

バレーボール男子ワールドカップ2015における 一流選手のジャンプサーブ技術に関する研究

Jump Serve Techniques of World-class Players in the 2015 Men's World Cup Volleyball

吉田 康成・西 博史
Yasunari YOSHIDA and Hirofumi NISHI

要旨

本研究はワールドカップ2015に出場した一流選手のジャンプサーブを3次元動作分析することにより、強く打撃する一流選手のジャンプサーブの実態を明らかにすることで今後のコーチング資料を得ることを目的とした。被験者は、Anderson選手(アメリカ)、Zaytsev選手(イタリア)、Ishikawa選手(日本)、Yanagida選手(日本)であった。得られた知見は以下の通りである。

- 1) 本研究で得られた打球速度は、先行研究よりも速く、Anderson選手が30.91m/s、Zaytsev選手が35.38m/s、Ishikawa選手が31.31m/s、Yanagida選手が31.60m/sであった。
- 2) ジャンプサーブの頭部中心を原点とした打撃の相対位置について、Ishikawa選手とYanagida選手はスパイクに関する先行研究で報告された打撃位置と大差はなかったが、Anderson選手とZaytsev選手は頭上付近で打撃していた。
- 3) Ishikawa選手とYanagida選手の打撃時における腰部速度は水平方向がそれぞれ0.70m/sと0.92m/sであった。跳躍の仕方は、跳躍前に沈み込み、踏み切り足で助走の水平方向の運動量を鉛直方向へ変換するという従来の指導書で述べられている前衛でスパイクするための助走方法であった。
- 4) Anderson選手とZaytsev選手の打撃時の腰部速度は、水平方向がそれぞれ2.05m/sと1.87m/sであった。外国人選手のジャンプサーブは日本人選手と比較して跳躍前に大きく沈み込み、腰部の水平速度を活かして打撃していた。

キーワード：バレーボール、ジャンプサーブ、一流選手

I. 緒言

バレーボールにおけるジャンプサーブは、エンドラインからのバックアタックのようにスパイク動作で打撃するサーブ(日本バレーボール協会編、2012)であり、他のサーブと比較しても直接ポイントを挙げる、相手のレシーブを崩して攻撃しにくくするという大きな効果がある(吉田ほか、2008)ことから、男子一流選手で最も多く使用されている(Häyriinen et al., 2007; Moras et al., 2008)。

ジャンプサーブの動作分析については、大学生を対象にした打球速度(Tant et al., 1993; Hussain et al., 2011)やナショナルチームを対象にした打球速度(Häyriinen et al., 2007; Huang and Hu, 2007)の報告がある。そして、打球速度を生み出す要因はスパイクと同様に上肢の速度が重要

であることが明らかになっている (Tant et al., 1993; Coleman, 1997; Hussain et al., 2011)。ジャンプサーブにおける体幹の使い方は、スパイクにおける体幹の回旋 (和田ほか, 2003; Marquez et al., 2007) と類似しているが、ジャンプサーブでは打撃時の回旋するタイミングが異なる。Masumura et al. (2007) は、ジャンプサーブにおける体幹の捻りは、スイング開始から体幹を捻り戻して打撃時では股関節とほぼ平行であると報告している。しかし、ジャンプサーブが、男子一流選手で最も多く使用されているにも関わらず、一流選手を対象としたジャンプサーブの研究は少なく、特に最近の一流選手がどのような動作でジャンプサーブを行っているか、その実態は明らかにされていない。

そこで本研究では、国際大会に出場した一流選手のジャンプサーブを動作分析することにより、強く打撃するためのジャンプサーブの実態を明らかにすることで今後のコーチング資料を得ることを目的とする。

II. 研究方法

1. 撮影対象

2015年9月8日から13日に広島グリーンアリーナ (広島県立総合体育館) で開催された FIVB World Cup 2015 男子大会 (以下、ワールドカップ 2015) におけるアメリカ対イタリア、日本対カナダ、エジプト対アメリカ、イタリア対日本の試合 (計 4 試合) を撮影対象とした。ワールドカップ 2015 における順位は、アメリカが 1 位、イタリアが 2 位、日本が 6 位であった。

