

DEAによる野球打者の評価

橋本 昭洋

1. はじめに

本研究は、野球打者の評価をDEA(Data Envelopment Analysis)を用いて行なう。

野球打者の評価は、打率、本塁打、打点の3部門に視点が集中しがちである。しかし打者の使命を得点に貢献することと考えると、盗塁、犠打などほかにも考慮すべきものがある。すなわち、それらを総合的に評価すべきである。多次元のを統合するときしばしば用いられるものに、加重和による総合化がある。しかし、先験的な加重システムを得ることは困難であり、またそれが得られたとしても、個々の打者の「売り物」は異なり、一義的な評価は公平でない。以上のように考えると、打者の評価はいくつかの側面を多次元で見ると同時に、一義的な評価システムによらず、打者の特徴を生かした相対評価であることが望ましい。このような要件を兼備するものとして、DEAがある。

DEAは、DMU(Decision-Making Unit, 組織)の相対効率性を測定する手法として、[2]により提案された(DEAの概観については[1, 8, 13]参照)。その数理モデルは付録に示すとおりである。

DEAはDMUが、複数の入力をいかに効率よく複数の出力に変換しているかを検討する。すなわち、他と比較して少量の入力で大量の出力を産出するDMUは、効率的と見なされる。しかし数学的に見ると、DEAにおける入力と出力は、生産においてのように有機的關係があることを必ずしも要求しない(付録参照)。そこで、入力を値が小さいほどよい評価項目、出力を値が大きいほどよい評価項目と置き換えて考えれば、DEAによりそれらの項目の1つの総合評価ができる。また、その総合化は先験的な加重システムによる一義的なものではなく、

はしもと あきひろ 筑波大学 社会工学系

〒305 つくば市天王台1-1-1

受理 92.7.15

再受理 92.9.22

表1 1991年度打撃3部門タイトル獲得者

	パ・リーグ	セ・リーグ
打率	.314 平井(ロ)	.340 古田(ヤ)
本塁打	39 デストラーデ(西)	37 落合(中)
打点	92 トビン(近), デストラーデ(西)	99 広沢(ヤ)

評価されるDMUごとに加重システムが決定されるという、従来とは異なるものである。

このような特徴をもつDEAは、相対効率性の分析だけでなく、さまざまな分野への適用が可能ならばである。しかし現在のところ、標準的な効率性分析以外への適用はわずかししか見あたらない。投票による順位づけ[5]、製品の比較[6]、生活環境の評価[7]などに適用したものが、その例としてあげられる程度である。本研究は、多次元評価分析手法としてのDEAに着目し、野球打者の評価への適用を試みる。

2. DEAの適用

本研究では、1991年度の日本プロ野球をとりあげ、規定打席に達した打者66(パ・リーグ36, セ・リーグ30)人を分析対象のDMUとする。このシーズンは、パは西武、セは広島がリーグ優勝を果たし、日本シリーズは、西武の4勝3敗であった。また、打撃3部門のタイトル獲得者は、表1のとおりである。

打者の評価に使用するデータとして本研究では、2入力(打席, 併殺打)、5出力(安打, 四死球, 盗塁, 犠打, 打点)をとりあげ、いずれも実数で扱う。これらの入出力は次、のように考えて選定した。

前述のように、打者の使命を得点に貢献することと考え、与えられる打席という機会を、いかに効率的に得点への貢献に変換するかを基本的な考え方とする。得点への貢献をさらに、出塁(安打, 四死球)、進塁(盗塁, 犠打)、得点(打点)および負の貢献(併殺打)に分けて考える。このうち併殺打数は、値が小さいほどよいから、負の出力すなわち入力の1つとして考えることができる。また、得点に直結する本塁打、進塁状況を表現す

