

スポーツ選手の知覚

森 周司*・三好 智子**

*九州大学 大学院システム情報科学研究院

**九州大学 大学院システム情報科学府

〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744

1. はじめに

1921年9月11日の*New York Times*に次の見出しの記事が掲載された: RUTH SUPERNORMAL, SO HE HITS HOMERS. 記事には, Babe Ruthがコロンビア大学の心理学実験室で反応時間, 視覚運動協応, 注意の範囲, 記憶容量などの実験を受けた様子が書かれている. センセーションな題名が示すように, それらの実験でのBabe Ruth, 当時がキャリアの絶頂期でありこの年に打率.378, 171打点, ホームラン59本を打っている^{1,2)}, の成績が常人を超えたものであり, これこそが彼の桁外れの打撃の秘訣であるとされている.

Babe Ruthに限らず, 超一流のスポーツ選手の並外れたプレーを可能にする一つの要因を彼らの感覚機能や認知情報処理に求めようとする考えは現在でもあり, スポーツ科学を中心にして盛んに研究が行われている. 本稿の第一著者も十数年ほど前から「スポーツ心理物理学」³⁾のテーマの下, スポーツ選手の知覚について研究を行ってきた. 本稿では我々自身の研究も織り交ぜながら, スポーツ選手の知覚に関する研究動向を解説する.

2. スポーツ選手の反応時間

コロンビア大学での実験を詳しく報告しているFullerton¹⁾によれば, Babe Ruthの光と音に対する単純反応時間の平均はそれぞれ160msと140ms, 同じ課題での一般人の平均はそれ

ぞれ180msと150msであった. 使用刺激や一般人のデータの詳細が書かれておらず, これだけでは一般人よりもRuthの反応時間が特に速いとは言いがたい. 単純反応時間に関する知見⁴⁾と照らし合わせて考えると, Ruthの反応時間は並外れと言うよりは, むしろ並の値である.

スポーツ選手の反応時間に関するこれまでの研究を総合すると, 単純反応時間ではスポーツ選手と一般人に違いはない^{5,6)}. 一方, 選手が専門とするスポーツに模した状況では選手の反応時間の方が速い⁷⁻¹⁰⁾. Moriら⁸⁾は, 空手道選手6名(内, 黒帯4名)と一般人7名の反応時間を課題(単純反応, 選択反応)×刺激(ビデオ, ドット)の2要因で測定した. 刺激の「ビデオ」とは空手道選手の突きや蹴りのビデオ映像であり, 単純反応課題では映像中の選手が動き出したら反応し, 選択反応課題では映像の突きや蹴りが上段あるいは中段に来るかに応じてできる限り速く正確に反応するようにした. 「ドット」は白背景上の黒点であり, 単純反応課題では画面中央にドットが呈示されたらできる限り速く反応し, 選択反応課題ではドットの呈示位置の上下に応じてできる限り速く正確に反応するようにした. 図1に選手と一般人の平均反応時間を示す. すべての条件で選手の平均反応時間は一般人より速いものの, 単純選択反応時間での二者の相違はわずかで有意差はない. 大きな違いがあるのはビデオ刺激の選択反応時間であり, 選手の方が100msほど速い. これは, ビデオの選択反応課題が空手の防御における「相手の技を見切る」とこと類似しているためと考えられる. Mori and Shimada⁹⁾と三好ら⁷⁾も同

様の結果を得ている。

3. スポーツ選手の視覚認知機能

表1に、反応時間以外のBabe Ruthの実験結果をまとめている。いずれの実験でも、一般人の平均よりは高い値を示しているものの、視覚運動協応を除いてRuthの結果が特に良いわけではない。前述の反応時間と同様、各実験での一般人のデータの詳細が記されていないこともあり、この結果だけでBabe Ruthをsupernormalとするにはいささか無理がある。

Ruthの実験のように、スポーツ選手のさまざまな視覚認知機能、例えば静止および動体視

力、視野の広さ、反応時間、視覚運動協応、知覚の範囲、を測定し、それらの値を一般人と比較する研究は盛んに行われてきた^{11,12)}。ただし、その膨大なデータの蓄積から得られる結論は明確ではない^{10,13)}。同じ研究の中でも、ある機能についてはスポーツ選手の方が一般人より優れた値を示すが、選手と一般人とは変わらない、あるいは選手の方が一般人より劣る値を示す機能もある¹⁴⁾。研究間にも一貫性がなく、ある研究ではスポーツ選手の方が優れた値を示した機能でも、ほかの研究では一般人と差がないことがままある¹⁵⁾。また、これらの研究が用いている視力測定法や知覚実験課題にはスポーツ選手にとっての生態学的妥当性(ecological validity)が欠けているため、スポーツ選手の優れた能力を明らかにすることができないことも指摘されている^{10,13)}。前節の反応時間で述べたように、スポーツ選手と一般人の顕著な相違が現れるのはスポーツに類似した刺激や課題での実験である。この点については5節で詳述する。

