

IV-35

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 学生員 内田 賢悦
 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今まで独立採算制を基本としてきた。しかしほとんどの公共交通事業、特に建設コストの高い地下鉄事業は運賃収入では採算が取れず赤字運営であり(図1)、自治体による補助金によって持続している状態である。事業体は経営健全化に努めているが、補助金は自治体の財政を大きく圧迫しており、今後の見通しも決して明るいものではない。そこで、公共交通事業体の経営の評価が求められるようになった。

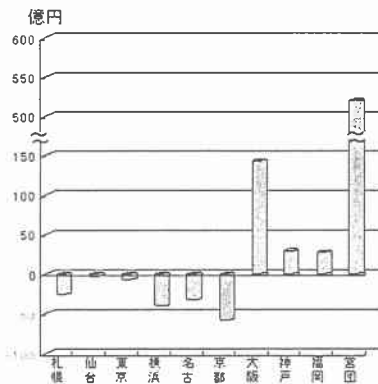


図1 営業損益 (支払利息除く)

通常、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。しかし公共交通は都市機能の一部であり、赤字であるからといって、それが必要ではないということにはつながらない。

そこで本研究では、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分析し、公共交通事業における経営効率の評価、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する。

2. 札幌市営地下鉄の現状

札幌市の地下鉄は昭和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、53年に南北線延長部、57年に東西線延長部、63年に東豊線、平成6年に東豊線延長部、さらに11年2月に東西線延長部(琴似~宮の沢間2.8km)が開業した。また、世界で始めて本格的なゴムタイヤによる中央案内軌条方式を採用し、積雪寒冷という北国の気候に左右されない札幌の公共輸送機関として重要な役割を果たしている。

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。

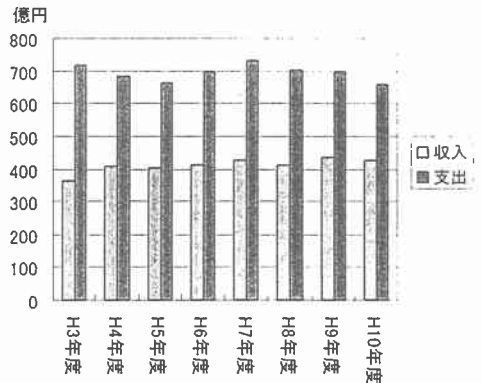


図2 札幌市地下鉄事業の収支推移

3. 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いる。

A Study on Assessment of Management Efficiency of Public Subway by DEA

by Hidenori YAMAHIRA, Ken-etsu UCHIDA, Kunihiro KISHI and Keiichi SATOH

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

$$= v_1 \times \text{入力}_1 + v_2 \times \text{入力}_2 + \dots + v_m \times \text{入力}_m$$

仮想的出力

$$= u_1 \times \text{出力}_1 + u_2 \times \text{出力}_2 + \dots + u_s \times \text{出力}_s$$

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。

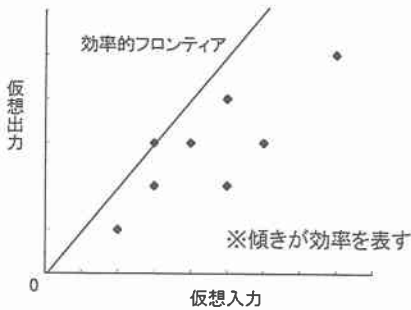


図3 DEA 概念図

分数計画問題に定式化すると次式となる。

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

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

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

これから求まる最適解を (v^*, u^*) とし目的関数を θ^* とするとき

$\theta^* = 1$ ならば DMU_o は効率的

$\theta^* < 1$ ならば DMU_o は非効率的

であるという。

4. 地下鉄事業の効率分析

4.1 入出力データ

本研究では全国の地下鉄 10 事業者をとりあげ、その効率性の比較・評価を試みる。地下鉄事業を事業者側、つまり経営面から評価すれば、入力項目に「人件費」、「営業経費」、出力項目に「運輸収入」とする金額評価が適していると考えられる。そこで、この 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。入出力データは表 1 に示す。しかし、これはあくまで経営面での効率評価であり、これが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。公共交通は都市設備の一部であることを考慮に入れる必要がある。交通インフラとしての理想像を考えるには、利用者が払う金額に対してどれだけの人がどれだけ乗車できるかが基準として考えられる。そこで都市機能としての評価として、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。入出力データは表 2 に示す。

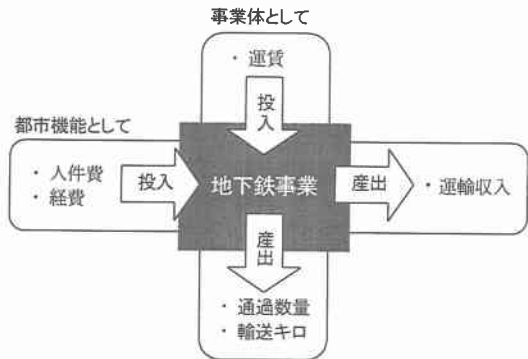


図4 投入・産出の関係

表 1 入出力データ (事業者の経営としての効率性)

