

## バレーボールにおけるアタッカーが打ちやすいトス技術に関する研究

西 博史<sup>1)</sup> 吉田康成<sup>2)</sup> 福田 隆<sup>3)</sup> 遠藤俊郎<sup>4)</sup> 橋原孝博<sup>5)</sup>

## A study on the set technique that is easy for attackers in volleyball

Hirofumi Nishi<sup>1)</sup>, Yasunari Yoshida<sup>2)</sup>, Takashi Fukuda<sup>3)</sup>, Toshiro Endo<sup>4)</sup> and Yoshihiro Hashihara<sup>5)</sup>

## Abstract

The motions of elite female setters in the world who are setting in official games were recorded on video by three VTR cameras, and three-dimensional motion analysis was conducted. In this study, the setting technique to set to the accurate position that was easy for attackers to spike was focused on. The movement to the level point of the received ball and the ball-handling motion which were important to succeed the set were analyzed. That is because carrying on these motional processes in success becomes the accurately set to the accurate position. In order to arrange and investigate quantitatively the set position and direction which are played at various positions on the court, the operation programs of the various measurement items made by myself were created, and the data was analyzed. By extracting the motion which is inherent in common or overall pattern from motions of analyzed elite setters and explaining it biomechanically, the technique characteristics to set to the accurate position was clarified. The results were as follows. The analysis attempts were the setting motions to set to the accurate position and direction. In movement to the level point of the received ball, the center of gravity became the lowest from the time of the highest value of the received ball at an average of  $24 \pm 6\%$  of the time, and it was jumped toward the position which caught the ball. In ball-handling motion, the posture was prepared before impact, right and left hand were mostly drawn for both hands in front of forehead. Both arms were extended to the set direction symmetrically, and the ball was released. These knowledge is the motional processes (technique) which may be generalized to the others and which can be metastasized, and these are considered to contribute valuable scientific data at the time of mastering setting technique in sports instruction.

Key words: setting technique, ball-handling, movement to the level point

トス技術, ハンドリング動作, 落下点への移動

## I. 緒言

## 1. 研究の背景

現在一流と呼ばれている選手の多くは、身体的能力の高さのみで競技力を発揮しているのではなく、運動課題を合理的（合目的・経済的）な仕方でも運動遂行すること、すなわち運動技術との兼ね合いで運動成果を達成している（橋原ほか, 1988）。しかし一流選手の動作は、一流選手個人が使用することで運動成果を発

揮できる個人技法であり、その動作には個人の身体的特徴にあった動きや癖が含まれており、一流選手の動作をそのまま他者が真似ても効果はない（金子, 1974；佐藤, 1992；多和, 1972）。指導に際しては、各選手固有の動作の中から運動課題を解決する方法が他の実施者へ一般化されうる転移可能なものの存在を明らかにする必要がある（金子, 1974；佐藤, 1992）。

これまでバレーボールをはじめ全ての運動技術は、一流選手の動作をとらえ、それを理論的に理解して改

- 
- 1) 広島大学総合科学研究科  
Doctoral Program, Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University
  - 2) 四天王寺大学教育学部  
Faculty of Education, Shitennoji University
  - 3) 愛媛大学教育学研究科  
Graduate School of Education, Ehime University
  - 4) 大東文化大学スポーツ・健康科学研究科  
Graduate School of Sports and Health Science, Daito Bunka University
  - 5) 広島大学総合科学研究科  
Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

良を加えたり、あるいは独自のアイデアをもとに選手とコーチの試行錯誤の繰り返しなどにより開発されてきた(マイネル, 1981)。そして一流選手は、基礎的な技術はもとより応用技術に至るまで合理的な技術を身につけ、競技の場で発揮できるようトレーニングに励んでいるので、競技中の一流選手の動作を分析すれば運動技術を明らかにするための資料が得られると考えられる。

バレーボールにおけるセッターは、ゲームの流れを読みながらトスを上げて攻撃を組み立てる司令塔の役割をするポジションであり、チームの要として勝利に貢献する存在である。セリンジャー(1988)は、「平凡なセッターの下ではよいスパイカーも強いチームも作ることはできない。しかし平凡なスパイカーしかいなくても、よいセッターは強いチームを作ることが出来る。」と述べている。従ってセッターはバレーボールにおいて養成しなければならない最も重要なポジションの一つとして位置づけられる。

アタッカーが打ち易いトス技術はバレーボールにおいて用いられるトス、例えばクイックや時間差攻撃などのコンビネーション攻撃のトス、オープン攻撃のトス、二段攻撃のトスなどに共通に内在する動きであり、松田(1981)の「基本の運動の捉え方」に従えば、トスにおける基礎技術の一つとみなすことができる。それ故、アタッカーが打ち易いトス技術は、実践場面においてトス技術を身に付ける際、最も重要なポイントの一つとして指摘され(セリンジャー, 1988; 豊田, 1979)、これまでに報告されてきたトスに関する研究においても重要な研究課題の一つとなっている。

トスに関する先行研究は、大学生選手を被験者にした実験室的方法(橋原・佐賀野, 2004; 宮内・高橋, 2007; 小野ほか, 2002; Ridway M. and Wilkerson J., 1987; 高橋ほか, 2002; 横矢ほか, 2010a, 2010b)による研究が多く、競技中の一流選手を対象としてトス動作の分析をした研究(西ほか, 2012)は少ない。フィールド実験的方法により得られた知見は、実践の場から得られたものであるから、実験室的方法のように数多くの検証実験を積み重ねる必要が無く、一般に還元できるもの(橋原ほか, 1988)であるが、競技中のセッターの運動成果を定量化することが難しく、運動成果を生み出す原因となるトス技術そのものについては明確にされているとは言えない。

## 2. 本研究の目的とその取り組み方

本研究の目的は、正確な位置に上げるためのトスを

中心に、アタッカーが打ち易いトス技術の技術特性を明らかにすることである。

エースアタッカーは、熟練者レベルのチームでも初心者レベルのチームにおいても攻撃の中心である。複数のアタッカーが同時に攻撃を仕掛けるコンビネーション攻撃の中でも打撃回数が多く、ゲームの競り合いの場面では、チームの勝敗を託してトスを上げる存在である。その場合は相手チームのマークがついていることを承知の上でトスを上げている。従ってセッターのトスワークにおいては、エースアタッカーへ上げるトスは相手ブロッカーをかわそうとする巧みなトスではなく、エースアタッカーが打撃技能を発揮できる打ち易いトスを上げることが重要である。従って本研究では、競技中のエースアタッカーへ上げられているトス試技を分析対象としてアタッカーが打ち易いトス技術の究明をする。

本研究で分析した試技は、公式試合におけるトス動作であり、トスを上げた地点や移動方向が各選手とも違っている。したがって本研究の場合、3次元DLT法により得られた身体各部位の力学データを全てのトス試技について分析検討するためには、各選手のトス運動面を統一する必要がある。そこで本研究では、原点をレフトサイドラインとセンターラインの交点から各トス動作の地点へ移動させ、トス動作開始地点から終了地点へ向かう水平ベクトルがネットとなす角度をもとに座標軸を回転させることにより、分析対象とした各トス動作の前後、左右、そして上下方向の動作を揃えて運動面を統一する。

運動技術の定立に関して、多和(1972)は、「運動動作の中から、運動技術を発見するためには、力学的・生理学的・解剖学的・形態学的な原理原則に適合するものの存在を確認しなければならない」と述べている。本研究では、運動技術を身につけていて、それが発揮されていると考えられる一流選手の競技中のトス動作を動作分析し、全被験者の全ての動作試技に共通に内在する動きあるいは全体的傾向をバイオメカニクス的に説明することにより、合目的・合理的な運動過程の技術特性を明らかにする。