本研究では、ワールドカップ 2015 のサーブ賞ランキングが上位でジャンプサーブを使用する Anderson 選手 (アメリカ)、Zaytsev 選手 (イタリア) を分析対象とした。また、日本人のトップサーバーと比較するために Ishikawa 選手 (日本)、Yanagida 選手 (日本) も分析対象とした。ワールドカップ 2015 のサーブ賞ランキングは、Anderson 選手 (1 位)、Zaytsev 選手 (2 位)、Ishikawa 選手 (17 位)、Yanagida 選手 (5 位) であった。表 1 は、被験者の身体的特徴を示したものである (FIVB, 2015)。

2. 撮影方法

図 1 は、試合会場内のカメラ設置位置を示したものである。競技中であるため、選手はゲーム状況に応じてサーブを打つ位置を変える。全てのプレーを定性分析することができるように撮影は 6 台の DV カメラを使用し、観客席上方にあるギャラリースペースに設置した。

4 台のカメラ (カメラ No.1 ~ No.4) はサイドライン斜め後方に設置し、撮影範囲は味方コートまたは相手コートが映るように調整した。1 台 (カメラ No.5) はエンドライン後方に設置し、撮影範囲は味方コートと相手コート (18m × 9m) が撮影画面に映るように調整した。そして残りの 1 台 (カメラ No.6) はサイドライン斜め後方に設置し、撮影範囲はサーブエリアが全て映るように調整した。なお、カメラ No.1, No.2, No.5, No.6 は毎秒 30 コマ、カメラ No.3, No.4 は毎秒 60 コマで撮影した。なお、本研究の撮影については、大会主催者に対して研究のためのデータ収集が目的であることを事前に文書で説明し、撮影の許可を得た。

表 1 被験者の特徴

選手名	チーム	身長 (cm)	体重 (kg)	SJ (cm)	ポジション
Anderson	USA	202	100	360	OP
Zaytsev	ITA	202	92	355	OP
Ishikawa	JPN	191	75	345	OH
Yanagida	JPN	186	78	335	OH

SJ：スパイクジャンプによる最高到達距離

OH：アウトサイドヒッター

OP：オポジット

※ FIVB ホームページより引用

< <http://worldcup.2015.men.fivb.com/en/competition/teams> > (accessed, 2016.9.2)

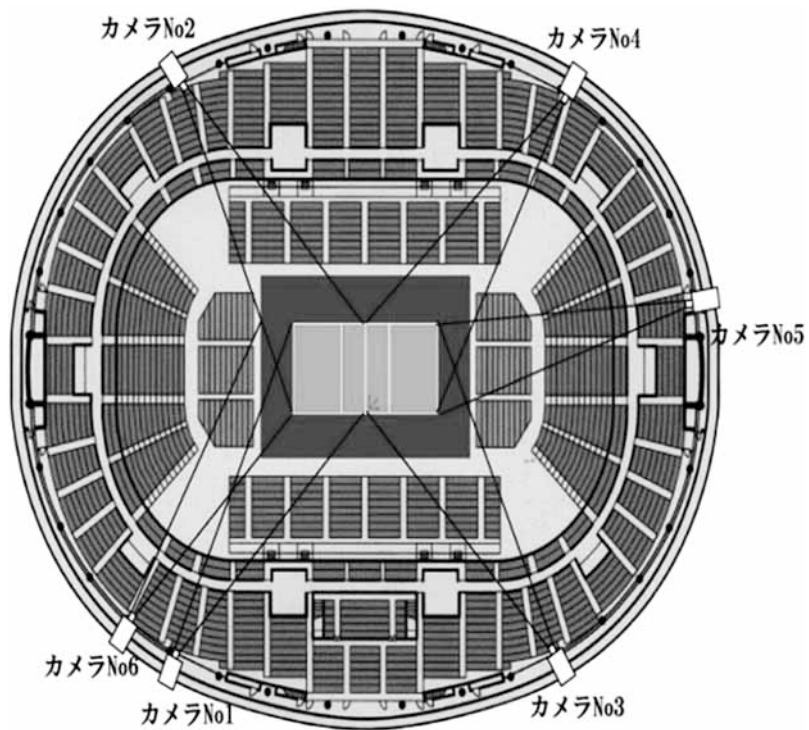


図 1 試合会場でのカメラ設置位置

3. 分析方法

撮影対象とした試合で遂行されたジャンプサーブは、Anderson 選手が 28 試技、Zaytsev 選手が 24 試技、Ishikawa 選手が 22 試技、Yanagida 選手が 20 試技であった。これらの試技からサーブミスをした試技を除いて、先行研究 (Huang and Hu, 2007) で報告された男子ナショナルチームレベルのジャンプサーブの打球速度 (平均 $25.4 \pm 5.1\text{m/s}$) よりも速いジャンプサーブ動作

