

ビーチバレーボールにおけるオーバーハンドパス動作の特徴

ー ディープ・ディッシュの技術に着目して ー

縄田亮太¹⁾ 石井泰光²⁾ 前田 明³⁾

Characteristics of motion of the overhand pass in beach volleyball: focusing a technique of deep dish

Ryota Nawata¹⁾, Yasumitsu Ishii²⁾ and Akira Maeda³⁾

Abstract

The purpose of this study is to identify the characteristics of the overhand pass in beach volleyball (BVB) by comparing it with the overhand pass in volleyball (VB). The following results were obtained :

(1) In the pull phase, wrist dorsiflexion occurred in VB. On the other hand, in BVB, the elbow was bent in addition to the wrist dorsiflexion. This finding suggests that there is a difference in the buffer action of the elbow between VB and BVB.

(2) In the push phase, the maximum angular velocities of knee and ankle joints were not during VB but during BVB. This finding suggests a timing difference in lower extension between VB and BVB. And, the largest angular velocity of the upper limbs was seen in the wrist during VB, whereas it was seen in the elbow during BVB. This suggests the segment of the body that accelerates the ball in VB is different from that in BVB. Besides, the timing for extending the upper and lower limbs differs in VB but is comparatively near in BVB.

These results suggest that the characteristics of BVB involve the buffer action of the ball with the elbow in addition to that with the wrist, and the acceleration of the ball with the knee and ankle and the simultaneous elbow extension.

Key words: toss, handling, buffer action, acceleration action

トス, ハンドリング, 緩衝動作, 加速動作

I. 緒言

ビーチバレーボールはバレーボールから派生した競技である。そのため、ビーチバレーボール競技では、バレーボール競技から転向している選手が多い。今までに培った技術や動きの大半が共通しており、競技への導入はスムーズである。しかし、異なるルールがいくつか存在するので、より高いレベルでプレーするためには、ルールの違いに適応することが求められる。

その中でも、オーバーハンドパスは根本的なルールの違いがある。大きな違いは、ヒットの特性（ハンドリング）における反則の基準である。両競技におい

て、オーバーハンドパスでは、ボールをつかむ、または投げた場合、キャッチという反則となるのは共通している（日本バレーボール協会, 2013）。ハンドリングとは、飛来してくるボールに対する瞬間的なコンタクト中のボールの緩衝動作と加速動作を示す。

バレーボールの場合、コンタクト時間は約0.14秒以下でプレーが成立すると報告されている（橋原ほか, 2004）。一方、ビーチバレーボールの場合、対称的にコンタクト時間が短すぎると反則となる可能性が高くなる。これは、ビーチバレーボールにしか存在しない「ディープ・ディッシュ」というルールであり、最も難しい技術とされている（Karch and Byron, 1999）。こ

1) 佐世保工業高等専門学校
National Institute of Technology, Sasebo College

2) 国立スポーツ科学センター
Japan Institute of Sports Sciences

3) 鹿屋体育大学
National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

のルールでは、バレーボールに比べて、手中で深く捕らえ、ボールを長く保持し、まったく回転を掛けずに押し上げるようにボールをパスしなければいけない。

バレーボールでは成立するような短いコンタクト時間では反則となり、一方で、バレーボールでは反則となるような長いコンタクト時間で成立する技術が、ビーチバレーボールのオーバーハンドパスである。このように、これまで培ってきたバレーボールのハンドリングと基準が異なり、それに適応することが難しさの原因と考えられる。

オーバーハンドパスは、それ自体の名前はプレーに出てこないが、応用して様々なプレーに活用する基本的なスキルである(日本バレーボール学会, 2010)。その中でも、トスの技術として重要である。トスは一般的にオーバーハンドパスで行われ、ボールの高さ・速度・位置がコントロールされている(Bob, 2005)。試合において、勝敗を左右する最も重要な要因はスパイク(Eom and Schutz, 1992)であるが、正確にタイミングよくボールを上げるトスが重要であるとされている(Hughes and Daniel, 2003; Nikos et al., 2009)。競技の特性がほとんど同じであることを考慮すれば、ビーチバレーボールでもトスの技術として重要であると考えられる。

さらに、ビーチバレーボールには専属のセッターという役割がなく、ラリー中は2人の内いずれかの選手がトスを上げなくてはならない。したがって、バレーボール以上にオーバーハンドパスでボールをコントロールした方が良い状況も増えると考えられる。

しかし、上記のようなビーチバレーボールのオーバーハンドパスの難しさや重要性が挙げられるものの、バレーボールのオーバーハンドパスとの違いに着目して、詳細な動作を比較した研究は行われていない。

本研究では、ビーチバレーボールにおけるオーバーハンドパス動作の特徴を、バレーボールにおけるオーバーハンドパス動作との比較から明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は大学ビーチバレーボール部に所属する男子選手6名とした。身体的特性は身長 $1.78 \pm 0.15\text{m}$ 、体重 $73.1 \pm 9.8\text{kg}$ 、年齢 20.7 ± 1.6 歳、バレーボール競技経験 9.2 ± 2.2 年、ビーチバレーボール競技経験 4.0 ± 1.0 年(平均値 \pm 標準偏差)であった。被験者には実験

を開始するにあたり、本研究の目的、方法、危険性を十分に説明した上で、実験参加の同意を得た。なお、本研究は鹿屋体育大学倫理審査小委員会に倫理審査申請書を提出して、承諾を受けた。

2. 実験試技

Fig.1は実験全体の配置を示したものである。床から4mの高さに設置された木製のレーンを転がり、落下してくるボールを前方3mに設置したボールネット(直径1.0m, 高さ2.4m)を狙ってオーバーハンドパスを行わせた。条件はバレーボールにおけるオーバーハンドパス(以下, VB条件)およびビーチバレーボールにおけるオーバーハンドパス(以下, BVB条件)の2条件とした。なお, VB条件はバレーボール5号球(内気圧 0.300kg/cm , 周囲66cm, 重量270g, Mikasa社製)を, BVB条件はビーチバレーボール5号球(内気圧 0.225kg/cm , 周囲67cm, 重量270g, Mikasa社製)を使用した。また, 両条件とも木製のレーンを目安に投射するボールの到達点が4mになるように教示した。実験試技はVB条件およびBVB条件をランダムに行い, ボールネットに入った成功試技が各3回になるまで行わせた。その後, 成功試技の中から被験者の主観でボールの緩衝動作および加速動作が最も上手くできたと判断した試技を分析対象とした。なお, BVB条件ではディーブ・ディッシュ(Karch and Byron, 1999)が成立するように教示した。ディーブ・ディッシュの成立は公認審判員資格を持つ験者が判断し, 成立しなかった場合は無効試技とした。なお, 実験前にジョギング, ストレッチおよびボールを用いた十分なウォーミングアップを行わせた。

