

# ポジショニング手法と DEA 分析による 事業経営効率性の評価について

野 口 博 司

## 和文概要

DEA は、事業体 DMU の中の一つあるいは少数の優れた DMU を手本に効率性の評価を行なう手法である。しかし、多入力・多出力の場合には、入力と出力の単なる数値の関係から、優位集合に相応しくない DMU が優位集合と判断される時があり、効率性の評価に妥当性を欠く場合がある。従って、事前に、対象とする事業体の同層性と、用いる入力と出力項目間の因果関係とを、充分吟味してから DEA 分析を行なわねばならない。 $n$  個の事業体 DMU の入力・出力の対を  $(X_{mj}, Y_{sj})$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) とおいた時、 $n$  個の DMU は  $(m+s)$  次元の空間上にある。そのとき、 $(m+s)$  次元空間を、より低次の空間に近似する方法としてポジショニング手法がある。本報告は、ある T 企業の事業経営効率性を分析する事例を通して、事業体 DMU の同層性及び入出力項目間の関係を吟味する道具として、ポジショニング手法が有効であることを示す。

キーワード：DEA, ポジショニング手法, 特異値分解, 事業経営効率性

## 1. はじめに

DEA (Data Envelopment Analysis) [1] [2] は、事業体 DMU の入力を出力に変換する過程において、その変換過程の効率性を測定するものである。特に、多項目の入力、多項目の出力においては、項目間の相関が測定の妥当性を欠く悪さを誘い、偶然の数値関係だけから、固有技術的に考えても優位集合とは考えられない DMU が優位集合と判断されるケースがある。また入出力項目数に対して、対象とする DMU の数が相当数ないと効率値が 1 となる DMU が

ポジショニング手法と DEA 分析による事業経営効率性の評価について

表1 T社の全事業 DMU の入出力データ

DMU	販売費 百万円 X1	開発費 百万円 X2	販 売 人員数 X3	開 発 人員数 X4	設備費 百万円 X5	努力度 得 点 X6	売上高 百万円 Y1	粗利益 百万円 Y2	新商品 化率% Y3	業界地 位得点 Y4
1.SN	3475	1033	166	15	100	74	52161	5278	10	4
2.ESP	112	319	30	15	500	69	22751	2196	25	6
3.ETS	982	193	25	15	100	80	14345	2195	15	5
4.EXP	749	197	32	3	10	71	11007	1695	10	7
5.KES	426	206	13	8	10	83	5159	1140	15	7
6.EXM	580	325	4	2	10	79	5805	650	3	7
7.TX1	701	199	37	4	100	54	9913	892	10	7
8.TX2	790	244	31	4	200	69	12351	1877	10	7
9.SOR	275	456	108	8	400	70	49458	5935	20	8
10.SK	2587	122	78	8	100	88	35186	4785	5	8
11.WL	747	174	18	6	300	71	11088	1342	10	6
12.TB	142	200	93	6	10	84	29811	4323	15	6
13.IN	324	156	15	10	500	66	3577	572	8	5
14.CO	464	55	7	5	800	71	8589	100	3	10
15.DN	152	12	8	10	500	94	1420	438	40	7
16.SB	623	122	23	5	800	75	4014	1040	20	5
17.NW	108	120	36	8	800	69	12381	1040	15	5
18.F1	360	721	139	15	500	78	36327	7919	20	10
19.F2	438	367	25	28	1000	94	4888	1510	30	3
20.AC	360	190	73	6	1000	70	7800	1139	20	6
21.BD	599	451	17	6	800	85	5308	2161	35	9
22.EN	854	339	52	10	1000	92	5858	1863	20	4
23.IZ	353	289	37	6	700	74	2135	705	40	4
24.AP	99	139	6	3	300	85	1231	356	30	6
25.BO	932	698	48	20	1000	80	5837	2527	30	8
26.MD	493	51	14	10	1000	93	5176	1967	30	10
27.DZ	168	139	21	3	10	67	3273	109	5	1
28.JG	64	40	8	13	200	82	400	80	15	2
29.ME	90	100	98	40	100	60	600	0	40	1
30.TM	538	158	33	3	10	70	6940	28	5	6

多く存在する傾向がある。表1はT企業の事業体 DMU 数30における6入力4出力のデータ表である。これにより DEA を用いて事業経営効率性を評価すると表2のような結果となる。この結果において、例えば No.29の事業体 ME は

入力に相当な資源を費やしているにもかかわらず、新商品化率を除いて他の出力は全く大きくない。しかし、DEA (CCR) の分析結果では、効率値は1となっている。また、効率値が1となる DMU は30のうち22もある。このような事業体 DMU を手本にして非効率となった事業体の改善策を講じれば、妥当な解決策とは遊離すると考えられる。あらかじめ固有技術の立場から、事業体 DMU と入出力項目を層別する基準を有するならば、それで層別を実施すればよい。しかし、層別基準を持たない場合には、分析するデータの構造を事前に吟味することが必要となる。本報告では、後者の場合で、データの構造を吟味するためのポジショニング手法の有効な活用方法を示す。ポジショニング手法の数理理論は特異値分解で代表される。今、入力項目数を  $m$ 、出力項目数を  $s$  とすると、 $n$  個の DMU ( $n$ ) は  $(m+s)$  次元の空間に散布している。全 DMU ( $n$ ) データによる特異値分解を行えば、 $(m+s)$  次を、低い階数を持つ行列により近似することができる。即ち、入力と出力の項目と各 DMU の低次元布置を捉えて、各々の関係を吟味することが可能となる。まず2節ではポジショニング手法の概要を説明する。特異値分解を解説することで、各ポジショニング手法の全容と特徴を明らかにする。そして、表1の、ある企業の全事業 DMU の入出力データから、各ポジショニング手法を用いて、各 DMU 間の同層性と入出力項目間の関係を吟味する有効な方法を解説する。3節では、2節で吟味した層別後の DMU と、整理した入出力項目グループとで組合せて DEA 分析を実施する方法を提言し、今回の T 企業経営効率性評価事例を通じてその有用性を示す。

## 2. ポジショニング手法の概要

### 2.1 特異値分解による各ポジショニング手法の関係

特異値分解には Hottelling の主成分分析だけでなく、図示表現法である Gabriel のバイプロット表現 [3] や尺度構成法の一つである Benzecri のコレスポンデンス解析 [4] がある。まず、それらの関連と特徴について述べ、これらの特徴を捉えた活用法を提言する。

