

## 世界トップクラステニス選手のフォアハンドグラウンドストロークにおける 速度と回転量の関係について

村松憲<sup>1)</sup>、高橋仁大<sup>2)</sup>、梅林薫<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>慶應義塾大学

<sup>2)</sup>鹿屋体育大学

<sup>3)</sup>大阪体育大学

キーワード: テニス、フォアハンドグラウンドストローク、速度、回転量、世界トップクラス

### 【要 旨】

テニスにおいてトップ選手のボールの速度と回転量の両方を把握することは、大変重要なことであると考えられる。これまでボール速度と回転量の両方を報告している研究は殆どなく、我々の知る限り、村松ほか(2015)が世界トップクラス選手のサービスについて報告しているのが唯一の研究であり、フォアハンドグラウンドストロークについての報告は見当たらない。そこで我々は世界ランキング 1 位の男子テニス選手のフォアハンドグラウンドストロークについて、試合中のボール速度と回転量の両方に注目するとともに、両者の関係について考察した。ボール速度については、試合当日のサービス速度データを保管している Hawk-Eye 社から提供を受けた。ボール回転量については高速度カメラで 2000fps にて撮影を行った。ボール速度から回転量を予測する回帰式は有意であり、 $\text{回転量 (rpm)} = -33.2 \times \text{速度 (km/h)} + 7878$  という関係が得られた。全 16 ショットの平均速度は 132km/h、平均回転量は 3486rpm であった。このデータは、競技力向上を目指す選手やそのコーチにとって、有用な指標となると考えられる。

スポーツパフォーマンス研究, 7, 292-299, 2015 年, 受付日:2015 年 7 月 28 日, 受理日:2015 年 11 月 11 日

責任著者:村松憲 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1 慶應義塾大学 mura@z7.keio.jp

\* \* \* \* \*

## **Relation between speed and spin of the ball in the forehand ground stroke of the world number one tennis player**

Tadashi Muramatsu<sup>1)</sup>, Hiroo Takahashi<sup>2)</sup>, Kaoru Umebayashi<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Keio University

<sup>2)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>3)</sup> Osaka University of Health and Sport Sciences

Key words: tennis, forehand ground stroke, speed, spin, world-class

**[Abstract]**

It is considered to be very important to know both the speed and the spin of the ball of top players in tennis. Almost no research has been done on both speed and spin except for Muramatsu (2015, in Japanese), who reported about the service of top world-class players. However, we found no published reports of research on the forehand stroke. The present study focused on both the speed and the spin of the ball of 16 forehand strokes by the world number one male tennis player during competition, and examined their relationship. The ball speed data were obtained from the Hawk-Eye system, which archives ball-speed data from competitions. Ball spin was measured from shots taken with a high-speed camera shooting at 2000 fpm. The regression equation for calculating spin from ball speed was  $\text{spin (rpm)} = -33.2 \times \text{speed (km/h)} + 7878$ . The average speed of the 16 forehand strokes was 132 km/h, and the average spin was 3486 rpm. These data may be useful indices for players aiming at improving their competitive power and for their coaches.

## I. 問題提起

ラインの内側がイン、外側がアウトという物理的制約の元に行われるテニスにおいて、ボールの速度と回転量の両方をコントロールすることの重要性は広く認識されている(日本テニス協会 2005、村松ほか 2015)。そして競技スポーツとしてテニスを見た場合、世界トップ選手のデータは重要な指標になると考えられる。その意味で、世界トップ選手のボール速度と回転量を把握することは競技力向上を目指す上で極めて重要であると考えられる。サービスの速度については主要国際大会等においてウェブサイトで「ファーストサービスの平均速度」「セカンドサービスの平均速度」などのデータが頻繁に報告されている。一方、回転量については報告が極めて限られている(桜井ほか 2007; Sakurai et al., 2007; 村松ほか 2010)。桜井ほか(2007)はプロ選手を対象とした報告を行っているが、ボールに小さなマーカーをつけてサービスを打つなど、実際の試合とは大きく異なる環境での調査であった。村松ほか(2010)は試合中のトップ選手のサービス回転量について報告を行ったが、回転量のみの報告にとどまり、速度については明らかでなかった。同じ速度でも回転量が異なれば軌道やバウンドが異なる(Brody et al., 2002; Brody, 1987; Cross & Lindsey 2005)ため、速度と回転の両方を把握することが、選手の打っているショットの特性を理解する上で非常に重要であると考えられる。最近村松ほか(2015)がトップ選手の試合中のサービスについて速度と回転量の関係を報告した。速度と回転量の間非常に強い負の相関がみられ、速度が遅いサービスには非常に多く回転が与えられていることが明らかとなった。それではテニスにおいてサービスと同様極めて重要なショットと考えられるフォアハンドグラウンドストロークについては、トップ選手においてどのような速度と回転量のボールが打ち出されているのであろうか。この点についても、競技力向上という観点から見ればサービスと同様に非常に重要であると考えられるにもかかわらず、我々の知る限り全く報告がみられないのが実情である。

