野球の打撃時における視覚探索方略

竹内高行¹⁾・猪俣公宏²⁾

Visual Search Strategies in Baseball Batting

Takayuki Takeuchi¹ and Kimihiro Inomata²

Abstract

The purpose of the present study was to examine visual search strategies employed by batters during a pitcher's pre-release motion. Eye movement, response time, and response accuracy were measured and analyzed while subjects were asked to observe images of pitches thrown by a pitcher edited using spatial occlusion techniques and to press a pushbutton switch when they decided to swing the bat. The results showed that the batters gazed at the pitcher's pitching wrist, elbow, and arm during the final period. When the pitcher's pitching arm was selectively occluded, the response time was significantly delayed compared with when the pitcher's other body parts were occluded. The findings suggest the importance of strategies for acquiring visual cues for batting by watching a pitcher's pitching arm during the final period. When the pitching wrist and wrist plus elbow were selectively presented during the final period, the response time was significantly delayed compared with when the pitcher's pitching wrist plus elbow plus arm, upper body, and lower body were shown. These results indicate that experts set their visual pivot on the pitcher's elbow and predict cues of the pitching arm from the whole pitcher's motion.

Key words: visual search strategy, eye movements, visual cues, spatial occlusion

---

1) 中京大学
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立101
2) 中京大学
〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立101
連絡先：竹内高行
E-mail: z110308@cnc.chukyo-u.ac.jp

1 Chukyo University
101 Tokodate Kaizu-cho, Toyota-shi, Aichi 470-0393
2 Chukyo University
101 Tokodate Kaizu-cho, Toyota-shi, Aichi 470-0393
Corresponding author: Takayuki Takeuchi

序 論

多くのオープンスキルススポーツにおいて、選手は、複雑な状況の中から適切な情報を効率的に知覚し、素早く反応しなければならない。これを実現するために、選手は、無作為に視線を移動させているのではなく、効果的な視覚探索方略を用いて重要な情報を獲得していると考えられている。視覚探索とは、目前に広がる視野に存在する多くの視覚情報の中から、特定の情報を選択し、対象を正確に捉える過程である(兄井, 2008)。視覚探索に関する研究ではしばしば、眼球運動記録装置を用いた視線の測定が行われ、これまでに熟練者と初心者の視線を比較することによりその方略の相違点が明らかにされている。例えば、Goulet et al. (1989)によると、テニスのサーブプレッシュ時において熟練者はサーバーの腕やラケットへの視線の配置が多く、初心者はボールや体幹への視線の配置が多いことが明らかにされている。その他に、アイスホッケーのペナルティーフリック時におけるゴールキーパー(Bard and Fleucy, 1981)や、サッカーのペナルティーキック時におけるゴールキーパー(Savelsbergh et al., 2002; Savelsbergh et al., 2005)などの視線について注視点の測定が行われ、熟練者は相手選手の特定の位置に視線を向ける方略を用いることが明らかにされている。

また、熟練者は重要な環境情報を視野全体から収集するために、環境全体が視野に収まるような仮想的な点に視線を置き、視対象の位置や動きあるいは自己の運動情報を効率的に収集しているとされている(今中, 2008)。このことについて、Nagano et al. (2004)は、サッカーの1対1ディフェンス状況におけるディフェンダーの視線の移動パターンと視線の配置を測定し、熟練者は相手の膝辺りに視支点(Visual pivot)を置いて全体の動きを周辺視で捉えていると考察している。その他に、空手(Williams and Elliot, 1999)やボクシング(Ripoll et al., 1995)などの競技場面においても、熟練者は、相手選手の身体部位へ視線を向け、その視線を視支点とし

て、手がかりとなる相手選手の全体的動作を捉えているという報告がある。加藤(2004)によると、視支点とは、広い範囲の対象をとらえる際に、その対象の中心付近に置かれる仮想的な支点であり、その支点が置かれた位置そのものはそれほど重要な視覚情報を有していないが、その支点の周辺部には動きや位置関係を示す重要な情報が存在しているとされている。したがって、熟練者と初心者の視線の比較による相違から、熟練者は運動を行う中で、特有の視覚探索方略を用いることにより、適切な情報を知覚し、迅速で正確な反応を遂行することができると考えられている。

