

II-31 流出予測モデルとその比較について

宇都宮大学 学生員 高山 博行

宇都宮大学 正会員 長谷部 正彦

北海道開発局土木試験所 正会員 星 清

東京工業大学 正会員 日野 幹雄

要旨

本研究は、中小河川及び大河川流域に水文学・水理学的洪水予測法つまり、フィルター分離AR法とカルマンフィルター理論を応用した一般化貯留関数法及びタンクモデル法の三つの流出予測法を適用して、流出予測の精度の比較検討を試みた。

1. 解析対象流域

ここでは、大流域の石狩川流域・納内橋地点 ($A=3558 \text{ km}^2$; 58年8月洪水) を例に示す。ただし、中小流域(小貝川等)についても本報告では述べないが解析を行っている。

2. 一般化貯留関数法

一般化貯留関数法は以下に示す二つの貯留構造を用いた。

(a) 貯留関数法(1)

貯留型流出モデルの構造の運動方程式と連続の式を次式で与える。

$$S=k_1 \cdot q^p + k_2 \cdot \frac{dq}{dt} + k_3 \cdot \frac{d^2q}{dt^2}, \quad \frac{ds}{dt} = f \cdot r - q \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 s : 貯留高 (mm), q : 流出高 (mm/hr), t : 時間 (hr), k_1, k_2, k_3, p : モデルパラメーター, r : 降雨量 (mm/h), f : 流出率。これらの貯留構造は、大中洪水において直接流出成分が卓越している場合に有効であると考えられる。

(b) 貯留関数法(2)

他の貯留構造としては運動方程式を次式のような非線形貯留方程式で与える。

$$S=k_1 \cdot q^{p_1} + k_2 \cdot \frac{d}{dt}(q^{p_2}), \quad \frac{ds}{dt} = f \cdot r - q \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 s, q, r, f は前出であるが、その内のモデル定数 k_1, k_2, p_1, p_2 は次式で求める。

$$k_1 = 2.823 \cdot (n/\sqrt{i})^{0.6} \cdot A^{0.24} \quad k_2 = 0.2835 \cdot k_1^2 \cdot \bar{r}^{-0.2648} \quad p_1 = 0.6 \quad p_2 = 0.4648$$

また、 A : 流域面積, $\bar{r}$: 平均有効雨量強度, n : 等価粗度, i : 傾斜勾配。以上の(a)、(b)の型の貯留構造を考慮した貯留関数法へのカルマンフィルター理論を適用する。ここでは、貯留関数法(2)の適用例を示す。式(2)の非線形貯留方程式を次式のように変換する。

$$X_1 = q^{p_1}, \quad X_2 = \frac{dq^{p_2}}{dt} \quad \text{----- (3)}$$

状態変量を X_1, X_2 としカルマンフィルター理論を適用すると次式のシステム方程式を観測方程式を得る。

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} \phi_1 & \phi_2 \\ \phi_3 & \phi_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix}_k + \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \end{bmatrix} \cdot (d_1)_k \quad \text{----- (4)}$$

$$Z_k = H_k \cdot X_k + V_k$$

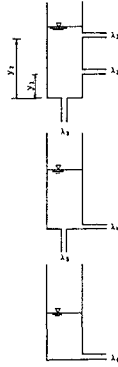
($t_k < t < t_{k+1}$)

ここに、 ϕ : 遷移行列, γ : 係数行列, $(d_1)_k$: 確定変数ベクトル, Z_k : 観測誤差, H_k : 係数ベクトル

V_k : システム誤差

3. タンクモデル法

この方法においては、図-1に示すような三段直列構造によるタンクを構成させ、各タンクの流出高は連続の式を用いた。また、孔の係数、孔の高さは、菅原の方法により Trial and Error によって決定した。



4. フィルター分離AR法

図-1 三段直列タンクモデル

この方法は、洪水データの入手時刻毎にフィルター分離AR法の流出解析を適用し、将来降雨の予測を行い、これらの降雨データから洪水流量の予測を以下の過程で時々刻々行うものである。

- (a) 流出量の成分分離
- (b) 各成分（短期、長期）への有効降雨の逆算
- (c) 流出量の予測

結果

以上の方法で解析した、2 step 先の洪水予測をそれぞれ図-2, 3, 4に示す。また、これらの方法によるハイドログラフの予測誤差（図-5）及び、実測値と予測値とのピーク流量とその誤差の比較を行った。その結果、フィルター分離AR法の予測精度がこれらの解析例では、精度の良いことが判った。

参考文献

- 1) 日野幹雄, 長谷部正彦; フィルター分離AR法による非線形流出系の同定と予測, 土木学会論文集, 第319号, 1982
- 2) 星 清; 洪水予測システムの基礎的検討(1), (2), 北海道開発局土木試験所月報, No.385, No.386, 1985
- 3) 日野幹雄; パソコンによる中小河川洪水のオンライン予測, 第5回自然災害科学会学術講演会要旨集, 1986
- 4) 長谷部正彦, 荻田利一, 日野幹雄; 洪水のオンライン予測について, 第5回自然災害科学会学術講演会要旨集, 1986

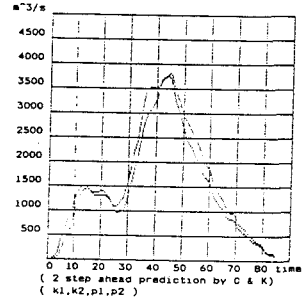


図-2 流出予測（貯留関数（2））

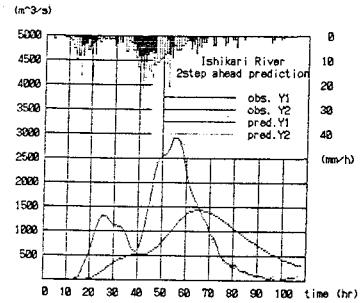


図-3 流出予測（フィルター分離AR法）

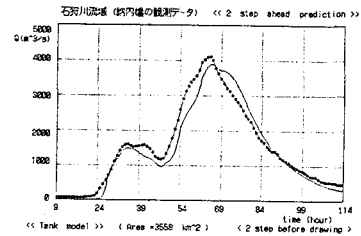


図-4 流出予測（タンクモデル）

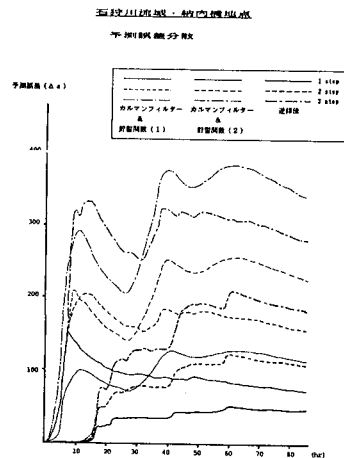


図-5 予測誤差の比較