

ウィンドー分析法による地下鉄事業の経営および利用効率評価*

Evaluation of Management and Use of Subway Systems by Window Analysis*

岸 邦宏**、山平 秀典***、佐藤 馨一****

By Kunihiro KISHI**, Hidenori YAMAHIRA*** and Keiichi SATOH****

1. はじめに

わが国における地下鉄事業は、9つの公営事業と1つの営団事業があり、独立採算制を基本として運営している。しかし、ほとんどの事業体では、高額の建設コストを償還するため運賃収入だけでは採算があわず、一般会計による補助金が投入されている。この補助金は自治体の財政を大きく圧迫しており、他の公共サービスの質の低下につながることも懸念される。

一般企業の経営パフォーマンスは、主として利益率などの収益性を示す指標によって計測される。これを地下鉄事業に当てはめると、経営的には成立しない事業体が多くなる。しかし、公共交通としての地下鉄の位置づけは非常に重要であり、赤字であるからといって地下鉄が不要ということではあってはならない。地下鉄事業は、経営状況、そして都市交通における地下鉄の機能の両側面から評価する必要がある。

本研究は、包絡分析法(Data Envelopment Analysis; DEA)における時系列分析法のウィンドー分析法により、経営と都市機能の観点から我が国の地下鉄事業を評価することを目的とする。DEAを適用することにより、厳しい経営状況下で、どの事業体が最も効率的に経営を行っているか、また都市交通においてどの事業体が最も効率的に乗客を輸送しているかを明らかにすることができる。またウィンドー分析法によって、時系列分析も行う。これらの分析結果をもとに各事業体の改善のための数値目標を提示する。

2. 地下鉄事業の経営状況

(1)全国の地下鉄事業の経営状況

平成9年度の各地下鉄事業体の営業損益を図1、その内訳を表1に示す。

都市の人口規模、地下鉄の路線規模による金額の大きさの違いもあるが、その構成にばらつきが見られる(表1)。営業費はそのほとんどを運転費、線路保存費などが

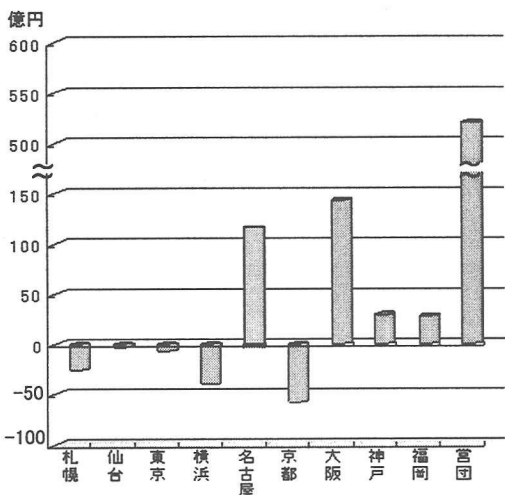


図1 地下鉄事業の営業損益(支払利息除く)

表1 地下鉄事業の営業損益の構成¹⁾ (単位:百万円)

	札幌	仙台	東京	横浜	名古屋	京都	大阪	神戸	福岡	営団
営業収益計	38,678	12,372	81,478	22,465	70,170	17,008	163,579	17,988	21,932	294,032
営業費計 注1)	41,252	12,604	82,166	26,486	69,036	22,786	149,296	15,891	19,170	242,047
運送費全体	21,163	6,035	52,410	13,750	42,881	12,708	96,292	9,664	9,259	157,499
案内宣伝費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190
厚生福利施設費	0	10	146	33	247	0	238	0	0	3,471
一般管理費	3,045	154	1,805	281	2,463	437	10,433	550	601	8,015
諸税	0.1	0	0	0.3	0.8	0.1	1.0	0.2	0.1	7,535
減価償却費	17,044	6,404	27,805	12,422	23,455	9,641	42,577	5,676	9,309	65,645
営業損益	-2,573	-232	-688	-4,021	1,133	-5,778	14,283	2,097	2,761	51,985
参考)										
減価償却費/営業費計	0.41	0.51	0.34	0.47	0.34	0.42	0.29	0.36	0.49	0.27
営業収益計/営業費計	0.94	0.98	0.99	0.85	1.02	0.75	1.10	1.13	1.14	1.22

注1)大阪・営団は厚生福利施設収入を差し引いたもの

らなる運送費と減価償却費で占めるが、大阪、営団は営業費の中に占める減価償却費の割合が他と比較しても低く、逆に仙台、福岡は割合が高い。また、営業損益を金額だけでなく営業収益と営業費の比で見ても、京都、横浜は他より損失が大きいことがわかる。

