

高校バレーボール選手のスパイクに関する研究

橋原 孝博*・佐賀野 健**・金 致偉**・西村 清巳***

*広島大学総合科学部

**広島大学大学院教育学研究科

***広島大学教育学部

A study on the volleyball spike of senior high school players

Yoshihiro HASHIHARA*, Takeshi SAGANO**, Zhi-wei JIN**, and Kiyomi NISHIMURA***

*Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

**Graduate School of Education, Doctoral Degree Program, Hiroshima University

***Faculty of Education, Hiroshima University

Abstract : The purpose of this study was to investigate the spiking motions of senior high school players, and to collect the informations of skill training. The spikers who played in the finals of the 1995 Inter-high Hiroshima Preliminary were filmed at 80 f.p.s. with two 16mm cinecameras and a VTR. 22 three dimensional coordinates for the segment endpoints and a ball from the start of the approach run to the end of the swing in the air were computed by the Direct Linear Transformation Method. The results were summarized as follows: 1) 63.8% of the attack by the male players and 84.4% of the attack by the female players were such spikes as the ace player in the team hit the high set. The average height of the high set was 5.17m. 2) the finger height at the impact, the jumping height, and the ball velocity just after the impact were 3.09m, 82cm, 21.65m/s on the average in the case of the male, and were 2.60m, 57cm, 18.88m/s in the case of the female. 3) After the normalization and averaging of the relative displacement data for the body segments, the standard deviation from averaged motion was calculated. The downward swing movement of the arm during the take off, the backward swing movement of the arm and leg in the air, and the placing movement of the arm just before the impact were different from player to player.

キーワード：バレーボール、技術分析、スパイク、高校選手

緒 言

これまでバレーボールのスパイク技術に関する多くの研究では、技術それ自体を明らかにすることに研究の主眼がおかれ、技術に熟達している成人選手を対象として研究が進められてきた。そして最近では、3次元映画撮影法(DLT法)の開発やコンピューターの発達により、一流選手のゲー

ム中のスパイク動作を定量解析することも可能になっている。

都沢ほか⁷⁾は1981年ワールドカップにおける男子一流選手を対象にして、福原ほか¹⁾は1982年日米対抗戦における女子一流選手を対象にして、高い打点で強く打撃するスパイク技術について検討した。また橋原ほか⁵⁾は1994年日本リーグにおける中垣内祐一選手のスパイク動作を事例研究し、跳躍距離を大きくするスパイク技術について検討した。そして金⁶⁾は1994年アジア大会における男子一流選手のスパイク動作を分析し、打球方向の打ち分け技術について検討した。

しかしながらこのようにして究明されたスパイク技術を、体格や体力的条件の整わない一般成人や発育発達段階にある児童、生徒に適用するには限界がある。この解決策としては、技能段階に即したスパイク指導法の確立が考えられる。しかしバレーボールを初めとする我が国のスポーツ競技の多くは、学校単位の指導体制に支えられており、技能段階別指導理論を構築したとしても実践場面での技術の一貫指導は極めてむずかしい。従ってこのような状況下でできることは、小学校、中学校、高校、大学別にトップクラスのチームあるいは選手が現在用いている戦術や技術を分析し、各レベルの指導（あるいは練習）目標を明確にすることである。

本研究の目的は、インターハイ広島県予選決勝戦を3次元映画撮影法により分析し、これらの選手が用いている戦術やスパイク動作を検討することにより、今後の技術指導に関する資料を得ることである。

研究 方 法

1. 撮影

撮影対象とした試合は、1995年6月11日府中市総合体育館で行われたインターハイ広島県予選男子決勝戦および女子決勝戦であった。そして体育館2階ギャラリーに設置した2台の16mm高速度カメラにより、相手側のサーブ開始時からスパイクの打撃を終了して着地するまでの得権プレイを毎秒80コマで撮影した。またVTRカメラをエンドライン後方に設置し、試合開始から終了までの全プレイを撮影した。

