

# 大学バレーボール選手の スポーツビジョンに関する研究

— 性差と貢献度 —

村上 博巳\* ・ 山本 武司\*\*  
増田 洋\*\*\* ・ 明石 正和  
田中 信雄\*

## I. 緒 言

ヒトは、時々刻々と変化する環境からの情報のほとんどを視覚から取り入れている。その情報を取捨選択し予測を立てて行動している。球技系スポーツ種目は周辺の様相がめまぐるしく変化するため、選手はその変化に適切に対応することが求められる。そして高速で動くボールや相手および味方選手などに関する情報を主として視覚を通して獲得し、瞬時に認識、判断し、最終的な行動をおこす。スポーツの上達は時系列的には現在の対処から将来を見越した予測に対処できることである。バレーボール競技は、複数の競技者がコートに入り試合をおこなうためネットを挟んだラリーの攻防は変化が激しく、常に多くの情報を把握し状況判断を的確にすることが求められる。そのため最初の視覚系の情報収集能力が競技力の優劣を決定する重要な因子であると考えられる。スポーツ場面での入力回路としての眼の機能はスポーツビジョンとよばれている。スポーツビジョンの成績は、競技レベルの優劣で評価することができると報告されている<sup>22)</sup>。

増山<sup>31)</sup>はVリーグ選手と大学女子選手のスポーツビジョンを比較した結果、眼球運動、眼と手の協応運動においてVリーグ選手群が有意に優れていたと報告している。吉田ら<sup>38)</sup>はバレーボール女子選手の国内Vリーグ選手と高校選手と比較し、高校選手の視覚的能力においてスキルレベルによる違いは認められなかったが、国内Vリーグの女子レギュラー選手は他の控え選手より静止視力、動体視力、眼と手の協応運動で優れ、競技力が高い選手ほど視覚能力が優れていた。また競技歴が長い選手ほど視覚能力が高かった。そのことは、その競技歴そのものがスポーツビジョントレーニングになっており、そのポジション特有の「視覚能力」が自然に鍛えられて

\* 京都産業大学文化学部

\*\* 京都華頂大学

\*\*\* 京都嵯峨芸術大学

いと報告している。そこで男女の大学バレーボール選手を対象に競技力に重要な因子である視機能に特徴と性差が見られるのか、また視機能を構成する測定項目のどの因子が貢献しているのか、そしてバレーボール選手にどのような視機能の測定項目をトレーニングしていく必要があるのかについてスポーツビジョンの測定を実施し検討を加えた。

## II. 方 法

### A. 被検者

被検者は、本実験の趣旨に十分な理解を得た健康な京都産業大学男子バレーボール選手（VM群：10名）、女子バレーボール選手（VF群：11名）である。対照群として一般男子大学生129名、一般女子大学生90名の測定者の中から過去に運動習慣の無い静止視力1.0以上の一般男子大学生（NM群：11名）、女子大学生（NF群：10名）を抽出した。実験は京都産業大学体育実習室で実施した。

表1に被検者の身体的特徴を示した。

四群の年齢の平均値および標準偏差はVM群  $19.6 \pm 1.1$  歳、VF群  $19.6 \pm 1.1$  歳、NM群  $19.4 \pm 1.2$  歳、NF群  $18.7 \pm 0.5$  歳であった。四群間の平均値には有意差は認められなかった。

四群の身長平均値および標準偏差はVM群  $181.6 \pm 6.6$  cm、VF群  $166.5 \pm 4.1$  cm、NM群

**Table 1** Physical characteristics of the subjects

	N	Age (years)	Height (cm)		Weight (kg)		Experienced year (years)	Reform of eyes (N)
VM	10	19.6 $\pm 1.1$	181.6 $\pm 6.6$	●●● ■ ■ ■ ▲ ▲ ▲	70.4 $\pm 4.4$	●●● ■ ■ ■ ▲ ▲ ▲	8.6 $\pm 2.3$	N:9 G:0 C:1
VF	11	19.6 $\pm 1.1$	166.5 $\pm 4.1$	●	58.9 $\pm 4.5$	●	10.4 $\pm 1.8$	N:5 G:0 C:6
NM	11	19.4 $\pm 1.2$	169.9 $\pm 6.1$	●●●	59.3 $\pm 6.3$	●●●		N:4 G:5 C:2
NF	10	18.7 $\pm 0.5$	160.0 $\pm 3.5$	■ ■ ■	49.0 $\pm 4.4$	■ ■ ■		N:2 G:0 C:8

N: Number

VM: University Volleyball players (Male), VF: University volleyball players (Female)

NM: University Non-athletes (Male), NF: University Non-athletes (Female)

Mean values are given with their standard deviations.

● Significant differences from NF, ● at 5%, ●●● at 0.1% level.

■ Significant differences from NM, ■ ■ ■ at 0.1% level.

▲ Significant differences from VF, ▲ ▲ ▲ at 0.1% level.

N: Normal, G: Glasses, C: Contact Lens.

169.9±6.1 cm, NF 群 160.0±3.5 cm であった。VM 群の平均値と VF, NM, NF 群の平均値, VF 群の平均値と NF 群の平均値, NM 群の平均値と NF 群の平均値との間に有意差が認められた。他の群間の平均値には有意差は認められなかった。

四群の体重の平均値および標準偏差は VM 群 70.4±4.4 kg, VF 群 58.9±4.5 kg, NM 群 59.3±6.3 kg, NF 群 49.0±4.4 kg であった。VM 群の平均値と VF, NM, NF 群の平均値, VF 群の平均値と NF 群の平均値, NM 群の平均値と NF 群の平均値との間に有意差が認められた。他の群間の平均値には有意差は認められなかった。

大学バレーボール選手の競技歴の平均値および標準偏差は VM 群 8.6±2.3 年, VF 群 10.4±1.8 年であった。両群の平均値には有意差は認められなかった。

四群の眼の矯正状態は VM 群は裸眼 9 名, コンタクトレンズ使用 1 名, VF 群は裸眼 5 名, コンタクトレンズ使用 6 名, NM 群は裸眼 4 名, メガネ使用 5 名, コンタクトレンズ使用 2 名, NF 群は裸眼 2 名, コンタクトレンズ使用 8 名であった。視力矯正者は VM 群 10%, VF 群 55%, NM 群 64%, NF 群 80% であった。

## B. 測定項目および条件

測定項目は、スポーツビジョン研究会で実施している(1)静止視力, (2)KVA 動体視力, (3)DVA 動体視力, (4)コントラスト感度, (5)眼球運動, (6)深視力, (7)瞬間視力, (8)眼と手の協応動作などの 8 項目である。各測定結果の評価は、スポーツビジョン評価基準<sup>23)</sup>に基づいて 5 段階評価で行った。

### 1. 測定項目

測定項目, 測定方法および眼の機能と測定に用いた装置は以下の通りである。

#### (1) 静止視力 (Static Visual Acuity: SVA)

視る能力の基礎的要素である。ランドルト環 (ラ環) を指標とした最小分離閾を測定する。AS-4D (KOWA) を使用した。静止視力は物体の存在や形状を認識する眼の能力であり, 通常「視力」と呼ばれている。一般的には, 直径 7.5 mm のランドルト環の 1.5 mm の切れ目を 5 m の距離から見たとき, この切れ目が判別できれば視力 1.0 としている。この「視力」は見た物が網膜で鮮明に解像されることである。