表 2 入出力の上位・下位 5 人程度とその値

打席	併殺打	安打	四死球	盗塁	犠打	打点
403 平井(口)	2 西村(口)	170 野村(広)	103 デストラーデ(西)	42 大野(ダ)	68 川相(読)	99 広沢(ヤ)
407 大内(日)	3 佐々木(ダ)	163 高木(洋)	99 落合(中)	36 佐々木(ダ)	53 平野(西)	92 トビン(近)
411 白井(日)	3 中島(オ)	160 駒田(読)	89 清原(西)	31 野村(広)	38 大内(日)	92 デストラーデ(西)
415 田辺(西)	4 白井(日)	158 佐々木(ダ)	85 高木(洋)	30 湯上谷(ダ)	34 小川(オ)	91 落合(中)
419 秦(ヤ)	4 藤井(オ)	152 松永(オ)	77 松永(オ)	24 高木(洋)	34 前田(広)	88 秋山(西)
.	4 秦(ヤ)	.	.	.	.	.
.	4 前田(広)	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	2 清原(西)	.
.	.	.	.	.	2 ウィン(神)	.
.	.	.	.	.	2 藤井(オ)	.
571 小川(オ)	14 和田(神)	.	31 田中(日)	.	2 ヴィノス(洋)	.
571 辻(西)	14 ブランドリ(読)	92 岡田(神)	31 秦(ヤ)	0 石嶺(オ)	2 駒田(読)	25 大野(ダ)
573 野村(広)	15 大島(日)	89 藤井(オ)	31 宮里(洋)	0 藤井(オ)	2 オマリ(神)	25 前田(広)
574 佐々木(ダ)	15 ハチョウ(洋)	88 大内(日)	27 ヲイ(中)	0 ハチョウ(洋)	2 ブランドリ(読)	22 本西(オ)
588 高木(洋)	16 駒田(読)	85 達川(広)	26 ブーマ(オ)	0 オマリ(神)	2 広沢(ヤ)	18 大内(日)
605 立浪(中)	18 石嶺(オ)	83 伊東(西)	19 ウィン(神)	0 レイ(ヤ)	1 ウィン(神)	17 西村(口)

る塁打も評価項目として当初考慮に入れたが、相関分析の結果、いずれも打点との相関係数がきわめて高く（それぞれ、0.865, 0.843）、出力項目に含めていない。

表 2 に、採用する 7 入出力の上位・下位 5 人程度を示す。ここで打席は、打者が自由にその数を増減できるものではないが、他の入出力が全く同数の打者を比較するとき、打席数が少ないほど望ましいと考えることができる。このように他の入出力とは異なる性質をもつ打席を制御不能な入力として特別に扱うことも可能であるが [8]、そのとき入力は併殺打のみとなり、その値が零をとる可能性もある。そこで本研究では、打席を 2 入力のうちの 1 つとしてそのまま扱い、打席に関する特異性は、後述する DEA/AR 分析 (3.3 節) で考慮する。

3. 野球打者の DEA 分析

2 入力、5 出力のデータをもつ 66 打者に、付録に示す

表 3 DEA 優秀打者とその打率順位

バ 3 白井(日)	バ 8 堀(口)	バ 28 湯上谷(ダ)	セ 4 野村(広)
バ 4 佐々木(ダ)	バ 9 平野(西)	セ 1 古田(ヤ)	セ 5 ヴィノス(洋)
バ 6 秋山(西)	バ 10 西村(口)	セ 2 落合(中)	セ 7 ハチョウ(洋)
バ 7 大野(ダ)	バ 23 デストラーデ(西)	セ 3 高木(洋)	セ 25 川相(読)

DEA モデル (A.3) を適用したところ、16 打者が DEA 指標値 1 となり、これら 16 打者はすべて、モデル (A.4) で最大値 0 をとった。すなわち、66 人中 16 人が DEA 効率的、50 人が DEA 非効率的と判定された。

表 3 に、DEA 効率的となった打者を示す。この 16 人の打者は、1991 年度の DEA による優秀打者である。打撃 3 部門のタイトル獲得者 6 人 (表 1) のうち、DEA 優秀打者となっているのは、デストラーデ (西)、古田 (ヤ)、落合 (中) の 3 人だけである。また、湯上谷 (ダ)、川相 (読) は、打率順位が低いにもかかわらず、DEA 優秀打者となっているのが注目される。

表 4 に、DEA 非効率的な打者を指標値の高い順に、そのリファレンスセット、結合係数 (モデル (A.3) の最適解 λ_j) とともに示す。リファレンスセットは、ある打者 (DEA 非効率的) について DEA モデルを解いたとき、その最適ウエイトで DEA 指標値が 1 になる打者である。すなわちリファレンスセットは、DEA 非効率的な打者の比較対象となっている点 (比較対象点) を含む部分のフロンティアを構成する。たとえば、トビン (近) は、そのリファレンスセット落合 (中)、秋山 (西)、川

