

# 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 ②

最新型の超軽量・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テーマとしてお贈りしている

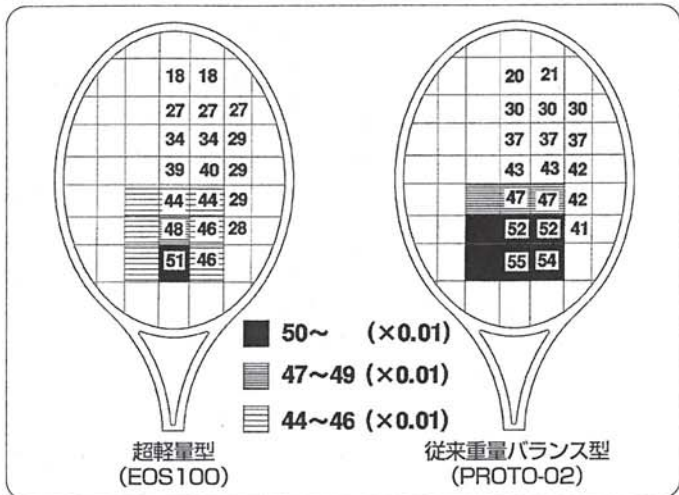
今回の「ラケットの科学」。今月は、それぞれの反発性能や

スウィートエリア、面安定性などについて詳しく解説していく。

構成・文・川副嘉彦  
【埼玉工業大学】

監修・日本テニス学会

図8. 超軽量型と従来重量バランス型の反発力係数 e



「反発力係数」が高い範囲を示した等高線図。根元側で高い値を示すのは、根元に近いほうが換算質量が大きいため、従来重量バランス型のほうが全体的に「反発力係数」がやや高い。

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 <sup>2</sup> 100 平方インチ	606 cm <sup>2</sup> 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>I<sub>av</sub></i>	11.4 gm <sup>2</sup>	14.0 gm <sup>2</sup>
グリップまわり慣性モーメント <i>I<sub>GR</sub></i>	34.1 gm <sup>2</sup>	36.6 gm <sup>2</sup>
ラケット面長手軸まわり 慣性モーメント <i>I<sub>ax</sub></i>	1.12 gm <sup>2</sup>	1.62 gm <sup>2</sup>
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

### 弾きの良さ、反発力

先月号では、超軽量・トップバランス型のラケット(以下・超軽量型)と、従来型の重量バランス・タイプ(以下・従来重量バランス型)のスペック上の比較(表1)や、「球離れの良さ(反発係数)」をおもに説明した。今回は、そこからさらに踏みこんで両者の反発性能などについて詳しく比較していきたい。また、ラケットの性能を表現する専門用語については、先月号でまとめて解説しているので、そちらを参照していただきたい。

一般には「ラケットの反発性能が良い」、「反発力がある」、「弾きが良い」といった性能評価が、ほぼ同じ意味で用いられている。たしかに、重量と重量配分がまったく同じであれば、「反発係数」が高いほうが「反発力」がある。しかし、

反発係数が高くて重量配分によって反発力は変わる。たとえば、トップライトの非常に軽い厚ラケットは反発係数が高くて、ボールの跳ね返りは悪くなる。「弾きの良いラケット」とは、ラケットを振らないで「ボールを当てただけのときに(ボレーに近い)よく跳ね返るラケット」と考えたらわかりやすいだろう。ラケットを速く振らなくてもボールがよく飛ぶという意味である。

図8は、超軽量型EOS100と従来重量バランス型PROTO02の「反発力係数」の等高線図。また図9は、「反発力係数」の詳しい比較である。この「反発力係数」とは、ボールの衝突前の速度に対する、跳ね返り速度の割合を示している(衝突前のボール速度は、ラケットヘッド速度と相対的なもの)。つまりラケットが静止していると考えた

