

手首の屈曲および伸展を用いた VR 向け文字入力手法の検討

富永 浩暉* 平井 李音* 志築 文太郎†

概要. VR 環境においても、ユーザの手指を用いた文字入力が行えれば、文字入力にコントローラが不要となる分、好都合である。ただし、3次元インタラクションにおいて、手指による奥方向のポインティング精度が低いという課題がある。さらに、ユーザに好まれる QWERTY 配列の仮想キーボードには、キーボード面が垂直であるために、ユーザが文字入力において手を上下左右に移動させる必要があるため、身体的負荷が高いという課題がある。そこで、我々は手首の屈曲および伸展を用いた文字入力手法を設計している。本手法では、QWERTY 配列の上段および中段のキーを手首の屈曲および伸展により、下段のキーを親指の屈曲を用いてタップすることにより文字が入力される。この設計により、奥方向のポインティングを必要とせず、かつ、文字入力に伴う手の移動量を抑えた QWERTY 配列の仮想キーボードを実現できる。



図 1. QWERTY 配列の上段のキーが上部、中段および下段のキーが下部に配置された仮想キーボード。

1 はじめに

VR 環境における文字入力手法として、コントローラもしくはユーザの手指を用いた手法がある。ただし、VR 環境においても、実世界同様にユーザの手指を用いた文字入力が行えれば、文字入力にコントローラが不要となる分、好都合である。また、3次元インタラクションにおいてユーザは、3次元方向へのポインティングが可能である。しかし、手指による奥方向のポインティング性能は、上下左右方向のポインティング性能に比べて低いことが報告されている [6]。さらに、VR システムに標準搭載されている QWERTY 配列の仮想キーボードでは、キーボード面が垂直であるために、ユーザが文字入力において手を上下左右に移動させる必要がある。したがって、手の移動量に基づく身体的負荷 [7] が増加する。しかし、仮想キーボードを小さくした場合、

文字入力性能が低下することが報告されている [9]。

これらの問題を解決するために、我々は広く使われている QWERTY 配列において、手首の屈曲および伸展を用いた文字入力手法を開発している。本手法は奥方向のポインティングおよびユーザの手の移動量を削減するように設計されている。本手法において用いられるキーボードは、QWERTY 配列の上段のキーが上部、中段および下段のキーが下部に配置された立体状の仮想キーボードである (図 1)。本手法を用いる際、ユーザはまず仮想キーボードの上部および下部の間の空間に手指を挿入する。次に、ユーザは QWERTY 配列の上段および中段のキーを手首の屈曲および伸展により、下段のキーを親指を用いてタップすることにより文字を入力する。この設計により、3次元インタラクションにおいて手指によるポインティング性能が最も低い奥方向のポインティングを必要とせず、かつ、文字入力に伴う手の移動量を抑えた QWERTY 配列の仮想キーボードを実現できる。

2 関連研究

これまでに奥方向のポインティングを削減した VR 向け文字入力手法が提案されてきた。

藤田および志築 [10] は、レイキャストカーソルのクロッシングによる選択を用いた 1次元キーボードによる文字入力手法を提案した。Chen ら [2] は、VR 環境におけるレイキャストおよびタッチパッドを用いた 2種類のジェスチャ入力手法を提案した。しかし、これらの手法には、コントローラおよび外部デバイスが必要であるという課題がある。

大西および渡辺 [11] は、一筆書き用に簡略化された文字を指を用いて空中に描くことによる文字入力手法を提案した。Markussen ら [8] は、指をつまむジェスチャを起動トリガとして VR 環境におけるジェスチャ入力を行う手法を提案した。しかし、こ

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 筑波大学 情報理工学位プログラム

† 筑波大学 システム情報系

これらの手法には、文字入力に伴うユーザの手の移動量が大きいという課題がある。

以上より、外部デバイスを必要とせず、奥方向のポインティングおよび手の移動量を削減した文字入力手法が求められる。この課題に対して、我々は、手首の屈曲および伸展を文字入力に用いることにした。

3 設計および実装環境

我々は、コントローラを必要とせず、奥方向のポインティングおよび手の移動量を削減した QWERTY 配列の仮想キーボードを実装した。以下に、仮想キーボードの設計および実装環境を示す。

3.1 仮想キーボードの設計

図 1 に、今回実装した仮想キーボードの概形を示す。空中タップによる仮想キーボードへの文字入力において、ユーザは QWERTY 配列を好むことが報告されている [7]。したがって、本手法における仮想キーボードのキー配列は、図 1 のような QWERTY 配列とした。本手法では、QWERTY 配列の仮想キーボードを上部および下部に 2 分割し、下部に表示した中段を奥方向に 75 度、下段を奥方向に 90 度だけ傾けたひな壇状に設計した。

Bachynskyi ら [1] は、3次元インタラクションにおける疲労の少ない仮想キーボードの大きさについて、70.00 cm × 21.00 cm の領域に収めることを推奨している。これを踏まえ、日本人の肩幅の大きさ [5] に基づき、仮想キーボードの大きさを 42.50 cm × 12.25 cm とした。また、仮想キーボードのキーの形状については、直方体である場合の入力性能が高いことが報告されている [3]。よって、仮想キーボードのキーの形状を 3.75 cm × 3.75 cm × 1.25 cm の直方体とした。また、キー同士の間隔を 0.50 cm、上段および中段の間隔を 5.50 cm、キーの縦横方向の当たり判定を 4.25 cm、およびキーの奥行方向の当たり判定を 6.25 cm とした。なお、キーの当たり判定については、上段が下面のみ、中段および下段が上面のみ行うこととした。

