

公共財の供給コストと便益に関する考察 ——タダ乗りは協調行動の失敗の誘因となる——

吉 永 健 治*

第1章 はじめに

私たちは毎日の生活において多くの財やサービスを供給し消費している。食糧や医療など人間により供給される財やサービスの多くは市場メカニズムを通じて消費され、一方で、例えば、汚染のない空気や熱帯雨林など自然が供給する財やサービスは誰もがフリーにアクセスでき消費可能である。言い換えれば、前者は私的財（private goods）であり、後者は公共財（public goods）（以下では、集合財（collective goods）と互換的に用いる¹⁾）である。私的財については、その供給コストや便益は使用価値（use value）により計測され、人々はそれを生産し消費することで効用を得る。しかし、公共財の価値は非使用価値（non-use value）を含み金銭的に供給コストや便益を計測することは困難である。このため、公共財としての財やサービスは市場の失敗（market failure）の原因となる。

公共財の存在は、私たちの生活、社会、国家、国際社会の持続性に不可欠な役割を果たしている。例えば、世界平和、新鮮な空気や水、法律、教育による知識、コミュニティや学校の規則やルールなどから得る便益は計り知れないほど大きい。しかし、こうした公共財の供給コストは個人、グループメンバー、国民などの協調行動（collective action）²⁾によって負担される。すなわち、協調行動によって新鮮な空気や水の供給、森林の保護、あるいは汚染物質の削減などが行われ、公共財が形成され供給される。同様に、コミュニティや学校の規則やルールは個人やグループメンバーによる協力がなければ守られない。

本稿では、このような公共財が有する特徴を考慮して、主として2×2ゲーム理論を適用し、公共財の供給コストと便益に関して分析を行う。公共財の供給コストと便益の利得関係に異なる2×2ゲーム・タイプを適用して、プレイヤーの公共財の供給に対する協力と非協力がどのような影響をもたらすかについて考える。具体的には、個人やグループメンバーによる協調行動により供給される“集合財”を想定して、その供給コストと便益に関して、タダ乗り（free-rider）問題や制度設計の適用などを考慮して分析を行う。今後、グローバル化がさらに進行する社会において、個人が経済的な合理性（rationality）のみに従って行動すれば公共財の供給に大きな支障を生じるリスクがある。この点で、本稿における公共

* 東洋大学地域活性化研究所：Institute of Regional Vitalization Studies, Toyo University

財の供給コストと便益に関する分析は公共財の価値を認識する観点から重要である。

協調行動や集合財に関する議論や研究は、1965年に Mancur Olson によって出版された “*The Logic of Collective Action*” が起点にある。その後、多くの研究者、例えば、Russel Hardin, Todd Sandler, Jack Knight, Anthony de Jasay 他が、公共財、タダ乗り問題、協調行動などの分野に関する研究を進め、研究成果や専門書を公表している。本稿の分析にあたってはこれらの研究者による議論や研究成果を参考にしている。

最後に、本稿の構成は以下の各章からなる。第2章では、公共財と私的財の違い、公共財の特徴、公共財の供給において情報の非対称性や個人やグループメンバーの合理的行動が与える影響について論じる。第3章では、公共財の供給コストと便益の関係について、タダ乗り問題を考慮して“囚人のジレンマ”ゲームによる簡単なモデル分析を行う。第4章では、複数の 2×2 ゲーム・タイプを用いて公共財の供給コストと便益について比較分析し、公共財の供給の可能性を探る。また、 2×2 ゲームの n 人ゲームへの転換や“範囲の経済性”の概念を取り入れて、公共財の供給において社会的に最適な協調行動に関して分析する。さらに、第5章では、タダ乗り問題と協調行動および協調の失敗に焦点を当てる。特に、公共財の供給に関わる個人やグループメンバーのサイズと協調行動との関係を Olson の “*The Logic of Collective Action*” を参考に議論する。最後に、第6章では、上記の各章における議論と分析を踏まえて結論を導くこととする。

第2章 公共財と私的財の特徴

公共財は私的財の対極として捉えられる。私的財と公共財の両対極を連続的な直線で結ぶ要素として競合性と排除性を考える。両要素を完全に満たすような財が私的財であり、逆に両要素を満たさない、すなわち、非競合性と非排除性を有する財は公共財に属する。両対極の間には競合性と排除性の強弱の濃淡により異なる財が存在し、競合性と非排除性および非競合性と排除性の要素を有する財は準公共財と定義される。前者はコモン財、後者はクラブ財とも言われる。図-1に私的財と公共財の相対的な関係を示す。

公共財は政治、環境、防衛、教育、文化、安全などの社会、経済、文化の各分野で広く認識されており、例えば、交通ルールや信号は全ての歩行者やドライバーに便益をもたらす。全ての受益者は同じレベルの量と質の便益を享受することができる。そうした公共財の便益の供給に対して供給コストを負担する場合と負担しない場合がある。前者については、信号機の設置に伴うコストが必要であり、それは税金などから拠出され、受益者が平等に負担するケースである。後者について、基本的に、交通ルールの制定にはコストは必要な

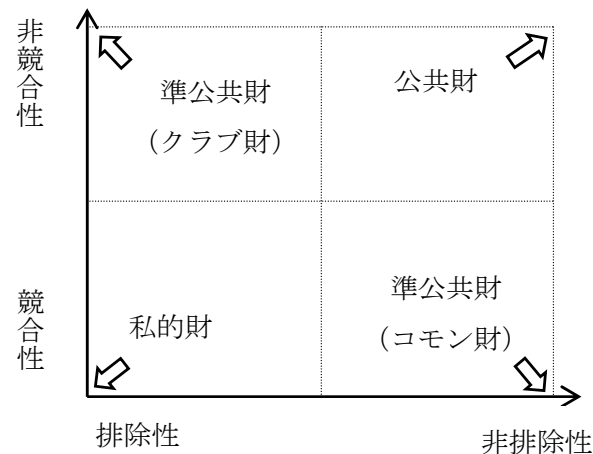


図 - 1：公共財と私的財の関係

いが、受益者の制度設計（institutional design）に対する選好が求められる。

公共財は市場メカニズムに基づいて供給することが困難であり、政府あるいはグループメンバーなどによる協調行動によって供給される。すなわち、公共財が市場メカニズムのもとで供給できないことは市場の失敗を意味する。一方、政府が公共財の供給に余分な公的資金の支出を行ったり、低いレベルの量と質の公共財しか供給できないような場合には政府の失敗（government failure）が生じる。また、公共財の供給は、資源や所得の再配分効果を有し、これが上手く作用しない場合にも政府の失敗が起こることになる。

公共財の供給過程において関連する多様な財（by-products）の供給が可能となる。例えば、アマゾンの熱帯雨林の保護は気候温暖化の緩和に加えて、生物多様性の保護、特殊作物や昆虫を利用した製薬の開発などを可能とし、既存の公共財の持続的供給や私的財の開発や供給に資することになる。特に、私的財の供給を喚起するような公共財の供給は政府の政策行動あるいは個人やグループメンバーによる協調行動を促進するための選択的インセンティブ（後述する）につながる。一方、公共財に対する個人の需要や選好の違いは公共財の価値をめぐってコンフリクト（conflict）を生じ、結果として、そのレベルや供給機能の低下を招くことになる。私的財が多様な個人の嗜好に沿って異なる価値や消費機能を有することとは対照的である。このことは、公共財の供給や公平な消費には受益者個人のモラルに基づく行動が求められることを意味する。

公共財は上述した非競合性と非排除性の要素で特徴づけられるが、それらは公共財による外部性（ポジティブまたはネガティブ）（externality）と深く関わる³⁾。例えば、ネガティブな外部性をもたらす大気汚染に対する協調行動による大気汚染防止策によって汚染の削減が達成されれば、ポジティブな外部性をもたらされる。このとき、汚染のない大気は公共財として受益者に平等に享受される。外部性の規模が大きいほど公共財としての影響、

| Player | | <i>B</i> | |
|----------|----------|----------|----------|
| | | <i>c</i> | <i>d</i> |
| <i>A</i> | <i>c</i> | (3, 3) | (1, 4) |
| | <i>d</i> | (4, 1) | (2, 2) |

(注) *c*: cooperation, *d*: defection を意味する。

図 - 2: “囚人のジレンマ”・ゲーム (I)

