

# チーム・スポーツにおける効率性の測定

齊 藤 裕 志

1. はじめに
2. 分析
3. 推定結果
4. 結語

## 1. はじめに

持て余した時間を初対面の人物などとの会話で楽しみたい場合、その糸口としてどのような話題がふさわしいだろうか。この時、例えば、A・グロタンディックの『代数幾何原論』やJ・ジョイスの『フィネガンズ・ウェイク』を取り上げるのは、対話の可能範囲を限定しすぎてしまうことになるので、あまり適当とはいえない。誰もが気軽に話題に参加できるという意味では、映画や音楽はさしずめ格好の題材といえる。しかし、相手との距離を適度に保ちながら、互に関心のある話題を探り当てるきっかけとして、スポーツほどふさわしい題材はないのではなかろうか。

グロタンディックの書物を理解するには高度な数学的素養が必要となるので、理解した上でさらにそれを楽しむには、超えなければならないハードルはとても高い。一方、映画や音楽を楽しむ場合、視覚や聴覚に身体をゆだねるだけでよいので、そのハードルは随分と低くなる。しかし外国の映画や音楽を観たり聴いたりするには、やはり言葉のハードルといものが我々を待ち構えている（もちろん字幕や翻訳というフィルターを通してしているので、言葉のハードルは格段に低くなっているのも事実であるが。）

これに対して、スポーツの場合、映画・音楽で求められる“言語”という壁すら取り払われ、私たちは世界中のスポーツ参加者が繰り出す妙技を十二分の堪能すればよい（当該スポーツの基本的ルールを理解しているということを前提として。）まさに“スポーツには言葉はいらない”のだ。しかし、右の言葉は正確でないかもしれない。スポーツに接する上である限度以上の言葉は必要でないが、接した後に、例えば仲間とそれをさらに味わう際には、やはり言葉が重要になってくるか

らだ。ただスポーツの場合、この意味での言葉もけっして敷居が高い訳ではなく、好みのプレイヤーの調子や翌日の試合の結果予想に始まり高度な戦術談義にいたるまで、レベルに応じた幅広い話題を包みこむことができる。この意味で、非常に公開性が高い存在といえるだろう。

このようにスポーツは我々にとってきわめて身近な“エンターテインメント”といえるが、経済社会は人々の娯楽をもビジネスに変えてしまう。実際、The Sports Business Journalによると、1997年時点におけるアメリカのスポーツ産業の規模は2125億ドル（1997年ドルベース）、1995年から97年にかけて実質ベースで年率9.9%の成長を記録している（D.A. Rascher[2005]。）すなわち、スポーツは“楽しみ、娯楽”であると同時に“産業”でもあるのだ。

しかし、スポーツを経済規模といった観点のみで論じてしまうと、スポーツの持つ様々な可能性を排除してしまう危険性を冒すことになってしまう。ここで仮にスポーツ、なかんずくチーム・スポーツを、“手持ちのプレイヤーという戦力と監督・コーチの戦略のもとで、彼ら・彼女らの相互作用を通じ、勝利という明確な目標の達成を目指す”と定義すれば、少なくとも経済学に慣れ親しんだ人間にとって、このような行為は合理性に基づいた個人群とその相互作用を扱う経済分析とまことに相性が良いことが感じとれるだろう。したがって、スポーツを経済学の観点から分析することで、従来見過ごされてきたような事柄を洗い出し、スポーツに対する様々な理解を深めることが可能となるはずである。すなわち“経済学からスポーツへ”という流れを想定することができるのだ。

しかし影響の方向はこれに止まらず、“スポーツから経済学へ”という逆の流れもあり得る。実際、経済学的手法を意識したスポーツデータ分析の嚆矢である Scully[1974]の報告では、選手の年俸と限界生産性を比較することにより、MLB（アメリカ大リーグ）の労働市場がオーナー側の“買い手独占か否か”を検証する試みを実施している。これはすなわち、他産業ではなかなか入手できないマイクロ・データ（この場合は個々の選手の身体的特徴から戦績にいたるまで）を駆使することで、通常の経済データでは検証できない様々な仮説（留保条件という労働慣行と市場のあり方）を検証していることになり、スポーツ産業そのものの理解に止まらず、他の産業・分野における人間行動への洞察や理解、さらに特に経済学それ自身の理論的發展に大きく貢献する可能性を示している。この“スポーツから経済学へ”という流れでみれば、スポーツは様々な仮説を検証できる“理想的な実験場”（Khan[2000]）と呼ぶのにそれほど抵抗は感じない。

本論文はチーム・スポーツにおける生産活動の一端を分析する。ただ、一口にチーム・スポーツといってもその種目はかなりの数に上り、その中からどの種目を選択するかは難しい問題だ。しかし、今回取り上げるチーム・スポーツとして、本論文は特にバレーボールを選択した。選択理由を述べるにあたってまず表1を眺めてみよう。この表は男子のチーム・スポーツ、特にボール・ゲームの主要大会における優勝国を並べたものである。協会や連盟への加盟国数が違うので一概に比較はできないが、2002年の世界選手権以降のバレーボール・ブラジル男子チームの強さは群を抜いて

いることが一目でわかる。もちろん1998年から2001年にかけてのアイスホッケー・チェコ男子チーム、2001年から2006年にかけての卓球団体・中国男子チームの戦績もすばらしいが、バレーボールの場合、毎年各国対抗のリーグ戦（ワールドリーグ）が行われ、ブラジルはここでも1位を死守し続けている。“このブラジルチームの強さはどこに由来するのか”という問は、話をスポーツ分析に限定しても大変興味深い題材といえよう。

さらに、チーム・スポーツを“野球型”と“サッカー型”とに分けてみると、バレーボールの絶妙な位置が見えてくる。野球型とは、勝ち負けや得点・失点といったゲームの結果と各プレイヤーのプレー貢献度の関係が直接的であり、さらにその個人プレイヤーの各種プレーがデータとして蓄積・公表されている点に特徴がある。これに対して、サッカー型の場合、ゲームの結果と個人プレイヤーの貢献の間に様々な不確実性が介入することが多く（湯浅[2007]）、そのためプレーの様々な局面を捉えたデータがなかなか作成されにくい。作成されても網羅的でなく、かつまた外部の人間がアクセスしにくいというのが現実である。したがって個人プレイヤーの貢献からゲームの結果を判断するのはなかなか難しい。しかしその反面、介入する不確実性に人間がどう対処するかを考えるには絶好の題材とも考えられる。

このようにボール・ゲームを分類してみると、バレーボールは“野球型”と“サッカー型”の中間に位置する、すなわち、適度にデータ収集が可能で、適度に不確実性下の人間行動への理解の題材になり得るスポーツといえる。

そこで本論文では、2006年バレーボール世界選手権男子大会を題材に取り上げ、国際バレーボール連盟 FIVB のホームページ上で公表されたオフィシャル・データ（通称 P2、P3と呼ばれる Match result、Match players ranking）を用い、チーム・スポーツの生産、特にその効率性の測定を通じ、監督の手腕またはチームの達成度の考察を行う<sup>1</sup>。

論文構成は以下のように進行する。まず2.でスポーツ生産の意味と推定モデル、および利用データについて説明する。さらに3.で推定結果を、そして最後の4.でまとめと今後の展望について述べる。