ときの速度である)。これを「反発係数」(前号参照)と区別して、著者は「反発力係数」と呼んでおり、この数字が高いほど「弾きの良いラケット」ということになる。また、この「反発力係数」の実測値が、メーカーなどではラケットの反発性能の評価によく使われている(静止したラケットにボールを衝突させて測定)。

理論的には、衝突位置における「反発係数」が高くて、衝突位置に換算したラケットの「換算質量」(前号参照)が大きいほど、「反発力係数」は高くなる。グリップを手で握ったときの反発力係数の予測値は、極端なオフセンター打撃を除くと、宙づりラケットの場合と大きな違いはない。また「反発力係数」は、ラケット面の根元側ほど高くなる。「反発力係数」には、反発係数よりもラケットの打点に換算し

# 新 テニスの科学

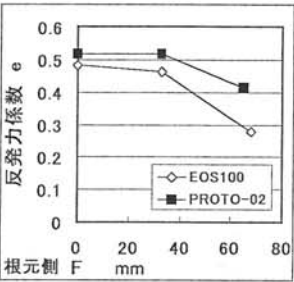
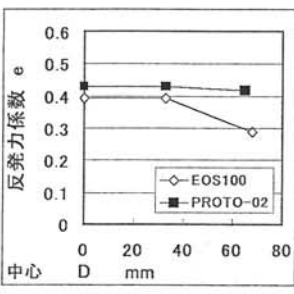
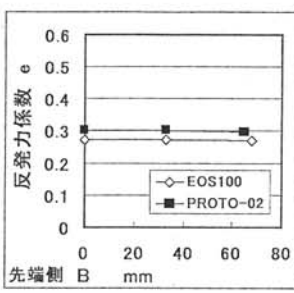
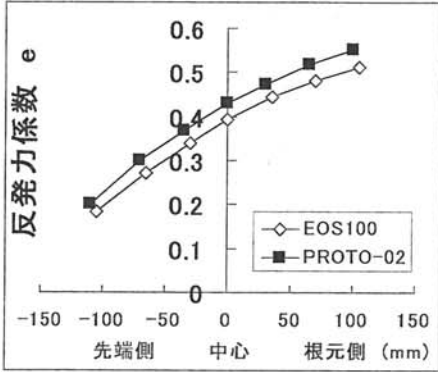
## File No.47

図9. 超軽量型と従来重量バランス型の反発力係数e

(a)の横軸はストリング面長手軸(縦の中心線)上での衝突位置を示し、(b)の横軸は、長手軸から横に外れたときの打点までの距離を示す。縦軸の「反発力係数」は、ボールの衝突前の速度(ラケットとの相対速度)に対する跳ね返り速度の割合を示している。つまり、この「反発力係数」が高いほど、ラケット自体が持つ反発力が高いことになる。超軽量型と従来重量バランス型の比較では、全体的に従来重量バランス型のほうが反発力係数が高く、とくに横方向に打点がズレたときに、(ラケットの中心から根元側で)その差が大きくなっている。これは、打点が横に外れると、ラケットが長手軸まわりに回転して、換算質量が小さくなるからだと考えられる。

(b) 長手軸から外れたオフセンターでの反発力係数

(a) ラケット面の長手軸上の反発力係数



### 振りやすさとボールの飛び、スウィートエリア

ボールの飛び(=VB)は、相手の打球

た換算質量(重量配分)のほうが効く。図8、図9は、従来重量バランス型のほうが「反発力係数」がやや高いことを示している。どちらも根元側の打点で高い値を示すのは、換算質量が大きいからである。長手軸(縦の中心軸)から横に大きく外れた位置で、超軽量ラケットの反発力係数が大きく低下するのは、ラケットが長手軸まわりに回転し、換算質量が小さくなるからである。さらに図8からは、安定な打点領域の広さもわかる。

$$[\text{ボールの飛びVB}] = [\text{飛んでくる球の速さVBo}] \times [\text{反発力係数e}] + [\text{ヘッドの速さVRo}] \times [1+e]$$

