連載

スポーツデータ Ⅱ
阪神はなぜ優勝したか

木下 栄蔵

2005年度プロ野球セ・リーグのペナントレースは阪神タイガースが厳しい戦いを勝ち抜き優勝しました．本連載の第2回目は，阪神タイガースの事情にお詳しい木下栄蔵氏に，打者サイドの3つの指標（OERA値等）と投手サイドの3つの指標（OERA値等）を用いた分析に基づき，独自の視点からその優勝の要因について解説していただきました．

1. はじめに

本稿の目的は，2005年度プロ野球セ・リーグのペナントレースを制した阪神タイガースがなぜ優勝したかの要因をデータ解析より探ることにある．ところで，阪神タイガース優勝の象徴的ゲームは，2005年9月7日(水)ナゴヤドームでの中日対阪神戦にある．この試合で，阪神は9回表中村豊は本塁で憤死（アウト）した．しかし，実際は誰の目にも明らかなセーフであり，球審の誤審であった．また，その裏（9回裏）中日のアレックスは本塁突入しセーフの判定であった．しかし，実際は誰の目にも明らかなアウトであり，球審の誤審であった．2度の不利な判定に怒った阪神は，11回表誤審された中村豊の劇的なホームランで勝利をものにした．この結果，次の原理が成り立っていると考えられる．

勝利に関する原理（絶対優位の原理）

「明らかに優位に立っているチームは，何度の誤審にあっても，勝利をものにすることができる．」

上記の原理（絶対優位の原理）の例として，阪神が中日に対して絶対優位であることを種々の指標を用いて明らかにする．そこで本稿で取り上げる指標（野球に関して）は，打者に関しては，以下の3つの指標とする．

① 第1指標…OERA値（第2節で詳しく説明する）

② 第2指標…打点数

③ 第3指標…出塁数＋盗塁数

ところで①第1指標は，打順3・4番打者（中心打者）の評価に用い，②第2指標は打順5番相当打者の評価に用い，③第3指標は，打順1・2番打者（先頭打者相当）の評価に用いる．

一方投手に関しては，以下の3つの指標とする．

④ 第4指標…DERA値（第3節で詳しく説明する）

⑤ 第5指標…勝星数

⑥ 第6指標…セーブ数

ところで，先発投手の評価には，第4・5指標を用い中継ぎ抑え投手の評価には第4・6指標を用いる．

最後に，本稿の構成は，以下第2節OERAモデル，第3節DERAモデル，第4節2005年度のセ・リーグの計算例，第5節おわりにとする．

2. OERAモデル

このモデルは，T. M. CoversとC. W. Keilersによる「野球のためのOERA（Offensive Earned-Run Average）計算法」[1]という論文で紹介されたものである．OERAモデルの定義と慣例・状態・打撃は次に示すとおりである[2]．

〔定義〕

特定の打者が常に打席に立ち，9回まで攻撃したと想定すると何点得点するかを尺度とする．

〔慣例〕

(1) 犠打はすべて計算されない．

(2) エラーはアウトとして計算される．

(3) アウトによってランナーは進塁しない．

(4) すべての単打と二塁打は長打であるとする．すなわち，単打はベースランナーを二塁進塁させる．そして二塁打は一塁からランナーを生還させる．

(5) ダブルプレーはないとする．

きのした えいぞう
名城大学 都市情報学部
〒509-0261 可児市虹ヶ丘4-3-3

ノーアウト	1	2	3	4	5	6	7	8
ワンアウト	9	10	11	12	13	14	15	16
ツーアウト	17	18	19	20	21	22	23	24
スリーアウト	= 吸収状態:状態0とする							

図1　状態番号図

〔状態〕

図1に示すように状態は，0.1.2.…24である．すなわち，スリーアウトを0とし，以下ノーアウトランナーなしを1，ノーアウトランナー一塁を2，…ツーアウトランナー満塁を24とする．

〔打撃〕

打撃は0（凡打），B（四死球），1（単打），2（2塁打），3（3塁打），4（本塁打）で構成される．したがって，OERA値はP_0（アウトの確率），P_B（四死球の確率），P_1（単打の確率）P_2（二塁打の確率），P_3（三塁打の確率），P_4（本塁打の確率）の値により計算される．

