

不完備情報下でのプロジェクト選択を巡る コンフリクトの調整メカニズムに関する研究 -2 主体・2 プロジェクトの場合-

榊原 弘之¹・五十部 渉²・岡田 憲夫³・多々納 裕一⁴

¹正会員 博(工) 山口大学助手 工学部社会建設工学科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1)

²学生会員 修(工) 京都大学大学院 工学研究科土木システム工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

³正会員 工博 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

⁴正会員 博(工) 京都大学助教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

複数の主体が共同で社会基盤整備を実施する際における、実施プロジェクトの選択と純便益配分の決定を巡るコンフリクトの調整問題を取り上げる。まずプロジェクト選択を巡るコンフリクトにおける、選好の分裂性向と情報構造(確率分布)の関連性について考察する。次にコンフリクト調整メカニズムを提案し、そのメカニズムの下での主体の行動を分析する。さらにこの調整メカニズムの下での計画調整主体の意思決定について検討を行う。最後にこのコンフリクト調整メカニズムを水力発電用ダム更新整備に伴うプロジェクト選択問題に適用し、数値例を示すとともに、その結果について考察する。

Key Words: joint infrastructure projects, incomplete information, coordination mechanism, game theory

1. はじめに

複数の主体が共同で社会基盤整備を行うとき、第三者的な主体(以下計画調整主体と呼ぶ)が、社会全体から見て好ましいプロジェクトが選択されるよう主体間の利害を調整する場合がある。その際、主体間での費用や純便益(便益と費用の差)の配分がしばしば問題となる^{1),2),3),4),5)}。純便益配分においては、一般に、より大きな便益を受けている主体が大きな負担を行う受益者負担が原則となる。そのため、便益に関する情報が不完備な場合、主体が真の情報を明らかにしないインセンティブが生じる。筆者らは以前、主体の便益に関する情報の表明を不完備情報下のゲームとしてモデル化し、情報表明の形式による結果の違いについて比較検討を行なった⁶⁾。そこでは実施する可能性のあるプロジェクトはあらかじめ一つに限定されており、計画調整主体が決定するのはプロジェクト実施の可否と純便益配分のみとなる。これは、各主体に個別に帰着する便益の大きさは明らかではないが、最適なプロジェクトは事前の一つに絞込まれている状況と考えることができる。

一方、水資源開発や国際空港建設のような大規模な社会基盤整備においては、どのようなプロジェクトを

実施するかを巡って主体間にコンフリクトが発生する可能性がある。例えば水資源開発においては、水源の選択やダム等の施設の配置は参加事業者の利害と結びついている。また空港建設においては、周辺地域の開発効果や騒音問題から、空港の位置の決定自体が自治体間のコンフリクトの要因となることがある。

特に各主体がそれぞれ異なるプロジェクトを選好する傾向が強い(分裂性向が強い)場合は、採択されたプロジェクトに対して選好の高い主体はより大きな額を負担し、選好の低い主体に対しては負担を軽減することにより妥協を図ることが考えられる。このとき便益に関する情報が不完備であれば、プロジェクトの純便益が明らかでないことから、実施すべきプロジェクトを事前の一つに絞り込むことができず、適切な費用負担を決定することも困難である。本論文では、このように、便益に関する情報が不完備であり、かつ主体間でプロジェクトに対する選好の分裂性向が高い場合のためのコンフリクト調整メカニズムを提案し、不完備情報下のゲームの理論⁷⁾を用いてその有効性について検討する。

本論文では、主体及びプロジェクトの数がともに2つの場合のコンフリクト調整メカニズムを提案し、そのメカニズムの下での主体の行動(情報の表明)を分

析する。また、調整メカニズムを水力発電用ダムの更新整備に伴うプロジェクト選択問題に適用し、その結果について考察する。ダムの更新整備は、既存利用者の既得権の見直しを含む。そのため、実施プロジェクトを巡って、既得権を有する主体と新規参入主体との間で選好が分裂する可能性が高いと考えられる。

2. 不完備情報下でのコンフリクト調整問題

(1) コンフリクト調整問題

2人の主体が共同で実施する社会基盤整備プロジェクトが2種類想定されている状況を想定する。プロジェクトに参加する主体を i ($i=1, 2$)により表す。またこれらの主体の他に、プロジェクトを調整して最適な状態を実現しようとする主体として、計画調整主体を想定する。2人の主体が共同で実施する社会資本整備プロジェクトとして、 j ($j=1, 2$)で表現される2種類が想定されているとする。主体はそれぞれ異なる財を供給しており、主体 i が評価するプロジェクト j の便益を b_j^i とする。主体と実際の受益者は必ずしも一致しないものとする。ここでプロジェクト j の純便益の総和 B_j を次式により定義する。

$$B_j = \sum_{i=1}^2 b_j^i - C_j \quad (2.1)$$

ここで C_j はプロジェクト j の実施に要する費用を意味する。計画調整主体から見れば、純便益の総和 B_j のより大きいプロジェクトが実現するのが望ましい。また少なくとも B_j が負となるプロジェクトは実施すべきではない。

真の b_j^i の大きさは、当該主体 i のみが知るものとする。他方の主体と、計画調整主体は、 b_j^i の値がある確率変数として生起することのみを知っているとする。ここでは具体的な確率分布として一様分布を仮定し、その上限、下限は $L_{\max_j^i}, L_{\min_j^i}$ で与えられるものとする。すなわち b_j^i の確率密度関数 $f(b_j^i)$ は次のように与えられる。

$$f(b_j^i) = \begin{cases} \frac{1}{L_{\max_j^i} - L_{\min_j^i}} & (L_{\min_j^i} \leq b_j^i \leq L_{\max_j^i}) \\ 0 & (b_j^i \leq L_{\min_j^i}, b_j^i \geq L_{\max_j^i}) \end{cases} \quad (2.2)$$

プロジェクト j についてそれぞれ確率分布式(2.2)が成立するとする。また各確率変数は独立で、相関はないものとする。ここで $L_{\max_j^i}, L_{\min_j^i}$ 及び C_j は各主体と計画調整主体の間での共有知識⁸⁾とする。すなわち、すべての主体がその情報を知っているのみでなく、「他の主体がその情報を知っているという事実」を知って

いるような情報であるとする。

計画調整主体は実施するプロジェクトの決定と、その際の純便益の配分(すなわち各主体の負担額の組)を決定する権限を有しているものとする。この実施プロジェクトと各主体の負担額に関する意思決定の組を $(j, X(j))$ により表す。ここで j は実現されるプロジェクトを表す。また $X(j)$ はプロジェクト j が実現した場合の各主体の負担額の組 (x_j^1, x_j^2) (x_j^i は $(j, X(j))$ における主体 i の負担額)であり、以下の式を満足するとする。

$$\sum_{i=1}^2 x_j^i = C_j \quad (2.3)$$

式(2.3)は予算バランス条件と呼ばれる⁹⁾。ここで計画調整主体の役割は、

- a) 共同プロジェクトの集合の選定
 - b) 費用及び便益に関する情報の収集
 - c) プロジェクトと負担額 $(j, X(j))$ の決定
- の3種類である。

公共経済学においては、主体の表明した情報に基づいて、公共財供給の意思決定を行うメカニズムデザイン^{10), 11)}に関する多くの研究成果が存在し、社会基盤整備におけるプロジェクト実施の可否の決定にも適用可能である。例えばクラーク・グロブスの方式^{12), 13)}の下では、主体は常に真の情報を表明(インセンティブ両立的)するため、プロジェクトの純便益が正であれば、そのプロジェクトが採択される。しかしクラーク・グロブスの方式では、主体の負担額の総和がプロジェクトの実施に必要な費用に達しない可能性が存在する。すなわち式(2.3)が満足されないことがある。一方Jackson and Moulin⁹⁾は、必ず予算バランス条件が満足されるようなメカニズムを提案し、少なくとも1人の主体が便益の総和を知っているという条件の下で、真の情報が表明されることを示した。

本論文では、上述したような単一のプロジェクトの実施の可否をめぐる問題とは異なり、複数のプロジェクトから実施すべきプロジェクトの一つを選択し、負担額を決定するメカニズムを提案する。その際、Jackson and Moulin⁹⁾と同様に、予算バランス条件が必ず満足されるように負担額を決定する。

