

## バレーボール選手とビーチバレー選手の垂直跳びおよび膝関節角度

### The vertical jump and knee joint angle of the volleyball player and the beach volleyball player

竹川 智樹\*, 小野 浩二\*\*, 渡辺 剛\*\*

Tomoki TAKEKAWA\*, Koji ONO\*\* and Tuyoshi WATANABE\*\*

#### Abstract

The aim of this study is to clarify the difference of capability in vertical jump between indoor volleyball players and beach volleyball players.

In indoor group, the capability of vertical jump on the floor was found to be significantly higher than that of on-the-sand. On the other hand, the results of the beach group did not show significant difference between on-the-sand and on-the-floor. In both groups, the maximum knee flexion angle did not show any significant difference between on-the-floor and on-the-sand. It is worth noticing that the beach group could show the large knee flexion angle compared to that of the indoor group. In both groups, the knee angular velocity did not show any significant difference between on-the-floor and on-the-sand. It is worth noticing that the knee angular velocity of the indoor group was faster than that of the beach group in both surfaces (sand and floor).

In the analysis of this study, it was found that there exists strong correlation with the jump time and the capability of vertical jump, which was conducted on the sand by the beach group. (i.e. beach group could show a longer jump time and a higher capability of vertical jump compared to those of indoor group; the longer the jump time, the higher the capability of vertical jump.)

The results of this study indicated that there was found a significant difference between beach volleyball players and indoor volleyball players in the following points; i) the difference of the time from knee flexion to extension; ii) beach volleyball players can acquire strong reaction force caused by a big countermovement, which might possibly result in a high jump.

---

\* 高千穂大学 (Takachiho University)

\*\* 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate school of sport system, Kokushikan University)

## I. 緒言

1895年、アメリカマサチューセッツ州ホリヨーク市YMCAのW.G.モルガンにより、バレーボールが誕生した<sup>11)</sup>。モルガンは老若男女誰もが楽しくプレーできるもの(レクリエーションスポーツ)、多人数でできるものとしてテニスにヒントを得て、バレーボールを考案した<sup>18)</sup>。

バレーボールの競技特性は、コートがネットで区切られているネット型のスポーツという点である。そのため、相手チームのプレーヤーとの接触がなく、その点に関しては安全ではあるが、けがの発生という点では、ジャンパーズニーなどの慢性的な外傷とともに、急性的な外傷としては捻挫の発生などがあげられる<sup>1)</sup>。また、定められた平面(コート)と空間、人数がそろえば競技(6人制・9人制)が成り立ち、道具を使わないスポーツとしても有名である<sup>20)</sup>。

バレーボールの普及期にストリートバレーボールなどが行われていた1920年頃、バレーボールを海岸に持ち出した人物によって、砂上で行うビーチバレーボール(以下、ビーチバレー)が行われ始めた<sup>14)</sup>。発祥地はハワイまたはカリフォルニアのサンタモニカビーチという二つの説があり、サンタモニカビーチでは、ポール・ジョンソンの提案により現在の主流である2人制ビーチバレーが誕生した<sup>14)</sup>。

ビーチバレーは、バレーボールより遅れること32年、1996年のアトランタオリンピックから正式種目となり、日本においても以前より注目されるにいたった。そして現在では多くの国内大会が開催されているが、日本におけるビーチバレーはその競技人口の少なさからもまだまだマイナースポーツの域を出ていないといえる。

ビーチバレーの競技特性は、基本的にバレーボールと変わらないが、人数が2人ということと、砂浜という自然の中で行われる事が大きな特徴であり、砂、風、太陽といった自然環境の中、走ったり、跳んだり、また、風によってボールがどう

変化するかなどに早く対応し、その性質も知っておく必要があると考えられる。また、外傷の発生については、床の上の競技とは違い、衝撃緩衝力<sup>4) 5) 10)</sup>が優れている、やわらかい砂の上での競技なので、ジャンパーズニーや捻挫などもかなり少ないと報告されている<sup>2)</sup>。

## II. 目的

砂上運動が増加し、それに伴い実施者も増えているにもかかわらず、砂上運動に関する研究は未だ少数である。したがって、砂上運動に関する研究が、現在大いに求められている。そして、砂上運動に関する研究と同様に、ビーチバレーの研究報告は少数であるだけでなく、その特性について研究されたものは皆無である。また、床における跳躍や垂直跳びの研究<sup>6) 9) 16) 17) 19)</sup>は数多くなされているが、床とは異なる地面での跳躍や垂直跳びに関する研究<sup>13)</sup>は少数である。

その結果ビーチバレー選手は、練習内容を自ら考え、自主的に行っているのが現状であるが、足場が安定しない砂上での運動は、体育館や土の上での運動に比べて、特殊な技術が必要であると考えられている。

そこで、本研究では、バレーボール選手とビーチバレー選手の床と砂上における垂直跳び成績、および垂直跳び時の膝関節屈曲角度、膝関節伸展角速度について調査し、その相違について比較検討し、砂上運動の基礎的知見を得ることを目的とした。