(2)札幌市営地下鉄の現状²⁾

札幌市営地下鉄は昭和46年12月、全国4番目の地下鉄として誕生した。当初は北24条から真駒内までの南北線12.1kmであったが、その後市勢の発展に伴い、昭和51年に東西線、昭和53年に南北線延長部、昭和57年に東西線延長部、昭和63年に東豊線、平成6年に東豊線延長部、さらに平成11年2月に東西線延長部(琴似～宮の沢間2.8km)が開業した。積雪寒冷地である札幌市において雪に強い地下鉄は公共輸送機関として重要な役割を果たしている。また、本格的なゴムタイヤによる中央案内軌条方式を採用した点も特徴である。

*キーワード：公共事業評価法、DEA、ウィンドー分析法
**正会員、博(工)、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻(札幌市北区北13条西8丁目、TEL・FAX 011-706-6216)
***正会員、修(工)、北海道室蘭土木現業所洞爺出張所(虻田町高砂町90-2、TEL 0142-76-2111、FAX 0142-76-3921)
****フェロー、工博、北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻(札幌市北区北13条西8丁目、TEL 011-706-6209、FAX 011-706-6216)

しかし、経営面では乗客減による乗車料収入の伸び悩みや、資本費負担の増大により厳しい経営状況にある(図2)。

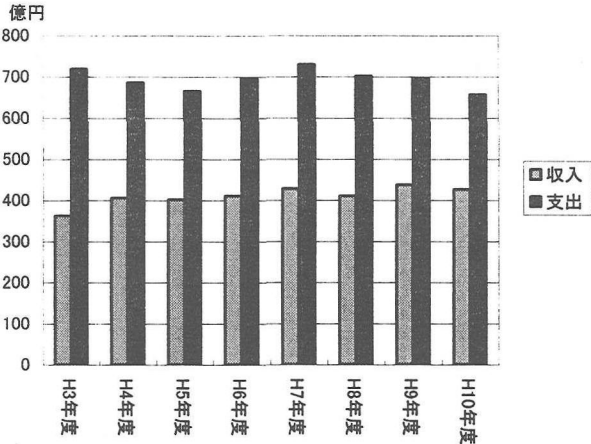


図2 札幌市地下鉄事業の収支推移

札幌市はこれまで、一般会計から100～200億円を繰り入れてきた。しかし経営の立て直しに向けて、平成12年度から4年間で、さらに255億円を高速電車事業会計への繰入金を上乗せする方針である。平成12年度予算案にて41億円を計上したことで当面の赤字は圧縮されるが、抜本的な経営改善には、地下鉄離れに歯止めをかける需要対策や一層のコスト削減が求められる。

3. 包絡分析法(DEA)

(1)DEAの基本的考え方³⁾

事業体の活動を、資源の入力から便益を出力する変換過程と見た場合、その効率性を測定するために(出力／入力)という比率尺度が用いることがある。そして同様の投入と産出を持つ事業体が複数個ある場合、その比率尺度の大小によってそれらの相対比較を行うことが可能であり、実際に経営分析の手段として用いられている。

DEAはこのような分析を行うための手法である。その基本的な考え方について、図3をもとに説明する。

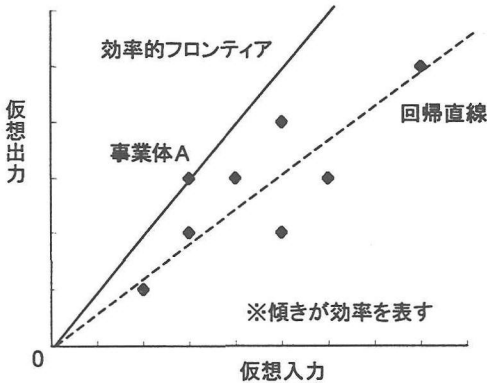


図3 DEAの概念

8つの事業体があり、入力(たとえば営業人数)と出力

(たとえば売上高)の関係を図3のように表す。

事業体Aと原点を結ぶ直線の勾配が一番大きく、つまり(出力／入力)が最大であり、この線をDEAでは効率的フロンティアと呼ぶ。そしてすべての事業体はこのフロンティアの下側に包み込まれる。

