

非定常な1変数ME分布を用いた降水量の頻度分析

信州大学工学部 正会員 寒川典昭

信州大学大学院 ○西 知哉

信州大学工学部 楯 貴幸

1. はじめに

治水・利水計画を策定する上で対象とする水文量の母集団の確率分布を決定し、その母集団が持つ母数を推定しなければならない。しかし、水文資料はしばしば小標本であるため、いかなる母集団を採用すべきかという問題が存在する。その問題を解決するために、不確定さの尺度であるエントロピーの概念を導入し、最大エントロピー原理から確率密度関数を決定する方法がある¹⁾。また、水文量の時系列を分析すると、そこには非定常性が存在する場合が多い。こうした状況下で、昨年度著者等は、定常な1変数最大エントロピー分布(Maximum Entropy Distribution; 以下1変数ME分布とする)を非定常に拡張したものを提案した²⁾。本研究はこの非定常な分布を用いて長野県内の気象官署である5地点(長野・松本・飯田・諏訪・軽井沢)について、降水量の頻度分析を実施した。それは、最大エントロピー原理により得られた母集団の分布形をヒストグラムと対応させ適合性を見て、分布の有効性を検討する。また、非定常な確率水文量も算定し、経年変化を見る。

2. 用いた理論式

時間 t に依存した確率変数を $x(t)$ 、その確率密度関数を $p(x(t))$ とする。いま、確率密度関数の具備すべき条件と任意関数 $g_r(x(t))$ の期待値を制約条件とすると、非定常な1変数ME分布は次式で与えられる。

$$p(x(t)) = \exp\{-\lambda_0(t) - \sum_{r=1}^N \lambda_r(t) g_r(x(t))\}$$

ここに、 $\lambda_r(t)$ ($r=1,2,\dots,N$) はラグランジュの未定乗数である。

3. 用いたデータ

実データとして、長野県内の5つの気象官署{長野(1889年～1997年の109年分)、松本・飯田(1898年～1997年の100年分)、諏訪(1945年～1997年の53年分)、軽井沢(1926年～1997年の72年分)}の1月～12月の月降水量を用いた^{3), 4)}。移動部分標本の長さは31個{長野($t=1 \sim 79$)、松本・飯田($t=1 \sim 70$)、諏訪($t=1 \sim 23$)、軽井沢($t=1 \sim 42$)}である。

4. ME分布の算定と適合度の検討

ここでは、 $g_r(x(t))$ として $x(t)^r$ を採用して2モーメント適合を得た。ヒストグラムとME分布の例として長野の1月を図-1、図-2、図-3に示す。ヒストグラムとME分布を見ると、2モーメントでもだいたい適合している。また、形状の変化はわずかだが、途中少し平たくなってから左に寄ってきている。すなわち、降水量は減少していると言える。どの地点も特に12,1月などの冬の月に減少傾向が強く出ている。

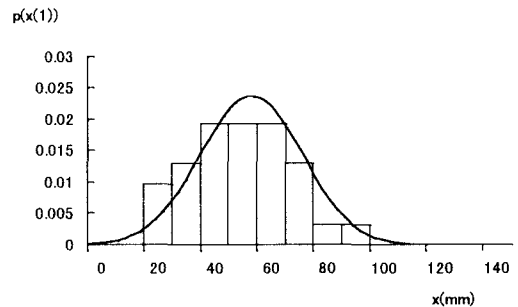


図-1 長野1月($t=1$),

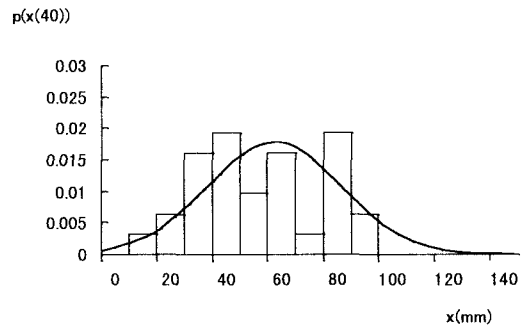


図-2 長野1月($t=40$)

その他の地点も多少異なるが、ヒストグラムにほぼ適合しており、その形状は時系列的に変化していると言え、非定常性が示された。また、3,4 モーメント適合になるとより適合すると予想される。

