

206

## 画像の固有パターン認識手法を用いた テニス・フォーム解析に関する研究

吉成 啓子<sup>○</sup>(白百合女子大学), 友末 亮三(安田女子短期大学),

岡崎 宏美(安田女子短期大学), 岩崎 晴美(法政大学計算科学研究センター),

牧野 可史子(白百合女子大学), 齋藤 兆古(法政大学工学部), 堀井 清之(白百合女子大学)

### Proper Tennis-Stroke Analysis Using Cognition Method of Eigen Pattern Image

Keiko YOSHINARI\*, Ryoso TOMOSUE, Hiromi OKAZAKI, Harumi IWASAKI,  
Kashiko MAKINO, Yoshifuru SAITO and Kiyoshi HORII

#### ABSTRACT

The image cognition methodology has been applied to investigate the tennis stroke form. The eigen pattern of an image is obtained by projecting the pixel information in x-y screen coordinate to a red, green and blue coordinate systems. Tennis player worn a white shirts and pants with red, green and blue longitudinal lines. The forehand ground stroke slightly before the onset of the forward swing was captured by digital camera and analyzed by a computer. According to our analysis, the advanced player's form has been revealed to take his racket back with more prominent upper body twisting than the beginners do. Our proposed approach is the first objective method for tennis stroke investigation, and has considerable potential for extracting the proper tennis stroke.

Keywords : Tennis stroke, Cognition methodology, Eigen pattern

#### 1. はじめに

スポーツ動作の解析は、高速度カメラ、筋電図、加速度計などを用いて行われてきた。しかし、その手法は比較研究が中心であり、

「熟練者の動作」=「巧みな動作」

という主観的・経験的議論にとどまることが多い<sup>1)</sup>。

そこで本研究では、スポーツ動作としてテニスのフォアハンド・グラウンド・ストロークを選択し、画像の固有パターン認識手法<sup>2-5)</sup>を用いて、「巧みな動作」を科学的・客観的に判断することを試みた。その結果、テニスの上級者と初級者の本質的相違が、画像の固有パターン認識手法によって抽出可能である、ということが明らかになったので報告する。

#### 2. 画像の固有パターン

スポーツ動作の中の不変量を、齋藤ら<sup>2, 5)</sup>により提案・発表されている画像の固有パターン認識手法を用い

て定量化することを検討した。そのための第一段階として、今回は3色に色分けされたテニス・ウェアをテニスコーチにつけてもらい、様々な打法の固有パターンを抽出することを試みた。

この方法は、計算機のx, y直交座標上に表された、画像データの画像数、画像のx, y座標上の位置、角度などに依存する性質を削除し、画像本来の性質を抽出するR(赤)G(緑)B(青)直交座標を考え、この3次元直交座標上に、x, y座標上の原画像を投影することで、画像の固有パターンを抽出するものである。画像から固有パターンを抽出する概念は、次の通りである。

コンピュータ・グラフィクスで表現される画像は、スクリーンのx, y直交座標上のR, G, B画像の組み合わせである。すなわち、m, nをそれぞれx, y方向の画素数とすれば、画像は次式で表される。

$$\begin{aligned} \text{image} &\in \text{pixel}_{i,j} \\ \text{pixel}_{i,j} &\in f_r(x_i, y_j), f_g(x_i, y_j), f_b(x_i, y_j) \quad (1) \\ i &= 1, 2, \dots, m \end{aligned}$$

$j=1,2,\dots,n$

(1)式で、 $f_r, f_g, f_b$  は、R, G, B成分を与える関数であり、(2)式の条件を満足する。

$$\begin{aligned} 0 \leq f_r(x_i, y_j) &\leq 1 \\ 0 \leq f_g(x_i, y_j) &\leq 1 \\ 0 \leq f_b(x_i, y_j) &\leq 1 \\ i=1,2,\dots,m \\ j=1,2,\dots,n \end{aligned} \quad (2)$$

(1)式では、画像は画素の集合で表現され、画素はスクリーン上の $x, y$ 直交座標の関数で表現される。ここで、赤、緑、そして青のカラー成分を3次元直交座標系の $x, y, z$ 成分に対応させたR, G, B直交座標系を考え、この3次元直交座標上で画像が表現されるとする。すなわち、画像はR, G, B座標に投影され、R, G, B座標値はスクリーン上の $x, y$ 直交座標の各座標点のR, G, B成分の大きさで決まるとする。この関係を数式で表現すれば、(3)式となる。

$$\begin{aligned} \text{image} &\in g(r_i, g_p, b_q) \\ r_i &\in f_r(x_i, y_j) \\ g_p &\in f_g(x_i, y_j) \\ b_q &\in f_b(x_i, y_j) \\ o=1,2,\dots,R \\ p=1,2,\dots,G \\ q=1,2,\dots,B \\ i=1,2,\dots,m \\ j=1,2,\dots,n \end{aligned} \quad (3)$$

