

大学女子バスケットボール選手における輻輳および 開散眼球運動の潜時とシュートパフォーマンスとの関係

國部雅大*・東 亜弓**・村上なおみ***・荒木雅信***

The relationship between the latency of vergence eye movements and shoot performance in women's university basketball players

KOKUBU Masahiro*, HIGASHI Ayumi**, MURAKAMI Naomi*** and ARAKI Masanobu***

Abstract

The purpose of the present study was to investigate the relationship between the latency of the binocular eye movements and the shoot performance of women's basketball players when executing quick gaze shifts in the depth direction. Participants were 14 university women's basketball team players who had the three-point shooting performance test for three months. The visual target LEDs were placed at the distances of 20 and 150 cm from the center of both eyes of the participant. The participants moved their gaze as soon as possible to the LEDs alternately lit at random time intervals. Movements of the left and right eyes were recorded separately with the electro-oculogram and the latencies of the left and right eyes in convergence and divergence were measured. The mean success rate was used as a shooting performance index for each subject. Results showed that there was no significant difference in the latency between the left and right eyes in the convergence and divergence eye movements. Importantly, there was a significant negative correlation between the average shoot success rate and the latency of the non-dominant eye in the divergence eye movement. These results suggest that basketball players who are able to quickly start the movement of non-dominant eye when shifting gaze quickly to distant objects have superior shoot performance.

Key words: basketball, binocular eye movements, eye dominance, shoot performance, vergence

I. 緒言

スポーツ競技においてプレーを行う際には、空間内にある様々な対象物の位置や距離を把握することが重要である。特に球技においては、種々の知覚情報を用いて選手やゴールの位置や距離を把握している。バスケットボールを例にとると、優れたシュートパフォーマンスを発揮するためには、視覚情報をもとにリングの距離に関する情報、つまり奥行き知覚情報を得ることが重要な要素のひとつであると考えられる。

これまで、バスケットボール選手における知覚および認知的要素について調べた研究は数多くみられる。例えば、バスケットボール選手は記憶の保持や選択的注意、および予測に優れることが報告されてきた^{6,7)}。また、シュート中の眼球運動制御に関しても多くの研究において調べられてきており³⁾、例えばフリースローにおいてはシュートリリースの直前に注視を安定させること (Quiet Eye) が重要であると示唆されている^{16,17)}。スポーツ選手を対象に眼球運動を測定したこれまでの研究では、左右眼い

* 筑波大学
University of Tsukuba

** 大阪国際大学
Osaka International University

*** 大阪体育大学
Osaka University of Health and Sport Sciences

れか一方のみの測定を行っており、注視の分析は左右および上下方向といった2次元で検討されてきた。しかし、スポーツのプレー中には、手前や奥にある距離の異なる対象物に素早く注視を移動させることもあるため、奥行き方向への注視移動も考慮する必要があると考えられる。左右及び上下方向への注視移動においては、左右眼が同方向へ動く共同性眼球運動が用いられるが、奥行き方向への注視移動においては、左右眼が逆方向へ動く非共同性眼球運動が用いられる。したがって、奥行き方向への注視移動に用いられる眼球運動を検討するためには、左右眼を個別に検討する必要がある。本研究では、バスケットボール選手における両眼眼球運動の特性を左右個別に測定し、シュートパフォーマンスとの関係について検討する。

スポーツ選手における奥行き知覚や両眼立体視については、これまでいくつかの研究において検討が行われてきた。例えばホッケー選手を対象にした研究では、手前と奥にある対象物へ焦点を移動させる能力が、試合における選手の得点数を説明する要因のひとつであることが報告されている¹⁰⁾。また、少年期(11-13歳)のバスケットボール選手を対象に視機能を測定した結果から、優れたバスケットボール選手において両眼立体視力が優れていることが示唆されている¹⁵⁾。さらに、大学バスケットボール選手を対象に、奥行き知覚に関連する指標の一つとして用いられる深視力と技能レベルとの関係を検討した研究もみられる⁵⁾。その結果からは、レギュラー選手は非レギュラー選手に比べて、また試合中にスリーポイントシュートを行う回数の多い選手は少ない選手に比べて、有意に深視力が優れていたことが示されている。以上の先行研究をもとに考えると、バスケットボール選手においては、素早く遠方に注視を移動させゴールとの距離を把握する必要があるシュートパフォーマンスと、奥行き方向への素早い注視移動に用いられる両眼眼球運動との間に関連がみられることが予想される。

