

2009年度 修士論文

## サービスのタイプ別による、ラケット挙動の比較

A kinematic analysis of tennis racket  
during different types of service

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科  
スポーツ科学専攻 身体運動科学研究領域

5008A029-6

佐藤 文平

Sato, Bumpei

研究指導教員： 矢内 利政 教授

## 目次

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 第1章 緒言                                                         | 1  |
| 第2章 方法                                                         | 5  |
| 2-1 被験者                                                        |    |
| 2-2 実験試技                                                       |    |
| 2-3 データ収集                                                      |    |
| 2-3 データ処理                                                      |    |
| 2-4 統計処理                                                       |    |
| 第3章 結果と考察                                                      | 12 |
| 3-1 角速度の経時変化                                                   |    |
| 3-1-1 フラットサービスの経時変化の特徴(全被験者の平均)                                |    |
| 3-1-2 スライスサービスの経時変化の特徴(全被験者の平均)                                |    |
| 3-1-3 スピンサービスの経時変化の特徴(全被験者の平均)                                 |    |
| 3-1-4 3種類のサービスの比較                                              |    |
| 3-2-1 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_x$ の角速度の比較                  |    |
| 3-2 3種類のサービスにおけるインパクト直前の角速度の比較                                 |    |
| 3-2-1 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_x$ の角速度の比較                  |    |
| 3-2-2 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_y$ の角速度の比較                  |    |
| 3-2-3 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_z$ の角速度の比較                  |    |
| 3-2-4 3種類のサービスにおけるインパクト直前のラケット面の角度の比較                          |    |
| 3-3 3種類のサービスにおける5試技の平均から求めた $\omega_{x,y}$ の角速度の経時変化の比較        |    |
| 3-3-1 3種類のサービスにおける5試技の平均から求めた $\omega_{x,y}$ の角速度の経時変化の比較(上位者) |    |
| 3-3-2 3種類のサービスにおける5試技の平均から求めた $\omega_{x,y}$ の角速度の経時変化の比較(中位者) |    |

3-3-3 3 種類のサービスにおける 5 試技の平均から求めた  $\omega_{xy}$  の角速度の経時変化の比較(下位者)

3-3-4 3 種類のサービスにおける 5 試技の平均から求めた  $\omega_{xy}$  の角速度の経時変化の比較(上位者・中位者・下位者)

3-3-5 3 種類のサービスにおける 5 試技の平均から求めた、 $\omega_{xy}$  の角速度(上位者・中位者・下位者)

3-4 3 種類のサービスにおける  $\omega_z$  の角速度の経時変化(上位者・中位者・下位者)

3-4-1 3 種類のサービスにおける  $\omega_z$  の角速度の経時変化の比較(上位者)

3-4-2 3 種類のサービスにおける  $\omega_z$  の角速度の経時変化の比較(中位者)

3-4-3 3 種類のサービスにおける  $\omega_z$  の角速度の経時変化の比較(下位者)

3-4-4 3 種類のサービスにおける  $\omega_z$  の角速度の比較(上位者・中位者・下位者)

3-4-5 各サービスの競技レベルで比較した  $\theta$  の比較(上位者・中位者・下位者)

### 3-5 Limitation

4 章 結論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 38

参考文献・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39

謝辞・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41



## 第1章 緒言

テニスの打撃技術には、サービス(攻撃する最初の第一打)、グラウンドストローク(フォアハンドやバックハンドを使ってバウンドしたボールを打ち返すこと)、スマッシュ(相手からの返球をバウンドする前にダイレクトに強打すること)、ボレー(相手からの返球をバウンドする前にダイレクトで打ち返すこと)の4種類がある。試合中のサービス権は自身と相手に交互に与えられる。テニスでは自身の戦略としてサービスゲームを取得すること(サービスキープ)を前提として、相手のサービスゲームをどのように打ち破るか(ブレイク)を考える。試合を有位に進めるための戦略を考える上で高いサービスの技術を持っていることは非常に重要である。また、テニスには1ポイント終了後、20秒以内に次のプレーを開始しなければならないというルールはあるが、相手が構えた状態であればサーバーのタイミングでトスを上げ、打撃することができる。このため、唯一相手に左右されることなくサーバーのタイミングで打撃することができるサービス技術の向上は、自身の勝利へ大きく繋がる。プロテニスの世界においても、トップ選手とランキング下位選手との大きな違いはサービス能力にある。数値として表わされるサービス技術の一つに打球スピードがあり、トップ選手の世界最高速度(249.4km/h)と日本人のサービス最高速度の平均値(180~190 km/h)には大きな差がある。テニスのゲームの勝敗は、サービスの成功率に左右されることが多い。ゲーム分析や戦術における研究は頻繁に行われているが(高橋ら:2006、高橋ら:2007)、現代のテニスで勝つために必須条件である、サービス打球時のラケット挙動に着目した研究は多くない。ゲーム分析は、選手にとって、そのゲームで何が問題であったのかを認識するためにも大切なことである。そのゲーム分析において、現在プロテニス選手である筆者のゲームに最も問題が表れたのが、サービスであった。

サービスの種類は大きく分けてフラット、スライス、スピンの3種類である。この一つであるフラットサービスの打球位置とボールの軌跡を図1に、ボールの回転とインパクトポイントを図2に示した。フラットサービスは一般的にボールの回転量を少なくし、

スピードを重視するように打つとされている。このフラットサービスは、インパクトポイントに向けて手首を外側へ回内動作させていくことによって、ボールを前に押し出す力を強調でき、より威力のあるサーブを打つことができる。現場では、手首の「ため」をしっかり作り、インパクト直前までグリップエンドをボールに向けていき、ラケット面を一気に返ししながら、ボールの中心より少し上をインパクトすると指導されている。ラケット面はボールに対して正対させて当てていくと指導されていて、野球のピッチングでいうストレートのようなものである。ボールの回転はバックスピンのように左右への変化はあまりないものである。

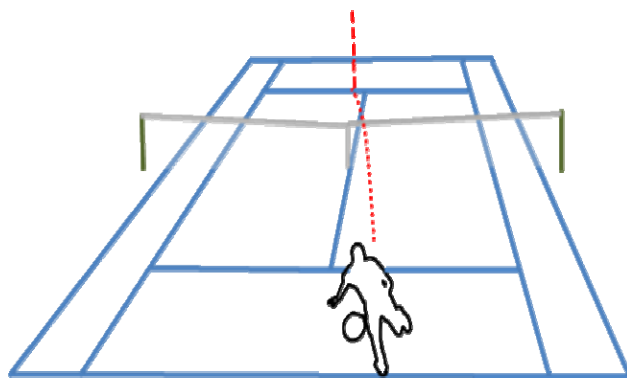


図1 フラットサービスの打球位置とボールの軌跡

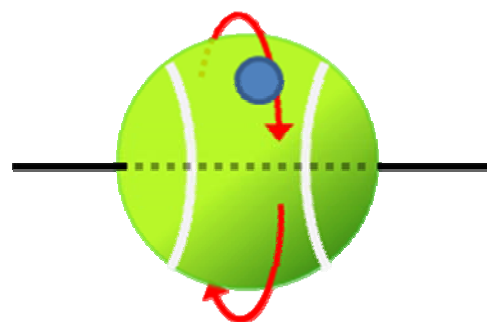


図2 ボールの回転とインパクトポイント

スライスサービスの打球位置とボールの軌跡を図3に、ボールの回転とインパクトポイントを図4に示した。一般的にスライスサービスはボールに対して横の回転を与えることにより、コートの外側へ滑るように逃げていくように打ちだすと言われている。スライスサービスでは、ボールを『こねる』ようにして回転をかけると思われがちだが、実際トップレベルのスライスサービスは、ボールの右側にラケット面を当て込み、押し込んで弾くとされている。それによって、威力を保持したまま曲がるスライスサービスを打つことができる。イメージとして、ビリヤードに置き換えてみる。ビリヤードのキューはテニスのラケットのようにこねる動きはできず、ボールに対して真っ直ぐ突くことしかできないが、ボールの右側を真っ直ぐ突けば、回転をかけることができる。スラ

イスサービスも同じで、インパクトポイントであるボールの右側を捕らえたら、ラケットをこねずに真っ直ぐ押し出していくと回転のみならず、ボール速度を保ちながら、左に曲がる回転をかけることができる。野球のピッチングでいうスライダーのようなものである。

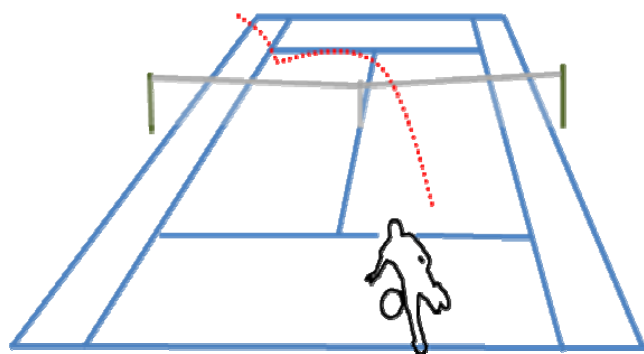


図3 スライスサービスの打球位置とボールの軌跡

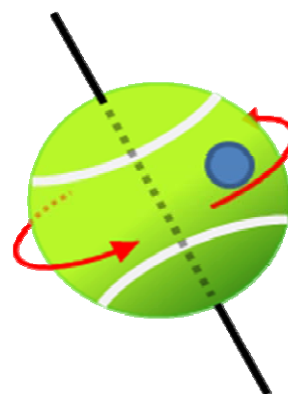


図4 ボールの回転とインパクトポイント

スピンサービスの打球位置とボールの軌跡を図5に、ボールの回転とインパクトポイントを図6に示した。スピンサービスは一般的に、ボールを下から上に擦り上げるようにして打つと指導されている。そうすることで、ネットの高い位置を通過し、バウンド後のボールが高く弾む。インパクトまでは手首を返さず、インパクトポイントであるボールの左下をこすり上げてから、手首をターンさせていくとされている。スピンサービスは、下から上(正確には右利きの場合、左下から右上)に振り上げるというスイングのベースの形自体が、他の2種類のサービスと異なるが、もう一つ大きく異なるのがインパクト付近での手首の使い方である。フラットサービスでは、インパクトに向かうときから手首をターンさせていくことで、ボールを前に押し出す力を強調でき、より威力のあるサーブを打つことができると記述したが、スピンサービスではインパクト直前まで『手首を返さない』のが鉄則と言われている。野球のピッチングでいうカーブのようなものである。

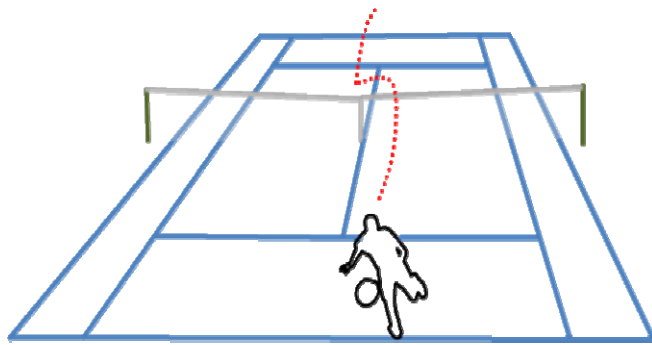


図5 スピンサービスの打球位置とボールの軌跡

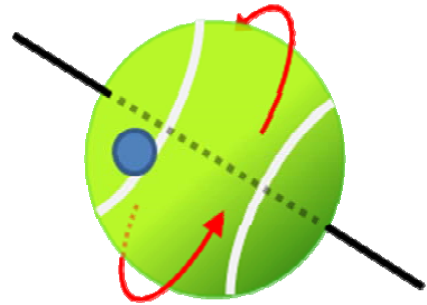


図6 ボールの回転とインパクトポイント

プロフェッショナルや熟練者は、打球時の感覚を最も大切にする。ストリングの緩みはもちろん、振動止めの変化にも打球感の違いを感じ、ラケットのバランスやグリップの滑り具合など、細部にわたり神経を張り巡らせる。それだけ変化に敏感な選手が、サービスの種類ごとにラケットがインパクト直前でどの角度を向いているのかを知ることが、非常に優れたトップ選手には大きな利点となり、更なるステップアップを図れるであろう。しかしながら、ラケットは約0.1秒間で最高速度に達し、ラケットと上肢は三次元的な複雑な回転運動で行われるため、感覚と現実には大きなずれが生まれる可能性は高い。そこで本研究は、サービスのインパクト直前の角速度を測定することで、異なるサービスのラケットの挙動を解明することを目的とした。

