

バレーボールにおけるレシーブの 初動に関する因子分析

桑野 淳一郎¹⁾・藤原 嵩文²⁾・稲葉 洋²⁾・村上 享²⁾

- 1) 福山平成大学福祉健康学部健康スポーツ科学科
- 2) 松江工業高等学校専門学校

E-mail : kuwano@heisei-u.ac.jp

【要旨】

本研究ではレシーブ動作における初動について上級者と下級者の違いを分析した。まず、被験者（上級者と下級者）の下半身の動かし方の違いの分析を行い、動き出し、一歩目と二歩目でどのように身体を動かせば良いのかを明らかにした。

実験結果から上級者は下級者と比べて一歩目の腰の回旋を大きく速く動かすこと、次に一歩目の移動距離が大きくないことが、二歩目の移動距離が大きくなる要因の一つであると考えられた。また、素早く身体を回旋させることで二歩目を蹴り出す力が発生し、二歩目の移動距離を大きくすることで効率よく身体を動かせると結論づけた。

キーワード：バレーボール、DLT法、コーチング

1. 背景と目的

バレーボールにおけるブロックステップ、レシーブステップはボールに素早く反応するための非常に重要なファクターとなる。バレーボールのレシーブ動作は大きく①静止した状態でのレシーブ、②走りながら取るレシーブ、③ボールを取った後に転ぶレシーブに分けられる。多くの場合、走って取るが必要となるため、レシーブにおけるステップについて考察することは有用である。松井¹⁾は、③のレシーブをする際にはボールが来た方向の足を一步目として踏み出す必要があると述べており、多くの指導者も指導する際にはそのように提言している。しかし、そのことを定量的に分析した研究はなされていない。脇田²⁾は、古武術における「抜き動作」を「蹴り動作」の違いを分析し、静止状態から動き出すまでにかかる時間が短縮したことを報告している。短時間での動作を行う際には、動き出すまでの時間が短い「抜き動作」が有効であるとしている。抜き動作は、力を入れずに（重心を移動させて）身体を動かす方法、蹴り動作は力を入れて（溜めを作って）身体を動かす方法である。

ボールの落下地点に最速で到達するためには、動き出し、一步目と二歩目で適切に身体を動かすことが重要であると考えられる。また、松井、脇田の報告から、ボールが来た方向に力を抜くことで、素早い動き出しが実現できると考えられる。そこで本研究では、被験者（上級者と下級者）の下半身の動かし方の違いを分析し、動き出し、一步目と二歩目でどのように身体を動かせば良いのかを明らかにする。なお、本研究における一步目の足はボールが来た方向の足（右に来たときは右足、左に来たときは左足）のことを指し、二歩目は一步目とは逆の足のことを指す。

II. 研究方法

1) 評価基準及び変数説明

被験者の身体の特徴点（特徴点、図1）の動きを撮影した。撮影した映像からDLT法（Direct Liner Transform Method）³⁾により特徴点の三次元位置を取得した。DLT法とは、複数のビデオカメラから得られる二次元座標から、三次元座標を推定する方法である。撮影した映像のフレーム、測定した三次元位置の結果をもとに表1に示す項目を計算した。各項目の計算は式(2)～(11)のとおりである。一步目の動きは、図2に示すように、静止状態から下半身の一部が動き始めてから一步目のつま

