

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

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

島津 大宣¹⁾・山本 外憲²⁾

Daisen SHIMAZU¹, Sotonori YAMAMOTO²

Abstract

Of the 28 qualifying matches for the final of the 2000 Olympic Women's Volleyball Competition, the first 12 served as the 4th day before match data, while the remaining 16 were analyzed.

In the overall ranking of line-ups, the rank-stability rate of the higher rank D-2 group was 59.4%. This was the highest rate among the four groups. The rank-correlation \bar{r} value for the D-2 group was 0.352 and a significant rank correlation was observed at the 0.1% level.

Regarding the rate of change in offensive power index and defensive power index for each rotation phase, a difference in the number of rotations rather than in set counts greatly affected both indices. For a match in which the number of rotations was less than 13, both the winning team and losing team showed an increase in offensive power index and a decrease in defensive power index. On the other hand, for a match in which the number of rotations was 13 or more and the score was 3 to 2, both teams conversely showed an increase in defensive power index and a decrease in offensive power index.

Key word : Offensive power Index, Defensive power index.

I. 緒言

筆者ら^{10,11,12,13,14)}は、第13回バレーボール女子世界選手権大会および'99ワールドカップ女子大会の試合のデータを基に、最尤法およびブラドリー・テリーモデル (Bradley & Terry Model (BT法)) を用いてゲーム分析を報告した。相手チームと対戦する前に、自チームにとって予測できる相手チームのラインアップは6種類 (相手チームが自チームを予測した場合も同種類) で、ラインアップ1 (Line-up1 (L-up1)) から順次ラインアップ6 (L-up6) とした。チーム毎に、各々のラインアップにおける攻撃力指数の平均値と守備力指数の平均値を算出し、その値が最も高い方から順に第1番目から第6番目までの順位を付けた。その両順位を基に、チームにおけるラインアップの総合順位を第1番目から第6番目まで付けた。相手チームと対戦する際に、チームの総合順位で第6番目のラインアップで臨むより、第1番目の順位

のラインアップで臨む方が、セットの取得率は高いと想定し、第1番目のラインアップを最良のラインアップ、第6番目のラインアップは回避するラインアップとした。その最良としたラインアップで臨むとした場合、セット開始の際に、サーブ権が有る場合と無い場合があり、相手チームのスターティング・ラインアップを予測して、自チームのスターティング・ラインアップを各々推測した。また筆者ら⁹⁾は、セットを取得するために、最良と推測したラインアップの各ローテーション・フェイスにおいて、どのローテーション・フェイスの攻撃力および守備力の強化および保持を図ることが最適かの分析において、自チームの攻撃力指数の低いローテーション・フェイスの攻撃力の強化と守備力指数の高いローテーション・フェイスの守備力の保持を各々図ることが試合に勝つためには必要であることを報告した。しかし'99ワールドカップ女子大会の試合は、9試合を対象としたが、7試合は分析の累積のための資料とし、最終日のセットカウント3対0の2試合が分析の中心であったこ

1) 日本女子大学 *Japan Women's University*

2) 杏林大学 *Kyorin University*

とから、セットカウントの異なる試合を対象とした場合の分析において、相違が見られるかどうかを課題とした。

そこで本研究では、'00オリンピック女子最終予選大会を対象にして、ラインアップを評価する順位において、前報告より高い順位相関を得るための方法の改善、それにセットカウントおよびローテーション回数の相違によって、対戦前と対戦後の攻撃力指数と守備力指数がどのように推移するか、その推移の特徴から、最良と推測したラインアップの各ローテーション・フェイスにおいて、どのローテーション・フェイスの攻撃力および守備力の強化および保持を図ることが最適かを各々検討することを目的とした。

バレーボール試合の勝敗の予測では、マルコフモデルを用いて、セットの勝敗を遠藤ら^{2,3)}、深瀬ら⁴⁾が報告し、田口ら¹⁵⁾は女子のバレーボール試合を対象に Volleyball Information System (VIS) データを利用してのゲーム分析を報告している。また吉田ら¹⁶⁾は、ラリーポイント制の女子の試合を対象として、得点差による得点とサイドアウト得点が技術面への影響に相違がみられることを報告していた。マイケル⁷⁾は、サーブポイント制の1試合当たりの各ローテーションにおいて、自チームの得点および得権を加算した値から相手チームの得点および得権を加算した値を減じた際に、どの程度の得点差 (Net Score) がみられるかについて、 ± 6 以上の得点差がみられたローテーションは統計学的に有意であるとした。筆者ら⁸⁾も同様に、サーブポイント制の4セット以上の試合では、1試合当たりの各ローテーション・フェイスにおいて、得点率で ± 6 以上、得権率で ± 7 以上の差がみられたローテーション・フェイスにおいて0.1%水準で有意な差がみられたと報告した。青柳ら¹⁾はBT法による柔道競技成績の予測を、国土ら⁶⁾は陸上競技選手の競技力特性の評価を、稲垣⁵⁾は競技力評価の攻撃力-守備力モデルを各々報告している。

II. 対象および方法

本研究は、'00オリンピック女子最終予選大会が2000年6月17日から6月25日までに東京で開催された、日本チームを含む8チーム(イタリア、韓国、クロアチア、中国、オランダ、アルゼンチン、カナダ)による、ラリーポイント制で、総当り方式による試合、全28試合(104セット)を対象とした。各日4試合が開催され、第1日目から第3日目までの12試合(41セット)は一括し

て分析し、第4日目のチーム毎の対戦前の資料とした。それは最尤法を用いて該当する試合の予測をするには、それに関与するチームの試合の資料が必要なことから、第1日目からの分析には適用できないためである。これにより分析は第4日目から第7日目まで各日毎に、1日4試合、総合計16試合(63セット)を対象とした。第4日目の4試合の各チームの対戦前の推測の分析には、第3日目までに終了した各チーム3試合の累積の資料を用い、対戦後の分析は、第4日目の試合終了時における、各チーム4試合の累積の資料を用いた。以下第7日目まで同様の方法を用いて分析した。分析の方法は以下のようにした。