---

<sup>1</sup> このオフィシャル・データが現場でどのように利用されるかといった点については、吉田[2006]が参考になる。

表1 主要ボールゲームにおける世界大会優勝国

アイスホッケー			サッカー			
	優勝国			優勝国		
	世界選手権	オリンピック		世界選手権 a	オリンピック	ワールドカップ
1998年	スウェーデン	チェコ	1998年			フランス
1999年	チェコ		1999年	メキシコ		
2000年	チェコ		2000年		カメルーン	
2001年	チェコ		2001年	フランス		
2002年	スロバキア	カナダ	2002年			ブラジル
2003年	カナダ		2003年	フランス		
2004年	カナダ		2004年		アルゼンチン	
2005年	チェコ		2005年	ブラジル		
2006年	スウェーデン	スウェーデン	2006年			イタリア
2007年	カナダ					
卓球			ラグビー			
	優勝国			優勝国		
	世界選手権			ワールドカップ		
1997年	中国		1999年	オーストラリア		
2000年	スウェーデン		2003年	イングランド		
2001年	中国		2007年	南アフリカ		
2004年	中国					
2005年	中国					
2006年	中国					
ハンドボール			バスケットボール			
	優勝国			優勝国		
	世界選手権	オリンピック		世界選手権	オリンピック	
1997年	ロシア		1998年	ユーゴスラビア		
1998年			2000年		アメリカ	
1999年	スウェーデン		2002年	ユーゴスラビア		
2000年		ロシア	2004年		アルゼンチン	
2001年	フランス		2006年	スペイン		
2002年						
2003年	クロアチア					
2004年		クロアチア				
2005年	スペイン					
2006年						
2007年	ドイツ					
a:FIFA コンフェデレーションズカップ			バレーボール			
	優勝国			優勝国		
	世界選手権	オリンピック		世界選手権	オリンピック	ワールドカップ
フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』の該当種目より筆者作成			1998年	イタリア		
			1999年			ロシア
			2000年		ユーゴスラビア	
			2002年	ブラジル		
			2003年			ブラジル
			2004年		ブラジル	
			2006年	ブラジル		
			2007年			ブラジル

## 2. 分析

### 2-1 スポーツにおける生産および効率性

経済学の立場で考えると、生産活動とは、原材料・労働・機械といった投入要素を生産過程で適宜投入し、それらの変形を通じて目標とする生産物を生み出す行為と定義できる（森嶋[1973]。）このとき見落としがちであるが重要な事柄として、同じ投入量であっても、投入の順序を守り、それらを巧みに組み合わせなければ、生産量が当初の目標を達成することができないという事実である。極端な場合、生産量がゼロに終わってしまう可能性すら出てくる。スポーツゲームを一つの実産活動と捉える場合も状況は同じである。各プレイヤーのパフォーマンスや監督・コーチのマネジメント能力を投入して、試合結果や観客数、入場収入や利潤といった生産物がもたらされる。しかしこのとき、ある一つのプレーを単純に積み重ねるだけでは勝利を獲得することは難しい。様々な選択肢の中から、状況に応じてその場にふさわしい指示や戦術をもとにしたプレーを繰り返さなければ、相手を打ち負かすことは不可能であろう。その結果負けが続けば試合場に足を運ぶ観客数は減り、最終的に利潤も大幅に低下することになってしまう。すなわち、投入要素をいかに効率的に生産量へ変形するかという行為がスポーツにおいても極めて重要な意味を持つてくるのだ。

Dobson and Goddard[2001]も指摘しているように、経済分析の長い歴史の中で、資金提供者である資本家やオーナー、ビジネス・アイデアを生産において実現するため日々現場に赴き、労働者やその他投入要素の最適な配置や組み合わせに腐心しながら、資本家に対して現場での生産成果の責任を負う現場監督・マネージャーという二つの存在は、利潤最大化のもとに一括して取り扱われることが一般的であった。しかしいわゆる経営と所有の分離の実態を明らかにした Berle and Means[1932]の研究以降、資本家・オーナーと経営者・現場監督・マネージャーの間でとり行われる対立や協調を明確に意識し、特に後者の役割を十分に認識した理論的分析が強く意識されるようになった<sup>2</sup>。

現場監督・マネージャーによる投入要素の効率的な変形を考えるに際し重要となるのは、“生産効率”という概念である。Debrew[1951]は生産フロンティア（所与の投入量で達成可能な最大生産量）からの距離によって生産効率の測定を示唆した。また Samuelson[1962]および森嶋[1973]はアクティビティ・アナリシスに立脚し、生産工程が最大限の効率のもとで運用されたとき、生産活動がいわゆる新古典派生産関数で表現されることを示した。しかし生産が100%の効率性のもとで行われる（生産フロンティア上での生産）ことは稀で、労働者や現場監督・マネージャーの不手際や、彼ら・彼女らにとってコントロール不能な外的ショックなどの様々な要因によって、生産量が最大生産量を下回るのが現実である。したがって生産活動の実態を把握するには、上記の意味での

<sup>2</sup> Baumol[1959]、Simon[1959]、Williamson[1963]、Marris[1964]、Leibenstein[1976]、[1987]。

非効率を明示的に考慮した分析が求められる。

以上の点はスポーツゲームを生産活動と見なした場合も同様であろう。ではスポーツにおける監督やコーチの役割は具体的にどのような内容なのであろうか。Dobson and Goddard[2001]はそれを

① 直接 / 短期的側面

各プレーヤーおよびその組み合わせであるチームの潜在的能力の最大化を達成すべく、チーム戦術の作成に始まり、スターティング・メンバーの選択、試合中における相手チームとの駆け引き、プレーヤーへの的確な指示や動機付け

② 間接 / 長期的側面

潜在的な能力それ自身のレベル・アップを実現するための選手育成や獲得、計画的トレーニングによる身体能力の向上

という形にまとめている。また遠藤 [1986] は監督・コーチの役割と明確に指摘していないが、ゲーム中に生起する様々なデータの収集・解析を通じてチームを勝利に導くという“ゲーム分析”の観点から

① 戦略の立案

ゲームの総合的な準備・計画・運用の方策

a) 長期的戦略；チーム能力向上のための選手育成

b) 短期的戦略；個々のゲームでの勝利の達成

② 戦術の立案

実際のゲーム場面における競技実施の方策、刻々と変化する局面における駆け引き

の重要性を指摘している<sup>3</sup>。

話を Dobson and Goddard の①、または遠藤の①b)および②に限定したとしても、卓越した監督はチームの潜在能力を限りなく100%に近い水準まで引き出し、チームに勝利をもたらすが、いったん適切なマネジメントに失敗すると結果は目も当てられないものになってしまう。ドイツ・サッカー協会公認のスペシャル・ライセンスを持ち、読売サッカークラブのコーチとして手腕を振るったサッカージャーナリスト・湯浅健二は、サッカーを“究極の心理ゲーム”（監督と選手双方の意志のレベルによって、選手とチームのパフォーマンスに雲泥の差が出る）と定義し、“選手を

---

<sup>3</sup> 一部を著者が改変。

チーム共通の目標や目的への達成へ向けて最大限の力を発揮させることができる個性的な能力や人間の魅力”こそ、優れた監督の基盤となることを説得的に述べている（湯浅[2007]。）

