

周期性と信頼性を考慮した水文量の非定常頻度分析

信州大学工学部 正会員 寒川典昭
信州大学大学院 学生員○小牧健二
信州大学工学部 原 創太

1. はじめに

著者ら¹⁾は従来、長野県内5ヶ所の観測所の年降水量データから作成したパラメータ時系列に1つの周期を仮定し、未来のパラメータ推定値から非定常な確率水文量の算定を試みた。しかし、パラメータ値を関数上の一点で推定することは、推定値に多くの不確定さが存在することを考えると不十分であり、また周期は複数存在するものが多い。そこで本稿ではパラメータ推定に信頼性をもたせるために、その分布として正規分布を導入し、また、パラメータ時系列の周期成分を有意検定し、有意な周期は同時にすべて考慮する非定常水文頻度分析を試みたのでその成果について報告する。

表-1 有意とみなされる周期

	平均	不偏分散
長野	17, 20	15, 21
松本	15	12, 17, 20
飯田	17, 23	8, 12
諏訪	8, 11	6, 8, 11
軽井沢	19	—

2. パラメータ時系列に存在する周期の検定

長野(1889~1987年)、松本と飯田(1898~1987年)、諏訪(1945~1987年)、軽井沢(1926~1987年)の年降水量データについて10年ごとの平均、不偏分散を1年ずつ移動させながら求め、各々10年移動平均時系列、10年移動不偏分散時系列(以下、これらをパラメータ時系列と呼ぶ)とした。パラメータ時系列に周期性を仮定し、コレログラム解析とペリオドグラム解析により得られた周期を検定した²⁾。その結果をまとめたものが表-1である。表中の“—”は有意とみなされる周期が無いことを示している。有意とみなされる周期が複数個存在する場合は一度に全部の周期をパラメータ時系列から除去し、残差パラメータ時系列を作成した。例として図-1に長野の10年移動不偏分散時系列と除去周期成分を示す。尚、有意とみなされる周期が無い場合には、直接パラメータ時系列を用いて以下の解析を行っている。

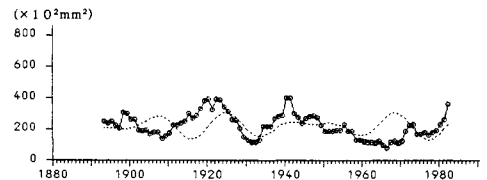


図-1 パラメータ時系列と除去周期成分

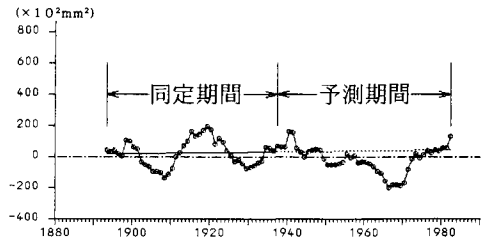


図-2 残差パラメータ時系列(長野:不偏分散)

3. パラメータ推定値への信頼性の分布の導入

図-2に示すように残差パラメータ時系列を同定、予測期間に分割し、同定期間への回帰直線を予測期間へ延長したときの残差パラメータ時系列と回帰直線との偏差を自乗し、図-3に示すような偏差自乗時系列を作成した。表-2に示すように残差パラメータ時系列、またはパラメータ時系列の長さに対し、(同定, 予測)を $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$, $(\frac{2}{3}, \frac{1}{3})$ と分割し、

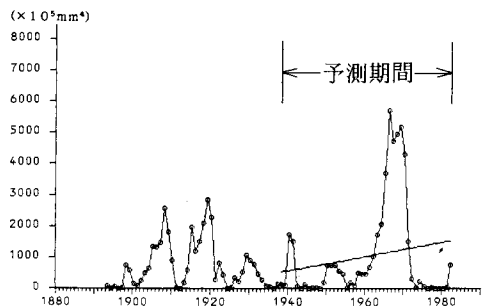


図-3 偏差自乗時系列と“分散”の回帰直線

端数は同定期間に含めることにした。そして、残差パラメータ時系列の予測期間における偏差自乗時系列の回帰直線をパラメータ推定値の“分散”と仮定した確率分布（正規分布）を導入し、これを信頼性の分布と呼ぶことにする。尚、信頼性の分布の“平均”とするパラメータ推定値は回帰直線に除去周期成分を合成したものをを用いている。また、除去周期成分が無い場合は、パラメータ時系列の回帰直線を“平均”とするパラメータ推定値としている。