このようなデータがある場合、回帰分析による直線の当てはめもなされることが多い。回帰直線はデータ群のほぼ中央を通過する。そして、この線より上にある営業所は成績良好、下にある営業所は不良と判断され、その度合いを偏差値などを用いて測ったりする。

それに対して、フロンティア線は最優秀事業体のパフォーマンスを示す。そして、この最優秀パフォーマンス線をもとに他の営業所の成績を評価するのがDEAの基本的な発想である。回帰分析法が平均に基づく分析法であるのに対して、DEAは優秀な事業体をベースにした効率性の評価法である。この基本的な観点の違いは具体的な評価法として大きな違いを生み出している。

ここで、このフロンティア線は曲線であることもあり得るが、DEAでは規模のリターンが一定であるという仮定の下、同じ勾配の直線で伸びていくものとする。

事業体Aは効率的であるが、他はすべて非効率的である。そこで、Aの効率値を1と定め、他の事業体の効率値を相対的に表していく。

(2)CCRモデル

CCRモデルはDEAの最も基本的なモデルである。以下に概要を示す。

DEAでは分析対象を一般にDMU(Decision Making Unit; 意思決定者)という。ここでは評価対象の事業体、活動をDMUとする。まず、n個の活動それぞれについて比率尺度で効率性を測定していくが、対象になっている活動を代表的に記号oとし、DMU_oとする。以下、記号oは1,2,...,nのどれかを指すものとする。m個の入力項目とs個の出力項目があるとき、DMU_oの入力データはx_{1o}, x_{2o}, ..., x_{mo}、出力データはy_{1o}, y_{2o}, ..., y_{so}と表す。入力につけるウェイトをv_i (i=1,...,m)、出力につけるウェイトをu_r (r=1,...,s)として、その値を次の分数計画問題を解くことによって定める。

<FP>

$$\text{目的関数 } \max \theta = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \dots + v_m x_{mo}} \quad (1)$$

$$\text{制約式 } \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j=1, \dots, n) \quad (2)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad (3)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \quad (4)$$

この制約式の意味は、ウェイト v_i 、 u_r による仮想的入力と出力の比をすべての活動について1以下に抑えるということである。その上で、当該の活動の比率尺度 θ を最大化するように v_i 、 u_r を決める。したがって、最適な θ の値 θ^* は1である。

このように、DMU_o の効率性を求める問題は＜FP_o＞のように定式化されるが、分数計画問題のままではその最適解を求めることは一般に困難であることから、次のような線形計画問題に置き換えることによって最適解を求める。

＜LP_o＞

目的関数 $\max \theta = u_1 y_{1o} + \cdots + u_s y_{so}$ (5)

制約式 $v_1 x_{1o} + \cdots + v_m x_{mo} = 1$ (6)

$u_1 y_{1j} + \cdots + u_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \cdots + v_m x_{mj} \quad (j=1, \dots, n)$ (7)

$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$ (8)

$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$ (9)

この＜LP_o＞を解くことにより得られる最適解を (v^*, u^*) とし、目的関数値を θ^* とする。そのとき、
 $\theta^* = 1$ ならば DMU_o は D 効率的
 $\theta^* < 1$ ならば DMU_o は D 非効率的
とする。

＜LP_o＞の最適解として得られた (v^*, u^*) の値は、DMU_o に対する最適ウェイトを意味する。このとき、比率尺度の値は

$$\theta^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{ij}}$$

である。(2.6) より上式の分母は1である。そして、

$$\theta^* = \sum_{r=1}^s u_r^* y_{rj}$$

である。この (v^*, u^*) は DMU_o にとって比率尺度を最大化するという目的のために、最も好意的にウェイトをつけた値である。 v_i^* は入力項目に対する最適ウェイトであり、その大小によってその活動のどの入力項目が高く評価されているかがわかる。 u_r^* は出力項目に対する最適ウェイトであり、その大小によってどの出力項目が高く評価されているかが分かる。さらに、 $v_i^* x_{io}$ の個々の値を見るならば、仮想的入力

$$\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io} (=1)$$

のなかで、どの入力項目がどのくらいの比重を占めるかが分かる。 v_i^* の値は入力データの単位の取り方によって変わるので、こちらの方が比重を見るのに適している。

同様のことが $u_r^* y_{ro}$ の個々の値についても言うことが

できる。これらの値は加重入出力値と呼ばれるものであり、個々の活動によって、どの入出力項目に特徴があるかを示すものである。

(3)ウィンドー分析法

CCR モデルによって求められる効率値の経年変化を考察するため、本研究ではウィンドー分析法(Window Analysis)³⁾⁴⁾を用いる。ウィンドー分析法は DEA を用いた

