

IV-185

不完備情報下における発電用ダム更新整備のための純便益配分法に関する考察

京都大学大学院	学生員	○五十部 渉
京都大学大学院	学生員	榊原 弘之
京都大学防災研究所	正員	岡田 憲夫
京都大学防災研究所	正員	多々納 裕一

1. はじめに 近年, 新規ダム開発のためのサイトが不足してきていることから, 既存ダムのより有効な利用を図っていく必要があると考えられる. ダムの更新整備では, 新規事業者が既存事業者に参加してくる形で行われる場合がある. この場合, 各主体間で更新整備費用をどのように割り振るかという「費用配分」が問題となるが, 利害の異なる複数の事業者(プレイヤー)に共同更新整備に参加するインセンティブを保証するためには, 各プレイヤーに帰着する便益を考慮した費用配分が必要である. しかし, 便益に関する情報が不完備¹⁾である場合, 各プレイヤーが自身の便益に関する情報を操作することにより, その更新整備が社会的に好ましいにも関わらず, 実行不可能となる恐れがある. 本論文では, 社会的に好ましいダム更新整備が実施される可能性を高めるような純便益配分法を提案する.

2. 分析の枠組み 発電ダム直下の河道に減水区間が生じており, 自治体(プレイヤー1)が電力事業者(プレイヤー2)に環境用水の放流を要求している状況を想定する. このような状況の改善のために, 既存ダムの更新整備が考えられる. 具体的な施設に関する代替案として, 当該ダムの嵩上げ(A_1), 代替(火力)発電施設の建設(A_2)があるとする. 各々, 既存発電ダムを有効利用して, 発電規模の拡大と環境用水の放流による流域環境改善を図るものである.

プレイヤー i が施設代替案 A_j から得られる便益を b_j^i で表す. また, 2つの施設代替案の費用はいずれも等しいとして, これを C で表す.

このような状況下で, どの施設代替案をどのような費用配分により実施すべきかが主要な計画調整課題であるとする. 以下, 施設代替案及び費用配分の双方からなる総合的な計画調整案を「プロジェクト」と呼び, 計画調整を「プロジェクトの決定」と見なす. プロジェクトの決定により, 各プレイヤーに帰着する純便益が確定する.

一般に, プレイヤーが各施設代替案から得られる便益の大きさは, 他のプレイヤーにとって知ることができず不完備であると考えられる. 従って, 実施するプロジェクトを決定する第3の主体として計画調整主体を想定する. また, プレイヤー i が施設代替案 A_j から得られる便益は, $L_{\min_j^i}$ を下限, $L_{\max_j^i}$ を上限に持つ一様分布に基づいて

生起すると仮定する.

以上, 各プレイヤー及び, 計画調整主体の情報構造をまとめると $C, L_{\min_j^i}, L_{\max_j^i}$ ($i = 1, 2, j = 1, 2$) は共有情報, b_1^1, b_2^1 はプレイヤー1の個人情報, b_1^2, b_2^2 はプレイヤー2の個人情報となる.

3. プロジェクト決定のスキーム 本論文では, 次のような計画調整(プロジェクト決定)過程を想定する.

① 計画調整主体は2種類の費用配分案 R_1, R_2 を設定し, 両プレイヤーにそれを提示する. R_k ($k = 1, 2$) は, プレイヤー1が R_k , プレイヤー2が $C - R_k$ の負担をすることを表している. ただし, $R_1 < R_2$ とする. プロジェクトは施設代替案と費用配分案の組み合わせにより決まり, $R_k A_j$ ($k, j = 1, 2$) の4種類が存在する. また, プロジェクトを実施しない状況を SQ (Status Quo) で表す.

② 両プレイヤーは, 4種類のプロジェクトと現状(SQ)の5つの間の選好順位(ベクトル)を表明する.

③ 計画調整主体は, 個人合理性, パレート効率性の2つの条件を満たすプロジェクト(以下, 「パレート効率プロジェクト」と呼ぶ)を等確率で採択する.

