

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*

Analyzing Travel Pattern for Going-Home Traffic and Evaluating Efficiency of Bus Business Operation

東本 靖史**・岸 邦宏***・劉 志鋼***・佐藤 馨一****

By Yasushi HIGASHIMOTO**・Kunihiro KISHI***・Zhigang LIU***・Keiichi SATOH****

1. はじめに

昨今、軌道系交通機関と周辺地域を平面的に結ぶバスは、平成14年の需給調整規制撤廃により、採算性が重要視されるようになった。昭和5年から運行を開始した札幌市営バスも、平成16年3月に74年の歴史に幕を閉じ、現在は民間事業者に移行されている。

しかし、公共交通の民営化は赤字路線からの撤退やサービス水準の低下などが懸念されるところであり、運行計画においては採算性のみならず公共性も踏まえて検討する必要がある。

一般的に、交通機関の選択行動はバス停や駅までのアクセス性はもちろんのこと、運行時間や運行本数にも影響される。特に大都市圏においては帰宅時の選択可能な交通機関が、交通行動を決定する際の大きな要因の一つである。

そこで本研究では、第3回道央都市圏PT調査データ（平成6年実施）を帰宅交通の観点から、札幌市北区と南区のバス交通の利用状況を分析し、バス事業者からみた効率性評価の過程の導出を試みるものである。特に帰宅時の時間帯別の運行状況を考慮し、「包絡分析法（Data Envelopment Analysis；以下DEAと略す）」の改良型window法を用いて、効率性の評価方法を提示することを目的とする。

*キーワード：公共交通計画、交通計画評価、DEA
**正会員、修（工）、日本データサービス株式会社（札幌市東区北16条東19丁目1-14、TEL 011-780-1120、FAX 011-780-1130）
***正会員、博（工）、北海道大学大学院工学研究科（札幌市北区北13条西8丁目、TEL 011-706-6217、FAX 011-706-6216）
****フェロー、工博、北海道大学大学院工学研究科（札幌市北区北13条西8丁目、TEL 011-706-6217、FAX 011-706-6216）

2. 研究対象地域の現状

（1）札幌市のバス交通の現状

札幌市内を運行する路線バスは民営バス5社と市営バス1社であった。しかし、平成16年3月に市営バスが撤退し、現在は民営バス5社が運行しているところである。

近年、札幌市のバス利用者数の減少は著しく、平成元年の166百万人と比較すると、平成14年は約3割減の115百万人まで落ち込んでいる（図1）。

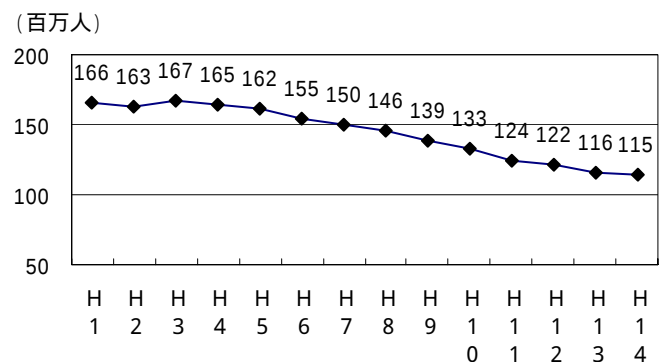


図1 札幌市のバス乗車人員の推移¹⁾

（2）札幌市北区と南区の現状

平成16年4月現在、札幌市は10区体制となっている。主な公共交通機関は地下鉄で、南北線、東西線、東豊線の3路線が整備されており、平成14年の総乗車人員は約2億人となっている。

帰宅時の交通行動は、自動車もしくは数種の交通機関の乗り換えが主要な帰宅トリップになっていると考えられる。

現在、札幌市北区と南区には地下鉄南北線が整備されており、北区には麻生駅、南区には真駒内駅の終点駅があり、図1に示す帰宅ゾーンへのトリップは、自動車とバス交通が主要交通機関となっている。

