

広域バス路線における 地方自治体間の費用分担ルールに関する研究

榊原 弘之¹・塚本 純也²

¹正会員 山口大学准教授 大学院理工学研究科システム設計工学系学域

(〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

E-mail:sakaki@yamaguchi-u.ac.jp

²非会員 広島市

地方都市においては、利用者数の減少により、公共交通の運営は困難な状況にあり、自治体の補助によって運行を維持していることも少なくない。本研究では複数市町村にまたがる広域路線における自治体間の費用分担ルールに焦点を当てる。現行制度においては、国、県等の上位行政機関が一定額を補助した上で、自治体が路線距離に応じて費用を分担する距離按分が適用されることが多い。しかし、効率性、公平性の観点から、距離按分による分担ルールには問題点が存在すると考えられる。本研究では、協力ゲーム理論を援用した費用分担ルールを検討し、実務上の課題についても考察を行う。

Key Words : *inter-city bus service, cost sharing rule, cooperative game theory, Shapley value*

1. はじめに

全国的に、地域公共交通の維持が困難な状況にある。特に地方バス路線に関しては赤字運営であることが多い。現行制度では、条件を満たした広域バス路線(複数市町村にまたがる路線)に対して国から補助が行われ、残額は距離按分により市町村で分配される。各市町村とバス事業者は、負担額を抑制するため、補助条件に沿った広域バス路線を計画することも多い。しかし、補助条件を満たすことのみを重視した場合、非効率な路線が設定されたり、真に必要な路線が設定されないという問題が起こり得る。本研究では、広域バス路線で市町村間で維持費用を分担するための新たなルールを検討する。

2. 現行費用分担制度の概要とその問題点

広域バス路線の現行費用分担制度では、距離按分が採用されている。すなわち、路線全体に必要な維持費用を各市町村の運行区間距離の比率で配分する。現行費用分担制度に対して、森山ら¹⁾は効率性の観点から(a)~(d)の問題点を挙げている。

(a)補助獲得を目的とした路線計画となりやすい。

(b)利用者ニーズの存在しない路線が発生する。

(c)非効率な路線により、維持費用が増加する。

(d)利用者のニーズを反映しない長距離路線となることから、利便性が低下する。

また、公平性の観点から現行制度の問題点として(e)及び(f)が指摘できる。

(e)運行距離が長い都市の負担額が大きくなりやすい。

距離按分の下では、各都市の費用分担比率は路線距離のみに依存する。路線内のある都市の区間で乗客が多い場合も、それによる維持費用の軽減分は他の都市にも波及する。

(f)都市間の利用度の差が費用分担に反映されない。

(e)の結果として、比較的乗客が多くとも、路線距離の長い都市は、より多くの維持費用を負担することになる。

本研究では以上の課題を踏まえ、維持費用分担ルールを検討する。

3. 3都市モデルによる維持費用分担ルールの分析

維持費用分担ルールの分析のため、図-1 に示すように、3つの都市(都市①, ②, ③)を結ぶ仮想的な広域路線を想定する。以下ではこれを3都市モデルと呼ぶ。本研究では、広域路線において、運行経費が運賃収入を上回っている状況を仮定する。国、県等の上位行政機関が赤字分の一定比率を補助した残額を、3都市で分担するものとする。そこで、広域バス路線の維持費用を以下のように定義する。

$$\text{維持費用} = (1 - \text{補助率}) \times (\text{運行経費} - \text{運賃収入}) \quad (1)$$

また、維持費用を C 、距離単価を a (円/km)、便数を N (回/年)、広域路線の都市 i 内の距離を d_i (km)、都市 i から都市 j へ移動するときの一人当たり運賃を P_{ij} (円/人)、都市 i から都市 j へ移動する年間乗客数を V_{ij} (人/年)、上位行政機関による補助比率を ϕ 、都市の集合を M とする。運行経費、運賃収入および維持費用 C は以下の式で表わされる。

$$\text{運行経費} = a \times N \times \sum_{i \in M} d_i \quad (2)$$

$$\text{運賃収入} = \sum_{i \in M} \sum_{j \in M} P_{ij} V_{ij} \quad (3)$$

$$C = (1 - \phi) (a \times N \times \sum_{i \in M} d_i - \sum_{i \in M} \sum_{j \in M} P_{ij} V_{ij}) \quad (4)$$