2. 分析試技

撮影されたVTRおよび16mmフィルムを観察することにより、スパイクの助走開始から打撃を終了して着地するまでの全局面が2台の16mmカメラの両方で撮影されていて、打撃フォームを崩さず、かつブロッカーの手にも当たらないで強打している動作を分析試技として合計15試技（男子8試技、女子7試技）選択した。分析試技の中には同一の被験者による試技も含まれているので、被験者数は分析試技数とは一致せず、合計12名（男子6名、女子6名）であった。身長は男子が179～195cmで平均185cm、女子が165～173cmで平均169cmであった。

3. 分析

撮影された16mmフィルムをモーションアナライザーにかけ、DLT法⁴⁾により身体各部位21点およびボールの3次元座標を算出した。そして得られた3次元座標をもとに身体重心位置、速度、角度などの各種力学データを求めた。このような手順を経て得られた各種力学データから、スパイクの助走、踏切、打撃各局面における測定項目の値を求めた。本研究で用いた主な測定項目は次の通りである。

- 1) トスの高さ：トスボールの最高値。トスボールが高く上げられると、ボールが撮影画面から逸れて座標検出できない場合がある。このような時は、セッターリリース時からスパイクインパクト時までの撮影範囲にあるボールの位置データを使用して、最小二乗法により近似して求

めた。

- 2) 打点高：インパクト時における手先の高さ。
- 3) 打球速度：インパクト直後のボールの速度。水平方向は時間の1次式に、鉛直方向は2次式に近似して求めた。なお鉛直方向の近似式は、空中でボールに作用する力を重力のみと考え、2次の項の係数をあらかじめ $1/2g$ (g は重力の加速度)として方程式を立てた。
- 4) 跳躍高：最大重心高から立位時重心高を差し引いた値。重心位置はChandlerの身体部分係数³⁾を用いて算出した。立位時重心高は被験者の身長に0.5856を乗じて求めた。
- 5) 右側の腕および脚の相対位置：踏切1歩前助走開始地点からインパクト地点に向かう身体重心の水平ベクトルがネットとなす角度をもとに、踏切局面で身体重心高が最小になった地点を原点(0,0,0)として、身体各部位の位置データを座標変換した。そして右腕および右脚の相対位置は、1コマごとに、それぞれ右手先から右肩関節中心の位置、右足関節中心から右腰関節中心の位置を差し引いて求めた。

表1 スパイクの種類と打撃数

高校名 背番号 (ポジション)	追い トス	クイック			時間差	オープン	バック アタック	ツー 攻撃	合計
		A	B	C					
STOK									
2 (ライト)	11				4	6			21
7 (レフト)	6				2	4			12
6 (センター)		6	2	1					9
5 (セッター)							1		1
1 (レフト)	2				2	5			9
3 (センター)	1		4		1				6
ASAH									
11 (レフト)	4					12			16
6 (セッター)	1						2		3
2 (センター)		4							4
4 (レフト)	5				2	10	11		28
5 (ライト)	1					5			6
12 (センター)		4							4
1 (レフト)						8			8
(総数)	31	14	6	1	11	50	11	3	127
(%)	24.4	11.0	4.7	0.8	8.7	39.4	8.7	2.3	100
YSUD									
1 (レフト)	8				1	17	1		27
2 (ライト)	1	3			2	7			13
3 (センター)	2	3		2		1		1	9
4 (レフト)	5					19			24
5 (セッター)								3	3
6 (センター)	2	6		1		1			10
SMIZ									
1 (センター)	5	2				20			27
2 (レフト)	7					8			15
3 (センター)	8	2				6			16
5 (ライト)	2					5			7
6 (レフト)	10					11			21
(総数)	50	16		3	3	95	1	4	172
(%)	29.1	9.3		1.7	1.7	55.2	0.6	2.3	100