表2 ウィンドー分析法

社・期							1	平均
	1	2	3	1	2	3	2	
A1	$\theta_{A1,1}$			$\theta_{A1,12}$	$\theta_{A1,13}$		$\theta_{A1,123}$	θ_{A1}
A2		$\theta_{A2,2}$		$\theta_{A2,12}$		$\theta_{A2,23}$	$\theta_{A2,123}$	θ_{A2}
A3			$\theta_{A3,3}$		$\theta_{A3,13}$	$\theta_{A3,23}$	$\theta_{A3,123}$	θ_{A3}
B1	$\theta_{B1,1}$			$\theta_{B1,12}$	$\theta_{B1,13}$		$\theta_{B1,123}$	θ_{B1}
B2		$\theta_{B2,2}$		$\theta_{B2,12}$		$\theta_{B2,23}$	$\theta_{B2,123}$	θ_{B2}
B3			$\theta_{B3,3}$		$\theta_{B3,13}$	$\theta_{B3,23}$	$\theta_{B3,123}$	θ_{B3}
C1	$\theta_{C1,1}$			$\theta_{C1,12}$	$\theta_{C1,13}$		$\theta_{C1,123}$	θ_{C1}
C2		$\theta_{C2,2}$		$\theta_{C2,12}$		$\theta_{C2,23}$	$\theta_{C2,123}$	θ_{C2}
C3			$\theta_{C3,3}$		$\theta_{C3,13}$	$\theta_{C3,23}$	$\theta_{C3,123}$	θ_{C3}
D1	$\theta_{D1,1}$			$\theta_{D1,12}$	$\theta_{D1,13}$		$\theta_{D1,123}$	θ_{D1}
D2		$\theta_{D2,2}$		$\theta_{D2,12}$		$\theta_{D2,23}$	$\theta_{D2,123}$	θ_{D2}
D3			$\theta_{D3,3}$		$\theta_{D3,13}$	$\theta_{D3,23}$	$\theta_{D3,123}$	θ_{D3}

時系列分析法であり、同じ DMU でも期が異なると、それぞれを異なる DMU として扱い、さらに年度間における効率値の連続性を考慮するために、2 期間、3 期間と全ての組み合わせにおいての効率値を求め、その平均値の推移で時系列評価を行うものである(表 2)。

4. DEA による地下鉄事業の効率性分析

(1)DEA における入出力項目の設定

本研究では全国の 10 地下鉄事業者(札幌、仙台、東京、横浜、名古屋、京都、大阪、神戸、福岡、営団)をとりあげ、その効率性の比較・評価を行う。

(a)経営効率評価

地下鉄事業を事業者側、つまり経営面から評価するにあたり、本研究ではより少ない経費でより多くの収入を得ることができれば効率的であるとする。そこで入力項目に「人件費」、「営業経費」、出力項目に「運輸収入」を設定し、2 入力 1 出力による DEA 分析によって地下鉄事業の経営効率を評価する。

(b)利用効率評価

(a)の経営効率評価は、あくまで経営面での効率評価であり、非効率であるからといって地下鉄事業そのものを否定することはできない。地下鉄が公共交通として都市機能の重要な役割を担っていることも評価する必要がある。

本研究では、利用者が支払う運賃に見合った移動がで

きているか、という観点から、少ない運賃の支払いで、より遠くに移動できることができれば、地下鉄が都市交通において果たしている機能が効率的であるとする。そこで入力項目に「平均運賃」、出力項目に「平均通過数量」、「平均輸送キロ」を採用し、1入力2出力によるDEA評価を行う。都市の規模により駅間距離も異なる。そこで輸送キロだけでなく、移動の駅数も考慮するために平均通過数量を適用した。

DEAでは、入力項目とDMUの数は、入力項目数をm、出力項目数をs、DMUの数をnとすると、

$$n \geq \max\{m \times s, 3(m+s)\}$$

が基準とされている。本研究における設定はこれを満たしている。

以上の入力・出力項目について使用したデータの中で、平成9年度分を表3、4に示す。

表3 平成9年度入出力データ（経営としての効率性）⁵⁾

	入力		出力
	人件費 (千円)	経費 (千円)	運輸収入 (千円)
札幌	12,820,613	11,387,849	36,556,682
仙台	2,993,506	3,301,887	11,116,151
東京	37,886,594	16,474,294	78,476,469
横浜	9,527,954	4,536,201	21,675,849
名古屋	33,638,332	11,942,223	61,857,077
京都	5,811,186	7,334,145	15,641,564
大阪	80,691,579	26,271,918	153,772,466
神戸	6,196,217	4,018,522	17,091,857
福岡	4,730,563	5,129,916	20,516,516
営団	101,585,127	67,592,370	260,611,272

