

不確実性下の便益計測手法に関する研究

岐阜大学正員 森杉壽芳
 岐阜大学正員 ○小池淳司
 中日本建設コンサルタント 正員 高木朗義

1. はじめに

公共土木事業の中には自然災害対策など不確実性を伴う事業が多く存在する。このような事業の費用便益分析を行う際には、便益を不確実性下で定義し計測する必要がある。この問題に対し多々納¹⁾は渇水のリスクの経済評価において、便益をオプション価格で定義し、家計の生産関数および間接効用関数を特定化して計測する方法を提案している。しかし、生産関数や間接効用関数を特定化することは大変な作業を伴う。そこで、本研究では一般均衡のフレームワークで便益をオプション価格で定義し、その定義を展開して土地市場における消費者余剰に近似する方法を提案する。

2. 便益の定義と帰着形

不確実性下においても一般均衡のフレームワークでの便益は最終的には世帯の効用の増大として捉えることができる。そこで、不確実性下における便益の定義として、等価的偏差 EV の概念を拡張する。すなわち、プロジェクトを実施する前の状態において、実施した後の期待効用水準を維持するという条件で世帯が考える最小補償額を便益と定義する。この考えに基づいた便益の定義には、3つの形式があるが、ここでは、オプション価格がよいと考え、次式のように定義する²⁾。ただし、簡略化のため不確実性をしめす状態は2つしかないものと仮定し、これを平常時 o と災害時 d という添字で示す。

$$\begin{aligned} & \Phi_o^* U(p_o^*, r_o^*, \Omega_o^* + OP, Q_o^*) + \Phi_d^* U(p_d^*, r_d^*, \Omega_d^* + OP, Q_d^*) \\ & = \Phi_o^* U(p_o^*, r_o^*, \Omega_o^*, Q_o^*) + \Phi_d^* U(p_d^*, r_d^*, \Omega_d^*, Q_d^*) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 Φ_o, Φ_d : 各状態毎の発生確率 ($\Phi_o + \Phi_d = 1$) ,
 $U(p, r, \Omega, Q)$: 私的財の価格ベクトル p 、地代 r 、所得水

準 Ω および公共財の状態ベクトル Q で表される世帯の間接効用関数、添字 a, b : プロジェクト有り無しを示す。社会全体の便益は(1)式を満足する OP を社会構成する世帯全体に対して合計値をもって定義することができる。

今、社会全体の便益を集計するため、効用関数がゴーマン型であるとする。すなわち、次式の効用関数を仮定する。

$$U(p, r, \Omega, Q) = \xi(p, r, Q) + \eta(p, r, Q)\Omega \quad (2)$$

ただし、 ξ, η は p, r, Q に関する関数。

(2) 式を (1) 式に代入し、便益 OP について解き、ロアの定理⁴⁾を適用すると次式になる。

$$\begin{aligned} OP = & \frac{1}{E\eta^*} \int_{\Omega_o^*}^{\Omega_d^*} \left[U_d d\Phi_o + V_d d\Phi_o + \Phi_o \eta_o (\Omega_{oQ} dQ - z_o dp_o - x_o dr_o + d\Omega_o) \right. \\ & \left. + [U_d d\Phi_d + V_d d\Phi_d + \Phi_d \eta_d (\Omega_{dQ} dQ - z_d dp_d - x_d dr_d + d\Omega_d)] \right] \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、 $E\eta^* \equiv \Phi_o^* \eta_o^* + \Phi_d^* \eta_d^*$, $\int_{\Omega_o^*}^{\Omega_d^*}$: a 状態から b 状態の任意の経路による線積分, z_o, z_d : 世帯の私的財に対する需要関数, x_o, x_d : 世帯の土地に対する需要関数, Ω_{oQ}, Ω_{dQ} : 世帯における Q の限界値, V_o, V_d : 企業の効用関数で p, r, Q の関数を示す。

(3) 式は不確実性下の便益の帰着形と呼ぶことができる。なぜなら、(3) 式において便益 OP はそれぞれの状態毎に、世帯にとっての不確実性低下の便益、公共財の質の向上の便益、私的財・土地の価格低下の便益および所得額上昇の合計値で表現されている。したがって、このままの状態で便益を計測することも可能であるが、そのためには、あらゆる波及効果を表現できる一般均衡分析による大型シミュレーションモデルが必要である。これは、実際の作業上不可能であるので、本研究では次に示すショートカット形で近似計測する方法を提案する。

