

バレーボール初心者用リアルタイムフィードバック付き レシーブ自己練習 VR システム

An Immersive Self-training System of Volleyball Bump with Real-time Feedback for Beginners

情報工学専攻 福見 直澄
Information and System Engineering, Naoto FUKUMI

はない。スパイクレシーブにおいて、低姿勢でのレシーブは重要とされており [4], 腕のみのフィードバックは初心者に適したフィードバックであるとは言えない。さらに, VR レシーブシステムは現実の練習とは異なり, 新たな課題として現実のボールをレシーブしないことによるレシーブ感覚の低下, 身体にセンサなどを着用することによって起こる身体動作の制限といった問題が挙げられる。また, 初心者の効率的な技能向上には, ユーザの練習意欲を向上させ, 継続的な練習を促すことが必要である。

これらのことから, 提案システムが満たすべき要件は, 時間や場所の制限が少ないこと, 個人での練習が可能であること, 装着するものがなく, 腕が自由な状態での練習が可能であること, レシーブ感覚を向上するフィードバックがあること, 腕だけでなく, 全身の評価機能があること, 初心者の技術向上を促すフィードバックがあること, および, 練習意欲を向上させる機能があること, が挙げられる。

3 提案システム

本研究では, 2 節で述べた要件を満たし課題を解決するために, VR 技術とモーションキャプチャ技術を用いて練習場所を限定せず, バレーボール初心者のレシーブの技能向上を促すバレーボール初心者用リアルタイムフィードバック付きレシーブ自己練習 VR システムを提案する。提案システムは, PC, HMD, モーションキャプチャカメラで構成される。提案システムは, HMD を通じて体育館やネット, ボールなど練習に必要な用具や練習場所の映像をユーザに見せ, 仮想環境での練習を実現する。その仮想環境上でユーザはレシーブを実施し, 提案システムはレシーブ時のユーザの骨格情報の表示, 動作に関する評価, 動作修正を提案し, ユーザはそれを見てレシーブを学習する。本研究では, HMD に VIVE, モーションキャプチャカメラに Azure Kinect を採用する。提案システムはユーザの腕に装着するものがなく, 全身の動作を評

1 序論

バレーボールは世界中で最も人気があるスポーツの一つである。その人気の理由の一つは, ボール 1 つで遊べる点である。しかし, バレーボールの基本動作で最も重要なレシーブは単独ではできない。また, 大会の公式の試合ではボールの他にネット, アンテナ, コート, および支柱が必要である。よって, 正式な試合に近い本格的な練習には, 多くの道具や体育館のような練習場所が必要である。また, どのスポーツにおいても, 初心者が効率的な技能向上を図るためには, 初心者は指導者の下で正しい指導を受けることが求められるので, バレーボール初心者の個人での練習はさらに難しい。近年, 仮想現実感 (VR) 技術を用いたスポーツトレーニングシステムが開発されており, 選手はより多くの練習機会を得ることが可能になってきた [1]。また, スポーツトレーニングシステムでは, ユーザの動作を評価しフィードバックするために, モーションキャプチャ技術が利用されている [2]。よって, 本研究ではバレーボール初心者を対象に時間や場所の制限が少ない環境で, 現実に近いレシーブの自己練習を実現することで, 効率的な技能向上促進を目的とし, バレーボール初心者用リアルタイムフィードバック付きレシーブ自己練習 VR システムを提案する。目的達成のために個人使用できること, レシーブ練習の臨場感を向上させる映像, 音響があること, および, バレーボール初心者の技能向上を促すフィードバックがあること, を目標として定める。

2 従来手法と現状における課題

従来の VR レシーブシステムは, CG を用いて仮想の体育館を用意する。その環境で仮想のボールを打ち出して, ユーザはそれをレシーブすることで練習する [3]。しかし, 従来システムには, レシーブ時の腕の動作評価機能があるものの, 下半身の動作に関するデータの取得, 評価機能

価する。

ユーザが仮想環境でレシーブ動作し、システムはその時のユーザの動作を評価することでボールの運動を決定する。システムは、ユーザの両手首の距離、両手首の midpoint とボールとの距離、両肘関節の角度、腕が作る面に対するボールの入射角、腕が作る面の速度の 5 つの要素を評価する。また提案システムは、レシーブ時にレシーブ感覚を向上させる視覚聴覚フィードバックをユーザに与える。聴覚フィードバックは、ボールが風を切る音とボールが腕に当たる音がある。視覚フィードバックは、レシーブ時の触覚を補うものとして、腕に当たった衝撃を表現する視覚効果がある。

