

新テニスの科学
File No.46

ラケットの科学 2001年版

従来バランス型と超軽量型の性能比較 ①

構成・文・**川副嘉彦**
【埼玉工業大学】

監修・**日本テニス学会**

かつて、この連載で大好評を博した川副教授の「ラケットの科学」が、近年増加してきた超軽量モデルをテーマに再登場。現在多くの人が使用している超軽量・トップバランスのラケットと、従来型重量バランスのラケットの性能比較をシリーズでお伝えする。

ラケット評価の現状

「ラケットの進歩が、プレイスタイルを変えた」と言われている。しかし、テニスには体験により修得するものだから、主観的なものである。したがって、ラケットがどう実際のプレイに影響をおよぼしたのか——これを客観的に評価するのは非常にむずかしい。

また、ラケットを選ぶときは、メーカーのカタログや専門誌の記事などが、いつも正しいというわけではないことに注意したほうが良い。もともとらしい説明の中にも、誤解や矛盾が含まれていることが多いからだ。

たとえば、古い話になるが、「アツラケはよく飛ぶ」という宣伝文句。今でもよく聞かれますが、アツラケが無条件によく飛ぶわけではないのである。TJ読者の方ならご存じかもしれないが、ボールをラケット面の中心近くで打つていけば、アツラケでも薄ラケでも（重量バランスが同じなら）ボールの飛びの差はほとんどないのである。この事実はぜひ知っておいてほしい。

また、名器と言われるようなラケットについても、プレイヤーの評価はさまざまである。「飛ばないラケット」のようだがという意見もあれば、本当に良いのかどうか疑問であるといった声まである。

一般プレイヤーにとっては、ラケットはコートの上でボールを打ってみてはじめて性格がわかるというのが現実だろう。しかし、実際にコートで打ってみてもラケットの評価はそう簡単ではない。やっかいなことに、ラケットの性能はプレイの状況により異なるからだ。壁打ちや練習での評価と、プレッシャーのかかる試合での評価とはかならずしも一致しない。

表1. 超軽量型と従来重量バランス型の仕様

ラケット	超軽量型 EOS100	従来重量バランス型 PROTO-02
ラケット全長	680 mm 27 インチ	680 mm 27 インチ
フェース面積	606 cm ² 100 平方インチ	606 cm ² 100 平方インチ
重量(ストリングス含む)	290 g	370 g
重量(フレームのみ)	274 g	354 g
バランス(張り上がり) (グリップ端からの距離)	350 mm	317 mm
重心まわり慣性モーメント I_{GY}	11.4 gm ²	14.0 gm ²
グリップまわり慣性モーメント I_{GR}	34.1 gm ²	36.6 gm ²
ラケット面長手軸まわり 慣性モーメント I_{GX}	1.12 gm ²	1.62 gm ²
ラケット面中心換算重量	175 g	196 g
フレーム基本曲げ振動数	171 Hz	215 Hz
ストリング・テンション	55 lb	55 lb

い。自分が攻めているときと攻められているときでも、評価は違ってくる。一般にラケットに求められる基本的な性能は、「パワー」、「コントロール」、「打球感」と言われている。「球離れが良い」、「ボールド感がある」、「面の安定性が良い」など微妙な性能の違いを評価する表現もある。さらに、この他にも物理的な裏づけがないままに、多くの感覚的表現がラケットの性能評価に用いられている。

ラケットの性能には重量バランスの影響が大きい

そんな状況の中、今回は、今では標準

的なフェース面積である100平方インチのラケットを例にして、従来型の重量バランス・タイプ（以下、従来重量バランス型）と最近の超軽量型について、ラケットのパワーとコントロールに関する性能がどう違うかをできるだけわかりやすく解説していきたい。

ご承知のように、最近のラケットの特徴は長ラケ化と軽量化である。

しかし長ラケも、当初は約半インチ（12mm）きざみで29インチまでのラケットが多く見られたが、最近はずっと小さくみであり、むしろ従来の27インチに近いラケットがよく使用されているようであ

