

日用品の特性に基づく VR コントローラの基礎検討

尾崎 陽彦^{1,a)} 塚田 浩二¹

概要：近年、ゲームや VR（Virtual Reality）コンテンツに適した多様なコントローラが提案されている。本研究では、日用品の種類・持ち方に応じて、VR コンテンツ内で道具を持ち替えるように扱えるコントローラを提案する。まず持ち方の変化に注目して、本稿では、スマートフォン上のアプリで持ち方によって道具を切り替えて、Meta Quest3 上の VR コンテンツと連動して操作可能なシステムを開発した。

1. 背景

近年、ゲームなどにおけるユーザ体験を向上させるために、様々なコントローラが提案されている。例えば、TransCalibur[1] では、ハサミ型デバイスの開閉によって、コントローラの重心位置を変化させた。人が手に持っている物体の重心位置や慣性モーメントなどから物体の形状を推定することで、ユーザにコントローラの形状が変化しているかのような体験を与える。また、3DCG を解析し、部品を組み立てることで、アイテムの形状に即したコントローラとして活用したり [2]、曲げやねじりという動作を入力として扱えるコントローラ [3] も提案されている。このように、コントローラの質量特性や形状、入力動作を変化させることで豊かなユーザ体験を提供する研究が多数行われている。一方、このようなコントローラを作るためには、筐体や機構の制作／センサの選定／デバイス間の通信等複雑な処理が必要になるためユーザ自身が柔軟にカスタマイズすることは難しい。

本研究では、無線センサを日用品に装着することで、VR コンテンツ等のコントローラとして扱えるシステムを提案する。身の回りには多様な日用品があるため、ユーザは自分の好みの形状／重さ／大きさを選択でき、さらにそうした特性を活用した動きとゲーム内の操作を対応付けることで、斬新で分かりやすい操作体系を構築できる可能性がある。また、ゲーム内のコントローラを柔軟に変更するために、日用品を持ち替えることで、VR コンテンツ内で道具を持ち替えるように扱える可能性がある。

2. 関連研究

これまで、ユーザの操作体験を向上させるために様々な



図 1 日用品をコントローラとする利用イメージ

コントローラの研究が行われてきた。

例えば、ユーザが簡単に専用コントローラを制作できる製品として、任天堂株式会社は Nintendo Labo[4] を開発した。Nintendo Labo では専用の段ボールや輪ゴムなどの部品を組み立て、Nintendo Switch や Joy-Con などのセンサを組み込むことで、数種類の専用コントローラを作ることができる。これによって、ユーザは専用コントローラで遊ぶ楽しみだけでなく、工作過程や専用コントローラの仕組みを理解して楽しむことができる。一方で、大きい専用コントローラは、制作に 3～4 時間かかることや、作ったコントローラが場所をとってしまうという問題があった。本研究では、日用品に無線センサを装着するだけであるため、時間や場所を取らない利点がある。

Feick ら [5] は、多様な触覚フィードバックを提示可能な VR コントローラを作成するシステム、VoxelHap を提案している。VoxelHap は簡単に着脱できるブロックである Voxel と、形状や重量を調整する ShapePlates を組み合わせることで構成される。Voxel は、37mm × 37mm の立方

¹ 公立はこだて未来大学

^{a)} b1021129@fun.ac.jp

体で、基準となる BaseVoxel は内部に Wi-Fi モジュールや 6 軸慣性センサ、タッチセンサなどを内蔵する。これに対して、振動モータや回転機構を持つ Voxel を組み合わせることで、触覚フィードバックを生成する。このような手法により、従来のコントローラよりもリアルな触感や快適な操作を実現している。本研究では、コントローラの形状を細かくカスタマイズして作るのではなく、身近にある日用品を活用する点が特徴である。

alt.ctrl.GDC[6] は、日用品等をモチーフにした特殊なコントローラを用いた多様なゲームが体験できるイベントである。例えば、コーラを模した棒状のコントローラを振ることでコーラが飛んでいくようなゲームや、便座をレースゲームの操縦席とし、座って上半身を動かすことで、ゲーム内の車体の向きの変更を行い、スッポン（ラバーカップ）を引くことでアクセルを行うものがある。これらは日用品をモチーフとしたコントローラを提案しているが、それぞれ専用の設計がされており、対応するゲームでしか利用することはできなかった。本研究では、日用品に無線センサを装着してコントローラとすることで、汎用的に利用できるように設計を目指す。

また、スマートフォンの持ち方を推定する研究も多く行われてきた。

張ら [7] は、角膜反射像を利用したスマートフォンの把持姿勢推定システム、ReflecTouch を提案している。ReflecTouch はスマートフォンのフロントカメラを使用してユーザの顔写真を撮影し、スマートフォンの画面の光によってユーザの角膜に映った反射像を得る。反射像は指を置いている部分が影となり、角膜反射像が欠けることを利用して、画像処理による分類を行うことで把持姿勢を推定している。このような手法により、追加のセンサを必要とせずにスマートフォンの把持姿勢を推定している。本研究では、無線センサを用いることで日用品の種類や持ち方を特定することを目指す。

