

論文

一流選手のジャンプサーブ技術に関する事例研究

西 博史*1

キーワード：バレーボール、ジャンプサーブ、捻り

I 緒言

バレーボールはネットを挟んで両チームがボールを打ち合うスポーツである。プレーはサーブから始まり、守備側のチームはボールを落とさないように守り、攻撃側のチームは相手にボールを落とさせるように攻める。現在のバレーボールは25点のラリーポイント制であり、自チームの点数は、自チームの得点に加えて相手の失点（ミスや反則等）である⁸⁾。ゲームに勝利するためにはサイドアウトだけではなく、連続して得点しなければならぬ。ゲームに勝利するための要因としてはスパイクとブロックの決定力²⁾の他にサーブが挙げられる¹³⁾。中でもサーブによる得点は勝利に大きく貢献する¹³⁾²⁰⁾。男子国際大会では打たれるサーブのうちほとんどがジャンプサーブである¹²⁾。本研究ではジャンプサーブとはスパイク動作で高い打点から打ち込む攻撃的サーブとする⁸⁾。強打のジャンプサーブは、その他のサーブと比較して直接ポイントを挙げたり、相手のレシーブを崩して単調な攻撃にさせるという大きな効果がある¹⁹⁾。それゆえ一流選手たちは強打のジャンプサーブを有効な攻撃手段として用いている。

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⁷⁾¹⁴⁾やナショナルチームを対象にした打球速度⁵⁾⁶⁾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¹⁾⁷⁾¹⁴⁾。このように身体各部位の角度や速度からみたジャンプサーブの研究は散見されるが、世界トップレベル選手のジャンプサー

ブ動作を分析した研究¹¹⁾¹⁸⁾は少ない。近年の研究では吉田と西(2017)¹⁸⁾の研究があるものの、助走を限定的に分析しているためボールをインパクトする主要局面の研究は見当たらない。

そこで、本研究は国際大会に出場した一流選手の主要局面における動きを分析して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。

II 研究方法

1. 撮影対象

2015年9月8日から13日広島県立総合体育館で開催された2015 FIVB Volleyball Men's World Cup Japan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。2015 FIVB Volleyball Men's World Cup Japanの最終順位は、アメリカが1位、イタリアが2位、日本が6位であった。なお、この大会は上位3チームがリオデジャネイロ五輪の出場権が獲得する大会であった。

本研究では、ジャンプサーブを使用する選手で2015 FIVB Volleyball Men's World Cup Japanのベストサーバーランキングが上位のAnderson選手（アメリカ）、Zaytsev選手（イタリア）、Ishikawa選手（日本）、Yanagida選手（日本）を分析対象とした。被験者は全員右利きであった。表1は被験者の特徴を示したものである³⁾。ベストサーバーランキングはAnderson選手（アメリカ）

*1 至誠館大学 ライフデザイン学部

が1位、Zaytsev選手（イタリア）が2位、Ishikawa選手（日本）17位、Yanagida選手（日本）が5位であった。

2. 撮影方法

図1は試合会場でのビデオカメラ設置位置を示したものである。撮影は6台のDVカメラを使用し、観客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、撮影範囲はサービス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。

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き、強打したサーブの中から各選手1試技を無作為抽出した。

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は、画像解析ソフト（ImageJ）によって手動でデジタルサイズし、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¹⁶⁾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、被験者の最後の右足接地時から打撃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 filter¹⁷⁾を用いて平滑化した。

4. 測定項目と算出法

1) 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。

2) 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。

3) 捻り角度

本研究では、捻り角度は左肩関節中心から右肩関節中心へ向かうベクトルと左股関節中心から右股関節中心へ向かうベクトルのなす角度とした。算出した三次元座標をもとに、捻り角度を離地10コマ前から打撃10コマ後まで1/60秒ごと算出した。角度はベクトルの内積を利用して求めた。角度は左股関節中心から右股関節中心へ向かうベクトルを基準にして後方捻り方

