

# 超高速ビデオカメラによるテニスのスピン挙動解析 (新・古ガット, プロとアマの違い)

## Tennis Spin Behavior with an Ultrahigh-Speed Video Analysis: Top-Spin Comparison of New vs. Old Gut and Pros. vs. Amateurs

正 川副嘉彦(埼玉工大) 武田幸宏(埼玉工大) 中川慎理(埼玉工大)

Yoshihiko KAWAZOE, Saitama Institute of Technology, Fusaiji 1690, Fukaya-si, Saitama  
Yukihiro TAKEDA, Saitama Institute of Technology  
Masamichi NAKAGAWA, Saitama Institute of Technology

The previous paper of the authors made clear the mechanism of top spin performance in tennis and its improvement by lubrication of strings according to the high speed video analysis. As the main strings stretch and slide side ways more, the ball is given more spin due to restoring force parallel to the string face when the main strings spring back and the ball is released from the strings. Since the notches of strings decrease spin rate, the lubricant materials are effective to the notched strings. Furthermore, it showed that the more spin results in the reduction of shock vibrations of the wrist joint during impact. This paper showed that the spin rate of newly strung tennis racket without notches is much larger than that of used racket with notches. It also showed the difference of topspin behaviors when a pro and an amateur hit topspins.

**Key Words:** Dynamics, Sport Engineering, Tennis Racket, Impact, Ball, Top Spin, Strings, Gut, Ultrahigh-Speed Video Analysis.

### 1. 緒言

打球面のラージサイズ化と軽量化により、ラケットの操作性がよくなるとともに一般プレイヤーでもトップスピン(順回転)打法が一般的になる一方で、スピンのメカニズムは謎であった。ストリングスの摩擦が大きいほどスピンのかかるという従来からの仮説に基づいて実験室でのスピン測定が重ねられてきたが、ラケットやストリングスの種類との関係は明確に現れなかった。

コート上でのテスターによるインパクトの超高速ビデオ画像解析とシミュレーションによりラケットのスピンの謎を川副ら<sup>(1)</sup>が初めて明らかにした。すなわち、(1)従来の仮説とは逆に、摩擦が小さいほど縦糸と横糸の交差点がずれてボールが食い込み、縦糸が戻るときのストリング面内復原力によりボールのスピンの量が増す。(2) ノッチ(溝)のできた使用中のストリングスでも交差点を潤滑するとボールのスピンの量が増し、接触時間も長くなる。(3) 接触時間が長くなるとラケットや手に伝わる衝撃振動も低減する。すでにプレイヤーの間ではツルツルで硬いポリエステルが主流になっている。具体的には、たとえば、ストリングを張ってから1日3時間、1週間ほど使用したラケットの場合、新品のストリングスと比べるとスピンの量は平均40%低減する。ところが、国際特許を取得した市販の潤滑剤を塗るとスピンの量は平均30%増し、接触時間は平均16%長くなる。ただし、直線的な打球速度は、スピンのエネルギーに食われるので、平均6%低減する。しかし、バウンドした後に鋭く跳ねるので、スピンがかかったボールは打ちづらい。また、スピンがかかりやすいと、コントロール性とホールド感が増す。

本報では、超高速ビデオカメラを用いてスピンに関連する広範囲な実験を展開した。主にプロのトップスピンについて新品ガットと使用ガットの比較、プロとアマチュアが新品ガットで打撃した場合の比較について述べる。毛羽(フェルト)無しボールとの比較およびアンダースピンの挙動などについては別報にて報告したい。

### 2. 超高速ビデオカメラによるテニスのスピン挙動解析

Fig.1は、プレイヤーがボールを打撃したときのトップスピン挙動の解析画面例である。スピン(回転)速度と直線速度を求めることができる。Fig.2は、真後ろからの撮影映像であり、おもにボールとストリングス(今回は天然ガット

ト:牛の腸)が接触してから離れるまでのボールとストリングスの動きを解析した。縦糸がずれている様子が見える。Fig.3は、試合後のガットの顕微鏡写真であり、ノッチ(溝)が明瞭に見える。



Fig.1 View of topspin impact and spin analysis.