#### (2) KVA 動体視力 (Kinetic Visual Acuity: KVA)

直進してくるものを視る能力である。50 m 前方からラ環が時速 30 km で直進してくる様に設定されている。被検者はラ環の切れ目が認識出来たら電鍵を押し, 何 m の距離で判別できたか, その距離を視力値に置き換えるものである。1 回の練習後, 3 回測定しその平均値を測定値とした。AS-4D (KOWA) を使用した。

### (3) DVA 動体視力 (Dynamic Visual Acuity: DVA)

水平に動く (左→右または右→左) 目標物を視る能力である。ラ環が 90° の半球型のスクリーンを動く。被検者はこれを眼球運動だけで追跡する。初速は 40 回転/分である。ラ環の切れ目が認識できた時の速度 (回転数) が DVA のパラメータである。右方向の動体視力を 1 回の練習後、右および左方向をそれぞれ 3 回測定しその平均値を測定値とした。HI-10 (KOWA) を使用した。

### (4) コントラスト感度 (Contrast Sensitivity: CS)

明暗の微妙な違いを識別する能力である。3 m 後方よりコントラストの異なる指標の縞模様の方向を認別する。E 列の 1 から 8 番までの縞模様の方向を認別した。

### (5) 眼球運動 (Ocular Motor Skill: OMS)

素速く動くものを眼で追う能力である。石垣<sup>1)</sup>の開発したソフトを使用した。パソコンの画面上に直径約 5 mm の○ (サークル) が 0.5 秒のインターバルで素速く移動する。濃緑の背景上を緑の○が移動するが、1/5 の割合で黄緑の○が混ざっている。被検者は頭を固定し眼球だけでターゲットを捉える。黄緑の○が出たら指定されたキーボードを押す。顎台とパソコンとの距離は 30 cm で測定した。正反応率、遅延反応率、反応率、エラー率を算出するが今回は正反応率を分析の対象とした。

### (6) 深視力 (Depth Perception: DP)

距離の感覚特に前後関係の識別能力である。両眼視のなかで最も発達したものが立体視であり、立体視の程度を表したのが深視力である。2 本の固定桿の間を 1 本の移動桿が前あるいは後ろに連続的に移動する。移動桿は 50 mm/sec である。被検者と装置の距離は 2.5 m である。被検者は 3 本の桿が横一列に並んだと判断した時キーを押す、その誤差 (mm) をパラメータとした。1 回の練習後、前方からの測定を 3 回、後方から 3 回測定し 6 回の平均値を測定値とした。AS-7JS1 (KOWA) を使用した。

### (7) 瞬間視力 (Visual Reaction Time: VRT)

瞬間的に多くの情報をつかむ能力である。6 桁の数字を 1/100 sec 間スクリーンに提示し、50 cm の距離を置き認識できた数字を書く。1 回の練習後、3 回行い計 18 文字のうち何文字正解したかで判定した。

### (8) 眼と手の協応動作 (Eye-Hand Coordination: E/H)

見たものに素速く反応する能力である。AcuVision-2000 を使用し、ランダムに赤く点灯するターゲットを素速く正確に手で押さえていく。120 回点灯するターゲットを何秒でタッチしたかで評価する。この能力には敏捷性が関係するが、反応の速さよりも、視野全体に意識を向け、周辺視でターゲットを捉える能力に関係する。ターゲットのインターバルはスピード 5 (1.282 sec) に設定した。Time, Score, Late をそれぞれ測定した。

Time：120 回点灯するターゲットをタッチするのに要した時間

Score：ターゲットを 0.897 sec 以内にタッチした回数

Late：ターゲットを 0.898～1.282 sec の間にタッチした回数

今回は Time を分析の対象とした。

## 2. 測定条件

被検者の測定条件は、男女大学バレーボール選手はプレーしている時、男女一般大学生は日常生活している時の矯正状態での視機能を測定した。測定室内の照度は、 $682.0 \pm 106.9$  ルクスである。照度の測定はナショナルデジタル照度計 (BN-2000LT) を使用した。

## C. 統計処理

測定結果は、平均値と標準偏差で表した。四群間の比較には一元配置の分散分析、群間の比較は最小有意差法を用いた。また 2 変数の関係の分析にはピアソンの相関係数の検定を用いた。貢献度の算出には重回帰分析を行った。統計学的有意水準はいずれも危険率 5% 以下をもって有意とした。

# III. 結 果

## A. スポーツビジョン測定項目の比較

図 1-1 に四群の静止視力 (SVA), KVA 動体視力 (KVA), DVA 動体視力 (DVA) の測定結果を示した。

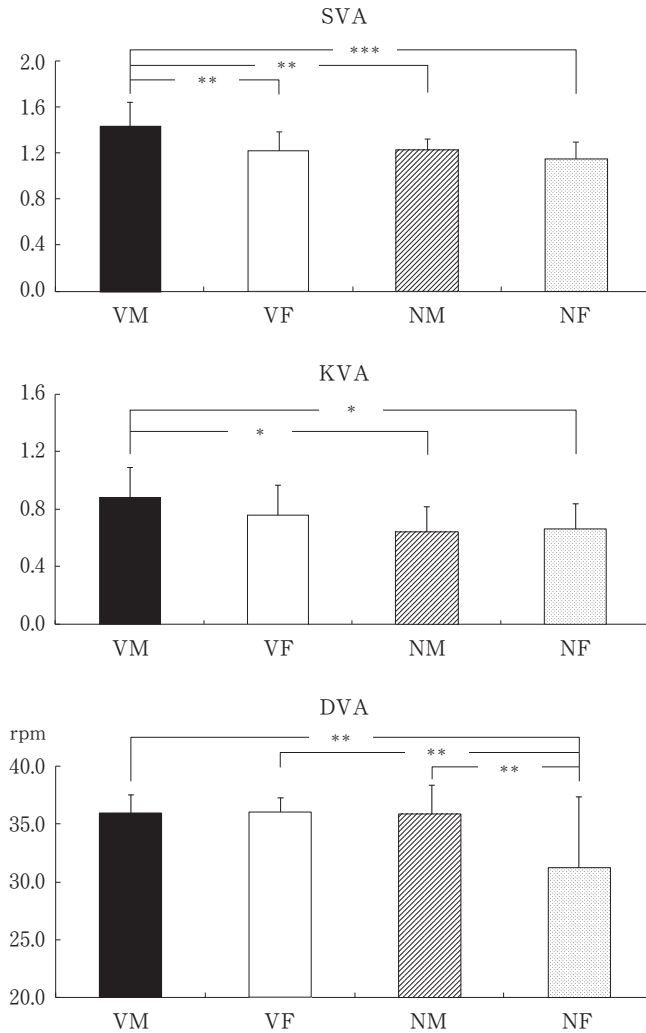
SVA の平均値および標準偏差は VM 群  $1.43 \pm 0.21$ , VF 群  $1.21 \pm 0.18$ , NM 群  $1.20 \pm 0.13$ , NF 群  $1.14 \pm 0.16$  であった。VM 群の平均値は VF, NM, NF 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意差は認められなかった。

