

国際女子バレーボール試合のラインアップ分析に関する研究

—'99ワールドカップ女子の日本チーム対中国チームの分析—

島津 大宣*, 泉川 喬一**, 山本 外憲***, 明石 正和****
坂井 充****, 田原 武彦****, 原田 智*****

A Study of Line-up Analysis in International Women's Volleyball Games

—'99 World Cup Women's Games, Japan Team versus China Team—

Daisen SHIMAZU*, Kyoichi IZUMIKAWA **, Sotonori YAMAMOTO ***
Masakazu AKASI ****, Mituru SAKAI *****, Takehiko TAHARA *****
Satoshi HARADA*****

The authors attempted to extrapolate the best and worst lines-up for the Japan women's volleyball team in the '00 Olympic Final Qualification games with China. They used the maximum likelihood method and Bradley-Terry Model to retrospectively investigate the nine games between Japan, Cuba, Russia, Brazil, and China in the '99 World Cup Women's Volleyball Games held in Japan (from November 2 to 16, 66 games in total).

Line-up4 was obtained by the best and Line-up6 was the worst. The starting line-up of the Japan team in Line-up4 was R5 with and without the serve. In Line-up6, the starting line-up was R3 with and without the serve, respectively. Line-up6 was the line-up that the Japan team should have avoided. To enhance the team's performance, it was necessary to improve the rotation phase with a low offense index and defense index. High defense index was necessary to maintain. Specifically, R4,R5 and R6(low offense index), R1 and R2(low defense index), R3, R5 and R6(high defense index) were applicable to rotation phases for the Japan team in Line-up4. R6(18.5%) and R2(-13) were obtained the most low offense performance by point rate and Net Score each method.

Key words : Volleyball, Game analysis, Offense index, Defense index

日本で開催された、'99ワールドカップ女子大会(11月2日から16日まで、66試合)において、キューバ、ロシア、ブラジル、中国および日本の5チームが各々対戦した9試合を対象に、'00オリンピック最終予選で日本チームが中国チームと対戦する際の、最良のラインアップと最悪のラインアップを、最尤法および Bradley-Terry 法を用いて探求してみた。

最良のラインアップでは L-up 4, 最悪のラインアップは L-up 6 となった。L-up 4 で臨むと仮定した場合、日本チームのスターティング・ラインアップは、サーブ権の有る時も、無い時も R5 となった。同様に L-up6 で臨むと仮定した場合は R3 であった。日本チームとしては L-up 6 は避けるべきラインアップとなった。またチーム力を向上させる条件として、攻撃力指数では低いローテーション・フェイズを、守備力指数では低いローテーション・フェイズの向上と高いローテーション・フェイズの保持を各々することで、日本チームが L-up 4 を用いたと仮定した時には、攻撃力指数では R4, R5 および R6 の攻撃力の向上を、守備力指数では低い R1 および R2 の守備力の向上を、高い R3, R5 および R6 の守備力の保持が各々必要でな課題であった。一方日本チームの L-up 4 において、得点率法では R6 (18.5%) が、Net Score 法では R2 (-13) が最も攻撃力の低いローテーション・フェイズであった。

Key words : バレーボール, ゲーム分析, 攻撃力指数, 守備力指数

I. 緒 言

国際男子および女子チームのバレーボール試合において、1999年1月1日から、サイドアウト制からラリーポイント制ヘルールが改正され、サイドアウトが得点となるこ

とで、ゲームの戦略において以前とはやや相違がある感を受けているが、それらに対する研究が今後は報告されてくるものと思われる。今日までは、ビデオによる分析資料や体験的な判断等により、自チームのスターティング・ラインアップを決定してきた感を受けているが、相手チームのラインアップと、それに対応した自チームのラインアップを熟知して対戦するか、しないかとは、試合結果に相違があるものと推察される。

原田⁴⁾、島津¹⁰⁻¹⁵⁾は、ローテーション・フェイズを用いて国際男女チームを対象にしたゲーム分析の報告を、矢口

*日本女子大学, **神奈川工科大学

杏林大学, *城西大学

*****九州女子短期大学, *****奈良大学,

*****立正大学

および田口¹⁸⁾は、1995年のワールドカップ大会の資料でBT法を用いて、アタック、ブロックおよびサーブの各々の攻撃力と守備力、アタックの攻撃力と最高到達点等の分析の報告をしている。鈴木¹⁹⁾はゲーム論、竹内¹⁷⁾はBT法について報告している。またスパイクのコースやサーブのコース、サーブレシーブ等の技術分析では、森田⁷⁾が報告し、試合時間の短縮については原田³⁵⁾が報告している。ゲーム分析のプログラムでは、オランダのプログラム、イタリアのプログラム、日本のプログラム等があるが、イタリアのプログラムがビデオ分析まで可能なことから、世界の男子および女子の多くのチームで活用しているのが現状である。

そこで本研究は、'99ワールドカップ女子大会の9試合、5チームを対象とした資料を基にして、'00シドニーオリンピック最終予選で日本チームが中国チームと対戦する際に、どのラインアップで臨むのが最良で、また最悪かを予測してみた。また最良のラインアップで臨むと仮定した場合のラインアップや他のラインアップにおいて、攻撃力および守備力の推定値から、どのローテーション・フェイズの攻撃力および守備力の強化が必要なのか、それにそのローテーション・フェイズの強化の指針についても検討し、ラインアップの分析研究の視点から、日本女子バレーボールチームの競技力の向上を図ることを目的としたものである。

II. 方 法

1. 対 象

'99ワールドカップ女子の大会が、1999年11月2日から11月16日まで日本で開催された。12チーム総当りのリーグ戦方式で、全66試合が行なわれた。そのうち上位チームと予想した、キューバチーム、ロシアチーム、ブラジルチーム、中国チームそれに日本チームの5チームを本研究の対象チームとし、各々のチームが共に対戦した、キューバ対中国戦、キューバ対ブラジル戦、ブラジル対中国戦、ロシア対中国戦、キューバ対日本戦、ロシア対ブラジル戦、中国対日本戦、ブラジル対日本戦、キューバ対ロシア戦の9試合を分析の対象試合とした。

2. 方 法

分析の手順は以下のようにした。

(1) 資料の作成

各ローテーション・フェイズの得点力の高低を見極める1つの方法として、得点率法とNet Score法(得点差法)を用いた。

得点率法；大会会場で記録用紙を用いて、試合の進行と共に、スパイク、ブロック、サーブの各項目で、サーブサイドとレシーブサイドに区分し、どの選手がサーブ得点をし、どの選手がレフト、センター、ライトのポジションでスパイクおよびブロックによる得点をしたかの決定本数

と、チームの失点を各セットごとに記録し、サーブサイドの得点率および失点率、レシーブサイドの得点率および失点率を各チームごと、各ローテーション・フェイズごとに、それに各選手ごとに算出した。各率の算出においては、真の率をみるために、相手コート内に入ったサーブの本数のみを採用し、サーブ失点は削除して算出した。(なお単数はローテーション・フェイズ(Rotation Phase)、複数はローテーション・フェイズ(Rotation Phases)または各ローテーション・フェイズで表記した)