(2) プロジェクトに対する選好の分裂性向とコンフリクト調整メカニズム

式(2.2)で定義される b_j^i の確率分布は、両プロジェクトの上限、下限値の大小関係により、コンフリクトを類型として分類することができる。まず、一方の主体 i の選好に関して、次式が成立する場合を考える。

$$L_{\max_j^2} > L_{\min_j^1}, L_{\min_j^2} < L_{\max_j^1} \quad (2.4)$$

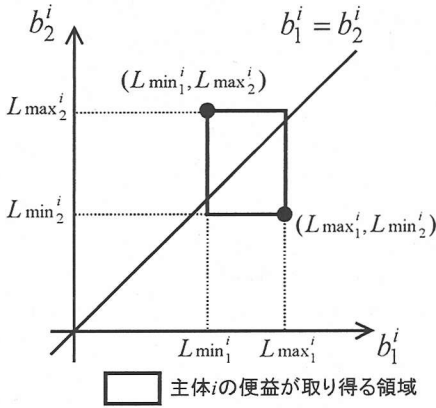


図-1 主体*i*の選好のカテゴリーが不明なコンフリクト

このとき、図-1に示すように、相手主体及び計画調整主体の観点からは、主体*i*がいずれのプロジェクトをより高く選好するかは明らかではない。このようなコンフリクトを、主体*i*の選好のカテゴリーが不明なコンフリクトと呼ぶこととする。これに対し、確率変数 b_j^i がどのような値をとっても、主体*i*が常に同一のプロジェクトを選好するようなコンフリクトを、主体*i*の選好のカテゴリーが自明なコンフリクトと呼ぶ。

次に、両主体の選好のカテゴリーが自明なコンフリクトのうち、プロジェクト1 (A_1 により表す)における各主体の便益が、常にプロジェクト2 (A_2 により表す)を上回っており(両主体の選好のカテゴリーが同一)、さらにプロジェクト1の方が費用が小さい場合を考える。具体的には、次の条件式が成立しているとする(図-2参照)。

$$L_{\max_2}^1 < L_{\min_1}^1, \quad L_{\max_2}^2 < L_{\min_1}^2, \quad C_1 < C_2 \quad (2.5)$$

このとき、 B_1 は常に B_2 を上回ることから、プロジェクト2においてどのような純便益の配分を行っても、プロジェクト1によってその配分を支配する(両主体の配分値がともにプロジェクト2の場合を上回っている)配分が可能である。

この場合、少なくともプロジェクト1を実施すべきことは明らかである。従って意思決定の組 $(j, X(j))$ のうち j は既に決定($j=1$)しており、プロジェクト1の実施の可否と負担額の組 $X(j)$ のみを決定すればよい。すなわち、筆者らの既往研究⁹⁾はこのケースに一致し、本論文のコンフリクト調整問題の特殊例であることがわかる。

次に、各主体が常に異なるプロジェクトをより高く選好している場合を考える。例えば、主体1がプロジェクト1を、主体2がプロジェクト2を常により高く選好している場合、次式が成立する(図-3参照)。

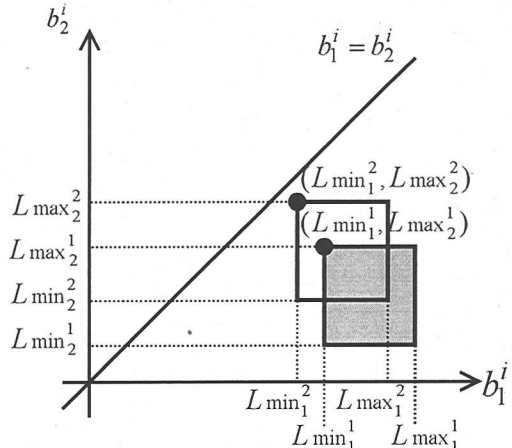


図-2 両主体が同じプロジェクトを選好する場合
(選好の分裂性向極小)

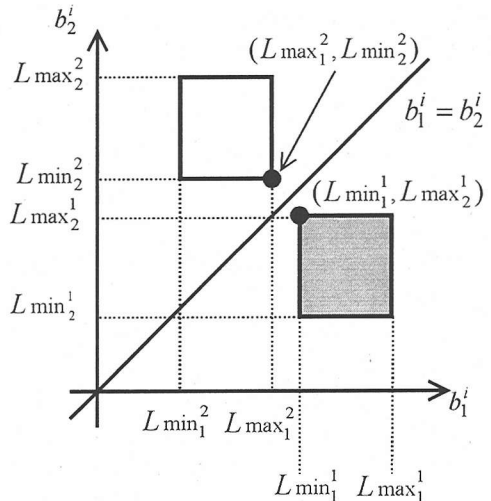


図-3 両主体が異なるプロジェクトを選好する場合
(選好の分裂性向極大)

$$L_{\max_2}^1 < L_{\min_1}^1, \quad L_{\max_1}^2 < L_{\min_2}^2 \quad (2.6)$$

この場合、各主体の選好のカテゴリーは自明であるが、事前に共有されている情報では、プロジェクト1、2のいずれを実施すべきが明らかではない。これを、主体の選好のカテゴリーが異なるコンフリクトと呼ぶこととする。選好のカテゴリーが異なるコンフリクトでは、各主体がそれぞれ異なったプロジェクトが実現されることを希望している。従ってコンフリクトは式(2.5)の

場合に比べより先鋭になると考えられる。ここで次の3つのパラメータを定義する。

$$\alpha^1 = (L_{\max_1} - L_{\min_1})(L_{\min_2} - L_{\max_2}) \quad (2.7)$$

$$\alpha^2 = (L_{\max_2} - L_{\min_2})(L_{\min_1} - L_{\max_1}) \quad (2.8)$$

$$\beta = -(L_{\max_1} - L_{\min_1})(L_{\min_2} - L_{\max_2}) \quad (2.9)$$

α^1 または α^2 が負の場合、主体1, 2の選好のカテゴリーは不明である。それに対して $\alpha^1 \geq 0$, $\alpha^2 \geq 0$, $\beta < 0$ の場合、両主体の選好のカテゴリーは同一である。このとき2主体間の選好の分裂性向が極小であると呼ぶ。一方、 $\alpha^1 \geq 0, \alpha^2 \geq 0, \beta \geq 0$ となり、両主体が常に異なるプロジェクトを選好している（選好のカテゴリーが異なる）状況を分裂性向が極大であると呼ぶ。

選好の分裂性向が高いとき、自らがより高く選好するプロジェクトが実施される場合は、より大きな負担を行い、選好の低いプロジェクトが採択される場合は負担を軽減することで事後的な平等性を確保し、妥協が図られると考えられる。次章では、主として両主体の選好の分裂性向が高い場合を対象とした調整メカニズムを提案する。

3. 2主体による共同事業におけるコンフリクト調整メカニズム

(1) 負担可能オプションの自己表明に基づくコンフリクト調整メカニズム

2. で示したように、本論文では、複数の共同社会基盤整備プロジェクトによって増加する便益に関する情報を各事業主体が分散的に所有し、計画調整主体は便益の大きさを確率変数として認識している状況を想定する。このような場合に、計画調整主体が社会全体から見て好ましいプロジェクトを採択し、適正な費用負担の配分を決定することは困難となる。

ここで、各プロジェクトについて有限個の費用負担（以下これを負担と呼ぶ）のオプションを事前に設定し、各プロジェクトが実施された場合にそれらのオプションが負担可能かどうかを主体が回答し、その情報に基づいて計画調整主体が実施するプロジェクトと配分を決定するようなメカニズムを想定する。事業費用に関しては、 $C_1 = C$ （プロジェクト1）及び $C_2 = kC$ （プロジェクト2）とし、 $C > 0$, $k \geq 1$ であるとする。つまり、プロジェクト2の方が費用を要する大規模なプロジェクトである。以上の設定の下で、本メカニズムは次のような過程をとるものとする（図-4参照）。

