

野球競技のシミュレーションと 期待得点数等の解析

高 田 稔 浩 ・ 金 井 兼 ・ 平 野 忠 男

Simulation of Baseball and Analysis of Expected Runs in the Situation on Bases and Number of Men Out.

Toshihiro TAKADA, Ken KANAI, Tadao HIRANO

The purpose of this study is to consider the effect of conscientious effort in the psychological meaning on the results of baseball game, comparing the theoretical prediction and the computed simulation from actual data.

We examined the probability to be scored and the resulting runs to be expected in the remainder of each half-inning of a game under various situation. One of our conclusions drawn from the experiment suggests that the estimated values of probability and the scores of run in above three cases coincide with actual data in the state of non- or one-out. In the state of two-out, on the other hand, values of data are observed to be larger seemingly.

1. ま え が き

野球は我国に於いて最も人気のある競技であり愛好者も多い。野球を理論的に考えれば、状態推移確率及び各状態に応じて最適の戦略をとり相手チームに勝つという内容であり、十分にORの見地からも検討できるように思われる。さきの報告(1)において野球の計算機シミュレーションの方法および応用例として打順を変えた際の影響について記したが、実際の競技における人為的影響が不明であった。今回はその点を調べるべく各塁状態において得点の入る確率および期待される平均得点等について、実際のデータとシミュレーション値或いは理論計算値を比較検討し、更に各塁打の得点への貢献度等についても検討した。

2. 理 論 的 検 討

2.1 得点の入る確率及び期待得点数の理論計算

各塁状態に於いてそのイニング終了迄に得点の入る確率或いは期待得点数を計算するには、各

打者の打率等を考慮する必要があるが、膨大な計算を必要とし手計算では困難である。このため手計算が可能なように以下の仮定を設けた。

- 1) チーム内の打者の打撃能力は均一である。
- 2) 打者の打撃の結果によってのみ塁上の走者は変化する。すなわち盗塁、暴投、牽制刺、補逸、ボーク等は考慮しない。
- 3) 打者の打撃の結果は、アウト、四死球、単打、2塁打、3塁打、本塁打のいずれかである。それぞれの解釈は表2-1の通りである。

表2-1 打撃の結果の種類とその解釈

種 類	
アウト	アウト数が1つ増し、走者は進塁せず
四死球	打者は1塁へ、他の走者は押し出される走者のみ1つ進塁
単 打	打者は1塁へ、1塁走者は2塁へ、他の走者は生還
二塁打	打者は2塁へ、1塁走者は3塁へ、他の走者は生還
三塁打	打者は3塁へ、走者はすべて生還
本塁打	打者、走者すべて生還

これらの仮定の下では、チームの打撃力は

$$S = (P, \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4) \cdots \cdots (2.1)$$

で表される。ここでPは打者がアウト以外の5つの打撃の結果（以下Pヒットと呼ぶ）を生ずる確率、 $\alpha_i (i=0\sim 4)$ は打撃の結果がPヒットのいずれかであったときに、それぞれが四死球、単打、二、三、本塁打である条件付き確率であり、従って

$$\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1 \cdots \cdots (2.2)$$

上式が成り立つ。

攻撃の局面の状態は (i, x_1, x_2, x_3) で表される。ここで $i (i=0,1,2)$ はアウト数、 $x_j (j=1,2,3)$ は j 塁上に走者がいるとき1、いないとき0をとる。このとき次の関数を定義する。一般にこれらの関数はチームの打撃能力Sの関数でもあるが、今はSを固定して考える。

$\mu(i, x_1, x_2, x_3) : (i, x_1, x_2, x_3)$ を初期状態とし、イニング終了迄の期待得点数
 $r(i, x_1, x_2, x_3) : (i, x_1, x_2, x_3)$ を初期状態とし、イニング終了迄に得点の入る確率

$\phi_n(i, x_1, x_2, x_3) : (i, x_1, x_2, x_3)$ を初期状態とし、イニング終了迄に n 点獲得する確率

$P_n(m, i, x_1, x_2, x_3) : (i, x_1, x_2, x_3)$ を初期状態とし、イニング終了迄に m 本の p ヒットが生ずる時 n 点得点する確率。

