

博士論文

バレーボールにおける視覚行動と運動パフォーマンス

平成 29 年 12 月

京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科
生命物質科学専攻

梅崎 さゆり

目次

第1章 序論

1.1 研究の背景と必要性	1
1.1.1 知覚と運動	1
1.1.2 スポーツ場面における視覚探索活動	2
1.1.3 バレーボールにおける視覚探索活動	3
1.1.4 知覚—運動スキル研究の課題	5
1.2 研究目的と研究課題	7

第2章 バレーボール選手のミニゲームにおける視覚探索活動

—実践的場面におけるデータ採取の試み—

2.1 緒言	9
2.2 方法	12
2.3 結果	15
2.4 考察	23
2.5 結言	26

第3章 バレーボールのブロックにおける視覚行動の評価

—ウェアラブルカメラを用いた試み—

3.1 緒言	27
3.2 視線推定のための判断基準の抽出と推定精度の検証（実験1）	30
3.3 視線推定法の有効性の検証（実験2）	34
3.4 フィールドにおけるブロック場面での視線推定（実験3）	37
3.5 結言	43

第4章 バレーボールのブロックにおける視覚探索活動とステップ動作の定量的評価

4.1 緒言	44
4.2 方法	48
4.3 結果	51

4.4	考察	59
4.5	結言	63
第5章 総括		
5.1	本研究の意義と指導現場への応用	64
5.2	今後の課題	67
引用文献		69
謝辞		77

第1章 序論

1.1 研究の背景と必要性

1.1.1 知覚と運動

スポーツ場面において、競技者は様々な時間的および空間的制約のもと正確かつ素早く運動を実現する能力が求められる（加藤, 2004）。運動の実現には、情報入力に関わる知覚系と情報出力に関わる運動系が一つのシステムとして連携する必要がある

（樋口, 2008）。かつては、大脳皮質の一次運動野は運動の出力のみに関わると考えられてきたが、実際には様々な感覚情報処理がなされており、知覚系としても重要な領域であること、また身体は運動を実行する器官という位置づけであったが、最近では身体の情報に脳にフィードバックするための知覚系としても重要な働きをもつことが明らかにされており、知覚運動制御は知覚系と運動系の分業ではなく、知覚運動系という一つのシステムとして捉えるべきであると考えられている（樋口, 2008）。

スポーツ競技者は知覚の中でも視覚によって、相手選手、味方選手、ボール、競技空間など環境に潜む情報を取り込んで運動を実現している。得られた視覚情報は異なる2つの情報処理システムによって処理されると考えられている。一つは、視対象が何であるか、つまり物体を認識するためのシステム（物体視システム）で、大脳の側頭連合野に向かう腹側経路で処理される。もう一つは視対象がどこにあるのか、つまり空間位置を知覚するためのシステム（空間視システム）で、頭頂連合野に向かう背側経路で処理される（Milner & Goodale, 1995）。また、空間内の狭いエリアをとらえるための視覚システムは中心視システム、身体周辺の広いエリアをとらえるための視覚システムは周辺視システムと呼ばれ（Treverthen, 1968）、腹側経路は中心視野、背側経路は周辺視野からの情報との結合が多くみられることが明らかとなっている

（Ungerleider, 1995）。つまり、中心視システムは視対象に対して積極的に注意や意識を働かせ、その視対象自体から情報を収集するが、周辺視システムでは視対象以外からの周辺情報を間接的・無意識に収集するという特徴がある（今中, 2004）。

必要な視覚情報は視線を動かすことで得られることから、眼球運動を測定することで視覚情報の抽出および利用過程が分析されてきた（Abernethy, 1988）。眼球運動を測定する技術が進歩し、歩行や上肢動作などの日常行為を行っている最中の視線行動

が観察できるようになった結果、視線の移動パターンと身体の動きのパターンには強固な時間的・空間的關係があることが示され (Land, 2006 ; 樋口, 2008), 正確な運動の実現には、適切な位置に視線をコントロールすることが重要であることが明らかとなってきた (樋口, 2013).

1.1.2 スポーツ場面における視覚探索活動

周囲の多様な視覚情報の中から適切な情報を収集するために、特定の情報を選択し、対象を視覚によって正確に捉える過程は視覚探索と呼ばれる (加藤, 2004). スポーツ競技者の視覚探索活動は、眼球運動を計測し、注視方向を同定することで評価されてきた. スポーツ場面における視覚探索活動に関する研究は、これまで実験室から実際の競技現場まで様々な実験環境において行われてきた. 当初は、眼球運動測定装置の技術的限界から、実験参加者の頭部はほぼ動かさない状態で、呈示刺激画像および映像を提示して行うシミュレーション実験が主流であった (Bard & Fleury, 1976, 1981 ; Tyldesley et al., 1982 ; Helsen & Pauwels, 1992, 1993 ; Williams et al., 1994 など). その後、測定技術の発展に伴い、射撃 (Ripoll et al., 1985 ; Janelle, et al., 2000), 卓球のリターン (Ripoll, 1989 ; Williams et al., 2001), ゴルフのパターン (Vickers, 1992 ; Naito et al., 2004), バスケットボールのフリースロー (Vickers, 1996), バレーボールのサーブレシーブ (Vickers & Adolphe, 1997), テニスのレシーブ (Singer et al., 1998), クリケットのヒッティング (Land & McLeod, 2000), 野球のバッティング (加藤・福田, 2002), サッカーの1対1のディフェンス (Nagano et al., 2004), アイスホッケーのペナルティシュート (Panchuk & Vickers, 2006), スキーの滑走 (佐宗, 2006 ; Vickers, 2006), サッカーのゴールセーブ (Piras & Vickers, 2011), バトンのキャッチング (高橋ほか, 2013), 陸上のハードル (濱出ほか, 2013) など、本来の (in situ) 競技現場に近い状況での実験が実施されるようになった.

これまでの長年の研究結果から、熟練者は未熟練者に比べ、より少ない対象に対してより長く注視するという特徴を持つことが明らかとなっている (Mann et al., 2007). 熟練者が示すこのような対象物への安定した長い注視は Quiet Eye (Vickers, 1996) と呼ばれ、バスケットボールのフリースロー、射撃、ゴルフのバッティングなどの照準運動をはじめ、卓球、バレーボールのサーブレシーブなど空中のボールをヒ

ットする運動において確認されている (Vickers, 2007). また, 重要な情報のすべてが視野に入るように適切な場所に視線を固定する機能は視支点 (Ripoll, 1991 ; Williams et al., 1999) としての機能と呼ばれる (樋口, 2013). 剣道の師範は相手の目の位置に視支点を置き, 周辺視を活用して相手攻撃の情報を得ているが, 初心者は眼を動かし, 中心視で相手攻撃を捉えようとしていることが明らかとなっている (加藤, 2004). このような視覚探索活動はボクシング (Ripoll et al., 1995), 空手 (Williams & Elliott, 1999), 野球のバッティング (加藤・福田, 2002), サッカーのディフェンス (Nagano et al., 2004) などの競技場面においても確認されている.

1.1.3 バレーボールにおける視覚探索活動

あらゆるスポーツ競技の中でもバレーボールでは, ボールを保持することなく, 空中にあるボールをボレーしなければならないため, ボール, 味方選手, 相手選手が示す視覚情報から, 素早くボールの落下点, 軌道, 回転および速度を予測し, トスの方向, スパイクを打つタイミング, コースおよび強さなどを決定することが重要となる. バレーボールにおける視覚探索活動に関する研究では, サーブレシーブ, トス, レシーブ, ブロックが取り上げられている. Piras et al. (2010) は, 熟練者と非熟練者を対象に, バレーボールのトス場面の映像をスクリーンに呈示し, トス方向を予測する際の視線行動を比較した. 実験協力者であるコーチがセッターにボールをパスし, セッターはレフトまたはライト方向にトスを上げるという条件において, 実験参加者はセッターがどちらにトスを上げるかを見極めることが要求された. その結果, 熟練者は非熟練者に比べ, 注視点が少なく, 各視対象への注視時間が長かったと報告している. また熟練者は, まず最初にコーチから出されたボールの初期軌道を確認し, その後セッターの手, 胴体, 足に多く視線を置いていたが, 非熟練者の視線はセッターのトスインパクト前後ともに, 終始ボールの軌跡に視線が置かれていたことが明らかとなっている.

武澤・星野 (2014) は大学女子バレーボール選手を対象にレシーバーのスパイクコース判断に関わる視線行動について調査した. スクリーンにレフト, センター, ライトの3方向からの攻撃映像を呈示し, レシーバーの観点から実験参加者自身が取るべきボールであると判断した場合にキー押しを行わせた. その結果, セッターよりもスパイカーへの注視時間が長いこと, セッターへの注視時間はレフトおよびセンター方

向へのトスよりライト方向へのトスが長いこと、スパイカーへの注視時間が長いほど判断に要した時間が短いことが明らかとなっている。

須波・星野（2016）は、ブロッカーのトスコース判断の正確性と視線行動について、セッターのトス動作に応じて分類した遮蔽映像を用い、女子大学生を対象に熟練度の違いを検討した。その結果、熟練者は非熟練者に比べ、早期に正確なトスコース判断をすること、熟練者はトスコース判断時にセッターの腕周辺、非熟練者はボールに視線を配置していたと報告している。さらに、須波・星野（2017）は、ブロッカーのトスコース判断に関わる視線行動について、一連の攻撃映像を用いて調査した。実験参加者である女子バレーボール選手はスクリーンに呈示される一連の攻撃映像についてブロッカーの観点からスパイクコースを判断した。その結果、判断する際の決め手となった手がかりは、セッター脚周辺、セッター胴体と回答した割合が高かったと報告している。

Castro et al.（2016）はバレーボールの両サイドからのフロントおよびバック攻撃、中央からの攻撃、トス、ブロックの4場面における視線行動と意思決定について、バレーボール選手とその他の競技選手を対象に遮蔽映像を用いて検討した。その結果、バレーボール選手はその他の競技選手に比べ、中央からの攻撃場面对する注視時間が長く、かつ判断が正確であったと報告している。

実際の競技現場に近い実験環境下において、パフォーマンスの最中の視覚探索活動を定量化した研究も行われている。Vickers & Adolphe（1997）は、バレーボールの熟練者と準熟練者のサーブレシーブ時の視線行動について比較するために、実際のバレーボールコート上にて実験を行った。その結果、熟練者は準熟練者よりボール追跡開始が早いこと、ボール追跡時間が長いこと、ステップの修正回数が少ないこと、ボールをパスする間に前方を注視する頻度が高いことを示した。さらに、熟練者はボール追跡開始からボールをレシーブするための最初のステップを踏むまでに Quiet eye を用いていたが、準熟練者はボール追跡開始前にレシーブするためのステップが開始されており、Quiet eye を用いていないことが明らかとなっている。

Afonso et al.（2012）は、熟練バレーボール選手と準熟練バレーボール選手を対象に、実際の6対6のゲーム状況下において後衛中央の守備を行う際の眼球運動とプレー状況の把握に関する言語報告について検討した。その結果、準熟練バレーボール選手がボールの軌跡や特定の選手に視線を配置させていた間、熟練バレーボール選手は

興味の手がかりとなる機能的空間を長く注視しており，加えてプレー状況の把握に関する言語報告がより詳細で質が高かったと報告している。

以上のバレーボールの視覚探索活動に関する報告から，熟練者はより少ない注視点に対してより長く注視するという先行研究と同様の結果が得られていることがわかる。サーブレシーブ時はボールの落下点を正確に予測するためにボールに対して視線が長く置かれ，トス方向の判断ではセッター，スパイクコースの判断ではスパイカーに対して視線が長く置かれていたことから，熟練者はボールを受ける場合はボール，ボールを受けない場合はボールを出すプレーヤーに早く視線を移動させ，対象物および対象者を長く注視することで正確に判断していると解釈できる。しかしながら，上述の先行研究のうち，本来の（in situ）競技環境において検討された研究は Vickers & Adolphe（1997）と Afonso et al.（2012）のみであり，その他の研究では実際のプレー中にみられる身体運動を伴っていない。また，これらの研究はどちらも比較的身体の移動が少ないレシーブに着目した研究であり，実運動中において身体の移動が多いまたはジャンプを伴うその他の技術発揮場面において視覚探索活動の評価が可能かについては検討されていない。そのため，バレーボールの本来の（in situ）環境に極めて近い，移動およびジャンプを伴う状況において実運動中の視覚探索活動を評価することが可能か検討する必要がある。

スポーツ場面における視覚探索活動は眼球運動測定装置が用いられているが，同装置は高額であるため，現場のスポーツチームにおいて選手の競技力向上やコーチングを目的として視覚探索の情報を収集することは，現実的に困難であるという問題が存在する。また，キャリブレーション等の準備に多くの時間が必要となり，視覚探索の情報を実際の技術指導やコーチングに活かすには，装置的にも技術的にも大きな課題が残されている。そのため，現場のスポーツチームにも有効に使用することのできるような，安価でかつ簡便に視線や視野を推定する方法や機材の開発がのぞまれている。

1.1.4 知覚—運動スキル研究の課題

知覚系の問題はこれまで神経生理学や知覚心理学の領域で膨大な研究が蓄積されており，他方，運動スキルに関わる運動制御研究については100年以上前から神経生理学的研究により多くの知見が蓄積されてきているものの，知覚—運動系の統合に関しては不明な点が多く（今中，2004），知覚と運動の両者の観点からスキルを検討するこ

とが今後の研究課題として指摘されている (Williams et al., 1999).

前項で述べたように、これまで様々なスポーツ場面において競技者の視覚探索活動が検討され、一定の研究成果が得られている。従来は制約のある実験室実験が多数を占め、実際の競技中にみられるような身体運動を伴わない状況で検討されていたため、知覚と行為の周期的なプロセス (Gibson, 1979) が考慮されていなかった (加藤, 2004)。しかし、近年では眼球運動測定装置の小型化・軽量化によって本来の (in situ) 競技環境におけるフィールド実験へと移行しており、知覚と行為との関連性を検討することが可能となりつつある。加藤 (2014) は、知覚-運動スキル研究を遂行する際、身体全体を駆使して環境全体を捉える振る舞いについて考察することが重要であり、さらには身体性をも考慮し、本来の (in situ) 競技環境の中での視覚と運動の密接な関係を理解することが求められると述べている。したがって、眼球運動ともに身体運動を同時に計測することによって知覚と運動の両観点からスキルを検討することは、熟練者の知覚-運動スキルのメカニズムの解明、ひいてはスポーツのコーチングに役立つと考えられる。

1.2 研究目的と研究課題

本研究では、プレーヤーからボール、ボールからプレーヤーへの迅速な視線の切り替えが求められるバレーボールに着目し、熟練者の知覚-運動スキルを定量的に評価することを目的とした。この目的を達成するために、以下の3つの研究課題を設定した。まず基礎的研究として、移動およびジャンプを伴う状況において実運動中の視覚探索活動の特性を明らかにした上で、応用的研究としてウェアラブルカメラを用いた簡易的な視線推定法を提案するとともに、最終的にはバレーボールのブロックにおいて視覚探索活動とステップ動作の同時計測を行い、異なる技量レベル間で定量的に評価することとした。

【研究課題 1】

「バレーボール選手のミニゲームにおける視覚探索活動-実践的場面におけるデータ採取の試み-」

第1の研究課題は、これまで視線データの採取が困難であった移動およびジャンプを伴う、かつ対象物が動く状況に着目し、バレーボールの本来の (in situ) 環境に極めて近い、4対4のゲーム場面において実運動中の視覚探索活動を評価することとした。

【研究課題 2】

「バレーボールのブロックにおける視覚行動の評価-ウェアラブルカメラを用いた試み-」

第2の研究課題は、バレーボールの中でも特に視線の切り替えが求められるブロックを題材として、ウェアラブルカメラを用いて実験参加者の頭部の正面の位置、つまり実験参加者の視線の方向をおおよそ推定することにより、従来の高価なアイトラッカーを用いずにウェアラブルカメラだけを用いて実験参加者の視覚行動を分析することとした。その際、ウェアラブルカメラを使用した視線計測の精度を検証した上で、バレーボール選手の視線移動パターンを定量的に評価し、技量による視線移動パターンおよび時刻の違いの検出を検討した。

【研究課題 3】

「バレーボールのブロックにおける視覚探索活動とステップ動作の定量的評価」

第 3 の研究課題は、バレーボールのブロックの動き出しにつながる情報収集の方法を明らかにするために、視覚探索活動とステップ動作（予備ステップおよび移動ステップ）のデータを同時に収集し、異なる技量レベル間で定量的に評価することとした。

第2章 バレーボール選手のミニゲームにおける視覚探索活動 —実践的場面におけるデータ採取の試み—

2.1 緒言

ボールゲームの競技者には、ボールの軌道、回転および速度、味方や相手プレーヤーの動く方向、タイミングおよび速度などの情報に基づき、時間的および空間的制約の下で、ボールやプレーヤーの動きを予測し、パスやシュートの方向、コースおよび強さなどについて意思決定を行う能力が求められる (Williams et al., 1994). 中でもバレーボールでは、ボールを保持することなく、空中にあるボールをボレーしなければならないため、ボール、味方プレーヤー、相手プレーヤーが示す視覚情報から、素早くボールの落下点、軌道、回転および速度を予測し、トスの方向や、スパイクを打つタイミング、コースおよび強さなどを決定することが重要となる。

これまで、スポーツ場面における視覚探索に関する研究では、実際に実験参加者が何を見ているのか、実験参加者の眼球運動を計測することにより視覚探索が評価されてきた。現在の眼球運動測定では、眼球に赤外線を照射し、プルキンエ像と瞳孔の中心位置の計測をもとに眼球運動を測定する角膜膜反射方式および画像処理を用いた手法が主流となっている (加藤, 2009)。測定された眼球運動データ、すなわち、実験参加者の視線配置箇所は左眼□印、右眼+印、両眼○印として、頭部に固定された視野カメラの映像上に重ねられる (アイマーク映像) (図 1)。しかし、この手法では、激しい運動に伴い、実際の眼球の方向と頭部に固定した視野カメラの方向がずれる可能性があるなど、データを採取する上での難しさが存在する。表 1 は、このような眼球運動データ採取の難易度レベルの観点から、これまでのスポーツ競技場面における視覚探索に関する先行研究を分類・整理したものである。

当初は、装置の技術的限界から、実験参加者の頭部はほぼ動かさない状態で、呈示刺激画像および映像を提示して行うシミュレーション実験 (レベル I) が主流であった (Bard & Fleury, 1976 ; Tyldesley et al., 1982 ; Helsen & Pauwels, 1992, 1993 ; Williams et al., 1994 など)。その後、頭部の動きがある程度制限される条件ではあるが、対象物が動かない射撃 (Ripoll et al., 1985 ; Janelle, et al., 2000)、ゴルフのパター (Vickers, 1992 ; Naito et al., 2004)、バスケットボールのフリースロー (Vickers,

