

# 回転球を打ち返す技術を向上させる VR 卓球スキル学習システムの構築と検証

## Construction and validation of a VR table tennis skill learning system to improve the skill of receiving a spinning ball

小田 耀斗, 曾我 真人

Yoto ODA, Masato SOGA

\*1 和歌山大学システム工学部

Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

Email: [s256060@wakayama-u.ac.jp](mailto:s256060@wakayama-u.ac.jp)

[soga@wakayama-u.ac.jp](mailto:soga@wakayama-u.ac.jp)

**あらまし:** 近年, 卓球の日本代表選手の活躍などにより, 国内において卓球人口が増加している. 卓球は「回転のスポーツ」と呼ばれるように回転球の返球が難しく, その習得にはある程度の時間を要する. 加えて, その練習をするための環境や相手を準備する数居も高い. そこで本研究では, VR を用いることで1人でも気軽に回転球の返球トレーニングを実施することができるシステムを構築する. コントローラをラケットに見立てて相手の回転サーブを打ち返し, 即座にそのレシーブのフィードバックを与えるようにすることでプレイヤーに原因の把握を促す. 加えて, 再度同じパターンでトレーニング出来るようにし, 反省からの改善を素早く繰り返せるようにする.

**キーワード:** 卓球, スピンショット, VR, 学習支援, スキル学習

### 1. はじめに

近年, 卓球の日本代表選手の活躍により, 国内では卓球人口が増加する傾向にあり, 卓球初心者を対象とした研究も複数行われている.

しかし, 卓球は「回転のスポーツ」と呼ばれるように回転球を打ち返すことが非常に難しい. 代表的な回転にはドライブやカットがあり, それぞれただ面を合わせるだけでは相手コートに返球することが出来ず, 適切な角度や速度を理解する必要がある.

このように, 回転球を打ち返すトレーニングには長い時間がかかり, かつ回転をかけられるような練習相手やその練習環境等が必要である. 練習マシンを用いることもできるが, 高機能なものは数万~数十万円するため個人では手が届かないものが多い.

そこで本研究では, VR を用いて1人でも回転球を打ち返すトレーニングを実施できるシステムを構築し, スキル学習としての有効性を検証する. また, 次章で紹介する先行研究にて提供されているフィードバック手法と本システムで提供するフィードバック手法を比較し, どちらがより効率的にトレーニングを行うことが出来るかについても検証する.

### 2. 先行研究

Wu らの研究<sup>(1)</sup>では, 回転球の返球トレーニングのために VR と触覚デバイスを用いている. また, 球の予測軌道や回転, スローなどの視覚的フィードバックをそれぞれ試し, それらのトレーニング効果について定量的・定性的側面から検証している. なお, その中でも先に球の軌道を表示させる視覚的アプローチは最も高いパフォーマンスを示した.

しかし, 関連研究でのフィードバックは常にプレ

イ中リアルタイムに与えられており, プレイヤーはプレイしながら修正を行わなければならない.

本研究では, 失敗時に球の軌道に加えて正しいラケットの面の向きと振り方を表示することで具体的な打ち返しイメージを持たせ, 先行研究と差別化する. また, 即座に同じ条件で再トレーニング出来るようにすることでイメージの定着を促進させる.

### 3. システム概要

本システムは HTC 社によって開発・発売されている HTC VIVE Cosmos を使用する. このコントローラをラケットに見立てて回転球の返球を行う.

また, Unity Technologies 社より開発・販売されているゲームエンジンの Unity や同社の XR ライブラリの XR Interaction Toolkit を使用することで, システム構築を行った. なお, 仮想空間上での回転・移動の再現のため, Cross<sup>(2)</sup> による球のバウンスモデルを採用し, 飛行中に回転によって与えられるマグヌス効果の影響も考慮した.

本システムでは, 図1のように相手のサーブの返球に失敗したタイミングでプレイヤーに対してフィードバックを与え, 再度同じ軌道でトレーニングをすることが出来る.

フィードバック時は, 失敗時の球の軌道に加えて自分のラケットの動きと理想的なラケットの動きを表示・再現する. まず, 自分の返球方法と正しく相手コートに戻る返球方法とで何が異なるかをプレイヤーに把握させる. その後, 再度同じ軌道のボールを返球させることでその問題の修正にあたらせる. これを繰り返すことで, 回転球の打ち返し方の具体的なイメージを経験として定着させることを狙う.



