

動作中の眼球運動と運動成果の関係 : バスケットボールのシュートについて

著者	小郷 克敏, 上原 泰, 錦井 利臣
雑誌名	熊本大学教育学部紀要 自然科学
巻	39
ページ	61-67
発行年	1990-09-30
その他の言語のタイトル	The Relationship between Eye Movement and Shoot Performance in Basketball
URL	http://hdl.handle.net/2298/2238

動作中の眼球運動と運動成果の関係

バスケットボールのシュートについて*

小郷 克敏・上原 泰**・錦井 利臣

The Relationship between Eye Movement and Shoot Performance in Basketball*

Katsutoshi OGO, Yasushi UEHARA** and Toshiomi NISHIKII

(Received May 21, 1990)

The relationship between the stationary time of eyes during shoot movement and goal get rates in basketball was investigated with ten male university basketball players. The subjects tried 10 "free" shoots and 10 "with defense" shoots from the 5m distant place. The stationary time of eyes was determined from the nearest peak to the ball release on the electromyogram that was obtained from both sides of eyes. The average of 10 trials of stationary time of eyes for each subject was indicated by M, and M_i was that of successful trials and M_n was that of no goal trials for each subject. The means of M_i were 0.54 sec. and 0.52 sec. for "free" and "with defense" shoots respectively, and that of M_n were 0.36 sec. for both conditions. There were significant differences between the means of M_i and M_n in both conditions. The goal get rates of subjects correlated with the relative stationary time (M /shoot time). The fixed visual line to the target brought on the stable head (neck) position that was the reference point of the accurate positioning of limbs and trunks in movement. It was estimated that the preprogram for ballistic movements in the last stage of shooting was based on the latest information which was the displacement of relative body position within a given period at the relative early stage in shooting process.

Key words : eye movement, ballistic movement, program

随意運動を行う場合、目標達成のためには大きく分けてフィードバック制御とかクローズドループ制御といわれるものと、フィードフォワード制御・オープンループ制御・プログラム制御と言われるものがあるとされている^{1,2)}。これに対応する運動の発現と制御に関する脳内過程をみると、つぎのようである。運動の意志が発生し前頭前野を中心とする大脳皮質連合野に伝えられ、頭頂・側頭連合野で処理された視覚・体性感覚などの情報とともに運動の企画に関する指令として大脳皮質の運動前野および補足運動野に送られ、そこからの出力は運動野を制御するものと考えられている。運動野は小脳および大脳基底核と相互に連絡をもつが、運動の具体的な構成に当たっては、運動前野と補足運動野からの入力をもとにして小脳外側部および基底核で計算され、大脳-小脳および大脳-基底核の機能的連関により形成されるループ機構によって修飾された運動指令が最終的には出力されると考えられる。その出力は運動の対象や外界の変化に適応させるように絶えず調節する必要があるが、その際に中心的役割を果たすのは小脳中間部であり、そこでは体性感覚や平衡感

* 日本体育学会第39回大会（1988年10月1日福島大学）で発表した。

** 熊本市立城西小学校

覚を情報源とした補正的制御が行われている^{3,4)}。

ところで、野球ボールによる的あて実験で、投球動作中の視覚遮断の時期によって成績に変化があること⁵⁾から、オープンループ制御とかプログラム制御とかバリスティック動作と言われている場合にも、動作途中の感覚情報(視覚情報)が有効に利用されている可能性もある⁶⁾。動作という言葉をも、一連の投球動作の全てと捉えるか、終了直前だけとするかによって評価がわかれると考えられるが、とくに正確さを要求される投球動作全てが、動作前のいわゆるプレプログラムのみによって遂行されるのではないとみるべきであろう。動作を練習する場合に視覚の運動感覚に対する優位性が示されているが⁷⁾、眼球運動とパフォーマンスの関係についての研究はさほど多くはない^{8,9,10)}。

今回は、これについてバスケットボールのシュート動作中の視覚情報の捉え方を示す眼球運動停止時間と、シュートの成績とから考察する。

方 法

被験者は、大学のバスケットボールクラブに所属する男子大学生10名である。各被験者の年齢、身長、体重およびバスケットボール経験年数は Table 1 に示すとおりである。