## 第2章 方法

### 2-1 被験者

被験者は、現役プロテニスプレーヤー3名、W大学体育会庭球部の現役選手14名の計17名（身長  $174.4 \pm 3.8$  cm、体重  $66.3 \pm 4.8$  kg、年齢  $20.7 \pm 2.1$  歳）とた。全ての被験者が右利きであった。2009年度最終国内ランキング及び大会戦績から総合的に被験者を評価し、被験者のランキング上位から順にIDを振り分け、各被験者の特徴および主要な大会での成績を表1に示した。表中の戦績におけるSはシングルス、Dはダブルスを示している。本研究ではランキング最下位の被験者Uも7年以上の競技歴を有していたことから、全ての被験者が熟練者と言える。しかし、被験者Aは今年行われた東アジア選手権大会で優勝している一方で、現役テニス部員の被験者Uは、関東学生テニス選手権の予選で敗退しており、熟練者の中でもレベルは多岐にわたっていた。被験者のランキング上位3人を上位者（被験者A,B,C）、ランキング中位3人を中位者（被験者I,J,K）、ランキング下位3人を下位者（被験者O,P,Q）とし、グループ分けを行った。各グループ3人という設定は、下位者と呼べるレベルの人数に合わせて行った。本実験の実施にあたり、各被験者には本研究の目的や実験方法などを十分に説明し、実験参加の同意を得た。

各被験者には普段から使い慣れているラケットを使用させた。各被験者が実験で使用したテニスラケットの特徴を表1に示した。バランスはグリップエンドからラケット先端に向かうラケット重心位置までの距離であり、ストリングパターンはラケットの長軸に対して平行な向きのストリングの本数をmainの数値で示し、ラケットの長軸と垂直な向きのストリングの本数をcrossの数値で示した。

表 1 被験者の身長、体重、戦績および使用ラケット

| 被験者 |            |            |                 |                 | 使用ラケット         |                            |              |           |                                     |                   |                  |                      |
|-----|------------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------------------|--------------|-----------|-------------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|
| ID  | 身長<br>(cm) | 体重<br>(kg) | 戦績              | 国内<br>ランキ<br>ング | メーカー           | ラケット名                      | 長さ<br>(inch) | 質量<br>(g) | フェイス<br>サイズ<br>(inch <sup>2</sup> ) | フレー<br>ム厚<br>(mm) | パラ<br>ンス<br>(mm) | ストリング<br>パターン        |
| A   | 173        | 63         | 全日本選手<br>権S準優勝  | 3               | バボラッ<br>社製     | AERO<br>STORM              | 27.0         | 320       | 98                                  | 22                | 310              | main 16×<br>cross 20 |
| B   | 176        | 76         | 全日本選手<br>権Sベスト8 | 12              | バボラッ<br>社製     | PURESTORM<br>LIMITEDGT     | 27.0         | 320       | 95                                  | 19                | 305              | main 18×<br>cross 20 |
| C   | 174        | 68         | インカレS<br>優勝     | 23              | テクニファイ<br>バー社製 | T-FIGHT 320<br>VO2MAX      | 27.0         | 320       | 95                                  | 21.5              | 310              | main16×<br>cross 19  |
| D   | 170        | 60         | インカレS<br>ベスト4   | 31              | バボラッ<br>社製     | AEROPRO<br>DRIVE           | 27.0         | 300       | 100                                 | 26                | 320              | main16×<br>cross 19  |
| E   | 171        | 67         | インカレS<br>優勝     | 33              | ダンロップ<br>社製    | スリクソンX2.0                  | 27.0         | 310       | 98                                  | 22                | 315              | main 16×<br>cross 19 |
| F   | 172        | 70         | インカレS<br>ベスト16  | なし              | バボラッ<br>社製     | PURESTORM<br>TOUR          | 27.0         | 320       | 98                                  | 21                | 310              | main 16×<br>cross 20 |
| G   | 172        | 59         | インカレS<br>ベスト16  | なし              | ダンロップ<br>社製    | スリクソンX2.0                  | 27.0         | 310       | 98                                  | 22                | 315              | main 16×<br>cross 19 |
| H   | 178        | 70         | インカレD<br>ベスト8   | なし              | グローブラ<br>イド社製  | 03ZAP95                    | 27.0         | 310       | 100                                 | 22                | 330              | main 16×<br>cross 18 |
| I   | 172        | 65         | インカレD<br>ベスト8   | なし              | グローブラ<br>イド社製  | 03ツアーMP                    | 27.0         | 310       | 100                                 | 21                | 310              | main 16×<br>cross 18 |
| J   | 172        | 65         | インカレ<br>出場      | なし              | ダンロップ<br>社製    | スリクソンX2.0                  | 27.0         | 310       | 98                                  | 22                | 315              | main 16×<br>cross 19 |
| K   | 173        | 60         | 関東学生<br>出場      | なし              | ウィルソン<br>社製    | Kツアー95                     | 27.3         | 288       | 95                                  | 22                | 340              | main 16×<br>cross 20 |
| L   | 167        | 58         | 関東学生<br>出場      | なし              | ブリヂストン<br>社製   | X-BLADE<br>FORCE<br>3.15MP | 27.0         | 315       | 92                                  | 19                | 310              | main 16×<br>cross 19 |
| M   | 178        | 66         | 関東学生<br>予選出場    | なし              | バボラッ<br>社製     | PURESTORM<br>TOUR          | 27.0         | 320       | 98                                  | 21                | 310              | main 16×<br>cross 20 |
| N   | 177        | 67         | 関東学生<br>予選出場    | なし              | ヘッド社製          | PRESTIGE<br>MP             | 27.0         | 320       | 98                                  | 21                | 310              | main 18×<br>cross 20 |
| O   | 176        | 72         | 関東学生<br>予選出場    | なし              | ダンロップ<br>社製    | スリクソンX2.0                  | 27.0         | 310       | 98                                  | 22                | 315              | main 16×<br>cross 19 |
| P   | 175        | 70         | 関東学生<br>予選出場    | なし              | ヨネックス<br>社製    | RDS 001                    | 27.0         | 325       | 90                                  | 20                | 310              | main 16×<br>cross 18 |
| Q   | 179        | 63         | 関東学生<br>予選出場    | なし              | グローブラ<br>イド社製  | 03ZAP95                    | 27.0         | 310       | 100                                 | 21                | 310              | main 16×<br>cross 18 |

## 2-2 実験試技

被験者には十分なウォーミングアップを行わせた後、テニスコートにてサービス動作を行わせた。サービスは図7に示したように、シングルスにおけるデュースコートのベースラインからとし、このうちフラットサービス(f)とスピンサービス(sp)はその2種類のサービスが最も打球しやすいT-ZONEに、スライスサービス(s)は最も打球しやすいワイドへ狙うよう指示を与え、全力でサービスを行わせた。これを、検者が各被験者に無作為の順序で指示を与え、プロテニスプレーヤー1名が目視によって被験者の打球の軌道(f：直球、s：緩い曲線、sp：大きな曲線)、回転(f：バックスピン、s：左右回転、sp：斜め回転)、落ちてからのバウンド(f：真っ直ぐ、s：滑るように外側へ反れていく、sp：急激に跳ね上がる)、そして指定された場所に打球できたかを基に成功試技を判断し、これを各5試技ずつ、計15球の成功で試技終了とした。

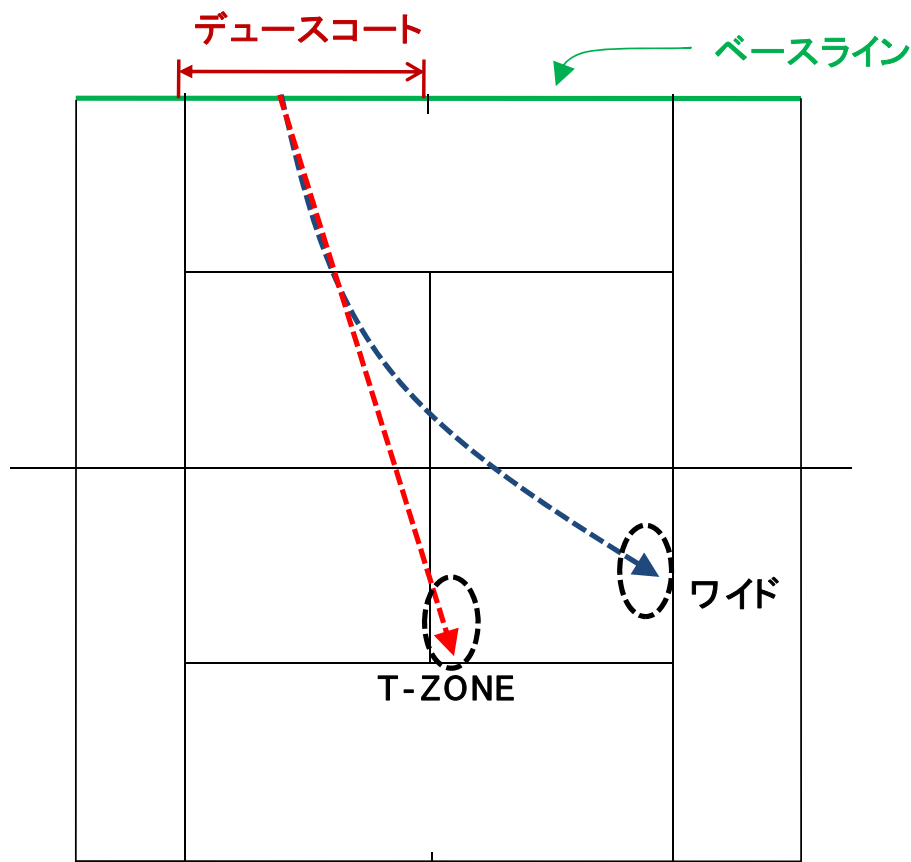


図7 テニスコート(実際に使用した部分)

### 2-3 データ収集

グリップエンドに 3 軸角速度センサ（DTS 社製、ARS-K12、サンプリング周波数 1000Hz）を装着した。インパクト時の衝撃は、ラケットの振動を通じてグリップ部に到達するとされている。この衝撃が角速度計にダメージを与えることを防ぐため、厚さ 5 mm の衝撃吸収パッドをセンサとバットとの間に介すことでセンサを保護した。十分な剛性を持つパッドを選択したので、インパクトによる影響を除いた通常スイングにおける加速度では、緩衝によるデータへの影響は確認できなかった。センサから得られたアナログデータは、被検者の腰に装着した無線式データロガーシステム（S&ME 社製、FA-DL3000）を用いて A/D 変換し、無線で PC に取り込んだ。

### 2-3 データ処理

ラケットのグリップエンドに装着したセンサが計測したラケットの角速度の定義を図 8 に示した。長軸回りの角速度  $\omega_z$ 、ラケットの面に対し垂直な軸回りの角速度を  $\omega_y$ 、 $\omega_y$  の回転軸と  $\omega_z$  の回転軸を外積させた方向への角速度ベクトルを  $\omega_x$  と定義した。この時の  $\omega_x$  および  $\omega_y$  は、サービス時のインパクト局面におけるスイング方向への回転をプラスとし、 $\omega_z$  はサービス時に前腕を回内させる方向への回転をプラスとした。また、 $\omega_x \cdot \omega_y$  の合成角速度を  $\omega_{xy}$  と定義した(図 9)。