注) STOKとASAHは男子高校、YSUDとSMIZは女子高校

結果と考察

1. トスボール

表1はVTRにより定性分析した試合中のスパイクの種類と打撃数を示したものである。

試合中に用いられたスパイクの種類は、コート後方から高いトスを上げて攻撃する追いトスのスパイク、クイックスパイクABC、クイックスパイカーのすぐ隣りでクイックよりも遅れたタイミングで攻撃する時間差攻撃、ネットと平行に上げられた高いトスをアウトサイドから攻撃するオープンスパイク、バックコートプレイヤーが攻撃するバックアタック、第2接触時に攻撃するツー攻撃であった。

打撃総数は男子が127本、女子が172本であり、この内追いトスとオープンによる攻撃が男子では81本(63.8%)、女子では145本(84.4%)と多かった。また各選手の打撃数を見ると、STOKでは2番の21本、ASAHでは4番の28本、YSUDでは1番の27本と4番の24本、SMIZでは1番の27本と6番の21本が多かった。

従って高校生チームの攻撃方法は、高いトスボールを特定のスパイカーが打撃する攻撃パターンを多用していることがわかる。

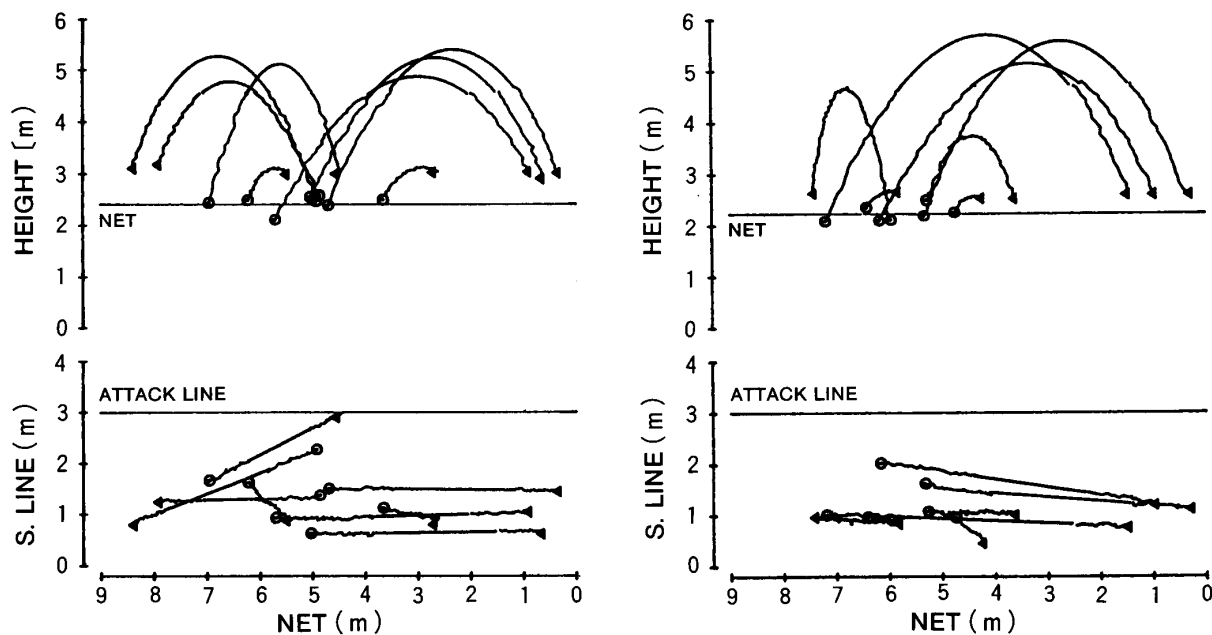


図1 トスボールの軌跡(左図は男子選手、右図は女子選手のトスの軌跡、○はセッターリリース時のボールの位置、△はスパイカーインパクト時のボールの位置を示す)

