

# 家庭用野球ゲームソフトを用いた最適打順の評価

槇 貴将<sup>1,a)</sup> 土中 哲秀<sup>2,b)</sup> 小野 廣隆<sup>3,c)</sup>

**概要:** 野球に関する学術的研究は数多くなされており、中でも最適打順の決定はオペレーションズ・リサーチをはじめとする数理科学分野でもよく取り上げられるトピックの一つである。それらの研究により多くの最適打順決定法が提案されているが、この種の研究には本質的な困難点—得られた最適打順の実ゲームにおける評価が難しい、あるいは不可能でさえある—がある。本研究では、家庭用ゲーム機によるシミュレーションを用いた打順評価法を提案する。この評価法により、過去に提案されたいくつかの最適打順導出法の性能評価を行ったところ、マルコフゲームによる打順決定法による打順が良い成績を収めた。

**キーワード:** 野球, 最適打順問題, マルコフ連鎖, マルコフゲーム, 実況パワフルプロ野球

## Evaluating Batting Orders via Video Baseball Game Simulations

MAKI TAKAMASA<sup>1,a)</sup> HANAKA TESSHU<sup>2,b)</sup> ONO HIROTAKA<sup>3,c)</sup>

### **Abstract:**

There are huge number of academic studies on baseball game, and among them, optimizing batting order is a popular topic in mathematical science fields, such as operations research. Through the studies, various approaches are proposed, but there is a critical problem: it is difficult or even impossible to evaluate obtained batting orders in real baseball games. In this paper, we propose an evaluation method by simulations on video baseball games. By the proposed simulations, we compare batting orders obtained by typical optimization approaches, where the ones obtained by a Markov Game Approach produce good results.

**Keywords:** Baseball, Optimal Batting Order, Markov Chain, Markov Game, Video Baseball Game

## 1. はじめに

野球における打順は、得点を挙げるにあたって重要な要素である。実際、打順決定は監督の重要な役割の一つであり、当然ながらその際の打順はそのときどきの「勝ちの確率」を最大にするものが望まれる。古くから日本では4番

に最も強い打者がおかれるが、一方アメリカでは3番に強打者をおく方針が基本となっている。このように打順決定のための方針は様々であり、現在のところ絶対的に有用とされる方針は存在していない。打順決定は「 $9! = 362880$ 通りの潜在的な打順の候補から各種戦術を考慮した上で、1通りの打順を選び出すこと」と言える。

この打順決定の戦術的性質から、数理科学的視点からみた「最適打順」決定に関する研究が古くからなされてきた。これらの研究の多くは、まず野球に対する数理モデルを与え、そのモデル上での「最適打順」を定義し、その導出法を与える、というものである。それぞれの手法で得られた最適打順は定義上間違いなく「最適」であるが、手法の妥当性は様々な要因に左右される。例えば、そもそも数理モデルがあまりに現実とかけ離れている場合、そのモデル上での最適打順の有効性は期待できない。研究結果の妥当性を

<sup>1</sup> 九州大学 経済学部 経済工学科  
Department of Economic Engineering, School of Economics,  
Kyushu University

<sup>2</sup> 九州大学 大学院 経済学府  
Department of Economic Engineering, Graduate of Economics,  
Kyushu University

<sup>3</sup> 九州大学 大学院 経済学研究院 経済工学部門  
Department of Economic Engineering, Faculty of Economics,  
Kyushu University

a) joh2.9u@yahoo.co.jp

b) 3EC15004S@s.kyushu-u.ac.jp

c) hirotaka@econ.kyushu-u.ac.jp

評価するためには、「実際に現実世界で野球の試合を十分にに行い、最適打順の効果があるかどうかを試す」必要がある。しかし、常識的に考えてこのような検証は実現が極めて困難である。このため、最適打順に関する研究は有効性の客観的な評価が難しいという問題があった。