野球に関する先行研究に着目すると、例えばShank and Haywood (1987)は、投手の投球動作中における打者の注視点とを測定し、熟練者はワインドアップ中において予測されるリリースポイント(リリース時に投球腕が来ると予測される位置)に視線を向け、初心者は投手の頭などのリリースポイント以外へ視線を向けていたことを明らかにしている。また、Takeuchi and Inomata (2009)は、投手の投球動作中における打者の注視点と意思決定の反応速度および正確性を測定し、熟練者は投手の投球動作開始から非支持脚の接地にかけた時間相において投手の上半身周辺へ視線を向け、続いて、投手の非支持脚の接地からボールリリースにかけた時間相において投手の投球腕周辺へ視線を向けていたのに対し、非熟練者は投手の投球動作開始からボールリリースにかけた時間相において投手の上半身周辺へ視線を向けたままであったことを明らかにした。また、熟練者は、非熟練者よりも反応速度が速く、正確であったことから、熟練者は特有の手がかり(投球腕周辺)へ視線を向ける視覚探索方略を用いることで、非熟練者よりも迅速かつ正確な意思決定を行うことができると考察している。また、Kato and Fukuda (2002)や加藤・福田(2002)は、投手の投球動作中の打者の視線の移動パターンと配置を測定し、熟練者は投手の投球腕が振られ、ボールがリリースされる直前であらかじめ予測した投球腕が振られるであろう位置に対して視線を固

定させたまま、振られる腕を待ち構えていたように視線で捉え、投球腕の肘近辺を中心に視線を配置していたことを明らかにした。これらのことより、打者は、視支点を投球腕の肘辺りに置き、リリースポイントから投手の身体全体までを幅広く網膜の周辺部で捉えていると推察している。

これまでの視覚探索方略の研究において、Shank and Haywood (1987), Kato and Fukuda (2002), 加藤・福田 (2002), および, Takeuchi and Inomata (2009) の報告により、眼球運動記録装置を用いて熟練者と初心者の視線を測定し、相違点が明らかにされている。しかしながら、投手の投球動作中における打者の視線の測定のみでは、有効な視覚情報を得ていることを説明したことにはならないことから、打者の視覚探索方略を明らかにするためには、打者の視線を明らかにすると同時に、視覚手がかりとなり得る特定の視覚情報を検証する必要がある。

本研究では、投手の投球動作中における打者の視覚手がかりをより詳しく明らかにする方法として、空間的遮蔽手法を用いる。空間的遮蔽手法とは、予測しなければならない状況の映像が呈示される際、ある特定の空間部位がマスキングされ、そこから獲得できる情報を遮断して、最終的な結果を予測させる方法であり、予測に必要な視覚手がかりについて明らかにできる手法である(兄井, 2008)。例えば, Muller et al. (2006) は、熟練クリケット打者にボウラー(投手)の身体部位の一部分を遮蔽した映像および通常の投球映像を観察させ、球種の予測を行わせた。その結果、球種の予測は、通常の投球映像を観察した時よりも身体の一部(ボールを含めた投球を行う側の手首)を遮蔽した映像を観察した時に低下した。これらのことより熟練打者は、ボールリリース前のボウラーの投球動作においてボールを含めた投球を行う側の手首を手がかりにしていると考えられる。また、武田ほか(2002)は、テニスのサービスコースおよび球種の予測において、時間的遮蔽手法と空間的遮蔽手法を用い、予測パ

フォーマンスの優劣によってサービスを予測する時期およびその手がかりに違いがあるか検討した。時間的遮蔽手法とは、相手のプレイしている動作の映像を特定の時点で消失させ、これを観察していた被験者に、その系列の最終的な結果を予測させるものである(武田ほか, 2002)。その結果、サービスのコースおよび球種の予測正確性に関して、テニス経験者の中でも優劣の差が認められ、予測手がかりの利用方略の違いを指摘している。つまり、予測パフォーマンスの低い者は、ボールや相手の下半身、次いでラケットと腕などが予測手がかりとなり、特定の部位に依存してサービス予測を行っているのに対し、予測パフォーマンスの高い者は、部位の組み合わせ、もしくはサービス動作の全体像を予測手がかりとしている。これらのように空間的遮蔽手法や時間的遮蔽手法を用いることにより、熟練者が用いる競技中の視覚手がかりが明らかにされ、眼球運動記録装置を用いた注視点の測定のみでは明らかにできなかった問題が解決されている。