ここで(3)式中の $o, p, q$ は、それぞれR, G, Bを最大値とする整数である。また、関数 $g(r_i, g_p, b_q)$ は、

$$\begin{aligned} 0 \leq |g(r_i, g_p, b_q)| &\leq 1 \\ o=1,2,\dots,R \\ p=1,2,\dots,G \\ q=1,2,\dots,B \end{aligned} \quad (4)$$

を満足するものとする。ここでは、関数 $g(r_i, g_p, b_q)$ の初期値はすべてゼロとし、座標値 $(r_i, g_p, b_q)$ が与えられるごとに関数値は、

$$g(r_i, g_p, b_q) = g(r_i, g_p, b_q) + 1 \quad (5)$$

と加算され、すべての座標値について投影が終了した時点で(4)式を満足する形へ変形するため、最大値1で正規化する。Fig.1に、画像を $x, y$ 直交座標系からR, G, B直交座標系へ投影する概念を示す。

### 3. スポーツ動作の解析方法

赤、緑、青の3本のラインが入ったウェアを着た全日本選手権出場歴のある経験豊かな男子テニスコーチが、様々な打法を行った。フォアハンド・グラウンド・ストロークにおいて、フォワード・スウィング開始直前のフォーム2種類 (Fig.2 左上：上級者の典型的なフォーム, Fig.2 右上：初級者の典型的なフォーム) をデジタルカメラで撮影し、赤、緑、青の色の部分のみを取り出した画像 (Fig.2 下) を解析して比較した。

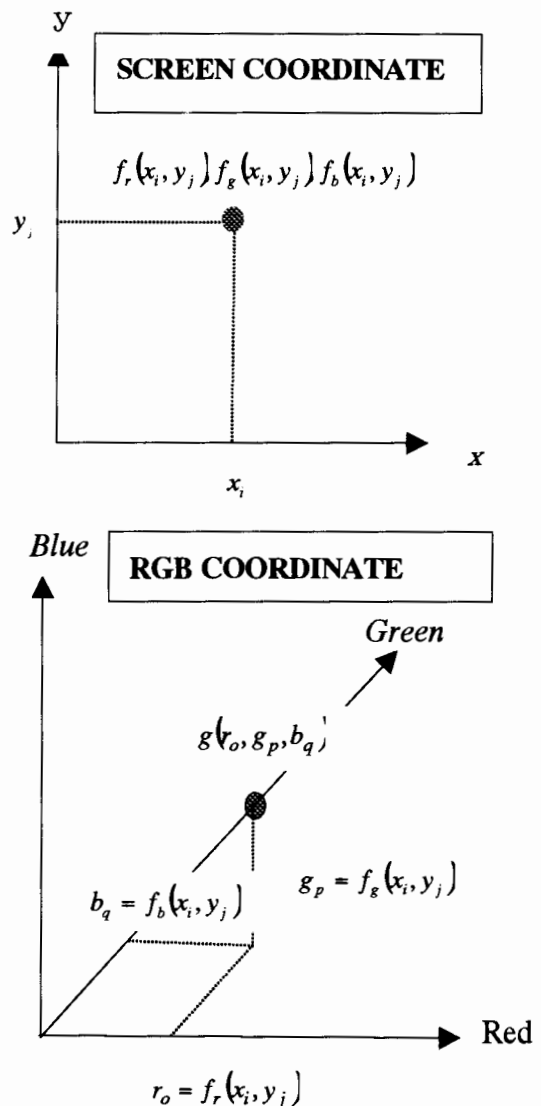


Fig.1 Projection from the original screen to RGB coordinate systems<sup>2)</sup>.

### 4. 結果と考察

テニスのフォアハンド・グラウンド・ストロークにおいては、フォワード・スウィングの際の脊柱を中心とした身体の回旋速度を大きくするために、テイクバック時に上体をいったん後方に捻ることが重要であるとされている<sup>6)</sup>。したがって、フォワード・スウィング開始時点では、Fig.2 右のように緑の部分が他の色よりも少なく見える方が、より巧みな動作であるといえることができる。初級者はこの捻り動作が行えないため、Fig.2 左のような形状になるのが普通である。

Fig.3は、Fig.2下を解析した結果である。固有値とR, G, Bの区分値は、上級者のフォームで、

白：1 (10, 10, 10)

