

日本大学大学院 学生員 馬渡 真吾
 日本大学理工学部 フェロー 榛澤 芳雄
 日本大学理工学部 正会員 小山 茂

1 はじめに

過疎地域を含む地方部では、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おり、地方自治体（以下自治体とする）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おり、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。本研究では、そのような自治体が行う住民輸送方策について、運行形態別にその費用特性を分析し、運行欠損額に充てられる自治体の公的負担を最小化するモデルを構築することで、現在の運行形態および運行規模の妥当性を検討する。

2 輸送方策の費用特性分析

(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条許可の自治体が直接運行するバス（以下、直営バス）、同許可の自治体が民間バス業者に委託または同法21条許可の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）、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に郵送または電話による聞き取り調査を行い、運行概要や財務状況に関するデータを収集した。

(2) 費用関数の推定と輸送方策の特性

輸送方策の費用特性を分析するため、(2.1)のようなコブ-ダグラス (Cobb-Douglas) 型の費用関数を推定する。ただし、 c_i を年間総費用（千円）、 Q を年間輸送人員（人）、 N を運行回数（往復／日）、 α 、 β 、 γ を正の定数、 i を各輸送方策（ $i = 1$ ；直営バス、 2 ；委託バス、 3 ；乗合タクシー）とする。

$$C_i = e^{\alpha} Q^{\beta} N^{\gamma} \quad (2.1)$$

(2.1)を用いて各方策について費用関数を推定し、これを基に年間輸送人員に対する平均費用曲線を図-1から図-3に図示すると、それぞれの特性は以下のようになる。（ R ；相関係数、カッコ内は t 値）

①直営バス

$$C_1 = e^{6.173} Q^{0.196} N^{0.764} \quad (R=0.90)$$

(9.562) (2.328) (4.741)

図-1のように輸送人員に対する平均費用の通減効果が認められ、年間輸送人員が5万人を境に500円前後で一定となっていることが分かる。

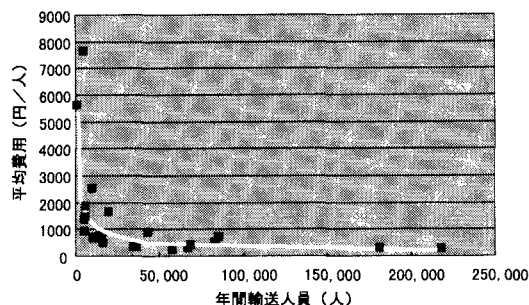


図-1 直営バスの費用曲線

②委託バス

$$C_2 = e^{5.247} Q^{0.377} N^{0.213} \quad (R=0.75)$$

(6.892) (4.093) (1.657)

委託バスにおいても平均費用の通減効果が見られた。直営バスと比較すると、費用曲線には相違が見受けられず、平均費用が低いほど運行効率が良いとすれば、直営バスと委託バスの間では運行効率に関して際立った差がないことが分かる。

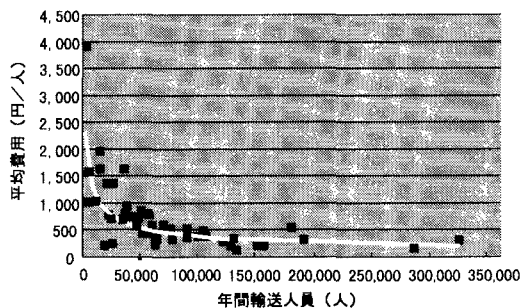


図-2 委託バスの費用曲線

③乗合タクシー

$$C_3 = e^{2.774} Q^{0.614} N^{0.274} \quad (R=0.92)$$

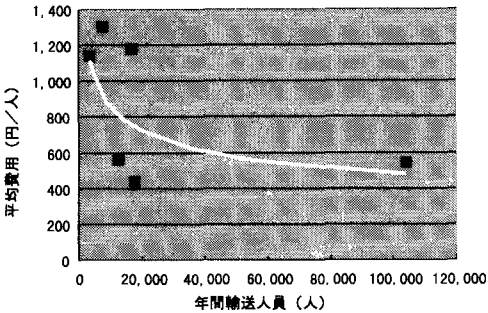
(-) (2.114) (0.607)

乗合タクシーはデータ数が6件と他に比べて極めて少なく、より多くのケースのデータを収集する必要がある。今回の費用曲線を用いると、平均費用が500円前後で一定となるのは直営バス、委託バスと変わらないが、輸送人員が2万人以下の比較的小規模の運行を

キーワード 過疎交通 地方自治体 廃止代替バス 乗合タクシー

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 日本大学理工学部交通土木工学科 TEL&FAX 047-469-5219

