

バレーボールにおける最大スパイク高測定方法の開発

永田聡典*, 淵本隆文*

The development of a method to measure the maximum spike height in volleyball

Akinori Nagata, Takafumi Fuchimoto

Abstract

This study was designed to develop a device (DSH) to measure the maximum spike height (Hs-max) in volleyball and examine its measurement methods. DSH measures the height of a ball, which is suspended and can be moved between 200 and 380 cm from the ground, when it is hit by a player. We selected thirty male university volleyball spikers, and measured the height of the tip of the middle finger with their arm stretched overhead (Hf) and the maximum vertical jump height (Hmax). Then, we asked them to spike a tossed ball, and measured the height (Hs) and speed of the ball when it was hit, using the 3D direct liner transformation (DLT) method. After having spiked a ball at many different levels, players evaluated the height (SAh) and speed (SAv) of the ball in each spike on a ten-score scale. We defined the height of the ball when [SAh + SAv] is maximum as "Hs-max". There were correlations between the ball height and SAh, and the ball speed measured by DSH and SAv. Since there was also a correlation between [SAh + SAv] and SAh or SAv, Hs-max proved to be valid.

We selected twenty female university students, and measured Hs-max twice in two days using DSH. The reliability coefficient for the measurements was as high as 0.913. We divided the players into two groups: Group HS (n=15), players who spiked the ball at a height of 285.5 cm or more; and Group LS (n=15), players who spiked at 285 cm or less. Hs-max was significantly larger ($p<0.05$) and "Hs-max - Hs" was significantly smaller ($p<0.01$) in Group HS, compared to Group LS. The players in Group HS not only spiked the ball at higher points, but they were also good at controlling the timing of jump in order to spike at their maximum jump than those in Group LS. We concluded that the newly developed device, DSH, can measure the Hs-max values with excellent reliability and that the Hs-max would provide valuable information for both players and coaches.

Key Words : Maximum reach jump height, Ball speed, 3D direct liner transformation method, Reliability, The maximum spike height
キーワード : 最高到達点, 打球速度, 3次元分析, 再現性, 最大スパイク高

I. 緒 言

バレーボールにおいて、スパイクによる得点は総得点に占める割合が最も大きいと報告されており(浅井, 2001), スパイクによる得点は勝利への貢献度が大きい。そのためスパイクは、勝敗を左右する重要なスキルの一つであると言える。スパイクによって得点を多くあげるには、ブロックされにくくするために高い打点でスパイクすること、ブロックを弾き飛ばし、レシーブされにくいような速い打球をスパイクすることが一般的に望ましいとされている。Forthomme ほか⁶⁾は競技レベルが上がる程、スパイクする打点高と打球速度は共に大きくなると報告している。

現在のところスパイクする打点高の目安として、スパイクをする際の踏切でジャンプ(以下、スパイクジャンプと略す)したときの指先の高さを示す最高到達点(以下、Hmaxと略す)がバレーボール選手の体力測定として広く実施されている。Hmaxは選手の特徴を示すデータとして、高校生以上の大会では必ずパンフレットなどに記載されるほど重視されている。Smith ほか²⁷⁾はカナダのナショナルチームの選手がユニバシアードに出場した選手よりもHmaxが大きかったことを示し、競技レベルが高くなるにつれてHmaxも大き

くなると報告している。しかしながら、指導現場においてはHmaxが同じ選手でもスパイクするときの打点高(以下、スパイク高; Hsと略す)が異なる場合や、Hmaxが向上してもHsが向上しない場合があるなどと言われるが、それを示したデータはない。トスされたボールをスパイクする打点高(Hs)は、本人がスパイク可能な最大の打点高(以下、最大スパイク高; Hs-maxと略す)よりも低くなると考えられる。Hs-maxが測定できれば、スパイク技術を客観的に見ることが出来る。しかし、これまでのバレーボールにおけるスパイクに関する研究では、跳躍技術やスパイク動作そのものについて検討したもの^{1) 4) 5) 7) 8) 9) 10) 11) 15) 16) 18) 19) 20) 21) 25) 28)}が多く、現在のところ、Hs-maxについて検討した研究や、それを測定する装置や方法は存在しない。

そこで本研究では、最大スパイク高(Hs-max)を測定するための装置と測定方法の開発を目的とした。また、作製した装置によって測定を行う意義を示すため、装置によって測定したデータとHsとの比較分析も行った。

II. 方 法

1. 最大スパイク高測定装置の作製

本研究では最大スパイク高測定装置(以下、DSHと略す)を作製した(図1)。DSHは鉄製の土台にアームのついた支柱を差し込み、そのアームの先にボールを吊し、アームつきの支柱を上下にスライドさせることによってボールの高さを2.00m～

* 大阪体育大学 Osaka University of Health and Sport sciences
(受付日: 2010年6月30日, 受理日: 2010年12月22日)