KVA の平均値および標準偏差は VM 群  $0.88 \pm 0.21$ , VF 群  $0.75 \pm 0.22$ , NM 群  $0.63 \pm 0.18$ , NF 群  $0.66 \pm 0.18$  であった。VM 群の平均値は NM, NF 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意差は認められなかった。

DVA の平均値および標準偏差は VM 群  $35.89 \pm 1.72$ , VF 群  $36.01 \pm 1.33$ , NM 群  $35.84 \pm 2.62$ , NF 群  $31.12 \pm 6.33$  であった。VM, VF, NM 群の平均値は NF 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意差は認められなかった。

図 1-2 に四群のコントラスト感度 (CS), 眼球運動 (OMS), 深視力 (DP) の測定結果を示した。

CS の平均値および標準偏差は VM 群  $6.50 \pm 1.12$ , VF 群  $6.55 \pm 0.78$ , NM 群  $5.36 \pm 1.23$ , NF



**Fig. 1-1** Comparison of sports vision among VM, VF, NM and NF groups

VM: University volleyball Players (Male)

VF: University volleyball Players (Female)

NM: University Non-athletes (Male)

NF: University Non-athletes (Female)

SVA: Static Visual Acuity, KVA: Kinetic Visual Acuity, DVA: Dynamic Visual Acuity.

\* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$  \*\*\* $p < 0.001$

群  $5.60 \pm 0.80$  であった。VM, VF 群の平均値は NM 群の平均値より, VF 群の平均値は NF 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間平均値には有意差は認められなかった。

OMS の平均値および標準偏差は VM 群  $68.30 \pm 22.18$ , VF 群  $66.18 \pm 8.67$ , NM 群  $68.73 \pm 11.29$ , NF 群  $64.40 \pm 10.23$  であった。四群間の平均値には有意差は認められなかった。

DP の平均値および標準偏差は VM 群  $12.22 \pm 7.76$ , VF 群  $8.08 \pm 4.46$ , NM 群  $9.92 \pm 5.17$ , NF 群  $14.63 \pm 9.37$  であった。VF 群の平均値は NF 群の平均値より有意に優れた値を示した。他の

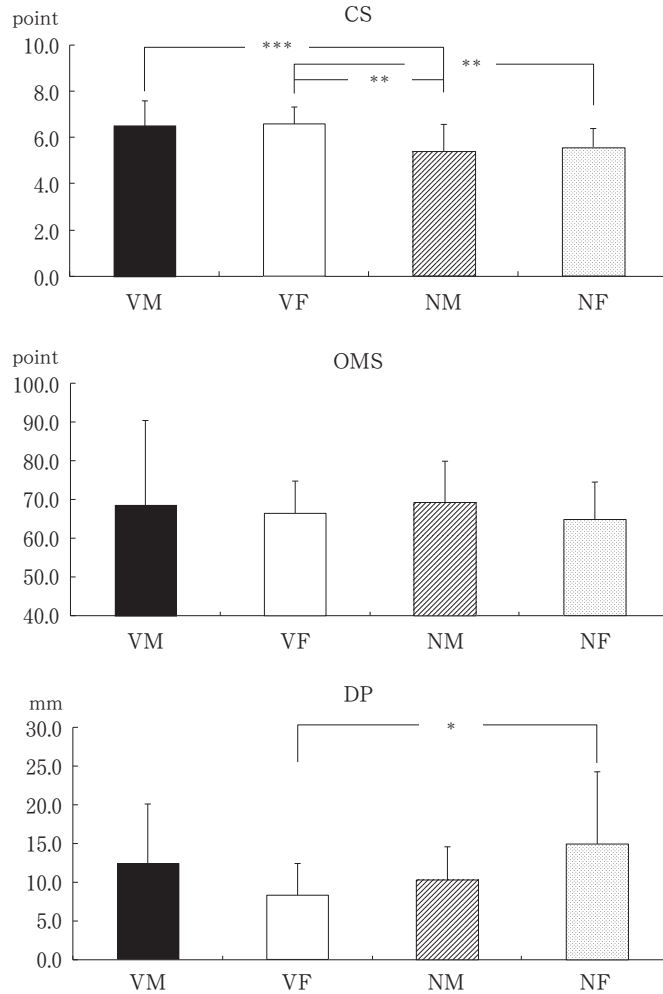


Fig. 1-2 Comparison of sports vision among VM, VF, NM and NF groups

VM: University volleyball Players (Male)

VF: University volleyball Players (Female)

NM: University Non-athletes (Male)

NF: University Non-athletes (Female)

CS: Contrast Sensivity, OMS: Ocular-Motor Skill, DP: Depth Perception.

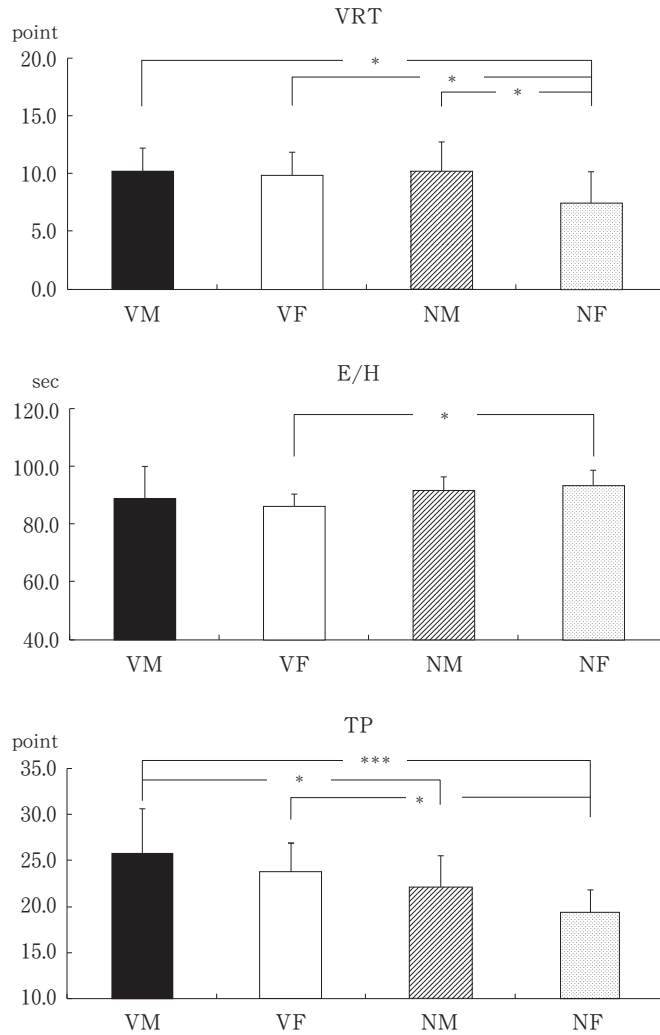
\* $p < 0.05$

群間の平均値には有意差は認められなかった。

図 1-3 に四群の瞬間視力 (VRT), 眼と手の協応動作 (E/H), スポーツビジョン評価基準に基づいてそれぞれの項目を 5 段階で評価した合計得点 (TP) を示した。

VRT の平均値および標準偏差は VM 群  $10.20 \pm 2.04$ , VF 群  $9.73 \pm 2.18$ , NM 群  $10.09 \pm 2.64$ , NF 群  $7.30 \pm 2.90$  であった。VM, VF, NM 群の平均値は NF 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意差は認められなかった。

E/H の平均値および標準偏差は VM 群  $88.40 \pm 10.07$ , VF 群  $85.64 \pm 4.83$ , NM 群  $90.82 \pm 4.30$ ,



**Fig. 1-3** Comparison of sports vision among VM, VF, NM and NF groups

VM: University volleyball Players (Male)

VF: University volleyball Players (Female)

NM: University Non-athletes (Male)

NF: University Non-athletes (Female)

VRT: Visual Reaction Time, E/H: Eye-Hand Coordination, TP: Total Point.

