

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

和田 尚*, 阿江 通良**, 遠藤 俊郎***, 田中 幹保****

Biomechanical analysis of the torso twisting during the spiking motion in volleyball

Takashi WADA*, Michiyoshi AE**, Toshiro ENDO***, Mikiyasu TANAKA****

The purpose of this study was to investigate the torso twisting during the spiking motion of Japanese elite male volleyball players. Spiking motion of volleyball players was videotaped by two high-speed VTR cameras operating at 250 Hz to obtain three-dimensional coordinates data of the body segments and the center of the ball. The velocity of the ball, hand and shoulder and twisting angle of the torso were calculated. The results were summarized as follows; (1) The large twisting angle and the large angular velocity of the torso twisting contributed to increase the hand velocity at the impact. (2) Maintaining the shoulder velocity in the direction of the swing at the impact help to achieve large ball velocity. (3) To obtain large shoulder velocity in the direction of swing at the impact, they used two types of torso motion: the first type predominated forward flexion of the torso, the second one predominated forward twisting of the torso. Although most of the players combined the both of torso motions during spiking motion, the twisting type is preferable to obtain large shoulder velocity and then ball velocity as a result.

Key words : volleyball, spiking motion, torso twisting, three-dimensional analysis

本研究は、日本一流男子バレーボール選手のスパイク動作を体幹のひねりに着目して3次元分析し、スパイク技術に関する基礎的資料を得ることを目的とした。日本一流選手のスパイク動作を2台の高速度VTRカメラで撮影し、ボール速度の最も大きかった試技について、身体各部位の3次元座標をDLT法により算出した。得られたデータから、ボール速度、手および肩の速度、体幹のひねり角度等を算出した。本研究の結果から、以下のようなことが明らかになった。①体幹のひねり角とひねり戻し角速度を大きくすることは、インパクト時の手速度を大きくするのに役立つ。②インパクト時の打球方向の肩速度を維持することにより、大きなボール速度が得られる。③体幹の使い方には、体幹の反り戻しを優位に用いるものとひねり戻しを優位に用いるものがみられたが、インパクト時の肩速度はひねり戻し型の方が大きい傾向にあった。

Key words : バレーボール, スパイク動作, ひねり, 3次元分析

はじめに

スパイクにおいてボール速度を大きくするためには、インパクト時の手速度を大きくすることが重要であると言われている^{2,3)}が、スパイクは空中で行われるので、体幹を有効に使うことが手の速度を大きくするのに役立つと考えられる。長尾⁴⁾は、レシーバーが重いと感じるスパイクを打つものと軽いと感じるスパイクを打つものを比較し、重い球を打つものは軽い球を打つものに比べ、腰および上体を右に大きくひねった後、インパクト前に左にひねり戻しながらスパイクしており、体幹のひねりを大きく用いてい

たと述べている。橋原⁵⁾は、フォアスイングにおける肩の最大速度が大きくなるにつれインパクト時の手先の速度が大きくなる傾向にあったことから、インパクト時の手先の速度を大きくするためには肩の速度を大きくすることが重要であると述べている。さらに、最大後傾時からインパクト時までの肩-腰角度変位が大きいものほど、肩の最大速度は大きくなる傾向にあったことから、フォアスイング中に胴体をひねり、腰関節を前方屈曲させることは、肩や手先の速度を大きくし、強い打撃をするのに役立つと述べている。亀ヶ谷⁶⁾は、日本一流選手1名について試合におけるフロントアタックおよびバックアタック時のスパイク動作を分析し、バックアタックのスイング速度がフロントアタックよりも大きい原因の一つに、バックアタックの「腰と肩の捻れ」が大きいことを挙げている。このように、スパイク動作における体幹のひねりは、インパクト時の手速度を大きくするのに重要であることが示唆されている

*筑波大学大学院

**筑波大学体育科学系

***山梨大学教育人間科学部

****日本バレーボール協会

が、そのメカニズムについて十分に検討されているとは言えない。また、一流選手のスパイク動作を3次元的に分析することは、スパイク動作に関する理解を深めるとともに、得られた知見はスパイク動作を指導する上で役立つと考えられる。

