

〈その他 (研究資料)〉

打者の視線探索パターンが球種の判断成績に及ぼす影響

白井祐介*・浅田滉人**

1. 緒言

野球やソフトボールに代表されるラケットバット型のスポーツでは、移動する対象を視覚的に捉え、時間的制約の中で適切な動作（打撃など）を実行することが求められる。野球の打撃場面において投げられたボールの球速が140 km/hの場合、ボールがリリースされてからホームベース上を通過するまでの時間はおよそ0.4秒であり、投球動作を含めても2～3秒ほどの間に球種やコースを判断することが求められる。配球や駆け引きなどの戦略的要素を差し引くと、適切な判断を行うための情報は、その大部分が視覚情報に依存している。そのため、先行研究では打者がどのように視覚情報を活用しているのかが盛んに検討されており、それらは投手がボールをリリースするまでの局面およびリリースした後の局面に着目したものに大別される。

投手がボールをリリースするまでの局面に着目した研究では、打者の視線探索パターンが検討されている。加藤と福田¹⁾は、打者の視線探索パターンを熟練者と未熟練者と比較し、熟練者では視線の配置分布が狭く、かつ投手の腕が振られる位置（リリース位置）にあらかじめ視線を移動させる視線探索パターンが認められたことを報告している。こうした視線探索パターンについて、加藤と福田¹⁾は、人間の持つ視覚システムを活用するためのものであると考察している。すなわち、人間の視覚システムの中でも周辺視は、時間的な変化を伴う情報や空間の位置関係を把握することに優れた特性を持つことから、リリース位置に視線を固定し、その周辺部分の運動情報を効果的に捉えるための視覚行動であった可能性があるとしている。こうした視線探索パターンは、熟練ボクサー⁶⁾や空手などでも用いられていることから、高速で移動する対象を視覚的に捉える場面に共有した視線探索パターンである可能性もある。

一方で、投手がボールをリリースした後の局面に着目した研究では、高速で移動するボールすなわちターゲットに対する眼球の追従運動の特性から検討が行われている。FogtとZimmerman³⁾は、水平方向に対する眼球運動と頭部の回転運動を測定し、打者は眼球運動と頭部回転を組み合わせることでボールの軌道を追従していることを報告している。さらに、Higuchiら⁴⁾は、実際にヒッティングを行わせた条件においても同様の結果が認められたこと、さらに、ボールの追従には頭部回転による貢献の割合が大きかったことを報告している。

このように打者の視覚情報の獲得については、リリースを基準として視線探索パターンおよび追従運動の2つの観点から研究が展開されている。前述したように、リリース後は、高速で移動するボールを追従する必要があることから、あらかじめリリース位置に視線を固定する視線探索パターンは、その後の追従性やコースや球種の判断といった視覚認知的なパフォーマンスに影響を及ぼす可能性が考えられる。しかしながら、これまでにリリースまでの視線探索パターンが、その後の視覚認知的なパフォーマンスに及ぼす影響については検討が行われていない。そこで本研究では、リリースまでの視覚探索パターンと、その後の球種判断および反応時間の関係について検討を行うことを目的とした。

* 東海学園大学 スポーツ健康科学部、** 株式会社ファクトリージャパン

2. 方法

2.1. 対象者

対象者は、T大学硬式野球部に所属している大学生野球選手6名（身長： 1.72 ± 0.05 m、体重： 77.0 ± 15 kg、年齢： 20.3 ± 2.0 歳、野球歴： 13.2 ± 1.0 年）であった。対象者のうち3名はAチームに所属しており全員が左打者であった。また、残りの3名はBチームに所属しており、2名が右打者、1名が左打者であった。倫理的配慮として、対象者には本研究の目的、方法、予想される危険性、データの公開方法について口頭および文書で説明し同意を得た。本研究の実験手続きは、東海学園大学研究倫理委員会の承認を受けた（承認番号 2022-12）。

