

電磁気式位置角度センサーを用いた卓球における サービス中のラケット運動の3次元分析

Three dimensional analysis of racket
displacement during table tennis service.

蛭田 秀一* 島岡 みどり* 古川 一憲**
吉田 和人*** 竹内 敏子**** 油座 信男*****

Shuichi HIRUTA *, Midori SHIMAOKA *, Kazunori FURUKAWA **
Kazuto YOSHIDA ***, Toshiko TAKEUCHI ****, Nobuo YUZA *****

Racket displacement during service in table tennis was investigated. An electromagnetic motion sensor was used to record Cartesian coordinates (X,Y,Z) and orientation angles (azimuth, elevation, roll) of center of racket during back-spin service performed by the Japanese women's champion of 1992. Mean horizontal and vertical distance of center of racket from the table edge is 37.3cm and 29.6cm at the time of ball impact, respectively. Mean angle of elevation of racket at the time of ball impact is 45 degrees. The results of this analysis provide useful information for the objective evaluation of racket manipulation during table tennis service.

はじめに

今までに、卓球における動作分析として、2次元分析^{4,5,6,7,8,10}や3次元分析^{1,2,9}が行なわれてきた。特に最近では、コンピュータやビデオシステムなどの分析機器の発達やDTL法³に代表される分析方法の開発によって、空間的に複雑な運動を分析できる3次元分析が主流となっている。従来の3次元分析は、分析対象を複数のカメラで光学的に捉え、各カメラからの2次元座標を合成して3次元座標を求める方法

が一般的であった。そのため、カメラ設置のための比較的広いスペースと2次元座標の3次元化のための手間と時間を必要とし、日常的な練習現場での即時的な解析結果の提示は困難であった。本研究は、卓球のサービス中のラケット運動を分析対象にし、磁気変換技術を応用した位置角度センサーを用いることにより、従来の方法に比較して簡便にラケットの3次元座標や角度データの取り込みと分析結果の提示を行うことを目的とした。

* 名古屋大学総合保健体育科学センター

** 豊田中央研究所

*** 静岡大学教養部

**** 中京大学

***** 中京女子大学

* Research Center of Health, Physical Fitness and sports, Nagoya University

** Toyota Central Research and Development Laboratories

*** Shizuoka University

**** Chukyo University

***** Chukyo Women's University

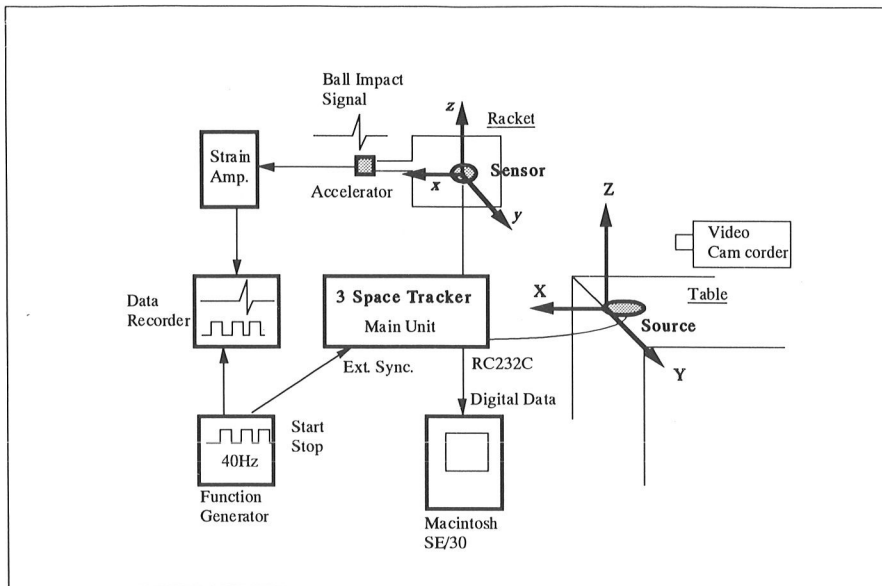


Fig 1. Diagram of experiment.

