

2015年採用のJリーグポストシーズンのモンテカルロシミュレーション (第2報)

泉 武志^a, 小中 英嗣^{a*}

2014年12月12日

概要

本稿では2015年からJリーグが導入する2ステージ制+ポストシーズンについてシミュレーションを行い、ポストシーズンが3, 4, 5チームで争われる確率が約62%, 35%, 3%(平均約3.4)であるとの結論を得た。シミュレーションには対戦チームの平均得点および平均失点を反映させたモデルを試用した。平均得点および平均失点を得点に反映させるため、過去数年のデータから回帰分析を用いてモデルを作成した。回帰モデルを使用したシミュレーションでは実際の年間勝ち点がシミュレーションでの $\mu \pm 1.2\sigma$ に収まるチームが16チーム(18チーム中)であり、精度の高い予測モデルとなっている。

またこの結果から、新しいシステムはポストシーズン進出の条件の不適切な設計が原因となり、2ステージ制ではなく本質的には1ステージ制+ポストシーズンの制度であること、およびステージ優勝チームがポストシーズンにおいて「敗者復活」とみなされることを明らかにした。

1 研究背景

日本プロサッカーのトップリーグであるJ1リーグは2015年シーズンから新しいポストシーズンシステムを導入することを発表した。このポストシーズンは二つの異なるステージ、「スーパーステージ」「チャンピオンシップ」(いずれも仮称)から構成されている[1]。

1993年のJリーグ開幕から2004年シーズンまでは2ステージ制+チャンピオンシップ方式を、そして2005年から現在まではホーム&アウェイ方式を採用してきた。ホーム&アウェイ方式は以下の欧州主要リーグ

- プレミアリーグ：イングランド
- ブンデスリーガ：ドイツ
- セリエA：イタリア
- リーガ・エスパニョーラ：スペイン

をはじめとして広く採用されており、最も「公平な」方式として広く認知されている。一方で「スプリットシステム」と呼ばれる方式を採用している

- ジュピラープロリーグ：ベルギー [2]
- スコティッシュプレミアシップ：スコットランド [3]

*^a 名城大学理工学部情報工学科, 名古屋市天白区塩釜口 1-501, konaka@meijo-u.ac.jp

もあるが、例外的なリーグであると考えられる。

主要リーグでも採用されており、「公平な」現状のシステムを変える理由として、大東和美Jリーグチェアマンは収入の減少を挙げている [4]。

――2ステージを行ない、前期後期の1位と2位のチーム、そして年間勝ち点1位のチームの、計5チームで優勝決定トーナメントを行なうことは決定事項である、と*1。どうして今、改革が必要なのでしょう？

「この20年で日本サッカーが進歩し、メジャースポーツとして大きく成長したことは間違いありません。選手のレベルも飛躍的に上がり、世界のトップクラブで活躍する選手も現れた。素晴らしいことです。

しかし、欧州5大リーグ（イングランド、スペイン、イタリア、ドイツ、フランス）にモノ、カネ、選手が集中して周辺国のスター選手が流出し、国内リーグが衰退するというストロー現象が世界中で起こっている。

Jリーグの収入も'08年の128億円がピークで、'12年は9億3000万円減の119億円。このまま何もしなければ、'14年度にはさらに10億円の減収になってしまいます」

つまり、2ステージ制およびポストシーズンの(再)導入は収支改善を目的とした改革の一環である、ということである。

プロスポーツにおけるポストシーズンシステムの成功例としてはアメリカの4大スポーツ

- NFL：アメリカンフットボール
- MLB：野球
- NBA：バスケットボール
- NHL：アイスホッケー

がよく挙げられる。それぞれのポストシーズンは注目を集め、興行的な成功にも寄与している。中南米ではアルゼンチン、メキシコ、アメリカをはじめとして国々ではサッカーにもポストシーズンが広く採用されており、特にメキシコはポストシーズンによりビジネスチャンスを拡大しているリーグとして紹介されている [7]。近年では日本プロ野球(NPB)も2007年以降セ・パ両リーグでのポストシーズン(クライマックスシリーズ)を導入しており、進出争いにより消化試合が減り、ポストシーズンから日本シリーズに至るまでの試合は(少なくとも、それらの試合のみを見ると)集客面などである程度の成功を収めていると言ってよい。

