

多峰計画降雨波形に関する確率論的考察 (2)

徳島大学工学部 正 員 端野 道夫

徳島大学大学院 学生員 ○ 前 久司

徳島大学工学部 正 員 吉田 弘

1. はしき

著者の一人は、Freundの二変数指数型分布を用いて一山型の計画降雨波形の定式化¹⁾を行ったが、実際の降雨では、数個の局所ピークを有する多峰型の降雨波形をもつ場合がある。そこで前述の研究を進展させ多峰型の計画降雨波形における総降雨継続時間と総雨量の確率分布をFreund分布のたたみ込みにより定式化するとともに総雨量 Z_i と局所ピーク雨量 R_i の確率分布の定式化を行う。対象降雨としては、徳島における1901～1939及び1950～1987年の77年間の降雨部分として最低限の条件を満足する観測資料 ($t_i \geq 3\text{hr}$ かつ $R_i \geq 3\text{mm}$)を用いる。ただし、降雨の季節特性を考慮し、梅雨期5,6,7月と台風期8,9,10月に分割して取り扱う。

2. 一降雨群と一降雨部分の定義

数個の局所ピークを有する多峰型降雨を一山ごとに分割するために、あらかじめ対象地点の降雨の地域特性、降雨特性を加味して無降雨継続時間及び降雨継続時間の下限値 t_{0L} 、時間降雨量の下限値 R_0 を設定する。図-1で見られるように、無降雨継続時間が t_{0L} を越えた場合に、その前後の降雨を別々の降雨とし、それぞれを“降雨群”と呼ぶこととする。次に、この降雨の降雨強度を3時間移動平均することにより平滑化し、一個の局所ピークをもつ降雨に細分割する。この細分割された降雨のそれぞれを“降雨部分”と呼ぶこととする。その他の下限値は、 $t_{0L}=3,6,9\text{hr}$ 、 $R_0=3,6,9\text{mm/hr}$ の組合せの内より $t_{0L}=6\text{hr}$ 、 $R_0=6\text{mm/hr}$ の場合を用いる。

3. 降雨群と降雨部分の発生個数の確率分布

一年間のある期間における降雨群の発生確率分布は、ポアソン分布(1)式がよく適合することが確認された。また、一降雨群内における降雨部分の発生個数の確率分布は図-2(a),(b)に見られるように両期間とも対数級数分布(2)式でよく表現される。

4. 一降雨部分の総雨量と降雨継続時間、ピーク降雨強度の同時確率分布

一降雨部分について、ピーク降雨強度 x_i 、降雨継続時間 t_i 、総雨量 R_i の三者の相互相関係数を比較した結果、 x_i と t_i の相互相関係数が最も低いことから、 R_i と x_i および R_i と t_i のそれぞれに対しFreundの二変数指数型分布を適用し、両者の相互相関を考慮した定式化を行う。ただし、実際には各周辺分布は単純な指数分布で表現できないことがある。その場合には、著者の一人によりすでに開発されたFreund分布の結合分布を用いる。この二組のFreund分布により三変数同時確率分布を近似する。実資料に対し前述のFreund分布の結合分布(3)式を適用した結果が図-3,4,5,6である。図-3,4では、 R_i と t_i 、図-5,6では R_i

$$\begin{aligned}
 f(x) &= \exp(-\lambda) * \lambda^x / x! & \dots (1) \\
 P(y) &= a * q^y / y & \dots (2) \\
 f(X, Y) &= \begin{cases} \Lambda_{i1} B_{i2} \exp[-B_{i2}(Y-v_i)] \\ \quad -(\Lambda_{i1} + B_{i1} - B_{i2})(X-v_i)] \\ \quad (u_i < X < Y, X < u_{i+1}) \\ B_{i1} \Lambda_{i2} \exp[-\Lambda_{i2}(X-v_i)] \\ \quad -(\Lambda_{i1} + B_{i1} - \Lambda_{i2})(Y-v_i)] \\ \quad (u_i < Y < X, Y < u_{i+1}) \end{cases} & \dots (3) \quad (i=1, 2)
 \end{aligned}$$

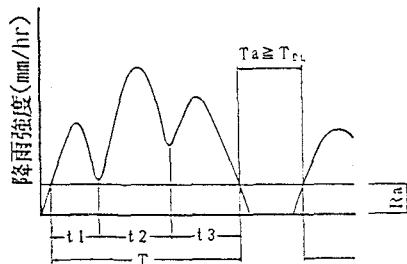


図-1 降雨の区分

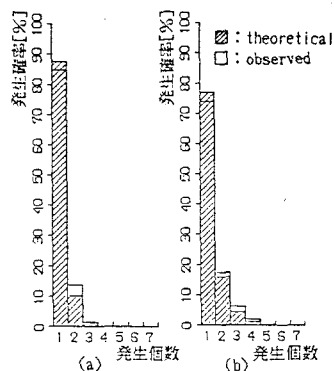


図-2 一降雨群中の降雨部分の発生確率

と x_i についてそれぞれ二つのFreund分布の結合分布を適用する。この結果、どちらの場合においても良好な適合度を得ている。本報では、紙面の関係上梅雨期のみ解析結果を示す。

