

運動不振学生の視覚的能力

古田 久 埼玉大学教育学部身体文化講座

キーワード：運動不振者、スポーツビジョン、ボトルネック

1. 研究の背景と目的

身体運動の巧みな制御は、学校における体育活動やスポーツ活動だけではなく、書字や描画等の教室内の学習及び着衣や食事等の日常生活を支える重要な基盤となる。

このため、身体運動の制御において「不器用さ」がある場合、その改善法が模索されるが、日常生活や学業に支障をきたすほどの重度の不器用さがある場合には、American Psychiatric Association (2013) のDCD (Developmental Coordination Disorder; 発達性協調運動障害)等の診断名が使用される。他方、特に学校体育等における運動技能の学習において遅れ(不振)がある場合は「運動不振」(藤巻, 2002)の用語が用いられる。DCDに関する研究では、全身粗大運動にとどまらず、教室学習や日常生活で必要となる微細運動にも多大な関心が向けられる一方で、運動不振に関する研究は学校体育の学習において中心となる全身粗大運動に着目するという違いがある。

運動不振に関するこれまでの研究を概観すると①判定法、②運動発達過程、③身体的・認知的特性、④運動に対する態度(運動好き・嫌い)や動機づけ、⑤学習課題、⑥社会的関係性に関する研究が行われている。以下、それぞれについて述べていく。

判定法に関しては、藤巻(2002)が小学生を対象とした教師によるスクリーニングテストを開発しているほか、古田(2016)が大学生を対象とした「身体操作力」と「ボール操作力」の2つの下位尺度から構成される心理尺度を開発している。

運動発達過程については、藤巻(1989, 1993)の運動不振児を対象とした研究がある。これらの研究で、運動不振児は非運動不振児と比べて、比較的複雑な運動(自分で上に投げたボールを捕る等)においてその技能獲得の遅滞が3~5歳の間で認められることや、走能力や跳能力等において8~10歳(小学校3・4年生)の間で大きく遅滞することが示されている。なお、大学生において運動不振か否かにおいて同年齢層内の発達差に起因する相対年齢効果は認められていない(古田・黒坂, 2010)。

認知的・身体的特性については、古田(2017)及び古田・櫛引(2011)は疾走能力(50m走)や持久力(20mシャトルラン)等の体力と全身反応時間において運動不振学生は非運動不振学生より有意に低いことを示している。

運動に対する態度に関しては、運動不振と運動嫌いの間に関連があることが示されている。古田(2018d)は、大学生を対象に調査し、運動不振学生は、非運動不振学生と比較して、スポーツ系団体への所属が少なく、かつ運動を実施する割合が少ないことに加え、運動嫌いの割合が多いことを明らかにしている。動機づけに関しては、古田(2018b)が運動不振学生の目標志向性を検討している。質問紙調査の結果、運動不振学生は課題志向性と自我志向性の両方において非運動不振学生と比較して有意に低く、運動不振学生は無志向的であることを示している。つまり、

運動不振学生は、新しい知識や技能の習得を目指したりも、他者と比べて高い評価を得ることを目指したりもしない傾向にあると考えられる。

学習課題に関して、古田(2014)は、運動不振学生の小学校から高校までの体育授業における「つまずき」経験を調査している。その結果、各運動種目・領域に固有の「つまずき」に加え、①短距離走が苦手である、②走動作から跳動作というような系列的な動作が苦手である、③ボール投げが苦手である、④ボールの軌道が予測できない、⑤臆病で恐怖心が高い、という5つの種目横断的な体育学習上の「つまずき」が明らかになった。

社会的関係性に関しては、藤巻・山口(1999)が運動不振児の友人関係を調べている。調査の結果、運動不振児は非運動不振児と比較して、友人の数が有意に少なく、また、遊び集団において遊び相手として選択されることが有意に少ないことを明らかにしている。このように、運動が苦手であることが、運動面だけではなく、友人関係などの社会的関係性にも影響を及ぼしていることが示唆されている。

以上のように運動不振に関する先行研究を振り返ってみると、運動の制御・学習上の問題、心身の発育発達上の問題、動機づけや運動継続に関する問題、社会心理的問題など、教育学的に無視できない様々な問題が運動不振に関係していることがわかる。運動不振の本質的な問題は、運動が苦手であること、あるいは不器用であることであり、改善策を検討するためにはその原因を探す試みが必要である。そこで本研究は、運動の制御や学習に果たす役割が大きいとされる視覚に着目した。

外部環境に適応的に身体運動をコントロールすることにおいて、感覚系の役割は重要であり、中でも視覚の果たす役割は極めて大きい。特に、オープンスキルを必要とする球技系種目等では、ゲーム状況がめまぐるしく変化するため、プレーヤーはその変化を的確に把握する必要がある。そのため、最初の視覚系による知覚的情報処理が適切に行われなければ、高いパフォーマンスを期待することは出来ない。そのため、視覚に着目し、その運動における巧みさ(熟練パフォーマンス)との関係を検討した研究は非常に多い。これらの研究は、情報处理的アプローチの考えから、「ハードウェア的特性」(すなわち、種目特殊性のない一般的なメカニカルな性能としての視覚的能力)に着目した研究と「ソフトウェア的特性」(すなわち、種目・領域特殊的な情報処理方略)に着目した研究に大別される(Wrisberg, 2001)。

ハードウェア的特性、すなわち視覚的能力は「スポーツビジョン」とも呼ばれ(e.g., 真下, 2002)、運動パフォーマンスとの関連について研究が行われてきた。視覚的能力と運動パフォーマンスの関連に関する研究は古く、1930年代まで遡ることができる。Banister and Blackburn(1931)は、ボールゲームにおけるプレー能力と瞳孔間距離の関連について、瞳孔間距離が広いほど両眼視差による奥行き知覚(深視力)が有利になるため、 Poloやテニスなどのスポーツにおいて高い熟練性を獲得できると主張した。その後も多数の研究が行われているが、視覚的能力と運動パフォーマンスの関連に肯定的な報告(e.g., 石垣ほか, 1992; 村田・杉足, 2000; 吉田ほか, 1996; 増山, 2006)と否定的な報告(e.g., Abernethy and Neal, 1999; 古田ほか, 2004, 2005, 2006a, 2006b)の両方が認められ、両者の関連について明確な結論は出されていない。

