

II-108

多峰計画降雨波形の確率論的決定法について

徳島大学大学院 学生員 ○西岡 昌秋
 徳島大学工学部 正 員 端野 道夫
 J R西日本㈱ 前 久司

1. はじめに

計画降雨は洪水防御計画におけるハイドログラフを設定する際に必要とされ、降雨量、地域分布、時間分布の3つの要素によって決まる。これらの要素間の関係を明確に表現し得る、合理的な計画降雨を作成するために、端野らは結合Freund分布を用いた確率評価モデルを提案した¹⁾。本研究では、この確率評価モデルによる計画降雨波形の作成方法について検討を行う。解析にあたっては、徳島県木頭村における1958～1987年の時間降雨資料を用いた。また、季節による降雨特性を考慮して、梅雨期（5,6,7月）と台風期（8,9,10月）に分けて取り扱うこととする。

2. 降雨群と降雨部分の定義

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_c 、時間降雨強度の下限値 x_c を設定する。図-1のように、無降雨継続時間が t_c を越えた場合に、その前後の降雨を別々の降雨とみなし、それぞれを”降雨群”と呼ぶこととする。次に、この降雨群を一個の局所ピークごとに細分割し、それぞれを”降雨部分”と呼ぶこととする。それぞれの下限値は、 $t_c=6\text{hr}$ 、 $x_c=3\text{mm/hr}$ を用いている。

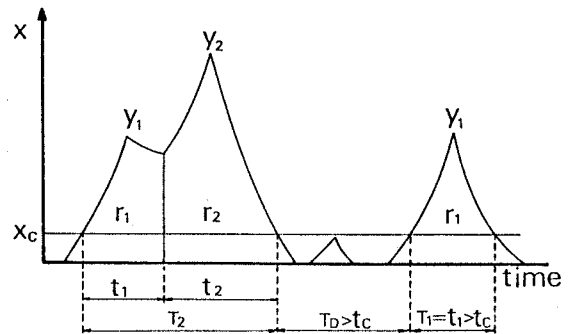


図-1 降雨群及び降雨部分の定義

3. 計画降雨波形の作成手順について

計画降雨波形の作成手順を以下に簡単に示す。

- ①流域の大きさや季節特性を考慮して総降雨継続時間 D^* の上限を設定する。
- ②計画の規模により定められたリターンピリオド T^* に対する計画総雨量 R^* を決定し、この R^* を満足する、1山型、2山型、…、 n 山型の降雨群の総降雨継続時間 D_n^* を求める。
- ③ D_n^* を各降雨部分に配分し、それぞれの継続時間 t_i を求める。
- ④ t_i に対する各降雨部分の雨量 r_i を決定する。
- ⑤ r_i に対する各降雨部分のピーク降雨強度 y_i を決定する。
- ⑥ t_i 、 r_i をピークを境にして前後に配分し、 t_{bi} 、 r_{bi} （ピーク前）と t_{ai} 、 r_{ai} （ピーク後）を決定する。
- ⑦ t_{bi} 、 r_{bi} 、 t_{ai} 、 r_{ai} 、 y_i を用いて各降雨部分の波形（降雨強度時間分布）を求める。
- ⑧降雨部分の t_i 、 r_i はそれぞれ無相関であるとし、 n 個の降雨部分をランダムに並べ変えることにより、計画降雨波形が決定される。

4. 降雨部分の雨量の決定法について

ここでは、計画総雨量 R^* 、総降雨継続時間 D_n^* 及び各降雨部分の継続時間 t_i が決定された時、前述④の手順において r_i を決定する方法について述べる。この場合、継続時間 t_i を条件とする雨量 r_i の条件付き確率 $\text{Pr}_i = \text{Pr}(r_i | t_i)$ の決定が重要となる。木頭村台風期の3山型降雨について、 Pr_i の分布にベータ分布を適合させた結果を図-2に示す。添字 i は各降雨部分の条件付き確率を大きいものから順に並べ変えたときの順番を表している。図-2より、条件付き確率 Pr_i はベータ分布に従うことがわかる。また、その他の降雨群及び期間について Pr_i の分布を調べた結果、同様にベータ分布に従うことがわかった。

表-1 降雨部分の雨量 r_i の配分法
 ($D^*=34\text{hr}$, $R^*=670\text{mm}$, $t_1=12\text{hr}$, $t_2=t_3=11\text{hr}$)

