

スポーツにおける視野の広さと運動動作時間の関係

サッカーのトラップ・アンド・パス時間と視野の関係*

小郷克敏・斉藤達也**・錦井利臣・小澤雄二

Relationship between Visual Field and Trap-and-pass Time in Soccer*

Katsutoshi OGO, Tatsuya SAITOH**, Toshiomi NISHIKII and Yuji OZAWA

(Received May 25, 1992)

The effective visual field in sports was estimated by means of an investigation of the relationship between the limitation of visual field and the trap-and-pass time (pass out time) of five male university soccer players (T-group) and five male students (Control). The visual field was limited by a shielded swimming goggle with the slit (0.5mm in length from top to bottom and 11mm~5mm in width). The means of static visual field (visual angle) with the limitation of visual field were 72.26°~44.89° in T-group and 59.66°~34.56° in the Control group. The subject trapped the ball with his left leg and rotated in an anticlockwise direction and passed out with his right leg to the selected target player among six receivers, whether his visual field was limited or free. The means of pass out time were delayed with the visual limitation in both groups. The pass out time (Y sec) correlated inversely to the visual angle (X°) in all subjects in both the T-group and Control group ($n=40$, $r=-0.555$, $p<0.001$, $Y=2.404-0.0133X$). The effective free visual field was estimated at 106.3° for the T-group and 83.0° for the Control group, with substitution of the means of average pass out time for Y of the regression equation.

Key words : effective visual field, reaction time

スポーツにおける状況判断の良否は、状況の把握とそれに対する行動の結果によって評価されるものである。試合における状況判断には、簡単な概念的モデルとして、目下の競技状況に関する情報を収集して、それらを分析・評価する段階と、その分析と評価結果をふまえて競技行為に関する決定を下すという段階があると考えられている¹⁾。競技状況の分析と評価の段階は、第一に、眼前に存在する外的環境のなかの適切な情報源へ選択的に注意を働かせることから始まる。多くの情報の中から有効情報を獲得し、競技状況を認知し、判断をくだすことになると考えられる。外的環境の中から何が最も有効な情報であるかを確認するためには、とらえている視界の中から中心視によって対象を確認すると共に、すくなくとも、空間的位置の確認のためにはかなり広い範囲の視覚情報が必要になる。このようにスポーツにおける環境情報認知のための情報受容の大部分は視覚に依存していると考えられる²⁾。

スポーツにおいては広い視野を保つことが重要と言われているが、この場合の視野は単に物理的な広さをさすのではなく、プレーのための有効な情報を獲得できる範囲つまり有効視野をさすと考えるべきであろう。戸苅³⁾は、サッカーにおける“戦術眼のある選手”の能力の評価に、バイ

* 日本体育学会第42回大会(1991年10月8日富山市)で発表した。

** 熊本市立湖東中学校

オメカニクスの見地から視覚（視野）と判断力の測定が貢献できる可能性を示している。しかし、一般的にこの有効視野を知ることは、容易ではない。

そこで、今回はサッカーのトラップ・アンド・パスに要する時間の周辺視野制限による変化を調べ、それを基に、通常のスポーツ動作時の視野の広さを探り、さらに、習熟との関係を考察する。

方 法

1. 被験者

被験者は、7年から11年のサッカー歴をもつ19歳から22歳までの男子大学サッカー部員5人（熟練群，T群またはT-groupとする）と、サッカークラブに所属経験のない21歳から23歳までの保健体育専攻の男子大学生5人（対照群またはControlとする）である。被験者の年齢，サッカー経験年数，ボールリフティング数，および視力についてはTable 1.に示すとおりである。なお，全被験者とも利き手は右である。

