

## モード解析による バドミントンラケットの振動特性

### The vibration characteristics of badminton racket by modal analysis

後藤 裕太<sup>1)</sup> 寺田 恭平<sup>2)</sup> 岩原 光男<sup>2)</sup> 長松 昭男<sup>2)</sup>  
Yuta Goto, Kyouhei Terada, Mitsuo Iwahara, Akio Nagamatsu

<sup>1)</sup>法政大学大学院工学研究科機械工学専攻

<sup>2)</sup>法政大学工学部機械工学科

Badminton is very popular sports. However, the badminton racket has not been optimized yet as a sports tool, compared to that for tennis racket. This study is an attempt to investigate the effect of shuttle cock on the vibration characteristics of badminton racket and to clarify the basic vibration characteristics of badminton racket by experimental and theoretical modal analysis

**Keyword** : Badminton, racket, Vibration characteristics, Modal analysis

#### 1. 研究背景・目的

バドミントンラケットはスポーツ用品としては主流製品といえない。そのためテニスラケットに関する研究は数多く見受けられる<sup>[1][2][3]</sup>が、バドミントンラケットに関する研究はほとんど見受けられない。本研究の目的はまずバドミントンラケットにシャトルが振動特性にどのような影響を及ぼすのかを把握し、バドミントンラケットの基礎振動特性<sup>[4]</sup>を求めることを目的として研究を始めた。

#### 2. 実験

本研究で研究対象とした2本のミズノ社製バドミントンラケット TETRACROSS500 (以下 TC500) と TETRACROSS700 (以下 TC700) を Fig.1 に示す。本研究で用いたラケットの詳細を Table1 に示す。落下実験ではガットのテンションを20ポンドに設定し、

ハンマリング実験では手張り20ポンド、25ポンドに設定した。手張りではテンションの測定がしやうがないがたるまない程度に張った。ガットはすべて YONEX 製 BG65TI を使用している。両ラケットのテンション使用領域は20~25ポンドに設定されている。本研究で用いたラケットは製品の仕様上以下のような特徴を持つ。

1. TC500 はコントロールを重視しつつ、しなりを使ったショットを打つのに適す。後衛向き。
2. TC700 はドライブ、プッシュなどしなりを使わないショットを打つのに適す。前衛向き。

Table1 バドミントンラケット諸元

name	length(mm)	weight(g)	weight(g) tension 20	weight(g) tension 25	weight(g) by hands
TC500	675	78.2	81.3	81.3	81.8
TC700	675	79.9	83	83	83.5