## II. 目的

そこで本研究では、世界トップクラステニス選手のフォアハンドグラウンドストロークにおける速度と回転量を報告するとともに、両者の関係について考察することを目的とする。このことにより、競技力向上を目指す選手やそのコーチにとって、有用な指標が得られると考えられる。

## III. 方法

### 1. 対象とした選手と大会

対象としたのは試合当日のシングルス世界ランキング(ATPランキング)が1位の男子選手(以下、選手Aと記す)であり、対象とした大会は2010年に行われたATPワールドツアー500に属する国際大会であった。大会主催者から、以下の2点について同意を得た。1)高速度カメラによるデータ使用について、2)Hawk-Eye社からのボール速度データの入手およびその使用について。

### 2. 対象としたショット

試合中のフォアハンドグラウンドストローク(ボールが一度地面にバウンドしてから打つフォアハンドストローク)を対象とした。記録は「イン」のショットに限定した(アウトやネットのエラーとなったフォアハンドは記録しなかった)。対象としたショットの数は16であった。

### 3. ボール回転量

#### (1) 高速度カメラを用いた撮影

ベースラインから約 20 メートル後方に高速度カメラ(Ditect 社、HAS-D3)を三脚、パソコンとともに設置した。カメラに望遠レンズを取り付け、三脚に固定した。図 1 にカメラの設置位置と設置方向を示す。本研究で用いたフレームレート(1秒あたりのフレーム数、単位は fps)は 2000fps、解像度は 800×600 であった。カメラ自体に 2GB のメモリーが内蔵されており、撮影のたびにこのメモリーに映像データが AVI ファイルとして記録された。メモリーに記録された映像データは 1 試行ごとにパソコンに転送し、ハードディスクに保存した。ハードディスクに保存後、新たに映像を撮影する際にはカメラのメモリーを上書きした。撮影の際には「ストップトリガー」をセットした。すなわち、選手がフォアハンドグラウンドストロークを打ち終わった直後にトリガーボタンを押すことで、その直前の動画がメモリーに記録された。記録時間は最大 2.23 秒であった。

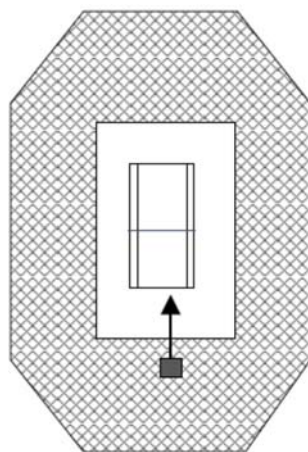


図 1 高速度カメラの設置場所とカメラの向き  
設置場所を黒塗りの長方形で、カメラの向きを矢印で示す。網掛け部分は観客席である。

#### (2) 回転量の計測

回転量の計測については村松ほか(2010)の方法に従った。すなわち、ボールに印字されたスポンサーのロゴとボールのブランドのロゴを目印に、ボールが 1 回転するのに要した時間を計測することで、ボール回転量を算出する方法である。

### 4. ボール速度

ボール速度データは、試合当日のボール速度データを保管している Hawk-Eye 社から提供を受けた。Hawk-Eye 社のボール速度計測は、本大会に限らず世界中の多くの国際大会で使用されているもので、10 台のカメラ(毎秒 52 フレーム)からボールの 3 次元座標を算出し、そのデータを元にボール速度を算出するものである。フォアハンドグラウンドストローク時のボール最大速度を「ボール速度」とした。