ポジショニング手法と DEA 分析による事業経営効率性の評価について

表 2 T社の全事業 DMU の DEA 分析結果

No DMU	CCR 効率値	V(1) 販売費	V(2) 開発費	V(3) 販売人	V(4) 開発人	V(5) 設備投	V(6) 努力度	U(1) 売上高	U(2) 粗利率	U(3) 新商品	U(4) 業地位
1.SN	1.000	.760E-6	.273E-5	.165E-4	.686E-4	.128E-2	.117E-1	.121E-4	.346E-6	.686E-4	.912E-1
2.ESP	1.000	.356E-3	.221E-3	.314E-2	.555E-2	.222E-3	.349E-2	.238E-4	.280E-4	.555E-2	.432E-1
3.ETS	1.000	.391E-3	.228E-3	.144E-1	.166E-2	.132E-2	.706E-3	.644E-4	.838E-5	.166E-2	.664E-2
4.EXP	1.000	.445E-4	.117E-2	.968E-3	.194E0	.161E-3	.171E-2	.308E-5	.203E-4	.402E-2	.127E0
5.KES	1.000	.555E-3	.241E-3	.146E-2	.605E-2	.516E-3	.773E-2	.464E-5	.305E-4	.605E-2	.122E0
6.EXM	1.000	.132E-3	.475E-3	.489E-1	.119E-1	.476E-3	.690E-2	.913E-3	.601E-4	.119E-1	.125E0
7.TX1	1.000	.502E-4	.181E-3	.109E-2	.453E-2	.181E-3	.158E-1	.347E-5	.229E-4	.453E-2	.129E0
8.TX2	1.000	.484E-3	.119E-4	.166E-2	.297E-3	.204E-3	.756E-2	.131E-4	.138E-3	.297E-3	.825E-1
9.SOR	1.000	.932E-5	.335E-4	.203E-3	.841E-3	.336E-4	.131E-1	.434E-5	.425E-5	.841E-3	.929E-1
10.SK	1.000	.673E-4	.128E-2	.146E-2	.607E-2	.508E-3	.519E-2	.466E-5	.307E-4	.607E-2	.824E-1
11.WL	0.9912	.539E-3	.694E-3	.160E-1	.162E-1	.305E-3	.000E0	.453E-4	.214E-3	.000E0	.336E-1
12.TB	1.000	.126E-3	.452E-3	.273E-2	.113E-1	.453E-3	.482E-2	.101E-4	.572E-4	.113E-1	.471E-1
13.IN	0.7409	.154E-2	.000E0	.000E0	.000E0	.290E-3	.539E-2	.424E-4	.186E-3	.000E0	.965E-1
14.CO	1.000	.378E-4	.136E-3	.821E-3	.341E-2	.136E-3	.119E-1	.261E-6	.000E0	.341E-2	.967E-1
15.DN	1.000	.778E-3	.233E-3	.141E-2	.585E-2	.234E-3	.736E-2	.448E-5	.295E-4	.585E-2	.107E0
16.SB	0.8004	.000E0	.160E-2	.000E0	.630E-1	.000E0	.653E-2	.000E0	.170E-3	.263E-1	.196E-1
17.NW	0.7633	.000E0	.158E-2	.859E-2	.000E0	.000E0	.726E-2	.332E-4	.000E0	.121E-1	.341E-1
18.F1	1.000	.107E-4	.385E-4	.233E-3	.966E-3	.856E-4	.108E-1	.341E-5	.488E-5	.966E-3	.818E-1
19.F2	0.9216	.163E-2	.000E0	.305E-3	.000E0	.000E0	.295E-2	.348E-4	.332E-3	.832E-2	.000E0
20.AC	1.000	.208E-2	.839E-4	.507E-3	.210E-2	.841E-4	.144E-2	.971E-4	.106E-4	.210E-2	.314E-1
21.BD	1.000	.114E-4	.412E-4	.249E-3	.103E-2	.413E-4	.110E-1	.792E-6	.522E-5	.889E-2	.748E-1
22.EN	0.6467	.305E-3	.324E-3	.000E0	.000E0	.000E0	.685E-2	.000E0	.201E-3	.136E-1	.000E0
23.IZ	1.000	.184E-4	.662E-4	.400E-3	.166E-2	.664E-4	.122E-1	.127E-5	.839E-5	.241E-1	.664E-2
24.AP	1.000	.936E-3	.280E-3	.169E-2	.703E-2	.281E-3	.886E-2	.539E-5	.355E-4	.703E-2	.128E0
25.BO	0.9389	.000E0	.000E0	.000E0	.000E0	.000E0	.125E-1	.000E0	.232E-4	.177E-1	.438E-1
26.MD	1.000	.694E-4	.177E-2	.151E-2	.626E-2	.250E-3	.582E-2	.480E-5	.316E-4	.626E-2	.725E-1
27.DZ	1.000	.454E-2	.163E-3	.984E-3	.408E-2	.653E-2	.174E-2	.184E-3	.206E-4	.755E-1	.163E-1
28.JG	0.8515	.668E-3	.254E-2	.000E0	.000E0	.428E-2	.000E0	.000E0	.000E0	.568E-1	.000E0
29.ME	1.000	.676E-2	.923E-4	.558E-3	.232E-2	.926E-4	.985E-3	.178E-5	.117E-4	.247E-1	.926E-2
30.TM	1.000	.887E-3	.114E-2	.107E-2	.528E-1	.176E-2	.189E-2	.340E-5	.224E-4	.444E-2	.159E0

$n \times p$  ( $p \leq m + s$ ) 行列  $X$  が与えられた時、 $X$  の列ベクトルについて内積を考える時に、 $n \times n$  の正定符号行列  $M$  を、 $X$  の行ベクトルについて内積を考える時には  $p \times p$  の正定符号行列  $N$  として、重みとして与えられている重み付きのユークリッドの内積を考えることにする。この時、一般化特異値分解とは、ラ

ンク  $r(r \leq p)$  の  $n \times p$  行列  $X$  が与えられた時,

$X = UD_P V^T$  と分解されることを言う。ここで,

$D_P = \text{diag}(d_1, d_2, \dots, d_r)$  ( $d_1 \geq d_2 \geq \dots \geq d_r$ ) であり,