表4 平成9年度入出力データ（利用の効率性）⁵⁾

	入力	出力	
	平均運賃 (円/人キロ)	平均通過数量 (人/日キロ)	平均輸送キロ (キロ/人)
札幌	29.92	74,062	4.7
仙台	37.58	54,758	5.1
東京	20.70	146,978	6.8
横浜	21.56	83,485	8.1
名古屋	25.84	85,712	6.3
京都	36.16	61,730	4.6
大阪	26.49	139,579	6.1
神戸	18.32	112,607	9.3
福岡	35.81	88,168	4.9
営団	16.43	255,065	7.6

(2)ウィンドー分析法の分析結果

平成5～9年度における経営面の効率性はウィンドー分析法により表5のような結果が得られた。利用効率値に関しても同様に表6のように求められ、これらから効率値の推移は図4、図5のようになる。

表5、表6ともに総当たり方式のウィンドー分析法による分析結果である。左側のブロックから、単年度だけを対象に効率性を計算したものが5年で5通り、2年度分のすべての組み合わせについて計算したものが10通り、3年度分ですべての組み合わせが10通り、4年度分で5通り、5年度分まとめて計算したものが1通り、合計31通りの計算結果をもとに、それぞれの年度で行で平均したものを時系列の効率値としてみるものである。

もし時系列評価が、表の右から2列目のように5年度分まとめて計算したものだけであったならば、ある年度で効率値が1.0であったとしても、それが生かされない。

表5 ウィンドー分析法による効率値の推移（経営効率性）

		入力										出力										平均
		H5年度	H6年度	H7年度	H8年度	H9年度	H5年度	H6年度	H7年度	H8年度	H9年度	H5年度	H6年度	H7年度	H8年度	H9年度	H5年度	H6年度	H7年度	H8年度	H9年度	
札幌	H5年度	0.78					0.78	0.78	0.78	0.77		0.78	0.77	0.77	0.77		0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.78
	H6年度		0.78				0.78					0.78	0.78	0.78	0.78		0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
	H7年度			0.77				0.75				0.75	0.74				0.75	0.74				0.75
	H8年度				0.78				0.74				0.76				0.76					0.76
	H9年度					0.77				0.76				0.77			0.76					0.77
仙台	H5年度	0.78					0.78	0.78	0.78	0.76		0.78	0.77	0.77	0.77		0.78	0.77	0.77	0.77	0.77	0.78
	H6年度		0.82				0.78					0.78	0.78	0.78	0.78		0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
	H7年度			0.78				0.78				0.78	0.78	0.78	0.78		0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
	H8年度				0.80				0.81	0.77		0.78	0.78	0.78	0.78		0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
	H9年度					0.86				0.85	0.81	0.78	0.78	0.78	0.78	0.81	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
東京	H5年度	0.86					0.86	0.86	0.86	0.86		0.86	0.86	0.86	0.86		0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
	H6年度		0.88				0.86					0.86	0.86	0.86	0.86		0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
	H7年度			0.81				0.81				0.81	0.81	0.81	0.81		0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
	H8年度				0.92				0.92	0.87		0.81	0.81	0.81	0.81		0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
	H9年度					0.92				0.92	0.89	0.86	0.85	0.85	0.85	0.81	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
横浜	H5年度	0.94					0.94	0.94	0.94	0.94		0.94	0.94	0.94	0.94		0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
	H6年度		1.00				0.96					0.96	0.96	0.96	0.96		0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	H7年度			0.90				0.90				0.90	0.90	0.90	0.90		0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	H8年度				0.93				0.93	0.89		0.89	0.89	0.89	0.89		0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
	H9年度					0.95				0.95	0.92	0.89	0.88	0.88	0.88	0.81	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
名古屋	H5年度	0.83					0.83	0.83	0.83	0.83		0.83	0.83	0.83	0.83		0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
	H6年度		0.86				0.83					0.83	0.83	0.83	0.83		0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
	H7年度			0.84				0.84				0.84	0.84	0.84	0.84		0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
	H8年度				0.92				0.92	0.88		0.88	0.88	0.88	0.88		0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
	H9年度					0.92				0.92	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.81	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
京都	H5年度	0.92					0.92	0.92	0.92	0.91		0.92	0.92	0.92	0.92		0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
	H6年度		0.88				0.85					0.85	0.85	0.85	0.85		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	H7年度			0.88				0.88				0.88	0.88	0.88	0.88		0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
	H8年度				0.97				0.97	0.93		0.93	0.93	0.93	0.93		0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	H9年度					0.82				0.82	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.81	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
大阪	H5年度	1.00					1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	H6年度		1.00				0.96					0.96	0.96	0.96	0.96		0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	H7年度			1.00				0.99				0.99	0.99	0.99	0.99		0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	H8年度				1.00				1.00	0.97		0.97	0.97	0.97	0.97		0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
	H9年度					1.00				0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.81	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
神戸	H5年度	1.00					1.00	0.93	1.00	1.00		1.00	0.93	1.00	1.00		1.00	0.93	1.00	0.93	1.00	0.93
	H6年度		0.96				0.92					0.92	0.92	0.92	0.92		0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
	H7年度			1.00				1.00				1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	H8年度				1.00				1.00	0.94		0.94	0.94	0.94	0.94		0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
	H9年度					1.00				0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.81	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
福岡	H5年度	1.00					1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	H6年度		1.00				0.99					0.99	0.99	0.99	0.99		0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
	H7年度			1.00				0.98				0.98	0.98	0.98	0.98		0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
	H8年度				1.00				1.00	0.94		0.94	0.94	0.94	0.94		0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
	H9年度					1.00				0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.81	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
営団	H5年度	0.88					0.88	0.88	0.88	0.85		0.88	0.88	0.88	0.88		0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
	H6年度		0.88				0.85					0.85	0.85	0.85	0.85		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	H7年度			0.84				0.84				0.84	0.84	0.84	0.84		0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
	H8年度				0.91				0.91	0.88		0.88	0.88	0.88	0.88		0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
	H9年度					0.86				0.86	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81

