

〈原 著〉

経営効率分析法 (DEA) を利用した野球チームの ラインナップ選定のための一手法

—北京五輪野球日本代表候補選手を例として—

廣津 信義*・上田 徹**

A Method for selecting line-ups of a baseball team using Data Envelopment Analysis: An example of utilizing the candidates of Japan national baseball team for the Beijing 2008 Olympic Games

Nobuyoshi HIROTSU* and Tohru UEDA**

Abstract

In this paper, we propose a mathematical approach to select line-ups of a baseball team using DEA (data envelopment analysis). We apply DEA to evaluate baseball players from the view point of uniqueness, and show the evaluation of players by means of DEA efficiency together with SI (scoring index), a measure of batting ability. Further, we evaluate line-ups by the number of the DEA effective players and the expected runs scored in a game by the line-up. We illustrate this method using the candidates of Japan national baseball team for the Beijing 2008 Olympic Games, and demonstrate how this approach may help to select the line-ups, by showing the concrete line-ups with the expected runs scored and the number of effective players.

Key words: Baseball, DEA, Line-up, Mathematical method, Olympic Games

1. 緒 言

北京五輪に向けて星野野球日本代表監督は2007年5月7日付けで、アジア予選の第一次候補選手60名を発表した。候補選手の選抜については、多くの評価項目を基に熟慮を重ねて決定されたものと思われるが、12月から始まるアジア予選に際しては第一次候補選手の中からさらに厳選した上でラインナップを選定しなければならない。

ラインナップの選定当たっては、第一次候補選手で捕手・野手31名だけについて考えても、捕手5名から1名、内野手15名から4名、外野手11名から3名、残り23(=31-8)名から指名打者1名を選定する組み合わせの数は、 ${}_5C_1 \times {}_{15}C_4 \times {}_{11}C_3 \times {}_{23}C_1 = 25,900,875$ 通りとなる。これに打順の違い $9! = 362,880$ 通りを掛け合わせると、約9.4兆通りのラインナップ選定の可能性があることがわかる。監督・コーチはこの膨大な可能性の中からアジア予選3試合のラインナップに絞り込まなければならない。

絞り込むための評価基準については、打撃能力に関する数値指標について考えただけでも、打率、長打率、出塁率、打点、本塁打数など多数の

* 統計学研究室
Seminar of Statistics

** 成蹊大学理工学部情報科学科
Department of Computer and Information Science,
Faculty of Science and Technology, Seikei University

指標があり、どれを重視するかで評価は変わってくる。また、打点や本塁打数については打席数が多い選手の方が有利であるが、打率や長打率は一打数あたりに平均化された指標となっているという違いもある。打撃能力を一つの指標で総合的に評価するという点では、同一選手が繰り返し打席に立ったときの1イニングでの期待得点値を指標としたスコアリング・インデックス (SI) が、また同様な指標として、同一選手が1試合繰り返し打席に立ったときの期待得点値で打者を評価するOERA (Offensive Earned Run Average) がある^{4)~6)8)9)}。

このような指標を利用すれば、選手個人の打撃能力の評価が可能となり、これを9選手からなるラインナップの1試合での得点能力の評価のために発展させた「ラインナップとしての期待得点値 (SIL (Scoring Index of the Line-up))」なども提案されている⁸⁾。この指標に基づき得点能力を評価することで、計算上期待得点値を最大にするラインナップを求めることが可能となる。

しかしながら、このような期待得点値という観点から一律に評価する方法だけでは、選手個々の特長を活かしているかという点で疑問が残るであろう。そこで、本研究ではDEA (Data Envelopment Analysis) の手法を用いることで個々の選手を多角的な視点で評価を行い、その特長をラインナップの評価に加味することで、期待得点値の観点からのみでなく選手の攻撃能力という点での多様性を勘案した形でラインナップを策定する方法を提案する。

DEAは、経営効率分析法ないしは包絡分析法と呼ばれ、企業など事業体の効率性の分析に用いられている手法である¹¹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。回帰分析法が平均を基準として評価していく方法であるのに対し、DEAは最も優れた事業体を基準として評価していくところに特徴がある。今回は、プロ野球選手を対象として、打席数、打数、安打数、打点数、盗塁数などの攻撃に関する多様なデータを用い、ある面で最も優れた能力を有するという観点から有能な選手を特定していく。

なお、DEAによる野球選手の評価については

橋本⁷⁾や上田・住舎¹⁷⁾による研究があり、DEAと期待得点値を組み合わせた選手評価については末吉ら¹²⁾¹³⁾による研究があるが、今回はラインナップとして評価することを目的としている点で新たな試みとなっている。