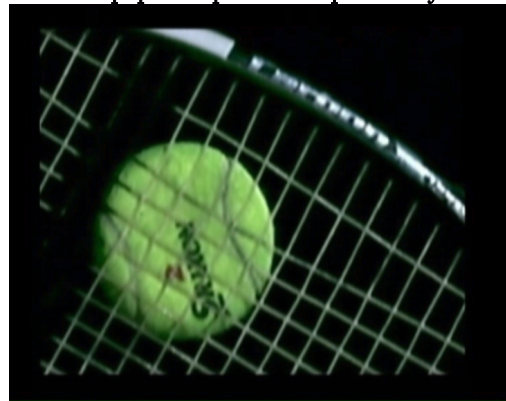


Fig.2 Ball spin behavior and the mechanism of spin rate increase by stretching and sliding sideways and springing back of main strings at the string intersections when a ball is released from the string bed in the case of new Gut.

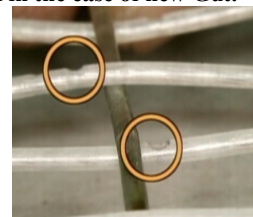


Fig.3 Used Gut with notches at the intersections.

Fig.4は、新品ガットを張ってプロが打撃したときのラケットの後側から見たインパクト挙動（接触始めから接触終わりまで）である。縦糸が横にずれてボールが食い込み、縦糸が戻るときに回転が掛かる様子が見れる。試合に使ったラケットの場合は、縦糸のズレが小さい。Fig.5は、インパクト後のスピン挙動であり、回転が分かりやすいように

ボールに印をつけている。新品ガットでプロが打撃した場合のトップスピンは毎秒約50回転であった。

Fig.6は試合後のガットおよび新品ガットでプロが打撃したときのトップスピン挙動解析結果の比較、Fig.7は新品ガットでプロとアマチュア・プレーヤーが打撃した場合の比較である。それぞれの違いが明瞭に出ている。

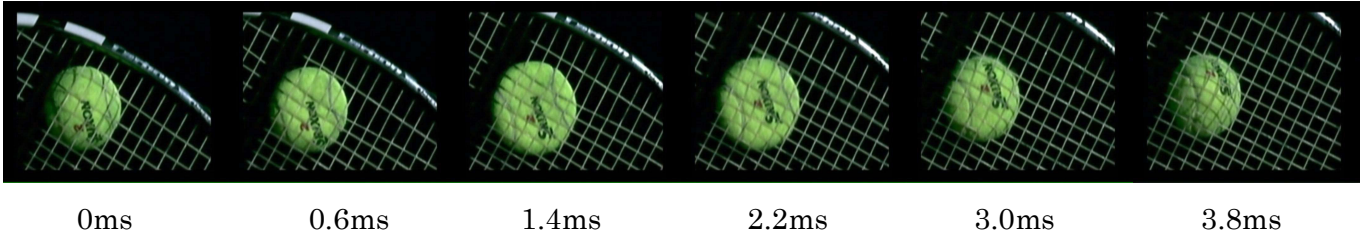


Fig.4 Ball spin behavior and the mechanism of spin rate increase by stretching and sliding sideways and springing back of main strings at the string intersections when a ball is released from the string bed in the case of new Gut.



Fig.5 Side view of ball top spin behavior in the case of new Gut (about 50 rps).