## II. 研究方法

### 1. 撮影方法

#### 1) 撮影対象

平成23年11月11~13日に岡山県総合グラウンド体育館で開催されたバレーボール女子ワールドカップ

2011岡山大会のアメリカ対アルゼンチン、ドイツ対ドミニカ、アメリカ対アルジェリア、アメリカ対ドミニカ戦および平成23年12月10日に岡山県総合グラウンド体育館で開催されたバレーボール女子Vプレミアリーグ2011のJTマーヴェラス対岡山シーガルズ戦における女子一流選手の試合を撮影対象とした。

## 2) 撮影

3台のカメラのうち1台はエンドライン観覧席後方の2階通路に、残りの2台は味方コートと相手コートサイドライン観覧席後方の2階通路に設置した。画角はコート横幅9mが撮影画面に映るように撮影範囲を調整した。

Victor社製TK-C1381CCDカメラ(シャッタースピード1/500秒)をSONY社製DCR-TRV30またはPanasonic社製NV-GS250デジタルビデオカメラにS端子ケーブルで接続し、試合開始から終了までの全プレーを每秒30コマで撮影した。撮影終了後、録画ビデオを每秒60パルスの信号を発するフレームカウンタ(新大阪商会社製、FC-60WNP)に接続し、每秒60枚の画像フィールドに番号を記録して全カメラの映像を同期調整した。

## 2. 分析試技

### 1) 被験者の特徴

表1は本研究における被験者の特徴を示したものである。竹下選手(日本)、Berg選手(アメリカ)、Weiss選手(ドイツ)の3選手ともポジションはセッターである。形態的特徴は、アタッカーやブロッカーに比較して小さいが、いずれもセッターとして国際的に有名な選手である。国際大会ではVIS(Volleyball Information System)という個人技能統計システムにより個人賞を決定している。ここでセッター賞は、相手ブロッカー

をうまく振りブロッカーを1人にした回数(Running Sets)を出場セット回数で除した値により決定される。2011ワールドカップのセッター賞ランキングは、竹下選手が1位、Berg選手が3位、Weiss選手が4位であった。

### 2) 分析試技の決定

試合会場で撮影した録画ビデオを観察することにより、撮影した全試技を評価し、この内①コート両サイドまでオーバーハンドで上げられているトス、②アタッカーが強打したトス、③セッターが体勢を崩さずに上げたトス、④映像上でセッターが他の選手と重なっていないトスの条件を満たす成功試技のトス動作を、竹下選手35試技、Berg選手48試技、Weiss選手44試技の合計127試技を分析試技として選択した。

本研究で分析するトスの試技数は同一被験者による試技が多いが、トスを上げた位置、方向、あるいは動作時間などが違っており、同一のトス動作ではない。しかしながらいずれの試技も世界一流の選手たちによるバレーボールの代表的なトス動作である。従って、これらの試技を分析することにより本研究の目的を達成できると考えられる。

## 3. データの解析

本研究では、Visual Basicプログラム言語を使用し、DLT法による3次元座標の算出から各種測定項目の算出まで全て自作の演算プログラムを作成してデータの解析を行った。なお座標検出は、VTR画像をNac社製モーションアナライザーにかけ、手でデジタイズして2次元座標を求めた。較正点の2次元座標からカメラごとにDLT係数を求め、DLT法により身体各部位およびボールの3次元座標を算出した。較正点におけるDLTによる推定値と実測値の標準誤差はX方向

表1 被験者の特徴 (FIVB, 2011)

	身長(cm)	体重(kg)	SJ(cm)	BJ(cm)	RS(回)	Sets(回)	Avg.S(本)	セッター成績(位)	チーム成績(位)
竹下佳江 (日本)	159	53	280	270	384	38	10.11	1	4
Berg Lindsey (アメリカ)	173	75	287	274	339	37	9.16	3	2
Weiss Kathleen (ドイツ)	171	66	290	273	345	42	8.21	4	6

SJ: スパイクジャンプ動作による最高到達距離

BJ: ブロックジャンプ動作による最高到達距離

RS: Running Sets, 相手ブロッカーを一人にしたトス回数

Sets: 出場セット数

Avg. S: Average by Sets, セッター評価値

セッター成績: 2011ワールドカップのセッター賞ランキング

(サイドライン方向)が0.005m~0.010m, Y方向(センターライン方向)が0.006~0.016m, Z方向(鉛直方向)が0.004~0.014mであった。

#### 4. 各種測定項目と算出法

アタッカーが打ち易い正確な位置へ上げるトス技術のキーポイントとなる動きとしてハンドリング動作、落下点への移動を取り上げ、それらの技術特性を明らかにするための各種測定項目と算出法について概説する。

##### 1) トスの運動成果に関する測定項目と算出法

###### ①コート両サイドへのトス位置

アタッカーが打撃する直前と直後のボールが空中にある位置データについて、水平成分(X, Y)は時間の1次式に近似し、鉛直成分(Z)は2次式に近似した。なお鉛直成分の近似式については、空中でボールに作用する力を重力のみと考え、2次の項の係数をあらかじめ $\frac{1}{2}g$  ( $g=9.8\text{m/s}^2$ )として連立方程式を立て、定数項と1次の項における係数を求めた。そして打撃直前と直後のボールの近似式の交点を打撃時のトス位置とした。

なおコート両サイドへのトスが最高点に達した時点のボール位置は、打撃直前の鉛直方向の近似式に、鉛直方向のボール速度がマイナスからプラスに変換する時刻を代入して求めた。

###### ②アタッカーを原点としたトス位置

競技中の動作であるから、位置や移動方向が各試技とも違っている。それで各試技の位置データを座標変換し、運動面を統一した。まず原点を、DLT法による3次元座標算出のレフトサイドラインとセンターラインの交点からアタッカーの頭部中心へ移動した。次いでアタッカーの踏切離地地点から着地地点へ向かう身体重心の水平ベクトルがネットとなす角度を求めた。そして求めた角度をもとに座標軸を回転させた。この時空中でブロードジャンプしている方向が前後方向(Y軸)、直角をなす方向が左右方向(X軸)となる。そしてアタッカーの打撃直前と直後の近似式の交点から求めたトスボール位置と頭部中心との相対距離を算出した。

###### ③打球速度

トスボール位置の算出で使用した近似式から微分係数を求めると、水平成分は1次の項の係数しか残らないが、鉛直成分は1次の項の係数と2次の項は $-9.8t$ となる。そこで鉛直成分のこの微分係数に打撃直後の時刻を代入し、水平成分と鉛直成分の微分係数を合成

して打球速度を求めた。

###### ④トス方向

セリンジャー(1988)は、各々のトスの種類の高さや場所を示すセットシステムを提案している。コートは1mごと9等分にしてセッターの位置を中心にしてレフト側に5スロットとライト側に3スロットに分割にした(図1参照)。そこで本研究では、コート幅いっぱいを使った両サイドへのトスに相当するスロット5およびスロットCの位置として図2のようにネットから1m, サイドラインから0.5m離れた位置へ向かってトスすれば良いトスになると仮定した基準のトス方向を設定した。そこでセッターリリース直後1コマ地点のボール位置から2コマ地点のボール位置へ向かう水平ベクトルがネットとなす角度すなわちリリース後のトス方向を求めた。そして基準のトス方向との有意性を検討するためピアソンの相関係数を算出し、自由度 $n-2$ で無相関検定を行った。

##### 2) ハンドリング動作に関する測定項目と算出法

###### ①ハンドリングの左右差

ハンドリング動作の左右差を調べるために、トスのインパクト直前とリリース直後の時点について、セッターの頭部中心を原点とした右側および左側の手先、手関節中心、肘関節中心の相対距離を求めた。そして右腕と左腕の各相対距離の平均値の差の検定(対応のないt検定)を行った。

##### 3) レシーブボールの落下点への移動に関する測定項目と算出法

###### ①落下点へ踏み込むタイミング

レシーブ返球のボール軌跡のどの位置でセッターが落下点に入っているかを求めた。レシーブボールの軌跡は、レシーバーのリリース直後2コマとセッターのトスインパクト直前2コマのボール位置と時刻のデータから近似して求めた。なおレシーブ位置や返球ボールの方向は各試技とも違っているため、ボールのレシーブリリース位置からトスインパクト位置へ向かうベクトルがネットとなす角度で座標変換し、運動面を統一した。