1996) などの照準運動を対象としたフィールド実験 (レベルⅡ) が行われるようになった。また, 対象物が動く実験 (レベルⅢ) として, 卓球のリターン (Ripoll, 1989; Williams et al., 2001), テニスのレシーブ (Singer et al., 1998), クリケットのヒッティング (Land & McLeod, 2000), 野球のバッティング (加藤・福田, 2002) などが検討されてきた。さらに, 実験参加者がやや動きを伴い, かつ対象物および対象者も動きを伴うフィールド実験 (レベルⅣ) としては, バレーボールのサーブレシーブ (Vickers & Adolphe, 1997), サッカーの 1 対 1 のディフェンス (Nagano et al., 2004) などが検討されている。近年では眼球運動測定装置の更なる小型化, 軽量化により, 実験参加者が激しい動きを伴う状況での測定が可能となりつつある。濱出ほか (2013) は, 陸上のハードル走, すなわち, 実験参加者は移動を伴うが, 対象物は固定されている状況 (レベルⅤ) において, 初級者はハードルに視線を配置して疾走するが, 熟練者はあまりハードルに視線を配置することなく疾走していると報告している。

このように, 眼球運動の測定技術の発展に伴い, 実験室でのシミュレーション実験からフィールド実験へと移行が進み, 熟練者の視覚スキルとして, 視支点の特徴および視線を先回りさせる視線行動などが解明されつつある。プレーヤーからボール, ボールからプレーヤーへの素早い視線の切り替えが求められるバレーボールの実践場面において, Afonso et al. (2012) はゲーム中のレシーブ時の視覚探索活動について検討しているが, 実験参加者が移動またはジャンプを伴うその他の技術発揮場面において視覚探索活動の評価が可能かについては検討されていない。

そこで本研究では, これまで視線データの採取が困難であった移動およびジャンプを伴う, かつ対象物が動く状況に着目し, バレーボールの本来の (in situ) 環境に極めて近い 4 対 4 のゲーム場面における視覚探索活動について類型化および定量化することを目的とした。



図1 アイマーク画像

表1 眼球運動データ採取の難易度レベルによる先行研究の分類

データ採取 の難易度レベル	フィールド / 実験室	被験者の動き		対象物・人 の動き	先行研究で検討されている内容	
		移動	顔の動き			
VI	高	フィールド	○	○	○	—
V	↑	フィールド	○	○	×	陸上のハードル走(濱出ほか, 2013) スピードスケートの滑走(Vickers, 2006) アルペンスキーの滑走(佐宗, 2006)
IV		フィールド	△	△~○	○	バレーボールのゲーム中のレシーブ(Afonso et al., 2012) サッカーの1対1のディフェンス(Nagano et al., 2004) バレーボールのサーブレシーブ(Vickers & Adolphe, 1997)
III		フィールド	×	△	○	バントワリングのキャッチング(高橋ほか, 2013) サッカーのゴールセーブ(Piras & Vickers, 2011) バウンドボールのキャッチング(Hayhoe et al., 2005) 野球のヒッティング(加藤・福田, 2002) クリケットのヒッティング(Land & McLeod, 2000) テニスのレシーブ(Singer et al., 1998) 卓球のリターン(Ripoll et al., 1989; Williams et al., 2001)
II		フィールド	×	△	×	アイスホッケーのペナルティシュート(Panchuk & Vickers, 2006) バスケットボールのフリースロー(Vickers, 1996) ゴルフのパター(Vickers, 1992; Naito et al., 2004) 射撃(Ripoll et al., 1985; Janelle, et al., 2000)
I	低	実験室	×	×	○	サッカーの11対11のゲーム場面(Williams et al., 1994) サッカーのオフENS場面(Helsen & Pauwels, 1992, 1993) サッカーのペナルティキック場面(Tyldesley et al., 1982) バスケットボールのオフENS場面(Bard & Fleury, 1976)

2.2 方法

2.2.1 実験参加者

実験参加者は関西 2 部リーグに属する大学女子バレーボール部員 1 名（年齢 20 歳，競技経験年数 11 年，身長 168cm）であった．実験前に趣旨を説明し，同意を得た．なお，実験参加者は正常な視力（視力 1.0 以上，矯正視力含む）を有していた．実験参加者は 1 名としたが，本研究では様々なゲーム状況におけるデータ採取に主眼を置いた．

2.2.2 装置

実験参加者の眼球運動の測定にはスポーツグラス型の小型・軽量眼球運動測定装置（EMR-9, nac 社製）を用いた．検出方式は瞳孔-角膜反射方式，検出レートは 60Hz（両眼計測）であった．頭部に固定された視野カメラ（撮影速度 1/30s）による映像上に，眼球運動測定データとしてのアイマークが重ねられ，アイマーク重畳視野映像として SD カードに記録された．

2.2.3 実験課題

実験参加者は測定装置を装着・固定した状態で，アタックラインをエンドラインとする 4 対 4 のミニゲームを行った．通常のコートで行われる 6 対 6 のゲームではなく，コートの広さと人数を制限することで，より視線の変化が顕著に表れると予想されたことから，このゲームを採用した．サーブはアタックラインからのアンダーハンドサーブとし，3 本目は軟打（フェイントを含む）で返球することをルールとし，ローテーションは行わない固定ゲームとした．なお，実験参加者がプレーしたポジションはレフトであった．実験参加者および実験協力者に対して特別な指示は与えず，実践的な場面での実験参加者の眼球運動データを採取した．

2.2.4 ゲーム状況の局面化および分析対象局面

標本として 2 分程度のミニゲームにおける視線データを得た．4 対 4 のミニゲームについて，サーブ開始からボールデッドまでを 1 ラリー，レセプションおよびレシーブ→トス→軟打を 1 攻撃，送り手のインパクト（以下，リリース）から受け手のインパクト（以下，キャッチ）までを 1 ヒットとした（図 2）．さらに，ミニゲームの一連の流れ

2.2.5 視覚探索活動

2.2.5.1 視対象の分類

frame by frame 分析を用い、1 フレームごとに実験参加者の視対象を分類した。その際、アイマーク重畳視野映像と 60 Hz でサンプリングされた眼球運動測定データ（座標値）から算出した眼球の移動角速度を照合させながら、視対象を特定した。

2.2.5.2 視線移動推移の類型化と定量化

リリース時の視対象、キャッチ時の視対象、その間に介在する視対象の移り変りの数、ボール接触の有無の 4 観点から視線移動推移を類型化した。さらに、典型的な視線移動推移を示したヒットを抽出し、各視対象に視線が配置されたコマ数を時間に変換し、類型化されたグループごとの平均値を用いて視線移動推移を定量化した。

2.2.5.3 ゲームの各局面における視線移動推移

ゲームの各局面における実験参加者の視線移動推移について、実験参加者のボール接触の有無、レシーブの種類、トスの種類、軟打の方向、ブロック参加の有無などのゲーム状況の観点から、相手チームと味方チームに分けて整理した。その際、実験参加者の視対象の推移（質的観点）と実験参加者の視線配置開始タイミング（量的観点）から視線移動推移とゲーム状況との関係性を検討した。

2.3 結果

2.3.1 ゲーム状況

ミニゲームの全ラリー数は 6 ラリー，全攻撃数は 24 攻撃，全ヒット数は 72 ヒットであった。そのうち，天井のライトに対する反射や瞬目のため分析不可能な 16 ヒット，サーブ 3 ヒットを除いた 53 ヒットを分析対象とした。

表 2 に分析対象となったヒットの内訳および各局面におけるボールの飛行時間を示した。HO1（相手レシーブ）の内訳は，レセプション 4 ヒット（平均飛行時間 1.16 ± 0.12 s），軟打レシーブ 7 ヒット（平均飛行時間 1.19 ± 0.26 s）であった。HM1（味方レシーブ）は全て軟打に対するレシーブであった。HO2（相手トス）と HM2（味方トス）の平均飛行時間は類似していた。HO3（相手軟打）はチャンスボールによる返球が 1 ヒット含まれていたことから，HM3（味方軟打）に比べて平均飛行時間が長かった。

表 2 分析対象ヒットの各局面における内訳および飛行時間

	相手チーム			味方チーム		
	HO1	HO2	HO3	HM1	HM2	HM3
分析対象 ヒット数	11	10	9	10	7	6
飛行時間 (s)	1.15 ± 0.22	1.28 ± 0.22	0.92 ± 0.28	1.08 ± 0.16	1.26 ± 0.11	0.53 ± 0.21

所要時間のデータは平均値±標準偏差

2.3.2 視覚探索活動

2.3.2.1 視対象の分類

1 フレームごとに実験参加者の視対象を分類した結果, 送り手, ボールへの視線移動, ボール, 受け手への視線移動, 受け手, その他のプレイヤーへの視線移動, その他のプレイヤー, その他の8つのカテゴリーに分類された (図3).

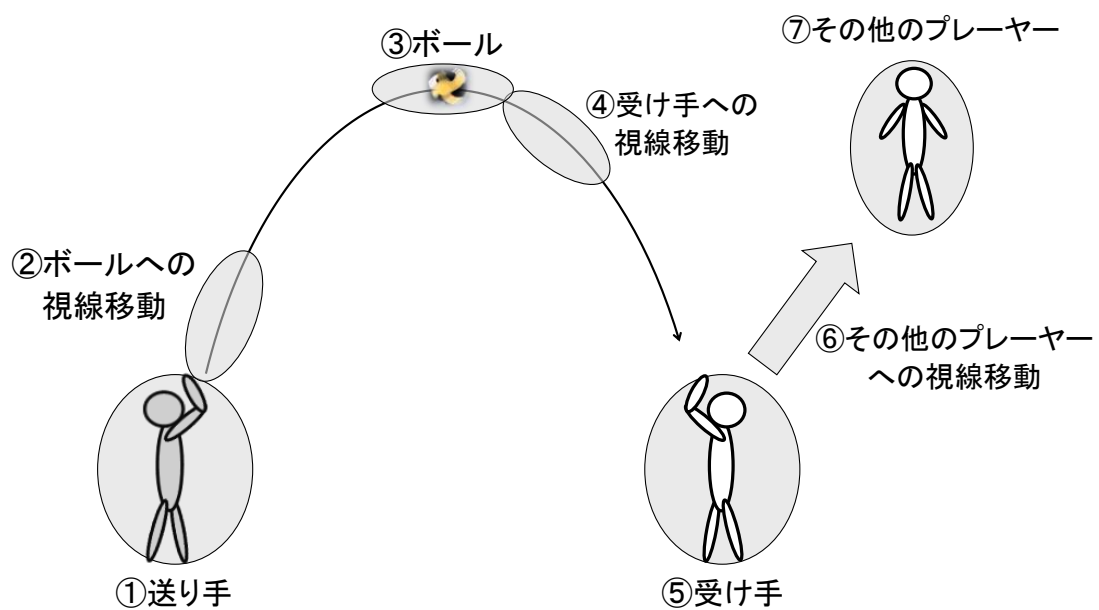


図3 視対象カテゴリー

2.3.2.2 視線移動推移の類型化と定量化

視線移動推移の類型化の際、まず、リリース時とキャッチ時にそれぞれ何を見ていたのか、両インパクト時の視対象について分類した。例えば、リリース時にプレーヤー、キャッチ時もプレーヤーを見ていた場合は、プレーヤー-プレーヤー型（以下、PP型）とした。同様の方法で分類した結果、プレーヤー-ボール型（以下、PB型）、プレーヤー-空中型（以下、PA型）、ボール-プレーヤー型（以下、BP型）、ボール-ボール型（以下、BB型）空中-プレーヤー型（以下、AP型）の計6パターンに分類された。これらをリリース時とキャッチ時の視対象パターンとした。

表3はリリース時とキャッチ時の視対象パターンに該当するヒット数をボール接触の有無ごとに示したものである。ボール接触無の場合、PP型が34ヒット（82.9%）を占め、視対象数では5つが31ヒット（75.6%）を占めた。そこで、リリース時とキャッチ時の視対象パターンがPP型、且つ視対象数が5つを示した31ヒットを典型的なパターンとし、それらの視線移動推移を検討した結果、全ヒットにおいて、送り手、ボールへの視線移動、ボール、受け手への視線移動、受け手の順に視線を移動させていた（パターンI）。

ボール接触有のボールを受ける場合では、PB型が6ヒット（85.7%）を占め、視対象数では3つが5ヒット（71.4%）を占めた。リリース時とキャッチ時の視対象パターンがPB型、且つ視対象数が3つを示した5ヒットの視線移動推移は、送り手、ボールへの視線移動、ボールの順であった（パターンII）。また、ボールを出す場合では、BP型が3ヒット（60.0%）を占め、それらの視対象数は全て3つであった。リリース時とキャッチ時の視対象パターンがBP型、且つ視対象数が3つを示した3ヒットの視線移動推移は、ボール、受け手への視線移動、受け手の順であった（パターンIII）。

図4に時系列からみた平均視線配置時間の典型例を示した。インパクトを0とした場合、送り手への視線配置開始はパターンIが -0.39 s 、パターンIIが -0.62 s であった。ボールへの視線移動開始は、パターンIが $+0.11\text{ s}$ 、パターンIIが $+0.09\text{ s}$ と類似していた。ボールへの視線配置開始はパターンIが $+0.27\text{ s}$ 、パターンIIが $+0.30\text{ s}$ 、パターンIIIが -0.98 s で、パターンIとパターンIIは類似していた。受け手への視線移動開始はパターンIが $+0.45\text{ s}$ 、パターンIIIが $+0.13\text{ s}$ であった。受け手への視線配置開始は $+0.63\text{ s}$ 、パターンIIIが $+0.48\text{ s}$ であった。

送り手への視線配置時間はパターンⅡ (0.71 s) がパターンⅠ (0.51 s) より長かった。ボールへの視線配置時間はパターンⅠ (0.18 s) が、パターンⅡ (0.99 s) およびパターンⅢ (1.11 s) に比べ極めて短かった。受け手への視線配置時間はパターンⅠ (0.48 s) がパターンⅢ (0.18 s) より長かった。

表 3 リリース時とキャッチ時の視対象パターンと該当ヒット数

視対象の 対応パターン	ボール接触無 (n=41)	ボール接触有 (n=12)	
		受ける (n=7)	出ず (n=5)
PP型	34	0	0
PB型	1	6	0
PA型	1	0	0
BP型	0	0	3
BB型	0	1	2
AP型	5	0	0

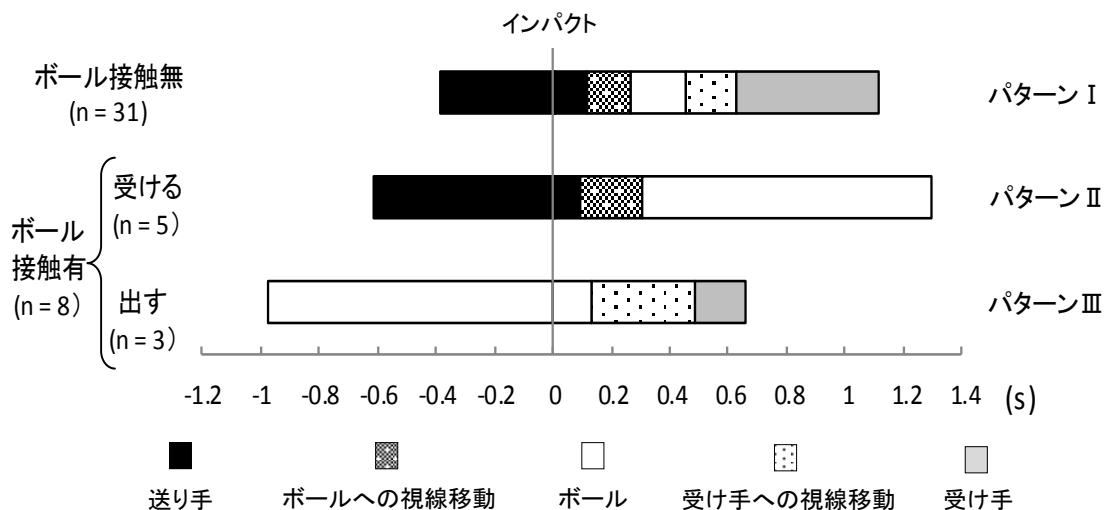


図 4 時系列にみる平均視線配置時間の典型例

2.3.3.3 ゲームの各局面における視線移動推移

2.3.3.3.1 相手チームにおける視線移動推移

図 5 に相手チームの各局面における視線移動推移をインパクト前の視線配置も含めて示した。レシーブ局面 (HO1) での視対象の推移にゲーム状況による顕著な違いはみられなかった。一方、インパクト前の送り手 (相手レシーバー) への視線配置開始タイミングは、レセプションのヒット 2~4 が軟打レシーブのヒット 6~11 に比べ早かった。また、インパクト後のボールおよび受け手 (相手セッター) への視線配置開始タイミングはばらつく傾向を示した。

トス局面 (HO2) では、実験参加者のブロック参加の有無により視対象の推移は異なったが、それ以外のゲーム状況による顕著な違いはみられなかった。一方、インパクト前の送り手 (相手セッター) への視線配置開始タイミングは、ヒット 7, 8 が他のヒットに比べ遅かったが、インパクト後のボールへの視線配置開始は、各ヒットで類似していた。なお、実験参加者がブロックに参加したヒット 1, 2 はボールを追視する時間が他のヒットに比べ長かった。また、受け手 (相手スパイカー) への視線配置開始タイミングはばらつく傾向を示した。

軟打局面 (HO3) では、ヒット 9 はチャンスボールであったことから、飛行時間が他のヒットに比べ長かった。また、視対象の推移にゲーム状況による顕著な違いは見られなかった。一方、インパクト前の送り手 (相手スパイカー) への視線配置開始タイミングは、ヒット 6, 7 が他のヒットに比べ遅かったが、インパクト後のボールへの視線配置開始は、各ヒットで類似していた。また、受け手 (味方レシーバー) への視線配置開始タイミングはばらつく傾向を示した。

