

# スタンドアロン型 HMD のハンドトラッキング機能を用いた バスケットボール体験アプリの開発

李卓学<sup>†1</sup> 柳田康幸<sup>†2</sup> 板宮朋基<sup>†3</sup>

近年、コンピュータグラフィックス (CG) で人工現実感を制作し体感することにより認知を拡張できる (Virtual Reality :VR) の技術の発展は目覚ましく、教育現場に関する報告事例が増加している。本研究では、スタンドアロン型ヘッドマウンティッドディスプレイ(HMD) Oculus Quest2 と小型 IoT 端末 M5Stack Gray を用いて、外部センサや PC を必要としない VR バスケットボール体験アプリを開発した。また、Oculus Quest2 には使用者の実際の手の動きを認識することで VR 空間内での操作をコントローラー無しで実現するハンドトラッキング機能が実装されており、より直感的な操作も可能である。触覚フィードバックはハンドトラッキング機能と小型 IOT 端末 M5Stack Gray を用いて実現できる。本研究では、コントローラーを使用したバスケットボール体験アプリとハンドトラッキング機能を用いたバスケットボール体験アプリを開発した。二つのアプリの対照実験を行うことで、ハンドトラッキング機能の有用性を検証した。20名の被験者の体験による評価の結果、ハンドトラッキング機能の有用性は示されなかったが、今後の改善につながる知見を得られた。

## 1. はじめに

近年の急速な技術発展と市場への普及による低価格化により、VR 技術を日常的に活用する事が可能となった。従来では VR を体験するには外部センサや高い処理能力を持つ PC が必須であったが、スタンドアロン型 HMD Oculus Quest2 の登場により、低価格かつ手軽に VR を体験できるようになった。また、Oculus Quest2 には使用者の実際の手の動きを認識することで VR 空間内での操作をコントローラー無しで実現するハンドトラッキング機能が実装されており、より直感的な操作も可能である。VR を用いたコンテンツは既に多く存在するが、ハンドトラッキング機能を利用したバスケットボールコンテンツは 2021 年 8 月現在では著者の知る限り見当たらない。本研究では、コントローラーを使用したバスケットボール体験アプリとハンドトラッキング機能を用いたバスケットボール体験アプリの開発を行う。触覚フィードバックはハンドトラッキング機能と小型 IOT 端末 M5Stack Gray を用いて実現できる。二つのアプリの対照実験を行うことで、ハンドトラッキング機能の有用性を検証する。

## 2. 先行研究と本研究の位置づけ

VoidGear 社[1]は VR バスケットボールアプリを開発した。両手用コントローラーと歩行コントローラーを利用し、バスケットボールを体験できる。VoidGear 社のアプリは、スポーツに関わる分野が多い、没入感を重視し、体験者が四肢を十分に動かすよう設計されている。このアプリでは歩行インタフェースを使用し、VR 空間のコートの中を動き

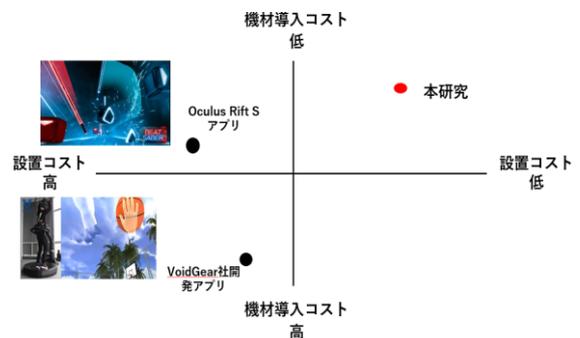


図 1 本研究の位置づけ

Figure 1 Characteristics of the developed system in this study.

