

コンビネーション攻撃のトス技術に関する研究

—トスの軌道と上肢に着目して—

西博史*, 吉田康成**, 福田隆***, 遠藤俊郎****, 橋原孝博*****

A study on the setting technique of combination attack
— Focusing on the trajectory of the ball was set and the arm —

Hirofumi Nishi*, Yasunari Yoshida**, Takashi Fukuda***, Toshiro Endo****, Yoshihiro Hashihara*****

Abstract

The purpose of this study was to analyze the characteristics of the setting technique in combination attacks focusing on the trajectory of the ball was set and the arm of the setting motion. The setting motion of the setters that were playing in world – class competition was analyzed. The general tendency was extracted from the analyzed data, and was explained biomechanically.

The trajectories of the balls was set were close. And the characteristics of the setting technique in combination attacks are on the following two points.

1) The arm angle is approximately 137 degree from touching to release the ball.

2) The timing formed the setting posture is approximately 0.233 second before touching the ball (approximately the take – off) .

It is considered that their two motions are useful not to give blockers the clue of the set direction before releasing the ball. After releasing the ball, the close trajectory of the ball suggests that it is difficult for blockers to judge the position attacked.

Key words : setting technique, combination attacks, trajectory of the ball was set, setting posture

キーワード：トス技術, コンビネーション攻撃, トスの軌道, セット姿勢

緒 言

バレーボールにおけるコンビネーション攻撃は、攻撃のタイミングが早いクイック攻撃を起点として複数のスパイクを時間差で仕掛ける攻撃であるため、守備が難しい攻撃として知られている⁴⁾⁹⁾。決定力が高いこのコンビネーション攻撃を、ゲーム全体を通して実行するためには、セッターのトス技術が重要な役割を担う。

コンビネーション攻撃において、セッターは「攻撃するために有利な状況を作る」ようトスすることが求められ⁸⁾。攻撃するために有利な状況を作るトスにするためには、正確な位置へトスする¹⁰⁾だけではなく、相手ブロックの参加人数をより少なくすることでアタッカーにより優位な状況を作ること⁷⁾が重要である。そのためには相手チームにどの攻撃を使用するか察知されないようトスするべきである¹¹⁾。

現在のコンビネーション攻撃に対して用いられている主なブロックシステムは、トスを見てからブロkkerが反応し、ブロックに参加するリードブロックである⁸⁾。そしてリードブロックを行う際の目の動きはボール、セッター、ボール、スパイカーの順である¹⁾。ブロkkerはセッター

の構えを見てボールの出る方向を予測し、どの場所へトスが上がるのかをリリース直後に判断して動作に入る⁷⁾。これらのことからセッターはこのリードブロックに対して有効な攻撃を行う、すなわち相手チームにどの攻撃を使用するか察知されにくいトスにするためには、セッターの構えからスパイカーが打つまでどの攻撃に対しても同じようなトス動作そしてトスの軌道でトスすることが有効であると推察される。

コンビネーション攻撃のトスにおいて、橋原ほか⁴⁾や西ほか⁹⁾は世界トップレベルチームを対象としてトスの高さやトスが上げられてからスパイカーが打撃するまでの時間を報告しているが、各攻撃へ上げられたトスの軌道についての報告は見あたらない。また、トス動作について、ボールを捕える位置は、宮口・高橋⁵⁾がレフト平行へのトスにおいて体幹全面部にあるへその上の位置、高橋ほか¹³⁾がバックスにおいて腰の上の位置と報告している。しかし、これらの研究ではトス方向が限定されており、レフトサイドへのトスとライトサイドのバックスではボールを捕える位置がわずかに異なっている。セリンジャー (1993)¹²⁾や吉田ほか (1996)²⁰⁾は、セッターは前方にも後方にもトスできる姿勢でなければならないと述べているが、前方にも後方にもトスできる姿勢がどのような姿勢なのかは明らかにされていない。またトスする姿勢を作るタイミングについて、セリンジャー (1993)¹²⁾は「素早く腕を頭上に挙げ、すぐにボールをトスする」と述べている。一方、吉田ほか (1996)²⁰⁾は「ボールが来る前に腕を挙げておく」と述べている。このようにトスする姿勢を作るタイミングには相違がみられ、い

* 広島大学大学院 Doctoral Program, Hiroshima University

** 四天王寺大学 Shitennoji University

*** 愛媛大学 Ehime University

**** 大東文化大学 Daito Bunka University

***** 広島大学 Hiroshima University

(受付日：2014年11月4日、受理日：2015年3月25日)

つとスする姿勢を作るのかは明らかでない。実際のコンビネーション攻撃のトス動作を対象として分析したフィールド研究は少なく、わずかに西ほか⁹⁾がブラジル男子チームのセッターであるRG選手を対象としてフィールド研究を行いトスの技術特性について分析している。この研究では、ジャンプトスにおける踏み込みからリリース時まで身体各部分の相対位置の標準偏差を算出し、トスの動作全体を通して体幹の標準偏差が小さいことからフォーム上の癖でトスの種類が判別できないように意識して動作していると述べている。しかし、この研究では、フォームをスティックピクチャーから説明しているだけで、どの攻撃に対しても同じような姿勢が具体的にどのような姿勢か、またその姿勢を作るタイミング等については明らかにされていない。

そこで、本研究の目的は、セッターのトス動作からどの攻撃を使用するかブロッカーが察知することが難しいトスについてトス軌道およびトス動作における上肢に着目して、コンビネーション攻撃のトスにおける技術特性を明らかにすることである。

