

バレーボール試合のラインアップ分析に関する研究

——対戦前における試合の活用——

A Line-Up Analysis of Volleyball Matches
—How Many Use the before Match—

被服学科, 体育研究室 Dept. of Clothing, Physical Education	島津 大宣 Daisen Shimazu*	泉川 喬一 Kyoichi Izumikawa**	山下 茂 Shigeru Yamashita***
	坂井 充 Mituru Sakai****	田原 武彦 Takehiko Tahara*****	根本 研 Ken Nemoto*****
	馬場 大拓 Daitaku Baba*****	松田 敏男 Toshio Matsuda*****	

抄 録 2010年から2011にかけての、バレーボールの国際試合と国内試合を対象に分析したものである。分析論的に、ホモカップリング方式の、 C_0 の試合および C_1 と C_2 の試合については、対戦前の試合として容認したが、クロスカップリング方式の、 C_1 と C_3 の試合と C_2 と C_4 の試合から、 C_3 と C_4 の試合について、対戦前の試合として容認できるかどうかであった。プラス率が50.0%以上を占めてチームが勝利したのは、ホモカップリング方式では82.35%、クロスカップリング方式では78.26%で、その差は4.09%であった。また一致率においても、ホモカップリング方式では73.53%、クロスカップリング方式では73.91%で、その差は-0.38%に過ぎなかった。双方からみて、 $C_1 \doteq C_3$ 、 $C_2 \doteq C_4$ として C_3 と C_4 の試合を対戦前の試合として用いることを容認した。これにより、対戦前における該当のLSのサービス得点確率とレセプション得点確率の推移からみて、保持するRフェイズと補強するRフェイズにおいて、“Super Pinpoint Lesson”を図り、プラス率を50.0%以上にすれば、該当の試合におよそ80.0%の割合で勝利できるとした。ホモカップリング方式、あるいはクロスカップリング方式を用いて対戦前の分析を可能としたことにより、ゲームナビゲーションシステムを用いてのセットの進行中の分析と併用して、対戦前の分析から対戦中の分析へと、一貫したバレーボールのラインアップ分析が可能となった。

キーワード：バレーボール、ゲーム分析、サービス得点確率、レセプション得点確率、プラス率

Abstract This study analysed international and domestic volleyball games held from 2010 to 2011. In analytics, although C_0 game and C_1 and C_2 games of the homo-coupling system were admitted as games before matching-up, it was investigated whether games between C_3 and C_4 could be accepted before matching up games between C_1 and C_3 and between C_2 and C_4 from the cross-coupling system. The winning rate where the plus rate accounted for 50.0% or higher was 82.35% for the homo-coupling system and 78.26% for the cross coupling system, with a difference of 4.09%. The correspondence rate was 73.53% for the homo-coupling system and 73.91% for the cross-coupling system, with a difference of only -0.38%. For both, $C_1 \doteq C_3$ and $C_2 \doteq C_4$ were made and games between C_3 and C_4 were accepted for use before matching up. Thus, from the variations in the service and reception scoring probabilities

* 日本女子大学 ** 神奈川工科大学 *** シンク情報システム **** 九州共立大学
***** 奈良大学 ***** 日本体育大学 ***** 日本大学藤沢高校

of concerned LS before matching up, when a “Super Pinpoint Lesson” was conducted in R phase held and R phase reinforced to make the plus rate 50.0% or higher, it was established that the winning rate in the game concerned would be 80.0% or higher. Because the analysis before the game was made possible by utilizing a homo-coupling or cross coupling system, and the analysis of on-going sets using a game navigation system was combined, a consistent lineup analysis of volleyball from before the game and during the game became possible.

Keywords : volleyball, game analysis, service scoring probability, reception scoring probability, plus rate

1. 緒言

1971年4月(昭和46年)に本学に赴任し、その年の家政学部紀要が第18号(1972.3)への投稿であった。それ以降およそ20年、第38号(1992.3)までは、全国中学校バレーボール選抜男女選手、全国高校バレーボール選抜男女選手および全日本男女バレーボール選手の体力についての研究に終始した。なかでも、「バレーボールジャンプ指数」の開発は、2011年(平成23年)現在においても活用している。同指数の高い選手は、将来全日本チームの選手として活躍できると予測されるからである。高校選抜男子選手で同指数が130、同女子選手では110で、スパイクジャンプ到達点では男子選手で340cm、同女子選手で300cmである。

1992年(平成4年)以降においては、国際バレーボール連盟が、国際試合において「VIS (Volleyball Information System)」を導入した。それは、セットの開始から終了までのプレイに関して全て記録するものである。バレーボールのゲーム分析を実行するには、この上にない資料となった。この資料を活用すると共に、筆者においても個人的に開発した手法により分析を試みてきた。

1996年8月のアトランタオリンピック大会と2000年8月のシドニーオリンピック大会では、双方の大会の会場にでかけて資料を収集して分析をしたが、プログラム化する前段階の研究であった。その後、この手法を基にして現在(2011年)では、オンサイトリアルタイムで、実行できるように開発をした。1992年以降のおよそ20年は、「バレーボールのゲーム分析」に終始し、2012年(平成24年)3月をもって、定年退職にあたり、長年投稿してきた本誌において、最後の投稿となるものである。

本誌第50号³⁾、第51号(欧文)⁴⁾および第52号(欧文)⁵⁾では、シドニーオリンピック大会にお

ける女子チームのブラジル対キューバ戦、ロシア対キューバ戦、それに男子チーム各々におけるゲーム分析である。第53号(欧文)⁶⁾では、2004年のオリンピック最終予選大会と2005年のグランプリ大会のラインアップ分析(ゲーム分析を分子化したもの)である。第54号⁷⁾および第55号⁸⁾では、タイムアウトの好機はどこか。第56号⁹⁾および第57号¹⁰⁾では、サービスで狙う選手と避ける選手はどの選手か、また狙う選手と避ける選手はどの手法により確定するかであった。第58号¹¹⁾では、チーム得点率指数とチーム失点率指数により、チームのどのRフェイズにおいて、連続得点ができ、一方で連続失点となっているかであった。

この流れを受けて、本第59号では、対戦前に、すでに終了した単数あるいは複数の試合を用いて、いかに活用したら該当の試合に勝利できるかに視点をのこしたもので、継続してきた「ラインアップ分析」の最終稿としたものである。

