

包絡分析法（DEA）について

包絡分析法（DEA：Data Envelopment Analysis）は、効率性を分析する方法の1つであり、公共機関や民間企業などを評価するために利用されている。DEAは、①複数項目での総合評価、②個性的で多様性を活かした評価、③改善値の定量的な把握、ができるといった特徴があり、一般的に利用されている分析手法（比率分析、回帰分析など）では見落とされていたような新しい分析結果を得ることができる。

そこで本稿では、DEAの基本的な考え方について、単純な計算事例を用いて概説すると共に、野球選手を対象とした分析事例を紹介する。

1. DEAとは

（1）DEAの特徴

米国で公立学校の教育プログラムを評価するために開発された包絡分析法（DEA: Data Envelopment Analysis）は、効率性を分析する方法の1つであり、民間企業だけでなく、効率性を評価することが難しい非営利公企業（学校、図書館、公立病院等）など幅広い分野で利用されている。

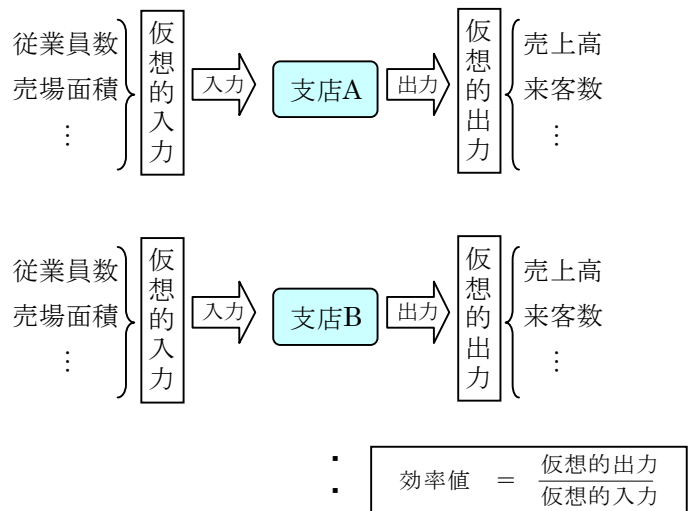
一般的に、効率性を評価する方法として、収益率や資本利益率などの比率をとる方法や、費用便益分析などすべての効果を金額で表して算出する方法が考えられる。収益率や資本利益率はそれぞれの項目で評価対象を比較する場合は分かりやすいが、複数の項目をまとめて総合的に判断する場合はそれぞれの項目をどのように扱うかが難しくなる。費用便益分析はすべての項目を貨幣という同一の尺度で計測しているため、複数項目の相対比較が容易であるが、効果を金額に換算する方法が問題となる。DEAは複数の項目を一度に扱うことができ、単位が異なっても取り扱うことができるため、これらの問題に対応することができる。

また、回帰分析のような平均を基に相対的に判断する手法と異なり、DEAはそれぞれの対象ごとに最も有利になるように評価したうえで、相対比較を行うため、模範的な対象だけでなく、個性的な対象も評価される特徴がある。さらに、DEAは定量的に項目を扱うため、相対的な順位だけではなく、具体的な改善値も把握することができる。このようなDEAの特徴を大きく3つに分けると次のようになる。

①複数項目での総合評価

一般的に、効率性を評価する方法として、収入と支出を比較した収益率や利益と資本を比較した資本利益率などが考えられるが、基本的には1対1の単純な比率を用いて評価されている。これらの項目をまとめて総合的に判断する場合、収益率や資本利益率などを見比べて判断するが、項目の数が多くなればなるほど項目間の比較が難しくなる。DEAは複数の項目を1つの仮想的入力と仮想的出力にまとめて、それぞれの効率値を求めることで、相対的な総合判断を可能にしている（図表1）。

図表1 DEAによる支店評価例



資料：各種資料より筆者作成

例えば、ある企業の支店を評価する場合、従業員 1 人当たり売上高や売場面積当たりの来客数などを評価項目として考えると、その値が大きいほど効率的であると考えることができる。しかし、従業員 1 人当たり売上高が高い支店と売場面積当たりの来客数が多い支店のどちらがより効率的であるかを知りたい場合、どちらにウエイトを置いて評価すべきか判断が難しい。さらに項目が増えれば増えるほど客観的に判断することが難しくなる。また、評価したい項目の単位が売上高と来客数のように異なる場合も、判断に困ってしまう。

DEA は 2 番目の特徴で説明するように、評価項目が多い場合でもそれぞれの支店ごとに設定したウエイトを利用するため、どの支店にとっても不利にならないように結果が算出される。