本研究は北区と南区において地下鉄が整備されていないゾーンを研究対象とした。

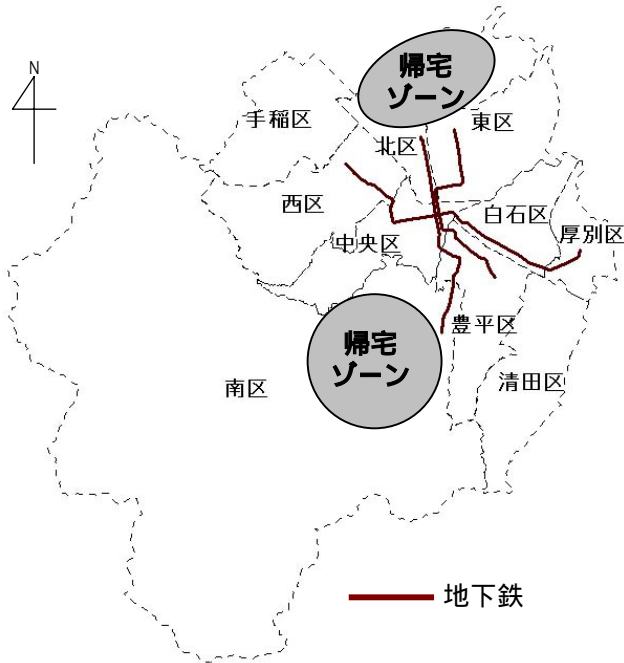


図2 研究対象地域

3. 帰宅交通の分析²⁾

(1) 目的別・交通機関別のトリップ数

第3回道央都市圏PT調査データによると、他地域から北区及び南区への目的別トリップの総数は北区が177,986トリップ、南区が99,564トリップとなっているが、内訳は帰宅目的の割合が突出して高く、北区が61.1%、南区が58.6%と両区とも全体の約6割を占めている。

表1 他地域から対象地域への目的別トリップ数

	北区		南区	
	トリップ数	構成比	トリップ数	構成比
通勤	14,329	4.9%	11,735	6.9%
通学	27,933	9.6%	17,158	10.1%
帰宅	177,986	61.1%	99,564	58.6%
業務	13,883	4.8%	7,011	4.1%
私用	57,073	19.6%	34,476	20.3%
総計	291,204	100.0%	169,944	100.0%

また、表2に示すように、帰宅交通が集中する17時から23時までの利用交通機関別の構成比は、自動車は北区が72.8%、南区が68.5%、路線バスは北区が5.9%、南区が10.3%となっている。

北区と南区の帰宅時の利用交通機関を比較検証

すると、自動車の利用率は北区が高く（ $t=15.14$ 、有意水準1%で有意差あり）、路線バスの利用率は南区が高い（ $t=26.34$ 、有意水準1%で有意差あり）。

表2 帰宅トリップの交通機関別構成比

	北区		南区	
	トリップ数	構成比	トリップ数	構成比
自動車	48,441	72.8%	27,157	68.5%
路線バス	3,926	5.9%	4,092	10.3%
地下鉄	14,171	21.3%	8,424	21.2%
総計	66,538	100.0%	39,673	100.0%

