

外界を投影するディスプレイを装着したHMDによる 非対称VR体験の共有の提案

亀岡 嵩幸^{1,a)}

概要：没入型ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いたバーチャルリアリティ（VR）体験において、HMD 装着者のみが VR 環境の映像を見ることができ、周囲の人々からと VR 体験の共有をすることができない。従来の研究では HMD 装着者の視点を HMD の前面に取り付けたディスプレイに表示することで体験の共有している。本提案では HMD 前面に取り付けたカメラとディスプレイを用いて外界の映像と VR 環境の映像を重畳させた映像を表示し、周囲の人々に受け入れられる VR 体験を設計することを目指す。

1. はじめに

近年、低価格な没入型ヘッドマウントディスプレイ（HMD）が普及している。これらのコンシューマー向け HMD の多くは映像を提示するディスプレイや自己位置を推定する各種センサを内蔵しているほか、バーチャルリアリティ（VR）環境をシミュレートする GPU を内蔵しており、HMD 単体で VR 体験が可能となっている。このような単体で動作可能なスタンドアロン HMD を用いた VR 体験は自宅や限られた環境にとどまらず、交通機関の中やオフィスといった公共空間における活用も検討されている [1], [2]。

こうした活用の背景には周辺映像を HMD に内蔵されたカメラで取得し、バーチャル環境と重畳して表示する MR システムの普及が影響していると考えられる。MR システムを用いることで実空間と連携したコンテンツの体験ができるだけでなく、ユーザーは周囲の安全を確保する、周囲の人々と交流することができる、といった利点がある。しかし、HMD を装着していない周囲の人々は HMD ユーザーの視界を確認できないため、コミュニケーションを図ることが難しく、HMD ユーザーの社会的交流を断絶し、孤立を誘発するという課題がある [3]。

このような課題に対し、HMD ユーザーの視点を HMD 前面に取り付けたディスプレイやプロジェクタを用いて外部に投影するという取り組みがなされている [4], [5]。これらの提案では HMD ユーザーが見ているバーチャル環境を外部のユーザーと共有することで体験の共有を図るほか、タッチディスプレイやモーショントラッキングセンサを用

いることで外部のユーザーが VR 体験に介入することができる。しかし、これまでの提案は HMD ユーザーの視点を外部に見せることに主眼が置かれており、外部のユーザーが HMD ユーザーにどのような様に見られているかを確認することはできない。外部ユーザーとのインタラクションを実現するうえで、自身の動作がどのように反映されているかを確認するという点、また公共環境における使用を想定した場合にプライバシー保護や心理的抵抗感を軽減する観点からも取得映像を外部に表示することが有用であると考えた。

そこで本研究では、HMD の前面にディスプレイを取り付け、カメラにより取得した外部映像とバーチャル環境の映像を重畳させた映像を投影し、外部ユーザーが HMD ユーザーの視点を確認する手法とその応用例について提案する。またハンドトラッキングセンサ（Leapmotion）を使用して外部ユーザーが HMD ユーザーとインタラクション可能とするプロトタイプを作成した。



図 1 本研究のコンセプト。HMD（Meta Quest3）前面に取り付けられたディスプレイおよび web カメラより外部の映像を取得し、相対するユーザーは HMD ユーザーとハンドトラッキングを用いたインタラクションを行う。