Table 1. Physical characteristics of subjects

Subject	Age(y)	Height(cm)	Weight(kg)	Career(y)
A	22	177.8	68.0	9
B	22	173.0	62.0	9
C	22	178.0	76.0	10
D	21	169.0	63.0	8
E	20	168.0	60.0	8
F	20	173.0	67.0	8
G	22	172.5	66.5	10
H	20	168.0	61.0	9
I	21	180.1	70.0	6
J	20	185.0	78.0	7

実験条件としては、被験者はリングから水平距離 5 m のところに位置し、パスを受けて通常のフォームによってフリーにシュートする場合と、ディフェンスをつけてシュートする場合の 2 種とした。なお、ディフェンスは被験者とほぼ同程度の身長の人を使い、シュートカットするつもりでやるようにしたが、ボールには触れないこととした。

眼球運動にともなう筋電図は筋電用電極を被験者の両眼の外側と左眼の上下に貼付して導出し、テレメータシステム(三栄測器製テレモニタ 270, レクチグラフ 8 K)によって、カット周波数を 30 Hz/sec として記録した。

なお、各被験者のシュートフォームを被験者の前方 8.5 m 高さ 1.2 m の位置と、後方 4.5 m 高さ 1.5 m の位置から VTR 撮影した。この VTR 映像からビデオモーションアナライザー(ソニー製 SUM-1110)を用いて、パスを受け取ってからシュートによってボールが手から離れるまでの時間を求め、シュート時間とした。

つぎに、眼球運動の停止時間としては、ボールが被験者の手から離れる瞬間を基準として、眼球運動にともなう筋電図のピークのうち最も基準に近いものまでの時間とした。今回は両眼の外側か

ら導出した筋電図から、眼球の横の動きに対応するものだけについて考察することとした。

シュートは各条件それぞれ10試行ずつ実施し、各被験者のシュート時間 (S) と眼球運動停止時間 (M) は10試行の平均値をデータとした。なお、各被験者ごとに、シュートが成功した場合の眼球運動停止時間の平均値を M_i とし、失敗した場合のそれを M_n とした。

成 績

シュートの成功率の平均値と標準偏差をみると、フリーにシュートした場合は $58 \pm 10\%$ であり、ディフェンスをつけてシュートした場合は $42 \pm 17\%$ であった。両条件の平均値間に有意の差が認められ、ディフェンスをつけてシュートする場合シュートの正確さが低下することが確認された。

フリーシュートおよびディフェンス付きシュート時のシュート時間 (S) と眼球運動停止時間 (M) の平均値と標準偏差は Table 2. に示すとおりである。

Table 2. Means of shoot time (S) and average stationary time (M)

	free	defense	difference
S (sec)	0.855 ± 0.071	0.839 ± 0.054	$p < 0.01$
M (sec)	0.491 ± 0.237	0.414 ± 0.188	—

$n = 10$, mean \pm SD

シュート時間 (S) の平均値をみると、フリーシュートの方がディフェンス付きシュートよりわずかに高値で、有意の差が認められた。

眼球運動停止時間 (M) の平均値をみると、ディフェンス付きシュートの方がフリーシュートの時より短いようであるが、有意の差があるとは認められない。これは、Mがどちらの場合もかなり広い範囲に分布しているためである。

各被験者ごとに出したシュートの成功時の眼球運動停止時間 (M_i) と失敗時のそれ (M_n) の平均値は Table 3. に示すとおりである。

Table 3. Means of M_i and M_n

	M_i	M_n	difference
free	0.544 ± 0.221	0.358 ± 0.299	$p < 0.05$
defense	0.523 ± 0.151	0.357 ± 0.221	$p < 0.05$

$n = 10$, mean \pm SD sec

M_i および M_n ともシュート条件間には有意の差は認められない。しかし、各条件とも、 M_i の平均値と M_n の平均値には有意の差が認められ、ディフェンスの有無にかかわらず、シュートが成功する時は眼球の停止時間が長いことを示している。

