

【研究資料】

統計的レーティング手法に基づく B リーグの 制度設計に関する考察

小中英嗣¹⁾

Analysis on tournament system design of B.League based on statistical rating method

Eiji Konaka¹⁾

Abstract

This study proposes a quantitative scoring skill assessment method for professional basketball teams. Based on the proposed method, the scoring skill parameter (called “rating” in this study) of the teams in B.League, which is the newly established professional basketball league in Japan in 2016, is calculated and evaluated. The distribution of the rating is compared with those of NBL, bj League, and NBA.

The result shows that the merger of the former two different basketball leagues, NBL and bj League, and re-allocation of the teams into the new B1 and B2 leagues, contribute to reduce the inequality of the scoring skill among the teams. However, NBA has been realizing smaller rating inequality for several decades. This can be realized by several methods for equally-competitive league such as a draft system and a salary-cap system.

This study also points out some defects of the postseason system design of B.League. Match-fixing scandal would possibly arise, and unbalanced bracket design forces some high-rating teams to quit the postseason in the earlier stage.

Key words : rating, logistic regression model, statistical analysis, tournament system design

キーワード : レーティング, ロジスティック回帰モデル, 統計的分析, シーズン制度設計

1 研究背景

2016年9月, 日本のバスケットボールの新たなトップリーグとしてBリーグが開幕した¹⁾. 斬新な演出を伴う華々しい門出は驚きをもって報道された²⁾. 観客動員数が統合前の二つのリーグ (NBL^{注1)} およびbjリーグ) と比較して34%増と報道されており³⁾, 日本バスケットボール史上最速で観客動員10万人を達成する人気チームができる⁴⁾ など, 堅調な滑り出しを見ている.

2017年5月に最初のシーズンを終えたBリーグで

あるが, 2005年に起きた異なる二つのリーグへの分裂 (NBL および bj リーグ) から10年以上経過した後の統合という特異な経緯を経ているリーグである. 親会社の援助を受ける実業団とプロクラブが混在するNBLに対し, 地域に根ざした独立運営のプロクラブを志向するbjリーグでは各チームの経営規模・予算が異なることから, 統合後の実力差が懸念されていた. たとえば, トヨタ自動車を主要株主とし, NBLでも強豪の一角であったアルバルク東京 (A. 東京) の年間売り上げ目標は10億円規模⁵⁾ であるのに対し, bjリーグをルーツとしBリーグの同地区 (東地区) で

1) 名城大学
Meijo University

対戦する仙台、秋田の両チームの売り上げ目標は4億円から6億円と報道されている⁶⁾。

また、NBL、bjリーグの既存球団を新リーグの一部と二部リーグであるB1およびB2に振り分ける際には、ライセンス制度を導入し、チームの(潜在的な)実力のみではなく、ホームアリーナの座席数などの条件を加味し、チームが分配された⁷⁾。この基準により、B1の下位とB2の上位では実力が逆転している可能性があり、その場合はリーグ内での実力格差を拡大させる要因となってしまう。また、選手獲得にドラフト制度が定着しているNBA^{註2)}に対し、Bリーグ、および前身のひとつであるNBLでは自由獲得である(あった)。NBAのドラフト制度は前年の下位チームに上位指名権を高確率で与える制度であり⁸⁾、戦力の均衡を意図している。さらに、選手の総年俵に上限を与えるサラリーキャップ制度も同様に戦力の均衡を意図しており、NBAだけではなくNBLおよびbjリーグでも採用されていたものの、Bリーグでは撤廃された⁹⁾。これら、ドラフト制度およびサラリーキャップ制度を欠いたBリーグにおいて、戦力の均衡が実現できるのかは不透明である。

さらに、Bリーグは18チームを東・中・西の3地区それぞれ6チームに分割する地区制度を採用し、地区優勝やワイルドカードを併用したポストシーズン制度のシーズンを採用している。地区優勝を優遇するポストシーズン制度は地区毎の実力分布によっては議論を呼ぶことがあり¹⁰⁾、適切に設計すべき事項である。

1.1 本論文の目的

前述の背景に基づき、本論文では以下の二点について議論することを目的とする。

- チーム間の実力格差を定量的に評価し、リーグごとに比較する。
 - B1、B2リーグの実力分布を前身のNBL、bjリーグと比較する。リーグの統合およびチームの配分が実力分布にどのように影響したかを議論する。また戦力均衡策を積極的に推進しているNBAとも比較する。
- ポストシーズンの制度設計の妥当性を評価する。
 - 地区間で実力分布に偏りがあると、ある地区の2位以下のチームの実力が地区優勝チームを上回ることがある。ポストシーズン進出条件、ポストシーズンにおけるトーナメント内の配置(シード)、およびホーム開催権は個別に分離して設計すべき事項であり、不適切な組み合わせで設計された場合、レギュラー

シーズン終盤で敗退行為の要因となりかねないことを指摘する。

本論文では、チームの実力の定量的評価指標として、その値の差がロジスティック回帰モデルを通して得点率を説明するレーティングを提唱する。また、各チームのレーティングを試合結果から簡便かつ安定して算出するアルゴリズムを提案し、実装する。レーティングの分布に基づき上記の議論を定量的に行う。Bリーグではチームごとに対戦回数が異なるため、勝敗数のみでは実力の定量的評価として不十分である。また、得点率を説明するモデルを導入することで、対戦がどの程度接戦となるのかを定量的に評価できるようになる。

前身であるNBLおよびbjリーグを含め、Bリーグ内での実力分布の定量的評価に関する研究は報告されていない。さらに、ポストシーズンを含めた大会形式の設計について、数理的分析を含む学術的発表の蓄積も見当たらず、これらの問題点への言及および定量的な分析が本研究の新規性および主要な貢献である。

本論文の構成を示す。第2章でレーティングの定義及び算出方法を提案する。第3章ではいくつかのリーグに対してレーティングを算出し、その分布に基づいてリーグ内でのチーム間の実力格差について議論する。第4章では初年度のBリーグチャンピオンシップにおいて、その制度の設計が不適切であり、特定の状況で敗退行為を引き起こしかねず、かつ実力上位のチームが早期敗退を強いられる制度であったことを指摘する。実力の評価には第3章で算出したレーティングを利用する。最後に第5章で本論文の結論を述べる。

2 レーティングの定義および算出方法

まずはじめに、ランキング(ranking)とレーティング(rating)を定義し、区別することとする。ランキングは各チーム間の順位を定めることであり、それに対しレーティングは各チームの実力に相当する値を算出することと定義する。レーティングの結果に基づいてランキングを作成することが可能である。

スポーツにおけるランキング制度として最も単純なものは勝利数に基づくものである。しかし、Bリーグは3地区制を導入しており、同地区内の対戦は多く(8試合または6試合)、他地区との対戦は少ない(2試合)。従って、地区間で実力分布が異なる場合、勝利数が必ずしも正しく実力を反映しているとは限らない。

- 二つのチームが対戦した場合、大きく二つに分けて、
1. それぞれのチームが1シーズンにわたり安定的に持っている技能・能力（実力）
 2. 1.に含まれず、短期的に変動する要素。具体的には当日の調子・運、および対戦チーム間の相性の要因が得点や勝敗に影響すると仮定する。本論文では、バスケットボールチームに対する狭義のレーティングとして

- 上記の1.に対応する、過去の試合結果から推定した、あるチームの試合中での得点率を説明するパラメータ

と定義する。レーティングはそのチームの得点率を説明するパラメータであり、これにより1シーズンを通じた平均的な実力が推定できるものとする。

そこで本論文では、試合結果として必ず公式に記載される各チームの得点に基づき、各チームの得点率を説明するパラメータを推定する手法を提案する。バスケットボールは得点の多少を競うスポーツであるので、「相手が1点得点する間に平均何点得点できるか（得点比）」が本質的である。チーム*i*とチーム*j*が対戦した試合でそれぞれの得点が s_i, s_j であったとき、チーム*i*のチーム*j*に対する得点比 $\rho_{i,j}$ およびチーム*i*の試合内での得点率 $p_{i,j}$ は次式で定義される。

$$(1) \quad \rho_{i,j} \equiv \frac{s_i}{s_j}, \quad p_{i,j} \equiv \frac{s_i}{s_i + s_j} = \frac{\rho_{i,j}}{1 + \rho_{i,j}}$$

