

公共輸送企業の効率性分析*

Efficiency Analysis of Public Transportation*

宮城俊彦**・中津原勢司***

By Toshihiko MIYAGI** and Seiji Nakathuhara***

1. はじめに

鉄道・バス等の運輸業、電気通信・放送等の通信業そして電力・ガス・水道等のネットワーク型のサービスの供給は、ネットワークの構築に膨大な固定費用を必要とするため規模の経済が働き、市場競争に任せれば最終的に1社のみが生き残るという自然独占状態になる。独占状態では、競争均衡の価格からかなり乖離した独占価格を形成させる可能性を与える。このため、需要が社会的に過小になり、資源配分の効率性と所得配分の公平性が阻害される。このような弊害に対処するために政府が多くの規制を行っているのが現状である。

また、公共交通機関の多くは需要が少ないために料金収入だけでは採算がとれず、補助金による運営といった通常の市場原理の働かない特殊な経営状況の下で、公共性と効率性という相反する経営目的に対する判断を考慮しつつ行われている。事業主体によって経験的に行われている経営の妥当性を検討することは容易ではないが、その経営の性格上客観的に経営の妥当性を明確にする必要がある。そこで本研究では、補助金が与えられているという条件の下で必要輸送人員の下限値を推定できるモデルを構築し、公共交通機関の最適輸送について検討することを目的とする。

2. 公共輸送機関の費用曲線

ここでは、三大都市圏のバス企業81社（平成1年）

1)、全国の大手民鉄21社（JR6社を含む）と中

*キーワード：公共交通計画、規模の経済、補助金

**正員 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科

(〒501-11 岐阜県岐阜市柳戸1番1 TEL 058-230-1111

FAX 058-230-1528)

***学生員 岐阜大学大学院 博士前期課

小民鉄98社（平成2年）²⁾に関する費用関数を推定し、それぞれの費用曲線を図-1から図-3に示した。費用関数にはコブ=ダグラス型を用いたが、これは線形型に比べ限界費用が一定とならない点で優れている³⁾。

(1) 三大都市圏バス企業

$$TC = e^{7.206} Q^{0.549} L^{0.536} \quad (1)$$

(33.4) (16.7) (10.5)
TC: 運営費用(円/日) Q: 輸送人員(人/日)
L: 路線延長(キロ)

相関係数 0.9775 不一致係数 0.0003

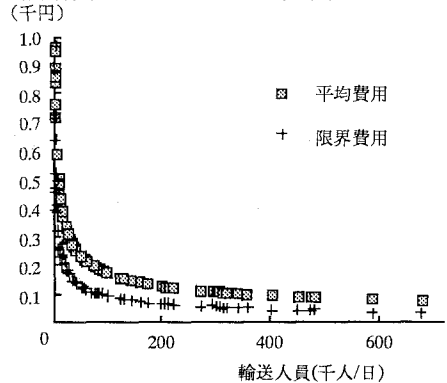


図-1 三大都市圏バス企業の費用曲線

(2) 大手民鉄

$$TC = e^{5.590} Q^{0.528} L^{0.533} \quad (2)$$

(9.4) (6.2) (10.4)
TC: 運営費用(千円/日) Q: 輸送人員(千人/日)
L: 路線延長(キロ)

相関係数 0.9581 不一致係数 0.0003

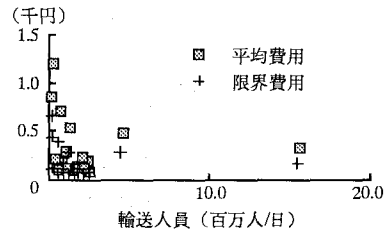


図-2 大手民鉄の費用曲線

(3) 中小民鉄

$$TC = e^{4.823} Q^{0.699} L^{0.416} \quad (3)$$

(31.5) (28.5) (9.1)
TC: 運営費用(千円/日) Q: 輸送人員(千人/日)
L: 路線延長(キロ)

