

64. 包絡分析法を用いたバス路線の総合効率性評価に関する研究

- 札幌市のバス路線を事例として

Comprehensive Evaluation for Efficiency of Bus Routes with Data Envelopment Analysis

- In Case of Bus Route in the Sapporo City.

東本靖史*、岸邦宏**、佐藤馨一**

Yasushi HIGASHIMOTO, Kunihiro KISHI, Keiichi SATOH

Since the number of bus-users has been declining each year, business conditions of route bus services are very serious. Furthermore, "Supply-Demand Adjustment Restriction" was abolished in 2004 so service levels might be lowered by withdrawal of unprofitable bus routes. In order to maintain publicness of bus service, we need to consider not only the evaluation of the economic viability but comprehensive characteristics of bus routes. In this study, we develop methods for comprehensive evaluation of efficiency using Data Envelopment Analysis and evaluate efficiency of bus routes in the city. Moreover, we show concrete ideas for the betterment of inefficient bus routes.

Keywords: Public Transportation Planning, Evaluating Efficiency, Data Envelopment Analysis, Bus Line
公共交通計画、効率性評価、包絡分析法、バス路線

1. 研究の背景と目的

公共交通サービスの質の向上が問われる中、路線バスは年々、利用者数が減少しており、経営の悪化は深刻な問題となっている。さらには平成14年の需給調整規制の撤廃にともない、不採算路線からの撤退や運行便数の減少など、地域のバスサービス水準の低下が懸念されるところである。

こうした背景を受け、多くの都市で公営バスの民営化が検討され、札幌市営バスは、平成16年に政令指定都市としては初めて、民間事業者に完全移行された。

民営化に伴い、バス事業者としては採算性を重要視することになるが、バス事業が都市活動を支え市民生活に密着していることから、採算のみならず各路線の特色を総合的に考慮した補助金等の導入が必要である。

これまで、バス事業の経営効率を評価する指標として用いられている収支率は、乗車料収入と支出の2項目の比率だけに基づいた評価指標であり、各路線が持つ特色や独自性などは評価できなかった。

そこで本研究では、各バス路線が持つ特色を明らかにし、最適なバス運行状況を把握するため、バス事業者とバス利用者の立場からバス路線の総合的な効率性を評価した。特に経営効率は乗車効率や運行効率、集客効率などに細分化するとともに、各効率の評価において包絡分析法(Data Envelopment Analysis; 以降 DEA と略す)を適用し、バス路線の総合的な効率性評価方法を構築した。

バス路線の評価に関する研究としては頭川ら¹⁾や東本ら²⁾によるものがある。しかし、これらはバス利用者もしくはバス事業者いずれかの視点で路線評価が行われており、双方の視点から見た総合的な評価方法は構築されていない。

また、金井ら³⁾や宮島ら⁴⁾は利用者満足度等の視点からバスサービスを評価しているが、個別のバス路線まで掘り

下げた評価は行われていない。

本研究では事業者からの経営効率と利用者からのサービス効率の視点から個々のバス路線の総合評価を行うとともに、経営効率については、効率性を多角的な視点から細分したことが特徴である。

2. 包絡分析法(DEA)の概要⁵⁾

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して見た場合、効率性を測定するためには(出力/入力)という比を用いて、その変換過程の効率性を測定するのが比率尺度である。同種の入力と出力を持つ事業体が複数個ある場合、比率尺度による効率性の値の大小によってそれらの事業体の相対比較を行うことは、経営分析の手段として一般的に用いられている。

しかし、従来の効率性評価は回帰分析法などによる平均像に基づいた分析法であったが、DEAでは最も効率性と考えられる分析対象(Decision Making Unit; 以下と DMU 略す)が形成する包絡面(効率性のフロンティア)を基準とした相対的な評価方法であるのが特徴である。

DEAの最も基本的なモデルとして、CCR(Charnes Cooper Rhodes)モデルがあるが、 $DMU_j(j=1, \dots, n)$ において、 m 個の入力値 $X = (x_{mj}) \in R^{m \times n}$ と、 s 個の出力値

$Y = (y_{sj}) \in R^{s \times n}$ では、評価対象とする任意の DMU_0 の効率性は式(1)~(4)に定式化される。

$$\text{目的関数 } \max \theta = \frac{u_1 y_{10} + u_2 y_{20} + \dots + u_s y_{s0}}{v_1 x_{10} + v_1 x_{10} + \dots + v_m x_{m0}} \quad (1)$$

* 正会員、日本データサービス株式会社 (Nippon Data Service Co., Ltd.)

