

HMD を用いた一人称視点再現におけるディアボロ技術向上のための追体験システムの構築

高田俊輔[†] 橋本渉[†]

近年、HMD を用いたトレーニングシステムが注目を集めている。本研究ではジャグリングによるパフォーマンスに着目し、その一種であるディアボロの追体験システムを開発した。本システムでは、HMD を装着して一人称視点からディアボロを体験できるだけでなく、熟練者の身体動作および視線情報をキャプチャし、熟練者の動作を追体験させることを目指している。ディアボロ初心者や経験者にシステムの適用評価を実施したので報告する。

てヒアリングを実施した。

1. はじめに

頭部搭載型ディスプレイ(Head Mounted Display :HMD)は、使用者の視界を覆ったディスプレイを通じて VR 空間を提示する一種の視覚提示装置であり、処理速度の向上、低価格化などの普及が進んでいる。HMD は VR 空間で行われるエンターテインメント、医療、スポーツをはじめとした様々な分野における体験やトレーニングとしての活用が行われている。現実と本質的な違いのない、リアルな空間を提示することで、効果が発揮されている。VR を用いたトレーニングシステムに着目すると、熟練者の動作を記録し、VR 空間で再現することによって技能向上を目指すシステム、VR 空間でトレーニング対象の種目をシミュレーションし、一人称の体験を通じて技能向上を狙うシステムの 2 通りのアプローチが存在する。

様々なトレーニングにおいて、技能向上のためには、熟練者の動作を理解し反復練習を行うことが重要な要素であると考えられる。例えば、けん玉の技習得には熟練者の動作を理解することが上達につながる要素であることが確認されている[1]。一方、[2]では一人称視点による熟練者の動作提示を提案しており、技術習得の貢献になることが確認されている[2]。

我々は VR 空間でのジャグリングのステージパフォーマンスに着目し、その一種であるディアボロ技術の向上を目的とした動作提示と種目体験を行うシステムを開発した。ディアボロとは図 1 のように、お椀を 2 つ繋げたような形状をした独楽(以降、ディアボロと表記する)であり、紐を 2 本のハンドスティックに通し、その紐の上でディアボロを操ることで様々な技を行うことができる種目である。

本研究では、熟練者の身体動作および視線動作を取得し、初心者一人称視点で動作提示を行い、さらにディアボロ体験時に先ほど取得した視線動作を提示しながら体験してもらうシステムを開発し、経験者や初心者に適用評価とし

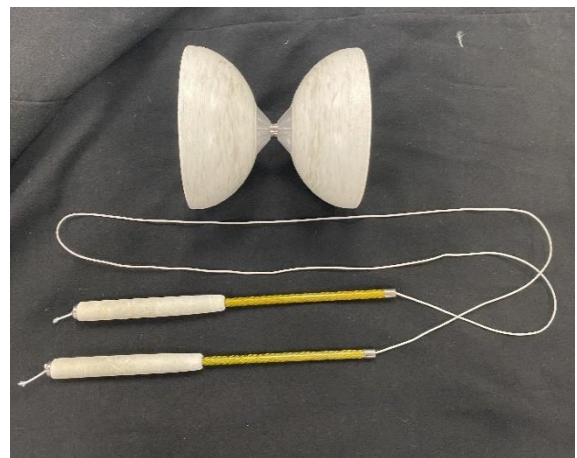


図 1:ジャグリングのディアボロで使用する道具

2. システム構成

ディアボロの技術向上には一人称で繰り返し体験できることが重要であり、VR 空間でも現実と遜色ないようなディアボロ環境を再現することが必要である。VR 空間では、ディアボロの 3 次元的な軌道に制限を加えるなどのシミュレーションによってトレーニングを支援できる。例えば、初心者の最初の壁になるのは、ディアボロが傾いて技を始めることができないことであるが、ディアボロの空間動作の次元を減らすといった動作簡略化や、重力を調整し動きをスローにすることで難易度を下げることも容易である。このような支援を初心者に与えることで徐々に体に慣れさせ、難易度を上げていくこともできる。一人称で繰り返し体験できるシステムを、ここでは初心者の体験システムと呼ぶことにする。