μ と γ を求めることが目的であるが、 ϕ_n を用いれば下式が求まる。

$$\mu(i, x_1, x_2, x_3) = \sum_{n=1}^{\infty} n \phi_n(i, x_1, x_2, x_3) \quad \cdots(2.3)$$

$$\gamma(i, x_1, x_2, x_3) = 1 - \phi_0(i, x_1, x_2, x_3) \quad \cdots(2.4)$$

ϕ_n を計算する必要があるが、 i アウトを初期状態として、イニング終了迄に m 本のヒットを生

む確率 $\Pi_m^i = \binom{m+2-i}{2-i} P^m (1-P)^{3-i} \quad \cdots(2.5)$ を用いてつぎのように書き表わすことができる。

性質 1 : $\phi_n(i, x_1, x_2, x_3)$

$$= \sum_{l=0}^3 P_n(n-k+1, i, x_1, x_2, x_3) \Pi_{n-k+1}^i$$

$$\text{ただし, } k = \sum_{j=1}^3 x_j, \quad P_n(m, i, x_1, x_2, x_3) = 0 \quad (m \leq 0) \quad \cdots(2.6)$$

これは走者が塁上に k 人いるとき、 n 点獲得するためには少なくとも $n-k$ 本の P ヒットを必要とし、また $n-k+4$ 本以上の P ヒットは $n+1$ 点以上の得点を生ずることを意味している。性質 1 から μ 及び γ の値を計算できるが、実際には以下の性質を用いて更に簡単な式を導くことができる。

性質 2 : $P_n(m, i, x_1, x_2, x_3) = P_n(m, 0, x_1, x_2, x_3)$

$$i = 0, 1, 2 \quad \cdots(2.7)$$

仮定によりアウトでは走者は進塁しないため、アウト数によらず P ヒットの組み合わせが一意的に得点を決める。

性質 3 : $P_n(i, x_1, x_2, x_3) = \phi_{n-k}(i, 0, 0, 0) \quad \cdots(2.8)$

ただし $n \geq k+1$ で $k = \sum_{j=1}^3 x_j$

塁上の走者 k 人のとき $n+k$ ($n \geq 1$) 点獲得する攻撃は走者なしのときには n 点獲得する。

またその逆も成り立つ。上記の性質を利用すると、計算に必要な $P_n(m, i, x_1, x_2, x_3)$ の値は以下の 8 個の式で済む。

$$\left. \begin{aligned} P_0(1, 0, 0, 0) &= \alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \\ P_0(2, 0, 0, 0) &= \alpha_0 + (\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2) + \alpha_1(\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2) \\ &\quad + \alpha_2\alpha_0 + \alpha_3\alpha_0 \\ P_0(3, 0, 0, 0) &= \alpha_0 P_0(2, 0, 0, 0) \\ P_0(1, 0, 1, 0) &= \alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 \\ P_0(2, 0, 1, 0) &= \alpha_0(\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2) \\ P_0(1, 0, 0, 1) &= \alpha_0 \\ P_0(2, 0, 0, 1) &= \alpha_0^2, \quad P_0(1, 0, 1, 1) = \alpha_0 \end{aligned} \right\} \quad (2.9)$$

上記式を利用して詳細な計算をすれば以下の式を導出できる。

$$\left. \begin{aligned}
 & \text{(無走者)} \\
 & \gamma(i, 000) = 1 - \{ \Pi_0 + P_0(1, 0, 000) \Pi_1 \\
 & \quad + P_0(2, 0, 000) \Pi_2 \\
 & \quad + P_0(3, 0, 000) \Pi_3 \} \\
 & \mu(i, 000) = \sum_{n=1}^{\infty} n \Pi_n - P_0(1, 0, 000) \sum_{n=1}^{\infty} \Pi_n \\
 & \quad - P_0(2, 0, 000) \sum_{n=2}^{\infty} \Pi_n \\
 & \quad - P_0(3, 0, 000) \sum_{n=3}^{\infty} \Pi_n
 \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

$$\left. \begin{aligned}
 & \text{(一走者)} \\
 & \gamma(i, 100) = 1 - \{ \Pi_0 + P_0(1, 0, 100) \Pi_1 \\
 & \quad + P_0(2, 0, 100) \Pi_2 \} \\
 & \gamma(i, 010) = 1 - \{ \Pi_0 + P_0(1, 0, 010) \Pi_1 \\
 & \quad + P_0(2, 0, 010) \Pi_2 \} \\
 & \gamma(i, 001) = \gamma(i, 010) \\
 & \mu(i, x_1 x_2 x_3) = \mu(i, 000) + \gamma(i, x_1 x_2 x_3) \\
 & \quad \text{但し } \sum_{j=1}^3 x_j = 1
 \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