### 5. 統計

回帰直線の傾き・y 切片およびその回帰の有意性については SPSS (ver22) により求めた。有意水準

を5%とした。

#### IV. 結果

図2は選手Aの16ショットの速度一回転量関係を示す。速度が大きくなると回転量が小さくなる関係が見られた。回転量をボール速度から予測する回帰式は有意であり( $p < 0.05$ )その回帰式は、回転量 (rpm) =  $-33.2 \times$  速度 (km/h) + 7878であった。全16ショットの速度の平均値±標準偏差は  $132 \pm 13.9$  km/h、同じく回転量については  $3486 \pm 704$  rpmであった。

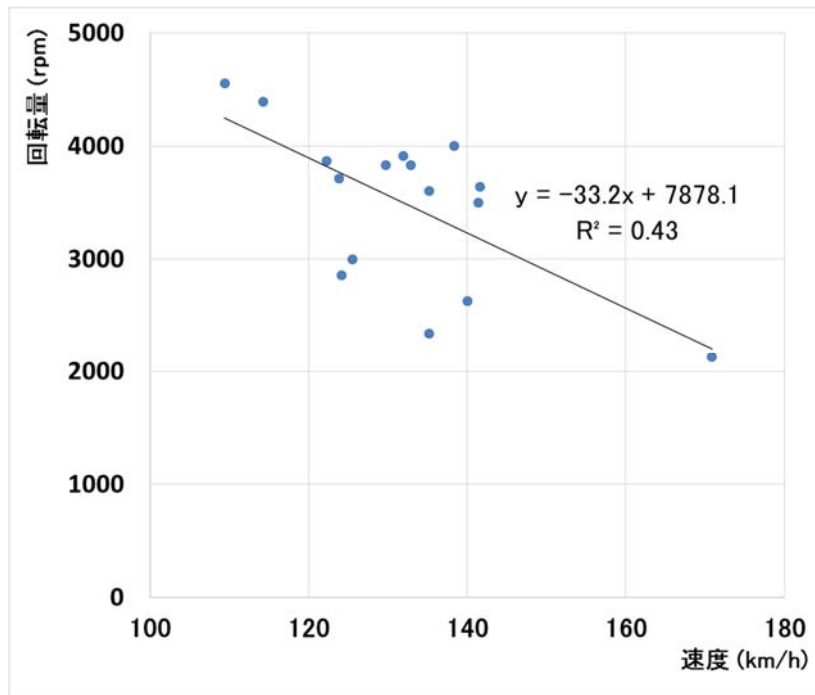


図2 ボール速度と回転量の関係

#### V. 考察

##### 1. 本研究の意義

本研究は我々の調査が及ぶ限り、世界トップ選手の試合中のフォアハンドグラウンドストロークの速度一回転量関係を示した最初の研究である。世界トップ選手のデータは、世界トップを目指す選手の重要な指標となると考えられる。また最近、機器の発達と低価格化により、ボール速度と回転量を計測することが企業や研究機関でなくても可能になりつつある(村松ほか2010)ため、トップ選手のデータを生かしやすいと考えられる。

##### 2. 速度と回転量の関係

図2において、ボール速度が大きくなると回転量が小さくなるという関係が得られたが、これは村松ほか(2015)の報告するサーブの場合と同様であった。サーブと異なり、フォアハンドの場合は相手のボールを打ち返すショットであるため、毎回体勢が異なり、スイング速度も異なると考えられる。また相手から打ち出されたボールの速度や回転量も様々であると考えられる。このことが、村松ほか(2015)の報

告したサービスの速度一回転量関係と比較して、本研究の速度一回転量関係においてばらつきが大きい(回帰直線の決定係数は本研究においては0.43、村松ほか(2015)においては0.87)傾向が見受けられる主な要因であると考えられる。

