

S16 ラージ・ボールを打撃したときのテニスプレイヤー  
上肢系衝撃振動の測定  
(フォアハンド・グランドストロークにおける手首部  
およびサービスにおける肘部の加速度)

Experimental Study of the Larger Ball's Effect on the Feel at the  
Wrist Joint during the Ground Stroke and at the Elbow  
Joint during the Service Stroke in Tennis

○ 川副嘉彦(埼玉工大), 友末亮三(安田女子大)  
村松 憲(慶応大), 吉成啓子(白百合女子大)  
柳 等(国立スポーツ科学センター)

Yoshihiko KAWAZOE, Saitama Inst. of Tech., 1690 Okabe, Saitama  
Ryoso TOMOSUE, Yasuda Women's College  
Tadashi MURAMATU, Keio University  
Keiko YOSHINARI, Shirayuri Women's College  
Hitoshi YANAGI, Japan Institute of Sports Sciences

This study was conducted because a recent rule change by the ITF has allowed larger balls (diameter 8 % increase, the same mass) to be used in tournaments. The intension of the larger ball is that it will slow down more during the flight through the air thus reducing the dominance of the 'big-servers' on fast surfaces such as grass. This paper investigates the effect of the larger ball on the impact shock vibrations of the arm of a tennis player. In the groundstroke test, accelerations at the player's wrist joint and the racket handle were measured. In the service stroke test, accelerations at the player's elbow joint and the racket handle were measured. The results showed that the waveforms of the normal ball and larger ball are very similar when a male tournament player hits flat forehand drive. With the measured accelerations at the player's elbow joint and the racket handle when a male tournament player hits service at the center of the racket face, the waveforms of the normal ball and larger ball were very similar. Since the drag force of larger ball should be larger than that of the normal ball, the velocity of a larger ball should be slower. Thus, the impact shock vibrations of the arm should be reduced.

Key Words: Tennis, Larger Ball, Comfort, Shock Vibrations, Wrist Joint, Elbow Joint, Forehand stroke, Service Stroke

## 1. 緒言

国際テニス連盟 (ITF, The International Tennis Federation) は, コートの条件に応じて試験的に新しい2種類のボールを導入することを決めた<sup>(1)</sup>. 2000年1月1日から2年間の期限付きで, クラブ・レベルの試合から国別対抗のデビスカップ, フェドカップの地域グループなどで使用されている. 室内コートや天然芝のような高速コートでは現在のボールより直径を約8%大きくして (図1, Type 3) 球速を抑え, 逆にクレーコートのような球足の遅いコートではスピードが出るボール (Type 1)を使用し, また, 中間のコートでは通常のもの (Type 2)を使用するという試みである.

ラージ・ボールの導入は, 男子のテニスはスピード化が進んでラリーが続かなくてつまらないという状況に対する歯止めであり, プレイヤーにとっても観客にとってもテニスの魅力と楽しさを増そうという意図である.

本研究は, ITF主導によるラージ・ボール導入の影響に関する一連の研究の一部であり, プレイヤーの上肢に加わる衝撃振動におよぼす影響を実験的に調べた. 衝突解析<sup>(2)-(11)</sup>に

よる予測結果との比較・考察は別報に述べる.



Type 3 (larger) Type 2 (existing) Type 1

Fig.1 Three types of balls (the same mass).  
ラージ・ボールの質量および反発試験に関する規則は, ノーマル・ボールの場合と同一である.

図2は実験の状況を示す。



Fig.2 Situation of hitting test.

## 2. 実験の概要

### 2.1 フォアハンド・ストロークによるボールの打撃

男子上級プレイヤー(全日本ランカー)がフォアハンド・グランドストローク(フラット)によりボールを打撃したときの手首部およびラケット・ハンドル部(グリップ端から 210 mm)の加速度をFFTアナライザで測定した。補助者が床に垂直に弾ませたボールをラケット面の先端寄りオフセンタおよびラケット面センターで打撃し、それぞれの波形を記録した。同一条件で打撃を繰り返し、打ち損じた場合を除く5回の試行波形を記録した。図3はラケット・ハンドルおよび手首関節に取り付けた加速度計の位置を示す。

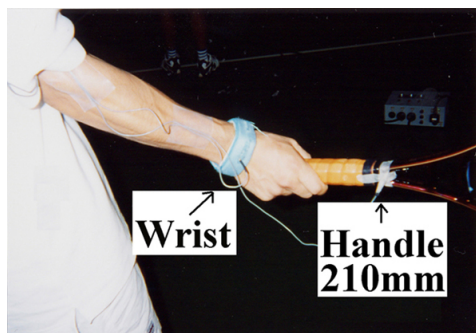


Fig.3 Location of accelerometers at the wrist joint and the racket handle in the forehand ground stroke.

