

# 公共財供給と参加問題

篠原 隆介

公共財とは、消費の非競合性と排除不可能性を満たす財であり、いったん、供給されてしまえば、誰もが等しく利用でき、さらには、供給に際して対価を払わない経済主体までもが利用できる財である。このような性質から、各経済主体は、他者の公共財供給活動にただ乗りするインセンティブを持ち、社会的に望ましい公共財供給を行うことができないことが、広く知られている。本稿では、経済主体の公共財供給への参加意思決定に関して、理論経済学的な分析で得られた主要な成果を紹介することを目的とする。

キーワード：公共財、公共財供給への参加問題、参加ゲーム、単位別の参加ゲーム、ただ乗りインセンティブ

## 1. はじめに

数年前、日本放送協会（NHK）の受信料未払い問題が話題となった。放送法が定めるところによると、NHK 受信料の支払は、NHK 放送を受信可能な設備を設置した者すべてに対する義務であるが<sup>1</sup>、NHK の不祥事に端を発し、受信料未支払世帯が急増した。受信料未払いに対しては、罰則規定が設けられておらず、当時は、法制度の改正を含めて大きな議論となった。また、ほぼ時を同じくして、京都議定書の批准問題も話題となっていた。地球温暖化による様々な悪影響が懸念される中、京都議定書は、地球規模での温室効果ガスの削減を目的として設計された世界的な枠組みである。同議定書を有効に機能させるためには、各国の協力が必要である一方で、アメリカ合衆国が早々に離脱を決定するなど、本議定書は、批准問題に苦しんでいた。京都議定書は、ある一定の国々の批准とある一定の二酸化炭素の削減量が見込まれなければ、発効されない決まりとなっており、2005年2月に発効されるまでの道のりは、平坦であったとは言い難い。

日本放送協会が供給する「公共放送」と京都議定書が目標とする「地球環境の改善」には、2つの共通した性質がある。それは、消費における**非競合性**と消費における**排除不可能性**と呼ばれる性質である。ある財・サービスが消費における非競合性を満たすとは、同時に複数の経済主体<sup>2</sup>が、その財・サービスを同量

もしくは同質に消費できるという性質である。日本放送協会の場合、テレビを保有する個人は、すべて同一の番組を見ることができると、NHK 放送は、消費の非競合性を満たす。世界規模で行われた環境改善は、世界の人々に同等の恩恵をもたらすと考えることができるため、地球環境の改善は、消費の非競合性を満たすと考えられる。一方、消費の排除不可能性とは、ある財・サービスを供給するにあたって対価を支払った経済主体のみならず、対価を支払わなかった主体までもが、その財・サービスを利用できるという性質である。NHK 放送が、受信料を払わずに視聴可能であったり、京都議定書の批准国の努力により改善された地球環境が、非批准国にも便益をもたらすことを考えると、公共放送と地球環境の改善は、ともに、消費の排除不可能性を満たす財と考えることができる。消費の非競合性と排除不可能性を同時に満たす財・サービスを、経済学では**公共財**と呼ぶ。前出の二例以外にも公共財は世の中に多く存在し、国防、司法制度、パソコンのフリー・ソフトウェアなど、その例は枚挙にいとまがない。

本稿では、公共財供給とその参加問題に焦点を当て、第一に、街灯の建設問題を例に挙げ、各経済主体の自主的な意思決定が、どのような帰結をもたらすのかについて、分析する。第二に、公共財供給への参加ゲームの最近の研究動向について簡単に触れたのち、公共財供給への参加問題を緩和する方法について紹介する。

しのはら りゅうすけ  
信州大学 経済学部  
〒390-8621 松本市旭 3-1-1

<sup>1</sup> 詳細については放送法三十二条を参照のこと。

<sup>2</sup> 国や企業、家計などの経済活動を行う基本的単位を総称して経済主体と呼ぶことにする。

なお、本稿に登場するゲーム理論の基本的な概念は、文献[1]や[2]などを参考にされたい。

## 2. 街灯建設への参加ゲーム

次のような仮想的な状況を考察する。

隣合って住居を構える3人の住民（住民A、住民B、住民C）がいる。彼らは、通勤と退勤に同じ道路を利用するが、この道路には街灯が設置されていない。そのため、退勤時の夜道の歩行は危険であり、また、窃盗などの被害にも遭いやすい。このような状況を解決すべく、住民達は、お金を出し合って、道路に街灯を建設することを計画している。住民A、B、Cともに街灯の建設に協力するか否かは、自主的に決定し、強制的にお金を寄付させられることも無ければ、協力を拒否した際に罰金を科されることもない。また、街灯の建設費用は、住民A、B、Cの拠出した資金のみに基づいて賄われる。