Net Score法；日本および中国両チームの各ローテーション・フェイズ毎に、得点率法で用いたスパイク、ブロック、サーブ等の決定本数そのものを用いて算出する。日本チームにおいては、日本チームのサーブ時における得点と中国チームの失点を含めた総得点(A)と同チームのサーブレシーブ時におけるサイドアウト得点と中国チームのサイドアウト失点を含めた総得点(B)を算出する。その後日本チームのサーブ時における総得点とサーブレシーブ時における総得点を加算する。同様の方法で、日本チームの総得点(A)に対応した中国チームのローテーション・フェイズのサーブレシーブ時における総得点(C)と、総得点(B)に対応したサーブ時における総得点(D)を算出し、中国チームのサーブレシーブ時における総得点とサーブ時における総得点を加算する。両チームの加算した総得点を用いて、日本チームの加算した得点数から、中国チームの加算した得点数を減じて、各ローテーション・フェイズ毎に、1試合における日本チームの得点差数(Net Score(JPN)=(A+B)-(C+D))を算出する。中国チームにおいても同様の方式(AとBを中国、CとDを日本)で算出し、数値は、両チームの各ローテーション・フェイズ毎にプラス、0またはマイナスとなる。(なお各セット毎の数値はNet Pointである)

(2) 最尤法での攻撃力指数および守備力指数の算出

最尤法の算出方法を表1の(1)に公式の一部を示したが、バレーボール競技に適用した同表の(2)の矢口、田口方式¹⁸⁾を採用し、資料は(1)で記録したサーブ、スパイク、ブロック等の得点本数を用いた。記録は自チームと相手チームとが対面した形式(Face to Face Rotation Phases (FFR-Phases))となっており、自チームの攻撃力としてサーブサイド時の得点本数と相手チームの失点本数の合計本数を、また相手チームの守備力として相手チームのサーブレシーブサイド時の得点本数と自チームの失点本数の合計本数を用いた。(1)で各率を算出する際にサーブの失点を加えなかったように、相手チームの守備力の合計本数に自チームのサーブの失点は加えなかった。サーブサイドからみたFFR-Phasesでの各セットの合計本数を算出し、次にその試合の総セットの合計本数を算出した。この算出資料から、最尤法を用いて、各チームの各ローテーション・フェイズごとに算出した推定値を、各ローテーション・フェイズ固有の攻撃力指数(Rotation-Phases-Specific Offense

Index(RPS Off. Index)) および各ローテーション・フェイス固有の守備力指数 (Rotation-Phases-Specific Defense Index(RPS Def. Index)) とした。

(3) BT法での攻撃力指数および守備力指数の算出

自チームと相手チームの(2)で算出した固有の両指数を用いて、表1の(3)のBT法 (Bradley-Terry Model (BTモデル))により、自チームが相手チームに対する攻撃力指数 (Offense Index(Off. Index)) および守備力指数 (Defense Index(Def. Index)), 相手チームが自チームに対する攻撃力指数および守備力指数を算出した。表1の(3)のBT法を応用して具体的に示すと、例えば日本チームのローテーション・フェイス1(R1)が攻撃力としたサーブ時で、中国チームのローテーション・フェイス1(R1)が守備力としたサーブレシーブ時と仮定した場合、(2)の最尤法で算出した日

表1 最尤法, 攻撃力指数および守備力指数, BTモデル

(1) 最尤法 (尤度)

$$\begin{aligned} \Pr\{X_{ij} = x_{ij} | i \neq j; i, j = 1, 2, \dots, m\} \\ &= \prod_{i,j} \prod_{k,l} \left(\frac{n_{ij}!}{x_{ij}! \cdot x_{kl}!} \cdot \frac{\pi_i^{x_{ij}} \pi_j^{x_{kl}}}{(\pi_i + \pi_j)^{n_{ij}}} \right) \\ &= \prod_{i,j} \prod_{k,l} \left(\frac{n_{ij}!}{x_{ij}! \cdot x_{kl}!} \cdot \frac{1}{(\pi_i + \pi_j)^{n_{ij}}} \right) \cdot \prod_{i=1}^m \pi_i^{n_i} \end{aligned}$$

近似値 $\hat{\pi}^{(i)}$ を次式により求める。

$$\hat{\pi}_i = \frac{k \hat{\pi}_i^{(i)}}{\sum_{j=1}^m \hat{\pi}_j^{(i)}} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

$\hat{\pi}_i^{(i)}$ ($i = 1, 2, \dots, m$) の値が収束するまで繰り返せばよい。

(2) 矢口、田口方式による攻撃力指数および守備力指数

攻撃力指数

$$\hat{\pi}_i^{(i)} = \frac{k \hat{\pi}_i^{(i)}}{\sum_{j=1}^m (\hat{\pi}_j^{(i)} + \hat{\theta}_j^{(i)})} \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

守備力指数

$$\hat{\theta}_j^{(i)} = \frac{k \hat{\theta}_j^{(i)}}{\sum_{i=1}^m (\hat{\pi}_i^{(i)} + \hat{\theta}_i^{(i)})} \quad (j = 1, 2, \dots, m)$$

$\hat{\pi}_i^{(i)}$ ($i = 1, 2, \dots, m$) および $\hat{\theta}_j^{(i)}$ ($j = 1, 2, \dots, m$) の値が収束するまで繰り返せばよい。

(3) Bradley-Terryモデル

$$P_{ij} = \frac{\pi_i}{\pi_i + \pi_j} \quad (i \neq j)$$

本チームの R1 の固有の攻撃力指数 (a) と中国チームの R1 の固有の守備力指数 (b) を用いて、日本チームの R1 の攻撃力指数は、 $(a) / [(a)+(b)]$ で、中国チームの R1 の守備力指数は、 $(b) / [(a)+(b)]$ で算出し、日本チームの R1 の攻撃力指数と中国チームの R1 の守備力指数を加算すると 1 となる。そして後述するラインアップ1からラインアップ6までの、各々の攻撃力指数と守備力指数の平均値を算出した。

BT法は本来、官能検査における一対比較法のデータを解析するために、ブラドリー & テリー両氏が1952年に想定し、提案したものである。BT法の長所は、実際の試合で対戦しないローテーション・フェイスでも攻撃力指数と守備力指数が推定できる点であるが、短所は両チームとの対戦が終了して、媒介となった1チーム、2試合の資料が最低必要であること、また推定値を安定させるために関連する複数の試合の資料が必要なことである。

(4) ラインアップについて

6人制バレーボール競技の全てのセットにおいて、自チームのラインアップに対して、予測される相手チームのラインアップは、6種類のみで、本研究では、6種類のラインアップを、ラインアップ1(L-up1)からラインアップ6(L-up6)までとした。L-up1とは、自チームのR1のサーブに対して、相手チームのR6がサーブレシーブ、1つローテーションをして、相手チームのR1のサーブに対して、自チームのR1がサーブレシーブをする。この方式でセットが進行する場合、L-up2とは、自チームのR1のサーブに対して、相手チームのR1がサーブレシーブ、1つローテーションをして、相手チームのR2のサーブに対して、自チームのR1がサーブレシーブをする。この方式でセットが進行する場合、以下同様にL-up6までとなる。自チームのスターティング・ラインアップは相手チームのスターティング・ラインアップを予測して決定する。