セッターが踏み込んだ時刻は、トスインパクト時を0時刻としてサンプリング時間(1/60秒)から求め、ボール軌跡の近似式にその時刻を代入してセッターが踏み込んだ瞬間のボール位置を求めた。

本研究では全試技の平均値を算出するために規格化・平均化の手法を用いた。規格化・平均化の手法について橋原ほか(1988)は「運動技術が発揮されている複数の運動試技を規格化・平均化処理すれば、結果

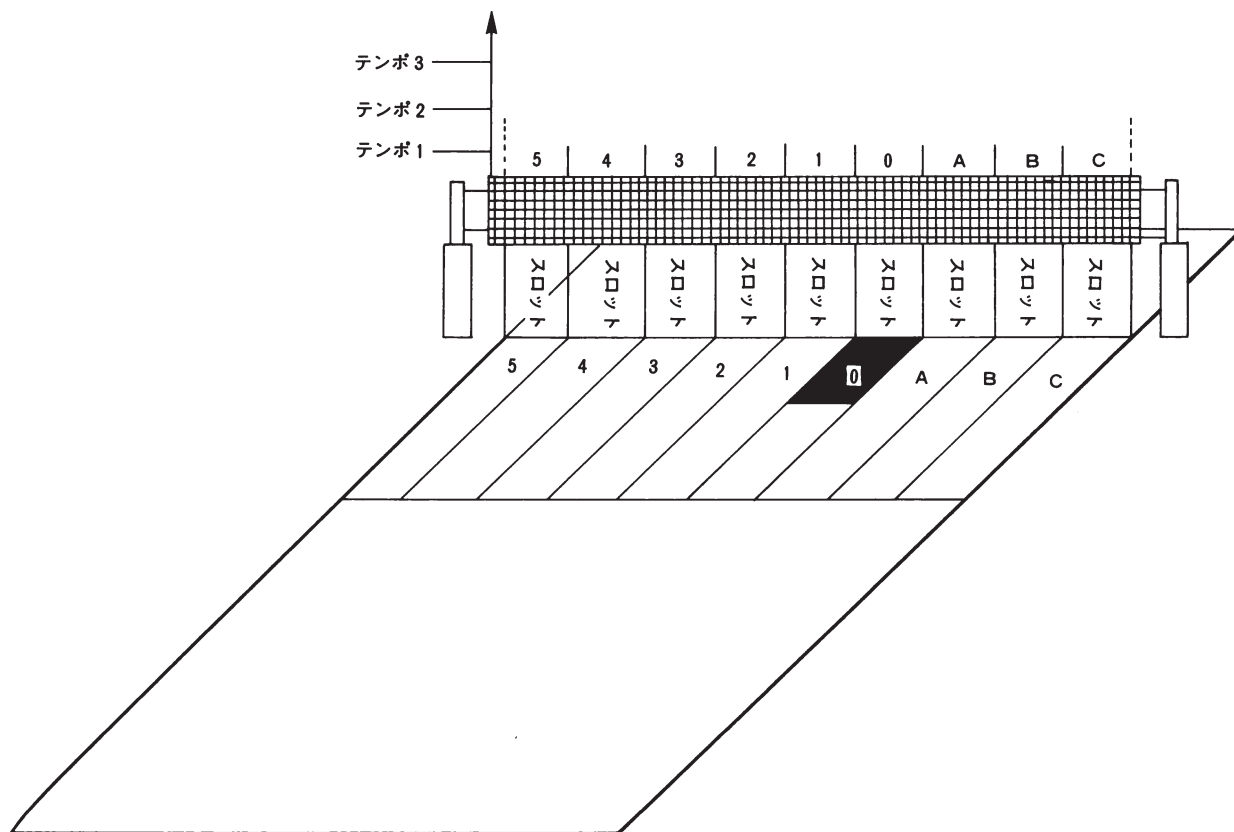


図1 セットシステム (セリンジャー, 1988)

コートをも1m幅で9等分し、セッターの位置(スロット0)を中心としてレフト側に5スロット、ライト側に3スロットに分割したことを示している。

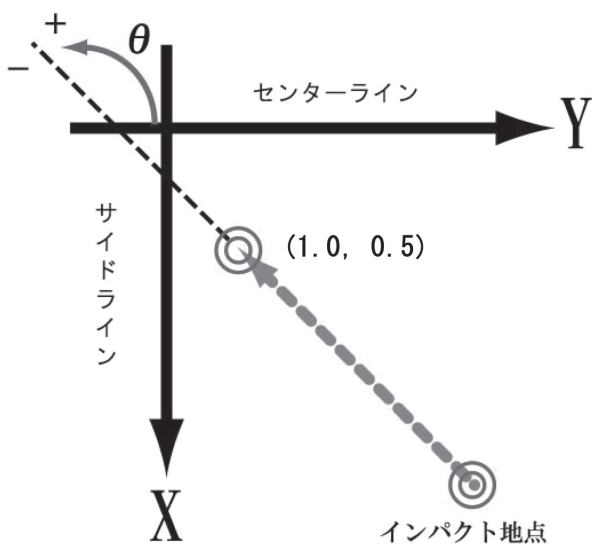


図2 仮定した基準のトス方向

セリンジャー (1988) のセットシステムを参考にして、センターラインから1m、サイドラインから0.5m離れた位置へ向かってトスすればよいトスになると仮定した基準のトス方向を示す。

として得られた平均値で示されている運動過程は全被験者の動きに共通に内在する運動過程 (運動技術) に

一致あるいは近似するはずである。従って規格化・平均化の手法は運動技術を究明するための一つの優れた方法である」と述べている。本研究の分析試技において各試技の動作時間が違うので、各試技の動作時間全体に対する各動作局面の割合を全試技で平均することにより、データを統一した動作時間に規格化するための時間的割合(前半が54%、後半が24%、後半が22%)を算出した。各試技の位置データの中に同期時刻のデータが含まれていないときは、各試技の同期時刻の直前と直後のデータからラグランジュの1次補間公式を用いて同期時刻のデータを算出した。そして規格化した位置データについて、規格化した時刻ごと、すなわち1%ずつ位置データを加算し、分析試技数で除して平均値を求めた。

#### ②落下点への踏み込み位置

落下点へ入っている位置が正確な位置に入っているか否かを検討するために、セッターが落下点へ踏み込んで身体重心が最も下がった瞬間の床面の位置を原点としたトスインパクト時におけるボール中心の床面の位置との相対位置を求めた。