本研究では、具体的な事例として5月7日に発表された北京五輪野球日本代表 (星野シャパン) 第一次候補選手の捕手・野手31名を対象とし、今期 (2007年) 前半戦の成績を基に、期待得点値が高くかつ選手の攻撃能力という点で多様性のあるラインナップを具体的に提示する。

当然、アジア予選については、選手のコンディションなど他の多くの要因も絡み、選抜対象となる選手やその選抜基準を本稿のように単純に決定することはできないであろうが、定量的な検討により約9.4兆通りから数通りに絞り込むことができ、かつ具体的なラインナップを明示できることに本手法の特徴がある。今後、野球チームにおける選手選定を論じる際の一つの参考になればと考えている。

2. 方 法

2.1 選手の評価

2.1.1 DEAによる評価

本節では野球を例にDEAについて概説する。DEAは比率尺度 (出力/入力) によって評価対象の効率性を相対的に評価する方法と言える。例えば、打率は、出力=安打数、入力=打数、としたときの比率尺度であり、これを基に効率性を評価することが可能となる。ただ打率は攻撃能力の一面を反映するだけであるが、DEAでは複数の評価指標を利用できる点に特徴がある。

例えば、本塁打率=本塁打数/打数と定義し、出力= $u_1 \times$ 本塁打数+ $u_2 \times$ 安打数、入力=打数という比率尺度を定義する。ただし、 u_1 、 u_2 はそれぞれ本塁打と安打の重みを表し、もし本塁打が安打の2倍重要であるとするならば、 $u_1=2$ 、 $u_2=1$ として加重和の値を出力として評価する。このように考えれば、複数の評価指標を入れ込んだ比率尺度を作ることができる。しかしながら、ここで問題となるのが重み u_1 、 u_2 をどのような値にすれ

ば公平な評価となるかという点であり、現実的には誰もが合意できる値を設定することは困難であろう。

そこで、DEA では個々の選手は自分の比率尺度が最大となるように重みを設定できるとしている。すなわち、DEA ではどの選手も u_1 と u_2 について、非負条件などの制約範囲内で自由な値をとることができ、先験的なウェイトの値を必要としない。これは、どの選手も自分の長所を最大限活かした上での評価がなされることになるという点で公平な評価となっている。

このように、入力項目が m 個、出力項目が n 個あったとき、対象選手 j_0 の入力項目 k ($= 1, 2, \dots, m$) に関するデータ x_{kj_0} に重み v_k をかけて加えることにより得られた入力 $\sum_{k=1}^m v_k x_{kj_0}$ と、出力項目 i ($= 1, 2, \dots, n$) に関するデータ y_{ij_0} に重み u_i をかけて加えることにより得られた出力 $\sum_{i=1}^n u_i y_{ij_0}$ からなる

$$\text{比率尺度} = \frac{\sum_{i=1}^n u_i y_{ij_0}}{\sum_{k=1}^m v_k x_{kj_0}}$$

を非負条件などの制約範囲内で最大化するように評価対象の最適な重み v_k, u_i を決定する。

本研究では、野球選手の評価について DEA の適用を行った上田・住舎¹⁷⁾に従い、入出力項目を次のように設定した。

[入力項目] 全選手について等入力 1 とした。

[出力項目] 本塁打率, 打点率, 盗塁率, 打率, 長打率, 出塁率, 得点圏打率の 7 項目とした。

(注) 本塁打率 = 本塁打数/打数, 打点率 = 打点/打席数, 盗塁率 = 盗塁数/出塁数

ただし、出力項目で上田・住舎¹⁷⁾では本塁打率 = 本塁打数/打席数としているなど、若干の差異はあるが、ほぼ同等の評価がなされていると言えよう。

上記 7 出力項目について、星野ジャパン第一次候補選手の捕手・野手 31 名を対象として今期前半

戦終了時に当たる 7 月 18 日付けでの打撃成績¹⁰⁾から求めた値を表 1 に示す。表 1 より、例えば、本塁打率については、高橋由が 0.0685 で新井の 0.0684 を僅差であるが上回り最上位に位置している。また打点率では新井が、盗塁率では荒木が最上位となっている。これらの本塁打率, 打点率, 盗塁率では、それぞれ高橋由, 新井, 荒木が最も優れていると判断され、これを基準として他の選手の効率値を求めることとなる。

ここで表 1 にある出力項目の値を直接用いて選手の効率性の良さを表す指標である DEA 効率値を算出してもよいのであるが、各出力項目間での値のばらつきの違いの影響を排除し各出力項目を均等に扱うために、上田・住舎¹⁷⁾と同様に、下式によって出力項目 i の選手 j に関する標準化された値 y_{ij} を求め、各出力項目の値を標準化した。

$$y_{ij} = \frac{Y_{ij} - \min_j (Y_{ij})}{\max_j (Y_{ij}) - \min_j (Y_{ij})} \quad (1)$$

