

野球打撃練習を考慮した仮想空間における 危険投球回避練習方法の提案と検証

山岡仁^{†1} Zou Liyuan^{†1} 樋口貴俊^{†2} Roberto Lopez-Gulliver^{†1}
大井翔^{†1} 松村耕平^{†1} 野間春生^{†1} 伊坂忠夫^{†3}

概要：野球におけるデッドボール(死球)、特に頭部に当たるような危険球は大変危険である。過去に死亡例もいくつかある。打者にとってこれを回避する、または悪い当たり所を回避し比較的被害の少ない部分に当てるといった技能は重要である。しかし、その投球を回避するような練習は怪我をする可能性が高く危険であり、そもそも練習が行われることは稀である。そこで本研究では、頭部への危険投球を回避する安全な練習方法の確立、それから打撃能力と危険投球を回避する能力の両方の向上を目標とし、打撃練習を考慮した仮想空間における危険投球回避練習方法の提案と検証をする。仮想空間上では死球になったとしても怪我の心配はなく、安全に練習することができる。また、ボールやヘルメットなどの軌道をフィードバックとして提示することにより、危険投球を回避する能力の向上が期待できる。提案手法の効果検証実験を行った結果、被死球数は減少したが、スイング開始時刻が約 27ms 遅くなった。打者の意識が投球を回避することに傾いた結果、打つ・打たない・回避するの判断後に、動作に移行して、短いスイング時間で投球を打つようになったと考えられる。

1. はじめに

野球における打者には様々な能力が求められている。ストライクとボールを見極める能力やバットをボールに当てる能力などが必要とされている。これらの能力の効率的な習得、向上を目的とした様々な研究が行われてきたが[1][2]、近年急速に発展しているヴァーチャルリアリティ(VR)を取り入れた野球打撃シミュレーションや学習支援システムの開発も盛んである[3][4][5]。それらはヘッドマウントディスプレイ(HMD)内の仮想空間上で投手の投球を再現しているが、まだ再現しきれていない部分がある。それはデッドボール(死球)である。木村らは頭部に向かってくる球への未経験者と経験者の反応の違いについて調査したが[6]、反応タイミングしか解明しておらず、また死球になる可能性がある投球が投げられる条件や被験者が頭部への投球が投げられることを知っていたかどうか不明で、死球になる可能性がある投球に対する回避動作についてはまだまだ不明点が多い。

死球とは、打者の意図なしで投手の投球が打者の身体に接触することである。結果として打者に一塁への安全進塁権が与えられる。死球と判定するのは打者に接触した場合のみである。通常の投球と区別するべく、本稿では死球になる可能性がある投球を危険投球と記述する。死球の中でも特に危険球と呼ばれるものは危険である。日本野球機構によれば危険球とは「投手の投球が打者の顔面、頭部、ヘ

ルメット等に当たり、審判員がその投球を危険球と判断したとき、その投手は即退場となる」とされており、そこに明記されている様に顔面や頭部などの急所への死球が危険球と呼ばれ、死亡者も出ており大変危険なものである。2018年11月18日にも高校生が練習中に危険球によって亡くなっており[7]、ますます死球の危険性が明らかになっている。よって、死球によるケガを防止するための練習も必要であると言える。

危険投球を回避する練習として、打者がプロテクターをつけた状態で危険投球を受けるまたは回避するといった練習が存在するが、その環境は打者があらかじめ危険投球が来ることを認識してしまっていること、プロテクターが動作の妨げになることなどから、実戦での打撃とはかけ離れたものであることは明らかである。危険投球を回避しようと意識するあまり、スイングへの意識減少や打撃能力の低下が懸念されている。

そこで危険投球を回避する練習を行う際の安全の向上と、打撃能力と危険投球を回避する能力の2つの能力を両立させて向上する練習方法の検討を目的とし、打撃練習を考慮した仮想空間における危険投球回避練習方法の提案と検証を行う。

本稿では、野球経験者を対象に危険投球を含む複数の投球を仮想空間上でランダムに投げ、打撃練習をしてもらいつつ、危険投球が投げられた場合は、フィードバックとして、その投球の軌道と頭部の軌道、そして回避開始時刻のボール位置などのフィードバックを視覚的に提示する。これらのフィードバックにより、本研究で提案する新規練習

