

# VR 技術を用いたダーツトレーニングシステムの開発

情報・ネットワーク工学専攻 成見研究室 学籍番号：2231063 柴尾 啓太

## 1 はじめに

近年、没入型 VR デバイスは視野角の拡大やコントローラの位置推定技術の向上など性能の進化が著しい。VR 技術はスポーツの技能向上においても大きく注目され、トレーニング手段として活用されている。

これまで運動パターンの学習を行う際には、指導者による対面での指導や、写真・動画での記録などの手段がとられてきたが、VR 技術を用いた情報提示を利用することで、より容易で正確な学習が期待できる。VR デバイスは頭や体の位置をトラッキングするため、指導者がいない場合でもユーザは数値化された自分の動きのリアルタイムな把握が可能である。また、視差を利用した立体表示や、カメラ位置の自由な変更により、写真や動画では困難な臨場感を得ながらの運動の観察が可能である。

本研究では、以上のような VR 技術の長所に注目し、ダーツのスローイング動作を題材としたトレーニングシステムを提案する。VR 空間内での手本の観察や、自分のフォームと手本の定量的な比較による運動パターンの習得を目的とするトレーニングシステムを作成し、システムを利用して練習を行うグループと動画を利用して練習を行うグループを比較して評価する。

## 2 ダーツ

ダーツは射的競技の一種である。一定の距離から手投げの矢（ダーツ）を的（ダーツボード）に向かって投げ、刺さった場所によって変動する点数で優劣を競う競技である。ダーツ競技には、運動量が多くない、スローイング動作以外の運動を行わない、スローイング動作にダーツ以外の道具を用いないなどの特徴があり、ダーツ技能の向上にあたって、スローイング動作の習得は非常に効果的であると考えられる（図 1）。一方で、スローの際の体の動きを一人でも客観的に把握することは難しく、スローイングは個人によって適したテンポや軌道が異なるため、画一的な指導を行うことは困難である。

## 3 関連研究

### 3.1 AR 技術を利用した照準フィードバックによるダーツの照準精度向上

植山らはダーツスローにおける照準精度に注目し、AR でダーツの軌跡を明示し、フィードバックするシステムを開発した [2]。



図 1 ダーツの投げ方 (参考文献 [1] より引用)

本研究では、ダーツの動きではなく、体験者の身体運動であるダーツスローに注目し、VR 技術を利用して客観的視点を提供することで技能向上を目指す。

### 3.2 市販の VR ゲームを使用したダーツトレーニング

Drew らは知覚運動学的観点から、HMD を利用した市販の VR ダーツゲームによるトレーニングと、現実世界におけるトレーニングの効果を比較した [3]。その結果、ダーツとは大きさや重量が明らかに異なるコントローラを手を持って操作する必要があり、現実でのパフォーマンスが損なわれたと結論付けた。

本研究においては、利き手にコントローラを持たず、ダーツボードの位置設定やスケールを正確に行う。

### 3.3 VR トレーニングによるけん玉の技の習得支援システム

川崎らは VR 空間内に手本となる 3D モデルのアニメーションを提示し、再生速度を実際より落とした状態から徐々に速度を上げて上達を図るけん玉のトレーニングシステムを開発した [4]。

本研究でも熟練者のスローを模したアニメーションを手本とするほか、複数の熟練者のアニメーションを提示することで、より個人に合わせたトレーニングを提供する。

## 4 トレーニングシステム

### 4.1 システム構成

本研究では、HMD を使用した VR 空間でのトレーニングシステムを提案する。ダーツの熟練者を模して動く 3D モデルを利用して、理想のダーツスローイングフォームを三次元的に把握し、自分の動きを近づけていくことによって効率的な技能向上を目指す。また、自分の動きを第三者視点から観察することによって、容易に客観的な分析を行うことが可能となる。ユーザは VRHMD である Meta Quest3 を使用し、ゲーム開発エンジン Unity で作成された VR 空間内で自分の体の動きを再現する 3D モデルを操作する（図 2）。

### 4.2 アプリケーション

#### 4.2.1 キャリブレーション

アバターの身長・手の位置を修正し、ユーザの動きがより正確に反映されるよう調整する。

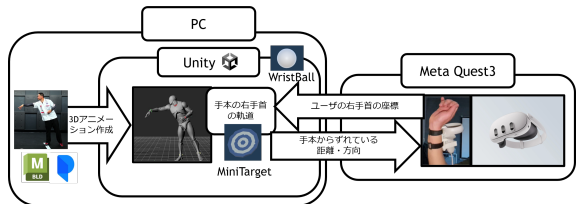


図 2 システム全体図



図3 選択フェーズの様子

#### 4.2.2 選択フェーズ

3種類の手本から、ユーザの身長に近い熟練者のアニメーションが適用されたものを選択する(図3)。

#### 4.2.3 学習フェーズ

ダーツスローイング動作を繰り返す手本のモデルの観察を行う。手本のモデルの移動・回転・アニメーションの一時停止・再生速度の変更が可能である。また、ユーザは自分のアバターのコピーを利用して、自分の動きと手本の動きの差異を客観的に観察することが可能である。