2.2. 実験手順

打者が球種を判断するまでの時間（判断時間）を計測するために、画像描画ソフトウェア（Processing, ver. 4.0.1）を用いて、投手がストレート（球速： $120 \sim 128$ km/h）またはカーブ（球速： $90 \sim 100$ km/h）を投じる映像を対象者の3 m手前に設置したスクリーン上に投影した。映像は投手が投球する様子を捕手の後方から投手方向に向かって撮影した映像を用い、ストレート10試行およびカーブ10試行（合計20試行）によって構成した。対象者には、ランダムに再生される投球映像に対して、球種が判断できた時点でキーボードのJキーまたはFキーで回答するよう指示した。なお、キーボードに対する球種の割り当ては対象者毎に変更した。反応時間は、投手がリリースした時点を基準として、画像描画ソフト上でキーが押されるまでの時間を60 Hzで測定した。

球種判断課題時の視線探索を計測するために視線計測装置（View Tracker 3、ディテクト社）を用いた。視線計測装置は、測定開始時に定点キャリブレーションを行ない、その後、検者がスクリーン上で指定した位置を注視させ、注視点と計測された視線中心を一致させる任意点キャリブレーションを実施した。

2.3. 分析方法

反応時間は、ストレートおよびカーブについてそれぞれ10試行の平均値を算出した。同様に正答率は、ストレートおよびカーブにおいて10試行に対する正答数から算出した。視線計測装置では、30 Hzで撮影された景色カメラの画像上に、瞳カメラから算出した視線位置がプロットされたデータを取得した。その後、投手がリリースした時点を基準として、その前の35フレーム（およそ1.17秒）を分析対象とした。分析対象の各フレームにおいて、視線中心が向けられている対象を記録した。全ての対象者において、投球動作開始時点では、投手の脚部や体幹部などの投手の身体に視線中心が向けられており、その後、リリース時までには視線中心がリリース位置に移動し、その後ボールに移動していた。しかし、リリース位置に視線中心が移動するタイミングには個人差があり、リリース直前にリリース位置に視線中心が移動する者やリリースの数フレーム前にリリース位置に視線中心を移動させる者が見受けられた。そこで、本研究では、リリースまでの分析対象の各フレームを投手の身体に視線中心が向けられているフレーム、リリース位置に視線中心が向けられているフレーム、ボールに視線中心が向けられているフレームに分類した。さらに、視線中心がリリース位置に移動するタイミングのばらつきを検証するために、視線中心がリリース位置に移動したフレーム数の変動係数をストレートおよびカーブにおいてそれぞれ算出した。なお1名の対象者について、測定中に視線計測装置の位置がずれてしまい、視線中心が正確に記録されなかった1試行を分析から除外した。

2.4. 統計解析

本研究の全ての結果は、平均値 ± 標準偏差で示した。項目間の差の検定には、対応のある *t* 検定を用いた。指標間の関係性の検討には、ピアソンの積率相関係数を用いた。統計的有意性は、いずれも危険率 5 % 未満を基準に判断した。また、項目間の差の大きさを評価するために効果量 *d* を算出した。効果量の目安として、*d* = 0.2 を効果量小、*d* = 0.5 を効果量中、*d* = 0.8 を効果量大とした^{1, 12, 13)}。