スポーツの場合、対戦する両チームがあらかじめ決められた同一のルール、同一の選手枠のもとでゲームを展開することに大きな特徴があるので、通常の財・サービスの生産と比較して、個々のプレーヤーの能力と監督によるそれらの巧みな組み合わせが最終的な試合結果に与える効果はより大きなものとなる。単純な作業を相似拡大的に実行するのみでは大きな成果は得られない。この意味で、スポーツ生産の効率性を計ることは、スポーツそのものの理解をさらに深めるといえる。また同時に、それほど制約を受けず個々人の詳細なデータ分析が可能なスポーツ分析の知見から、経済を考える際の重要なヒントを獲得することもできよう。

## 2-2 推定モデル

### 2-2-1 Stochastic Production Frontier アプローチ<sup>4</sup>

効率性を“達成可能最大生産量からの乖離”と想定すれば、生産関数をもとに効率性を測定する手法として、通常以下の2つが考えられる。

- a) Deterministic Production Frontier (以下 DPF)<sup>5</sup>
- b) Stochastic Production Frontier (以下 SPF)

DPF の推定モデルは

$$Y_i = f(X_i; \beta) = X_i \beta - u_i, \quad i = 1 \cdots N \quad (1)$$

と定式化される。ここで  $Y_i$  : 標本  $i$  の生産量、 $X_i$  : 標本  $i$  の  $k$  個の投入を表す  $k \times 1$  投入ベクトル、 $\beta$  : 投入ベクトルにかかる推定パラメーター、 $u_i$  : 非効率項（非負値）となっている。非効率項  $u_i$  が非負であるため、現実の生産量が最大可能生産量を下回る現象を表現できる。これに対し b) の SPF では、上記のモデルに通常の誤差項  $v_i$ （確率分布  $N(0, \sigma_v^2)$  に従い、 $u_i$  および  $X_i$  とは独立と仮定）を付け加えた

$$Y_i = f(X_i; \beta) = X_i \beta + (v_i - u_i), \quad i = 1 \cdots N \quad (2)$$

<sup>4</sup> SPF については膨大な文献があるので、ここでは代表的なサーベイ論文および教科書である Green[1997]、Kumbhakar and Lovell[2000]をあげるに止める。

<sup>5</sup> DPF については Green[1997]の p 91～97、Kumbhakar and Lovell[2000]の p 66～72、SPF については Green[1997]の p 99～108、Kumbhakar and Lovell[2000] p 72～93に詳細な解説がある。

が推定式となる。DPF が投入要素で説明のつかないすべての要因を非効率項  $u_i$  に押し込んでいる形になっているのに対し、SPF は、説明のつかない要因の一定部分をプラスにもマイナスにも揺れ動くことができる誤差項  $v_i$  に吸収させている。これはまたチームごとの Frontier の存在を想定することを意味し、測定される非効率度合は、各チームがそれぞれの限界にどれだけ接近できたかを捉える形式となり、より柔軟なアプローチといえる。したがって、ここでは SPF によって効率性を計ることにする。

ところで、今回用いるデータはクロスセクションデータなので、非効率項  $u_i$  が従う確率分布を事前に指定することが求められる。候補としては、a) Half-Normal b) Exponential、c) Truncated-Normal などが考えられるが、非効率性項の範囲を過小評価する危険を極力避けるため、c) の Truncated-Normal を使用する<sup>6</sup>。したがって非効率項については

$$u_i \sim N(\mu, \sigma_u^2) \text{ かつ } u_i \text{ および } X_i \text{ とは独立}$$

と仮定する。推定方式は最尤法を用いた。

未知パラメーター  $\beta$  の推定に伴って  $\varepsilon_i = v_i - u_i$  の推定値を獲得ことができるので、これを用いて条件付期待値  $E[u_i | \varepsilon_i]$  が計算でき、これを非効率項  $u_i$  の点推定値  $\hat{u}_i$  とすれば、効率性は

$$TE_i = \exp[-\hat{u}_i]、\text{ただし } 0 \leq TE_i \leq 1 \quad (3)$$

というかたちで求まる。そしてこの  $TE_i$  を使ってチームごとの効率ランキングを作成する。

## 2-2-2 変数

チームによって展開されるスポーツ・ゲームを一種の生産活動と見なし、その効率性を計る研究は、サッカー (Dawson, Dobson and Gerrard[2000]、Dobson and Goddard[2001]、Jewell and Molina[2004])、バスケットボール (Zak, Huang and Siegfried[1979]、Hofer and Payne[1997]、Berri, Schmidt and Brook[2007])、野球 (Porter and Scully[1982]) などの種目で盛んに取り上げられて<sup>7</sup>。しかし、“野球型”と“サッカー型”の間にあるバレーボールについては、生産関数の推定というアプローチでの分析は従来行われてこなかった。そこで今回、バレーボールを取り上げて、その効率性を測定してみよう。

ところで、バレーボールというスポーツを生産関数として把握する場合、説明変数や被説明変数

<sup>6</sup> Hofler and Payne[1997]参照。

<sup>7</sup> サーベイとしては Lee[2006]がよくまとまっている。

としてどのようなものを選択すればよいのだろうか。そもそもバレーボールという競技は、ネットによって自陣と相手コートが完全に分離され、そのネット越しにボールのやり取りをするスポーツで、最終的に相手方のボールコントロールを不能ならしめることによってチームは得点を記録していく競技である。このボールのやり取りの方法には、サーブ、レセプション（サーブレシーブ）、セットアップ（トスアップ）、スパイク、ブロック、ディグ（スパイクレシーブ）といったプレーが存在し、場面に応じて適切に使い分けられる。したがって、試合を生産過程と見なした場合、上に掲げたプレーをその投入要素と見なすことに問題はないだろう。ただしここで注意せねばならないことは、現在のバレーボールがラリーポイント制のルールに従っているため、各種プレーのミスが直接相手チームの得点（すなわち自チームの失点）に加算されるという事実である。いくら得点をたたき出しても、その倍以上の点を相手に献上するチームにはけっして勝利の女神は微笑まない。このように考えると、各種プレーの生産への貢献は得点と失点の双方を考慮した変数によって表現することが望ましい。この観点から投入要素として各種プレーをまず以下の形で取り上げる。

$$X_1 = (\text{スパイク得点} - \text{スパイク失点}) / \text{総スパイク数、 (+)}$$

$$X_2 = (\text{ブロック得点} + \text{リバウンドブロック失点}) / \text{相手チームの総スパイク数 (+)}$$

$$X_3 = \text{サーブエース数} / \text{総サーブ数 (+)}$$

$$X_4 = \text{サーブ失点数} / \text{総サーブ数 (-)}$$

$$X_5 = \text{ディグ数} / \text{総ディグ数 (+)}$$

$$X_6 = \text{ディグミス数} / \text{総ディグ数 (-)}$$

$$X_7 = (\text{卓越したセットアップ数} - \text{セットアップミス数}) / \text{総セットアップ数 (+)}$$

$$X_8 = (\text{卓越したレセプション数} - \text{レセプションミス数}) / \text{総レセプション数 (+)}^8$$

ここで、 $X_1 \sim X_4$  及び  $X_6 \sim X_8$  の一部分は直接得点と失点に結びつくプレーで、“直接的プレー”と呼ぶ。その一方、 $X_5$  や  $X_7, X_8$  の一部分はその他のプレーを通じてのみ得点（失点）に影響を与えるプレー、いわば“間接的プレー”と呼べよう。この節の冒頭でも述べたが、バレーボールはネットを境界にして自陣と相手陣が完全に遮断されており、自陣のコート内のボールに対し相手選手はいかなる接触プレーも許されない。そのため相手への攻撃に直接には関係しないが、その前段階の組み立てという意味をもつレセプションやディグ、そしてセットアップといったつなぎのプレーは、いわば“縁の下の力持ち”的存在と考えられ、もしこれらを見逃した分析をしたな