¹ 九州大学 大学院芸術工学研究院 メディアデザイン部門

^{a)} kameoka@design.kyushu-u.ac.jp

2. 関連研究

HMD 外部にディスプレイを取り付けることで HMD ユーザーと外部の人々とのコミュニケーションを円滑化する取り組みは様々な手法が検討されている。製品では Apple Vision pro (Apple. inc)*¹は HMD の前面にディスプレイが取り付けられており、HMD により隠されたユーザーの顔を 3D モデルで表示する機能が実装されている。同様に Mai らは HMD 前面に取り付けたディスプレイにユーザーの顔のモデルを表示しているが、HMD の角度に応じて映像の向きを変更することで相対するユーザーから見て立体的に見えるようしている [6]。Chan らは HMD 前面のディスプレイに、デフォルメ化された眼とバーチャル環境の映像を重ねさせて表示することでユーザーの視線と体験の共有を同時に行っている [7]。Gugenheimer らは HMD 前面と左右に取り付けたタッチディスプレイによりバーチャル環境の映像の共有と外部からのタッチインタラクションを実現した [4]。これらのほか、HMD ユーザーと外部のインタラクションを実現するものとして、プロジェクタを用いて外部と映像を共有する手法 [5], [8], [9], [10] や設置型のディスプレイを用いる手法 [11], 外部ユーザーをバーチャルオブジェクトとして VR 環境に表示する手法 [12] など多岐にわたる。

しかし、これらの研究の多くは VR 映像のみを外部に表示することに焦点を当てており、外部の映像と VR 映像を重ねて表示する方法についての検討は限られている。本研究はこれらの課題に着目し、HMD の前面に取り付けたカメラとディスプレイを活用して外部映像と VR 映像を同時に提示することで外部ユーザーと HMD ユーザーのインタラクションを促進する。

3. 提案手法

本研究では、HMD として Meta Quest 3 (Meta. inc) を使用し、以下の構成でシステムのプロトタイプを実装した。

3.1 ハードウェア構成

提案システムは HMD、web カメラ、ディスプレイ (7 インチ, 1024*600 px)、制御用 PC、モーショントラッキングセンサ (Leapmotion, Ultraleap) より構成する。web カメラは吸盤を用いてディスプレイ面に取り付けた。ディスプレイと HMD は治具を 3D プリンタにて作成し、HMD のベルト部分に固定した。制御用 PC では Unity を使用して web カメラの映像とバーチャルオブジェクトの重畳を行い、HMD の角度に応じた視点からの映像をディスプレイに投影した。Unity 内における処理は次節にて述べる。Leapmotion は相対する外部ユーザーの手の形状を取

得し、バーチャルオブジェクトとのインタラクションを行う。Leapmotion は HMD に取り付けず、机上に設置した。

3.2 ソフトウェア構成

バーチャル環境の構築と提示映像の実装には Unity 2022.3.21f1 を使用し、MR 映像生成のため Meta XR Core SDK を使用した。HMD ユーザーのハンドトラッキングには Meta Quest3 のハンドトラッキング機能を使用し、外部ユーザーのハンドトラッキングは Leapmotion を用いた。これら 2 者のハンドトラッキング結果は Unity 上で同一シーン内で処理された。web カメラの映像は Unity 内の平面に投影され、その手前にバーチャルオブジェクトを合成するため外部ユーザーの視点位置に配置した Untiy 内のカメラ映像を重ね合わせた。なお映像は外部ユーザーにとって理解しやすくするため左右を反転し、鏡像となるようにディスプレイに表示した。

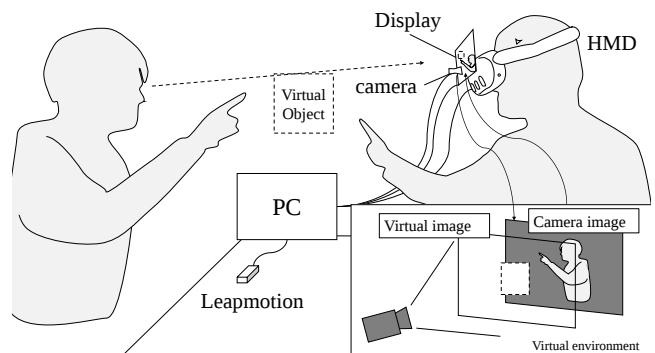


図 2 システム構成。HMD ユーザーは MR モードにて周辺環境と重畳したバーチャル環境を見ている。外部ユーザーは HMD 前面に取り付けられたディスプレイ越しにバーチャル環境を認識し、Leapmotion を用いてハンドトラッキングによるインタラクションを行う。

