

防災投資の簡便な便益計測手法に関する研究*

The Benefit Measurement Method of Disaster Protection Projects*

高木朗義*¹・森杉壽芳*²・上田孝行*³

By Akiyoshi TAKAGI*¹, Hisa MORISUGI*² and Taka UEDA*³

1. はじめに

防災投資の社会的重要性は認知されているものの、現有の経済資源すべてを投入できないという現実がある限り、防災投資の便益を計測する等して、ある採択・優先基準のもとに投資を行わざるを得ない。防災投資の便益を計測するためには、災害の特性である不確実性、地域性を捉える必要がある。

不確実性下の便益計測法は、Graham¹⁾を始め多くの研究がなされているが、これらは地域性を明示的に取り扱っていない。一方、地域性を捉えた便益計測法も、上田²⁾を始め多くの研究がなされているが、これらは不確実性を明示的に取り込んでいない。

そこで本研究では、不確実性は期待効用理論で、地域性はランダム効用理論で捉えた一般均衡理論の枠組みで社会経済モデルを構築し、防災投資の便益を等価的偏差の概念を拡張して定義し、その便益の簡便な計測手法を提案する。このモデルの一部は既に報告済みである³⁾が、そこでは市場と立地の同時均衡式を解いた結果から便益を計測しており、地域数が多い場合の均衡計算が煩雑となる。これについては現在検討中であり、別の機会に報告したい。本研究では煩雑な均衡計算を避け、市場から直接得られる情報で簡便に便益を計測するショートカット法を提案するものである。

2. 社会経済モデル

(1)社会経済モデルの仮定

- ①社会はいくつかの地域で構成されている。
- ②社会は確率変動する環境状態で構成されている。
- ③社会は同一の選好をもつ世帯と私企業、地域毎に一括して土地を所有する地主、政府の4部門と土地市場、労働市場、合成財市場の3市場で構成されている。
- ④世帯および私企業が土地サービスを需要するときは、地主から土地を賃借する。

(2)災害の発生確率

災害の発生は、ある環境状態が発生する確率とその

環境状態における環境質によって決まるものとし、本研究では地域(j)毎、環境状態(i)毎に異なる環境質 H_i^j を考え、環境状態の発生確率は地域毎に異なる ϕ_i^j ($\sum_i \phi_i^j=1$)で与えることとする。

(3)世帯の行動モデル

世帯は2段階の最適化行動をとると仮定する。第1段階は、居住地を仮に決めたとときにとる最適化行動であり、次のように定式化する。

$$E^j(V_i^j) = \max_{z_i^j, T_i^j} E^j(U[z_i^j, a_i^j, T_i^j, H_i^j]) \quad (1a)$$

$$s.t. \quad p_i z_i^j + r_i^j a_i^j = w_i^j T_i^j - g_i^j \quad (1b)$$

ここで、 $E^j(V_i^j)$:期待効用水準、 V_i^j :効用水準、 $U[\cdot]$:効用関数、 $E^j(U[\cdot])$:期待効用関数($=\sum_i \phi_i^j E^j(U[\cdot])$)、 a_i^j :宅地需要量、 z_i^j :合成財消費量、 T_i^j :労働時間、 T :使用可能時間、 p_i :合成財価格、 r_i^j :宅地地代、 w_i :賃金率、 g_i^j :一括固定税

式(1)を解くと、次式の期待間接効用関数を得る。

$$E^j(V_i^j) = E^j(V[p_i, r_i^j, w_i, g_i^j, H_i^j]) \quad (2)$$

ここで、 $V[\cdot]$:間接効用関数、 $\Omega_i^j = w_i T_i^j - g_i^j$

第2段階では、地域での期待効用水準に従って居住地を1つ選ぶと仮定する。世帯が誤差項(ランダム変数)を持ち、それが独立かつGumbel分布に従うと仮定すると、次式のLogitモデルを得る⁴⁾。

$$P^j = \frac{\exp\{\theta \cdot E^j(V_i^j)\}}{\sum_r \exp\{\theta \cdot E^j(V_r^j)\}} \quad (3)$$

$$SV = \frac{1}{\theta} \ln \left[\sum_r \exp\{\theta \cdot E^j(V_r^j)\} \right] \quad (4)$$