このような問題に対し、本研究は家庭用ゲーム機の野球ゲームソフトによるシミュレーションを用いた打順評価法を提案する。ゲームソフト環境でのシミュレーションは、単純な数理モデル上でのシミュレーションと比べ、より現実世界に近い環境となっていることが期待できる。本研究では提案手法により、過去に発表された複数の最適打順導出法によって得られた打順の評価を行い、それらの有効性について考察する。

本論文の構成は以下の通りである。2節で、最適打順に関する過去の研究を概観する。3節で本研究で用いるシミュレーションの手法について説明する。4節では、2つの既存手法が導出した打順とその他の打順のシミュレーション結果の比較、5節ではその結果の考察を行っている。6節で本論文のまとめと今後の課題を述べている。

## 2. 過去の研究

野球についての研究は歴史が長く、1959年のLindsey [1]が野球の打撃に関する研究を行ったのが最初であるとされている。その後野球選手の価値の数值化やバントの有用性の是非、またOPSという指標の提案など様々な研究が行われてきた。打順に関する研究も数多く行われており、現在、マルコフ連鎖アプローチ、マルコフゲームアプローチが主流となっている。本節ではこれらについて簡単に紹介する。さらに本研究と類似のアプローチである家庭用野球ゲームによるシミュレーションの研究についても紹介する。

	走者無し	1塁	2塁	3塁	1、2塁	1、3塁	2、3塁	満塁
無死	1	2	3	4	5	6	7	8
一死	9	10	11	12	13	14	15	16
二死	17	18	19	20	21	22	23	24
三死	25							

図1 野球における25状態

### 2.1 マルコフ連鎖アプローチ

1つ目は野球を完全に確率遷移として捉えるマルコフ連鎖アプローチである。この手法はD'Esopo and Lefkowitz[2]やCover and Keilers[3](共に1977年)などにより提案されている。野球を「アウトカウントと塁上にいる走者の状態による25状態を適当な確率分布に従って状態遷移するモデル」(図1)として捉え、ルールを単純化することで吸収的マルコフ連鎖モデルを適用し期待得点を計算し、個々の選手の評価を数值化するものである。これを元にD'Esopo and

Lefkowitzは同一選手が繰り返し打席に立つと仮定した時の1イニングでの期待得点を評価指標とするSI値を提案した。一方Cover and Keilersは同じ条件で1試合での期待得点を評価指標とするOERA値を提案した。この手法を応用した打順について研究として、1997年のBukiet et al. [4]によるものが挙げられる。これは固定された9人の選手が順番に打席に立つと仮定した時、1試合の期待得点を求め期待得点が最大となるものを選ぶものである。このモデルでは、各イニングがどの打者から始まりどの打者で終わるかを考慮しておらず、常に特定の選手から始まると仮定する事で計算を簡易化している。その後、大澤・合田 [7]は、先行研究では単純化されすぎていたモデルの拡張などを行い、得点の期待値を最大化する打順を最適打順と定義し、その導出を行っている。

### 2.2 マルコフゲームアプローチ

2つ目のアプローチは、2008年にTurocy[5]によって提案された、野球をマルコフゲームとして定式化する方法である。マルコフ連鎖アプローチと同様、野球における状態の変化をマルコフ連鎖として捉え、与えられた確率分布のもとに状態を遷移するモデルとみなすが、前者のアプローチとの違いは戦略の概念を入れ先攻と後攻の展開系ゲームと捉える点である。対戦相手の戦略も考慮し両チームが、各々の勝率を最大化するという評価基準が用いられている。その後、吉良・稲川の“野球への動的計画アプローチ” [8]をはじめとした期待勝率最大化に基づく最適な打順を決定する研究がなされている。

