

京都大学大学院 学生員 ○藤井 信行  
 京都大学大学院 正 員 小林 潔司  
 鳥取大学工学部 正 員 福山 敬  
 鳥取大学工学部 正 員 喜多 秀行

### 1. はじめに

過疎地域では自家用車の普及や人口の減少に伴い公共交通サービスの需要が減少しこれを維持することが困難になっている。しかし、高齢者や子供のような自家用車を利用できない「交通弱者」にとって公共交通サービスは移動のための唯一の手段であり、可能な限り維持していくことが望ましい。

多くの過疎地域では路線バスという形態で公共交通サービスが提供されているが単独で採算がとれる路線は極めて少なく、公的資金による外部補助やバス事業体内の他の黒字路線からの内部補填を通じて赤字路線を維持している。ところが、このような補助制度はバス事業体の経営非効率性や利用者の負担不公平性といった問題を抱えている場合が少なくない。

本研究では、過疎地域における公共交通サービスの提供形態として「路線バス」と「タクシー」を考える。そして、公共交通サービスを維持するための補助制度として、公的な外部補助と地域住民の税負担を財源とする「事業体（企業）補助」と「利用者補助」を考える。これらの提供形態と補助制度を組み合わせた公共交通サービスの維持方策をいくつか提案し、地域の実情に見合った公共交通サービスの維持方策を選択するための方法論を提案する。

### 2. 消費者行動のモデル化

当該過疎地域における交通手段選択肢を  $i$  ( $i = 0$ : 外出しない,  $i = 1$ : 自家用車,  $i = 2$ : バス,  $i = 3$ : タクシー) で表し、消費者をその個人属性などにより  $J$  個のタイプに分類して、タイプ  $j$  ( $j = 1, \dots, J$ ) の代表的個人にとって利用可能な交通手段の選択肢集合を  $\Omega^j$  で表す。本研究では、自家用車保有者 ( $j = 1$ ) と交通弱者である非保有者 ( $j = 2$ ) の 2 タイプに分類するため、 $\Omega^1 = \{0, 1, 2, 3\}$ 、 $\Omega^2 = \{0, 2, 3\}$  となる。また、タイプ  $j$  の個人にとっての交通手段  $i$  に特有な属性をベクトル  $x_i^j$  で表す。

交通手段  $i$  を利用することによって生じる効用をランダム効用として規定すると、タイプ  $j$  の個人がある期間内に交通手段選択を繰り返して得られる効用は以下のように定式化できる。

$$U^j = \alpha^j(Y^j - \tau)$$

$$+ \sum_{i=1}^{n^j} \max_{i \in \Omega^j} \{ \alpha^j(-p_i + s_i^j) + v(x_i^j) + c_{it}^j \} \quad (1)$$

ここでは準線形型効用関数を仮定しており、 $\alpha^j (\geq 0)$ : タイプ  $j$  の所得の限界効用を表すパラメータ、 $Y^j$ : タイプ  $j$  の所得、 $\tau$ : 一括税、 $n^j$ : タイプ  $j$  の当該期間内のトリップ数、 $p_i$ : 交通手段  $i$  の利用料金 (ただし、 $p_0 = 0$ ,  $p_1$  は所与)、 $s_i^j$ : タイプ  $j$  への利用者補助金 (ただし、 $s_0^j = 0$ ,  $s_1^j = 0$ )、 $v(x_i^j)$ : タイプ  $j$  の交通手段  $i$  に特有な属性による確定効用項、 $c_{it}^j$ :  $t$  回目のトリップのときの確率効用項である。

### 3. 企業行動のモデル化

当該過疎地域にはバスサービスおよびタクシーサービスを提供する企業がそれぞれ 1 社のみ独占的に存在すると考える。ここで、上述のランダム効用関数における  $c_{it}^j$  が時間的に独立であり、モード 0、分散  $\frac{\pi^2}{6\lambda^2}$  の互いに独立かつ同一のガンベル分布に従うと仮定すれば、タイプ  $j$  の個人の交通手段  $i \in \Omega^j$  の選択確率  $q_i^j$  はロジットモデルとして次式で与えられる。

$$q_i^j = \frac{\exp(\lambda(\alpha^j(-p_i + s_i^j) + v(x_i^j)))}{\sum_{k \in \Omega^j} \exp(\lambda(\alpha^j(-p_k + s_k^j) + v(x_k^j)))} \quad (2)$$

したがって、サービス  $i$  を提供する企業の利潤は次式のように定式化できる。

$$\pi_i = (p_i - c_i) \sum_{j=1}^2 N^j n^j q_i^j - FC_i + \xi_i \quad (3)$$

ここで、 $c_i$ : サービス  $i$  にとっての利用者 1 人当たりの限界費用、 $N^j$ : タイプ  $j$  の人数、 $FC_i$ : サービス  $i$  の固定費用、 $\xi_i$ : サービス  $i$  への企業補助金である。赤字経営の企業は企業補助金を受け取るが同時に何らかの価格規制も受けると考えられる。

### 4. 公共主体行動のモデル化

公共主体は企業補助金と利用者補助金という 2 種類の補助金を用いてバスおよびタクシーという公共交通サービスを維持する。これらの補助金は公的な外部補助金  $\eta$  と地域住民が負担する税金にその財源を求める。このとき次の財政バランス制約式が成り立つ。

$$\sum_{i=2}^3 \sum_{j=1}^2 N^j n^j q_i^j s_i^j + \sum_{i=2}^3 \xi_i = \tau \sum_{j=1}^2 N^j + \eta \quad (4)$$

