

なぜポリ系ストリングが天然ガットとナイロンを凌駕したのか — テニスラケットの新しいストリング性能論とプレースタイル変革の視点から —

川副嘉彦（川副研究室）

1. 研究の背景

テニスラケットのストリングに関する通説・俗説は無数にあり、ストリングの選択は今でも試行錯誤で行われている。1000分の3秒間というテニスのインパクトにおけるボールとストリングの接触時間における挙動をプレーヤーもストリンガーも感知できないこと、定量的なボール打撃実験が難しいことなどの理由により、テニス専門雑誌などでは、ストリングの性能が、打撃用具としての評価というより、ボールがストリングを離れた後の弦楽器としての感覚的な評価や推測がなされることが多い。一方、男子プロテニス協会（ATP: Association of Tennis Professionals）のツアーで使用されるほぼすべてのラケットで、従来の天然ガットや他の合成樹脂製ストリングがコーポリ素材（ポリエステル系）に取って代わられた。さらに、ATPのトップ100選手の72%、女子テニス協会（WTA: Women's Tennis Association）のトップ100選手の48%がルシキロン社というポリエステル・ストリングの専門メーカーのストリングを使用している。沈み込むような特徴的な軌跡を描く強いトップスピンは「ルシキロンショット」と呼ばれ、今やプロ選手によるゲームの1つの特徴になっている（Speckman 2011、川副 2013）。なぜポリ系ストリングが天然ガットとナイロンを凌駕したのかについて、テニスラケットの新しいストリング性能論とプレースタイル変革の視点からその背景を吟味・考察する。

2. テニスラケットの新しいストリング性能論

川副らは、ノッチ（溝）の出来た使用済ナイロン・ストリングの交差点に潤滑剤（沖本が国際特許取得）を塗布すると、ストリングの縦糸が、ボールとともに横糸の上を滑り、ボールが離れるときに元の位置に戻りやすく、フォアハンド・トップスピン打撃において、スピン量は平均30%回復、接触時間は平均16%長く、打球速度の低減は平均6%という実験結果を2005年に示した。さらに、天然ガットでは、ノッチのできた試合後のプロ選手のラケットは、試合前の張り上がりラケットと比較して、スピン量が平均70%低減し、接触時間は平均13%短くなるという実験結果を2010年に示した。すなわち、横にずれたメインの縦糸が元の状態に戻る際、ストリングのエネルギーがストリング面に平行な接線方向にボールに伝えられ、より強力なスピンを生み出すことを示した。これは、現在、snap-back（スナップ・バック）効果と呼ばれている。さらに、Lindseyは、一般の潤滑剤WD-40を用いて多くの種類のラケットについて実験し、潤滑剤を塗った場合の方がスピン量が14~58%増大したという実験結果を報告した。また、国際テニス連盟（ITF）は、ポリエステル系ストリングのスピン量がナイロン系ストリングより20パーセント大きく、天然ガットよりも11パーセント大きいという実験結果を示し、潤滑剤を塗布したストリングと同様に、ポリエステル系ストリングが強いスピンを生み出すのは、摩擦が小さいためであることを2013年に認めた。また、ストリング横糸の本数を減らして縦糸と横糸の摩擦を低減することによりスピン量を増すというコンセプトのラケットがWilson社から2012年に市販された。さらに、大きなプロ・トーナメントでもラケットのストリングにシリコン・スプレーをかけるテニス選手も現れており、ジョン・マッケンローら過去のチャンピオン達が、シリコン・スプレーをストリングに塗ることを禁止すべきだとITFに主張したが、ITFは、スナップ・バック効果は認めても、現在はルール違反にはならないとして、過去に禁止されたスパゲッティ・ラケットのスピン量を越えないように厳密に監視していると答えている（Speckman 2011、川副 2013）。

CrossとLindseyは、ボールとストリングとの衝突実験における反発係数平均値について、テンション62 lbsの場合；ナイロン：0.73（0.70~0.76）、ポリエステル：0.74（0.72~0.77）、天然ガット：0.73、テンション52 lbsの場合；ナイロン：0.73（0.72~0.73）、ポリエステル：0.74（0.71~0.78）、天然ガット：0.78、という結果、すなわち、ストリング素材の違いはパワー性能にはほとんど影響しないという結果を2010年に報告している。また、テンションと反発係数平均値については、62 lbsの場合：0.74（0.70~0.77）、52 lbsの場合：0.75（0.71~0.78）であり、テンションは反発係数にほとんど影響しないという実験結果を報告している。一方、ボールとストリング間のスピン量平均値については、テンション62 lbsの場合；ナイロン：127（125~128）rad/s、ポリエステル：151（144~162）rad/s、天然ガット：137 rad/s、テンション52 lbsの場合；ナイロン：118（106~130）rad/s、ポリエステル：

