

広域バスネットワークの形成に関するゲーム論的研究

システム計画学研究室 石丸翼

1. はじめに

自治体は厳しい予算制約下で、より効率的な交通を提供するために、複数の自治体による広域バス路線を設定し、関係自治体で補助費用を共同負担することが考えられる。しかし、補助金負担方式が複数存在する場合、どの方式を採用するかに関して自治体間に利害対立が生じる。その結果として、各々が想定していたバスサービスが実現する保証はない。本研究では、ある補助金負担方式が採択されたときに、自治体間の利害対立の結果、どのような路線ネットワークが形成され、各路線にどのようなサービスが提供されるかを導出するモデルをゲーム理論を用いて構築する。

2. 広域バスネットワークの導出プロセス

自治体の集合を $N=\{1,2,\dots,n\}$ で表し、任意の自治体を $i \in N$ で表す。ここで、集合 N の部分集合を提携と呼び、任意の提携を $S \subset N$ で表す。バスネットワークは自治体をノード、それらのノードを結ぶリンクから構成されるグラフで表される。よって任意のノードは $i \in N$ 、リンクは $ij(i,j \in N, i \neq j)$ で表される。任意の自治体 i は自身を一つのノードに含むバス路線を少なくとも一つ以上開設する意向を持つ。その路線の集合を G_i 、その要素を g_i で表す。

1) 各自治体の路線ニーズとバスの便数

各自治体がどの自治体への路線を必要とするかを提示し、その路線に必要なバスの便数を提示する。任意の自治体 i が希望するバス路線と、その路線に必要なとするバスの便数の組みを以下のように定義する。

$$\{(g_i, N_i(g_i)) \mid g_i \in G_i\} \quad (1)$$

2) 各路線の便数の導出

任意の提携 S のもとで開設される各路線のバスの便数を決定する。各自治体が提示した路線のうち、一方が他方の路線を包含している場合、包含されている路線の便数の一部は包含している路線が提供しうる。よって、路線 g の便数 $N(g)$ は次式のように決定される。

$$N(g) = \max\{0, N_i(g_i) - \sum_{g_j \subseteq g, j \in N} N_j(g_j)\} \quad (2)$$

3) 各提携における費用の導出

提携 S において形成されるバス路線ネットワーク $G(S)$ は以下のように定義する。

$$G(S) = \bigcup_{i \in S} G_i \quad (3)$$

バスの運行費用は走行距離に比例するとし、単位距離当たりの運行経費を c とすると、バス路線ネット

ワークの運行に要する全費用 $C(S)$ は以下のように与えられる。ただし、 $l(g)$ は路線 g に関する走行距離である。

$$C(S) = \sum_{g \in G(S)} cl(g)N(g) \quad (4)$$

(4)式で得られる全費用に補助金負担方式を用することにより、各自治体の負担額が決定される。自治体は、各提携での負担額を参照しつつどの自治体と広域バスサービスを実施するのかを検討する。その状況を提携形成ゲームで表し、各提携構造の安定性を強ナッシュ均衡概念を用いて検討する。

3. 数値実験

表 1 に示す地域モデルを想定して分析を行った。表 2,3 から各自治体の提示する便数の変化が結果にどのような影響を及ぼすかを確認できる。表 2 は、3 つの負担方式において全ての自治体が全提携を戦略とする提携構造が均衡となる。表 3 は、2 つの方式において全提携から離脱する自治体が確認できる。よって、この地域において、全提携を安定にするという意味で最も効率的な提携構造である「起点からの走行距離比例方式」が最も適切な負担方法であることが確認できる。