本研究は、眼球運動の記録に加えて投球映像に対する空間的遮蔽手法を用いることによって、野球の打撃時における熟練者の視覚探索方略を検討することを目的とした。また、反応時間および反応の妥当性を合わせて測定することで、打撃時にどのタイミングでどのような視覚情報が必要となるのかを検討した。

方 法

1. 実験参加者

実験参加者は、9名のC大学野球部に所属する男子選手(平均年齢 19.0 ± 0.5 歳、平均競技経験年数 9.0 ± 0.4 年)とした。なお、実験参加者全員が右打ちで、正常な視機能(利き目:右眼)を有していた。実験参加者には、実験参加前に内容を説明し、実験参加の同意を得た。

2. 呈示刺激

1) モデル投手と撮影状況

モデル投手は、投手を専門とする右利きの大学野球選手(年齢21歳、競技経験年数12年)で

あった。撮影の前に、モデル投手の実験参加に対する同意を得た。モデル投手には、ピッチャーマウンドからホームベース後方に設置された防球ネットに向かい、ストレートを最大努力感で投球をするよう指示した。投球後のボールに対する実験参加者の反応を統制するためストレートのみを対象とした。投球は、2台の民生用デジタルビデオカメラ (Sony DCR-PC101K) で撮影した。1台は、右打者の視野を再現するようにバッターボックス内に設置し、打者の視野に相当する高さ (1.7m) に調整した。また、もう1台は、防球ネット後方に設置し、投手の投球動作とボール軌道が最大限映るように画角を調整した。投球直後、実験者が防球ネット後方から撮影した投球映像を観察し、ボールがホームベース上を通過した投球をストライクコース、ホームベース上を通過しない投球をボールコースと判断した。さらに各コースに5球の試技が達成されるまで投球を行った。

2) 呈示映像の作成

各打者の身長によるストライクゾーンの高低など個人の特性を除外し、全実験参加者に対して共通した典型的なストライクとボールコース映像を呈示するため、野球の熟練者6名 (平均年齢 18.6 ± 0.7 歳、平均競技経験年数 8.5 ± 0.8 年) に対してバッターボックス内で撮影した投球映像を観察させ、ストライクとボールのコースの選別をさせた。その結果、全熟練者の判別が一致した2球のストライクコースの試技と1球のボールコースの試技が採用された。ストライクコースの内容は、バッターから見て遠いストライクコース (アウトコース)、と近いストライクコース (インコース) でホームベース上を通過する投球映像の試技であった。ボールコースの試技の内容は、バッターから見てホームベース上より遠いボールコース (アウトコース) をボールが飛来し、ホームベースを通過しなかった投球映像であった。

3) 呈示映像の遮蔽

民生用デジタルビデオカメラの画像データは、動画作成ソフト (M Gen Version 1.3) で、投手の投球動作開始からボールがホームベース

の通過まで (3500ms) を編集し、実写映像とした。また、投手の投球動作開始からボールリリースにかけた時間相を3つに分類をした (序盤: 投球動作開始から非支持脚の離地まで、中盤: 非支持脚の離地から再接地まで、終盤: 非支持脚の再接地からボールリリースまで) (図1)。本研究では、Muller et al. (2006) および武田ほか (2002) が採用した動作イベントを参考に、投手の投球動作の序盤から終盤にかけて身体の一部を遮蔽した映像を作成した (投球腕周辺の遮蔽 <occlusion of pitching arm: 以下OPA>、胸部と腹部周辺の遮蔽 <occlusion of chest and abdomen: 以下OCA>、下半身周辺の遮蔽 <occlusion of lower body: 以下OLB>、遮蔽なし <normal condition: 以下N>) (図2)。

また、Takeuchi and Inomata (2009) で明らかにされた投手の投球動作中における打者の視線を参考に、投手の投球動作の序盤から中盤にかけて全身を呈示した後、終盤に身体の一部のみを呈示し、その他の身体部分を遮蔽した映像を作成した (リリースポイント・手首周辺の呈示 <release point and pitching wrist: 以下RPW>、リリースポイント・手首から肘周辺にかけての呈示 <release point and pitching wrist plus elbow: 以下RPE>、リリースポイント・手首から腕周辺にかけての呈示 <release point and pitching wrist plus elbow plus arm: 以下WEA>、リリースポイント・手首から上半身周辺にかけての呈示 <release point and pitching wrist plus elbow plus arm plus chest and abdomen: 以下RCA>、リリースポイント・手首から下半身周辺にかけての呈示 <N: 上記の遮蔽なしの呈示映像と同一の呈示映像>) (図3)。

