

# 6DoF 対応 VR を用いたバスケットボール個人練習機器製作と 3D 仮想化精度の評価

M2020SC002 本間 大幹

指導教員：奥村 康行

## 1 はじめに

バスケットボール競技においては、周囲の状況を正確に把握したうえで瞬時に次のモーションを決定する機会が多い。そのため、正確に状況を判断し適切な動作を遂行する能力を養うことが重要である。そうした能力を養うことができるのは対人練習である。しかしながら、対人練習には複数人必要となるため、自由な時間に練習することができず、練習場所の確保も必要となる。一方で個人練習においては、個人技能の向上に関する練習のみであり、戦術理解や対人戦に必要な判断能力を養う事が困難である。ここで、個人練習の幅を広げ、個人で練習が困難とされる状況判断能力を向上することが実現できれば、さらなる練習の効率化につながることを期待できる。

本研究では、仮想空間にプレイヤーを配置することにより、実際のチーム練習と同様の VR 環境を提供するバスケットボールチーム練習システムを二つ提案する。本論文では、実験によって測定された 3D 仮想化精度の評価結果について説明する。

## 2 研究目的

本研究ではバスケットボールのようなチームスポーツでデメリットである個人練習において対人戦に必要な判断能力や戦術理解を目的とした練習を実施し難い点に注目し、VR を用いて大幅な練習効果および効率の上昇を目的とする機器製作を行った。表 1 ではチームスポーツにおける練習のメリットとデメリットをまとめたものである。

表 1 チームスポーツのメリットデメリット

	個人練習	チーム練習
メリット	時間、場所の選択	判断力を養える
デメリット	判断力を養い難い	時間、場所の制約

VR を用いた練習機器製作では、プレイヤーと VR 空間内のプレイヤーとの距離や VR 利用時のラグを考慮する必要がある。そのため、本研究では練習機器に利用する VR (Oculus Quest2) を装着時の視点移動に関する誤差と、移動速度と距離に関する誤差を計測した。

VR を用いて 1 対 1 を想定したゲーム形式の機器と、複数人必要である戦術練習を目的とした機器の二つの製作を行った。1 対 1 用練習機器は個人では養うことの難しい、判断能力の向上を目的として製作を行った。また、戦術用練習機器では、対人練習の中でも習得難易度が高いと言われるゾーンディフェンスの練習に着目した。ゾーンディフェンスの練習に最低 5 人、効果を高めるためには 10 人必要な練習となる。VR を用いることで効果の最も高いゾーン戦術の理解を個人で可能とすることを目的とする。

## 3 先行研究との比較

先行研究にはバスケットボール個人練習用機器作成と VR-実空間の認識誤差という研究がある。この研究ではスマートフォン用の 3DoF 対応 VR を用いて、バスケットボール個人練習機器の作成及び、鉛直・水平方向における VR 上と現実との差異の測定結果に対して評価を行っていた[1]。この研究では、魚眼レンズを通したカメラで撮影した動画を使い VR 練習及び誤差実験を行っていた。この VR では顔の向きのみを認識可能で、バーチャル空間上を移動することができないため、大幅な練習効果は期待できない。そのため、本研究では 6DoF の VR を使用することで、顔の向きだけでなく、実空間での移動もバーチャル空間上に反映することが可能となり、先行研究と比べてより実践に近い練習機器になることを期待できる。また、別の先行研究では Oculus Quest2 の鉛直方向、水平方向、奥行きに関する誤差計測も行なわれているものがある[2]。本研究では、先行研究では行われていない、VR にバスケットボールを落とし込む際に重要となる視点移動誤差と、速度と距離の誤差計測をしている。そのため、より今後の VR を用いた練習機器の製作に有用な結果を取得できると考える。

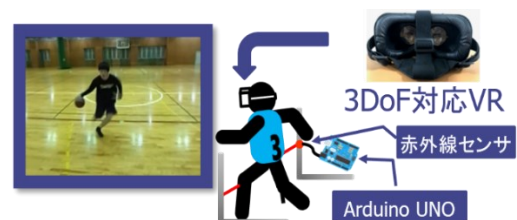


図 1 3DoF 対応の研究概要

また、スポーツと VR に関する先行研究には、プレイヤーの認知過程に関する研究[3]がある。先行研究ではラグビーにおける技術試験を、知識が豊富な人と豊富でない人によって能力差が生まれるのかを VR を利用し能力評価を行っている。この研究では、VR とスポーツの研究ではあるものの、VR を検証のためのツールの一つとして利用している。対して、私の研究では、先行研究のようにプレイヤーの認知過程や、第三者目線からの分析ではなく、プレイヤー自身の能力向上を目的としており、VR およびバスケットボールの領域で新たな価値を提供する研究となっている。

