

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 12 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650396

研究課題名(和文) 一流野球選手の眼球運動と視覚認知能力の解析

研究課題名(英文) Analysis of eye movement and visual recognition ability in elite baseball players

研究代表者

彼末 一之 (Kanosue, Kazuyuki)

早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授

研究者番号：50127213

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：野球の投手が投げる140km/hのボールを打者から見ると、その角速度は1000deg/sを超える。それでも、一流打者はいとも簡単にボールを打つことができる。このことは野球選手が近く認知能力に優れていることを示している。本研究ではこの能力を明らかにするため、一流打者の眼球運動-知覚系の特例を検討した。その結果、野球選手は高い眼球運動速度を持ち、これが優れた認知能力の基礎となっていることが明らかになった。また、打者がどのような視覚情報を使っているかを、打撃時に視界遮蔽を行って検討した結果、打者はボールリリースから150ms程度のごく初期の視覚情報を使っていることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Seeing from a baseball batter, the angular velocity of a ball thrown at 140km/h reaches as high as 1000deg/s. However, batters can hit the ball. This indicates good ability of recognition in baseball players. In this study, we analyzed eye-movement-recognition system in elite baseball players. Results indicates that they have high maximum speed of eye-movement, but the recognition at a given retinal slip is comparable to that of non-players. Furthermore, we analyzed what kind of information batters use, utilizing shutter goggles. Interestingly, batters use visual information in the period till only 150ms after the ball release.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 スポーツ科学

キーワード：野球 視覚認知能力 眼球運動

1. 研究開始当初の背景

最近、移動視覚刺激認知に必要な眼球運動を定量化する新しい方法が開発され、それを用いて野球選手の精密眼球運動計測が行われた(図1, Uchida et al. 2010)。そして、野球選手は一般人に比べて有意に速い眼球運動速度を持ち、移動する視覚刺激を短い潜時で捉えることが明らかにされた(Uchida et al. 2011)。実際の打撃では、動くボールの認知に加え、ボールが「どこへ」到達するかという空間的な位置の知覚能力が重要である。申請者の最近の研究では、同じスピードでも回転速度によって異なるボールの到達点を把握する能力には選手によって個人差のあることが明らかになった(Higuchi et al. 2011)。つまり、野球の打撃には速いボールの動きをとらえる眼球運動と、その空間的位置を正しく認識することの総合的な能力が求められる。ところで、打者はボールをどのように見ているのであろうか。取りうる戦略は2つある。1つはボールが投手の手を離れてから、眼球運動の限界までずっと追いつける方法、もう一つは軌道の途中で急速眼球運動によってボールが来るであろう位置に視線を飛ばす方法である。クリケットの打者は後者の戦略をとっており、良い打者ほど素早く正しい位置に視線を移動できるという(Land et al. 2000)。しかし、野球の打者についての詳しい研究はまだない。さらに、我々が動くものを見る際、その認知ができて、様々な要因により実際とは異なった位置として知覚される(「定位誤り」)。例えば、移動する視覚刺激が途中で変化するような状況で、急速眼球運動があると、刺激の変化した位置が眼球運動の方向にシフトして知覚されてしまう(Uchida et al. 2008)。この「定位誤り」は野球選手の打撃パフォーマンスを大きく左右すると予想される。

2. 研究の目的

野球選手と一般人について、900deg/s まで

の速度で移動する視覚刺激に対して行われる眼球運動の最高速度、潜時を明らかにするとともに以下のことを明らかにする。我々は日常的に、「視線位置」と「移動する視覚刺激の位置」との位置誤差を小さくし、網膜上に映る像を出来る限り中心窩に近づけるように眼球運動を行うことで、移動物体に対する正確な視認を行っている。言い換えれば、視覚刺激を正確に識別しようとする際には、網膜上に映る像と中心窩との距離、即ち網膜誤差(Retinal error)が重要となる。このことから、野球選手の優れた DVA が、単純に眼球運動能力に依存するのではなく、Retinal error が大きくても識別できる眼器官の生理的な能力に由来する可能性があることが挙げられる。一般的に、中心窩から 5deg 離れるとその視覚刺激の識別率は 70%も低下し(Wertheim 1894)、その低下は視覚刺激の大きさや形に依存することが知られている(Anstis 1974)。しかし、現在までに、このような網膜像の識別能力について、スポーツ選手と一般人の間で比較はなされていない。そこで、我々は、移動する視覚刺激に対する網膜像の識別能力と Retinal error の関係性に、野球選手と一般人の差が存在するのかどうか調べ、上記の可能性について明らかにする。