3.80m まで0.02m 毎に調節出来る装置である。スライドさせる支柱は、ピンを差し込むことによって固定した。ボールをつるす紐は直径5ミリのポリエチレン系樹脂のものを使用した。ボールの両端と紐の先にそれぞれ1cm 四方のマジックテープを固定し、それらを密着させてボールを吊るすことによって非常に小さい抵抗でボールが外れるように工夫した。なおDSHは分解して、持ち運びできるようにした。測定時には3本の固定脚にそれぞれ20kgの重りを置くことによってDSHを固定した。重りを含めたDSHの総質量は134kgであった。

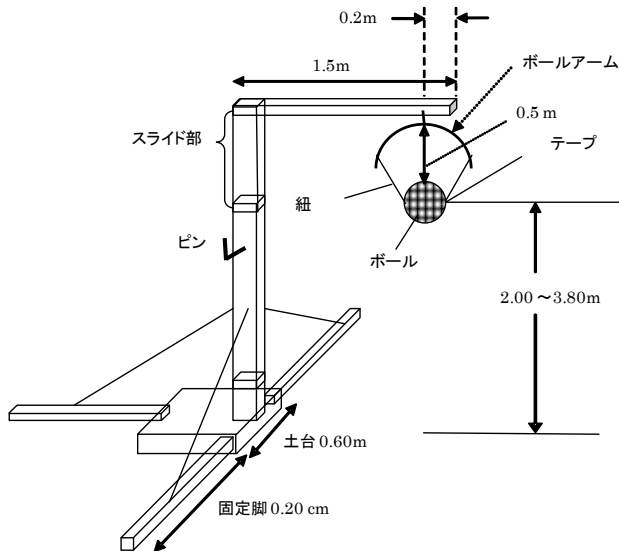


図1 最大スパイク高測定装置 (DSH)

2. 被験者

被験者は、大学男子バレーボール選手で、関西大学連盟1部に所属する3大学から11名、同連盟2部に所属する1大学から4名、東海大学連盟1部に所属する2大学から10名、中国大学連盟1部に所属する1大学から4名、関東大学連盟2部に所属する1大学から1名の計30名であった。被験者は全員スパイカーであり、被験者の利き腕は右利きが28名、左利きが2名であった。彼らの身体特徴は身長 $1.83 \pm 0.45\text{m}$ 、身体質量 $77.9 \pm 9.5\text{kg}$ 、指高 $2.46 \pm 0.06\text{m}$ (平均値±標準偏差)であった。被験者には実験内容を説明し、同意を得た上で実験を行った。尚、本研究は大阪体育大学研究倫理審査委員会の承認を得ている。

3. 測定方法

測定は平成20年8月10・11日に、東大阪総合体育館小アリーナのバレーボールコートで行った。

1) 指高および最高到達点の測定

指高 (以下、 H_f と略す) は直立姿勢で利き腕を上方へ指先までまっすぐに伸ばしたときの指の高さとし、それをヤードスティック (SWIFT社製; 図2) を用いて測定した。

また H_{max} は3歩助走でスパイクジャンプを全力で行ったときの指先の高さとし、これをヤードスティックを用

いて測定した (図2)。 H_{max} は2回測定し、良い方の記録を代表値として採用した。



図2 ヤードスティックを用いた最高到達点 (H_{max}) の測定

2) 実打によるスパイク

ネット際に立たせたセッターにトスを手で投げ上げさせ、被験者にセンターからスパイクさせた。被験者にはできるだけ高い打点で、しかもできるだけ速い打球でスパイクするよう指示し、被験者の納得する成功試技を2回行わせた。

3) DSHを用いたスパイク

DSHを用いた測定では、練習試技を2回行わせたあと、最初の試技はボールの高さを H_{max} の85%にセットしてスパイクさせた。その後、被験者の希望に応じて、0.04mまたは0.06mずつボールの高さを上昇させ、明らかに打球速度が減少する高さまでスパイクさせた。被験者にはできるだけ速い打球でスパイクするよう指示した。また、被験者には、打点高においては自分が最も高い打点であると感じた場合を10点、打球速度においては最も早い打球がスパイクできたと感じた場合を10点として、それぞれ10段階で評価させた。

4) スパイクの撮影

被験者には実打およびDSHを用いたスパイクのいずれにおいても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。スパイクしたボールが、サイドラインから3m幅でサイドラインに平行に引いた直線とアタックラインとエンドラインに囲まれた部分 (図3のtarget area, 柏森ほか¹⁰⁾) に入った場合を成功試技とした。実打およびDSHを用いたスパイクともに、スパイク動作を撮影速度毎秒60フレーム、露出時間1/1000sのビデオカメラ3台 (SONY社製) を用いて撮影した。右利き選手の場合はスパイク方向に向かって右側方 (左利き選手の場合は左側方) 後方の2台のカメラを用いて撮影を行った。キャリアレーションは図3の破線部3m×4.5m四方内の12箇所に、高さ3.86mのコントロールポイントを鉛直に立て、これを撮影することによって行った。異なるカメラによる映像の同期は、ビデオカメラに1ms精度の同期ランプを映し込むことによって行った。

