

# 踏み切り脚のつま先を内に向けるスパイクジャンプ指導再考の可能性

永田 聡典\*, 山本 大輔\*\*, 梅崎 さゆり\*\*, 中原 貴典\*\*\*, 長嶺 健\*\*\*\*, 勝俣 康之\*\*\*\*\*

Possibility to reconsider a coaching method on internal rotation of the legs during takeoff in the spike jump

Akinori NAGATA\*, Daisuke YAMAMOTO\*\*, Sayuri UMESAKI\*\*, Takanori NAKAHARA\*\*\*,  
Ken NAGAMINE\*\*\*\*, Yasuyuki KATSUMATA\*\*\*\*\*

## Abstract

This study investigated the characteristic of legs during takeoff in the spike jump. 70 volleyball players were done questionnaire investigation of before an experiment. The questionnaire investigation showed that players of 75.71% were taught by a coach to take off a tiptoe for, and players of 61.54% were experienced the injury of lower extremity. Six university women volleyball players spiked and they were analyzed movement of spiking using the 3D direct liner transformation (DLT) method. We divided the players into two groups: Type SH (n=3), players who spike jumped introvert foot angle -40deg or more; and Type FL (n=3), players who spike jumped at -40deg or less. Horizontal velocity of the approaching phase was  $1.83 \pm 0.08$  m / s for type SH and  $1.45 \pm 0.15$  m / s for type FL. The vertical velocity at take-off was  $3.26 \pm 0.16$  m / s for type SH and  $2.81 \pm 0.09$  m / s for type FL. The jump height of type SH was  $0.57 \pm 0.04$  m, and the type FL was  $0.54 \pm 0.02$  m. Efficiency of conversion from horizontal velocity to vertical velocity at the foot sole grounding (ECHV) of type FL was  $194.92 \pm 20.62\%$ , and ECHV of type SH was  $178.43 \pm 13.40\%$ . A ratio of the vertical velocity when the hip joint of the leg which player took off bent it most for the vertical velocity when stepping forward leg just before the jump (RCR) of type FL was  $52.11 \pm 2.93\%$ , and ECHV of type SH was  $36.63 \pm 3.66\%$ . Those results thought that the analysis that we focused on an introvert foot angle difference could offer precious information to players and the coaches. In addition, it became clear that type FL was superior in skill to convert approach velocity into plumb velocity effectively.

Key Words: approach, takeoff, introvert foot angle

キーワード: 助走, 踏み切り, 足内角

## I. 緒 言

バレーボールにおけるスパイク助走やジャンプの踏み切り局面の指導において、右利きの場合、右足で大きく踏み込み（図1右；以下、踏込脚とする）水平速度を鉛直速度に変換するために、左足（図1左；以下、踏切脚とする）のつま先を内に向けるように接地して踏み切るよう指導される。競技指導書には、「左つま先をクロスにむけて」<sup>12)</sup>「3歩目のかかとを前に出す」<sup>16)</sup>、「左足はネットに平行、右足は斜め45度にしてハの字になるように」<sup>20)</sup>、「踏み込む足は内側に向ける」<sup>26)</sup>、「前足のつま先を斜めにする」<sup>4)</sup>、「左足と右足の角度は45度にして、左足はつま先から接地する」<sup>33)</sup>と表現され、踏切脚のつま先を内に向けて接地する踏み切り方が記載されており、指導現場でも同様の指

導が浸透している。しかしながら、海外選手のスパイクジャンプの踏み切りにおいては、踏切脚のつま先を内に向けることなく、両足をそろえた状態で踏み切りジャンプすることが試合中の映像から確認される（図2）ことや、一部の国内選手においても踏切脚のつま先を内に向けない選手が存在する。そのため、スパイクの踏み切りの現場における現場の現状を把握するために事前調査を行ったところ、大学生バレーボール選手70名のうち75.71%もの選手が、「踏切脚のつま先を内に向けて」つまり踏切脚のつま先を内に向けて接地して踏み切るように指導されていた（表1-1及び表1-2）。加えて、海外の文献には踏み切り時の左右脚の差異を分析した研究がほとんどないことや、海外の指導書にも踏切脚のつま先を内に向けるようなことが記載されていないことから<sup>6) 31)</sup>、日本国内において指導されている踏切脚のつま先を内に向けて接地し踏み切りジャンプさせる指導は、海外においては指導されてないことが考えられる。

これまでのスパイクジャンプにおける研究は、身体重心高の変遷、助走速度、歩幅、タイミングなど、助走局面についての報告である<sup>19) 22) 25) 28) 30)</sup>。しかし踏み切り際の踏切脚に着目した研究は十分ではない<sup>29)</sup>。宍戸ら（1995）は、

\*: 中京大学 (Chukyo University)

\*\* : 天理大学 (Tenri University)

\*\*\* : 専修大学 (Sensyu University)

\*\*\*\* : 九州共立大学 (Kyusyu Kyoritsu University)

\*\*\*\*\* : 大東文化大学 (Daito Bunka University)

(受付日: 2017年5月16日, 受理日: 2018年4月8日)