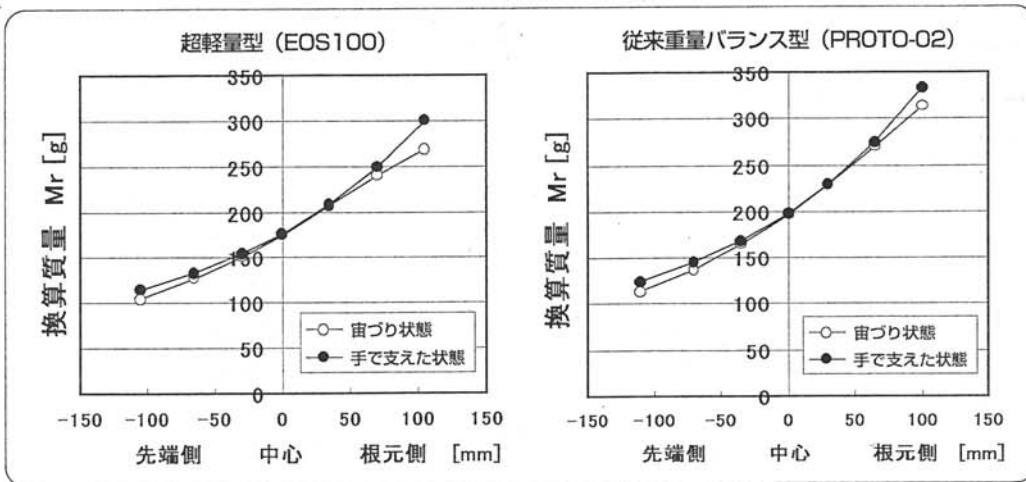
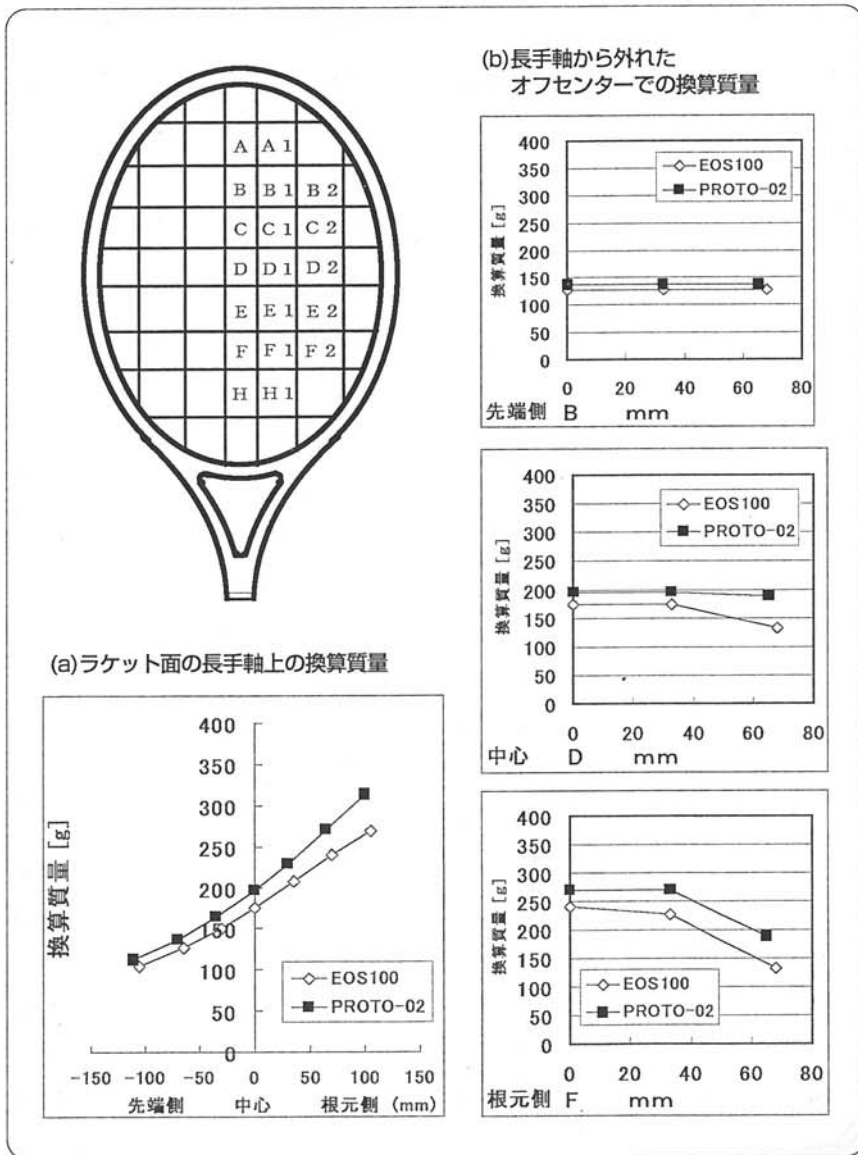