## III. 方法

### 1 被験者

本研究の被験者はバレーボール選手男子7名(年齢 $20.9 \pm 2.5$ 歳、身長 $177.7 \pm 2.8$ cm、体重 $69.1 \pm 5.4$ kg)をインドア群、ビーチバレー選手男子7名(年齢 $24.1 \pm 3.1$ 歳、身長 $183.4 \pm 5.8$ cm、体重 $76.3 \pm 3.9$ kg)をビーチ群とし、合計14名であ

った。

インドア群においては、リベロやレシーバーといった、ゲーム中にほとんどジャンプをしない守備専門選手、およびセッターは被験者から除外した。

## 2 砂場の作成

砂上の垂直跳び成績測定のために砂場を作製した。砂場はベニヤ板と角材を加工し、組み立てて木箱を作り、工業用ボンドとネジにより補強した。木箱の大きさは縦120cm、横120cm、高さ30cmであり、海岸から採取した砂を高さ20cmまで敷き詰めた。

## 3 垂直跳びの測定

一被験者の跳躍は次の4種類とした。

- ①靴を着用した状態での床における跳躍（以下、床靴と表記）
- ②靴を着用した状態での砂上における跳躍（以下、砂靴と表記）
- ③裸足の状態での床における跳躍（以下、床裸足と表記）
- ④裸足の状態での砂上における跳躍（以下、砂裸足と表記）

被験者は以上4種類の条件それぞれにおいて、垂直跳びを最大努力で3回行った。3回の記録のうち最高値を示した記録を採用した。

疲労の影響を極力少なくするため、各試技間には十分な休息を取るようし、測定の慣れを防ぐため測定の順番はランダムに行った。

## 4 膝関節角度の測定

垂直跳び測定時における膝関節角度を、P&Gゴニオメーターにより測定した。ゴニオメーターの装着位置は全被験者ともに右脚とし、上部を腸頸靭帯上に、下部を腓骨頭から踝までの直線上に両面テープで貼り付け、剥がれにくくするためにサージカルテープで固定した。データはアングルディスプレイユニットを介し、日本光電社製

LEG-1000の外部機器波形入力コネクタからコンピュータに取り込み、日本光電社製基礎医学研究用システムソフトLEG-1000を用いて記録し、垂直跳び時の膝関節の最大屈曲角度および膝関節伸展角速度を求めた。測定前に日本光電社製基礎医学研究用システムソフトLEG-1000上の波形をキャリブレーションし、測定中の誤差をなくした。なお、本研究の跳躍時とは、垂直跳びにおいて、被験者が膝を屈曲させ、跳躍動作に入り、ゴニオメーターの角度が0度から上昇しはじめた時から、膝を伸展し、再びゴニオメーターの角度が0度になった時までとした。また、この時を床および砂面から足が離れた時（離地）と定義した。

## 5 統計処理

### 5-1 垂直跳び成績

インドア群およびビーチ群の垂直跳び成績について、平均値および標準偏差を算出し、以下の組み合わせについて比較を行った。

- ①床靴および砂靴
- ②床裸足および砂裸足  
(①および②は床と砂での比較)
- ③床靴と床裸足
- ④砂靴と砂裸足  
(③および④は靴着用時と裸足での比較)

また、両群間における4種類の垂直跳び成績についても、比較を行った。平均値の差の検定にはいずれもt検定を用い、有意水準は5%未満とした。

### 5-2 膝関節角度

垂直跳び時における最大膝関節屈曲角度および最大膝関節屈曲から伸展の角速度（膝関節伸展角速度）の平均値および標準偏差を算出し、垂直跳び成績の①～④の組み合わせについて比較を行った。また両群間における4種類の垂直跳び時についても比較を行った。平均値の差の検定にはt検定を用いた。さらに、最大膝関節屈曲角度と垂直

跳び成績、膝関節伸展角速度と垂直跳び成績の相関関係を調べた。有意水準はいずれも5%未満とした。

### 5-3 跳躍時の時間

垂直跳び時の時間についての平均値および標準偏差を算出し、垂直跳び成績の①～④の組み合わせについて比較を行った。また両群間における4種類の垂直跳びの比較を行った。平均値の差の検定にはt検定を用いた。さらに、跳躍時の時間と垂直跳び成績の相関関係を調べた。有意水準はいずれも5%未満とした。

## IV. 結果

### 1 垂直跳び成績

各群における垂直跳びの成績を表1に示した。インドア群の平均値および標準偏差は、床靴66.0 ± 5.9cm、砂靴62.9 ± 6.3cm、床裸足70.1 ± 7.1cm、砂裸足64.0 ± 6.3cmであり、床靴と砂靴では砂靴が3.1 ± 1.2cm低く、床裸足と砂裸足では、砂裸足が6.1 ± 2.3cm低く、有意な差がみられた (p <

