マルコフ連鎖に基づく併殺と盗塁の効果を加味した最適打順決定のモデリング

南山大学　*瀬古 進　SEKO Susumu
1010463　南山大学　穴太 克則　ANO Katsunori
南山大学　武井 貴裕　TAKEI Takahiro

1　はじめに

野球における打者評価方法は様々に考えられている. 本塁打数, 打率, 打点などもひとつの指標ともいえる. しかし, これだけでは, 本塁打は多いが打率の低い打者と本塁打は少ないが打率の高い打者とではどちらの貢献度が高いかという判断は難しい. これらの短所を補うモデルとしてはOERA値, MOERA値がある. OERA値, MOERA値は1人の打者が9回全打席に立ったときの期待得点を算出する. このMOERA値の利点は, 盗塁効果を数量的に表現している点である. しかしこれらのモデルはひとりの打者の貢献度を測るものであり, 野球の試合を通してチームを評価するには他のモデルを必要とする. これらの短所を補うモデルとして, 1つの吸収状態をもつマルコフ連鎖を基にしてチームの期待得点を最大にする最適打順を求めるモデルを考える. 本稿では盗塁の要素と併殺の要素を加味したより現実的な改良した最適打順決定モデルを提案する.

2　盗塁と併殺を考慮した改良最適打順決定モデル

状態

no out	1	2	3	4	5	6	7	8
one out	9	10	11	12	13	14	15	16
two out	17	18	19	20	21	22	23	24
three out	25							

進塁の規則

- ○ 犠打はすべて計算されない.
- ◎ エラーはアウトとして計算される.
- ○ アウトによってランナーは進塁しない.
- ◎ 単打は一塁ランナーを三塁へ進塁させ, 二塁ランナーと三塁ランナーをホームへ生還させる.
- ○ 二塁打と三塁打は一塁ランナー, 二塁ランナー, 三塁ランナーすべてをホームへ生還させる.
- ◎ 盗塁の試みは1回とする. すなわち二盗と三盗, 三盗と本盗というように2回続けては盗塁しない.
- ○ 以下の8状態で内野ゴロのときは併殺打となり得点はされず, 次のように状態が移る.
  - ノーアウト・一塁 → ツーアウトランナーなし 状態2→17
  - ノーアウト・一塁二塁 → ツーアウト一塁 状態5→18
  - ノーアウト・一塁三塁 → ツーアウト三塁 状態6→20
  - ノーアウト・満塁 → ツーアウト二塁三塁 状態8→23
  - ワンアウト・一塁 → スリーアウト 状態10→25
  - ワンアウト・一塁二塁 → スリーアウト 状態13→25
  - ワンアウト・一塁三塁 → スリーアウト 状態14→25
  - ワンアウト・満塁 → スリーアウト 状態16→25

打撃と盗塁に関する確率

打撃と盗塁に関する確率を $p_0 = P_r$(内野ゴロ以外の凡打), $p_H = P_r$(内野ゴロ), $p_{B1} = P_r$(四死球で盗塁失敗), $p_{B2} = P_r$(四死球でしない), $p_{B3} = P_r$(四死球で成功), $p_1 = P_r$(単打して二盗失敗), $p_2 = P_r$(単打してしない), $p_3 = P_r$(単打して二盗成功), $p_4 = P_r$(二塁打して三盗失敗), $p_5 = P_r$(二塁打して三盗しない), $p_6 = P_r$(二塁打して三盗成功), $p_7 = P_r$(三塁打して本盗失敗), $p_8 = P_r$(三塁打して本盗しない), $p_9 = P_r$(三塁打して本盗成功), $p_{10} = P_r$(本塁打), $p_B = p_{B1} + p_{B2} + p_{B3}$ とする.

推移確率行列

状態の推移確率行列 $P = (P_{ij}) = p(j|i), \quad i,j = 1,2,\cdots,25$ は規則に従い次のようになる.

$$P = \begin{bmatrix} A & B & H_1 & 0 \\ 0 & A & B & H_2 \\ 0 & 0 & A & F \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$A, B, H_1 : 8\times 8$ 行列$_2$, $F : 8\times 1$ 行列

例えばノーアウト3塁(状態4)からノーアウト2塁(状態3)になるのは, 単打を打って盗塁に成功するか, 二塁打を打って三盗しないときに限られるから状態4から状態3への推移確率は $p(3|4) = p_3 + p_5$ となる.

定式化

6つのステップに分けて解説する.

1. i 番バッター $(i = 1, \cdots, 9)$ の攻撃に関する推移確率行列を P^i とし,

$$P^i = P0^i + P1^i + P2^i + P3^i + P4^i$$

とする. $P0, \cdots, P4$ はそれぞれ 0 得点,$\cdots$,4 得点となる P の分解である.

