

バレーボールのスパイク技術に関する研究

——高く跳ぶための踏切技術について——

橋原 孝博 横井 孝志 阿江 通良
石島 繁 渋谷 侃二 古藤 高良

A study on volleyball spike-motion with respect to
take off technique for height

Yoshihiro HASHIHARA, Takashi YOKOI, Michiyoshi AE,
Shigeru ISHIJIMA, Kanji SHIBUKAWA and Takayoshi KOTOU

第8回日本バイオメカニクス学会大会論集
動きのコツを探る

バレーボールのスパイク技術に関する研究

——高く跳ぶための踏切技術について——

橋原 孝博 横井 孝志 阿江 通良
石島 繁 渋川 侃二 古藤 高良A study on volleyball spike-motion with respect to
take off technique for heightYoshihiro HASHIHARA, Takashi YOKOI, Michiyoshi AE,
Shigeru ISHIJIMA, Kanji SHIBUKAWA and Takayoshi KOTOU

The purpose of this study was to kinematically investigate the spiking motions of international-class players and to collect the informations of take off technique for height. Soviet, Cuban, Polish and Japanese male players who participated in the 1981 World Cup Volleyball Games held in Tokyo were filmed at 100 f.p.s. with two 16mm cinecameras during the games. 23 successfully performed spikings were selected for the analysis, and were digitized from the start of the approach run to the end of the swing in the air. 21 three dimensional coordinates for the segment endpoints were computed by the Direct Linear Transformation Method. Various kinematic parameters were obtained from the 3D coordinates. The results and findings were summarized as follows: 1) The locations and directions of the CG pathways were different from player to player (Fig. 1). Therefore, 3D frame of reference during the take off phase was specified, where Y axis represented forward-backward directions, and the origin of the coordinate system was the point on the court floor which CG located at the end of former half. Averaged take off motion of 23 spikings was obtained by the normalization and averaging of the displacement data for 21 segment endpoints (Fig. 2). The motion seemed to represent the take off technique for height, because the analyzed spikings were successfully performed spikings by international-class players. 2) Jumping height ranged 73~97cm, and significantly correlated with the CG height from the release to the maximum point in the air (H2). The decrease in vertical velocity of CG before the release almost synchronized with the extension of the ankle joints (Fig. 3). This may suggest that H2 can be increased by the powerful extension of the ankle joints. The backward lean angle at the touch down and the angular displacements of the hip, knee and ankle joints during the take off significantly correlated with the vertical displacement of CG (Fig. 4). This suggested that leaning the body

backward and extending the range of leg-joint motion should be one of the important motions in increasing H2.

目 的

これまでも一流バレーボール選手のスパイクにおける跳躍高や打球速度などに関する報告はあるが、その原因となるスパイク動作そのものを検討した報告は少ない。そこで本研究では国際試合における一流選手のスパイク動作を撮影し、スパイク技術において最も重要な技術の一つと考えられる「高く跳ぶための踏切技術」を究明しようとした。

方 法

ワールドカップ '81のソ連対キューバ、ポーランド対日本戦における一流選手のスパイク動作を2台のシネカメラにより100f.p.s.で撮影した。撮影した全試技をバレーボールを熟知したものが評価し、跳躍高が大きく打撃も強くてサイドアウトを得た成功試技のスパイク動作を分析試技として23試技選択した。そして助走開始から着地までの身体各部位の3次元座標をDLT法⁶⁾により算出し、これをもとに動作に関する各種力学量を求めた。

結果と考察

1. 高く跳ぶための踏切動作

映画撮影法においてとらえられる各選手のフォームはその個人の身体的諸能力によって条件づけられた実施法であり、これを直ちに技術として一般化することはできない。規格化・平均化の手法⁷⁾は、各一流選手のスパイク動作における身体各部位の位置および各部分の角度の平均値を経時的に示すことができ、これらの平均値は各選手の動作に共通に内在する運動過程の代表値であると考えられるので、規格化・平均化の手法は運動技術を明らかにするための一つの優れた方法であると考えられる。