2.1 資料の収集、各ローテーション・フェイスおよび各ラインアップ

資料の収集においては、大会会場で試合毎に実施した。各試合においては、両チーム共に各ローテーション・フェイス (Rotation・Phase (R-Phase)) 毎に収集し、1つのローテーション・フェイスの攻撃力として、サーブ時における得点本数と相手チームの失点本数、同守備力としてサーブレシーブ時におけるサイドアウト得点本数と相手チームのサーブ失点本数を除いたサイドアウト失点本数を各々用いた。コートに入ったサーブ本数を集計処理の対象 (In Court Serve) とした。

各ローテーション・フェイスにおいて、各チームのローテーション・フェイス1 (R1) は、セッターがライト・バック時、同様にR2はセッターがセンター・バック時、以下R3, R4, R5となり、R6はセッターがライト・フォワード時である。

各ラインアップにおいて、L-up1は自チームのR1がサーブ時 (Serve (SV)) に対して相手チームのR6がサーブレシーブ時 (Serve Receive (SVR)), 次に相手チームのR1がサーブ時に対して自チームのR1がサーブレシーブ時、この方式で順次セットが進行する場合、同様にL-up2は自チームのR1がサーブ時に対して相手チームのR1がサーブレシーブ時、次に相手チームのR2がサーブ時に対して自チームのR1がサーブレシーブ時、この方式で順次セットが進行する場合、以下L-up3 (R1 (SV) R2 (SVR)), L-up4 (R1 (SV) R3 (SVR)), L-up5 (R1 (SV) R4 (SVR)), L-up6 (R1 (SV) R5 (SVR))

である。

2.2 各指数の算出

各チームのR1からR6における各ローテーション・フェイス固有の指数の算出においては、第1日目から第3

日目までは一括して、第4日目から第7日目までは、各日の4試合終了時において、セット毎に、またローテーション・フェイス毎に集計し、最尤法を用いて、各々のローテーション・フェイス固有の攻撃力指数 (Rotation-Phases-Specific Offensive Power Index (RPS Off-P Index)) と同固有の守備力指数 (Rotation-Phases-Specific Defensive Power Index (RPS Def-P Index)) を各々推定値として算出した。8チーム全てのローテーション・フェイス固有の攻撃力指数と同守備力指数を加算し、8チーム全てのローテーション・フェイス数 (96) で除すると1となる。

相手チームとの対戦において、ラインアップ1からラインアップ6までの各指数の算出においては、最尤法で算出した各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同固有の守備力指数を用いて、BT法により、各ローテーション・フェイスの攻撃力指数 (Offensive Power Index (Off-P Index)) と守備力指数 (Defensive Power Index (Def-P Index))、それに各ラインアップの攻撃力指数の平均値 (Average of Offensive Power Index (A-Off-P Index)) と守備力指数の平均値 (Average of Defensive Power Index (A-Def-P Index)) を算出した。なお各々の指数の算出式は、筆者ら⁹⁾が報告した。

2.3 各ラインアップの総合順位の付け方

各チームの各ラインアップにおいて、攻撃力指数の平均値 (A群 (Group A (GA))) と守備力指数の平均値 (B群 (Group B (GB))) の各々において、最も高い平均値のラインアップを1番目とし、以下6番目までの順位を付けた。その順位を基にして、総合順位を付けるのに、以下の4方法を用いた。なお(1)および(2)は筆者ら^{10,11,12,14)}が報告した方法と同一である。

(1) C-1群 (Group C-1 (GC-1)): GAとGBの順位を加算して、数値の少ない方から順に1番目とし、同数の場合は攻撃力指数の平均値の順位を優先して総合順位を付ける場合

(2) C-2群 (Group C-2 (GC-2)): GAとGBの順位を加算して、数値の少ない方から順に1番目とし、同数の場合は守備力指数の平均値の順位を優先して総合順位を付ける場合

(3) D-1群 (Group D-1 (GD-1)): 各ラインアップの攻撃力指数の平均値の順位が6番目のラインアップを総合順位で5番目、守備力指数の平均値の順位が6番目のラインアップを総合順位で6番目とし、1番目から4番目までは(1)の方法に準じて順位を付ける場合

(4) D-2群 (Group D-2 (GD-2)): 各ラインアップの攻

撃力指数の平均値の順位が6番目のラインアップを総合順位で5番目、守備力指数の平均値の順位が6番目のラインアップを総合順位で6番目とし、1番目から4番目までは(2)の方法に準じて順位を付ける場合

また各チームのラインアップの評価として、総合順位で1番目と2番目を上位群(1)、3番目と4番目を中位群(2)、5番目と6番目を下位群(3)とし、対戦前と対戦後の各群の推移において、ラインアップの上位群、中位群および下位群の各々における定着率 (Stability Rate)、変動率 (Change Rate) それに順位相関 (Spearmanの順位相関 (値)) を求めた。定着率は、対戦前と対戦後共に上位群(1 1)となっていた場合(中位群(2 2)、下位群(3 3))においても同様)の割合、変動率は、対戦前には上位群であったが対戦後は中位群(1 2)および下位群(1 3)となった場合(中位群(2 1,3)、下位群(3 1,2))においても同様)の割合である。

2.4 セットカウントおよびローテーション回数の相違において、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対戦前と対戦後における増加率と減少率

16試合を対象にして、セットカウントが3対0、3対1および3対2の場合、第4セット目までの各セットにおいて、ローテーション回数が1セット当り13回未満を含んだ試合 (The Number of Rotation <13 (NR<13)) の場合、第4セット目までの全てのセットにおいて、ローテーション回数が13回以上の試合 (The Number of Rotation =>13 (NR=>13)) および3対2の試合の場合に区分し、各チームの対戦前と対戦後における各ローテーション・フェイスの攻撃力指数と守備力指数の増加率と減少率を算出した。1セット当りのローテーション回数を13回で区分したのは、勝ちチームの25得点の内訳において、13得点と12サイドアウト得点の場合と12得点と13サイドアウト得点の場合とでは、得点とサイドアウト得点の割合に相違がみられることから、13回未満と13回以上に区分した。