Table 1. The characteristics of subjects

group	subject	age (year)	career (year)	ball lifting	visual acuity	
					(left)	(right)
trained	1	22	11	379	1.2	1.0
	2	19	10	117	1.5	1.5
	3	22	11	226	0.2	0.3
	4	21	10	370	1.2	1.2
	5	22	7	71	0.4	0.4
	mean	21.2	9.8	232.6*	0.90	0.88
	SD	1.17	1.47	126.36	0.51	0.46
control	1	21	0	42	1.0	1.0
	2	23	0	2	0.6	0.6
	3	22	0	20	1.5	1.5
	4	22	0	7	0.3	0.3
	5	23	0	12	2.0	2.0
	mean	22.2	0	16.6	1.08	1.08
	SD	0.75		14.02	0.61	0.61

*: significant with control ($p < 0.05$)

2. 視野制限

競泳用のゴーグル全体を黒色のビニールテープで遮蔽し，その中心部に各被験者の視線間距離に合わせてTable 2.のA～Dに示すように左右幅11mm～5mmのスリットを開け，視野制限器具とした。これによって中心視野の確保と周辺視野の制限をした。

なお，各被験者の視線間距離は，被験者と測定者が30cmの間隔で向かい合い，被験者が測定者の左目または右目を固視した時の被験者の右目と左目の瞳孔の間隔を測定する簡易法によった。

Table 2. The mean and standard deviation of visual field.

Visual limit (mm)	A	B	C	D
Trained	72.26 8.53	62.73 8.62	52.60 7.94	44.89 7.30
Control	59.66 4.56	51.73 3.78	42.20 2.17	34.56 1.88
significance	p<0.05	p<0.05	p<0.1	p<0.1

unit : degree

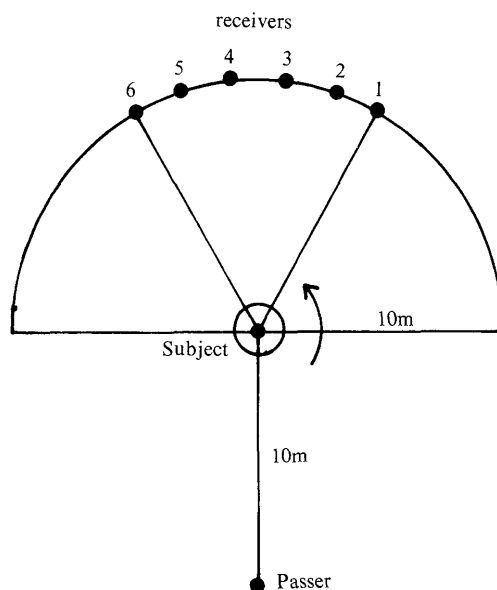


Fig. 1 Experimental setting

3. 視野の測定

視野は、被験者ごとに各視野制限器具を装着させ、半径 10m の円の中心に立たせ、円周上の見える範囲を視野幅として測定した。この視野幅から角度を算出し、視角とした。

各視野制限器具ごとの視角の群別平均値は Table 2. に示すとおりである。これによると、熟練群の方が対照群よりいずれの視野制限器具の場合も大きな平均値を示しており、器具 A と B では群間に有意の差が認められる。

4. 運動反応時間の測定

運動動作は、半径 10m の円の中心に立っている被験者が 10m の距離から送られてくるおよそ 6.7m/秒の速さのグラウンダーのパスを左足でトラップし、左回りで振り向きざま、パスの出された方とは反対の円周上に等間隔 (約 2m) で待機している 6 人の選手のうち黄色のゼッケンを着用した者を目標として、右足でパスをすることとした。なお、視野制限器具の装着順も目標の設定も順序性のないように配慮して、6 目標 (T1~T6) 全てについて試行させた。また、視野制限に先立って、裸眼 (free) でも同様に試行させた。被験者および目標の配置は Fig. 1. に示すとおりである。

運動反応時間は第一トラップをした瞬間からパスを出すまでの所要時間とした。トラップとパスの時期は、被験者の両足の腓骨外顆下部に貼付した振動センサーの信号をテレメーター搬送 (ト