方 法

被検者：1992年全日本卓球選手権女子シングルス第1位になった右利き、シェイクハンドグリップの28才の選手に、ナックルサービス2本とバックspinサービス2本の計4本を1セットとして、3セットを実施させた。セット間には機器のリセットのために約3分の中断を置いた。分析対象は、バックspinサービスのみとした。

装置：ラケット運動の3次元分析のために、磁気変換技術を応用した3次元位置・角度データ取り込み装置（3SPACE TRACKER、米Polhemus社製）を用いた。この装置は、メインユニット（29.5×31.8×12.7cm、3.2kg）とそこからケーブルで繋がれたソース（6.1×3.6×3.6cm、99g）及びセンサー（2.3×2.8×1.5cm、23g）から構成されている。この装置は、ソースが磁界を発生させ、センサーがその磁界を計測することによって、ソースの設置位置および設置方向を基準としたセンサーの3次元位置データ（X、Y、Z座標）と角度データ（オイ

ラー角；アジマス、エレベーション、ロール）をリアルタイムに検出し、それをコンピューターに転送することができる。

実験設定（図1参照）：サービス中のラケットの3次元位置・角度データを得るために、国際規格サイズの卓球台の天板裏面にソースを、ラケットの裏面中央部にセンサーをそれぞれ貼り付けた。また、ラケットのグリップエンドには、ボールとの接触時点を検出するために加速度計を貼り付けた。データのサンプリングは、ファンクションジェネレーターから40Hzの矩形波を3SPACE TRACKERのメインユニットに送出することによって開始し、矩形波の送出停止によって終了させた。データサンプリングレートは40回/秒とした。

分析：計6回のバックspinサービス中に得られたラケットの座標データおよび角度データを、加速時計によって検出された打球時点を揃えて重ね合わせ平均化した。分析のための原点は、卓球台のエンドラインの midpoint とし、エンドラインに垂直な水平方向をX軸（ネットから離れる方向がプラス方向）、エンドライン及びそ

結 果

の延長線上をY軸（ネットに正対して右の水平方向がプラス方向）、原点を通る鉛直線をZ軸（上方がプラス方向）とした。得られた3次元座標値を市販のグラフ作成ソフトウェア（DeltaGraph Professional, DeltaPoint 社製）で処理し、3次元グラフを作成した。

図2の6本の細い曲線は、それぞれ6回のバックスピサービス中のラケットのX座標の時間変化（打球前1秒から打球後0.5秒まで）を示したものである。図中の太実線はそれらの平均線を示している。同様に、図3、図4はそれぞれY座標、Z座標の時間変化を示している。

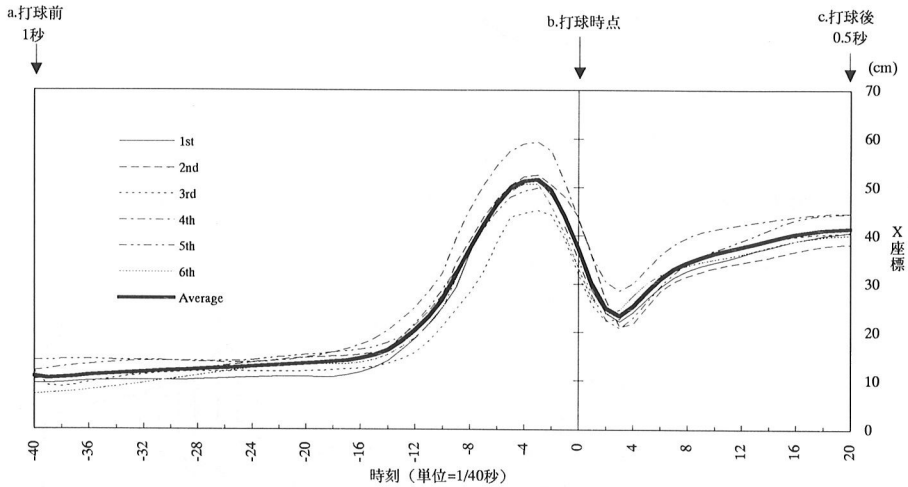


Fig 2. Displacement (x-coordinate) of center of racket during backspin service.

