

東京都建設局 正員 大沢 健二
山梨大学工学部 正員 砂田 憲吾

1 はじめに

河川の洪水流量の長時間予測を行う場合、カルマン・フィルタ理論の適用が有効と考えられ、その即時性から、予測降雨を用いたの数時間先の洪水予測に対する効果が期待される。その際、洪水予測の精度は採用モデルの良否に加えて降雨予測の精度および流量観測の正確さに支配されるが、実用上、予測降雨や流量観測値の影響を検討しておくことは重要である。この点に關して、高梅ら¹⁾は主に予測降雨の精度が与える洪水予測精度への影響を調べている。本報では、上記の影響について流量観測精度をも考慮した系統的な比較を目的として、各種誤差の設定、変更が可能なシミュレーション・データを用いた基本的な考察を行う。

2. 流域分割システム

リーダー雨量計などによる実時間分布降雨の情報に有効に利用するには、降雨分布特性に施した面積の程度にまで流域を分割して、各分割流域からの流量の合成により予測を行う方法が考えられる。この点について、筆者らはすでに非線型河道の仮定導入による流域分割予測システムの有効性の検証を行、ているので²⁾本報でもこのシステムを使用することにする。その概略は以下のようである。

流出系として線型定常系を考えると、降雨に対する洪水流量 $Q(t)$ は式(1)となる。

$$Q(t) = \int_0^t f(t-\tau) h(\tau) d\tau \quad (1)$$

ここに、 h は線型の応答関数(単位図)である。流域分割システムでは各分割流域に対し式(1)で表わされる系を対応させ、これを合成して全流域末端での流量とする。これを離散表示すると観測方程式は式(2)のようになる。

$$Q_k = m_{1,k} h_{1,k} + m_{2,k} h_{2,k} + \dots + m_{n,k} h_{n,k} + w_k \quad (2)$$

ここに、 w_k はノイズ、 $h_{i,k}$ は i 番目分割流域での単位図、 $m_{i,k}$ は全流域末端までの到達時間を考慮した降雨時系列である。到達時間はKinematic Wave法を近似的に用いて、各ステップごとに設定する。

3. 観測流量および予測降雨のシミュレーション

観測流量としては、観測誤差として式(3)を仮定し流量合成時にKinematic Wave法を用いてシミュレートした。

$$\text{平均: } E[w_k] = 0, \text{ 分散: } W_k = V[w_k] = S_0^2 Q_k^2 \quad (3)$$

ここに、 S_0 は流量観測の正確さを規定するパラメタである。

一方降雨予測については、① 平均降雨として与える場合、

② 時間分布まで与える場合(図-1参照)について、予測誤差として高梅らの定義と同様なパラメタを導入して(方法②)それぞれ式(4)、(5)のように表わし、正規乱数を発生させてシミュレートした。

$$\textcircled{1} \quad E[\hat{r}_{m,k+l}] = r_{m,k+l} \quad (= \sum_{j=k+1}^{k+l} r_j / l), \quad V[\hat{r}_{m,k+l}] = A_1^2 \cdot l \cdot r_{m,k+l}^2 \quad (4)$$

$$\textcircled{2} \quad E[\hat{r}_{k+l}] = r_{k+l}, \quad V[\hat{r}_{k+l}] = A_2^2 \cdot l \cdot r_{k+l}^2 \quad (5)$$

ここに、 $\hat{r}_{m,k+l}$ は時点 k におけるリードタイム l までの予測平均降雨、 $\hat{r}_{k+l}$ は l での予測降雨、 A_1, A_2 は予測精度を規定するパラメタである。

4. シミュレーション・データによる検討

ここでは流域面積 300 km^2 の流域を仮定し、流域を直列に6分割した。降雨予測精度の差による洪水予測の

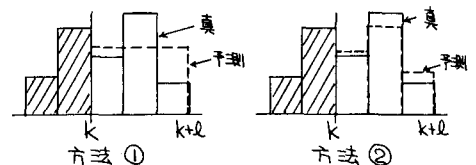


図-1 予測降雨のシミュレート

変化の様子をみるため、流量観測の誤差として $S_0 = 0.1$ すなわち流量の1割の誤差を見込んだ場合について図-2, 図-3に示す。この図は①の予測降雨によるものであるが、 A_1 が大きくなると予測値は大きく振動するようになる。②の方法でも同様の傾向がみられるが、これらの推定された状態量は同一であり、予測の差は降雨予測のみによっている。すなわち、 A_1 (A_2) が大となると降雨の時間分布およびトータルの降雨量が真値と大きく異なり、こくるためであると考えられる。