L-up1からL-up6までの各ラインアップの総合評価は、(3)の攻撃力指数の平均値の順位および守備力指数の平均値の順位を用いて、両順位を加算して数値の少ない方を優、多い方を劣、同数の場合は攻撃力指数の順位を優先とした。

自チームのラインアップは、R1からR6までのスターティング・ラインアップ群で構成されているのに対して、相手チームは36(L-up1からL-up6、各々R1からR6)のスターティング・ラインアップ群で構成されている。実際の試合において、各セットで採用するスターティング・ラインアップは、各々のチームの中から1つのローテーション・フェイスの選択となる。

(5) 中国チームをマークする型について

日本チームが中国チームに対して対策を検討の際に、日本チームがサーブ時に、日本チームのセンター・フォワードに入るブロッカーが、中国チームのどのフォワード・ロウの選手を中心にマークをするか、次の3つの型 (Type)

に区分した。日本チームの L-up1 と L-up4, L-up2 と L-up5, L-up3 と L-up6 は、同一の Type となる。

- (a)Type-1；日本チームのフォワード・ロウのブロッカーが、中国チームのスターティング・ラインアップで、同じポジションに入っているスパイカーをマークする場合。
- (b)Type-2；日本チームのフォワード・ロウのブロッカーが、中国チームのスターティング・ラインアップで、同じポジションに入っているブロッカーをマークする場合。
- (c)Type-3；日本チームのフォワード・ロウのブロッカーが、中国チームのスターティング・ラインアップで、他のポジションに入っているスパイカー、ブロッカーまたはセッターをマークする場合。

尚ローテーション・フェイス1(R1)とは、セッターがライトバック (RB) のポジション時、R2 とは、セッターがセンターバック (CB) のポジション時で、順次 R6 までとなる。また各選手の役割を示すのに、#印はセッター、*印はブロッカー、無印はスパイカーとした。

(6) ローテーション・フェイスの強化の指針について

日本チームと中国チームとの対戦において、最良のラインアップ等で臨むと仮定した場合、(3)および(4)においては、各ラインアップおよび各ローテーション・フェイスの攻撃力と守備力の優劣がみられるのみで、強化の指針について検討する際には、(1)の得点率法および Net Score 法で算出した各々の値を用い、双方を併用して実施した。

III. 結果および考察

1. 各ローテーション・フェイス固有の攻撃力指数および守備力指数

キューバ、ロシア、ブラジル、中国、および日本の5チームの各ローテーション・フェイス固有の攻撃力指数および守備力指数を、最尤法を用いて算出し、その推定値を表2に示した。BT法では、5チーム全体の攻撃力指数が0.38458、守備力指数が0.61542であった。本研究のラリーポイント制の試合では、およそ攻撃力で4割、守備力で6割を占めていた。参考ではあるが、'98女子世界選手権大会のサイドアウト制での4チーム、4試合においては、攻撃力で3割、守備力で7割を占めていた。

2. 日本と中国チームの攻撃力指数および守備力指数

日本チームの R1 から R6 の各ローテーション・フェイスを基に、日本と中国の両チームが対戦すると仮定した時の攻撃力指数および守備力指数を各々 BT 法を用いて算出、また各 L-up の攻撃力指数の平均値および守備力指数の平均値を算出、その結果を表3および図1に示した。

日本チームが中国チームと対戦すると仮定した時の、最良のラインアップは L-up4 (Off. Index の平均値 : 0.35086,

表2 5チームの各ローテーション・フェイス固有の攻撃力指数と守備力指数

(In Court Serve, '99 W-Cup, Women, Match:9)

Team	R-Phases	RPS Off. Index	RPS Def. Index
CUB	R1	1.49889	1.41235
	R2	0.89639	1.34037
	R3	0.79555	2.29059
	R4	1.08660	1.65347
	R5	0.68913	1.07315
	R6	0.75370	0.71054
CHN	R1	0.54929	1.18276
	R2	0.40080	1.09605
	R3	0.50856	1.15305
	R4	0.68930	0.90163
	R5	0.41900	0.83149
	R6	0.69423	1.64980
RUS	R1	1.40164	1.32480
	R2	0.44731	0.89364
	R3	0.91353	2.83808
	R4	1.61542	0.94429
	R5	0.42873	0.51841
	R6	0.80786	0.87233
BRA	R1	0.71680	1.09275
	R2	0.78829	1.16056
	R3	0.47521	1.28749
	R4	0.66785	0.64738
	R5	1.06161	1.46190
	R6	1.14162	1.21719
JPN	R1	0.63325	0.88804
	R2	0.97047	0.55482
	R3	0.57696	2.18608
	R4	0.44453	0.94262
	R5	0.53576	1.34002
	R6	0.46663	1.45933
Total		23.07491	36.92498
			59.99989
B-T Model		0.38458	0.61542
Total			1.00000

B-T Model : Bradley-Terry Model

R-Phases : Rotation Phases

RPS Off. Index : Rotation-Phases-Specific Offense Index

RPS Def. Index : Rotation-Phases-Specific Defense Index

Def. Index の平均値 : 0.67248, 評価:1), 次いで L-up2 (Off. Index の平均値 : 0.34906, Def. Index の平均値 : 0.67477, 評価:2), 最悪のラインアップは L-up6 (Off. Index の平均値 : 0.34623, Def. Index の平均値 : 0.66594, 評価:6), 次いで L-up3 (Off. Index の平均値 : 0.34830, Def. Index の平均値 : 0.66511, 評価:5)であった。

3. 日本チームのラインアップ1からラインアップ6に対応した日本および中国両チームの各ローテーション・フェイス

日本チームの各ラインアップに対応した日本および中国両チームの各ローテーション・フェイスを表4および表5に示した。中国チームのスターティング・ラインアップは、同チームにサーブ権の有る時は R2 から、無い時は R1 (本大会において、サーブ権の有る時は No.11 のスパイ