踏切脚足部の接地の向きを変えることによる跳躍の特性を検証しており、踏込脚と踏切脚のつま先を内に向けずに跳躍させる踏み切りがもっとも跳躍高や助走速度を活かすために効果的であったことを示している。しかしながら、選手間における比較検証は行われておらず、またつま先を内に向けた角度（足内向角）の大きさによるスパイクジャンプ踏切の特性や、踏切脚の足内向角の大きさが助走速度を鉛直速度へ効率的に変換するメリットや効果的な役割は明確にされていない。また、つま先を内に向けて接地すると、膝関節に外反する力がかかると推察される。膝関節が外反する力がかかる踏切や着床は、非接触型の前十字靭帯損傷の危険因子となると報告されている<sup>13)</sup>ことから、踏切脚の下腿を内旋させてジャンプを続けることは膝関節の傷害のリスクを高める可能性があると考えられる。

そこで本研究の目的は、スパイクジャンプにおける踏込脚と踏切脚の成す角度から構成した足内向角の差（足内向角差）に着目してスパイクジャンプの踏み切り動作検証し、選手間の足内向角差からみたジャンプの特徴を明らかにすることにある。加えて、踏切脚と踏込脚それぞれのバリスティックな跳躍運動の遂行能力<sup>24)</sup>の違いを検証し、左右の脚の役割を考察することによって、踏切脚のつま先を内に向けて接地させる指導方法の再検討の必要性を示すための資料を提示することにある。

## II. 方 法

### 1. 事前調査

測定事前調査として、大学バレーボール選手男女合計 70 名にアンケート調査を実施した。アンケート内容は「スパイクの踏切についての指導方法でつま先を内に向けるよう指導されたか」「これまでに、脚に関する傷害の経験があるか」として、調査用紙によって回答させた。

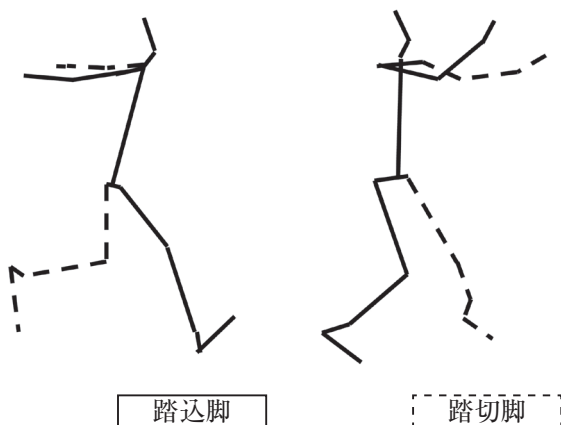


図1 スパイクジャンプにおける踏込脚と踏切脚 (右利き選手の例)

### 2. 実験参加者

実験参加者は大学女子バレーボール選手で、関西大学女子バレーボール連盟 1 部に所属する大学の 6 名であった。実験参加者は全員ウイングスパイカーであり、実験参加者の利き腕は右利きが 5 名、左利きが 1 名であった。実験参加者の身体特徴は、 $172.71 \pm 5.93\text{cm}$ 、 $62.34 \pm 9.17\text{kg}$ 、 $20.11 \pm 1.23$  歳であった。尚、実験参加者には実験内容を説明し、同意を得た上で実験を行った。また実験参加者 6 名のうち 5 名に前十字靭帯損傷や、足関節捻挫の傷害歴があった。

### 3. 実験方法

#### 1) スパイク動作の撮影

実験参加者には、ネットに対して垂直に 3 歩助走で踏み込ませ、まっすぐにスパイクさせた。なお、実験参加者には測定を行う前に十分なウォーミングアップを行わせ、スパイクに関しては、全力でジャンプし、できるだけ速い打球をスパイクするよう指示した。

そのスパイク動作を 3 台のデジタルビデオカメラ (Panasonic 社製, HC-V700M) を用いて、60 Hz、シャッタースピード 1/1000 秒で撮影した。キャリブレーションでは、 $3\text{m} \times 4.5\text{m}$  四方内の 12 か所に高さ 3.86 m のコントロールポイントを垂直に立てて撮影した。(図 3) また、試技の撮影では、実験参加者の、両大転子、両膝蓋骨外側部、両足関節外踝、両第 1 中足骨頭、両踵に計 10 個の反射マーカーを取り付けて撮影した。

#### 2) リバウンドジャンプの測定

バリスティックな跳躍運動であるリバウンドジャンプ (以下、RJ と示す) を用い、立位姿勢からその場で 5 回

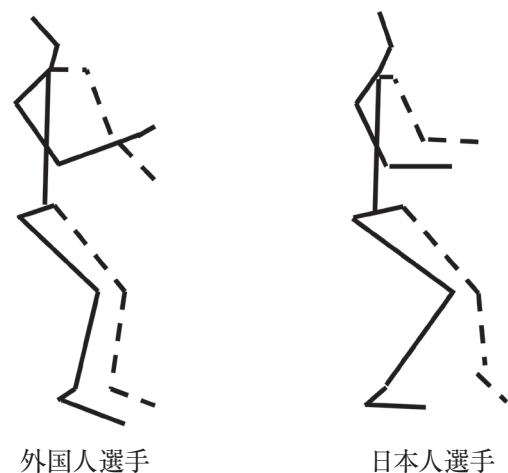


図2 スパイクジャンプにおける踏み切り事例 (ともに右利き選手)

