

1.はじめに

近年都市化の進展、都市地域の拡大に伴い、新たな問題が数多く発生している。防災問題もその中の1つであり、人口および資産の集積による災害ポテンシャルは、年を追って上昇し、潜在的危険度を増加させている。その結果、公共投資による治水事業の進捗度に比べ、流域開発および市街地化の速度が上回る状態となっている。このような現象に対応するため、技術的な目標のみではなく、土地利用管理の面、地域の木防体制および情報連携システムを確立しなければ水害ポテンシャルの軽減を考へる方法も検討され、直接的あるいは間接的防衛体制による総合的治水事業も一部で実施されている。

本研究は、このような総合治水対策を評価するための一方法であり、最も典型的な例として治水水準の達成度と、土地利用の適正規模を選択するシステムモデルを構築し検討したものである。

2.治水水準達成過程の評価手順

ある河川流域の一区域—本研究では小河川内水域—を対象にその地域の社会システムと治水、洪水システムを結合した2種類の型を考へたモデルを作成し、図-1に示す手順で、以下に示す治水水準の評価を行なった。

a)治水水準

治水水準としては、既往の最大外力、あるいは、最大可能外力を目標とした技術的水準、被害対象となる資産、生産物等の安全性を評価する経済的水準、個人的な被害強度を軽減することによって確保される厚生的水準を考へる。今回3つの水準を表わす属性のうち定量的に把握可能なものとして次の指標を考へて検討した。

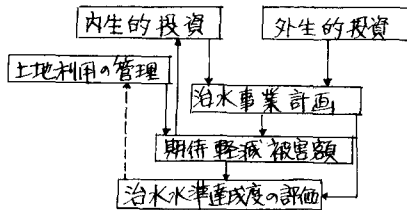


図-2 適応型モデルのフレームワーク

把握可能なものとして次の指標を考へて検討した。

- i) 技術的水準 --- 目標達成年度、氾濫想定流量の確保
- ii) 経済的水準 --- 期待被害額、治水投資額、総費用
- iii) 厚生的水準 --- 被害世帯当たり被害額

b) 適応型モデル

図-2に示すように、社会経済、洪水被害および、治水投資システム結合によるシステムダイナミック手法によるモデルであり、投資、および土地利用の条件を変化させシミュレーションを行なうものである。モデルの詳細については、1)、および2)を参照されたい。本モデルは、地域に関する他の計画に追従した制御過程と構成する。

c) 制御型モデル

図-3に示すように、土地利用管理のための計画(例えば市街化区域の決定等)と治水事業の規模を同時に決定する方法で、治水水準を考へた評価関数を導入し、最適制御過程問題として考へるものである。具体的には、

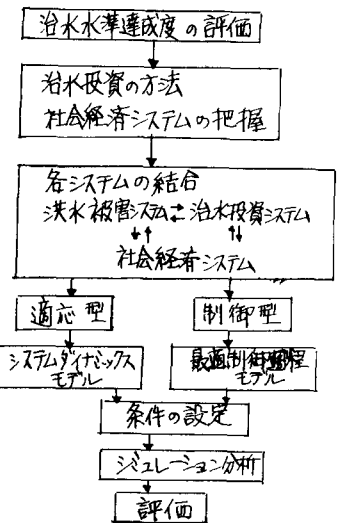


図-1 治水水準評価のための手順

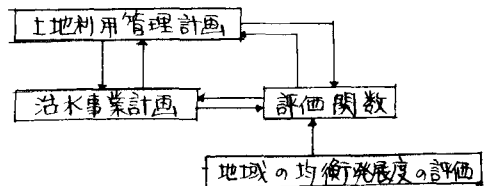


図-3 制御型モデルのフレームワーク

防災面の要因からみた土地利用の高度化への適正規模を、ポントリヤギンの最大原理を用い決定する方法である。今回検討した制御型モデルについては、次の条件を考慮するものとする。

i) 対象地域としては、都市化の今後予想される市街化区域、市街化調整区域、および農地等が競合している複数の内水氾濫想定区域(ここでは、小支川の分水界によって囲まれる地域)を考える。

ii) 操作変数としては、宅地増分量、および内水氾濫防衛のためのポンプ施設投資を考え、土地利用と治水事業の状態方程式を組立てる。

iii) 宅地化を新たに行なう場合、盛土を行ない、ある技術的達成水準(例えば、100年確率雨量)の氾濫においても冠水高さを確保できるウォータプルーフングの効果を考えることができるものとする。