について各選手1試技を動作分析試技とした。

本研究では、撮影した映像をパーソナルコンピューターにキャプチャーし分析を行った。毎秒30コマの映像については、動画編集ソフト（Virtual Dub）を用いてインターレース解除することにより毎秒60コマとし、非圧縮化で保存し分析試技を分類整理した。

三次元座標の算出に必要な数値の情報を得るため、試合の撮影に先立ち較正器を設置し、較正器の較正点に加えてレフトサイドとライトサイドの両サイドのアンテナと上部白帯の交点の合計14点から20点を較正点とし、各カメラで撮影した。較正点におけるDLT法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0.016mから0.020m、Y方向（センターライン方向）が0.008mから0.011m、Z方向（鉛直方向）が0.004mであった。

動画編集ソフトによって非圧縮化された映像ファイルを、画像解析ソフト（ImageJ）によって手動でデジタル化し、二次元座標を検出した。その後、Visual Basicによる自作の分析プログラムを用いて、DLT法（Walton, 1979）により三次元座標および、各種測定項目を算出しデータの解析を行った。

ジャンプサーブ動作を分析するために、カメラNo.5およびカメラNo.6（図1参照）で撮影した映像を使用した。分析動作は、被験者が静止した状態から送り足が浮いた時点を助走開始として、助走開始10コマ前から打撃後の接地10コマ後までのジャンプサーブ動作とした。三次元座標は、遮断周波数を6Hzに決定してButterworth low-pass digital filter（Winter, 1979）を用いて平滑化した。

4. 測定項目と算出法

打球速度を大きくする最も大きな要因は、打撃時の手先の速度である（橋原, 1988）。本研究では運動成果や手先の速度に加えて、助走の仕方を明らかにするために以下の項目を測定項目とした。

1) 打撃位置

サーバーが打撃する直前の3コマ、打撃時、打撃直後2コマ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。

競技中の動作であるため、位置や移動方向が各試技で異なっている。そこで、全ての試技の位置データを統一するために、座標変換して運動面を統一した。まず、原点をDLT法による三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サーバー打撃時の頭部中心へ移動した。次に、サーバー打撃時の頭部中心から着地時腰部中心へ向かう水平ベクトルがネットとなる角度を求めた。そして、求めた角度をもとに座標軸を回転させた。座標回転後のX軸はサーバーの左右方向、Y軸が前後方向である。このように座標変換して頭部中心を原点とした打撃位置を求めた。

2) 打球速度

サーバーの打撃後の近似式から微分係数を求めると、水平成分は1次の項しか残らないが、鉛直成分は1次の項の係数と2次の項は $-9.8t$ (t :時刻)となる。そこで鉛直成分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することにより打球速度を算出した。

3) 腰部高

助走開始10コマ前から接地10コマ後までの腰部中心の鉛直成分の位置変化を、打撃時を0秒として求めた。

4) 腰部速度

助走開始10コマ前から接地10コマ後までの算出した腰部中心の三次元座標から5点の数値微分することにより腰部中心の速度を算出した。

5) 手先速度

踏切離地10コマ前から打撃20コマ後までの算出した右手先の三次元座標から5点の数値微分することにより手先の速度を算出した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 技能評価

表2は、本研究で分析対象とした4人の全ジャンプサーブ試技を定性分析し技能評価をしたものである。数字はパーセンテージで示しており、カッコ内は本数である。「SA」はサービスエース、「2」は2段トスの攻撃および、スパイクすることができなかった返球、「コ」はクイックを含む複数のスパイカーが同時に仕掛けたコンビネーション攻撃、「SM」はサーブミス、「成功試技」は「SA」、「2」、「コ」の合計として分類した。