先とかかとが地面に完全に着地するまで、二歩目の動きは、二歩目のかかとが地面から離れた瞬間から動いたのちにかかととつま先が地面に着くまでとした。

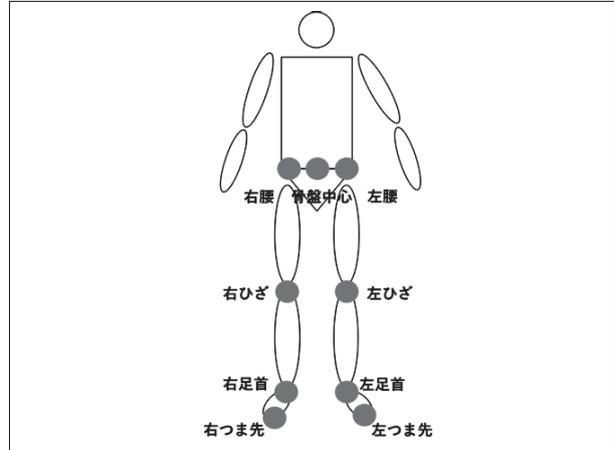


図1. 身体の特徴点



図2. 時刻 (f0 ~ f4) の決め方 (左から、静止状態、一步目開始、一步目終了、二歩目開始、二歩目終了)

表1. 評価項目

| 評価項目 | 変数 | 単位 |
|--------------------|------------|-------|
| 一步目のつま先の移動距離 | s_1 | m |
| 二歩目のつま先の移動距離 | s_2 | |
| 一步目の骨盤中心の速度 | v_1 | m/s |
| 二歩目の骨盤中心の速度 | v_2 | |
| 一步目開始から終了までの腰の回旋角度 | θ_1 | deg |
| 二歩目開始から終了までの腰の回旋角度 | θ_2 | |
| 一步目開始から終了までの腰の回旋速度 | ω_1 | deg/s |
| 二歩目開始から終了までの腰の回旋速度 | ω_2 | |

図3, 4に求める移動距離, 回旋角度のイメージを示す。図4における基準点とは、撮影範囲の横方向および奥行き方向の中心である。基準点と一步目開始時の骨盤中心の点、一步目終了時の骨盤中心の点で作られる2本のベクトルのなす角を回旋角度とした。図3は右にボールが来たとき、一步目の動作を表しているが、二歩目の動作も同様に考えた。図5, 6に一步目の開始から終了までの動作、二歩目開始から終了までの動作をそれぞれ示した。

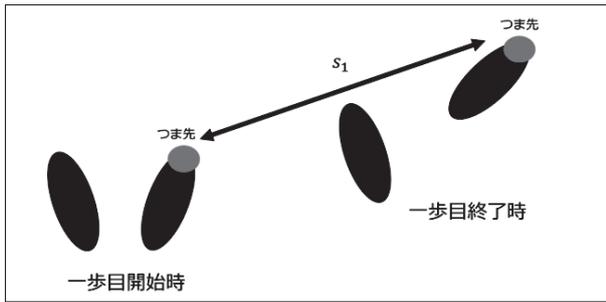


図3. 移動距離のイメージ

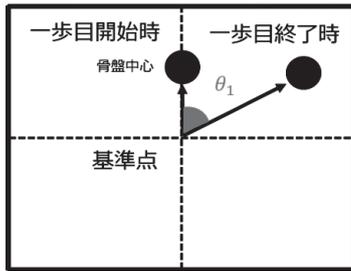


図4. 回旋角度のイメージ



図5. 一步目の動作



図6. 二歩目の動作

計算に用いる際の変数，式の説明をする．特徴点の部位を c , w , k , a , t , 右・左を r , l で表し，それぞれの部位の xyz の座標は，下付き文字で x , y , z と表す．例えば i フレーム目における右腰の三次元位置を表す式は

$$w_{r}(i) = (w_{x_r}(i), w_{y_r}(i), w_{z_r}(i)) \dots\dots\dots(1)$$

特徴点9点の変数，計算に用いるフレーム番号を表2, 3に，式(2)～(11)に評価項目の計算式を示す．(Pは基準点を示す.)

