

IV-204

公共施設整備のための地域連携の安定性に関する考察

名古屋工業大学 正会員 秀島 栄三
京都大学大学院 正会員 小林 潔司

1. はじめに

わが国では地方分権が政策的課題となっているが、公共施設の整備については複数の地域が連携することが望ましい場合もある。他方、個々の地域にとっては他地域にただ乗りする方が効率的となる場合もある。また連携を組む場合には自地域の社会的厚生が改善されるような相手を選ぶであろう。ここに地域をプレイヤーとする公共財供給の提携形成に関するゲーム的状況が見出される。本研究ではこのようなゲームの結果として生成される提携の安定性について考察する。

2. Coalition-proof Coalition Stability

協力ゲーム理論を用いた公共財の費用分担問題では全プレイヤーによるゲーム (全提携) から誰も逸脱しないこと (拘束的協定) を前提としている。しかし一部のプレイヤーが部分提携を形成する方が彼らの利得を最大化できるならば全提携を形成する誘因を失う。本研究では提携内では共通のルールに従うが提携相手の選択に関しては非協力ゲーム的であると捉える。この非協力ゲームに対してナッシュ均衡解 (提携構造が確定する) が複数存在しても、各プレイヤーが事前に協議できるならば、その中でいずれのプレイヤーもそこから逸脱する動機をもたないような提携が安定的であるといえよう。Bernheimらはこのような観点から非協力ゲームにおける安定的な均衡概念として Coalition-proof Nash equilibrium を提案している¹⁾。本研究では提携内では共通のルールに従うというコミットメントがあるものとして coalition-proof の観点から安定的な提携を求める。

ある提携 S の安定性を検討するためにそれと比較する提携を自己拘束的 (self-enforcing) なクラスに限定する。提携 S が全ての自己拘束的な提携に対して自身をブロックできる場合に提携 S は coalition-proof stable であると定義する。

1. $m = 1$ の時、提携 $S = \phi$ は coalition-proof である。
2. $m > 1$ の時、 m 人未満のゲームにおいて coalition-proof な全ての提携 J の集合 Ω_m が定義されたとしよう。 n 人の中から m 人を抽出したすべての m 人ゲームを考える。それぞれの m 人ゲームに対して以下の操作を行う。

-ある m 人ゲームにおいて、あらゆる coalition $J \in \Omega_m$ に対して当該の m 人ゲームのある提携 S が coalition-proof であるとき、 S はその m 人ゲームにおいて自己拘束的である。

-ある m 人ゲームにおいて、提携 S が自己拘束的で、また他に $W_i(S) - W_i(J) < 0$ とするような自己拘束的な提携 $J \in \Omega_m$ がない場合、 m 人ゲームにおいて S は coalition-proof である。ただし $W_i(T)$ はプレイヤー i が提携 T に属している時の利得を表す。

3. 以上の操作を $m = n$ になるまで繰り返す。

提携の安定性に関しては Carraro²⁾、Myerson³⁾らが異なる概念を提案している。Carraroはある提携から一地域が逸脱または加入する誘因に着目したものであり、coalition-proof coalition stability はそれより強い条件となる。

3. 閉鎖水域における汚濁除去施設の整備

湖沼等の沿岸地域では域内での経済活動のためにある程度の汚濁物質を排出することは避けられない。汚濁物質による水質悪化を軽減するためには除去施設の整備が必要となる。本稿では閉鎖水域沿岸の地域間で汚濁除去施設を整備する状況を公共施設整備の例として取り上げる。

地域 $i (= 1, 2, \dots, n)$ は域内の社会的厚生を最大化を図ることを目的とする。このため除去費用 C_i と環境悪化 D_i という負の社会的厚生 $W_i(o_1, \dots, o_n)$ を単独または他地域と連携することによって最小化させる。地域 i が負う除去費用は汚濁物質の排出量 o_i [ppm] と地域 i の生産性に応じて決まる社会的最適な排出量 e_i [ppm] (表1参照) によって与えられ、(1)式で表される。排出量 o_i は他地域の行動に対する最適反応にもとづく。除去費用の支出にはただ乗りが生じうる。除去に協力しない場合は排出量を自地域の最適値に設定するため、協力しない地域の負の厚生 W_i は D_i の項のみとなる。他方、環境悪化の規模 D_i は沿岸地域の総排出量による。多くの地域が除去に協力するほど環境悪化は緩和されることとなる。

$$W_i = C_i + D_i \rightarrow \min \quad (1)$$

$$C_i = \frac{1}{2} a_i (e_i - o_i)^2 \quad (2)$$

キーワード 地域連携、公共財、協力ゲーム

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 TEL:052-735-5496, FAX:052-735-5496.

$$D_i = b_i \sum_{j=1}^n o_j \quad (3)$$

ただし、 a_i 、 b_i はそれぞれ除去、環境悪化の限界費用にかかるパラメータであり、地域によって値が異なる（表1参照・分析のため数値は文献2）に対応している）。