表1 被験者の特徴

選手名	チーム	身長(cm)	体重(kg)	SJ(cm)	Rank
Anderson	USA	202	100	360	1位
Zaytsev	ITA	202	92	355	2位
Ishikawa	JPN	191	75	345	17位
Yanagida	JPN	186	78	335	5位

SJ:スパイクジャンプによる最高到達距離

Rank:1セット当たりのサービス・エースの決定本数から順位を決定する

※FIVB(2015)³⁾より引用

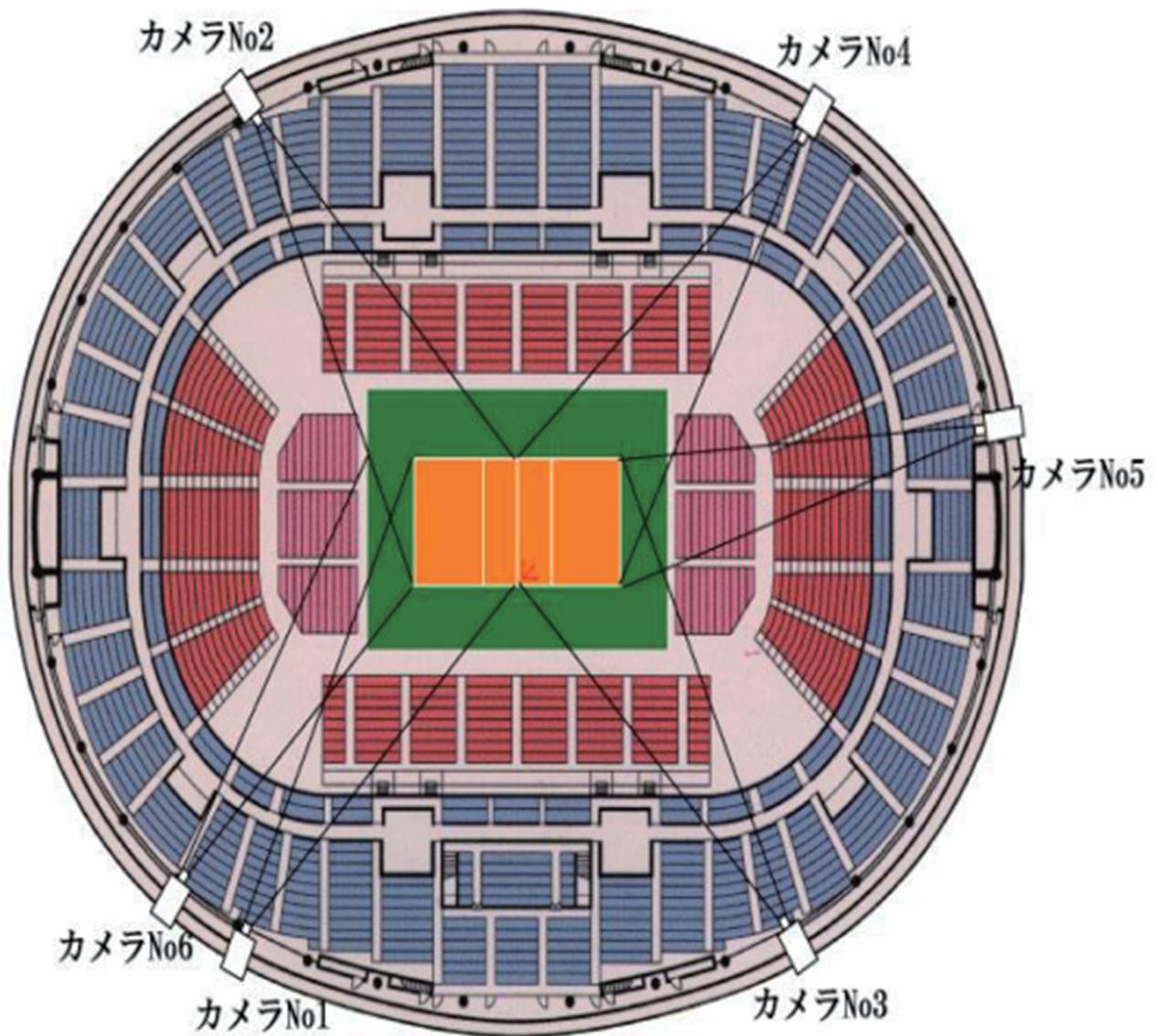


図1 試合会場でのカメラ設置位置 (吉田と西 (2017)¹⁸⁾より引用)

