

住民によるバスサービスの自己調達費用の試算に関する考察*

Cost Estimation for Bus Transportation Service Provision by Community*

谷本圭志**・喜多秀行***・藤田康宏****

By Keishi TANIMOTO**, Hideyuki KITA*** and Yasuhiro FUJITA****

1. はじめに

バスは高齢者や学生など乗用車を自由に利用できない住民にとって欠かすことのできない交通手段であり、その維持は、とりわけ平成14年2月に実施されたバス市場の規制緩和以降、自治体の大きな責務となっている。しかし、逼迫した財政事情を抱える自治体にとって、従来の補助制度のもとでバス路線を維持することができない事態が生じている。このため、交通手段を利用する当事者である住民自らが、地区にとって必要なバスサービスないしその代替サービスを自己調達する動きが見られる¹⁾²⁾。

バスサービスを調達するには、具体的にどのようなサービスを調達するのかについての合意を地区の住民の間で形成する必要がある。そのためには、具体的なバスサービスを設計する必要があるが、検討に用いる十分な資金をもっていない地区では自前での設計を強いられる。その作業は、設計を経験したことのない住民にとって多大な労力や時間を要請する。そこで、作業を支援するためのソフトウェアが既往の研究で開発されている²⁾³⁾。サービスの調達は、それによって得られる利便性と費用の負担を考慮して決定することになるが、上述のソフトウェアはダイヤの設計に主たる焦点が置かれており、サービスの調達の費用（以後、「調達費用」と呼ぶ）の試算は別途の検討を要する。

サービスの調達費用は、住民が検討せずとも、調達先となるバス事業者に提示してもらえばよいと考

ることが自然ではあるが、提示する費用の根拠となるデータが事業者の私的情報であるため、情報面で不利な住民はバス事業者と対等な立場で交渉ができない可能性がある。しかし、住民が入手可能な情報を用いて、彼らが拠って立つ「妥当な費用」を独自に試算することができれば、バス事業者との交渉力を確保することができる。そこで、本研究では、住民が入手可能な情報の範囲でサービスの調達費用を試算する方法を示すとともに、その試算値にどのような合理的な根拠が備わるかについて検討する。

2. 基本的な考え方

(1) 住民の定義

バスサービスを調達する当事者は住民である。しかしながら、そのすべての作業を住民のみでこなすことは必ずしも容易くない。少なくとも、住民によるバスサービスの自己調達には、専門家などの技術的支援が不可欠であり、彼らの助力を受けて作業を行うことを想定の方が現実的であり、その直接的ないし間接的な支援は行政の責務であると考えられる。以下で用いる「住民」とは、専門的・技術的に助力を受けた住民との意味で用いる。つまり、以下に示す技術的・専門的な内容を理解し、住民に伝えるための適切な「通訳」が存在することを想定する。もちろん、ある住民が当事者と通訳を兼ねてもよい。

(2) 入手可能な情報

住民が入手可能であり、基礎的なデータが掲載されている資料として、自動車運送事業経営指標⁴⁾がある。そこには、各年度の地域別、バス事業者の形態、車両規模（車両保有数）別に収益や輸送実績などのデータが整理されている。本来、サービスの調

*キーワード：路線バス、自己調達、費用配賦、費用関数

**正員，工博，鳥取大学工学部社会開発システム工学科

***正員，工博，鳥取大学工学部社会開発システム工学科

****学生員，鳥取大学大学院社会開発システム工学専攻

(〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101 TEL :0857-31-5310
FAX:0857-31-0882)

達費用の試算には事業者別の情報を必要とするが、それは入手可能ではない。よって、住民は自動車運送事業経営指標にある情報と、調達先のバス事業者が発行している時刻表や路線図を活用して調達費用を試算することになる。