図1はトスボールの軌跡を示したもので、上図はバレーボールコートでネット方向から、下図は真上から見たものである。原点はレフトサイドラインとセンターラインの交点である。各線上の記号は○がセッターリリース時のボール位置、△がスパイカーインパクト時のボール位置を示している。そして表2はトスボールに関する分析結果をまとめたものである。

ここで示すトスは、いずれもサーブレシーブからネット際にいるセッターが上げたトスである。全15試技の内、トスが高いスパイクはオープンの9試技とバックアタックの1試技である。トスの高さは平均5.17mであり、トス時間は平均1.444秒である。

表2 トスボールに関する分析結果

No	試技名	トスの種類	トスの高さ (m)	インパクト時のボール位置(m)		トス時間 (sec)
				ネットからの高さ	ネットからの距離	
1	K59	A ク イ ッ ク	3.15	0.60	0.81	0.514
2	K69	A ク イ ッ ク	3.14	0.56	0.88	0.489
3	K61	レフトオープン	4.87	0.61	1.05	1.354
4	K72	レフトオープン	5.25	0.48	0.62	1.427
5	K73	レフトオープン	5.40	0.59	1.45	1.479
6	U411	ライトオープン	5.28	0.68	0.78	1.411
7	U512	ライトオープン	4.77	0.76	1.25	1.227
8	U76	バックアタック	5.12	0.58	2.90	1.398
9	K35	A ク イ ッ ク	2.59	0.26	0.38	0.351
10	K44	A ク イ ッ ク	2.71	0.27	0.52	0.326
11	K43	時 間 差	3.75	0.32	0.95	1.002
12	K11	レフトオープン	5.69	0.41	0.67	1.641
13	K24	レフトオープン	5.57	0.36	1.05	1.604
14	K36	レフトオープン	5.14	0.35	1.17	1.537
15	U27	ライトオープン	4.65	0.46	0.91	1.358

注) 試技番号1～8は男子選手、9～15は女子選手の分析結果

注) トス時間：セッターリリース時からスパイカーインパクト時までの時間

スパイクの打撃内容をVTR分析したところ、強打は男子36.7%、女子41.8%、ブロックワンタッチは男子32%、女子22.7%、軟打あるいはフェイントは男子9.4%、女子8.2%、失敗（ブロックシャットを含む）は男子21.9%、女子27.3%であり、失敗の割合が意外と多かった。

高いトスは、セッターがトスボールをリリースしてからでも、容易にブロックに移動することができる。しかし高校生チームが高いトスをエースに集めて攻撃する戦術を使うのは、高校生レベルではプレイが安定しないから、コンビネーション攻撃のような複雑な攻撃法を使用せず簡単な攻撃法を使用するのだと推察される。

2. 打撃局面における運動成果

打撃局面はバックスイング、フォアスイング、フォロースルーの期間から成り、高い打点で打撃することや強く打撃することなどがこの局面のねらいとなる。表3は打撃局面に関する分析結果をまとめて示したものである。

打点高は男子では2.91～3.26mの範囲にあり平均が3.09m、女子では2.50～2.69mの範囲にあり平均が2.60mであった。また打球速度は男子では18.46～26.23m/sの範囲にあり平均が21.65m/s、女子では13.48～21.57m/sの範囲にあり平均が18.88m/sであった。

これまでに報告されている一流選手の打点高^{1,7)}は男子が平均3.18m、女子が平均2.75mである。そして打球速度^{1,7)}は男子が平均22.33m/s、女子が平均26.08m/s（Crockett選手の値が33.75m/sと極めて大きいので平均が上がった）である。本研究結果を一流選手の値と比較すると、平均では打点高、打球速度とも一流選手の方が大きい。しかし男子選手の中にはU411やU512試技のように、一流選手並みの成果を発揮している者もいる。

打球速度を大きくするには、腕のスイング動作が関与する。本研究のフォアスイング中の腕の速度は、肩、肘、手先の順で最大速度が出現し、平均的に見れば約2倍ずつ増加してインパクトに至っ

