

## スポーツ競技における知覚-運動スキル

加藤 貴昭

慶應義塾大学 環境情報学部  
〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

### 1. はじめに

スポーツ競技のようなダイナミックに変化する環境下においては、しばしば通常の人間の限界を超えるような時間的および空間的制約がもたらされるが、熟練した競技者はそのような状況においても優れたパフォーマンスを発揮することができる。競技場面において素早い意思決定を行うためには、特定の情報に対して適切な選択的注意を向ける必要があるが、例えばサッカーやバスケットボールの競技者は時間的および空間的制約、さらには精神的なプレッシャー下において、ボール、ゴール、味方選手、相手選手といった環境に潜む情報を探り、加えてコーチの指示や戦略なども考慮してプレーしなければならない。近年、実験手法の技術発展に伴い、多様な環境下において知覚-認知タスクが用いられるようになり、競技者の熟練スキルの解明を目的とした研究が増えている<sup>1,2)</sup>。本稿では我々が取り組んだ研究も紹介しながらスポーツ競技者の知覚と運動に関する研究を概観し、今後の展望について考察する。

### 2. 視覚情報の利用

競技者が対戦相手やボールなどの対象から、いかなる先行手がかり(advance cue)を利用し、予測や意思決定を行っているのかという課題に対しては、刺激映像の加工技術を駆使した研究手法が用いられている。例えば、テニスなどのラケットスポーツにおいては、事象遮蔽(event occlusion)技術を用いて相手選手の身体部位の

一部を遮蔽し、レシーブ時の判断に影響を及ぼす視覚情報を特定している<sup>3,4)</sup>。また、時間遮蔽(temporal occlusion)技術を用いることにより、どの時点までの視覚情報が重要であるかを特定することができる<sup>5,6)</sup>が、最近ではPLATO<sup>7)</sup>と呼ばれる液晶レンズを用いたシャッターゴーグルにより、フィールド状況下での実験も行われている<sup>8-10)</sup>。より本質的な視覚情報を特定するために、スポーツ競技においてもバイオロジカルモーションによる刺激呈示法が用いられており、例えばWardら<sup>11)</sup>はテニスのストローク場面でのボール方向判断において相手選手の打撃動作を光点表示したところ、熟練者はパフォーマンスに必要な最小限の情報として相対的な運動連鎖情報を利用していることを示している。

しかしながら、熟練者は空間的にも時間的にも、より広範囲の対象から先行手がかりを得ていると考えられるため、視覚刺激を加工することによる実験的バイアスの影響は無視できず、生態学的妥当性の問題が指摘されている<sup>12)</sup>。

### 3. 競技中の眼球運動

熟練競技者はただやみくもに大量の情報に注目しているのではなく、特定の視覚探索パターンを用いて効率よく視覚情報を獲得しており<sup>1,2)</sup>、視覚探索活動を評価するためには眼球運動計測手法が有効となる。これまでもさまざまな環境下(実験室から競技現場まで)において、スポーツ競技者の眼球運動計測が行われてきたが、スポーツにおける知覚-認知研究についてメタ分析を行った研究<sup>13)</sup>によると、熟練者は概してより少ない対象に対してより長い時

間注視している特徴を持つことを示している。しかしながら最近のレビュー論文<sup>14)</sup>では、諸理論に応じて眼球の振る舞いの理解も異なることを指摘しており、熟練者はより多くのタスク関連対象に対して短い時間注視し、最初の注視までの時間は短く、長いサッケード距離を示し、より広い視野を有効活用していることが熟練者の特徴であると述べている。

Vickersら<sup>2)</sup>は「タスクの最終動作を開始する直前まで、ターゲットに対して注視していた時間」をQuiet Eyeという用語で定義し、例えばバスケットボールのフリースローやゴルフのパッティングといったターゲットを狙うタスクにおいて、熟練者は概してQuiet Eye継続時間が長い傾向にあり、特に試行成功時においてはよりQuiet Eye継続時間が長いという特徴を明らかにしている。またQuiet Eyeにより、適切な姿勢制御がなされることも示唆している。

