

過疎地域におけるバスサービスの最適維持方策 に関する研究

小林潔司¹・福山敬²・秀島栄三³・藤井信行⁴

¹正会員 工博 京都大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻(〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

²正会員 Ph.D 鳥取大学助教授 工学部社会開発システム工学科(〒680-0945 鳥取市湖山町南101)

³正会員 工博 名古屋工業大学講師 工学部社会開発工学科(〒466-0061 名古屋市中区御器所町)

⁴正会員 工修 (株)日建設計大阪計画事務所(〒541-0043 大阪市中央区高麗橋4-6-2)

本研究では、過疎地域における公共交通手段の維持方策として企業補助金、及び利用者補助金に着目する。総消費者余剰最大化方式、総期待効用最大化方式に基づいた補助金システムの設計モデルを提案し、過疎地域におけるバスサービスの社会的維持可能性について検討する。鳥取県東部地域を対象として、コミュニティ集落の属性に基づいて望ましい公共交通サービスの維持方策を判定するための方法論を提案する。

Key Words : local bus services, sparsely populated area, economic manageability, user subsidy

1. はじめに

過疎地域では交通需要が極めて小さく、公共交通サービスを維持していくことは容易ではない。しかし、公共交通サービスは住民の移動可能性を保証するという意味で極めて重要な役割を担っており、その存続が望まれている。特に交通弱者と呼ばれる私的交通手段を持ち得ない人々にとって、公共交通サービスは唯一彼らの移動可能性を保証する手段となっている。いかなる家計にとっても移動の自由が保証されるべきであるとすれば、公共交通サービスを利用可能な形で維持していくことが必要であろう。

多くの過疎地域では乗合バス事業という形態で公共交通サービスが提供されている。しかし、単独で採算がとれるバス路線は極めて少なく、公的資金による外部補助やバス企業における内部補助を通じて不採算路線を維持している例が多い。この種の用途が限定された特定補助金は多くの非効率性を発生させている場合が多く、内部補助も効率性や負担の公平性という点で多くの問題を抱えている。さらに、乗合バスが必ずしも利用者のニーズをもっとも反映したサービス形態であるわけでもない。運行回数の少ない乗合バスよりも代替的な方法により公共交通サービスを提供する方が地域住民の厚生水準を向上させる可能性がある。過疎地域における公共交通サービスは、利用者や地域の特殊性を踏まえてきめ細かな対応が必要である。

本研究では、過疎地域における公共交通サービスの提供手段として、「乗合バス」、「タクシー」をとりあげる。さらに、交通サービス確保のための補助の形態と

して「企業補助」、「利用者補助」をとりあげる。これらの手段と補助形態の組み合わせの中から地域に最適な公共交通サービスの供給方法を選択するための方法論を提案する。以下、2. では、本研究の基本的な考え方について述べる。3. では、交通サービスの需給メカニズムをモデル化し、4.、5. では総消費者余剰最大化、総期待効用最大化を達成するような公共交通の最適維持形態を求める。6. では4.、5. の結果を踏まえた望ましい公共交通サービスの提供方法を選択するための方法論を提案する。7. では、鳥取県東部地域を対象とした実証分析の結果を示す。

2. 本研究の基本的な考え方

(1) 従来の研究の概要

バス企業は回避不能な固定資本の割合が高く、需要が低密度な場合には規模の経済性が働く。そこで、社会的資源配分の効率性、公平性の観点から適切な運賃設定を行うことが求められる。交通経済学の分野では効率的、公平なバス運賃設定に関する理論的な研究成果が蓄積されている^{1),2)}。交通経済学の理論的な知見に基づいてバス市場における最適な運行頻度、運賃体系の設計や規制緩和がバス市場構造に及ぼす影響に関する実証的な研究も蓄積されている^{3),4),5)}。土木計画学の分野でも、バス運賃や路線体系の設計や都市バスに対する公共補助のあり方に関して分析がなされている^{6),7)}。これらの研究の多くはバス企業あるいは利用者行動の分析に終始しており、公共交通サービスの市場構造を明示的に考慮した研究事例はそれほど多く

ない。一方、本研究の対象とする過疎地域における不採算路線の経営問題に関してはそれほど研究が進展していない。従来より、需要曲線が平均費用曲線を下回るような不採算路線においても、バスサービスを維持することによる便益が、それを維持するための（補助金を含めた）費用を上回ればその路線を維持することが正当化されるとされてきた^{1),2)}。この種の理論的な議論は多くの文献に見いだせるが、現実に望ましい補助金やその負担方法を設計するための方法論については著者等の知る限りあまり見あたらない。本研究では過疎地域における公共交通サービス市場を明示的に定式化するとともに、過疎地域における望ましいバス運賃、補助金体系の設計やバス交通の維持可能性を判定するためのモデルを提案する。

(2) 補助制度の分類

わが国では、バスの不採算路線を維持する方法として補助金の給付（外部補助）と企業内部での路線間補助（内部補助）が採用されてきた。現行の第二種生活路線補助制度では、車両購入費補助、経常費用と経常収益の差額を補填する欠損補助を二本柱とする。第三種生活路線に対しては欠損補助が3ヶ年の時限補助として行われる。これら補助は損失経常企業に対して実施される事業者補助の性質を帯びており、不採算路線に対する路線補助ではない。欠損額の計上にあたって複数の路線の収益が集計されるため、企業内部での内部補助が必然的に織り込まれることになる。

交通弱者対策に要するコストが小さく、代替交通手段に乏しい時代には、一般利用者の価格を利用者が意識しない程度に引き上げるだけで内部補助が達成できた。しかし、モータリゼーションの進展、交通弱者対策コストの増大という現状を踏まえれば、不採算路線を内部補助により維持することには種々の問題がある²⁾。すなわち、1) 所得再配分を達成するための原資は、その政策を実行する国、地方自治体の住民が負担すべきであり、特定企業のサービスを消費する家計だけが負担することは不公平である。2) 採算サービスを消費する家計が高所得者であるという保証はなく、不採算サービスを消費する家計が高所得者である場合もあり、逆進的な結果をもたらす可能性がある。3) 企業にとって不採算路線のサービスを改善しようとする誘因が働かない。資源配分の効率性ならびに公平性の観点に立脚すれば、不採算路線に対する路線別企業補助あるいは利用者に対する利用者補助が望ましいと考える。

現行の補助制度はバス企業に対する車両購入費補助や運営費補助等、用途が限定された特定補助である。これに対して交通という用途の特定があるものの、国から地域交通に対する補助金の用途を自治体の裁量に委

ねるような一般補助が着目されるようになってきた。その理由として、1) 一般補助の方が地域住民の多様なニーズに沿った効率的な資源配分を導く可能性があること、2) 特定補助は制度の硬直化を招きやすいという問題があり、特定補助は一般補助に比べて非効率な補助制度であるとされる。自治体が補助金を交付する方法として、企業補助と利用者補助がある。利用者補助金は家計が公共交通を利用する際、その運賃の一部（もしくは全部）が補助金により賄われる制度である。利用者に対する補助金は、自治体を通じて用途が限られた特定補助の形で給付される。補助金は運賃収入として最終的には企業に帰属する。したがって、補助金をバス企業に支給する企業補助と家計側に支給する利用者補助はバス企業の収支バランスに関する限り無差別である。しかし、利用者補助は、1) それにより家計はより自由に交通手段を選択することが可能となる、2) それを必要とする交通弱者に焦点を絞って補助金を給付することができる、3) 交通弱者も企業にとって「儲かる客」となり、サービス向上に対する誘因が生じる、という利点を有している。しかし、利用者補助を講じても依然として赤字が発生する場合、赤字を補填するための企業補助が必要となる。そこで、本研究では企業補助と利用者補助の望ましい組み合わせについて考察する。なお、利用者に対する用途を限った特定補助の是非については6.(5)で考察する。

3. 公共交通サービス市場のモデル化

(1) 交通行動の定式化

過疎地域において利用可能な交通手段として、自家用車($i = 1$)、バス($i = 2$)、タクシー($i = 3$)、及び「交通をとりやめる」という選択肢($i = 0$)を考える。すべての家計にとって「トリップの中止」、「タクシー利用」という選択肢は常に選択可能である。しかし、すべての家計が自家用車を利用できるわけではない。そこで、家計を自家用車が利用可能なグループ($j = 1$)とそうでないグループ($j = 2$)に分類する。各グループ j ($j = 1, 2$)の家計が利用可能な交通手段の集合 Ω^j ($j = 1, 2$)を、それぞれ $\Omega^1 = \{0, 1, 2, 3\}$ 、 $\Omega^2 = \{0, 2, 3\}$ と表す。タイプ j ($j = 1, 2$)の家計の交通手段選択行動を定式化する。対象期間内にタイプ j の家計は n^j 回トリップ選択を行う。所得に関して準線形な間接効用関数を考える。

$$U^j = \alpha^j(Y^j - \tau^j) + \sum_{i \in \Omega^j} \max\{\alpha^j(-p_i + s_i^j) + v^j(x_i^j) + \varepsilon_{i,t}^j\} \quad (1)$$