### Ⅲ. 結果と考察

#### 1. トスの運動成果

アタッカーが打ち易いトス技術の運動成果には、ボール回転が無く、俗に言う「勢いが死んだ球」のよ

うな球質に関する成果、ねらった位置へコントロール良く上げるような正確性に関する成果等があるが、本研究では後者のトス位置について検討する。

##### 1) コート両サイドへのトス

図3は、コート両サイドのアタッカーの打撃時にお

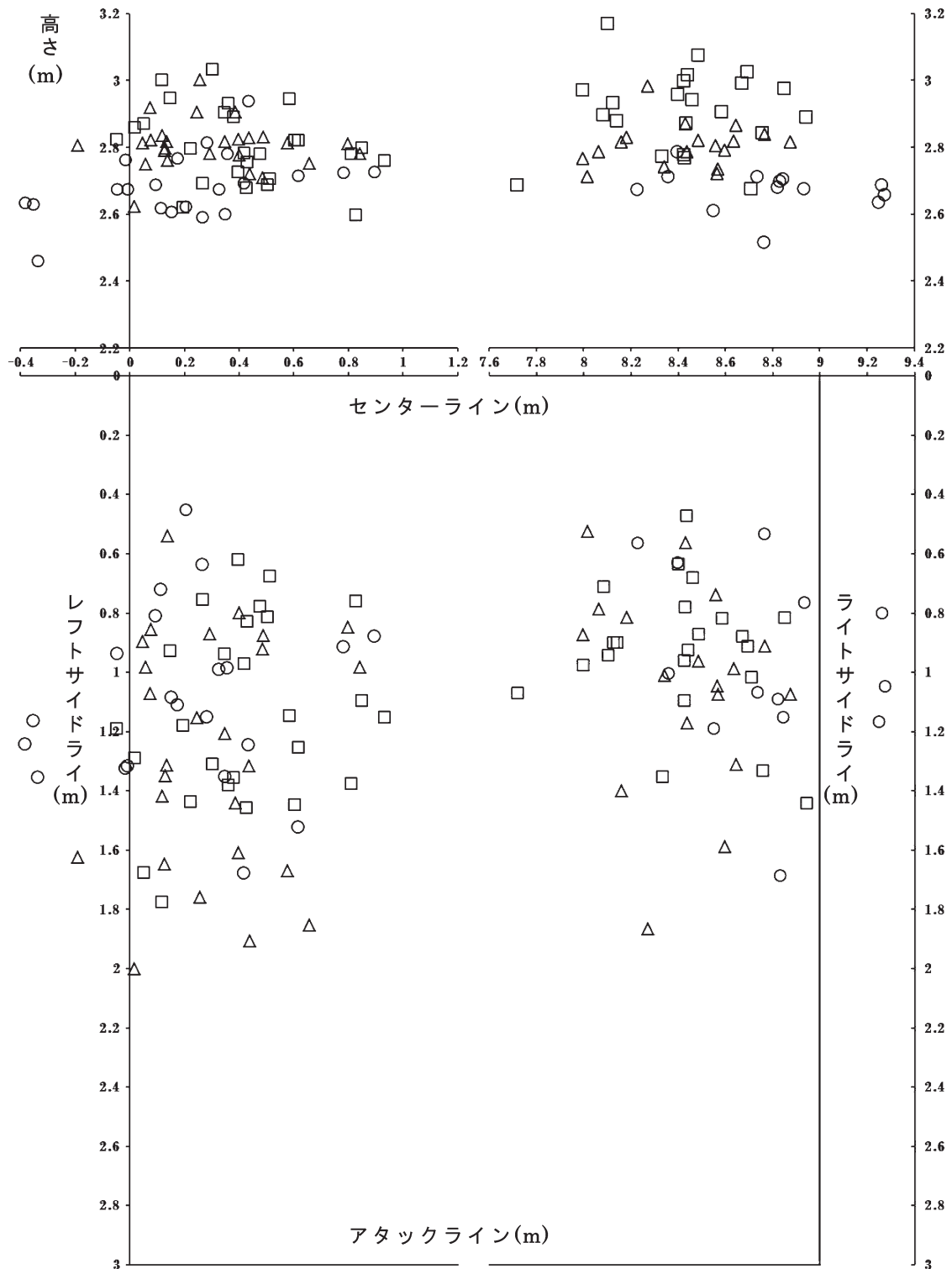


図3 アタッカー打撃時におけるコート両サイドのトス位置

上図はネット面、下図は床面についてみたもので、図中○印は竹下選手、□印はBerg選手、△印はWeiss選手のトスボール位置を示している。なお原点はレフトサイドラインとセンターラインの交点である。

けるトス位置をレフトサイドラインとセンターラインの交点を原点として示したものである。上図はネット面について、下図は床面について見たものであり、図中の○印は竹下選手、□印はBerg選手、△印はWeiss選手のトスボール位置を示している。また表2は、コート両サイドへのトス位置を、トス高とラインからの距離に分けて、平均値により示したものである。

コート両サイドへのトスは、二段トスの試技も含まれているが大部分がジャンプトスから上げられているので、リリース時のトス高はネット上部白帯(2.24m)付近にある。そしてトスの最高値は平均 $4.064 \pm 0.528\text{m}$ 、打撃時は平均 $2.790 \pm 0.120\text{m}$ であった。Weiss選手のトス最高値が他の2選手より高く $4.358 \pm 0.509\text{m}$ であるのはオープン攻撃を中心にした攻撃戦術を採用しているためと考えられる。

床面についてみると、サイドラインからの距離は、レフトサイドへのトスが $-0.384 \sim 0.931\text{m}$ の範囲にあり、平均では $0.313 \pm 0.288\text{m}$ であった。またライトサイドへのトスは、 $7.720 \sim 9.275\text{m}$ の範囲にあり、平均では $8.527 \pm 0.349\text{m}$ であった。セリンジャー(1988)のセットシステムで考えれば、レフトサイドおよびライトサイドへのトスはスロット5およびスロットCに相当するトスであると言える。

またセンターラインからの距離はレフトサイドが平均 $1.169 \pm 0.344\text{m}$ そしてライトサイドが平均 $0.977 \pm 0.286\text{m}$ であり、平均的に見るとアタッカーがスイングしてもタッチネットしない程度の距離にある。

## 2) アタッカーを原点としたトス位置

図4および図5はアタッカーを原点としたトス位置を後方あるいは側方から示したものである。アタッカーがブロードジャンプした方向を前方向として座標

変換し、打撃時の頭部中心を原点としたボール中心の相対位置を示している。図中の○印は竹下選手、□印はBerg選手、△印はWeiss選手であり、十字の印は平均値と $\pm 1$ 標準偏差である。

トス位置を全体的に見ると、右肩の前上方にある。平均値では頭部中心の右側 $0.243 \pm 0.167\text{m}$ 、前方 $0.224 \pm 0.228\text{m}$ 、上方 $0.586 \pm 0.145\text{m}$ の位置である。この平均値の $\pm 1$ 標準偏差の範囲内に入る試技は、分析試技数127試技の内、左右方向が109試技(86%)、前後方向が108試技(85%)、上下方向が102試技(80%)であった。また打球速度は平均 $19.974 \pm 7.051\text{m/s}$ 、時速に換算すれば $71.906 \pm 25.384\text{km/h}$ であり、トスボールを打ち損じることなく強打をしていたことが判る。

## 3) トス方向

図6は基準のトス方向とリリース後のトス方向の関係について見たものである。ここで基準のトス方向とは、インパクト時のボール中心からスロット5およびスロットCへ向かう水平ベクトルがネットとなす角度である。またリリース後のトス方向とは、リリース直後1コマ目のボール中心から2コマ目のボール中心へ向かう水平ベクトルがネットとなす角度である。そして図中の○印は竹下選手、□印はBerg選手、△印はWeiss選手を示している。

90~130度の範囲に含まれる分析試技数が少なく、中央が空いた図になっているが、図中央の□印の試技(基準のトス方向が93.4度、リリース後のトス方向が153.4度)を含めた左半分はライトサイドへのトス、そして右半分はレフトサイドへのトスである。トス方向が0度あるいは180度付近は、ネットに沿って平行に上げられたトスを示している。リリース後のトス方向は、基準のトス方向と正の相関(レフトサイドへの

表2 コート両サイドへのトス位置のまとめ

		トス回数	トスの高さ(m)		打撃時	ラインからの距離(m)			
			リリース時	最高値		レフトサイドへのトス サイドライン	センターライン	ライトサイドへのトス サイドライン	センターライン
竹下佳江 (日本)	平均 SD	35	2.212 0.142	3.914 0.433	2.681 0.084	0.207 0.338	1.089 0.298	8.833 0.370	0.970 0.305
Berg Lindsey (アメリカ)	平均 SD	48	2.275 0.128	3.904 0.506	2.855 0.126	0.413 0.261	1.137 0.312	8.418 0.299	0.931 0.231
Weiss Kathleen (ドイツ)	平均 SD	44	2.385 0.126	4.358 0.509	2.806 0.069	0.300 0.251	1.267 0.401	8.442 0.260	1.051 0.339
全体	平均 SD	127	2.296 0.147	4.064 0.528	2.790 0.120	0.313 0.288	1.169 0.344	8.527 0.349	0.977 0.286

