

口と頭を用いた仮想空間内連続移動技法の提案

日大生産工(院) ○河合 起児 日大生産工 岡哲資

1. はじめに

近年、安価なヘッドマウントディスプレイ(HMD)の普及によって、仮想現実(VR)体験は身近なものになっている。VR体験においては、移動技法を用い、現実空間で移動することなく、広いVR空間内を自由に移動できる。したがって、移動技法は、VRゲーム内だけでなく、VRアプリ内やメタバース内における観光やショッピングなどにも有用である。

近年の多くのVRゲームやVRアプリでは、手持ちコントローラを使用した移動技法が採用されている[1]。これらの移動技法には、移動先を指定して瞬時に移動するテレポート、移動方向と速さを指定して移動する連続移動、回転方向を指定して回転する視点回転が含まれる。テレポートには、移動効率が良く、VR酔いが起きにくいという長所がある[2]。しかし、テレポート体験は、現実の移動体験と大きく異なり、近距離の移動や位置の調節に適さないという短所もある。連続移動には、VR酔いの問題があるが、現実体験に近く、近距離の移動や位置の調節にも適している[3]。固定された椅子やソファなどに座って体験する場合には、移動技法だけでなく、視点回転の技法が必要になる[4]。ハンドトラッキング技術を用いれば、コントローラを使用せずにHMDのみを用いて、テレポート、連続移動、視点回転を行うことも可能である[5,6,7]。しかし、これらの技法では、VR体験時の手の使用が制限される。このことから、手を用いないハンズフリー移動技法の研究が行われてきた[8-34]。

従来のハンズフリー移動技法の多くは、HMD以外の装置を必要とするもの[8-22]であり、HMDのみで使用可能な移動技法[23-34]に比べると利便性が低い。そのうち、音声コマンドを用いる技法[23,24]は、移動効率の面で他の従来技法に劣り、周囲に配慮が必要な状況では使いにくい。体や頭を傾げることで移動方向と速さを指定する連続移動技法[25,26]にも、疲れやすさなどの短所がある。頭とまぶたや口の動きを用いたテレポート技法[27]は評価されているものの、頭と口を用いた連続移動と視点回転の技法についてはこれまでに提案されていない。頭と口の動きを用いれば、テレポートに加えて、連続移動と視点回転をHMDのみ

で行える。そこで、本稿では、頭と口の動きを用いたハンズフリー連続移動技法および視点回転技法を提案する。

2. 関連研究

2.1 ハンズフリー移動技法

HMD以外のデバイスを使用するハンズフリー移動技法に関して、足を使った移動技法[8-12]、体を傾げる移動技法[13-20]、頭の傾きによる技法[21]、脳波技法[22]などの研究が行われてきた。しかし、これらの技法は、利便性に問題がある。また、HMDのみを用いるハンズフリー移動技法に関しては、頭の動きによる技法[25]、体を傾げる移動技法[26]、音声を用いる技法[23,24]、目の動きと瞬きを用いる技法[30]、頭とウィンクまたは口の動きを用いる技法[27]などが研究されてきた。

頭の動きによる連続移動技法[25]と目の動きによる視点回転[33,34]は、疲労しやすさが問題である。音声を用いた連続移動技法[23,24]は、効率と周囲への影響などが問題である。瞬き、ウィンク、口の動きは、テレポートにおいて、ボタンなどの代わりに使用されている[27,30]。しかし、連続移動や視点回転には応用されていない。本稿では、口の動きを連続移動と視点回転に応用する。

2.2 連続移動技法

手持ちコントローラを使用した連続移動、手のジェスチャによる連続移動の研究が多数行われてきた[1,7,35]。しかし、これらの技法には、手の疲労、移動時の手の使用の制限などの問題がある。ハンズフリーの連続移動技法には、前節で触れた音声による技法[23,24]、体の傾きによる技法[26]、頭の動きによる技法[25]がある。

2.3 視点回転技法

これまでに、手持ちコントローラを使用した視点回転[36,37]、手のジェスチャによる視点回転[6,7]の研究も行われてきた。しかし、これらの技法には、手の疲労、手の使用の制限などの問題がある。ハンズフリーの視点回転には、目による技法[33,34]の他に、足を用いる技法