ソフトウェア的特性、すなわち視覚情報の処理方略に関しては、パターン認知(e.g., Allard et al., 1980; Williams and Davids, 1995)、視覚探索方略(e.g., Williams et al., 1994; Kato and Fukuda, 2002; Tamura et al., 2013)、予測技能(e.g., Abernethy and Russell, 1987; Tenenbaum et al., 2000; 古田, 2018a)や状況判断能力(e.g., 中川ほか, 1990; Chamberlain

and Coelho, 1993) 等が運動パフォーマンスとの関連が検討されている。そして、これらの研究ではほぼ一貫してソフトウェア的特性が運動パフォーマンスに関係していることを明らかにしている。

また、ハードウェア的特性とソフトウェア的特性のどちらが運動パフォーマンスに関係するかを同時に比較・検討する多元的なアプローチを用いた研究も行われている (e.g., Starkes, 1987; Helsen and Starkes, 1999; Ward and Williams, 2003; 古田, 2006)。これらの研究でも、一貫してハードウェア的特性よりもソフトウェア的特性の方が運動パフォーマンスとの関係が強いことを報告している。したがって、一般的な視覚的能力よりも領域特殊な情報処理方略の方が重要であり、視覚的能力が運動パフォーマンスに影響を及ぼす潜在的要因になることはあっても、直接的に影響を及ぼす要因にはならないとする考え (Abernethy, 1986) を支持する。

以上のように、巧みな動きとの関係は比較的弱いと考えられる視覚的能力であるが、視覚的情報処理の土台としての重要性は高いと考えられる。そのため、DCD等のような運動における不器用さと視覚的能力ないし情報処理特性との関連も様々な視覚課題を用いて検討されている。

身体運動において不器用な子どもの視覚的情報処理に着目した初期の研究としてHulmeらの研究 (Hulme et al., 1982a, 1982b; Lord and Hulme, 1987, 1988) がある。彼らは、線長適合課題 (line-length matching)、大きさの一貫性判断課題 (size constancy judgements) や形状等の識別課題 (discrimination of shape, area, and slope) 等の視覚課題において不器用な子どもは健常な子どもと比較して低い視覚的知覚を示したと報告し、それが不器用さの一因である可能性を指摘している。この立場は、メタ分析を用いたWilson and McKenzie (1998) のレビュー的研究でも、特に視空間処理に関する指標と不器用さの間には中程度の関連が認められるとして支持されている。

その後も、Schoemaker et al. (2001) のように両者の関連に否定的な報告もあるが、視覚的情報処理における問題と不器用さとの関連は概ね支持されている。Sigmundsson et al. (2003) はランダムドットキネマトグラムを用いた視覚課題において不器用な子どもと健常な子どもを比較し、不器用な子どもの視覚的感受性が有意に低いことを示している。また、van Waelvelde et al. (2004) は視覚的なタイミング一致や追従・複写・弁別に関する視覚課題においてDCD児群は健常児群より有意に成績が低かったと報告している。さらに、Tsai et al. (2008) も視覚的弁別や視覚的記憶等に関する7つの視覚課題の全てにおいてDCD児群は健常児群より有意に成績が低かったと報告している。ただ、Tsai et al. (2008) は、クラスター分析を用いてDCDの子どもの視覚的情報処理特性における非均質性 (heterogeneity)、つまり、身体的に不器用な子どもの全てが視覚的情報処理において問題を抱えているわけではないことも示している。

このように、身体運動における不器用さと視覚との関係も検討されているものの、運動における巧みさと視覚との関係に比較すると多くない。また、視覚的能力の測定では、動体視力や眼と手の協応動作などの運動・スポーツ環境の特殊性を考慮した測定が行われることはない。

そこで本研究では、視覚的情報処理の基盤として重要性が高いと考えられる視覚的能力に着目し、運動を苦手とする学生、つまり運動不振学生の視覚的能力を検討することを目的とした。先行研究を踏まえると、運動不振学生は非運動不振学生と比較して何らかの視覚的能力において有意に低いことが仮説的に考えられる。

2. 方法

2-1. 参加者

運動不振の女子大学生17名と非運動不振の女子大学生19名が参加者であった。参加者の年齢の平均と標準偏差は、 $18.61 \pm .59$ 歳であった。このうち、コンタクトレンズや眼鏡による視力矯正を行っている者は、運動不振学生において6名、非運動不振学生において10名であった。

運動不振の判定には、大学生版運動不振尺度（古田，2016）を用いた。この尺度は、「身体操作力」と「ボール操作力」の2つの下位尺度（因子）からなり、それぞれ4項目、計8項目から構成されている。判定結果は4つのカテゴリとなり、身体操作力とボール操作力の両方の尺度値において8以下の場合「運動不振」、身体操作力が8以下でボール操作力が9以上の場合「身体操作不振」、ボール操作力が8以下で身体操作力が9以上の場合「ボール操作不振」、両下位尺度がともに9以上の場合「非運動不振」と判定した。

運動不振の判定には、本来的には実技テストや面接等も含めた総合的な判定が望ましいが、現在のところ実技テストは開発されていない。運動の不器用さに着目した実技テストは、Henderson et al. (2007) の Movement ABC-2 (Movement Assessment Battery for Children-2) や Ulrich (2000) の TGMD-2 (Test of Gross Motor Development-2) 等があるが、いずれも大学生の年代には対応していない。そこで、上記の大学生版運動不振尺度の判定基準を厳しく設定することで運動不振の本来的な特徴を確保できるようにした。本研究では身体操作力とボール操作力の両方の尺度値が8以下の場合に「運動不振」としたが、これは古田 (2019) の1792名の大学生のデータを集計した場合、全体の下位5.6%・女子のみの下位10.6%に該当する割合である。

なお、参加者は大学の講義内（著者が担当する講義ではない）などで募集を行い、測定への参加は自由意思に基づくものであること、及び測定中の離脱はいつでも可能であることを説明し、参加者の同意を得た上で研究を進めた。

