

ハンドトラッキングデバイスの範囲と精度の定量的評価と比較

I 類 コンピュータサイエンスプログラム 学籍番号：1710689 成見研究室 涌井桐哉

1 はじめに

近年「VR 元年」という言葉が流行し多くの VR(Virtual Reality, 仮想現実) のデバイスが発売され、また多くの人々がそれを手に取るなど、VR 業界は盛り上がりを見せている。通常、VR デバイスは HMD(ヘッドマウントディスプレイ) とコントローラで構成されており、この二つによって VR 空間上に存在するアバターを操作し、VR 空間に干渉することが可能となっており、HMD の動きとアバターの頭、コントローラの操作とアバターの手がそれぞれ連動している。頭を動かすと見える景色が変わる HMD はまるで VR 空間が現実かのような没入感を与えるが、コントローラによってアバターの手の動きが変わることに違和感を覚える人も少なくない。

その違和感を解消する一つの技術が「ハンドトラッキング」である。ハンドトラッキングとは HMD に付いているカメラが装着者の手を認識し、その位置を VR 空間上のアバターの手に反映させる技術である。これによって違和感を解消するだけでなく、HMD 同様プレイヤーにさらなる没入感を与えることが可能となる。さらに、VRChat 等のアプリケーションでは VR 空間上のアバターを使用して他の VR プレイヤーと会うことが可能なため、ハンドトラッキング機能によるジェスチャーは人とのコミュニケーションツールに成り得る。

しかし、この機能はまだ一部の VR デバイスにしか実装されておらず、またそれぞれの VR デバイスのハンドトラッキング範囲と精度はバラバラであって客観的な評価がされていないため、装着者ごとの主観的な評価に依存してしまっている。

2 目的

以上の背景を踏まえ、本研究ではゲームエンジンである Unity を用いて、VR デバイスの代表例である Oculus Quest と Oculus Quest2、そして Vive Pro に装着した Leap Motion のハンドトラッキングの範囲と精度の比較と可視化を目指す。これによりハンドトラッキングの機能の客観的、定量的評価が可能となる。

3 既存研究

3.1 遠隔・仮想器用操作におけるハンドトラッキングシステムの評価

Mizera ら [1] は VRFree グローブ, Manus VR グローブ, Leap Motion の 3 つのハンドトラッキングシステムの

主に指の屈伸運動に関して精度比較を行った。実験の結果、指の屈伸時の角度の精度はグローブの方が Leap Motion より高かった。さらに、Leap Motion から手が離れるにつれてハンドトラッキングの精度が落ちることが分かった。指の屈伸運動に関する精度についての研究であり、どの範囲までトラッキング可能か実験されていなかったため本研究とは異なる。

3.2 ハンドトラッキング範囲の拡張

Chiu ら [2] は Leap Motion のハンドトラッキング可能な範囲を動的に拡張するシステムを提案した。Leap Motion をアクションカメラ用の 3 軸ジンバルに取り付け、手の向きに合わせてジンバルが動くことによりハンドトラッキング範囲をピッチ (上下) 方向に 142 %, ヨー (左右) 方向に 44 % 増加させた。本研究とは「デバイスを比較していない」「精度が数値化されていない」という点で異なる。



図 1: ハンドサイン

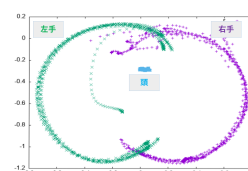


図 2: Vive Tracker での手の可動範囲



図 3: デバイスごとの手の可動範囲

表 1: デバイスごとの手の可動範囲とトラッキング範囲

	Vive Tracker	Oculus Quest	Oculus Quest2	Leap Motion
トラッキング範囲 [cm ²]	23764	22661	22071	9843
Vive Tracker との割合 [%]	100	95	93	41