図1. ラケット面の換算質量 (換算重量)

この図は、ラケット面の長手軸上の打点における「換算重量」(次ページ本文参照)を示す。(a)は、超軽量型の場合、(b)は従来重量バランス型の場合である。○の線は宙ぶりしたラケット(ラケット単体)にボールが衝突した場合、●の線はラケットのグリップ端から70ミリの位置を手で支えたラケットにボールが衝突する場合である。両ラケットとも「換算重量」は先端側で小さく、根元側で大きい。手でラケットを持つことによる影響は、超軽量の極端な根元でやや大きく、30gぐらいあるが、ストリング面中心近くではプレイヤーの腕の重さによる影響はほとんどないことがわかる。つまり通常の打点では、プレイヤーの体重はほとんど反発力に影響しないことになる。

図2. 超軽量型と従来重量バランス型の換算質量の比較



上図は、腕の影響を無視して、宙ぶりしたラケットにボールが衝突するときの2種類のラケットの「換算重量」を比較したもの。(a)はラケット面長手軸上の打点、(b)は打点が横方向にズレた場合で、上からラケット面上の先端側打点Bから横に外れた打点、中心Dから横に外れた打点、根元側Fから横に外れた打点での換算質量を示している。超軽量ラケットは根元側の横のオフセンター打撃で、ラケットが長手軸まわりに回ってしまいやすいことがわかる。

る。長ラケットをわざわざ短く改造して使うユーザーもいる。フレイム重量が200gに近いラケットまで現れるほど軽量化も進んだが、一方でサンブラスはフレイムに重りを貼って400gに近い重いラケットを使っていくという噂もある。あるいは、従来型重量バランスを好むプレイヤーは、重りをフレイムに貼って自分の好きな重量バランスに変更して使っているようだ。

このような状況だからこそ、ここで改めて従来重量バランス型と最近の超軽量型の性能の特徴を考えるのも無意味ではないと言えるだろう。長ラケットについては、また別の機会があれば、じっくり調べて紹介したいと考えている。またフェース面積については、110平方インチのラケットも同じくらいよく使われているし、最近では120平方インチのラケットも、ダブルスなどではたびたび見かける。フェース面積が大きいラケットの性能は、面が大きいほど面の中心位置が手前になるから、今回調べた100平方インチの場合とは微妙に違ってくる。しかし、性能の違いはそれほど大きくはない。ラケット性能には、重量と重量バランス(重量配分)がもつとも影響するからだ。

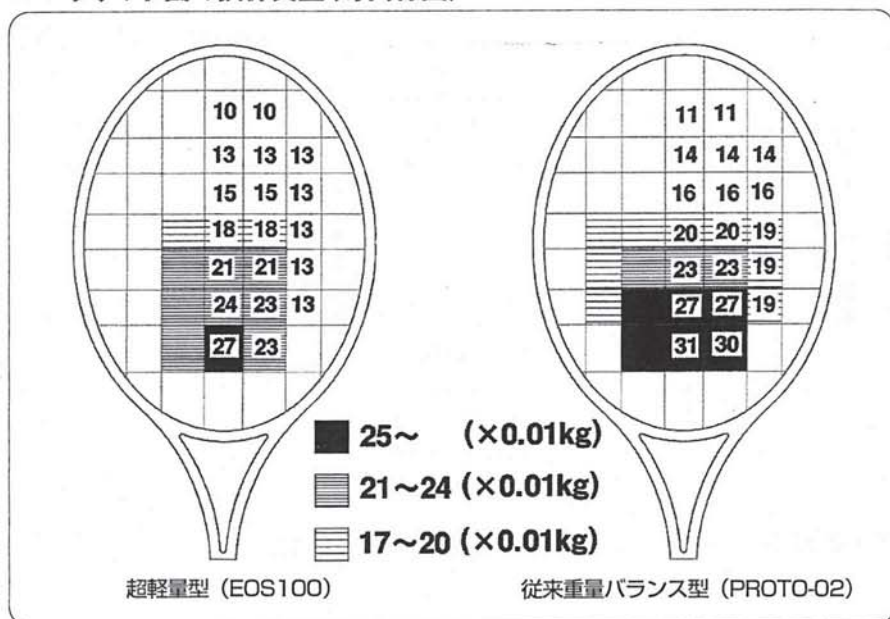
●全長/重量
両ラケットとも「全長」は27インチ(71.1cm)である。超軽量型ラケットの「フレイム重量」は274g、「ストリングスを含めた重量」は290g、従来重量バ