本研究では以下の2つの実験を行う。

研究1 一流打者の移動物体の視覚認知能力の解析(基礎実験) 高速で動く視覚刺激に対する眼球運動を精密眼球運動計測装置によって測定し、一流野球選手と一般人で「定位誤り」の特性を比較検討する(仮説:一流選手は「定位誤り」が小さい)。

研究2 一流打者の眼球運動-知覚連関機構の検証(フィールド実験) 実際の打撃場面で、(1)移動するボール位置と打者の視線位置の両方を高精度で継時的に捉え、一流打者がボールをどう見ているか、

3. 研究の方法

研究1 一流打者の移動物体の視覚認知能力の解析(基礎実験)

被験者として、野球習慣を日常的に持つ男子学生8名(平均年齢20.5歳±1.6歳)をプレイヤー群、過去に運動部に所属経験を持たない健常成人男性8名(平均年齢20.8±1.2歳)をコントロール群とした。全ての被験者は、両眼の視力は矯正20/20であった。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り、スクリーンまでの距離は90cmである(図1)。

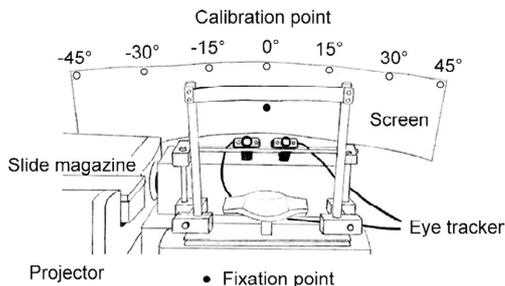


図1. 実験装置図

視標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64通りの中からランダムに試行順が決定され、スクリーン上を一定角速度で水平方向に移動する。被験者は、毎試行後にランドルト環の開口部方向を強制選択的に回答する。さらに、視標が移動している時の効き目の眼球運動を眼球運動計測装置(SR Research Ltd, Mississauga, Canada)を用いてサンプリングレート500Hzで測定する。視認の主観要素を省き、眼球運動のみに着目したDVAを客観的に定義する方法として、強制選択法を用いて得た正解率(P)を(1)式で表される反応曲線(心理物理曲線)によって近似し、

$$P(v) = 0.75 \int_{-\infty}^v \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(\tau-d)^2}{2\sigma^2}} d\tau + 0.25 \quad \dots(1)$$

正解率75%を「見えている」もしくは「見えていない」の基準とする。心理物理曲線が正解率75%と交わるときの移動速度(deg/s)をその人のDVA値と定義した。眼球運動の解析対象は、立ち上がりまでの潜時、(2)式で示された眼球位置の微分から導かれた最高速度、そして、(3),(4),(5)式から導かれる視標と眼球運動の相対速度差(Retinal slip)が“0”時点のRetinal errorの3つとした。

$$\text{Eye velocity} = (\text{Eye position})' \quad \dots(2)$$

$$\text{Retinal error} = \text{Target position} - \text{Eye position} \quad \dots(3)$$

$$\text{Retinal slip} = (\text{Retinal error})' \quad \dots(4)$$

$$\text{Retinal error}(x) = \text{Retinal slip}(0) \quad \dots(5)$$

Eye velocityは眼球運動速度、Eye positionは眼球位置、Target positionは視標位置、Retinal errorは視標と視線の位置誤差、Retinal slipはその両者の速度差を表す。

研究2 一流打者の眼球運動-知覚連関機構の検証(フィールド実験)

