This article is a technical report without peer review, and its polished and/or extended version may be published elsewhere.

第 29 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集（2024 年 9 月）

VR 投球における White Lie がパフォーマンスに表す影響の検討

Investigation on the impact of White Lie on performance in VR pitching.

村上遥 1)，稲邑哲也 1)

HARUKA MURAKAMI and Tetsunari Inamura

1) 玉川大学 脳科学研究所（〒 194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1, hmurakami0418@gmail.com, inamura@lab.tamagawa.ac.jp）

概要: VR 上では「実際よりも出来ているように見せる」White Lie が実装できる。しかし、これにより運動感覚が阻害され、White Lie を無くした後にパフォーマンスが落ちてしまう可能性が懸念される。本稿では VR における嘘が何かを定義するとともに、VR 上における White Lie がパフォーマンスに与える影響を VR 投球を例として被験者実験にて検証する。

キーワード： VR, White Lie, 運動, パフォーマンス

1. はじめに

本稿では VR 上での動作トレーニングにおいて、プレイヤーのモチベーション向上のために結果をより良いものに見せかける White Lie が、その後のプレイヤーのパフォーマンスに与える影響について調査した。

昨今、スポーツや動作トレーニング、リハビリにおける技術や技能向上に VR を用いたシステムが効果をあげている。VR は現実に比べ、広い空間を必要としない、指導者がいなくとも情報提示等で動作を導ける、動作履歴の記録が容易、ゲーム化を含めた結果出力の編集が可能であるなどの利点がある。こうした特徴を利用し、川崎らは VR 上でけん玉をスローモーションで動作を練習でき、熟練者のプレイをお手本として再生できるシステムを作成し、5 分程度の練習で体験者は 1128 人中 96.4%にあたる 1087 人がそれまで成功したことのないけん玉を成功させた [1]。Michalski らは VR を用いた卓球トレーニングの効果を検証する実験を 57 人の被験者のうち 29 人を VR トレーニングを行う群、28 人をトレーニングを行わない統制群として試行した [2]。VR トレーニング群では被験者は AI を相手とした卓球の対戦を VR で行い、その後に実際の卓球を行った。熟練した卓球コーチによるトレーニング前後のプレー評価により、VR トレーニング群は、量的評価（p ¡ .001、Cohen の d = 1.08）とスキルの質評価（p ¡ .001、Cohen の d = 1.10）の両方において、統制群と比較して、現実世界での卓球パフォーマンスを大幅に向上させたと報告している。

このように、VR におけるトレーニングは現実での身体運動の技術向上に役立つことが示されているが、これらの研究は VR という非現実であるとはいえ、身体運動下の結果フィードバックに関しては一定の法則で結果が出力されている。VR トレーニングでは必ずしも身体運動技能の獲得を目指したものだけではなく、精神向上やモチベーションの向上を狙って人や場合によって出力結果を変更するシステムがある [3]。設定した一律の物理動作から外れる結果の改変を行った場合に、その後のパフォーマンスや身体感覚にどのような影響が出たのかという検証はあまりなされていない。VR でプレイヤーのパフォーマンスの結果を変えることは現実での体の操作感、身体化感覚（Sense of Embodiment）に影響を与え、現実でのパフォーマンスが落ちてしまう恐れがある。そこで、本研究では VR 世界で予め設定した基本的な一定の法則の下生み出される結果から外れた結果を見せることを Lie（嘘）と定義し、その中でプレイヤーのやる気を引き出すことを意図して行う出力結果変更のことを White Lie として、VR 内で White Lie を用いた場合にその後のパフォーマンスにどのような影響が出るかを検証した。

2. 方法

2.1 実装

本研究ではパフォーマンス評価のしやすさと、ある程度誰もが動作に慣れやすいという観点から VR ボール投げをタスクの一例として設定した。今回は安全面を考慮し、下手投げおよび椅子への座位でのプレイを想定している。動作を記録するため Vive Pro Eye および Vive Tracker ver.2 (HTC Corp.) をプレイ環境とて Unity で実装した。ボールを投げる動きを捉えるために、今回は単純化のため利き腕の肩と手のひらの 2 点に図 1 のようにトラッカーを装着することとした。この 2 点の動きを検出し、VR での投球動作の反映に使用する。Vive Tracker の大きさは成人の平均的な手の大きさと同程度であることと、何かを持つことで没入感が高まるため、プレイヤーにはトラッカーを手のひらに乗せて専用のバンドで固定し、軽く握った状態で VR 上のボール投げをしてもらった（図 1）。また、没入感を高めるため、トラッカーは意図的に表示される。ボールは VR 内の仮想物体で、ボールを投げる動作を下記の条件を満たし

© 2024 日本バーチャルリアリティ学会

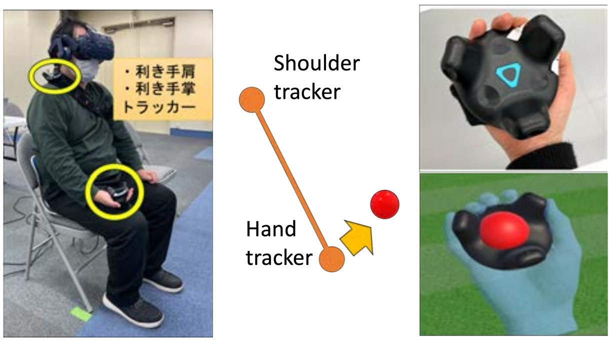

図 1: VR ボール投げ実装図.

