

京都大学工学部

正員 吉川和広

〃 〃 〇春名 攻

1. 本論の概略

広域的な土木計画問題では、対象とする地域での社会的・経済的条件や自然条件をはじめとする種々の地域・地帯的条件を考慮しなければならない。また、計画内容の合目的性の評価にあたっては計画によって恩恵をうける個人や企業さらには多くの階層・集団などプラスやマイナスの効果・影響をうけるすべての主体からなる複合的な計画主体の評価を総合的に勘案しなければならない。我々は複雑な構造的な特性をもつ広域的な土木計画問題を合理的に認識・記述し、具体的に分析していくための効果的な方法としてシステム論的な方法によるアプローチを行なってきた。土木計画問題への通常のシステムアプローチにおいては、論理性や精度上の整合性や一貫性等が確保されるように十分配慮して分析を行なわねばならない。しかし、現実にはすべての研究調査でこのような合理的な分析が行われているとは言い難い。本論では従来の研究成果を十分踏まえた土木計画問題のシステム分析の方法を、高知県の仁淀川流域の治水計画問題の分析に対して適用した事例を示すこととする。これによって合理的なシステム分析の方法に関する議論を進めたいと考えるものである。

2. 土木計画問題のシステム分析における要件

一般に、広域的な土木計画問題では計画に関わる計画主体の種類や数も多く、その実体も複雑な内容を持つことが多い。これにもなって、計画内容の評価も多くの側面から多角的に行なわねばならず、評価の多元性の問題や計画主体間の評価における競合の問題を合理的に解決していくことが必要である。システムモデルを使ってこのような特徴をもつ計画の分析を合理的に行なっていくためには、複雑な評価問題を構造的にとらえたモデルとして合理的に記述し分析しなければならない。一方、このような評価問題を考察する場合には、関連する現象の中で評価の対象となる要因を同定したりその内容を表わす特性値の状態の記述を行なわねばならない。このためには、分析の対象としている計画問題の解明に適したように現象

を構造的にとらえてモデル化することが必要である。すなわち、計画化にとって有効な計画情報を求めるための計画モデルの定式化においては、現象を合理的に構造化し記述することとあわせて、この現象記述の内容と整合がとれるように種々の制約的な条件を記述することや目的の達成状況を評価する方法の合理的な記述が重要な課題となる。しかし、このような要件を満たすような計画モデルは計画問題の内容が複雑になればなるほど容易に定式化できなくなる。これに対しては、計画問題そのものを構造的にとらえて考察を加えて重要な役割を占めている分析対象を同定し、それぞれの部分問題をシステム論的に分析して全体問題との関連関係を明確にするという方法が効果的である。つまり、計画問題を段階的に分析していく過程において、より分析目的(あるいは計画目的)に合った合理的な現象・現象合理的な計画モデルをめぐらして、必要な分析情報を発見的に求めていくという一連の作業が必要なのである。さて、以上に述べてきたような事柄が土木計画問題のシステム分析における要件なのであるが、以下ではこのような一連の過程によって分析を行なった実例を具体的に示すこととする。

3. 仁淀川流域における治水計画問題のシステム分析

本研究では計画モデルの定式化の前の段階として、流域への降雨から始まる水の流れを中心とする一連の関連現象の構造や治水計画の評価の構造に関する合理的な検討を行なって、定式化にとって有効なかつ精度のよい基礎的な分析情報を求めることとした。すなわち、まず流域における地形条件や降雨パターンの多様性、社会的・経済的な条件を考慮しつつ、降雨・河道流出・治水施設・洪水被害の発生という三者間の関連関係を、水理・水文学、河川工学等に基づいて作成したシミュレーションモデルを用いた実験を通して分析した。このシミュレーション実験は治水施設や降雨のパターンの違いなどの影響・効果が容易に計測されるように実験計画法を用いた段階的な分析プロセスとして設計した。また、これらの分析をとおして評価要素の

同定抽出や評価尺度の設定を逐次検討して、最終的に合理的と判断される評価方法の構造化のための情報を求めた。また、“広域的な視点からの防災計画”としての治水計画論のレベルに適合するような現象構造的把握と構造化を行ない、定式化のための分析情報を求めた。(このような分析の方法の概要を図-1にとりまとめて示した。また、図-2にはシミュレーションモデルの作成に用いた流域のモデルを示した。)さらに、シミュレーション実験の結果からは、当流域での洪水被害が、本川の破壊によるはんちの被害より支川の流域における内水の湛水による被害の可能性が大きく実際に重要な課題であることが判明した。このため、内水地域での社会経済的な条件と過去の被害状況などを基にした被害程度の改善率という評価尺度を導入したMin-Max計画問題として表-1のような計画モデルを定式化して分析を加えて計画情報をもとめた。(数値の関係上、これらの分析内容の具体的なことや記述不足の点は講演当日にとりまとめて示すこととする。)

