

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月10日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700685

研究課題名（和文） 動体視力における視認メカニズムの解明

研究課題名（英文） The physiological mechanism of visual recognition in dynamic visual acuity

研究代表者

内田 雄介（UCHIDA YUSUKE）

早稲田大学・スポーツ科学学術院・助手

研究者番号：00508252

研究成果の概要（和文）：動く視覚刺激を視認する際、野球選手は一般人よりも眼球運動発現までの時間が短く、眼球運動速度が速いことが示された。また、網膜上に投射された視覚刺激の像を知覚する能力には野球選手と一般人の差がないことが明らかになった。これらのことから、野球選手の優れた動体視力は、網膜上に映る像を知覚する能力ではなく眼球を対象物に対して適切に動かす能力に支えられていることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：Baseball players could achieve high DVA (Dynamic Visual Acuity) with significantly faster eye movement at shorter latencies than non-players. There was no difference in the ability to perceive moving object's images projected onto the retina between the baseball players and non-players. These results suggest that the better DVA of baseball players is primarily due to a better ability to track moving objects with their eyes rather than to improved perception of moving images on the retina.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,000,000	300,000	1,300,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康スポーツ科学・身体教育学

キーワード：動体視力，眼球運動，視覚，スポーツ

1. 研究開始当初の背景

我々は、日常生活の中で様々な視覚情報に触れ、その中から目的に応じて必要な情報を選択、獲得している。このような視覚情報は我々が様々な作業や行動を行う上で極めて重要である。そこで、移動する物体を識別する能力として動体視力(DVA)が提議されてきた(Burg and Hulbert, 1961)。そのDVAはスポーツにおいて、顕著にパフォーマンスに影響することが示されており、現在までに、バレーボールやバスケットボール(Morris and Kreighbaum 1977)、野球(Rouse, DeLand et al. 1988)、ソフトボール(Millsagle 2000)に

ついて、そのことが明らかにされてきた。このようなスポーツ選手の優れたDVAは、移動する物体に対して適切に眼球運動を行う能力に由来していることが示唆されている(Land and McLeod 2000)。しかし、これまでにDVAと眼球運動の関係を扱った研究の多くは、視覚刺激の移動速度が400deg/sまでの範囲であり、スポーツ選手が実際に体験する球速に近い速度で移動する視覚刺激の識別を伴う系統だった眼球運動計測は行われていない。

2. 研究の目的

我々はその背景を受けて、スポーツ選手の

優れた DVA の生理学的な背景を明らかにするために、速い速度で移動する視覚刺激を用いた DVA に対する眼球運動能力の貢献について検討することを第一の目的とした。さらに、DVA の能力を生理学的に解明するに当たって、眼球運動以外の要素も存在する可能性を我々は考えた。それは、眼球内の網膜上に映る視覚刺激像の知覚能力である。これまで、DVA に対するこの能力の貢献について検討されてこなかったことからこのことについて調べることを第二の目的とした。