両眼眼球運動における左右眼を個別に検討する際には、利き目(Eye dominance)の概念¹⁾を考慮する必要がある。例えば、バスケットボールと利き目に関する先行研究においては、利き目と利き手が反対側であることがシュートパフォーマンスに有利とする報告がみられる¹²⁾。一方で、パフォーマンスとは関係しない^{8,13,14)}という報告もみられ、見解が一致していない。利き目は非利き目に比べ何に優れているかについては十分には解明されていない⁹⁾といわれていることから、両眼眼球運動とスポーツパフォーマンスの関係性について、利き目と非利き目

の比較を行いながら検討していく必要がある。

そこで本研究では、大学バスケットボール選手を対象に、奥行き方向への素早い注視移動を行う際の両眼眼球運動の潜時とシュートパフォーマンスとの関係を検討することを目的とした。具体的には、輻輳および開散眼球運動による反応課題を行う際の左右眼の潜時を比較するとともに、3か月間にわたるスリーポイントシュートのパフォーマンステストとの関係がみられるかについて検討を行った。

II. 方法

1. 研究対象者

研究対象者(以下、対象者)は、大学女子バスケットボールチームに所属する選手14名(年齢 19.4 ± 1.0 歳)であった。本研究で対象としたチームは所属地域において一部リーグに所属するチームであった。対象者は公式試合においてメンバー登録された経験を有する選手であり、かつ3か月間にわたり、練習後にスリーポイントシュートのパフォーマンステストを行っていた選手であった。対象者には、事前に本研究の目的、測定項目および測定方法の概略を書面ならびに口頭にて説明し、研究参加への同意を得た。なお、本研究は測定が行われた機関に設置された研究倫理審査委員会の承認を得た上で実施された(承認番号:10-02)。

2. 測定機器

本研究では、実験室内での輻輳および開散眼球運動による反応課題を行った。対象者は暗室にて椅子に座り、テーブルに取り付けられた頭部固定器により頭部を固定した状態で課題を行った。両眼眼球運動の測定には眼電図(EOG; Electro-oculogram)を用い、水平方向の眼球運動を左右個別に記録した。対象者の左右各眼の両側に小型のAg-AgClディスプレイ生体電極(N-03JS3; 日本光電社製)を貼付し、基準電極を額部に貼付した。導出された左右眼のEOGは、2台の直流増幅器(AN-601G; 日本光電社製)によりそれぞれ増幅され、AD変換器(Powerlab; ADInstruments社製)を通してPCに左右各眼1000Hzのデータとして記録された。

視覚ターゲットには、実験参加者の両眼と同じ高さに調節された黄色のLED(直径3mm)を用いた。LEDは棒状のアルミフレーム(横幅12mm)の上に貼付され、対象者の両眼の中央から奥行き方向20cmおよび150cmの距離に設置された(図1)。輻輳および開散運動を測定する際に用いたLEDの距離は、先行研究¹⁸⁾と同様に設定した。LEDの点灯および消灯のタイミング制御については、自

作の電子回路に組み込んだマイクロコンピュータ (PIC16F84; Microchip 社製) 内にプログラミングすることにより行われた。

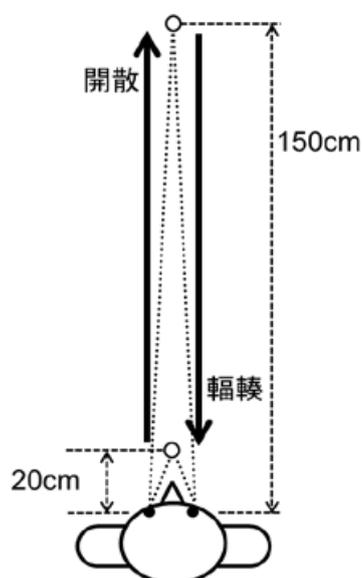


図1 両眼眼球運動を用いた反応課題の概略図

3. 眼球運動課題の測定手順

まず、各対象者の利き目について、Miles test および Porta test を用いて判定した。Miles test では、両手で円をつくり、その円を通して対象者の前方にある任意の対象物を両目で見た後、片目を交互に閉じ、対象物がより円の中央に来る際に開けていた目を利き目として判定した。また、Porta test では、任意の対象物を指差し、片目を交互に閉じ、どちらの目を開けているときに対象物がより指の近くに来るかということにより利き目を判定した。両テストで結果が異なる場合、または利き目をどちらかに決められない場合は、利き目を特定しないこととした。