つぎに、眼球運動停止時間のシュート時間に占める割合 (M/S , M_i/S , M_n/S) の平均値と標準偏差は Table 4. に示すとおりである。

Table 4. Means of M/S, Mi/S and Mn/S

	M/S	Mi/S	Mn/S	difference*
free	0.55±0.25	0.60±0.22	0.43±0.33	p < 0.05
defense	0.50±0.23	0.63±0.18	0.43±0.26	p < 0.05

n = 10, mean ± SD, * difference between Mi/S and Mn/S

各指標ごとにシュート条件間の差をみると、M/S の平均値はフリーシュートよりディフェンス付きシュートの方が低値を示しており、有意の差が認められるが、Mi/S および Mn/S の平均値はほとんど同レベルにあり、有意の差は認められなかった。これから、ディフェンスを付けたことにより M/S が低下した原因は、シュートの失敗本数の増加によることを示している。

なお、Mi/S と Mn/S の差についてみると、フリーの時もディフェンス付きの時も Mi/S が Mn/S よりはるかに高値であり、有意の差が認められた。これは、シュート動作中の早期にゴールを注視することがシュートを成功させるために必要であることを示している。

考 察

今回の実験において得られたシュート時間 (S) をみると、フリーの場合とディフェンス付きシュートの場合に非常に接近した平均値を示しているにもかかわらず、有意の差が認められたのは、どの被験者もパスを受けてからボールリリースまでの時間がほとんど同じであることを意味している。つまり、被験者ごとの10投のシュート時間 (S) の変異係数 (標準偏差/平均値) の平均値が0.07と0.06で両条件とも低値であり、さらに、被験者間の変異係数もフリーシュート時0.08、ディフェンス付きで0.06と低値である。これはディフェンスの有無にかかわらず、シュート時間にはほとんど個人差もないことを示している。

つぎに、10投平均眼球運動停止時間 (M) をみると、有意の差は認められていないが、フリーシュートの時よりディフェンス付きシュートの方がかなり短くなっている (Table 2)。この理由は M を Mi と Mn に分けてみると、両条件とも Mn のほうが Mi よりもはるかに短時間であること (Table 3)。およびディフェンス付きの方がフリーシュート時よりシュートの失敗 (Mn) 本数が多いこと (p < 0.05) によると考えられる。このことから、M の長短は各被験者のシュートパフォーマンスと関係しているものと考えられる。ここで、各被験者の平均眼球運動停止時間の長さをシュート時間に占める比率 (M/S) で表し、それとシュート確率との関係を見ると、Fig. 1 に示すとおりとなる。

Fig. 1 によると、両条件を合わせた延べ20例については相関係数は $r = 0.575$ で有意性が認められ (p < 0.01)、特にディフェンス付きシュートの時だけの10例をみると $r = 0.826$ と高い相関係数が得られた (p < 0.01)。これは、シュート動作中の早期に眼球運動が停止し、ゴールリングをより早期に中心視によって捉えている者がシュートの成功率が高いことを示している。特にディフェンスがいる時のシュート時には目標であるリングの注視時間の確保が重要と考えられる。RIPOLL らも成功したシュート時の方が失敗した時より、頭や目をゴールの方向に固定している時間が有意に長いことを示しており⁸⁾、それとよく一致している。

