

時系列モデルによる豪雨の数時間先予測

徳島大学工学部 正 員 端野 道夫
四電技術コンサルタント 正 員 國方 美規義
徳島大学大学院 学生員 ○大下 勲

1. まえがき

本報告では、現場での使用に配慮した降雨予測モデルの構築を目指し、雨域の移動、降雨の履歴、降雨の傾向成分と変動成分の分離等を考慮した新たな時系列モデルを提案する。

2. 降雨予測モデルの提案

〔モデルの基本的考え方〕¹⁾ 降雨波形は、長周期成分(傾向成分)と短周期成分(変動成分)よりなると考え、降雨予測モデルは両者の和として構築する。同定に用いる雨量は、長周期成分は5時間移動平均雨量系列、短周期成分は実績雨量と5時間移動平均雨量の残差系列とする。

〔長周期成分の予測モデル〕長周期成分の予測モデルは、雨域の移動を評価するために流域外の地点雨量を考慮にいたれた定常モデルである重回帰モデルと、降雨の履歴を考慮した非定常モデルであるLaguerre型多項式(赤池モデル)²⁾の和とする。すなわち

$$Y_t = (\pi_0 + \sum_{i=1}^s \sum_{r=1}^m \pi_{r,i} X_{i,t-r}) + \sum_{j=1}^{t-1} \sum_{l=0}^K \lambda_l (t-j)^l \exp[-\nu(t-j)] X_{1,j} / \mu \quad (1)$$

ここで、 Y_t : 予測値、 π , λ_l , ν : パラメータ、 $X_{i,j}$: 観測値(地点 i (1は対象とする地点を、) 時点 j)、 μ : 観測値の平均値、 s : 地点数、 t : 降雨開始時からの経過時間、 m : 重回帰モデルの次数、 K : 赤池モデルの次数

なお、(1)式の第一項が重回帰モデルで第二項が赤池モデルを示している。

〔短周期成分の予測モデル〕短周期成分の予測モデルは、ARMAモデルを用いる。ARMA(p, q)は

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2)$$

ここで、 Z_t : 予測値、 $\phi_1, \dots, \phi_p$; $\theta_1, \dots, \theta_q$: パラメータ、 Z : 標準化された差分系列、 a : 白色雑音

〔モデルの特徴〕今回提案したモデルの特徴は以下の3点である。

- ①. 雨量を長周期成分(5時間移動平均雨量系列)と短周期成分(実績雨量と5時間移動平均雨量の残差系列)に分け、別々に取り扱う。
- ②. 雨域の移動を考慮し、流域外の観測所雨量もモデルに組み込んでいる。
- ③. 予測時間長による降雨特性の違いを考慮して、予測時間毎に予測式を変える。

3. 実流域への適用

〔予測対象流域〕多目的ダムであるAダム流域は、東西約25km、南北最大10kmと、東西に細長い山岳流域である。上流域は多雨域、下流域は寡雨域というように降雨特性が大きく異なることから、中央付近で流域を2分する。なお、予測対象流域は、上流域とする。

〔対象降雨〕Aダムで洪水調節を行った70洪水のうち、台風が原因となった洪水で欠測の少ない17降雨を対象とする。使用雨量は、Aダム流域の上流域、下流域および流域外の3観測所の5地点の雨量である。なお、流域外の3観測所は、Aダムの西～南西方向60～120kmに位置している。

〔適用方法〕モデルの定式化は、次の手順による。

手順1: 5時間移動平均雨量を用いて、重相関分析法により、雨域の移動を加味した重回帰モデルの同定を行う。

手順2: 5時間移動平均雨量を用いて、手順1で同定した重回帰モデルに、雨量の履歴を考慮した赤池モデルを追加し、最適化手法(SIMPLEX法)により同定を行う。なお、同定計算の初期値は、代表的な4降雨を対象として設定した。また、この同定計算において重回帰モデルの定数の調整も行った。用いた評価指標は、重み付き2乗誤差である。これにより、降雨の長周期成分のモデル化が図られたこととなる。

手順3: 実績雨量と5時間移動平均雨量との残差系列にARMAモデルを適用し、最適化手法(SIMPLEX法)