② 個性的で多様性を活かした評価

項目を評価する場合、データの平均よりも優れているかどうかを考える回帰分析が利用されることが多い。導き出された回帰式がすべての支店に当てはまると仮定しているため、回帰式から外れている支店は、評価が低くなってしまいう可能性がある。しかしながら、回帰式から外れている支店は、特徴的な支店として活躍していることも多く、それを考慮に入れた評価を行うことも意味があると考えられる。

DEA では、各評価項目のウエイトを支店ごとに最も有利になるように設定し、そのウエイトで他の支店との相対評価を算出するため、どの支店にとっても公平な判断となる。例えば、支店 A が従業員 1 人当たり売上高は少なく、売場面積当たりの来客数が多い場合は、来客数により大きなウエイトが設定され、そのウエイトで支店 B など他の支店を評価する。同様に支店 B では、従業員 1 人当たり売上高が高ければ、その項目にウエイトを置き、そのウエイトで支店 A など他の支店を評価していく

このように、平均を重視した集団主義的な考え方だけでなく、個性的で多様性を活かした考え方の DEA を取り入れることで、新しい事実を見分けることができる。

③ 改善値の定量的な把握

また、支店 A に有利なウエイトで、ほかの支店の効率性を評価する場合を考えると、支店 A よりも効率的な支店が存在した場合は、その値が算出される。そして、支店 A にとって最も有利になるウエイトで

評価した場合に最も効率値が高い支店の値が、支店 A にとっての目標値にもなる。このように DEA は支店の相対的な順位だけでなく、支店 A にとっての目標になる支店が明らかになることで、各項目の具体的な改善値を把握することができる。

このように DEA は今までの手法とは異なった特徴を持つため、従来では見落とされていたような新しい結果を得ることができる。

(2) DEA の考え方

DEA の考え方を単純な計算事例を用いて紹介する。図表 2 のような 8 つの支店を考える。DEA では従業員数や売場面積のように、少なければ少ないほど効率的であるようなデータを入力項目、売上高や来客数のように多ければ多いほど評価がよいというようなデータを出力項目として扱う。

図表 2 ある企業の支店について

支店	A	B	C	D	E	F	G	H
従業員数 (人)	4	3	3	3	3	5	5	8
売場面積 (百㎡)	4	8	9	3	7	2	8	10
売上高 (千万円)	2	4	2.5	1	3	2	3	5
来客数 (百人)	2	6	9	12	7	25	17	46
従業員1人当たり売上高	0.5	1.3	0.8	0.3	1	0.4	0.6	0.6

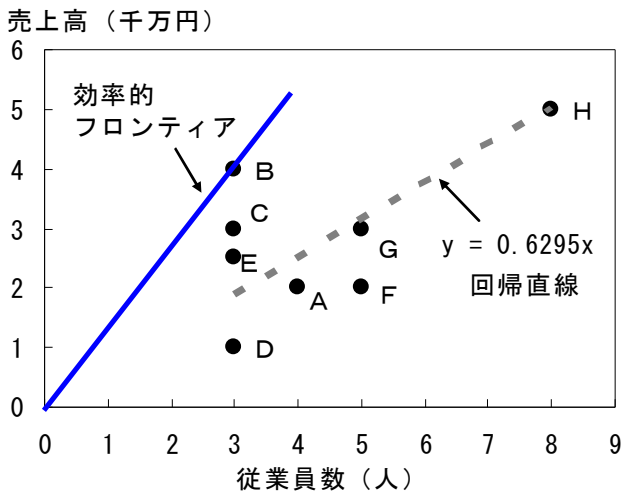
① 1 入力、1 出力の例

まず、1 入力 1 出力の場合を考える。入力項目に従業員数、出力項目に売上高を設定すると、効率値は従業員 1 人当たり売上高として考えられる。

$$\text{効率値 (従業員1人当たり売上高)} = \frac{\text{出力 (売上高)}}{\text{入力 (従業員数)}}$$

この場合、最も効率値が高いのは支店 B (1.3) であり、最も低いのは支店 D (0.3) である (図表 2)。従業員数を横軸にとり、売上高を縦軸にとると、その関係は図表 3 のようになる。

図表 3 従業員数と売上高の関係



回帰分析での評価を考えると、回帰線はデータの平均を基に評価されるため図表3では破線のようになる。この時、全体の平均を基に、この破線よりも上にある支店は効率的であり、下にある支店は非効率的と判断される。

