Ⅳ－22

容量非対応型の主体を含めた多目的ダム事業における慣用的費用割り振り法の適用に関する考察

鳥取大学工学部	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の「費用割り振り問題」が生じ，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）を適用することでこの問題を解決している．近年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を判定するための準拠枠について，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

慣用法には，分離費用身替り妥当支出法の原形であるＳＣＲＢ法並びにＥＮＳＣ法などがある．これらは簡便性や理解容易性が高く，実用性に優れている反面，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（仁，弱仁など）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潜在的に備わっていることが明らかになっている（各費用割り振り法の詳細は文献２）を参照）．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．一致性が生じるための基本的要件としてConvex性などのゲームの費用関数特性があり，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理論的に検討するとともに，数値例を用いてその知見の実証を試みる．

3.容量非対応型のプレイヤーを含むＶ－Ｃ関数

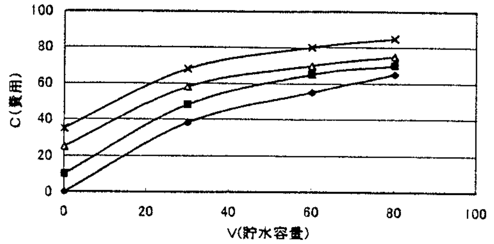

図１　容量非対応型のプレイヤーが含まれる事業におけるＶ－Ｃ関数

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が，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．

4.容量非対応型のプレイヤーの費用関数の仮定

［仮定１］…容量非対応型のプレイヤー（及びその集合）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のみの提携が確保している貯水容量に依

キーワード　費用割り振り，協力ゲーム理論，コンフリクト分析
〒680 鳥取市湖山町南4-101 TEL0857-31-5311 FAX 0857-31-0882

存している．

[仮定２]…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みから成る提携の規模に依存しない．

[仮定３]…容量非対応型のプレイヤーの身替り費用の算定が困難である．本研究では，妥当投資額（便益）を費用として与える．

これら仮定の定式化については文献３）に譲る．

5.容量非対応型のプレイヤーを含むゲームの費用関数特性の成立条件

4.の仮定の下でのゲームの費用関数特性の成立条件を示す．

(1)Convex性の十分条件

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

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

(2)Semi-convex性，Weak-convex性の十分条件

$$MC(N^v \cup S^{-v}, N^v \backslash \{i\}^v \cup S^{-v}) \leq MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \backslash \{i\}^v \cup S^{-v}) \quad (2)$$

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

(3)「One-convex性の十分条件」の必要条件．

$$MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \backslash \{i\}^v \cup S^{-v}) \leq MC(N^v \cup S^{-v}, N^v \backslash \{i\}^v \cup S^{-v}) \quad (3)$$

$$MC(N^v \cup N^{-v}, N^v \cup N^{-v} \backslash \{i\}^{-v}) = MC(S^v \cup S^{-v}, S^v \cup S^{-v} \backslash \{i\}^{-v}) \quad (4)$$

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

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．

(1)式及び仮定より図１のような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性が十分成立することが分かる．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と考えられる．

6.仮想ダムを想定した数値分析

３人ゲーム$(N = \{1^v, 2^v, 3^{-v}\})$を用いて5.で得られた理論的知見を数値例を用いて実証する．

$1^v, 2^v$を容量対応型のプレイヤーとし，3^{-v}を容量非対応型のプレイヤーとして，任意の提携における貯水容量と費用の関数を以下の表のように設定する．

表１　貯水容量と費用の関数

提携	1^v	2^v	3^{-v}	1^v2^v	1^v3^{-v}	2^v3^{-v}	$1^v2^v3^{-v}$
費用　(億円)	80	60	40	$100+\Delta e$	100	80	$110+\Delta e$
貯水容量（百万m^3）	55	35	0	80	55	35	80

$\Delta e = 0, \Delta e = 35$の下で得られるＶ－Ｃ関数を図２に示す．$\Delta e = 0$の場合，Convex性が，$\Delta e = 35$の場合One-convex性が成立することが確認できる．

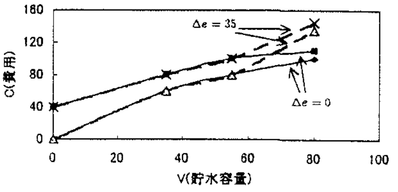

図２　$\Delta e = 0, \Delta e = 35$の場合におけるＶ－Ｃ関数

$\Delta e = 0, \Delta e = 35$の下での費用割り振り解を以下の表に示す．

表２　$\Delta e = 0$での割り振り解

	費用割り振り法	x_1	x_2	x_3
*	SCRB法	53.1	33.1	23.8
**	ENSC法	50.0	30.0	30.0
	仁	52.5	32.5	25.0
**	弱仁	50.0	30.0	30.0
*	相対仁	53.1	33.1	23.8
*	NSCG法	53.1	33.1	23.8

Convex性の成立の下で，ＳＣＲＢ法とＮＳＣＧ法，相対仁が一致，ＥＮＳＣ法と弱仁が一致している．

表３　$\Delta e = 35$での割り振り解

	費用割り振り法	x_1	x_2	x_3
*	SCRB法	71.25	51.25	22.5
**	ENSC法	73.3	53.3	18.3
**	仁	73.3	53.3	18.3
**	弱仁	73.3	53.3	18.3
*	相対仁	71.25	51.25	22.5
**	NSCG法	73.3	53.3	18.3

One-convex性が一致しているため，ＥＮＳＣ法とＮＳＣＧ法，仁，弱仁が一致，また，ＳＣＲＢ法と相対仁も一致している．

ここで，ゲームの費用関数特性の定義より，

$\Delta e \leq 30$の場合，Convex性が成立し，

$\Delta e \geq 30$の場合，One-convex性が成立することがわかる．

以上の結果より，多価のＶ－Ｃ関数の勾配に着目することで，慣用法の一致性の成立が判定でき，慣用法の適用可能性を判定，検証できることが明らかになった．

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.

3) 大熊慶之，谷本圭志，岡田憲夫，喜多秀行：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，土木学会中国支部研究発表会発表概要集，1999.