得点比 ρ が1であれば試合全体での得点率 p は0.5であり、得点比が大きくなるほど得点率は1に漸近的に収束する。

この解釈を直接反映させた数理モデルとして、各チーム*i*の実力を示すパラメータ（今後、これをチーム*i*のレーティングと呼ぶ）を r_i で示し、チーム*i*と*j*が対戦した場合、*i*の*j*に対する得点率 $p_{i,j}$ が次式に従うと仮定する。

$$(2) \quad p_{i,j} = \frac{1}{1 + \exp(-(r_i - r_j))} + e = \frac{1}{1 + \exp(-\Delta r_{i,j})} + e$$

上式は得点比 $\rho_{i,j}$ がレーティング差 $\Delta r_{i,j}$ を用いて $\rho_{i,j} = \exp(\Delta r_{i,j})$ で表されると仮定して式(1)を変形したものである。また、 e は試合ごとの変動量を表す項である。レーティングが等しいこと($\Delta r_{i,j} = 0$)は両チームの実力に差が無く、得点比が1であり、得点率が0.5であることを意味する。レーティング差が大きくなるにつれ得点率は1に漸近的に収束する。

この仮定はロジスティック回帰モデルと呼ばれ、チェスのレーティングであるイロレーティング¹¹⁾における勝率の仮定や、教育工学における項目応答理論^{12, 13)}での問題の正答率の仮定など、幅広い分野で利用されているものと同じ形式である。この手法は既にバレーボールをはじめとするさまざまな球技の各国代表チームの実力推定に利用されており¹⁴⁾、公式の世界ランキングよりも試合結果及び各試合の得点率との相関が強くなることが実証されている^{注3)}。

2.1 提案手法

提案手法のアルゴリズムを示す。表1に記号の意味を示す。

レーティング算出アルゴリズム

1. $\mathbf{r}^{(0)} = \mathbf{0}$ とし、収束判定のための $\epsilon_{th} > 0$ を小さな値に設定する。 $K > 0$ を定める。繰り返し回数を $k = 0$ とする。 N_s 試合の結果を保持したデータベースを用意する。各試合の結果を (i, j, s_i, s_j) （チーム番号及びそれぞれのチームの得点）で示す。
2. データベースの各試合結果をランダムにソートする。
3. ソートされたデータベースから試合結果を順に取り出し、これを (i, j, s_i, s_j) とする。

表1 Notations

N_T	Number of teams
$\mathbf{r} = (r_1, \dots, r_{N_T})^T$	Rating vector
N_S	Number of matches
(i, j, s_i, s_j)	Result of one match. Team i and j scored s_i and s_j points in a match. N_S tuples are stored in database.
ϵ_{th}	Threshold value
K	Parameter used in rating update
k	Iteration index
$\mathbf{0}, \mathbf{1}$	Column vector composed of zeros and ones with suitable dimensions
$\ \mathbf{x}\ $	Euclidean norm of vector \mathbf{x}

4. レーティング r_i および r_j を以下の規則で更新する.

$$(3) \quad p_{i,j} = \frac{1}{1 + \exp(-(r_i^{(k)} - r_j^{(k)}))}, \quad s_{i,j} = \frac{s_i}{s_i + s_j},$$

$$(4) \quad r_i^{(k+1)} = r_i^{(k)} + K(s_{i,j} - p_{i,j}),$$

$$(5) \quad r_j^{(k+1)} = r_j^{(k)} + K((1 - s_{i,j}) - (1 - p_{i,j})).$$

データベース内の全試合結果に対して上記の更新を行う.

5. $\|r^{(k+1)} - r^{(k)}\| > \|r^{(k)} - r^{(k-1)}\|$ が成り立つ場合, $K \leftarrow 0.5K$ とする.

6. $\|r^{(k+1)} - r^{(k)}\| < \epsilon_{th}$ が成り立つ場合, $r^{(k+1)}$ を出力してアルゴリズムを終了する. そうでない場合は $k \leftarrow k + 1$ としてステップ 2. に戻る.

式 (2) は得点率を説明するモデルであったが, 勝敗予測に利用する場合はこれを勝率を説明するモデルに変換する.

$$(6) \quad w_{i,j} = 1 \text{ (} i \text{ wins), or } 0 \text{ (} j \text{ wins)}$$

を勝敗を表す変数とし, 変換パラメータ D_k^* (k はリーグを表す添え字) を

$$(7) \quad \hat{w}_{i,j} = \frac{1}{1 + \exp(-D_k^*(r_i - r_j))},$$

$$(8) \quad D_k^* = \arg \min_{D_k} \sum (w_{i,j} - \hat{w}_{i,j})^2,$$

を満たすものとする.

従って, r_i は

$$(9) \quad \bar{r}_i = D_k^* r_i, \quad i = 1, 2, \dots, N_i$$

と変換される. 変換後の \bar{r}_i はその差が勝率を説明するレーティングとなり, 式 (7) のモデルにより試合結果の予測に利用可能である.

3 チームの実力分布の定量的評価

前節で示したレーティング算出アルゴリズムを利用し, さまざまなリーグでのチーム間の実力分布を算出した. 表 2 にリーグ, 年度, チーム数, 試合数などの基礎データ, およびデータ参照元を示す. 公式サイトが利用できる場合はそちらを優先し, 公式サイトが存在しない (削除されている) NBL に関しては外部のデータサイトを参照した.

対象とした各リーグ, 特に NBA と日本の各リーグではリーグ運営の基礎となる諸制度 (ドラフト, サラリーキャップ, 外国籍選手の出場制限, 試合時間, など) が異なるが, 考察の対象としているのはいずれもバスケットボールであり, その試合での得点比・得点率という値は共通のものである. 観客の立場からすれば, 観戦した試合が接戦であったか・接戦でありそうか, つまり得点比が 1 に近く得点比が 0.5 に近い試合

がどの程度提供されるリーグなのであるか, というのはひとつの関心事であり, それが現状どの程度実現されているかを明確にすることが本論文の目的のひとつである.

表 2 Basic data

League	Year	Teams	Matches	Data source
B1	2016/17	18	540	Official website ¹⁵⁾
B2	2016/17	18	540	Official website ¹⁵⁾
bj	2015/16	24	620	Official website ¹⁶⁾
NBL	2015/16	12	324	SPORTSTATS.com ¹⁷⁾
NBA	2016/17	30	1230	Official website ¹⁸⁾

データ参照元より各試合の対戦チームおよびそれぞれの総得点のみを抽出し, (i, j, s_i, s_j) の形式に変換した. たとえば, B リーグ開幕戦, 「A. 東京 80-75 琉球」の試合結果は (6, 18, 80, 75) となる. チーム番号は公式に指定されている順序やアルファベット順などを適宜利用した.

ϵ_{th} は 10^{-7} とし, さまざまな初期値から実行しても各チームのレーティングが小数点以下 5 桁まで一致する値に収束することを確認した.

図 1 に B1 リーグ全 540 試合に対し, 予測得点率 $\hat{p}_{i,j}$ を横軸に, 実際の試合結果の得点率を縦軸にとったグラフを示す. 予測得点率は, 式 (2) に算出したレーティングを代入し, $e = 0$ と仮定して得られる. これらの二つの変数間の相関係数は $R = 0.5769$, 決定係数は $R^2 = 0.3225$ であった. レーティングから予測される得点率と実際の得点率の間には中程度から強い相関があり, レーティングを用いて得点率の 3 割程度を説明できることが分かった.

図 2 に各リーグでのレーティングの分布を示す. 横軸はリーグの中央を 0 とした相対順位 (左の方が順位が高い), 縦軸は得点率を説明するレーティング r_i を示す. 順位はレーティング順にソートしたものである. レーティングはリーグ内での相対的な値であり, 異なるリーグに所属するチーム間の実力差の評価には利用できない点に注意されたい.

図 3 に, B リーグの各チームについて, 元所属リーグを明示したレーティングを示す.

NBA については, 2010 年代の各年でのレーティング分布もあわせて示す.