表 4 DEA非効率的な打者とそのリファレンスセット

DEA 指標値	打者	打率 順位	落合	野村	平野	古田	リファ レンス セット	川相	高木	佐々 木	バフェ リ	白井	秋山	デスト ラーデ	大野	堀
0.9966	トーン(近)	バ13	0.07					0.07					0.37	0.01		
0.9936	原(読)	セ22	0.07					0.00					0.20			0.01
0.9894	石川(中)	セ16	0.03	0.04							0.16					
0.9874	平井(ロ)	バ1	0.15	0.09				0.13								
0.9845	大内(日)	バ27	0.20												0.21	
0.9801	田辺(西)	バ24	0.12					0.12					0.10			0.01
0.9775	駒田(読)	セ6	0.26	0.22												
0.9694	石毛(西)	バ21	0.12					0.28					0.13			
0.9664	ブーマ(オ)	バ5	0.32					0.31			0.28					
0.9660	松永(オ)	バ2	0.19					0.28	0.16							
0.9659	広沢(ヤ)	セ19	0.29										0.21			
0.9607	オマリ(神)	セ8	0.25					0.36								
0.9512	前田(広)	セ20	0.29					0.01	0.12			0.05			0.02	
0.9507	宮里(洋)	セ13	0.29					0.03							0.02	
0.9492	福良(オ)	バ11						0.23				0.10			0.14	
0.9478	正田(広)	セ14	0.06	0.30	0.21											
0.9445	立浪(中)	セ15						0.17	0.41							
0.9307	秦(ヤ)	セ12	0.02						0.28							
0.9192	小川(オ)	バ12	0.03	0.26	0.10											
0.9187	レイ(ヤ)	セ10	0.18					0.21								
0.9185	山崎(広)	セ9	0.08	0.27				0.06								
0.9123	和田(神)	セ11	0.20	0.09												
0.9013	石嶺(オ)	バ18	0.10								0.18					
0.8888	大豊(中)	セ17	0.30					0.12			0.23					
0.8868	ラガ(ダ)	バ34	0.17					0.04								
0.8804	ブドリ(読)	セ18	0.34		0.18	0.37										
0.8767	辻(西)	バ14	0.20	0.29	0.20			0.22								
0.8749	大石(近)	バ22	0.29	0.30				0.01	0.23			0.10				
0.8691	高橋(オ)	バ32	0.50					0.10					0.20			
0.8679	池山(ヤ)	セ21	0.45	0.16				0.24					0.10			
0.8653	本西(オ)	バ26	0.18	0.27	0.11			0.15								
0.8626	伊東(西)	バ36						0.39					0.21		0.16	
0.8613	中島(オ)	バ29	0.02	0.11						0.25					0.05	
0.8595	愛甲(ロ)	バ15	0.22	0.33	0.16	0.13		0.07								
0.8530	カウズ(日)	バ20	0.49					0.26								
0.8490	清水(洋)	セ23	0.25	0.19	0.19	0.22										
0.8445	門田(ダ)	バ25	0.31					0.13								
0.8368	金村(近)	バ17	0.28	0.43		0.12	0.00									
0.8364	鈴木(近)	バ19	0.34	0.04		0.25	0.21									
0.8353	清原(西)	バ16	0.32			0.12										
0.8254	藤井(オ)	バ35							0.12		0.13					
0.8242	宇野(中)	セ28	0.31					0.01								
0.8118	逢川(広)	セ29	0.27	0.37	0.02											
0.8094	田中(日)	バ33	0.25	0.03	0.07						0.27					
0.8060	大島(日)	バ30	0.39	0.04	0.05											
0.8019	岡崎(読)	セ24	0.14	0.20	0.03	0.34										
0.7927	八木(神)	セ26	0.25	0.14		0.06	0.36									
0.7766	ペイス(日)	バ31	0.11			0.42	0.16									
0.7615	岡田(神)	セ27	0.22	0.04		0.14	0.26									
0.7452	ウィン(神)	セ30	0.47				0.16									

各打者について結合係数の最も大きいもの

相(読), デストラーデ(西)が構成するフロンティアと比較されており, そのDEA指標値0.9966は, 比較対象点を1としたときの値である. すなわち, 現在の最適ウェイトでDEA優秀打者となるには, そのフロンティアを目指せばよいことを示す.

3.1 DEA優秀打者の分析

表5はDEA効率的な16打者がDEA非効率的な打者のリファレンスセットとして登場する回数を示したものである. この回数が多い打者はさまざまなタイプの打者(DEA非効率的)が指標値を最大にするようウェイトを

決めるとき, その打者の最適ウェイトで最高指標値をとっている回数が多いことを意味するから, 一般的特徴を備えた代表的な打者といえる. 落合(中), 野村(広)はDEA非効率的50打者の半数以上のリファレンスセットに登場しており, このシーズンの日本プロ野球を代表する打者である. 他方, 西村(ロ), 湯上谷(ダ)は, リファレンスセットへの登場回数が零である([1]ではSelf Evaluatorと呼んでいる). これは, 彼らが関与するフロンティアをめざす打者がいないことを意味し, DEA効率的ではあるが, 特殊な打者と考えられる. このよう