データは17時から23時まで

(2) 帰宅目的の時間帯別交通分布

北区及び南区の自動車及び路線バスの時間帯別の分布は、図3、図4に示すとおりである。

帰宅トリップのピークは北区が路線バス及び自動車ともに17時、南区は路線バスが15時台と17時台、自動車が17時台となっている。

両地区とも17時以降の帰宅トリップは減少しているが、南区に比べると北区の方が路線バスの減少率が大きく、バスの利用状況は低いことがわかる。

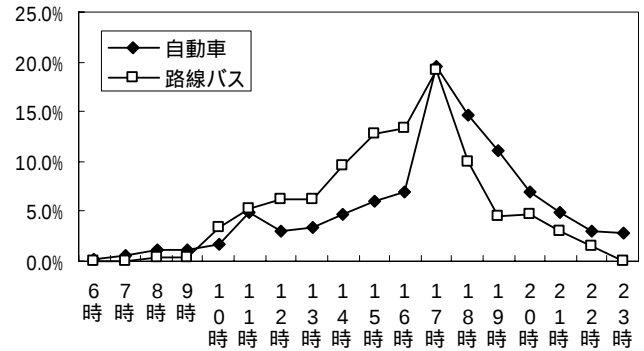


図3 帰宅目的の時間帯別交通分布（北区）

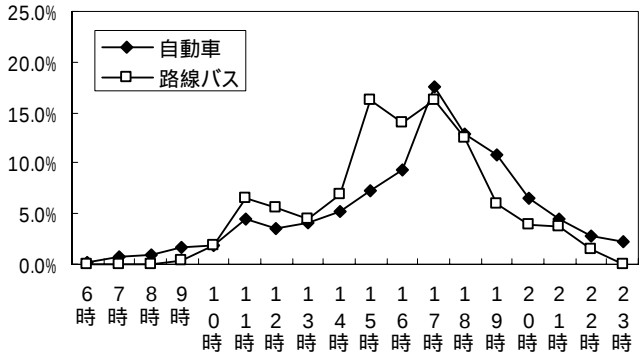


図4 帰宅目的の時間帯別交通分布（南区）

(3) 路線バスの運行状況

第3回道央都市圏PT調査時の、17時以降の路線バス運行状況は、表3に示すとおりである。

バストリップ数は北区、南区ともに17時台が最も多くなっているが、運行本数は両地区とも18時台が最も多く、18時台以降、運行本数及び路線数は減少し、バスの最終運行は両地区とも22時台となっている。

表3 北区・南区の路線バスの運行状況(平成7年)

	バストリップ数		運行本数(便)		路線数(路線)		1便当たりのバストリップ	
	北区	南区	北方面	南方面	北方面	南方面	北方面	南方面
17時台	1,754	1,524	72	39	24	19	24.4	39.1
18時台	911	1,162	75	42	25	17	12.1	27.7
19時台	415	552	58	30	25	17	7.2	18.4
20時台	435	366	44	26	21	16	9.9	14.1
21時台	275	353	31	19	20	12	8.9	18.6
22時台	136	135	21	10	13	9	6.5	13.5
23時台	0	0	0	0	0	0	-	-

また、バストリップ数と運行本数について相関分析を行うと、相関係数は北区が0.81、南区が0.89となり、北区の方がバストリップ数と運行本数の相関性は低くなっている。

一便当たりのトリップ数についても、各時間帯とも北区の方が小さくあり、バス運行の効率性が悪いことがわかる。

4. バス事業の効率分析評価方法

(1) DEAの概要³⁾

本研究ではDEAの改良型window法を用いて、バス事業の効率性評価方法を導出する。

DEAとは、単純な効率判定が難しい多入力・多出力系システムにおいて、相対的に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。なお効率とは、入力変数の加重和に対する出力変数の加重和の比率で定義される。

DEAでは分析対象を一般にDMU(Decision Making Unit: 意思決定者)と設定するが、 m 個の入力項目と s 個の出力項目が選定され、 DMU_j の入力データを x_{1j} 、 x_{2j} 、... x_{mj} 、出力データを y_{1j} 、 y_{2j} 、... y_{sj} とすると、入力データ行列 X 、出力データ行列 Y は以下に示すとおりである。

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ y_{s1} & y_{s2} & \cdots & y_{sn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

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、当モデルは次式に示す分数計画問題に定式化される。

一般的には与えられた入力データ X 、出力データ Y について、(3)~(6)と同値である線形計画問題を解くことにより最適解を求める。

$$\text{目的関数} \quad \max \theta = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \cdots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_1 x_{1o} + \cdots + v_m x_{mo}} \quad (3)$$

$$\text{制約式} \quad \frac{u_1 y_{1j} + \cdots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \cdots + v_m x_{mj}} \leq 1 (j=1, \dots, n) \quad (4)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad (5)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_m \geq 0 \quad (6)$$

最適解を (v^*, u^*) とし、目的関数値を θ^* とすると
き、

- ・ $\theta^* = 1$ ならばDMU_oはD効率的
- ・ $\theta^* < 1$ ならばDMU_oはD非効率的であるという。

(2) 改良型window法の概要

DEA分析は一時点における効率性評価であるが、時系列データの場合、各時点のDMUを独立した活動とみなして分析を行うwindow法がある。 j 個のDMUの活動、すなわち入力と出力の対 (x_j, y_j) ($j=1, \dots, n$)を A_j とし、 t 期($t=1, \dots, T$)の活動を A_{jt} と表す。

各DMUの1期と2期の活動 A_{11} 、 A_{12} 、 A_{21} 、 A_{22} 、...、 A_{j1} 、 A_{j2} を対象としてDEA分析を行う。