一方、DEA では、従業員 1 人当たりの売上高が最も高い支店 B を基準に考える。図表3より、原点と支店 B を通る直線の傾き（従業員 1 人当たりの売上高）が最も大きくなり、他の支店はこの直線よりも下側にある。この直線を「効率的フロンティア」と呼び、すべての支店が効率的フロンティアの下側に包み込まれる。そしてこの効率的フロンティアを基に他の支店を評価することが DEA の基本的な考え方である。

最も効率的である支店 B を基準に他の支店を相対評価するため、支店 B の値を 1 として他の支店を測る（効率値）と、以下のような式になる。

$$\text{効率値} = \frac{\text{従業員1人当たり売上高}}{\text{支店Bの従業員1人当たり売上高}}$$

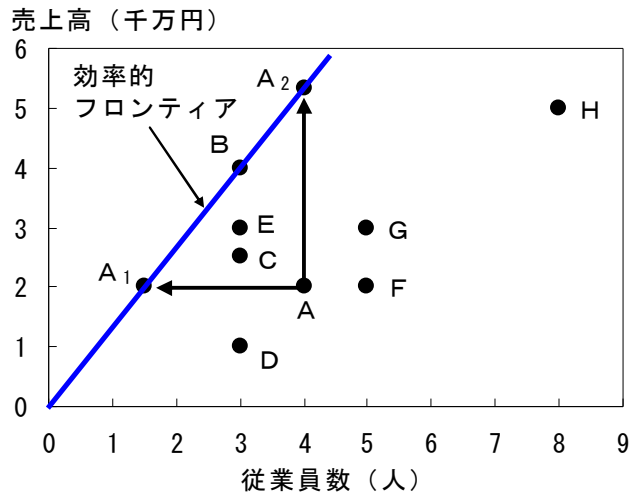
図表4の効率値を基に、非効率な支店の改善案を具体的に提案することができる。支店 A を効率化する方法を考えると、図表5の線分 A₁A₂ 上であれば、どの点でも効率化することができるため、支店 A が

図表 4 支店 B を基準にした各支店の効率値

支店	A	B	C	D	E	F	G	H
効率値	0.38	1.00	0.63	0.25	0.75	0.30	0.45	0.47

可能な範囲でどのように効率化するかを判断すればよい。改善案としては、従業員を減らして A₁ に移動させる方法や、売上高を増やして A₂ に移動させる方法が考えられる。

図表 5 支店 A の改善方法



②2入力、1出力の例

次に、2入力、1出力の場合を考える。入力1を従業員数、入力2を売場面積とし、出力を売上高とすると、1千万円の売上高を達成するための従業員数と売場面積は図表6のようになり、従業員数/売上高、売場面積/売上高を座標軸として、各支店について図示したものが図表7である。この時、なるべく少ない入力（従業員数や売場面積）で、大きな出力（売上高）を出している支店ほど優れているとみることができる。

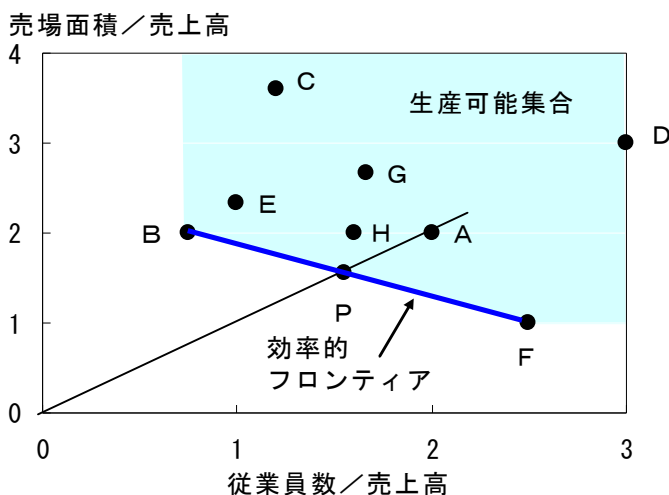
この例では、B が少ない従業員数で、F は狭い売場面積で、それぞれ他と同じ売上高を達成しており、この2つの支店が効率的であると判断された（図表6, 7）。ここで、B から垂直に伸びる線と F から水平

図表 6 2入力、1出力の例

支店	A	B	C	D	E	F	G	H
従業員数 (人)	2	0.8	1.2	3	1	2.5	1.7	1.6
売場面積 (百㎡)	2	2	3.6	3	2.3	1	2.7	2
売上高 (千万円)	1	1	1	1	1	1	1	1

