

野球競技における各塁打の得点に及ぼす効果 (重回帰分析の適用)

平 野 忠 男*・小 野 美 貴**・野 村 昌 三*

Effect of Base Hits to Runs in a Baseball Game (Application of Multi-Variable Analysis Method)

Tadao Hirano, Miki Ono and Shozo Nomura

The purpose of this study is to consider the effect of each type of base hit to runs in the baseball game. For the first time, we had made theoretical reasoning on calculating runs by different types of base hit. Secondly we examined the same reasoning through the computer simulation. This time we have applied multi-variable analysis to research the actual effect on runs by each type of base hit. One of our conclusions drawn from the researches shows that the factors of the contribution by theoretical calculation, computer simulation and multi-variable analysis respectively coincide with each other in many cases. Values of contribution to runs in response to various cases, such as base on balls, single, double, triple-base hit, home run and error are equivalent to 0.71, 1.0, 1.48, 1.81, 1.93, 0.76 respectively.

1. まえがき

野球は我が国において最も人気のある競技であり愛好者も多い。野球は理論的に考えれば、攻撃面において打者の打撃内容による塁状態の変化、および各塁状態におい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、OR(オペレーションズリサーチ)の分野でも以前に検討されたことがある。⁽⁶⁾しかし当時の計算機的能力が不十分であり、十分な成果が得られていない。最近計算機的能力が飛躍的に増大したことを踏まえ、筆者らは野球競技を理論面の他に計算機によりシミュレートする手法について検討し、打順の影響、各塁状態における期待得点数について調査し、これらの研究成果は本学紀要等にも種々発表して来た^{(1)~(3)}。各塁打の得点に及ぼす効果についても理論面およびシミュレーションにより検討してきたが⁽⁴⁾、実試合のデータとの関係が不明であり、今回この点を重点に検討してきたので、以下この研究結果を記す。

2. 理論およびシミュレーションの概要

野球競技をマルコフ過程と考えれば攻撃面における状態は厳密に言えば $2592 (= 8 \times 9 \times 3 \times 3 \times 4)$ であり、次の状態への推移確率を求めるのは不可能に近いので、以下理論面では手計算で論じられる程度まで野球モデルを簡素化して計算する⁽⁵⁾。このため以下のことを仮定した。

- (1) チーム内の打者の能力は均一である。
- (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、牽制死、捕逸等は考えない。
- (3) 打者の打撃の結果は、アウト、四死球、単打、二、三、本塁打のいずれかである。

2-1. 計算に必要な変数、関数の説明

上記の仮定の下でのチームの打撃能力は

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

* 経営工学科 ** 大学院電気工学専攻修了(現住電オプコム)

で表される。ここで P は打者がアウト以外の5つの打撃(以下 P ヒットと呼ぶ)を生ずる確率、 α_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時に、それぞれ四死球、単打、二、三、本塁打である条件付き確率であり、従って

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

が成立する。また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、いなければ0をとる。この際、次の関数を定義する。一般にこれらの関数は前記 S の関数であるが、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、イニング終了までの期待得点数

$\gamma(i, x_1, x_2, x_3) : (i, x_1, x_2, x_3)$ を初期状態とし、イニング終了までの得点の入る確率

$\phi_n(i, x_1, x_2, x_3) : (i, x_1, x_2, x_3)$ を初期状態とし、イニング終了までに n 点入る確率

$P_n(m, i, x_1, x_2, x_3) : (i, x_1, x_2, x_3)$ を初期状態とし、イニング終了までに m 本の P ヒットが生ずるとき n 点獲得する確率

上記の関数 ϕ_n を用いれば下式が求まる。

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

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

i アウトを初期状態とし、イニング終了までに m 本の P ヒットを生む確率を Π_m^i とすれば

$$\Pi_m^i = \binom{m+2-i}{2-i} P^m (1-P)^{3-i} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

いま $P_n(m, 0, 000) = P_n(m)$ と略記し詳細な計算をすれば下式が求まる⁽⁴⁾。

$$\mu(0, 000) = \sum_{n=1}^{\infty} n \Pi_n^0 - P_0(1) \sum_{n=1}^{\infty} \Pi_n^0 - P_0(2) \sum_{n=2}^{\infty} \Pi_n^0 - P_0(3) \sum_{n=3}^{\infty} \Pi_n^0 \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