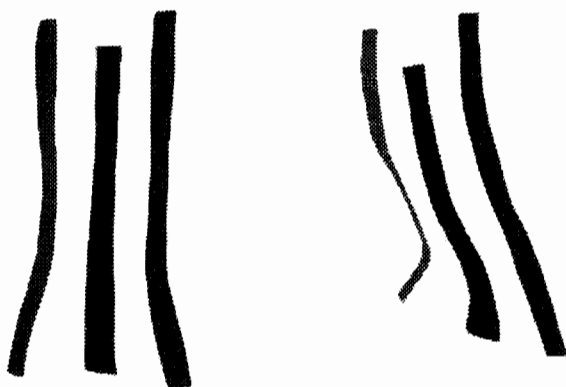
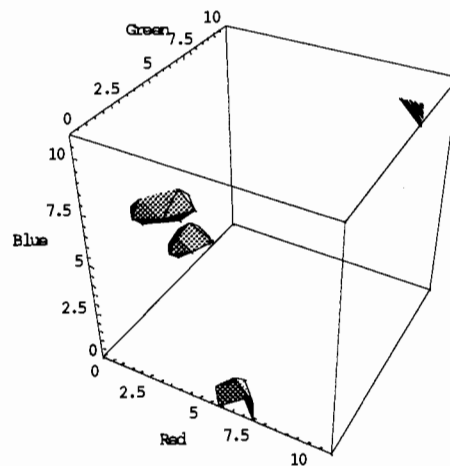
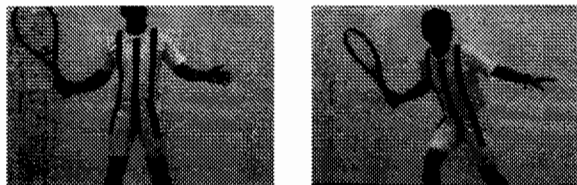
赤：0.022 (7, 1, 2), 0.026 (7, 1, 2)

緑：0.01 未満のためグラフ上には表示されない

青 : 0.020 (2,3,7) 0.012 (2,4,7), 0.021 (3,4,7)  
 初級者のフォームで,  
 白 : 1 (10, 10, 10)  
 赤 : 0.037 (7,1,1), 0.039 (7,1,2)  
 緑 : 0.018 (2,5,4), 0.025 (2,6,4), 0.011 (3,6,4)  
 青 : 0.02 (2,3,7), 0.010 (3,3,7), 0.010 (2,4,7)  
 0.32 (3,4,7)

となり、上級者の場合は緑色の部分が表示されないという結果であった。

このことは、画像の固有パターン認識手法が、テニスにおける「巧みな動作」を検討する手法として有効であるということを示している。



緑 赤 青                      緑 赤 青

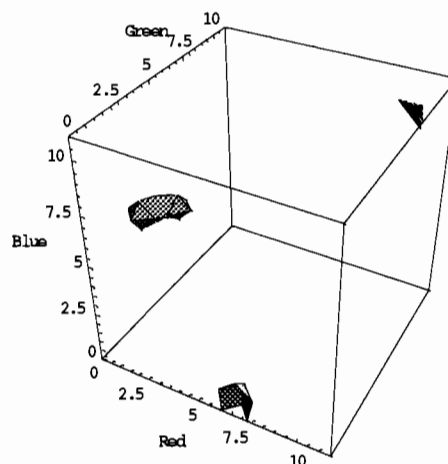


Fig.2 Tennis forehand ground stroke;  
 slightly before the on set of the forwardswing.  
 Left : Novice player Right : Advanced player

Fig.3 Eigen pattern of  
 tennis forehand ground stroke.  
 Upper: Novice player , Lower: Advanced player

### 参 考 文 献

- 1)吉成啓子,友末亮三:テニス・ストロークの巧みさを科学する,「文系知」と「理系知」の融合,近代文芸社.(2002).
- 2)若林健一,早野誠治,斎藤兆古,國井利泰:画像の固有パターンと画像認識への応用,可視化情報, Vol.19-1(1999), pp.91-94.
- 3)牧野可史子, 諸星典子, 佐藤隆紀, 遠藤久, 斎藤兆古:絵本にみる暗黙知—『100万回生きたねこ』の分析—, 第11回MAGDA コンファレンス in 東京 講演論文集, (2002), pp.283-287.
- 4)伊勢田知子,松前祐司,岩崎晴美,斎藤兆古,堀井清之:絵本における色の三原色混合率の抽出,可視化情報, Vol.20-1, (2000), pp.291-294.
- 5)若林健一,早野誠治,斎藤兆古,國井利泰,佐久間正剛:画像の固有パターンと磁界分布解析への応用,法政大学計算科学センター研究報告 13(2000),pp.69-73.
- 6)友末亮三,岡崎宏美:バイオメカニクスからみたテニス肘の予防,臨床スポーツ医学, Vol.18, No.1(2001) pp. 43-47.