

犠打と犠飛を考慮した OERA 改良モデルによる 日本プロ野球打者の評価

山森 一人^{a)}・大塚 蒼^{b)}・相川 勝^{c)}

Evaluation of Japanese Professional Baseball Hitter by Improved OERA Model Considering with Sacrifice Hit and Fly

Kunihito YAMAMORI, Sou OTSUKA, Masaru AIKAWA

Abstract

There are some Hitters' evaluation indexes as batting average, number of homeruns, hit points, and so on. However, the hit rate, the number of homeruns, etc. are only an aspect of batters and it is difficult to objectively evaluate focusing on multiple evaluation indexes. The OERA model was proposed to evaluate batters fairly and accurately. However, OERA model does not include sacrifice hits and flies. It may not be suitable for Japan's small baseball. In this paper, we propose an improved OERA model incorporating with sacrifice hit and flies which are not adopted in the original OERA model. Experimental results showed that the improved OERA model can be a model that consider both the batting average rate and hit points.

Keywords: OERA model, Sacrifice hit, Sacrifice fly, Absorbing markov chain

1. はじめに

現代では、「スポーツ」に費やす時間が増加している。NHK放送文化研究所¹⁾の“2015 年国民生活時間調査報告書”によると、1995年以降、国民全体のスポーツをする時間は増加傾向にある。数あるスポーツの中で、「野球」は人気の中心である。中央調査社²⁾の調査によると、全国の成人男女1,201人に、好きなプロスポーツは何かという質問をしたところ、1996年から現在までプロ野球が変わらず 1 位である。人気の野球だからこそ、どの打者がより優れているかという議論がよく起こる。どの打者が優れているかという議論の中で使われる指標に、打率、本塁打数といった毎年表彰の対象となる指標がある。しかしながら、打率、本塁打数などは打者の一側面に過ぎず、複数の項目に着目した客観的な評価を行うことは困難である。

公平、かつ正確に打者の評価を行うために、OERA (Offensive Earned-Run Average) モデル^{3,4)}がCoverらによって提案され、メジャーリーガーを対象に打者の評価が行われている。メジャーリーガーの特徴に、強打者が多く、犠打、犠飛をほとんど打たない点が挙げられる。つまり、犠打、犠飛をゲーム戦略上多用する日本のスモ-

ルベースボールには、OERAモデルは適していない可能性がある。

本研究では、OERAモデルには取り入れられていない犠打、犠飛を組み込んだOERA改良モデルを提案する。本研究の目的は、OERAモデルに犠打、犠飛を取り入れた場合、OERAランキングとOERA改良ランキングではどのような違いが生じるかを調査する事である。また、Coverらや木下⁴⁾が比較対象とした打率ランキングだけではなく、打点ランキングとも比較し、OERAモデルによる順位とOERA改良モデルによる順位は、打率順位と打点順位のどちらに近いのかも調査する。

2. OERA 改良モデル

OERA 改良モデルとは、マルコフ連鎖を基にして打者の評価の貢献度を数値化する OERA モデルに、犠打、犠飛を取り入れたモデルである。ここでは、OERA 改良モデルの定義と慣例、アウトカウントとランナーの状態、打撃を説明する。

● 定義

特定の打者が常に打席に立ち、27アウトになるまで攻撃したと想定すると何点得点するかを求めるモデルである。

● 慣例

a) 工学教育研究部教授

b) 情報システム工学科

c) 宮崎大学工学部教育研究支援技術センター技術職員

表1：ランナーなしからランナー三塁までの状態

ランナー	なし	一塁	二塁	三塁
ノーアウト	S_1	S_2	S_3	S_4
ワンアウト	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}
ツーアウト	S_{17}	S_{18}	S_{19}	S_{20}
スリーアウト	S_0			

表2：ランナー一二塁から満塁までの状態

ランナー	一二塁	一三塁	二三塁	満塁
ノーアウト	S_5	S_6	S_7	S_8
ワンアウト	S_{13}	S_{14}	S_{15}	S_{16}
ツーアウト	S_{21}	S_{22}	S_{23}	S_{24}
スリーアウト	S_0			

