

ラケットのスピン性能のメカニズムとスピン打撃実験 — 威力あるトップスピンは関節の負担を軽減する —

川副嘉彦（埼玉工業大学）

1. テニスラケットのスピン性能とストリングス

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。ストリングス表面摩擦が大きいほどスピンが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、スピン量とストリングス表面摩擦の大きさとの関係は明確に現れなかった。

テニスのトップスピン打撃におけ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性能の謎を川副らが最近はじめて明らかにした[1][2]。すなわち、(1) 従来からの仮説とは逆に、ストリングス表面の摩擦が小さいほど、トップスピン打撃において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量が増す。(2) 縦糸と横糸の交差点にノッチのできたストリングスでも交差点を潤滑するとボールのスピン量が回復し、接触時間も長くなる(図1, 図2)。(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。(4) すでに世界のトッププレイヤーは天然ガットよりもツルツルで硬いポリエステルを使っている。たとえば、図3に示すように、ストリング(ナイロン・ガット)を張ってから1日3時間、1週間ほど使用してノッチのできたラケットの場合、新品のストリングスと比べるとスピン量は平均40%低減する。ところが、縦糸と横糸の交差点に潤滑剤を塗るとスピン量は平均30%回復し、接触時間は平均16%長くなった。図4は、ラケット面先端側オフセンターで打撃した場合(衝突速度 30 m/s)の手首関節・衝撃振動のシミュレーション波形である。図(a)は使用後ストリングスでフラット打撃、(b)は同じストリングスでトップスピン打撃、(c)は潤滑剤を塗った使用後ストリングでトップスピン打撃、(d)は新品ストリングスでトップスピン打撃の場合に相当する。図(b), 図(c)のインパクトにおける力積・垂直成分はそれぞれ図(a)フラット打撃の85%, 65%であり、インパクトの衝撃力はそれぞれ図(a)の65%, 41%である。

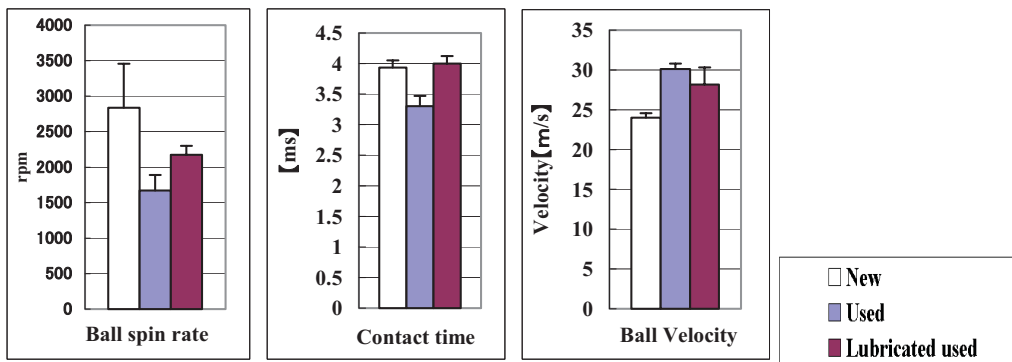
縦糸が横にずれてストリング面に平行な復原力によりスピン量が増大し、接触時間が長くなると、ラケット・フレームの振動が低減し、ボールとストリングスの変形量(つぶれ)も減少してボールに接触した部分だけが窪んでいるように見える。これらが、「ボールをくわえる感覚が高まる」「ホールド感が増す」「打球感がマイルドになる」などの打球感に対応すると考えられる。



図1 ラケット使用後にストリングスの縦糸・横糸の交差点にできたノッチ



図2 横にずれたストリング縦糸が元に戻るときの復原力によるスピン



(a) Ball spin rate ω (b) Contact time T_C (c) Post-impact ball velocity V_B
図3 ストリングス(ナイロン)とスピン性能(3回平均値と標準誤差)

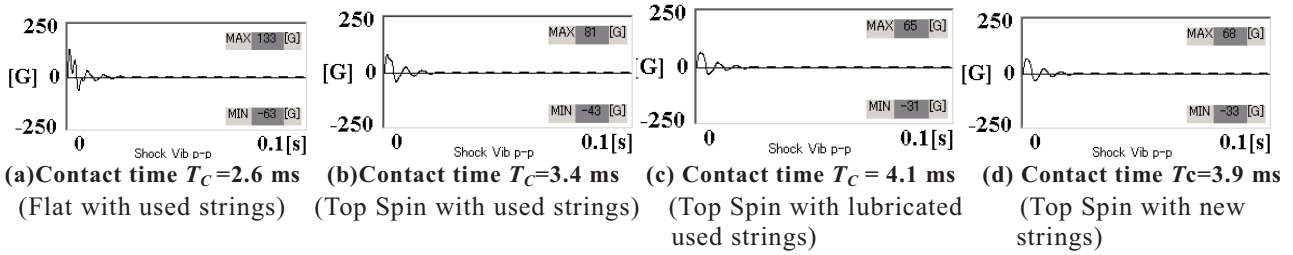


図 4 ラケット面先端から 95mm 手前でボールを打撃したときの手首関節衝撃振動(衝突速度:30 m/s).