5. 一降雨群の総雨量と

降雨継続時間の確率分布

n 個の降雨部分より構成される一降雨群の総雨量 Z と降雨継続時間 T は、定義により $Z=R_1+R_2+\cdots+R_n$, $T=t_1+t_2+\cdots+t_n$ である。ここで、 R_i と t_i ($i=1, 2, \cdots, n$)の間には相関があるが、 t_i と t_j , R_i と R_j ($i \neq j$)は互いに独立であると仮定できる。したがって、 Z と T の同時確率分布は一降雨部分に対し適用した結合Freund分布のたたみこみ関数で表現できる。

前報²⁾では、たたみこみに際し、Freund分布の各周辺分布を一変数のGamma分布に変換し、たたみこみを行いその結果求められた分布関数を二変数Freund分布に再変換した。本報では、大型計算機を用いて数値積分を行い直接たたみこみ関数を求める。こうして求められたたたみこみ関数を実資料に適用させた結果が図-7, 8である。図-7は、降雨継続時間の分布に対する適用結果であり、図-8は、総雨量の分布に適用させた結果である。両図よりどちらの分布に対してもかなり良好な適合度が得られている。

6. おわりに

以上のことより、前報で問題とされていた各下限値(T_{DL} , R_a)について徳島では、継続時間の下限値 T_{DL} を6hr、時間降雨強度の下限値 R_a を3mm/hrと設定すれば良い結果が得られる。また、一降雨群の発生確率分布はポアソン分布であり、一降雨群中の降雨部分の発生個数の確率分布は対数級数分布で表現できる。次に、降雨群の同時確率分布は、降雨部分に適用したFreundの二変数指数型分布を数値積分することにより表現され、これを用いて、数個の局所ピークを有する多峰型降雨を、確率評価することができる。

7. 参考文献 : 1) 端野道夫: Freund分布による条件付き確率降雨波形と計画降雨波形の決定法, 第31回水理講演会論文集, pp203~208, 1987年2月 : 2) 端野・前: 多峰計画降雨波形に関する確率論的考察, 第40回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, pp82~83, 1988年5月

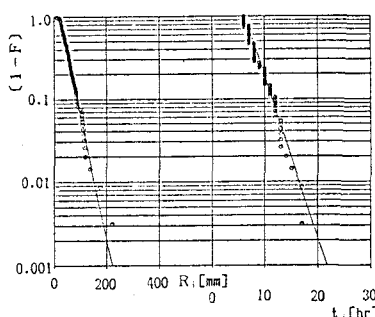


図-3 一山型降雨群における t_i と R_i の分布

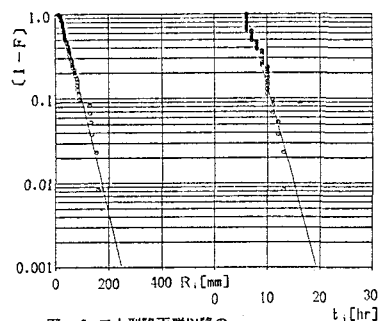


図-4 二山型降雨群以降の降雨部分における t_i と R_i の分布

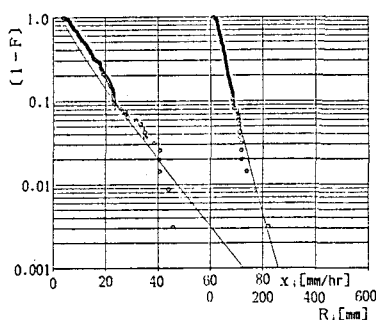


図-5 一山型降雨群における x_i と R_i の分布

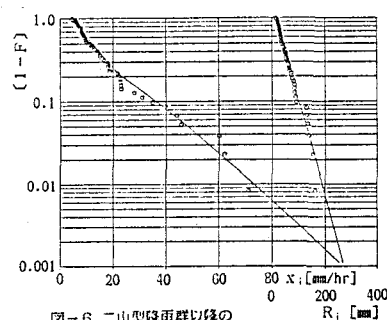


図-6 二山型降雨群以降の降雨部分における x_i と R_i の分布

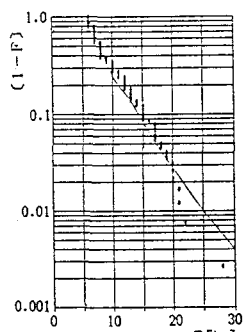


図-7 一降雨群における T の分布

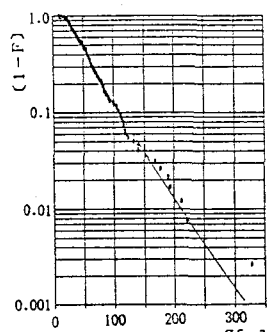


図-8 一降雨群における Z の分布