

Title	VR空間におけるマルチ操作インターフェースの提案と試作
Author(s)	黄, 柏飛; 楠木, 幹也; 謝, 浩然
Citation	画像電子学会第307回研究会予稿: 50-53
Issue Date	2024-02-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/18833">http://hdl.handle.net/10119/18833</a>
Rights	Copyright (C) 2024 画像電子学会. 黄柏飛, 楠木幹也, 謝浩然, 画像電子学会第307回研究会予稿, 2024, pp.50-53.
Description	画像電子学会第307回研究会, 2024年2月26日~2月27日, 北陸先端科学技術大学院大学

# VR 空間におけるマルチ操作インターフェースの提案と試作

黄 柏飛<sup>†</sup> 楠木 幹也<sup>‡</sup> 謝 浩然<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> <sup>‡</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1

E-mail: <sup>†</sup> s2310050@jaist.ac.jp, <sup>‡</sup> s2210058@jaist.ac.jp, xie@jaist.ac.jp

**あらまし** 近年、バーチャルリアリティ (VR) 研究がよく注目され、様々な産業分野で活用されている。そこで、物体オブジェクトの操作やテキストの閲覧等のユーザーによるジェスチャー操作は重要な研究課題である。しかしながら、従来のインターフェースでは、ジェスチャー操作は一つのジェスチャーが一つの属性か要素の調整にしか使えず、複雑なタスクの場合は操作が混乱になるおそれがある。これらの課題を解決するため、本研究では、ヘッドマウンティッドディスプレイ Oculus QUEST2 とハンドトラッキングセンサ Leap Motion デバイスを使用し、ジェスチャーによるマルチ操作システムを試作した。VR 空間内でスライダーとジェスチャーを組み合わせることで、シングルパラメータのジェスチャーをマルチパラメータに変換することが可能となる。これにより、片手のみで物体オブジェクトを操作するインタラクション手法を提案した。

**キーワード** バーチャルリアリティー・ジェスチャー操作・インターフェース

## A Proposal of Multi-Parameter Control Interface in VR Space

Bofei Huang<sup>†</sup> Mikiya Kusunoki<sup>‡</sup> and Haoran Xie<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> <sup>‡</sup> Japan Advanced Institute of Science and Technology 1-1 Asahidai, Nomi, Ishikawa 923-1292 Japan

E-mail: <sup>†</sup> s2310050@jaist.ac.jp, <sup>‡</sup> s2210058@jaist.ac.jp, xie@jaist.ac.jp

**Abstract** Recently, virtual reality (VR) techniques have attracted attention and been adopted in various industrial fields. Especially, gesture interaction by users, such as manipulating objects or reading text, becomes an important research issue. However, for traditional user interfaces, one gesture operation can only be used to adjust one attribute or element, and the operations may become confusing for complex tasks. To address these issues, we proposed a gesture-based multi-operation system using the Oculus QUEST2 head-mounted display and the Leap Motion hand-tracking sensor device, which combines slider operations and gesture control within the VR space. This system allows single-parameter gestures to be converted into multi-parameter gestures. We present an interaction method to manipulate a virtual object with only one hand.

**Keyword** Virtual reality, gesture control, interface

### 1. はじめに

ヘッドマウントディスプレイ (HMD) ベースの VR では、一般的な操作方法として、コントローラを使用する手法がある。ユーザーは VR ヘッドセットを装着して、ジョイスティック、マウス、ゲームパッド等のコントローラを介して 3 次元 (3D) 仮想空間とのインタラクションを行う。しかし、これらのデバイスを介してのインタラクションには、装着者の行動 (例えば、ボタンを押す) と 3D アバターの行動の間にリアクションマッピングを課し [1]、操作方法の可能性が制限されるため、ユーザーの没入感を損なう。

近年全身トラッキング技術がよく提案され、VR 空間のデザインは手の周りの空間に及ぶようになる。例えば、Google の Tilt brush は、ユーザの利き手ではない方の手のコントローラに、複数のレイヤーの UI 空間

を持つバーチャルプリズムを配置し、利き手のコントローラを通して操作できる [2]。また、利き手ではない手のひらを開くことで表示される UI の内容を変更し、利き手の指でクリックするだけで操作できる Open palm menu も提案された [3]。Armstrong は、認識マーカーを腕に追加することで、VR デバイスの光学認識領域を腕に拡張し、さらに 3D ウィジェットを利き手でない方の腕の領域に追加することで、3D 空間を操作できるようにした [4]。これらの技術は、手の非対称性を利用し、両手の動作からのフィードバックを活用することで、タスクの中断を最小限に抑え、ユーザの体験への没入感を最大化する [5]。

