

条件付確率降雨強度曲線の適用に関する一考察

徳島大学工学部 正員 端野 道夫
和歌山県庁 正員 〇比 嘉 俊 史

1. は し が き

本文は、昨年度¹⁾提案した条件付確率降雨波形(1)と条件付確率降雨強度曲線式(2)を実際に利用する上で問題となる三つの降雨波形パラメータ(降雨自己相関性指標 R 、ピーク降雨強度の無次元量 y_p 、条件付確率 F)の決定法を提示し、従来の方法との比較、考察を行うものである。降雨資料としては、要なる降雨特性や地域性を代表していると思われる徳島、穴吹、木崎、本山、大阪の5地点を並び、日雨量100mm程度以上降った日の/時間単位雨量 $\{X\}$ を用いる。

2. 時間雨量に対する Freund 分布(二変数指数型分布)の適合性

図-1のように、一連降雨のピーク時間雨量とその前後数時間の特定値以上のデータを対象とする。単位時間前、後の値 (X_i, Y_i) に Freund の二変数指数型分布²⁾をあてはめ、そのパラメータ α, β を計算し、 X, Y の(周辺)超過確率分布をプロットする。これと Gringorten 公式を用いてプロットした実測値と比較する。もし、分布のあてはめが良好で、かつ標準相関係数とパラメータより推定される相関係数の一致度が良好であれば、このときの α を付加定数として採用し、不十分なときは α 値を変更する。図-2に徳島の場合の Freund 分布の適合度を示す。他の地点についても同様に適合度はほぼ良好であり、各地点とも時間雨量時系列の確率分布は Freund の二変数指数型分布で表わされることが明らかとなった。このことは本研究で提案された条件付確率降雨波形および条件付確率降雨強度曲線の基本的仮定(Freund の二変数指数型分布)が妥当であることを実証するものである。

3. 降雨波形パラメータに関する資料解析

各地点における時間雨量 X は、前述の付加定数 α と $(X-\alpha)$ の標準偏差 σ_X を用いて標準化($y=(X-\alpha)/\sigma_X$)する。1雨のピーク時間雨量の標準化量が3以上のものについて、 R を0.3~0.9、 F を0.1~0.9の間についてそれぞれ0.1きざみで、 y_p を4~20の間で0.5きざみで変化させ、ピークから3時間前後の降雨波形によく一致する降雨波形パラメータ R, F, y_p の組み合わせを探索した。このとき図-3のような後方集中型、中央集中型の二つの降雨波形を設定した。さて、降雨の自己相関性指標 R は本来、1雨ごとに变化するが、地域によって決まる定数と見なし各地点の平均値を後述の条件付確率降雨強度算定に用いることにする。次に、条件付確率 F については、前述の R との単純相関係数(後方集中型:0.79, 中央集中型:0.63)は比較的高いので(3)式のように R のみから F を推定することにする。次に、 y_p を従属変数、計画基準/時間雨量の標準化量 r_p^* と R, F を説明変数としたときの回帰式を(4)式に示す。このときの相関係数(後方集中型:0.85, 中央集

$$\begin{aligned} & i) R = 1/2 \text{ のとき } (0 < F < 1, F \neq 3/4) \\ & \exp(-\lambda y) - \delta = \{\exp(-\lambda y_p) - \delta\} \exp(Bt - \frac{y_p^2}{2}) \\ & \delta = (1-F)/(1-2F(1-R)), B = \alpha t^{-1} \ln(2F(1-R)) \\ & \lambda = (2R-1)\sqrt{3R+1}/2\delta, -\lambda^{-1} \ln \delta < y < y_p \\ & 0 < R < 1/2 \text{ のとき } 0 < F \leq 1/2, 1/2 < R < 1 \text{ のとき } 0 < F < 1 \\ & ii) R = 1/2 \text{ のとき } (F = 3/4) \\ & y - \delta = (y_p - \delta) \exp(Bt - \frac{y_p^2}{2}) \\ & \delta = \frac{2y_p}{(1-F)}, B = \alpha t^{-1} \ln F \\ & \delta < y < y_p, 0 < F < 1 \\ & iii) R = 1 \text{ のとき } (F = 0) \\ & y = \begin{cases} y_p & (t = \alpha t/24) \\ -\ln(1-F) & (t = \alpha t/24) \\ -\ln(1-F) < y_p & 0 < F < 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

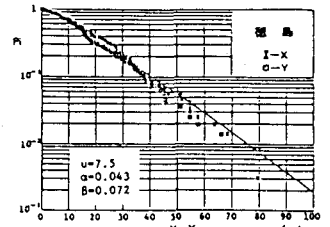
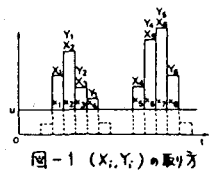


図-2 Freund 分布の適合度

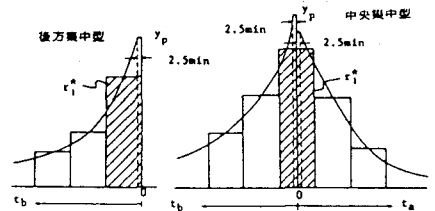


図-3 降雨波形の定義

$$\hat{F} = \begin{cases} 1.421R - 0.423 & (\text{後方集中型}) \\ 1.108R - 0.356 & (\text{中央集中型}) \end{cases} \quad (3)$$

$$\hat{y}_p = \begin{cases} 1.910r_p^* + 24.885R - 11.829F - 9.868 & (\text{後方集中型}) \\ 2.304r_p^* + 25.028R - 12.184F - 13.673 & (\text{中央集中型}) \end{cases} \quad (4)$$