4. スポーツ選手の眼球運動

スポーツ選手の眼球運動は対戦相手やボールの軌道からの情報収集の様態を示す指標として詳しく研究されており、一般人とは異なる特性を示すことが明らかになっている。その詳細については他稿¹⁶⁾に譲るとし、本節ではスポーツ選手の追従眼球運動と動体視力及び運動視と

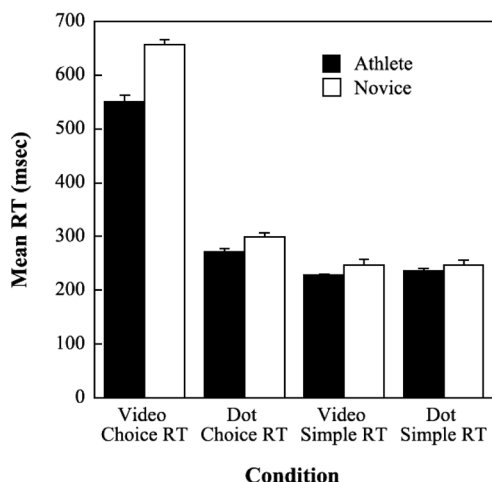


図1 空手道選手(黒棒)と一般人(白棒)の反応時間(Mori, Ohtani and Imanaka, 2002, p. 222, Fig. 3を引用)

表1 Babe Ruthの実験結果. Fullerton¹⁾とFuchs²⁾に基づく

	視覚運動協応 ^{a)}		タッピング速度 ^{b)}		知覚の範囲 ^{c)}		符号問題 ^{d)}
	右手	左手	右手	左手	数字	点	
Babe Ruth	122	132	193	176	6	12	平均的
一般人		82		180	4.5	8	-

注. 一般人の数値については多数者の平均と記してあるだけで人数や年齢などの詳細は不明

^{a)} 1分間で片手に持った棒を三つの穴に挿入した回数

^{b)} 1分間で片手に持った棒で真鍮板を叩いた回数

^{c)} 50msの呈示時間で正確に把握できた数

^{d)} 符号(抽象的な記号)と数字の組み合わせを基に、各符号に対応する数字を正しく記入した数. Ruthの成績は「平均的」とのみ報告されている。

の関係について述べる。

動体視力は「動くものを見ることが出来る能力」¹⁷⁾と定義され、観察者から見て横方向に動くランドルト環を用いて測定される（奥行き方向に動くランドルト環を用いた測定方法もあるが、本稿では扱わない）。その際、ランドルト環への追従眼球運動は測定結果を左右する重要な要因であり¹⁸⁾、追従眼球運動とランドルト環の運動のずれによる網膜像の速度誤差と位置誤差が動体視力を低下させる¹⁹⁾。しかし、前節で取り上げたスポーツ選手の研究の多くで、測定時の観察方法としてランドルト環を追視するのか、それとも一点を固視して通過するランドルト環を見るのか、が定められていない。いわば観察者任せの状態である。Uchidaら²⁰⁾の最近の研究によると、ランドルト環を追視させた場合にはスポーツ選手の測定値は一般人より良いが、一点を固視させた場合には両者の測定値に差はない。このことは、スポーツ選手と一般人の追従眼球運動の相違を示すとともに、スポーツ選手の動体視力の測定結果に一貫性がない原因の一つが測定法の不備にあることを示唆している。

Uchidaら²⁰⁾の研究は運動物体を追視する能力においてスポーツ選手が優れていることを示すが、スポーツによっては外界の動きに抗して眼を動かさない方が良いこともある。例えば、空手ではよく「目を取られるな」と言われる。対戦相手の動きに惑わされることなく、視線を相手の体の中心に向けておけという意味である。しかし、視野中で比較的大きな物が動くと視運動性眼振が生じるため、物体の運動と同方向に眼球が動いてしまう。もし空手道選手が目を取られないようにしているなら、視運動性眼振をできる限り抑制して視線を維持しているであろう。この点を検証するため、Seya and Mori²¹⁾は視野全体を覆うランダムドットを上昇あるいは下降させ、その中央を水平方向に移動する点を追従する際の縦方向の視線のぶれ（平均位置からの標準偏差）を空手道選手7名（内、黒帯6名）と一般人7名で測定した。実