2-2. 各塁打の得点への貢献度

チームの1イニングの平均得点 $\mu(0, 000)$ は打撃能力 S の関係であり、これを $f(S)$ で表す。四死球率 $P_0 = \alpha_0 P$ の変化により平均得点 $f(S)$ がいかに変化するかを計算すれば

$$\frac{\partial f}{\partial P_0} = \frac{\partial f}{\partial P} + \frac{1 - \alpha_0}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_0} - \sum_{j=1}^4 \frac{\alpha_j}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_j} - \alpha_4 \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

同様に単打率 P_1 、二、三、本塁打率を P_2, P_3, P_4 の増加による平均得点の増加率はそれぞれ

$$\frac{\partial f}{\partial P_i} = \frac{\partial f}{\partial P} + \frac{1 - \alpha_i}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_i} - \sum_{j=0}^3 \frac{\alpha_j}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_j} \quad (\text{ただし } j \neq i) \quad (i = 1, 2, 3) \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\frac{\partial f}{\partial P_4} = \frac{\partial f}{\partial P} - \sum_{j=0}^3 \frac{\alpha_j}{P} \frac{\partial f}{\partial \alpha_j} + (1 - \alpha_4) \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

となる。なお、 $\frac{\partial f}{\partial \alpha_i}$ ($i = 0 \sim 4$) は α_i, P の多項式で表される⁽⁴⁾。

2-3 計算機シミュレーションの方法

表2-1に塁状態推移表を示す。左列の各塁状態に応じて $j = 1 \sim 8$ の番号をつける。上の行の各打撃内容 I に応じて次の状態が決まる。エラーは相手チームのエラーである。塁状態と各打撃内容 I による得点表、アウト表も同様に作成した。なお同じ打撃内容でも次の状態、得点、アウト数等はいろいろの場合が考えられるので3次元配列とし、それぞれの発生確率はたとえば0.5, 0.3, 0.2とした。各選手の前年度打撃実績から、四死球、単、二、三、本塁打、ゴロ、フライ等の10項目の発生率を求め、乱数利用によりどの打撃になるか、すなわち入力を求める。表2-1により新しい状態、得点、アウト数等が得られる。各打者ごとに乱数を発生させて試合を進めていき、アウト数が3になればそのイニングは終わる。

表2-1 塁状態推移表

前の状態		次の状態番号への推移									
状態番号	塁状態	単打	二塁打	三塁打	本塁打	四死球	三振	ゴロ	フライ	エラー	牽制死
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

各塁打の得点への影響をシミュレーションにより求めるには、たとえば、四死球の場合入力データとなる四死球数を±10%変化し、この際シミュレーション結果より得られる総得点数の増加あるいは減少を Δf とすれば、1イニング当たり

$$\frac{df}{dp_0} = \Delta f / \text{シミュレーション回数} / (\alpha_0 P \times 0.1) / (9 \times 2) \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

となる。他の塁打も同様にして求めることができる。また毎試合ごとの得点についても、塁打数を10%変化する前後の得点の変化を調べ、各塁打の影響を求めることができる。

3. 重回帰分析による検討

実試合のデータを多数集積し、各塁打の得点への貢献度を重回帰分析を適用して求めることにする。複数個の変数 x_1, x_2, \dots, x_p に基づいて一つの変数 y を推定する式

$$y = C + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

は y の x_1, x_2, \dots, x_p に対する重回帰式と呼ばれる。ここで x_1, x_2, \dots, x_p は説明変数(独立変数)、 y は目的変数(従属変数)という。計測の容易な x_1, x_2, \dots, x_p から y を推定し、あるいは予測、制御する場合に用いられる。係数 β_i は x_i 以外の y への影響を取り除いた場合の x_i の y への影響の度合いである。

野球の場合について考えれば、各試合において得られる得点を目的変数、得点の原因となる各塁打および相手チームのエラー等が説明変数となる。N回の試合について、毎試合ごとの各塁打数、相手チームのエラー数、得点数を求め、これを統計処理して(3.1)式の β_i を求めることにする。いまデータを表3-1のように表す。

表3-1 大きさNの標本

実験番号	1	2	...	j	...	N
X_1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1N}
:	:	:	:	:	:	:
X_p	x_{p1}	x_{p2}	...	x_{pj}	...	x_{pN}
y	y_1	y_2	...	y_j	...	y_N

j 番目のデータは対になった $P+1$ 個の値($x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{pj}, y_j$)として与えられている。計測されたN個のデータから重回帰式

$$y = C + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

の回帰係数 $\beta_i (i=1 \sim P)$ を求める手法について記す。説明を簡素化するための説明変数を2として計算する。この際は表3-1において x_1, x_2 のみを使用する。重回帰式

$$y_j = C + \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j} + \varepsilon_j (j=1, 2, \dots, N) \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