3. データ収集

実験試技は光学式3次元動作解析システム(Mac3D, Motion Analysis Co., USA)を用い, 12台の専用高速度カメラEagleを用いてサンプリング周波数250Hzで撮影した。本研究では, 原点はボールネットに向かって前方の床反力計の右手前の頂点で, ボールネットの方向がX軸, X軸に対して左方向がY軸, 鉛直方向がZ軸である静止座標系を設定した。身体各部位の3次元座標を計測するにあたり反射マーカー(直径13mm)を31点, ボールに4点を両面テープで貼り付けた。ボールに貼り付けたマーカーはソフトマーカーでレーンを転がる際にも, 試技の際にも支障がないように考慮した上で貼り付けた。なお, 反射マーカーを貼り付けた部位は, 上半身12点(頭頂, 頭部前部, 頭部後

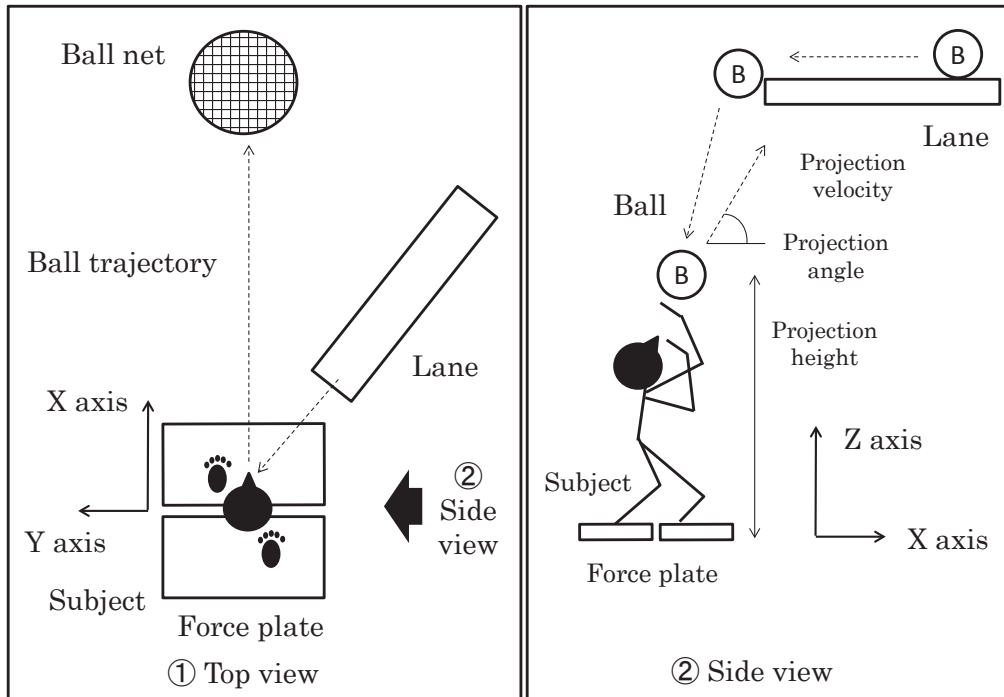


Fig. 1 Experimental setup.

部, 左右肩峰, 左右肘頭, 左右尺骨茎状突起, 右肩甲骨下郭, 左右中手骨), 下半身19点(左右上前腸骨棘, 左右大転子, 仙骨, 左右大腿部, 左右大腿骨外側および内側上果, 左右下腿部, 左右外果および内果, 左右踵骨部後部, 左右爪先部)の計31点とした。

得られた身体部位の3次元座標は動作解析ソフト(Cortex 1.0.0.198, Motion Analysis C., USA)で算出され, Butter worth low pass filterによって10Hzで平滑化した。また, 動作撮影と同時に床反力計(120cm×60cm, Kistler Inc., Switzerland)を2枚用いて, サンプリング周波数1000Hzで鉛直成分を計測した。床反力計はボールネットに向かって横向きに2枚を並行に設置して, ボールが木製レーンを転がり, 右斜め前方から落下してくる配置にした。被験者は設置された2枚の床反力計の上に脚を前後に開いて乗り, 前方の床反力計に置いた脚を前脚(Front leg), 後方の床反力計に置いた脚を後脚(Rear leg)および前脚と後脚を合わせて両脚(Both legs)と定義した。各脚を乗せる位置は縦および横のスタンス幅は任意で調節させた。なお, 3次元座標と床反力計のデータは光学式3次元動作解析システムにA/Dボードがあり, アナログデータとキネマティクスデータが同期できるシステムであった。

4. データ分析

1) 上肢および下肢の関節角度および関節角速度

得られた身体部位の3次元座標は動作解析ソフト(Ortho Trak6.5.1, Motion Analysis Co., USA)によって, 分析を行った。Fig.2に示した通り, 角度を定義して, 関節角度および関節角速度を算出した。手関節(Wrist)は中手骨(Metacarpals)と尺骨茎状突起(Ulnar styloid process)を結ぶベクトルと尺骨茎状突起と肘頭(Olecranon)を結ぶベクトルのなす角度(自然位180度)であり, 掌屈すると角度が増加, 背屈すると角度が減少とした。肘関節(Elbow)は尺骨茎状突起と肘頭を結ぶベクトルと肘頭と肩峰(Acromion)を結ぶベクトルのなす角度(最大伸展位180度)であり, 伸展すると角度が増加, 屈曲すると角度が減少とした。肩関節(Shoulder)は肘頭と肩峰を結ぶベクトルと肩峰と大転子(Greater trochanter)を結ぶベクトルのなす角度(直立位0度)であり, 屈曲すると角度が増加, 伸展すると角度が減少とした。股関節(Hip)は肩峰と大転子を結ぶベクトルと大転子と膝関節中心(Center of knee joint)を結ぶベクトルのなす角度(直立位180度)であり, 伸展すると角度が増加, 屈曲すると角度が減少とした。膝関節(Knee)は大転子と膝関節中心を結ぶベクトルと膝関節中心と足関節中心(Center of ankle joint)を結ぶベクトルのなす角度(最大伸展位180度)であり, 伸展すると角度が増加, 屈