注: 図表2を売上高1千万円当たりの従業員数と売場面積に換算したもの

図表 7 従業員・売場面積と売上高の関係



に伸びる線を引くと、すべてのデータはこの線で囲まれる領域に含まれることになる。この領域を生産可能集合（領域）と呼び、境界線が効率的フロンティアとなる。この線上にない支店は非効率ということになり、どの程度、非効率であるかを求めることができる。例えば、支店 A の場合、原点と点 A を結ぶ線がフロンティア線 BF と交わる点を P とすると、

$$\frac{OP}{OA} = 0.77778$$

となり、支店 A の効率値を求めることができる。この時、支店 A を非効率としてしまうのは支店 B と支店 F であるため、この支店 B、F を支店 A の「参照（優位）集合」と呼ぶ。支店 A の場合、参照集合は B と F であったが、支店 C の参照集合は支店 B のみであるなど、一般に支店ごとに参照集合は異なる。

また、図表 7 をみると支店 B の周りには支店 E など多くの支店が集まっていることから、支店 B はある意味では模範的な支店といえる。それに対して、支店 F の近くに他の支店がないことから、支店 F は効率的である上、特色のある支店であるといえる。

③ 1 入力、2 出力の例

今度は入力を 1 にして、出力を 2 にした場合を考える（図表 8）。入力を従業員数とし、出力を売上高と来客数にすると、出力が大きいほうが効率的であるため、効率的フロンティアは図表 9 のようになる。2 入力、1 出力の例と同様に、支店 A の効率値を考

えると、原点と点 A を結ぶ点が効率的フロンティアと交わる点は Q となり、支店 A の効率値は

$$\frac{OQ}{OA} = 2$$

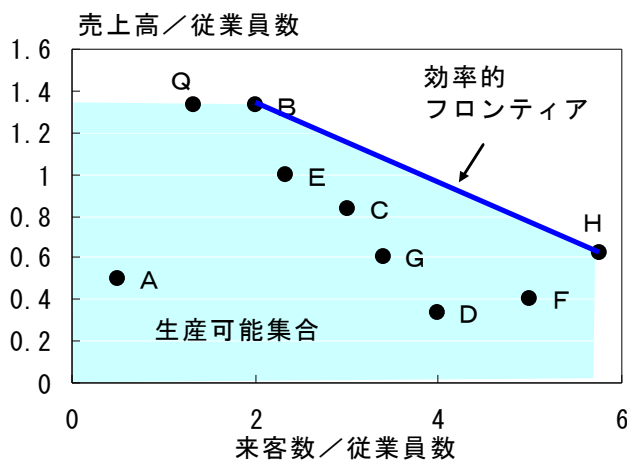
となる。ここで、Q は売上高/従業員数では支店 B と同じであるが、来客数/従業員数で劣っているため、Q 自身は効率的ではない。そのため、支店 A を効率化するためには、Q の位置を目標とするのではなく、点 B を目標にすべきとなる。

図表 8 従業員と売上高・取引先数の関係

支店	A	B	C	D	E	F	G	H
従業員数 (人)	1	1	1	1	1	1	1	1
売上高 (千万円)	0.5	1.3	0.8	0.3	1	0.4	0.6	0.6
来客数 (百人)	0.5	2	3	4	2.3	5	3.4	5.8

注：図表 2 を従業員 1 人当たりの売上高と来客数に換算したもの

図表 9 従業員と売上高・取引先数の関係



④ 2 入力、2 出力の例

これまでの例は、入力か出力のどちらかの種類が 1 つであったため、2 次元の図に表示して効率的フロンティアをみることができた。しかし、一般的には入力と出力の項目はたくさん考えられ、多入力、多出力となった場合の相対比較は多次元になるため図示できなくなり、より複雑になってしまう。

ここでは、入力と出力がそれぞれ 2 つずつの場合を考え、DEA の特徴をみってみる。入力として従業員数と売場面積、出力として売上高と来客数とする（図表 2）。ここで、(出力/入力) という比較尺度

を求めるために、入力と出力をそれぞれ1つの仮想的入力と仮想的出力に換算する。この時、各項目にウェイトを掛けて

仮想的入力 = $v_1 \times \text{従業員数} + v_2 \times \text{売場面積}$
 仮想的出力 = $u_1 \times \text{売上高} + u_2 \times \text{来客数}$

