

災害リスクマネジメントに基づいた総合治水対策評価モデルの構築

岐阜大学 ○吉田 正卓
岐阜大学 正会員 高木 朗義
岐阜大学 正会員 武藤 慎一

1. はじめに

わが国の都心部およびその周辺住宅地には、災害脆弱地区が多く存在する。これに対応するため、これまで膨大な投資をして、河道改修や洪水調整池の整備を行うとともに、流域内においても流出抑制施設を整備するなど総合治水対策が行われてきた。しかし、2000年の東海豪雨災害では都市部において大きな被害となり、予想を上回るような自然災害に対しては対応できない状況になることがわかった。これは、従来までのハードを中心としたリスクコントロールだけでは対応できないことを示唆し、ソフト的な土地利用規制や災害保険を中心としたリスクファイナンスを取り入れたリスクマネジメントに切り替えていく必要があることを示している。したがって、評価モデルもこれに対応したものが必要であり、本研究ではその構築を試みるものである。

2. 応用都市経済モデルの概要

本研究で構築するモデルは、治水安全度を予測する流出・氾濫モデルと土地利用を予測する立地均衡モデルを統合したモデル、すなわち治水安全度を内性化した立地均衡モデルであり、応用都市経済モデルの一つである¹⁾。特に、本研究では、モデルの中に水害保険システムを導入するとともに、企業の立地選択を考慮するという二点を新たに含んだモデルとなっている。

本モデルの計算は以下の手順で行う。

- ①初期条件を与え、流出計算を行う。
- ②①で得た流出量と治水対策のレベルを外生的に与え、洪水氾濫計算を行う。
- ③②により得た浸水深を治水安全度とし土地利用規制とリスクファイナンスという政策を与え立地均衡計算を行う。
- ④収束しなかった場合は、不浸透面積率を流出率とし流出計算に加える。
- ⑤収束するまで①から④を繰り返す。

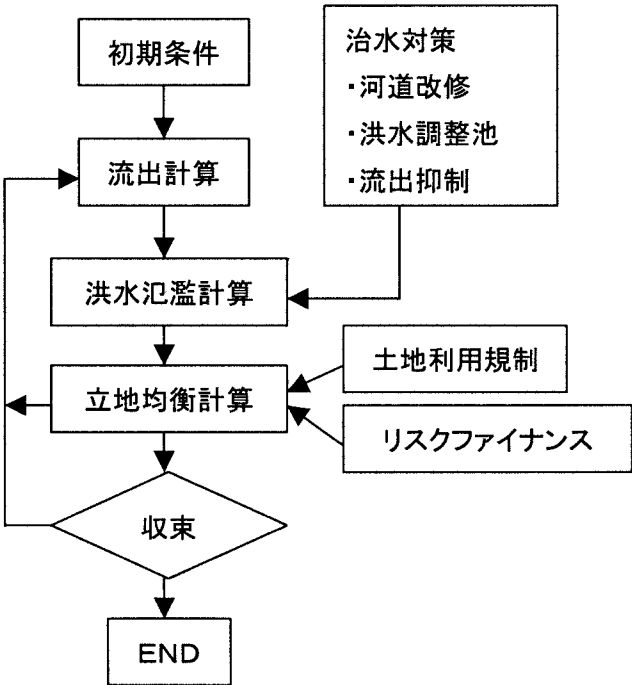


図.1 応用都市経済モデルの計算フロー

以下では立地均衡モデルについてのみ記す。

3. 世帯の行動モデル

世帯は、2段階の最適化行動をとるものとする。第1段階では、地域、環境状態毎の予算制約下で、期待効用最大行動として定式化する。ここで取り上げる災害保険は、フルカバーの保険ではなく、保険料が期待保険金と一致していない。

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

$$st. p_i z_i^j + R^j a^j + h^j = w_i l_i^j - g_i^j + H_i^j \quad (1b)$$

ただし、 i, j : 環境状態、地域を表す添字、 $E^j(V_i^j)$: 期待効用水準、 V_i^j : 効用水準、 $U[]$: 効用関数、 $E^j(U[])$: 期待効用関数、 a^j : 土地需要量、 z_i^j : 合成財消費量、 l_i^j : 労働時間、 T : 使用可能時間、 $s_i^j = T - l_i^j$: 余暇時間、 Q_i^j : 環境質、 p_i : 合成財価格、 R^j : 土地地代、 w_i : 賃金率、 g_i^j : 一括固定税、 h^j : 保険料、 H_i^j : 保険金。

上式を解くと、期待間接効用関数を得る。

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

$$\Omega_i^j = w_i T - g_i^j - h^j + H_i^j \quad (3)$$

第2段階では、世帯は居住地を各地域の期待効用水準に従って1つ選ぶと仮定して、次のように定式化する。

$$P^j = \frac{\exp\{\theta \cdot E^j(V_i^j)\}}{\sum_j \exp\{\theta \cdot E^j(V_i^j)\}} \quad (4)$$

$$SV = \frac{1}{\theta} \ln \left[\sum_j \exp\{\theta \cdot E^j(V_i^j)\} \right] \quad (5)$$