言い換えれば、その必要性や重要性を裏付けることになる。私的財に関しては、個人の市場メカニズムに基づいた合理的行為により私的利益の最大化、すなわち、効用を最適化することができるが、公共財については、個人がその便益を同等に享受することで最適化が達成される。この場合、市場メカニズムに代わって共通の原則やルールなどの制度設計によって、その達成を可能とすることができる。個人の合理的行為や合理的な協調行動が必ずしも最適均衡をもたらさないという不合理性（いわゆる、ジレンマ）は“囚人のジレンマ”・ゲームで代表される。図 - 2 に “囚人のジレンマ”・ゲームの利得を序数表示で示す。

“囚人のジレンマ”・ゲームのナッシュ均衡 (Nash equilibrium) は両プレイヤーが共に戦略 *d* をとる組み合わせ (*d*, *d*) である。これは両プレイヤーが自己の合理的行動を追及した結果得られる均衡であるが、パレート最適均衡 (Pareto optimal equilibrium) ではない。パレート最適均衡は、両プレイヤーが共に戦略 *c* を選好する組み合わせ (*c*, *c*) で総利得⁴⁾が最大となる。このことは、個人が自己の利得のみを追求すれば公共財の供給が困難になることを意味している。また、両プレイヤーが情報をシェアしてない、すなわち、情報が非対称な (asymmetric information) 状態にあり、両者が協調に向けた交渉ができる機会もない。言い換えれば、社会における公共財が供給されるためには、プレイヤーとなる各個人やグループメンバー、国民、国際社会が、公共財がもたらす便益および供給コストに関する情報を明らかにし、協調行動に向けた交渉の機会が提供されることが不可欠である。さらに、後述するように、両プレイヤーが協力することによる便益を b_i 、コストを c_i とすれば、パレート最適均衡 (*c*, *c*) が達成されるには $b_i - c_i > 0$ でなければならない。このためには、外部からの共通の原則やルールなどの制度設計など何らかのインセンティブが必要である。

私的財の供給において情報の非対称性が存在するときには市場の失敗が生じることは言及した。一方、公共財の供給（例えば、大きな河川の上・中・下流域における水質の維持管理に関する情報の共有）において情報が非対称であれば、個人やグループメンバーによる公共財の供給に向けた協調行動はとりづらくなる。個人の公共財の供給に対する需要や支払い意志は多様であり、情報交換ができなければ共通の目的である公共財の選定やそのためのグループ形成など協調行動をとることはできない。このように、公共財の供給におけ

る情報の非対称性の存在は後述する協調の失敗（collective failure）の一因になる。

ここで、公共財の総供給量（ Q ）に対する各個人の1ユニット当たりの協力を q_i とすると、全ての個人が協力したときの総供給量は、

$$Q = q_1 + q_2 + \dots q_i + \dots q_n = \sum_{i=1}^n q_i \dots\dots\dots (1)$$

で表される。さらに、各個人における公共財 Q と私的財 y_i の消費による効用関数を $U_i(y_i, Q)$ 、とすると、各個人の公共財の限界消費は、

$$\frac{\partial U_i(y_i, Q)}{\partial Q} = \alpha \dots\dots\dots (2)$$

で表され、(2) 式で示す α は各個人に量、質とも同じレベルで供給されるが、実質的には個人が置かれている社会的、経済的状況、あるいは政府による政策によって多様に変化する。さらに、公共財の供給に対して非協力である個人、すなわち、タダ乗りする者、 Q_j を考慮したときの公共財の総供給量を、 $Q_r = Q - Q_j$ とし、公共財と私的財の限界代替性を考慮して私的財の増加消費を y_i' とすると、各個人の公共財の限界消費は、

$$\frac{\partial U_i(y_i', Q_r)}{\partial Q_r} = \beta \dots\dots\dots (3)$$

となる。このとき、公共財の総供給量は、タダ乗りする者が存在するために各個人の協力ユニットが変化しなければ減少し、(2)、(3) 式により限界消費量は $\alpha > \beta$ となり、公共財による便益（効用）は減少する。タダ乗りする者 Q_j が増加し、協力する個人の負担がある閾値（threshold）を超えれば、公共財の供給が消滅することになる。言い換えれば、タダ乗りする者が存在する状況で、公共財の供給水準を維持するためにはタダ乗りする者の非協力に相当するユニットを協力する個人が負担する必要がある。いずれにしても、持続的な公共財の供給には、全ての個人やグループメンバーの協調行動が不可欠である。

第3章 公共財の供給コストと便益

私的財と公共財の特徴については上記で論じたが、ここでは両財のコスト面について考える。前者の供給には生産コスト（production cost）と排除コスト（exclusion cost）が必要であり、これらのコストは市場メカニズムに基づいて変動する。一方、後者には供給コスト（supply cost）⁵⁾ が求められ、コストの変動は公共財の量と質のレベルの変化、タダ乗

りする者の増減など社会的選択 (social choice) の結果が反映される。しかし、個人レベルにおいて、公共財の供給に対して高い需要と低い協力 (支払い) という矛盾した関係が存在することは否めない。すなわち、公共財の供給において、各個人が自らの合理性に基づいて自己の利益最適化行動をとれば、公共財の供給に対する協力を得ることができず、結果として、上述した“囚人のジレンマ”状態に陥る。

私的財においては、財の購入のための限界コストは限界生産コストと排除コストを上回るが、公共財の供給コストは財やサービスによる便益を下回らなければ個人は公共財の供給には協力しない。基本的な公共サービスや社会的セーフティネット、例えば、公共道路の維持管理、伝染病防止の医療サービスなど、にかかるコストに対しては一般的に税金が充当されるが、個人にとって、これらの公共サービスに対する価値 (使用価値および非使用価値を含む) は自らが収める税金を介したコストより高いと評価される。すなわち、こうした財やサービスは個人の社会的選択において最小限必要とされる公共財の供給であり、その供給コストおよび便益は、原則として受益者が等しく負担し享受する。

公共財の供給にあたって負担すべきコストは、基本的に個人やグループメンバーあるいは国民の一人一人が平等であるべきである。しかし、それに税金が充当される場合には可能であるが、負担が個人の自主性やモラルに従って行われる場合には必ずしも平等な負担になるとは限らない。それは個人の支払い意志 (willingness to pay) や支払い能力 (ability to pay) によって左右される。例えば、貧富の差により支払い能力に格差がある場合には負担に差を設定することも必要であり、結果として、それは貧富間の所得の再分配に寄与することにもつながる。また、支払い能力の高い個人は公共財、例えば公共道路など、をより多く消費するならば、より高い負担を強いられることも理解できる。しかし、準公共財であるクラブ財 (club goods) では利用者数が減少すれば負担が増加する可能性が高く、公共財の供給に対する協力者数の増減で負担額が変化することにも留意する必要がある。

ここで、ある公共財の供給に必要な供給コストを sc とし、供給に対する協力者数を n とすると、単純に、しかし平等に、一人あたりの負担コストは、 $sc/n = \alpha$ となる。これに対して、公共財の供給に対してタダ乗りする者の人数を m とすると、 $sc/(n-m) = \beta$ となり、 $\alpha < \beta$ である。これにより、公共財の供給にタダ乗りする者が増加すれば協力者数は減少 ($n-m$) し、負担額が増加する。また、協力者 1 ユニット当たりの協力で得られる公共財の便益を b とし、協力者 n による総便益を nb とする。このとき、各協力者は、 $nb - \alpha$ の便益を得ることになるが、タダ乗りする者は供給コストを負担することなく、便益 nb を享受する。この結果、公共財の供給に対する協力者数は減少し、タダ乗りする者が増加する確率が高まる。また、タダ乗りする者の人数 m が増加すれば協力者の負担 β が大きくなり、便益 $nb - \beta$ は減少し、公共財の供給に協力するインセンティブは低下する。

| Player | | <i>B</i> | |
|----------|----------|--------------|--------------|
| | | <i>c</i> | <i>d</i> |
| <i>A</i> | <i>c</i> | (r_1, r_2) | (s_1, t_2) |
| | <i>d</i> | (t_1, s_2) | (p_1, p_2) |

(注) *c*: *cooperation*, *d*: *defection* を意味する。

図 - 3 : “囚人のジレンマ”・ゲーム (II)

このように、タダ乗りする者が増加して負担コストが増加し、ある閾値を超えれば協力者は供給コストを負担できなくなり、公共財の供給が困難になる。この閾値をどこに設定するかは、制度設計などの外的インセンティブ付与の可能性などにより不確定である。ここで閾値を上記の便益 $nb - \alpha$ の二分の一以内に抑えるコストと仮定し、 $nb - \beta > (nb - \alpha)/2$ とすれば、 $\beta < (nb + \alpha)/2$ となり、協力者の供給コスト負担を、これ以下に抑えることで公共財が供給されることになる。こうした閾値の設定は、公共財の価値とそのための負担の義務を明確にするような規律やルール設定を考慮して判断することが必要である。