①計画調整主体は、2種類の負担額のオプション R_1, R_2

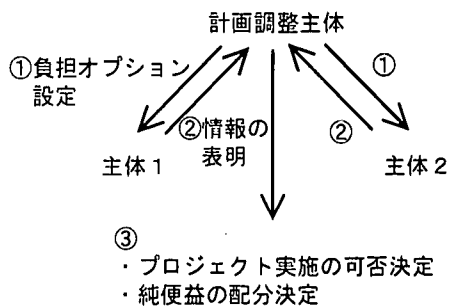


図-4 自己表明に基づいたプロジェクト選択メカニズム

を設定する。 R_1 は、主体1が r_1 、主体2は $C - r_1$ （プロジェクト1）または $kC - r_1$ （プロジェクト2）負担するオプションであり、 R_2 は主体1が r_2 、主体2は $C - r_2$ （プロジェクト1）または $kC - r_2$ （プロジェクト2）負担するオプションである。ここで $r_1 < r_2$ とする。すなわち主体1（主体2）の負担は R_1 (R_2) の方が軽い¹。

- ②主体1, 主体2は、2種類のプロジェクトについてそれぞれ、当該プロジェクトが実施された場合に負担可能な（便益が負担額を上回る）オプションと、それらの中での選好順序について計画調整主体に表明する。このとき、真の表明を行うとは限らない。
- ③計画調整主体は、主体1, 主体2が表明した情報をもとに、後述の基準に従って実施する事業と各主体の負担額の組である事象 $S = \{(j, X(j))\}$ を決定する。

また、新たなプロジェクトが実施されず、現状が維持される事象を SQ (Status Quo) により表現する。負担オプションを2種類に限定することにより、実現し得る事象は次の5種類のいずれかとなる。

$$S = \{SQ, R_1A_1, R_2A_1, R_1A_2, R_2A_2\} \quad (3.1)$$

ここで R_iA_j は、プロジェクト j (A_j) が実現され、負担オプションは R_i であることを意味する。

各主体は同一プロジェクトにおいて自らの負担のより小さい状態を選好することから、各主体の選好に関して次の関係が常に成立することは明らかである。

$$R_1A_1 \succ^1 R_2A_1, \quad R_1A_2 \succ^1 R_2A_2 \quad (3.2)$$

$$R_2A_1 \succ^2 R_1A_1, \quad R_2A_2 \succ^2 R_1A_2 \quad (3.3)$$

ここで $S_1 \succ^i S_2$ は主体 i が事象 S_2 よりも事象 S_1 を選好することを意味する。式(3.2), (3.3)で示された関係

¹ 負担額は負となることも有り得る。その場合、当該主体はプロジェクトから補償を受けることになる。

表-1 主体1が表明し得るタイプ (選好順序)

タイプ	選好順序
Ω_1^1	$R_1A_1 \succ R_2A_1 \succ R_1A_2 \succ R_2A_2 \succ SQ$
Ω_2^1	$R_1A_1 \succ R_1A_2 \succ R_2A_1 \succ R_2A_2 \succ SQ$
Ω_3^1	$R_1A_2 \succ R_1A_1 \succ R_2A_2 \succ R_2A_1 \succ SQ$
Ω_4^1	$R_1A_2 \succ R_2A_2 \succ R_1A_1 \succ R_2A_1 \succ SQ$
Ω_5^1	$R_1A_1 \succ R_2A_1 \succ R_1A_2 \succ SQ$
Ω_6^1	$R_1A_1 \succ R_1A_2 \succ R_2A_1 \succ SQ$
Ω_7^1	$R_1A_2 \succ R_1A_1 \succ R_2A_2 \succ SQ$
Ω_8^1	$R_1A_2 \succ R_2A_2 \succ R_1A_1 \succ SQ$
Ω_9^1	$R_1A_1 \succ R_1A_2 \succ SQ$
Ω_{10}^1	$R_1A_2 \succ R_1A_1 \succ SQ$
Ω_{11}^1	$R_1A_1 \succ R_2A_1 \succ SQ$
Ω_{12}^1	$R_1A_2 \succ R_2A_2 \succ SQ$
Ω_{13}^1	$R_1A_1 \succ SQ$
Ω_{14}^1	$R_1A_2 \succ SQ$
Ω_{15}^1	$SQ \succ R_1A_j \quad (l, j = 1, 2)$

表-2 主体2が表明し得るタイプ (選好順序)

タイプ	選好順序
Ω_1^2	$R_2A_1 \succ R_1A_1 \succ R_2A_2 \succ R_1A_2 \succ SQ$
Ω_2^2	$R_2A_1 \succ R_2A_2 \succ R_1A_1 \succ R_1A_2 \succ SQ$
Ω_3^2	$R_2A_2 \succ R_2A_1 \succ R_1A_2 \succ R_1A_1 \succ SQ$
Ω_4^2	$R_2A_2 \succ R_1A_2 \succ R_2A_1 \succ R_1A_1 \succ SQ$
Ω_5^2	$R_2A_1 \succ R_1A_1 \succ R_2A_2 \succ SQ$
Ω_6^2	$R_2A_1 \succ R_2A_2 \succ R_1A_1 \succ SQ$
Ω_7^2	$R_2A_2 \succ R_2A_1 \succ R_1A_2 \succ SQ$
Ω_8^2	$R_2A_2 \succ R_1A_2 \succ R_2A_1 \succ SQ$
Ω_9^2	$R_2A_1 \succ R_2A_2 \succ SQ$
Ω_{10}^2	$R_2A_2 \succ R_2A_1 \succ SQ$
Ω_{11}^2	$R_2A_1 \succ R_1A_1 \succ SQ$
Ω_{12}^2	$R_2A_2 \succ R_1A_2 \succ SQ$
Ω_{13}^2	$R_2A_1 \succ SQ$
Ω_{14}^2	$R_2A_2 \succ SQ$
Ω_{15}^2	$SQ \succ R_1A_j \quad (l, j = 1, 2)$

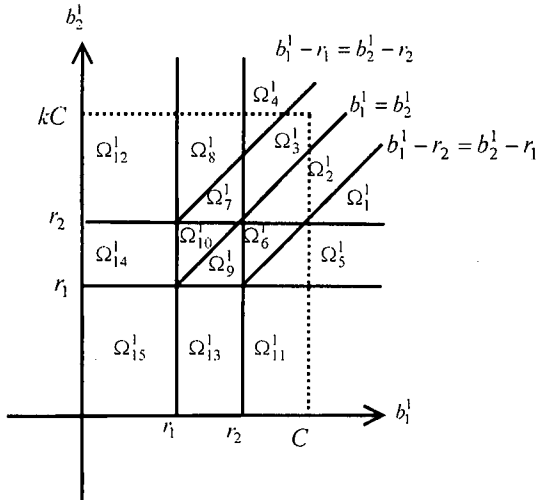


図-5 主体1の便益の実数値と領域区分の結果生じる選好順序との関係

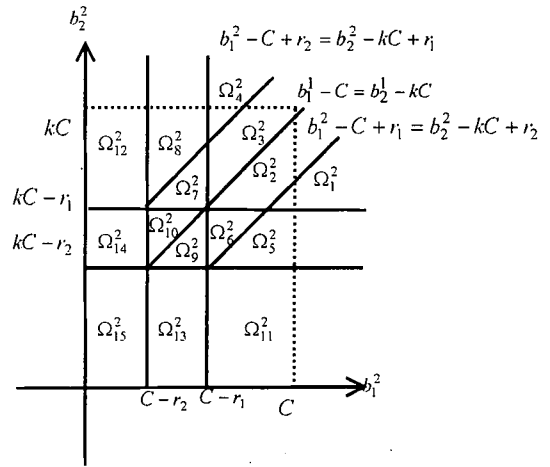


図-6 主体2の便益の実数値と領域区分の結果生じる選好順序との関係

は常に両主体及び計画調整主体の共有知識である。

(b_1^i, b_2^i) は実数値のベクトルであるが、負担オプションにより2次元の実数空間が領域区分されるために、主体の選好順序 (以下タイプと呼ぶ) として起き得るのは表-1 (主体1) 及び表-2 (主体2) に示す各15種類となる。図-5及び図-6は、便益の実数値と、領域区分の結果生じるタイプとの関係を示している。各主体は自らのタイプがこの15種類のいずれであるかを計画調整主体に対して表明する。ただし表明された情報が真であるとは限らない。

(2) プロジェクトと配分の決定

計画調整主体は主体が表明した情報に基づいて実施するプロジェクトと配分の組み合わせ (事象) $S = \{(j, X(j))\}$ を一意的に決定する。ただし常にプロジェクトの実施が選択されるわけではなく、現状維持の事象 SQ が選択されることもある。まず以下の定義を行う。

定義3.1 改善事象集合

主体 i のタイプ Ω_m^i において、主体 i が SQ よりも選好順序が高いと表明した事象の集合を改善事象集合と呼

び, $S_i^+(\Omega_m^i)$ で表す. 改善事象集合に属する事象においては, 純便益配分によって獲得する純便益は現状よりも大きいと主体 i が表明していることになる.