$U^T M U = I_r$ ,  $V^T N V = I_r$  を満たす。即ち,

$U$  は  $n \times r$ ,  $D_P$  は  $r \times r$ ,  $V^T$  は  $r \times p$  の行列である。

①主成分分析で  $q$  次元までとると

$X_{(q)} = U_{(q)} D_{p(q)} V_{(q)}^T$  となり

$U_{(q)} D_{p(q)}$  は主成分得点となり事業体 DMU 間のユークリッド距離を示す。

$V_{(q)}^T$  は  $q$  次元の  $p$  コの入出力項目間ベクトルである。即ち, 上記の  $M$  とは,

$M = (A^T A)^{-1} N = I_p$  の関係となる。

②バイプロットは 2 次元の図示表現であり, 下記の  $AB^T$  で  $X$  を表現することにある。

$$A^T = [a_1 : a_2 : \dots : a_n], \quad B^T = [b_1 : b_2 : \dots : b_p]$$

・主成分型バイプロットは,  $X$  を, 各特性の平均値で調整した行列

$Y = \{I_n - (1/n) I_n I_n^T\} X$  を用いてバイプロット表現をするものをいう。

$X \approx X_{(2)} = U_{(2)} D_{P(2)} V_{(2)}^T$  と近似でき, 相関係数行列からの主成分分析の 2 次元解に対応付けられる。

・共分散型バイプロットは,  $X \approx X_{(2)} = \sqrt{u} U_{(2)} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} D_{P(2)} V_{(2)}^T$  と表される。

$F = \sqrt{n} U_{(2)}$  で,  $F$  は事業体 DMU 間のマハラノビスの距離を近似する。

$G = \frac{1}{\sqrt{n}} D_{P(2)}$  の  $G$  は  $p$  コの入出力項目間のユークリッド距離を近似する。

しかし, ①②のいずれも, その行列の近似誤差は

$$\|X - X_{(q)}\| = \lambda_{q+1}^2 + \lambda_{q+2}^2 + \dots + \lambda_p^2 \quad \text{となる。}$$

一般的に Anderson 検定において  $\lambda_{q+1} \approx \lambda_{q+2} \approx \dots \approx \lambda_p$  が採択できるなら,  $q+1$  次元以上には特徴的なデータの構造情報は得られない。従って,  $q$  次までの次元にてデータの構造を探ることになる。

ポジショニング手法と DEA 分析による事業経営効率性の評価について

以上からユークリッドの距離による事業体 DMU 間の層別は主成分分析にて、また同じ距離で入出力項目間のグルーピングは共分散型バイプロットを用いるのがよいと言える。

③ コレスポンデンスアナリシスについては

分割表や林の数量化 3 類との数値理論的な関係は、磯貝・野口の特異値分解の報告 [5] に基づいて示す。

$m \times n$  の確率行列  $P^T = (p_{ij})$  が与えられた時、 $R^{-1/2}PC^{-1/2}$  の特異値分解は  $R^{-1}PC^{-1} = UD, V^T$  となる。ここで

$$R = \text{diag} (p_1, p_2, \dots, p_m)$$

$$C = \text{diag} (p_1, p_2, \dots, p_n)$$

$U^T R U = I_{r+1}$ ,  $V^T C V = I_{r+1}$  と基準化条件を満たす。

$\rho$  は  $P = (p_{ij})$  の確率分布において、 $I$  と  $J$  についての 2 つの実数値確率変数  $f(I)$  と  $g(J)$  の相関係数である。 $\rho$  が最大になるようなスコア  $x, y$  のスコア・ベクトルが  $(u_i, v_j)$  である。即ち、行列の固有値問題にして表現すると

$$R^{-1}P y = \rho x, \quad C^{-1}P x = \rho y \quad \text{となる。}$$

これらの幾何学的図示表現は、自明な解  $\rho_0 = 1, x_0 = I_m, y_0 = I_n$  を取り除き、上から  $k$  番目までの解を用いる。即ち、

$U_k D_k = F, \quad V_k D_k = G$  の行ベクトルによる同時図示表現を行なうことになる。

$$F^T = (f_1 : f_2 : \dots : f_m) = D_k U_k^T,$$

$$G^T = (g_1 : g_2 : \dots : g_n) = D_k V_k^T \text{ と表すと,}$$

$F$  は主成分分析の  $U_Q D_{p(q)}$  の主成分得点に対応する。

$F$  の行ベクトル  $f_i^T$  の布置における  $f_i$  のユークリッド距離相当の関係  $\|f_i - f_j\|$  は、 $m$  個の行ベクトル中に対応する第  $i$  行ベクトルと第  $j$  行ベクトルのユークリッド距離関係

$$\left\{ \sum_{s=1}^m \left( \frac{p_{is}}{p_i \sqrt{p_{.s}}} - \frac{p_{js}}{p_j \sqrt{p_{.s}}} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{(a) を近似する。}$$

$G$ は共分散型バイプロット  $D_{p(2)} V_{(2)}^T$ に対応する。

$G$ の行ベクトル  $g_j^T$ の布置における  $g_j$ のユークリッド距離相当の関係  $\|g_i - g_j\|$ は、 $n$ 個の列ベクトル中に対応する第  $i$ 列ベクトルと第  $j$ 列ベクトルのユークリッド距離関係

$$\left\{ \sum_{s=1}^m \left( \frac{p_{si}}{p_{i.} \sqrt{p_{s.}}} - \frac{p_{sj}}{p_{j.} \sqrt{p_{s.}}} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{b}) \text{ を近似する。}$$

(a)(b)を、共に Benzecri のカイ二乗距離という。

F, G間の関連を調べることは、FとGとの行ベクトル間の内積情報を取ることであり、即ち、行・列間の分布間距離を比べていることになる。この考えは Pearson の  $\chi^2$  統計量の考え方と一致する。即ち、コレスポンデンスアナリシスは、上記主成分分析やバイプロットのような行列の近似を目的としたものとは異なる。行・列間の分布間距離をユークリッド距離と同じ扱いで、コレスポンデンスアナリシスを用いようとするならば、先ず、用いるデータ即ち入出力項目の単位(例えば金額や得点で全て示せるとか)を揃えることである。