## 4 システム構成

練習機器は全て Oculus Quest2 という VR デバイスを用いて製作を行う[4]。Oculus Quest2 とはスマホを挿入せずとも、ヘッドセットとコントローラーのみで先進のオールインワン VR を利用可能なデバイスである。また、このデ

バイスは 6DoF に対応しているため、頭や体の位置や向き、動きを検出することが可能である。6DoF とは上下前後左右の 6 軸の動きをトラッキングすることである。その上、複数個カメラやセンサが内蔵されているため、外部センサを用意することなく、現実により近い正確な移動や動きを VR 内で行うことが可能となっている。本システムは、Unity というゲームエンジンと C# というプログラミング言語を用いている。Unity とはゲームコンテンツで頻繁に利用される主要な 3D 描画処理、物理演算、衝突判定、サウンド入出力などをあらかじめ組み込んでいるソフトウェアである。また、エディタや拡張機能などの開発環境や、様々なプラットフォームで実行可能なデータを一つのソースからビルドする機能も有しているなど多機能で拡張性のある統合開発プラットフォームである Oculus Quest2 の性能として、解像度が片目あたり 1820×1920 の液晶 LCD であり、この解像度はフル HD とほとんど変わらない解像度であると言える。またリフレッシュレートが 90 と高く、練習機器として利用するに当たり、スムーズに仮想空間内を移動できようになるため有用である。その上、Oculus Quest2 の視野角は 110 度、人間の視野角は約 90 度から 100 度であるため、視野としても違和感なく利用可能だと考えられる。図 2 は Oculus Quest2 の性能および本システムの構成をまとめた図である。

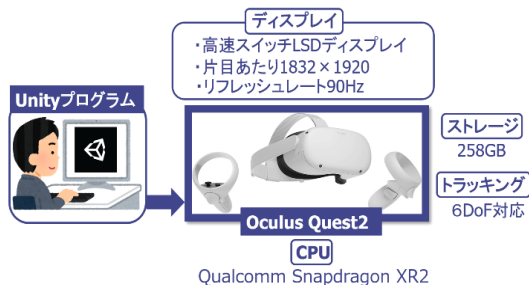


図 2 システム構成

## 5 VR 誤差実験

VR 誤差実験としてシステム構成で述べた利用する VR の Oculus Quest2 について制度評価を行った。実験には Oculus Quest2 とモーションキャプチャカメラ (OptiTrack Flex 13) を用いた。OptiTrack Flex 13 は 1 立方メートル空間で 0.1mm の精度を実現したモーションキャプチャカメラである

### 5.1 視点移動誤差

本章では視点移動に関する誤差の概要について述べる。視点移動を VR に落とし込んだ際に発生する誤差を計測した。被験者に VR を装着してもらい、男女 11 人の被験者に実験を行なった。本実験では被験者の VR 画面中央に点線を表示し、水平方向 -45°、水平方向 45°、水平方向 -90°、水平方向 90°、鉛直方向 45°、鉛直方向 90° の順に長方形のオブジェクトを画面上に出現させる。被験者が視点移動を行い、画面中央の点線とオブジェクトが重なった時点で動きを停止してもらい、被験者が正面を向いた状態から、被験者が停止した時点までの座標をモーションキャプチャカメラで取得する。そこから得られた

座標から被験者の向いた角度を導き、その結果を元に誤差を計測する。VR 上に提示した角度を  $x$ 、被験者の首の角度を  $x'$  とした際に  $e_d = x - x'$  として誤差を導く。図 3 は視点移動実験の概要である。図中にある青の矢印は水平方向、緑の矢印は鉛直方向である。また図 4 は実験時に映し出す映像である。