[12]、体を傾ける技法[17]などがある。しかし、これらの技法は、HMD以外のデバイスを必要とする。

3. 提案技法

提案技法では、操作パネルを用い、口と頭で連続移動と視点回転を行う。固定された椅子やソファに座ったまま、HMDのみで手を用いずにVR空間内の移動が行える点が特長である。

3.1 操作パネルとレーザーポインタ

図1および2に示す2種類の操作パネルを提案する。図1の円形操作パネルは、内側の円内にある3つの視点回転領域、外側の円と内側の円間の連続移動領域で構成する。図2の正方形操作パネルは、円内の連続移動領域、正方形内・円外の3つの視点回転領域で構成する。

操作パネルは、レーザーポインタで操作する。レーザーは、首付近から照射する。これによって、レーザーが視認しやすく、首の負担が小さくなるを考える。照射方向は、頭の動きで変わる。操作パネル内の領域にレーザーを照射すると、領域の色が変化する。図3に、VR空間内の操作パネルとレーザーポインタの配置を示す。

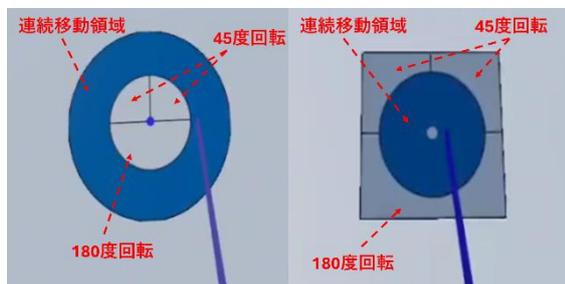


図1. 円形操作パネル 図2. 正方形操作パネル

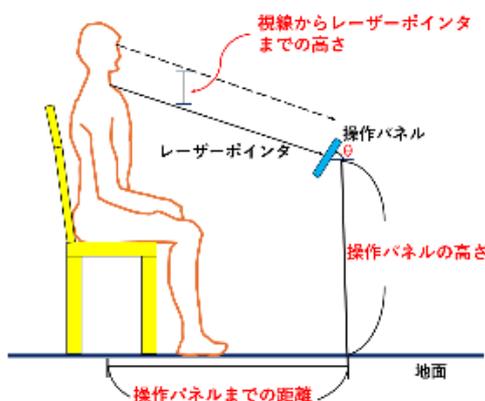


図3. 配置イメージ図

3.2 連続移動技法

図1または2の操作パネルの連続移動領域に、レーザーを照射し続け、口のジェスチャを行うことで連続移動を行う。移動方向は、照射位置によって決定する。パネルの中心位置からの上下左右のずれによって移動方向を決定することで、全方向の連続移動が行える。

速さの操作技法は、2種類提案する。まず、連続移動領域の位置に基づく技法である。この技法では、照射位置がパネルの中心から遠いほど速く移動する。次に、口のジェスチャの強度に基づく技法である。この技法では、口ジェスチャが強いほど速く移動する。

3.3 視点回転技法

視点回転には、操作パネルの3つの視点回転領域を使用する。いずれかの領域にレーザーを照射し続け、口ジェスチャを行うと、45度または180度回転する。意図しない回転が起きないように回転の条件(口ジェスチャの開始および終了判定など)を設定する。

3.4 口のジェスチャ

既存の頭と口のテレポート技法[27]は、口を開けるジェスチャを使用している。このジェスチャには、頭の動きによってレーザーの照射位置がずれやすいという問題があった。そこで、下唇を巻き込む口ジェスチャを提案する。このジェスチャは、日本語の会話では、使用しない動きであり、頭が動きにくいいため、意図しない移動と回転や照射位置のずれを軽減できると考えたからである。図4に、ジェスチャのイメージ図を示す。連続移動を行うには、操作パネルの連続移動領域にレーザーを照射しつつ、図4の口の形を維持する。視点回転を行うには、視点回転領域を選択しつつ、口の形を大きき目に変え、元に戻す。