$$\left. \begin{aligned}
 & \text{(二走者)} \\
 & \gamma(i, x_1 x_2 x_3) = 1 - \{ \Pi_0 + P_0(1, 0, 110) \Pi_1 \} \\
 & \quad \text{但し } \sum_{j=1}^3 x_j = 2 \\
 & \mu(i, 110) = \mu(i, 000) + \gamma(i, 100) + \gamma(i, 110) \\
 & \mu(i, 101) = \mu(i, 110) \\
 & \mu(i, 011) = \mu(i, 000) + \gamma(i, 010) + \gamma(i, 110)
 \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

$$\left. \begin{aligned}
 & \text{(満塁)} \\
 & \gamma(i, 111) = 1 - \Pi_0 \\
 & \mu(i, 111) = \mu(i, 000) + \gamma(i, 100) \\
 & \quad + \gamma(i, 110) + \gamma(i, 111)
 \end{aligned} \right\} \quad (2.13)$$

アウトでの走者の進塁はないという仮定と、単打で必ず2塁走者は生還できる仮定により、走者2塁と走者3塁は同等であり、走者1, 2塁と走者1, 3塁は同等とみなされる。実際には2塁ゴロなどアウトでも3塁走者生還というケースもあり、ヒットで2塁走者が本塁上で刺されるケースもしばしばみられ、モデルと実際との若干の差は当然考えられる。

2.2 各塁打の重要度

野球を攻撃面からみれば得点能力は前記(2.1)式の打撃能力Sの関数である。競技に於いて α_i ($i = 0 \sim 4$) が得点に及ぼす効果について以下検討する。

チームの1イニング平均得点 $\mu(0, 000)$ は打撃能力 S の関数でありこれを $f(s)$ と表す。
チームの打率を P 、四球率を P_0 、単～本塁打の各打率を P_1, P_2, P_3, P_4 とし

$P_j = \alpha_j P$ ($j = 0, 1, 2, 3, 4$) とすれば α_j も変数となる。

但し、 $\sum \alpha_j = 1$ 、 $\sum P_j = P$ 、 S は P, P_j を総合したものであり

$$f(s) = f\{P, P_j (j = 0, 1, 2, 3, 4,)\} = f\{P, \alpha_j P\} \quad \dots\dots(2.14)$$

と表すことができる。

今 P_0 の変化により平均得点 $f(s)$ がいかに変化するかを検討する。四球を選択する率が ϵ 増したとすると、四球はヒットの一種であるから P は $P + \epsilon$ へ増加する。ヒットの中での四球の割合は

$$\frac{\alpha_0 P + \epsilon}{P + \epsilon} = \alpha_0 + \frac{1 - \alpha_0}{P} \epsilon \quad \text{となり、他のヒットの割合は } \alpha_i (i = 1, 2, 3, 4) \text{ から}$$

$$\frac{\alpha_i P}{P + \epsilon} = \alpha_i - \frac{\alpha_i \epsilon}{P} \quad \text{に減少する。}$$

四球率の増加による平均得点の増加率は

$$\frac{df}{dP_0} = \frac{\partial f}{\partial P} \cdot \frac{dP}{dP_0} + \frac{\partial f}{\partial \alpha_0} \cdot \frac{d\alpha_0}{dP_0} + \sum_{j=1}^4 \frac{\partial f}{\partial \alpha_j} \cdot \frac{d\alpha_j}{dP_0} \quad \dots\dots(2.15)$$

$$\text{今の場合 } \frac{dP}{dP_0} = 1, \quad dP_0 = \epsilon, \quad d\alpha_0 = \frac{1 - \alpha_0}{P} \epsilon, \quad d\alpha_j = -\frac{\alpha_j \epsilon}{P}$$

であり、(2.15)式は

$$\frac{df}{dP_0} = \frac{\partial f}{\partial P} + \frac{1 - \alpha_0}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_0} - \sum_{j=1}^4 \frac{\alpha_j}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_j} \quad \dots\dots(2.16)$$

