

山梨県 正会員 丸山裕司
山梨大学 正会員 砂田寛吾

1. はじめに

実用上多用されるタンクモデルについて、そのパラメタ決定の自動化が進められている。モデルの創始者である菅原¹⁾自身により上段タンクパラメタから順次同定してゆく方法が考案され、小林ら²⁾は最適化に共役Powell法による方法を示し、角屋ら^{3,4)}は最適化手法の適用性と問題点について詳細な検討を行っている。しかし、これらの方法では予め与えられるタンクの段数、パラメタ個数の範囲での最適値を目標としている。大小各種の対象流域における解析目的に必ずしも出発モデルの構造に拘束されない、より一般的な自動化が得られないものだろうか。以上の点を目的として、本稿ではまず通常のタンクモデル(実用タンクモデルと呼ぶ)の側壁孔を分布させた型式のスリット型タンクを用いてモデルを一般化し、段数によるモデルの違いも最適値の評価対象とする自動化について検討した。ここでは大略の見通しを得る立場からできるだけ単純化して扱い、水収支のバランスは蒸発量に依らず流出率を用い、最適化には最急こう配法を適用した。

2. スリット型タンクモデル

図-1(i)のような平行スリット型タンクによりモデルパラメタ数は減少し最適化は容易となる。側方流出高 Q は貯留高 S に対して、 $Q = \alpha S^2$ であり総合貯留関数に対応する。実際に得られている実用タンク1段目(側壁1孔, 2孔, 3孔(例図-1(ii)))と $S \sim Q$ 関係を比較すれば、 $\alpha = 0.0005 \sim 0.003 \text{ (mm} \cdot \text{day)}^{-1}$ 程度でよくfitする。

3. パラメタの最適化

1)最適化の手法・手順……計算へ実測の適合度の評価は解析目的・資料により異なるが、ここではhydrographの全体的形状の適合性を見るため評価関数として $J = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N (Q_{\text{obs}} - Q_{\text{model}})^2$ を用いた。

初期貯留高のパラメタを除去して考えるため $N_0 = 15 \text{ (day)}$ を与えて J を定義している。最適化の手順の概要は次のようである。①。

① n 段までのモデルでパラメタ $\alpha_1 \cdots \alpha_{n-1}$, $\beta_1 \cdots \beta_n$ について感度方程式を解き、パラメタ増分 $\Delta \alpha_1 \cdots \Delta \alpha_{n-1}$, $\Delta \beta_1 \cdots \Delta \beta_n$ を得てiterationによりパラメタの収束を進め、規定回数(今回360回)により $J_{n, \min}$ を求める。② $n+1$ 段までのモデルで①と同様にして $J_{n+1, \min}$ を求める。③上①~②を $n = 1 \sim n$ 段まで繰り返して $\{J_{1, \min}, \cdots, J_{n, \min}\}$ を調べ、その $\min$ を与えるものを最適モデルとするかパラメタの収束状態から最適モデルとする。

2)出発値……最適値収束への出発値の影響をみるため簡単な2段の場合の例を示すと図-2のようになる。側方パラメタに比較し、底孔パラメタの感度は鋭く、収束の傾向はあるが緩慢である。このため出発値、特に β は予め妥当な概略値を与えた方がよい。本報ではスリット型タンクを用いているが実用モデルの孔の分布化としてできるだけ同モデルとの対応を考えている。そこで、これまで得られた実用モデルのパラメタを参考にして出発値を与えることにし

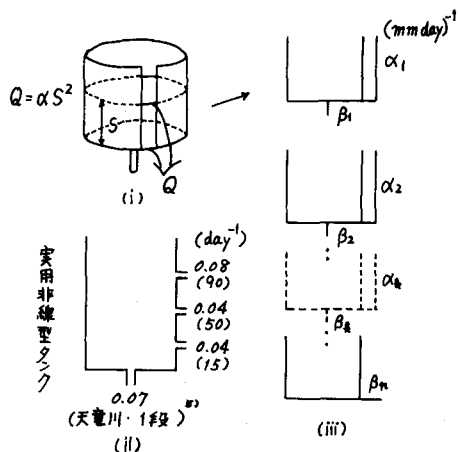


図-1 スリット型・実用型タンクモデル

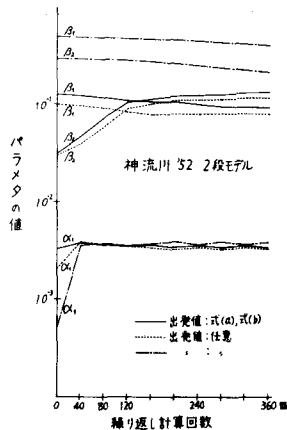


図-2 出発値の検討

た。図-3は図-1(ii)のようなモデルと(i)との $S \sim Q$ curveが、best fit するよう α_i を決めたのち、個々の α_i と流域面積との関係を示したものである。 β_1 についても同図に示されている。同様に段数順序による α_i, β_i の出発値も実用モデルに依り、 $\alpha_{i+1} \doteq 0.25 \alpha_i, \beta_{i+1} \doteq 0.25 \beta_i$ として与えた。