において残差 ε_j は互いに無関係で平均は0, 分散は σ^2 とする。上式より

$$\begin{aligned}\varepsilon_j &= y_j - (C + \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j}) \quad (j = 1, 2, \dots, N) \\ E &= \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_N^2 \\ &= \{y_1 - (C + \beta_1 x_{11} + \beta_2 x_{21})\}^2 + \{y_2 - (C + \beta_1 x_{12} + \beta_2 x_{22})\}^2 + \dots \quad \dots\dots (3.4) \\ &\quad + \{y_N - (C + \beta_1 x_{1N} + \beta_2 x_{2N})\}^2\end{aligned}$$

係数 β_i は残差平方和 E を最小にするように、 $\partial E / \partial \beta_i = 0$ より求める。すなわち

$$\partial E / \partial \beta_1 = 0 \quad \partial E / \partial \beta_2 = 0 \quad \text{より、} \sum \text{はすべて } i = 1 \sim N \text{ として}$$

$$\sum y_i x_{1i} = \beta_1 \sum x_{1i}^2 + \sum x_{1i} (C + \beta_2 x_{2i}) = C \sum x_{1i} + \beta_1 \sum x_{1i}^2 + \beta_2 \sum x_{1i} x_{2i}$$

同様に

$$\sum y_i x_{2i} = C \sum x_{2i} + \beta_1 \sum x_{1i} x_{2i} + \beta_2 \sum x_{2i}^2$$

$$\sum y_i = NC + \beta_1 \sum x_{1i} + \beta_2 \sum x_{2i}$$

$$\therefore C = \frac{1}{N} \sum y_i - \beta_1 \sum x_{1i} / N - \beta_2 \sum x_{2i} / N = \bar{y} - (\beta_1 \bar{x}_1 + \beta_2 \bar{x}_2) \quad (\bar{y}, \bar{x}_1, \bar{x}_2 \text{ は平均値を示す})$$

ここで

$$S_{1y} = \sum_i x_{1i} y_i, \quad S_{2y} = \sum_i x_{2i} y_i, \quad S_{11} = \sum_i x_{1i}^2, \quad S_{22} = \sum_i x_{2i}^2, \quad S_{12} = \sum_i x_{1i} x_{2i}$$

等と書き改めれば前式より

$$\left. \begin{aligned}\beta_1 S_{11} + \beta_2 S_{12} &= S_{1y} \\ \beta_1 S_{21} + \beta_2 S_{22} &= S_{2y} \\ C &= \bar{y} - (\beta_1 \bar{x}_1 + \beta_2 \bar{x}_2)\end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

となる。同様にして説明変数 P 個の場合の回帰係数 $\beta_j (j = 1 \sim P)$ は、分散、共分散行列 (3.6) を求め、これより (3.7) 式を解くことによって求められる。

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1P} & S_{1y} \\ S_{21} & S_{22} & & S_{2P} & S_{2y} \\ \vdots & & & & \\ S_{P1} & S_{P2} & & S_{PP} & S_{Py} \\ S_{1y} & S_{2y} & & S_{Py} & S_{yy} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

$$\left. \begin{aligned}S_{11}\beta_1 + S_{12}\beta_2 + \dots + S_{1P}\beta_P &= S_{1y} \\ S_{21}\beta_1 + S_{22}\beta_2 + \dots + S_{2P}\beta_P &= S_{2y} \\ \vdots & \\ S_{P1}\beta_1 + S_{P2}\beta_2 + \dots + S_{PP}\beta_P &= S_{Py} \\ C &= \bar{y} - (\beta_1 \bar{x}_1 + \beta_2 \bar{x}_2 + \dots + \beta_P \bar{x}_P)\end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

4. 試験結果および考察

4-1 使用データ

従来本誌において野球競技の計算機シミュレーションに関する一連の論文を発表してきたが、使用データが1年分約30試合と少なかったため、今回は平成3～5年度分100試合分とデータを増やして計算結果、実験結果の正確さを期した。各塁打の得点への貢献度を計算するために前記(2.7)～(2.9)式が与えられているが、このためには出塁率 P 、およびその内訳 $\alpha_i (i = 0 \sim 4)$ を知る必