表2. 特徴点の変数

| 部位 | 部位を表す式 | | | |
|------|--------|------------|------------|------------|
| | ベクトル | x | y | z |
| 骨盤中心 | c | c_x | c_y | c_z |
| 右腰 | w_r | w_{x_r} | w_{y_r} | w_{z_r} |
| 左腰 | w_l | w_{x_l} | w_{y_l} | w_{z_l} |
| 右ひざ | k_r | k_{x_r} | k_{y_r} | k_{z_r} |
| 左ひざ | k_l | k_{x_l} | k_{y_l} | k_{z_l} |
| 右足首 | a_r | a_{x_r} | a_{y_r} | a_{z_r} |
| 左足首 | a_l | a_{x_l} | a_{y_l} | a_{z_l} |
| 右つま先 | t_r | t_{x_r} | t_{y_r} | t_{z_r} |
| 左つま先 | t_l | t_{x_l} | t_{y_l} | t_{z_l} |

表3. フレーム番号

| シーン | フレーム番号 |
|---------------|--------|
| 静止状態 (動き出す直前) | f_0 |
| 一步目開始 | f_1 |
| 一步目終了 | f_2 |
| 二歩目開始 | f_3 |
| 二歩目終了 (動作完了) | f_4 |

$$s_1 = |t_r(f_2) - t_r(f_1)| \dots\dots\dots(2)$$

$$s_2 = |t_r(f_4) - t_r(f_3)| \dots\dots\dots(3)$$

$$v_1 = \frac{|c(f_2) - c(f_1)|}{t_1} \dots\dots\dots(4)$$

$$t_1 = \frac{f_2 - f_1}{30} \dots\dots\dots(5)$$

$$v_2 = \frac{|c(f_4) - c(f_3)|}{t_2} \dots\dots\dots(6)$$

$$t_2 = \frac{f_4 - f_3}{30} \dots\dots\dots(7)$$

$$\theta_1 = \cos^{-1} \frac{(c(f_2) - P) \cdot (c(f_1) - P)}{|c(f_2) - P| |c(f_1) - P|} \times \frac{180}{\pi} \dots\dots\dots(8)$$

$$\theta_2 = \cos^{-1} \frac{(c(f_4) - P) \cdot (c(f_3) - P)}{|c(f_4) - P| |c(f_3) - P|} \times \frac{180}{\pi} \dots\dots\dots(9)$$

$$\varpi_1 = \frac{\theta_1}{t_1} \dots\dots\dots(10)$$

$$\varpi_2 = \frac{\theta_2}{t_2} \dots\dots\dots(11)$$

2) 実験方法

A～Fの6人(上級者:3人, 下級者:3人)の被験者に対して実験を行った。表4に被験者情報を示す。本研究では、ポジションをもとに上級者と下級者を分類した。ポジション欄にあるOHの選手は、レシーブ・アタックを主に行う選手で、レシーブを行う回数が多いポジションである。MBの選手は、OHに比べて、レシーブを行う回数が少ないポジションである。レシーブを行う頻度や習熟度をもとに被験者を選定・分類した。尚、被験者には予め本研究の意図を説明し、同意を得て実施した。

図7のようにビデオカメラ、被験者、球出し係、指示出し係を配置し、以下の手順に沿って被験者の動作を撮影した。また、配置図のキャリブレーション範囲内で、x,y方向、各1.0m(中心が原点)、z方向:0.50m間隔でキャリブレーションを行った(図8)。ビデオカメラのシャッタースピードは1/500sに設定し、DLT法の計算にはFrame-DIASを用いた。撮影およびDLT法の計算におけるビデオカメラのフレームレートは30fpsとした。表5に実験に用いた器具を示す。

【手順】

- ① 被験者は立った状態から構える。
- ② 指示出し係はライトを点灯させ、左右どちらに出すか手を上げて指示を出す。指示を出し終わったらどちらの方向に何本出したかを記録する。
- ③ 手が上がった方の球出し係がボールを出す。ただしどちらの球出し係も投げる直前まで動作を行う。(片方の球出し係はダミーになる。)
- ④ 被験者はボールが出た方向に身体を動かす。
- ⑤ 1人の被験者に対して10本(右5本,左5本)行う。

