

II-215

パソコンを用いた流出解析・予測プログラムについて

開発土木研究所 正員 渡辺 和好

留萌開発建設部 正員 中村 興一

開発土木研究所 正員 星 清

1. はじめに

現在北海道開発局で管理を行っているダムでは、洪水時の調節計画立案、但し書き操作移行時間の推定などを目的として流出解析を行っている。流出解析は計算に時間がかかるために、計算速度を機器の選定基準としてきた。その結果、管理ダムに導入されているコンピュータの操作性は非常に悪いものとなっている。また、流出解析において流出率は流域の状態により大きく変化するが、現状では流域の状態を取り込んで流出率を決定する方法がない。その弊害として、総降雨量が少ない降雨の流出解析の適合性が低い。以上の問題点を踏まえ、ダム管理所で使用する目的で、操作性に優れ、流出解析・予測計算時間が短く、総降雨量の違いを考慮できる有効降雨の考え方を導入した「パソコンを用いた流出解析・予測プログラム」を開発したのでここに報告する。

2. 流出解析・予測モデルの概要

1) 有効降雨算出モデル

降雨が流出せず保水される量を保水能と呼ぶ¹⁾。一つの保水能をもつ面積が流域全体に占める割合を保水能分布と呼ぶ。 t 時刻までの累加雨量を $R(t)$ とすると、保水能分布の考え方より流出に寄与するのは流域に降った雨のうち、保水能 h が $R(t)$ よりも小さい部分である。保水能が $R(t)$ 以下の面積割合は、保水能分布 $S(h)$ を $0 \sim R(t)$ の範囲で積分することによって求めることができる。したがって、 t 時刻における有効降雨を $u(t)$ 、実測雨量を $r(t)$ とすると、有効降雨は次式のようになる。

$$u(t) = r(t) \int_0^{R(t)} S(h) dh \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、(1)式は流域が乾燥状態にある場合にのみ適用可能である。多くの場合、流域は大なり小なり湿潤状態にあるので、これを考慮して保水能の初期水分量を H_0 とし、式を整理するとすると(2)式が得られる。

$$u(t) = r(t) [ab \cdot \tanh^2\{b(H_0 + R(t))\} + (1-ab)] \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、(2)式を用いて有効降雨を算出すると、流出率の下限値は $(1-ab)$ となる。そのために実際の流出率が $(1-ab)$ 以下の場合に不都合が生じる。本プログラムでは、上記の点を考慮し有効降雨の算出にあたっては、 $ab=1$ としている。

2) 流出モデル

星らが提案している、等価粗度法による解から貯留量～流量の関係を次式で表現したモデルを用いる²⁾。

$$s = k_1 q^{p_1} + k_2 \frac{d}{dt} (q^{p_2}) \quad \dots\dots (3) \quad \frac{ds}{dt} = r - q \quad \dots\dots (4) \quad p_1 = 0.6 \quad \dots\dots (5)$$

$$p_2 = 0.4648 \quad \dots\dots (6) \quad k_1 = 2.823 f_c A^{0.24} \quad \dots\dots (7) \quad k_2 = 0.2835 k_1^2 \bar{r}^{-0.2648} \quad \dots\dots (8)$$

ここで、 s : 貯留高(mm)、 q : 流出高(mm/hr)、 r : 有効雨量(mm/hr)、 $\bar{r}$: 平均有効雨量(mm/hr)、 t : 時間(hr)、 k_1, k_2, p_1, p_2 : モデルパラメータ、 n : 等価粗度($m^{-1/3}s$)、 i : 平均斜面勾配、 A : 流域面積(km^2)、 $f_c : (n/\sqrt{i})^{0.6}$ で表される未知定数

k_1 は木村によって提案された総合貯留関数法の貯留係数に対応する。また、本モデルは全道小流域洪水例99ケースに適用し、実用上十分な精度を持つことが確認されている。

3) 流出予測モデル³⁾

流出予測モデルは、前節の流出解析モデルを用いる。(3)、(4)式を線形化するため、次式のように変数変換する。

$$x_1 = q^{p_1} \quad x_2 = \frac{d}{dt} (q^{p_2}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