ただし，$P_0, P_B, P_1, P_2, P_3, P_4$は次のように定める．

$$P_0(\text{凡打になる確率})=\frac{(\text{凡打数})}{(\text{打数}+\text{四死球数})}$$

$$P_B(\text{四死球になる確率})=\frac{(\text{四死球数})}{(\text{打数}+\text{四死球数})}$$

$$P_1(\text{単打になる確率})=\frac{(\text{単打数})}{(\text{打数}+\text{四死球数})}$$

$$P_2(\text{二塁打になる確率})=\frac{(\text{二塁打数})}{(\text{打数}+\text{四死球数})}$$

$$P_3(\text{三塁打になる確率})=\frac{(\text{三塁打数})}{(\text{打数}+\text{四死球数})}$$

$$P_4(\text{本塁打になる確率})=\frac{(\text{本塁打数})}{(\text{打数}+\text{四死球数})}$$

以上のように定めた規則により野球が定式化されるのである．すなわち，

状態 $S\in\{0, 1, \cdots, 24\}$

と

状態 $H\in\{0, B, 1, 2, 3, 4\}$

が与えられたとき，打撃の結果により新しい状態S'は，次のように定められる．

$S'=f(H, S)$

例えば，$S=11$（1アウトランナー2塁）で$H=1$（単打）の場合，新しい状態$S'=10$（1アウトランナー1塁）となる．また，この打撃によって生じる得点値$Y(H, S)$も定められる．この場合，2塁ランナーがホームインするので得点値$Y(1, 11)=1$となる．

このように考えると野球というゲームは，マルコフ連鎖となっていることがわかる．なぜなら，ある打者が打撃を完了した後の状態にのみ関係し，それ以前の状態には関係しないからである．しかも3アウトになるとその回はかならず終了するので吸収源（3アウト）を有する．

すなわち，野球とは起こり得る状態が$\{0, 1, 2, \cdots, 24\}$あり，その中で吸収源が一つで，他の状態が24個ある吸収マルコフ連鎖の推移確率行列は次のように表される．

$$P=\begin{array}{c} \\ r\text{個} \\ s\text{個}\end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} r\text{個} & s\text{個}\end{array} \\ \begin{pmatrix} I & O \\ T & Q \end{pmatrix}\end{array}$$

さて，野球の場合吸収状態は1つしかないから，I行列は1である．また，非吸収状態$s=24$個だからQは24×24の行列となる．したがって推移確率行列Pは次のようになる．

$$P=\begin{array}{c} \\ r=1 \\ s=24\end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cc} r=1 & s=24\end{array} \\ \begin{pmatrix} 1 & O \\ T & Q \end{pmatrix}\end{array} \tag{1}$$

さらに，本モデルの慣例にしたがえば，TとQは以下のようになる．

$$T=\begin{array}{c} 1 \\ \vdots \\ 8 \\ 9 \\ \vdots \\ 16 \\ 17 \\ \vdots \\ 24 \end{array}\begin{array}{c} 0 \\ \begin{bmatrix} \\ T_1 \\ \\ \cdots \\ \\ T_2 \\ \\ \cdots \\ \\ T_3 \\ \\ \end{bmatrix}\end{array} \quad Q=\begin{array}{c} 1 \\ \vdots \\ 8 \\ 9 \\ \vdots \\ 16 \\ 17 \\ \vdots \\ 24 \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccccc} 1\cdots 8 & & 9\cdots 16 & & 17\cdots 24 \end{array} \\ \begin{bmatrix} Q_{11} & \vdots & Q_{12} & \vdots & Q_{13} \\ \cdots & & \cdots & & \cdots \\ Q_{21} & \vdots & Q_{22} & \vdots & Q_{23} \\ \cdots & & \cdots & & \cdots \\ Q_{31} & \vdots & Q_{32} & \vdots & Q_{33} \end{bmatrix}\end{array} \tag{2}$$