表3 日本チームに基づく両チームの各ローテーションフェイスの攻撃力指数および守備力指数、平均の攻撃力指数および守備力指数それに日本チームのラインアップ評価

												('99 World Cup)							
			R1 (JPN)		R2		R3		R4		R5		R6		JPN Ave.	Rank	CHN Ave.	Rank	JPN Eva.
L-up-1	R6 (CHN)	a	0.27737	(R6)	0.45070	(R1)	0.34486	(R2)	0.27825	(R3)	0.37273	(R4)	0.35947	(R5)	0.34723	5			
		b	0.72263		0.54930		0.65514		0.72175		0.62727		0.64053				0.65277	2	4
	R1	c	0.61784	(R1)	0.58059	(R2)	0.81127	(R3)	0.57761	(R4)	0.76180	(R5)	0.67764	(R6)	0.67112	4			
		d	0.38216		0.41941		0.18873		0.42239		0.23820		0.32236				0.32888	3	4
L-up-2	R1	a	0.34870	(R1)	0.46962	(R2)	0.33350	(R3)	0.33022	(R4)	0.39185	(R5)	0.22048	(R6)	0.34906	3			
		b	0.65130		0.53038		0.66650		0.66978		0.60815		0.77952				0.65094	4	2
	R2	c	0.68902	(R2)	0.52175	(R3)	0.76028	(R4)	0.69228	(R5)	0.65873	(R6)	0.72653	(R1)	0.67477	1			
		d	0.31098		0.47825		0.23972		0.30772		0.34127		0.27347				0.32523	6	2
L-up-3	R2	a	0.36619	(R2)	0.45701	(R3)	0.39021	(R4)	0.34837	(R5)	0.24514	(R6)	0.28291	(R1)	0.34830	4			
		b	0.63381		0.54299		0.60979		0.65163		0.75486		0.54299				0.65170	3	5
	R3	c	0.63586	(R3)	0.44595	(R4)	0.83916	(R5)	0.57587	(R6)	0.70926	(R1)	0.78453	(R2)	0.66511	6			
		d	0.36414		0.55405		0.16084		0.42413		0.29074		0.21547				0.33489	1	5
L-up-4	R3	a	0.35450	(R3)	0.51839	(R4)	0.40964	(R5)	0.21225	(R6)	0.31176	(R1)	0.29861	(R2)	0.35086	1			
		b	0.64550		0.48161		0.59036		0.78775		0.68824		0.70139				0.64914	6	1
	R4	c	0.56300	(R4)	0.56974	(R5)	0.75897	(R6)	0.63182	(R1)	0.76976	(R2)	0.74157	(R3)	0.67248	2			
		d	0.43700		0.43026		0.24103		0.36818		0.23024		0.25843				0.32752	5	1
L-up-5	R4	a	0.41257	(R4)	0.53856	(R5)	0.25910	(R6)	0.27317	(R1)	0.32832	(R2)	0.28810	(R3)	0.34997	2			
		b	0.58743		0.46144		0.74090		0.72683		0.67168		0.71190				0.65003	5	3
	R5	c	0.67943	(R5)	0.44419	(R6)	0.79919	(R1)	0.70166	(R2)	0.72489	(R3)	0.67919	(R4)	0.67143	3			
		d	0.32057		0.55581		0.20081		0.29834		0.27511		0.32081				0.32857	4	3
L-up-6	R5	a	0.43233	(R5)	0.37037	(R6)	0.32787	(R1)	0.28855	(R2)	0.31724	(R3)	0.34104	(R4)	0.34623	6			
		b	0.56767		0.62963		0.67213		0.71145		0.68276		0.65896				0.65377	1	6
	R6	c	0.56124	(R6)	0.50250	(R1)	0.84506	(R2)	0.64955	(R3)	0.66033	(R4)	0.77693	(R5)	0.66594	5			
		d	0.43876		0.49750		0.15494		0.35045		0.33967		0.22307				0.33406	2	6

(a : Own Team's Offense Index, b : Opponent Team's Defense Index, c : Own Team's Defense Index, d : Opponent Team's Offense Index, Eva. : Evaluation)

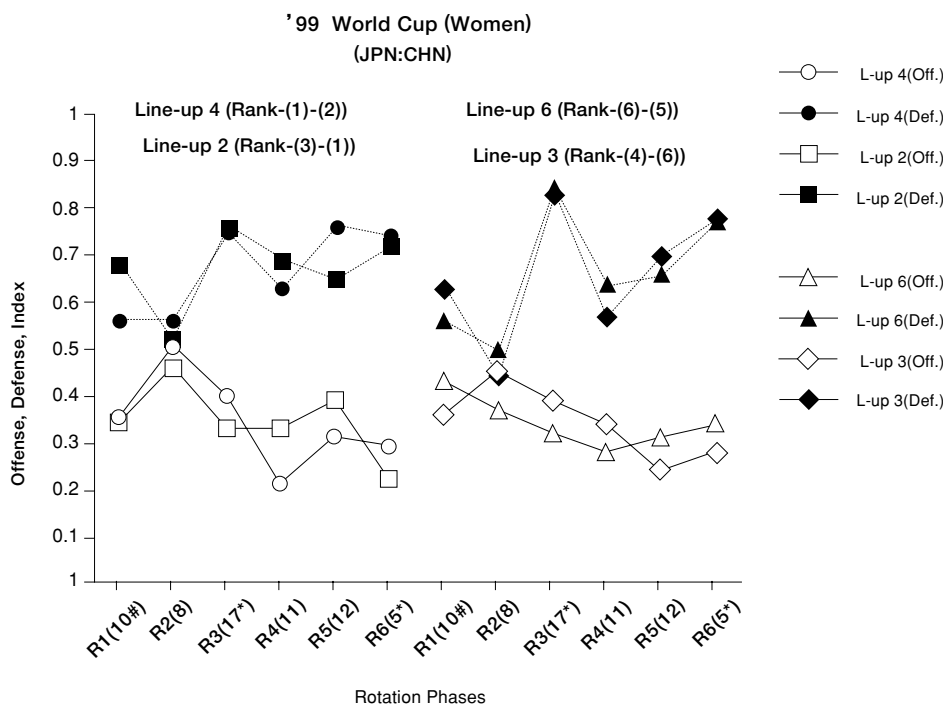


図1 日本チーム各ラインアップと各ローテーション・フェイスにおける攻撃力指数と守備力指数

カーの Y.S. 選手, サーブ権の無い時は No.4 のセッターの Y.Z. 選手が RB)からスタートし, 日本チームが L-up1 を用いた場合, サーブ時およびサーブレシーブ時共に R2 からのスタートとなる。同様に L-up2 なら R1, L-up3 なら R6, L-up4 なら R5, L-up5 なら R4, L-up6 なら R3 となる。日本チームにとって, L-up4 が最良なラインアップと予測したことから, サーブ権の有無にかかわらず, 各セットの開始において, R5 の No.12 の I.O. 選手が RB のポジションからスタートするのが最良のスターティング・ライン

アップとなった。一方 L-up6 が最悪のラインアップと予測したことから, R3 の No.17 の H.S. 選手が RB のポジションから各セットを開始することは, 避けるべきであると推察した。

筆者ら¹⁵⁾は, 1998年11月の, サイドアウト制のルールでの最後の大会となった, 第13回バレーボール女子世界選手権大会の準決勝戦2試合, 3-4位決定戦1試合, それに決勝戦1試合, 合計4試合を対象とした資料により, 同大会で対戦することがなかった, ロシアチームとキューバチー