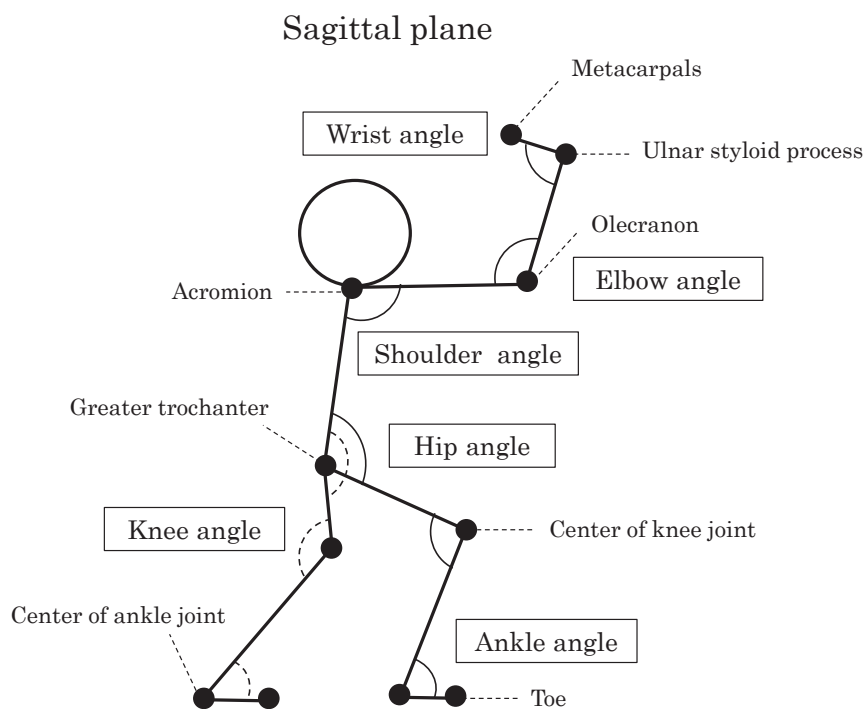


Fig. 2 Definition of joint angle.

曲すると角度が減少とした。足関節 (Ankle) は膝関節中心と足関節中心を結ぶベクトルと足関節中心と爪先部 (Toe) を結ぶベクトルのなす角度 (最大底屈位 180 度) であり、掌屈すると角度が増加、背屈すると角度が減少とした。

2) ボールの中心点, 投射高, 投射速度, 投射角度および身体重心

ボールの中心点はボールに貼られた 4 点のマーカーより、キャプチャーができた対角 2 点の座標の midpoint とした。なお、投射高はリリース時における鉛直成分、投射速度はリリース後 3 コマの鉛直成分の平均速度、投射角度はリリース後 3 コマの水平成分と鉛直成分の移動距離から求めた。また、身体重心の座標は 12 個のセグメントから求める Ortho Trak Model (Dapena, 1978) を用いて算出した。

3) 分析範囲

オーバーハンドパスの技術体系は準備局面 (移動)、主要局面 (ボールを飛ばす動作) および終末局面 (ボールリリース後) の 3 局面に分類されている (Gunther et al., 1993) が、本研究では主要局面を分析範囲とした。Fig.3 は BVB 条件の典型例を示したものである。動作を詳細に検討するために主要局面を、身

体重心最下時点 (a : Low)、ボールコンタクト時点 (b : Contact)、ボール緩衝終了時点 (c : Absorbed)、ボールリリース時点 (d : Release) からなる 4 つの時点を定義した。身体重心最下時点は、身体重心の鉛直成分の最小値が出現した時点とした。ボールコンタクト時点は、落下してくるボールの鉛直速度が、手指と接触することによって増加し始めた時点とした。ボール緩衝終了時点は、ボールの鉛直速度が 0m/s を示した時点とした。ボールリリース時点は、ボール中心の座標から中手骨の座標までの距離がボールの半径 + 10cm 以上となった時点とした。また、身体重心最下時点からボールコンタクト時点までを準備局面 (Preparatory phase)、ボールコンタクト時点からボール緩衝終了時点までを引付局面 (Pull phase)、ボール緩衝終了時点からボールリリース時点までを押出局面 (Push phase) と定義した。

5. 統計処理

すべての結果は全被験者の平均値 (Mean) ± 標準偏差 (SD) で示した。ボール投射高、ボール投射速度、ボール投射角度、各局面の時間、上肢と下肢の関節角度の変化量および最大角速度を両条件で比較する際は、対応のある T 検定を用いた。また、条件内で上肢三関節の最大角速度を比較する際は、一元配置の分散

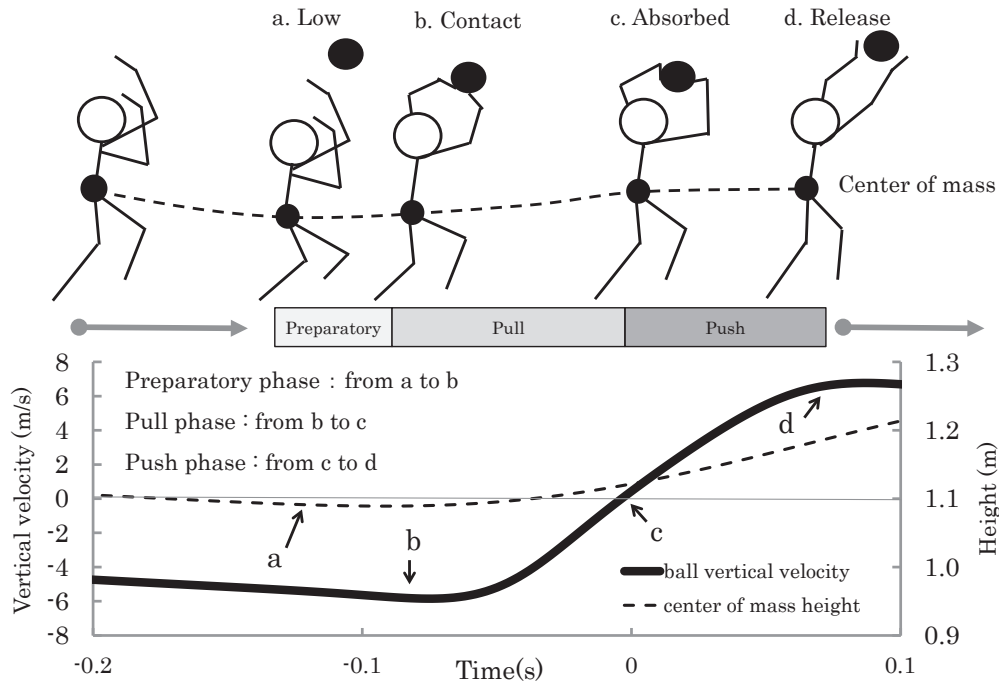


Fig. 3 Definition of preparatory, pull and push phase.