\* $p < 0.05$  \*\*\* $p < 0.001$

NF 群  $92.30 \pm 5.46$  であった。VF 群の平均値は NF 群の平均値より有意に優れた値を示した。他の群間の平均値には有意差は認められなかった。

TP の平均値および標準偏差は VM 群  $25.70 \pm 4.94$ , VF 群  $23.64 \pm 3.31$ , NM 群  $22.00 \pm 3.52$ , NF 群  $19.40 \pm 2.50$  であった。VM 群の平均値は NM, NF 群の平均値より、VF 群の平均値は NF 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意差は認められなかった。

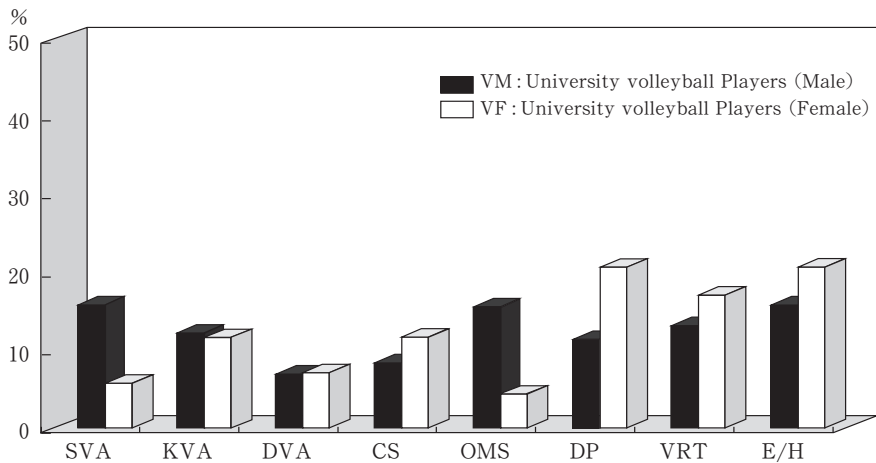


**B. 重回帰分析による相対性貢献度**

合計得点 (TP) を従属変数 (目的変数), 各測定項目 (SVA, KVA, DVA, CS, OMS, DP, VRT, E/H) を独立変数 (説明変数) とし, 重回帰分析を行い相対性貢献度を算出した。

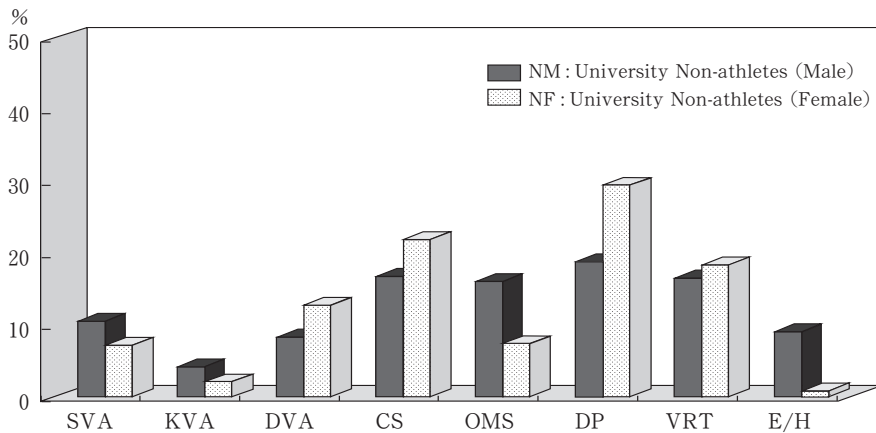
**1. 男子, 女子大学バレーボール選手の相対性貢献度**

図 2 に VM, VF 群の各測定項目の相対性貢献度を示した。



**Fig. 2** Contribution rates of each factor for VM and VF groups

SVA : Static Visual Acuity, KVA : Kinetic Visual Acuity,  
 DVA : Dynamic Visual Acuity, CS : Contrast Sensitivity,  
 OMS : Ocular-Motor Skill, DP : Depth Perception,  
 VRT : Visual Reaction Time, E/H : Eye-Hand Coordination.



**Fig. 3** Relative contribution rates of each factor for NM and NF groups

SVA : Static Visual Acuity, KVA : Kinetic Visual Acuity,  
 DVA : Dynamic Visual Acuity, CS : Contrast Sensitivity,  
 OMS : Ocular-Motor Skill, DP : Depth Perception,  
 VRT : Visual Reaction Time, E/H : Eye-Hand Coordination.

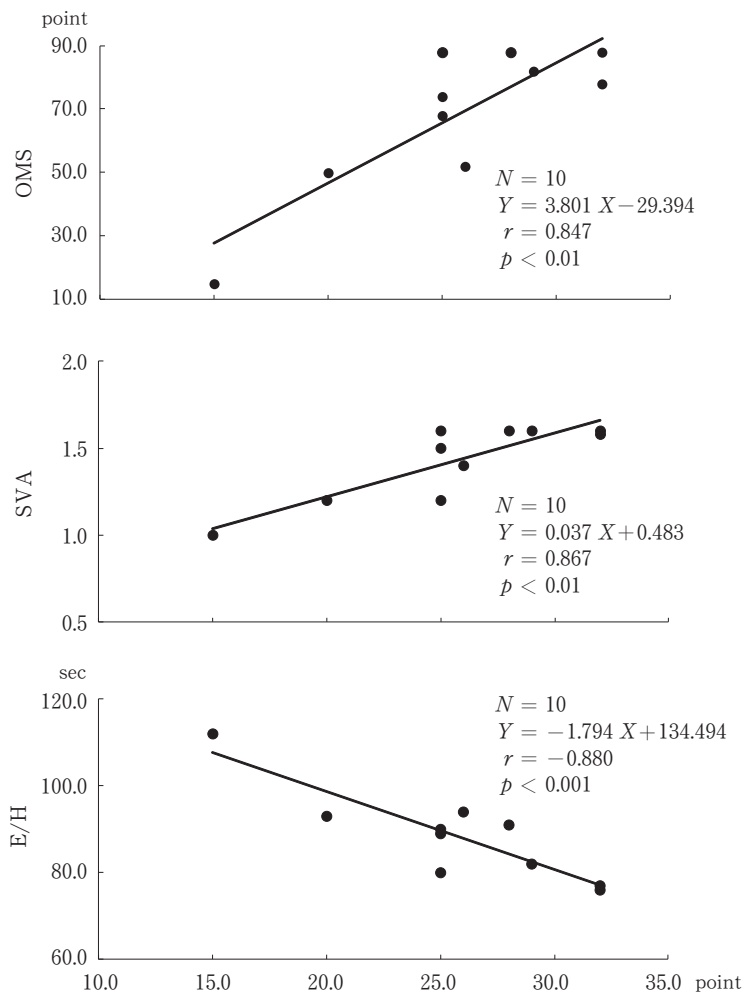
VM 群の合計得点に対する相対性貢献度は SVA 15.9%, KVA 12.3%, DVA 6.9%, CS 8.4%, OMS 15.5%, DP 11.4%, VRT 13.4%, E/H 16.2%であった。