### 2.2 サービス・ストロークによるボールの打撃

サービス・ストロークにおける肘部およびラケット・ハンドル部(グリップ端から 210 mm)の加速度を同様に測定した。ラケット面のセンターでの打撃における波形を記録した。図4にサービス・ストロークにおける加速度計の取り付け位置を示す。

### 2.3 ボールとラケット

3種類のボールについて実験したが、本論文ではラージ・ボールとノーマル・ボールの比較のみを示す。

図5は、ラージ・ボールとノーマル・ボールの寸法を示す。質量は、両ボールとも約 58 g である。

使用したラケットは、プリンスの Super Graphite であり、ストリングスを含む質量は 338 [g]、全長 688[mm]、バランス(グリップ端から重心位置までの距離)327[mm]である。ストリングス初張力(テンション)が 45 lbs(低め)と65 lbs(高め)の2種類の場合について実験した。



Fig.4 Location of accelerometers at the elbow joint and the racket handle in the service stroke.

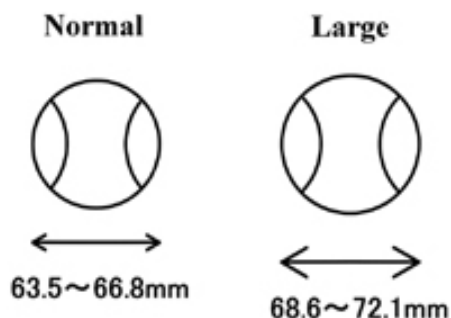


Fig.5 New Larger ball and conventional normal ball

## 3. フォアハンド・グランドストローク(フラット)における手首関節の衝撃振動の測定波形の比較

### 3.1 ストリングス・テンション 45 lbs の場合

図6は、フォアハンド・ストロークでボールをラケット面センターで打撃した場合のラケット・ハンドル(グリップ端から 210 mm)と手首関節の衝撃振動測定結果の比較である。補助者が床に垂直に弾ませたボールを打撃するので、ボールとラケットの衝突速度はインパクト直前のラケット速度に等しい。ただし、この場合のラケット速度の値は高速ビデオ画像解析から算出したラケット先端部の値であり、ラケット面衝突位置での速度はラケット先端部の速度の値より小さめになり、1m/s 程度の速度誤差もある。

ストリングス・テンションが 45 lbs の場合であり、ラケット面の打点位置は中心から先端側寄りのオフセンターである。ラージ・ボールの場合の衝撃振動がやや大きい、大きな差ではない。

図7は、ラケット面中心で打撃した場合の測定結果である。ラージ・ボールの場合の衝突速度がやや大きいこともあって、手首関節の衝撃振動はノーマル・ボールに比べてやや小さい。

### 3.2 ストリングス・テンション 65 lbs の場合

図8は、ストリングス・テンションが 65 lbs の場合であり、ラケット面の打点位置は中心から先端側寄りのオフセンターである。ラージ・ボールの場合の衝撃振動がやや大きい、大きな差ではない。

図9は、ラケット面中心で打撃した場合の測定結果である。ラージ・ボールの場合の衝突速度が大きいこともあって、手首関節の衝撃振動はノーマル・ボールに比べてやや大きい。ラケット・ハンドルの衝撃振動はほとんど差がない。

