

広域バス路線の補助金負担に関する合意形成過程と公平性のゲーム論的分析*

Game Theoretic Analysis of Fairness behind Consensus Building over Inter-Regional Bus Service*

谷本圭志**・鎌仲彩子***・喜多秀行****

By Keishi TANIMOTO**, Saiko KAMANAKA*** and Hideyuki KITA****

1. はじめに

2002年の2月に始まった需給規制の緩和により、過疎地域の路線バスは廃止の危機に直面している。しかし、路線バスは高齢者や学生、主婦などのいわゆる交通弱者にとって必要不可欠な交通手段であり、仮にバス事業者が撤退したとしても、何らかの生活交通を確保するのかわからないか、確保するのであればどのような形態が最善かについての検討が多くの自治体にとって求められることになる。

従来、自治体は路線バスの運行において生じる赤字をバス事業者に補助することで生活交通を維持してきており、今後も路線バスへの補助は生活交通の確保に現実的かつ有用であろう。しかし、補助制度の改正といった環境の変化に伴い、補助拠出額が著しく大きくなった自治体もあり、これまで通りの補助を自治体が単独で行うに困難な状況が生じている。

この状況下で、複数の自治体をまたぐ広域バス路線を設定し、関与自治体がバス事業者と共に補助する取り組みが見られる。これにより、国の補助の対象になる、運行費用の削減が可能になるなどにより各自自治体の財政的な負担が軽減できる。しかし、その実現には共同の補助事業に必要な費用、つまり補助金の公平な負担に基づく関与自治体間での合意形成が不可欠である。

そこで本研究では、広域バス路線を既に実現しているいくつかの事例の分析を通して、広域バス路線

*キーワード：地区交通計画、公共交通計画、広域バス
**正会員、工博、鳥取大学工学部社会開発システム工学科
(鳥取市湖山町南4丁目101番地、TEL0857-31-5310、
FAX0857-31-0882)

***学生会員、鳥取大学大学院社会開発システム工学専攻
(鳥取市湖山町南4丁目101番地、TEL0857-31-5333、
FAX0857-31-0882)

****正会員、工博、鳥取大学工学部社会開発システム工学科
(鳥取市湖山町南4丁目101番地、TEL0857-31-5309、
FAX0857-31-0882)

の開設に当たっての補助金負担に関する合意形成過程を協力ゲームを用いて解釈する。また、そのゲームを用いて、補助金負担方式が合意に至った背後に暗黙に想定されていた負担の公平性の規範を推定する。公平性の規範を明らかにすることにより、今後増加するであろう広域バス路線の開設に際する合意形成を円滑かつ迅速に行うことができるようになる。さらに、補助金負担方式を制度化するという場面を想定すれば、制度を設計する上での基礎的情報を与えることになる。

2. 補助金負担を巡る合意形成過程

多くの自治体は財政事情が悪く、単独で補助を行うことは従来にも増して厳しい状況にある。この背景を共有する複数の自治体が集まり、広域バス路線を共同で補助する事業（以後、「共同事業」と言う）の検討を開始するのが多くの事例での共通点である。そこに参加する自治体にとって、広域バス路線を開設することに伴う補助額の削減を優先することに関しては共通しており、単独で補助するよりも補助額が小さくなりうることも共通の認識である。このため、広域バス路線を開設し、そこに共同で補助するという「総論」に関しては合意が成立している。つまり、どの自治体も共同事業から離脱しないことが自明であるという協力ゲーム的状况となっている。

しかし、このことは全ての利害対立が解消されたことを意味するわけではない。共同事業に要する補助金（費用）を各自自治体でどのように負担するかという問題が潜在的には必ず存在し、その調整が必要となる。一般的には、想定されるいくつかの補助金分担方式を対象とし、そのどれを採用するかに関して利害が対立する。これは、各自自治体を選好する分担方式が異なるためである。その際、共同事業の成