方 法

1. 研究の取り組み方

運動技術の定立に関して、多和(1972)¹⁴⁾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、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の説明することにより、合理的な運動過程(運動技術)を明らかにする。

本研究では、コンビネーション攻撃として4人攻撃⁴⁾⁹⁾を取り上げた。また察知されないトスとして同じトスの軌道、トス動作に着目した。4人攻撃のトスにおいて、各攻撃へのトスや各試技を比較し、全てに共通にみられる動きを抽出することによりコンビネーション攻撃におけるトスの技術特性を明らかにする。

2. 用語の定義

本研究で用いられる主に用いられる用語について以下のように定義した。

- 1) トスインパクト時：トス動作の映像でセッターの手先とボールが接触した瞬間
- 2) トスリリース時：トス動作の映像でセッターの手先とボールが離れた瞬間
- 3) トス高：トスされたボールの中心から床面までの鉛直距離
- 4) トス時刻：トスリリース時を0秒としたトスの時刻

3. 撮影方法

2011年11月24, 25日に大阪市中央体育館で行われたWorld Cup2011大阪大会のアルゼンチン(以下ARGと称す)対キューバ, ARG対イラン, ポーランド(以下POLと称す)対イラン, POL対日本の試合を撮影対象とした。3台のカメラのうち、1台はエンドライン観覧席後方に、残りの2台は味方コートと相手コートサイドライン後方の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および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毎秒30コマで撮影した。

4. 分析試技

1) 被験者の特徴

本研究の被験者はWorld Cup 2011大阪大会に出場したARGとPOLのセッターである。身体的特徴はARGが193cm, POLが200cmである。ARGとPOLのセッターは国際大会でセッター賞を獲得しており、トス技能に熟達しているため、本研究の目的を達成するためのトス技術を有していると考えられる。

2) 分析試技の決定

試合会場で撮影した映像を観察することにより、撮影した全試技を評価し、この内①4人のアタッカーによるコンビネーション攻撃が行われた試技、②アタッカーが強打で決定したトス、③セッターが体勢を崩さずに上げたトス、④攻撃時に相手ブロッカーが2人未満のトスの条件を満たす成功試技のトス動作を各セッターそれぞれ16試技、合計32試技を選択した。攻撃の種類は両セッターともレフトサイド、パイプ、クイック、ライトサイドの攻撃がそれぞれ4試技であった。選択した映像をパーソナルコンピュータにキャプチャーし、Windows用のビデオ編集ソフトVirtual Dubを用いて分析試技の映像をインターレース解除^{注1)}、非圧縮化^{注2)}して整理した。

5. データの解析

本研究ではVisual Basicを使用し、DLT法¹⁶⁾による3次元座標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データの解析を行った。なお、座標検出は、分析試技の映像をNac社製モーションアナライザーにかけ、手動でデジタル化して2次元座標を求めた。較正点の分析からカメラごとに算出したDLT係数を使用し、バレーボールコートの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3次元座標を算出した。セッターのトス動作は、落下点への踏み込み時からトスリリース時までの身体各部位の3次元座標を算出した。得られた3次元座標は遮断周波数を1/6に決定してButterworth low-pass digital filter¹⁷⁾を用

いて平滑化した。なお本研究において、落下点への踏み込み時とはジャンプトスの踏み込み時に両足が接地した時点とした。較正点におけるDLT係数による推定値と実測値の標準誤差はX方向(サイドライン方向)が0.004m~0.009m, Y方向(センターライン方向)が0.008~0.013m, Z方向(鉛直方向)が0.005~0.008mであった。

6. 各種測定項目の算出

これまで述べた方法により算出した3次元座標をもとに各測定項目の値を求めた。トスの運動成果としてトスの軌道とトス角度、そしてこれら運動成果を生み出す原因となるトス動作の指標としてトスフォームと腕角度を求めた。各種測定項目とその算出法は以下の通りである。

1) トスの運動成果に関する測定項目と算出法

① トスの軌道の近似

4人攻撃における各攻撃がどのようなトスの軌道であるかを求めた。トスの軌道を算出するために、まずトスリリース時直後3コマとスパイカーが打撃する直前3コマの3次元座標を算出した。そして算出したトスの位置データとトスリリース時を0秒とした時刻のデータからトスの軌道を近似した。また、各トスの軌道の関係を調べるために、トスリリース時におけるボールの位置を原点とし、各トスの方向が前方向となるように座標軸を回転させた。近似式は水平成分(X, Y)を時間の1次式に近似し、鉛直成分(Z)を2次式に近似した。なお鉛直成分の近似式は、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 $1/2g$ ($g=9.8\text{m/s}^2$)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。

② トス時間およびトス角度の算出

本研究では、トス時間はトスリリース時からスパイカーが打撃するまでの時間とし、映像のコマ数にサンプリング時間を乗じて求めた。また、トス角度は水平成分(X, Y)と鉛直成分(Z)のボール速度の合成ベクトルが水平面となす角度とした。トス角度は、近似式により求めたトスの軌道の3次元座標をもとに、合成の速度ベクトルが水平面となす角度を1/60秒ごと算出した。+符号は水平面に対して上向き、マイナス符号は下向きを示す。