とした上で、

$$\frac{\text{仮想的出力}}{\text{仮想的入力}}$$

によって効率性を比較する。

ここで v_1, v_2, u_1, u_2 のウェイトをどう設定するかが問題となる。一般的にウェイトは固定ウェイトと可変ウェイトの2種類が考えられる。その名のとおりに、固定ウェイトは各ウェイトの比率を固定し、可変ウェイトは支店ごとに異なるウェイトを設定することである。DEA は支店ごとに最も有利となる評価基準を用いることが特徴であるため、可変ウェイトにより評価することになる。

固定ウェイトの場合は、すべての支店を同じウェイトで評価するため、ウェイトをどのように設定するかが問題となる。一般的には、回帰分析などによってウェイトを設定するため、平均的な支店ほど評価が高くなってしまい、特徴的な支店はいくら優れていたとしても低い評価になってしまう。

そこで、さまざまな特徴を持つ支店を評価する場合、可変ウェイトを用いた DEA で評価することで、違う見方ができる。可変ウェイトを決める基本的な考え方は、入力項目のウェイトと出力項目のウェイトが支店ごとに異なってもよく、その支店にとって最も有利になるようにウェイトを決めるということである。自分の最も得意とする項目に大きいウエイ

トを付け、苦手とする項目に小さいウェイトを付けてもよい。ただし、同じウェイトで他の支店も評価し、仮想的入力と仮想的出力を計算して相対評価することになる。このような方法でウェイトを決めた場合、入出力項目の選定をきちんと行っていれば、どの支店にとっても公平に判断されることになる。

例えば、固定ウェイトを次のように設定すると

$$v_1 : v_2 = 2 : 1 \quad u_1 : u_2 = 3 : 1$$

図表 10 のように、支店 F が効率的であり、他の支店はそれよりも小さい値となる。しかし、固定ウェイトを次のように設定すると

$$v_1 : v_2 = 3 : 1 \quad u_1 : u_2 = 10 : 1$$

支店 H が効率的となり、固定ウェイトのとり方によって、結果が異なってしまう。一方、ウェイトを各支店にとって最も有利となるように可變的に定めると、支店 B, F, H が効率的となる。

このように、固定ウェイトの場合は、ウェイトのとり方によって結果が異なるため、その決め方が重要となるが、評価項目が多くなればなるほど適切なウェイトを求めることは難しくなる。一方、DEA では、データからそれぞれの支店にとって最も効率値が高くなるようなウェイトの値が算出されるため、事前にウェイトを決めておく必要が無い。具体的には、線形計画法という手法を用い、支店ごとに最も効率値が高くなるウェイトを計算し、そのウェイトで他の支店の効率値を算出するという作業を繰り返し、効率値を決定する。このように、ウェイトは機械的に決定される。

これにより、固定ウェイトでは支店 F のみが効率的と評価されていたが、DEA では、支店 B と H も効率的と評価されることになる。

図表 10 効率値

	A	B	C	D	E	F	G	H
固定ウェイト ($v_1 : v_2 = 2 : 1, u_1 : u_2 = 3 : 1$)	0.2581	0.4977	0.4258	0.6452	0.4764	1	0.5591	0.9082
固定ウェイト ($v_1 : v_2 = 3 : 1, u_1 : u_2 = 10 : 1$)	0.487	0.9583	0.669	0.6493	0.819	0.9375	0.7237	1
可変ウェイト	0.773	1	0.818	0.723	0.85	1	0.737	1

2. DEAによる野球選手の分析事例

(1) 野球選手の評価

次に、野球選手を例に、実際のデータを使用して DEA を解説する。野球選手の統計データは入手しやすく、それぞれのシーズンを1つのまとまった期間として利用することができるため評価尺度をそろえ易い等の理由から事例として取り上げた。

2011年度の日本プロ野球において、規定投球回数に達した投手33人（セ・リーグ16人、パ・リーグ17人）について DEA による分析を行った。このため、主に先発投手が対象になっている。なお、このシーズンは、セ・リーグでは中日、パ・リーグではソフトバンクがそれぞれ日本シリーズに進出し、ソフトバンクが4勝3敗で日本一になった時である。

一般的に、先発投手の評価としては防御率（＝自責点／投球回×9）や勝利数などが重視される。図表11をみると、防御率と勝利数ともに田中将大投手が全体およびパ・リーグのトップ、吉見一起投手がセ・リーグのトップである。この年の各リーグの最優秀投手には両投手が選ばれていることから、防御率や勝利数が重視されていると考えられる。しかし、投手を評価する場合、与四死球が少ない、奪三振が多いといった面も評価対象として考えられる。一般的には、指標ごとに評価をしてそれぞれを比べて総合的な判断をすることになるが、項目が多くなると複雑になってくるため、複数の項目を同時に評価する場合は、DEA を用いることで容易に判断することができるようになる。