その後、実験参加者は暗室にて椅子に座り、頭部を顎台で固定した状態で2つのLEDのうち一方を注視して準備し、2～3秒後にランダム間隔で点灯した他方に対し、できるだけ早く注視の移動を行った¹¹⁾。輻輳眼球運動（奥から手前への注視移動）及び開散眼球運動（手前から奥への注視移動）を交互に、各24試行を行った。各眼の潜時を利き目との関連で比較した。視覚ターゲットLEDに対する輻輳および開散運動を行う際の左右各眼の運動をEOGにより記録し、LEDの点灯に対する左右各眼の反応潜時を個別に測定した。

4. シュートパフォーマンスの測定

対象者は、練習後に50試行、3～6か月間にわたりスリーポイントシュートのパフォーマンスを

トを行っており、それらの結果を各対象者のシュートパフォーマンスを表す指標として用いた。対象者はまずゴールに対して左0度の位置に立ち、正面からパスをもらい、10本連続でシュートを行った。その後速やかに次の位置に45度移動して、同様に10本連続でシュートを打った。このようにして、対象者は設定された時間（150秒）内で5か所（左0度、左45度、90度、右45度、右0度）の位置で合計50本のシュートを行った。各対象者のシュートパフォーマンスは、期間中の平均シュート成功率を指標として用いた。3～6か月間の期間中に各対象者が行ったテスト回数は、 59 ± 21 回（平均 \pm SD）であった。

5. データ分析および統計検定

反応課題における左右眼の潜時の分析に関して、まず得られたEOGのデータに12Hzのローパスフィルタをかけた。左右両眼のデータを合わせて輻輳角を算出した先行研究¹⁸⁾では5deg/sが眼球運動開始の閾値とされていた。本研究では、先行研究の基準を参考に、左右それぞれの角度を分析するため、2.5deg/sを眼球運動開始の閾値に設定し、LEDの点灯から眼球運動開始までの時間を潜時として分析した。

輻輳眼球運動と開散眼球運動を用いた各反応課題における、対象者の左右眼の潜時に関して、眼球運動の種類、および左右眼を被験者内要因とする二元配置分散分析を行った。また、平均シュート成功率と輻輳および開散運動における各眼の潜時との関係については、Pearsonの積率相関係数を求めた。いずれの統計検定においても、有意水準は5%とした。

III. 結果

まず、対象者の利き目を判定した結果、本研究では対象者全員が右目利きであると判定された。図2に、輻輳眼球運動および開散眼球運動を用いた反応課題における左右眼の潜時を示す。潜時に関して、二元配置分散分析を行った結果、眼球運動の種類 ($F_{1,13} = .004, p = .95$)、および左右眼 ($F_{1,13} = .37, p = .56$) に有意な主効果はみられなかった。また、交互作用もみられなかった ($F_{1,13} = .57, p = .46$)。

対象者のスリーポイントシュートのパフォーマンスに関して、平均シュート成功率は $53.2 \pm 6.7\%$ であった。図3に、平均シュート成功率と左右眼球運動の潜時との相関関係を分析した結果を示す。開散眼球運動では、左目の潜時と平均シュート成功率との間に有意な負の相関がみられた ($r = -.55, p < .05$) (図3a)。右目の潜時と平均シュート成功率と

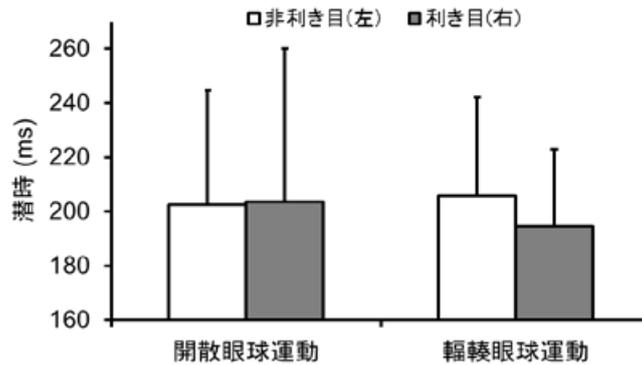


図2 輻輳眼球運動および開散眼球運動を用いた反応課題における左右各眼の潜時 (平均値±標準偏差)