既存のプロスポーツを参考とし、Jリーグはポストシーズン導入により収益改善を試みているのであるが、既存のポストシーズンシステムとJリーグが今回提案しているものの最も根本的な差は「ポストシーズンに進出できる権利を持つチームが重複し、重複があった場合でも補充は無い」という点である*2。したがって、ポストシーズンの進出チーム数および試合数は年度により異なる。ポストシーズンの進出チーム数および試合数はチケット収入はもちろん放送権収入にも直接影響してしまう(これらをポストシーズン導入の直接の目的としているにもかかわらず、である)。

本稿の目的は新しいポストシーズンシステムのシミュレーションを行い、どの程度の割合で重複が発生しうるのかの具体的な数値を示すこと、およびその結果ポストシーズンを伴う2ステージ制がどのような特徴を持

*1 著者注：この後、敗退行為が発生する可能性があるとしてポストシーズンシステムが変更されている [5][6]

*2 「シーズン前半の時点でポストシーズン進出が確定するチームがある」という点も既存のものとは大きく異なり興味深い点ではあるが、本稿の対象とは外れるため稿を改めることとする。

つシーズンとなるかを明らかにすることである。

2 2015 年以降の J リーグポストシーズンシステム

本節では 2015 年以降の J リーグポストシーズンシステムを説明する。説明は 2014 年 2 月 25 日の公式プレスリリース [1] に基づくが、以降の議論のため一部著者により加筆・訂正・記号の定義を行っている。

- 大会方式：18 クラブによる 2 ステージ制リーグ戦および、スーパーステージ（仮称）とチャンピオンシップ（仮称）。
- リーグ戦
 - 各ステージ 1 回戦総当たりのリーグ戦。
 - 両ステージでホーム&アウェイとなる。
 - 各ステージ 17 節，153 試合（両ステージ合計 306 試合）。
- スーパーステージ（仮称）
 - 以下の 4 チームによるノックアウト方式のトーナメント戦（1 回戦制）。
 - * 各ステージの 1 位チーム
 - * 年間勝点 2 位，3 位チーム
 - 各ステージの 1 位チームのうち年間勝ち点上位を W1，下位を W2 とおく（ステージ順ではないことに注意されたい）。同様に年間勝ち点順に Y1 から Y3 を定義する。
 - W1 と Y3，W2 と Y2 による 1 回戦を行い，1 回戦の勝利チームが 2 回戦に進出し，スーパーステージの勝利チームを決定する。
 - Y1 と，スーパーステージ進出対象チームが重複した場合は，Y1 はチャンピオンシップに進出し，スーパーステージには出場しない。
 - W1, W2, Y2, Y3 のうち重複がある場合は，W1 および W2 がシードされる。ただし，スーパーステージ出場権を持ったチームが降格対象となった場合は，参加資格を失う。
- チャンピオンシップ（仮称）
 - Y1 と，スーパーステージの勝利チームによるホーム&アウェイ方式による対戦。（2 試合）

また，スーパーステージ進出の条件には

- ただし，スーパーステージ出場権を持ったチームが降格対象となった場合は，参加資格を失う。

の項目があるが，本稿では議論の簡単化のためこれを除外している。この項目を加えるとポストシーズン進出チームはさらに減少することに注意されたい。

図 1 は重複無く 5 チームから構成される場合のトーナメント表である。J リーグではこれを基本の形とし，重複がある場合にトーナメント形式が適宜変更されると説明している。重複は表 1 に示す 8 通りあり，ポストシーズン進出チーム数は 3 から 5 である。図 2 から図 9 にそれぞれの場合のトーナメント表を示す。ステージ優勝チームが年間勝ち点 4 位以下の場合に”Y4-”を付記してある。

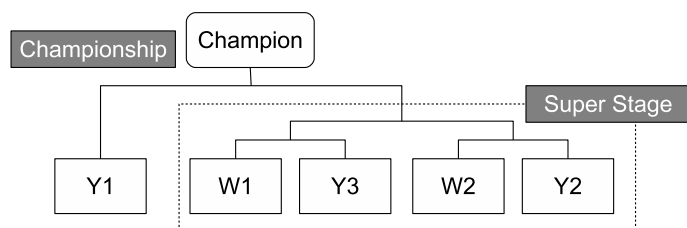


図 1 The postseason tournament of J1 League from 2015 season

表 1 Overlap cases

case #	overlap(s)	teams
1	null	5
2	(Y3, W1)	4
3	(Y2, W1)	4
4	(Y2, W1), (Y3, W2)	3
5	(Y1, W1)	4
6	(Y1, W1), (Y3, W2)	3
7	(Y1, W1), (Y2, W2)	3
8	(Y1, W1), (Y1, W2)	3

