

地方自治体主体のバス運行方策の評価*

Evaluation of a municipally bus service

馬渡 真吾**, 榛澤 芳雄***, 小山 茂****

by Shingo MAWATARI, Yoshio HANZAWA, Shigeru KOYAMA

1 はじめに

過疎地域をはじめとする地方部では、不採算バス路線の撤退が顕著になる等、公共交通サービスの維持が困難となって久しい。すでに平成13年度を目途として乗合バス事業に係る需給調整規制が廃止される方針も閣議決定されており、民間路線バス事業の参入または撤退が加速されると、需要の極めて小さい地方部のバス路線を抱える地方自治体（以下、自治体とする）は、財政的な補填のみならず政策的な責任も要求されることは必至である。

自治体ではこのような現状を踏まえ、様々な運行形態により住民の輸送を確保してはいるが、公共性と効率性を半ば経験的に判断して運行を行っているのが現状である。

そこで本研究では、関東地方（6県）の自治体が主体となて行うバス運行方策について、第一に、効率性・運行規模についての相対的分類から運行効率性の要因を考察する。次に類型化したグループごとに費用曲線、需要曲線を簡易的に推定し、欠損を最小化する理想的な便数―路線距離との関係から、現在の運行規模の妥当性を検討する。

2 運行規模と効率性による類型化

(1) 分析対象

本研究で分析対象とする自治体の住民輸送方策は、道路運送法第80条の許可を受けて自治体が直

接運行するバス（以下、直営バスとする）、同条許可の自治体が民間バス業者に運行を委託、または同法第21条の許可を受けて自治体が貸切バス業者等に依頼して運行するバス（以下、委託バスとする）、および自治体の依頼を受けてタクシー業者が運行する乗合タクシーの3方策とする。

本研究では、以上の各方策を行っている関東地方の自治体（延べ自治体数；直営バス23、委託バス52、乗合タクシー6）あるいは委託バス業者、タクシー会社に郵送または電話による聞き取り調査を行い、平成9年度についての運行概要や財務状況に関するデータを収集した。

(2) 主成分分析

地方自治体が主体となて運行しているバス交通について、事業規模とその効率性についての類型化を行うため、主成分分析を行った。ここで用いた変数は、①路線距離(km)②運行便数(往復/日)③キロ当たりの運行費用(円)④運行費用/運賃収入、および⑤乗車密度(人/便)の5つとした。なお、本研究で用いる「費用」とは運営費用のみ

表―1 主成分分析結果

		第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
固有 大きい 要因の 要 因	ブラス	路線距離	乗車密度	キロ当り 運行費用	乗車密度
		運行回数	キロ当り 運行費用	運行回数	運行費用 運賃収入
	マイナス	キロ当り 運行費用	運行費用 運賃収入		運行回数
		運行費用 運賃収入			キロ当り 運行費用
固有値		2.0	1.4	0.8	0.5
寄与率(%)		40.5	28.5	16.2	10.2
累積 寄与率(%)		40.5	69.0	85.2	95.3

* キーワード 公共交通計画

** 学生員 日本大学大学院理工学研究科

*** フェロー 工博 日本大学理工学部交通土木工学科

**** 正会員 工修 日本大学理工学部交通土木工学科

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1

e-mail s_mawata@trpt.cst.nihon-u.ac.jp

を対象としている。分析の結果、表―1に示すような主成分が得られた。

累積寄与率を見ると、第2主成分で69%に達しており、2つの主成分で7割近くの変動を表現していると言える。また第3主成分以下は寄与率が10%台と急激に小さくなることから、本研究では、第1主成分および第2主成分を類型化の指標とした。また固有ベクトル値の大小関係を考慮して、各主成分の解釈を以下のように行った。