レシーブが終了した後に、提案システムは色付けされた骨格モデルとテキストを用いてユーザにフィードバックする。骨格モデルはレシーブ時のユーザのレシーブを表す。この骨格モデルは、システムのレシーブ評価に応じて身体部位が色付けされる。これによりユーザへ直感的に低評価だった身体部位を伝える。テキストには、低評価だった動作、低評価の理由、修正方法を表示することで、初心者が理解できるフィードバックをする。評価される要素は、ボールの運動を決定する 5 つの要素に加えて、両膝の角度、両大腿部の角度、および、股関節の開く角度である。また、継続的な練習をユーザに促すために、提案システムにはユーザ自身の技能向上を体験できる履歴閲覧機能がある。

4 実装

システムの使用風景と実行画面を図 1-6 に示す。今回実装したシステムでは、現実の身体動作とその動作を Azure Kinect が認識し映像として表示する骨格モデルの動作の間に約 0.63 秒の遅延があった。よって、本システムは、あらかじめ設定したレシーブの捕球地点にボールが到達してから 0.63 秒後のレシーブ動作を評価した。



図 1: 使用風景

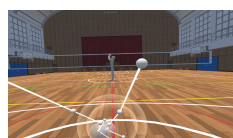


図 2: レシーブ時のユーザの視点

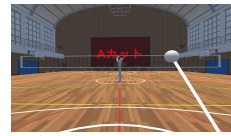


図 3: 返球成功シーン



図 4: 返球失敗シーン

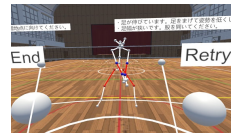


図 5: レシーブ後フィードバックシーン



図 6: 履歴閲覧シーン

5 実験・評価

ユーザ実験は、バレーボール初心者を対象にトレーニング前テスト各 3 回、トレーニング各 5 回、トレーニング後テスト各 3 回を実施し、トレーニングによる被験者のレシーブ技能の変化を調査した。レシーブは、ユーザの正面、左側、右側の 3 カ所で実施した。本システムでは、VIVE と Azure Kinect が発する赤外線が互いに干渉し、実験で十分な精度の記録ができなかった。よって、各実験は VIVE を使用せず、トレーニング画面をディスプレイに表示するディスプレイ型システムを用いて、実験を実施した。被験者は、体育の授業などで週に 1,2 回の頻度の実験経験をもつバレーボール初心者の理系学生 5 名である。また、中学生や高校生の時に部活動でのバレーボール経験をもつ 2 名の理系学生にも使用させ、提案システムへの意見を求めた。

5.1 トレーニング前・トレーニング後テスト結果

トレーニング前・トレーニング後テスト結果の一部を図 7-11 に示す。半透明の骨格モデルはトレーニング前テストの結果を示し、不透明の骨格モデルはトレーニング後テストの結果を示す。