0.001)。また床靴と床裸足では、床裸足が高く、有意な差がみられた (p < 0.005)。また砂靴と砂裸足では有意な差はみられなかった (図1)。

ビーチ群の平均値および標準偏差は床靴67.7 ± 7.3cm、砂靴67.0 ± 8.7cm、床裸足70.7 ± 8.6cm、砂裸足68.0 ± 7.3cmであり、床靴と砂靴においては砂靴が0.7 ± 2.4cm低い値を示したが有意な差はみられず、床裸足と砂裸足では、砂裸足が2.7 ± 2.0cm低く、有意な差がみられた (p < 0.05)。床靴と床裸足でも有意な差がみられ (p < 0.05)、砂靴と砂裸足では有意な差はみられなかった (図2)。インドア群とビーチ群の比較では、各条件の垂直跳び成績において有意な差はみられなかった (図3)。

### 2 膝関節角度

#### 2-1 最大膝関節屈曲角度

垂直跳び時における各群の最大膝関節屈曲角度を表2に、平均値および標準偏差を図4に示した。インドア群の平均値および標準偏差は床靴において99.5 ± 15.3deg、砂靴で102.5 ± 15.2deg、床裸足で99.7 ± 15.4deg、砂裸足で97.6 ± 13.2degであ

表1 垂直跳び成績

被験者		床靴 (cm)	砂靴 (cm)	床裸足 (cm)	砂裸足 (cm)
インドア群	A	64	62	69	65
	B	72	68	75	71
	C	71	68	75	66
	D	62	60	64	60
	E	62	57	66	59
	F	58	54	61	55
	G	73	71	81	72
	平均	66.0	62.9	70.1	64.0
標準偏差	5.9	6.3	7.1	6.3	
ビーチ群	a	57	56	61	58
	b	68	67	71	68
	c	61	59	62	62
	d	75	79	80	76
	e	69	69	75	70
	f	78	77	82	78
	g	66	62	64	64
	平均	67.7	67.0	70.7	68.0
標準偏差	7.3	8.7	8.6	7.3	

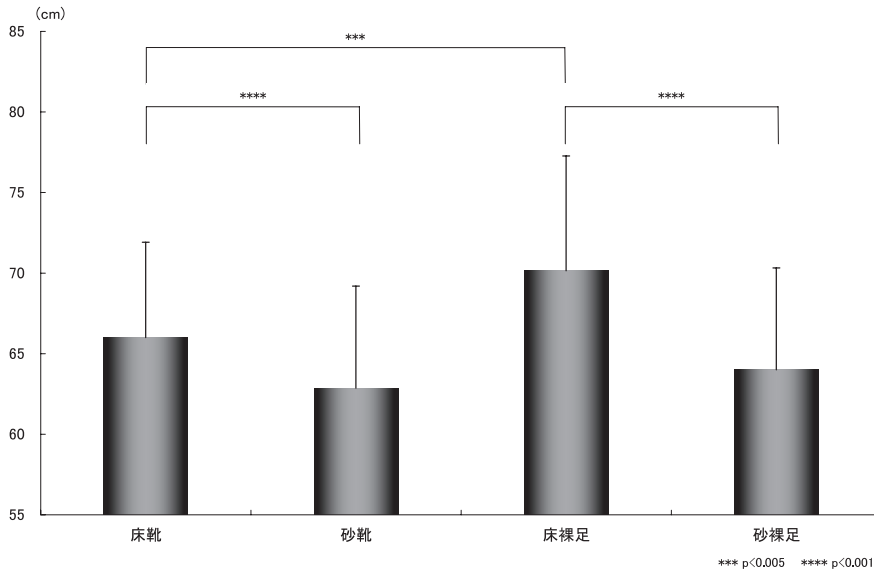


図1 インドア群における垂直跳びの平均値

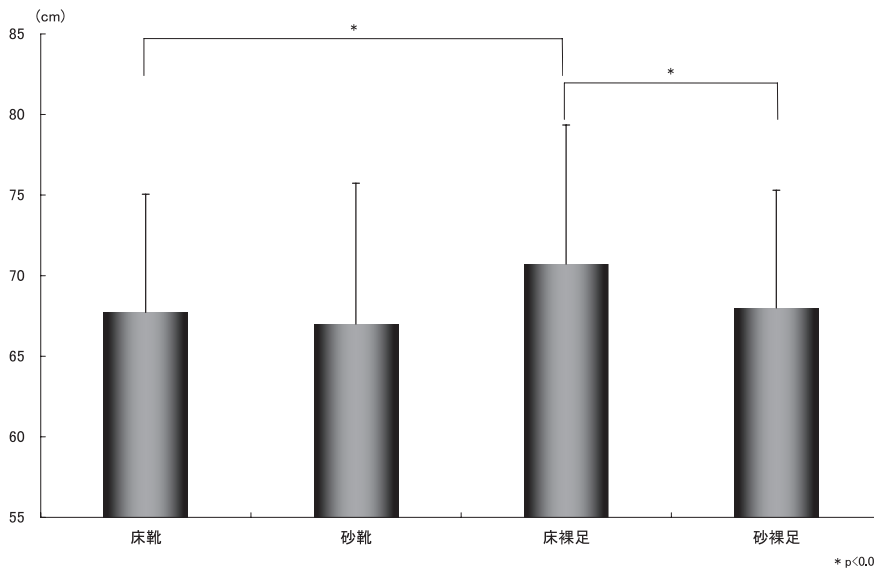


図2 ビーチ群における垂直跳びの平均値

った。それぞれの条件間で有意な差はみられなかった。ビーチ群の平均値は、床靴において  $113.2 \pm 18.7\text{deg}$ 、砂靴で  $119.7 \pm 19.1\text{deg}$ 、床裸足で  $114.9 \pm 21.5\text{deg}$ 、砂裸足で  $116.7 \pm 18.2\text{deg}$  であっ