図1は各選手の助走開始時から着地時までの身体重心の位置変化を、上図はバレーボールコート側方から、下図は上方から見たものである。本研究で分析した試技は公式試合におけるスパイク動作であり、図から明らかなようにスパイクを行っ

た地点が各選手とも違っている。従って本研究の場合、DLT法により得られた身体各部位の変位データを直接加算、平均化するには無理がある。そこで本研究では、踏切局面開始地点から終了地点に向う身体重心の水平ベクトルがネットとなす角度をもとに、身体各部位の変位データを座標変換し、各選手の踏切運動面を統一した。

このような処理を行った後、踏切移行時、前半終了時、離地時の時点を合わせ、踏切時間を100%（前半が39%で後半が61%）として各選手の動作局面を一致させた。このとき相当する時刻のデータがない場合にはラグランジュの一次補間公式によりデータを補間して求めた。また前半および後半の時間的割合は各選手の踏切時間全体に対する前半および後半時間の割合を23試技で平均することにより求めた。そして一致した時刻ごと（1

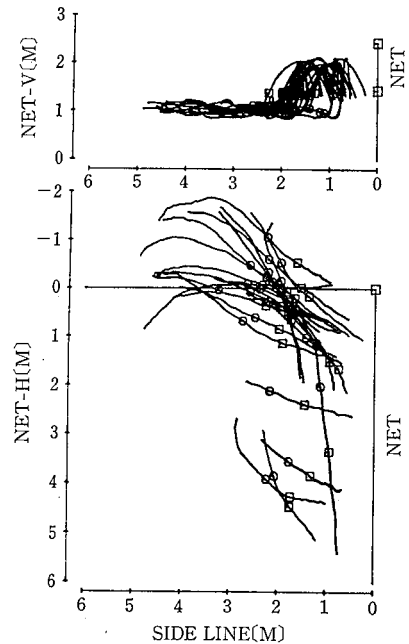


図1 スパイク動作中の身体重心の動き（原点はレフトサイドラインとセンターラインの交点であり、○および□はそれぞれ踏切移行時、離地時の重心位置を示す）

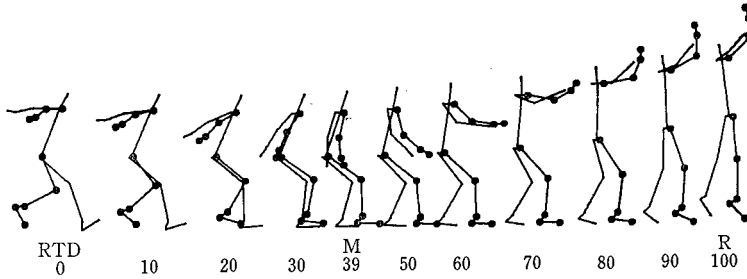


図2 規格化・平均化処理した踏切動作（黒丸の付いた身体部分は左の腕と脚であり、RTDは踏切移行時、Mは前半終了時、そしてRは離地時の時点を示す）

%ずつ) 身体各部位の変位データを加算し、23試技の平均値を求めた。図2は前述した要領で規格化・平均化した身体各部位の動きを横からみたスティックピクチャーにより、約10%間隔で経時的に示したものである。

このように規格化・平均化の手法を用いれば、踏切技術における運動過程を動きの全局面に亘って視覚的にとらえることが可能である。しかし、どの動きの部分が高く跳ぶために重要で、またその理由は何故かについて明らかにするためには、運動成果（跳躍高）と運動過程との関連を検討することが役立つ。

2. 跳躍高

本研究における各選手の跳躍高は97~73cmの範囲にあり、平均では86.2cmであった。この平均値は従来報告されている一流選手のゲーム中における跳躍高(87.9~66.4cm)^{4,5)}の中で2番目に大きな値であることから、本研究の被験者が優れた跳躍力を有していることがわかる。