図 2: VR ボール投げにおける White Lie.

て行った場合に投げ出される。

- 肩の垂直ベクトルと肩と手を結ぶベクトルのなす角度が 45° 以上
- 前進角がユーザーの前進方向に向いている
- ハンド・トラッカーの速度が 1.5m/s 以上

なお、VR のディスプレイではトラッカーと手がボールを包んでいるように見えるが、手のひら部分は物理的な実装では平面で、ボールは板に張り付いている状態から押し出されるような投げ出しになっている。

2.2 タスクと White Lie の設定

本システムでは可能な限り遠くへ投げることを目的としたボール投げタスクと、正面に標的がある的当てタスクの２通りがプレイできる。ボールを投げる課題では、実験者は各投球の距離を口頭で伝えた。的当て課題では、的に当たると軽い音が鳴ったり、湯気のように光ったりする報酬設計を盛り込んでいる。ボールの大きさは半径 3cm、的の大きさは半径 30cm とした。このボール投げ課題では White Lie は「あと少しだ」という感覚を引き出すことにより、モチベーションの向上を狙うものとして組み込まれる。的当てタスクでは、ユーザーがボールを投げ始めると、ボールの着地点からターゲットの中心までの距離と角度をシステムが即座に計算し、表示されるボールがターゲットの中心に距離、角度ともに s %近づいた結果になるように調整するという White Lie を実装した（図 2)。ここで、変数 s をサポート率 ($0 <= s <= 100$) と呼ぶ。0%はユーザーの自分での投球を意味し、100%ではどのような投球でも的の中心に吸い込まれるように当たる。

2.3 群分けと実験方法

White Lie がパフォーマンスにおよぼす影響を検証するため、多数の反復投球が可能な 18 名の若い被験者 22 名（平均年齢 22.1 歳± 3.1、男性 10 名、女性 12 名）に椅子への座位、下手投げの条件でボール投げを行ってもらった。実験グループは以下の 4 つに設定した。

a) 統制群：サポートをしない

b) 固定サポート群：20〜40 投球目のサポート率を 70%とする

c) 変動サポート群：20〜40 投球目のサポート率を 20%から 10%ずつ上昇させて 70%で 10 投球投げ、また 10%ずつ下降させる

d) ボール投げ群：ターゲットなし、サポートなし

参加者は事前に、このシステムには結果がよりよく見えるように設計された White Lie システムが含まれていることを知らされた。以下で説明する第 2 フェーズ (20〜40 球目）または第 3 フェーズ (41〜50 球目)、あるいはその両方において、一部の参加者が White Lie を受ける可能性があることが伝えられた。図 3 に各群の手順を示す。最初の 10 投 (第 0 フェーズ) は、VR ボール投げシステムに慣れ、投球能力を測定するための試行段階とした。参加者は、できるだけ遠くにボールを投げるよう指示された。この最初の投球の後、的当てタスクの a)〜c) 群は残りの 40 投を的当てに切り替え、d) 群はフィードバックを受けながら飛距離を伸ばす試みを続けた。的当てのターゲットまでの距離は、何度も頑張れば届く距離と想定し、この実験では第 0 フェーズの段階で投げた最大距離に 1.2 をかけた距離をターゲットまでの距離とした。試行フェーズ（第 0 フェーズ）後の 40 投は 3 つのフェーズで構成される。第 1 フェーズで 10 回、第 2 フェーズで 20 回、第 3 フェーズで 10 回投球を行う。第１フェーズでは、参加者は自分の力だけでボールを投げた。第 2 フェーズはサポートありの群ではサポートされていることを知らされずにサポートを受けるフェーズである。第３フェーズでは、参加者は第 1 フェーズと同様に自分の力だけでボールを投げた。

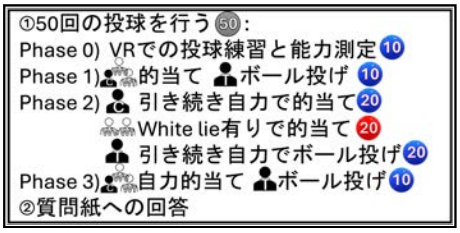

図 3: 実験群分けと試行手順.