また、公共主体は企業補助金を与えている企業に対して、その企業補助金の下で利潤がゼロになるような価格規制を行っていると考えられる。このとき次のゼロ利潤

制約式が成り立つ。

$$\pi_i = 0 \quad (5)$$

ここで、ロジットモデルにおける消費者余剰の考え方から、当該地域の公共交通サービスに関する社会的総余剰は以下のように定式化できる。

$$\begin{aligned} SS &= \sum_{j=1}^2 N^j E[U^j] \\ &= \sum_{j=1}^2 N^j (\alpha^j (Y^j - \tau) \\ &\quad + n^j \ln \sum_{i \in \Omega^j} \exp(\lambda(\alpha^j (-p_i + s_i^j) + v(x_i^j)))) \end{aligned} \quad (6)$$

したがって、公共主体は財政バランス制約およびゼロ利潤制約の下で社会的総余剰を最大にするように行動する。

## 5. 公共交通サービスの維持方策のモデル化

当該過疎地域には赤字経営のバス企業、タクシー企業がそれぞれ1社のみ存在し、公共主体は企業補助金および利用者補助金を用いた各種の維持方策の中から地域に最適な維持方策を選択すると考える。個々の維持方策においては、財政バランス制約とゼロ利潤制約の下で社会的総余剰を最大にするような企業補助金、利用者補助金、税金を決定する。

企業補助金と利用者補助金の両方を用いてバス、タクシーサービスをともに維持する方策を基本的な維持方策とする。このとき公共主体の解くべき社会的総余剰最大化問題は以下で与えられる。

$$SS_1^* = \max_{s_2^1, s_3^1, s_2^2, s_3^2, \xi_2, \xi_3, \tau} SS \quad (7)$$

subject to

$$\sum_{i=2}^3 \sum_{j=1}^2 N^j n^j q_i^j s_i^j + \sum_{i=2}^3 \xi_i = \tau \sum_{j=1}^2 N^j + \eta \quad (8)$$

$$(\bar{p}_i - c_i) \sum_{j=1}^2 N^j n^j q_i^j - FC_i + \xi_i = 0 \quad (i = 2, 3) \quad (9)$$

この最大化問題をラグランジュ未定乗数法を使って解くと1階条件として以下が成り立つ。

$$\begin{aligned} \lambda \alpha^j q_i^j - \lambda_0 \left( \sum_{k=2}^3 \frac{\partial q_k^j}{\partial s_i^j} s_k^j + q_i^j \right) \\ + \sum_{k=2}^3 \lambda_k (\bar{p}_k - c_k) \frac{\partial q_k^j}{\partial s_i^j} = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

$$(i = 2, 3, j = 1, 2)$$

$$-\lambda_0 + \lambda_i = 0 \quad (i = 2, 3) \quad (11)$$

$$-\sum_{j=1}^2 N^j \alpha^j + \lambda_0 \sum_{j=1}^2 N^j = 0 \quad (12)$$

ここで、 $\lambda_0, \lambda_i$  はそれぞれ財政バランス制約およびサービス  $i$  のゼロ利潤制約に対するラグランジュ乗数である。ただし、各サービスの価格  $\bar{p}_i$  は利用者補助金が存在しない場合 ( $s_i^j = 0$ ) に社会的総余剰を最大にする

価格と考え次の最大化問題の解で与えられる。

$$SS_2^* = \max_{p_2, p_3, \xi_2, \xi_3, \tau} SS \quad (13)$$

subject to

$$\sum_{i=2}^3 \xi_i = \tau \sum_{j=1}^2 N^j + \eta \quad (14)$$

$$(p_i - c_i) \sum_{j=1}^2 N^j n^j q_i^j - FC_i + \xi_i = 0 \quad (i = 2, 3) \quad (15)$$

他の維持方策としては、企業補助金のみを用いて両サービスを維持する方策、バスサービスは維持せずタクシーサービスのみを維持する方策、バス、タクシーの合併企業として両サービスを維持する方策などが考えられる。その結果、当該過疎地域における最適な維持方策  $k^*$  は以下のように求められる。

$$k^* = \arg \{ \max_k SS_k^* \} \quad (16)$$

これは人口や交通弱者の比率 ( $N^j$ )、所得の限界効用 ( $\alpha^j$ ) などの地域特性により決定されることになる。

## 6. 数値計算例と利用者補助の特性

社会的総余剰最大化問題を数値計算により解いた結果の一部を図1に示す。これより企業補助金と利用者補助金の両方を用いる方策の方が企業補助金のみを用いる方策よりも社会的総余剰が大きく、その有効性は自家用車非保有率により異なることがわかる。紙面の都合上その他の計算結果は発表時に譲ることとする。

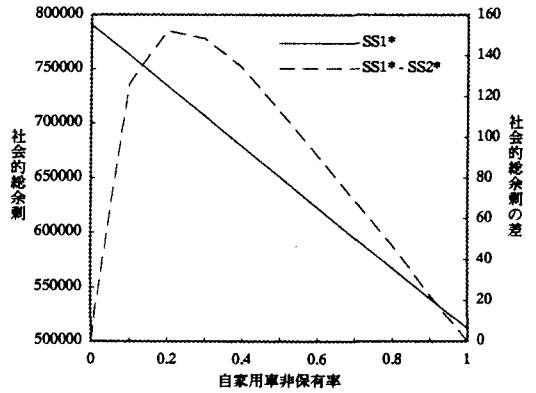


図1 自家用車非保有率と社会的総余剰の関係

## 7. おわりに

本研究では、過疎地域における公共交通サービスを外部補助金と一括税を財源とする企業補助金と利用者補助金により維持する問題をモデル化し、数値計算によって利用者補助金の有効性を示すことができた。しかし、一括税を財源とすることは受益者負担の原則に従っておらず、今後は効率性だけでなく公平性の観点からも検討する必要がある。また、本研究では外部補助金を所与としたがその投入効果の分析も行いたい。