表4 日本チームのラインアップ1からラインアップ6における両チームのローテーション・フェイス

(JPN)												('99 World Cup)						
R-Phases	(R1)			(R2)			(R3)			(R4)			(R5)			(R6)		
(JPN)	10#	5*	12	8	10#	5*	17*	8	10#	11	17*	8	12	11	17*	5*	12	11
	8	17*	11	17*	11	12	11	12	5*	12	5*	10#	5*	10#	8	10#	8	17*
R6	10*	11	4#	12	10*	11	15	12	10*	5*	15	12	4#	5*	15	11	4#	5*
(CHN)	12	15	5*	15	5*	4#	5*	4#	11	4#	11	10*	11	10*	12	10*	12	15
R-Phases	(R6)			(R1)			(R2)			(R3)			(R4)			(R5)		
R1	12	10*	11	15	12	10*	5*	15	12	4#	5*	15	11	4#	5*	10*	11	4#
	15	5*	4#	5*	4#	11	4#	11	10*	11	10*	12	10*	12	15	12	15	5*
R-Phases	(R1)			(R2)			(R3)			(R4)			(R5)			(R6)		
R2	15	12	10*	5*	15	12	4#	5*	15	11	4#	5*	10*	11	4#	12	10*	11
	5*	4#	11	4#	11	10*	11	10*	12	10*	12	15	12	15	5*	15	5*	4#
R-Phases	(R2)			(R3)			(R4)			(R5)			(R6)			(R1)		
R3	5*	15	12	4#	5*	15	11	4#	5*	10*	11	4#	12	10*	11	15	12	10*
	4#	11	10*	11	10*	12	10*	12	15	12	15	5*	15	5*	4#	5*	4#	11
R-Phases	(R3)			(R4)			(R5)			(R6)			(R1)			(R2)		
R4	4#	5*	15	11	4#	5*	10*	11	4#	12	10*	11	15	12	10*	5*	15	12
	11	10*	12	10*	12	15	12	15	5*	15	5*	4#	5*	4#	11	4#	11	10*
R-Phases	(R4)			(R5)			(R6)			(R1)			(R2)			(R3)		
R5	11	4#	5*	10*	11	4#	12	10*	11	15	12	10*	5*	15	12	4#	5*	15
	10*	12	15	12	15	5*	15	5*	4#	5*	4#	11	4#	11	10*	11	10*	12
R-Phases	(R5)			(R6)			(R1)			(R2)			(R3)			(R4)		
R6	10*	11	4#	12	10*	11	15	12	10*	5*	15	12	4#	5*	15	11	4#	5*
	12	15	5*	15	5*	4#	5*	4#	11	4#	11	10*	11	10*	12	10*	12	15
R-Phases	(R6)			(R1)			(R2)			(R3)			(R4)			(R5)		

(R-Phases, (R) : Rotation Phases, L-up : Line-up, # : Setter, * : Blocker, No : Spiker)

ムの仮想試合の分析において、ロシアチームがラインアップ6を用いたと仮定した場合に、同チームにサーブ権の有る時はローテーション・フェイス5、サーブ権の無い時はローテーション・フェイス4から各セットを開始するのが最良であった。一方最悪はL-up4を用いたと仮定した場合は、サーブ権の有る時はローテーション・フェイス1、サーブ権の無い時はローテーション・フェイス6から各セットを開始することであると推察した。また同大会で同チームはL-up4を用いて他チームと対戦しており、そのままキューバチームと対戦していたと仮定したら、最悪のラインアップで対戦した可能性が高かったと報告した。

4. 対戦前と対戦後の各ローテーション・フェイスの攻撃力指数および守備力指数の推移

本大会のキューバチーム対ロシアチーム、日本チーム対ブラジルチームの2試合を用いて、勝ったキューバチームとブラジルチーム、負けたロシアチームと日本チームの各ローテーション・フェイスの攻撃力指数と守備力指数が、対戦前の推定値と比較して、どのように推移したかを表6に示した。勝ちチームの攻撃力指数は0.36028から0.43653に21.16%の増加がみられたのに対して、負けチームの守備力指数は0.63972から0.56347に11.92%の減少がみられ、双方共に1%水準で有意な差(t 検定、以下同様)がみられた。一方勝ちチームの守備力指数は0.63994から0.63444に0.78%の減少、負けチームの攻撃力指数は0.36056から

0.36556に1.38%の増加がみられたのみで、ほとんど変化はみられなかった。そこで攻撃力指数の増加、即ちサーブサイドの得点力の強化が、勝つためには必要であると推察された。またこの結果に基づき、ラインアップの総合評価において、加算して同数になった場合に攻撃力指数の順位を守備力指数の順位より優先させた理由である。

パーセンタイル値を用いて、90%以上、70%以上、50%以上、30%以上、10%以上、10%未満の6段階に区分し、パーセンタイル値のどの範囲の攻撃力指数が増加したかを表7に示した。勝ちチームの攻撃力指数が0.470以上(50%以上)はほとんど変化が見られなかったのに対して、その指数未満では増加(0.01%水準で有意)が見られた。このことから、低いローテーション・フェイスの攻撃力指数の増加を図ることが必要と推察した。しかし攻撃力指数の低いローテーション・フェイスに対する相手チームの守備力指数は、攻撃力指数と対応しており、必然的高い指数となり、攻撃力指数の低いローテーション・フェイスにおいて、チームとしていかなる戦略としての対策を練るか、その対策の成功または不成功が、セットおよび試合の勝敗を左右する分岐点となるのではないかと考えた。

負けチームの攻撃力指数と勝ちチームの守備力指数において、変化はみられなかったと述べたが、双方共に低い指数の増加(1%水準で有意)がみられたのに対して、高い指数の減少(1%水準で有意)がみられており、全体として変

表5 日本チームが中国チームと対戦する際に、6種類のラインアップにおいて、予測される両チームのスターティングラインアップ

(Line-up 1) (Rank : (5)-(4)-(4), Type-1)

R-Phases	(SV)	(R2)			(R2)		
(JPN)	8	10#	5*	8	10#	5*	
	17*	11	12	17*	11	12	
(CHN)	12	10*	11	15	12	10*	
	15	5*	4#	5*	4#	11	
R-Phases		(R1)		(R2)		(SV)	

(Line-up 2) (Rank : (3)-(1)-(2), Type-2)

R-Phases	(SV)	(R1)			(R1)		
(JPN)	10#	5*	12	10#	5*	12	
	8	17*	11	8	17*	11	
(CHN)	12	10*	11	15	12	10*	
	15	5*	4#	5*	4#	11	
R-Phases		(R1)		(R2)		(SV)	

(Line-up 3) (Rank : (4)-(6)-(5), Type-3)

R-Phases	(SV)	(R6)			(R6)		
(JPN)	5*	12	11	5*	12	11	
	10#	8	17*	10#	8	17*	
(CHN)	12	10*	11	15	12	10*	
	15	5*	4#	5*	4#	11	
R-Phases		(R1)		(R2)		(SV)	

(Line-up 4) (Rank : (1)-(2)-(1), Type-1)

R-Phases	(SV)	(R5)			(R5)		
(JPN)	12	11	17*	12	11	17*	
	5*	10#	8	5*	10#	8	
(CHN)	12	10*	11	15	12	10*	
	15	5*	4#	5*	4#	11	
R-Phases		(R1)		(R2)		(SV)	

(Line-up 5) (Rank : (2)-(3)-(3), Type-2)

R-Phases	(SV)	(R4)			(R4)		
(JPN)	11	17*	8	11	17*	8	
	12	5*	10#	12	5*	10#	
(CHN)	12	10*	11	15	12	10*	
	15	5*	4#	5*	4#	11	
R-Phases		(R1)		(R2)		(SV)	