3. 研究の方法

被験者は、これまでの研究から動体視力能力が高いとされるスポーツ選手群 8 名と、その比較対照として一般群 8 名を用いた。被験者の正面に位置するスクリーン上を、視覚刺激として用いられる視標(ランドルト環)が左右どちらかの方向から出現する。移動視標が投影されるスクリーンは眼前 90deg に広がる半円型である。視標の大きさ 2 種類(大, 小)、視標開口部 4 種類(上, 下, 右, 左)、移動速度 8 種類(200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900deg/s)、移動方向 2 種類(右, 左)の合計 128 通りの中から PC 制御によりランダムに順番が決定され、スクリーン上に呈示される。選択された設定によって、視標は一定角速度で水平方向にスクリーン上を 2 回移動する。被験者は、毎試行後に手元の十字セレクタを押してランドルト環の開口部方向を回答する。実験 1 では心理物理学的手法を用いて目的の達成を試み、各試行において異なる 2 条件の眼球動態下での回答を求めた。ひとつめは、スクリーン上を移動する視標を眼球運動の制限なしに自由に追認することのできる **Free movement** 条件。ふたつめは、眼球運動を行わずスクリーン中央の固視点を凝視したまま目の前を通り過ぎる視標を認知する **Fixation** 条件とした。これによって、前者では眼球運動能力を、後者では網膜上に投射された視標を認知する能力を判別することができ、その結果によって、動体視力がどちらの能力に依存しているのかを明らかにすることができる。また、本実験では、動体視力を客観的に定義する方法として、下式で表される反応曲線(心理物理曲線)を導入した。心理物理曲線における各パラメータ(最大正解率, 最小正解率, 曲線のシフト量, および曲線の傾き)は、視標の移動速度とその正解率に関する測定データに対して、理論値と測定値の二乗誤差が最小となるように決定し、その曲線が 75% と交わるときの移動速度を動体視力値と定義した。

$$p_u(t) = (p_{\max} - p_{\min}) \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_u} e^{-\frac{(\tau - d_u)^2}{2\sigma_u^2}} d\tau + p_{\min}$$

さらに、心理物理学的手法のみでは、その能力の生理学的要素を明らかにすることが

できないことから、実験 2 として、実験 1 とは異なる被験者を群として用いた上で、スクリーン上を視標が 1 回のみ移動する際の効き目の眼球が指している位置(視線位置)を継時的に精密眼球運動計測装置(Eyelink II, SR Research Ltd)を用いてサンプリングレート 500Hz で測定した。用いる視標の大きさは 1 種類(大)とし、視標開口部、移動速度、移動方向の各種類については実験 1 と同様とした。眼球運動の解析対象は、立ち上がりまでの遷時、視線位置の微分から導かれた最高速度である。それに加えて、移動視標と眼球運動の相対的な速度関係がゼロとなったときの 視標と視線の位置誤差の 3 つとした。

4. 研究の成果

実験 1 から、**Free movement** 条件では、動体視力値は小さい視標では一般群で 286.20°/sec、アスリート群で 395.50°/sec となった。大きい視標では、それぞれの群で 413.02°/sec、519.52°/sec となり、一般群に比べアスリート群のほうが有意に優れていることが示唆された。一方で、**Fixation** 条件では、小さい視標では一般群で 92.04°/sec、アスリート群で 94.14°/sec となった(図 1)。大きい視標では、それぞれの群で 132.68°/sec、110.26°/sec となり、むしろ一般群で高い値を示した。各条件で得られた動体視力値の間に相関は見られなかった(図 2)。