向は正符号、前方捻り方向は負符号とした。角度の回転方向はベクトルの外積を利用して算出した。

4) スティックピクチャの作成

ジャンプサーブ動作の全体像を表示するために身体各部位21点の三次元座標をもとに踏切足1歩目の接地時から打撃後の着地時までのジャンプサーブ動作を側方から見たスティックピクチャで表示した。

各試技で動作する場所が異なるため、運動面を統一しなければならない。まず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サーブ打撃時の身体重心に原点を移動した。次に移動方向を統一するために、離地から着地へ向かうジャンプ方向を前方向となるように座標を回転（座標変換）させた。座標変換を離地から着地へ向かう身体重心のベクトルがバレーボールのネットとなす角度を算出した。算出した角度をもとに座標軸を回転させることによって各試技の運動面を統一した。

III 結果と考察

1. スティックピクチャ

図2は踏切足の右足接地時から打撃後の着地時までのジャンプサーブ動作のスティックピクチャを示している。スティックピクチャは上から順に Anderson 選手（アメリカ）、Zaytsev 選手（イタリア）、Ishikawa 選手（日本）、Yanagida 選手（日本）である。また、図中の TF は離地時、IMP は打撃時、TD は着地時である。

TF の 2 コマ前のスティックピクチャをみると、Ishikawa 選手（日本）と Yanagida 選手（日本）は左足が進行方向に対して垂直になるよう左足を出した踏切であるが、Anderson 選手（アメリカ）と Zaytsev 選手（イタリア）はほぼ進行方向へ左足を出した踏切をしていることがわかる。跳躍後は空中で左腕を上げると同時に右腕を大きく後方を引いて弓を引くようなフォームとなっている。IMP に近づくにつれて、まず股関節を反時計回りに回転させ、遅れて肩関節を回転させ

るように動作して打撃している。

吉田と西（2017）¹⁸⁾ は Anderson 選手（アメリカ）と Zaytsev 選手（イタリア）は Ishikawa 選手（日本）、Yanagida 選手（日本）と比較して打撃時の助走速度が大きかったと報告している。Ishikawa 選手（日本）、Yanagida 選手（日本）は離地するときに左足を進行方向に対して垂直に足を出すことによって棒高跳びのように助走の水平方向のスピードを鉛直方向へ活かすようなジャンプをしていると推察できる。

2. 捻り動作

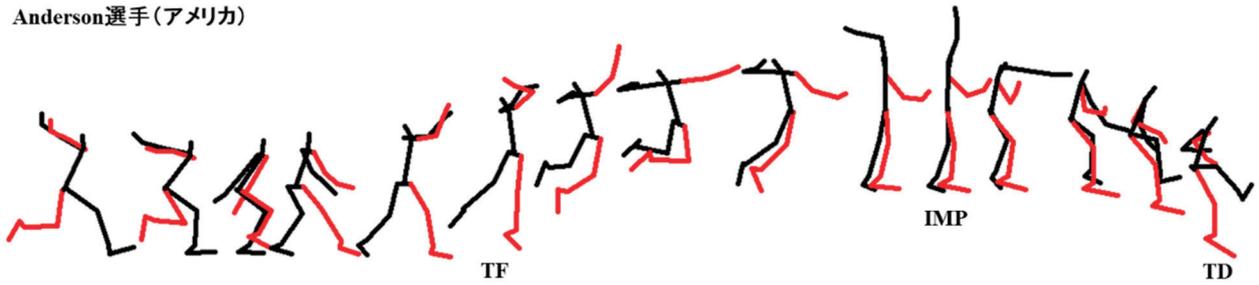
どの選手も共通に弓を引くようなフォームから上半身を回転させて打つフォームをしている。そこで捻り動作について詳しく見ていくこととする。

