

洪水流出の地域依存性を考慮した土地利用予測システムの開発

岐阜大学 ○太田奈智代 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

上流域の開発は下流域における流出量，河道形成に影響を与え，洪水に対する危険度を増大させる。それによって，人々は安全性が満足できる土地へと住み替えを行い，住み替えが起こった土地では開発が行われる。このように 開発による洪水の危険度と住み替えによる安全性は相互に影響を及ぼし合っている。

本研究では，流域内の立地状況と各地域の災害危険度が相互に影響することを明示的に把握するため，流出モデル，洪水氾濫モデル及び立地均衡モデルの統合モデルを構築する。

2. モデルの概要

本モデルの計算フローは図1に示す通りである。

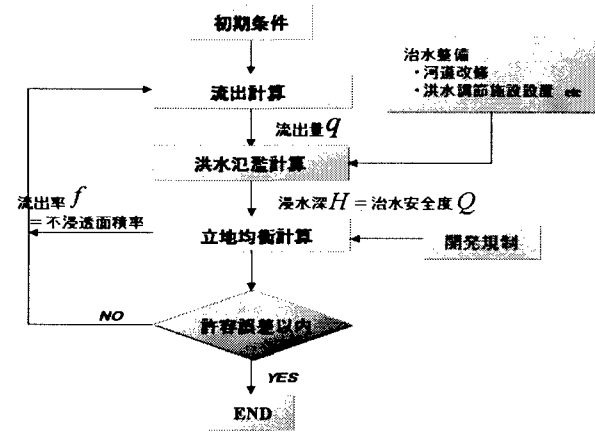


図1 本モデルの計算フロー

- ① ある初期条件を与え，流出計算を行う。
- ② ①で得た流出量と治水整備のレベルを外生的に与え，洪水氾濫計算を行う。
- ③ ②により得た浸水深を治水安全度とし開発規制の条件を外生的に与え，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与える。
- ⑤ 収束するまで①から④を繰り返す。

(1) 流出計算では，流出モデルとして運動波モデル (kinematic wave model) ¹⁾ を用いて流出量 q を算定する。運動波モデルの場合，流域を長方形斜面と河道の組み合わせと見なし，斜面と河道における流れを水理学的に解析し，流出量を求める。

(2) 洪水氾濫計算は，氾濫解析モデルとして氾濫シミュレーション・マニュアル ²⁾ を用いる。

このシミュレータで用いている氾濫計算のモデルは2次元不定流モデルである。これは，通常洪水予測などの計算に利用されている1次元不定流モデルを2次元領域に拡張したもので，水平方向を $X \cdot Y$ 座標系で表し，連続式と運動式で構成される。

[連続式]
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

[運動式]
$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{xb}}{\rho} \quad (2)$$
$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{yb}}{\rho} \quad (3)$$

ここで， H, h ：水位及び水深， u, v ： X 方向及び Y 方向の流速， g, ρ ：重力加速度及び取水の密度， M, N ： X 方向 Y 方向の流量フラックス ($M = uh, N = vh$)， τ_{xb} ： X 方向の底面せん断応力， τ_{yb} ： Y 方向の底面せん断応力

(3) 立地均衡計算では，既存の立地均衡モデル ³⁾ を用いる。モデルの概要は図2に示す通りである。

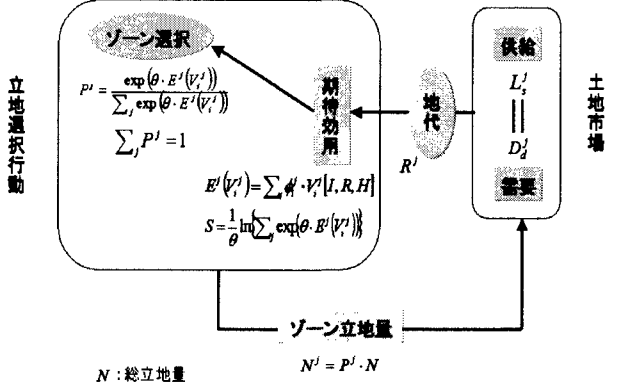


図2 立地均衡計算の概要

(a) 各主体の行動モデル

① 世帯

立地の魅力度指数は環境質及び環境状態の生起確率から得られる達成可能な期待効用水準を表す条件付き Gorman 型期待 (間接) 効用関数で表されるものとする。

この関数型は，環境質がすべての変数に影響する特殊型であり，治水投資は， ϕ_i^j を直接変化させるものとする。

$$E^j(V_i^j) = \sum_i \phi_i^j \cdot V_i^j [R, I, H] \quad (4)$$

ここで， $E^j(V_i^j)$ ：ゾーン j の期待 (間接) 効用

関数, V_i^j : ゾーン j 環境状態 i の (間接) 効用関数, ϕ_i^j : ゾーン j における環境状態 i の生起確率, R : 地代, I : 所得, H : 年平均浸水深, i : 環境状態, j : ゾーン