中型: 0.87) は高いが, (4)式を用いて得られた $\hat{y}_2$ と $\hat{r}_1^*$ を (1), (2) 式に代入し得られる r_1^* と, (4)式に用いた r_1^* を比較すると両者の間にはかなり大きな差があることが明らかとなる。したがって, (4)式から得られる y_2 を (1), (2) 式における y_2 の第1近似値として用い, 後述のように試行的に y_2 を決定する。

4. 条件付確率降雨強度曲線の算定手順

ある特定の地点においてある確率年に対する(10分程度までの短時間)条件付確率降雨強度曲線を1時間雨量資料より求める手順を以下にまとめる。

1) 計画確率年 T に対する1時間雨量 x_c と r_1^* の算定 1時間単位雨量資料の統計処理により計画確率年 T に対する1時間雨量 x_c を求め, $r_1^* = (x_c - u) / \sigma_u$ により標準化量 r_1^* に変換する。

2) $\bar{r}$ の決定 降雨波形として, 後方集中型と中央集中型の二つを考え, 両者について実測降雨波形の解析を行い, 得られた $\bar{r}$ の平均値を採用する。このとき, $\bar{r}$ の標準偏差 $\sigma_{\bar{r}}$ も求めておけば, $\bar{r}$ の平均値の信頼限界や条件付確率降雨強度曲線の信頼限界または変動域を検討することができる。

3) F の決定 後方集中型, 中央集中型に対して(3)式を用い, それぞれ F_a, F_b を算定する。中央集中型でのピーク後条件付確率 F_a は計画の安全側を考慮, $0 < F_a \leq F_b$ に限定するが, それでもなお自由度がありすぎるので, $F_a = F_b$ (左右対象降雨波形), $F_a = F_b / 2$ (非対象降雨波形) の2ケースで十分であろう。

4) y_2 の決定 (4)式で得られた y_2 を第1近似値とし, 前述の $\bar{r}, F$ を (1), (2) 式に代入して r_1^* の推定値 $\hat{r}_1^*$ を計算する。 r_1^* はスラッパ1) で与えられている α で $(\hat{r}_1^* - r_1^*)$ なる残差の二乗和が小さくなる方向に y_2 を設定し直し, この残差二乗和が許容誤差以下になるときの y_2 を所要の y_2 値とする。

5) 得られた条件付確率降雨強度曲線の妥当性の検討 従来の方法により別途得られている確率降雨強度式が1時間以下の短時間資料を用いた信頼度の高い式であるならば, これに本方法の降雨波形パラメータ: $\bar{r}, F_a, F_b, y_2$ をあてはめることにより, 従来の方法では厳密な対応関係がなかった計画降雨波形(後方集中型, 中央集中型)を合理的かつ簡単に設定することができる。従来の方法による確率降雨強度式が短時間資料を用いた作成されているときには, 本方法による後方集中型と中央集中型降雨波形から得られるそれぞれの確率降雨強度曲線の変動域をもって従来の式の妥当性を評価することができる。

5. 適用例と考察

1時間雨量資料しか用いない, 前節で述べた手順で, 後方集中型, 中央集中型降雨波形に対する条件付確率降雨強度曲線を確率年別に両対数紙にプロットする。徳島, 穴吹における確率年 $T=50, 100$ の場合を図-4に示す。従来の方法(10分までの短時間資料使用)と比較すれば, 徳島では, 後方集中型降雨波形の降雨強度式が, 穴吹では $F_a = F_b / 2$ なる中央集中型降雨波形の降雨強度式が, それぞれよく一致している。

本方法では1時間単位の降雨資料しか用いていないにもかかわらず, 地点により適合する降雨波形が後方集中型か中央集中型かの相違があるにせよ, 10分~1時間の短時間降雨強度で従来の曲線とよく一致を見ることは本方法の有効性を実証するものがある。10分間最大降雨強度資料を本方法に利用すれば, さらに信頼度の高い条件付確率降雨強度曲線が簡単に得られることは言うまでもない。

参考文献

- 1) 端野道夫・桑田康雄: 条件付確率降雨波形と条件付確率降雨強度曲線, 提案, 第36土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, pp. 91~92, 1984.

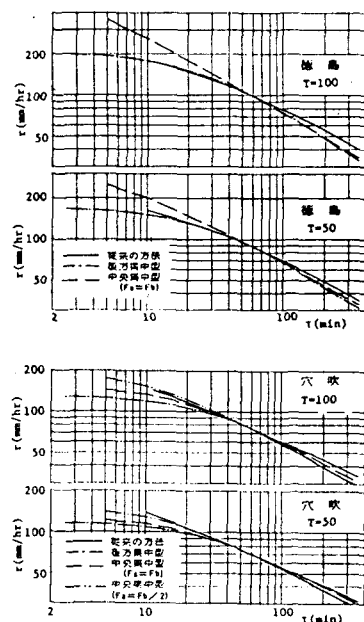


図-4 確率降雨強度曲線