ここで、 Y_{ij} は出力項目 i の選手 j に関する値、 $\max_j (Y_{ij})$ と $\min_j (Y_{ij})$ はそれぞれ全選手における出力項目 i の最高値と最小値を示す。この標準化を行う事により、各項目の最高値は 1 になり、最小値は 0 になる。

この値を用いて DEA 効率値は次のように計算できる。すなわち、選手 j_0 の効率値は、出力項目 i の重み u_i と選手 j_0 の標準化された出力 y_{ij_0} との積和 (2) を制約式 (3) (4) の下で最大化するという線形計画問題を解くことで得ることができる。

$$\text{目的関数 } \text{Max} \sum_{i=1}^7 u_i y_{ij_0} \quad (2)$$

$$\text{制約式 } \sum_{i=1}^7 u_i y_{ij} \leq 1 \quad (j=1, 2, \dots, 31) \quad (3)$$

$$u_i \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, 6) \quad (4)$$

この線形計画問題を解くと、目的関数は 0 から 1 までの値をとることとなり、この値が DEA 効率値となる。今回の例では、DEA 効率値 1 かつすべての u_i が正の選手は DEA 効率的であり、何らかの点で最も優れた能力を有している。DEA 効率値が 0 以上 1 未満の選手は DEA 非効率的であり、自分よりも優れた選手がいるなどの理由に

表1 第一次候補選手の出力項目に関するデータ

No.	選手名	所属	守備	出力項目						
				本塁打率	打点率	盗塁率	打率	長打率	出塁率	得点圏打点
1	青木	ヤクルト	OF	0.048	0.103	0.077	0.352	0.555	0.437	0.373
2	福留	中日	OF	0.048	0.138	0.035	0.294	0.520	0.443	0.318
3	高橋由	巨人	OF	0.068	0.147	0.008	0.325	0.599	0.425	0.414
4	新井	広島	1B 3B	0.068	0.192	0.010	0.290	0.534	0.358	0.353
5	西岡	ロッテ	2B SS	0.011	0.088	0.139	0.319	0.421	0.373	0.397
6	二岡	巨人	3B SS	0.030	0.155	0.010	0.281	0.411	0.326	0.405
7	荒木	中日	1B 2B 3B SS	0.000	0.048	0.185	0.245	0.275	0.295	0.277
8	中島	西武	3B SS	0.027	0.143	0.056	0.315	0.473	0.372	0.306
9	稲葉	日本ハム	OF	0.030	0.147	0.025	0.315	0.467	0.367	0.340
10	小笠原	巨人	1B 3B	0.060	0.135	0.026	0.320	0.560	0.366	0.287
11	谷	巨人	OF	0.026	0.105	0.063	0.332	0.476	0.372	0.377
12	阿部	巨人	C	0.063	0.173	0.009	0.293	0.530	0.368	0.324
13	大村	ソフトバンク	OF	0.003	0.070	0.065	0.334	0.379	0.356	0.329
14	梵	広島	2B SS	0.017	0.067	0.115	0.251	0.347	0.314	0.167
15	宮本	ヤクルト	2B SS	0.012	0.082	0.022	0.321	0.409	0.360	0.344
16	松中	ソフトバンク	1B	0.043	0.140	0.000	0.267	0.469	0.375	0.225
17	井端	中日	2B 3B SS	0.009	0.080	0.096	0.278	0.368	0.346	0.347
18	鉄平	楽天	OF	0.025	0.102	0.056	0.259	0.379	0.314	0.346
19	村田	横浜	1B 2B 3B	0.045	0.135	0.000	0.284	0.486	0.365	0.289
20	和田	西武	OF	0.030	0.092	0.018	0.305	0.436	0.361	0.286
21	里崎	ロッテ	C	0.025	0.132	0.011	0.277	0.436	0.324	0.286
22	相川	横浜	C	0.005	0.079	0.000	0.288	0.354	0.369	0.327
23	多村	ソフトバンク	OF	0.034	0.128	0.010	0.275	0.437	0.346	0.280
24	今江	ロッテ	2B 3B SS	0.028	0.132	0.000	0.269	0.414	0.299	0.286
25	村松	オリックス	OF	0.000	0.066	0.065	0.288	0.331	0.332	0.265
26	北川	オリックス	1B 3B	0.020	0.107	0.029	0.272	0.389	0.308	0.284
27	鳥谷	阪神	3B SS	0.013	0.074	0.023	0.285	0.382	0.372	0.269
28	磯部	楽天	OF	0.006	0.087	0.044	0.279	0.357	0.330	0.244
29	今岡	阪神	1B 2B 3B SS	0.007	0.053	0.000	0.280	0.323	0.320	0.173
30	谷繁	中日	C	0.014	0.092	0.000	0.249	0.332	0.331	0.213
31	矢野	阪神	C	0.011	0.090	0.000	0.225	0.308	0.284	0.245
最大				0.068	0.192	0.185	0.352	0.599	0.443	0.414
最小				0.000	0.048	0.000	0.225	0.275	0.284	0.167