表4. 被験者情報

| 被験者 | 身長 [cm] | 体重 [kg] | ポジション | 競技年数 | 上級者・下級者 |
|-----|---------|---------|-------|------|---------|
| A | 176 | 65 | OH | 13 | 上級者 |
| B | 178 | 65 | OH | 13 | |
| C | 172 | 65 | OH | 12 | |
| D | 176 | 67 | MB | 8 | 下級者 |
| E | 175 | 70 | MB | 8 | |
| F | 167 | 62 | MB | 8 | |

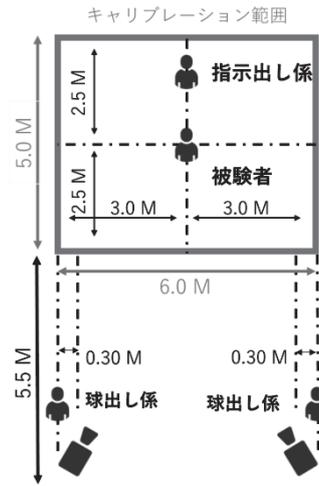


図7. カメラ・人員の配置

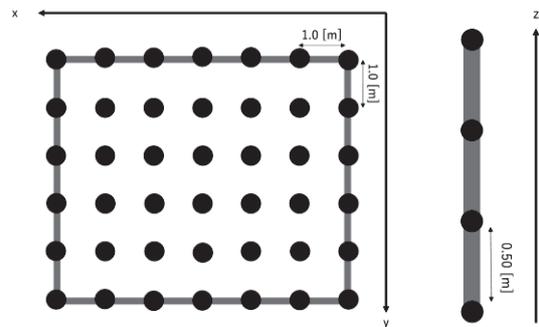


図8. キャリブレーション方法

表5. 実験に使用した器具

| 仕様器具 | 名称 | 製造元 |
|--------|-----------------|-----------------------|
| PC | OS | Windows10 |
| | CPU | Intel Core i7 - 7700K |
| | RAM | 16.0 GB |
| 計算ソフト | Frame - Dias5 | DKH |
| ビデオカメラ | HC - V480MS - K | Panasonic |
| 三脚 | MT055XPRO3 | Manfrotto |

図9～11に実験の様子および本研究で使用したFrame-Dias(現在Q'fix)の操作画面を示す。



(a) カメラ1の画角 (b) カメラ2の画角

図9. キャリブレーションの様子



(a) カメラ1の画角 (b) カメラ2の画角

図 10. 実験の様子

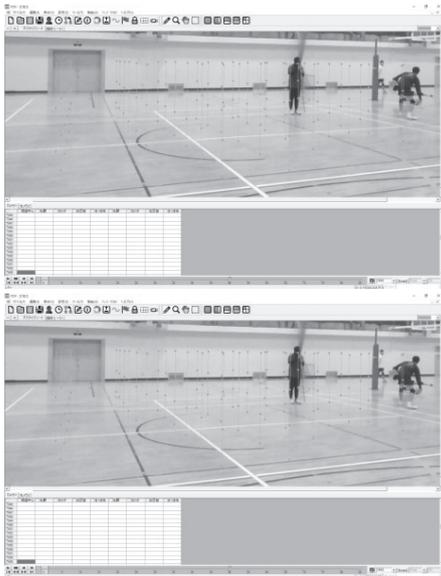


図 11. Frame - Dias の操作画面

III. 実験結果

1) キャリブレーションの測定結果

キャリブレーションの結果を表 6 に示す. xyz 各方向における基準座標との移動距離 (m) の標準偏差の最大値, 最小値を示す. なお, キャリブレーションに求められる精度は, xyz 各方向 2% 以下であると高見⁴⁾は報告している. 今回の結果はその条件を満たすため, 十分に信頼できる値であり, これをもとに三次元座標の算出, 評価項目の計算を行った.

表 6. キャリブレーション結果

| | x方向 | y方向 | z方向 |
|-----|--------|--------|--------|
| 最大値 | 0.012 | 0.038 | 0.03 |
| 最小値 | -0.013 | -0.041 | -0.017 |

※なお xyz の偏差の二乗和平方根の最大値は 0.042 であった.