た。床靴と砂靴において、砂靴が高い値を示し、有意な差がみられた ( $p < 0.01$ )。他の条件については、有意な差はみられなかった。インドア群とビーチ群におけるそれぞれの条件についての比較

は、砂裸足においてビーチ群の屈曲角度が大きく、有意差がみられた ( $p < 0.05$ )。その他の条件では有意差はみられなかったものの、ビーチ群がそれぞれ高い値を示した。

垂直跳び時の最大膝関節屈曲角度と垂直跳び成績では、両群の全条件で有意な相関関係はみられなかった。

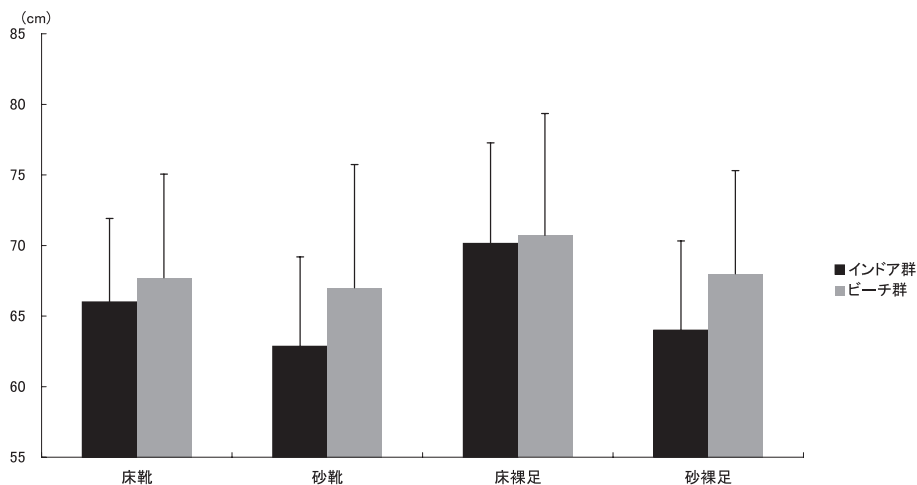


図3 各条件における垂直跳びの平均値

表2 垂垂直跳び時の最大膝関節屈曲角度

被験者		床靴 (deg)	砂靴 (deg)	床裸足 (deg)	砂裸足 (deg)
インドア群	A	100.3	98.4	96.5	96.3
	B	121.5	118.5	119.1	114.4
	C	107.7	123.4	113.7	105.8
	D	98.5	100.7	104.6	102.0
	E	87.2	88.6	84.1	81.0
	F	107.2	107.0	104.1	104.9
	G	74.0	81.0	76.0	78.8
	平均	99.5	102.5	99.7	97.6
標準偏差	15.3	15.2	15.4	13.2	
ビーチ群	a	79.0	88.0	82.2	83.5
	b	129.4	131.4	126.1	123.6
	c	104.7	112.6	97.7	109.7
	d	107.1	107.6	104.6	110.1
	e	120.5	121.0	122.4	119.5
	f	116.2	130.5	124.4	130.4
	g	135.3	146.7	147.0	140.2
	平均	113.2	119.7	114.9	116.7
標準偏差	18.7	19.1	21.5	18.2	

## 2-2 膝関節伸展角速度

垂直跳び時における膝関節伸展角速度を表3に、平均値および標準偏差を図5に示した。インドア群の平均値および標準偏差は床靴において  $346.4 \pm 13.8 \text{deg/sec}$ 、砂靴で  $353.2 \pm 27.9 \text{deg/sec}$ 、

床裸足で  $366.7 \pm 30.9 \text{deg/sec}$ 、砂裸足で  $352.0 \pm 26.8 \text{deg/sec}$ であった。それぞれの条件間で、有意な差はみられなかった。ビーチ群の平均値および標準偏差は、床靴において  $308.6 \pm 32.8 \text{deg/sec}$ 、砂靴で  $323.5 \pm 16.0 \text{deg/sec}$ 、床裸足で  $323.9$