3都市モデルに対して、現行の距離按分に基づく負担制度(距離按分ルールと呼ぶ)を適用すると、都市①, ②, ③の負担額 $S(1), S(2), S(3)$ は次式で与えられる。

$$S(1) = \{ aN(d_1 + d_2 + d_3) - (P_{11}V_{11} + P_{12}V_{12} + P_{13}V_{13} + P_{21}V_{21} + P_{22}V_{22} + P_{23}V_{23} + P_{31}V_{31} + P_{32}V_{32} + P_{33}V_{33}) \} \times (1 - \phi) \times \frac{d_1}{d_1 + d_2 + d_3}$$

$$S(2) = \{ aN(d_1 + d_2 + d_3) - (P_{11}V_{11} + P_{12}V_{12} + P_{13}V_{13} + P_{21}V_{21} + P_{22}V_{22} + P_{23}V_{23} + P_{31}V_{31} + P_{32}V_{32} + P_{33}V_{33}) \} \times (1 - \phi) \times \frac{d_2}{d_1 + d_2 + d_3}$$

$$S(3) = \{ aN(d_1 + d_2 + d_3) - (P_{11}V_{11} + P_{12}V_{12} + P_{13}V_{13} + P_{21}V_{21} + P_{22}V_{22} + P_{23}V_{23} + P_{31}V_{31} + P_{32}V_{32} + P_{33}V_{33}) \} \times (1 - \phi) \times \frac{d_3}{d_1 + d_2 + d_3} \quad (5)$$

一方、都市①, ②, ③がそれぞれ単独で同一便数の都市内完結路線の維持費用を負担した場合の費用 $I(1), I(2), I(3)$ は以下のように与えられる。

$$I(1) = a \times N \times d_1 - P_{11}V_{11} \quad (6)$$

$$I(2) = a \times N \times d_2 - P_{22}V_{22} \quad (7)$$

$$I(3) = a \times N \times d_3 - P_{33}V_{33} \quad (8)$$

各都市は、広域路線における負担額と、都市内完結路線の負担額を比較して、より負担の小さい路線を設定すると考えられる。そこで、距離按分ルールの下で、都市①

について、提携して広域路線を設定した場合の負担額と、単独で都市内完結路線を設定した場合の負担額の差額を「単独運行優位性指標」と呼ぶこととする。都市①の単独運行優位性指標は次式で与えられる。

単独運行優位性指標

$$= S(1) - I(1)$$

$$= (P_{11}V_{11} - (P_{11}V_{11} + P_{12}V_{12} + P_{13}V_{13} + P_{21}V_{21} + P_{22}V_{22} + P_{23}V_{23} + P_{31}V_{31} + P_{32}V_{32} + P_{33}V_{33}) \times \frac{d_1}{d_1 + d_2 + d_3}) + \phi \cdot a \times N \times d_1 + \frac{d_1}{d_1 + d_2 + d_3} (P_{11}V_{11} + P_{12}V_{12} + P_{13}V_{13} + P_{21}V_{21} + P_{22}V_{22} + P_{23}V_{23} + P_{31}V_{31} + P_{32}V_{32} + P_{33}V_{33}) \quad (9)$$

(9)式の項のうち、 $P_{11}V_{11}$ を都市①の単独収入と呼ぶ。また、次項を都市①の「按分運賃収入」と呼ぶこととする。

按分運賃収入

$$= (P_{11}V_{11} + P_{12}V_{12} + P_{13}V_{13} + P_{21}V_{21} + P_{22}V_{22} + P_{23}V_{23} + P_{31}V_{31} + P_{32}V_{32} + P_{33}V_{33}) \times \frac{d_1}{d_1 + d_2 + d_3} \quad (10)$$

(10)式は運賃収入を距離で按分した場合の都市①への配分値である。単独収入を縦軸、按分運賃収入を横軸にとり、単独運行優位性指標の正負から、都市①の選択を分類した結果が図-2である。

領域Aにおいて、 $\phi = 0$ の場合、都市①は広域路線よりも都市内完結路線の方が負担額が小さく、都市内完結路線を選択する。 ϕ が増加する(上位行政機関による補助率が上昇する)と都市①は都市内完結路線から広域路線を志向する。領域Bにおいて、都市①は常に広域路線を志向する。領域Cは、運行経費が運賃収入を上回っている状況においては生起しない。領域Aでは、国からの補助が存在しなければ、都市①は都市内完結路線を志向する。しかし、補助率 ϕ が上昇すると広域路線を志向する。このとき、補助の獲得を目的とした非効率な路線が発生する。よって、2.で述べた問題(a)~(d)が発生するのは領域Aである。