分析を用いた。その結果、F値が有意であった場合は、Bonferroniの多重比較を行った。なお、いずれも有意水準は危険率5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. ボールリリース時点の投射高、投射速度、投射角度および各局面の時間

Table 1は両条件におけるボールリリース時点の投射高、投射速度、投射角度および各局面の時間を示したものである。投射高はBVB条件の方がVB条件に比べて有意に低かった。投射速度はBVB条件の方がVB条件に比べて有意に大きかった。投射角度は両条

件で有意差は認められなかった。準備局面はBVB条件の方がVB条件に比べて有意に短かった。引付局面はBVB条件の方がVB条件に比べて有意に長かった。押出局面は両条件で有意差は認められなかった。

2. 身体重心高および身体重心の鉛直速度

Fig.4は両条件における身体重心高および身体重心の鉛直速度の変化を示したものである。VB条件では準備局面から押出局面まで身体重心は上昇しており、引付局面で身体重心の鉛直速度が最大となった。BVB条件では、身体重心は準備局面では変化なく、引付局面から押出局面にかけて上昇しており、押出局面では身体重心の鉛直速度が最大となった。

Table 1 Projection height, velocity and angle at ball release and time of preparatory, pull and push phase during VB and BVB.

	VB	BVB	Difference
Projection height (m)	2.2 ± 0.1	2.1 ± 0.1	VB > BVB*
Projection velocity (m/s)	5.8 ± 1.0	7.2 ± 0.2	VB < BVB**
Projection angle (degree)	63.1 ± 7.7	69.6 ± 2.2	N.S.
Preparatory phase (ms)	126.7 ± 44.2	32.0 ± 55.3	VB > BVB*
Pull phase (ms)	50.7 ± 12.6	80.0 ± 12.9	VB < BVB**
Push phase (ms)	68.0 ± 15.0	80.0 ± 8.8	N.S.

*p<0.05, **p<0.01, N.S.: No Significant

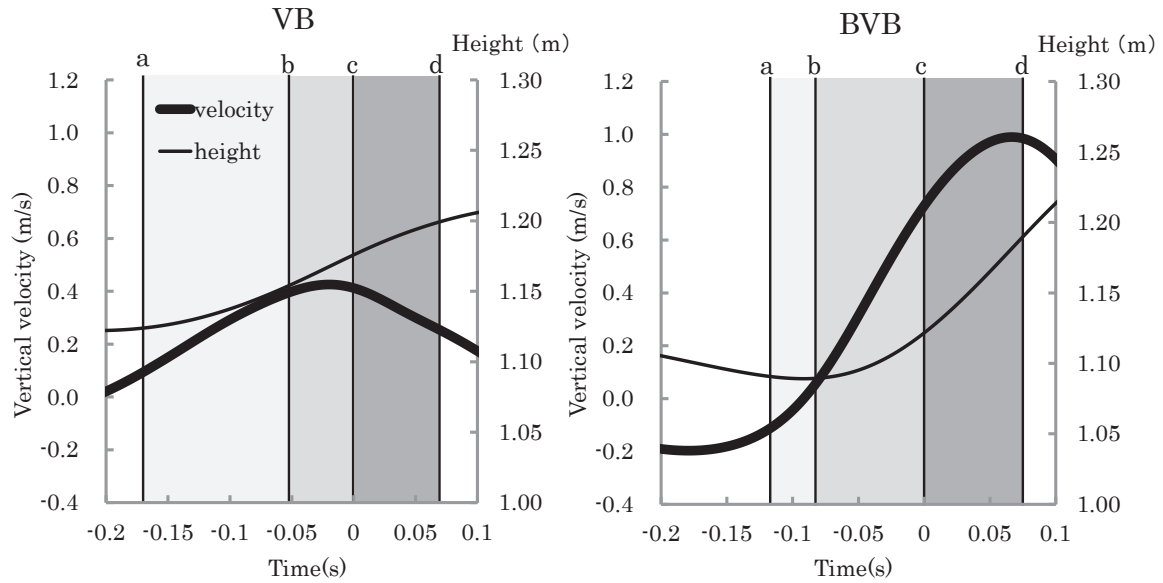


Fig. 4 Height and velocity of center of mass during VB and BVB.

3. 床反力

Fig.5は両条件における鉛直成分の床反力の変化を示したものである。VB条件では、準備局面で両脚における床反力の最大値が生じていた。一方、BVB条件では、引付局面で両脚における床反力の最大値が生じていた。

4. 上肢および下肢の関節角度

Fig.6は両条件における上肢および下肢の関節角度の変化を示したものである。手関節は両条件とも準備局面から引付局面で背屈して、押出局面で掌屈していた。肘関節はVB条件では準備局面では屈曲して、引付局面から押出局面まで伸展していた。一方、BVB

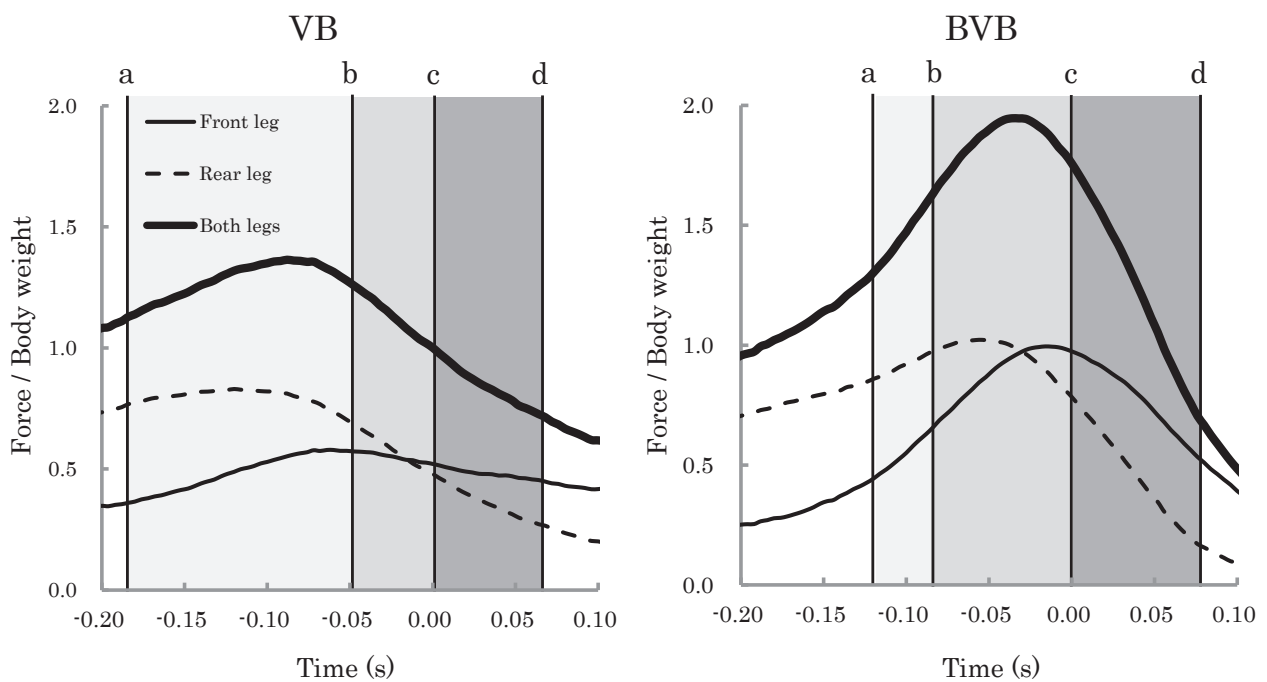


Fig. 5 Vertical ground reaction force Front leg, Rear leg and Both legs during VB and BVB.