表3 打撃局面に関する分析結果

No	試技名	スパイクの種類	打ち分け角度(deg)		打点高 (m)	打点位置 (cm)		打球速度 (m/s)	スイング速度 (m/s)		
			(水平)	(鉛直)		前後	上下		肩	肘	手先
1	K59	Aクイック	78	-18	3.13	16	60	18.46	5.01	9.87	16.05
2	K69	Aクイック	-52	-20	3.04	36	65	19.44	3.36	7.76	16.06
3	K61	オープン	62	-5	3.06	14	64	18.81	4.57	8.33	14.12
4	K72	オープン	42	-13	2.91	42	63	19.82	4.24	8.14	16.05
5	K73	オープン	33	-10	3.11	31	68	22.16	3.93	8.63	15.27
6	U411	オープン	-61	-16	3.18	24	59	23.86	4.54	10.01	15.32
7	U512	オープン	-11	-11	3.26	28	63	26.23	4.33	8.59	17.79
8	U76	バックアタック	2	-9	3.08	29	62	24.45	4.38	8.43	15.10
	平均			-13	3.09	28	63	21.65	4.29	8.72	15.72
9	K35	Aクイック	-7	-19	2.57	40	51	13.48	3.14	7.41	12.22
10	K44	Aクイック	-9	-15	2.67	27	57	18.26	4.05	7.80	13.38
11	K44	時間差	-17	-6	2.50	25	61	19.16	3.15	9.72	12.40
12	K11	オープン	20	-6	2.56	25	62	20.19	3.55	9.40	13.72
13	K24	オープン	2	-10	2.69	23	53	19.90	3.65	9.00	14.03
14	K36	オープン	-23	-8	2.58	25	62	21.57	4.47	8.89	13.86
15	U27	オープン	-11	-6	2.64	20	60	19.61	4.04	8.68	13.95
	平均			-10	2.60	26	58	18.88	3.72	8.72	13.36

注) 打ち分け角度 (水平) : 空中で前方に跳躍している方向を0度とした打球角度
 符合の-は左、+は右方向への打ち分け角度を示す
 (鉛直) : 水平面に対する打球角度

注) 打点位置: インパクト時の肩の位置を原点にしたボールの相対位置

注) スイング速度 肩: フォアスイング中の肩の最大速度
 肘: フォアスイング中の肘の最大速度
 手先: フォアスイング中の手先の最大速度

ていた。

打点を高くするためには、身体各部位の関節を伸展させたインパクト姿勢をとることが役立つ。しかし肩を原点にしたボールの打点位置を見ると、ボールは肩の前上方にあり、肩関節をやや屈曲させたインパクト姿勢をとっていることがわかる。高校レベルの試合ではブロックによる守備力が強くなっている(打撃内容のVTR分析では、ブロックワンタッチの割合は男子が32.0%、女子が22.7%)、トスボールと同時に相手ブロッカーの手が視界に入る肩の前上方でボールをとらえ、打球を打ち分ける必要がある。

3. 助走・踏切局面における運動成果

助走、踏切局面の主たるねらいは跳躍高を大きくすることである。表4は助走、踏切局面に関する分析結果をまとめて示したものである。

跳躍高は男子では63~97cmの範囲にあり平均が82cm、女子では53~64cmの範囲にあり平均が57cmであった。報告されている一流選手の跳躍高^{1,7)}は、男子が平均90cm、女子が平均73cmであり、一流選手の跳躍高の方が本研究の値より大きい。なお試技U411とU512の跳躍高は、打点高や打球速度と同様、一流選手並に大きな値を示している。

跳躍高の大きさには踏切脚の動きが重要な役割を果たす。本研究では大部分の選手が、片脚で踏み込み、最も沈み込んだ付近でもう一方の足を接地させ、両脚で伸び上がる踏切動作をしていた。

