

広域バス路線の補助金配分方式の有効性に関するゲーム論的考察*

Cooperative Game Theoretic Analysis on Cost Allocation of Inter-regional Local Bus Service*

谷本 圭志**, 喜多 秀行***, 米村圭一郎****

By Keishi TANIMOTO **, Hideyuki KITA *** and Keiichiro YONEMURA ****

1. はじめに

我が国では改正道路運送法が2002年2月に施行される予定であり、これにより路線バス事業への新規参入や撤退が容易になる。このため、採算性がほとんど見込まれない過疎地域のバス路線の廃止が懸念されている。今や過疎地域の主要な交通手段はマイカーであることに疑いはなく、全ての住民がその恩恵に与ることができればバス路線の廃止はさほど大きな問題にはならない。しかし、現実には、高齢者や学生、主婦といった車を運転できない、もしくは必要ときに運転できる車がない住民にとっては路線バスが唯一の移動手段であり、バス路線の廃止はこれら住民の移動手段を奪うという深刻な問題を引き起こす。このような背景の下で、地域の足を守るために、過疎地域の自治体は路線バスの維持方策の検討を本格化させている。例えば、岩手県の東山町では企業の従業員を送迎するバスを乗合バスの用途に用いたり、高知県の中村町では利用者がバス事業者に連絡してバスを呼び寄せるデマンドバスの実験を行っている。また、津軽地方の28市町村ではこれら複数の自治体にまたがる広域バス路線の運行をバス事業者に委託し、そこで生じる赤字を共同で補助する取り組みを行っている¹⁾。

広域バス路線は津軽地方のみならず、宮城県の大郷町や静岡県磐田市を中心として導入もしくは検

討されており、その他の地域においても導入の気運が高まっている。広域バス路線を実現するためには、バス事業者に拠出する補助金の配分について全ての関係自治体の合意を形成する必要があるものの、補助金の配分方式に関する検討はこれまでに十分になされていない。

そこで本研究では、実務者が容易に用いることのできる簡便な配分方式をいくつか取り上げ、それらの有効性を関係自治体の間での合意形成の観点から評価する。その際、協力ゲーム理論を援用して検討する。

2. モデルの概要

(1) 既往の研究

路線バス事業に関するこれまでの研究としては、規制緩和やバス事業者の競争の観点から路線バスの最適な運営方策を議論したものが多く見られる。例えば、最適な運賃やバスサービスの頻度を検討したKocur *et al.*²⁾やJansson³⁾、さらに1985年のイギリスでの規制緩和を契機にGlaister⁴⁾、James⁵⁾、Yang *et al.*⁶⁾など豊富な知見が蓄積されてきた。しかしその一方で、過疎地域における路線バスについては、Moseley⁷⁾やMackie *et al.*⁸⁾などの研究があるものの、路線バスの維持方策についての検討はこれまでに十分になされていない。これに関して、路線バスを維持するためにはバス利用者にとって最も望ましいバスダイヤを設定することがまず重要との認識に立ちバスダイヤの評価モデルを構築した有田ら⁹⁾の研究や、過疎地域のバスを維持するための補助金政策を評価するためのモデルを構築した小林ら¹⁰⁾の研究など、近年知見の蓄積が進みつつある。

本研究は、自治体によるバス事業者への補助を前

*キーワード：地域交通、過疎地域、合意形成、ゲーム理論

**正員 鳥取大学工学部社会開発システム工学科

(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101, Tel 0857-31-5310
Fax 0857-31-0882)

***正員 鳥取大学工学部社会開発システム工学科

(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101, Tel 0857-31-5309
Fax 0857-31-0882)

****学生員 鳥取大学大学院工学研究科

(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101, Tel 0857-31-5333
Fax 0857-31-0882)

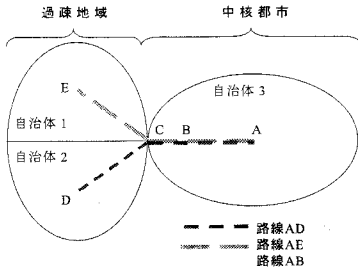


図.1 地域モデル

提とするものの、複数の自治体が共同で補助を行う場面に着目し、その際に問題となる関係自治体間での合意形成に焦点を当てて検討する。費用の配分に係わる合意の形成についての知見はこれまでゲーム理論において多くの蓄積があり、水資源開発事業を対象とした岡田らの研究（例えば¹¹⁾¹²⁾）などがある。本研究においても、これらの研究におけるアプローチに倣い、関係自治体間での合意形成の観点から補助金の配分方式に関する有効性を検討する。