方法 I	Fr_1	Fr_2	$r_1(\text{mm})$	$r_2(\text{mm})$	$r_3(\text{mm})$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
(a) $F_1(x)=0.800$	0.893	0.745	488.7	293.8		0.800	0.800
(b) $F_1(x)=0.620$	0.787	0.595	346.7	198.4	124.9	0.620	0.620
方法 II	Fr_1	Fr_2	$r_1(\text{mm})$	$r_2(\text{mm})$	$r_3(\text{mm})$	$F_1(x)$	$F_2(x)$
(a) $\phi_r=0.85, Fr_1=0.708$	0.708	0.602	281.5	202.0	186.5	0.502	0.630
(b) $\phi_r=0.50, Fr_1=0.708$	0.708	0.354	281.5	110.9	277.6	0.502	0.317

過去の実績降雨をもとに各降雨部分の雨量 r_i を決定した例を表-1に示す。方法としては次の2通りを考えた。Iの方法は、図-2におけるベータ分布の%点（非超過確率）を一定の値に定め、それに対する各降雨部分の条件付き確率 Fr_i を求めて r_i を計算する

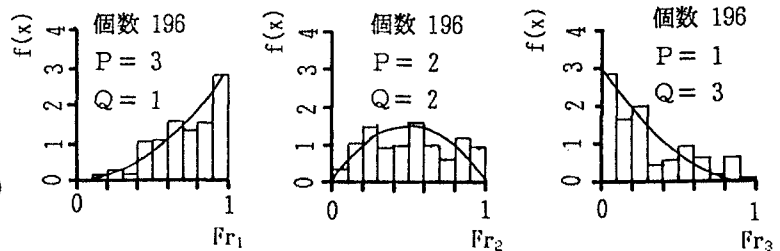


図-2 Fr_i の分布（曲線：ベータ分布）

方法である。また、IIの方法は、条件付き確率 Fr_i の初期値 Fr_1 を与え、それに一定の比率 ϕ_r を乗ずることにより各降雨部分の条件付き確率 Fr_i を求めて r_i を計算する方法である。3山型降雨であれば、3番目の雨量 r_3 は前述のようにして計算した r_1 、 r_2 と計画総雨量 R^* から、 $[R^*-(r_1+r_2)]$ として求められる。なお、表中の $F_1(x)$ は Fr_1 に対するベータ分布の%点を表し、配分量を決めるときに最初に設定しておく値（方法Iでは $F_1(x)$ 、方法IIでは Fr_1 と ϕ_r ）を初期設定条件と呼ぶこととする。

表-1の結果を見ると、I-(a)では、%点を大きくし過ぎたため、降雨部分の雨量の合計が計画総雨量を超えてしまった。また、II-(b)では、降雨部分の雨量の順序が $r_2 > r_3$ となっていない。これは、雨量 r_i を大きい順に配分するという仮定に反している。このように、雨量 r_i を配分するとき、満たすべき条件は、1.) 各降雨部分の雨量の合計が計画総雨量を超えない、2.) 雨量が大きさの順に配分される、の2つである。Iの方法では、 $F_1(x)$ の上限が1.)、下限が2.)によって規定され、その範囲内で適切と思われる $F_1(x)$ を決めればよい。IIの方法においても Fr_1 はIの方法における Fr_1 よりもかなり広い範囲ではあるが、上下限があるので、その範囲内で $F_1(x)$ が適切な値をとるように Fr_1 を決めればよいと考えられる。 Fr_1 が定まれば、1.)、2.)の条件を満足するような Fr_2 の範囲が定まり ϕ_r の範囲が定まる。この ϕ_r を決めるときには $F_2(x)$ を考慮すればよい。IIの方法はIの方法にくらべると初期設定条件、特に Fr_1 の設定範囲が広いので $F_1(x)$ のとりうる範囲が広い。そこで、 Fr_1 の範囲をもう少し狭くするために、Iの方法における $F_1(x)$ の範囲を適用し、その条件で Fr_1 を定めるような方法も考えられる。いずれにしても、初期設定条件を決定するにはベータ分布の%点： $F_1(x)$ が制約条件を満足する範囲で適切な値を持つように考慮する必要があるといえる。

5. おわりに

降雨部分の雨量を決定する際には、条件付き確率 Fr_i がベータ分布に従うことから、ベータ分布の%点を考慮すれば適切な配分量を定められることが分かった。そして、その他の手順(③、⑤、⑥)においても、それぞれ決定すべき値(t_i 、 y_i など)を定めるために用いる変量は、ベータ分布に従うことが分かっており、ベータ分布の%点を考慮して適切な値を決定しなければならないと考えられる。

参考文献：1) 端野・前：多峰計画降雨波形の確率評価モデルの提案、第34回水工学論文集、1990年3月