更に、厳密な意味でコレスポンデンスアナリシスの解の図示表現が、主成分分析またはバイプロット表現のような行列の近似を目的とするものへ近づけるには、座標表現を行なうための行列として  $F = R^{1/2} U_K D_K$ ,  $G = C^{1/2} V^K D^K$  を採用する。即ち、 $F$ の行ベクトル  $f_i^T$ の布置における  $f_i$ のユークリッド距離相当の関係  $\|f_i - f_j\|$ は

$$\left\{ \sum_{s=1}^m \left( \frac{p_{is}}{\sqrt{p_{i.}} \sqrt{p_{s.}}} - \frac{p_{js}}{\sqrt{p_{j.}} \sqrt{p_{s.}}} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{c}) \text{ となり,}$$

$G$ の行ベクトル  $g_j^T$ の布置における  $g_j$ のユークリッド距離相当の関係  $\|g_i - g_j\|$ は

$$\left\{ \sum_{s=1}^m \left( \frac{p_{si}}{\sqrt{p_{i.}} \sqrt{p_{s.}}} - \frac{p_{sj}}{\sqrt{p_{j.}} \sqrt{p_{s.}}} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{d}) \text{ となる。}$$

つまり、行と列とに、同じ重みで調整した距離をおくことになる。

入出力項目の単位を揃えて、この(c), (d)を用いてコレスポンデンスアナリ

ポジショニング手法と DEA 分析による事業経営効率性の評価について

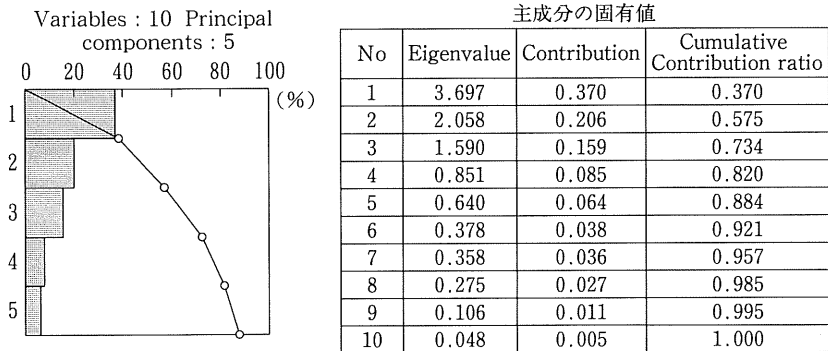
シスを実施する場合には、DMU 間の層別を主成分分析で行ない、入出力項目のグルーピングを共分散型パイプロットで行なうことに相当する。それ以外のコレスポンデンスアナリシスの適用は、既述のごとく、行・列間の分布間距離を比べることになる。

今回は、表 1 の入出力項目の単位を揃えることができないので、DMU 間の層別を主成分分析で行ない、入出力項目のグルーピングを共分散型パイプロットで行なって、データの構造を吟味することにした。

## 2.2 DMU の同層性について

全 DMU の同層性を確かめるために、ユークリッド距離による各 DMU の位

表 3 表 1 の項目間相関行列からの主成分分析結果



主成分因子負荷量

No	変数名	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
1	販売量 X1	0.685	-0.160	0.004	0.546	0.328
2	開発量 X2	0.793	0.248	-0.048	-0.007	0.322
3	販売人員数 X3	0.876	0.129	-0.302	-0.160	-0.064
4	開発人員数 X4	0.136	0.643	-0.609	0.034	-0.080
5	設備費 X5	-0.158	0.697	0.364	-0.171	0.474
6	努力度得点 X6	-0.007	0.513	0.502	0.605	-0.297
7	売上高 Y1	0.929	-0.139	0.040	-0.093	-0.160
8	粗利益 Y2	0.910	0.130	0.201	-0.126	-0.230
9	新商品化率 Y3	-0.179	0.869	-0.077	-0.123	-0.159
10	業界地位得点 Y4	0.252	-0.026	0.832	-0.303	-0.044



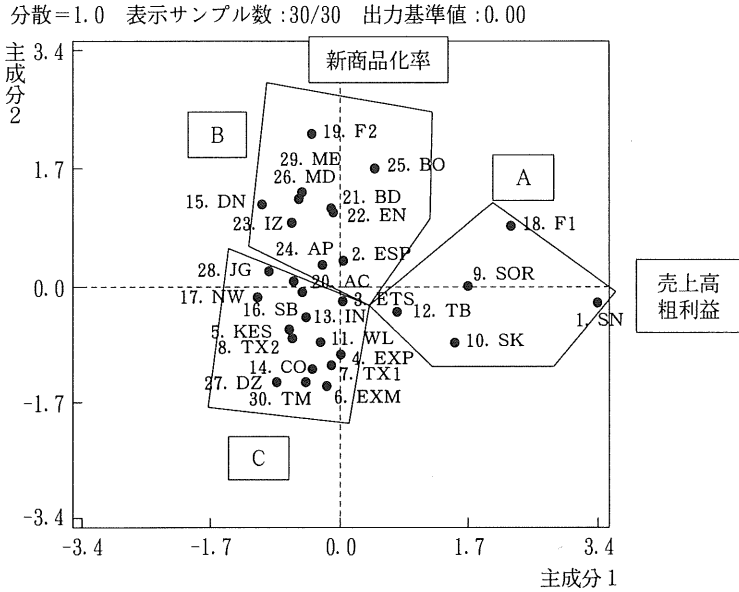


図4 第一主成分(横)と第二主成分(縦)におけるDMUの散布図

置関係を捉える。表1の相関行列から主成分分析を行えば、その結果として表3が得られる。求められた固有値の大きさを Anderson 検定流に従って判断すると第1主成分から第4主成分までが、何らかの情報を有している。第4主成分までの累積寄与率は82%であるが、第2主成分までも58%となり、視覚的にDMUの同層性を吟味するにも2次元が好都合であるので2次元上で全DMUの位置を確認することとした。その散布図が図4である。図4からDMUはA群、B群、C群の3つの群に凡そ層別出来る。これをある基準において層別するために第1主成分得点、第2主成分得点を用いてクラスター分析を行なった。その結果、クラスター間の非類似度を、それらに含まれるDMU間の非類似度の平均的な値で定義する群平均法や、重心で定義する重心法では、表5のように主成分分析と同じような層別結果が得られた。