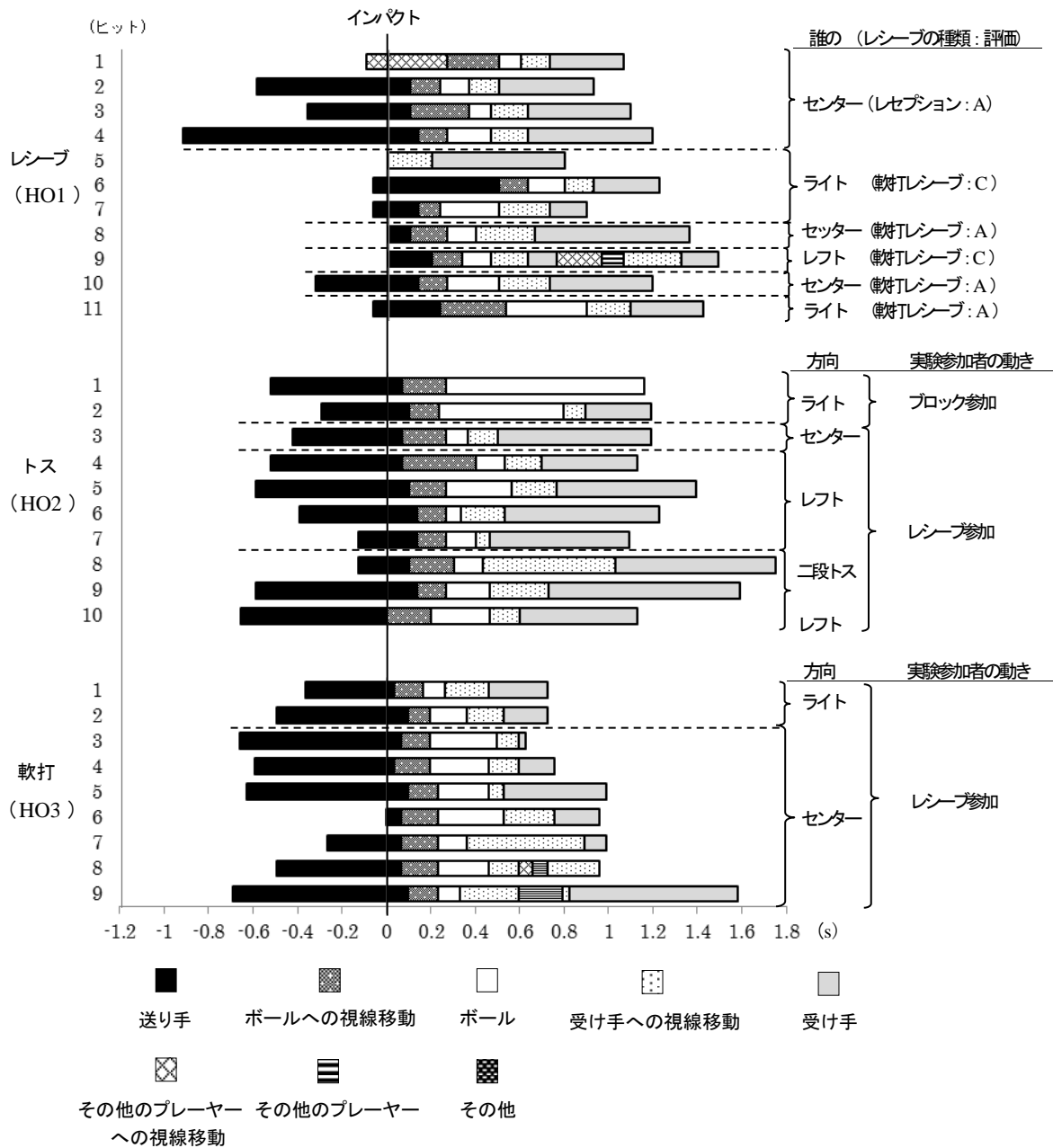


図5 相手チームの各局面における視線移動推

2.3.3.3.2 味方チームにおける視線移動推移

図 6 に味方チームの各局面における視線移動推移をインパクト前の視線配置も含めて示した。レシーブ局面 (HM1) では、実験参加者のボール接触はみられなかった。視対象の推移では、ゲーム状況による顕著な違いはみられなかった。一方、インパクト前の送り手 (味方レシーバー) への視線配置開始タイミングはばらつく傾向を示し、他の局面に比べると視線配置時間が短かった。インパクト後のボールおよび受け手 (味方セッター) への視線配置開始タイミングはばらつく傾向を示した。

トス局面 (HM2) では、ヒット 1~6 が実験参加者自身の軟打であった。実験参加者のボール接触の有無により視対象の推移は異なったが、それ以外のゲーム状況による顕著な違いはみられなかった。一方、インパクト前の送り手 (味方セッター) への視線配置開始タイミングはややばらつく傾向を示したが、インパクト後のボールへの視線配置開始は各ヒットで類似していた。

軟打局面 (HM3) では、ヒット 1~5 が実験参加者自身の軟打であった。実験参加者のボール接触の有無により視対象の推移は異なったが、それ以外のゲーム状況による顕著な違いはみられなかった。一方、インパクト前のボールへの視線配置開始タイミングは類似していたが、インパクト後の視対象の推移は異なる傾向を示したため、比較できなかった。

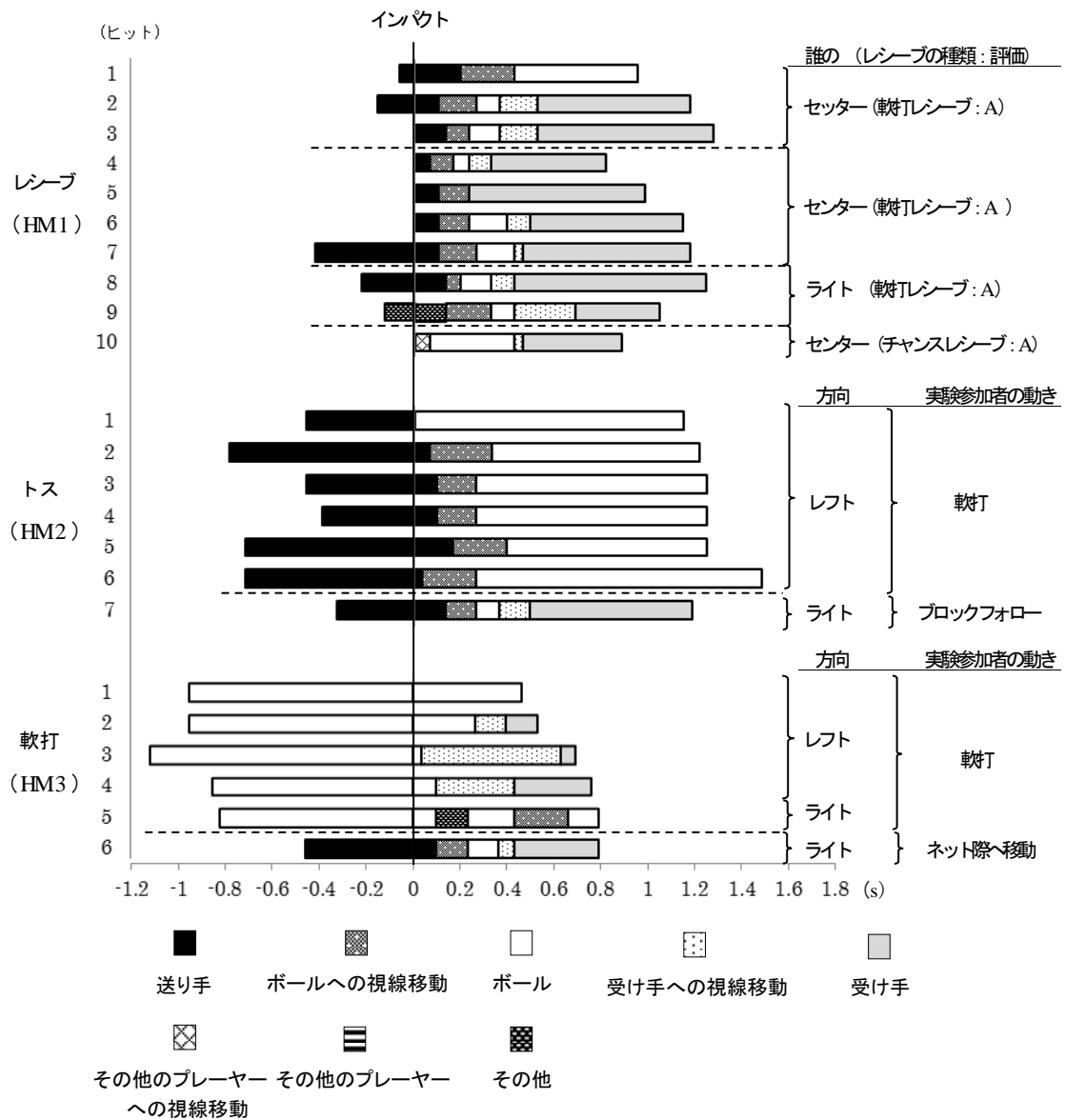


図 6 味方チームの各局面における視線移動推

2.4. 考察

2.4.1 視線移動推移の類型化

実験参加者のミニゲームにおける視線移動推移は、ボール接触無の場合（パターンⅠ）、ボールを受ける場合（パターンⅡ）、ボールを出す場合（パターンⅢ）の3つに大別されることが明らかとなった。加藤（2004）は、過去の先行研究（Bahill & LaRits, 1984; Haywood, 1984; Hubbard & Seng, 1954; Ripoll, 1991）から、熟練したボールゲームの競技者は、全飛行軌道を通してボールを追尾するのではなく、ボール到達位置を予測し、サッケード眼球運動により視線を的確な位置に移動させ、ボールを中心視によって捉えていると述べている。本研究においても、ボール接触無の場合、まず、送り手の動きからボールの方向を判断し、ボールの後を追いかけるように遅れてボールに視線を配置させるとともに、次のインパクト前には受け手に視線を先回りさせていることが示唆された。また、実験参加者がボールを受ける場合の送り手からボールまで視線移動、実験参加者がボールを出す場合のボールから受け手までの視線移動についても、ボール接触無の場合と同様であったと考えられる。さらに、ボールへの視線移動および受け手への視線移動では、移動角速度が急激な変化を示す場合が多かったことから、対象物に高速で視線を移動させる跳躍性眼球運動（サッケード）が用いられていた可能性が考えられる。

一方、各局面における視対象の推移は、ゲーム状況による顕著な違いがみられなかったことから、視対象の推移という質的観点からみた視線移動推移は、実験参加者が置かれているゲーム状況ではなく、ボール接触の有無およびボール接触の種類が影響していると推察される。

2.4.2 視線移動推移の定量化

類型化されたパターンごとに送り手への視線配置開始を比較した結果、パターンⅡ (-0.62 s) がパターンⅠ (-0.39 s) より早かった。これは、パターンⅡは全て実験参加者への味方トスであったことから、実験参加者は味方レシーブが味方セッターへの確に返球されることを前提に、早いタイミングで視線を先回りさせていたためであると考えられる。Hayhoe et al. (2005) はバウンドボールのキャッチングにおいて、ボールを出す人の手に視線が移動するのは、ボールが到着する 0.5 s 前であったことを報告している。本研究の結果もこれに類似していた。また、局面ごとでは、送り手への視線配置開始は全体的にばらつく傾向を示し、レシーブ局面の軟打レシーブは他の局面に比べ顕著に遅いことが明らかとなった。これは、軟打ボールの到達位置の予測が他の局面に比べて困難であったことが影響していると考えられる。

ボールへの視線移動開始は、パターンⅠおよびパターンⅡともにインパクト後およそ 0.1 s であった。Oudejans et al. (1999) は熟練した野球の外野手はボールリリース後 0.1 s 以内にボールに視線が移動すること、高橋ほか (2009) は熟練したバントワリングの選手はリリースから 0.1 s 後にバトンエリアへ視線が移動していたことを報告している。本研究ではインパクトからリリースまでのずれがおよそ 0.02 s あるものの、これらの先行研究と類似した結果であったといえる。また、局面ごとにみても、ボールへの視線移動開始は全体的に類似していた。つまり、送り手からボールへの視線移動開始には、ボール接触の有無に関わらず、ある一定のタイミングが存在している可能性が考えられる。これらのことから、送り手への視線配置時間は、インパクト前の視線配置開始タイミング、すなわちボールの到達位置予測の難易度が影響していると考えられる。

また、ボールへの視線配置開始はパターンⅠとパターンⅡで類似し、局面ごとにみても全体的に類似していたことから、ボールへの視線移動時間についても一定のタイミングが存在している可能性が考えられる。

受け手への視線移動開始および受け手への視線配置開始では、パターンⅢがパターンⅠより早かった。これは、パターンⅢは全て実験参加者のジャンプを伴う軟打であったため、ボールの飛行時間が短かったことが影響していると考えられる。また、局面ごとにみると、受け手への視線移動開始および受け手への視線配置開始は全体的にばらつく傾向を示し、ボールへの視線配置時間のばらつきが明らかとなった。これは、実験参加者が様々な状況に応じてボールの到達位置を予測した結果であると考えられる。なお、

パターン I における次のインパクトまでの受け手への視線配置開始は 0.48 s であった。これは送り手への視線配置開始タイミングでもあり、Hayhoe et al. (2005) の先行研究と一致するものであった。また、パターン I において、飛行時間 (約 1.15 s) を 100 % とした場合、受け手への視線移動開始は約 42 % であったことから、ボールの頂点付近で受け手への視線移動が開始されていたと考えられる。

以上のことから、刻々と変化するバレーボールのゲーム状況において、ボールやプレイヤーの動きを効率よく予測するためには、受け手のインパクト前に視線を先回りさせ、受け手がどの方向へどれぐらいの強さでボールを送るかを的確に判断するとともに、リリース直後からボールの頂点付近までの情報を基に、ボールの落下点や軌道を予測することが重要であると考えられる。

2.5 結言

本研究では、大学女子バレーボール部員を対象に4対4のミニゲームを実施し、実験参加者1名の53ヒットにおける視線移動推移について類型化および定量化を行った。類型化では、ボール接触無の場合（パターンⅠ）、ボールを受ける場合（パターンⅡ）、ボールを出す場合（パターンⅢ）の3つに大別できた。定量化では、送り手からボールへの視線移動開始には、ボール接触の有無に関わらず、ある一定のタイミングが存在すること、受け手への視線移動開始はボールの頂点付近で開始されることが明らかとなった。これらの結果は、刻々と変化するバレーボールのゲーム状況においてボールやプレイヤーの動きを効率よく予測するためには、受け手のインパクト前に視線を先回りさせ、受け手がどの方向へどれぐらいの強さでボールを送るかを的確に判断するとともに、リリース直後（約0.1 s後）からボールの頂点付近までの情報を基に、ボールの落下点や軌道を予測する必要性があることを示唆している。

第3章 バレーボールのブロックにおける視覚行動の評価

ーウェアラブルカメラを用いた試みー

3.1 緒言

競技の中でもボールゲームの場合は、ボールの軌道や速度、相手や味方の選手の位置や移動方向および速度などの情報を収集し、ボールや選手の動きを予測して自らのプレーを適切に選択し実行する高い能力が求められる (Williams et al., 1994). 周囲の多様な情報の中から適切な情報を収集するためには、対象を視覚によって正確に捉える必要がある (加藤, 2004). 視覚探索に関する研究では、精度の高い視線計測のために、瞳孔角膜反射法を用いた視線計測装置などを使用する必要がある. 従来は、装置の技術的な限界によって実験参加者の頭部はほぼ動かさない状況で呈示されたスポーツ場面の画像や映像に対する視覚探索が研究されてきた. しかし、近年、眼球運動測定装置の小型化・軽量化によって、移動を伴う状況での視線解析も可能となり (梅崎ほか, 2014), スポーツ選手を対象とした競技中の視線計測にはパフォーマンス向上やコーチング等の観点から高い期待が寄せられている.

しかし、現場のスポーツチームにおいて選手の競技力向上やコーチングを目的として視覚探索の情報を収集するには、瞳孔角膜反射法を用いた眼球運動測定装置は高額であり、現実的に困難である. また、キャリブレーション等の準備に多くの時間が必要となり、現在においても、視覚探索の情報を実際の技術指導やコーチングに活かすには、装置的にも技術的にも大きな問題が残されている. そのため、現場のスポーツチームにも有効に使用することのできるような、安価でかつ簡便に視線や視野を推定する方法や機材の開発がのぞまれている.

近年、ウェアラブルカメラやアクションカメラと呼ばれる頭部装着型小型カメラ (以下、ウェアラブルカメラ) がエクストリームスポーツを中心に多用されるようになってきた. このカメラは非常に安価であり、眼球運動測定装置の視野カメラに近似した映像を撮影することが可能である. したがって、ウェアラブルカメラを選手の頭部に装着し、視野カメラとして使用することでより簡易的に、かつ多くのデータの取得が可能となるなど使用価値が高いと考えられる. しかし、スポーツ現場においてウェアラブルカメラを用いた視線推定の実績はこれまでに存在せず、視線推定の精度についても不明であり、実際のスポーツ場面におけるスキル評価に導入するためには、その推定精度を検証し、

適切な視線推定法を開発することが必要である。

そこで本研究では、ウェアラブルカメラにより記録した実験参加者が見ていると考えられる視野内の映像を利用して、実験参加者の頭部の正面の位置つまり実験参加者の視線の方向をおおよそ推定することにより、従来の高価なアイトラッカーを用いずにウェアラブルカメラだけを用いて実験参加者の視覚行動を分析することを第一の目的とした。

スポーツ場面では、ボールなどをキャッチする際に、効果的な視覚情報を適切に収集し、それに基づいた予測や判断が重要となるため、キャッチングにおける視覚探索研究が多く実施されている。リリースされたボールに対して素早く視線が移動し、ボールを滑らかに追視する追跡眼球運動 (smooth pursuit eye movement) が観察されることが知られている。先行研究によると、ボールをキャッチする前にボールを追視することがボールと手の接触時間の予測判断に関与することが報告されている (McBeath et al., 1995; Oudejans et al., 1999)。これらのことからボールの行方を適切に見ることはパフォーマンスを向上させるためには有効であることが示唆されている。しかし、実際の競技中には、ボールだけに集中できない状況も多くみられる。例えば、バレーボールのブロック場面では、ボールを視覚で捉えるだけでなく、スパイカーの動きも同時に把握する必要がある。バレーボールのミニゲーム中の視覚探索活動を計測した研究では、セッターがトスしてからスパイカーがスパイクを打つまでの間に、セッター、ボール、スパイカーの3つの対象を順に視覚で捉えていることが報告されている (梅崎ほか, 2014)。バレーボールのコーチングにおいて、スパイカーの動きを見てブロックをするよう指導が行われるが、このことは視覚探索の観点から定量的に評価されていない。初心者がブロックを行う場合、「ボールウォッチャー」と呼ばれるように、初心者は熟練者に比べセッターがトスしたボールを追従する時間が長く、結果としてスパイカーに視線を置くタイミングが遅れることが予想される。このように視覚探索には技量レベルが影響していると考えられる。