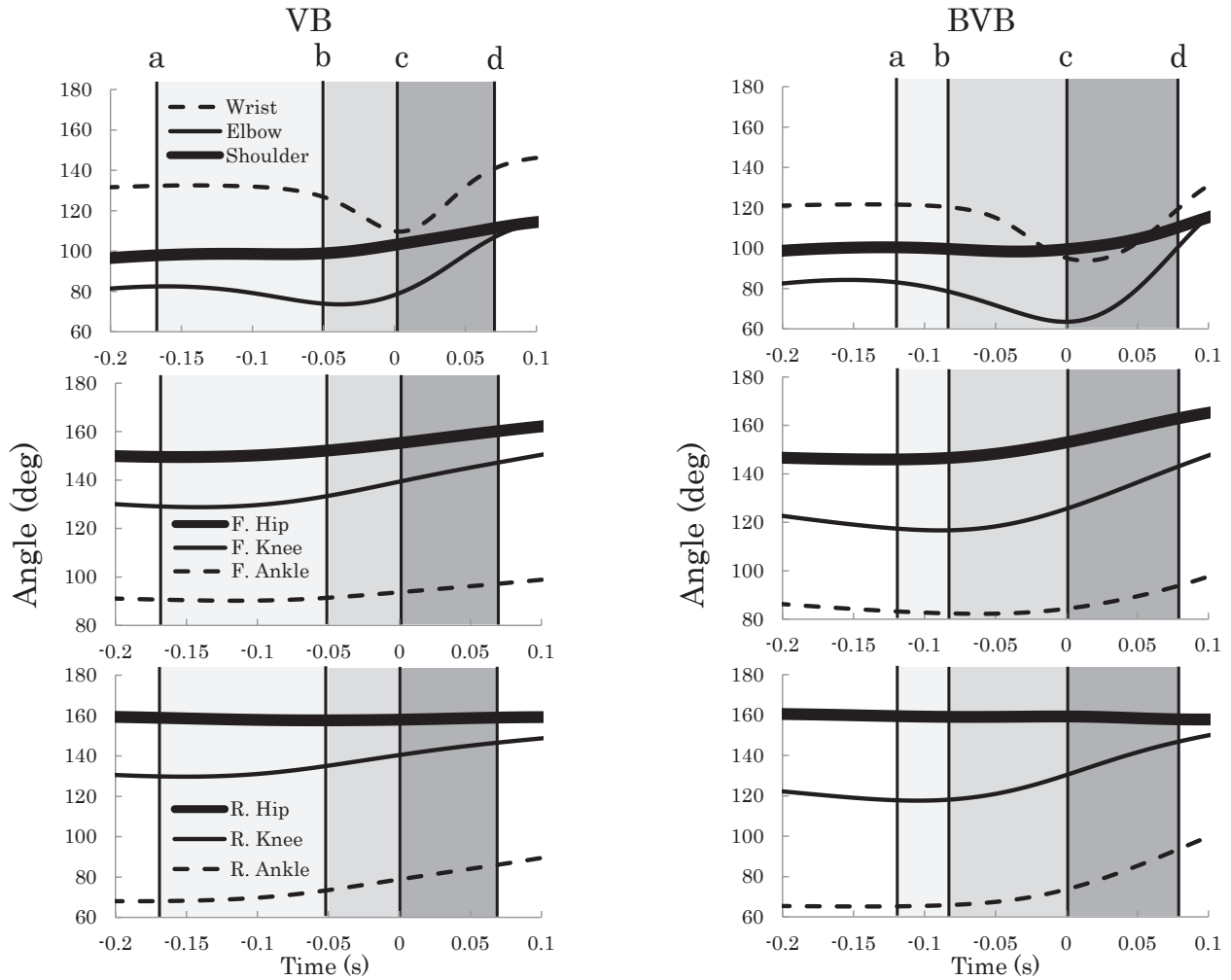


Fig. 6 Angle of upper and lower limbs during VB and BVB.

条件では準備局面から引付局面で屈曲して、押出局面で伸展していた。肩関節は両条件とも準備局面から押出局面まで屈曲していた。前脚の股関節は両条件とも準備局面から押出局面まで伸展していた。一方、後脚の股関節は両条件とも変化はなかった。前脚と後脚の

膝関節および足関節は、VB条件では準備局面から押出局面まで伸展および底屈していたが、BVB条件では準備局面では変化がなく、引付局面から押出局面まで伸展および底屈していた。

Table 2は両条件における引付局面の上肢および下

Table 2 Angular displacement of upper and lower limbs on pull phase during VB and BVB.

	VB	BVB	Difference
Wrist	-15.9 ± 11.1	-24.6 ± 5.7	N.S.
Elbow	11.5 ± 8.1	-10.6 ± 7.7	VB > BVB**
Shoulder	5.0 ± 3.1	2.2 ± 3.6	N.S.
F. Hip	1.9 ± 2.2	3.9 ± 6.2	N.S.
F. Knee	2.5 ± 3.2	13.1 ± 6.6	VB < BVB*
F. Ankle	1.4 ± 1.8	4.3 ± 3.5	N.S.
R. Hip	2.1 ± 2.5	3.6 ± 6.1	N.S.
R. Knee	2.7 ± 3.5	12.4 ± 4.6	VB < BVB*
R. Ankle	2.0 ± 2.2	8.6 ± 6.9	N.S.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, N.S.: No Significant, F.: Front, R.: Rear

肢の関節角度の変化量を示したものである。肘関節および前脚と後脚の膝関節はBVB条件の方がVB条件に比べて有意に大きかった。また、Table3は両条件における押出局面の上肢および下肢の関節角度の変化量を示したものである。肘関節、肩関節および前脚と後脚の膝関節および足関節はBVB条件の方がVB条件に比べて有意に大きかった。

5. 上肢および下肢の関節角速度

Fig.7は両条件における上肢および下肢の関節角速度の変化を示したものである。手関節、肘関節および肩関節における掌屈、伸展および屈曲の最大角速度は、両条件とも押出局面において生じていた。前脚の股関節における伸展の最大角速度は、両条件とも押出局面で生じていた。前脚と後脚の膝関節および足関節

Table 3 Angular displacement of upper and lower limbs on push phase during VB and BVB.

