

IV-414

都市群モデルによる防災投資便益の定義と計測

愛知県 正員 松井直幸 岐阜大学 正員 上田孝行
 岐阜大学 正員 森杉壽芳 中日本建設コンサルタント 正員 高木朗義
 岐阜大学 正員 小池淳司

1. はじめに

日本は自然災害の発生頻度が高く被害も大きい。特に平成7年1月には阪神大震災という大規模な災害が発生しており、防災投資の社会的重要性はますます高くなっている。このことから、防災投資の評価をどのように行えばよいか一つの課題となってきた。

災害が発生すると各経済主体は望むだけの財の需要・供給量が実現できない不均衡経済状態に陥ると考えられ、さらにその災害がいつ、どれだけの規模で発生するかは不確定である。従って、防災投資の経済効果を計測するにはこれらの状態を前提とした社会経済行動を捉えたモデルを構築する必要がある、しかも、災害は location-specific現象であるため、空間経済の枠組みで捉える必要がある。

そこで、本研究では、防災投資の経済評価のための、災害時の不均衡空間経済状態を考慮した不確実性下での都市群経済モデルを構築する。

2. モデルの仮定

モデルの構築に対し以下のような仮定をおく。

- ・都市群システムは、Zoneとして捉えられる2都市からなる。
- ・都市群システムは、世帯と都市毎に定義される代表的企業、不在地主及び政府と、地域別の土地市場、労働市場及び2種類の合成財市場で構成されている。
- ・災害は、離散的な経済状態における環境質または外生的変数の変化の悪化として捉え、防災投資はその水準を向上させる。

3. 不確実性下でのミクロ経済行動

(1) 世帯の行動モデル

各世帯は自都市で勤務し、需給の割り当て制約のもとで期待効用を最大化するように行動する。

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

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

$$V_i^j = V \left(p_i^j, p_i^j, \tau(H_i^j)^{\theta}, \tau(H_i^j)^{\theta}, r_i^j, H_i^j, \Omega_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{z}_i^{jj}, \bar{a}_i^j \right)$$

$$= \max_{z_i^j, z_i^{jj}, a_i^j} U(z_i^j, z_i^{jj}, a_i^j, H_i^j)$$

$$s.t. \left(\frac{p_i^j}{\tau(H_i^j)^{\theta}} \right) z_i^j + \left(\frac{p_i^j}{\tau(H_i^j)^{\theta}} \right) z_i^{jj} + r_i^j a_i^j \leq w_i^j l + y_i + y_i' - g = \Omega_i^j$$

$$z_i^j \leq \bar{z}_i^j, \quad z_i^{jj} \leq \bar{z}_i^{jj}, \quad a_i^j \leq \bar{a}_i^j \quad (\text{for all } i \text{ and } j) \quad (1)$$

ただし、 S :世帯の効用の代表値、 P^j :立地選択確率、 $V(\cdot)$:間接効用関数、 $E^j(V) = \sum_i \phi_i^j V_i^j$:期待間接効用水準(ϕ は状態生起確率)、 θ :立地選択におけるロジットパラメータ、 $p_i^{j,j'}$:都市 j , j' 財の輸送前価格、 $1 - \tau(H_i^{j,j'})$:環境質 $H_i^{j,j'}$ における都市 j , j' から都市 j へのIceberg型交通費用、 r_i^j :住宅地代、 Ω_i^j :一般化所得、 $U(\cdot)$:直接効用関数、 $z_i^{(j,j')j}$:都市 j の j , j' 財の需要量、 a_i^j :土地需要量、 w_i^j :賃金率、 l :外生的労働時間、 y_i , y_i' :私企業、地主からの配当所得、 g :一括固定税、 $\bar{x}_i^j$:実現できる財の需給量、 i :状態、 j :自都市、 j' :他都市

式(1)より以下に示す都市・状態別での需要関数を得る。

$$z_i^j = z(q_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{z}_i^{jj}, \bar{a}_i^j) \quad (2)$$

$$z_i^{jj} = z(q_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{z}_i^{jj}, \bar{a}_i^j) \quad (3)$$

$$a_i^j = a(q_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{z}_i^{jj}, \bar{a}_i^j) \quad (4)$$

ただし、 q_i^j : p , τ , r , H , Ω からなるベクトル

また、立地選択確率はロジットモデルで表され、この時、立地選択確率、社会全体での効用の代表値を表す最適値関数は、次のようになる。

$$P^j = \frac{\exp(\theta E^j(V_i^j))}{\sum_{j \in J} \exp(\theta E^j(V_i^j))} \quad (5)$$

$$S = \left(\frac{1}{\theta} \right) \ln \left\{ \sum_{j \in J} \exp(\theta E^j(V_i^j)) \right\} \quad (6)$$

(2) 私企業の行動モデル

各企業は環境水準に依存した生産技術のもとで期待利潤を最大化するように行動する。

$$\Pi^j = E^j(\Pi_i^j)$$

$$\max_{Z_i^j, A_i^j, C_i^j} \Pi_i^j = \Pi(p_i^j Z_i^j - w_i^j L_i^j - R_i^j A_i^j - \lambda_i^j C_i^j)$$

$$s.t. Z_i^j = Z(L_i^j, A_i^j, C_i^j, H_i^j)$$

$$L_i^j \leq \bar{L}_i^j, \quad A_i^j \leq \bar{A}_i^j, \quad Z_i^j \leq \bar{Z}_i^j \quad (\text{for all } i \text{ and } j) \quad (7)$$

ただし、 Π^j :期待利潤、 Π_i^j :状態別利潤、 Z_i^j :財の供給量、 L_i^j :労働需要量、 A_i^j :土地需要量、 C_i^j :投入資本量(外生)、 R_i^j :業務地代、 λ_i^j :資本利子率