<sup>8</sup> サーブとディグについては、成功と失敗を分けて変数にした。この二つのプレーは、成功数よりも失敗数のほうが遥かに大きいため、他の変数のように一括して変数化すると、対数変換で支障をきたすことになるため、あえて分割した。また“卓越したセットアップ”および“卓越したレセプション”とはデータ上の Running Sets および Excellents をそれぞれ意味するものとする。

らば、現象を誤って理解してしまう危険が出てくる。

以上の変数はプレイヤーの事後的なパフォーマンスを表現している。これらの変数の効果をより正確にするため、さらに以下の二種類のコントロール変数を推定式に加えることにする。

最初の変数グループは、大会前に確認できたプレイヤーやチームの資質を表したものである。松平ほか編[1974]によれば、プレイヤーには、a) 体格、b) 体力、c) 精神力(性格)、d) 技術、e) 経験 の5つの項目が必要だとされている。理想的にはこれらすべての要因を取り込んだ変数を作成すべきだが、ここでは以下の4つの変数でそれらを表現する。

$X_9$  = 自チームのランキングポイント / 相手チームのランキングポイント (+)

$X_{10}$  = チーム平均年齢 (+) or (-)

$X_{11}$  = 海外クラブ所属かまたはセリエ A 所属のプレイヤー数 (+)<sup>9</sup>

$X_{12}$  = バレーボール指数(VI)

= (身長 / 243) × (スパイクジャンプ + ブロックジャンプ - 2 × 243) (+)<sup>10</sup>

いま一つのグループはコート上で展開されるプレーの戦略的側面を表したものである。

$X_{13}$  = チーム・プレイヤー間のスパイクポイントの Gini 係数 (+) or (-)

$X_{14}$  = チーム・プレイヤー間のディグの Gini 係数 (+) or (-)

$X_{15}$  = チーム・プレイヤー間の卓越したセットアップの Gini 係数 (+) or (-)

$X_{16}$  = チーム・プレイヤー間の卓越したレセプションの Gini 係数 (+) or (-)

Gini 係数は変数の分布状況を示す指標で、所得分配の平等度など様々な経済現象に適用されている。通常 0 ~ 1 の値をとり、0 に近いほど平等性が高まる一方、1 に近くなるほど不平等性が強くなる。この Gini 係数の使用によって、生産の上昇には、特定プレイヤーの集中的プレーが効果的か、それともコート上の 6 人が平等にプレーを分担するほうが望ましいのか、といった問いかけが可能となる。

以上、パフォーマンス変数、資質変数、戦略変数を体現した16個の変数を自然対数で変換したものを説明変数として利用する。この対数変換によって、推定係数を投入要素の生産に対する弾力性

<sup>9</sup> イタリアチームは全員が自国のリーグに所属しているが、このイタリア国内リーグ・セリエ A は世界屈指のプレイヤーたちが集まる舞台であることを勘案し、イタリア人プレイヤーのセリエ A 所属も海外クラブ所属と同等視することにした。また海外クラブ在籍のプレイヤーがいないチームも存在するため、変数に 0.01 を加えたものを後に述べる対数変換して使用した。

<sup>10</sup> バレーボール指数については守備専門のリベロ・プレイヤーは除外して計算した。

と捉えることができ、係数に関して通常の生産関数の推定と同じ解釈が可能となる<sup>11</sup>。

各変数の右端にはある記号は推定係数の符号に関する事前の予測を示している。得点につながるプレーには (+)、失点につながるプレーには (-) の効果を予測した。ただし、年齢および Gini 係数については、係数の符号がプラスにもマイナスにもなり得る可能性があるため、(+ ) or (-) と予測をした。

一方、被説明変数  $Y$  には得点率 = (得点 / 失点) を用いた。チームスポーツ生産における効率性の測定では、被説明変数として勝星や勝率を取り上げることが多い。しかし今回のデータセットの場合、勝率を被説明変数にすると、データ数が大会参加チーム数である24に限定されてしまい、標本数を著しく減少してしまうことになる。そこで勝率と強い正の相関を持ち、試合ごとにデータが変動する得点率を被説明変数として取り上げることにした<sup>12</sup>。したがって、標本数は試合数と等しくなり、チームの効率性は試合ごと算出される効率性をチームごとに平均化したものとなる。

こちらも同様に対数変換を施すことにすれば、最終的な推定モデルは

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \sum_{k=1}^{16} \alpha_k \ln X_{ik} + (v_i - u_i), \quad i = 1 \dots N \quad (4)$$

と定式化できる。なお2次予選以降の質の高い試合の効果を見るために、ModelA：大会全試合と、ModelB：1次予選で敗退したチームを除いた2次予選以降の試合、の2つのグループに分けて推定を実行した。

### 2-2-3 データ

本分析では、国際バレーボール連盟 (FIVB) のホームページ上 (www.fivb.org) で公開されている2006年バレーボール世界選手権男子大会のオフィシャル・データ (Match result : P2, Match players ranking : P3) を使用した。チームの得失点などの試合結果全般にわたる情報や選手のプレーごとのパフォーマンスの基本部分は P2に、さらに詳細な情報は P3に記載されている。今回は主として P3を利用した。またプレーヤーやチームの資質を表した変数  $X_9 \sim X_{12}$  については、2006年8月当時の世界ランキングおよび大会参加チームプロフィールからのデータを用いた<sup>13</sup>。

<sup>11</sup> すぐ下の(4)式から明らかのように生産関数としてはコブ・ダグラス型を想定している。

<sup>12</sup> 勝率と得点率の相関係数は0.92と極めて高い値となっている。

<sup>13</sup> [http://www.fivb.org/EN/Volleyball/Rankings/Rank\\_men\\_2006\\_08.asp](http://www.fivb.org/EN/Volleyball/Rankings/Rank_men_2006_08.asp)、および  
[http://www.fivb.org/EN/volleyball/competitions/WorldChampionships/men/2006/Teams/Team\\_Roster.asp?TEAM](http://www.fivb.org/EN/volleyball/competitions/WorldChampionships/men/2006/Teams/Team_Roster.asp?TEAM)。