表6 ウィンドー分析法による効率値の推移 (利用効率性)

[illegible]

ウィンドー法により、すべての組み合わせで効率値を計算して、平均値を求めることで、前述の問題点が解決できる。また表にすることで計算漏れを防ぐことができる。

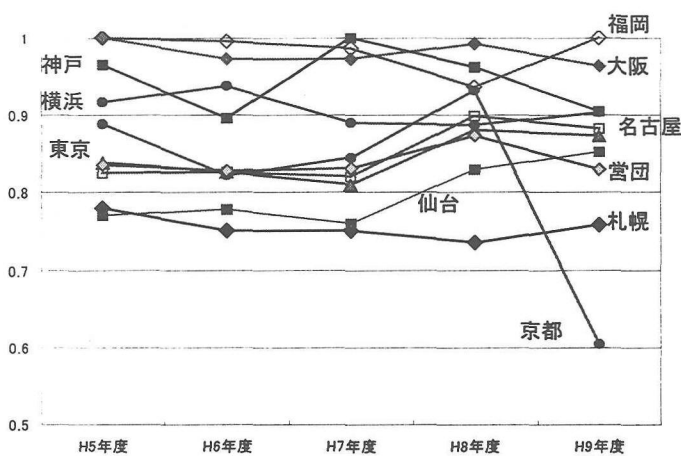


図4 経営効率値の推移

図4より経営効率評価の推移をみると、福岡、大阪が高い効率値で推移しているのに対して、札幌は効率値が低い値で推移している。つまり、他の事業体と比較しても経営効率は良くないことを示している。また京都の効率値が平成8年度から9年度にかけて大きく低下したのは、平成9年度に開通した東西線によって経費が倍増したが、それに見合う収入が上げられなかったことが原因と考えられる。

図5に示す利用効率評価では、神戸、営団が高い効率値で推移している。特に神戸は平成7年度から8年度にかけて効率値が上昇している。これは、平成7年1月17日に起きた阪神・淡路大震災時に自家用車利用の規制、他の公共交通機関が不通という状態であったなかで、地下