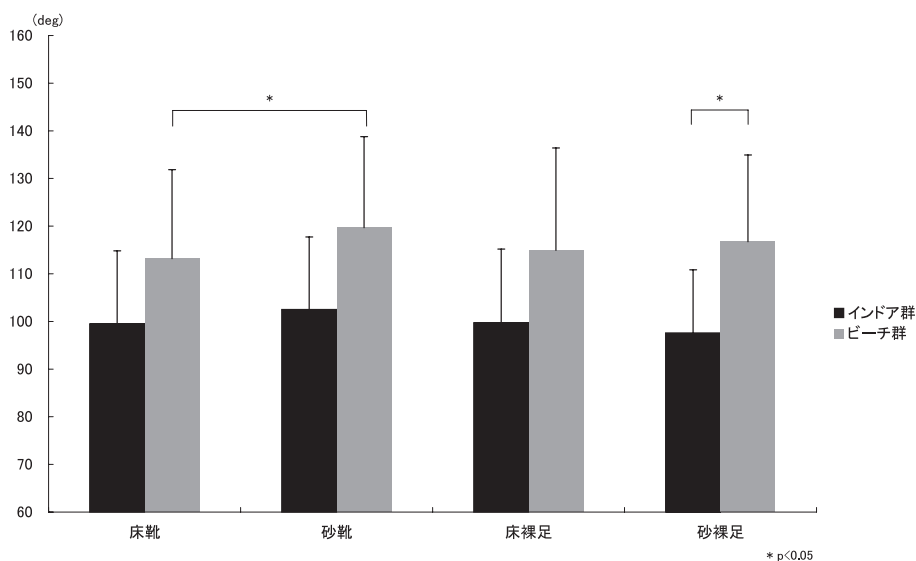


図4 各条件における垂直跳び時の最大膝関節屈曲角度の平均値

表3 垂直跳び時の膝関節伸展角速度

被験者		床靴 (deg/sec)	砂靴 (deg/sec)	床裸足 (deg/sec)	砂裸足 (deg/sec)
インドア群	A	320.9	300.3	321.2	338.5
	B	351.7	370.3	386.2	387.2
	C	354.2	338.4	330.2	340.1
	D	339.5	346.2	363.5	306.1
	E	364.9	380.5	402.3	361.6
	F	344.9	361.2	392.2	375.0
	G	348.6	375.4	371.2	355.3
	平均	346.4	353.2	366.7	352.0
標準偏差		13.8	27.9	30.9	26.8
ビーチ群	a	301.1	322.5	332.9	321.6
	b	278.6	305.9	299.5	291.4
	c	311.0	311.8	303.7	318.8
	d	374.0	354.9	343.2	363.5
	e	319.1	330.9	348.6	314.5
	f	276.7	318.4	323.2	324.5
	g	299.6	320.3	316.3	303.4
	平均	308.6	323.5	323.9	319.7
標準偏差		32.8	16.0	18.8	22.5

±18.8deg/sec、砂裸足で319.7±22.5deg/secであった。それぞれの条件間で有意な差はみられなかった。

インドア群とビーチ群におけるそれぞれの条件についての比較は、すべての条件でインドア選手が速い値であり、有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