定義 3.2 パレート改善事象集合

両主体のタイプがそれぞれ Ω_m^1, Ω_n^2 である場合に, 両主体の改善事象集合の積集合をパレート改善事象集合と呼び, $S^+(\Omega_m^1, \Omega_n^2)$ で表す.

$$S^+(\Omega_m^1, \Omega_n^2) = S_1^+(\Omega_m^1) \cap S_2^+(\Omega_n^2) \quad (3.4)$$

パレート改善事象集合に属する事象は, どちらの主体も現状より獲得純便益が大きいと表明していることになり, 主体の表明が真であれば, 実現した方が望ましい事象である. しかしながら, パレート改善事象集合には複数の事象が属する可能性がある.

定義 3.3 パレート最適事象集合

2つの事象 $R_l A_j$ 及び $R_{l'} A_{j'}$ の間で, Ω_m^1, Ω_n^2 の選好順序において以下に示す関係が成立する場合, Ω_m^1, Ω_n^2 に関して事象 $R_l A_j$ は事象 $R_{l'} A_{j'}$ をパレート支配するという.

$$R_l A_j \succ^1 R_{l'} A_{j'} \text{かつ} R_l A_j \succ^2 R_{l'} A_{j'} \quad (3.5)$$

$S^+(\Omega_m^1, \Omega_n^2)$ に属する事象のうち, Ω_m^1, Ω_n^2 に関していずれの事象にもパレート支配されない主体の集合をパレート最適事象集合と呼び, $S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2)$ により表す. パレート最適事象集合は, パレート改善事象集合の部分集合である.

計画調整主体の事象の選択に際しては, ①パレート改善事象集合が空である場合は, SQ を選択し, ②パレート改善事象集合が空でない場合は, パレート最適事象集合に含まれる事象を等確率で選択するとする. 例えば, 主体 1 が表-1 の Ω_1^1 , 主体 2 が表-2 の Ω_2^2 を表明した場合, 各集合の要素は次のように与えられる.

$$S_1^+(\Omega_1^1) = \{R_1 A_1, R_2 A_1, R_1 A_2, R_2 A_2\} \quad (3.6)$$

$$S_2^+(\Omega_2^2) = \{R_1 A_1, R_2 A_1, R_2 A_2\} \quad (3.7)$$

$$S^+(\Omega_1^1, \Omega_2^2) = \{R_1 A_1, R_2 A_1, R_2 A_2\} \quad (3.8)$$

$$S^*(\Omega_1^1, \Omega_2^2) = \{R_1 A_1, R_2 A_1\} \quad (3.9)$$

この結果, $R_1 A_1, R_2 A_1$ が等確率 (1/2) で実施されることになり, 常にプロジェクト 1 が実現する.

(3) 主体の行動に関する定理

計画調整主体によって事象 $R_l A_j$ が選択されたときの主体 1, 2 の獲得純便益 $y_{ij}^1(b_j^1), y_{ij}^2(b_j^2)$ は次式で表される.

$$y_{ij}^1(b_j^1) = b_j^1 - r_1 \quad (3.10)$$

$$y_{ij}^2(b_j^2) = \begin{cases} b_j^2 - (C - r_1) & (j=1) \\ b_j^2 - (kC - r_1) & (j=2) \end{cases} \quad (3.11)$$

主体 1 の便益の大きさが (b_1^1, b_2^1) で, 表明タイプが Ω_m^1 である場合に, 主体 1 が事前に予測する獲得純便益の期待値 $Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1)$ 及び, 主体 2 の便益の大きさが (b_1^2, b_2^2) で, 表明タイプが Ω_n^2 である場合に, 主体 2 が事前に予測する獲得純便益の期待値 $Z^2(b_1^2, b_2^2, \Omega_n^2)$ は, 次式で表される.

$$\begin{aligned} Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1) \\ = \sum_{l=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^{15} y_{lj}^1(b_j^1) \mu(\{l, j\} | \{\Omega_m^1, \Omega_n^2\}) P^1(\Omega_m^1) \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} Z^2(b_1^2, b_2^2, \Omega_n^2) \\ = \sum_{l=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^{15} y_{lj}^2(b_j^2) \mu(\{l, j\} | \{\Omega_m^1, \Omega_n^2\}) P^2(\Omega_m^1) \end{aligned} \quad (3.13)$$

ここで $\mu(\{l, j\} | \{\Omega_m^1, \Omega_n^2\})$ は調整メカニズムの下で, 主体 1 がタイプ Ω_m^1 , 主体 2 がタイプ Ω_n^2 を表明したときに, 計画調整主体が事象 $R_l A_j$ を選択する確率である. 例えば式(3.6)~(3.9)の例から,

$$\mu(\{1, 1\} | \{\Omega_1^1, \Omega_2^2\}) = \mu(\{2, 1\} | \{\Omega_1^1, \Omega_2^2\}) = 0.5 \quad (3.14)$$

である.

一方, $P^1(\Omega_n^2)$ 及び $P^2(\Omega_m^1)$ はそれぞれ主体 2 (主体 1) がタイプ Ω_n^2 (タイプ Ω_m^1) を表明する確率として主体 1 (主体 2) が事前に (主観的に) 与えている値である. ゲーム理論では多くの場合において共有知識としての合理性及び確信の整合的配置^{7) 8) 14)}が仮定される. このとき, ナッシュ均衡点において, $P^1(\Omega_n^2)$ 及び $P^2(\Omega_m^1)$ は主体 2 及び主体 1 が実際にタイプ Ω_n^2 , Ω_m^1 を表明する確率に一致する. コンフリクトの構造に関して共通の認識が成立している場合には, このような仮定が有効であると考えられる. しかし, プロジェクト選択のような複雑なコンフリクトにおいては, 共通の認識の成立が期待できない場合が多い. その場合, $P^1(\Omega_n^2), P^2(\Omega_m^1)$ は実際に Ω_n^2, Ω_m^1 が表明される確率とは一致せず, 実現する結果は必ずしもナッシュ均衡点とはならない.

各主体は式(3.12)及び式(3.13)が最大となるタイプを表明する. これを $RT_1(b_1^1, b_2^1), RT_2(b_1^2, b_2^2)$ とすると, 次式が成立する.

$$Z^1(b_1^1, b_2^1, RT_1(b_1^1, b_2^1)) = \max_m Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1) \quad (3.15)$$

$$Z^2\{b_1^2, b_2^2, RT_2(b_1^2, b_2^2)\} = \max_m Z^2(b_1^2, b_2^2, \Omega_m^2) \quad (3.16)$$

本調整メカニズムの下での主体の行動（情報の表明）に関して、以下の2つの定理が成立することが証明可能である。証明は付録に譲る。

定理 1

主体 i の真のタイプが Ω_m^i であるとする。 $S_i^+(\Omega_m^i) \subset S_i^+(\bar{\Omega}_m^i)$ となる任意のタイプ $\bar{\Omega}_m^i$ に関して次式が成立する。

$$Z^i(b_1^i, b_2^i, \bar{\Omega}_m^i) \leq Z^i(b_1^i, b_2^i, \Omega_m^i) \quad (3.17)$$

すなわち、主体が、改善事象集合に含まれていない事象を、含まれていると表明した場合、配分される純便益の期待値は真のタイプを表明した場合の純便益の期待値より大きくなることはない。従ってそのような表明を行う動機は存在しない。

定理 2

$S_i^+(\Omega_m^i) \neq \{\emptyset\}$ となる任意の真のタイプ Ω_m^i に関して次式が成立する。

$$Z^i(b_1^i, b_2^i, \Omega_m^i) \leq Z^i(b_1^i, b_2^i, \Omega_m^i) \quad (3.18)$$