トス高：セッターリリース時、最高点に達した時点、アタッカー打撃時におけるボール中心と床面との鉛直距離(平均)

ラインからの距離：アタッカー打撃時におけるトスボール位置について、サイドライン、センターラインからの水平距離(平均)

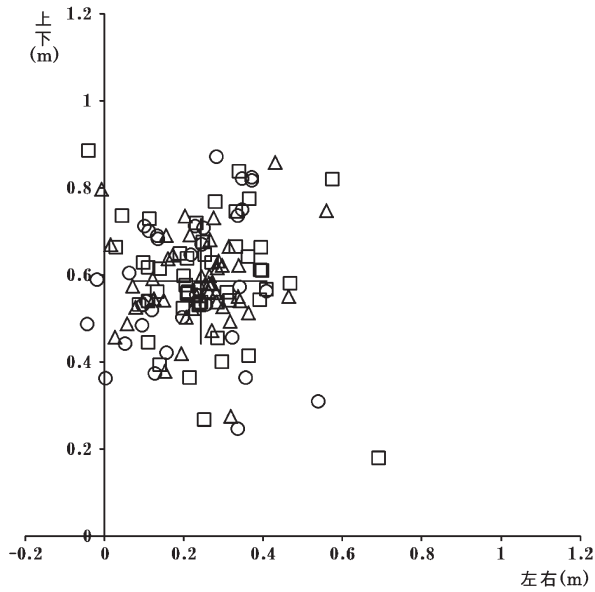


図4 後方から見たアタッカーを原点としたトスポール位置  
アタッカーがブロードジャンプした方向を前方向として座標変換し、頭部中心を原点としたボール中心の相対位置を示す。○印は竹下選手、□印はBerge選手、△印はWeiss選手であり、十字の印は平均値と±1標準偏差である。

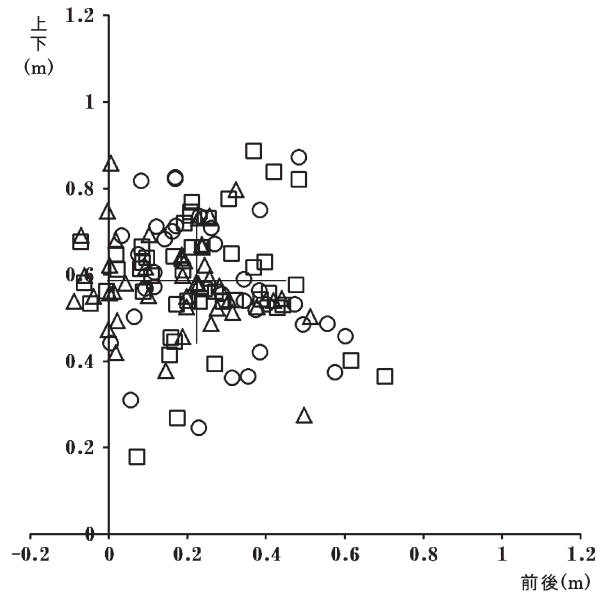


図5 側方から見たアタッカーを原点としたトスポール位置  
アタッカーがブロードジャンプした方向を前方向として座標変換し、頭部中心を原点としたボール中心の相対位置を示す。○印は竹下選手、□印はBerge選手、△印はWeiss選手であり、十字の印は平均値と±1標準偏差である。

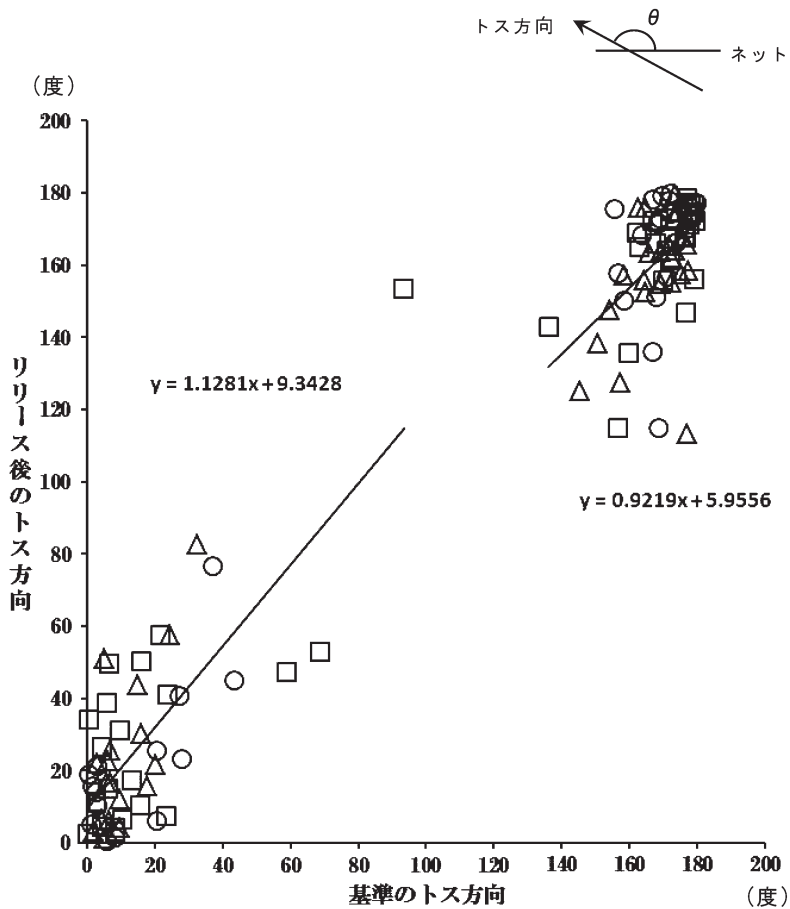


図6 基準のトス方向とリリース後のトス方向の関係

基準のトス方向は、インパクト時のボール中心からスロット5へ向かう水平ベクトルがネットとなす角度、リリース後のトス方向はリリース直後コマ目のボール中心から2コマ目のボール中心へ向かう水平ベクトルがネットとなす角度である。図中○印は竹下選手、□印はBerge選手、△印はWeiss選手である。



トスが $r=0.49$ 、ライトサイドへのトスが $r=0.75$ )があり、有意性が認められた( $p<0.01$ )。

以上の結果から考えると、本研究の分析試技は、狙った位置へコントロール良く上げられたトスの運動成果が発揮されたトス動作であり、これらの動作の運動過程を分析することにより、アタッカーが打ち易いトス技術を明らかにすることができると考えられる。

## 2. ハンドリング動作

セッターはライトサイドラインから約3m内側のネット際の位置、セリンジャー(1988)のセットシステムにおけるスロット0で構えており、その場からトスを上げることもあるが、レシーブ返球の位置によってはその場から移動してトスを上げている。従ってトス直前のセッターの体の向きは、トス方向とは違う方向を向いている。本研究では、ゲームのそれぞれの場面においてどのように体勢を整えてトスを上げているのか、直接ボールに接触する手のハンドリング動作について検討する。

ボールは力の加わる方向に飛行するので、直接ボールに接触し、飛行方向を決定づけるハンドリング動作の左右差について検討した。図7と図8は頭部中心を原点とした右側と左側の手先、手関節中心、肘関節中心の相対距離を平均値で示したものである。■が右側、□が左側の相対距離である。そして表3はこのハンドリング中の相対距離をまとめたものである。

インパクト直前について見ると、手関節中心と肘関節中心においては左側の相対位置の平均値が右側よりも若干大きくなっている。平均値の差の検定(対応のないt検定)を行うと、手先では有意差は認められなかったが、手関節中心と肘関節中心においては1%水準で有意差が認められた。しかし相対位置の左右差の標準誤差は、手関節中心が4.8cm、肘関節中心が6.2cmであり、それほど大きな値ではない。