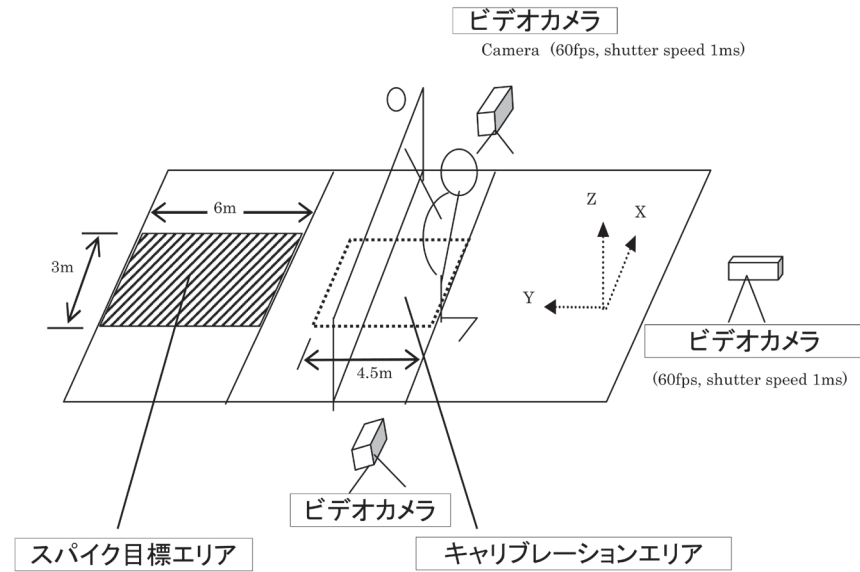


図3 実験時におけるカメラ及びキャリブレーションエリア配置図

連続して跳躍させた。その際、腕の振込動作の影響を排除するために、手に腰を当てた姿勢で行わせた。またRJにおいては、できる限り接地時間を短くし、できるだけ高く跳躍するよう指示した。RJは3次元加速度センサー「マイオテスト」(myotest社製)を用いて、RJ Reliability: RJ-R (滞空時間/接地時間)を測定し、算出した。RJ-Rは、ジャンプ、スプリント、アジリティのパフォーマンスに影響する脚機能の指標として活用されている<sup>23)</sup>。なお、RJ-Rの測定に用いた3次元加速度センサーの妥当性、再現性については先行研究<sup>5) 7)</sup>において明らかにされている。

#### 4. 分析方法

スパイク動作の分析では試技の映像をもとに、踏込脚の接地10コマ前からインパクト後10コマまでの範囲をFrame-DIAS II (DKH社製)を用いて、身体分析点およびボール中心をデジタル化し、3次元DLT法を用いて3次元座標値を求めた。得られた3次元座標値は、Butterworthデジタルフィルターを用いて平滑化して分析に用いた。なお、本研究では、助走方向をY軸(サイドラインに平行)、Y軸に直行する左右方向をX軸(エンドラインと並行)、鉛直方向をZ軸となるような右手系の静止座標系を定義した。また、コントロールポイントの実測値と計算値との誤差の平均は、X軸が11mm、Y軸が8mm、Z軸が7mmであった。

本研究では、踏込脚の接地から踏切脚の離地までの局面における以下の項目について算出した。

- 1) 鉛直および水平腰中点速度 (m/s)；両大転子の中点を腰中点とし、その変位を時間微分して求めた。

- 2) 足内向角 (deg)；第1中足骨頭と踵を結ぶ線分とY軸とのなす角とし、それぞれの足がY軸に対して外向している場合を正の値とした。
- 3) 足内向角差 (deg)；踏切脚足内向角と踏込脚足内向角とのなす角とした(図4)。
- 4) 跳躍高 (m)；ボールインパクト時における腰中点の床からの高さとした。

そして、算出した鉛直および水平腰中点速度から、接地時の水平速度に対する離地時の鉛直速度の割合を速度変換効率 (Efficiency of conversion from horizontal velocity to vertical velocity；以下、ECHVと略す)として算出した。また、身体を起こす回転運動の指標として、離地時の踏切鉛直速度に対する踏切脚の股関節が最も屈曲した時の鉛直速度の割合 (Ratio of vertical velocity contributing

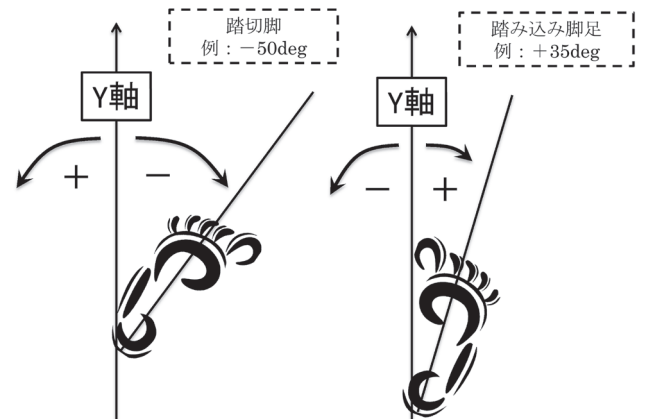


図4 踏脚時における足内向角差の算出方法  
右利き選手の例：【左 -50deg】+【右 +35deg】=-20deg  
(それぞれ外向が+、内向が-の値とし、Y軸に直角な場合を0degとする)

to rotational movement ; 以下, RCR と略す) を算出した。

## 5. 指導者による評価

大学バレーボールチーム指導者 3 名に, 実験映像を観察させ, それぞれの試技について踏切時の内向角差の大きさを 10 段階にて主観的に評価させた。足内向角差の内向が最も大きい試技を 10 点とした。なお試技ごとの主観得点は, 3 名の評価点の平均値を代表値として採用した。