### 3. 相手ショットの速度との関係

選手Aが打った上記16ショットは、対戦相手によって打ち出されたボールへの返球と考えることができる。それではこの対戦相手によって打ち出されたボールの速度の違いによって、選手Aのボール速度や回転量にも違いが見られるだろうか。例えば、「対戦相手のボール速度が大きいほど、選手Aに余裕がなくなり、選手Aのボール速度・回転量ともに小さくなる」といった傾向は見られるだろうか。図3は、対戦相手によって打ち出されたボール速度と、その直後の選手Aのショットのボール速度の関係を示す。データ数が少ないため断定することは避けたいが、対戦相手のボール速度が大きいほど、選手Aのボール速度が小さいという傾向が有意に( $p < 0.05$ )みられた。一方、図4は同じく対戦相手によって打ち出されたボール速度と、その直後の選手Aショットのボール回転量の関係を示す。こちらは一定の傾向が見られなかった。今回は相手のボール回転量を計測していなかったため、相手のボール速度との関係性だけに注目したが、今後、相手選手のボール速度・回転量あるいはバウンド位置(ボールの深さなど)と、対象とする選手のボール速度・回転量との関係にも注目することで、より多角的な視点から、考察することが可能になると考えられる。またデータ数を増やすことで、より明確な議論ができるようになると思われる。

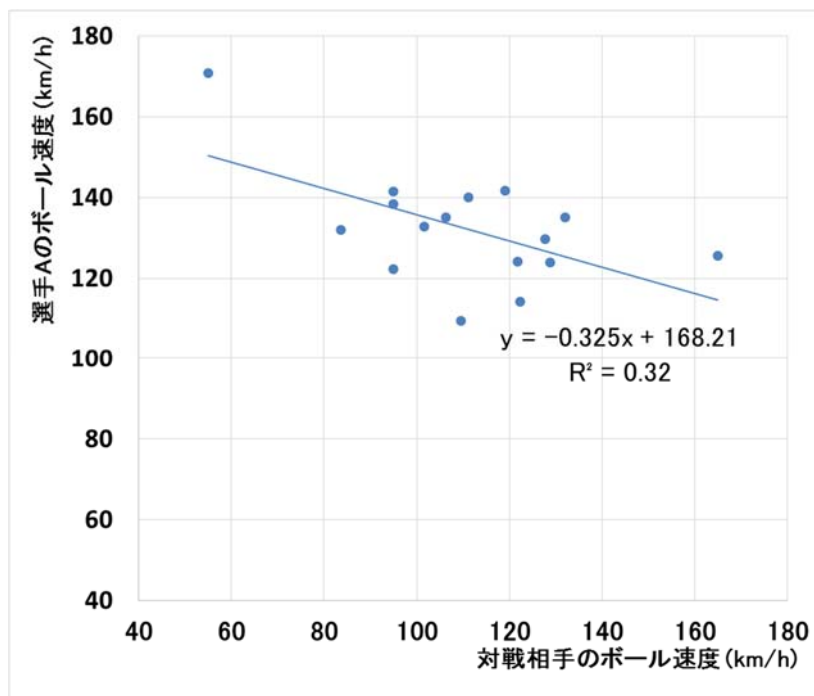


図3 対戦相手のボール速度と、その直後の選手Aのボール速度

例えば対戦相手のボール速度が約120km/hで選手Aのボール速度が約140km/hというプロットは、時速約120キロで打ち出された対戦相手のボールに対して、選手Aが時速約140キロで打ち返したということを意味する。