2-2. 視覚的能力の測定

下記に示す8項目の視覚的能力を測定した。各視覚的能力の測定においては、測定に先立ち、テスト課題の理解を促進するために負担とならない程度の練習試行を実施している。コンタクトレンズ等による視力矯正を行っている場合は、体育・スポーツ活動を行う際の状態での測定を求めた。

(1) 静止視力

静止した視標の形状を見極める最も基本となる視覚的能力である。動体視力計（コーワ社 AS-27）を用いて、両眼の条件で測定した。静止視力の測定値の範囲は、.10～1.60である。

(2) KVA動体視力 (Kinetic Visual Acuity)

眼前に直線的に近づいてくる視標の形状を見極める能力である。動体視力計（コーワ社 AS-27）を用いて、両眼の条件で5回測定し、その平均値を測定値とした。この測定における視標の移動速度は30km/hであった。なお、KVA動体視力の測定値の範囲は、静止視力と同様に.10～1.60である。

(3) コントラスト感度

明るさの微妙な違いを識別する能力である。コントラスト表 (Stereo Optical社 Sine Wave Contrast Test) を用いて測定した。コントラスト表と参加者との距離は2mとした。空間周波数の異なる5条件で測定し、18c/dの条件(8段階)で識別可能だった視標の視標番号を測定値とした。

(4) 眼球運動

眼球運動を有効に利用して、視標を速くかつ正確に捉える能力である。コンピュータプログラム「眼球運動テストソフト」(コーワ社)を用いて測定した。このテストでは、濃緑の画面上全体に直径約5mmの緑のサークル(ダミーターゲット)が0.5秒のインターバルで素早く移動する。その緑のダミーターゲットの中に1/5の割合で黄色のサークル(メインターゲット)が出現するが、参加者はこのメインターゲットの出現に対して素早くキーボードのスペースキーを押すことが求められた。つまり、参加者は眼球を有効に動かしてターゲットを識別して反応することが必要とされる。この項目では正反応率を測定値とした。

(5) 深視力

視標の相対的な位置関係を認識する能力である。深視力計(コーワ社 AS-7JS1)を用いて4回測定し、その平均値を測定値とした。このテストでは、参加者は光学的に再現された3本の縦棒(固定棒2本、移動棒1本)を見る。このうち、中心の1本のみが前後に移動するので、参加者は3本の縦棒が横に一直線上に並んだ時点で停止ボタンを押すことが求められた。この測定項目は固定棒と移動棒との誤差の大きさを測定するため、値が小さい方が優れた深視力を持っていることを意味している。

(6) 瞬間視

必要な視覚情報を瞬間的に認識する能力である。コンピュータプログラム「瞬間視測定テスト」(コーワ社)を用いて測定した。このテストでは、6桁の数字が画面上に0.1秒間呈示される。このうち、参加者が正確に再生することができた個数が記録となる。これを3回行い、18個中、何個再生することが出来たかを測定値とした。

(7) 視野の広さ

耳側視野の広さである。自動視野計(コーワ社 AS17)を用い、この測定器のオートモードで測定した。参加者は、先ずこの測定器の顎台に顎を置き、被検眼の視線を固視点にセットすることが求められる。その状態を維持しながら、ターゲットが中央0°から被検眼の耳側100°まで移動するので、参加者にとってそのターゲットが見えなくなる角度(消失点)と、逆に耳側100°から中央0°へ移動中にターゲットが見えるようになる角度(現出点)を計測した。なお、非被検眼は遮眼板で遮蔽されている。これを左右の眼のそれぞれで測定し、消失点と現出点の平均を左右の眼で合計した値を測定値とした。

(8) 眼と手の協応動作

周辺視野で捉えた視標に手で素早く、かつ正確に反応する能力である。専用の眼と手の協応動作測定機器(コーワ社 AS24)を用いて測定した。このテストでは、縦約84cm・横約125cmのパ

ネルの全面に点在する多数の赤色のライトが1つだけ点灯する。これを押すとランダムに別のライトが点灯するという仕組みになっている。したがって、参加者は点灯するライトを両手で出来るだけ速く次々と押すことが求められる。この項目では合計120個のライトを押すことに要した時間を測定し、2試行の平均値を測定値とした。そのため、値が小さい方が優れた眼と手の協応動作を持っていることを意味している。

2-3. データ分析

対応のないt検定を用いて運動不振群と非運動不振群の視覚的能力の各測定項目における平均値を比較した。統計的検定にはIBM SPSS Statistics 20.0を用い、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

図1～8に運動不振学生と非運動不振学生の8項目の視覚的能力の平均値をそれぞれ示した。両群間に統計的に有意な差が認められたのは、眼球運動、視野の広さ、及び眼と手の協応動作の3つであった。以下にそれぞれの分析結果を示す。

3-1. 静止視力

平均値と標準偏差はそれぞれ運動不振群が $84 \pm .40$ 、非運動不振群が $96 \pm .31$ であった。対応のないt検定を用いて両群間の差を検討した結果、有意差は認められなかった ($t = -1.05$, $df = 34$, $p > .05$)。

3-2. KVA動体視力

平均値と標準偏差はそれぞれ運動不振群が $42 \pm .23$ 、非運動不振群が $45 \pm .28$ であった。対応のないt検定を用いて両群間の差を検討した結果、有意差は認められなかった ($t = -.32$, $df = 34$, $p > .05$)。

3-3. コントラスト感度

平均値と標準偏差はそれぞれ運動不振群が 4.35 ± 2.34 、非運動不振群が 4.74 ± 2.33 であった。対応のないt検定を用いて両群間の差を検討した結果、有意差は認められなかった ($t = -.49$, $df = 34$, $p > .05$)。

3-4. 眼球運動

平均値と標準偏差はそれぞれ運動不振群が 68.47 ± 13.40 、非運動不振群が 77.79 ± 4.46 であった。等分散性の検定の結果、等分散が仮定されないという結果となったため、ウェルチの方法で対応のないt検定を行った。その結果、運動不振群の正反応率は非運動不振群より有意に低かった ($t = -2.73$, $df = 19.16$, $p < .05$)。