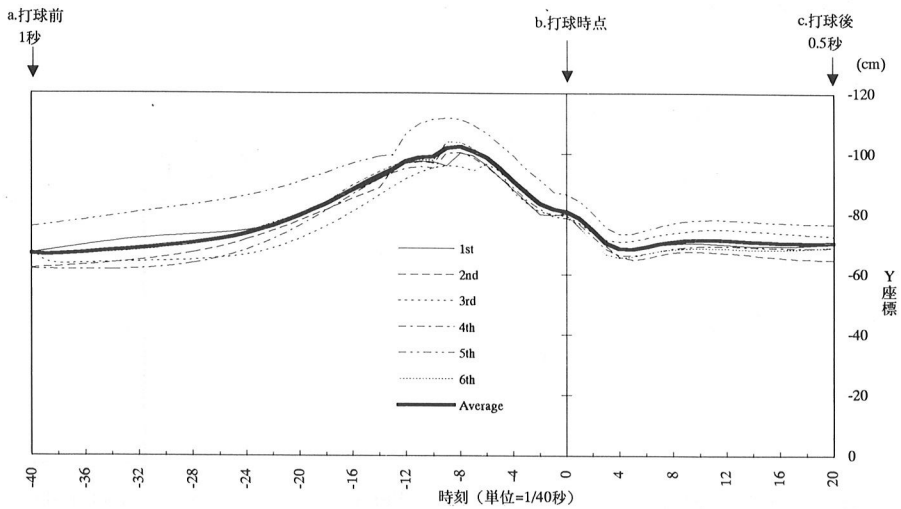


Fig 3. Displacement (y-coordinate) of center of racket during backspin service.

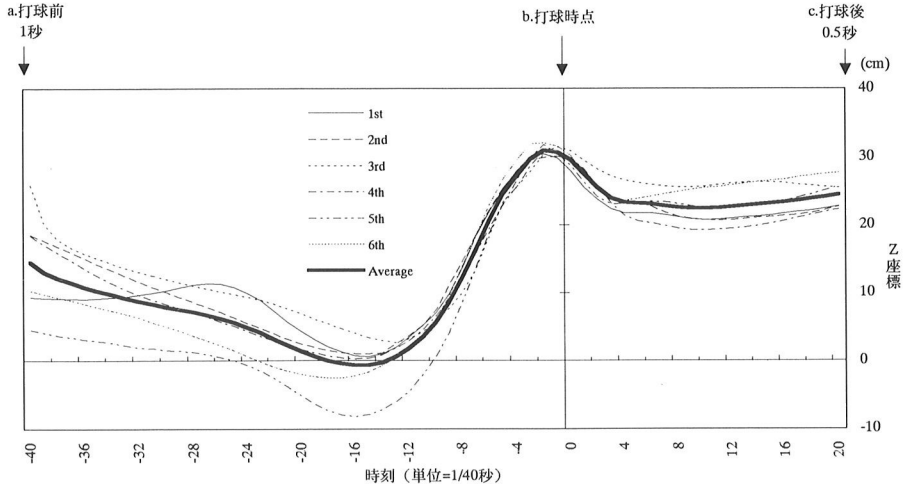


Fig 4. Displacement (z-coordinate) of center of racket during backspin service.

時刻 = 0 はラケットの打球時点を示している。平均線について、打球時の X、Y、Z 座標はそれぞれ、37.3cm、-80.9cm、29.6cmであった。

図5は、図2～4の平均線の座標値をもとに、3次元グラフ作成ソフトウェアを用いて、サービス中のラケット中央部の軌跡を3次的に示したものである（打球1秒前から打球後0.5秒まで）。図中のラケットの模式図は、位置データと同時に得られる角度データ（オイラー角）から各座標軸の方向余弦を求め、打球時点のラケットの状態を描画し軌跡に重ねたものである。

図6～8は、図5の視点を変化させることによって、それぞれ図5の上面図、後面図、側面図を示したものである。平均線について打球時のラケット面の仰角は45度であった。

考 察

3次元分析は、理論的には最低2台のカメラが別方向からそれぞれ対象物の2次元の座標変化を捉えれば可能となる。この場合、コンピュータシステムと組み合わせることにより、リアルタイムで3次元座標を得ることができる。しかし、卓球の実戦における各種打法についての動作分析のように、対象の動きが複雑になってく

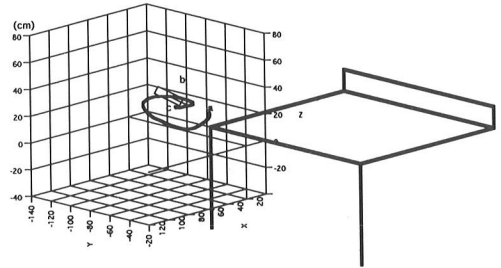


Fig 5. Trace of center of racket during backspin service.