その結果より得られたD効率値を θ_{11} 、 θ_{12} 、 θ_{21} 、 θ_{22} 、...、 θ_{j1} 、 θ_{j2} とする。同様に2期と3期、3期と4期、...、(t-1)期とt期において、それぞれDEA分析を行い、表4に示すD効率値を求める。算出したD効率値を平均した AV_j が時系列データを考慮した各DMUのD効率となる。

表4 window法によるD効率値

	1期	2期	3期	...	(t-1)期	t期	平均	
DMU ₁	θ_{11}	θ_{12}					AV_{11}	AV_1
		θ_{12}	θ_{13}				AV_{12}	
				...			...	
					$\theta_{1(t-1)}$	θ_{1t}	$AV_{1(t-1)}$	
DMU ₂	θ_{21}	θ_{22}					AV_{21}	AV_2
		θ_{22}	θ_{23}				AV_{22}	
				...			...	
					$\theta_{2(t-1)}$	θ_{2t}	$AV_{2(t-1)}$	
...				...			...	
DMU _j	θ_{j1}	θ_{j2}					AV_{j1}	AV_j
		θ_{j2}	θ_{j3}				AV_{j2}	
				...			...	
					$\theta_{j(t-1)}$	θ_{jt}	$AV_{j(t-1)}$	

しかし、window法の欠点として、隣接する2期間の比較しか行われていないため、離れた期間の効率性の違いが考慮されないこと、両端の期間は他の期間に比べて比較回数が少ないことの2点がある。

これらの点を改善した方法として改良型window法が提案されており、本研究では当手法を用いることとする。

window法が隣接する2期間の時系列データについてDEA分析を行ったのに対し、改良型window法は、総当たり式でDEA分析を行うことが特徴である。分析手順は、まず1つの期だけを対象に、DEA分析をそれぞれ行う。次に2つの期のすべての組合せについてDEA分析を行い、同様に3つの期、4つの期、...、(t-1)期のそれぞれのすべての組合せ、及びt期についてDEA分析を行う。

この改良型window法により、D効率値の時系列的な推移や各DMUの評価を行うことができる。

(3) バス事業の効率性評価方法の提案

改良型window法を用いた、バス事業者からみた効率性評価方法の全体フレームは図5のとおりである。

分析の手順は、地域特性を考慮し対象地域をnゾーンに区部しDMU_i (i=1,...,n)と定義する。

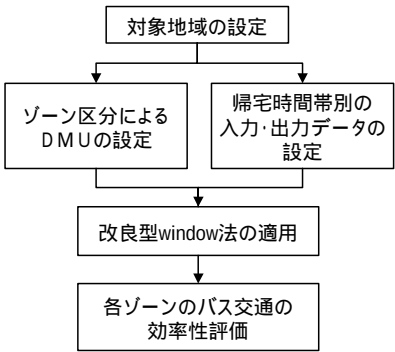


図5 バス事業の効率性評価方法のフロー図

次に、時系列データについては、帰宅交通がピークとなる17時からバス運行終了時間までとし、入力データは路線バスの運行便数及び運行路線数、出力データはバストリップ数の2入力1出力とし、改良型window法によりDMU_iのD効率値を導出する。以上より、帰宅時の地区iにおけるバス事業の効率性評価が可能である。

5. おわりに

本研究では札幌市北区と南区を対象とし、帰宅交通における路線バスの利用状況を分析し、北区の利用状況が低いことが明らかになった。

また改良型window法を適用した、帰宅時のバス事業の効率性評価手法を提案した。

札幌市では市営バスの民営化により、従来よりも路線バスの運行は採算性が重要視されるようになった。バス事業者においては、採算性を向上させるための最適な運行計画の検討が必要となっており、抜本的な改善方策の導入が求められている。

参考文献

- 1) 札幌市の都市交通データブック、札幌市企画調整局 総合交通対策部交通企画課、2004
- 2) 第3回道央都市圏パーソントリップ調査報告書、道央圏域総合交通体系調査協議会、1996
- 3) 刀根薫：経営効率性の測定と改善、日科技連、1993
- 4) 浜田直樹・内田賢悦・佐藤馨一：改良型ウィンドー法を用いた北海道における交通事故危険率の評価に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集第4部、Vol154巻、pp406-407