

札幌市のバスターミナルの乗り継ぎ機能効率性評価に関する研究

北海道大学大学院工学研究科 学生会員 ○横山 慎二
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 岸 邦宏
 北海道大学公共政策大学院 フェロー 佐藤 馨一

1. はじめに

札幌市は 1971 年の地下鉄の開業を契機として、各地区から都心に直行していたバス路線を地下鉄駅に接続させる方針をとった。そのため多くの地下鉄駅にバスターミナルが設置されており、単位人口当りの数は全国的に見ても多い。近年のバスの利用者数の減少および札幌市営バスの民間委譲に伴い、バス路線の再編が求められる中、バスターミナルに関しても乗り継ぎの機能を十分に果たしているのかを評価する必要があると考える。

本研究は札幌市のバスターミナルの持つ乗り継ぎの機能を効率性の観点から評価することを目的とする。評価手法として包絡分析法(Data Envelopment Analysis : DEA)を適用し、効率性評価と改善案の提案を行うものである。

2. 札幌のバスターミナルの現状

札幌市では国土交通省の分類とは別に乗継バスターミナルとして定義している。図 1 は地下鉄駅で

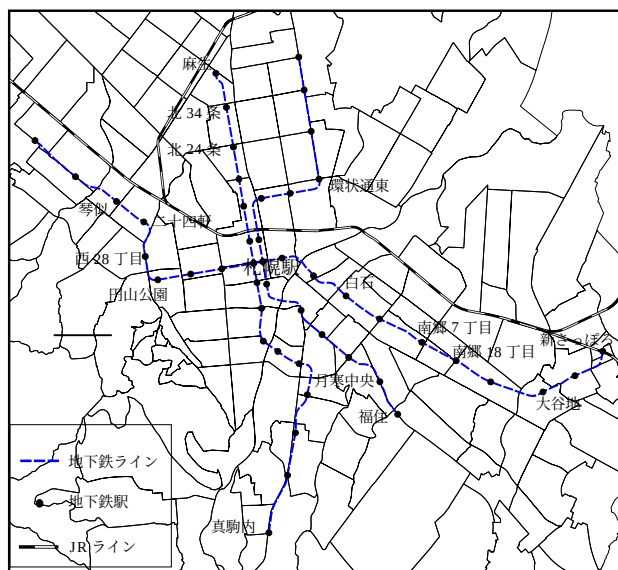


図 1 札幌市の地下鉄駅とバスターミナルの設置状況

のバスターミナルの設置状況を示したものであり、49 駅中 19 にバスターミナルが設置されている。本研究では、表 1 に示す 16 のバスターミナルについて評価を行う。

表 1 本研究の評価対象バスターミナル

札幌市の分類	乗継バスターミナル		
	国土交通省の分類	専用バスターミナル	一般バスターミナル
名称	麻生 北24条 琴似 西28丁目 円山 白石 南郷7丁目 環状通東	大谷地 新さっぽろ 福住	北34条 真駒内 二十四軒 南郷18丁目 月寒中央

3. DEA の概要

DEA は、入力と出力から定義される効率性を相対的に評価する経営分析手法である。ここでは最も効率的な分析対象(Decision Making Unit : DMU)の D 効率値が 1 として、他の非効率な DMU はそれに対してどの程度非効率かを相対的な値として D 効率値で表す。もっとも基本的なモデルである CCR モデルは目的関数を(1)式とし、各入出力項目に DMU にとって最も有利になるようにウェイトを掛け加えて効率値を求めるのが特徴である。

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

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

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

これより求まる最適解を (v^*, u^*) とし目的関数を θ^* とするとき、 $\theta^*=1$ ならば DMU は D 効率的、 $\theta^* < 1$ ならば DMU は D 非効率的であるという。

4. DEA の入出力項目と利用データ

本研究では、DEA の入力項目として便数、系統

キーワード：バスターミナル、DEA (包絡分析法)、GIS

連絡先：〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究科 TEL:011-706-6217

数、乗り継ぎ抵抗、バス停勢力圏の面積、出力項目として乗継人員数、地下鉄乗車人員と乗継人員数の比（構成比）を用いることとした。バスターミナルの乗り継ぎに際して提供されるサービスレベルに対して、どのくらい乗り継ぎ利用者がいるかを評価する。乗り継ぎ人員は1日当りの地下鉄乗車人員に鉄道端末交通手段における路線バスの構成比を乗じた。構成比は第3回道央都市圏PT調査のデータを用いた。バスの便数・系統数はバスターミナルに乗り入れている路線だけではなく、乗り継ぎ対象となる地下鉄駅周辺のバス停を通る路線も含めた値を用いる。

乗り継ぎ抵抗は、バスターミナルと地下鉄駅のホームの間の移動に関して距離が遠い、階段が多いといった点からバスターミナルを評価することが重要であると考えた。そこで日本鉄道建設公団による移動にかかるエネルギー消費の観点から乗換抵抗算定式を用いて求めた。バス停勢力圏とは、そのバス停を利用する範囲であり、バス停の中心から半径300mの円とした。