5.2 アンケート結果

アンケートの結果を表 5.2 に示す。アンケートは 4 段階評価とし、数字が大きいほど高評価である。

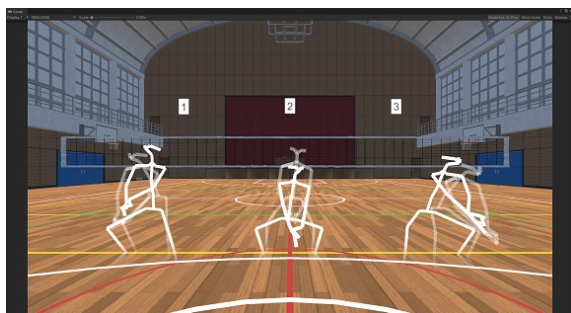


図 7: 被験者 1 の正面レシーブ

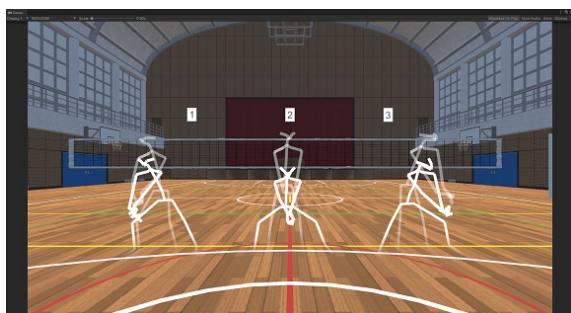


図 8: 被験者 2 の正面レシーブ

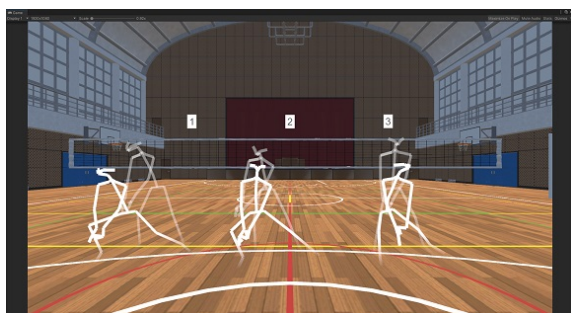


図 9: 被験者 3 の右側レシーブ

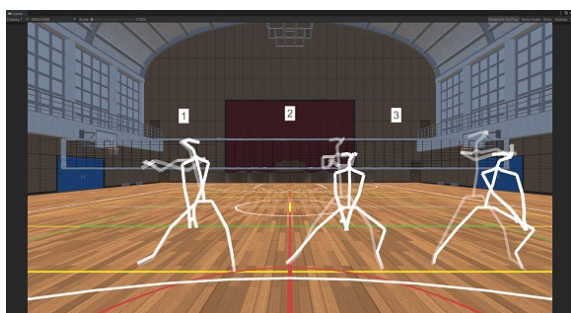


図 10: 被験者 4 の左側レシーブ

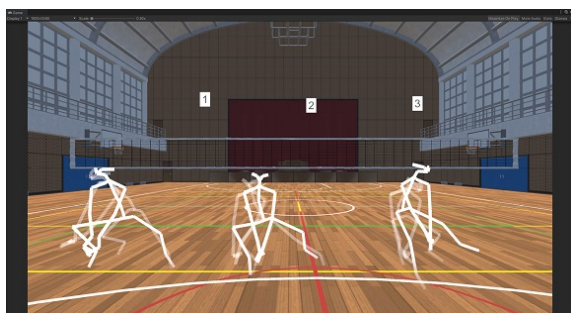


図 11: 被験者 5 の右側レシーブ

表 1: アンケート結果

質問	4	3	2	1
(1) システム使用時に首の疲れをどの程度感じたか.	5	0	0	0
(2) システム使用時に視野の狭さをどの程度感じたか.	3	1	0	1
(3) レシーブ時の視覚効果はレシーブの臨場感の向上にどの程度有効だと感じたか.	4	0	1	0
(4) レシーブ時の音響効果のボールが風を切る音はレシーブの臨場感の向上にどの程度有効だと感じたか.	3	2	0	0
(5) レシーブ時の音響効果のレシーブ音(ボールがバウンドする音)はレシーブの臨場感の向上にどの程度有効だと感じたか.	3	2	0	0
(6) ボールをレシーブしてから返球が開始されるまでの遅延はレシーブの臨場感をどの程度損なわせたか.	1	3	1	0
(7) 自身のレシーブフォームによってどのようにボールが飛んでいくのか, どの程度学習できたか.	4	1	0	0
(8) レシーブ後のテキストによるフィードバックはどの程度理解できたか.	4	1	0	0
(9) レシーブ後の骨格モデルによる自身のレシーブフォームはどの程度理解できたか.	3	2	0	0
(10) レシーブ後の骨格モデルの色付けによるフィードバックはどの程度理解できたか.	2	3	0	0
(11) レシーブ履歴機能によってどの程度練習意欲の向上を感じたか.	4	1	0	0
(12) 提案システム使用前と比較して自身のレシーブはどの程度上達したと感じるか.	5	0	0	0
(13) 全身を評価できる機能は個人レシーブ練習システムに有効だと思うか.	4	1	0	0
(14) 身体に装着するものがなく自由な状態で使用できる特性は個人レシーブ練習システムに有効だと思うか.	4	1	0	0
(15) 提案システムの個人使用はどの程度難しいと感じたか.	4	1	0	0

5.3 考察

5.1,5.2 節から提案システムを評価する. 図 7 から, 被験者 1 の脚の角度が曲がり, 腰の高さが下がったと言える. しかし, 1 回目のレシーブを見ると上半身が垂直になっており, 理想的なレシーブの前傾姿勢ではなかった. この姿勢を直すために, 背骨の角度を評価機能が有効だと考えられる. 図 8,9 から被験者 2,3 のレシーブは低姿勢になったと言える. また, 図 9 を見ると, 被験者 3 はボールの落下地点へ脚を大きく踏み出すことで身体の正面でレシーブできており, 下半身のフォームが修正されたと言える. 図 10 から, 被験者 4 の腰の高さは大きく変わらなかったが, トレーニング前にあった腕の振りがトレーニング後に改善されたと言える. 図 11 から, 被験者 5 はトレーニ