### 2.3 ゲーム機によるシミュレーション

柳川・宮崎 [6]は家庭用野球ゲームを用いたシミュレーションを行っている。本論文でも用いる「実況パワフルプロ野球」のように、昨今の家庭用野球ゲームでは、実在するプロ野球選手を模した選手によりチームが構成される。これらのゲーム上の選手の能力値は、対応するプロ野球選手の前年度の成績に基づき決定されており、各能力値と現実の成績には何らかの相関が存在する。この相関性を仮定した上で、[6]では、前年度の打率・長打率などの打撃指標に基づいて並べた打順等と現実世界で実際に採用された打順を固定した場合のシミュレーションし、ゲーム上での成績に大きく差が出る事が示している。

## 3. シミュレーションの方針

本研究のシミュレーションの目的は

- (1) 既存研究から得られる最適打順の考察する。
  - (2) 過去に発表された最適打順導出モデルにおいて導かれた打順の結果を比較し、考察を行う
- の二点である。これに基づき以下は本研究で用いたシミュレーションの設定等について説明する。

### 3.1 使用するゲームソフト

本研究では、株式会社コナミデジタルエンタテインメントから発売された「実況パワフルプロ野球 2014」を用いる。本ソフトには以下のような特徴がある。

- 2014年(2013年)時点で、実在するプロ野球チーム、選手がゲーム上でプレイする。
- 研究のために単純化された野球モデルと比較して、バントや盗塁に加えて打球による多様な進塁、エラー、併殺、暴投、捕逸、ダブルプレー、等の要素が有り現実により近い検証が可能である。
- 選手一人一人に固有の能力値が与えられており選手の特徴を捕らえ能力の区別がよく出来ている。
- ゲームにはペナントモードが実装されており打順など複数の条件を固定したまま自動で試合を行い高速でリーグ戦1年間の試合シミュレートが可能である。
- 自分でアレンジしたチームを作成し使用する事が出来る。

### 3.2 シミュレーション設定と手順

シミュレーションは以下のように設定する。

- チームは千葉ロッテマリーンズをアレンジしたチームを使用する。
- アレンジチームに所属する野手は2014年に各ポジションにおいて最もスタメン数が多かった9人のみに設定
- 投手による勝敗への影響を減らすため投手陣は2014年に平均的なリーグ3位の防御率を残した北海道日本ハムファイターズにアレンジする。
- パ・リーグの6球団を同一のアレンジチームに設定し、DH制を使用する。
- 全球団共通の設定としてオートコンピュータの強さはパワフル、選手の調子は全員普通(能力値に変化無し)、トレードなど選手構成の変更無し、怪我無し、成長や衰退による選手能力の変化無しとし常に同じ対戦を繰り返し行えるよう設定する。
- 対戦相手の5チームの打順は対象の9人がスタメンのときに実際に現実世界で組まれた打順で固定。以後これを通則打順とする。

また、シミュレーションは以下の手順で行う。

- 自分が操作するチームの打順は開幕前に設定し1シーズン144試合を打順を通則打順に設定した他の同一の5チームと戦う。
- これを各打順において15シーズン(2160試合)行い成績を比較する。勝敗数については、DH制度が適用されない試合が含まれている交流戦を毎年24試合除いた成績を記録し、15シーズンで1800試合(120試合×15)の結果を用いる。

### 3.3 本研究で比較する打順例

本研究でのシミュレーションでは、以下に説明する9種の打順を対象とする。

まず先行研究である柳川・宮崎の研究[6]において平均得点を比較された20種類の打順の中から、最も成績の良かった総合値((塁打数+盗塁成功数)/打数)の高い選手から並べた打順(①総合値降順)と、中程度の成績を残したOERA値の高い順に並べた打順(②OERA値降順)と、最も成績の悪かった長打率の高い順に並べた打順(③長打率降順)の三種類に加え単純に打率の良い順番に並べた打順(④打率降順)、打率の悪い順番に並べた打順(⑤打率昇順)を取り上げる。