### 3. 推定結果

#### 3-1 係数値

表2はバレーボールデータを用いたSPFによる係数の推定結果を示したものである。まず全試合を対象としたModel Aから見てみよう。パフォーマンス変数( $X_1 \sim X_8$ )の係数値( $\beta_1 \sim \beta_8$ )の結果は、当初予測した符号を示し、セットアップ変数 $X_7$ を除いたすべての変数において5%の有意水準であった。推定式が両対数モデルであることから、先ほども触れたように、係数は投入要素の1%の上昇に対して生産量が何%変化するか(弾力性)を表現している。したがって、係数の大きさから、各プレーの得点率に対する弾力性が分かる。スパイク効果の場合、この値は0.278、すなわちスパイク効果の1%の上昇で得点率が0.278%上昇することが判明した。同様にしてブロック効果の弾力性は0.264、サーブエース効果およびサーブミス効果の弾力性はそれぞれ0.02、-0.058となった。ただし、サーブの効果については少し注意が必要である。それはサーブエース率とミス率の差がマイナスとなっている点である。サーブの失敗の中には、相手の守備を積極的に崩しに行くために、強い打球やぎりぎりのコースを狙った結果に由来するものが多く、この意味で攻撃的なサーブと高い失敗は裏腹の関係にあると考えられる。したがって、サーブ効果のプラス面としては単にエース率を用いるのではなく、それに加えてどれだけ相手の守備陣を崩すことができたかという側面も取り込まねばならない。しかしこの情報はオフィシャルデータの項目には入っていないので、今回はエース率のみを取り上げる分析に止めた。

次につなぎの側面が強いプレーの弾力性( $\beta_5 \sim \beta_8$ )の中で、まず変数の構成上2つに分けたディグ(スパイクレシーブ)変数を見てみよう。レシーブミスの数がレシーブ成功数をはるかに大きく上回ることを反映して、ミスの弾力性は-0.169と成功の弾力性(0.037)をはるかに凌駕する結果となった。セットアップはプラスの符号だったが、弾力性は0.016と小さく有意ではなかった。またバレーボールにおける守備の基本であるレセプション(サーブレシーブ)変数はプラスに有意で、弾力性の大きさも0.066と決して無視できない値となっていることが分かった。

続いてチームやプレーヤーの事前の資質の変数( $X_9 \sim X_{12}$ )の結果を見てみよう。まず自チームと相手チームのランキングポイント比( $X_9$ )の係数( $\beta_9$ )の場合、プラスに有意であり、やはりランキング下位チームとの対戦は上位チームを利することを示している。また、海外クラブ(およびセリエA)に在籍しているプレーヤー数( $X_{11}$ )の係数( $\beta_{11}$ )の場合、符号はプラスであったが、変数は有意でなく弾力性の大きさも小さい(0.002)。興味深いのは年齢( $X_{10}$ )とバレーボール指数( $X_{12}$ )である。両者とも係数はマイナスで、年齢変数は10%で有意、バレーボール指数は有意ではなかったが、2次予選以降の試合に限定したModel Bの推定では、10%で有意になっている。年齢変数の係数の場合、ベテランより若手の力がチームに貢献するという解釈となるのであろうが、年齢は“経験”とも読み替えることができるので、結果の解釈は難しい。バレー

ボール指数については、そもそもスパイク・ブロックという2つの代表的なプレーにおける跳躍力を表現したもので、ネット越しにボールのやり取りをするバレーボールプレイヤーの身体的資質を測る重要な指標である。しかしこの変数がマイナスの効果を与えるということは、いわゆる“高さ”という要因のみが勝敗を決する訳ではないことを意味していると考えられる。実際、表5にあるように、21世紀以降の世界男子バレー界において抜群の実力を見せつけているブラジル男子チームのバレーボール指数は137.7で、24カ国中22位と極めて低い位置にある。2-2-2において松平ほか編[1974]にしたがい、プレイヤーにとって必要とされる項目を5つ掲げたが、松平ほか編[1974]ではその中の“b) 体力”要因をさらに

- ① 全身の瞬発能力：パワー、ジャンプ力によって客観的に知ることができる。
- ② 敏捷性：動きのすばしっこさ。ボールに対する動きによって判断できる。
- ③ 調整力：器用さ、勘の良さなどによって判断できる。

に分解している。この分類に従うと、推定変数として用いたバレーボール指数は上記の①のみを反映している変数にすぎないことが分かる。相手の攻撃を執拗につないで高速バレーを展開するブラジルチームの資質は②と③により大きな比重がかかっていると推測できるので、今後はこの部分も考慮した指数作りが求められよう。

最後に戦術変数 ( $X_{13} \sim X_{16}$ ) の係数値 ( $\beta_{13} \sim \beta_{16}$ ) の結果について述べる。符号から見ると、レセプションに関する Gini 係数 (大きさ -0.07) 以外はすべてプラスの符号であり、大きさは 0.03~0.07 となった。5%で有意な変数はスパイクとレセプションに関する Gini 係数の推定値のみとなった (ただし、Model B ではスパイクの係数の有意はなくなり、代わってディグに関する Gini 係数の推定値が10%で有意となった。) したがって、スパイク、ディグ、セットアップといったプレーは、それぞれに熟達したプレイヤーが積極的にプレーを引き受ける一方、相手サーブをセッターにきっちりと返球するレセプション行為は多くのプレイヤーが参加することでチームの得点率向上に貢献するという傾向が判明した。

有意性に関していくつかの変動は見られるものの、Model B の推定式の結果はおおむね Model A の結果と同じ大きさ、符号となった。したがって弾力性については、1次予選を含めた場合とそれを切り離した場合で差異は見られなかったといえる。

表2 フロンティア生産関数の最尤推定値 (被説明変数：得点率の対数変換値)

	Model A		Model B		
	1次予選～決勝ラウンド <sup>a</sup>		2次予選～決勝ラウンド <sup>a</sup>		
	係数	t 値	係数	t 値	
<b>パフォーマンス変数</b>					
$\beta_0$	2.386 **	2.681	3.099 **	3.244	
$\beta_1$	0.278 **	14.026	0.281 **	9.307	
$\beta_2$	0.264 **	8.202	0.217 **	4.746	
$\beta_3$	0.020 **	4.879	0.012 **	2.043	
$\beta_4$	-0.058 **	-2.502	-0.081 **	-2.611	
$\beta_5$	0.037 **	2.170	0.038	1.210	
$\beta_6$	-0.169 **	-5.283	-0.209 **	-5.040	
$\beta_7$	0.016	0.756	0.010	0.397	
$\beta_8$	0.066 *	1.893	0.096 **	2.056	
<b>資質変数</b>					
$\beta_9$	0.030 **	4.560	0.029 **	3.057	
$\beta_{10}$	-0.257 *	-1.872	-0.422 **	-2.400	
$\beta_{11}$	0.002	0.901	0.002	0.479	
$\beta_{12}$	-0.159	-1.300	-0.240 *	-1.859	
<b>戦略変数</b>					
$\beta_{13}$	0.049 **	2.391	0.034	1.116	
$\beta_{14}$	0.033	1.521	0.054 *	1.744	
$\beta_{15}$	0.067	1.202	0.104	1.210	
$\beta_{16}$	-0.068 **	-2.154	-0.147 **	-3.500	
Multiple R-Squared	a	0.764		0.803	
$\sigma$ squared	b	0.013 **	9.260	0.010 **	5.880
$\gamma$	c	0.999 **	91.646	0.999 **	68.051
$\mu$	d	0.177 **	9.911	0.134 **	2.827
log likelihood		204.9		98.376	
LR test	e	5.625		5.880	
推定反復回数		31		27	
標本数		208		88	
<p>a:最尤法による推定前の OLS の値を掲載  b:通常の誤差項 <math>v</math> と非効率項 <math>u</math> の分散の和  c:(非効率項 <math>u</math> の分散)/b  d:非効率項 <math>u</math> の分布の平均  e:非効率項 <math>u</math> の尤度比検定統計量</p> <p>** : 有意水準5%未満  * : 有意水準10%未満</p>					