表2は分析試技の運動成果を示したものである。打球速度は打撃時におけるボール中心の合成速度、手先速度は打撃時における右手先の合成速度、最大捻り角度とは打撃前の左股関節中心から右股関節中心へ向かうベクトルと左肩関節中心から右肩関節中心へ向かうベクトルのなす角度の最大値である。また、図3は離地10コマ前から打撃10コマ後までの捻り角度の時系列変化を示したものである。実線は Ishikawa 選手（日本）、破線は Yanagida 選手（日本）、◇は Anderson 選手（アメリカ）、○は Zaytsev 選手（イタリア）の捻り角度である。正符号の角度は後方捻り、負符号の角度は前方捻りを示しており、時間の0秒は打撃時とした。

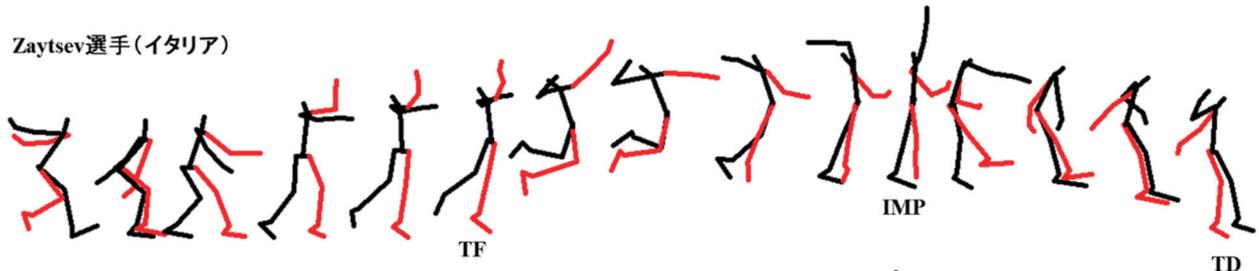
打球速度は Anderson 選手（アメリカ）が 30.91m/s (111.28km/h)、Zaytsev（イタリア）選手が 35.38m/s (127.37km/h)、Ishikawa 選手（日本）が 31.31m/s (112.72km/h)、Yanagida 選手（日本）が 31.60m/s (113.76km/h)であった。特に Zaytsev 選手（イタリア）はこれまで報告された世界一流選手の打球速度 (95km/h~125km/h)^{5) 10)} よりも大きい値だった。

手先速度は Anderson 選手（アメリカ）が 17.39m/s、Zaytsev（イタリア）選手が 20.16m/s、Ishikawa 選手（日本）が 18.05m/s、Yanagida 選手（日本）が 18.06m/s で

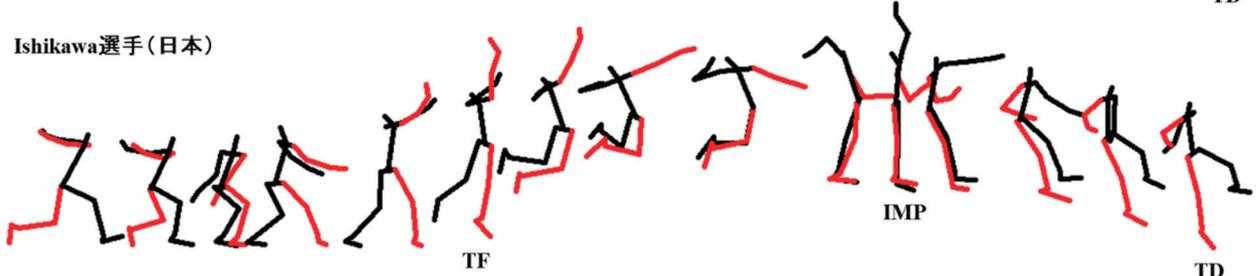
Anderson選手(アメリカ)



Zaytsev選手(イタリア)



Ishikawa選手(日本)



Yanagida選手(日本)