で与えられる。同様に各塁打率 P_j ($j = 1 \sim 4$)の増加による平均得点の増加率は

$$\frac{df}{dP_i} = \frac{\partial f}{\partial P} + \frac{1 - \alpha_i}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_i} - \sum_{j=0, j \neq i}^4 \frac{\alpha_j}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_j} \quad (i = 1, 2, 3, 4) \quad \dots\dots(2.17)$$

で与えられる。

3. 試 験 方 法

前記理論式に基づいて、得点の入る確率 r 、期待得点数 μ 、各塁打の得点への貢献度 df/dP_j を求めることにするが、貢献度についてはデータ不足の為計算機シミュレーションにより検討した。また r, μ についてもシミュレーション法も併用して検討した。

3.1 シミュレーションの方法

1～9番の各打者について従来の実績から平均の各塁打率 P_j ($j = 0 \sim 4$)、三振、アウト(ゴロ、フライ)の率を求め、乱数発生により打撃内容を決める。乱数は混合型合同法を用い、除数は $\mu = 2^{31}$ を使用した。周期は840万再現性あり、ポーク検定、頻度検定、何れも5%水準で合格している。また出塁、得点、アウトの三つの状態変化表を作り、打撃内容により試合を進めて行く。塁状態推移を表3-1に、計算機シミュレーション流れ図を図3-1に記す。また r ,

表 3-1 岩狀態推移表

打撃	単	2	3	本	四	三	ゴ	フ	エ	失
状態	打	塁打	塁打	塁打	死球	振	ロ	ライ	ラー	策
1 000	2	3	5	1	2	1	1	1	2	1
2 001	4 6	3 7	5	1	4	2	1 2 3	2	3	1
3 010	2 6	3	5	1	4	3	2 3 5	3 5	5	1
4 011	6 8	3 7	5	1	8	4	5 6 7	4 6	6 7	2 3
5 100	2	3	5	1	6	5	1 2 5	1 5	1	1
6 101	4 6	3 7	5	1	8	6	1 3 4	2 3 6	2 3 7	2 5
7 110	2 6	3	5	1	8	7	5 6 7	3 5 7	3 5	3 5
8 111	6 8	3 7	5	1	8	8	5 7	4 6 8	4 6 7	4 6 7