ここに、 $\alpha^j (> 0)$: タイプ j の家計の所得に関する限界効用、 Y^j : 所得、 τ^j : lump-sum 税（負担金）、 p_i : 交

通手段*i*の利用料金(運賃), s_i^j : 交通手段*i*に対する利用者補助金, x_i^j : グループ*j*の家計属性や交通手段*i*の属性を表すベクトル, $v^j(x_i^j)$: 確定効用項, ε_{it}^j : *t*回目のトリップの時の確率効用項を表す. タイプ*j*の家計に対する交通手段*i*の実効運賃は $\rho_i^j = p_i - s_i^j$ となる. 選択肢 $i = 0$ の場合, $p_0 = 0, s_0^j = 0, v^j(x_0^j) = \bar{v}$ と表す. \bar{v} は定数である. 自家用車利用の場合, p_1 は走行費用 c_1 に一致し, 利用者補助は支給されない ($s_1^j = 0$). 式(1)では, 家計タイプごとに所得の限界効用が一定となる. 自家用車利用層と非利用層の所得の限界効用の間に

$$\alpha^1 < \alpha^2 \quad (2)$$

が成立すると仮定する. 現実には, 自家用車を利用しない高所得者が存在するように, 家計タイプと所得水準は1対1に対応しない. 本来であれば, 交通弱者等を識別できるように個人の交通手段の利用可能性に着目して家計タイプを分類する必要がある. 残念ながら, 現行のパーソントリップ調査では, 個人の交通手段利用可能性に関する詳細な情報を獲得することは不可能である. ここでは, データの利用可能性から便宜的な家計タイプ分類となっていることを断っておく.

ある期間内の *t* 番目の意思決定場面において, 家計は部分効用を最大にするような交通手段 i_t^*

$$i_t^* = \arg \max_{i \in \Omega^j} \{ \alpha^j (-p_i + s_i^j) + v^j(x_i^j) + \varepsilon_{it}^j \} \quad (3)$$

を選択する. 確率効用項 ε_{it}^j が, モード0, 分散 $\pi^2/6L^2$ の互いに独立かつ同一のガンベル分布に従う時, タイプ*j*の家計の交通手段*i*の選択確率 $q_i^j(p, s^j)$ は以下のロジットモデルで表される.

$$q_i^j(p, s^j) = \frac{\exp\{ \alpha^j (s_i^j - p_i) + v^j(x_i^j) \}}{\sum_{k \in \Omega^j} \exp\{ \alpha^j (s_k^j - p_k) + v^j(x_k^j) \}} \quad (4)$$

なお, $p = \{p_0, p_1, p_2, p_3\}$ は運賃ベクトル, $s^j = \{s_0^j = 0, s_1^j = 0, s_2^j, s_3^j\}$ はグループ*j*への利用者補助金ベクトルである. 所与のトリップ生成回数 n^j の下で, タイプ*j*の家計の交通手段*i*に対する需要関数 $d_i^j(p; s^j)$ は

$$d_i^j(p; s^j) = n^j q_i^j(p, s^j) \quad (5)$$

となる. 所与の負担金, 補助金システム $\tau = (\tau^1, \tau^2), s = (s^1, s^2)$ の下で達成されるタイプ*j*の家計の期待効用は

$$\begin{aligned} EU^j(\tau^j, s^j) &= \alpha^j (Y^j - \tau^j) \\ &+ \sum_{i=1}^{n^j} \int_{R^j} \max_{i \in \Omega^j} \{ \alpha^j (s_i^j - p_i) + v^j(x_i^j) + \varepsilon_{it}^j \} d\varepsilon_{it}^j \\ &= \alpha^j (Y^j - \tau^j) + \frac{n^j}{\alpha^j} \ln \sum_{i \in \Omega^j} \exp\{ \alpha^j (s_i^j - p_i) \\ &+ v^j(x_i^j) \} \end{aligned} \quad (6)$$

となる. ここで, R^j は確率変数 ε_{it}^j ($i \in \Omega^j$) が定義される $|\Omega^j|$ 次元の実変数空間であり, $|\Omega^j|$ は集合 Ω^j の要素の数である.

(2) 企業行動の定式化

過疎地域における不採算バス路線の維持問題を分析するために以下の仮定を設ける. すなわち, バスサービスを提供する企業は1社である. バス企業は正の利潤を生み出せず, 経営を維持するためには外部補助金を必要とする. 2.(2)で述べたような理由により企業内での内部補助は考えない. 通常, バスの運行頻度や運行方法はバス企業の裁量に委ねられる. しかし, 本研究ではバスの廃止が議論されているような不採算路線を対象としており, バスの運行頻度及び運行方法はソーシャルミニマムを確保するという視点から自治体, 住民との協議により決定されると考える. 運行方法や運行頻度が固定されている場合, バスサービス需要に関わる限界費用はゼロとなり, 不採算路線の維持問題は「バスサービスを維持するために必要な固定費用を誰がどのように負担するのか」という問題に帰着する.

政府による補助金制度の下でバスサービス ($i = 2$) を提供する企業の利潤 $\pi_2(p; \xi_2, s)$ は,

$$\pi_2(p; \xi_2, s) = p_2 \sum_{j=1}^2 N^j d_2^j(p; s^j) - FC_2 + \xi_2 \quad (7)$$

と表せる. ここで, FC_2 は固定費用, ξ_2 は企業補助金, N^j はタイプ*j*の個人数である. バス運賃 p_2 は所与の補助金体系の下で利潤がゼロとなる水準に規制される.

$$\pi_2(p; \xi_2, s) = 0 \quad (8)$$

なお, バス企業の経営効率性改善という視点に立てば, ゼロ利潤規制は必ずしも最善な方策ではない. 経営効率性の改善を達成するためには, 例えば補助金入札等の誘因規制⁸⁾に関する検討が必要であるが, この問題は本稿の域を越えており将来の課題としておく. 一方, タクシーに関しては, 個々のトリップごとにサービスが供給されるため, 限界費用は正となる. 一般に, タクシー業界では埋没される固定費用が小さく, 個人タクシーに代表されるように, 容易に市場参入が可能である. 本研究では, トリップ1回あたりの限界費用は一定であり, タクシー企業に固定費用は存在しないと仮定する. もちろん, タクシー企業にも若干の固定費用が存在し, 限界費用価格形成に含まれない固定費用の負担問題が発生する. しかし, バス企業の場合と比較して, その負担額は非常に小さい. 本研究では, バス企業の経営構造との対比をより鮮明にするために, タクシー企業は固定費用を要さず, 限界費用のみが必要となると考える. タクシー企業は完全競争的であり市場参入が自由であると考えよう. タクシー企業には企業補助金は給付されない. タクシー企業の利潤を

$$\pi_3(p; s) = (p_3 - c_3) \sum_{j=1}^2 N^j d_3^j(p; s^j) \quad (9)$$

と表す。\$c_3\$は限界費用である。市場参入が自由であることより、長期均衡においてタクシー企業の利潤はゼロとなり、タクシーの認可運賃は限界費用に一致する。

$$p_3 = c_3 \quad (10)$$

タクシーの利用者補助が给付される場合、タクシーの実効運賃は認可運賃から利用者補助額を差し引いた値となる。

4. 総消費者余剰最大化方式

(1) バスサービスを維持する場合

公共主体は利用者補助金、企業補助金を用いて公共交通サービスを維持すると考える。これらの補助金の原資をコミュニティ内部における受益者負担に求める。のちに、6.(4)ではコミュニティ外部から補助金が给付される場合をとりあげる。財政上のバランス式は

$$\sum_{j=1}^2 N^j \tau^j = \sum_{i=2}^3 \sum_{j=1}^2 N^j d_i^j s_i^j + \xi_2 \quad (11)$$

となる。式(1)より総消費者余剰は次式で示される⁹⁾。

$$S(p, s, \tau) = \sum_{j=1}^2 N^j \left\{ (Y^j - \tau^j) + \frac{n^j}{\alpha^j} \ln \sum_{i \in \Omega^j} \exp\{v[\alpha^j (s_i^j - p_i) + v^i(x_i^j)]\} \right\} \quad (12)$$