1試合で1チームにつき6ラインアップ、1つのラインアップは6ローテーション・フェイスから成っていることから、ローテーション・フェイス数は36と成り、攻撃力指数と守備力指数において各々36の指数が算出される。各区分の増加率および減少率の平均値の検定はt検定を用いた。また16試合において、ローテーション回数が1セット当り13回未満を含んだ試合と全セット13回以上の試合および3対2の試合に区分し、各区分部の攻撃力指数と守備力指数において、パーセンタイル値

(10区分) 毎の平均値の増加率と減少率を算出した。検定はWilcoxonの符号順位検定を用いた。

2.5 ローテーション回数と得点差

大会の全28試合において、第1セット目から第4セット目までの全98セットを対象にして、勝ちチームと負けチームのローテーション回数と得点差から、ローテーション回数が13回以上または13回未満の1セット当たりの得点数を求めた。なお第5セット目は15得点先取であるので集計処理から除いた。

Ⅲ. 結果および考察

3.1 ラインアップに順位を付ける方法に相違がある各群の、対戦前から対戦後におけるラインアップ順位の定着率、変動率それに順位相関

第4日目以降の16試合、63セットを対象とし、ラインアップに順位を付ける方法に相違がある各群において、対戦前に上位群、中位群および下位群の各順位群から、対戦後に上位群または下位群に各々定着した定着率、他の群から上位群または下位群に変動した変動率、それに順位相関について、表1および図1に示した。また勝ちチーム、負けチーム、ローテーション回数13回未満を含んだ試合およびローテーション回数13回以上および3対2の試合に区分した各群についても同様に表1に示した。

GA群の攻撃力指数の上位群の定着率は59.4%、下位群の同率は64.1%、同様にGB群の守備力指数の上位群は64.1%、下位群は57.8%で、前者では下位群、後者では上位群の方がやや上廻った傾向であった。総合順位のGC-1群、GC-2群、GD-1群およびGD-2群の上位群の定着率は各々51.6%、51.6%、51.6%、59.4%、同様に下位群の同率は各々54.7%、53.1%、57.8%、57.8%で、GD-2群が4グループのなかでは、上位群および下位群共に安定した定着率であった。筆者ら⁹⁾は、GC-2群による方法を用いて、各ラインアップに総合順位を付ける報告をしたが、GD-2群で総合順位を付ける方法の方が、上位群および下位群共にやや高い定着率であった。

各群の順位相関では、GA群の値は0.508 ($p < 0.001$)、GB群の同値は0.492 ($p < 0.001$)で、共に0.1%水準で有意な順位相関がみられた。同様にGC-1群の同値は0.328 ($p < 0.001$)、GC-2群の同値は0.328 ($p < 0.001$)、GD-1群の同値は0.312 ($p < 0.001$)、GD-2群の同値は0.352 ($p < 0.001$)で、共に0.1%水準で有意な順位相関がみ

れた。定着率と同様に、GC-2群よりGD-2群の方がやや高い順位相関がみられた。

GD-2群の勝ちチームと負けチームにおいて、勝ちチームの上位群の定着率は53.1%、下位群の同率は56.3%、負けチームの上位群の定着率は65.6%、下位群の同率は59.4%で、負けチームの方が上位群において、勝ちチームより上廻った傾向がみられた。

同様にGD-2群のローテーション回数の相違において、ローテーション回数13回未満を含んだ試合の上位群の定着率は70.8%、下位群の同率は75.0%、ローテーション回数13回以上および3対2の試合の上位群の定着率は52.5%、下位群の同率は47.5%であった。ローテーション回数13回未満を含んだ試合の方が上位群、下位群共に、ローテーション回数13回以上および3対2の試合より定着率が高い傾向がみられた。定着率が低ければ、変動率は高くなり、ローテーション回数13回以上および3対2の試合において、中位群が上位群になる変動率は17.5%、下位群が上位群になる同率は30.0%、上位群が下位群になる変動率は30.0%、中位群が下位群になる同率は22.5%で、ローテーション回数13回未満を含んだ試合より高い傾向がみられた。

チームにおいてラインアップを選択する際に、最良のラインアップを選択することが最適で、しかも上位群と推定したラインアップの順位が対戦後も上位群となっていることが望ましく、定着率の高いことが望まれる。一方下位群においても同様で、定着率が高ければ、回避しなければならない。4方法のなかでは、GD-2群の方法において順位を付けるのが最適と推察した。しかしローテーション回数13回以上および3対2の試合において、下位群が上位群に、上位群が下位群になる変動率が各々30.0%とやや高い傾向がみられた。

GD-2群において、16試合全体の上位群の定着率が59.4%であったが、第4日目終了時(21日)で31.3%、第5日目終了時(22日)で56.3%、第6日目終了時(24日)および第7日目終了時(25日)で各々75.0%であった。第4日目終了時でも他の日に比べて低い傾向にあったのは、最尤法の適用において、参加チーム数が8チームであり、予測する試合に関与する他の試合の影響が低かったものと推察した。青柳ら¹⁾はBT法による柔道競技成績の予測において、5年間の大会の累積資料で分析したように、今後最尤法を用いて分析する際に、参加チーム数、累積の試合数、上位群および下位群の定着率の各々の関係についての分析は、今後の検討課題とした。

本大会の第4日目から第7日目の16試合、63セットにおいて、勝ちチームは48得セットで15失セット、負け

表1 ラインアップに順位を付ける方法に相違がある各群の定着率、変動率および順位相関
(Total, Win Team, Lose Team, NR<13, NR=>13(3:2))