表2をみると、成功試技の割合が4人の中で最も多かったのは、Anderson選手の89%（28本中25本）であり、最も少なかったのは、Yanagida選手の50%（20本中10本）であった。相手チームに対して効果があるサーブであることを示す「SA」と「2」の合計は、Anderson選

表2 ジャンプサーブの技能評価 (%)

選手名	チーム	SA	2	コ	SM	合計	成功試技
Anderson	USA	21(6)	21(6)	47(13)	11(3)	100(28)	89(25)
Zaytsev	ITA	38(9)	8(2)	29(7)	25(6)	100(24)	75(18)
Ishikawa	JPN	0(0)	32(7)	36(8)	32(7)	100(22)	68(15)
Yanagida	JPN	15(3)	10(2)	25(5)	50(10)	100(20)	50(10)

SA：サービスエース

2：2段トスの攻撃およびスパイクすること（攻撃）ができない返球

コ：クイック攻撃を含む複数のスパイカーが同時に仕掛けたコンビネーション攻撃

SM：サーブミス

成功試技：SA、2、コの合計

(※カッコ内は本数)

手、Zaytsev 選手、Ishikawa 選手、Yanagida 選手がそれぞれ 43%（28 本中 12 本）、46%（24 本中 11 本）、32%（22 本中 7 本）、25%（20 本中 5 本）であった。

2. 打撃位置

図 2 の左図はサーバーの後方から、右図はサーバーの側方から見た頭部中心を原点とした打撃位置を示している。サーバ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である。+印は Anderson 選手、*印は Zaytsev 選手、○印は Ishikawa 選手、◇印は Yanagida 選手の打撃位置を示している。左図の横軸は左右方向、右図の横軸は前後方向であり、縦軸は鉛直方向である。

また、表 3 は、打撃位置と打球速度の運動成果をまとめたものである。打撃位置は打撃時における床面から打撃時のボール中心の距離であり、X 方向はサイドライン方向、Y 方向はセン

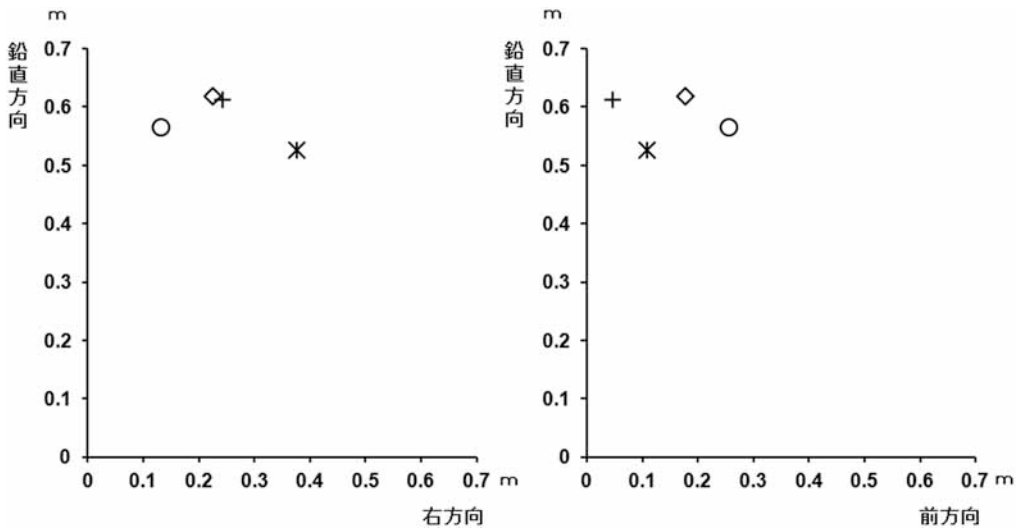


図 2 サーバーの頭部中心を原点とした打撃位置

左図は後方から、右図は側方から見たもので、サーバ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 Anderson 選手、*印は Zaytsev 選手、○印は Ishikawa 選手、◇印は Yanagida 選手の打撃位置である。

表 3 打撃時の運動成果のまとめ

	打撃位置 (m)			座標変換後の打撃位置 (m)			打球速度 (m/s)
	X	Y	Z	X	Y	Z	
Anderson	8.21	5.66	3.33	0.24	0.05	0.61	30.91
Zaytsev	8.31	7.78	3.09	0.38	0.11	0.53	35.38
Ishikawa	9.22	6.84	3.07	0.13	0.26	0.57	31.31
Yanagida	8.98	7.95	3.15	0.22	0.18	0.62	31.60