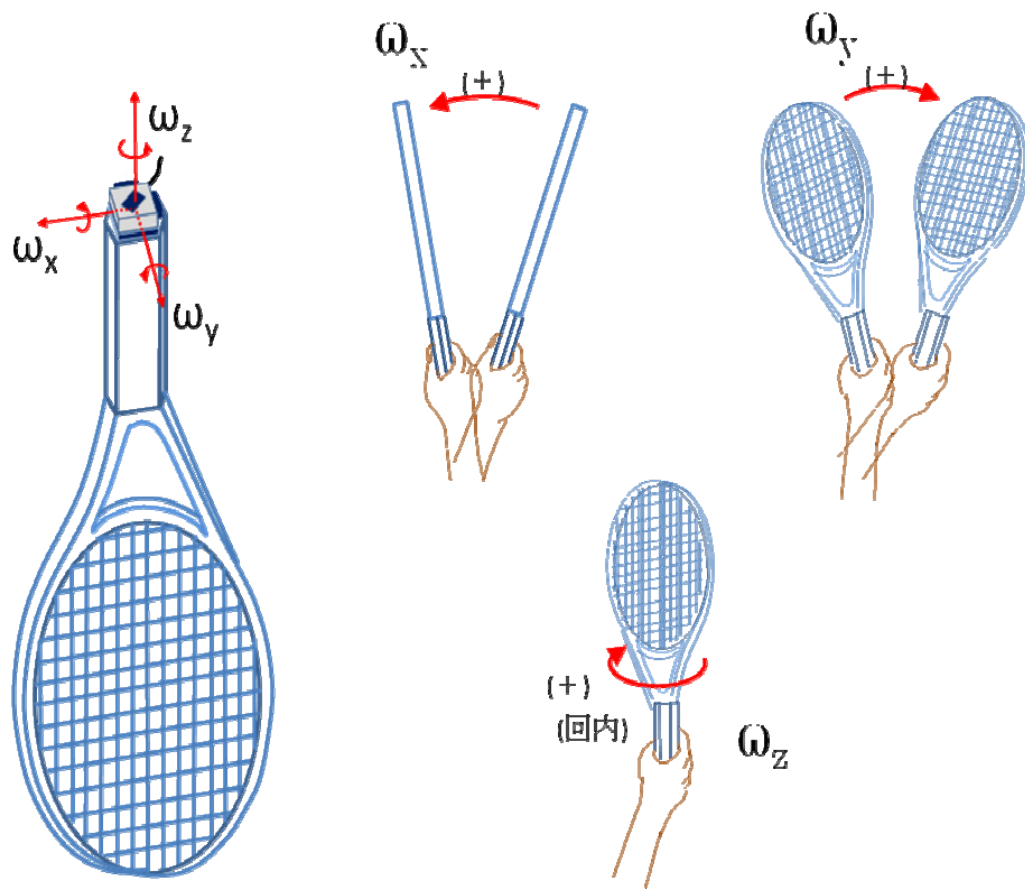


図 8 ラケットに装着したセンサと角速度ベクトルの定義

角速度  $\omega_y$  に対するのラケット面の角度  $\theta$  を、 $\omega_x$  及び  $\omega_y$  を用いて下記の式より算出した。

$$\theta = \tan^{-1}(\omega_y / \omega_x)$$

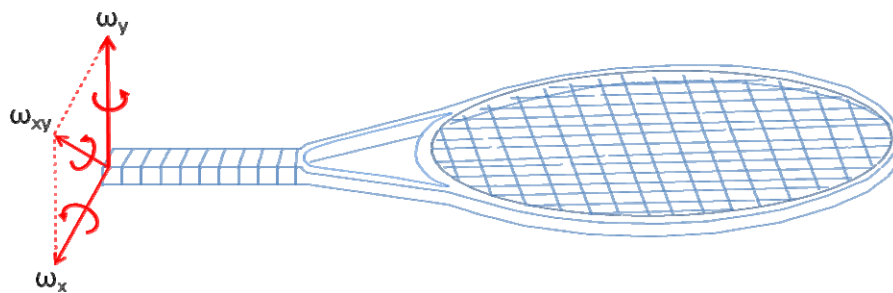


図 9 インパクト直前のラケット面の角度  $\theta$

本実験データの一例を図 4 に示した。図中の 0s 地点で波形が大きく乱れていた。インパクトポイントからグリップエンドまで伝わる振動を考慮し、波形が乱れる直前のデータをインパクトと判断した。

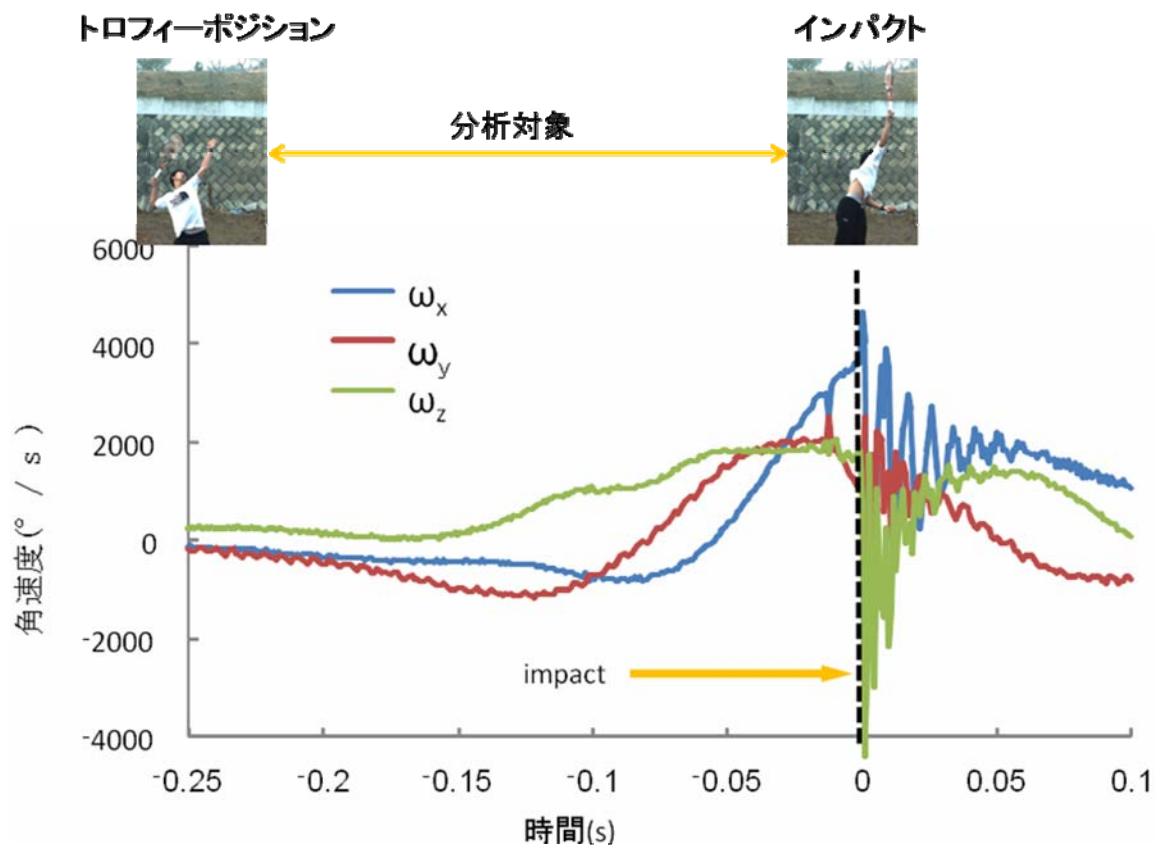


図 10 サービスにおけるラケット経時変化の一例

またサービス動作は、スイングを開始する「タメ」と言われる部分、いわゆるトロフィーポジション(図 10)の完成とスイング開始時刻がすべての被験者においてほぼ同じとなっていた。このため、この時刻となり得るインパクトより 0.25 秒手前からインパクトの瞬間までの 0.25 秒間を分析対象とした。

## 2-4 統計処理

3 種類のサービスにおけるインパクト直前のラケット面の角速度および角度の違いを

一元配置の分散分析を用いて検定した。有意差が認められた場合、Tukey's test にて多重比較検定を行った。統計処理はすべて統計処理ソフト SPSS を用い、この時の有意水準は 5%未満とした。

### 第3章 結果と考察

#### 3-1 角速度の経時変化

##### 3-1-1 フラットサービスの経時変化の特徴(全被験者の平均)

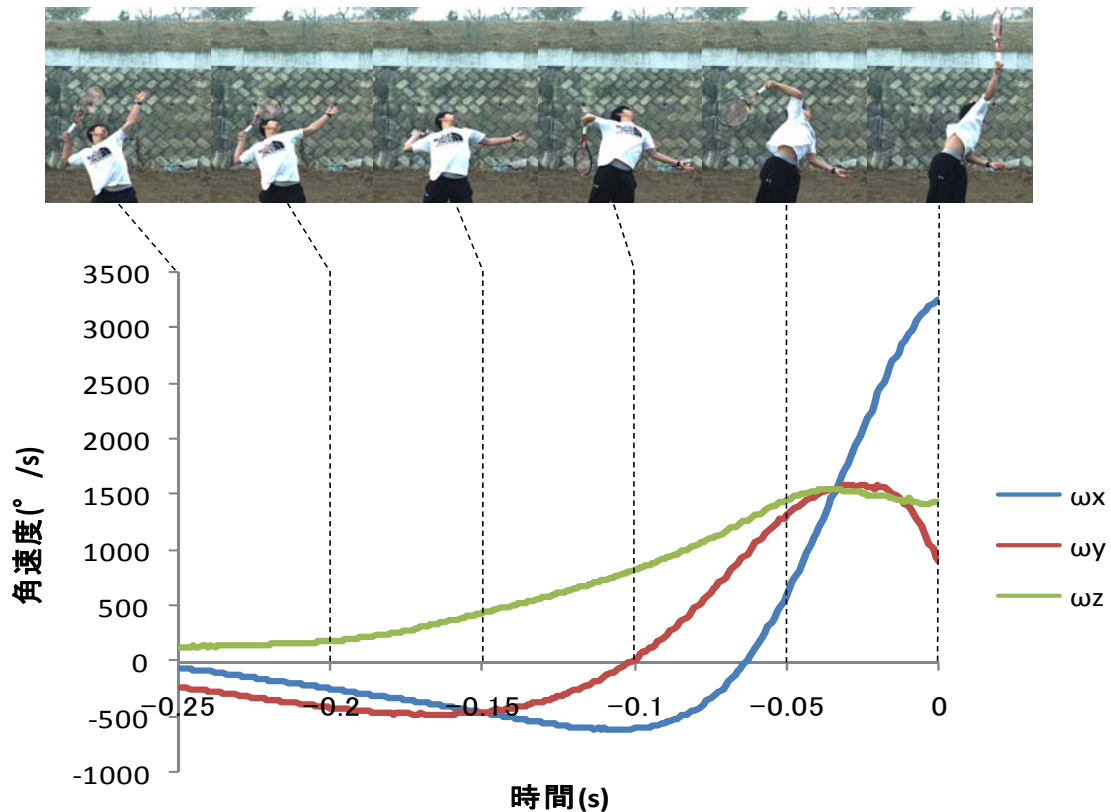


図 11 フラットサービスにおけるラケット角速度の経時変化(全被験者の平均)

フラットサービスにおけるラケット角速度の経時変化(全被験者の平均)を図 11 に示した。フラットサービスでは、 $\omega_x$  はインパクト直前において最大値 (3255°/s) を記録した。 $\omega_y$  はインパクトのおよそ 0.03 秒前に最大値 (1597°/s) を記録した。 $\omega_z$  は  $\omega_y$  とほぼ同時期にピーク (1551°/s) を迎えたが、その後インパクトまでほとんど低下しなかった。フラットサービスにおいては、インパクト直前に  $\omega_x$  と  $\omega_z$  の角速度の値が最大又は最大近くに達するという特徴を示した。フラットサービスでは、最も打球にスピードを必要とするため、ボールを「叩く」要素が強くなる  $\omega_x$  が重要となってくる。