すなわち、一つでも現状より好ましい事象が存在する場合（改善事象集合が非空の場合）、好ましい事象が一つもないと表明する動機は存在しない。

定理 1 は、主体が便益を過小に表明する可能性は存在しても、過大に表明することはないことを意味している。従って、実施され得る（純便益の増加分が正である）プロジェクトが実行可能であると判断されることは有り得るが、実施されるべきでない（純便益の増加分が負である）プロジェクトが実行可能と判断されることはない。定理 2 は、偽りの表明をする場合にも、最も好ましいプロジェクトについては現状より好ましいと真の表明を行うことを意味する。これは、主体が表明を偽る動機は、最も好ましいプロジェクトが採択される確率を高めることにあるためである。定理 1 及び定理 2 は、相手主体の戦略（表明する情報）、及び真の便益の大きさに関わらず常に成立する。筆者らの既往研究⁹では、 $m=1$ の場合、すなわち選好の分裂性向が極小の場合に定理 1, 2 が成立することを示している。ここで、これらの定理が選好の分裂性向に関わらず成立することが明らかとなった。

4. 計画調整主体による負担オプションの設定

(1) 負担オプション設定のための評価指標

不完備情報下において、計画調整主体は実施すべき

でない（社会的な純便益が負の）プロジェクトを選択したり、実施すべき（社会的な純便益が正の）プロジェクトを実施しないというリスクを負って意思決定することになる。ただし 3. で提案した負担可能オプションの自己表明に基づく調整メカニズムにおいては、定理 1 より、実施すべきでないプロジェクトが実施されるリスクは存在しない。そこで本論文では、実施すべきプロジェクトの実現確率を調整メカニズムの評価基準とする。すなわち、いずれかのプロジェクトが実施される確率を最大化する R_1, R_2 が最適な負担オプションの組である。

本章では計画調整主体が最適な負担オプション R_1, R_2 を設定するための評価基準を設定する。まず以下のような4種類の確率指標を定義する。

定義 4. 1 潜在的な不成立確率 P_{r1}

プロジェクト $j(j=1,2)$ に関して $B_j = b_j^1 + b_j^2 - C_j < 0$ が成立する場合、調整メカニズムに関わらずいずれのプロジェクトも実施不可能である。このような便益の組 (b_j^1, b_j^2) が生起する確率をプロジェクト j の潜在的な不成立確率と呼び、以下のように定義される。

$$P_{r1}(j) = \text{Prob}(b_j^1 + b_j^2 - C_j < 0) \quad (4.1)$$

ここで "Prob(equation)" は括弧内の式を満足する (b_j^1, b_j^2) の生起確率とする（以下同様）。

定義 4. 2 負担設定別不成立確率 P_{r2}

負担オプション R_1, R_2 を設定することにより、社会的純便益が正であっても両主体が負担可能な負担オプションが存在しないことがあり得る。このような便益の組 (b_j^1, b_j^2) が生起する確率をプロジェクト j の負担設定別不成立確率と呼び、以下のように定義される。

$$\begin{aligned} P_{r2}(j) = & \{\text{Prob}(L_{\min}^1 \leq b_j^1 < r_1) \\ & + \text{Prob}(r_1 \leq b_j^1 < r_2 \text{ and } L_{\min}^2 \leq b_j^2 \leq C_j - r_1) \\ & + \text{Prob}(r_2 \leq b_j^1 \text{ and } b_j^2 < C_j - r_2)\} - P_{r1}(j) \end{aligned} \quad (4.2)$$

定義 4. 3 偽表明不成立確率 P_{r3}

各主体は獲得純便益の期待値が最大となるような表明を行う。従って、負担可能なオプションであっても「負担不可能」と偽りの表明を行う可能性がある。本論文で検討する調整メカニズムにおいては、主体 1 は r_2 の負担が可能であっても r_1 しか負担できないと表明する可能性が存在する。一方主体 2 は $C_j - r_1$ の負担が可能であっても $C_j - r_2$ しか負担できないと表明する可能性が存在する。このような偽りの表明によって、情報が共有されていれば実現されたプロジェクトが実現不可能と判断されてしまう確率を偽表明不成立確率 P_{r3} と呼ぶこととする。

定義 4. 4 最終成立確率 P_{r4}

P_{r1}, P_{r2}, P_{r3} はプロジェクト j が不成立となる場合の要因を分類し、それぞれの生起確率を求めたものである。従って本調整メカニズムにおいてプロジェクト j が成立する確率 P_{r4} は次のように求めることができる。

$$P_{r4}(j) = 1 - P_{r1}(j) - P_{r2}(j) - P_{r3}(j) \quad (4.3)$$

プロジェクト選択メカニズム (R_1, R_2) は、潜在的にいずれかのプロジェクトが成立し得る領域において実際にプロジェクトが成立する確率によって評価することができる。すなわち、次式で定義される条件付確率 $\pi(R_1, R_2)$ が評価基準となる。

$$\pi(R_1, R_2) = \frac{[1 - \{1 - P_{r4}(1)\} \{1 - P_{r4}(2)\}]}{\{1 - P_{r1}(1) P_{r1}(2)\}} \quad (4.4)$$

計画調整主体は、 $\pi(R_1, R_2)$ を最大にする (R_1, R_2) を選択すべきと考えられる。 $\pi(R_1, R_2) = 1$ となる (R_1, R_2) が存在するならば、当然その値を採用すべきである。

(2) 負担オプション設定に関する定理

負担オプション設定に関して、次の定理が成立することが証明可能である。証明は付録に譲る。

定理 3

$L_{\min 1} > L_{\max 2}, L_{\max 1}^2 - C < L_{\min 2}^2 - kC$ または $L_{\max 1} < L_{\min 2}, L_{\min 1}^2 - C > L_{\max 2}^2 - kC$ が成立し、かつ $L_{\min 1} + L_{\min 2} \geq C, L_{\min 1} + L_{\min 2} \geq kC$ の場合、常に 1, 2 いずれかのプロジェクトが実現する ($\pi(R_1, R_2) = 1$) ような負担オプション (R_1, R_2) を設定可能である。このとき各主体は常に真の選好を表明する。またそのとき計画調整主体がパレート最適な事象として選択するのは $R_2 A_1, R_1 A_2$ のいずれかである。

定理 3 により、2 種類のプロジェクトが常に実現可能 ($B_1 \geq 0, B_2 \geq 0$) でかつ $L_{\min 1} > L_{\max 2}, L_{\max 1}^2 - C < L_{\min 2}^2 - kC$ または $L_{\max 1} < L_{\min 2}, L_{\min 1}^2 - C > L_{\max 2}^2 - kC$ が成立する場合、それぞれの主体について、より高く選好するプロジェクトが実現した場合にはより多く負担するように、負担オプションを設定可能であることが分かる。2 主体の選好するプロジェクトが異なる状況は、プロジェクト選択を巡る典型的なコンフリクトといえる。このような場合、自らがより高く選好するプロジェクトが実現した場合はより多く負担を求められるという調整案は、両主体にとって受け入れやすいものであると考えられる。定理 3 は、プロジェクトが常に実現可能であることが保証されていれば、このような調整案となりうる負担オプション (R_1, R_2) が存在することを示している。

5. 水力発電と河川環境を巡るコンフリクトへの適用例

(1) 水力発電と河川環境を巡るコンフリクト

水力発電においては、位置エネルギーの有効な利用の観点から、貯水池に貯留した水を直下で本川に放流するのではなく、バイパス水路を介して次々と流下させたり、別の水系に導水するなどして、長期間流水を使用することがある。そのとき、ダム直下流の地域において、流水が極端に減少し、生態系や地下水、景観、観光などに影響を与える。

新たに生じた水需要である「河川環境」を代表する主体としては、環境保護団体、住民組織、流域協議会といったものが考えられる。ここでは当該地域の地方自治体が、住民の良好な自然環境に対するニーズを反映させる形で、電力事業者に対し放流量の増加を求めるとする。放流量を増加させるためには、発電規模の縮小や、新たな施設の建設が必要となる可能性があり、これは電力事業者の減収につながるため、事業者が自発的に改善策を採る可能性は少ない。

そこで、電力事業者（既存需要を代表）が地方自治体（新規需要を代表）に対して何らかの負担を求めることが考えられる。このケースでは、発電用ダムが既に存在し、長年にわたり操業しているため、電力事業者の既得権を承認し、地方自治体が応分の負担を行う方が現実的であろう。しかし、一方で地方自治体の側も、負担額があまりに大きい場合は、電力事業者との協調策を断念し、独自の解決策に向かうと考えられる。コンフリクトの調整者である計画・調整主体は、環境用水の確保手段と同時に費用の配分についても考慮する必要がある。