ーヨフィジカル製運動反応ユニット TP-114) し、チャートスピード 50mm/秒 (三栄測器製レクタグラフ-8K) で記録して検出した。

結 果

裸眼および各視野制限器具別、目標別運動反応時間の平均値は熟練群については Table 3.に、対照群については Table 4.に示すとおりである。このうち T1-6 は、各被験者の目標 1 から目標 6 までの運動反応時間の平均を代表値として算出したものである。

熟練群についてみると、裸眼の時より視野を制限した時の方が反応時間の平均値は大きく、各目標ごとに運動反応時間の平均値間の差を二元配置分散分析法によって検定を行った結果、全目標で有意と認められ、周辺視野制限によって反応時間は遅延することが確認された。また、各被験者の目標 1 から 6 までの平均反応時間の平均値にも、分散分析の結果、有意差が認められた。さらに、裸眼においては目標の違いによる反応時間の平均値の差はみられないものの、視野制限によって反応時間の平均値に目標差が現れ、二元配置分散分析の結果、制限器具 A, B, C では有意の差があると認められた。これらのことは通常の裸眼による場合、目標全部を視野に入れその中で真の目標を決定してパス出しをしている可能性を示している。

つぎに、対照群についてみると、裸眼の時にくらべて視野の制限をした時の方が、運動反応時間の平均値は大きくなっており、二元配置分散分析の結果、目標 3(T-3)をのぞく各目標において有意差が認められ、周辺視野制限によって反応時間は遅延することが確認された。また、各被験者の目標 1 から 6 までの平均反応時間の平均値にも、分散分析の結果、有意差が認められた。なお、裸眼においては目標の違いによる反応時間の平均値の差は認められないが、視野制限によって反応時間の平均値の目標差が現れ、二元配置分散分析の結果、制限器具 A, C, D では目標間に有意の差が認められた。

Table 3. The mean and standard deviation of pass out time in T-group

	free	A	B	C	D	analysis of variance
T-1	1.064 0.298	1.396 0.274	1.560* 0.133	1.564 0.144	1.804 0.489	p<0.05
T-2	0.944 0.197	1.356* 0.198	1.384* 0.151	1.596* 0.161	1.656** 0.156	p<0.001
T-3	0.928 0.160	1.424* 0.228	1.576* 0.249	1.448* 0.142	1.632** 0.177	p<0.005
T-4	1.028 0.294	1.412 0.105	1.624* 0.180	1.872* 0.396	1.924** 0.253	p<0.001
T-5	0.968 0.163	1.476* 0.200	1.700** 0.162	1.744** 0.286	1.888** 0.443	p<0.005
T-6	1.008 0.147	1.652** 0.298	1.780** 0.256	1.956** 0.333	2.112** 0.223	p<0.001
anal. var.	n. s	p<0.05	p<0.05	p<0.05	n. s	
T1-6	0.990 0.181	1.452* 0.197	1.602** 0.128	1.796** 0.158	1.836** 0.206	p<0.001

n=5. * (p<0.05) and ** (p<0.001) indicate for significant level between free. unit : second

Table 4. The mean and standard deviation of pass out time in Control group

	free	A	B	C	D	analysis of variance
T-1	1.136 0.131	1.372 0.274	1.552* 0.226	1.780 0.580	1.840* 0.376	p<0.01
T-2	1.276 0.328	1.484 0.291	1.480 0.336	1.564 0.277	1.868** 0.245	p<0.005
T-3	1.252 0.185	1.636 0.344	1.584 0.316	1.588** 0.292	1.760 0.304	n. s.
T-4	1.224 0.230	1.660 0.403	1.652** 0.309	1.940** 0.227	2.208** 0.576	p<0.001
T-5	1.508 0.441	1.628 0.433	2.008* 0.547	1.900* 0.428	2.028* 0.326	p<0.005
T-6	1.388 0.212	1.692 0.295	1.860 0.487	1.908* 0.361	2.296** 0.494	p<0.005
anal. var	n. s.	p<0.05	p<0.1	p<0.05	p<0.001	
T1-6	1.300 0.217	1.576* 0.319	1.684** 0.300	1.780* 0.334	2.000** 0.376	p<0.001

n=5. * (p<0.05) and ** (p<0.001) indicate for significant level between free. unit : second