	Bef. → Aft.	GA	GB	GC-1	GC-2	GD-1	GD-2
Total (n=192)	1 → 1	59.4	64.1	51.6	51.6	51.6	59.4
	2 → 1	31.3	23.4	26.6	34.4	28.1	17.2
	3 → 1	9.4	12.5	21.9	14.1	20.3	23.4
	1 → 3	12.5	10.9	18.8	25.0	26.6	23.4
	2 → 3	23.4	31.3	26.6	21.9	15.6	18.8
	3 → 3	64.1	57.8	54.7	53.1	57.8	57.8
Win Team (n=96)	1 → 1	62.5	71.9	50.0	43.8	59.4	53.1
	2 → 1	28.1	12.5	31.3	43.8	18.8	25.0
	3 → 1	9.4	15.6	18.8	12.5	21.9	21.9
	1 → 3	9.4	9.4	15.6	25.0	25.0	28.1
	2 → 3	34.4	34.4	21.9	21.9	18.8	15.6
	3 → 3	56.3	56.3	62.5	53.1	56.3	56.3
Lose Team (n=96)	1 → 1	56.3	56.3	53.1	59.4	43.8	65.6
	2 → 1	34.4	34.4	21.9	25.0	37.5	9.4
	3 → 1	9.4	9.4	25.0	15.6	18.8	25.0
	1 → 3	15.6	12.5	21.9	25.0	28.1	18.8
	2 → 3	12.5	28.1	31.3	21.9	12.5	21.9
	3 → 3	71.9	59.4	46.9	53.1	59.4	59.4
NR<13 (n=72)	1 → 1	62.5	62.5	62.5	70.8	45.8	70.8
	2 → 1	25.0	25.0	25.0	16.7	37.5	16.7
	3 → 1	12.5	12.5	12.5	12.5	16.7	12.5
	1 → 3	12.5	16.7	16.7	16.7	16.7	12.5
	2 → 3	25.0	25.0	12.5	20.8	8.3	12.5
	3 → 3	62.5	58.3	70.8	62.5	75.0	75.0
NR=>13 (3:2) (n=120)	1 → 1	57.5	65.0	45.0	40.0	55.0	52.5
	2 → 1	35.0	22.5	27.5	45.0	22.5	17.5
	3 → 1	7.5	12.5	27.5	15.0	22.5	30.0
	1 → 3	12.5	7.5	20.0	30.0	32.5	30.0
	2 → 3	22.5	35.0	35.0	22.5	20.0	22.5
	3 → 3	65.0	57.5	45.0	47.5	47.5	47.5

(ρ 値)

Total	GA: $\rho = 0.508(p < 0.001)$, GB: $\rho = 0.492(p < 0.001)$, GC-1: $\rho = 0.328(p < 0.001)$ GC-2: $\rho = 0.328(p < 0.001)$, GD-1: $\rho = 0.312(p < 0.001)$, GD-2: $\rho = 0.352(p < 0.001)$
Win Team	GA: $\rho = 0.500(p < 0.001)$, GB: $\rho = 0.516(p < 0.001)$, GC-1: $\rho = 0.391(p < 0.001)$ GC-2: $\rho = 0.297(p < 0.01)$, GD-1: $\rho = 0.344(p < 0.001)$, GD-2: $\rho = 0.297(p < 0.01)$
Lose Team	GA: $\rho = 0.516(p < 0.001)$, GB: $\rho = 0.469(p < 0.001)$, GC-1: $\rho = 0.266(p < 0.01)$ GC-2: $\rho = 0.359(p < 0.001)$, GD-1: $\rho = 0.281(p < 0.01)$, GD-2: $\rho = 0.406(p < 0.001)$
NR<13	GA: $\rho = 0.500(p < 0.001)$, GB: $\rho = 0.458(p < 0.001)$, GC-1: $\rho = 0.521(p < 0.001)$ GC-2: $\rho = 0.521(p < 0.001)$, GD-1: $\rho = 0.438(p < 0.001)$, GD-2: $\rho = 0.604(p < 0.001)$
NR=>13.3:2	GA: $\rho = 0.512(p < 0.001)$, GB: $\rho = 0.512(p < 0.001)$, GC-1: $\rho = 0.212(p < 0.05)$ GC-2: $\rho = 0.212(p < 0.05)$, GD-1: $\rho = 0.237(p < 0.01)$, GD-2: $\rho = 0.200(p < 0.05)$

1 : Line-up High Rank Group(Rank:1st, 2nd)	2 : Line-up Middle Rank Group(Rank:3rd, 4th)
3 : Line-up Low Rank Group(Rank:5th, 6th)	NR : The Number of Rotation
Bef. : Before Match Aft. : After Match	n : The Number of Rotation Phase
GA : Offensive Power Index Rank Group	GB : Defensive Power Index Rank Group
1→1, 3→3 : Stability Rate	2,3→1, 1,2→3 : Change Rate
GC-1 : Total Rank Group(Priority of Offense Rank)	GC-2 : Total Rank Group(Priority of Defense Rank)
GD-1 : Total Rank Group(Offense Rank6=Total Rank5, Defense Rank6=Total Rank6, Priority of Offense Rank)	
GD-2 : Total Rank Group(Offense Rank6=Total Rank5, Defense Rank6=Total Rank6, Priority of Defense Rank)	

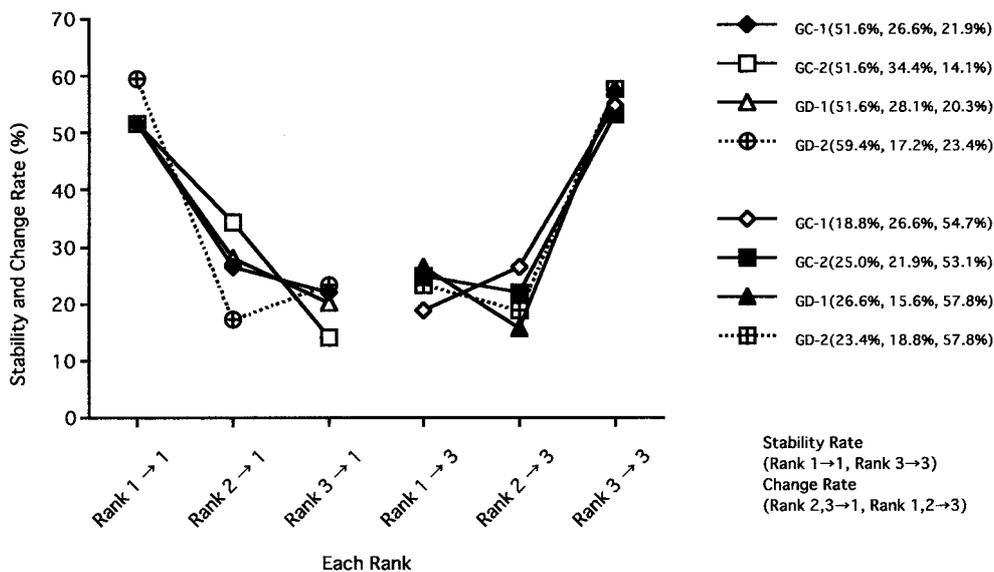


図1 ラインアップに順位を付ける方法に相違がある各群の定着率および変動率

(GC-1 : Total Rank Group(Priority of Offense Rank))
 (GC-2 : Total Rank Group(Priority of Defense Rank))
 (GD-1 : Total Rank Group(Offense Rank6=Total Rank5, Defense Rank6=Total Rank6, Priority of Offense Rank))
 (GD-2 : Total Rank Group(Offense Rank6=Total Rank5, Defense Rank6=Total Rank6, Priority of Defense Rank))