(Line-up 6) (Rank : (6)-(5)-(6), Type-3)

R-Phases	(SV)	(R3)			(R3)		
(JPN)	17*	8	10#	17*	8	10#	
	11	12	5*	11	12	5*	
(CHN)	12	10*	11	15	12	10*	
	15	5*	4#	5*	4#	11	
R-Phases		(R1)		(R2)		(SV)	

Rank : (Offense Index Rank)-(Defense Index Rank)-(Evaluation Rank)

R-Phases, (R), : Rotation Phases, SV : Serve, # : Setter, * : Blocker, No : Spiker

化がない結果となっていた。チームが戦略としてのの対策を練る際に、守備力指数の低いローテーション・フェイス(0.570以下)の守備力の増加を図るか、高いローテーション・フェイス(0.741以上)の守備力の保持を図るか、チームとして検討することが必要と考えた。

しかし、これらの考えは本大会66試合の内の9試合、表6および表7は両試合共にセットカウントが3対0の2試合の条件で算出したデータを基にしたものであり、今後、他の試合(東京で開催の2000年6月のオリンピック女子最終予選)のデータを用いて、セットカウントが3対0、3対1および3対2の試合、それにローテーション回数との関係について、本研究と同様の傾向がみられるか今後の研究課題とした。

5. 日本チームの攻撃力指数の低いローテーション・フェイス

中国チームと対戦すると仮定した場合、日本チームにとって最良のラインアップはL-up4となり、そのラインアップを選択した場合、R1の攻撃力指数は0.35450、同様にR2-0.51839, R3-0.40964, R4-0.21225, R5-0.31176, R6-0.29861で、R2以外は全て0.470未満となっており、R4, R5およびR6, その中でもR4の攻撃力指数が最も低く、日本チームにとって、このローテーション・フェイスの攻撃力の強化を図ることが必要と推察した。

6. 日本チームのサブサイドの強化の指針

最尤法およびBT法を用いて、最良のラインアップを追究してきたが、各ローテーション・フェイスにおいて、どの選手によってサーブ得点、スパイク得点、ブロック得点等をしてきたかの内訳については、大会会場で記録した資料を活用した。同記録から日本チーム3試合、中国チーム4試合の資料を基に、日本チームがL-up4を選択したと仮定した場合、チームおよび選手の得点本数、失点本数、得点率および失点率等を表8-1および表8-2に示した。

筆者らが従来実施してきた得点率から検討してみると、日本チームのサブサイドの得点率と中国チームのレシーブサイドの得点率の比較において、日本チームのR1の25.0%に対して、対応した中国チームのR3が61.8%、同様にR2:33.0%-R4:59.3%, R3:33.0%-R5:42.4%, R4:25.0%-R6:54.3%, R5:33.3%-R1:58.2%, R6:18.5%-R2:56.7%であった。日本チームではR2, R3およびR5が同チームのなかでは得点率の高い群に該当していたのに対して、R1, R4およびR6が低い群に、中でもR6が最も攻撃力の低いローテーション・フェイスとなっていた。これにより日本チームとしては、R6の攻撃力の強化とR1に対応した中国チームの守備力が最も高いR3に対する対策が必要と推察した。

同様に日本チームと中国チームのNet Scoreの比較にお

いて、日本チームの R1 の-5 に対して、対応した中国チームの R3 が-7、同様に R2:(-13)-R4:(-2), R3:7-R5:(-20), R4:(-8)-R6:0, R5:(-3)-R1:3, R6:(-3)-R2:(-18)で、

表6 勝ちチームと負けチームの対戦前と対戦後の各ローテーション・フェイスの攻撃力指数と守備力指数の平均値

Win Team Offense Index			Lose Team Defense Index		
(CUB, BRA)			(RUS, JPN)		
Before(a)	After(b)	(b)/(a)	Before(a)	After(b)	(b)/(a)
0.36028	0.43653	1.21164(**)	0.63972	0.56347	0.88081(**)
0.16654	0.13139		0.16654	0.13139	
n=72	n=72		n=72	n=72	

Win Team Defense Index			Lose Team Offense Index		
(CUB, BRA)			(RUS, JPN)		
Before(a)	After(b)	(b)/(a)	Before(a)	After(b)	(b)/(a)
0.63944	0.63444	0.99218	0.36056	0.36556	1.01387
0.16032	0.11805		0.16032	0.11805	
n=72	n=72		n=72	n=72	

(** : p < 0.01)

日本チームで最も高いのが R3 の7 に対して最も低いのが R2 の-13 であった。一方中国チームでは、日本チームの R5 に対応した R1 が3 で最も高く、R3 に対応した R5 が-20 で最も低い値であった。これにより日本チームとしては、R2 の攻撃力の強化と R5 に対応した中国チームの守備力が最も高い R1 に対する対策が必要と推察した。筆者ら¹²⁾の報告ではサイドアウト制の資料(ラリーポイント制での資料は無く今後検討しなくてはならない)ではあるが、1試合におけるプラス群とマイナス群の比較において、Net Score が±5 以上のフェイスは 0.001% で得点率も得権率も有意な差が見られ、攻撃力および守備力において両チームの間に力の差がみられたことから、それを適用してみると、日本チームは3試合で±15以上、中国チームは4試合で±20以上となり、日本チームにおいては、それに該当するローテーション・フェイスは見当たらなかったが、日本チームの R3 に対応した中国チームの R5(-20)のみがそれに該当していた。日本チームで最も低かった R2 の-13、中国チー

表7 勝ちチームと負けチームの対戦前と対戦後のパーセンタイル値による各群の攻撃力指数と守備力指数の平均値

Offense Index (Percentile)	Win Team (CUB, BRA)		Defense Index (Percentile)	Lose Team (RUS, JPN)		Win Team ((b)/(a))	Lose Team ((b)/(a))
	Bef. Match(a)	Aft. Match(b)		Bef. Match(a)	Aft. Match(b)		
Off. Index => 0.560	0.58500 0.01773 n=8	0.61000 0.08912	Def. Index =< 0.440	0.41500 0.01773 n=8	0.39000 0.08912	1.043	0.940
0.560 > Off. Index => 0.470	0.51071 0.02336 n=14	0.52429 0.07325	0.440 < Def. Index =< 0.530	0.48929 0.02336 n=14	0.47571 0.07325	1.027	0.972
0.470 > Off. Index => 0.380	0.42933 0.03240 n=15	0.47533 0.06632 (**)	0.530 < Def. Index =< 0.620	0.57067 0.03240 n=15	0.52467 0.06632 (**)	1.107	0.919
0.380 > Off. Index => 0.300	0.33231 0.03032 n=13	0.40846 0.08395 (**)	0.620 < Def. Index =< 0.700	0.66769 0.03032 n=13	0.59154 0.08395 (**)	1.229	0.886
0.300 > Off. Index => 0.080	0.21692 0.06183 n=13	0.36077 0.09069 (**)	0.700 < Def. Index =< 0.920	0.78308 0.06183 n=13	0.63923 0.09069 (**)	1.663	0.816
0.080 > Off. Index	0.05889 0.01167 n=9	0.23111 0.04961 (**)	0.920 < Def. Index	0.94111 0.01167 n=9	0.76889 0.04961 (**)	3.925	0.817