熟練群と対照群の各条件における反応時間の平均値をみると、多くの場合において熟練群の方が低い値を示しているものの、裸眼 (free) の目標 3 と目標 6 で 5%水準で、目標 5 と目標 1-6 の平均で 10%水準で有意の差があると認められるだけであり、その他では有意の差はみられない。この原因の一つは、標準偏差にみられるように、対照群に大きな個人差があることである。二つ目には、視野を制限されると熟練者でもすばやい動作ができなくなり、裸眼の時より群間の差が縮小するためである。このことから熟練群の裸眼における反応の速さは、広い視野からの有効情報の抽出の速さによってもたらされていることがわかる。

考 察

われわれの眼球の網膜においては 180 度に達する光知覚能力があるといわれている¹⁾。一方、網膜には、網膜神経節細胞が高密度に存在する中心窩または中心視領域がある。ちなみに中心窩で 1.0 あるヒトの視力は、20 度離れた周辺部で 0.1 まで低下する。そこで視野に何か新しい物体が現れると、まず急速眼球運動 (saccade: サッケード) により眼球を動かして中心視でそれをとらえ、物体が何であるかを詳しく観察することになる⁴⁾。この広い視野のうち中心視に注意負荷を設定したとき、周辺部で認知のおよぶ範囲は狭くなり、視野は狭窄する。この認知のおよぶ範囲を有効視野と呼んでいる⁵⁾。

そこで今回は、水平視野を制限することによって起こるサッカーのトラップからパスを出すまでに要する時間 (反応時間) の変化から、平常時の有効視野をシミュレートした。

このトラップ・アンド・パスは Fig. 1 に示したように、被験者はパスを受けてから反時計方向に回転して、等間隔に待機する 6 人の選手の中から黄色のゼッケンを着けた者を選び出し、その者を目標としてパスを出すわけであるので、頭部の回転に伴う眼球運動が必要になる。頭部の回転にともなう眼球運動にはいくつかのメカニズムが関与していると考えられるが、それらを含ん