4. 実河川への適用

最多段数(n)は4とし、神流川、相模川の2河川に適用した。同定結果の一部は図-4、5のようになり、ほぼ妥当なものである。神流川(1952年)の資料の場合を例にパラメタ最適化の様子を調べてみる。段数の違い

による最小丁の変化は図-6のようになる。段数の増加によりモデルの自由度が増し最多段の場合の丁値の最小は理解できるが、3段の場合もかなり良好である。同一の資料で4段モデルの収束状況は図-7に示される

・ β_1, β_2 の感度は低いが、 $\beta_3 \rightarrow 0$ の傾向が強い。これは3段までで十分であることを示し、同一モデルではないが図-6の結果と符合する。3段での最適パラメタの値の例は表-1のようになり、年による差はほとんどなく、流域固有のパラメタ群をなすようにもみえる。以上の一連の傾向は他の年、相模川の場合にも認められた。最小丁で全く自動的に選べば最適段数は4であるが、図-7等の傾向、計算の容易さから総合すると神流川で3段、相模川で2段でほぼ妥当な流量推定が可能である。図-8は、同定に用いられなかった資料による最適パラメタの検証例を示す。

5. おわりに

最適値の一意性の向上をめざし出発モデルをできるだけ一般化するため実用タンクモデルを変形して、段数まで含むモデルの自動最適化を試みた。実用上問題となる蒸発量の考慮、効率良い最適化手法等更に検討を進めたいと考えている。

5. おわりに

最適値の一意性の向上をめざし出発モデルをできるだけ一般化するため実用タンクモデルを変形して、段数まで含むモデルの自動最適化を試みた。実用上問題となる蒸発量の考慮、効率良い最適化手法等更に検討を進めたいと考えている。

参考文献

- 菅原：流出解析法，共立，1980
- 小林・丸山：農土論，65，1976
- たとえば、永井・角屋：35周年談，1980
- 角屋・永井：農土誌，48，12 1980
- 建設省：河川 砂防技術基準(案)，調査編，山海堂，1978

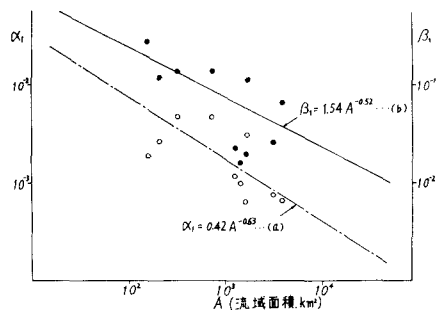


図-3 出発値の設定

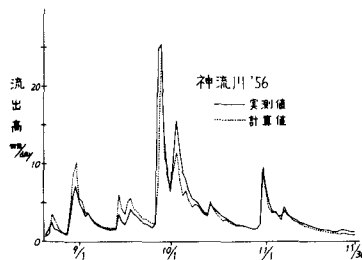


図-4 同定結果(神流川・4段)

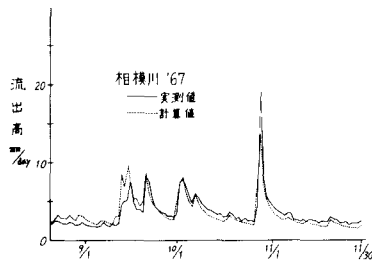


図-5 同定結果(相模川・4段)

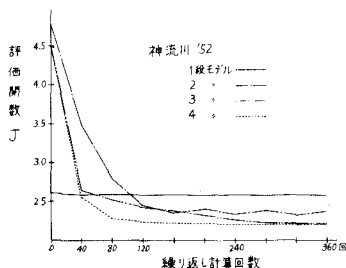


図-6 評価関数Jの変化

表-1 得られた最適パラメタ(神流川・3段)

	(mm·day) ⁻¹	day ⁻¹	KANNA R. (1952)	KANNA R. (1956)
α_1	β_1		0.41×10^{-2}	0.44×10^{-2}
			0.13	0.14
α_2	β_2		0.36×10^{-2}	0.14×10^{-2}
			0.12×10^{-2}	0.14×10^{-2}
	β_3		0.23×10^{-1}	0.35×10^{-1}

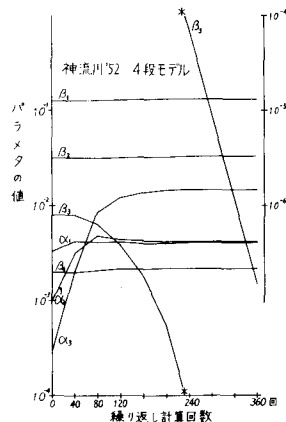


図-7 パラメタ収束状況

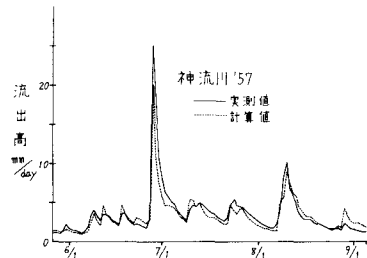


図-8 最適モデルの検証(3段)