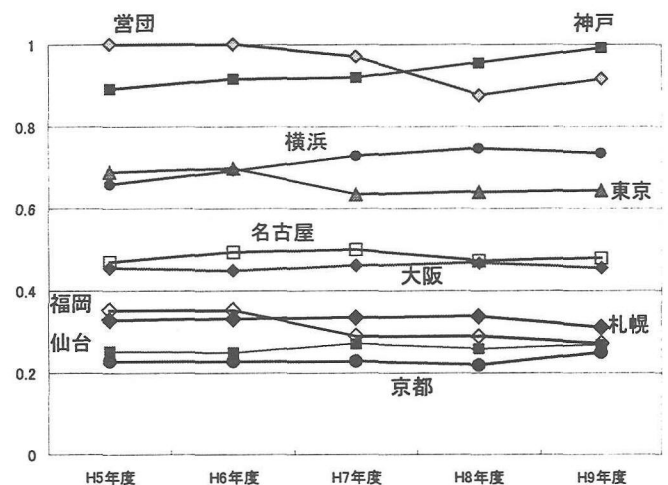


図5 利用効率値の推移

鉄は比較的早く復旧したことによって、それ以後も利用者からの評価が高まったことが反映していると考えられる。一方、札幌についてみると効率値は横ばいで推移している。平成8年は記録的な大雪であったが、他の事業体と比較して地下鉄の評価が高まるといったことは見られなかった。

(3)主成分分析による経営と利用効率の総合評価

経営と利用の双方から比較するために、それぞれ2つの効率値を軸にとり、平成9年度のそれぞれの効率値から各事業体をプロットすると図6のようになる。図中で右上に近いほど、経営も利用効率としても優れた事業体といえる。ここでは事業体として経営効率を上げていくとともに、利用効率を維持していく右上に向かう改善が求められる。

表 8 経営改善案

	入力志向型		出力志向型
	人件費 (千円)	経費 (千円)	運輸収入 (千円)
札幌	-2,962,980	-2,631,853	+12,114,141
仙台	-430,417	-522,423	+1,507,024
東京	-3,096,509	-1,346,460	+9,557,196
横浜	-450,657	-214,555	+1,780,476
名古屋	-2,709,621	-961,965	+5,744,335
京都	-2,204,657	-2,782,439	+9,934,084
大阪	0	0	0
神戸	-383,561	-248,756	+173,234
福岡	0	0	0
営団	-14,551,850	-9,682,461	+30,583,514

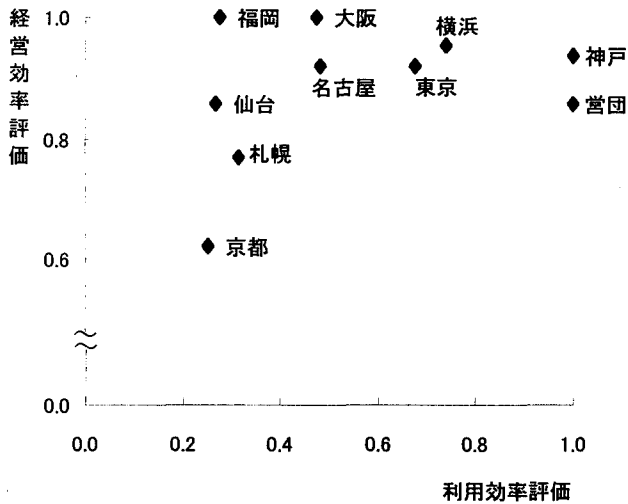


図 6 地下鉄事業効率評価

さらに、2 軸で表現されている評価を主成分分析によって、総合評価を行った。主成分分析の寄与率は 0.881 と高い値であることから、第 1 主成分をもって総合得点とする。表 7 に示されるように、神戸、営団についての評価は高く、札幌、仙台、京都の評価は非常に低い。また、大阪、名古屋、福岡は経営の評価は高いが、利用効率としては評価が低いため、総合評価でも順位はそれほど高くないという結果となった。

表 7 平成 9 年度の総合得点

順位	事業体	総合得点
1	神戸	1.612
2	営団	1.506
3	横浜	0.744
4	東京	0.477
5	大阪	-0.096
6	名古屋	-0.174
7	福岡	-0.775
8	札幌	-0.947
9	仙台	-0.994
10	京都	-1.353

5. 地下鉄事業体の効率化のための改善案

DEA では非効率的な事業体を効率的にするための改善案を入出力項目で具体的に数字で表現することができる。改善案には入力指向型、つまり現状の出力レベルを最低限保証しながら入力を出来るだけ縮小するものと、出力指向型、つまり現状の入力レベルで出来るだけ出力を増加させるという 2 種類の改善案が存在する。