著者ら<sup>15)</sup>もこれまでにスポーツ競技者を対象に眼球運動計測を行ってきたが、可能な限り実際の競技場面でフィールド実験を行うことにより、生態学的妥当性の高い実験状況を構築することを目指してきた。例えば、スキーのアルペン競技を対象とした実験<sup>16)</sup>では、極めて困難な状況である雪上での計測を行い、競技中の熟練者の視覚探索パターンを明らかにしている。

#### 4. 遠山の目付

日本古来より伝わる武道においては、「一眼、二足、三胆、四力」と言われるように、目の使い方が重要視されており、特に剣道においては、相手の動きに惑わされず、全体を大きく広く捉えるように相手の目(心)を観ることを「遠山の目付」と呼び、その際には遠くの山全体を望むような目を半眼にして見る気持ちで、相手に臨むことが大切であると言われている(図1)。

著者ら<sup>17,18)</sup>は剣道範士八段の師範、大学剣道部員、一般の大学生らに対して、実際の剣道の競技場面で眼球運動の計測を行ったところ、対峙場面において師範は相手の目から視線を外すことがほとんどなく、熟練者も相手の目に視線を配置させる時間が長い。一方、一般の大学生は相手の小手、胴、竹刀といった特徴的な対象に対して視線を向けることが多かった(図2)。すなわち師範や熟練者において「遠山の目付」の特徴が確認された。相手の目に対して注視(fixation)することは、必ずしも相手の目から情報を得ていたのではなく、むしろ相手の目の位置に視支点(visual pivot<sup>19)</sup>)を置き、周辺視を活用して相手の攻撃に関する情報を得ていた、と解釈することができる。このような視覚探索戦略は、ボクシング<sup>19)</sup>や空手<sup>20)</sup>においても確認されているが、他の競技<sup>15)</sup>に



図1 剣道における「遠山の目付」の概念。

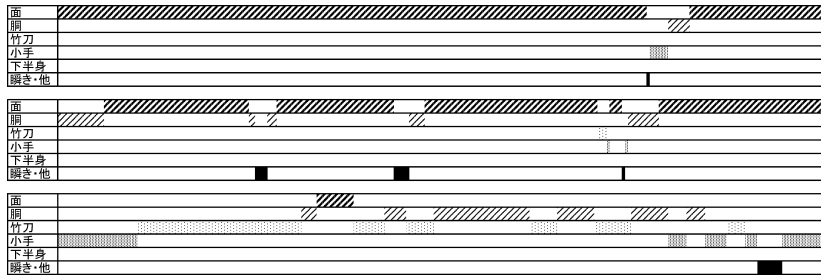


図2 剣道の模擬試合時における視線移動パターンの典型例<sup>17)</sup> (7500 ms).

上：師範，中：剣道部員，下：一般大学生．各データにおける行は相手身体の部位カテゴリー（上から面，胴，竹刀，小手，下半身，瞬き・他）であり，1 frame (33 ms) における視線配置位置が示されている．

においても熟練者の視線の振る舞いは類似していることが多く，特に相手の動きに惑わされることが重要となる<sup>21)</sup>．また，剣道の師範の眼球運動範囲が狭いことや，「膝下丹田で相手を見る」という師範のコメントから，頭部を含めた身体全体で相手に対峙していることが示唆される．このように知覚と運動は密接な関係 (perception-action coupling) であることから，眼球運動とともに身体運動の同時計測<sup>16,22)</sup>が重要となる．

## 5. 今後の展望

現在もさまざまな計測技術が発展しており，例えばモーションキャプチャシステムと眼球運動計測が同期し，3次元仮想空間上に視線位置を再現できることで<sup>23)</sup>，知覚と運動の詳細な関係を探ることが可能となる．前述の眼球運動測定実験ではタスクの準備時間相に注目しているため，相手競技者などの比較的低速で移動する対象が主な視標となるが，その後の時間相におけるボールなどの高速移動対象に対する競技者の眼球運動の振る舞い<sup>24,25)</sup>を正確に捉えるためには，時間的にも空間的にもより精度の高い計測技術が必要であり，サッカードや追従運動の他にも予期的な視線移動の推移を探ることにより，なぜ「ボールから目が離れてしまう<sup>24)</sup>」のか，さらなる詳細な説明が期待される．また，最近ではスポーツ競技場面での各種判断の成否にかかわる錯視も注目されており，例えばサッカーのオフサイド判定に参与するフ