次に、公共財の供給に対する個人やグループメンバーの協力と非協力（タダ乗り）問題について分析する。この課題を“囚人のジレンマ”ゲームに適用すれば、個人は自身の最適化合理性に従って行動するので、両プレイヤーが共に非協力を選択することがナッシュ均衡となり、公共財は供給されないというジレンマに陥る。このジレンマから脱し、両プレイヤーが協調行動をとるにはどのような対応が必要なのか考察する。図 - 3 に“囚人のジレンマ”・ゲームの利得を、 r (*reward*), t (*temptation*), s (*sucker*) p (*penalty*)、ただし、 $t > r > p > s$, $2r > t + p$ 、を用いて再表示する。

まず、公共財の社会的な便益と供給コストを設定する。ここでは、前者の便益を両プレイヤーが協力するときの利得と非協力のときの利得の差とする。また、後者の供給コストは一方のプレイヤーが協力し、他のプレイヤーが非協力（タダ乗り）のときの利得の差とする。これにより、便益と供給コストはそれぞれ、 $r - p$, $t - s$ で表せる。これらを条件として、費用便益分析を行う。費用便益関数は以下で表される。

$$\omega_0 = \frac{(r - p)}{(t - s)} < 1 \quad \dots\dots\dots (4)$$

結果は、(4) 式に示されるように“囚人のジレンマ”・ゲームの利得の配置を反映して、費用便益率は 1 以下となり、協力により得られる便益より、タダ乗りで失われるコストの方が大きいことを裏付けている。

さらに、公共財の供給に対する対象者の総数を n 、協力者数を k 、とするとタダ乗り者数は、 $n - k$

で表される。これにより、総便益は $k(r-p)$ となり、総コストは $(n-k)(t-s)$ となり、大きなサイズのグループメンバーを想定した場合の総便益と総コストによる費用便益関数は、

$$\omega_1 = \frac{k(r-p)}{(n-k)(t-s)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

で表される。

ここで、利得 $t > r > p > s$ に代わって序数表示、 $4 > 3 > 2 > 1$ を用いて表すと、(5) 式は、

$$\omega_3 = \frac{1}{3} \frac{k}{(n-k)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

となる。(6) 式において、協力者数 k の増減に伴う費用便益係数の変化を調べると、

$$\text{if } \begin{cases} k \rightarrow n & \omega_3 \rightarrow \infty \\ k = \frac{3}{4}n & \omega_3 = 1 \\ k \rightarrow 0 & \omega_3 \rightarrow 0 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (7)$$

となる。(7) 式において、 k が増加、すなわち、公共財の供給に対する協力者が増加すれば、費用便益係数 ω_3 は無限に改善され、社会的にみて公共財による便益増加により、公共財の供給が容易になる⁶⁾。逆に、 k が減少、すなわち、タダ乗りする者が増加すれば、 ω_3 はゼロに向かって小さくなり、コストの増加に伴い、公共財の供給は困難になる。さらに、 $k = \frac{3}{4}n$ のとき $\omega_3 = 1$ となる。ここで、この k 値を公共財の供給に必要な協力者数の閾値として捉えることもできる⁷⁾。すなわち、公共財の供給に対する対象者の総数 n の 4 分の 3 以上の個人が協力することで公共財の供給が可能となるが、タダ乗りする者が 4 分の 1 以上存在すれば公共財は供給されないことになる。また、このとき公共財の供給コストの総額が一定で、それを各

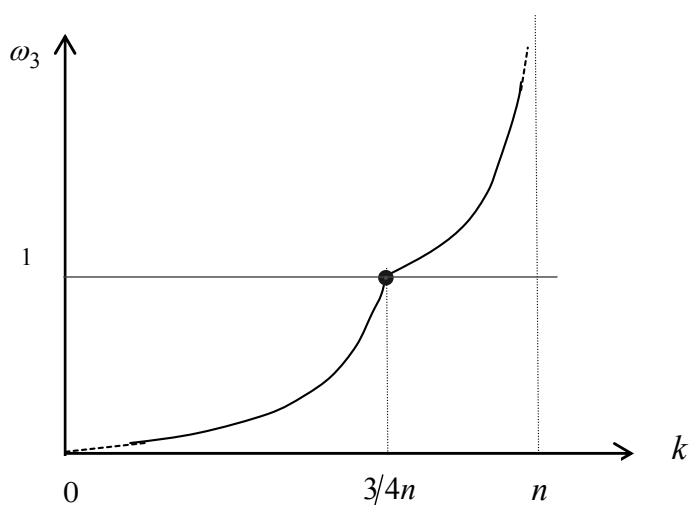


図 - 4 : 協力者数 k と費用便益係数 ω_3 との関係

個人が同等に負担するとすれば、 $k=3/4n$ のとき負担は最大となり、 $k=n$ 、すなわち全ての個人が協力する（タダ乗りする者がいない）ときに最も負担が軽減される。図 - 4 に、公共財の供給に対する協力者数 k と費用便益係数 ω_3 との関係を示す。

第 4 章 2×2 ゲームおよび n 人ゲームによる公共財の供給に関する分析

4 - 1. 2×2 ゲームの適用と分析

公共財の供給に対して個人、グループ、企業、政府などが協力するか、タダ乗りするか、の判断は自らがおかれている多様な状況に依存する。これには公共財の量や質のレベルが異なることや、公共財を特徴づける二つの要素、非競合性と非排除性、の濃淡の違いが背景にある。例えば、大都市の大気汚染については、汚染の清浄化を望む個人やグループと経済活動のために排気を継続する企業が選択する行動様式には違いがある。また、国の平和や安全に対しては、全ての利害関係者が協調して公共財による便益を享受することを選択する。さらに、個人やグループメンバーなどによる公共財の供給に対する協調行動において、各個人の合理的な行動の選択が必ずしも集団全体の行動を最適化することにならないこともこの問題を複雑にしている。

以下では、こうした公共財の供給をめぐる協力、タダ乗り、協調行動などの諸課題を分析する手段として 2×2 ゲーム理論を適用する。図 - 5 から図 - 10 に異なる 2×2 ゲーム・タイプを示してある。これらの 2×2 ゲーム・タイプを異なる状況にある公共財の供給に適用して分析を試みる⁸⁾ (Sandler, 1992, 2004)。なお、各ゲーム構造において、プレイヤーは A と B （ただし、個人、グループメンバーなど）、公共財の供給に対する協力を c_i 、非協力（タダ乗り）を nc_i 、公共財の供給に 1 ユニット協力することによる便益を b 、1 ユニット協力のためのコストを c あるいは c' で表す。なお、利得とコストの大小関係はゲーム・タイプの各図に表示してある。

1. 公共財の供給の失敗

まず、図 - 5 を参照する。このゲームでは公共財の供給に対して、協力か、非協力か、の判断が個人の合理性に基づいて行われ、協調の失敗により公共財の供給の失敗（provisional failure）が生じるケースである。ゲームにおける利得構造は両プレイヤー A 、 B がそれぞれ 1 ユニット協力すると各自が便益 $2b$ を得て、コスト c を負担する。また、一方のプレイヤーのみが協力し、他のプレイヤーがタダ乗りするとき、前者の利得を $b-c$ 、後者の利得を b とする。また、両プレイヤーが非協力を選択すれば両者の利得は 0 である。このときの利得関係は、 $0 < b < c < 2b$ である。

| Player | | B | |
|--------|-----------|----------------|------------|
| | | <i>c</i> | <i>nc</i> |
| A | <i>c</i> | $(2b-c, 2b-c)$ | $(b-c, b)$ |
| | <i>nc</i> | $(b, b-c)$ | $(0, 0)$ |

(注) $0 < b < c < 2b$

図 - 5: “囚人のジレンマ”・ゲーム

| Player | | B | |
|--------|-----------|------------------|-------------|
| | | <i>c</i> | <i>nc</i> |
| A | <i>c</i> | $(2b-c', 2b-c')$ | $(b-c', b)$ |
| | <i>nc</i> | $(b, b-c')$ | $(0, 0)$ |

(注) $0 < c' < b$

図 - 6: “完全協力”・ゲーム

| Player | | B | |
|--------|-----------|----------------|------------|
| | | <i>c</i> | <i>nc</i> |
| A | <i>c</i> | $(2b-c, 2b-c)$ | $(b-c, b)$ |
| | <i>nc</i> | $(b, b-c)$ | (d, d) |

