

# バレーボール選手の模擬試合時における平面方向の動きに関する研究

山田 雄太\*、天野 雅斗\*\*、石垣 尚男\*\*\*、植田 和次\*\*\*\*、安藤 健太郎\*\*\*\*、江藤 直美\*\*\*\*、  
金子 美由紀\*\*\*\*\*、神田 翔太\*\*\*\*\*、後藤 浩史\*\*\*\*\*、三枝 大地\*\*\*\*\*、根本 研\*\*\*\*\*、  
光安 信次\*\*\*\*\*、縄田 亮太\*\*\*\*\*、廣 美里\*\*\*\*\*

Study on distance of horizontal direction movement during the scrimmage volleyball game

Yuta Yamada\*、Masato Amano\*\*、Hisao Ishigaki\*\*\*、Yoshitsugu Ueda\*\*\*\*、Kentarō Ando\*\*\*\*、  
Naomi Eto\*\*\*\*\*、Miyuki Kaneko\*\*\*\*\*、Shota Kanda\*\*\*\*\*、Hiroshi Goto\*\*\*\*\*、Daichi Saegusa\*\*\*\*\*、  
Ken Nemoto\*\*\*\*\*、Shinji Mitsuyasu\*\*\*\*\*、Ryota Nawata\*\*\*\*\*、Misato Hiro\*\*\*\*\*

## Abstract

This study was made to investigate the motor activities of the volleyball players during the scrimmage game. The video camera was set just above the center of the volleyball court to capture the activity of the players. Each player wore the white swimming cap during the scrimmage game. The swimming cap was used as marker to digitize the movement of the players. The position data calculated by using 2D-DLT method. The results showed that players moved horizontally 527.58 ( $\pm 141.70$ ) m (mean  $\pm$  SD) during the set. The wing spikers covered 648.61 ( $\pm 248.92$ ) m, this distance was longer than other position, setters 572.79 ( $\pm 18.23$ ) m, libero players 514.15 ( $\pm 8.60$ ) m and middle blockers 330.15 ( $\pm 20.14$ ) m

Key Words: volleyball, 2D-DLT method, distance of horizontal movement, motor activity, scrimmage game  
キーワード: バレーボール、2次元 DLT 法、移動距離

## 【結 言】

球技のトレーニングプログラムの考案や作戦の立案において、選手の行動を分析することは不可欠である<sup>12)</sup>。バレーボールはネットを挟んで両チームの選手が高くジャンプし、激しい空中戦を繰り広げるスポーツである。そのため、バレーボールの動作に関する研究はジャンプに関する研究が多い<sup>2) 4) 15)</sup>。一方、サッカーなどの走動作の多いスポーツでは水平面上の移動距離に関する研究が多く行われており<sup>9) 16)</sup>、宮城らはレベルの高い選手ほど試合中の高強度運動での移動の占める割合が高いと報告している<sup>6)</sup>。このように、バレーボールでも試合時の移動距離や移動速度

を調べることで、競技レベルとの関係から必要な走能力を推察するための基礎的な資料となると考えられる。また、これらのデータからバレーボール競技の競技特性を明らかにし、実際のトレーニングプログラムの作成に役立てることができると考えられる。しかし、サッカーでの選手の移動距離、移動速度に関するこれらの研究では、大橋らの開発した高速移動解析システムや試合を見ながら手で軌跡を記入する筆記法、GPSなどを用いて競技中の移動距離や移動速度を算出している<sup>6) 9) 16)</sup>。そして、これらのデータがポジション別の特性の解明やそのデータに基づいたトレーニングプログラムの作成などにおいて役立てられている<sup>7)</sup>。しかし、これらの方法はデータの精度の問題等で、室内の狭いコートで行われるバレーボールには適していないと考えられる。一方、バレーボールと同様に室内で行われるバスケットボールやバドミントンでは2次元 DLT 法を用いて選手の移動距離、移動速度を算出している<sup>3) 17)</sup>。この2次元 DLT 法は、撮影された画面上の座標と実際の2次元座標との関係を表す校正係数を算出することで実空間座標を求める方法で、正確な選手の2次元座標を調べることができる。これらの情報が得られることで、バレーボールの水平方向への移動特性を明らかにし、各ポジションの特性などを示すことができると考えられる。3次元 DLT 法を用いれば、より正確な位置情報およびジャンプなどの上下方向の動きも捉えることができるが、ビデオカメラの

\* 大同大学 Daido University

\*\* トライデントスポーツ医療看護専門学校  
Trident College of Sports, Medical Care and Nursing

\*\*\* 愛知工業大学 Aichi Institute of Technology

\*\*\*\* 愛知学院大学 Aichi Gakuin University

\*\*\*\*\* 龍谷大学 Ryukoku University

\*\*\*\*\* 名城大学 Meijo University

\*\*\*\*\* 愛知産業大学 Aichi Sangyo University

\*\*\*\*\* 味の素ナショナルトレーニングセンター

Ajinomoto National Training Center

\*\*\*\*\* 日本体育大学 Nippon Sport Science University

\*\*\*\*\* 福岡大学 Fukuoka University

\*\*\*\*\* 愛知教育大学 Aichi University of Education

\*\*\*\*\* 名古屋学院大学 Nagoya Gakuin University

(受付日:2016年1月25日, 受理日:2016年5月30日)