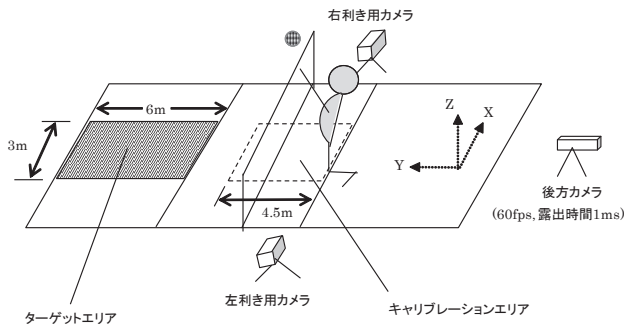


図3 実験時におけるカメラ及びキャリブレーションエリア配置図。実打によるスパイク, DSHを用いたスパイクともに, 斜線部分にスパイクが入ったときの試技を成功試技とした。

4. 分析方法

分析は, 各被験者とも実打によるスパイクの成功試技2回, DSHを用いたスパイク成功試技3~5回を対象とした。パソコンを用いて, ビデオ映像上のコントロールポイント, ボール中心部および指先をFrame Dias II Vr3 (ディケイエイチ社製)を用いてデジタル化し, DLT法を用いて3次元座標を求めた。その際, 後方カメラの映像から得た座標を同期ランプを用いて, 側方カメラの座標に同期するよう, 1msの精度で補間した。コントロールポイント72点を用いて計測した誤差の平均は, x方向(エンドラインに平行)が8mm, y方向(サイドラインに平行)が11mm, z方向(鉛直方向)が7mmであった。得られた3次元座標から, インパクト時の第3指先の高さ(以下, Hsfと略す)およびHsと打球速度を算出した。なお, ビデオカメラの撮影条件上, インパクト時の第3指が映っていない試技数例に関しては, インパクト直前の第3指先の高さをHsfとした。

Hsはy-z平面上でインパクト直前(図4のb)のボールの中心とその7コマ(0.117s)前のボールの中心(a)を結んだ直線と, スパイクされたボールが手から完全に離れた最初の1コマ目(c)とその3コマ後(0.050s)後(d)のボールの中心を結んだ直線との交点(e)の高さとした。打球速度は, 空間上のc-d間の距離を0.050sで割ることによって算出した。また, DSHを用いたスパイクの打球速度も実打によるスパイクと同様の方法で算出した(図4)

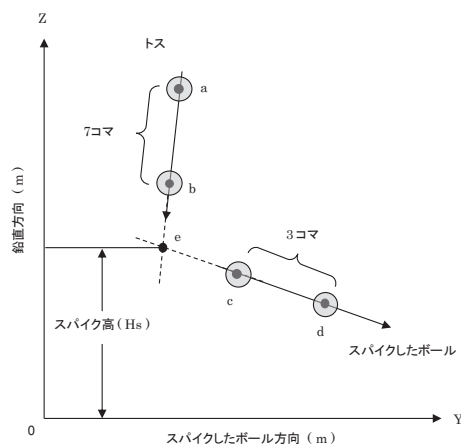


図4 スパイク高(Hs)及び打球速度算出方法

5. 最大スパイク高の定義

実験前には, DSHを用いた測定ではボールの高さを徐々に上昇させていくと, 打球速度が急激に減少する高さ出現すると予想し, その一段階前のボールの高さを, 本人のスパイク出来るボールの最大高とする予定であった。しかし, 打球速度からHs-maxを判定することが難しい被験者も少なからず見られた。そこで, 被験者自身が行った打球速度と打点高についての評価点を用いて, これら2つの評価点の合計が最大のときのDSHのボールの高さを最大スパイク高(Hs-max)と定義した。すなわち, Hs-maxは被験者がある程度満足できる打球速度と打点高でスパイクできた試技の打点高と言える。

6. 再現性テスト

大学女子バレーボール選手20名(年齢 20.9 ± 1.3 歳, 身長 1.68 ± 0.04 m, 身体質量 61.8 ± 6.5 kg, 利き腕 右利き)についてDSHを用いたHs-maxの測定の再現性テストを行った。一回目の測定後2日以内に2回目の測定を行い, 再現性を検討した。

7. 統計処理

異なる群の平均値の差の検定は, 等分散性の検定(F検定)の後, 対応のないt検定を行った。また対応のあるデータにおける平均値の差の検定では, 対応のあるt検定を行った。また, 相関分析にはピアソンの相関係数を用いた。なお, 全ての統計処理において危険率5%未満を有意とした。

再現性テストでは級内相関係数¹⁷⁾を用いた。級内相関係数(以下ICCと略す)とは同じ被験者(あるいは測定対象)を2回測定したときの1回目の測定結果と2回目の測定結果が傾き45度の直線上に乗っている程度であり, 測定の一貫性, 再現性を示すものである。