表4 助走・踏切局面に関する分析結果

No	試技名	スパイクの種類	跳躍高 (cm)	膝関節角度(deg)		助走距離 (cm)			助走速度 (m/s)		
				最大屈曲時		踏切	踏切	踏切	踏切	踏切	踏切
				右	左	3歩前	2歩前	1歩前	3歩前	2歩前	1歩前
1	K59	Aクイック	92	96	104			173			4.38
2	K69	Aクイック	63	108	122		12	107		1.73	3.03
3	K61	オープン	79	90	119	41	116	147	2.27	3.78	4.48
4	K72	オープン	70	85	143	49	82	154	3.20	3.75	4.20
5	K73	オープン	74	79	124			140			3.85
6	U411	オープン	94	74	105		42	151		2.41	4.08
7	U512	オープン	97	77	120		40	141		2.80	4.47
8	U76	バックアタック	86	85	133		73	145		2.43	3.78
	平均		82	87	121	45	61	145	2.73	2.82	4.06
9	K35	Aクイック	55	104	126		41	100		2.02	3.20
10	K44	Aクイック	64	105	117		81	70		3.05	3.50
11	K43	時間差	53	96	129	46	62	104	1.84	2.54	3.26
12	K11	オープン	53	133	131	91	133	132	1.58	2.41	3.56
13	K24	オープン	53	111	132	55	87	144	1.73	2.87	4.06
14	K36	オープン	53	94	125	26	44	78	2.12	3.06	3.20
15	U27	オープン	58	95	129	69	115	120	1.94	2.44	3.13
	平均		57	105	127	58	80	107	1.84	2.63	3.42

注) 助走距離：身体重心の各助走局面開始地点と終了地点を結んだ水平距離

注) 助走速度：各助走局面終了時の身体重心の水平速度

しかし試技 K11の選手は両足をほとんど同時に接地させ、両脚により沈み込み伸び上がる踏切動作をしていた。前者は鉛直方向の重心の移動距離を長くして高く跳躍しようとする動作であり、後者は地面に大きな力を作用させて高く跳躍しようとする動作である。いずれの踏切動作が優れているかは本研究の範囲内では検討できないが、膝関節を屈曲するほど膝伸展力は小さくなるので、生理学的に筋力が弱い女子選手は後者の踏切動作の方がふさわしいかもしれない。

橋原ほか²⁾は踏切移行時の助走速度が約 4 m/s までは跳躍高が増加すると報告している。助走速度を大きくするには助走歩数を多くとることが役立つ。本研究では3歩助走のスパイクは7試技あり、この内試技 K61、K72、K24のように助走距離を1歩目から3歩目まで徐々に大きくとっているスパイクでは、踏切移行時の助走速度も大きくなっている。しかしスパイクの種類によっては、クイックのように助走歩数を多くとれないスパイクもある。K59は助走歩数が1歩であるが、助走距離は173cmと大きく、踏切移行時の助走速度も4.38m/sと大きい。従って助走では、踏切1歩前の歩幅を大きくとることが高く跳躍するために重要であると考えられる。

4. 身体各部分の相対位置変化

各選手のフォームを検討したいが、身体末梢部位は基部の動きを含んだ位置変化をしているので、身体各部分ごとに相対位置変化を求めることにした。図2は右腕と右脚の相対位置を男女別に平均し、その標準偏差を踏切一步前の助走開始時からインパクト時まで示したものである。上、中、下図はそれぞれ相対位置の上下、前後、左右方向の標準偏差を示している。実線は男子の試技を、破