図1 フィードバック時の画面

## 4. 評価実験

### 4.1 実験概要

本システムを用いて先行研究の機能のみをさせるように再現した統制群と、本システムで新しく提供する機能を使うようにした実験群とでトレーニング効果にどのような差が出るかを明らかにするため、評価実験を実施した。被験者として、20代の男性16名を集め、それぞれ統制群8名・実験群8名に無作為に分けて本実験を実施した。

統制群は、先行研究における視覚的フィードバックとして最も高いパフォーマンスを示した、事前に球の軌道を表示するアプローチを用いる。

対して実験群は、本システムにて提供される視覚的フィードバックを参考にトレーニングを行った。

トレーニングは15分間実施し、その前後で左右ランダム順にドライブ・カット回転サーブをそれぞれ10回ずつ(計20回)返球するテストを実施し、そのスコア・成長度合いを調べた。また、事前に慣らしとして無回転のサーブを5分間返球するトレーニングも実施した。

実験終了後、独自アンケートを実施し、VRと卓球の経験、主観的な卓球の上達具合、トレーニングの長さ、システムの良い点・悪い点、感想についての回答を収集した。また、実験群にはこれに加えて本システムに対してのSUSアンケートを実施した。

### 4.2 実験結果と考察

図2、図3はそれぞれトレーニング前後で実施したテストの結果の推移を示したものである。ここで示した結果以外に、卓球経験やVR経験が多い被験者は実験群・統制群関係なく、トレーニングを通してスコアを大きく伸ばす傾向にあった。

また、SUSアンケートの結果は平均値78.125、中央値80であった。この平均値をBangorらがSUSのデータと満足度尺度との関連を取りまとめたものと比較すると、Acceptability ranges(受容性評価)でAcceptable(好ましい)、Grade scale(成績評価)でC評価(好ましい)、Adjective ratings(形容的評語)でGood(よい)の評価が得られた。

今回このように実験群の方が結果として劣った理

由としては、返球試行回数の差が考えられる。統制群では失敗時にフィードバックを与えず即座に次のサーブが打たれるため、実験群と比較すると同じ時間で多くの回数返球を試すことが出来た。

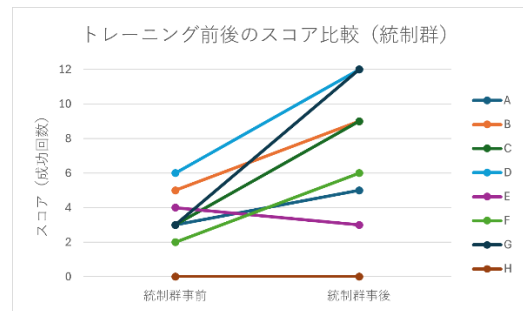


図2 統制群のテスト結果

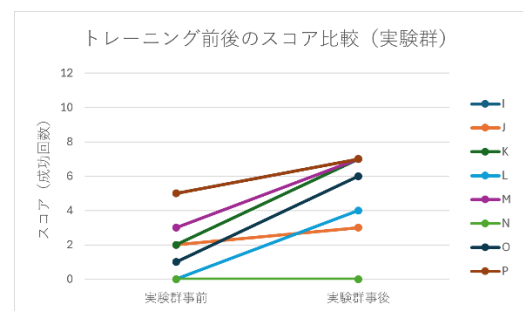


図3 実験群のテスト結果

また、特にVR慣れしていないプレイヤーはまず球に当てるのが難しかったことも挙げられる。統制群ではトレーニング時に球の軌道が表示されるため、ラケットの距離感を掴む事にとっても適していた。

しかしこの結果は、トレーニング時間を伸ばす事によって変化する可能性がある。統制群によるトレーニングでは自己流でやる他なく、応用が利きづらい可能性がある。その点本システムであればどの位置で失敗してもその時に応じたラケットの動かし方と角度を示せるため、長期的なトレーニングとなれば効果を発揮することが出来るかもしれない。

## 5. まとめ

本研究を通して、統制群のアプローチの方がより優れていることが分かったが、この結果はトレーニング時間やプレイヤーのVR慣れによって大きく変化する可能性がある。そのため、今後はトレーニング時間や慣らし時間を調整することで結果に変化が生まれるかを調べていく必要があると考える。

### 参考文献

- (1) Erwin Wu, Mitski Piekenbrock, Takuto Nakamura, et al.: "SPinPong - Virtual Reality Table Tennis Skill Acquisition using Visual, Haptic and Temporal Cues", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.27, No.5, pp.2566-2576 (2021)
- (2) Rod Cross: "Bounce of a spinning ball near normal incidence", American Journal of Physics, Vol.73, No.10, pp.914-920 (2005)