注：内野手の守備はベースボール・マガジン社³⁾による。

より最も優れている選手とは言えない。実際には、個々の選手 j_0 ($j_0=1, 2, \dots, 31$) について解いていくことで、各選手のDEA効率値とその時の最適な重みが計算できる。

2.1.2 スコアリング・インデックスによる評価

前節では、DEAについて概説したが、本節ではSIについて述べる。SIは選手の打撃能力の指標であり、同一打者が繰り返し打席に立ったとした時の1イニングでの期待得点値を確率モデルを

用いて算出した値である。選手を得点能力という観点から一律に評価できる一つの指標であり、その値が高い選手ほど得点能力が高い選手であると言える。SI 値の算出にあたっては、打撃結果とそれに基づく走者の進塁が D'Esopo and Lefkowitz モデル¹⁾⁶⁾⁸⁾に従うとしている。このモデルは、表 2 に示すように、1 塁打・2 塁打・3 塁打・本塁打・四球・アウトというわずか 6 つの打撃結果とその際の進塁規則により定義されており、各選手がこの 6 つの打撃結果となる確率さえ決めれば、SI は計算できる訳である。紙幅の都合により詳述はしないが、例えば、各選手が 1 塁打・2 塁打・3 塁打・本塁打・四球・アウトとなる確率に従って進行する試合を連立一次方程式にて表現し、それを解くことにより SI を算出できる⁸⁾。

2.2 ラインナップの評価

上述したように、個々の選手は DEA 効率値と SI という異なる観点から評価することが可能となるが、本節では選手個々ではなくラインナップとしての評価の仕方について述べる。まず、可能なラインナップについて考えてみると、五輪での野球は指名打者制であることから、ラインナップとして成立するためには、まず守備の要件である捕手 (C)、一塁手 (1B)、二塁手 (2B)、三塁手 (3B)、遊撃手 (SS)、外野手 (OF) と指名打者 (DH) に選手が配置できることが必要となる。候補選手は捕手・内野手・外野手別に選抜されているが、本研究では内野手は 1B, 2B, 3B, SS の違いを考慮するべきであると考えて、各内野手の可

能な守備位置はベースボール・マガジン社³⁾に拠ることにした。

さらに、この守備の要件を満たすラインナップについて、以下の 2 つの観点から評価していった。

1) 選手の多様性

DEA 効率的な選手は、何らかの点で最も優れており特長のある選手と言える。ここでは、DEA 効率的な選手の数が多く異なるタイプの特長ある選手が揃っており、多様性が高くラインナップとして優れていると判断することとした。

2) 得点能力

9 選手からなるラインナップの 1 試合での期待得点値である SIL が高いほど、得点能力が優れていると判断することとした。

なお、SIL は、前節に示した SI の計算と同様に、D'Esopo and Lefkowitz モデルに従い試合が進行するという前提で、9 選手の打順の推移を勘案することにより計算できる。紙幅の都合から、具体的な計算方法は廣津・宮地⁸⁾を参照されたい。

3. 結 果

3.1 選手の評価

まず、2.1.1 節で述べた方法に従い、表 1 に示した本塁打率、打点率、盗塁率、打率、長打率、出塁率、得点圏打率の 7 出力項目の値を (1) 式に基づき標準化した上で、(2)-(4) の線形計画問題を解き各選手の DEA 効率値を求めた結果を表 3 に示す。同表に示すように、青木・福留・高橋由・新井・西岡・二岡・荒木の 7 名の選手が効率値 1 かつすべての u_i が正となり DEA 効率的であると判定された。他の選手は効率値が 1 未満であり DEA 非効率的と判断され、最低は矢野で効率値 0.35 であった。

また、2.1.2 節で述べた方法に従い、各選手の SI 値を算出した結果を表 3 に併記している。SI の定義からその値が高い選手ほど得点能力が優れた選手であるといえる。例えば、青木は SI 値が 1.05 点であり、青木が繰り返し打席に立ったならば計算上 1 イニング当たり 1.05 点得点できることを意味する。表 3 からわかるように、SI 上