熟練者の動作を再現するには、モーションキャプチャを用いて、技の動作を取得し、VR 空間内のアバターに同じ動作をさせる。熟練者の動作を初心者に見せるだけでなく、熟練者がどの部分を注視し、注視している点だけでなく周りのどのような情報を取得して次の動作に移るかを考える

ことが重要であると考えた。本研究ではモーションキャプチャと視線検出装置を用いて熟練者の身体の動きと目線の動きを再現し、初心者に一人称視点として提示する。このシステムを熟練者の再現システムと呼ぶことにする。本研究では、初心者の体験システム、熟練者の再現システムを実装する。

3. 実装

3.1 初心者の体験システムの実装

初心者体験システムは、ディアボロを一人称視点でシミュレーションすることを目的としている。この環境におけるシステム構成図を図2に示す。システムはHMDと2台のコントローラ、それらを制御するPCから成り立つ。HMDはFacebook社のOculus Quest、コントローラとしてOculus Touchを使用した。

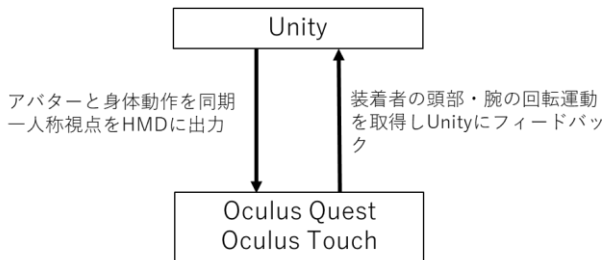


図2: 初心者の体験システム構成

システムはUnity Technologies社が提供するUnity2021.1.13f1を用いて開発しており、HMDやコントローラを頭部や手の移動・回転運動に対応させている。VR空間で反復練習をするためには自分自身の身体表示があるとわかりやすいと考え、HMDやコントローラの動きに応じて動作するアバターを導入することにした。アバターには、Tda式初音ミク・アペンドを用いた。アバターの動きはコントローラの位置からインバースキネマティクスにより求めた。ここではFinalIKというアセットを用いている。また、アバターの物体を掴むアニメーションを搭載するためにOculus Integrationというアセットを用いてハンドスティックを掴む・離すといった動作を可能にしている。初心者体験システムではハンドスティックを離れた難易度の高い技を行わないので掴んだ状態で固定している。体験に必要なディアボロやハンドスティックは特殊な形状をしているため、Blenderで独自に作成した。またハンドスティックの先端につながっている紐はリアリティを高めるためVirtual Method社のObi Ropeを使用した。このとき、ハンドスティックを素早く動かす際に紐が振動し続ける、現実では起こらない挙動が発生した。そこで、[3]を参考にハンドスティックの前後に壁を設置し挟み込むことで紐の振動を制限することにした。ディアボロは3次元的な動きをすること

で難易度が上昇するため、前後に移動しないように制限を設けており、回転が減速して紐の上から落ちないように一定の速度を保ちながら運動するように制限を加えている。

初心者体験システムを利用している様子を図3、VR空間での一人称視点を図4に示す。図4の中央右側に見える赤い点が熟練者の視線を再現したものである。



図3: HMDを用いて初心者体験システムを利用する様子

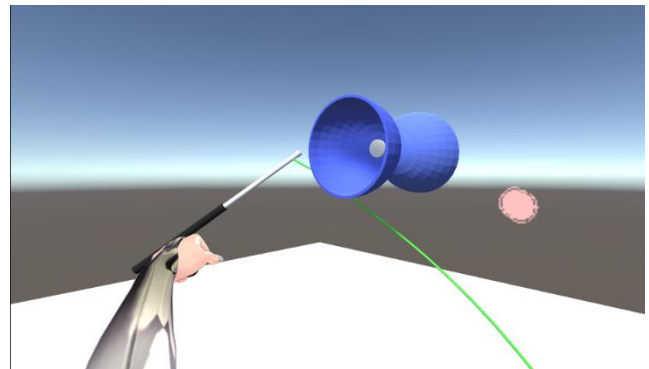


図4: 初心者体験システムの一人称視点

3.2 熟練者の再現システム構築

熟練者再現システムは、ディアボロ熟練者の身体動作および視線情報を記録し、一人称視点において再生するものである。記録する環境を図5、再生するものを図6に示す。記録を行う環境では、実際にディアボロを行うので邪魔にならないようなウェアラブル型のデバイスが必要であると考え、身体情報の取得にはNoitom社のPerception Neuron Studio、視線情報の取得にはTobii社のTobii Pro Glasses2を使用する。装着者は各種キャリブレーションを行った後、ディアボロを動かしてもらう。