	VB	BVB	Difference
Wrist	27.1±11.1	34.9±10.8	N.S.
Elbow	25.1± 8.1	49.9± 6.6	VB < BVB***
Shoulder	7.2± 3.1	14.5± 6.0	VB < BVB**
F Hip	3.9± 2.2	5.8± 8.5	N.S.
F Knee	6.6± 3.2	17.1± 4.2	VB < BVB**
F Ankle	2.8± 1.8	14.4± 8.9	VB < BVB*
R. Hip	1.1± 2.5	2.8± 7.2	N.S.
R. Knee	5.0± 3.5	16.6± 6.6	VB < BVB**
R. Ankle	6.2± 2.2	18.7± 5.2	VB < BVB**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, N.S. : No Significant, F : Front, R. : Rear

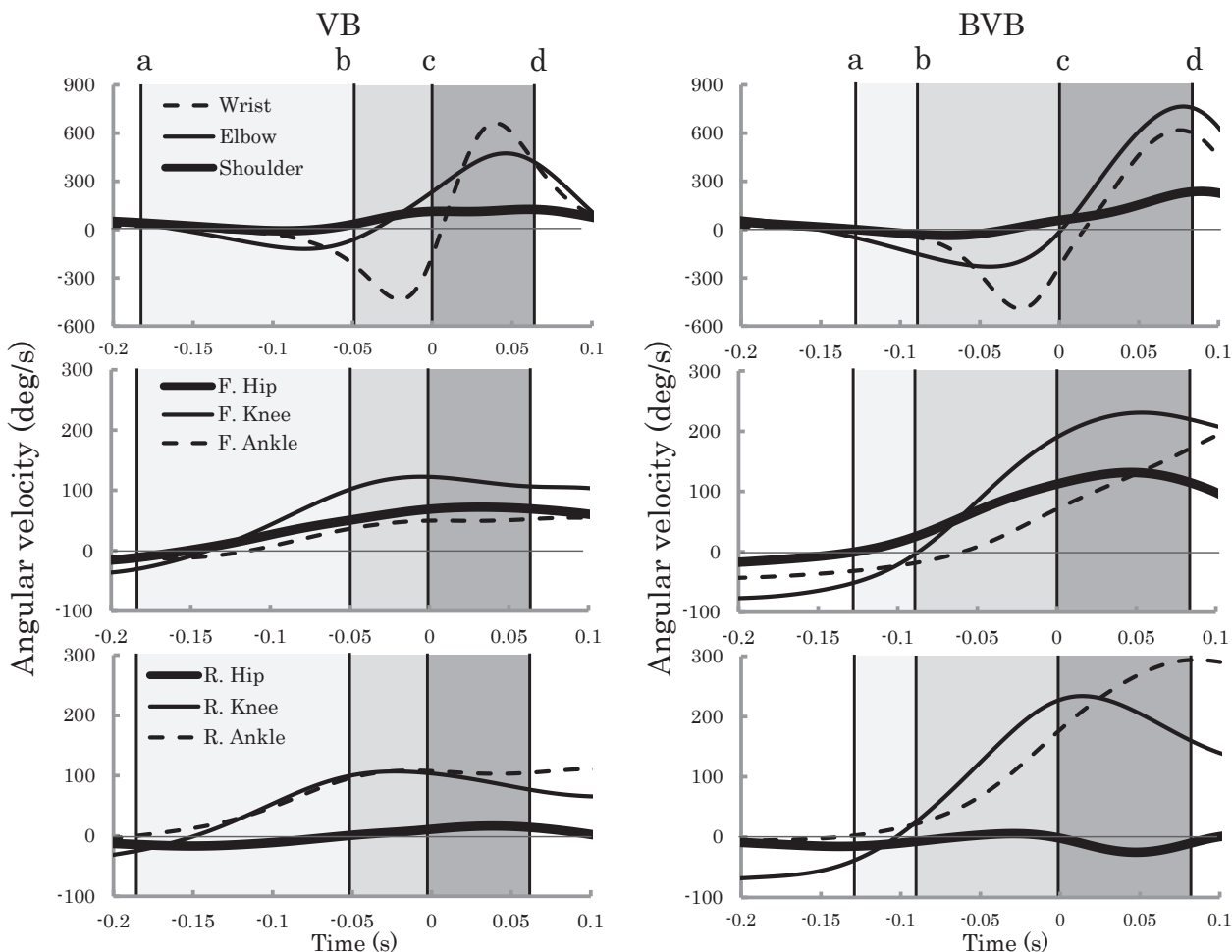


Fig. 7 Angular velocity of upper and lower limbs during VB and BVB.

における伸展および底屈の最大角速度は、VB条件では引付局面において生じていたが、BVB条件では押出局面が生じていた。

Table 4は両条件における上肢および下肢の関節角速度の最大値を示したものである。肘関節、肩関節および前脚と後脚の膝関節および足関節は、BVB条件の方がVB条件に比べて有意に大きかった。また、Fig. 8は両条件における上肢の関節角速度の最大値を示したものである。条件内で比較すると、最大角速度が最も大きかったのはVB条件では手関節で、BVB条件では肘関節であった。

IV. 考 察

BVB条件の特徴をVB条件との比較から明らかにすることを目的とした。そのため、下肢および上肢の関節角度および関節角速度に着目して検証した。その結果、引付局面における肘関節の動作が異なっていた。

また、膝関節の伸展および足関節の底屈のタイミングが異なっていた。そこで、上肢および下肢におけるボールの緩衝動作および加速動作に着目して考察を行った。

1. ボールの緩衝動作について

Table 1に示した通り、引付局面の時間はBVB条件の方がVB条件に比べて有意に長かった。これはボールの緩衝動作において、手中で深く捉え、ボールを長く保持するというディープ・ディッシュの成立条件を満たすために、引付局面の時間を長くしていると考えられる。そこでBVB条件では、VB条件に比べ、引付局面の時間を長くするために上肢および下肢動作がどのように関与しているかを検討した。

Fig. 6に示した通り、下肢に着目すると、両条件とも引付局面では下肢の関節角度は増加していた。これは、下肢の伸展を示しており、ボールコンタクト前からボールの投射方向への運動を始めており、下肢は

Table 4 Peak angular velocity of upper and lower limbs during VB and BVB.