表 2 D'Esopo and Lefkowitz モデル

打撃結果	進 塁 規 則
1 塁打	打者は 1 塁へ、1 塁走者は 2 塁へ進塁する。2・3 塁の走者は得点する。
2 塁打	打者は 2 塁へ、1 塁走者は 3 塁へ進塁する。2・3 塁の走者は得点する。
3 塁打	打者は 3 塁へ、すべての走者は得点する。
本塁打	打者及びすべての走者が得点する。
四球	打者は 1 塁へ、それに伴い走者は進塁する。
アウト	どの走者も進塁しない。

表3 第一次候補選手の DEA 効率値と SI 値およびラインナップの例

No.	選手	DEA			SI	ラインナップ															
		効果値	参照集合		SI 値 (順位)	A	A'	B	B'	C	C'	D	D'	E	E'	F	F'	G	G'	H	H'
1	青木	1			1.05 (1)	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*				
2	福留	1			1.00 (2)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
3	高橋由	1			0.98 (3)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
4	新井	1			0.75 (5)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
5	西岡	1			0.62(12)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
6	二岡	1			0.49(18)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
7	荒木	1			0.26(31)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
8	中島	0.997	青木	新井	西岡	0.64(10)						*	*	*	*	*	*	*	*	*	
9	稲葉	0.96	青木	高橋由	新井	0.62(11)								*	*	*	*	*	*	*	
10	小笠原	0.95	青木	高橋由	新井	0.78(4)	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	
11	谷	0.95	青木	高橋由	西岡	0.68(8)								*	*	*	*	*	*	*	
12	阿部	0.93	青木	福留	高橋由	新井	0.74(6)	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
13	大村	0.86	青木			0.48(20)															
14	梵	0.83	青木	新井	荒木	0.39(27)								*	*	*	*	*	*	*	
15	宮本	0.81	青木	高橋由		0.53(16)															
16	松中	0.79	福留	新井		0.69(7)		*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
17	井端	0.78	高橋由	西岡		0.46(21)															
18	鉄平	0.76	高橋由	新井	西岡	二岡	0.42(24)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
19	村田	0.73	福留	高橋由	新井	0.64(9)				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
20	和田	0.67	青木	高橋由		0.61(13)											*	*	*	*	
21	里崎	0.67	青木	高橋由	新井	0.49(19)															
22	相川	0.65	高橋由			0.51(17)															
23	多村	0.64	青木	福留	高橋由	新井	0.55(14)													*	
24	今江	0.62	高橋由	新井		0.43(23)														*	
25	村松	0.58	青木	西岡		0.38(28)			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
26	北川	0.57	青木	高橋由	新井	西岡	0.41(26)									*	*	*	*	*	
27	鳥谷	0.57	青木	福留		0.55(15)														*	
28	磯部	0.54	青木	新井	西岡	0.43(22)					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
29	今岡	0.43	青木			0.35(29)		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
30	谷繁	0.39	福留	新井		0.41(25)												*	*	*	
31	矢野	0.35	新井	二岡		0.29(30)		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
DEA 効率的な選手数						7	6	5	4	3	2	1	0								
期待得点値 (SIL)						最大	6.61	7.07	7.24	7.24	7.17	6.80	6.42	6.32							
						最小	5.28	4.72	4.27	3.84	3.52	3.36	3.29	3.46							

位は、プロ野球屈指の好打者により占められている。

なお、表3から読み取れるように青木・福留・高橋由・新井は DEA 効率的でありかつ SI 値も高いが、小笠原は SI 値4位と新井を上回るものの効率値は0.95であり DEA 非効率的と判断されている。この理由として、小笠原の7出力項目での成績が、青木・高橋由・新井3選手を組み合わせ得られる成績よりも劣っており、小笠原の特長を見いだせないことが挙げられる。すなわち、DEA 非効率的な選手には、成績が優越されるという意味で、その選手を代替できるような DEA 効率的な選手群が存在する。このような選手群は

“参照集合”と呼ばれており、表3の参照集合の欄に記載している。小笠原の参照集合は青木・高橋由・新井の3選手であるが、大村のように青木だけという選手もいる。ちなみに、大村は表1から察することができるように7出力項目について青木と似たような特性をもつといえるが、すべての点で劣っている。別の言い方をすれば、DEA 非効率的な選手に着目した時、参照集合はその選手の特長を延ばす方向に位置するような DEA 効率的な選手群を示しているとも言える。