2) トス動作に関する測定項目と算出法

① スティックピクチャーの作成

4人攻撃のトスの種類ごとにスティックピクチャーを作成するため、データの規格化・平均化処理³⁾した。本研究のトス動作は各試技において、運動面や動作時間が異なっている。まず運動面を統一するために、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トスインパクト時の身体重心位置へ原点移動した。動作時間を統一するために、運動局面を踏切局面、構え局面、ハンドリング局面に分け

た。本研究では踏切局面はセッターの踏み込み時から両足離地時まで、構え局面は両足離地時からトスインパクト時まで、ハンドリング局面はトスインパクト時からトスリリース時までとした。トスの種類ごとに踏み込み時からトスリリース時までの動作時間を100%となるように規格化した。各動作局面の時間は、トスの種類ごとに全試技の平均値を算出した。踏切局面の時間はレフトサイドが44%、パイプが47%、クイックが46%、ライトサイドが45%であった。構え局面はレフトサイドが42%、パイプが38%、クイックが41%、ライトサイドが40%であった。ハンドリング局面はレフトサイドが14%、パイプが15%、クイックが13%、ライトサイドが15%であった。なお各試技の規格化において、位置の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1次補間公式³⁾を用いて同期時刻のデータを算出した。このように規格化・平均化処理したデータを用いて、レフトサイド、パイプ、クイック、ライトサイドのトスフォームをバレーボールコートのエンドライン後方から見たスティックピクチャーで表示した。

② 腕角度

本研究では、左右の肩関節中心の midpoint から左右の腰関節中心の midpoint へ向かうベクトルと左右の肩関節中心の midpoint から右肘関節中心へ向かうベクトルのなす角度(右上腕と体幹のなす角度)とした。算出した3次元座標をもとに、腕角度を落下点への踏み込み時からトスリリース時まで1/60秒ごと算出した。

結 果

表1 両チームの4人攻撃におけるトス高とトス時間

	ARG	トス高(m)			トス時間(秒)
		リリース時	最高値	インパクト直前	
トスの種類	レフトサイド	2.80±0.06	4.13±0.17	3.27±0.05	0.938±0.075
	パイプ	2.79±0.12	3.66±0.03	3.17±0.05	0.738±0.028
	クイック	2.74±0.14	3.19±0.08	3.13±0.06	0.404±0.037
	ライトサイド	2.85±0.11	4.04±0.23	3.14±0.05	0.913±0.123
	全体	2.80±0.11	—	3.18±0.07	—
	POL	トス高(m)			トス時間(秒)
		リリース時	最高値	インパクト直前	
トスの種類	レフトサイド	2.74±0.11	4.35±0.24	3.34±0.12	1.025±0.057
	パイプ	2.71±0.14	3.84±0.14	3.22±0.08	0.833±0.053
	クイック	2.80±0.09	3.19±0.06	3.18±0.06	0.279±0.063
	ライトサイド	2.80±0.06	4.08±0.13	3.20±0.03	0.933±0.049
	全体	2.76±0.10	—	3.24±0.10	—

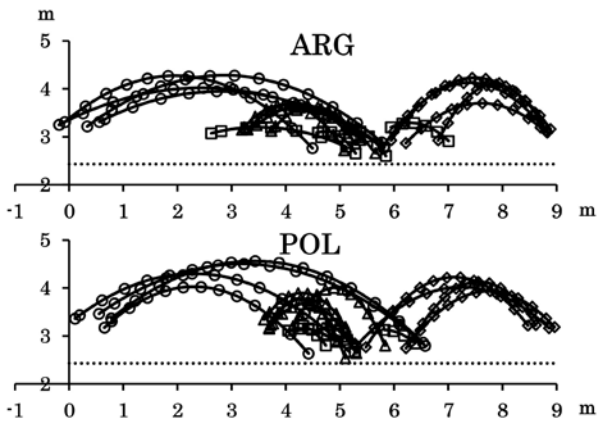


図1 4人攻撃のトスの軌道 (トスリリース時からスパイカー打撃時までのトスの軌道をコート後方から見たものである。点線がネットの上部白帯、○がレフトサイド、△がパイプ、□がクイック、◇がライトサイドへのトスを示す。)

1. トスの運動成果

1) 4人攻撃のトスの軌道

図1は4人攻撃におけるトスの軌道をネット面についてトスリリース時からスパイカー打撃時までみたものである。上図がARG、下図がPOLのトスの軌道である。○がレフトサイド、△がパイプ、□がクイック、◇がライトサ

イド、点線はネット上部白帯(高さは2.43m)を示している。横軸の0mと9mにはアンテナが位置する。また表1は両チームの4人攻撃におけるトス高とトス時間の平均と標準偏差を表している。上段がARG、下段がPOLを表している。

攻撃形態は、クイックとパイプのコート中央の攻撃とレフトサイドとライトサイドのコートいっぱいを使った両サイドの攻撃であった。両サイドの攻撃は、両チームとも全ての試技において、アンテナ付近で打撃しており、セリンジャー¹¹⁾の提唱するスロット5またはスロットCの位置で打撃していた。

トスリリース時におけるトス高の全体平均は、ARGが平均2.80±0.11m、POLが平均2.76±0.10mであった。最高値のトス高についてみると、ARGは、レフトサイドが平均4.13±0.17m、パイプが平均3.66±0.08m、クイックが平均3.19±0.08m、ライトサイドが平均4.04±0.23mであった、またPOLは、レフトサイドが平均4.35±0.24m、パイプが平均3.84±0.14m、クイックが平均3.19±0.06m、ライトサイドが平均4.08±0.13mであった。