入力項目と出力項目に何を選擇するかは判断は、DEA にとって重要な要素となるため、ここでは廣

津・上田（2009）「DEA を用いたプロ野球の投手の評価」に沿って、投手の評価に使用する項目を4入力、2出力で分析を行った。具体的には、入力項目では値が小さいほど望ましい指標として、自責点、被安打、被本塁打、与四死球の4項目、出力項目では値が大きいほど望ましい指標として、投球回と奪三振の2項目を採用した。

今回使用する項目の上位下位5位の投手は図表12のとおりであり、この表をみるだけでも投手の特徴がある程度は分かるが、DEA で分析した結果とどのような違いがあるかをみていきたい。

図表 11 防御率と勝利数の順位

選手		防御率	選手		勝利数
1	田中 将大(楽)	1.27	1	田中 将大(楽)	19
2	ダルビッシュ(日)	1.44	1	ホルトン(ソ)	19
3	和田 毅(ソ)	1.51	3	吉見 一起(中)	18
4	吉見 一起(中)	1.65	3	内海 哲也(巨)	18
5	内海 哲也(巨)	1.70	3	ダルビッシュ(日)	18
12	バリントン(広)	2.42	9	バリントン(広)	13
14	前田 健太(広)	2.46	15	武田 勝(日)	11
14	武田 勝(日)	2.46	18	前田 健太(広)	10
			18	成瀬 善久(口)	10
29	成瀬 善久(口)	3.27			
30	高崎 健太郎(横)	3.45	28	チェン(中)	8
31	東野 峻(巨)	3.47	28	東野 峻(巨)	8
32	ウルフ(日)	3.60	28	福井 優也(広)	8
33	福井 優也(広)	4.12	28	杉内 俊哉(ソ)	8
			28	中山 慎也(オ)	8
			33	高崎 健太郎(横)	5

図表 12 入出力項目における上位下位5位投手

入力項目				出力項目			
自責点	被安打	被本塁打	与四死球	投球回	奪三振		
和田 毅(ソ) 31	岩田 稔(神) 121	寺原 隼人(オ) 4	成瀬 善久(口) 19	ダルビッシュ(日) 232.0	ダルビッシュ(日) 276		
田中 将大(楽) 32	杉内 俊哉(ソ) 122	ウルフ(日) 4	武田 勝(日) 21	田中 将大(楽) 226.1	田中 将大(楽) 241		
内海 哲也(巨) 35	金子 千尋(オ) 126	ダルビッシュ(日) 5	吉見 一起(中) 28	前田 健太(広) 216.0	前田 健太(広) 192		
吉見 一起(中) 35	中山 慎也(オ) 128	メッセンジャー(神) 6	田中 将大(楽) 32	ネルソン(中) 209.1	能見 篤史(神) 186		
杉内 俊哉(ソ) 37	メッセンジャー(神) 129	唐川 侑己(口) 6	館山 昌平(ヤ) 36	バリントン(広) 204.1	杉内 俊哉(ソ) 177		
ダルビッシュ(日) 37	塩見 貴洋(楽) 36		
...		
ウルフ(日) 60	前田 健太(広) 178	澤村 拓一(巨) 14	バリントン(広) 64	塩見 貴洋(楽) 154.2	帆足 和幸(西) 102		
東野 峻(巨) 62	高崎 健太郎(横) 182	前田 健太(広) 14	能見 篤史(神) 66	スタンリッジ(神) 151.0	チェン(中) 94		
福井 優也(広) 67	バリントン(広) 183	福井 優也(広) 14	ケッペル(日) 69	メッセンジャー(神) 150.0	ウルフ(日) 90		
高崎 健太郎(横) 68	涌井 秀章(西) 184	塩見 貴洋(楽) 14	中山 慎也(オ) 74	ウルフ(日) 150.0	武田 勝(日) 87		
成瀬 善久(口) 69	成瀬 善久(口) 188	成瀬 善久(口) 15	福井 優也(広) 76	福井 優也(広) 146.1	ケッペル(日) 66		
		石川 雅規(ヤ) 18					