打撃位置：打撃時における床面からボール中心の距離

座標変換後の打撃位置：頭部中心を原点としたボール中心の相対位置

打球速度：ボール中心の合成速度

ターライン方向、Zは鉛直方向を示している。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。また、座標変換後の打撃位置は頭部中心を原点としたボール中心の相対位置であり、Xは左右方向（+が右方向）、Yが前後方向（+が前方向）、Zが鉛直方向（+が上方向）である。打球速度は、打撃時のボール中心の合成速度である。

表3の打撃位置をみると、Anderson選手が3.33mで最も高く、Ishikawa選手が3.07mで最も低い打点であった。アンテナの頂点が3.23mであるので、4人の選手ともアンテナの頂点から約ボール1個分の範囲内であった。X方向（サイドライン方向）はAnderson選手とZaytsev選手がそれぞれ8.21mと8.31mであり、前方にジャンプしてエンドラインよりもコートの内側で打撃していた。一方、Ishikawa選手とYanagida選手はそれぞれ9.22mと8.98mであり、ほぼエンドライン上で打撃していた。図2（左図）をみると、左右方向の打撃位置（X軸）は、Ishikawa選手が最も頭部中心に近く0.13mであった。そしてYanagida選手、Anderson選手、Zaytsev選手の順に頭部中心から右方向へ離れた位置で打撃していた。また、図2（右図）を見ると、前後方向の打撃位置（X軸）はAnderson選手が最も頭部中心に近く0.05mであった。そしてZaytsev選手、Yanagida選手、Ishikawa選手の順に前方向へ離れた位置で打撃していた。

キライ（1987）はジャンプサーブのボール打撃位置について、「遠くの方からサーブを打つ場合は、それだけ高くボールを打たないとネットを超えません。高く打つときは、身体の前ではなく、頭上で打つ」と述べている。一方、スパイクは、頭部中心を原点として右方向へ平均0.27m、前方向へ平均0.23m、上方向へ平均0.54mであり、右肩斜め前の位置で打撃していたと報告されている（橋原、1988）。本研究のIshikawa選手とYanagida選手の打撃位置は先行研究で報告されているスパイク時の打撃時と変わらなかったが、Anderson選手とZaytsev選手はキライ（1987）が述べているように頭上付近で打撃していた。

打球速度は、Zaytsev選手が35.38m/s（127.37km/h）で最も速く、Anderson選手が30.91m/s（111.28km/h）で最も遅かった。

Huang and Hu（2007）は、台湾とベネズエラのナショナルチームのジャンプサーブの打球速度は平均 25.4 ± 5.1 m/s（ 91.4 ± 18.4 km/h）であると報告している。また、Moras et al.（2008）は2004年オリンピックヨーロッパ大陸予選におけるジャンプサーブの打球速度は平均23.03m/sであると報告している。これまでの先行研究では、大学生のサーブ速度（Tant et al., 1993; Hussain et al., 2011）やナショナルチームレベルでの打球速度（Huang and Hu, 2007; Moras et al., 2008）、は明らかにされてきたものの本研究の打球速度は先行研究よりも速く、男子トップレベルにおける近年のジャンプサーブ速度の実態を明らかにすることができたと考えられる。

3. ジャンプサーブ動作中の腰部の動き

図3は、助走開始10コマ前から打撃後の接地10コマ後までのサーバーの腰部高変化を時系列で示したものである。縦軸が鉛直方向、横軸が秒である。打撃時を0時刻として、点線（丸）がAnderson選手、点線（角）がZaytsev選手、実線がIshikawa選手、長破線がYanagida選手の腰部高である。また、表4はジャンプサーブの打撃時における打球速度、腰部速度、手先速度を表したものである。打球速度はボール中心の合成速度、腰部速度は腰部中心の水平方向の速