大学野球打者10名(右打者5名,左打者5名)を対象に、ピッチングマシンから投げられた約145km/時の直球を試合同様に打つ課題を行わせた。

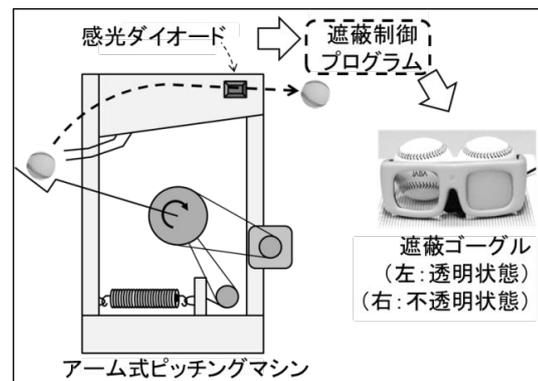


図2. 視界遮蔽装置

その際、投球を目視できる時間を調節するために、透明なレンズ部分を電子制御で不透明に変化させることができるゴーグル(PLATO, Translucent Technologies社)(図1)を被験者に装着させた。

視界遮蔽のタイミングは、1) ボール投射後 150 ミリ秒 (ms) の時点からインパクトまで (R+150), 2) ボール投射後 300ms の時点からインパクトまで (R+300), 3) 遮蔽なし (NO), の 3 種類とし、ランダムな順に各 12 試行、合計 36 試行の実打を行わせた。各試行の投球到達位置の高さをランダムに変えるために、ピッチングマシンの投球投射角度を 1 球毎に変えてボールを投射した。視界が遮蔽された状態で打撃を行う打者の安全性を考慮し、投球コースはアウトコース (打者から見てホームプレート中央よりも遠くへボールが通過するコース)、ボールはポリウレタンボール (2ON-580, ミズノ社, 重量:125g) を使用した。打者の斜め前方と斜め後方に設置した高速度カメラ (Trouble Shooter, Fastec 社, 撮影速度:1000Hz, 露光時間:1/10000 秒) を用いてインパクト位置を撮影した。ボールとバットが接触したことが確認できるフレームの 1 フレーム前を分析対象フレームとして、バット先端およびバットグリップ付近に取り付けたマーカーをデジタル化し、バット芯 (バットヘッド先端からグリップ方向へ 0.15m の点) に対するボール中心位置を動作解析ソフト (Frame Dias, DKH 社) を用いて算出した

4. 研究成果

研究 1 一流打者の移動物体の視覚認知能力の解析 (基礎実験)

被験者群ごとの各移動速度における平均正解率とその近似曲線から 400, 500, 600deg/s の正解率に群間の有意差が見られ、プレイヤー群の正解率が有意に高いことが示された (図 2)。また、近似された心理物理曲線が正解率 75% レベルと交わる値は、プレイヤー群で 486deg/s、コントロール群で 393deg/s となり、プレイヤー群において高い DVA 能力が確認された。

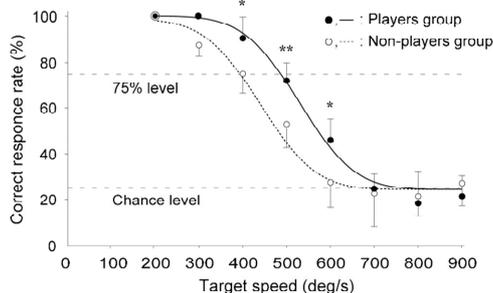


図 3 各移動速度における平均正解率

視標の各移動速度における被験者群ごとの潜時では、200 から 600deg/s までの全ての移動速度において、プレイヤー群はコントロール群より有意に潜時が短いことが示された。次に、視標の各移動速度における被験者群ごとの眼球運動の最高速度では、500, 600deg/s の視標速度における群間に有意差が見られた。一方で、200, 300, 400deg/s では有意な差が見られなかった。コントロール群は眼球運動速度が約 600deg/s で頭打ち傾向にあるものの、プレイヤー群は 700deg/s 付近まで眼球運動速度を高めることができることが確認された。さらに、Retinal error について 400, 500, 600deg/s に群間で有意な差が見られた (図 3)。

