

洪水対策のための流域平均年最大 1・2・3 日降水量の非定常頻度分析 ～千曲川流域の場合～

信州大学工学部 学生会員 ○松丸 仁
信州大学工学部 正会員 寒川 典昭
元信州大学大学院 正会員 草刈 智一

1. はじめに

近年の水工計画において、水文量の頻度分析は、洪水災害や渇水災害の解決に重要な役割を果たしてきた。土木工学の分野における治水計画では主に「100年に1回の洪水」と言った任意の規模の確率降水量を対象として策定されている。

このような場合の降水量の頻度分析は、降水事象の確率構造は時間的に変化しないという降水量の定常性¹⁾を仮定している。しかし、我が国では近年、今までの予測をはるかに上回る洪水や渇水が多く見受けられるようになってきている。そのため、従来のように確率降水量の算定に降水量は時間的に変化しないとする定常性を仮定することは危険であると考えられる。

そこで、治水・利水対策を講じる上では、近年の気候変動に伴う非定常性を前提とした計画が必要であると考えた。

本稿は、治水計画を対象として、千曲川水系の流域平均年最大1・2・3日降水量を用いた。具体的には、生田流域、杭瀬下流域、熊倉流域、陸郷流域、小市流域、立ヶ花流域における年最大1・2・3日降水量の非定常頻度分析を実施するものである。

2. 研究手順

データとしては、国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所より戴いた「千曲川流域全観測所時刻雨量1970-2016」を使用した。本稿では、各流域に含まれる観測所のある1年における日ごとの降水量を算定し、対象流域平均の1・2・3日最大値をその年の年最大1・2・3日降水量としている。

本稿は治水計画を対象として、確率降水量の算定に用いる母集団が変化するという前提において、母集団分布のパラメータの時系列変化分析を行い、そこから算出される確率降水量の変化について考察したものである。

採用した確率密度関数はグンベル分布である。グ

ンベル分布は式(1)に表される。対象とする降水量は前述の通り、流域平均年最大1・2・3日降水量であり、それはグンベル分布に従うものとする。

$$p(x)=a \cdot \exp[-a(x-b)-\exp\{-a(x-b)\}]$$

(a :尺度母数, b :位置母数) (1)

・最尤法

$$l = N \ln(ab) - \sum_{j=1}^N ax_j - \lambda \sum_{j=1}^N \exp(-ax_j) \quad (2)$$

ここで対数尤度 l を最大にする a を求める。

λ 及び b は式(3)(4)において算定することができる。

$$\lambda = N \left\{ \sum_{j=1}^N \exp(-ax_j) \right\}^{-1} \quad (3)$$

$$b = \mu \frac{1}{a} \ln \lambda \quad (4)$$

一方、確率降水量の時系列変化は、移動部分標本ごとに得られた母数を用いて各部分標本ごとに T 年確率降水量を算定することで把握することができる。グンベル分布の累積分布関数 $F(x)$ は母数 a , b をパラメータとして式(5)²⁾で表されることから、 T 年確率降水量に対して超過確率 $1-F(x)=1/T$ を与える実現値 X_T は式(6)によって得ることができる。

$$F(x) = \exp[-\exp\{-a(x-b)\}] \quad (5)$$

$$X_T = b - \ln[\ln\{T/(T-1)\}]/a \quad (6)$$

3. 結果及び考察

分析に用いる実データとして、本稿ではデータ数が不十分な場合や途中で不完全なデータがある場

合を除いた。全流域におけるデータを載せると多大なものとなるため、ここでは一例として最大流域面積をもつ立ヶ花流域の30年超過確率降水量(流域平均年最大1日降水量, 11年移動部分標本, 観測所数10ヶ所以上)を図1に示す。また、立ヶ花流域での年最大1・2・3日降水量に対する超過確率降水量を表1に示す。