III. 結 果

1. DSHを用いた打点高, 打球速度と評価点との関係

DSHを用いて測定した打点高(Hs-max測定におけるボールの最大高に対する割合)は評価点が高いほど, 大きかった(図5)。また, DSHを用いて測定した打球速度(最大速度に対する割合)は評価点が高いほど, 大きかった。打点高は評価点が6~10点の間では, 評価点と正の直線関係($r = 0.982, p < 0.001$)が見られた。また, 打球速度は評価点5~8点までは評価点と正の直線関係($r = 0.995, p < 0.001$)を示したが, 8~10点では打球速度は僅かしか増加しなかった($r = 0.974, p < 0.001$)。またHs-maxにおける2つの評価点の合計は 17.5 ± 1.9 であり, 打点高についての評価点は 8.9 ± 1.0 , 打球速度についての評価点は平均 8.6 ± 1.1 であった(表1)。

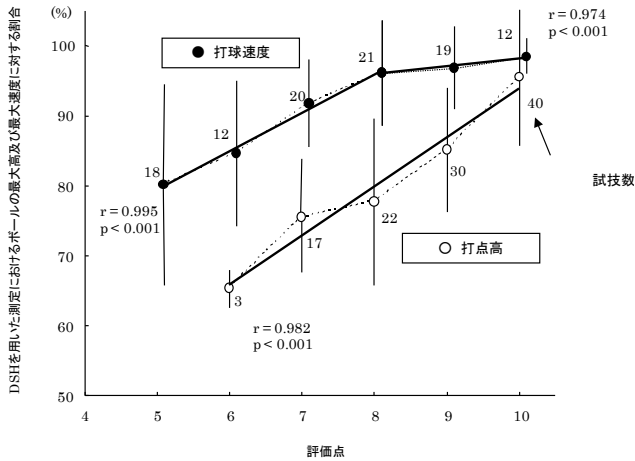


図5 DSHを用いた測定におけるボールの最大高及び最大速度に対する割合と評価点との関係。垂線及びレベル数値はそれぞれ、標準偏差及び試技数を示し、太い実線は回帰直線を示す。

表1 最大スパイク高における打球速度および打点高についての評価点と合計点

	打球速度	打点高	合計
平均値	8.6	8.9	17.5
標準偏差	1.1	1.0	1.9
最大値	10	10	20
最小値	6	7	14
変動係数	0.1	0.1	0.1

2. DSH を用いた最大スパイク高の測定における再現性

DSH を用いて測定する Hs-max の再現性テストを行った結果、1 回目と 2 回目との ICC は 0.913 であった (図 6)。また 1 回目と 2 回目の測定値の間に有意な ($r = 0.917$, $p < 0.001$) 相関関係が認められ、1 回目と 2 回目の測定値の平均値間に有意差は認められなかった ($t = 0.26$)。

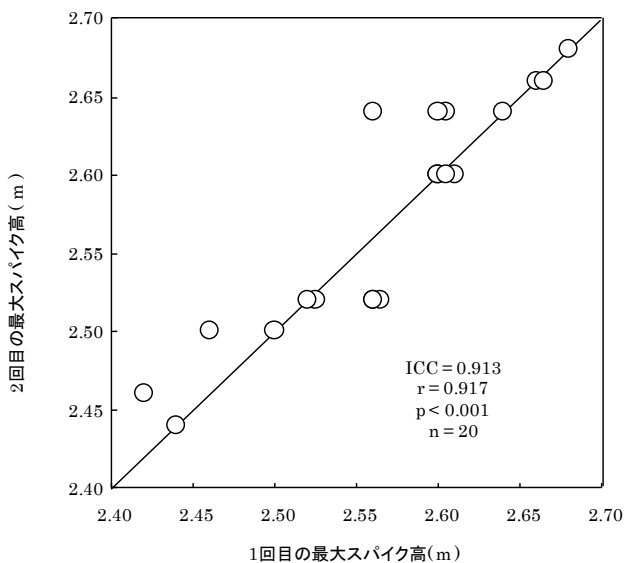


図6 再現性テストにおける1回目と2回目の最大スパイク高 (Hs-max) の関係

3. 最高到達点 (Hmax) と実打によるスパイク高 (Hs) との比較およびインパクト時の指先の高さ (Hsf)

測定した Hmax は $3.24 \pm 0.09\text{m}$ 、ビデオ映像から求めた Hs は $2.88 \pm 0.10\text{m}$ であり、打球速度は $24.8 \pm 1.9\text{m/s}$ であった。Hmax と Hs との間に有意な相関関係 ($r = 0.565$, $p < 0.01$) が認められた (図 7 の Δ)。また Hsf は平均で $2.92 \pm 0.08\text{m}$ であった。

4. 最大スパイク高 (Hs-max) と実打によるスパイク高 (Hs) との比較

測定した Hs-max は $2.91 \pm 0.09\text{m}$ であった。Hs-max と Hs との間に有意な ($r = 0.708$, $p < 0.01$) 相関関係が認められた (図 7 の \circ)。