験はドットの移動速度（11.7度/秒、46.7度/秒）と方向（上昇、下降）の組み合わせ計4条件で行われた。その結果を図2に示す。予想した通り、すべての条件で空手道選手の視線のぶれが一般人より小さかった。

Seya and Mori²¹⁾は、同じ刺激画面を用いて空手道選手と一般人の誘導運動（induced motion）を測定した。誘導運動は背景や近傍の刺激の運動とは逆方向に対象が動いて見える錯視であるが、視運動性眼振の抑制が大きくなるほど誘導運動も大きくなると考えられている²²⁾。ならば、抑制が大きな空手道選手の方が誘導運動は大きくなると予想される。空手道選手10名と一般人10名の実験結果を図3に示

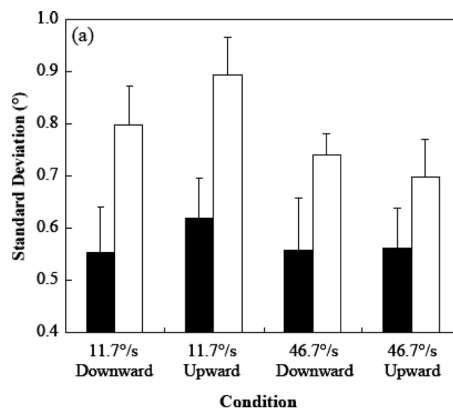


図2 空手道選手（黒棒）と一般人（白棒）の視線のずれ（Seya and Mori, 2007, p. 501, Figure 3(a)を引用）

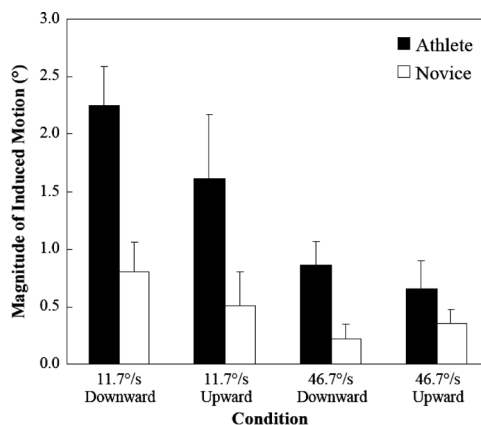


図3 空手道選手（黒棒）と一般人（白棒）の誘導運動量（Seya and Mori, 2007, p. 497, Figure 2を引用）

す。こちらも予想通り、空手道選手の誘導運動量の方が一般人より大きかった。以上の結果は、スポーツの特性に応じた追従眼球運動の変化が運動視にも反映されることを示すとともに、スポーツ選手の方が錯視は大きく見えるというある意味で逆説的な現象を明らかにしている。

5. スポーツ選手の専門的知覚

スポーツ選手と一般人の知覚の相違が最も顕著に現れるのは、選手がプレーをする際の視環境や必要とされる判断および行動を模した実験状況、すなわち生態学的妥当性が高い実験状況である^{10,13,23}。よく用いられる刺激は対戦相手のプレーやボールを選手の視点で撮影したビデオ映像であり、参加者の課題は競技中の判断や行為を模したものである。最近では、選手の身体運動を複数の光点で表現したバイオロジカル・モーション²⁴、ヘッドマウントディスプレイを用いた仮想現実感での3次元映像呈示²⁵、競技場でプレーする選手にシャッターゴーグルを装着しての時間制御²⁶、などの手法も用いられている。

こうして得られた結果から、選手が専門とするスポーツに特化した視覚認知機能、いわゆる専門的知覚 (expertise perception)、が明らかになってきた¹⁰。具体的には、一般人と比べスポーツ選手は競技に関連する情報、例えば他のプレーヤーやボールの位置、をより効率的に

探索し²⁷、試合やプレーに関する優れた記憶力を有し²⁸、対戦相手の行動やボールの進行方向を正確かつ素早く予測する^{7,8,24}。2節で述べた空手道選手の速い選択反応時間⁸)も、対戦相手の動きから突きや蹴りの狙いを速く予測した結果と考えられる。