## 6. 統計処理

各測定項目の平均値及び標準偏差を算出した。事前調査のアンケートの回答において, つま先を内に向けて接地するように指導されたことのない選手のうち下肢への傷害歴がある割合と, つま先を内に向けずに接地するように指導された選手の同種の傷害歴を持つ選手の割合について 2 群の比率の差の検定を用いた。なお, 統計的有意水準は 5% 水準で判定した。

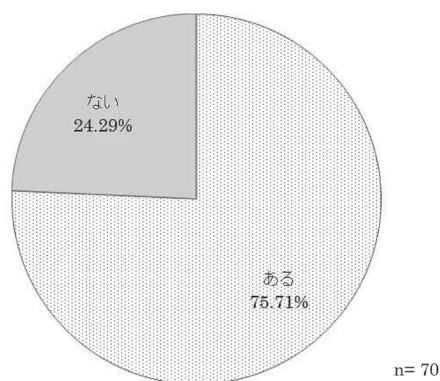
# Ⅲ. 結 果

## 事前調査アンケートの回答

「踏切脚のつま先を内に向けて」接地して踏み切るように指導されていた選手は大学生バレーボール選手 70 名のうち 75.71% であった。「踏切脚のつま先を内に向けて」接地するように指導されてきた選手のうち, 62.26% が足関節や膝関節などに傷害歴が認められた。また「踏切脚のつま先を内に向けずに」接地するように指導された選手のうち, 62.26% の選手が同種の傷害歴があった。「踏切脚のつま先を内に向けて」接地するように指導されたことのない選手のうち 38.46% の選手が同種の傷害歴があり, 両者の比率の差の検定を行ったところ, 傷害歴をもつ選手の割合には有意差 ( $p=0.048$ ) が認められた (表 1-3)。

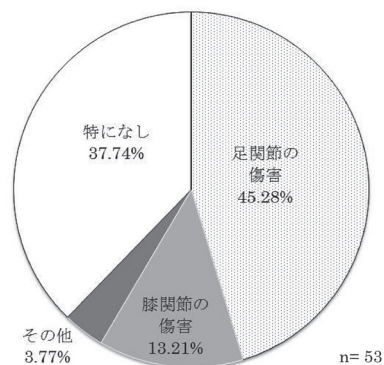
## 1. 足内向角差によるジャンプの分類

表1-1 大学生バレーボール選手アンケート調査結果



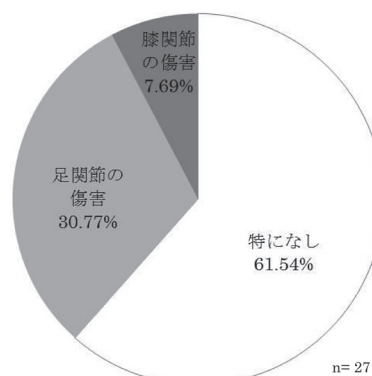
踏切脚を内にひねるように指導されたことがあるかに対する回答

表1-2 大学生バレーボール選手アンケート調査結果



これまでに受傷したことがある傷害に関する回答  
(下腿を内旋させるように指導された選手)

表1-3 大学生バレーボール選手アンケート調査結果



これまでに受傷したことがある傷害に関する回答  
(下腿を内旋させないように指導されたことがない選手)

測定した足内向角差とバレーボール指導者による主観的評価が一致した (表 2)。足内向角差についての主観的評価点が 5 点以下を足内向角差が大きい踏切をシャープ型 (以下 SH 型と示す), 5 点未満を足内向角差が小さい踏切をフラット型 (以下 FL 型と示す) として 2 群に分類し, 分析をおこなった (図 5)。足内向角差の大きな SH 型において, 選手 A は踏込脚をネットに対して 7.90deg に, 踏切脚を -61.72deg に接地し, 足内向角差は -53.76deg であった。選手 C は踏込脚をネットに対して 8.84deg に, 踏切脚を -72.72deg に接地し, 踏切時の足内向角差は -63.88deg であった。また選手 D は踏込脚をネットに対して 17.15deg に, 踏切脚を -59.78deg 接地し, 足内向角差は -42.62deg であった。

一方で, 足内向角差の小さい選手である FL 型において, 選手 B は踏込脚をネットに対して 55.19deg に, 踏切脚を -74.95deg に接地し, 踏切時の足内向角差は -19.84deg であった。選手 E は踏込脚をネットに対して 58.66deg に, 踏切脚を -75.77deg に接地し, 踏切時の足内向角差は -17.12deg であった。また選手 F は踏込脚をネットに対して 69.34deg に, 踏切脚を -61.79deg 接地し, 踏切時の足内向角差は 7.56deg であった。

表2 各被験者の主観評価と足内向角差

	選手C	選手A	選手D	選手B	選手E	選手F
主観評価 (点)	9.33±0.58	8.33±0.58	7.33±0.58	4.33±0.58	3.00±0.00	1.67±0.58
足内向角差 (deg)	-63.88	-53.76	-42.62	-19.84	-17.12	7.56

