

年最大日降水量の非定常頻度分析 ～ 標本長さと時系列確率降水量 広域関東圏への適用～

元信州大学大学院	正会員 ○草刈 智一
信州大学工学部	正会員 寒川 典昭
信州大学工学部	正会員 中屋 眞司
名古屋市役所	森 剛大
前信州大学工学部	山崎 基弘

1. はじめに

我が国で治水計画を策定する際に用いる降水量頻度分析は、降水量の経年的時系列特性は時間的に変化しないとする定常性の仮定のもとでおこなわれてきた。これは取り扱えるデータ数が少なく非定常性を検証することが困難であったことから、便宜上この仮定を認めてきたことによるものである。しかし、近年における極端現象の頻発に関して、気候の変化に関連して経年的に変化していると報告されている¹⁾ことや、全国各地で約100年分の観測データが整備されてきたことから、今後の治水計画においては気候変化を念頭にした非定常性を前提とする計画の策定が必要であると考え。

著者等は、従来、年最大1日降水量の非定常分析に用いる移動部分標本の長さ（以下、「標本長さ」という）を多面的視点から11年にとってきた。しかしながら、11年分のデータから100年あるいは200年超過確率降水量を求めるには誤差が大きいという意見もあり、これまで標本長さとそこから算定される確率降水量の変動量に着目した評価法を用いて、標本長さを変化させて最良な標本長さの選択を試みてきた。その結果、観測地点によって差異はあるものの標本長さとして20個程度が最良と判断される結果が得られている²⁾。

そこで、本稿では首都を中心とする広域関東圏（1都10県）における観測データを用いて、標本長さを従来の11年とする場合と21年の場合に算定される非定常性を考慮した確率降水量について考察するものである。

なお、年最大1日降水量が従う母集団分布はグンベル分布とした。

2. 非定常性を適用した確率降水量

(1) 時系列確率降水量の算定

母集団分布が時間的に変化しているとして、その非定常分析をおこなうために、まず観測データから図-1に示す手順で標本長さ n の n 年移動部分標本を時系列に抽出する。さらに、各々の部分標本ごとに式(1)に示されるグンベル分布の母数を推定し、その母数を用いて確率降水量を算定することで時系列確率降水量を算定する。ここで、母数推定法は最尤法とし、最尤推定値は数値計算により求める。確率降水量の算定についてはグンベル分布の累積分布関数 $F(x)$ が母数 a 、 b をパラメータとして式(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 $F(X_T)=1/T$ を与える実現値 X_T を式(3)によって得ることができる。

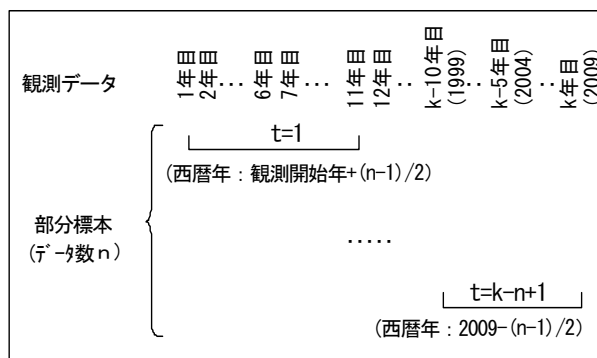


図-1 移動部分標本の抽出方法

$$p(x) = a \cdot \exp[-a(x-b) - \exp\{-a(x-b)\}] \quad (3) \quad (a: \text{尺度母数}, b: \text{位置母数}) \quad (1)$$

$$F(x) = \exp[-\exp\{-a(x-b)\}] \quad (4) \quad (2)$$

$$X_T = b - \ln(\ln(T/(T-1))) / a \quad (3)$$

キーワード：年最大日降水量，非定常頻度分析，移動部分標本，標本長さ，時系列確率降水量，グンベル分布
連 絡 先：〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1 信州大学工学部土木工学科 TEL：026-269-5302

(2) 最良標本長さの選択

(1) で記した標本長さ n の決定に際しては評価指標 E/N を用いた. E/N は標本長さ n を変化させて, 時系列確率降水量 y_i を目的変数, 西暦年 x_i (部分標本の範囲の中央の西暦値) を説明変数としたときの回帰残差 ε_i により式 (4), (5) によって定義される指標である⁴⁾.

$$E = \sum \varepsilon_i^2 / N \quad \text{ここで, } \varepsilon_i = y_i - ax_i - b \quad (4)$$

評価指標 $= E/N$ ここで, $N = \text{観測年数} - n + 1 \quad (5)$

3. 観測データの適用

分析に用いる観測データは, 広域関東圏のうち 100 年分以上の観測データがある 10 地点 (表-1) の年最大日降水量⁵⁾を対象とした. 図-2 にはその一例として東京における年最大日降水量データとその 1 次回帰線を示してある. 図中の 1 次回帰線はやや増加 ($y=0.2012x-272.1$) と見てとれるものの有意性はない. 他の 9 地点についても有意な増加あるいは減少を示す地点はなかった.