上式は、個人の期待効用を所得の限界効用の逆数で重みづけした社会的厚生関数を表しており、金銭タームで表現した期待効用の総和となっている。公共主体が財政バランス制約、ゼロ利潤制約の下で総消費者余剰を最大にするように補助金システムを設計する問題\$PO\$を考える。

$$S_{PO} = \text{Max}_{p_2, \hat{s}, \tau, \xi_2} \{S(p, s, \tau)\} \quad (13a)$$

subject to

$$\sum_{j=1}^2 N^j \tau^j = \sum_{i=2}^3 \sum_{j=1}^2 N^j d_i^j s_i^j + \xi_2 \quad (13b)$$

$$p_2 \sum_{j=1}^2 N^j d_2^j (p : s^j) - FC_2 + \xi_2 = 0 \quad (13c)$$

$$p_i \geq s_i^j, \quad (13d)$$

$$\xi_2 \geq 0, s_i^j \geq 0, \tau^j \geq 0 \quad (13e)$$

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

ここに、\$\hat{s} = \{s_2^1, s_3^1, s_2^2, s_3^2\}\$である。利用者補助金は交通サービスに限定された特定補助であり特定補助制約式(13d)が成立する。式(13d)と\$s_i^j\$に関する非負条件より非負条件\$p_2 \ge 0\$は自動的に満足される。また、\$p_3 = c_3\$に設定すれば、タクシー企業のゼロ利潤制約は自動的に満足されるので、上記の問題において制約条件として表現されていない。問題\$PO\$はロジットモデルを内蔵

しているため凸計画問題である保証はなく、キューン・タッカー条件は大域的な最適解のための必要十分条件にはならない。問題\$PO\$に最適解が存在すると仮定しよう。最適解は式(13b)-(13e)及び次式を満足する。

$$\frac{\partial S}{\partial p_2} - \lambda_1 \sum_{k=2}^3 \sum_{j=1}^2 N^j s_k^j \frac{\partial d_k^j}{\partial p_2} + \lambda_2 p_2 \sum_{j=1}^2 N^j \frac{\partial d_2^j}{\partial p_2} + \lambda_2 \sum_{j=1}^2 N^j d_2^j + \sum_{j=1}^2 \chi_2^j = 0 \quad (14a)$$

$$\frac{\partial S}{\partial s_i^j} - \lambda_1 N^j \left(\sum_{k=2}^3 \frac{\partial d_k^j}{\partial s_i^j} s_k^j + d_i^j \right) + \lambda_2 p_2 N^j \frac{\partial d_2^j}{\partial s_i^j} - \chi_i^j + \nu_i^j = 0 \quad (i = 2, 3; j = 1, 2) \quad (14b)$$

$$-N_i^j + N_i^j \lambda_1 + \phi^j = 0, \phi^j \tau^j = 0 \quad (14c)$$

$$-\lambda_1 + \lambda_2 + \phi_\xi = 0, \phi_\xi \xi_2 = 0 \quad (14d)$$

$$\chi_i^j (p_i - s_i^j) = 0, \nu_i^j s_i^j = 0, \quad (14e)$$

$$\phi^j \geq 0, \phi_\xi \geq 0, \chi_i^j \geq 0, \nu_i^j \geq 0 \quad (14f)$$

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

ここに、\$\lambda_1, \lambda_2, \chi_i^j\$はそれぞれ式(13b),(13c),(13d)に対するラグランジュ乗数、\$\phi^j, \phi_\xi, \nu_i^j\$は\$\tau^j, \xi_2, s_i^j\$の非負条件に関するラグランジュ乗数である。1階の最適化条件より表-1に示すような条件を満足する2タイプの解(A, B)が得られる(付録参照)。表-1は最適解が満足すべき条件を表記したものであり、方式Bを満足するような最適な運賃・補助金体系は極大解を含めて複数個存在する。ここでは、問題\$PO\$の最大値を保証する最適解を選択することとする。いずれの方式においても、タクシーサービスに対して利用者補助はなされない。また、自家用車利用層と非利用層の双方に対して同等の運賃体系が適用される。なお、「バス運賃を徴収しつつバス企業に直接補助金のみを给付する」という方式は現実によくの過疎地域で採用されているものの、このような方式は以上の最適解に含まれておらず効率的な運賃体系とは言えない。

方式Aでは、\$\xi_2 = 0, s_2^j = 0\$となりバス企業に補助金は支給されない。方式Aはバス企業が補助金がなくとも採算がとれる場合のみ可能な方式であり、認可運賃はゼロ収支制約\$\pi_2(p : 0, 0) = 0\$を満足する水準に決定される。なお、方式Aが採用可能な路線では方式Bも採用可能であり、どちらの方式でも総消費者余剰は一致する。方式Aが採用可能な路線ではバス企業の採算がとれており、そもそもバスサービスの維持方策は必要ではない。このような路線では、バスの運行頻度が一定という仮定は現実的ではなく、いかに利用者サービスを向上するかが問題となろう。方式Aが実行可能ではないような不採算路線では方式Bのみが最適解となる。方式Bは、利用者補助を支給することによりバ

表-1 公共交通サービスの最適維持政策

	総消費者余剰最大化			総期待効用最大化		
	バス維持		廃止	バス維持		廃止
	A	B	C	a	b	c
s_2^1	0	$p_2(\geq 0)$	-	0	$p_2(\geq 0)$	-
s_2^2	0	$p_2(\geq 0)$	-	ψ_1	$p_2(\geq 0)$	-
s_3^1	0	0	0	0	0	0
s_3^2	0	0	0	ψ_2	ψ_3	ψ_3
τ^1	0	$\geq^* 0$	0	> 0	> 0	> 0
τ^2	0	$\geq^* 0$	0	0	0	0
ξ_2	0	≥ 0	-	0	≥ 0	-

注) ≥ 0 は非負の値がモデルの中で決定されることを、記号 $\geq^* 0$ はモデルの中で一意的に決定できないが非負の値 (ただし τ^1, τ^2 の何れかが正の値) をとることを示す。- は該当しないことを意味する。 $\psi_1 = (\alpha^1 - \alpha^2)/(\alpha^1 \mu_{22}^2) - (\mu_{32} d_3^2 s_3^2)/(\mu_{22}^2 d_2^2)$, $\psi_2 = \min\{(\alpha^2 - \alpha^1)(\mu_{23} d_2^2 - \mu_{22}^2 d_3^2)/[\alpha^1(\mu_{22}^2 \mu_{33}^2 - \mu_{23}^2 \mu_{32}^2) d_3^2], c_3\}$, $\psi_3 = \min\{(\alpha^1 - \alpha^2)/(\alpha^1 \mu_{33}^2), c_3\}$ である。ただし、 $\mu_{ii}^j = -\lambda \alpha^j (1 - q_i^j) < 0$, $\mu_{ki}^j = \lambda \alpha^j q_i^j > 0$ である。また、いずれの方式においても $\lambda_1 \geq 0, \lambda_2 \geq 0$ は満足する。

が促進され、さらに企業補助の提供によりバス企業の採算性を確保する方式である。バスサービスの利用1回当たりの利用者補助金は認可運賃と一致し、家計が負担するバスの実効運賃は常にゼロとなる。バスサービスは家計タイプを問わず地域住民に一律に無料で提供される。認可運賃 p_2 は $\pi_2(p: 0, s^*) < 0$, $s^* = \{p_2, 0, p_2, 0\}$ を満足する範囲の中で任意の値をとりうる。その範囲の中でバスの認可運賃を変化させても、家計にとってバスの実効運賃 $p_2 - s_2^j$ は常にゼロであり、バス需要は変化しない。運賃収入は、同額の利用者補助金を通じて最終的にバス企業に補助金として帰着する。さらに、利用者補助金で不足する運賃収入額に等しい企業補助金が企業に直接給付される。したがって、バス企業の経営収支にとって、利用者補助を通じた運賃収入と企業補助金の直接的な支給は互いに無差別である。方式Bを実行するためには、例えば、「家計に運賃を額面とするバス・クーポンを無料で配布し、企業は家計がバスサービスを利用した際に支払ったクーポンの額面に応じた補助金を公共主体から受け取る」という方法を考えればいい。バス企業の経営意識やバスサービスに対する家計の負担意識を向上させるためには、クーポンの額面を大きくすることにより、可能な限り利用者補助を利用した方が望ましいだろう。本研究で提案したモデルでは、利用者補助が有する心理的效果について分析できず、方式Bの中から望ましい維持方策を一意的に選択できない。なお、方式Bでは、運賃を設定することによって財政バランス(11)の右辺の値は確定するが、左辺を構成する家計の税負担 τ^j の額は確定しな