### 3-1-2 スライスサービスの経時変化の特徴(全被験者の平均)

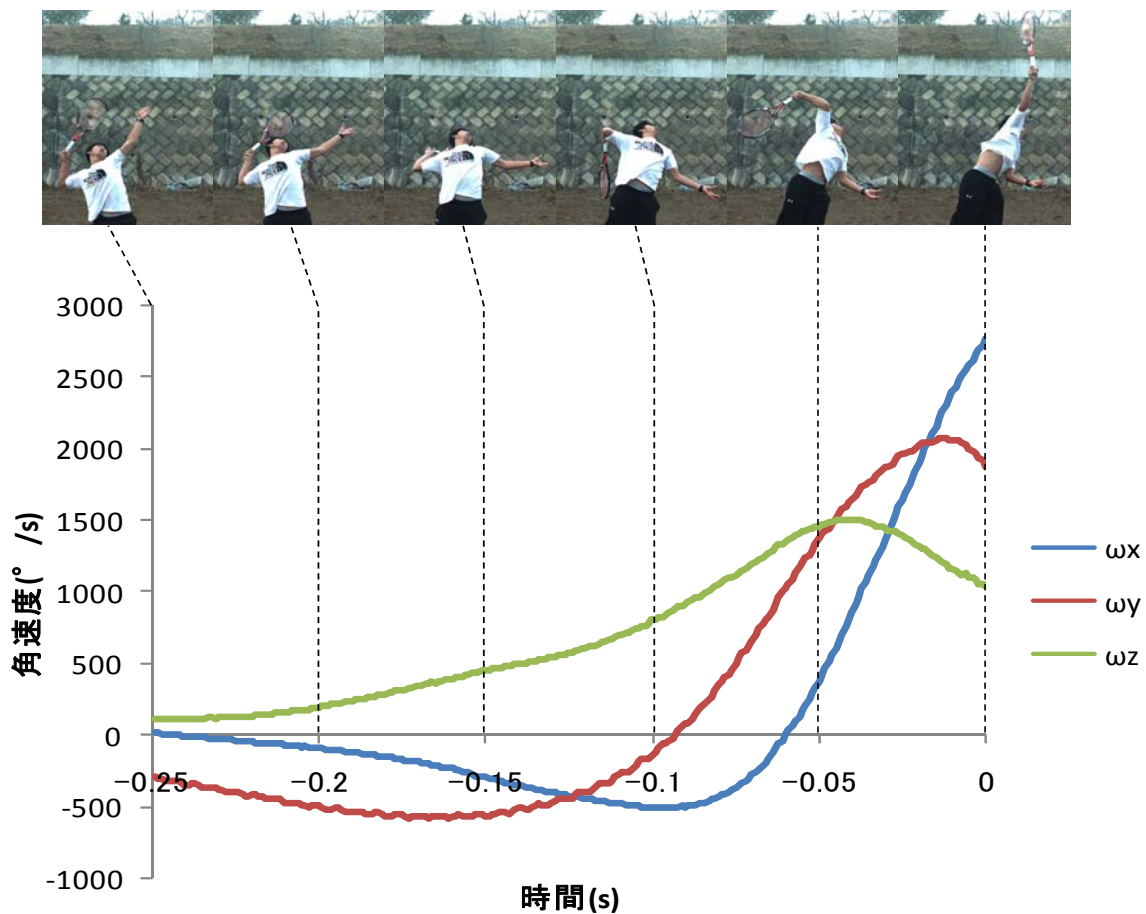


図 12 スライスサービスにおけるラケット角速度の経時変化(全被験者の平均)

スライスサービスにおけるラケット角速度の経時変化(全被験者の平均)を図 12 に示した。スライスサービスでは、 $\omega_x$  はフラットサービス同様、インパクトにおいて最大値（2780°/s）を記録していた。 $\omega_y$  はインパクトのおよそ 0.15 秒前に最大値（2080.6°/s）を記録し、その後多少低下したが、インパクト直前まで最大値に近い値を維持していた。 $\omega_z$  はピークをむかえた後、-546°/s もの角速度の低下がみられた。

スライスサービスはフラットサービス同様に、 $\omega_x$  の値がインパクトでピークを迎えていた。また、 $\omega_y$  の値は最大値を記録した地点からインパクトに至るまでに低下が見られたが、その低下の程度は限られたものであった。スライスサービスは、ボールをカット

するイメージがあるが、熟練者では、よりフラットサービスに近いスイング動作を行っていることが確認された、ボールの右側にラケット面を当て込み、押し込んで弾くとされている。そうすることで、威力があって曲がるスライスサービスを打つことができると考えられる。

### 3-1-3 スピンサーブの経時変化の特徴(全被験者の平均)

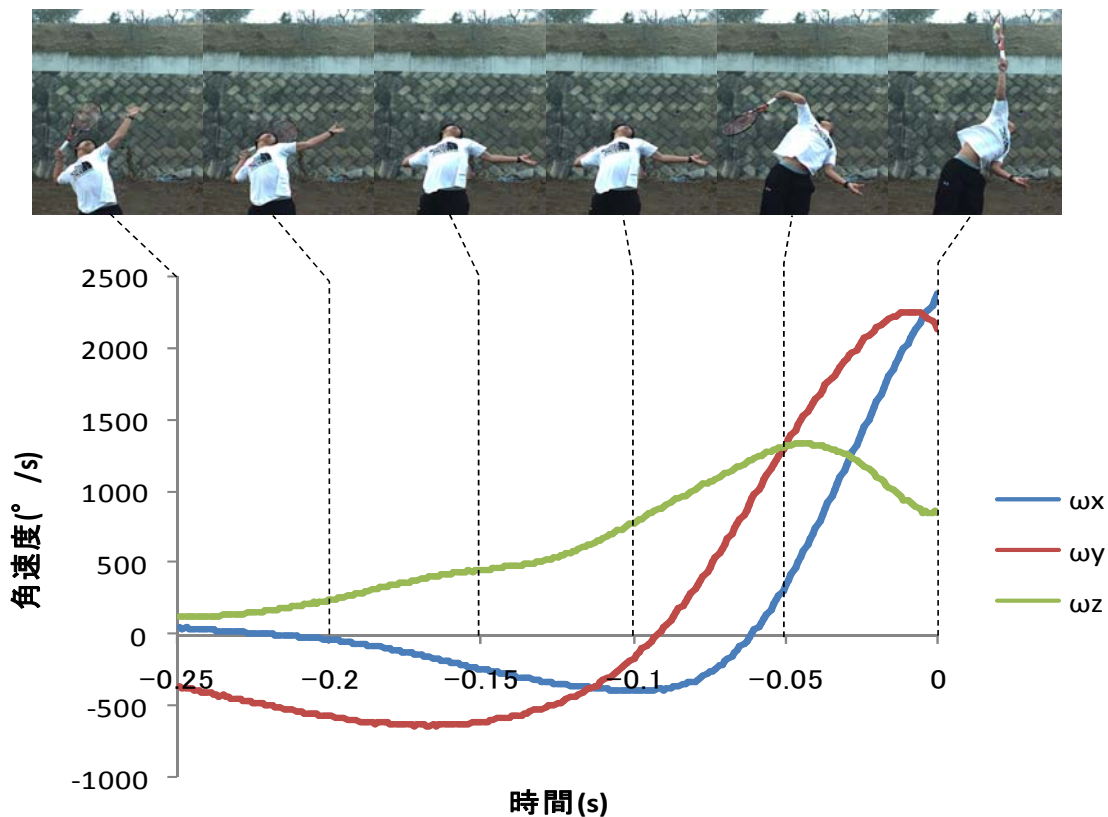


図 13 スピンサーブにおけるラケット角速度の経時変化(全被験者の平均)

スピンサーブにおけるラケット角速度の経時変化(全被験者の平均)を図 13 に示した。スピンサーブでは、 $\omega_x$  はフラットサーブ同様、インパクトにおいて最大値(2388°/s)を記録していた。 $\omega_y$  はインパクトのおよそ 0.08 秒前に最大値(2256°/s)を記録し、その後低下しているが、インパクト時には  $\omega_x$  とほぼ同等の角速度を記録した。 $\omega_z$  はピークをむかえた後、スライスサーブ同様に大きな低下がみられた。

インパクト時に  $\omega_x$ (2387°/s)と  $\omega_y$  (2255°/s)に大きな回転を生み出す要素が持たれていた。実験を行う前まで筆者は打球時に  $\omega_z$  に多くの意識を置いていたが、実際は  $\omega_z$  (866°/s)が最も小さい結果となった。

### 3-1-4 3種類のサービスの比較

フラットサービスの $\omega_x$ と $\omega_z$ の最大値( $\omega_x$ :3255°/s、 $\omega_z$ :1551°/s)はスライス( $\omega_x$ :2735°/s、 $\omega_z$ :1506°/s)、スピン( $\omega_x$ :2388°/s、 $\omega_z$ :1339°/s)と比較して大きかった。特に、インパクトの際に $\omega_z$ の値が最大値を保持し続けてインパクトしたのはフラットサービスのみであったが、スライスサービスの経時変化はフラットサービスと似たパターンの変動を記録していた。フラットサービスの経時変化と類似しているということは、スライスサービスは回転系のサービスでありながら、速度をもったサービスということがいえる。

スピンスERVICEは、ボールに対して直進的にラケットをぶつけるフラットサービスとスライスサービスに対し、インパクト終了後、フォロースルーを右斜め45°方向にスイングアップするとされており、本実験において $\omega_x$ (2388°/s)と $\omega_y$ (2256°/s)の値が近かったことは、現場で常に指導されているスピンスERVICE理論を裏付ける結果となった。よって、スピンスERVICEは $\omega_x$ と $\omega_y$ の角速度がほぼ同じ速度で回転をしながら打撃しているため、ボールスピードはあまり期待できないが、回転のかかったサービスが打てると考えられる。

### 3-2 3種類のサービスにおけるインパクト直前の角速度の比較

#### 3-2-1 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_x$ の角速度の比較

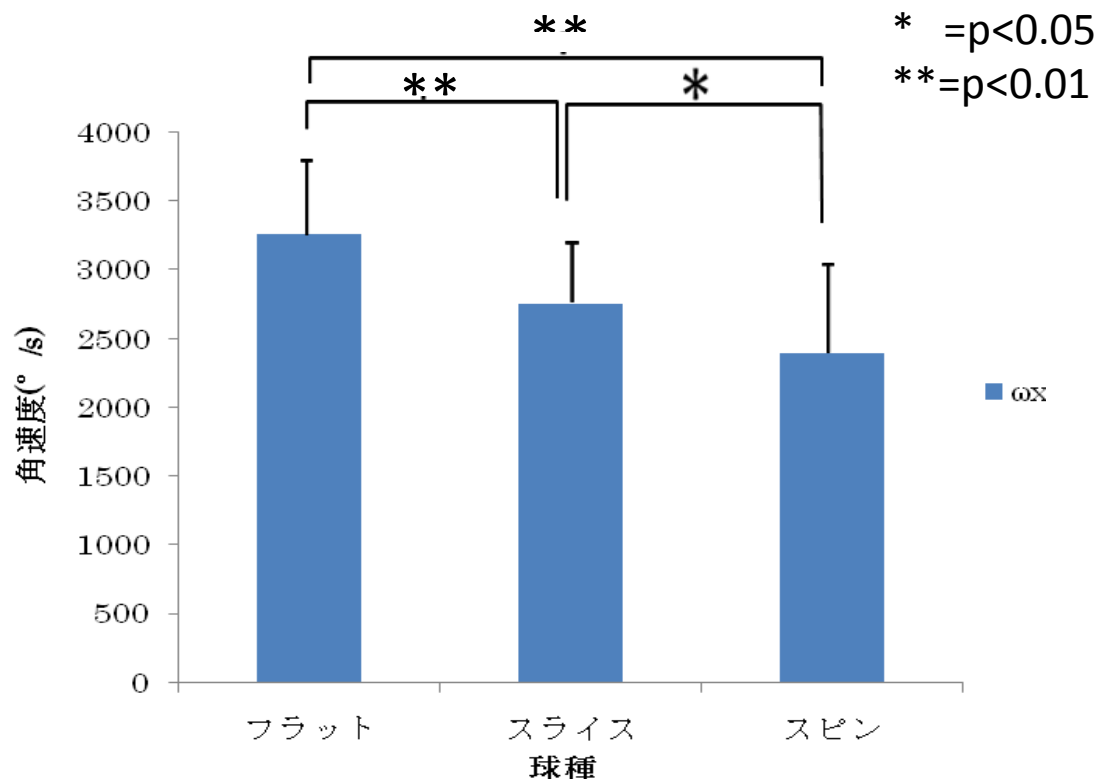


図 14 3種類のサービスにおけるインパクト直前の  $\omega_x$  の角速度

3種類のサービスにおけるインパクト直前の  $\omega_x$  の角速度の値を図 14 に示した。 $\omega_x$  は、 $f(3257 \pm 518^{\circ}/s)$  が  $s(2752 \pm 411^{\circ}/s)$  よりも有意に大きく ( $p < 0.01$ )、 $f(3257 \pm 518^{\circ}/s)$  は、 $sp(2147 \pm 504^{\circ}/s)$  よりも有意に大きかった ( $p < 0.01$ )。また、 $s(2752 \pm 411^{\circ}/s)$  は、 $sp(2147 \pm 504^{\circ}/s)$  より有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。