そこで本研究では、スポーツの中でもボールから人への視線の切り替えが求められるバレーボールのブロックを題材として、ウェアラブルカメラを使用した視線計測の精度を検証した上で、応用的実践研究として、バレーボール選手の視線移動パターンを定量的に評価し、技量による視線移動パターンおよび時刻の違いの検出を検討することを第二の目的とした。

したがって、本研究では以下の一連する3つの実験から構成される。最初に実験的に投げ上げられたボールからスパイカー役の実験補助者へ視線を移動させる課題を行い、眼球運動測定装置とウェアラブルカメラを同時計測し、ウェアラブルカメラによる視線推定のための判断基準を探索的に調べる（実験1）。次に、バレーボールのトスからスパイクまでのボール飛行を実験的に再現した環境を作り、複数の実験参加者を対象として、得られた判断基準の有効性を検証する（実験2）。最後に、実際のフィールド場面に最も近い環境として、バレーボールコートでスパイカーによるスパイクをブロックする条件でバレーボール選手と一般の競技選手を対象として実験を行い、視線移動パターンおよび時刻の技量差の検討を行う（実験3）。

3.2 視線推定のための判断基準の抽出と推定精度の検証（実験 1）

3.2.1. 目的

ウェアラブルカメラを使用したシミュレーション実験を実施し、バレーボールのブロック動作における視線推定のための判断基準を抽出するとともに、推定精度を検証することを目的とした。

3.2.2 方法

3.2.2.1 実験参加者および実験課題

実験には、矯正視力 1.0 以上の正常な視力を有する一般成人男性 1 名が実験参加者として参加した。本研究は天理大学体育学部研究倫理委員会の承認を得た上で行われた。セッター役としてボールを投げ上げる実験補助者 A とスパイカー役としてボールをキャッチする実験補助者 B の合計 3 名が参加した。

図 1 の実験配置図に示したように、実験補助者 A と B 間の距離が 6m になるよう実験参加者の前方 3m の直線上の場所に配置した。実験ではバレーボールを使用し、実験補助者 A に実験補助者 B へ向かってバレーボールを両手で下手投げさせた。ボールの高さが地上 4~5m になるよう練習を行い、計測時にはトスの高さやタイミングが一定になるようにした。実験参加者には、実験補助者 A が投げ上げたボールを追視させ、その途中で、実験補助者 B に向けて急峻な視線移動をおこよう教示した。視線移動をおこなうタイミングは任意とし、実験補助者 A が投げ上げてすぐのタイミングからボールが放物線を描く軌跡のピークを越えた後まで様々なタイミングとなるようにした。試行数は 24 試行とし、瞬目や室内ライトの影響で視線エリアを同定できなかった試行については分析対象から除外した。なお、実験は室内の大教室にて実施した。

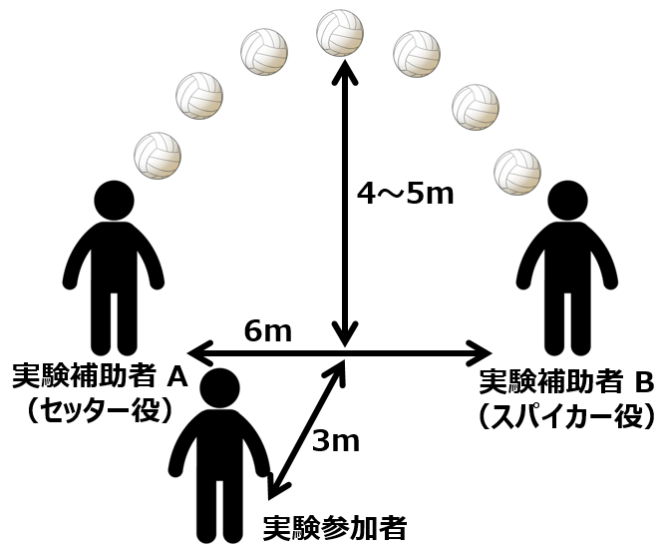


図1 実験配置 (実験1)

3.2.2.2 計測

実験参加者の前額部に眼球運動測定装置 (EMR-8, nac 社, 東京) とウェアラブルカメラ (GoproHero3, Gopro 社製) を装着して両者のデータを同時に計測した (図2)。眼球運動測定装置のデータサンプリングは 60fps とし, 実験開始前に 9 点式のキャリブレーションをおこなった。また, ウェアラブルカメラのデータサンプリングは 29.97fps とし, 実験試行を開始する前に静止立位状態で実験補助者 A を注視させ, カメラの画面中央に実験補助者 A が位置することを確認した上で, 空中に放り上げたボールを追視させ, カメラの画面中央にボールが入るようカメラの画角を調整した。

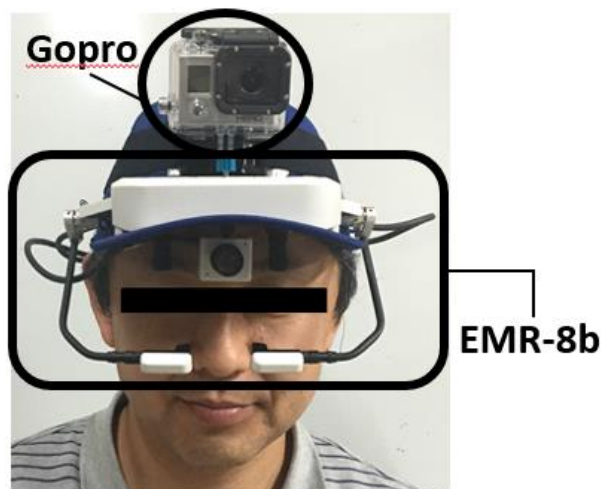


図2 実験装置の装着状況

3.2.2.3 データ処理と視線推定のための判断基準の抽出

ボールリリースからキャッチまでを「ボール飛行時間 (ms)」とし、この時間を分析対象とした。眼球運動測定装置によって得られた視線データについては、frame by frame 分析によって各時刻における視線配置エリアを同定した。ボールリリース後、視線配置がボールから離れる時刻を「視線移動開始時刻」とし、ボールリリースから視線移動開始時刻までを「ボール追従時間 (ms)」とした。また、ボールリリース後、最初にスパイカー役の実験補助者 B への注視が観察された時刻を「スパイカー注視時刻」とし、ボールリリースからスパイカー注視までの時間を「スパイカー注視初発時間 (ms)」とした (図 3)。

ウェアラブルカメラによって撮影された映像から視線データより求めた視線移動開始時刻とスパイカー注視時刻を中心として前後 10 コマずつ合計 20 コマの映像を抽出し、視線移動開始時刻とスパイカー注視時刻をウェアラブルカメラだけで同定するための映像変化の特徴を検討した。その結果、視線移動開始時刻はウェアラブルカメラ映像において背景に映る室内ライトや壁面などの像の動きが急激に変化した時刻とほぼ一致したことから、ウェアラブルカメラ映像における視線移動開始時刻は、背景に映る室内ライトや壁面などの像を判断基準として、急激な画像変化が生じた時刻を同定した。またスパイカー注視時刻については、ウェアラブルカメラ映像において縦方向に三分割したフレームの中央部分 (画面の 1/3 中央) にスパイカー役である実験補助者 B の身体 (一部を含む) が納まり、かつ、背景に映る室内ライトや壁面などの像の動きが急激に減少し、鮮明となった時刻とほぼ一致したことから、これらの判断基準を用いてウェアラブルカメラ映像におけるスパイカー注視時刻を同定した。全身の移動が発生するかつ視対象が一定である場合も背景のライトや壁面の像などは動くが、このときに得られる画像上の変化は、背景のライトや壁面の像などの動く幅は小さいものであった。一方、頭部を動かすことによる変化は、視対象が一定ではなく変化するとともに、背景のライトや壁面の像が急激に大きく動くため、頭部による動きによるものか全身の動きによるものかの違いは十分に区別可能であった。したがって、背景のライトや壁面の像が動いたとしても、視対象が一様に一方向に大きく変化していれば、それを頭部の動き、つまり視線移動の判断基準とした。

ウェアラブルカメラ映像における「視線移動開始時刻」および「スパイカー注視時刻」の推定値から、「ボール追従時間 (ms)」, 「スパイカー注視初発時間 (ms)」の推定値を

求めた。ボール追従時間およびスパイカー注視初発時間がボール飛行時間に占める割合について、眼球運動測定装置による測定値とウェアラブルカメラによる推定値の相関係数を求め、推定精度を検証した。

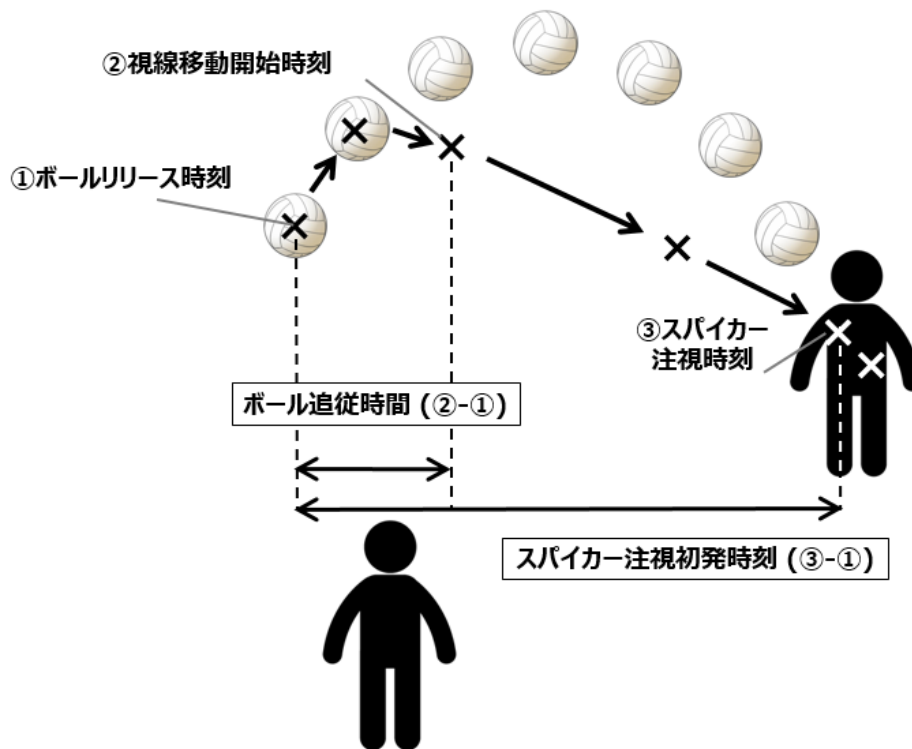


図3 視線移動時刻の定義

3.2.3 結果および考察

眼球運動測定装置によって得られた測定値とウェアラブルカメラによって推定された値の相関係数を求めた結果、ボール追従時間では.99 (actual mean value 30.4, s =16.9 %, estimated mean value 31.8, s =16.4 %), スパイカー注視初発時間では .95 (actual mean value 50.7, s =15.9 %, estimated mean value 54.3, s =13.5 %)と推定精度は高い値を示したことから、ウェアラブルカメラ映像における視線移動時刻およびスパイカー注視時刻を推定する際、抽出した基準を用いることは妥当であると判断された。

3.3 視線推定法の有効性の検証（実験 2）

3.3.1 目的

バレーボールのトスからスパイクまでのボール飛行を実験的に再現した環境を作り、複数の実験参加者を対象として、実験 1 で得られた視線推定のための判断基準の有効性（正確度と精度）を検証することを目的とした。

3.3.1 方法

3.3.2.1 実験参加者および実験課題

一般成人男性 3 名を実験参加者とした。全員、矯正視力を含み 1.0 以上の正常な視力を有していた。本研究は天理大学体育学部研究倫理委員会の承認を得た上で行われた。また、実験 1 と同様にセッター役の実験補助者 A とスパイカー役の実験補助者 B の 2 名が実験に参加した。なお、実験補助者 A はバレーボールの競技歴 12 年、指導歴 6 年であり、実験の全試行を通して同一人物がおこなった。

実験課題は、バレーボールのブロッカーをシミュレートした視線移動として、「セッターからスパイカーへトスされるボール」を想定してバレーボールを追視させた。実験参加者および実験補助者の配置は実験 1 と同一とした。ただし、今回の実験では、実験補助者 A に自身の手でボール約 1m 投げ上げ、落下してきたボールを実験補助者 B に向かって実際にトスさせた。ボールの高さが地上 4~5m になるよう練習を行い、計測時にはトスの高さやタイミングは一定になるようにした。視線移動に関する教示は実験 1 と同一とした。試行数は 1 人あたり 30 試行とし、瞬目や室内ライトの影響で視線エリアを同定できなかった試行については分析対象から除外した。なお、実験は競技場面に近い環境を再現するため体育館で実施した。

3.3.2.2 計測

実験 1 と同一の測定装置および方法で計測を行った。

3.3.2.3 データ処理

実験補助者 A が自身で投げ上げたボールをトスする際、ボールが最下点に到達した時刻を「トスインプクト」と定義し、トスインプクトから実験補助者 B のキャッチまでのボール飛行時間を「トス時間 (ms)」とし、この時間を分析対象とした。眼球運動測定装置によって得られた視線データについては、実験 1 と同一の方法で「視線移動開始

時刻」および「スパイカー注視時刻」を求め、トスから視線移動開始時刻までを「ボール追従時間 (ms)」, トスからスパイカー注視時刻までの時間を「スパイカー注視初発時間 (ms)」とした。ウェアラブルカメラにより撮影された映像についても実験 1 と同一の方法で「視線移動開始時刻」と「スパイカー注視時刻」の推定値を求め、「ボール追従時間 (ms)」, 「スパイカー注視初出時間 (ms)」の推定値を算出した。

ウェアラブルカメラによる視線推定の誤差を定量的に評価するため 1 試行ごとに、推定値から眼球運動測定装置による測定値を引いた値を測定誤差として算出した。得られた測定誤差の値を用いて、実験参加者ごとに測定誤差の平均値を推定の正確度 (Accuracy) の指標とし、測定誤差の標準偏差を推定の精度 (Precision) の指標とした。また、実験参加者ごとに測定値と推定値の相関係数を求めた。

3.3.3 結果および考察

表 1 にボール追従時間, スパイカー注視初発時間, トス時間について、眼球運動測定装置によって得られた測定値とウェアラブルカメラによって推定された値を実験参加者別に示した。また、各時間の正確度と精度および相関係数を示した。

トス時間については、眼球運動測定装置を用いて求めた値とウェアラブルカメラによる値の間に大きな違いはみられず、適切にトスからキャッチまでを評価することができているといえる。なお、今回のデータ収集は眼球運動測定装置で 59.94 fps, ウェアラブルカメラで 29.97 fps であったため、眼球運動測定装置 1 フレームに相当する約 17 ms 程度の誤差については、これ以上解消することができない計測上の限界値に近い値であり、十分な測定ができていたといえる。

ボール追従時間の正確度は 12.2~19.4 ms であり、29.97 fps のビデオフレームに換算すると 1 コマ程度のずれであった。また、測定誤差の標準偏差である精度については、25.9~36.8 ms であり、ビデオフレームに換算して 2 コマ以内の推定精度が確認された。相関係数も .98 以上の高い値であった。

スパイカー注視初発時間の正確度は 16.8~72.1 ms であり、ビデオフレームに換算すると 2 コマ程度のずれであった。また、精度は 56.5~89.1 ms であり、3 コマ以内のずれであった。相関係数は、実験参加者 3 名中 2 名 (ID1, ID2) で .92 以上の高い値を示し、1 名 (ID3) においても .84 と比較的高い値を示した。ボール追従時間と比較すると正確度および精度ともに大きい値であった。実際の眼球運動測定装置で得られたア

イマーク映像を確認すると、スパイカーを注視する際、スパイカー役の実験補助者 B を通り過ぎて数コマ後に実験補助者 B の上に視線配置が重なるケースが多く、このことが頭部の向きによる視線推定の誤差要因と考えられる。

以上のことから、トスインパクト以降のスパイク局面におけるブロッカーの視覚行動で、かつ頭部と眼球の向きが一致している時に限定されるものの、ボール追従時間およびスパイカー注視初発時間は眼球運動測定装置を用いなくとも、ウェアラブルカメラによって簡便に推定できることが確認された。

表 1 ウェアラブルカメラによる推定値の正確度および精度

	<i>n</i>	眼球運動測定装置 による測定値 (ms)	ウェアラブルカメラ による推定値 (ms)	正確度 (ms)	精度 (ms)	相関関係
ボール追従時間						
ID 1	24	504.9 ± 191.0	517.2 ± 189.5	12.3	32.4	.986
ID 2	22	423.5 ± 156.1	442.9 ± 158.9	19.4	25.9	.987
ID 3	29	459.8 ± 185.5	447.6 ± 165.8	12.2	36.8	.984
スパイカー注視初発時間						
ID 1	24	860.4 ± 149.2	877.3 ± 127.3	16.8	56.5	.929
ID 2	22	766.7 ± 205.9	838.7 ± 146.5	72.1	83.2	.944
ID 3	29	856.1 ± 152.8	873.3 ± 166.8	17.0	89.1	.848
トス時間						
ID 1	24	1449.3 ± 57.0	1461.2 ± 60.6	11.9	16.2	.964
ID 2	22	1487.9 ± 65.5	1495.4 ± 60.6	7.6	13.3	.955
ID 3	29	1437.4 ± 57.7	1441.7 ± 60.1	4.3	9.4	.966

3.4 フィールドにおけるブロック場面での視線推定 (実験 3)

3.4.1 目的

フィールドにおける実践的場面への応用研究として、バレーボール選手の視線移動パターンを定量評価し、技量による視線配置パターンおよび時刻の違いの検出を検討することを目的とした。

3.4.2 方法

3.4.2.1 実験参加者および実験課題

実験参加者は男性大学生 33 名、内訳はバレーボール選手 10 名 (以下、バレーボール選手) とバレーボール以外の体育会選手 23 名 (以下、一般競技選手) であった (表 2)。本研究は天理大学体育学部研究倫理委員会の承認を得た上で行われた。セッター役としてボールをトスする実験補助者 A, レシーバー役としてセッターにボールを送る実験補助者 B, センター, レフト, ライトの 3 つのポジションからスパイクをおこなうそれぞれ実験補助者 C, D, E の 5 名が実験補助をおこなった (図 4)。実験補助者 5 名のバレーボール競技経験は平均約 9 年であり、現在、選手としてプレーをおこなっている選手であった。なお、競技場面に近い環境を再現するため、実験は全て体育館内で実施し、バレーボールのポールおよびネットを張った状態でおこなった。ネットの高さは、バレーボール選手は成人男子用である 2.43 m, 一般競技選手は 2.20 m とした。