^{†1} 立命館大学情報理工学部

^{†2} 福岡工業大学社会環境学部

^{†3} 立命館大学スポーツ健康科学部

方法が打撃能力と危険投球回避能力の向上に有効であるか検証する。

2. 提案手法

2.1 仮想空間における野球場の構築

野球の練習をする上で、実際の試合に近い環境で訓練するために、仮想空間上に野球場を再現した。打者はヘッドマウントディスプレイ(HMD)を装着することで図 1 に示す空間を認識し、投手の動きや投球を確認できる[8]。

2.2 フィードバック内容

打撃能力の向上を目的としたフィードバックとして、図 2 に示すように投手頭上にその投球の結果として、ストライクかボールもしくはバットに当たったかどうか、そして死球であったかどうかを判定し表示する。

危険投球を適切に回避するためには、回避動作の速さや回避開始時刻の早さなどが重要であると考えられる。そこでフィードバックとして、危険投球が投げられた後に、その時の危険投球と頭（ヘルメット）とバットの軌道を VR 野球場内において自由に観察させる。軌道全体のイメージを図 3 に示す。さらに、回避始めた時刻におけるボールと頭（ヘルメット）の位置を緑色で表示（図 4）し、一つ前の危険投球を回避しようとした際の回避開始時刻時のボール位置を青色で表示する（図 5）。そしてもし危険投球が打者の頭部に当たった場合、投手頭上にある投球結果表示覧に、死球になったことを明示すると共に、鈍い打撃音を鳴らす。

