

不確実性下のプロジェクト評価に関する数値実験

岐阜大学大学院 学生員 浅野貴志 岐阜大学 正会員 上田孝行
中日本建設コンサルタンツ 正会員 高木朗義

1. 背景・目的

防災投資の評価に対する社会的要請の高まりを背景として、不確実性（リスク）の存在下での便益計測に関する研究の必要性が非常に大きくなっている。高木・上田らは、そのために不確実性下を有する空間経済システムの立地選択行動と整合した便益定義についていくつかの提案を既に行っている¹⁾。しかし、その際には、新たな便益のベースとなる Fair Bet Price の概念については十分に活用していなかった。現在、Fair Bet Price の概念について検討を進め、空間経済システムへの適用の概念を念頭に新たな便益定義へと拡張すべく取り組んでいる。その過程において、高木・上田らは Fair Bet Price の概念を EV(等価的偏差)に基づいて展開したため、既存研究のような CV(補償的偏差)の枠組みで展開した場合は異なる性質が存在することを明らかにしてきた²⁾。

そこで、本稿では数値シミュレーションを行い、Fair Bet Price の概念を EV と CV のいずれかで展開することによる便益の性質の違い及び不確実性（リスク）等の変化による便益変化を計測することによって、不確実性下のプロジェクト評価の方法論を示すことを試みる。

2. モデルの構造

2-1 モデルの仮定

- 1) 社会経済システムの地理的空間は 2 地域で構成し、それは $j \in J = \{1, 2\}$ でラベル付けされている。
- 2) 実現する状態は離散的に捉えた自然状態に対応して定義され、今回は「平常時」と「災害時」の 2 つの状態を考え、その状態を $i \in I = \{0, 1\}$ としてラベル付けする。ここで、0: 平常時、1: 災害時
- 3) 各状態ごとの経済状態は、外生的に与えるものとする。但し、財については災害時の価格は平常時より高く、それぞれの経済状態の価格下で世帯が必要したい量だけ供給できるものとする。また、災害時の賃金は平常時より低くなるものとする。
- 4) 社会はゾーン間で自由に立地変更できる同一の選好の有する世帯のみで構成される。
- 5) プロジェクト無と有をそれぞれ添字 a, b で表す。

2-2 世帯の行動

各世帯は平常時と災害時の効用からなる期待効用が最大になるように予算制約下で合成財の各需要水準をコントロールする。

$$E^j(V_i^j) = \sum_{i \in I} \phi_i^j V_i^j \quad (1)$$

ここで、 ϕ_i^j : 地域 j の環境状態 i の発生確率、 V_i^j : 間接効用関数

そこで V_i^j を以下のように定式化する。

$$V_i^j = \max_{Z_{1i}^j, Z_{2i}^j} \alpha \ln Z_{1i}^j + \beta \ln Z_{2i}^j \quad (2)$$

$$s.t. \quad P_{1i}^j Z_{1i}^j + P_{2i}^j Z_{2i}^j = W_i^j$$

P_i^j : 地域 j の環境状態 i の財の価格、 Z_i^j : 地域 j の環境状態 i の財の需要水準、 W_i^j : 地域 j の環境状態 i の所得水準

世帯は、Logit モデルによって表される立地選択を行う。この行動を式に表すと次の最大化問題として定式化される。

$$S = \max_{P^j} \sum_{i \in I} \left\{ P^j E(V_i^j) - \left(\frac{1}{\theta} \right) P^j (\ln P^j - 1) \right\} - \frac{1}{\theta} \quad (3)$$

$$s.t. \quad \sum_{j \in J} P^j = 1$$

S : 世帯の効用代表値、 P^j : 立地選択確率、 θ : ロジットパラメータ
この最適化問題を解くと、立地選択確率 (P^j) は次のように得られる。

$$P^j = \frac{\exp(\theta E^j(V_i^j))}{\sum_{j \in J} \exp(\theta E^j(V_i^j))} \quad (4)$$

このとき包括的期待効用値を示す満足度関数を得る。

$$S = \frac{1}{\theta} \ln \left[\sum_{j \in J} \exp\{\theta E^j(V_i^j)\} \right] \quad (5)$$

3. 設定条件

社会経済状態は、以下のように設定する。

表-1 社会経済状態における設定条件

	プロジェクトなし				プロジェクトあり			
	地域1		地域2		地域1		地域2	
	災害なし	災害あり	災害なし	災害あり	災害なし	災害あり	災害なし	災害あり
生計確立	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
パラメータ α	0.5	0.5	0.5	0.5	パラメータ α	0.5	0.5	0.5
パラメータ β	0.5	0.5	0.5	0.5	パラメータ β	0.5	0.5	0.5
賃金	1	1.05	1	1.05	賃金	0.95	1.05	1.05
価格	1.1	1.15	1.1	1.15	価格	1.05	1.1	1.05
所得	1000	900	900	850	所得	1050	950	1000

4. EV で展開した不確実性下での便益の定義^{2), 3)}

4-1 各便益の定義(高木、上田など参照)

- (1) State Contingent EV (以下、略して SCEV)

$$V(W_i^a + EV, P_i^a) = V(W_i^b, P_i^b) \quad (6)$$

- (2) Non-Contingent EV (以下、略して NCEV)

$$\sum_{i=0,1} \phi_i V(W_i^a + NCEV, P_i^a) = \sum_{i=0,1} \phi_i V(W_i^b, P_i^b) \quad (7)$$