実験課題は、3 方向からの攻撃に対するブロックとした。実験では、実験補助者 B からボールを受けたセッター役の実験補助者 A は、センター, レフト, ライトのいずれか 1 方向にトスをあげ、実験補助者にスパイクをさせた。なお、センターからの攻撃はアタッカーが先に助走動作を行い、それにセット軌道を合わせることで打たせるファーストテンポ (日本バレーボール学会, 2012) の A クイックとした。レフトおよびライトの両サイドからの攻撃は、それぞれセット軌道に合わせてアタッカーが助走することで繰り出すセカンドテンポ (日本バレーボール学会, 2012) の平行を条件とし、3 方向の順番はランダムとした。

実験補助者 A がトスを上げる際、ボールが最下点に到達した時刻を「トスインパクト」、実験補助者 C~E のスパイカーがボールに触れた時刻を「スパイクインパクト」とした。なお、トスインパクトからスパイクインパクトまでのボール飛行時間を「トス時間 (ms)」として、この時間を分析の対象とした。実験参加者には、ネット際中央の

位置からスタートし、両サイドからの攻撃に対しては、移動を行いブロックするよう教示した。試行数はレフト攻撃に対するブロックが最低 15 本となるようにした。

表 2 実験参加者の特性

	バレー選手 (n=10)	一般競技選手 (n=23)
年齢(歳)	19.4 ± 1.0	20.3 ± 0.5*
身長(cm)	177.8 ± 5.6	177.0 ± 7.6
体重(kg)	69.4 ± 5.4	72.8 ± 10.1
スポーツ経験(年)	9.6 ± 2.9	10.9 ± 3.5

* $p < .05$

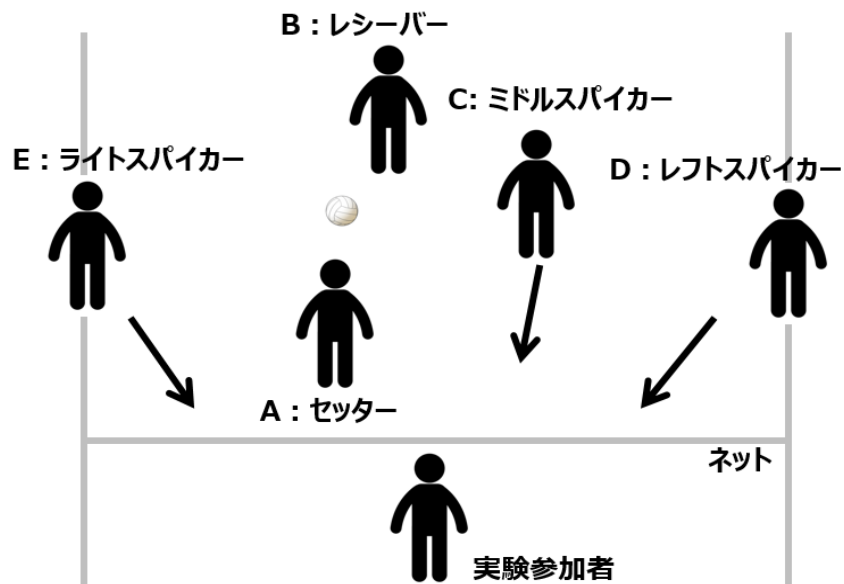


図 4 実験配置 (実験 3)

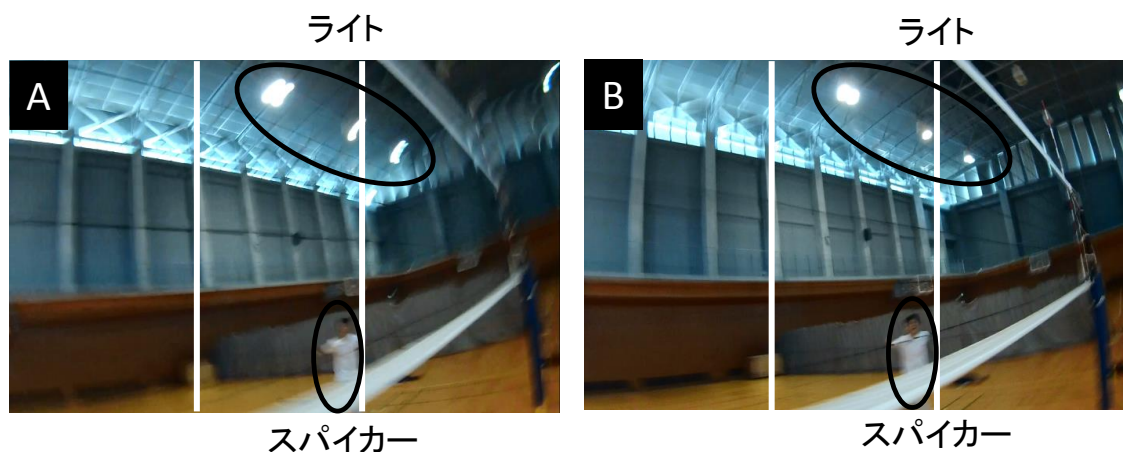
3.4.2.2 装置および実験条件と手続き

視線の推定には、ウェアラブルカメラ (GoPro Hero 3, GoPro 社) を使用した。ヘッドストラップマウントを用いて同カメラを実験参加者の前額部に装着させ、29.97 fps で撮影した。実験開始前の画角の調整方法は実験 1 と同一とした。

ウェアラブルカメラにより撮影した映像については、frame by frame 分析により映像の中央に撮影されたものを視対象と推定した。また、これまでの実験結果に基づいて、

背景に映るライトの残像などを判断基準として、トスインパクト以降に急激な画像変化が生じた時刻を、視線がボールから移動開始する時刻として「視線移動開始時刻」と定義し、トスから視線移動開始時刻までの時間を「ボール追従時間 (ms)」とした。また、スパイカーを捉える時刻として、縦方向に三分割したフレームの中央部分（画面の 1/3 中央）にスパイカーの身体（一部を含む）が納まり、かつ背景に映るライトの残像の動きが減少し、鮮明となった時刻を「スパイカー注視時刻」とし、トスからスパイカー注視時刻までの時間を「スパイカー注視初出時間 (ms)」とした（図 5）。さらに、トス時間に対してそれぞれの時間が占める割合を算出した。また、実験補助者によってスパイクされたボールに触れることができた回数をブロックの技術評価の指標とした。

各分析項目における各実験参加者の試行の平均値および標準偏差を個人の代表値とし、技量間における平均値の差の検定をおこなった。また、各分析項目において各実験参加者がボールタッチできた試行とできなかった試行の平均値を代表値とし、技量ごとにボールタッチの有無における平均値の差の検定を行った。さらに、ボールタッチの有無ごとに技量間における平均値の差の検定を行った。なお、ボールタッチできた試行が 1 試行のみの場合は、その試行における数値を代表値とした。有意水準はいずれも 5% 未満とした。



注) A: スパイカー注視時刻の 1 コマ前, B: スパイカー注視時刻

図 5 スパイカー注視時刻の特定方法

3.4.3 結果

1 フレームごとの視線推定により視線配置パターンの分類をおこなった結果、トスインパクトからスパイクインパクトまで終始ボールを追従するように、視線配置の切り替えがみられない「ボール追従型」とセッターのトスボール追従後にスパイカーへと視線が切替わる「視線切替型」に分類された。バレーボール選手は 10 名全員が視線切替型であったが、一般競技選手のうち 11 名 (47.8%) が視線切替型であり、12 名 (52.2%) がボール追従型であった。

表 3 は視線切替型であった 21 名について、各変数の群間比較の結果を示したものである。各実験参加者 15 試行中スパイクされたボールにタッチできた割合の平均値は、一般競技選手が 8.0%であったのに対して、バレーボール選手は 38.7%と有意に高い値であった。

視線配置に関する変数について検討した結果、各実験参加者 15 試行の平均値を代表値とした場合、ボール追従時間については両群間の差は 15 ms 程度であり、有意な差は認められなかった。一方、スパイカー注視初発時間については、一般競技選手と比較してバレーボール選手は 70 ms 程度短い値であり、トス時間に占める時間割合では 5%程度短い値であったが、有意ではなかった。次に、試行間のばらつきを評価するため各実験参加者 15 試行の標準偏差を代表値とした場合、ボール追従時間およびスパイカー注視初発時間いずれもバレーボール選手の方が小さい値であったが、有意ではなかった。

表 4 はボールタッチできた試行とできなかった試行の各分析項目における平均値を群別に示したものである。各分析項目において技量ごとにボールタッチ有無間で平均値の差を検討した結果、いずれも有意な差は認められなかった。また、各分析項目においてボールタッチの有無ごとに技量間で平均値の差を検討した結果、バレーボール選手のスパイカー注視初発時間は、一般競技選手と比較してボールタッチ有が 80 ms 程度、ボールタッチ無が 60 ms 程度短い値であり、トス時間に占める時間割合ではともに 4~5%程度短い値であった。しかし、ボール追従時間、スパイカー注視初発時間ともに有意な差は認められなかった。

表3 各変数の群間比較

	バレー選手	一般競技選手	P値	95% CI	ES
平均値					
ボール追従時間					
時間 (ms)	322.3 ± 79.7	336.5 ± 113.9	0.747	-76.5 ~ 104.9	0.08
トス時間に占める割合 (%)	23.0 ± 5.8	24.0 ± 8.6	0.772	-5.8 ~ 7.7	0.07
スパイカー注視初発時間					
時間 (ms)	559.0 ± 91.7	626.0 ± 151.3	0.241	-48.8 ~ 182.8	0.27
トス時間に占める割合 (%)	40.0 ± 6.9	44.5 ± 11.6	0.300	-4.3 ~ 13.4	0.24
標準偏差					
ボール追従時間					
時間 (ms)	43.4 ± 11.1	58.2 ± 29.6	0.145	-5.8 ~ 35.5	0.34
トス時間に占める割合 (%)	2.9 ± 8.0	4.3 ± 2.2	0.076	-0.2 ~ 2.9	0.41
スパイカー注視初発時間					
時間 (ms)	59.5 ± 17.3	71.1 ± 23.1	0.212	-7.2 ~ 30.3	0.28
トス時間に占める割合 (%)	4.0 ± 1.1	4.9 ± 1.7	0.167	-0.4 ~ 2.2	0.31
平均ブロックタッチ割合	31.6 ± 21.4	12.7 ± 16.6	0.035	-0.4 ~ 0.0	0.64

3.4.4 考察

視線配置パターンの分類では、バレーボール選手は全員が「視線切替型」であったが、一般競技選手では約半数が「ボール追従型」であった。バレーボールは、比較的狭い空間においてボールから人への素早い視線の切り替えが求められるスポーツであり、特に効果的なブロックをおこなうためには、スパイカーの動きを把握することによってボールコースを予測することの重要性が指摘されている。したがって、バレーボール選手が視線をボールから人に切り替えていたのは、バレーボール選手としてのスキルであり、今回、使用した簡便な方法においてもそのスキルを評価できる可能性が示された。

また、視線移動時刻を定量化した結果、スパイカー注視初発時間においてバレーボール選手が一般競技選手に比べ短い傾向を示したが、有意な違いはみられなかった。バレーボール選手と一般学生を対象に行われた衝動性眼球運動に関する研究では、セッターのトス方向を予測する際、バレーボール選手は一般競技選手に比べ、レシーバーから素早くセッターに視線を移動させ、より長くセッターに視線を配置させることが報告されている (Piras et al., 2010)。このような熟練者が示す対象物への安定した長い注視は

「Quiet Eye」と呼ばれる (Vickers, 1996). 本研究に置き換えると, バレーボール選手はセッターのトスインパクトから視線移動開始までの間にボールの速度, 角度, 方向など様々な情報を瞬時に認識することにより, 次にボールに触れるスパイカーの位置情報を的確に読み取っているために, 一般競技選手より素早くスパイカーを捉えると考えられる. つまり, 本研究においてもバレーボール選手は Quiet Eye を用いてスパイカーを捉えている可能性があるが, ボールから目を切る時刻およびスパイカーを目で捉える時刻については, 今回の方法では技量レベルによるスキルの違いを検出することができなかった.

3.5 結言

本研究ではバレーボールのブロックを題材として、ウェアラブルカメラを用いたシミュレーション実験において視線推定のための判断基準を抽出し（実験 1）、その基準の有効性を検証した上で（実験 2）、同カメラを用いたフィールド実験において視線移動パターンおよび時刻の技量差の検討を行った（実験 3）。実験 1・2 の結果から、ボール追従時間およびスパイカー注視初発時間は眼球運動測定装置を用いなくとも、ウェアラブルカメラによって簡便に推定できることが検証された。また実験 3 の結果から、視線移動パターンは「ボール追従型」（一般大学生 52.2%）と「視線切替型」（バレーボール選手 100%、一般男子学生 47.8%）に分類され、技量による違いが確認された。「視線切替型」では、スパイカー注視初発時間においてバレーボール選手が一般競技選手に比べ短い傾向を示したが、有意な違いはみられなかった。ボールから目を切る時刻及びスパイカーを目で捉える時刻については、今回の方法では技術レベルによるスキルの違いを検出することはできなかった。

第4章 バレーボールのブロックにおける視覚探索活動とステップ動作の定量的評価

4.1. 緒言

バレーボールでは、レシーブ、トス、スパイク、ブロックなどの各技術を発揮するために、ボールの落下地点へ素早く正確に移動することが求められる。あらゆる世代において攻撃の高速化が進む現代のバレーボールでは、従来に増して移動技術の重要性が高まっている。特にブロックは高さなどのハード面だけでなく、情報収集や移動技術などのソフト面が大きく影響する。

ブロックは、構え、移動、踏切、空中、着地の局面に分類される(セリンジャー, 1993)。センターからのサイドブロックでは、トスインパクトからスパイクインパクトまでの約1 sの間に、3 m程度の距離を移動しなければならないため(山本ほか, 1981)、素早く攻撃位置まで移動することが求められる。この素早い移動を可能にするための要素には、移動開始の早さと移動の速さがあげられる(セリンジャー, 1993)。ブロックは相手攻撃に応じて移動すべき距離が決定されることを考えると、適確なタイミングで移動を開始し、移動時間をいかに短縮するかが重要となる。

ブロックの移動局面に関する研究では、ステップ数、ステップの種類、移動時間、移動距離、移動速度、指尖高の変化などが分析されている(Bueckers, 1991; Cox, 1982; 福田, 2003; Lobietti, 2006; 根本ほか, 2004; 佐賀野ほか, 2002; 山本ほか, 1981; 吉田ほか, 2015)。男子トップレベル選手におけるリードブロックの技術特性に関する研究(佐賀野ほか, 2002)では、約3mを3歩(クイックスリーステップ)程度で移動することが報告されており、構えた状態から攻撃位置までの移動では、複数のステップが用いられていることがわかる。大築(1988)の素早さの概念およびシュミット(1994)の予備的姿勢調整の概念を踏まえると、移動局面は、移動開始の素早さと移動の速さの点から次の2つに分類することができる。移動開始の素早さは、構えた状態から相手のセッター、スパイカー、ボールなどの情報に基づいて移動方向を判断後、側方への移動が開始されるまでのステップ(以下、予備ステップ)に要した時間として捉えられる。移動の速さは、移動距離に応じて変化するが、その移動距離は相手攻撃の種類によっておおよそ決定される。言い換えると、攻撃が選択された時点でブロkkerが移動すべき距離はおおよそ決まると考えられるため、同一攻撃に対する移動の速さは移動開始から

終了までの複数ステップ（以下、移動ステップ）に要した時間として捉えることができる（図1）。

バレーボールのブロックに限らず、側方移動のための予備ステップに関する研究では、進行方向にある足から踏み出すサイドスラスト（side thrust : ST）、進行方向にある足をわずかに進行方向へずらして接地させてスタートするジャブステップ（jab step : JS）、進行方向に対して逆側の足で一度踏み直して体を進行方向に押し出すキックバック（kick back : KB）、一歩目に進行方向と逆側の足を体の前で横切らせてスタートするクロス・オーバー（cross-over : CO）などに分類されている（Cox, 1979 ; 内藤・桜井, 2005）。これまで、これらのスタート動作が移動開始タイミングまたは移動時間に与える効果について報告がなされているが（Cox, 1979 ; 内藤・桜井, 2005 ; 山本, 1981）、いずれも反応刺激としてシグナルや提示刺激機を用いた研究である。また、テニスの側方移動の予備ステップとして用いられるスプリットステップ（split step : SS, 相手のボール・インパクトの瞬間に軽くジャンプする動作）が左右方向への選択移動時間の短縮に効果的であることがシミュレーション実験にて検証されている（山本, 1981）。また、吉田（2015）は、実際のバレーボールの試合を対象とした研究において、男子世界トップレベルのミドルブロッカー4名の準備動作を分析した結果、セッターのトスインパクト直前にスプリットステップ様のプレジャンプが用いられていたことを明らかにしている。しかしながら、実践的場面において熟練者と未熟練者の予備ステップの違いを検討した研究はみられない。

ブロックの移動ステップは、技術指導書（セリンジャー,1993 ; 小川, 2004 ; 吉田, 2004 ; 豊田, 2011 ; 荻野, 2011 ; 米山, 2011）および先行研究（福田, 2003 ; 根本ほか, 2004）によると、ノーステップ、ワンステップ、サイドステップ、スライドステップ、シャッフルステップ、クロスステップ、クロスオーバーステップ、ランニングステップ、サイドダッシュステップなど多くのステップ名が存在する。これらを類型するにあたり3つの問題点が存在する。1つ目は、同じ動作を指しているにも関わらず、異なる表現が用いられていることである。2つ目は、動き出しまたはスタートを説明しているのか、側方移動中を説明しているのかなど、それぞれの名称が指し示す動作が明確でないことである。3つ目は、進行方向に対して逆側の足が進行方向側の足の前をクロスしてスタートする方法、進行方向側の足を進行方向へ踏み出した後に進行方向逆側の足が進行方向側の足の前をクロスしてスタートする方法が、どちらも同じ名

称で表現されているように、異なる動作であるにも関わらず、同じ表現が用いられていることである。

ブロックの移動ステップに関する研究では、短い距離の場合はサイド、長い距離の場合はクロスが適していることが報告されており (Bueckers, 1991), 移動する距離に応じて用いるステップの種類が異なることが指導書においても示されている (セリンジャー, 1993 ; 小川, 2004 ; 吉田, 2004). その他の移動ステップに関する研究では、予め決められたステップ (2~4 種類) について、水平移動速度や移動時間を明らかにした研究 (Cox, 1979 ; Cox, 1982 ; Lobietti, 2009 ; 根本ほか, 2004 ; 山本ほか, 1981), 移動方向が予め決められていないバレーボールの実際の試合を対象に、男子世界トップレベル選手のブロックのステップの種類、移動距離などを明らかにした研究 (福田, 2003 ; 根本ほか, 2004) が報告されている。しかしながら、予備ステップと同様、熟練者と未熟練者の移動ステップの違いについては検討されていない。