原稿受付 2008年2月29日

発行 2008年3月31日

法政大学情報メディア教育研究センター

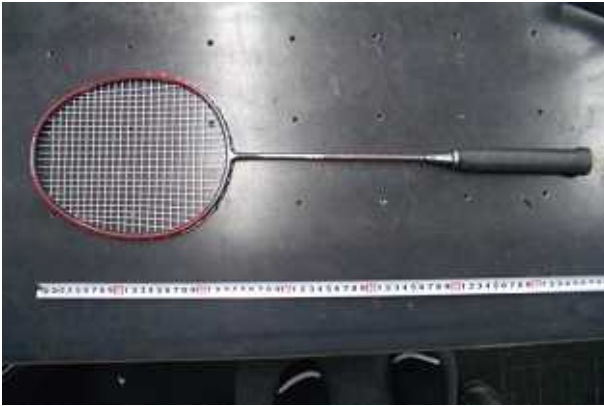


Fig.1-a TETRACROSS500



Fig.1-b TETRACROSS700



Fig.2 シャトルコック

#### 4. 実験結果

Fig.3 に落下実験とハンマリング実験で得られた TC500 の加速度の比較を示す．実験に用いたガットのテンションは 20 ポンドである．

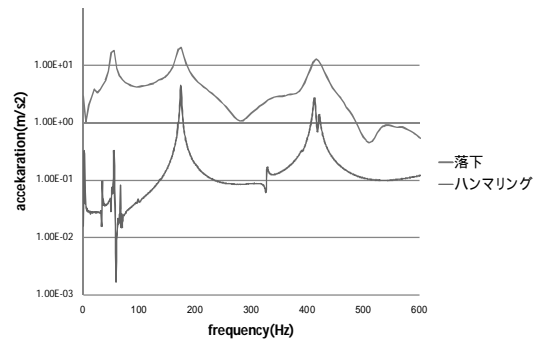


Fig.3 落下実験とハンマリング実験加速度比較

#### 3. 実験方法

本研究における注目点の一つはシャトルである．シャトルは YONEX 社製 F-50HIGH-CLEAR を用いた．用いたシャトルを Fig.2 に示す．シャトルの影響を調べるために本研究では 2 つの方法を用いた．実際にシャトルをガット面に落とし、そのときのフレームの振動を測定するシャトル落下実験（以後落下実験と呼ぶ）と、フレームにインパルスハンマによる打撃加振を行い、そのときのフレームの振動を測定するハンマリング実験を行った．

落下実験で得られた固有振動数とハンマリング実験における固有振動数では 3 次固有振動数に違いが見られた．特にハンマリング実験で得られた 4 次固有振動数については落下実験で得られた 3 次固有振動数と一致し、またハンマリング実験で得られた 3 次、5 次固有振動数は 4 次を対称中心として上下 15% ほどの差のうちに存在している．そのためハンマリング実験の 4 次固有振動数に影響を及ぼしていると考えられる．

次に、ガットの張り方による違いの比較を示す．ガットの張り方による違いは代表として TC500 を示す．

Fig.4 に TC500 における周波数応答関数の比較を示す．Table2 に 20 ポンドと 25 ポンドの固有振動数の比較を示す．

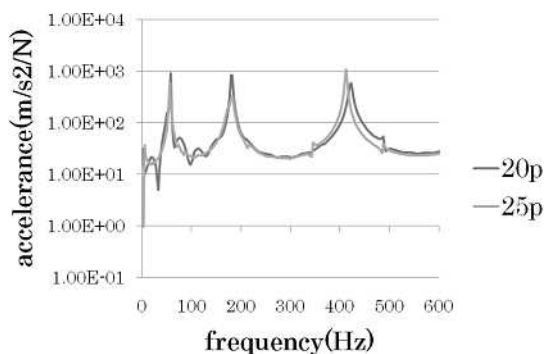


Fig.4 TC500 周波数応答関数

Table2 テンション差による固有振動数 (TC500)

	1	2	3	4	5
20pond(Hz)	57	181	423	485	
25pond(Hz)	56	180	344	412	487
gap (%)	2.15	0.77		2.62	-0.45

次に TC500 のガットのテンションが 20 ポンド時の 1 次～3 次固有モード形状を Fig.5 に示す.25 ポンド時は同様な形状を示した.

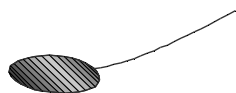


Fig.5-a TC500 の 1 次固有モード形状

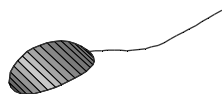


Fig.5-b TC500 の 2 次固有モード形状

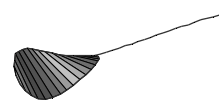


Fig.5-c TC500 の 3 次固有モード形状

得られた固有モード形状を Table3 にまとめる.得られた固有モード形状はそれぞれ単純梁の固有モード形状とほぼ一致する.

Table3 TC500 固有モード形状

	1	2	3	4	5
20ポンド	1次曲げ	2次曲げ	3次曲げ	1次ねじり	
25ポンド	1次曲げ	2次曲げ	1次ねじり	3次曲げ	1次ねじり(逆位相)

Fig.6 に TC500 と TC700 による周波数応答関数の比較を示す. Table4 に TC500 と TC700 による固有振動数の比較を示す. 比較に用いたガットのテンションは 20 ポンドである.