$\omega_x$  が最大値 ( $3275^{\circ}/s$ ) を記録したのは、サービスの最も速いスピードを獲得することのできるフラットサービスであった。ボールに対してラケット面が垂直に叩き込まれる動作である  $\omega_x$  は、フラットで最も高い値を記録したことから、打球スピードを必要とするサービス動作ではやはり  $\omega_x$  が重要であることが示唆された。

### 3-2-2 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_y$ の角速度の比較

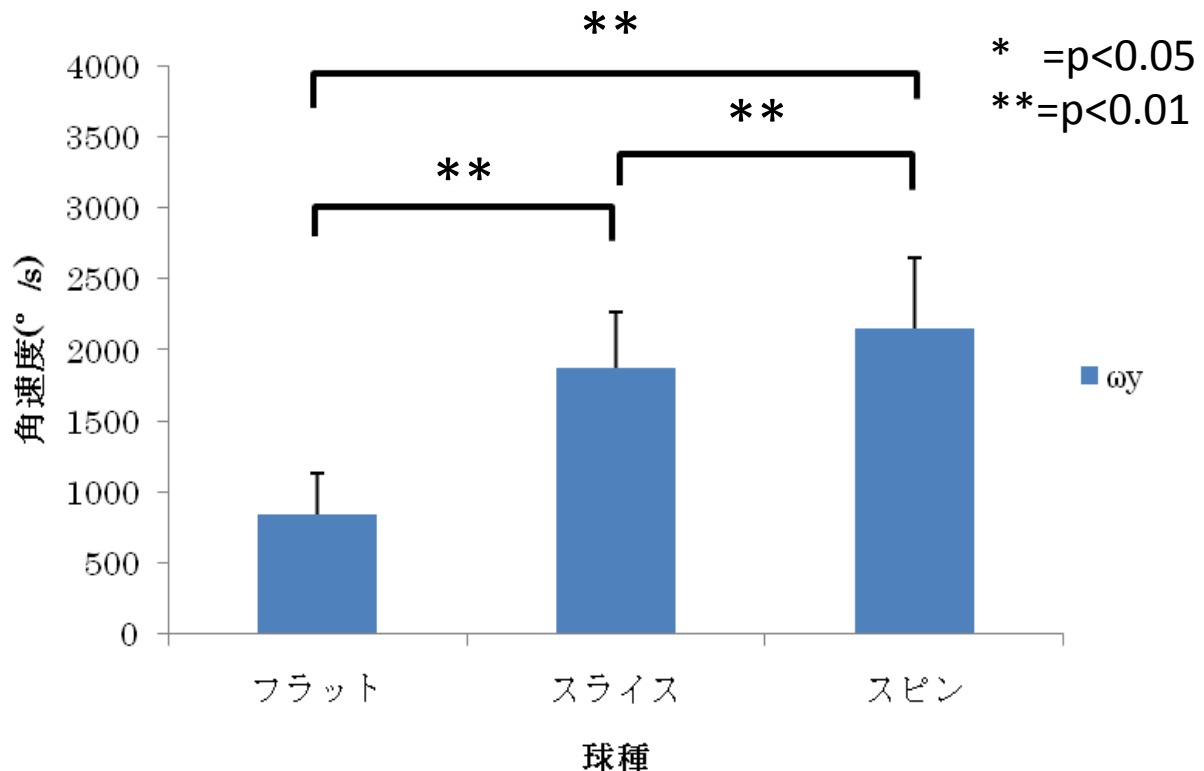


図 15 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_y$ の角速度

3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_x$ の角速度の値を図15に示した。 $\omega_y$ の値は、f(841±285°/s)がs(1876±388°/s)よりも有意に小さく( $p < 0.01$ )、f(841±285°/s)がsp(2388±631°/s)よりも有意に小さかった( $p < 0.01$ )。s(1876±388°/s)もsp(2388±631°/s)よりも有意に小さかった( $p < 0.01$ ) (図10)。

スライスサービスは、フラットサービスほど高いボールスピードを生じさせないが、スピンスerviceよりは速い速度を獲得できる。また、スライスサービスはフラットサービスと比べてボールの軌道が水平方向に変化するが、スピンスerviceよりは変化が小さい。筆者の感覚としては、スライスサービスが最も回転とスピードのバランスのとれた安定したサービスだと考えている。スライスサービスには、バウンド後にボールが滑る

ように外へ切れる(側方へ向きを変える)特徴があるため、サービスエースを奪うことも可能である。そのため選手は、1st サービスで用いることが多い。一般にスライスサービスというと、ボールの右側をスライス(カット)して、回転をかけると指導されている。

### 3-2-3 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_z$ の角速度の比較

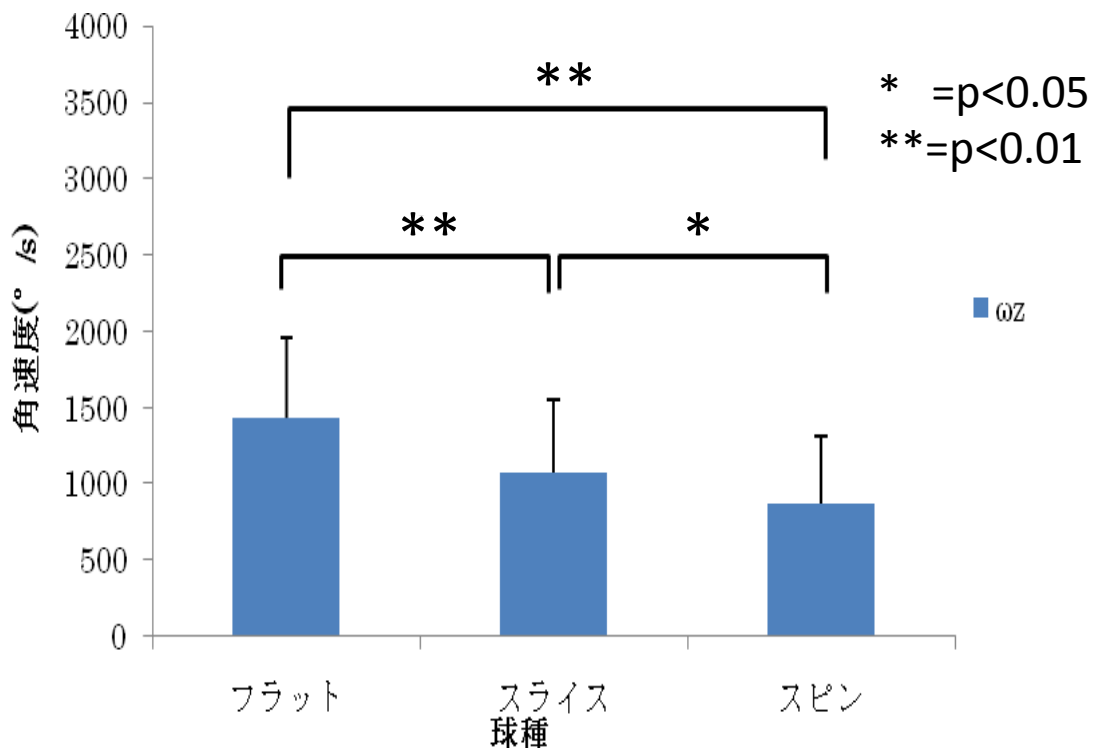


図 16 3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_z$ の角速度

3種類のサービスにおけるインパクト直前の $\omega_z$ の角速度の値を図16に示した。 $\omega_z$ の値は、f(1432±519°/s)がs(1076±472°/s)よりも有意に大きく(p<0.01)、f(1432±519°/s)がsp(866±446°/s)よりも有意に大きかった(p<0.01)。また、s(1076±472°/s)もsp(866±446°/s)よりも有意に大きかった(p<0.05)。

$\omega_z$ は、フラットサービスにおいて最も大きかった。スピンスerviceでは、ボールに最も早い回転を与えるため、 $\omega_z$ の捻りの動作を最も必要とする印象があるが、3種類のサービスの中では最も低い値(866°/s)を記録した。3種類の中では一番低い値を示したが、回外して、ボールに回転をかけていると考えていたスピンスerviceも回内動作を伴いな

がらインパクトを迎えていた。3種類のサービスの中で最もスピードを必要とするフラットサービスで最大値を示したことは、スピードのある打球を生み出す要素としてラケット面をボールと正対させる  $\omega_x$  と長軸回りの  $\omega_z$  の動きの強化が重要であることが示唆された。

### 3-2-4 3種類のサービスにおけるインパクト直前のラケット面の角度の比較

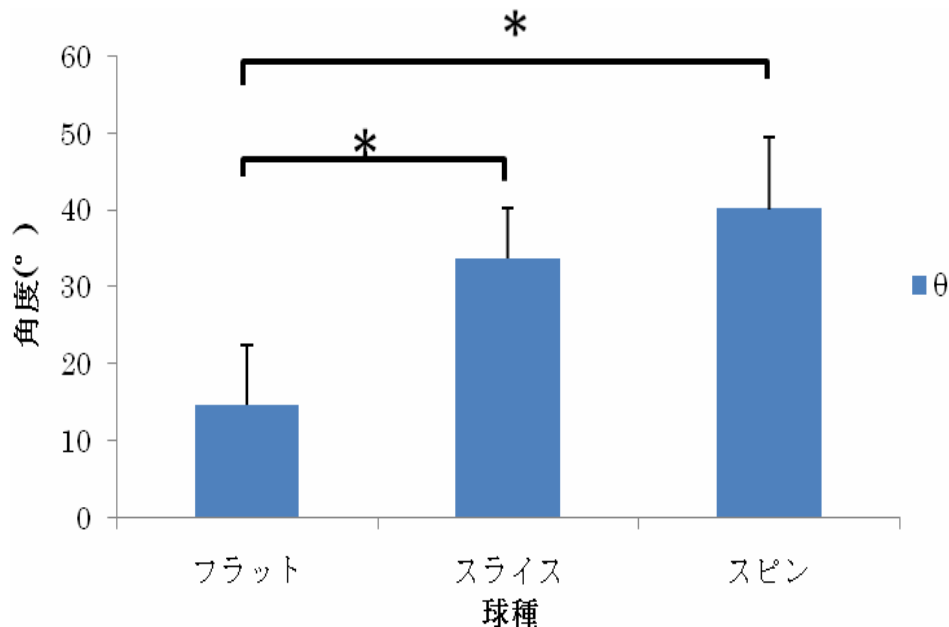


図 17 インパクト直前のラケット面の角度

$\omega_{xy}$ に対するラケット面の角度を図17に示した。 $\theta$ の値は、f( $14.5 \pm 7.8^\circ$ )がs( $33.6 \pm 6.6^\circ$ )よりも有意に小さく( $p < 0.01$ )、f( $14.5 \pm 7.8^\circ$ )がspよりも有意に小さかった( $p < 0.01$ )。また、s( $33.6 \pm 6.6^\circ$ )とspでは差がなかった。

フラットサービス、スライスサービス、スピンスerviceとなるにつれて、ラケット面の角度は有意に大きかった。フラットサービスでは、ボールに対して回転よりもスピードを与えなくてはならない。その為に、ラケット面はより正対して( $0^\circ$ )打球することを理想とされている。インパクト直前のラケット面の角度は正対 ( $0^\circ$ )に最も近いものになった( $14.5^\circ$ )。しかし、それでも、ラケット面の角度は回外位でインパクトを迎えていた( $14.5^\circ$ )。

回転を必要とするスピンスerviceにおいて、最もラケット面の角度が正の方向に大きかった( $40^\circ$ )。スピンスerviceの打球時にラケット角度が  $40^\circ$ 傾くこと(図12)が明らかと