表1 パラメータ設定

ei	238	1320	815	1263	722
ai	4.89	0.54	1.02	0.44	0.62
bi	8.51	18.83	26.01	25.1	1.2984

提携内では所定のルールに従って各地域が負うべき負の厚生（の配分）を決定する。配分の決定に際してはシャプレイ値を用いるというコミットメントがあるものとする。

$$x_{Wi}^* = \sum_{i \in S \subseteq N} \frac{(n-s)!(s-1)!}{n!} \{(W(S) - W(S-i))\} \quad (4)$$

ただし $W(S)$ は提携 S の費用特性関数、 s は提携 S のメンバー数を表す。

以下に計算結果を示す。

表2 社会的厚生（シャプレイ値で配分）

提携構造	地域1	地域2	地域3	地域4	地域5
1/2/3/4/5	36062	80106	110529	107058	5502
12/3/4/5	36010	80055	110019	106566	5477
13/2/4/5	36010	79849	110477	106715	5485
14/2/3/5	35989	79645	109893	106985	5471
15/2/3/4	36033	79843	110166	106707	5473
23/1/4/5	35495	79706	110129	105386	5416
24/1/3/5	35302	79613	108207	106565	5386
25/1/3/4	35783	79963	109677	106236	5359
34/1/2/5	35350	78530	109991	106520	5394
35/1/2/4	35694	79292	110256	105973	5229
45/1/2/3	35693	79288	109400	106803	5247
123/4/5	35736	79432	109855	104551	5373
124/3/5	35652	79276	107061	106206	5329
125/3/4	35887	79816	108803	105392	5235
134/2/5	35654	77812	109656	106164	5344
135/2/4	35856	78772	110079	105279	5075
145/2/3	35834	78564	108399	106605	5093
234/1/5	34023	78285	108662	105098	5191
235/1/4	34848	79270	109564	103478	4793
245/1/3	34654	79177	106225	106017	4811
345/1/2	34612	76898	109330	105877	4587
1234/5	35095	77725	108105	104457	5116
1235/4	35487	78902	109164	102292	4544
1245/3	35402	78745	104715	105533	4562
1345/2	35375	75916	108871	105397	4307
2345/1	33007	77556	107710	104163	3858
12345	34721	76902	107028	103397	3484

連続する数は提携された地域を表す CP: Coalition-proof Stable

計算結果より本事例ではcoalition-proof stableな解は{2,3,5}、{2,4,5}、{3,4,5}であった。また配分を行わない（別払いがない）場合には{1,3}が唯一安定的な提

携となった。安定解が絞り込まれるものの提携が縮小されており地域全体としても社会的に望ましくない。なお配分ルールによる結果の違いについては文献4）で分析を試みている。

4. 地域間所得移転による提携拡大

本事例では、全提携が形成される提携構造のとき社会的厚生（の地域間の総和）が最も大きい。しかし一部のプレイヤーは全提携に参加する誘因をもたない。これに対して安定的な提携構造から地域間で所得移転を行うことにより全提携を成立させることを考える。以下では $P_i(S)$ は提携 S に加わった時の利得（正值をとる）、 $Q_i(S)$ は加わらなかった時の利得（正值）を表す。

いま、安定的提携 S を考える。この提携に含まれるプレイヤーは提携拡大後も協力を続けることに対してコミットメントを行ったとしよう。この場合、新たに地域 j が加わった提携 $S \cup j$ が安定的であるためには次式が成立することが必要である。

$$\sum_{i \in S} [P_i(S \cup j) - P_i(S)] > Q_j(S) - P_j(S \cup j) \quad (5)$$

他方、提携 S に属する全てのプレイヤーが提携拡大にコミットする自然な条件は、 $\forall i \in S$ に対して次式が成立することである。

$$P_i(S \cup j) - Q_i(S \cup i) > 0 \quad (6)$$

さらに次式が成立すれば所得移転による提携拡大に協力することをコミットする誘因を持つ。

$$\sum_{i \in S} [P_i(S \cup j) - Q_i(S \cup i)] > Q_j(S) - P_j(S \cup j) \quad (7)$$

後者はより強い条件となる。表3に示すように本事例では後者の条件は必ずしも満たされていない。

表3 {1, 2, 3, 4, 5}への拡大可能性

	{2,3,5}	{2,4,5}	{3,4,5}
コミットメント無し	不可能	可能	不可能
コミットメント有り	可能	可能	可能

5. おわりに

本稿では地域連携の自発的な成立の可能性について考察するとともに地域間の所得移転により社会的に望ましい連携体制を導くための条件について検討した。

参考文献

- 1) Bernheim, B.D., et.al., Coalition-Proof Nash Equilibria I. Concepts, Jour. of Econ. Theory 42, pp.1-12, 1987.
- 2) Carraro, C., International Environment Negotiations - Strategic Policy Issues, Edward Elgar Pub Ltd, UK, 1997.
- 3) Myerson, R.B., Graphs and cooperation in games, Mathematics of Operation Research, 1977., 4) 秀島他, 都市施設整備に関する地域連携の安定性, 関西支部年次学術講演会, 1998.