にリファレンスセットへの登場回数はDEA優秀打者をさらに識別する簡単な指標となる。

同様な分析手法として、クロス効率性行列(Cross Efficiency Matrix[1, 9])がある。この行列は $n \times n$ 行列 ($n = \text{DMU}$ の数: 本ケースでは $n = 66$) で、その i 行

j 列要素は、打者 i の最適ウエイトで計算された打者 j のDEA指標値である。したがって列の平均(平均クロス効率性)は、ある打者が(自身も含めて)他の打者からいかに評価されているかを表わし、これが高いほどさまざまな側面を兼ね備えた打者ということになる。すなわち、リファレンスセットへの登場回数(表5)が、DEA優秀打者をDEA非効率な打者から評価するものであるのに対して、クロス効率性行列は、すべての打者の相互評価である。

表6に、平均クロス効率性の上位20打者を示す。この表より、落合(中)の平均クロス効率性が群を抜いて高いことがわかる。すなわち落合(中)は、ほとんどの打者の最適ウエイトで高指標値をとることを意味し、オールラウンドな打者ということができる。また、佐々木(ダ)、野村(広)、高木(洋)も、バランスのとれた打者という定評のある秋山(西)より上位を占めており、オールラウンド打者としてもっと注目されてよい。

表6には、DEA非効率と判定された打者も含まれている。すなわち、松永(オ)、ライアル(中)、トレーバ(近)、原(読)などは、オールラウンド打者として評価されるべきであるが、同タイプのより優れた打者が存在するため、DEA優秀打者にはなっていない(表4参照)。

表6 平均クロス効率性の上位打者とその値

順位	平均 クロス 効率性	打者	順位	平均 クロス 効率性	打者	順位	平均 クロス 効率性	打者
1	0.963	落合(中)	9	0.872	デストラージェ(西)	17	0.844	オマリ(神)*
2	0.913	佐々木(ダ)	10	0.866	松永(オ)*	18	0.843	川相(読)
3	0.911	野村(広)	11	0.860	白井(日)	19	0.842	田辺(西)*
4	0.907	高木(洋)	12	0.852	古田(ヤ)	20	0.841	平井(ロ)*
5	0.899	秋山(西)	13	0.850	ライアル(中)*			
6	0.883	平野(西)	14	0.847	トレーバ(近)*	26	0.816	大野(ダ)
7	0.877	堀(ロ)	15	0.846	原(読)*	35	0.778	湯上谷(ダ)
8	0.873	ヴィルズ(洋)	16	0.845	ハッチャ(洋)	48	0.752	西村(ロ)

* DEA非効率な打者

表5 リファレンスセットへの登場回数

32	落合(中)	16	ヴィルズ(洋)	6	ハッチャ(洋)	4	大野(ダ)
29	野村(広)	11	川相(読)	5	白井(日)	4	堀(ロ)
21	平野(西)	10	高木(洋)	5	秋山(西)	0	西村(ロ)
20	古田(ヤ)	6	佐々木(ダ)	5	デストラージェ(西)	0	湯上谷(ダ)

反対に、西村(ロ)、湯上谷(ダ)はDEA優秀打者ではあるが、平均クロス効率性の順位はそれぞれ48、35位とかなり下位に位置している。すなわち、自身のウエイトではDEA指標値1をとるが、他の打者のウエイトでは低い指標値しかとり得ない。これは、西村(ロ)、湯上谷(ダ)が、他とは違った最適ウエイトに依存していることを意味し、自身以外からはあまり高く評価されない、まさに Self Evaluator といえる。

次に、Self Evaluator は、どのような独自のウエイトを用いてDEA指標値1をとり得たのかを、仮想入出力(virtual input/output [1]: 入出力の値とその最適ウエイトとの積)を用いて検討する。DEAモデルは、DEA指標値を最大にするようウエイトを決定する。そのとき、どの入出力を重視しているかを見るには、その最適ウエイトを見ればよいが、ウエイトの値は入出力の尺度に依存するため、仮想入出力を用いる。すなわち、仮想入出力値は入出力の値で標準化されたウエイトであり、それにより各打者が「売り物」にしている入出力がわかった。

表7に、DEA優秀打者についての仮想入出力値を示す。DEA指標値1の打者は仮想入力、仮想出力それぞれの総和はいずれも1であるから(モデル(A.2)参照)、

各仮想(入)出力値は、DEA優秀打者となり得たことに対する、(入)出力における貢献比率を表わしていると考えられる。この表より、西村(ロ)は、併殺打の少なさと四死球の多さ、湯上谷(ダ)は、盗塁、犠打の多さと併殺打の少なさのバランスを評価され、DEA指標値1をとっていることがわかる。これらは他の打者の売り物とはかなり異なるものであろうが、それを売り物にすれば他のどんな打者にも負けないのであるから、彼らはそれぞれのユニークな性質を十分アピールすべきである。

