

バレーボールにおけるオーバーハンドパス動作の下肢に関する研究 ー前脚と後脚を考慮した三次元動作分析ー

縄田 亮太¹⁾

The studies of lower extremity during over hand pass on volleyball -Three-dimensional motion analysis that considered front and rear leg-

Ryota NAWATA¹⁾

1. 緒言

オーバーハンドパスはバレーボール競技の基本的な技術のひとつである。一般的にバレーボールの指導において、最初にオーバーハンドパス及びアンダーハンドパスから指導される。それらの技術は、アタックボールに対するレシーブやトス技術といった防御技術及び攻撃条件作りの技術へと展開していくものであり、習得は欠かせない¹⁾。また、オーバーハンドパスの技術体系は、パスのための最も有効なポジションに移る準備局面、脚を伸ばすことから始まり、全身運動で身体をボールの方向へ飛ばす主要局面、そしてボールを飛ばした後に、パスした方向へ心持ち重心を移し、力を抜いて運動を終える終末局面に分類できる²⁾。特に、これまでの研究において主要局面に着目して報告が多く、指導教本などに活用されている。

指導教本において、オーバーハンドパスとは手首のスナップ、指のバネ、肘の屈伸、膝、腰、足首などを十分に使ってボールの勢いを殺し、その反動で身体全体（とくに手首と肘、膝）を使ってボールを送り出すようにする技術と説明されている。さらに、ボールの勢いを殺すために顔の前に引きつけ、その反動を使って、肘、手首、指だけでなく身体全体、特に膝の屈伸（バネ）と腰を下から上に押し上げるようにボールを送り出すことに加え、ボールを身体全体で柔らかく受け止め、その反動を使って全身でボールを送り出す動作を体得させることが示されており、ボールに対するタイミング、ボールに対する当て方、ボールの勢いの殺し方などを十分体得させないと正しいオーバーハン

ドパスにはならないと説明されている³⁾。このように、オーバーハンドパスは捕る・打つ・投げる動作のいずれか1つに当てはまるのではなく、複合された動きであるため、ボールをインパクトするタイミングが難しい技術であることが報告されている⁴⁾。そのような背景から、オーバーハンドパスは日常的には経験できず、また他種目にはない独特の動作であるため、技術向上や指導方法の改善を目的に様々なオーバーハンドパスに関する研究が報告されている。

まず、直接的にボールに触れる上肢に関する研究では、熟練者と非熟練者の違いは、指、手首、肘の変位よりボールに接触する直前のボールを引き付ける動作の出現と、ボールを押し出す際のそれぞれの変位の軌跡が斜前上方へ動きがボールの方向と一致すると報告している⁵⁾。また、筋電図を用い、ボールに衝撃を加える際の動作が熟練者と非熟練では違いがあり、タイミングにも違いがあることを報告した研究⁶⁾や、ボールをインパクトするタイミングが熟練者と非熟練者では異なり、距離を調節するときに、関節角度変位から動作の違いが現れることを報告した研究⁷⁾などがある。さらに、セッターにおけるオーバーハンドパスに関する研究において、熟練者と未熟練者の比較でボールに接触するまでの準備局面に大きな違いが見られることが報告されている⁸⁾。このように、上肢に関する研究は多く、これらの研究において、熟練者と非熟練者の違いから、熟練者のオーバーハンドパス動作における上肢の特徴が明らかにされ、初心者段階における指導の有益な資料として役立っている。

次に、オーバーハンドパス動作と身体重心の運動に

関する研究では、身体部位の変位がボールを飛ばす前上方と一致することが望ましいこと⁹⁾や重心移動の重要性¹⁰⁾が報告されている。オーバーハンドパスの動作様式は、飛来してくるボールを掴まずに持たずに瞬間的に弾くように前上方に飛ばす動作であるため、打つ動作としての側面がある⁴⁾。打つ動作の代表的な野球の打撃において、直接的にはボールに触れることはないが、ボールを前方に打ち返すために必要なパワーを得るために、下肢の踏み込み時に得られる床反力の大きさやタイミングから身体重心を算出し、身体重心の運動を分析し、技術の向上や指導に役立てていることが報告されている¹¹⁾。打撃は、ボールを様々な距離、方向や強度で飛ばすことが求められるが、一方でオーバーハンドパスは、ボールを様々な距離、方向や高さにコントロールすることが求められる。野球の打撃とバレーボールのオーバーハンドパス動作において、目的は異なるが、両者において、上肢に頼ることなく、体幹や下肢を効果的に使うことで成り立つ技術であることが指導書でも言及されている¹²⁾。これは、下肢は力学的エネルギーの発生源であり、体幹は力学的エネルギーの貯蔵庫で、また上肢と下肢の間で力学的エネルギーの通過点であることに加え、上肢は下肢で発揮され、体幹を通過して流れ込んだ力学的エネルギーを目的に応じて使う効果器の役割を果たしているとの報告からも下肢の重要性が示される¹³⁾。