(3) 調達費用の試算

上記のように入手可能性が制限されている情報のもとでは、住民はまずバス事業者の費用（支出）を算出し、そこから住民が調達する路線の費用を配賦して当該路線の調達費用を求めることになる。バス事業者の費用を算出するためには、バス事業の費用関数を推計する必要がある。費用関数はバス事業の生産財に対する関数であり、それらの財の生産量が説明変数である。推計に際しては、考えられる説明変数を列挙し、回帰分析などの統計処理を行うことが一般的である。費用の説明変数としては、走行距離、輸送人員などが考えられ⁵⁾、これらは自動車運送事業経営指標において入手可能なデータである。そこで本研究では、そのデータを用いて費用関数の推計を行う。

費用関数が得られたとして、次いで問題となるのが調達する路線への費用の配賦である。なお、バス事業者にとって当該の路線を開設するか否かは配賦費用を計算するまでもなく、事業者が得る限界収益と限界費用を比較して判断することができる⁶⁾。よって、限界費用を当該の路線のサービスの調達費用としてよいと思われるが、限界費用は当該路線への最低限の配賦額であり、住民が覚悟すべきは共通費用の配賦も含めた安全側の額と考えられる。また、共通費用も含めて配賦費用を算出しておくことは、共通費用の過大な負担を求められた際の異議の根拠となる。いずれにせよ、調達を試みる住民には「当該の路線に意図的に有利な配賦費用を導かない」方法を用いた試算であることをバス事業者に客観的に説明することが求められる。そのためには、配賦の方法にどのような妥当性が備わっているのかについての理解を要する。さらに、配賦の方法は住民が比較的容易に計算できるものであり、また、データの入手可能性に適合したものでなくてはならない。簡便な費用の配賦方法として走行距離比に基づいた方法があり、計算の容易性、データの入手可能性に適

った方法である。しかしながら、その方法が備える妥当性については必ずしも明らかではない。そこで本研究では、妥当性の評価に関する研究の蓄積が協力ゲームにおける公理の分析において豊富であることに着目し、簡便な方法が満たす公理を協力ゲームの配賦方法と比較しつつ明らかにする。ただし、簡便な方法に備わる公理は費用関数によって異なるため、3章ではまず配賦方法の公理分析を一般的な費用関数を対象に行い、4章で費用関数の推計を行い、導出された費用関数のもとで満たされる公理について検討する。

3. 費用配賦方法の公理分析

(1) 表記方法

配賦方法に求められる公理を想定し、それらを満たす方法を見出すアプローチが協力ゲーム理論において見られる。以下では、協力ゲームにおける公理を説明するとともに、それらのいくつかの公理を満たす解を示す。その際、以下に述べる記号表記によるものとする。費用を配賦する対象は生産財である。すなわち、費用関数の説明変数である生産財に費用を配賦する。生産財の集合を N 、任意の生産財を $i(i \in N)$ で表す。生産財 i の生産量を q_i で表し、生産量ベクトルを $q=(q_i | i \in N)$ で表す。生産量ベクトルに対する費用関数を $C(q)$ で表す。ただし、 $C(0)=0$ 、 $p \leq p' \Rightarrow C(p) \leq C(p') (\forall p, p' \in [0, q])$ を仮定する。生産財 i に関する限界費用を $\partial_i C(q)$ で表す。生産財の集合が N であるもとで費用関数が C 、産出量ベクトルが q であるときの配賦費用ベクトルを $\phi(N, C, q)$ 、任意の生産財 i の配賦費用を $\phi_i(N, C, q)$ で表す。

(2) 公理

公理として加法性(AD)、ダミー(DUM)、需要単調性(DM)、単位不変性(SI)、同質財に関する同一平均費用(ACPH)、同質財に関する配賦費用の上限性(UBH)の6つを取り上げる^{7,8)}。生産財 i の生産量の単位(scale)を λ 倍することを「生産財 i の λ スケール変換」と言い、これを τ_λ で表す。つまり、生産財 i を除いた生産量ベクトルを q_{-i} と表すとし、ベクトル q における要素 i を q_i から λq_i に入れ替えた場合のベクトルを $(q_{-i}, \lambda q_i)$ で表すと、 $\tau_\lambda^i(q) = (q_{-i}, \lambda q_i)$ であり、任意