台数を増やす必要がある。また、3次元 DLT 法ではカメラの台数分のデータ量が増えるため、長時間にわたる試合の分析には膨大な時間と労力を要する。そのため、本研究ではより簡便かつ従来方法より正確な方法として 2 次元 DLT 法を採用した。

バレーボールでは、移動距離の研究は報告されていなかったが、Mroczek ら (2014) がバレーボールにおいて初めて、ポーランドの男子トップレベル試合時における選手の移動距離について報告した<sup>8)</sup>。しかし、彼らはコート上方の天井からの映像を用いて選手の移動距離を算出しているが、その方法は独自のものである。Mroczek らはバレーボールコート (9m × 18m) を 50cm 四方に区切って分析しているため、実際の選手の位置から最も近い 50cm 四方の枠にずれた位置に選手がいることになってしまい、その位置の誤差は最大で約 35cm にもなる。よって、この方法は選手の実際の移動軌跡から外れるケースが頻出し、正確性に欠けると考えられる。また、Mroczek らは移動速度について調べておらず、移動方向に関する考察、移動軌跡の分析も行っていない。

このほか、バレーボールにおける運動強度に関する研究は競技中の酸素摂取量や心拍数などの指標を用いて調べられている<sup>5), 10)</sup>が、運動強度に関係する移動速度についての報告は見当たらない。本研究では実験の性質上、上下方向の動作については調べていない。しかし、平面方向の移動速度を定量化することでバレーボールの競技特性に関する資料を提供し、トレーニングプログラム作成などの一助となることを期待される。

そこで、本研究はバレーボールコート上方の天井に設置されたカメラの映像から、2次元 DLT 法を用いて模擬試合時の選手の水平方向の移動距離・速度を算出することを目的とした。また、各選手の移動軌跡、移動方向の割合を調べることで、各ポジションの特性を明らかにすることを目的とした。

## 【方 法】

### 1. 被験者

N 体育大学女子バレーボール部員 (n=14) を対象に実験を行った。被験者の身体的特徴は表 1 に示した。レギュラー選手の A チーム (n=7) と控え選手の B チーム (n=7) に別れ、模擬試合 1 セットを行った。試合では両チームともミドルブロッカーが後衛でリベロと交代するシステムで戦い、それ以外のメンバーチェンジは行わなかった。選手のポジションについては、セッター (S)、ミドルブロッカー (MB)、リベロ (L)、ウィングスパイカー (WS) に分けた。オポジットの選手もレセプションに参加していたため、レフトおよびオポジットの選手を区別せず WS とした。試合は 25 対 16 で A チームが勝利した。この際の試合時間

は 18 分 24 秒で、サービスヒットから審判の吹笛までのラリー時間は 7 分 6 秒で、各ラリーは平均 10.39 秒であった。なお、この試合でのサーブミス本数は両チーム合わせて 4 本、サービスエースは 1 本であった。

### 2. 分析方法

2014 年 1 月 18 日にナショナルトレーニングセンターのバレーボールコート中央の真上に設置されたビデオカメラで撮影した映像を用いて、2次元 DLT 法を用いて模擬試合時の選手の水平方向の動きを分析した (図 1)。コート全体を撮影することができるように撮影範囲を設定した結果、ロングサービスを打つ選手のサービス時の一瞬の画像を除いて、すべての選手の水平方向の動きを撮影することに成功した。各選手には頭部に白いスミリングキャップを着用させ、選手の平面上の位置情報を取得するためのマーカーとした。本研究では、この頭部の中心の水平方向における座標の変位を選手の水平方向の移動距離とした。また、その座標の変位を時間で除すことで移動速度を算出した。さらに座標の変位をトレースし移動軌跡の図を作成した。

表 1 被験者の身体的特徴

	身長 (cm)	体重 (kg)	年齢 (歳)
A チーム	170.71 ± 4.96	60.33 ± 4.41	19.71 ± 0.76
B チーム	170.14 ± 6.96	61.86 ± 4.88	19.86 ± 0.90