チームは15得セットで48失セットであった。GD-2群の順位を付ける方法で、勝ちチームにおいて、対戦前も対戦後も上位群であったセットは12セットで、セット取得率は10勝2敗で83.3%、同様に下位群では9勝4敗で69.2%であった。一方、負けチームの上位群のセット取得率は3勝5敗で37.5%、同様に下位群では、4勝14敗で22.2%であった。勝ちチームにおいても負けチームにおいても、上位群で定着したラインアップの方が下位群で定着したラインアップよりもセットの取得率はやや高い傾向がみられた。これにより、下位群と推定したラインアップはセット取得率がやや低く、回避するラインアップと推察した。

日本チームにおいて、21日の中国戦はセットカウント1対3、22日のイタリア戦は同0対3、24日のクロアチア戦は同2対3、25日の韓国戦は同1対3で4試合共に敗戦であった。日本チームのラインアップの総合順位において、対戦前に第1番目の上位群と推測したのは、中国戦はL-up4、以下同様にイタリア戦:L-up4、クロアチア戦:L-up5、韓国戦:L-up4であった。そして対戦後の同ラインアップの総合順位は、中国戦が第5番目で下位群に変動していたが、他のイタリア戦、クロアチア戦および韓国戦のラインアップはそのまま第1番目の上位群に定着していた。一方、第6番目の下位群と推測したラインアップは、中国戦がL-up3、以下同様にイタリア戦:L-up6、クロアチア戦:L-up4、韓国戦:L-up5で、対戦後

の同ラインアップは、中国戦およびイタリア戦は同じ第6番目の下位群に定着していたが、クロアチア戦は第2番目の上位群に、韓国戦は第3番目の中位群に変動していた。このように対戦前と対戦後の推測が上位群および下位群共に定着していたのはイタリア戦のみで、他の3試合は上位群が定着していたら下位群に変動、下位群が定着していたら上位群に変動が各々みられ、イタリア戦のように上位群、下位群共に定着することが望まれる。本研究では、上位群が下位群に、下位群が上位群に変動したのは、GD-2群全体で各々23.4%とやや高い変動率であったことが影響していたものと推察し、定着率はより高く、変動率はより低くする手法の研究を今後の課題とした。

稲垣ら⁵⁾は、競技力と競技力特性について報告したが、筆者らはセット毎の得点本数とサイドアウト得点本数を競技力とし、最尤法およびBT法で算出した各指数を各チームの各ローテーション・フェイスおよび各チームのラインアップの競技力特性とした。攻撃力指数の平均値の最も高い順位第1番目のラインアップと守備力指数の平均値の最も高い順位第1番目のラインアップとが同一のラインアップとなることが理想のラインアップであると考察した。

3.2 各ローテーション・フェイスの対戦前と対戦後の攻撃力指数と守備力指数の増加率と減少率

セットカウントとローテーション回数に相違がある試合において、各ローテーション・フェイスの対戦前と対戦後の攻撃力指数と守備力指数の増加率と減少率を表2に示した。

ローテーション回数13回未満を含む試合の3対0の4試合と3対1の2試合の総計6試合では、勝ちチームおよび負けチーム共に各ローテーション・フェイスの攻撃力指数の増加(7.69%, 4.81%), 守備力指数の減少(2.11%, 6.48%)の傾向がみられ、各々の指数の増加および減少において0.1%水準で有意な差がみられた。一方、ローテーション回数が13回以上の3対0の2試合、3対1の3試合および3対2の5試合の総計10試合では、勝ちチームおよび負けチーム共に守備力指数の増加(2.96%, 1.67%), 攻撃力指数の減少(2.30%, 1.81%)の傾向がみられ、各々の指数の増加および減少において1%水準および0.1%水準で有意な差がみられた。3対2の5試合では、ローテーション回数13回未満を含んだ試合の傾向はみられず、守備力指数が増加し、攻撃力指数が減少の傾向であった。ローテーション回数が13回以上の3対1の3試合において、勝ちチームの攻撃力指数と負けチームの守備力指数において、ローテーション回数13回未満を含んだ試合の傾向がみられたが、有意な差はみられなかったことから、セットカウントの相違よりも、ローテーション回数の相違が、攻撃力指数と守備力指数の増加率または減少率に影響していたと推察した。

本大会の28試合において、第5セット目を除くと98セットであった。その内、10セット(10.2%)はジュースのセットで、88セットは勝ちチームが25得点のセットであった。88セットの内、勝ちチームがローテーション回数13回未満で勝ったセットは19セット(21.6%)で、負けチームが同回数13回未満で負けたセットは25セット(28.4%)であった。負けチームでも63セット(71.6%)がローテーション回数13回以上であったことから、戦略的には各ローテーション・フェイスの守備力指数の増加を図ることが、各ローテーション・フェイスの攻撃力指数の増加を図ることより優先すると推察した。マルコフモデルを用いて深瀬ら⁴⁾の報告は、1試合毎に自チームのサーブ時において、自チームの攻撃力と相手チームの守備力の両数値を加算すると1、自チームの守備力と相手チームの攻撃力の数値の両数値を加算すると1とし、自チームの攻撃力および守備力を加算し、