既存研究からは、代表的な2種のアプローチから1つずつを選び、それらが導出する最適打順(等)を取り上げる。

1つ目はマルコフ連鎖アプローチによるものである。この手法から、大澤・合田(2008)[7]の論文の冒頭において紹介される期待得点算出手法を採用した。大澤・合田は論文の後半でより複雑なモデルを提案しているが、本研究では実装の簡易性を重視し、最も単純なモデルを用いる。より複雑なモデルで採用されている盗塁やバント、敬遠、守備能力などは考慮されていない。このアルゴリズムを用いて期待得点最大となる打順(⑥期待得点最大化)を用いて求めた。

2つ目はマルコフゲームにおける吉良・稲川[8]による期待勝率最大化アルゴリズムを用いたものである。これは野球を約645万状態の有限マルコフゲームとして定式化し、そのゲーム上で期待勝率を最大化する。期待得点最大化と期待勝率最大化の大きな違いは、敵チームの得点のための戦略を考慮するか否か、にある。前者が相手がどんなチームであっても単により大きな得点を得るのを目的とするのに対し、後者は勝率自体の最大化を目的とするため、例えば多くの得点が予想される敵チーム(の打順)に対しては長打志向の戦略をとるのに対し、さほどの得点をあげないと予想される敵チーム(の打順)に対しては堅実な戦略をとる、といったような敵の特性に合わせた戦略をとるという違いがある。さらに、この手法ではバント・盗塁・敬遠が考慮されている。今回は計算量を軽量化するために、計算に入れる点差状況を従来の設定である20点差から15点差へと変更し使用している。このアルゴリズムを用いて最適打順(⑦吉良稲川最適)と最悪打順(⑧吉良稲川最悪)の二つを用意した。

また今回、第一著者(槇)の考える最適打順(⑨槇ベスト)も比較の対象に加えた。これは、中学・高校・大学において野球部で10年間培った槇の経験を頼りに導きだした打順となっている。

以上の9種の打順は図2のようになった。

### 3.4 シミュレーションを行う上での工夫点

本研究ではより正確な検証を行うために以下を行った。

打順	通則	①総合値降順	②OERA値降順	③長打率降順	④打率降順
1	荻野	デスパイネ	デスパイネ	デスパイネ	デスパイネ
2	鈴木	荻野	今江	井口	今江
3	今江	井口	角中	角中	角中
4	デスパイネ	角中	井口	今江	鈴木
5	角中	今江	鈴木	クルーズ	荻野
6	クルーズ	クルーズ	荻野	鈴木	岡田
7	井口	鈴木	クルーズ	荻野	井口
8	田村	岡田	岡田	岡田	クルーズ
9	岡田	田村	田村	田村	田村

  

打順	⑤打率昇順	⑥期待得点最大化	⑦吉良稲川最適	⑧吉良稲川最悪	⑨横ベスト
1	田村	角中	今江	田村	角中
2	クルーズ	今江	デスパイネ	今江	荻野
3	井口	井口	井口	岡田	鈴木
4	岡田	デスパイネ	角中	荻野	デスパイネ
5	荻野	鈴木	鈴木	クルーズ	今江
6	鈴木	荻野	荻野	井口	井口
7	角中	クルーズ	田村	鈴木	岡田
8	今江	田村	岡田	デスパイネ	田村
9	デスパイネ	岡田	クルーズ	角中	クルーズ