アウトカウントとランナーがどのように遷移するかの規則であり、以下の5つとする。

- ✓ 犠打、犠飛によってランナーは一塁進む。
- ✓ エラーはアウトとしてカウントされる。
- ✓ 犠打、犠飛以外のアウトによってランナーは進塁しない。
- ✓ 全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。二塁打は一塁からランナーを生還させる。
- ✓ ダブルプレーはない。

● 状態

野球において起こり得る状態を指しノーアウトランナーなしからツーアウト満塁、スリーアウトまで、表1、表2に示した25の状態がある。

● 打撃

打撃は凡打又は三振の H_0 、四死球の H_B 、単打の H_1 、二塁打の H_2 、三塁打の H_3 、本塁打の H_4 、犠打の H_5 、犠飛の H_6 で構成される。OERA改良値は、凡打又は三振の確率 P_0 、四死球の確率 P_B 、単打の確率 P_1 、二塁打の確率 P_2 、三塁打の確率 P_3 、本塁打の確率 P_4 、犠打の確率 P_5 、犠飛の確率 P_6 の値により計算される。例えば、 P_0 、 P_B は式(1)、式(2)で求められる。

$$P_0 = \frac{\text{凡打数} + \text{三振数}}{\text{打数} + \text{四死球数}} \quad (1)$$

$$P_B = \frac{\text{四死球数}}{\text{打数} + \text{四死球数}} \quad (2)$$

P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 、 P_6 も式(1)、式(2)と同様に求められる。

3. OERA改良モデルの計算方法

マルコフ連鎖が1つ以上の吸収状態を持ち、任意の状態からある吸収状態に達し得るとき吸収マルコフ連鎖⁵⁾という。野球の場合はスリーアウトが吸収状態となり、この状態は S_0 の1つしかない。また、スリーアウト以外の状態が非吸収状態であり、 S_1 から S_{24} までの24状態が存在する。したがって、吸収マルコフ連鎖の推移確率行列 P は式(3)となる。

$$P = \begin{pmatrix} I & O \\ T & Q \end{pmatrix} \quad (3)$$

ここで、吸収状態に相当する行列 I は 1×1 、非吸収状態に相当する Q は 24×24 である。さらに、OERA改良モデルの慣例に従えば、 T と Q は式(4)と式(5)のように示すことができる。

$$T = \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$Q = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} & Q_{13} \\ Q_{21} & Q_{22} & Q_{23} \\ Q_{31} & Q_{32} & Q_{33} \end{pmatrix} \quad (5)$$

式(4)の T_1 、 T_2 、 T_3 と式(5)の $Q_{11} \sim Q_{33}$ は式(6)、式(7)、式(8)、式(9)、式(10)でそれぞれ定義される。

$$T_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{pmatrix} = T_2 \quad (6)$$

$$T_3 = \begin{pmatrix} P_0 \\ P_0 \\ \vdots \\ P_0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$Q_{11} = \begin{pmatrix} P_4 & P_1 + P_B & P_2 & P_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_4 & 0 & P_2 & P_3 & P_B & P_1 & 0 & 0 \\ P_4 & P_1 & P_2 & P_3 & P_B & 0 & 0 & 0 \\ P_4 & P_1 & P_2 & P_3 & 0 & P_B & 0 & 0 \\ P_4 & 0 & P_2 & P_3 & 0 & P_1 & 0 & P_B \\ P_4 & 0 & P_2 & P_3 & 0 & P_1 & 0 & P_B \\ P_4 & P_1 & P_2 & P_3 & 0 & 0 & 0 & P_B \\ P_4 & 0 & P_2 & P_3 & 0 & P_1 & 0 & P_B \end{pmatrix} \quad (8)$$

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

$$Q_{12} = Q_{23} = \begin{pmatrix} P_0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_0 & P_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_0 & P_5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_5 + P_6 & 0 & 0 & P_0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & P_0 & 0 & P_5 & 0 \\ 0 & 0 & P_5 + P_6 & 0 & 0 & P_0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_5 + P_6 & 0 & 0 & P_0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_5 + P_6 & P_0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$Q_{13} = Q_{21} = Q_{31} = Q_{32} = O \quad (10)$$