垂直跳び時の膝関節伸展角速度と垂直跳び成績では、両群の全条件で有意な相関関係はみられなかった。

### 3 跳躍時の時間

垂直跳びにおける跳躍時の時間を表4に、平均

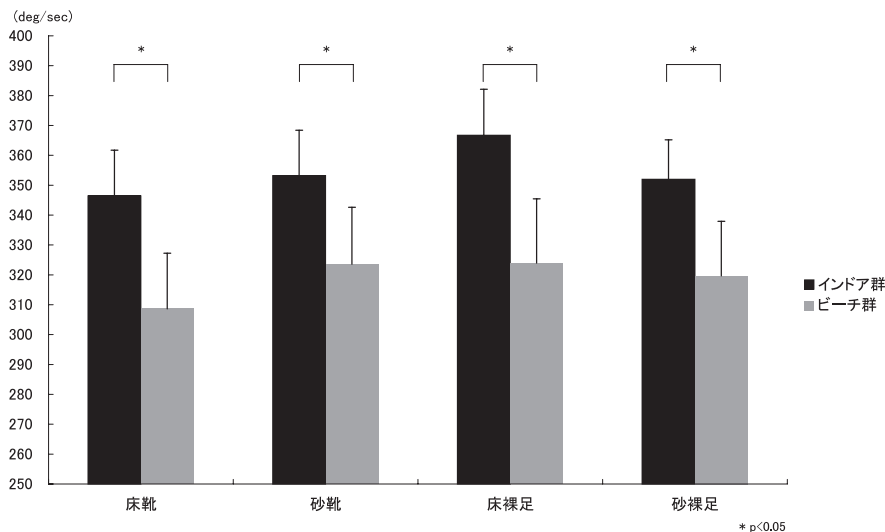


図5 各条件における垂直跳び時の最大膝関節屈曲角度の平均値

表4 垂直跳びにおける跳躍時の時間

被験者		床靴 (sec)	砂靴 (sec)	床裸足 (sec)	砂裸足 (sec)
インドア群	A	1.128	0.848	0.788	1.028
	B	1.228	1.308	1.272	1.120
	C	0.948	0.884	0.788	0.840
	D	1.216	1.116	1.084	1.188
	E	0.968	1.160	1.088	1.164
	F	0.840	0.772	0.744	0.716
	G	0.752	0.692	1.076	0.852
	平均	1.011	0.969	0.977	0.987
標準偏差	0.185	0.227	0.203	0.185	
ビーチ群	a	1.020	1.036	1.184	1.096
	b	1.368	1.408	1.400	1.168
	c	1.360	1.384	0.976	1.088
	d	1.432	1.436	1.144	1.440
	e	1.004	1.060	0.988	1.084
	f	1.648	1.548	1.428	1.588
	g	1.224	1.128	1.336	1.188
	平均	1.294	1.286	1.208	1.236
標準偏差	0.230	0.206	0.186	0.199	



値および標準偏差を図6に示した。インドア群の平均値および標準偏差は床靴において  $1.011 \pm 0.185\text{sec}$ 、砂靴で  $0.969 \pm 0.227\text{sec}$ 、床裸足で  $0.977 \pm 0.203\text{sec}$ 、砂裸足で  $0.987 \pm 0.185\text{sec}$  であり、有意な差はみられなかった。ビーチ群の平均値および標準偏差は床靴において  $1.294 \pm 0.230\text{sec}$ 、砂靴で  $1.286 \pm 0.206\text{sec}$ 、床裸足で  $1.208 \pm 0.186\text{sec}$ 、砂裸足で  $1.236 \pm 0.199\text{sec}$  であり、有意な差はみられなかった。

それぞれの条件についての両群間の比較では、インドア群がすべてにおいて速く、有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。

垂直跳びの跳躍時の時間と垂直跳び成績の相関では、ビーチ群の砂裸足で有意な相関関係がみられた ( $p < 0.05$ ) (図7)。インドア群の全条件とビーチ群の他の条件では有意な相関関係はみられなかった。