深瀬²⁾は、マルコフモデル(Markov Model)を用いて、自チームのサービス得点と自チームのレセプション得点(当時は得権)を加算して「1」以上であれば、勝ちチームで、「1」未満であれば、負けチームとなり、試合に勝つには、「1」以上にしなければならないとした。

その後、遠藤¹⁾は、オペレーションズ・リサーチの手法を用いて、数値の組み替えを試みた。深瀬が実行した「1」以上と同様に、いかに数値を組み替えて「1」以上にして、該当の試合に勝利するかであった。

筆者らのランアップ分析も、深瀬および遠藤らと同様にマルコフモデルを用いて点については共通した点であるが、深瀬および遠藤らは、チーム全体として分析したものに対して、筆者らは、1つのチームをサービスとして6Rフェイズ、レセプションとして6フェイズ、全部で12フェイズに区分して分

析したところが大きな相違点である。サービスをした R フェイズと相手チームのレセプションをした R フェイズとにおいて、「1」の関係は共通した点で、自チームの総得点確率と相手チームの総レセプション得点確率の総和は常に「1」である。

本研究は、対戦前の試合を活用して、該当の試合をいかにして勝つかを視点とした。対戦前の試合の活用法において、ホモカップリング方式 (Homo Coupling System) とクロスカップリング方式 (Close Coupling System) を提起した。

ホモカップリング方式では、対戦前にすでに対戦した同一の試合の場合と、双方のチームが同一の他のチームと対戦した試合の場合がある。前者をホモカップリング方式 -1、後者をホモカップリング方式 -2 とした。この両方式においては、対戦前の大会の試合を用いる場合と、大学のリーグ戦の場合等で活用できる。しかし、マルコフモデルによる分析論では、ホモカップリング方式 -2 を用いた場合に、3 チーム間において巴戦 (3 チームが各々 1 勝 1 敗) となった場合には不適応と言われている。

今回、クロスカップリング方式を提起したが、双方、異なるチームと対戦した試合を用いての分析で、マルコフモデルの分析論において、いかに考えていくかが大きなテーマとなった。多くの男女の国際試合や男女の全日本選手権大会、それに男女の全国高校選手権大会等トーナメントの試合がバレーボールの試合では目白押しである。クロスカップリング方式がマルコフモデルの分析論とは異質でるとすると、バレーボール試合のトーナメントの試合は、全て分析不可能となる。

ホモカップリング方式で分析した傾向とクロスカップリング方式で分析した方法とで大きな相違が見られるであろうか。今までこの課題に対して分析した例がなく、今回試してみた。

これら記号化してみると以下のようなものである。

* A チーム対 B チームの試合：

ホモカップリング方式 1
対戦前の試合として、A チーム対 B チームの試合を用いる場合を C_0 とする。

* A チーム対 B チームの試合：

ホモカップリング方式 2
対戦前の試合として、A チーム対 C チームの試合を用いる場合を C_1 、
対戦前の試合として、B チーム対 C チーム

の試合を用いる場合を C_2 とする。

C_1 と C_2 のデータから、A チーム対 B チームの試合を予測する。

尚、 $A > C > B > A$ あるいは $A < C < B < A$ は巴戦である。

* A チーム対 B チームの試合において、

対戦前の試合として、A チーム対 D チームの試合を用いる場合を C_3 、

対戦前の試合として、B チーム対 E チームの試合を用いる場合を C_4 とする。

C_3 と C_4 のデータから、A チーム対 B チームの試合を予測する。

この場合、 $C_1 \neq C_3$ 、 $C_2 \neq C_4$ とした場合は、トーナメント方式によるバレーボールの試合分析は不可能となるが、 $C_1 \equiv C_3$ 、 $C_2 \equiv C_4$ とした場合は、トーナメント方式によるバレーボールの試合分析は可能となる。本研究の分析からみて、どの様な傾向となったかを試みてみたものである。

2. 研究対象と研究方法

(1) 研究対象

ホモカップリング方式 -1 の試合は全部で 26 試合であった。

日本体育大学の試合が中心で、2010 年 5 月の春季リーグ戦、6 月の東日本インカレ、7 月の東西対抗戦、10 月の秋季リーグ戦、12 月の全日本インカレ、全部で 21 試合である。同様に東海大学対嘉悦大学の試合が 4 試合、2010 年 10 月の女子の世界選手権大会における、日本対ポーランド戦の 1 試合である。

ホモカップリング方式 -2 の試合は全部で 8 試合であった。

2010 年 10 月の秋季リーグ戦の試合が 3 試合、11 月の女子の世界選手権大会の試合が 3 試合、2011 年 6 月の東日本インカレの試合が 2 試合であった。

クロスカップリング方式 -1 の試合は全部で 23 試合であった。

2010 年 10 月の女子の世界選手権大会の試合が 12 試合、2011 年 5 月の黒鷲旗大会の男女の試合が 8 試合、6 月の東日本インカレの試合が 3 試合であった。

2010 年 11 月の女子の世界選手権大会の試合では、多くの試合において会場でデータを収集したが、不足の試合は、情報処理部から「VIS」のデータの提供を受けた。2011 年 5 月の黒鷲旗大会では、同様に「JVIS」のデータの提供を受けた。

(2) 研究方法

2010年11月14日の女子の世界選手権大会の決勝、ロシア対ブラジル戦をモデルとした。

対戦前の試合として、13日のロシア対アメリカ戦、ブラジル対日本戦を用いたものである。

第5セットにおいて、ロシアチームはLS-2で臨み、対戦前におけるLS-2と対戦後におけるLS-2のサービス得点確率とレセプション得点確率を求める。各Rフェイズにおいて、対戦前と対戦後の差を求め、プラス傾向かマイナス傾向かをみて、プラス率を求める。モデルとしたロシアチームのプラス率は58.3%である。同様に、ロシアチームの対戦前の総得点確率は1.0118、対戦後の総得点確率は1.0888で、ロシアチームにおいては、対戦前も対戦後も、総得点確率は「1」以上である。本モデルは、クロスカップリング方式による分析に該当するが、ホモカップリング方式でも同様の手法により、プラス率等を求めることができる。