(2) コンフリクト調整メカニズムの適用

水力発電と環境を巡るコンフリクトに本論文で提案した調整メカニズムを適用する。まず、地方自治体を主体 1、電力事業者を主体 2 とする。計画調整主体としては、流域全体を統括する地方政府または中央政府を想定する。流域の環境の改善と水力発電を両立させるために、既存の発電用ダムの施設・機能の一部を変更する次の 2 つのプロジェクトが提案されているとする。

プロジェクト 1 容量配分の変更

ダムの貯水容量の一部を下流の環境維持のための容量とし、放流量を増加させる。水力発電に利用可能な貯水容量は減少する。

プロジェクト2 ダムの嵩上げによる貯水容量の増加

ダムの堤体を嵩上げすることにより、水力発電のための貯水容量を減少させることなく環境改善のための貯水容量を確保する。嵩上げによる位置エネルギーの増加により、水力発電の便益が増加することもある。

一般に、プロジェクト2の方が電力事業者の便益が大きい($b_1^2 < b_2^2$)と考えられる。プロジェクト2においては、貯水容量が維持されるのみでなく、高低差の増加による最大出力の増加も見込まれるためである。一方プロジェクト1においては電力事業者の便益は減少する($b_1^1 < 0$)と考えられる。従って電力事業者にプロジェクト1を受け入れさせるためには、地方自治体からの補償が必要となる。しかし b_1^2 が明らかになっていない場合は、最低限配分されるべき額が明らかでない。

一方両プロジェクトで確保される流量が等しい場合は、プロジェクト1の方が地方自治体の便益は大きい($b_1^1 > b_2^1$)であろう。プロジェクト2の嵩上げは、ダム上流部での新たな環境の改変や、住民の移転等の問題により、下流の環境改善による便益の増加が相殺される可能性が高いためである。

以上により、本研究では、地方自治体、電力事業者及び計画調整主体の共有知識に $b_1^1 > b_2^1$ 及び $b_1^2 < b_2^2$ が含まれているものとする。例として、以下に示すような2つのケースを考える。

ケース1

$$k = 1.5 \quad (5.1)$$

$$(L_{\min_1^1}, L_{\min_2^1}, L_{\max_1^1}, L_{\max_2^1}) = (1.6C, 0.6C, 2C, 1.5C) \quad (5.2)$$

$$(L_{\min_1^2}, L_{\min_2^2}, L_{\max_1^2}, L_{\max_2^2}) = (-0.5C, C, 0, 1.5C) \quad (5.3)$$

ケース2

$$k = 1.0 \quad (5.4)$$

$$(L_{\min_1^1}, L_{\min_2^1}, L_{\max_1^1}, L_{\max_2^1}) = (0.6C, 0.3C, 0.8C, 0.5C) \quad (5.5)$$

$$(L_{\min_1^2}, L_{\min_2^2}, L_{\max_1^2}, L_{\max_2^2}) = (0.3C, 0.6C, 0.5C, 0.8C) \quad (5.6)$$

分裂性向を示すパラメータは、ケース1では $(\alpha^1, \alpha^2, \beta) = (0.04C^2, 2C^2, 0.1C^2)$ 、ケース2では $(\alpha^1, \alpha^2, \beta) = (0.05C^2, 0.05C^2, 0.01C^2)$ であり、ともに各項が正となることから、選好の分裂性向が極大である。

ケース1ではまた $L_{\min_1^1} + L_{\min_2^1} \geq C$ 及び $L_{\min_1^2} + L_{\min_2^2} \geq kC$ を満足する。これは、プロジェクト1、プロジェクト2ともに、純便益の総和が常に正である状況を意味する。すなわち既存の発電用ダムの施設・機能の一部を変更すべきことは既に明らかになっている。

また $L_{\min_1^1} > L_{\max_2^1}$ 、 $L_{\max_1^2} - C < L_{\min_2^2} - kC$ が成立する。これは、主体1

がプロジェクト1をより高く選好し、主体2はプロジェクト2をより高く選好していることを意味する。ただしいずれのプロジェクトの純便益の総和(B_j)がより大きいかは明らかになっていない。

本論文では、 $P^1(\Omega_n^2)$ 及び $P^2(\Omega_m^1)$ が各タイプの生起確率に一致していると仮定してモデル分析を実施する。この場合、各主体は相手主体が常に真の表明をすると仮定した上で、自らの最適な戦略(偽りの表明を含む)を決定していることになる。

ケース1においては、定理3より、 $\pi(R_1, R_2) = 1$ となるような (R_1, R_2) を設定可能である。このことを図-7及び図-8を用いて具体的に例示しておこう。主体1のタイプは Ω_5^1 または Ω_6^1 、主体2のタイプは Ω_7^2 または Ω_8^2 に限定されることがわかる。各主体は自らのタイプについて真の表明を行ない、計画調整主体がパレート最適な事象として選択するのは R_2A_1, R_1A_2 のいずれかである。すなわち、各主体がより高く選好するプロジェクト(主体1はプロジェクト1、主体2はプロジェクト2)においてより大きな額(主体1は r_2 、主体2は $kC - r_1$)を負担している。

一方ケース2では $L_{\min_1^1} + L_{\min_2^1} \geq C$ 、 $L_{\min_1^2} + L_{\min_2^2} \geq kC$ を満足しない。すなわち、ケース1とは異なり、既存の発電用ダムの利用形態をそのまま維持したほうが望ましい可能性が存在する状況であり、 $P_{r_1}(1) = P_{r_1}(2) = 0.125$ となる。

図-9は、 (r_1, r_2) (負担額のオプション R_1, R_2 における主体1の負担額)と $\pi(R_1, R_2)$ の対応を数値計算して等高線で示したものである。このときA点 $(r_1, r_2) = (0.3C, 0.6C)$ 及びB点 $(r_1, r_2) = (0.4C, 0.7C)$ という2点において $\pi(R_1, R_2)$ の値は0.762となり、最大となる。このように $\pi(R_1, R_2)$ を最大化する負担オプションが複数存在する場合、プロジェクトの実現性という観点からはいずれのオプションも等価である。ただし各主体の獲得純便益は異なるため、負担オプションの決定にあたっては、パレート最適事象集合に含まれる事象の選択の場合と同様に、等確率で選択することが必要となる。

$\pi(R_1, R_2)$ の値は主体の選好の分裂性向に依存する。以上の結果により、不完備情報下におけるプロジェクト選択を巡るコンフリクトにおいて、主体の選好の分裂性向に応じてコンフリクト調整メカニズムを適用可能であることが明らかとなった。

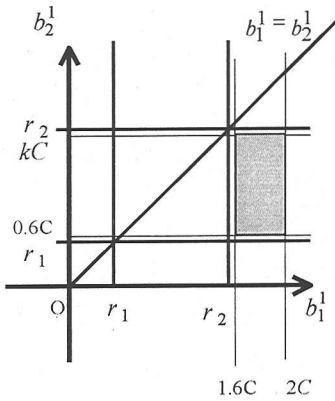


図-7 主体1に対する負担オプションの設定

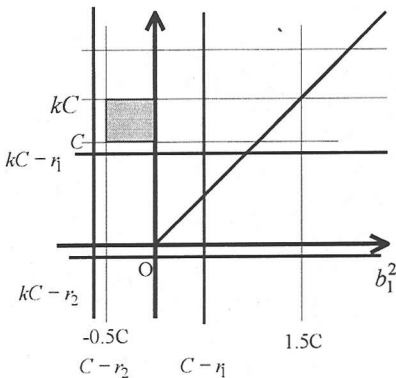


図-8 主体2に対する負担オプションの設定

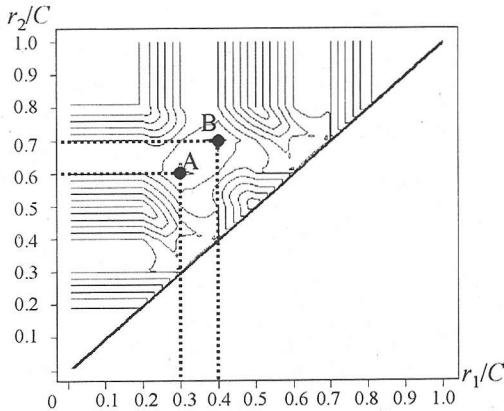


図-9 (r_1, r_2) と $\pi(R_1, R_2)$ の対応

6. おわりに

以上本論文では、複数主体による共同社会基盤整備プロジェクトを対象として、実施プロジェクトの選択を巡るコンフリクトの調整メカニズムについて不完備情報下のゲーム理論を援用して分析し、具体的なコンフリクト調整メカニズムについても提案を行った。さ