VF 群の合計得点に対する相対性貢献度は SVA 5.9%, KVA 11.6%, DVA 7.1%, CS 11.7%, OMS 4.5%, DP 21.0%, VRT 17.3%, E/H 20.9%であった。

## 2. 一般男子, 女子学生の相対性貢献度

図3にNM, NF群の各測定項目の相対性貢献度を示した。

NM群の合計得点に対する相対性貢献度は SVA 10.6%, KVA 4.2%, DVA 8.3%, CS 16.7%, OMS 15.9%, DP 18.8%, VRT 16.5%, E/H 9.0%であった。



**Fig. 4** Correlation between E/H, SVA, OMS and TP (VM groups)

VM: University volleyball Players (Male)

E/H: Eye-Hand Coordination, SVA: Static Visual Acuity,

OMS: Ocular-Motor Skill, TP: Total Point.

NF 群の合計得点に対する相対性貢献度は SVA 7.2%, KVA 2.1%, DVA 12.7%, CS 21.9%, OMS 7.4%, DP 29.5%, VRT 18.4%, E/H 0.9%であった。

### C. VM, VF 群に対する貢献度の高い視機能と合計得点との関係

#### 1. VM 群に対する貢献度の高い視機能 (E/H, SVA, OMS) と合計得点 (TP) との関係

図 4 に E/H, SVA, OMS と TP との関係を示した。

E/H と TP との間には  $r = -0.880$  ( $p < 0.001$ ) の有意な負の相関関係が認められた。

SVA と TP との間には  $r = 0.867$  ( $p < 0.01$ ) の有意な正の相関関係が認められた。

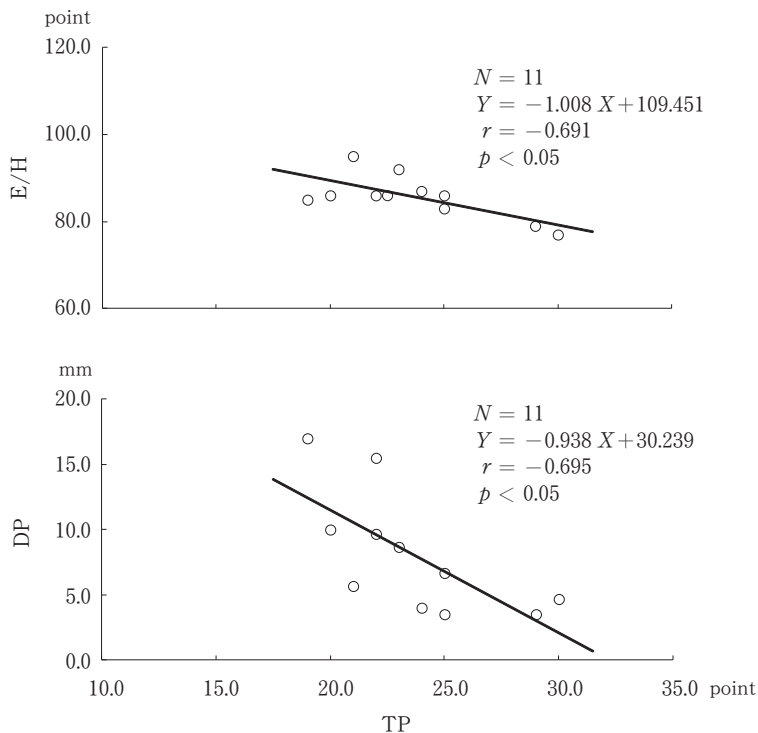
OMS と TP との間には  $r = 0.847$  ( $p < 0.01$ ) の有意な正の相関関係が認められた。

#### 2. VF 群に対する貢献度の高い視機能 (DP, E/H) と合計得点 (TP) との関係

図 5 に DP, E/H と TP との関係を示した。

DP と TP との間には  $r = -0.695$  ( $p < 0.05$ ) の有意な負の相関関係が認められた。

E/H と TP との間には  $r = -0.691$  ( $p < 0.05$ ) の有意な負の相関関係が認められた。



**Fig. 5** Correlation between DP, E/H and TP (VF groups)

VF: University volleyball Players (Female)

DP: Depth Perception, E/H: Eye-Hand Coordination,

TP: Total Point.

#### IV. 考 察

バレーボール競技はネットを挟んで複数の競技者がコートに入り試合をおこなうためネットを挟んだラリーの攻防は変化が激しく、常に多くの情報を把握し状況判断を的確にすることが求められる。さらに相手の動きや状況を読む能力が必要とされる。そのためには情報をもとに行動を起こさせる役目をもつ「視覚」が重要な機能となる。「視る能力」いわゆる眼が良いことはバレーボール選手に求められる能力の1つであり、視機能の優劣が競技力に大きな影響を与えるものと思われる。

静止視力は通常「視力」と呼ばれ最も一般的な視覚測定である。静止視力がスポーツの競技能力に与える影響は、両眼視力 1.2 のときがスポーツの競技能力を 100% 発揮し、両眼視力の低下と共に競技能力も低下すると報告されている<sup>7)</sup>。枝川<sup>8)</sup> は近視・乱視・遠視などの屈折異常や不同視があると、外界の像は網膜に明瞭に結ばれないため脳に送られる情報は不完全になると報告している。真下<sup>30)</sup> は静止視力のビジュアルトレーニングは不可能であり、その競技に適した方法で矯正するように指導し、屈折異常、調節異常で視力が低下した場合は、コンタクトレンズ、メガネ使用などで屈折矯正を行うことで視力を矯正することが可能であると報告している。石垣<sup>2)</sup> はスポーツにおける矯正では矯正視力は 0.7 以上、できれば健常視力である 1.2 まで矯正することが望ましいと報告している。表 1 に示したように視力矯正者は VM 群 10% (コンタクトレンズ使用 1 名)、VF 群 55% (コンタクトレンズ使用 5 名) であった。視力矯正者を含めて静止視力の平均値および標準偏差は VM 群  $1.43 \pm 0.21$ 、VF 群  $1.21 \pm 0.18$  であった。VM 群の平均値は VF 群より有意に高い値を示した。両群の静止視力は最高の競技能力を発揮する静止視力を有していると思われる。