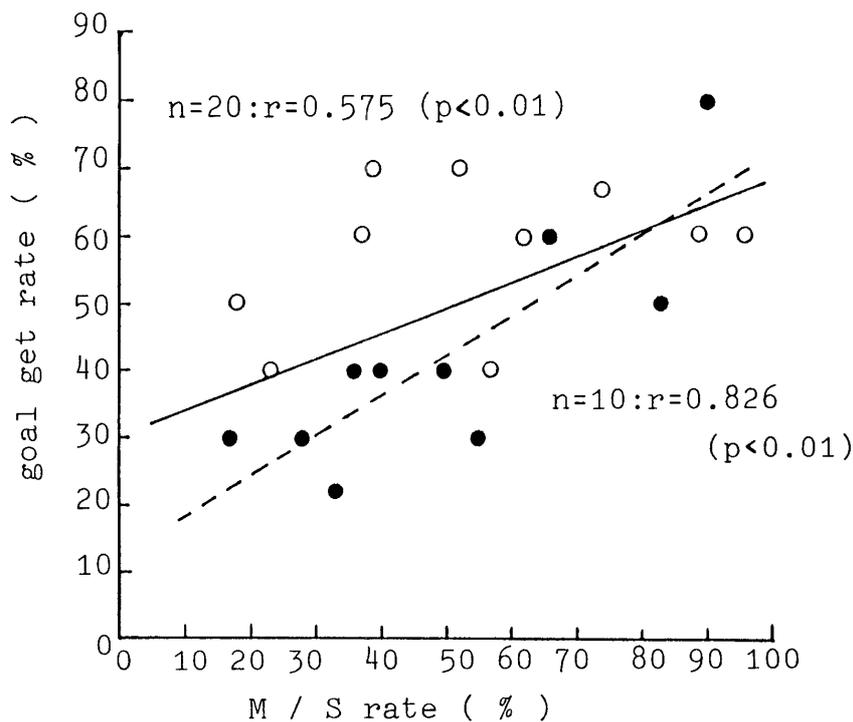


Fig. 1 The relationship between M/S rates and goal get rates
(The solid circles and broken line indicate "with defense" shoots)

身体運動は、中枢神経系から運動指令としてのインパルス群が出され、骨格筋を収縮させることによって発現する。随意運動は意識的に生成された運動指令の通りに遂行されるのであるが、その遂行に当たっては、動作によってもたらされた感覚情報を次々に利用しながら一連の動作を完成する場合と、そうでない場合がある。運動動作の遂行にあたって感覚情報を使って進行し終了する随意運動はフィードバック動作、クローズドループ動作などよばれている。これに対して、感覚情報を使っていては、進行から終了までに間に合わないような非常に速い動作の場合、プログラム動作、オープンループ動作、フィードフォワード動作などよばれている¹⁾。

バスケットボールのシュートは、運動制御の見地からは、バリスティック動作と言われており、予め脳内に作成されたプログラムによってなされ、動作途中の感覚情報は利用できないものとされている^{11,12)}。しかし、シュート動作そのものは習熟しているため、動作前に生成されたプログラムによって開始され終了させることができると考えられるが、それが合目的な動作になるとは限らないことはいうまでもない。今回の結果からは動作途中の、しかも、かなり早期からの視覚情報が動作の制御に有効な作用をもっていることが明らかになった。とすると、前記のバリスティック動作の定義と異なるようであるが、これについては、進行中の一連の動作のどの部分を主動作とするかによって解釈に違いが現れるはずである。つまり、シュートの後半のリリース直前部分だけを主動作とすれば、矛盾しないことになる。麓によれば、目標位置への動作調整は最終局面で視覚情報に頼った修正を行うか、最終動作局面の運動指令を出すまでの視覚情報による調整を行いさえすれば正確さが維持できるとみている⁶⁾。このことについて今回の結果からは、最終局面だけの視覚情報によっているとするよりも、最終動作局面の動作指令を出すまでの視覚情報による調整の積み重ねが重要と考えられる。中心視によってゴールを捉えることは、頭(頸)の向きを基準として筋運

動感的フィードバックによる、全身的な運動方向の修正をしているとみることができる。つまり、シュートを失敗したときの眼球運動停止が、シュート時間（S）のうちの後半の43%（平均値）であるのに対して、成功時（Mi）では60および63%（平均値）とシュート時間の前半から始まっていることと、Fig. 1 に示した M/S とシュート確率の有意な相関関係からもうかがえる。

バリスティック制御とかフィードフォワード制御のプログラムが、まったくの初期情報のみでつくられるのではなく、動作途中の各種の感覚からのフィードバック情報によって、漸次プログラムが修正されていると考えるべきである。これについては、藤田が運動開始後はフィードバック制御によって運動が修正され、それがよりよいフィードフォワード制御をもたらすという反復的・循環的な過程を通じて運動プログラムの質的変化が生ずるとしていること¹³⁾に通じると考えられる。