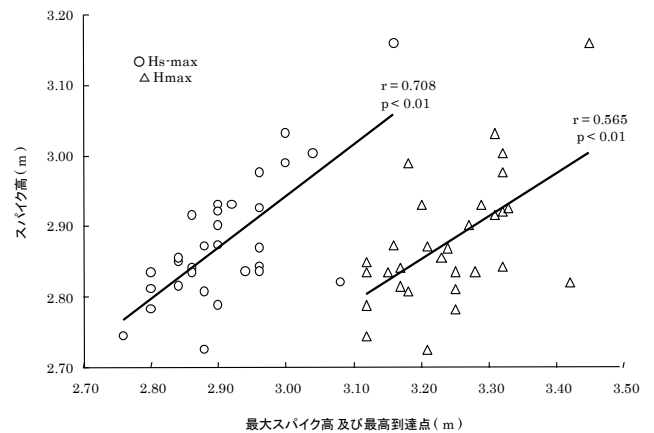


図7 スパイク高(Hs)と最大スパイク高(Hs-max)及び最高到達点 (Hmax)との関係

5. Hs の高い群と低い群との比較

Hs と Hs-max との関係を観察したところ、Hs の低い選手は Hs-max と Hs の差 ($Hs\text{-max} - Hs$) が大きい傾向が認められた。そこで Hs が上位 15 名の 2.855m 以上の群 (15 名; 以下, HS 群と略す) と Hs が 2.85m 以下の群 (15 名; 以下, LS 群と略す) とに分けて分析した (図 8)。表 2 に両群を比較した結果を示した。HS 群において Hs-max は Hs より平均で 0.01m 大きかったが、有意差は認められなかった ($t = 0.06$)。一方、LS 群の Hs-max は Hs より平均で 0.07m 大きく、その差は 1% 水準 ($t = 2.85$) で有意に高い値を示した。さらに、Hs-max と Hs との差 ($Hs\text{-max} - Hs$) は両群間において 1% 水準で有意差 ($t = 2.89$) が認められた。また、指高 (Hf) は HS 群が $2.48 \pm 0.05\text{m}$ 、LS 群が $2.46 \pm 0.04\text{m}$ であり、両群の平均値に有意差は認められなかった ($t = 1.36$)。Hmax は HS 群が $3.28 \pm 0.05\text{m}$ 、LS 群が $3.21 \pm 0.09\text{m}$ であり、両群間に 5% 水準で有意差 ($t = 1.67$) が認められた。

Hs の Hmax に対する比率 ($Hs / Hmax$) は LS 群が $87.7 \pm 2.4\%$ 、HS 群が $89.9 \pm 1.8\%$ であり、両群間に 1% 水準で有意差 ($t = 2.82$) が認められた。

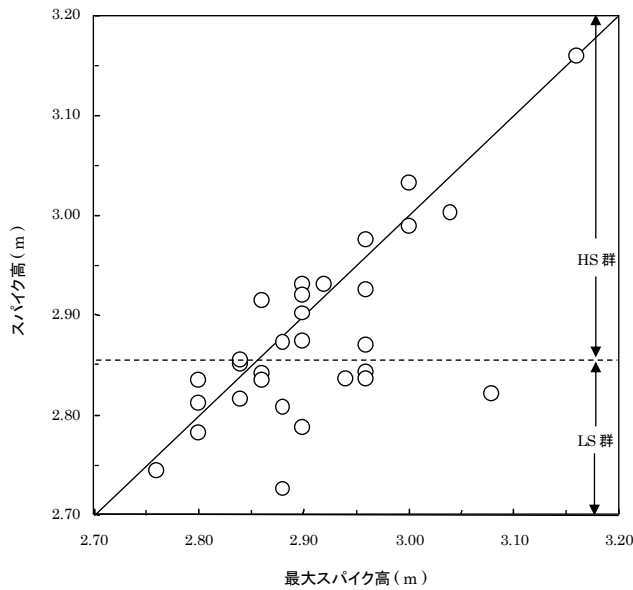


図8 最大スパイク高(Hs-max)とスパイク高(Hs)との関係。
実線はHs-maxとHsが一致する45度線を示し、破線はHs=2.855mを示す。

表2 HS群及びLS群についての分析結果

	Hs (m)	Hs-max (m)	Hs-max - Hs (m)	Hf (m)	Hmax (m)	Hs/Hmax (%)
HS群 (n = 15)	2.94 ± 0.08	2.95 ± 0.08	0.01 ± 0.04	2.48 ± 0.05	3.28 ± 0.05	89.9 ± 1.8
LS群 (n = 15)	2.81 ± 0.04	2.88 ± 0.08	0.07 ± 0.08	2.46 ± 0.04	3.21 ± 0.09	87.7 ± 2.4
有意差	*	*	**	ns	*	**

*: p < 0.05 **; p < 0.01 ns: 有意差なし

IV. 考 察

1. DSHを用いた測定における再現性と妥当性

再現性テストによって得られた1回目と2回目のデータの間に得られたICCは0.913であった(図6)。ICCについての値の解釈は、先行研究²⁴⁾によれば、0.7を基準としてその値よりも高ければ一致性が高いと解釈されている。したがって、DSHを用いたHs-maxの測定値は再現性の高いことが確認された。