### 3-2 効率性ランキング

(3)式から試合ごとの生産の効率性を求めることができるので、それをチームごとに平均して大きい順に並べたものが表3、表4である<sup>14</sup>。理論上最大の効率を1と基準化すると、全試合を対象とした表3から、効率性トップはフランスの0.885、それにポーランドの0.869が続き、最も非効率な値はベネゼエラの0.716であることが分かった。1位のフランスは、派手さはないが、守備を基本とした手堅いバレーを展開するチームとして有名であり、今回の結果はそのような現実を反映していて大変納得できる結果となっている。チームの評価として、フランスと同様に基本的に忠実でそつのない玄人好みのプレーを繰り出し、大会前に開催されたワールド・リーグの決勝ラウンドにも進出したという意味で事前の期待が大きかったアメリカの場合、効率性が0.79と全体の21位で、最終順位も10位と前評判を裏切る結果となった。このランキング表で興味深い点は、やはりブラジルの効率性の“微妙な”位置であろう。あれだけの強さを誇るブラジルでも、効率性は全体の平均0.833を0.01上回る程度で、全体の9位に止まっている。所与の戦力の下でどれだけ限界に近づけるかという観点で見れば、ブラジルはフランス、ポーランドに比較して劣っているといえる。

しかし、現時点で効率性が低いということは、今後のチーム強化次第で将来の効率性を高める余地があることをも意味している。そこで、現時点の効率性が最大限引き上げられたとした場合、得点率がどれだけ上昇するかを考えると、ブラジルの現実の得点率は1.226から1.455へと大きく飛躍する結果となった。もちろんこの“潜在的得点率”は全チーム中のトップで、効率性1位のフランスの潜在得点率(1.235)を大きく引き離している。この傾向は2次予選～決勝ラウンドに限定したModel Bにおいても同様に成立している。

以上の分析結果から、これまでのブラジルはプレーヤーの跳躍力という“高さ”に単純に頼ることなく、それ以外の様々なプレーを駆使して王座の地位を獲得してきたが、まだまだチームとしての“伸びしろ”を有し、今後とも王座を死守し続ける可能性が高いということが判明した。ちなみに、翌年の北京五輪の出場権をめぐる2007年12月に日本で開催されたワールドカップ男子大会においても、ブラジルチームは圧倒的な実力を発揮して優勝をさらい、早々と北京五輪への切符を手に入れたことは記憶に新しい。

最後に日本チームについて少し述べておくことにする。日本は効率性の順位において4位と高い位置にあり、自らの力を最大限発揮するという意味でかなり良いパフォーマンスを示したといえる。しかし、潜在得点率でみると、その順位は20位へと大きく下落してしまう。これは、他国が更なるチーム強化を図りゲームでの効率性を高めた場合、その伸びしろの大きさによって多くのチームが日本を凌駕することを意味している。現に、さきのワールドカップにおいて、前年の世界選手権で

<sup>14</sup> 効率性の大きさや範囲は、他の種目の研究で得られた値とおおむね一致する傾向となった。

接戦のすえ粘り勝ちを収めたプエルトリコに対し、日本はセットカウント0-3のストレートで敗戦してしまっただ。しかし、あまり悲観しすぎるのも考えものだ。今回の結果はあくまで一つの大会のみのデータ分析であり、生産フロンティア自身が時間を通じて変化しいく可能性を排除した分析であるからだ。

表3 2006年世界バレーボール選手権男子大会効率性および潜在得点率順位（1次予選～決勝ラウンド）

Team	最終順位	勝利数	効率性	得点率順位	得点率	潜在得点率順位	潜在得点率 a
FRA	6	8	0.885	6	1.094	8	1.235
POL	2	9	0.869	5	1.107	7	1.279
GER	9	6	0.865	8	1.017	11	1.173
JPN	8	5	0.859	12	0.957	20	1.113
AUS	21	0	0.857	24	0.829	23	1.078
RUS	7	8	0.853	2	1.204	2	1.403
PUR	12	3	0.849	10	0.968	12	1.146
BUL	3	9	0.848	7	1.092	5	1.295
BRA	1	10	0.845	1	1.226	1	1.455
ARG	13	3	0.845	13	0.950	16	1.124
SCG	4	9	0.843	3	1.175	4	1.391
CZE	13	3	0.838	9	1.013	10	1.206
CHN	17	2	0.836	17	0.922	21	1.111
CUB	15	3	0.829	16	0.931	19	1.116
CAN	11	5	0.827	14	0.941	15	1.139
TUN	15	4	0.824	18	0.916	18	1.118
ITA	5	8	0.816	4	1.142	3	1.403
EGY	21	1	0.797	21	0.894	17	1.121
GRE	17	1	0.793	20	0.905	14	1.140
KOR	17	1	0.793	19	0.912	13	1.145
USA	10	5	0.790	11	0.962	9	1.217
KAZ	21	0	0.769	22	0.877	24	1.033
IRI	21	0	0.768	23	0.835	22	1.093
VEN	17	2	0.716	15	0.932	6	1.291
最大(全試合)			0.999				
最小(全試合)			0.657				
平均			0.833				
相関係数 b			0.566				
a: 潜在得点率=得点率/効率性							
b: 効率性と勝利数のピアソン相関係数							

チーム・スポーツにおける効率性の測定

表4 2006年世界バレーボール選手権男子大会効率性および潜在得点率順位（2次予選～決勝ラウンド）

Team	最終順位	勝利数	効率性	得点率順位	得点率	潜在得点率順位	潜在得点率 <sup>a</sup>
POL	2	4	0.917	7	1.022	10	1.121
FRA	6	4	0.887	5	1.077	5	1.212
BUL	3	4	0.883	6	1.053	6	1.196
ITA	3	4	0.879	3	1.122	3	1.281
JPN	8	2	0.874	14	0.906	15	1.033
SCG	4	4	0.873	4	1.108	4	1.265
RUS	7	4	0.868	2	1.141	2	1.307
TUN	15	2	0.868	12	0.920	13	1.061
GER	9	2	0.862	8	0.981	9	1.138
ARG	13	1	0.861	15	0.887	16	1.029
PUR	12	1	0.854	11	0.941	11	1.103
BRA	1	6	0.846	1	1.222	1	1.454
CAN	11	2	0.843	13	0.912	12	1.083
CZE	13	1	0.838	10	0.955	8	1.141
USA	10	3	0.833	9	0.956	7	1.145
CUB	15	1	0.816	16	0.854	14	1.053
最大(全試合)			0.999				
最小(全試合)			0.675				
平均			0.864				
相関係数 <sup>a</sup>			0.450				
a: 潜在得点率=得点率/効率性							
b: 効率性と勝利数のピアソン相関係数							

表5 年齢、バレーボール指数およびレセプション返球率(チーム平均)