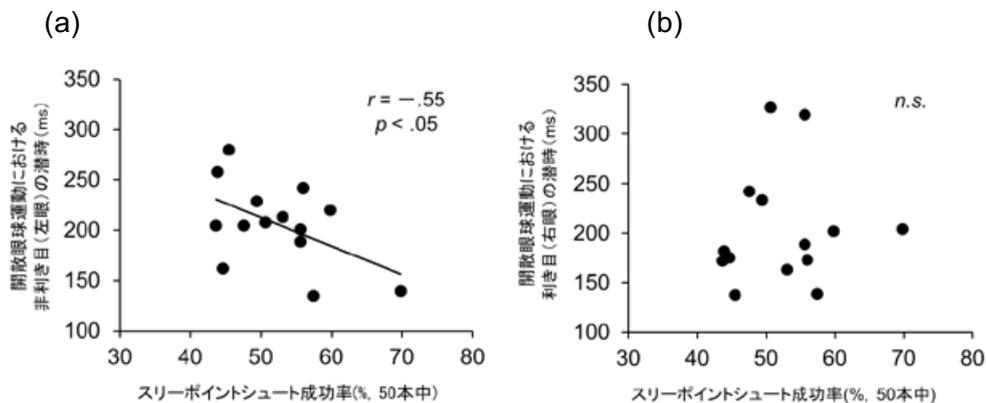


図3 平均シュート成功率と左右眼球運動の潜時との相関

の間には相関がみられなかった($r = .16, p = .59$) (図3b)。一方、輻輳眼球運動では、左目の潜時と平均シュート成功率 ($r = .37, p = .20$)、右目の潜時と平均シュート成功率 ($r = -.43, p = .12$) のいずれにおいても有意な相関はみられなかった。

IV. 考察

本研究では、輻輳眼球運動および開散眼球運動を用いた反応課題を行う際には、左右眼球運動の潜時に有意な差はみられなかった。一方、各対象者のシュートパフォーマンスと両眼眼球運動の潜時との相関関係を調べた結果からは、平均シュート成功率と開散眼球運動における左目の潜時との間に有意な負の相関関係がみられた。つまり、スリーポイントシュートの成功率が高い選手は、開散眼球運動を行う際の非利き目である左目の潜時が短いという関係が示された。スリーポイントシュートを行う際には、ボールをキャッチした後、手前 (ボールや選手) から遠方 (リング) へと注視位置を移動させるために、開散眼球運動が用いられていることが考えられる。本研究の結果から、スリーポイントシュートにおいて遠方の目標物 (リング) に対して素早く注視を移動させる際に、手元から遠方への注視移動が素早く

開始されることが、高いシュートパフォーマンスに寄与する可能性が考えられる。

特に、利き目よりも非利き目においてシュートパフォーマンスとの有意な相関がみられた理由としては、シュートを行う際に非利き目を用いて素早く遠方の対象物に注視を向けることで、利き目と非利き目の両眼を用いてゴールとの距離感を素早く把握し、シュートパフォーマンスを高めることに貢献していた可能性が推察される。一方で、輻輳眼球運動の潜時とシュートパフォーマンスの間には有意な相関が認められなかった。輻輳眼球運動は、例えば手元に接近してくるボールを注視する際に用いられる眼球運動であるため、その潜時はシュートパフォーマンスと直接関連しなかったと考えられる。

ホッケー選手を対象に奥行き知覚とパフォーマンスの関係を調べることを目的とした研究では、奥行き方向への焦点を移動させる能力が、反応時間や視覚的記憶や判別などの要素に加えて、試合における選手の得点数 (スコア) を説明する変数となることが報告されている¹⁰⁾。また、バスケットボール選手においても、若年者や大学生を対象に、立体視や奥行き知覚に関連する能力がパフォーマンスと関連することが示されてきた²⁾。本研究の結果は、