2) 評価項目の測定結果

表 7 に上級者・下級者ごとの評価項目の平均を示す. 上級者は下級者に比べて v_1 , s_2 , θ_1 , ω_1 の平均値が大きく, s_1 , θ_2 , ω_2 の平均値が小さいことがわかる.

表 7. 評価項目の平均値

| | 上級者 | 下級者 |
|-------------------------|---------|--------|
| s_1 の平均値 [m] | 0.166 | 0.213 |
| v_1 の平均値 [m/s] | 0.667 | 0.456 |
| s_2 の平均値 [m] | 2.257 | 2.087 |
| v_2 の平均値 [m/s] | 1.377 | 1.377 |
| θ_1 の平均値 [deg] | 82.771 | 63.721 |
| ω_1 の平均値 [deg/s] | 134.954 | 75.03 |
| θ_2 の平均値 [deg] | 9.201 | 25.393 |
| ω_2 の平均値 [deg/s] | 9.497 | 27.994 |

次に, 各測定値の分散値を表 8 に, s_2 についての上級者と下級者の散布図を図 12,13 に示す.

表 8. 一步目の移動距離, 回旋角度, 回旋の速度, 二歩目の移動距離の分散

| | θ_1 の分散 | ω_1 の分散 | s_2 の分散 | s_1 の分散 |
|-----|----------------|----------------|-----------|-----------|
| 上級者 | 717.422 | 2787.689 | 0.019 | 0.013 |
| 下級者 | 1484.548 | 1865.214 | 0.075 | 0.012 |

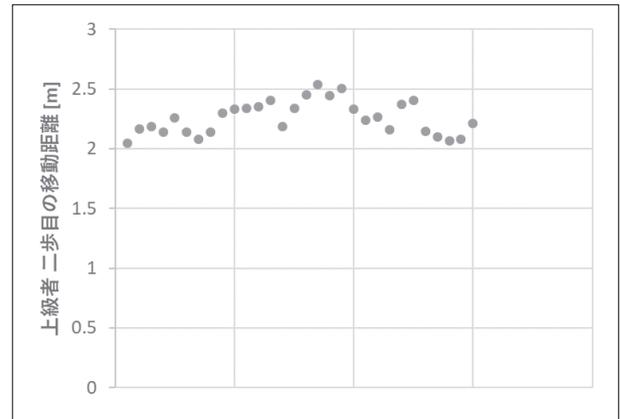


図 12. 二歩目の移動距離の散布図 (上級者)

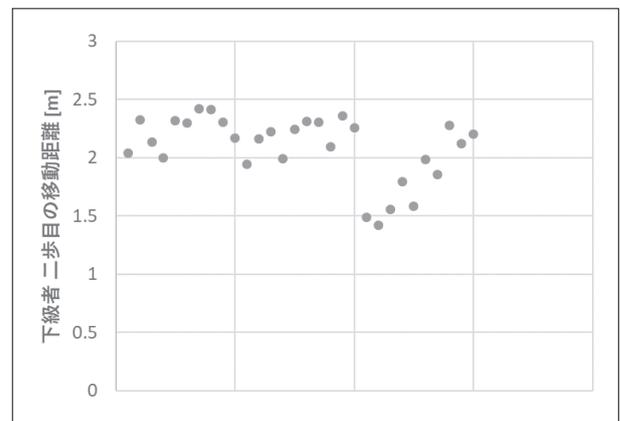


図 13. 二歩目の移動距離の散布図 (下級者)