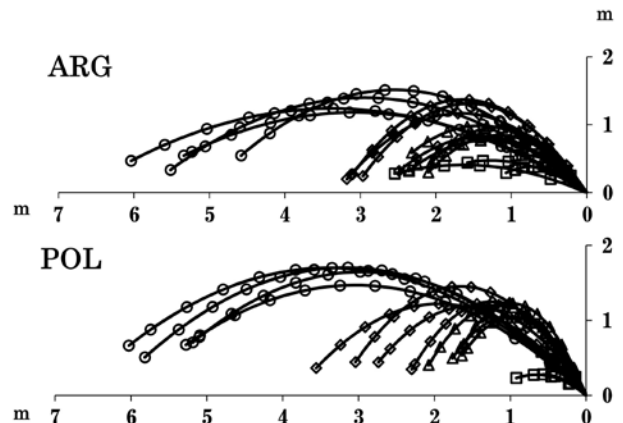


図2 座標変換した4人攻撃のトスの軌道 (各攻撃のトス方向を座標変換して統一し、セッターリリース時を原点とした。○がレフトサイド、△がパイプ、□がクイック、◇がライトサイドへのトスを示す。)

表2 4人攻撃におけるトス角度の時系列変化(度)

ARG	トス時刻(秒)	0.000	0.033	0.067	0.100	0.133	0.167	0.200	0.233	0.267	0.300	0.333	0.367
トスの種類	レフトサイド	42±6	40±6	38±6	36±6	34±6	32±6	29±6	27±6	24±6	21±6	18±6	15±5
	パイプ	55±3	53±3	50±3	47±4	44±4	41±4	37±5	32±5	27±5	22±6	16±6	10±6
	クイック	40±11	37±11	34±11	30±10	26±10	22±9	17±8	12±7	6±6	1±5	-5±5	-10±6
	ライトサイド	56±5	54±5	52±5	50±6	47±6	44±7	41±7	38±8	34±8	30±9	25±9	20±9
	ARG全体	48±10	46±10	43±10	41±10	38±11	34±11	31±11	27±12	23±12	18±13	14±13	9±13
POL	トス時刻(秒)	0.000	0.033	0.067	0.100	0.133	0.167	0.200					
トスの種類	レフトサイド	48±3	46±3	45±3	43±2	41±2	38±2	36±2					
	パイプ	66±2	64±2	62±2	60±2	58±3	55±3	52±3					
	クイック	51±11	47±11	43±12	39±13	33±14	27±15	21±15					
	ライトサイド	58±5	56±5	55±5	52±6	50±6	47±6	45±6					
	POL全体	56±9	54±9	51±10	48±11	45±12	42±13	38±14					

トス時刻：リリース時を0時刻として1/30秒ごとに表示

トス角度：水平成分(X, Y)と鉛直成分(Z)のボール速度の合成ベクトルが水平面となす角度

トス時間についてみると、ARGのトス時間は、レフトサイドが平均 0.938 ± 0.075 秒、パイプが平均 0.738 ± 0.028 秒、クイックが平均 0.404 ± 0.037 秒、ライトサイドが平均 0.913 ± 0.123 秒であった。またPOLのトス時間は、レフトサイドが平均 1.025 ± 0.057 秒、パイプが平均 0.833 ± 0.053 秒、クイックが平均 0.279 ± 0.063 秒、ライトサイドが平均 0.933 ± 0.049 秒であった。

2)トスの軌道とトス角度

図2は座標変換した4人攻撃におけるトスの軌道を示したものである。各トスにおけるトスリリース時のボールの位置を原点として全試技のトス方向を座標変換して統一した。○がレフトサイド、△がパイプ、□がクイック、◇がライトサイドへのトスを示している。そして上図がARG、下図がPOLのトスの軌道である。また表2はARGおよびPOLの4人攻撃におけるトス角度の時系列変化を表したものである。分析試技の中でトス時間が一番短いクイックの試技の打撃直前の時刻(ARGが0.367秒、POLが0.200秒)までのトス角度を表している。

トスリリース時(0秒)におけるトス角度についてみると、ARGのトス角度はレフトサイドが平均 42 ± 6 度、パイプが平均 55 ± 3 度、クイックが平均 $40 \text{度} \pm 11$ 度であった。ライトサイドが平均 56 ± 5 度であり、ARGの全てのトス角度の平均は 48 ± 10 度であった。またPOLのトス角度はレフトサイドが平均 48 ± 3 度であった。パイプが平均 66 ± 2 度であった。クイックが平均 $51 \text{度} \pm 11$ 度であった。ライトサイドが平均 58 ± 5 度であり、POLの全てのトス角度の平均は 56 ± 9 度であった。