式(3)の中で、特に非吸収状態間の推移確率行列 Q に注目する。 Q において、式(11)が成り立つ。

$$I + Q + Q^2 + \dots = (I - Q)^{-1}. \tag{11}$$

式(11)の $(I - Q)^{-1}$ 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、 j 状態を通過する回数の期待値を表している。

野球はノーアウトランナーなしの S_1 から始まる。したがって、 S_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分かる。そこで、式(5)から $(I - Q)^{-1}$ を求め、その第 1 行に注目する。すなわち、この基本行列の第 1 行は、 S_1 から始まったイニングにおいて、 S_j を通過する回数の期待値を表している。基本行列の第 1 行と S_j における期待得点値 R がわかれば、1 イニングの期待得点値が分かる。 S_j における期待得点値 R は OERA 改良モデルの慣例に従えば、式(12)のように示すことができる。

$$R = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{pmatrix}. \tag{12}$$

式(12)の R_1 、 R_2 、 R_3 は式(13)、式(14)の通りである。

$$R_1 = \begin{pmatrix} P_4 \\ 2P_4 + P_3 + P_2 \\ 2P_4 + P_3 + P_2 + P_1 \\ 2P_4 + P_3 + P_2 + P_1 + P_5 + P_6 \\ 3P_4 + 2P_3 + 2P_2 + P_1 \\ 3P_4 + 2P_3 + 2P_2 + P_1 + P_5 + P_6 \\ 3P_4 + 2P_3 + 2P_2 + 2P_1 + P_5 + P_6 \\ 4P_4 + 3P_3 + 2P_2 + 2P_1 + P_B + P_5 + P_6 \end{pmatrix} \tag{13}$$

$$= R_2.$$

$$R_3 = \begin{pmatrix} P_4 \\ 2P_4 + P_3 + P_2 \\ 2P_4 + P_3 + P_2 + P_1 \\ 2P_4 + P_3 + P_2 + P_1 \\ 3P_4 + 2P_3 + 2P_2 + P_1 \\ 3P_4 + 2P_3 + 2P_2 + P_1 \\ 3P_4 + 2P_3 + 2P_2 + 2P_1 \\ 4P_4 + 3P_3 + 2P_2 + 2P_1 + P_B \end{pmatrix}. \tag{14}$$

あるイニングにおける状態 S_n からの得点期待値 $E(S_n)$ を式(15)に示す。

$$E(S_n) = (I - Q)^{-1}R. \tag{15}$$

ノーアウトランナーなしの S_1 から始まる 1 イニングの期待得点値は E の最初の要素 $E(1)$ となるので、ある打者の 1 試合当たりの期待得点値である OERA 改良値は式(16)のようになる。

$$OERA \text{ 改良値} = 9E(1). \tag{16}$$

4. 評価

日本プロ野球機構(NPB)⁹⁾が発表したセ・リーグとパ・リーグの年度別成績の個人打撃成績 TOP10 を 2006 年か

表 3 : セ : 打率、打点、OERA 値、OERA 改良値の比較

打者	打率 (順位)	打点 (順位)	OERA 値 (順位)	OERA 改良 値(順位)
08 内川聖一	0.378(1)	67(55)	9.276(16)	9.505(15)
10 青木宣親	0.358(2)	63(66)	9.667(13)	9.708(13)
06 福留孝介	0.351(3)	104(11)	11.391(2)	11.426(2)
10 平野恵一	0.350(4)	24(108)	6.851(53)	8.761(20)
10 マートン	0.349(5)	91(24)	7.859(31)	7.914(33)
14 菊池涼介	0.325(20)	58(78)	6.036(77)	6.891(57)
16 菊池涼介	0.315(39)	56(82)	5.756(82)	6.229(76)
10 梵英心	0.306(63)	56(82)	6.330(67)	7.078(48)
07 相川亮二	0.302(76)	33(99)	5.058(95)	5.545(88)
07 赤星憲広	0.300(78)	19(109)	4.827(99)	5.705(87)
11 平野恵一	0.295(87)	29(104)	4.110(108)	4.754(103)
15 ロベス	0.291(95)	73(47)	6.337(66)	6.357(73)
12 和田一浩	0.285(98)	63(66)	6.060(76)	6.115(80)
15 平田良介	0.283(100)	53(85)	6.108(74)	6.128(79)
11 ブラゼル	0.282(101)	69(51)	5.235(89)	5.281(93)
11 ラミレス	0.279(106)	73(47)	5.205(90)	5.243(94)