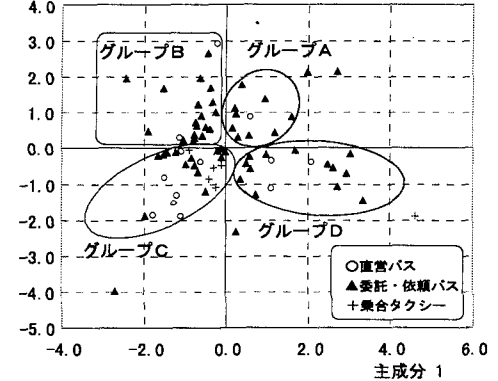
(a) 第1主成分：運行の規模（運行範囲や運行密度など総合的な運行の規模が大きいこと。）

(b) 第2主成分：運行の効率性（高密度な効率的な運行がなされていること）

(3) 類型化とその検定

図―1に示すように、第1主成分スコアを横軸に、第2主成分スコアを縦軸にそれぞれ取り、各サンプルを分布させた。この図から2軸を境界にしたA～Dの4グループに分類した。

主成分 2



図―1 主成分による類型化

ここで、この類型化の信頼度を確かめるために、A～Dの各水準について、「5項目それぞれの母平均に差がない」という仮説を立てる。一元配置の分散分析を行うと、各項目ともに1%有意水準でこの仮説は棄却され、A～D各水準の母平均間の有意な差が確認された（表―2参照）。

以上から、類型化されたA～Dの各グループの特徴を表―3にまとめた。平均値で各グループの特徴を考察すると、Aは乗車密度が最も大きく、運賃収

表―2 一元配置分散分析と各平均値

		類型化の要因				
		路線距離 (km)	運行回数 (往復)	キロ当り 運行費用 (円/km)	運行費用 運賃収入	乗車密度 (人/便)
F 値		51.20	16.71	17.19	9.04	19.10
検定結果		1%水準で全て有意				
グループ 平均値	A	30.41	12.28	228.37	1.86	7.83
	B	15.17	6.97	288.84	2.66	7.12
	C	17.18	5.77	204.27	4.62	2.62
	D	56.29	15.96	115.81	2.98	4.99

入当りの運行費用（1円稼ぐために必要な経費）も低く抑えられているなど、運行規模も比較的大きいながら、最も効率的な運行を行っていると言える。

一方、Cは運行規模も小さい割に、乗車密度や運賃収入当りの運行費用などAと全く対照的な数値を示しており、運行効率の改善が望まれると言える。

表―3 4グループの運行特性

分類	運行規模	運行効率	特徴
A	大	良い	規模が大きいながら、効率的な運行
B	小	良い	小規模で比較的効率的な運行
C	小	悪い	運行規模小さい（Bと同じくらい） 乗車密度が最も低く効率性劣る
D	大	悪い	路線距離長く、運行回数多い

(4) 効率的な運行の要因

先に述べたが、今回対象とした自治体によるバス輸送は、運行主体の違いにより、直営バス、委託バス、乗合タクシーの3種類であった。この運行形態の相違の運行規模、運行効率への影響を考察するために、図―1においてプロットした点を運行形態別に見た。その結果、直営バス（○印）および乗合タクシー（+印）はほとんどが第1主成分軸の下方、つまり、運行効率の悪いエリアに分布した。中でもCグループへの帰属が多くを占め、運行規模が小さく、乗車密度も低いなど、委託されるにせよ、民間バス業者が運行するには無理のある地域においては、自治体の手で公共輸送が直接的に行われていることがわかる。

一方、委託バスはサンプル数が多く全体的に散布しているが、A、Bに属しているところが目立ち、運行規模の大小に関わらず、比較的効率的な運行がなされていると言える。

以上のことから、乗車密度や運賃収入当りの運行費用といった項目を基準とした運行の効率性の要因の一つには運行形態が挙げられ、直営バスに比べ委託バスの方が、効率的な運行をしているグループに属している割合が高いことがわかった。

また乗合タクシーは一般的に小規模需要の場合に効率的な運行がなされると言われているが、本研究ではそのような顕著な効率性は観察できなかった。

4 適正な運行規模との考察

自治体あるいは委託バス業者がサービス改善あるいは費用低減等様々な施策を講じる中で、その第一の手段としてまず考えられるのは、バスの路線長と便数の改善である。しかし、実際には地区の要望があってはじめて運行を開始、増便あるいは延長されるなど、重要な政策変数としての積極的機能が十分果たせていないように思われる。