#### 4.2.4 採点フェーズ(リハーサルフェーズ)

画面の指示に従い、「テイクバック」から「フォロースルー」までの動作を手本の手首の軌道をガイドとして行う。手本との差異をもとに、点数と矢印によってフィードバックを行う。

#### 4.2.5 採点フェーズ(テストフェーズ)

リハーサルフェーズと同様の内容をガイド表示なしで行う。

### 5 評価実験

以下の手順で対照実験を行った。

1. ダーツの基礎知識に関する冊子と動画を見る
2. 実際にダーツを使い、ダーツボードのブルエリア(中心部)を狙って練習スローを行う
3. 8投(24本のダーツを投げる)を行い、ダーツボード内のダーツの刺さった位置を記録する
4. VR空間でトレーニングを行うグループは本システムを、もう一方のグループは動画を使用して練習を行う
5. 実際にダーツを使い、ブルエリアを狙って練習スローを行う
6. 8投を行い、ダーツの刺さった位置を記録する
7. トレーニングについてのアンケートを行う

同研究室に所属する6人を被験者とし、2つのグループに3人ずつ振り分けた。

### 6 実験結果

#### 6.1 測定結果

ダーツの刺さった位置から、ダーツボード中央からの距離の平均であるレンジと、刺さったダーツの集まり具合を示す指標RMSDを算出した。測定の結果、VR空間でトレーニングを行ったVR1~VR3は、平均的にレンジとRMSDのどちらも小さくなり、向上した(表1)。また、どちらも動画を用いたVIDEO1~VIDEO3より向上の幅が大きかった。

#### 6.2 アンケート結果

選択肢を1-5の数値に変換し、平均値を算出した。トレーニング内容を比較するアンケートでは、いずれの項目でもVR空間でのトレーニングが動画を使用したトレーニングより高いスコアであった(図4)。「体感のトレーニング効果」の評価の低

表1 トレーニング前後の被験者のレンジとRMSD

被験者	レンジ(cm)		RMSD(cm)	
	トレーニング前	トレーニング後	トレーニング前	トレーニング後
VR1	8.79	9.45	9.82	10.74
VR2	12.09	9.35	11.58	9.33
VR3	13.59	10.18	13.63	10.86
平均	11.49	9.66	11.68	10.31
VIDEO1	7.60	9.19	7.02	8.99
VIDEO2	6.20	8.52	7.05	9.52
VIDEO3	10.12	7.88	9.34	8.20
平均	7.98	8.53	7.80	8.90

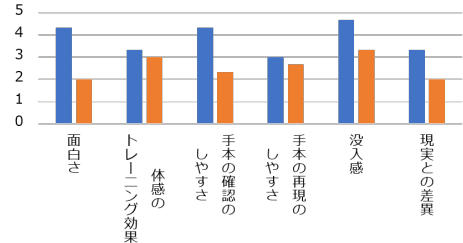


図4 アンケート結果

さについては、IKのズレやVR酔いなどのVR特有のトラブルが指摘された。また、「手本の再現のしやすさ」「現実との差異」の項目の評価が低い点について、実際のダーツスローとの視線を向ける場所の違いや、腕に装着したコントローラの重量により差異が生まれたという内容の回答があった。

### 7 おわりに

本研究では、VR技術を用いたダーツにおけるダーツトレーニングシステムを開発し、被験者実験を通して、動画を使用したトレーニングとの比較を行った。その結果、狙った場所にダーツを投げる能力や、フォームの再現性の向上の点で動画を使用した場合より優れており、より正確な学習が行えることが分かった。「立体表示される手本のモデルを位置・回転・アニメーションスピードの変更を自由に行いながら観察する」、「自分のアバターのコピーと手本を並べて観察する」、「熟練者の手首の軌道を表示し、自分の手首の軌道と比較する」などのVR独自の機能により、効率的なダーツスローイングフォームの獲得を実現したと考えられる。

今後は、被験者数の増加やハンドトラッキングの利用、適切な視線誘導などの改善を行う必要がある。

### 参考文献

- [1] ダーツの投げ方 ― はじめてのダーツ. <https://www.dartslive.com/jp/beginner/throwing/>. (最終アクセス日:2024年1月2日) .
- [2] Yuki Ueyama and Masanori Harada. Augmented Reality-based Trajectory Feedback Does Not Improve Aiming in Dart-throwing. *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 64738-64744, 2023.
- [3] Stefanie A. Drew, Madeline F. Awad, Jazlyn A. Armendariz, Bar Gabay, Isaiah J. Lachica, and Jacob W. Hinkel-Lipsker. The trade-off of virtual reality training for dart throwing: a facilitation of perceptual-motor learning with a detriment to performance. *Frontiers in Sports and Active Living*, Vol. 2, p. 59, 2020.
- [4] 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, Vol. 2020, pp. 26-32, 2020.