また別の機会があれば、じっくり調べて紹介したいと考えている。またフェース面積については、110平方インチのラケットも同じくらいよく使われているし、最近では120平方インチのラケットも、ダブルスなどではたびたび見かける。フェース面積が大きいラケットの性能は、面が大きいほど面の中心位置が手前になるから、今回調べた100平方インチの場合とは微妙に違ってくる。しかし、性能の違いはそれほど大きくはない。ラケット性能には、重量と重量バランス(重量配分)がもつとも影響するからだ。

超軽量型と従来型ラケットのスペック上の違い

表1に超軽量型ラケット EOS100と従来重量バランス型ラケット PROTO02の仕様と物理特性を示す。ラケット性能についての理解を容易にするために、ここで、この表にでてくる用語について少し説明しておく。

図3. ラケット面の換算質量(等高線図)



打点に換算した換算重量を等高線状に示した図。超軽量型EOS100は、従来重量バランス型PROTO-02と比べて、先端側を除いて、どの打点でも換算質量が小さいという結果が出た。

ンス型はフレーム重量354g、ストリングスを含めた重量は370gである。

●**バランス**

「バランス」は、ラケット重心のグリッブ端からの距離である。この「バランス位置」と打点との距離は、ラケットの「慣性モーメント」とともに、「ラケットの反発性」に大きく影響する。通常バランス位置は、ラケット面の中心よりグリッブ側にあるから、「重心まわりの慣性モーメント」が同じなら、バランスの値が大きい(バランス位置が先端より)ほどラケットの「反発性」は良い。これらの関係に

の値を大きくしないと、ラケットの反発性は悪くなる。

●**グリッブまわりの慣性モーメント**

「グリッブまわりの慣性モーメント」は、ラケットを振るとき(グリッブまわりにラケットを回転させるとき)の慣性の大きさ(振りにくさ、回転の加速のしにくさ)である。これを「スイング・ウェイト」と称しているメーカーもある。

一般には、この「グリッブまわりの慣性モーメント」が大きいラケットは、操作性が悪いとされるが、実際のプレイにおいてプレイヤーの感じる操作性は、も

つては、後ほど詳しく説明する。

●**重心まわりの慣性モーメント**

「重心まわりの慣性モーメント」は、重心(＝バランス位置)まわりにラケットを回転させるとき、慣性の大きさ(回転の加速しにくさ)である。バランス位置(重心)から離れたトップやグリッブ端に重量が多く配分されているラケットほど、「重心まわりの慣性モーメント」は大きくなる。超軽量型ラケットは、表に示すように、従来重量バランス型に比べて、「重心まわりの慣性モーメント」がかなり小さいため、バランス位置を打点に近づけないと(バランス

の値を大きくしないと、ラケットの反発性は悪くなる。

●**長手軸まわりの慣性モーメント**

「ラケット面長手軸まわりの慣性モーメント」は、プレイ中にラケットを構えた状態で手の中でクルクルと回すときの、慣性の大きさ、回転の加速しにくさである(長手軸とはラケットの縦方向の中心軸のこと)。この値が大きいほど、サイドフレーム側に外れたオフセンター打撃で面がブレにくくなり、「面の安定性」や「コントロール性」が良くなる。フレーム両サイドに重りをつけるチューンナップは、この長手軸まわりの慣性モーメントを大きくするためのものだ。

表1からわかるように、「ラケット面長手軸まわりの慣性モーメント」が小さいのが、超軽量ラケットの弱点である。

●**ラケット面中心換算質量**

「ラケット面中心換算質量」(換算質量という言い方もある)は、ボールがストリング面に衝突するときに、ボールが感じるラケットの重量と考えるとわかりやすい。つまり、換算質量が200gなら、ボールは200gの物体と正面衝突したのと同等になるわけだ。もちろん、ボールは衝突する相手が重いほど強く反発されるので(体重50kgの女性と小錦に体当たりするときの違いを想像してほしい)、換算質量が大きい場所ほど、そこで打ったときの反発力が高いことになる。