以上のことから、ステップが指し示す動作の範囲を定義した上で移動ステップを類型化するとともに、移動開始の早さおよび移動の速さについて検討するために、予備ステップと移動ステップの両観点から定量化する必要がある。その際、相手攻撃に応じて決定される移動距離ではなく、予備ステップおよび移動ステップの開始タイミングおよび所要時間に着目して分析し、これらを異なる技量レベル間で比較することにより、素早く移動するためのステップスキルが明らかになると考えられる。

現代の高速バレーでは、動き出すタイミングの成否がその後の動作に大きく影響するため、移動局面の中でも特に予備ステップを適切に実行することが重要となる。その際、適確なタイミングで動き出すためには、相手のレシーバーの返球状況、セッターの動き、トス方向、スパイカーの動きなど様々な情報を瞬時に収集し、適切に判断する能力が求められる。トス予測の際の視覚探索活動に関する研究では、熟練者は非熟練者に比べ、セッターの腕周辺に視線を長く配置させることが明らかとなっている (Piras et al., 2010 ; 須波・星野, 2017)。しかし、これらの研究では、攻撃場面の映像を呈示する手法が用いられており、実際の競技場面におけるブロッカーの視線行動を検討するには至っていない。Vickers & Adolphe (1997) は、実際の競技現場に近い実験環境において、熟練者と準熟練者のサーブレシーブ時の視線行動を比較した結果、熟練者は準熟練者よりボールをパスする間に前方を注視する頻度が高かったこと、ステップの修正回数が少なかったこと、熟練者はボール追跡開始からボールをレ

シーブするための最初のステップを踏むまでに Quiet eye を用いていたことを明らかにしている。また、Afonso et al. (2012) は、熟練バレーボール選手と準熟練バレーボール選手を対象に、実際の 6 対 6 のゲーム状況下において後衛中央の守備を行う際の眼球運動とプレー状況の把握に関する言語報告について検討した結果、準熟練バレーボール選手がボールの軌跡や特定の選手に視線を配置させていた間、熟練バレーボール選手は興味の手がかりとなる機能的空間を長く注視しており、加えてプレー状況の把握に関する言語報告がより詳細で質が高かったと報告している。

知覚と運動は一つのシステムとして連携する必要があるため、知覚と運動の両者の観点からパフォーマンスを評価する必要があるが、そうした研究はわずかに散見されるほどである (Land & McLeod, 2000 ; Rodrigues et al., 2002 ; 佐宗, 2006) 。したがって、バレーボールのブロッカーの視覚探索活動とステップ動作を定量化し、視覚と動作の両観点から実際のパフォーマンスを評価する価値は高いといえる。

以上のことから、本研究では、バレーボールのブロックの動き出しにつながる情報収集の方法および素早く移動するためのステップ動作について検討するために、ブロック動作中の視覚探索活動とステップ動作 (予備ステップおよび移動ステップ) のデータを同時に収集し、定量的に評価するとともに、異なる技量レベル間で比較することを目的とした。

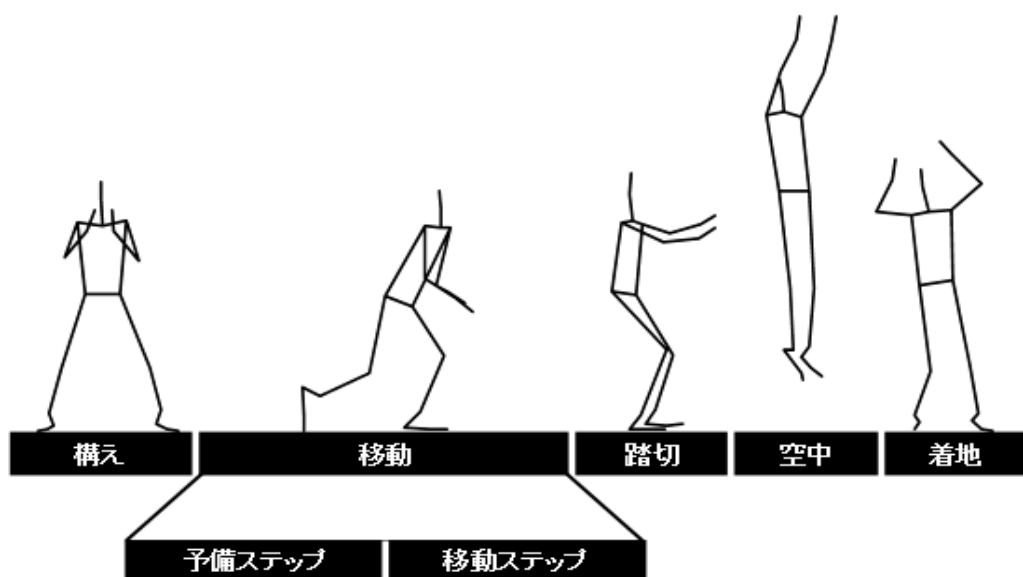


図 1 ブロックの移動局面の分類 (梅崎ほか, 2014 より)

4.2 方法

4.2.1 実験参加者

本研究では、熟練者としてプレミアリーグ所属の女子選手 8 名、経験者として大学女子バレーボール選手 12 名が実験に参加した。視線データの分析が可能であった実験参加者は熟練者、経験者ともに 4 名であった。表 1 に分析可能であった実験参加者の年齢、競技経験、身体的特性を示した。なお、実験参加者のポジションの内訳は、両群ともにサイドプレーヤー3名、センタープレーヤー1名であった。本研究の目的、実験方法などを説明し、実験に対する同意を得た上で行った。本研究は天理大学体育学部研究倫理委員会の承認を得た上で行われた。

表 1 実験参加者の特性

	年齢 (歳)	経験年数 (年)	身長 (cm)	指高 (cm)	体重 (kg)
熟練者	24.5 (1.3)*	16.0 (1.4)*	173.5 (5.2)*	224.8 (5.7)*	64.6 (2.9)
経験者	20.5 (1.3)	11.8 (2.6)	165.0 (2.6)	213.0 (5.0)	61.0 (4.8)

Mean (SD)

* : p < .05

4.2.2 実験課題

実験課題は第 3 章の実験 3 とほぼ類似した課題として、レフト、センター、ライトの 3 方向からの攻撃に対するブロックとした。実験参加者はネット際中央の位置から試技をスタートすることとし、実験参加者と反対側のコートから供給されるチャンスボールをレシーバーがセッターにパス、セッターはレフト、センター、ライト方向へのトスが各 5 本、計 15 本となるよう任意の順番でトスを供給した。なお、分析対象は移動を伴う両サイドへのトスとした。第 3 章の実験 3 と異なる点はより実践に近い状況を設定するためにチャンスボールの供給場所が実験参加者の反対側のコートとした点である。ネットの高さは 2.24 cm (成人女子用) であった。練習を 2 本行った後、試技を 15 本実施した。

4.2.3 データ収集

実験参加者に眼球運動測定装置 (EMR-9, nac 社製) を装着して視線データを計測した。眼球運動測定装置のデータサンプリングは 60Hz とし、実験開始前に 9 点式のキャリブレーションを行った。計測機器の検出分解能は 0.1° 以下であった。また、実験参加者のステップは実験参加者の後方に設置したビデオカメラ (HC-V700M, Panasonic 社製) を用いて 60Hz で撮影した。その際、セッターのトスインパクトおよびスパイクインパクトが画面上に収まるように画角を設定した。

4.2.4 視覚探索活動

眼球運動測定装置によって得られた視線データについては、frame by frame 分析によって各時刻における視対象を同定した。その際、アイマーク重畳視野映像と 60 Hz でサンプリングされた眼球運動測定データ (座標値) から算出した眼球の移動角速度を照合させながら、視対象を特定した。1 試行における視線解析の範囲は、レシーブインパクトからスパイクインパクトまでとした。トスインパクトを基準にセッターに視線が配置された時刻を「セッター注視時刻」、スパイクに視線が配置された時刻を「スパイク注視時刻」とした。また、ブロッカーの動き出しと関連性が高いと考えられるトス局面に着目し、視線配置エリアをセッターの顔周辺、セッターのトスインパクト予測位置の 2 エリアに区分し、エリアごとにレシーブ時間に占める視線配置割合を算出した。

4.2.5 ステップ動作

ブロック動作の中でも移動局面のステップに着目し、予備ステップと移動ステップに分けて分析を行った。予備ステップ開始時点は、最初の動き出し足 (踵またはつま先) の離地開始時点とした。移動ステップ開始時点は、進行方向の逆側の足が進行方向へ移動した時点として、同足が完全に離地した時点とした。踏切完了時点は、ジャンプの踏切足が完全に離地した時点とした。また、トスインパクトからスパイクインパクトまでのボールの飛行時間をトス時間とした。トスインパクトを基準として予備ステップ開始時刻と移動ステップ開始時刻を特定し、予備ステップ時間 = 予備ステップ開始時刻 - 移動ステップ開始時刻として求めた。移動ステップについては、移動開始後、踏切完了までの間に右足と左足のいずれかの足が接地した回数を移動ステップ数とした。さらに、トスインパクトを基準として踏切完了時刻を求め、移動ステップ時間 = 踏切完了時刻 -

移動ステップ開始時刻として求めた。さらに、予備ステップ開始時刻、移動ステップ開始時刻、踏切完了時刻をもとに、予備ステップおよび移動ステップの出現タイミングを時系列で示した。

4.2.6 ブロックパフォーマンス評価

ブロックパフォーマンスについて、シャット、ワンタッチ、ノータッチの3段階で評価を行った。

4.2.7 統計解析

本研究では、各分析項目における各実験参加者の平均値を代表値とした。各分析項目について技量レベル間で比較するために、Mann-Whitney の U 検定を用いた。有意判定の基準はいずれも 5% とした。

4.3 結果

4.3.1 視覚探索活動

視覚探索活動について分析が可能な試行数は熟練者 36 試行 (ID1・ID2: 各 10 試行, ID3・ID4: 各 8 試行), 経験者 36 試行 (ID5: 10 試行, ID6・ID7: 各 9 試行, ID8: 8 試行) であった。

表 2 にセッター注視時刻およびスパイカー注視時刻を示した。なお、経験者の ID7 はセッターのトスインパクト後、スパイカーに視線を配置させずボールを追視していたため、スパイカーへの視線配置については ID7 を除外して算出した。技量レベル間で比較した結果、セッター注視時刻およびスパイカーへの注視時刻に違いはみられなかった。

図 2 にトス局面における視線配置割合を技量レベルごとに示した。熟練者は経験者に比べ、セッターの顔・顔付近に対する視線配置割合が高かった (図 3)。一方、経験者は熟練者に比べ、セッターのトスインパクト予測位置に対する視線配置割合が高かった。熟練者の視線移動パターンはセッターの顔・顔付近に視線を配置させた後、トスインパクト直前にトスインパクト予測位置へ視線を移動させていた。また、熟練者ではセッターに視線を配置させる前にスパイカーに視線を移動させるケースもみられた。一方、経験者では、セッターに視線を移動させた後、終始トスインパクト予測位置に視線を配置していたケースが ID5 の 6 割, ID6 の約 3 割, ID7 約 7 割, ID8 の 10 割であった。

表 2 セッター注視時刻およびスパイカー注視時刻

	熟練者		経験者		U	z	p
	M	T	M	T			
セッター注視時刻(t)	-0.66	15.0	-0.60	21.0	5.0	-0.87	.384
スパイカー注視時刻(t)	0.62	14.0	0.67	14.0	4.0	-0.71	.476

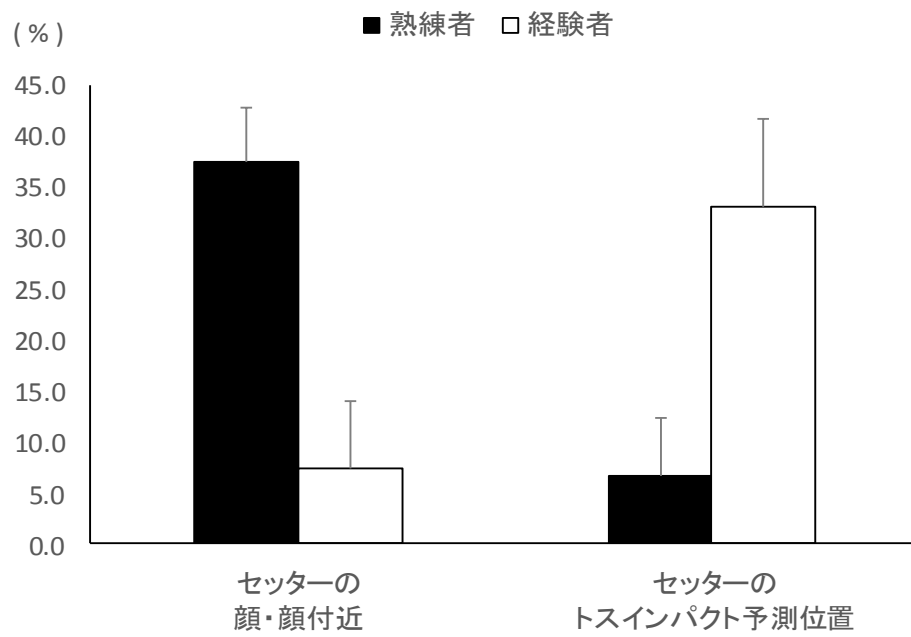


図2 トス局面における視線配置割合



図3 トス局面における熟練者の視線

4.3.2 ステップ動作

4.3.2.1 ステップの類型化

予備ステップおよび移動ステップについては、視覚探索活動の分析を行った計 72 試行（熟練者 36 試行，経験者 36 試行）を対象にステップの類型化と定量化を行った。

予備ステップは、次の 6 つに類型化された。1 つ目は、進行方向側足の離地後、同足を接地させず、もともと接地していた進行方向逆側足によって進行方向へ身体を押し出す類型（34.7%）で、サイドスラスト（Side Thrust: ST）型とした。2 つ目は進行方向側足の離地後、同足を接地させ、もともと接地していた進行方向逆側足と接地させた進行方向側足によって進行方向へ身体を押し出す類型（25.0%）で、ジャブステップ（Jab Step : JS）型とした。3 つ目は両足離地後、進行方向逆側足を接地させて、同足によって進行方向へ身体を押し出す類型（15.3%）で、スプリットステップ（Split Step : SS）型とした。4 つ目は進行方向逆側足によって一度踏み直した後、同足によって進行方向へ身体を押し出す類型（9.7%）で、キックバック（Kick Back : KB）型とした。5 つ目は両足を接地させた状態から進行方向逆側足と進行方向側足によって進行方向へ身体を押し出す類型（2.8%）で、ノーステップ（No Step : NS）型とした。最初の動き出し足の接地後、足を踏み替えて進行方向へ身体を押し出す類型（12.5%）で、二度踏み（Double Step : WS）型とした。

表 3 に予備ステップの各類型の割合を技量レベルごとに示した。熟練者は経験者に比べ、接地および離地の回数が少ない ST 型が多く、逆に経験者は SS 型、二度踏みのステップである WS 型が多い傾向を示した。しかし、これらの結果は実験参加者間の特徴を示していないため、表 4 に予備ステップの各類型における各類型における実験参加者ごとの試行数を示した。その結果、実験参加者間の各類型における試行数のばらつきは技量レベル間でやや類似した傾向を示した。

表3 予備ステップの各類型割合の技量レベル間比較 (%)

類型	熟練者	経験者
ST型	41.7	27.8
JS型	25.0	25.0
SS型	11.1	19.4
KB型	11.1	8.3
NS型	2.8	2.8
WS型	8.3	16.7

表4 予備ステップの各類型における実験参加者ごとの試行数

技量レベル	ID	ST型	JS型	SS型	KB型	NS型	WS型
熟練者	1	2	6		1	1	
	2	9		1			
	3	1	3	2	1		1
	4	3		1	2		2
経験者	5	1	4	2			3
	6	7			2		
	7		2	5			2
	8	2	3		1	1	1
計		25	18	11	7	2	9

移動ステップは、離地・接地の観点から3種に大別された。1つ目は、進行方向逆側足を支持した状態で進行方向側の足を進行方向へ接地させた後、進行方向逆側足をクロスさせて踏込を行う類型(58.3%)で、クロス型とした。このステップ数は3であった。2つ目は、サイドステップを用いて進行方向へ身体をし出した後、クロス型と同様のステップを行う類型(31.9%)で、本研究ではこの類型をサイド&クロス型とした。このステップ数は4であった。3つ目は、進行方向逆側足を支持した状態から進行方向側の足を進行方向へ接地させた後、走るように次の足を接地させ、最後は両足をほぼ同時に踏み込みを行う類型(8.3%)で、ランニング型とした。このステップ数は4であった。また、いずれの類型にも分類されなかった1試技(1.4%)はその他とした。

表5に移動ステップの各類型の割合を技量レベルごとに示した。熟練者は経験者に比べステップ数の多いサイド&クロス型およびランニング型が多く、逆に経験者はステップ数が少ないクロス型が多い傾向を示した。しかし、これらの結果は実験参加者間の特徴を示していないため、表6に移動ステップの各類型における各類型における実験参加者ごとの試行数を示した。実験参加者間比較を示した。その結果、実験参加者間の各類型における試行数のばらつきは技量レベル間でやや類似した傾向を示した。

表5 移動ステップの各類型割合の技量レベル間比較 (%)




類型	熟練者	経験者
	47.2	69.4
	38.9	25.0
	13.9	2.8
—	0.0	2.8
その他		

表 6 移動ステップの各類型における実験参加者ごとの試行数の内訳

技量レベル	ID	クロス	サイド・クロス	ランニング	その他
熟練者	1	2	7	1	
	2	5	4	1	
	3	5	3		
	4	5		3	
経験者	5	6	3		1
	6	9			
	7	7	2		
	8	3	4	1	
計		42	23	6	1

4.3.2.2 ステップの定量化

表 7 に予備ステップ開始時刻，移動ステップ開始時刻，踏切完了時刻，予備ステップ時間，移動ステップ時間，図 4 に予備ステップおよび移動ステップの出現タイミングを技量レベルごとに示した．熟練者は予備ステップ開始時刻が経験者よりも遅く，また予備ステップ時間が短かった．

表 7 予備ステップ開始時刻，移動ステップ開始時刻，踏切完了時刻，予備ステップ時間，移動ステップ時間

	熟練者		経験者		U	z	p
	M	T	M	T			
予備ステップ開始時刻(t)	-0.03	26.0	-0.28	10.0	0.0	-2.31	.021
移動ステップ開始時刻(t)	0.38	21.0	0.23	15.0	5.0	-0.87	.386
踏切完了時刻(t)	1.26	22.0	1.22	14.0	4.0	-1.18	.240
予備ステップ時間(s)	0.37	11.0	0.53	25.0	1.0	-2.20	.043
移動ステップ時間(s)	0.87	17.0	0.95	19.0	7.0	-0.29	.773