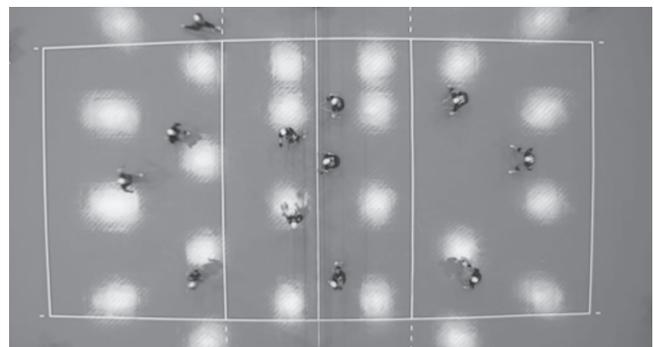


図 1: 天井に設置したカメラからの映像

ラリーの定義を、「サービスヒットからボールデッド時の審判の吹笛までのプレー」とし、天井に固定されたビデオカメラを用いてフレームレート 30fps で撮影した映像をラリー毎にコンピューターに取り込み、分析を行った。各ラリーの映像から Frame-DIAS (DKH 社製) を使い、各選手の頭部のマーカーをデジタイズした。キャリブレーションポイントはコートの四隅、アタックラインとサイドラインの交点、センターラインとサイドラインの交点の計 10 点で行った。

### 3. 統計処理

すべての値は平均値 ± SD で示した。両チーム間の有意

差はT検定を用いて検定を行い、有意水準は危険率5%未満とした。

## 【結果および考察】

### 1. 移動距離

表2および表3に両チームの模擬試合1セット間の平均移動距離を示した。全選手の平均移動距離は527.58 (±141.70) mであった。このことから、1試合の移動距離は5セットマッチであっても2.5km程度になるのではないかと考えられる。しかし、今回の模擬試合では25対16 (Aチームがセットを取った) の試合であったので、僅差のゲーム展開になった場合はこの距離は延長されると考えられる。浅井ら (2001) によると25点マッチの大学男子の試合ではラリー数は1セット平均43.5であり、本研究の総ラリー数41 (両チームの合計得点数すなわち総ラリー数)の方がわずかに少なかった。今回の結果を浅井らの報告にあてはめると、1セットあたりの移動距離は564.7mになる。また、内田ら (2001) によると大学女子におけるラリーの継続時間は7.72秒であり、本研究の10.39秒の方が長かった。これらのことから、本研究で分析した試合はラリー数は一般的な試合よりわずかに少ないが、ラリーの時間が長い試合であったと考えられる。このラリー数、ラリーの時間は選手の移動距離の大きな影響を与えるが、これは試合によって大きく変動すると考えられる。また、今回の平均移動距離、527.58 (±141.70) mという結果はMroczekら (2014) のポーランド男子トップリーグ試合時の報告、1セットあたり409～446mと比較して移動距離が長かった。これは、男子に比べ、女子の方がラリーが長い傾向がある<sup>8)</sup>ため、移動距離が長くなったと考えられる。1試合あたりの移動距離に関しては、Mroczekら (2014) によると3セット、4セットの試合の場合それぞれ1221 (±327) m、1757 (±462) mであり、おそらく男子では5セット行った場合2km前後の移動距離になると考えられる。一方、本研究の結果から推察すると、女子においては移動距離が2.5km程度になり、男子に比べ試合中に長い距離を移動すると考えられる。しかし、水平方向の移動距離は、

試合内容やチームの特色などに影響を受け、長くなったり短くなったりすると考えられる。また、1ラリーあたりの移動距離は14.87 (±1.20) mで、各ラリーに要した時間が平均10.39秒であった。Mroczekら (2014) の男子の結果と比較すると、1ラリーあたり9.12～12.56mであったので、これと比較すると今回の大学女子の結果は約1.5倍の移動距離であった事が分かる。これも、女子の方が男子と比較してラリーが長い事<sup>13)</sup>が影響していると考えられる。

他のスポーツと比較してみると、日本代表選手などのサッカー選手の1試合の移動距離は90分で9,000～12,000mと報告されている<sup>9)</sup>。これに比べるとバレーボールは1/4～1/3程度であることが分かる。一方、高校女子のバスケットボールでは1試合平均5587±171m移動していると報告されている。この距離は本研究の結果の約10倍であり、1試合あたりに換算しても倍以上の距離である<sup>17)</sup>。ゴール型の競技はコートネットに区切られておらず、両チームの選手がコート内に入り乱れて移動するため、移動距離が長くなったのではないかと考えられる。また、バレーボールに比べてインプレーの時間が長い事もバレーボールに比べて移動距離が長いことに大きく影響していると考えられる。須田ら (2003) によると女子テニスのシングルスでは82分の試合で6932mの移動距離であったと報告している。これはバレーボールの2倍以上の移動距離である。また、バドミントン (シングルス) では1試合あたり、524～817m程の移動距離であることが報告されており<sup>12)</sup>、これはバレーボールの1セット分にあたり、バドミントンはバレーボールに比べ移動距離が短い。同じネット型スポーツでもコートの大きさ、人数、点数、バウンド数などにより試合間の選手の移動距離は大きく変動すると考えられる。