最後に、下肢に関する研究においても、熟練者と非熟練者のオーバーハンドパス動作の違いから基本的な動作を検討した研究がほとんどである。非熟練者に指導する場合に、飛来するボールの衝撃を和らげるための緩衝技術として、指関節や手関節と同期させるようにすることや、ボールを押し出す際に膝関節を伸展させることで運動エネルギーを伝える重要性を報告している¹⁴⁾。また、下肢三関節の動作に着目し、オーバーハンドパス動作中の各関節角度変位や、それらの動作中に起こる床反力の特徴が報告されている¹⁵⁾。また、身体重心の移動に影響する床反力を異なる距離におけるオーバーハンドパス動作中に検討した研究がある¹⁶⁾。しかしながら、オーバーハンドパス動作中における下肢動作に関する研究はほとんど報告されていない。また、指導教本や実際の指導で指摘される片方の脚を前に出し、前後の開脚姿勢でオーバーハンドパスを行うことが考慮した報告はみあたらない。

そこで本研究は、バレーボールのオーバーハンドパスにおける下肢の動作に関する研究を始めるにあたり、オーバーハンドパス動作中の前方に出した脚（以後、

前脚と略する）ともう片方の脚（以後、後脚と略する）に分け、基本的なオーバーハンドパス動作の三次元動作分析を行い、下肢の動作を検討することを目的とした。

2. 方法

1) 被検者

被検者は大学バレーボール部に所属する男子選手11名であった。身体的特性は、身長 1.78 ± 0.15 m、体重 73.1 ± 9.8 kg、年齢 20.7 ± 1.6 歳、経験 9.2 ± 2.2 年（平均±標準偏差）であった。被検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。

2) 実験内容

本研究では、高さ4mに設置された木製のレーンを転がり、斜め前方から一定の場所に落下してくるバレーボールをオーバーハンドパスで前方6mに設置したボールネット（直径1.0m、高さ2.4m）を狙うように指示した。バレーボールにおける、使用したボールは、バレーボール検定球5号（Mikasa社製）で、実験試技は5試行とした。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後、ボールの落下位置を被検者に合わせて設定し、本試技と同じ状況下で5試行の練習試技を行わせた。ボールネットに直接入った試技を成功試技とし、さらに成功試技から被検者の最も成功したと判断した試技を選んだ。

3) 分析方法

本研究では、オーバーハンドパス動作中に光学式三次元動作解析システム（Mac3D, Motion Analysis Co., USA）を用い、その動作を撮影した。分析点は39点とし、身体各部位の三次元座標を計測するにあたり反射マーカー（直径13mm）を身体に31ヶ所とソフト反射マーカーをボールに4ヶ所を両面テープで貼り付けた。なお、貼り付けた位置は上半身12箇所（頭頂、頭部前部、頭部後部、左右肩峰、左右肘頭、左右尺骨、右肩甲骨下部、左右中手骨）、下半身19箇所（左右上前腸骨棘、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）とした。これらの反射マーカーを同期されている12台の高速度カメラEagleを用い、サンプリング周波数250Hzで

撮影した。その後、得られた各反射マーカーの二次元位置は三次元分析ソフト（EVaRT5.0, Motion Analysis Co., USA）を用い、三次元座標を計算した。また、同時にオーバーハンドパス動作中の床反力を多分析フォースプレート（縦120cm×横60cm, Kistler Inc., Switzerland）を2枚用い、サンプリング周波数1000Hzで計測した。計測の際、被検者を左右の脚が各1枚のフォースプレートに乗るように構えさせ、測定可能な範囲で各脚の縦および横幅は任意で調節させ、x軸（前後方向）、y軸（左右方向）及びz軸（鉛直方向）の床反力を算出した。

4) 分析項目

(1) 足、膝及び股関節の角度変位

角度の定義は、足関節は大腿骨外側と外果および外果と爪先部を結んだ線分、膝関節は大転子と大腿骨外側および大腿骨外側と外果を結んだ線分、股関節は肩峰と大転子および大転子と大腿骨外側を結んだ線分とした。なお、関節角度の増加は屈曲を、減少は伸展を示している。

(2) ボールの中心点の変位と速度

ボールの中心点の変位は、ボールの球面に貼られた4点のマーカーの座標より、仮想点として算出した。

(3) 身体重心の変位

身体重心の変位は、オーバーハンドパス動作中の身体21カ所の座標データと3軸方向の床反力より、Kinetics解析ソフト(Orth Track 6.5.0, Motion Analysis Co., USA)を用いて、オーバーハンドパス動作中の身体重心の位置を求めた。