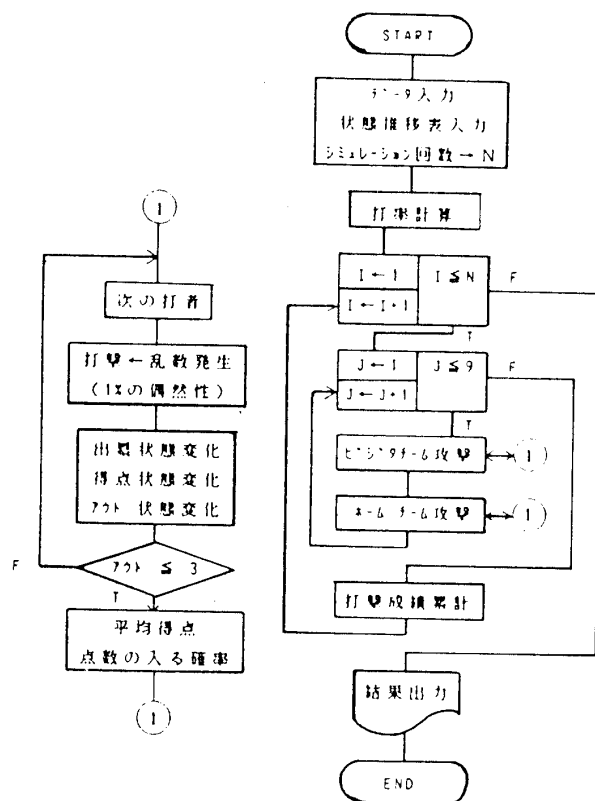


図 3-1 計算機シミュレーションの方法

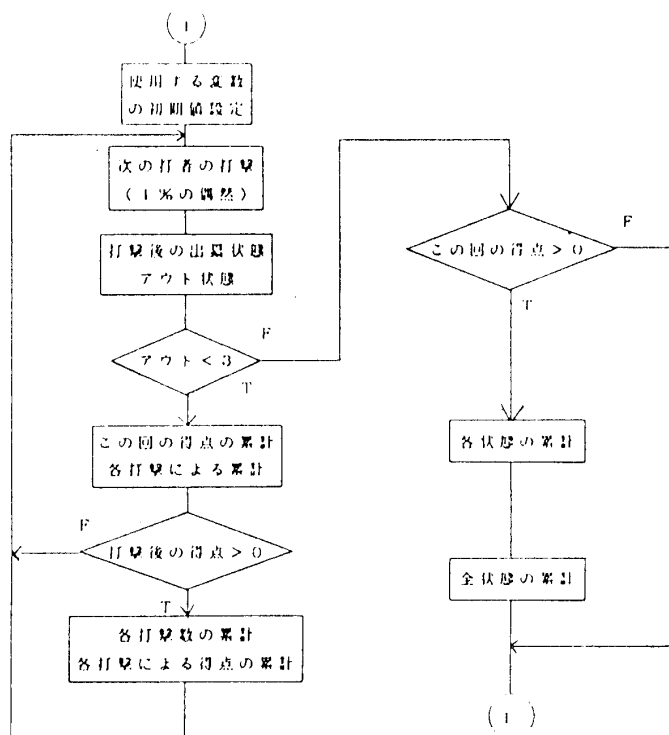

$$\mu(\text{平均得点}) = \text{各状態からイニング終了までに入った点の累計} / \text{全状態}$$
$$r(\text{点のはいる確立}) = \text{各状態の累計} / \text{全状態}$$

図3-2 γ, μ をシミュレーションにより求めるアルゴリズム

μ をシミュレーションにより求めるための詳細流れ図を図 3-2 に記す。

3.2 各塁打の貢献度

従来長打率として、 $PL = P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4P_4$ を採用することが多いが、得点への貢献としては必ずしも妥当ではなく、この代わりに (2.16), (2.17) 式が妥当と思われる。これをシミュレーションによりもとめるために以下の方法に依った。(2.16), (2.17) 式はチームの平均打率を用いているので、シミュレーションの際には 1～9 番各打者とも同一打率とし、 $P_j (j = 0 \sim 4)$ を増減させた際の得点への影響 df/dP_j を求める。また実際に得点が入った場合に、その原因を調べて各塁打の効果を調べる方法も併用した。

3.3 投手の防御率

野球競技においては打率と共に重要なものが投手防御率である。防御率とは投手の自責点の平均値であり、

$$\text{防御率} = (\text{自責点の合計} \times 9) / \text{投球回数} \quad \cdots \cdots (3.1)$$

により求められる。なお自責点の定義は『投手の自責点によって奪われた得点をいう記録用語。安打・犠打・盗塁・刺殺・野手選択・四死球・ボーク・暴投により走者が得点したときに記録される。』である。本研究ではセ・リーグ全体の平均防御率 (GH), チームの防御率 (TP) を調べ、 TP/GH を相手チームの打率に乗ずることによってシミュレーションを行ったが、後記のようにその勝敗への影響は非常に大きい。

4. 試験結果及び考察

4.1 r, μ 等の実測値

当大学野球部の昭和 63 年度のスコアブックにより 30 試合分のデータを詳細に分析してアウト数及び各塁状態に応じて各得点の入った回数当を求めた。

4.2 r, μ の計算値及びシミュレーション値

計算値を求めるにはチームの平均出塁率等が必要である。チーム全体の出塁数は 381, 打席数は 1,046 であるが、犠打 29 を除いて出塁率 $p = 381/1017 = 0.375$ となる。出塁数の内訳は、四死球計 = 126, 単打 = 190, 二・三・本塁打 = 43, 10, 12 であり、計 = 381 となる。これより α_i を求めれば、 $\alpha_0 = 0.331, \alpha_1 = 0.499, \alpha_2 = 0.113, \alpha_3 = 0.026, \alpha_4 = 0.031$ となる。この数値を使い、前記 (2.9)～(2.13) 式より $r(i, x_1 x_2 x_3), \mu(i, x_1 x_2 x_3)$ を計算した。また計算値シミュレーション回数は 10 万回として同じく r, μ を求めた。以上実測値, 計算値, シミュレーション値をまとめて表 4-1 (a), (b) に記す。

表 4 - 1

(a) イニング終了迄に点の入る確率(γ)