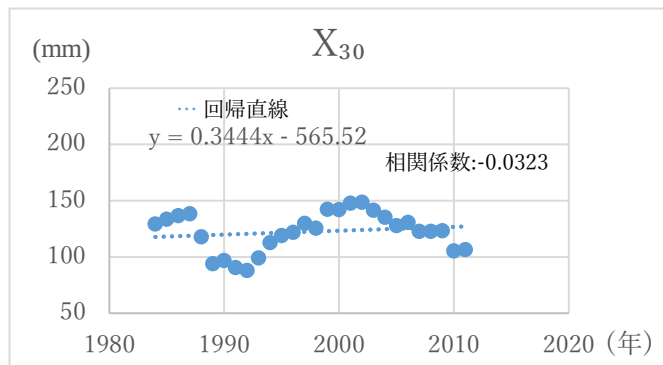


図1 立ヶ花流域の年最大1日降水量に対する30年超過確率降水量

表1 超過確率降水量の経年変化(一部抜粋)

流域	移動部分標本数	観測所数n個以上	確率降水量		
			年最大1日	年最大2日	年最大3日
立ヶ花 (6442km ²)	11	1	+	+	+
		8	-	+	+
		10	+	+	+
	15	1	+	+	+
		8	+	+	+
		10	+	+	+
	21	1	+	+	+
		8	+	+	+
		10	-	-	+
	31	1	-	-	-
		8	-	-	-
		10	-	-	-

今回使用したデータにおいて、1970年代には観測所が存在していなかった場合が多く、1978年までは観測所数が10ヶ所を下回っていたため、前半の超過確率降水量についてはばらつきが見えるものが多かった。そのため、最大流域面積をもつ立ヶ花流域の観測所数を基準に、面積比によって観測所数がnヶ所以上となる年の降水データのみを用いてまとめた。

図1では回帰直線より、確率降水量の変遷は増加傾向であることがわかる。同様にグラフにして経年変化をまとめたものが表1(一部抜粋)である。全流域をまとめると、移動部分標本数が21個までは年最大1・2・3日降水量ともに確率降水量がほぼ経年的に

増加傾向を示している。しかしながら、移動部分標本数が31個になると、確率降水量が全ての場合で経年的に減少傾向となっている。

本来、確率降水量が安定するには、年最大日降水量の場合、データ数が30個以上必要とされている³⁾。それを加味すると、確率降水量は経年的に減少傾向を示し、現在の治水計画で将来に渡って安全といえる。しかし、移動部分標本数を31個にとると、算定される確率降水量の数かなり減少し、その経年的増減の考察には議論の余地を残すことになる。

一方、年最大1日、2日、3日降水量に対しては、確率降水量の経年的変化の正負には大きな違いは見られない。この理由は今のところ判明しない。

4. まとめ

一般的に日本全国において、近年、今までの予測をはるかに上回る洪水が多く見受けられているため、このような異常気象により治水計画の規模を大きくとる必要があるとされている。本研究においては、非定常頻度分析の対象とした当河川6流域ではいくつかの流域で超過確率降水量が増加傾向にあり、従来の治水計画規模を大きくする必要性があると考えられる。しかし、より安定した確率降水量を示したいのであれば、データ数が十分でない観測地点もあり、今回の研究のみでは検討結果に疑問が残る。

尚、当研究は実践水文システム研究会調査研究費の助成を受け、実施したものである。また、国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所より、観測データを提供して頂いた。記して謝意を伝える。

〈参考文献〉

- 1) 神田徹, 藤田睦博: 水文学-確率論的手法とその応用-, 新体系土木工学 26, 技報堂出版株式会社, pp.13-63, 1982年1月。
- 2) 例えば, 寒川典昭, 中村哲, 山田広樹: 年最大1・2・3日降水量時系列に存在する非定常性と非定常確率水文量の推定, 日本統計学会誌, 第23巻, 第2号, pp.249-262, 1993年。
- 3) 寒川典昭, 荒木正夫, 渡辺輝彦: 確率分布の推定母数の不確定性評価法, 土木学会論文集, (375, II-6), pp.133-141, 1986年。