相関係数 0.9548 不一致係数 0.0011

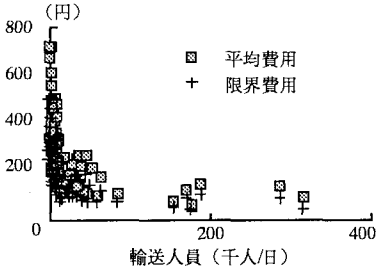


図-3 中小民鉄の費用曲線

以上の費用曲線より三大都市圏バス企業、中小民鉄そして大手民鉄のいずれも規模の経済が存在する平均費用通減曲線が得られた。規模の経済とは、規模を大きくすることにより単位生産量当たりのコスト、つまり平均費用が減少していくことであり、(4)式のように平均費用が限界費用より大きいとき ($SE > 0$ のとき) 規模の経済が存在する。

$$SE = 1 - \frac{(\partial TC / \partial Y)}{(TC/Y)} \quad (4)$$

TC: 費用 Y: 生産量

表-1 規模の経済の程度	
バス企業	0.45
中小民鉄	0.30
大手民鉄	0.47

規模の経済が存在すると独占の傾向が強くなるため多くの規制がかけられているのが現状である。特に、料金規制には資源配分の効率性、経営財務安定化の確保が目標とされているが、規制がサービスの多様化や料金体系の多様化の進展を遅らせる原因となっている。そこで、規制を緩和するか効率的な資源配分について考える必要性が生じている。

本研究では、補助金を考慮した最適輸送について検討する。

3. バス輸送の最適輸送計画モデル

政府から運行コストに関する補助金がある場合の輸送企業の最適輸送計画問題を、次のように定式化する⁴⁾。

$$M_{1/2} \Delta X. \Pi = PY_2 - C(Y_1, Y_2, Z_1, Z_2, R, U_k, w)$$

$$\text{s.t. } Y_2 = D(P, Y_1, I, V, Z_1, Z_2) \quad (\mu_1)$$

$$Y_1 \geq Y_0 \quad (\mu_2)$$

$$\sum_i w_i X_i - PY_2 \leq S_0 \quad (\mu_3)$$

$$Y_1, Y_2 \geq 0$$

$$P = P_0$$

Π : 利潤 R : ピーク/オフピークの比率
 P : 価格 z_1, z_2 : 生産要素の特性
 P_0 : 価格の規制値 U_k : 都市kにおける都市特性
 w : 投入要素の価格 D : 需要関数
 X : 投入要素 I : 利用者の社会経済特性
 Y_1 : 路線延長 V : 他のモードの価格
 Y_2 : 輸送人員 S_0 : 運行に関する補助金
 Y_0 : 路線延長の下限値

第1番目の制約式は、需要 (Y_2) が、路線延長 (Y_1) や価格 (P) などの指標を変数とした関数であることを示す。第2番目の制約式は、路線延長における最低水準の規制が設けられていることを示す。第3番目の制約式は、企業の赤字が補助金 (S_0) 以下でなければならないことを示す。また最後の制約式は、価格 (P) が外生的に与えられていることを示す。以下の利潤最大化問題をラグランジュ未定乗数法を用いて最適条件を導きそれを以下に示す。 μ_i は第 i 番目の制約式におけるラグランジュ乗数である。

(1) 補助金制約がない場合 ($\mu_3 = 0$)

$$\frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_1} + \frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_2} \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} - \mu_2 = P \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} \quad (5)$$

右辺は路線延長 Y_1 の拡張による限界収入であり、左辺はそれに伴う限界費用を示す。

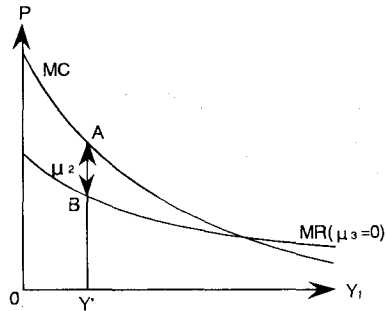


図-4 補助金制約がない場合

μ_2 は、地方サービスとして最低限供給しなければならない路線延長 Y_0 にかかるラグランジュ乗数であり、 Y_0 を供給する際にかかる限界費用 MC (点A) から限界収入 MR (点B) を差し引いた値