3. 装置

投球映像は、プロジェクター (プラスビジョン Model U3. 1100Z) を用い、実験参加者から1.4mの位置に大型スクリーンに呈示した。その際、実際の打撃状況に近い状況を再現するため、投手のつま先から頭部までの映像に対して視角 7° とした。また、投球映像に対する注視点を測定するために、眼球運動記録装置 (ASL

図1 投手の投球動作中における時間局面
 序盤＝投球動作開始から非支持脚の離地までの時間相
 中盤＝非支持脚の離地から再接地までの時間相
 終盤＝非支持脚の再接地からボールリリースまでの時間相

図2 映像投球動作序盤から終盤まで身体の一部を遮蔽した呈示映像
 OPA＝投球腕周辺の遮蔽
 OCA＝胸部と腹部周辺の遮蔽
 OLB＝下半身周辺の遮蔽
 N＝遮蔽なしの呈示映像

図3 投球動作序盤から中盤まで全身を呈示した後、終盤に身体部位の一部を呈示し、その他の部分は遮蔽した映像
 RPW＝リリースポイント・手首周辺の呈示
 RPE＝リリースポイント・手首から肘周辺にかけての呈示
 WEA＝リリースポイント・手首から腕周辺にかけての呈示
 RCA＝リリースポイント・手首から上半身周辺にかけての呈示
 N＝リリースポイント・手首から下半身周辺にかけての呈示（遮蔽なし）

社, Mobile eye) を用い, この測定装置の空間分解能は, 0.1° 以下であり, サンプリングレート30Hzであった. また, 反応時間と反応妥当性を測定するためにコンピュータのマウスを用いた. マウスのクリックによる外部出力データは, 呈示される投手の投球映像と同期させてコンピュータに入力, 記録した. また, 実験参加者の頭部運動を制限するために, 簡易頭頂部固定装置付きあご台(竹井機器工業株式会社, 単式顔面固定器)を用いた.

4. 実験手続き

実験参加者は, 椅座位姿勢を保ちあご台の上に頭部を固定し, 眼球運動記録装置のゴーグルを装着させた. また, 実験参加者の課題は, 投手の投球映像を観察し, 打撃遂行の意思決定を行うことであった. 実験参加者には「投手からの投球を打つと判断したときは, 出来るかぎり速く正確にマウスのクリックボタンを押すこと. 打たないと判断したときは, ボタンを押さないこと」が教示され, 事前に, ストライクやボールの呈示映像の判定に関する情報は与えられなかった. また, マウスのクリックボタンを押した以降の映像は, 呈示しないこととし, 試行後, 反応時間や反応妥当性についてのフィードバックは与えなかった.

試行回数は, 練習試行5試行と本試行96試行であった. 練習試行では本試行に含まれない投手の身体部位の遮蔽なしの映像が呈示された. 本試行は, 24条件(投球映像3球×呈示条件8条件<遮蔽なしの呈示映像とリリースポイント・手首から下半身周辺にかけての呈示映像は同一の試行>)をランダム化したブロックを4回繰り返した(計96試行). また, 試行間のインターバルは約6sとし, 24試行ごとに15分間のインターバルを設けた.

5. 分析方法

注視点の配置割合: 注視の定義は, 加藤・福田(2002)を参考にし, ある視対象に対して133ms(4 video frames)以上視線が停留していた場合を注視状態とした. 投手の身体部位を7つのカ

テゴリーに分類し(リリースポイント・手首周辺<release point and wrist: 以下RW>, 肘周辺<elbow: 以下EB>, 投球腕周辺<pitching arm: 以下PA>, 投球腕と逆側の腕周辺<non pitching arm: 以下NA>, 顔・頭部周辺<face and Head: 以下FH>, 胸部・腹部周辺<chest and abdomen: 以下CA>, 下半身周辺<lower body: 以下LB>)(図4), 遮蔽なしの映像(投球動作序盤から終盤まで)と投球動作終盤の時間相に身体の一部を呈示した映像を対象に, 打者の注視点の停留位置を分析した. そして, 各時間相の停留位置に対し, 各身体部位の停留位置の割合を求め, 各時間相における注視点の平均配置割合を算出した.

反応時間(msec): 映像上のボールリリース時点から実験参加者がマウスボタンを押した時点までの間隔を反応時間と定義した. ストライクコース映像を呈示した際にボタン押し反応を行った試行の反応時間を分析し, 各被験者の平均反応時間を算出した.