IV. 考察

1) 評価項目の検定

実験結果から上級者は一歩目の移動距離は大きな値を示していないこと、次に2歩目の回旋速度は大きくないが、1歩目の回旋速度が大きいことがうかがえる。このことは1歩目の回旋速度を速くし、移動方向への体の回転を完了させようとしていること、次に、1歩目をあまり大きく踏み出さないことで、二歩目の移動距離を大きくしていると考えられた。そこで、 $\theta 1$, $\omega 1$, $s2$ について、Shapiro-wilk 検定において正規性が確認されたデータに対して、上級者と下級者の平均の差の検定を行った。

上級者及び下級者3人分のデータ数の平均値について $\theta 1$, $\omega 1$, $s2$ の平均値の差に関する統計量 $t1$, $t2$, $t3$ はそれぞれ、

$$t1 = 2.192 > 2.920 = t(0.05)$$

$$t2 = 4.452 > 2.920 = t(0.05)$$

$$t3 = 4.383 > 2.920 = t(0.05)$$

となった。 $t2$, $t3$ はそれぞれ、棄却域に入るため、 $\omega 1$, $s2$ において上級者と下級者の間に5%水準で有意な差があることが分かる。 $t1$ についても統計量は大きく何らかの影響を及ぼしているとも判断できる。この結果から、1歩目の腰の回旋速度が、2歩目の移動距離に大きな影響を与えていると考えられた。なお、 $s1$ についても同様に計算をした結果、統計量 $z4$ は、

$$t4 = 0.309 < 2.920 = t(0.05)$$

であり、上級者と下級者の間に有意な差はなかった。また、2歩目の移動距離について、上級者は安定した移動距離を確保できていると考えられたので、図12,13にあるデータに関して、等分散検定を行った。その結果は、

$$f = 3.94 > 1.841 = F_{30, 30}(0.05)$$

であった。図12, 13および等分散検定の結果から上級者の $s2$ は大きく、散らばりが小さいため、安定した動きで二歩目の動作を行い、より長い距離を移動できることが分かる。

2) 古武術との関連性および考察

古武術の「抜き動作」と「蹴り動作」との関連性についても検証をする。今回、得られた実験結果から、上級者は、一歩目は大きく移動していないが、2歩目で大きく移動できていたことがわかっている。そこで骨盤の動きに着目してみた。被験者の骨盤中心の x 座

標の動きについて、初期位置からの変位を考えると、「抜き動作」をする際の一つの特徴として、骨盤中心の x 座標は、ボールが右側に来たときは負の方向に、左に来たときは正の方向に変化すると考えることができる。骨盤の中心の動きについての実験結果を図14～17に示す。図14, 15における系列1～5は被験者A(●印)、系列6～10は被験者B(■印)、系列11～15は被験者C(*印)の結果を表している。図16, 17における系列1～5は被験者D(●印)、系列6～10は被験者E(■印)、系列11～15は被験者F(*印)の結果を表している。

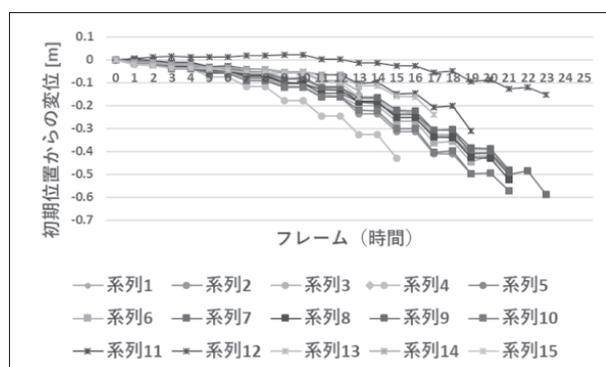


図14. ボールが右に来たとき (上級者)

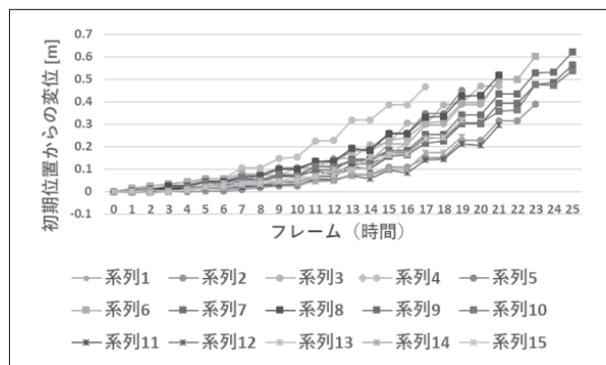


図15. ボールが左に来たとき (上級者)