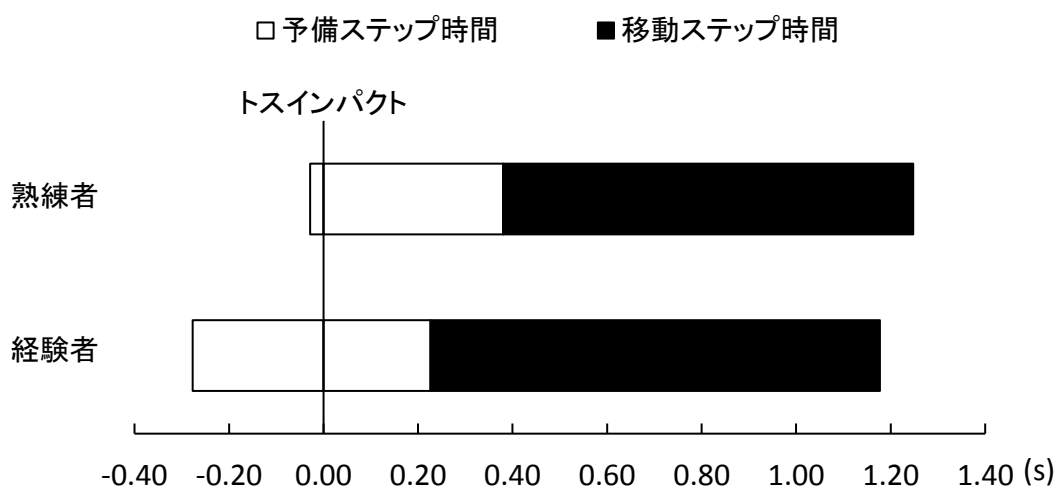


図 4 予備ステップおよび移動ステップの出現タイミング

4.3.3 ブロックパフォーマンス

ブロックパフォーマンスの評価では、熟練者は経験者に比べ、シャットの割合が有意に高く、経験者はノータッチの割合が高い傾向にあった（表 8）。

表 8 ブロックパフォーマンス評価

	熟練者		経験者		U	z	p
	M	T	M	T			
シャット(%)	32.50	26.0	10.50	10.0	0.0	-2.32	.020
ワンタッチ(%)	15.00	19.0	16.00	17.0	7.0	-0.30	.767
ノータッチ(%)	30.00	11.5	76.50	24.5	1.5	-1.90	.057

4.4 考察

ブロック課題遂行時の視覚探索活動およびステップ動作について分析を行った。視覚探索活動の分析結果から、セッター注視時刻およびスパイカー注視時刻に熟練者と経験者で違いはみられなかったが、熟練者は経験者に比べ、セッターの顔・顔付近に対する視線配置割合が高く、経験者は熟練者に比べ、セッターのトスインパクト予測位置に対する視線配置割合が高いことが明らかとなった。Piras et al. (2010) は、実験参加者に攻撃場面の映像を呈示し、トス方向予測の際の視覚探索活動を検討した結果、熟練者は非熟練者に比べ、セッターの手、胴体、足に対する注視時間が長かったと報告している。須波・星野 (2017) は実験参加者にブロッカーとして攻撃をブロックすることを想定させ、同様の実験を行った結果、熟練者は非熟練者に比べ、セッターの腕周辺に対する視線配置割合が高かったと報告している。これらのことは、実運動中の視覚探索活動と映像を呈示する実験室実験における視覚探索活動は若干異なることを示している。2つの先行研究では、セッターの全身が画面に映しこまれているが、図3からもわかるように、実際のブロック場面では、セッターの下半身は視野に入っていない。実験室実験は行為の影響を受けないという加藤 (2004) の指摘に加え、実験参加者の視野が異なることが視線配置箇所の違いに影響していると考えられる。また、視線移動パターンでは、熟練者はセッターの顔・顔付近に視線を配置させた後、トスインパクト直前にトスインパクト予測位置へ視線を移動させていた。さらに、熟練者ではセッターに視線を配置させる前にスパイカーに視線を移動させるケースもみられた。一方、経験者では、セッターに視線を移動させた後、終始トスインパクト予測位置に視線を配置させる傾向にあった。

予備ステップの類型化では、ST型、JS型、KB型、SS型、NS型、WS型の6類型に分類された。一般的にテニス、バドミントン、バレーボールのレシーブでは、打球速度に緩急が存在し、移動方向の選択肢も多いため、スプリットステップが使用されている場合が多い。吉田 (2015) の報告においても、世界トップレベルのミドルブロッカーはスプリットステップを用いていたことが明らかにされている。しかし、本研究の試行条件においては、移動方向の選択肢は3方向、攻撃のテンポはセカンドテンポでセッターの打球速度は上述の競技場面に比べると遅いと考えられることから、移動方向の選択肢、打球速度（攻撃のテンポ）などが予備ステップの類型数に影響していると推察される。これまで、SS型と他の類型について、側方移動の有効性は比較されていないが、

本実験の試行条件より攻撃のテンポが早く、攻撃参加人数が増え、移動方向の選択肢が増えた場合、類型数は絞られることが予想される。技量レベル間の比較では、熟練者は経験者に比べ、接地および離地の回数が少ない ST 型が多く、逆に経験者は二度踏みのステップである WS 型が多い傾向を示した。しかしながら、実験参加者間の各類型における試技のばらつきは、技量レベル間で類似した傾向を示したことから、技量レベルと予備ステップの類型との関連性は低い可能性が示唆された。

移動ステップの類型化では、クロス型、サイド&クロス型、ランニング型、その他の 4 類型に分類された。クロス型は荻野 (2011)、米山 (2011)、ランニング型はセリンジャー (1993) で示された類型と一致したが、サイド&クロス型は指導書および先行研究に示されていない類型であった。福田 (2003) は、世界トップレベルのミドルブロッカーはクロス型を多く用いていたと報告している。本研究においてもクロス型が全体の約 6 割を占めたことから、この類型は実践場面で使用されやすいステップ法であると考えられる。技量レベル間の比較では、熟練者は経験者に比べサイド&クロス型およびランニング型が多く、逆に経験者はクロス型が多い傾向を示した。しかしながら、予備ステップと同様、実験参加者間の各類型における試技のばらつきは、技量レベル間で類似した傾向を示したことから、技量レベルと移動ステップの類型との関連性は低い可能性が示唆された。

ステップの定量化では、熟練者の予備ステップ開始時刻は経験者よりも遅く、また予備ステップ時間が短いことが明らかとなった。吉田 (2015) は、男子世界トップレベルのミドルブロッカー 2 名の予備ステップ開始タイミングが $-0.10 \sim -0.03$ s であったと報告している。本研究の熟練者の予備ステップ開始時刻は -0.03 s、経験者は -0.28 s であったことから、熟練者ほど動き出すタイミングが遅く、そのタイミングはトスインパクト直前である可能性が高いと考えられる。また、根本 (2004) は、世界トップレベルのミドルブロッカーの移動開始タイミングはセッターのトスインパクトの約 0.3 s 後であったと報告している。さらに、吉田 (2015) によると、男子世界トップレベルのミドルブロッカー 2 名の移動 1 歩目の接地タイミングは $0.27 \sim 0.38$ s と示されているが、移動 1 歩目は本研究では移動開始後に相当するため、上記の値より若干早いタイミングで移動を開始していることになる。本研究では、熟練者の移動ステップ開始時刻は 0.38 s、経験者は 0.23 s であった。男女差を考慮すると、本研究の熟練者の移動開始タイミングは妥当であると考えられるが、経験者は男子トップ選手と同程度か、それより早い

タイミングで移動を開始していることになる。加えて、予備ステップの開始タイミングも両熟練者より早かったことから、トス方向を確かめずに予測の段階で動き出している可能性が高いと推察される。

ブロックパフォーマンス評価では、熟練者は経験者に比べ、シャットの割合が有意に高く、経験者はノータッチの割合が高い傾向にあった。なお、熟練者の身長、指高は経験者より高かったことから、技量差に加えて身長および指高の違いが少なからず影響している可能性がある。

以上の結果について、視覚と動作の両観点から整理すると、熟練者はセッターに視線を移動させた後、トスインパクト直前まで動き出さずにセッターの顔・顔付近に視線を配置し、その後トスインパクト直前にトスインパクト予測位置、すなわちトスの出所へ視線を移動させ、予備ステップを開始していたことが明らかとなった。つまり、熟練者は動き出すまでにセッターの顔・顔付近に視支点を置き、上半身の傾きや腕の動きを周辺視で捉えることでセッターがトスを上げる方向を予測し、トスインパクト直前にトスの出所に視線を移動させることで最終的なトス方向を判断していたと考えられる。トスインパクト直前まで動き出さずに視線を配置させることで、正確な情報収集が可能となり、結果的に無駄なステップを踏まずにスムーズに動き出すことができ、効果的なブロックを行うことができたのではないかと考えられる。また、熟練者はレシーブインパクト後、セッターに視線を配置させる前にスパイカーに視線を移動させていたことから、スパイカーの動きを確認することで、より多くの情報を収集しようとする視線移動方略を取っていたことが明らかとなった。一方、経験者はトスの出所に終始視線を置いていた割合が高く、トスインパクト直前まで待ち切れずにトス方向を予測する段階で動き出していた。つまり、トスの出所だけでは十分な情報が収集できず、予測というより憶測で動き出していた可能性が高いと考えられる。その憶測が外れた際に二度踏みの予備ステップが出現したものと推察される。

Savelsbergh et al. (2005) は、サッカーの GK を対象に、PK セーブ率高群と低群の視覚探索活動を比較した結果、セーブ率高群はキッカーの軸足を長い時間注視し、キッカーのボールインパクトに近いまたはボールインパクトより遅いタイミング (-0.24 s) で動き出していたのに対し、低群はキッカーの頭を長い時間注視し、比較的早いタイミング (-0.36 m) で動き出していたと報告している。また、Vickers & Adolphe (1997) は、バレーボールのサーブレシーブ時の視線行動について、熟練者

と準熟練者で比較した結果、熟練者はボール追跡開始からボールをレシーブするための最初のステップを踏むまでに **Quiet eye** を用いていたが、準熟練者には **Quiet eye** は出現せず、最初のステップを踏み出すタイミングが熟練者に比べ早かったと報告している。本研究においても、熟練者は経験者に比べ動き出しが遅く、かつ両群では異なる視覚探索方略を示した。これらのことから、熟練者は適切に運動を実行するために、まず情報を知覚することを優先させているが、経験者は知覚よりも動き出すための運動を優先させている可能性が高いと考えられる。

4.5 結言

本研究では、3方向からの攻撃に対するブロック課題遂行時の視覚探索活動とステップ動作（予備ステップおよび移動ステップ）のデータを同時に収集し、分析が可能であった熟練者4名と経験者4名について定量的評価を行った。その結果、熟練者はセッターに視線を移動させた後、トスインパクト直前までは動き出さずにセッターの顔・顔付近に視線を配置し、その後トスインパクト直前にトスインパクト予測位置、すなわちトスの出所へ視線を移動させ、予備ステップを開始していたことが明らかとなった。つまり、熟練者は動き出すまでにセッターの顔・顔付近に視支点を置き、上半身の傾きや腕の動きを周辺視で捉えることでセッターがトスを上げる方向を予測し、トスインパクト直前にトスの出所に視線を移動させることで最終的なトス方向を判断していたと考えられる。一方、経験者はトスの出所に終始視線を置いていた割合が高く、トスインパクト直前まで待ち切れずにトス方向を予測する段階で動き出していた。つまり、トスの出所だけでは十分な情報が収集できず、予測というより憶測で動き出していた可能性が高いと考えられる。これらのことから、熟練者はトス方向を判断するための知覚を優先させているが、経験者は動き出すための運動を優先させている可能性が高いことが示唆された。

第5章 総括

5.1 本研究の意義と指導現場への応用

本研究では、迅速な視線の切り替えが求められるバレーボールにおいて、熟練者の知覚-運動スキルを定量的に評価することを目的とした。そのために、まず基礎的研究として移動およびジャンプを伴う状況において実運動中の視覚探索活動の特性を明らかにした上で、応用的研究としてウェアラブルカメラを用いた簡易的な視線推定法を提案するとともに、最終的にバレーボールのブロックにおいて視覚探索活動とステップ動作の同時計測による定量的評価を行った。ここでは、本研究で得られた成果をまとめ、指導現場への応用について言及する。

第2章では、バレーボールにおける知覚-運動スキル研究の基礎的研究として、これまで視線データの採取が困難であった移動およびジャンプを伴う、かつ対象物が動く状況に着目し、バレーボールの4対4のミニゲームにおけるプレーヤーの視線移動推移について類型化および定量化を行った。その結果、類型化では、ボール接触無の場合、ボールを受ける場合、ボールを出す場合の3つに大別され、定量化では、送り手からボールへの視線移動開始には、ボール接触の有無に関わらず、ある一定のタイミングが存在すること、受け手への視線移動開始はボールの頂点付近で開始されることが明らかとなった。

第3章では、第2章の応用的研究として、従来の高価なアイトラッカーを用いずにウェアラブルカメラだけで視線を推定する手法の提案を行った。バレーボールのブロックを題材として、ウェアラブルカメラを用いたシミュレーション実験において視線推定のための判断基準を抽出し（実験1）、その基準の有効性を検証した上で（実験2）、同カメラを用いたフィールド実験において視線移動パターンおよび時刻の技量差の検討を行った（実験3）。実験1・2の結果から、ボール追従時間およびスパイカー注視初発時間は眼球運動測定装置を用いなくとも、ウェアラブルカメラによって簡便に推定できることが検証された。また実験3の結果から、視線移動パターンは「ボール追従型」と「視線切替型」に分類され、技量による違いが確認された。

第4章では、第2章の発展的研究として、バレーボールのブロックにおける視覚探索活動とステップ動作（予備ステップおよび移動ステップ）のデータを同時に収集し、異なる技量レベル間で定量的に評価した。その結果、熟練者はセッターに視線を移動させ

た後、トスインパクト直前までは動き出さずにセッターの顔・顔付近に視線を配置し、その後トスインパクト直前にトスインパクト予測位置、すなわちトスの出所へ視線を移動させ、予備ステップを開始していたことが明らかとなった。つまり、熟練者は動き出すまでにセッターの顔・顔付近に視点を置き、上半身の傾きや腕の動きを周辺視で捉えることでセッターがトスを上げる方向を予測し、トスインパクト直前にトスの出所に視線を移動させることで最終的なトス方向を判断していると推察された。一方、経験者はトスの出所に終始視線を置いていた割合が高く、トスインパクト直前まで待ち切れずにトス方向を予測する段階で動き出していた。つまり、トスの出所だけでは十分な情報が収集できず、予測というより憶測で動き出していた可能性が高いと考えられる。これらのことから、熟練者はトス方向を判断するための知覚を優先させているが、経験者は動き出すための運動を優先させている可能性が高いことが示唆された。

第2章において、移動およびジャンプを伴うゲーム場面での視覚探索活動が評価可能であることを検証できた点は、今後、本来の (in situ) 環境での検討が求められる知覚-運動スキル研究に有用であると考えられる。しかしながら、第4章のブロックの構えから踏切に至るまでを分析対象とした実験においては、分析可能なレベルの視線データ採取率は40% (8/20人)であったことから、指導現場にて効率よくデータを採取するには課題が残る結果となった。したがって、手間のかからないデータ採取を望む、かつ高価なアイトラッカーの購入が困難な指導現場には、第3章で提案したようなウェアラブルカメラを用いた簡便な視線推定法が役立つと考えられる。ブロックにおけるセッターのトスインパクト以降の局面に限定されるものの、ウェアラブルカメラを用いることで、未熟練者と熟練者の視覚行動の比較が簡便に即時的に行うことができることから、ウェアラブルカメラを用いた視覚行動の評価は未熟練者のフィードバック用の一つのツールとして有用であると考えられる。

バレーボールのブロックの指導場面では、「見てから動け」「先に動くな」と指導する指導者が存在するが、熟練者が実際に見てから動いているかを裏付ける客観的なデータはこれまで示されておらず、一般的な指導書においても、そのような記述はみられない。つまり、「見ること」を優先させる指導は、熟練者の経験的な感覚に基づくコーチングの域を出なかったが、第4章において熟練者は知覚を優先させている可能性が高いことが示されたことによって、その客観性を得ることができた。したがって、未熟練者に対して、トスインパクト直前まで動き出さずに、セッターのトス方向を「見てから動

く」トレーニングを実施することで、ブロックパフォーマンスの向上が見込めるかもしれない。

このように視線行動を変化させることで、パフォーマンスの改善を試みることは、スキーやスノーボードの初心者指導の場面で用いられている（樋口, 2013）。視線を高く上げさせることで転倒を防いだり、進行方向へ視線を向けることで自然なターンを導いたりする効果がある。近年, このような視線行動への介入による効果を検討する研究は, スポーツ場面だけでなく, リハビリテーション場面でも行われている。対象となる動作について訓練期間を設けずに, 注視する箇所や時間をトレーニングすることで対象となる動作が改善したことが報告されている（Crowdy at el., 2002 ; Young at et., 2010）。スポーツ場面では, **Quiet Eye** トレーニングの効果を検証する研究が行われている。Adolphe at el. (1997) はカナダ代表男子バレーボール選手を対象に映像呈示によるフィードバックおよび5種類の**Quiet Eye** トレーニング（テニスボールのレシーブ, 1～20の数字が書かれたボールの数字を答えてのサーブレシーブなど）を実施した結果, サブレシーブ成功率が向上したと報告している。また, Vickers at el. (2017) はバスケットボールのフリースローにおいて, 初心者の**Quiet Eye** トレーニング群は初心者の技術トレーニング群に比べ, シュート成功率が有意に向上したものの, 保持テストでは技術トレーニング群に近い値へと低下したと報告している。このように**Quiet Eye**の習得がパフォーマンスの改善に影響を及ぼすことが明らかとなってきたが, そのメカニズムについては解明されておらず, Vickers at el. (2017) が報告したように, **Quiet Eye** トレーニングの効果は一時的であるという課題も存在する。さらに, スポーツ指導の現場では効率よい練習が求められることから, 対象となる動作を伴わない視線行動の介入より, 対象となる動作を伴う介入が適していると考えられる。したがって, 上述のブロック場面において「見てから動く」トレーニングを実施し, 結果的にパフォーマンスが改善したとしても, 動作を反復したことによる練習効果の要因を排除できないため, 学術的な観点からは, 視線行動の変容による効果であることを検証することは困難であると考えられる。ただし, そのメカニズムが解明できなくとも, 視線行動の介入によるパフォーマンスの変容について検討することは, 対象者が自らを評価するフィードバックとして, すなわち, 自己の運動に対する気づきを導くためのツールとしての価値があるといえる。

5.2 今後の課題

本研究では、第2章において、これまで視線データの採取が困難であった移動およびジャンプを伴うゲーム場面において、視覚探索活動の評価が可能であることを検証できた。しかしながら、本研究で取り扱った第2章の実験条件は4対4のミニゲームでスパイクを伴わない設定であったため、今後は通常の6対6で、かつスパイクを伴うといった、本来の (in situ) ゲーム環境で検証するとともに、実験参加者数を増やし、異なる技量レベルで比較する必要がある。

また、第3章において、ウェアラブルカメラを用いた簡便な視線推定法によって、視線移動パターンは「ボール追従型」と「視線切替型」に分類され、技量による違いが確認されたものの、ボールから目を切る時刻およびスパイカーを目で捉える時刻については、技量レベルによるスキルの違いを検出することはできなかった。移動が追い付かないままに視線だけを切り替えていたことが影響していると考えられるため、移動距離を含めて技量差を検討することが今後の課題であるといえる。

さらに、第4章の視線と動作の同時計測において、バレーボールのブロックにおける効果的な動き出し（予備動作）につながる熟練者の情報収集の方法が示唆されたが、視線分析が可能な実験参加者は全体の40%であったため、統計的に十分な検討を行うに至らなかった。対象物が動く、かつ実験参加者も動く状況での視線データ採取の難しさが浮き彫りとなった。

Quiet Eye トレーニングがパフォーマンスの改善に与える影響について、そのメカニズムは解明されていないが、Vine ほか (2014) は、一つの見解として次の3つの可能性を挙げている。1つ目は、注視する箇所や時間を訓練することで、「どこに」「どのように」注意を向けたら良いかなど、注意のコントロール方法が理解でき、適切な情報処理が可能になるという見解である。2つ目は、対象物に長く視線を固定することで、無駄な情報に気を取られることなく、集中した状態で多くの時間を動作遂行に費やせるという見解である。3つ目は、「External Focus」と呼ばれる身体外部の対象物に対する注意に関わる見解で、身体外部に適切に注意が向いているときは、心拍数の減少や、主導筋の筋活動の減少がみられると考えられており、Quiet eye のトレーニング後にもこうした現象が見られる場合があることから、何らかの関連性があると考えられている。しかし、一方で対象者が視線を正しい方向に向けることに過剰に注意を向けることで、それ以外の重要な情報を知覚することが疎かになるというリスクも指摘されている (樋

口, 2013).

