手で握ったテニスラケットの振動解析 Modal Analysis of Hand-held Tennis Racket

○学 谷内 雄太 (法政大院) 学 有木 祐介 (法政大) 正 岩原光男 (法政大) 正 新井 和吉 (法政大)
Yuta TANIUCHI, Hosei University, 3-7-2 Kajinocho, Koganei-shi, Tokyo
Yusuke ARIKI, Hosei University, 3-7-2 Kajinocho, Koganei-shi, Tokyo
Mitsuo IWAHARA, Hosei University, 3-7-2 Kajinocho, Koganei-shi, Tokyo
Kazuyoshi ARAI, Hosei University, 3-7-2 Kajinocho, Koganei-shi, Tokyo

Key Words: Dynamics of Machinery, Vibration, Experimental Modal Analysis, Tennis Racket, Identification

1. はじめに

テニスラケットの性能は反発力, スピン性能, コントロール性, 打球感などである. これらは主にプロ選手などの専門家が実打を行い感覚的に評価していることが多い. そのため各メーカーでの評価の統一はされておらず, いわゆるカタログ値は参考程度というのが暗黙の了解である. また反発力以外の性能はメカニズムが複雑な上に人それぞれで感じ方が大きく違うので本研究では触れていない.

本研究では4本の初・中・上級者向けラケットにハンマリング加振を行った. 実験結果に実験モード解析を施し反発力と振動特性の関係を明らかにするため, 研究を行った. 今回は人がラケットに及ぼす影響を見るために①自由支持状態でのハンマリング②ラケットを人に握らせた状態でのハンマリングを行った.

2. 実験対象

実験対象であるラケットを以下の図1に, またそのスペックを表1に示す.

Fig.1 Tennis Rackets

Table.1 Racket Spec.

Racket name	Weight (g)	Length (mm)	Face size (10 ² mm ²)
①NANOSPEED	262.4	692.2	774
②F-aero	314	685.8	645
③Caliber	316.2	685.8	632
④X-BLADE	338.4	685.8	632

ガット (ストリングス) は4本共に BABOLAT 社製の BRIO130 を使用し, テンション (ガットの張力) は 24.49kg(54pound)で張った.

これらのうち①NANOSPEED(YONEX)が初心者向け, ②F-aero(MIZUNO) と③Caliber(MISUNO)が中級者向け, ④X-BLADE(BRIDGESTONE)が上級者向けとなっている. テニスラケットはこのように初・中・上級と分類されているが性能上プレーヤーが一番影響するのはボールの飛ばしやすさである. 初級者用ほどボールがよく飛び, 上級者用ほど飛びが抑えられている.

3. 実験方法

3・1 ハンマリング

ハンマリングとは振動解析の時に用いられる試験である. 実験対象へのハンマー加振入力とピックアップ (加速度センサ) からの出力を FFT(Fast Fourier Transform)周波数解析機にかけて固有振動数 (共振周波数) と固有モード減衰比を得る. 得られた結果をパソコンに読み込み MATLAB 言語を用いて実験モード解析を行った. 加振位置, ピックアップ取り付け位置, FFT 解析機およびパソコンの接続を図2に示す.

Fig.2 Hammering Set-up

3・2 実験内容

まずラケットを輪ゴムで吊るし自由支持に近い状態にしてハンマリングを行った．次にシリコンでラケットを固定してハンマリングを行った．最後に人間の手でラケットを握ってハンマリングを行った．またラケットのグリップ部を片手で握ったときと両手で握ったこのときの二通りの支持方法を再現した．片手両手のそれぞれの握りで強く握ったときと弱く握ったときの固有振動数の差も調べた．さらに F-aero にて図 3 のような握り方(バント持ち)でもハンマリングを行った．

シリコングリップは一般の型取用シリコンを使用した．グリップの周りに円筒状に硬化させたものでラケットをはさみ，さらに鉄製の固定器具にて固定した．片手持ちと両手もちを再現するためにラケットの長さ方向に対して 9cm と 18cm のグリップと作成した．

Fig.3 Bunt Grip

4. 結果

まず基準となる自由支持の固有振動数を図 4 に示す．図 5 支持方法による固有振動数の変化を示す．図中の 1, 2 はそれぞれ片手, 両手持ちを示し S と W は握りの強弱を示す．表 2 はシリコングリップで固定した際の固有振動数を示す．表 3 は各支持方法と固有振動数の関係を示す．表 4 はバント持ちの固有振動数を示す．各図, 表は全て一次の固有振動数である．また NS は NANOSPEED, Ca は Caliber, Fa は F-aero, XB は X-Blade の略である．表の強, 弱はそれぞれの握りの強弱を示している．

Fig.4 Free Support Frequency

Table2 Silicon Grip Frequency of F-aero

Hold type	Free	One hand	Double hand
Frequency(Hz)	163.3	163.3	157.1

Fig.5 Natural Frequency of Each Condition

Table.3 Natural Frequency

Support	Frequency(Hz)				
	Free	1Hand strong	1Hand weak	2Hand strong	2Hand strong
NS	190.8	172.1	188.4	179.0	189.5
Fa	163.3	156.4	167.0	154.5	166.2
Ca	143.0	138.6	145.1	129.5	145.0
XB	145.4	140.8	146.4	140.8	146.3

Table.4 Bunt Grip Frequency of F-aero

Hold strength(type)	Free	Strong	Weak
Frequency(Hz)	163.3	163.3	170.9

5. 結論

表 3 より初級者用のボールを飛ばしやすいラケットほど固有振動数が高い傾向がある．また上級者向けのラケットの自由支持状態のときの固有振動数は Caliber が 143.0Hz, X-Blade が 145.4Hz で 1.7% しか差がない．

図 5 および表 3 より片手, 両手の握り方の違いよりも握りの強弱の方が固有振動数に影響を与える．弱く握った方が固有振動数は高く, 強く握るほど固有振動数は下がる傾向がある．

表 4 のバント持ちの固有振動数に関して, 強く握ったときは自由支持状態に一番近く, 弱く握ったときはいずれの握り方よりも高い結果になった．

参考文献

- 1) 長松昭男, モード解析入門, (1993), コロナ社
- 2) 川副嘉彦, 神田芳文, 機論, 59-563, C, (1993-7), 2122