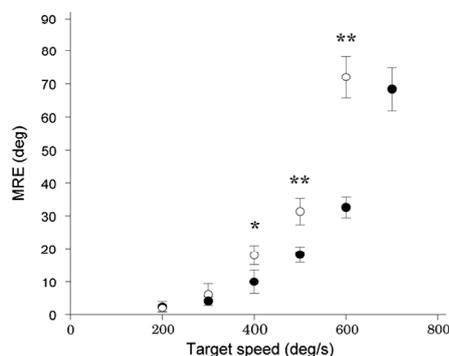


図 4 各移動速度における Retinal error

このことから、プレイヤー群はコントロール群に比べ、速い移動視標に対して小さな Retinal error を保持していることが明らかになった。本研究の結果から、野球選手は速

い視覚刺激に対して、一般人より有意に短い潜時を伴いながら眼球運動を速めることによって、視線と対象物の位置誤差を小さくすることが可能となることが示され、そのことが優れた DVA の発揮に繋がっていることが示唆された。これまでの研究から、潜時と眼球運動速度は先天的に決定されたものではなく、学習によって強化されることが明らかになっている(Iwamoto and Kaku 2010)。したがって、野球選手は『ボールを追う』という日常的な眼球運動学習によりそれらの能力が向上していると考えられる

研究2 一流打者の眼球運動-知覚連関機構の検証(フィールド実験)

各被験者の全 36 試行における鉛直方向の投球到達位置(投球の高さ)のばらつき(標準偏差値)の平均値は 75.1mm で、野球ボールやバットの直径よりもやや大きかった。各遮蔽条件(R+150, R+300, NO)におけるインパクト時のバット芯とボール中心のバット短軸方向の距離の平均値(±標準偏差値)はそれぞれ、 38.1 ± 17.6 mm, 25.9 ± 8.6 mm, 23.9 ± 6.5 mm で、R+150 条件の鉛直方向のインパクトのズレは NO 条件よりも有意に大きかった ($p < 0.05$) (図 2)。

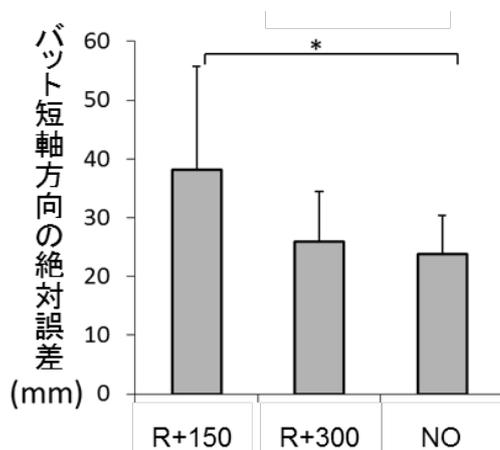


図5 バット短軸方向のインパクト誤差

また、各被験者の各遮蔽条件における鉛直方向のインパクトのばらつき(標準偏差値)

の平均値(±標準偏差値)はそれぞれ、 29.0 ± 7.8 mm, 19.4 ± 4.6 mm, 19.2 ± 4.8 mm で、R+150 条件の鉛直方向のインパクトのばらつきは R+300 条件および NO 条件よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。

R+300 と NO の条件間でインパクト距離に違いが認められなかったことから、インパクト約 150ms 前以降の視覚情報はインパクト距離縮小には大きく貢献しないことが明らかとなった。また、投球飛翔軌道のおよそ 1/3 程度しか視認できない R+150 条件でもインパクト位置のズレは野球ボール 1 個分よりも小さかったことから(図 3)、大学野球打者は投球直後の視覚情報のみでボールとバットを接触させることが可能であることが示唆された。本研究の結果より、ボールリリース直後の投球飛翔軌道に関する視覚情報が打撃の正確さに大きく貢献することが示唆された。