そこで、収集したデータをもとに類型化した4グループそれぞれについて簡易的に費用関数および需要関数を推定し、自治体の大きな財政的負担となっている事業欠損額を最小化した時の路線長と便数との関係、つまり理想的な運行規模を算出し、現在の規模との比較から、その妥当性を検討する。

(1) 費用関数・需要関数の推定

本研究では(3.1)のようなコブ-ダグラス型の費用関数、需要関数を推定する。ただし、 C を運行費用(円/日)、 Q を輸送人員(人/日)、 X を運行回数(往復/日)、 N を便数(往復/日)、 α 、 β 、 γ 、 s 、 t 、 u を定数、 i を各グループ($i=A, B, C, D$)とする。

$$\begin{aligned} C_i &= \alpha \cdot Q^\beta \cdot X^\gamma \\ Q_i &= s \cdot X^t \cdot N^u \end{aligned} \quad (3.1)$$

(2) 欠損額最小化のモデル

今回調査した自治体主体のバス運行では、ほとんどのケースにおいて多額の欠損を計上しており、都

道府県や市町村の公的資金がこの補填に充てられている。ここでは、自治体が現状の輸送人員を維持することを前提として、この欠損額を最小にするように路線長と便数を決定するという問題を(3.2)のように定式化する。

$$\begin{aligned} \min \pi(X, N) &= C(Q, X) - P_o \cdot Q \\ \text{subject to } Q &= D(X, N) \\ Q &\geq Q_o \end{aligned} \quad (3.2)$$

π : 欠損額(円/日) D : 需要関数
 X : 路線延長(km) Q_o : 現状の輸送人員(人/日)
 P_o : 標準支払い額(円/人)

この最小化問題をラグランジュ乗数法を用いて最適条件を求めるため、ラグランジュ乗数を λ (≥ 0)とし(3.3)のようにラグランジアンを定義する。

$$L(X, N, \lambda) = C(Q, X) - P_o \cdot Q + \lambda(Q_o - Q) \quad (3.3)$$

変数の非負条件を考慮すると、最適性の条件は(3.4)のようになる。

$$\begin{aligned} X \frac{\partial L}{\partial X} &= 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial L}{\partial X} \geq 0, X \geq 0 \\ N \frac{\partial L}{\partial N} &= 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial L}{\partial N} \geq 0, N \geq 0 \\ \lambda \frac{\partial L}{\partial \lambda} &= 0 \quad \text{and} \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} \leq 0, \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (3.4)$$

$X \neq 0, N \neq 0$ また $\partial C / \partial X \neq 0, \partial Q / \partial N \neq 0$ であると考えられるので、(3.4)は以下のような最適条件として導くことができる。

$$\lambda = 0 \quad \frac{\partial C}{\partial D} = P_o, Q_o - Q \leq 0 \quad (3.5)$$

$$\lambda \geq 0 \quad \frac{\partial C}{\partial D} = P_o + \lambda, Q_o - Q = 0 \quad (3.6)$$

(3) モデルへの適用

ここではグループの特徴が対照的であり、関数の推定の際に高い相関が見られたグループAおよびCについて、モデルへの適用を行うこととする。

コブ-ダグラス型で推定した費用関数および需要関数は以下ようになった。ただしカッコ内の数値は係数のt値、Rは重相関係数とする。

$$C_A = e^{4.49}_{(3.95)} \cdot Q^{0.74}_{(6.79)} \cdot X^{0.87}_{(3.03)} \quad R = 0.94$$

$$D_A = e^{3.40}_{(2.30)} \cdot X^{-0.10}_{(-0.23)} \cdot N^{0.84}_{(5.70)} \quad R = 0.91$$

$$C_c = e^{7.34} \cdot Q^{0.43} \cdot X^{0.51} \quad R = 0.88$$

(20.34) (5.64) (3.56)

$$D_c = e^{0.34} \cdot X^{0.46} \cdot N^{1.00} \quad R = 0.86$$

(0.67) (2.64) (6.74)