2. トップスピン打撃における新品と使用後の天然ガットのスピン挙動比較

図 5 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である。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、接触時間も短い。新品ガットの方が、使用後のガットに比べて、スピン量のはるかに大きいため、インパクト直後の打球速度は遅いが、ビデオ映像によると、バウンドしたボールが鋭く高く跳ね上がる。

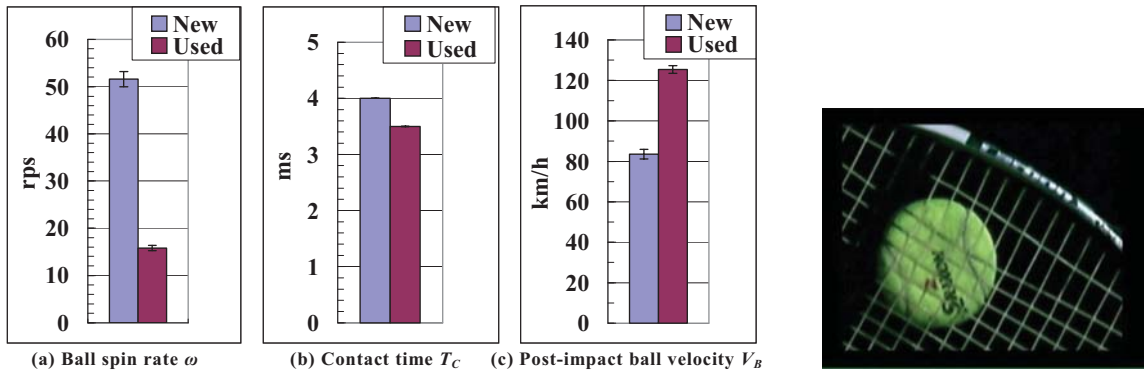


図 5 試合後のガットおよび新品ガットでプロが打撃したときのトップスピン挙動解析結果

3. トップスピン打撃におけるプロとアマチュアのスピン挙動の比較

図 6 は、プロとアマチュア・プレーヤーが新品ガットで打撃した場合の比較である。プロのトップスピン打撃では、アマチュアに比べて、スピン量のはるかに大きく、バウンドしたボールが鋭く高く跳ね上がる。また、トップスピン打撃直後におけるボールの飛びのプロとアマの差は少ないために、プロの場合は、ハードヒットしてスピンのかかったボールを打っても関節の負担は増大しない。

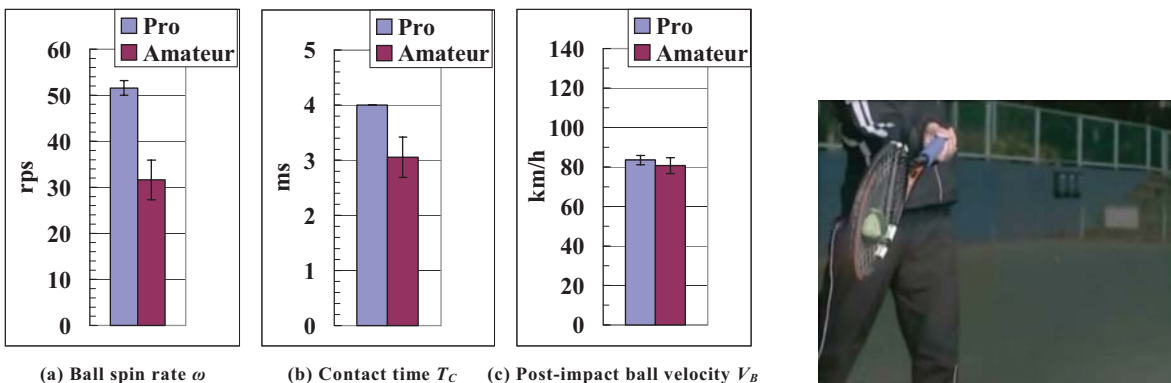


図 6 新品ガットで打撃した場合のプロとアマチュア・プレーヤーのスピン挙動の比較

4. おわりに

本研究は、NHK BS-hi 番組「アインシュタインの眼：テニス」制作過程での実験をまとめたものであり、日本放送協会、(株)ドキュメンタリジャパン、宮崎雅俊プロほかのご協力をいただいた。(文献) [1] 川副嘉彦・沖本賢次・沖本啓子, 日本機械学会論文集, 第 72 卷 718 号 C 編(2006), pp.1900-1907. [2] Kawazoe, Y. and Okimoto, K., Theoretical and Applied Mechanics Japan, Vol.57, (2008), pp.511 -522.