

Simulated Annealing によるタンクモデルのパラメータ設定

○山口大学大学院 学生員 芝崎 一也
山口大学工学部 正 員 塩月 善晴

1.はじめに

著者らはタンクモデル¹⁾による流出解析を行っている。近年ニューラルネットによる流出解析がおこなわれているが流域の特性を直感的につかむにはタンクモデルの方が適しているとおもわれる。タンクモデルを使用する際に問題になるのがパラメータの決定である。簡単な直列モデルでも10数個のパラメータを決定しなければならない。本研究はヒューリスティックな非線形最適化手法である Simulated Annealing²⁾ (SA)を利用してパラメータの決定を試みたものである。同様の最適化手法として Genetic Algorithms (GA) が存在する。GAが自然淘汰が環境に最も適した生物を繁栄させることを利用しているのに対し、SAは金属の焼きなましにより金属分子がエネルギー準位のもっとも低い状態に並ぶことを利用している。今回は1985～1994年までの日単位雨量、流量を使用し SA によるパラメータ決定をおこなってみた。

2.手法

今回使用したタンクモデルは図-1に示す5段の直列モデルである。この程度流出孔があればかなり複雑な流出過程も再現できるとおもわれる。日単位雨量データが最上段のタンクに入力され、全流出孔からの流出量の合計を河川の流量としてあつかった。入力と出力の単位を合わせるため、流量(m^3/sec)を mm/day に変換して使用している。

今回使用した簡単な SA のアルゴリズム³⁾を以下に示す。

- ①初期解 x を生成し初期温度 T_{MELT} で溶融する。
- ②解 x の近傍解 y を生成する。
- ③評価関数の変化分 $\Delta E = f(y) - f(x)$ を計算し $\Delta E \leq 0$ ならば無条件に y を受容する。そうでなければボルツマン分布に従い確率的に y を受容する。
- ④十分な個数の近傍解を生成し、平衡状態になれば温度 T を下げる。そうでなければ②にもどる。
- ⑤基底状態になり、解が変化しなくなるまで②に戻る

今回は SA の評価関数として、実測流量と計算流量の二乗誤差の合計を使用した。

3.実行例

1985年から1994年までに九州・中国地方の6つの1級河川で観測された日単位雨量、流量データを使用し SA によるパラメータの探索をおこなった。精度検証のため基底状態になったときのパラメータを使用し流出解析をおこなった。図-2に1986年の佐波川の例を示す。比較的雨の多い年であるが6月中旬から7月中旬にかけて計算流量が少な目に出ている。防災上の観点からは流量が増大