3.2 実装環境

本研究では、VR 向け Head Mounted Display (以降、HMD) に HTC VIVE を、コンピュータには ALIENWARE m15 (Intel® Core™ i7-8750H, 16 GB RAM, NVIDIA® GeForce® GTX 1060, Windows 10) を用いた。空中タップを検出するために、HMD の前面に Leap Motion を装着した。赤外線による Leap Motion の外乱の影響を防ぐために直射日光が当たらない条件にて動作させる必要がある。また、Unity の環境において C# を用いて本キーボードを実装した。

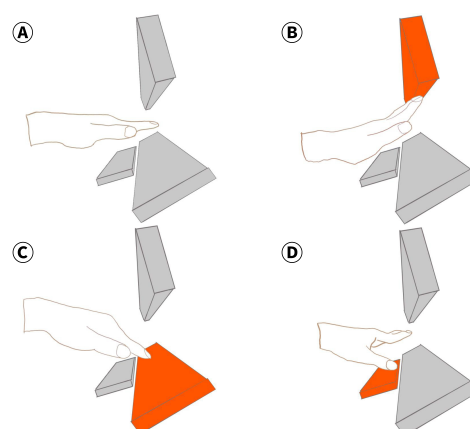


図 2. 今回実装した仮想キーボードの操作手順。

4 操作方法

今回実装した仮想キーボードの操作手順を図 2 に示す。本手法では、ユーザは図 2A のように上段および中段の間の空間に手指を挿入した状態から、手指の左右の動作に加えて手首の屈曲および伸展動作、および親指の屈曲動作により文字入力を行う。入力に要する動作は具体的には以下の通りである。

- 図 2B のように手首を伸展させることにより上段のキーをタップする。
- 図 2C のように手首を屈曲させることにより中段のキーをタップする。
- 図 2D のように親指を屈曲させることにより下段のキーおよびスペースキーをタップする。

なお、上段および中段のタップは両手の人差し指による空中タップのみを、下段のみ両手の親指による空中タップを有効とした。この設計は、両手の人差し指のみを用いた場合の入力性能が最も高いという報告に基づく [4]。また、ユーザがキーをタップした際には、キーが赤くなり、電子音によるフィードバックが与えられる。

5 おわりに

本稿では、QWERTY 配列の並びを変えずに奥方向のポインティングおよびユーザの手の移動量を削減した文字入力手法を報告した。本手法では、文字入力に、手首の屈曲および伸展動作、および親指の屈曲動作による空中タップを採用している。

今後は本手法および平面の仮想キーボードを用いた比較実験を通じて、文字入力性能、作業負荷、およびユーザビリティなどを評価する。また、ユーザが手首の屈曲および伸展による空中タップに慣れるまでは、高速な文字入力が困難であることが考えられる。そこで、本手法を長期間使用した際の文字入力性能を調査するための実験を行う。

参考文献

- [1] M. Bachynskyi, G. Palmas, A. Oulasvirta, and T. Weinkauff. Informing the Design of Novel Input Methods with Muscle Coactivation Clustering. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 21(6):1–25, Jan. 2015.
- [2] S. Chen, J. Wang, S. Guerra, N. Mittal, and S. Prakkamakul. Exploring Word-Gesture Text Entry Techniques in Virtual Reality. In *Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '19, pp. 1–6, New York, NY, USA, 2019. ACM.
- [3] T. J. Dube and A. S. Arif. Impact of Key Shape and Dimension on Text Entry in Virtual Reality. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '20, pp. 1–10, New York, NY, USA, 2020. ACM.
- [4] J. Dudley, H. Benko, D. Wigdor, and P. O. Kristensson. Performance Envelopes of Virtual Keyboard Text Input Strategies in Virtual Reality. In *2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ISMAR '19, pp. 289–300. IEEE, 2019.
- [5] H. Hoshi. Some Findings on the Physical Status and Body Types in Japanese Viewed from the “Report of the Survey on the Physical Status in Japanese”. *Journal of the Anthropological Society of Nippon*, 92(4):281–293, 1984.
- [6] Z. Liang, X. Xu, and S. Zhou. The Smallest Target Size for a Comfortable Pointing in Freehand Space: Human Pointing Precision of Freehand Interaction. *Universal Access in the Information Society*, 16(2):381–393, June 2017.
- [7] A. Markussen, M. R. Jakobsen, and K. Hornbæk. Selection-Based Mid-Air Text Entry on Large Displays. In *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013*, INTERACT '13, pp. 401–418, Berlin, Heidelberg, 2013. Springer Berlin Heidelberg.
- [8] A. Markussen, M. R. Jakobsen, and K. Hornbæk. Vulture: A Mid-Air Word-Gesture Keyboard. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pp. 1073–1082, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [9] H. Tu, S. Huang, J. Yuan, X. Ren, and F. Tian. Crossing-Based Selection with Virtual Reality Head-Mounted Displays. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '19, pp. 1–14, New York, NY, USA, 2019. ACM.
- [10] 藤田 俊, 志築 文太郎. クロッシングによる選択を用いた表示面積の小さい仮想現実向け 1 次元キーボード. ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 23, No. 1, pp. 47–56. ヒューマンインタフェース学会, Mar. 2021.
- [11] 大西 未来, 渡辺 大地. Leap Motion を使用した文字入力方法の提案. 研究報告コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学 (CG) , No. 8, pp. 1–4. 情報処理学会, Nov. 2016.