

京都大学大学院 学生員○多々納裕一

京都大学工学部 正 員 吉川和広

京都大学工学部 正 員 春名 政

1. 本研究の概要 近年、都市化流域では流域の都市化に伴いダメージポテンシャルの増大や流出機構の変化による水害の多発化深刻化が問題となってきた。この問題に対処するためには、流域の土地利用変化に対して先行的に治水施設を整備していくことが必要であると考えられる。そこで我々は図-1に示すようなプロセスを提案し土地利用変化に対応できる治水施設の配置・規模を求め、治水施設を整備のための情報を提供することをねらいとして研究を行ってきた。ここで、このプロセスの運用に際して現象の分析から計画問題の分析に持込む際に、いかにしてその情報の精度を落さず、合理的にかつ効率的に計画代替案を設計するかという重要な課題が存在するが、従来の計画代替案の設計方法では各種の要件を十分に満足できる方法は確立されていなかった。そこで、本研究ではシミュレーションモデルを組込んだハイブリッド型計画モデルを用いた代替案の設計を行うことによりこの問題に関する一つの解決を図ろうとするものである。本稿ではこのハイブリッド型計画モデルの構成について述べるとともに、モデルを実流域に適用して行ったモデル解法のための数理計画手法の比較検討の結果について述べることにする。

2. ハイブリッド型治水計画モデルの概要 一般に

モデルを用いて計画代替案を設計する際には、現象合理性、目的合理性および操作性という三つ要件が満足されている必要がある。モデルを用いて計画代替案を設計する方法としては、従来から①シミュレーションモデルを活用する方法、②数理計画モデルによる方法、のいずれかがとられてきた。①の方法は事前に想定した代替案に対してシミュレーション実験を行い、この結果に基づいて各代替案を比較・検討してその内で最も望ましい代替案を選択するという方法である。この方法は現象合理性には優れるが目的合理性を追及しにくい方法である。②の方法は、現象を近似化・単純化して計画モデルに組込んで定式

Step. 1 現況分析

- 1-1 対象流域の治水計画に関する地域特性の理解
 - 1) 自然的条件
 - 2) 社会・経済的条件
 - 3) 物的施設条件
 - 4) 既存の諸計画
- 1-2 洪水被害現象を記述するシミュレーションモデルによる現象分析
 - 1) シミュレーションモデルの定式化
 - 2) シミュレーションモデルのキャリブレーション
 - 3) 流域の都市化の影響に関するモデル分析
- 1-3 治水施設整備計画上の検討対象課題の抽出

Step. 2 計画代替案設計方針の設定

- 2-1 計画代替案の設計方法の設定
 - 1) 評価方法の検討
 - 2) 計画モデルの定式化
- 2-2 分析シナリオの設定
 - 1) 将来の土地利用状況の想定
 - 2) 分析対象降雨の設定
 - 3) 治水手段の構想
 - 4) 影響効果分析
- 2-3 計画情報作成方針のとりまとめ

Step. 3 治水施設整備計画の代替案設計と評価

- 3-1 計画代替案の設計
 - 1) 解空間の概略的な認識
 - 2) 計画モデルによる計画代替案の設計
- 3-2 計画代替案の総合的な評価
 - 1) 各分析シナリオに対する感度分析
 - 2) 計画代替案の評価
- 3-3 計画情報としてのとりまとめ

図-1 治水施設整備計画の計画代替案設計のための検討プロセス

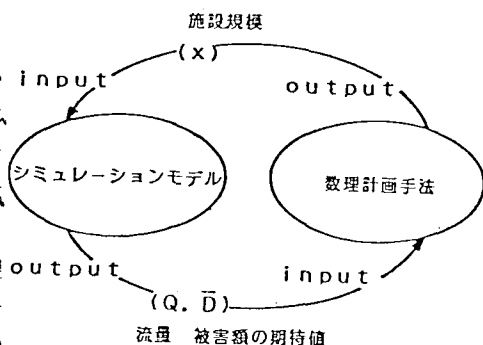


図-2 ハイブリッド型の治水計画モデルの構成

化し、数理計画モデルによって規範的に計画代替案を設計する方法であり、目的合理的で操作性は高いが現象合理性を保つことは難しい。そこでこれらの手法を混成（ハイブリッド化）し、両者の利点を同時に持つような計画モデルを作成することができれば、上述の三つの要件の大半は満たされることとなる。