3. 結果

ストレートに対する反応時間は、635.5 ± 64.1 msec であり、カーブ (677.4 ± 92.1 msec) と比較してやや低い値を示したが、統計的有意性は認められなかった (*p* = 0.062, *d* = 0.98, 効果量大)。正答率は、ストレートおよびカーブにおいて、それぞれ 76.7 ± 12.1 % および 83.3 ± 13.3 % であり、ストレートにおいて低い値を示したが、統計的有意性は認められなかった (*p* = 0.444, *d* = 0.34, 効果量小)。表 1 に対象者毎の反応時間と正答率の結果を示した。ストレートに対する反応時間が最も短かった者は A チームに所属する選手 (A-1) であったが、B チームに所属する選手 (B-1 および B-2) であっても A チームに所属する選手よりも反応時間が短い者も見受けられた。カーブに対する反応時間が最も短かった者は B チームに所属する選手 (B-3) であり、次いで A チームに所属する 3 名 (A-1, A-2, A-3)、B チームに所属する 2 名 (B-1, B-2) の順であった。正答率は概ね 60% を上回っていたが、ストレートおよびカーブにおいて A チームに所属する 2 名の選手 (A-2 および A-1) の正答率が 60% と低値を示した。

表 1. 反応時間と正答率の結果

対象者	反応時間		正答率	
	カーブ	ストレート	カーブ	ストレート
A-1	606.6	582.3	60	90
A-2	653.9	591.1	80	60
A-3	677.2	681.7	90	90
B-1	683.7	622.2	80	70
B-2	849.7	743.0	100	80
B-3	593.2	592.4	90	70
平均値	677.4	635.5	83.3	76.7
標準偏差	92.1	64.1	13.7	12.1

図 1 に視線探索の分析結果を示した。図中の白色で示した部分は視線中心が投手の身体部分に向けられていたフレームを、斜線で示した部分はリリースポジションに視線中心が向けられていたフレームを、黒色で示した部分はボールに視線中心が向けられていたフレームを示している。横軸はリリースからのフレーム数を示している。全ての対象者において、投球動作開始時点では、視線中心が投手の身体に向けられており、その後、リリース位置に視線中心を移動させ、リリース時にはボールに視線中心を向けていた。そこで、リリース位置に視線中心を移動させたタイミングを算出したところ、ストレートおよびカーブにおいて、それぞれ 6.15 ± 2.86 frame (-205.0 ± 95.5 mssec) および 6.53 ± 3.49 frame (-210.6 ± 102.2 msec) であった。視線中心がリリース位置に移動するタイミングについて、対象者毎に変動係数を算出したところ、ストレートおよびカーブにおいて、それぞれ 25.3 ± 18.0 % および 26.3 ± 13.0 % であった。