の q に関して $\tau'_{\lambda}(C)(q) = C(\tau'_{1/\lambda}(q))$ である。 $C(q) = C^*(q_1 + q_2 + \dots + q_n)$ を満たす生産量ベクトル q は同質なベクトルであると言い、 C^* は同質な生産量ベクトルに対する費用関数である。

①加法的性(AD)：全体の費用を任意の費用に分割した場合に、分割された費用を C^1, C^2 で表す。つまり、全費用は $C^1 + C^2$ である。加法的性は次式で表される。

$$\varphi(N, C^1, q) + \varphi(N, C^2, q) = \varphi(N, C^1 + C^2, q) \quad (1)$$

加法的性とは、同じプレイヤーの集合をもつゲームを考えると、和ゲームにおける配賦費用はその成分ゲームにおける配賦費用の和に等しいことである。つまり、全費用の恣意的な分割に対しても配賦費用は不変である。

②需要単調性(DM)：生産量 q_i を増加させたとき、生産財 i の配賦費用 $\varphi_i(N, C, q)$ は非減少である。この公理が満たされない場合は、生産量を増加させた場合にその生産財の配賦費用が減少するという直感とは異なる配賦費用を与える。需要単調性は次式のように定式化される。

$$\forall q_i' \geq q_i \Rightarrow \varphi_i(N, C, (q_{-i}, q_i')) \geq \varphi_i(N, C, q) \quad (2)$$

③ダミー(DUM)：生産財 i を加えるもしくは除いた場合に費用の変化がないとき、つまり限界費用が 0 である場合、生産財 i はダミーであると言う。ダミーの公理は、ダミーの生産財への配賦費用は 0 であることを要請している。つまり、生産財 i がダミーであるとき次式が成立する。

$$\partial_i C(q) = 0 \quad (\forall q \in [0, Q]) \Rightarrow \varphi_i(N, C, q) = 0 \quad (3)$$

ダミーは、費用の増加に貢献しない生産財には 0 の配賦費用を与えるという意味で最低限の公平性に相当する公理である。

④単位不変性(SI)：生産財 i の生産量の単位を変換しても、その生産財の配賦費用は不変である。例えば、生産財 i が走行距離であるとして、その値をキロメー

トル単位で測っているとする。その場合、算出される配賦費用はメートル単位やマイル単位に変換しても不変であることを意味している。この公理を定式化すると、次式のようになる。

$$\varphi(N, C, q) = \varphi(N, \tau'_{\lambda}(C), \tau'_{\lambda}(q)) \quad (\lambda > 0) \quad (4)$$

⑤同質財に関する同一平均費用(ACPH)：この公理は、すべての生産財が同質であれば、各生産財の配賦費用の生産量に関する平均値は全ての生産財について等しいことを意味している。

$$C(q) = C^*(q_1 + q_2 + \dots + q_n) \Rightarrow \varphi_i(N, C, q) = q_i C(q) / (q_1 + q_2 + \dots + q_n) \quad (\forall i \in N) \quad (5)$$

⑥同質財に関する配賦費用の上限性(UBH)：生産財が同質である場合、生産財 i の配賦費用は仮に全ての生産財の生産量が生産財 i のそれと等しいとして算出された全費用よりも小さい。この公理は、任意の生産財に過大な配賦費用を与えないという一種の公平性を表していると解釈できる。この公理を定式化すると次式を得る。ただし、 $e = (1, 1, \dots, 1)$ である。

$$\varphi_i(N, C, q) \leq C(q_i e) \quad (\forall i \in N) \quad (6)$$

(3) 費用配賦手法

協力ゲームでは、上記に示したいくつかの公理を満たす解を導出している⁹⁾。よって、導出された配賦費用がどのような意味で合理的かについては明確である。しかし、計算方法が複雑であるため実用的ではない。以下に、これらの手法を示す。

①Aumann-Shapley pricing method

$$\varphi_i(N, C, q) = \int_0^{q_i} \partial C_i\left(\frac{t}{q_i} q\right) dt = q_i \int_0^1 \partial C_i(tq) dt \quad (7)$$