相手チームの攻撃力および守備力を加算した数値を減じた際、プラスの数値なら自チームの方がそのセットを取得し、マイナスの数値なら相手チームの方がそのセットを取得する予測を、同様にマルコフモデルを用いて、遠藤ら^{2,3)}の報告は、深瀬ら⁴⁾の報告に準じてはいるが、算出した数値をどこまで数値を組み変えしたら、負けセットを勝ちセットにすることができるかの報告であった。両報告共に、1試合および各セットを対象とした報告に対して、我々の研究は、チーム毎に、サーブ時およびサーブレシーブ時各々6各ローテーション・フェイスに区分し、参加チーム数に12を乗じた全ローテーション・フェイスの平均値を1として、1つのローテーション・フェイスに対して、最尤法により固有の攻撃力指数と守備力指数を算出し、その両指数を基にして各々の指数を算出し分析したことが相違点である。

3.3 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各パーセンタイル値における対戦前と対戦後の増加率と減少率

ローテーション回数に相違がみられた試合において、各ローテーション・フェイスの攻撃力指数と守備力指数を、パーセンタイル値で10区分し、各々の区分の対戦前と対戦後の増加率と減少率を表3、図2および図3に示した。

ローテーション回数が13回未満を含んだ試合の各ローテーション・フェイスの攻撃力指数において、勝ちチームの場合、パーセンタイル値の10%以下における増加率の平均値は57.52%、同10%以上で34.49%、同20%以上で20.81%と各々対戦後において増加の傾向がみられた。同様に負けチームの場合、パーセンタイル値の10%以下における増加率の平均値は45.14%、同10%以上で38.07%、同20%以上で22.72%と勝ちチームと同様に各々増加の傾向がみられた。一方、各ローテーション・フェイスの守備力指数において、勝ちチームの場合、パーセンタイル値の90%以上における減少率の平均値は5.40%、同80%以上で7.85%、同70%以上で6.17%と各々対戦後において減少の傾向がみられた。同様に負けチームの場合、パーセンタイル値の90%以上における減少率の平均値は14.68%、同80%以上で13.98%、同70%以上で10.44%と勝ちチームよりも各々大きな減少の傾向がみられた。各々の平均値の増加率と減少率の全てにおいて、1%水準および0.1%水準で有意な差がみられた。これらのことから、相手チームとの対戦を想定し、ローテーション回数が13回未満を含む試合で臨む戦略を選択する場合には、攻撃力指数の

表2 勝ちチームと負けチームの対戦前と対戦後のセットカウントとローテーション回数の相違による攻撃力指数と守備力指数の平均値と増加率と減少率

(1) Win Team's Offensive Power Index, Lose Team's Defensive Power Index

Total (Set Count, NR)	Win Team's Off-P Index			Lose Team's Def-P Index		
	Bef. Match	Aft. Match	In., De. Rate	Bef. Match	Aft. Match	In., De. Rate
(3-0, NR<13)	0.48234 0.13535 n=144	0.50790 0.11055 n=144	5.299 (***)	0.52080 0.13553 n=144	0.49338 0.09717 n=144	-5.265 (***)
(3-1, NR<13)	0.36109 0.13037 n=72	0.41197 0.08209 n=72	14.091 (***)	0.64165 0.12961 n=72	0.58735 0.08268 n=72	-8.463 (***)
(3-0, NR=>13)	0.51880 0.09233 n=72	0.49989 0.08739 n=72	-3.644 (*)	0.48184 0.09135 n=72	0.50083 0.08507 n=72	3.941 (*)
(3-1, NR=>13)	0.36827 0.13818 n=108	0.37653 0.11155 n=108	2.242	0.62837 0.13706 n=108	0.62078 0.11147 n=108	-1.207
(3-2, NR=>13)	0.40260 0.11072 n=180	0.38610 0.09536 n=180	-4.096 (***)	0.59795 0.11092 n=180	0.61437 0.09498 n=180	2.747 (***)
(Total, NR<13)	0.44193 0.14519 n=216	0.47592 0.11139 n=216	7.694 (***)	0.56108 0.14500 n=216	0.52470 0.11235 n=216	-6.484 (***)
(Total, NR=>13, 3:2)	0.41554 0.12800 n=360	0.40599 0.10946 n=360	-2.298 (**)	0.58385 0.12715 n=360	0.59359 0.10862 n=360	1.667 (**)
Total	0.42543 0.13518 n=576	0.43221 0.11519 n=576	1.594 (*)	0.57531 0.13445 n=576	0.56776 0.11489 n=576	-1.314 (*)

(2) Win Team's Defensive Power Index, Lose Team's Offensive Power Index

Total (Set Count, NR)	Win Team's Def-P Index			Lose Team's Off-P Index		
	Bef. Match	Aft. Match	In., De. Rate	Bef. Match	Aft. Match	In., De. Rate
(3-0, NR<13)	0.71692 0.11838 n=144	0.69944 0.11838 n=144	-2.438 (***)	0.28308 0.11838 n=144	0.30056 0.10978 n=144	6.173 (***)
(3-1, NR<13)	0.65185 0.12490 n=72	0.64283 0.12490 n=72	-1.384	0.34815 0.12490 n=72	0.35717 0.09431 n=72	2.591
(3-0, NR=>13)	0.71757 0.11355 n=72	0.71778 0.11355 n=72	0.030	0.28243 0.11355 n=72	0.28222 0.10885 n=72	-0.076
(3-1, NR=>13)	0.63630 0.08658 n=108	0.63973 0.08658 n=108	0.540	0.36370 0.08658 n=108	0.36027 0.08038 n=108	-0.945
(3-2, NR=>13)	0.59805 0.12763 n=180	0.63340 0.12763 n=180	5.910 (***)	0.40195 0.12763 n=180	0.36660 0.09260 n=180	-8.793 (***)
(Total, NR<13)	0.69523 0.12417 n=216	0.68057 0.12417 n=216	-2.108 (***)	0.30477 0.12417 n=216	0.31943 0.10802 n=216	4.809 (***)
(Total, NR=>13, 3:2)	0.63343 0.12229 n=360	0.65217 0.12229 n=360	2.959 (***)	0.36657 0.12229 n=360	0.34783 0.09814 n=360	-5.114 (***)
Total	0.65660 0.12649 n=576	0.66282 0.10279 n=576	0.947 (*)	0.34340 0.12649 n=576	0.33718 0.10279 n=576	-1.811 (*)

