

HMKとアイポインティングを組み合わせたマルチモーダルな入力手法

野原 僚人* 石川 博規† 真鍋 宏幸*

概要. HMDは将来的に、PCやスマートフォンのように日常的に使われることが予測されている。日常利用にはオブジェクト操作だけではなく文字入力も重要となるが、現在のHMDでの文字入力には課題がある。我々はこれまで、Head Mounted Keyboard (HMK)とヘッドポインティングを組み合わせた入力を提案し、高速な文字入力と素早いポインティングへの切り替えを実現してきた。しかし、空間全体を利用できるVR/AR環境でヘッドポインティングを用いる場合、ユーザは頭部を大きく動かす必要があり、負担となる。そこで、本研究ではHMKとアイポインティングを組み合わせた入力手法を提案する。

1 はじめに

多くの企業がHead Mounted Display (HMD)の開発に取り組んでおり、HMDの性能は大きく向上している。現状では、VRゲームなど娯楽がHMDの主な利用用途となっているが、今後、HMDは現在のPCやスマートフォンのように多くの人が持つデバイスとなり、さらにそれらを置き換えていくことになるだろう。例えばApple社は、Vision Proを用いて空間コンピューティングによるHMDの日常使用を目指している。HMDを日常的に利用する場合、現実のオブジェクトを持ちながらの操作や、メールやプログラミングにおける文字入力を行うことになる。しかし、コントローラを用いた入力では、現実のオブジェクトを操作する際にそれを手放す必要があり、日常利用には不適である。そのため、ハンドトラッキングやアイトラッキングなどの、手にデバイスを持つ必要がない入力手法が用いられるべきである。また、現在広く用いられている仮想キーボードでの文字入力は、入力速度が遅く、画面を遮ってしまうなどの課題がある。

Head Mounted Keyboard (HMK)[2]は我々が提案した文字入力手法である。頭部に装着されたキーボードで文字入力を行うため、キーボードを机に設置する必要がなく、ユーザは自由な場所で高速に入力することができる。さらに、ヘッドポインティングをHMKに組み合わせる手法も提案した[4]。これにより文字入力を高速に行う中で、必要に応じて素早くポインティング入力を行うことができる。ヘッドポインティングは、HMKの操作姿勢を維持したまま行うことが可能であるためHMKとの相性は良いが、頭を大きく動かす必要があり、ポインティング範囲が大きくなるとユーザの首への負担になっ

てしまう。そこで本研究では、頭を動かさずにカーソルを自由に高速移動することができるアイポインティング入力とHMKを組み合わせた入力手法を提案する。

2 関連研究

2.1 HMDでのポインティング入力手法

HMDには様々なポインティング手法が存在している。コントローラポインティングは広く用いられており、かつ最も優れている[7]。決定操作にはコントローラのボタン押し込みが用いられており、誤操作も少ない。しかし、デバイスによって手をふさいでしまうため、日常的な利用には適していない。コントローラを使わない手法として、ハンドポインティングも利用されている[8]。この手法では、HMDに内蔵されているカメラで手をトラッキングする。手から発射されるレイでポインティングを行い、ピンチジェスチャによって決定とすることが多い。同様に、頭から発射されるレイを利用したヘッドポインティングも、決定操作にはピンチジェスチャが用いられている[7]。視線を利用したアイポインティングは、ヘッドポインティングに比べて選択までの速度が早く、頭の動く量が少ない点で優れている[1]。アイポインティングでの決定操作にはピンチジェスチャだけではなく、滞留時間入力や瞬目入力も用いられるが、後者にはミダスタッチ問題がある[3]。

ここで、これらのポインティング入力をHMKと組み合わせることを考える。コントローラ/ハンドポインティングは、HMKの操作姿勢を解除する必要があり、HMK再利用時にホームポジション探索などの切り替えに要する時間が発生してしまう。そのため、HMKの操作姿勢のまま利用可能なヘッドポインティングやアイポインティングが好ましい。

2.2 物理キーボードでの入力

Quest 3やVision Proでは標準機能で、机の上に設置された物理キーボードを仮想オブジェクトと

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.

* 芝浦工業大学

† NTT ドコモ

して表示することができ、高速な文字入力が可能である。しかし、物理キーボードを設置するための机が必要になるため、使用できる環境が限られている。そこで、ウェアラブルな物理キーボードを用いて自由な場所で文字入力を可能にする手法が提案されている [6][5]。その一つである HMK は我々が提案した手法であり、HMD 本体、つまりユーザの頭部にキーボードを装着し文字入力を行う [2]。物理キーボードが HMD 本体に固定されているため、どのような環境であってもキーボードで素早く入力することができる。さらに、ヘッドポインティングと組み合わせることで、HMK で入力を行う体勢のままのポインティングを可能にした [4]。この手法では仮想キーボードのような、小さなウィンドウならば問題はないが、複数のウィンドウや大きなウィンドウを操作する際には頭を大きく動かす必要がある。ユーザの頭には HMD と分割キーボードの重量が加わるため、大きく動かすことはユーザの首に負担となる。