iv) 評価関数としては、経済的水準の側面から考えて、洪水による期待被害額、ポンプ施設投資、および宅地盛土費用の和と、地域の資産増加量の差を最小とするものとした。以上より内水氾濫地域の土地利用管理と治水投資の間のバランスを考える問題を以下に示すよう定式化した。

i) 状態方程式

$$\dot{L}_{ij}(t) = U_{ij}(t) \quad \text{----- (1)}$$

$$\dot{Q}_{uj}(t) = U_{pj}(t) \cdot \alpha(t) \quad \text{----- (2)}$$

(1)は、土地利用状態方程式、(2)は、治水事業状態方程式

ii) 評価関数

$$J = \sum_j \sum_i \{ U_{pj}(t) + D_{ij}(t) + E_j(t) - U_{ij}(t) \cdot P_i(t) \}$$

$$E_j(t) = U_{ij}(t) \cdot h_j \cdot e_{ij}(t) \cdot P_p i$$

$$D_{ij}(t) = P_i(t) \cdot L_{r_{ij}}(t) \cdot (1 - e_{ij}(t))$$

$$L_{r_{ij}}(t) = G_j(Q_{uj}) \cdot R_i(Q_j) \cdot \beta_{ij} \quad (\beta_{ij} = L_{ij}(t)/L_j)$$

$$Q_j(t) = F_j(Q_{pj}(t)) - Q_{uj}(t)$$

$$Q_{pj}(t) = R_{si} \cdot f_i \cdot L_{ij}(t)$$

i : 土地利用分類, j : 対象地域分類, $U_{ij}(t)$: 土地利用変化許容量(ha), $L_{ij}(t)$: 土地利用状態量(ha)

$Q_{uj}(t)$: ポンプ強制排除量(m^3), $U_{pj}(t)$: ポンプ施設投資(万円), α : 1万円当りポンプ排除量(m^3 /万円), $D_{ij}(t)$: 期待被害額(万円),

$E_j(t)$: 宅地盛土費用(万円)

$h_j(t)$: 冠水防止盛土高(m)

$e_{ij}(t)$: 冠水防止盛土処理率

$P_p i$: 単位面積当り処理費用(万円/ m^2)

$G_j(Q_{uj})$: 強制排除量に対する氾濫面積関数, $R_i(Q_j)$: 氾濫流量に対する被害率関数, $Q_j(t)$: 氾濫流量(m^3)

$Q_{pj}(t)$: 流出係数

R_{si} : 確率降水量(m /h), f_i : 流出係数

$\omega_{pj}(t)$: 氾濫ピーク流量(m^3 /sec)

iii) 制約条件式

$$\sum_j L_{ij}(t) = L_j, \quad U_{ij} = \sum_{ij} U_{ij} > 0, \quad e_{ij}(t) = \text{const}, \quad U_{pj} > 0 \quad \text{--- (4)}$$

3. 考察とまとめ

以上の2つのモデルを、2つの隣接する内水氾濫想定地域に適用し、シミュレーション分析を行ない、得られた結果について考察を行なうと、次のようにまとめられる。

i) 土地利用の制限なしの場合で、投資方法を考えると、先に述べた治水水準のいずれにおいても、外水氾濫評価と同様、期待軽減被害額逆従型がすぐれていることがわかった。

ii) 世帯当たり被害額を均衡させる考えの場合、目標達成年に大きな差が生じており、従来の投資のあり方を個人的厚生面からみた場合、投資配分方法に転換が必要となってくると考えられる。

iii) 土地利用管理面での考え方により、被害ポテンシャルは必ず軽減できる。例えば、土地利用規制を現状維持と考えた場合と、現在の趨勢で宅地を拡大していった場合と比較すると、総累積期待被害額では、10年後13%、20年後23%、世帯当たり累積期待被害額では、10年後35%、20年後41%の差が生じる。

iv) 土地利用高度化を、かなり厳しいウォータプルーフングを条件に選んでいった場合、地域的条件の良し悪しの傾向が顕著となって現われ、また高度化許容される内水域でも年1%以下程度の伸長率より期待できない。

v) 目標達成度を時間的に遅延してみると土地利用高度化の許容量が大きくなるが、例えば10年達成の場合と、20年達成では20%程度上昇するにすぎない。以上の点で土地利用政策は、治水水準評価にかなりの影響を与え、また本分析法は、競合地域の保全、開発地域決定の判断に有効な手段となることがわかった。

参考文献 1) 加賀屋誠一、山村悦夫、洪水被害事前評価に関する研究、地域学研究第7巻、昭53。
2) 加賀屋誠一、山村悦夫、樺沢孝、内水氾濫被害の事前評価システムについて、第32回土木学会年次学術講演会講演要録昭54