

SP法を用いた流出解析におけるタンクモデル定数の決定法に関する研究

愛媛大学工学部 正員 鈴木 幸一
山口 県 正員 岡本 文浩

1. はじめに 従来より、流出解析にはタンクモデル法がよく用いられてきた。しかし、従来のタンクモデル法には、その探索すべきモデル定数を試行錯誤的に決めなければならず、その結果には、解析者の主観が多分に含まれるという欠点があった。そこで、モデル定数を自動的に決定する方法が望まれるが、その1つの方法として、数値シミュレーションによりモデル定数を自動的に探索するSP法がある。本研究は、このSP法を用いた長期流出解析の計算方法の確立を目指すものである。なお、本研究では、図1に示す4段直列型タンクモデルを用い、愛媛県の重信川と鳥取県の千代川の観測データを使って解析を行なった。探索するモデル定数は、流出孔の係数A1～A5、浸透孔の係数B1～B3、流出孔の高さH1～H4、各タンクの初期貯留高D1～D4の16変数とし、計算を行なった。

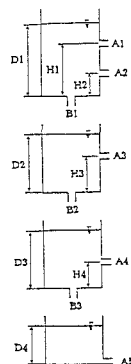


図1 タンクモデル

2. SP法による最適値の探索手順 SP法の計算手順は、図2に示す計算フローの通りである。変数の順序づけと基準化については、SP法をタンクモデルの決定に利用する場合、変数の順序づけが計算効率を左右することが多いので、本研究では上段タンクから順に基準化を行ない、貯留高だけは下段タンクほど重要な意味をもつので、下段タンクから順に基準化を行なうこととした。基準化方程式は次の通りである。

$$\begin{aligned} X(1) &= A_1/A_{10}, X(2) = A_2/A_{20}, X(3) = B_1/B_{10} \\ X(4) &= A_3/A_{30}, X(5) = B_2/B_{20}, X(6) = A_4/A_{40} \\ X(7) &= B_3/B_{30}, X(8) = A_5/A_{50}, X(9) = H_1/H_{10} \\ X(10) &= H_2/H_{20}, X(11) = H_3/H_{30}, X(12) = H_4/H_{40} \\ X(13) &= D_4/D_{40}, X(14) = D_3/D_{30}, X(15) = D_2/D_{20} \\ X(16) &= D_1/D_{10}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$J = \left(\sum_{i=1}^N (q_{ci} - q_{oi})^2 / q_{oi} \right) / N \quad (2)$$

流出モデルの最適値の探索とは、流出量の観測値 q_o と計算値 q_c の食い違いの程度を表現する式(2)に示す評価関数 J の値を、最小にするようなモデル定数の一組みを見出すことである。そこで、計算フローにおける第I方向の最適値の探索は、以下に述べる手順で進めた。

① $X(I)$ をあるステップ幅で動かし、逐次流出計算を行ない評価関数 J を求める。

② J が図3に示すような極小値を形成する3点が見つかるまで計算を続ける。

③ この3点に対して放物線をあてはめ、 J が最小になるような距離 α_* を次式から推定する。

$$\alpha_* = \alpha_2 + \frac{(J_3 - J_2)(\alpha_1 - \alpha_2) / (\alpha_3 - \alpha_2) - (J_1 - J_2)(\alpha_3 - \alpha_2) / (\alpha_1 - \alpha_2)}{2((J_3 - J_2) / (\alpha_3 - \alpha_2) - (J_1 - J_2) / (\alpha_1 - \alpha_2))} \quad (3)$$

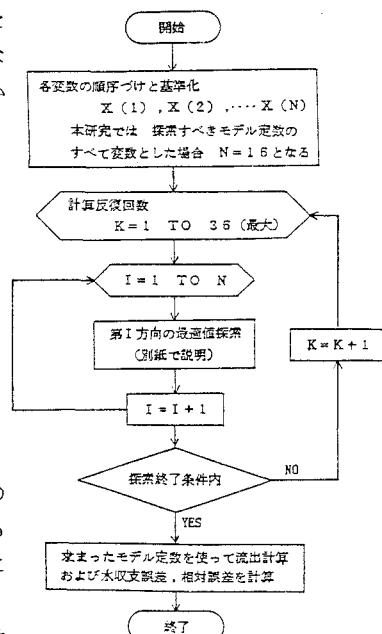
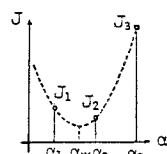