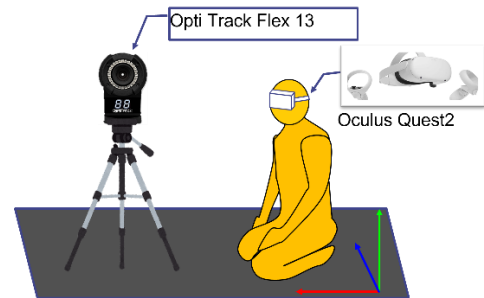


図 3 視点移動実験の概要

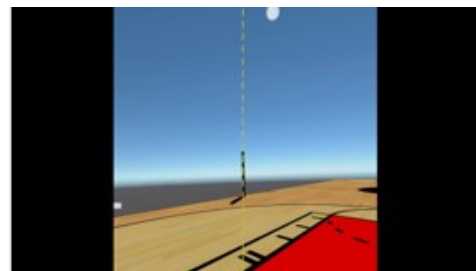


図 4 視点移動の映像

### 5.2 速度と距離に関する誤差実験

距離と速度に関する誤差では視点に関する誤差と同様に男女 10 人を被験者とした。本実験では、VR 空間内の 5メートル先に壁を設置し、壁に到達するまで、ゆっくり歩く、早歩き、小走りを行なってもらう。壁に到達するまでの速度と距離をモーションキャプチャで計測する。壁に到達した際の距離を  $x_a$ 、と置き  $ea = 5 - x_a$  で誤差を求める。この時の誤差と速度の関係を分析する。図 5 は視点移動に関する誤差の実験概要である。図 6 は距離と速度に関する実験概要である。

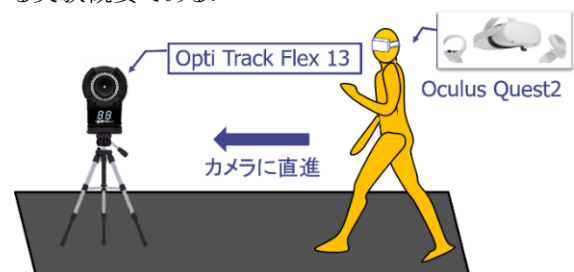


図 5 距離と速度に関する実験概要

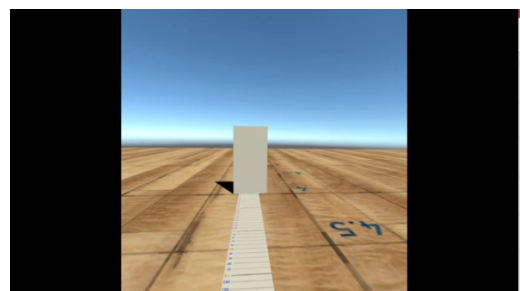


図 6 距離と速度実験の映像

### 5.3 視点移動実験結果

図7は視点移動実験の各角度に対して平均した誤差をまとめたグラフである。エラーバーは各角度の標準偏差である[5]。最大誤差は鉛直90°方向にオブジェクトがある時で11.35°であった。また、最小誤差は水平-45°にオブジェクトがある時で0.03°であった。実験結果のばらつきが大きく現れたのはどの方向であっても角度が90°方向だった時であった。実験の際に被験者によっては各90°方向への視点移動を行うのが困難であった。そのためばらつきが大きくなってしまったと考えられる。

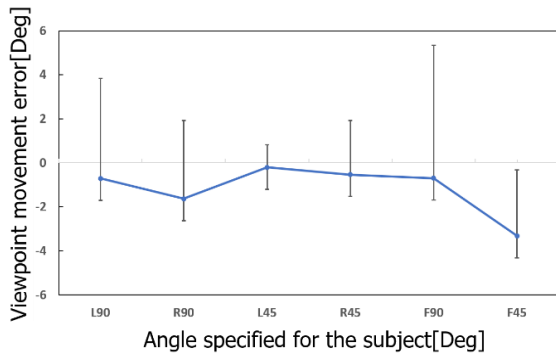


図7 視点移動実験の結果

### 5.4 速度と距離に関する実験結果

図6は速度と距離に関する誤差の結果である。被験者にはゆっくり歩く、早歩き、小走りで指示を行った。しかし、横軸は被験者から得られた座標から速度計算を行い、0.4以上0.5未満、0.5以上0.6未満、0.6以上0.7未満、0.7以上0.8未満、0.8以上0.9未満の5点としている。エラーバーは各速度誤差の標準偏差である。最大誤差は速度が0.69m/sの時で44.78cmであった。また、最小誤差は速度が0.47m/sの時で0.012cmであった。実験結果のばらつきが大きく現れたのは0.6以上0.7未満の速度の時であった。実験の際に被験者によっては各90°方向への視点移動を行うのが困難であった。しかし、0.6以上0.7未満の誤差データには最大誤差が含まれているため標準偏差が高くなりばらつき大きいという結果が出たと考えられる。

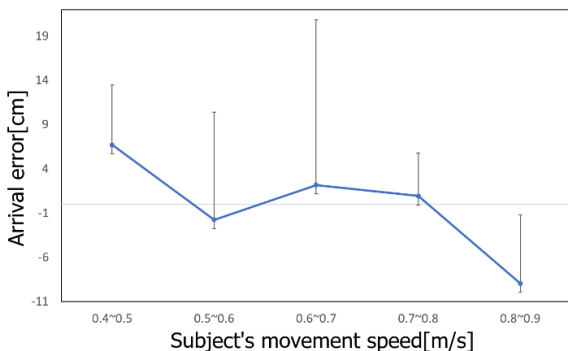


図8 速度と距離に関する誤差結果

## 6 製作したコンテンツ

本章では1on1を目的とした機器とゾーンディフェンス用機器それぞれの概要について述べる。図9は製作した

練習機器の概要である。図9のように練習機器ではOculus Quest2をプレイヤーは装着した状態で、仮想空間上に現れる状況に応じて練習を行い、チーム練習を実現する。