4. 結果および考察

図-3 は標本長さを $n=11$ と $n=21$ の場合の東京における時系列 100 年確率降水量を示したものである. $n=11$ の場合の図 (a) に比べ $n=21$ とした場合の図 (b) では, 確率降水量の変動が 1/2 程度になっている. しかし, 経年変化の傾向はそれぞれ 0.734 と 0.711 でほぼ同様の値を示していることがわかる. 表-1 は, 各地点における母数 a , b および 100 年確率降水量の変化を + (増加), - (減少) で示したものである. 有意な変化 (⊕, ⊖) を示すもののうち, 熊谷, 東京では同傾向・同様値を示し, 横浜, 飯田では同傾向であるが $n=21$ の方が大きく変化している. 宇都宮, 長野では変化傾向は同様であるが有意性が変わっている. 水戸では傾向が逆転しているが, 有意でないものも含め全体的にはほぼ同様の变化傾向を示している.

5. あとがき

本稿では広域関東圏(1都10県)を対象として, 標本長さを従来の 11 年とする場合と最良選択長さである 21 年の場合について非定常性を考慮した時系列 100 年確率降水量について考察をおこなった. その結果, 宇都宮, 熊谷, 東京, 横浜, 長野, 飯田で有意性が変化している地点もあるがほぼ同様の結果を示し, 水戸, 松本では傾向の逆転が見られる. 有意性の点で 21 年の場合の方が 1 地点数ではあるが少なくなっていることは, 標本長さの最良選択による安定性が得られたことによるものと考えられる. 今後は全国の他の地点についても検証していきたい.

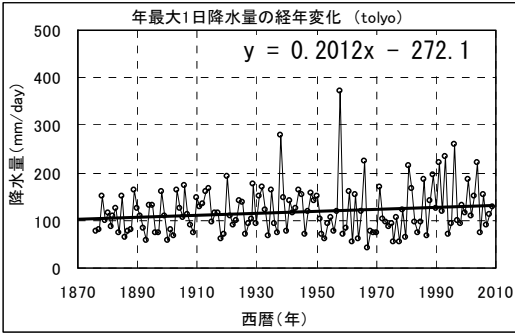
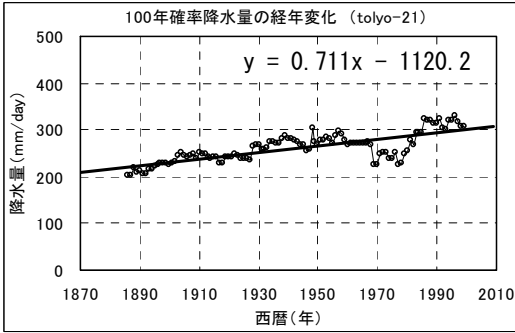
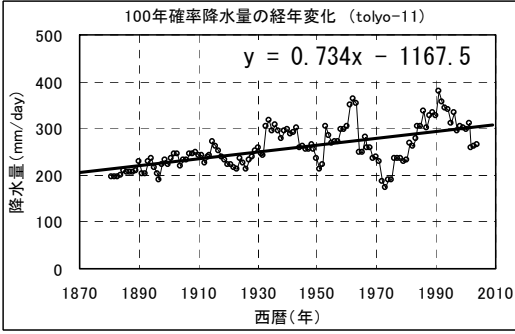


図-2 年最大1日降水量の経年変化 (東京)



(b) 標本長さ 21 年



(a) 標本長さ 11 年

図-3 100 年確率降水量の経年変化 (東京)

表-1 100 年確率降水量の経年変化

標本長さ n=11					標本長さ n=21				
	a	b	100 年確率 降水量			a	b	100 年確率 降水量	
水戸	⊖	⊕	⊕	0.782	水戸	⊖	⊕	⊖	-0.000
宇都宮	⊖	⊕	⊕	0.326	宇都宮	⊖	⊕	+	0.213
前橋	⊖	+	+	0.160	前橋	-	-	+	0.023
熊谷	⊖		⊕	0.495	熊谷	⊖	-	⊕	0.434
東京	⊖	⊕	⊕	0.734	東京	⊖	⊕	⊕	0.711
横浜	⊖	⊕	⊕	0.769	横浜	⊖	⊕	⊕	0.993
甲府	-	⊖	-	-0.178	甲府	+	⊖	⊖	-0.244
長野	-	-	+	0.052	長野	⊖	⊖	⊕	0.053
松本	+	+	-	-0.033	松本	-	⊕	+	0.026
飯田	⊖	-	⊕	0.268	飯田	⊖	-	⊕	0.510

⊕, ⊖: それぞれ有意水準 5 % で増加, 減少
網掛け: 確率降水量が増加している観測地点

<参考文献> 1) 気象庁, 異常気象リスクマップ, 平成 20 年 9 月 2) 日本自然災害学会, 第 31 回日本自然災害学会学術講演会 講演概要集, p.155, 2012. 3), 4) 例えば, 神田徹・藤田睦博: 新体系土木工学 26 水文学—確率論的手法とその応用—, 技報堂 p.76, 1982. 5) 気象庁, 気象統計情報, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>