また、運動者の主観的な評価と客観的な出力との関係については、Borg³⁾が自転車エルゴメーターによる主観的強度とエルゴメーターの負荷との対応関係について、小野寺・宮下²⁶⁾がトレッドミル走における疾走速度と主観的評価の対応関係について、村木ほか²²⁾がスプリント走における疾走速度と主観的努力度の対応関係について、村木・稲岡²³⁾が跳躍運動における滞空時間と主観的 effort について、金子¹³⁾がバドミントンの打動作におけるシャトル速度と主観的 effort について照合しており、それぞれの運動において主観的な評価と客観的出力は相関があり、対応関係にあることが明らかとなっている。

本研究において、DSHを用いたスパイクについて選手本人に評価させた打点高および打球速度についての評価点と、それぞれの最大値に対する割合との間に直線的関係が

認められた(図5)。またHs-maxにおける2つの評価点の合計、打点高についての評価点、打球速度についての評価点はいずれも十分に大きく、ばらつきも小さかった(表2)。このことから、選手の評価と打点高及び打球速度は対応関係にあり、評価の高かった試技は、打点高および打球速度が自分のスパイクとして満足できる試技であったことを示していると考えられた。したがってDSHを用いて測定したHs-maxは、本人のスパイク可能な最大の打点高を示していると考えられ、測定方法が妥当であったことが推察された。

2. スパイク高と打球速度

本研究では、インパクト直前のボールの中心とその7コマ前のボールの中心を結んだ直線と、スパイクされたボールが手から完全に離れた最初の1コマ目とその3コマ後のボールの中心を結んだ直線との交点の高さをスパイク高(Hs)と定義した。しかし、本研究で調べたすべての先行研究がインパクト時の手先(Hsf)の高さを打点高と定義している。本研究において、Hsfは平均2.92mであり、Hs(平均2.88m)より平均で0.04m大きかった。福原ら⁷⁾や都沢ほか²¹⁾によって報告されている一流男子選手のHsfは平均で3.18m、打球速度は平均で22.3m/sであった。また遠藤ほか⁵⁾の報告によるユーゴスラビア選手のHsfは平均3.07m、打球速度は平均25.6m/s、日本代表チーム選手のHsfは平均3.02mであり、打球速度は平均22.5m/sであった。尚、これらの報告におけるHsf及び打球速度は、2台のビデオカメラによって撮影した試合中におけるスパイク動作の映像から、本研究同様にDLT法を用いて身体各部位及びボールの3次元座標を算出し求められたデータである。

また八坂ら²⁹⁾は、スーパー4と呼ばれる世界大会に出場した選手のHsfのHmaxに対する比率(Hsf/Hmax)について検討した。尚、この研究におけるHmaxは大会に出場するチームが大会開催にあたり提出する資料に記載された値を利用している。このときのHsfの算出は本研究と同様3次元分析によって求められたデータであった。このときの日本選手のHsf/Hmaxは平均で92.1%であり、イタリア選手は88.9%、オランダ選手は92.8%、アメリカ選手は89.2%であり、一流選手は試合中のスパイクにおいてHsf/Hmaxが90%前後であった。本研究における被験者のHsf/Hmaxは平均89.5%であった。本実験の被験者は自分の一番打ちやすいトスを全力で跳躍しスパイクしたにも関わらず、一流選手の試合中のHsf/Hmaxとほとんど差がなかった。また、本研究の被験者における平均打球速度は24.8m/sであり、福原ほか⁷⁾や遠藤ほか⁵⁾の報告における日本人選手より大きく、被験者の中には一流選手よりも大きい選手も見受けられた。これは、報告での打球速度はブロックやレシーブのある試合中のものであり、本研究ではブロックやレシーブがない状態で、被験者は自分の打ちやすいトスを全力でスパイクしたことが打球速度を大き

くした原因であると考えられる。本研究における Hsf は、これまでの報告と比較すると、中には大きな値 (3.20m) も見られたが、全体的には明らかに小さかった。

3. Hs, Hmax 及び最大スパイク高 (Hs-max) との関係

Hmax と打点高である Hs との間には有意な相関関係が見られた (図 7) が相関係数は高いとは言えず ($r = 0.565$, $p < 0.01$), Hs-max と Hs の間には Hmax と Hs よりもさらに高い相関関係 ($r = 0.708$, $p < 0.01$) が認められた (図 7)。また、現在広く測定されている Hmax と Hs との関係では明らかにできなかった HS 群と LS 群との違いが Hs-max を測定することにより明らかとなり、DSH によって Hs-max を測定する意義が示された。