- (3) Expected EV (以下、略して EEV)

$$EEV = \phi EV = \sum_{i=0,1} \phi_i EV_i \quad (8)$$

- (4) Fair Bet EV (以下、略して FBEV)

$$FBEV = \min_{ev_i} \sum_{i=0,1} \phi_i ev_i \quad (9)$$

$$s.t. \quad W^a + ev \in EIL^b$$

4-2 EV についての図解

図-1 は、平常時と災害時の二状態についての所得の関係を示めたものである。A 点はプロジェクト無の状態別所得の組み合わせであり、 EIL^b はプロジェクト有の期待効用水準と同じ期待効用水準を実現する所得の組み合わせである。そしてこの曲線は、プロジェクト実施による効用の上昇をあきらめるのに必要な補償額であり補償可能曲線と呼ぶ。

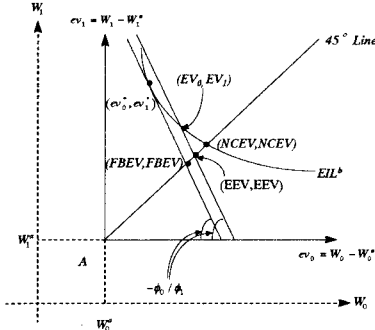


図-1 SCEV,NCEV,EEV,FBEV

以上の便益の定義を利用すると、本研究では以下の等価的偏差 EV について計測できる。

表-2 本研究で定義される等価的偏差 EV

地域別の便益	社会全体の便益
Zone-State contingent EV(4)	Non-Contingent EV(1)
Zone contingent Expected EV(2)	Social Expected EV(1)
Zone Contingent Fair Bet EV(2)	Social Fair Bet EV(1)
Zone contingent EV(2)	

4-3 Option Value

図-1 より明らかであるように、それぞれの便益には差が存在する。それらの差を Option Value と呼び個人が置かれている状態が分かっているかどうかの差を反映したプレミアムである。そして、それらの各便益定義について、以下の関係が成り立つ。

- 1) $FBEV \leq NCEV$
- 2) $FBEV \leq EEV$
- 3) $EEV \begin{cases} < \\ > \end{cases} NCEV$

本研究で定義できる Option Value について図-2, 図-3 で示す。また、それぞれ個人が置かれている状態について考慮されているものについても示す。

		ZCOV		
		ZCOV (Type 1)	ZCOV (Type 2)	
		Zone-Contingent Expected EV	Zone-Contingent Fair Bet EV	Zone-Contingent EV
		$\sum \phi_i ZSCEV_i^j$	$ZCFBEV^j$	$ZCEV^j$
a	i	○	○	×
b	i	○	×	×

図-2 Zone Contingent Option Value

		SOV		
		SOV (T1)	SOV (T2)	
		Social Expected EV	Social Fair Bet EV	Non-Contingent EV
		$\sum \phi_i ZSCEV_i^j$	$SFBEV$	$NCEV$
a	i	○	○	×
a	j	○	○	×
b	i	○	×	×
b	j	×	×	×

図-3 Social Option Value

5. CV で展開した不確実性下での便益の定義²⁾

5-1 各便益の定義(高木、上田など参照)

(1) State Contingent CV(以下、略して SCCV)

$$V(W_i^b - CV_i, P_i^b) = V(W_i^a, P_i^a) \quad (10)$$

(2) Non-Contingent CV (以下、略して NCCV)

$$\sum_{i=0,1} \phi_i V(W_i^b - NCCV, P_i^b) = \sum_{i=0,1} \phi_i V(W_i^a, P_i^a) \quad (11)$$

(3) Expected CV (以下、略して ECV)

$$ECV = \phi CV = \sum_{i=0,1} \phi_i CV_i \quad (12)$$

(4) Fair Bet CV (以下、略して FBCV)

$$FBCV = \max_{cv_i} \sum_{i=0,1} \phi_i cv_i \quad (13)$$

$$s.t. \quad W^b + cv \in EIL^a$$

5-2 CV についての図解

CV は、効用変化後に支払ってよいと考える支払額である。点 B は、プロジェクト有の状態別所得の組み合わせであり、 EIL^a はプロジェクト無の期待効用水準と同じ期待効用水準を実現する所得の組み合わせである。それを 180° 回転させたものが図-4 である。この曲線を支払い意志曲線と呼ぶ。

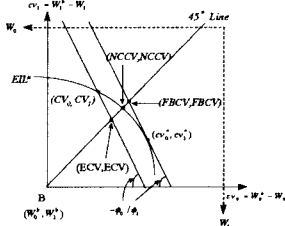


図-4 SCCV,NCCV,ECV,FBCV

6. 数値実験

3. 設定条件を変化させることによって数値実験を行っているが紙面の都合上講演時に示す。

7. まとめ

以上、本稿では既存の研究の不確実性下の EV, CV, OV の便益定義について Fair Bet Price の概念を使って図解により説明し、立地選択行動を整合した場合の便益定義を示している。そこで、ロジットパラメータや発生確率を変化させた場合の便益変化や人口変化について講演時に示す。

【参考文献】

1) 高木朗義：防災投資の便益評価手法に関する研究、岐阜大学博士論文、1996
2) 高木朗義、上田孝行、長谷川俊英、森杉壽芳：不確実性下の便益定義に関する考察、土木計画学研究・講演集 20(2), pp375-378, 1997
3) 上田孝行：防災投資の便益評価、土木計画学研究・論文集 14, pp17-34, 1997