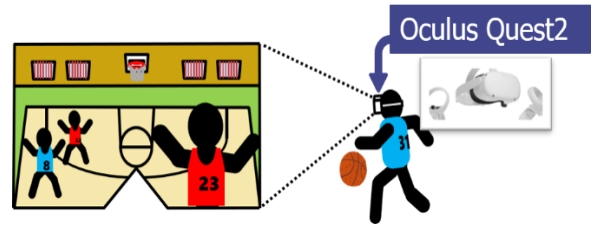


図9 練習機器の概要

### 6.1 1対1練習用練習機器

1対1を想定した練習機器では、事前にスマホで作動するアプリの製作を行なった。スマホ用練習アプリは、ランゲームをベースに製作した。通常のランゲームは三人称が基本である。しかし、今回製作したアプリでは練習を目的としているため、一人称視点とした。アプリの機能は、3点ある。1つ目は設置されている障害物やディフェンスにプレイヤーが3回接触した時点でプレイが終了する機能である。この機能は現実でバスケットボールを行う際に、瞬時に相手プレイヤーを避ける判断能力を養う事を目的としている。2つ目にバスケットゴールにシュートを打つことが可能である。これにより、対象物を避けるだけでなく、オブジェクトを避けながらもシュートを打つ意識を定着させつ事が可能である。最後に、スコア機能だ。スコアの加算方式として、障害物に当たらずに進んだ距離とゴールを決めた点数をスコアとしている。高いスコアを目指す事により、目に見えて自身の成長を実感し、練習へ意欲の向上を促せると考える。また、このアプリケーションはアップルストアにリリース済であるため、ダウンロード可能である[4]。図10はプレイ画面の一部である。画面右上にあるボールが障害物と衝突するたびに減少する。また、奥にある黄色のオブジェクトはゴールであり、そこに画面タッチでシュートを行う。図11はスコア表示画面であり、今までのハイスコアと現在のスコア表示を行っている。



図10 スマホアプリのプレイ画面

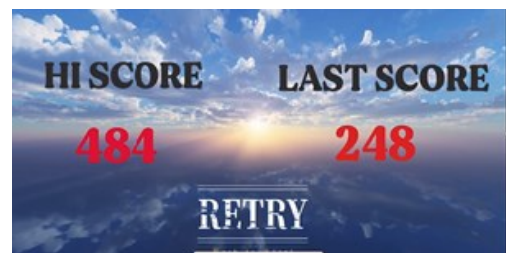


図11 スコア表示画面



続いて、1対1を想定した練習機器の概要を述べる。まずスマホアプリをVRに落とし込むにあたって、必要要素と不要な要素に分けることができる。必要な要素は、ディフェンスを避ける、判断能力を養う事が可能、シュートを打つことが可能、一人称の4機能である。これらはバスケットボールの練習でも行われ、能力向上が見込まれるものである。対して不必要なものは、障害物、自動走行、スコア等のゲーム要素の3機能である。これらは、技術向上という観点において不要であり、機能の増加はVR機器を利用した際のパフォーマンス低下に繋がると考えられる。今回作成した練習機器は、アプリケーション内の4つの必要要素と不要な要素の障害物のみをOculus Quest2に移行した機器となっている。プレイにあたって、前方に移動する際はVRの性能上、距離が限られているためコントローラーのスティックを倒し実行する。ただし、6DoF対応のVRであるため、横移動はプレイヤー自身の体の動きと連動させた。体感として動きに支障をきたす程の違和感はなかった。そのため、プレイヤーを避ける行動に関してはスマホアプリ以上に練習として価値のあるものになると考えられる。図7はプロトタイプ機器の概要である。(a)ユーザーのプレイ状況(b)実際のプレイ画面である。