②Serial cost sharing

$$\varphi_i(N, C, q) = \int_0^{q_i} \partial C_i(te \wedge q) dt \quad (8)$$

ただし、 $(a \wedge b)$ は要素 i に関して $(a \wedge b)_i = \min(a_i, b_i)$ との操作を行うことを意味している。

③Shapley value

$$\varphi_i(N, C, q) = \sum_{i \in S \subseteq N} \frac{(n-s)!(s-1)!}{n!} [c(S) - c(S \setminus \{i\})] \quad (9)$$

ここに、 $c(S) = C((q_i)_{i \in S}, (0)_{i \in N \setminus S})$ である。

これらの方法が満たす公理は、表 1 のように整理することができる。

(4) 分析

バス事業では走行距離や輸送量などのバスサービスに関する n 種類の生産財があり、それらを路線ごとに生産する。ここでは生産財が何かを特定せずに一般的な議論をする。生産財の集合を N 、任意の生産財の種類を $i \in N$ で表す。なお、ここであえて「生産財の種類」と記しているのは、生産財の種類が同じであっても路線が異なれば異質な財として扱うようにするためである。よって、生産財は種類×路線の数だけ存在する。

バス事業者が運行する路線の集合を $M = \{1, 2, \dots, m\}$ 、任意の路線を $j \in M$ で表す。よって、任意の生産財は $ij (i \in N, j \in M)$ で、バス事業者の生産量ベクトルは $q = (q_{ij} | i \in N, j \in M)$ で表される。バス事業者の費用は最終的には路線に配賦するが、まずは各路線のバスサービスの生産財に配賦する。これは、先述のように、費用を配賦する直接の対象は費用を説明する生産財であるためである。よって、路線 j の配賦費用は生産財 ij の配賦費用を i に関して合計することで得られる。なお、生産財の種類が一つである場合には、生産財 ij への配賦費用そのものが路線 j への配賦費用ベクトルとなる。走行距離比に基づく方法は次式のように定式化される。

④走行距離比に基づく方法

$$\sum_{i \in N} \varphi_{ij}(N, C, q) = \frac{L_j}{\sum_{j \in M} L_j} C(q) \quad (10)$$

ここに、 L_j は路線 j に関する走行距離である。上式に示すように、走行距離比に基づく方法は生産財の種類 i に費用を明示的に配賦せず、任意の路線 j に直接的に費用を配賦する。

表 1 各配賦方法が満たす公理

配賦方法	AD	DUM	DM	SI	ACP	UBH
Aumann Shapley pricing	○	○	×	○	○	×
Serial Cost Sharing	○	○	○	×	×	○
Shapley Value	○	○	○	○	×	×
走行距離比	○	×	○	○	×	×

○：満たす ×：一般には満たさない

【命題 1】走行距離比に基づく方法が満たす公理は表 1 で示される。

【証明】

①加法性

走行距離比に基づく方法は生産財の種類に費用を配賦しないため、次式が成立している場合に当該の方法に加法性が成立する。

$$\begin{aligned} & \sum_{i \in N} \varphi_{ij}(N, C^1, q) + \sum_{i \in N} \varphi_{ij}(N, C^2, q) \\ &= \sum_{i \in N} \varphi_{ij}(N, C^1 + C^2, q) \end{aligned} \quad (11)$$

上式に(10)式を代入すると、次式を得る。

$$\begin{aligned} & \frac{L_j}{\sum_{j \in M} L_j} C^1(q) + \frac{L_j}{\sum_{j \in M} L_j} C^2(q) \\ &= \frac{L_j}{\sum_{j \in M} L_j} (C^1(q) + C^2(q)) \end{aligned} \quad (12)$$