	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2 入出力データ（都市機能としての効率性）

	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	20.7	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	7.9
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

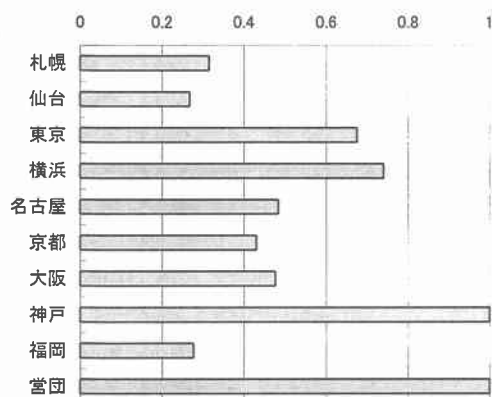


図6 都市機能としての効率値

4.2 DEA 分析結果

表1、表2から得られる効率値は図5、6のようになる。事業体としての地下鉄は、大阪、福岡の2事業体が効率的であり、都市機能としての地下鉄は、神戸、営団が効率的である。札幌は都市機能効率値が0.31、経営効率値が0.77となり両効率値とも平均を下回っている。

また、事業体、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、各事業体を平面状にプロットすると図7のようになる。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7において右上に向かうような改善が求められる。

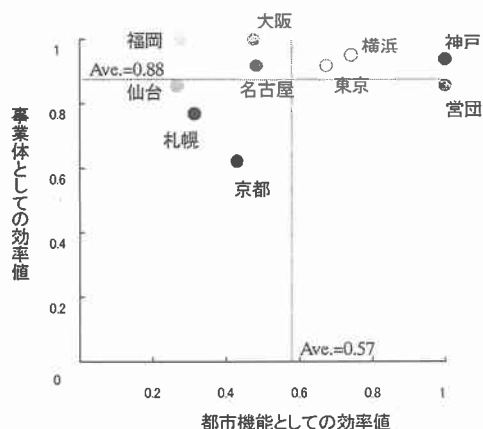


図7 地下鉄事業効率評価

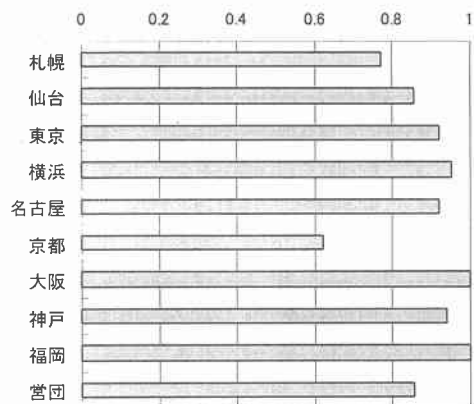


図5 事業体としての効率値

4.3 改善案

DEA による評価の一つの目的は非効率的な事業体を効率的フロンティアに投影することである。そのために入力指向型、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ことになる。具体的な改善案の数値は表3に示す。マイナスは余剰、プラスは不足を表している。

札幌事業体は、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。しかし入力志向、出力志向は言い換えれば最も極端な改善案と言えるので、現実

問題としては経費削減と増収を入力志向と出力志向の間で改善を行えばよい。

表3 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	-3,423,154	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

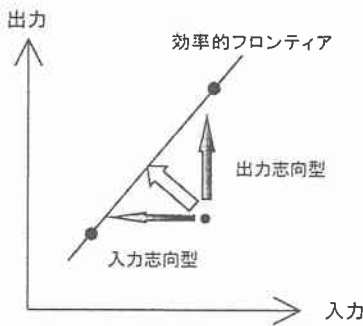


図8 入力志向と出力志向

5. 札幌市地下鉄事業の経営改善方策

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。上下分離方式には次のようなメリットがある。

- ・ 公的事業者による整備のため、公益的、広域的な観点で整備が行われる。
- ・ 沿線の都市基盤および既存鉄道と調和した鉄道整備が目的となるため、公平性、客観性に優れ、良好な鉄道ネットワークの形成が行われうる。
- ・ 運行は民間が行うために、輸送事業に効率性が追求される。

また、採算面では、

- ・ 運営主体を民営とすることにより、要員数の削減、

人件費の削減が可能となる。

- ・ 整備主体が公営であることにより、地下鉄建設補助制度の適用を受ける事ができる。

などのメリットがある。

しかし上下分離方式の導入はすでに、1968年に開業した神戸高速鉄道に用いられており、今後はさらに活用されていくと考えられる。

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。



図9 上下分離方式による採算上のメリット

また、また札幌の地下鉄は、世界で始めて本格的なゴムタイヤによる中央案内軌条方式を採用している。これは騒音、乗り心地等メリットもあるのだが、車両保存費、特に車検において鉄輪方式よりも大きい負担となっている。これは、他に例を見ないために安全性を危惧した結果である。しかし、札幌がゴムタイヤ方式を採用して20年以上が経ち、実績は十分と考えられることから、法定による車両保存費削減を期待できる。こうした改善によって札幌地下鉄の経営は経費の面からも効率的に改善されると考えられる。

参考文献

- 1) 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
- 2) 運輸省鉄道局監修：「平成9年度 鉄道統計年報」，政府資料等普及研究会，1999