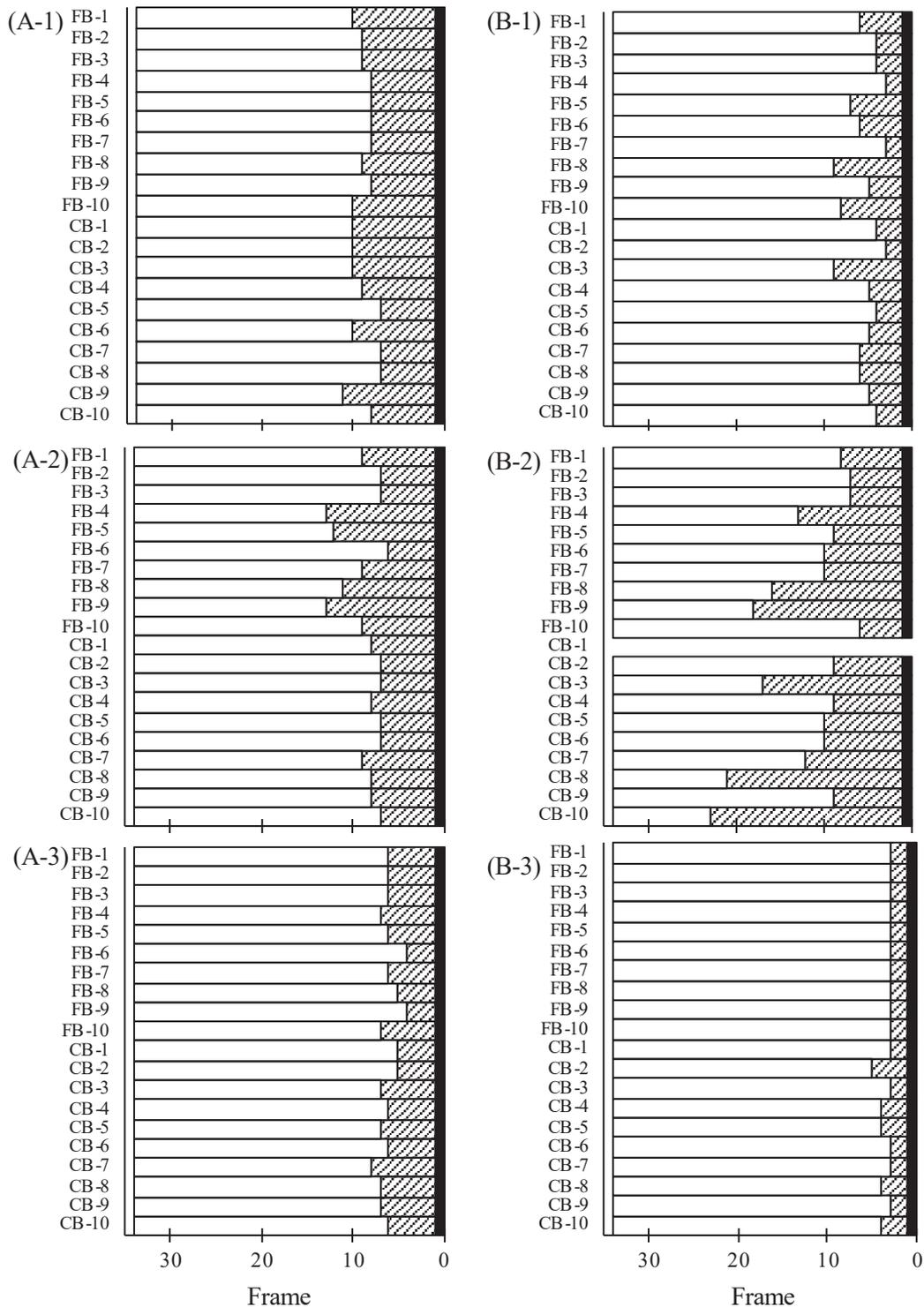


図1. 各対象者の視線探索パターンの分析結果

FBおよびCBはストレートおよびカーブを表し、横軸はリリースまでのフレーム数を表している。リリースまでの各フレームについて、視線中心が投手の身体部分（白色）、リリースポジション（斜線）、またはボール（黒色）に向いていたフレームに分類した。

図2に反応時間と視線中心がリリース位置に移動したタイミングおよび視線中心が移動したタイミングの変動係数の関係を示した。視線中心がリリース位置に移動したタイミングがリリースのタイミングから離れているほど反応時間が遅くなる関係が認められた ($r = -0.588, p = 0.044$)。また、リリース位置に移動するタイミングの変動係数が低いほど反応時間が短くなる関係が認められた ($r = 0.584, p = 0.046$)。

図3に正答率と視線中心がリリース位置に移動したタイミングおよび視線中心が移動したタイミングの変動係数の関係を示した。正答率と視線中心がリリース位置に移動したタイミング ($r = -0.132, p = 0.682$)、および正答率と視線中心がリリース位置に移動したタイミングの変動係数 ($r = 0.144, p = 0.655$) の間で有意な相関関係は認められなかった。