図2 計算フロー

図3 α_* の推定

④ なる距離にあるX(I)を新たなX(I)として、(I+1)方向に進む。

また、計算結果の判定基準として、水収支誤差と相対誤差をもうけた。

$$\text{水収支誤差} = |S_o - S_c| / S_o \quad (4)$$

$$\text{相対誤差} = \left(\sum_{i=1}^N |q_{ci} - q_{oi}| / q_{oi} \right) / N \quad (5)$$

ここに、Nはデータ数、iは番号、 $S_o = \sum_{i=1}^N q_{oi}$ 、 $S_c = \sum_{i=1}^N q_{ci}$

3. S P法による計算法の検討

(1) 16変数による探索計算 重信川の昭和52年、1年間のデータを使って、探索すべきモデル定数のすべてをS P法の変数として探索計算を行なった結果、図4に示すようにハイドログラフの形も実測と計算でよく合っており、水収支誤差、相対誤差とも非常に小さい。このことから、S P法が有効で実用性のある流出解析法であることがわかる。つぎに、貯留高の推移に着目する。今、探索期間を降雨の少ない冬季から始めて何年後かの冬季までとした場合、毎年冬季の貯留高（特に、3,4段タンクの貯留高）は、多少の変動はあるにせよ、ほぼある一定値に落つくと考えられる。しかし、16変数での計算は、図5に示すように1年間で大きく変動する結果となった。

(2) 貯留高を考慮に入れた探索計算法の検討 貯留高をS P法の探索変数から外し、S P法以外で決めることを考える。具体的方法としては、初期貯留高Daと1年後の貯留高Dbから(Da+Db)/2なる計算で新たな初期貯留高Daを求め、この計算を繰り返してDaとDbが等しくなるまで計算する。その結果、1年間の貯留高の推移は図6のようになり、計算開始時と終了時の貯留高がほぼ一定値になっていることがわかる。

(3) 探索期間の選び方についての検討 上で述べた重信川において確立した計算法が千代川においても有効であるかを、昭和54年から59年までの6年間のデータを使って確認するとともに、探索期間の総流量の大小が計算結果に影響するかを検討する。探索期間としては、豊水年（54年）、平水年（58年）、渇水年（59年）、それに豊水年・平水年・渇水年と順に続いた55年から57年の3年間の4つの場合を考えて計算した結果、豊水年を探索期間とした場合が最もよい計算結果となった。図7は、そのハイドログラフである。

4. おわりに 従来のタンクモデル法の欠点であるモデル定数の決定法を改善する方法として、S P法が有効であることが確認された。さらに、貯留高をS P法の変数から外し、各貯留高の初期値と最終値がそれぞれ一致するように収束計算を行なった結果、従来の方法よりも各貯留高の推移状況をうまく表現することが明らかとなった。また、探索期間の選び方では、本研究において豊水年の場合が最も良い結果となったが、これについては、さらに検討が必要である。

参考文献 1) 角屋 睦、永井明博：流出解析手法（その12）、タンクモデルとS P法による最適同定、農業土木学会誌、第48巻、第12号、1980、12、pp51-59

水収支誤差 = 0.80 % 相対誤差 = 13.22 %

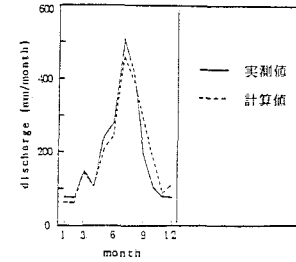


図4 ハイドログラフ

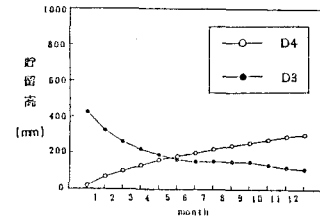


図5 貯留高の推移

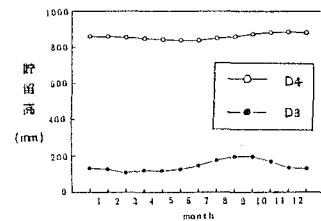


図6 貯留高の推移

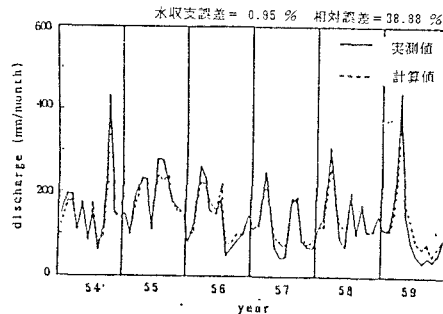


図7 ハイドログラフ