チーム別に見てみると、1セット間の合計移動距離は、Aチームが534.23 (±147.38) m、Bチームが520.93 (±147.25) mで両チームに有意な差は見られなかった (p=0.87)。また、1ラリーあたりでもAチームが15.06 (±0.97) m、Bチームが14.69 (±1.46) mで両チームに有意

表2 両チームの1セットおよび1ラリーあたりの移動距離

	Aチーム (m)	Bチーム (m)	合計 (m)
1セット合計	534.23 ± 147.38	520.93 ± 147.25	527.58 ± 141.7
1ラリー平均	15.06 ± 0.97	14.69 ± 1.46	14.87 ± 1.20

表3 各選手の1セットおよび1ラリーあたりの移動距離

	Aチーム	19 (S)	20 (WS)	27 (WS)	23 (WS)	24 (MB)	17 (MB)	L (A)
1セット合計 (m)	585.68	645.87	643.73	679.67	343.63	320.82	520.24	
1ラリー平均 (m)	14.28 ± 10.97	15.75 ± 12.83	15.70 ± 9.08	16.58 ± 13.37	14.32 ± 9.08	13.95 ± 12.21	14.86 ± 12.83	
	Bチーム	26 (S)	28 (WS)	11 (WS)	25 (WS)	10 (MB)	15 (MB)	L (B)
1セット合計 (m)	559.89	624.95	579.40	718.03	349.76	306.41	508.07	
1ラリー平均 (m)	13.66 ± 9.78	15.24 ± 11.66	14.13 ± 10.78	17.51 ± 13.19	15.21 ± 10.29	13.32 ± 11.96	13.73 ± 10.99	

S, セッター；WS, ウィングスパイカー；MB, ミドルブロッカー；L, リベロ

な差は見られなかった ( $p=0.58$ )。試合の結果は 25 対 16 と点差の付いた試合であったにもかかわらず、両チームの平面方向の移動距離に差は見られなかった。これは、バレーボールが 6 人で行うネット型スポーツであるため、ネットを挟んでボールデッドまで各選手が動き続けるからではないかと推察される。

ポジションごとの移動距離を表 4 に示した。ポジションごとに比較してみると、WS が  $648.61 (\pm 248.92)$  m と最も移動距離が長く、次いで S の  $572.79 (\pm 18.23)$  m、L の  $514.15 (\pm 8.60)$  m、MB の  $330.15 (\pm 20.14)$  m であった。WS 以外は選手間のばらつきが少なかった。Mroczek ら (2014) の報告によると、男子では S の 517 ~ 579m、次いで WS (サーブレシーブをする WS) 469 ~ 507m、アタッカー (サーブレシーブをしない WS) 445 ~ 515m、L の 440 ~ 488m、MB の 253 ~ 280m であった。本研究の結果と比較すると、男子ではセッターの移動距離が最も長く、WS を上回っていた。これは、男子ではレセプションアタックによる決定率が高いため、1 ラリーが短く、トランジションが少ない<sup>8)</sup>。そのため、WS のトランジション時におけるスパイクの為の準備動作の回数が相対的に少なくなった事が影響していると考えられる。また、S が後

衛時のレセプション時には S はバックゾーンからフロントゾーンに移動する必要がある。トランジションが少なくなると、S のこのような動作が全体の移動量に占める割合が高くなると考えられ、これも Mroczek ら (2014) の報告で S の移動距離が本研究の結果と比べて長くなった要因ではないかと考えられる。MB および、L の移動距離が短くなった原因は、コート外にいる時間があつたためであると考えられる<sup>8)</sup>。

1 ラリーあたりの移動距離を各ポジションで比較すると、WS が  $14.30 (\pm 0.80)$  m と最も長く、次いで L の  $14.20 (\pm 0.79)$  m、MB の  $15.82 (\pm 1.15)$  m、S の  $13.97 (\pm 0.44)$  m であった。Mroczek ら (2014) の男子の結果と比較すると、S の  $12.09$  m、次いで L の  $11.70$  m、MB の  $11.47$  m、WS (サーブレシーブをする WS) 4 の  $10.68$  m、アタッカー (サーブレシーブをしない WS)  $10.36$  m であった。1 ラリーあたりの移動距離でも S の移動距離に大きな違いが出た。大学女子バレーボールチームを対象とした本研究では 1 ラリーあたりの移動距離において S が最も短かったのに対して、Mroczek ら (2014) の男子チームを対象にした結果では S が最も長いという対照的な結果となった。S はレセプションやディグのボールをトスすることが最も多いポ

表4 ポジションごとの移動距離

ポジション	S	WS	MB	L
1セット平均 (m)	$572.79 \pm 18.23$	$648.61 \pm 248.92$	$330.15 \pm 20.14$	$514.15 \pm 8.60$
1ラリー平均 (m)	$13.97 \pm 0.44$	$14.00 \pm 0.80$	$15.82 \pm 1.15$	$14.20 \pm 0.79$