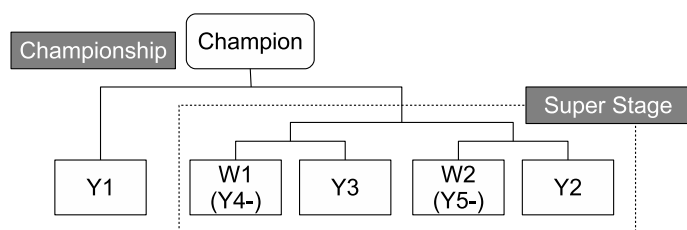


図 2 Overlap case #1

3 シミュレーション

直感的に、それぞれのステージ 1 位 (W1 と W2) は年間勝ち点でも上位に位置し、またその逆でもあると予想される。本稿の目的はシミュレーションにより具体的な重複確率を求めることである。

3.1 記法

本稿で用いる記法を以下にまとめる。

- i および j はチームの番号を示すために利用する。

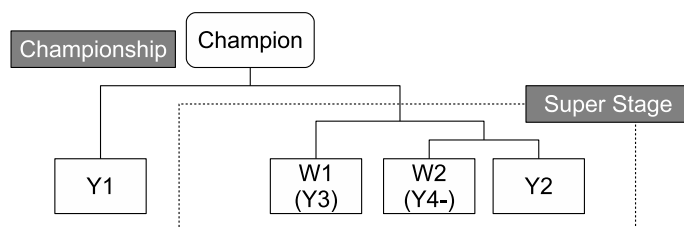


図 3 Overlap case #2

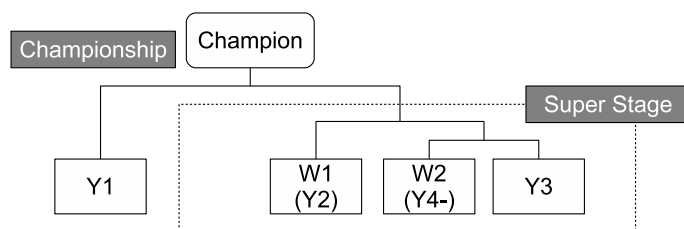


図 4 Overlap case #3

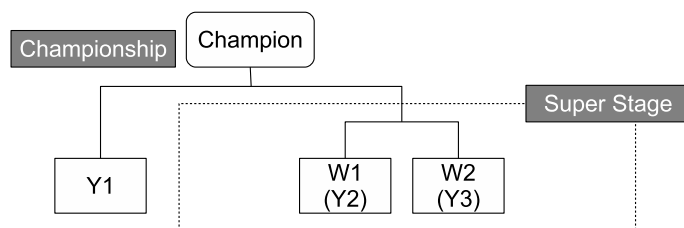


図 5 Overlap case #4

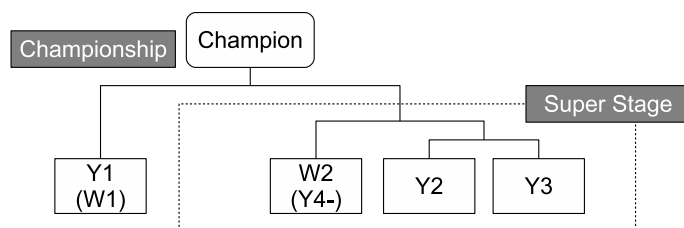


図 6 Overlap case #5

- λ_{ALL} は全チームに対する 1 試合あたりのゴール数を示す.
- $\lambda_{i,GF}$ はチーム i の 1 試合あたりの平均ゴール数 (Goals For) を示す.
- $\lambda_{i,GA}$ はチーム i の 1 試合あたりの平均被ゴール数 (Goals Against) を示す.
- $\lambda_{i,GF,H}$ と $\lambda_{i,GA,H}$ はチーム i のホームゲームでの 1 試合あたりの平均ゴール数と被ゴール数をそれぞれ示す. $\lambda_{i,GF,A}$ と $\lambda_{i,GA,A}$ によりアウェイゲームでの同様の値を示す.
- X_i はチーム i の 1 試合でのゴール数を表す確率変数である.
- $Po(\lambda)$ は平均 λ のポアソン分布を示す.