最終順位	Team	年齢	バレーボール指数	レセプション返球率
1	BRA	28.8	137.7	33.7
2	POL	26.7	164.0	38.3
3	BUL	26.6	156.1	47.1
4	ITA	28.2	159.3	45.0
4	SCG	27.5	148.5	38.4
6	FRA	25.4	145.4	44.1
7	RUS	25.9	166.0	39.1
8	JPN	27.8	148.1	49.2
9	GER	26.9	163.6	41.5
10	USA	29.5	161.0	43.7
11	CAN	27.1	153.1	42.7
12	PUR	27.9	140.0	53.2
13	CZE	26.3	160.4	51.9
13	ARG	26.2	158.7	40.3
15	CUB	23.3	165.8	33.1
15	TUN	26.9	133.5	53.2
17	CHN	24.1	165.5	52.8
17	VEN	23.6	160.7	43.2
17	GRE	26.9	141.1	57.0
17	KOR	25.9	127.5	37.2
21	AUS	23.8	154.2	36.2
21	KAZ	27.9	152.1	57.0
21	IRI	25.0	139.7	52.2
21	EGY	25.8	139.7	41.8
	平均	26.4	151.7	44.7

#### 4. 結語

本論文では、2006年開催の第16回男子バレーボール世界選手権大会のオフィシャル・データ(ボックス・スコア、P2、P3)を主として用い、チーム・スポーツ生産における効率性の測定を実施した。また推定過程の副産物として、バレーボールにおける各種プレーが得失点率にどう影響するかを弾力性の形で捉えることも行った。その作業から以下の結果を得た。

- ① スパイク、ブロック、サーブなどのプレーのみならず、つなぎの側面をもつディグやレセプションについても看過できない貢献が見られた。
- ② しかし年齢やバレーボール指数といったプレーヤー資質を表した変数はマイナスで有意となった。
- ③ Gini 係数を使ってチーム戦術を表した場合、レセプション以外(ただしサーブとブロックは除く)のプレーでは、少数の特定プレーヤーがより多くボールに触れることで得点率が上がることが判明した。

- ④ SPF による効率性ランキングを作成した結果、現時点で世界最強のブラジル男子チームが効率性において決して他を圧倒してはおらず、むしろ平凡な水準であった。がそれゆえに、いまだ100%発揮されていない潜在力がブラジルチームに存在することも明らかとなった。

また、求めた生産関数の弾力性の値から限界生産性を求めることができるので、各プレイヤーの貢献度などを直接計算でき、MVP などの選出にも有益な情報を提供できるが、今回は割愛した。

以下では、上記の結果を踏まえた今後の展望を幾つか述べてみることにしよう。まず、アプローチについてだが、今回使用したデータがクロスセクションであるため、

- a) 非効率項  $u_i$  に関する確率分布の想定が必要とされる
- b) 非効率項  $u_i$  に影響を与えるような変数を組み込んだモデル化ができない

といった欠点が指摘できる。しかしこれらは、複数の時系列データを合併したパネル・データを用いれば解消される問題といえよう。現に他のチーム・スポーツの効率性分析では、パネル・データによる報告も見られる<sup>15</sup>。したがって、今後のデータ分析では、世界規模の大会や各国リーグを複数年にわたって追跡することが第一に求められる。バレーボールの場合、幸いにしてナショナル・チーム対抗のリーグ戦（男子：ワールド・リーグ、女子：ワールド・グランプリ）が毎年開催されているため、データの収集はそれほど困難ではない。

次に考えるべきことは、チーム対抗スポーツのもつ独特の性質～相手あつての競技～という点である。コート上やフィールド上で展開されるプレーは、相手の戦略を読みつつ自らの戦略を展開しながら進行するという意味で、極めて相互依存の高い行為である。たとえ同じような状況でも、相手の実力が自チームと比較して弱い場合と、強い場合では、次の一手は随分と違ったものになることは想像に難くない。しかもこのような意思決定が瞬時に行われ、積み重ねられていくという意味で非常にダイナミックな性質をも兼ね備えている。

今回使用した FIVB のオフィシャル・データは、このような動的過程の最終結果のみを表したものであり、そこまでに至る様々な事柄を捨象したものである。前にも述べたように、本論文は森嶋[1973]および Samuelson[1962]による、“新古典派生産関数は各生産工程の効率的な組み合わせ・運用によって、要素投入と生産の間に最大の効率が実現されている”という立場を出発点として、生産関数をもとにした効率性の分析を行った。しかしながら、今回取り上げることができなかった、生産プロセスの中身（各プレーの連関）には、埋もれたままの価値ある情報があるかもしれない。そのような情報を上手く引き出すことで、スポーツへの理解は格段に高まると期待できる。

<sup>15</sup> Dawson, Dobson and Gerrard[2000]、Dobson and Goddard[2001]、Jewell and Molina[2004]。

例えば、バレーボールの場合、相手のサーブをいかに精確にセッターに返球するかということは、直接得点には繋がらないものの、大変重要なプレー目標だと考えられていたが、データ上ではブラジル、ロシアなどの強豪国の返球率はそれ程高くないことが示されている。むしろ、日本をはじめとした東アジア勢やカザフスタン、イラン、チュニジアなどの中近東や北アフリカ勢の返球のほうが精確であったりする（表5。）これは、前者の国々が、相手チームの強烈なサーブを“適当”にいなしながら、ブラジルの場合はセッターの類まれなるテクニックといかなるポジションでも柔軟に対応できるアタッカー陣による攻撃、ロシアの場合は少々悪いトスでも豪快な攻撃を実現してしまう強力アタッカー陣の存在が背後にあるといわれている。逆に後者のアジア勢や中近東・北アフリカ勢の場合、サーブレシーブを精確にしなければ、アタッカー陣が相対的に貧弱であるので攻撃の組み立てが成立しないことなどが背景にあるのだろう。今回の推定でサーブレシーブが得点率に対しプラスの効果を与えることを明らかにしたが、サーブレシーブとトスの配球の関係を一連の“流れ”として捉えることは、戦術を構築する上で必須の項目となつてこよう。

もう1つの例としてブロックを挙げてみたい。オフィシャル・データには得点およびリバウンドを獲得したブロック行為が掲載されているが、真のブロック効果を計るには、相手の1枚攻撃に対して何枚のブロッカーを配置できたかという情報こそが極めて重要となってくる。なぜならば、アタッカーの視点から考えた場合、1枚ブロックと3枚ブロックでは受ける心理的プレッシャーにかなりの差が存在すると推察できるからである。ブロックを3枚用意しても、1枚用意しても、得点やワンタッチは1人のプレーヤーにしか記録されないが、残りのブロック陣の圧力があつたからこそ、アタッカーはコースを塞がれ、ブロックの網にかかったともいえる。いわば、ブロックに参加する複数のプレーヤーの行為は互いに“補完的”であるといえるのだ。したがってブロックというプレーの効果을正しく計測するには、“参加人数”も考慮しなければならない。

以上の点を踏まえるならば、分析は各プレーの連関（つながり）にまで切り込み、それを時間軸上で整理することが求められる。そうすると、分析データは単にオフィシャル・データのみならず、映像データからも有益な情報を収集することが必要となってくるだろう。また分析用具としては、例えばマルコフ過程などのダイナミック・システムを用いることも求められよう。興味深いことに、バレーボール分析へのマルコフ連鎖モデルの適用は意外と歴史があり、すでに40年以上前に深瀬吉邦[1966]によって着手されている。その後もいくつかの報告がなされているが、遠藤[1986]はマルコフ連鎖分析のメリットを