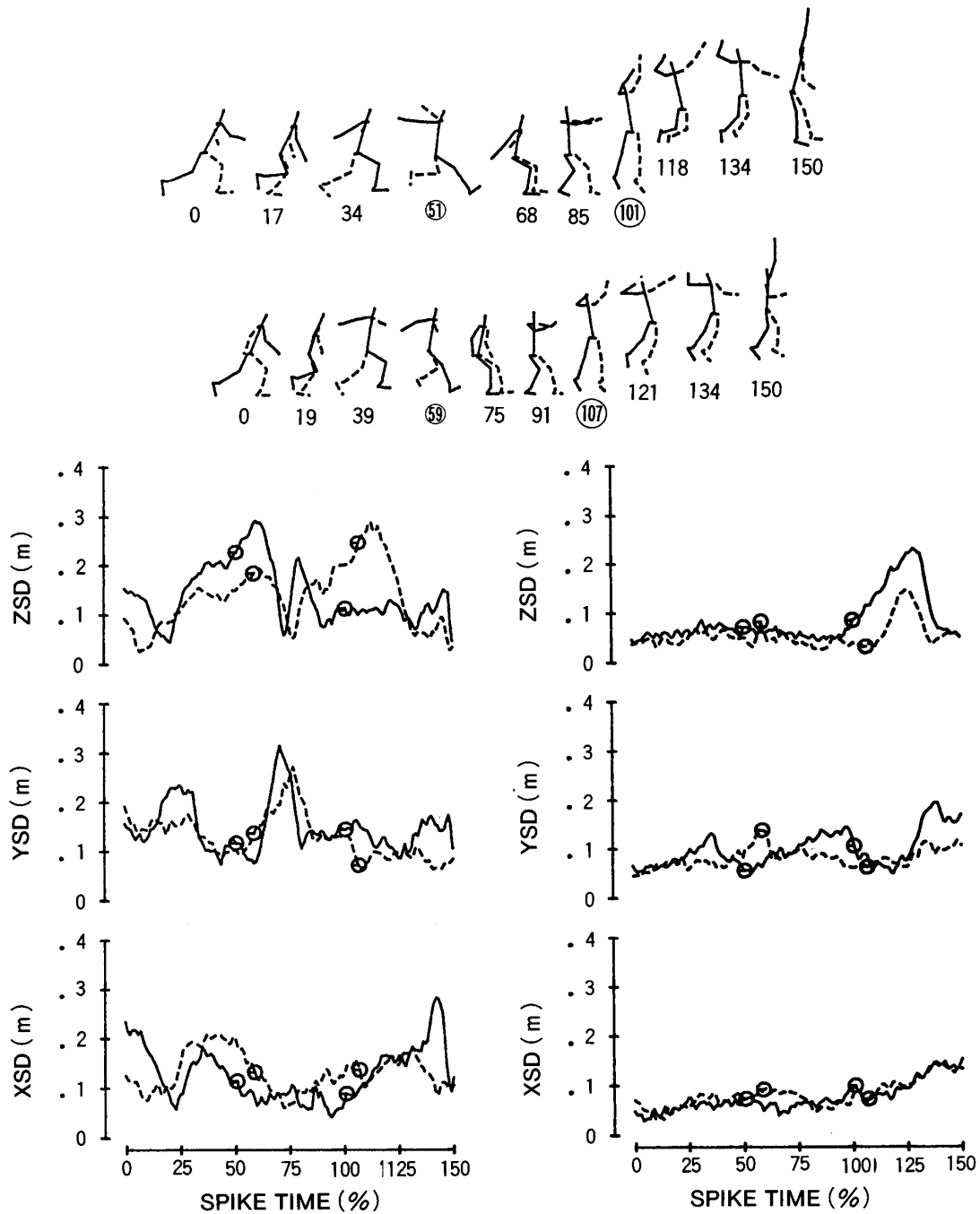


図2 右腕および右脚の相対位置の標準偏差 (左図は右腕、右図は右脚、実線は男子の試技、破線は女子の試技を示す。上、中、下図はそれぞれ上下、前後、左右方向の偏差を示す)

線は女子の試技を示し、線上の○印は踏切移行時と離地時の時点 (○印を境にして左から助走局面、踏切局面、打撃局面) を示している。スティックピクチャーは上図が男子、下図が女子のフォーム (平均) を示したものである。なお破線の身体部分は左の腕と脚である。