本研究では、日本一流男子バレーボール選手のスパイク動作を体幹のひねりに着目して3次元分析し、スパイク技術に関する基礎的資料を得ることを目的とした。

方 法

被験者には、日本一流男子バレーボール選手9名を用いた。表1は被験者の身体特性を示している。撮影には2台の高速度VTRカメラ（NAC社製、HSV-500C³）を用い、バレーボールコート上のレフトポジションからのオープンスパイク動作を撮影スピード250コマ/秒、シャッタースピード1/1000秒で撮影した。なお、撮影は国立スポーツ科学センターでのトレーニング中に行った。

各選手のスパイク動作のうち、スパイクされたボール速度が最も大きかった試技について分析を行った。計測点は、身体各部分端点25点およびボール中心1点の計26点とした。VTR画像を1コマおき（125コマ/秒相当）でデジタル化し、踏切開始からインパクトまでの身体各計測点の3次元座標をDLT法により算出した。得られた3次元座標値は、計測点毎にWells and Winter[®]の方法によって最適遮断数を決定し（6~14Hz）、Butterworth digital filterにより平滑化した。

表1 被験者の身体特性

n	年齢(age)	身長(m)	体重(kg)
9	25.2±3.3	1.98±0.04	81.8±2.8

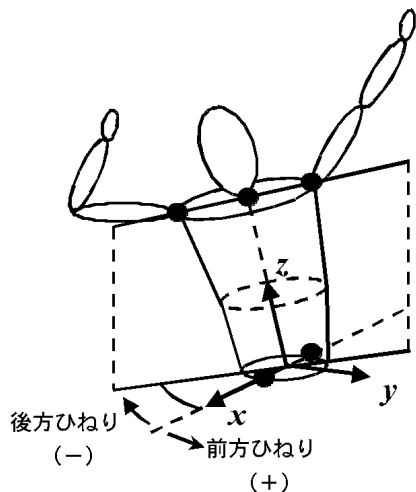


図1 体幹のひねり角の定義

身体各部の計測点の3次元座標から、ボール速度、手および肩の速度、体幹のひねり角度等を算出した。図1は体幹のひねり角の定義を示している。体幹のひねり角度は、体幹移動座標系のx-y平面へ投影した両肩を結ぶ線分と両股関節を結ぶ線分とのなす角とし、負は打球腕の肩が腰よりも後方にあることを示す。なお、体幹移動座標系の軸は、左右股関節の midpoint から胸骨上縁へ向かうベクトルをz軸、z軸ベクトルと左股関節から右股関節へ向かうベクトルとの外積によって作られる軸をy軸、y軸とz軸との外積によって作られる軸をx軸とした。

結果および考察

図2は体幹の最大ひねり角とひねり戻し角速度のピーク値との関係を示している。全被験者について両者間に有意な相関はみられなかったが（ $n=9, r=0.387, n.s.$ ）、回帰直線から大きく離れた白丸の選手を除くと、高い相関がみられた（ $n=8, r=0.844, p<0.01$ ）。このことから、体幹のひねり角度を大きくすることは、大きなひね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ことも推測される。図3