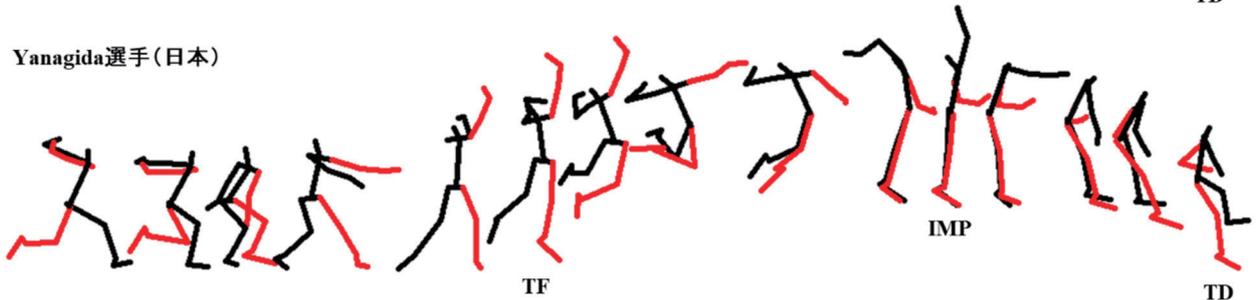


図2 ジャンプサーブのスティックピクチャ

上から順に Anderson 選手、Zaytsev 選手、Ishikawa 選手、Yanagida 選手のジャンプサーブ動作のスティックピクチャを示している。

TF は離地時、IMP は打撃時、TD は着地時である。

表2 ジャンプサーブの運動成果

	打球速度(m/s)	手先速度(m/s)	最大捻り角度(度)	打撃時捻り角度(度)
Anderson	30.91	17.39	59	7
Zaytsev	35.38	20.16	66	-10
Ishikawa	31.31	18.05	53	-10
Yanagida	31.60	18.06	60	-20