商用アプリケーションや先行研究では、手のひらを使った VR 空間のインタラクションやコントロールにジェスチャーを使用することが検討され、現実世界の動きを真似して、ジェスチャーによってユーザーの行

動とアバターのパフォーマンスとの間の不一致に対処した[6]。ビジュアル・デザインのワークフローがVR空間に投入され、没入感のある状態で作品を制作するため、スケッチによる制作がVR空間に提案された[7,8]。また、仮想空間におけるモデリングや制作を行ったりするようになっている[9,10]。コンテンツを読む場合も同様で、特に逐語的に読んだりページをめくったりする場合には、操作の体験が没入感に大きく関係する[11]。これらの応用例の場合、VR空間内での正確な操作、特にオブジェクト(コンテンツ)の位置による正確なコントロールが要求されるようになる。

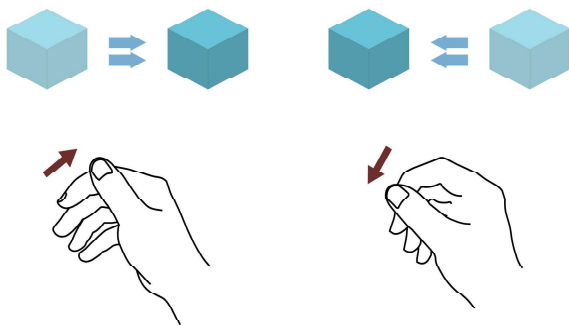


図1 提案システムの基本操作と概要図

本研究では、ハンドトラッキングセンサ Leap Motion のジェスチャー認識に基づく片手用スライドバー操作手法を提案した。ユーザは、片手で親指の指先をスライドさせることにより、物体の動きをコントロールすることができる。異なる指をスライドさせることにより、物体のあらゆる方向への動き、さらにはサイズの調整をコントロールすることができる。図1に示すように、親指を人差し指の中節骨までスライドさせ、物体の右方向への動きを制御する(左図)。逆に、親指を人差し指の先端部分までスライドさせることで、物体の左方向への動きを制御する(右図)。VR空間での物体操作に関する先行研究では、両手を通じて精度を確保する方法が選択されることが多いが、利き手と非利き手の分かれているため、操作の全体的な効率率は低下する。そのため、本研究はハンドトラッキング技術を用いたきめ細かな操作による、ユーザーが簡易に使えるインタラクションシステムを提案した。

## 2. システム概要

提案システムの基本的な仕組み(図1,図3)は、緑色の三次元ストリップのような構造で、赤い四角形がスライダボタンとなっており、ユーザーは親指先端のコンポーネントを通して赤い四角形とインタラクションし、スライダと対応するオブジェクトをコントロールする。

提案システムは、指先がスライダの始点、指の中節骨下部がスライダの終点となる(図1,図5)。ユーザーは親指の先端をスライドさせて指とインタラクションしたり、親指を固定した状態で指を屈曲させてスライダ自体を前に移動させたりして、スライダの操作を実現する。ユーザーは指の動きの速度をコントロールすることで、スライダの速度をコントロールできる。同時に人差し指から小指の任意の部分をクリックすることで、直接ジャンプしてスライダのアニメーションやプロセスをスキップすることができる。

本研究では、市販のハードウェア上に構築され、既存のハンドトラッキングAPIをベースにカスタム設計された検出アルゴリズムを特徴としている。このセクションでは、コアコンポーネントについて説明する。

### 2.1. 実装詳細

提案システムは、Oculus Quest 2、Leap motion (バージョン5.13.2)、3Dプリンタでプリントされた Leap motion フレームの3つのパーツで構成されている。この3つを組み合わせ、USB3.0 Type-C ケーブルでPC(CPU: intel i7-11800H, GPU: RTX 3070 8G)に接続することで、Leap Motion の内蔵カメラによるリアルタイムのハンドキャプチャが可能になる。



図2 提案システムのハードウェア

実際に開発に利用されたハードウェアは図2に示している。Leap Motionは3Dプリントされた筐体に搭載され、そのカメラとOculus Quest 2のカメラコンポーネントを一致させることで、より統一された視覚表現と正確なキャプチャを実現するために、Oculus Quest 2の中央に固定されている。