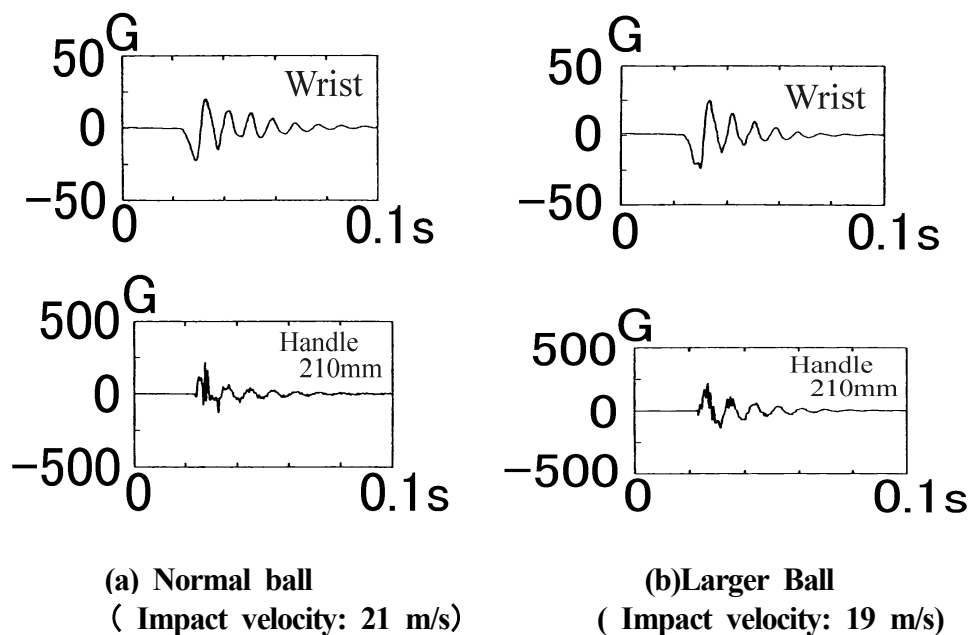


Fig.6 Measured shock vibrations at the wrist and the racket handle (210 mm from grip end) when hitting flat forehand drive at the off-center (Top side) of racket face strung at 45 lbs.

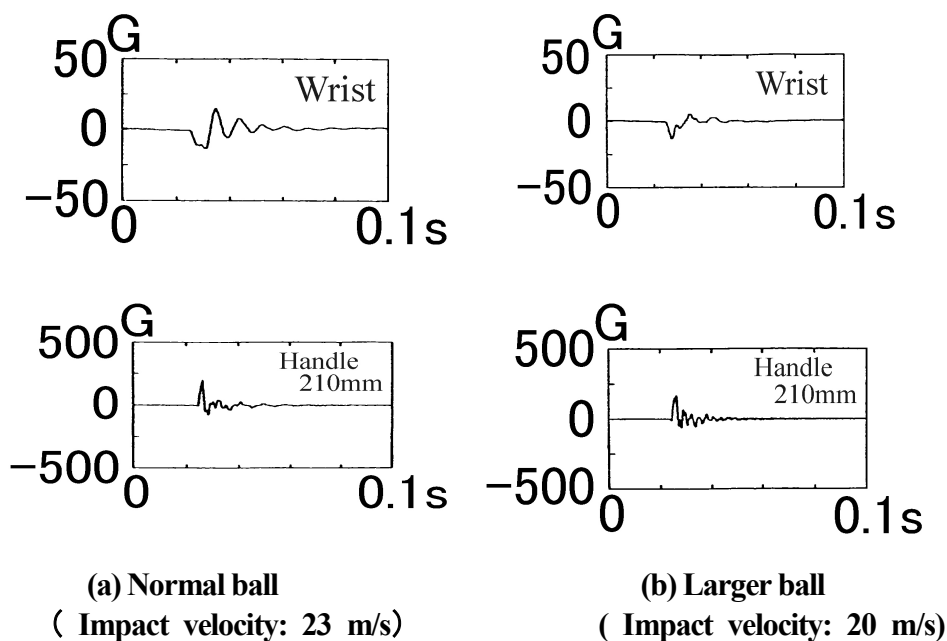


Fig.7 Measured shock vibrations at the wrist and the racket handle (210 mm from grip end) when hitting flat forehand drive at the center of racket face strung at 45 lbs.