い。換言すれば、金銭表示で表される総消費者余剰においてはその総額のみが意味を持ち、その値を誰に配分(誰が負担)するかに関しては無差別である。

(2) バスサービスを廃止した場合

総消費者余剰最大化問題により、効率的な公共交通サービスの維持方策を求めることができる。この場合、のちに述べるように、バスを維持することによる総消費者余剰がバスを廃止した場合の総消費者余剰より大きい限りバスサービスを維持することを正当化できる。一方、後者の方が大きくなるような不採算路線に関しては、バスサービスの維持を正当化することは困難である。いま、バスサービスを廃止した場合を考えよう。この時、総消費者余剰最大化問題PNは以下のようになる。

$$S_{PN} = \text{Max}_{s, \tau} \{ \bar{S}(s, \tau) \} \quad (15a)$$

subject to

$$\sum_{j=1}^2 N^j \tau^j = \sum_{j=1}^2 N^j d_3^j s_3^j \quad (15b)$$

$$p_3 \geq s_3^j \quad (j = 1, 2) \quad (15c)$$

$$s_3^j \geq 0, \tau^j \geq 0 \quad (j = 1, 2) \quad (15d)$$

ただし、 $\bar{S}(s, \tau) = \sum_{j=1}^2 N^j \{ (Y^j - \tau^j) + \frac{N^j}{\omega^j} \ln \sum_{i \in \bar{\Omega}^j} \exp\{ \lambda [\alpha^j (s_i^j - p_i) + v^j (x_i^j)] \} \}$ である。 $\bar{\Omega}^j = \Omega^j / \{2\}$ は「バス」という選択肢 ($i = 2$) を除いた残りの選択肢の集合である。この問題における最適利用者補助金は表-1に示すように求まる(付録参照)。利用者補助金は一切支給されない。同時に $\tau^j = 0$ となり、いかなる公共交通サービスの維持政策も実施されない。

5. 総期待効用最大化方式

(1) バスサービスを維持する場合

総消費者余剰最大化方式は、所得の限界効用の逆数を用いて期待効用を加重化したものである。そこでは、家計タイプに関わらず金銭タームで表現された期待効用に対して等しい重みをつけている。その結果、バスサービスが廃止された場合、自家用車非利用層にとってタクシーのみが利用可能な交通手段となり、弱者にとって逆進的な結果を招くことが判明した。社会的厚生関数としては、総消費者余剰以外にも種々の方式が考えられる。社会的厚生関数のクラスを期待効用の線形式に限定しても、重みのとり方により無数の社会的厚生関数を定義することができる。ある重みを採用することは個人間の効用比較に対してある特定の価値判断を導入することに他ならない。以下では、総消費者余剰最大化方式に対する代替的な方式として、社会的厚生関数として個々人の期待効用の単純加法和を採用

した場合をとりあげてみる。いま、社会的厚生関数を

$$W = \sum_{j=1}^2 N^j EU^j(\tau^j, s^j) = \sum_{j=1}^2 N^j \left\{ \alpha^j (Y^j - \tau^j) + \frac{n^j}{l} \ln \sum_{i \in \bar{N}^j} \exp \{ \iota [\alpha^j (s_i^j - p_i) + v^j (x_i^j)] \} \right\} \quad (16)$$

と定義する。総期待効用は、所得の限界効用を用いてタイプ別の消費者余剰に重みづけした総和と解釈することもできる。地域外からの補助金を考えず、地域住民の総期待効用関数を最大にするように税、及び利用者補助金を決定する。公共主体の行動は総期待効用最大化問題 QO として定式化できる。

$$W_{QO} = \text{Max}_{p_2, \delta, \tau, \xi_2} \{W(p, s, \tau)\} \quad (17a)$$

$$\text{subject to 式 (13b), (13c), (13d), (13e)} \quad (17b)$$

問題 QO も凸計画問題ではないが、ここでは最適解が存在すると仮定しよう。この時、最適解は式 (17b) 及び

$$\frac{\partial W}{\partial p_2} - \lambda_1 \sum_{k=2}^3 \sum_{j=1}^2 N^j s_k^j \frac{\partial d_k^j}{\partial p_2} + \lambda_2 p_2 \sum_{j=1}^2 N^j \frac{\partial d_2^j}{\partial p_2} + \lambda_2 \sum_{j=1}^2 N^j d_2^j + \sum_{j=1}^2 \chi_2^j = 0, \quad (18a)$$

$$\frac{\partial W}{\partial s_i^j} - \lambda_1 N^j \left(\sum_{k=2}^3 \frac{\partial d_k^j}{\partial s_i^j} s_k^j + d_i^j \right) + \lambda_2 p_2 N^j \frac{\partial d_2^j}{\partial s_i^j} - \chi_i^j + \nu_i^j = 0, \quad (i = 2, 3; j = 1, 2) \quad (18b)$$

$$-N^j \alpha^j + N^j \lambda_1 + \phi^j = 0, \quad \phi^j \tau^j = 0 \quad (18c)$$

$$-\lambda_1 + \lambda_2 + \phi_\xi = 0, \quad \phi_\xi \xi_2 = 0, \quad (18d)$$

$$\chi_i^j (p_i - s_i^j) = 0, \quad \nu_i^j s_i^j = 0 \quad (18e)$$

$$\phi^j \geq 0, \quad \phi_\xi \geq 0, \quad \chi_i^j \geq 0, \quad \nu_i^j \geq 0 \quad (18f)$$

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

を満足する。仮定 (2) より $\alpha^1 < \alpha^2$ が成立するため、上式において ϕ^1, ϕ^2 が同時に正になることはない。この時、 $\lambda_1 = \min\{\alpha^1, \alpha^2\} = \alpha^1$ が成立する。公共交通サービス維持のための費用は自家用車利用層が負担する。すなわち、 $\phi^1 = 0, \lambda_1 = \alpha^1$ が成立する。結果的に表-1の条件を満足する維持方策が求まる (付録参照)。問題 QO が凸計画問題ではないため、表-1を満足する解は複数個存在するが、最大値を与える解を選択することとする。方式 a では自家用車利用層には利用者補助が行われず、非利用層に対してのみ利用者補助が行われる。方式 a が採用可能な場合には方式 b も採用可能である。経営環境が悪化すれば方式 a の採用は不可能となり、方式 b が最適維持方策となる。方式 b ではいずれのタイプにとっても実効運賃がゼロとなる。実効運賃がゼロとなる点は総消費者余剰最大化方式 B の場合と同様であるが本方式では租税の負担者が明確に定義される。総期待効用最大化方式では非利用層のタクシー利

用に対しても利用者補助が支給される。方式 a では、バス、タクシーそれぞれの利用者補助による総期待効用の増分が自家用車利用層が補助金を負担するために生じる総期待効用の減分と同時に等しくなるような水準 ψ_1, ψ_2 に決定される。方式 b の場合、タクシーの利用者補助額は、タクシーの利用者補助による総期待効用の増分と費用負担増に伴う総期待効用の減分が等しくなるような水準 ψ_3 に決定される。タクシーの利用者補助の上限額はタクシーの限界費用 c_3 に設定される。

(2) バスサービスを廃止した場合

バスサービスを廃止した場合におけるタクシーの利用者補助を総期待効用最大化方式に基づいて求める。この時、総期待効用最大化問題 QN は以下ようになる。

$$W_{QN} = \text{Max}_{\delta, \tau} \{ \bar{W}(s, \tau) \} \quad (19a)$$

$$\text{subject to 式 (15b), (15c), (15d)} \quad (19b)$$

ただし、 $\bar{W}(s, \tau) = \sum_{j=1}^2 N^j \{ \alpha^j (Y^j - \tau^j) + \frac{n^j}{l} \ln \sum_{i \in \bar{N}^j} \exp \{ \iota [\alpha^j (s_i^j - p_i) + v^j (x_i^j)] \} \}$ である。本ケースの場合も租税は自家用車利用層に課徴され、 $\lambda_1 = \alpha^1$ となる。 λ_1 は税収入のバランス式 (15b) のラグランジュ乗数である。また、最適利用者補助金は表-1に示すように求まる (付録参照)。総期待効用最大化方式では、バスを維持するか否かに関わらず、自家用車利用層からの租税を原資として、非利用層に対するタクシーの利用者補助が支給される。タクシー利用という用途が限定された特定補助金を通じた自家用車利用層から自家用車非利用層に対する所得再配分である。このような補助政策が社会的に受容可能かに関しては、いくつかの問題が存在しよう。第1に、4. で分析したように、タクシーの利用者補助は効率性の観点からは正当化されず、あくまでも社会福祉の一環としてなされていることに留意すべきである。本モデルはデータの制約上、自家用車利用の有無に基づく家計のタイプ分類が同時に所得の限界効用の差異を表すと仮定していた。しかし、同一の所得の限界効用を持ちながら、自家用車を利用している家計とそうでない家計が存在するだろう。この場合、所得移転が所得の限界効用の差異に基づく以上、単に自家用車を利用していないという理由だけで所得移転が正当化されるわけではない。タクシーの利用者補助の受益者を決定する際、慎重な資格審査が必要となる。第2に、タクシーの利用者補助という特定補助金が所得再配分の唯一の方法ではないことに着目する必要がある。一般的には、用途の限定がない一般補助の方が家計により大きな効用を与えよう。社会福祉政策が所得再配分の枠組みの中だけで議論されるべきであるとは断言できないが、タクシーの利用者補助の提供はある特定の価値観を強く反映した