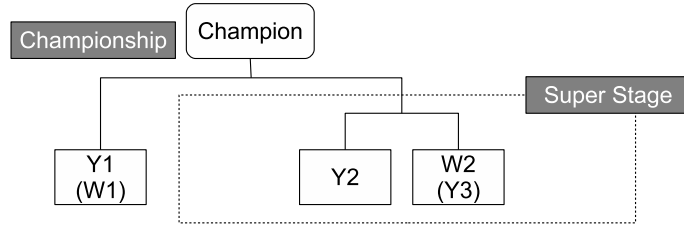


図 7 Overlap case #6

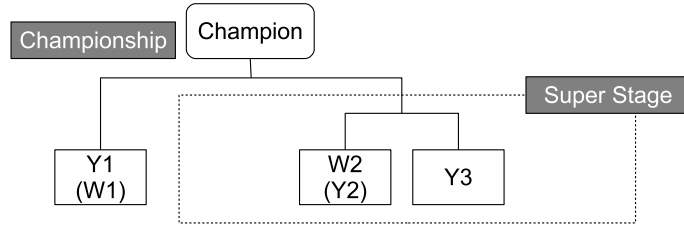


図 8 Overlap case #7

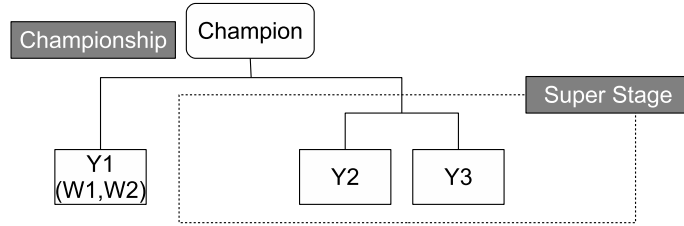


図 9 Overlap case #8

3.2 ゲームのモデル

サッカーの 1 試合でのゴール数はポアソン分布に従うことがよく知られている [8]. 図 10 は 2013 年の J1 リーグでの 1 試合あたりのゴール数の分布を同じ平均を持つポアソン分布と比較したものである.

本稿ではゲームの数理モデルとして以下のものを使用し, それぞれについてシミュレーションを行う.

- M1: X_i は $Po(\lambda_{ALL})$ に従う.

$$p(x) = e^{-\lambda_{ALL}} \frac{\lambda_{ALL}^x}{x!}, x = 0, 1, \dots \tag{1}$$

また, ホームチームとアウェイチームの得点はそれぞれ独立であると仮定する.

$$P(X_i = x, X_j = y) = p(x)p(y). \tag{2}$$

このモデルは全チームがまったく同じ攻撃力と守備力を持っていると仮定している.

- M2: X_i は $Po(\lambda_{i,GF})$ に従う.

$$p_i(x) = e^{-\lambda_{i,GF}} \frac{\lambda_{i,GF}^x}{x!}, x = 0, 1, \dots \tag{3}$$

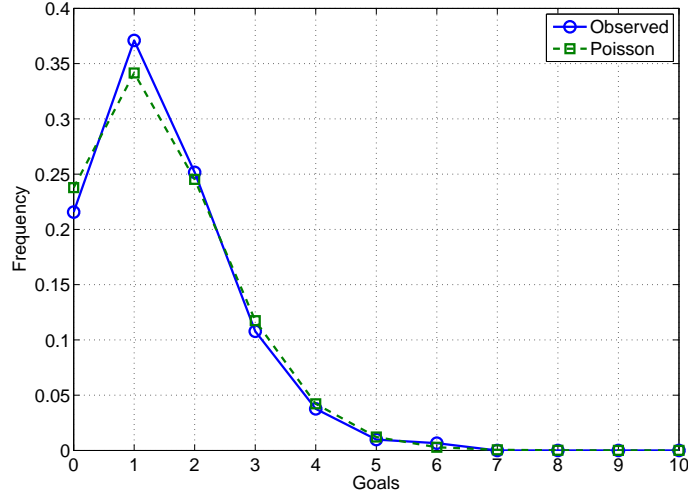


図 10 Distribution of goals par game

また, ホームチームとアウェイチームの得点はそれぞれ独立であると仮定する.

$$P(X_i = x, X_j = y) = p_i(x)p_j(y). \tag{4}$$

このモデルは各チームの攻撃力が異なるが, 守備力は同じであると仮定している.