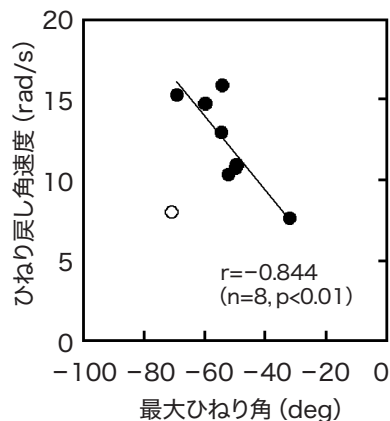


図2 最大ひねり角とひねり戻し角速度との関係

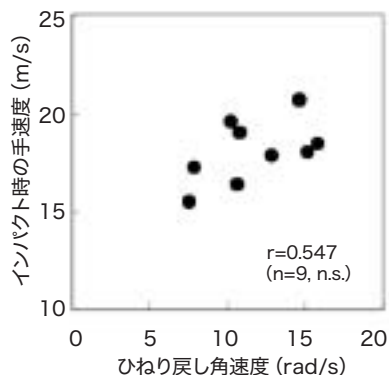


図3 ひねり戻し角速度とインパクト時の手速度との関係

は、ひねり戻し角速度とインパクト時の手速度との関係を示している。両者の関係は統計的には有意ではなかったが、ひねり戻し角速度が大きいと、インパクト時の手速度が大きい傾向がみられた。橋原²⁾は、肩の最大速度が大きくなるにつれインパクト時の手速度も大きくなると報告しているが、このことと本研究の結果を考え合わせると、ひねり戻しの速度を大きくすることによって肩の速度が大きくなり、このことがインパクト時の手速度を大きくするのにつながると推測される。図4はインパクトを0としたインパクト前の体幹のひねり角度の経時変化を示している。太線は図2中の白丸の選手を示している。ひねり角度の変化から、図2中に白丸で示した選手が大きいひねり戻し角速度を得られなかったのは、最大ひねり角の出現が早すぎひねり戻しが途中で停滞し、そのためインパクト時でひねり戻し切れなかったことが原因と考えられる。

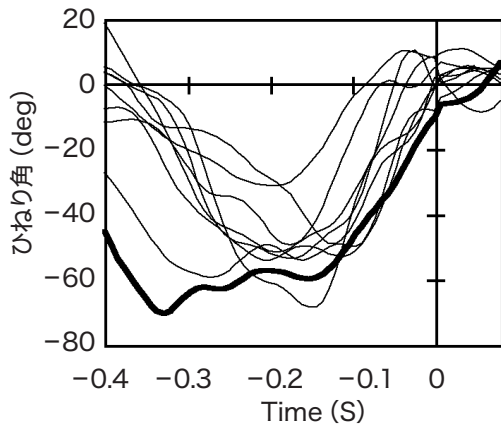


図4 体幹のひねり角度の変化

図5はインパクト時の手速度とボール初速度との関係を示している。また、表2はインパクト時の手速度、ボール初速度、ボール初速度とインパクト時の手速度との差（以下、 V_{b-h} ）を示している。統計的には有意ではなかったが、

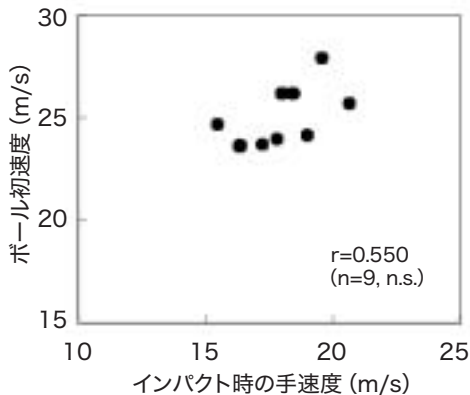


図5 インパクト時の手速度とボール初速度との関係

表2 インパクトパラメータ

Subject	手速度 (m/s)	ボール初速度 (m/s)	(ボール)-(手) V_{b-h} (m/s)
S1	15.5	24.7	9.1
S2	19.6	27.9	8.3
S3	18.0	26.2	8.2
S4	18.4	26.2	7.8
S5	16.3	23.6	7.3
S6	17.2	23.7	6.5
S7	17.8	23.9	6.1
S8	19.0	24.1	5.1
S9	20.6	25.7	5.1

インパクト時の手速度が大きいと、ボール初速度が大きい傾向がみられた ($r=0.550$)。したがって、手速度は大きなボール速度を得るための必要条件の一つであると考えられるが、 V_{b-h} には選手間で差がみられた。図6は V_{b-h} の大きかった被験者S2 (図6 (a)) および V_{b-h} の小さかった被験者S9 (図6 (b)) のインパクト前の上肢各部位の速度を示している。被験者S2は被験者S9に比べインパクトの直前まで肩の速度が保たれていることがわかる。図7はインパクト時の肩速度の打球方向成分と V_{b-h} との関係を示している。インパクト時の肩速度の打球方向成分が大きいと、 V_{b-h} も大きい傾向がみられた ($r=0.591, p<0.1$)。これらのことは、スパイクのスイングにおいて、最大肩速度を大きくするだけでなく、インパクト時まで打球方向の肩速度を

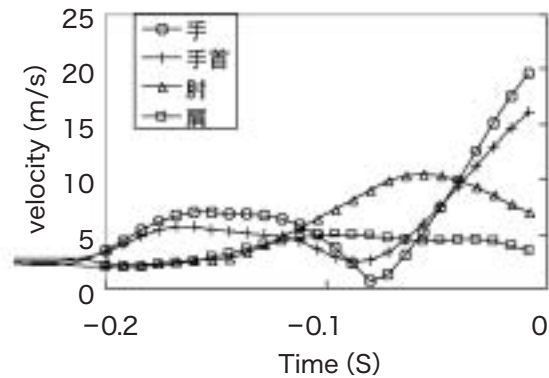


図6 (a) 上肢各部位の速度変化 (S2; 速度差大)