3.2 ラインナップとしての評価

次に、ラインナップとしての評価の結果について述べる。守備の要件を満たすラインナップにつ

いて、1)選手の多様性、2)得点能力、という観点から策定した結果が表3に例示されている。A, A', B, B'… の記号で示された欄で*印のついた選手がそれぞれのラインナップに入っている。例えば、AはDEA効率的な選手7名全員を揃えた上で、他2名をSIの上位から小笠原・阿部と順に選ぶことによりSILが6.61点と最大になるラインナップである。A'は逆に他2名を矢野・今岡としたもので、DEA効率的な選手7名を揃えた中ではSILが最小の5.28点となっている。BはDEA効率的な選手数を6名とした時に、SILが最大となるラインナップで、B'は逆に最小となるラインナップである。以下同様に、C, C', D, D'… と示されている。

表3より、SILは効率的な選手が4名のとき最大で7.242点となる。この時のラインナップはD欄に示される選手からなり、SIの上位から順に(谷を除いた)9名が選抜された構成となっている。

4. 考 察

4.1 選手の評価

まず、各選手の評価結果について考察する。選手ごとにDEA効率値とSI値との関係を図示したものが図1である。同図より、一般的にDEA効率値が低いとSI値も低くなるという傾向があり、DEA効率値が低いとSI値が極端に高いというタイプの選手は存在しないことが分かる。

なお、表1から読み取れるが、青木は打率で、福留は出塁率で、高橋由は本塁打率・長打率・得点圏打率で、新井は打点率で、荒木は盗塁率で、それぞれ最上位であることからDEA効率的と判断されている。また、西岡は盗塁率が2位で得点圏打率が3位であり、二岡は得点圏打率が2位で打点率が3位であるという点で、それぞれ特長を有しておりDEA効率的と判断されている。

4.2 ラインナップとしての評価

次に、ラインナップとしての評価結果であるが、まず表3の各ラインナップについて、DEA効率的な選手数とSIL値を2軸として図示すると図2のようになる。3.2節で述べたようにSIL

SI値

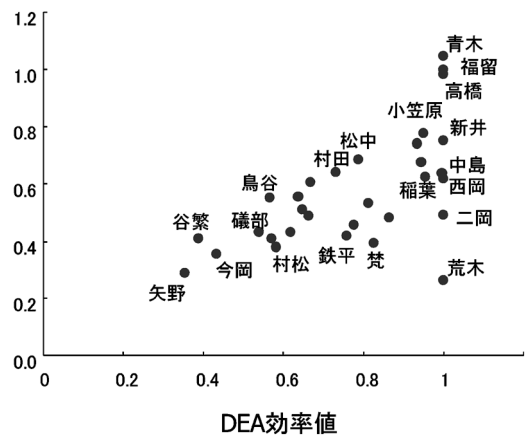


図1 DEA効率値とSI値の関係

値はDEA効率的な選手数が4のとき最大となっている。DEA効率的な選手数を4から7に増加させると、選手の多様性という点では向上するが、SILの最大値は低下する。その最大値を実現するラインナップも図中に明示している。

このように選手の多様性を向上させるとSILの最大値は逆に低下するが、図2で示したこの境界に位置するラインナップA, B, C, Dについては、多様性と得点能力という点でトレードオフの状況にあり、どれがよいかという判断は難しい。ただ、他の膨大な数のラインナップと比較して相対的に優れており、少なくともこの4例に絞り込むことができたことでも十分ではないかと思われる。また、より複雑になるので本稿では示してはいないが、監督・コーチからの要請があれば、この境界近くに位置するラインナップ群を十数~数十例を提示することも可能であり、ラインナップを絞り込む際の参考になると思われる。

逆に、本手法を利用することで、多様性が小さくかつ得点能力の低いラインナップも明示することも可能であり、優れたラインナップとの違いを定量的に把握することもできる。例えば、SILが最小となるラインナップG'はDEA効率的な選手としては荒木が入っているだけで、SIL値は3.29点となっている。今回のように優れた候補選