らにその調整メカニズムを水力発電と河川環境を巡るコンフリクトに適用し、便益の大きさの確率分布と最適な負担オプション設定との関連性について検討した。

本論文では、主体が2人で、想定されるプロジェクトの数も2種類の場合に限定した分析を行ったが、本論文において定式化したメカニズムは主体が n 人で、プロジェクトが m 種類のコンフリクトに拡張可能であり、定理1、定理2はその場合にも一般化可能である。

本調整メカニズムを適用した場合の各主体の行動規範としては、5. で示したように相手主体が真の表明を行なうと仮定して行動するケースの他に、相手主体の偽りの表明の可能性を考慮することも考えられる。主体の行動規範は対象とする社会基盤整備プロジェクトが、類似ケースの多数存在するものか、全く新しいタイプのものであるか等に依存すると考えられる。この点に関する詳細な検討は今後の課題としたい。

付録 定理の証明

(1) 定理1の証明

主体1に関して証明を示す。主体1の真のタイプを Ω_m^1 、表明された(偽りの)タイプを $\bar{\Omega}_m^1$ とし、 $S_1^+(\Omega_m^1) \subset S_1^+(\bar{\Omega}_m^1)$ となる場合について考える。主体2の表明するタイプを Ω_n^2 とする。

i) $S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2) = \{\emptyset\}$ のとき

真のタイプ Ω_m^1 を表明した場合、現状 SQ が選択され、主体 i の獲得純便益は0となる。一方偽りのタイプ $\bar{\Omega}_m^1$ を表明した場合に主体 i が獲得する純便益は、以下のように与えられる。

- $S^*(\bar{\Omega}_m^1, \Omega_n^2) \neq \{\emptyset\}$ であれば、 $S^*(\bar{\Omega}_m^1, \Omega_n^2)$ に含まれる事象のいずれかが実施される。このとき $S^*(\bar{\Omega}_m^1, \Omega_n^2) \subseteq S_1^+(\bar{\Omega}_m^1) \setminus S_1^+(\Omega_m^1)$ である。ここで定義より、 $S_1^+(\bar{\Omega}_m^1) \setminus S_1^+(\Omega_m^1)$ に含まれる任意の事象 $R_i A_j$ に関して、 $y_{ij}(b_j^1) < 0$ が成立する。
- $S^*(\bar{\Omega}_m^1, \Omega_n^2) = \{\emptyset\}$ であれば、現状 SQ が選択されるため、主体1の獲得純便益は0となる。

ii) $S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2) \neq \{\emptyset\}$ のとき

$S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2)$ に含まれる事象が等確率で選択される。主体2が Ω_n^2 を表明した場合の主体1の利得の期待値 $Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1 | \Omega_n^2)$ は次式で表される。

$$Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1 | \Omega_n^2) = \frac{\sum_{R_i A_j \in S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2)} y_{ij}(b_j^1)}{|S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2)|} \quad (\text{A.1})$$

- $S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2) \subset S^*(\bar{\Omega}_m^1, \Omega_n^2)$ の場合、 $S^*(\bar{\Omega}_m^1, \Omega_n^2) \setminus S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2)$ に含まれる任意の事象における主体 i の獲得純便益は、 $S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2)$ に含

まれる任意の事象における主体 i の獲得純便益を下回る。従って次式が成立する。

$$\frac{|S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2)| Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1 | \Omega_n^2)}{|S^*(\bar{\Omega}_m^1, \bar{\Omega}_n^2)|} + \frac{\sum y_{ij}(b_j^1)}{|S^*(\bar{\Omega}_m^1, \bar{\Omega}_n^2)| S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2)} < Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1 | \Omega_n^2) \quad (A.2)$$

すなわち、獲得純便益の期待値は真の表明を行った場合よりも小さくなる。

・ $S^*(\Omega_m^1, \Omega_n^2) = S^*(\bar{\Omega}_m^1, \bar{\Omega}_n^2)$ の場合、
 $Z^1(b_1^1, b_2^1, \bar{\Omega}_m^1 | \bar{\Omega}_n^2) = Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1 | \Omega_n^2)$ となる。

以上より、 $S_1^+(\Omega_m^1) \subset S_1^+(\bar{\Omega}_m^1)$ となる任意のタイプ $\bar{\Omega}_m^1$ に関して、 $Z^1(b_1^1, b_2^1, \bar{\Omega}_m^1) \leq Z^1(b_1^1, b_2^1, \Omega_m^1)$ が成立し、真の改善事象集合 $S_1^+(\Omega_m^1)$ に含まれない事象を加えても主体 1 の獲得純便益の期待値が改善されることはない。主体 2 についても同様にして $S_2^+(\Omega_n^2) \subset S_2^+(\bar{\Omega}_n^2)$ となる任意のタイプ $\bar{\Omega}_n^2$ に関して、 $Z^2(b_1^2, b_2^2, \bar{\Omega}_n^2) \leq Z^2(b_1^2, b_2^2, \Omega_n^2)$ が成立する。

(2) 定理 2 の証明

$S_i^+(\Omega_m^i) \neq \{\emptyset\}$ の場合、 $S_i^+(\Omega_m^i)$ に含まれる任意の事象の採択される確率は非負である。 $S_i^+(\Omega_m^i)$ に含まれる事象が実現した場合の主体 i の獲得純便益は正であるため、主体 i が真のタイプ Ω_m^i を表明した場合の獲得純便益の期待値は非負となる。

一方、この場合に偽って好ましい事象が一つもない (Ω_{i5}^i) と表明した場合、 $S_i^+(\Omega_{i5}^i) = \{\emptyset\}$ となる。このとき $S^*(\Omega_{i5}^i, \Omega_n^i) = \{\emptyset\}$ となることから、獲得純便益の期待値は 0 となる。以上より $S_i^+(\Omega_m^i) \neq \{\emptyset\}$ となる任意のタイプ Ω_m^i に関して $Z^i(b_1^i, b_2^i, \Omega_{i5}^i) \leq Z^i(b_1^i, b_2^i, \Omega_m^i)$ となる。

(3) 定理 3 の証明

$L_{\min 1}^1 > L_{\max 2}^1, L_{\max 1}^2 - C < L_{\min 2}^2 - kC$ が成立する場合を考える。図-Aに示すように、主体 1 のタイプが必ず Ω_3^1 または Ω_6^1 のいずれかになるように負担オプションの組 (R_1, R_2) を設定するために、 (R_1, R_2) が満足すべき条件は以下の通りである。

$$r_1 < L_{\min 2}^1 \quad (A.3)$$

$$r_2 < L_{\min 1}^1, L_{\max 2}^1 < r_2 \quad (A.4)$$

(A.4)式は以下のように変換することができる。

$$L_{\max 2}^1 < r_2 < L_{\min 1}^1 \quad (A.5)$$

$L_{\min 1}^1 > L_{\max 2}^1$ であるから、(A.5)式を満足する r_2 が存在する。

一方主体 2 のタイプが必ず Ω_7^2 または Ω_8^2 のいずれかになるように設定するためには、以下の条件を満

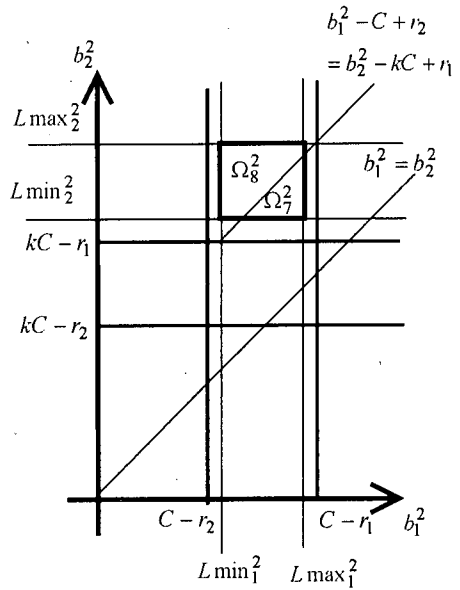
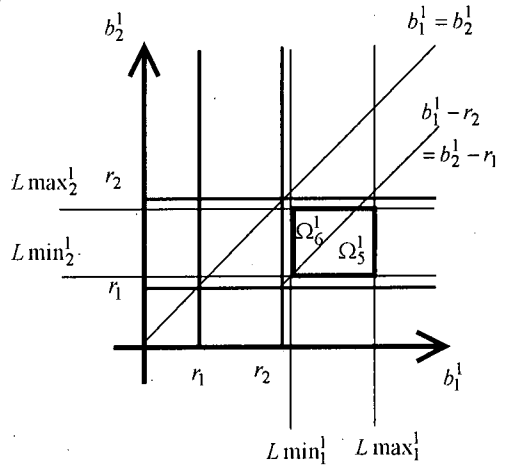