- M3: i, j が対戦するとき, X_i は $Po\left(\frac{\lambda_{i,GF} + \lambda_{j,GA}}{2}\right)$ に従う.

$$p_{i,j}(x) = e^{-\mu_{i,j}} \frac{\mu_{i,j}^x}{x!}, x = 0, 1, \dots \tag{5}$$

$$\mu_{i,j} = \frac{\lambda_{i,GF} + \lambda_{j,GA}}{2} \tag{6}$$

また, ホームチームとアウェイチームの得点はそれぞれ独立であると仮定する.

$$P(X_i = x, X_j = y) = p_{i,j}(x)p_{j,i}(y). \tag{7}$$

- M4: i がホームで j と対戦するとき, X_i は $Po\left(\frac{\lambda_{i,GF,H} + \lambda_{j,GA,A}}{2}\right)$ に従う.

$$p_{i,j}(x) = e^{-\mu_{i,j}} \frac{\mu_{i,j}^x}{x!}, x = 0, 1, \dots \tag{8}$$

$$\mu_{i,j} = \frac{\lambda_{i,GF,H} + \lambda_{j,GA,A}}{2} \tag{9}$$

また, ホームチームとアウェイチームの得点はそれぞれ独立であると仮定する.

$$P(X_i = x, X_j = y) = p_{i,j}(x)p_{j,i}(y). \tag{10}$$

- M5: 過去の対戦データから, 以下の手法で得点の期待値を求める.
 - チーム i と j の対戦でチーム i が g 得点挙げた事に対し, $(\lambda_{i,GF}, \lambda_{j,GA}, g)$ をデータベースに追加する.

- $(\lambda_{i,GF}, \lambda_{j,GA})$ それぞれの軸を 0.4 刻みで分割し, それぞれの領域内での平均得点を求める. このとき, 分割内にデータが 30 試合未満の場合はそれらのデータを破棄する (外れ値の除外).
- 平均得点に対し以下の回帰式を仮定し, 重回帰分析を行う.

$$\mu_{i,j} \equiv \mu(\lambda_{i,GF}, \lambda_{j,GA}) = a_1 \lambda_{i,GF} + a_2 \lambda_{j,GA} + a_3 \tag{11}$$

この回帰モデルに基づき, i, j が対戦するとき, X_i は $Po(\mu_{i,j})$ に従うと仮定する.

$$p_{i,j}(x) = e^{-\mu_{i,j}} \frac{\mu_{i,j}^x}{x!}, x = 0, 1, \dots \tag{12}$$

また, ホームチームとアウェイチームの得点はそれぞれ独立であると仮定する.

$$P(X_i = x, X_j = y) = p_{i,j}(x)p_{j,i}(y). \tag{13}$$

それぞれのパラメータ $\lambda_{i,GF}, \lambda_{i,GA}$ などは J リーグの過去の統計から得た.

3.3 シミュレーション結果

それぞれのモデルに対し, 10^5 シーズンのシミュレーションを行い重複の割合を数え上げた.

M5 では過去 4 年間 (2010—2013) の対戦成績に基づき重回帰分析を行った. 回帰式の重決定は $r^2 = 0.8721$ であった.

表 2 および表 3 にポストシーズン進出チーム数および各重複パターンの出現確率を示す.

表 2 The number of teams reached the postseason

Teams	M1	M2	M3	M4	M5	case #
3	0.4320	0.5912	0.5196	0.5676	0.6173	4, 6, 7, 8
4	0.4876	0.3740	0.4282	0.3916	0.3519	2, 3, 5
5	0.0804	0.0348	0.0522	0.0408	0.0308	1
mean	3.6485	3.4466	3.5327	3.4372	3.4134	

3.4 考察

表 2 は, 最大の 5 チームによるポストシーズンが $10 \sim 30$ 年に 1 回しか生じないことを示している.