(注) $0 < b < c, d < b - c < 0$

図 - 7: “チキン”・ゲーム

| Player | | B | |
|--------|-----------|----------------|-------------|
| | | <i>c</i> | <i>nc</i> |
| A | <i>c</i> | $(b-c', b-c')$ | $(b-c', b)$ |
| | <i>nc</i> | $(b, b-c')$ | $(0, 0)$ |

(注) $0 < c' < b$

図 - 8: “調整”・ゲーム/ “男女の闘い”・ゲーム

| Player | | B | |
|--------|-----------|----------------|----------------|
| | | <i>c</i> | <i>nc</i> |
| A | <i>c</i> | $(2b-c, 2b-c)$ | $(-c/2, -c/2)$ |
| | <i>nc</i> | $(-c/2, -c/2)$ | $(0, 0)$ |

(注) $0 < b < c < 2b$

図 - 9: “保証”・ゲーム (I)

| Player | | B | |
|--------|-----------|----------------|-----------|
| | | <i>c</i> | <i>nc</i> |
| A | <i>c</i> | $(2b-c, 2b-c)$ | $(-c, 0)$ |
| | <i>nc</i> | $(0, -c)$ | $(0, 0)$ |

(注) $0 < b < c$

図 - 10: “保証”・ゲーム (II)

このゲームにおいて、便益とコストの関係が $b < c$ であれば、両プレイヤーとも公共財の供給に協力することなく供給の失敗が生じ、ナッシュ均衡は (nc, nc) で、ゲーム構造は “囚人のジレンマ”・ゲーム (Prisoner's Dilemma Game) となる。また、戦略の組合せ (c, nc) および (nc, c) において協力する者の便益は $b - c$ 、タダ乗りする者の利得は b で、前者の利得は負になり、それは公共財の供給に対して自己犠牲的な者、いわゆる **Sucker** であり、公共財が供給される可能性は極めて低い。すなわち、公共財の供給コストの負担が大きい場合には協力に対する個人の行動やグループメンバーによる協調行動は生じづらい。これは各自が自らの利得の最大化を求めて行動する合理性に起因する。例えば、過去における地球温暖化防止において、二酸化炭素の排出がある閾値を超えるまでは企業や国家、国際社会が行動を起こさないままできた状況で説明できる。

以上の状況において、図 - 6 に示すように利得関係を、 $0 < c' < b$ に変化させる。すると、ナッシュ均衡は (c, c) へ移行し、両プレイヤーの協力により公共財が供給され、両者は便益 $2b - c'$ を享受することができる。この状況 (“完全協力”・ゲームと呼ぶ) は、公共財の供

給に協力した者がコストを超える便益を得ることができることから、個人やグループメンバーの協力を促進しやすくなり、タダ乗りする者の減少にもつながる。しかし、“囚人のジレンマ”・ゲームから“完全協力”・ゲームへの移行はどのようにして実現可能だろうか。両ゲームにおいて、両プレイヤーは情報の非対称性におかれ、各個人の行動様式について交渉し協調行動を求めることはできない。ここでは、外部からのインセンティブの付与、例えば、政府による補助金 Δc により協力コストを、 $c - \Delta c = c'$ に削減できれば、両者が協調行動をとることが可能になる。こうした事例として、河川の上流域の集水機能を担う山林の維持管理に対して、下流域で清潔な水を飲用水として使用する都市住民が、その一部を負担することで維持管理費の削減に協力し、清潔な水という公共財からの便益を享受するケースが考えられる（吉永, 2015, 2016）。いずれにしても、外部からのインセンティブの付与には制度設計やルールの制定に基づくことが多いが、結果として、個人やグループメンバーによる公共財の供給に関わる協調行動を喚起することにつながる。

2. Sucker は Chicken か

次に、“囚人のジレンマ”・ゲームにおいて両プレイヤーが共に非協力を選択するときの利得を $(0, 0)$ から (d, d) 、ただし、 $d < b - c < 0$ に変更すると利得配置は、図 - 7 に示すようになる。これにより、ゲーム構造は“チキン”ゲーム (Chicken Game) となる。このゲームでは、一方のプレイヤーが公共財の供給に協力し、他のプレイヤーはそれにタダ乗りするときに均衡が達成される。このとき、グループメンバーの多くが協力するなかで、一部のメンバーがタダ乗りするような場合で、その結果、協力する側の負担が増加しているような状況で公共財の供給が行われる。このゲームでは、両プレイヤーが協力する側になるか、タダ乗りする側になるか、で二つのナッシュ均衡が存在し、“Sucker or Free-rider”ゲームと言うこともできる。ここで、Sucker は Chicken であるが、自己犠牲的（あるいは自発的）に公共財の供給に協力する観点からすれば Chicken とは呼べない。

このゲームにおける二つのナッシュ均衡は、 (c, nc) および (nc, c) である。この均衡から両プレイヤーが共に非協力を選択することはない。それは、利得関係が、 $d < b - c < 0$ であり、Sucker であるプレイヤーが非協力を選択すれば均衡は、 (nc, nc) になり、両者の利得はさらに悪化することになる。逆に、両プレイヤーが協力して公共財を供給するには便益とコストの関係を、 $0 < b < c$ から $0 < c < b$ に変更することが必要である。すなわち、協力する個人やグループメンバーが Sucker の状況ではなく、協力に必要なコスト以上の便益を享受することが条件となる。

3. 自発的な協調行動

これは公共財の供給に対する最初のプレイヤーの 1 ユニット協力 (best shot) により、便益 b が確保され、次に協力する 1 ユニット協力の便益はカウントされないケースである。こ

のときのコストは c' 、利得関係を $0 < c' < b$ とする。これにより、ゲーム構造は図 - 8 に示すように、“調整”・ゲーム (Coordination Game) あるいは“男女の闘い”・ゲーム (Battle of Sex Game) になり、いずれのゲームも二つのナッシュ均衡、 (c, nc) および (nc, c) が存在し、利得は対称的で正である。すなわち、いずれかのプレイヤーが公共財の供給に協力し、他のプレイヤーがタダ乗りすることになる。この状況は、上述の“チキン”ゲームとは異なり、各プレイヤーが自発的に協力を申し出ることにより均衡が達成されるような場合である。また、 $0 < c' < b$ であることから、両プレイヤーが共に非協力を選択することはない。一方、両均衡は、両プレイヤーが協力する戦略の組合せ (c, c) と利得の総和を比較すると、 $0 < 2b - 2c' < 2b - c'$ であり、パレート最適であることから両者が協力する戦略を選択する可能性はない。

こうした“調整”・ゲームあるいは“男女の闘い”・ゲームに相当するような公共財の供給のケースとして、例えば、若者と高齢者が共存するようなコミュニティ社会において、コミュニティ内の清掃や地域の自然の維持管理などに若者が自発的に協力することで、コミュニティ社会の秩序の維持という公共財が供給される。このとき、両者はともに便益を得ることができ、高齢者は消極的なタダ乗り者であると言える。これらのゲーム・タイプは公共財の供給に特定の個人やグループメンバーが自発的に協力し、その便益が他へ波及 (spill over) するような場合に適応する。例えば、最近の地球温暖化防止策であるパリ協定への参加国による二酸化炭素削減の効果が達成されれば、その便益を非参加国も等しく享受することができタダ乗りすることになる。

4. 協力に対するコミットメント

図 - 9 に示すゲーム (I) は“保証”ゲーム (Assurance Game) で、プレイヤーの一人が協力しないとき、公共財は供給されることなく、協力したプレイヤーのコストを両プレイヤーが等分に負担する場合である。一方、両プレイヤーが協力する場合には公共財は供給され、便益 $2b - c > 0$ を享受する。このゲームにおけるナッシュ均衡は、 (c, c) と (nc, nc) の二つである。このとき、明らかに両プレイヤーが協力する均衡 (c, c) が選好される。これは、プレイヤーの一人が協力をコミットメント (commitment) すると、他のプレイヤーに自己判断が働き協力が選好される。このとき、いずれかのプレイヤーが非協力を選択すれば、両者の利得は $(-c/2, -c/2)$ となり、非協力者も応分の負担を強いられる。また、両者が非協力による均衡 (nc, nc) を選択すれば、両プレイヤーの利得は $(0, 0)$ となることから、両プレイヤーに自己抑制が働き協力均衡 (c, c) が選好される。これにより、公共財が供給されない状況、すなわち協調の失敗 (collective failure) ⁹⁾ は回避される。

上記のゲーム (I) の利得を変化させた“保証”ゲーム (II) を図 - 10 に示す。このゲームの利得構造では、一人のプレイヤーが協力しない場合には公共財は供給されることなく、