予測の研究では、最近では偽装動作に関心が集まっている^{25,26,29,30}。多くのスポーツで選手はフェイントのように相手を騙す動作を用いる。このような偽装動作に選手はたやすく騙されるのか、それとも騙されずに真の狙いを正しく予測できるのか。Mori and Shimada⁹)はラグビー選手のサイドステップに関してこの点を検証した。サイドステップとは、タックルされないように逆方向に走ると見せかける動作である。Mori and Shimada⁹)は、ボールをもって直進してくる選手がサイドステップを使って右あるいは左に走り抜ける映像と、使わずに走り抜ける映像を撮影し、それを刺激とした。実験では時間的遮蔽法を用い、右あるいは左に走る方向 (サイドステップを使った映像ではサイドステップの後で最終的に走り抜ける方向) を変える瞬間を0msとして、その前後で映像呈示を中断した。そして実験参加者には映像中の選手が最終的に右あるいは左に進むかを判断させた。図4に、ラグビー選手10名と一般人10名の結果を示す。サイドステップを用いた映像 (One Sidestep) では、早い時点での中断では選手の方が一般人より正答率が高く、選手の予

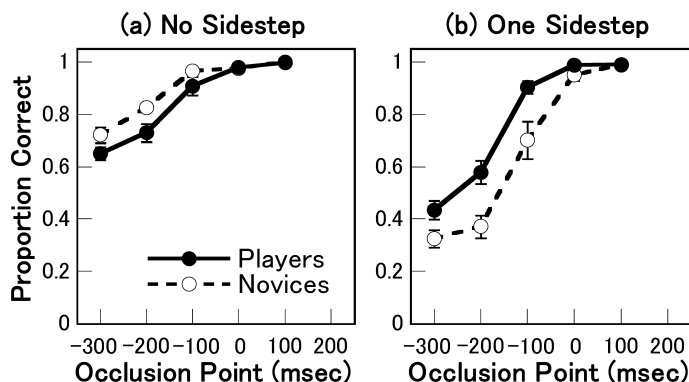


図4 ラグビー選手 (黒丸) と一般人 (白丸) の正答率 (Mori and Shimada, 2009, p. 249, Fig. 3 を改変)

測が優れていることがわかる。注目すべきはサイドステップを用いていない映像 (No Sidestep) での結果であり、選手の予測の方が劣っている。これは、練習や試合で培われた知識から選手がサイドステップを予想して「山を張った」結果、サイドステップがない場合に誤反応をしたものと推測される。4節の誘導運動²¹⁾と同様、スポーツ選手の専門性が状況によっては不正確な結果を導く例である。

6. おわりに

スポーツ選手の知覚が一般人と明確に異なるのは専門的知覚であり、専門的知覚の働きが明確に発揮されるのは競技場面、あるいはそれに類似した実験場面、すなわち生態学的妥当性が高い状況である。また専門的知覚はスポーツにおける運動や行動と強く結びついており、いわば知覚-行動系の一つである。スポーツ選手の眼球運動が一般人と異なるのも、選手の知覚-行動系がスポーツの視環境に適応した結果であろう。

以上のように考えると、バッティングとは程遠い実験課題での Babe Ruth の成績が一般人とさほど変わらないのも納得がいく。もし、バッティングを模した実験状況で反応時間や認知機能が測定されていたなら、Babe Ruth という稀代のバッターが supernormal であった確証が得られていたかもしれない。

謝辞 本稿を執筆する機会を与えて頂いた佐藤雅之先生と須長正治先生、また初期の原稿に関して有益なご助言を頂いた加藤貴昭先生に感謝いたします。本稿で紹介した研究に対しては日本学術振興会科学研究費(課題番号 13610095, 17530528, 21330169, すべて研究代表者: 森 周司)の補助を受けました。