3-5. 深視力

平均値と標準偏差はそれぞれ運動不振群が 19.27 ± 8.72 、非運動不振群が 22.85 ± 12.7 であった。

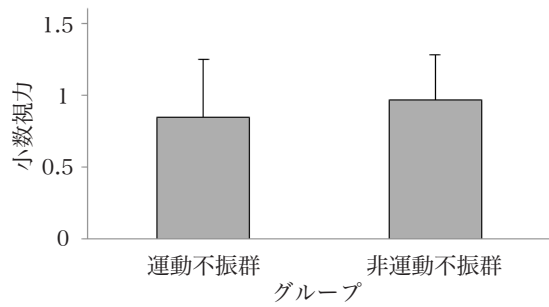


図1 運動不振群と非運動不振群の静止視力

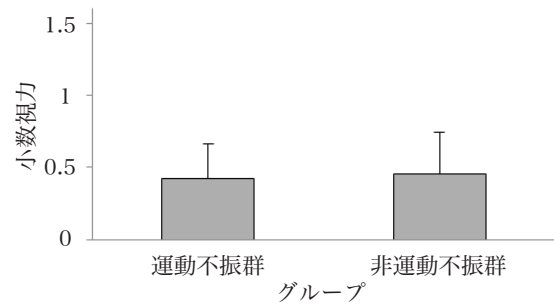


図2 運動不振群と非運動不振群のKVA動体視力

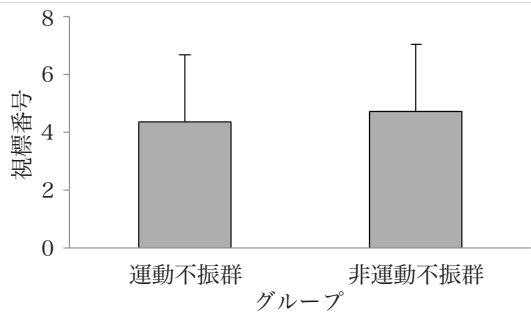


図3 運動不振群と非運動不振群のコントラスト感度

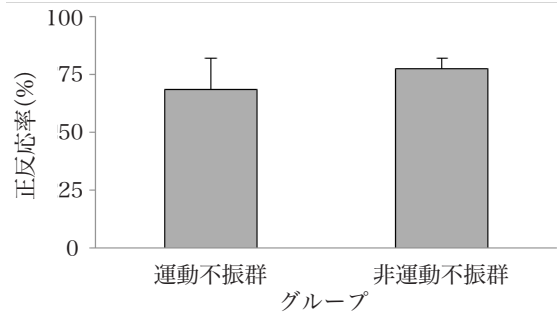


図4 運動不振群と非運動不振群の眼球運動

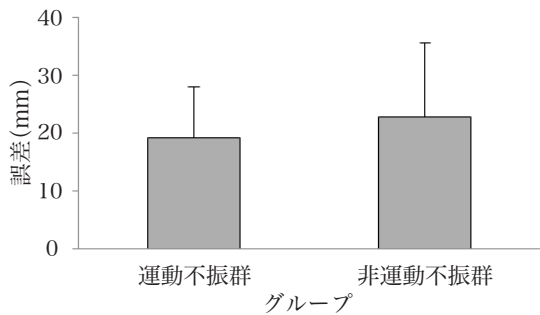


図5 運動不振群と非運動不振群の深視力

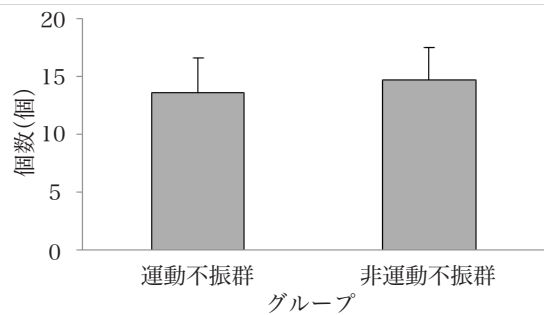


図6 運動不振群と非運動不振群の瞬間視

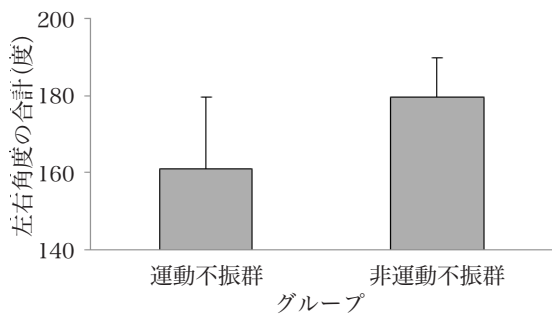


図7 運動不振群と非運動不振群の視野の広さ

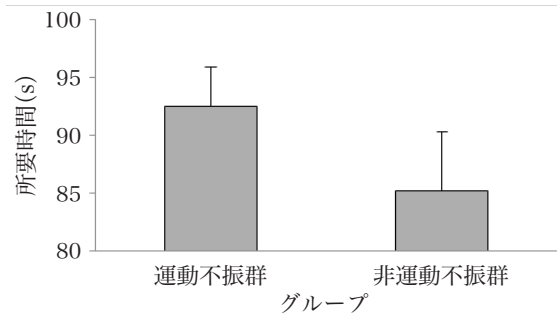


図8 運動不振群と非運動不振群の眼と手の協応動作

対応のないt検定を用いて両群間の差を検討した結果、有意差は認められなかった ($t = -.96$, $df = 34$, $p > .05$)。

3-6. 瞬間視

平均値と標準偏差はそれぞれ運動不振群が 13.59 ± 3.08 、非運動不振群が 14.68 ± 2.84 であった。対応のないt検定を用いて両群間の差を検討した結果、有意差は認められなかった ($t = -1.10$, $df = 34$, $p > .05$)。