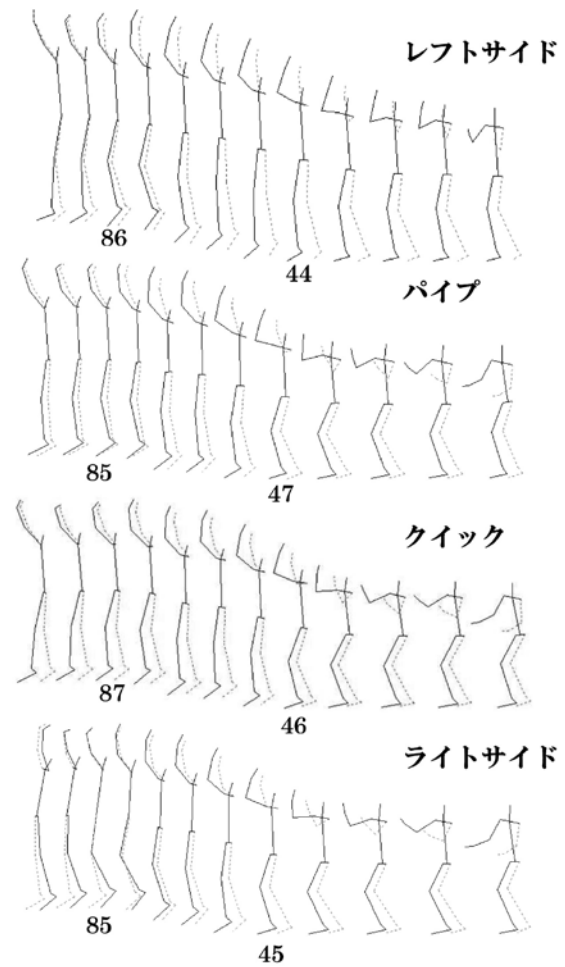
両チームともトス角度は時刻が経過するにつれ小さくなった。ARGのクイックの打撃直前である0.367秒の時点におけるトス角度はレフトサイドが平均 15 ± 5 度、パイプが平均 10 ± 6 度、クイックが平均 -10 ± 6 度、ライトサイドが平均 20 ± 9 度であり、ARGの全てのトス角度の平均は 9 ± 13 度であった。またPOLのクイック攻撃直前である0.200秒の時点におけるトス角度はレフトサイドが平均 36 ± 2 度、パイプが平均 52 ± 3 度、クイックが平均 21 ± 15 度、ライトサイドが平均 45 ± 6 度であり、POLの全てのトス角度の平均は 38 ± 14 度であった。

2. トスフォーム

1)スティックピクチャー

図3は、4人攻撃のジャンプトス動作をエンドライン後方から見たスティックピクチャーにより示したものである。ARGとPOLのレフトサイド、パイプ、クイック、ライトサイドのジャンプトス動作を3試技ずつ選択し、トスの種類ごとに規格化・平均化した。図の下部に動作局面の名称に併記して各スティックピクチャーの時刻を%で示した。図中、スティックピクチャーの破線で示した身体部分は左側の腕と脚である。

各攻撃へのトスを全体的に見ると、ネットを背にして、両足を接地させ、両腕は肘関節を屈曲して胸の前方で構えて踏み切り動作をしている。そして腕を拳上しながら、徐々に上半身を右側に水平位外転させ、両手を頭上で揃えて踏切離地に至っている。各局面におけるフォームを見ると、踏切局面とハンドリング局面において、フォームの違いがあった。踏切局面では、各攻撃へのトスにおいて腕の構えに違いがあった。ハンドリング局面では、ライトサイドへのトスは他の攻撃へのトスと比べて上半身に違いがあった。構え局面では、各攻撃へのトスで違いは見られなかった。



ハンドリング	構え	踏切	
100 90	80 70 60 50	30 20 10	0 (%)
トスリリース時	トスインパクト時	両足離地	踏み込み時

図3 規格化・平均化したトス動作のスティックピクチャー (トス時間を踏切、構え、ハンドリングの3局面で示した。破線で示した身体部分は左腕と左脚であり、動作時刻の値は各スティックピクチャーの時点と一致している。)

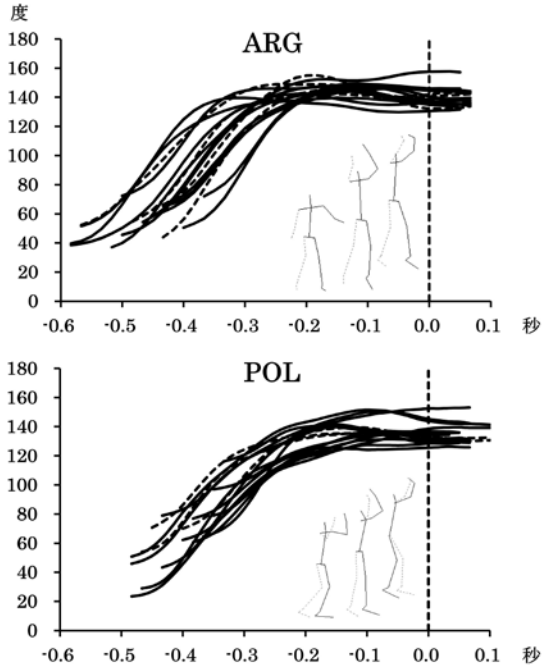


図4 トス動作中の腕角度変化
(セッターのジャンプトスにおける踏み込み時からトスリリース時までの体幹に対する右腕の角度をトスインパクト時を0時刻として示したものである。実線が前方向へのフロントトス、破線が後方へのバックトスを示す。)