表 4 : パ : 打率、打点、OERA 値、OERA 改良値の比較

打者	打率 (順位)	打点 (順位)	OERA 値 (順位)	OERA 改良 値(順位)
15 柳田悠岐	0.363(1)	99(8)	12.678(1)	12.695(1)
15 秋山翔吾	0.359(2)	55(69)	8.925(7)	9.143(7)
10 西岡剛	0.346(3)	59(67)	8.644(12)	8.935(9)
13 長谷川勇也	0.341(4)	83(21)	7.821(19)	7.878(19)
16 角中勝也	0.339(5)	69(48)	8.233(13)	8.382(14)
13 銀次	0.317(26)	54(75)	5.680(78)	5.752(86)
08 栗山巧	0.317(27)	72(43)	6.705(49)	7.299(36)
06 リック	0.314(38)	34(101)	5.618(81)	5.682(88)
16 西川遥輝	0.314(38)	43(94)	6.799(44)	7.461(32)
06 川崎宗則	0.312(47)	27(110)	5.579(85)	6.272(70)
08 今江敏晃	0.309(50)	55(69)	6.493(57)	6.873(49)
09 糸井嘉男	0.306(60)	58(68)	6.664(50)	7.166(38)
11 本多雄一	0.305(63)	43(94)	5.202(93)	6.469(63)
12 糸井嘉男	0.304(66)	48(88)	6.943(38)	6.956(45)
16 内川聖一	0.304(66)	106(3)	5.586(83)	5.664(90)
12 栗山巧	0.289(99)	33(104)	5.494(89)	5.888(81)

ら 2016 年まで集計した、延べ 220 人で OERA 改良モデルを評価する。セ・リーグとパ・リーグの打率、打点、OERA 値、OERA 改良値を表 3、表 4 にそれぞれ示す。表 3、表 4 は打者を打率の高い順に上から並べており、220 人の中から打率ランキング TOP5 と、OERA 値 OERA 改良値との差が大きい打者をピックアップしたものである。打者の列の 08 内川 聖一は 2008 年の内川聖一の打撃記

表5:セ:打点ランキングと OERA モデル、OERA 改良モデルの差

	0	1	2	3	4	5
OERA モデル	2	2	6	6	6	7
OERA 改良モデル	1	3	4	4	4	5

	6	7	8	9	10	計
OERA モデル	1	4	4	6	5	49
OERA 改良モデル	8	4	7	4	3	47

表6:パ:打点ランキングと OERA モデル、OERA 改良モデルの差

	0	1	2	3	4	5
OERA モデル	1	4	5	5	3	7
OERA 改良モデル	0	3	5	3	3	3

	6	7	8	9	10	計
OERA モデル	2	3	2	2	0	34
OERA 改良モデル	4	7	2	1	1	32

表7:セ:打率ランキングと OERA モデル、OERA 改良モデルの差

	0	1	2	3	4	5
OERA モデル	2	6	5	4	6	2
OERA 改良モデル	1	6	2	4	6	4

	6	7	8	9	10	計
OERA モデル	1	4	1	2	4	37
OERA 改良モデル	2	4	5	3	3	40

表8:パ:打率ランキングと OERA モデル、OERA 改良モデルの差

	0	1	2	3	4	5
OERA モデル	3	3	2	2	0	3
OERA 改良モデル	3	5	2	5	6	3

	6	7	8	9	10	計
OERA モデル	9	3	5	5	4	39
OERA 改良モデル	7	3	2	6	1	43

録を示している。打率の列の0.3780(1)は08内川聖一の打率が3割7分8厘であり、打率ランキングが1位であることを示している。打点、OERA値、OERA改良値も同様である。