図 2 比較する打順

- マルコフ連鎖アプローチ, マルコフゲームアプローチのいずれも, 最適打順導出において, 状態集合とその状態を遷移する各選手ごとの確率パラメータを適当に定義した上で計算を行う. 先行研究である [7], [8] では現実世界の打率等をそのまま確率パラメータと見なし, それぞれ最適打順を導出しているが, これを直接ゲーム上でのシミュレーションに用いるのは適当ではない. これはゲーム内の選手の能力と現実世界の選手の能力の対応関係が不明であり, 現実データにより導出された最適打順がゲーム内で意図された通りのものとなっているとは限らないためである. この問題を解決するために, ゲーム上での各選手が 1 年間に残す成績を 6 年分記録しそれを平均した成績 (打率等) を各手法が用いる確率パラメータとして用いる. 今回用いたパラメータは表 1 の通りである.
- 最適打順を求めるチームとして, [8] では 2014 年の福岡ソフトバンクホークスを例として挙げているが, 本研究では別のチームを利用する. これは, 2014 年の福岡ソフトバンクホークスは各選手の打撃成績が似通っていることからゲーム上の各選手の能力パラメータ値の差が比較的小さく, 打順の果たす役割が小さくないと考えられるためである. このため本研究ではより成績に打順の影響を大きく出すために各選手間能力に比較的差や特色が出やすい千葉ロッテマリーンズを使用する.
- 打順同士の良し悪しを比較する指標として勝率や期待得点に加えて, 得点の効率性を示す指標 (得点効率 = 総得点数 / 総安打数) を用いる. これはいかにより打者の前にチャンスで回ってきているかなどの打順の巡り合わせについての評価の一つとなる.

選手	一	二	三	本	四死球	凡打	盗塁成功率	犠打成功率
1.荻野	0.198	0.030	0.009	0.019	0.067	0.656	0.938	1.000
2.鈴木	0.191	0.025	0.001	0.025	0.076	0.609	0.875	0.880
3.今江	0.198	0.044	0.000	0.026	0.086	0.640	0.500	0.800
4.デスパイネ	0.164	0.040	0.000	0.061	0.109	0.618	0.000	0.000
5.角中	0.187	0.040	0.002	0.029	0.094	0.643	0.900	1.000
6.クルーズ	0.159	0.034	0.002	0.036	0.070	0.681	0.333	0.000
7.井口	0.159	0.032	0.000	0.043	0.098	0.654	0.700	0.000
8.田村	0.171	0.010	0.000	0.012	0.046	0.724	0.000	1.000
9.岡田	0.218	0.021	0.004	0.005	0.060	0.662	0.778	0.846

表 1 最適打順導出に用いた確率パラメータ

#### 4. シミュレーション結果

表 2 に, 各打順のシミュレーションにおける結果を記す. 取り上げている項目は, 勝利数, 敗戦数, 引き分け数, 貯金, 勝率, 年間平均得点, 平均得点, 平均得点, 平均安打数である. 勝利数, 敗戦数, 引き分け数の和が評価に用いた全試合数であり 3.2 で説明したように, 1800 である. 貯金は勝利数から敗戦数を引いたものである.

以下, これを評価内容ごとに抽出, 降順に並べ比較する.

打順	勝利数	敗戦数	引き分け	貯金	勝率	年間平均得点	平均得点	平均安打数
1 総合値降順	896	869	35	27	0.508	648.3	4.502	9.276
2 OERA降順	875	893	32	-18	0.495	634.5	4.406	9.256
3 長打率降順	842	931	27	-89	0.475	624.5	4.337	9.221
4 打率降順	894	874	32	20	0.506	637.9	4.430	9.219
5 打率昇順	907	860	33	47	0.513	640.1	4.445	9.234
6 期待得点最大化	899	872	29	27	0.508	640.3	4.446	9.201
7 吉良稲川最適	907	852	41	55	0.516	663.1	4.605	9.371
8 吉良稲川最悪	804	946	46	-142	0.459	612.2	4.251	9.144
9 横ベスト	871	882	47	-11	0.497	638.7	4.435	9.307

表 2 シミュレーション結果とその成績

##### 4.1 得点について

表 3 は, 表 2 の得点部分を抽出, 降順に並べたものである. 最も良い結果を残したのはマルコフゲームにおける期待勝率最大化アルゴリズムを利用した吉良稲川最適打順であった. 柳川・宮崎の研究 [6] において最も高い平均得点を残していた総合値降順打順は, 本シミュレーション比較的良好な結果を残した. 期待得点最大化打順は第 3 位の得点を得てはいるものの, 第 3 位から 6 位の年間得点は 640 前後に集中しており, 得点差は僅かであった. 最下位となったのは吉良・稲川による最悪打順であり, [6] で最も成績の悪かった長打率降順打順を下回った. 吉良・稲川による最適打順と最悪打順の年間での平均得点の差は 50 点以上にもなり, 同じメンバーでも打順をかえるだけで大きく差が出る事に加え, [8] によるモデル化の妥当性をうかがわせるものとなった.