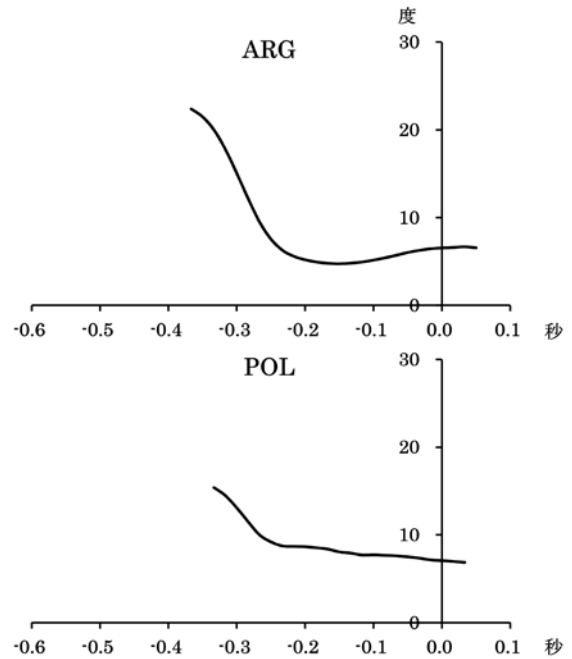


図5 腕角度の標準偏差
(分析試技データが全て揃っている時刻の腕角度について平均値を求め、標準偏差を算出した。)

表3 腕角度の時系列変化(度)

		ARG											
		トス時刻(秒)	-0.300	-0.267	-0.233	-0.200	-0.167	-0.133	-0.100	-0.067	-0.033	0.000	0.033
トスの種類	レフトサイド		105±12	121±6	132±2	140±2	144±2	146±2	145±3	143±3	140±3	137±2	136±2
	クイック		128±7	137±5	142±5	145±5	146±5	145±6	145±7	145±8	146±9	146±9	146±9
	パイプ		137±7	139±5	140±4	141±5	142±5	142±7	141±8	139±8	138±7	138±6	138±6
	ライトサイド		131±11	139±7	145±6	147±6	148±5	146±3	144±2	140±1	138±3	138±4	138±5
	ARG全体		125±15	134±10	140±6	143±5	145±5	145±5	144±5	142±6	141±6	140±7	140±7
		POL											
		トス時刻(秒)	-0.300	-0.267	-0.233	-0.200	-0.167	-0.133	-0.100	-0.067	-0.033	0.000	0.033
トスの種類	レフトサイド		103±13	114±10	122±12	128±8	131±7	132±6	133±6	132±6	132±5	132±5	132±4
	クイック		94±10	110±7	122±7	129±10	133±11	137±11	140±11	142±10	142±9	142±9	141±9
	パイプ		112±13	121±11	128±12	133±12	137±11	139±10	139±10	137±10	135±9	134±7	134±6
	ライトサイド		111±13	120±10	126±8	130±7	133±6	135±4	135±3	135±2	133±1	132±1	131±1
	POL全体		105±13	116±10	125±9	130±9	133±8	135±8	137±8	137±8	136±7	135±7	135±7
	全体		115±17	125±13	132±11	137±10	139±9	140±8	140±7	139±7	138±7	137±7	137±7

2)腕角度

図4は、踏み込み時からトスリリース時までのトス動作における腕角度変化を、トスインパクト時を0秒として示したものである。上図がARG、下図がPOLの腕角度を示している。なお図中の実線はレフトサイド、パイプ、クイックのトス試技を、破線はライトサイドへのトス試技を示している。スティックピクチャーはARGおよびPOLの試技の踏み込み時、両足離地時、トスインパクト時のトスフォームを典型例として示したものである。また図5は、腕角度の標準偏差を見たものである。踏み込み時の時刻が最も遅い試技の時刻からトスリリース時の時刻が最も早い試技まで、すなわち分析試技の腕角度の全データが全て揃っている各時刻について平均値を求め標準偏差を算出した。

図4と5をみると、腕角度は、ARGとPOLともに踏み込

み時から大きくなり、130度から140度の範囲に収束した。標準偏差は急激に小さくなりトスインパクト時のおよそ0.3秒前から0.2秒前付近から大きな変化がなくなった。

表3は、腕角度の時系列変化について平均値と標準偏差を表したものである。図5における標準偏差の変化が小さくなり始める-0.300秒の時点からトスリリース時が最も早い試技の0.033秒までの腕角度を各時刻について表している。

トスインパクト時の0.300秒前の腕角度についてみると、ARG全体平均が125±15度であり、POL全体の平均が105±13度であった。そして全体の平均が115±17度であった。トスインパクト時の0.233秒前の腕角度についてみると、ARG全体の平均が140±6度であり、POL全体の平均が125±9度であった。そして全体の平均が132±11度であっ

た。トスインパクト時の腕角度についてみると、ARG全体平均が 140 ± 7 度であり、POL全体の平均が 135 ± 7 度であった。そして全体の平均が 137 ± 7 度であった。トスリリース時付近であるトスインパクト時から0.033秒後の腕角度はARGとPOLともにトスインパクト時の腕角度と差は見られなかった。

考 察

本研究の目的は、ブロッカーにどの攻撃を使用するか察知されにくいトスについて、トスの軌道とトス動作の四肢に着目して、コンビネーション攻撃におけるトスの技術特性を明らかにすることであった。

本研究の目的を達成するためにトス技能に熟達してトス技術を有していると考えられる一流選手を対象に動作分析を行った。4人攻撃のトスとそのトスを生み出す動作を分析し、分析したデータの全体的傾向をバイオメカニク的に説明することによりコンビネーション攻撃におけるトスの技術特性を明らかにしようとした。

1. コンビネーション攻撃のトスについて

本研究で分析した4人攻撃は、トス高やトス時間、スパイカーが打撃した位置からみると、クイックとパイプの中央攻撃を伴ったコート9m幅いっぱいを使った速攻のコンビネーション攻撃であった。この結果は、これまでの先行研究で報告された結果⁴⁾⁹⁾と大差はなかった。アタッカーの人数がブロッカーの人数より一人多い4人攻撃はブロックを分散させ、ブロックの枚数を少なくさせようとする攻撃戦術であり、その成果を発揮するにはブロッカーにどの攻撃を使用するか察知されにくいセッターの動きが必要不可欠であると考えられる。