要がある。100試合分の対戦スコアを詳細に調査し、整理した結果を表4-1に記す。

表4-1 使用データ(合計数)

四死球	単打	二塁打	三塁打	本塁打	三振	ゴロ	フライ	エラー (出塁)	エラー (全数)	出塁数	打席数	得点
465	602	167	35	33	391	791	832	121	218	1423	3563	534

すなわち、1試合当たり平均塁打は四死球、単、二、三、本塁打、エラーの順に 4.65, 6.02, 1.67, 0.35, 0.33, 1.21 となる。これより出塁率 P 、およびその内訳 α_i を求めた結果を表4-2に記す。なお100試合を通して出塁を許した相手チームのエラー数は 121 であり、エラー出塁を考慮する場合には、これを単打に含めて α_i を求めた。

表4-2 出塁率(P)および出塁内訳($\alpha_0 \sim \alpha_4$)

	P	α_0	α_1	α_2	α_3	α_4
エラーを考慮	0.399	0.327	0.508	0.117	0.0246	0.0232
考慮せず	0.365	0.357	0.462	0.128	0.027	0.025

注: エラーを考慮時の α_1 はエラー出塁を含む

4-2 重回帰分析による結果

各試合ごとの得点を目的変数、四死球数、単、二、三、本塁打数等を説明変数として

- 試合中に相手チームがなしたすべてのエラーを考慮した場合
- 相手チームのエラーのうち出塁を許したエラーのみを考慮した場合
- エラーを考慮しない場合

上記3通りの条件で100試合の対戦スコアより100個の重回帰式を作成した。これより解析ソフト「JNP-IN」を使用して分析を行い x_i の係数 β_i ($i = 0 \sim 5$) を求める。 y を得点、 C を常数項、 x_i ($i = 0 \sim 5$) を各々四死球数、単、二、三、本塁打数、エラー数、 P_i ($i = 0 \sim 5$) をこれらの係数として

$$y = C + \beta_0 x_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5$$

と表される。以下に分析結果を記す。

- (1) すべてのエラーを考慮した場合

$$\left. \begin{aligned} y = & -4.117 + 0.4023x_0 + 0.7053x_1 + 1.024x_2 + 1.352x_3 + 1.212x_4 + 0.353x_5 \\ & (0.570) \quad (1.0) \quad (1.425) \quad (1.917) \quad (1.718) \quad (0.501) \end{aligned} \right\} \cdots \cdots (4.1)$$

$$R^2 = 0.6987$$

() の値は単打を1.0としたときの他の係数との比率であり、 R^2 は予測値の分散/実測値の分散で寄与率あるいは決定係数といわれる。あてはまりの良さを示す尺度である。

- (2) 出塁を許したエラーのみを考慮した場合

$$\left. \begin{aligned} y = & -4.274 + 0.415x_0 + 0.722x_1 + 1.027x_2 + 1.515x_3 + 1.330x_4 + 0.551x_5 \\ & (0.574) \quad (1.0) \quad (1.422) \quad (2.098) \quad (1.814) \quad (0.762) \end{aligned} \right\} \cdots \cdots (4.2)$$

$$R^2 = 0.6975$$

- (3) エラーを考慮しない場合

$$\left. \begin{aligned} y = & -4.121 + 0.470x_0 + 0.767x_1 + 1.014x_2 + 1.432x_3 + 1.459x_4 \\ & (0.653) \quad (1.0) \quad (1.322) \quad (1.867) \quad (1.903) \end{aligned} \right\} \cdots \cdots (4.2)$$

$$R^2 = 0.6767$$

以上各条件を比較すれば、(3)の場合は実際の試合で実在したエラー数を考慮していないため、他の場合と比べ決定係数等精度は若干低下している。

4-3 各塁打の得点への貢献度

前記2-2項において貢献度は計算式(2.7)~(2.9)式より求められる。また2-3項において貢献

度を計算機シミュレーションにより求める方法を記した。シミュレーション回数を10万回として各塁打の得点への貢献度 $k_i = df/dP_i$ ($i = 0 \sim 4$) をエラー出塁を考慮した場合としない場合について求め、結果を表4-3に記す。単打の貢献度を基準値1.0として、他の塁打における貢献度の相対値も下の行に記した。

表4-3 各塁打とエラーの得点への貢献度
(1) エラー出塁を考慮した場合 ($k_i = df/dP_i$)

