

招待論文 展示空間における手持ち型ヘッドマウントディスプレイのVRポインティング手法の検討

阿部 優樹^{*†} 日下部 完^{*†} 崔 明根^{*‡} 坂本 大介[†] 小野 哲雄[§]

概要. 手持ち型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) は、その手軽さから展示会での利用が拡大しているが、VR に不慣れな来場者に適したポインティング手法の明確な指針は示されていない。本研究は、手持ち型 HMD における状況に応じた適切なポインティング手法を明らかにすることを目的とする。まず、手持ち型 HMD を利用した展示の実践者への半構造化インタビュー調査 (N=8) から、利用実態と課題を明らかにした。続いて、この知見に基づき 7 種類のポインティング手法を実装し、VR 初心者 (N=28) を対象にユーザビリティ調査を実施した。その結果、実際の展示で利用されていたハンドジェスチャの利用は推奨できないことが示唆された。対照的に、視線滞留による選択は、エラーが少なく、高いユーザビリティで自信のある入力を実現し、来場者の VR 経験を問わない安定した操作を提供することが明らかになった。これらの結果をもとに、手持ち型 HMD のポインティング手法を設計するためのガイドラインを作成した。

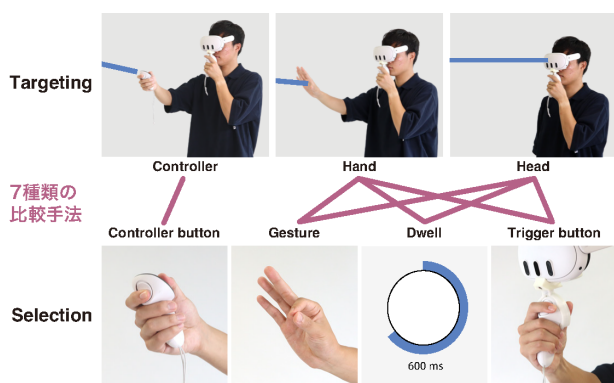


図 1. 手持ち型 HMD の概要と比較した 7 種類のポインティング手法

1 はじめに

近年のバーチャルリアリティ (VR) 技術の発展は目覚ましく、様々な分野での活用が進んでいる。従来の VR 体験では、ヘッドバンドを持つヘッドマウントディスプレイ (HMD) を頭部に装着し、手に持ったコントローラを操作することで VR 環境内とのインタラクションを行うのが一般的である。Human-Computer Interaction (HCI) の研究分野においても、こうした操作体系における有用なインタラクション手法について盛んに議論されており [4][5][6]、個人単位での利用において、その有効性が確立されて

いる。

一方で、展示会場のような、限られた時間に多数のユーザに対して VR コンテンツを体験させる公共空間では、ヘッドバンドの装着やコントローラの配布、操作説明といった工程が円滑な展示体験の妨げの要因となる。こうした課題に対し、近年では展示会での利用を目的として、HMD にハンドルを取り付けた「手持ち型 HMD」 [2][3] が運用され始めている。手持ち型 HMD は、体験者がハンドルを掴んで HMD を覗き込むだけで素早く VR 世界に没入できるため、髪型の乱れや装着の手間を気にすることなく、手軽に体験を開始・共有できるという利点を持つ。我々は、手持ち型 HMD の需要の拡大に際し、基本的な操作であるポインティング手法に焦点を当て、科学的な側面から手持ち型 HMD の状況に応じた適切なポインティング手法を明らかにした (図 1)。

2 実践者へのインタビュー調査

展示会場において手持ち型 HMD を利用して VR コンテンツを提供した経験のある 8 名の実践者へ半構造化インタビューを実施した。その結果、実践者らは手持ち型 HMD の手軽さが来場者の体験の心的障壁を下げると評価し、来場者を楽しませるためのインタラクティブなコンテンツの提供に意欲的であることがわかった。また、実際に運用されている手持ち型 HMD は市販の機体 (Meta Quest 3 等) に自作のハンドルを取り付けたものであり、そのインタラクション手法には通常の HMD に標準で搭載されているコントローラやハンドジェスチャを利用した手法が実践されていた。また、実践者らは下述の課題に直面していた。

- 来場者の VR 経験不足 VR に不慣れな来場者

Copyright is held by the author(s). This paper is nonrefereed and non-archival.

* 共同第一著者

† 北海道大学

‡ 筑波大学

§ 京都橘大学

表 1. ユーザ実験の結果の要約.