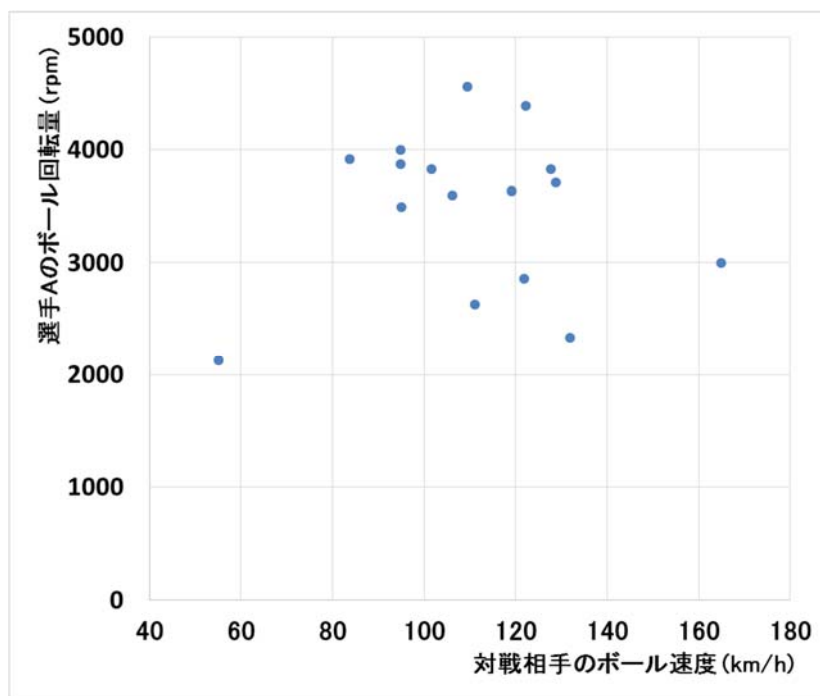


図4 対戦相手のボール速度と、その直後の選手Aのボール回転量

#### 4. 本研究の限界と今後の課題

本研究では、わずか16ショット分のデータしか得ることができなかった。このため本研究の結果がこの選手の一般的傾向を完全に示しているとは言い切れないであろう。少しのデータしか得ることが出来なかった原因としては、

- ・ ハイスピードカメラによる撮影において、1ショットごとにパソコンに保存する必要があるため撮影に時間がかかること
- ・ サービスと異なり、フォアハンドでは選手の打球位置が毎回異なるため、ハイスピード撮影時に画面の中にボールを収めることが比較的難しいこと
- ・ 速度データと回転量データ両方をそろえる必要があること

などが挙げられる。今後、研究方法の改善により、より多くのデータが得られるようになると思われる。フォアハンドグラウンドストロークはサービスと異なり、毎回十分な体勢で打てるとは限らない。したがって、「余裕の有る体勢で打ったとき」と「追い込まれた状態で打ったとき」とではスイング速度が異なる可能性があり、その結果、速度一回転量関係が異なるものになると考えることができる。このような考察を行うためにも、より多くの試行を対象とし、状況別に分析することでより深い考察を行うことができると考えられる。

本研究では1名のトップ選手のデータを報告したが、このデータがトップ選手に普遍的なものなのか、それともこの選手に特有のものなのか、本研究からは明らかにできない。今後、より多くの選手を対象とすることで、トップ選手たちの全体像を把握することが望まれる。

## VI. まとめ

世界ランキング1位男子選手のフォアハンドグラウンドストロークの速度一回転量関係を算出したとこ

ろ、速度が大きいショットほど回転量が少なく、速度が小さいショットほど回転量が多い傾向が見られた。速度から回転量を予測する回帰式は有意であった。平均速度は132km/h、平均回転量は3486rpmであった。

## VII. 謝辞

本研究を行うにあたり、日本テニス協会様とりわけ池田亮様、川廷尚弘様、田島孝彦様、野澤直之様、八田修孝様に多大なご協力を頂きました。厚く御礼申し上げます。

## VIII. 文献

- ・ Brody, H. (1987) Tennis Science for Tennis Players. Univ.Pennsylvania Press.
- ・ Brody,H., Cross, R. and Lindsey,C. (2002) The Physics and Technology of Tennis. Racquet Tech Pub.
- ・ Cross, R. and Lindsey, C. (2005) Technical tennis. Racquet Tech Publishing.
- ・ 村松 憲, 池田 亮, 高橋仁大, 道上静香, 岩嶋孝夫, 梅林 薫 (2010) 世界ランキング50 位以内のテニスプレイヤーの国際大会におけるサービス回転量について. スポーツパフォーマンス研究 220-232.
- ・ Sakurai, S., Jinji, T., Reid,M., Cuitenho,C., and Elliott, B. (2007) Direction of Spin axis and spin rate of the ball in tennis service. S197, Journal of Biomechanics 40 (S2).
- ・ 桜井伸二, 神事 努, 笹川 慶, 塚田卓巳, 山崎剛盛 (2007) ボールの回転と軌跡. 東海保健体育科学. 29: 1-16.
- ・ 村松 憲, 高橋仁大, 梅林 薫 (2015) 世界トップクラステニス選手のサービスにおける速度と回転量の関係について. テニスの科学 23:1-7.
- ・ 日本テニス協会編 (2005) ボールコントロール. 新版テニス指導教本, 日本テニス協会編. 大修館書店. pp.83-84.