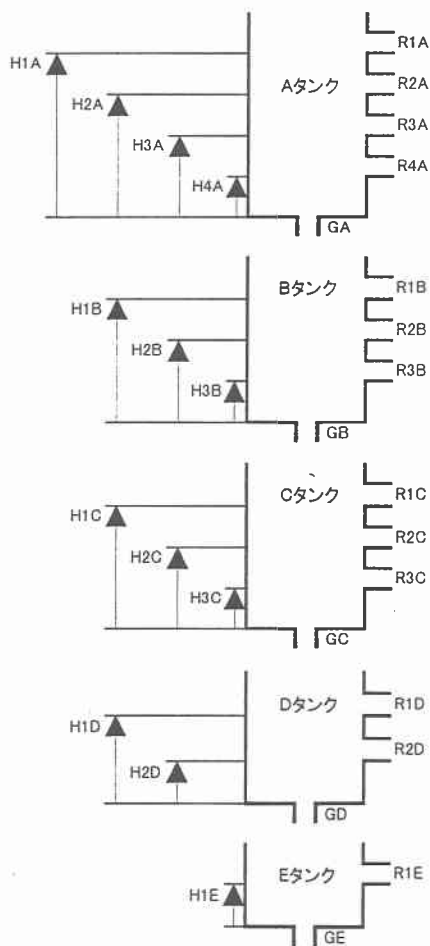


図-1 SA用タンクモデル

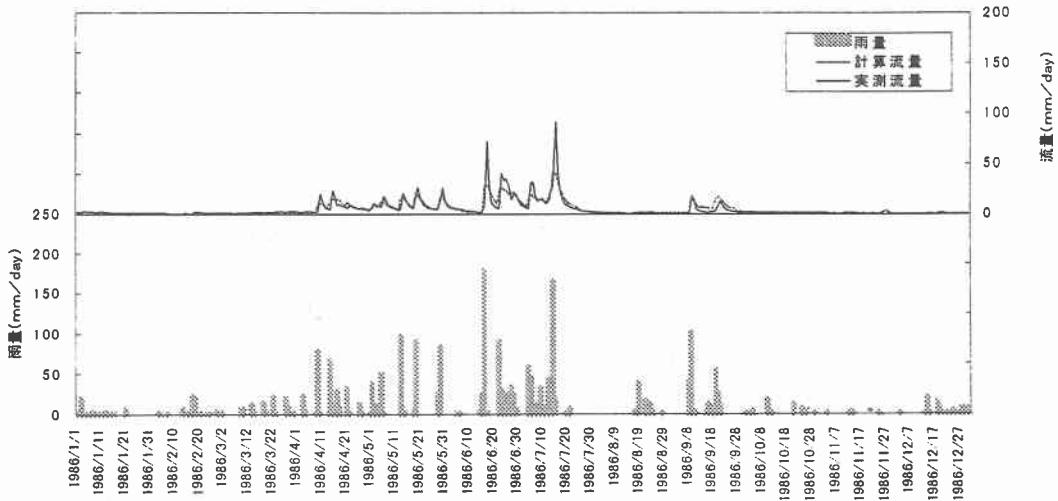


図-2 解析例(佐波川:1986)

する時期にこそ正確な値が求まることが望ましいが、今回はそうならなかった。今回設定した評価関数ではピーク時の実測と計算流量を近づけるよりその他の時期の値を近づけた方が評価関数を満足させ易くなるためであると推測される。しかし、日毎の流量変動が少ない時期には実測流量と計算流量が概ね一致しているのが分かる。

表-1 に SA により決定されたパラメータを使用した場合と、人間が試行錯誤して決定したパラメータを使用した場合の、実測流量と計算流量との相関係数を示す。一見すると SA と人間とでさほど精度に差はないが、人間が決定した方はピーク流量時の実測値と計算値が概ね合致しているため実用上は人間が決定したパラメータの方が良いといえる。しかし SA により求められたパラメータと人間が決定したパラメータは比較的近いものになっているため、SA により求められたパラメータを人間が最終的に修正することでパラメータ決定の時間短縮が可能になると思われる。なお、10 年間 3652 組のデータを使用し探索をおこなったわけであるが、1 河川あたりの計算時間は EWS4800 で 3~4 時間程度であった。

表-1 相関係数による精度比較

河川名	SA	MAN
佐波川	0.850	0.726
淀川	0.821	0.806
芦田川	0.783	0.772
旭川	0.753	0.765
五ヶ瀬川	0.815	0.828
大野川	0.811	0.833

4. まとめ

日単位雨量、流量データを使用した場合、日毎の変動が激しくなり今回設定した評価関数では実用上十分なパラメータは得られなかった。しかし、現状においても得られたパラメータを若干修正すればピーク流量まで再現することは可能であった。SA 単体でパラメータを決定するのではなく、人間が試行錯誤する時間を短縮する補助手段として使用すべきであろう。また、データ毎の変動が少ない部分では概ね満足できるパラメータを探索可能なため、今後はデータ毎の変動の少ない時間単位雨量、流量データを用いて再度検証してみたい。

参考文献

- 1) 菅原 正巳：流出解析法，共立出版，1972
- 2) S.Kirkpatrick et al. : Optimization by Simulated Annealing, Science, 220, pp671-680, 1983
- 3) 奈良 宏一、佐藤 泰司共著：システム工学の数理手法，コロナ出版，1996