

ジュニアテニス選手の視機能と球技能力に関する研究

和田 優¹・米田 悠²・石垣尚男³

要旨：人間は外部情報の80～90%は眼を通して得ているといわれており、視機能がゲームセンスに大きな影響を与えていると考えられる。年少期の子供は視機能が発達状態にあるため、年齢や個人差による視機能の発達状態の違いが競技能力の差に大きく影響してくる。本研究では、近畿大会出場もしくはそれ以上の競技能力を持つジュニアテニス選手22名を被験者としてスポーツビジョンの測定を行い、ジュニアテニス選手の視機能の特徴や問題点を明らかにした。この長所を伸ばし、問題点を改善するためにパソコンソフト等を用いた視機能トレーニングを半年間実施した。その結果、視機能の著しい向上が認められ、また競技実績においても全日本ジュニア選手権に出場する選手を輩出した。

キーワード：視機能、スポーツビジョン、瞬間視、眼球運動、視機能トレーニング、瞬目

1. はじめに

近年、スポーツの世界では競技者の低年齢化が著しい。そのため、トップを目指すプレーヤーは年少期からトレーニングを開始し、高度な技術や経験を身につけなければならないといわれている。とりわけテニスの世界では小学校低学年やそれ以下の年齢からトレーニングを始める子どもが増えてきている。その中でも、すぐに上達する子とそうでない子とがあり、これまでこのような競技能力の差は、ゲームセンスの差という曖昧な表現で表されてきた。一般に、相手やボールの動きにすばやく反応し、臨機応変に対応できる選手がゲームセンスのある選手といわれている。このことから、ゲームセンスとはその選手が外部からの情報を大量かつ瞬間的に処理する能力のことを指していると考えられる。人間は外部情報の80～90%は眼を通して得ているといわれており、視機能がゲームセンスに大きな影響を与えていると考えられる。

石垣はDVA動体視力（横方向に動くものを見分ける能力）の発達と低下の加齢影響について調査した結果、5～15歳にかけてDVA動体視力は発達し、20歳をピークに加齢と共に減少すると報告している¹⁾。特に、10歳頃までの伸びが顕著で、ちょうど身体が発育するとき動体視力も発達する。近年、スポーツは低年齢化が進んでいるが、年少期の子供は視機能が発達状態にあるため、年齢や個人差による視機能の発達状態の違いが競技能力の差に大きく影響し

ているものと考えられる²⁾。

本研究は、視機能の発達と競技能力との関係を調査し、どの視機能が競技能力に影響を及ぼすかを検討することを目的とした。またこの結果をもとに、より効率的なトレーニング方法を見出し、その効果を検証する。

2. スポーツビジョン測定

2.1 被験者

本研究では、大阪府下某テニスクラブに所属するジュニア選手120名のうち、育成クラスの男子9名、女子13名を被験者とした。彼らは10歳～15歳でテニス歴は4年～6年、近畿大会出場もしくはそれ以上の競技能力を持つ。被験者を大阪府ジュニアのランキングを基にA、B、C群の三つにクラス分けを行った。A群は、全国大会に近いレベルの選手としてランキングの上位7.5%以内の選手9名、B群は、近畿大会で中位レベルの選手としてランキングの上位20%以内の選手7名、それ以下の近畿大会で下位レベルの選手6名をC群とした。

2.2 測定内容

以上の被験者に対し、視機能の特徴を調べるために表1の8項目からなるスポーツビジョン検査^{3,4)}を実施した。スポーツビジョンとはスポーツと視覚の関係を総合的に研究する科学であり、米国オプトメトリック協会(AOA)の視機能検査17項目から最も競技力と相関が認められる8項目について検査が行われている。検査結果はスポーツビジョン研究会で設定された5段階評価で数値化され、項目別と総合的な視機能レベルを判定する。