立の前提を満たさない方式、つまり、ある自治体が単独で補助を行う場合よりも大きな分担費用を与える方式は検討の対象から除外される。それが何かを特定する段階を、本研究では「第一段階」と呼ぶ。その上で、絞り込まれたいくつかの方式を対象とし、その中から一つの方式の選択を目指すのではなく、候補となっている方式に基づいて（それらの方式とは異なる）妥協案を探り、その案の下での補助金負担に合意するという過程をたどる。本研究では、これを「第二段階」と呼ぶことにする。以上の二段階の分類は、筆者らによるインタビュー調査によるものであり、補助金負担をめぐる合意形成過程はこのような第二段階のゲームに概ね大別できることが分かった。

3. 合意形成過程のゲーム的解釈

ゲームに参加する任意のプレイヤーを i で表す。本研究では共同事業に関与する全ての自治体がプレイヤーである。プレイヤーの集合を $N = \{1, 2, \dots, n\}$ で表す。プレイヤーの集合 N の部分集合を提携と呼ぶ。任意の提携を $S (C \subset N)$ で表す。

(1) 第一段階における補助金負担ゲーム

想定されている補助金分担方式の集合を H で表す。また H に含まれる任意の分担方式を $h (h \in H)$ で表す。分担方式 h の下でプレイヤー i が分担する補助金を y_i^h で表す。任意の提携 S が共同事業に参加せずに単独でバス路線への補助を行う場合に要する費用を $C_1(S)$ で表す。

第一段階では、 H の費用分担方式の中から全てのプレイヤーに参加を動機付ける最低限の公平性を保証する費用分担方式のみに絞り込む。すなわち、以下に示す C_1 を費用関数としたときのコア(core)¹⁾を満たす分担方式の集合を特定化する。

$$\sum_{i \in S} y_i^h - C_1(S) \leq 0 \quad (\forall S \subset N) \quad (1)$$

$$\sum_{i \in N} y_i^h = C_1(N) \quad (2)$$

上式で定義されるコアを「第一段階コア」と呼ぶ。第一段階コアは共同事業への参加を全てのプレイヤーに動機付ける負担方式の集合であり、共同事業に

おける最低限の公平性を担保した分担費用の集合と言える。どのような分担方式が第一段階コアを満たすかについては谷本ら²⁾、Tanimoto *et al.*³⁾ が検討を行っている。

(2) 第二段階における補助金負担ゲーム

第一段階コアを満たす分担方式の集合を $M(C \subset H)$ で表す。また M に属する任意の分担方式を $m (m \in M)$ で表す。分担方式 m の下でプレイヤー i が負担する補助金を x_i^m で表す。第二段階における任意の提携 S の費用関数 $C_2(S)$ を次式で与える。

$$C_2(S) = \max_m \sum_{i \in S} x_i^m \quad (3)$$

これは、提携 S にとって最も高額な補助金の分担を与える方式の下での提携 S の分担費用である。つまり、この費用関数はこれ以上の補助金を分担することがないという意味での悲観的な想定の下での費用であり、従来の協力ゲーム理論における費用関数の定義と整合的である⁴⁾。

プレイヤーは、費用関数 C_2 を交渉力として第二段階のゲームを行う。第二段階におけるコアを「第二段階コア」と呼び、次式で表す。

$$\sum_{i \in S} x_i \leq C_2(S) \quad (\forall S \subset N) \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} x_i = C_2(N) \quad (5)$$

式(4)、(5)を満たす分担額 $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ の集合から、ある公平性の規範に基づいて「妥協案」としての分担費用を得ると考える。その規範として、仁⁵⁾ 及びその修正概念^{6) 7) 8)} を用いる。仁は次式で定式化される。

$$\min \quad \varepsilon$$

$$\sum_{i \in S} x_i - C_2(S) \leq \varepsilon \quad (6)$$

$$\sum_{i \in S} x_i = C_2(N) \quad (7)$$

(6)式は分担額 X に対する提携 S の不満と定義される。仁及びその修正概念は(6)式を修正することで定義される。その詳細については文献⁹⁾ を参照されたい。我が国における(広域バス路線への補助以外の)様々な共同事業における公平性の規範として、仁およびその修正概念を有力視してもよいという傍証が