(9)式を(3)、(4)式に代入し、これをテイラー展開によって線形化し、かつ差分化すると次式が得られる。

$$X_{k+1} = \Phi_k X_k + \Gamma_k B_k \dots\dots\dots (10)$$

(10)式を用いることにより、 $k+1$ 時刻の状態量 X_{k+1} を数値的に求めることができ、かつカルマン・フィルタ理論を適用し、状態量の更新及び状態量の有する誤差を計算することができる。

3. プログラムの概要

1) 機器構成

本プログラムはフロッピーディスク2枚に納めてある。必要な機器はコンピュータ本体、カラーディスプレイ、ページプリンタ、マウスである。

2) プログラムの概要

本システムの概要を図-1に示す。

①洪水データの読み込み・入力・削除：既往洪水データの読み込み・修正、削除、新規洪水データの入力を行う。読み込んだデータの直接流出成分の分離が画面上のグラフを見ながら行うことができる。分離が終了した時点で初期損失雨量、直接流出高、流出率が自動的に計算され洪水データと一緒に保存される。

②保水能曲線の計算：保存されている洪水データを用いて保水能曲線を計算し、計算結果として定数 a, b および保水能曲線図が表示される。

③流出モデルの定数解析：流出モデルの定数解析を行う。定数解析では、有効降雨算出方法として一定流出率を用いる場合、保水能理論を用いる場合を任意に選択できる。 f_c の初期値、きざみ幅を入力すると定数解析を実行する。解析結果として、実測のハイドログラフ、計算ハイドログラフ、 f_c 値毎の誤差（実測流量と計算流量の誤差2乗和平方根）が表示される。

④流出予測精度の検証：既往洪水データを用いた流出予測計算を行う。検証したい洪水データを選択し、有効降雨算出方法、定数を設定すると、実測および予測計算ハイドログラフが表示される。

⑤実洪水の流出予測計算：実洪水において流出予測を行う。予測に際しては、任意に選択した既往洪水の定数の平均値を初期値とすることができる。次に予測降雨を入力し、予測計算を実行する。計算結果は、現在時刻までの実測流量と計算流量、今後の予測流量が示される。現在時刻までの実測流量と計算流量の適合具合から予測の精度が推定され、必要に応じて定数を変えて再計算が行える。

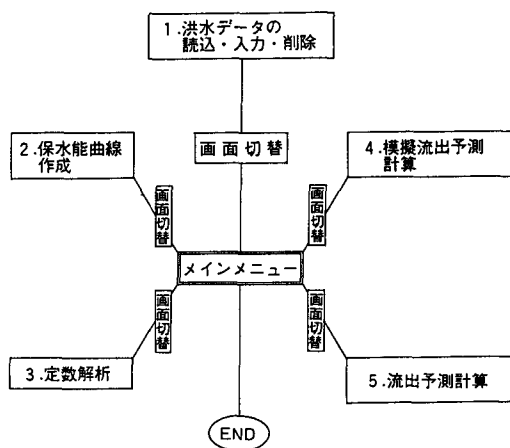


図-1 システムの概要

4. おわりに

現在用いられている流出解析プログラム、流出予測プログラムは、使用するコンピュータの制約から、使用者の立場に立った開発が行われていなかった。本プログラムでは洪水データの管理、流出解析、洪水予測が一つのプログラムで行うことができ、従来のプログラムと比較して操作性を向上させ、かつ計算時間も短縮する事ができた。今後はダム管理所で実際に使用し、問題点を明らかにしていく。

参考文献

- 1) 山田 正、山崎 幸二：流域における保水能の分布が流出に与える影響について、第27回水理講演会論文集、pp.385～392、1983
- 2) 星 清、山岡 勲：雨水流法と貯留関数法との相互関係、第26回水理講演会論文集、pp.273～278、1982
- 3) 星 清：流出予測法の実例、1988年(24回)水工学に関する夏期研修会講義集Aコース、pp.A-3-1～A-3-20、1988