また、これら方法に近い、クラスター内平方和が出来るだけ小さくなることを基準にした Ward 法においてもほぼ同じ結果が得られた。表1の入出力項目

ポジショニング手法と DEA 分析による事業経営効率性の評価について

表5 第1, 2主成分得点によるクラスター分析結果

分類法	群決め	DMUの順 (Left to Right)
重心法	A	1.SN, 18.F1, 9.SOR, 10.SK, 12.TB, 2.ESP, 3.ETS
	C	11.WL, 4.EXP, 17.NW, 8.TX2, 6.EXM, 14.CO, 5.KES, 13.IN, 26.MD, 21.EN, 27.DZ, 15.DN, 28.JG, 24.AP, 7.TX1, 30.TM, 16.SB
	B	19.F2, 20.AC, 22.EN, 25.BO, 23.IZ, 29.ME
群平均法	A	1.F1, 18.F1, 9.SOR, 10.SK, 12.TB, 2.ESP, 3.ETS
	C	11.WL, 4.EXP, 17.NW, 8.TX2, 6.EXM, 14.CO, 5.KES, 13.IN, 26.MD, 21.BD, 27.DZ, 15.DN, 28.JG, 24.AP, 7.TX1, 30.TM, 16.SB
	B	19.F2, 20.AC, 22.EN, 25.BO, 23.IZ, 29.ME
Ward法	A	1.SN, 9.SOR, 10.SK, 12.TB, 18.F1, 2.ESP, 3.ETS
	C	8.TX2, 17.NW, 4.EXP, 7.TX1, 11.WL, 5.KES, 21.BD, 26.MD, 16.SB, 19.F2, 13.IN, 27.DZ, 6.EXM, 14.CO, 30.TM, 20.AC
	B	22.EN, 25.BO, 15.DN, 24.AP, 28.JG, 23.IZ, 29.ME

表6 表1の全データによるクラスター分析結果

分類法	群決め	DMUの順 (Left to Right)
Ward法	A	1.SN, 9.SOR, 18.F1, 10.SK, 12.TB, 2.ESP, 3.ETS
	C	5.KES, 4.EXP, 8.TX2, 11.WL, 6.EXM, 30.TM, 7.TX1, 13.IN, 14.CO, 27.DZ, 28.JG, 15.DN, 24.AP, 21.BD, 26.MD, 16.SB, 17.NW
	B	20.AC, 23.IZ, 19.F2, 22.EN, 25.BO, 29.ME
群平均法	A	1.SN, 9.SOR, 18.F1, 10.SK, 12.TB, 2.ESP, 3.ETS
	C	13.IN, 16.SB, 17.NW, 20.AC, 4.EXP, 8.TX2, 11.WL, 30.TM, 5.KES, 6.EXM, 7.TX1, 14.CO, 27.DZ, 28.JG, 15.DN, 24.AP
	B	23.IZ, 21.BD, 26.MD, 19.F2, 22.EN, 25.BO, 29.ME
重心法	A	1.SN, 9.SOR, 18.F1, 10.SK, 12.TB, 2.ESP, 3.ETS
	C	4.EXP, 8.TX2, 11.WL, 30.TM, 6.EXM, 5.KES, 13.IN, 16.SB, 17.NW, 20.AC, 7.TX1, 27.DZ, 28.JG, 14.CO, 15.DN, 24.AP
	B	21.BD, 26.MD, 23.IZ, 22.EN, 19.F2, 25.BO, 29.ME

の全データを用いてクラスター分析を行なった場合についても、表6のようにほぼ同様の結果が得られた。

即ち、DMUの散布図上で視覚でDMUの群を層別することは、クラスター分析により層別することと同じ効果をもつ。

次に入出力項目とこれらDMU群との関係を考察する。表3の主成分因子負荷量から主成分軸の意味を考えると、第1主成分は正の方向に販売経費、販売人員が多く、売上高、粗利益を生む軸と言え、A群がこの方向にあることがわかる。第2主成分は正の方向に開発人員、設備投資が多く、新商品を生む軸と言え、B群がこの方向にある。そして、第3主成分は努力度と業界地位の軸を表している。

### 2.3 入出力項目のグルーピングについて

次に入出力項目についても同様にユークリッド距離による位置関係を捉えるために表1から共分散型バイプロットを行なった。その結果が表7であり、また項目の位置関係を示す散布図が図8である。これより入出力項目のグルーピングはI. 販売経費、販売人員、粗利益、売上高であり、次にII. 開発費、開発人員、設備投資、新商品化となる。即ち、2.2節の主成分軸の意味とほぼ同じ

表7 共分散型バイプロットの結果 (gマトリックスのみ示す)

入出力項目名	1 軸	2 軸	Lambda-square
X1: 販売費	8.81073	0.53279	617799.00000
X2: 開発費	1.09716	1.77851	23059.00000
X3: 販売人数	33.15220	22.07150	5081.41000
X4: 開発人数	0.22699	5.60049	3775.50000
X5: 設備費	-1.05366	1.77868	1160.25000
X6: 努力度	-0.67043	-1.14918	752.75000
Y1: 売上高	38.22500	-5.12338	262.21900
Y2: 粗利益	17.00370	1.89801	122.42700
Y3: 新商品化率	-4.27147	14.54810	65.06270
Y4: 業界地位点	0.58381	-0.82935	41.18990

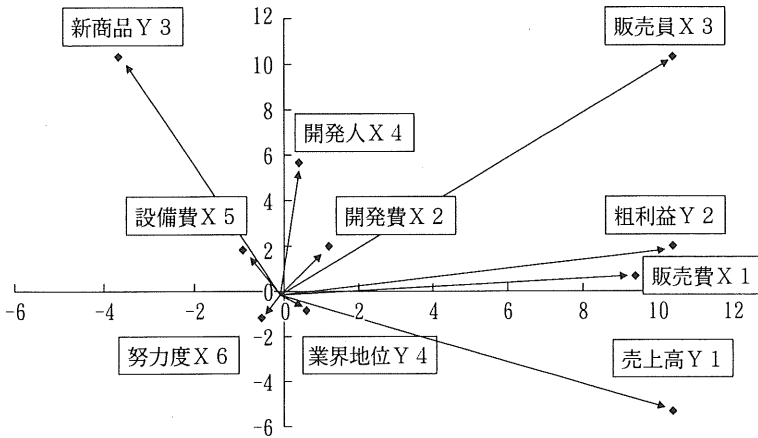


図8 共分散型バイプロットによる入出力項目間の位置関係

になる。共分散型バイプロット図上に DMU サンプルを布置し、この I～II の項目のグループと DMU 層別群との組合せてみると、I の項目グループには A 群が近く、次いで B 群、C 群となる。II の項目グループでは B 群が近く、次いで C 群、A 群となる。即ち、2.2 節の主成分分析による入出力項目と DMU 群との関係と同じになる。