表3、表4より、以下のことが分かる。

1. セ・リーグ、パ・リーグの打率ランキングTOP5はOERA値とOERA改良値との差がほとんどなく、順位にも変動がない。これらの打者は二、三塁打や本塁打を多く打っており、犠打、犠飛が少ないためだと考えられる。

2. セ・リーグの10平野恵一やパ・リーグの本多雄一などの打者は、犠打、犠飛を多く打っているのでOERA改良値が高い値を示し、OERA改良順位も上がっている。

3. パ・リーグの16内川聖一は犠飛数が9本と他の打者より多いが、打数に比べれば少ないためOERA値とOERA改良値がほとんど変わらない。

打率、打点ランキングの順位とOERA、OERA改良モデルの順位の差が0~10の打者がそれぞれ何人いるかをまとめた結果を表5、表6、表7、表8にそれぞれ示す。

「0」の列は打率、打点の順位とOERA、OERA改良モデルの順位が同じ打者の人数を示しており、「計」の列は差が0~10の打者の合計の人数を示している。両リーグから110人ずつを抽出しているため、ランキング差が0~10以内の選手が多いほど、そのランキングに類似しているといえる。

表5、表6より、実際の打点ランキングとの差が0~10の打者の合計はセ・リーグ、パ・リーグの両方ともOERAモデルの方が多い。このことから、OERAモデルによるランキングは実際の打点ランキングに近いことが分かる。

表6、表7より、実際の打率ランキングとの差が0~10の打者の合計はセ・リーグ、パ・リーグの両方ともOERA改良モデルの方が多い。このことから、OERA改良モデルによるランキングは実際の打率ランキングに近いことが分かる。また、打点ランキングとOERA改良モデルによるランキングの差は、セ・リーグ、パ・リーグ共それほど大きくない事も分かった。

5. おわりに

本研究では、犠打、犠飛を含めたOERA改良モデルを提案し、2006年から2016年までの個人打撃成績TOP10の打者220人のOERA値とOERA改良値を求め、実際の打点ランキング、打率ランキングと比較した。

実験の結果、犠打、犠飛を多く打つとOERA改良値は高い値を示した。また、犠打が少なく、犠飛だけを多く打つ打者のOERA値とOERA改良値はほとんど変わらなかった。これは、犠飛となる条件を満たす場合が少ないため、犠飛を打ってもOERA値とOERA改良値にほとんど差がでなかったためと考えられる。打率、打点ランキングとの比較では、打点ランキングではOERAモデルの方が実際のランキングに近いもののOERA改良モデルとの差は小さく、打率ランキングではOERA改良モデルの方が実際のランキングに近いという結果となった。実験の結果から、OERA改良モデルは、打点と打率の両方を考慮できるモデルになりうる可能性を見出すことができた。

スクイズや盗塁など、ランナーの動きを取り入れるこ

とが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- 1) NHK 放送文化研究所 (世論調査部) : “2015 年国民生活時間調査報告書”
- 2) 一般社団法人 中央調査社 : “第 24 回「人気スポーツ」調査”
- 3) T.M. Cover, C.W. Keilers ”An Offensive Earned-Run Average for Baseball”, Operations Research, VoL. 25, No. 5, 729-740 (1977)
- 4) 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 : 経営の工学,VoL32,No10,689-697(1987)
- 5) H. Nobuyoshi, W. Mike “A MARKOV CHAIN TO OPTIMAL PINCH HITTING STRATEGIES IN A DESIGNATED HITTER RULE BASEBALL GAME”, Journal of the Operations Research Society of Japan,VoL46,No3,353-371(2003)
- 6) NPB 日本野球機構 : <http://npb.jp/>,平成 28 年 11 月 30 日