

岐阜大学工学部 正会員 小尻利治
中部大学工学部 正会員 松尾直規
岐阜大学工学部 学生員 ○山田久志

1. はじめに

実時間での洪水流出モデルを策定するにあたっては、データ観測から処理、解析、予測までの時間が短く、かつ、容易であることが要求されている。本研究では基準地点での3時間先の通過流量の予測を簡単な数理モデルを用いて行ない、洪水警戒の1次情報としようとするものである。

2. 予測モデルの定式化

2.1 目的 簡易型の洪水流出予測では、流域の物理特性を求める必要がなく、基準地点での3時間先の洪水流量の予測と、その精度を示すことが目的となる。

2.2 方法 数理モデルとして線形重回帰式を用い、次の3つの方法で定式化していく。

- (1) 基準地点および他の観測地点の流量、降雨観測データと3時間先の基準地点流量を用いて重回帰式を求める。その際、有意水準を定め、それを満たさない地点の情報は棄却する。
- (2) 建設省が設定している流出遅れ（貯留関数法における）を利用して観測データを整理し直し、基準地点の3時間先に対応するデータを用いて重回帰式を求める。（有意水準有り）
- (3) 降雨、流量の持続性を考慮し、移動平均型の重回帰モデルを作る。（有意水準有り）

以上、方法(1)、(2)、(3)を多数の洪水データに適用し、Stepwise法によって有意水準を満たすパラメータを抽出して、モデルを決定する¹⁾。なお、(3)の方法については、コレログラム解析を行ない、持続性を調べる。

3. フィルタリングによる逐次予測

上に述べた全方法を一括して表現すると次式のような回帰式で示される。

$$Q_1(t+3) = a_{10}Q_1(t) + a_{11}Q_1(t-1) + \dots + a_{20}Q_2(t) + a_{21}Q_2(t-1) + \dots + a_{2T}Q_2(t-T) + \dots + b_{10}r_1(t) + b_{11}r_1(t-1) + \dots + b_{20}r_2(t) + b_{21}r_2(t-1) + \dots + b_{2T}r_2(t-T) + \dots + C \quad (1)$$

ただし、 $a, \dots, b, \dots$ は係数、 C は定数である。したがって、状態量ベクトルを

$$X_t = [a_{10}^t, a_{11}^t, \dots, a_{20}^t, a_{21}^t, \dots, b_{10}^t, b_{11}^t, \dots, b_{20}^t, b_{21}^t, \dots, C^t]' \quad (2)$$

とし、係数ベクトルを

$$A_t = [Q_1(t), Q_1(t-1), \dots, Q_2(t), Q_2(t-1), \dots, r_1(t), r_1(t-1), \dots, r_2(t), r_2(t-1), \dots, 1] \quad (3)$$

とすると、状態方程式、観測方程式は、

$$X_t = X_{t-1} + V_t \quad (4)$$

$$Q_1(t+3) = A_t X_t + W_t \quad (5)$$

となる。ここに、 V_t, W_t はノイズ項である。 $Q_1(\cdot)$ は基準地点の流量、 $Q_i(\cdot)$ は地点 i の流量で T 時間前まで用いられる。 $r_j(\cdot)$ は流域 j の平均降雨強度、または地点 j の降雨強度、“ $'$ ”は転置を

表わす。式(4),(5)にカルマンフィルターを適用すると逐次推定されたパラメータのもとでの流量が予測できる。

4. 解析例

4.1 モデルの同定 資料S60年に関して23地点について基準地点(今渡)との重回帰式を求めたところ、方法(1)では表-1に示すパラメータが得られた。同様に、建設省が設定している流出遅れを考慮して重回帰を行なう方法(2)では、表-2の結果が得られた。一方、方法(3)で解析に使用したデータは、15地点のダム流量、および21部分流域の平均降雨である。資料S58年、S60年についてコレログラム解析を行ない、持続性ありとして選んだ83個のパラメータを用いて、S58年、S60年、同時にStepwiseを適用した結果、表-3に示される21個のパラメータが得られた。

4.2 洪水流出予測 図-1は、表-3に示すパラメータを状態量の初期値として、カルマンフィルターを適用した3時間先の予測結果である。本例は同定に用いたS60出水であり、予測結果がよいのは当然である。予測誤差(1 σ)もあまり大きいとはいえない。ところが、観測地点の少ないS36出水に適用すると、パラメータはもとより予測誤差も極めて大きく、実用的な方法とはいえなかった。

表-1 方法(1)STEPWISEの結果

POINT	回帰係数
笠置ダム	1.98
川辺ダム	-1.77
白川口(水位)	2282.65
大井(水位)	-453.40
INTERCEPT	-4052.55
相関係数	0.89

表-2 方法(2)STEPWISEの結果

POINT	回帰係数
牧尾ダム	2.73
木曾ダム	9.20
西村ダム	-31.71
胡桃島	79.79
上呂(水位)	138.98
INTERCEPT	9.42
相関係数	0.88

表-3 方法(3)STEPWISEの結果

POINT	時間差	回帰係数	POINT	時間差	回帰係数
牧尾ダム	3	2.28	大井ダム	5	-1.66
	4	-2.24	西村ダム	3	-6.93
岩屋ダム	5	4.44		8	-5.23
三浦ダム	3	5.02		10	4.17
木曾ダム	3	1.97	今渡ダム	3	0.44
	9	-1.39		4	-0.44
伊那川ダム	3	-3.42		5	0.51
	5	-9.96	流域1	5	142.85
読書ダム	5	-1.04		6	153.26
	8	2.02	流域8	7	-26.82
大井ダム	3	1.77	INT	-	306.00
相関係数		0.99			

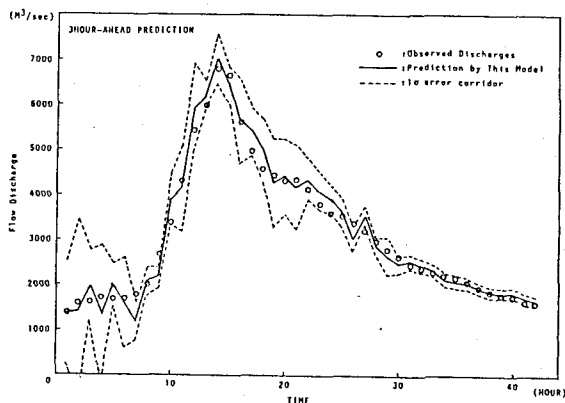


図-1 今渡地点の3時間先の予測

5. おわりに

相関係数は、どれも極めて高い値を示しているが、移動平均型が、2出水にもかかわらず最もよい値となっている。しかし、選択されたパラメータ、およびパラメータ値は解析ごとに変化している。故に、本目的に合致する普遍的なパラメータを抽出していないことになり、新たに次のようなモデルを考えることにする。すなわち、部分流域からの流出はダムからの放流で表現できるとして全てのダムを用いる。さらに、ダムと基準地点間に関与するだけは降雨量を情報とし、時間遅れは3時間だけを用いる。その結果は、講演時に述べる。参 1) 新村秀一：SASによる回帰分析の実践、朝倉書店、1986