反応妥当性(回): 実験参加者がストライクコース映像を呈示の際にボタン押し反応を行った場合と, ボールコース映像を呈示の際にボタン押し反応を行わなかった場合を妥当と定義した. 全呈示条件における妥当反応回数, およびストライクコース映像を呈示した際の妥当反応回数を分析した.

遮蔽なしの映像を呈示した際の各時間相における注視点の平均配置割合について投手の身体部位間において一要因分散分析(対応あり)を行った. さらに動作終盤において投手の身体部位の一部のみ呈示した際の終盤における注視点の平均配置割合について投手の身体部位間および呈示条件間において一要因分散分析(対応あり)を行った. また投球序盤から終盤まで投手の身体部位の一部を遮蔽した, または終盤において投手の身体部位の一部のみ呈示した際の反応妥当性および反応時間について呈示条件間において一要因分散分析(対応あり)を行った. 下位の検定にはBonferroniの検定を用い, いずれも有意水準は5%に設定した.

結 果

遮蔽なしの映像を呈示した際の各時間相における注視点の平均配置割合を図5に示す。

投球動作序盤の時間相において投手の身体部位間の注視点の平均配置割合についてFH, CA,

LBに平均配置割合が示された。FH, CA, LBの平均配置割合に主効果は認められなかった。

また、中盤の時間相においてFH, CA, LBの平均配置割合に主効果が認められ($F(2, 16)=11.083$, $p<.05$)、下位検定によれば、FHとCAの平均配置割合は、LBの平均配置割合と比較し、有意

図4 投球動作序盤、および中盤、終盤における身体部位の分類、および投球動作終盤に身体部位の一部分を呈示した際の身体部位と遮蔽された空間の分類
 RPW＝リリースポイント・手首周辺の呈示
 RPE＝リリースポイント・手首から肘周辺にかけての呈示
 WEA＝リリースポイント・手首から腕周辺にかけての呈示
 RCA＝リリースポイント・手首から上半身周辺にかけての呈示

に高かった ($p<.05$)。終盤の時間相においては RW, EB, PA, FH, CAの平均配置割合に主効果が認められ ($F(4, 32) = 33.596, p<.05$)。RW, EB, PAの平均配置割合は, FH, CAの平均配置割合と比較して, 有意に高かった ($p<.05$)。

投球序盤から終盤まで投手の身体部位の一部を遮蔽した際の反応時間に主効果が認められ ($F(3, 24) = 20.664, p<.05$)。下位検定によれば, OPAの反応時間は, OCAやOLB, Nの反応時間と比較し, 有意に遅延した ($p<.05$) (図6)。投球動作序盤から終盤まで投手の身体部位の一部を遮蔽した際の反応妥当性について遮蔽条件別に比較を行ったが, 妥当反応回数, または, ストライクコース映像の際の妥当反応回数について有意な差はみられなかった (表1)。

動作終盤において投手の身体部位の一部のみ呈示した際の終盤における注視点の平均配置割合を図7に示す。いずれの呈示条件においても RW, EB, PA, FH, CAの平均配置割合に主効果が認められ (RPW: $F(4, 32) = 29.150, p<.05$ ・RPE: $F(4, 32) = 40.462, p<.05$ ・WEA: $F(4, 32) = 78.644, p<.05$ ・RCA: $F(4, 32) = 52.260,$

$p<.05$ ・N: $F(4, 32) = 33.596, p<.05$)。RW, EB, PAの平均配置割合は, FH, CAの平均配置割合と比較して, 有意に高かった ($p<.05$)。またRW, EB, PAの平均注視割合について呈示条件別に比較を行ったが, 有意な差はみられなかった。

投球動作終盤に身体部位の一部のみ呈示した際の反応時間に主効果が認められ ($F(4, 32) = 18.387, p<.05$)。下位検定によれば, RPWの反応時間は, WEAやRCA, Nの反応時間と比較したところ, 有意に遅延した ($p<.05$)。また, RPEの反応時間はRCAやNの反応時間と比較したところ, 有意に遅延した ($p<.05$) (図8)。

投球動作終盤に投手の身体部位の一部のみを呈示した際の反応妥当性について呈示条件別の妥当反応回数, または, ストライクコース映像の際の妥当反応回数について有意な差はみられなかった (表2)。

