

吉野川池田・岩津間における降雨予測と洪水水位予測法

徳島大学大学院 学生員 ○江尻 雄三郎
 徳島大学大学院 フェロー 端野 道夫
 徳島大学大学院 正員 田村 隆雄

1. はじめに: 本報では、まず昨年までに分布型モデルを使った流出解析を終えている吉野川池田・岩津間流域を対象として、Freund の条件付確率を含んだ3時間先までの降雨予測法を構築する。次に降雨予測法と分布型流出モデルを使って洪水水位予測を行い、予測降雨の有効性を検討する。

2. 分布型流出モデルの概要: 本報で用いた分布型モデルは、流域を複数の斜面部と河道部に分けて考え、斜面部は流域中の降雨が谷に流れ込む経路を考慮し、地形図よりひとつの斜面部の面積を約 50 km² 程度になるように分割する。図-2 は分割した流域モデル図で、斜面部の流出量は地表面流分離タンクモデルを用いて計算し河道へ流入させ、河道部の流出量は横流入を考慮した修正 Muskingum-Cunge 法を用いて追跡計算し流出量を得る。これらについては参考文献 1) を参照されたい。

3. Freund の条件付確率を含んだ降雨予測: Freund の 2 変数指数型分布による Z_{i-l} が既知のときの Z_{i+l} が発生する条件付確率分布関数 $F(Z_{i+l}|Z_{i-l})$ は次式で与えられる²⁾。

$$(Z_{i+l} \leq Z_{i-l} \text{ のとき}) F(Z_{i+l}|Z_{i-l}) = \{1 - e^{-(2\alpha-\beta)Z_{i+l}}\} / \{1 + 2\left(\frac{\alpha}{\beta} - 1\right) * e^{-(2\alpha-\beta)Z_{i+l}}\} \tag{1}$$

$$(Z_{i+l} > Z_{i-l} \text{ のとき}) F(Z_{i+l}|Z_{i-l}) = \frac{1 - e^{-(2\alpha-\beta)Z_{i+l}}}{\left(1 + 2\left(\frac{\alpha}{\beta} - 1\right) * e^{(2\alpha-\beta)Z_{i-l}}\right)} + \left\{ \frac{2\alpha - \beta}{\beta} * \frac{1 - e^{-\beta(Z_{i+l} - Z_{i-l})}}{e^{(2\alpha-\beta)Z_{i-l}} + 2\left(\frac{\alpha}{\beta} - 1\right)} \right\} \tag{2}$$

ここに、 $F(Z_{i+l}|Z_{i-l})$: Freund の条件付確率分布関数、 α, β : Freund の条件付確率で利用するパラメータ、 Z_{i+l} : 単位時間(l 時間)後までの平均降雨強度、 Z_{i-l} : 単位時間(l 時間)前までの平均降雨強度。

過去の洪水データから Freund 分布のパラメータ α, β が同定されているとすると、予測時点までにおける l ($l = 1, 2, 3$) 時間前の降雨強度 Z_{i-l} 、 Z_{i+l} と Freund 分布のパラメータ α, β が既知であればその時の条件付確率 $F(Z_{i+l}|Z_{i-l})$ が決まる。この条件付確率を説明変数の中に含めた、 l 時間先までの降雨予測を行うための重回帰モデルを式(3)に示す。

$$\hat{Z}_{i+l} = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + \dots + a_{130} X_{130} + a_0 \tag{3}$$

ここに、 \hat{Z}_{i+l} : l 時間先の平均降雨強度、 $X_1 \sim X_{130}$: 説明変数、 $a_1 \sim a_{130}$: 重回帰係数、 a_0 : 重回帰式の定数項。また説明変数の総数は、{ 基本説明変数(13個)+基本説明変数を自乗した項(13個) } × メッシュ格子点の数(5箇所(図-3 三章)) = 130 個である。本報で用いた基本説明変数は通常の場合と異なり、説明変数(雨量)に条件付確率をかけることによって基本説明変数の重みを付している。これらの 130 個の説明変数の中から、例としてメッシュの格子点の中央のときと、左下のときの式をいくつか挙げて表-1 に示す。 X_6 や X_{12} は、条件付確率をかけている。 X_{12} の条件付確率の中には Z_{i-l} と Z_{i-2l} が含まれて、説明変数を設定するのに l 時間前降雨及び $2l$ 時間前降雨も使用している(図-4)。



図-1 吉野川池田・岩津間流域

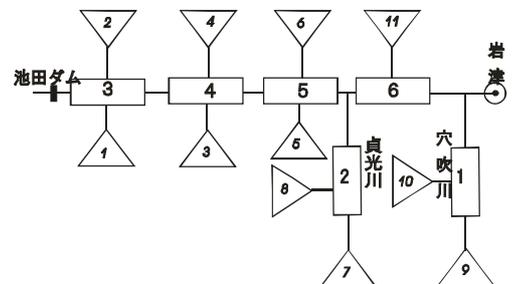


図-2 池田・岩津間流域の簡略図

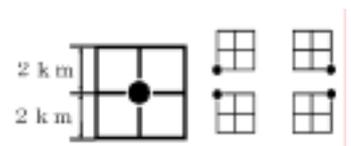


図-3 基本説明変数に関係

表-1 基本説明変数の例

メッシュの中央 (図-3)	メッシュの左下 (図-3)
$X_1 = Z_{i-l,c}$	$X_{27} = Z_{i-l} / \overline{Z_{i-l,c}}$
$X_6 = (Z_{i-l,c} - Z_{i-B,c}) * F(Z_{i-l} Z_{i-l}; \alpha, \beta)$	$X_{32} = (Z_{i-l} - \overline{Z_{i-B}}) * F(Z_{i-l} Z_{i-l}; \alpha, \beta)$
$X_{12} = \overline{Z_{i-2l,c}} * F(Z_{i-l} Z_{i-2l}; \alpha_1, \beta_1(Z_{i-l} \leq Z_{i-2l}); \alpha_2, \beta_2(Z_{i-l} > Z_{i-2l}))$	$X_{38} = \overline{Z_{i-2l,c}} * F(Z_{i-l} Z_{i-2l}; \alpha_1, \beta_1(Z_{i-l} \leq Z_{i-2l}); \alpha_2, \beta_2(Z_{i-l} > Z_{i-2l}))$