スポーツの観客の関心事の一つは試合の勝敗であるが, 試合前から勝敗が分かりきっている程の実力差があることも好まれない. 各チームの対戦が前述のレーティングにより説明される得点率となり, 全チームが

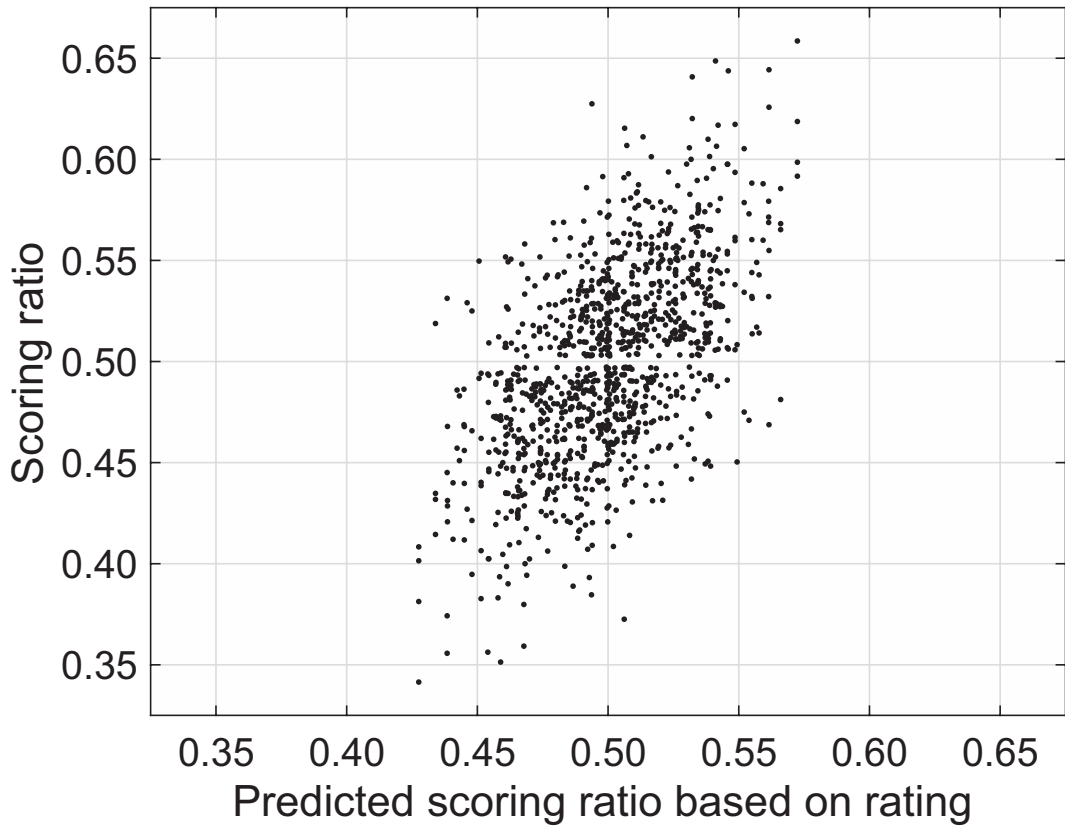


図1 Scoring ratio

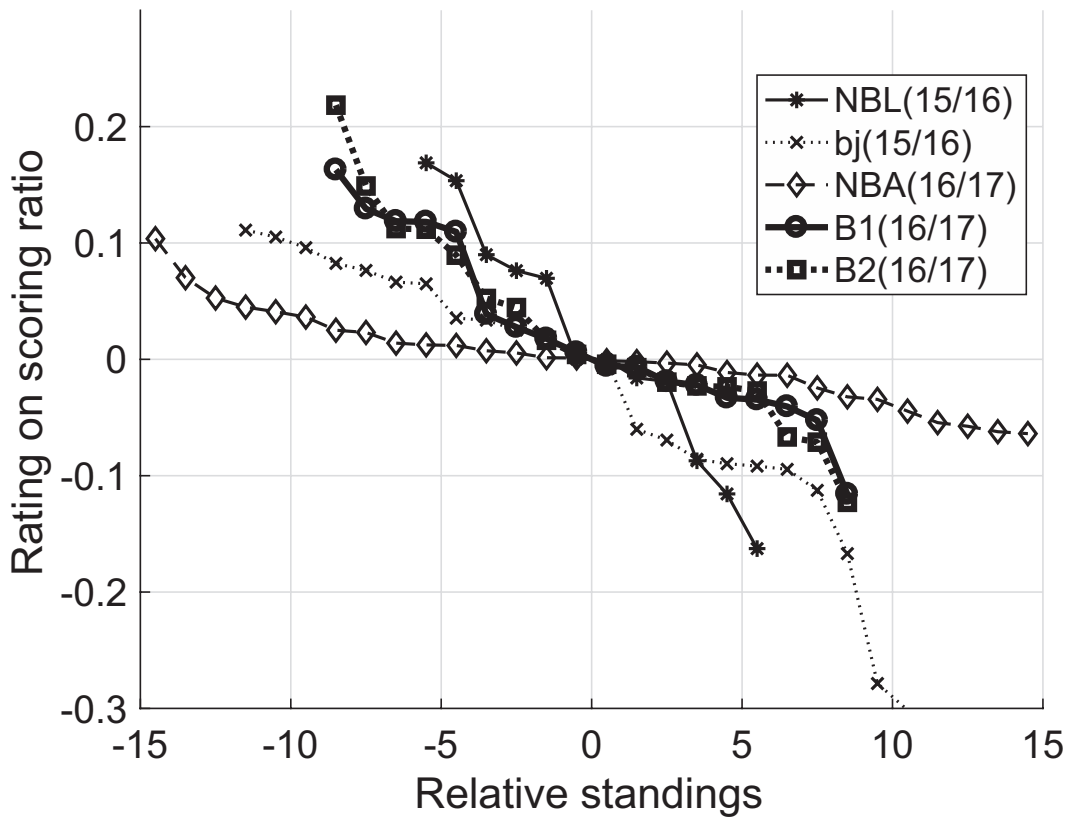


図2 Rating distribution

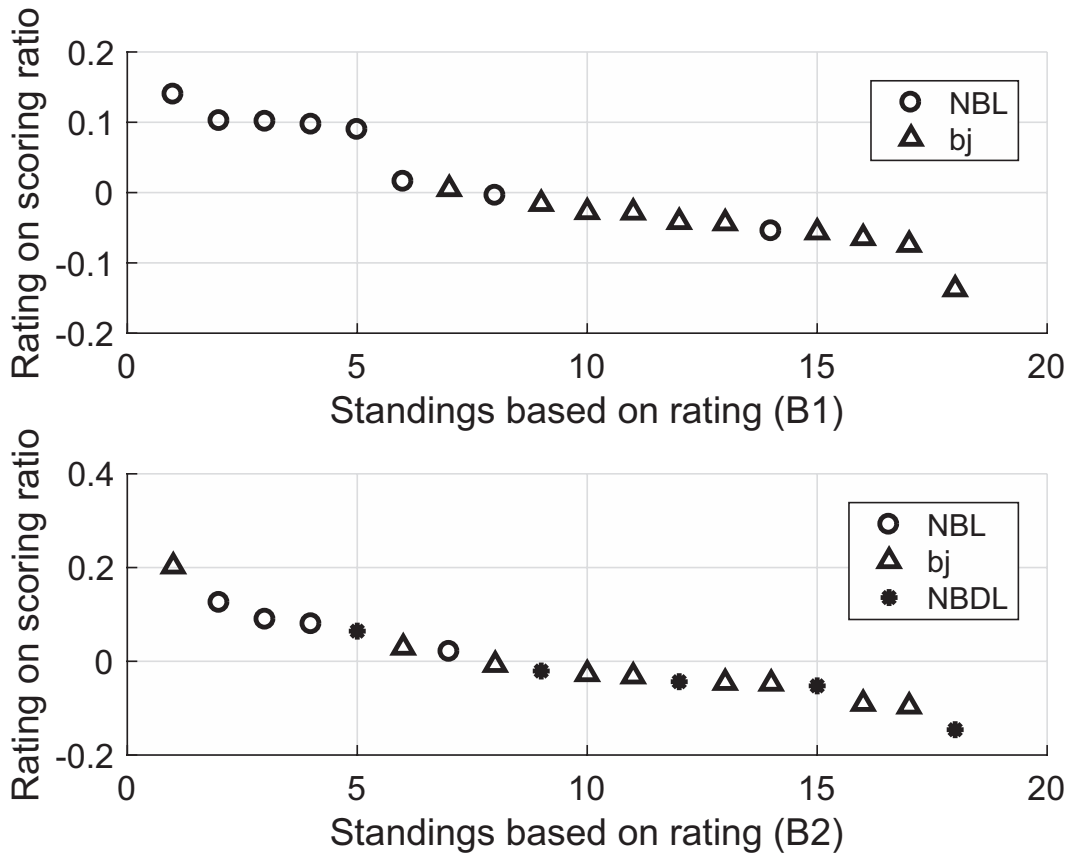


図3 Rating distribution: former belonging league

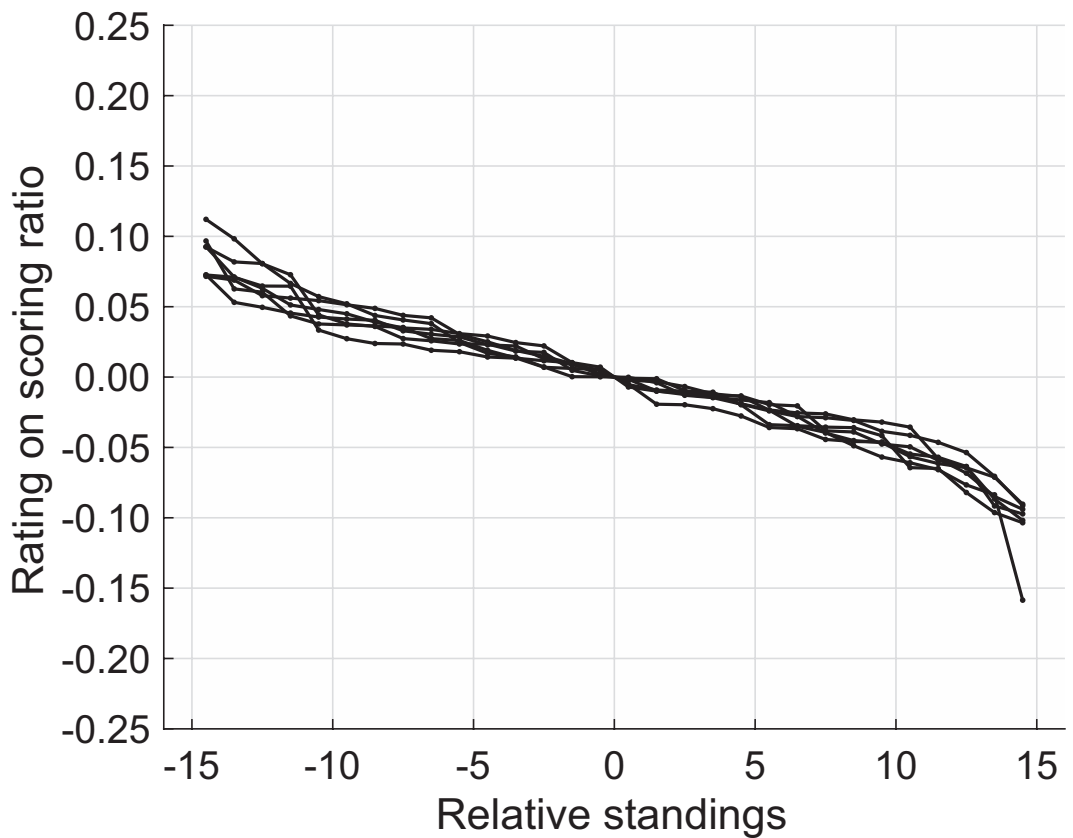


図4 Rating distribution in 2010s (NBA)

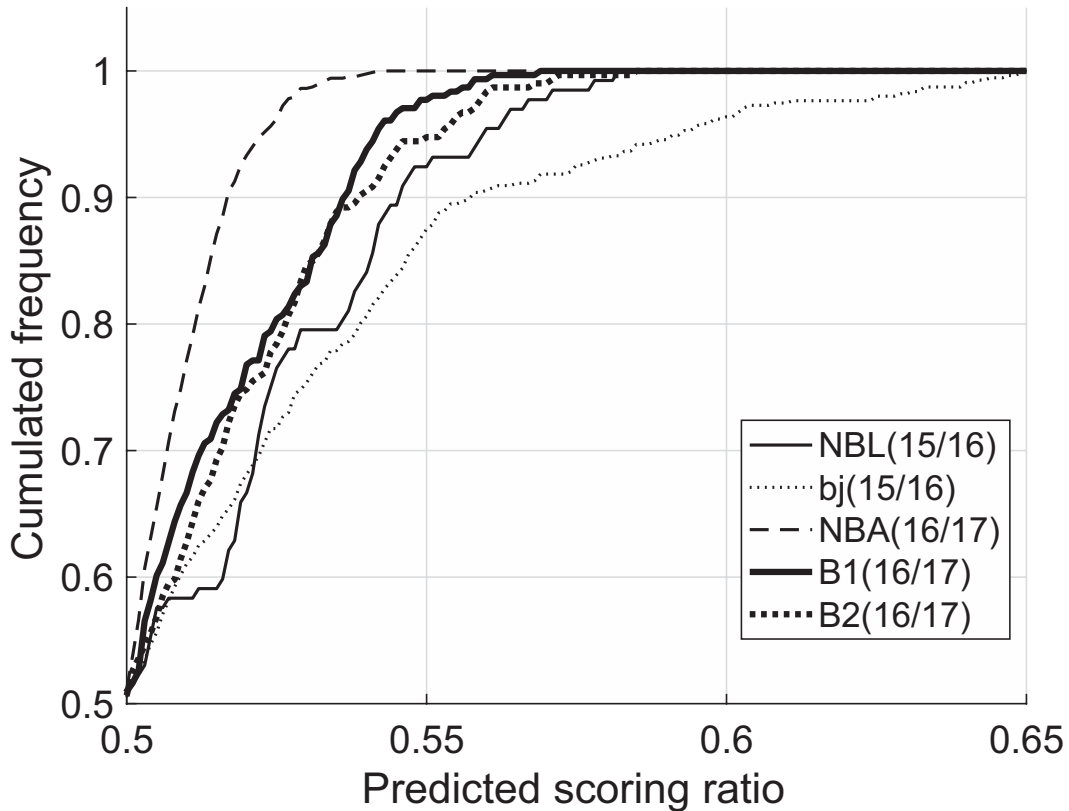


図5 Cumulated relative frequency on predicted scoring ratio

総当たりで1回ずつ対戦したときの予測得点率の累積分布関数を図5に示す。横軸は各チームの得点率、縦軸は相対累積度数を示している。

3.1 レーティングの導出結果および考察

図2より、NBAはチーム数が多いもののレーティングが拮抗していることが分かる。得点率を説明するレーティングが0.1または0.2大きい場合、それぞれ得点率は0.525、0.550に対応する。1試合での両チームの合計得点が150点のとき、それぞれ約7点差、約15点差に相当する。図4より、NBAでの実力の均衡はこの1年のみ偶然に達成されたわけではなく、継続して達成されていることが分かる。