表7より同様に、落合(中)は四死球の多さ、佐々木(ダ)は打点と併殺打、野村(広)は安打、高木(洋)は安打と四死球を評価されていることがわかる。このように、異なる売り物をもつ複数の打者が最高指標値1をとるのが、DEAの他の総合評価手法とは異なる特徴である。

しかしながら仮想入出力は最適ウェイトに対応するものであるから、最適ウェイト(DEAモデルの最適解)が複数存在すれば、仮想入出力も複数存在する。すなわち表7の仮想入出力値はいくつかのうちの1つを提示している可能性があることに注意すべきである。たとえば落合(中)、デストラーデ(西)は四死球の多さを非常に重く見られていることがわかるが、これは四死球の多さだけしか評価されていないのではなく、DEA指標値1をとり得る最適ウェイトの一例を示していると考えられる。このことは、特に落合(中)

について、売り物のそれぞれ異なる打者のリファレンスセットへの登場回数の多さ、また平均クロス効率性の高さから十分推測できる。

3.2 DEA非効率的な打者の分析

これまでDEA優秀打者を中心に結果を見てきたが、ここでは、DEA非効率的な打者に視点を移す。DEA非効率的な打者については、まず前掲の表4が重要な結果である。この表のリファレンスセットと結合係数により、各打者が相対評価されている対象フロンティア、およびその打者がめざすべき目標打者が明らかになっている。すなわちDEAモデルは、DEA非効率的な打者のフロンティア上の比較対象点をリファレンスセットの非負1次結合として表わすが、その係数の相対的大きさにより、当該打者がリファレンスセットのどの打者に近いかがわかる。さらに、同様なリファレンスセットをもつ打者を見いだすことにより、競うべき打者がわかり、逆に、リファレンスセットの異なる、すなわちタイプの全く異なる打者同志を比較するという、無意味な一元的評価を避けることができる。

ここではDEA非効率的な打者のうち打率順位セ・リーグ22位ながら、DEA指標値0.9936とDEA優秀打者

表7 DEA優秀打者の仮想入出力値

	入 力		出 力				
	打 席	併殺打	安 打	四死球	盗 塁	犠 打	打 点
落合(中)	0.832	0.168	0	1	0	0	0
佐々木(ダ)	0.516	0.484	0	0	0	0	1
野村(広)	1	0	0.865	0.039	0	0.049	0.048
高木(洋)	0.894	0.106	0.482	0.212	0.101	0.071	0.134
秋山(西)	0.955	0.045	0.411	0.073	0.134	0.034	0.349
平野(西)	0.575	0.426	0.391	0.171	0	0.363	0.075
堀(ロ)	0.863	0.137	0.597	0.005	0	0.073	0.325
ヴィルス(洋)	1	0	0.714	0	0.018	0.010	0.258
デストラーデ(西)	0.911	0.090	0	1	0	0	0
白井(日)	0.824	0.176	0.560	0.247	0	0.100	0.093
吉田(ヤ)	0.981	0.019	0.841	0.091	0	0.036	0.033
バネウツ(洋)	1	0	0.693	0	0	0.053	0.254
川相(読)	0.944	0.057	0.180	0.095	0.062	0.490	0.174
大野(ダ)	0.942	0.058	0.490	0.104	0.182	0.166	0.058
湯上谷(ダ)	0.646	0.355	0	0	0.514	0.356	0.129
西村(ロ)	0	1	0	0.827	0.061	0	0.113

に非常に近い原(読)、およびこのシーズン不調に終わったが何かと注目される清原(西)(打率順位パ・リーグ16位)の2打者を取りあげ、さらなる分析を行なう。

表8上部のリファレンスセットとその結合係数を見ると、原(読)はDEA優秀打者の堀(ロ)に近く、清原(西)は落合(中)に近いことがわかる。清原(西)は、しばしば同タイプの目標打者として落合(中)の名をあげており、これは妥当といえる。原(読)についてはDEA優秀打者になり得なかった原因が堀(ロ)の存在であったと考えられる。ここではむしろ、原(読)と同タイプのDEA優秀打者堀(ロ)に注目すべきである。また、原(読)、清原(西)、はリファレンスセットの落合(中)だけは共通しているが、その結合係数から見ても同じタイプの打者とはいえない。したがって、この2打者のDEA指標値を直接比較することは、あまり意味のあることではない。

次に、原(読)、清原(西)がそれぞれDEA優秀打者になるために改善すべき、入出力の具体的目標値を検討する。理論的には、DEA非効率的な打者が比較されているフロンティア上のどの点でもDEA指標値は1をとるから、この目標値は無数にある。DEAモデルは比較対象点の具体的数値を算定できるが、これは無数にある改