M1 から M4 のモデルはいずれも

- 上位チームの勝ち点在实际よりも低い
- 下位チームの勝ち点在实际よりも高い

結果になっている. 例として, 図 11 に 2013 年に最多の年間勝ち点 (63) を挙げたチームに対する M2 から M4 でのシミュレーション結果を示す. 実際の勝ち点よりもモデルから予測される勝ち点が非常に少ない (それぞれの平均は 48.705, 54.686, 48.797 で実際の勝ち点よりも 10 から 15 点少ない) ことがわかる. これは各モデルでの平均得点・平均失点の計算規則からも容易に予想される事実である. しかし, これらのモデルが,

表 3 Probability of each overlap cases

Teams	M1	M2	M3	M4	M5	case #
5	0.0804	0.0348	0.0522	0.0408	0.0308	1
4	0.0754	0.0496	0.0606	0.0527	0.0459	2
4	0.1205	0.0865	0.1016	0.0898	0.0809	3
3	0.0530	0.0549	0.0539	0.0513	0.0550	4
4	0.2917	0.2379	0.2660	0.2491	0.2251	5
3	0.1168	0.1399	0.1328	0.1353	0.1448	6
3	0.2063	0.2766	0.2456	0.2639	0.2864	7
3	0.0559	0.1198	0.0873	0.1172	0.1311	8

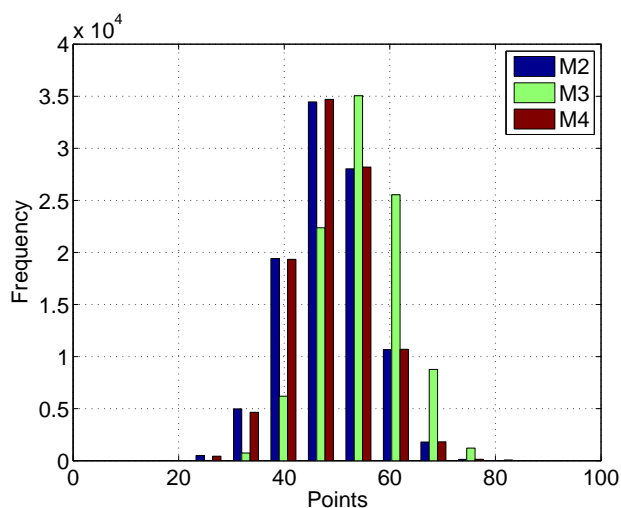


図 11 Distribution of points per season

より勝ち点が密集し順位の変動が大きい結果を導くものであることから、実際の勝ち点に近づけたモデルでは上位が特定のチームに独占され、より重複が多くなると予想される。

M5 ではこの点が改善されている。表 4 に実際の勝ち点 (Pts) とシミュレーションにより予測される勝ち点の平均 (Mean), 誤差 (Err), 標準偏差 (Std), 正規化した誤差 (Err/Std) を示す。18 チーム中 16 チームで観測値がシミュレーションの $\mu \pm 1.2\sigma$ 以内に納まっており、残りの 2 チームは得点に対して失点が多すぎるため過去の事例からの回帰式から予測が外れている。しかし、下位チームの勝ち点が多く見積もられている点は M1 から M4 と同様であり、より正確なモデルではさらに重複が多くなると予想される。

公式なスーパーステージの説明として「各ステージの 1 位チームおよび年間勝点 2 位, 3 位チーム 4 チームによる」[1] とあるが、実質はこのポストシーズンは年間上位 3 チームによるものを基本形とし、年間 4 位以下のうちシーズンの前後半いずれかで短期的に突出した成績を残したチーム (つまり、ステージ優勝チーム) が敗者復活的に救済されるもの、と解釈したほうが適切である。公式な定義はステージ優勝の価値を高めるた

表 4 Simulation result with model M5 (total points)