塁 状 態			計 算 値			シミュレーション値			実 際 値		
	アウト		0	1	2	0	1	2	0	1	2
0	0	0	0.279	0.162	0.066	0.346	0.177	0.078	0.328	0.164	0.074
0	0	1	0.432	0.274	0.126	0.458	0.303	0.166	0.540	0.446	0.215
0	1	0	0.642	0.494	0.287	0.700	0.432	0.286	0.692	0.500	0.270
0	1	1	0.664	0.512	0.297	0.683	0.459	0.228	0.760	0.593	0.386
1	0	0	0.642	0.494	0.287	0.934	0.721	0.423	1.000	0.462	0.313
1	0	1	0.664	0.512	0.297	0.848	0.673	0.338	0.900	0.619	0.545
1	1	0	0.664	0.512	0.297	0.872	0.657	0.389	0.875	0.647	0.333
1	1	1	0.755	0.609	0.375	0.886	0.684	0.418	0.857	0.750	0.429
平 均			0.593	0.446	0.254	0.716	0.513	0.291	0.736	0.555	0.334

(b) イニング終了迄の平均得点数等(μ)

塁 状 態			計 算 値			シミュレーション値			実 際 値		
	アウト		0	1	2	0	1	2	0	1	2
0	0	0	0.650	0.299	0.105	0.601	0.341	0.128	0.706	0.356	0.148
0	0	1	1.082	0.573	0.231	0.991	0.607	0.293	1.218	0.877	0.443
0	1	0	1.290	0.793	0.392	1.193	0.771	0.394	1.615	0.854	0.381
0	1	1	1.746	1.085	0.528	1.664	1.093	0.469	2.120	1.370	0.750
1	0	0	1.290	0.793	0.392	1.509	0.952	0.566	4.667	1.077	0.531
1	0	1	1.746	1.085	0.528	1.629	1.375	0.559	2.400	1.143	1.091
1	1	0	1.956	1.305	0.689	2.051	1.263	0.827	2.250	1.588	0.792
1	1	1	2.501	1.694	0.903	2.267	1.757	0.956	1.429	1.563	1.143
平 均			1.533	0.953	0.471	1.488	1.020	0.524	1.656	1.088	0.664

試合数が30と少なく、スコアブックより求めた γ 、 μ は精度がおちるようであり、特に2アウトの場合この差が大きい。これは計算値がチームの平均打率で計算したのに対し、実際の試合では各塁状態に応じて選手の心理作用或いは監督の運用方針が影響しているためと思われる。また計算値とシミュレーション値とは、塁状態で走者が3塁まで達していない場合は比較的良い対応を示しており、3塁に達するとシミュレーション値が高い値を示すが、これは3塁走者がヒット以外でも得点できる可能性が多いためと思われる。

4.3 各塁打の得点への影響

前記(2.16)、(2.17)式において各塁打の得点への貢献度について理論的に検討したが、実際のデータからこれを求めるのはかなり困難であり、シミュレーションにより求めることにした。なお当大学野球部のスコアブックによっても一部検討した。

4.3.1 塁打数を変化させた場合の影響

前記(2.14)式に記したように S を総合打撃力として、得点能力は $f(S)$ で表される。 f は $S = (P, \alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4)$ の関数であるが、各塁打(含四死球)の得点への影響もみるためにチームの各塁打数を±10%変化した際の得点の変動をシミュレーションにより求めた。データとしては1987年度セ・リーグの合計の値及び1988年度当大学野球部の30試合分のデータを使用した。結果を表4-2(a), (b)に記す。

表4-2 各塁打の得点への影響

(a) セ・リーグデータ

	A_i	α_i	x_i	Δx_i	ΔF_i	$\Delta F_i / \Delta x_i$	H1を基準とした時の値
H0	2148	0.239	0.0763	0.007	0.090	12.3	0.62
H1	4737	0.528	0.1680	-0.007	-0.088	-12.4	-0.70
				0.014	0.278	19.9	1.00
H2	1082	0.121	0.0384	-0.014	-0.245	-17.5	-1.00
				0.004	0.102	27.6	1.39
H3	126	0.014	0.0045	-0.004	-0.100	-27.0	-1.54
				0.00045	0.010	22.2	1.12
H4	882	0.098	0.0313	-0.00045	-0.010	-22.2	-1.12
				0.003	0.171	56.2	2.82
				-0.003	-0.167	-55.6	-3.17

(b) 福井工大データ

	α_i	Δx_i	$\Delta F_i / \Delta x_i$	$\Delta F_i / \Delta x_i$	H1を基準とした時の値
H0	0.013	0.013	0.180	13.8	0.7
H1	0.016	0.016	0.316	19.8	1.0
H2	0.005	0.005	0.127	27.0	1.37
H3	0.001	0.001	0.037	33.6	1.7
H4	0.001	0.001	0.057	41.6	2.1