ものであることは相違ない。タクシーの利用者補助は、なお多方面からの検討が不可欠であろう。

6. バスサービスの維持可能性に関する検討

(1) バスサービスとタクシーサービスの区分

過疎地域における公共交通サービスを確保するために多様な方策が提案されており、バスサービスとタクシーサービスの差異は必ずしも明確ではない。本研究では、1) バスサービスの供給のための限界費用はゼロである、2) タクシーサービスの維持に関わる固定費用はゼロであると仮定している。このような仮定に基づけば、例えば、福祉バス、スクールバスのように、サービスの提供に関する限界費用が極めて小さく、常時運転手や車両を確保するために固定費用が必要となるような方策はすべてバスサービスの維持方策に分類できる。一方、特定個人、あるいは複数の個人が利用するサービスであり、固定費用が極めて小さいような交通サービスの維持方策はタクシー利用補助に分類できよう。この分類に従えば家用車の相乗り補助策のように固定費用を要さない交通サービスの維持方策はすべてタクシー利用補助策に分類できよう。なお、表-1に示す最適維持政策は、上述の仮定に強く依存している。例えば、運行頻度等のバスサービスの質的水準が議論される場合、限界費用はゼロにはならない。このようなバス運賃の設定問題に対しては本論文とは異なったアプローチが必要である。

(2) 維持可能性の判定のための基本的指針

バスを廃止した場合、総消費者余剰最大化方式に基づけば公共交通サービスの維持方策は放棄される結果となる。5. で考察したように、総期待効用最大化方式に基づくタクシーの利用者補助は社会福祉政策としての性格を持ち、その適用にあたっては厳正な資格審査が必要となる。したがって、不特定多数が利用する公共交通サービスを維持するためには、バスサービスを可能な限り維持することが基本的な方策となろう。過疎地域においてバスサービスを維持するためには、利用者補助によりバス利用を促進させると同時に、固定費用の削減とその適切な負担方式を確立することが重要である。固定費用を削減するためには、車両の小型化等を図ると同時に、人員の節減や労働生産性を向上させるための経営組織的な改革が不可欠である。例えば、既存のバス企業の子(別)会社を設立したり、バス運行のタクシー企業への委託等、種々の方式が考えられる。地域に密着した経営方式を採用することにより、地域住民の負担意識を向上することが期待できよう。しかし、このような固定費用の削減努力を行って

も、バスを維持することが不可能な場合もありえよう。その場合、タクシーの利用者補助政策の適用が考えられる。しかし、4. で考察したように、タクシーの利用者補助は総消費者余剰最大化方式では正当化されない。タクシーの利用者補助は、あくまでも社会福祉政策の一環として実施されていることに留意する必要がある。

(3) バスサービスの維持判定モデル

過疎地域において、バスサービス企業が正の利潤を実現し得ない場合、バス会社は当該路線に対して供与される(利用者補助を含めた)補助金が赤字額をすべて補填できる場合のみ当該路線のサービスの供給を継続できる。このような補助政策は、補助を通じてバスサービスを継続させる場合の方がバスサービスを廃止した場合よりも、より大きな社会的便益が発生する場合のみ正当化され得る。本研究では、1) 総消費者余剰最大化方式、2) 総期待効用最大化方式という2種類の公共交通サービスの維持方式を提案した。2つの方式は、いずれも異なった考え方に基づくものであり、両者の長短を特定の価値判断とは無関係に論ずることはできない。どちらの方式を採用するかによってバスサービスの維持可能性に関しても異なった解釈を行うことができる。総消費者余剰最大化方式を採用した場合、バスを維持することによる総消費者余剰がバスを維持しない場合を上回る限りバスサービスは社会的に維持可能であると判断することができる。すなわち、

$$S_{PO} \geq S_{PN} \quad (20)$$

が成立する。ここで、 S_{PO} 、 S_{PN} は問題PO、及び問題PNにおける目的関数の最大値である。バスサービスを維持すべきか否かは、バスサービスを維持した場合に社会全体が獲得する金銭タムで評価した総消費者余剰とバスを廃止した場合のその水準の大小関係によって判定できる。一方、総期待効用最大化方式の場合でも、バスを維持することによる総期待効用がバスを維持しない場合を上回る限りバスサービスは社会的に維持可能であると判断することができる。総期待効用最大化方式の場合、地域住民の総期待効用の間に

$$W_{QO} \geq W_{QN} \quad (21)$$

が成立すればバスサービスの維持が正当化される。ここで、 W_{QO} 、 W_{QN} は問題QO、及び問題QNにおける目的関数の達成値を表す。

(4) 地域外からの補助金

現行のバス補助制度では、政府からバス企業に対して補助金が支給されている。このような地域外からの補助金は地域外の家計から地域内の家計への間接的な所得移転に他ならない。地域外部からの望ましい補助

金の額に関しては、当該地域を越えた国民経済的な視点から決定すべき問題である。ここでは、地域外からの補助金の額 η を外生パラメータと考え、補助金が支給された時に望ましい運賃・補助金体系を設計する問題をとりあげる。地域外から補助金が支給された場合、公共主体の財政制約(11)は

$$\sum_{j=1}^2 N^j \tau^j + \eta = \sum_{i=2}^3 \sum_{j=1}^2 N^j d_i^j s_i^j + \xi_2 \quad (22)$$

となる。総消費者余剰最大化問題の場合、地域外からの補助金 η の給付により地域内の家計の総消費者余剰は η だけ増加する。表-1に示した最適な運賃・補助金体系はそのまま成立し、家計が負担する税額だけが補助金の額に対応して軽減されることになる。総消費者余剰最大化方式を採用した場合、地域外部からの補助金の有無に関わらず、バスサービスの維持可能性は式(20)を用いて判定できる。前述したように、金銭表示される総消費者余剰はその総額のみが意味を持ち、その値を誰に配分するかに関しては無差別である。補助金が誰に配分されるか(誰の税額が軽減されるか)は一意的に決定できない。

一方、総期待効用最大化方式の場合、地域外から補助金が給付されれば望ましい運賃・補助金体系は変化する。補助金 η の下での問題 $QO(\eta)$ はもとの問題 QO の制約条件(13b)を式(22)に置き換えた問題として定式化できる。同様に、補助金 η の下での問題 $QN(\eta)$ も問題 QN の制約条件(15b)を

$$\sum_{j=1}^2 N^j \tau^j + \eta = \sum_{j=1}^2 N^j d_3^j s_3^j \quad (23)$$

に置換した問題となる。地域外からの補助金 η が大きくない限り、問題 $QO(\eta)$ 、 $QN(\eta)$ の最適解は表-1に示す条件を満足することが保証される(問題 QO 、 QN と同様に証明できるので記述は省略する)。問題 $QO(\eta)$ 、 $QN(\eta)$ の最適目的関数値を $W_{QO}(\eta)$ 、 $W_{QN}(\eta)$ とすれば、バスサービスの維持可能性は

$$W_{QO}(\eta) \geq W_{QN}(\eta) \quad (24)$$

で判定できる。なお、補助金の額が大きくなると、自動車利用者層への直接的な所得移転を含むような最適解が求まるようになる。この場合、利用者補助の範囲を逸脱した所得移転が行われており、資源配分の点で適正性を欠いていると言わざるを得ない。本研究では、このような過大な補助が行われるケースはとりあげない。

(5) 特定補助の是非

交通弱者への利用者補助は、使途が限られた特定補助金である。このような特定補助に対して、使途が限定されない一般補助の方がより効率的であるという議論がある¹⁰⁾。一般補助を給付された家計は、その補助

金を必要とあらば公共交通の利用者補助金としても利用可能であるからである。しかし、交通弱者は、個々人が置かれている社会的、空間的環境や個々人の移動能力が多様に異なっているのが通例である。このような多様性に配慮しながら一般補助金を給付することは不可能である。交通サービスという人間の基本的なニーズに対するきめ細かな対応を行うためには、使途の限られた特定補助も合理性を有しうるものとする。本研究では、以上では、所得に関する限界効用 α^j が一定となる間接効用関数(1)を用いた。交通弱者への利用者補助は自家用車利用層から交通弱者への所得の移転を意味するが、間接効用関数(1)を用いることは、所得移転の金額が所得に関する限界効用の変化が微小であるような範囲にとどまることを暗黙の内に想定している。