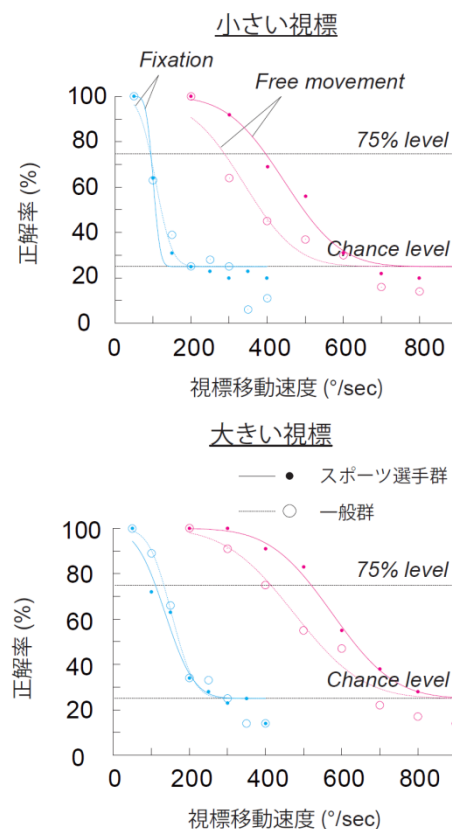


図 1. 各視標移動速度ごとの正解率

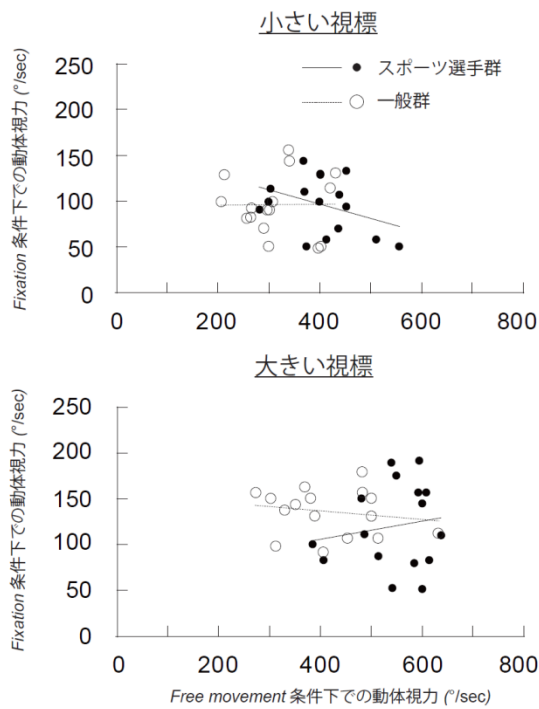


図 2. 各条件で得られた動体視力値の相関

このことから、動くものを識別する能力において、「眼球を動かして動くものを識別する眼球運動能力」と「網膜上に映ったものを認知する能力」の働きに関係がないことが示された。即ち、アスリート群の優れた動体視力を支えているのは、動くものに適切に眼を向ける力であることが明らかになった。では、その眼を動かす力は生理学的にどのようなものなのだろうか。

実験 2 において、眼球運動を計測した結果、動く対象物への視認能力が高い人、すなわち動体視力の良い人は、まず、対象物の出現とともにその方向へ短い時間で眼球を動かすことができる(眼球運動発現までの潜時が短い)ことが明らかになった(図 3)。さらに、動く対象物を眼で追う際の眼球運動の速度限界が高い(速い眼球運動が可能)ことも明らかになった(図 4)。これらの眼球運動制御によって、動く対象物と視線位置の位置誤差を“0°”に近づけることが可能となり、このことが優れた動体視力能力を発揮する生理学的要因であることが明らかになった。また、眼球の網膜機能に由来する解像度は、動く対象物と視線位置の視角誤差が 5° があると 70% 低下することが知られているが(Wertheim 1894)、この解像度の能力は動体視力の優劣と関係のないことが示された(図 5)。したがって、動体視力は①と②の眼球運動様式によってのみ支えられていることが示唆された。このことは、ある体部位の筋を鍛えることでその部位が関係する運動能力を発達させるトレーニングと同様に、視認においても眼筋を鍛えることで眼球運動能力を発達させる