既往の研究に見られるため⁹⁾¹⁰⁾、本研究では、公平性の規範として仁およびその修正概念を対象とする。

そこで、協力ゲームをベースとしたこれらの分担額と実際の分担額とを比較し、後者に最も近い分担額を与える公平性の規範が実際の場面において想定されていた公平性の規範と解釈する。

(3) 第二段階の補助金負担ゲームの理論的特性

第一段階のゲームでは、共同事業に参加するための動機を保証する分担方式を絞り込み、それらによって第二段階におけるゲームの交渉力、つまり(3)式に示す費用関数が定義される。しかし、第二段階のゲームの結果が第一段階において確認された共同事業への参加の動機を保持しうるかについては必ずしも自明ではない。以下では、①第一段階と第二段階のコアの関係と②第二段階において合意に至る唯一解と第一段階コアとの関係をそれぞれ理論的に整理する。

命題1：第一段階コアが非空であれば、第二段階コアは第一段階コアに含まれ、かつ第二段階コアは非空である

証明：

まず、第二段階コアが第一段階コアに含まれることを示す。方式 m の下での分担額を $X^m = (x_1^m, x_2^m, \dots, x_n^m)$ で表す。 X^m は第一段階コアを満たすため次式が成立する。

$$C_2(S) = \max_m \sum_{i \in S} x_i^m \leq C_1(S) \quad (\forall S \subset N) \quad (8)$$

よって第二段階コアは第一段階コアに含まれる。次いで、第二段階コアが非空であることを示す。ここで、ある $m^* (\in M)$ について考えよう。この m^* について次式が成立する。

$$\sum_{i \in N} x_i^{m^*} = C_2(N) = C_1(N) \quad (9)$$

また、 $C_2(S)$ の定義より次式が成立する。

$$\sum_{i \in S} x_i^{m^*} \leq \max_m \sum_{i \in S} x_i^m = C_2(S) \quad (\forall S \subset N) \quad (10)$$

(9)、(10)式より X^{m^*} は第二段階コアを満たす。第二段階コアを満たす分担額が少なくとも一つ存在す

ることから、第二段階コアは非空である。■

命題2：第一段階コアが非空であれば、第二段階において仁及びその修正概念は第一段階コアの内部に唯一解を与える

証明：

一般にコアが非空であれば仁及びその修正概念はその内部に唯一解を与える。よって第二段階ゲームにおいて、仁及びその修正概念は第二段階コアの内部に唯一解を与える。第二段階コアは第一段階コアに含まれることから、第二段階ゲームにおける仁及びその修正概念は第一段階コアの内部に唯一解を与える。■

以上より、第二段階のゲームにおいて導かれる解は、第一段階における最低限の公平性（第一段階コア）を損なうことがないことが証明された。

4. 公平性の規範の推定

以下に三つの事例を取り上げ、補助金負担においてどのような公平性の規範が存在していたのか推定を行った。具体的には、それぞれの事例において、報告書¹¹⁾などの文献調査、インタビュー調査することにより第二段階に存在していた分担方式を特定し、補助金負担ゲームを定式化した後、仁及びその修正概念が持つ公平性規範に基づいて得られる分担額を求める。求められた分担額と実際に事例の中で合意が成立した分担額と比較し、その値が近いものを暗黙に想定されていた公平性の規範とした。

事例1として青森県津軽地方28市町村による補助事業を取り上げた。ここでは、利害対立の構図を整理することにより三人ゲームとした。事例2として島根県の安来市を中心に3市町が行うバス事業を取り上げた。事例3として、岐阜県の八百津町～可児市にまたがる四市町から構成されるバス事業への補助を取り上げた。事例ごとに費用関数 C_2 を表1～3のように求めた。その際、事例1では、弘前、黒石・五所川原、25町村の順に、事例2においては安来、広瀬、伯太をそれぞれプレイヤー1,2,3とし、事例3においては八百津、兼山、御嵩、可児をそれぞれプレイヤー1,2,3,4とした。費用関数を線形変換しても