考 察

投手の投球動作中の各時間相における注視点の平均配置割合の結果から, 打者の視線の特徴

図5 遮蔽なしの映像を呈示した際の時間相における注視点の平均配置割合及び標準偏差
RW = リリースポイント・手首周辺, EB = 肘周辺, PA = 投球腕周辺,
NA = 投球腕と逆側の腕周辺, FH = 顔と頭部周辺, CA = 胸部と腹部周辺,
LB = 下半身周辺 * : $p<.05$

表 1 投球動作序盤から終盤まで投手の身体の一部を遮蔽した映像に対する妥当反応回数, および, ストライクコース映像に対する妥当反応回数(回)

	妥当反応回数	ストライクコース映像に対する 妥当反応回数
OPA	10.6 ± 0.7	7.2 ± 0.6
OCA	11.0 ± 0.1	8.4 ± 0.3
OLB	11.8 ± 1.0	8.0 ± 1.0
N	11.4 ± 0.7	8.2 ± 0.6

を時系列に見ていくと, 序盤と定義した時間相において打者は, 投手の頭・顔周辺, または, 胸部・胴部周辺, 下半身などに視線を向けていた. また, 中盤において打者は, 投手の顔・頭部周辺, または, 胸部・腹部周辺に視線を向ける特徴が明らかになった. さらに終盤の時間相において打者は, 投手のリリースポイント・手首周辺, または, 肘周辺, 投球腕周辺へ視線を向けていたことが明らかになった. これらの投手の投球動作中における打者の視線の結果は, 熟練者は投手の投球動作開始から非支持脚の接

地にかけた時間相において投手の上半身周辺へ視線を向け, 投手の非支持脚の接地からボールリリースにかけた時間相において投手の投球腕周辺へ視線を向けていたとするTakeuchi and Inomata (2009) による結果と一致した. また, 熟練者はワインドアップ中においてリリース時に投球腕が来ると予測される位置に視線を向けるとするShank and Haywood (1987) の結果と同様の結果を示した. これらのことより, 投手の非支持脚の接地からボールリリースにかけた時間相において手首・肘を含んだ投球腕周辺に視線を向けることが重要であると考えることができる. また, 投手の投球動作序盤から終盤にかけた時間相における投手の投球腕を遮蔽した映像に対する妥当反応回数に差はなかったが, 反応時間には, 他の身体部位を遮蔽した映像に対する反応時間と比較し遅延がみられた. 一般に, 反応の早さと正確さには相反関係が成立することから, 本実験の参加者は反応時間を遅らせることによって反応の正確さを確保していたと考えられる. しかしながら, 実際の打撃において反応の遅延はパフォーマンスの低下をもたらし得ることから, 投球動作における投球腕の視覚情報は, 投球コースの予測において重要な情報であると考えられる. これらの結果は, 熟練クリケット打者の視覚情報処理について検討したMuller et al (2006) の知見とも一致することから, 終盤における手首・肘を含んだ投球腕周辺に視線を向けることは打者にとって打撃のための視覚手がかりを得るために重要な方略であるといえる.

図 6 投球動作序盤から終盤まで投手の身体の一部を遮蔽した映像に対する反応時間及び標偏差 (ms)

OPA = 投球腕周辺の遮蔽,
OCA = 胸部と腹部周辺の遮蔽,
OLB = 下半身周辺の遮蔽,
N = 遮蔽なし * : $p < .05$

投手の投球動作終盤の時間相における投手の身体部位の一部を呈示した映像に対する終盤の

注視点の結果から、投手の非支持脚の接地からボールリリースにかけた時間相において打者は、投手のリリースポイント・手首周辺、または、肘周辺、投球腕周辺を視支点としていることが明らかになった。これらの結果は、打者は視支点を投球腕の肘辺りに置き、リリースポイントから投手の身体全体までを幅広く網膜の周辺部で捉えているとする加藤・福田（2002）と Kato and Fukuda（2002）による仮説を実証する結果となった。そして、妥当反応回数に差はなかったが、投手の投球動作終盤における時間

相において、投手のリリースポイント・手首、もしくは、リリースポイント・手首から肘にかけて呈示した映像に対する反応時間がリリースポイント・手首から投球腕、および、上半身、下半身にかけて呈示した映像に対する反応時間と比較し、遅延がみられた。上記同様に、この実験において投球コースの予測に必要な情報が呈示されなかった条件では、打者は反応時間を遅らせることによって反応の正確さを確保していたと考えられる。高いパフォーマンスを達成させるためには、投球動作終盤においてリリー