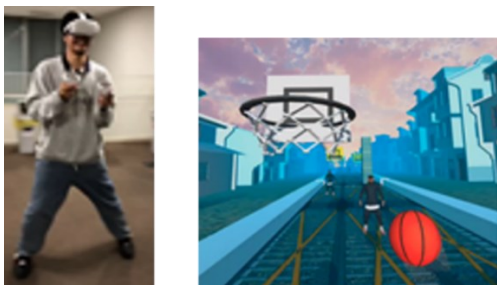


図 12 1対1練習機器のプレイ画面  
(a)ユーザプレイ (b)VRのプレイ画面

## 6.2 ゾーンディフェンス用練習機器

VRを用いたゾーンディフェンス用機器ではオーソドックスなゾーンディフェンスの一つである3-2ゾーンを対象とした。その中でも、右ウィングにポジショニングする選手視点での練習を想定して製作した。プレイヤーに提示する練習はボールの位置がトップ→右ウィング→トップ→左ウィングという流れに対応する動きの練習である。

赤色がオフェンスであり、青色がディフェンスである。それぞれの状況に応じた動きは対おおう下の色の矢印で表現されている。また、図13は投影するコンテンツを俯瞰した画像である。

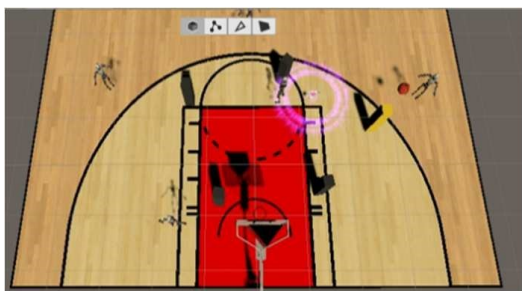


図 13 ゾーンディフェンス練習機器の全体

図13にもある練習において必須となる4つのオブジェクトについて記述する。まず人形のオブジェクトは想定したオフェンスの動きを実行する。次に、黒色直方体のオブジェクトはプレイヤーを除くディフェンスの動きを実行する。黄色のオブジェクトは、練習機器を利用しているプレイヤーの動きおよび視点を反映し実行することを想定している。最後に紫色のエフェクトはボールの位置に応じたプレイヤーが動くべき地点を表示している。図14はプレイヤーがVRを通して見る視点である。

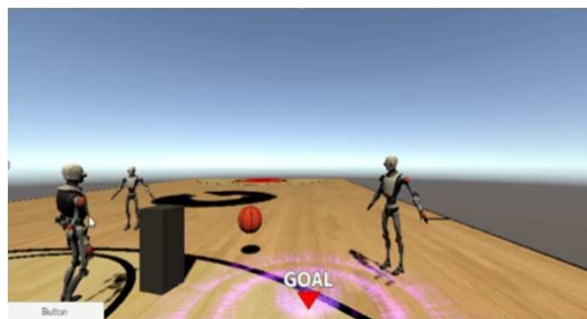


図 14 ゾーンディフェンスのプレイヤー視点

各状況に応じてゴール地点が用意されており、プレイヤーがゴールに到達することで次の状況が出現する。これにより、一定の状況下における次の行動を反復練習可能となる。

## 7 まとめ

誤差実験結果から、練習機器の製作においてVRを利用することは問題ない考えられる。1on1用の練習機器では、シュートを打つ際はコントローラーのトリガー操作のみのため、現実の動きとより近いシュートを実現する必要がある。また、ゾーンディフェンス用機器については、プレイヤーは次の動きが予測できてしまう。そのため、動きの習得には効果的だが、状況判断能力の向上には効果が薄いという課題が生じた。したがって、特定の動きを習得する練習ではなく、パスの移動位置をランダムにして移動方向が予測できない条件で練習可能なシステムが必要である。

## 参考文献

- [1] H. Honma, Y. Iida, Y. Okumura, K. Fujii and M. Umehira, "Evaluation of 3D Virtualization Accuracy for VR-Based Personal Basketball Team-Practice System," 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 2021, pp. 709-710, doi: 10.1109/GCCE53005.2021.9621962.
- [2] H. Honma, Y. Iida, Y. Okumura, K. Fujii and M. Umehira, "Evaluation of 3D Virtualization Accuracy for VR-Based Personal Basketball Team-Practice System," 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 2021, pp. 709-710, doi: 10.1109/GCCE53005.2021.9621962.
- [3] Vanda Correia, Duarte Araújo, Alan Cummins, and Cathy M. Craig, "Perceiving and Acting Upon Spaces in a VR Rugby Task: Expertise Effects in Affordance Detection and Task," Journal of Sport and Exercise Psychology, Dec.29, 2019
- [4] Meta Quest, Oculus Quest2, [https://www.oculus.com/quest-2/?locale=ja\\_JP](https://www.oculus.com/quest-2/?locale=ja_JP), ref.Mar.16.2020
- [5] 丹慶勝市 "図解雑学統計解析," ナツメ社, 東京, Mar.10, 2008, 参照日 Dec.29, 2019.