** 正会員、北海道大学大学院工学研究科 (Hokkaido University Graduate School of Eng.)

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

$$\text{入力値へのウェイト } v_1, v_2, \cdots, v_m \geq 0 \quad (3)$$

$$\text{出力値へのウェイト } u_1, u_2, \cdots, u_m \geq 0 \quad (4)$$

最適解を (v^*, u^*) とし、目的関数値を θ^* とするとき、

- i. $\theta^* = 1$ ならばDMU_oはD効率
 - ii. $\theta^* < 1$ ならばDMU_oはD非効率
- である。

3. バス路線の効率性評価方法の構築

(1) バス事業者の経営効率評価

バス事業の経営に求められることは、できるだけ少ない費用で多くの収入を得ることであり、この経営効率を高めることが最終目標である。

しかし、人件費、運営費および乗車料収入による経営効率では、各バス路線の経営状況を詳細に分析できなく、運行時間や沿線人口、路線延長など各路線が持つ特色を踏まえ、多様な視点からより具体的な効率値の評価が必要である。

本研究ではバス事業の経営効率を運行効率、乗車効率、集客効率、路線位置効率、運賃収入効率に細分化し図1に示す。

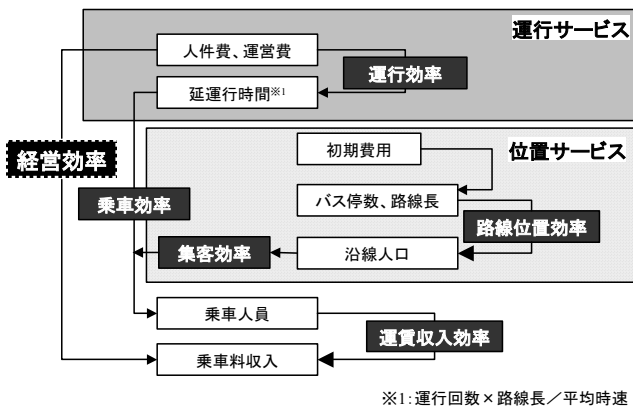


図1 バス事業の効率性

表1 各効率値の入力・出力値と意味

	入力値	出力値	効率値の意味
経営効率	人件費、運営費	乗車料収入	費用をかけて、どれだけ効率よく収入を得ているか
運行効率	人件費、運営費	延運行時間	費用をかけて、どれだけ効率よくバスを走行させているか
乗車効率	延運行時間	乗車人員	バスを走行させ、どれだけ効率よく乗車人員を獲得しているか
路線位置効率	バス停数、路線長	沿線人口	路線がどれだけ人口の多い地域を走っているか
集客効率	沿線人口	乗車人員	沿線人口からどれだけ効率よく乗車人員を獲得しているか
運賃収入効率	乗車人員	乗車料収入	乗車人員が支払う運賃を、どれだけ効率よく収入として変換しているか

効率値は、低い入力値で高い出力値を得ることで効率的となる。図1で示した各効率値の入力値と出力値及び効率値の意味は表1に示すように定義する。

路線位置効率と集客効率の算出に使用する沿線人口は、路線バスを利用する可能性のあるバス停周辺の人口であるが、本研究では杉尾ら⁶⁾によるボロノイ図⁷⁾を用いたバス路線ポテンシャルの算出方法を参考とした。なお、バス停勢力圏はバス停から300mと設定し、勢力圏内の夜間人口と従業者数、学校生数を集計し重複路線で除した値を路線別に集計することで算出した。

(2) バス利用者のサービス効率評価

利用者からのバス路線の評価は居住地や属性により異なり、バスの運行便数や乗り換えの有無、バス停までの距離などが評価要因としてあげられる。

本研究ではバス利用者のサービス効率値は、入力値に沿線人口、出力値に運行便数とバス停勢力圏総面積、限定依存人口と設定した。

なお、バス停勢力圏総面積はバス路線を利用することで移動可能な範囲として、各バス停の中心から半径300mの総面積とした。また、限定依存人口は竹内ら⁸⁾によって提案されている指標であり、「バス路線が廃止された場合に発生する公共交通勢力圏外人口の増加分」と定義されており、バス路線が廃止された場合にバス以外の公共輸送サービスが受けられなくなる人口を表す。なお、本研究では夜間人口と従業者数、学校生徒数の合計を用いる。

上記で示した入力値と出力値にDEAを適用し、求めた効率値をサービス効率値と定義する。

4. 札幌市のバス路線の効率性評価

(1) 札幌市のバス交通の現状と対象路線の選定

札幌市のバス事業の経営状況は、市街地の拡大などにもない走行キロ数は増加している反面、バス利用者数の減少は著しく、昭和50年の2.2億人と比較すると、平成12年は1.2億人に半減しており、経営効率の悪化は深刻な問題であった。(図2)。