Goel ら [8] は、スマートフォンのタッチスクリーンと内蔵されている慣性センサを活用し、手の姿勢等を推定するシステム GripSense を提案している。スマートフォンの操作時において、片手や両手での操作、親指や人差し指を用いた操作等の状態を推定できる。本研究では、スマートフォンの持ち方を VR コンテンツでのアイテムの切り替え等に活用する点が異なる。

3. 提案

本研究では、Head Mounted Display（以下「HMD」）を装着した状態で、手に持った日用品に無線センサを装着し、コントローラとできるシステムを制作する。HMD としては Meta Quest3 を利用する。Unity を用いたコンテンツ制作環境が整っており、無線経由で制御可能であることから選択した。無線センサとしては、M5 Core2 やスマー



図 2 システム構成

トフォンを利用する。M5 Core2 は、6 軸慣性センサを中心とした多様なセンサや、Wi-Fi 等の通信機能を内蔵している。さらに、Open Sound Control(OSC) を用いた通信ライブラリを備えるため、センサデータの送受信も容易である。スマートフォンは、M5 Core2 よりもサイズが大きい欠点があるが、同様のセンサ／通信手段を備えており、Unity で統一的に開発できる利点がある。今回は、研究のコンセプトの基礎検討のために、スマートフォンを用いた開発を行うことにした。また、日用品をコントローラとして扱うことができるか、新しい体験を提供できるかを検証するために、VR コンテンツも Unity を用いて独自に制作する。

4. 実装

本研究では、日用品の種類や持ち方を変更することで、VR コンテンツ内の道具を切り替えたり、操作感を変化できるシステムの構築を目指す。

4.1 システム構成

システム構成を図 2 に示す。スマートフォンと MetaQuest3 を Unity 上のプラグイン OSCJack を用いて連携する。スマートフォンアプリは Unity で実装しており、画面上に触れる指の位置や、端末の把持姿勢に応じて武器の種類を選択し、慣性センサ等のデータと併せて、OSC による UDP 通信で MetaQuest3 に送信する。MetaQuest3 上のプログラムも Unity で実装されており、受信したデータを元に、VR コンテンツ内のアイテムの切り替えや基礎的な操作を行う。

4.2 VR コンテンツ

VR コンテンツでは、武器を切り替えながら敵を撃破していくゲームを作成した(図 3)。敵は一定時間ごとに発生し、プレイヤー方向に移動し攻撃を行う。プレイヤーは攻撃を受ける前に、3つの武器を使い分けてできるだけ多くの敵を倒すことを目標とする。武器は重さや操作感が異なる、片手剣・斧・盾を用意した。全ての武器は、スマートフォンの動きに基づいて、「縦振り」「横振り」「突き」の 3

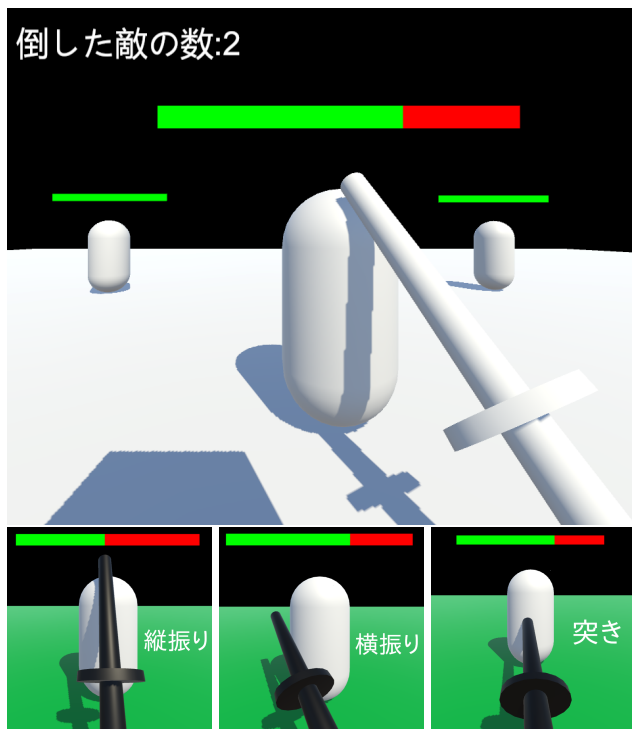


図 3 VR コンテンツの例

種類の操作を行うことができる。武器により特徴が異なり、片手剣は狭い範囲にしか攻撃できないが、全体的に振りが早く、特に「縦振り」の威力が高い。斧は、攻撃の威力が高く広い範囲を攻撃できるが、全体的に振りが遅い。盾は、攻撃力は低い、敵の攻撃を防御することができ、「突き」で盾を押し出して敵を吹き飛ばすことができる。