Standing	Pts	Mean	Err	Std	Err/Std
1	63	60.86	-2.14	7.32	-0.292
2	62	58.22	-3.78	7.37	-0.512
3	60	54.64	-5.36	7.67	-0.698
4	59	59.92	0.92	7.39	0.124
5	59	51.28	-7.72	7.63	-1.011
6	58	52.24	-5.76	7.71	-0.747
7	55	50.41	-4.59	7.53	-0.609
8	54	54.86	0.86	7.63	0.112
9	50	41.67	-8.33	7.47	-1.115
10	48	45.16	-2.84	7.63	-0.372
11	47	46.12	-0.88	7.52	-0.117
12	46	41.85	-4.15	7.55	-0.549
13	45	48.65	3.65	7.41	0.492
14	45	44.90	-0.10	7.47	-0.013
15	37	39.43	2.43	7.10	0.342
16	25	30.72	5.72	6.90	0.828
17	23	37.37	14.37	7.22	1.990
18	14	26.62	12.62	6.55	1.926

め*3の説明だと思われるが、実質に即した以下の定義を提案する。説明方法の改善の提案のみであり、効果的なポストシーズン設計の提案ではない点に留意されたい。

2015 年採用の J リーグポストシーズンの定義

- 大会方式：18 クラブによる 2 ステージ制リーグ戦および、スーパーステージ（仮称）とチャンピオンシップ（仮称）。
- リーグ戦
 - 各ステージ 1 回戦総当たりのリーグ戦。
 - 両ステージでホーム&アウェイとなる。
 - 各ステージ 17 節，153 試合（両ステージ合計 306 試合）。
- ポストシーズン
 - 年間勝ち点上位 3 チーム (Y1 から Y3) によるトーナメント。Y1 はシードされ決勝に進出する (図 12)。
 - ステージ優勝チームは年間 4 位以下であってもポストシーズンへ進出できる。
 - * 年間勝ち点 3 位以内にステージ優勝のうち年間勝ち点上位 (W1) が含まれ，かつ年間勝ち点 4 位以下にステージ優勝のうち年間勝ち点下位 (W2) が含まれる場合，W2 は 1 回戦に進出

*3 もしくは敗退行為の可能性があるととして廃案となった素案 [5][6] の一部を単純に置き換えた事が理由か。

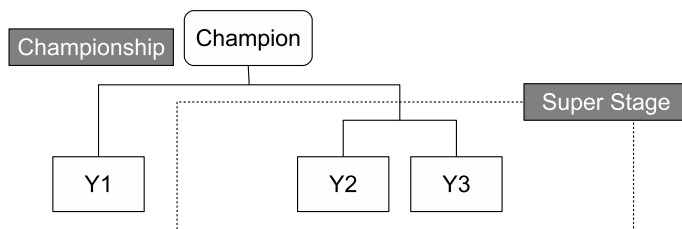
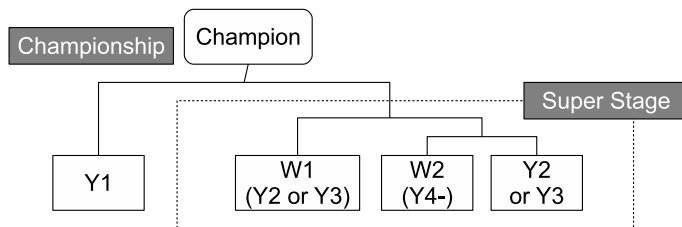


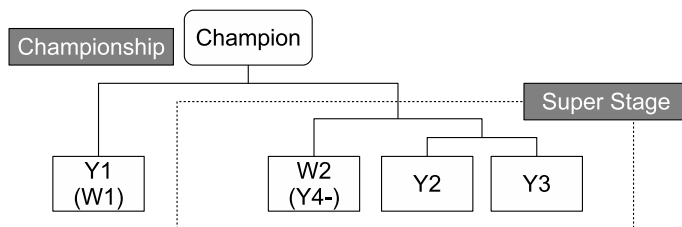
図 12 Basic format of postseason

する。

- ・ W1 が Y2 または Y3 と重複している場合, W1 が 1 回戦をシードされ, W2 と残りのチームで 1 回戦を行う (図 13(a)).
- ・ W1 が Y1 と重複している場合, W2 が 1 回戦をシードされ, Y2 と Y3 が 1 回戦を行う (図 13(b)).