(a)はセ・リーグのデータ使用時、(b)は当大学野球部のデータ使用時の結果である。表中H0, H1, H2, H3, H4は各々四死球、単打、二、三、本塁打を表す。

また A_i ($i=0\sim4$)は各塁打本数、 $\alpha_i = A_i / HS$ は各塁打の全出塁数に対する比率、 $x_i = A_i / DS$ は各塁打数の全打席数に対する比率、 Δx_i は各塁打本数を±10%変化時の x_i の変化、 ΔF_i は塁打本数を±10%変化時の平均得点の変動を表す。なお塁打変化にともなって全打席数 DS も当然変化する。全打席数 DS はセ・リーグでは28,155、当大学では1,017、全出塁数 HS はセ・リーグで8,975、当大学では381、出塁率 HS / DS はセ・リーグ0.319、当大学0.375となる。

出塁率、出塁数に対する各塁打の割合が両者異なっており、このため表4-2(a), (b)で $\Delta F_i / \Delta x_i$ は個々のデータは若干個となっているが、傾向としては一致している。例えば

セ・リーグでは三塁打が少ない為H1を基準にした $\Delta F_3 / \Delta x_3$ が小さく、当大学では本塁打が少ない為 $\Delta F_4 / \Delta x_4$ の値はセ・リーグより小さくなっている。'実用上は両者の平均をとれば妥当な値が得られると思われる。

4.3.2 福井工大データの分析

当大学野球部のスコアブックを詳細に調べて各塁打の得点への影響を調べた。

結果を表4-3上側に記す。表中のTiは単打によって入った得点が60、二塁打による得点が30という意味でBiは直接得点に結びついた塁打数、Aiは表4-2の(a)と同様に各塁打数を示す。同じく当大学レギュラーメンバーによるシミュレーション結果を表4-3下側に記す。H1を基準とした値でみると、H3、H4で若干の違いはあるが両者大体の傾向は一致している。

表4-3 各 打 撃 の 貢 献 度

	打撃の種類	得 点 T i	打撃数 B i (A i)	貢 献 度	
				T i/B i(T i/A i)	H 1 = 1 とした値
実 際 の デ ー タ	H0	3	3 (106)	1.000 (0.028)	0.833 (0.090)
	H1	60	50 (190)	1.200 (0.316)	1.000 (1.000)
	H2	30	20 (43)	1.500 (0.698)	1.250 (2.209)
	H3	12	9 (10)	1.333 (1.200)	1.111 (3.800)
	H4	27	12 (12)	2.250 (2.250)	1.875 (7.125)
	ゴ ロ	14	12 (274)	1.167 (0.051)	0.972 (0.162)
	フ ラ イ	10	10 (247)	1.000 (0.041)	0.833 (0.128)
シ ミュ レー シ ョ ン 値	H0	92121	92121 (1990269)	1.000 (0.046)	0.900 (0.232)
	H1	599846	539751 (3003399)	1.111 (0.200)	1.000 (1.000)
	H2	325223	241423 (695817)	1.347 (0.467)	1.212 (2.341)
	H3	131098	88213 (176449)	1.486 (0.743)	1.337 (3.721)
	H4	362443	207469 (207469)	1.747 (0.747)	1.572 (8.748)
	ゴ ロ	126227	126227 (4334255)	1.000 (0.029)	0.900 (0.146)
	フ ラ イ	149789	149789 (3762675)	1.000 (0.040)	0.900 (0.199)

表4-3における貢献度は直接得点に結びついた塁打数或いは得点に結びつかないものも含めた全塁打数に対する得点数を示したもので表4-2における $\Delta F / \Delta x$ とは若干意味が異なる。このため塁に出た走者が、イニング終了迄にどんな経過を経て最終的にどの程度生還したかという見地より当大学野球部のデータを調べた。結果を表4-4に記す。

これは塁に出た走者が他人の打撃により、どのように塁を進んでいくかという割合を示したものである。なお長打、例えば二塁打の場合は一、二塁とも同じ値とした。H1を基準とした生