図-A 主体 1 (上) 及び主体 2 の負担オプションの設定

足する必要がある。

$$L_{\max 1}^2 < C - r_1, kC - r_1 < L_{\min 2}^2 \quad (A.6)$$

$$C - r_2 < L_{\min 1}^2 \quad (A.7)$$

式(A.6),(A.7)は以下のように変換することができる。

$$kC - L_{\min 2}^2 < r_1 < C - L_{\max 1}^2 \quad (A.8)$$

$$C - L_{\min 1}^2 < r_2 \quad (A.9)$$

$L_{\max 1}^2 - C < L_{\min 2}^2 - kC$ であるから、式(A.8)を満足する r_1 が存在する。 $L_{\min 1}^1 + L_{\min 2}^2 \geq C$ が成立する場合、

$C - L_{\min 2}^2 \leq L_{\min 1}^1$ であることから、式(A.5), (A.9)を同時に満足する r_2 を設定可能である。また

$L_{\min 2}^1 + L_{\min 2}^2 \geq kC$ が成立する場合、 $kC - L_{\min 2}^2 < L_{\min 1}^1$ であることから、式(A.3), (A.8)を同時

に満足する r_1 を設定可能である。このとき、主体 1 が表明するタイプは Ω_5^1 または Ω_6^1 、主体 2 が表明するタイプは Ω_7^2 または Ω_8^2 に限定されるため、常に R_2A_1, R_1A_2 のいずれかがパレート効率的な事象集合に含まれ、いずれかの事象が必ず選択される。

次に両主体が必ず真の表明を行うことを証明する。主体 1 のタイプが Ω_5^1 で真の表明を行う場合、実現する事象は、主体 2 が表明するタイプが Ω_7^2 のとき R_2A_1 、 Ω_8^2 のときは R_2A_1 または R_1A_2 である。従って主体 1 の獲得純便益の期待値は、

$$P_1(\Omega_7^2)(b_1^1 - r_2) + P_1(\Omega_8^2)\{0.5(b_1^1 - r_2) + 0.5(b_2^1 - r_1)\} \quad (\text{A.10})$$

となる。偽の表明 (Ω_6^1) を行う場合、実現する事象は、主体 2 が Ω_7^2 のとき R_2A_1 または R_1A_2 、 Ω_8^2 のときは R_1A_2 である。主体 1 の獲得純便益の期待値は、

$$P_1(\Omega_7^2)\{0.5(b_1^1 - r_2) + 0.5(b_2^1 - r_1)\} + P_1(\Omega_8^2)(b_2^1 - r_1) \quad (\text{A.11})$$

式(A.10)から式(A.11)を引くと、

$$0.5P_1(\Omega_7^2)\{(b_1^1 - r_2) - (b_2^1 - r_1)\} + 0.5P_1(\Omega_8^2)\{(b_1^1 - r_2) - (b_2^1 - r_1)\} \quad (\text{A.12})$$

となり、 $b_1^1 - r_2 > b_2^1 - r_1$ より $P_1(\Omega_7^2), P_1(\Omega_8^2)$ の大きさに関わらず常に式(A.10)は式(A.11)を上回る。一方主体 1 のタイプが Ω_6^1 の場合は常に式(A.10)は式(A.11)を下回る。従って主体 1 はいずれのタイプにおいても真の表明を行った方が獲得純便益の期待値が大きい。主体 2 についても同様であるため、式(A.3),(A.4),(A.6),(A.7)を満足する (R_1, R_2) において両主体は必ず真の表明を行う。以上、 $L_{\min 1}^1 > L_{\max 2}^1, L_{\max 1}^2 - C < L_{\min 2}^2 - kC$ の場合について、常にプロジェクト 1, 2 のいずれかが実現するような負担額の組 (R_1, R_2) を設定可能であり、そのとき各主体が真の選好を表明することが証明された。

$L_{\min 1}^1 < L_{\max 2}^1, L_{\max 1}^2 - C > L_{\min 2}^2 - kC$ の場合についても同様に、プロジェクト 1, 2 のいずれかが実現するような負担額の組 (R_1, R_2) を設定可能であり、そのとき各主体が真の選好を表明することが証明可能である。

参考文献

1) 岡田憲夫：公共プロジェクトの費用配分法に関する研究：その系譜と展望、土木学会論文集、No.431/IV-15, pp. 1-19, 1991.

2) 佐々木才朗：多目的ダムのコストアロケーションに関する研究、東京大学博士論文、1992。
 3) Young, H.P., Okada, N., and Hashimoto, T.: Cost Allocation in Water Resources Development, Water Resources Research, Vol.18, pp.463-475, 1982。
 4) Okada, N. and Sakakibara, H.: A Cost / Benefit Allocation Game in a Basin-Wide Reservoir Redevelopment as a Part of Water Resources Reallocation, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp.791-796, 1997。
 5) 榎原弘之、岡田憲夫：ダム更新整備プロジェクトにおける純便益配分問題に関するゲーム理論的考察、土木学会論文集、No.618/IV-43, pp.71-81, 1999。
 6) 榎原弘之、岡田憲夫、多々納裕一、五十部渉：共済社会基盤整備における情報の自己表明に基づく純便益配分制度の適用に関するゲーム論的考察、土木計画学研究・論文集、No.16, pp.101-112, 1999。
 7) Harsanyi, J. C.: Games with Incomplete Information Played by Bayesian' Players, parts I, II, and III, Management Science, Vol.14, pp. 159-182, 320-334, 486-502, 1967-1968。
 8) Aumann, R.: Agreeing to Disagree, The Annals of Statistics, pp.1236-1239, 1976。
 9) Jackson, M. and Moulin, H.: Implementing a Public Project and Distributing Its Cost, Journal of Economic Theory, Vol.57, pp.125-140, 1992。
 10) 石井安憲、西條辰義、塩澤修平：入門・ミクロ経済学、有斐閣、1995。
 11) 西條辰義：公共的意思決定のメカニズム・デザイン、金本良嗣、宮島洋編：公共セクターの効率化、東京大学出版会、1991。
 12) Clarke, E.: Multipart Pricing of Public Goods, Public Choice, Vol.11, pp.17-33, 1971。
 13) Groves, T.: Incentives in Teams, Econometrica, Vol. 41, pp.617-631, 1973。
 14) ヒープ, S. P. H. Y. ファロファキス：ゲーム理論-批判的入門、萩沼隆 訳、多賀出版、1998。
 15) Myerson, R. B.: Incentive Compatibility and the Bargaining Problem, Econometrica, Vol.47, No.1, pp.61-73, 1979.

(1999. 12. 13 受付)

A STUDY ON THE COORDINATION MECHANISM FOR THE CONFLICT ON
PROJECT SELECTION WITH INCOMPLETE INFORMATION
— THE CASE FOR TWO PLAYERS AND TWO PROJECTS —

Hiroyuki SAKAKIBARA, Wataru ISOBE, Norio OKADA
and Hirokazu TATANO

Coordination problem for the conflict on project selection in joint infrastructure projects is discussed. First, the relationship between division property of participants' preferences and information structure is discussed. Then, the conflict coordination mechanism is proposed and participants' behaviors under the mechanism are analyzed. Decision criteria of the coordinator are also proposed. Finally, the coordination mechanism is applied to the conflict on the renewal of hydropower generation and numerical examples are shown.