(2) DEAによる分析

①分析の考え方

まず、(出力/入力)という比較尺度を求めるため、入力と出力をそれぞれ1つの仮想的入力と仮想的出力に換算すると、

$$\begin{aligned} \text{仮想的入力} &= v_1 \times \text{自責点} + v_2 \times \text{被安打} \\ &\quad + v_3 \times \text{被本塁打} + v_4 \times \text{与四死球} \\ \text{仮想的出力} &= u_1 \times \text{投球回} + u_2 \times \text{奪三振} \end{aligned}$$

となる。ここで、 v_1 、 v_2 などは自責点や被安打などに対するウエイトであり、もしある投手にとって、自責点を抑えるよりも、与四死球を抑えることのほうが得意であるならば、与四死球により大きなウエイト（例えば2倍）をつけてすべての選手との相対的な評価を算出する。一方、与四死球よりも自責点を抑えるほうが得意という別の投手では、与四死球よりも自責点に大きなウエイト（例えば5倍）をつけて他の選手を評価する。このように、33投手すべての選手を、それぞれ有利になるようなウエイトで評価したDEAの分析結果が図表13である。

②DEAでの評価の高い選手について

DEAで評価が高い選手は、ダルビッシュ有投手、田中将大投手、武田勝投手、成瀬善久投手の4名が該当した。特にダルビッシュ投手は、これらの3投手以外のすべての選手に参照されており、多くの選手の目標になる投手だといえる。田中投手も9名の選手に参照されているが、武田投手と成瀬投手は誰にも参照されていないため、特徴的な選手だと考えられる。

これらの選手について個別にみると、ダルビッシュ投手と田中投手は防御率や勝利数も上位で、図表12の6項目のうち4項目でも上位選手になっており、DEAを用いなくても優秀な選手として容易に認識できる。しかし、武田投手と成瀬投手は防御率や勝利数は中位、図表12の項目では、下位に名前を連ねている項目もあり、DEAを用いなければ特別に目立つ選手というわけではない。しかし、DEAによって、武田投手や成瀬投手にとって最も得意とする項目のウエイトを高くして評価することにより、優秀（効率的）な選手だと判断された。特に成瀬投手は自責点、被安打、被本塁打、防御率の下位選手になっており、DEAによって多様な評価を行うことで、評価が高まったと考えられる。

図表 13 DEA分析結果

	選手	効率値	参照集合		選手	効率値	参照集合
1	ダルビッシュ(日)	1	ダルビッシュ(1.000)	18	攝津(ソ)	0.819	田中(0.108), ダルビッシュ(0.659)
1	田中(楽)	1	田中(1.000)	19	前田(広)	0.816	ダルビッシュ(0.931)
1	武田(日)	1	武田(1.000)	20	ウルフ(日)	0.808	ダルビッシュ(0.647)
1	成瀬(口)	1	成瀬(1.000)	21	チェン(中)	0.800	ダルビッシュ(0.708)
5	吉見(中)	0.993	田中(0.743), ダルビッシュ(0.096)	22	メッセンジャー(神)	0.782	ダルビッシュ(0.647)
6	杉内(ソ)	0.943	ダルビッシュ(0.738)	23	唐川(口)	0.774	ダルビッシュ(0.725)
7	岩田(神)	0.939	ダルビッシュ(0.728)	24	東野(巨)	0.768	ダルビッシュ(0.694)
8	寺原(オ)	0.916	ダルビッシュ(0.733)	25	ハリントン(広)	0.750	ダルビッシュ(0.880)
9	澤村(巨)	0.903	ダルビッシュ(0.862)	26	スタンリッジ(神)	0.747	ダルビッシュ(0.651)
10	和田(ソ)	0.901	田中(0.357), ダルビッシュ(0.446)	27	福井(広)	0.739	ダルビッシュ(0.630)
11	能見(神)	0.891	ダルビッシュ(0.862)	27	塩見(楽)	0.739	田中(0.146), ダルビッシュ(0.523)
12	ホルトン(ソ)	0.877	ダルビッシュ(0.742)	29	石川(ヤ)	0.713	ダルビッシュ(0.768)
13	館山(ヤ)	0.856	田中(0.202), ダルビッシュ(0.580)	30	高崎(横)	0.712	田中(0.558), ダルビッシュ(0.219)
14	内海(巨)	0.829	田中(0.125), ダルビッシュ(0.677)	31	帆足(西)	0.675	田中(0.159), ダルビッシュ(0.570)
15	金子(オ)	0.828	ダルビッシュ(0.669)	32	ケッペル(日)	0.672	ダルビッシュ(0.698)
16	ネルソン(中)	0.822	ダルビッシュ(0.901)	33	涌井(西)	0.653	田中(0.025), ダルビッシュ(0.743)
17	中山(オ)	0.820	ダルビッシュ(0.673)				