ここで、企業は利潤 $\Pi_i^j = 0$ となるよう $\lambda_i^j C_i^j$ を全世帯(N_T)に均等に分配する。

$$\sum_{j \in J} \lambda_i^j C_i^j = y_i N_T \quad (8)$$

(3) 地主の行動モデル

地主は地代収入を得て、それを全世帯に均等に配分する。

$$\Omega_i^j = r_i^j \bar{k}_i^j + R_i^j \bar{K}_i^j \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} \Omega_i^j = y_i^j N_T \quad (10)$$

ただし、 Ω_i^j : 地主の地代収入、 $\bar{k}_i^j$: 供給可能な居住地面積、 $\bar{K}_i^j$: 供給可能な業務地面積

(4) 政府の行動モデル

政府は全世帯から税収 ($g N_T$) を得て、防災投資 (I) を行うものとする。

$$g N_T = I \quad (11)$$

4. 不均衡を含む経済状況の表現（市場条件）

不均衡状態は、以下に定義する市場での清算条件、財の割り当てメカニズム、価格決定メカニズム及び実現する財の需給量についての関係式により示される。ここでは、合成財市場について記す。

$$\bar{z}_i^j N^j + \bar{z}_i^{j'} N^{j'} + \frac{E^j}{p_i^j} = \bar{Z}_i^j \quad (12)$$

$$p_i^j = v_i^j \left(\bar{z}_i^j N^j + \bar{z}_i^{j'} N^{j'} + \frac{E^j}{p_i^j}, \bar{Z}_i^j \right) \quad (13)$$

$$\bar{z}_i^j = \omega_i^j \left(\bar{z}_i^j N^j + \bar{z}_i^{j'} N^{j'} + \frac{E^j}{p_i^j}, \bar{Z}_i^j \right) \quad (14)$$

$$\bar{Z}_i^j = \xi_i^j \left(\bar{z}_i^j N^j + \bar{z}_i^{j'} N^{j'} + \frac{E^j}{p_i^j}, \bar{Z}_i^j \right) \quad (15)$$

$$\bar{z}_i^j = \min \left\{ z_i^j \left(\mathbf{q}_i^j, \bar{z}_i^{j'}, \bar{z}_i^{j''}, \bar{a}_i^j \right), \bar{z}_i^j \right\} \quad (16)$$

$$\bar{z}_i^{j'} = \min \left\{ z_i^{j'} \left(\mathbf{q}_i^{j'}, \bar{z}_i^j, \bar{z}_i^{j''}, \bar{a}_i^{j'} \right), \bar{z}_i^{j'} \right\} \quad (17)$$

$$\bar{Z}_i^j = \min \left\{ Z_i^j \left(\mathbf{q}_i^j, \bar{L}_i^j, \bar{A}_i^j, \bar{Z}_i^j \right), \bar{Z}_i^j \right\} \quad (18)$$

ただし、 $\bar{X}_i^j$: 需給割り当ての外生的上限値、 E^j/p_i^j : rest of the world からの集計需要（供給）、 $v(\cdot)$: 価格決定関数、 $\omega(\cdot)$, $\xi(\cdot)$: 需給割り当て関数

また、労働市場、土地市場に対しても同様に成り立つ。最終的に社会経済状態は、以上に示した各市場条件及び、企業、地主による利潤配分式(8)(10)、ならびに立地均衡式(5)からなる方程式体系を価格と実現される需給量について得られた解として表現される。ただし、解の唯一性については保証されず、割り当てと価格決定のメカニズムの想定によっては複数の解が存在し得る。解の安定性についてはそれらのメカニズムが財の自発的交換と整合的である場合にはそれが保証されると予想される。

5. 防災投資の便益定義

本研究では、等価的偏差の概念を拡張して不確実性下での防災投資の便益として提案されている表1のような定義¹⁾に基づいて便益を計測することを意図している。

表1 防災投資の便益定義

Zone	1 . . .	j	. . . J
State		i	. . . I
Zone-State Contingent EV		$ZSCEV_i^j$	
Zone- Contingent Expected EV		$ZCEEV^j$ $= \sum_{i \in I} \phi_i \times ZSCEV_i^j$	
Zone- Contingent EV		$ZCEV^j$	
Zone- Contingent Option Value		$ZCEV^j - ZCEEV^j$ $= ZCOV^j$	
Social Expected EV	$SEEV = \sum_{j \in J} P^j \sum_{i \in I} \phi_i \times ZSCEV_i^j$		
Non- Contingent EV	$NCEV$		
Location Choice Quasi Optimn Value	$NCEV - \sum_{j \in J} P^j ZCEV^j = LCQOV$		
Social Optimn Value	$NCEV - SEEV = SOV$		

6. 事例研究

3. で構築した経済モデルの関数を特定化し、外生的なパラメータを与えることによって5. で定義した便益について数値シミュレーションを行った。今回の数値シミュレーションでは、災害の発生時に悪化するとと思われる環境質、企業の生産効率、交通を強化する投資を行った場合を考え、また、財の外生的割り当て制約変数は十分大きいものとし、一般均衡の枠組みで便益を計測した。不均衡状態のシミュレーションは現在開発中である。それらの結果については紙面の都合上載せることができないので、講演時に紹介することにする。

7. おわりに

本研究では、不均衡を含む不確実性下での社会経済モデルを構築し、防災投資の便益を定義した。本モデルは、財の需給割り当て制約変数を十分に大きくとれば一般均衡理論も含みえる広範なモデルである。今後は保険市場を含んだモデルへと発展させたい。

【参考文献】

1) 上田孝行・森杉壽芳・高木朗義：防災投資の経済評価の考え方、阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.619~626, 1996.