

治水安全度の地域的バランスを評価する治水計画モデルに関する研究

京都大学工学部 正員 吉川和広 京都大学工学部 正員 春名 攻
運輸省 正員 松原 裕 京都大学大学院 学生員〇多々納裕一

1. 研究のねらいと概要

都市化流域においては、治水施設整備をめぐる上下流域間あるいは本支川地域間の治水安全度をめぐる問題等々競合関係を含む治水上の問題が生じやすい。本研究では、このような都市化流域における治水上の問題の現状課題をふまえて、合理的な治水施設の建設整備をいかに計画化していくかという問題に着目し、これらの問題を解決していくための方法を提案するものである。すなわち、これらの治水上の問題点を定形化・定式化し、解（治水施設の配置・規模）を求める方法を示すものである。具体的には、地域間の競合関係を含む問題の多くが治水安全度の地域的格差に起因するものと考え、治水安全度に地域的格差が生じないように流域全体の治水安全度を確保・向上していくことを目的とした計画モデルの定式化を行なう。さらに、これを解くにあたってシミュレーションモデルを組み込んだ逐次探索型の最適化の方法について考察を行ない、実流域を対象とした検討を通して本方法の有効性に関する考察を加えるものである。

2. 計画モデルの定式化

本研究で取り扱うような問題においては、治水安全度を評価する尺度は以下の条件をみたすことが重要である。つまり、各地域間の治水安全度の違いを定量的にしかも一元的に表現できることと、ゲージポテンシャルや洪水頻度の違いによる安全度の違いを表現できることである。そこで、本研究では評価尺度として地域別の被害額の期待値を用いること

$$\begin{array}{ll}
 \text{目的関数} & \max_{1 \leq i \leq n} \{ \bar{D}_i(x) \} \longrightarrow \min \\
 \text{制約条件} & \bar{D}_i(x) \leq \bar{D}_i(x_0) : \text{地域} i \text{ の被害額の期待値 } (\bar{D}_i(x)) \text{ の上限} \\
 & x_j \leq x_j^{\max} : \text{治水施設} j \text{ の規模 } x_j \text{ の上限} \\
 & Q_i(x) \leq Q_i^{\max} : \text{地点} i \text{ の流量 } Q_i(x) \text{ の上限} \\
 & \sum_j f_j(x_j) \leq M : \text{総費用 } \sum_j f_j(x_j) \text{ の上限 } M \\
 & x : \text{治水施設規模} \quad x_0 : \text{現況の施設規模}
 \end{array}$$

図-1 計画モデルの定式化 (MIN-MAX計画法による)

とした。これは、被害額の期待値が $\bar{D}(x) = \int_0^T D(x,t) P_T(t) dt$ (t : Return Period, x : 治水施設規模) で与えられることにより、この指標が被害 $D(x,t)$ のみならず頻度 $P_T(t)$ をとも表現しており、上述の条件を満足するためである。次に代替案の評価・設計について述べることにする。本研究では代替案の評価・設計を計画モデルを定式化し、それを総費用や流量の制約のもとで解くことにより行なう。この際、計画モデルは前述したように治水安全度に地域的格差が生じないように流域全体の治水安全度の確保・向上を目指した定式化を行なう必要がある。そこで、本研究ではMIN-MAX計画法を用いて図-1のように定式化を行なう。ここで、MIN-MAX計画法とは評価値の最悪な点を逐次最大化していくことを目的とする方法で、この方法を用いることにより、各地域の治水安全度は、総費用の制約をゆるめていくことで最も治水安全度の低い地域から逐次改善されて行く。従って、図-1のような定式化は、本研究の目的に合致したものとなっている。

3. 解法

本研究では、図-1で定式化した計画モデルの解法として図-2に示すようなシミュレーションモデルを組み込んだ逐次探索型の最適化の手法を用いることとした。この方法を用いることにより、目的合理的かつ現象合理的な解を求めるための操作性のよい解法を求めることができると思われる。しかし、現実の場合には探索が非効率であり、たり、全域的な最適点に達する保証が得られないということも多い。このような経験的事実にもとづいて最初からこの手法を適用することは効率的とはいえず、図-3に示すような段階的なアプローチの方法を用いることとした。すなわち、まず解空間の概形をシミュレーション実験により、把握を行なった後、それにもとづいて解空間を何らかの関数形で近似することとした。次いで近似空間における最適点を数理計画モデルを解くことにより求め、その後、その近似解を表わす点の近傍において図-2に示した解法を用いて探索を行ない、目的合理的かつ現象合理的な最適解を求めることとした。この方法を用いることにより、図-2の方法の利点を保ちつつ全域的な最適解に効率的に接近することが可能となるものと考えて、実証的な計算を実行することとした。

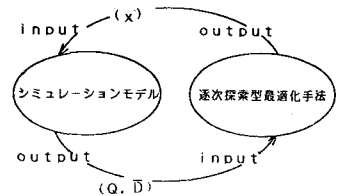


図-2 シミュレーションモデルを組み込んだ逐次探索モデル

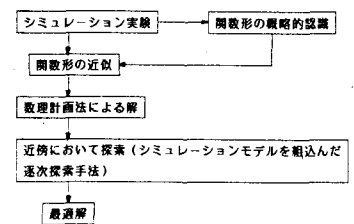


図-3 最適解探索のための段階的アプローチの方法

4. 実証的検討

以上、述べてきたアプローチの方法を大阪府と兵庫県境を流れる淀川の1支流猪名川の流域を対象として検討を行なった。猪名川流域は、都市化の進展によりダム・ゲート・ポテンシャルの増大や流出機構の変化、河川進捗を防げる要因の増大、さらには上下流・本支川問題といった治水安全度の不均衡により、生じる問題をもかかえる流域である。本研究では、まず想定される土地利用案や実績の降雨パターンに関する分析をシミュレーションモデルを用いて行なった。そして、水害にとり、最も危険側のものを計画対象として採用し、図-3に示したアプローチを用いて望ましい治水施設の配置・規模計画案を検討した。このようにして求めた解(計画案)の各地域の被害額の期待値に及ぼす影響を図-4に示した。このような計画モデルによる検討結果についての詳細は講演時に述べることにする。なお、これらの分析を通して、本研究で行なったアプローチが、上下流・本支川問題といった治水安全度の不均衡により、生じると考えられる問題に対し、一つの有効なアプローチとして機能したと考えられる。

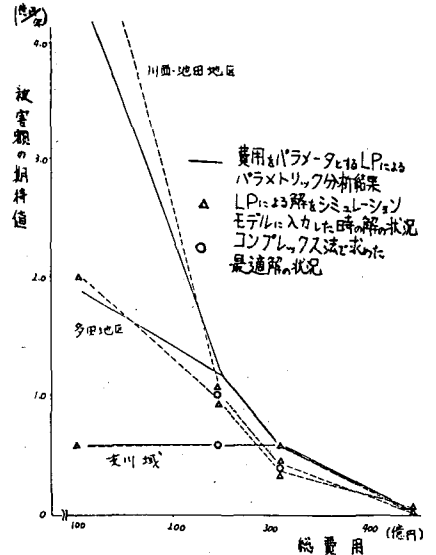


図-4 解の各地域の被害額の期待値に及ぼす影響