ング前から低姿勢でのレシーブができていたので、腰の
高さはほとんど変わらなかった。しかし、3 回目のレシー
ブで被験者 5 が脚を大きく踏み出してプレイエリアから
被験者の身体が出たことで、トラッキングに失敗した。こ
の問題は、提案システム使用時にも多く見られた。これ
を防ぐために、仮想環境上でのプレイエリアの表示が有
効だと考えられる。

質問 1 では、全員が最高評価を回答し、質問 2,3 では
1 名が低評価を回答した。このことから、HMD の重量は
システム使用時に負担にならなかったが、視野角が足り
ないことで、レシーブ時の視覚効果が視界に映らなかつ
たと考える。よって、重量よりも視野角性能を重視して
HMD を選定することでシステムの使用感向上につなが
ると考えられる。質問 4,5 では全員が高評価を回答し、音
響効果はレシーブ感覚向上に有効であったと言える。質
問 6 では 1 名が低評価を回答し、身体動作の遅延軽減に
よってシステムの使用感が向上する可能性がある。質問
7 では多くの被験者が最高評価を回答し、システムのレ
シーブ動作評価で決定される返球によってレシーブの学
習ができたと言える。質問 8 では多くの被験者が最高評
価を回答し、レシーブ後フィードバックのテキストは初
心者が理解できる内容だったと言える。質問 9 では全員
が高評価を回答し、骨格モデルがフィードバックの理解
に有効であったと言える。質問 10 では全員が高評価を
回答し、骨格モデルの色付けがフィードバックの理解に
有効であったと言える。質問 11 では全員が最高評価を
回答し、レシーブ履歴機能が練習意欲向上に有効であ
ったと言える。質問 12 では全員が最高評価を回答し、提案
システムにレシーブ技能向上効果があると言える。質問
13,14 では多くの被験者が最高評価を回答していること
から、提案システムの身体が自由な状態で使用でき、全身
の評価ができる特性は、初心者のレシーブ自己練習シス
テムに有効であると言える。質問 15 からでは、多くの被
験者が最高評価を回答し、提案システムの個人使用は容
易であると言える。また、「レシーブ時のボールの位置が
遠く感じる」という意見をバレーボール経験者から得た。
この経験者は、他の被験者と比較して 10cm 以上身長が
低かったため、ボールとの距離が遠かった可能性がある。
よって、システムのレシーブ位置とユーザの身長による
システムの使用感を調査し、レシーブ位置を調整する。

6 結論

ユーザ実験から、提案システムによって、バレーボ
ール初心者の腕だけでなく下半身を含めた全身のレシー
ブ技能向上を確認した。またアンケート結果から、システ
ムの個人使用が可能である点、レシーブの臨場感を向上
させるフィードバックがある点を確認した。今後の課題
は、HMD とモーションキャプチャカメラのトラッキン
グ精度の向上、ボディトラッキングの遅延軽減、視野角の
改善、レシーブ後フィードバックの向上、レシーブ位置調
整などが挙げられる。

謝辞

本研究を通じ、懇切丁寧な御指導、御鞭撻、及び多くの
御支援を賜りました、中央大学大学院理工学研究科情報
工学専攻牧野光則教授に深く感謝致します。また、よき同
僚として御協力いただいた同輩諸氏に御礼申し上げます。

参考文献

- [1] Cannavò, Alberto and Praticò, Filippo
Gabriele and Ministeri, Giuseppe, Lamberti,
Fabrizio: “A Movement Analysis System Based
on Immersive Virtual Reality and Wearable
Technology for Sport Training”, Association for
Computing Machinery”, Proceedings of the 4th
International Conference on Virtual Reality,
ICVR 2018, pp 26-31, 2018.
- [2] Takahiro Kora, Masato Soga, Hirokazu Taki:
“Golf Learning Environment Enabling Overlaid
Display of Expert’s Model Motion and Learner’s
Motion Using KINECT”, Procedia Computer
Science, Volume 60, pp 1559-1565, 2015.
- [3] 高田 竜太, 大西 哲平, 河田 俊, 岩田 浩康: “スパイ
クレシーブにおけるスポーツビジョン向上を目的と
した没入型 3D-VR 訓練システムの開発”, ロボティ
クス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2017 巻,
pp. 2A2-E05, 2017.
- [4] 高橋宏文: “基礎からのバレーボール (ビギナ
ーシリーズ)”, ナツメ社, 2002 年.