1 舞鶴工業高等専門学校 電子制御工学科 教授

2 舞鶴工業高等専門学校 電気制御システム工学専攻科 学生

3 愛知工業大学 経営情報科学部 教授

表 1 スポーツビジョン 8 項目

測定項目	測定内容	測定装置
静止視力	静止物を見る視力	ランドル環
KVA 動体視力	前後方向の動体視力	kowa HI-10
DVA 動体視力	左右方向の動体視力	kowa AS-4D
コントラスト (CS) 感度	明暗の識別を認識する能力	sine wave contrast test
深視力	前後の距離感覚	kowa AS-7JS1
瞬間視	瞬間的に多くの情報を認知する能力	PC 表示
眼球運動	動くものを眼球で追う能力	PC 表示
手と眼の協応動作	視覚情報からすばやく手で反応する能力	kowa AS-24

なお、今回のスポーツビジョンの測定はテニスの練習前の最もリラックスした状態の下で行われた。

2. 3 測定結果

図 1 は各群ごとの総得点(40 点満点)の結果を示す。それぞれの平均値と標準偏差から群間で有意差が認められなかった。これは、A 群に静止視力(通常の視力)が悪い選手が多くいたことによるもので、視機能のベースとなる静止視力が悪いと当然ながら動体視力やコントラスト感度などの視機能も影響を受ける³⁾。そのため、全体としての総得点が低くなったと考えられる。しかし、これは眼鏡などで矯正することによって簡単に解決できる問題であり、ここでは静止視力が悪くてもテニスのうまい選手がいることに注目したい。

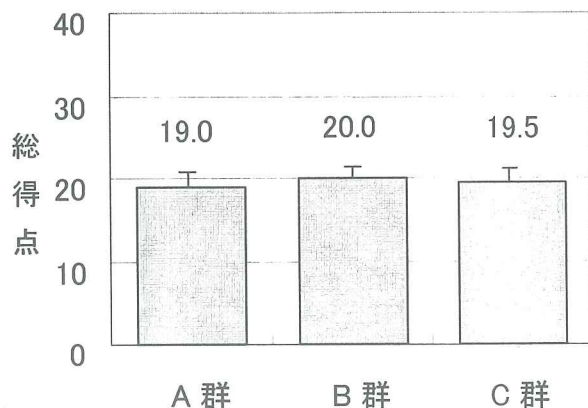


図 1 スポーツビジョン 8 項目の群別総得点

図 2 は検査項目別に各群ごとの平均値をプロットしたものである。この結果から、被験者の視機能に二つの特徴があることがわかった。一つの特徴は、瞬間視に大きな差が出たことである。競技能力の高

いA群の選手は静止視力の悪い選手が多く、KVA 動体視力やコントラスト感度などは他のB、C群より低かったが、瞬間視は他の群を大きく上回った。瞬間視は一瞬で周囲の状況をとらえる能力で「短期視覚情報」として網膜上に保存され、視中枢にて高度な視覚認識が行なわれ、この視覚情報が瞬時に処理される。このことから、A 群の選手は打球方向や相手の動きを一瞬のうちに中枢内でイメージとして記憶し、それを高速処理することですばやい反応を示していると考えられる。この瞬間視はトレーニング効果の認められる視機能⁵⁾であり、さらに伸ばしていくことも可能である。

もう一つの特徴は、眼球運動や手と眼の協応動作の項目で数名を除いて得点が1点だったことである。眼球には6つの筋肉(外眼筋)がついており、それらが協調して眼球の向き(視線)を変えている。視線を正確に目標に向けるということは、すべての外眼筋を使って網膜上に映った目標の像を正確に中心窩に保持することに他ならない。スポーツではいかにすばやく、かつ正確に目標に眼を向けることができるかが問題となる。眼球運動の測定結果から、被験者の多くは眼球ではなく、顔の動きでボールを中心窩で捕らえようとしていると考えられる。また、手と眼の協応動作は眼で目標をとらえ、それに対してすばやく手で反応する「もぐら叩き」のような検査である。この検査結果が悪いのは、眼球運動との相関や、測定装置のパネルが子供には少し大きすぎたため、指のタッチに難点があったと考えられる。