ソフトウェアはUnityゲームエンジン(バージョン2023.1.18f1)、Ultra leap sdk 6.13.0で構築されている。Leap motionハンドトラッキングは、視野内に手を見つける前に、システムを“手なし”の状態に初期化する。手を認識すると、“ハンド”状態に切り替わる(図4)。この状態において、ユーザーは右手親指の先端にあるコンポーネントを他の4本の指の側面に

対してスライドさせることで操作可能になり、オブジェクトの動きや大きさをコントロールすることができる。(図1)

### 3. 結果と考察

#### 3.1 プロトタイプ開発

本研究で開発したシステムにおける、具体的なジェスチャー操作と内容は以下の通りである。

親指：指の先端がタッチインタラクションのコンポーネントとなる。

人差し指：スライダーでオブジェクトの X 軸方向の動きをコントロールする。

中指：スライダーでオブジェクトの Y 軸方向の動きをコントロールする。

薬指：スライダーでオブジェクトの Z 軸方向の動きをコントロールする。

小指：スライダーでオブジェクトのサイズをコントロールする。

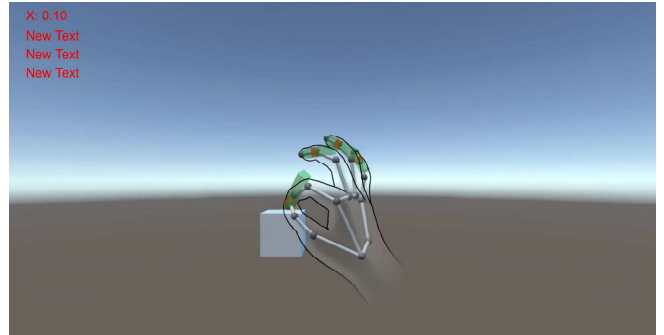


図5 手の側面の状態で操作

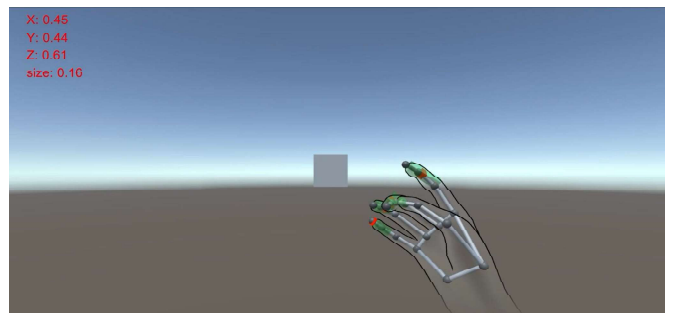


図6 手のひらの状態で操作

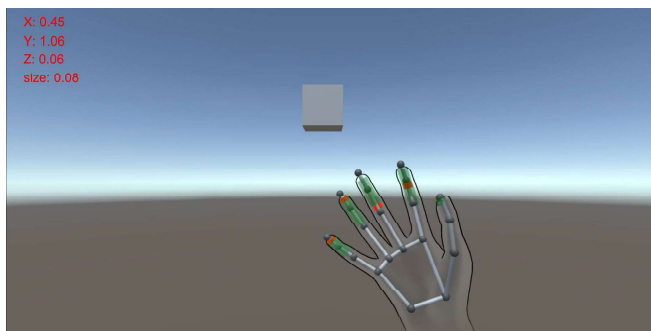


図3 使用者の視点



図4 実際の使用シーン

スクリーンの左上には、ターゲットオブジェクトに対応するコントロールの正確な距離と位置が表示される。ユーザーは、手の側面(図5)、または手のひら(図6)を Leap Motion に向けて、スライダーを操作することができる。

また、人によって手の大きさや寸法が異なるため、Leap Motion に向かう手の側面を基本モードとしたが、同時に提案システムが3D構造であるため、Leap motion に手のひらを向けて操作することも可能である。

#### 3.2 考察

今回、Unity エンジンを用いて市販のハードウェアをベースとした提案手法の開発を試みたが、提案システムは、基本的な物体操作において、物体の移動や大きさの変化を効果的に制御することが可能であり、各種手持ちデバイスやウェアラブルデバイスを使用せずに実現することができる。しかし、光学式システムにより、手の側面の角度は、最初の3本の指の方は精度が良くと感じられ、小指は、より良い精度を得るために手のひらの角度を調整する必要がある。