ただし，

$$T_1=\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix},\quad T_2=\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix},\quad T_3=\begin{pmatrix} P_0 \\ P_0 \\ \vdots \\ P_0 \end{pmatrix},$$

$$Q_{11}=\begin{bmatrix} P_4 & P_1+P_B & P_2 & P_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_4 & 0 & P_2 & P_3 & P_B & P_1 & 0 & 0 \\ P_4 & P_1 & P_2 & P_3 & P_B & 0 & 0 & 0 \\ P_4 & P_1 & P_2 & P_3 & 0 & P_B & 0 & 0 \\ P_4 & 0 & P_2 & P_3 & 0 & P_1 & 0 & P_B \\ P_4 & 0 & P_2 & P_3 & 0 & P_1 & 0 & P_B \\ P_4 & P_1 & P_2 & P_3 & 0 & 0 & 0 & P_B \\ P_4 & 0 & P_2 & P_3 & 0 & P_1 & 0 & P_B \end{bmatrix}$$

$$Q_{12}=\begin{bmatrix} P_0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & P_0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ \vdots & 0 & P_0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & 0 & P_0 & 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & 0 & P_0 & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & P_0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 0 & P_0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_0 \end{bmatrix}$$

$Q_{13}=O$ (8×8 の零行列)

$Q_{11}=Q_{22}=Q_{33}$

$Q_{12}=Q_{23}$

$Q_{13}=Q_{21}=Q_{31}=Q_{32}$

となる．このような推移確率行列 P のなかで，特に非吸収状態間の推移確率行列 Q (24×24 の行列) に注目する．この Q に対して，

$$I+Q+Q^2+\cdots\cdots=(I-Q)^{-1} \tag{3}$$

になる関係が成り立つ．この式の右辺 $(I-Q)^{-1}$ は，吸収マルコフ連鎖の基本行列と呼ばれる．この基本行列の i, j 要素は，i 状態を出発し，まわりまわって j 状態を通過する回数の期待値を表しているというものである．

ところで，この性質を野球に適用すると次のようになる．そもそも，野球はノーアウトランナーなし (状態1) から始まる．したがって，状態1から始まり，各状態を通過する回数の期待値がわかれば，1イニングの期待得点値がわかる．そこでさきほどの Q から $(I-Q)^{-1}$ を計算し (結果も 24×24 の行列) その第1行に注目する．すなわち，この基本行列の要素は，状態1から始まったこのイニングにおいて状態 j を通過する回数の期待値を表している．この値と状態 j における期待得点値がわかると OERA 値が計算できる．ところで，状態 j (各状態) における期待得点値 R は，本モデルの慣例に従えば次のようになる．

$$R=\begin{array}{r}1\\ \vdots\\ 8\\ 9\\ \vdots\\ 16\\ 17\\ \vdots\\ 24\end{array}\begin{bmatrix} \\ R_1 \\ \\ \cdot\,\cdot \\ R_2 \\ \\ \cdot\,\cdot \\ R_3 \\ \\ \end{bmatrix} \tag{4}$$

ただし，

$$R_1=\begin{bmatrix} P_4 \\ 2P_4+P_3+P_2 \\ 2P_4+P_3+P_2+P_1 \\ 2P_4+P_3+P_2+P_1 \\ 3P_4+2P_3+2P_2+P_1 \\ 3P_4+2P_3+2P_2+P_1 \\ 3P_4+2P_3+2P_2+2P_1 \\ 4P_4+3P_3+3P_2+2P_1+1P_B \end{bmatrix}$$

$R_1=R_2=R_3$ となる．

あるイニングにおける状態 S からの期待得点値 E は，

$$E=[I-Q]^{-1}R \tag{5}$$

であるから，状態1 (ノーアウトランナーなし) から始まる1イニングの期待得点値は E ベクトルの最初の要素 $E(1)$ となる．したがって，ある打者の1試合当りの期待得点値である OERA 値は，

$$\mathrm{OERA}=9\mathrm{E}(1) \tag{6}$$

となる．

3. DERA モデル

OERA モデルは，打者評価システムである．これを投手評価システムに適用させることにする．そこで木下は，このモデルを DERA (Defensive Earned-Run Average) と名づけることにした[3]．すなわち，特定の投手が常にマウンドに立ち，9回まで投げ続けたと仮定すると何点得点されるかが評価基準となる．これは，防御率の考え方とよく似ている．つまり，DERA 値が理論値で防御率が実績値といえる．この2つの値の比較検討は興味あるところである．

さて，このような DERA モデルの定義と被打撃を次のように定める．ただし，慣例と状態は OERA モデルと同じである．

〔定義〕

特定の投手が常にマウンドに立ち，9回まで投げ続

けたと想定すると何点得点されるかを尺度とする.