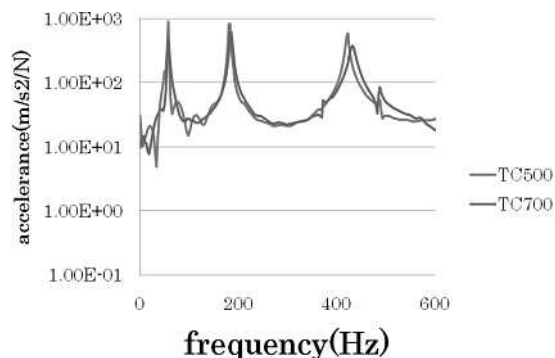


Fig.6 ラケットの違いによる周波数応答関数比較

Table4 ラケットの違いによる各モードの固有振動数

	1	2	3	4	5
TC500(Hz)	57	180	360	423	485
TC700(Hz)	57	181	373	430	483
gap(%)	0.00	0.55	3.49	1.63	-0.41

ラケットの違いはアクセラランスの大きさの差に現れた.

## 5. 理論モード解析

ラケットを設計する中で現在は3次元CADを用いて設計図を作成する。今後、実際に製品を作成する前にCADデータより製品の性能を予測する目的で有限要素モデルを作成した。ラケットの有限要素モデル作成において一番の問題点はラケットを構成する素材がFRPである点があげられる。本研究では材料定数は平均ヤング率という考えを基として等方性材料と見なす場合などを考えた。しかし、この方法では実験を行い平均ヤング率や異方性材料の行列部などのデータを経験的に蓄積することが必要である。また、バドミントンラケットはフレーム部とグリップ部のアセンブリでできている。特にグリップ部は木製でCADデータは存在しない。Fig.7に等方製材料と見なした上でグリップ部がない有限要素モデルの1次固有モードを示す。

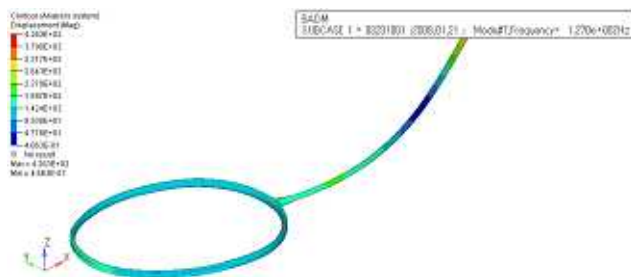


Fig.7 グリップなしのラケット有限要素モデル

有限要素モデルの形状はCADデータより作成をすることができた。しかし、上記の通り経験的なデータが不足していることやグリップ部の作成ができていないことから有用な有限要素モデル作成ができなかった。今後に向けて経験的なデータを収集していくことや実際のグリップ部と同様なグリップのCADデータを作成し実際のラケットと同様な有限要素モデルを構築していく必要がある。

## 6. 結論

1. 落下実験とハンマリング実験の比較の結果、シャトルの落下が固有振動数の大きさに関わるような影響は及ぼさないが、衝突面が大きいことによる影響で減衰が大きくなってしまっていると考えられ、ハンマリング実験の方がより詳細な振動特性が得られた。
2. ガットのテンションによる比較の結果、今回用いたラケットではテンションを張り替えることによりラケット自体の剛性を上げることは難しい。
3. ラケットの違いによる比較の結果、両ラケットで違いが出るのは3次固有モード以降であった。特に3次固有モード、5次固有モードは形状がそれぞれ逆位相のねじり形状となっていた。また、製品の仕様よりコントロールが利きやすいTC500としならないTC700の特徴があるが、ねじり形状が出にくいTC500と曲げ形状で振動しにくいTC700として製品の仕様の特徴が確認できた。
4. 理論モード解析では有限要素モデルの作成に至った。しかし、現状の方法では平均ヤング率という曖昧な材料定数であるのでFRPにおける材料定数を見直す必要がある。

## 参考文献

- [1] 鈴木芳, 大館淳, 岩原光男, 長松昭男, "テニスラケットの実験モード解析と構造最適化", 法政大学計算科学研究センター研究報告第18号 2005年
- [2] 大館淳, 岩原光男, 鈴木芳, 長松昭男, "モード解析によるテニスラケットの振動特性と構造最適化の研究", 法政大学計算科学研究センター研究報告第18号 2005年
- [3] 山口耐良, 後藤裕太, 岩原光男, 長松昭男, "モード解析によるソフトテニスラケットの振動特性", 法政大学計算科学研究センター研究報告第20号 2007年
- [4] 長松昭男, "モード解析入門", コロナ社 1998年