ここで、 P^j :立地選択確率、 θ :Logitパラメータ、 SV :最大期待効用値

(4)私企業(企業所有者)の行動モデル

私企業も世帯と同様に2段階の最適化行動をとると仮定する。第1段階では、業務地を仮に決めたとときにとる最適化行動を捉える。不確実性下では利潤が定かでないため、企業所有者を想定して利潤を変数とする効用関数を導入し、この効用の期待値の最大化が企業の目的であると考え、次のように定式化する⁵⁾。

$$E^j(V_i^j) = \max_{A_i^j, Z_i^j} E^j(U[\pi_i^j]) \quad (5a)$$

$$s.t. \quad \pi_i^j = p_i Z_i^j - \{R_i^j A_i^j + w_i L_i^j + G_i^j\} \quad (5b)$$

$$Z_i^j = Z[A_i^j, L_i^j, H_i^j] \quad (5c)$$

ここで、 $E^j(V_i^j)$:期待間接効用関数、 $U[\cdot]$:効用関数、 π_i^j :利潤、 A_i^j :業務地需要量、 Z_i^j :合成財生産量、 L_i^j :労働力、 R_i^j :業務地地代、 G_i^j :一括固定税、 $Z[\cdot]$:生産関数

式(5)を解くと、次式の期待間接効用関数を得る。

$$\pi_i^j = \pi[p_i, R_i^j, w_i, G_i^j, H_i^j] \quad (6a)$$

*キーワード: 防災計画, 整備効果計測法

*¹正員 工博 中日本建設コンサルタント株式会社
(名古屋市中区錦1-8-6, TEL 052-232-6035, FAX 052-221-7833)

*²正員 工博 アジア工科大学教授 土木工学科
(Bangkok 10501, THAILAND, TEL 66-2-524-5518, FAX 66-2-524-5509)

*³正員 工博 岐阜大学助教授 工学部土木工学科
(岐阜市柳戸1-1, TEL 058-293-2447, FAX 058-230-1248)

$$E^j(V_i^{jj}) = E^j(V_i^{jj}[\pi_i^j]) \quad (6b)$$

ここで、 $V^j[\cdot]$:間接効用関数

第2段階では、地域での期待効用水準に従って業務地を1つ選ぶと仮定する。世帯の立地選択行動と同様に考えると、次式のLogitモデルを得る。

$$P^{jj} = \frac{\exp\{\theta \cdot E^j(V_i^{jj})\}}{\sum_j \exp\{\theta \cdot E^j(V_i^{jj})\}} \quad (7)$$

$$SV^j = \frac{1}{\theta} \ln \left[\sum_j \exp\{\theta \cdot E^j(V_i^{jj})\} \right] \quad (8)$$

ここで、 P^{jj} :立地選択確率、 θ :Logitパラメータ、 SV^j :最大期待効用値

(5)地主の行動モデル

地主は、土地から得られる利潤を変数とした効用の期待値を最大化にするよう行動すると仮定し、次のように定式化する。

$$E^j(V_i^{jj}) = \max_{k_i^j, K_i^j} E^j(U^j[\lambda_i^j]) \quad (9a)$$

$$s.t. \lambda_i^j = \pi_i^j k_i^j + R_i^j K_i^j - g_i^j \quad (9b)$$

$$k_i^j + K_i^j \leq \bar{K}_i^j [H_i^j] \quad (9c)$$

ここで、 $E(V_i^{jj})$:期待間接効用関数、 $U^j[\cdot]$:効用関数、 λ_i^j :利潤、 k_i^j :宅地供給量、 K_i^j :業務地供給量、 g_i^j :一括固定税、 $\bar{K}_i^j$:可住地面積

式(9)を解くと、次式の期待間接効用関数を得る。

$$\lambda_i^j = \lambda_i^j(\bar{K}_i^j, r_i^j, R_i^j, g_i^j, H_i^j) \quad (10a)$$

$$E^j(V_i^{jj}) = E^j(V^j[\lambda_i^j]) \quad (10b)$$

ここで、 $V^j[\cdot]$:間接効用関数

(6)政府の行動モデル

政府は、状態毎に各主体からの税収を得て、防災投資に投資するものとし、次のように定式化する。

$$\sum_j P^j N g_i^j + \sum_j P^j M G_i^j + \sum_j g_i^j = \sum_j I_i^j \quad (11)$$