S, セッター; WS, ウィングスパイカー; MB, ミドルブロッカー; L, リベロ

表5 両チームの1セットおよび1ラリーあたりの移動距離

	Aチーム (m)	Bチーム (m)	合計 (m)
X方向1セット平均 (m)	$363.05 \pm 172.51$	$370.95 \pm 191.88$	$367.00 \pm 133.17$
X方向1ラリー平均 (m)	$10.11 \pm 15.20$	$10.22 \pm 19.44$	$10.17 \pm 2.00$
Y方向1セット平均 (m)	$266.01 \pm 56.54$	$278.53 \pm 55.58$	$272.27 \pm 54.25$
Y方向1ラリー平均 (m)	$7.65 \pm 5.08$	$8.03 \pm 4.89$	$7.84 \pm 0.86$

表6 各選手の1セットおよび1ラリーあたりの移動距離

移動方向	Aチーム		19 (S)		20 (WS)		27 (WS)		23 (WS)		24 (MB)		17 (MB)		L (A)	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1セット合計 (m)	355.03	332.47	457.06	296.63	436.07	320.44	518.38	281.92	203.87	211.01	192.61	184.67	378.36	234.92		
1ラリー平均 (m)	$8.66 \pm 6.79$	$8.11 \pm 6.32$	$11.15 \pm 9.02$	$7.23 \pm 6.79$	$10.64 \pm 8.90$	$7.82 \pm 5.80$	$12.64 \pm 11.50$	$6.88 \pm 5.03$	$8.49 \pm 5.98$	$8.79 \pm 5.88$	$8.37 \pm 8.55$	$8.03 \pm 7.31$	$10.81 \pm 9.98$	$6.71 \pm 5.84$		
移動方向	Bチーム		26 (S)		28 (WS)		11 (WS)		25 (WS)		10 (MB)		15 (MB)		L (B)	
	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1セット合計 (m)	360.57	328.19	448.43	322.01	425.17	279.52	619.60	335.83	211.50	228.32	168.56	187.62	362.80	268.21		
1ラリー平均 (m)	$8.79 \pm 7.18$	$8.00 \pm 5.78$	$10.94 \pm 8.02$	$7.85 \pm 7.85$	$10.37 \pm 8.48$	$6.82 \pm 5.47$	$15.11 \pm 10.48$	$8.19 \pm 6.32$	$9.20 \pm 6.77$	$9.93 \pm 7.67$	$7.33 \pm 8.42$	$8.16 \pm 7.58$	$9.81 \pm 8.27$	$7.25 \pm 5.92$		

S, セッター; WS, ウィングスパイカー; MB, ミドルブロッカー; L, リベロ

表7 ポジションごとの移動距離

ポジション	S	WS	MB	L
X方向1セット平均 (m)	$357.80 \pm 3.91$	$484.12 \pm 195.02$	$194.13 \pm 88.32$	$370.58 \pm 11.00$
X方向1ラリー平均 (m)	$8.73 \pm 0.10$	$12.46 \pm 1.80$	$8.35 \pm 0.77$	$10.31 \pm 0.71$
Y方向1セット平均 (m)	$330.33 \pm 3.03$	$309.10 \pm 23.34$	$202.90 \pm 20.64$	$251.57 \pm 23.54$
Y方向1ラリー平均 (m)	$8.06 \pm 0.07$	$7.46 \pm 0.57$	$8.73 \pm 0.87$	$6.98 \pm 0.38$
X/Y比	$1.08 \pm 0.02$	$1.58 \pm 0.21$	$0.96 \pm 0.06$	$1.48 \pm 0.18$

S, セッター; WS, ウィングスパイカー; MB, ミドルブロッカー; L, リベロ

ジションである。そのため、このレセプションやディグのばらつきがSの移動距離に影響を及ぼした可能性がある。これが本研究と Mroczek らの報告との間でSの移動距離に違いに影響を及ぼした可能性があるが、性差によるプレーの違いなども関連した可能性もあり、詳細は各プレーの動作を細かく分けて分析する必要がある。

選手ごとに見てみると、25番のWSが一人だけ718.03mと長い距離を移動している。これは他のWSのスパイクヒット数が11～14本であったのに対し、この25番の選手は22本と一人だけスパイク本数が突出していた。このことから、25番の選手の移動距離が長かったのは、この選手にトスが集中したためにスパイクのための助走準備および助走した回数が増え、移動距離が長くなったのではないかと考えられる。表5に両チーム選手の方向別の移動距離を示した。Xはネットに対して垂直方向、Yはネットと平行方向を示している。X方向は367.00(±133.17)m、Y方向は272.27(±54.25)mで、X方向のネットに向かうもしくはネットから離れる方向の移動距離がネットに平行へ移動する距離を上回った。また、X方向、Y方向ともに両チーム間に差は認められなかった。