例えば, プレイヤー1が $R_1 A_2 \succ R_2 A_2 \succ R_1 A_1 \succ R_2 A_1 \succ SQ$, プレイヤー2が $R_2 A_1 \succ R_2 A_2 \succ R_1 A_1 \succ SQ \succ R_1 A_2$ と表明した場合, 現状(SQ)を基準として個人合理性を満たすプロジェクトは $R_2 A_1, R_2 A_2, R_1 A_1$ であり, $R_1 A_1$ はパレート効率性を満たさないため, $R_2 A_1, R_2 A_2$ の2つがパレート効率プロジェクトとなる. 計画調整主体は, この2つを等確率(0.5, 0.5)で採択する.

プレイヤーは, 以上の決定スキームの下で, 帰着純便益の期待値が最大となる表明をすると仮定する. 従って, プレイヤーは必ずしも真の選好ベクトルを表明するとは限らない. なお, 任意の便益の分布, 費用配分案の設定におけるプレイヤーの表明に関し, 以下の2つの定理が成り立つことを証明することができる²⁾.

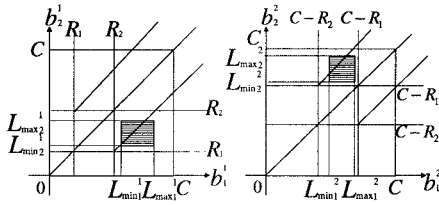
定理1: プレイヤーが, 自身にとって現状(SQ)よりも選好の低い(個人合理性を満たさない)プロジェクトを, 「現状よりも好ましい(個人合理的である)」と偽って表明する動機は存在しない.

定理2: 個人合理性を満たすプロジェクトが少なくとも1つ

キーワード: ゲーム理論, 不完備情報, 発電用ダム, 純便益配分

京都大学大学院 工学研究科 修士課程 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町, TEL 075-753-7531)

京都大学防災研究所 (〒611-0011 宇治市五ヶ庄, TEL 0774-38-4035, FAX 0774-32-3093)


 図 1: $L_{\min j}^1 + L_{\min j}^2 \geq C$ の場合の R_1, R_2 の設定

存在する場合、そのプレイヤーが個人合理性を満たすプロジェクトが 1 つもないと表明する動機は存在しない。

4. 費用配分案の決定例 3. のスキームによりプロジェクトを決定する場合、計画調整主体は、予想する便益の分布に対し、適切な費用配分案 R_1, R_2 を決定しなければならない。その決定の際には、全体にとって好ましい更新整備の実現性、純便益配分の公平性、偽の選好ベクトルを表明するインセンティブが小さいこと等を考慮する必要がある。

得られる便益に関する事前の予想が大きい場合、その施設代替案の実行可能性は高い。両プレイヤーの便益の下限値の和 $L_{\min j}^1 + L_{\min j}^2$ ($j = 1, 2$) が C 以上の場合は両施設代替案の実施可能性が常に保証されており、 C 以下の場合は両施設代替案ともに実施可能性が必ずしも保証されていない場合である。本研究ではこの 2 通りの場合について検討する。また図 1 のように、各プレイヤーの便益は生起する値に関わらず $b_1^1 > b_2^1, b_1^2 < b_2^2$ ，すなわち $L_{\min j}^1 < L_{\min j}^2$ であるとする。

(1) $L_{\min j}^1 + L_{\min j}^2 \geq C$ ($j = 1, 2$) の場合

このとき、両方の代替案が実施可能でかつ常に真の表明が保証される R_1, R_2 を設定することができる。 $L_{\min j}^1 + L_{\min j}^2 \geq C$ ($j = 1, 2$)，および $L_{\min j}^1 < L_{\min j}^2$ から次式のような R_1, R_2 の設定が可能である。

$$\begin{cases} R_1 \leq L_{\min 2}^1 \\ L_{\max 2}^1 \leq R_2 \leq L_{\min 1}^1 \\ R_2 \geq C - L_{\min 1}^2 \\ C - L_{\min 2}^2 \leq R_1 \leq C - L_{\max 1}^2 \end{cases} \quad (1)$$