ここで、 P^j ：立地選択確率、 θ ：地域選択における Logit パラメータ、 SV ：最大期待用値（満足度関数）。

4. 私企業（企業所有者）の行動モデル

私企業は、2段階の最適化行動をとるものとする。この行動を以下のように定式化する。第1段階では期待効用最大行動をとるものと仮定し、次のように定式化する。

$$E^j(V_i^j) = \max_{A^j, L_i^j, M_i^j} E^j(U[\pi_i^j]) \quad (6a)$$

$$st. \pi_i^j = p_i Z_i^j - \{R^j A^j + w_i L_i^j + G_i^j + m^j\} + M_i^j \quad (6b)$$

$$Z_i^j = Z[A^j, L_i^j, Q_i^j] \quad (6c)$$

ここで、 $E^j(V_i^j)$ ：期待間接効用関数、 $U[\]$ ：効用関数、 π_i^j ：利潤、 A^j ：業務地需要量、 Z_i^j ：合成財生産量、 L_i^j ：労働力、 G_i^j ：一括固定税、 m^j ：保険料、 M_i^j ：保険金、 $Z[\]$ ：生産関数。

上式を解くと、期待間接効用関数を得る。

$$\pi_i^j = \pi[p_i, R^j, w_i, G_i^j, Q_i^j] \quad (7a)$$

$$E^j(V_i^j) = E^j(V_i^j[\pi_i^j]) \quad (7b)$$

ここで、 $V[\]$ ：間接効用関数、 $E^j(V_i^j) = \sum_i \phi_i^j \cdot V_i^j$ ：期待間接効用関数。

第2段階では、私企業は業務地を各地域での最大期待効用水準に従って1つ選ぶと仮定して、定式化する。

$$P'^j = \frac{\exp\{\theta' \cdot E^j(V_i^j)\}}{\sum_j \exp\{\theta' \cdot E^j(V_i^j)\}} \quad (8)$$

$$SV' = \frac{1}{\theta'} \ln \left[\sum_j \exp\{\theta' \cdot E^j(V_i^j)\} \right] \quad (9)$$

ここで、 P'^j ：立地選択確率、 θ' ：地域選択における Logit パラメータ、 SV' ：最大期待効用値（満足度関数）。

5. 地主の行動モデル

利潤を変数とした期待効用最大行動をすると仮定し、次のように定式化する。

$$E^j(V_i^j) = \max_{K^j} E^j(U[\lambda_i^j]) \quad (10a)$$

$$st. \lambda_i^j = R^j K^j - g_i^j \quad (10b)$$

$$K^j \leq \bar{K}^j \quad (10c)$$

ここで、 $E(V_i^j)$ ：期待間接効用関数、 $U[\]$ ：効用関数、 λ_i^j ：利潤、 K^j ：土地供給量、 g_i^j ：一括固定税、 $\bar{K}^j$ ：地域 j における供給可能面積。上式を解くと、期待間接効用関数を得る。

$$\lambda_i^j = \lambda[\bar{K}^j, R^j, g_i^j, H_i^j] \quad (11a)$$

$$E^j(V_i^j) = E^j(V_i^j[\lambda_i^j]) \quad (11b)$$

ここで、 $V[\]$ ：間接効用関数、 $\lambda[\]$ ：利潤関数。

6. 保険会社の行動モデル

保険料と保険金を利潤を最大化するように選択する。これは次のような最大化問題によって定式化される。

$$\pi^j = \max_{h^j, H_i^j, m^j, M_i^j} \sum_j n^j (h^j - \sum_i \phi_i^j H_i^j) + \sum_j N^j (m^j - \sum_i \phi_i^j M_i^j) \quad (12a)$$

$$s.t. \quad SV \geq \bar{SV} \quad (12b)$$

$$SV' \geq \bar{SV}' \quad (12c)$$

7. 政府の行動モデル

収支バランスを次のように定式化する。

$$\sum_j P^j N g_i^j + \sum_j P'^j M G_i^j + \sum_j g_i^j = \sum_j I_i^j \quad (13)$$

ここで、 I_i^j ：防災投資への投資額、 N ：総世帯数。

8. 均衡条件

均衡条件は土地と税について以下のようになる。

$$P^j N a^j + P'^j M A^j = K^j \quad (14)$$

$$\sum_j P^j N \sum_i \phi_i^j l_i^j = \sum_j P'^j M \sum_i \phi_i^j L_i^j \quad (15)$$

9. おわりに

本研究では、今後の治水対策に必要となってくるであろう①リスクファイナンスの観点としての水害保険市場、②適切な流域管理を行うための土地利用規制策を明示的に取り入れ、世帯のみならず企業の立地選択を捉えた立地均衡モデルを構築した。今後、具体的な適用を試みていきたい。

[参考文献]

1) 高木朗義・武藤慎一・太田奈智代：応用都市経済モデルを用いた治水対策の経済評価、河川技術論文集、Vol.7, pp.423-428, 2001