小野ほか(2002)は、標的を狙ったオーバーハンドパス動作について、熟練者は未熟練者と比べて額の前へ手掌を引きつける動作が準備局面の速い時点に既に開始されていたと述べている。本研究のセッターも、様々な方向に向いていた体をインパクト直前に体勢を整え、両手を額の前に左右をほぼ対称に引きつけていると考えられる。

リリース直後について見ると、相対位置の平均値は、手先が右左それぞれ $0.566 \pm 0.060\text{m}$ と $0.566 \pm 0.065\text{m}$ 、手関節中心が右左それぞれ $0.493 \pm 0.052\text{m}$ と $0.498 \pm 0.061\text{m}$ 、そして肘関節中心が右左それぞれ $0.312 \pm 0.039\text{m}$ と $0.314 \pm 0.045\text{m}$ であり、左右差が小さい。また標準偏差も左右のばらつきが少なく、平均値の差の検定(対応のないt検定)を行うと、右側と左側の手先、手関節中心、肘関節中心の相対位置に有意な差は認められなかった。

なお相対位置が肘関節中心、手関節中心、そして手先の順に大きくなっているのは、ハンドリング中に腕

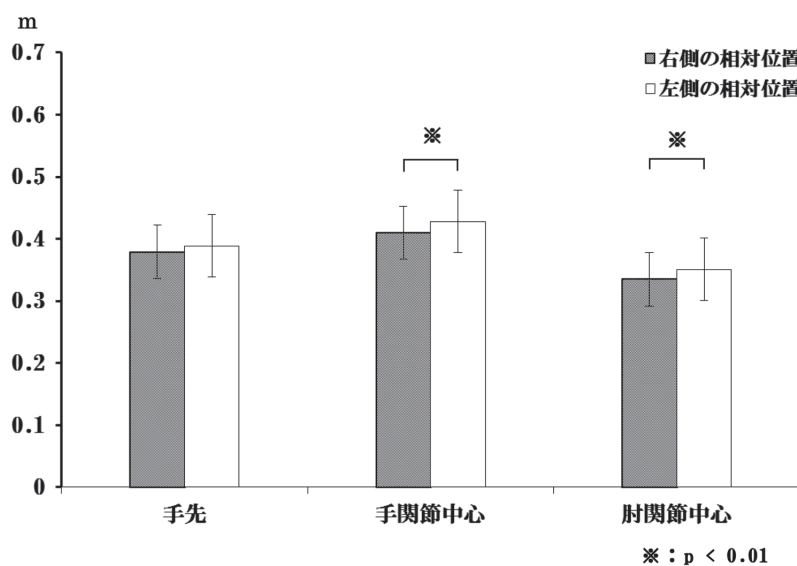


図7 インパクト直前のハンドリング動作の左右差

セッターの頭部中心を原点とした右側、左側の手先、手関節中心、肘関節中心の相対位置を示している。■が右側、□が左側の相対位置の平均値である。

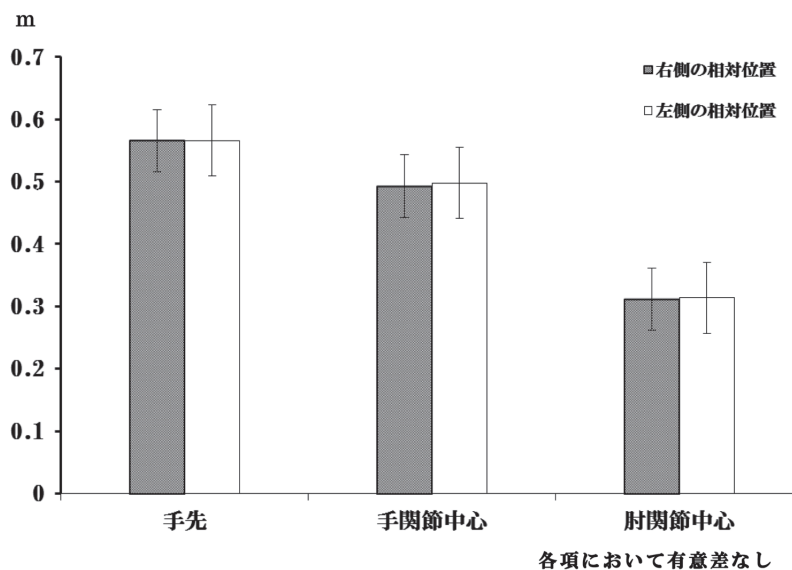


図8 リリース直後のハンドリング動作の左右差

セッターの頭部中心を原点とした右側, 左側の手先, 手関節中心, 肘関節中心の相対位置を示している。  
■が右側, □が左側の相対位置の平均値である。

表3 ハンドリング中のセッターの頭部中心を原点とした手先, 手関節中心, 肘関節中心の相対位置

	インパクト直前の相対位置 (m)						リリース直後の相対位置 (m)					
	手先		手関節中心		肘関節中心		手先		手関節中心		肘関節中心	
	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左
平均	0.379	0.389	0.410	0.428	0.335	0.351	0.566	0.566	0.493	0.498	0.312	0.314
SD	0.045	0.048	0.044	0.052	0.040	0.050	0.060	0.065	0.052	0.061	0.039	0.045
SE	0.030		0.048		0.062		0.035		0.042		0.046	

を伸展したためであり, 左右対称に手掌をトス方向へ動作させてボールを送り出していると考えられる。

### 3. レシーブボールの落下点への移動

トスのコントロールを安定させるためにはトスインパクト前の早い段階でセットアップを完了させることが重要である (吉田, 2006)。そこで本研究では, レシーブボールの落下点への移動動作について検討する。

#### 1) 落下点へ踏み込むタイミング

図9は, レシーブリリース直後からトスインパクト直前までのレシーブボールの軌跡を真横から見たものである。レシーブボールの軌跡は, レシーブリリース直後2コマおよびトスインパクト直前2コマのボールの位置データから近似して求めた。そしてレシーブ直後のボール位置からトスインパクト直前のボール位置へ向かう水平ベクトルがネットとなす角度で座標変換

し, レシーブボール最高値を原点として示した。なお各線上の印は, セッターが落下点へ踏み込む瞬間のボール位置であり, ○印は竹下選手, □印はBerg選手, △印はWeiss選手である。また図10は127試技のレシーブボールの軌跡を規格化・平均化処理したものである。レシーブリリース直後, レシーブボール最高値, セッターが落下点へ踏み込んだ瞬間, トスインパクト直前の各時点を合わせ, 3局面の時間的割合がそれぞれ54%, 24%, 22%となるように同期調整した。そして規格化したデータについて, 1%ずつ位置データを加算し, 全試技数で除して平均化した。

図を全体的に見ると, レシーブリリース直後からトスインパクト直前までのボールの水平距離は平均  $3.936 \pm 1.360\text{m}$  であった。レシーブボール最高値は最小  $2.756\text{m}$  から最大  $7.688\text{m}$  の範囲にあり, 平均では  $4.776 \pm 0.997\text{m}$  であった。トスインパクト直前のレシーブボール高は, レシーブリリース直後よりも高