なったが、そのラケット面を保ったままフラットサービスのようにボールに対して直線的にスイングをしたとしても、ボールはネットを越えないだろう。では、どのようにして、回転をかけてコートに打ち込んでいるのであろうか。問題は、インパクト前後におけるラケットの移動方向にある。ボールに対して直進的なスイングをするフラットサービスと比較して、スピンサービスの回転は、斜め前  $45^{\circ}$  にスイングアップすることによって生みだされていると考えられる。

### 3-3 3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化

#### 3-3-1 3種類のサービスにおける5試技の平均から求めた $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化の比較(上位者)

これよりランキング上位3人を上位者、中位3人を中位者、下位3人を下位者とグループ化した。

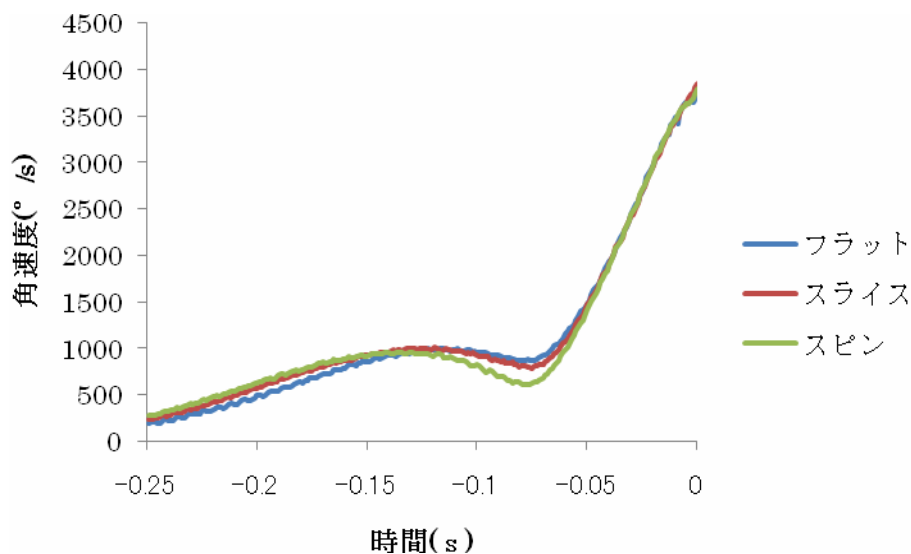


図 18 3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化(上位者の平均)

3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化(上位者)を図18に示した。上位者ではインパクトに向かう直前からインパクトまでのパターンが急激に変化していた。3種類とも高い角速度 (f:3768°/s、s:3857°/s、sp:3789°/s) を持ってインパクトを迎えていた。また、上位者では緩やかな値の増減から、インパクトの約0.75(s)手前で、最小値(f:865°/s、s:793°/s、sp:617°/s)を記録し、急激にインパクトへ向かっていた。3種類のサービスにおけるインパクトの約0.75秒手前で現れる最小値の時刻から、インパクトまでの平均の角加速度はそれぞれ、f:38707°/s<sup>2</sup>、s:40853°/s<sup>2</sup>、sp:40667°/s<sup>2</sup>となっていた。

サービスでは、ほとんど速度を持たないトスしたボールに対してラケットをぶつけな

ければならないので、ラケットの角速度は、ボールスピードを上げる為に重要な部分である。上位者では、トロフィーポジションからインパクトまでのスイングパターンを見たときに、緩やかな値の増減から、急速に角速度を上げインパクトに向かっていた。スライスサービスでは、フラットサービスの角速度的要素が必要だと上記したが、上位者の経時変化では、中位者と比較して、スライスサービスがフラットサービスの経時変化に類似したものとなっていた。上位者では、トロフィーポジションからスイングを開始し、インパクトに向けて一気に加速することにより、ボールを強く打球しているのだろう。

### 3-3-2 3種類のサービスにおける5試技の平均値から求めた $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化の比較(中位者)

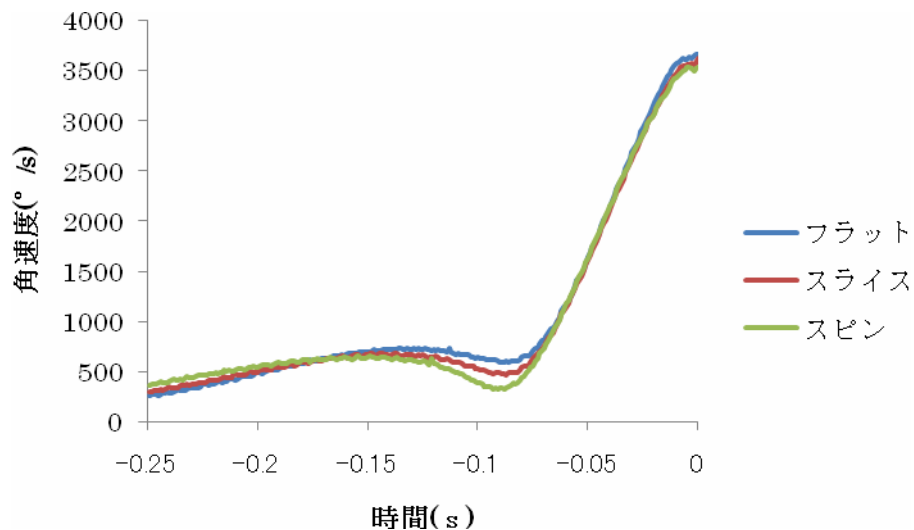


図 19 3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化(中位者の平均)

3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化(中位者の平均)を図19に示した。中位者は、上位者と類似した経時変化パターンをしている。最大値でインパクトを迎えている(f:3659°/s、s:3625°/s、sp:3540°/s)。また、上位者に見られる緩やかな値の増減(f:594°/s、s:475°/s、sp:331°/s)からの急激な加速も記録された(角加速度:f:34056°/s<sup>2</sup>、s:36207°/s<sup>2</sup>、sp:36466°/s<sup>2</sup>)。中位者のサービスの経時変化でも、急激な角速度の上昇はみられた。

### 3-3-3 3種類のサービスにおける5試技の平均値から求めた $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化の比較(下位者)

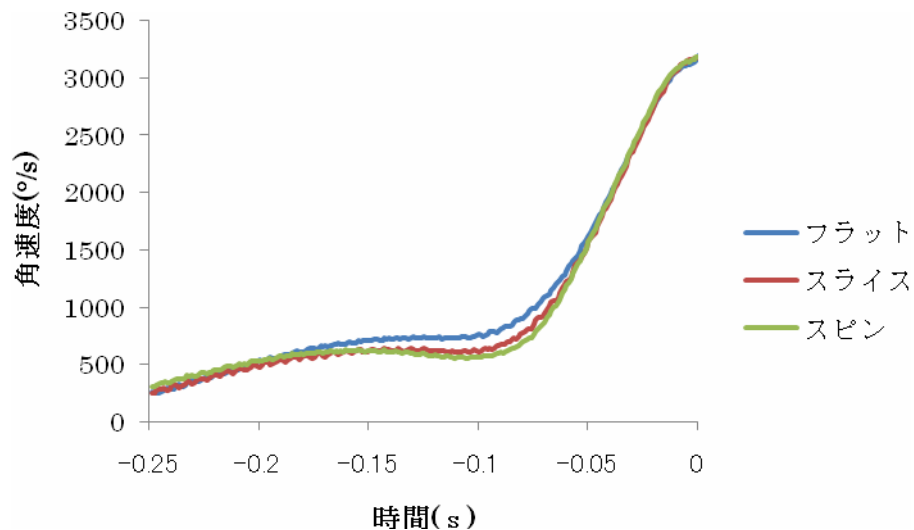


図 20 3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化(下位者の平均)

3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化(下位者の平均)を図20に示した。下位者では合成角速度( $\omega_{xy}$ )の一時的な低下がみられず、トロフィーポジションからインパクトまで、上位者・中位者より、比較的緩やかな曲線を描きながらインパクトを迎えていた。インパクトは最大値(f:3198°/s、s:3183°/s、sp:3183°/s)で迎えていた。トロフィーポジションから、インパクトまで、緩やかな曲線を描きながら、インパクトを迎えている。下位者の特徴として、「ラケットがシャープにスイングできない」「スイングにメリハリがない」などがよく言われているが、この原因の一つに、筋力不足、技術レベルの低さ、またコートにボールをいれる自信がない等があげられるだろう。

### 3-3-4 3種類のサービスにおける5試技の平均値から求めた $\omega_{xy}$ の角速度の経時変化の比較(上位者・中位者・下位者)

上位者は、下位者と比べ、角加速度が大きかった( $f:38707^\circ/s^2$ 、 $s:40854^\circ/s^2$ 、 $sp:40667^\circ/s^2$ )。中位者と上位者の $\omega_{xy}$ の値に大きな差は見られなかった。スイングパターンも上位者と比較して類似したものとなった。下位者では、上位者と比較して、トロフィーポジションからインパクト直前までの経時変化に違いがみられた。上位者、中位者に見られる、緩やかな値の増減からインパクトまでの急激な上昇がみられなかった(角加速度: $f:21094^\circ/s^2$ 、 $s:23633^\circ/s^2$ 、 $sp:23729^\circ/s^2$ )。インパクトの値も上位者と中位者に比べて小さい(下位者: $f:3198^\circ/s$ 、 $s:3183^\circ/s$ 、 $sp:3183^\circ/s$ )。

上位者( $f:38707^\circ/s^2$ 、 $s:40853^\circ/s^2$ 、 $sp:40667^\circ/s^2$ )、中位者( $f:34056^\circ/s^2$ 、 $s:36207^\circ/s^2$ 、 $sp:36466^\circ/s^2$ )と下位者では、下位者において角加速度( $f:21094^\circ/s^2$ 、 $s:23633^\circ/s^2$ 、 $sp:23729^\circ/s^2$ )で、著しく低い値を記録した。角加速度を向上させる為に、ラケットを振り始める初動を意識することが大切ではないだろうか。しかし、ラケットスイングの加速を安定して行うためには、トロフィーポジションの安定、トスの高さや前後の位置の安定などを確立しなくてはならないため、下位者にとっては、容易ではないだろう。下位者にとって打球する以前に、事前の動作の安定性を高めることから始めることが望ましいと思われる。

3-3-5 3種類のサービスにおける5試技の平均値から求めた、 $\omega_{xy}$ の角速度(上位者・中位者・下位者)

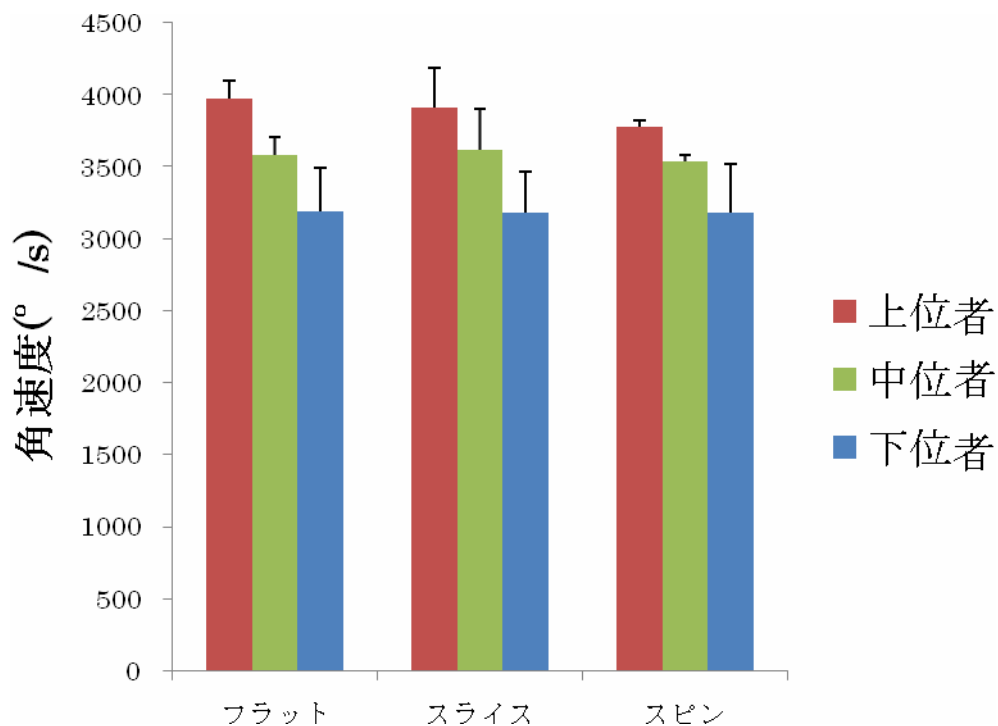


図 21 3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の比較

3種類のサービスにおける $\omega_{xy}$ の角速度の比較を図21に示した。 $\omega_{xy}$ の角速度では、サービスの種類別で、振りの強さに差はほとんど見られなかった。これによって、スイングスピードを変化させてボールに回転をかけているのではなく、インパクト時のラケット面の角度、スイング方向によって調整していたことがわかる。