トスの軌道についてみると、クイックにおいて、打撃前のトス角度はARGが-の符号であり、POLが+の符号であった。これは、ARGはトスの頂点を過ぎてから打撃していたことに対して、POLはトスが頂点へ達する前に打撃していたことを示している。またトスリリース時のトス角度の全体平均をみると、POLはARGよりも角度が大きく山なりのトスの軌道であった。このように同じコート幅いっぱいを使った4人攻撃においても、攻撃の速さやクイックの打撃するタイミングは各チームで異なっていた。これらの違いはチーム戦術によるものであると考えられる。ARGとPOLのチーム内におけるトス角度をみると、トスの角度の標準偏差は9度から14度の範囲にあった。特にレフトサイドとクイックにおいて、トス角度の平均値の差が小さかった。これはコンビネーション攻撃のトスにおいて、各攻撃のトスの軌道に大きな差がないことを示唆している。つまり、コンビネーション攻撃のトスは、攻撃の方法はチーム戦術によって多少異なっても、各攻撃のトスの軌道は類似したコースを描いていることを示唆している。

野球において、溝田ほか⁶⁾は、打者はフォークボールを空振りすることが多い。なぜなら、フォークボールは打球直後の軌道からストレートと予測するがボールが打者の手前で落ちるからである。打者にとってフォークボールはストレートと識別困難な非常に打ちづらい球であると述べている。このことから、バレーボールにおいても一流選手ばかりでなく、大学生や高校生といった様々なカテゴリーで採用されているリードブロックに対して、たとえセッターの動作から前後のどちらの方向へ上げるのかを相手ブロッカーに見破られたとしても、コンビネーション攻撃のトスは、例えばAクイックとレフトサイド、Cクイックとライトサイドのようにボールがリリースされてからクイックの打撃直前まで各攻撃のトスの軌道を類似させれば、相手ブロッカーがどの攻撃のトスか察知することが難しく、参加人数を減らす可能性があるかと推察される。本研究のPOLのようにクイック攻撃の打撃するタイミングがトスの頂点に達する前であれば、サイドのトスは山なりの軌道にした方がクイックとサイドのトスの軌道を類似させることができると考えられる。

本研究では、トスの角度において、各攻撃の試技数が4試技と少なかったため統計処理を行うことができなかった。これは今後の課題として、各攻撃におけるトス角度の関係を明らかにするためには各攻撃の試技数を確保して統計処理する必要がある。

2. トスのフォームについて

スティックピクチャーを全体的にみると、落下点へ踏み込んだ後、両足離地時付近から頭部の前上方で両手を揃えて構えたトスの姿勢を保ちながら、空中で右側に水平位外転し、体をトス方向へ向けてボールにインパクト、ボールをリリースしている。踏切局面とハンドリング局面の一部においてトスのフォームに違いが見られたが、構え局面ではトスのフォームに違いが見られなかった(図2)。

腕角度についてみると、踏み込み時の腕角度に各試技でばらつきがあった(図3の踏み込み時に相当する)。これは踏み込み時が各試技で異なることや、腕の振り込み動作の大きさが各試技で異なるからであると考えられる。しかし、トスインパクト時の0.233秒前(図3の両足離地時に相当する)にはARG、POLともに腕角度のばらつきが収まり(図5、表4)、以後、腕角度はトスインパクト時の0.233秒前の値を維持したまま約137度の位置でボールにインパクト、ボールをリリースしていた。分析試技の中にはトスインパクト時に腕角度が大きい試技もあるが、これは返球がネットを越えそうになり、セッターがネット上で腕を伸ばしてトスしているからである。これらは、本研究のトスフォームは踏み込み時刻が早い試技でも、踏み込み時刻が遅い試技でも、さらにどの方向のトスにおいてもトスインパクト時の0.233秒前には両手を頭部の前上方で揃えてハンドリングができるセット姿勢をとっていた。そしてこのセット

姿勢を維持したまま腕角度がおよそ137度の位置でボールにインパクトし、ボールをリリースしていたことを示唆している。

コンビネーション攻撃に対するブロックは、トスがリリースされてから早く反応するだけではなく、トス動作の様々な状況の中からセッターがどこにトスするのかの選択肢を減らすことが重要である⁷⁾¹⁵⁾。そしてその選択肢を減らすためには、セッターの動作を観察することが重要¹⁸⁾であり、特にセッターの身体とボールの位置関係¹²⁾やセッターの手の動き²⁾が察知するための手がかりとなる。4人攻撃において類似したトスフォームを示した本研究のトス動作は、相手ブロkkerがセッターのトス動作からどこにトスするのかを察知することが難しいトス動作として有効であると考えられる。またセッターはボールが来る前に腕を挙げてゆとりをつくることはアタッカーが助走のタイミングをとりやすく²⁰⁾、安定感のあるコンビネーション攻撃のトスを行うために重要である¹⁹⁾と指摘されている。このことから、およそトスインパクト時の0.233秒前(両足離地時付近)までにトスインパクト時のセット姿勢をつくることは、コンビネーション攻撃を遂行するために必要な動作であると考えられる。