表6に各選手の移動した方向を示した。25番の選手が突出してX方向への移動距離が長かった。これも、この選手のスパイク本数が多かったためであると考えられる。各ポジションの別の移動距離のX方向とY方向の比を表7に示した。MB、SがX方向とY方向の比がそれぞれ平均で0.96、1.08でX方向の移動距離とY方向の移動距離が同等であった。MBはブロックの回数が11～22回でWS、Sの1～12回と比べて多かった。ブロック時の移動はネットに平行のY方向であるため、ブロックの回数が多いMBは、このY方向の移動距離が長くなったと考えられる。Sは他のポジションと比べるとX方向の移動距離

が長かった。Sはスパイクをほとんど打たないポジションであるため、スパイク準備のためのX方向の動作が他のポジションより少なくなる。また、前後左右に乱れたパスに対応するため、X方向とY方向の比が同等であったのではないかと考えられる。一方、WSとLの移動距離のX方向とY方向の比はそれぞれ1.58、1.48でX方向の移動距離がY方向の1.5倍程度であった。WSは他のポジションよりスパイクの本数が平均で12本と他のポジションの平均4.33本よりも多かったためネットから離れたたり、ネットに向かって助走する動作が増え、X方向の移動距離が長くなったと考えられる。Lは後衛で守備をするポジションであるため、様々な方向に飛来するサーブに対するレセプションやディグ時のポジショニング、ブロックカバーやフェイントのレシーブの動作などでX方向移動距離が長くなったと考えられる。また、ルール上ブロックをすることができないために、ブロック動作で多く見られるY方向への移動距離が短かったと考えられる。

## 2.移動速度

本研究では初めてバレーボール競技時の選手の平面方向の移動速度を測定することに成功した。選手の移動距離を調べることは、その競技の運動量を知る手がかりを得る有用な手段ではあるが、その移動時の速度が運動強度に大きく影響すると考えられる。表8は各選手の移動速度の割合を示したものである。全体では0-1m/sが最も多く、次いで1-2m/s、2-3m/s、3-4m/s、4m/s以上の順であった。2m/s以下の比較的遅い動きが全体の約80%を占めていることがわかった。ラリー時間は7分6秒で、そのうちの80%すなわち5分40秒が2m/s以下の移動速度であった。これはバレーボール競技が平面方向の移動が少なく、ボールや相手チームの選手を観察している時間が長い

表8 各選手の移動速度の割合 (%)

チーム 背番号	Aチーム								Bチーム								全体
	19(S)	20(WS)	23(WS)	23(WS)	24(MB)	17(MB)	L	合計	26(S)	28(WS)	11(WS)	25(WS)	10(MB)	15(MB)	L	合計	
0-1m/s	49.0	41.1	40.1	40.9	46.2	48.6	42.7	43.7	46.3	42.4	47.7	36.3	47.3	51.0	38.6	43.7	43.7
1-2m/s	35.1	40.1	38.5	31.5	33.3	32.6	41.2	36.4	38.4	36.6	33.1	35.3	39.0	33.0	41.3	36.7	36.5
2-3m/s	11.6	13.5	16.1	19.4	16.3	14.5	12.2	14.8	11.8	14.6	13.2	18.1	10.6	10.3	15.1	13.7	14.3
3-4m/s	3.4	4.1	4.4	6.7	3.5	3.2	3.0	4.2	2.8	4.9	4.6	7.4	2.6	4.6	4.0	4.5	4.3
4m/s以上	0.8	1.1	0.9	1.6	0.7	1.0	0.8	1.0	0.7	1.4	1.4	3.0	0.6	1.1	1.0	1.4	1.2

S, セッター；WS, ウィングスパイカー；MB, ミドルブロッカー；L, リベロ

表9 ポジションごとの移動速度の割合 (%)

ポジション	S	WS	MB	L
0-1m/s	47.69	41.43	47.38	40.71
1-2m/s	36.78	35.85	32.96	41.26
2-3m/s	11.68	15.81	15.44	13.63
3-4m/s	3.07	5.32	3.38	3.52
4m/s以上	0.78	1.59	0.85	0.88

S, セッター；WS, ウィングスパイカー；MB, ミドルブロッカー；L, リベロ

ことを示していると考えられる。また、選手がスパイクやブロックなどのボールに関係して、素早い動きをしている時間は非常に短い事を示していると考えられる。ポジションごとに比較してみると、他のポジションと比べ、WSが比較的速い速度で移動する時間が長いことが示された(表9)。これはおそらく、他のポジションに比べ、スパイクの本数が多かったことに起因すると考えられる。しかし、他のスポーツと比較すると、サッカーでは50%以上が2m/sを越えており、バレーボールに比べ高速で移動する時間が長いことが報告されている<sup>10)</sup>。また、大橋ら(1988)によると、一流サッカー選手では4m/s以上での移動距離が総移動距離の22-29%であったと報告されている。サッカーに比べ、バレーボールはコートが狭いため、ダッシュしてもトップスピードに達する前に減速することがほとんどであるとされる。このため、高速での移動が少なかったのではないかと考えられる。