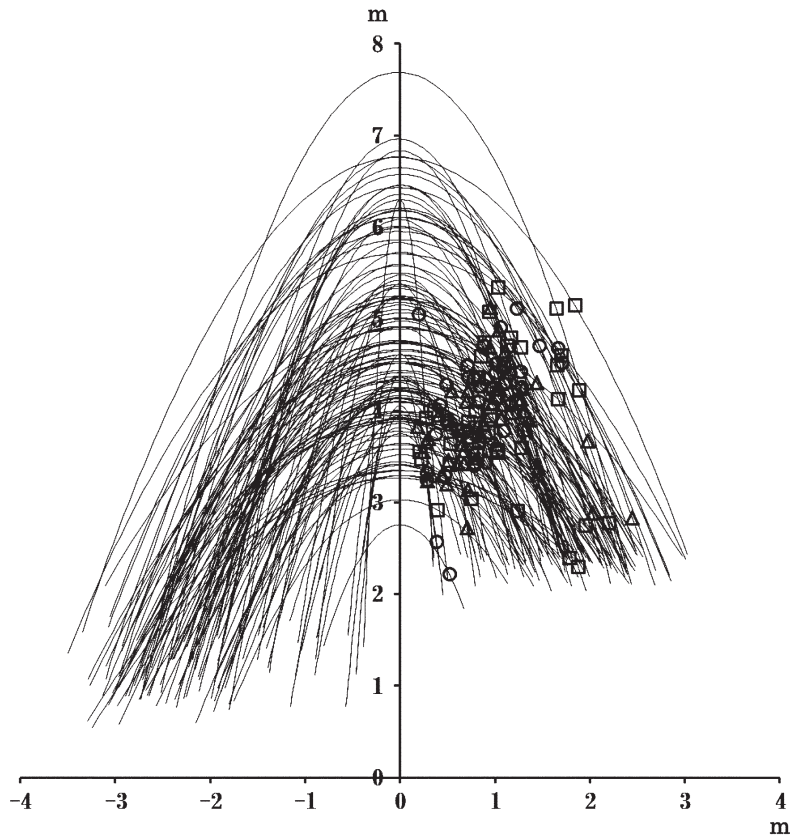


図9 レシーブボールの軌跡と落下点へ踏み込むタイミング

レシーブリリース直後からトスインパクト直前までのレシーブボールの軌跡を真横から見たもので、レシーブボールの最高値を原点とした。各線上の印は、セッターが落下点へ踏み込んだ瞬間のボール位置であり、○印は竹下選手、□印はBerg選手、△印はWeiss選手である。

く、平均では $2.328 \pm 0.150\text{m}$ であった。そしてセッターが落下点へ踏み込むタイミングは、レシーブリリース直後からトスインパクト直前の時間的割合100%のうち平均 $78 \pm 6\%$ 、レシーブボール最高値の時点からは平均 $24 \pm 6\%$ の時点であった。高橋ほか(2002)は、「スパイカーはタイミングのずれを感知し、コンビネーションのずれを生む原因となる」と述べている。落下点へ踏み込むタイミングが一定であるということは、アタッカーがリズムをとりやすい、打ち易いと感じることにつながると考えられる。

## 2) 落下点への踏み込み位置

図11は、セッターがレシーブボールの落下点へ移動した踏み込み位置をコートの上から見たものである。ここで踏み込み位置とは、踏み込み動作中の身体重心が最も低くなった地点とした。図中の○□△印の位置は、この踏み込み位置を原点としたトスインパクト時のボールの相対位置を示している。なお横軸はネットと平行な方向であり、右方向がライト側を左方向がレフト側を示す。そして縦軸の上方向は相手コート側を示す。なお○印は竹下選手、□印はBerg選

手、△印はWeiss選手であり、十字の印は平均値と±1標準偏差である。

全体的に見ると、トスインパクト時のボール位置は、踏み込んだ位置の真上ではなく、図の第三象限にあり、横軸が、平均 $-0.288 \pm 0.250\text{m}$ 、横軸が平均 $0.192\text{m} \pm 0.193\text{m}$ であった。これはセッターが構えた位置から移動し、ジャンプトスでトスを上げているため、空中で体が移動方向へブロードしたからである。更にセッターは踏み込んでジャンプトスする際、体をレフト側に向けながらセットアップ姿勢をとり、インパクト時には体の垂直な軸上にあるへその上でボールを捕らえる(宮内・高橋, 2007; 高橋ほか, 2002)からである。

トスの技術指導では「ボールの落下点に素早く入る」よう指導されるが、本研究の被験者はジャンプトスにおいて、真上ではなく、踏み込んだ位置から若干ブロードジャンプしてボールを捕らえていた。このことからボールを捕らえる位置が重要であり、ボールを捕らえる適切な位置へ向かってジャンプしていると考えられる。

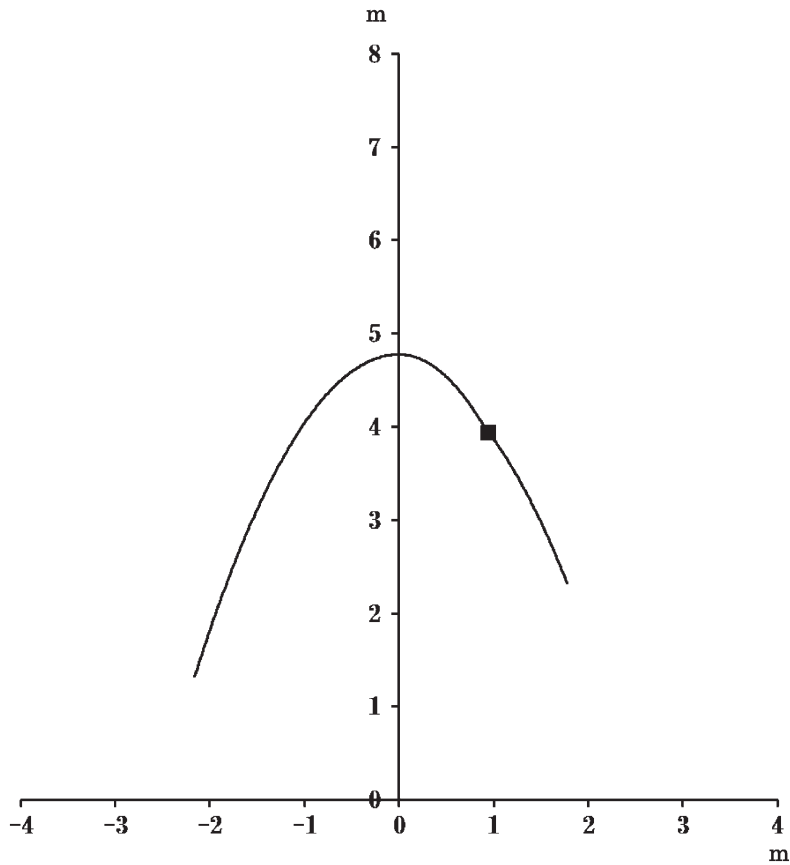


図10 規格化・平均化したレシーブボールの軌跡と落下点へ踏み込むタイミング  
線上の印はセッターが落下点へ無味込んだ瞬間のボール位置

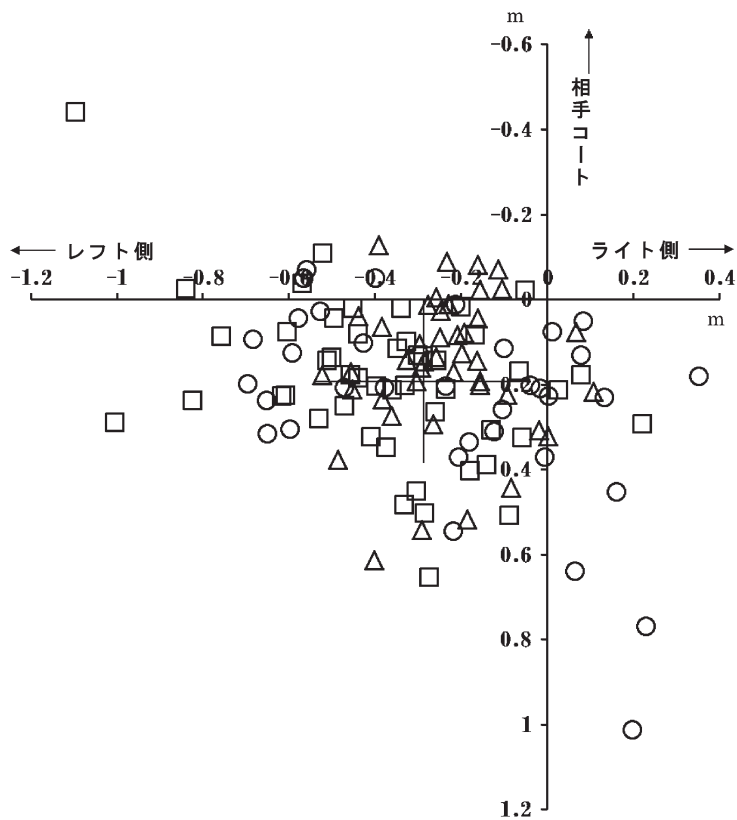


図11 落下点への踏み込み位置

踏み込み位置を原点としたトスインパクト時のボールの相対位置, 横軸はネットと平行な方向であり, 右側がライト側, 左側がレフト側を示す.  
図中○印は竹下選手, □印はBerg選手, △印はWeiss選手であり, 十字印は平均値と±1標準偏差である.