4.3 スマートフォンの持ち方と武器の対応関係

現在のシステムでは、図 4 のように、スマートフォンの持ち方（端末の姿勢／画面のタッチ位置）に応じて武器を切り替えている。片手剣は利き手（ここでは右手）のみで把持するため、スマートフォンを縦持ちとして、画面下部に親指のみが触れる形になる。斧は両手で把持するため、スマートフォンを縦持ちとして、左手の親指が画面下部に、右手の親指が画面上部に触れる形になる。盾は両手ががっちり把持するため、スマートフォンを横持ちして、両手親指が画面両端付近に触れる形になる。武器を認識した後は、スマートフォンの加速度センサ／ジャイロセンサの動きに基づいて、「縦振り」「横振り」「突き」の 3 種類の操作を使い分けることができる。

5. まとめと今後の展望

本研究では、日用品の種類・持ち方に応じて、VR コンテンツ内で道具を持ち替えるように扱えるコントローラを提案し、スマートフォンの持ち方に注目したプロトタイプを実装した。今後は、M5Core2 等の小型無線センサを用い

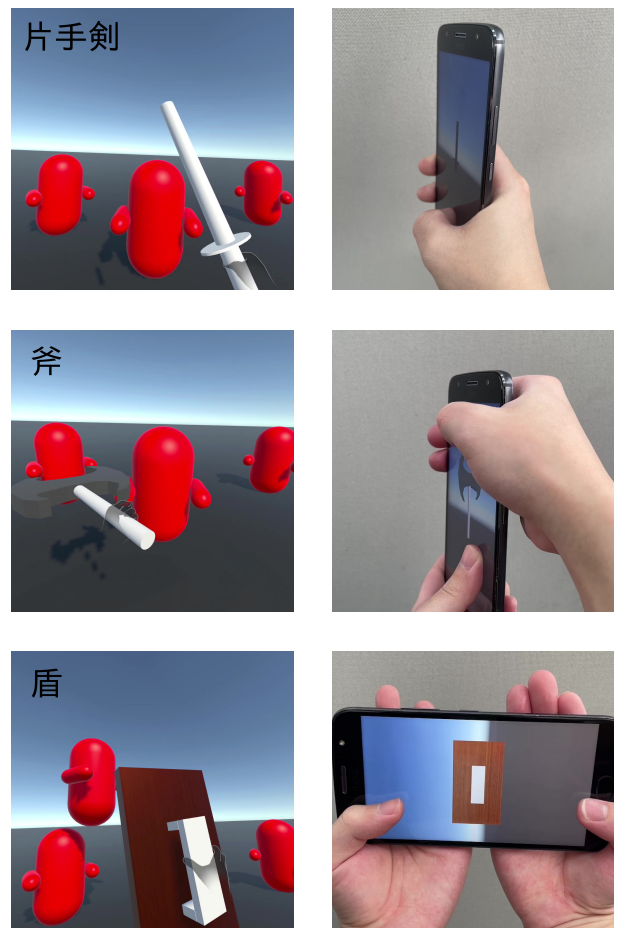


図 4 スマートフォンの持ち方に応じた武器の切り替え（左: VR コンテンツ、右: スマートフォンの把持姿勢）

て、日用品への装着が容易なデバイスを開発する。次に、日用品の色や重さ等を判定することで、日用品の種類を判別する機能の実装も検討する。また、コントローラの性能評価と、VR コンテンツを含めたユーザ評価を実施することで、本研究の有効性を調査していく。

参考文献

- [1] Jotaro Shigeyama, Takeru Hashimoto, Shigeo Yosida, Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose. 2019. Transcalibur: A Weight Shifting Virtual Reality Controller for 2D Shape Rendering based on Computational Perception Model. In Proceedings of the 2019 Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '19. Paper No. : 11, 1–11.
- [2] Kening Zhu, Taizhou Chen, Feng Han, Yi-Shiun Wu. 2019. HapTwist: Creating Interactive Haptic Proxies in Virtual Reality Using Low-cost Twistable Artefacts. In Proceedings of the 2019 Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '19. Paper No. : 693, 1–13.
- [3] Paden Shorey and Andrey Girouard. 2017. Bendtroller: An Exploration of In-Game Action Mappings with a Deformable Game Controller. In Proceedings of the 2017 Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17. Pages 1447–1458.
- [4] Nintendo. Nintendo Labo. 任天堂ホームページ <https://www.nintendo.com/jp/lab0/index.html>, (参照

2024-12-18).

- [5] Martin Feick, Cihan Biykli, Kiran Gani, Anton Wittig, Anthony Tang, Antonio Kruger. 2023. VoxelHap: A Toolkit for Constructing Proxies Providing Tactile and Kinesthetic Haptic Feedback in Virtual Reality. In Proceedings of the 2023 User Interface Software and Technology - UIST'23. Article No. : 104, 1–13.
- [6] Game Developer Conference. alt.ctrl.GDC. <https://gdconf.com/alt-ctrl-gdc>, (参照 2024-12-18).
- [7] 張翔, 池松香, 加藤邦拓, 杉浦裕太. ReflecTouch: 角膜反射像を利用したスマートフォンの把持姿勢推定, 日本ソフトウェア科学会, WISS2022, 03.
- [8] Mayank Goel, Jacob Wobbrock, Shwetak Patel. 2012. GripSense: using built-in sensors to detect hand posture and pressure on commodity mobile phones. In Proceedings of the 2023 User Interface Software and Technology - UIST'12. Pages 545–554.