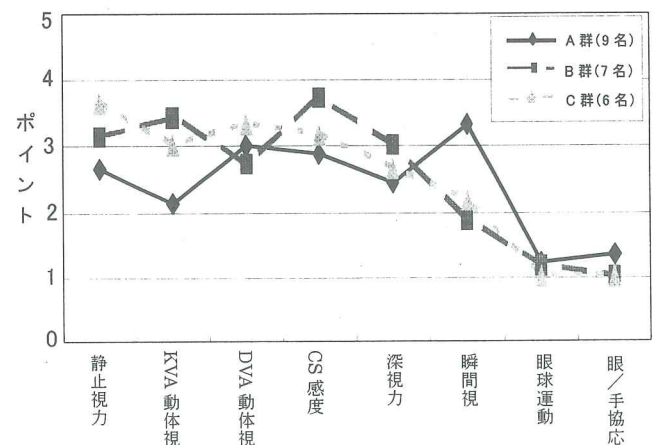


図 2 スポーツビジョン 8 項目の項目別平均得点

2. 4 瞬間視と眼球運動の検証実験

瞬間視と眼球運動の検査結果を検証するため以下のような実験を行った。最初の実験は瞬間視の検証実験で、ジャンケン後出で故意に「負け」を出すというものである。人間は中枢の長期記憶呼び出し回路を通して「今見たもの」を瞬時に視覚処理する。

ジャンケンでは中枢の長期記憶との対応から後出しの場合、「勝ちを出す」という習性がある。しかし「負けを出す」という反習性的な行為は、事前に短期記憶にインプットされた情報と外部から取り込まれた視覚情報を頭の中で高速に処理する必要がある。そのため、この実験は瞬時に正しい情報が処理できる優れた瞬間視の能力が要求される。図3は一人10回ずつ連続でジャンケンを行い、そのときの正解率(負けを出した割合)の平均および標準偏差を各群ごとにまとめたものである。A群の選手は正解率の平均が67%とB群(同36%)、C群(同34%)の選手と比べて高いことからA群の選手は瞬間視が優れているということが分かる。