の速さ(=VB)と、自分のラケットヘッドの速さ(=VRo)、およびラケットの反発力係数(=e)とで上のように決まる。ラケット面の中心近くで打撃する場合は、 $e \approx 0.4$ とすると、打球速度「飛んでくるボールの速度の4割」+「ラケットヘッド速度の1.4倍」の速度になる。サーブの場合は、ヘッド速度の1.4倍の打球が飛んでいくことになる。ラケットのバ

一般的に、反発力係数の高いラケットはヘッドの速さが遅く、反発力係数の低いラケットはヘッドの速さが速くなる。したがってボールの飛びは、「反発力係数」と「振りやすさ」の両者のかね合いで決まるが、超軽量ラケットの場合は、バランスをトップ側にすることで、振りやすさを向上させながらも、反発力係数の低下を最小限に止めているため、従来重量バランス型よりも「飛びの

図11. 超軽量型と従来重量バランス型の飛びの良いエリア

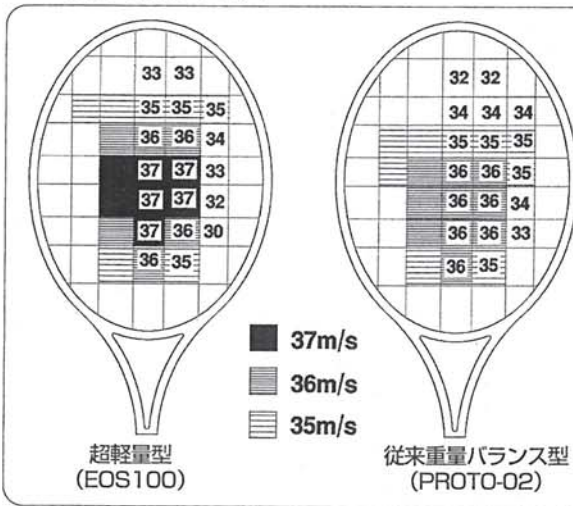


図10. 超軽量型と従来重量バランス型のラケットヘッドの速さ

右●縦軸は、同じ力(トルク)でスウィングした場合の、インパクト直前の打点部分の速度を示す。超軽量ラケットのほうが、軽くて振りやすい分、ヘッド速度が大きくなっている。(設定した肩関節トルクは、Ns=56.9Nm)

左●この図は、打球の初速VBを等高線図で表わしたもので、飛びに関するスウィートエリアと言える。データは、相手ボールの速度VBoが10m/sで、スウィングスピードが図10と同じになるグラウンド・ストロークを想定して算出。