#### 4. サービス・ストロークで打撃した場合のラケット・ハンドルと肘関節の衝撃振動の測定波形の比較

##### 4.1 スtrings・テンション 45 lbs の場合

図10は、サービス・ストローク(図2参照)でノーマル・ボールをラケット面センターで打撃した場合のラケット・ハンドルと肘関節(図4参照)の衝撃振動波形の比較である。ラージ・ボールの場合は、ノーマル・ボールに比べて、ラケット・ハンドルの衝撃振動はやや小さめであるが、肘関節の衝撃振動はやや小さい。

##### 4.2 Strings・テンション 65 lbs の場合

図11は、Strings・テンションが 65 lbs のラケットの面中心で

サービス・ストロークによりボールを打撃した場合である。ラージ・ボールの場合の衝突速度がやや小さめなこともあって、ラケット・ハンドルと肘関節の衝撃振動に大きな差はない。

したがって、サービス・ストロークにおいても、ラージ・ボールの場合の方がノーマル・ボールの場合に比べて、肘関節の衝撃振動がやや大きめであるが、大きな差ではない。の測定波形の比較

空中でのボールの空気抵抗はラージ・ボールの方が大きいので、ラリーにおけるラージ・ボールの速度は低減し、その結果、インパクトでの腕系の衝撃振動も低減することになる。

ただし、球速が遅くなると、プレイヤーはさらにハードヒットする可能性

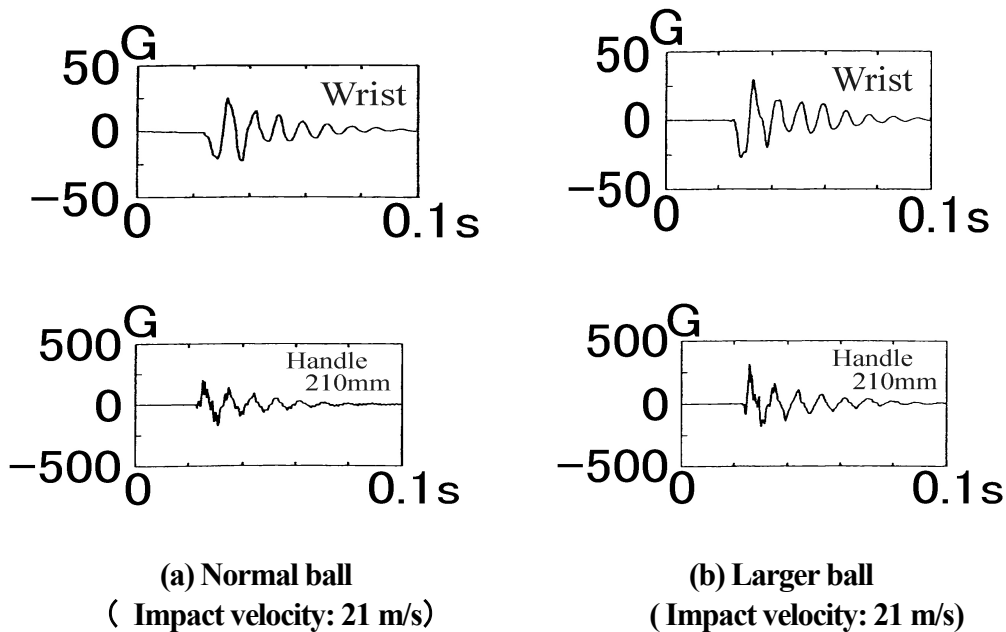


Fig.8 Measured shock vibrations at the wrist and the racket handle (210 mm from grip end) when hitting flat forehand drive at the off-center (Top side) of racket face strung at 65 lbs.