ストリング面(ラケット面)中心では、総重量290gの超軽量型は175g、総重量370gの従来重量バランス型は196gであり、従来型バランスのほう

つと複雑なようである。プレイヤーによつては、「グリッブまわりの慣性モーメントが小さいほど操作性が良い」とは、かならずしも言えないようである。このあたりは、体力やプレイスタイルに関係する部分もありそうだ。

●**長手軸まわりの慣性モーメント**

「ラケット面長手軸まわりの慣性モーメント」は、プレイ中にラケットを構えた状態で手の中でクルクルと回すときの、慣性の大きさ、回転の加速しにくさである(長手軸とはラケットの縦方向の中心軸のこと)。この値が大きいほど、サイドフレーム側に外れたオフセンター打撃で面がブレにくくなり、「面の安定性」や「コントロール性」が良くなる。フレーム両サイドに重りをつけるチューンナップは、この長手軸まわりの慣性モーメントを大きくするためのものだ。

表1からわかるように、「ラケット面長手軸まわりの慣性モーメント」が小さいのが、超軽量ラケットの弱点である。

●**ラケット面中心換算質量**

「ラケット面中心換算質量」(換算質量という言い方もある)は、ボールがストリング面に衝突するときに、ボールが感じるラケットの重量と考えるとわかりやすい。つまり、換算質量が200gなら、ボールは200gの物体と正面衝突したのと同等になるわけだ。もちろん、ボールは衝突する相手が重いほど強く反発されるので(体重50kgの女性と小錦に体当たりするときの違いを想像してほしい)、換算質量が大きい場所ほど、そこで打ったときの反発力が高いことになる。

ストリング面(ラケット面)中心では、総重量290gの超軽量型は175g、総重量370gの従来重量バランス型は196gであり、従来型バランスのほう

が反発性が良いということになる。さらに、「換算質量」が大きいと、インパクトでのラケット面のブレも小さいため、これは重要な情報と言える。この値をカタログに載せてくれるとラケット選びには大変都合がいいのだが、現実にはなかなか実現しない。

この換算質量は、図1(前ページ)に示すように、ラケット面のどの打点で打つかによっても値が異なる。通常は、「重心まわりの慣性モーメント」が大きいほど、また「バランス」の値が大きい(重心位置が打点に近い)ほど、「打点に換算した換算質量」は大きくなる。

図1-3で、今回取り上げた2本のラケットの換算質量の分布を比較したので、参考にしてほしい。

●**フレーム基本振動数**

「フレーム基本振動数」は、ラケット・フレームの曲げ剛性(硬さ)に関係する。重量が重くて振動数が高いほど、フレーム剛性が高いということになる。

ウッドのラケットに比べると、両ラケットの振動数は約2倍である。とくに、PROTO02はもつとも剛性の高い典型的な厚ラケットであり、剛性はウッドのラケットの4倍近くある。

球離れの良さ、ホールド感

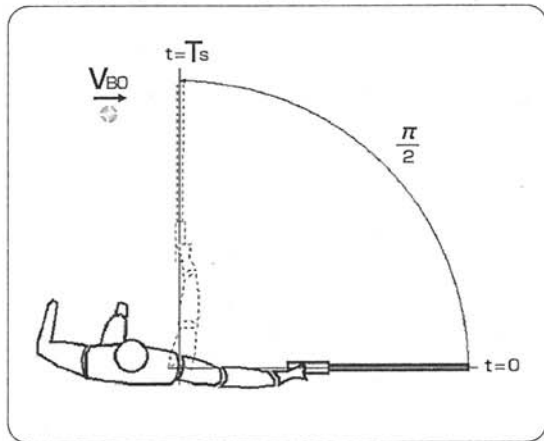
感覚的な性能評価の一つに「球離れが良い」、あるいは、これと反対の性質として「ボールのホールド感がある」という表現がある。経験的には「厚ラケットは球離れが良い」と言われている。

テニス専門誌などには、ときどき「球離れが良い」のは「接触時間が短い」からだという記述がみられるが、この説明は正しくない。なぜなら、厚ラケットの特徴であるフレームの高剛性は、「接触時間」

新テニスの科学

File No.46

図5. 計算のためのスウィング・モデル



右●図4は、超軽量型EOS100とウッドラケットの反発係数(er)の予測例(図5のモデルを想定して計算したもの)で、横軸はラケット面中心から打点までの距離を示している。