4. まとめと今後の展望

本研究では、HMD の前面に取り付けたカメラとディスプレイを利用し、外部環境とバーチャル環境の映像を重ねて表示するシステムのプロトタイプを実装した。本システムは、MR 体験時における周辺環境の取得結果を外部と共有することで外部ユーザーと HMD ユーザー間のインタラクションを促進する。今後は本システムを用いた HMD ユーザーと外部ユーザーの共同タスクの評価や MR 体験時に周囲に与える心理的抵抗感の計測をおこなう。また取得映像を用いて外部ユーザーの位置推定を行い、外部ユーザーの視線に応じた奥行き映像の提示とハンドトラッキングエリアの調整を行う。

本研究では HMD に外付けの機器を用いてコンセプトの実証を試みた。今後のコンシューマー HMD の発展に伴いアプリケーションの開発とスタンドアロン HMD のみで成

*¹ Apple Vision pro, <https://www.apple.com/apple-vision-pro/>
Accessed 2024-12-24

立する構成の開発を行う。今後本研究結果が普及することで HMD の社会的受容性を高めることが期待される。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP23K19992 の支援をうけて行われた。

参考文献

- [1] Ruvimova, A., Kim, J., Fritz, T., Hancock, M. and Shepherd, D. C.: "Transport Me Away": Fostering Flow in Open Offices through Virtual Reality, *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, NY, USA, pp. 1–14 (2020).
- [2] Guo, J., Weng, D., Zhang, Z., Jiang, H., Liu, Y., Wang, Y. and Duh, H. B. L.: Mixed reality office system based on maslow's hierarchy of needs: Towards the long-term immersion in virtual environments, *Proceedings - 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2019*, pp. 224–235 (2019).
- [3] Rogers, K., Karaosmanoglu, S., Wolf, D., Steinicke, F. and Nacke, L. E.: A Best-Fit Framework and Systematic Review of Asymmetric Gameplay in Multiplayer Virtual Reality Games, *Frontiers in Virtual Reality*, Vol. 2, p. 694660 (2021).
- [4] Gugenheimer, J., Stemasov, E., Sareen, H. and Rukzio, E.: FaceDisplay: Towards asymmetric multi-user interaction for nomadic virtual reality, *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, Vol. 2018-April (2018).
- [5] Wang, C. H., Yong, S., Chen, H. Y., Ye, Y. S. and Chan, L.: HMD light: Sharing In-VR experience via head-mounted projector for asymmetric interaction, *UIST 2020 - Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 472–486 (2020).
- [6] Mai, C., Knittel, A. and Hußmann, H.: Frontal Screens on Head-Mounted Displays to Increase Awareness of the HMD Users' State in Mixed Presence Collaboration (2019).
- [7] Chan, L. and Minamizawa, K.: FrontFace: Facilitating communication between HMD users and outsiders using front-facing-screen HMDs, *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI 2017* (2017).
- [8] Jansen, P., Fischbach, F., Gugenheimer, J., Stemasov, E., Frommel, J. and Rukzio, E.: ShARe: Enabling co-located asymmetric multi-user interaction for augmented reality head-mounted displays, *UIST 2020 - Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 459–471 (2020).
- [9] Gugenheimer, J., Stemasov, E., Frommel, J. and Rukzio, E.: ShareVR: Enabling co-located experiences for virtual reality between HMD and Non-HMD users, *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, Vol. 2017-May, pp. 4021–4033 (2017).
- [10] Hartmann, J., Yeh, Y. T. and Vogel, D.: AAR: Augmenting a wearable augmented reality display with an actuated head-mounted projector, *UIST 2020 - Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 445–458 (2020).
- [11] Sun, T., Ye, Y., Fujishiro, I. and Ma, K. L.: Collaborative visual analysis with multi-level information sharing using a wall-size display and see-through HMDs, *IEEE Pacific Visualization Symposium*, Vol. 2019-April, pp. 11–20 (2019).
- [12] Yang, K. T., Wang, C. H. and Chan, L.: ShareSpace: Facilitating shared use of the physical space by both VR head-mounted display and external users, *UIST 2018 - Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, Vol. 18, pp. 499–509 (2018).