動体視力は動く対象物に対する明視能力であるが、この概念は日本と欧米では異なっている。日本では対象が近接する、すなわち眼前に向けて直進する方式を採用し、1960 年代から研究が始まった。鈴木<sup>13)</sup> はこれを Kinetic Visual Acuity (KVA) と名づけた。KVA は日本独自の概念である。欧米では指標を水平に動かす方式を採用し 1950 年より研究が始まった。Miller ら<sup>32)</sup> はこれを Dynamic Visual Acuity (DVA) と名づけた。欧米で動体視力といえば DVA をさす。本研究では KVA, DVA 動体視力の両機能を測定した。KVA 動体視力は遠くから一定の速度でまっすぐに自分の方に近づいてくる目標を見る時の最小分離域を測定している。KVA 動体視力について鈴木<sup>14)</sup> は動体視力には眼の調節作用、網膜機能、中枢が関係しており中でも指標の動きに合わせた滑らかな調節作用が最も重要であると報告している。Demer ら<sup>20)</sup> は網膜像の垂直方向の動きが視力に影響すると報告している。また真下<sup>25)</sup> は 15~20 歳をピークにその後は 40 代後半までに徐々に低下し、それ以後は急カーブを描いて低下するといわれている。KVA 動体

視力の平均値および標準偏差は VM 群  $0.88 \pm 0.21$ , VF 群  $0.75 \pm 0.22$  であった。両群の平均値には有意差は認められなかったが VM 群が高い値を示した。

DVA 動体視力は欧米でいう動体視力である。速く動く目標の像を正確に中心窩に保持する能力の測定である。眼前を横切る目標を見る時、まず跳躍性眼球運動により視線を目標にあわせようとする。このときは形態認識能力はむしろ低下している。視線が目標にあってくると、次に随従性眼球運動で目標の像を中心窩に保持しようとする。中心窩に正確に像が結ばれて、はじめて目標の形態が判明する<sup>26)</sup>。石垣<sup>3)</sup>は DVA 動体視力は 10 歳ごろまでに急速に発達し、20 歳ごろをピークとし、その後は年齢とともに低下するが、個人差が大きいと報告している。DVA 動体視力はトレーニングによって向上するという報告がある<sup>33), 35), 39)</sup>。男子大学スポーツ選手と非スポーツ選手を比較するとスポーツ選手の方が優れていると報告されているが、その差は 4~7%とされている<sup>4)</sup>。今回の VM 群は NM 群より 0.2%, VF 群は NF 群より 15.7%優れていた。DVA 動体視力の平均値および標準偏差は VM 群  $35.89 \pm 1.72$ , VF 群  $36.01 \pm 1.33$  であった。両群の平均値には有意差は認められなかったが VF 群が高い値を示した。石垣<sup>1)</sup>によれば静止視力 (SVA) と KVA 動体視力 (KVA) との間に  $(SVA) \times (D) = (KVA)$  という関係があり、一般の人の場合には (D) は平均 0.7 であるが、スポーツ選手の場合 (D) がさらに 1.0 近くになる。しかし、1.0 をこえることはあり得ないとしている。この D 値の平均値および標準偏差は VM 群  $0.61 \pm 0.12$ , VF 群  $0.63 \pm 0.17$  であった。VM 群, VF 群の静止視力に対する KVA 動体視力の比は報告に比べて低い値であった。静止視力, KVA 動体視力は VM 群が VF 群より高い値を示したが、D 値は僅かながら VF 群の方が高い値を示した。

コントラスト感度は明暗の微妙な違いを識別する能力であり、コントラストの異なる指標の縞模様の方向を認別するものである。この種の刺激に特異的な感度を示す独立した脳神経経路があることが報告されている<sup>11)</sup>。コントラスト感度の平均値および標準偏差は VM 群  $6.50 \pm 1.12$ , VF 群  $6.55 \pm 0.78$  であった。両群の平均値には有意差は認められなかったが VF 群が高い値を示した。

眼球運動は眼球の外側には 6 つの外眼筋があり、協同して視線の方向をコントロールしている。眼が正確に目標をむかえば目標の像は中心窩に保持され、色や形を認識することができる。眼球運動の測定はこの原理を利用したもので網膜の周辺に映った目標をすばやく中心窩に移動させる跳躍性眼球運動の能力を測定している。眼球運動は眼球の外側には 6 つの外眼筋が大きく関係する機能なので、同じ要素を有する DVA 動体視力とある程度の相関がある<sup>25)</sup>。吉井<sup>36)</sup>は DVA 動体視力の測定中に EOG を記録し、DVA 動体視力の測定中の眼球運動について分析した。その結果、DVA 動体視力の差は「眼を速く動かせるか」というよりも「眼を大きく動かせるか」がその要因であると報告している。このことはまず指標の動きを正確に認識し、その後、眼を素速く大きく動かして指標に追いついたらその指標の動きと眼の動きをできるだけ長く一致させる能力の差ではないかと思われる。この能力には指標の動きが高速になると跳躍性眼球運動が

必要となってくる。高速で動く対象には跳躍性眼球運動が関わることから DVA 動体視力の発達は跳躍性眼球運動の発達と密接に関係すると考えられる。ゆっくりと動く対象を注視する随従性眼球運動は生後発達する<sup>16)</sup>。苧阪ら<sup>6)</sup>は跳躍性眼球運動は15歳～18歳までに漸近的に完成すると報告している。パーソナルコンピュータを使用して跳躍性眼球運動の加齢影響をみた吉井<sup>37)</sup>らの結果は20歳ごろがピークであると報告している。眼球運動の平均値および標準偏差はVM群  $68.30 \pm 22.18$ , VF群  $66.18 \pm 8.67$ であった。両群の平均値には有意差は認められなかったがVM群が高い値を示した。

スポーツ競技ではほとんどの対象物は動いているので対象物の奥行きを知覚が大切であり、これを認識するのに「両眼のチームワーク」は欠かせない眼の機能である<sup>19)</sup>。両眼視のなかで最も発達したものが立体視であり、立体視の程度を表したのが深視力である。深視力も動体視力同様トレーニングによって向上することが報告されている<sup>12)</sup>。深視力の平均値および標準偏差はVM群  $12.22 \pm 7.76$ , VF群  $8.08 \pm 4.46$ であった。両群の平均値には有意差は認められなかったがVF群が優れた値を示した。

瞬間視力は素早い情報の入力システムの能力である。網膜上に投影された像は刺激が終了した後もしばらく消失しないで残存する。これは「短期視覚情報保存」と呼ばれ、visual information storage (VIS) あるいは iconic storage と言われている。短期保存された情報は、記憶呼び出し回路を通過して、「今何を見た」と瞬間的に思い出すことができる。この情報量には個人差が生じるが、目標物のパターンが自分の記憶内にある物体、知っている文字や形や風景であれば、認識→記憶の呼び出しというプロセスがより迅速に行われる。真下ら<sup>15)</sup>はこの能力は年齢との関係は少なく、他の多くの視機能のように加齢によって著しく低下することはない。そして瞬間視は脳内情報処理に関わるものと考えられ、急速なトレーニング効果は期待できないがトレーニング効果の認められる機能であると報告している。瞬間視力の平均値および標準偏差はVM群  $10.20 \pm 2.04$ , VF群  $9.73 \pm 2.18$ であった。両群の平均値には有意差は認められなかったがVM群が高い値を示した。