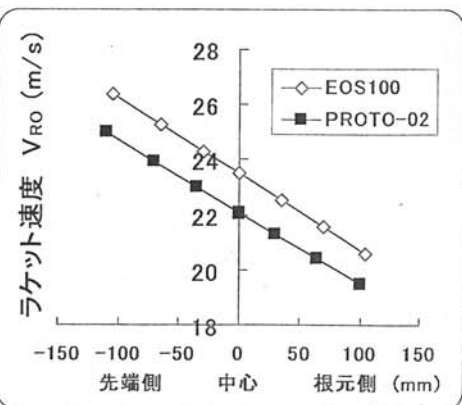
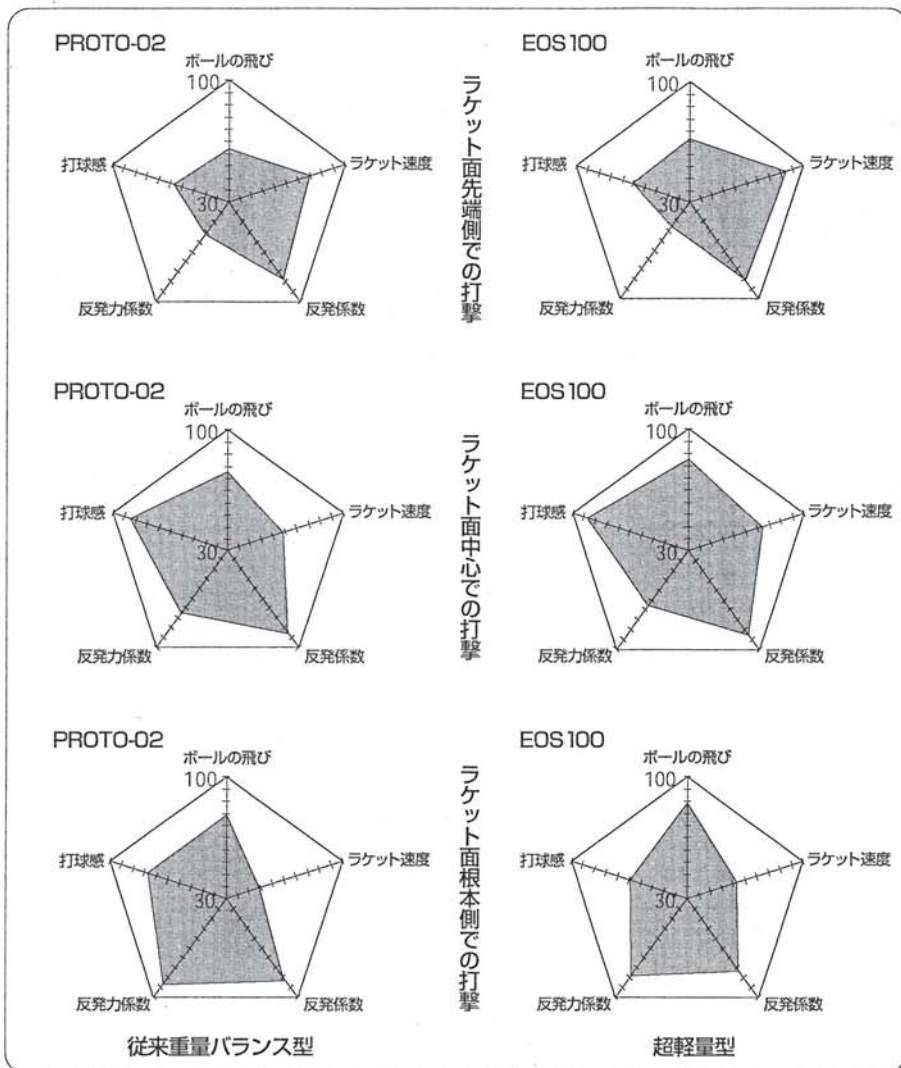


図13. ラケット性能の評価(グラウンド・ストローク)



上●打点別にみたグラウンド・ストロークでのラケット性能の総合的評価を示したグラフ。五角形の面積が広いほうが総合的な評価が高いことになる。ラケット面の先端側、中心、根元側とそれぞれ特徴が変化することがよくわかる。打球感や振動といった感覚的な要素を除外しても、やはりラケット面中心がもっとも総合評価が高い。また、超軽量型はラケット速度が速いのでボールの飛びは良いが、反発力係数は、従来型のほうが良い。