2.4 評価方法

各投球の落下点を記録し、ホワイトライ前後で的へのヒット率、的の中心からの離れ具合によりパフォーマンスを評価する。的の中心からの離れ具合はプレイヤーからボールを投げる奥行き方向を y 軸とした際の y 軸上での的から落下点までのエラー距離と、的の中心からどの程度投球角度がずれているかのエラー角度により評価する。ボール投げ群ではサポートは行わないが、自力で投げていても事前にサポートシステムがあると知らされている場合にサポート

サポートを受けたと思いますか？いつですか?(n=22)	統制群(6)	サポート固定群(5)	サポート変動群(6)	ボール投げ群(5)	合計
正解	5	5	2	2	14
不正解	1	0	4	3	8
正解率	0.83	1.00	0.33	0.40	0.64

図 4: サポートは参加者に気づかれたのか．

をされているという勘違いが起きるかどうかを検証した。

3. 結果

各群の被験者は以下の人数となった。

統制群：６名

固定サポート群：５名

サポート変動群：６名

ボール投げ群：５名

3.1 White Lie の検知状況

まず、サポートが参加者に気づかれたかどうかを事後アンケートにより調査した。結果を図４に示す。結果、統制群、固定サポート群において正解率がそれぞれ 0.83、1.00 となり、通常プレイおよび高いサポート率で急にサポートする場合には殆どの人が自力もしくはサポートを受けていると正しく認識できることが分かった。しかし、徐々にサポート率を増やし、徐々に減らしていく変動サポート群では正解率は 0.33 で参加者はいつサポートを受けているのか、またはサポートを受けていることを正しく認識していなかった。自力でボールを投げ続けているボール投げ群では正解率が 0.40 であり、技能の向上によって記録が伸びているのをサポートのおかげだと誤って認識している人が過半数となった。

3.2 パフォーマンスへの影響

各群の各フェーズにおける平均ヒット率、平均距離エラー、平均角度エラーの結果を表１に示す。統制群と変動サポート群ではフェーズを経るごとにヒット率が上がっていき、固定サポート群では開始時のヒット率が 0.04 でサポート時には 0.06 と上昇したのに対し、サポートをなくした後のフェーズでは 0.04 と開始時と同等のヒット率に戻っている。角度エラーは統制群ではフェーズごとに 6.93, 2.70, 6.48 と第２フェーズで改善したものが第３フェーズで再び第１フェーズと同等の値に戻っている。各サポート群における角度エラーは固定サポート群で 3.08,4.25,6.71 と徐々に悪化し、変動サポート群では 6.14, 3.95, 3.22 と徐々に改善した。

4. 考察

White Lie は統制群と固定サポート群では参加者に探知され、変動サポート群とボール投げ群では参加者に正しく認識されなかった。これにより、変動サポート群のようにサポートを少しずつ変動させた場合と、ボール投げのように明確なゴールがない場合には人は自分の力かどうかを正しく認識しづらいということが分かる。各群のパフォーマンスの比較結果として、ヒット率が固定サポート群のみ White

表 1: White Lie 介入の影響

Group	Phase	ヒット率	距離エラー	角度エラー
統制群	1	0.10	0.53	6.93
統制群	2	0.12	1.40	2.70
統制群	3	0.15	0.56	6.48
統制群	全体	0.12	0.97	4.70
固定サポート群	1	0.04	3.00	3.08
固定サポート群	2	0.06	3.26	4.25
固定サポート群	3	0.04	2.75	6.71
固定サポート群	全体	0.05	3.07	4.57
変動サポート群	1	0.03	2.48	6.14
変動サポート群	2	0.05	2.27	3.95
変動サポート群	3	0.10	2.19	3.22
変動サポート群	全体	0.06	2.31	4.31

Lie を無くした後に下がったのは、コントロール感が変わったからだと考えられる。今回は介入後の比較結果を 10 投球という直後のもののみにしたため、White Lie が身体化感覚にとって有害かどうかに関しては、精度の低下がどの程度長く続くかを検証して判断する必要がある。対して、変動サポート群のヒット率のフェーズ１とフェーズ３間の上昇率が各群の中で最も高くなり、角度エラー低下率が最も小さくなったのは、細かく変わり続ける結果のパフォーマンスに対してロバストネスを獲得したのではないかと考えられる。

5. 今後

固定サポート群における White Lie の精度低下がどの程度続くのかに関して検証を行なっていく。また、統制条件下の第１フェーズの時点でヒット率に群ごとの差が出てしまっている点などから、分散分析による分析を行っても各群の差に 0.05 水準の有意差は見られなかった。今後は被験者を増やし、あらためて結果分析を行うとともに、VR での White Lie を用いた実験後に実際のボール投げを行った際にもパフォーマンスに影響があるかを調べる予定である。

謝辞 本研究は，JST【ムーンショット型研究開発事業】グラント番号【JPMJMS2034】の支援を受けたものです．

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, 08 2020.

Ⓒ 2024 日本バーチャルリアリティ学会

[2] S. C. Michalski, Ancrêt Szpak, Dimitrios Saredakis, Tyler J. Ross, M. Billinghurst and T. Loetscher. "Getting your game on: Using virtual reality to improve real table tennis skills." PLoS ONE, 14 (2019). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222351.

[3] 村上 遥, Vittorio Fiscale, Agata Marta Soccini, 稲邑哲也. "上腕リハビリテーションのための VR 投球システムの試行", 情報処理学会インタラクション 2024, 2 月 28 日, 東京, 国立情報学研究所 (NII)

Ⓒ 2024 日本バーチャルリアリティ学会