

テニスラケットの基本性能と軽量化の限界について

川副 嘉彦(埼玉工業大学)

1. はじめに

最近のテニスラケットの特長は軽量化である。ラケットの(ストリングスを張った状態での)重量は、木製の時代は 370 g ~ 400g, 複合材ラケットの初期の頃は 360g ~ 375g, さらに軽量化が進み超軽量ラケットと呼ばれる 300g を切るラケットが現れた。最近の最も軽い市販ラケットは約 220g に達している。

本研究では、最軽量ラケットのボールの飛びに関連する性能(反発係数, 反発力係数, ラケット・ヘッド速度, 打球速度)および打球感に関連する性能(グリップ・手首関節の衝撃振動)の予測結果に基づいて最軽量ラケットの性能を評価し、軽量化の限界について検討した。スイング・モデルは女子トップ・プロのラリーにおけるフォアハンド・ストロークを想定している。

2. テニスラケットの基本性能

一般にラケットに求められる基本的な性能は、ボールの飛び(ラケットのパワー), コントロール, 打球感といわれている。「玉離れが良い」, 「ホールド感がある」, 「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。一方, 障害と用具の問題は複雑であるが, テニス肘になりやすいラケットが存在することを多くのプレイヤーは経験的に認めている。

3. 最軽量ラケットの性能予測と評価

表1は, 現時点での最軽量ラケットPrince TSL (224グラム), 平均的な超軽量タイプで反発性およびパワーに非常に優れているラケットEOS120A (292グラム) および従来型重量バランス・ラケットEOS120H (349グラム) の物理特性を示す。ただし, 重量はストリングスを含む。慣性モーメント I_{GR} はグリップ周り(カタログのスイング・ウェイトに対応), I_{GY} は重心周り, I_{GX} は縦の中心線(長手方向軸)周りである。図1はスイング・モデルである。肘と手首の関節角度を一定にして, 肩関節トルク M_s を与え, 速度 V_{B0} で飛んでくるボールを90度スイングした位置で打撃する。本研究では,

表1 ラケットの仕様と物理特性

ラケット	TSL	EOS120A	EOS120H
全長	710 mm	690 mm	685 mm
フェイス面積	742 cm ²	760 cm ²	760 cm ²
重量	224 g	292 g	349 g
重心(バランス)	379 mm	363 mm	323 mm
慣性モーメント(スイング ウェイト 70 mm 周り) I_{GR}	32.4 gm ²	39.0 gm ²	38.0 gm ²
慣性モーメント(重心周り) I_{GY}	11.0 gm ²	14.0 gm ²	16.0 gm ²
慣性モーメント(縦軸周り) I_{GX}	1.21 gm ²	1.78 gm ²	2.21 gm ²
1次固有振動数	200 Hz	137 Hz	142 Hz
ストリング・テンション	55 lb	79 lb	79 lb
ラケット面中心の換算重量	0.15 Kg	0.21 Kg	0.21 Kg

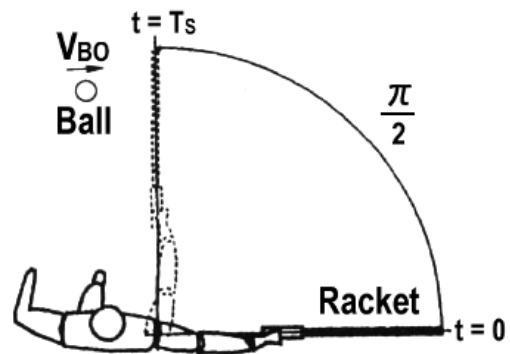


図1 スイング・モデル
(フォアハンド・グランド・ストローク)

$V_{B0}=10$ m/s, $N_S=56.9$ Nm の場合の性能を予測する. 図2は, ラケット面の衝突位置に換算したラケットの重量である. ラケットの反発性に直接影響するのはラケット総重量ではない. ボールが感じるラケットの重量が換算重量であり, 衝突位置により変わる.

図3は, ラケットとボールの反発係数 e_r の予測結果である. 反発係数は玉離れの良さに相当する. 横軸はラケット面の長手方向打点位置を示す.

図4は, ラケット自体のはじきの良さを表す係数で, 反発係数と区別して反発力係数 e と定義する. 静止ラケット(ヘッド速度 $V_{R0}=0$)にボールを衝突させたときの跳ね返りの良さを表す.

図5はヘッド速度 V_{R0} である.

図6は打球速度 V_B であり, 衝突直前のボール速度を V_B とすると, $e \cdot V_B$ と $(1+e) V_{R0}$ とを足したものである.

図7は, ラケット面衝突位置と手首関節の衝撃振動ピーク値の関係を示す.