よって、加法性が成立する。

②需要単調性

費用関数の仮定より $\partial C / \partial q_{ij} \geq 0$ が成立することに留意すると、以下の証明を得る。

i) 生産財 ij が路線 j の走行距離ではない場合、その生産財 ij に関して次式が成立する。

$$\sum_{i \in N} \frac{\partial \varphi_{ij}}{\partial q_{ij}} = \frac{L_j}{\sum_{j \in M} L_j} \frac{\partial C}{\partial q_{ij}} \geq 0 \quad (13)$$

ii) 生産財 ij が路線 j の走行距離である場合、その生産財 ij に関して次式が成立する。

$$\frac{\partial \varphi_{ij}}{\partial q_{ij}} = \frac{\partial \varphi_{ij}}{\partial L_j} = \frac{\sum_{j \in M} L_j - L_j}{(\sum_{j \in M} L_j)^2} C(q) + \frac{L_j}{\sum_{j \in M} L_j} \frac{\partial C(q)}{\partial L_j} \geq 0 \quad (14)$$

以上より、需要単調性が成立する。

③ダミー

ダミーが成立しない例として、一つの生産財の種類、二つの路線をもつバス事業者を想定する。それらの路線の走行距離が $L_1, L_2 (>0)$ であり、費用関数が $C(L_1, L_2) = a + bL_1$ であるとする。このとき、 $\partial_2 C(q) = 0$ であるが、 L_2 への配賦費用 φ_2 は $C(L_1, L_2)L_2/(L_1 + L_2) > 0$ である。

④単位不変性

全費用は生産量の単位を変えてもその値は不変である。つまり、 $C(q) = \tau_\lambda^i(C)(q)$ が成立することに留意すると、以下の証明を得る。

(i) 生産財 ij が路線 j の走行距離ではない場合、その生産財 ij の単位が変わっても比率 $L_j/\Sigma_j L_j$ 、全費用ともに値は不変である。

(ii) 生産財 ij が路線 j の走行距離である場合、任意の単位の変換率 λ に対して次式が成立する。

$$\sum_{i \in N} \varphi_{ij} = \frac{L_j}{\sum_{j \in M} L_j} C(q) = \frac{\lambda L_j}{\lambda \sum_{j \in M} L_j} \tau_\lambda^i[C](q) \quad (15)$$

以上より、単位不変性が成立する。

⑤同質財に関する同一平均費用

(i) 生産財の種類が走行距離のみではない場合、生産財 ij に関する平均費用は φ_{ij}/q_{ij} で与えられる。しかし、走行距離比に基づく方法は φ_{ij} を与えないため、 φ_{ij}/q_{ij} の値は定義不可能である。仮に、 $\Sigma_j q_{ij}$ の値に意味があり、以下のように路線 j に関する平均費用を定義したとしても、平均費用の値は j に関して少なくとも一般に同一ではない。

$$\frac{1}{\sum_{i \in N} q_{ij}} \frac{L_j}{\sum_{j \in M} L_j} C(q) \quad (16)$$

(ii) 生産財の種類が走行距離のみである場合、任意の生産財の平均費用は $C(q)/\Sigma_j L_j$ で同一である。

以上より、生産財の種類が走行距離のみであるという特殊な場合においてのみ、この公理が成立する。

⑥同質財に関する配賦費用の上限性

ダミーにおいて用いた例を再び用いる。このバス事業者の費用関数が $C(L_1, L_2) = (L_1 + L_2)^2$ であるとする。この公理が成立するためには、次式が成立している必要がある。

$$\varphi_1 = \frac{L_1}{L_1 + L_2} C(L_1, L_2) \leq C(L_1, L_1) \quad (17)$$

上式は次式と等価であるが、この式は一般には成立しない。

$$L_1 + L_2 \leq 4L_1 \Rightarrow L_2 \leq 3L_1 \quad (18)$$

【証明終】

表1における×印は、その公理が一般に満たされないことを示しているものの、ある性質が費用関数に備わっている場合には、満たされる可能性がある。そこで、次章では、費用関数を推計するとともに、公理分析を引き続いて行う。

