

# バレーボールのスパイク動作における上肢の3次元動作分析 ～クロススパイクを速く打つための前腕の動きに着目して～

発表者 美馬 翔太  
指導教員 富樫 泰一

キーワード： バレーボール、スパイク動作、前腕、ボール速度、スイング速度、3次元動作分析

## 1. 研究目的

バレーボールにおいてスパイクは勝敗に密接に関連している。一流男子選手のスパイクの打球速度（以下球速）は 27m/s に達し、単純計算では、ネットからバックラインまでを 0.3 秒でボールが飛び去ることになる。このことから、増村ら<sup>3)</sup>は男子の場合、全力で打撃されたボールに対しては反射的に手を出すのみで、移動してレシーブすることは不可能に近く、強く打撃することが得点するために効果的であるとしている。

先行研究<sup>1) 2) 3)</sup>により、体幹の回旋速度、肩関節屈曲速度、それぞれがスイング速度増加に貢献し、球速増加につながっていることは明らかになっているため、スパイク動作の最終局面でボールと接触する前腕部の運動に着目することとした。

そこで本研究は、強さの尺度を球速の大きさと定義し、試合で多用するクロススパイクについて、スイング速度（手関節中心速度）、インパクト時の手関節の角度（掌屈・背屈・橈屈・尺屈・回内・回外）、インパクト前後のスイング速度の差が球速に及ぼす影響について、分析・考察し、バレーボールの練習・指導の資料を得ることを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2-1 研究対象

被験者は、大学男子バレーボール部に所属している右利きスパイク10名とした。表1に被験者の身体的特徴を示した。

表1：被験者の身体的特徴

n(人)	年齢(歳)	身長(m)	体重(kg)	競技歴(年)
10	20.5±2.5	176.5±6.5	71.0±7.0	8.5±1.5

### 2-2 撮影方法及び撮影試技

撮影は茨城大学体育館を用いた。2台のハイスピードカメラ（CASIO 製 EX-F1）を被験者の右後方と右前方に設置し、各試技を撮影した。尚、フレームレートは 300 フレーム/秒とし、シャッタースピードは 1/1000 秒とした。試技に先立ち、3次元 DLT 法適用のため、較正器を撮影範囲 9 か所に垂直になるように保持しながら撮影し、その後各試技を撮影した。

分析点は、右肩峰、肘関節中心、前腕部マーカー両端、手関節中心、手背部マーカー両端、ボールの 8 点とし、前腕部と手背部には自作マーカーを装着した。

試技スパイクは、バレーボールコートのレフトポジションから反対コート右奥（2m×2m：以下コート右奥）に打つクロススパイクとした。トスはオープントスで、セッター（トスを上げる人）の手からボールが放たれて 1.2 秒後にスパイクが打つこととした。トス後 1.2 秒で打てなかった試技、コート右奥に入らなかった試技、被験者が納得できなかった試技は失敗試技とし、成功試技が被験

者 1 人あたり 3 試技得られるまで行った。

### 2-3 座標定義

実験座標系は右手系を用い、被験者の左後方の下端点（左サイドラインから左に 50cm、センターラインより自コート方向に 150cm）を原点とし、鉛直上向を Z 軸正、サイドラインに平行且つ床と同一平面上で相手コート方向を Y 軸正、Y 軸と直角で右サイドライン方向を X 軸正とした（図1）。

### 2-4 分析方法

撮影映像を Quick Time Player（Apple 社製）で、AVI 形式に変換後 MV-Free（フィジカルソフト社製）を用い、分析点 8 点のデジタイズを行った。その後 2 台のカメラの較正器及び試技のデジタイズデータから DLT34（3次元 DLT 法：作者：富樫泰一）を用いて、3次元座標を算出した。算出したデータを基にスイング速度、インパクト時の手関節角度、インパクト前後のスイング速度の差を求め、各項目と球速との関係について、球速が平均より速い群と遅い群に分けた。なお、各選手のスパイク動作のうち、ボール速度が最も大きかった試技を分析対象とした。

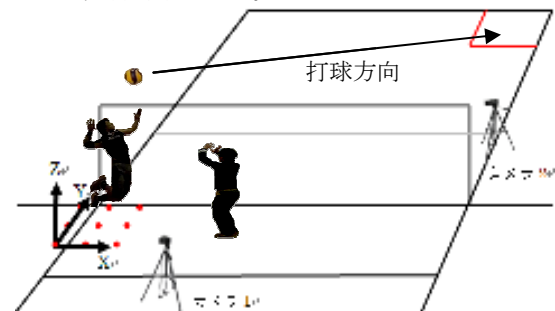


図1：実験概略図

### 2-5 算出項目

インパクト直後のボール初速度は、インパクト後 3 コマ目から 7 コマ目までの 5 コマのボール変位から平滑化微分法を用いて算出した。また、インパクト前後、インパクト時のスイング速度も同様にして求めた。肘関節の空間角度変位は、ベクトルの内積を利用して算出した。

解剖学的手関節角度は、自作ソフトを用いて、橈屈尺屈、掌屈背屈、回内回外の各軸周りの回転量を算出した。解剖学的角速度は、算出された解剖学的手関節角度変位から平滑化微分法を用いて求めた。

母平均の差の検定には、独立した 2 標本を対象とする t 検定（両側）を用いた。各分析項目内において、ピアソンの積率相関係数を求めた。

## 3. 結果と考察

### 3-1 インパクト時のスイング速度

インパクト時のスイング速度とボール初速度（以下球速）との間に正の相関（ $p < 0.05$ ）が認められたが、速い群と遅い群とでは有意差が認められ

なかった ( $p>0.05$ )。これは、スイング速度が大きいにもかかわらず、ミート(ボールを捉えること)がうまくいかなかったため、ボールに力がうまく伝わらず、球速に反映されなかった被験者がいたと考えられた。