図2に戻り、NBAと比較すると、BリーグのB1、B2はいずれも上位と下位の実力差が大きいことが分かる。特にB2の上位チームのレーティングは突出している。B2のレーティング上位2チームは鳥根および広島であり、この2チームには2017/18シーズンのB1リーグ参戦へのライセンスが付与されることが発表されている²⁰⁾。鳥根は2015/16シーズンのbjリーグのレギュラーシーズンではウェスタンカンファレンス3位(12チーム中)であり、これはB1参入に成功した三遠(bjリーグでは浜松・東三河)(同4位)、滋賀(同5位)、大阪(同6位)よりも上位であった。

統合前のそれぞれのリーグと比較する。統合前のNBLはチーム数が12と少ないにも関わらず実力差が大きく、戦力均衡のための施策がうまく働いていなかったことが指摘できる。それに対してbjリーグは20チーム程度がNBAと同等の実力差に収まっており、戦力均衡策が一定の成果を挙げていることが分かる。しかし、上位と中位にやや大きめのギャップがあり、さらに下位3-4チームの実力が非常に低い。bjリーグでのレーティングの最小値は $r_i = -0.4618$ であり、図中に入りきっていない(主要なデータを比較しやすくするため、縦軸の範囲を調整している)。

図5は、グラフの立ち上がりが左にあるほど実力が拮抗した組み合わせが多いことを示している。この図より、NBL、bjリーグともに実力が拮抗した組み合わせは(相対的には)多くないことがわかる。NBLでは各チーム間の実力差がそもそも大きいこと、bjリーグでは下位3-4チームの実力が明確に低いこと、および上位と中位に大きなギャップがあることが原因と考えられる(24チームを上位20チーム、下位4チームの二組に分けた場合、上位チーム対下位チームの組み合わせは全体の29%にのぼる)。これに対し、Bリーグへの統合に伴い実力が拮抗した対戦が増えていることがわかる。このように、Bリーグへの統合およびB1、B2へのチーム分配はリーグ内での実力の

平均化に一定の役割を果たしているといえるが、図3が示すように、B1上位チームはほぼ元NBLチームが独占しており、元所属リーグによる実力格差は明確である。NBAと比較してもリーグ内の実力格差は依然大きく、チームの元所属リーグが戦力差の原因とならないような、今後の戦力均衡に向けた施策が重要であることが示唆されている。