ラッシュラグ効果<sup>26)</sup>や，野球の打撃におけるボール位置予測に関与する representational momentum の出現<sup>27)</sup>などは興味深い．コンピュータグラフィックスを用いて視対象である相手の身体モデルを操作することによる知覚への影響<sup>28,29)</sup>も報告されており，予測判断課題に関する新たな実験環境デザインの提案が期待される．

現在のスポーツ競技における知覚-運動スキル研究の重要な課題は，「いかにしてスキルが獲得されるのか」という学習の側面を明確にすることであり，スキル獲得の背景，有効なトレーニング方法については実証的に検討し，理論的かつ実践的に取り組む必要がある．近年では記述的および帰納的な理論的枠組みとして熟練パフォーマンスアプローチ<sup>30,31)</sup>が提案されている．また，運動学習においては自身の身体に注意を向ける内的焦点 (internal focus) よりも，環境への外的焦点 (external focus) を用いることで高い学習効果が得られることが認められており<sup>32)</sup>，現在はリハビリ等の臨床場面でも応用されている．これらは潜在学習 (implicit learning)<sup>33)</sup>や観察学習 (observational learning)<sup>34)</sup>とともに，意識と無意識の周辺の課題に関与した重要な課題である．戦略的意思決定の際にも意識を伴わない判断 (直観など) が熟練者の特徴である<sup>35,36)</sup>という知見も，スポーツ競技における知覚-運動研究に深く関与している．過剰な意識処理による身体運動の阻害<sup>37)</sup>を省き，いわゆる「身体が勝手に反応す

る」ための知覚-運動スキル熟達化に向けた学習環境のデザインと、本来 (*in situ*) の環境の中で人間の運動行動について幅広く考察することが今後の研究の指針となる。スポーツにおける知覚-運動スキルに関する研究がさらに発展することで、競技者の熟達化を支える要因がより明確になり、新たな理論的枠組みが構築され、さらには実践的に有効な提案がなされることが期待される。

## 文 献

- 1) A. M. Williams, K. Davids and J. G. P. Williams: *Visual perception and action in sport*. E&FN Spon, 1999.
- 2) J. N. Vickers: *Perception, cognition, and decision training: The quiet eye in action*. Human Kinetics, 2007.
- 3) B. Abernethy and K. Zawi: Pickup of essential kinematics underpins expert perception of movement patterns. *Journal of Motor Behavior*, **39**, 353-367, 2007.
- 4) R. C. Jackson and P. Mogan: Advance visual information, awareness, and anticipation skill. *Journal of Motor Behavior*, **39**, 341-351, 2007.
- 5) R. C Jackson, S. Warren and B. Abernethy: Anticipation skill and susceptibility to deceptive movement. *Acta Psychologica*, **123**, 355-371, 2006.
- 6) S. Muller, B. Abernethy and D. Farrow: How do world-class cricket batsmen anticipate a bowler's intention? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **59**, 2162-2186, 2006.
- 7) P. Milgram: A spectacle-mounted liquid-crystal tachistoscope. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, **19**, 449-456, 1987.
- 8) D. Farrow, B. Abernethy and R. C. Jackson: Probing expert anticipation with the temporal occlusion paradigm: experimental investigations of some methodological issues. *Motor Control*, **9**, 332-351, 2005.
- 9) S. Muller and B. Abernethy: Batting with occluded vision: An in situ examination of the information pick-up and interceptive skills of high- and low-skilled cricket batsmen. *Journal of Science and Medicine in Sport*, **9**, 446-458, 2006.
- 10) R. R. Oudejans, R. W. van de Langenberg and R. I. Hutter: Aiming at a far target under different viewing conditions: visual control in basketball jump shooting. *Human Movement Science*, **21**, 457-480, 2002.
- 11) P. Ward, A. M. Williams and S. J. Bennett: Visual search and biological motion perception in tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **73**, 107-112, 2002.
- 12) N. J. Hodges, R. Huys and J. Starkes: Methodological review and evaluation of research in expert performance in sport. G. Tenenbaum and R. C. Eklund (eds): *Handbook of sport psychology (3rd ed.)*. John Wiley & Sons, 161-183, 2007.
- 13) D. T. Y. Mann, A. M. Williams, P. Ward and C. M. Janelle: Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, **29**, 457-478, 2007.
- 14) A. Gegenfurtner, E. Lehtinen and R. Saljo: Expertise Differences in the Comprehension of Visualizations: a Meta-Analysis of Eye-Tracking Research in Professional Domains. *Educational Psychology Review*, **23**, 523-552, 2011.
- 15) 加藤貴昭：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—その軌跡と展望，大修館書店，163-174, 2004.
- 16) 佐宗洋彦：アルペンスキーにおける眼球運動と身体運動のコーディネーションに関する研究。慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士論文，2006.
- 17) T. Kato: Visual pivot, ambient vision system, and expertise in Kendo. Proceedings of the 11th World Congress of Sport Psychology, 2005.
- 18) 福田忠彦，加藤貴昭：実験で証明 高段者の