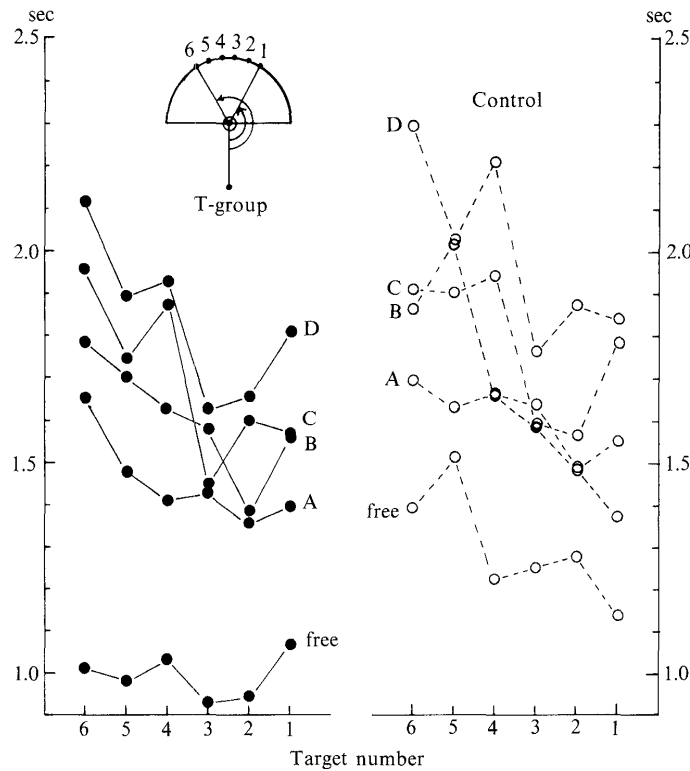


Fig. 2 The means of pass out time in T-group and Control group

だうえで周辺視野の広さの制限割合（残存視野）と反応時間の変化の関係から考察することとする。

今回の実験結果をみると、特に熟練群 (T-group) にみられるように、視野の制限によって反応時間の著しい遅延が生じており、的確な判断を下すためにはかなり広い視野が必要であることが証明された (Table 3 参照)。さらに、free の状態では身体の回転を伴う状況判断の場合、計算上 150° ~ 210° の範囲では、角度の違いによる反応時間の差はみられないが、視野制限によって、大きな角度の位置への反応時間の遅延がより強く起こっている (Table 3, Fig. 2 参照)。これは、今回の視野制限による残存視野では目標位置の確認のための情報収集が、初期手続きだけではできず、二次的なものも必要になっている可能性を示唆している。とくに、左端の目標 6 に対する反応に他の目標に対するより著しく時間を要していることからもうかがえる。つまり、目標 6 では、これよりさらに角度の大きな位置（外側）に何も無いことを確認する必要があるために、少なくとも目標 6 を越えた地点に注視点を移し、さらに目標 6 を注視するための眼球運動などの手続きに時間を要しているものと考えられる。裸眼 (free) においては、全目標の分布する領域をカバーする視野を確保し、あらゆる目標を少なくとも周辺視野の中にとらえており、真の目標へサッケードによってすばやく中心視線を移し、位置関係を特定して短時間内にパスを出しているものと考えられる。今回の実験では、被験者と目標 1 から目標 6 までの範囲は計算上の視角として 60° となり、視野制限器具 A を装着した場合の残存視野の視角平均値が熟練群では 72.26° であることから、十分にカバーできるはずである。しかし、その場合でも裸眼の時にくらべて反応時間の遅延が起こることから、通常の視野はこれよりさらに広いものと考えられる。これについては、中枢レベルにおける視覚信号と眼球運動信号の統合による全体視がなされていること⁹⁾から、今回の

視野制限器具による、視覚情報の欠落による統合の不完全さを補う頭部の動きを必要とするためもあると考えられる。つまり、通常は身体の回転途中の段階で、かなり広い視野の周辺部から情報をとりながら行動に結び付けていることを示唆している。

つぎに、対照群についてみると、視野の制限をした場合にはより大きな回転を要する目標で、反応時間の遅延が大きくなる現象は熟練群と同様な傾向を示している。ところが、裸眼の場合にも目標5、目標6で他の目標より高平均値を示しており、熟練群の成績とは大きく異なっている。このことから、対照群の裸眼における有効視野はかなり狭いことを示していると考えられる。

森⁷⁾によれば、サッカーにおいては、ゲームの展開を左右する判断力を持つためには、視野の広さと深さを重要としながら、周囲をみる時期と、時間にして0.1秒から0.2秒のいわゆる「SPLIT GLANCE」で情報収集できるように日常的なトレーニングが必要であるとしている。また、アイカメラを使った実験によれば、サッカー選手の場合は100~150ミリ秒程のとびとびのスポット注視による分散パターンが多く、全体の走査を繰り返して視覚的な情報を収集していると考えている⁷⁾。この分散パターンは、眼球運動からみるとサッカードによっていることから、間欠的な情報を統合した形で全体的な把握をしていることとなる。この短時間のいわゆる「SPLIT GLANCE」にしても分散パターンにしても瞬間的な一瞥時に、おそらく視野の中心ではない位置に投影されているいわゆる周辺視情報の中から、つぎに注意すべき目標を抽出しなければならないことになる。この時の視野の中の注意のおよぶ位置によって、有効視野の広さが決定されることとなる。