4. 費用関数の推計

(1) 費用関数の推計結果

中島ら⁹⁾は、鉄道事業が、路線アクティビティ、列車運行アクティビティ、輸送アクティビティの基本事業から構成される垂直分業によって生産を行うものとして、生産性・効率性分析を行っている。本研究では、中島の研究に倣い、バスサービスを車両運行アクティビティと旅客輸送アクティビティによる垂直分業であると考え、前者の生産財はバスの走行距離、後者のそれは輸送距離とする。すなわち、路線バス事業における費用関数を、生産財の種類の集合を $N = \{\text{走行距離}, \text{輸送距離}\}$ とし、走行距離と輸送人員を説明変数として推計する。なお、中島らは輸送人員ではなく輸送距離を用いており、サービスの生産量としては後者を用いることが適当ではあるが、本研究ではデータの制約上、前者を用いる。

車両運行アクティビティと旅客運送アクティビティ

表 2 費用関数の推計結果

運送費用			
車両規模	説明変数	定数	ln 説明変数
1～100 台	走行距離	4.08	1.14
	$R=0.996$	(14.61 [*])	(43.12 [*])
	輸送人員	6.53	0.91
	$R=0.999$	(73.62 [*])	(108.38 [*])
101 台～	走行距離	6.11	0.99
	$R=0.776$	(2.09 ^{**})	(4.61 [*])
	輸送人員	9.82	0.70
	$R=0.818$	(5.39 [*])	(5.32 [*])
一般管理費用			
車両規模	説明変数	定数	ln 説明変数
1～100 台	走行距離	3.71	0.95
	$R=0.982$	(7.09 [*])	(19.20 [*])
	輸送人員	5.66	0.77
	$R=0.995$	(26.09 [*])	(37.30 [*])
101 台～	走行距離	2.86	1.04
	$R=0.765$	(0.90)	(4.44 [*])
	輸送人員	6.72	0.74
	$R=0.809$	(3.39 [*])	(5.15 [*])

() 中の数値は t 値, * : 1% の有意水準, ** : 10% の有意水準

ィが費用に占める比重が運送費用と一般管理費用とでは異なると考えられるため、以下では、営業費用を運行費用と一般管理費用に分割してそれぞれの費用関数を推計する。よって、バス事業者の費用は、営業費用と一般管理費用の和で与えられる。費用のデータは、H7～14 年度の自動車運送事業経営指標を用いる。バス事業の費用は地域、形態（民営、公営企業）、営業規模などによって異なると考えられる。しかし、自動車運送事業経営指標に掲載されているデータは地域別と車両規模別のデータのみである。本研究ではサービスを事業者から調達する場面想定していることから、事業者の属性に直接的な関係がある車両規模別のデータを用いることが適当と考えられる。ただし、推計に際して十分な数のデータを確保するために、以下では、車両数が 1～100 台、101 台以上の事業者に区分し、民営のバス事業者に関するデータを対象として費用関数を推計する。

走行距離と輸送人員の相関関係を導出したところ、0.996 という非常に高い相関があることが分かった。このため、これら双方を費用関数の説明変数として推計するのは多重共線性の観点から適当ではない。そこで以下では、走行距離を説明変数とした場合と輸送人員を説明変数とした場合の二つのケースを想定して、どちらのケースが統計的に有意な費用関数を導出するのかについて検討する。その結果、表 2 に示す結果を得た。ただし、費用、走行距離、輸送人員の単位はそれぞれ千円／年、千キロ／年、千人／年である。

表 2 より、すべての車両規模に関して輸送人員が走行距離よりも統計的には有意な説明変数との結果を得ているが、1～100 台の車両規模に関しては説明変数を走行距離としても相関係数や t 値は十分に高く、走行距離を説明変数とした費用関数を適用しても統計的に問題はない。しかし、101 台以上の車両規模においては、走行距離を説明変数とする費用関数の相関係数や t 値は必ずしも高くなく、1～100 台の車両規模の事業者における費用関数と比べると、輸送人員を説明変数とする費用関数を用いることがより適当であると考えられる。これは、車両規模が大きい事業者であれば輸送人員が大きく⁴⁾、車両の走行距離に起因する費用の割合が相対的に低くなっているためと考えられる。