3. 結果および考察

(1) ホモカップリング方式-1

対戦後の総得点確率が「1」以上の試合は24試合(92.31%)、プラス率が50.0%以上の試合が20試合(76.92%)、総得点確率が「1」以上、プラス率も50.0%以上と双方が一致した試合が18試合(69.23%)で、一致率とした。双方が一致した18試合をホモカップリング方式-(1-1)、双方が一致しなかった8試合をホモカップリング方式-(1-2)で表示した。

8試合が不一致であったが、M2, M10, M14, M20, M4の5試合において、対戦前の試合として用いたのが春季リーグ戦の日体対東海戦、嘉悦戦および筑波戦の一次の試合であった。日体の一次

の試合では、東海戦で2対3、嘉悦戦および筑波戦で0対3であった。様相からみると、プラス率が50.0%以上としたが、より以上のプラス率が必要であったことになる。

(2) ホモカップリング方式-2

対戦後の総得点確率が「1」以上の試合は7試合(87.50%)、プラス率が50.0%以上の試合が8試合(100.0%)、総得点確率が「1」以上、プラス率も50.0%以上と双方が一致した試合が7試合(87.50%)で、一致率とした。双方が一致した7試合をホモカップリング方式-(2-1)、双方が一致しなかった1試合をホモカップリング方式-(2-2)で表示した。

対戦後の総得点確率が「1」未満の試合は、M1の日本対セルビア戦(3対1)の1試合のみであった。

プラス率では8試合の全てにおいて、勝ったチームが50.0%を占めていた。

(3) クロスカップリング方式

対戦後の総得点確率が「1」以上の試合は22試合(92.98%)、プラス率が50.0%以上の試合が18試合(80.70%)、総得点確率が「1」以上、プラス率も50.0%以上と双方が一致した試合が17試合(73.68%)で、一致率とした。双方が一致した17試合をクロスカップリング方式-1、双方が一致しなかった6試合をクロスカップリング方式-2で表示した。

6試合が不一致であったが、M14(NEC対東レ戦)では、総得点確率が「1」未満で、該当の試合はフルセットの試合であった。M3とM4は日本対ブラジル戦、M6とM7は日本対アメリカ戦で各々フル

表1 ロシア対ブラジル戦における総得点確率、差およびプラス率

ロシア対ブラジル戦

Rフェイズ (LS-2)	対戦前		対戦後		差:後-前		差		プラス率		
	サ得確率	レ得確率	サ得確率	レ得確率	サ得確率	レ得確率	サ	レ			
R1 (13#)	0.3987	0.6893	0.4933	0.5547	0.0946	-0.1346	+	-	サ	5	83.3
R2 (1)	0.3182	0.6918	0.3619	0.6231	0.0437	-0.0687	+	-			
R3 (5)	0.2614	0.5882	0.5056	1.0000	0.2443	0.4118	+	+			
R4 (11)	0.3883	0.8621	0.1773	0.6047	-0.2111	-0.2574	-	-	レ	2	33.3
R5 (3)	0.2571	0.7175	0.4851	0.5082	0.2280	-0.2093	+	-		7	58.3
R6 (15)	0.1912	0.7070	0.4722	0.7468	0.2810	0.0399	+	+			
平均	0.3025	0.7093	0.4159	0.6729							
(総得点確率)		1.0118		1.0888							

表2 ホモカップリング方式-1 (26 試合)

No.	対戦後					対戦前				対戦前:対戦後		
	各大会	期日	勝ちチーム	負けチーム	結果	期日	各大会	対戦前の結果	最後の七のLS	総得点確率		プラス率
										対戦前	対戦後	
1	春季リーグ戦 (二次)	5月9日	日体	筑波	3対2	4月25日	一次	0対3	LS-5	0.8417	1.0713	50.0
2	春季リーグ戦 (二次)	5月15日	嘉悦	日体	3対2	4月11日	一次	3対0	LS-6	1.1081	1.0670	25.0
3	春季リーグ戦 (二次)	5月16日	東海	日体	3対2	4月24日	一次	3対2	LS-1	1.0628	1.0096	50.0
4	東日本インカレ	6月20日	東海	日体	3対1	4月24日	一次	3対2	LS-1	1.0628	0.9962	50.0
5	東日本インカレ	6月20日	東海	日体	3対1	5月16日	二次	3対2	LS-1	1.0096	0.9962	58.3
6	東西対抗戦	7月18日	東海	日体	3対0	4月24日	一次	3対2	LS-6	1.0533	1.1602	66.7
7	東西対抗戦	7月18日	東海	日体	3対0	5月16日	二次	3対2	LS-6	1.0182	1.1602	58.3
8	東西対抗戦	7月18日	東海	日体	3対0	6月20日	東日本	3対1	LS-6	0.9595	1.1602	58.3
9	東西対抗戦	7月19日	嘉悦	東海	3対2	4月17日	一次	1対3	LS-6	0.8336	1.0306	58.3
10	秋季リーグ戦	10月10日	東海	日体	3対0	4月24日	一次	3対2	LS-5	1.0581	1.1161	41.7
11	秋季リーグ戦	10月10日	東海	日体	3対0	5月16日	二次	3対2	LS-5	1.0150	1.1161	66.7
12	秋季リーグ戦	10月10日	東海	日体	3対0	6月20日	東日本	3対1	LS-5	0.9644	1.1161	66.7
13	秋季リーグ戦	10月10日	東海	日体	3対0	7月18日	東日本	3対0	LS-5	1.1571	1.1161	41.7
14	秋季リーグ戦	10月16日	筑波	日体	3対1	4月25日	一次	3対0	LS-2	1.1583	1.0345	33.3
15	秋季リーグ戦	10月16日	筑波	日体	3対1	5月9日	二次	2対3	LS-2	0.9799	1.0345	58.3
16	秋季リーグ戦	10月17日	嘉悦	日体	3対0	4月11日	一次	3対0	LS-6	1.1081	1.1225	50.0
17	秋季リーグ戦	10月17日	嘉悦	日体	3対0	5月15日	二次	3対2	LS-6	1.0670	1.1225	50.0
18	秋季リーグ戦	10月16日	嘉悦	東海	3対2	4月17日	一次	1対3	LS-1	0.8423	1.0057	75.0
19	秋季リーグ戦	10月16日	嘉悦	東海	3対2	7月19日	東西	3対2	LS-1	0.9746	1.0057	58.3
20	全日本インカレ	12月4日	東海	日体	3対0	4月24日	一次	3対2	LS-1	1.0628	1.1416	41.7
21	全日本インカレ	12月4日	東海	日体	3対0	5月16日	二次	3対2	LS-1	1.0096	1.1416	50.0
22	全日本インカレ	12月4日	東海	日体	3対0	6月20日	東日本	3対1	LS-1	0.9658	1.1416	66.7
23	全日本インカレ	12月4日	東海	日体	3対0	7月18日	東西	3対0	LS-1	1.1567	1.1416	58.3
24	全日本インカレ	12月4日	東海	日体	3対0	10月10日	秋季	3対0	LS-1	1.0938	1.1416	50.0
25	2011 東日本インカレ	6月26日	東海	嘉悦	3対1	5月22日	C-Match	3対1	LS-6	1.1697	1.0937	33.3
26	2010 世界選手権大会	10月29日	JPN	POL	3対2	8月14日	グラン	3対1	LS-6	1.0259	1.0146	58.3

