多目的ダム事業の慣用的費用割り振り法の適用可能性の評価に関する考察

鳥取大学大学院　○学生会員　大熊慶之
鳥取大学工学部　正会員　谷本圭志
京都大学防災研究所　正会員　岡田憲夫
鳥取大学工学部　正会員　喜多秀行

1.はじめに

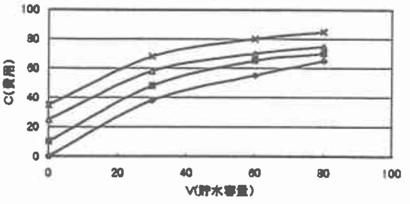
多目的ダム事業では，共同事業費を事業に参加する主体間でいかに割り振るかが問題となる．この問題は,「費用割り振り問題」と呼ばれている．我が国では，分離費用身替り妥当支出法[1]という慣用的な費用割り振り法（以後,「慣用法」と呼ぶ）によって共同事業費を割り振っている．昨今ではレクリエーションなど貯水容量を確保しないという特殊な主体のダム事業への参加が期待されている．そこで，本研究では，貯水容量を確保しない主体を含めて実施される事業に対して慣用法がどこまで適用可能なのかについて，協力ゲーム理論を用いて検討する．

2.慣用法の適用可能性

慣用法は，簡便性や理解容易性が高く，実用性に優れているが，算出された費用割り振り解の理論的意味付けが不明確である．しかし，既往の知見[2]によれば，ある条件の下で慣用法による解と協力ゲーム理論における公正配分解が一致することがわかっており，慣用法による解に協力ゲーム理論的意味づけが備わっている可能性が指摘されている．すなわち，一致性が生じる条件下において慣用法の適用可能性が満たされると考えられる．一致性が生じる条件は，Convex性などのゲームの費用関数特性を基本的要件とし，また，ゲームの費用関数特性は貯水容量と費用の関数（V－C関数）で規定されることが分かっているが，これはあくまで貯水容量を確保する主体（以後,「容量対応型の主体」と呼ぶ）のみが事業に参加していることを前提としていることになる．

そこで，本研究では貯水容量を確保しない主体（以後,「容量非対応型の主体」と呼ぶ）の事業参加を想定し，既往の研究において提案されている慣用法の適用可能性を評価するための理論的準拠枠を拡張する．具体的には一致性の成立のための基本的要件であるゲームの費用関数特性を容量非対応型のプレイヤーが含まれる場合のV－C関数を用いて判定し得るよう検討する．

3.容量非対応型のプレイヤーを含むV－C関数



図－1容量非対応型のプレイヤーが含まれる事業における
V－C関数

容量非対応型のプレイヤーを含まない事業におけるV－C関数は，一般に一本の滑らかな曲線が導出される．しかし，容量非対応型のプレイヤーが含まれる事業では，そのような曲線とはならない．その例として２人の容量非対応型のプレイヤーを含む４人ゲームを考えてみよう（図－１参照）．容量対応型のプレイヤーから成る任意の提携の確保する貯水容量の下で，４つの費用が対応している．これは，容量非対応型のプレイヤーは貯水容量を確保していないため，容量非対応型のプレイヤーが容量対応型のプレイヤーから成る提携に参加しても貯水容量は増加せず，参加による限界費用のみが加算されるためである．結果として，容量対応型のプレイヤーのみから成る費用曲線と，この費用曲線からＣ軸方向に容量非対応型のプレイヤー（及びその集合）の限界費用分をシフトさせた費用曲線，すなわち容量対応型のプレイヤーのみから成る提携に１人の容量非対応型のプレイヤーが参加した場合の曲線，もう１人の容量非対応型のプレイヤーが参加した場合の曲線，２人の容量非対応型のプレイヤーが参加した場合の合計４つが得られる．

一般にm人の容量非対応型のプレイヤーが事業に参加した場合，V－C関数は2^m価の関数となる．

4.容量非対応型のプレイヤーを含めた場合のゲームの費用関数特性

(1)容量非対応型のプレイヤーの費用関数の特性

まず第１の特性として，容量非対応型のプレイヤー，もしくはこれらプレイヤーから成る提携が事業に参加する場合に生じる限界費用の値は，容量非対応型のプレイヤーと提携関係にある容量対応型のプレイヤーが確保している貯水容量に依存する．これを定式化すると次式を得

る．

［仮定１］

$$MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \cup T^{-v}) \leq MC(T^v \cup S^{-v}, T^v \cup T^{-v}) \quad (1)$$

$$(\forall T^v \subseteq S^v \subseteq N^v, \forall T^{-v} \subseteq S^{-v} \subseteq N^{-v})$$

第２の特性として，容量非対応型のプレイヤー（及びその集合）の限界費用は，当該プレイヤーと提携関係にある容量非対応型のプレイヤーの提携の規模に依存しないことが考えられる．これは容量非対応型のプレイヤーと容量対応型のプレイヤーとの間の共通費用は貯水容量が変化しない限り不変であることによる．これを定式化すると次式を得る．