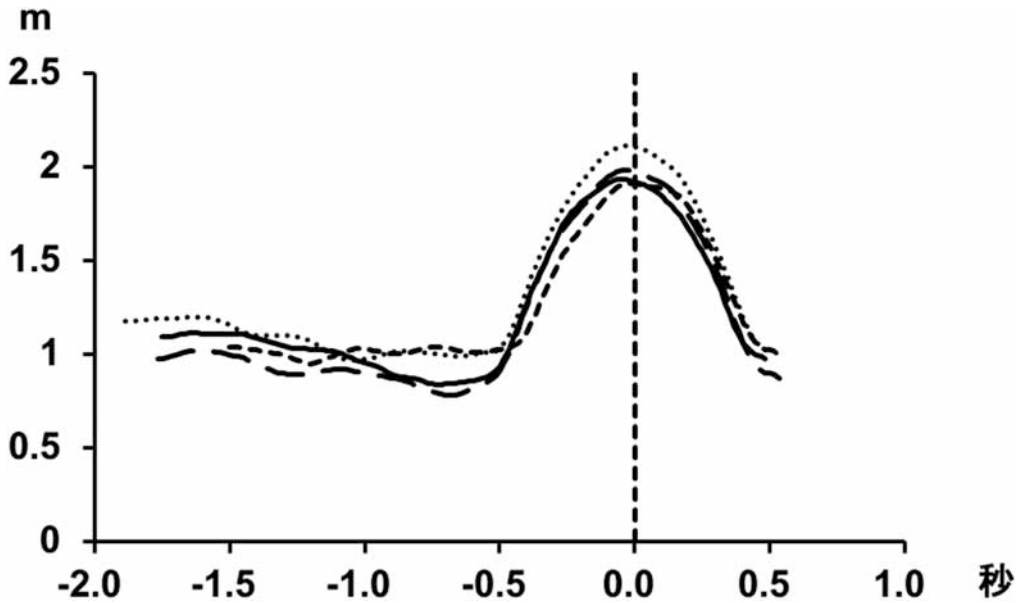


図3 サーバーの腰部高変化

助走開始10コマ前から打撃後の接地10コマ後までのサーバーの腰部高変化を時系列で示したものである。0時刻は、サーバーの打撃時を示している。点線（丸）がAnderson選手、点線（角）がZaytsev選手、実線がIshikawa選手、長破線がYanagida選手の腰部高を示している。

表4 打撃時の速度 (m/s)

選手名	打球速度	腰部速度	手先速度
Anderson	30.91	2.05	17.39
Zaytsev	35.38	1.87	20.16
Ishikawa	31.31	0.70	18.05
Yanagida	31.60	0.92	18.06

打球速度：ボール中心の合成速度
腰部速度：腰部中心の水平方向の速度
手先速度：右手先の合成速度

度、手先速度は右手先の合成速度である。

図3を見ると、Anderson選手とZaytsev選手は、助走開始直後に腰部高が少し低くなり、その後（約-1.0秒付近）は上下動が大きく変化せずに跳躍していた。一方、Ishikawa選手とYanagida選手はAnderson選手やZaytsev選手と比較して跳躍直前（約-1.0秒から-0.5秒）に腰部高が低くなっていた。

腰部速度と手先速度を見ると、腰部速度ではAnderson選手が2.05m/s、Zaytsev選手が1.87m/sと2.00m/s付近の速度であったのに対し、Ishikawa選手とYanagida選手はそれぞれ0.70m/sと0.92m/sと1.00m/s以下の値を示していた。手先速度はZaytsev選手が20.16m/sで最も速く、Anderson選手が17.39m/sで最も遅かった。

腰部高についてみると、打撃時約1秒前から跳躍するまでは、日本人選手と外国人選手で異

なる変化が認められた。つまり、Ishikawa選手とYanagida選手では、跳躍直前に沈み込んで跳躍しているのに対し、Anderson選手とZaytsev選手では、大きな上下動をせずに跳躍している。スパイクにおける助走の仕方について、指導書では十分に両足で沈み込んでジャンプする（吉田ほか、1996）と説明されている。また、跳躍時の足の使い方として、右利きの場合、最後の踏み切り足（左足）は運動方向に直角になるよう接地して水平方向への移動をストップすることにより水平方向への運動量を鉛直方向へ変換するように指導される（図4参照）（セリンジャー、1993）。Ishikawa選手とYanagida選手が跳躍直前に沈み込んで跳躍すること、打撃時の腰部速度がAnderson選手やZaytsev選手と比較して遅いということから、Ishikawa選手とYanagida選手は従来の指導書（セリンジャー、1993; 吉田ほか、1996）で述べられているスパイクの助走方法をジャンプサーブでも用いていると考えられる。