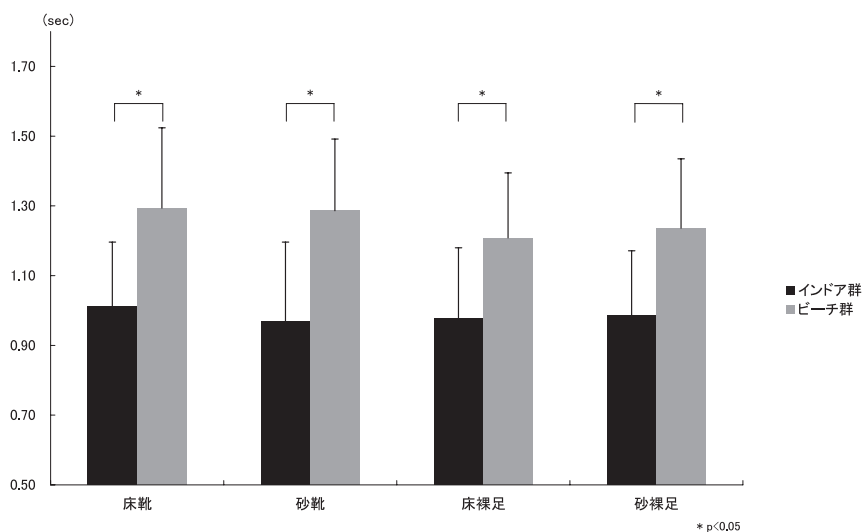


図6 垂直跳びにおける跳躍時の時間

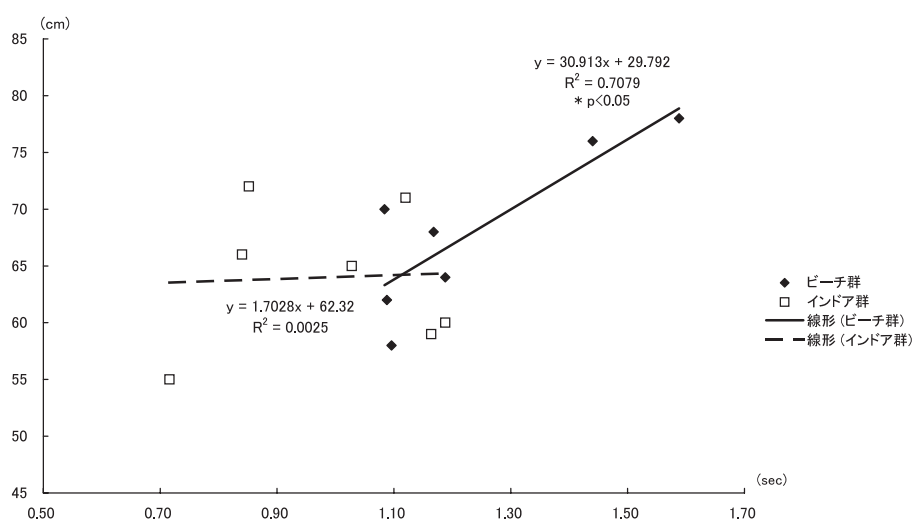


図7 砂裸足の垂直跳びにおける跳躍時の時間と垂直跳び成績

## V. 考 察

### 1 垂直跳び成績

本研究における垂直跳び成績は、インドア群で靴着用時および裸足において、床に比べ砂上が有意に低い値を示した。ビーチ群においては裸足での垂直跳びが床に比べ砂上が有意に低い値を示した。しかしビーチ群の裸足で、床と砂でみられた差は、靴着用時と裸足での垂直跳び成績を比較した時、有意に裸足での垂直跳びが高い値となったことからきたものであり、砂上という条件により垂直跳び成績が低下したのではなく、床裸足の成績が床および砂上の靴着用時に比べ高い値を示したために、有意な差がみられたものと考えられる。すなわちインドア群は砂上に比べ床のほうが高く跳べるが、ビーチ群は床においても砂上においても跳躍高にはほとんど差がなく、同程度の成績であると考えられた。

村松ら<sup>12)</sup>は大学バレーボール選手の床と砂上の跳躍高(身体重心上昇高)について比較を行った。その結果、砂での跳躍は床に比べ4.5cm、8.33%低く、有意な差がみられている。この研究は跳躍を裸足で行ったのか靴を着用して行ったかは不明であるが、本研究の値と比較してみると、インドア群の靴着用時の垂直跳び成績は床に比べ砂上が3.1cm、4.8%低い値であり、裸足での成績は6.1cm、8.8%低い値を示し、裸足での比較が村松らの研究とほぼ同じ値を示した。しかし、この研究は本研究のインドア群にしかあてはまらず、ビーチ群においては、靴着用時の垂直跳び成績は床に比べ砂上が0.7cm、1.1%低い値であり、裸足での成績は2.7cm、2.6%低い値を示した。誰でも実感できるように、砂上における歩行や走行、跳躍は砂面に力を加えたときに沈んだり、滑ったりすることで的確に力を上方へ伝えられないことが8)、インドア群において跳躍高を減少させたものと考えられる。しかし、ビーチ群においては的確に力を上方へ伝える跳躍が出来たため、床と変わらない成績を残せたと考えられる。

岡本<sup>15)</sup>によると、地面土質の物性の一指標である土中波速が高速であるほど跳躍高は高い値を示すと述べている。このことから、砂のほうが床に比べ土中波速が低速であるため、弾性波伝播速度の観点からみると、砂上における垂直跳び成績の低下が推測できることが示唆された。

## 2 膝関節角度

### 2-1 最大膝関節屈曲角度

最大膝関節屈曲角度は、インドア群とビーチ群を比較すると、砂裸足においてビーチ群が有意に高い値を示したことをはじめ、すべての条件でビーチ群が高い値を示した。すなわち、インドア群に比べてビーチ群は深く沈みこんで、垂直跳びを行っていたことが伺える。垂直跳びと比較的似ている動作として、バレーボールのブロックジャンプがあげられるであろう。インドアバレーボールにおいては攻撃の多様性から一人で何人もの選手をマークしたり、その場ですばやくジャンプしたり、また、左右に移動してジャンプしたりと速さが大いに求められる<sup>1)</sup>。それとは大きく異なり、ビーチバレーのブロックジャンプは競技人数から伺えるように、マークする相手は一人であり、大きく左右に移動したりせず、その場でのジャンプがほとんどである<sup>7) 14)</sup>。また、インドアバレーボールのブロックのタイミングを考えてみると、相手スパイカーがスパイクを打つ瞬間にブロックが最高点に達していることが理想であると考えられるが、ビーチバレーのブロックは相手スパイカーがスパイクを打つ前に最高点に達したり、打ったあとに最高点に達したりと、ブロックのタイミングが多様である。

ビーチバレーのブロックは前述したようにマークする相手が一人であるため、先に相手の前へ移動することが可能であると考えられる。先に相手スパイカーの前に移動することによって、相手がスパイクを打つまでに十分な時間があることが考えられる。そのため相手スパイカーより先に移動し、その場で相手スパイカーに対するブロックのタイ

ミングを計っていることと、その場からより高く跳ぶための工夫として、深く沈みこむことが考えられる。その結果、膝関節伸展および屈曲を最大限に行ったことが、ビーチ群において最大膝関節屈曲角度が高い値を示した要因と考えられる。

## 2-2 膝関節伸展角速度

垂直跳びおよび連続垂直跳び時における膝関節伸展角速度はすべての条件でインドア群が速い値を示した。しかし垂直跳び成績の結果は、膝関節伸展角速度が遅いビーチ群のほうが砂上において特に高い値を示している。このことを考慮すると、本研究の結果からは膝関節伸展角速度が遅いほうが、砂上における垂直跳び成績は良くなると考えられるが、深代<sup>3)</sup>によると垂直跳びでより高く跳ぶためには、膝関節の伸展角速度を速くすることが大きな要因であると述べており、前述した結果とは矛盾することになる。深代の報告は普通の垂直跳び、すなわち床で行われる垂直跳びに当てはまり、砂上では砂の硬さに合致した特異な膝関節伸展角速度が存在し、その速度が垂直跳び成績と密接な関係を持っていると考えられた。インドア群においては普段から行っている床での跳躍を本実験においてもすべての条件で普段と同じように行い、ビーチ群においては普段から行っている砂上での跳躍を本実験においてもすべての条件で普段と同じように行ったことから、インドア群よりビーチ群の膝関節伸展角速度が全条件で遅くなったものと考えられる。