また比較のため, 一連のシミュレーションにおける通則打順の年間得点を記している. これは 625.8 点となり, 吉良稲川最適の 663.1 点と比べると大きく下回る. このことから, 少なくともゲーム上の得点数の観点から見ると通則の打順は改善の余地のある打順であると思われる.

順位	打順	1試合得点	年間得点
1	吉良稲川最適	4.605	663.1
2	総合値降順	4.502	648.3
3	期待得点最大化	4.446	640.3
4	打率昇順	4.445	640.1
5	楯ベスト	4.435	638.7
6	打率降順	4.430	637.9
7	OERA降順	4.406	634.5
	通則	4.346	625.8
8	長打率降順	4.337	624.5
9	吉良稲川最悪	4.251	612.2

表 3 得点に関する降順

順位	打順	得点/安打
1	吉良稲川最適	0.491
2	総合値降順	0.485
3	期待得点最大化	0.483
4	打率昇順	0.4813
5	打率降順	0.4805
6	楯ベスト	0.477
7	OERA降順	0.4761
	通則	0.4760
8	長打率降順	0.470
9	吉良稲川最悪	0.465

表 5 得点効率の降順

#### 4.2 勝率について

表 4 は、表 2 の勝率部分を抽出、降順に並べたものである。得点順と同じく、勝率の面でも吉良稲川最適が最も良い成績を、吉良稲川最悪が最も悪い成績を修めている。1位と最下位は変わらなかったが、「打順昇順」が得点数では4位だったのに対し、勝率では2位に上がっており、効率的な得点の上げ方をおこなう傾向にあることがうかがえる。

順位	打順	勝率	期待勝利数
1	吉良稲川最適	0.516	74.3
2	打率昇順	0.513	73.9
3	総合値降順	0.50765	73.1
4	期待得点最大化	0.50762	73.1
5	打率降順	0.506	72.8
6	楯ベスト	0.497	71.5
7	OERA値降順	0.495	71.3
8	長打率降順	0.475	68.4
9	吉良稲川最悪	0.459	66.2

表 4 勝率の降順

#### 4.3 効率性について

表 4 は、表 2 から得点効率  $(= (\text{総得点数}) / (\text{総安打数})) = ((\text{平均得点}) \cdot (\text{総試合数})) / ((\text{平均安打数}) \cdot (\text{総試合数})) = (\text{平均得点}) / (\text{平均安打数})$  を計算、降順に並べたものである。これも吉良稲川最適打順が最も高い数値を示している。分子である得点数の影響からか、表 3 の順位とほぼ変わりはないが、楯ベストと打率降順の順位が入れかわっている。

本項目でも参考に、一連のシミュレーションにおける通則打順の値を記している。こちらも順位は表 3 と同じ位置にある。

### 5. 考察

前節のシミュレーション結果では、[8] により計算した「吉良稲川最適打順」が得点数、勝率両方の面で最も良い成績を残した。また「吉良稲川最悪打順」は最も悪い成績を残した。このことは、[8] の最適打順導出法が少なくとも家

庭用ゲームにおいては有用である事を意味している。

一方、通則の打順は良い成績を残すことができなかった。また楯ベストも通則よりは良い成績を残せたもののさほど良い成績ではなく、単純な打率昇順等にも劣る結果となってしまった。このことは、ゲーム値のパラメータがと現実の能力を必ずしも反映していない、また特に通則打順は最大公約数的な打順になっており、今回の仮想敵である千葉ロッテマリーンズのアレンジチーム（投手のみ北海道日本ハムファイターズ、通則打順）に適したものとなっていない、等の問題を反映している可能性がある。しかし、同時にゲーム内でのシミュレーションに限定すると、人間の直感、あるいは「常識」の問題点を指摘する、あるいは最適打順研究における有用性を示唆するものであるとも言える。