5. 確率水文量の算定

非超過リターンピリオド $T=5, 10, 20, 30$ 年に対する確率水文量 x_T (mm) を算定し、経年変化の状況を見た。得られた結果の例として、長野の非超過リターンピリオド 30 年確率水文量の経年変化を図-4、図-5 に示す。図-4 の 1 月を見ると確率水文量は減少しており、図-5 の 8 月を見ると増加していて、非定常性を示していることが分かる。長野では 1-3, 10-12 月が減少傾向で、その他の月は増加傾向であった。松本では 1, 3, 5, 9, 12 月が減少傾向で、2, 4, 6-8, 11 月は増加傾向であった。飯田では 2, 3, 7, 10-12 月が減少傾向であり、4, 5, 8, 9 月は増加傾向であった。諏訪では 1, 2, 4, 5, 8-12 月が減少傾向で、3, 7 月は増加傾向であった。軽井沢では 1-4, 8, 10-12 月が減少傾向で、6, 9 月は増加傾向であった。その他の月はあまり傾向が見られなかった。回帰直線の傾きを全体的に見ると、どの地点も多少の違いはあるが、冬の月は減少傾向にあり夏の月は増加傾向にあって、確率水文量は経年変化を示すと言える。また、諏訪、軽井沢では減少傾向の月が多く見られ、傾向が強かった。

6. あとがき

本稿では、月降水量を用いて ME 分布、確率水文量を算定した。得られた ME 分布はヒストグラムにほぼ適合しており、地点や月によって異なるが、その形状は時系列的に変化していて、確率水文量は経年変化を示すことが分かった。

今後は季節、年降水量についても同様に分析していく。また、モーメントの数を増やし同様に頻度分析を行う。

さらには 2 変数、多変数、条件付き ME 分布を用いて非定常頻度分析を行い、最適な任意関数 $g_r(x(t))$ を見つけ、これらの分布の有効性を検討したいと考えている。

【参考文献】

- 1) 寒川, 荒木: 水文事象の頻度分析への MEP 導入について, 土木学会論文報告集, 第 335 号, pp.89-95, 1983 年。
- 2) 寒川: 非定常な 1 変数最大エントロピー分布の提案, 土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-38, pp.249-250, 1998 年。
- 3) 財団法人日本気象協会長野センター: 長野県気象月報, 1988 年～1997 年。
- 4) 長野地方気象台: 信州の気候百年誌, pp.174-182, 1988 年。

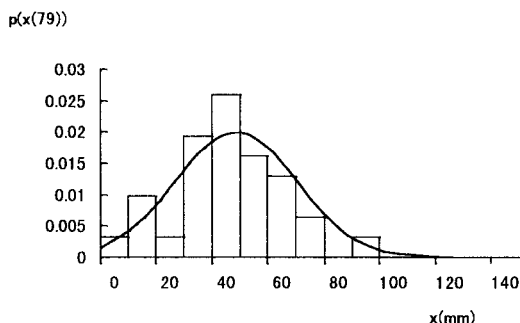


図-3 長野 1 月 ($t=79$)

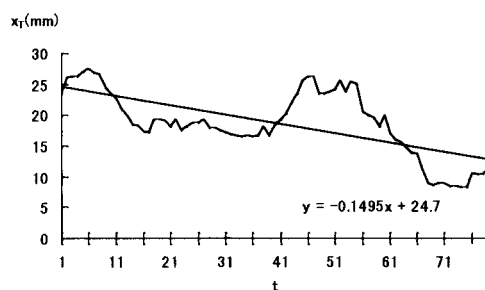


図-4 長野 1 月 ($T=30$ 年) の経年変化

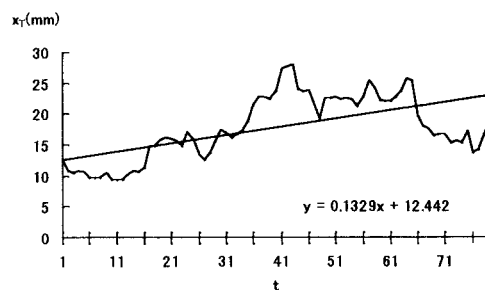


図-5 長野 8 月 ($T=30$ 年) の経年変化