〔被打撃〕

投手は，P0（凡打に対する確率），PB（与四球），P1（被単打の確率），P2（被2塁打の確率），P3（被3塁打の確率），P4（被本塁打の確率）の値によって計算される.

以下，打者評価システムで説明したOERAモデルと同様に計算できるのである.

4. 2005年度のセ・リーグの計算例

本節では，2005年のセ・リーグの打者の評価（第1，2，3指標）と投手の評価（第4，5，6指標）の結果を紹介する.

4.1 打者の評価

打者の，3つの評価指標の結果を表1～表3に示す．この結果，打順3，4番（中心打者）の評価値No.1は金本（神）であることがわかる．次に，打順5番相当打者の評価値No.1は今岡（神）であることがわかる．最後に，打順1，2番打者（先頭打者相当）の評価値No.1は赤星（神）であることがわかる.

4.2 投手の評価

投手の，3つ評価指標の結果を表4～表6に示す．この結果，先発投手の評価値はDERA値(1)と勝星より，黒田（広）がNo.1と考えられるが，阪神の先発陣（下柳，井川，安藤）の層の厚さがわかる．一方，中継ぎ・抑え投手の評価はDERA値(2)とセーブ数より，阪神の中継ぎ・抑え投手陣（ウィリアムス，藤川，久保田：JFK）の層の厚さがわかる.

表1 OERA値

①	金本(神)	10.433
②	福留(中)	10.217
③	ウッズ(中)	8.527
④	岩村(ヤ)	8.228
⑤	多村(横)	7.821

表2 打点数

①	今岡(神)	147
②	金本(神)	125
③	レミレス(ヤ)	104
④	福留(中)	103
⑤	ウッズ(中)	103

表3 出塁数＋盗塁数

①	赤星(神)	327
②	金本(神)	287
③	井端(中)	281
④	福留(中)	276
⑤	青木(ヤ)	273

5. おわりに

阪神はなぜ優勝したのかの答えは，1節で示した勝利に関する原理（絶対優位の原理）により明らかになった．また，この原理を説明するために，データ解析を行った結果以下のことがわかった.

「阪神優勝のポイントは打線では，1番打者赤星，4番打者金本，5番打者今岡の自分の役割分担に応じた活躍にあり，投手では先発陣（下柳，井川，安藤）の層の厚さだけでなく特に中継ぎ・抑え陣（ウィリアムス，藤川，久保田）の大活躍にある」

そして，今後の課題として，このようなデータ解析に基づいた作戦を実行して日本一になることにあると思われる.

表4 DERA値

(1)規定投球回数以上

①	三浦(横)	1.97
②	黒田(広)	2.034
③	上原(巨)	2.414
④	門倉(横)	2.425
⑤	川上(中)	2.44

(2)規定投球回数以下

①	藤川(神)	1.36
②	岩瀬(中)	1.88
③	ウィリアムス(神)	2.11
④	久保田(神)	2.12
参	菊地原(ロ)	1.38
参	小林(ロ)	2.58

表5 勝星

①	下柳(神)	15
②	黒田(広)	15
③	井川(神)	13
④	三浦(横)	12
⑤	川上(中)	11
⑤	門倉(横)	11
⑤	安藤(神)	11
⑤	工藤(巨)	11

表6 セーブ数

①	岩瀬(中)	46
②	石井(ヤ)	37
③	久保田(神)	27
④	クルーン(横)	26
⑤	ベイル(広)	24

参考文献

[1] T. M. Covers and C. K. Keilers, "An Offensive Earned-Run Average for Baseball," Opns. Res., 25, 729-740 (1977).

[2] 木下栄蔵,「野球に勝てる数学—数字から見た勝つための条件」, 電気書院, 東京 (1992).

[3] 木下栄蔵,「野球における打者・投手の評価」, オペレーションズ・リサーチ, 47, 689-697 (1987).