また、Leap Motion を使用しているため、操作する時に手がセンシング範囲内に収まっている必要があり、長時間の操作で使用者が疲労する可能性がある。そのデバイスを身体他の部位か机の上など身体以外の部位に装着するようにすることで、使用者が長時間手を持ち上げるといった問題を軽減できると考える。また、操作の精度について、スライドの速度を自由に調整することができ、速やかにスライダーの特定の位置にジャンプすることができるが、他の関連手法との比較実験等より厳密な検証手法が必要だと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、VR空間における指のインタラクションによってスライダーを操作することを提案する。ユーザーは、親指と他の4本の指をスライドさせることで、X, Y, Z軸に沿ったオブジェクトの移動やオブジェクトの大きさを操作することができ、手のひらや側面のよ

うに角度を変えることで、自身の都合に合わせてオブジェクトを操作することができる。

今回の試作では、基本的なオブジェクトの操作のみにとどまっているため、今後の課題として、コンテンツの読み上げなど、実際のアプリケーションでの操作技術の実用化を目指す。同時に、提案手法を既存のVR製品のジェスチャーコントロールやコントローラと比較するために、オブジェクトの操作と実用的なアプリケーションに関する2つの実験を通して、ユーザー調査を実施する。スライダーとインタラクションする際の操作性、精度、ユーザーにとっての好感度を比較する予定である。

## 文 献

- [1] C. Jorge C.S., “Comparison of Gesture, Gamepad, and Gaze-based Locomotion for VR Worlds,” VRST '16: Proceedings of the 22nd ACM Conference on Virtual Reality Software and Technology, pp.319–320, Munich Germany, Nov.2016.
- [2] Google LLC. 2016. Tilt Brush by Google. <https://www.tiltbrush.com/>
- [3] T. Azai, M. Otsuki, F. Shibata and A. Kimura, “Open Palm Menu: A Virtual Menu Placed in Front of the Palm,” AH '18: Proceedings of the 9th Augmented Human International Conference, No. 17, pp. 1–5, Seoul Republic of Korea, Feb.2018.
- [4] Z. Li, J. Chan, J. Walton, H. Benko, D. Wigdor, M. Glueck, “Armstrong: An Empirical Examination of Pointing at Non-Dominant Arm-Anchored UIs in Virtual Reality,” CHI '21: CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No. 123, pp. 1–14, Yokohama Japan, May.2021.
- [5] Eric A. Bier, Maureen C. Stone, Ken Pier, William Buxton, and Tony D. DeRose. “Toolglass and magic lenses: the see-through interface,” SIGGRAPH '93: Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 73–80, Sep.1993.
- [6] S. Pei, A. Chen, J. Lee, Y. Zhang, “Hand Interfaces: Using Hands to Imitate Objects in AR/VR for Expressive Interactions,” CHI '22: Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No. 429, pp. 1–16, New Orleans LA USA, Apr.2022.
- [7] Y. Jiang, C. Zhang, H. Fu, A. Cannavò, F. Lamberti, H. Lau, W. Wang, “HandPainter - 3D Sketching in VR with Hand-based Physical Proxy,” CHI '21: Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No. 412, pp. 1–13, Yokohama Japan, May.2021.
- [8] Y. Lee, Y. Peng, “Comparing VR Modeling Tool and Hand-Sketching in the Inspiration of Classic Chair Design and Modeling,” Design, User Experience, and Usability: 12th International Conference, DUXU 2023, Held as Part of the 25th HCI International Conference, pp. 182–192, Copenhagen Denmark, Jul.2023.
- [9] 楠木幹也, 古浜龍, 戸嶋龍佑, 森葉月, 謝浩然, 王子洋, 由井蘭隆也, 佐藤俊樹, 宮田一乗, M-Brush: VR空間における多視点を利用したデザイン手法の提案, インタラクション 2023, 2023.
- [10] M. Kusunoki, R. Furuhashi, R. Toshima, H. Mori, H. Xie, T. Wang, T. Yuizono, T. Sato and K. Miyata. MultiBrush: 3D Brush Painting Using Multiple Viewpoints in Virtual Reality. 9th International Conference on Virtual Reality (ICVR 2023), 2023.
- [11] J. Gabel, M. Ludwig, F. Steinicke, “Immersive Reading: Comparison of Performance and User Experience for Reading Long Texts in Virtual Reality,” CHI EA '23: Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No.170, pp. 1–8, Hamburg Germany, Apr.2023.
- [12] C. Xu, B. Zhou, G. Krishnan, S. Nayar, “AO-Finger: Hands-free Fine-grained Finger Gesture Recognition via Acoustic-Optic Sensor Fusing,” CHI '23: Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No.306, pp. 1–14, Hamburg Germany, Apr.2023.