表4-4 塁上走者の進塁状況

塁 打 撃	一	二	三	本	生 還 率
H0	106	96	62	50	0.472(1.49)
H1	190	124	86	60	0.316(1.00)
H2	43	43	28	19	0.442(1.39)
H3	10	10	10	2	0.200(0.63)
H4	12	12	12	12	1.000(3.16)

注意：()はH1を基準とした生還率

還率を比較すると、 H_2 、 H_4 は表4-2における $\Delta F / \Delta x$ と近い値を示している。 H_0 の生還率が高いが、これは四球が出るということは投手の調子が低下傾向であること或いはバント等で進塁する機械が多いこと等が考えられるが今後とも検討予定である。

4.3.3 投手の防御率の影響

防御率を変えた場合のシミュレーションの考えについては前記(3.3)節に記したが、1987年度巨人のデータを使用してシミュレーションを行った結果を表4-5に記す。

表中GHはセ・リーグ平均防御率3.82を示し、以下G2は2.0、G3=3.0、G4=4.0の防御率である。表の値は打率、打順等は先攻、後攻共同じ値であり投手の防御率のみを変えた結果であるが、防御率の影響は非常に大きく

表 4-5 防御率の影響

勝敗比は大体防御率比の3.3乗に逆比例している。チームの強化に当たり先ず投手の強化が重視されるのも妥当なことと思われる。

試合 組合せ	勝数	GH	Gi (i=2,3,4)	勝敗率 Gi/GH (i=2,3,4)	防御率比 Gi/GH
GH : G 2		10358	83613	8.070	0.524
GH : G 3		26796	65401	2.440	0.785
GH : G 4		50676	41816	0.825	1.050

5. 要 約

以上野球競技を理論、実際面或いは計算機シミュレーション等により検討してきた。第4章において各項ごとに結果の説明及び考察を行ってきたが要約すれば下記のとおりである。

- (1) アウト数も考慮して各塁状態においてイニング終了迄に得点の入る確率、期待出来る平均得点等を理論値、実際値及びシミュレーション値を比較検討した結果大体の傾向は一致しているが、平均値でみると計算値 < シミュレーション値 < 実際値となっている。特に2アウトの場合この差が大きく、これは選手の心理作用或いは監督の運用方針等が影響していると思われる。
- (2) 各塁打を増減させた場合の得点の増減を計算機シミュレーションにより求め各塁打の得点への貢献度を求めた。チームの出塁率、各塁打の出塁数に対する割合等で値は若干異なるが、平均値でみると全打席に対し単打を1%増加した際の得点は1試合当たり0.2点増加する。また、単打を基準1として比較すると二塁打は1.38、本塁打は2.5、四球は0.7となる。
- (3) 得点が入った場合それがどの打撃により入ったか、或いは各塁打のうち得点に結びつく割合、及び塁に出た走者が進塁および本塁まで進む割合等を当大学のデータを調べ興味ある結果が得られた。
- (4) 投手の防御率を変えた際の影響をシミュレーションにより検討した結果その影響は非常に大きく、先攻、後攻を同一条件とした場合勝敗比は防御率比の3.3乗に逆比例する結果が得られた。

6. 結 び

今回は野球競技を理論面、実際面および計算機シミュレーションにより検討し若干の成果が得られたが、データは30試合分と少なく実際面のデータの精度が若干低いようである。今後は更にデータを集積して精度を上げていく必要がある。また各塁打の得点への貢献度は主に計算機シミュレーションにより求めたが、これを実際のデータから理論的に検討し両者比較することも興味ある問題である。今後は、シミュレーションの結果と実際の結果とが一致するように人為的要因を考慮して、シミュレーションを更に正確に行う必要がある。

終わりに本研究を進めるに当たりデータ貸与の便宜を頂いた野島学生部長他関係者各位に感謝する。またデータ整理その他にご協力頂いた当科卒研究生、中谷、末吉両君ならびに岐阜大学松浦先生に厚く御礼申し上げる。

【参考文献】

- 1) 平野，高田，松浦：状態推移表を用いた野球の攻撃面における打順の効果，福井工大研究紀要（第19号，1989）
- 2) 高田，金井，平野：野球競技のシミュレーションと人為的影響，電気関係学会北陸支部連合大会B-76（1989）
- 3) 鳩山：野球のOR，オペレーションズ・リサーチ（Vol24，No.4，1979）
- 4) G.R.Lindsey：An Investigation of Strategies in Baseball, Operations Research (1963,8)