よって、車両規模が 100 台以下のバス事業者の費用（支出）を推定する場合には、バス時刻表や路線図などを用いて調達先のバス事業者の走行距離を特定し、推計した費用関数に代入すればよいが、そうでない場合には輸送人員を与えなくてはならず、走行距離に比べてその導出は困難である。なお、車両規模については会社概要を取り寄せることや車庫を目視することで概ねは把握できる。

以上より、バス事業者の営業費用（運送費用と一般管理費用の合計）は、車両規模が 100 台以下である場合には走行距離のみで説明されるとしても統計的に問題ないが、そうでなければ輸送人員を有用な説明変数とすることが適切である。

（2）推計された費用関数のもとでの公理分析

入手可能なデータは複数の路線の走行距離や輸送人員を合計した値であるため、生産財は必然的に同質として扱わざるを得ない。すると前章で検討したように、同質財に関する同一平均費用の公理が成立する。さらに、以下の命題より、走行距離比に基づく方法と Aumman-Shapley pricing method は一致し、後者が満たすダミーの公理が走行距離比に基づく方法にも成立する。

表3 車両規模が100台以下である事業者から調達する場合に走行距離比に基づく方法が満たす公理

配賦方法	AD	DUM	DM	SI	ACP	UBH
走行距離比	○	○	○	○	○	×

○：満たす ×：一般には満たさない

表4 想定する路線

路線	走行距離 (千キロ/年)	輸送人員 (千人/年)
路線1	10×365/1000	25×365/1000
路線2	20×365/1000	30×365/1000
路線3	30×365/1000	40×365/1000

表5 費用配賦の結果(車両規模が100台以下の事業者から調達する場合、単位：千円)

配賦方法	路線1	路線2	路線3
Aumann Shapley pricing	409	818	1,227
Serial Cost Sharing	381	813	1,260
Shapley Value	403	816	1,235
走行距離比	409	818	1,227

表6 費用配賦の結果(車両規模が101台以上の事業者から調達する場合、単位：千円)

配賦方法	路線1	路線2	路線3
Aumann Shapley pricing	918	1,209	1,657
Serial Cost Sharing	931	1,215	1,639
Shapley Value	925	1,212	1,648
走行距離比	631	1,261	1,892

【命題2】(営業費用の)費用関数が走行距離のみによって説明され、かつそれが各路線に関して同質である場合、Aumann-Shapley pricing method と走行距離比に基づく方法による配賦費用が一致する。

【証明】費用が走行距離のみによって説明される場合、すなわち、生産財の種類が走行距離の一種類のみである場合、生産財の種類 i に関する添字を省略することができることから、以下ではそのように表記する。各路線の走行距離が同質である場合、Aumann-Shapley pricing method は同質財に関する同一平均費用の公理より、 $\varphi_j/q = \varphi_j/L_j = s$ ($\forall j \in M, s$ は正の定数) が成立する。ここで $\Sigma_j \varphi_j = C^*(q)$ より、 $s = C^*(q)/\Sigma_j L_j$ である。すると、 $\varphi_j = C^*(q)L_j/\Sigma_j L_j$ となるが、これは走

行距離比による配賦費用である。【証明終】

どの公理を優先するかは本研究で特定しえないが、以上の検討により、費用関数が走行距離のみによって説明される場合は、走行距離比に基づく方法には表3に示すように多くの公理を満たすという意味での合理性が備わっていると言える。よってバス事業者が保有する車両数が100台以下である場合には、運送および一般管理費用ともに、走行距離のみを説明変数とする費用関数を用いることが統計的に支持されることから、その場合における試算値には多様な合理性が満たされる。そうでない場合については営業費用を走行距離のみで説明できないことから、一部の公理が満たされなくなる。

5. 試算例

住民が調達しようとしている路線を「路線1」と呼ぶこととする。分析の簡単のため、調達先のバス事業者は二つの既存のバス路線を有しているとし、それらを「路線2,3」と呼ぶこととする。各路線の生産財に関するデータを表3に示す。前章で推計した費用関数を用いて各路線の配賦費用を計算した結果を車両規模別にそれぞれ表5,6に示す。なお、車両規模が101台以上の事業者の一般管理費用以外はすべて走行距離を説明変数とする費用関数を用いた。