Anderson選手とZaytsev選手の跳躍方法は、助走のスピードを完全に鉛直方向へ変換するのではなく、水平方向へのスピードを残したまま前へ跳躍していた。その結果、Ishikawa選手とYanagida選手のように水平方向の運動量を鉛直方向へ変換して真上へ跳躍するような跳躍方法よりも打撃時の腰部速度が生成されたと考えられる。

このように、日本人選手と外国人選手のジャンプサーブにおける助走の仕方は、異なる方法で行われていた。Masumura et al. (2007) は世界トップレベルの競技中のジャンプサーブ動作を分析した。その結果、バックアタックのように前方へ跳躍する選手とフロントスパイクのように上方へ跳躍する選手が存在し、前者の選手は跳躍してから体幹は前上方へ移動していたが、後者の選手は体幹が後方へ移動していたと報告している。跳躍から打撃までのアプローチを考えると、バックアタックのように前方へ跳躍する方法の場合は、打撃位置が頭上になり、フロントスパイクのように上方へ跳躍する方法の場合は、打撃位置が身体の前になると推察される。

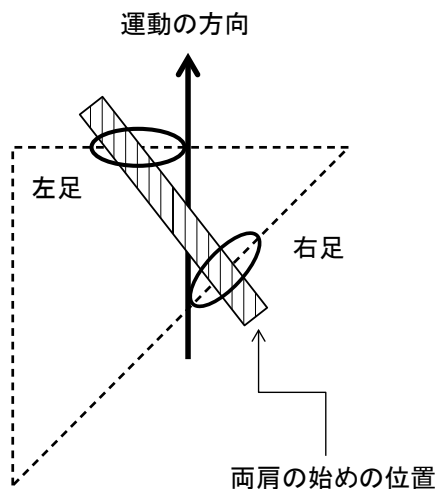


図4 踏み切りでの両足の位置

（セリンジャー（1993）より著者らが改変して引用）

Ⅳ. まとめと今後の課題

本研究は、ワールドカップ2015に出場した一流選手のジャンプサーブを動作分析することにより、強く打撃するためのジャンプサーブの実態を明らかにすることで今後のコーチング資料を得ることを目的とした。2015年9月8日から13日に広島県立総合体育館で開催されたワールドカップ2015男子大会において、Anderson選手（アメリカ）、Zaytsev選手（イタリア）、Ishikawa選手（日本）、Yanagida選手（日本）のジャンプサーブ動作を3次元動作分析した。得られた知見をまとめると以下の通りである。

1) 相手チームに対して効果があるサーブであることを示す「SA」と「2」の合計は、Anderson選手、Zaytsev選手、Ishikawa選手、Yanagida選手がそれぞれ43%（28本中12本）、46%（24本中11本）、32%（22本中7本）、25%（20本中5本）であった。

2) 頭部中心を原点とした前後方向の打撃位置は、Anderson選手が最も頭部中心に近く0.05mであった。そしてZaytsev選手、Yanagida選手、Ishikawa選手の順に前方向へ離れた位置で打撃していた。Yanagida選手とIshikawa選手はスパイクにおける打撃位置と大差なかったが、Anderson選手とZaytsev選手はスパイクの先行研究よりも頭上でボールを捉えていた。

3) 本研究で分析したジャンプサーブの打球速度は先行研究よりも速く、Anderson選手が30.91m/s、Zaytsev選手が35.38m/s、Ishikawa選手が31.31m/s、Yanagida選手が31.60m/sであった。

4) 打撃時の手先の速度は、Anderson選手が17.39m/s、Zaytsev選手が20.16m/s、Ishikawa選手が18.05m/s、Yanagida選手が18.06m/sであった。

5) 日本人選手（Ishikawa選手とYanagida選手）のジャンプサーブにおける跳躍の仕方は、跳躍前に沈み込み、踏み切り足で助走の水平方向の運動量を鉛直方向へ変換するという従来の指導書で述べられているスパイクの助走方法であった。