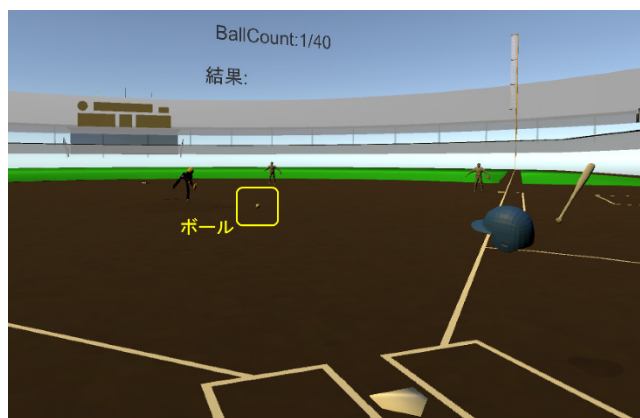


図 1 仮想野球場の様子

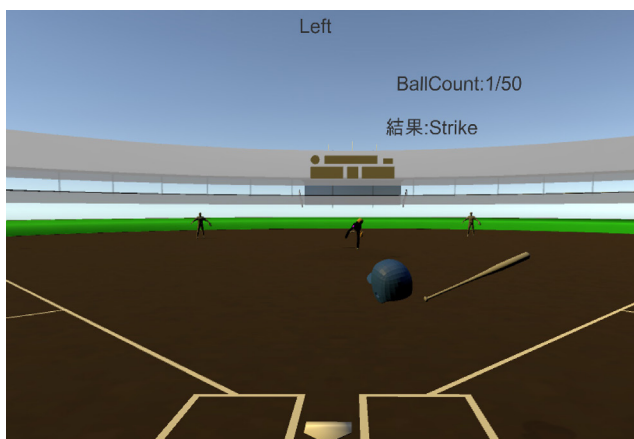


図 2 判定結果表示覧

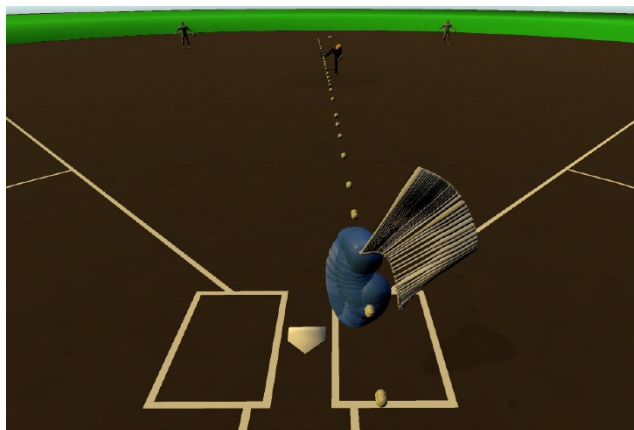


図 3 危険投球時のボールとヘルメットとバットの軌道をフィードバックする

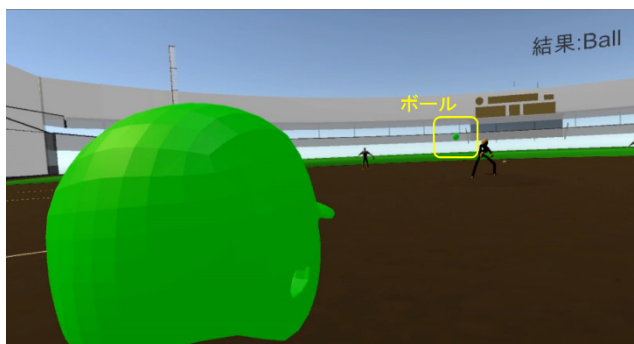


図 4 危険投球の回避開始時刻におけるボールとヘルメットの位置を緑色でフィードバックする

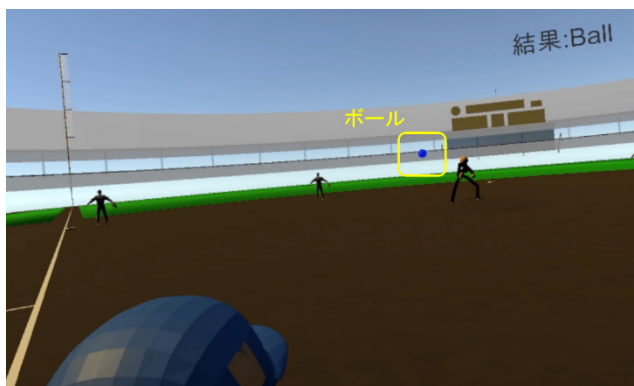


図 5 一つ前の危険投球の回避開始時刻におけるボールの位置を青色でフィードバックする

3. 実験

3.1 実験概要

被験者に HMD を被ってもらい、仮想野球場の中で危険投球とストライクゾーンへの投球、ボールとなるコースへの投球をランダムに投げる。コースの種類は図 6 に示すような 9 種類である。危険投球の軌道は、投手がボールをリリースした時刻における HMD の位置に向かって投げられるように調整した。また、頭の後ろ（図 6 での 9 番目の投球）については、打者が頭部への危険投球だと勘違いし、後ろへ回避した際に、ちょうど当たる位置への投球として、危険投球と同様のタイミングに、ちょうどヘルメット一つ分後ろ（20cm）に投げられるように調整した。左打ちの場合は図 6 を左右反転したコースの内訳となる。

投球は全て 130km/h のストレートとし、投球順やコースはランダムとする。被験者が投球開始前に球種を予想できないように、球種の割合や総数などは伝えない。被験者が撃てると判断した投球はスイングしてバットに当てるように指示した。なお、危険投球が投げられる可能性があることはあらかじめ被験者に伝えておき、危険投球だと判断した場合は回避するように伝えた。回避方法の指示は一切しない。危険投球の試技の直後に、2.2 のフィードバックを提示し、打撃能力と危険投球回避能力にどのような影響が出るかを確認する。被験者数は 4 名（全員男性、平均年齢 21.5 歳、平均身長 174cm、右打ち 2 名、左打ち 2 名、野球経験 10 年以上）である。

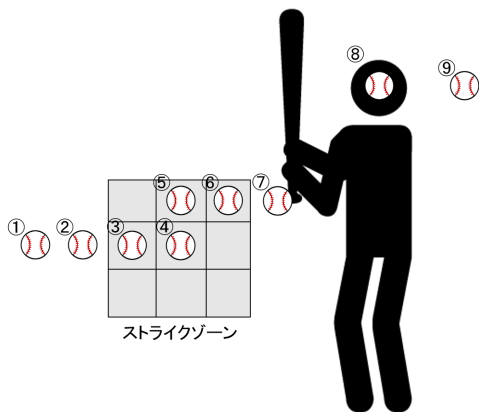


図 6 9 種類のコースの内訳

3.2 実験手順

実験は 4 段階の手順に分けられる。各手順によって投げられる投球の種類や球数などを変える。なお、各手順間には 10 分間の休憩を挟み、疲れの影響が出ないように考慮した。次に各手順について説明する。