導出条件		k_0	k_1	k_2	k_3	k_4	エラー
	計 算 値	3.70	4.24	5.24	6.56	9.04	
	k_1 を1とした相対値	0.87	1	1.24	1.55	2.13	
総得点	シミュレーション値	1.64	2.34	3.50	5.66	7.40	
	k_1 を1とした相対値	0.69	1	1.49	2.41	3.16	
平均得点	シミュレーション値	1.98	2.90	5.20	5.19	5.61	
	k_1 を1とした相対値	0.68	1	1.79	1.79	1.82	
重回帰分析	全エラー	0.570	1	1.452	1.917	1.718	0.501
	出塁を許したエラー	0.574	1	1.422	2.10	1.841	0.762

(1) エラー出塁を考慮しない場合 ($k_i = df/dP_i$)

導出条件		k_0	k_1	k_2	k_3	k_4
	計 算 値	3.52	4.35	5.22	6.46	8.99
	k_1 を1とした相対値	0.8	1	1.2	1.49	2.07
総得点	シミュレーション値	1.66	1.97	3.24	5.3	7.86
	k_1 を1とした相対値	0.84	1	1.64	2.69	3.99
平均得点	シミュレーション値	1.9	2.7	3.8	4.3	6.3
	k_1 を1とした相対値	0.68	1	1.4	1.6	2.3
重回帰分析		0.65	1	1.32	1.87	1.90

4-4 考察

(1) 各塁打の得点への貢献度を計算値、シミュレーション値に加え、重回帰分析から得られた回帰係数と比較すると全体的に類似の傾向を示している。三塁打、本塁打の値に大きなバラツキが見られるのは、使用データの母体である本学野球部が三塁打、本塁打の本数の割合が少ないチームであることが原因であると思われる。シミュレーション値に注目すると、総得点数の増加から求めた比率は単打、二、三、本塁打の順で、従来いわれているようにほぼ1:2:3:4となるが、1試合当たり平均得点の増加という見地から整理すれば計算値に近い値となる。

(2) k_i ($i = 0 \sim 4$) の計算値がシミュレーション値等より大きくなっているが、第2節(1)～(3)に記したように計算値は多くの仮定を設けたため実状とはかなり異なったためと思われる。

(3) 具体例としてチームの単打率が10%異なる1試合における得点能力の差は、表4-3の計算値を使用すれば

$$4.24 \times 0.1 \times 9 = 3.816 \quad \text{となる。}$$

同じくシミュレーション値(平均得点)を使用すれば

$$2.9 \times 0.1 \times 9 = 2.61 \quad \text{となる。}$$

(4) 重回帰分析 得点を目的変数としたとき各塁打に対する回帰係数は前記(4. 1)～(4. 3)式の通りである。単打=1として各回帰係数の相対値を表4-3の下の方に記す。この値は本塁打をのぞけばシミュレーション値に類似している。また当然であるがエラーの影響が大きいことが認められる。