文 献

- 1) H. S. Fullerton: Why Babe Ruth is greatest home-run hitter, *Popular Science Monthly*, **99**, 19-21:110, 1921.
- 2) A. H. Fuchs: Psychology and “The Babe”, *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, **34**, 153-165, 1998.
- 3) S. Mori: Toward a study of sports psychophysics, Proceedings of 15th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics, 308-313, 1999.
- 4) R. D. Luce: *Response times: Their role in inferring elementary mental organization*, Oxford University Press, 1986.
- 5) P. McLeod: Visual reaction time and high-speed ball games, *Perception*, **16**, 49-59, 1987.
- 6) A. T. Slater-Hammel and R. L. Stumpner: Batting reaction-time, *The Research Quarterly*, **21**, 353-356, 1950.
- 7) 三好智子, 森 周司, 廣瀬信之: 事前視覚情報の利用が打球の方向予測に及ぼす影響, *心理学研究*, **83**, 202-210, 2012.
- 8) S. Mori, Y. Ohtani and K. Imanaka: Reaction times and anticipatory skills of karate athletes, *Human Movement Science*, **21**, 213-230, 2002.
- 9) S. Mori and T. Shimada: Psychophysical study of expertise perception of deceptive motion in rugby, Proceedings of 25th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics, 245-250, 2009.
- 10) A. M. Williams, K. Davids and J. G. Williams: *Visual perception and action in sport*, E & FN Spon, 1999.
- 11) C. D. Stine, M. R. Arteburn and N. S. Stern: Vision and sports: A review of the literature, *Journal of the American Optometric Association*, **53**, 627-633, 1982.
- 12) C. A. Hazel: The efficacy of sports vision practice and its role in clinical optometry, *Clinical and Experimental Optometry*, **78**, 98-105, 1995.
- 13) B. Abernethy: Enhancing sports performance through clinical and experimental optometry, *Clinical and Experimental Optometry*, **69**, 189-196, 1986.
- 14) G. N. Christenson and A. M. Winkelstein:

- Visual skills of athletes versus nonathletes: Development of a sports vision testing battery, *Journal of the American Optometric Association*, **59**, 666–675, 1988.
- 15) P. K. Hughes, N. L. Bhundell and J. M. Waken: Visual and psychomotor performance of elite, intermediate and novice table tennis competitors, *Clinical and Experimental Optometry*, **76**, 51–60, 1993.
 - 16) 加藤貴昭：スポーツ競技における知覚-運動スキル, *Vision*, **25**, 30–34, 2013.
 - 17) 枝川 宏：スポーツビジョン, *臨床スポーツ医学*, **18**, 881–891, 2001.
 - 18) J. W. Miller and E. Ludvigh: The effect of relative motion on visual acuity, *Survey of Ophthalmology*, **7**, 83–116, 1962.
 - 19) B. Brown: Dynamic visual acuity, eye movements and peripheral acuity for moving targets, *Vision Research*, **12**, 305–321, 1972.
 - 20) Y. Uchida, D. Kudoh, A. Murakami, M. Honda and S. Kitazawa: Origins of superior dynamic visual acuity in baseball players: superior eye movements or superior image processing, *PLoS ONE*, **7**, e31530. doi: 10.1371/journal.pone.0031530, 2012.
 - 21) Y. Seya and S. Mori: Motion illusion reveals fixation stability of karate athletes, *Visual Cognition*, **15**, 491–512, 2007.
 - 22) R. B. Post, C. L. Shupert and H. W. Leibowitz: Implications of OKN suppression by smooth pursuit for induced motion, *Perception and Psychophysics*, **36**, 493–498, 1984.
 - 23) J. van der Kamp, F. Rivas, H. van Doorn and G. Savelsbergh: Ventral and dorsal contributions to visual anticipation of fast ball sports, *International Journal of Sport Psychology*, **39**, 100–130, 2008.
 - 24) B. Abernethy, K. Zawi and R. C. Jackson: Expertise and attunement to kinematic constraints, *Perception*, **37**, 931–948, 2008.
 - 25) S. Brault, B. Bideau, R. Kulpa and C. M. Craig: Detecting deception in movement: The case of the side-step in rugby, *PLoS ONE*, **7**, e37494. doi:10.1371/journal.pone.0037494, 2012.
 - 26) M. Dicks, C. Button and K. W. Davids: Availability of advance visual information constrains association-football goalkeeping performance during penalty kicks, *Perception*, **39**, 1111–1124, 2010.
 - 27) A. M. Williams and K. Davids: Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **69**, 111–129, 1998.
 - 28) F. Allard, S. Graham and M. E. Paarsalu: Perception in sport: basketball, *Journal of Sport Psychology*, **2**, 14–21, 1980.
 - 29) R. C. Jackson, S. Warren and B. Abernethy: Anticipation skill and susceptibility to deceptive movement, *Acta Psychologica*, **123**, 355–371, 2006.
 - 30) T. Takeyama, N. Hirose and S. Mori: Temporal change in response bias observed in expert anticipation of volleyball spikes, Proceedings of 27th Annual Meeting of the International Society for Psychophysics, 19–24, 2011.