(2) 地域モデル

本研究では、図.1に示す三つの自治体から構成される地域を対象とする。自治体の集合を $K = \{1, 2, 3\}$ で表し、任意の自治体を $k(k \in K)$ で表す。図.1に示す自治体1,2は過疎地域に位置しており、自治体3は中核都市である。過疎地域に居住する住民は、中核都市で様々な活動を行うことを目的として都市的サービスが供給されている地点Aへの移動ニーズを有している。その一方で、中核都市に居住する住民は過疎地域への移動ニーズを有しておらず、中核都市内（図.1における区間AB）での移動ニーズのみを有しているものとする。

広域バス路線は、自治体1,2の移動ニーズを満たすための路線（それぞれ路線AD、路線AE）、自治体3内の移動ニーズを満たすための路線（路線AB）とで構成される。なお、上述の想定の下では区間BC間の乗客は過疎地域の住民のみである。

(3) 共同補助と広域バス路線ネットワーク

規制緩和が実施されると、路線バス事業者は赤字が生じている路線を維持する必要は必ずしもない。そこで本研究では、自治体は自らの地域における社

会的余剰（＝消費者余剰－赤字）を最大にするような便数をバス事業者へ提案し、その便数をバス事業者が運行し、そこで生じる赤字を自治体が全額補填する補助事業を想定する。例えば、自治体1が共同ではなく単独で路線ADの運行をバス事業者へ委託する場合、次式で示すバス便数 $N_1(1)$ をバス事業者へ提案する。

$$\begin{aligned} N_1(1) &= \arg_{N_1} [CS_1(N_1) + \pi_1(N_1) - c_1 l_{AD} \\ &\quad - c_2 N_1 l_{AD} \rightarrow \max] \\ &= \arg_{N_1} \left[\frac{\partial CS_1(N_1)}{\partial N_1} + \frac{\partial \pi_1(N_1)}{\partial N_1} \right. \\ &\quad \left. - c_2 l_{AD} = 0 \right] \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 $CS_k(N)$ 及び $\pi_k(N)$ はそれぞれ自治体 k の住民が利用可能な路線バスの便数が N 本（往復）であるときの自治体 k の住民の消費者余剰、その住民が利用可能なバスに支払う合計の運賃すなわちバス事業者の収入である。また、距離当たりの固定費用を c_1 、距離・便数当たりの可変費用を c_2 で表す。区間の距離を l で表し、例えば l_{AD} は区間ADの距離を表す。以後、便宜的に路線AD, AE, ABの便数をそれぞれ N_1, N_2, N_3 で表す。なお、上式においては二階条件が負であることを仮定している。

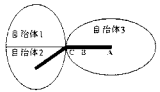
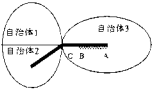
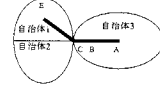
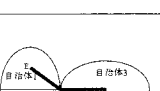
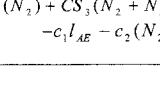
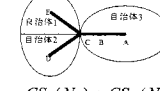
複数の自治体が共同でバス事業者へ補助を行う場合も同様の考え方に基づく。共同で補助を行う自治体の集合を提携と呼ぶとすると、提携はそれに属する自治体の社会的余剰の和を最大にするバスの便数をバス事業者へ提案する。例えば、自治体1と3から構成される提携 $\{1, 3\}$ によって提案されるバスの便数 $N_1(13), N_3(13)$ はそれぞれ次式で表される。

$$\begin{aligned} N_1(13) &= \arg_{N_1} \left[\frac{\partial CS_1(N_1)}{\partial N_1} + \frac{\partial CS_3(N_1 + N_3)}{\partial N_1} \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial \pi_1(N_1)}{\partial N_1} + \frac{\partial \pi_3(N_1 + N_3)}{\partial N_1} \right. \\ &\quad \left. - c_2 l_{AD} = 0 \right] \\ N_3(13) &= \arg_{N_3} \left[\frac{\partial CS_3(N_1 + N_3)}{\partial N_3} \right. \\ &\quad \left. + \frac{\partial \pi_3(N_1 + N_3)}{\partial N_3} - c_2 l_{AB} = 0 \right] \end{aligned} \quad (2)$$

以後、提携 $S(S \subseteq K)$ によって提案されるバスの便数を $N_k(S)$ と表す。各提携の下で実現する広域バス路線ネットワークとその提携が獲得可能な社会的余剰を表.1に整理する。