ここで登場する街灯は、公共財であるものとする。街灯は、いったん建設されてしまえば、3名の住民に、夜道を安全に歩行できたり、引ったくりなどの犯罪を抑止する等の同質の効果をもたらす。仮に、街灯の建設に協力しない住民がいたとしても、その住民が同一の道路を利用する以上、街灯の利用から排除するのは、不可能であると考えられるからである。

さて、このような状況において、何人の住民が街灯建設に協力し、何本の街灯が建設されるであろうか。この間に答えるため、次のような数理モデルを導入する。道路に建設可能な街灯は、最大で2本であるものとする。建設される街灯の本数を  $y$  で表現する場合、 $y \in \{0, 1, 2\}$  となる。次に各住民は、街灯1本当たりから得られる便益を貨幣換算できるものとし、その便益は表1で表されているものとする。表1で表されているのは、仮に街灯が1本建設された場合、その街灯から住民は1人当たり60万円分の便益を得ることができ、さらに追加で1本の街灯が建設された場合（つまり2本目の街灯が建設された場合）、住民は1人当たり追加で40万円の価値を得られることである。このように街灯1本当たりの価値や便益を**限界便益**と呼ぶ。2本目の街灯の限界便益が、1本目の街灯の限界

便益を下回るのは、1本目の街灯建設で、ある程度の明るさや犯罪抑止効果が確保でき、仮に2本目を建設したとしても、1本目の街灯建設ほど効果が得られないことを反映した仮定である。また、計算上の都合から、各住民の0本目の街灯から得られる限界便益を0万円と仮定する。街灯建設から得られる住民の純便益を利得と呼び、仮に  $y$  本の街灯が建設され、住民  $i \in \{A, B, C\}$  が  $x_i$  万円 ( $x_i \geq 0$ ) の費用を拠出した場合、 $i$  の利得は  $u_i(y, x_i) \equiv \sum_{z=0}^y (z \text{ 本目の限界便益}) - x_i$  と計算され、各住民は、自らの利得をより大きくしようとする主体であると仮定する。街灯1本当たりの建設費用は90万円とする。

3名の住民の街灯建設への参加意思決定問題を以下のゲームを用いて表現し、このゲームを**街灯建設への参加ゲーム**と呼ぶことにする。まず、3名は、独立かつ同時に街灯建設に「参加」するか「不参加」するかを選択する。参加を表明した住民は、何本の街灯を建設するのか、その費用をどのように分担するのかの2点について決定する。その一方で、街灯が公共財であることから、不参加を選択した住民は、街灯建設に対して費用負担を行うことなく、参加者と同等の恩恵を街灯から享受できるものとする。街灯建設への参加ゲームにおいて、参加を選択した住民の集合を  $S \subseteq \{A, B, C\}$  とした場合、本稿では、参加者が何単位の街灯を建設し、その建設費用をどのように分配するかについて、以下の仮定をおく。

(a1) 誰も参加しなかった場合には、街灯は建てられず、住民が費用負担をすることもない。

(a2) 街灯の建設費用は、参加住民の間で均等に分配し過不足無く徴収される。

(a3) 街灯の建設本数  $y$  は、参加住民の総利得  $\sum_{i \in S} u_i(y, x_i)$  を最大にするように決定される。

街灯の建設費用は過不足無く参加住民から集められることから、 $y$  本の街灯を建設したときの  $S$  に属する住民の総利得は、 $\sum_{i \in S} u_i(y, x_i) = |S| \times \sum_{z=0}^y (z \text{ 本目の限界便益}) - 90y$  となることに注意する<sup>3</sup>。不参加住民  $j \notin S$  は、参加住民達が建設した街灯を費用負担することなく利用できるため、その利得は  $u_j(y, 0) = \sum_{z=0}^y (z \text{ 本目の限界便益})$  となる。以上のことから、参加住民数に応じた街灯の本数、参加住民と不参加住民の利得は、表2のようになる。詳細な計算について