今回の視野制限による残存視野と反応時間の関係を見ると、残存視野が狭くなるほど反応時間の遅延が著しくなる傾向があることがわかる。とくに熟練群では各被験者の6目標に対する平均反応時間では視角と強い相関関係があり、それぞれの相関係数に有意性が認められる。これは視角が大きいほど反応時間が短く、すばやい動作を起こすためには周辺視情報が大きくかかわっていることを示している。これに対して、対照群では視角と反応時間の関係は、被験者ごとにみた場合にはかなりの相関性をもっているものの、群としてはあまり強いものではない。これは、対照群の各被験者の経験スポーツが違っており、特性がかなり異質なものを含んでいるため、反応時間に大きな開きのあることによっていると考えられる。しかし、対照群の各被験者の目標1~6に対する平均反応時間と視角の相関係数には有意性は認められないものの、回帰式の傾きが熟練

Table 5. The relationship between the visual field (X) and the pass out time (Y) in T-group and Control group

target	correlation coefficient	regression line	free			
			T-group		Control	
			pass out time (sec)	estimated visual field	pass-out time (sec)	estimated visual field
1	-0.466**	Y=2.337-0.0139X	1.064	91.84°	1.136	86.65°
2	-0.517**	Y=2.141-0.0113X	0.944	106.31°	1.276	76.82°
3	-0.263	Y=1.884-0.0058X	0.928	165.97°	1.252	109.72°
4	-0.558**	Y=2.712-0.0176X	1.028	95.63°	1.224	84.50°
5	-0.455**	Y=2.563-0.0146X	0.968	109.40°	1.508	72.36°
6	-0.511**	Y=2.756-0.0162X	1.008	108.24°	1.388	84.71°
		Mean	0.990	112.898°	1.297	85.793°
1-6	-0.555**	Y=2.404-0.0133X	0.990	106.316°	1.300	83.008°

n=40. **: p<0.01

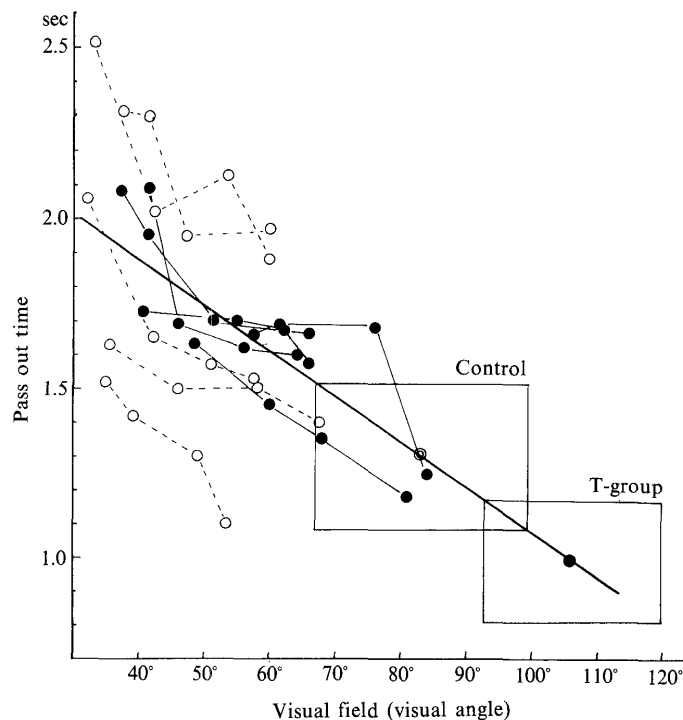


Fig. 3 Relationship between the visual angle and pass out time
 The solid circles indicate for T-group and open circles for Control.
 The rectangles indicate the ranges of estimated visual angle with substitution of means and standard deviation of average pass out time in free for regression equation.