4. 便益計測法

シヨートカット形を誘導するために、ホテリングの定理を用い、企業の算出投入ベクトルを y 土地の供給量を k とし、需要供給均衡条件 ($x=y, a=k$) を考慮すると、次式を得る。

$$OP = \frac{1}{En^a} \int_{a \rightarrow b} [(U_o + V_o)d\Phi_o + (U_d + V_d)d\Phi_d] + [\Phi_o \eta_o (\Omega_{oQ} + \pi_{oQ}) + \Phi_d \eta_d (\Omega_{dQ} + \pi_{dQ})] dQ \quad (4)$$

ただし、 π_o, π_d : 企業の利潤関数で Q, r の関数、 π_{oQ}, π_{dQ} : 企業での Q の限界効用を示す。

ここで、 $d\Phi_o = -d\Phi_d$ であることを考慮すると以下の式を得る。

$$OP = \Delta\Phi_o \int_{a \rightarrow b} [(\Omega_{oQ} + \pi_{oQ}) + (\Omega_{dQ} + \pi_{dQ})] dQ + \int_{a \rightarrow b} [\Phi_o \eta_o (\Omega_{oQ} + \pi_{oQ}) + \Phi_d \eta_d (\Omega_{dQ} + \pi_{dQ})] dQ \quad (5)$$

ただし、 $\Delta\Phi_o$: プロジェクトによる平常時の確率の変化分を示す。(5) 式は不確実性下での便益が公共財の質の変化に対する各状態での世帯および私企業の限界価値で表されている。さらに変形することにより、各状態での世帯および企業の限界価値は各状態での土地市場における消費者余剰への近似が可能である。すなわち、最終的には以下のように変形が可能である。

$$\Sigma OP = \Delta\Phi_o (CS_o + CS_d) + (\Phi_o CS_o + \Phi_d CS_d) \quad (6)$$

ここで、 CS_o, CS_d は各状態での土地市場における世帯および企業の消費者余剰の合計値を示す。すなわち、 CS_o は平常時の土地需要関数のシフトによる消費者余剰の合計値であり、図1に示す2つの斜線の部分の平均値によって計測できる消費者余剰を世帯および私企業について合計した値である。同様に CS_d は災害時の土地需要関数のシフトによる消費者余剰の世帯と企業の合計値である。

以上より、不確実性下の便益は土地の需要関数と災害発生確率を推定することで近似的に計測が可能である。

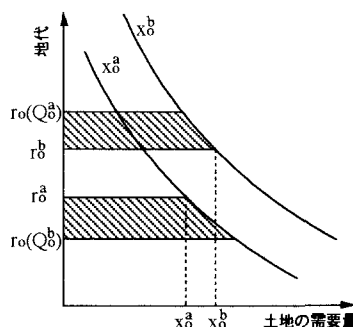


図1 平常時の消費者余剰

ただし、 $\pi_o(Q), \pi_d(Q)$ は、プロジェクト実施後の効用水準を維持するという条件の下で、 $Q^a \rightarrow Q^b$ の変化をあきらめる(獲得する)ために妥当だと考える地代である。

5. おわりに

本研究では不確実性下の便益を一般均衡のフレームでのオプション価格として定義し、それを変形し近似的に計測が可能であることを示した。すなわち、不確実性下での便益計測はそれぞれの状態での土地の需要関数および災害確率を特定化することで簡単に計測が可能であることを示した。さらに、本研究で提案した計測モデルは一般均衡論のフレームで構築されているので、効果の二重計測や計測漏れといった問題を排除している。

なお、本研究は環境庁地球環境総合推進費を得て行われた研究成果の一部である。

【参考文献】

- 1) 多々納裕一：利水用貯留施設整備代替案の設計・評価の方法論に関する研究、京都大学博士学位論文、1992。
- 2) 森杉壽芳・大野栄治・高木朗義：治水事業の便益評価手法－不確実性下の便益定義を中心に－、土木計画学会研究・論文集、No.15, pp.787～792, 1992。
- 3) 森杉壽芳：プロジェクト評価に関する最近の話題、土木計画学研究・論文集、No.7, pp.1～33, 1989。
- 4) Varian, H.R : Microeconomic Analysis, Norton and Company, 1992。