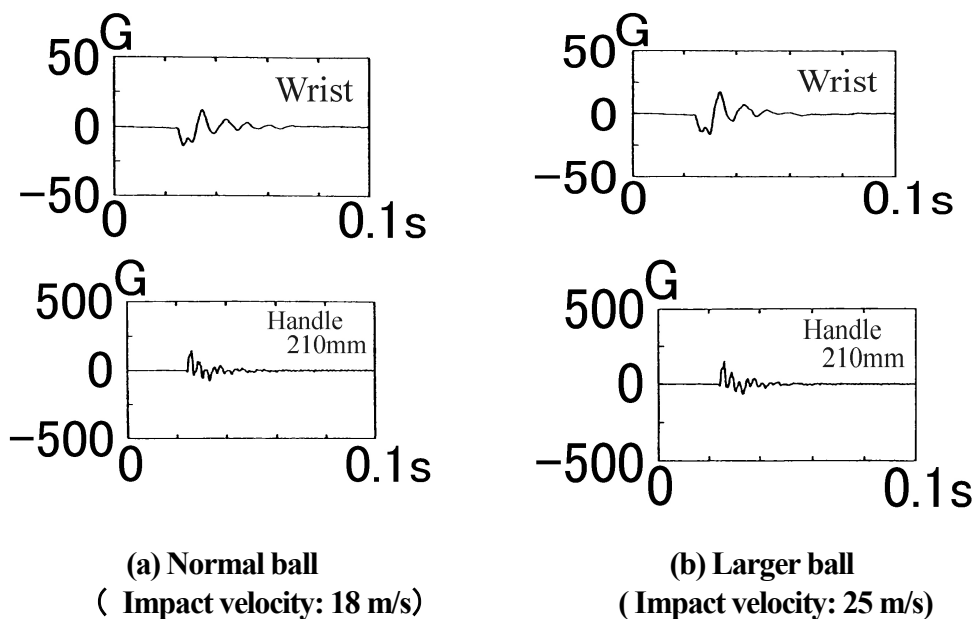


Fig.9 Measured shock vibrations at the wrist and the racket handle (210 mm from grip end) when hitting flat forehand drive at the center of racket face strung at 65 lbs.

もあり、腕系の衝撃振動が増すことも考えられる。

## 5. 結論

男子上級プレイヤー(全日本ランカー)のフォアハンド・ストロークにおける手首部およびサービス・ストローク(フラット)における肘部の加速度をラケット・ハンドル部と同時に測定し、ノーマル・ボールおよびラージ・ボールを打撃したときのプレイヤー上肢系衝撃振動への影響を実験的に調べた。実験結果を要約すると以下となる。

- (1) フォアハンド・ストローク(フラット)におけるラケット・ハンドルおよび手首関節の衝撃振動波形には、オフセンタ打撃でもセンタ打撃でも、また、ストリングス初張力が異なる場合も、ラージ・ボールとノーマル・ボールの大きな違いは見られなかった。
- (2) サービス・ストロークにおける肘部衝撃振動波形にも、ストリングス初張力の高低にかかわらず、ラージ・ボールとノーマル・ボールの大きな違いは見られなかった。
- (3) 空中での抵抗はラージ・ボールの方が大きいので、ラリーにおけるラージ・ボールの速度は低減し、その結果、インパクトでの腕系の衝撃振動も低減することになる。