#### IV コーチングへの示唆

本研究ではアタッカーが打ち易い正確な位置へ上げるトス技術を持っている3名の被験者を対象にして動作分析を行い、共通に見られる傾向を説明することによりアタッカーが打ち易い正確な位置へ上げるトス技術の技術特性を明らかにした。

指導する際は、個人の動作の中から転移可能な技術的要素を見極めなければならない(金子, 1974; 佐藤, 1992)。本研究で得られた結果から、返球ボールの78%の時点で踏み込みジャンプしてボールを捕らえ、そしてトス方向へ手掌を左右対称に動作させてトスしていることが分かった。その中でも特に重要なのはジャンプトスにおける一連の動作の中でもレシーブボールの落下点への移動(落下点へ踏み込むタイミング、ボールを捕らえる位置)であると考えられる。なぜなら落下点への移動を正しく遂行することで結果としてハンドリング動作も正しく遂行することが出来るからである。

実際の競技場面で成果を出すためには、簡単な条件下での練習だけではなく複雑な条件下での練習も必要である(グロッサー・ノイマイヤー, 1995)。従って指導現場では一定のレシーブ返球でトスの練習をするほかに、競技場面を想定した多種多様なレシーブ返球で落下点への移動に着目し練習すべきだと考えられる。

今後の課題として、トスインパクト位置を定量化することでボールの落下点を具体的に検討することが挙げられる。

#### V 要約

本研究の目的は、正確な位置に上げるためのトスを中心に、アタッカーが打ち易いトス技術の技術特性を明らかにすることであった。トス技術を身につけていると考えられる女子世界一流セッターの公式試合中のトス動作を3台のVTRカメラにより撮影し、自作の演算プログラムを用いて3次元動作分析した。アタッカーが打ち易い正確な位置へ上げるトスの運動成果を決定づける動きとして、トスのハンドリング動作、レシーブボールの落下点への移動動作を取り上げ、一流セッターがそれらをどの様なやり方で遂行しているかをバイオメカニクスの的に説明した。本研究で得られた知見をまとめると以下のようになる。

##### 1) トスの運動成果

レフトサイドおよびライトサイドへのトスはスロ

ト5およびスロットCに相当するトスであると言える。またセンターラインからの距離は、平均的に見るとアタッカーがスイングしてもタッチネットしない程度の距離にある。

リリース後のトス方向は、基準のトス方向と正の相関があり、有意性が認められた。

##### 2) ハンドリング動作

インパクト直前のハンドリング左右差は様々な方向に向いていた体をインパクト直前に体勢を整え、両手を額の前に左右をほぼ対称に引きつけていた。リリース直後は、左右対称に手掌をトス方向へ動作させてボールを送り出していた。

##### 3) レシーブボールの落下点への移動

- ①セッターの落下点へ踏み込むタイミングは、レシーブリリース直後からトスインパクト直前の時間的割合100%のうち平均 $78 \pm 6\%$ 、レシーブボール最高値の時点からは平均 $24 \pm 6\%$ の時点であった。
- ②踏み込み位置を原点としたトスインパクト時のボール位置は、踏み込んだ位置の真上ではなく、図の第三象限にあった。このことからボールを捕らえる位置が重要であり、ボールを捕らえる適切な位置へ向かってジャンプしていると考えられる。

#### 文献

- FIVB (2011) FIVB Volleyball Women's World Cup 2011.  
<http://www.fivb.org/en/volleyball/competitions/worldcup/2011/women/>(access date:2012.2.14).
- グロッサー・ノイマイヤー：朝岡正雄・佐野 淳・渡辺良夫訳 (1995) 選手とコーチのためのスポーツ技術のトレーニング。大修館書店：東京, pp.104-139. <Manfred Grosser and August Neumaier (1982) Techniktraining Theorie und Praxis aller Sportarten. BLV Verlagsgesellschaft mbH.>
- 橋原孝博・横井孝志・古藤高良・阿江通良・石島 繁・渋川侃二 (1988) 規格化・平均化の手法による運動技術解析の試み。体育学研究, 33 (3) : 201-210.
- 橋原孝博・佐賀野健・西村清巳 (1995) バレーボールのスパイクにおける跳躍距離に関する研究—中垣内祐一選手のスパイクの場合—。広島体育学研究, 21 : 67-74.
- 橋原孝博・佐賀野健 (2004) バレーボールのトス動作に関する運動学的研究。スポーツ方法学研究, 17 (1) : 109-115.
- 金子明友 (1974) 運動技術論。岸野雄三・松田岩男・宇土正彦編序説運動学。大修館書店：東京, pp.89-116.
- クルト・マイネル：金子明友訳 (1981) マイネル・スポーツ運動学。大修館書店：東京, pp.14-271. <Kurt Meinel (1960) BEWEGUNGSLEHRE. Volk und Wissen Volkseigener Verlag.>
- 松田岩男 (1981) 子どもにとって「基本の運動」とは何か。体育の科学, 31 (6) : 392-395.
- 宮内 宏・高橋宏文 (2007) セッターのジャンプトスの動作内容に関する実践的研究。バレーボール研究, 9 (1) : 11-18.

- 西 博史・吉田康成・福田 隆・遠藤俊郎・橋原孝博 (2012) 世界一流男子セッターによるコンビネーション攻撃のトス技術に関する研究. バレーボール研究, 14 (1) : 16-21.
- 小野桂市・若吉浩二・山南真美・尾関美和・福本隆行 (2002) バレーボールにおけるオーバーハンドパスについての研究—上肢に着目して—. スポーツ方法学研究, 15 (1) : 127-136.
- Ridway M. and Wilkerson J. (1987) A kinematic analysis of the front set and back set in volleyball. In: Terauds J.・Gowitzke B.・Holt L. (Eds.) Biomechanics in Sport III and IV, pp.240-248.
- 佐藤 徹 (1992) 技術の運動学的認識. 金子明友・朝岡正雄編 運動学講義. 大修館書店：東京, pp.67-75.
- セリンジャー・アッカーマン：都澤凡夫訳 (1988) セリンジャーのパワーバレーボール. ベースボールマガジン社, pp.90-145.<Selinger A. and Ackerman-Blount J. (1986) Arie Selinger's Power Volleyball. St. Martom's Press.>
- 高橋宏文・遠藤俊郎・田中博史・加戸隆司 (2002) セッターのバックトスに関する実践的一考察. スポーツ方法学研究, 15 (1), 75-86.
- 多和健雄 (1972) 運動技術学的研究法. 前川峰雄ほか編現代体育学研究法. 大修館書店：東京, pp.403-410.
- 豊田 博 (1979) バレーボール. ベースボールマガジン社, pp. 35-75.
- 横矢勇一・遠藤俊郎・田中博史 (2010a) バレーボールにおけるセッターのグレーディング能力とトスの正確性に関する研究. 日本体育学会第61回大会予稿集, 234.
- 横矢勇一・遠藤俊郎・田中博史・都澤凡夫・松井泰二・秋山 央 (2010b), バレーボールにおけるセッターのトススピードと正確性に関する研究. バレーボール研究, 12 (1), 56.
- 吉田敏明 (2006) 壁を破るトス技術. 月刊バレーボール3月号. 日本文化出版：東京, pp.54-57.

#### 付 記

本研究は日本バレーボール協会科学研究委員会の協力により行われたものである。

平成25年6月27日受付  
平成26年4月1日受理