以下ではより詳しくこの結果について考察する。

#### 5.1 最適・最悪打順について

吉良・稲川のアプローチ [8] では期待勝率を計算しており、この期待勝率を最大とする打順が「吉良稲川最適」最小とする打順が「吉良稲川最悪」である。この最に得られた期待勝率がそれぞれ 0.50413, 0.47239 であった。これらの値はゲームシミュレーションにおける 0.516, 0.459 (表 4) とずれがある。これはマルコフゲームアプローチにおけるモデルの精密性が必ずしも十分ではない、あるいはシミュレーションの回数が十分でないことの一つのいずれかを示唆するものと考えられるが、同時に最終的な成績を考えると、提案モデルがある程度以上の特徴を捉えていることを示唆するものとも言える。

なお、以下は勝率 (勝利数) に関する参考情報であるが、ゲームを行った 15 シーズンにおいて、吉良稲川最適打順が CS (クライマックスシリーズ) の出場条件である 3 位以内に入ったのは 8 回である。この回数は他の打順と比べると最も回数が多かったものの圧倒的な力の差を示すものではない。

## 5.2 使用した2つの最適打順導出法について

今回比較に使った2つの導出法では、結果として吉良・稲川による最適打順が、勝率や得点効率だけではなく得点数でもよい結果を残した。一方で大澤・合田による期待得点最大化打順はそこまで効果を発揮する事は出来なかった。その理由として以下の事が考えられる。

- 考慮した攻撃側の作戦の違い

本研究で利用した大澤・合田の期待得点最大化アルゴリズムは各イニングがどの打者から始まりどの打者で終わるかという確率を含めた9人の打者における詳細な得点期待値を計算するものであった。しかしこのモデルはバントや盗塁が考慮されていない。その分家庭用ゲーム上とモデル上のシミュレーションにずれが生じ、期待得点が最適となる打順が導出されなかったのではないかと考えられる。

一方、吉良・稲川による期待勝率最大化アルゴリズムは併殺打は考慮されていないものの盗塁・バントをモデルの中に組み込んでおりゲーム上でも効果が発揮されたと推測される。

- アプローチの違い

マルコフ連鎖とマルコフゲームは戦略性があるか否かの違いがある。野球の作戦には攻撃側の意思決定(打撃、盗塁、バント等)の他に守備側の意思決定(勝負するか敬遠するか)が存在している。その意思決定を戦略性としてアルゴリズムに組み込む事が出来たマルコフゲームモデルは、現実即した野球モデルにおいて計算が出来ていたと考えられる。

これらはいずれも「いかに野球を正確にモデル化するか」という問いと強い関係がある。今回最適・最悪打順においてその効果を発揮した吉良・稲川の研究はより正確に野球を数理的にモデル化出来ていたと考えられる。

## 6. まとめと今後の課題

### 6.1 まとめ

本研究では家庭用ゲームソフトを用いた最適打順の評価を行った。前節の結果のように、最適打順に効果が見られた事から、家庭用ゲーム上においてもゲーム内の確率パラメータを用いれば打順によって大きな差が出る事が分かった。その中でも特に吉良・稲川の提案した手法により導出された最適打順と最悪打順は効果を発揮した。一方でマルコフモデル期待得点最大化から得られた打順は使用したモデルが単純なものだったため、効果を発揮する事は出来なかった。

本稿では紹介していないが、筆者らは予備実験として、現実の2014年度打撃成績に基づくパラメータ値をもとに導出した最適打順によるシミュレーションも行っている。詳細は省くが、3.4節のシミュレーションの工夫の項でも述べたように、実際の打撃成績はゲームのそれとは異なるため、