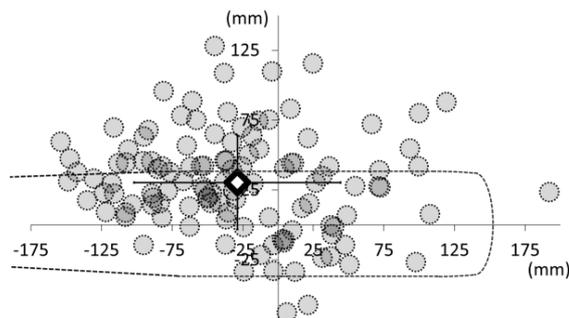


図6 NO 条件でのインパクト位置

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 8 件)
- 樋口貴俊、永見智行、宮本直和、彼末一之 (2012). 野球打撃前に行う加重したバットでの素振りがバット速度と正確さに及ぼす影響 東京体育学研究 4, 17-22.
- Higuchi T, Nagami T, Mizuguchi N, Anderson T. (2013) The Acute and Chronic Effects of Isometric Contraction

Conditioning on Baseball Bat Velocity
Journal of Strength & Conditioning
Research 27, 216-222.

樋口貴俊、大嶋匠、彼末一之 (2013) 一流男子ソフトボール打者のソフトボール打撃と野球打撃の比較 スポーツ科学研究 10, 12-19.

Higuchi T, Nagami T, Morohosi J, Nakata H, Kanosue K. (2013) Disturbance in Hitting Accuracy by Professional and Collegiate Baseball Players Due to Intentional Change of Target Position. *Perceptual & Motor Skills* 116, 1-4.

Higuchi T, Morohoshi J, Nagami T, Nakata H, Kanosue K. (2013) The Effect of Fastball Backspin Rate on Baseball Hitting Accuracy. *Journal of Applied Biomechanics* 29, 279-284.

Higuchi T, Nagami T, Kanosue K (2014) Baseball Hitting Accuracy and Contributing Factors. *Sport Science Series on "Active Life" Volume 3*, Springer Japan Inc., In press.

Uchida, Y., Kudoh, D., Higuchi, T., Honda, M., Kanosue, K. (2013) Dynamic visual acuity in baseball players is due to superior tracking abilities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(2), 319-325.

Uchida, Y., Mizuguchi, N., Honda, M., Kanosue, K. (2013) Prediction of shot success for basketball free-throws: visual search strategy. *European Journal of Sport Science* (in press).

[学会発表](計5件)

Uchida, Y., Kudoh, D., Higuchi, T., Kanosue, K. (2012) Baseball players have good ability in eye movements and not in visual perception. The 42th annual meeting

of the Society for Neuroscience, New Orleans, USA. *Soc. Neurosci. Abstr.* 372.01/LL18

Higuchi T, Nagami T, Nakata H, Kanosue K. 「Trajectory of an effective baseball pitch based on bat trajectory for hitting a ball at different location」『7th International Sport Sciences Symposium on "Active Life"』1B-12, Tokyo, Aug. 2012
樋口貴俊、宮本直和、永見智行、彼末一之「野球打撃のバット速度を高めるための新たなトレーニング法の確立」『第25回日本トレーニング科学大会』-28、滋賀、2012年12月.

Higuchi T, Nagami T, Nakata H, Kanosue K. 「Contribution of Visual Information about Ball Trajectory to Baseball Hitting Accuracy」『8th International Sport Sciences Symposium on "Active Life"』1A-11, Tokyo, Feb. 2013.

樋口貴俊、永見智行、彼末一之「野球打撃時の視覚情報とインパクト位置の正確さ」『日本野球科学研究会第1回大会』B-07、滋賀、2013年8月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

彼末一之 (早稲田大学)

研究者番号 : 5 0 1 2 7 2 1 3

(2) 研究分担者

内田雄介 (早稲田大学)

研究者番号 : 0 0 5 0 8 2 5 2

(現名城大学)

中田大貴 (早稲田大学)

研究者番号 : 4 0 5 7 1 7 3 2

(現奈良女子大学)