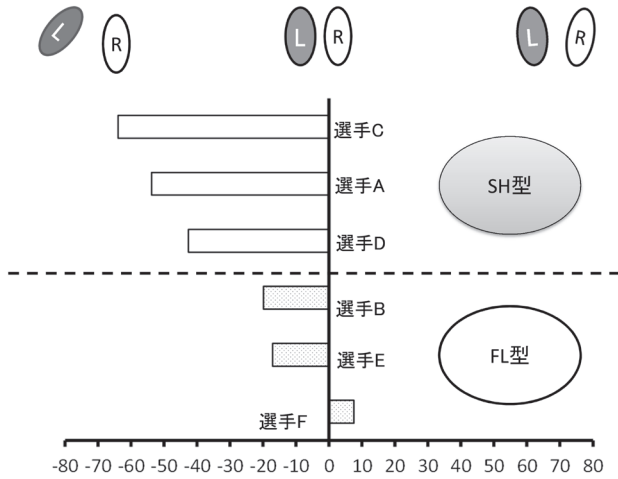


図5 選手ごとの足内向角差による分類 (deg)

2. 助走速度と鉛直速度および跳躍高について

本研究におけるスパイクジャンプの踏切前半である踏込足の股関節が最も屈曲した時の鉛直速度は、SH型が1.19 ± 0.07m/sであり、FL型は1.47 ± 0.05m/sであった。踏切時の水平速度は、SH型が1.83 ± 0.08m/sであり、FL型は1.45 ± 0.15m/sであった。また踏切脚離地時の鉛直速度は、SH型が3.26 ± 0.16m/s、FL型は2.81 ± 0.09m/sであった。跳躍高においてはSH型が0.57 ± 0.04m、FL型が0.54 ± 0.02mであった。SH型のECHVは178.43 ± 13.40%であり、FL型は194.92 ± 20.62%であった(図6)。RCRは、SH型が36.63 ± 3.66%であり、FL型は52.11 ± 2.93%であった(図7)。加えて、リバウンドジャンプ測定におけるRJ-Rは、SH型の踏込脚が2.13 ± 0.54、踏切脚が2.19 ± 0.27であった。またFL型のRJ-Rは、踏込脚が1.87

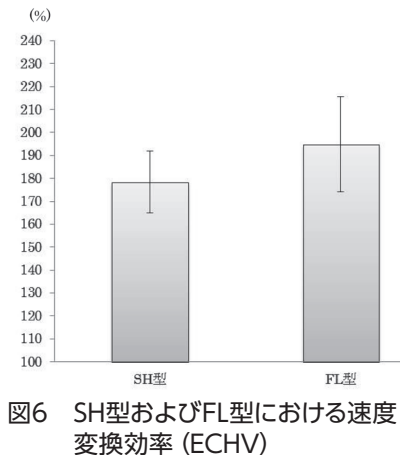


図6 SH型およびFL型における速度変換効率 (ECHV)

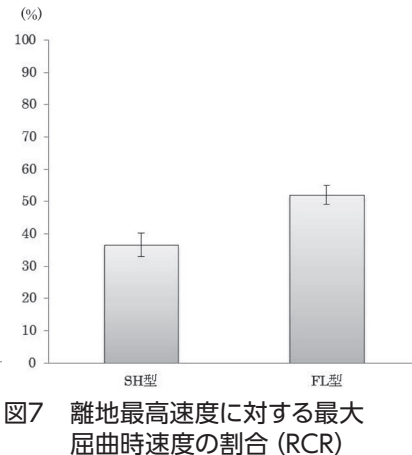


図7 離地最高速度に対する最大屈曲時速度の割合 (RCR)

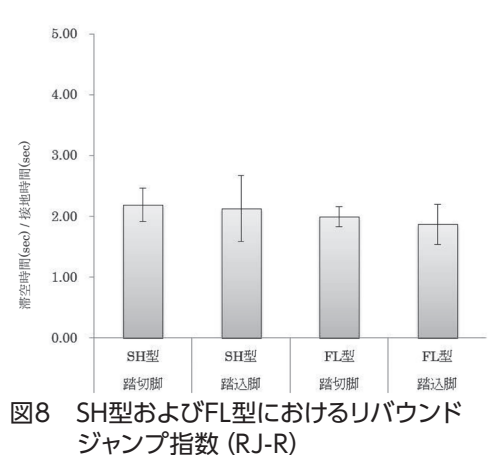


図8 SH型およびFL型におけるリバウンドジャンプ指数 (RJ-R)

± 0.33であり踏切脚が1.99 ± 0.16であった(図8)。

VI. 考 察

1. 踏切脚によるジャンプの違いについて

バレーボール選手のほとんどが、踏切脚のつま先を内に向けさせるように接地するように指導されてきたにも関わらず、本研究における半数の実験参加者が踏切脚のつま先を大きく内に向けずに踏み切ってジャンプしていることが示され、選手によって踏切脚の特徴が異なることが明らかとなった。このことは、足内向角差を大きく踏み切るSH型の踏切からFL型の踏み切りへと変化した可能性を示唆している。今後、SH型からFL型に変化した原因が傷害による影響である可能性や、傷害の発生によって変化した可能性、成長や身体特徴による変化など、跳躍技術を変化させた選手がスパイクジャンプをくり返していく中で必要に応じて適応したのかを調査し、それに伴い踏切脚のつま先を内に向けてスパイクジャンプさせる指導の見直しが必要であると考えられる。