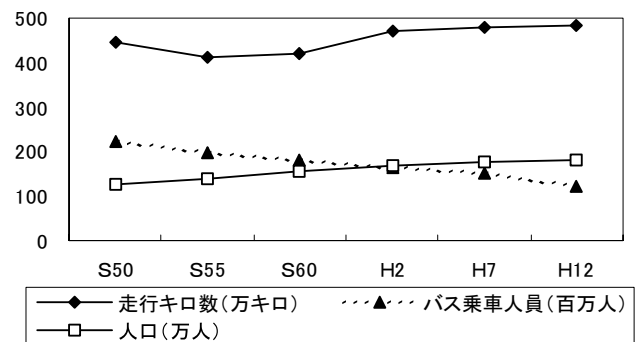


図2 札幌市のバス交通の現状⁹⁾

そのため、札幌市では経営改善の見込みが薄い市営バス

事業を継続するよりも、民営バス事業に移行することが財政負担の軽減になると判断し、昭和5年から運行を開始した札幌市営バスは、平成16年3月に民間事業者に移行された。

ところで、札幌市では市営バスが民営化される前のバス運行状況は、札幌市営バスと民営バス5社により路線網が整備されていた。しかし、各地域により運行状況は異なり、地域によっては競合する民営バス会社間や市営バスと民営バス会社間に多くの重複路線が発生し、全体としてバス運行の効率性を低下させている状況であった。現在においても、札幌市営バスを引き継いだ民間会社では、一部のバス路線は廃止したが、以前として重複路線は残り、札幌市のバス事業が抱える喫緊の課題となっている。

(2) バス事業者の視点からの路線バスの効率性評価

札幌市では平成12年に市営バスの全ての路線において、乗降調査を実施¹⁰⁾し、バス利用状況を詳細に把握しており、本研究では当データを用いて、バス路線の効率性評価を行った。なお、研究対象としたバス路線は、平成12年に市営バスとして運行されていた46路線のうち、平成16年においても路線やバス停の変更等がない37路線を選定した。

各路線バスの経営効率率は、入力値に人件費と運営費、出力値に乗車料収入の2入力1出力のDEAで効率値を求めた。評価対象37路線の効率値及び改善案は表2に示す通りとなり、改善案は効率的にするために必要な変化量となっている。なお、人件費と運営費は、バス事業全体の値を各路線の走行キロと便数の重みで按分して算出した。

表2 37路線の経営効率値と改善案

路線名	経営 効率値 (D効率値)	入出力値			効率値となるための改善案		
		人件費	運営費	乗車料 収入	入力指向型		出力指向型
					人件費	運営費	乗車料収入
西44工業団地	0.52	233.781	66.334	126.314	-112.863	-32.027	117.900
西48、49新川発寒	0.47	578.304	155.362	282.672	-307.708	-82.667	321.439
西51、71北条園	0.64	384.619	94.975	254.861	-138.461	-34.191	143.357
西66新道西	0.35	171.636	43.047	62.205	-111.670	-28.007	115.842
北73新琴似2条	0.75	834.036	216.079	649.390	-210.606	-54.563	219.375
東3苗穂	0.62	283.625	70.866	181.080	-108.983	-27.230	113.001
東6札苗	0.75	461.367	134.101	360.732	-116.045	-33.739	121.224
東61丘珠	0.48	338.852	102.055	170.523	-175.614	-52.897	183.451
東62本町	0.43	293.581	67.047	129.808	-167.031	-38.146	171.332
東63苗穂北口	0.63	384.685	87.633	247.228	-143.593	-32.711	147.248
東67伏古	0.41	257.934	66.945	109.705	-152.640	-39.617	159.032
東68伏古札苗	0.59	550.299	149.405	339.194	-225.595	-61.251	235.663
東69、79北札苗	0.55	758.126	249.847	434.911	-341.794	-112.668	357.047
東70元町	0.91	522.693	125.910	492.504	-45.564	-10.976	47.032
東78札幌新道	0.49	416.830	98.279	211.906	-211.012	-49.752	217.254
西11西25丁目	0.70	174.170	39.532	125.689	-51.549	-11.700	52.839
西12ロープウェー	0.80	222.485	58.811	185.249	-45.105	-11.923	47.106
西13旭山公園	0.65	101.567	22.570	66.892	-35.535	-7.896	35.996
西14荒井山	1.00	208.608	55.249	217.918	0	0	0
西15動物園	1.00	224.310	50.375	229.645	0	0	0
環20山の手環状	0.81	397.425	100.351	335.327	-74.448	-18.798	77.294
西21山の手	0.98	399.277	99.074	406.211	-7.172	-1.780	7.430
西29琴似西野	0.44	174.721	46.622	79.754	-98.374	-26.250	102.764
西32北24条	0.61	132.953	30.066	82.564	-52.371	-11.843	53.659
西39、40琴似発寒	0.66	539.315	124.874	363.119	-185.876	-43.038	190.967
西41西野福井	0.83	637.148	173.868	549.469	-111.152	-30.336	116.113
西42西野平和	0.95	717.427	194.019	709.576	-38.165	-10.325	39.868
西33、43西野第二	0.90	751.737	195.499	704.293	-75.929	-19.746	79.130
西52桑園発寒	0.37	295.052	78.425	112.506	-187.352	-49.798	195.713
西53啓明	0.70	307.797	70.633	221.917	-91.571	-21.014	93.981
西58北5条	0.78	237.260	46.551	164.722	-53.116	-10.417	47.487
北46新琴似	0.74	420.230	95.373	318.482	-109.520	-24.856	112.259
環56、南56平岸	0.51	515.074	151.468	275.152	-251.676	-74.019	262.908
南65中の島	0.71	188.805	44.805	138.977	-53.925	-12.797	55.563
南90中の沢	0.69	141.345	38.770	101.373	-44.303	-12.153	46.280
南97北の沢	0.58	333.022	96.326	202.774	-138.910	-40.184	145.109
南98藻岩山手	0.60	237.978	61.099	148.402	-95.342	-24.478	99.197