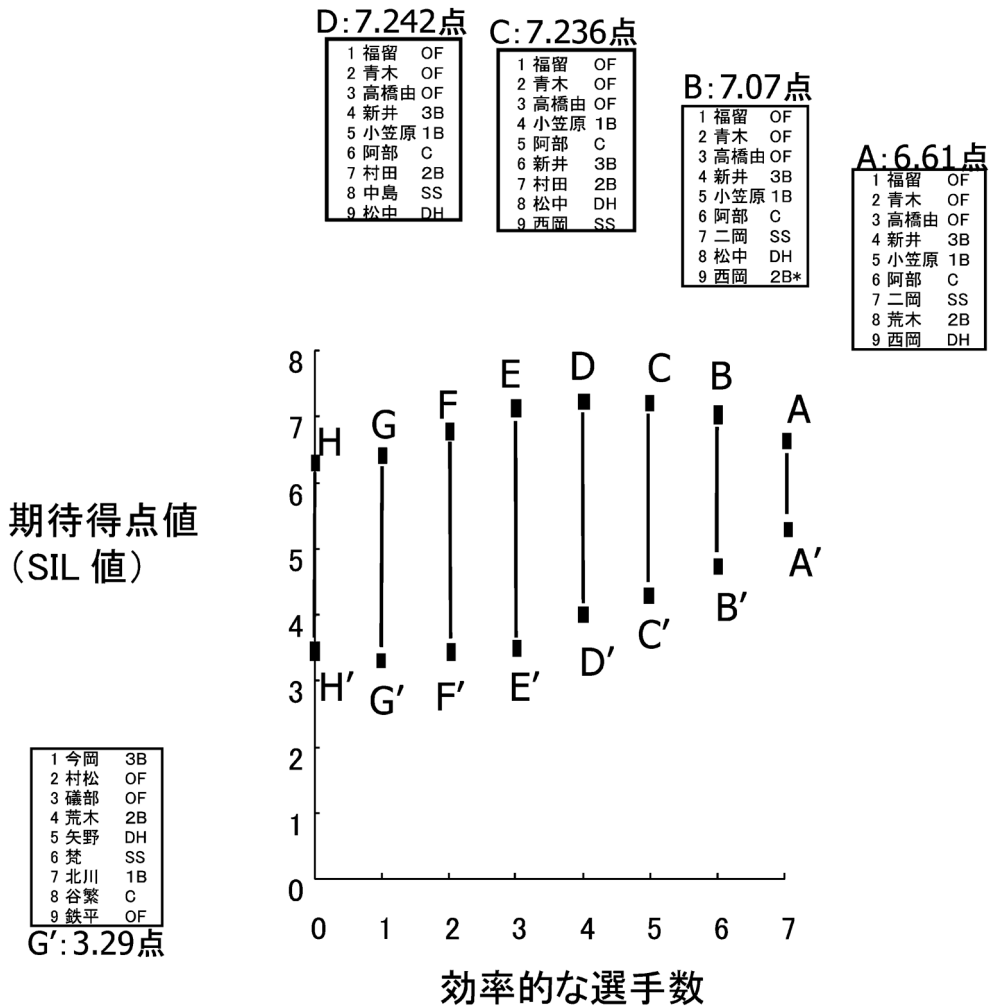


図2 効率的な選手数と期待得点値 (SIL 値) の関係

手の中からの選抜であっても SIL の観点からは最大と最小で4点近くもの開きが出てくることになる。

なお、打順による得点能力の違いについては、概ね0.2~0.3点程度であり、打順よりも選手選定の方が SIL への影響が大きい。打順については、伝統的に1番打者は出塁率が高い方がよいなど、1~9番それぞれに望まれる打者のタイプがあり、上田・住舎¹⁷⁾はアンケート調査を用いて各番の望まれるタイプを考慮した形で、打順選定に DEA を利用した分析を行っている。ただ、上述

したように打順よりも選手選定の方が SIL への影響が極めて大きいので今回は割愛した。ちなみに、打順については A, B, C, D のどれについても SI 値の最も高い青木が2番に配置されており、2番打者の重要性を指摘している先行研究の結果⁴⁾⁸⁾と一致している。

また、今回は守備可能位置をベースボール・レコードブック³⁾に拠ったが、例えば、村田は内野手として選抜されているものの、今期前半戦については2Bとして一度も守備していないので疑問視する方があるかもしれない。そこで今期前半戦

で2Bを守備している内野手として、村田の代わりに荒木を起用するとSILの最大が6.83点と低下する。また、逆に内野手が内野ならどこでも守備可能とするならば、SI上位9名からなるラインナップを組むことができSILは最大で7.28点となる。星野監督は今回は短期決戦のため守りを優先させて選手選抜したようであるが、このように守備位置の可否などの要因により想定されるラインナップは変わる。また今回は今期前半戦での成績に基づき出力項目の値を決めたが、いつの時点でのデータを用いるかということでも選手の評価に影響するであろう。やはり、本手法を用いる際には、最終的には監督・コーチと計算結果のやりとりをしながら絞り込みをしていくことが望ましいと言えよう。