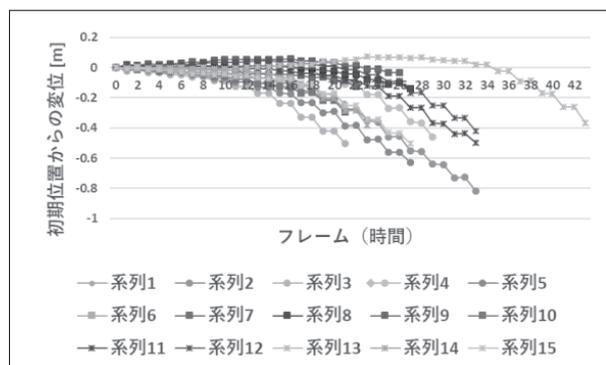


図16. ボールが右に来たとき (下級者)

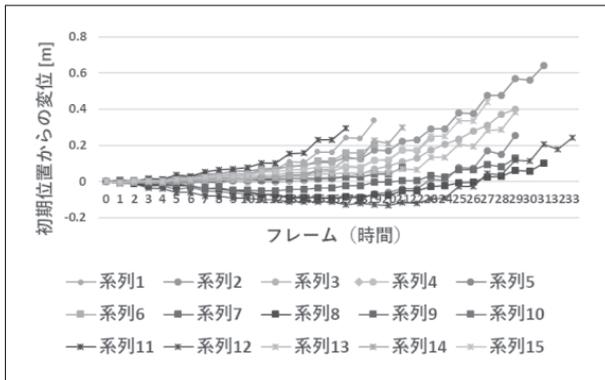


図 17. ボールが左に来たとき (下級者)

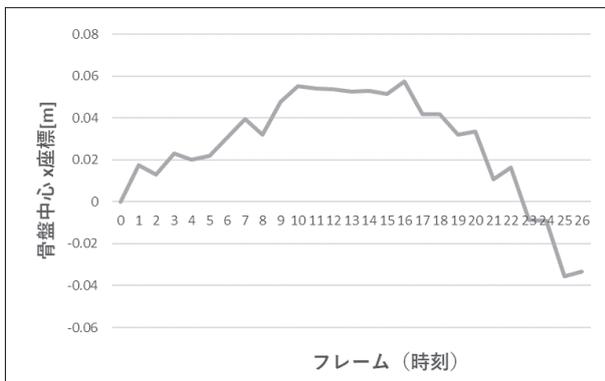


図 18. ボールが来た方向と逆方向に動いている例

図 16, 17 (下級者の動作) においてボールが来た方向と逆方向に動いているものが見うけられた. その一例を図 18 に示す. 一度正の方向に値が徐々に変化し, その後に負の方向に値が変化していることから, ボールが右に来たとき, 一度左側 (ボールが来た方向とは反対側) に溜めを作って, ボールが来た方向に動いている. 図 18 のような動きをするときは, 古武術において「蹴り動作」に近い動きをしているとも考えられる. 正の方向に動いている時間は, 本来負の方向に動かなければいけないため, ボールが来た方向に対する反応が遅れているとも考えられる. 上級者は下級者に比べて 2 歩目の移動距離が大きいことがうかがえた. 素早い移動には 2 歩目の加速が重要であると考えているが, 上級者は 1 歩目の移動距離は大きくなかったことから, 進行方向へ体を崩して進むことは「抜き動作」を関係していると考えられる. このことから素早い反応について考察していく過程において蹴る動作と抜く動作について考察していく素地は十分にあると思われる.