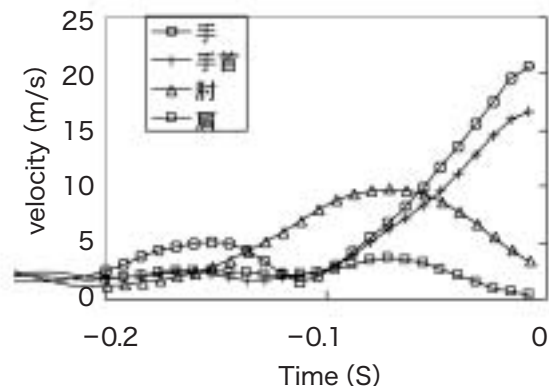


図6 (b) 上肢各部位の速度変化 (S9; 速度差大)

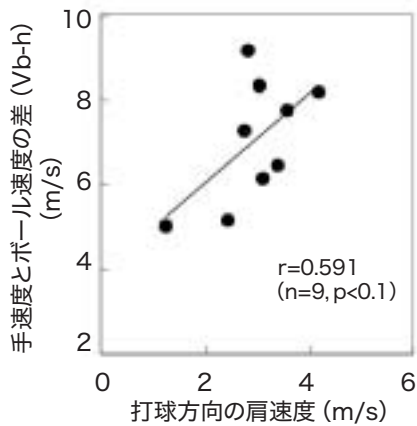


図7 インパクト時の肩速度と V_{b-h} との関係

保持することにより、打球後のボール速度を大きくすることができることを示唆すると考えられる。

図8は肩速度に貢献する上胴の動きの要素をモデル的に示したものである。上胴と下胴の接合部から見た肩の相対速度は上胴と下胴の接合部に対する胸骨上縁の相対速度と胸骨上縁に対する肩の相対速度に分けられる。ここでは前者を反り戻し要素、後者をひねり戻し要素と呼ぶことにする。図9は各被験者のインパクト時の肩速度への反り戻しおよびひねり戻しの要素の貢献度を示している。この図から、上胴の反り戻しを優位に使うタイプとひねり戻しを優位に使うタイプがみられること、ひねり戻し型の選手の方が肩速度が大きい傾向にあることなどがわかる。