(4) 補助金配分方式

表.1 各提携の下での広域バス路線ネットワークと社会的余剰

 提携{1} $CS_1(N_1) + \pi_1(N_1) - c_1 l_{AD} - c_2 N_1 l_{AD}$	 提携{13} $CS_1(N_1) + CS_3(N_1 + N_3) + \pi_1(N_1) + \pi_3(N_1 + N_3) - c_1 l_{AD} - c_2 (N_1 l_{AD} + N_3 l_{AB})$
 提携{2} $CS_2(N_2) + \pi_2(N_2) - c_1 l_{AE} - c_2 N_2 l_{AE}$	 提携{23} $CS_2(N_2) + CS_3(N_2 + N_3) + \pi_2(N_2) + \pi_3(N_2 + N_3) - c_1 l_{AE} - c_2 (N_2 l_{AE} + N_3 l_{AB})$
 提携{3} $CS_3(N_3) + \pi_3(N_3) - c_1 l_{AB} - c_2 N_3 l_{AB}$	 提携{123} $CS_1(N_1) + CS_2(N_2) + CS_3(N_1 + N_2 + N_3) + \pi_1(N_1) + \pi_2(N_2) + \pi_3(N_1 + N_2 + N_3) - c_1 (l_{AD} + l_{CE}) - c_2 (N_1 l_{AD} + N_2 l_{AE} + N_3 l_{AB})$
 提携{12} $CS_1(N_1) + CS_2(N_2) + \pi_1(N_1) + \pi_2(N_2) - c_1 (l_{AD} + l_{CE}) + c_2 (N_1 l_{AD} + N_2 l_{AE})$	

実務的な観点からは、複雑な計算を要する配分方式を採用することは望ましくない。そこで、本研究では簡便な配分方式として「1.行政区域内のバス路線長比」、「2.住民の交通需要区間長比」、「3.人キロ比」に基づく3つの配分方式を取り上げる。自治体1と3が共同で路線ADに補助を行う場合を例示すると、1.による方式の場合、路線バスの費用を $l_{CD} : l_{AC}$ の比で分割し、それぞれ自治体1,3に配分する。2.の場合は $l_{BD} : l_{AB}$ の比で費用を分割する。3.による場合は $q_1 l_{AD} : q_3 l_{AB}$ の比で分割する。ただし、 q_k は自治体 k に居住する住民の路線バスの需要である。なお、各自治体は何らかの方式によって配分されたバスの費用から当該自治体に居住する住民がバス事業者を支払った運賃を差し引いた額を補助する。我が国では、1.の方式を用いる事例が多く、現在においてはこの方式の適用の見込みが高い。しかし、この方式の有効性についてはこれまで全く検討されていないという問題点がある。

3. 補助金配分方式の有効性に関する検討

提携 S による補助によって得られる提携全体の社会的余剰の合計を特性関数 $v(S)$ で表す。すると、次式が成立する。

$$v(S) + v(T) \leq v(S \cup T) (\forall S, T \subset K; S \cap T = \phi) \quad (3)$$

数学的証明については省略するが、上式は二つの提携がより大きな提携を形成する動機を保証する必要条件である。この条件は優加法性と呼ばれている。この条件の下では、全自治体による共同の補助が最も効率的である。つまり、表.1に示した提携{123}による共同の補助が最も効率的である。よって次なる関心は、どのような費用の配分が提携{123}に属する全ての自治体の合意を得るかということになる。つまり、公正な配分の明示化が必要となる。協力ゲームにおける最も代表的な公正配分概念がコア(core)¹³⁾である。コアは次式で表される。

$$v(S) - \sum_{k \in S} y_k \leq 0, \quad \sum_{k \in K} y_k = v(K) \quad (4)$$

ここに y_k は、配分されたバス費用の下で自治体 k が提携{123}において獲得可能な社会的余剰である。上式は、コアを満たす配分を所与とすると、全自治体から構成される提携の下で獲得可能な社会的余剰はその提携を離脱して得られるそれよりも大きいことを表しており、その意味でコアを満たす配分は公正性を担保している。よって、当該の配分方式がコアを満たす配分を与え得るか否かによってその方式の有効性を判断することができる。

