包絡分析法を用いた公営地下鉄の経営効率評価に関する研究

北海道大学大学院工学研究科　学生員　山平　秀典
北海道大学大学院工学研究科　正　員　岸　邦宏
北海道大学大学院工学研究科　フェロー　佐藤　馨一

1. はじめに

わが国における公共交通はこれまで独立採算制を基本としてきた。しかし、地下鉄を運営するほとんどの交通事業体では高額の建設コストのため運賃収入では採算が合わず赤字運営となっており、一般会計による補助金よって持続されている。この補助金は自治体の財政を大きく圧迫しているのが現状である。

一般企業の経営パフォーマンスは、利益率などの収益性を示す指標によって計測される。しかし公営地下鉄は都市機能の一部であり、赤字であるからといって、それが不要ということにはならない。公営地下鉄は様々な角度から評価する必要がある。

本研究は、複数の項目間の効率という観点から包絡分析法（Data Envelopment Analysis）を用いてわが国の地下鉄事業の経営効率を評価、考察することを目的とする。また、特に札幌市営地下鉄について具体的な改善方策を提示したものである。

2. 包絡分析法（DEA）の基本概念

包絡分析法（Data Envelopment Analysis ;DEA)は多入力・多出力系システムにおける相対的な効率性を評価する手法であり、主に経営工学の分野で用いられてきた。

包絡分析法の最も基本的なモデルとして、CCR モデルがある。概要は以下の通りである。

n 個の DMU（意思決定者）があり、m 個の入力と s 個の出力があるとき、仮想的入力、仮想的出力をそれぞれ

仮想的入力＝ν_1×入力$_1$＋ν_2×入力$_2$＋…＋ν_m×入力$_m$

仮想的出力＝u_1×出力$_1$＋u_2×出力$_2$＋…＋u_s×出力$_s$

とし、各 DMU に有利になるように入力、出力にウェイト(ν, u)を付ける。ただし、効率は仮想的出力／仮想的入力で表し、最大で 1 になるようにする。ウェイトは負の値を取らないようにする。

分数計画問題として定式化すると式(1)~(4)となる。

目的関数
$$\max q = \frac{u_1 y_{1\circ} + u_2 y_{2\circ} + \cdots + u_s y_{s\circ}}{n_1 x_{1\circ} + n_2 x_{2\circ} + \cdots + n_m x_{m\circ}} \quad (1)$$

制約式
$$\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \cdots + u_s y_{sj}}{n_1 x_{1j} + n_2 x_{2j} + \cdots + n_m x_{mj}} \le 1 \left(j = 1, \cdots, n\right) \quad (2)$$

$$n_1, n_2, \cdots, n_m \ge 0 \quad (3)$$

$$u_1, u_2, \cdots, u_s \ge 0 \quad (4)$$

これから求まる最適解を（ν^*,u^*）とし目的関数をθ^*とするとき、

$\theta^*=1$ ならば DMU_0 は効率的

$\theta^*<1$ ならば DMU_0 は非効率的

であるという。

さらに本研究では経年変化を考察するため、ウィンドー分析法を用いる。ウィンドー分析法は DEA を用いた時系列分析法であり、各年次における事業体を独立した活動体とみなして評価を行なうものである。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なう。

3. 地下鉄事業の効率分析

3.1 入出力データ

本研究では全国の地下鉄 10 事業体をとりあげ、その効率性の比較･評価を行った。地下鉄事業を事業者側、つまり経営面から評価するため、入力項目に「人件費」、「営業経費」、出力項目に「運輸収入」を採用した。しかし、これ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が否定されるものではない。交通インフラとしての理想像を考えると、利用者が払う金額に対して見合った移動をしているかどうかが重要になる。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 評価を行った。

3.2 DEA 分析結果

ウィンドー分析法による平成 5～9 年度における効率値

キーワード : DEA, 公営地下鉄, 都市交通評価
連絡先 :〒060-8628　札幌市北区北 13 条西 8 丁目　TEL　011-706-6217　FAX　011-726-2296

の推移は図1、図2のようになる。都市機能評価では、平成7年度から神戸の評価が高くなっている。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のに対し、地下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と考えられる。経営評価をみると、都市機能では評価が高かった神戸において、低くなっている。また京都の評価が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ことに加え、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。