### 3-4 3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化(上位者・中位者・下位者)

#### 3-4-1 3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化の比較(上位者)

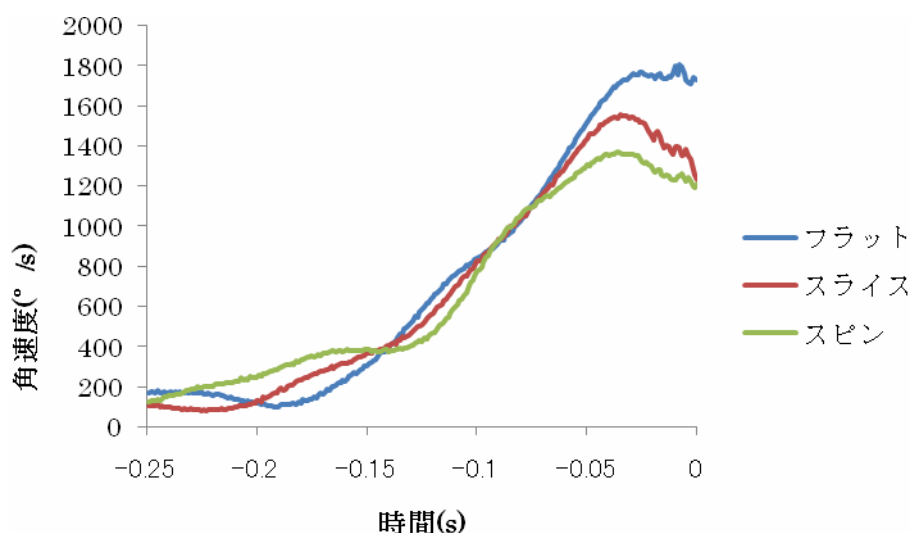


図 22 3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化(上位者)

3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化(上位者)を図22に示した。最も $\omega_z$ の値が大きかったサービスは、フラットサービスであった。インパクト直前までは、3種類ともほぼ同じ経時変化である。上位者の $\omega_z$ の経時変化では、インパクト直前のフラットサービスにおいて(1730°/s)を示し、次いでスライスサービス(1236°/s)、スピンスervice(1208°/s)の順に値が低かった。それぞれの最大値は(f:1807°/s、s:1561°/s、sp:1369°/s)と中位者と下位者と比較して、最も高い値を記録していた。

$\omega_z$ の角速度を、3種類のサービスにおいて比較してみたところ、上位者ではインパクト前0.07s頃まではどのサービスも、ほぼ同じ経時変化をたどってきているが、インパクト前0.07~0.05sに、最もスピードを必要とするフラットサーブで大きな変化を見せた。これは、どのサービスにもフォームに癖はなくインパクト直前まで、サービスの種類が相手に読まれにくいといえる。なおかつインパクト直前で変化を出すことができるため、ハイレベルなサービスであったと言える。

### 3-4-2 3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化の比較(中位者)

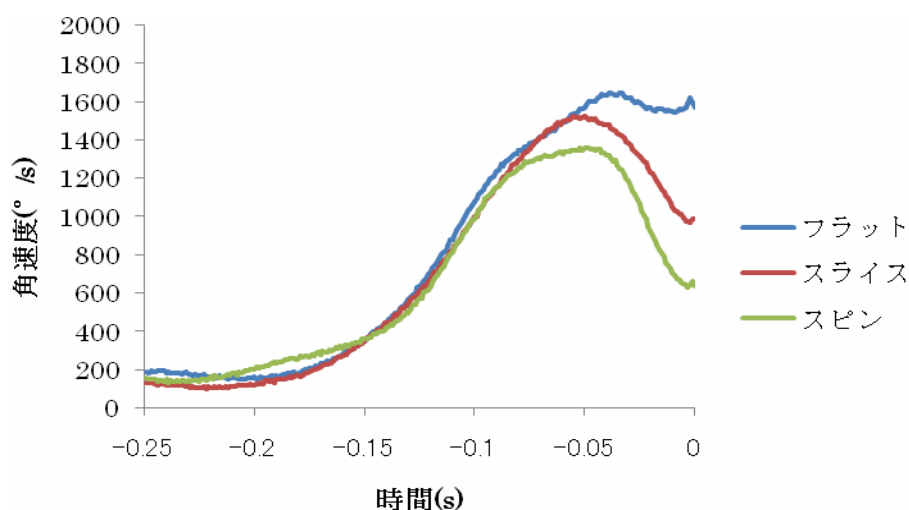


図 23 3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化(中位者)

3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化(中位者)を図23に示した。中位者で、最も $\omega_z$ の値を必要としたサービスは、フラットサービスであった。上位者に比べて大きな変動が、インパクト前0.08s間に見られた。中位者の3種類のサービスの経時変化は、上位者の変化と類似していたが、3種類全てのサービスにおいて上位者が、中位者のインパクト直前の角速度の値を上回っていた(上位者:f:3769°/s、s:3858°/s、sp:3789°/s)。上位者と中位者のスイングパターンには大きな差がないが、角速度の最大値に違いがあるのは、基本的な筋力に違いがあるのだろう。中位者では、上位者に比べ、フォームに変化が表れるのが早かった。およそ0.08(s)の時点で、経時変化に各々のサービスで変化がみられた。中位者の特徴として、各サービスの打ち分けはできている為、バウンド後の変化は期待できるが、全てを正確に打ち分けしているがゆえに、相手に読まれやすいサービスになっていた。技術レベルとしては低くはないが、あまりに明瞭な打ち分けを行っているため、中位者よりも高いレベルの相手と対戦したときに、サービスのコースを読まれ、リターンからプレッシャーをかけられる展開になりえる。よってサービスゲームのキープがとても困難になる可能性が高い。中位者にとって、高いレベ

ルでの試合経験を積むことは、種類を隠したり、コースを変えたり試行錯誤しなくてはならないので、技術を向上させるためには必須の経験であろう。

### 3-4-3 3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化の比較(下位者)

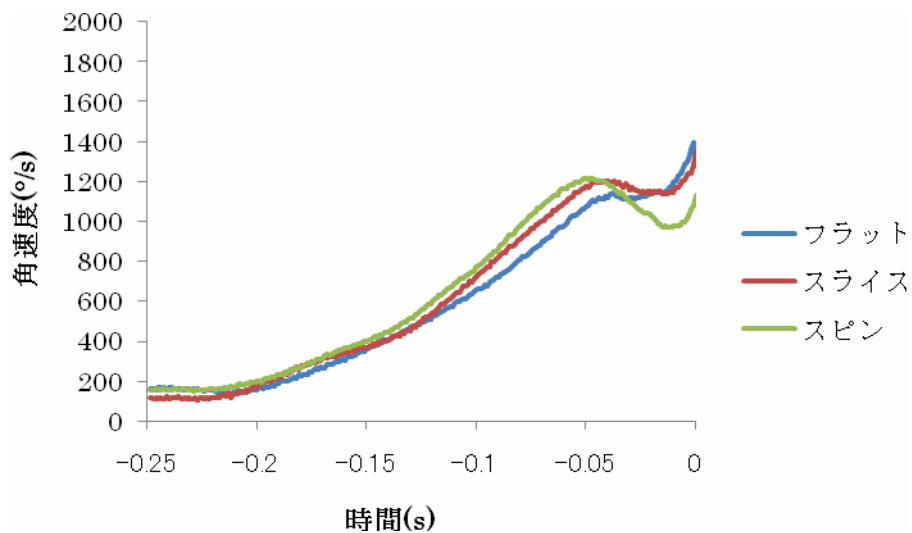


図 24 3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化(下位者)

3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の経時変化(下位者)を図24に示した。下位者で、最も $\omega_z$ の値を必要としたサービスは、フラットサービスであったが、どのサービスにも大きな経時変化は見られない。下位者に見られる傾向は、3種類のサービスにおける角速度( $\omega_z$ )、インパクト直前で、全ての角速度がほぼ同じ経時変化を記録していたことであった。また、インパクト直前の角速度( $\omega_z$ )はサービスタイプに依存せずほぼ一定 (f:1278°/s、s:1343°/s、sp:1134°/s)であった。どのサービスに対しても同じ程度の $\omega_z$ が記録されたことは、下位者がサービスにおいてラケットの回内運動にあまり変化をもたらせることができなかったと考える。サービスでは特にフラットサービスで最も高い数値を示すことが期待されたが、下位者では3種類ともにほぼ同等の値を記録していた。下位者に見られた傾向としては3種類のサーブにおける打ちわけが未発達であり、下位

者自身の気持ちの上でサービスを変化させているだけで、実際にはサービス種類別の変化をラケットワークに反映させるに至っていないと推測される。

#### 3-4-4 3種類のサービスにおける $\omega_z$ の角速度の比較(上位者・中位者・下位者)

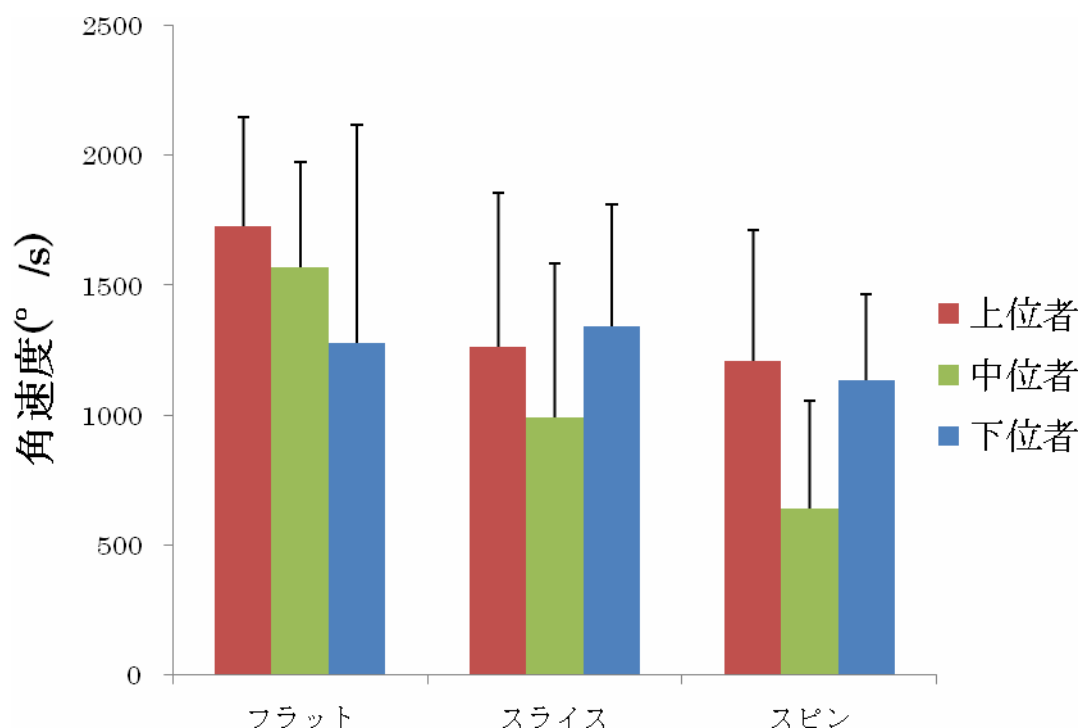


図 25 各サービスの競技レベルで比較した $\omega_z$

競技レベル別に比較した各サービスの $\omega_z$ を図 25 に示した。上位者と中位者では $\omega_z$ がフラット>スライス>スピンとなっていたが、下位者ではサービスの種類間に大きな差は見られなかった。全てのサービスをほぼ同じ $\omega_z$ の角速度で打つということは、ボールの変化に差が出にくいと考えられる。上位者と中位者に見られる、フラットサービス、スライスサービス、スピンスサービスの順の角速度の減少傾向も見られなかった。