4 ポストシーズンの不適切な設計

Bリーグはレギュラーシーズンの成績に基づきポストシーズン（チャンピオンシップ、残留プレーオフ、B2プレーオフ）進出が決定する形式を採用している。以下それぞれ議論に關与する部分を簡潔に述べる。いずれも公式サイト¹⁹⁾に基づき、論文構成に合うよう一部表現を修正している。

B.LEAGUE チャンピオンシップ

- B1リーグ各地区の1位・2位クラブ合計6クラブと、各地区の上位2クラブを除いた12クラブのうち上位2クラブ（ワイルドカード）が出場。
 - トーナメント方式にて行い、準々決勝および準決勝は2試合。決勝戦は1試合行う。準々決勝および準決勝が1勝1敗となった場合、5分前後半の3試合目を当日実施する（特別ルールを設定）。それでも勝敗が決定しない場合は5分の延長時間を勝敗が決まるまで行う。決勝戦が同点の場合は、5分の延長時間を勝敗が決まるまで行う。
- トーナメント配置を定める順位は以下の順とする。
 - 各地区優勝チーム間での勝利数により、1位から3位。
 - 各地区2位チーム間での勝利数により、4位から6位。
 - その他12チーム内の上位2チームを7位と8位。
- トーナメント1回戦（準々決勝）の対戦は1-8、4-5、3-6、7-2（位）であり、準々決勝と準決勝は上述の順位が高い方のホームアリーナで実施する。
- 当大会の優勝クラブを年間優勝クラブとし、準優勝クラブを年間準優勝クラブとする。また、準決勝敗退クラブの2クラブを3位とする。

B2プレーオフ

- B2リーグ各地区の1位3クラブと、各地区の上位1クラブを除いた15クラブのうち上位1クラブ

（ワイルドカード）が出場。

- トーナメント方式にて行い、準決勝は2試合。決勝戦および3位決定戦は1試合行う。準決勝が1勝1敗となった場合、5分前後半の3試合目を当日実施する（特別ルールを設定）。それでも勝敗が決定しない場合は1回5分の延長時間を勝敗が決まるまで行う。決勝戦および3位決定戦が同点の場合は、5分の延長時間を勝敗が決まるまで行う。
- トーナメント配置を定める順位は以下の順とする。
 - 各地区優勝チーム間での勝利数により、1位から3位。
 - その他15チーム内の上位1チームを4位。
- トーナメント1回戦（準決勝）の対戦は1-4、3-2（位）であり、準決勝は上述の順位が高い方のホームアリーナで実施する。
- 当大会の優勝クラブを年間優勝クラブとし、準優勝クラブを年間準優勝クラブとする。また、3位決定戦の勝利クラブを年間3位クラブとする。年間優勝クラブおよび準優勝クラブはB1リーグへ自動昇格。3位クラブはB1リーグ下位3位クラブとの入れ替え戦を行う。

上記のB.LEAGUE チャンピオンシップの設計ではワイルドカードの順位が7、8位とされており、「ワイルドカードが各地区上位チームよりも実力が下である」ことを暗黙に仮定している。しかし、チームの実力分布が地区ごとに偏っている場合はこの限りではない。むしろワイルドカードを設定する目的は「同地区内に強豪チームが多く、リーグ全体での実力は高いものの地区内では優勝できなかったチームをプレーオフに進出させる」ことであるため、設計が矛盾している。極端な場合では、特定の地区に実力上位の3チームが集中した場合、その地区の3位チームが上記の規則では7位としてチャンピオンシップに進出し、全体2位（地区優勝チームのいずれか）のチームと準々決勝を争うこととなる。この状況は、各地区の優勝争いをしているチームが全体2位を避けるような行動、つまり敗退行為を起こす原因となりえるので、明らかに不適切である。また、敗退行為とまでは行かなくとも、同地区内にリーグ全体での実力上位2チームがいる場合、それらのチームは全体の1位と4位となるため、決勝ではなく準決勝で対戦する可能性が高い。B2でも同様の状況が起こりうる。トーナメントの勝ちあがりを最終順位、および降格・昇格権に反映させているため、序盤で実力上位のチームが対戦することは最終順位

正当性に疑念を持たせ、かつ各チームの将来を左右し兼ねない。

このように、現行方式は定量的な評価をするまでも無くその設計に欠陥があると結論付けられる。定量的な評価については第4.2節で改めて述べる。

4.1 他リーグ・他スポーツにおけるリーグおよび大会の制度設計に関する議論

不用意な制度設計が意図的な敗退行為や順位の正当性に関する疑問などの問題を引き起こしうる、という事例は、本論文で議論しているBリーグだけではなく、他リーグ・他スポーツでも散見される。本節ではそのうち有名な事例を概観し、この問題がスポーツ全般に広く存在していることを確認する。

ポストシーズン設計に関する同様の議論は既にNBAでも起こっており¹⁰⁾、2007年以降地区優勝チームの扱いが変更され、2016年からは地区優勝とプレーオフでのシードは分離されることとなった。また類似の議論は下位チームに対してドラフトをどの程度優遇すべきか、という観点からも起こっている。たとえば、最下位チームにドラフト最上位権を確定させてしまうと、リーグ戦終盤で敗退行為が起こりうる。これについては「ドラフトでの抽選の確率を上下させる」⁸⁾ことで一定の解決を見ている。

他スポーツに目を向けると、サッカーで談合試合の疑惑をもたれている有名な事例が1982年ワールドカップスペイン大会で起こっている²¹⁾。一次リーグ最終戦で対戦した2チームが、お互いが一次リーグを突破できるように試合を操作したのではないかとこの疑惑である。原因は一次リーグ最終節の試合時間が異なり、当該の2チームがともに一次リーグを勝ち抜く条件が試合前に確定していたことである。この事例を受け、1986年大会から一次リーグ最終節の2試合は同時刻に開始するよう変更されている。

ロンドンオリンピックのバドミントンでは準々決勝の組み合わせを有利にするために4組のペアが故意の失点を繰り返したことが問題となった²²⁾。これは故意に負けることがその先で明らかに有利になるよう、不適切に一次リーグ戦を設計したことが大きな要因である（これ以前の大会のようにトーナメント戦であれば敗退行為は起こりえない）。これを受け、続くリオデジャネイロオリンピックでは大会形式が変更されている。

バレーボールのリオデジャネイロオリンピック予選では、北中米地区のチームが大陸予選の順位に基づいて世界最終予選1もしくは2のいずれかに出場できる制度となっていたが、世界最終予選間での出場国の実力格差が大きかったことから、世界最終予選2を「選択」することでオリンピックへの出場権を獲得しやすくなる可能性があった。この時点で敗退行為を誘発しうる不適切な制度設計であり、実際に世界最終予選1の出場国が疑問を呈している²³⁾。

Jリーグで2シーズンのみ実施された2ステージ+チャンピオンシップ制についても、敗退行為の可能性を排除するよう制度設計が行われたことが公式に発表されている²⁴⁾、²⁵⁾。リーグ、選手会それぞれが主張する局所的な優遇策を結合した結果、全体として不合理な制度設計となった典型例である。この制度はわずか2シーズンで撤廃されており、事実上明確な「失敗」と位置づけられている。次節ではBリーグでのポストシーズンも同様の「局所的には合理的に見えるが、全体的に不合理」な設計となっていることを論じる。

4.2 Bリーグ2016/17シーズンでの具体例と議論

本節ではBリーグ2016/17シーズンにおけるチャンピオンシップ制度の問題点を、レーティングに基づく実力の定量的評価に基づき指摘し、議論する。

表3にB1リーグ2016/17レギュラーシーズンの順位表を示す。

表3 Official standings of B.LEAGUE 2016/17 regular season

East		Central			West				
Standing	Team	W	L	Team	W	L	Team	W	L
1	Tochigi	46	14	Kawasaki	49	11	Mikawa	46	14
2	A. Tokoyo	44	16	San-En	33	27	Ryukyuu	29	31
3	Chiba	44	16	SR. Shibuya	32	28	Osaka	28	32
4	Hokkaido	23	37	Niigata	27	33	Nagoya D.	27	33
5	Akita	18	42	Toyama	18	42	Kyoto	25	35
6	Sendai	14	46	Yokohama	16	44	Shiga	21	39
		189	171		175	185		176	184

表4に提案手法を用いて求めた勝率を説明するレーティング \bar{r}_i , 勝利数順, および公式の基準に基づく順位を示す. ホーム開催数が均等であるレギュラーシーズンとは異なり, チャンピオンシップ準々決勝及び準決勝はレギュラーシーズン上位チームのホームでのみ開催される. これらの試合でのホーム開催の利点(ホームアドバンテージ)を考慮するため, 得点率のモデルを

$$(9) \quad p_{i,j} = \frac{1}{1 + \exp(-(r_i + r_{adv} - r_j))} + e$$

と修正した. r_{adv} はホームアドバンテージを表すパラメータで, 上式はチーム i がホームチームの場合のモデルである. パラメータの増加を防ぐため, ホームアドバンテージは全てのチームで同一であると仮定した. r_{adv} に関する更新式は式(3)と同様,

$$(10) \quad r_{adv}^{(k+1)} = r_{adv}^{(k)} + K(S_{i,j} - p_{i,j})$$

である. これを勝率に変換するので, そのモデルは

$$(11) \quad \hat{w}_{i,j} = \frac{1}{1 + \exp(-D_k^*(r_i + r_{adv} - r_j))}$$

となる. 計算の結果, 得点率から勝率へ変換する定数は $D_k^* = 11.41$, ホームアドバンテージは $\bar{r}_{adv} = D_k^* r_{adv} = 0.1489$ であった. レーティングが等しい2チームが対戦した場合, ホームチームの勝率が0.537となる程度のアドバンテージである. 表4内のレーティング値は勝率を説明するレーティング $\bar{r}_i = D_k^* r_i$ であり, ホームアドバンテージは含まれていない.