3 提案手法

本研究では、HMK とアイポインティングを組み合わせた入力手法を提案する (図 1 左)。これにより、HMK で高速に文字入力、アイポインティングでポインティング入力を行うことができる。先述した通り、アイポインティングは選択速度が速く、頭を動かす範囲が少ない点で、ヘッドポインティングよりも優れている。また、HMK の操作姿勢で決定操作ができれば、切り替えコストを削減できる。瞬目選択や滞留時間選択は操作姿勢を崩さないが、ミダタッチ問題がある。そこで HMK のスイッチを決定操作にすることで、HMK の操作姿勢のままポインティング入力を行うこととする。

3.1 実装

HMK で使用されている分割型物理キーボード (市販されている Corne Chocolate をベースとし、ホームポジション周囲のキーキャップがホームポジションに向かってカーブしている特殊な形状のキーキャップを搭載している) と、Vision Pro を用いて実装を行った。なお、Vision Pro は HMD の内側に搭載された LED と赤外線カメラによってアイトラッキングが可能であり、それを利用した。それぞれの重量はキーボードが 250g、Vision Pro がバッテリーを除いて 650g であり、合計 900g である。決定操作は、キーボードの特定キーの押下、あるいは手のピンチのいずれでも行える。

3.2 アプリケーション

アプリケーションとして仮想キーボードと HMK を組み合わせた文字入力アプリケーションを作成した (図 1 右)。既存の HMK はキーの数が限られてお



図 1. HMK を装着した様子 (左) とアプリケーション例 (右)。仮想キーボード (数字・記号) と HMK (アルファベット) を組み合わせた入力が行える。

り、数字や記号の入力が複雑である。仮想キーボードを併用することで、アルファベットは HMK を用いて高速に入力し、数字や記号はポインティングによって比較的素早く入力することができる。また、実装はしていないが、文章修正の際に修正したい文字のみをポインティングで選択し、修正することも可能である。ほかの例として、複数のウィンドウが表示されている際に、視線の先にあるウィンドウに対して文字入力するなどの使用も考えられる。

この仮想キーボードを用いて著者が比較実験を行った。実験に用いたのは、(1) Quest3 での HMK+ヘッドポインティング、(2) Vision Pro での HMK+アイポインティング (カーソル表示あり)、(3) Vision Pro での HMK+アイポインティング (カーソル表示なし) の 3 つの手法 (以下それぞれを、Head, Eye-ON, Eye-OFF と表記) である。実験タスクは、表示されているプログラミング文を 6 個転写するタスクである。この文は筆者が用意したものであり、平均文字数は 25 文字で 1 文当たり 60% の数字・記号が含まれている。実験の結果、Head は 11.62WPM, Eye-ON は 9.11WPM, Eye-OFF は 8.99WPM であった。

ヘッドポインティングのほうが素早く入力できたのは、カーソル移動時の分解能が高く、安定してカーソルを移動できるからであると思われる。逆に言えば、アイトラッキングの精度が向上すれば、この差は小さくなると考えられる。また、筆者の体感ではアイポインティングの方が、顔の移動・回転が少ないため快適に操作をすることができ、アイポインティングのカーソルが表示されている方が正確に入力することができるように感じられた。

4 まとめ

本研究では HMK とアイポインティングを組み合わせた入力手法を提案した。高速な文字入力と疲れにくいポインティングを素早く切り替えることができる。今後は入力速度について、提案手法と他の手法との比較を詳細に行っていく。

参考文献

- [1] J. Blattgerste, P. Renner, and T. Pfeiffer. Advantages of eye-gaze over head-gaze-based selection in virtual and augmented reality under varying field of views. In *Proceedings of the Workshop on Communication by Gaze Interaction*, 2018.
- [2] W. Hutama, H. Harashima, H. Ishikawa, and H. Manabe. HMK: Head-Mounted-Keyboard for Text Input in Virtual or Augmented Reality. In *Adjunct Proceedings of the 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, p. 115–117, 2021.
- [3] A. K. Mutasim, A. U. Batmaz, and W. Stuerzlinger. Pinch, Click, or Dwell: Comparing Different Selection Techniques for Eye-Gaze-Based Pointing in Virtual Reality. In *ACM Symposium on Eye Tracking Research and Applications*, 2021.
- [4] R. Nohara, H. Ishikawa, and H. Manabe. Hybrid Input Technique for VR Combining Head Mounted Keyboard with Head Pointing. In *Proceedings of the 30th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2024.
- [5] J. Orlosky, N. Katzakis, K. Kiyokawa, and H. Takemura. Torso Keyboard: a wearable text entry device that can be used while sitting, standing or walking. In *Proceedings of the 10th Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction*, 2012.
- [6] D.-M. Pham and W. Stuerzlinger. HawKEY: Efficient and Versatile Text Entry for Virtual Reality. In *Proceedings of the 25th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2019.
- [7] M. Speicher, A. M. Feit, P. Ziegler, and A. Krüger. Selection-based Text Entry in Virtual Reality. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 1–13, 2018.
- [8] W. Xu, X. Meng, K. Yu, S. Sarcar, and H.-N. Liang. Evaluation of Text Selection Techniques in Virtual Reality Head-Mounted Displays. In *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, pp. 131–140, 2022.