4. おわりに

今後、より多くの地域の状況を想定し分析を行い、各負担方式の有効性を検討する必要がある。

表 1 想定地域

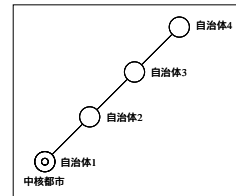


表 2 分析結果 1

	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	
行政区域内の走行距離比例方式	132,000	24,750	24,750	121,412	121,412	186,706	186,706	132,000	132,000	132,000	31,588	64,235	33,250	132,000	4,589
起点からの走行距離比例方式	137,500	24,750	24,750	137,500	205,714	137,500	135,238	135,238	205,714	137,500	44,750	91,000	137,500	48,538	7,765
輸送量(人平均)比較方式	140,000	140,000	115,000	50,588	50,588	140,000	42,262	42,262	140,000	115,000	13,162	140,000	47,500	42,308	6,471
1	232,500	232,500	57,500	232,500	64,286	77,794	77,794	232,500	64,286	57,500	232,500	26,785	23,750	21,154	3,235
2	132,000	16,500	16,500	64,500	64,500	75,571	75,571	132,000	132,000	132,000	17,807	30,761	11,798	132,000	1,901
3	137,500	33,000	33,000	137,500	127,895	137,500	101,968	135,238	127,895	137,500	42,948	74,338	137,500	25,872	5,160
4	140,000	140,000	78,409	107,500	107,500	140,000	75,532	42,262	140,000	78,409	29,344	140,000	42,137	38,194	6,790
5	232,500	232,500	84,091	232,500	142,105	188,929	188,929	232,500	142,105	84,091	232,500	76,901	50,565	45,833	8,148
6	132,000	28,063	28,063	110,571	110,571	162,769	162,769	132,000	132,000	132,000	38,587	76,196	47,924	132,000	7,472
7	137,500	21,437	21,437	137,500	148,500	137,500	102,763	135,238	148,500	137,500	29,476	58,198	137,500	43,214	5,768
8	140,000	140,000	81,176	81,429	81,429	140,000	74,737	42,262	140,000	81,176	21,437	140,000	26,624	31,429	4,151
9	232,500	232,500	91,324	232,500	121,500	101,731	101,731	232,500	121,500	91,324	232,500	47,618	29,952	35,367	4,670

表 3 分析結果 2

	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)	(1,2)(3)(4)
行政区域内の走行距離比例方式	132,000	24,750	24,750	115,636	115,636	216,545	216,545	132,000	132,000	132,000	35,918	85,773	59,250	132,000	25,750
起点からの走行距離比例方式	137,500	24,750	24,750	137,500	272,000	137,500	147,339	147,339	272,000	137,500	64,750	157,250	137,500	105,000	51,500
輸送量(人平均)比較方式	280,000	280,000	230,000	96,364	96,364	280,000	70,161	70,161	280,000	230,000	29,432	280,000	118,500	105,000	51,500
1	465,000	465,000	115,000	465,000	128,839	180,455	180,455	465,000	128,839	115,000	465,000	71,477	59,250	52,500	25,750
2	132,000	16,500	16,500	48,923	48,923	66,167	66,167	132,000	132,000	132,000	18,070	35,804	19,750	132,000	10,300
3	137,500	33,000	33,000	137,500	140,000	137,500	96,667	96,667	140,000	137,500	51,198	100,877	137,500	56,250	30,800
4	280,000	280,000	156,818	163,077	163,077	280,000	120,833	120,833	280,000	156,818	60,233	280,000	98,750	93,750	61,800
5	465,000	465,000	188,182	465,000	262,500	330,833	330,833	465,000	262,500	188,182	465,000	178,019	118,500	112,500	61,800
6	132,000	28,063	28,063	100,421	100,421	176,444	176,444	132,000	132,000	132,000	45,043	104,350	70,512	132,000	37,455
7	137,500	21,437	21,437	137,500	152,672	137,500	88,611	88,611	152,672	137,500	34,408	79,712	137,500	64,167	28,611
8	280,000	280,000	162,353	111,579	111,579	280,000	128,889	128,889	280,000	162,353	50,048	280,000	78,347	93,333	41,616
9	465,000	465,000	182,647	465,000	249,828	220,556	220,556	465,000	249,828	182,647	465,000	130,438	88,140	105,000	46,818