これら一連の先行研究の結果を支持するとともに、バスケットボール選手において、奥行き方向への注視移動の素早さ、特に非利き目の注視を素早く遠方に移動させることがシュートパフォーマンスに関連することを新たに示唆した。ただし、本研究では対象者の利き目が全員右目であった。そのため、今後左目利きの対象者において、奥行き方向の注視移動の課題を行う際の左右両眼眼球運動の潜時を分析していくことにより、利き目と非利き目の比較に関してさらに詳細な知見が得られると考えられる。

これまで、バスケットボール選手をはじめ、スポーツ選手において注視および眼球運動を測定した研究はいくつかみられる。例えば、バスケットボール選手の注視を調べた研究においては、シュートの前にはリング付近に注視を停留させており、上級者ではその時間が長いことが観察されている^{16,17)}。しかし、スポーツ選手の眼球運動を測定した先行研究のほとんどは片眼の眼球運動のみの分析および検討となっており、バスケットボール選手の両眼眼球運動についてはこれまで検討されてこなかった。そこで本研究では、左右両眼の眼球運動を個別に測定する手法を用いることで、奥行き方向への注視移動を行う際の左右眼球運動の潜時とシュートパフォーマンスの関係性を調査した。その結果、右目利きの選手において、手前から奥に注視を移動させるときに非利き目である左目の潜時とシュートパフォーマンスとの間に関係がみられることが示された。奥行き方向の注視移動の素早さがシュートパフォーマンスに寄与する可能性が考えられるため、今後はシュート中の両眼眼球運動の挙動を調べることで、眼球運動特性とシュートスキルとのより直接的な関連性について検討していく必要がある。

スポーツパフォーマンスに関する利き目の影響に関して、野球選手の例では、利き目と利き手が同側 (Same side dominance) である選手と、利き目と利き手が対側である (Crossed dominance) の選手とでは、打率に差がみられないことから、利き目はパフォーマンスに影響しないことが示されてきた⁸⁾。バスケットボールにおいても、利き目と利き目が同側の選手と対側である選手との間で、シュートエラーに差がないことが報告された^{4,13,14)}。その一方で、Crossed dominance がシュートパフォーマンスに有利であることも示唆されている¹²⁾。このように、バスケットボールにおける利き目とパフォーマンスの関係については、これまで一貫した知見は得られていない。本研究の結果からは、非利き目の潜時とシュートパフォーマンスの間に関連があることが示されたことから、スリーポイントシュートにおいて、非利き目

を素早く動かし、両眼で目標物を捉えることが重要であることが示唆された。

EOG を用いて左右方向の眼球運動を測定したこれまでの研究においては、電極を左目と右目の外側に2か所貼付し、左右眼をあわせた形での測定が多い。そのため、左右両眼を個別に測定し、スポーツパフォーマンスとの関係性を調べた研究は見られなかった。本研究では、EOG を用いて左右眼を測定することにより、スポーツにおいて目標物に照準を定めて素早く正確な運動を行う技能に関連する眼球運動の貢献について検討を行うことができた。両眼眼球運動のトレーニング効果についても近年検討されてきており¹⁹⁾、今後は他のスポーツにおいても、両眼眼球運動とパフォーマンスに関する知見が得られることが期待される。

V. まとめ

本研究は、大学バスケットボール選手を対象に、奥行き方向への素早い注視移動を行う際の両眼眼球運動の潜時とシュートパフォーマンスとの関係性を調べることを目的とした。研究対象者は、大学女子バスケットボールチームに所属し、3か月間にわたりスリーポイントシュートのパフォーマンステストを行った選手14名(全員右目利き)であった。視覚ターゲットLEDは、対象者の両眼の中央から20cmおよび150cmの距離に並べて設置され、対象者はランダムな時間間隔で交互に点灯するLEDに対して出来るだけ早く注視の移動を行った。眼電図を用いて左右各眼の運動を個別に記録し、輻輳および開散眼球運動における左右各眼の潜時を測定した。各対象者のシュートパフォーマンス指標として、平均シュート成功率を用いた。その結果、輻輳および眼球運動においては左右眼間の潜時に有意な差はみられなかった。一方、平均シュート成功率と、開散眼球運動における非利き目の潜時との間に有意な負の相関関係がみられた。以上の結果から、遠方の対象物へ素早く注視を移動させる際に非利き目の眼球運動が素早く開始される選手は、高いシュートパフォーマンスを有していることが示唆された。本研究では、奥行き方向の注視移動に関して左右眼球運動を個別に測定することにより、シュートパフォーマンスに寄与する両眼眼球運動に関する新たな知見が提供された。