［仮定２］

$$MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \cup T^{-v} \backslash U^{-v}) = MC(S^v \cup T^{-v}, S^v \cup T^{-v} \backslash U^{-v}) \quad (2)$$

$$(\forall S^v \subseteq N^v, \forall U^{-v} \subseteq S^{-v} \subseteq N^{-v})$$

第３の特性として，容量非対応型のプレイヤーが単独で事業をした場合の費用の算定が困難である．そこで本研究では，当該プレイヤーが共同事業で享受する便益を費用として与える．すなわち次式を仮定する．

［仮定３］　$C(S^{-v}) = B(S^{-v})$　(3)

また，容量非対応型のプレイヤーのみから成る提携同士が結託しても，双方の便益は変化しないと考えられるため，$C(S^{-v}) + C(T^{-v}) = C(S^{-v} \cup T^{-v})$ が成立すると仮定する．

ここに，i は任意のプレイヤー，$S, T, U (U \subseteq T \subseteq S \subseteq N)$ は任意の提携を，$N = \{1, 2, ..., n\}$ は全員提携を表す．添え字の v は容量対応型，$-v$ は容量非対応型であることを表している．$MC(S, S \backslash T), (T \subseteq S \subset N)$ は，提携 $S \backslash T$ に提携 T が参加した場合の限界費用を表している．

(2) ゲームの費用関数特性の成立条件

(1) の仮定の下で一致性の基本的要件であるゲームの費用関数特性の成立条件について検討する．

Convex 性の十分条件は，次式で表される．

$$MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \backslash U^v \cup S^{-v}) \leq MC(T^v \cup S^{-v}, T^v \backslash U^v \cup S^{-v}) \quad (4)$$

$$(\forall U^v \subseteq T^v \subseteq S^v \subseteq N^v, \forall S^{-v} \subseteq N^{-v})$$

Semi-convex 性，Weak-convex 性の十分条件は，次式で表される．

$$MC(N^v \cup S^{-v}, N^v \backslash \{i\}^v \cup S^{-v}) \leq MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \backslash \{i\}^v \cup S^{-v}) \quad (5)$$

$$(\forall i^v \in S^v \subseteq N^v, \forall S^{-v} \subseteq N^{-v})$$

「One-convex 性の十分条件」の必要条件は次式で表される．

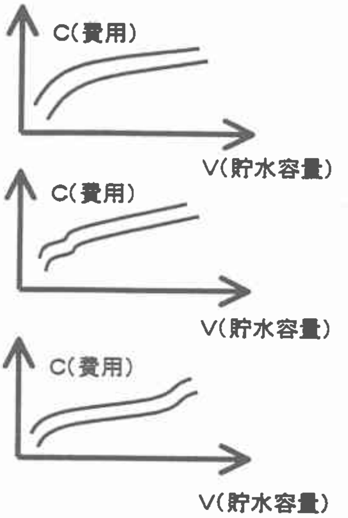
$$MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \backslash \{i\}^v \cup S^{-v}) \leq MC(N^v \cup S^{-v}, N^v \backslash \{i\}^v \cup S^{-v}) \quad (6)$$

$$MC(N^v \cup N^{-v}, N^v \cup N^{-v} \backslash \{i\}^{-v}) = MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \cup S^{-v} \backslash \{i\}^{-v}) \quad (7)$$

$$(\forall i^v \in S^v \subseteq N^v, \forall i^{-v} \in S^{-v} \subseteq N^{-v})$$

(3) ゲームの費用関数特性が成立する場合のＶ－Ｃ関数

１人の容量非対応型のプレイヤーを含む３人ゲームでのＶ－Ｃ関数を示す．



図－２　Ｖ－Ｃ関数とゲームの費用関数特性
（上：Convex 性，中：Semi-convex 性，Weak-convex 性，下：One-convex 性）

(2) より４本の費用曲線が貯水容量に対して逓減する費用曲線であり，かつ最下の費用曲線とそれ以外の任意の費用曲線の間の距離がＣ軸方向に小さくなっていれば Convex 性が成立する．Semi-convex 性，One-convex 性についても同様にその成立をＶ－Ｃ関数を用いて吟味することができる．以上により，容量非対応型のプレイヤーが含まれる場合のＶ－Ｃ関数でゲームの費用関数特性の成立を判定し得ることが分かった．文献2) によると，Convex 性，Semi-convex 性，Weak-convex 性が成立していれば分離費用身替り妥当支出法による解にゲーム理論的な意味付けがなされて，その適用可能性が満たされることから，図－２に示す上２つのＶ－Ｃ関数が得られる事業においては分離費用身替り妥当支出法の適用が妥当となる．

5. 結言

本研究では，貯水容量を確保しない主体を含めた事業における慣用法の適用可能性をＶ－Ｃ関数を用いて評価し得ることを明らかにした．今後は，本研究による理論的知見の有効性を事例に即して確認していきたいと考える．

[1] Federal Inter-Agency River-Basin Committee:Proposed Practices for Economic Analysis of River Basin Projects, Technical Report, Washington D.C., 1950.

[2] 岡田憲夫，谷本圭志：多目的ダム事業における慣用的費用割振り法の改善のためのゲーム論的考察，土木学会論文集，No.524/IV-29, 1995.