Bef., Aft. Match : Before, After Match

Off-P Index : Offensive Power Index

In., De. Rate : Increase, Decrease Rate

Def-P Index : Defensive Power Index

NR : The Number of Rotation , * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001, n : The Number of Rotation Phase

表3 対戦前と対戦後の各パーセンタイル値における攻撃力指数と守備力指数の増加率と減少率

Percentile		>10%	10%=<	20%=<	30%=<	40%=<	50%=<	60%=<	70%=<	80%=<	90%=<
Offensive	Win(NR<13)	57.52 ***	34.49 ***	20.81 ***	16.77 ***	11.00 **	6.01	1.96	-5.34 *	-5.14	-4.38 **
	Lose(NR<13)	45.14 ***	38.07 ***	22.72 **	5.27	7.23 *	9.39 *	-0.47	-4.56	-0.77	-10.10 ***
Power Index	Win(NR=>13,3:2)	31.74 ***	9.34 *	-0.20	-0.45	-5.02 *	-3.34	-2.79	-5.87 **	-5.62 ***	-10.76 ***
	Lose(NR=>13,3:2)	15.12 **	11.12 ***	0.32	3.00	-2.04	-5.35 *	-4.02 *	-11.28 ***	-9.01 ***	-18.65 ***
Defensive	Win(NR<13)	11.93 ***	0.59	2.80	0.25	-4.26 *	-2.91 *	-1.75	-6.17 **	-7.85 ***	-5.40 ***
	Lose(NR<13)	10.21 **	5.09	3.24	-1.95	-5.31	-7.81 **	-9.92 ***	-10.44 ***	-13.98 ***	-14.68 ***
Power Index	Win(NR=>13,3:2)	26.87 ***	8.63 ***	9.22 ***	2.82 *	3.26 *	1.09	-1.38	-0.13	-3.48 ***	-2.92 **
	Lose(NR=>13,3:2)	18.82 ***	6.95 ***	5.95 **	2.21	2.20	3.09 *	0.10	0.59	-3.74 *	-6.67 ***

(NR : The Number of Rotation , (NR<13 : n=21(10%, 30%, 50%, 70%), n=22(Other), (NR=>13, 3:2 : Each Percentile : n=36), * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001)