以上から、ポジショニング手法を活用して、これら DMU 群と入出力項目のグルーピングを行ってから、グループを組合せて、DMU の事業効率性を調べていけば、より DEA 分析の結果を妥当にすることができると思われる。

### 3. 入出力項目グループと DMU 群とを組合せた DEA 分析結果

[6] [7]

#### 3.1 入出力グループと各 DMU 群との組合せた DEA 分析

DEA は、事業体の活動において、経営資源を投入し便益を産出する変換過程とし、

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = \theta_j \tag{1}$$

という比を用いて、 $\theta_j \leq 1$  と  $u_r \geq 0$ ,  $v_i \geq 0$  の制約条件下でその変換過程の効率性を測定するものである。今、産出を常に1とおいて、投入する経営資源の効率を考えることにする。前述のように、入出力項目グループ I と DMU 群 A とは強い関係にある。従って、DMU 群 A 内の事業体は、入力である販売経費と販売人員が有効に働いて売上高、粗利益を生み、A 群内の事業体は、売上高・粗利益の産出に対して投入資源が B, C 群の事業体よりも効率的に使われると見做される。入出力グループ I には DMU 群 A が馴染みやすく、DMU 群 B は、DMU 群 A とは異なり、事業体として期待する狙いは別にあると考えられる。また DMU 群 C は、DMU 群 A とは逆で、資源投入の割には売上高、粗利益の産出がでにくいと考えられる。このように入出力グループと DMU 群との組合せを考えた場合、入出力に関して各 DMU 群の関係が異なってくる。そこで、入出力グループ毎に全 DMU の DEA 分析を行なうには、このような異なる DMU 群がどのように影響し合うのかを捉えることが、非効率 DMU の改善策を検討する上に重要と考えた。そこで、異なるとする DMU 群を逐次加えた際の DMU 効率値の変化を捉える指標として影響受容度を考え、それを次のように定義した。

### 3.2 影響受容度とは

いま、DMU 群 A 内にいる事業体  $j$  が A という環境下にある。そして、A 以外の他の DMU 群 B という群が加わった時に、入力の効率とは別に、B 群が加わることにより影響を受ける指標として影響受容度というのを考える。それを、個別に  $\alpha_j^{(B)}$  とおくと、(1)式から DEA の効率性は(2)式のようになる。

$$\theta_j^{(A+B)} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^{(A)} y_{rj}^{(A)}}{\sum_{i=1}^m v_{ij}^{(A)} x_{ij}^{(A)} + \alpha_j^{(B)}} \quad (2)$$

この  $\alpha_j^{(B)}$  を影響受容度と呼ぶ。

ところで、入出力グループ I に対して、最初の DMU 群 A だけの DEA 分析

ポジショニング手法と DEA 分析による事業経営効率性の評価について

では、その影響受容度  $\alpha_j^{(A)}$  は 0 であるが、DMU 群 B が加わることで DMU 群 A 内の事業体  $j$  が受ける影響受容度は (2) 式から、近似的 (産出効率がよいので出力は 1 に近いと考えられるので) に (3) 式のように導かれる。

$$\text{B 群による影響受容度} = \alpha_j^{(B)} = \frac{\theta_j^{(A)} - \theta_j^{(A+B)}}{\theta_j^{(A+B)} \theta_j^{(A)}} \quad (3)$$

### 3.3 入出力グループ I と各 DMU 群との組合せた DEA 分析結果

入出力グループ I と各 DMU 群との組合せにおいては、前述のごとく A 群が最も楽な状況下にある。次に、販売経費、販売人員と売上高、粗利益の項目から離れている B, C 群の DMU は、販売経費、販売人員の資源を投入しても売上高、粗利益を生むことができず厳しい状況下にあると考えられる。そこで、カテゴリ化による DEA 分析を実施した。その結果が表 9 である。楽な状況下の DMU 群 A 内の事業体で優位集合となるものは、厳しい状況下にある DMU 群 B の優位集合にはなっていない。即ち、A 群と B 群が別であることを示している。A 群の No.1.SN, 2.ESP, 3.ETS, 9.SOR, 10.SK, 12.TB はいずれも T 社の繊維の事業体である。No.18.F1 はフィルム事業であるが、この事業体も含め、いずれの事業体も売上げを上げることが利益につながる。即ち市場占有率を優先させることに策がある。群内の非効率な DMU は、同群内の優位集合を参考に改善策を考えるのがよい。次に、A 群以外の他群について考える。他群の非効率となった各 DMU の改善策は、まず影響受容度を考慮する必要がある。影響受容度の大きい DMU 群 B の No.23.IZ, 25.BO は優位集合として C 群の No.26.MD を持つ。この二つの事業体については、まず DMU 群 A とは別の群なのでその違いは何かを探索し、事業を取り巻く環境の違いを認識することが必要である。No.23.IZ, と 25.BO は T 社にとっては新規の事業であり、市場は非常に細分化されたもので、繊維事業のように不特定多数に数多く販売できるものではない。市場環境が異なるため、繊維事業とは別の販売拡大策が必要であり、繊維事業のように単に投入資源を減らすことによる効率性向上の策だけでは効