回れるようにしている。体験者の歩行動作による移動を組み込んだ本格的なシステムであるが、その分機材導入コストおよび設置の手間がかかり、一般家庭で体験するには大がかりである。

そこで本研究では、より簡易なシステムながらバスケットボールの楽しさを体験できる VR システムの構築を目指す。先行研究と比較して機材導入コストおよび設置コストを低く実現することが可能である。また、スタンドアロン型 HMD を利用するため、PC に接続する必要がなく、自宅や展示会などで使用することが容易に可能である。コントローラー不要のハンドトラッキング機能と振動フィードバックを装置する。図 1 に本研究の位置づけを示す。

## 3. システム構築

本システムは、スタンドアロン型のヘッドマウンティッドディスプレイである Oculus Quest 2[2]と、コストパフォ

<sup>†1</sup> 愛知工科大学 (現在 名城大学)  
Aichi University of Technology (currently with Meijo University)

<sup>†2</sup> 名城大学  
Meijo University

<sup>†3</sup> 神奈川歯科大学  
Kanagawa Dental University



図 2 VR バスケットボールアプリの様子. コントローラーを利用してボールを掴む様子(左)とハンドトラッキング機能を用いて掴む様子(右).

Figure 2 Scene examples in VR basketball application. Left: grabbing a ball using controllers; Right: grabbing a ball by hand tracking.



図 3 コントローラーを使用したアプリ体験者の様子  
Figure 3 Players using controllers.



図 4 ハンドトラッキングを用いたアプリ体験者の様子  
Figure 4 Players using hand-tracking interfaces.

一マンスに優れた小型 IoT 端末 M5Stack Gray[3]を利用した VR バスケットボール体験システムである。動作の検出と映像提示は Oculus Quest 2 単体で実現可能であるが、手がボールに触れた時に振動を提示する機能を実現するために、小型 IoT 端末 M5Stack Gray を使用する。比較対照のため、Oculus Quest 2 付属のコントローラーを利用する設定も実装した。図 2 にコントローラーを利用してボールを掴む様子(左)とハンドトラッキング機能を用いてボールを掴む様子(右)を示す。

図 3 にコントローラーを使用したアプリ体験者の様子を、図 4 にハンドトラッキング機能を用いたアプリ体験者

の様子を示す。コントローラーを使用する場合、ユーザーは両手にコントローラーを握って操作し、VR 空間内ではコントローラーの位置に手の CG が表示される。ハンドトラッキングを使用する場合、ユーザーは手に何も持たず、自分の手の位置にバーチャルな手のモデルが表示される。現段階ではハンドトラッカーにより検出された掌の位置・姿勢のみを利用しており、指の動きは実装されていない。

## 4. 評価実験

### 4.1 評価項目

本アプリの有用性を評価するために、コントローラーを使用した VR バスケットボール体験アプリと、ハンドトラッキング機能を使用した同アプリを同じ体験者が体験し、それぞれの体験後にアンケート調査を実施した。合計 20 名に行った。振動体感機能に関する調査は行わなかった。表 1 にアンケートの項目を示す。評価は、いずれも「1」(全くそう思わない) から「5」(とてもそう思う) の 5 段階で行った。

表 1 アンケート項目

Table 1 Questionnaire items.

	質問内容
Q1	ボールを思い通りに掴めましたか？
Q2	ボールを思い通りに投げられましたか？
Q3	酔いを感じましたか？

### 4.2 実験結果

比較対象評価の結果から、Q1 の「ボールを思い通りに掴めましたか？」と Q2 の「ボールを思い通りに投げられましたか？」について、コントローラーを使用したアプリの方がハンドトラッキング機能を使用したアプリより高いことが統計的に有意であった。これは、ハンドトラッキング機能を使用したアプリの操作が難しいと認識されたと思われる。Q3 の「酔いを感じましたか？」に関してはコントローラーを使用した方とハンドトラッキング機能を使用した方の間に差はなかった。これらのことから、ハンドトラッキング機能の優位性は示されなかったと言える。コントローラー利用とハンドトラッキング機能の場合の比較結果に関して、表 2 に評価スコアの平均値と標準偏差を、表 3 に統計分析の結果を、図 5 にこれらをまとめたグラフを示す。

### 4.3 考察

比較対象評価の結果から、Q1 の「ボールを思い通りに掴めましたか？」と Q2 の「ボールを思い通りに投げられましたか？」について、コントローラーを使用したアプリの方がハンドトラッキング機能を使用したアプリより高いことが統計的に有意であった。これは、ハンドトラッキング

表 2 評価スコア (平均値±標準偏差)

Table 2 Evaluation scores (average±std. dev.)