5) 分析範囲

分析範囲は、主要局面における身体重心の最下位時（以後、COG min）からリリース時（以後、release）までとした。なお、身体重心の最下位時は鉛直方向の最小値が出現した時で、リリース時はボールの合成速度が下がり始めた時とした。また、落下しているボールの合成速度が減少を始めた時をコンタクト時（以後、contact）、コンタクトとした後にボールの合成速度が最小値を記録した時をキャッチ時（以後、catch）と定義した。それらより、COG minからcontactまでを準備局面（以後、Ready phase）、contactからcatchまでを引き付け局面（以後、pull phase）、catchからreleaseまでを押し出し局面（以後、push phase）と定義した。

6) 統計処理

各phaseの平均値を比較する際には、一元配置の分散分析を行った後に、多重比較を行った。なお、統計処理ソフトはSPSS15.0 for windowsを用いた。前脚と後脚の足、膝及び股関節における関節角度の平均値を比較する際には、等分散の2標本を対象とする対応のないT検定を行った。なお、統計処理ソフトはエクセル統計2008を用いた。

3. 結果および考察

1) オーバーハンドパス動作中のready phase, pull phaseおよびpush phaseにおける時間

Table1は、オーバーハンドパス動作中のready phase, pull phaseおよびpush phaseにおける時間を示した。オーバーハンドパス動作中のready phaseは、pull phase及びpush phaseに比べ、有意に長かった（ $p<0.001$ ）。また、push phaseはpull phaseに比べ、有意に長かった（ $p<0.001$ ）。これまでの研究ではready phaseに関して、上肢に着目した分析で、肩関節外転動作開始からボールを接触する瞬間までと定義しているが⁸⁾、下肢を含めた分析においては定義が行われていない。本研究では、ready phaseを身体重心の最下位時からcontactまでと定義したが、オーバーハンドパス動作は熟練者ほど身体重心の運動方向とボールの移動方向が一致すること⁹⁾や習熟性の指標¹⁰⁾となることが報告されていることに加え、低い姿勢から身体全体でボールを飛ばすという動作様式²⁾からも妥当であると推察される。

また、ready phaseは、pull phase及びpush phaseに比べ、標準偏差が大きく、個人差が大きい傾向を示した。しかしながら、ボールが落下してcontactする直前の約0.17秒がパフォーマンスに影響する可能性は考えられるため、ready phaseにおける詳細な動作分析が今後の研究として求められる。

Table 1. Time of ready, pull and push phase during over hand pass.

	ready phase†	pull phase	push phase‡
mean	0.173	0.047	0.067
S.D.	0.061	0.005	0.008

unit:s

† :ready phase>pull phase and push phase($p<0.001$)

‡ :push phase>pull phase($p<0.001$)

2) オーバーハンドパス動作中のCOM min, contact, catch及びreleaseにおける足, 膝および股関節の角度

Table2は, オーバーハンドパス動作中のCOM min, contact, catch及びreleaseにおける足, 膝および股関節の角度を示した. 全ての関節角度において, COM min, contact, catch及びreleaseの順に減少する傾向を示した. 本研究において, 関節角度の減少は伸展であることをからCOM minから一連の動作として伸展動作を行っている可能性が示された. これまでの研究において, オーバーハンドパスはready phaseやpull phaseにおいて, 緩衝動作が行われ, それは上肢関節だけでなく下肢関節を含めた身体全体でボールの衝撃を緩衝した上で, ボールを押し出すことが指導書などで説明されている^{2,3)}. しかしながら, 本研究では下肢においては緩衝動作が現れることなく, むしろ下肢に関してはボールに対し, 屈曲動作ではなく伸展動作が行われている可能性が示された. 今後, オーバーハンドパス動作中の角度変位から角速度を追加検討し, 統計的な分析を行い, 詳細に明らかにしていくことが求められる.

また, 前脚と後脚の比較において, 股関節と足関節に有意差が認められた ($p<0.01$, $p<0.001$). しかしながら, 膝関節においては有意差が認められなかった. これは, 前脚が前方に踏み出して構えていることが股関節と足関節の角度の違いに影響していることが考えられる. しかしながら, 膝関節において全て有意差が認められないのは, オーバーハンドパス動作中に膝関節の動作が同期していることを示している. オーバーハンドパス動作において, 開脚姿勢になるのは身体を安定させるため, 動作中に前傾もしくは後傾をすることない姿勢を保つために膝関節が協調的な動作をしている可能性が示唆された.

Table 2. Angle of hip, knee and ankle joints on COM min, contact, catch and release.