### 3.移動軌跡

図2から5に各ポジションの移動軌跡を示した。左側がネット、右側がエンドラインである。図2にS(Aチーム)の移動軌跡を示した。Sはトスを上げることを専門とするポジションである。前衛のライト寄りの位置で移動軌跡の線の密度が濃くなっており、この位置からのトスがかったことを示している。また、コート中央部ライトよりの位

置においても線の密度が濃くなっている。これは、セッターが後衛時にこの位置でディグをする事が多かったためではないかと考えられる。図3にWS(Aチーム)の移動軌跡を示した。前衛ではレフト側でのプレーが多く、ネットに向かって斜めに助走する軌跡が多く見られる。また、ブロックもレフトで行うことがほとんどで、ネット際でネットに対して平行に移動する軌跡が多く見られる。また、後衛ではセンターでレシーブしており、ネットに向かいバックアタックの助走をしているのが分かる。図4にMB(Aチーム)の移動軌跡を示した。MBは前衛ではブロックのためにネットに対して平行に移動することが多く、スパイクのために下がって助走をしているのが分かる。また、後衛時はサービス後以外はLと交代しているため、コート後方の軌跡は少ない。図5にL(Aチーム)の移動軌跡を示した。Lは守備専門のプレーヤーで前衛ではプレーすることができない。そのため、アタックラインより後方のバックゾーンでの軌跡が多かった。主にレフト側でプレーしているが、時にはセンターからライトまで移動しているのが分かる。このように、移動軌跡を調べることで各ポジションの水平方向の移動における特徴をつかむことができた。

本研究ではバレーボールにおける水平方向の移動距離、移動速度、移動方向、移動軌跡を2次元DLT法を用いて算出することに成功した。これらのデータがバレーボール選手の効果的なトレーニングプログラムデザインや作戦の

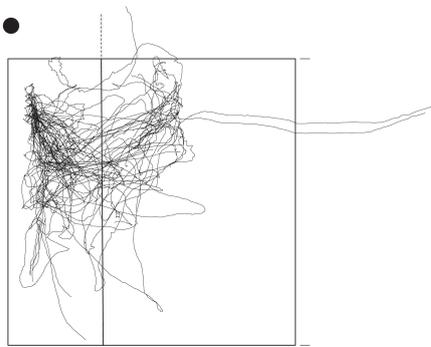


図2: セッター (S) の移動軌跡



図4: ミドルブロッカー (MB) の移動軌跡

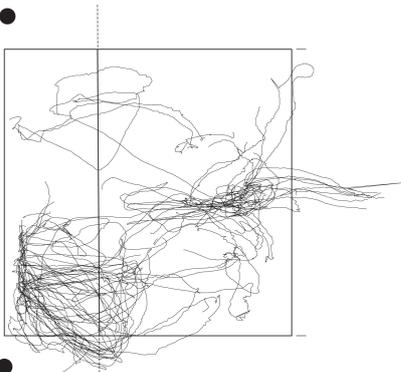


図3: ウイングスパイカー (WS) の移動軌跡

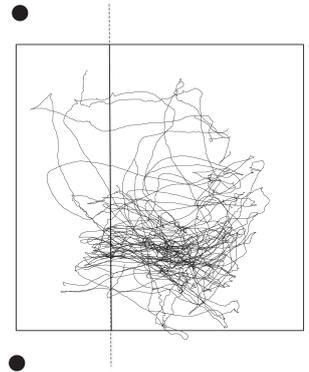


図5: リベロ (L) の移動軌跡

立案などに活用されることが期待される。しかし、1セットの模擬試合であったため、各ポジションの特性を統計的に処理し比較するには至らなかった。今後はさらに被験者数、セット数を増やしたデータでの分析を行うことで、各ポジションの特性が明らかになれば、ポジション別のトレーニングプログラムの考案などに活用することができると考えられる。

## 【結 論】

本研究では大学女子バレーボール選手を対象に2次元DLT法を用いて、選手の水平方向の移動距離を正確に調べることに成功した。両チームの1セット間で水平方向に移動した距離は平均で527.58 (± 14.87) mであった。選手の平均移動距離はセットの勝敗に関係なく、差は見られなかった。ポジションごとに移動距離を比較してみると、ウイングスパイカー (WS) が648.61 (± 248.92) と最も移動距離が長く、次いでセッター (S) の572.79 (± 18.23)m、リベロ (L) の514.15 (± 8.60)m、ミドルブロッカー (MB) の330.15 (± 20.14) mであった。また、本研究では初めてバレーボール競技時の選手の平面方向の移動速度を測定することに成功した。移動速度は0-1m/sが最も多く、次いで1-2m/s、2-3m/s、3-4m/s、4m/s以上の順であった。2m/s以下の比較的遅い動きが全体の約80%を占めていることがわかった。これはバレーボール競技が平面方向の移動が少なく、ボールや相手チームの選手を観察している時間が長いことを示していると考えられる。また、選手がスパイクやブロックなどのボールに関係して、素早い動きをしている時間は非常に短い事を示していると考えられる。他のポジションと比べ、WSが比較的速い速度で移動する時間が長いことが示された。これはおそらく、他のポジションに比べ、スパイクの本数が多かったことに起因すると考えられる。また、移動軌跡を調べることで各ポジションの水平方向の移動における特徴をつかむことができた。