3.2.1 手順「危険投球なし」

通常のフリーバッティングのように、危険投球を考慮しない場合での打者の打撃能力を測ることを目的とし、この

手順でのみ危険投球と頭の後ろへの投球は投げられず、被験者にもその事実を伝える。球数は 40 球（ストライク球 20、ボール球 20）とする。

3.2.2 手順「練習前」

フィードバックによる影響を受ける前の被験者の打撃能力と危険投球回避能力を測ることを目的とし、この手順から危険投球と頭の後ろへの投球が投げられる試技が加わる。あらかじめ被験者には、頭部中心を含む頭部周辺への投球が投げられる可能性があることを伝えておく。なお投球開始前に危険投球を予想されることを防ぐため、割合や球数は伝えない。打者には危険投球が投げられたと判断した場合、回避するように伝える。この手順では危険投球の回避に対するフィードバックは提示しない。球数は 50 球（ストライク球 20、ボール球 20、危険投球 10）とする。

3.2.3 手順「練習」

この手順でのみ、2.2 の全てのフィードバックを提示する。危険投球が投げ終わられるたびに、回避開始時刻におけるボールやヘルメットの位置などのフィードバックを提示し、被験者が HMD 越しに、十分な時間内で自由な位置、角度から観察できるようにする。球数は 30 球（ストライク球 10、ボール球 10、危険投球 10）とする。

3.2.4 手順「練習後」

フィードバックによる打撃能力と危険投球回避能力への影響を調べることを目的とした手順で、フィードバック提示前の手順である「練習前」と比較するため、「練習前」と同一の条件とする。なお投球順は「練習前」とは異なるランダムな投球順とする。

3.3 実験環境

本実験で用いた我々のシステムの概要を図 7[8][9]に示す。HMD は HTC Vive を用い、HMD 内の映像は Unity によって描画される。バットの計測には光学式モーションキャプチャシステムである OptiTrack Prime 13（サンプリング周波数 240Hz）を用いた。バットは Mizuno 社製の金属バット（長さ 83cm、直径 67mm、重さ平均 740g）を使用した。バットの先端に反射性マーカーを固定し、これをカメラでトラッキングすることでバットの位置と姿勢を取得する。

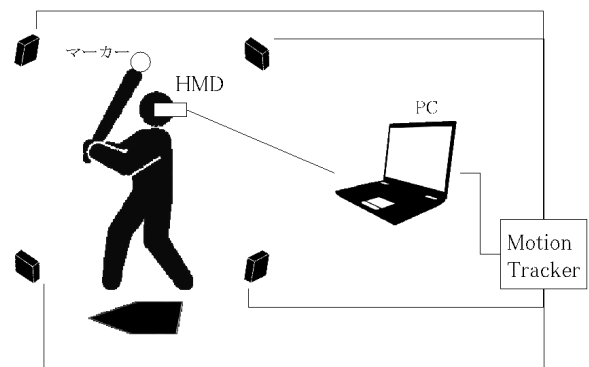


図 7 システム概要

〔出典〕[8][9]

4. 実験結果

危険投球が投げられないと事前知っている「危険投球なし」と投げられることを知っている「練習前」の、そしてフィードバック提示後の「練習後」についてスイング開始時刻の差を比較した結果を図 8 に示す。なお投手からボールがリリースされた瞬間を時刻 0 とし、スイング開始時刻はバット中心の速さが 5m/s をはじめて超えた時刻とする。「危険投球なし」と「練習前」において t 検定を行った結果、「危険投球なし」と「練習前」で有意傾向 ($p<0.1$) が、「練習前」と「練習後」で強い有意差 ($p<0.01$) が認められ、スイング開始時刻は平均約 27ms 遅れた。