ここで、 I_i^j :防災投資額、 N :総世帯数、 M :総私企業数

(7)市場均衡条件

$$\text{合成財: } \sum_j P^j N \sum_i \phi_i^j z_i^j = \sum_j P^j M \sum_i \phi_i^j Z_i^j \quad (12a)$$

$$\text{住宅地: } P^j N \sum_i \phi_i^j a_i^j = \sum_i \phi_i^j k_i^j \quad (12b)$$

$$\text{業務地: } P^j M \sum_i \phi_i^j A_i^j = \sum_i \phi_i^j K_i^j \quad (12c)$$

$$\text{労働: } \sum_j P^j N \sum_i \phi_i^j l_i^j = \sum_j P^j M \sum_i \phi_i^j L_i^j \quad (12d)$$

上記の社会経済モデルにおける未知数は p_i, r_i^j, R_i^j, w_i で、その数は $(2 \times \text{地域数} + 2) \times \text{状態数}$ である。これに対し、市場均衡条件式は $2 \times \text{地域数} + 2$ 本しか存在しないため、一般的には上記の市場均衡式は唯一の均衡解を有しない。したがって、市場均衡式が唯一の均衡解を有するのは、①市場が地域内で状態毎に成立している、②地域毎に状態が変化しない、③価格が状態にかかわらず変化しないの何れか1つが成立している場合である。実際の市場を見てみると、土地市場は①もしくは③に近い状態になっていると考えられる。以下では、この3つの条件のうち何れかが成立しているもの

の、それがどの条件であるかは限定せず、展開を行うこととする。

(8)防災投資の波及効果

政府は各主体からの税収をもとに防災投資を実施し、環境質を $H_i^{A^j}$ から $H_i^{B^j}$ に変化させる。このとき、各主体の行動は変化し、市場メカニズムを通して合成財価格 p_i 、地代 r_i^j, R_i^j 等が変化する。この結果、各主体の効用水準は $V_i^{A^j}, V_i^{A^j}, V_i^{A^j}$ から $V_i^{B^j}, V_i^{B^j}, V_i^{B^j}$ へと変化する。一方、災害の発生確率が $\phi_i^{A^j}$ から $\phi_i^{B^j}$ へと変化する。結局、最大期待効用値および期待効用水準が $SV^A, SV^A, E^A(V_i^{A^j})$ から $SV^B, SV^B, E^B(V_i^{B^j})$ へと変化する。このように防災投資の効果は、社会経済フレームを通じ、世帯、企業、地主の期待効用の増大として捉えることができる。

3. 防災投資の便益定義

防災投資を実施しない状態において、防災投資を実施した場合の最大期待効用値 SV^B を維持するという条件の下に、防災投資を実施しない状態にとどまるために必要であると個人が考える最小補償額で、支払い形式が地域、状態にかかわらず一定であるとしたNon-Contingent EVを防災投資の便益定義とする⁶⁾。これは式次式を構成するNCEVのよう定義できる。

$$SV^B = \frac{1}{\theta} \ln \left[\sum_j \exp\{\theta \cdot E^B(V_i^{B^j} [p_i^A, r_i^A, w_i^A, \Omega_i^A + NCEV, H_i^A])\} \right] \quad (13)$$

4. 防災投資の簡便な便益計測手法

環境水準の変化は立地場所に依存しているため、ここでの土地需要の変化を伴うことは一般に認められる。そのため、事業が行われた地域での集計レベルの土地需要(供給)関数を観察して、簡便的に便益を計測する方法が考えられる。この簡便な便益計測手法がショートカット法であり、以下にその導出過程を示す。

(1)準線形効用関数の適用

次のような準線形効用関数を仮定する。

$$V[p_i, r_i^j, w_i, \Omega_i^j, H_i^j] = \xi[p_i, r_i^j, w_i, H_i^j] + \Omega_i^j \quad (14a)$$

$$V[\pi_i^j] = \xi[p_i, R_i^j, w_i, G_i^j, H_i^j] + \pi_i^j \quad (14b)$$

$$V''[\lambda_i^j] = \xi''[\bar{K}_i^j, r_i^j, R_i^j, g_i^j, H_i^j] + \lambda_i^j \quad (14c)$$

これより社会的純便益SNBは次式のようになる。

$$\begin{aligned} SNB &= N \cdot NCEV + M \cdot NCEV' + \sum_j EV^{jj} \\ &= N \cdot (SV^B - SV^A) + M \cdot (SV'^B - SV'^A) + \sum_j \{E^B(V_i^{B^j}) - E^A(V_i^{A^j})\} \quad (15) \end{aligned}$$