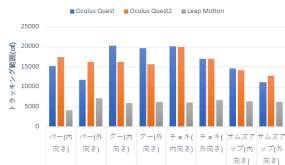


図 4: ハンドサインごとの手の可動範囲

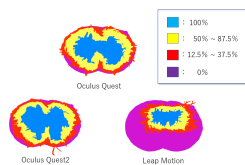


図 5: デバイスごとのトラッキング精度

4 実験概要

4.1 実験環境

使用したソフトウェアとそのバージョンを以下に列挙する。

- Unity(Ver.2019.4.2f1): Oculus Quest, Quest2 の実験に使用した。
- Unity(Ver.2019.3.15f1): Leap Motion の実験に使用した。
- Oculus Integration(Ver.20.1): Unity で Oculus Quest, Quest2 の実験のプロジェクトを作成するために使用した。
- Leap Motion Unity Modules(Ver.4.6.0): Unity で Leap Motion の実験のプロジェクトを作成するために使用した。

4.2 測定方法

最初に Vive Tracker を使用して手の最大可動範囲を調べた。Vive Tracker を両手と頭に装着し、手を広げて弧を描くように動かし範囲を求めた。

次に Oculus Quest と Oculus Quest2, Leap Motion の 3 台を使用してそれぞれのデバイスでの手の可動範囲を調べた。こちらは図 1 に示すハンドサインを取りつつ、手を上下左右に動かしながらハンドサインごとの手の可動範囲を求め、それらを重ねて各デバイスの手の可動範囲とした。また、より重なっている範囲とそうでない範囲で精度の評価を行った。

4.3 トラッキングの範囲

トラッキング範囲は次の式で評価した。

$$\text{トラッキング範囲} = \frac{\text{各デバイスの手の可動範囲}}{\text{ViveTracker で測定した手の可動範囲}} \quad (1)$$

Vive Tracker での実験結果を図 2 に示す。緑と紫、青はそれぞれ左手と右手、頭の軌跡を示しており、手の最大可動範囲は楕円形に近い形となっている。

Vive Tracker を含めた 4 台のデバイスの手の可動範囲を図 3 に示す。図 3 から Oculus Quest と Oculus Quest2 のトラッキング範囲も Vive Tracker と同様に楕円形に近似

しており、一方で Leap Motion は長方形に近似していることが分かった。さらに表 1 から Oculus Quest と Oculus Quest2 は手の最大可動範囲の 9 割以上を、Leap Motion はその 4 割をカバーすることが分かった。

各デバイスのハンドサインごとの手の可動範囲を図 4 に示す。Oculus Quest と Oculus Quest2 ではグーとパーの間で差が開き、Leap Motion は全体的に平になることが分かった。

4.4 トラッキングの精度

トラッキング精度は次の式で評価した。

$$\text{トラッキング精度} = \frac{\text{認識されたハンドサインの数}}{\text{ハンドサインの総数 (8)}} \quad (2)$$

デバイスごとのトラッキング精度を図 5 に示す。Oculus Quest に比べ、Oculus Quest2 の方が上下の部分で黄色の精度の範囲が増加しているが、左右の部分で減少していることが分かった。また、Leap Motion では Oculus Quest と Oculus Quest2 に比べ、外縁がギザギザとしており不安定になることが分かった。

5 まとめと今後の課題

5.1 まとめ

本研究では、3 種類の VR デバイスを用いてハンドトラッキング範囲と精度の比較と評価を行った。その結果、Oculus Quest と Oculus Quest2 は手の最大可動範囲の 9 割以上、Leap Motion はその 4 割をカバー出来ることが分かった。また、Oculus Quest と Oculus Quest2 の間では精度が増加している範囲と減少している範囲があることが分かった。

5.2 今後の課題

課題として、塗りつぶしを自動化し、さらに試行回数を増やすことによって範囲と精度の測定をより正確にする必要がある。また、三次元的に範囲と精度を比較することによってより詳細に VR デバイスの差異が測れると考えられる。

参考文献

- [1] C. Mizera, T. Delrieu, V. Weistroffer, C. Andriot, A. Decatoire, and J.-P. Gazeau, "Evaluation of Hand-Tracking Systems in Teleoperation and Virtual Dexterous Manipulation," *IEEE SENSORS JOURNAL*, VOL. 20, NO. 3, Feb. 1, 2020
- [2] P. Chiu, K. Takashima, K. Fujita, and Y. Kitamura, "Pursuit Sensing: Extending Hand Tracking Space in Mobile VR Applications," *SUI '19: Symposium on Spatial User Interaction*, Oct. 19, 2019