(Off. Index : Offense Index, Def. Index : Defense Index, Bef. Match : Before Match, Aft. Match : After Match, ** : p < 0.01)

Defense Index (Percentile)	Win Team (CUB, BRA)		Offense Index (Percentile)	Lose Team (RUS, JPN)		Win Team ((b)/(a))	Lose Team ((b)/(a))
	Bef. Match(a)	Aft. Match(b)		Bef. Match(a)	Aft. Match(b)		
Def. Index =< 0.400	0.33875 0.07492 n=8	0.41625 0.06906 (**)	Off. Index => 0.600	0.66125 0.07492 n=8	0.58375 0.06906 (**)	1.229	0.883
0.400 < Def. Index =< 0.570	0.50000 0.05244 n=13	0.55000 0.06892 (**)	0.600 > Off. Index => 0.430	0.50000 0.05244 n=13	0.45000 0.06892 (**)	1.100	0.900
0.570 < Def. Index =< 0.660	0.61813 0.02834 n=16	0.61563 0.05164	0.430 > Off. Index => 0.340	0.38188 0.02834 n=16	0.38438 0.05164	0.996	1.007
0.660 < Def. Index =< 0.740	0.70667 0.02440 n=15	0.68933 0.04415	0.340 > Off. Index => 0.260	0.29333 0.02440 n=15	0.31067 0.04415	0.975	1.059
0.740 < Def. Index =< 0.820	0.78769 0.02619 n=13	0.73000 0.02915 (**)	0.260 > Off. Index => 0.180	0.21231 0.02619 n=13	0.27000 0.02915 (**)	0.927	1.272
0.820 < Def. Index	0.87143 0.04180 n=7	0.78857 0.04488 (**)	0.180 > Off. Index	0.12857 0.04180 n=7	0.21143 0.04488 (**)	0.905	1.644

(Off. Index : Offense Index, Def. Index : Defense Index, Bef. Match : Before Match, Aft. Match : After Match, ** : p < 0.01)

表8-2 日本チームのラインアップ-4における両チームの各ローテーションフェイスと総合計における各本数、各率、各Net Scoreおよび両指数(日本チームのサーブ時)

(Total JPN SV) (Line-up-4)															(*99 W-Cup)															
Rotation Phases	R	RS	12				(L)	R	R6	S*				(L)	R	Total			(L)	**	Total	**	**							
Technique	SP			BL			SV			SP			BL			SV			SP			BL			SV					
Position	R	C	L	R	C	L	R	C	L	R	C	L	R	C	L	R	C	L	R	C	L	SP	BL	Total	Co. R(%)					
(SV)	10																					0	0	0	0.00					
	8			4	1		1					2										11	1	1	1	11	2	14	9.52	
	17									1				1								2	3	4	9	6.12				
	11														2							1	2	2	5	3.40				
	12									2												2	7	1	2	9	1	12	8.16	
JPN	5		1			1																5	2	7	4	7.6				
	1																					0	0	0	0	0.00				
	6																					0	0	0	0	0.00				
	14																					0	0	0	0	0.00				
	3																					0	0	0	0	0.00				
	13																					1	0	1	0.68					
S-FP			0					1														7				14	31	11	48	(c)147

Rotation Phases	L	R1	4#				(R)	L	R2	11				(R)	L	Total			(R)	**	**	**	**						
Position	L	C	R	L	C	R	L	C	R	L	C	R	L	C	R	L	C	R	L	C	R	SP	BL	Total	Co. R(%)				
(SVR)	4																					4	0	4	1.54				
	11	5													14	1	1					16	0	16	6.18				
	10	1	8	3					4						2	16	7		1	1		25	2	27	10.42				
	12		6	1					2	2	6			1	4	15	16					35	2	37	14.29				
	15								15						37		1					38	0	38	14.67				
CHN	5		1						1						13	25						38	0	38	14.67				
	6			2					2	1				1	2	6		3	1			9	4	13	5.02				
	7														1							1	0	1	0.39				
	1	1	2			1								1	3	1		2				5	2	7	2.70				
	17				1									3				2				3	2	5	1.93				
R-FP			2																			7				174	12	186	(c)259

(SV)	S-Points	0	1	4	1	1	1	2	1	0	3	0	1	0	0	3	9	19	3	6	2	6	(Spike,%)				
JPN	Total	5			3			10	4			1			5	31			11			48	R	9.7	29.0	61.3	L
	S-PR(%)	33.3			32.3			18.5	18.5			28.2			26.1												

(SVR)	R-Points	7	17	6	1	1	0	17	9	8	1	2	1	62	51	61	2	6	4	12	186	(Block,%)								
CHN	Total	30			2			32	34			4			38	174			12			186	R	35.6	29.3	35.1	R			
	R-PR(%)	58.2			56.1			56.7	55.9			55.4			52.1															
JPN	S-FPR(%)	0.0			0			1	3.2			0.0			0.0			4.1			7			14	11.4	R	27.3	54.5	18.2	L
CHN	R-FPR(%)	3.6			2			3.5	10.4			7			10.3	10.1			34			9.5								
JPN	Net Score	-3							-3							-25							L	16.7	50.0	33.3	R			
CHN	Net Score	3							-18							-44														
JPN	Off. Index	0.312							0.299							0.351														
CHN	Def. Index	0.688							0.701							0.649														
In Co(a), All Co(b)	(a)	(a)			(b)				(a)			(b)				(a)			(b)											

について検討したが、必ずしもチームとしてL-up4を選択するとは限らず、図1に示したように、L-up2を選択したと仮定したらR6、同様にL-up6ならR4、L-up3ならR5において、各ローテーション・フェイスの攻撃力の向上を図る必要があると考えた。

7. 日本チームのレシーブサイドの強化の指針

日本チームのレシーブサイドの強化において、守備力指数の低いところ(0.570以下)を強化する方が良いのか、高いところ(0.741以上)の保持をする方が良いのか、または双方をする方が良いのかを選択しなくてはならない。最良のラインアップと推定したL-up4で臨むと仮定したら、図1に示したように、低いR1およびR2の守備力の強化、高いR3、R5およびR6の守備力の保持、同様にL-up2なら低いR2、高いR3、L-up6なら低いR1およびR2、高いR3およびR6、L-up3なら低いR2、高いR3およびR6となり、守備力の強化または守備力の保持、守備力の強化と守備力の保持の双方において、各ローテーション・フェイスの守備力の向上を図る必要があると考えた。日本チームにおいて、守備力の低いローテーション・フェイスの強化を図る

と仮定したら、L-up4におけるR1においては、中国チームのNo.12のQ.A.選手がサーバーで、フォワードロウは、RFから15-5*-4#である。一方日本チームは、No.10のセッターのM.I.選手がRB、フォワードロウは、RFから8-17*-11となり、日本チームとしてどのような戦術で対応するか検討することが大切と推察した。