群と同値でよく似ており、反応時間の遅速の要因として視野の広さの有効性は両群で同等と考えられる。そこで、各目標ごとに両群被験者を含んで視角と反応時間の相関関係をみると、Table 5に示すとおり目標3をのぞく各目標で相関係数に有意性が認められた。

各被験者ごとの目標1~6に対する反応時間の平均値(Y)と視角(X)の関係はTable 5.とFig. 3に示すように、相関係数 $r = -0.555$ で有意性が認められ($p < 0.001$)、回帰式は $Y = 2.404 - 0.0133X$ となる。視野の広さ(視角)とトラップからパスまでの反応時間には直線的な関係が認められる。この回帰式に両群の裸眼における各被験者の目標1~6の平均反応時間の平均値±標準偏差を代入し、裸眼でプレーする場合の視野を算出すると、熟練群では $106.316^\circ \pm 13.609^\circ$ となり、対照群では $83.008^\circ \pm 16.316^\circ$ となる(Fig. 3の長方形の範囲)。目を動かさずに物の形や配置がわかるのは視角にして 30° 以下であり、目を動かせば約 100° であると言われている⁸⁾。これは時間的制約がなく、しかも、静的な場合であって、運動途中における場合とは異なると考えられる。さらに、その運動の強度によっては視野の狭窄が起きることも観察されている⁹⁾。これからみると熟練群のすばやいパスアウトが広い視野からの、視覚情報に基づく判断の速さに負うところが大きいことが考えられる。このことはスポーツにおける熟練の過程には、かなり広い範囲からの視覚情報のなかから有効情報を選択し行動に結び付ける、いわゆる状況判断能力の向上が大きな要因となっていることを示唆している。

要 約

大学サッカー部員5名とサッカー競技経験のない保健体育専攻学生5名について、サッカーのトラップ・アンド・パスに要する時間（反応時間）を裸眼（free）の場合と視野制限した場合について測定し、残存視野（視角）と反応時間の関係を調べ、考察した。視野制限による残存視野の視角平均値は、熟練群では72.26°～44.89°、対照群では59.66°～34.56°であった。反応時間の平均値は視野制限によって、裸眼の時より大きく遅延した。しかも、残存視野が狭くなるほど、反応時間の遅延はより大きくなる傾向を示した。視角と反応時間の間には、とくに熟練群においては、6目標のうち5目標で、強い逆相関がみられ、対照群では相関係数に有意性はみられないものの、同様な傾向を示した。さらに、両群を合わせた全被験者について、6目標に対する各被験者の平均反応時間（Y sec）と視角（X°）の間にはかなり強い相関が認められ（ $r = -0.555, p < 0.001$ ）、回帰式 $Y = 2.404 - 0.0133X$ が得られた。この回帰式を用いて、両群の裸眼による反応時間の平均値と標準偏差から、裸眼による動作中の有効視野を推定した。推定有効視野の視角は、熟練群では $106.316^\circ \pm 13.609^\circ$ となり、対照群では $83.008^\circ \pm 16.316^\circ$ となった。

文 献

- 1) 中川 昭：スポーツにおける知的活動 スポーツ心理学（末利 博，鷹野健治，相原健三編），（1988），福村出版，pp. 96-111.
- 2) 池田光男：眼知覚系とスポーツ — 視野の広さの観点から —，*J. J. SPORTS SCI.* **4**, 409-415, 1985.
- 3) 戸荻晴彦：サッカーのチーム力構造の分析 — 主としてゲーム分析から —，*J. J. SPORTS SCI.* **9**, 287-294, 1990.
- 4) 田中啓治：視覚と運動の脳内過程 認識し行動する脳 脳科学と認知科学（伊藤正男，佐伯 胖編），（1988），東京大学出版会，pp 112-149.
- 5) 池田光男：視覚の心理物理学，（1975），森北出版，pp 194-204.
- 6) 外山敬介：大脳皮質視覚中枢 感覚の生理学（田崎京二，小川哲朗編），（1989），医学書院，pp 139.
- 7) 森 孝慈：ゲームの組み立から見た目の良し悪し，*J. J. SPORTS SCI.* **9**, 336-340, 1985.
- 8) 笠井 健：目と空間知覚，*J. J. SPORTS SCI.* **4**, 319-326, 1985.
- 9) 石垣尚男：視覚機能に及ぼす身体運動の影響 — 運動中の視野狭窄について —，*体育学研究* **34**, 245-253, 1989.