(No.1 から No.24 は 2010 の大学の試合)

表3 ホモカップリング方式-2 (8 試合)

No.	各大会	各試合		対戦前の試合	総得点確率		プラス率
		勝ち	負け		対戦前	対戦後	
1	2010 世界選手権大会	日本	セルビア	双方 POL 戦	0.9728	0.9892	50.0
2	2010 世界選手権大会	日本	韓国	双方 POL 戦	0.9716	1.1306	75.0
3	2010 世界選手権大会	ロシア	日本	双方 POL 戦	1.0522	1.1475	50.0
4	2010 大学秋季リーグ戦	東海	日体	双方青山戦	1.0014	1.1164	58.3
5	2010 大学秋季リーグ戦	嘉悦	日体	双方青山戦	1.0066	1.1225	58.3
6	2010 大学秋季リーグ戦	筑波	日体	双方青山戦	0.8626	1.0345	58.3
7	2011 大学東日本インカレ	嘉悦	筑波	双方東海戦	0.9154	1.1601	75.0
8	2011 大学東日本インカレ	東海	日体	双方嘉悦戦	1.1065	1.2425	58.3

ホモカップリング方式

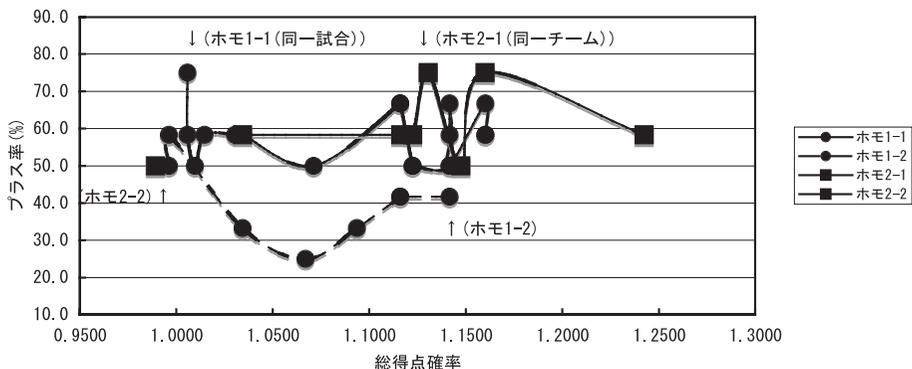


図1 ホモカップリング方式の1-1, 1-2, 2-1, 2-2の群による総得点確率とプラス率との関係 (表2および表3の各群において総得点確率の低い試合から高い試合に並べ替えたものもある)

セットの試合であった、M15のJT対NECの試合は黒鷲旗大会の決勝の試合で、3対1でJTが勝利した試合であった。6試合の内、5試合がフルセットで、83.3%を占めていた。

前述の(1)と(2)のホモカップリング方式では、対戦前の試合がフルセットであった試合が9試合の内、5試合、55.6%を占めており、ホモカップリング方式とクロスカップリング方式では、不一致の試合に相違が見られた。

(4) ホモカップリング方式とクロスカップリング方式との比較

(a) ホモカップリング方式-1とホモカップリング方式-2との比較

対戦前に総得点確率が「1」以上であった試合は、方式-1と方式-2において、69.23%と50.00%の割合であった。同一の試合で対戦前に勝ったチームの方が勝つ傾向であったが、日本体育大学のチームが大半で、他のチームに勝てなかったのが一因していると推察した。他の試合においても同様の傾向とな

表4 クロスカップリング方式 (23 試合)

No.	各大会	各試合		対戦前の試合		総得点確率		プラス率
		勝ち	負け	—	—	対戦前	対戦後	—
1	2010 世界選手権大会	ロシア	日本	RUS：SRB 戦	JPN：KOR 戦	1.0979	1.1475	58.3
2	2010 世界選手権大会	ブラジル	アメリカ	BRA：GER 戦	USA：NED 戦	1.0171	1.1010	58.3
3	2010 世界選手権大会	ブラジル	日本	BRA：GER 戦	JPN：KOR 戦	1.0775	1.0385	41.7
4	2010 世界選手権大会	ブラジル	日本	BRA：USA 戦	JPN：RUS 戦	1.1382	1.0385	25.0
5	2010 世界選手権大会	日本	アメリカ	JPN：KOR 戦	USA：NED 戦	0.9406	1.0007	58.3
6	2010 世界選手権大会	日本	アメリカ	JPN：RUS 戦	USA：BRA 戦	1.0384	1.0007	33.3
7	2010 世界選手権大会	日本	アメリカ	JPN：BRA 戦	USA：RUS 戦	1.0384	1.0007	33.3
8	2010 世界選手権大会	ロシア	アメリカ	RUS：SRB 戦	USA：NED 戦	1.0449	1.0718	58.3
9	2010 世界選手権大会	ロシア	アメリカ	RUS：JPN 戦	USA：BRA 戦	1.0978	1.0718	50.0
10	2010 世界選手権大会	ロシア	ブラジル	RUS：SRB 戦	BRA：GER 戦	1.0300	1.0888	58.3
11	2010 世界選手権大会	ロシア	ブラジル	RUS：JPN 戦	BRA：USA 戦	0.9768	1.0888	66.7
12	2010 世界選手権大会	ロシア	ブラジル	RUS：USA 戦	BRA：JPN 戦	1.0118	1.0888	58.3
13	2011 黒鷲旗大会	JT	トヨタ車体	JT：上尾戦	トヨタ：デンソー戦	0.9991	1.1195	75.0
14	2011 黒鷲旗大会	NEC	東レ	NEC：久光戦	東レ：岡山戦	0.9727	0.9503	58.3
15	2011 黒鷲旗大会	JT	NEC	JT：上尾戦	NEC：久光戦	1.0467	1.1771	41.7
16	2011 黒鷲旗大会	JT	NEC	JT：トヨタ車体戦	NEC：東レ戦	1.0270	1.1771	75.0
17	2011 黒鷲旗大会	堺	豊田合成	堺：FC東京戦	豊田合成：パナソニック戦	1.0188	1.1452	75.0
18	2011 黒鷲旗大会	東レ	サントリー	東レ：JT戦	サント：ジェイ戦	0.9676	1.0589	50.0
19	2011 黒鷲旗大会	東レ	堺	東レ：JT戦	堺：FC東京戦	0.9503	1.0961	66.7
20	2011 黒鷲旗大会	東レ	堺	東レ：サント戦	堺：豊田合成戦	0.9554	1.0961	58.3
21	2011 東日本大会	嘉悦	筑波	嘉悦：日体戦	筑波：東海戦	1.0626	1.1601	75.0
22	2011 東日本大会	東海	日体	東海：筑波戦	日体：嘉悦戦	1.0453	1.2425	58.3
23	2011 東日本大会	東海	嘉悦	東海：筑波戦	嘉悦：日体戦	0.9705	1.0937	75.0