3-7. 視野の広さ

平均値と標準偏差はそれぞれ運動不振群が 160.82 ± 18.68 、非運動不振群が 179.53 ± 10.18 であった。対応のないt検定を用いて両群間の差を検討した結果、運動不振群の視野の広さは非運動不振群より有意に狭かった ($t = -3.78$, $df = 34$, $p < .01$)。

3-8. 眼と手の協応動作

平均値と標準偏差はそれぞれ運動不振群が 92.5 ± 3.43 、非運動不振群が 85.2 ± 5.08 であった。対応のないt検定を用いて両群間の差を検討した結果、運動不振群は非運動不振群より有意に低い成績であった ($t = 4.97$, $df = 34$, $p < .001$)。

4. 考察

4-1. 視覚的能力における両群間の差違について

本研究では、運動不振学生と非運動不振学生を対象に、8項目の視覚的能力を測定し、比較した。統計的な分析の結果、静止視力、KVA動体視力、コントラスト感度、深視力、及び瞬間視の5項目においては両群間に違いは認められなかったが、眼球運動、視野の広さ、及び眼と手の協応動作の3項目において運動不振学生は非運動不振学生と比較して有意に低いという結果であった。

静止視力においては、両群間に統計的に有意な差は認められなかった。静止視力は視覚的能力の中で最も基本的な能力とされている。先行研究では静止視力における矯正の不備が運動パフォーマンスに関係していることを示す結果が示されている。古田ほか (2010) は、中学バレーボール選手においてレセプションパフォーマンス下位群の方が上位群より静止視力において有意に低かったと報告し、その理由として下位群の視力矯正の不備を指摘している。本研究の参加者の静止視力は、運動不振群が平均で.84、非運動不振群が.96であった。動体視力計 (AS-27) で測定した場合、一般的な視力測定より低めの記録となるため、両群とも元々適切な静止視力を持っていたか、適切な矯正がなされていたと考えられる。

KVA動体視力においても運動不振学生と非運動不振学生の間で違いは認められなかった。先に述べたように、静止視力は視覚的能力の中で最も基礎的な能力として位置づけられている。特に、KVA動体視力との関連は強く、両視力の間には真下ほか (1996) は $r = .815$ 、古田ほか (2010) は $r = .709$ の強い相関を報告している。本研究においてもピアソンの相関係数を計算してみたところ $r = .610$ ($N = 36$) の相関が認められた。そのため、KVA動体視力において両群間に違いが認められなかったのは、静止視力の結果を強く反映していると考えられる。

コントラスト感度においても運動不振学生と非運動不振学生の間で違いは認められなかった。

真下 (2002) によると、コントラスト感度は白い背景の前の白いボールやユニフォームを認識する能力であるとされている。ボールが背景と区別しにくくて運動がうまくできないという場面は学校体育ではあまり多くないと考えられる。したがって、正常値の範囲であれば、比較的特殊な状況においてのみ顕在化する視覚的能力と考えられる。事実、コントラスト感度と運動パフォーマンスの間に関連が認められたとする報告はほとんどない。

眼球運動において、運動不振群は非運動不振群より有意に低かった。眼球運動は視覚的認知の基盤として非常に重要であるとの指摘がある (e.g., Kurtz, 2008; 本多, 2012)。視野内の情報処理は中心視システムと周辺視システムに大別されるが、中心視システムがターゲットの同定・識別の役割を果たす一方で、周辺視システムは物体等の存在や移動の検出の役割を果たす (加藤, 2004)。眼球運動は6つの外眼筋で制御されているが、視野内のターゲットを的確に識別するためには、これらの外眼筋を協調させながら素早く動かして中心視システムを活用する必要がある。そして、それはボールや敵、味方などの様々な手がかりが視野内に散在する実際の運動・スポーツ場面でも同様である。したがって、運動不振学生の眼球運動が非運動不振群より有意に低かったことは、上記のような視覚探索を支える眼球運動という点で運動不振学生は不利になっている可能性を示している。

深視力においては、運動不振学生と非運動不振学生の間で有意差は認められなかった。多くの球技種目において深視力の重要性が指摘されている (e.g., 白山, 1999; 齊藤, 2004)。しかし、野球選手を対象とした村田・杉足 (2000) やバレーボール選手を対象とした古田ほか (2010) など、その運動パフォーマンスとの関連性は認められないとする報告も多い。奥行きのある空間内において敵、味方やボールなどがダイナミックに移動する球技種目等で一定の深視力が必要とされることは疑いない。しかし、深視力の測定において一般的に使用されるテスト課題は実際の運動・スポーツ場面とかけ離れており、また単純なタイミング一致課題の要素も含まれるため、運動・スポーツにおいて必要とされる深視力を適切に反映できていない可能性がある。

瞬間視については、運動不振学生と非運動不振学生の間で有意差は認められなかった。瞬間視におけるテスト課題は短時間呈示された「587135」というような6桁の数字を符号化、貯蔵し、検索 (再生) するというものである。したがって、一瞬で数字を視覚的に知覚するという視知覚課題的な側面と、それらの数字を貯蔵し、検索するというワーキングメモリ (短期記憶) を活用した記憶課題的な側面がある。ワーキングメモリの容量は一般的に7±2チャンクといわれているので (苧坂, 2002)、本研究で使用したテスト課題における成績は、純粋な視知覚的能力というよりも、ワーキングメモリを中心とした記憶能力の影響を強く受けていることには留意する必要がある。いずれにせよ、瞬間視において運動不振学生と非運動不振学生の間で差が認められなかったことは、上記のような視知覚的な能力と記憶能力において両群間に違いがないことを意味している。

視野の広さにおいては、運動不振群は非運動不振群と比べて狭いことが示された。運動不振群の視野の広さは左右の合計の平均で約18.7°も非運動不振群より狭いという結果であった。視野は、眼球運動とともに視覚のソフトウェア的特性、すなわち情報処理方略の面からも非常に重要である。例えば、多くの球技種目では、視野を広く使い、フィールド全体に散在するプレーの遂行に重要となる手がかりを検出しなければならない。また、剣道の熟練者は「遠山の目付」と言われる熟練者特有の視線の使い方をすることが明らかとなっている (加藤, 2004; Tamura et al., 2013; 田村ほか, 2015)。剣道の熟練者は視線を対戦相手の顔付近に置き (視支点)、相手の背後