各選手の跳躍高を立位時から離地時までの身体重心上昇高(Hw)と、離地してから最大重心高に達するまでの空中での身体重心上昇高(H2)に分けてみると、Hwは30~20cm、H2は73~51cmの範囲にあり、跳躍高においてH2の占める割合は大きい。なお跳躍高に対するH2の相関係数は0.93($P < 0.001$)と極めて大きかった。従って、大きな跳躍高を得るためには跳躍高において占める割合が大きい空中での身体重心上昇高を大きくすることが何より重要であると考えられる。

3. 身体重心の鉛直速度と足部離地動作

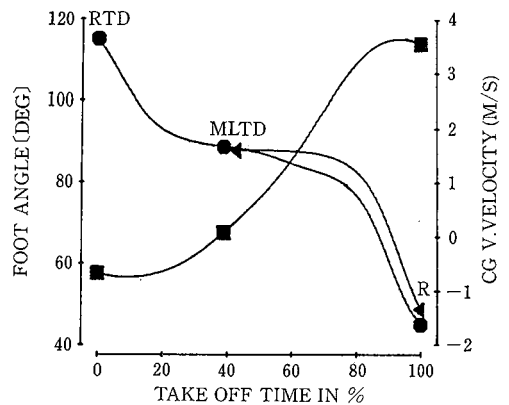


図3 身体重心の鉛直速度変化と接地中の足角度変化（■が鉛直速度、●が右足角度、そして▲が左足角度を示す）

空中での重心上昇高の大きさは離地時における身体重心の鉛直速度の大きさによって決定される。図3における■の付いた線は踏切中の身体重心の鉛直速度変化を平均値で示したものである。鉛直速度は右足接地直後、下向き速度がわずかに大きくなるが、約10%付近から徐々に小さくなり、前半終了時付近で0になる。後半が開始されると鉛直速度は上向きとなり、速度が徐々に増加して離地直前(約90%付近)で最大となる。以後、鉛直速度は若干小さくなりながら離地に至る。なお各選手の鉛直速度最大値は離地0.04秒前から離地時までの範囲で出現し、鉛直速度の最大値が早く出現するものほど最大値出現時と離地時の速度差が大きくなる傾向($r = 0.72$, $P < 0.001$)があった。従って、空中での身体重心上昇高を大きくするた

めには身体重心の鉛直速度が離地直前から低下しないように、換言すれば離地時において鉛直速度が最大となるように踏切動作を行う必要がある。

図3における▲および●の付いた線は接地時から離地時までの左右の足角度変化を平均値で示したものである。ここで足角度とは足部が下向き鉛直線となす角度のことである。右足はやや背屈した状態で踵から接地しているので右足接地時の足角度は115度である。その後右足は底屈され、前半中頃(約20%付近)で足先が接地する。後半が開始されると左足が接地するが、左足は足先と踵がほとんど同時に接地するため、左足接地時の足角度は88度である。以後、両足ともほとんど動かず後半前期を経過する。しかし離地直前(約80~90%付近)から両足とも踵を上げるため左右の足角度は急激に小さくなり、離地時では左右それぞれ49, 45度になる。従って、両踵が上昇する時期と、身体重心の最大鉛直速度出現時およびその後の速度低下の時期とがほとんど一致していることから、離地直前からのこの鉛直速度の低下が一つには足関節伸展による足部離地動作に起因しているようにみられる。

このようにみえてくると、足部の離地動作は踏切動作の一つとして欠かすことのできない重要な動作であるので、離地直前における重心の鉛直速度低下はある程度やむおえない現象であるかもしれない。しかしながら Samson と Roy³⁾ は足関節をパワフルに伸展させることにより、この速度低下を防ぐことが可能であろうと述べている。