	VB	BVB	Difference
Wrist	715.6 ± 164.3	653.9 ± 201.7	N.S.
Elbow	504.9 ± 135.5	791.1 ± 112.3	VB < BVB**
Shoulder	169.8 ± 55.6	246.3 ± 77.0	VB < BVB**
F. Hip	84.5 ± 42.8	145.6 ± 60.9	N.S.
F. Knee	147.8 ± 45.8	253.0 ± 38.5	VB < BVB**
F. Ankle	75.4 ± 41.7	239.0 ± 74.2	VB < BVB**
R. Hip	36.3 ± 24.3	54.0 ± 42.4	N.S.
R. Knee	122.9 ± 58.6	251.4 ± 104.1	VB < BVB*
R. Ankle	148.7 ± 42.7	339.7 ± 54.0	VB < BVB***

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, N.S. : No Significant, F : Front, R. : Rear

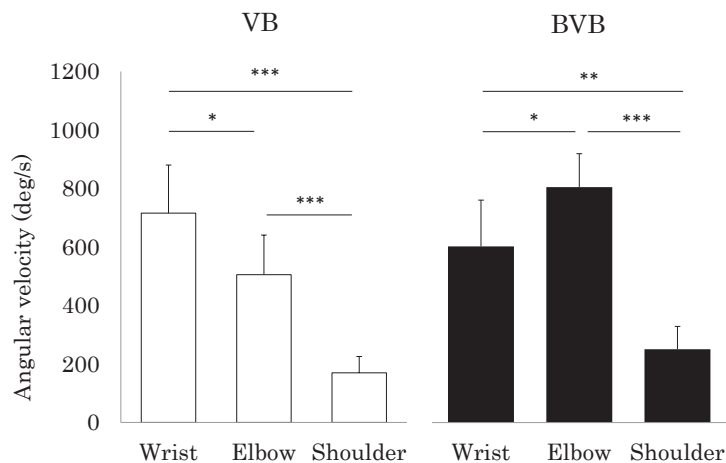


Fig. 8 Maximum angular velocity of upper limbs during VB and BVB.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

ボールの緩衝に関与していないと考えられる。先行研究(縄田ほか, 2013)において, 下肢はボールの緩衝に関与していないことが報告されており, 本研究における両条件の結果は, その主張を支持するものであった。つまり, ボールの緩衝動作に関与していないことから, 下肢が引付局面の時間を長くしている可能性は低いと考えられる。

上肢に着目すると, 引付局面においてVB条件では手関節の角度は減少していた。これは, 手関節が背屈していたことを示しており, 手関節によってボールの緩衝動作が行われていることを示している。バレーボールのオーバーハンドパスに関する研究(豊田1993, 小野ほか 2002, 縄田ほか 2013)では, 手関節がボールの緩衝に関与していることが報告されており, 本研究の結果はその主張を支持するものであった。

一方, BVB条件では手関節の角度の減少に加え, 肘関節の角度も減少していた。この結果は, 手関節の背屈に加えて, 肘関節の屈曲によってボールの緩衝動作が行われていることを示している。また, Table2に示した通り, 引付局面において肘関節がVB条件では11.5°伸展しているが, BVB条件では10.6°屈曲していた。つまり, VB条件と比べてBVB条件ではボールの緩衝動作に肘関節が関与している点で異なっていた。

したがって, BVB条件ではVB条件に比べて, 肘関節を屈曲して, 手関節を含めた大きな可動域でボールを受け止めながら, 引付局面の時間を長くしていたと推察される。

2. ボールの加速動作について

Table1に示した通り, 投射高はBVB条件の方がVB条件よりも低かったが, 投射速度はBVB条件の方がVB条件よりも高かった。これは, BVB条件においてボールをより低い位置から押し出して, 投射されるボールの到達点を満たすためにボールを加速していたことを示している。そこで, BVB条件ではVB条件に比べてボールをより加速するために, 上肢および下肢がどのように関与しているかを検討した。

まず, 上肢に着目して, Fig.8に示した通り, 条件内で各関節の最大角速度を比較した。VB条件では手関節の掌屈の最大角速度が, 肘関節の伸展および肩関節の屈曲の最大角速度よりも大きかった。この結果は, オーバーハンドパスでは手関節の掌屈を中心にボールを加速しているという研究(縄田ほか, 2013)と類似する結果であった。

一方, BVB条件では肘関節の伸展の最大角速度

が, 手関節の掌屈および肩関節の屈曲の最大角速度よりも大きかった。この結果は, VB条件とBVB条件では最大角速度が最も大きい上肢関節が異なることを示している。これより, ボールを加速している主な身体部位はVB条件では手関節であり, BVB条件では肘関節であることを示唆している。

また, Table3に示した通り, 押出局面における角度の変化を比較すると, 手関節は両条件において差が認められなかった。一方, 肘関節はVB条件では25.1°で, BVB条件では49.9°であり, BVB条件の方が大きかった。つまり, BVB条件では肘関節の可動域を大きくすることにより, ボールの投射方向へ与える力積をより大きくしている可能性を示唆している。したがって, BVB条件ではVB条件に比べて, 肘関節の伸展によってボールをより加速していると推察される。

次に, 下肢に着目すると, Fig.4, Fig.5およびFig.7に示した通り, VB条件では準備局面で鉛直方向の床反力は最大となり, 引付局面で両脚の膝関節の伸展, 足関節の底屈の角速度および身体重心の鉛直速度は最大となった。一方, BVB条件では引付局面で鉛直方向の床反力は最大となり, 押出局面で両脚の膝関節の伸展, 足関節の底屈の角速度および身体重心の鉛直速度は最大となった。これは, 下肢の力発揮と伸展ピークのタイミングが異なっていることを示している。

下肢と上肢を同時に着目すると, Fig.7に示した通り, VB条件では, 下肢の伸展ピークが引付局面で生じ, 上肢の伸展ピークが押出局面で生じている。一方で, BVB条件では, 下肢の伸展ピークと上肢の伸展ピークが同じ押出局面で生じている。この結果は, 両条件では, 上肢に対する下肢の伸展のタイミングが異なることを示している。つまり, BVB条件では, VB条件と異なり, 上肢と下肢を同じタイミングで伸展して, 身体全体でボールを加速する動作であったことが示唆された。