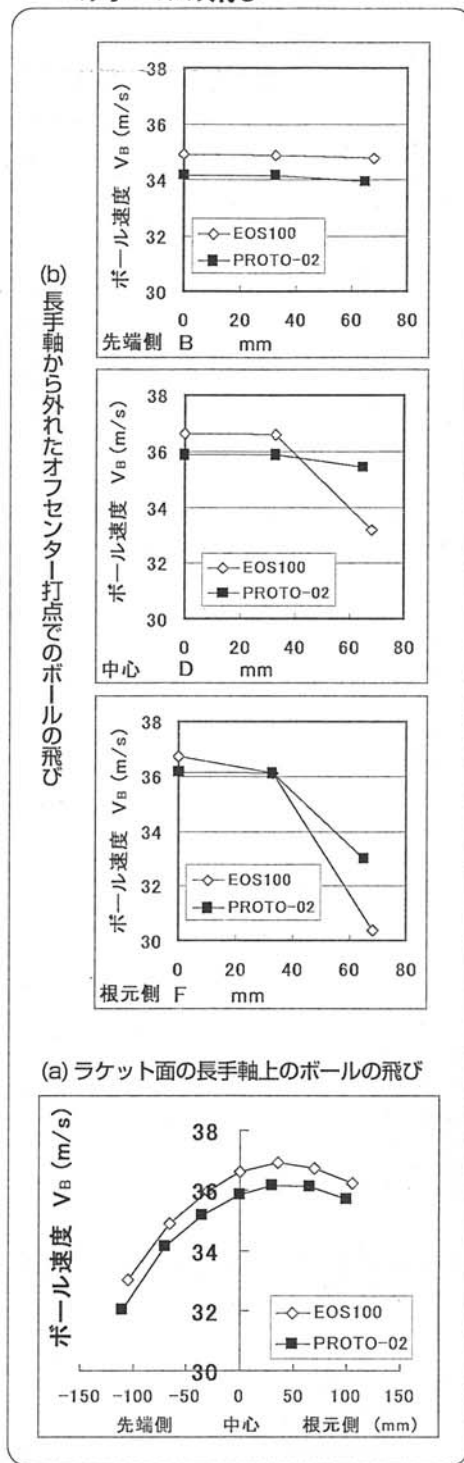
ラケット面先端側での打撃

ラケット面中心での打撃

ラケット面根本側での打撃

右●ラケット面中心から先端側・根元側に外れた打点 (a)、および長手軸から横に外れた打点 (b) でのボールの飛びVBの予測結果。ラケット面中心から根元側にかけての横へのオフセンター打撃を除くと、超軽量ラケットのほうが打球速度が速いことがわかる。ボールの飛びは、「反発力係数」と「振りやすさ (スウィングスピード)」との兼ね合いで決まるため、軽くてスウィングスピードが速くなる超軽量型が、反発力係数の低さを補って、「飛びが良い」という結果を出していることになる。

図12. 超軽量型と従来重量バランス型のボールの飛び



(b) 長手軸から外れたオフセンター打点でのボールの飛び

(a) ラケット面の長手軸上のボールの飛び

**面安定性、コントロール**  
 コントロール性能は、狙ったところにボールを打てるという意味で使われる。実際のプレイにおけるコントロール性能には、ボールの回転 (スピン) が関係し、プレイヤーはボールに適度なスピンを与えたときのコントロールしやすさを重視する。どのようなラケットがスピンの関連したコントロール性能が良いかについては、ほとんどわかっていないが、面安定性もコントロールを良くするひとつの要素であろう。

図14は、従来重量バランス型 PROTO 02 と超軽量型 EOS 100 のボールの飛び (ラケットのパワー) に関して、すべてのストロークを総合して性能を比較した例である。スウィングスピードの速いサーブやグラウンド・ストロークでは、EOS 100 のほうが有利になるが、リターンではほぼ同等で、逆にスウィングスピードが遅いボレーでは、PROTO 02 が有利になる。

「良さ」を実現していると言えうだ。  
 図13は、グラウンド・ストロークにおけるラケット性能の総合的評価である。五角形のグラフの面積が広いほうが、総合的な評価が高いことになる。  
 これを見ると、ラケット面先端側、中心、根元側でそれぞれ両者の特徴的な違いが表われている。打球感や振動といった感覚的な要素を除いて言えば、超軽量型は、ラケット速度が速いのでボールの飛びが良く、反発力係数に関しては従来型のほうが良いということになる。

