行った際の性能を示した研究 [6, 7] がある。これらの研究において、スマートフォンにおけるフリック入力経験者は非経験者と比べて入力速度が速いことが示されている。この結果から、スマートフォンにおけるフリック入力の経験が、他の機器・環境におけるフリック入力の習熟に良い影響を与えていると考えた。そこで本研究では、VR 環境において、スマートフォンにおけるフリックと同様の指先によるフリック入力を可能とする手法を示す。これにより、短時間での習熟および入力速度の高速化を目指す。

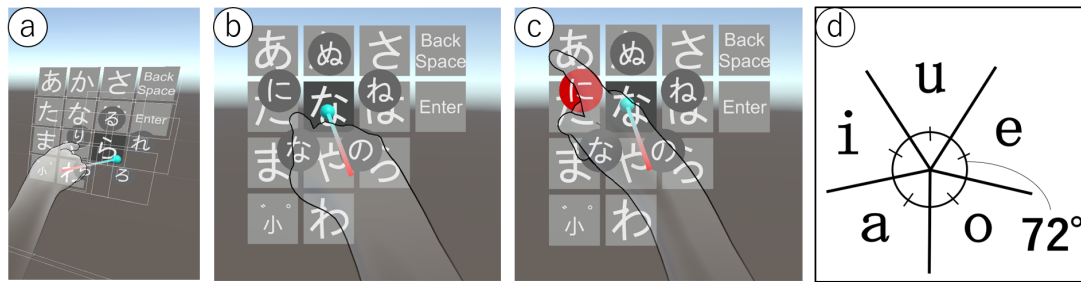


図 1. WristRayFlick の概要。手首からユーザ正面方向に放出されるレイ (a) で子音選択 (本例では「な」) を行い (b), その後、人差し指を用いたフリック動作により母音選択 (本例では「に」) を行う (c)。選択される母音はフリックの角度によって異なる (d)。

3 WristRayFlick

WristRayFlick による文字入力方法およびその実装を述べる。

3.1 文字入力方法

WristRayFlick においては子音選択および母音選択の 2 段階を経て文字が入力される。

ユーザは、手首の付け根の座標を始点として、ユーザの正面方向、すなわち VR 空間におけるカメラの向きに出たレイ (図 1a) をキーに当てることによって子音を選択する (図 1b)。また、ユーザに対して、選択した子音を示す視覚フィードバックを与えるために、キーの色は初期の状態を明るい灰色とし、選択された状態を暗い灰色とした。また、選択されたキーの周りに、そのキーに対応する 5 つの母音のキーが展開される (図 1b)。

ユーザは子音を選択した後、手首の位置を固定したままで人差し指の指先を 5 方向のいずれかに動かすこと (フリック) により、その方向に対応した母音を選択することができる (図 1c および d)。また、ユーザに対して、選択した母音を示す視覚フィードバックを与えるために、母音のキーの色は初期の状態を暗い灰色とし、選択された状態を赤色とした。なお、WristRayFlick においては、母音選択と同時に文字の入力が行われる。

3.2 実装

WristRayFlick におけるフリック動作の判定およびその無効化、およびレイの始点の移動量のスケールリングの実装について述べる。なお、以降の節においては、より高速、正確、かつ疲れのない VR フリック入力が可能となるようなパラメータを著者が決定した。また、実装に際して、ハンドトラッキングデバイスとして Ultraleap Stereo IR 170 Evaluation Kit を用いた。

3.2.1 フリック動作の判定

フリックが行われたことを判定するために、人差し指の指先の速度を用いる。WristRayFlick を実装したシステムにおいては、人差し指の指先の座標を 30 Hz のサンプリングレートで取得しており、1 サンプルごとに指先の速度を算出し、瞬間速度として扱っている。人差し指の指先の瞬間速度が秒速 0.4 m を超えたとき、フリック動作が行われたと判定する。