(1),(2)式より明らかなように、各提携は固定費用とは無関係に便数の設定を行う。よって、可変費用の帰属は明らかであるが、固定費用の帰属は必ずし

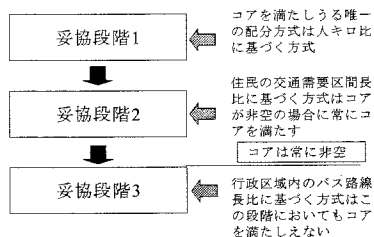


図.2 妥協段階と補助金配分方式の有効性

も明らかではない。つまり、固定費用をどの提携に配分するかについての利害対立が生じうる。例えば、提携 S は他の提携 $N \setminus S$ による補助の実施を前提として提携 S と提携 $N \setminus S$ によって補助する各バス路線が重複する区間の固定費用を提携 $N \setminus S$ が支払うことを主張する可能性がある。このように、固定費用の一部を自らに配分しないとする場合、特性関数の値は大きくなる。ここで、コアの定義式より明らかなように、特性関数の値が大きいほど当該提携の獲得可能な社会的余剰は大きくなる。つまり、特性関数は各提携の交渉力と解釈することができる。各提携はまず最も強い交渉力、すなわち最も大きな特性関数値を提示し合意形成を図るが、合意に至らない場合は交渉力を弱めて再度合意の形成を図るという妥協のプロセスを経て合意もしくは決裂すると考えられる。

そこで、上述のように固定費用を外部の提携 $N \setminus S$ が支払うことを前提とした特性関数を交渉力として提携 S が用いる段階を妥協段階1、自治体3におけるAB区間において既に投じられているサンクコスト（中核都市である自治体3には既に固定費用が投じられていると仮定）のみを除いて得られるそれを提示する段階を妥協段階2、路線が通過する全ての区間の固定費用を支払うとして特性関数を提示する段階を妥協段階3として各段階において導出されるコアの領域内にどの配分方式が配分費用を与えうるのかについて検討した。その結果、図.2に示すように妥協段階1においてコアを満たしうる唯一の配分方式が人キロ比であること、妥協段階2においてはコアが非空であれば交通需要区間長比の配分方式が常にコアを満たすこと、妥協段階3においてはコアが常に非空であるが、この段階においても路線長比に基づく配分方式はコアを満たしえないことが明らかになった。

4. おわりに

路線長比に基づく方式は妥協段階3においてもコアを満たしえないことから、合意形成の観点から有効ではなく、人キロ比もしくは交通需要区間比に基づく方式が望ましいと言える。今後は、補助金配分方式の選択に係わる利害対立をモデル化し、効率的な広域バス路線ネットワークの形成と関係自治体の合意形成の可能性について検討を行いたい。

[参考文献]

- 1) 津軽路線バス調査ワーキングチーム：津軽地域路線バス維持活性化のための提案，運輸と経済，第54巻，第3号，pp.38-49, 1994.
- 2) Kocur, G., and Hendrickson, C.: Design of local bus service with demand equilibrium. *Transportation Science* 16, pp.149-170, 1982.
- 3) Jansson, K.: Optimal public transport price and service frequency, *Journal of Transport Economics and Policy* 27, pp.33-50, 1993.
- 4) Glaister, S.: Competition on an urban bus route, *Journal of Transport Economics and Policy* 19, pp.65-81, 1985.
- 5) James, T.: Competition over service frequency, entry and predation in a fare stage bus industry, *International Journal of Transport Economics* XXV, pp.37-50, 1998.
- 6) Yang, H. and Kin, K.W.: Modeling bus service under competition and regulation, *Journal of Transportation Engineering* 9-10, pp.419-425, 2000.
- 7) Moseley, M.J.: Accessibility: The rural challenge, Methuen & Co. Ltd.: London, 1979.
- 8) Mackie, P. and Preston, J.: The local bus market, a case study of regulatory change, Gower: Aldershot, 1996.
- 9) 有田和人, 喜多秀行, 谷本圭志：地域住民の移動ニーズに着目した過疎バスのサービス水準評価，第53回土木学会中国支部研究発表会発表概要集，pp.493-494, 2001.
- 10) 小林潔司, 福山敬, 秀島栄三, 藤井信行：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，土木学会論文集，No.611/IV-42, pp.45-56, 1999.
- 11) 岡田憲夫, 谷本圭志：多目的ダム事業における慣用的費用割振り法の改善のためのゲーム論的考察，土木学会論文集，No.524/IV-29, pp.105-119, 1995.
- 12) 谷本圭志, 榊原弘之, 岡田憲夫：外部性を考慮した流域水利用システムの自発的形問題のモデル化，土木計画学研究・論文集，No.16, pp.77-83, 1999.
- 13) Gillies, D.B.: Solutions to General Non-zero-sum Games, in *Contributions to the Theory of Games IV*, R. D. Luce, and A. W. Tucker (eds.), pp.47-85, 1959.