行っているケースが多く、平均費用も他の方策と比べると低めに抑えられていることが分かる。



図－3 乗合タクシーの費用曲線

(3) まとめ

3つの輸送方策について費用特性を分析したが、直営バスと委託バスにはその特性に差がなく、輸送人員を増加させない限り、直営バスをバス業者に委託運行しても、平均費用の低減は見込めないと言える。また、乗合タクシーは比較的小規模の運行において平均費用を低下させることが分かった。

3 欠損最小化モデルによる運行規模の考察

(1) モデルの定式化

今回調査した自治体による住民輸送では、すべて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以下のように定式化する。

$$\begin{aligned} \min \pi(X, N) &= C(Q, N) - P_o \cdot Q & (3.1) \\ \text{subject to } Q_i &= D(X, N) \\ Q &\geq Q_o \end{aligned}$$

π ; 年間欠損額 (千円) D ; 需要関数
 X ; 路線総延長 (km) Q_o ; 現状の輸送人員 (人)
 P_o ; 平均運賃 (円/人)

この最小化問題をラグランジェ乗数法を用いて最適条件を求めるため、ラグランジェ乗数を λ (≥ 0) として(3.2)のようにラグランジアンを定義する。

$$L(X, N, \lambda) = C(Q, N) - P_o \cdot Q + \lambda(Q_o - Q) \quad (3.2)$$

変数の非負条件を考慮すると、一次の最適性条件は(3.3)-(3.5)のようになる。

$$X \frac{\partial L}{\partial X} = 0 \text{ and } \frac{\partial L}{\partial X} \geq 0, X \geq 0 \quad (3.3)$$

$$N \frac{\partial L}{\partial N} = 0 \text{ and } \frac{\partial L}{\partial N} \geq 0, N \geq 0 \quad (3.4)$$

$$\lambda \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \text{ and } \frac{\partial L}{\partial \lambda} \leq 0, \lambda \geq 0 \quad (3.5)$$

$X \neq 0, N \neq 0$ また $\partial Q / \partial X \neq 0, \partial Q / \partial N \neq 0$ であると考えられるので、(3.3)-(3.5)は以下のような最適条件として導くことができる。

$$\lambda = 0 \text{ のとき } \frac{\partial C}{\partial D} = P_o, Q_o - Q \leq 0 \quad (3.6)$$

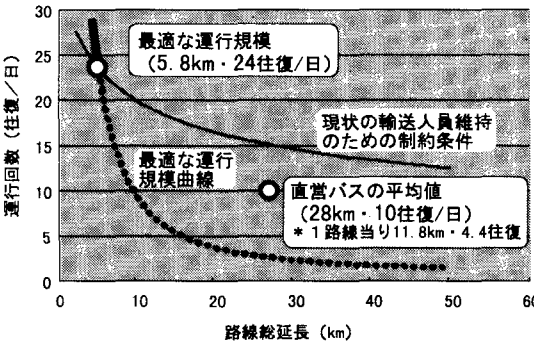
$$\lambda \geq 0 \text{ のとき } \frac{\partial C}{\partial D} = P_o + \lambda, Q_o - Q = 0 \quad (3.7)$$

(2) 直営バスへの適用結果

ここでは直営バスについてのモデル分析結果を述べる。費用関数と同様に、コブ-ダグラス型で需要関数を推定したところ以下のような結果を得た。

$$D_i = e^{6.248} X^{0.386} N^{1.196} \quad (R=0.78) \\ (7.027) \quad (0.970) \quad (3.118)$$

ここで $\lambda = \partial \pi / \partial Q_o$ であり、維持すべき輸送人員一人の増加に対する欠損額の増分と解釈できる。しかしこの限界欠損 $\partial \pi / \partial Q_o$ は極めてゼロに近いと考えられるので、今回は $\lambda = 0$ として最適条件(3.6)を用いた。また平均運賃、現状の輸送人員は、分析対象とした直営バスの平均値 (P_o ; 195 円、 Q_o ; 44,700 人) を用いることとし、図－4 に分析の結果を示した。



図－4 直営バスの最適運行規模

これによると、本ケースの最適な運行規模は路線総延長が5.8km、一日の運行回数が24往復となった。実際に運行されている直営バスの平均値が同28.0km、同10往復であるので、現状の輸送人員を維持した上で欠損額を最小化するには、路線総延長を大幅に縮小し、運行回数を2倍程度増加させるべきであることを示している。ただ、路線総延長の縮小は現状の公共交通サービスの低下を招くので、現実的な対応としては好ましくなく、運行回数を増加させることのみで運行最適規模へ近づけることが必要である。

4 おわりに

本稿では、自治体が行っている住民輸送方策について、運行形態別に費用特性を分析し、公的資金が充てられている欠損の額を最小化するための運行規模について論じた。なお、委託バス、乗合タクシーのモデルへの適用は紙面の都合上、講演時に譲るものとする。