すなわち今回の被験者の場合、Hs と Hs-max の関係の観察から LS 群と HS 群とに分け比較した結果、LS 群の Hs は Hs-max より平均で 0.07m 小さく、その差は 1% 水準で有意であった。一方、HS 群において Hs は Hs-max より平均で僅か 0.002m 小さく、有意差は認められなかった。さらに両群間において [Hs-max - Hs] に有意差が認められた。これらのことから、LS 群は Hs-max よりもはるかに低い位置でスパイクしていることが明らかなので、さらに高いところでスパイクできる可能性があると考えられた。また実打によるスパイク高の最高到達点に対する比率 (Hs / Hmax) において HS 群 (89.9%) は LS 群 (87.7%) より有意に大きいことが認められたことから、HS 群は LS 群より、Hmax に近いところでスパイクしていることが示された。一方、Hf において両群間に差が見られなかったことから、両群間の Hs の差は、HS 群が LS 群よりもボールに合わせてタイミングよく跳躍してスパイクする技術に優れていると考えられた。

今回開発した DSH は、再現性が高く、妥当性のある Hs-max を容易に測定することが出来る。しかし、本研究で作製した DSH はボールの取り付けや高さの変更などの点で簡便であるとは言いがたい。もし、これらを改善することができれば、Ivoirov¹²⁾ が提唱した、天井から吊るしたボールをスパイクさせる「スパイクにおける身のこなしを改善することを目的とした運動」としても使用可能となり、スパイク動作の改善が期待できる。加えて、Hs-max に設定したボールを、継続してスパイクさせると、常に最大努力で跳躍しスパイクさせることができるため、Hs を向上させる効果も期待できる。また Hs-max は、一目でスパイク可能なボールの高さがわかるため、スパイカーだけでなく、セッターにおいてもスパイカーが打ち易いトスを供給するための貴重な情報の一つになると考えられる。

今後の研究課題はボールの取り付け方や高さの調節方法を改善すること、そして改善した DSH を用いてトレーニングによる効果を検証すること、Hs と Hs-max との間に大きな差が見られた選手は、その原因がスパイク時の姿勢にあるのか、あるいは重心上昇距離の差にあるのかを検証すること等である。

V. 要 約

本研究は、スパイク可能な最大の打点高 (最大スパイク高; Hs-max) を測定するための装置と測定方法の開発を目的とした。作製した最大スパイク高測定装置 (DSH) を用いて 30 名の男子大学バレーボール選手の Hs-max を測定するとともに、3 次元分析によって実打によるスパイク高 (Hs) を測定した。さらに Hs が 2.855m 以上を HS 群、2.85m 以下を LS 群とし、HS 群と LS 群との比較を行った。また 20 名の女子大学バレーボール選手において DSH を用いた Hs-max の再現性テストを行い、以下の結果を得た。尚、被験者には打点高においては自分が最も高い打点であると感じた場合を 10 点、打球速度においては最も早い打球がスパイク出来たと感じた場合を 10 点として、それぞれ 10 段階で評価させた。DSH を用いた測定では、打点高と打球速度の評価点の合計が最大のときの DSH のボールの高さを最大スパイク高 (Hs-max) と定義した。

1. DSH を用いて測定したときの打点高および打球速度についての評価点とそれぞれの最大値に対する割合との間に正の直線関係 [打点高 (6 ~ 10 点); $r = 0.982$, $p < 0.001$, 打球速度 (5 ~ 8 点); $r = 0.995$, $p < 0.001$, (8 ~ 10 点); $r = 0.974$, $p < 0.001$] が認められた。
2. Hs-max における 2 つの評価点の合計は平均 17.5 であり、打球速度についての評価点は平均 8.6、打点高についての評価点は平均 8.9 であった。
3. 再現性テストの結果、1 回目と 2 回目の測定値の一致度を示す ICC は 0.913 であった。
4. 全被験者の Hmax と Hs との間には有意な相関関係 ($r = 0.565$, $p < 0.01$) が認められ、Hs-max と Hs との間に更に高い相関関係 ($r = 0.708$, $p < 0.01$) が認められた。
5. Hs の値から HS 群と LS 群とに分けた所、Hs-max と Hs との差 (Hs-max - Hs) の平均値において両群間に有意差が認められた。しかし Hf については、両群の平均値に有意差は認められなかった。
6. Hs の Hmax に対する比率 (Hs / Hmax) において、両群間に有意差が認められた。

以上の結果から、開発した DSH は信頼性の高い最大スパイク高 (Hs-max) が測定可能であり、Hs-max の測定は、選手や指導者に貴重な情報を提供できると考えられた。また、Hs が大きな選手はボールに合わせてタイミングよく跳躍してスパイクする技術に優れていることが DSH を用いて Hs-max を測定することによって明らかとなった。

VI. 参 考 文 献

- 1) 阿江通良, 渋谷健司 他: 高さを狙いとする跳のバイオメカニクスの特性 - 垂直跳, 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. 日本バイオメカニクス学会編, 身体運動の科学, 杏林書院: pp.182-188. 1983