表1 住民1人当たりの限界便益

	街灯1本から得られる便益
1本目	60万円
2本目	40万円

<sup>3</sup>  $|S|$  は、 $S$  に属する住民の人数を表している。

は読者が各自、確認してほしい。

非協力ゲームの標準的な均衡概念であるナッシュ均衡を用いて、住民の自主的な参加意思決定の結果、何本の街灯が建設されるのか分析する。街灯建設への参加ゲームのナッシュ均衡は、(1)各参加住民が、単独で参加から不参加に選択を変更したとしても、その住民の利得が上昇しないこと、(2)各不参加住民が単独で不参加から参加に選択を変更したとしても、その住民の利得は上昇しないこと、この2点を満たす参加決定の組み合わせである。表2から、このゲームには、2種類のナッシュ均衡が存在することを確認できる。1つは、2人の住民が参加を選択し、残りの1人が不参加を選択すること、もう1つは、3名の住民がすべて不参加を選択するものである。2名の住民が参加を選択し、1名の住民が不参加を選択する状態がナッシュ均衡であることを確かめよう。例えば、参加住民をA、Bとし、不参加住民をCとした場合、Aは、参加から不参加に選択を変更することによって、利得が15から0に減少する。Bについても同様である。他方、Cは、不参加から参加に変更を行うと、利得は60から40に減少する。以上から、誰も単独で参加決定を変更するインセンティブを持たない状態である。また、参加住民が1名である状況、3名の住民がすべて参加を選択する状況は、ナッシュ均衡ではないことに注意してほしい。結果、2名の住民が参加をし1本の街灯が建設されること、もしくは、誰も参加を選択しないで街灯が建設されないことが、住民の自主的な意思決定の結果として起こりうるということが分かった。

それでは、街灯建設への参加ゲームにおけるナッシュ均衡を資源配分の効率性の観点から評価してみよう。

表2 参加人数に応じた街灯の本数と利得：0名参加のときの参加住民の利得と3名参加のときの不参加住民の利得は、一で表している。

	街灯の本数	参加住民の利得	不参加住民の利得
0人参加	0本	—	0
1人参加	0本	0	0
2人参加	1本	15	60
3人参加	2本	40	—

表3 総余剰

	3名の便益の和	建設費用	総余剰
0本建設	0	0	0
1本建設	180	90	90
2本建設	300	180	120

街灯の建設問題において効率的な街灯の建設本数は、街灯建設から得られる3名の便益の和から街灯の建設費用を差し引いた総余剰を最大にする本数に等しい。表3は、街灯の建設本数に依存した3名の便益の和、街灯の建設費用、そして総余剰を示している。表3から、総余剰が最大になるのは、街灯が2本建設されている場合である。結果、効率的な街灯の建設本数は2本であることが分かる。

以上の分析から、住民が自主的に参加・不参加の意思決定を行う状況では、効率的に街灯が建設されないことが分かった。効率的に街灯を建設するには、3名の住民が同時に街灯建設に参加し2本の街灯を建設しなければならないが、各住民ともに他の2名の住民が参加している状況では、この2名の参加住民が建設する1本の街灯を無料で利用した方が良いと考え、不参加を選択する。この意味で、各住民には、他の住民の街灯建設活動にただ乗りするインセンティブが存在し、このただ乗りのインセンティブが理由で、効率的な街灯建設が行われないと結論付けることができる。

### 3. 公共財供給への参加問題の最近の研究動向

街灯の建設問題に限らず、一般的に公共財供給への参加ゲームでは、そのゲームの均衡において、すべての経済主体が同時に参加を選択することは稀である。このような結果を初めて指摘したのが、文献[7]である。本稿の街灯建設への参加ゲームと文献[7]の違いは、文献[7]は、公共財を実数空間で供給できる状況を考察していることであるが、「経済主体のただ乗りインセンティブが働くが故に、すべての経済主体が参加することはない」という基本的なロジックに変わりはない。また、公共財を実数空間で供給できる場合において、公共財から便益を享受する経済主体の数が増加すればするほど、公共財供給への不参加問題がより深刻になることが、文献[3][4][5]によって明らかにされている。本稿の街灯建設への参加ゲームを含むような、公共財を離散量で供給できる場合については、文献[8]が、不参加問題の深刻さを明らかにしている。

様々な研究が、公共財供給への参加問題の深刻さを理論モデルにおいて実証する一方で、参加問題を緩和する参加決定過程を提示した研究も存在する。文献[6]は、離散量で公共財を供給できるモデルにおいて、単位別の参加ゲームを導入し、経済主体が公共財供給にただ乗りするインセンティブを持つ状況であっても、

自主的な参加決定行動と効率的な公共財供給が両立可能であることを示した。前出の街灯の建設問題を例にして、単位別の参加ゲームを導入し、文献[6]の主要結果について紹介しよう。単位別の参加ゲームは、複数回の参加決定ステージで構成されており、街灯の建設問題では2つのステージで構成される。