### 3-4-5 各サービスの競技レベルで比較した $\theta$ の比較(上位者・中位者・下位者)

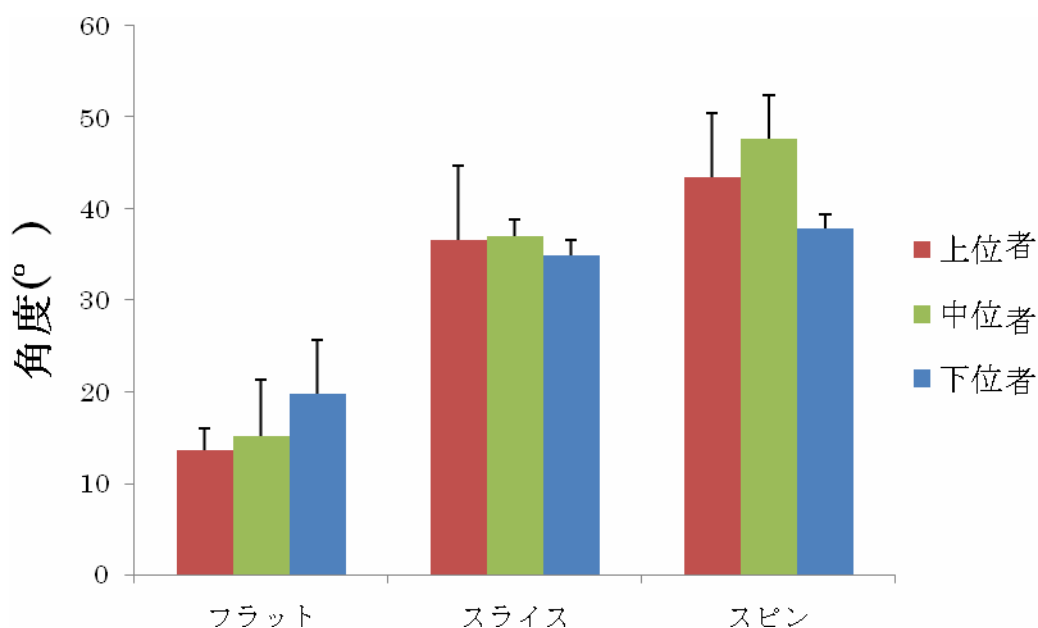


図 26 各サービスの競技レベルで比較した $\theta$

競技レベル別に比較した各サービスの $\theta$ を図 26 に示した。ここでは、ラケット面の角度が大きくなることを回外、小さくなることを回内と定義したとフラットサービスでは、下位群で最大値(19.7°)を記録した。スライスサービスではレベル間に差は見られなかった。スピンスサービスは下位群で最小値を記録した。他の 2 種類のサービスと比べ、より正対させて打球することが望まれるフラットサービスでは、下位者の技術レベルでは、より“フラット”に近づけることは簡単ではないことがいえるだろう。フラットサービスと同じ直進的なスイングを求められるスライスサービスでは、レベル間で差は見られなかった。このことから、下位者にとって最も容易に打球できるのはスライスサービスであってことが伺える。スピンスサービスでは、上位者よりも中位者のラケット面の角度がより回外位にあった。スピンスサービスでは回転が必要であることはいうまでもないが、上位者のレベルでは回転に加え、ボール速度も重要な役割を占めてくる。その為、中位者よりも回内した状態でのインパクトとなったのだろう。

### 3-5 Limitation

本研究においては、3種類のサービスにおける成功試技をプロ選手1名が判定した。より客観的な基準(例:フラットにおいて、ボールが直球として“まっすぐ”飛んでいたか、スライスにおいてバウンド後どこまで滑り曲線を描いていたか、スピンにおいて、バウンド後ボールがどこまで跳ねたか等)を設けるべきではなかったかを再考すべきだろう。判定基準は上記した通りだが、フラットにおいて上位者に見られた傾向として、ボールの打球速度が速い、バウンド後のボールの伸びがある、そしてより直球かどうかの違いがみられた。一方、下位者のフラットは上位者と比較してボールに勢いがなく、少しスライスの変化を持ち左に曲がりながら、バウンド後にボールが失速していた。スライスにおいて上位者では、ボールの打球速度が速い、バウンド後のボールの曲がり具合に勢いがあり、滑るようにレシーバーから離れていくという傾向であった。一方、下位者ではボール速度に勢いがなく、バウンド後のボールの曲がり具合に勢いがなく、緩い曲線を描いていた。そしてスピンでも、上位者は打球速度が速く、バウンド後のボール変化はレシーバーから離れていく方向に急激に跳ね上がった。一方、下位者ではボール速度に勢いがなく、バウンド後のボールに急激な変化はなかった。

しかしながら全被験者ともテニス歴5年以上の熟練者であったため、プロ選手の主観でありながらも、判定し難いサービスはみられなかった。下位者のサービスは上位者・中位者と比較して、サービスの種類間で回転の差は大きくなかった。しかし、差は確かに存在し、目視で判定できるほどの回転(f: バックスピン、s: 左右回転、sp: 斜め回転)は有していたことから、今回のプロ選手1名での判定は妥当であったと考える。

### 3-6 指導現場への応用・提言

指導の現場において、スライスサービスを打つ際、ボールの外側を撫でるように回外させて打つと指導されるが、実際には全てのサービスにおいて、回内しながらインパクトを迎えていた。実際にプロ選手に回内を意識してフラットサービスを打球するように指示したところ、インパクト時には大きく0°を超えた状態で打球し、ボールはT-ZONE

から大きく右にそれていった。回内状態は意識して行われているのではなく、無意識におこる現象であるために回外を意識した状態でインパクトを迎えることによって、「回内しすぎない」状態を作っているのではないだろうか。その為、インパクトでは最も回内状態でインパクトを迎えているフラットサービスで14°(回外位)が記録され、どのサービスにおいても回内位とならなかった。現場での指導において、指導者に本研究の知識は必要ではあるが、選手に伝える言葉を間違えると、全く別のサービスを生み出してしまう可能性もあるために、動作を伝えるときには十分注意しなくてはならない。例えば「手首を返して打つ」、「ボールに対して回内しながら打つ」など、直接的に回内動作を意識させる言葉は、スムーズな腕の振りや、手首の動作を抑制してしまいボール速度の低下や、不自然な腕の使い方による障害がおこる可能性も考えられる。具体的な言葉として、「手首のスナップを利かせて打つ」や「腕を振り切る」など、イメージが湧きやすく直接的に長軸回りの動きを意識させない言葉は、スムーズな動作を導く可能性があるだろう。

### 3-7 今後の課題

今回の実験で上位者と下位者の間には明らかなキレに違いがみられたが、上位者と中位者の間には目立った差は感じられなかった。中位者の中には、上位者を上回る勢いのあるサービスを打球する選手や、ある種類のサービスでは、上位者よりもキレのある選手など様々であった。今回は被験者の戦績から総合的にランキングを設けたが、サービスのみでランキングを判断した場合では、ランキングに変動があり、上位者に食い込む中位者が存在する可能性もあるだろう。テニスは総合的なスポーツで、サービスが良ければそれだけで試合に勝利できるというものではなく、ストローク、ボレー、スマッシュ、レシーブ、リカバリー能力、メンタル等様々な可能性や技術を駆使し、どれか一つでも欠ける場合は、弱点として対戦相手に付け入られる。その為に、試合に勝利するために中位者に足りない部分は、多々あるだろう。

今回はラケットの角速度や経時変化をみる実験であったが、選手のサービスのキレの違いを判断するためにボールの打球速度、バウンド後の打球角度の方向の判定基準を設けることが今後の研究課題としてあげられる。

#### 4 章 結論

1. フラットサービスでは  $\omega_x$  と  $\omega_z$  で大きな角速度の値を記録した。 $0^\circ$ でインパクトを迎えることを理想としているフラットサービスだが、実際にはインパクトは回外位( $14^\circ$ )で迎えていた。
2. 3種類のサービスの差は  $\omega_x$  と  $\omega_y$  の割合、いわゆるインパクト時におけるラケット面の移動方向の差に現れた。
3. フラットサービスとスライスサービスの時系列変化パターンは類似していた。ボールに対して直進的にスイングするフラットとスライスとは異なり、右斜め  $45^\circ$  前方方向にスイングアップするスピンでは、 $\omega_y$  の角速度が上昇したままインパクトを迎えていた。スピンサービスでは、ラケットを回外させつつボールを打撃することによってボールへの回転を与えるのではなく、ラケット面を斜め方向へスイングすることにより擦り上げるように回転を与えていた。
4. ラケットを正対させて打球するように指導されているフラットも、回外して打球するように指導されているスライス、スピンでも、実際は回内の角速度を持ってインパクトを迎えていた。

## 参考文献

梅垣 浩二, 水谷好孝(1996), テニスのサービスにおけるラケット速度や角速度の内訳 : フラット, スライス, スピンの比較, 日本体育学会大会号 (47) pp.376

Chow JW, Carlton LG, Lim YT, Chae WS, Shim JH, Kuenster AF, Kokubun K.(2003), Comparing the pre- and post-impact ball and racquet kinematics of elite tennis players' first and second serves: a preliminary study. J Sports Sci. Jul;21(7):529-37.

松枝 禮 , 齊藤 靖(2004), テニスにおけるオープンスタンス バックハンドストロークの分析とその指導法の研究. テニスの科学 (12) pp.80～87

Endo Mana(2006), The effectiveness of the training for the rear leg technique in tennis ground stroke, Research of physical education 51(6), 801-815

C-C Chaiang, Y-H Nien, J-Y Chiang and T-Y Shiang.(2007) , KINEMATIC ANALYSIS OF UPPER EXTREMITY IN TENNIS FLAT AND TOPSPIN SERVE

Takahashi Hiroo, Maeda Akira , Nishizono Hidetsugu , Kurata Hiroshi. (2006), The importance of scores for game-winning in tennis. Research of physical education 51(1), 61-69, 20060110

Behm David(2007). A kinesiological analysis of the tennis service. ストレングス&コンディショニング 14(9) (125) pp.3～12

渡辺 完児(2007) ショートテニス用ラケットとボールを用いた 30 分間グランドスト  
ロークラリー中の運動強度--熟練群と初心者の比較  
教育医学 52(4), (246) 259～266

山口 立雄 (2009) 大学一般体育のテニス授業受講学生のスキル向上について. 岡山大学大学院教育学研究科研究集録, 140 pp. 119-122. ISSN 1883-2423

近田 彰治 桜井 伸二 清水 卓也(2009).  
テニスサーブのバックスイング期における肩複合体の運動--電磁ゴニオメーターを用いた予備的研究 中京大学体育研究所紀要 (23) pp.49～55 2009 中京大学体育研究所

阿部宏和(2010) テニスクラシック・ブレーク 2月号 14 p～26 p 日本文化出版(東京)

## 謝辞

本研究は早稲田大学スポーツ科学学術院、矢内利政教授のもとに行われました。本論文を作成するにあたり、矢内利政教授には、ご多忙の中、研究の内容のみならずトレーニングの事や身体の使い方まで、大変親身になってご指導いただきました。また、川上泰雄教授をはじめ、川上研究室の宮本直和助手には実験を手伝っていただき、本当に多くのアドバイスを頂きました。そして、土屋純教授にはころよく副査を引き受けていただきました。皆様に心から感謝いたします。

本研究を書き上げるにあたり、後輩の城所収二氏には本当にお世話になりました。類まれなグラフィックセンスには、幾度となく驚かされ、感動させられました。感謝しています。

修士課程2年生の、桂田勝氏、橋詰賢氏、福谷充輝氏、茂木康嘉氏という心強い優秀な仲間がいたからこそ、ここまで頑張れました。プロテニス選手として活動する傍ら、大学院に進学したため、試合等であまり研究室内部に入りきることができなかったことが残念ですが、そんな私を温かく迎えて下さった、矢内研究室、川上研究室の皆様には本当に感謝しています。嬉しかったです。

最後に、家族の中でも、問題児の私を、温かく見守ってくれた両親、兄弟に感謝します。ありがとうございました。