協力を選択したプレイヤーのみがコスト c を負担することになる。この状況においては両プレイヤーが共に非協力を選択することが好ましいと判断するケースも生じる。しかし、ゲーム (I) と同様に、一方のプレイヤーが協力をコミットメントすれば、他のプレイヤーも協力を選好する。これにより、公共財の供給は容易に達成され、タダ乗りする個人やグループが生じる確率は低い。

ここで“保証”ゲーム (II) の事例として、上述した河川の上流域の集水機能を担う山林の維持管理問題を別の角度から考える。山林所有者の全員が維持管理を行うことで良好な集水機能が維持されれば、下流域の都市住民による上流域に対する支払いを便益とし、コストをカバーできる。しかし、一部の所有者が維持管理を怠れば、下流域からの支払いはなく、維持管理を実施した者は自らのコストを負担することとなる。また、全ての山林所有者が維持管理を怠ればコストを負担することもなく流域全体にとって便益もない¹⁰⁾。こうした状況に対して、“保証”ゲーム (I) おける一部の所有者のみが維持管理を行った場合のコストの負担を、維持管理を怠った所有者にも負担させるとすれば、ここでも、そのための制度設定やルール制定が必要とされる。

4 - 2. “範囲の経済性”の適用

“範囲の経済性” (economy of scope) とは企業が多角化して商品を生産することで、複数の企業で個々に生産する場合より一商品当たりのコストを削減できることを意味する。系列企業 i_1, i_2, \dots, i_n の生産量を、それぞれ q_1, q_2, \dots, q_n とし、企業が多角化して生産を行うときのコストを $C(q_1, q_2, \dots, q_n)$ で表し、各企業の生産コストを、それぞれ $C_1(q_1), C_2(q_2), \dots, C_n(q_n)$ とすると、 $C(q_1, q_2, \dots, q_n) < C_1(q_1) + C_2(q_2) + \dots + C_n(q_n)$ となる。この“範囲の経済性”の考え方を公共財の供給に適用する。公共財の供給には利害関係者が多くなればなるほど協力に向けた調整のための取引費用が増大する。このため、公共財の供給に対して協力を得るには、個々に調整や交渉を行うより、協調行動で行う方が効率的で取引費用の削減に資することができる。

このことを踏まえて、図 - 5 の“囚人のジレンマ”・ゲームの利得構造を次のように変化させる。すなわち、両プレイヤーが協力戦略を選好するときのコストを c' とし、また、一方のプレイヤーのみが協力を選好し、他のプレイヤーはタダ乗りするときのコストを c とし、 $c' < c$ である。このとき、利得配置は図 - 11 に示すようになる。このゲームは、 $c' < c$ より、両プレイヤーが公共財の供給に協力する場合には負担コストが軽減され、一方のプレイヤーのみが協力するときには負担コストが大きいことを示している。ゲーム構造は“保証”ゲームで二つのナッシュ均衡、 (c, c) および (nc, nc) が存在する。このうちパレート最適均衡は前者における両者が協力を選好する戦略の組合せで、このとき公共財の供給が協調行動により達成される。

| Player | | B | |
|--------|----|------------------|------------|
| | | c | nc |
| A | c | $(2b-c', 2b-c')$ | $(b-c, b)$ |
| | nc | $(b, b-c)$ | $(0, 0)$ |

(注) $0 < c' < b < c < 2b$

図 - 11 : 変化後の利得配置

| Player | | B | |
|--------|----|--------------------------------|--------------------|
| | | c | nc |
| A | c | $(2nb-c_\alpha, 2nb-c_\alpha)$ | $(nb-c_\beta, nb)$ |
| | nc | $(nb, nb-c_\beta)$ | $(0, 0)$ |

(注) $c_\alpha < c_\beta$

ただし、 $c_\alpha = C(q_1, q_2, \dots, q_n)$
 $c_\beta = C_1(q_1) + C_2(q_2) + \dots + C_n(q_n)$

図 - 12 : “範囲の経済性” を考慮した利得配置

ここで、公共財の供給に関わる個人やグループメンバーを n 人とし、利得配置を図 - 12 に示すように設定する。同図において、公共財の供給に協力するときのコストを“範囲の経済性”によるコスト概念を考慮し、 $c_\alpha = C(q_1, q_2, \dots, q_n)$ 、 $c_\beta = C_1(q_1) + C_2(q_2) + \dots + C_n(q_n)$ とおくと $c_\alpha < c_\beta$ で、 n が増加すると c_α は減少し、 c_β は増加する。これにより、公共財の供給による便益が増加し、協力する個人やグループメンバーが増加することが期待される。

その一方で、ある個人やグループメンバーが協力し、他のメンバーがタダ乗りするときの戦略の組み合わせによる利得、 $(nb-c_\beta, nb)$ あるいは $(nb, nb-c_\beta)$ 、において、 n が増加すると、タダ乗りする者が増加し、協力する者（いわゆる、Sucker）のコスト負担が増加することになる。このとき、後述するように公共財の供給に対する協力者数の増減とコスト負担との相互関係が課題となる。

4 - 3. n 人ゲームへの転換

次に、 2×2 ゲームの n 人ゲームへの転換を試みる。図 - 13 は、 2×2 ゲーム・タイプの“囚人のジレンマ”・ゲーム、“チキン”ゲームおよび“調整”ゲームの n 人グループメンバー・ゲームへの転換を示している¹¹⁾。利得構造はそれぞれ図 - 5、7、8 と同様であるが、同図においては、任意のグループメンバーである i の利得のみ示してある。第 1 列は i 以外のグループメンバー ($n-1$) が協力 c をとる人数、それに対して偶数列は、 i が協力 ($i \rightarrow c$) をとり、奇数列は i が非協力 ($i \rightarrow nc$) をとるときの利得を表している。

まず、“囚人のジレンマ”・ゲームにおいて、 i が nc とれば、 $0 < b < c$ より非協力 nc が支配戦略となる。これは i 以外の全てのグループメンバー ($n-1$) も同様に nc とった場合で、誰も協力しないときにナッシュ均衡 (nc, nc) となり利得は $(0, 0)$ である。一方、 i が協力し、 i 以外の全てのグループメンバーも協力するときの総便益 B_c 、

$$B_c = n(bn - c) = n^2b - nc \dots\dots\dots (8)$$

と、 i が非協力で、 i 以外の全てのグループメンバーが協力するときの総便益 B_{nc} 、

| i 以外グループ → c | <i>Prisonner Dilemma Game</i> | | <i>Chicken Game</i> | | <i>Coordination Game</i> | |
|------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| | $i \rightarrow c$ | $i \rightarrow nc$ | $i \rightarrow c$ | $i \rightarrow nc$ | $i \rightarrow c$ | $i \rightarrow nc$ |
| 0 | $b - c$ | 0 | $b - c$ | d | $b - c'$ | 0 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| $j - 1$ | $bj - c$ | $b(j - 1)$ | $bj - c$ | $b(j - 1)$ | $b - c'$ | b |
| j | $b(j + 1) - c$ | bj | $b(j + 1) - c$ | bj | $b - c'$ | b |
| $j + 1$ | $b(j + 2) - c$ | $b(j + 1)$ | $b(j + 2) - c$ | $b(j + 1)$ | $b - c'$ | b |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| $n - 1$ | $bn - c$ | $b(n - 1)$ | $bn - c$ | $b(n - 1)$ | $b - c'$ | b |

(注) $0 < b < c$, $d < b - c < 0$, $0 < c' < b$

$i \rightarrow c$: プレイヤー i が協力、 $i \rightarrow nc$: i が非協力を意味する。

図 - 13 : “囚人のジレンマ”、“チキン”、および“調整”ゲームの n 人ゲームへの転換

$$B_{nc} = b(n - 1) + n \{ b(n - 1) - c \} = n^2 b - nc - b \dots\dots\dots (9)$$

を比較すれば (8)、(9) 式より、 $B_c > B_{nc}$ であり、社会的に最適均衡 (social optimal equilibrium) は、 i を含めて全てのグループメンバーが協力戦略を選好するときである。

次に、“チキン”ゲームでは、 i が協力 c し、 i 以外の全てのグループメンバーが非協力 nc 、すなわち、タダ乗りするときにナッシュ均衡 (c, nc) 、利得 $(b - c, 0)$ となる。また、社会的に最適均衡は、“囚人のジレンマ”・ゲームと同様に全てのグループメンバーが協力する戦略を選好するときである。