左●図5は、性能予測計算に用いたプレイヤーのスウィング・モデルで、フラットなグラウンド・ストロークを想定している。手首と肘の関節角度を一定に保って肩関節だけに一定の回転トルクを与え、腕とラケットが肩関節まわりに90度回転したところでボールを打撃するという設定だ。シンプルなモデルだが、飛んでくるボールの速度は10m/秒で、スウィング速度も競技者レベルのラリー・スピードを想定している。

図4. 厚ラケとウッドの反発係数(球離れ)の比較

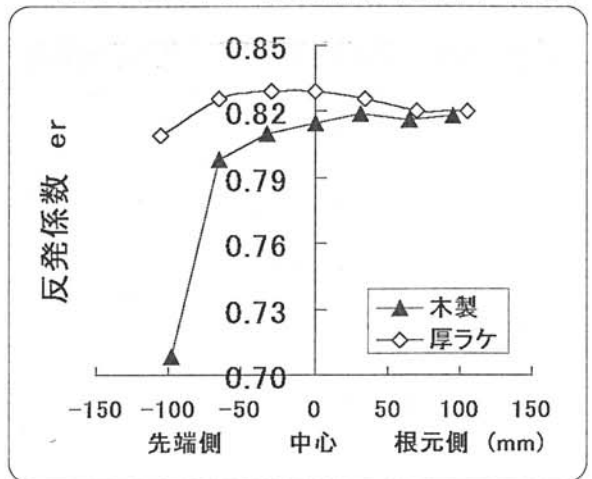


図6は、超軽量型(EOS100)と従来重量バランス型(PROTO-02)の反発係数(球離れの良さ)の等高線図である。また図7(a)(次ページ)はラケット面の長

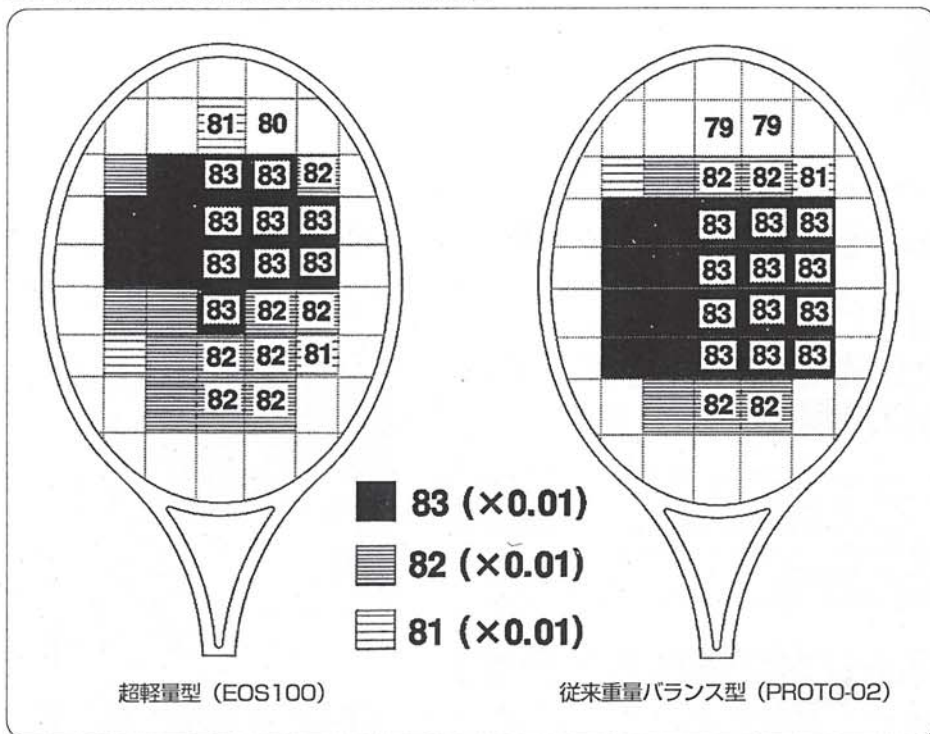
にはほとんど影響しないからである。一方、厚ラケのもうひとつの特徴は「反発係数」が高いことである。ボールとラケットの反発係数は、インパクトにおけるエネルギー損失と密接に関係しているため、ボールの変形によるエネルギー損失、およびラケット・フレームの振動によるエネルギー損失が少なく、反発係数が高いことになる。厚ラケはインパクト時の変形や振動によるロスが少ないため、反発係数が高くなるわけだ。また「反発係数」が高いということは、ボールとラケットの両者がお互いに弾かれやすいということも意味する。したがって、「球離れが良い」ラケットは「反発係数が高い」ラケット、「ボール感覚がある」ラケットは「反発係数が低い」ラケットということが推察できる。