## 【謝 辞】

本研究の実験を行うにあたり、ナショナルトレーニングセンターの担当者の方々に大変お世話になりました。また、被験者を快く引き受けてくださった学生たちに感謝いたします。なお、本研究は日本バレーボール学会2013年度調査研究費助成を受けて行われました。

## 【参 考 文 献】

- 1) 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較正および連続得点について - .大阪体育大学紀要 (32) ,13-24,2001
- 2) 橋原 孝博・西村 清巳：2次元DLT法を用いたVT R動作解析システムの確立に関する研究：広島大学総合科学部紀要IV理系編 (21) ,161-169,1995
- 3) 泉 圭祐・上田 大・森 貴・高橋 勝美・森田 恭光・村上 一郎・弘 卓三：2次元DLT法を用いたバドミントンゲームのゲーム分析：高校生のゲーム中の移動距離と移動時間について, Proceedings of the Congress of the Japanese Society of Physical Education (51) , 373,2000
- 4) 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 (特集 跳躍動作のバイオメカニクス) . 体育の科学 57 (7) ,521-527,2007
- 5) 南 匡泰・渡辺 一志・土屋 秀雄：心拍数からみた運動強度 バレーボールゲーム中のポジション別心拍数変動について, 大阪市立大学保健体育学研究紀要 (21) , 15-18, 1985
- 6) 宮城 修・大橋 二郎・瀧 剛志：サッカーの移動スピードと距離から見たポジション間の比較. 日本体育学会, (55) ,528,2004
- 7) 宮森 隆行・吉村 雅文・綾部 誠也・宮原 祐徹・青葉 幸洋・鈴木 茂雄：大学サッカー選手のポジション別体力特性に関する研究 - 試合中の移動距離・移動スピードからみた生理学的特徴との関連性について - . 理学療法科学 23 (2) ,189-195,2008
- 8) Mroczek,D・Januszkiewicz,A・Kawczynski,AS・Borysiuk,Z・Chmura,J.:Analysis of male volleyball players' motor activities during a top level match. J Strength Cond Res 28 (8) :2297-2305,2014.
- 9) 大橋 二郎・宮城 修・金子 保敏：サッカープレーヤーの移動距離とスピード分布によるゲームパフォーマンスの評価, 日本体育学会大会号 (49) ,518,1998
- 10) Scribbans TD・Berg K・Narazaki K・Janssen I・Gurd BJ.: Heart rate during basketball game play and volleyball drills accurately predicts oxygen uptake and energy expenditure. J Sports Med Phys Fitness. 55 (9) :905-13,2015
- 11) Suda K・Michikami S・Sato Y・Umebayashi K.:Automatic measurement of running distance during tennis matches using computer-based trace analysis. In: Applied Sport Science for High Performance Tennis. Eds. Crespo, M., Reid, M. and Miley, D. London: ITF,151
- 12) Suda K・Umebayashi K・Sato Y・Michikami S.:Automatic measurement of running distance during badminton match using computer-based trace analysis. Pre- Olympic Congress, 370, 2004
- 13) 塚本 博之：バレーボールのゲーム分析：ラリーポイント制導入によるゲームプランの変化, 静岡産業大学

- 
- 国際情報学部紀要 (2) ,47-157,2000
- 14) 内田 和寿・塚本 正仁・亀ヶ谷 純一・高橋 和之：バレーボール競技におけるラリー継続時間に関する一考察. 日本女子体育大学紀要 (32) ,109-114,2002-2003
- 15) 八坂 剛史, 牛山 幸彦, 渡部 晴行, 高梨 泰彦, 井上 広国, 中島 克典, 濱田 幸二, 越野 香, 佐々木 宏, 橋爪 裕, 津田 佳弘, 白井 徹男, 南 匡泰：D.L.T 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
- 16) 八木 規夫・高木 英樹・杉田 正明・藤田 一豊：ユースサッカー選手の試合中の動きに関する分析, 三重県体育協会スポーツ医・科学研究 MIE (8,9) 31-37、2002
- 17) 山田 洋・小山 孟志・小河原 慶太・長尾 秀行・陸川 章：日本女子トップレベルのバスケットボール選手における試合中の移動距離及び移動速度 日本体育学会大会予稿集 (65) ,254-255,2014
-