これらの表において、路線1の配賦費用が調達費用である。表6より、車両規模が101台以上の事業者からサービスを調達する場合、協力ゲームの解と走行距離比に基づく方法による配賦費用には大きな差が生じること分かる。

6. おわりに

本研究では、住民がバスサービスを自己調達する場面に着目し、住民が入手可能な情報の範囲で調達費用を試算する方法を示した。また、車両規模が100台以下の事業者から調達する場合には、簡便な費用配賦方法である走行距離比に多様な公理が満たされることが明らかになった。

実際の自己調達の場面では、ミニバスなどの車両、デマンドバスなどの運行の観点において通常の路線

バスとは異なった多様な手段を選択することができ
る。今後は、このような代替的な手段を対象とした
場合に、本研究の知見をどのように補正して用いる
かについて検討したい。

本研究は、あくまでバス事業者の私的情報にアク
セスが困難な住民の立場にたったものであり、費用
関数の推計、費用の配賦はいずれもバス事業者が保
有するであろう情報に基づいて検討した結果とは異
なる。仮に、自治体が強制力をもってその情報を入
手して住民によるサービスの確保を支援したり、バ
ス事業者が住民にサービスの直接的な売込みを行う
場面を想定すれば、より詳細なデータを前提とした
本研究とは別途の議論を展開しなくてはならない。
これらの研究の可能性は情報の入手可能性に大きく
よるところではあるが、以上、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 秋山哲男, 中村文彦: バスはよみがえる, 日本評
論社, 2000.
- 2) 国際交通安全学会: 過疎地域における生活交通サ
ービスの提供システムに関する研究, 2002.
- 3) 喜多秀行, 谷本圭志, 高倉謙悟, 池添保雄: 過疎
地域におけるバスサービス調達支援ツールの開発,
第 27 回土木計画学研究発表会・講演集, Vol.27,
2003.
- 4) 国土交通省自動車交通局旅客課・貨物課編: 自動
車運送事業経営指標.
- 5) 宮城俊彦, 中津原勢司: 公共輸送企業の費用構造
と輸送効率性分析, 運輸と経済, 第 55 巻, 第 11
号, pp.24-31, 1995.
- 6) T. Powell: The Principles of Transport Economics,
PTRC, 2001.
- 7) E. Friedman and H. Moulin: Three Methods Share
Joint Costs or Surplus: Journal of Economic Theory 87,
pp.275-312, 1999.
- 8) H. Moulin: Handbook of Social Choice and Welfare
Volume1, North-Holland, pp.289-375, 2002.
- 9) 中島隆信: 日本経済の生産性分析, 日本経済新聞
社, pp.155-170, 2001.

住民によるバスサービスの自己調達費用の試算に関する考察

谷本圭志・喜多秀行・藤田康宏

住民自らがバスサービスを自己調達する例が見られる。その動きは交通確保の主体である自治体の財政事情
や平成14年に実施された規制緩和の影響により、今後増加する可能性がある。住民がバスサービスを自己調達
するに際しては、サービスの設計はもとより、調達する路線の運行に必要な費用を試算し、事業者との交
渉に当たることが必要となる。しかし、住民が利用できる情報は限られており、それらに基づいて試算しな
くてはならない。本研究では、費用関数の推計と費用の配賦から成る試算の過程を示すとともに、住民が導出
する試算値には多様な意味の合理性が備わることを明らかにした。

Cost Estimation for Bus Transportation Service Provision by Community

By Keishi TANIMOTO, Hideyuki KITA and Yasuhiro FUJITA

To provide the bus transportation service by community, the skill to estimate the cost for provision is necessary in
order to negotiate equally with the bus transportation companies. However, the data which is available to such a
community is limited. This study shows the process to estimate the cost with limited data. In addition, the cost estimated
by community hold the various kind of rationality in terms of the axioms proposed in cooperative game