7. 適用事例

(1) 対象地域の概要

バスサービス維持可能性判定モデルを鳥取県東部の中山間地(郡家町、船岡町、八東町、若桜町)におけるバスサービス存続問題に適用し、モデルの有効性について実証的に検討する。対象地域においては、自家用車の普及と過疎化の進行によりバス利用者が激減し、同地域における乗合バス事業は大幅な赤字となっている。これらバス路線は同一企業が運行している高速バスの事業収益からの内部補助によって運営されていた。しかし、智頭急行線の開業に伴う高速バス収益の低下に伴い、特に採算性の悪い路線の休廃止問題が浮上している。さらに、当該地域では、これまで自治体による福祉バス、スクールバスの運行が乗合バスの経営を逼迫していた。このような状況を背景として、対象地域では1997年、全国に先駆けて既存バス会社の子会社化による現地法人が設立された。同法人は関係町村の福祉バス、スクールバス、給食運搬業務を受託するとともに、不採算路線におけるバスサービスの提供を開始した。バス企業の経費の中で人件費が占める割合は非常に大きく、各業務間における人的資源の共有化を通じて乗合バスの事業経費の削減をめざしている。また、小型バスの導入も固定費用の軽減に寄与しうる。現在、当該地域では表-2に示すような廃止代替路線における公共交通サービスの供給方式として、1)従来型の乗合バスの運行(*Case X*)、2)バス車両の小型化(*Case Y*)、3)現地法人による人的資源の共有化(*Case Z*)、4)タクシーの相乗り方策の推進(バスサービスの廃止)等が検討されている。

(2) 交通手段選択モデルの推計

鳥取大学過疎交通研究グループが平成5年12月6日

表-2 対象路線の概要

路線名	路線人口	自家用車利用率	総延長	所要時間	運行費用 (Case X)	運行費用 (Case Y)	運行費用 (Case Z)
K町S線	1,692	0.618	12.5km	21分	3170万円/年	2680万円/年	1950万円/年
F町O線	830	0.575	11.4km	22分	1530万円/年	1270万円/年	910万円/年
W町O線	676	0.557	12.3km	22分	1980万円/年	1660万円/年	1300万円/年
W町Y線	443	0.557	10.3km	17分	1450万円/年	1210万円/年	950万円/年
W町T線	353	0.557	9.6km	25分	1550万円/年	1290万円/年	1010万円/年
W町M線	178	0.557	7.7km	14分	880万円/年	720万円/年	580万円/年

注) 運行費用算定にあたっては、現行のサービス頻度が維持されると考えた。Case Xの場合、大型車両(75人乗)を運行すると考え燃費2.91km/l、維持費45.44円/km、車両購入費1780万円、耐用年数15年に設定した。Case Y、Case Zの場合小型車両(46人乗)を運行し、燃費は4.50km/l、維持費18.10円、車両購入費1280万円、耐用年数15年を想定した。ガソリン代は対象地域での現行水準120円/lを想定している。人件費(管理費を含む)は現状方式で289.73円/km。Case Zで人的資源を共有化する場合、人件費が59.7%にまで削減できると考えている。

表-3 間接効用関数の推計結果

変数	パラメータ値	t値
所用費用(利用層)	-0.00459	-1.60
所用費用(非利用層)	-0.00764	-3.77
所要時間(利用層)	-0.0693	-1.87
所要時間(非利用層)	-0.0979	-4.30
移動距離	-0.508	-6.41
年齢(非外出)	0.0564	6.29
年齢(自家用車)	0.0549	3.92
年齢(バス)	0.0198	2.80
自家用車利用ダミー(非外出)	3.32	3.91
自家用車利用ダミー(送迎)	1.55	2.36
通勤ダミー	1.51	2.33
通学ダミー	1.61	3.59
尤度比	0.686	
的中率	87.9%	

注) 費用、所要時間、移動距離の単位はそれぞれ円、分、kmである。所用費用の係数は自家用車利用層、非利用層により異なる値をとる。年齢は歳を単位とし、選択肢ごとに異なる係数をとる。ダミー変数は、それぞれ自家用車を利用する時、通勤を行う時、通学を行う時に1をとり、そうでない時0をとる。免許ダミーは「外出をとりやめる」、「送迎」という選択肢を選択した場合のみ間接効用関数に含まれる。送迎の場合、トリップの費用、所要時間は送迎者が負担する自宅から目的地までの往復の費用・時間で測定している。

(月曜日)に鳥取県東部地域(鳥取市、郡部6町村)を対象として実施した交通行動実態調査(パーソントリップ調査)の結果¹¹⁾を用いて交通手段選択モデルの推計を試みる。同調査では対象地域内の約5,500世帯(標本抽出率8%)に対してアンケート調査票を配布し、幼稚園児以上のすべての家族構成員の交通行動を調査した。アンケート調査票を訪問配布した結果、合計2559世帯(58%)からアンケート調査票を回収した。以上のデータに基づいて交通手段選択の選択モデルを多項ロジット

モデルを用いて推計した。その際、自家用車の利用可能性を運転免許の有無で判別する。利用可能な交通手段として、自家用車利用層では1)外出をとりやめる、2)自家用車、3)バス、4)送迎を、自家用車非利用層では1)外出をとりやめる、3)バス、4)送迎を考える。タクシーを利用したサンプルが極端に少ないため、タクシーを選択肢から除外している。バスの廃止によるタクシーの相乗り運行が実現した場合、この選択肢は送迎に含めて考える。モデル推計にあたっては、現行の乗合バスが運行されている通勤時、および帰宅時の時間帯に行われたトリップを対象とした。徒歩・自転車等による短距離のトリップは分析対象から除外した。外出を控えた個人に関しては、もし外出をすれば当該の個人が在住する町の中心地(町役場)までトリップを行ったであろうと想定した。モデル推計に用いた個人データは4町合計で472サンプルである。説明変数の異なる組み合わせの中で最終的に符号条件を満足し、尤度をもっとも大きくなる関数形を採用した。最終的に推計された間接効用関数を表-3に示している。なお、表-3の推計結果では誤差項の分散 ϵ とパラメータ値が分離されず、式(16)における ϵ の値を分離計測できない。しかし、社会的厚生関数(16)の両辺に ϵ を乗じた値 $W' = \epsilon W$ は計測できる。関数(16)にある定数を乗じても代替案の評価順位は変わらない。したがって、 ϵ の値が分離計測できなくても、公共交通サービスの望ましい維持方式を判定することは可能である。

(3) 分析結果の考察

現行方式では路線間で人的資源が共有化されており、個別路線を維持するための経費を分離計測することは困難である。本研究では、対象とする各路線の運行経費を当該路線を廃止することにより節約できる経費と

表-4 W町Y線における手段選択率

家計属性	補助	非外出	自家用車	バス	送迎
利用層	無	14.8%	82.8%	0.7%	1.7%
	有	14.3%	80.2%	3.8%	1.6%
非利用層 (60歳以上)	無	89.6%	—	7.8%	2.6%
	有	40.0%	—	58.8%	1.1%
非利用層 (15歳以下)	無	26.4%	—	62.6%	11.0%
	有	2.4%	—	96.6%	1.0%

注) 補助の有無は利用者補助の有無を表し、補助有のケースはバスの実効運賃が無料になった場合を想定している。

義した。なお、現地法人方式では各不採算路線が空間的に分離しており路線ごとに福祉バス、スクールバス、給食運搬、タクシー業務等の中で人的資源の共有化が図られる。よって路線ごとの運行経費が積算可能である。当該バス企業に対するヒアリングに基づいて、各不採算路線の旧来方式、車両の小型化による運行費用、現地法人による運行費用を表-2に示すように算定した。なお、タクシー運賃に関しては現行運賃体系を適用する。また、路線が複数の集落を通過する場合、各集落ごとに認可運賃、利用者補助金を求める必要がある。ここでは、各問題におけるバス認可運賃 p を路線の終点集落までのバスの認可運賃により定義し、途中の集落までの認可運賃は便宜的に現行運賃比 γ を用いて γp と定義した。7.(1)に示したCase X, Case Y, Case Zの3通りの運行形態に対して、表-1に示したような各路線の最適維持方式を求めた。まずW町Y線を対象とした分析結果を示そう。同路線の詳細は表-2に示すとおりである。表-4は、「自家用車利用層」、「非利用層(60歳以上)」、「非利用層(15歳以下)」というグループごとに各個人の手段選択率の平均値を求めた結果を示している。同表における「補助の有無」は、「無」の場合は現行のバス運賃を採用したケースに、「有」の場合は利用者補助が実施され、バスの実効運賃が無料になったケースに対応している。同集落における自家用車利用層のバス選択率の平均値は0.7%であり、利用者補助が採用された場合には3.8%となる。バスの実効運賃が0となっても、バス利用者の著しい増加は見られない。一方、非利用層(60歳以上)の多くは、現行のバス運賃の下では外出をとりやめている(89.6%)。しかし、利用者補助を適用することにより、高齢者の外出率は増加し、バスの選択率は58.8%まで増加している。非利用層(15歳以下)の96.6%がバス通学を行う結果となる。利用者補助の適用により、自家用車非利用層のバス利用数が著しく増加する。