に遠く山を眺めるようにファジーに相手を見ることによって、周辺視を有効活用して相手の身体全体の挙動を把握することができるといわれている。このような情報処理方略は、視野や眼球運動といった視覚のハードウェア的な土台の上に成り立っていると考えられるため、運動不振学生の視野が非運動不振学生より狭いことは、運動の巧みさの一要素である情報処理方略を制限する可能性がある。ただし、今回用いた視野計は比較的簡易な機器である。したがって、より詳細な検査が可能な視野計を用いて検討することが必要であろう。

眼と手の協応動作においても運動不振学生の方が非運動不振学生よりも有意に低かった。この測定項目では、眼球運動と周辺視（及び注意）を連係させてターゲットを捉え（知覚）、ターゲットに対して速くかつ正確に手でアプローチする（運動）、という一連の処理の性能が測られる。本研究において運動不振学生の視野の広さが非運動不振学生よりも狭かったことは、最初の周辺視野でターゲットを捉える段階で不利に働いた可能性がある。また、運動不振学生は非運動不振学生と比較して反応時間（全身反応時間）が有意に遅いことが明らかとなっているが（古田・櫛引, 2011）、このような遅い反応時間が素早いアプローチに不利に働いている可能性がある。飛来してくるボール等を捕ったり、道具や手・腕で打ったり、足で蹴ったりする動作はインターセプティブアクション（interceptive action）と呼ばれる（Davids et al., 2002）。野球の打撃やバレーボールのレセプション（サーブレシーブ）はこのインターセプティブアクションの例であるが、村田・杉足（2000）は野球の打撃技能と眼と手の協応動作の間に $r = -.425$ 、古田ほか（2010）はバレーボールのレセプションパフォーマンスと眼と手の協応動作の間に $r = -.336$ の相関が認められたと報告している。視野内のターゲットを検出し、速くかつ正確にアプローチするという眼と手の協応動作のテスト課題は、多くの球技種目に含まれるインターセプティブアクションに通じるところがある。したがって、このような能力が低いために、運動不振学生は球技種目等を苦手としている可能性がある。

4-2. 運動不振の改善策について

運動・スポーツにおける視覚的能力に関する研究は、最終的には運動パフォーマンスの向上に貢献することを目的としている。視覚的能力のトレーニングによって運動パフォーマンスを向上させる試みをビジュアルトレーニングという。このトレーニングの有効性が認められるためには、次の3つの条件が満たされる必要がある（Abernethy and Wood, 2001）。第1にトレーニングを試みる視覚的能力と運動パフォーマンスの間に関連が認められること、第2にその視覚的能力がトレーニングによって改善すること、そして第3に視覚的能力の改善が運動パフォーマンスの改善に転移することである。本研究では、運動不振か否かによって視覚的能力に違いがあるかを検討したが、これは第1の条件について検討したものといえる。

ビジュアルトレーニング、知覚トレーニング、又は認知トレーニングと呼ばれる認知的な能力・技能のトレーニングによって運動パフォーマンスの向上を試みる研究では、「ボトルネック」の概念が重要な意味を持つ（古田, 2018c）。ボトルネックとは「瓶（ボトル）の首（ネック）」のことであり、水を入れた瓶を逆さにすると、流れ出る水の量は一番細い瓶の首の部分に規定される。ここから転じて情報処理システムではパフォーマンスの制限要因のことを指し、システム全体のパフォーマンスを向上させるためには、このボトルネックを解消することが最も重要である。本研究において、眼球運動、視野の広さ、眼と手の協応動作の3つの視覚的能力において運動不振学生は非運動不振学生と比較して有意に低かった。この結果は、運動不振学生においてはこれらの視覚

的能力がボトルネックとなっている可能性があることを示唆している。

ただ、これに関して留意すべき点として、運動不振群におけるグループ内の個人差がある。DCDにおいても、これまでグループ内の非均質性が繰り返し指摘されてきた (e.g., Hoare, 1994; Macnab et al., 2001; Tsai et al., 2008)。本研究においても運動不振と判定された学生内においても視覚的能力のプロフィールにはかなりの違いがある。したがって、個人によってボトルネックがどこにあるかは異なると考えるべきであり、入力系 (感覚、知覚) に限定せず、中枢処理系 (予測、意思決定、宣言的及び手続き的知識等) 及び出力系 (体力、体格等) の要因も考慮しながら、知覚—運動プロセスのどこにボトルネックがあるかを個別に検討しながら、カスタムメイド的にその解消法を探ることが、効果的な運動不振の改善策の開発という観点から重要となろう。

5. まとめ

運動を苦手とする者は「運動不振」と呼ばれるが、彼 (彼女) らの運動学習をどのように支援するかは体育・スポーツ指導者にとって重要な課題となる。本研究は、運動の制御と学習において重要な役割を果たすとされる視覚に着目し、視覚的情報処理の土台となる視覚的能力において運動不振学生と非運動不振学生の間で違いが認められるかを検討した。運動不振の女子学生 (n=17) と非運動不振の女子学生 (n=19) が本研究の参加者であった。静止視力、KVA動体視力、コントラスト感度、眼球運動、深視力、瞬間視、視野の広さ、及び眼と手の協応動作の8つの視覚的能力が測定された。分析の結果、運動不振学生の眼球運動、視野の広さ、及び眼と手の協応動作が非運動不振学生のそれらより有意に低いことが明らかとなった。これらの視覚的能力は運動不振学生の運動パフォーマンスを制限する「ボトルネック」となっている可能性があるため、その解消法が検討されるべきである。

付記

本研究を行うにあたり科研費 (21700600) の助成を受けた。

引用文献

- Abernethy, B. (1986) Enhancing sports performance through clinical and experimental optometry. *Clinical and Experimental Optometry*, 69 (5): 189-196.
- Abernethy, B. and Neal, R. J. (1999) Visual characteristics of clay target shooters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2 (1): 1-19.
- Abernethy, B. and Russell, D. G. (1987) Expert-novice differences in an applied selective attention task. *Journal of Sport Psychology*, 9 (4): 326-345.
- Abernethy, B. and Wood, J. M. (2001) Do generalized visual training programmes for sport really work? An experimental investigation. *Journal of Sports Sciences*, 19 (3): 203-222.
- Allard, F., Graham, S., and Paarsalu, M. E. (1980) Perception in sport: Basketball. *Journal of Sport Psychology*, 2 (1): 14-21.
- American Psychiatric Association (2013) *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders: DSM-5*. American Psychiatric Publishing, pp.74-77.
- Banister, H. and Blackburn, J. M. (1931) An eye factor affecting proficiency at ball games. *British Journal of Psychology*, 21 (4): 382-384.