打球速度: ボール中心の合成速度

手先速度: 右手先の合成速度

最大捻り角度: 打撃前における捻り角度の最大値

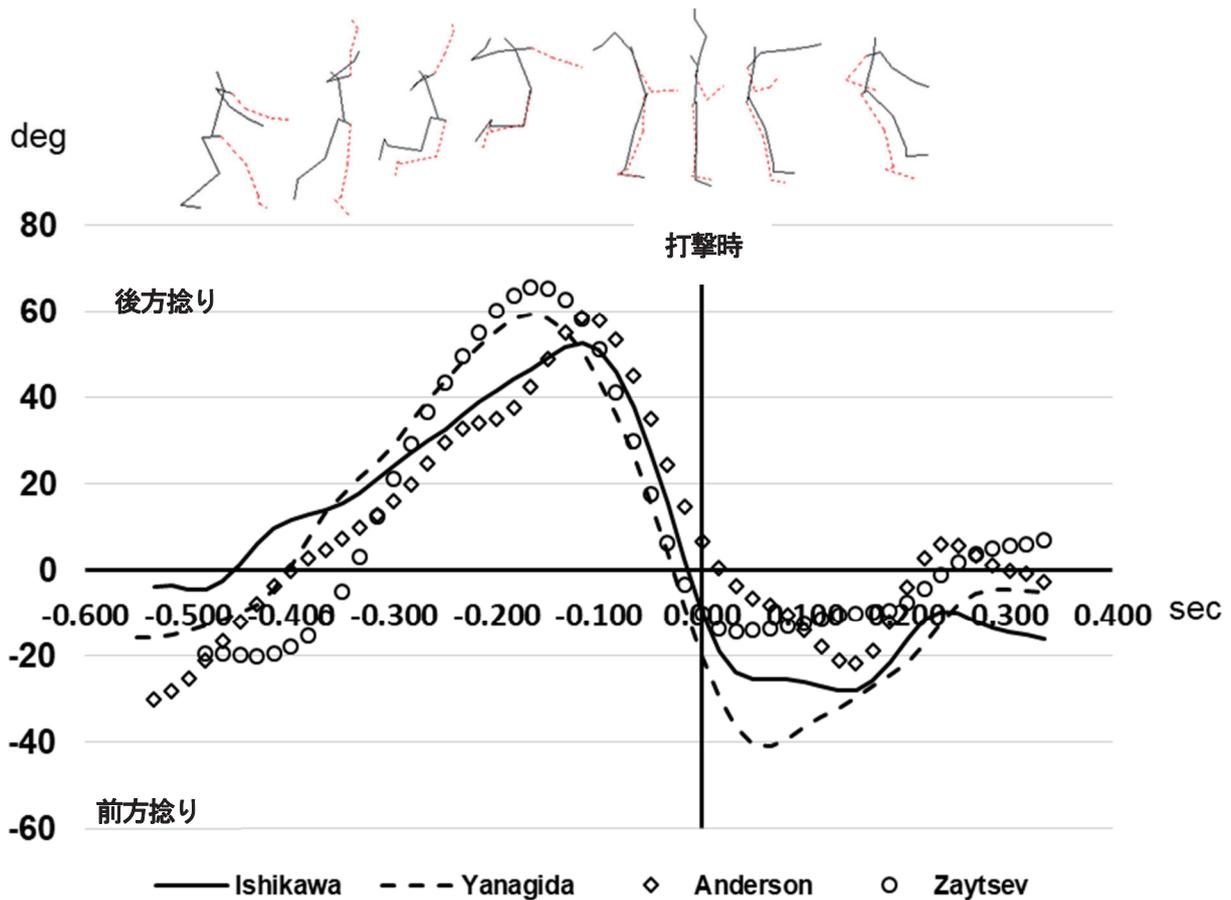


図3 捻り角度の時系列変化

離地 10 コマ前から打撃 10 コマ後までの捻り角度を示している。

実線は Ishikawa 選手（日本）、破線は Yanagida 選手（日本）、◇は Anderson 選手（アメリカ）、○は Zaytsev 選手（イタリア）の捻り角度である。

捻り角度は左股関節中心から右股関節中心へ向かうベクトルと左肩関節中心から右肩関節中心へ向かうベクトルのなす角度である。

正符号の角度は後方捻り，負符号の角度は前方捻りを示す。

打撃時は時間の 0 秒である。

あり、打球速度の大きさに比例していた。これはこれまでの橋原（1998）4）のスパイクの先行研究で打球速度の直接的な要因は手先速度であるという結果と同様の結果となった。

最大捻り角度は Anderson 選手（アメリカ）が 59 度、Zaytsev（イタリア）選手が 60 度、Ishikawa 選手（日本）が 53 度、Yanagida 選手（日本）が 60 度であり、捻り角度の大きさと打球速度は関係なかった。

和田ほか（2003）¹⁵⁾ は日本一流男子バレーボール選手のスパイク動作を分析して打球速度と体幹のひねりの関係について調べた。体幹の捻り戻し角速度が大きいと手先速度も大きい傾向であることを明らかにした。また、「体幹のひねり角度を大きくすることは大きな捻り戻し角速度を得るために必要な動作であると考えられるが、ひねり角度を大きくするだけでは不十分である」と述べている。本研究においても、同様のことが

言えると考えられる。図3をみると、離地10コマ前は両肩のベクトルは進行方向に向いており、両脚は前後に開いて踏切をしているので前方捻りをしている。その後、矢を引くように右肩を後ろに引くため後方捻りが大きくなる。腰を回転させた後に遅れて肩を回転させるため捻り角度は小さくなり両腰と両肩のベクトルが平行になる時点で打撃している。Zaytsev選手(イタリア)はほかの選手よりも離地が遅い、離地付近から大きな体幹の捻りと捻り戻しをスムーズに行って打撃している。また、打撃のタイミングはZaytsev選手(イタリア)、Ishikawa選手(日本)、Yanagida選手(日本)は後方捻りから前方捻りへと変わったところで打撃している。一方、Anderson選手(アメリカ)は後方捻りから前方捻りへ変わる前に打撃しているが、これは打撃時のボール位置がほぼ頭上(図2参照)に加えてサーブのコースが右方向であったからである。

Marquez et al. (2011)⁹⁾は国際大会競技中の世界一流選手のスパイク動作を分析した。体幹の捻り動作について、打撃する前に体幹を後方へ捻り、その後捻り戻し動作を行って打撃していた。そして打撃時では、体幹は前方へ捻った体勢で打撃していた。