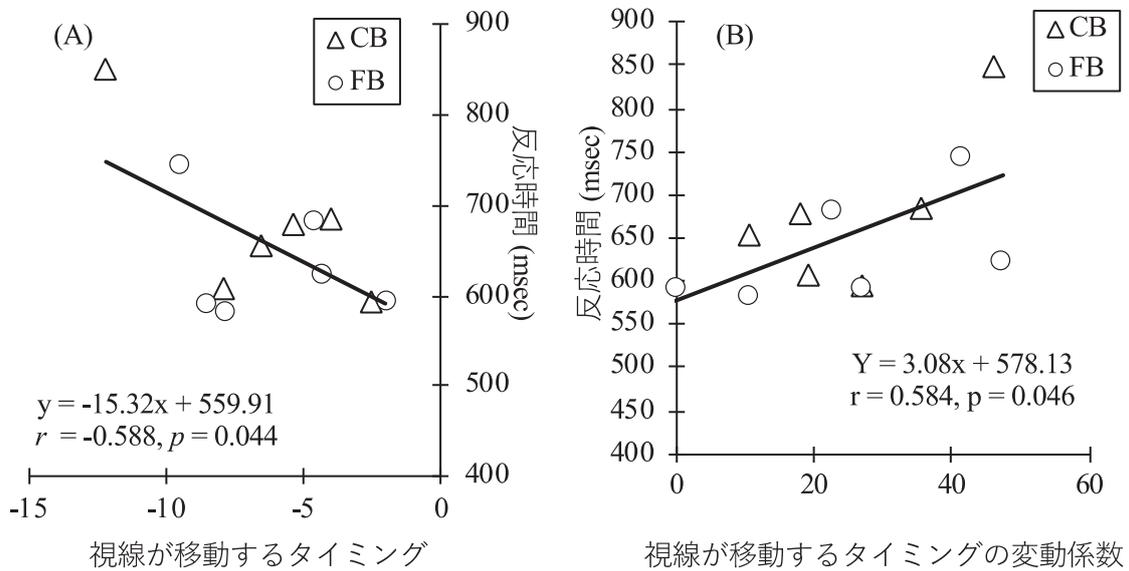


図2. 反応時間と視線が移動するタイミング (A) および視線が移動するタイミングの変動係数 (B) の関係
 図中のCBおよびFBは、それぞれカーブおよびストレートを表す。

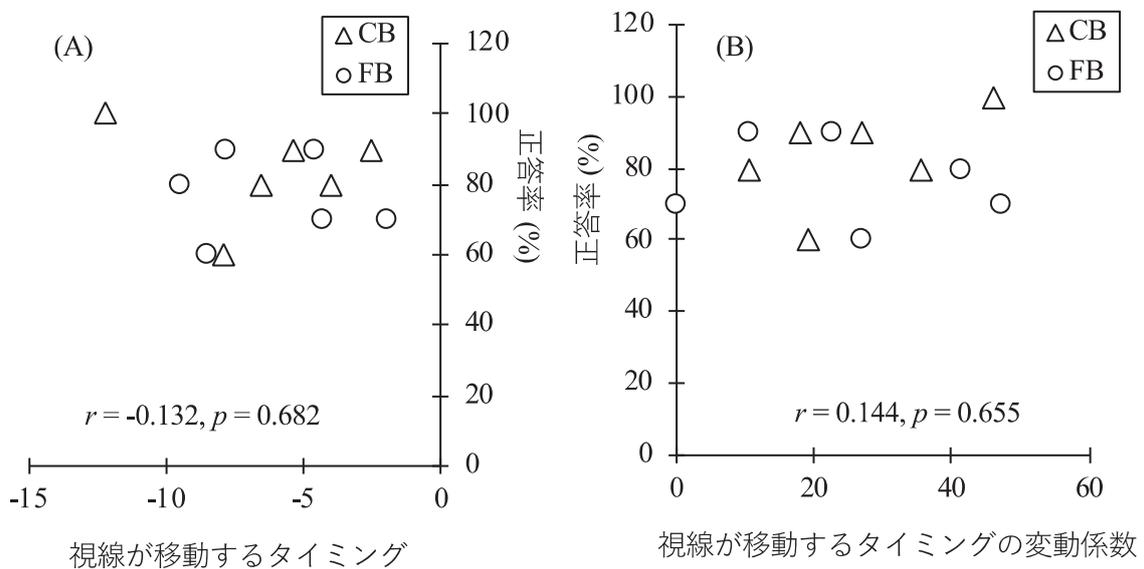


図3. 正答率と視線が移動するタイミング (A) および視線が移動するタイミングの変動係数 (B) の関係
 図中のCBおよびFBは、それぞれカーブおよびストレートを表す。