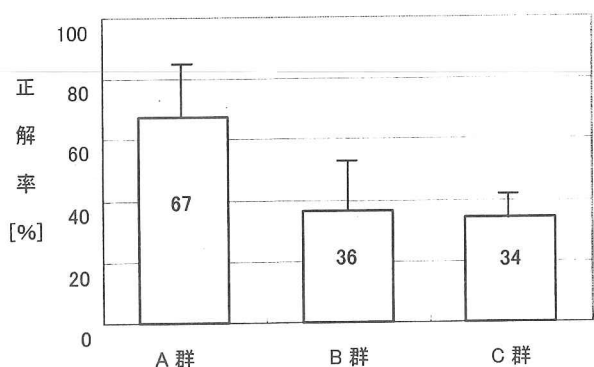


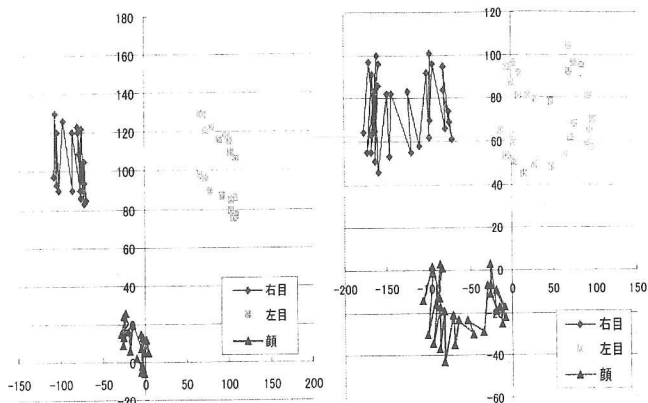
図3 ジャンケン後出し実験の結果



図4 眼球運動評価テストの実験風景

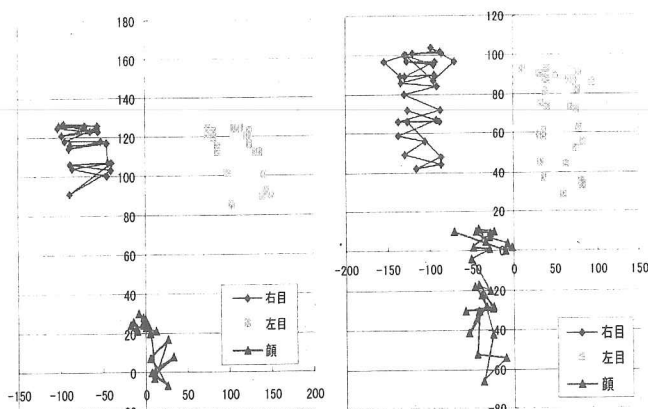
二つ目として、図4に示すような縦横30cmのフレームに数字を配置した「眼力ボード」を使用し、その数字を30cm離れた位置から顔を顎置き台に固定した状態で上下、左右交互に眼で追う実験を行った。そのときの眼と顔の動きをフレームから30cm離れた位置からデジタルビデオカメラで撮影し、その映像を基に眼と顔の動きの様子を測定した結果を図5に示す。ここで、顔の動きとして、鼻の頭上の動きをプロットした。

図5(A)のグラフは横方向の眼球運動、同図(B)は縦方向の眼球運動と顔の動きを表す。左のグラフは、



a) 眼球運動のよい選手 b) 眼球運動の悪い選手

A) 縦方向の眼球運動



a) 眼球運動のよい選手 b) 眼球運動の悪い選手

B) 横方向の眼球運動

図5 眼と顔の移動距離

スポーツビジョンの測定で眼球運動の得点が比較良かった選手のものである。縦方向の眼球運動に対して、顔の上下の変動が少なく、同時に左右方向のぶれも少ない。また、横方向の眼球運動に対しても同様な結果であった。これに対し、右のグラフは眼球運動の得点が悪かった選手で、縦・横方向の眼球運動に対して、顔が上下にも左右にも大きく動いていることがわかる。また、顔と眼の移動距離がほぼ同じであることから、眼をほとんど動かさずに顔だけを動かしていることがわかる。

2.5 考察

以上の測定結果をまとめると、

- ①静止視力が悪いジュニアが多い。
- ②球技能力の高いジュニア選手は瞬間視がいい。
- ③全般に眼球運動機能が低い。

となり、以下にこれらについて考察する。

静止視力が0.7以下の場合、明るい場所では視力矯正をしなくてもあまり問題とならないが、暗い場所では急激に視力が低下するといわれており、周りの状態によっては見えたり、見えづらくなったりする。しかしスポーツをする場合、必ずしも明るい環

境下でできるとは限らない。日没や雨天時、もしくは暗い体育館の中で試合を行う場合などでは、視力が0.7以下ではボールが極めて見づらくなる。今回の測定を行った被験者の中にも静止視力が0.7以下の選手が6人いた。しかし、本人たちにとって見えていないことが普通であり、視力が悪いという意識がない。また、視力の悪さを本人、あるいは親や指導者などの周りの人たちが気づいていたとしても、視力の低下をあまり重要視していないことや、小さな子供のうちからの視力矯正に抵抗を感じ、眼鏡等の視力矯正を行おうとしない。しかし、静止視力は視機能全体のベースとなる能力であるため、どんなにいい視機能を有しても静止視力が悪いと十分にその能力を発揮できない。静止視力が0.3しかなかった被験者の場合、眼鏡による視力矯正を行ってプレーしたところ、突然、大阪府の大きな大会で優勝するなどの好成績を収めた事からも、静止視力の重要性が伺える。

二つ目は、競技能力の高いA群の選手は瞬間視が優れていることである。瞬間視とは、瞬時に多くの情報を正確に取得し、それを処理する能力である。このことから、A群の選手は打球方向や相手の動きを一瞬のうちに認識し、その対応を高速で判断することにより、打球に対してすばやい反応が可能となる。また、瞬間視の特徴として、情報をイメージとして記憶する画像認識能力が挙げられる。つまり、瞬間視のいい選手は打球を一瞬にしてイメージする能力を持つ。ボールを見ながら反応するとボールに意識が集中し、どうしても反応に時間がかかってしまう。しかし、打球のイメージで反応できれば、よりすばやい動作ができ、自分のヒッティングポイントで確実にミートできる。そのため正確で力強い返球が可能となり、攻撃的でミスが少ない試合運びが可能となる。このことが、勝利につながる要因であると考えられる。