東地区の上位3チームがいずれも44勝以上と高い勝率を残しているが, 全体の最多勝利数(49勝)は中地区1位(川崎)である. ただし, 勝利数のみでは同地区の他チームが弱かったからなのか, などが分からないため, 提案手法により比較する. すると, 東地区の上位3チームは他地区のチームに対しても高い得点率を挙げていることが分かり, レーティングで全体の上位3位を占めている. 最多勝利数の川崎のレーティングは4番目である.

「東地区3位が全体7位でチャンピオンシップに進出する」ことは4月上旬(49試合目/60試合中)の時点で確定しており²⁶⁾, 加えて中・西地区の2位がその成績を下回る可能性が非常に高いこともこの時点で明らかであった(この時点での中・西地区2位チームの成績はいずれも5割前後). 対戦する可能性のある各地区優勝チームも, 西地区(3月26日), 中地区(4月1日)では早い段階で決まっている. これらのチームが何らかの調整を意図したとしてもそれはポストシーズンの制度設計の誤りである(前節の事例も参照されたい). 単純な勝利数順にすればこのような事態は起こらない.

勝率を説明するレーティング \bar{r}_i を利用し, チャンピオンシップの勝敗を予測する. ただし, 準々決勝および準決勝の3試合目である10分間の延長戦についてはレギュラーシーズンのデータが無いいため, 便宜上3戦2勝先取形式でシミュレーションを行った. 実際の

表4 Standings of BLEAGUE 2016/17 regular season based on various criteria

Team	2015/16	Conf.	Rating \bar{r}_i	Wins	Standings		
					Official	Wins	Rating
Tochigi	NBL	East	1.5614	46	2	2	1
A. Tokoyo	NBL	East	1.1394	44	4	4	2
Chiba	NBL	East	1.1076	44	7	5	3
Kawasaki	NBL	Central	1.1005	49	1	1	4
Mikawa	NBL	West	1.0220	46	3	3	5
SR. Shibuya	NBL	Central	0.1942	32	8	7	6
San-En	bj	Central	0.0617	33	5	6	7
Nagoya D.	NBL	West	-0.0485	27			8
Ryukyu	bj	West	-0.1982	29	6	8	
Osaka	bj	West	-0.3110	28			
Kyoto	bj	West	-0.3183	25			
Akita	bj	East	-0.4474	18			
Niigata	bj	Central	-0.4756	27			
Hokkaido	NBL	East	-0.6065	23			
Shiga	bj	West	-0.6343	21			
Toyama	bj	Central	-0.7591	18			
Yokohama	bj	Central	-0.8765	16			
Sendai	bj	East	-1.5114	14			

統計的レーティング手法に基づくBリーグの制度設計に関する考察

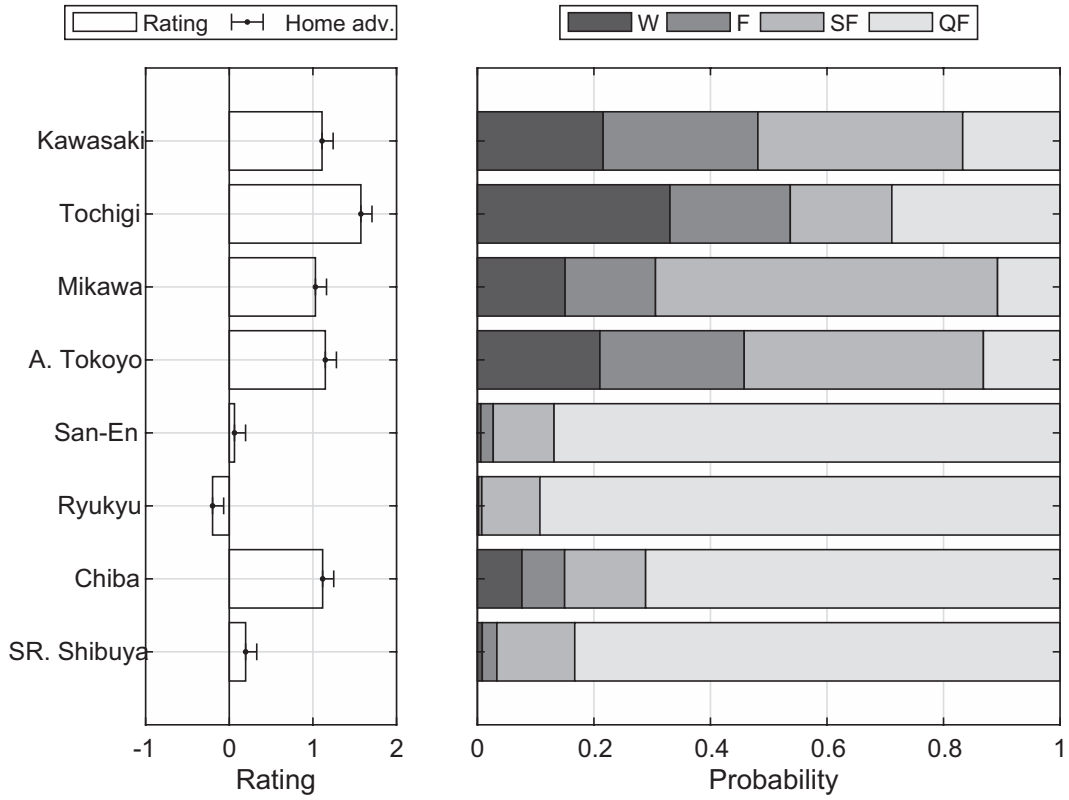


図6 Prediction of B.LEAGUE Championship: official ranking system

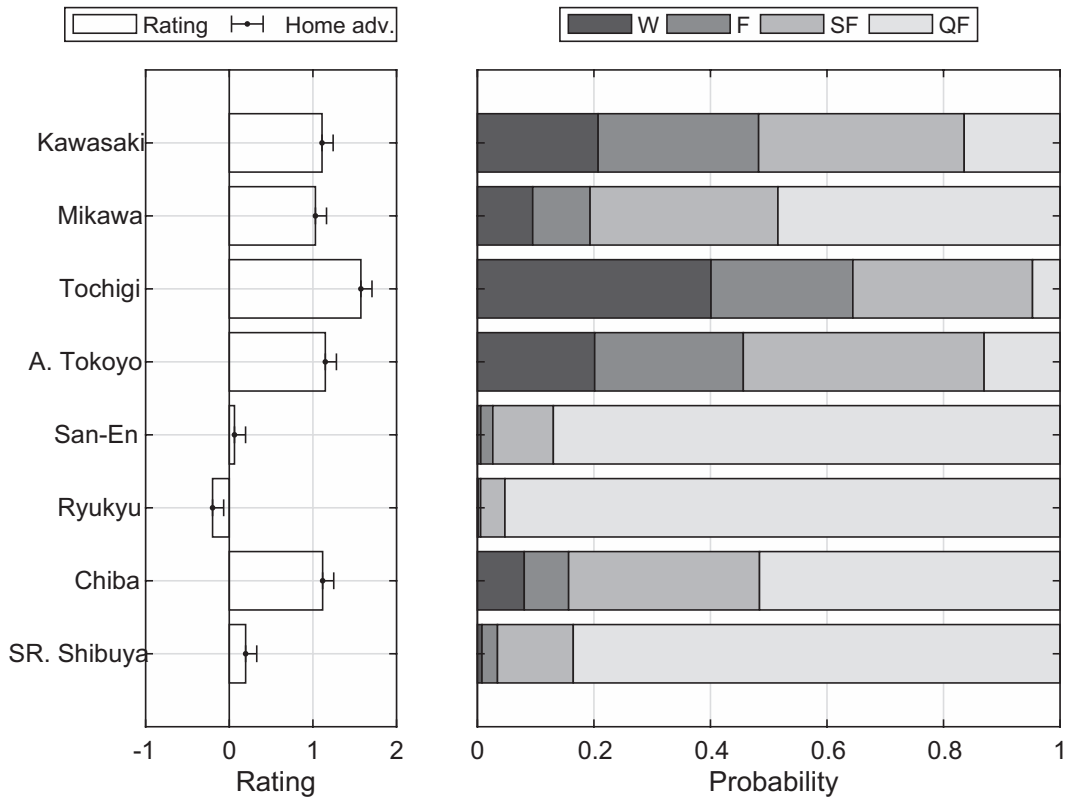


図7 Prediction of B.LEAGUE Championship: a case if Tochigi dropped to the third place