また、入力指向型は入力値を減少させることで効率的にする値、出力指向型は出力値を増加させることで効率的にする値を表している。

DEAの結果、37路線の中で最も経営効率が高い路線は「西66新道西」となり、改善案は人件費を111,670円/日(65%)減少させ、運営費を28,007円/日(65%)減少させる、もしくは乗車料収入を115,842円/日(186%)増加させることで効率となる。

しかし、各バス路線の人件費や運営費の改善案は一例として提案はできるが、事業のどの段階で改善が必要なのかは評価できなく、具体性に欠けることが課題として残る。

そこで、経営効率を運行効率、乗車効率、集客効率、路線位置効率、運賃収入効率の5つの項目に細分化し、それぞれにおいてDEAを適用し効率値を算出することで、経営効率を総合的に評価した(表3)。

表3 37路線の各効率値

路線名	経営 効率値	運行 効率値	乗車 効率値	路線位置 効率値	集客 効率値	運賃収入 効率値
西44工業団地	0.52	0.88	0.39	0.26	0.25	0.93
西48、49新川発寒	0.47	0.99	0.36	0.39	0.20	0.81
西51、71北条園	0.64	0.95	0.48	0.63	0.15	0.85
西66新道西	0.35	0.80	0.30	0.40	0.08	0.89
北73新琴似2条	0.75	0.94	0.58	0.43	0.61	0.84
東3苗穂	0.62	0.97	0.39	0.28	0.23	1.00
東6札苗	0.75	0.98	0.48	0.21	0.37	0.97
東61丘珠	0.48	0.80	0.43	0.17	0.32	0.85
東62本町	0.43	0.82	0.37	0.49	0.15	0.86
東63苗穂北口	0.63	1.00	0.39	0.36	0.24	0.97
東67伏古	0.41	0.91	0.36	0.39	0.18	0.77
東68伏古札苗	0.59	0.91	0.47	0.27	0.35	0.85
東69、79北札苗	0.55	0.90	0.43	0.26	0.33	0.86
東70元町	0.91	0.98	0.64	0.67	0.35	0.88
東78札幌新道	0.49	0.80	0.42	0.41	0.21	0.89
西11西25丁目	0.70	0.71	0.71	0.24	0.46	0.85
西12ロープウェー	0.80	0.88	0.69	0.24	0.35	0.80
西13旭山公園	0.65	0.77	0.59	0.22	0.23	0.87
西14荒井山	1.00	0.73	1.00	0.26	0.60	0.84
西15動物園	1.00	0.80	0.89	0.28	0.61	0.85
環20山の手環状	0.81	0.96	0.60	0.50	0.27	0.85
西21山の手	0.98	0.92	0.74	0.38	0.48	0.87
西29琴似西野	0.44	0.89	0.35	0.25	0.15	0.87
西32北24条	0.61	0.86	0.51	1.00	0.06	0.84
西39、40琴似発寒	0.66	0.91	0.54	0.95	0.18	0.81
西41西野福井	0.83	0.90	0.65	0.30	0.78	0.86
西42西野平和	0.95	0.93	0.73	0.41	0.70	0.85
西33、43西野第二	0.90	0.85	0.76	0.39	0.76	0.86
西52桑園発寒	0.37	0.90	0.29	0.68	0.05	0.87
西53啓明	0.70	0.87	0.50	0.89	0.09	0.98
西58北5条	0.78	0.99	0.49	1.00	0.09	0.98
北46新琴似	0.74	1.00	0.52	0.36	0.36	0.86
環56、南56平岸	0.51	0.97	0.37	0.76	0.09	0.87
南65中の島	0.71	0.79	0.59	0.49	0.13	0.93
南90中の沢	0.69	0.78	0.60	0.13	0.35	0.90
南97北の沢	0.58	0.70	0.59	0.11	0.73	0.86
南98藻岩山手	0.60	0.70	0.63	0.09	1.00	0.83