- Chamberlain, C. J. and Coelho, A. J. (1993) The perceptual side of action: Decision-making in sport. Starkes, J. L. and Allard, F. (Eds.), Cognitive issues in motor expertise, Elsevier Science, pp.135-157.
- Davids, K., Savelsbergh, G., Bennett, S. J., and van der Kamp, J. (2002) Interceptive action in sport: Information and movement. Routledge.
- 藤巻公裕 (1989) 運動不振児の運動発達過程. 埼玉大学紀要教育学部 (教育科学Ⅱ), 38(1): 73-82.
- 藤巻公裕 (1993) 運動不振児の運動発達過程2. 埼玉大学紀要教育学部 (教育科学Ⅰ), 42(1): 47-52.
- 藤巻公裕 (2002) 小学生の運動不振スクリーニングテストについて. 埼玉大学紀要 (教育学部), 51(1): 59-68.
- 藤巻公裕・山口徳明 (1999) 運動不振児の友人関係に関する研究. 埼玉大学紀要教育学部 (教育科学Ⅱ), 48(1): 37-42.
- 古田 久 (2006) バレーボールのパフォーマンスに関係する知覚的要因の検討. 広島大学大学院教育学研究科博士論文.
- 古田 久 (2014) 運動不振学生の体育授業における「つまづき」経験. 埼玉大学紀要 (教育学部), 63(1): 375-386.
- 古田 久 (2016) 大学生版運動不振尺度の開発. 日本教科教育学会誌, 39(2): 71-80.
- 古田 久 (2017) 運動不振学生の体力に関する研究. 埼玉大学紀要 (教育学部), 66(1): 147-152.
- 古田 久 (2018a) 大学バレーボール選手のレセプションにおける予測技能. バレーボール研究, 20(1): 1-7.
- 古田 久 (2018b) 運動不振学生 (運動が苦手な学生) の目標志向性. 埼玉大学紀要 (教育学部), 67(1): 381-389.
- 古田 久 (2018c) 運動が苦手な児童・生徒への配慮を考える4つの視点. 体育科教育, 66(2): 30-33.
- 古田 久 (2018d) 運動嫌いとは運動不振の関係. 日本教科教育学会誌, 40(4): 63-69.
- 古田 久 (2019) 大学生版運動不振尺度における運動不振の判定基準の検討. 埼玉大学紀要 (教育学部), 67(2): 97-108.
- 古田 久・梶山俊仁・黒川隆志 (2006a) バレーボールのサーブレシーブパフォーマンスと視覚的能力の関係—大学選手を対象とした再検討—. 広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部, 55: 319-324.
- 古田 久・梶山俊仁・黒川隆志 (2010) バレーボールのサーブレシーブパフォーマンスと視覚的能力の関係に関する横断的研究. スポーツ方法学研究, 23(1): 15-25.
- 古田 久・梶山俊仁・大塚道太・菅尾尚代・黒川隆志 (2006b) 高校バレーボール選手の視覚的能力とサーブレシーブパフォーマンスの関係. 臨床スポーツ医学, 23(7): 855-860.
- 古田 久・黒坂志穂 (2010) 大学生の運動有能感・運動参与・運動不振における相対年齢効果の検討. 埼玉大学紀要 (教育学部), 59(1別冊2): 107-113.
- 古田 久・櫛引 亮 (2011) 運動不振学生の全身反応時間に関する研究. 埼玉大学紀要 (教育学部), 60(1): 67-70.
- 古田 久・武田守弘・大場 渉・坂手照憲 (2004) バレーボールのサーブレシーブパフォーマンスに関係する知覚的要因—多次元的多変量的アプローチによる検討—. スポーツ心理学研究, 31(2): 29-41.
- 古田 久・武田守弘・大場 渉・坂手照憲・黒川隆志 (2005) バレーボールのアタックパフォーマンスに関係する知覚的要因. スポーツ方法学研究, 18(1): 49-59.
- Helsen, W. F. and Starkes, J. L. (1999) A multidimensional approach to skilled perception and performance in sport. Applied Cognitive Psychology, 13 (1): 1-27.
- Henderson, S. E., Sugden, D. A., and Barnett, A. L. (2007) Movement Assessment Battery for Children Second Edition Examiner's Manual. Pearson Education.
- Hoare, D. (1994) Subtypes of developmental coordination disorder. Adapted Physical Activity Disorder, 11 (2): 158-169.