三つ目は、眼球運動の悪さが挙げられる。視力は中心部では非常によいが、周辺にいくほど悪くなる。中でも中心窩は他の部位と比べ圧倒的に優れた解像力をもつ⁶⁾。ただし、この中心窩は $\pm 2^\circ$ 程度なので、顔を少しずらすだけでボールは見づらくなる。人間は常に中心窩で視覚をとらえようとするため、眼球運動が悪いということは、眼を動かさず、顔を動かしてボールを追っていることに他ほかならない。プレー中に顔が動いてしまうと体の軸がぶれ、思いどおりのプレーができなくなってしまう。球速が遅いジュニアのうち顔は動かしながらでも十分ボールを追うことができるが、年齢が上がり球足が速くなるにつれ、ボールを眼で追うことができなくなり、ミスショットの原因になると考えられる。図6はある高校生のスポーツビジョン測定結果である。17歳

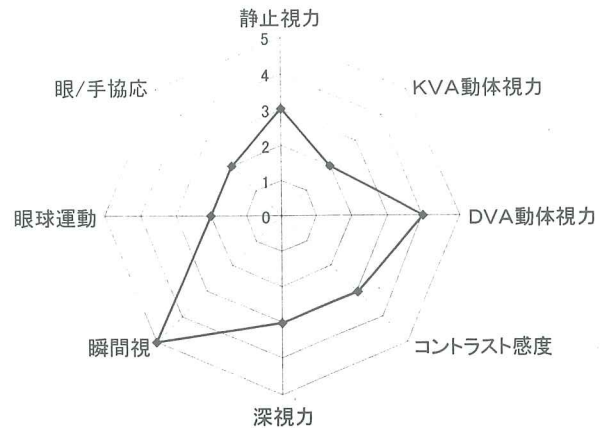


図6 ある高校生の記録

の高校生で、今回の被験者には含まれていない。瞬間視は最高の5点であるが、眼球運動などが低く、ランキングの群別基準に当てはめるとC群になる。このことから、高校生レベルでは筋力の増大につれボールが速くなるため、瞬間視だけでは上位ランカーになれないことがわかる。今回の被験者はほぼ全員眼球運動が悪く、早期の改善が必要である。

3. 視機能のトレーニング

今回、さまざまなスポーツビジョンの測定を行うことにより、ジュニア選手の視機能の特徴や問題点が明らかになった。この長所を伸ばし、問題点を改善するためにパソコンソフトによる視機能トレーニングを半年間実施した。最初の3ヶ月はアシックス社のSPEESION、その後の3ヶ月はアイパワースポーツ社のPOWER 3 D VISUAL TRAINING SYSTEM (P3DVTS)を用いた。SPEESIONは動体視力、眼球運動、周辺視野、瞬間視の四つの視機能をトレーニングすることができる。また、P3DVTSは3次元映像を用いており、上記視機能に加えて深視力の向上が期待できる⁷⁾。

3.1 トレーニング効果の検証

図7に半年間のトレーニング前後でのスポーツビジョンの比較結果を示す。静止視力の改善はメガネ等の視力矯正によるものである。また、DVA動体視力や深視力、瞬間視なども顕著に改善されていることがわかる。真下らの報告によると、DVA動体視力や深視力、瞬間視は静止視力との間に相関が見られない³⁾ことから、これらの視機能はトレーニングの効果によるものと考えられる。

さらに、トレーニングの効果を検証するために、パソコンのデータからトレーニング頻度の高い群(50%以上)と低い群(20%以下)とに分け、同様な比較を行った。図8はトレーニング効果の比較を表したものであり、同図(A)はトレーニング頻度の高い群、

同図(B)は頻度の低い群のトレーニング前後でのスポーツビジョンの比較結果を示す。ここで視機能トレーニング頻度の高い群は練習日の2回に1回以上はトレーニングを実施したもので、頻度の低い群は練習日の5回に1回ほどしかトレーニングをしていないものである。図8から明らかなようにトレーニング回数の多いジュニアのDVA、深視力と瞬間視がより改善されていることが分かる。