4. 後傾角

空中での重心上昇高を大きくするには、身体重心の最大鉛直速度出現のタイミングに加え、何よりもこの鉛直速度自体を大きくすることが重要である。

金原ら²⁾ は走高跳の踏切において、助走速度の増加につれて踏み込んだ瞬間の後傾角が大きくなり、重心が大きな半径の円を描くように踏切距離が大きくなったことから、踏込姿勢の重要性を述べている。本研究における後傾角と重心の鉛直変位との関係をみると、踏切に移行した瞬間の身体重心はいずれの選手も踵より後方に位置し、各選

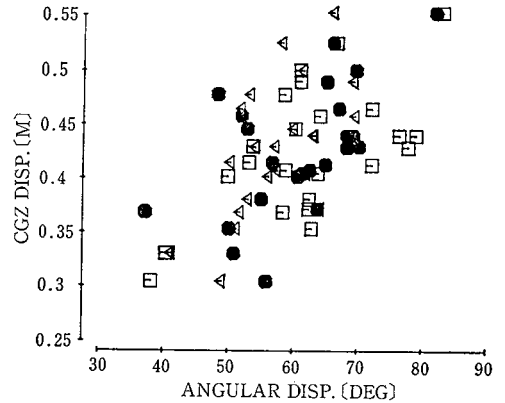


図4 腰、膝、足関節角度変位と身体重心の鉛直変位との関係(□が腰、●が膝、そして△が足関節角度変位を示す)

手の後傾角は28度から5度の範囲にあった。そしてこの後傾の程度が大きいものほど重心の鉛直変位が大きく($r=0.63$, $P<0.001$), また跳躍高も大きくなっていった($r=0.68$, $P<0.001$)。

従って、バレーボールのスパイクジャンプにおいても身体を大きく後傾して踏切に移ることは走高跳の場合と同様、重心の鉛直変位を大きくすることができ、大きな跳躍高を得るのに役立つと考えられる。しかし、バレーボールのスパイクジャンプは両脚踏切であるため、片脚踏切の走高跳の場合と比べるとより大きな力が出せるので、重心の鉛直変位を大きくするのに走高跳よりもより大きな脚や腰の屈曲・伸展を利用することができると考えられる。

5. 腰、膝および足関節角度変位

図4は踏切局面における腰、膝および足関節角度変位と重心の鉛直変位との関係を示したものである。ここで各関節の角度変位とは各関節の最大屈曲時から離地時までの角度変位のことであり、それぞれ左右の平均値である。踏切中の腰、膝および足関節角度変位には大差がなく、いずれも約40~80度の範囲にある。そして各関節とも角度変位の大きいものが重心の鉛直変位が大きくなっていく($r=0.57$, $P<0.001$)。

従って、身体を大きく後傾して踏切に入るとともに、踏切局面において腰および脚の各関節を大

大きく屈曲・伸展させることは、身体重心の鉛直変位を大きくすることができ、大きな跳躍高を得るのに役立つと考えられる。

〔文 献〕

- 1) 阿江道良：高くとぶための跳に関する運動生力学的研究—踏切における身体各部の貢献とメカニズムについて—。昭和56年度筑波大学大学院教育学博士論文 pp. 168-170, 1982.
- 2) 金原 勇他：跳躍力を大きくする基礎的技術の研究（その3）—助走を利用して高く跳ぶ跳躍について—。東京教育大学体育学部スポーツ研究所報 4：32-50, 1966.
- 3) *Samson, J. and B. Roy* : Biomechanical analysis of the volleyball spike. *Komi, P. V. (ed.), Biomechanics V-B, University Park Press pp. 332-336, 1976.*
- 4) 砂本秀雄他：バレーボール日・ソ戦における競技技術の解析と比較—映像による動作学的解析—。日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 第3報, 131-140, 1979.
- 5) 砂本秀義他：日本・キューバ対抗バレーボールにおける競技技術の解析と比較—映像によるキネシオロジーの解析—。日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 第4報, 271-284, 1980.
- 6) *Walton, J. S.* : Close-range cine-photogrammetry: Another approach to motion analysis. *Terauds, J. (ed.), Science in Biomechanics Cinematography, Academic Publishers pp. 69-97, 1979.*