4. 考察

本研究の目的は、リリースまでの打者の視線探索パターンと視覚認知パフォーマンスの関係を明らかにすることであった。先行研究では、打者の視線探索パターンの特徴として、視線中心が投球動作開始後は投手の身体に向けられ、その後、リリース位置、ボールの順に移動することが報告されており¹¹⁾、本研究でも同様の視線探索パターンが確認された。さらに本研究では、リリース位置に視線中心を移動させるタイミングおよびそのタイミングの変動係数を求めたところ、個人差があることが認められた。これら視線中心が移動するタイミングおよびその変動係数と視覚認知パフォーマンスの指標（反応時間および正答率）の関係を検討したところ、視線中心が移動するタイミングがリリースから離れるほど、また移動するタイミングの変動係数が大きいほど反応時間が遅延する関係が認められた。これらの結果から、打者の視線探索は、リリースの直前に一定のタイミングでリリース位置に移動するパターンを用いることで、反応時間の短縮に寄与する可能性が考えられた。

4.1. 打者の視線探索パターン

熟練した打者の視線探索パターンは、未熟練者と比較して、視線の配置分布が狭く、かつ投手の腕が振られる位置（リリース位置）にあらかじめ視線を移動させる傾向があることが報告されている¹¹⁾。本研究においても、全ての対象者において、視線中心は投手の身体、リリース位置、ボールの順番に移動しており、先行研究の結果を支持するものであったといえる。先に述べたように、こうした視線探索パターンは、時間的な変化を伴う情報や空間の位置関係を把握することに優れた周辺視を活用し、その周辺部分の運動情報を効果的に捉えるための視覚行動であると考えられ、野球以外にも空手⁹⁾やボクシング⁶⁾などで同様の視線探索パターンが報告されている。このことから、本研究においても、対象者は事前にリリース位置へ視線中心を移動させることにより、周辺視を効果的に活用しようとしていた可能性が考えられる。一方で、本研究で測定した視線中心は、眼球運動から推定した視線中心の位置であり、その周辺の視覚情報をどの程度活用していたのかについては明らかではない。周辺視で得られる情報の重要性を検討した研究としては、空間遮蔽手法を用いた Takeuchi と Inomata⁸⁾の研究が挙げられる。Takeuchi と Inomata⁷⁾は、投球映像に対する空間遮蔽手法を用いて、腕周辺の映像を遮蔽すると投球コースへの反応時間が遅延することを報告している。今後は、眼球運動の記録に加えて、周辺視の影響を検討するための実験手法についても検討を行う必要がある。

4.2. 視線が移動するタイミングと変動係数

本研究の結果から、視線中心がリリース位置に移動するタイミングが、リリースから離れているほど反応時間が遅延する関係が示された。また、視線中心が移動するタイミングの変動係数が小さいほど、すなわち、視線を移動させるタイミングが一定であるほど反応時間が短くなる関係が示された。これらの結果は、ストレートおよびカーブの結果をプールした検討であり、本来はストレートおよびカーブについてそれぞれ検討を行う必要があると考えられる。そのため、今後は、データ数を蓄積しての検討が必要である。しかしながら、これらの結果は、先行研究で示されてきた打者の視線探索パターン^{10, 11)}やリリース後の追従運動^{2, 5)}を考えると非常に理に適ったものである可能性がある。すなわち、投球動作が開始されると打者の視線中心は投手の肩や胸部に向けられ、そこから投球動作に関する視覚情報を収集する。さらに、投球動作が進むと視線中心をリリース位置に移動させ、周辺視を活用した視覚行動をとる。そのため、早いタイミングから視線中心がリリース位置に移動すると、投球動作の初期に投手の身体動作から得られる情報が不足してしまう可能性もある。また、リリース後のボールの追従は、眼球運動に加えて頭部の回転も貢献していることが明らかにされている。すなわち、眼球と頭部を協働さ