により同定を行い、短周期成分のモデルとした。用いた評価指標は、重み付き2乗誤差である。
 手順4:手順2でモデル化された長周期成分と手順3の短周期成分を合わせて、今回の予測モデルとする。
 [適用結果] 台風性17降雨を用いて、上記手順でもって、今回提案したモデルの定式化を行った。手順1(重回帰モデル)、手順2(重回帰モデル+赤池モデル)、および手順4(重回帰モデル+赤池モデル+ARMAモデル)での同定精度を、実績雨量との残差で評価し、表-1に予測時間(1時間~6時間)毎の誤差分散(σ_x^2)、および重み付き2乗誤差(s_x^2)で、また同定結果の1例として、昭和50年6号台風の結果を図-1に示した。

表-1によると、重回帰モデルのみによっても、雨域の移動を考慮することにより、かなりの同定精度(6時間後までの平均雨量に関する標準偏差が5.3mm)が得られた。

また、降雨の履歴を考慮した赤池モデルを適用すると、長期の予測において特に精度の改善がみられた。これは重み付き2乗誤差で顕著(6時間後の予測:25%の改善)であり、誤差分散の改善が4%(6時間後の予測)であることから判断して、この赤池モデルの導入は降雨規模の大きい部分の精度の改善に大きく寄与していることが推測される。

次に、短周期成分をさらに考慮した今回提案モデルでは、長周期成分のみのモデルに比べ、予測時間単位でみると、短期の予測において精度の改善が見られた。ただ重み付き2乗誤差も誤差分散の改善もほぼ同程度であることから、降雨の大きさに関係なく精度の改善が行われたことが推測される。

図-1によると、降雨のピーク付近および立ち上がり部でかなりの精度で推定されることがわかる。これは、雨域の移動および降雨の履歴を考慮したことが大きいものと判断される。なお、評価指標を重み付き2乗誤差としたために降雨規模の小さい部分の精度はいくぶん劣る箇所が存在している。

表-1 誤差分散(σ_x^2)と重み付き2乗誤差(s_x^2)

予測時間	重回帰モデルの場合	重回帰モデルと赤池モデルを合わせた場合	ARMAモデルを追加した場合
1	7.85(144)	7.81(142)	4.64(78)
2	5.58(104)	5.44(97)	2.62(39)
3	12.94(269)	11.95(211)	8.59(145)
4	18.30(263)	18.30(263)	14.86(211)
5	22.03(500)	21.08(371)	18.40(328)
6	23.69(505)	22.84(375)	20.58(342)

(注) 数字は誤差分散、括弧内は重み付き2乗誤差

4. あとがき

本報告では、降雨は長周期成分(傾向成分)と短周期成分(変動成分)との和と考え、降雨予測モデルをそれぞれの成分の特性に応じたモデルでもって構築した。そして実流域に当予測モデルを適用し、妥当性を確認した。

《参考文献》 1) 端野, 國方: 豪雨の数時間先区間予測について, 1991年研究発表会要旨集, 水文・水資源学会, 1991.8, 2) 尾形 良彦: 事象の因果解析, 数理科学, No. 213, 1981.3

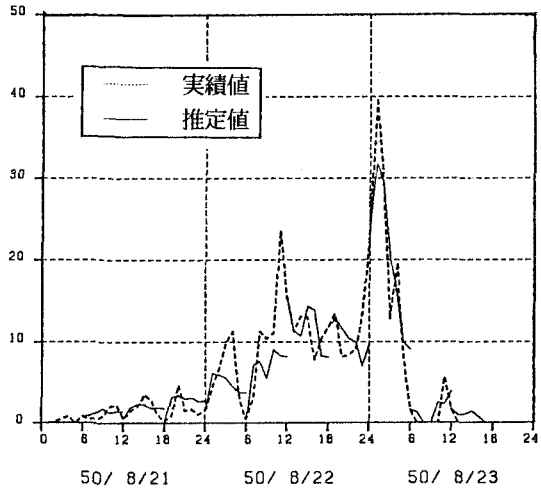


図-1 昭和50年台風6号の同定結果