モデル中で使用している現状の輸送人員 Q_0 と標準支払額 P_0 は、それぞれのグループでの平均値を用いる（A： $Q_0=182$, $P_0=299$, C： $Q_0=30$, $P_0=292$ ）。ただし、標準支払額とは年間の運賃収入を年間輸送人員で除し、乗客の平均的な支払額を示す。

また、類型化作業の時と同様、一元配置の分散分析により、2つの指標に関して各グループの平均値の有意な差の検定を行った。すると Q_0 , P_0 どちらの場合も1%有意水準で有意となり、平均値を用いることの有効性を確認した。

ここでは、最適条件(3.5)を用いて、両グループについて適用したところ、図-2および図-3に示すような結果を得た。

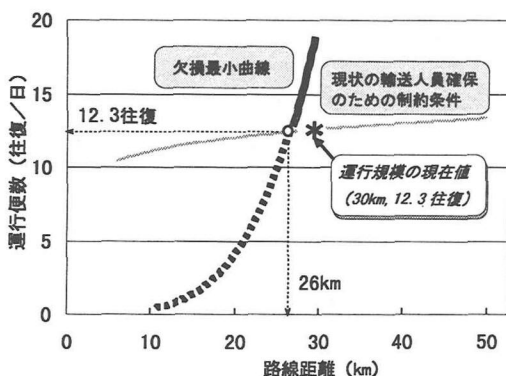


図-2 グループAへの適用結果

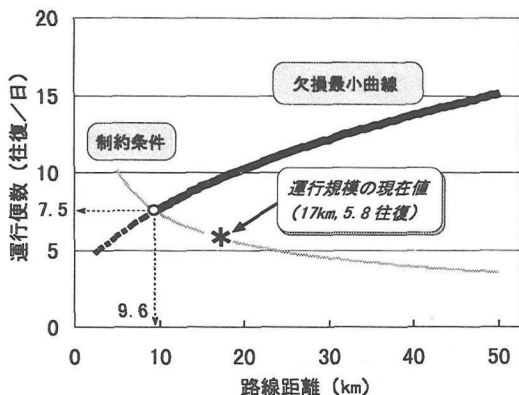


図-3 グループCへの適用結果

(4) 運行規模の考察

Aの欠損最小曲線は図-2のようになり、路線距離の増加に対する運行便数の増加が極めて大きいことがわかる。つまり、路線距離はある程度に抑えた上で、運行便数を増加させることで費用を少なくできることを示している。

この曲線に現状の輸送人員を維持するための制約条件を課すと、その交点；路線距離26 (km)、運行便数12.3 (往復/日) が現状での欠損を最小にする最適な路線距離と便数との組み合わせとなった。次に、現在の実際の平均値：路線距離30 (km)、運行便数12.3 (往復/日) をプロットしてみると、図-2からわかるように欠損最小曲線と極めて近い場所に位置している。つまりAグループは理想に近い路線距離と運行便数の組み合わせが実現されていると考えられ、類型化で示した効率性の高さを裏付ける結果となった。

一方、図-3にグループCの欠損最小曲線を示した。Aの場合とは対照的に便数の増加に対する路線距離の増加の割合が大きい。Aの場合と同様に制約条件を課すと、路線距離9.6 (km)、運行便数7.5 (往復/日) が現状での欠損を最小にする最適な路線距離と便数との組み合わせとなった。

この点と現在の平均値：路線距離17 (km)、運行便数5.8 (往復/日) の点を比較すると、Aの場合と比べて2点がやや離れており、特に路線距離の乖離の大きさが目立つ結果となった。この路線距離の過剰さが欠損を増加させる一因とも考えられ、類型化で示したグループCの特徴である、運行効率の悪さに大きく影響していると推測することができる。

5 おわりに

自治体主体の運行スタイルの場合、政策変数としての路線距離と便数を小さくすることは、公共交通維持の大前提から外れてしまうため、過剰な路線距離も現実の必要距離として認めざるをえない。類型化で示した運行形態の違いによる効率性への影響を勘案すると、民間バス業者（業者の存在が前提だが）への委託や依頼による運行効率改善がまずは必要ではないかと思われる。