(No.1 から No.12：女子の国際試合, No.13 から No.20：男女のプレミアリーグ, No.21 から No.23：女子の大学)

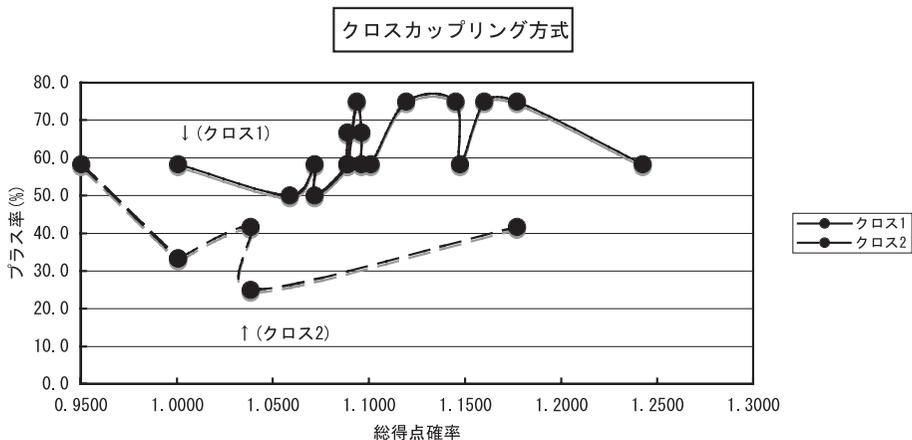


図2 クロスカップリング方式1および2の群による総得点確率とプラス率との関係 (表4の各群において総得点確率の低い試合から高い試合に並べ替えたものある)

るかは、今後の課題とした。

対戦後に総得点確率が「1」以上であった試合は、方式-1と方式-2において、92.31%と87.50%の割合であった。分析論的に勝ったチームが「1」以上としたが、例外もなかのは見られた。

プラス率では、方式-1と方式-2において、76.92%と100.00%の割合で、方式-1の方が低い傾向であった。方式-1では、プラス率が50.0%未満でも勝った試合が見られたことになる。

一致率では、方式-1と方式-2において、69.23%と87.50%の割合で、方式-2の方が高い傾向であった。記号でみると、 C_0 の試合 $<C_1$ と C_2 の試合である。 C_1 と C_2 の試合は、分析論とするもので、高い傾向であったのは、分析論通りであったことになる。

(b) ホモカップリング方式とクロスカップリング方式との比較

対戦前に総得点確率が「1」以上であった試合は、ホモカップリング方式とクロスカップリング方式において、64.71%と65.22%の割合で、差は-0.51でほぼ同率であった。

対戦後に総得点確率が「1」以上であった試合は、ホモカップリング方式とクロスカップリング方式において、91.18%と95.65%の割合で、差は-4.48で、ホモカップリング方式よりもクロスカップリング方式の方が、総得点確率において「1」以上であった割合が上廻っていたが、両方式では92.98%以上を占めていた。

プラス率では、ホモカップリング方式とクロスカップリング方式において、82.35%と78.26%の割

表5 各方式における各項目の試合数とその割合

各カップリング方式	試合数	対戦前	対戦後	プラス率	一致率
	—	「1」以上	「1」以上	50.0%以上	—
ホモカップリング方式-1 (同一試合)	26	18	24	20	18
	(%)	69.23	92.31	76.92	69.23
ホモカップリング方式-2 (同一チームとの試合)	8	4	7	8	7
	(%)	50.00	87.50	100.00	87.50
ホモカップリング方式 合計	34	22	31	28	25
	(%)	64.71	91.18	82.35	73.53
クロスカップリング方式 (双方他チームとの試合)	23	15	22	18	17
	(%)	65.22	95.65	78.26	73.91
ホモとクロスの差	—	-0.51	-4.48	4.09	-0.38
全体	57	37	53	46	42
	(%)	64.91	92.98	80.70	73.68

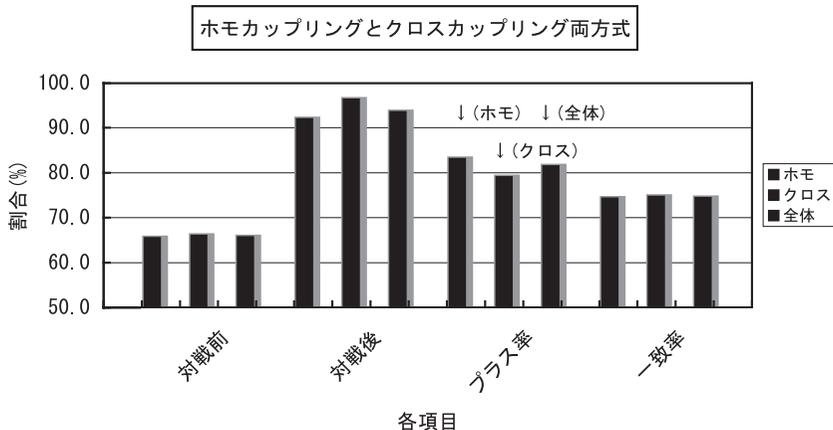


図3 ホモカップリング方式とクロスカップリング方式との比較

合で、差は4.09で、クロスカップリング方式よりもホモカップリング方式の方の割合が上廻っていたが、両方式では80.70%以上を占めていた。

一致率では、ホモカップリング方式とクロスカップリング方式において、73.53%と73.91%の割合で、差はで-0.38、クロスカップリング方式とホモカップリング方式とにおける相違はほとんどみられず、両方式では、73.68%以上を占めていた。