参考文献

- 1) Asami T, Ishijima S, Taneya A (1983) Characteristics of hand, foot, trunk side and eye dominance in

- university athletes. *Journal of the Society of Biomechanisms* 2 : 35-46
- 2) Beals RP, Mayyasi AM, Templeton AE, Johnston WL (1971) Relationship between Basketball Shooting Performance and Certain Visual Attributes. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry* 48 : 585-590
 - 3) De Oliveira RF, Oudejans RR, Beek PJ (2008) Gaze behavior in basketball shooting : further evidence for online visual control. *Res Q Exerc Sport* 79 : 399-404
 - 4) Isaacs LD (1981) Relationship between depth perception and basketball-shooting performance over a competitive season. *Percept Mot Skills* 53 : 554
 - 5) 木村準, 東亜弓, 國部雅大 (2012) 大学女子バスケットボール選手の競技パフォーマンスと静止視力および深視力の関連性. *大阪体育大学紀要* 43 : 1-9
 - 6) Kioumourtzoglou E, Derri V, Tzetzis G, Theodorakis Y (1998) Cognitive, perceptual, and motor abilities in skilled basketball performance. *Percept Mot Skills* 86 : 771-786
 - 7) Kioumourtzoglou E, Kourtessis T, Michalopoulou M, Derri V (1998) Differences in several perceptual abilities between experts and novices in basketball, volleyball and water-polo. *Percept Mot Skills* 86 : 899-912
 - 8) Laby DM, Kirschen DG, Rosenbaum AL, Mellman MF (1998) The effect of ocular dominance on the performance of professional baseball players. *Ophthalmology* 105 : 864-866
 - 9) Mapp AP, Ono H, Barbeito R (2003) What does the dominant eye dominate ? A brief and somewhat contentious review. *Percept Psychophys* 65 : 310-317
 - 10) Poltavski D, Biberdorf D (2015) The role of visual perception measures used in sports vision programmes in predicting actual game performance in Division I collegiate hockey players. *Journal of Sports Sciences* 33 : 597-608
 - 11) Semmlow J, Pedrono C, Alvarez TL (2007) Saccadic behavior during the response to pure vergence stimuli. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2007 : 4854-4857
 - 12) Shick, J. (1971). Relationship between depth perception and hand-eye dominance and free-throw shooting in college woman. *Percept Mot Skills*, 33, 539-542.
 - 13) Shick, J. (1974). Relationship between hand-eye dominance and lateral errors in free-throw shooting. *Percept Mot Skills*, 39, 325-326.
 - 14) Shick, J. (1977). Relationship between hand-eye dominance and lateral errors in basketball free-throw shooting. *Percept Mot Skills*, 44, 549-550.
 - 15) Sillero Quintana M, Refoyo Roman I, Lorenzo Calvo A, Sampedro Molinuevo J (2007) Perceptual visual skills in young highly skilled basketball players. *Perceptual and Motor Skills* 104 : 547-561
 - 16) Vickers JN (1996) Control of visual attention during the basketball free throw. *Am J Sports Med* 24 : S93-97
 - 17) Vine SJ, Wilson MR (2011) The influence of quiet eye training and pressure on attention and visuo-motor control. *Acta Psychologica* 136 : 340-346
 - 18) Yang Q, Kapoula Z (2004) Saccade-vergence dynamics and interaction in children and in adults. *Exp Brain Res* 156 : 212-223
 - 19) Zwierko T, Puchalska-Niedbal L, Krzepota J, Markiewicz M, Wozniak J, Lubinski W (2015) The Effects of Sports Vision Training on Binocular Vision Function in Female University Athletes. *J Hum Kinet* 49 : 287-296

付 記

本研究の一部は、日本体育学会第 64 回大会において発表されたものである。

謝 辞

中大路哲先生（大阪体育大学）には研究構想に関する助言を、三根由香理氏（大阪体育大学）には測定に際する協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。