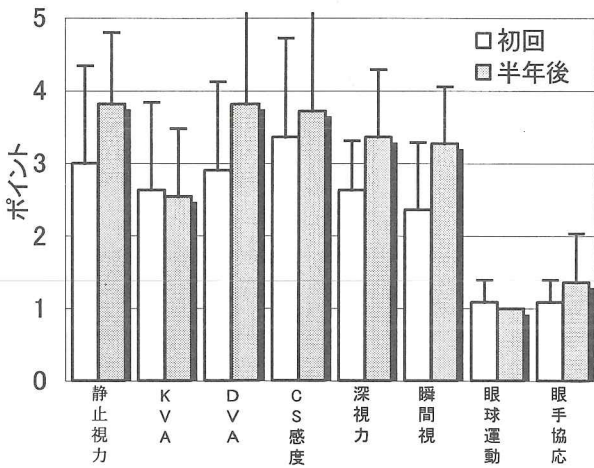
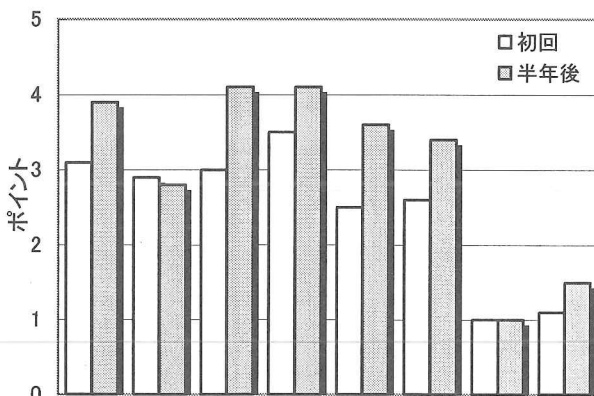
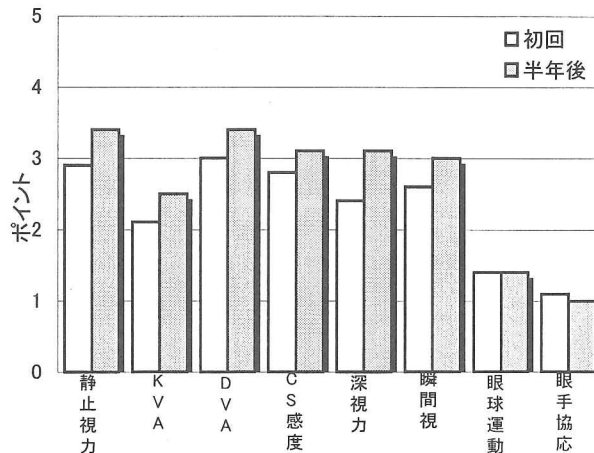


図7 スポーツビジョントレーニング効果



(A) トレーニング頻度の高い群



(B) トレーニング頻度の低い群

図8 トレーニング頻度による比較

3. 2 視機能の向上と実際のプレー

パソコンソフトを用いたトレーニングを行うことにより、被験者の視機能は顕著に向上した。しかし、テニス選手の最終目的はテニス技術の向上である。今回、視機能の向上と実際のプレーとの関連について大阪府ジュニアランキングの経時変化を調査した結果、トレーニング頻度が高い選手のほうがランキングの伸びがよくなっている。その中で、今回初めて全国大会に出場する選手が現れ、全日本ジュニアシングルスでベスト8の好成績を収めている。さらに、長期に渡る経時変化をまとめトレーニングの有用性を実証していく必要がある。

4. 瞬目(まばたき)の測定

瞬目は眼球の保護および湿潤、眼筋と網膜の休息、緊張の解消などの効果がある。しかし、瞬目は blackout time と呼ばれる視力障害を引き起こし^{8,9)}、外部情報収集が遮断される。この blackout time の時間はおよそ0.1秒と短時間であり、通常の生活ではほとんど問題にならないが、テニスのような展開の激しいスポーツでは、ほんのわずかな時間でも状況が大きく変化してしまう可能性があり、瞬目の頻度とそのタイミングが重要となる。