世帯が立地選択を行う場合, 世帯は, 不確実性を考慮し, 各地域 (ゾーン) の期待効用水準を所与として, より高い期待効用水準を達成できる地域 (ゾーン) へより多く立地しようとする。

世帯がある地域を選択した後, 地域内のゾーン j に立地選択する条件付き確率 P^j は以下のようになる。

$$P^j = \frac{\exp(\theta \cdot E^j(V_i^j))}{\sum_j \exp(\theta \cdot E^j(V_i^j))} \quad (5)$$

$$\sum_j P^j = 1 \quad (6)$$

この時の最大期待効用値は以下のようになる。

$$S = \frac{1}{\theta} \ln \left\{ \sum_j \exp(\theta \cdot E^j(V_i^j)) \right\} \quad (7)$$

θ : ゾーン選択における Logit パラメータ

以上の選択確率より, ゾーン j における立地量 N_j は以下のようになる。

$$N_j = P^j \cdot N \quad (8)$$

N : 全地域における立地量 (総立地量)

②不在地主

不在地主は, ゾーン毎に一括して土地を所有し, 地代 (均衡価格) によって供給面積を変化させるものとし, 土地供給関数を以下のように構築する。このモデルを用いることで, 地代の上昇が供給量を増加させ, 下落が供給量を減少させる不在地主の行動を捉えられる。

$$L_s^j = K^j \left(1 - \frac{\sigma^j}{R^j} \right) \quad (9)$$

ここで, L_s^j : ゾーン j における一括供給量, K^j : ゾーン j における供給可能面積, σ^j : パラメータ

(b) 均衡条件

①市場均衡

土地市場はゾーン毎に1つずつあると想定する。各ゾーンに立地した世帯は式 (4) で構築した (間接) 効用関数からロアの定理により得られる土地需要関数に基づき土地需要を行う。

$$q_d^j = - \left(\frac{\partial V_i^j}{\partial R^j} \right) / \left(\frac{\partial V_i^j}{\partial I} \right) \quad (10)$$

q_d^j : 土地需要量

一方, 不在地主は式 (9) で示したように土地供給を行う。各立地量が固定された状態を考えると,

市場で集計された需要と供給が均衡し, 各ゾーンの市場均衡価格 (地代) が決定される。価格が決定される市場均衡条件は以下のようになる。

$$q_d^j \cdot N^j = L_s^j \quad (\text{for all } j) \quad (11)$$

ここで, 本研究で構築した社会経済モデルにおける未知変数は R^j で, その数はゾーン数である。これに対して, 市場均衡条件式は, ゾーン数 j となり, 唯一の均衡解を持つ。

②立地均衡

市場均衡によって決定された地代により世帯は期待効用最大化行動をとるが, その選択行動は式 (6), (7) により表現される。その結果, 各ゾーンへの立地量が決定される。ここで, 立地均衡条件は以下のようになる。

$$\sum_j N^j = N \quad (12)$$

③立地と市場の同時均衡

式 (11) の市場均衡条件, 式 (12) の立地均衡条件よりワルラス的な多市場同時均衡に基づき, 各ゾーンの立地量と地代の均衡解が同時に決定される。

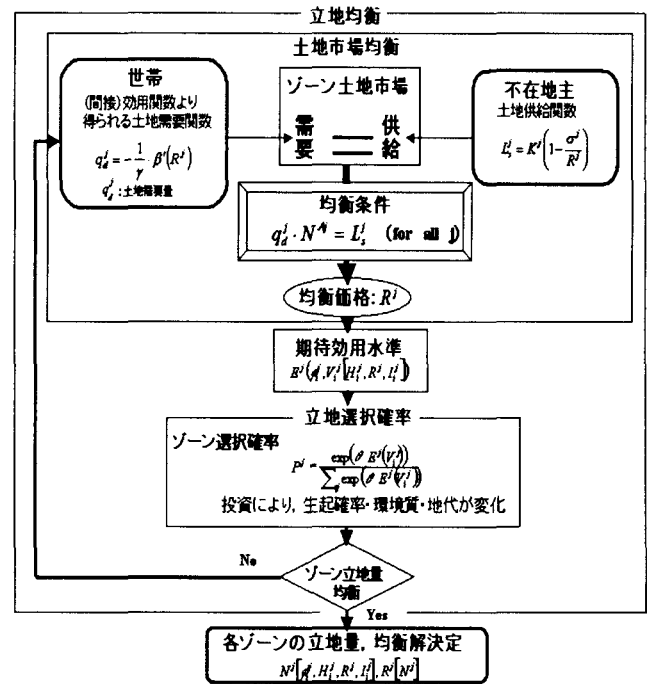


図 3 立地均衡モデルによる立地量と地代の同時均衡解の決定方法

3. おわりに

今後の方針としては, 境川流域を事例にし, 計算システムの構築を進めていく。

[参考文献]

- 1) 高橋裕 (1999) 河川工学, 東京大学出版会
- 2) 栗城稔 末次忠司ら (1996) 氾濫シミュレーション・マニュアル (案) 建設省土木研究所
- 3) 高木朗義 森杉壽芳ら (1996) 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