そこで本研究では図-2に示すようなハイブリッド型計画モデルを開発することによってこの問題の解決を目指した。このモデルの動作は、「各治水施設の規模をシミュレーションモデルに入力して流量や被害額の期待値等を求め、これを目的関数値・制約関数値として数理計画モデルに入力し、これに基づいて目的関数値を改善するような解を求め、これを再びシミュレーションモデルに入力する。」という過程を繰返すことによって最適解を導出し、最も望ましい計画代替案を設計しようとするものである。

ここで、モデルは現象解析を行うシミュレーションモデルの部分と最適解の探索を行う数理計画手法の部分により構成される。シミュレーションモデルの部分の満たすべき要件としては、①現象合理性という側面から計画目的に適合した精度で洪水被害現象を再現できること、②多数回の実験を行うことから比較的計算時間の短いモデルであること、の2点が挙げられる。また、数理計画手法には、①シミュレーションモデルを組込むことから目的関数や制約関数の関数形の未知な問題に対応できること、②できるだけシミュレーションアクセス回数が少ないこと、③制約条件付きの問題に対応できること、の3点が求められる。本研究では以上の条件を満たすモデルとして、それぞれシミュレーションモデルは図-3のモデルを、数理計画手法は表-1

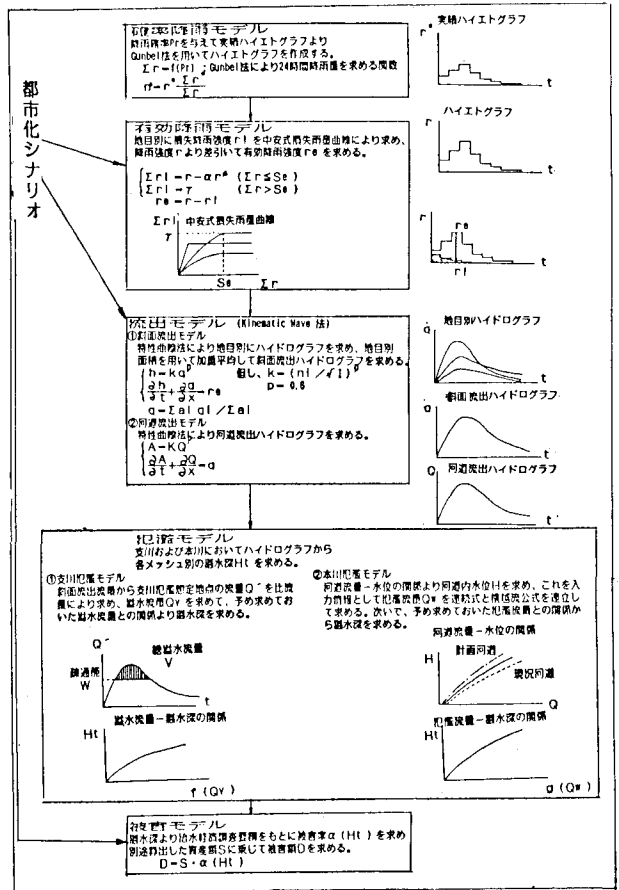


図-3 シミュレーションモデルの構成

表-1 ハイブリッド型計画モデルに用いた数理計画手法

	手法1 (コンプレックス法)	手法2 (Box-Wilson法と許容方向法)
制約にかからない 場合の動作	鏡映・伸長・収縮・縮小	最急勾配探索
制約にかかった 場合の動作	陽的制約 制約の内側へリセット 陰的制約 許容域に入るまで 重心方向に収縮	線形制約 勾配射影探索 非線形制約 実行可能方向探索

ここで計画モデルは、目的関数を流域全体の被害額の最小化として定式化した。検討の結果の一部を図-4に示すが、これより手法1を用いることが有効であり、かつ初期解の設定が重要な意味を持つことがわかる。検討の詳細に関しては講演時に述べることにするが、この検討によりモデルに用いる数理計画手法やモデル運用のための手順（特に初期解の設定）について有効な情報を得ることができた。

最後に、共同研究を行ってきた渡辺泰也氏（京都大学大学院）に感謝の意を表します。

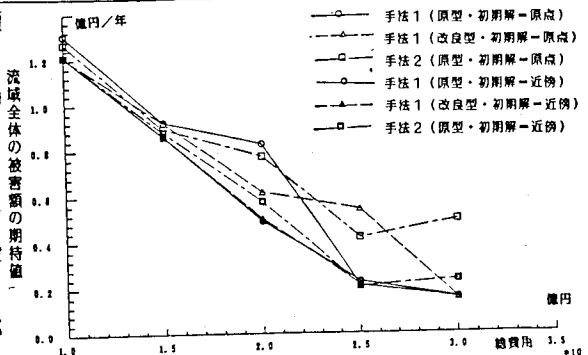


図-4 モデル解法のための数理計画手法の比較