対戦前の試合として、 C_0 の試合と C_1 と C_2 の試合を用いたホモカップリング方式による手法と、 $C_1 \equiv C_3$, $C_2 \equiv C_4$ として C_3 と C_4 の試合を用いたクロスカップリング方式による手法において、プラス率で双方の手法に大きな相違が見られたかである。大きな相違が見られたならば、 $C_1 \equiv C_3$, $C_2 \equiv C_4$ として活用する手法は不可能である。前者が82.35%，後者が78.26%で、その差は4.09であったことから、クロスカップリング方式がホモカップリング方式と大きな相違が見られるとは考察されず、 C_3 と C_4 の試合をクロスカップリング方式による手法として活用することは可能であるとした。また、一致率においても大きな相違が見られなかったのも一因である。

$C_1 \neq C_3$, $C_2 \neq C_4$ であると考察すると、バレーボールの試合におけるトーナメント方式での試合においては、対戦前の試合を活用しての分析が全て適用できないことになる。

例えば、国際および国内のトーナメントの試合に

おいて、準々決勝の試合を準決勝、3位決定戦および決勝戦に、準決勝の試合を3位決定戦および決勝戦に、対戦前の試合として適用できなくなる。

$C_1 \equiv C_3$, $C_2 \equiv C_4$ として C_3 と C_4 の試合を用いると考察すると、準々決勝の試合を準決勝、3位決定戦および決勝戦に、準決勝の試合を3位決定戦および決勝戦に、対戦前の試合として適用でき、分析が可能となる対象の試合の範囲は格段に多くなる。

$C_1 \equiv C_3$, $C_2 \equiv C_4$ として C_3 と C_4 の試合を用いることを容認すると、プラス率が有効に活用できる。

対戦前に、選択したLSのサービス得点確率の推移からみて、どのRフェイズを保持および補強すれば良いか、レセプション得点確率の推移からみて、どのRフェイズを保持および補強すれば良いかが把握でき、プラス率が50.0%以上になるように、テクニカルな面において保持および補強、即ち該当のRフェイズにおいて、“Super Pinpoint Lesson”を図れば、およそ80.0%の割合で該当の試合に勝利できると言えた。

例えば、2010年の世界選手権大会の決勝、ロシア対ブラジル戦をクロスカップリング方式により分析することが可能となる。表4のM10(対戦前は双方9日の試合)、M11(対戦前は双方10日の試合)、M12(対戦前は双方13日の試合)がそれに該当した。以下の(5)で事例とした。

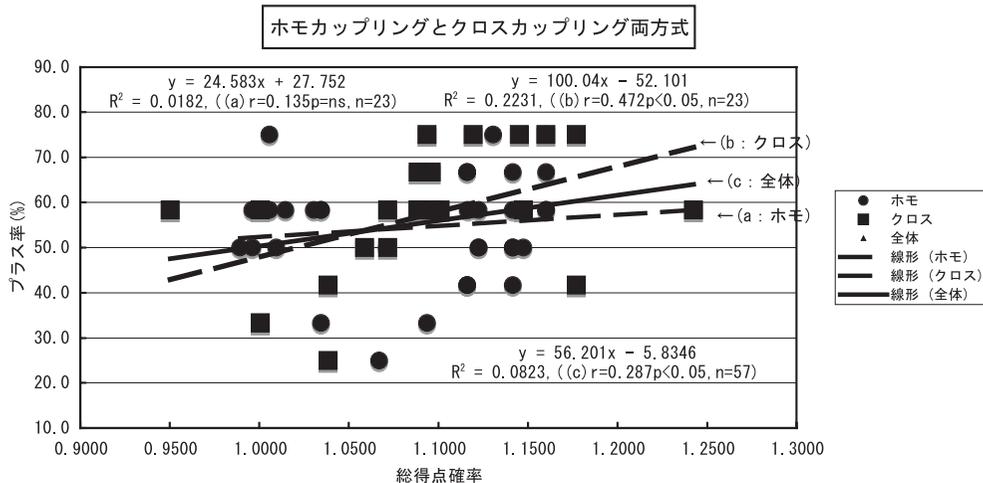


図4 総得点確率とプラス率との相関関係
(a: ホモカップリング方式, b: クロスカップリング方式, c: 全体)

(c) 総得点確率とプラス率との相関関係

総得点確率とプラス率との相関関係において、ホモカップリング方式では、有意な相関関係 ($r = 0.135, p = ns$) は見られなかったが、クロスカップリング方式においては、5%水準で有意な相関関係 ($r = 0.472, p < 0.05$) が見られた。また、全体においても、5%水準で有意な相関関係 ($r = 0.287, p < 0.05$) が見られた。総得点確率が高くなれば、

プラス率も高くなる傾向であった。

(5) クロスカップリング方式によるロシア対ブラジル戦

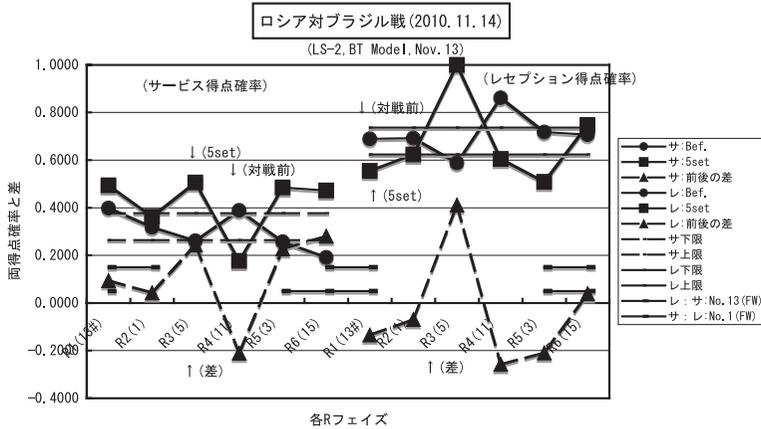
クロスカップリング方式を $C_1 \div C_3, C_2 \div C_4$ として C_3 と C_4 の試合を用いると考察すると、ロシア対ブラジル戦の分析が可能となる。