ゲーム内でのシミュレーションには必ずしも適さない。実際、この方針での数例のシミュレーションの結果は「最適性」を支持するようなものではなかった。これらの考察後、本論文では紹介したような手法—ゲーム内でまず成績を求めその成績をもとに導出した(最適)打順によるシミュレーション—をとった。

以上のような結果を考えると、ゲームソフトでの評価方法の課題の一つである現実世界とゲーム世界での成績パラメータの乖離は、ゲーム上での成績統計を取る事で解決可能であるように思われるが、まだ残る課題も多い。例えば、ゲーム自体の高速試合シミュレート(本ソフトでは約2分間で864試合)における計算アルゴリズムが不明であるし、ゲームが独自に入れるパラメータによる投手の出来不出来によって成績が大きく左右される可能性がある事も懸念材料である。

### 6.2 今後の課題

今回実装、比較したアプローチ以外に多くのアプローチが提案されており、これらのうちでも最新のものをピックアップし、その有効性を確かめるのが第一の課題である。例えば、今回とりあげたマルコフモデルによるアプローチは大澤・合田[7]によるものであるが、最も精密なモデルの実装は容易ではなく、簡易モデル上での実装となっているため、その性能が正しく評価できているとは言えない。現在マルコフ連鎖のアプローチにおいてモデルがより拡張されており、例えば穴太・高野[9]は得点圏打率・盗塁・併殺を考慮した最適打順決定モデルを発表しており、その性能向上が期待できる。

多くの最適化打順決定アプローチやそのアプローチに基づく野球モデルはまだ未完成であり、それぞれ現実の野球へ近づくように拡張されている。例えば、旧モデルでは併殺が考慮されていなかったものが、新モデルでは併殺が考慮されている、などである。このことを考えると、アプローチ自体の優劣を見るには同じプレイを備えたモデルに固定した対比を行うなどの研究が考えられる。

謝辞 本論文を作成するにあたり、九州大学の吉良 知文先生にさまざまなご指導とご助言を頂き、さらにマルコフゲーム期待勝率最大化アルゴリズムをそのまま使わせていただく事を快諾いただきました。ここに深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- [1] Lindsey, G. R., "Statistical Data Useful for the Operation of a Baseball Team", *Operations Research*, Vol. 7, No. 2, pp. 197-207, 1959.
- [2] D'Esopo, D. A. and Lefkowitz, B. "The Distribution of Runs in the Game of Baseball", *Optimal Strategies in Sports* (edited by Ladany, S. P. and Machol, R. E.), pp. 55-62, 1977.

- [3] Cover, T. M. and Keilers, C. W. , “An Offensive Earned-Run Average for Baseball”, *Operations Research*, Vol. 25, pp. 729–740, 1977.
- [4] Bukiet, B. , Harold, E. R. and Palacios, J. L., “A Markov Chain Approach to Baseball”, *Operations Research*, Vol. 45, pp. 14–23, 1997.
- [5] Turocy, T. L. , “In Search of the “ Last-Ups ” Advantage in Baseball: A Game-Theoretic Approach”, *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, Vol. 4(2) Article 5, 2008.
- [6] 柳川 佳也, 宮崎 茂次, “最適打順についての一考察” *生産管理*, Vol. 7, No. 2, pp. 193–196, 2001.
- [7] 大澤清, 合田憲人, “野球における走者の進塁状況を考慮した勝率計算方法”, *日本応用数理学会論文誌*, vol. 18, pp. 321–346, 2008.
- [8] 吉良 知文, 稲川 敬介, “野球への動的計画アプローチ”, *オペレーションズ・リサーチ：経営の科学*, Vol. 59(7), pp. 378–384, 2014
- [9] 穴太 克典, 高野 健大, “得点圏打率・盗塁・併殺を考慮した最適打順決定モデルについて-FA 打者トレード戦略の検討-”, *京都大学数理解析研究所 講究録*, vol. 1939, pp. 133-142, 2015.