知覚-運動スキル研究では、熟練者がどのようにスキルを獲得しているのか、というスキル獲得の背景について実証的に検討することが重要な課題とされている（加藤, 2013）。Quiet Eye 習得とパフォーマンス改善に関するメカニズムの解明は、熟練者のスキル獲得のメカニズム解明にもつながると考えられることから、今後、視線と動作の両者の観点から地道に実践的な場面でのデータを蓄積するとともに、外的注意の観点からも実証例を積み重ね、さまざまな検討を行う必要がある。

引用文献

- Abernethy, B. (1988) Visual search in sport and ergonomics : its relationship to selective attention and performance expertise. *Human performance*, 1 (4): 205-235.
- Adolphe, R. M., Vickers, J. N., & LaPlante, G. (1997) The effect of training visual attention on gaze behavior and accuracy: A pilot study. *International Journal of Sports Vision*, 4 (1): 28-33.
- Afonso, J., Garganta, J., Mcrobert, A., Williams, A. M., & Mesquita, I. (2012) The perceptual cognitive processes underpinning skilled performance in volleyball: Evidence from eye-movements and verbal reports of thinking involving an in situ representative task. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11: 339-345.
- Bahill, A. T., & LaRitz, T. (1984) Why can't batters keep their eyes on the ball? *American Scientist*. 72: 249-253.
- Bard, C., & Fleury, M. (1976) Analysis of visual search activity during sport problem situations. *Journal of Human Movement Studies*, 3: 214-222.
- Bard, C. & Fleury, M. (1981) Considering eye movements as a predictor of attainment. In Cockerill, I. M. & Mac Gillivray, W. W. (Eds.), *Vision and sport*. Cheltenham: Stanley Thornes.
- Buekers, M. J. (1991) The time structure of the blocking in volleyball : a comparison of difficult step techniques. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 62 (2): 232-235.
- Castro, H. O., Praca, G. M., Costa, G. C. T., Pedrosa, G. F., & Greco, P. J. (2016) Visual behavior and the quality of decision-making on volleyball. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 18 (6): 638-647.
- Cox, R. H. (1979) Choice response time speeds of the slide and cross-over steps as used in volleyball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 49 (4): 430-436.
- Cox, R. H., Nobel, L., & Johnson, R. E. (1982) Effectiveness of the slide and cross-over steps in volleyball blocking a temporal analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53 (2): 101-107.

- Crowdy, K.A., Kaur-Mann, D., Cooper, H. L., Mansfield, A. G., Offord, J. L., Marple-Horvat D. E. (2002) Rehearsal by eye movement improves visuomotor performance in cerebellar patients. *Experimental Brain Research*, 146 (2): 244-247.
- Gibson, J. J. (1979) *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Helsen, W. F., & Pauwels, J. M. (1992) A cognitive approach to visual search in sport. In D. Brogan & K. Carr (Eds.), *Visual search II*. London: Taylor & Francis, pp.177-184.
- Helsen, W. F., & Pauwels, J. M. (1993) The relationship between expertise and visual information processing in sport. In J. L. Starkes & F. Allard (Eds.), *Cognitive issues in motor expertise*. Amsterdam: Elsevier, pp.109-134.
- 濱出広大, 中本浩輝, 畿留沙智, 森司朗 (2013) 視線行動を変容させるトレーニングがハードル走の歩幅の変動性に及ぼす効果. *スポーツパフォーマンス研究*. 5: 261-271.
- Hayhoe, M., Mennie, N., Sullivan, B., & Gorgos, K. (2005) The role of internal models and prediction in catching balls. *Proceedings of the American Association for Artificial Intelligence*, 1-5.
- Haywood, K. M. (1984) Use of the image-retina and eye-head movement visual systems during coincidence-anticipation performance. *Journal of Sports Sciences*, 2: 139-144.
- 樋口貴広 (2008) 知覚・認知と身体運動の不可分性, 知覚運動系という考え方. *身体運動学—知覚・認知からのメッセージ*. 三輪書店: 東京, pp.2-16, pp.78-108.
- 樋口貴広 (2013) 視覚と運動. *運動支援の心理学—知覚・認知を活かす*. 三輪書店: 東京, pp.32-83.
- Hubbard, A. W., & Seng, C. N. (1954) Visual movements of batters. *Research Quarterly*, 25: 42-57.
- 福田隆 (2003) トップレベルのバレーボール選手のブロック動作の特徴. *愛媛大学教育学部 保健体育紀要*, 4: 39-48.
- 今中国秦 (2004) 「運動の学習と制御」研究の課題と展望. 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.185-193.

- Janelle, C. M., Hillman, C. H., Apparies, R. J., Murray, N. P., Meili, L., Fallon, E. A., & Hatfield B. D. (2000) Expertise differences in cortical activation and gaze behavior during rifle shooting. *Human Kinetics Journal*, 22 (2): 167-182.
- 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
- 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.163-174.
- 加藤貴昭 (2009) 眼球運動. 人工知能学会 (編) スキルサイエンス入門—身体知の解明へのアプローチ. オーム社: 東京 pp.95-100.
- 加藤貴昭 (2014) 知覚—運動スキルから見るスポーツの熟練パフォーマンス. *Keio SFC journal*, 14 (2): 42-56.
- Land, M. F. (2006) Eye movements and the control of actions in everyday life. *Progress in Retinal and Eye Research*, 25 (3): 296-324.
- Land, M.F. & McLeod, P. (2000) From eye movements to actions: how batsmen hit the ball. *Nature Neuroscience*, 3: 1340-1345.
- Lobietti R., Fantozzi S., & Merni F. (2006) Blocking the quick attack in volleyball: a 3D kinematic analysis. *Proceedings of the XXIV International Symposium on Biomechanics in Sport*, 1: 151-154.
- Lobietti R. (2009) A review of blocking volleyball: From the national analysis of biomechanics. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6 (2): 93-99.
- 松井泰二, 矢島忠明, 都澤凡夫 (2011) バレーボールにおける効果的なブロックパフォーマンスを生み出す遂行過程の構成要素: ゲーム局面と攻撃テンポに着目して. *バレーボール研究*, 13(1): 30-37.
- McBeath, M. K., Shaffer, D. M., Kaiser, M. K. (1995) How baseball outfielders determine where to run to catch fly balls. *Science*, 268, 569-573.
- Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P., & Janelle, C. M. (2007) Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29 (4): 457-478.
- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (1995) *The visual brain in action*. Oxford: Oxford University Press.

- Nagano, T., Kato, T., & 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.
- Nagano, T., Kato, T. & Fukuda, T. (2006) Visual behaviors of soccer players while kicking with the inside of the foot. *Perceptual and Motor Skills*, 102(1): 147-156.
- Naito, T., Kato, T., & Fukuda, T. (2004) Expertise and position of line of sight in golf putting. *Perceptual and Motor Skills*, 99: 163-170.
- 内藤法永, 桜井伸二 (2005) Standing position からの横方向への各種スタート動作についての力学的研究. *中京大学体育学論叢*, 46 (2): 59-70.
- 根本研, 山田耕太, 河辺誠一, 伊藤雅充, 森田淳悟, 新藤満志夫 (2004) バレーボールのブロック反応時間に関する研究—シー&レスポンス能力の評価—. *日本体育大学紀要*, 33 (2): 109-117.
- 日本バレーボール学会 (2012) 日本バレーボール学会編, *Volleypedia バレーペディア* (改訂版). 日本文化出版: 東京, p16.
- 小川良樹 (2004) 日本バレーボール協会編, *バレーボール指導教本*. 大修館書店: 東京, pp.76-79.
- 荻野正二 (2011) *バレーボール上達テクニック*. 大日本印刷株式会社: 東京, pp.38-45.
- 大築立志 (1988) 「たくみ」の科学. 朝倉書店: 東京, pp.74-78.
- Oudejans, R. R., Michaels, C. F., Bakker, F. C., & Davids, K. (1999) Shedding some light on catching in the dark: Perceptual mechanisms for catching fly balls. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25 (2): 531-542.
- Piras, A., Lobietti, R., & Squatrito, S. (2010) A study of saccadic eye movement dynamics in volleyball: Comparison between athletes and non-athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50 (1): 99-108.
- Piras, A., & Vickers, J. N. (2011) The effect of fixation transitions on quiet eye duration and performance in the soccer penalty kick: Instep versus inside kicks. *Cognitive Processing*, 12 (3): 245-255.
- Panchuk, D., & Vickers, J. V. (2006) Gaze behaviors of goalkeepers under spatial-temporal constraints. *Human movement science*, 25 (6): 733-752.

- Ripoll, H. (1989) Uncertainty and visual strategies in table tennis. *Perceptual and Motor Skills*, 68 (2): 507-512.
- Ripoll, H. (1991) The understanding-acting process in sport: the relationship between the semantic and the sensorimotor visual function. *International Journal of Sport Psychology*, 22: 221-243.
- Ripoll, H., Kerlirzin, Y., Stein, J. F. & Reine, B. (1995) Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations. *Human Movement Science*, 14 (3): 325-349.
- Rodrigues, S. D., Vickers, J. N., & Williams, A. M. (2002) Head, eye and arm coordination in table tennis. *Journal of sports sciences*, 20 (3): 187-200.
- 佐賀野健, 濱景子, 金至偉, 橋原孝博, 小村堯, 西村清巳 (2002) 男子バレーボールにおけるコンビネーション攻撃に関するリードブロックの技術特性に関する研究—2次元 DLT 法を用いたセンターブロッカーの映像分析—. *スポーツ方法学研究*, 15 (1): 87-96.
- 佐宗洋彦 (2006) アルペンスキーにおける眼球運動と身体運動のコーディネーションに関する研究. 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士論文.
- Savelsbergh, G. J. P., Van der Kamp, J., Williams, A. M., & Ward, P. (2005) Anticipation and visual search behavior in expert soccer goalkeepers. *Ergonomic*, 48: 1686-1697.
- Singer, R.N., Williams, A.M., Frehlich, S.G., Janelle, C., Radio, S., Barba, D. & Bouchard, D. (1998). New frontiers in visual search: an exploratory study in live tennis situations. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69: 290-296.
- 須波真央, 星野聡子 (2016) バレーボールにおけるブロッカーの視覚探索行動とトスコース判断の関係. *奈良女子大学スポーツ科学研究*, 18: 55-64.
- セリンジャー, A. (1993) 朽堀申二監修, セリンジャーのパワーバレーボール. ベースボールマガジン社: 東京, pp.209-246.
- シュミット, R (1994) 調枝孝治監訳, 運動学習とパフォーマンス. 大修館書店: 東京, pp.85-90.
- 高橋まどか, 福原和伸, 井田博史, 石井源信 (2010) バトントワリング熟練選手のキャッチングにおける視線行動. *人間工学*, 46 (1): 31-36.

- 武澤実穂, 星野聡子 (2013) バレーボールのスパイクコース判断に関わるレシーバーの視覚探索ストラテジ. 奈良女子大学スポーツ科学研究, 15: 47-58.
- 武澤実穂, 星野聡子 (2014) バレーボールにおけるレシーバーの視覚探索ストラテジ: トスおよびスパイクコースの正確な判断にむけて. 奈良女子大学スポーツ科学研究, 16: 9-19.
- 豊田博 (2011) 国際バレーボール連盟編, FIVB COACHES MANUAL. 有限会社バレーボール・アンリミテッド: 神奈川, pp.111-118.
- Trevarthen, C. B. (1968) Two mechanisms of vision in primates. *Psychologische Forschung*, 31: 299-337.
- Tyldesley, D. A, Bootsma, R. J., & Bomhoff, G. T. (1982) Skill level and eye movement patterns in a sport orientated reaction time task. In: Rieder, H., Bös, K., Mechling, H., & Reischle, K. (Eds.). *Motor Learning and Movement Behavior: Contribution to Learning in Sport*. Cologne: Hofmann, pp.290-296.
- Ungerleider, L. G. (1995) Functions of brain imaging studies of cortical mechanisms for memory. *Science*, 270: 769-775.
- 梅崎さゆり, 野村照夫, 来田宣幸 (2014) バレーボール選手のミニゲームにおける視覚探索活動ー実践的場面におけるデータ採取の試みー. *スポーツパフォーマンス研究*, 6: 36-50.
- 梅崎さゆり, 野村照夫, 来田宣幸, 山本大輔, 北原勉 (2014) バレーボールのブロックにおける移動の類型化ー予備ステップと移動ステップに着目してー. *天理大学学報*, 65 (3): 35-48.
- Umezaki, S. Kida, N., Nomura, T. (2017) Assessment of the visual behavior of volleyball players while blocking the ball: A study using a wearable camera. *International Journal of Sports and Health Science*, 15: 46-54.
- Uzu, R., Shinya, M., & Oda, S. (2009) A split-step shortens the time to perform a choice reaction step-and-reach movement in a simulated tennis task. *Journal of Sports Sciences*, 27 (12): 1233-1240.
- Vickers, J. N. (1992) Gaze control in putting. *Perception*, 21 (1): 117-132.
- Vickers, J. N. (1996) Visual control when aiming at a far target. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22: 342-354.

- Vickers, J. N. (2006) Gaze of Olympic speed skaters skating at full speed on a regulation oval: Perception-action coupling in a dynamic performance environment. *Cognitive Processing*, 7: 102-105.
- Vickers, J. N. (2007) Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action. Champaign: Human Kinetics.
- Vickers, J. N., & Adolphe, R. M. (1997) Gaze behavior during a ball tracking and aiming skill. *International Journal of Sports Vision*, 4 (1): 18-27.
- Vickers, J. N., Vandervies, B., Kohut, C., & Ryley, B. (2017) Quiet eye training improves accuracy in basketball field goal shooting. *Brain Research*, 234: 1-12.
- Vine, S. J., Moore, L. J., & Wilson, R. M. (2012) Quiet eye training: the acquisition, refinement and resilient performance of targeting skills. *European Journal of Sport Science*, 14 (1): 235-242.
- Williams, A. M., David, K., Burwitz, L., & Williams, J. G. (1994) Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65 (2): 127-135.
- Williams, A. M., Davids, K., & Williamn, J. G. (1999) Visual Perception and Action in Sport. London: E & FN Spon.
- Williams, A.M., & Elliott, D. (1999) Anxiety, expertise, and visual search in karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21: 361-374.
- Williams, A. M., Vickers, J. N., & Rodrigues, S. D. (2001) The effects of anxiety on visual search, movement kinematics, and performance in table tennis: A test of Eysenck and Calvo's processing efficiency theory. *Journal of Sport and Exercise Psychology*. 23 (4): 438-455.
- 山本博男, 直江義弘, 滋野雅治 (1981) 各種ステップ法からみた選択反応時間—バレーボールのブロックにおける実験的研究—. *金沢大学教育学部教科教育研究*, 17: 185-191.
- 米山一郎 (2011) バレーボール攻撃戦術&練習メニュー80. 株式会社池田書店: 東京, pp.103-107.
- Young, W. R., Hollands, M. A. (2010) Can telling older adults where to look reduce falls? Evidence for a causal link between inappropriate visual sampling and

suboptimal stepping performance. *Experimental Brain Research*, 204 (1): 103-113.

吉田清司 (2004) 基本から戦術までバレーボール. 日東書院: 東京, pp.110-119.

吉田康成, 西博史, 福田隆, 遠藤俊郎, 橋原孝博 (2015) コンビネーション攻撃のクイック攻撃に対する リードブロック技術に関する研究. *コーチング学研究*, 28 (2): 183-197.

吉田康成 (2015) リードブロック技術の準備動作に関する事例研究 —トップレベル選手と日本代表選手の比較—. *四天王寺大学紀要*, 59: 295-306.

謝辞

本博士論文の作成にあたり，京都工芸繊維大学大学院工芸学研究科野村照夫教授，来田宣幸准教授には終始懇篤なご指導を賜りました．謹んで感謝の意を表します．

また，実験の実施や論文作成に協力頂いた野村研究室の皆様，ナック社の山本様、天理大学山本大輔准教授，実験に参加して頂いた JT マーヴェラスバレーボールチーム，天理大学男女バレーボール部の皆様をはじめ，多くの方々のご協力に心より感謝いたします．

平成 29 年 12 月

梅崎 さゆり