トレーニングが有効であることが証明された。

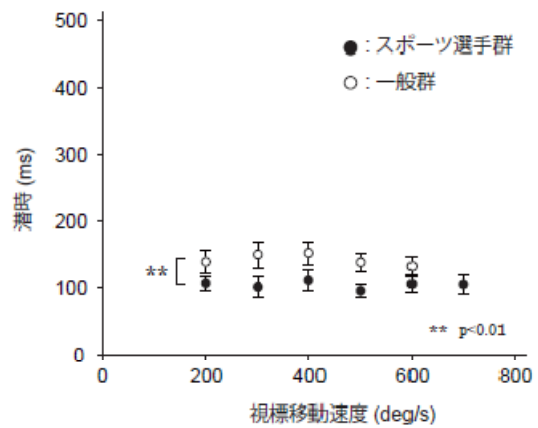


図 3. 眼球運動発現までの潜時

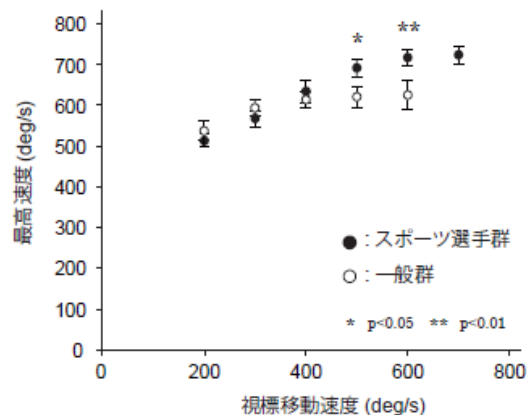


図 4. 各視標移動速度に対する眼球運動速度

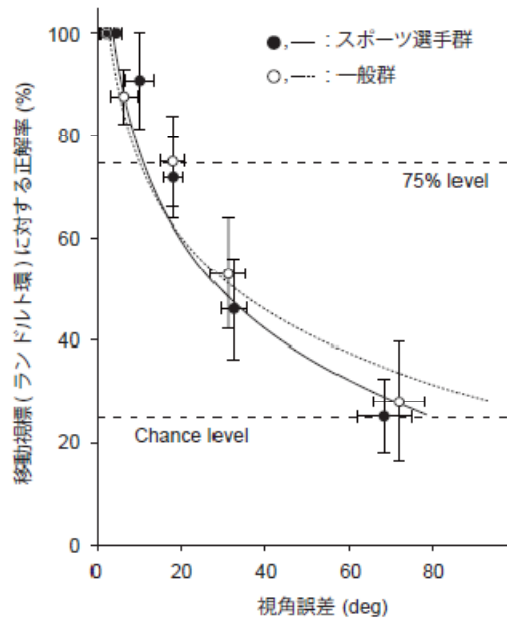


図 5. 視角誤差と正解率

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

1. Mizuguchi, N., Nakata, H., Uchida, Y., Kanosue, K. Motor imagery and sport performance. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 1(1), 103-111, 2013
2. 彼末一之, 水口暢章, 坂本将基, 中田大貴, 内田雄介. 運動イメージとスキル, *体育の科学*, 63(2), 93-98, 2013
3. Mizuguchi, N., Nakata, H., Hayashi, T., Sakamoto, M., Muraoka, T., Uchida, Y., Kanosue, K. Brain activity during motor imagery of an action with an object: a functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Research*, in press
4. 加藤孝基, 水口暢章, 中田大貴, 内田雄介, 村岡哲郎, 彼末一之. 足関節筋の弛緩は手関節筋の皮質脊髓路興奮性を低下させる, *東京体育学研究*, 印刷中

〔学会発表〕(計 5 件)

1. Uchida, Y., Ohbu, T., Iwata, H., Hazama, Y., Kanosue, K. Changes in postural movements and muscle activity following the long-term use of unstable shoes. European College of Sport Science, 2012, Bruges (Belgium)
2. Uchida, Y., Kudoh, D., Higuchi, T., Kanosue, K. Baseball players have good ability in eye movements and not in visual perception. Society for Neuroscience, 2012, New Orleans (USA)
3. Maetomo, M., Katsuta, N., Uchida, Y., Kanosue, K. Superior tactile sensibility in sports involving ball handling. 日本生理学会, 2013, 東京 (日本)
4. Satoh, N., Uchida, Y., Uchibori, A., Miyamoto, N., Nakata, D., Kanosue, K. Accuracy in isometric ballistic force generation of elbow flexion. 日本生理学会, 2013, 東京 (日本)
5. Tokuoka, K., Watanabe, J., Uchida, Y., Kanosue, K. The effect of focused and unfocused vision on nystagmus during and after whole-body rotation. 日本生理学会, 2013, 東京 (日本)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内田 雄介 (UCHIDA YUSUKE)

早稲田大学・スポーツ科学部・助手

研究者番号: 00508252