また、指導者の主観的評価と実際の足内向角は一致していたことから、指導者が主観的に選手を観察し、足内向角差の違いを分類し、選手の踏み切り脚の特性について把握することができると考えられた。主観的評価によって分類したSH型の選手は、踏込脚をネットに対して8.8degから17.1deg間で接地し、踏切脚を-42.6degから-72.7degで接地して踏み切り、踏切時の足内向角差は-42.6degから-63.9degであった。これらのことからSH型は踏込脚をネットに対してほぼ垂直に接地し、その後の接地時に踏切脚のつま先を内に向けることによって、踏切脚を主として助走の水平速度を鉛直方向へ変換する力を大きくして、身体を起こす回転運動を利用することによって跳躍していると考えられる。

一方FL型は、踏込脚を55.1degから69.3degの間で接地し、踏切脚を-61.8degから-74.9degの間で接地し踏み切り、踏切時の足内向角差は-19.8degから7.6degであった。

このことから、FL 型はネットに対して踏切脚のつま先を内に向けるように接地した後、踏込脚に揃えるように踏切脚を接地して踏み切る特性を持つことが明らかとなった。脚全体の方向を助走方向と異なる方向へ変えながら接地するよって、身体を起こす回転運動を利用し助走の水平速度を鉛直方向へ変換していると考えられる。

本研究における実験参加者は、ネットに対して正対して踏み込み、左足で助走方向に対してできるだけ鉛直方向へ大きく変換するために踏切脚のつま先を内に向けるように踏み切り、ネットにできるだけ正対した状態でジャンプするタイプと、踏切脚のつま先を内に向けずに、足内向角差を小さくした状態で踏み切るタイプに二分された。

ただし、踏切脚離地時の鉛直速度は SH 型が高値を示したにも関わらず、跳躍高において両者に大きな差異は見られなかった。これはジャンプする方向や、ボールインパクトまでの空中姿勢に影響され、鉛直速度がそのまま跳躍高に反映されていないことが推察される。ただし、空中姿勢や踏み切り方の違いが高い打球速度を生み出すためのスパイク動作に及ぼす影響については今後検証すべき事項であると考えられる。

またリバウンドジャンプ測定における RJ-R は、力学的脚伸展パワーや、跳躍時の離地速度と関連性があることから下腿の能力を示す重要な指標の一つである<sup>10)</sup>。本研究において、SH 型と FL 型との RJR に大きな差は見られなかったことから、ジャンプをくり返すことによって踏み切り方ごとに下腿のバリスティックな跳躍遂行能力に差異が生じないこと、選手のバリスティックな跳躍能力の違いによって踏切方が分類されるわけではないことが推察された。また、バリスティックな跳躍能力と踏切方との間に関連性がないことから、つま先を内に向けて接地させる踏み切り方がバリスティックな跳躍能力を有効に活用した踏み切り方であるかを検討する必要性も示唆された。

## 2. 踏切脚の違いが及ぼす速度変換効率への影響

増村ら<sup>21)</sup>は、トップクラス選手のスパイクジャンプを分析し、一流選手は助走によって得られた水平速度をそのまま跳躍時の鉛直速度に変換する技術に優れていることを示している。またバレーボールのみならず、助走を用いたジャンプでは助走速度を鉛直速度に変化する技能である踏切が重要であり、踏切で大きな鉛直速度を生み出すには「身体を起こす回転運動」および「下肢関節の屈伸動作」によるものが大きいとされている<sup>1) 2) 14) 15)</sup>。バレーボールにおけるスパイクジャンプにおいて RCR が 21% である<sup>3) 14) 21)</sup>ことが報告されている。本研究において RCR は、SH 型が  $36.6 \pm 3.7\%$  であり、FL 型は  $52.1 \pm 2.9\%$  であった。SH 型の ECV は  $178.4 \pm 13.4\%$  であり、FL 型は  $194.9 \pm 20.6\%$  であったことから、本研究における FL 型は、SH

型よりも低い助走速度であったにも関わらず高い鉛直速度を得ることができていた。また阿江ら<sup>2)</sup>によると、「走高跳による世界トップ選手の一人であるノジ選手の速度の変換効率は 63.7% であった」と報告されている。バレーボール選手と走高跳選手の速度変換効率に大きな差がある要因として、助走速度の違いが挙げられる。本研究におけるバレーボール選手の踏切脚接地時の水平速度は、 $1.64 \pm 0.23$  m/s であり、ノジ選手は 7.25m/s であったため、速度の変換効率が先行研究と大きく異なると考えられる。本研究における実践参加者の FL 型は SH 型に比べて ECHV が大きい傾向にあったことに加え、跳躍高においては SH 型が  $0.57 \pm 0.04$ m、FL 型が  $0.54 \pm 0.02$ m であり両者に大きな差異が見られなかった。SH 型は同じ鉛直速度を得るために、FL 型よりも大きな助走速度で踏み切らなければならぬため、助走を 1 試合に何度も助走とジャンプを繰り返してスパイクするバレーボール選手のパフォーマンスとしては、FL 型の方が助走距離や助走速度が小さく同じ跳躍高を得られる視点からみると効率的な方法であると考えられる。