4. 1 測定方法

前節の被験者の中から8人をランダムに選び、サーブレシーブ時の瞬目の回数とタイミングを測定した。瞬目測定に用いた装置¹⁰⁾を図9に、瞬目の測定風景を図10に示す。測定にはナック製のアイマークレコーダ(サンプリング周波数250Hz)を改良したものを使用した。測定装置は、帽子に鏡と超小型CCDカメラを取り付け、鏡に瞳と被験者の前方の映像をCCDカメラで同時に撮影し、ビデオ画像に1/100秒のタイマーを同期させた。このとき、瞬目の状態がわかりやすいように左眼を白色LEDで照らし、明るくした。まぶたの動きをライトで照らして明瞭にしたこと、またビデオのスロー再生や静止画像により、まばたきの状態が明確に判定できる。

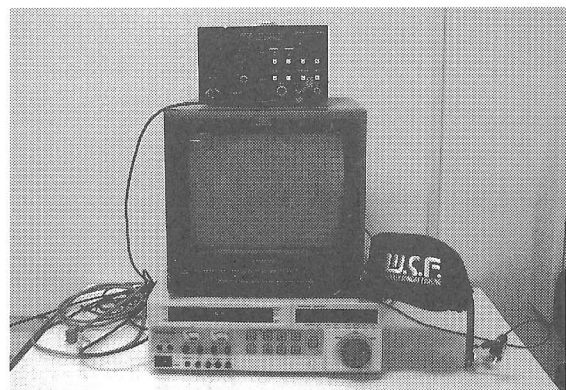


図9 瞬目測定装置

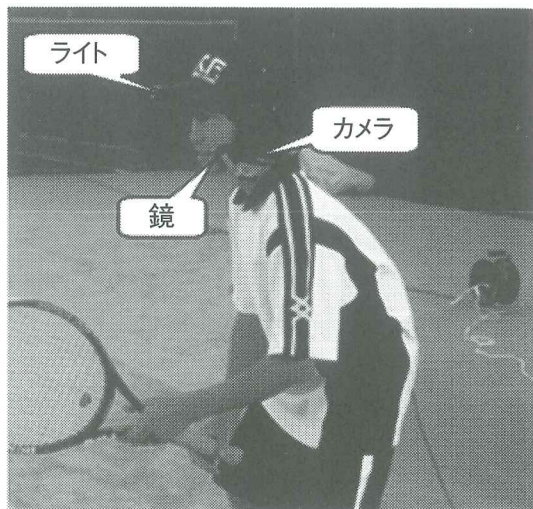


図 10 瞬目の測定風景

なお、サーブレシーブを一定にするために、テニスクラブのコーチに被験者の左側（バック側）にサーブを打ってもらった。なお、サーブの速度は携帯型スピードガン(ブシュネルデジタルスピードガン)を用いて毎回測定しており、 110 ± 10 (km/h) であった。このスピードは 12~15 歳の上級プレーヤが打つサーブ速度と同じである。

3. 2 測定結果と考察

何もせずにリラックスした状態では 1 分に 20~30 回の瞬目頻度であり、何かに注目したり、視線を動かしたりすると 10~15 回/分になる¹¹⁾。通常、注視力が增大するにつれ瞬目頻度は減少する。図 11 はサーブレシーブの返球時を基準として、その前後での被験者の瞬目生起回数を時系列的に表わしたものである。これより、サーバーがサーブを打つ体勢に入ったとき(返球の 2~3 秒前)に瞬目が急激に増え、その後、返球まで無瞬目状態となり、高速ボールを注視していることが分かる。サーブの前に生起した頻度の高い「予備瞬目」はその後の耐瞬目性と安定した網膜感度を可能にしていると思われる。

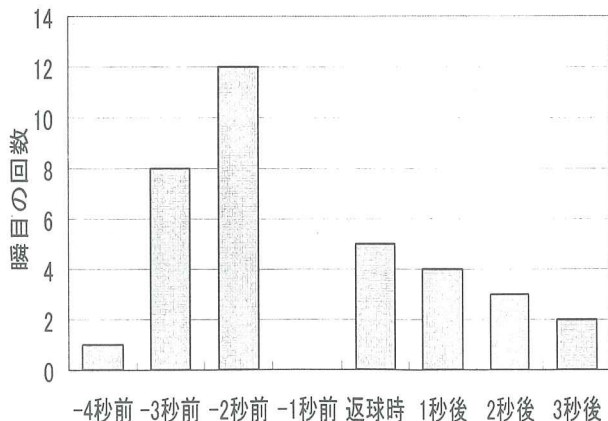


図 11 サーブレシーブ時の瞬目生起回数

返球後も同様のことが考えられる。試合中は相手がサービスリターンを打ち返して来るため、返球後は無瞬目でボールを追いつけるか、あるいは返球直後に「予備瞬目」を行っている。今回の測定でも、返球時からその直後にかけて高い瞬目頻度を示した。しかし、今回の測定はサーブレシーブだけのため、返球後は網膜の緊張緩和と注視力の低下とともに瞬目頻度は減少している。