表1 事例1における費用関数 (%)

提携 S	運行回数	人口	損失額	商圈人口	$C_2(S)$
{1}	51.4	33.7	47.4	53.5	53.5
{2}	17.4	17.1	18.9	8.7	18.9
{3}	31.2	49.2	33.7	37.8	49.2
{12}	68.8	50.8	66.3	62.2	68.8
{13}	82.6	82.9	81.1	91.3	91.3
{23}	48.6	66.3	52.6	46.5	66.3

表3 事例2における費用関数 (%)

提携 S	人口	面積	利用者	$C_2(S)$
{1}	66.9	55.0	26.0	66.9
{2}	20.7	25.7	51.3	51.3
{3}	12.4	19.3	22.7	22.7
{12}	87.6	80.7	77.3	87.6
{13}	79.3	74.3	48.7	79.3
{23}	33.1	45.0	74.0	74.0

表4 事例3における費用関数 (%)

提携 S	路線延長	利用者	依存度	$C_2(S)$
{1}	44.4	45.3	80.6	80.6
{2}	28.7	14.1	14.5	28.7
{3}	20.4	14.9	1.9	20.4
{4}	6.5	25.7	3.0	25.7
{12}	73.1	59.4	95.1	95.1
{13}	64.8	60.2	82.5	82.5
{14}	50.9	71.0	83.6	83.6
{23}	49.1	29.0	16.4	49.1
{24}	35.2	39.8	17.5	39.8
{34}	26.9	40.6	4.9	40.6
{123}	93.5	74.3	97.0	97.0
{124}	79.6	85.1	98.1	98.1
{134}	71.3	85.9	85.5	85.9
{234}	55.6	54.7	19.4	55.6

表4 実際的な分担額と協力ゲームによる分担額

(単位: %)

事例	実際的な分担額	仁	相対仁	比例仁	平均仁	平均差仁
事例1	50.0	45.25	44.59	42.51	43.50	45.03
弘前	13.6	13.80	14.31	17.15	15.50	13.63
黒石・五所川原	36.4	40.95	41.10	40.34	41.00	41.33
25町村	36.4	40.95	41.10	40.34	41.00	41.33
事例2	27.25	36.00	36.00	37.62	37.72	36.56
安来	52.18	46.45	46.45	41.79	43.02	48.72
広瀬	27.25	36.00	36.00	37.62	37.72	36.56
伯太	20.57	17.55	17.55	21.58	19.27	14.72
事例3	69.9	56.75	58.88	50.90	54.19	63.45
八百津	15.9	21.40	19.66	22.86	22.61	16.95
兼山	6.3	11.15	9.82	13.36	11.69	7.68
御嵩	7.9	10.70	11.65	12.89	11.51	11.93
可児	7.9	10.70	11.65	12.89	11.51	11.93

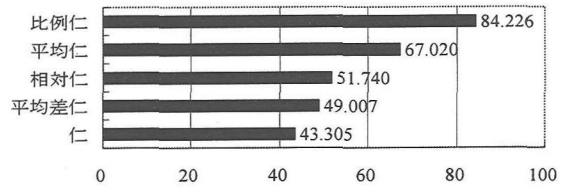


図1 事例1における残差二乗和 (ポイント²)

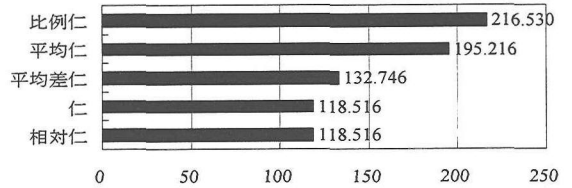


図2 事例2における残差二乗和 (ポイント²)