また、ストライク投球のスイング率について「危険投球なし」、「練習前」、「練習後」における変化を図 9 に示す。「危険投球なし」と「練習前」、「練習前」と「練習後」のそれぞれについて、有意差は認められなかった。

そして、フィードバック提示前後(「練習前」と「練習後」)における被死球数の変化を図 10 に示す。各被験者はフィードバック提示によって被死球数が平均で 2, 3 回 (27.5%) 減った。最後に、フィードバック提示前後(「練習前」と「練習後」)において危険投球が投げられた際の回避動作の平均開始時刻の変化を図 11 に示す。なお回避開始時刻を判定する HMD の速さについては、予備実験の結果より 0.6m/s をはじめて超えた時刻とした。これに有意差は認められなかった。

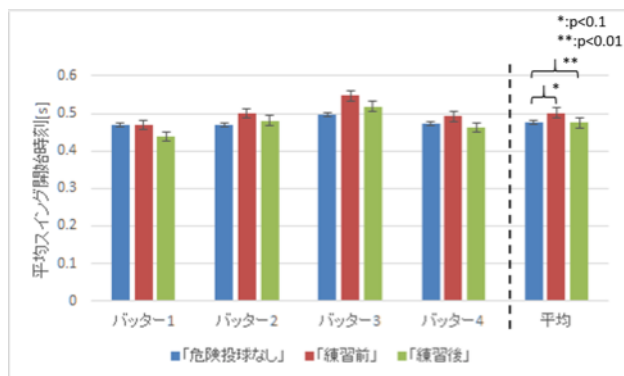


図 8 平均スイング開始時刻の変化
フィードバック前後で有意差が認められた

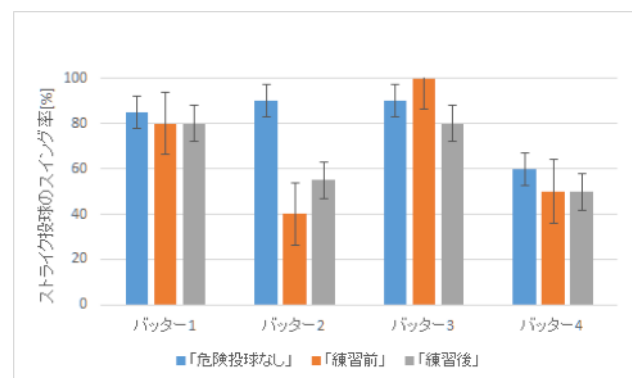


図 9 手順ごとのストライク投球のスイング率

フィードバック前後で有意差は見られなかった

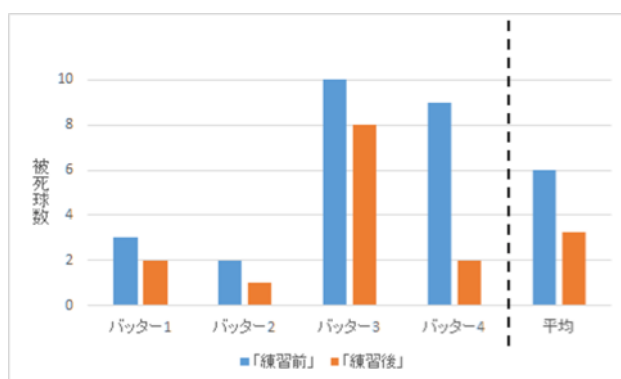


図 10 「練習前」と「練習後」における被死球数の変化
全員が減少した

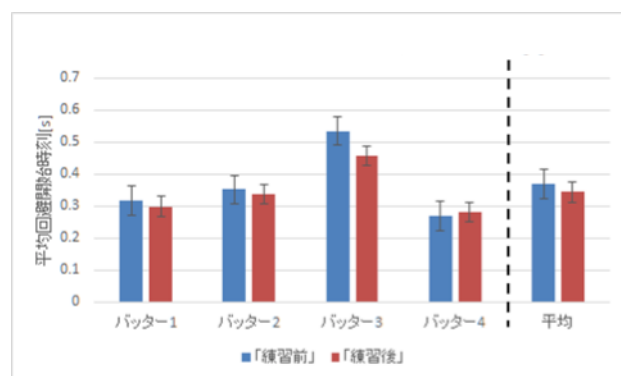


図 11 「練習前」と「練習後」における
危険投球の平均回避時刻の変化
フィードバック前後で有意差は見られなかった

5. 考察

平均スイング開始時刻がフィードバック後に約 27ms 遅れた結果(図 8)より、危険投球に対するフィードバックを提示したことで、打者の意識が危険投球にも割り当てられ、より投球を見ようとしたことでスイング開始時刻が遅れたと考えられるが、「練習後」のストライク投球スイング率の変化に有意差がない(図 9)ことから、ストライク投球は見逃さずにスイングすることができている。

また、危険投球の回避行動に対するフィードバックにより被死球数が確実に減っていることが分かる(図 10)が、回避時刻に変化は見られなかった(図 11)。おそらく回避動作が改善されたからであると考えられる。

これらのことから、本研究が提案した新規練習方法では、危険投球をランダムに投じることで、打者が投球を見定めるために、より長い時間投球を観察し、打つ・打たない・回避する、の判断および行動をとるようになったと考えられる。その結果としてスイング時刻は遅くなり、ストライク投球へのスイング率を維持しながら、危険投球を回避する精度が高くなったことが示された。

6. おわりに