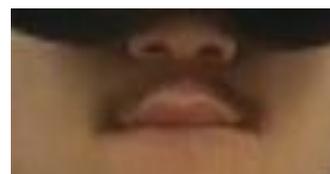


図4. 口のジェスチャイメージ図

4. 今後の展望

今後は、Meta Quest Pro[38]を使用し、提案

技法と手持ちコントローラによる従来の連続移動および視点回転技法の比較、円形パネルと正方形パネルの比較、2種類の速さ指定の比較などのユーザスタディを行い、提案技法を評価する。また、提案した口のジェスチャをテレポートや物体操作などに応用する。

参考文献

- 1) Anderton, Craig, et al. "From Teleportation to Climbing: A Review of Locomotion Techniques in the Most Used Commercial Virtual Reality Applications." *International Journal of Human-Computer Interaction* (2024): 1-21.
- 2) Clifton, Jeremy, and Stephen Palmisano. "Effects of steering locomotion and teleporting on cybersickness and presence in HMD-based virtual reality." *Virtual Reality* 24.3 (2020): 453-468.
- 3) Riecke, Bernhard E., and Daniel Zielasko. "Continuous vs. discontinuous (teleport) locomotion in vr: How implications can provide both benefits and disadvantages." *2021 IEEE conference on virtual reality and 3D user interfaces abstracts and workshops (VRW)*. IEEE, 2021.
- 4) Zielasko, Daniel, and Bernhard E. Riecke. "To sit or not to sit in vr: Analyzing influences and (dis) advantages of posture and embodied interaction." *Computers* 10.6 (2021): 73.
- 5) Sindhupathiraja, Siddhanth Raja, et al. "Exploring Bi-Manual Teleportation in Virtual Reality." *2024 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2024.
- 6) Kronemberger, Victhor, et al. "Hand gestures for continuous locomotion and snap turn for VR Experiences." *Proceedings of the 25th Symposium on Virtual and Augmented Reality*. 2023.
- 7) Kang, Sei, et al. "The RayHand Navigation: A Virtual Navigation Method with Relative Position between Hand and Gaze-Ray." *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2024.
- 8) Von Willich, Julius, et al. "Podoportation: Foot-based locomotion in virtual reality." *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2020.
- 9) Balderas, Marco Valdez, et al. "A makerspace foot pedal and shoe add-on for seated virtual reality locomotion." *2019 IEEE 9th International Conference on Consumer Electronics (ICCE-Berlin)*. IEEE, 2019.
- 10) Zielasko, Daniel, et al. "Evaluation of hands-free HMD-based navigation techniques for immersive data analysis." *2016 IEEE symposium on 3D user interfaces (3DUI)*. IEEE, 2016.
- 11) Otaran, Ata, and Ildar Farkhatdinov. "A Seated Robotic Interface to Control Walking of Physical and Virtual Avatars."
- 12) Chan, Liwei, et al. "Seated-WIP: Enabling Walking-in-Place Locomotion for Stationary Chairs in Confined Spaces." *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2024.
- 13) Vezzani, Leonardo, et al. "The WalkingSeat: A Leaning Interface for Locomotion in Virtual Environments." *International Conference on Virtual Reality and Mixed Reality*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023.
- 14) LaViola Jr, Joseph J., et al. "Hands-free multi-scale navigation in virtual environments." *Proceedings of the 2001 symposium on Interactive 3D graphics*. 2001.
- 15) Hashemian, Abraham M., et al. "Leaning-based interfaces improve simultaneous locomotion and object interaction in VR compared to the handheld controller." *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (2023).
- 16) Kitson, Alexandra, et al. "NaviChair: Evaluating an embodied interface using a pointing task to navigate virtual reality." *Proceedings of the 3rd acm symposium on spatial user interaction*. 2015.
- 17) Ohshima, Toshikazu, Hiroki Ishihara, and Ryuki Shibata. "Virtual ISU: Locomotion interface for immersive VR gaming in seated position." *Proceedings of the 2016 virtual reality international conference*. 2016.
- 18) Kitson, Alexandra, et al. "Comparing leaning-based motion cueing interfaces for virtual reality locomotion." *2017 IEEE Symposium on 3d user interfaces (3DUI)*. IEEE, 2017.
- 19) Hashemian, Abraham M., and Bernhard E. Riecke. "Leaning-based 360 interfaces: investigating virtual reality navigation interfaces with leaning-based-translation and full-rotation." *Virtual, Augmented and Mixed Reality: 9th International Conference, VAMR 2017, Held as Part of HCI International 2017, Vancouver, BC, Canada, July 9-14, 2017, Proceedings 9*. Springer International Publishing, 2017.