(a)



(b)

図 13 One stage winner reaches postseason as repechage

- * 年間勝ち点 4 位以下にステージ優勝 2 チーム (W1, W2) が含まれる場合, 1 回戦に進出する。この場合 1 回戦の対戦は Y2 対 W2, Y3 対 W1 であり, 4 チームによるトーナメントを行い Y1 との対戦チームを決定する (図 14)。

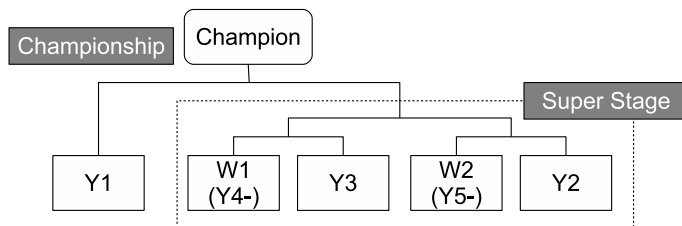


図 14 Two stage winners reach postseason as repechage

- 決勝戦を「チャンピオンシップ」、1 回戦 (および 2 回戦) を「スーパーステージ」と呼称する。

この解釈では 2015 年からの J1 リーグは「1 ステージ制に限りなく近い 2 ステージ制」であり、ポストシーズンでは敗者復活の位置を占めることになるステージ優勝の価値をことさら喧伝するのが適切であるかの検証が必要であろう。

また、ポストシーズン進出の条件に年間勝ち点を組み込むことにより 2 ステージ制であることの意義が損なわれている点も看過できない。2 ステージ制+ポストシーズンを掲げるのであれば、レギュラーシーズンと反しないポストシーズンの設計が必要である。

これらの結果から、本稿では 2015 年度から採用される J リーグのポストシーズンシステムは

- 本質的に出場チームの重複を避けられない形式であり、
- 年間上位 3 チームによるトーナメントを基本とし、ステージ優勝チームが年間上位 3 チームに入れない場合に「救済」される、「1 ステージ制に限りなく近い 2 ステージ制」を生み出すものである。
- ポストシーズンの進出条件に年間勝ち点上位 3 位までを組み込むことにより 2 ステージ制との齟齬が生じている。

と結論付ける。

4 結論

本稿では 2015 年度から採用される J リーグの 2 シーズン制+ポストシーズンシステムに対する計算機シミュレーションを行い、このシステムが本質的に出場チームの重複を避けられず、実質 1 ステージ制に近い形式であることを明らかにした。またステージ優勝チームがポストシーズンに進出する場合は敗者復活とみなされることから、ステージ優勝の地位を落としかねない形式であることも指摘した。

本稿で採用したゲームのモデルがいずれも

- 上位チームの勝ち点が実際よりも低く、
- 下位チームの勝ち点が実際よりも高い、

ものであったため、この点を改良することが今後の課題である。

参考文献

- [1] J League. 2015 シーズン以降の大会方式について チャンピオンシップ (仮) はホーム&アウェイ方式で実施. <http://www.j-league.or.jp/release/000/00005661.html>, Feb. 2014. referred in 2014/11.
- [2] Jupiler Pro League. Formule de championnat. <http://www.sport.be/fr/jupilerproleague/competitieformule/> (in French), 2014. referred in 2014/11.
- [3] Scottish Professional Football League. The rules of the Scottish Professional Football League. http://spfl.co.uk/docs/067_324_the_rules_of_the_scottish_professional_football_league_as_at_11_september_2014_1411980004.pdf, Sep. 2014. referred in 2014/11.
- [4] 柳澤 健 (構成). [ナンバーインタビュー]「2 ステージ制は苦渋の決断だった」. <http://number.bunshun.jp/articles/-/724962>, Oct. 2013. referred in 2014/11.

- [5] MSN 産経新聞ニュース. 2 ステージ制見直しも 抜け道発覚、1 シーズン維持に含み.
<http://sankei.jp.msn.com/sports/news/131030/scr13103019190009-n1.htm>, Oct. 2013. referred in 2014/11.
- [6] J League. 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.j-league.or.jp/release/000/00005433.html>, Oct. 2013. referred in 2014/11.
- [7] 杉山孝. 中南米の 2 ステージ制は成功しているか?
<http://www.footballchannel.jp/2013/11/15/post12391/> (「サッカー批評 issue65」掲載), Nov. 2013. referred in 2014.11.
- [8] JohnS. Croucher. Using Statistics to Predict Scores in English Premier League Soccer. In Sergiy Butenko, Jaime Gil-Lafuente, and PanosM. Pardalos, editors, *Economics, Management and Optimization in Sports*, pages 43–57. Springer Berlin Heidelberg, 2004.