**第1ステージ** 各住民は、1本目の街灯の建設に対する参加決定を、独立かつ同時に行う。十分な数の住民が参加し、1本目の街灯が建てられた場合には、ゲームは第2ステージに進む。1本目の街灯が建設されなかった場合は、第2ステージに進むことなくゲームは終了し、街灯は1本も建設されない。

**第2ステージ** 2本目の街灯の建設に対する参加決定を、3名の住民が行う。十分な数の住民が参加した場合には、2本目の街灯が建設され、それ以外の場合は、2本目の街灯は建設されない。2本目の街灯が建設されるか否かに関係なく、ゲームは、このステージで終了する。

単位別の参加ゲームでは、街灯1本ごとに参加決定ゲームが行われ、このことが前出の街灯建設への参加ゲームとの違いとなっている。分析を容易にするために各ステージにおいて1本の街灯が建設される条件とその費用負担を以下のように仮定する。

**仮定.** 第 $y$ ステージ( $y \in \{1, 2\}$ )において、参加を選択した住民集合を $S_y$ とする。このとき、参加住民の $y$ 本目の限界便益の合計が1本当たりの街灯建設費を上回る場合かつ、その場合に限り $y$ 本目の街灯が建設される。 $y$ 本目の街灯が建設された場合には、 $S_y$ に属する住民が、 $y$ 本目の建設費用を均等に負担する。

以上から、 $y$ 本目の街灯が建設される条件は、 $|S_y| \times (y \text{本目の限界便益}) - 90 \geq 0$ であり、第 $y$ ステージにおける参加集合 $S_y$ は、街灯建設から正の余剰が発生する限り街灯を建設する。この条件から、第1ステージでは2名以上の住民が参加した場合のみ街灯が建設され、第2ステージでは3名すべての住民が参加した場合にのみ街灯が建設されることに注意する。また、各ステージにおいて、街灯が建設された場合に、参加住民1人当たりが負担する費用は、 $90/|S_y|$ となる。

文献[6]の主要結果は、公共財を離散量で供給できる状況において、単位別の参加ゲームには、効率的な公共財供給を実現する部分ゲーム完全均衡が存在することである。もちろん、この結果は、本稿に登場する街灯の建設問題においても成立する。以下では、上で

定義した街灯建設の単位別の参加ゲームに、街灯を2本建設する部分ゲーム完全均衡が存在することを確認する。ここでは、(i)第1ステージにおいて、AとBが参加を、Cが不参加を選択すること、(ii)第2ステージにおいて、3名全員が参加を選択することが部分ゲーム完全均衡であることを確認する。部分ゲーム完全均衡であるかどうかは、単位別の参加ゲームに後ろ向き帰納法を適用し、各ステージにおいて、3名の住民がナッシュ均衡戦略を選択しているか否かを確認すれば良い。

まず、第2ステージの分析から始める。第2ステージにおいて、3名の住民すべてが参加を選択することがナッシュ均衡であることを確認する。第2ステージにおいて、3名の住民が参加した場合、2本目の街灯が建設され、住民1人当たり $40 - 90/30 = 10$ 万円を獲得するが、2名が参加する場合には、参加住民、不参加住民ともに第2ステージでの獲得額は0である。言い換えれば、3名全員が参加している状態から、1人の住民が不参加に変更した場合、その住民の利得は、10万円分だけ減少する。結果として、他の2名が参加をしている状況において、誰も不参加に変更するインセンティブを持たないので、すべての住民が参加することは、第2ステージゲームのナッシュ均衡である。

次に、第2ステージにおいて3名の住民が参加することを固定して、第1ステージの分析を行う。AとBが参加し、Cが不参加する状況において、AとBは、それぞれ第1ステージで $60 - 90/2 = 15$ 万円を得て、第2ステージで10万円を獲得する。Cは、第1ステージで60万円を得て、第2ステージで10万円を獲得する。2名の参加住民のうち1名が不参加に変更すると、1本目の街灯は建設されず、第1ステージでの獲得利得は0となり、ゲームは終了してしまう。したがって、AとBともに、不参加へ変更する動機を持たない。一方、住民Cが第1ステージで参加に変更をした場合、Cの第1ステージにおける獲得額が $60 - 90/3 = 30$ 万円に減少する。結果、Cが参加を選択することはない。以上から、第2ステージの参加行動を固定し第1ステージを分析した場合には、AとBが参加を、Cが不参加を選択することは、ナッシュ均衡である。

