

実時間流出予測のモデルと適用例

京都大学工学部 正 員 高 棹 琢 馬
 京都大学工学部 正 員 宝 馨
 京都大学大学院 学生員 〇 今 村 宏
 日本国有鉄道 杉 岡 篤

1. はじめに

流出予測のモデルと手法に関する高棹らの基本的な考え方は、別の講演¹⁾において示されている。ここでは、集中型流出モデルの構成、降雨予測シミュレーションについて述べる。これらと stochastic (確率過程的) な実時間流出予測手法¹⁾とを結合して、由良川大野ダム上流域 (342 km²) に適用した例を示す。

2. 集中型流出モデルの構成

本研究で考えたモデルは図1のようである。流出システムを斜面系と多段直列タンクで表わされる河道系とに分離して、河道タンクの段数によって流域の空間スケールを考慮できるようにした。斜面系は直接流出機構と間接流出機構からなる。前者は中間流を考えた林草地と裸地 (水みちを含む) との2つの部分に分け、それぞれ損失領域を設けた。後者は米国の NWS モデル²⁾をベースに構成した。すなわち、下層部分を、蒸発散を支配する tension water 域と間接流出を支配する free water 域とに区分し、相互間の雨水の移動はないものとした。河道系については、地形パターン関数を用いた Kinematic Wave モデル³⁾を変換して n 段の直列タンクで表わした (ここでは n=3 とする)。

各部分系の雨水貯留量を状態量とし河道からの流出量を出力観測値とすると、図1のようなモデルは非線形連続-離散型の状態空間表現ができる。

3. 降雨予測シミュレーション

時点 k において将来の降雨 $r_{k+\ell}$, $\ell=1, 2, \dots$ とシミュレートされる降雨予測値 $\hat{r}_{k+\ell}$ との間に次のような関係が成り立つようにする。

$$E[\hat{r}_{k+\ell}] = r_{k+\ell} \quad (1)$$

$$\text{Var}[\hat{r}_{k+\ell}] = s_{k+\ell}^2 = a_p^2 \cdot \ell \cdot r_{k+\ell}^2 \quad (2)$$

すなわち、降雨予測の精度はリードタイム ℓ と生起するであろうと期待される降雨 $r_{k+\ell}$ の2乗に比例すると考えている。乱数発生手法によりシミュレートするが、比例定数 a_p (制御パラメタ) を適当に与えて降雨予測精度を制御できる。たとえば $a_p=0$ とすると完全降雨予測をシミュレートする

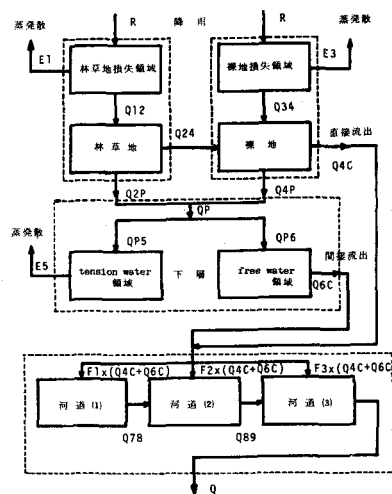


図1 流出モデルの概念図

Takuma TAKASAO, Kaoru TAKARA, Hiroshi IMAMURA, Atsushi SUGIOKA

ことになる。ただし、 $a_p > 0$ であっても $r_{k+l} = 0$ のとき完全予測となる不合理が生じるので、 $r_{k+l} < 0.1\text{mm/hr}$ のときは $r_{k+l} = 0.1\text{mm/hr}$ とする。

4. 適用例

2. のモデルのパラメタを残差平方和を最小にするようにコンプレックス法を用いて最適化した（同期間は 1970 年 6 月 10 日 0 時～6 月 30 日 24 時，1 時間単位）。再現性は良好であった（図 2(b)）。

このモデルを確率過程的に扱って，乗算的ノイズを導入し，プラントノイズは有色（1 次の自己回帰型），観測ノイズは白色として，実時間流出予測手法を用いて予測計算を行なった。ノイズの統計量は試算により求めた。最適パラメタを用いた 1 時間先予測と，予測値の上下 1σ （ σ は標準偏差）の幅を図 2(c)，(d) に示す。

上で求めたパラメタをそのまま用いて翌 1971 年 8 月 30 日 0 時から 9 月 3 日 24 時の出水を予測したのが図 3 である。(b) は決定論的モデルの場合，(c) は確率過程的モデルの場合で両者の優劣は明らかである。

5. おわりに

乗算的有色ノイズを導入し降雨予測の不定定性をも考慮した実時間予測手法の実用性を，実流域への適用によって検証した。モデル誤差・観測誤差・降雨予測精度と流出予測精度との関連の定量的把握が可能となったので，今後検討していきたい。

＜参考文献＞

- 1) 高棹・椎葉・宝：実時間流出予測手法に関する 2, 3 の考察，関西支部年講，1982。
- 2) Kitanidis and Bras：Water Resources Research, Vol.16, No. 6, pp. 1025-1044, 1980。
- 3) 高棹・椎葉：Kinematic Wave 法への集水効果の導入，京大防災研年報，1981。

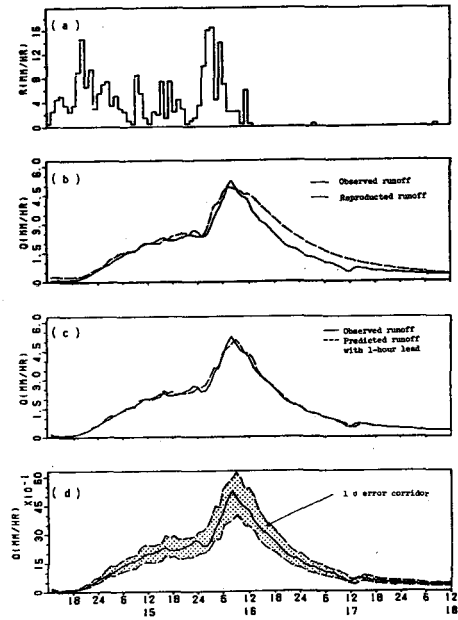


図 2

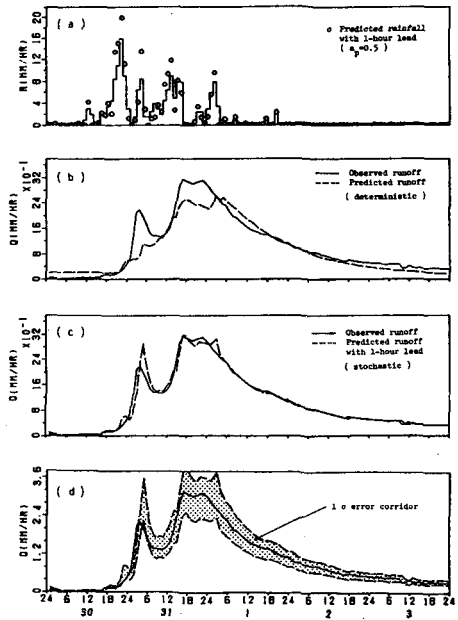


図 3