このように日本チームが中国チームと対戦することを想定して、各ラインアップおよび各ローテーション・フェイスの攻撃力と守備力の優劣、それに強化についての指針について述べたが、本大会の中国戦では、日本チームは最悪のL-up6で対戦していたが、3対0(25-17、25-22、25-18)で勝利していた。また本大会と'00年の最終予選とでは、両チームの出場選手にやや変更が有るものと予測されるが、表4 (Line-up Chart)を再作成し、効果的に活用して対処する必要があると考えた。また同表は、自チームと相手チームとが対面する形式となっており、たとえ両指数が算出できなくても作成することが可能で、どのチームでも活用できるものと考えている。

山内¹⁹⁾は、ゲーム理論の零和2人ゲームを用いて、均衡

解を解く方式で、1998年の世界選手権大会男子チームの決勝、イタリアチーム対ユーゴスラビアチーム戦の分析において、イタリアチームはバックスパイクを囲りにして対戦することを報告しており、本研究においても各ローテーション・フェイスごとに均衡解を探ることができるなら、各ローテーション・フェイスの強化の指針の1つになるのではないかと推察した。

遠藤ら^{1,2)}、深瀬³⁾、柳ら²⁰⁾は、マルコフモデルを用いたゲーム分析で、第1セットの資料を基に、第2セット以降において、そのセットの勝敗を予測する報告を、斉藤⁸⁾およびサウラ⁹⁾は、カーブラインを用いてそのセットの良否の傾向を探る報告をしており、各セットの進行と共に自チームと相手チームの傾向が表示され、戦術面での活用において有効なものと考えている。我々が従来実施してきたバレーボール試合のラインアップ分析における、得点率法と Net Score 法、それに本研究の最尤法および BT 法において、各々の特徴を生かした活用方法を検討する必要性を感じた。

IV. 結 論

日本チームが中国チームと'00オリンピック最終予選で対戦すると仮定した際に、最良のラインアップと最悪のラインアップを、'99ワールドカップ女子大会の9試合を対象に、最尤法および Bradley-Terry 法を用いて探求してみた。

最良のラインアップは L-up4、最悪のラインアップは L-up6 であった。日本チームが L-up4 で中国戦に臨んだと仮定した場合、スターティング・ラインアップは、サーブ権が有る時も、無い時も R5 となった。同様に L-up6 では R3 であった。日本チームとしては L-up6 は避けるべきラインアップであると推察した。またチームの攻撃力と守備力の向上を図るための条件として、攻撃力指数においては、低いローテーション・フェイスの攻撃力の向上、守備力指数においては、低いローテーション・フェイスの守備力の向上と高いローテーション・フェイスの守備力の保持と各々した時、日本チームがラインアップ4を選択した場合、攻撃力指数の面からみると、R4、R5 および R6 の攻撃力の向上が、守備力指数の面からみると、低い R1 および R2 の守備力の向上と、高い R3、R5 および R6 の守備力の保持が各々必要な課題と推察した。L-up4 において、得点率法では R6 が、Net Score 法では R2 が最も攻撃力の低いローテーション・フェイスであった。なお本研究は9試合のみの分析であったので、今後も継続して分析する必要性があると考えた。

参 考 文 献

- 1) 遠藤俊郎：「バレーボールのゲームにおける経過の分析」山梨大学研究報告、第35巻、第2号、pp.183-189、1984。
- 2) 遠藤俊郎、志村栄一：「バレーボールのゲーム分析に関する基礎的研究(2)」スポーツ方法学研究、第5巻、第1号、pp.115-126、1992。
- 3) 深瀬吉邦：「バレーボールに関する一考察(その一)」—マルコフ過程を利用したゲーム分析方法—、都留文化大学研究紀要、3、pp.139-155、1966。
- 4) 原田 智：「国際男女バレーボール試合のゲーム分析の一考察」立正大学文学部論叢、第106号、pp.1-12、1997。
- 5) 原田 智：「バレーボール競技における25分制に関する研究」立正大学文学部研究紀要、第15号、pp.1-14、1999。
- 6) 原田 智：「国際男女バレーボール試合のラリーポイント制へのルール改正に伴う試合時間短縮に関する一考察」立正大学文学部論叢、第112号、pp.1-12、2000。
- 7) 森田淳悟、佐藤宏幸、大下聖治、進藤満志夫、他：「バレーボール競技の攻撃の特徴」日本体育大学紀要、第29巻、第1号、pp.113-122、1999。
- 8) 斉藤 勝：「スポーツ運動の競技記録とその情報解析に関する基礎的研究」東海大学体育学部、第7号、pp.121-126、1977。
- 9) Sawula Lorne "Flow Theory -A Method for Match Analysis-, Report of FIVB Symposium on Match Analysis, pp.51-62, 1981。
- 10) 島津大宣、泉川喬一、山本外憲、他：「国際女子バレーボール試合のローテーション・フェイスによるゲーム分析」—'97ワールド・グランプリ大会、キューバ対ロシア—、スポーツ方法学研究、第12巻、第1号、pp.147-162、1999。
- 11) 島津大宣、泉川喬一、山本外憲、他：「国際女子バレーボール試合のローテーション・フェイスに基づくゲーム分析」—第13回バレーボール女子世界選手権大会の決勝戦、キューバチームと中国チームの分析—、運動とスポーツの科学、第5巻、第1号、pp.9-19、1999。
- 12) 島津大宣、山本外憲：「国際女子バレーボール試合のゲーム分析方法の比較に関する研究」サーキュラー、No.60、pp.23-36、1999。
- 13) 島津大宣、泉川喬一、山本外憲、他：「国際女子バレーボール試合のローテーション・フェイスに基づくゲーム分析」—'98BCVマスターズ大会決勝、キューバチーム対中国チーム—、スポーツ方法学研究、第13巻、第1号、pp.207-220、2000。
- 14) 島津大宣、泉川喬一、山本外憲、他：「国際女子バレーボール試合のローテーション・フェイスに基づくゲーム分析」—第14回バレーボール男子世界選手権大会(1998)の決勝戦、イタリアチームとユーゴスラビアチームの分析—、バレーボール研究、Vol.2、No.1、pp.36-47、2000。
- 15) 島津大宣、泉川喬一、山本外憲、他：「国際女子バレーボール試合のローテーション・フェイスに基づくゲーム分析」—Bradly-Terry モデルを用いたのラインアップ分析—、日本スポーツ方法学会創立10周年記念学会大会研究報告、pp.37-40、2000。
- 16) 鈴木光男：「ゲームの理論」勁草書房、1993。
- 17) 竹内 啓、藤野和建：「スポーツの数理科学」共立出版、pp.27-35、1989。
- 18) 矢口加奈子、田口 東：「ローテーション・フェイスによるバレーボールの試合分析」中央大学理工学部情報工学科、pp.1-28、1999。
- 19) 山内 賢：「ゲーム理論のスポーツへの応用—バレーボールを例にして—」慶応義塾大学体育研究所紀要、第39巻、第1号、pp.17-28、2000。
- 20) 柳 宏、深瀬吉邦、水谷 豊、他：「バレーボールのゲーム分析に関する一考察(第4報)」第33回日本体育学会大会号、p.571、1982。