さらに、“調整”ゲームにおいては $0 < c' < b$ であり、ここでも i が協力 c し、 i 以外の全てのグループメンバーが非協力 nc 、すなわち、タダ乗りするときにナッシュ均衡 (c, nc) 、利得 $(b - c', 0)$ となる。一方、社会的に最適均衡は、 $B_c < B_{nc}$ となり、 i が非協力でタダ乗りし、全てのグループメンバーが協力する戦略を選好するときである。なお、“保証”ゲームについても、同様の手続きで n 人ゲームへ転換され、均衡が求められる¹²⁾。

ここで、 n 人グループメンバーによる公共財の供給のための総コストを C_s とし、便益 b とグループメンバーの平均負担コスト $c_n = C_s / n$ の比を $\lambda = b / c_n$ とすると、 $b = \lambda C_s / n$ となる。また、 $\lambda > n$, $b - nc > 0$ なら“調整”ゲームとなり、任意のグループメンバーが協力すれば、他のメンバーがタダ乗りするケースで全てのグループメンバーが便益を得る。一方、 $\lambda < n$, $b - nc < 0$ であれば、“囚人のジレンマ”・ゲームとなる。いま、公共財の供給に対する協力者数を m 、ただし、 $m < n$ とすれば、このときの平均負担コストは、 $c_m = C_s / m$ となり、協力するグループメンバーの利得は、 $b - c_m$ より $\lambda C_s / n - C_s / m$ 、

非協力者の利得は $\lambda C_s/n$ である。これを図 - 13 に適用する。すると、 i が協力 ($i \rightarrow c$) し、 i 以外の全てのグループメンバー ($n-1$) が非協力のときナッシュ均衡となり、 i の利得は $\lambda C_s/n - C_s$ 、すなわち、 $(\lambda/n-1)C_s$ となり、また、社会的に最適均衡のときの i 利得は、 $\lambda C_s/n - C_s/n$ 、すなわち、 $(\lambda-1)C_s/n$ である¹³⁾。

以上、 2×2 ゲームの n 人ゲームへの転換を試みたが、ナッシュ均衡、社会的に最適均衡、すなわち、パレート最適均衡とも 2×2 ゲームと同じ均衡になる。これにより、異なるゲーム・タイプにおける集合財の供給に対するグループメンバーの協力および非協力に関わる協調行動による公共財の供給のプロセスや供給コストと便益の変化などを把握することができる。

第5章 タダ乗り問題と協調の失敗

5-1. 公共財の供給とタダ乗り問題

公共財の供給や消費に関して個人やグループメンバーなどの間で、供給に協力すべきか、それともタダ乗りするか、また、消費に関して、大いに消費する、あるいは消費が少ない、などの違いが存在する。これは個人の多様な嗜好やニーズなどの選好性の相違に依存する結果から生じる。公共財に関するこれらの個人の相違は社会のなかで情報の非対称性として存在する。こうした状況で、ある個人の行動は他の個人の行動には依存しない場合もあれば、他の個人の行動を想定して行動する場合もある。しかし、いずれの行動も個人自から負担するコストを最小化し、便益を最大化する行動様式であることは間違いない。

このような情報の非対称性が存在する中で、個人が公共財の供給に対して、協力すべきか、タダ乗りすべきか、という状況におかれているとする。言い換えれば、各個人は相手が公共財の供給に協力するなら、自分はそれにタダ乗りしたい（積極的あるいは消極的を問わず）と考えている状況を想定する。こうした状況は“調整”ゲームとして捉えることが可能である。“調整”ゲームには、上述したように、二つのナッシュ均衡が存在し、いずれの均衡が選択されるかは両者による駆け引き（あるいは、調整または交渉）の結果に依存することになる。

ここで、2人の個人あるいはグループメンバー A 、 B をプレイヤーとする 2×2 ゲームを考える。まず、利得を公共財の供給による便益のみと考えると、利得配置は図 - 14 に示すように対称的になる。両プレイヤーが公共財の供給に共に協力するときの利得を x とし、両者が共に協力しないときの利得を x' 、一方のプレイヤーが協力し他方のプレイヤーがそれにタダ乗りする場合の利得を y とし、このとき、一方のプレイヤーの自発的な協力により

| | | <i>B</i> | |
|----------|-----------|----------|------------|
| | | <i>c</i> | <i>nc</i> |
| <i>A</i> | <i>c</i> | (x, x) | (y, y) |
| | <i>nc</i> | (y, y) | (x', x') |

(注) $x > y > x'$

図 - 14：対称利得配置と協力均衡

| | | <i>B</i> | |
|----------|-----------|------------------------|------------------------|
| | | <i>c</i> | <i>nc</i> |
| <i>A</i> | <i>c</i> | (x, x) | $(y, y + \varepsilon)$ |
| | <i>nc</i> | $(y + \varepsilon, y)$ | (x', x') |

(注) $y + \varepsilon > x > y > x'$

図 - 15：協力とタダ乗り問題

公共財は供給され、両者は等しく便益を得る。ただし、公共財の量と質のレベルは両者が協力する場合より低く、利得関係は $x > y > x'$ である。これにより、両者が協力する純粋戦略の組合せ (c, c) がナッシュ均衡となる。

いま、上記の利得構造に対して、公共財の供給に協力しない戦略 *nc* をとるプレイヤーの利得にタダ乗りすることによる便益 ε を付加すると、 $y + \varepsilon$ となる。そうすると、利得の大小関係は、 $y + \varepsilon > x > y > x'$ となり、ナッシュ均衡は純粋戦略の組合せ、 (c, nc) と (nc, c) になる。このとき、利得 x および x' は両プレイヤーが均衡を逸脱した場合の戦略の組合せによる利得で、前者は両プレイヤーが共に協力するときの利得で公共財は供給されるが、後者は両者が協力しないことから公共財は供給されない。この場合、前者の利得 x は後者の x' より大きい、タダ乗りする利得 $y + \varepsilon$ より小さい。これらの利得配置を図 - 15 に示す。

しかし、公共財の供給に対して、協力するか、否かは、両プレイヤーは情報が非対称の状況のもとで自らの戦略の選択を求められる。相手のとる戦略が不確定であるなかで、利得を最大化できる純粋戦略の選択は困難である。このため、両プレイヤーは混合戦略を適用して確率的判断で戦略の決定を行う。両プレイヤーにとって、相手が協力することで供給される公共財にタダ乗りすることが自己の利得を最大化することになる。図 - 15 において、プレイヤー *A* が戦略 *nc* をとる確率を p とすると、戦略 *c* をとる確率は $1 - p$ となる。これにより、プレイヤー *B* がとる戦略を考慮して確率 p を求めると、次のようになる。

$$(1-p)x + py = (1-p)(y + \varepsilon) + px'$$

$$p = \frac{y + \varepsilon - x}{2y + \varepsilon - (x + x')}$$

$$= \frac{y + \varepsilon - x}{y + \varepsilon - x + (y - x')} \dots\dots\dots (10)$$

ここで、(10) 式において $y - x'$ の差が減少すれば確率 p が大きくなり、プレイヤー *A* は戦略 *nc* をとる確率が高くなる。一方、プレイヤー *B* にとって利得は変わらず、 $y > x'$ である

ことから戦略 c をとることが有利である。結果として、ナッシュ均衡 (nc, c) が達成される。これは、プレイヤー B が公共財の供給に協力し、プレイヤー A はタダ乗りすることを意味する。逆に、 $y-x'$ の差が大きくなれば、確率 p が小さくなり、プレイヤー A が戦略 c をとる確率が高くなる。このときプレイヤー B の利得は $y+\varepsilon > x$ であることから戦略 nc を選択する。これにより、ナッシュ均衡は、 (c, nc) に移行し、今度はプレイヤー A が協力し、プレイヤー B がタダ乗りすることが可能となる。しかし、 $y-x'$ の差が限りなくゼロに近づけばプレイヤー B は自主的な協力を止め、 nc をとる可能性が高くなり、最終的に均衡 (nc, nc) に至り、公共財は供給されなくなる。

次に、 p と両プレイヤーが協力するときの利得 x の関係を分析するために (10) 式を x で微分すると、

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{x'-y}{\{2y+\varepsilon-(x+x')\}^2} \dots\dots\dots (11)$$

となる。(11) 式において、分子は $y > x'$ より負であり、 x が限界的に増加すれば、 p は減少し、プレイヤー A は公共財の供給に対する協力戦略 c を選好し、ナッシュ均衡は、 (c, nc) に移行する。逆に、 x が限界的に減少すれば、 p は増加し、プレイヤー A はタダ乗り戦略 nc に留まり、ナッシュ均衡は (nc, c) である。これにより、両プレイヤーが公共財の供給に協力する戦略を選好してもタダ乗りにおける便益が大きいことから、両者が協力する協力戦略 (c, c) の達成が困難である。