5. DEAによる機能効率性分析

各入出力値を用いてCCRモデルにより各バスターミナルのD効率値を算出した(表2)。D効率値が1と効率性と評価されたのは、麻生・北24条・真駒内・琴似・西28丁目・円山公園・新さっぽろである。逆に、大谷地・月寒中央ではD効率値が0.6を下回る結果となった。さらに非効率とされたバスターミナルに関して、D効率値を1にするための改善案を表3に示す。この改善案は入力を減少させるか、出力を増加させるものであり、効率的になるための目標値である。

6. 路線の重複を考慮した改善案

札幌市ではバス路線の重複が多く、バス停によっては複数のバスターミナルにアクセスできる。D効率値の低い月寒中央・大谷地は、路線重複の度合いも大きい。表3に示したDEAの分析による改善案のうち、便数・系統数・勢力圏面積は、あるものを減らすと必然的に他の要因も減少する。そこで月寒中央を対象に、便数・系統数・勢力圏面積をそれぞれ改善案まで減少させた場合、他の項目の値がどれだけ変化するかを表4に示す。系統数に着目した

表2 入出力値

	入力値				出力値	
	便数	系統数	乗り継ぎ抵抗	バス停勢力圏面積(km ²)	乗り継ぎ人員	構成比
麻生	728	34	327.9	40.88	13468	0.539
北34条	105	5	172.8	12.73	714	0.122
北24条	381	12	256.0	30.52	5710	0.400
真駒内	597	39	60.6	50.93	10588	0.647
琴似	310	16	176.9	22.47	6196	0.463
二十四軒	19	1	148.2	2.28	142	0.029
西28丁目	194	4	212.4	5.12	2373	0.320
円山公園	206	8	249.0	6.32	2961	0.297
白石	276	16	92.3	23.37	3244	0.272
南郷7丁目	92	4	252.6	9.90	1124	0.126
南郷18丁目	183	24	189.6	15.55	2034	0.224
大谷地	406	49	224.1	28.11	4036	0.317
新さっぽろ	995	77	187.7	31.98	12950	0.392
環状通東	250	14	159.4	21.06	2999	0.372
月寒中央	342	30	148.9	26.68	1533	0.238
福住	551	57	336.8	33.37	8342	0.584

表3 D効率値と改善案

	D効率値	効率値となるための改善案					
		入力指向型			出力指向型		
		便数	系統数	乗り継ぎ抵抗	バス停勢力圏面積(km ²)	乗り継ぎ人員	構成比
麻生	1.0000	0	0	0	0	0	0
北34条	0.7044	-31	-1	-51.1	-3.76	300	0.051
北24条	1.0000	0	0	0	0	0	0
真駒内	1.0000	0	0	0	0	0	0
琴似	1.0000	0	0	0	0	0	0
二十四軒	0.9253	-1	0	-11.1	-0.17	11	0.002
西28丁目	1.0000	0	0	0	0	0	0
円山公園	1.0000	0	0	0	0	0	0
白石	0.7704	-63	-4	-21.2	-5.36	967	0.081
南郷7丁目	0.8522	-14	-1	-37.3	-1.46	195	0.022
南郷18丁目	0.7637	-43	-6	-44.8	-3.67	629	0.069
大谷地	0.5417	-186	-22	-102.7	-12.88	3415	0.268
新さっぽろ	1.0000	0	0	0	0	0	0
環状通東	0.9832	-4	0	-2.7	-0.35	51	0.006
月寒中央	0.5060	-169	-15	-73.6	-13.18	1497	0.232
福住	0.8245	-97	-10	-59.1	-5.86	1775	0.124

表4 月寒中央の改善案

	系統数	便数	勢力圏面積	D効率値
系統数を改善	30→14	342→213	26.68→20.69	0.72
便数を改善	30→6	342→156	26.68→14.23	0.94
勢力圏面積を改善	30→5	342→153	26.68→12.14	0.96

場合、勢力圏面積はあまり変化せず、大幅な効率値の改善には至らない。一方、便数・勢力圏面積に着目した場合、系統数は現状の30から5～6まで大幅に減少することになりターミナルの機能そのものを失ってしまう。つまり、月寒中央はバスターミナルの存続そのものを検討しなければならなくなると考える。

7. おわりに

本研究では、DEAを用いて札幌市におけるバスターミナルの乗り継ぎ機能効率性を分析した。結果として、札幌市において乗り継ぎの拠点としての機能を果たしていないバスターミナルが明らかになった。これはバス路線を地下鉄駅に接続しているにもかかわらず乗り継ぎがされていない駅であり、都心に直行便を運行させるなどターミナル・バス路線を見直す1つの判断材料になると考える。今後は既存のバスターミナルの有効活用を念頭に起きながらも、市全体でのバス路線の再編が必要である。