3.2.2 フリック動作の判定の無効化

3.2.1 節にて述べた通り、母音選択のためのフリック動作の判定には、指先の速度を用いる。そのため、子音選択のために手全体を動かしているだけでもフリックが行われたと判定されることがある。これを防ぐために、手首の速度が秒速 0.1 m を超えている間はフリック動作の判定を無効化する。

また、フリック後に指先をもとの位置に戻す際にもフリックが行われたと判定されることを防ぐために、前回のフリックから 0.3 秒経過するまではフリック動作の判定を無効化する。

3.2.3 レイの始点の移動量のスケールリング

手首の移動量とレイの始点の移動量を同じとした場合、すなわち、常にレイの始点の座標を手首の付け根の座標とする場合、子音選択の際に必要な手の移動が求められる。そこで我々は、レイの始点の移動量を手首の移動量の 2.5 倍とすることで、より少ない手首の動きでキーを選択できるようにした。

4 結論

本研究では、手首の付け根の座標を始点として放出されるレイを用いる VR フリック入力手法である WristRayFlick を示した。今後は WristRayFlick を用いたユーザ実験を実施することにより、文字入力速度および精度、および身体的疲労の度合いを明らかにする。

参考文献

- [1] S. Boring, M. Jurmu, and A. Butz. Scroll, Tilt or Move It: Using Mobile Phones to Continuously Control Pointers on Large Public Displays. In *Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group*, pp. 161–168, 2009.
- [2] J. D. Hincapié-Ramos, X. Guo, P. Moghadasian, and P. Irani. Consumed Endurance: A Metric to Quantify Arm Fatigue of Mid-Air Interactions. In *Proceedings of the 2014 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1063–1072, 2014.
- [3] S. Jang, W. Stuerzlinger, S. Ambike, and K. Ramani. Modeling Cumulative Arm Fatigue in Mid-Air Interaction based on Perceived Exertion and Kinetics of Arm Motion. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3328–3339, 2017.
- [4] K. Komiya and T. Nakajima. A New Japanese Input Method for Virtual Reality Applications. In M. Kurosu ed., *Human-Computer Interaction. Interaction Technologies*, pp. 43–55, Cham, 2018. Springer International Publishing.
- [5] N. Nagasawa. How Japanese University Students Type on Smartphone and PC. *Computer & Education*, 43:67–72, 2017.
- [6] R. Takahashi, S. Shirai, J. Orlosky, Y. Uranishi, and H. Takemura. A Japanese Character Flick-Input Interface for Entering Text in VR. In *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, pp. 251–253, 2021.
- [7] 横山海青, 高倉礼, 志築文太郎, 川口一画. フリック入力に基づく 2 本の押し込み機能付きジョイスティックを用いたテキスト入力手法. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, 23(4):383–396, 2021.
- [8] 喜多修太郎, 小倉加奈代, B. B. Bahadur, 高田豊雄. LeapMotion を用いた VR 上での文字入力手法の検討. *情報処理学会研究報告*, 2019-HCI-181(21):1–7, 2019.
- [9] 小澤宗馬, 梅澤猛, 大澤範高. 空中におけるつまむ動作を用いた効率的な文字入力の検討. 第 14 回情報科学技術フォーラム 第 3 分冊, pp. 389–390, 2015.
- [10] 須藤理紗, 寺田実. モバイル端末の姿勢を用いた文字入力拡張手法. *電気通信大学 情報理工学域 I 類 コンピュータサイエンスプログラム令和元年度卒業論文*, pp. 1–27, 2020.
- [11] 川口航平, 磯本俊弥, 志築文太郎, 高橋伸. VR 向けの掌上における日本語フリック入力手法の提案. *ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019*, pp. 676–682, 2019.
- [12] 大石真佐貴, 物部寛太郎. VR におけるハンドトラッキングを用いた日本語入力手法の検討. 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 2C1-2, pp. 1–4, 2021.
- [13] 福仲伊織, 謝浩然, 宮田一乗. VR 環境におけるフリック入力形式インタフェースの開発. *情報処理学会研究報告*, 2019-HCI-182(3):1–8, 2019.