

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

東本靖史 岸邦宏 佐藤馨一

堀田遥斗

富山県立大学 電子情報工学科

October 29, 2021

背景

公共交通サービスの質が問われる中、路線バスは年々、利用者が減少しており、経営の悪化は深刻なものとなっている。さらには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ている。

目的

包絡分析法（DEA）によって、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することで、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こと。

従来研究とその問題点

従来研究として、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たものや、利用者満足度の視点からバスサービスを評価したものがある。しかし、これらの研究ではバス利用者とバス事業者、双方の立場から見た総合的な評価方法は構築されておらず、個別のバス路線まで掘り下げた評価も行われていない。

包絡分析法 (DEA) の概要

4/13

包絡分析法 (DEA) ... 最も効率的と考えられる分析対象 (Decision Making Unit; 以下, DMU と略す) が形成する包絡面 (効率的フロンティ) を基準とした相対的な評価方法である.

CCR モデル ... DEA の最も基本的なモデルで, 本研究ではこのモデルを用いて, 評価を行う $DMU_j (= 1, \dots, n)$ において, m 個の入力値 X と, s 個の出力値 Y では, 評価対象とする任意の DMU_o の効率性は次の式に定式化される.

効率性の式

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

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

入力値へのウェイト
$$v_1, v_2, \cdots, v_m \geq 0$$

出力値へのウェイト
$$u_1, u_2, \cdots, u_m \geq 0$$

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 効率的
- ii. $\theta^* < 1$ ならば DMU_o は D 非効率的

バス事業の経営効率

・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**に細分化した。

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

バス事業者の視点からの路線バスの効率性

札幌市では、市営バスの全ての路線において、乗降調査を実施しており、バス利用状況を詳細に把握している。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。

- ・まず、バス事業者の視点から見た路線バスの効率性を評価する。
- ・各路線バスの経営効率は、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。

表 2: 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北桑園	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新等似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ロープウェイ	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山の平環状	0.81	0.96	0.80	0.50	0.27	0.85
西21山の平	0.98	0.92	0.74	0.38	0.48	0.87
西29等似西野	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等似発寒	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新等似	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

はじめに

従来研究

分析方法の概要

本研究の概要

結果

まとめ

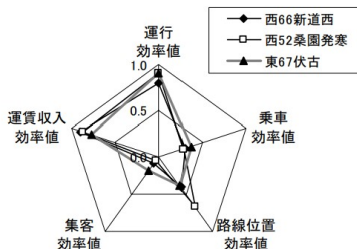


図 1: 下位 3 路線の各効率値の比較

・ 3 路線とも乗車効率値や集客効率値は低いですが、運行効率値と運賃収入効率値が高くなっている。

・ つまり、下位 3 路線は、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。

結果

10/13

・次にバス利用者の視点からの路線バスの効率性評価を行った。

・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。

表 3: 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)	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)	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)				
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46、49新川発着	0.31	25,010	111	6.7	4,727	-17,197	278	15	10,404	西20山の平環状	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山の平	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等々谷西野	0.34	8,366	42	3.5	353	-5,541	162	7	695
北73新等々谷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番越	0.27	10,867	71	3.7	75	-7,907	194	10	205	西39、40等々谷	0.16	34,553	131	4.9	297	-29,187	713	38	1,631
東6札園	0.36	14,075	78	6.3	0	-9,032	266	11	7	西41森野井	1.00	11,355	152	4.8	8,291	0	0	0	0
東61丘越	0.54	8,746	62	5.9	0	-4,038	152	5	4	西42西野平	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森田東	0.11	37,521	44	5.1	1,631	-33,458	872	42	13,430
東67古吉	0.33	11,204	90	3.1	802	-7,518	184	11	1,639	西53藤原	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48新等谷	0.26	14,320	90	4.2	23	-10,634	280	14	72
東70元町	0.30	22,375	134	3.4	3,996	-15,596	308	17	9,192	西59、南54平野	0.10	50,610	86	6.6	1,427	-45,302	1,150	57	12,184
東76札園新道	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澤岩山手	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										

バス路線の総合的評価

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。

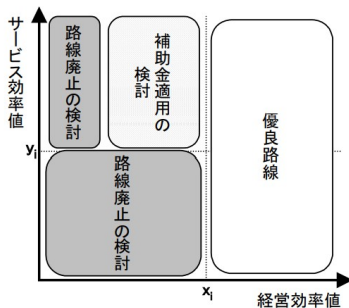


図 2: サービス効率と経営効率によるバス路線評価

基準値設定の試案

基準値の設定には多様な考え方があり、行政や地域住民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、今回は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。サービス効率値については、25 % タイル値となる 0.2 を用いた。

37 路線の分類

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) に分類できるという結果になった。

まとめ

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行った。
その結果、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。

課題

本研究では、市営バスのみのデータを用いて、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なかった。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となる。