このように、タダ乗りが存在する状況では、両プレイヤーが共に協力する利点が少ない。すなわち、公共財の供給に協力するコストの方が得られる便益より大きい状況と想定される。従って、当然、便益のみを享受できるタダ乗りするプレイヤーの利得は大きくなる。この状況を変化させるためには制度やルールによる制度設計によりタダ乗りするプレイヤーに罰則 (penalty) を課すか、協力することによる便益を増やす制度、例えば、補助金の支給などが必要である。ここで、タダ乗りするプレイヤーに罰則 α を課し、 c と nc の利得関係が、 $y+\varepsilon-\alpha < x$ に変化したとする。すると、利得配置は図 - 16 に示すようになり、ナ

| Player | | B | |
|--------|------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | c | nc |
| A | c | (x, x) | $(y, y+\varepsilon-\alpha)$ |
| | nc | $(y+\varepsilon-\alpha, y)$ | (x', x') |

注) $y+\varepsilon-\alpha < x$ 、 $y+\varepsilon-x < \alpha$

図 - 16 : 制度設計の適用後の利得配置

ッシュ均衡は両プレイヤーが共に公共財の供給に協力する協力戦略(c, c)となる。

5-2. 協調行動とグループサイズ

Mancur Olson が 1965 年に著書 “*The Logic of Collective Action*” を刊行して以降、協調行動とグループの行動様式に関する研究への関心が高まった。本書は協調行動を経済学的観点から捉えて、社会学、人類学、法律学、政治科学などの分野におけるグループの行動様式に関する考え方に変化をもたらした。本書が出版される以前は、グループや政治集団はそのメンバーや選挙民の福利 (well-being) を追求するものとみられてきた。これに対して、Olson はグループメンバーによる個々の行動は集団あるいはグループの福利を改善するのではなく、悪化するであろうことを示した。すなわち、個人の自らの福利の改善のための追求はグループの便益につながらず、むしろ好ましくない結果をもたらすことを論じた (Sandler, 2004)。

Sandler (2004) は “*The Logic of Collective Action*” における議論を、表 - 1 に示すように、協調行動に関わるグループのサイズ、グループの構成および制度設計に分けて協調行動に関する 7 つの原則として指摘している。まず、グループサイズに関して、大きなグループは小さなグループに比較して集合財（あるいは、公共財）を供給しづらくなる。それは、集合財による個人（あるいは、個人による連携 (coalition)）の便益は、グループサイズが大きくなるにつれ減少する結果、公共財の供給のために個人が負担するコストをカバーできなくなるからである。

次に、グループの構成に関して、嗜好や収入などが同質あるいは異質のグループによる集合財の形成が考えられ、社会にはそうした集合財が共存する。例えば、前者は有料のスイミングプールの利用、後者は公園の利用などである。集合財の形成において注目すべきは、富者が貧困者のために公共財の供給のコストを肩代わりするという“搾取の仮定 (exploitation hypothesis)”である。言い換えれば、前者が後者に恩恵 (privilege) を与えることでもある¹⁴⁾。しかし、この原則は個人の収入に相関した集合財に対する嗜好に依存する。

最後に、集合財の供給における協調の失敗に関して、選択的インセンティブ¹⁵⁾ (selective incentive) と制度設計を提案している。前者は、協調行動に結びつく私的な起因により、個人の行動の動機付けを促進するインセンティブであり、後者は、協調行動の阻害要因を克服するための制度面の整備である。この制度設計の選択は、集合財の供給に対して戦略的に関与し影響を与える。また、選択的インセンティブは協調行動が集合財の供給と併せて他の関連する財やサービス、結合生産物 (joint products) と関連付けられて議論されることもある。

表 - 1 : 協調行動: 一般的な原則

| グループサイズに関する提案 | |
|---------------|---|
| ① | 大きなサイズのグループは自ら協調行動を起こすことはない。すなわち、大規模な協調行動のグループ形成は困難である。 |
| ② | グループサイズが大きくなれば、個人の合理的な（ナッシュ）行動により非効率性が高まる。 |
| グループの構成に関する提案 | |
| ① | 大きな財産を有するグループメンバーは集合財の供給に不均衡な負担を担うことになる。これは、いわゆる搾取の仮定（ exploitation hypothesis ）と言われる。 |
| ② | 異質のグループは特定の協調行動を達成しやすい。 |
| ③ | 同質のグループは（協調行動を）形成しやすい。 |
| 制度面の勧告 | |
| ① | 協調の失敗（ collective failure ）は個人の利益を増加させる選択的インセンティブ（ selective incentive ）を通して克服されうる。 |
| ② | 協調の失敗は制度設計によって克服される。例えば、同盟の組織（ federated structure ）。 |

出典：Sandler(2004)、pp.32：著者が翻訳。

上記において、グループサイズが大きくなれば、集合財の供給に協力する個人が少なくなり、集合財による便益と供給コストが変化する可能性について指摘した。これを検証するために、図 - 17 は“調整”・ゲーム/“男女の闘い”・ゲームにおいて n 人が参加するなかで、任意のプレイヤーが A 、 B であるケースを想定する。ここでの利得構造は、 b が集合財の供給から得られる便益で、 c' は協力することによるコストで、 $0 < c' < b$ とする。集合財の供給に参加者 n 人が協力すれば各個人の利得は $nb - c'$ 、タダ乗りすれば nb 、タダ乗りを m 人とすれば $(n-m)$ 人が協力して $(n-m)b - c'$ 、である¹⁶⁾。このゲームの利得配置において、いずれかのプレイヤーが自発的に協力することで二つのナッシュ均衡、 (c, nc) および (nc, c) に落ち着くことになる。

| Player | | B | |
|--------|------|-----------------------|-----------------------|
| | | c | nc |
| A | c | $(nb - c', nb - c')$ | $\{(n-m)b - c', nb\}$ |
| | nc | $\{nb, (n-m)b - c'\}$ | $(0, 0)$ |

(注) $0 < c' < b$, $m < n$

図 - 17：“調整”・ゲーム/“男女の闘い”・ゲーム

集合財の供給に関わるグループメンバーを構成する参加者 n は自発的に協力する (c) か、否か (nc)、を自ら決定する。すなわち、各プレイヤーが他の参加者 $n-1$ 人の個人がとる混合戦略に対して純粋戦略をとることで n 通りのナッシュ均衡が存在する。今、プレイヤー A が、 nc をとる確率を p 、 c をとる確率を $1-p$ とし、混合戦略を $\sigma = (1-p)c + pnc$ とすると、各個人（ここでは、プレイヤー A ）が純粋戦略 c および nc を取ったときの期待利得は同じであることから、

$$\pi_A(c, \sigma, \sigma, \dots, \sigma) = \pi_A(nc, \sigma, \sigma, \dots, \sigma) \quad (12)$$

となる。このとき、他の参加者 $n-1$ 人における任意の個人がとる混合戦略に対してプレイヤー A が純粋戦略 c をとれば期待利得は、

$$\begin{aligned} \pi_A(\cdot) &= (1-p)(nb - c') + p\{(n-m)b - c'\} \\ &= nb - pmb - c' \end{aligned} \quad (13)$$

である。一方、純粋戦略 nc をとれば、そのときの期待利得は、

$$\pi_B(\cdot) = (1-p)nb \quad (14)$$

となる。(12) 式より、

$$\begin{aligned} nb - pmb - c' &= (1-p)nb \\ p &= \frac{c'}{(n-m)b} \end{aligned} \quad (15)$$

(15) 式において、 $0 < c' < b$ 、 $m < n$ である。ここで、集合財の供給に対する参加者 n が増加する場合を考えると、次のようなことを指摘できる。

- ・ 参加者 n の増加率がタダ乗りする者 m の増加率を上回れば、 $(n-m)$ が増加し、 nc をとる確率 p は小さくなり、 c をとる確率 $1-p$ が大きくなる。これにより、プレイヤー B （すなわち、プレイヤー A 以外の個人）が、 c をとる確率が高くなり、集合財の供給の可能性が高まる。
- ・ 逆に、タダ乗りする者 m の増加率が参加者 n の増加率を上回れば、 $(n-m)$ が減少し、 nc をとる確率 p は大きくなり、 c をとる確率 $1-p$ が小さくなる。これにより、プレイヤー B が、 nc をとる確率が高まり、プレイヤー A が協力する集合財の供給にタダ乗りする。その結果、プレイヤー A の便益は減少する。

ここで、表 - 1 に示す Olson のグループサイズに関する提案①および②に関して、上記の結果を検証してみる。まず、①に関して、集合財の供給に対して協力する意向を示す参加者が増加するならば、必ずしも、大きなサイズのグループは協調行動を起こすことがない、