本研究ではMarquez et al. (2011)⁹⁾の結果と比較して前方捻りで打撃していない。その理由としてスパイクは身体の前で打撃するが、サーブはネットとの距離があるためスパイクよりもボールを捉える位置が身体に近い(頭上の位置)からだと考えられる。

Zaytsev選手(イタリア)は他の選手に比べて大きな打球速度を得ていた。吉田と西(2017)¹⁸⁾によるとZaytsev選手の打撃時における水平速度はIshikawa選手(日本)とYanagida選手(日本)よりも大きい。つまり、スムーズな体幹の捻り戻し動作に加えて助走のスピードを生かして打撃することによって大きな打球速度を生み出すことができたと推察される。

IV まとめと今後の課題

本研究の目的は国際大会に出場した一流選手の主要局面における動きを分析して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であった。2015年9月8日から13日広島県立総合体育館で開催された2015 FIVB Volleyball Men's World Cup Japanにおいて、ベストサーバーランキングが上位の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三次元動作分析した。得られた知見をまとめると以下のとおりである。

- 1) スティックピクチャから、Ishikawa選手(日本)とYanagida選手(日本)は左足が進行方向に対して垂直になるよう左足を出した踏切であるが、Anderson選手(アメリカ)とZaytsev選手(イタリア)はほぼ進行方向へ左足を出した踏切をしていた。跳躍後は空中で左腕を上げると同時に右腕を大きく後方を引いて弓を引くようなフォームから股関節、肩関節の順に反時計回りに回転させて打撃していた。
- 2) 打球速度はAnderson選手(アメリカ)が30.91m/s(111.28km/h)、Zaytsev(イタリア)選手が35.38m/s(127.37km/h)、Ishikawa選手(日本)が31.31m/s(112.72km/h)、Yanagida選手(日本)が31.60m/s(113.76km/h)であった。
- 3) 手先速度はAnderson選手(アメリカ)が17.39m/s、Zaytsev(イタリア)選手が20.16m/s、Ishikawa選手(日本)が18.05m/s、Yanagida選手(日本)が18.06m/sであり、打球速度の大きさに比例していた。
- 4) 体幹の最大捻り角度はAnderson選手(アメリカ)

が 59 度、Zaytsev (イタリア) 選手が 60 度、Ishikawa 選手 (日本) が 53 度、Yanagida 選手 (日本) が 60 度であり、捻り角度の大きさと打球速度は関係なかった。

- 5) 体幹の捻り動作は離地直前では両脚は前後に開いて踏切をしているので前方捻りをしていた。その後、弓を引くように右肩を後ろに引くため後方捻りが大きくなった。腰を回転させた後に遅れて肩を回転させるため捻り角度は小さくなり両腰と両肩のベクトルが平行になる地点で打撃していた。

本研究の分析試技は典型例であり、分析試技数が少ないため、一般化することができなかった。測定項目では体幹の捻り角度のみでは手先速度を大きくするための測定項目としては不十分であるので、今後は詳細に検討する必要がある。またフロントでのスパイク動作とはジャンプサーブ動作では先行研究と健闘して異なる部分があった。ジャンプサーブとフロントスパイクの指導ポイントの違いを明らかにする必要がある。

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

本研究におけるデータの解析方法は筆者が橋原孝博先生 (元広島大学大学院総合科学研究科教授) に師事していた際に得た。また、本研究は吉田康成先生 (四天王寺大学教育学部准教授) の協力を得て行われた。ここに改めて感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) Coleman S.G. ; A three-dimensional kinematic analysis

of the volleyball jump serve, Proceeding of 15 International Symposium on Biomechanics in Sports: 83-87, 1997