3試合目では試合時間が1/4となることから、攻撃の総回数も1/4程度と予測され、その結果番狂わせ(予測得点率が低い方のチームが総得点上回ること)の確率が通常の試合よりも高くなることも予測される。従って、ここで示した予測結果は上位チームにやや有利となっている。シミュレーションはチャンピオンシップを50000回行い、その平均を算出した。

図6および図7に、公式順位および全体2位と3位が入れ替わった場合のシミュレーション結果を示す。縦軸の順序はチャンピオンシップ進出の順位を示す。左図の横軸は勝率を説明するレーティング \bar{r}_i (白棒) およびホームアドバンテージ \bar{r}_{adv} (実線) をそれぞれ示す。右図は優勝(W), 準優勝(F), 準決勝敗退(SF), および準々決勝敗退(QF)それぞれの予測確率を示す。

これらの結果を比較すると、全体の2位と3位チームの準々決勝での対戦相手であるワイルドカード上位チーム(千葉)および地区内2位間の3位チーム(琉球)の実力差は非常に大きく、全体の3位となった方が上位進出の期待値が大幅に上昇することが分かる。

これに対し、単純に勝利数上位8チームをその順に選んでトーナメントを構成した場合(直近のNBAと同じ方式)のシミュレーション結果を図8に示す。

このように、最も単純な勝利数順のトーナメント構

成であれば最終的な勝ち上がりと実力の関係が現行の方式と比較して強くなることが分かった(ただし、地区ごとの実力分布に偏りがあるため、勝利数と上位進出確率の大小は完全には一致しない)。チャンピオンシップ準々決勝の構成としても、

- レギュラーシーズン上位3チームに(勝利数で)6位から8位のチームが挑戦する
- 実力が拮抗したチーム同士(4位と5位)の対戦

とバリエーションがあり、かつ準々決勝で下位チームが勝利することは真の番狂わせを意味する。現行の方式で、もし準々決勝で千葉が栃木に勝利したとしても、順位付けの不備で対戦させられているだけであり、真の番狂わせとは言いがたい。

最後に、実際のトーナメント設計では利用が難しいが、レーティングに基づく順位での予測結果を図9に示す。

シーズンでの好成績により優勝確率が上昇するが、かといって優勝が確約されているわけではなく、番狂わせも起こりうる、というポストシーズンとして適切な結果になっている。

今シーズンのトーナメント設計は、地区優勝チームを優遇し、かつホームでの試合開催を意図したものであることは理解できるが、

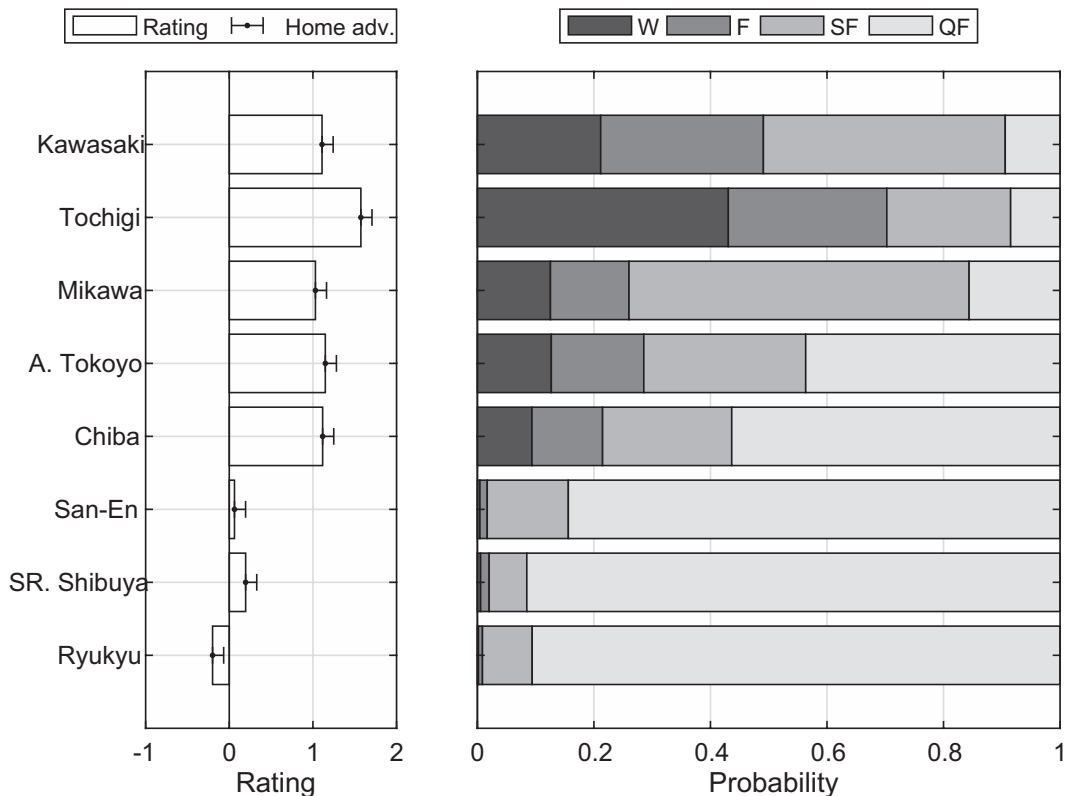


図8 Prediction of B.LEAGUE Championship: ordered by wins

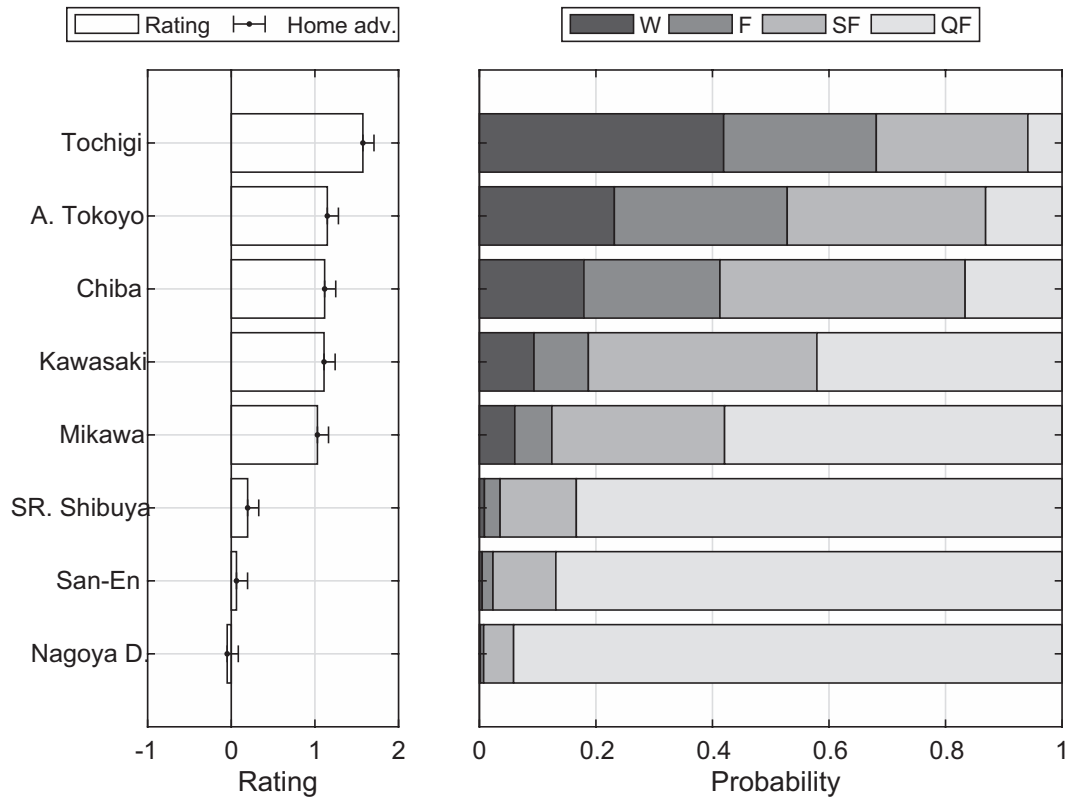


図9 Prediction of B.LEAGUE Championship: ordered by rating

- 地区優勝の表彰
- ポストシーズンのホーム開催
- トーナメントでの配置（シード）

はそれぞれ相互の影響を考慮して設計されるべき事項である。「地区優勝チームはホームでポストシーズンを実施すべき」「地区優勝チームはシードすべき」といった、一見問題が無いと思われそうな局所的な基準を集めた結果、全体として問題が多い制度設計となっている。既に NBA（同じ競技で先行するプロリーグ）や J リーグ（異なる競技だが同じ国内で先行するプロリーグ）でもポストシーズンの制度設計の不備が指摘されていたことを考慮すると、やや不用意な制度設計である。