表-5 総消費者余剰最大化方式による維持可能性

路線	Case X	Case Y	Case Z
K町S線	B (31.7)	B (26.8)	A (0)
F町O線	C (0)	B (12.7)	B (9.1)
W町O線	C (0)	B (16.6)	B (13.0)
W町Y線	C (0)	C (0)	B (9.5)
W町T線	C (0)	C (0)	C (0)
W町M線	C (0)	C (0)	C (0)

注) 維持方式を表す記号に関しては表-1参照。()内の数字は最適維持方式を採用するために必要となる補助金総額(利用者・企業補助金の双方を含む)を示している。単位は100万円である。

表-5は、各ケースに対して総消費者余剰最大化方式を適用した場合の最適維持方策、及びバスを維持するために必要となる補助金の額を示している。方式Bではバスの実効運賃は0となり、補助金は認可運賃と対応した利用者補助、あるいは企業補助を通じて企業に支給される。前述したように、本モデルでは補助金総額だけが決定され、望ましい利用者補助と企業補助の組み合わせは一意的には決まらない。K町S線を除いて、Case Xの場合、方式C(バス廃止)が採用されている(補助金額は0となる)。K町S線では、利用者補助を採用することにより乗合バスが運行可能である。それ以外の路線では、通常の乗合バスは維持可能ではなく補助金を支給することも正当化されない。Case Yの場合、K町S線、F町O線、W町O線において方式Bでバスサービスが維持可能となる。Case Zの場合、4路線においてバスサービスがB方式で維持可能となり補助金総額も最小となる。しかも、K町S線では方式Aが採用可能であり、補助金がなくてもバス路線が維持可能である。前述したように、方式Aが採用可能な地域では方式Bも採用可能である。いずれの方式を採用しても総消費者余剰は同一になる。同表は、方式Aを採用した場合のみに着目しており補助金総額は0となっている。一方、W町T線、M線ではバスサービスは維持可能ではない。表-6は、総期待効用最大化方式による最適維持方策を示している。総期待効用最大化方式においても補助金総額のみが決定され、利用者補助と企業補助の組み合わせは一意的には定まらない。この表に示すように、K町S線、F町O線、W町O線、Y線では自家用車利用層による住民負担によりCase Xの場合においてもバス路線が維持可能となる。これらの路線ではバス会社の分社化(タクシー部門との併合)方式(Case Z)を採用する等の施策が必要であろう。W町T線では、Case Zの場合にのみ総期待効用最大化方式によりバスサービスが維持可能となる。W町M線は住

表-6 総期待効用最大化方式による維持可能性

路線	Case X	Case Y	Case Z
K町S線	b (3.06)	b (2.59)	b (1.91)
F町O線	b (3.24)	b (2.71)	b (1.95)
W町O線	b (5.32)	b (4.47)	b (3.51)
W町Y線	b (5.92)	b (4.94)	b (3.90)
W町T線	c (0.34) (872) (3.50)	c (0.34) (615) (3.50)	b (5.25) - -
W町M線	c (0.36) (518) (3.76)	c (0.36) (356) (3.76)	c (0.64) (27) (5.65)

注) 記号は最適維持方式(地域外からの補助金がゼロの場合)を示す(表-1参照)。()の中は当該の最適維持方式を採用するために必要となる自家用車利用者1人当たりの負担額(単位は万円)を表す。W町Y線、M線はバスを維持するためには下段に示すような地域外からの補助金(左側の数字、単位は万円)と住民負担額(右側の数字、単位は万円)が最低限必要となる。

民負担だけではバスサービスは維持可能ではなく、自家用車非利用層に対するタクシー補助だけが行われる。バスサービスを維持するためには、地域外から高額な補助金を必要とする。このような路線では、タクシーの相乗り策等の代替的な方策の導入を検討する必要がある。なお、以上の議論はあくまでもバスサービスの望ましい補助方法に関する分析を通じて公共交通の維持可能性を検討したものである。本研究で提案した分析モデルは、いずれも固定費用を与件として望ましい運賃・補助体系を設計することを目的としていた。望ましい固定費用の水準を求める問題は当初より分析範囲から捨棄されている。乗合バス以外の中間的形態によるバスサービスの維持方法を決定するためには、望ましい固定資本投資のあり方を含め、住民のニーズ、事業者の選定方法、地域特性等、なお多方面からの検討が必要となることは言うまでもない。

8. 結論

本研究では、過疎地域における公共交通手段の維持方策として企業補助、及び利用者補助に着目した。総消費者余剰最大化、総期待効用最大化に基づいた補助金システムの設計モデルを提案し、バスサービスの社会的維持可能性を検討するための方法論を提案した。さらに、鳥取県東部の中山間地域を対象としたケーススタディを通じて方法論の有効性を実証的に検討した。以上の分析を通じて、過疎地域における公共交通サービスの維持方策に関する1つの有効な知見を獲得しえたと考える。以上の知見は、過疎地域におけるバス不採

算路線の維持問題の特殊性を考慮して、バスサービスの限界費用がゼロとなるような極限的な状況を想定して得られたものである。したがって、バスサービスの運行頻度等の望ましいサービス水準の検討が要請される場合には、本研究とは異なったアプローチが必要となることは言うまでもない。また、本稿で明らかにしたように総消費者余剰、総期待効用を最大にするような企業補助、利用者補助の組み合わせは無数に存在する。その中からいずれの方式を選択すべきかに関しては、本研究の枠組みの中では解決できない。今後、補助・負担方式に対する地域住民の受容可能性、バス企業の経営努力を引き出しうる補助方式等に関する知見を蓄積していくことが必要となろう。また、補助方式の決定にあたっては、今後積極的に入札制度の導入を検討していく必要があろう。入札制度に関しては情報の経済学の分野を中心として研究⁸⁾の蓄積がある。しかし、中山間地の乗合バス事業では潜在的な参入企業が限定されている場合が多く、入札における競争性を確保しにくいという問題がある。したがって、企業の経営努力を誘発するような誘因整合の入札制度に関して今後研究を蓄積する必要がある。なお、本研究の遂行にあたって、鳥取大学バス研究会における奥山育英教授、喜多秀行教授(鳥取大学)、多々納裕一助教授(京都大学)、澤志郎氏((株)日本交通)との議論を通じて多くの示唆を得た。また、鳥取県企画部、鳥取バス協会の関係各位に多くの協力を賜った。ここに、感謝の意を表します。

付録 I 式の導出過程

問題POの最適解式(12)より、 $\partial S/\partial p_i = -\sum_{j=1}^2 N^j d_i^j$ 、 $N^j d_i^j$ 、 $\partial S/\partial s_i^j = N^j d_i^j$ 、また、 $\partial d_i^j/\partial p_k = -\partial d_i^j/\partial s_k^j = \mu_{ik}^j d_i^j$ 、 $\partial d_i^j/\partial p_k = -\partial d_i^j/\partial s_k^j = \mu_{ik}^j d_i^j$ ($i \neq k$)が成立する。ただし、 $\mu_{ii}^j = -\alpha^j(1 - q_i^j)$ 、 $\mu_{ik}^j = \alpha^j q_k^j$ である。よって、式(14a)(14b)より $\sum_{j=1}^2 \nu_2^j = (\lambda_1 - \lambda_2) \sum_{j=1}^2 N^j d_2^j$ が成立する。また、式(14b)より次式が成立する。 $N^j(1 - \lambda_1)d_i^j + N^j(\lambda_1 s_2^j - \lambda_2 p_2)\mu_{2i}^j d_2^j + N^j \lambda_1 s_3^j \mu_{3i}^j d_3^j - \chi_i^j = 0$ ($s_i^j > 0$)、 $N^j(1 - \lambda_1)d_i^j + N^j(\lambda_1 s_2^j - \lambda_2 p_2)\mu_{2i}^j d_2^j + N^j \lambda_1 s_3^j \mu_{3i}^j d_3^j - \chi_i^j \leq 0$ ($s_i^j = 0$)。上式をI) τ^j 、 $\xi_2 = 0$ for all、II) $\tau^j \neq 0$ for some、 $\xi_2 = 0$ 、III) $\tau^j \neq 0$ for some、 $\xi_2 > 0$ の場合に分けて考える。それぞれの場合において、1) $\chi_2^j = 0, \chi_3^j = 0$ 、2) $\chi_2^j = 0, \chi_3^j > 0$ 、3) $\chi_2^j > 0, \chi_3^j = 0$ 、4) $\chi_2^j > 0, \chi_3^j > 0$ の場合分けする。さらにa) $s_2^j > 0, s_3^j > 0$ 、b) $s_2^j > 0, s_3^j = 0$ 、c) $s_2^j = 0, s_3^j > 0$ 、d) $s_2^j = 0, s_3^j = 0$ の場合に分けて検討する。I)のとき、1階の最適化条件を満足するのは1)d)の場合のみであり、そのとき、 $s_2^j = 0, s_3^j = 0$ (方式A)である。II)のとき、式(14c)より、 $\lambda_1 = 1$ 。こ