厚ラケの球離れの良さは、図4に示すように、木製(ウッド)ラケットと比較するといちばんわかりやすい。図4は、超軽量型EOS100とウッドの反発係数(er)の予測例で、横軸はラケット面中心から打点までの距離である。また図5は、性能予測計算に用いたプレイヤーのスウィング・モデルで、この条件の元で図4の反発係数を算出した。

これをみると、厚ラケは全般的にウッドよりも反発係数が高く、厚ラケは「球離れ」が良く、木製ラケットは「ボール下感」があるということがわかる。とくに先端よりの打点でその違いが大きく出ており、厚ラケはラケットの先のほうに当たっても、ウッドよりもずっと楽にボールを飛ばしてくれる。

「反発係数」が高いことである。ボールとラケットの反発係数は、インパクトにおけるエネルギー損失と密接に関係しているため、ボールの変形によるエネルギー損失、およびラケット・フレームの振動によるエネルギー損失が少なく、反発係数が高いことになる。厚ラケはインパクト時の変形や振動によるロスが少ないため、反発係数が高くなるわけだ。また「反発係数」が高いということは、ボールとラケットの両者がお互いに弾かれやすいということも意味する。したがって、「球離れが良い」ラケットは「反発係数が高い」ラケット、「ボール感覚がある」ラケットは「反発係数が低い」ラケットということが推察できる。