## 3. 踏切技術の違いと傷害のリスクについて

スパイクジャンプ指導の特徴として、前方へ跳躍し過ぎないように跳躍しスパイクするように指導される。これは、踏み切りの際の水平速度が大きすぎると空中で体が流れ、打操作が難しくなるだけでなく、ネットに接触したり、着地に失敗したり、他の選手に接触することによる傷害を被る可能性も大きくなることを予防することを目的としているためと考えられる<sup>21)</sup>。一方で、スパイクジャンプを指導する際には、高い跳躍高を得ることやネットからの距離を調節しながらスパイクジャンプする技術を習得することだけでなく、踏み切りや着床を繰り返すことによる慢性的な傷害のリスクについても十分に考慮しなければならない。

本研究において、SH 型 3 人の選手のうち 2 人が前十字靭帯を損傷しており、3 人ともに踏切脚の足関節捻挫の傷害歴を持っていた。SH 型の選手は、踏切時の足内向角が強いため、踏切脚のつま先を内に向けていることが考えられる。つま先を内に向ける動作は、股関節を内旋、膝関節を内旋（下腿内旋）、あるいは足関節を内転することで行うことができる。そのため、つま先を内に向ける動作は、単独の関節で行うことや複数の関節で行うことが考えられる。しかし、本研究では詳細な各関節の水平面の動作分析を行っていないため、代表的な傷害リスクについて例示する。つま先を内に向ける動作を股関節内旋で行うことによって起こる代表的なアライメントとして、膝関節外反がある。膝関節外反は、股関節を内旋させ、下腿に比べて大腿骨の内旋が相対的に強くなった場合に認められる Knee-

in Toe-out において観察される<sup>18)</sup>。膝関節外反は、前十字靭帯損傷に関係すると考えられており<sup>32)</sup>、リスクスクリーニングとして観察されている<sup>8)</sup>。また、膝関節が前額面上で外反すると膝蓋骨が外側へ移動し、膝蓋骨と大腿骨との接触面積が減少することから、圧力が増し、膝蓋骨下の痛みを発生させるリスクがあると考えられる<sup>11) 17)</sup>。実際、膝蓋大腿関節痛を有する女性の膝蓋大腿関節運動機構の変化は、過剰な大腿骨内旋が関連していることが報告されている<sup>27)</sup>。このように、つま先を内に向ける動作（特に膝関節外反が観察される場合）は、傷害のリスクについても十分に考慮しなければならない。傷害発生には跳躍だけでなく、着床も重要な動作であり、つま先を内に向けた跳躍は、つま先を内に向けた着床を生む可能性があると考えられる。しかし、本研究は、跳躍時のみに着目しているため、つま先を内に向けた跳躍が着床姿勢に与える影響を分析することが今後の課題である。また、本研究の結果は、実験参加者数が少なく統計的な差を検討できなかったことを十分に考慮しておかなければならない。

## V. 要約

本研究は、踏切脚のつま先を内に向けて踏み切るスパイクジャンプ指導方法の再検討の必要性を示すことを目的とした。70名の大学バレーボール選手にアンケート調査を行った。また6名の大学女子バレーボール選手のスパイク動作を踏み切り局面における踏込脚と踏切脚の成す角度から構成させる足内向角差に着目して3次元的に分析した。そして足内向角差が大きい群をSH型、小さい群をFL型として2群の比較を行った。またリバウンドジャンプの測定を行い、以下の結果を得た。

1. アンケート調査の結果、75.71%の選手が踏切脚のつま先を内に向けて接地するように指導されていた。その内62.26%の選手に下肢についての傷害歴を持つことが示された。
2. 踏切時の水平速度は、SH型が $1.83 \pm 0.08\text{m/s}$ であり、FL型は $1.45 \pm 0.15\text{m/s}$ であった。踏切脚離地時の鉛直速度は、SH型が $3.26 \pm 0.16\text{m/s}$ 、FL型は $2.81 \pm 0.09\text{m/s}$ であった。
3. 跳躍高においてはSH型が $0.57 \pm 0.04\text{m}$ 、FL型が $0.54 \pm 0.02\text{m}$ であった。
4. SH型のECHVは $178.43 \pm 13.40\%$ であり、FL型は $194.92 \pm 20.62\%$ であった。RCRは、SH型が $36.63 \pm 3.66\%$ であり、FL型は $52.11 \pm 2.93\%$ であった。
5. RJ-Rは、SH型の踏込脚が $2.13 \pm 0.54$ 、踏切脚が $2.19 \pm 0.27$ 、FL型の踏込脚が $1.87 \pm 0.33$ 、踏切脚が $1.99 \pm 0.16$ であった。

以上の結果から、踏切脚のつま先を内に向けて踏み切るようにスパイクジャンプを指導されていたにも関わらず、足内向角差によってSH型とFL型とに分類されるといった踏切脚の個人差が存在することが示された。また踏み切り方によって、身体を起こす回転運動を利用する方法や、傷害発生リスクが異なると推察された。これらのことから、足内向角差に着目した分析を推進することによって、踏切脚のつま先を内に向けて踏み切らせるスパイクジャンプの指導方法を再検討される必要性が高まったと考えられた。