以上のことから、コンビネーション攻撃のどのトスにおいても、トスインパクト時の0.233秒前(両足離地時付近)までに上半身のセット姿勢を作り、そのセット姿勢を維持したままボールをインパクトし、ボールをリリースすれば、セッター動作から相手ブロkkerにどの攻撃を使用するか察知されにくく、ブロックの参加人数をより少ない状態にすることに役立つと考えられる。

ま と め

本研究の目的は、ブロkkerにどの攻撃を使用するか察知されないトスについて、トスの軌道とトス動作の上肢に着目して、コンビネーション攻撃のトスにおける技術特性を明らかにすることであった。得られた知見をまとめると以下の通りである。

- 1) トスの軌道は4人攻撃の全てのトスにおいて類似していた。
- 2) トスインパクト時のセット姿勢は腕角度がおよそ137度の姿勢であった。
- 3) またその姿勢を作るタイミングはボールをインパクトする約0.233秒前(踏切離地時付近)であった。
- 4) セッターがボールをリリースする前の類似したトス動作とリリースした後のトスの軌道は、ブロkkerにトスの手がかりを与えない(スパイカーを特定させない)ために役立つと考えられた。

注 釈

注1) インターレース解除

映像信号の処理において、奇数フィールドを先に送り、偶数フィールドをその後を送ることによって1コマの映像を表示するインターレース方式と、1コマの映像の上方から下方に向かってスキャンするプログレッシブ方式がある。本研究でキャプチャーした映像は60フィールド/秒、30コマ/秒のインターレース映像である。一方、液晶ディスプレイの表示は1コマごと再生するプログレッシブ方式である。インターレース映像を液晶ディスプレイに表示すると、奇数フィールドと偶数フィールドはわずかに時間差があるためフィールドのズレがノイズとして発生する。インターレース解除とはこのノイズを低減する手法である。本研究のインターレース映像は偶数フィールド優先にして、フィールド間の動きを検出、補完することにより、60コマ/秒のプログレッシブ方式へ変換した。

注2) 非圧縮化

データを保存する際に、データの欠落、変換がなく、高い再現性で保存する方法である。

注3) ラグランジュの1次補間公式

補間法の一つである。同期時刻のデータがない場合、以下の公式を使用し、同期時刻のデータを算出した。

$$Y(TM) = \frac{Y(A) \times (TM - B)}{(A - B)} + \frac{Y(B) \times (TM - A)}{(B - A)}$$

TM: 同期時刻, A: 各試技のTM直前の時刻, B: 各試技のTM直後の時刻
Y(A): 各試技のA時刻のデータ, Y(B): 各試技のB時刻のデータ
Y(TM): TM(同期時刻)のデータ

参 考 文 献

- 1) ゴーダン・メインフォース：リードブロック・アメリカンテクニック, *Coaching&Playing Volleyball* 22号, pp.6-9, 2002.
- 2) 後藤浩史ほか：Vリーグ選手はどこに着目してブロックするのか, *バレーボール研究*, 2 (1), p.64, 2000.
- 3) 橋原孝博ほか：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), pp.201-210, 1988.
- 4) 橋原孝博ほか：バレーボール男子世界トップレベルチームの戦術プレーに関する研究—2006年男子世界選手権におけるブラジル及びイタリアチームの分析—, *バレーボール研究*, 11 (1), pp.12-18, 2009.
- 5) 宮口宏・高橋宏文：セッターのジャンプトスの動作変容に関する実践的研究, *バレーボール研究*, 9 (1), pp.11-18, 2007.
- 6) 溝田武人ほか：フォークボールの不思議?, *日本風工学会誌*, 70 (1), pp.27-38, 1997.
- 7) 根本研ほか：バレーボールのブロック反応時間に関する研究—シー&レスポンス能力の評価—, *日本体育大学紀要*, 33 (2), pp.109-117, 2004.
- 8) 日本バレーボール学会編：Volleyballpedia バレーボール百科事典, 日本文化出版：東京, 2012.
- 9) 西博史ほか：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), pp.16-21, 2012.
- 10) 西博史ほか：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, *コーチング学研究*, 28 (1), pp.1-14, 2014.
- 11) 小野圭一ほか：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), pp.127-136, 2002.
- 12) セリンジャー・アッカーマン：セリンジャーのパワーバレーボール, 朽堀申二監修, 都澤凡夫訳, ベースボールマガジン社, pp.87-221, 1993.
- 13) 高橋宏文ほか：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), pp.75-86, 2002.
- 14) 多和健雄：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, 1971.
- 15) 豊田博・古沢久雄：バレーボールにおける敏捷性の研究～レシーブ・ブロック時の反応と動きの速さについて～, *東京大学教養学部体育学紀要*, 16 (1), pp.1-10, 1982.
- 16) Walton J.S. : Science in biomechanics cinematography, J. Terauds (edit.), *Close-range cine-photogrammetry: another approach to motion analysis*, Academic Publishers : Del Mar, pp.69-97, 1979.
- 17) Winter D.F. : Biomechanics of human movement, Jone Wiley and Sons, pp.14-37, 1979.
- 18) 山田雄太ほか：バレーボールにおけるブロック時の選択肢数がブロック動作時間に及ぼす影響, *バレーボール研究*, 14 (1), pp.12-15, 2012.
- 19) 吉田敏明：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, 2006.
- 20) 吉田敏明ほか：バレーボールの技術と指導, 小鹿野友平・高橋和之監, 不味堂出版：東京, p.60, 1996.

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。