表 8 は 10 事業体における入力指向型、出力指向型の改善案を表している。マイナスは余剰で減らさなければならないこと、プラスは不足で増加しなければならないことを示す。大阪、福岡は 10 事業体の中で効率的と評価されたため改善案はなく、他の事業体は大阪、福岡を目標に改善することとなる。

札幌市に着目すると、表 3 から平成 9 年度は人件費が約 128.2 億円、経費が約 113.9 億円かかっている。入力

志向型の改善であれば表 8 より人件費は約 29.6 億円、経費は約 26.3 億円の削減、つまり 23% の削減をしなければならない。あるいは人件費、経費が現状のままであれば、出力志向型として、表 3 から平成 9 年度の運輸収入が約 365.6 億円だったのを表 8 より約 121.1 億円、30% 増加させることが効率的な経営への改善案となる。

また、同様に表 7 の総合評価で順位の低かった京都についてみると、入力志向型であれば表 3 の人件費が約 58.1 億円、経費が約 73.3 億円に対して、表 8 より人件費は約 22 億円、経費は約 27.8 億円の削減、つまり 37.9% の削減が必要となる。出力志向型では表 3 より運輸収入が約 156.4 億円であったのに対して、表 8 より約 99.3 億円、63.5% 増加させなければならない。

実際の改善の実現可能性については別に議論を必要とするが、このように評価の低かったものに対しても、DEA では効率的となるために具体的な改善案を数値で算出することができる。また、その値が大きいことは、それだけ現状が非効率であることを示している。

現在、交通事業体の経営改善方策として上下分離方式が注目されている。運営主体を民間にすることによって要員数の削減や人件費の削減等が考えられるが、そのときの数値目標としても DEA による改善案はひとつの方向性を示していると考ええる。

6. おわりに

本研究では DEA の CCR モデルとウィンドー分析法を用いて地下鉄事業体の経営、利用効率を相対的に評価した。

大阪、福岡については営業損益が黒字の経営で、DEA によっても経営は効率的と評価されたが、利用者から見ると効率的ではないことが明らかになった。また、名古屋、神戸、営団は営業損益が黒字で、利用者も効率的に利用できていても、経営は必ずしも効率的ではなく、さらに改善の余地があることがわかった。DEA の適用により、黒字経営であれば良いとするのではなく、さらに効

率的に支出に見合った収入を得ていくための指針を得ることができる。一方で札幌、京都のように経営状況が良くない事業体も、DEA の分析により効率的経営のための改善案を示した。

採算性で地下鉄事業を議論すると、ほとんどの事業体が否定されてしまう。しかしそのような地下鉄も、都市交通において欠かすことのできないものである。経営が厳しい状況下にあるという前提で、今後の改善方を考えなければならないときに、他の優れている事業体を目標とし、利用者の視点から見た利用効率性も考慮し、具体的な改善案を示すことができる DEA の分析は有用であると考えられる。

参考文献

- 1)運輸省鉄道局監修：鉄道統計年報，平成 9 年度版，1999
- 2)札幌市交通局ホームページ <http://www.city.sapporo.jp/st/>
- 3)刀根薫：「経営効率性の測定と改善—包絡分析法 DEA による—」，日科技連，1993
- 4)刀根薫、上田徹 監訳：「経営効率評価ハンドブック—包絡分析法の理論と応用—」，朝倉書店，2000
- 5)運輸省鉄道局監修：鉄道統計年報，平成 5 年度版～平成 9 年度版，1995～1999

ウィンドー分析法による地下鉄事業の経営および利用効率評価

岸 邦宏、山平 秀典、佐藤 馨一

本研究は、包絡分析法(DEA)におけるウィンドー分析法により、経営と利用の観点から我が国の地下鉄事業を評価することを目的としている。DEA を適用することにより、厳しい経営状況下で、どの事業体が最も効率的に経営を行っているか、また都市交通においてどの事業体が最も効率的に乗客を輸送しているかを明らかにした。またウィンドー分析法によって、時系列分析も行った。これらの分析結果をもとに各事業体の改善のための数値目標を提示した。

Evaluation of Management and Use of Subway Systems by Window Analysis

Kunihiro KISHI, Hidenori YAMAHIRA and Keiichi SATOH

The purpose of this study is to evaluate subway systems in Japan from the viewpoint of management and use by Window Analysis on Data Envelopment Analysis. By applying DEA, the following were clarified : Which subway system is managed the most efficiently under the severe management situation, which transports passengers the most efficiently. And then, by Window Analysis time series analysis was carried out. The numerical value goal for the improvement on each subway system was presented on the basis of these results of analysis.