経営効率値と他の効率値を比較すると、経営効率値が低いバス路線においても、細分化した各効率値をみると、高い効率値と低い効率値が明らかとなり、人件費や運営費、乗車料収入といった経営状況のみならず、各バス路線が持つ特色を顕著に示すことができる。

図3は経営効率値の低い下位3路線の各効率値についてまとめたものである。3路線とも入力値が延べ運行時間、出力値が乗車人員の乗車効率値と、入力値が沿線人口、出力値が乗車人員の集客効率値は低いが、運行効率値と運賃収入効率値は高くなっているのが特徴的である。

下位3路線は、出力値が乗車人員で構成される効率値が低く、運行便数や運行路線長に対して、効率的な利用者数の集客が行われていないことに課題があると推察できる。

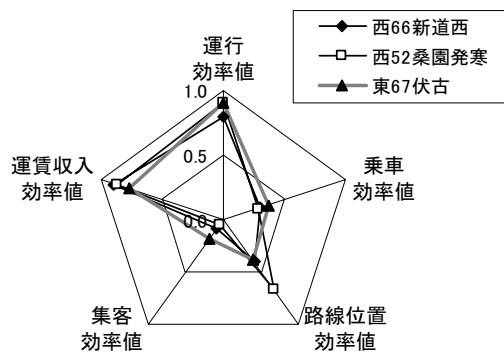


図3 下位3路線の各効率値の比較

改善案については、経営効率値が低い路線の乗車効率に着目すると、例えば現状の西66新道西では、延べ運行時間766分/日であるのに対し改善案は538分/日(70%)と抜本的な値が示されている。経営効率値が低いバス路線については、実行可能な範囲で運行便数や終発時間などを見直した路線維持案の検討のみならず、改善案の実現が困難な場合には路線廃止についても検討することが必要であると判断できる。

また、目的変数を経営効率値、説明変数を細分化した各効率値として重回帰分析を適用することで、経営効率値への影響度を評価することができる。分析結果は表4に示すとおりであるが、影響度は運行・乗車・運賃収入効率値で構成され、特に乗車効率値の影響度が突出して高い。

バス経営を改善させるためには、経営効率値のみならず、

表4 各効率値の影響度

	運行効率値	乗車効率値	運賃収入効率値
標準偏回帰係数	0.40	1.06	0.20
t値	18.1 (1%有意)	47.5 (1%有意)	8.9 (1%有意)
修正済決定係数	0.99		
F値	755.98	1%有意	

表5 37路線のサービス効率値と改善案

路線名	サービス 効率値	入力値		出力値		効率値となるための改善案				路線名	サービス 効率値	入力値		出力値		効率値となるための改善案			
		沿線人口 (人)	運行便数 (便/日)	バス停 勢力圏 総面積 (km ²)	限定依存 人口 (人)	入力指向型 沿線人口 (人)	出力指向型 運行回 数(回/日)	限定依存 人口 (人)	入力指向型 沿線人口 (人)			出力指向型 運行回 数(回/日)	限定依存 人口 (人)						
西44工業団地	0.38	7,524	69	2.9	470	-4,698	115	6	783	西15動物園	0.79	6,135	93	2.1	2,906	-1,300	25	3	782
西48、49新川発寒	0.31	25,010	111	6.7	4,727	-17,197	278	15	10,404	環20山の手環状	0.35	20,482	73	4.0	4,979	-13,283	215	7	9,188
西51、71北桑園	0.16	27,228	83	5.6	0	-22,742	582	28	13	西21山の手	0.32	13,493	105	3.4	754	-9,192	224	13	1,617
西66新道西	0.23	12,412	34	3.5	0	-9,600	269	12	6	西29等西野	0.34	8,366	42	3.5	353	-5,541	162	7	695
北73新等似2条	0.48	17,493	204	3.8	4,191	-9,018	217	18	4,459	西32北24条	0.08	23,969	37	2.4	17	-22,014	548	27	199
東3苗穂	0.27	10,867	71	3.7	75	-7,907	194	10	205	西39、40等似発寒	0.16	34,553	131	4.9	297	-29,187	713	38	1,631
東6札苗	0.36	14,075	78	6.3	0	-9,032	266	11	7	西41西野福井	1.00	11,355	152	4.8	8,291	0	0	0	0
東61丘珠	0.54	8,746	62	5.9	0	-4,038	152	5	4	西42西野平和	0.69	16,656	171	4.7	8,016	-5,160	77	4	3,598
東62本町	0.30	14,083	103	3.4	0	-9,864	241	14	7	西33、43西野第二	0.94	14,958	191	6.1	10,261	-843	11	0	613
東63苗穂北口	0.22	14,785	76	4.1	0	-11,505	285	14	7	西52桑園発寒	0.11	37,521	44	5.1	1,631	-33,458	872	42	13,430
東67伏古	0.33	11,204	90	3.1	802	-7,518	184	11	1,639	西53啓明	0.08	34,305	65	3.3	498	-31,640	773	39	5,924
東68伏古札苗	0.30	16,096	95	6.0	858	-11,298	298	14	2,025	西58北5条	0.11	25,468	71	2.8	71	-22,560	551	29	561
東69、79北札苗	0.41	21,217	128	11.0	2,050	-12,431	390	16	2,906	北46新等似	0.26	14,320	90	4.2	23	-10,634	260	14	72
東70元町	0.30	22,375	134	3.4	3,996	-15,596	308	17	9,192	環56、南56平岸	0.10	50,610	86	6.6	1,427	-45,302	1,150	57	12,194
東78札幌新道	0.30	15,751	88	4.4	2,722	-11,062	208	10	6,423	南65中の島	0.19	16,375	66	3.8	0	-13,325	334	17	8
西11西25丁目	0.65	4,451	71	1.6	0	-1,543	38	4	2	南90中の沢	0.63	4,411	39	3.4	521	-1,649	69	2	312
西12ロープウェイ	0.24	9,211	43	2.8	0	-6,998	182	9	4	南97北の沢	1.00	4,481	72	4.3	2,581	0	0	0	0
西13旭山公園	0.52	4,673	36	1.8	1,524	-2,266	34	2	1,435	南98藻岩山手	1.00	2,498	61	3.1	1,217	0	0	0	0
西14荒井山	0.70	6,072	73	2.2	2,732	-1,838	32	2	1,186										