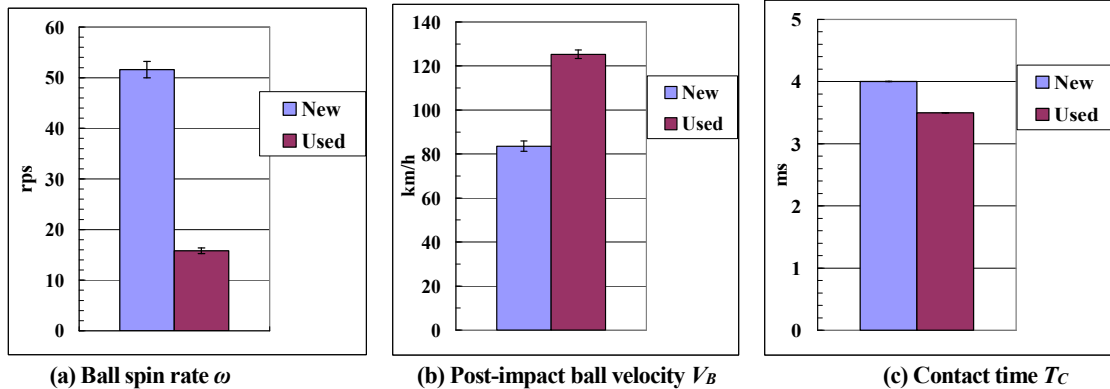


Fig.6 Top spin performances vs. new and used Guts with average and standard errors.

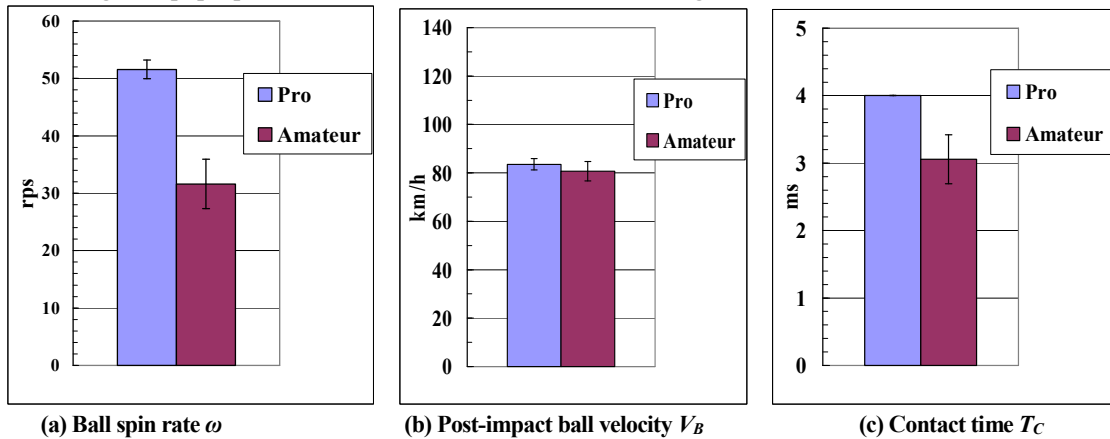


Fig.7 Spin performance vs. Pro and Amateur Player with average and standard error.

### 3. おわりに

試合後のガットには交差点に深い溝ができており、トップスピン打法で打撃したとき、縦糸の横方向へのズレと戻りによる面内復原力が少ないために、スピン量が顕著に低減し、接触時間も短く、前報<sup>(1)</sup>で明らかにしたトップスピンのメカニズムを裏付ける結果であった。また、プロの打撃ではアマチュアに比べて打球速度の差は少ないが、スピン量のはるかに大きかった。

本研究は、NHK BS-hi番組「アインシュタインの眼：テ

ニス」制作過程での実験データをまとめたものであり、ご協力いただいた日本放送協会・丸山裕孝氏、(株)ドキュメンタリジャパン・松山功氏および佐藤雅俊氏、プロテニスプレーヤー・宮崎雅俊氏ほかの諸氏に厚くお礼申し上げます。

文献

(1) 川副嘉彦・沖本賢次・沖本啓子、テニスラケットのスピン性能のメカニズム（ストリング交差点潤滑によるスピン性能向上の超高速ビデオ画像解析），機論，72 (718) C, 1900-1907 (2006)