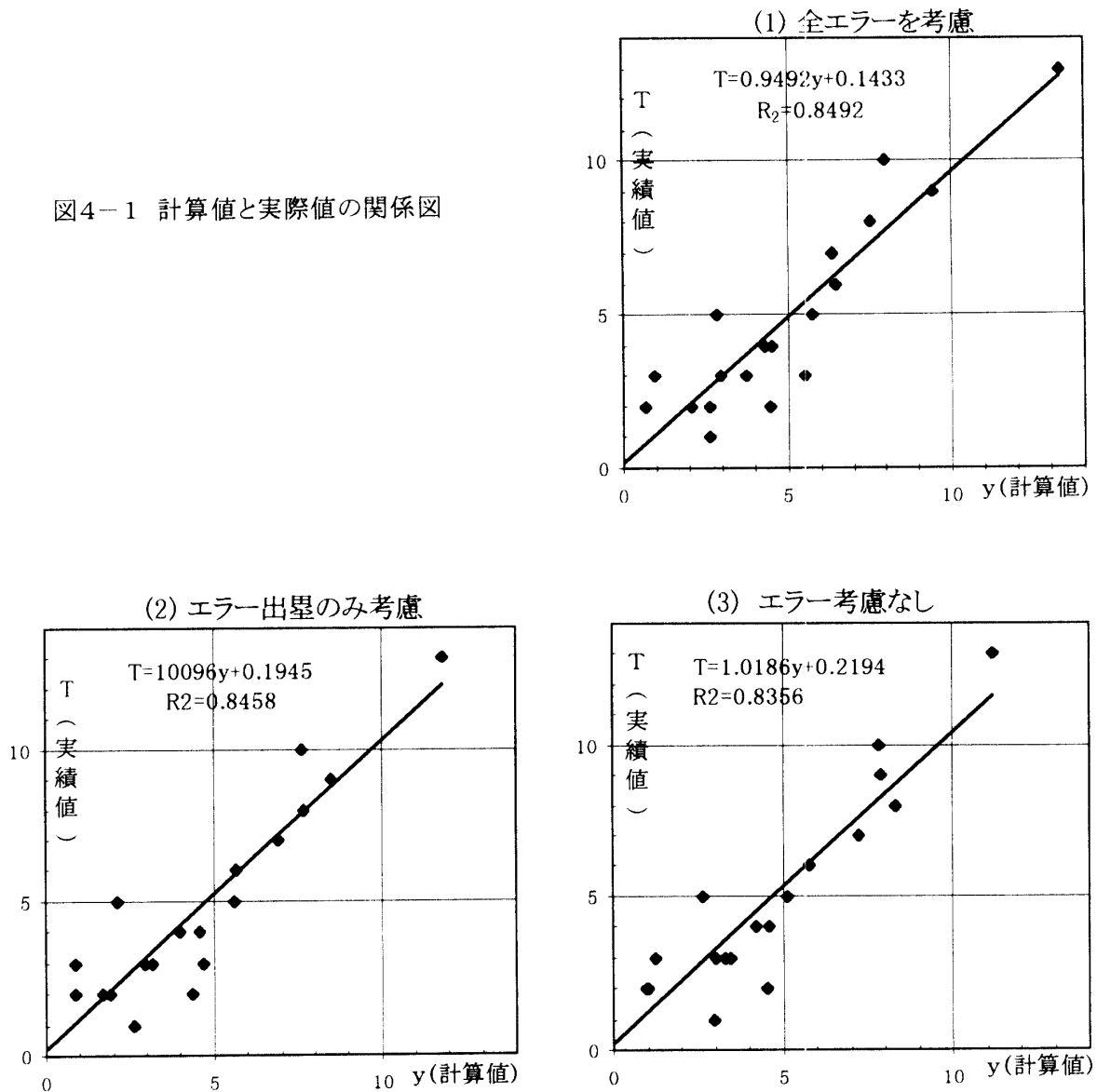
さらに、回帰係数より求めた予想得点(y)と実際得点(T)の関係を詳しく検討するため、20試合分について両者の関係図を図4-1(1)～(3)に示す。最小二乗法により T と y の関係を直線近似して描き、また両者の相関係数 r を求めた。 r は下式によって求められる。

T と y の標準偏差を σ_t, σ_y とし、また平均値を \bar{t}, \bar{y} とすれば

$$r = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})(y_i - \bar{y}) / \sigma_t \sigma_y \quad \dots\dots\dots (4. 4)$$

$r = R2$ として図の左上に記したが、全エラーを考慮した(1)の場合が最も相関が大きくなっている。これは相手チームのエラーが出塁の他に、既存走者に進塁の機会を与えるためと思われる。

図4-1 計算値と実際値の関係図



5. 結 び

野球競技を数学的問題として捉え、理論面、計算機シミュレーションの他に、本論文では新たに多変量解析の手法を取り入れることにより検討の範囲を広げた。各手法によって得られた結果はだいたいの傾向は類似しているが細部では若干異なっている。これは計算あるいはシミュレーションをおこなう上でいろいろ仮定を設けたこと、また実試合でよく使用される犠打、盗塁の要素を無視したことも影響しているものと思われる。今後は計算あるいはシミュレーションをさらに実際の試合の条件に近づけること、また打者の打撃能力に心理面も考慮する等の検討も必要である。

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本学園の歴代野球部監督に感謝する。また計算機操作、データ整理その他にご指導、ご協力を頂いた経営工学科大久保先生(現駿河台大学)、電算機センター石井、清水両先生、金井理事長はじめ各年次の卒研究生各位に厚く感謝する。

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期待得点数の解析、同上(第20号、1990)
 - (3)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-96 (1989)
 - (4)平野、金井、松浦:野球競技において各塁打の得点に及ぼす影響 福井工大研究紀要(第21号、1991)
 - (5)鳩山:野球のOR、オペレーションズ・リサーチ(Vol. 24, No. 4, 1979)
 - (6)G.R.Lindsey: An Investigation of Strategy in Baseball, Operations Research(1963,8)

(平成10年11月30日受理)