

テニスボール反発特性の運動エネルギーによる解析

松 久 寛, 園 田 素 康, 朴 正 圭

本誌, 第 71 巻, 702 号, (2005-2), 477~482 ページ掲載

〔質問者〕 川副嘉彦〔埼玉工業大学〕

以下の点についてご教示願いたい。

(1) 「反発が良い」というのは、パワー(ボールの飛びが良い, 打球が速いという意味)という特性の構成要素であり, 反発性と「ラケットヘッド速度」で打球速度が決まる^{(1)~(3)}。「反発性」が良いラケットは振りにくい傾向があるので, 最近では反発性よりもグリップ周りの慣性モーメントが小さい(ヘッド速度の速い)ラケットが一般に求められる傾向にある。最近のラケット性能向上もヘッド速度の増大によると考えられる⁽²⁾⁽³⁾。「ラケットを剛体と仮定すると, ラケットは重い方が良く, かつ重心で打つのが良い」という 477 ページ左の記述は, 正しいであろうか。

(2) 文献(4)も振動モードのエネルギーを考慮して反発係数を求めているし, ボール速度に寄与する振動モード成分を考慮した解析⁽⁵⁾⁽⁶⁾も数多く見られる。これらと著者らの論文の考え方は同じではないか。

(3) 結論は, 既知のことではないか。

(4) エネルギー損失に対応する反発係数に最も影響するのはボールの減衰である。フレーム振動のエネルギー損失はボールのつぶれによるエネルギー損失に比べると, ラケット面中心付近では無視できるくらい小さく, ラケット面の先端でも 25%程度である^{(1)~(6)}。ボールの減衰を無視した解析結果は読者の誤解を招かないだろうか。

(5) 衝突位置でのボールとラケットの反発係数(衝突前後の相対速度の比)はどの程度になるか。

文 献

- (1) 川副嘉彦・友末亮三, 機論, 64-623, C (1998), 2382-2388.
- (2) Kawazoe, Y. and Tomosue, R., *Tennis Science & Technology*, (2000), 75-82, Blackwell Science.
- (3) Kawazoe, Y., *Theoretical and Applied Mechanics*, 51 (2002), 177-187.
- (4) 川副嘉彦, 機論, 59-562, C (1993), 1678-1685.
- (5) Kawazoe, Y. and Kanda, Y., *JSME Int. J.*, 40-1 (1997), 9-16.
- (6) Kawazoe, Y. and Tanahashi, R., *Sports Dynamics*, (2003), 51-56, RMIT Univ. Publishing.

〔回答者〕

(1) ご指摘のように「反発が良い」=「打球が早い」とすれば, 反発はラケットの質量・慣性モーメントと初期速度すなわちスイングに依存する。本論文では, それらの関係を図 4 や図 6 で論じている。ただし, 人間がスイングしたときの初期速度と質量・慣性モーメントの関係については論じていない。また, 緒言で「ラケットを剛体とすると, ラケットは重い方が良く, かつ重心で打つのが良い」と言っているが, これは, 静止ラケットにボールが衝突したときの一般論である。

(2) 本論文はモード解析を用いて, ボールとラケットの衝突を解いたものであり, ボールの剛体並進運動と振動, ラケットの剛体並進運動, 剛体回転運動, 振動を同時に扱っている。なお, そこでは反発係数という概念は使用していない。そして, 初期速度として, ボールの並進運動のみならず, ラケットの並進と回転運動を与えることを特徴としている。また, パラメータとしては, ラケットの質量や剛性, 打撃位置を変化させることができる。このような, ボールとラケットの衝突前の速度より衝突後のボールとラケットの速度と振動を運動エネルギーとして求めることができる解析方法は新しいものであると考えている。しかし, その解析結果の衝突特性については, 他の解析法から得られたものと基本的には同じものであると思う。

(3) 前述のように, 結論の衝突特性は既知のものであるが, それを本解析によって定性的に説明した。

(4) 本論文では解析を簡単にするために減衰を考慮していない。ご指摘のように, ボールのつぶれによるエネルギー損失はあるが, ボールは設計変更が不可であり, スイングやラケットは変更可能であるとして, 本論文では, それらと反発特性の関係を論じた。

(5) 衝突位置での反発係数(相対速度比)は, 図 3, 4, 5, 7 では 0.5 から 0.9 になり, ボールの衝突後の並進運動のエネルギー(速度)とほぼ同じ傾向を示す。しかし, ラケットの衝突点の速度によって, ボールの速度と反発係数が逆転する場合もある。そこで, 本論文では, 打球の速さを指標として, 運動エネルギーで評価した。