図6. 反発係数(球離れの良さ)の等高線図

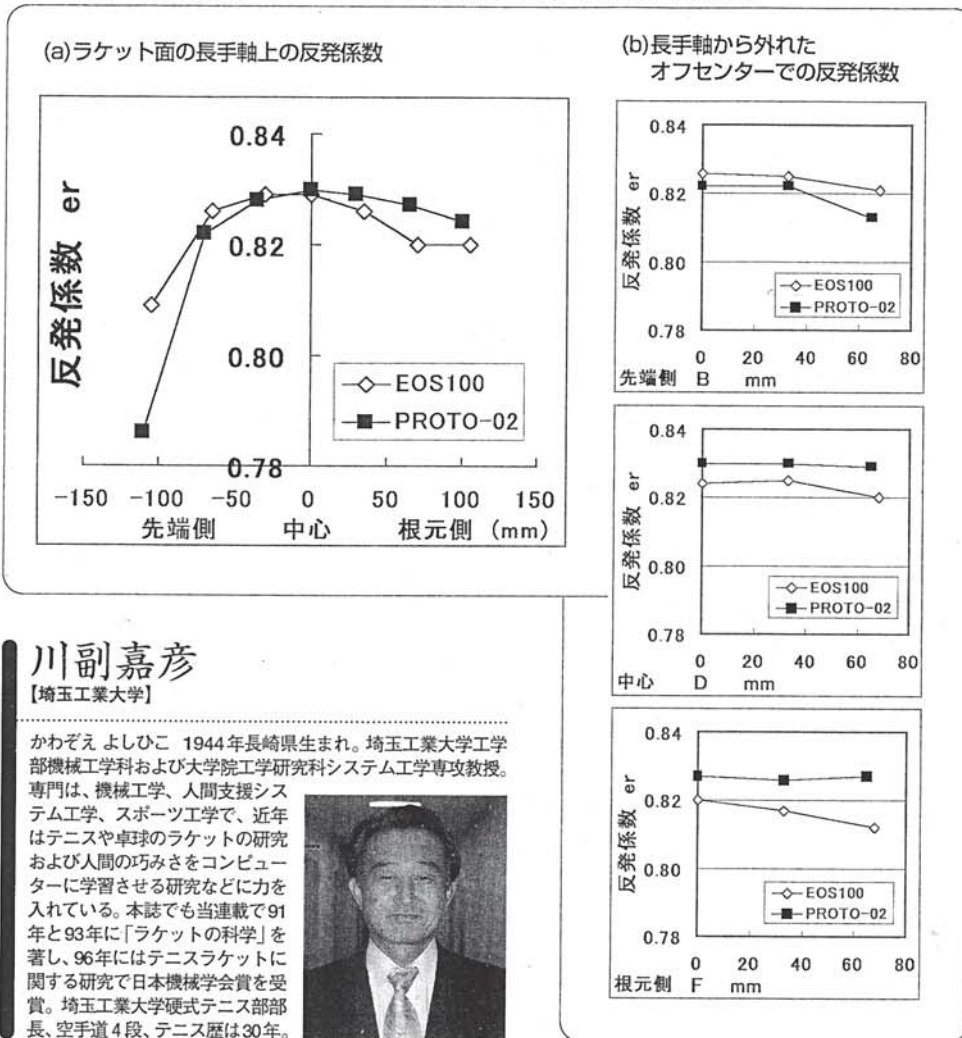


超軽量型EOS100と従来重量バランス型PROTO-02の反発係数(er)を等高線図に示した図。超軽量タイプのほうは、重量バランスが先端よりになっているため、反発係数が高い領域が、従来重量バランスのタイプよりも先端側に寄っていることがわかる。

手軸上の反発係数、図7(b)は長手軸から外れたオフセンター打点での反発係数を示している。これをみると、両ラケットとも反発係数が高く、球離れの良いラケットということがわかる。とくに超軽量型は、先端でも反発係数の低下が少ない。つまり、超軽量型はラケット面全面で球離れが良い、従来重量バランス型は根元側で球離れが良い、極端な先端側ではそうでもない。

「球離れ」や「ボール下感」に関しては、ストリング・テンションと関連づけた説明をときどきみかける。しかし、ボールとラケットの衝突速度がとくに遅い場合を除いた通常のプレイにおけるインパクトでは、ストリングスを緩く張ってもボールとストリングスの接触時間はほとんど変わらないのである。もちろん、緩く張るとインパクトでのストリングスの伸びは大きくなるが、伸びが元に戻るまでの時間はほとんど変わらず、反発係数の増加も小さい。

図7. 超軽量型と従来重量バランス型の反発係数(球離れの良さ)



(a)は、ラケット面の長手軸上の反発係数、(b)は長手軸から外れたオフセンター打点での反発係数を示す。両ラケットとも反発係数が高く、球離れの良いラケットということがわかる。とくに、超軽量型は先端でもあまり反発係数が低下しない。

川副嘉彦

[埼玉工業大学]

かわぞえ よしひこ 1944年長崎県生まれ。埼玉工業大学工学部機械工学科および大学院工学研究科システム工学専攻教授。専門は、機械工学、人間支援システム工学、スポーツ工学で、近年はテニスや卓球のラケットの研究および人間の巧みさをコンピューターに学習させる研究などに力を入れている。本誌でも当連載で91年と93年に「ラケットの科学」を著し、96年にはテニスラケットに関する研究で日本機械学会賞を受賞。埼玉工業大学硬式テニス部部长、空手道4段、テニス歴は30年。



についてもまだまだ誤解は多いが、一方で、テンションが緩いほうが「ホールド感」が感じられると言う人は多く、そのあたりの関係については、まだわかっていないことが多い。

今回は、まず超軽量型と従来重量バランス型の違いについて、入門的な部分を解説してみました。話がむずかしくてわかりにくい部分が多いという場合には、ぜひご意見をお聞かせください。

次回、さらにわかりやすくというのを念頭におきながら、両者の「反発力」や、「振りやすさ」、「スウィートエリア」、「コントロール性」などについて解説してきたいと思います。

go for it ! が、もっともっとあなたのテニスを楽しくします!



〒185-0012
東京都国分寺市本町2-9-12
オリエント丹野1F
営業時間 11:00 ~ 19:00 (木曜定休)

電話・FAX
042-320-7233
<http://www.ptsys.com/sos/>

ストリンガー澁谷が、じっくりとカウンセリング。張り方講習も承ります。

ゴーフォイット!はプロ、アマ問わず、ストリンガーのかけこみ寺です。ホームストリンガー、ショップストリンガー、またはストリングングを学びたいコーチの方などを対象に張り方の講習を承ります。ストリングング初心者コース、ステップアップコース、その他なんでもリクエストに応じます。料金は1時間¥5,000から。詳しくはお電話にてご相談ください。

「ストリング張り方ビデオ」

「ステップ1—初めての人でもラケットが張れる」、「ステップ2—あなたの張り方は間違えていないか」本体価格各¥3,900で好評販売中!



go for it !
ゴーフォイット!