右腕について見ると、標準偏差がおよそ20cmを越える時点は、男女とも踏切直前から踏切前半にかけて、女子上下方向の踏切離地直後、そして男子左右方向のインパクト直前である。標準偏差が大きくなった原因としては、①腕の振り込み動作で、腕を体の後ろに振り上げる者と体の横に振り

上げる者がいること、そして踏切移行時付近から腕の振り下げを開始する者と踏切移行時には体のほとんど真下まで腕を振り下げている者がいること、②女子選手の中には、肘が肩よりも下の位置でバックスイングする者、肘と肩がほぼ同じ高さでバックスイングする者、肘が肩よりも上の位置でバックスイングする者がいること、③本研究の打ち分け角度（水平）は男子では $-61\sim 78$ 度の範囲にあり、試技によって体を向ける方向が違うことなどが考えられる。

右脚は右腕に比べて標準偏差が小さい。ただ踏切離地直後に上下方向の偏差が大きくなっているのは、体を弓なりに後方へ反らせたバックスイングをする者と、バックスイング中下腿を体の後方へほとんど振り上げない者がいるからだと考えられる。

フォームには個人差がある。しかし高校生のように年齢の若い選手では、まだフォームの改善は可能である。今後、合理的な動きを明らかにするよう更に研究を進めて行くべきである。そして何よりも研究結果が指導場面へ還元されるようもっと実践研究を行なうべきである。

ま と め

本研究の目的は、インターハイ広島県予選男女決勝戦を3次元映画撮影法により分析し、これらの選手が用いている攻撃方法（戦術）やスパイク動作を検討することにより、今後の技術指導に関する資料を得ることであった。得られた知見の主なものを上げると次のようになる。

- 1) 高校生チームでは、追イトスとオープンによる攻撃が男子では63.8%、女子では84.4%と多く、高いトスを特定のスパイカーに集めて攻撃する戦術を使用していた。高く上げられたトス10試技の平均は5.17mであった。
- 2) インパクト時の手先の高さ、跳躍高、インパクト直後の打球速度は、男子では各々平均3.09m、82cm、21.65m/s、女子では平均2.60m、57cm、18.88m/sであった。
- 3) 身体各部分の相対位置データを規格化・平均化処理し、平均値の標準偏差を調べることにより、各選手のフォームを検討した。その結果、踏切中の腕の振り下げ動作、腕と脚のバックスイング動作、インパクト直前の腕の打ち分け動作に個人差が認められた。

本研究は1995年財団法人広島県バレーボール協会科学研究委員会の援助により行われたものである。

引用・参考文献

- 1) 福原祐三ほか（1982）'82日米対抗女子バレーボールにおける一流選手のスパイク動作に関する事例的研究. 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 NO. II 競技種目別競技力向上に関する研究, 331-341.
- 2) 橋原孝博ほか（1983）バレーボールのオープンスパイクジャンプに関するバイオメカニクスの研究. 日本バイオメカニクス学会編 スポーツバイオメカニクスへの挑戦. 杏林書院：東京, pp.175-181.
- 3) 橋原孝博（1987）バレーボールのスパイク技術に関する運動学的研究—高い打点で、強く打撃するためのスパイク技術について—. 筑波大学体育科学研究科博士論文, 54.
- 4) 橋原孝博・小村堯・宮原満男（1988）3次元映画撮影法の導入に伴う16mm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VI 保健体育学研究第6巻 33-41.

- 5) 橋原孝博・佐賀野健・西村清巳 (1995) バレーボールのスパイクにおける跳躍距離に関する研究 - 中垣内祐一選手のスパイクの場合 - . 広島体育学研究 21:67-74.
- 6) 金致偉 (1996) 一流バレーボール選手のスパイク技術に関する研究. 広島大学教育学研究科修士論文, 31-46.
- 7) 都沢凡夫ほか (1981) バレーボールワールドカップ '81における一流選手のスパイク動作に関する事例的研究. 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. II 競技種目別競技力向上に関する研究 46-55.