

京都大学大学院 学生員○田井中 靖久

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

1. ハイブリッド型計画モデルの最適解法について

計画モデルを使って計画案を作成する場合に考慮しておかなければならないことのひとつとして、設計された代替案の中に示されている計画内容(計画変数)に対応して出現すると考えられる現象の状態を記述する部分のモデル化を合理的に行なう必要があることが上げられる。このためには、現象を記述するモデルに計画目的に照らして十分な精度を持たせることが必要である。ところが、現象を記述するモデルが操作可能なように、あるいは操作性を向上させる目的で、簡略化・近似化される場合が多く、この結果計画案の(精度上の)信頼性が低下することになってしまう。一般に、LPを始めとする数理計画手法で用いられるモデルでは、拘束条件として表わされる部分を単純な形でモデル化する必要が多く、上述のような問題が生じる可能性も大きい。これに対してハイブリッド型計画モデルでは、この点を考慮して、計画内容に対応して現象状態を実現するモデルの部分に工夫を加え、現象を詳細にシミュレートするサブモデルとして独立させることとしている。そしてこのモデルを活用して以下に代替案を設計するのである。すなわちこのサブモデルへ計画内容(計画変数)を与え、まずこれに対応する現象をシミュレートする。そして、その結果だけを用いて出現状態を通して計画内容の評価を行なうとともに、より合目的な計画内容(計画変数)を改善案として求めるという方法をとる。そのために、ハイブリッド型計画モデルのもうひとつのサブモデル、すなわち代替案の設計という機能を持ったサブモデルでは、計画内容、及びそれに対応する現象の状態量、制約条件という3種類の情報のもとで、より合目的な計画内容の設計を行なうためのモデル機能を持たせなければならない。このような機能を有するモデルが最適化モデルであり、本研究ではその解を効率的に求めるための解法についての実験的な研究を行なっている。

2. ハイブリッド型計画モデルの構成と最適解探索方法について

本研究で取り上げている具体例である治水計画モデルでは図-1に示す内容のハイブリッド型の計画モデル構成となっている。具体的には、各施設の施設規模の代替案をシミュレーションモデルに入力し、まず被害額の期待値や流量等を出力する。そして、それらの情報をもとにして制約を侵さない範囲で、最適化手法を用いて目的関数値を改善しうる各施設の施設規模の代替案を求める。さらに、それらを再びシミュレーションモデルに入力する。このようなサイクルを繰返すことによって、最終的に最適な各施設の施設規模の代替案を設計しようとするものである。

ここで、具体的対象として取り上げたハイブリッド型の治水計画モデルでは、現象再現モデルとしてシミュレーションモデルを適用している。このため、数学モデルとは異なって目的関数値や制約条件値はシミュレーション実行後その出力値としてしか求めることができない。このため最適解探索方法も、出力結果の動向を把握し出来るだけ最適解に効率的に接近して行く方法を取る必要がある。しかも上述のため関数形が明らかでないため非線形問題にも対処できる必要がある。しかし一般の非線形問題においては、局所解の存在という問題があり、全域的な最適解を少数の探索で得られるという保証はない。そこで本研究では、これらの問題を解決しつつ最適解を効率的に探索する方法として図-2の方法を用いることとした。すなわち、ま

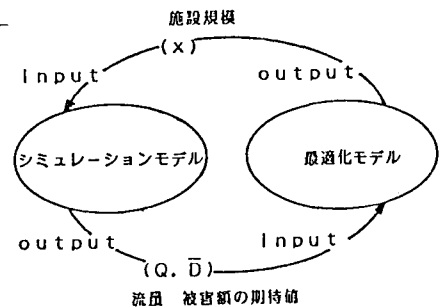


図-1 ハイブリッド型の治水計画モデルの構成

ず解空間の概略的認識を実験計画法によるシミュレーション実験によって行ない、次いでそれらを参考にしつつ直交多項式によって近似曲面を作成した後、それらを用いて近似解を求める。さらにそれらにもとづいて最適解の近傍と判断される位置に初期解を設定し、その段階で初めてハイブリッド型治水計画モデルを運用し、最適解を導出するという方法をとることにしている。