細分化した各効率値の入力もしくは出力データを検証することが必要となるが、バス経営効率値に影響を及ぼす各効率値にウエイト付けを行うことにより、優先順位をつけた改善策の検討が可能となる。

札幌市においては、経営効率値が低いバス路線を効率的に改善するためには、乗車効率値の入力・出力データに着目し、最適な運行便数と運行時間を検討することが、最も効果的にバス路線の経営効率を改善させることができると判断される。

本研究で用いたDEAのCCRモデルの特徴として、各路線が持つ特色を踏まえ、それぞれの路線が有利となるように入力・出力データに重み付けがなされることである。事業者からみたバス路線の評価についても、乗車効率や集客効率が低い運行効率などが高い路線は、一つの特色を持ったバス路線として評価されるとともに、具体的な改善案についても抽出することができる。

(3) バス利用者の視点からの路線バスの効率性評価

バス利用者から見た各路線バスのサービス効率値は、入力値に沿線人口、出力値に運行便数、バス停勢力圏総面積、限定依存人口の1入力3出力のDEAで効率値を求めた。

評価対象37路線の効率値及び改善案は表5に示す結果となり、サービス効率値が高いバス路線は「西41西野福井」、「南97北の沢」、「南98藻岩山手」となり、反面、サービス効率値が低いバス路線は「環56、南56平岸」、「西32北24条」、「西53啓明」となった。

効率値が高い「南97北の沢」や「南98藻岩山手」は、沿線人口が少なく運行便数はさほど多くはないが、路線の特徴として路線距離が長く限定依存人口が多い。

つまりこの路線が廃止されてしまうと、公共輸送サービスを受けることができなくなる人口が広域的に多いため、サービス効率値が高く評価されている。同様に、「西41西野福井」についても、他路線に比較して限定依存人口が多いことが、サービス効率値が高く評価された結果となって

いる。

また、効率値が低い「環 56、南 56 平岸」や「西 32 北 24 条」、「西 53 啓明」については、沿線人口が多いにもかかわらず、運行便数や限定依存人口が少ないことが、サービス効率値が低く評価されている要因となっている。

5. バス路線の総合的評価

(1) バス路線の総合効率性評価

本研究ではバス事業者の経営効率値とバス利用者のサービス効率値を2軸に表すことで、各バス路線に対して改善すべき方向性を示した(図4)。

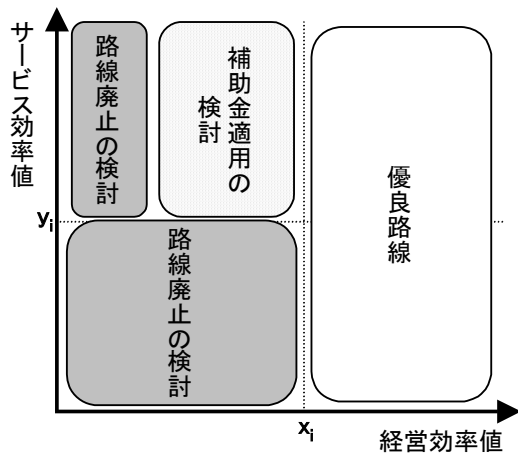


図4 サービス効率と経営効率によるバス路線評価

バス路線の評価は経営効率値が重視されるが、経営効率値が x_1 を上回る路線については優良路線と評価され、今後も運行を継続すべき路線と判断できる。

また、経営効率値が x_1 を下回るものの、サービス効率値が y_1 を上回るバス路線については、路線廃止のみならず補助金適用も含めた路線維持方策の検討が望まれる路線となる。