2. $$\begin{aligned} U_{n+1}(j\text{ 行}) =& U_n(j\text{ 行})P0 + U_n(j-1\text{ 行})P1 \\ &+ U_n(j-2\text{ 行})P2 + U_n(j-3\text{ 行})P3 \\ &+ U_n(j-4\text{ 行})P4 \qquad (1) \end{aligned}$$

3. U_0 : 0 人の打者が終ったときのイニングの状態

$$U_0 = \begin{array}{c} \\ 0 \\ 1 \\ \vdots \\ 20 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} 1 & 2 & \ldots & 25 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & \ldots & 0 \\ 0 & & & \\ \vdots & & 0 & \\ 0 & & & \end{bmatrix} \end{array} \text{とする.}$$

4. U_1 : 1 人目の打者が終ったときのイニングの状態

(1) 式より,

$$\begin{aligned} U_1(j\text{ 行}) =& U_0(j\text{ 行})P0^1 + U_0(j-1\text{ 行})P1^1 \\ &+ U_0(j-2\text{ 行})P2^1 + U_0(j-3\text{ 行})P3^1 \\ &+ U_0(j-4\text{ 行})P4^1 \end{aligned}$$

を使い $U_1(1\text{ 行})$ から $U_1(21\text{ 行})$ までを計算し,

$$U_1 = \begin{bmatrix} U_1(1\text{行}) \\ \vdots \\ U_1(21\text{行}) \end{bmatrix} \text{とする.}$$

5. 以下同様に $U_2, U_3, \cdots$ を計算し, 各段階で, スリーアウトの状態を表す U_j の 25 列目の総和がある一定の確率を超えたとき, そのイニングの計算を終了し, 次のイニングを $(j+1)$ 人目より始める.

6. U_n の 25 列目を

$$R(25) = \begin{array}{c} 0 \\ 1 \\ \vdots \\ 20 \end{array} \begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \\ \vdots \\ x_{20} \end{bmatrix}$$

とすると, そのイニングでの期待得点数 r は,

$$r = 0x_0 + 1x_1 + 2x_2 + \cdots + 20x_{20}$$

により求まる. よって, 1 試合の期待得点数 R は,

$$R = r_1 + r_2 + \cdots + r_9$$

である.

表 1: '98 読売ジャイアンツ

打順	OBO 最適	OBO 最悪	MOBO 最適	MOBO 最悪
1	村田	清水	清原	元木
2	仁志	高橋	松井	清水
3	元木	松井	高橋	仁志
4	清原	清原	元木	清原
5	松井	仁志	清水	松井
6	高橋	元木	仁志	高橋
7	清水	村田	村田	川相
8	川相	川相	川相	村田
9	桑田	桑田	桑田	桑田
期待得点	5.29816	5.24625	4.65989	4.13600

表 2: '98 中日ドラゴンズ

打順	OBO 最適	OBO 最悪	MOBO 最適	MOBO 最悪
1	立浪	久慈	関川	久慈
2	李	関川	ゴメス	立浪
3	ゴメス	中村	李	李
4	関川	ゴメス	立浪	ゴメス
5	中村	李	中村	山崎
6	山崎	立浪	山崎	関川
7	益田	山崎	益田	中村
8	久慈	益田	久慈	益田
9	山本	山本	山本	山本
期待得点	4.65868	4.28455	3.69455	3.45442

3 結果・考察・課題

- 巨人, 中日の最適打順, 最悪打順はすべて異なる結果となった.
- 巨人が期待得点数では中日を大きく上回るが投手陣が不調のため公式戦では 3 位に終っている. 逆に中日は投手陣の健闘により公式戦を 2 位で終えている.
- MOBO モデルは打線のつながりを考慮し, 期待得点が最大になる打順求めることができるが, 投手, つまり守りの要素を加味していない為, このモデルだけではチームの強さを測れない.

参考文献

[1] B. Bukiet, E. R. Harold, and J. L. Palacios, *A Markov Chain Approach to Baseball,* Operations Research, Vol.45, No.1, 1997, pp14-23.

[2] K. Ano, *Modified Defensive Earned-Run Average Index based on Markov Chain,* Proceedings of First Western Pacific and Third Australia - Japan Wokshop on Stochastic Models in Engineering, Technology and Management, NZSA and ORSNZ, 1999.

[3] H.M.Tailor and S.Karlin, *An Introduction to Stochastic Modeling, 2nd Ed,* Academic press, San Diego,1994.

[4] 1999 ベースボール・レコードブック, ベースボールマガジン社, 東京,1998.