### 3-2 解剖学的手関節角度、解剖学的手関節角速度

橈屈・尺屈角度と球速との間に有意な相関は認められなかった ( $p>0.05$ )。しかし、球速が大きかった被験者は、分析範囲内では尺屈しており、橈屈していた被験者は、球速の下位に属していることがわかった。また、橈屈・尺屈角速度は、球速との間に有意な正の相関傾向が認められ ( $p<0.1$ )、球速が速い群と遅い群とで有意差が認められた ( $p<0.05$ )。

掌屈・背屈角度と球速との間に有意な相関は認められなかった。掌屈角度が大きくなっている被験者が1名いたが、球速の速い群には属していなかった。このことから、インパクト時に掌屈角度を大きくする(スナップを利かせる)ことは、球速を大きくすることにはつながらなかった。また、これは掌屈角速度において、球速との有意な相関が認められなかったことからわかった。

回内・回外角度と球速との間に有意な相関は認められなかったが、図2を見ると、ほとんどの被験者は、インパクト時に回内角度が小さくなることから、自分の右側方からくるボールをしっかりと捉えるために無意識に少し回外すると考えられた。また、インパクト時に回内角度が増加している被験者がいるが、これはクロススパイク(図1)を打つためにボールの左側を捉えた結果だと考えられた。この被験者はどれも球速が下位のため、インパクト時の回内は、球速の増加には影響しないと考えられた。これは、回内・回外角速度と球速との間に負の相関が認められたことからわかった。

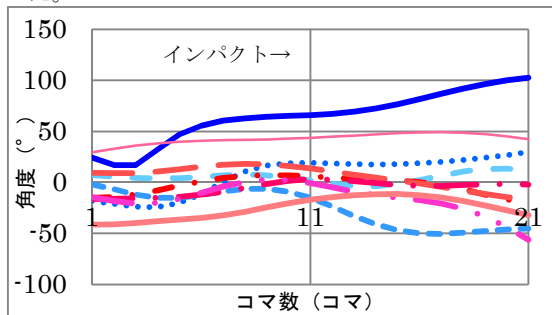


図2：手関節回内・回外角度変位

### 3-3 肘関節の空間角度変位

インパクト時の肘関節空間角度と球速との間に有意な相関は見られなかった ( $p>0.05$ )。また、2群間で、インパクト時の肘関節の空間角度に有意差が認められなかった ( $p>0.05$ )。

スイングを速くする、あるいは球速増加のための肘関節角度の最適値は得られなかったため、これらの検討は今後の課題である。また、被験者のほとんどは、インパクト後に最大角度を迎えるが、減少する傾向にあった(図3)。これは、上腕の内旋により、肘関節が伸びきらないまま、フォロースルーを迎えたと推測ができ、内旋量の大きさが

球速増加に影響を及ぼしている可能性が示唆された。しかし、今回は分析対象外であったため、内・外旋量との関連については今後の課題である。

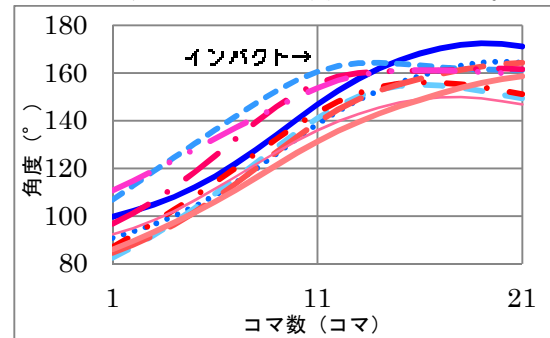


図3：肘関節空間角度変位

### 3-4 インパクト前後のスイング速度とその差

インパクト前スイング速度は、球速との間に有意な正の相関 ( $p<0.01$ ) があった。また、インパクト前後のスイング速度の差においても、球速との間に高い相関 ( $p<0.05$ ) が認められたが、インパクト後のスイング速度に関しては、球速と相関が認められなかった。

3-1の結果から、スイング速度において、球速に影響するのはインパクト前、インパクト時だと考えられた。インパクト前後の差が大きいくほど、球速が大きくなるということは、インパクト前のスイング速度を効率よくボールに伝えられれば、球速は増加すると考えられた。これは、インパクト前のスイング速度を生み出す運動エネルギーが、インパクト時にボールへ伝達されることにより、前腕の運動エネルギーが減少するため、インパクト後はスイング速度が小さくなると考えられた。

## 4. まとめ

- 1) インパクト前からインパクト時までのスイングを速くすること、そして、その運動エネルギーをインパクト時に手からボールへ、効率よく伝達することが球速の増加に重要であった。
- 2) インパクト時に尺屈角速度を大きくすること、回内角速度を小さくすることが球速の増加につながり、また、ボールをしっかりと捉えることも重要だと推察できた。また、スナップを利かせたインパクトは、球速に影響しないことがわかった。
- 3) インパクト時の肘関節角度は球速に影響しなかった。今後はスイング動作における、上腕の内・外旋量を分析する必要性が出てきた。

## 5. 参考文献

- 1) 和田尚、阿江通良、遠藤俊郎、田中幹保(2003)：バレーボールのスパイク動作における体幹のひねりに関するバイオメカニクスの研究. バレーボール研究, 5(1)：1-5
- 2) 小野塚徹、高橋宏文、横沢民男、宮口宏(2008)：スパイク動作に関する一考察 - より強いスパイクを打つための動作について - . バレーボール研究, 10(1)：14-19
- 3) 増村雅尚、Walter Quispe Marquez、阿江通良(2007)：スイング速度の異なるバレーボール選手のスパイク動作に関する研究. スポーツ方法学研究, 20(1)：85-97