

補助金を考慮したバスの最適輸送計画モデルについて

岐阜大学 正 員 宮城俊彦

岐阜大学 学生員 ○清水貴光

1. はじめに

バス事業の多くは、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の最適路線延長と必要輸送人員の下限値を推定できるモデルを構築する。具体的には、モデルは需要関数、費用関数を組み込み、運賃、路線延長などを変数とし得るように構築し、このモデルを用いて全国バスデータから必要輸送人員の下限値を求めることにより、バスの最適輸送について検討することを目的とする。

2. バスの最適輸送計画モデル

以下に示すような最適輸送計画問題は、バスの利潤関数を最大化することで定式化できる。

$$\max_{Y_1, Y_2} \Pi = PY_2 - C(Y_1, Y_2, Z_1, Z_2, R, V_k, W)$$

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

$$Y_1 \geq Y_0$$

$$W X - P Y_2 \leq S_0$$

$$Y_1, Y_2 \geq 0$$

$$P = P_0$$

第1番目の制約式は、バス需要(Y_2)が、路線延長(Y_1)やバス料金(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。また第3番目の制約式はバス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し、最後の制約式は、バス料金(P)が外生的に与えられていることを示す。

以上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(ただし μ_1 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($\mu_3 = 0$)

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

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。すなわち、この式から限界収入と限界費用が等しくなることが明確であり、必要な輸送人員の下限値(Y_2)を求めることができる。

② 補助金制約がある場合($\mu_3 \neq 0$)

$$\frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_1} + \frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_2} \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} - \mu_2 = P(1 + \mu_3) \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} \quad (2)$$

(1)式と比較すると右辺に μ_3 が含まれており μ_3 の値により限界収入が変化することがわかる。これを図1を用いて説明すると、 $\mu_3 = 0$ における限界収入(MR)をさかいに μ_3 が正の場合には限界収入が増加し、ここで輸送人員(Y_2)を固定させるとB点が得られ、限界収入が限界費用を上回っていることが明確である。また μ_3 が負の場合は、限界収入が減少し(Y_2)で固定させるとC点が得られ、限界収入が限界費用を下回ることが明確である。しかし実際は、補助金がバス企業に十分与えられていないために、必要な生産水準を達成できないのが現状である。そこで次のモデルを定式化する。

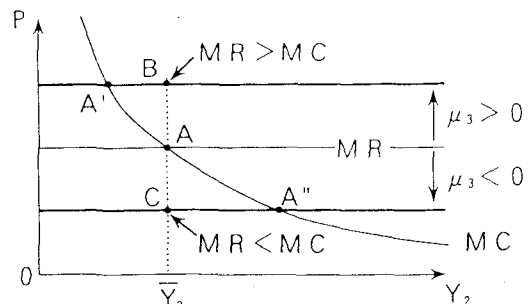


図1 一般的な限界費用と限界収入

③ 補助金が路線延長 Y_1 の関数として与えられた場合

$$(1+\mu_3) \frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_1} + \frac{\partial C(\cdot)}{\partial Y_2} \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} - \mu_2 = P \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} + \mu_3 \left(P \frac{\partial D(\cdot)}{\partial Y_1} + \frac{\partial S(\cdot)}{\partial Y_1} \right) \quad (3)$$

この式は、経営する路線の長さに対応して補助金が与えられる場合であり、先ほどの(1)、(2)と比較すると右辺、左辺ともに μ_3 が含まれており限界収入、限界費用が変化することがわかる。

3. バスの最適輸送分析

バスの最適輸送計画問題を検討するために、まず需要関数と費用関数を構築する。

① 需要関数の設定

需要関数を設定するために本論では、選択要因に料金指数 (p)、路線延長 (Y_1) を用いた線形モデルで設定する。

$$D = \alpha_1 + \beta_1 p + \gamma_1 Y_1$$

$\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$: パラメータ

② 費用関数の設定

本論では費用構造をつかむために、需要 (Y_2)、路線延長 (Y_1) を選択要因としたコブ=ダグラス型モデルで設定する。

$$C = e^{\alpha_2} (Y_2)^{\beta_2} (Y_1)^{\gamma_2}$$

$\alpha_2, \beta_2, \gamma_2$: パラメータ

ここで各々のパラメータを全国のバスデータ^{1) 2)} (首都交通圏、中京交通圏、京阪神交通圏) から推定し、さらに需要関数、費用関数を最適条件に組み込んで必要輸送人員の下限値を求めることを試みる。

以下にその結果を示す。(図2参照)

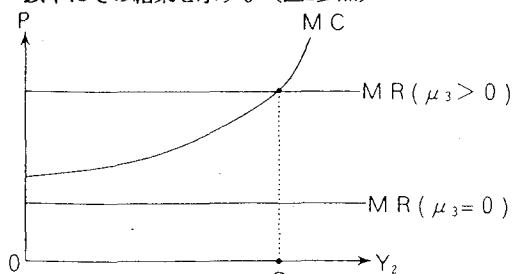


図2 バス企業の均衡状態

まず下限値 (Y_2) の算出であるが、限界費用に対し限界収入 (MR ; 但し $\mu_3 = 0$) が、図2のように低い位置に存在するため均衡点が生じず下限値 (Y_2) を求めることができない。すなわち路線延長を1単位増加

することによりかかる費用を、企業側が料金収入だけで補うことが不可能であることを示し、政府からの補助金が必要であることが言える。

そこで、(2)式を用いて補助金制約がある場合 ($\mu_3 \neq 0$) を考えてみる。 μ_3 が正の場合には図2からでもわかるように限界収入 (MR) が上方に移動し均衡点を得て、必要な輸送人員の下限値を求めることができる。いま、得られた均衡点から必要輸送人員の下限値 Q (1日キロ当たり) を推定し、全国のバスデータと比較する。(図3参照)

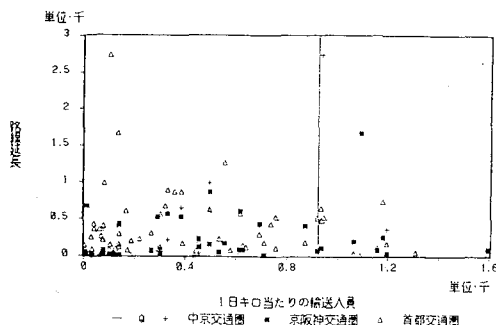


図3 必要輸送人員の下限値と全国のバス企業における輸送人員との比較

まず下限値 Q を越えない企業で、路線延長が1000km以上である場合は、需要の割りに路線延長が長すぎる可以说、効率性を上げるためにも路線延長を削減する必要がある。次に下限値 Q を越えている企業で、路線延長が1000kmである場合は、料金収入の割合が高いにも関わらず補助金をもらいすぎている可以说、バス企業における補助金配分の割合が不均等であることがうかがえる。また本論ではコブ=ダグラス型費用関数を用いており、得られたパラメータの和が1以上であるため規模の不経済が存在する可以说。

4. まとめ

必要輸送人員の下限値を得ることができないために、補助金制約がある場合を適用したのだが、それでも採算が合わないため補助金を路線延長 Y_1 の関数として与える必要がある。そうすれば均衡は高い水準で達成され効率性が上がることが考えられる。またそれでも効率性が上がらない場合は、赤字路線を廃止し最適路線延長を求める必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) 日本のバス事業、日本バス協会 1992
- 2) 都市交通年報、運輸経済研究センター 1990