159 (138~165) rad/s、天然ガット：149 rad/s、という結果を示し、スピン量平均値におよぼすテンションの影響は大きくはないとみなし、素材の違いによるスピン量平均値は、ナイロン：122 rad/s、天然ガット：143 rad/s、ポリエステル：153 rad/s であり、ナイロンに比べてポリエステルのスピン量は25%大きく、7種類のストリングのうち、スピン量平均値最大はポリエステル Luxilon Alu Rough (165 rad/s)であることを報告している (川副 2013)。

川副らは、ノッチのできた試合後の天然ガットは、ノッチの無い新品のガットに比べて、プロ選手によるトップスピン打撃実験において、スピン量が顕著に(70%)低減し、接触時間も短い(13%低減する)が、スピン量の低減が大きいので、打球速度は、逆に(50%)増大することを2010年に示した。また Cross と Lindsey は、新しく張ったナイロン・ストリングの反発係数平均値：0.73 (0.70~0.76) に対して、4年経過したナイロン・ストリングの反発係数：0.75 という実験結果を2010年に報告し、ストリングが古くなっても反発係数は低下しないことを示した。さらに、Lindsey は、ストリング性能の寿命、特に「テンション・ロス」と呼ばれる張りあがり後のテンション低下との関連について、ストリングを繰り返し使用することを模擬した各種実験手法による膨大な実験データから以下のような結果を得ている。62 lbs で張った単一のストリングは、1分後にはテンションが最大15 lbs 程度低下すること、ポリエステルが最もテンション・ロスが大きいこと、インパクト相当の振り子型ハンマーでストリングを繰り返し打撃した場合、最初の数回の打撃でテンションは大きく低下し、100回打撃した後のナイロンとポリエステルのテンションの差は約30 lbs、10,000回後の外挿値の差は約40 lbs と差異が大きい、ポリエステルは、ナイロンに比べて、テンションが低下しても、硬いストリング面(面圧)を形成すること、横にずれやすいことを報告している。また、ポリエステルのテンション・ロスは大きい、面剛性、衝突力ピーク値、接触時間、たわみ量などのパラメーターには違いが少ないことを示している (Lindsey 2013、川副 2013)。

ストリング・テンションに関して、すべてのラケットに振動止めを取り付けて上級プレーヤー41名を対象にして実験したところ、11ポンド以下の違いを識別できたのは27%にすぎず、37%が22ポンドもテンションが違う2本のラケットを正しく認識できなかったという Cross らの論文もある。

文 献

- 1) Speckman, J., "The New Physics of Tennis: Unlocking the mysteries of Rafael Nadal's killer topspin", The Atlantic Magazine, (2011), (2014年1月20日確認)
<http://www.theatlantic.com/magazine/archive/2011/01/the-new-physics-of-tennis/8339/>
- 2) Speckman, J., "Copoly Strings: How Do They Really Work?", Tennisplayer.net, Online Article, Vol.7, No.2, (2011), <http://www.tennisplayer.net/indexpublic.html>
- 3) Speckman, J., "Spaghetti Strings: The Original Spin Strings and the Delayed Transformation of Tennis", Tennisplayer.net, Tennisplayer.net, Online Article, Vol.7, No.4, (2011),
<http://www.tennisplayer.net/indexpublic.html>
- 4) Speckman, J., "Strings and Spin: Applying What We Know About Copoly", Tennisplayer.net, Online Article, Vol.7, No.5, (2011), <http://www.tennisplayer.net/indexpublic.html>
- 5) 川副嘉彦, "テニスラケットのストリング性能論1 (パワー, コントロール, 打球感と性能の寿命に関する考察)", 日本機械学会シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2013 CD-ROM 論文集, No.13-34 (2013), 313, pp.1-10.
- 6) 川副嘉彦, "テニスラケットのストリング性能論2 (ボールコントロールとスピンにおよぼす諸因子の影響)", 日本機械学会シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス 2013 CD-ROM 論文集, No.13-34 (2013), 314, pp.1-10.
- 7) Lindsey, C., "String Lubrication & Movement in Spin", Tennis Warehouse University, Online Article, (2011), http://twu.tennis-warehouse.com/learning_center/spinandlube.php
- 8) Lindsey, C., "How Tennis Strings "Go Dead" - Part 1: The Change in String Properties with Repeated Impacts", Tennis Warehouse University, Online Article, (2013), March 21, 2013,
http://twu.tennis-warehouse.com/learning_center/deadstrings.php
- 9) Lindsey, C., "How Tennis Strings "Go Dead" - Part 2: Do Strings Lose Elasticity with Repeated Impacts?", Tennis Warehouse University, Online Article, (2013), April 17, 2013,
http://twu.tennis-warehouse.com/learning_center/deadstringsPart2.php (以下、省略)