注：参照集合の選手は、各選手の目標となる選手である。参照集合の選手が2人以上の場合は、それぞれの選手を()内の係数で結合してできる仮想的な選手が目標となる。

次に評価の高い選手について仮想的入力値と仮想的出力値をみてみると、どのような項目によって効率値1をとることができたかを確認することができる。最適ウエイト値でも、どの入出力項目がそれぞれの選手にとって重点が置かれて評価されているかが分かるが、ウエイト値は入出力項目の単位に依存してしまうため、仮想的入出力値で各項目を比較したほうが分かりやすい。効率的な選手の仮想的入出力値の総和は、それぞれ1であることから、各項目の値はDEAで最優秀投手になりえたことに対する貢献比率を表しているとも考えられる。

例えば、図表14をみてみると成瀬投手は奪三振の多さと与四死球の少なさが評価されていることが分かる。このようにすべての選手にとっての、それぞれの最適なウエイトで計算された仮想的入出力をみることで、どの項目が評価されているかを把握することができる。

図表 14 効率的な選手の仮想的入出力値

選手	仮想的入力				仮想的出力	
	自責点	被安打	被本塁打	与四死球	投球回	奪三振
ダルビッシュ(日)	0.964	0.036	0	0	0	1
田中(楽)	0	0.481	0	0.519	1	0
武田(日)	0	0.350	0.084	0.566	1	0
成瀬(口)	0	0.114	0	0.886	0	1

③他の選手の改善の方向性について

セ・リーグの最優秀投手であった吉見投手に注目してみると、防御率でも勝利数でも上位を占めており、自責点や与四死球の順位も高い。しかし、田中投手とダルビッシュ投手を0.743, 0.096の係数で結合してできた仮想的な投手を考えると、吉見投手よりも相対的に優秀(効率的)な投手となってしまう。そのため、吉見投手にとっての最適ウエイトで評価した場合でも、より効率的な投手がいることになる。

吉見選手が今の最適ウエイトで効率的になるためには、この仮想的な投手を目標にすればよく、そのためには、現投球回のみで自責点を7.7点、被安打を1本、被本塁打を1.6本少なくするなど、図表15のような改善を行えばよい。DEAでは、どのようにすれば自責点を7.7点少なくすることができるかという改善方法は別途検討することになるが、どの項目が改善すべきポイントかを明らかにすることができる。なお、ここで示した改善例は投手の性質を活かした一例であり、このほかにも改善値を考

えることができる。

ちなみに、吉見投手は係数が大きい田中投手により近いタイプの投手であるが、広島東洋カープの前田投手やバリントン投手、福井投手はいずれもダルビッシュ投手を目標とする選手(参照集合)としており、吉見選手とは違うタイプであることが示されている。前田投手の場合は、ダルビッシュ投手を参照しているため、現投球回を維持したままの改善値例は、ダルビッシュ投手の実績に0.931をかけた数値となる(図表16)。

図表 15 吉見投手の実績と改善目標値の一例

	実績	目標	差
自責点	35	27.3	-7.7
被安打	143	142.0	-1.0
被本塁打	8	6.4	-1.6
与四死球	28	27.8	-0.2
投球回	190.2	190.2	0
奪三振	120	205.5	85.5

図表 16 前田投手の実績と改善目標値の一例

	実績	目標	差	ダルビッシュ
自責点	59	34.4	-24.6	37
被安打	178	145.2	-32.8	156
被本塁打	14	4.7	-9.3	5
与四死球	49	39.1	-9.9	42
投球回	216	216	0	232
奪三振	192	257.0	65.0	276

3. おわりに

プロ野球の投手を事例にDEAを解説してきたが、野球選手以外にも、図書館や銀行、病院、学校、さらには製品の改善案を示すなど、一般的に効率性を分析するのが難しいことについてもDEAは利用できる。また、時系列データを用いることにより、時間の流れを含めた分析も可能である。DEAにより標準的な分析手法だけでは捉えられなかった切り口での評価結果が提供されることもあるため、複数の項目を総合的に評価する際には、DEAも用いて評価してみたいかがだろうか。

《参考文献》

- 刀根薫(1993)「経営効率性の測定と改善」日科技連出版社
- 廣津信義・上田徹(2009)「DEAを用いたプロ野球の投手の評価」オペレーションズ・リサーチ経営の科学54(12), 761-767, 2009-12-01

経済・産業調査担当 児島 加奈