(2)帰着形

式(15)は、以下のように変形できる。

$$\begin{aligned} SNB &= \int_{A \rightarrow B} \left\{ \sum_j \sum_i \left(P^j N V_i^j + P^j M V_i^{jj} + V_i^{jj} \right) d\phi_i^j \right. \\ &\quad \left. + \sum_j \sum_i \phi_i^j \left(P^j N dV_i^j + P^j M dV_i^{jj} + dV_i^{jj} \right) \right\} \quad (16) \end{aligned}$$

ここで、 $\oint$ は線積分を意味し、 $A \rightarrow B$ は $(p_i^{A,j}, r_i^{A,j}, R_i^{A,j}, w_i^{A,j}, \Omega_i^{A,j}, \lambda_i^{A,j}, \pi_i^{A,j}, H_i^{A,j}) \rightarrow (p_i^{B,j}, r_i^{B,j}, R_i^{B,j}, w_i^{B,j}, \Omega_i^{B,j}, \lambda_i^{B,j}, \pi_i^{B,j}, H_i^{B,j})$ を示している。

式(16)の $dV_i^j, dV_i^{j,j}, dV_i^{j,j,j}$ にロアの定理⁷⁾を適用し、 $\Omega_i^j = w_i T \cdot g_i^j$ を考慮して整理すると次のようになる。

$$\begin{aligned} SNB = \oint_{A \rightarrow B} \{ & \sum_i \{ P^j N V_i^j + P^{j,j} M V_i^{j,j} + V_i^{j,j,j} \} d\phi_i^j \\ & + \sum_i \{ \phi_i^j \{ -P^j N z_i^j dp_i^j + P^{j,j} M z_i^{j,j} dp_i^{j,j} \\ & - P^j N a_i^j dr_i^j + k_i^j dr_i^j - P^{j,j} M a_i^{j,j} dR_i^j + K_i^j dR_i^j \\ & + P^j N l_i^j dw_i^j - P^{j,j} M l_i^{j,j} dw_i^{j,j} \\ & - P^j N dg_i^j + P^{j,j} M dg_i^{j,j} - dg_i^{j,j,j} \\ & + P^j N \frac{\partial \Omega_i^j}{\partial H_i^j} dH_i^j + P^{j,j} M \frac{\partial \pi_i^{j,j}}{\partial H_i^j} dH_i^{j,j} + \frac{\partial \lambda_i^{j,j,j}}{\partial H_i^j} dH_i^{j,j,j} \} \} \quad (17) \end{aligned}$$

式(17)を防災投資の便益の帰着形と呼ぶことにする。なぜなら、式(17)における便益は各主体にとっての様々な(不)便益の合計値で表現されているからである。

(3) 市場均衡条件の適用

式(17)に市場均衡条件を適用すると次式が得られる。

$$\begin{aligned} SNB = \oint_{A \rightarrow B} \{ & \sum_i \{ P^j N V_i^j + P^{j,j} M V_i^{j,j} + V_i^{j,j,j} \} d\phi_i^j \\ & + \sum_i \{ \phi_i^j \left(P^j N \frac{\partial \Omega_i^j}{\partial H_i^j} dH_i^j + P^{j,j} M \frac{\partial \pi_i^{j,j}}{\partial H_i^j} dH_i^{j,j} + \frac{\partial \lambda_i^{j,j,j}}{\partial H_i^j} dH_i^{j,j,j} \right) \right. \\ & \left. - \sum_i \{ \phi_i^j d\phi_i^j \} \right\} \quad (18) \end{aligned}$$

式(18)より、防災投資実施による各財の価格変化とそれに伴う需要供給量の変化(波及効果)は、各状態での消費者余剰の増分と生産者余剰の増分が一致するためにキャンセルされることがわかる。また、式(18)の第1項は災害発生頻度の減少による便益を、第2項は各環境状態の環境質の変化による便益を、第3項は防災投資の投資額を示している。なお、 $\partial \Omega_i^j / \partial H_i^j$ 、 $\partial \pi_i^{j,j} / \partial H_i^{j,j}$ 、 $\partial \lambda_i^{j,j,j} / \partial H_i^{j,j,j}$ は各環境状態での世帯、私企業、地主の環境質 H_i^j の限界価値である。

(4) ショートカット形の誘導

式(18)の第2項の $\{ \}$ 内は、環境質の変化による便益であり、このショートカット形については、森杉・大野・宮城⁸⁾によって既に提案されている。よって、ここでは第1項のみに着目し、以下の手順に従ってショートカット形を誘導する。