3. 最適解探索における初期解の設定方法

求解の効率化や解の信頼性の保証のために、図-2に示した方法では『初期解の設定』は、欠くことの出来ないものである。そこで、本方法で用いたプロセスを詳しく取りだして図-3に示した。ここでは次のような段階的方法をとっている。まず、各要因の3水準の実験を行ない、次いで各要因の水準数を実験データの精度を等しくするように変更する。そして解空間を直交多項式を用いて比較的単純な形状の近似曲面として作成する。最後にこのようにして求められた近似曲面上で最適化計算を行なって近似解を導出する。さらに、求められた近似解のシミュレーション結果を検討し、その近傍の実行可能領域内に『初期解』を設定するという方法である。この際、実験で用いる要因の水準数を合理的な判断のもとで設定しうする方法として、曲面近似率（要因 A_i に関する n_i 水準実験が M 水準実験（ M は十分大きな整数）の変動に占める割合）を指標とすることとした。また、直交多項式の項を選択する指標としては全体の変動に対する各項の寄与率を用いることとした。

4. 最適解探索のための最適化手法

図-4のように定式化されたハイブリッド型治水計画モデルに用いる最適化手法は、①関数形が明らかでない問題に対応できること、②制約条件が考慮出来ること、③アクセス回数が少ないこと、等々を満足する手法でなければならない。よって逐次探索型手法を適用することが必要であるが、①より目的関数の微係数を解析的に算出することは不可能であるので一般には直接型探索法を用いる。しかし微係数算出に工夫をこらすと、傾斜型探索法を用いることも可能となることもわかった。すなわち直接型探索法ではコンプレックス法を、傾斜型探索法ではボックス・ウィルソン法を用いる方法を考え、検討を加えた。さらに検討対象として取り上げた治水計画を単一目的問題として取り扱った場合には、目的関数に微分不可能点が存在しないため、両手法は十分適用可能であることもわかった。しかし、微分不可能点が存在する最大成分最小化問題では、微分不可能点周辺の曲面が急勾配を持つ形状を示すため、ボックス・ウィルソン法では算出した方向が必ずしも最適降下方向と一致しない状況が起こる場合もある。このためこの手法の適用がここでは有効でないことがわかるとともに、コンプレックス法がこの問題に対して有効な方法であることが明らかになったので、現実の問題分析では後者の方法を用いた。

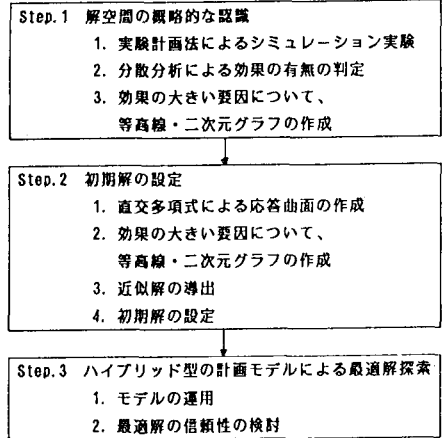


図-2 最適解探索のプロセス

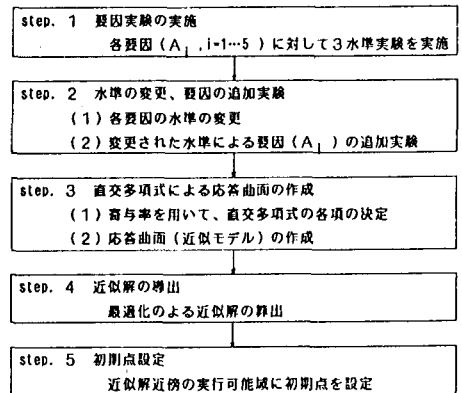


図-3 近似曲面を用いた初期点設定のプロセス

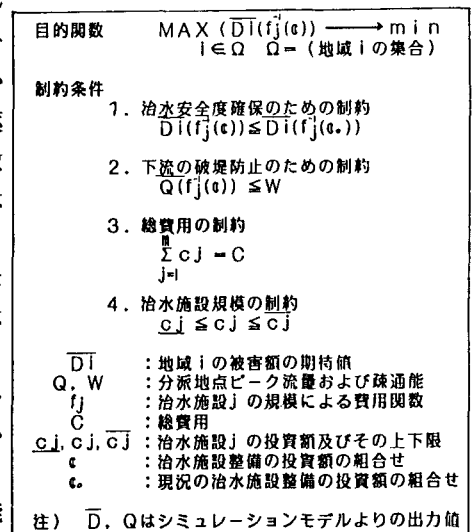


図-4 計画モデルの定式化