眼と手の協応動作は敏捷性が関係するが、反応の速さよりもむしろ一点に集中しないで視野全体に意識を向け、周辺視でターゲットを捉える能力に関係する。この動作では、網膜と眼窩内の眼球の感覚情報が処理され、運動信号が手を動かす<sup>10)</sup>。またこの能力は視野全体に意識を向け、周辺視でターゲットを捉える能力に関係する。眼と手の協応動作の平均値および標準偏差はVM群  $88.40 \pm 10.07$ , VF群  $85.64 \pm 4.83$ であった。両群の平均値には有意差は認められなかったがVF群が優れた値を示した。真下ら<sup>27)</sup>は卓球の全日本強化選手、大学強化選手とも男子選手より女子選手の方が静止視力、KVA 動体視力、コントラスト感度において優れ、瞬間視力、眼と手の協応動作で劣り、DVA 動体視力では差がないという傾向であったものの、有意差は眼と手の協応動作だけであった。しかしながら眼と手の協応動作は形態の差にもとづくものとみなされ性差

はなかったと報告している。今回の測定項目を平均値でみると VM 群は VF 群より静止視力、KVA 動体視力、DVA 動体視力、眼球運動、瞬間視力が優れた値を示した。VF 群は VM 群よりコントラスト感度、深視力、眼と手の協応動作が優れた値を示した。VM 群の静止視力は VF 群より有意に優れた値を示したが、他の測定項目には両群に有意差は認められなかった。

次に各測定結果をスポーツビジョン評価基準に基づいて VM、VF 群の合計得点を算出した。合計得点と競技力との間に高い正の相関関係を認める報告が多く見られる<sup>17), 24), 28), 29), 34), 38)</sup>。合計得点の平均値および標準偏差は VM 群  $25.70 \pm 4.94$ 、VF 群  $23.64 \pm 3.31$  であった。両群の平均値は VM 群が高い値を示したが、有意差は認められなかった。そこで合計得点に対して測定項目のどの因子が貢献しているのかについて検討した。

合計得点を従属変数、各測定項目を独立変数とし、重回帰分析を行い、測定項目の因子の貢献度について検討した。その結果、VM 群の相対性貢献度は E/H、SVA、OMS、VRT、KVA、DP、CS、DVA の順に高い値であった。VF 群の相対性貢献度は DP、E/H、VRT、CS、KVA、DVA、SVA、OMS の順に高い値であった (図 2)。VM 群に対する相対性貢献度の高い視機能 (E/H、SVA、OMS) と合計得点 (TP) との関係を図 4 に示した。E/H と TP との間に  $r = -0.880$  ( $p < 0.001$ ) ( $p < 0.001$ ) の有意な負の相関関係、SVA と TP との間に  $r = 0.867$  ( $p < 0.01$ ) の有意な正の相関関係、OMS と TP との間に  $r = 0.847$  ( $p < 0.01$ ) の有意な正の相関関係が認められた。VF 群に対する相対性貢献度の高い視機能 (DP、E/H) と合計得点 (TP) との関係を図 5 に示した。DP と TP との間に  $r = -0.695$  ( $p < 0.05$ ) の有意な負の相関関係、E/H と TP との間に  $r = -0.691$  ( $p < 0.05$ ) 有意な負の相関関係が認められた。

これらのことから VM 群の合計得点と高い関連性のある測定項目は眼と手の協応動作、静止視力、眼球運動、VF 群は深視力、眼と手の協応動作と推定された。男子バレーボールの特徴として高さやパワーがあげられる。大学バレーボール選手のスパイク速度は男子学生 79.1 km/h、女子学生 70.9 km/h と差異がみられる<sup>18), 21)</sup>。また静止視力と KVA 動体視力は高い相関があることが報告されている<sup>5), 33), 34)</sup>。VM 群は前方からのスピードあるボールに対して静止視力と関連する KVA 動体視力や眼球運動を駆使し対応する必要性からこのような結果になったと考えられる。

VF 群の合計得点と高い関連性のある測定項目は深視力であった。深視力は奥行きを認識する感覚で、遠方と近方で離れた 2 点の距離の差を区別できる最小の値を立体視機能や遠近感覚がその要素に含まれる<sup>9)</sup>。女子バレーボールは男子バレーボールに比べてラリーが長く続き、ぎりぎりのボールを拾うプレーが多く見られる。そのような状況下でのセッターや味方へのトスの距離感、コート上の位置感覚や相手との位置関係などが戦術の重要なポイントとなることからこのような結果になったと考えられる。

両群の合計得点と高い関連性のある測定項目に共通する因子は眼と手の協応動作であった。眼と手の協応動作は敏捷性が関係するが、反応の速さよりむしろ一点に意識を集中しないで視野全

体に意識を向け、周辺視でターゲットを捉える能力に関係する。またその他の要素として注意力・認識力・反応速度・重心移動・空間位置覚などさまざまな要素が含まれていると考えられる<sup>9)</sup>。バレーボール競技の時間差やフェイントなどの戦術を考えると、中央を固視しながら同時に周辺に意識を配る機能は大学男子、女子バレーボール選手に共通した重要な視機能であると思われる。

また VM 群、VF 群の相対性貢献度は図 3 に見られる NM、NF 群の相対性貢献度とも異なった因子構造をもち VM、VF 群の視機能の特徴が明らかになった。今回の被験者である大学バレーボール選手は競技歴が 8~10 年であった。長年の優れた技術や視機能を必要とする環境下での練習が専門的視覚能力となっていると思われる。

以上のことより、今回の VM 群と VF 群の合計得点に対する各測定項目の相対性貢献度を見てみると VM 群は眼と手の協応動作、静止視力、眼球運動、VF 群は深視力、眼と手の協応動作が重要な視機能であり特徴的な差異が認められた。両群に共通する因子は眼と手の協応動作であった。そして男女別に定量化することにより、それぞれ重要とされるスポーツビジョントレーニング項目が示唆された。

## V. 結 論

男子大学バレーボール選手 (VM 群) および女子大学バレーボール選手 (VF 群) を対象に競技力に重要な因子である視機能に性差が見られるのか、また視機能を構成する測定項目のどの因子が貢献しているのか、そしてバレーボール選手にどのような視機能の測定項目をトレーニングしていく必要があるのかについてスポーツビジョンの測定を実施し検討した。測定項目を平均値で見ると VM 群は VF 群より静止視力、KVA 動体視力、DVA 動体視力、眼球運動、瞬間視力が優れた値を示した。VF 群は VM 群よりコントラスト感度、深視力、眼と手の協応動作が優れた値を示した。VM 群の静止視力は VF 群より有意に優れた値を示したが、他の測定項目には両群に有意差は認められなかった。