6) 外国人選手（Anderson選手とZaytsev選手）のジャンプサーブにおける跳躍の仕方は日本人選手と比較して跳躍前に大きく沈み込まず、水平方向の腰部速度を減速しないで跳躍する助走方法であった。

一流選手のジャンプサーブ技術を明らかにするためには、本研究の得られた結果では分析試技数が少なく、一般化することができなかった。また、動作分析の項目についても、腰部を中心の軌跡と速度を中心に検討しているが、上半身の動きも無視することはできない。さらに、ジャンプサーブは、エンドラインからのバックアタックと捉えることができ、フロントスパイクとは指導ポイントが異なると考えられるので、指導ポイントはどこなのかも明らかにする必

要がある。今後、これらを含めて詳細に検討する必要がある。

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。

謝辞

本研究における分析の視点は、第一著者が吉田雅行先生（大阪教育大学教授）に師事していた際に得たものである。分析については、橋原孝博先生（元広島大学大学院総合科学研究科教授、現芸陽バス株式会社）の手法に依拠して定量化した。ここに改めて感謝の意を表したい。

文献

- Coleman, S.G. (1997) A three-dimensional kinematic analysis of the volleyball jump serve. *Proceeding of 15 International Symposium on Biomechanics in Sports*: 83-87.
- FIVB (2015) <http://worldcup.2015.men.fivb.com/en/competition/teams> (access date: 2016. 9. 2)
- 橋原孝博 (1988) バレーボールのスパイク技術に関する運動学的研究—高い打点で強く打撃するためのスイング動作として役立つ動き—. *広島体育学研究*, 14: 11-22.
- Häyrynen, M., Lahtinen, P., Mikkola, T., Honkanen, P., Paananen, A. and Blomqvist, M. (2007) Serve speed analysis in men's volleyball. *Science for Success*, 2: 10-11.
- Huang, C. and Hu, L. (2007) Kinematic analysis of volleyball jump topspin and float serve. *Proceeding of 25 International Symposium on Biomechanics in Sports*: 333-336.
- Hussain, I., Khan, A. and Mohammad, A. (2011) A comparison of selected biomechanical parameters of spike serves between intervarsity and intercollegiate volleyball players. *Journal of Education and Practice*, 2(2): 18-24.
- カーチ・キライ：古市英訳 (1987) *KIRALY'S VOLLEYBALL* カーチ・キライのパーフェクト・クリニック. 日本文化出版：東京、pp.61-62.
- Marquez, W.Q., Masumura, M., Ae, M., Endo, T. and Yasuda, M. (2007) Biomechanical analysis of the spike motion for world-class male volleyball players. *Proceeding of 25 International Symposium on Biomechanics in Sports*: 328.
- Masumura, M., Marquez, W. Q., Koyama, H., Ae, M. (2007) A biomechanical analysis of serve motion for elite male volleyball players in official games. *Journal of Biomechanics*, 40(S2): S744.
- Moras.G., Busca, B., Pena, J., Rodriguez, S., Vallejo, L., Fajardo, J. T. and Mujika, I. (2008) A comparative study between serve mode and speed and its effectiveness in a high-level volleyball tournament. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48: 31-36.
- 日本バレーボール協会編 (2012) *Volleyballpedia* バレーボール百科事典. 日本文化出版：東京、p.52.
- セリンジャー・アッカーマン：都澤凡夫訳 (1993) *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：東京、pp.117-119.
- Tant, C. L., Greene, B. and Bernhardt, M. (1993) A comparison of the volleyball jump serve and the volleyball spike. *Proceeding of 11 International Symposium on Biomechanics in Sports*: 344-346.
- 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的研究. *バレーボール研究*, 5: 1-5.
- Walton, J. S. (1979) Close-range cine-photogrammetry: Another approach to motion analysis. In: J. Terauds (Ed.) *Science in biomechanics cinematography*. Academic Publishers: Del Mar, pp.69-97.

Winter, D. F. (1979) *Biomechanics of human movement*, Jone Wiley & Sons: New York, pp.14-37.

吉田敏明・勝本真・中西康巳(1996)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.

吉田康伸・米山一朋・浜口純一(2008)バレーボールにおけるジャンプサーブの効果についての研究. 法政大学体育・スポーツ研究センター紀要、26：21-23.