上述の不備が指摘できるので、今シーズンのトーナメント設計を来期以降継続すべきであるという根拠は見当たらないように思われる。本論文では、敗退行為の未然の防止、および最終順位の正当性の確保の観点に基づき、以下の方式（現行の NBA 方式）を提案する。

- 地区順位とチャンピオンシップ進出およびシード条件を分離し、地区優勝はポストシーズンのホーム開催または上位シード以外の方法で表彰・優遇する。
- レギュラーシーズン勝利数上位 8 チームをチャ

ンピオンシップ進出チームとし、トーナメント配置もその勝利数順に基づく。

5 結論

本論文では2016年に開幕した B リーグについて、チーム間の実力格差を定量的に評価する手法を提案し、2016/17レギュラーシーズンの結果に基づきその値を求めた。前身の NBL および bj リーグと比較し、リーグ統合およびチーム分配が戦力均衡に一定の成果があったことを定量的に示した。しかし、ドラフト制度、サラリーキャップ制度を長年実施している NBA はより戦力が均衡したリーグ運営を長期にわたり実現しており、B リーグでの今後の戦力均衡策の重要性を示唆している。

また、B リーグのポストシーズン、特にチャンピオンシップの設計が不適切であることを定量的に指摘した。局所的・近視眼的な優遇措置を複数組み合わせさせた結果、敗退行為を導きかねず、かつ実力上位のチームが早期敗退を強いられる制度であったことを定性的・定量的に指摘した。これまでに大会形式の不備が原因で起こった問題は NBA をはじめとしてさまざまな事例が知られていることから、やや不用意な制度設計であり、来年度以降修正が必要である。

〈注〉

- 注1) National Basketball League. 2013年に前身のJBL (Japan Basketball League) からの名称変更を経ているが、混同の恐れが無い場合本稿ではNBLで表記を統一する。また、下部リーグとしてNBDL (National Basketball Development League) が2013年から2015年まで開催されていた。
- 注2) National Basketball Association. アメリカのプロバスケットボールリーグ。
- 注3) これ以外のモデルの有用性・妥当性の議論及び検証は本論文の主張の範囲外であり、今後の研究課題である。

〈文献〉

- 1) Bリーグオフィシャルサイト (2016) BLEAGUE開幕戦. <http://www.bleague.jp/startinggame/>. accessed in 2/May/2017.
- 2) 大島和人 (2016) Bリーグ開幕戦の“衝撃”…日本に「プロバスケ」は根付くのか? <https://dot.asahi.com/dot/2016092600141.html>, accessed in 2/May/2017.
- 3) 時事通信 (2017) 観客動員、スター育成がカギ＝Bリーグ、後半戦盛り返すかーバスケットボール. <http://www.jiji.com/jc/article?k=2017012000063&g=spo>, accessed in 2/May/2017.
- 4) バスケットボールキング (2017) 千葉が累計観客動員数10万人を突破、日本バスケ界最速の23試合目で達成. <https://basketballking.jp/news/japan/20170315/9481.html>, accessed in 2/May/2017.
- 5) 大島和人 (2016) アルバルク東京はバスケ界の「巨人軍」になれるか、先進的クラブの現状を追う. <https://basketballking.jp/news/japan/20161020/1760.html>, accessed in 2/May/2017.
- 6) 佐藤夏樹 (2016) 〈Bリーグ9月開幕〉増収と強化策手堅く. http://www.kahoku.co.jp/tohokunews/201607/2160726_14020.html, accessed in 2/May/2017.
- 7) 公益財団法人日本バスケットボール協会 (2015) [JPBL] 新リーグ1～3部階層分けの第2弾発表結果について. <http://www.japanbasketball.jp/release/16353>, accessed in 2/May/2017.
- 8) NBA official website (2016) 2016 NBA draft lottery: How the drawing process works & lottery odds. <http://www.nba.com/news/draft/nba-draft-lottery-what-will-happen-2016/>, accessed in 2/May/2017.
- 9) 鈴木栄一 (2016) Bリーグオフィシャルサイト コラム vol.01「バスケットボール界の新時代に向けて」―大河正明チェアマン―. <https://www.bleague.jp/column/column01.html>, accessed in 2/May/2017.
- 10) NBA official website (2007) Playoff seeding primer. <http://www.nba.com/features/seedingprimer07.html>, accessed in 2/May/2017.
- 11) Elo, A. (1979) Ratings of Chess Players Past and Present. Harper Collins Distribution Services
- 12) Hambleton, R. (1991) Fundamentals of Item Response Theory (Measurement Methods for the Social Science) Sage Publications.
- 13) de Ayala, R. J. (2008) The Theory and Practice of Item Response Theory (Methodology in the Social Sciences). Guilford Press
- 14) Konaka, E. (2017) A statistical rating method for team ball games and its application to prediction in the Rio Olympic Games. In proceedings of the MathSport International 2017 : 204-216, Padova University Press
- 15) Bリーグオフィシャルサイト (2017) 日程・結果. <https://www.bleague.jp/schedule/>, accessed in 8/May/2017.
- 16) bjリーグ公式サイト (2016) 過去の結果. <http://www.bj-league.com/schedule.html>, accessed in 8/May/2017.
- 17) NBL 2015/2016 Stats. (2016) <http://www.sportstats.com/basketball/japan/nbl/>, accessed in 8/May/2017.
- 18) Official site of NBA. (2017) Stats. <http://stats.nba.com/>, accessed in 8/May/2017.
- 19) Bリーグオフィシャルサイト (2016) レギュレーション. <https://www.bleague.jp/about/regulation.html>, accessed in 8/May/2017.
- 20) Bリーグオフィシャルサイト (2017) 2017-18 シーズン BLEAGUE クラブライセンス判定結果 (第1回) について. <https://www.bleague.jp/news/20388.html>, accessed in 8/May/2017.
- 21) Smyth, R. (2014) World cup: 25 stunning moments ... no3: West Germany 1-0 Austria in 1982. <http://www.theguardian.com/football/blog/2014/feb/25/world-cup-25-stunning-moments-no3-germany-austria-1982-rob-smyth>, accessed in 3/Mar/2015.
- 22) Gilmour, R. (2012) Badminton match-fixing scandal: how and why the four pairs were disqualified from the London 2012 Olympics. <http://www.telegraph.co.uk/sport/olympics/badminton/9444025/Badminton-match-fixing-scandal-how-and-why-the-four-pairs-were-disqualified-from-the-London-2012-Olympics.html>, accessed in 2/Mar/2015.
- 23) 奥村信哉 (2016) 不公平感漂う「もう一つ」の最終予選! 日本大会出場の監督ら相次ぎ疑問の声 知られざるプエルトリコ大会. <http://www.sankei.com/sports/news/160524/spo1605240002-n1.html>, accessed in 2016/5/25.
- 24) J League (2013) 10月30日開催 大会方式変更に関する意見交換会についてのチェアマンコメント. <http://www.jleague.jp/release/article-00005433/>, accessed in 14/Feb/2017.
- 25) 泉武志・小中英嗣 (2016) J1リーグ2ステージ+ポストシーズン制度の統計的分析. 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌, (59) : 21-37.
- 26) Bリーグオフィシャルサイト (2017) 千葉ジェッツ「B.LEAGUE CHAMPIONSHIP 2016-17」出場決定のお知らせ. <https://www.bleague.jp/news/22443.html>, accessed in 9/May/2017.