5. 終わりに

スポーツビジョンの測定を行いジュニア選手の視機能の特徴と課題を調べた。今回の測定は、被験者を近畿大会出場レベル以上に絞ったため、同一群内ではある程度まとまった結果が得られている。競技能力の高いジュニア選手は瞬間視が優れており、情報をイメージとして記憶する画像認識能力が高いことが分かった。また、課題として眼球運動が悪く、顔を動かしてボールを追っていることが分かった。スポーツビジョンのこれらのデータを基に視機能のトレーニングを半年間実施してきた結果、DVA 動体視力、深視力や瞬間視を中心とした視機能の大幅な向上がみられ、全日本ジュニア選手権に出場する選手も出てきた。また、サーブレシーブ時の瞬目生起回数の測定において、サーバーがサーブを打つ体勢に入ったときに瞬目が急激に増え、その後、返球まで無瞬目状態となり、高速ボールを注視していることが分かった。

参考文献：

- 1) 石垣尚男:ヒトの DVA 動体視力特性、京都産業大学現代体育研究所紀要、9、pp61-67、2000
- 2) 田中美季:中学校ハンドボール選手の運動視機能に関する研究、高松大学紀要、31、pp33-49、2001
- 3) 真下一策: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、pp1203-1207、1994
- 4) 河村剛光、吉儀宏:スポーツビジョンの測定・評価における現状と課題、体育測定評価研究、4、pp37-43、2004
- 5) 石垣尚男他:瞬間視における認知パターンと性差のトレーニング効果、pp.40-43、大修館書店、1992
- 6) 福田忠彦:運動知覚における中心視と周辺視の機能差、テレビジョン学会誌、33、pp479-488、1979
- 7) 河村剛光、吉儀宏、工藤大介、大庭輝之、森重梅樹:三次元映像を用いたトレーニングシステムの使用が深視力に及ぼす影響、人間工学、Vol.42、No.1、pp3134、2006
- 8) 田多英興、山田富美雄、福田恭介:まばたきの心理学、北大路書房、1991
- 9) 吉田茂、朴寅圭:瞬目による押しボタン反応時間の遅延、筑波大学体育科学系紀要、22、pp109-117、1999
- 10) 石垣尚男:卓球ラリー中と剣道対峙中の瞬目、愛知工業大学研究報告、第 40 号 B、pp21-22、2005
- 11) 佐藤直樹、山田昌和、坪田一男:VDT 作業とドライアイの関係、あたらしい眼科、9、pp2103-2106、1992

(2006. 11. 7 受付)

RESEARCH ON SPORTS VISION ABILITIES OF JUNIOR TENNIS PLAYERS

Masaru WADA, Yu YONEDA and Hisao ISHIGAKI

ABSTRACT : It's said that 80-90 % of external information is obtained from eyes. Therefore in order to improve the ball game abilities, the importance of visual training of athletes has recently been recognized. In this research we have been studied on the relations between visual functions and the game performance of junior tennis players (10-14 years old). Performed were the visual function tests called sports vision consisting of 8 items, static visual acuity, kinetic visual acuity, dynamic visual acuity, contrast sensitivity, depth perception, visual reaction time, ocular motor skill and eye/hand coordination. In this study, we found that there was a big difference in visual reaction time between highly ranked players and others, and almost of junior players have low ocular motor skill. Based on the results of visual function tests, some sports vision training used a personal computer was introduced. As results, remarkable improvements of sports vision were confirmed.

Key Words : *Visualization, Sports Vision, Speed of recognition time, Eye-hand coordination, Eye blink*