図7 投球動作終盤に投手の身体の一部を呈示した映像（RPW＝リリースポイント・手首周辺の呈示、RPE＝リリースポイント・手首から肘周辺にかけての呈示、WEA＝リリースポイント・手首から腕周辺にかけての呈示、RCA＝リリースポイント・手首から上半身周辺にかけての呈示、N＝リリースポイント・手首から下半身にかけての呈示＜遮蔽なし＞）に対する終盤の注視点の平均配置割合及び標準偏差
RW＝リリースポイント・手首周辺、EB＝肘周辺、PA＝投球腕周辺、NA＝投球腕と逆側の腕周辺、FH＝顔と頭部周辺、CA＝胸部と腹部周辺、LB＝下半身周辺 *：p<.05

表2 投球動作終盤の時間相における投手の身体の一部を呈示した映像に対する妥当反応回数、および、ストライクコース映像に対する妥当反応回数(回)

	妥当反応回数	ストライクコース映像に対する 妥当反応回数
RPW	10.6 ± 0.7	7.2 ± 0.8
RPE	10.6 ± 0.5	7.4 ± 0.3
WEA	11.0 ± 1.0	8.3 ± 0.9
RCA	11.4 ± 0.7	8.2 ± 0.4
N	11.4 ± 0.7	8.2 ± 0.6

スポイント・手首や肘だけでなく、投手の全体像の視覚情報を得ることが必要であると考えられる。そして、これらの結果は、テニスのサーブコースおよび球種の予測において、予測パフォーマンスが高い者は、サーバーの身体部位の組み合わせ、もしくは、サービス動作の全体像を予測手がかりとしているとする武田ら(2002)による知見を支持する結果となり、肘

や手首だけの部分的情報のみでは不十分で、投球動作における全体像から有効な視覚手がかりを得ることが重要であることを実証している。したがって、打者は、投手の投球腕周辺に視支点を置き、投球動作における全体像から最終局面に至る投球腕の手がかりを予測しようとしていることが示唆された。また、投球腕の視覚情報は、投手の全体像の情報が得られることではじめて打撃判断の迅速性に寄与した。このことから、熟練打者は単に投球腕のみから手がかりを得ているのではなく、全体像の中で投球腕を捉えることによって、投球コースの見きわめを含めた打撃判断を行っていると考えられる。

Paull and Glencross (1997) は、打者はボール軌道の初期80ms(リリースポイントから約3 m先のボール軌道の地点)までに球種を認知することが重要であることを明らかにしている。また、Ranganathan and Carlton (2007) は、打者の予測正確性は、投手の投球動作パターンよりも、ボールの視覚情報を伴うことが重要であることを示唆している。したがって、本研究で明らかにされた投手の投球動作中の視覚探索は、リリース後のボールの視覚情報を適切に獲得するための重要な方略の一つであると考えられる。

まとめ

本研究は、野球の打撃時における熟練者の視覚探索方略について、眼球運動の記録に加えて投球映像に対する空間的遮蔽手法を用いることによって検討した。その結果、以下の知見が得られた。

図8 投球動作終盤の時間相における投手の身体の一部を呈示した映像に対する反応時間及び標準偏差 (ms)

RPW = リリースポイント・手首周辺の呈示,
RPE = リリースポイント・手首から肘周辺にかけての呈示,
WEA = リリースポイント・手首から腕周辺にかけての呈示,
RCA = リリースポイント・手首から上半身周辺にかけての呈示,
N = リリースポイント・手首から下半身にかけての呈示 (遮蔽なし) *: $p < .05$

- ①投手の非支持脚の接地からボールリリースにかけた時間相において、打者が手首・肘を含んだ投球腕周辺へ視線を向けることは、視覚手がかりを得るためには重要な方略である。
- ②打者は、投手の投球腕に視支点を置き、投手の投球動作における全体像から最終局面に至る投球腕の手がかりを予測しようとしている。また、これらの視覚情報が得られない場合には、投球コースの判断が遅れてしまう。

今後の課題

本実験では投手1名を用いて実験を行ったが、結果をより一般化するために異なる投手を用いた実験を行うことが挙げられる。また、視覚刺激を加工し呈示映像を用いたが、実験的バイアスによる結果への影響を無視することができないため、CGアニメーションなど（福原ほか，2009）の映像加工技術における研究結果との比較をすることなどが挙げられる。