である（図-4）。したがって、 $\mu_2 > 0$ ならば企業は最低水準の路線延長を運営するだけでも困難な状態になることを表す。

(2) 補助金制約がある場合 ($\mu_3 > 0$)

輸送産業が、運営を補助金の範囲内で行うように路線延長 Y_1 を制限しなければならない場合である。

$$\frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_1} + \frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_2} \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} - \mu_2 = P(1 + \mu_3) \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} \quad (6)$$

(1)式と比較すると右辺に μ_3 が含まれており、限界収入が可変的である。図-5を用いて説明すると、 $\mu_3 > 0$ の場合には、限界収入が増加し $\mu_3 = 0$ のときの限界収入（点A）を上回る限界収入（点B）を得ることができる。

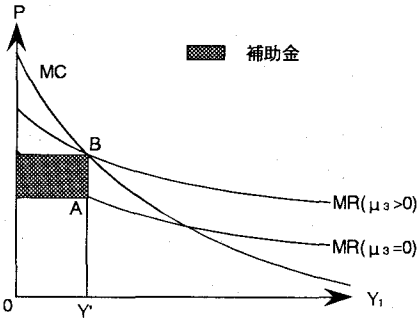


図-5 補助金制約がある場合

また、最適輸送モデルは企業の利潤の最大値がゼロとなるよう黒字と赤字が等しくなるように μ_3 を定める。 $\mu_3 = \partial \pi / \partial S_0$ なので、 μ_3 は企業の収入が補助金にどれだけ依存するのかを表す指標と解釈でき、 μ_3 の値が大きいくほど補助金依存度が高いことを示している。

(3) 補助金が路線延長 Y_1 の関数として与えられる場合

補助金制約式を次のように定義する。

$$C(Y_1, Y_2) - PY_2 \leq S(Y_1) \leq S_0 \quad (7)$$

これを、モデルに組み込みラグランジュ未定乗数法で解くと次式を得る。

$$\begin{aligned} (1 + \mu_3) \frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_1} + \frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_2} \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} - \mu_2 \\ = P \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} + \mu_3 \left(P \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} + \frac{\partial S(\cdot)}{\partial Y_1} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

上述した(1)、(2)式と比較すると右辺、左辺ともに μ_3 が含まれているため限界費用、限界収入は μ_3 の値により変化する。図-6より、限界収入が一定でないのは、路線延長によって変化する補助金が収入に加えられるためである。 $\mu_3 > 0$ の場合、均衡は点Bで達成され、ある与えられた輸送人員に対し、路線延長を延ばすことができる。

(8)式は、経営する路線の長さに対応して補助金を配分するモデルであり、補助金配分を均等配分する前のモデルに比べより効率的な資源配分が行われる。

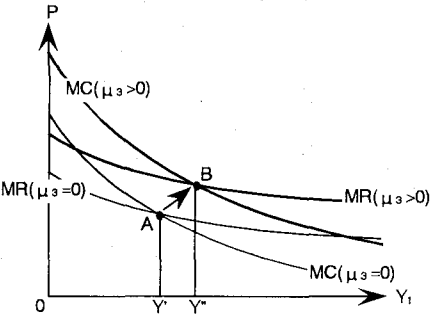


図-6 補助金制約下でのMCとMR

4. 適用結果

費用関数は2. で推定した費用関数(1)式を用い、需要関数も同様に三大都市圏バス企業データを用いて推定する。

・需要関数

$$Y_2 = c 2.610 (Y_1)^{0.165} (N)^{1.006} \quad (9)$$

(11.2) (2.5) (21.0)

Y_2 : 輸送人員 (人/日) Y_1 : 路線延長 (キロ) N : 運行回数 (回)