なお、経営効率値が極端に低い路線とサービス効率値と経営効率値がともに基準値 x_1 と y_1 を下回る路線については、廃止を検討すべき路線と位置づける。

(2) 経営効率とサービス効率の総合的評価

本研究で対象とした札幌市営バス 37 路線について、バス事業者の経営効率値とバス利用者のサービス効率値を2軸に表すことで各バス路線の改善すべき方向性を示すことができる(図5)。

散布図を概観すると、経営効率値が高い路線は比較的服務効率値も高い傾向がみられるが、経営効率値が低くてもサービス効率値が高い路線もある。

一般的なバス路線の評価は経営効率値のみに着目し、経営効率値が低いバス路線については廃止対象との短絡的な評価が多かった。しかし、経営効率値は低いサービス効率値が高い路線などについては、公共性を重視し運行継続

について議論される必要がある。

さらに、経営効率値が低いバス路線においては、本研究で細分化した各効率値を再検証することで、具体的にバス路線の効率性の改善方策を検討する必要がある。

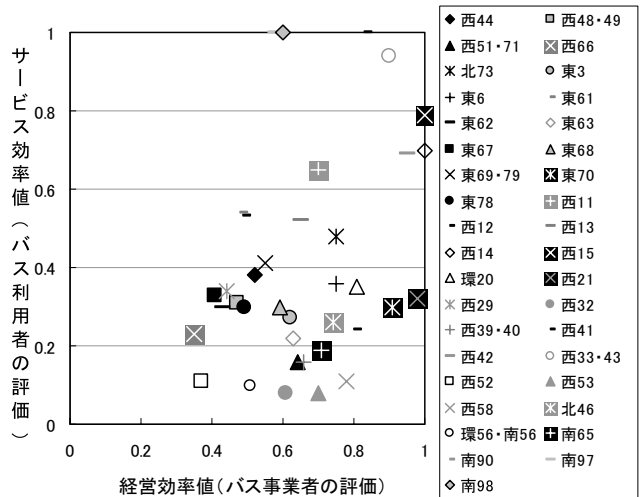


図5 37 路線のサービス効率値と経営効率値

(3) 基準値設定の試案

対象とするバス路線についてバス事業者とバス利用者の立場から、路線廃止や現状維持、補助金適用による運行継続などを評価するためには、サービス効率値と経営効率値について、それぞれ基準値を設定する必要がある(図4参照)。

基準値の設定には多様な考え方があり、行政や地域住民などの意見や各自治体の財政状況を考慮し、慎重に決定する必要があるが、本研究では民営化された札幌市営バス路線を総合的に評価する一試案として、経営効率値については優良路線の下限値を0.7、路線維持方策を検討する下限値を0.49と設定した。

経営効率値 x_1 の基準値の設定については、まず札幌市営バスが民営化されることにより、表6に示す平成11年度バス運転手の平均給与表⁹⁾より人件費が45%に減少されると仮定し、37路線の営業係数(営業費用/営業収益)を算出した。

表6 平成11年度バス運転手の平均給与表⁹⁾
(円/月)

	全国		北海道		札幌市営
	民営	公営	民営	公営	
バス運転手	506,561	688,305	400,424	808,347	881,205

札幌市営バスが民営化された場合に、採算性が取れる営業係数1.0以下の路線において、最も経営効率値が低い路線は西53の0.7となり、この値を優良路線の下限値と設定する。

また、営業費用に対して営業収益が半分以上である赤字路線、すなわち営業係数1.0から1.5以下のバス路線におい

て、最も経営効率値が低い路線は東 78 の 0.49 となり、この値を補助金の適用を検討する下限値とする。サービス効率値の基準値 y_1 は、求めるサービス水準により大きく異なるが、本研究では 25% タイル値となる 0.2 を用いた。

設定した経営効率値とサービス効率値の基準値により 37 路線を分類したものを図 6 に示す。本研究での設定値においては、優良路線が 43% (16 路線)、路線維持方策の検討が必要となる路線は 27% (10 路線)、路線廃止の検討が必要な路線は 30% (11 路線) に分類できる。