表 8 原(読), 清原(西)の改善目標値など

	原(読)		清原(西)	
DEA指標値	0.9936		0.8353	
リファレンスセット	0.8844	堀(ロ)	0.8170	落合(中)
と結合係数	0.2024	デ・ステーン(西)	0.1230	古田(ヤ)
	0.0685	落合(中)		
	0.0035	川相(読)		
打席	524.0	[524]	539.0	[539]
併殺打	7.0	[7]	10.3	[12]
安打	129.1	[122]	144.9	[121]
四死球	57.4	[57]	106.5	[89]
盗塁	7.8	[5]	4.5	[3]
犠打	12.1	[12]	5.9	[2]
打点	86.6	[86]	96.4	[79]

[] 実績値

善目標の1つであり、打者の性質を変化させないという条件の下での改善目標と考えられる。これには主に入力を変化させるものと、主に出力を変化させるものの2種類があるが[1]、後者の改善目標値を表8下部に示す。原(読)はDEA優秀打者に近く、現状は目標値とほとんど変わらないが、わずかに安打、盗塁が不足していたことがわかる。清原(西)は、全般的に改善することが必要であり、DEA指標値の低さからもこのシーズンの不調を裏づけている。

3.3 DEA/AR分析

DEAは、評価されるDMUごとに入出力のウェイトが決定されるという特徴をもつ。それゆえ、さまざまな売り物をもつ16打者がDEA優秀打者と判定された。DEAと対極にあるのが先験的なウェイトによる一義の評価であり、その間に位置する折衷案として、DEA/AR(Assurance Region)分析[12, 10, 11]がある。DEAモデルにおいて、(入)出力のウェイト(v_i) u_r の比は(入)出力のシャドウプライスの比に等しいから(付録参照)、これらのウェイト比に制限をつけることにより、入出力の重要度に制約を課すことができると考えられる。すなわちDEA/AR分析は、ウェイトの決定に制限をつける形で経験や専門家の意見などの情報をDEAにとり入れ、より現実的な分析を行なうことを目的としている。

本研究では、入出力のウェイト v_i , u_r に

$$u[\text{打点}] \geq u[\text{安打}] \geq u[\text{四死球}] \geq u[\text{犠打}] \quad (3.1)$$

$$u[\text{安打}] \geq u[\text{盗塁}] \geq u[\text{犠打}] \quad (3.2)$$

$$v[\text{打席}] \geq v[\text{併殺打}] \geq 10 \quad (3.3)$$

という制限をつけた場合のDEA/AR分析を行なう。ここで出力に関しては得点に貢献するという打者の使命から打点を最重要と見なし、ついで安打、四死球は一塁にしか出塁できず単打から本塁打までを含む安打より重要度は下、犠打はアウトを伴うので四死球より下、また1つ進塁する盗塁は四死球と無差別と仮定している。入力に関してはシャドウプライスの比は打席と併殺打の限界代替率を表わすとも考えられ、打席が制御不能であるから無限大のはずであるが、ここでは恣意的に10と仮定している。すなわちここでの仮定は犠打よりも打点を重視しており、いわゆる強打者に有利なものとなっている。

これらウェイトに関する制限を、モデル(A.2)の制約条件として付加した形でDEA/AR分析を行なった。結果を表9にDEA指標値とともに、DEA/AR指標値の大きい順に示す。

DEA/AR分析の結果、落合(中)、レイノルズ(洋)、秋山(西)の3人が、DEA/AR優秀打者となった。これら3打者の、DEA/AR非効率的63打者のリファレンスセットへの登場回数は、落合(中)63、レイノルズ(洋)30、秋山(西)4であった。また、式(3.3)のウェイト比10を100および1と変化させた場合も、DEA/AR優秀打者の数は変わらなかった。

DEA/ARによる優秀打者は、DEA優秀打者の16人から3人へと大幅に減少している。ここではまず、3打者のこのシーズンの優秀性を認識すべきである。このうち秋山(西)は、DEA、DEA/AR分析とも、非効率的な打者のリファレンスセットに登場する回数は少ない。これは強打者でありながら盗塁も多いという特性をもつ秋山(西)をめざせるような打者が少ないことを意味し、特異性をもつ優秀打者として、落合(中)とは別の意味で評価されるべきである。DEA優秀打者のうち、西村(ロ)、川相(読)、湯上谷(ダ)、平野(西)、DEA/ARは指標値がかなり低くなっている。西村(ロ)は、併殺打のウェイト制限および打点の少なさのためであり、他の3打者については、犠打の相対的重要度の低減にその原因がある。