ここで取り上げた研究内容は、川崎正寿(現在、東京都)の修士研究と西田敏一(現在、中央建設コンサルタンツ)の特別研究で取組んだものである。

図-1 治水計画問題のシステム分析の方法の概要

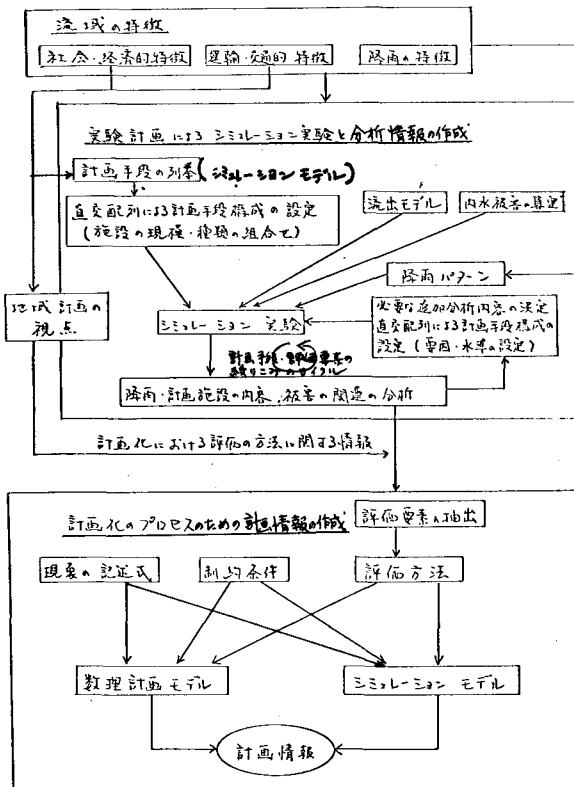


図-2 流域モデル

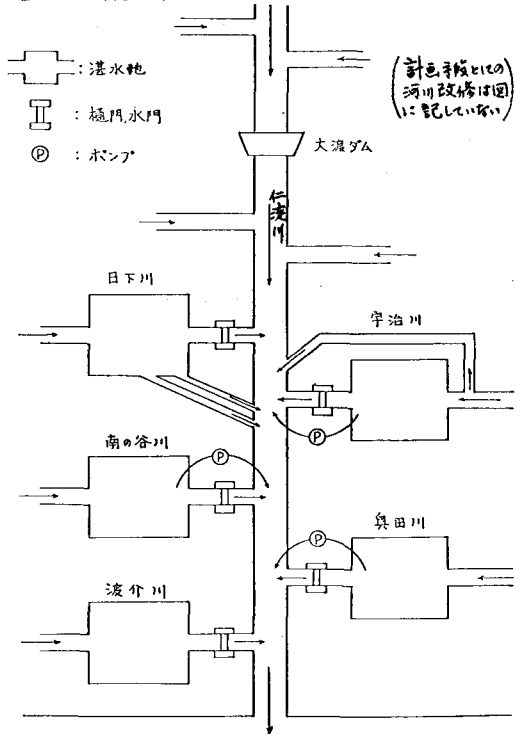


表-1 治水計画モデルの概要

モデルの定式化

内水地域*i*の計画問題 ($i=1 \sim n$)

$$\begin{aligned} d_i &\rightarrow \min. \\ \text{subject to} \\ f_1(x_1) + f_2(x_2) + \dots + f_j(x_j) + \dots + f_m(x_m) &\leq \alpha_i \\ d_i &= a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{im}x_m \quad (*) \\ d_i &\leq D_i \max. \\ C_i \leq x_i \leq \bar{C}_i \quad (i=1 \sim m) \end{aligned}$$

流域全体での計画問題

$$\begin{aligned} Z &\rightarrow \max. \\ \text{subject to} \\ Z_i &= (D_i \max. - d_i) / D_i \max. \quad (i=1 \sim n) \\ Z &\leq Z_i \\ \sum_{i=1}^n \alpha_i &\leq M \end{aligned}$$

(*) 式は、シミュレーション情報をもとに、重関数モデルとして推定した。

- ただし、
- d_i : 内水地域*i*の被害額
 - $f_j(x_j)$: 治水施設*j*の建設費用関数
 - x_j : 治水施設*j*の施設規模
 - $D_i \max.$: 内水地域*i*の既往最大の被害額
 - $C_i, \bar{C}_i$: 治水施設*i*の施設規模の下限值、上限値
 - α_i : 内水地域*i*への投入資源(財源)
 - M : 流域全体への投入資源(パラメータ)(財源)
 - n : 内水地域の数
 - m : 治水施設の数