のとき、1階の最適化条件を満足するのは1)b)の場合のみであり、 $s_2^j = \lambda_2 p_2 (> 0)$ 、 $s_3^j = 0$ を得る。ただし、最初に求めた式より $\lambda_2 = 1$ となる。III)のとき、 $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$ 。このとき、1階の最適化条件を満足するのは1)b)、1)d)、3)d)の場合で、1)b)のとき $s_2^j = p_2 (> 0)$ 、 $s_3^j = 0$ 、1)b)のとき $s_2^j = 0$ 、 $s_3^j = 0$ 、3)d)のとき $s_2^j = 0$ 、 $s_3^j = 0$ となる。よって、 $s_2^j = p_2 (\geq 0)$ 、 $s_3^j = 0$ 。これらより方式Bを得る。問題PNの最適解1階の最適化条件より $N^j(1 - \lambda_1)d_3^j + N^j\lambda_1 s_3^j \mu_{33}^j d_3^j - \chi_3^j = 0$ ($s_3^j > 0$)、 $N^j(1 - \lambda_1)d_3^j + N^j\lambda_1 s_3^j \mu_{33}^j d_3^j - \chi_3^j \leq 0$ ($s_3^j = 0$)を得る。問題POと同様の方法で、1階の最適化条件を満足するのは $\tau^j = 0$ for all、 $\chi_3^j = 0$ 、 $s_3^j = 0$ の場合。これより方式Cを得る。問題QOの最適解式(16)より、 $\partial W/\partial p_i = -\sum_{j=1}^2 \alpha^j N^j d_i^j$ 、 $\partial W/\partial s_i^j = \alpha^j N^j d_i^j$ が成立する。また、式(18a)(18b)より、 $\sum_{j=1}^2 \mu_2^j = (\lambda_1 - \lambda_2) \sum_{j=1}^2 N^j d_2^j$ が成立する。 $j = 1$ の場合は問題PNと同様の方法で、 $s_2^1 = \lambda_2/\alpha^1 p_2 (0 \leq \lambda_2 \leq \alpha^1)$ 、 $s_3^1 = 0$ を得る。以下では $j = 2$ の場合に着目する。 $\lambda_1 = \alpha^1$ であるから、式(18b)より次式が成立する。 $N^2(\alpha^2 - \alpha^1)d_2^2 + N^2(\alpha^1 s_2^2 - \lambda_2 p_2)\mu_{21}^2 d_2^2 + N^2\alpha^1 s_3^2 \mu_{31}^2 d_3^2 - \chi_2^2 = 0$ ($s_2^2 > 0$)、 $N^2(\alpha^2 - \alpha^1)d_2^2 + N^2(\alpha^1 s_2^2 - \lambda_2 p_2)\mu_{21}^2 d_2^2 + N^2\alpha^1 s_3^2 \mu_{31}^2 d_3^2 - \chi_2^2 \leq 0$ ($s_2^2 = 0$)。上式をI) $\xi_2 > 0$ 、II) $\xi_2 = 0$ の場合に分けて考える。それぞれの場合において、1) $\chi_2^2 = 0$ 、 $\chi_3^2 = 0$ 、2) $\chi_2^2 = 0$ 、 $\chi_3^2 > 0$ 、3) $\chi_2^2 > 0$ 、 $\chi_3^2 = 0$ 、4) $\chi_2^2 > 0$ 、 $\chi_3^2 > 0$ に場合分けする。さらにa) $s_2^2 > 0$ 、 $s_3^2 > 0$ 、b) $s_2^2 > 0$ 、 $s_3^2 = 0$ 、c) $s_2^2 = 0$ 、 $s_3^2 > 0$ 、d) $s_2^2 = 0$ 、 $s_3^2 = 0$ の場合に分けて検討する。I)のとき、 $\lambda_2 = \alpha^1$ で、1階の最適化条件を満足するのは3)a)、4)a)、3)c)、4)c)の場合である。3)a)、4)a)のとき $s_2^2 = p_2 (\geq 0)$ 、 $s_3^2 = (\alpha^1 - \alpha^2)/\alpha^1 \mu_{33}^2 (< c_3)$ である。一方、3)c)、4)c)のとき $s_2^2 = p_2 (\geq 0)$ 、 $s_3^2 = c_3$ である。ただし、 $c_3 \leq (\alpha^1 - \alpha^2)/\alpha^1 \mu_{33}^2$ でなければならない。2つの解を総合し $s_3^2 = \min\{(\alpha^1 - \alpha^2)/\alpha^1 \mu_{33}^2, c_3\}$ と表す。II)のとき、1階の最適化条件を満足するのは1)a)、2)a)、3)a)、4)a)の場合である。1)a)、2)a)のとき、最初に求めた式より $\lambda_2 = 0$ となる。よって、2つの解を総合すれば、 $s_2^2 = (\alpha^1 -$

$\alpha^2)/(\alpha^1 \mu_{22}^2) - (\mu_{32}^2 d_3^2 s_3^2)/(\mu_{22}^2 d_2^2)$ 、 $s_3^2 = \min\{(\alpha^2 - \alpha^1)(\mu_{23}^2 d_2^2 - \mu_{22}^2 d_3^2)/[\alpha^1(\mu_{22}^2 \mu_{33}^2 - \mu_{23}^2 \mu_{32}^2)d_3^2], c_3\}$ が得られる。3)a)、4)a)のとき、最初に求めた式より $\lambda_2 = \alpha^1$ となる。よって、2つの解を総合すれば、 $s_2^2 = p_2 (> 0)$ 、 $s_3^2 = (\min\{(\alpha^1 - \alpha^2)/\alpha^1 \mu_{33}^2, c_3\})$ が得られる。以上のことから、方式aおよびbを得る。問題QNの最適解 $j = 1$ の場合は問題PNと同様。 $j = 2$ の場合に着目する。1階の最適化条件より $N^j(\alpha^j - \lambda_1)d_3^j + N^j\lambda_1 s_3^j \mu_{33}^j d_3^j - \chi_3^j = 0$ ($s_3^j > 0$)、 $N^j(\alpha^j - \lambda_1)d_3^j + N^j\lambda_1 s_3^j \mu_{33}^j d_3^j - \chi_3^j \leq 0$ ($s_3^j = 0$)を得る。問題QOの場合と同様の方法で最適利用者補助金 $s_3^1 = 0$ 、 $s_3^2 = \min\{\frac{\alpha^1 - \alpha^2}{\alpha^1 \mu_{33}^2}, c_3\}$ を得る(方式c)。

参考文献

- 1) 奥野正寛、篠原惣一、金本良嗣：交通政策の経済学、日本経済新聞社、1989。
- 2) 斎藤峻彦：交通市場の構造、中央経済社、pp. 306-322, 1991。
- 3) Moseley, M. J.: *Accessibility: The Rural Challenge*, Methuen & Co. Ltd.: London, 1979。
- 4) Savage, I.: *The Deregulation of Bus Services*, Gower: Aldershot, 1985。
- 5) Mackie, P. and Preston, J.: *The Local Bus Market, A Case Study of Regulatory Change*, Gower: Aldershot, 1996。
- 6) 竹内伝史、山田寿史：都市バスにおける公共補助の論理とその判定指標としての路線ポテンシャル、土木学会論文集、第425号/IV-14, pp. 183-192, 1991。
- 7) 井上信昭、堤香代子、樗木武、坂本淳一：人口減少地域を含む地方都市圏のバス交通の展望と課題、土木計画学研究・論文集、No.13, pp.751-760, 1996。
- 8) Laffont, J.-J. and Tirole, J.: *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, The MIT Press, 1993。
- 9) 小林潔司、文世一、多々納裕一：交通情報による経路誘導システムの経済便益評価に関する研究、土木学会論文集、第506号/IV-26pp.77-86, 1995。
- 10) 中条潮：規制破壊、東洋経済新報社、1995。
- 11) 原田哲郎、多々納裕一、喜多秀行、小林潔司：地方バス路線の利用実態調査、鳥取東部地区を対象として、鳥取大学工学部研究報告、Vol. 25, pp. 235-251, 1994。

(1998. 2. 20 受付)

SUPPLYING LOCAL BUS SERVICES IN SPARSELY POPULATED AREAS

Kiyoshi KOBAYASHI, Kei FUKUYAMA, Eizo HIDEHIMA and Nobuyuki FUJII

In this paper, the planning models to design the optimal means to maintain the bus services in sparsely populated areas are formulated. The optimal combinations of user- and firm-subsidies, which maximize the consumers' surplus or the aggregated expected utility, are investigated. The methodology is also presented to evaluate the economic manageability of bus services in sparsely populated communities. The case study in Tottori prefecture is described to illustrate the applicability of the proposed methodology.