- 2) Eom H. J. and Schutz R. W. ; Statistical Analyses of Volleyball Team Performance, Research Quarterly for Exercise and Sport, 63(1) : 11-18, 1992
- 3) FIVB ; TEAMS, <http://worldcup.2015.men.fivb.com/en/competition/teams> (access date: 2016. 9. 2)
- 4) 橋原孝博 ; 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, 1988
- 5) Häyrynen M. • Lahtinen P. • Mikkola T. • Honkanen P. • Paananen A. • Blomqvist M. ; Serve speed analysis in men's volleyball, Science for Success, 2: 10-11, 2007
- 6) Huang C. and Hu L. ; Kinematic analysis of volleyball jump topspin and float serve, Proceeding of 25 International Symposium on Biomechanics in Sports: 333-336, 2007
- 7) Hussain I. • Khan A. • Mohammad A. ; A comparison of selected biomechanical parameters of spike serves between intervarsity and intercollegiate volleyball players. Journal of Education and Practice, 2(2): 18-24, 2011
- 8) 日本バレーボール学会編 ; VolleyPedia バレーボール百科事典, 日本文化出版, 2012, 52-82
- 9) Marquez W. Q. • Masumura M. • Ae M. ; Spike-landing Motion of Elite Male Volleyball Players during Official Games, International Journal of Sport and Health Science, 9 : 82-90, 2011
- 10) 増村雅尚 ; 世界一流選手のジャンプサーブの特徴, Coaching & Playing Volleyball, 69 : 6-9, 2010
- 11) Masumura M. • Marquez W. Q. • Koyama H. • Ae M. ; A biomechanical analysis of serve motion for elite male

- volleyball players in official games, *Journal of Biomechanics*, 40 (S2): S744, 2007
- 12) Moras G. • Busca B. • Pena J. • Rodriguez S. • Fajardo L. T. • Mujika I. ; 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(1) : 31-36, 2008
- 13) Silva M. • Lacerda D. • João P. V. ; Game-Rated Volleyball Skills that Influence Victory, *Journal of Human Kinetics*, 41 : 173-179, 2014
- 14) Tant C. L. • Greene B. • Bernhardt M. ; A comparison of the volleyball jump serve and the volleyball spike, *Proceeding of 11 International Symposium on Biomechanics in Sports*: 344-346, 1993
- 15) 和田尚・阿江通良・遠藤俊郎・田中幹保 ; 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 : 1-5, 2003
- 16) Walton, J. S. ; Close-range cine-photogrammetry: Another approach to motion analysis, In: J. Terauds (Ed.) *Science in biomechanics cinematography* , Academic Publishers: Del Mar, 69-97, 1979
- 17) Winter D. F. ; *Biomechanics of human movement*, Jone Wiley & Sons: New York, 14-37, 1979
- 18) 吉田康成・西博史 ; 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, *四天王寺大学紀要*, 64 : 311-322, 2017
- 19) 吉田康伸・米山一朋・浜口純一 ; 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, 2008
- 20) Zetou E. • Tsigilis N. • Moustakidis A. • Komninakidou A. ; Playing Characteristics of Men's Olympic Volleyball Teams in Complex II, *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1) : 172-177, 2006

A Case Study of Jump Serve techniques of World-class Players

Hirofumi NISHI

The purpose of this study was to investigate the actual conditions of the jump serve hitting strongly by analyzing the movements in the main phase of the world-class players who participated in 2015 FIVB World Cup and get future's coaching data. The movements of jump serve of Anderson (USA), Zaytsev (ITA), Ishikawa (JPN), Yanagida (JPN) were analyzed by three dimensional DLT method. They are players of the Best server ranking high rank in 2015 FIVB Volleyball Men's World Cup Japan. The obtained knowledges are as follows :

- 1) When the ball speed was high, the speed of the right fingers were also high. However, the ball speed was unrelated to the maximum rotation angle of trunk.
- 2) The trunk rotation was forward rotation because the both legs opened backward and forward during the take-off phase. Then, the backward rotation became large after the take-off until it reached the maximum to pull the right shoulder as drawing a bow. The trunk twisted forward for the ball hit because the shoulder rotated after the hip-joint rotation. At the ball impact, the shoulder was nearly parallel with the hip joint.
- 3) Zaytsev (ITA) had the dynamic backward and forward rotation than other players.