ポインティング手法	選択時間 (s)	エラー率 (%)	スループット (bits/s)	SUS	Raw-TLX	好み
Controller	0.86	8.72	3.19	78.75	29.82	1
Hand+Gesture	1.30	16.03	1.69	65.18	42.29	7
Hand+Dwell	1.63	0.89	1.55	73.93	36.79	5
Hand+Trigger button	1.33	14.16	1.71	50.80	49.69	6
Head+Gesture	0.96	5.48	2.80	65.80	37.27	4
Head+Dwell	1.29	0.00	2.16	79.55	28.27	2
Head+Trigger button	0.92	5.36	2.84	77.86	30.71	3

にとって、複雑な操作は混乱や体験意欲の低下を招くことが懸念される。

- **コントローラ配布の手間** 来場者ごとにコントローラを配布・回収する作業が、手持ち型 HMD の利便性を損なってしまう。

これらの課題は、実践者に操作手法のユーザビリティの懸念を抱かせる要因となり、8 名中 5 名の実践者がインタラクティブな機能の導入自体を見送っていた。この結果から、我々は手持ち型 HMD の利点を損なわず、かつ VR に不慣れな来場者でも直感的に使える操作手法の確立が必要であり、本研究では操作の中でも基礎的なポインティング手法に焦点を当てた。

3 ユーザビリティ調査

手持ち型 HMD の状況に応じた適切なポインティング手法を明らかにするために、ユーザビリティ調査を実施した。実践者が利用していたコントローラやハンドジェスチャを用いた手法に加え、頭の向き (Head) や滞留時間 (Dwell) を組み合わせた計 7 種類のポインティング手法を実装し、28 名の VR 未経験者を対象に 2 次元の Fitts' Law [1] タスクを実施する評価実験を行なった。

3.1 ポインティング手法

本研究で比較するポインティング手法は、対象を指し示す **Targeting** と、指し示した対象の選択を決定する **Selection** の 2 つの要素の組み合わせで構成する。 **Targeting** にはコントローラの向き (Controller)、ハンドルを握っていない手の向き (Hand)、頭部の向き (Head) の 3 種類を選定した。 **Selection** にはコントローラのボタン (Controller button)、ピンチ動作に依るハンドジェスチャ (Gesture)、頭部の向き (Head)、一定時間 (600 ms) 対象を注視する滞留時間 (Dwell)、さらに、手持ち型 HMD の利便性を損ないボタン入力として、ハンドルとして取り付けたコントローラのトリガーボタン (Trigger button) の 4 種類を選定した。これらを組み合わせ、計 7 種類の (手法 (Controller+Controller button, Hand+Gesture, Hand+Dwell, Hand+Trigger button, Head+Gesture, Head+Dwell, Head+Trigger button) を比較対象

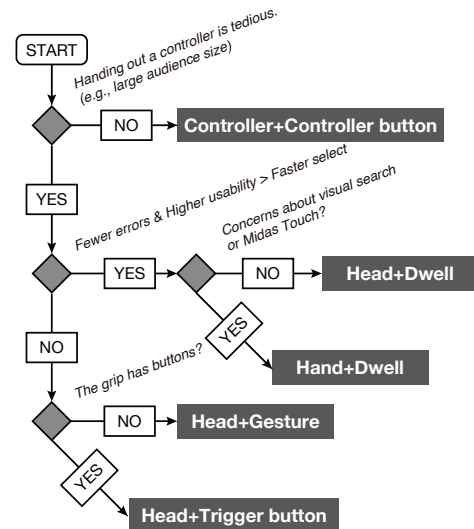


図 2. 手持ち型 HMD の状況に応じたポインティング手法設計のためのガイドライン

とした (図 1)。

3.2 結果

表 1 は評価指標の要約であり、実務で利用されていたハンドジェスチャを用いる手法はエラー率が高く、ユーザからも好まれないことが明らかになった。対照的に、Dwell を用いた手法は、極めて高い正確性とユーザビリティを達成した。こうした結果を踏まえて作成した、状況に応じたポインティング手法設計のためのガイドラインを図 2 に示す。コントローラを利用した手法は、全体のパフォーマンスが高く、配布する工程を容認できる場合に有効であるが、手持ち型 HMD の手軽さが薄れるリスクを孕んでいる。滞留時間 (Dwell) を用いた手法は、コントローラを必要としない正確性に優れたポインティングを実現し、VR 初心者のユーザにも好まれやすい手法である。一方で選択までに時間を要するため、高速な選択が必要とされるコンテンツ (射撃ゲームや楽器演奏など) では頭部方向 (Head) を利用したトリガーボタンやハンドジェスチャを利用したポインティング手法の利用が推奨される。

謝辞

本研究は JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2119, 戦略的創造研究推進事業 JPMJCR21D4, JST 創発的研究支援事業 JPMJFR226S の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] P. M. Fitts. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of experimental psychology*, 47(6):381, 1954.
- [2] J. Hwang, J. Jung, and G. J. Kim. Hand-held virtual reality: a feasibility study. In *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, VRST '06, p. 356–363, New York, NY, USA, 2006. Association for Computing Machinery.
- [3] Y. R. Kim and G. J. Kim. Presence and immersion of "easy" mobile VR with open flip-on lenses. In *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, VRST '17, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [4] J. Liang and M. Green. JDCAD: A highly interactive 3D modeling system. *Computers & Graphics*, 18(4):499–506, 1994.
- [5] M. R. Mine. Virtual Environment Interaction Techniques. Technical report, University of North Carolina at Chapel Hill, USA, 1995.
- [6] V. Tanriverdi and R. J. K. Jacob. Interacting with Eye Movements in Virtual Environments. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '00, p. 265–272, New York, NY, USA, 2000. Association for Computing Machinery.