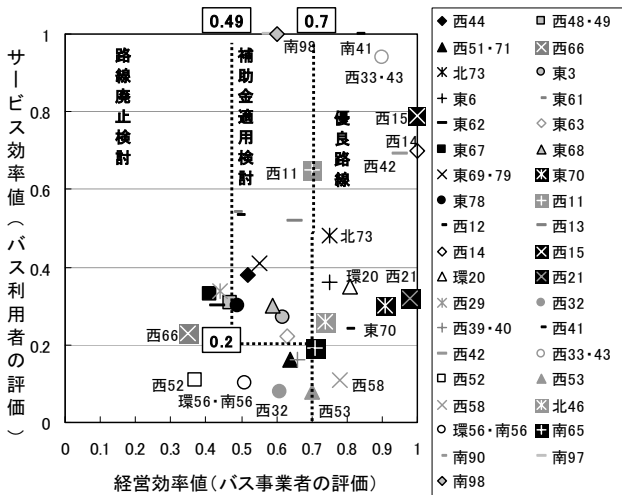


図 6 37 路線の分類図

6. おわりに

都市におけるバス路線の配置計画は、都市計画や土地利用計画などを踏まえ、各地域に即した最適な路線配置を行うことが望ましい。しかし、収支率のみに着目したバス路線の配置では、採算性が取れる地域や運行区間に路線バスが重複し、バス交通が有する公共性の機能よりも、バス事業者間の競争性が強まり、利用者の取り合いなどバス事業者においては非効率的な経営を強いられる。本来、バス交通は地域特性を十分に考慮した運行計画の立案が必要であるが、バス事業の民営化に伴い、今後はより経営効率に着目したバス運行への転換が懇望されるところである。

本研究では、バス交通が担う公共性を明らかにするため、バス事業者とバス利用者の視点からバス路線の総合的な効率性評価方法を構築し、札幌市内の 37 バス路線を対象に総合的な評価を試みた。その結果、バス事業者からみると経営効率値は低い、バス利用者から見たサービス効率値では、利用者から高い評価を得ている路線も見られ、優良路線と廃止路線の評価に加えて、補助金の適用を検討すべき路線についても具体的に抽出することができた。

また、バス事業者の経営効率については、乗車料収入と支出の 2 項目の比率による評価では、各バス路線の具体的な課題を抽出することは困難であった。

そこで、本研究ではバス事業の経営効率を運行効率、乗車効率、集客効率、路線位置効率、運賃収入効率の 5 項目に細分化し、札幌市内の 37 路線について各効率値を算出す

ることで、経営効率からの評価だけではなく、各バス路線が持つ特色を活かした総合的な効率性評価を行った。さらに経営効率値が低いバス路線については、細分化した 5 項目において、どの項目に問題があるのかを具体的に示した。

特に各効率値の評価には、DEA を適用することにより、各路線がそれぞれ有利になるような評価を行い、路線の特色を明らかにするとともに、現状において最も効率的なバス路線を基準とした相対評価により実現可能な改善案についても示した。

今後の課題としては、本研究で試みたバス路線を分類する際の各基準値の設定は一つの試案にすぎないが、補助金の適用や路線廃止を検討する下限値については、バス事業方策を検討する際の重要な政策変数の一つとなり、各自治体の財政状況やバス利用者のニーズなどを十分に勘案した設定方法の研究が必要である。

また、本研究では市営バスのみデータを用いて分析を行ったため、バス路線が重複する地域においては、バス事業の実態は捉えきれず、重複する地域のバス路線はほとんどが路線廃止との評価になっている。今後は、より詳細な路線データを収集するとともに、重複路線の有無も考慮した、総合的な評価方法の研究が必要である。

参考資料

- 1) 頭川正信・高野伸栄・萩原亨：バス運行データを用いた路線バスの運行評価に関する研究、土木計画学論文集、Vol. 21、pp289-292、1998
- 2) 東本靖史・岸邦宏・劉志鋼・佐藤馨一：帰宅交通の特性分析とバス事業の効率性評価に関する研究、土木計画学講演集、Vol. 30、CD-ROM、2004
- 3) 金井昌信・青島縮次郎・杉木直：バス非利用者のバス路線に対する認知度を考慮した今後のバス利用意向とバス路線存続意向との関連性分析、土木計画学講演集、Vol. 26、CD-ROM、2002
- 4) 宮島紀子・松岡秀一・宮下清栄・高橋賢一：代替バスの運行に対する利用者と住民の意識、土木計画学講演集、Vol. 30、CD-ROM、2004
- 5) 刀根薫：経営効率性の測定と改善、日科技連、1993
- 6) 杉尾恵太・磯部友彦・竹内伝史：GIS を用いたバス路線網計画支援システムの構築—潜在需要の把握による路線評価について—、土木計画学論文集、Vol. 18、pp617-625、2001
- 7) 日野智・原口征人・佐藤馨一：地理情報システムによる利用者平均所要時間の算定と公共交通路線の評価に関する研究—札幌北部地域を対象として—、日本都市計画学会学術研究論文集、Vol. 35、pp973-978、1999
- 8) 竹内伝史・山田寿史：バス路線の限定依存人口の分析、土木学会年次学術講演会講演会講演概要集第 4 部、Vol. 41、pp245-246、1986
- 9) 札幌市の都市交通データブック、札幌市企画調整局総合交通対策交通企画課、2004
- 10) 株式会社三菱総合研究所：札幌市営バス—路線別特性カルテ—、平成 13 年 3 月