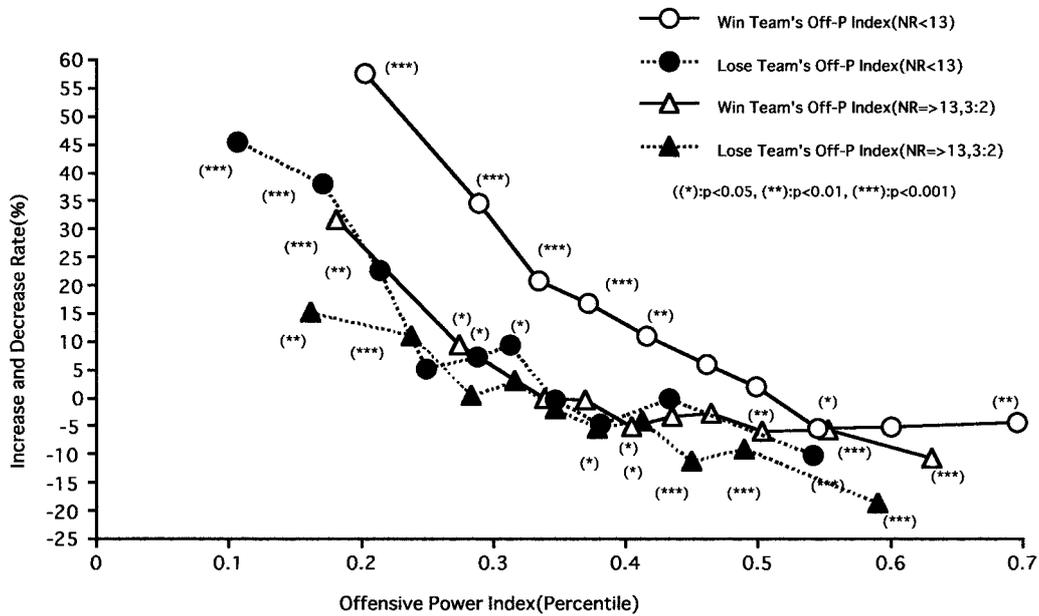


図2 各パーセンタイル値における対戦前と対戦後の攻撃力指数の増加率と減少率

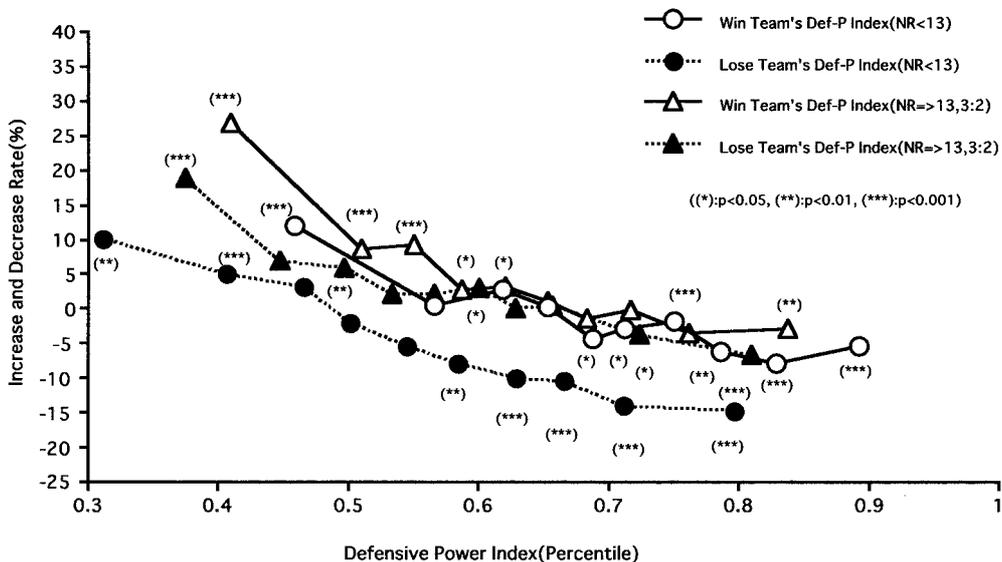


図3 各パーセンタイル値における対戦前と対戦後の守備力指数の増加率と減少率

低いローテーション・フェイスの攻撃力の強化と守備力指数の高いローテーション・フェイスの守備力の保持を図ることが必要と推察した。

ローテーション回数が13回以上および3対2試合の各ローテーション・フェイスの守備力指数において、勝ちチームの場合、パーセンタイル値の10%以下における増加率の平均値は26.87%、同10%以上で8.63%、同20%以上で9.22%と各々対戦後において増加の傾向がみられた。同様に負けチームの場合、パーセンタイル値の10%以下における増加率の平均値は18.82%、同10%以上で6.95%、同20%以上で5.95%と勝ちチームと同様に各々増加の傾向がみられた。一方、各ローテーション・フェイスの攻撃力指数において、勝ちチームの場合、パーセンタイル値の90%以上における減少率の平均値は10.76%、同80%以上で5.62%、同70%以上で5.87%と各々対戦後において減少の傾向がみられた。同様に負けチームの場合、パーセンタイル値の90%以上における減少率の平均値は18.65%、同80%以上で9.01%、同70%以上で11.28%と勝ちチームよりも各々大きな減少の傾向がみられた。各々の平均値の増加率と減少率の全てにおいて、1%水準および0.1%水準で有意な差がみられた。これらのことから、相手チームとの対戦を想定し、ローテーション回数13回以上および3対2試合で臨む戦略を選択する場合には、守備力指数の低いローテーション・フェイスの守備力の強化と攻撃力指数の高いローテーション・フェイスの攻撃力の保持を各々図ることが必要と推察した。

このようにローテーション回数が13回未満を含んだ試合の場合とローテーション回数が13回以上および3対2試合の場合とでは、各ローテーション・フェイスの強化および保持において相違がみられた。本大会でもローテーション回数が13回以上のセットの割合が多い傾向であったこと、中国、イタリア、クロアチアおよび韓国の4チームのチーム力も日本チームと比較して、同等またはそれ以上のチーム力と推測することも加味して、日本チームにとって最良と推測したラインアップの、守備力指数の低いローテーション・フェイスの強化と攻撃力指数の高いローテーション・フェイスの保持を図る戦略が日本チームにとっては効果的と推察した。L-up1からL-up6までを図化して、本結果を適用するとより明瞭となる。本研究では、コートに入ったサーブ本数を集計処理の対象としたが、全てのサーブ本数を集計処理の対象(All Court Serve)とした場合についての分析は、今後の研究課題とした。

IV. 結論

ラインアップの総合順位は、グループD-2方式で実施し、4日目以降の16試合での上位群の定着率は59.4%で、4群のなかでは最も高い率となっていた。同群の順位相関の値は0.352で、0.1%水準で有意な順位相関がみられた。

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増加率と減少率において、セットカウントの相違よりも、ローテーション回数の相違の方が両指数に大きな影響を与えていた。ローテーション回数13回未満を含んだ試合では、勝ちチームおよび負けチーム共に攻撃力指数が増加し、守備力指数の減少がみられたのに対して、ローテーション回数13回以上および3対2の試合では、両チーム共に守備力指数が増加し、攻撃力指数の減少がみられた。

文 献

- 1) 青柳 領, 松浦義行 (1982): 「BTモデルによる柔道競技成績の予測に関する研究」体育学研究, 第27巻, 第2号, pp.123-133.
- 2) 遠藤俊郎 (1984): 「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.
- 3) 遠藤俊郎, 志村栄一 (1992): 「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号, pp.115-126.
- 4) 深瀬吉邦 (1966): 「バレーボールに関する一考察(その一)-マルコフ課程を利用したゲーム分析方法-, 都留文化大学研究紀要, No.3, pp.139-155.
- 5) 稲垣 敦 (2000): 「競技力評価のための攻撃力-守備力モデル」体育学研究, 第45巻, 第6号, pp.719-738.
- 6) 国土将平, 西嶋尚彦, 松浦義行 (1991): 「陸上競技選手における競技成績の達成確立を用いた競技力特性の評価」体育学研究, 第36巻, 第1号, pp.27-38.
- 7) Michael R. H. (1991): 'Insights and strategies for winning Volleyball', Leisure Press (USA), pp171-175.
- 8) 島津大宣, 山本外憲 (1999): 「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.
- 9) 島津大宣, 山本外憲 (2000): 「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

- ドカップ女子大会の分析- , サーキュラー , No.61 , pp.39-38.
- 10) 島津大宣, 泉川喬一, 山本外憲, 他, (2000): 「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ブラジルチームの分析- , 運動とスポーツの科学, Vol.6 , No.1 , pp.1-11.
- 11) 島津大宣, 泉川喬一, 山本外憲, 他, (2001): 「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キューバチーム対ロシアチームの分析- , 日本女子大学紀要家政学部, No.48 , pp.93-104.
- 12) 島津大宣, 泉川喬一, 山本外憲, 他, (2001): 「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中国チーム対キューバチームの分析- , 東京体育学研究2000年度報告, pp.23-28.
- 13) 島津大宣, 泉川喬一, 山本外憲, 他, (2001): 「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」-第13回バレーボール女子世界選手権大会におけるロシアチーム対キューバチームの想定試合の分析- , スポーツ方法学研究, 第14巻, 第1号, pp.143-154.
- 14) 島津大宣, 泉川喬一, 山本外憲, 他, (2001): 「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- , バレーボール研究, Vol.3 , No.1 , pp.15-25.
- 15) 田口 東, 山本章雄, 泉川喬一, 他, (1995): VIS データを利用した6人制バレーボールのゲーム分析」平成6年度日本体育協会医・科学研究報告-第18報- , pp.188-193.
- 16) 吉田敏明, 箕輪憲吾 (2001): 25点ラリーポイント制のバレーボールゲームにおけるゲーム結果と得点に直接関連する技術との関係」スポーツ方法学研究, 第14巻, 第1号, pp.13-22.