# 新テニスの科学

## File No.47

図14. 各ストロークでのボールの飛び

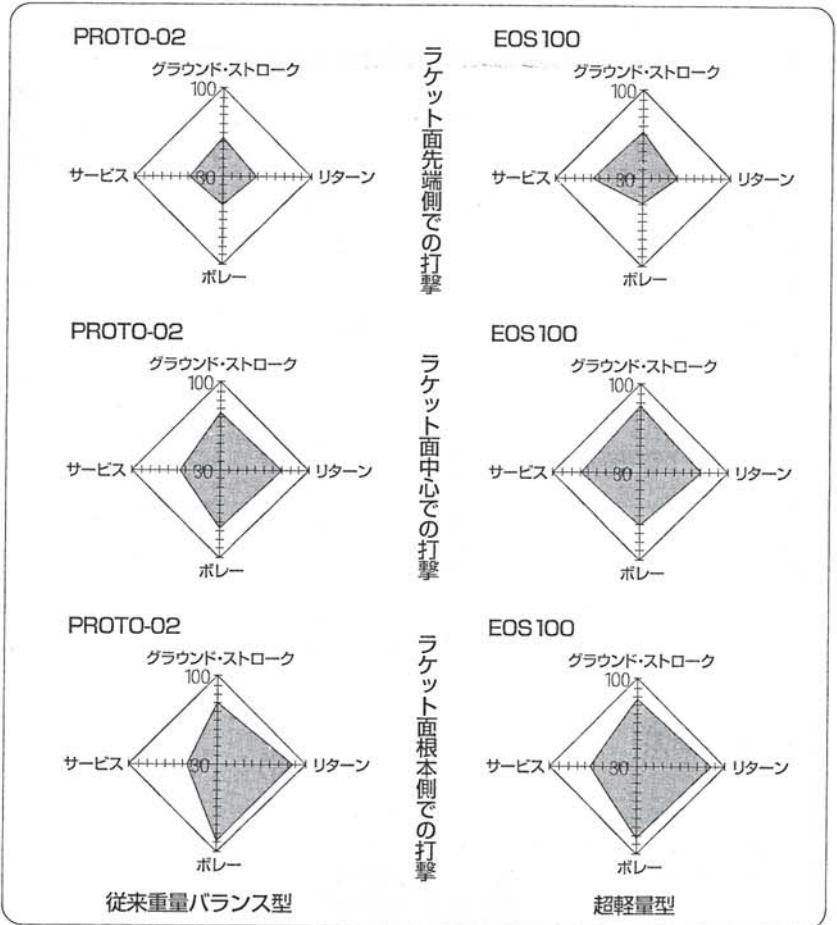


図15、16は、ラケット面長手軸上の打点での打撃において、ボールがストリング面から離れるまでに衝撃によってラケット面が傾く回転角である。図15は腕の換算質量を無視した場合を示しており、腕の重さを考慮したのが図16である。