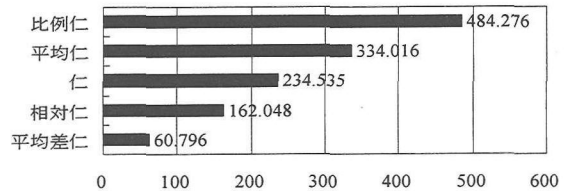


図3 事例3における残差二乗和 (ポイント²)

ゲームの構造は不変であるため、第一段階、第二段階の費用関数はともに実際の費用を $C_1(N)=C_2(N)$ で除した百分率の値として与えた。各列には、第一段階において想定されていた方式のもとでの分担割合を示している。各方式はある物理量に比して算出するものであり、その物理量を最上行に示している。なお、事例3の「依存度」とは、近隣の中核都市への移動人口である。実際的な分担額と仁及びその修正概念を用いた結果を表4に示す。

ここで、求められた分担額と実際に事例の中で合意が成立した分担額とを比較して、値の近さを測定する。その方法として、得られた唯一解と実際に事例で合意に至った分担額との残差二乗和を求め、乖離の程度を測定する。残差二乗和がより小さいものを実際の合意に至った分担額に「近い」とした。

表4に示された値を用いて、残差二乗和を計算すると図1~3の結果を得る。図1~3より、これらの事例において仁、相対仁、平均差仁が実際に決定された分担額に近い値を得ており、暗黙に想定されていた公平性の規範としてこれらが該当しているの

はないかと推測される。

5. 補助金負担を巡る合意形成過程の提案

前章の知見は、対象としている事例が三つと少ないため、必ずしもある一つの解が有力な公平性の規範と断定することはできない。しかしながら、実際に合意された分担額と比較して、それに近くなる値を与える規範の集合とそうでない規範の集合は三つの事例においてほぼ共通しているという興味深い結果を得ている。そこで、上二つの事例を対象とした分析結果が今後の引き続きの研究において支持されたとすれば、以下のような合意形成過程を経ることで、より迅速に広域バス路線の開設が可能になると考えられる。

- ①各関与自治体が補助金分担方式を提示する。
- ②①で提示された分担方式の中で、ある自治体の参加の動機を損なう分担費用を与えるものを除外し、分担方式の絞り込みを行う。
- ③②において絞り込まれた分担方式の中から各自治体及び提携に最も高い費用を与える分担方式をそれぞれ特定する。
- ④③で得られた分担方式に基づいて分担される費用を費用関数と見立て、仁もしくは相対仁、平均差仁を用いて分担額を導出する。
- ⑤求められた分担費用を基に、更なる調整を行う。

ここに、①、②は第一段階、③が第二段階における費用関数の算定、④が本研究で導出した公平性の規範のもとでの分担額の算定、⑤は④で求められた分担額をベースとした分担額の決定を意味している。

関与自治体の実務担当者が、実際の補助金負担においてこの過程を経ることにより、話し合いのみに基づいて各々の公平感を頼りに手探りで補助金負担の調整をするときに要する時間や労力が削減されると考えられる。ただし、③において、最も高い分担費用を与える分担方式を自治体が表明せずに自らの分担費用を小さくする戦略的な行動を自治体が行うことが考えられる。そこで、③に示す内容が保証されるように、全ての自治体からの代表者から構成される協議会等を組織し、そこで全ての分担方式の

下での費用を一元的に算出するなどにより互いの状況を共有しておく必要がある。これにより、このプロセスの有効性が満たされる。

6. おわりに

公平性の規範の推定において対象とした事例が少なく、ここで得られた知見の一般性については問題がある。現在、広域バスを導入しているその他の自治体にインタビューを実施しており、そこでの推計結果等について今後随時報告していく予定である。