図 1 は (1) 式を満たすような R_1, R_2 の設定を示している。このとき、生起する便益の値にかかわらず両プレイヤーは必ず真の選好ベクトルを表明し、常に $R_1 A_2, R_2 A_1$ の 2 つのプロジェクト、またはそのいずれかがパレート効率プロジェクトとなる。また、各プレイヤーの便益について $b_1^1 > b_2^1, b_1^2 < b_2^2$ が常に成り立つことから、2 つのプロジェクトはともに、各プレイヤーの帰着便益を考慮した費用配分案の組合わせとなっている。以上のように施設代替案が常に実施可能な場合、本決定スキームは効率性とインセンティブ両立性¹⁾を満足する。

(2) $L_{\min j}^1 + L_{\min j}^2 < C$ ($j = 1, 2$) の場合

この場合、いずれの代替案についても、常に成立を保証

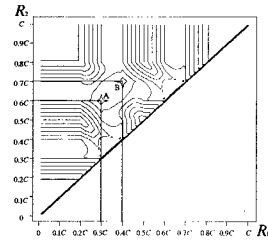


図 2: 不成立確率の計算結果

する R_1, R_2 を設定することはできない。言い換えれば、いずれの代替案も実施されない確率が正となる。定理 1 より、本決定スキームではプレイヤーが便益を過大に表明することはない。そのため、プロジェクトの成立確率は、情報の不完備性が存在しない場合か、それ以下である。従ってこの場合、計画調整主体は、どちらの施設代替案も不成立となる確率が最小となる R_1, R_2 を設定すべきと考えられる。例として $L_{\max 1}^1 = L_{\max 2}^2 = 0.80C, L_{\min 1}^1 = L_{\min 2}^2 = 0.60C, L_{\max 2}^1 = L_{\max 1}^2 = 0.50C, L_{\min 1}^2 = L_{\min 2}^1 = 0.30C$ とした場合において、数値計算により不成立確率を求めると図 2 のようになる。この場合は、全域的に不成立確率が最小になる点は $A(0.3C, 0.6C), B(0.4C, 0.7C)$ の 2 点になることが分かる。A 点の場合、プレイヤー 1 は常に真の表明をし、プレイヤー 2 は偽の表明をする可能性が存在する。一方、B 点の場合、プレイヤー 2 は常に真の表明をし、プレイヤー 1 は偽の表明をする可能性がある。負担費用については、どちらの施設代替案においても、A 点の方がプレイヤー 1 の負担が小さい。また、どちらの点においても各施設代替案の成立確率は等しい。なお、A, B 点では費用負担額、偽の表明の可能性に関して両プレイヤー間で対称である。

5. 結論 本研究では、便益に関する情報が不完備な状況下で、第 3 の主体として計画調整主体を想定し、プレイヤーの自己表明に基づく純便益配分法を提案した。両施設代替案の $L_{\min}$ の和がともに C 以上の場合、常に施設代替案の成立を保証する配分案が設定可能であり、さらに便益に応じた負担をさせることにより公平性にも配慮したプロジェクト決定が可能である。一方、両施設代替案の $L_{\min}$ の和がともに C 以下の場合では、最終的にいずれのプロジェクトも実施されない確率が最小となる R_1, R_2 を採択すべきと考えられる。

[参考文献] 1) 岡田章：ゲーム理論，有斐閣，1996. 2) 五十部渉：不完備情報下におけるダム更新整備のための計画調整方式に関する研究，京都大学工学部卒業論文，1998. 3) 五十部渉，榊原弘之，多々納裕一，岡田憲夫：不完備情報下での発電用ダム再開発における純便益配分法の提案，関西支部年次学術講演概要，土木学会関西支部，1998（投稿中）。