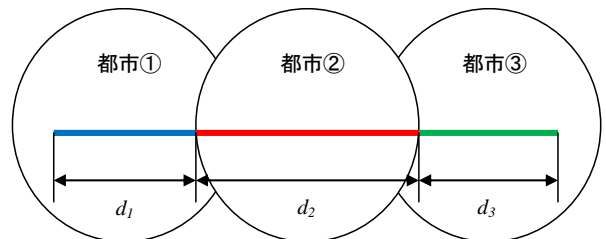


図-1 3都市モデル

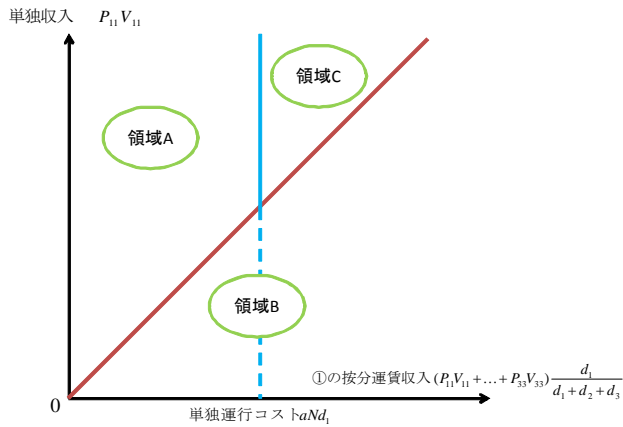


図-2 単独収入と按分運賃収入の関係

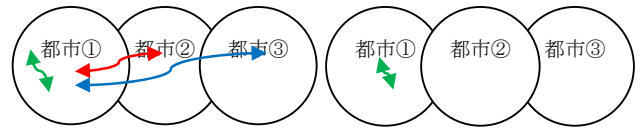


図-3 発着地ルール

図-4 領域ルール

ものである。

(1) 発着地ルール(図-3)

当該の都市または都市群が起点または終点となる交通すべてを対象とする。これは、都市①単独で路線を設定する場合も、都市①の住民の都市②、③への都市間移動需要を考慮し、越境路線を設定するものとして想定していることを意味する。

(2) 領域ルール(図-4)

当該の都市または都市群の内で完結する交通のみを対象とする。都市①単独の場合、都市内で完結する交通のみを維持し、都市間交通については考慮しないことを意味する。

発着地ルール、領域ルールの下でシャプレイ値による維持費用分担ルールを適用した場合の都市①、②、③の負担額 $S(1), S(2), S(3)$ は次式で与えられる。なお補助比率 $\rho = 0$ としている。

発着地ルールの下での各都市の負担額

$$\begin{aligned}
 S(1) &= \frac{1}{3} a \times N \times (d_1 + d_2 + d_3) \\
 &\quad - (P_{11}V_{11} + \frac{1}{2} P_{12}V_{12} + \frac{1}{2} P_{13}V_{13} + \frac{1}{2} P_{21}V_{21} + \frac{1}{2} P_{31}V_{31}) \\
 S(2) &= \frac{1}{3} a \times N \times (d_1 + d_2 + d_3) \\
 &\quad - (\frac{1}{2} P_{12}V_{12} + \frac{1}{2} P_{21}V_{21} + P_{22}V_{22} + \frac{1}{2} P_{23}V_{23} + \frac{1}{2} P_{32}V_{32}) \\
 S(3) &= \frac{1}{3} a \times N \times (d_1 + d_2 + d_3) \\
 &\quad - (\frac{1}{2} P_{13}V_{13} + \frac{1}{2} P_{23}V_{23} + \frac{1}{2} P_{31}V_{31} + \frac{1}{2} P_{32}V_{32} + P_{33}V_{33})
 \end{aligned} \tag{14}$$

領域ルールの下での各都市の負担額

$$\begin{aligned}
 S(1) &= a \times N \times d_1 \\
 &\quad - (P_{11}V_{11} + \frac{1}{2} P_{12}V_{12} + \frac{1}{2} P_{13}V_{13} + \frac{1}{2} P_{21}V_{21} + \frac{1}{2} P_{31}V_{31}) \\
 S(2) &= a \times N \times d_2 \\
 &\quad - (\frac{1}{2} P_{12}V_{12} + \frac{1}{2} P_{21}V_{21} + P_{22}V_{22} + \frac{1}{2} P_{23}V_{23} + \frac{1}{2} P_{32}V_{32})
 \end{aligned}$$