協力ゲーム理論に基づく解は、その計算過程が煩雑であるなど、実用上は必ずしも適していない。しかし、今後の上記の調査を進めた結果として公平性の規範が絞り込まれると、その公平性の規範をもつ協力ゲームの解が実務担当者が用いる簡易な負担方式とどのように対応しているかを検討することができる。つまり、岡田ら¹⁰⁾のアプローチに見られるように、費用関数の構造を特定化することで、協力ゲーム理論に基づく解と簡易な負担方式との間に一致性を見出すことができる。その一致性が保証される費用関数の範囲においては、簡易な手法で協力ゲームにおいて想定されている公平性の規範が満たされる。よって、補助金負担方式の制度化を考える上では、一致性の議論によって導かれる方式が公平性の観点から有力な方式となる。以上、今後の課題としたい。

謝辞：本研究は文部科学省研究費若手研究(A)課題番号14702043の助成を受けた研究成果の一部である。本研究の遂行に当たっては、名古屋大学の加藤博和助教授、弘南バス株式会社の菊池武弘氏、安来能義広域行政組合の田中操氏、群馬県藤岡広域市町村圏振興整備組合の浅見志伸氏、万場町の斎藤福蔵氏、磐田市の河合励氏および田島真幸氏、上石津町の伊藤昌弘氏、海津町の後藤英仁氏、岐阜県の間瀬大介氏、仙石勉氏、天木日出夫氏に多大の協力を頂いた。付して謝辞としたい。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 谷本圭志, 喜多秀行: 広域バス路線の補助金負担方式に関するゲーム論的考察, 土木学会論文集, (投稿中).
 - 3) K. Tanimoto and H. Kita: Cost Allocation Rules of Inter-Regional Bus Services and Network Formation: A Cooperative Game Theoretic Approach, Presented at Joint Seminar on Evolution Processes of Transportation Systems, June 6-8, at Tottori University, 2001.
 - 4) Myerson, R. B.: Game Theory: Analysis of Conflict, Harvard University Press, 1997.
 - 5) Schmeidler, D.: The Nucleolus of a Characteristic Function Game, SIAM, Journal of Applied Mathematics, 17, pp.1163-1170, 1969.
 - 6) Young, H. P., Okada, N. and Hashimoto, T.: Cost Allocation in Water Resources Developments, Water Resources Research, 18, pp.463-475, 1982.
 - 7) Littlechild, S., and K. Vaidya: The Propensity to Disrupt and the Disruption Nucleolus in a Characteristic Function Game, International Journal of Game Theory, 5, pp.75-89, 1976.
 - 8) Charnes, A., Rousseau, J. and Seiford, L.: Complements, Mollifiers and the Propensity to Disrupt, International Journal of Game Theory 7, pp.37-50, 1978.
 - 9) 鈴木光男: 新ゲーム理論, 勁草書房, 1994.
 - 10) 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.
 - 11) 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報告書, 1993.

広域バス路線の補助金負担に関する合意形成過程と公平性のゲーム論的分析

谷本圭志・鎌仲彩子・喜多秀行

財政が逼迫している自治体にとって、バス事業への多額の補助は大きな負担となっている。その対策の一つとして、各自治体のバス路線を複数の自治体をまたぐ広域バス路線として再編し、その路線に関係自治体が共同で補助する取り組みがある。広域バス路線を開設・維持するためには、そこに関与する全ての自治体が補助金の負担に合意することが不可欠であり、公平な負担が求められる。本研究では、これまでに広域バス路線を開設した事例を調査し、補助金の負担に関して暗黙に想定されていた公平性の規範を協力ゲーム理論を用いて推定した。その結果、現場で想定されていた有力な規範として仁、相対仁、平均差仁が有力であることが明らかになった。

Game Theoretic Analysis of Fairness behind Consensus Building over Inter-Regional Bus Service

By Keishi TANIMOTO, Saiko KAMANAKA, and Hideyuki KITA

Since the deregulation of bus market, the maintenance of local transportation service is great concern for many municipalities. Inter-regional bus service is one of practical measures to maintain because it can reduce bus cost by collecting several routes in related municipalities. When the municipalities introduce this service, however, they resolve the conflict over the allocation of subsidy. Namely, the allocation should be fair. We formulate the conflict situation by cooperative game and show that the fairness behind each case was likely to be the concept of nucleolus and its derivative.