モーションデータは専用ソフトウェアのAxis Neuronを使用する。録画したモーションデータをfbx形式のファイルにエクスポートした後、Unityに取り込みアニメーションとして提示することでアバターに同じ動きを再現させる

ことができる。視線情報の記録は目線の座標のみを使用し映像や音声が必要としないので Tobii Pro Glasses2 の専用ソフトウェアを使用せず、コマンドプロンプト上でも使用が可能な TobiiGlassesPyController を使い、RTSP 通信によって取得した。視線の座標は 2 次元座標で構成されており、数値を整数に変換して 1 フレームずつテキストファイルに保存する。熟練者から取得した視線データに基づいて、Unity で生成される VR 空間の一人称視点に表示する。これを実現するため、Python の GUI を操作できる tkinter を用いて背景が透過するウインドウを作成し、視線の座標値と OpenCV を用いて視線情報をプロットする。作成されたウインドウを Unity 内に取り込むために、uWindowCapture というアセットを用いてウインドウをキャプチャし、アバターの目の前に設置する。ウインドウのキャプチャの様子を図 7 に示す。図 7 の右下の黄色い枠で囲まれている部分が uWindowCapture で画面キャプチャしている部分である。このとき、同時に取り込んだ頭部のモーションデータに基づいて、ウインドウを追従させることで、熟練者の視線を再現した。これにより、初心者はアバターと同じ視線を見ることができ、熟練者の身体操作や視線の動きの変化を確認することが可能になる。

また、この再現システムはリアルタイムでも動作できるように実装を行った。モーションデータはブロードキャストで流しているデータのボーンの角度情報を Unity 側で取得し、視線情報は Tobii Pro Glasses2 で取得した座標をテキストに書き込まずそのまま OpenCV で描画することでリアルタイムに提示できる。

なお、視線の再現システムにおける表示部分については、初心者体験システムで使用したものを流用した。

身体動作、視線情報を記録している様子を図 8 に示す。図 8 の熟練者の顔に装着しているのが Tobii Pro Glasses2、全身に装着している緑色のセンサーが Perception Neuron Studio である。