## 3 跳躍時の時間

跳躍時の時間は、垂直跳びにおいて、インドア群が全条件で速い値を示した。また、ビーチ群における砂裸足での、垂直跳びと跳躍時の時間との相関関係で有意な相関がみられた。膝関節伸展角速度から考えれば、ビーチ群では跳躍時の時間が遅くなることは当然の結果といえよう。しかし、ビーチ群においては膝関節伸展からの時間が遅い事は言うまでもないが、最大屈曲までの時間も遅

くなっていた。村松ら<sup>12)</sup>によると、大学男子バレーボール部員を対象として床および砂上における跳躍時のキック時間を測定したところ、砂のほうが床よりも遅い傾向にあると述べている。このことを考慮すると、床と同様に砂上において有効にパワーを発揮するためには砂の特性にあった跳躍のキック時間が大いに関係し、重要な要因であると考えられた。

以上のことから、バレーボール選手とビーチバレー選手では膝関節屈曲から膝関節伸展までの時間に顕著な相違が見られ、ビーチバレー選手は砂上で跳躍を行う際に、大きな反動動作により強い反力を獲得し、高い跳躍を可能にしていると考えられた。

## 引用・参考文献

- 1) Carl McGown : バレーボールコーチングの科学, 15-218, ベースボール・マガジン社, 1998.
- 2) H.Aagaard, M.Scavenius, U.Jorgensen : An Epidemiological Analysis of the Injury Pattern in Indoor and Beach Volleyball, J Sports Med, 18 (3), 217-221, 1997.
- 3) 深代千之 : ランニングとジャンプのバイオメカニクス, 臨床スポーツ医学, 18 (1), 1-5, 2001.
- 4) 福田裕之 : サーフェスの弾力性が人間の着地衝撃緩衝のメカニズムに及ぼす影響, バイオメカニズム学術講演会予稿集, 209-212, 1984.
- 5) 古川源蔵 : スポーツ用舗装材の安全性・快適性, 科学と工業, 67 (8), 303-309, 1993.
- 6) 伊藤章, 斎藤昌久, 金子公宥 : 跳躍運動における反動効果, スポーツサイエンス, 6 (3), 232-238, 1987.
- 7) Karch Kraly : KIRALY's VOLLEYBALL カーチ・キラリのパーフェクト・クリニック, 27-116, 日本文化出版株式会社, 1987.
- 8) 片尾周造, 村松茂, 野坂和則 : 砂上の運動, 横浜私立大学論叢自然科学系列, 75-83, 1989.
- 9) 栗原崇志, 黒田英三, 生田香明 : 垂直跳における反動動作の速さの効果, バイオメカニズム学会誌, 9 (1), 31-37, 1985.
- 10) 三上貴正, 大野隆造, 地濃茂雄, 小野英哲 : 屋外スポーツサーフェイスのかたさの評価指標および評価方法の提示, 日本建築学会構造系論文報告集, 396, 1-8, 1989

- 11) 水谷豊：バレーボールその起源と発展, 35-205, 株式会社平凡社, 1995.
- 12) 村松茂, 永田俊勝, 福留彰教, 片尾周造, 木島晃：バレーボール選手のジャンプ力強化法としての砂場ジャンプの基礎的研究, 日本体育学会神奈川支部紀要体育研究, 22, 29-32, 1989.
- 13) 村松茂, 根津竹哉：トランポリンと床でのホッピングは何が違うか, 横浜大学紀要体力医学編, 29, 7-11, 2001.
- 14) 日本ビーチバレー連盟：BEACH VOLLEY TYPHOON ビーチバレー教本, 14-55, 日本文化出版株式会社, 1998.
- 15) 岡本大：土砂の弾性波伝播速度の測定, バイオメカニクス研究, 3 (3), 228-233, 1999.
- 16) 小村克, 宮原満男, 高本友彦, 佐々木宏：跳躍運動の分析, 人間工学, 17 (6), 267-272, 1981.
- 17) 龍聞久俊：跳躍動作に伴う反動動作の筋電図学的分析, 体力科学, 48 (6), 764, 1999.
- 18) 朽堀申二：バレーボールの学習指導と教材研究, 7-98, 不味堂出版, 1997.
- 19) 柳等, 友末亮三, 田村真一, 寺島徹, 山根真紀：垂直跳びの成績からみた一流バレーボール選手の跳躍力の特徴, スポーツ医・科学, 12 (1), 43-47, 1999.
- 20) 吉田敏明, 勝本真, 中西康巳：バレーボールの技術と指導, 11-20, 不味堂出版, 1996.