これまでの知覚トレーニングや予測スキルトレーニングにおいて、相手選手の特定の身体部位を手がかりとした教示が行われている。例えば、中本ほか（2005）による野球の知覚トレーニングにおいて、打者の投手の投球動作中における視覚探索方略について、投球動作後半にはリリースポイント付近に視線を向けることが重要とされている。また、Hagemann et al（2006）によるバドミントンのショットの予測トレーニングにおいて、選手に対してラケットを視覚手がかりとしてトレーニングを実施している。これらの研究において、一定のトレーニング効果がみられているが、教示する手がかりの相違がトレーニング効果に及ぼす影響について検討することが課題である。

文 献

兄井 彰 (2008) 知覚・認知能力. 日本スポーツ心理学会編日本スポーツ心理学事典. 大修館書店: 東京, pp.367-370.

Bard, C., and Fleury, M. (1981) Considering eye movement as a predictor of attainment. In I. Cockerwill and W. W. MacGillivray (Eds.), *Vision and Sport*. Cheltenham, Eng: Stanley Thorne, pp.28-41.

Goulet, C., Bard, C., and Fleury, M. (1989) Expertise

differences in preparing to return a tennis serve: A visual information processing approach. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11 (4): 382-398.

Hagemann, N., Strauss, B., and Cañal-Bruland, R. (2006) Training perceptual skill by orienting visual attention. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 28: 143-158.

樋口貴広 (2008) 認知情報処理. 日本スポーツ心理学会編 日本スポーツ心理学事典. 大修館書店: 東京, pp.174-177.

福原和伸・井田博史・石井源信 (2009) コンピュータ・グラフィックス (CG) の身体モデル表示によるテニスサーブの予測判断. *スポーツ心理学研究*, 36 (2): 115-125.

今中國泰 (2008) 認知情報処理. 日本スポーツ心理学会編 日本スポーツ心理学事典. 大修館書店: 東京, pp.167-171.

加藤貴昭 (2004) 視覚システムから見た熟練者のスキル. 日本スポーツ心理学会編 最新スポーツ心理学—その軌跡と展望. 大修館書店: 東京, pp.168-169.

Kato, T. and Fukuda, T. (2002) Visual search strategies of baseball batters eye movements during the preparatory phase of batting. *Perceptual and Motor Skills*, 94: 380-386.

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.

Muller, S., Abernethy, B., and Farrow, D. (2006) How do world-class cricket batsmen anticipate a bowler's intention? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59 (12): 2162-2186.

Nagano, T., Kato, T., and Fukuda, T. (2004) Visual search strategies of soccer players in one-on-one defensive situations on the field. *Perceptual and Motor Skills*, 99: 968-974.

中本浩揮・杉原 隆・及川 研 (2005) 知覚トレーニングが初級打者の予測とパフォーマンスに与える効果. *体育学研究*, 50:581-591.

Paull, G and Glencross, D. (1997) Expert perception and decision making in baseball. *International Journal of Sport Psychology*, 28: 35-56.

Ranganathan, R and Carlton, L. G. (2007) Perception. action coupling and anticipatory performance in baseball batting. *Journal of Motor Behavior*, 39 (5): 369-380.

Ripoll, H., Kerlirzin, Y., Stein, J. F., and Reine, B. (1995) Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situation. *Human Movement Science*, 14: 325-349.

Savelsbergh, G. J. P., Williams, A. M., Van der Kamp, J., and Ward, P. (2002) Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, 20: 279-287.

Savelsbergh, G. J. P., Williams, A. M., Van der Kamp, J., and Ward, P. (2005) Anticipation and visual search behavior in expert soccer goalkeepers. *Ergonomics*, 48: 1686-1697.

- Shank, M. and Haywood, K. (1987) Eye movements while viewing a baseball pitch. *Perceptual and Motor Skills*, 64: 1191-1197.
- Takeuchi, T. and Inomata, K. (2009) Visual search strategies and decision making in baseball batting. *Perceptual and Motor Skill*, 108: 971-980.
- 武田守弘・大場 渉・坂手照憲 (2002) テニスのサーブコースと球種の予測における時期と手がかり. *スポーツ方法学研究*, 15 (1) : 26-33.
- Williams, A. M. and Elliot, D. (1999) Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21: 362-375.

(2009.6.15 受稿, 2012.2.13 受理)