図 14, 15 (上級者の動作) では, x 座標が徐々に変化していることが確認できる. 「蹴り動作」よりも「抜

き動作」に近い動きをしているとも考えられる. 上級者は, 下級者と比較して溜める動作を行う回数が少なかった (上級者は 30 回中 1 回, 下級者は 30 回中 9 回であった).

V. 結論

上級者は下級者と比べて一歩目の回旋を大きく速く動かすこと, 次に一歩目の移動距離が大きくないこと, 最後に動き出すときの骨盤の中心が, 進行方向に動いていると判断できた. このことが, 二歩目の移動距離が大きくできる要因の一つであると考えられた. 横方向に出されたボールに対して, 一歩目で素早く横向きになることで進行方向に直線的に身体を動かせるようになるため, 二歩目の移動距離を大きくできた要因とも考えられる. また, 素早く身体を回旋させることで二歩目を蹴り出す力が発生し, 二歩目の移動距離を大きくできたと考えられる. 一歩目の移動距離に有意な差が無かったことから, ボールが来た方向に一歩目を大きく踏み出すことはあまり重要でないとも考えられる. また, 一歩目を大きく動かすと二歩目の足との距離が広がり, 二歩目で蹴り出す力を発生させられないことも, 一歩目の移動距離に有意な差がないことの原因とも考えられた.

古武術の観点からは, 上級者は「抜き動作」に近い動きをしている可能性があることが分かった. 脇田が, 短時間の動作においては, 「抜き動作」が有効であると提言したように, 動作の開始から完了までの時間が短いバレーボールのレシーブにおいても「抜き動作」が一歩目の動き出しに有効であると考えた.

分析結果から, ボールが来た方向に力を抜いて一歩目を出す. その際に素早く身体を回旋させ, 二歩目の移動距離を大きくすることで効率よく身体を動かせると結論づけた.

本研究では, 一歩目の回旋, 二歩目の移動距離について, 上級者と下級者の間に差があることが分かった. しかし, 二歩目でどの程度強く蹴ることができているのか, 二歩目開始時に蹴る (身体を加速させる) 力を大きくするためには, 一歩目でどの程度踏み出せばよいのかは明確になっていない. また, 今回の実験は, 横方向, 下投げに条件を限定して行った前方向や後方向への動きに関する動きに対して実験, 分析を行う必要がある.

引用・参考文献

- 1) 松井泰二, 差がつく練習法 バレーボール 基本を極めるドリル, p.152, 2015年.
- 2) 脇田裕久, 古武術における位置エネルギーを用いた横移動動作の効果, 三重大学教育学部研究紀要, Vol.59, pp.49-56, 2008.
- 3) Abdel-Aziz, Y. I., et.al., Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry, Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry, pp.1-18, 1971.
- 4) 高見涼太郎ほか, DLT法を用いた動作計測・解析システムの応用と評価, 岡山県立大学保健福祉学部紀要, Vol.6, No.1, pp.45-50, 1999.

Analyzing Factor of Receive Motion Starting in Volleyball

Junichiro KUWANO ¹⁾ Takafumi FUJIHARA ²⁾
Hiroshi INABA ²⁾ Akira MURAKAMI ²⁾

1) Fukuyama Heisei University

2) National Institute of Technology, Matsue College.

E-mail : kuwano@heisei-u.ac.jp

Abstract:

In this research, I analyzed the differences in the movement initiations in the receiving motion between advanced and inferior players. So, I examined the relationship between the distance speed, angle and angular velocity of pelvic rotation in the first and second step. The advanced was bigger than inferior in average of the angle of gyration, angular velocity of pelvic rotation at the first step, and the distance of the second step, and there was a significant difference between them. In addition, the advanced was bigger than the inferior in the variance of the distance of the second step. It was concluded that the large gyration of the first step made the start of the second step smoother and more efficient, resulting in a larger distance of the second step.

Keywords : Volleyball, DLT Method, Coaching