表9 売上高と粗利益における DEA 分析の結果と DMU 群の環境負荷

DMU	Bグループ の効率値	B・C グループの 効率値	全DMUの 効率値	影響受容度 $\alpha_j(B)$	優位集合
1.SN			0.7274		ESP, TB
2.ESP			1.0000		
3.ETS			0.8930		MD, ESP, EXM
9.SOR			0.8980		ESP, TB, MD
10.SK			0.7465		ESP, MD, TB
12.TB			1.0000		
18.F1			0.6580		MD, TB, ESP
19.F2	1.0000	0.8999	0.8969	0.1149	MD, AC, ESP
20.AC	1.0000	1.0000	1.0000		
22.EN	0.6328	0.5641	0.5641	0.1925	MD, AC
23.IZ	0.5793	0.5129	0.5129	0.2235	MD, AC
25.BO	0.8716	0.6796	0.6796	0.3241	MD
29.ME	0.3077	0.3077	0.3077	0.0000	AC
4.EXP		0.9364	0.7980	0.1852	MD, ESP, TB
5.KES		0.9121	0.8297	0.1089	MD, ESP, TB
6.EXM		1.0000	1.0000		
7.TX1		0.8049	0.6823	0.2232	TB, ESP
8.TX2		1.0000	0.8585	0.1648	MD, ESP, TB
11.WL		0.9789	0.8503	0.1545	ESP, MD, EXM
13.IN		0.7067	0.5991	0.2541	MD, TB, ESP
14.CO		1.0000	1.0000		
15.DN		0.7601	0.7509	0.0161	MD, AC, TB
16.SB		0.5024	0.4659	0.1559	MD, TB, AC
17.NW		0.6727	0.5596	0.3005	ESP, TB
21.BD		0.9047	0.9047	0.0000	
24.AP		0.9653	0.9497	0.0170	MD, AC, TB
26.MD		1.0000	1.0000		
27.DZ		0.9569	0.9163	0.0463	AC, MD, TB
28.JG		0.3668	0.3603	0.0492	AC, MD, TB
30.TM		0.6688	0.6179	0.1232	TB, ESP

果はでないであろう。優位集合 No.26.MD は業界をリードしている事業であり、これは販社であるユーザーと契約により固く絆が結ばれており、販社との協同ワークによって世界のシェアを拡大中の事業である。この二つの DMU は

ポジショニング手法と DEA 分析による事業経営効率性の評価について

C群の No.26.MD の方法論と、B群の No.20.AC の事業を手本にすべきである。C群の No.7.TX1,13.IN,17.NW は、影響受容度が高く、A群の繊維事業の No.12.TB,2.ESP を優位集合にもっている。このC群の三つの No.7.TX1,13.IN,17.NW の事業体は繊維事業の中にある産業資材関係の DMU であり、A群の繊維事業の No.12.TB,2.ESP の影響をかなり受けていることがわかる。その影響は何かの検討を行う必要がある。このように影響度合いの大きさを産出することで、群間の環境の違い、影響の大きい他群の優位集合で DMU との違い、そして同群に含まれる優位集合との関連を順次考えることで、DEA で効率的な DMU から、より妥当で効果的な改善策の方向を抽出することが出来る。

### 3.4 入出力グループIIと各 DMU 群との組合せた DEA 分析結果

前節と同様にして考える。B群は新商品開発に関しては関係が深く、A、C群が別の方向にある。そこで、新商品開発志向においては A、C群の DMU が厳しい状況下であり、B群が最も楽な状況下にあると考えたカテゴリ化による DEA 分析を実施した。その結果が表10である。楽な状況下にある B群の DMU が優位集合になる場合が生じなかったので群間の考察は考えなくてよい。そして、表10の影響受容度は厳しい状況下にある群の DEA 効率な DMU による影響が直接出てくる。従って、商品開発志向については、群間差よりは直接 DEA 効率な DMU を考えればよい。以下非効率な DMU の改善策を考えると、優位集合として数多く出現している No.12の TB,24.AP,4.EXP,15.DN を中心にして投入資源の開発費、開発人員、設備投資の効率を考えればよいことになる。特に、同群内の優位集合の事業内容を優先させた改善策を検討するとよい。

### 3.5 上記組合わせによる全体の改善策について

表2のように最初の DEA 分析により効率値1となった DMU の No.29 の ME は、提言した組合せ分析では販売志向の組合せでも新商品開発志向の組合



表10 新商品化における DEA 分析の結果と DMU 群の環境負荷

DMU	Aグループ の効率値	A・C グループの 効率値	全DMUの 効率値	影響受容度 $\alpha_j(A)$	優位集合
1.SN	0.2667	0.1871	0.1871	1.5952	EXP,AP
2.ESP	1.0000	0.4174	0.4174	1.4049	TB,DN,AP
3.EST	1.0000	0.6961	0.6961	0.4366	TB,DN
9.SOR	1.0000	0.3816	0.3816	1.6205	EXP,AP
10.SK	0.5269	0.3030	0.3030	0.7389	TB,DN
12.TB	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	
18.F1	0.5333	0.2590	0.2590	1.0591	EXP,AP,TB
19.F2			0.2901		DN,TB,AP
20.AC			0.4141		AP,DN
22.EN			0.2396		AP,DN
23.IZ			0.6667		AP
25.BO			0.2537		AP,TB,DN
29.ME			0.2754		TB,AP,DN
4.EXP		1.0000	1.0000		
5.KES		1.0000	1.0000		
6.EXM		0.4350	0.4350	0.0000	EXP,AP
7.TX1		0.5618	0.5467	0.0492	EXP,AP,TB
8.TX2		0.3816	0.3816	0.0000	EXP,AP
11.WL		0.3025	0.2988	0.0409	AP,TB,DN
13.IN		0.1673	0.1661	0.0432	DN,AP,TB
14.CO		0.1131	0.1131	0.0000	DN,AP
15.DN		1.0000	1.0000		
16.SB		0.5646	0.5646	0.0000	AP,DN
17.NW		0.3214	0.3214	0.0000	AP,DN
21.BD		0.5833	0.5833	0.0000	AP
24.AP		1.0000	1.0000		
26.MD		0.6639	0.6639	0.0000	DN,AP
27.DZ		0.6166	0.5731	0.1231	EXP,TB,AP
28.JG		0.8139	0.8107	0.0049	DN,TB
30.TX		0.5728	0.5469	0.0083	EXP,TB,AP

わせにおいても DEA 効率値は1ではなくなっている。No.29のMEは、新商品化率が40%と他のDMUより高いが、他のDMUに比べて投入資源が多すぎ、効率値1では実際の解釈が困難であった。そこで、ポジショニング手法活