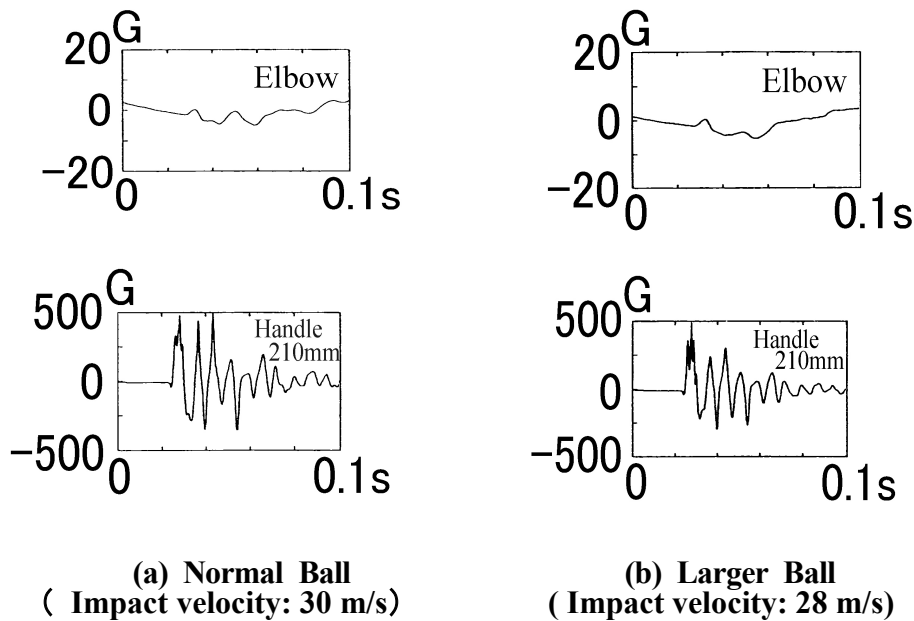


Fig.10 Measured shock vibrations at the elbow joint and the racket handle (210 mm from grip end) when hitting service at the center of racket face strung at 45 lbs.

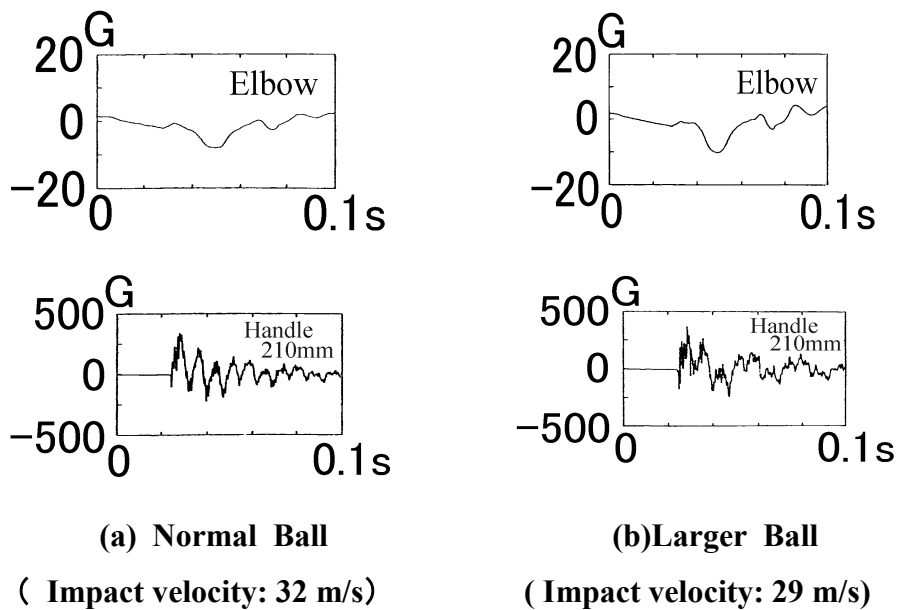


Fig.11 Measured shock vibrations at the elbow joint and the racket handle (210 mm from grip end) when hitting service at the center of racket face strung at 65 lbs.

(4) ただし、球速が遅くなると、プレイヤーはさらにハードヒットする可能性もあり、腕系の衝撃振動が増すことも考えられる。

衝突解析による予測結果との比較・考察は別報に述べる。

おわりに、図表作成にご助力いただいた埼玉工大・平成12年度4年生山田裕昭・北村和浩の両君に深謝する。なお、本研究の一部は平成13年度科学研究費 基盤研究(B)、基盤研究(C)の援助および埼玉工業大学 ハイテク・リサーチセンターの援助によって行われたことを付記する。

#### 文献

- (1) ITF (2000) ITF approved Tennis Balls, p.3.
- (2)川副, 機論, C, 56-526(1990), 1511-1517.
- (3)川副, 機論, C, 58-552(1992), 2467-2474.
- (4)川副, 機論, C, 59-562(1993), 1678-1685.

(5)川副, 機論, C, 61-584(1995), 1300-1307.

(6)川副, 機械学会D&D'97スポーツ工学シンポジウム講演集, No.97-10-2(1997), 66-73.

(7)川副・友末, 機論, C, 64-623(1998), 2382-2388.

(8)川副, 機械学会ジョイントシンポジウム講演集, No.98-31 (1998), 44- 48.

(9)川副・友末・吉成・Casolo, 機械学会ジョイントシンポジウム講演集, No.97-34(1997), 28-32.

(10)川副, 75期通常総会講演集, No.98-1(1998), 539-540.

(11)川副・荻原, 75期通常総会講演集, No.98-1(1998), 543-544.