① 平常時と災害時の2つの状態のみを考え、サブスクリプト0, 1 (0=平常時, 1=災害時)で表す。そして、平常時と災害時の発生確率の和が1であることから、 $\phi_0^j = 1 - \phi_1^j$ より、 $d\phi_0^j = -d\phi_1^j$ として整理すると次式のようにになる。

$$\text{(第1項)} = \oint_{A \rightarrow B} \sum_j \{ P^j N (V_0^j - V_1^j) + P^{j,j} M (V_0^{j,j} - V_1^{j,j}) + V_0^{j,j,j} - V_1^{j,j,j} \} d\phi_1^j \quad (19)$$

② $V_0^j - V_1^j$ が地域jにおける平常時と災害時の効用差であるため、 $\{ \}$ 内を0→1(平常時→災害時)への線積分で表し、 $\Omega_i^j = w_i T \cdot g_i^j$ 、市場均衡条件を考慮して整理した後、平常時0のまわりでテーラー展開する。

③ ②で得られた式を式(19)に代入して整理した後、防災投資を行わない状態Aのまわりでテーラー展開する。
④ 以上より、社会的純便益SNBは、次式のようにになる。

$$\begin{aligned} SNB = \frac{1}{2} \sum_j \left\{ \frac{1}{2} \left\{ \left(P^0 N \frac{\partial \Omega_0^j}{\partial H_0^j} + P^{0,j} M \frac{\partial \pi_0^{j,j}}{\partial H_0^j} + \frac{\partial \lambda_0^{j,j,j}}{\partial H_0^j} \right) (H_1^j - H_0^j) \right. \right. \\ \left. \left. + \left(P^0 N \frac{\partial \Omega_0^j}{\partial H_0^j} + P^{0,j} M \frac{\partial \pi_0^{j,j}}{\partial H_0^j} + \frac{\partial \lambda_0^{j,j,j}}{\partial H_0^j} \right) (H_1^j - H_0^j) \right\} \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left\{ \left(P^0 N \frac{\partial \Omega_0^j}{\partial H_0^j} + P^{0,j} M \frac{\partial \pi_0^{j,j}}{\partial H_0^j} + \frac{\partial \lambda_0^{j,j,j}}{\partial H_0^j} \right) (H_1^j - H_0^j) \right. \right. \\ \left. \left. + \left(P^0 N \frac{\partial \Omega_0^j}{\partial H_0^j} + P^{0,j} M \frac{\partial \pi_0^{j,j}}{\partial H_0^j} + \frac{\partial \lambda_0^{j,j,j}}{\partial H_0^j} \right) (H_1^j - H_0^j) \right\} \right\} (\phi_0^j - \phi_1^j) \\ + \frac{1}{2} \sum_j \{ \phi_1^j \left(P^0 N \frac{\partial \Omega_0^j}{\partial H_0^j} + P^{0,j} M \frac{\partial \pi_0^{j,j}}{\partial H_0^j} + \frac{\partial \lambda_0^{j,j,j}}{\partial H_0^j} \right) (H_1^j - H_0^j) \\ + P^0 N \frac{\partial \Omega_0^j}{\partial H_0^j} + P^{0,j} M \frac{\partial \pi_0^{j,j}}{\partial H_0^j} + \frac{\partial \lambda_0^{j,j,j}}{\partial H_0^j} \} (H_1^j - H_0^j) \\ - \frac{1}{2} \sum_j \{ (I_1^j - I_0^j) + (I_0^j - I_0^j) \} (\phi_0^j - \phi_1^j) - \sum_j \{ \phi_1^j (I_1^j - I_0^j) \} \quad (20) \end{aligned}$$

式(20)をショートカット形と呼ぶ。この式では防災投資の社会的純便益SNBが、環境状態の発生確率 ϕ_i^j と環境質 H_i^j の変化のみで表されていることがわかる。

5. ショートカット形の計測方法

式(20)で示されたショートカット形の計測方法を以下に示す。ただし、世帯、私企業、地主とも同様に計測できるので、以下では世帯についてのみ示す。

(1) 限界価値 $\chi(H_i^{A,j} - H_i^{0,A,j}) \times (\phi_0^{B,j} - \phi_0^{A,j})$ の計測方法

① $P^0 N \partial \Omega_0^{A,j} / \partial H_0^{A,j} \times \chi(H_i^{A,j} - H_0^{A,j})$ の計測方法