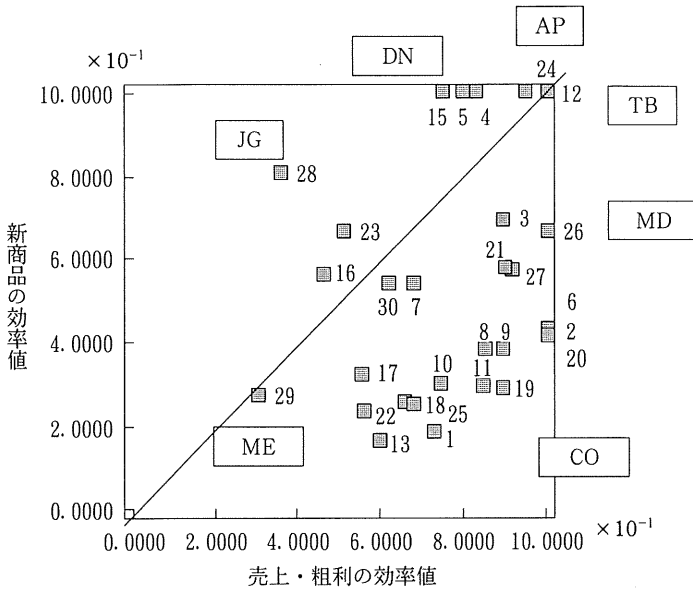


図11 各DMUの販売志向の効率値(横軸)と新商品開発志向の効率値(縦軸)

用によるDMU群の層別と入出力項目のグルーピングによる適切な組合せによりDEA分析を実施した。その結果、No.29のMEは販売志向についても、新商品開発志向についても一番非効率となり、販売志向に対して販売費、販売人員を大幅に減少することが必要であり、また商品開発志向においては、開発費、開発人員、設備投資に無駄が多いことが明らかになった。その後、No.29のME事業はT社から撤退することになった。また、表2では、DEA効率となったNo.14のCO事業は、新商品化率が極端に少なかったが、今回の組合せにより、販売志向ではDEA効率のままであったが、新商品開発志向では効率値が大幅にダウンし、商品開発に対する改善策が必要となった。同じく、表2では、DEA効率であったNo.28のJG事業は、入力も少なく出力も少なかったが、今回の組合せ分析により、販売志向、新商品開発志向のいずれも非効率となり、特に販売志向での改善策が必要となった。ここで、全体を把握するために販売志向の効率値を横軸として、新商品開発志向の効率値を縦軸にして、各

DMUの効率値散布図を作成した。それが図11である。図11から、販売志向、及び新商品開発志向の2面において極めて効率よく運用されている事業体DMUはNo.12.TB事業であり、一番効率が悪く見直すべき事業体DMUはやはり29.MEである。また、販売志向において極めて効率的であるNo.26.MD事業も、新商品開発志向においては見直しが必要である。新商品開発志向においては効率的であるNo.24.AP事業部やNo.15.DN事業体も販売志向においては、多少の改善余地があることがわかる。表2では、DEA効率の事業が22あったが、この組合せ分析にて、販売志向では6、新商品開発志向では5となり、実態に即したDEA効率の事業が抽出でき各々の改善策の検討が可能となった。全体的に、T社は、売上げ、粗利よりも新商品化率に対して非効率な事業体が多く、今後のT社の経営は、新商品開発のあり方を見直す必要があることも示唆している。

#### 4. 終 わ り に

多入力多出力のDEA分析の場合には、入力項目と出力項目の組合せが多く、DMUの数が相当数多くないと制約が緩くなり、単なる数値上の関係から、優位集合に相応しくないDMUが優位集合と判断される場合がある。本報告は、T社の30事業体DMUからなる6入力、4出力のケースにおいて、実際このようなことが発生した事例を用い、ポジショニング手法の活用により、最適な入出力項目とDMU群の組合せを見つけ、その組合せにより、DEA分析を行なうことによって、現実的な改善策を見つけることが出来たことを報告した。そして、ポジショニング手法により層別したDMU群間とDMU同志の影響を逐次捉えるために影響受容度を定義し、DEAカテゴリカル分析を応用して、群の層別が確かであるかを捉え、その影響受容度を参考にして、群間の環境の違い、影響の大きい他群の優位集合であるDMUとの違い、そして同群に含まれる優位集合との関連を順次考察することで、効果的に改善策の抽出が可能であることを示した。ところで、ポジショニング手法により3番目の入出力項目のグルー

ポジショニング手法と DEA 分析による事業経営効率性の評価について

プとして努力度と業界地位との関係がでたが、努力度はプロセス評価であり、業界地位は長い年月の積み重ねによるこれら努力の成果の表れとみなし、一年だけの DEA 分析では結論づけは難しく時系列を考えた分析が必要である。従って、この組合せについては今後の研究課題として今回は取り上げなかった。

DEA 分析結果が、より現実の場面に適用出来るためにも今回のような方法を活用して、最適な組合せの DEA 分析を行なうことを推奨する。そして、今後は DEA 分析の持つ個々の現実データに依存する問題に対して、他の手法との併用や改善を行ない、企業の経営効率性を探る有効な手法とすべく幅広い研究を行なっていきたい。

#### 参 考 文 献

- [ 1 ] 刀根 薫 (1993). 「経営効率性の測定と改善」. 日本科学技術連盟.
- [ 2 ] Charnes, A. Cooper, W. W. Lewin, A. Y. & Seiford, L. M (1994). Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application. Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London.
- [ 3 ] Gabriel, K. R (1971). The biplot graphic display of matrixes with application to principal component analysis. *Biometrika* 58, pp. 453-467.
- [ 4 ] Benzecri, J. P. (1973). *Analyse des donnees. Tome2: Analyse des correspondances*. Dunod. Paris. (in French).
- [ 5 ] 磯貝, 野口 (1992). 「特異値分解とその応用」. 大阪大学教養部研究集録 (人文・社会科学) 第40号, p. 63-p. 101.
- [ 6 ] 上田 徹 (1994). 「多変量解析法を用いた DEA 法入出力変換法の検討」. 94年度日本オペレーション・リサーチ学会秋季研究発表会, 2-E-4.
- [ 7 ] 野口 (2003). 「ポジショニング手法の活用についてー社会科学教育におけるー」, 2003年医学統計研究会納会報告資料, 大阪大学豊中キャンパス, 2003.12.6.