	コントローラー	ハンドトラッキング
Q1	4.50 ± 0.59	3.20 ± 0.81
Q2	3.75 ± 0.69	2.75 ± 0.99
Q3	1.25 ± 0.70	1.10 ± 0.30

表 3 それぞれのアプリにおける体験結果の差の統計分析結果

Table 3 Statistical test results on the difference of scores by two interfaces

Q1	検定統計量	4.95
	棄却限界( $p = 0.01$ )	2.86
Q2	検定統計量	4.87
	棄却限界( $p = 0.01$ )	2.86
Q3	検定統計量	1.14
	棄却限界( $p = 0.01$ )	2.86

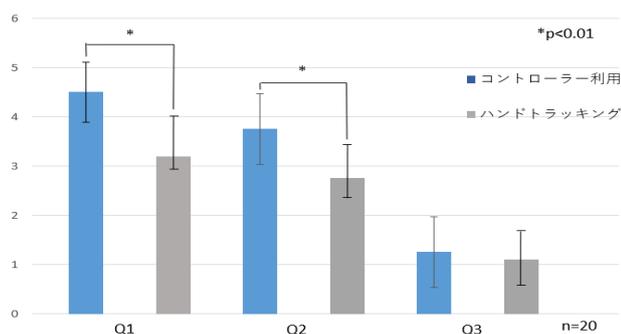


図 5 2種類のインタフェースによる評価の比較

Figure 5 Comparison of the evaluation scores between two interfaces

機能を使用したアプリの操作が難しいと認識されたと思われる。Q3の「酔いを感じましたか?」に関してはコントローラーを使用した方とハンドトラッキング機能を使用した方の間に差はなかった。これらのことから、ハンドトラッキング機能の優位性は示されなかったと言える。

Q1とQ2のいずれも、ボールの操作性についてはハンドトラッキングがコントローラーに比べて評価が低かった。この原因の1つに、現段階での実装ではハンドトラッキングによるボール操作の難易度が高かったことが考えられる。コントローラーを利用する場合、ユーザーはコントローラーのボタンによりボールの把持を明示的に指示可能である。一方、ハンドトラッキングでは、検出された掌の位置に仮想的な球を配置し、その球がボールと接触することによりインタラクションを行っている。すなわち、2つの仮想球でボールを挟んで持ち上げる形になっており、掌の位置に

ある仮想球とボールは点接触である。このため、両手のひらでボールを把持したつもりでもボールが転がり落ちる場合が多く見られた。今後の課題として、面接触を実装して掌に対するボールの動きに拘束条件を設けるなどの改善が必要と考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、コントローラーを使用したバスケットボール体験アプリとハンドトラッキング機能を用いたVRバスケットボール体験アプリを開発した。ハンドトラッキング機能と併用して、小型IOT端末M5Stack Grayを用いた触覚フィードバックも可能にした。コントローラー利用とハンドトラッキング利用の二つのアプリの対照実験を行うことで、ハンドトラッキング機能の有用性を検証した。20名の被験者の体験評価を行った結果、現段階の実装によるハンドトラッキング機能の有用性は示されなかったが、実装上の課題が見いだされた。今後の展望として、ハンドトラッキング機能の操作性の向上と、振動体感機能の評価を行っていく。

**謝辞** 実験に協力していただいた実験参加者の皆様に御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) VoidGear社のアプリ展示(アクセス日:2021年1月25日)  
<https://www.bilibili.com/video/BV1aW411h7uj>
- 2) Oculus Quest 2(アクセス日:2021年1月25日)  
[https://www.oculus.com/quest-2/?locale=ja\\_JP](https://www.oculus.com/quest-2/?locale=ja_JP)
- 3) M5Stack-Modular Rapid ESP32 IoT Development Board (アクセス日:2020年11月21日)  
<https://m5stack.com/>