このようにDEA/AR分析は、DEA効率的なDMUの数が多い場合、先験的な情報を導入してDEA効率的なDMUを識別するのに有用である。本研究では上記

のようなウェイト制限にもとづくDEA/AR分析を行なったが、別の考え方によるウェイト制限もあり、その場合のDEA/AR分析の結果は当然違ったものとなる。

4. おわりに

以上のように本研究は、1991年度の日本プロ野球打者をDEAで分析した。その結果、66打者のうち16人がDEA優秀打者と判定され、その中でも落合(中)の抜群の優秀性が明らかになった。また、DEA非効率的と判定された打者は、その指標値が算定されるとともにリファレンスセット、結合係数が提示され、それによりめざすべき打者、競うべき打者が示唆された。さらにDEA/AR分析により、落合(中)、レイノルズ(洋)、秋山(西)のこのシーズンの優秀性が示された。

DEAによる分析は、野球投手についても可能であろうし、時系列データを用いることにより、個人の経年変化や往年の選手との時代を超えた比較などの分析も可能である。

DEA手法面から見ると本研究は、野球打者の多次元評価分析に適用することにより、標準的な効率性分析以外へのDEAの適用可能性を検討した。分析結果に見たように、無意味な一元的比較を避け、しかも先験的評価システムによる一義的評価を行わないDEAは、従来とは異なる総合評価手法として高い利用可能性を有している。

最後に、本研究の準備研究で計算その他を実施してくれた、筑波大学社会学類の山口剛君(現 西日本鉄道)に謝意を表する。なお本研究は、筑波大学学内プロジェクト研究の助成を受けている。

付 録

Charnes [ほか [2]] は、DMU j_0 の相対効率性 $h_{j_0} (0 \leq h_{j_0} \leq 1)$ が分数計画問題

$$h_{j_0} = \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \rightarrow \max$$

表 9 DEAおよびDEA/AR指標値

	DEA	DEA/AR		DEA	DEA/AR
	指標値	指標値		指標値	指標値
落合 (中)	1	1	石毛 (西)	0.9694	0.7937
レイノルズ (洋)	1	1	田辺 (西)	0.9801	0.7936
秋山 (西)	1	1	鈴木 (近)	0.8364	0.7929
野村 (広)	1	0.9750	平井 (口)	0.9874	0.7924
佐々木 (ダ)	1	0.9691	大野 (ダ)	1	0.7829
ライル (中)	0.9894	0.9642	八木 (神)	0.7927	0.7769
ハットリ (洋)	1	0.9545	金村 (近)	0.8368	0.7754
広沢 (ヤ)	0.9659	0.9536	正田 (広)	0.9478	0.7722
トーマ (近)	0.9966	0.9424	大島 (日)	0.8060	0.7672
松永 (オ)	0.9660	0.9277	田中 (日)	0.8094	0.7590
オマリ (神)	0.9607	0.9269	清水 (洋)	0.8490	0.7553
堀 (口)	1	0.9172	愛甲 (口)	0.8595	0.7548
ブーマ (オ)	0.9664	0.9107	中島 (オ)	0.8613	0.7339
高木 (洋)	1	0.9055	平野 (西)	1	0.7338
デストラーデ (西)	1	0.8960	福良 (オ)	0.9492	0.7320
駒田 (読)	0.9775	0.8894	湯上谷 (ダ)	1	0.7317
大豊 (中)	0.8888	0.8752	立浪 (中)	0.9445	0.7298
原 (読)	0.9936	0.8736	岡田 (神)	0.7615	0.7275
石嶺 (オ)	0.9013	0.8604	辻 (西)	0.8767	0.7246
古田 (ヤ)	1	0.8599	川相 (読)	1	0.7207
池山 (ヤ)	0.8679	0.8588	和田 (神)	0.9123	0.7170
ラガ (ダ)	0.8868	0.8578	小川 (オ)	0.9192	0.7150
ブートリ (読)	0.8804	0.8474	岡崎 (読)	0.8019	0.7131
ウィタース (日)	0.8530	0.8473	大石 (近)	0.8749	0.7109
門田 (ダ)	0.8445	0.8409	ベイス (日)	0.7766	0.6950
秦 (ヤ)	0.9307	0.8372	大内 (日)	0.9845	0.6922
山崎 (広)	0.9185	0.8369	ウィン (神)	0.7452	0.6921
白井 (日)	1	0.8284	西村 (口)	1	0.6876
レイ (ヤ)	0.9187	0.8270	藤井 (オ)	0.8254	0.6847
高橋 (オ)	0.8691	0.8144	前田 (広)	0.9512	0.6818
清原 (西)	0.8353	0.8136	達川 (広)	0.8118	0.6621
宇野 (中)	0.8242	0.8132	本西 (オ)	0.8653	0.6607
宮里 (洋)	0.9507	0.8014	伊東 (西)	0.8626	0.6334

$$st \quad (A.1)$$

$$\sum_{r=1}^t u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 1, \quad j=1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, \quad r=1, \dots, t, \quad i=1, \dots, m$$