防災投資を実施しなかった場合の災害時の環境質 $H_i^{A,j}$ の効用水準を維持するという条件の下で、世帯が $H_0^{A,j} \rightarrow H_i^{A,j}$ の変化を免れるために妥当と考える宅地地代を $r_i^j(H_i^{A,j})$ とする。これは、次式を満たすような価格水準である。

$$V[p_0^A, r_i^j(H_i^{A,j}), w_0^A, \Omega_0^A, H_0^A] = V[p_0^A, r_i^j(H_i^{A,j}), w_0^A, \Omega_0^A, H_i^j] \quad (21a)$$

これを用いて変形すると、次式のようにになる。

$$P^0 N \frac{\partial \Omega_0^A}{\partial H_0^A} (H_i^j - H_0^A) = \int_{r_i^j(H_0^A)}^{r_i^j(H_i^{A,j})} P^0 N \cdot d[p_0^A, r_i^j, w_0^A, \Omega_0^A, H_0^A] dr_i^j \quad (21b)$$

これは防災投資を実施しなかった場合の平常時の集計土地需要関数における地代 $r_0^{A,j}$ と $r_i^j(H_i^{A,j})$ の消費者余剰の差分であり、図1の①部分の面積を示す。

② $P^0 N \partial \Omega_i^{A,j} / \partial H_i^{A,j} \times (H_i^{A,j} - H_0^{A,j})$ の計測方法

①と同様にして変形すると、次式のようにになる。

$$P^0 N \frac{\partial \Omega_i^A}{\partial H_i^A} (H_i^j - H_0^A) = \int_{r_i^j(H_0^A)}^{r_i^j(H_i^{A,j})} P^0 N \cdot d[p_0^A, r_i^j, w_0^A, \Omega_i^A, H_i^A] dr_i^j \quad (22a)$$

ただし、 $r_i^j(H_0^{A,j})$ は次式を満たすような価格水準。

$$V[p_0^A, r_i^j(H_0^A), w_0^A, \Omega_i^A, H_i^A] = V[p_0^A, r_i^j(H_i^{A,j}), w_0^A, \Omega_i^A, H_0^A] \quad (22b)$$

これは防災投資を実施しなかった場合の災害時の集計土地需要関数における地代 $r_i^{A,j}$ と $r_i^j(H_0^{A,j})$ の消費者余剰の差分であり、図1の②部分の面積を示す。

式(21b),(22a)は、防災投資を実施しなかった場合に

おける平常時から災害時への環境質の変化に等価な地代の変化を発見することによって、災害の発生により悪化する住環境の質の限界価値を集計土地需要関数のシフトを考慮した消費者余剰で計測できることを意味している。したがって、式(20)におけるこの項は、図1の2つの斜線部分の平均面積で表される消費者余剰

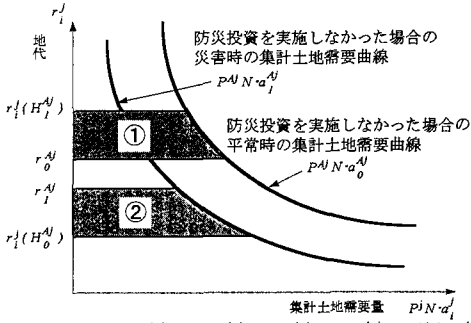
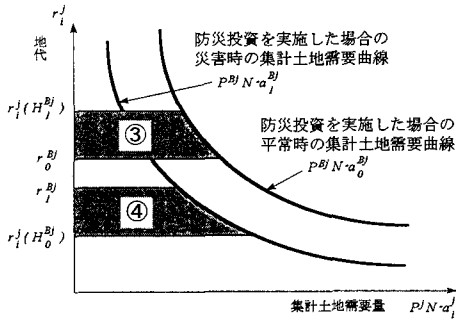