今回の Mi と Mn に有意の差が現れたことから、確実なシュートのためには、最終的なボールリリースの方向、時期、強さなどをフィードフォワード制御するプログラムのもとになる情報を、かなり長い時間かけてとっていることを示唆している。この時間内に捉える情報は、いわゆる視覚情報そのものだけとは限らず、むしろ身体的な運動の量的情報、つまり、一連の動作による身体各部位の相対的位置関係の変位量を検出しているものと考えられる。視覚情報は距離感の検出に働いていることはいうまでもないが、この場合には、さほど長時間を要するとは思えない。それよりも目標を中心視で捉え、頭（頸）の方向性を保ち、それを基準として身体各部の運動データの変化量を得ているものと考えられる。なお、ジャンプシュート時の目の移動範囲の上から1/3のみの視覚遮断では、パフォーマンスの低下がないという報告もあり¹⁴⁾、これはシュート動作の前半部が重要であることを示している。今回の実験からは、身体各部の変位量取得のための時間はパスを受け取ってからボールリリースまでの時間の内の前半ですでに始まっており、後半からではシュート成功の確率が明らかに低下している。身体重心がシュート方向へ移動し始める時期に開始して、動作の中間部にこの時間があると推測される。

要 約

大学のバスケットボールクラブに所属する男子大学生10名について、バスケットボールのシュート動作中の眼球運動停止時間とシュートの成功率との関係を調べた。眼球運動は被験者の両眼の外側から導出した筋電図によって求めた。シュートは10投づつ行わせ、眼球停止時間の平均値をMとし、シュートが成功したときのそれを Mi、失敗した時のそれを Mn とした、ディフェンスをつけたときの Mi は0.52秒で、フリーシュートの時の Mi の平均値は0.54秒を示し、失敗時の Mn の平均値が両条件とも0.36秒であるのより有意に長いことが認められた。なお、Mのシュート時間（S）に占める比率（M/S）とシュート確率の間には有意の相関関係が認められ、相対的に長い停止時間の者の方がシュート確率はよいことが認められた。これらのことから、シュート動作中に目標を注視することによる頭（頸）の向きを基準として、動作による身体各部の一定時間内の相対的変位量を求め、最終局面におけるボールリリースのフィードフォワード制御のためのプログラムを生成している可能性を示した。

文 献

- 1) 大築立志：随意運動制御の基礎理論。「たくみ」の科学，(1988)．朝倉書店，東京，pp179-225.
- 2) 伊藤政展：身体運動の制御と学習における運動プログラムとスキーマの役割，*体育の科学* 39, 607-614, 1989.
- 3) 丹治 順：運動前野のはたらき，脳科学の新しい展開 機能地図と記憶のメカニズム（伊藤正男，酒田英夫編），(1986)，岩波書店，東京，pp 53-55.
- 4) 田口英郎：随意運動における中枢制御メカニクスとそのシミュレーション，*J. J. SPORTS SCI* 8, 360-367, 1989.
- 5) 小郷克敏，錦井利臣：投球動作中の視覚情報によるプログラム時間，日本体育学会第41回大会号A，. 1990.
- 6) 麓 信義：スポーツにおける認知 -外部環境の認知を中心として-，*J. J. SPORTS SCI* 8, 274-283, 1989.
- 7) 工藤孝幾：運動感覚に対する視覚の優位性とその定量化，*体育の科学* 25, 13-20, 1980.
- 8) RIPOLL. H. BARD C., PAILLARD J. : Stabilization of head and eyes on target as a factor in successful basketball shooting. *Human Movm. Sci.* 5, 47-58. 1986.
- 9) 山本裕二：追従課題におけるパフォーマンスと遂行中の眼球運動について，*Nagoya J. Health Physical Fitness, Sports* 11, 15-19. 1988.
- 10) 塚原 進：運動の制御と視覚 -とくにまぶたのはたらき-，*体育の科学* 40, 246-251, 1990.
- 11) 工藤孝幾：動作制御の心理学的研究，*J. J. SPORTS SCI.* 8, 284-288. 1989.
- 12) BROOKS V. B. : Motor programs revisited in *Posture and movement* (Ed. TALBOTT R. E., HUMPHREY D. R.) (1979), Raven Press, New York, pp13-49.
- 13) 藤田 厚：運動の調整 スポーツの心理学（末利 博，鷹野健次，柏原健三編），(1988)，福村出版，東京，pp130-131.
- 14) 本間正行：ジャンプシュートにおける視覚情報の差と成功率の関係，日本スポーツ心理学会第14回大会抄録 C (9). 1989.