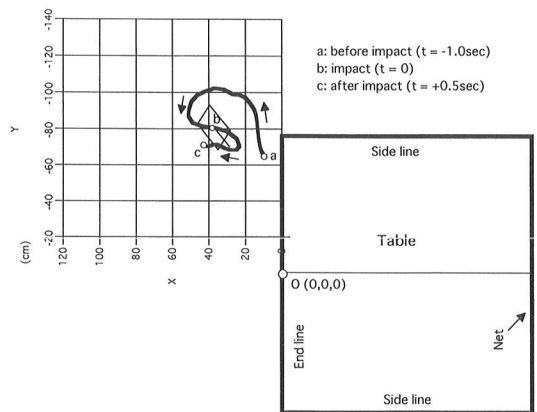


Fig 6. Trace of center of racket during backspin service (top view).

卓球ラケットの運動の3次元分析

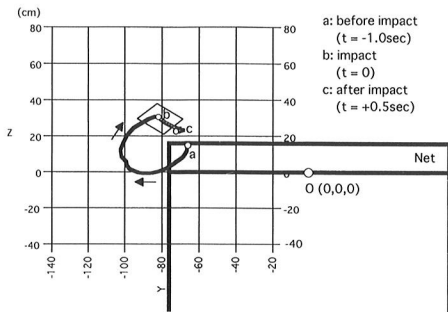


Fig 7. Trace of center of racket during backspin service (back view).

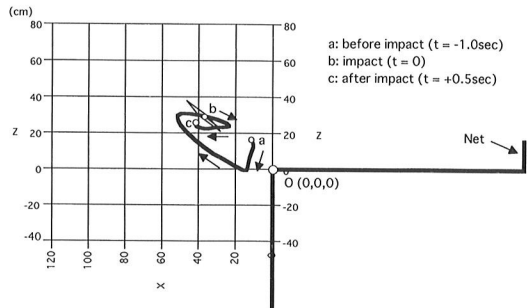


Fig 8. Trace of center of racket during backspin service (side view).

ると、対象点が見えなくなる場合に備えて3台以上のカメラが必要となり、リアルタイムでの3次元座標も困難となる。一方、本研究で用いた3次元位置・角度データ取り込み装置(3SPACE TRACKER)は、対象物に小さく軽いセンサーを1個固定するだけで、対象物が外部から見えなくても3次元座標と角度データがリアルタイムで得られる。したがって、今後これを高速なグラフィックコンピュータと組み合わせることによって、図5～8のような多視点からの画像をリアルタイムで見ることが可能になり、複雑な運動に対する理解がさらに深められることが期待される。

本研究で用いたシステムによって、卓球の練習現場で本研究の結果のようなラケットの位置・角度情報を即座に得られるようになれば、サービス中のラケット操作の客観的評価に役立つだろう。しかし、その一方で、ラリー全般に応用を拡大するには、いくつかの改善点がある。すなわち、測定可能な範囲の拡大(現在はソースから約150cmの範囲)、サンプリングの高速化(現在は最大60Hz)、無線化(現在は有線)等である。

文 献

- 1) 飯本雄二他：卓球の基本動作およびメンタルトレーニングⅠ 各種打法の3次元動作分析(その1) : 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. II 競技種目別競技力向上に関する研究第11報 : 43-49, 1987
- 2) 飯本雄二他：卓球・左右フットワーク時のスウィング動作局面における身体移動および方向変化についての一考察 : 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. II 競技種目別競技力向上に関する研究第8報 : 155-160, 1985
- 3) 池上康男：写真撮影による運動の3次元解析法 : Japanese Journal of sports sciences 2, 1983
- 4) 葛西順一：卓球—フォアハンドスマッシュに関する研究 (I) —球速及び正確性について— : 早稲田大学体育研究紀要14, 25-33, 1982
- 5) 葛西順一他：卓球各種打法に関する研究 (I) —球速及び正確性について— : 早稲田大学体育研究紀要 15 : 57-62, 1983
- 6) 高島規郎他：卓球のフォアハンドにおけるラケットスウィングの分析 : 第33回日本体育学会大会号 : 701, 1982
- 7) 塚原政義他：卓球の各種飛球速度について : 体育学研究 IX-1 : p59, 1962
- 8) 牛山幸彦：硬式球とラージボールでのラケットの運動の相異について : 平成3年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. II 競技種目別競技力向上に関する研究第15報, 140-141, 1992
- 9) 吉田和人他：卓球のバックハンドによるショートカット打法の回転調節方法 : 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. II 競技種目別競技力向上に関する研究第11報 : 49-55, 1987
- 10) 油座信男他：戦型別一流卓球選手の試合分析—その時間的・空間的特性と生体負担度—, Japanese journal of sports science 1: 502-511, 1982

(1993年12月17日受付)