- 2) 浅井正仁：バレーボールゲームの得点に関するゲーム分析的研究—ラリーポイント制における得点構成及び連続得点について—。大阪体育大学紀要, 32 : pp.13-24, 2001
- 3) Brog,G.A. : Perceived exertion : a note on "history" and methods. *Medicine and Science in Sports*, 5 (2) : pp.90-93, 1973
- 4) Coleman, S.D., Benhanm,A.S.,and Northcott, S.R. : A three dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *Journal of Sports Sciences*, 11 (4) : pp.295-302, 1993
- 5) 遠藤俊郎, 亀山紘美 他：2002年ワールドリーグ男子バレーボール大会における日本およびユーゴスラビア選手のスパイク動作に関するバイオメカニクスの分析。日本バレーボール協会科学研究委員会 科学研究論集, 3 : pp.3-5, 2002
- 6) Forthomme, B., Croisier,J.L., Ciccarone, G., Crielaard, M.J. and Coes, M. : Factors correlated with volleyball spike velocity. *The American journal of sports medicine*, 33 (10) : pp.1513-1519, 2005
- 7) 福原祐三, 橋原孝博 他：82年日米対抗女子バレーボールにおける一流選手のスパイク動作に関する事例的研究。日本体育協会スポーツ医・科学研究編, 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告昭和57年度版 競技種目別競技力向上に関する研究 : pp.331-341, 1982
- 8) Gollhofer, A. and Bruhn, S. : The biomechanics of jumping. In : Jonathan C. Reeser and Roald Bahr (Ed.) *Handbook of Sports Medicine and Science*. Oxford:Blackwell : pp.18-29, 2000
- 9) 橋原孝博, 渋川侃二 他：バレーボールのオープンスパイクジャンプに関するバイオメカニクス研究。日本バイオメカニクス学会編, 身体運動の科学 : pp.175-181, 1983
- 10) 橋原孝博, 佐加野健 他：高校生バレーボール選手のスパイクに関する研究。広島大学総合科学部紀要理系編, 22 : pp.143-152, 1996
- 11) 石島繁, 渋川侃二 他：バレーボールのクイックスパイクジャンプに関する研究—踏切準備がクイックスパイクジャンプの踏切に及ぼす影響。日本バイオメカニクス学会編, 身体運動の科学 : pp.169-174, 1983
- 12) Ivoirov, A. V : 本多英男訳 : バレーボールの科学。泰流社, 1993, pp.187-193, 既に
- 13) 金子元彦：バトミントンにおける打つ強さの調節—主観的努力度とシャトル速度の対応関係から。バイオメカニクス研究, 11 (3) : pp.229-234, 2007
- 14) 柏森康雄, 山本隆久 他：バレーボールの技能テスト(第三報)。大阪体育大学紀要, 7 : pp.5-12, 1975
- 15) 金致偉, 佐加野健 他：バレーボールのスパイクにおける打ち分け技術に関する研究。広島大学体育学研究, 23 : pp.31-39, 1997
- 16) Kuhlmann, C., Roemer, K. and Milani, T. : Aspects of a three dimensional motion analysis of the volleyball spike in high level competition. In *International Society of Biomechanics in Sports* (Ed.), Ouro Preto : Brazil : pp.47-50, 2007
- 17) 楠正監：臨床データの信頼性と妥当性。サイエンティスト社, 2005, pp. 2-31.
- 18) 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, 2007a
- 19) 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, 57 (7) : pp. 521-527, 2007b
- 20) 増村雅尚, キスベ 他：世界一流バレーボール選手のフロントスパイクおよびパイプ攻撃動作のバイオメカニクスの分析。日本バレーボール協会科学研究委員会 科学研究論集, 8 : pp.49-65, 2007
- 21) 都沢凡夫, 橋原博孝 他：バレーボールワールドカップ'81における一流選手のスパイク動作に関する事例的研究。日本体育協会スポーツ医・科学研究編, 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告昭和56年度版 競技種目別競技力向上に関する研究 : pp.46-55, 1981
- 22) 村木征人, 伊藤浩志, 半田佳之：高強度領域での主観的強度の変化がスプリントパフォーマンスに与える影響。スポーツ方法学研究, 12 (1) : pp.59-67, 1999
- 23) 村木征人, 稲岡純史：跳躍運動における主観的強度(努力度合)と客観的出力との対応関係。スポーツ方法学, 9 (1) : pp.73-79, 1996
- 24) 村澤昌崇：高等教育研究における計量分析手法の応用(その2) —組織内合意形成の程度の分析：ハーフィンダル係数, rwg, 級内相関係数—。広島大学高等教育研究開発センター大学論集, 38 : pp.353-367, 2006
- 25) Newell, R. F. and Lauder, M. A. : 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) 小野寺孝一, 宮下充正：全身持久運動における主観的強度と客観的強度の対応性— Rating of perceived exertionの観点から—。体育学研究, 21 (4) : pp.191-203, 1976
- 27) Smith, D.,Roberts,D. and Watson,B. : Physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 10 : pp.131-138, 1992
- 28) Tilp, M, Wagner, H. and Muller, E. : Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports Biomechanics*, 7(3) : pp.386-397, 2008
- 29) 八坂剛史, 牛山幸彦 他：DLT法によるバレーボールゲームの分析—スパイクジャンプの高さについて。日本体育協会スポーツ医・科学研究編, 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 競技種目別競技力向上に関する研究 : pp.144-151, 1996