(a) 保持および補強する R フェイズ

	(21:25) 1st R2	(25:17) 2nd R2	(20:25) 3rd R2	(25:14) 4th R2	(15:11) 5th R2
(11/14) ブラジル	(レ) 8 17# 1 6 13 12	(サ) 8 17# 1 6 13 12	(レ) 8 17# 1 6 13 12	(サ) 8 17# 1 6 13 12	(レ) 8 17# 1 6 13 12
ロシア	3 11 5 15 13# 1	11 5 1 3 15 13#			
	(LS-1) R2 (サ)	(LS-1) R1 (レ)	(LS-2) R1 (サ)	(LS-1) R1 (レ)	(LS-2) R1 (サ)

ロシア対ブラジル戦

R フェイズ (LS-2)	対戦前		対戦後		差: 後 - 前		差		プラス率	
	サ得確率	レ得確率	サ得確率	レ得確率	サ得確率	レ得確率	サ	レ		
R1 (13#)	0.3987	0.6893	0.4933	0.5547	0.0946	-0.1346	+	-	サ	5 83.3
R2 (1)	0.3182	0.6918	0.3619	0.6231	0.0437	-0.0687	+	-		
R3 (5)	0.2614	0.5882	0.5056	1.0000	0.2443	0.4118	+	+		
R4 (11)	0.3883	0.8621	0.1773	0.6047	-0.2111	-0.2574	-	-	レ	2 33.3
R5 (3)	0.2571	0.7175	0.4851	0.5082	0.2280	-0.2093	+	-		7 58.3
R6 (15)	0.1912	0.7070	0.4722	0.7468	0.2810	0.0399	+	+		
平均	0.3025	0.7093	0.4159	0.6729						
(総得点確率)		1.0118		1.0888						



	R6	R1			R2			R3			R4			R5		
サ・レ	1 12 13	17# 1 12	8 17# 1	6 8 17#	13 6 8	12 13 6	12 13 1	12 1 17#	1 17# 8							
ブラジル	17# 8 6	8 6 13	6 13 12	13 12 1	12 1 17#	1 17# 8										
ロシア	1 13# 15	5 1 13#	11 5 1	3 11 5	15 3 11	13# 15 3	1 13# 15	1 13# 15	1 5 11	3 11 13#	15 3 11	15 3 11	15 3 11	15 3 11		
サービス	5 11 3	11 3 15	3 15 13#	15 13# 1	13# 1 5	1 5 11										
LS-2		R5	R6	R1	R2	R3	R4									
レセブ	13# 15 3	1 13# 15	5 1 13#	11 5 1	3 11 5	15 3 11	1 13# 15	1 13# 15	1 5 11	3 11 13#	15 3 11	15 3 11	15 3 11	15 3 11		
ション	1 5 11	5 11 3	11 3 15	3 15 13#	15 13# 1	1 13# 15	1 13# 15	1 13# 15	1 5 11	3 11 13#	15 3 11	15 3 11	15 3 11	15 3 11		
		R4	R5	R6	R1	R2	R3									

(ブラジルチームの No.13 およびロシアチームの No.11 は、双方のチームのスーパーエース)

図5 ロシア対ブラジル戦の分析における一式

ロシア対ブラジル戦における試合の結果

ロシアチームのスターティングラインアップは、第1セットはR2のサービスに対して、ブラジルチームはR2のレセプションで、ロシアチームはLS-1、ブラジルチームはLS-6に各々該当した。

ロシアチームの第2セットはR1のレセプションに対して、ブラジルチームはR2のサービスで、ロシアチームはLS-1、ブラジルチームはLS-6に各々該当した。

ロシアチームの第3セットはR1のサービスに対して、ブラジルチームはR2のレセプションで、ロシアチームはLS-2、ブラジルチームはLS-5に各々該当した。

ロシアチームの第4セットはR1のレセプションに対して、ブラジルチームはR2のサービスで、ロシアチームはLS-1、ブラジルチームはLS-6に各々該当した。

ロシアチームの5セットはR1のサービスに対して、ブラジルチームはR2のレセプションで、ロシアチームはLS-2、ブラジルチームはLS-5に各々該当した。

第1セットは21対25、第2セットは25対17、第3セットは20対25、第4セットは25対14、第5セットは15対11、セットカウント3対2でロシアチームが優勝をした試合である。

対戦前の試合を用いて保持および補強するRフェイズ

13日のロシア対アメリカ戦(3対1)とブラジル対日本戦(3対2)を用いたものである。

LS-2における対戦前のサービス得点確率(●印)において、「チャンス1」に該当したRフェイズはR1とR4、「チャンス2」に該当したRフェイズはR3、R5およびR6であった。

LS-2における対戦前のレセプション得点確率(■印)において、「ピンチ1」に該当したRフェイズはR3、「ピンチ2」に該当したRフェイズはR4であった。

「チャンス1」と「ピンチ2」のRフェイズは保持を図り、「チャンス2」と「ピンチ1」のRフェイズは補強を図る。総称して、“Super Pinpoint Lesson”を図り、プラス率を50.0%以上とし、該当の試合に勝利する手法である。

ロシアチームのサービスにおいて、同チームのNo.11がFWで、ブラジルチームのNo.13もFWの

際は、ロシアチームのR1とR2のサービスの際である。一方、ロシアチームのレセプションにおいて、同チームのNo.11がFWで、ブラジルチームのNo.13もFWの際は、ロシアチームのR1のレセプションの際のみである。サービスにおいても、レセプションにおいても双方のエースの両選手がFWで対応するのはR1でのみであった。

サービスのR6(チャンス2)とR1(チャンス1)でNo.11はFW、R3(チャンス2)、R4(チャンス1)およびR5(チャンス2)でNo.11はBKであった。R3、R4およびR5で、No.11のバックアタックを決定して、いかに連続得点とするかであった。

一方、レセプションでは、R5、R6およびR1でFW、R2、R3およびR4でBK、ピンチ1のR3とピンチ2のR4ではBKであった。R3とR4でバックアタックを決定させ、いかに連続失点を避けるかであった。なかでもR4のレセプションでは、極力連続失点を避けるべきであったとした。