とは言い難い。なぜなら、タダ乗りする者が少なければ、すなわち、経済的に合理的な行動をとる個人が少なければ、参加者 n の増加は集合財の供給のための協調行動への移行を可能にする。一方、個人が自らの合理性に基づいて行動するならば、タダ乗りする者が増加し、参加者 n の増加は集合財の供給のための協調行動を困難にする。これは、参加者 n が個人の利益追求という合理性に基づいて行動するとすれば、集合財の供給に向けた協調行動の形成が困難であることを意味する。

第6章 結論

社会には多くの公共財（集合財）が存在し、私たちはその便益を生活のなかで享受している。それらは自然により供給され、あるいは人間によって供給されるもので、例えば、前者には、熱帯雨林や汚染のない空気など、後者には、社会の安全確保のためのさまざまな規制やルールなどがある。これらの公共財は一度供給されると非排他的で非競合的な特徴を有する。公共財による便益は全ての人々に等しく享受されるが、その供給にはコストがかかる。特に、公共財の供給に協調行動を伴う場合には、供給コストと便益の関係が重要になる。それには、社会において公共財の供給に関わる個人やグループメンバーのサイズやタダ乗り問題、選択的インセンティブ、制度設計の有無など、が深く関わってくる。

こうした観点を踏まえて、本稿では、公共財の供給コストと便益に関して、主に、 2×2 ゲーム理論を適用して分析した。分析にあたっては、公共財の供給に関して複数の典型的な 2×2 ゲーム・タイプを設定し、供給コストと便益の利得構造に注目して公共財の供給の可能性や、そのためのグループメンバーによる協調行動の行動様式に関して考察した。また、公共財の供給に参加するグループのサイズを考慮して、協力する者とタダ乗りする者によるコスト負担と便益への影響や協調の失敗などについても考察した。結論としては、公共財の供給に必要な供給コストが便益を上回るような場合には公共財の供給は困難で協調の失敗が生じる。また、タダ乗りする者が増加することによる協力する側のコストの負担増は公共財の供給を困難にすることを示した。

最後に、公共財の供給に関しては、1965 年の Olson による “*The logic of Collective Action*” を起点に多くの議論や研究が展開されてきている。本稿はこれらの議論を参考にして展開したものである。公共財の供給問題は、社会、経済、環境、国際問題など多様な領域に関わる問題であり、今後、さらなる議論や研究の進展が期待される。

(注釈)

- 1) 本稿では、“公共財”と“集合財”という用語を互換的に用いているが、両用語の関係は集合財の集合が公共財という意味合いが強い。
- 2) 本稿では、Collective action に相当する邦訳として集团的行動ではなく協調行動とする。
- 3) 外部性による一般公共への影響度合いは公共財の需要や必要性の強弱を裏付けるものとして捉えることができる。
- 4) ここでの総利得とは、両プレイヤーの利得を加算することができるとしたときの戦略の組合せ利得 (c, c) における利得の合計で、それは他の戦略の組合せの利得の合計を上回る。
- 5) 公共財の供給コストは税金でカバーされる場合もあれば、便益を享受する個人やグループメンバー自らが負担する場合も多い。例えば、大気汚染防止による排出規制に伴うコストは新鮮な空気から便益を得るグループメンバー（企業など含む）によって負担されることになる。
- 6) ここでは公共財の供給に協力する者の増加を議論しており、後述する Olson のグループサイズの議論とは区別する必要がある。
- 7) これは、上述した“閾値”の考え方の一例を示すものである。
- 8) 図-6 から図-10 に示す異なる 2×2 ゲーム・タイプについては Sandler (1992)、pp. 38-44 を参照した。
- 9) ここでは、個人やグループメンバーによる集团的行動、すなわち協調行動がとれないことを協調の失敗と表現する。
- 10) 本来、河川の上流域における山林の維持管理は所有者の自助努力によるもので、その副産物として下流域が清潔な水を享受できる。すなわち、下流域は上流域による集水域の維持管理から生じる正の外部効果を受けていることになる。また、山林保有者が維持管理を怠れば河川の水質や水量に悪影響を与え、社会的コストを生じることになる。
- 11) 図-13 における n 人ゲームへの転換の表示は Sandler (1992)、pp.45 を参考にした。
- 12) 保証ゲームに関する n 人ゲームへの転換については Sandler (1992)、pp.44-47 を参照されたい。
- 13) ここでの議論は Hardin (1993)、pp.55-57 を参照した。
- 14) Olson によると、集団の集合財の供給に対する個人 i の協力コストを C 、便益を V_i とすると、個人の純便益は $A_i = V_i - C$ である。このとき、ある個人 i にとって $A_i > 0$ であれば集団は公共財の供給により恩恵 (privileged) を受け、全ての個人 i にとって $A_i < 0$ であれば集団は公共財の供給の恩恵から隠れた存在 (latent) である、としている (Hardin, 1993)。
- 15) 選択的インセンティブの事例として、例えば、大気汚染の解消が、健康被害を削減し、医療費の削減につながる事が認識されれば、大気汚染防止に向けて協調行動のインセンティブとなる。
- 16) 公共財の供給による便益は協力する者の 1 ユニットの協力からなるとすると、 n 人の個人やグループメンバーが協力すれば総便益は nb となる。供給コスト c は平等に負担される。

(引用・参考文献)

1. Anthony de Jasay (1990): *Social Conflict, Free Ride*, Clarendon Press, Oxford
2. David Reisman (1990): *Theories of Collective Action: Downs, Olson and Hirsch*, St. Martin's Press, New York
3. Jack Knight (1992): *Institutions and Social Conflict*, Cambridge University Press
4. Mancur Olson (1965): *The Logic of Collective Action: Public Goods and The theory of Groups*, Harvard University Press
5. Richard Cornes and Todd Sandler (1986): *The Theory of Externalities, Public Goods, and Club goods*, Cambridge University Press
6. Richard Tuck (2008): *Free Riding*, Harvard University Press
7. Russel Hardin (1993): *Collective Action*, Resource for the Future, The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London
8. Stephen Schecter and Herbert Gintis (2016): *Game Theory in Action: An Introduction to Classical and Evolutionary Models*, Princeton University Press
9. Todd Sandler (1992): *Collective Action: Theory and Application*, The University of Michigan Press
10. Todd Sandler (2004): *Global Collective Action*, Cambridge University Press
11. Yoshinaga Kenji (2015): *Analysis on Incomplete Contract under Asymmetric Information in Establishing PPP in Irrigation System - Referring to the Case in Philippines as an Example -*, Journal of Regional Development Studies, Vol. 18, March 2015, pp. 115-135
12. Yoshinaga Kenji (2016): *Negotiation and Cooperative Action for Efficient Water Allocation - Analysis by Applying 2×2 Game Theory -*, Journal of Regional Development Studies, Vol. 19, March 2016, pp. 127-156
13. 岡田 章 (2011) : ゲーム理論、有斐閣

Analysis on Supply Cost and Benefit in Provision of Public Goods —Free Riders Cause Collective Failure—

Kenji YOSHINAGA

In daily life, we could get benefits provided by public goods (or collective goods) which are important elements to form our society. Those are provided by either the nature or human, for examples of which the former includes rainforest and unpolluted air while the latter does various rules and standards for keeping a society safe. Once public goods are put in place, those are characterized by two elements of non-rivalry and non-excludability. Although benefits by public goods will spill over every people, it needs a cost of provision. The relation between the supply cost and benefit is significant in particular if it accompanies with collective action. This would relate heavily with issues such as size of group members and free riders, selective incentive and institutional design which are involved in a provision of public goods

With this in mind, the paper analyzed on the supply cost and benefit in the provision of public goods by applying 2×2 Game Theory. It sets several typical 2×2 game types to analyze the possibility of public goods provision and performance of collective action by group members with paying a particular focus on payoff structure for supply cost and benefit. It also covers the cost allocation between collaborators and free riders including collective failure issue by taking into account a size of group involved in the provision of public goods. This identifies that an increased cost bearing caused by free riders will make provision of public goods difficult.

In the end, it notes that the past and on-going researches and discussions on collective actions for providing public goods are originated in “*The logic of Collective Action*” by Olson in 1965. Here acknowledges that the analysis and discussion in this paper owes to the results of these researches and discussions. Since the issues of public goods provision relate to various areas such as society, economy, environment and international affairs, further research development will be expected in the future.

Key words: public goods, collective goods, 2×2 Game Theory, supply cost and benefit, collective action, free rider, collective failure, institutional design