一方、リードタイムによる予測値の誤差変化を示したものが図-4 ~ 7である。縦軸には、単位図の同定が十分進んだと考えられる流量の最終ピークの立ち上がり点付近(50ステップ)から、ピークを過ぎた点(65ステップ)までの予測誤差の分散の平均をとっている。図-4, 5には A_2 をパラメタとした②の予測降雨によるもの、図-6, 7には S_0 をパラメタとした①によるものを示した。流量観測の良い場合では、降雨予測の精度の差は洪水予測値に十分に反映されると同時に $S_0 = 0.1$ までは同じ A_2 (A_1) での洪水予測値の精度の低下はほとんどみられないのに対して、流量観測が悪いと、特に $S_0 =$

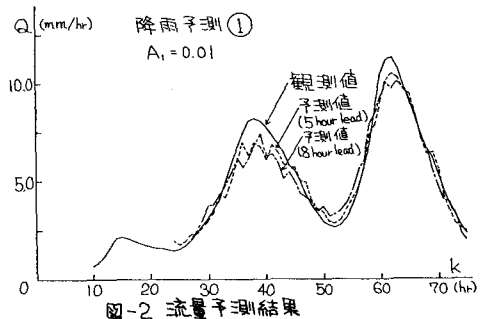


図-2 流量予測結果

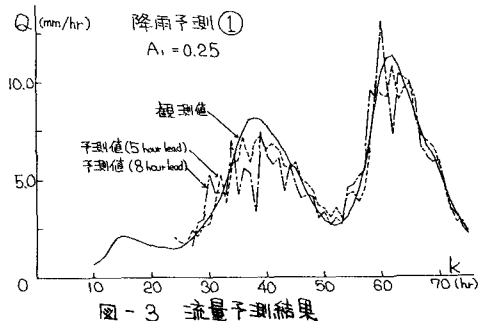


図-3 流量予測結果

0.1 を越えると急に全体の精度が低下すると共に降雨予測の精度を上げる効果の薄れてくるようになる。また降雨予測の精度が高い場合には、流量観測の精度は十分に洪水予測値に反映されるのに対し、降雨予測の精度が低下するにつれ、流量観測が正確な程リードタイムの増加に伴う洪水予測値の誤差の増加が著しくなり、リードタイムが大きくなると、流量観測の正確さによる差は除々にあいまいになる傾向がある。

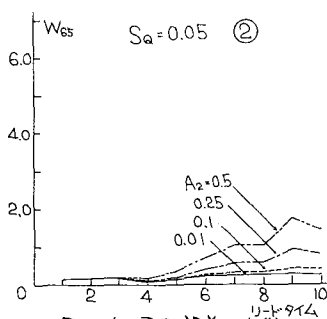


図-4 予測誤差の分散

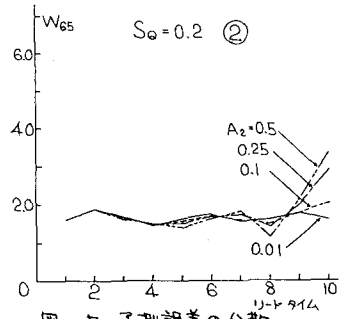


図-5 予測誤差の分散

5. おわりに

本報ではシミュレーション・データを用いて流量観測および降雨予測の精度が短時間洪水予測値に与える影響についての検討を行ったが、今後実河川においてこれらの影響について一層明確な指標が提示できるよう検討を進めたいと考えている。

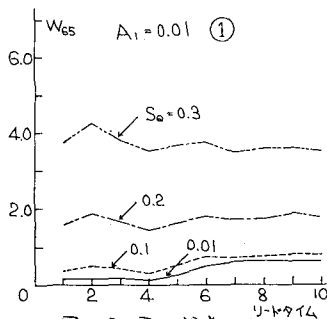


図-6 予測誤差の分散

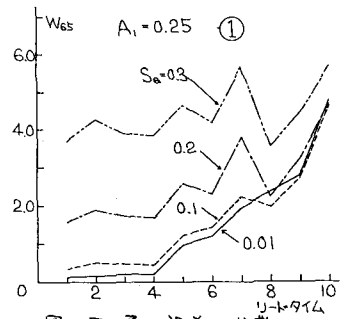


図-7 予測誤差の分散

[参考文献]

- 1) 高橋・椎葉・足：洪水発生確率予測におけるモデルと手法，第19回自然災害科学総合シンポジウム講演要旨集，P63~66，1982.11
- 2) 砂田：洪水流量の実時間予測に関する検討，第27回水理講演会論文集，P11~16，1983.2