本稿では、危険投球の回避行動に対するフィードバックが危険投球の回避能力や打撃能力の向上に影響があるかどうかを検証した。フィードバックとして提示したものは回避開始時刻のボールやヘルメットの位置が主であり、そのフィードバックの活かし方や回避方法は打者に一任していた。今後は適切な危険投球の回避行動の解析を行い、より具体的なフィードバックで効率の高い学習を目指すとともに、打撃能力に悪影響のない工夫が求められるだろう。

謝辞

本研究を進めるにあたってご協力いただいた、ミズノ株式会社の鳴尾丈司氏、柴田翔平氏、植田真弘氏、立命館大学スポーツ健康科学部の桜井基生氏に感謝します。

参考文献

- [1]山口勝己, 村上剛, 中山功一, “加速度センサを用いた野球のバッティングスキル習得支援システムの開発” 教育システム情報学会 2013 年度学生研究発表会, 2013.
- [2]寺井宏文, 立正伸, “映像フィードバックを用いた練習がバッティング技術に与える影響”, スポーツパフォーマンス研究, 2011.
- [3]Wataru Sakoda, Toshio Tsuji, and Yuichi Kurita, “VR training system of step timing for baseball batter using force stimulus”, AsiaHaptics2018, 2018.
- [4]本壮直樹, 伊坂忠夫, 満田隆, 川村貞夫, “HMD を用いたスポーツスキルの学習方法の提案”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10 No.1 pp.63-70, 2005.
- [5]Zou liyuan, 内山元晴, Roberto Lopez-Gulliver, 野間春生, 土金諒, 伊坂忠夫, 柴田翔平, 鳴尾, 丈司, 樋口貴俊, “VR 空間における野球バッティング練習支援手法の検討”, メディアエクスペリエンス・バーチャル環境基礎, 2017.
- [6]木村総貴, 三上弾, “打者は打席で何をしているのか? 打撃パフォーマンス分析にむけたバーチャルリアリティの活用”, 日本神経回路学会誌, 2017.
- [7]“頭に死球受け野球部員死亡、熊本 春の甲子園、21 世紀枠推薦校”.
<https://this.kiji.is/437105140014810209>, (参照 2018-11-30).
- [8]高木将樹, 樋口貴俊, 松村耕平, Roberto Lopez-Gulliver, 伊坂忠夫, 野間春生, “素振りを効果的に実施できる練習支援システムの開発”, 第 20 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 2015.
- [9]内山元晴, Zou Liyuan, 樋口貴俊, Roberto Lopez-Gulliver, 松村耕平, 野間春生, 伊坂忠夫, “野球素振りにおける仮想環境を用いた打者のイメージづくりと 2 次元画像を用いた視覚フィードバックによる正確性向上の検証”, インタラクション 2018, 2018.