単位別の参加ゲームにおいては、たとえ1本目の街灯建設に不参加した場合でも、2本目の街灯建設に参加することが許容されることに注意する。また、1本

目の街灯建設に不参加した者が、2本目の街灯建設に参加した場合でも、この住民が負担するのは、2本目の街灯建設費用の一部のみであり、1本目の街灯建設における負担を2本目の街灯建設の際に徴収されることはないことにも注意する。この2点が、効率的な街灯建設をゲームの均衡で実現するのに重要な役割を果たしている。2本目の街灯を建設するためには、3名の住民が参加することが必要であるので、仮に、1本目の街灯建設への参加住民のみが2本目の街灯建設に参加する権利を持つのであるならば、2本目の街灯は建設されないことは明らかであろう。また、1本目の街灯建設に不参加した住民が、2本目の街灯建設に参加した際に、1本目の街灯建設費用の一部までも徴収されるようなことがある場合、この住民は、2本目の街灯建設に対しても不参加行動を取るインセンティブが強くなる。

公共財を供給する際に、各経済主体に参加・不参加の意思決定を委ねつつ、ゲームの均衡において効率供給が可能であることを示したことが、文献[6]の最大の貢献であるが、単位別の参加ゲームには、注意しなければならない点がある。第1に、効率的な公共財供給を実現する部分ゲーム完全均衡が存在する一方で、非効率的な公共財供給が発生する均衡も存在することである。例えば、街灯建設の単位別の参加ゲームには、街灯が全く建設されない部分ゲーム完全均衡も街灯が1本のみ建設される部分ゲーム完全均衡も存在する。ゲームの均衡を現実起こりうる結果だと解釈する場合、単位別の参加意思決定モデルは、不参加問題に起因する公共財の非効率供給問題を解決する手段とはならない可能性がある。ただし、この点に関しては、部分ゲーム完全均衡よりも強い要求を課す**強完全均衡**を経済主体が選択するのであるならば、効率的な公共財供給のみが均衡で実現することを文献[6]が示している。第2に、単位別の参加意思決定は、各経済主体に対して、常に公共財供給に参加するインセンティブを与えるものではないことである。前出の街灯建設の単位別参加ゲームの部分ゲーム完全均衡では、住民Cは2本目の街灯建設に参加しているが、1本目の建設には参加していない。初期の公共財供給においては不参加を許容しつつも、後の公共財供給において参加を促す仕組みが、単位別参加ゲームの特徴であり、すべての単位の公共財供給に、すべての経済主体が参加をするインセンティブを与える仕組みではないことに注意する。

#### 4. まとめ

本稿では、公共財供給への参加問題に関する理論経済学的分析について解説を行った。街灯建設への参加ゲームで見た通り、公共財から便益を享受するすべての経済主体が、公共財供給活動に自主的に参加するとは限らない。その結果、参加ゲームのナッシュ均衡において実現する公共財供給は、非効率的なものになる可能性がある。ただし、公共財が離散量で供給できる場合、単位別の参加決定モデルを用いれば、効率的な供給が実現する可能性があることも明らかになった。

これまで、公共財供給への参加問題に関しては、この問題の深刻さを解明した研究成果が多く蓄積されてきた。その一方で、問題解決のための手段や参加決定過程に関する研究は、余り多く行われていない。公共財供給への参加問題に関する研究の中心は、今後、問題解決のための理論経済学的研究と実験経済学的方法による解決策のテストに移るであろう。

#### 参考文献

- [1] 岡田章：『ゲーム理論・入門—人間社会の理解のために』、有斐閣、2008。
- [2] 佐々木宏夫：『入門ゲーム理論—戦略的思考の科学』、日本評論社、2003。
- [3] T. Furusawa and H. Konishi: "Contributing or Free-Riding? A Theory of Endogenous Lobby Formation," Working Paper, Boston College, 2008.
- [4] P. J. Healy: "Equilibrium Participation in Public Goods Allocations," Working Paper, Ohio State University, 2008.
- [5] H. Konishi and R. Shinohara: "Voluntary Participation and the Provision of Public Goods in Large Finite Economies," paper presented at Hitotsubashi COE Lectures and Workshop on Choice, Games, and Welfare, January, 2009.
- [6] Y. Nishimura and R. Shinohara: "A Voluntary Participation Game through a Unit-by-Unit Cost Share Mechanism of a Non-Excludable Public Good," Working Paper, Shinshu University, 2007.
- [7] T. Saijo and T. Yamato: "A Voluntary Participation Game with a Non-excludable Public Good," *Journal of Economic Theory*, 6, pp. 227-242, 1999.
- [8] R. Shinohara: "The Possibility of Efficient Provision of a Public Good in Voluntary Participation Games," *Social Choice and Welfare*, 32, pp. 367-387, 2009.