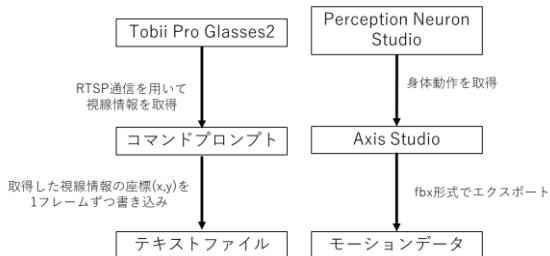


図 5: 記録環境のシステム構成

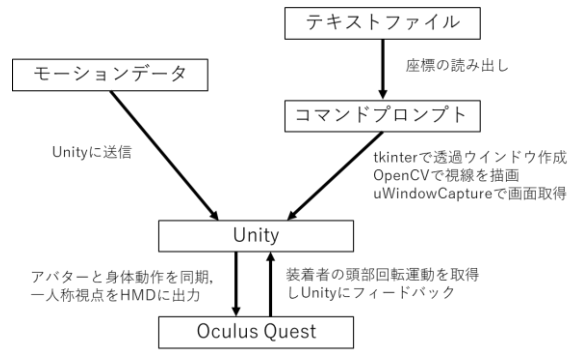


図 6: 再生環境のシステム構成

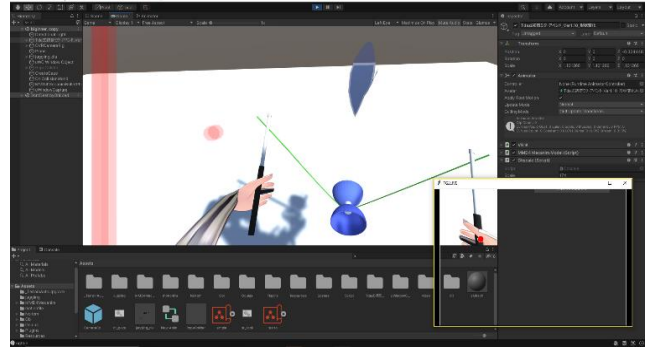


図 7: ウィンドウキャプチャの様子



図 8: 熟練者再現における動作記録環境の様子

4. 適用評価

4.1 目的

本システムが正常に動作しているかどうか、初心者にとって体験しやすいものであるか、またディアボロ熟練者にとってどう感じられるかを評価するため、適用評価をおこなった。

4.2 方法

ジャグリングの初心者 3 名に初心者体験システム、熟練者(ジャグリング歴 4 年以上)2 名に初心者体験システムと熟練者再現システムを体験してもらい、感想をヒアリング

した。

4.3 結果

初心者体験システムの感想を以下に示す。

- ・目線の提示がうまく動作していた。(初心者)
- ・ディアボロを投げてキャッチなどの簡単な技なら成功できた。(初心者)
- ・うまい人の目線がディアボロからあまり動いていないことがよく分かった。(初心者)
- ・目線の提示位置が近すぎて見づらい。(熟練者)
- ・紐の操作が難しく、うまくディアボロを紐に乗せることができなかった。(熟練者)

次に、熟練者再現システムの感想を以下に示す。

- ・アバターの頭の動きと HMD の頭の動きが連動してないので画面酔いが発生した。(熟練者)
- ・紐の挙動が安定していないので複雑な技になると何もできなくなる。(熟練者)

4.4 考察

結果からは、熟練者の視線の提示はうまくいっているがディアボロの体験が難しく、まだ再現には至っていないことが分かった。熟練者からは現実のディアボロには紐の張力、ディアボロ本体の重量などの力覚フィードバックがないというギャップがさらに体験の難しさにつながったと考えられる。このギャップを埋めるためには、コントローラに振動を与え触覚を刺激することや、紐にディアボロが乗った際に紐にたるみを与えるなど、材質の持つ弾性力の調整を行い視覚的に補助することが必要ではないかと考える。

画面酔いが発生するのは熟練者再現システムで、モーションデータを取得したアバターが頭を回転させているのに対し、HMD を通じて一人称視点を体験している初心者は自身の頭の回転と一致しておらず、結果として画面酔いが

発生したものと考える。改善案としてはモーションの頭部の動きをとらず、首から下の動きはモーションキャプチャによる動作提示、頭部は体験者の HMD の動きを与えることで改善できるのではないかと考える。目線の提示位置が近いという感想については目線を描画する際の円の大きさを変更することで調整が可能だと考える。

5. おわりに

本研究では、VR 空間内でディアボロを繰り返し体験できる環境を作成した。それと併せ、初心者が熟練者の視線を視聴しながら体験できるシステムを開発した。本システムはモーションキャプチャと視線計測を用いて身体動作と視線情報をキャプチャし、体験者に HMD を通して提示した。さらに体験者の技術向上のために熟練者の視線を提示した状態で体験ができるように調整を行った。

今後の展望として、得られた評価をもとに紐の挙動を修正し、視線提示の改善を行った後に実験を進めていきたい。また、ディアボロの個数を増やしたり、ハンドスティックを手から離したりすることでより難易度の高い技を体験できるような環境を開発していきたいと考えている。

参考文献

- [1] 川崎仁史,脇坂崇平,笠原俊一,齊藤寛人,原口純也,登嶋健太,稲見昌彦:けん玉できた!VR:5分間程度のVRトレーニングによってけん玉の技の習得を支援するシステム,エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2020 論文集,pp.26-32(2020)
- [2] 伴地芳啓,植村大志,竹永羽,平尾悠太郎,河合隆史:アスリートへの憑依体験を意図したVRコンテンツの試作と評価,TVRSJ Vol.26 No.3 pp.177-186,2021
- [3] 井手康太,堀江亮太:VR空間で演じられたディアボロジャグリングへの視聴者の評価,エンターテインメントコンピューティングシンポジウム 2021年8月