## VI. 謝 辞

本研究は平成25年度日本バレーボール学会調査研究費の助成により遂行された。

## V. 参 考 文 献

- 1) 阿江通良：走高跳解説，陸上競技ビデオ 世界トップアスリートに見る最新・陸上競技の科学 第6巻 走高跳・棒高跳，ベースボールマガジン社，1992
- 2) 阿江通良：陸上競技のサイエンス 走高跳，月刊陸上競技，34(7)，pp.182-185，2000
- 3) 阿江通良ほか：高さをねらいとする跳躍のバイオメカニクスの特徴－垂直跳び，バレーボールのスパイクジャンプ，および走高跳の踏切の比較－，身体運動の科学V 日本バイオメカニクス学会編，pp.182-188，杏林書院，1983
- 4) 秋津修：基本から戦術までよくわかる女子バレーボール，p.50，実業之日本社，2012
- 5) Bampouras, M. Nicola S. Relpha, Duncan Ormea et al.: Validity and reliability of the Myotest Pro wireless accelerometer, British Journal of Sports Medicine, p.44, 2010
- 6) Bob Miller: The volleyball hand book -winning essentials for players and coaches-, pp.68-77, Human kinetics, 2005
- 7) Choukou M.-A., Laffaye G., Taiar R.: Reliability and validity of an accelerometric system for jumping performance, p.55-62, 2014
- 8) Christina L. Ekegren., William C. Miller. et al.: Reliability and validity of observational risk screening in evaluating dynamic knee valgus, Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 39(9), pp.665-674. 2009
- 9) Jennifer E. Earl., Sarika K. Monteiro. et al.: Differences in lower extremity kinematics between a bilateral drop-vertical jump and a single-leg step-down." J Orthop Sports Phys Ther 37(5), pp.245-252, 2007

- 10) Horita, T. Komi., P. V. Nicol, C. et al. : Interaction between pre-landing activities and stiffness regulation of the knee joint musculoskeletal system in the drop jump: Implications to performance. *European Journal of Applied Physiology*, 88, pp.76-84, 2002
- 11) 飯干明ほか：走高跳のバイオメカニクスの分析. In : 佐々木秀幸ほか監修, 世界一流陸上競技者の技術. pp.169-184, ベースボールマガジン社, 1984
- 12) 岩島章博監修：バレーボール上達 BOOK, pp.40-41, 成美堂出版, 2002
- 13) Jonathan D. Chappell., Bing Yu. et al.: A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *The American Journal of sports medicine*, Vol. 30, No. 2, pp.261-267
- 14) 金子公宥・福永哲夫：バイオメカニクス—身体運動の科学的基礎— pp.223-227, 杏林書院, 2005
- 15) 金子公宥：スポーツバイオメカニクス入門 第3版, pp.54-59, 杏林書院, 2007
- 16) 菅野浩一郎監修：一流選手が教えるバレーボール, p.68, 西東社 2010
- 17) Kevin R Ford., Gregory Myer. et al.: Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol 35, No.10, pp.1754-1750, 2003
- 18) Kobayashi H., Kanamura T. et al.: Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A Twenty-Year Clinical Research of 1,700 Athletes. *Journal of Sports Science and Medicine* 9, pp669-675, 2010
- 19) Kuhlman et al.: Aspects of a three dimensional motion analysis of the volleyball spike in high level competition. In *International Society of Biomechanics in Sports* (Ed.), pp.47-50, 2007
- 20) 草野健次：自然体バレー塾の一貫指導型練習ドリル集, バレーボールアンリミテッド, p60, 2005
- 21) 増村雅尚, 阿江通良：空中でボールを強く打つためのからだの動き：バレーボールにおける打動作の分析. *バイオメカニクス研究*, 11 (3), pp.213-219, 2007
- 22) 増村雅尚・阿江通良, バレーボール選手のスパイクジャンプ, *体育の科学*, Vol.57, No.7, pp.521-527, 2007
- 23) Mehmet Kale., Alper Asxci., Cosxkun Bayrak. et al.: Relationships among jumping performances and sprint parameters during maximum velocity phase in sprinters. *Journal of Strength Conditioning Research*, 23 (8) , pp.2272-2279, 2009
- 24) 永田聡典：トップリーグバレーボール選手における体力分析. *総合人間科学*, 1号, pp.107-114, 2013
- 25) Newell and Lauder : Three-dimensional kinematic analysis of the front-court volleyball spike of female volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 23 (2) , pp.108-109, 2005.
- 26) 大山加奈監修：バレーボール練習法&上達テクニック, p.76, 実業之日本社, 2013
- 27) Richard B. Souza., Christie E. Draper. et al. : Femur rotation and patellofemoral joint kinematics : a weight-bearing magnetic resonance imaging analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40 (5) , pp.277-285, 2010
- 28) Sasa Bubanj., Ratko Stankovic. et al. : One-leg vs two-legs vertical jumping performance, *Physical Education and Sport* Vol. 8, pp.89-95, 2010
- 29) 宍戸隆之ほか：バレーボールにおけるスパイク踏切時の脚の向きが跳躍高に与える影響について. *福島大学教育学部論集*, 59号, pp.1-11, 1995
- 30) Tilp M., Wagner H. et al.: Difference in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics*, 7 (3) , pp.386-397, 2008
- 31) USA volleyball : *Volleyball systems & strategies*, pp.135-149 or pp.177-192, 2009
- 32) Yohei Shimokochi and Sandra J. Shultz : Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *Journal of Athletic Training*, Vol. 43, No. 4, pp. 396-408, 2008
- 33) 財団法人日本バレーボール協会：バレーボール指導教本, pp.60-62, 大修館書店, 2004