図1 $P^A/N \partial \Omega_i^A / \partial H_i^A \times (H_i^A - H_i^B)$ の計測方法

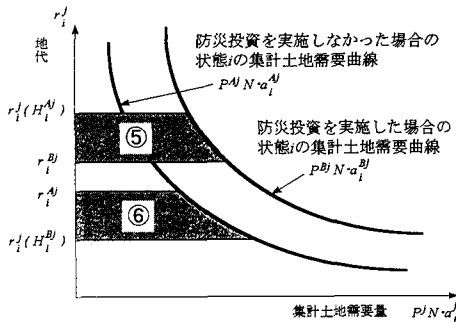


ただし、 $r_i^j(H_i^B), r_i^j(H_i^C)$ は次式を満たす価格水準。

$$V[p_i^B, r_i^j(H_i^B), w_i^B, \Omega_i^B, H_i^B] = V[p_i^B, r_i^j(H_i^C), w_i^B, \Omega_i^B, H_i^B] \quad (23a)$$

$$V[p_i^B, r_i^j(H_i^D), w_i^B, \Omega_i^B, H_i^B] = V[p_i^B, r_i^j(H_i^E), w_i^B, \Omega_i^B, H_i^B] \quad (23b)$$

図2 $P^B/N \partial \Omega_i^B / \partial H_i^B \times (H_i^B - H_i^C)$ の計測方法



ただし、 $r_i^j(H_i^B), r_i^j(H_i^C)$ は次式を満たす価格水準。

$$V[p_i^A, r_i^j(H_i^B), w_i^A, \Omega_i^A, H_i^A] = V[p_i^A, r_i^j(H_i^C), w_i^A, \Omega_i^A, H_i^A] \quad (24a)$$

$$V[p_i^A, r_i^j(H_i^D), w_i^A, \Omega_i^A, H_i^A] = V[p_i^A, r_i^j(H_i^E), w_i^A, \Omega_i^A, H_i^A] \quad (24b)$$

図3 $P^A/N \partial \Omega_i^A / \partial H_i^A \times (H_i^A - H_i^B)$ の計測方法

に防災投資による環境状態の発生確率の変化分を乗じ、地域毎に合計することで計測できる。

(2) 限界価値 $\times (H_i^B - H_i^C) \times (\phi_i^B - \phi_i^A)$ の計測方法

図2の③、④の斜線部分の平均面積に、防災投資による環境状態の発生確率の変化分を乗じ、地域毎に合計することによって計測する。

(3) 限界価値 $\times (H_i^B - H_i^A)$ の計測方法

図3の⑤、⑥の斜線部分の平均面積に環境状態の発生確率を乗じて足し合わせた期待値を地域毎に合計することによって計測する。

以上の計測方法を整理すると次のようになる。

$$\begin{aligned} SNB = & \frac{1}{4} \sum_i (① + ② + ③ + ④) (\phi_i^B - \phi_i^A) \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \phi_i^j (⑤ + ⑥) - (\text{防災投資額}) \end{aligned} \quad (25)$$

5. おわりに

本研究では、不確実性を考慮した社会経済モデルを構築し、Non-Contingent EVを便益定義とした後、準線形効用関数を適用することにより社会的純便益の帰着形を示し、それに市場均衡条件を考慮して展開することによって、防災投資の便益を近似的にかつ簡便に計測できるショートカット法を提案した。

このショートカット法では、防災投資による社会的純便益を①防災投資を実施しなかった場合としなかった場合のそれぞれについて、災害時と平常時の消費者余剰の差に、災害の発生確率の変化を乗じて、地域毎に合計したもの、②防災投資を実施した場合としなかった場合の消費者余剰の差の期待値を地域毎に合計したものの合計から③防災投資額分を差し引いて計測できることを示した。

今後は実際の防災投資に適用してその妥当性、適用可能性について検討していく予定である。

【参考文献】

- 1) Graham, D.A.: Public Expenditure Under Uncertainty: The Net-Benefit Criteria, American Economic Review, Vol.82, No.4, pp. 822-846, 1992.
- 2) 上田孝行: 交通・立地分析モデルによる都市交通プロジェクトの影響分析, 日交研シリーズA-184, 1995.
- 3) 高木朗義・森杉壽芳・上田孝行・西川幸雄・佐藤尚: 立地均衡モデルを用いた治水投資の便益評価手法に関する研究, 土木計画学研究・論文集No.13, 1996. (掲載予定)
- 4) 土木学会編: 非集計行動モデルの理論と実際, 土木学会, 1995.
- 5) 酒井泰弘: 不確実性下の経済学, 有斐閣, 1982.
- 6) 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.
- 7) ハル・R・ヴァリアン: ミクロ経済分析, 勁草書房, 1986.
- 8) 森杉壽芳・大野栄治・宮城俊彦: 住環境整備による住み替え便益の定義と計測モデル, 土木学会論文集, 第425号/IV-14, pp. 117-125, 1991.