- 本多和子 (2012) 発達障害のある子どもの視覚認知トレーニング. 学研教育出版, pp. 31-32.
- Hulme, C., Biggerstaff, A., Moran, G., and McKinlay, I. (1982a) Visual, kinaesthetic and cross-modal judgements of length by normal and clumsy children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 24 (4): 461-471.
- Hulme, C., Smart, A., and Moran, G. (1982b) Visual perceptual deficits in clumsy children. *Neuropsychologia*, 20 (4): 475-481.
- 石垣尚男・真下一策・遠藤文夫 (1992) トップレベルのスポーツ選手の視覚機能と競技力の関係. 愛知工業大学研究報告, 27: 43-47.
- 加藤貴昭 (2004) 視覚システムから見た熟練者のスキル. 日本スポーツ心理学会編, 最新スポーツ心理学, 大修館書店, pp.164-174.
- Kato, T. and Fukuda, T. (2002) Visual search strategies of baseball batters: Eye movements during the preparatory phase of batting. *Perceptual and Motor Skills*, 94 (2): 380-386.
- Kurtz, L. A. (2008) Understanding motor skills in children with dyspraxia, ADHD, autism, and other learning disabilities: A guide to improving coordination. Jessica Kingsley Publishers.
- Lord, R. and Hulme, C. (1987) Perceptual judgements of normal and clumsy children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 29 (2): 250-257.
- Lord, R. and Hulme, C. (1988) Visual perception and drawing ability in clumsy and normal children. *British Journal of Developmental Psychology*, 6 (1): 1-9.
- Macnab, J. J., Miller, L. T., and Polatajko, H. J. (2001) The search for subtypes of DCD: Is cluster analysis the answer? *Human Movement Science*, 20 (1-2): 49-72.
- 真下一策 (2002) スポーツビジョンの測定と評価. 真下一策編, スポーツビジョン スポーツのための視覚学 [第2版], ナップ, pp.27-39.
- 真下一策・石垣尚男・枝川 宏・遠藤文夫 (1996) 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: 801-805.
- 増山光洋 (2006) 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リーグ選手と大学生選手の比較—. *育英短期大学研究紀要*, 23: 45-53.
- 村田厚生・杉足昌樹 (2000) スポーツビジョンと野球の打撃能力の関係. *人間工学*, 36: 169-179.
- 中川 昭・松島 誠・村上 純・安ヶ平浩 (1990) ボールゲームにおける状況判断能力とスキルの関係 (II) —プレイヤー観察法を用いての検討—. *大阪教育大学紀要 (第IV部門)*, 39: 149-156.
- 苧坂満里子 (2002) 脳のメモ帳 ワーキングメモリ. 新曜社.
- 齊藤和人 (2004) 運動視機能 (スポーツビジョン) を測る. 鹿屋体育大学スポーツトレーニング教育研究センター編, スポーツ選手と指導者のための体力・運動能力測定法—トレーニング科学の活用テクニック, 大修館書店, pp.106-110.
- Schoemaker, M. M., van der Wees, M., Flapper, B., Verheji-Jansen, N., Scholten-Jegers, S., and Geuze, R. (2001) Perceptual skills of children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 20 (1-2): 73-94.
- 白山晰也 (1999) スポーツビジョンとは. スポーツビジョン研究会編, スポーツビジョン スポーツのための視覚学, ナップ, pp.49-54.
- Sigmundsson, H., Hansen, P. C., and Talcott, J. B. (2003) Do 'clumsy' children have visual deficits. *Behavioural Brain Research*, 139 (1-2): 123-129.
- Starkes, J. L. (1987) Skill in field hockey: The nature of the cognitive advantage. *Journal of Sport Psychology*, 9 (2): 146-160.
- Tamura, S., Kurokawa, T., Furuta, H. and Kajiyama, T. (2013) A study on metsuke by kendo players with different skill levels. *The ICHPER・SD Asia Journal of Research*, 5 (2): 45-55.
- 田村 進・黒川隆志・梶山俊仁・明石啓太 (2015) 剣道選手の熟練度と「遠山の目付け」の関係の検討.

- 広島文教女子大学心理学研究, 1 (2): 59-66.
- Tenenbaum, G., Sar-El, T., and Bar-Eli, M. (2000) Anticipation of ball location in low and high-skill performers: A developmental perspective. *Psychology of Sports and Exercise*, 1 (2): 117-128.
- Tsai, C., Wilson, P. H., and Wu, S. K. (2008) Role of visual-perceptual skills (non-motor) in children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 27 (4): 649-664.
- Ulrich, D. A. (2000) *Test of Gross Motor Development (Second Edition) Examiner's Manual*. Austin.
- van Waelvelde, H., de Weerd, W., de Cock, P. and Smits-Engelsman, B. C. (2004) Association between visual-perceptual deficits and motor deficits in children with developmental coordination disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 46 (10): 661-666.
- Ward, P. and Williams, A. M. (2003) Perceptual and cognitive skill development in soccer: The multidimensional nature of expert performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 25 (1): 93-111.
- Williams, A. M. and Davids, K. (1995) Declarative knowledge in sport: A by-product of experience or a characteristic of expertise? *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17 (3): 259-275.
- Williams, A. M., Davids, K., Burwitz, L., and Williams, J. G. (1994) Visual search strategies of experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Sport and Exercise*, 65 (2): 125-135.
- Wilson, P. H. and McKenzie, B. E. (1998) Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: A meta-analysis of research findings. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 39 (6): 829-840.
- Wrisberg, C. A. (2001) Levels of performance skill. Singer, R. N. et al. (Eds.), *Handbook of sport psychology*, Wiley, pp.3-19.
- 吉田清司・野呂 進・佐藤雅幸 (1996) スポーツにおける視覚的能力に関する研究 (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.

(2019年9月30日提出)

(2019年10月10日受理)

Visual Abilities of University Students with Motor Skill Underachievement

FURUTA, Hisashi

Faculty of Education, Saitama University

Abstract

Enhancing motor skills of students with motor skill underachievement is an important task of physical education teachers and sports instructors. The reasons for unskilled movements should be understood before developing strategies for improving their motor skills. Visual abilities were focused because visual processing plays a critical role in motor control and learning, and differences in visual abilities of students with and without motor skill underachievement were investigated. Female university students with motor skill underachievement (n=17) and those without underachievement (n=19) participated in this study. Eight kinds of visual abilities were measured, including static visual acuity, kinetic visual acuity, contrast sensitivity, eye movements, depth perception, instantaneous visual perception, the width of the visual field, and eye/hand coordination. Statistical analysis of the data indicated that eye movements, the width of the visual field, and eye/hand coordination of students with motor skill underachievement were significantly lower than those of students without motor skill underachievement. These visual abilities could be the foundation of effective foveal and peripheral vision during ball games. From the perspective of the information processing approach, these results suggest that visual abilities are 'bottlenecks' limiting the motor performance of students with motor skill underachievement. Strategies for resolving bottlenecks such as visual abilities should be investigated to improve motor performance of students with underachievement of motor skills.

Keywords: motor skill underachiever, sports vision, bottleneck