ここで、 y_{rj} =DMU j からの出力 r の量； x_{ij} =DMU j への入力 i の量； u_r =出力 r のウェイト； v_i =入力 i のウェイト； i =出力の数； m =入力の数； n =DMUの数

を解くことで得られることを示した。すべてのDMUの相対効率性は、各DMUを順に j_0 として、モデル(A.1)

を n 回解くことにより得られ、 $h_{j_0} < 1$ なる DMU j_0 は DEA 非効率的と判定される。

分数計画問題 (A.1) は、LP (線形計画) 問題

$$\begin{aligned} h_{j_0} &= \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0} \rightarrow \max \\ \text{st} & \\ \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1 \\ \sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, \quad j=1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq 0, \quad r=1, \dots, t, \quad i=1, \dots, m \end{aligned} \quad (\text{A.2})$$

に変換できる。もちろん、LP 問題 (A.2) の代わりにその双対問題

$$\begin{aligned} \theta &\rightarrow \min \\ \text{st} & \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j &\geq y_{rj_0}, \quad r=1, \dots, t \\ x_{ij_0} \theta - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j &\geq 0, \quad i=1, \dots, m \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j=1, \dots, n \quad (\theta \text{ 符号制約なし}) \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

を解いてもよい。

さらに、相対効率性 $h_{j_0} = 1$ なる DMU j_0 について

$$\begin{aligned} \sigma_{j_0} &= \sum_{r=1}^t s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \rightarrow \max \\ \text{st} & \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= y_{rj_0}, \quad r=1, \dots, t \\ x_{ij_0} \theta - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- &= 0, \quad i=1, \dots, m \quad \theta=1 \\ \lambda_j, s_r^+, s_i^- &\geq 0, \\ j=1, \dots, n, \quad r=1, \dots, t, \quad i=1, \dots, m \end{aligned} \quad (\text{A.4})$$

ここで、 s_r^+ 、 s_i^- = スラック変数

を解き、最大値 $\sigma_{j_0} = 0$ なる DMU j_0 のみが DEA 効率の、他の DMU は DEA 非効率のと判定される [3, 4]。

参 考 文 献

- [1] Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E., Applied data envelopment analysis. *European J. Oper. Res.* 52, 1-15, 1991.
- [2] Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E., Measuring the efficiency of decision-making units. *European J. Oper. Res.* 2, 429-444, 1978.
- [3] Charnes, A., Cooper, W. W. and Thrall, R. M., Classifying and characterizing efficiencies and inefficiencies in data envelopment analysis. *Oper. Res. Letters* 5, 105-110, 1986.
- [4] Charnes, A., Cooper, W. W. and Thrall, R. M., A structure for classifying and characterizing efficiency and inefficiency in data envelopment analysis. *J. Productivity Anal.* 2, 197-237, 1991.
- [5] Cook, W. D. and Kress, M., A data envelopment model for aggregating preference rankings. *Management Sci.* 36, 1302-1310, 1990.
- [6] Doyle, J. R. and Green, R. H., Comparing products using data envelopment analysis. *Omega* 19, 631-638, 1991.
- [7] Ishikawa, H. and Hashimoto, A., Using DEA to discuss the state of society measured by multiple social indicators. Inst. Socio-Econ. Plann. Discussion Paper Series 488, Univ. Tsukuba, 1992.
- [8] Norman, M. and Stoker, B., *Data Envelopment Analysis: The Assessment of Performance*. Wiley, Chichester, 1991.
- [9] Sexton, T. R., Silkman, R. H. and Hogan, A., Data envelopment analysis: Critique and extensions. *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. (Silkman, R. H., ed.). Jossey Bass, San Francisco, 1986.
- [10] 末吉俊幸, DEAによる効率性分析に関する一考察, オペレーションズ・リサーチ 35, 167-173, 1990.
- [11] Sueyoshi, T., Measuring the industrial performance of Chinese cities by data envelopment analysis. *Socio-Econ. Plann. Sci.* 26, 75-88, 1992.
- [12] Thompson, R. G., Singleton, F. D., Jr., Thrall, R. M., and Smith, B. A., Comparative site evaluation for locating a high-energy physics lab in Texas. *Interfaces* 16, 36-49, 1986.
- [13] 刀根薫, 企業体の効率性分析手法: DEA入門. オペレーションズ・リサーチ 32, 800-803, 1987; 33, 45-48, 95-99, 150-151, 191-198, 1988.