また、長手軸から横に外れたオフセンターで打撃した場合の、ラケット面の回転(面のブレ)については、図17(次ページ)で示している。

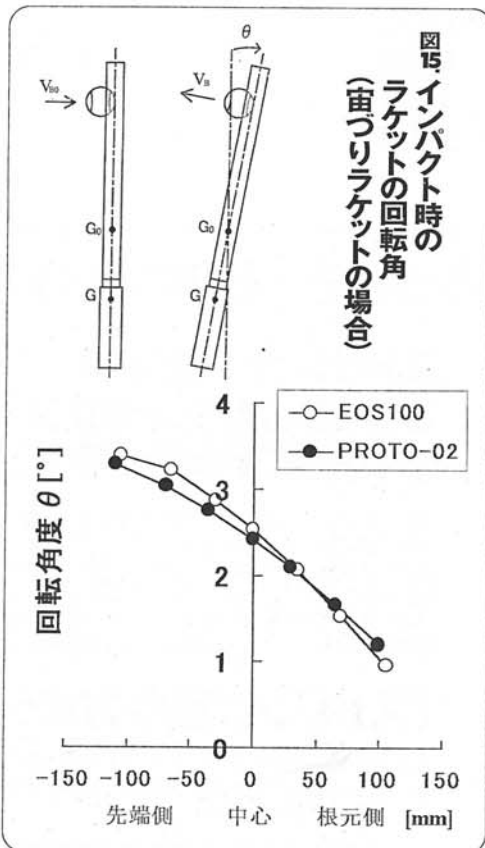
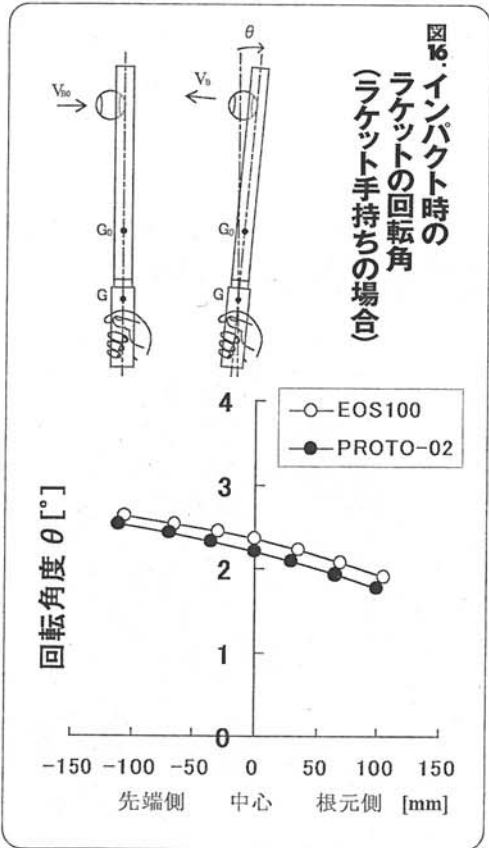
ラケット単体の場合(図15・軽く握っている場合に相当)は、先端側打撃のほうが瞬間的に傾く面の角度が大きいが、ラケットを手でしっかり持った場合(図16)は、先端側打撃でも、ラケット

面中心で打撃した場合とほとんど同じ(2.5度)になる。先端側打撃と根元側打撃での傾き角の差も小さくなり、どの打点で打っても傾き角がほぼ一定に近い。また全体的に従来重量バランス型のほうが、やや傾きが小さい。

横方向のオフセンター打撃では、先端側ではラケットは長手軸まわりに回転しないが(図18)、面の中心から根元側では、超軽量型のラケット面はインパクトで瞬間的に10度近く傾く。このようにインパクトの瞬間(約千分の3秒間)にラケット面が傾くと、ボールの方向が意図した方向とズレることになる。したがって、面安定性という意味でのラケットのコン

上●従来重量バランス型 (PROTO-02) と超軽量型 (EOS100) のボールの飛び (ラケットのパワー) に関して、すべてのストロークを総合して性能を比較したグラフ。全体的な傾向としては、スウィングスピードが速いサービスやグラウンド・ストロークでは、超軽量型のほうが有利で、スウィングが少ないボレーでは従来重量バランス型のほうが有利となっている。

左●図15、16は、インパクトにおいてボールがストリング面から離れるまでに、衝撃によってラケット面が傾く回転角を示している (打点はラケット面長手軸上)。図15はラケットを手で支えない場合 (宙づり状態) の角度、図16は手で支えた場合の角度である。ラケット単体の場合、先端側での打撃になるほど回転が大きいのに対して、ラケットを手でしっかり持った場合は、先端側打撃と根元側打撃での差がかなり小さくなる。また、2種類のラケット間の違いも比較的少ない。