- ① シミュレーションを通じたゲームの予測
- ② データや推移確率の操作による強化方針の構築
- ③ 既存データから未知の対戦相手に対するゲームの予測、強化方針の構築

のようにまとめている<sup>16</sup>。実際のゲームを消化することなしに有益な情報を獲得できるのであるから、これほど“効率”の良い分析法はないと思いたくなる。しかし現実はその単純でなく、遠藤[1986]も指摘しているように、たとえ同じ相手といえども、前回と全く同様なプレーをすることは稀であり、その意味で完璧な再現性のないスポーツという対象に定常的な推移確率を直接適用することには一定の留保が求められよう。

このように、マルコフ連鎖の機械的適用によるシミュレーション分析のみではプレーの本質に触れることができないとなった場合、次のステップをどう踏み出すべきか。原点に戻ると、チームスポーツは相手があって初めてゲームが成立することにその特徴があった。自らの行動が相手に作用し、相手がそれを受けてある行動をとる。自チームはその相手の反応を様々な観点から考慮して次の行動を選択する。つまりチームスポーツでは、プレーの成功または勝利という目標を達成するために、相手との作用・反作用（やり取り）を通じて、いろいろな情報を獲得し適切なプレーを選択していくプロセスが繰り返される。この意味で、単純なマルコフ連鎖よりも多段階決定過程、特に学習の側面を取り込んだ“適応的制御”の発想が今後必要となってくるのではないだろうか。

#### 参考文献

- Baumol, W.J.[1959], *Business Behaviour, Value and Growth*, New York:Macmillan.
- Berle, A.A. and G.C.Means.[1932], *The Modern Corporation and Private Property*, New York : Macmillan (北島忠夫訳 [1958]、『近代株式会社と私有財産』、東京 : 文雅堂書店)。
- Berri, D.J., M.B. Schmidt and S.T. Brook[2007], *The Wage of Wins*, Stanford, California:Stanford University Press.
- Debreu, G.[1951], “The Coefficient of Resource Utilization,” *Econometrica*, 19(3), 273-292.
- Dawson, P.M., S.M. Dobson and B. Gerrard.[2000], “Estimating Coaching Efficiency in Professional Team Sports: Evidence from English Association Football,” *Scottish Journal of Political Economy*, 47(4), 399-421.
- Dobson, P.M. and J. Goddard[2001], *The Economics of Football*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Downward, P. and A. Dawson[2000], *The Economics of Professional Team Sports*, Routledge.
- 遠藤俊郎 [1986]、「バレーボールのゲーム分析」、『体育の科学』、48(5)、377-380。
- Fort, R.D.[2005], *Sports Economics 2<sup>nd</sup> ed*, Prentice Hall.
- 深瀬吉邦 [1966]、「バレーボールに関する一考察 (1) --マルコフ過程を利用したゲーム分析法」、都留文科大学研究紀要、3、137-155。
- Goff, B.L and R.D. Tollison.[1990], *Sportometrics*, Texas A&M University Press, College Station.
- Green, W.H.[1997], “ Frontier Production Functions,” In *Handbook of Applied Econometrics Volume*

<sup>16</sup> 著者が一部表現を改変。

- II: Microeconomics*, ed. M.H. Pesaran and P. Schmidt, 81-166。
- Hofler, R.A. and J.E. Payne.[1997], “Measuring Efficiency in the National Basketball Association,” *Economic Letters*, 55, 293-299。
- Jewell, R.T. and D.J. Molina.[2004], “Productivity Efficiency and Salary Distribution: The Case of US Major League Baseball,” *Scottish Journal of Political Economy*, 51(1), 127-142。
- Kahn, L.M.[1993], “Managerial Quality, Team Success, and Individual Player Performance in Major League Baseball,” *Industrial and Labor Relations Review*, 46(3), 531-547。
- Kahn, L.M.[2000], “The Sports Business as a Labor Market Laboratory,” *Journal of Economic Perspectives*, 14(3), 75-94。
- Kumbhakar, S.C. and C.A.K. Lovell.[2000], *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge, UK: Cambridge University Press。
- Lee, Y.H.[2006], “Team Sports Efficiency Estimation and Stochastic Frontier Models,” In *Handbook of Sports Economics Research*, ed. J.Fizel, 209-220。
- Leeds, M. and P.v.Allmen.[2007], *The Economics of Sports* 3<sup>rd</sup> ed, Addison-Wesley。
- Leibenstein, H.[1976], *Beyond economic Man*, Cambridge, MA : Harvard University Press。
- Leibenstein, H.[1987], *Inside the Firm*, Cambridge, MA : Harvard University Press。
- Marris, R.L.[1964], *The Economic Theory of Managerial Capitalism*, London : Macmillan。
- 松平康隆、豊田博、大野武治、稲山壬子編 [1974]、『バレーボールのコーチング』、大修館書店。
- 森嶋通夫 [1973]、『近代社会の経済理論』、創文社。
- Porter, P.K. and G.W. Scully.[1982], “Measuring Managerial Efficiency : The Case of Baseball,” *Southern Economic Journal*, 48,642-650。
- Quirk, J. and G.W.Scully.[1992], *Pay Dirt : The Business of Professional Team Sports*, Princeton, NJ : Princeton University Press。
- Rascher, D.A.[2005], “What is the Size of the Sports Industry?,” *SpotsEconomics Persepctives*, Issue 1 October  
<http://www.sportseconomics.com/industryinsights.html>。
- Samuelson[1962], “Parable and Realism in Capital Theory,” *Review of Economic Stidies*, XXIX(3), 193-206。
- Selinger, A. and J.A. Blount.[1986], *Arie Selinger's Power Volleyball*, New York : St. Martin's Press (朽堀申二監修、都  
 沢凡夫訳 [1993]、『セリンジャーのパワーバレーボール』、ベースボールマガジン社)。
- Scully, G.W.[1974], “Pay and Performance in Major League Baseball,” *American Economic Review*, 64(6),915-930。
- Simon, H.[1959], “Theories of Decision-Making in Economics and Behavioral Science,” *American Economic Review*,49 (3),253-283。
- Williamson, O.E.[1963], “Managerial Discretion and business Behavior,” *American Economic Review*, 53(3),1032-1057。

## チーム・スポーツにおける効率性の測定

吉田敏明 [2006]、「バレーボールにおける戦術データと駆け引き」、『オペレーションズ・リサーチ：経営の科学』、51 (7)、441-444。

湯浅健二 [2007]、『日本人はなぜシュートを打たないのか』、アスキー新書。

Zak, T.A., C.J. Huang and J.J. Siegfried.[1979], “Production Efficiency : The Case of Professional Basketball,” *Journal of Business*, 52(3), 379-392。

### データ

国際バレーボール連盟 [<http://www.fivb.org/>]。

男子世界ランキング (2006年 8 月) [<http://www.fivb.org/EN/Volleyball/Rankings/Rank men 2006 08. asp>]。

参加チームプロフィール [[http://www.fivb.org/EN/Volleyball/competitions/World Championships/men/2006/Teams/Team Roster. asp? TEAM](http://www.fivb.org/EN/Volleyball/competitions/World_Championships/men/2006/Teams/Team Roster. asp? TEAM)]。

表 1 (フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』) [<http://ja.wikipedia.org/>]。