- 視線は一定だった。剣道時代, **373**, 71–77, 2003.
- 19) H. Ripoll, Y. Kerlirzin, J.-F. Stein and B. Reine: Analysis of information processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving sport situations, *Human Movement Science*, **14**, 325–349, 1995.
  - 20) A. M. Williams and E. David: Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, **21**, 362–375, 1999.
  - 21) 森 周司, 三好智子: スポーツ選手の知覚. *Vision*, **25**, 20–25, 2013.
  - 22) S. T. Rodrigues, J. N. Vickers and A. M. Williams: Head, eye and arm coordination in table tennis. *Journal of Sports Sciences*, **20**, 187–200, 2002.
  - 23) ナックイメージテクノロジー社「映像計測機器」WEBサイト<<http://www.nacinc.jp/analysis/>> (アクセス日: 2012年11月29日)
  - 24) A. T. Bahill and T. LaRitz: Why can't batters keep their eyes on the ball? *American Scientist*, **72**, 249–253, 1984.
  - 25) M. F. Land and P. McLeod: From eye movements to actions: how batsmen hit the ball. *Nature Neuroscience*, **3**, 1340–1345, 2000.
  - 26) M. V. Baldo, R. D. Ranvaud and E. Morya: Flag errors in soccer games: the flash-lag effect brought to real life. *Perception*, **31**, 1205–1210, 2002.
  - 27) H. Nakamoto, S. Ikudome, M. Ishihara, K. Imanaka and S. Mori: Expert batters' anticipation of the future location of fast-moving objects. *Proceedings of the North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity*, 2012.
  - 28) K. Fukuhara, H. Ida, S. Kusubori and M. Ishii: Anticipatory judgment of tennis serve: a comparison between video images and computer graphics animations. *International Journal of Sport and Health Science*, **7**, 12–22, 2009.
  - 29) H. Ida, K. Fukuhara, M. Sawada and M. Ishii: Quantitative relation between server motion and receiver anticipation in tennis: implications of responses to computer-simulated motions. *Perception*, **40**, 1221–1236, 2011.
  - 30) K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich and R. R. Hoffman: *The cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge University Press, 2006.
  - 31) K. A. Ericsson and A. M. Williams: Capturing naturally occurring superior performance in the laboratory: translational research on expert performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, **13**, 115–123, 2007.
  - 32) G. Wulf: *Attention and motor skill learning*. Human Kinetics, 2007.
  - 33) R. S. W. Masters and J. P. Maxwell: Implicit motor learning, reinvestment and movement disruption: what you don't know won't hurt you. A. M. Williams and N. J. Hodges (eds): *Skill Acquisition in Sport*, Routledge, 207–228, 2004.
  - 34) N. J. Hodges, A. M. Williams, S. J. Hayes and G. Breslin: What is modelled during observational learning? *Journal of Sports Sciences*, **25**, 531–545, 2007.
  - 35) X. Wan, H. Nakatani, K. Ueno, T. Asamizuya, K. Cheng and K. Tanaka: The neural basis of intuitive best next-move generation in board game experts. *Science*, **331**, 341–346, 2011.
  - 36) 羽生善治: 大局観—自分と闘って負けない心. 角川書店, 2011.
  - 37) S. Beilock: *Choke: What the secrets of the brain reveal about getting it right when you have to*. Free Press, 2010.