一般的に, ボールを加速するような打動作や投動作では, 下肢や中心部で発揮した力が時間的なズレを伴って, 末端へ伝達し, エネルギーや速度を大きくするような運動連鎖が機能する動作が望ましい。運動連鎖が機能している場合, 一般的に運動の習熟度が高く, 効率的でよい動きとされている(阿江ほか, 2008)。したがって, BVB条件は, 運動連鎖が機能しないような, 上肢と下肢が同じタイミングで伸展して, ボールを加速する動作であることが示唆された。これより, バレーボール選手がビーチバレーボール選手に転向した時に, 運動連鎖が機能していた動きか

ら、機能しないような動きが求められるギャップもオーバーハンドパスの難しさの一要因である可能性が考えられる。

3. 砂面の影響について

本研究は床反力計を用いてBVB条件の動作分析を行ったため、実際の競技場である砂面の影響が考慮されていない。そこで、砂面で本研究を行わせた場合、砂面がBVB条件の下肢動作に与える影響をボールの加速動作の観点から検討した。BVB条件はボールを加速させるために下肢の伸展によって身体重心の上昇が生じる点において、垂直跳びと類似している。砂面が垂直跳び動作に及ぼす影響を検討した研究では、砂面では跳躍高が低下することが報告されている (Tilp et al., 2008 ; Giatsis et al., 2008 ; Bishop D., 2003 ; Ricarte G et al., 2008)。跳躍高が低下する原因は、離地時に足関節の底屈によって接触している砂が動き、足部が滑ることを示唆している。それにより、離地時における身体重心の上方向の初速度が小さくなることが影響していることを考察している。本研究のBVB条件は押出局面において足関節における底屈の角速度を高めている点で跳躍動作と共通している。しかし、BVB条件は離地しない点が跳躍動作と異なっている。つまり、BVB条件ではボールを加速している押出局面に離地することはないので、離地時の足部が砂で滑ることはなく、身体重心の上方向の初速度が小さくなる可能性は低いと考えられる。したがって、BVB条件を砂面で実施しても下肢動作がボールの加速に与える影響はほとんどないと推察される。

V. まとめ

本研究ではBVB条件の特徴をVB条件との比較から明らかにすることを目的とした。得られた結果より、以下のことが示唆された。(1) 引付局面において、VB条件では手関節が背屈していた。一方、BVB条件では手関節の背屈に加え、肘関節が屈曲していた。この結果は、ボールの緩衝動作において、肘関節の動作が異なることを示唆している。(2) 押出局面において、VB条件では膝関節の伸展および足関節の底屈の最大角速度が生じず、BVB条件では生じた。この結果は、ボールの加速動作において、下肢の伸展のタイミングが異なることを示唆している。また、最大角速度が最も大きかった上肢関節はVB条件では手関節で、BVB条件では肘関節であった。この結果は、上

肢において、ボールを加速している主な身体部位が異なることが示唆された。さらに、上肢と下肢の伸展のタイミングがVB条件では異なっており、BVB条件では比較的近かった。

これらをまとめると、BVB条件の特徴は、手関節に加えて、肘関節でボールを緩衝していることであった。また、素早く膝関節を伸展および足関節を底屈しながら、肘関節を伸展することによって、身体全体でボールを加速していることであった。

このように得られた知見は、指導書において最も難しいとされるBVB条件の技術指導において、有益な資料の一つになるものと考えられる。それより、ビーチバレーボールにおけるコーチング学への貢献が期待できるものと考えられる。

文献

- 阿江通良, 藤井範久 (2008) スポーツバイオメカニクス20講, 朝倉書店: 東京, 119-121.
- Bishop D. (2003) A comparison between land and sand-based tests for beach volleyball assessment, *J Sports Med Phys Fitness*, 43(4): 418-423.
- Bob, M. (2005) *The Volleyball Handbook.*, Human Kinetics: pp58-59.
- Dapena, J. (1978) A method of determine the angular momentum of a human body about three orthogonal axes passing through center of gravity. *J. Biomech.*, 1, 251-256.
- Eom, J. and Schutz, W. (1992) Statistical analyses of volleyball team performance. *Res Q Exerc Sport.*, Mar; 63(1): 11-18.
- Giatsis, G., Kollias, I., Panoutsakopoulos, V. and Papaikovou, G. (2004) : Biomechanical differences in elite beach-volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface, *Sports Biomech.*, 3(1): 145-158
- Gunther, S., Lrmgard, K. and Hugo, D. : 唐木國彦 監訳 (1993) ボールゲーム指導事典, 大修館: 東京, pp294-295.
- 橋原孝博, 吉田康成, 吉田雅行 (2009) バレーボール男子世界トップレベルチームの戦術プレーに関する研究: 2006年男子世界選手権におけるブラジルおよびイタリアチームの分析, *バレーボール研究*, 11(1): 12-18.
- Hughes, M. and Daniel, R. (2003) Playing patterns of elite and non-elite volleyball. *Int. J. Perform. Analysis in Sports.*, 3(1): 50-56.
- Karch, K. and Byron, S. (1999) *Beach Volleyball*, Human Kinetics : USA, pp44-51.
- 縄田亮太・石井泰光・前田 明 (2013) バレーボールのオーバーハンドパスにおける飛距離の違いが上肢および下肢動作に及ぼす影響, *体育学研究*, 58(1): 111-122.
- 日本バレーボール学会編 (2010) *volleypedia*, 日本文化出版: 東京, 60-61.
- 日本バレーボール協会編 (2013) *バレーボール6人制競技規則*, 大修館書店: 東京, 40-41.
- 日本バレーボール協会編 (2013) *ビーチバレーボール競技規*

- 則, 大修館書店:東京, 28.
- Nikos, B., Karolina, B. and Elissavet, M. (2009) Performance of male and female setters and attackers on Olympic-level volleyball teams. *Int. J. Perform. Analysis in Sports.*, 9(1):141-148.
- 小野桂一・若吉浩二・山南真美・尾関美和・福本隆行 (2002) バレーボールのセッターにおけるオーバーハンドパスについての研究—上肢に着目して—. *スポーツ方法学研究*, 15(1), 127-136.
- Ricarte, G., Freire, R., and Oliveira, R. (2008) Comparison between vertical jumps of high performance athletes on the Brazilian men's beach volleyball team, *J Sports Med Phys Fitness*, 48(2):172-176.
- Tilp, M., Wagner, H. and Müller, E. (2008) Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements, *Sports Biomech.* 7(3):386-397.
- 豊田博 (1993) バレーボールのボールハンドリング. *J. J. Sports Science.*, 12:346-352.
- Zetou E., Giatsis G., Mountaki F, Komninakidou A. (2008) Body weight changes and voluntary fluid intakes of beach volleyball players during an official tournament, *J. Sci. Med. Sport*, 11(2):139-145.

平成25年9月24日受付

平成26年7月4日受理