相関係数 0.970 不一致係数 0.026

ここで、三大都市圏バス企業の路線延長と1日当りの輸送人員の現況を図-7に示す。

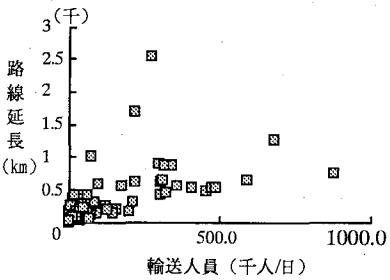


図-7 三大都市圏バス企業の現況

また、平成2年度において全国バス企業201社中

178社（約8割）が赤字運営であり⁵⁾、三大都市圏をみても約7割の企業が赤字運営となっている。

(1) 補助金制約がない場合（ μ_2 の算出）

μ_2 の算出にあたり、料金、輸送人員そして路線延長は、表-2に示す三大都市圏バス企業の平均値を用いた。

表-2

料金 P (円)	180.0
輸送人員 (人/日)	121,000.0
路線延長 (キロ)	308.4
μ_2	25,850.1

μ_2 の値が正であることから、現在のバス企業の運営状態は困難であることを示している。また、最低限供給しなければならない路線延長は308.4キロであるが、現況の三大都市圏バス企業で最低限必要な路線延長・輸送人員を満たしている企業は25社（81社中）であり、このことからバス企業の運営状態は困難であることがわかる。

(2) 補助金制約がある場合

表-3

μ_3	ケース1 (人/日)	ケース2 (キロ)
0.1	128,900.0	267.0
0.2	136,960.0	219.5
0.3	145,180.0	151.9

ケース1；路線延長を固定させた場合

ケース2；輸送人員を固定させた場合

輸送人員の下限值について（ケース1の場合）は、 μ_3 の値が増加するにつれて増加する結果を得た。つまり、現在の路線延長（308.4キロ）で運営を行う場合、補助金依存率が高くなるにつれてより以上の輸送人員を確保する必要があることを示している。逆に、輸送人員の下限值（12万1千人/日）を固定させた場合（ケース2）、 μ_3 の値が増加するにつれて路線延長の値が減少する結果を得た。これは、補助金への依存度が高いほど固定された需要の下では、現在の路線延長では経営が困難であるため補助金の範囲内で運営を行うためには最低限供給しなければならない路線延長を減少させなければならないことを示している。

(3) 補助金が路線延長に対応して与えられる場合

a) 補助金関数の推定

本研究における補助金は、バス企業への運行費に関する補助金だけを考慮し、車両購入費等の固定費用に関する補助金は取り扱わない。

$$S = -64.999 + 16.875 L \quad (10)$$

(-0.14) (3.74)

S: 補助金 (円/日) L: 路線延長 (キロ)

相関係数 0.745 不一致係数 0.299

表-4

μ_3	ケース1 (人/日)	ケース2 (キロ)
0.1	105,950.0	400.4
0.2	94,188.0	503.6
0.3	84,800.0	618.5

ケース1；路線延長を固定させた場合

ケース2；輸送人員を固定させた場合

μ_3 の値が増加するにつれて、輸送人員の下限値が減少する結果を得た（ケース1）。つまり、現在の路線延長で輸送人員が減少しても路線延長に対応している補助金の配分方法ならば補うことができることを示している。また、ケース2の場合に μ_3 の増加に伴い路線延長が増加するのは、明らかに路線延長に対応して補助金が配分されるためである。

以上より、補助金制約がある場合に比べ輸送人員の下限値が減少しても運営可能であることから、路線延長に対応した補助金の配分方法が効率的である。

5. おわりに

①本研究では、日本全体の輸送企業をあたかも1つの輸送企業として扱い、費用曲線や需要曲線を得た。もし、個別企業の費用データが得られるならば、地域の輸送企業行動に対するモデルを作ることができる。

②補助金を前提にした最適輸送行動モデルはバス企業だけに適用した。欧米のようにわが国でも鉄道に対して運営補助が与えられるような場合には、3.のモデルは鉄道企業に対しても適用できる。いずれにせよ、この種の分析では費用曲線が重要な役割を果たす。

[参考文献]

- 1) 運輸省地域交通局監修；都市交通年報，運輸経済研究センター刊，平成3年度。
- 2) 運輸省鉄道局監修；数字でみる 鉄道 '92，（財）運輸経済研究センター発行，1992。
- 3) 西村和雄；ミクロ経済学，東洋経済新報社，1992
- 4) Berechman, J.: Public Transit Economics and Deregulation Policy, Elsevier Science Publishers B.V., 1993.
- 5) （社）日本バス協会；日本のバス事業 “31”，1992。