表-2 時系列のデータ分割

	(同定, 予測)
長野	(45, 45), (60, 30)
松本	(41, 40), (54, 27)
飯田	(41, 40), (54, 27)
諏訪	(17, 17), (23, 11)
軽井沢	(27, 26), (36, 17)

4. パラメータ推定値の組み合わせによる確率水文学

予測期間の左端を原点としたときの各時点 $t = 1, 10, \dots, 200$ 年のパラメータ推定値として求められた値を信頼性の分布の“平均”（非超過確率が0.5）として、非超過確率が0.1, 0.9におけるパラメータ推定値を求めた。このときの推定値は、各時点の非超過確率0.5の平均、不偏分散のパラメータ推定値をもとに標準化した分布から求めている。確率水文学量は表-3の5つの組み合わせで算定しており、②～⑤についてはパラメータが同時に変動するのでなく、一方が固定（非超過確率が0.5）のとき、他方が変動（非超過確率が0.1, 0.9）することを示している。例として図-4に長野についての非超過30年確率水文学量の挙動を示す。(a)では回帰直線の傾きが負になるため、②、③ともに $t=80$ 年以降で計算が不可能であり、また(b)では④で $t=190$ 年以降の非超過確率0.1の不偏分散の推定値が負になるため計算不可能になった。他の観測所の場合でも、①では $t=200$ 年まで計算が可能でも信頼性を導入した場合、つまり、②～⑤では必ずしも $t=200$ 年まで計算ができるわけではなく、むしろ思わしくない結果になるものが多かった。そのため、パラメータ推定値が両方とも変動する場合の計算は今回は行わなかった。

表-3 非超過確率の組み合わせ

	平均	不偏分散
①	0.5	0.5
②	0.1	0.5
③	0.9	0.5
④	0.5	0.1
⑤	0.5	0.9

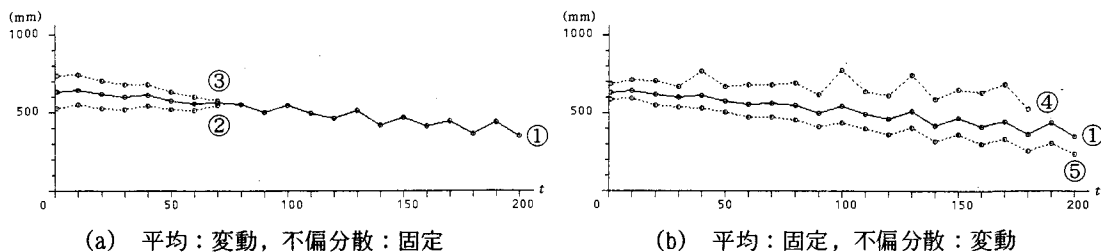


図-4 長野の非超過30年確率水文学量の挙動（データ分割：(45, 45)）

5. あとがき

本稿では、パラメータ時系列の周期成分を有意検定して、有意な周期はすべて考慮し、更に未来のパラメータ推定に際し、信頼性の分布を導入して非定常水文頻度分析を試みた。しかし、信頼性の分布の“分散”に与える値が必ずしも望ましいものではなかったもので、良好な結果を得ることはできなかった。不確定さは時間とともに増加するために“分散”は増加傾向になるべきだが、実際に用いた“分散”は減少傾向になるものが多くみられた。本研究では“分散”をパラメータ時系列データに依存したものをを用いたが、視点を変えた別の値を用いることも一つの方法であろう。信頼性の分布をどのように設定するかが今後の課題である。〈参考文献〉

- 1) 寒川典昭, 小牧健二, 永江正一: 周期性を考慮した年降水量の非定常な確率水文学量の算定, 土木学会第48回年次学術講演会概要集, pp. 296-297, 1993年。
- 2) 鈴木榮一: 気象統計学, 地人書館, pp. 139-142, 1968年。