VM 群と VF 群の合計得点に対する各測定項目の相対性貢献度を見てみると VM 群は眼と手の協応動作、静止視力、眼球運動、VF 群は深視力、眼と手の協応動作が重要な視機能であり特徴的な差異が認められた。両群に共通する因子は眼と手の協応動作であった。

### 参考・引用文献

- 1) 石垣尚男：スポーツと眼，大修館書店，東京，1992.
- 2) 石垣尚男：スポーツにおける視力矯正 — 適正な視力矯正の指針作成のための実験研究 —，第 46 回日本体育学会，260，1994.
- 3) 石垣尚男：ヒトの DVA 動体特性，京都産業大学現代体育研究所紀要，9，61-67，2000.
- 4) Ishigaki, H., Miyano, M.: Differences dynamic visual acuity between athletes and nonathletes,



- Perceptual and Motore Skills* 77, 835-839, 1993.
- 5) 石垣尚男：スポーツビジョンの測定と評価, 臨床スポーツ医学 12, 10, 1105-1112, 1995.
  - 6) 苧阪良二, 三輪武次, 杉本助男, 木田光朗, 谷口正子, 鈴木初恵：角膜反射法により眼球運動機能の発達の側面, 名古屋大学環境研究年報, 29, 54-59, 1978.
  - 7) 枝川 宏, 石垣尚男, 真下一策, 横江淳子, 牧田京子, 高橋宏子, 松井康樹, 遠藤文夫：スポーツ選手における視力と競技能力, 臨床スポーツ医学, 13, 7, 806-810, 1996.
  - 8) 枝川 宏：眼科的メディカルチェック, 臨床スポーツ医学, 18, 8, 871-879, 2001.
  - 9) 枝川 宏：スポーツビジョン, 臨床スポーツ医学, 18, 8, 881-891, 2001.
  - 10) 金井 淳監訳：スポーツ眼科, 視覚トレーニング, ナップ, 東京, 1999.
  - 11) Campbell F. W., Robson J. G.: Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. *J Physiol*, 197, 551-566, 1968.
  - 12) Stine, C. D., Arterbure, M. R., Stern, N. S.: Vision and sports, A review of the literature, *J of Ame Optom Assoc*, 53, 8, 627-633, 1982.
  - 13) 鈴村昭弘：空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発, 日眼会誌, 75, 9, 22-54, 1966.
  - 14) 鈴村昭弘：動体視力の研究, 名古屋大学環境医学研究年報, 13, 79-108, 1962.
  - 15) スポーツビジョン研究会編：スポーツのための視覚学, ナップ, 東京, 1997b.
  - 16) Takeichi, N., Fukushima, J., Kurkin, S., Yamanobe, T., Shinmei, Y., Fukushima, K.: Directional asymmetry in smooth ocular tracking in the presence of visual background in young and adult primates, *Exp Bran Res* in press, 380-390, 2003.
  - 17) 竹内敏康, 青木和浩, 東根明人, 花岡 大, 吉儀 宏：大学男子バスケットボール選手の視機能に関する研究, 順天堂大学スポーツ健康科学研究, 4, 155-162, 2000.
  - 18) 田中信雄, 村上博巳, 川之上豊, 横矢勇一, 明石正和：バレーボール選手の競技能力判定法に関する研究（第2法）——バレーボール指数について——, 城西大学研究年報, 35, 23-40, 2012.
  - 19) 内藤貴雄：眼で考えるスポーツ, ベースボールマガジン社, 東京, 1995.
  - 20) Demer, J. L., Amjadi, F.: Dynamic visual acuity of normal subjects during vertical optotype and head motion, *Investigative Ophthalmology Visual Science*, 34, 6, 1894-1906, 1993.
  - 21) 中西康己, 都澤凡夫：バレーボールのスパイクスピードと体幹屈曲力との関係, バレーボール研究, 9, 1, 5-10, 2007.
  - 22) 真下一策, 石垣尚男, 枝川 宏, 遠藤文夫：スポーツビジョンの利用法（スポーツ現場のフィードバック）, 臨床スポーツ医学 14, 8, 921-924, 1997.
  - 23) 真下一策, 石垣尚男, 遠藤文夫：新しいスポーツビジョン検査項目と基準値, 臨床スポーツ医学 11, 10, 1203-1207, 1994.
  - 24) 真下一策：ビジュアルトレーニングの実際, 臨床スポーツ医学, 12, 10, 1121-1125, 1995.
  - 25) 真下一策編：スポーツビジョン（第2版）——スポーツのための視覚学——, ナップ, 東京, 2002.
  - 26) 真下一策：動体視力, 体力科学, 46, 321-326, 1997a.
  - 27) 真下一策, 石垣尚男, 遠藤文夫：卓球強化選手のスポーツビジョン能力の性差, 日本体育協会スポーツ科学研究報告集, No.9卓球, 108-111, 1996.
  - 28) 真下一策, 石垣尚男, 枝川 宏, 遠藤文夫：ビジュアルトレーニングの実際——その1——, 臨床スポーツ医学, 13, 7, 801-805, 1996.
  - 29) 真下一策, 石垣尚男, 遠藤文夫：トッププレイヤーのスポーツビジョン検査, 臨床スポーツ医学, 11, 2, 198-203, 1994.
  - 30) 真下一策：競技種目別スポーツビジョン, 臨床スポーツ医学, 12, 10, 1113-1119, 1995.
  - 31) 増山光洋：バレーボール選手におけるスポーツビジョン能力の検討——Vリーグ選手と大学選手の比較——, 育英短期大学研究紀要, 23, 45-53, 2006.
  - 32) Miller, J. W., Ludvigh, E.: The effect of relative motion on visual acuity, *Sure, Ophthalmology*, 7,

- 83-13, 1962.
- 33) 村上博巳, 山岡憲二, 山本武司, 田阪登紀夫: 女子卓球選手動体視力特性, 同志社スポーツ健康科学, 2, 26-37, 2010.
  - 34) 山本武司, 山岡憲二, 増田 洋, 田阪登紀夫, 足利善男, 村上博巳, 田中信雄: 卓球選手のスポーツビジョン研究, 京都産業大学現代体育研究所紀要, 10, 37-45, 2001.
  - 35) 山田久恒, 森田修郎: 動体視力に関する研究, 眼調節のトレーニングと動体視力との関係, 体育学研究, 14, 73-81, 1967.
  - 36) 吉井 泉: 真下一策編, スポーツビジョン (第2版) — スポーツのための視覚学 — DVA (動くものを見る力) の決め手は何だ? — DVA 動体視力測定中の眼球運動の分析 —, 40, ナップ, 東京, 2002.
  - 37) 吉井 泉, 石垣尚男: 眼球運動の加齢影響と性差, 日本体育学会第50回記念大会抄録集, 329, 1999a.
  - 38) 吉田清司, 野呂 進, 佐藤雅幸: スポーツにおける視覚能力に関する研究(2), — Vリーグ選手と高校生選手との比較 —, 専修大学体育研究紀要, 20, 13-24, 1996.
  - 39) Long, G. M., Riggs, C. A.: Training effects on dynamic visual acuity free-head viewing, *Perception* 20, 363-371, 1991.