	COM min		contact		catch		release	
	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.	mean	S.D.
F.Hip†	53.0	12.2	42.3	8.5	37.3	7.0	31.2	5.6
F.Knee	72.6	16.0	60.6	12.7	51.1	11.4	38.1	8.8
F.Ankle‡	96.2	8.8	92.9	8.1	88.2	7.8	79.3	6.0
R.Hip	21.5	10.9	12.0	7.6	8.6	5.3	6.1	3.4
R.Knee	77.0	24.3	59.4	17.4	48.9	14.8	37.6	10.2
R.Ankle	120.8	7.0	111.9	11.0	103.9	12.5	90.2	11.9

unit:deg/s

※F:front leg, R:rear leg

† F.Hip>R. Hip on COM min, contact, catch and release($p<0.001$)

‡ F.Ankle>R. Ankle on COM min, contact($p<0.001$), catch($p<0.01$) and release($p<0.05$)

3) 今後の展望

本研究は, オーバーハンドパス動作を前脚と後脚に分け, 定量的に下肢関節の角度変位を検討したが, COM min, contact, catch及びreleaseにおける関節角度から関節角速度を求め, 各phaseの動作を分析し, 前脚と後脚の役割を明らかにすることが指導に役立つと考える. また, 上肢三関節の動作や床反力を加えて, 詳細に検討していくことが求められる.

4. まとめ

バレーボールにおける前方6mのオーバーハンドパス動作を対象に, 開脚姿勢で前脚と後脚に分け, 下肢の動作分析を行った. それより, 以下の新たな知見が得られた.

- 1) 前脚と後脚に関して, 股関節と足関節の動作は異なるが, 膝関節は協調的な動作を行っている可能性が示唆された.
- 2) 前脚と後脚に関して, ready phaseやpull phaseでは下肢三関節で伸展動作を行っている可能性があり, 落下してくるボールに対する緩衝動作が行われていない可能性が示唆された.

5. 謝辞

本研究は, 九州共立大学特別研究費補助金を用い, 実施しました. ここに, 感謝の意を表します.

6. 参考文献

- 1) 枳堀申二(1985): バレーボール, 東京, 泰流社
- 2) G.シュテラー, I.コンツァック, H.デブラー (1993): ボールゲーム指導辞典, 東京: 大修館, 294-296.
- 3) 日本バレーボール協会(2004): バレーボール指導教本, 東京, 大修館, 2004.
- 4) 遠藤俊郎, 武川律子, 川上康樹(1996): バレーボール基礎技術の発達過程・習熟過程について, 体育学研究報告, 第1号, 12-24.
- 5) 丹羽健市, 水野義明, 西川光子(1973): Volley Ballの基本動作に関する分析的研究(第2報)ーオーバーパスについてー, 大阪教育大学紀要, 22(IV): 193-199.
- 6) 長野文和, 奥野暢通, 岡本勉, 後藤幸弘, 会田勝, 辻野昭(1988): バレーボールの指導法に関する基

礎的研究ーオーバーハンドパスについてー, 日本体育学会第39回大会号: 791.

- 7) 沢井史穂, 蛭田 秀一, 大道等, 森下はるみ (1983): バレーボールのオーバーハンドパスに関する研究: 時間的・空間的特性と熟達度との関連について, 日本体育学会大会号(34), 573, 1983.
- 8) 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ー上肢に着目してー, スポーツ方法学研究, 15(1), 127-136.
- 9) 池上寿伸, 竹中彰範, 井上伸一, 池田恵太 (1999): 小学生におけるバレーボールパス技能の習熟段階, 九州体育・スポーツ学研究, 13(1), 47-62.
- 10) 高橋亮三, 川合武司(1968): バレーボールの基礎技術に関する力学的研究, トスの力学的研究, 順天堂大学保健体育紀要 (11), 60-64.
- 11) 平野裕一(1984): パットによる打の動作, Jpn. J. Sports. Sci. , 3(3): 199-208.
- 12) 地平達郎(2005): Thinking Volleyball 100Q入魂, 東京: 日本文化出版, 20.
- 13) 阿江通良, 藤井範久(2008): スポーツバイオメカニクス20講, 東京, 朝倉邦造: 13.
- 14) 進藤省次郎(2003): バレーボールの初心者に対するパスの技術指導, 北海道大学大学院教育学研究科紀要, 89: 53-72.
- 15) 岡内優明, 都沢凡夫, 斉藤慎一, 朽堀申二 (1981): バレーボールのオーバーハンドパス技術に関する研究ー飛来するボールの高さ, 及びボールを送る距離の違いがパス動作に及ぼす影響についてー, 日本体育学会大会号 (32), 596.
- 16) Nawata R and Maeda A(2008): Ground reaction force for control of distance on over hand pass, 50th ICHPER・SD Anniversary World Congress 2008 Proceedings II : 590-593.