せることによって追従運動を達成しているため、より一定のタイミングで視線がリリース位置に移動することは、制御すべき要素を最小限にし、追従動作を行いやすくする可能性もある。または、一定のタイミングでリリース位置に視線を移動させることによって、球種の相違による微細な投球フォームのタイミングの相違を検出しやすくさせている可能性もある。

4.3. 本研究の限界と今後課題

本研究の限界として、対象者数が限られていたこと、および反応時間の計測方法が挙げられる。本研究の対象者数は大学野球部に所属する男子大学生野球選手6名であり、競技経験の有無や競技レベルの相違の影響などについては十分に検討を行うことができなかった。また、反応時間は画像描画ソフトウェア (Processing, ver. 4.0.1) 上での計測を試みた。プログラム上では動画再生の指示が出されたタイミングとキーが押されたタイミングから反応時間を算出しており、動画が再生され、スクリーン上に投影されるまでの遅延が考慮されていない。そのため本研究の反応時間は、ストレートおよびカーブにおいて、それぞれリリースから、 635.5 ± 64.1 msec および 677.4 ± 92.1 msec であり、投球映像から投球コースを判断する課題を用いた先行研究 (400 msec ほど)^{7,8)}と比較しても反応時間が長かった。より正確にリリースからの反応時間を計測するためにはフォトセンサーなどを活用した実験装置についても検討する必要がある。

1. J. Cohen. (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, Hillsdale N), Lawrence Erlbaum, New York.
2. N. Fogt and T. W. Persson. (2017) A Pilot Study of Horizontal Head and Eye Rotations in Baseball Batting, *Optom Vis Sci*, 94 (8), 789-796.
3. N. F. Fogt and A. B. Zimmerman. (2014) A method to monitor eye and head tracking movements in college baseball players, *Optom Vis Sci*, 91 (2), 200-211.
4. T. Higuchi, T. Nagami, H. Nakata and K. Kanosue. (2018) Head-eye movement of collegiate baseball batters during fastball hitting, *PloS one*, 13 (7), e0200443.
5. Y. Kishita, H. Ueda and M. Kashino. (2020) Eye and Head Movements of Elite Baseball Players in Real Batting, *Front Sports Act Living*, 2 3.
6. H. Ripoll, Y. Kerlirzin, J.-F. Stein and B. Reine. (1995) Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations, *Human Movement Science*, 14 (3), 325-349.
7. T. Takeuchi and K. Inomata. (2009) Visual Search Strategies and Decision Making in Baseball Batting, *Perceptual and Motor Skills*, 108 (3), 971-980E.
8. T. Takeuchi and K. Inomata. (2012) Visual Search Strategies in Baseball Batting, *Japanese Journal of Sport Psychology*, 39 (1), 47-59.
9. A. M. Williams and D. Elliott. (1999) Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate, *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 21 (4), 362-375.
10. 加藤貴昭・福田忠彦 (2001) 打者の視探索ストラテジーに関する実験的考察－シミュレーション実験とフィールド実験の比較－, *人間工学*, 37, 380-381.
11. 加藤貴昭・福田忠彦 (2002) 野球の打撃準備時間相における打者の視覚探索ストラテジー, *人間工学*, 38 (6), 333-340.
12. 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために：基本的概念と注意点, *関西英語教育学会紀要『英語教育研究』*, 31, 57-66.

13. 水本篤・竹内理 (2011) 効果量と検定力分析入門：統計的検定を正しく使うために，2010 年度部会報告論集「より良い外国語教育のための方法」，47-73.