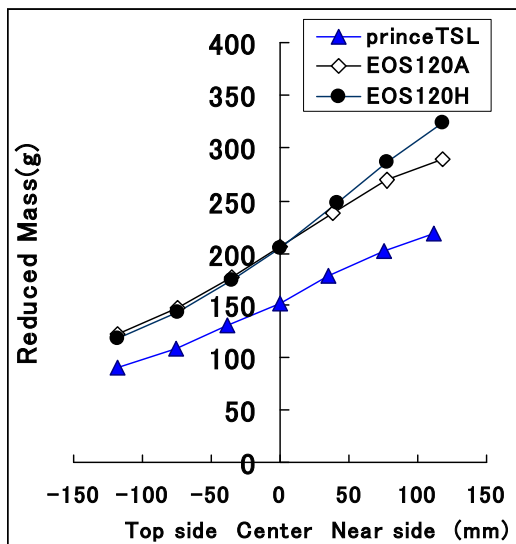


図2 打点に換算したラケット重量

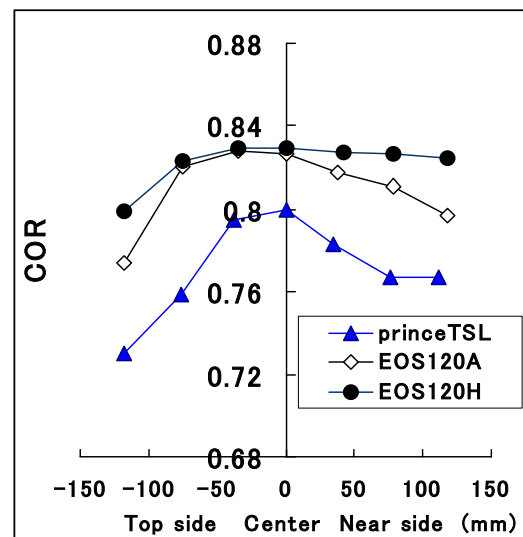


図3 反発係数 e_r (玉離れの良さ)

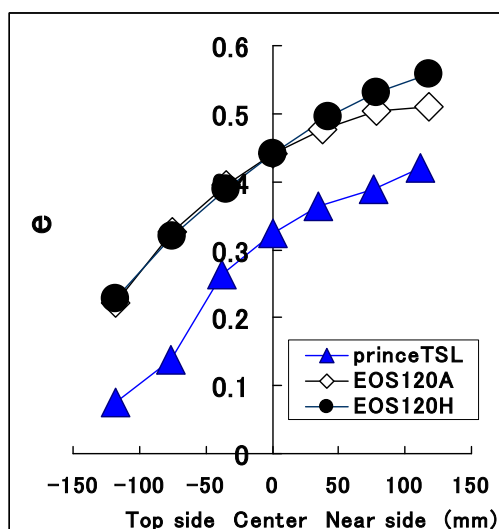


図4 反発力係数 e (跳ね返りの良さ)

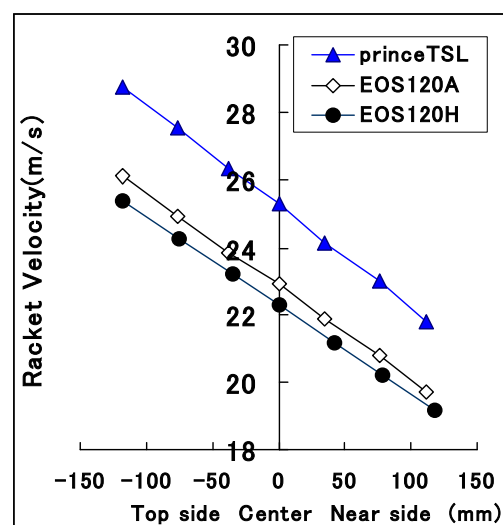


図5 ラケットヘッド速度 V_{R0}

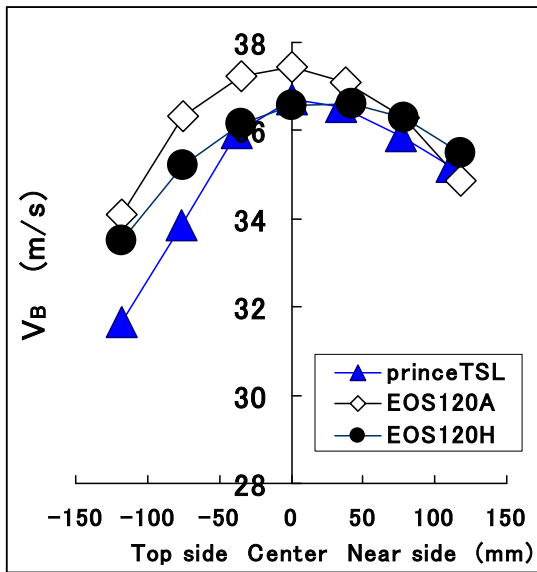


図6 打球速度 V_B

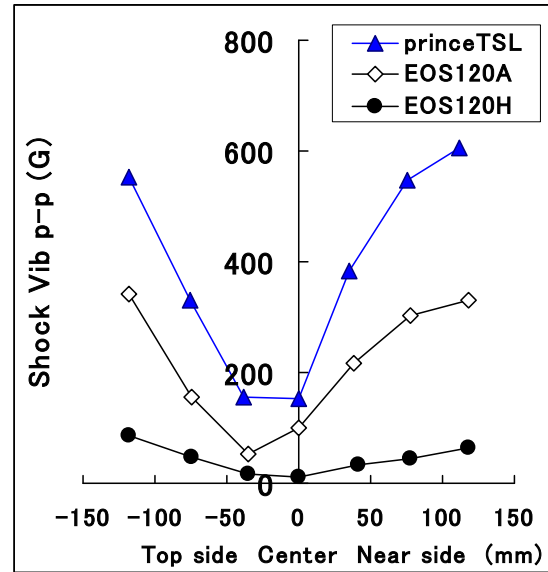


図7 手首関節の衝撃振動加速度
ピーク値 (加速度 $G: 9.8 \text{ m/s}^2$)

4. 結論

最軽量ラケットTSLの反発係数は他に比べてかなり小さい。これはラケットフレームの振動振幅が大きく、フレーム振動によるエネルギー損失が大きいためである。

ヘッド速度は速いが、反発性に劣るため、ボールの飛び性能は低下する。しかも手首関節衝撃振動が非常に大きく、軽量化には限界があることが明らかになった。

参考文献

川副嘉彦, テニスラケットの性能予測に基づく軽量化の限界について, 日本機械学会・機械力学計測制御部門講演会CD-ROM論文集, (2002), pp. 1-6.