5. 結 論

以上、星野ジャパン第一次候補選手を例として、各選手をDEA効率値とSIの観点から評価するとともに、ラインナップについて、従来のSILによる得点能力だけでなく、DEAにより選手の多様性も加味した形で評価し策定していく方法を提示した。その結果、得点能力という点ではSILは最大7.24点が可能となるが、DEA効率的な選手数は4名に留まることを示した。DEA効率的な選手数を4から7に増加させて、選手の多様性を向上させるとSILの最大値は逆にSILは6.61点まで減少し、具体的なラインナップも例示した。また、SILが最小の3.29点となるラインナップも明示し、打順の影響も0.2~0.3点程度であることも示した。

本稿で示した手法を用いると、ラインナップとその能力が具体的にかつ定量的に明示されるので、監督・コーチはこれを参考にして、数値化できない部分に自らの主観を加えて、より良い総合判断を下すことができるかもしれない。本手法が、監督・コーチの裁量をより生かすための補助的な役割を果たすようになればと願っている。

なお、今回はデータが豊富で数学的に扱いやすい攻撃能力に焦点を当てて解を得たが、現実には投手の能力や守備能力も数値化し考慮していくこ

とでラインナップを選定するなど、今後の課題も残されている。また、DEAの出力項目をどのように選定するかなどという点でも研究をさらに進める必要があると思われる。例えば、同系統の項目を主成分分析を利用してまとめることや¹⁶⁾、過去データから勝利への貢献度合いなどを調査し出力項目の重みを取りうる値の範囲を領域限定法¹¹⁾¹⁴⁾により設定することなども可能であろう。今後、DEAをスポーツに応用する研究は益々発展していくと思われるが、現実役に立つ手法の構築を目指して、選手・チームの評価などができるように応用研究を進めていきたいと考えている。

なお、アジア予選の最終候補は10月に決定する予定であり、アジア予選での最終ラインナップや実際の試合結果と比較するなど、引き続き分析を進めていく予定である。

[本研究は、文科省科学研究費補助金基盤研究(A)課題番号18201030の助成を受け実施している。]

文 献

- 1) アルバート, J., ベネット, J. (2004) メジャーリーグの数理科学〈下〉, シュプリンガー数学リーディングス, 第2巻, 東京, シュプリンガーフェアラーク. (後藤寿彦監修, 加藤貴昭訳)
- 2) Anderson, T. R. and Sharp, G. P. (1997) A new measure of baseball batters using DEA, *Annals of OR* 73, 141-155.
- 3) ベースボール・マガジン社編 (2006) 2007ベースボール・レコード・ブック. 東京, ベースボール・マガジン社, 2006.
- 4) Bukiet, B., Harold, E. R. and Palacios, J. L. (1997) A Markov chain approach to baseball. *Operations Research* 45, 14-23.
- 5) Cover, T. M. and Keilers, C. W. (1977) An offensive earned-run average for baseball. *Operations Research* 25, 729-740.
- 6) D'Esopo, D. A. and Lefkowitz, B. (1977) The distribution of runs in the game of baseball, In *Optimal Strategies in Sports* (S. P. Ladany and R. E. Machol, eds.),

- Amsterdam, North-Holland.
- 7) 橋本昭洋 (1993) DEA による野球打者の評価. *オペレーションズ・リサーチ* 38, 146-153.
 - 8) 廣津信義, 宮地 力 (2004) 野球チームのラインナップ選定のための数理的一手法—日本代表チームの選定を例として—. *オペレーションズ・リサーチ* 49, 380-389.
 - 9) 木下栄蔵 (1992) 野球に勝てる数学—数字から見た勝つための条件. 東京, 電気書院.
 - 10) サンケイスポーツ公式サイト <http://www.sanspo.com/baseball/baseball.html>
 - 11) 末吉俊幸 (2001) DEA—経営効率分析法—. 東京, 朝倉書店.
 - 12) 末吉俊幸・山岸晋作 (1997) DEA/OERA に基づく野球選手の評価. *経営システム* 7, 41-51.
 - 13) Sueyoshi, T., Ohnishi, K. and Kinase, Y. (1999) A Benchmark Approach for Baseball Evaluation. *European Journal of Operational Research* 115, 429-448.
 - 14) 刀根 薫 (1993) 経営効率性の測定と改善—包絡分析法 DEA による—. 東京, 日科技連.
 - 15) 刀根 薫, 上田徹監訳 (2000) 経営効率評価ハンドブック. 東京, 朝倉書店.
 - 16) Ueda, T. and Hoshiaki, Y. (1997) Application of Principal Component Analysis for Parsimonious Summarization of DEA Inputs and/or Outputs. *Journal of the Operations Research Society of Japan* 40, 466-478.
 - 17) 上田 徹, 住倉俊宏 (2002) どの野球選手の攻撃力が優れているだろうか. *オペレーションズ・リサーチ*, 47, 137-141.

(平成19年10月2日 受付)
 (平成19年12月13日 受理)