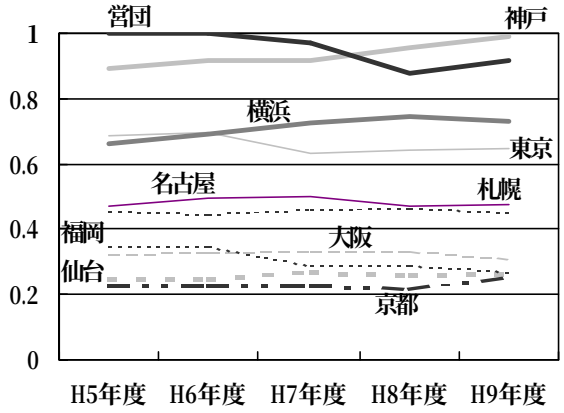

図1　都市機能としての効率値の推移

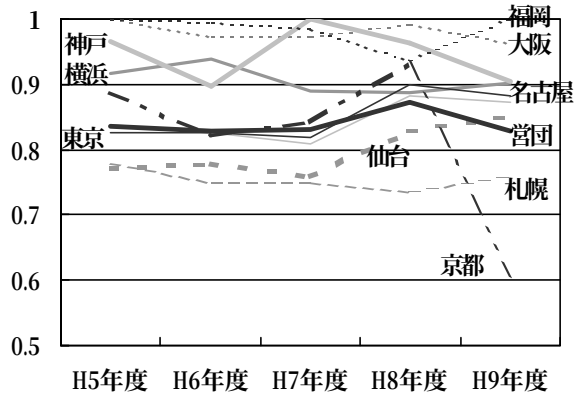

図2　経営としての効率値の推移

経営、都市機能、双方の観点から比較するために2つの効率値を軸にとり、各事業体を平面上にプロットした（図3）。ここでは事業体として経営効率を上げていくとともに、都市機能としての効率を維持していくことが重要な課題である。つまり、図3において右上に向かうような改善が求められる。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、総合評価得点を求めた。第1主成分をもって総合得点とすると表1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。

表1　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

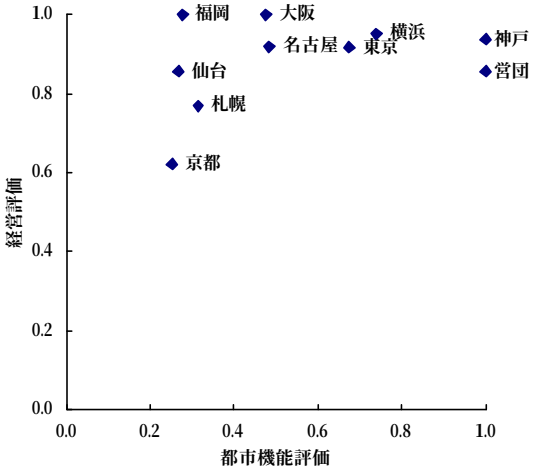

図3　地下鉄事業効率評価（平成9年度）

4. 札幌市地下鉄事業の改善方策

DEAによる評価の特徴として非効率的な事業体を効率的フロンティアに投影し、改善案を提示することができる。

札幌市は、人件費、経費を共に23%減少させるか、運輸収入を30%増加させることが効率的な経営への改善案となる。

表2　改善案（平成9年度）

	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	+12114141
仙台	-430,417	-522,423	+1507024
東京	-3,096,509	-1,346,460	+9557196
横浜	-450,657	-214,555	+1780476
名古屋	-2,709,621	-961,965	+5744335
京都	-2,204,657	-3,423,154	+9934084
大阪	0	0	+0
神戸	-383,561	-248,756	+173234
福岡	0	0	+0
営団	-14,551,850	-9,682,461	+30583514

現在、経営改善策として上下分離方式（公設民営）が注目されている。これは公がインフラ部（=下）についての責任を持ち、それを使っての営業活動（=上）はできるだけ企業採算原則を導入した組織体に任せようとする考え方である。運営主体を民間とすることにより、要員数の削減、人件費の削減が可能となることから、札幌市地下鉄が新規路線に上下分離方式を採用すると、人件費を23%削減することは十分可能であり、経営効率が大幅に向上する。

都市機能の改善としては、パークアンドライド、TDM（交通需要マネジメント）といった都市計画的な改革が効率化の方策として考えられる。