4. シャプレイ値による維持費用分担ルール

(1) シャプレイ値に基づいた費用分担ルール

本章では、シャプレイ値²⁾による維持費用分担ルールを検討する。シャプレイ値は、協力ゲーム理論³⁾に基づいた配分解の1つである。本研究の3都市モデルにおいてシャプレイ値を費用分担額の決定に用いる場合、まず、3都市共同で広域路線を維持する場合の必要費用を算定する。本研究では C が当該の費用に該当する。次に、3都市のうちの1都市、あるいは2都市のみで形成された提携 K で路線を設定する場合の費用を試算し、これを $C(K)$ と表す。 $C(K)$ は費用関数と呼ばれる。その上で各都市の限界貢献度を求め、その平均をとるとシャプレイ値を算出することができる。ここで限界貢献度とは、ある提携での維持費用と、そこに一つのプレイヤーが参加してできた提携での維持費用の差額を指す。シャプレイ値による各都市への配分額 $S(1), S(2), S(3)$ は次式で与えられる。

$$S(1) = \frac{2C(1) + \{C(1,2) - C(2)\} + \{C(1,3) - C(3)\} + 2\{C - C(2,3)\}}{6} \tag{11}$$

$$S(2) = \frac{2C(2) + \{C(1,2) - C(1)\} + \{C(2,3) - C(3)\} + 2\{C - C(1,3)\}}{6} \tag{12}$$

$$S(3) = \frac{2C(3) + \{C(1,3) - C(1)\} + \{C(2,3) - C(2)\} + 2\{C - C(1,2)\}}{6} \tag{13}$$

(2) 費用関数設定のための下位ルール

シャプレイ値を適用する上で、費用関数設定のための下位ルールが必要となる。本研究では以下の2種類の下位ルールを提案する。図-3及び図-4は都市①単独時の費用関数 $C(1)$ 設定の考え方をルール別に概念的に示した

$$S(3) = a \times N \times d_3 - \left(\frac{1}{2} P_{13} V_{13} + \frac{1}{2} P_{23} V_{23} + \frac{1}{2} P_{31} V_{31} + \frac{1}{2} P_{32} V_{32} + P_{33} V_{33}\right) \quad (15)$$

(3) 各費用分担ルールの特徴

(5), (14), (15)式の比較により, 各分担ルールの特徴は以下のようにまとめられる.

- 距離按分ルールでは, 各都市の負担額は都市内の路線距離 d_1, d_2, d_3 のみに依存する. 従って, 路線距離の長い都市の負担が大きくなる. その結果として, 路線延長によって一定の需要が見込まれる場合であっても, 当該都市は路線延長を受け入れるインセンティブが小さい. (15)式より, 領域ルールにも同様の問題が存在すると考えられる.
- 距離按分ルールでは, 単一都市内での移動に伴う運賃収入 (都市①の場合 $P_{11} V_{11}$) が3都市に路線距離に応じて配分される. 従って, ある都市が利用促進に努力して運賃収入が増加したとしても, 当該都市の負担減の効果は小さくなる. 一方発着地ルール, 領域ルールでは, 増収分はその OD 交通に関わる都市に配分されるため, 利用促進のインセンティブが維持されると考えられる.
- 距離按分ルールでは維持費用 C 及び路線距離のみで負

担額算定が可能であり, 必要な情報量が少ない. 一方発着地ルール及び領域ルールでは, 都市間のOD交通量を把握する必要がある.

5. おわりに

以上, 本研究では, 本研究では, 都市間広域路線の維持費用分担問題について, 協力ゲーム理論を援用した費用分担ルールを検討し, 実務上の課題についても考察を行った. 今後は実データに基づいた提案ルールの有効性の分析を行う.

参考文献

- 1) 森山昌幸, 藤原章正, 石飛厚生: 現行補助制度における4条路線バス運行再編の限界と課題, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, 2009.
- 2) Shapley, L.S.: Cores of Convex Games, International Journal of Game Theory, Vol.1, pp.11-26, 1971.
- 3) 渡辺隆祐: ゲーム理論入門, 日本経済新聞出版社, 2008.

(2011.5.6 受付)