注) $Z_{i-l,c}$: $l(=1\sim3)$ 時間前降雨強度を l で平均した値, $\overline{Z_{i-l,c}}$: $Z_{i-l,c}$ 平均値, $Z_{i-2l,c}$: $(l \times 2)$ 時間前降雨強度を $l(=1\sim3)$ で平均した値, $\overline{Z_{i-2l,c}}$: $Z_{i-2l,c}$ 平均値.

またメッシュ左下及び他の格子点の説明変数もメッシュ中央と対応している(表-1 参照). 次に $l(=1\sim3)$ 時間前ごとに分けて変数増減法による重回帰分析を行い, 有意な説明変数を選択する. これらの結果, 予測降雨 \hat{Z}_{i+l} を算出することができる.

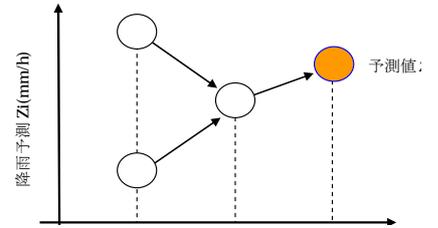


図-4 降雨予測スキーム

4. 降雨予測の結果: 2004年台風16号・23号について降雨予測の結果を図-5に示す. 図を見ると1,2時間先雨量においては良好な予測が行えているが, 3時間先予測値についてはピーク付近で観測値を下回っている.

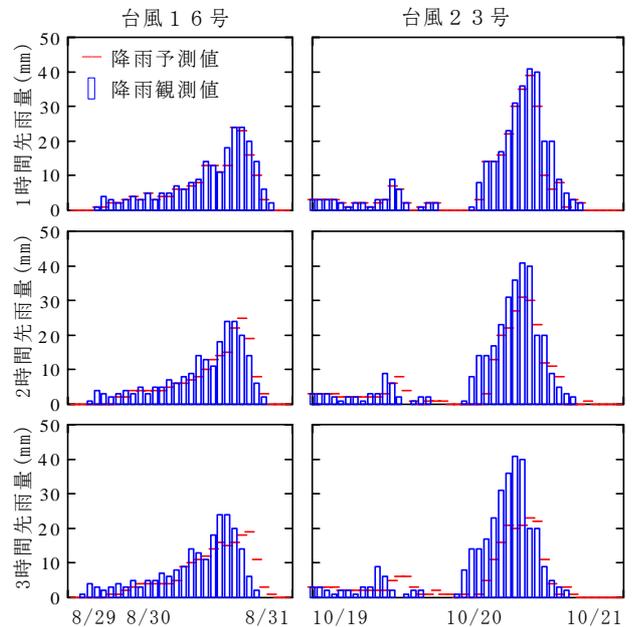


図-5 降雨予測(2004年)

5. 洪水水位予測の概要および結果: 1,2時間水位予測は良好な予測結果を得られたので, 3時間先水位予測結果のみを図-6に示す. 3時間先降雨予測では予測値が観測値を下回っているものの, 3時間先予測水位では台風16号・23号のどちらの場合も良好な予測が行えている.

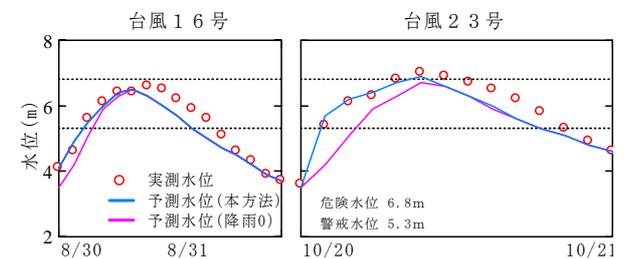


図-6 3時間先水位予測(2004年)

これは池田上流域の流域面積は岩津上流域の約2/3を占めるため, 池田ダムからの放流量が支配的であり, 池田・岩津間の降雨量がそれほど反映されないためである. 参考として, 降雨強度を0と仮定した場合と比較してみると, 本方法の予測水位および観測値に比べ降雨強度0の予測水位は過小となっており, 警戒水位を突破する時間の予測が遅れている. よって降雨予測の有効性が確認できたと考える. とりわけ, 小流域での降雨予測の有効性は大きいことが確認できた³⁾.

6. まとめ: Freundの条件付確率を含んだ洪水水位予測においては, 3時間先でも良好な予測が行え, 降雨予測の有効性を確認できた. 今後の課題としては, 降雨予測法の修正を行うとともに, 流出予測の信頼区間をも考慮することが考えられる.

参考文献: 1) 穴水・端野・田村: 吉野川池田・岩津間流域への分布型流出モデルの適用と洪水伝播特性, 平成18年度土木学会四国支部第12回技術研究発表会, pp.168-169, 2006.
 2) 端野道夫: 計画降雨波形の確率論的定式化と条件付確率降雨強度式の提案, 土木学会論文集, 第369号/II-5, pp.139-141, 1986.
 3) 青木隆典: 園瀬川流域の降雨予測と洪水水位予測法の開発, 平成18年度徳島大学卒業論文.