保持および補強するRフェイズは成功したか

「チャンス1」としたR1はプラス(+), R4はマイナス(-)

「チャンス2」としたR3はプラス(+), R5はプラス(+), R6はプラス(+)

「ピンチ1」としたR3はプラス(+)

「ピンチ2」としたR4はマイナス(-)

サービスにおいて、R6とR1はロシアチームのNo.11とブラジルチームのNo.13がFWであった。

両Rフェイズでプラス傾向となったのが、勝因の一つと言えた。

レセプションにおいて、R4での連続失点は回避すべきであったとしたが、連続失点となり、このレセプションでは、失敗であった。

ロシアチームのサービスにおいて、6フェイズの内で5フェイズにおいてプラス傾向、レセプションでは6フェイズの内で2フェイズにおいてプラス傾向であった。12フェイズの内で7フェイズにおいてプラス傾向であった。なかでも、サービスで、連続得点としたことが勝因の一つであった。

他の例から見ると、レセプションで「ピンチ2」としたR4で、連続失点となると負ける場合が多いが、本試合においては、連続失点となっていたが勝利できた試合であった。

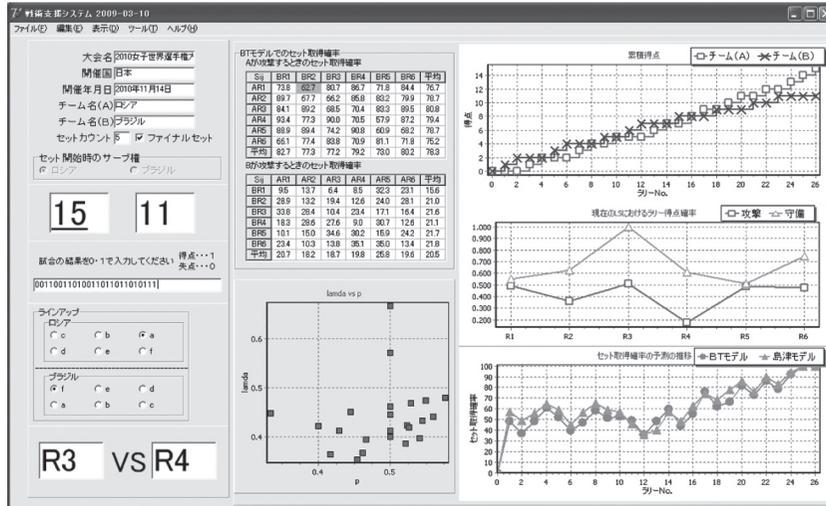


図6 ロシアチームの第5セット終了 (LS-2) におけるゲームナビゲーションシステム

(b) セットの進行と共に用いるゲームナビゲーションシステム

前述の (a) で、サービスおよびレセプションにおいて保持する R フェイズと、サービスおよびレセプションにおいて補強する R フェイズを指摘したが、ゲームナビゲーションシステム^{12, 13)}を用いて、セットの進行に伴って変化する両得点確率の推移を把握することが可能である。しかし、図4で示した各々の得点確率における差の表示は、現在プログラム化されてなく、今後の課題とした。

クロスカップリング方式を $C_1 \equiv C_3$, $C_2 \equiv C_4$ として C_3 と C_4 の試合を用いると考察すると、対戦前とセットの進行中とが一体化でき、ロシア対ブラジル戦のような、この上にない試合が分析可能となる。 $C_1 \neq C_3$, $C_2 \neq C_4$ として C_3 と C_4 の試合を用いないと考察すると、このロシア対ブラジル戦の対戦前とセットの進行中との一体化が不可能となる。

4. 結論

分析論的に、ホモカップリング方式の、 C_0 の試合および C_1 と C_2 の試合については、対戦前の試合として容認したが、クロスカップリング方式の、 C_1 と C_3 の試合と C_2 と C_4 の試合から、 C_3 と C_4 の試合について、対戦前の試合として容認できるかどうかであった。

プラス率が 50.0% 以上を占めてチームが勝利した

のは、ホモカップリング方式では 82.35%、クロスカップリング方式では 78.26% で、その差は 4.09% であった。また一致率においても、ホモカップリング方式では 73.53%、クロスカップリング方式では 73.91% で、その差は -0.38% に過ぎなかった。

双方からみて、 $C_1 \equiv C_3$, $C_2 \equiv C_4$ として C_3 と C_4 の試合を対戦前の試合として用いることを容認した。

これにより、対戦前における該当の LS のサービス得点確率とレセプション得点確率の推移からみて、保持する R フェイズと補強する R フェイズにおいて、“Super Pinpoint Lesson” を図り、プラス率を 50.0% 以上にすれば、該当の試合におよそ 80.0% の割合で勝利できるとした。

ホモカップリング方式、あるいはクロスカップリング方式を用いて対戦前の分析を可能としたことにより、ゲームナビゲーションシステムを用いてのセットの進行中の分析と併用して、対戦前の分析から対戦中の分析へと、一貫したバレーボールのラインアップ分析が可能となった。

謝辞

2010年の国際試合や2011年の国内の試合において、公益財団法人日本バレーボール協会科学研究委員会情報処理部から「VIS」および「JVIS」の提供を受けましたことに感謝申し上げます。また、対戦

前および対戦中の分析において、山梨大学大学院医学工学総合研究部情報システム工学系の新藤 久和教授研究室には、ご協力を賜りましたことに対して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 遠藤俊郎：体育の科学，**36**，693-698 (1986)
- 2) 深瀬吉邦：都留文化大学研究紀要，**3**，139-156 (1966)
- 3) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**50**，97-108 (2003)
- 4) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**51**，117-132 (2004)
- 5) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**52**，103-115 (2005)
- 6) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**53**，113-125 (2006)
- 7) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**54**，101-112 (2007)
- 8) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**55**，149-160 (2008)
- 9) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**56**，117-1129 (2009)
- 10) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**57**，149-158 (2010)
- 11) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：日女大紀要 (家政)，**58**，127-140 (2011)
- 12) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：Scientific Research of Volleyball 2009, 1-30 (2010)
- 13) 島津大宣，泉川喬一，山下 茂，他：Scientific Research of Volleyball 2010, 87-94 (2011)