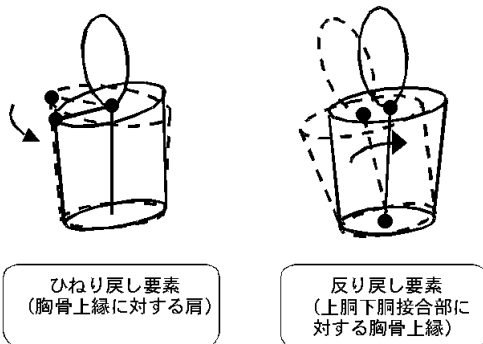


図8 肩速度に貢献する動きについて

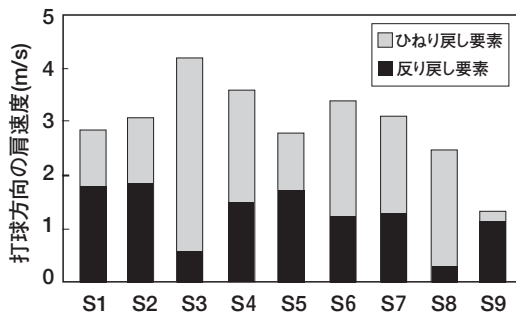


図9 インパクト時の肩速度に貢献する要因について

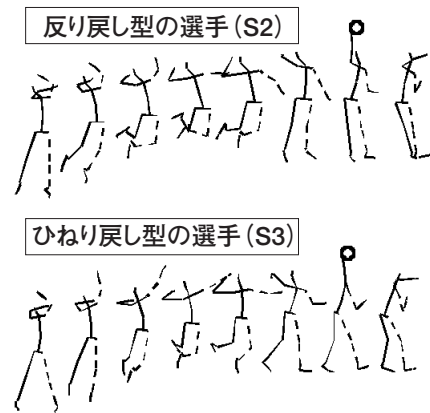


図10 反り戻し型およびひねり戻し型の選手のスティックピクチャー

図10は反り戻し型の選手（上段）およびひねり戻し型の選手（下段）の典型的フォームを示している。反り戻し型の選手は体幹の後傾が大きく、ひねり戻し型の選手は体幹のひねりが大きくインパクト前の体幹の左への傾きも大きいことがわかる。上述したようにひねり戻し型の選手の方がインパクト時の肩速度が大きい傾向がみられたが、 V_{b-h} の大きい被験者（S1, S2）は反り戻し型であり、ほとんどの選手は反り戻しとひねり戻しを組み合わせ用いていた。これらのことからひねり戻し動作は、スイングにおける最大肩速度を大きくし、インパクト時の手速度を大きくすることに貢献するが、ボール速度を大きくするには上胴の反り戻し動作を組み合わせることも重要であると考えられる。しかし、吉田⁷⁾は、肩痛経験のある選手と肩痛未経験の選手のバックアタックにおけるスパイク動作を分析し、肩痛経験のある選手は体幹の回旋が不十分で、右肩を回転中心としたスイング動作をしており、肩に過大な負担をかけることによって障害を引き起こす可能性が高いと述べている。本研究で用いた被験者は、分析の時点においては肩に重度の障害を持つ選手はみられなかったが、いずれの選手もナショナルチームに所属し、高い競技力を維持しなければならないため、障害の危険性を最小限に抑えるようなスパイク動作を習得することが求められるであろう。肩の障害の危険性を回避することを考えると、体幹の後方ひねりを大きくし、ひねり戻しによって肩の速度を大きくし、あまり反り戻しに依存しすぎないようにすることが望ましいと考えられる。

IV. まとめ

本研究の目的は、日本一流男子バレーボール選手のスパイク動作を体幹のひねりに着目して3次元分析し、スパイク技術に関する基礎的資料を得ることであった。本研究の結果と考察から明らかになったこととまとめると、以下のようになる。

- ① 最大ひねり角が大きいとひねり戻し角速度が大きく

なる傾向がみられた ($n=8$, $r=0.844$, $p<0.01$)。このことから、インパクト時の手速度を大きくするためには、スイングにおいて体幹を後方へ大きくひねった後、適切なタイミングで前方へひねり戻すことが役立つ。

② インパクト時の打球方向の肩速度が大きいと、ボール初速度とインパクト時の手速度との差が大きくなる傾向がみられたことから ($r=0.591$, $p<0.1$)、スイングにおいて最大肩速度を大きくするだけでなく、インパクト時まで肩速度を大きく保ち、その方向が打球方向になるようにすることにより、大きなボール速度が得られる。

③ 体幹の使い方には、体幹の反り戻し要素を優位に用いるものと体幹のひねり戻し要素を優位に用いるものがみられたが、インパクト時の肩速度はひねり戻し型の方が大きい傾向にあった。

なお、本研究は、国立スポーツ科学センターにおけるTSC事業の一環として行われたものである。

参 考 文 献

- 1) 阿江通良：日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *J. J. Sports Sci.* 15 (3): 155-162. 1996
- 2) 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－. *広島大学体育学研究* 14: 11-22. 1988
- 3) 堀田朋基他：バレーボールのスパイクにおける上肢の動作の定量解析. *J. J. Sports Sci.* 7 (4), 256-262. 1988
- 4) 亀ヶ谷純一他：バレーボールのバックアタックに関する研究(その3)－肩及び腰の回転動作からみたフロントアタックとの比較－. *日本体育学会第44回大会号*: 622. 1993
- 5) 長尾愛彦：球技における球質に関する解析学的、体質学的研究(第1報 バレーボールにおけるいわゆる重い球、軽い球についての解析学的、体質学的研究). *熊本大学体質医学研究所報* 25-3-4: 14-32. 1975
- 6) Wells RP and Winter DA: Assessment of signal and noise in the kinematics of normal pathological and Sporting Gaits. *Human Locomotion I*: 92-93. 1980
- 7) 吉田清司：バックアタックにおける体幹の捻りと肩関節の動きに関するバイオメカニクス的研究. *専修大学体育研究紀要* 22: 1-14. 1998