- 20) Nguyen-Vo, T., Riecke, B. E., Stuerzlinger, W., Pham, D. M., & Kruijff, E. (2019). Naviboard and navichair: Limited translation combined with full rotation for efficient virtual locomotion. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 27(1), 165-177.
- 21) Adhanom, Isayas Berhe, and Eelke Folmer. "Embodied Third-Person Virtual Locomotion using a Single Depth Camera." *Graphics Interface 2021*. 2021.
- 22) Kim, Jinwook. "[DC] Exploring and Designing VR Locomotion Method Based on Bio-Signal for Hands-Free Context and its Improvement." *2024 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. IEEE, 2024.
- 23) Calandra, Davide, Filippo Gabriele Praticò, and Fabrizio Lamberti. "Comparison of hands-free speech-based navigation techniques for virtual reality training." *2022 IEEE 21st Mediterranean Electrotechnical Conference (MELECON)*. IEEE, 2022.
- 24) Hombeck, Jan, et al. "Tell me where to go: Voice-controlled hands-free locomotion for virtual reality systems." *2023 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2023.
- 25) Tregillus, Sam, Majed Al Zayer, and Eelke Folmer. "Handsfree omnidirectional VR navigation using head tilt." *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2017.
- 26) Buttussi, Fabio, and Luca Chittaro. "Locomotion in place in virtual reality: A comparative evaluation of joystick, teleport, and leaning." *IEEE transactions on visualization and computer graphics* 27.1 (2019): 125-136.
- 27) Prithul, Aniruddha, et al. "Evaluation of Hands-free Teleportation in VR." *Proceedings of the 2022 ACM Symposium on Spatial User Interaction*. 2022.
- 28) Bolte, Benjamin, Frank Steinicke, and Gerd Bruder. "The jumper metaphor: an effective navigation technique for immersive display setups." *Proceedings of virtual reality international conference*. Vol. 1. No. 2. 2011.
- 29) Weissker, Tim, et al. "Semi-Automated Guided Teleportation through Immersive Virtual Environments." *30th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*. 2024.
- 30) Rebsdorf, Mikkel Rosholm, et al. "Blink don't wink: Exploring blinks as input for VR games." *Proceedings of the 2023 ACM Symposium on Spatial User Interaction*. 2023.
- 31) Kruse, Lucie, et al. "On the Use of Jumping Gestures for Immersive Teleportation in VR." *ICAT-EGVE*. 2020.
- 32) Fuhrmann, Anton, Dieter Schmalstieg, and Michael Gervautz. "Strolling through cyberspace with your hands in your pockets: Head directed navigation in virtual environments." *Virtual Environments' 98: Proceedings of the Eurographics Workshop in Stuttgart, Germany, June 16-18, 1998*. Springer Vienna, 1998.
- 33) Lee, Hock Siang, et al. "Snap, Pursuit and Gain: Virtual Reality Viewport Control by Gaze." *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2024.
- 34) Lee, Jaeyoon, et al. "RPG: Rotation Technique in VR Locomotion using Peripheral Gaze." *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 8.ETRA (2024): 1-19.
- 35) Martinez, Esteban Segarra, Annie S. Wu, and Ryan P. McMahan. "Research trends in virtual reality locomotion techniques." *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2022.
- 36) Sargunam, Shyam Prathish, and Eric D. Ragan. "Evaluating joystick control for view rotation in virtual reality with continuous turning, discrete turning, and field-of-view reduction." *Proceedings of the 3rd International Workshop on Interactive and Spatial Computing*. 2018.
- 37) Benda, Brett, et al. "An Evaluation of View Rotation Techniques for Seated Navigation in Virtual Reality." *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* (2023).
- 38) Meta Quest Pro: 高品質のMR | Meta Store <https://www.meta.com/jp/quest/quest-pro/> (参照 2024-10-17)