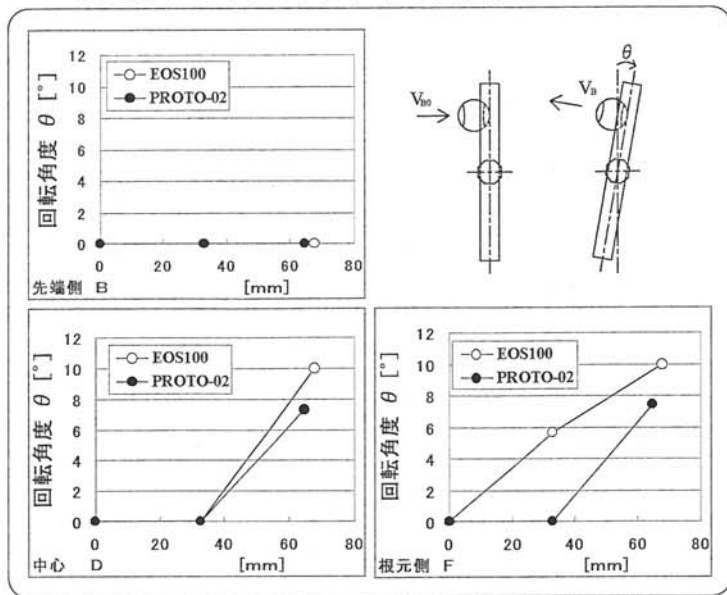


トロール性は、従来重量バランス型のほうが多少良いということになる。

**まとめ**

先月と今月の2回にわたって、超軽量型ラケットと従来重量バランス型ラケットの性能の違いを、そのメカニズムともに示してきたが、いかがだっただろうか。その結果を簡単にまとめれば、超軽量型ラケットは、ラケット自体の反発力は

図17. オフセンター打撃でのラケットの長手軸まわりの回転



ラケット面の長手軸から横に外れたオフセンター打撃での、ラケット面の回転(ブレ/長手軸まわりの回転)の角度を示した図(ラケットは手で持った状態)。先端側ではラケットはほとんど回転しないが、面の中心から根元側では、超軽量型のラケット面はインパクトの瞬間に10度近く傾く。インパクトでボールとラケットが接しているわずかな時間(約3/1000秒間)にラケット面がこれだけ傾けば、ボールの方向が意図した方向とズレることになる。

とくに高くないが、力のない人でもスウィングスピードを高めやすい分、ボールをよく飛ばせるということになる。従来重量バランス型は、ラケット自体の反発力が高く、あまり振りやすくないが、ブレいや面安定性の点では有利になる。さらに言えば、超軽量型は、力のない人に「よく飛ぶ」と感じられ、従来重量バランス型は、力のある人にとって飛びと安定感がほどよくマッチしたラケットと言ったことができるだろう。

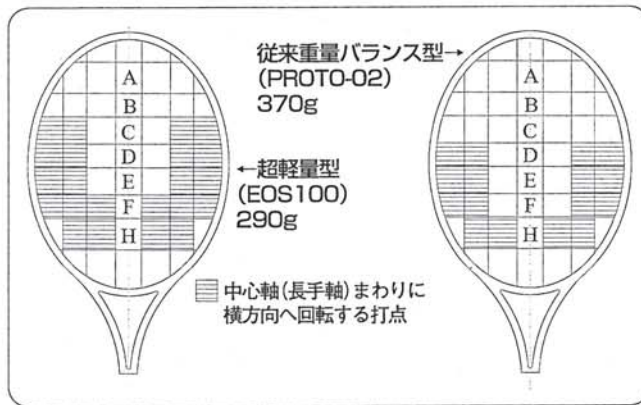
また、プレイスタイル的に言えば、スウィングで飛ばしたい人には超軽量型、あまり振り回さない人には従来重量バランス型が合っていると見ていい。

次回は、その2種類のラケットの「打球感」という部分について考えていきたい。

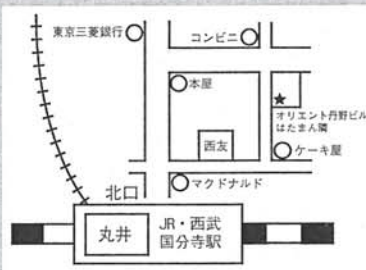
### 川副嘉彦

[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。工学博士。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に学習させる研究などに尽力。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。



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/>

ストリンガー渋谷が、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!