

降水量時系列による近年の水不足傾向の解析

名古屋工業大学 学生員 ○ 内藤基晴、 正員 長尾正志

1. 研究の目的と概要

昭和59年、61年さらに62年と、最近わが国では水不足が多発している。たとえば、愛知用水の水源牧尾ダムでは、61年に貯水量が底をついたし、62年度も節水を強いられている。近年の渇水の頻発は、降水量系列が小雨傾向に移行しつつあることを示唆するものと考え、トレンド解析を行った。計算には全国の気象台資料を用いたが、ここでは、名古屋・岐阜の資料で説明する。まず、年降水量系列から小雨傾向を確認し、ついでその気象原因として梅雨期、台風期降水量について考察した。トレンド推定には、正規分布を基礎とした2次階差モデルを用いた。

2.トレンド解析の手法

時系列のトレンド解析には、各種の移動平均や指数平滑などがあるが、ここでは階差モデルと赤池の情報量基準を利用した柏木・岸野の方法<sup>1)</sup>を用いた。これは周期の検出・除去を要しないという簡便性・柔軟性や大局的傾向が直観と一致するといった点を重視したためである。なお、正規変量という前提から大きくはずれる場合には、岩井法による対数正規変換などによって、正規化する。基礎理論のごく概要を述べる。

まず、時系列  $\{y_i\}$  を、トレンド成分  $\{T_i\}$  と不規則成分  $\{I_i\}$  ( $i=1, 2, \dots, t$ ) の和とする。つぎに、トレンド関数は次式の2次階差モデルを仮定する。(  $\eta_i$  は相互独立な正規変量)

$$\Delta^2 T_i = T_i - 2T_{i-1} + T_{i-2} = \eta_i \in N(0, \sigma_1^2), \quad i=3, 4, \dots, t \tag{1}$$

不規則成分に正規性を仮定すると、データ  $y_i$  の確率密度関数は次式のように表わせる。

$$f(y | T_1, T_P, \sigma_1^2) \propto (1/\sigma_1^t) \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_1^2} \sum_{i=1}^t (y_i - T_i)^2\right\} \tag{2}$$

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_t)', \quad T_1 = (T_1, T_2)', \quad T_P = (T_3, T_4, \dots, T_t)' \tag{3}$$

他方、トレンド成分  $T_P$  の確率密度関数は

$$\pi(T_P | T_1, \sigma_T^2) \propto (1/\sigma_T^{t-2}) \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_T^2} \sum_{i=3}^t (\Delta^2 T_i)^2\right\} \tag{4}$$

そこで、ベイズの定理より、 $T_P$  の事後尤度は、  $w(T_P | y, T_1, \sigma_1^2, \sigma_T^2)$

$$\propto \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_1^2} \sum_{i=1}^t (y_i - T_i)^2 - \frac{1}{2\sigma_T^2} \sum_{i=3}^t (\Delta^2 T_i)^2\right\} \tag{5}$$

よって、 $T_P$  の推定値は、所与の  $T_1, \sigma_1^2, \sigma_T^2$  の下

で、 $w(T_P | \dots)$  を最大にすることで求められる。

なお、 $T_1, \sigma_1^2, \sigma_T^2$  の決定は、赤池のベイズ型情報量基準A B I Cが最小になるものを選択する。全体的な計算フローを、図-1に示す。

3. 解析結果とその考察 (図-3, 4参照)

a. 年降水量 以後、時系列の変化傾向のほぼ類似した昭和15年以後程度を対象とする。名古屋・岐阜ともにほぼ最近10年間位で低減傾向にあるようにみえる。

b. 梅雨期降水量 梅雨入り、明けの間の降水量を用いる。名古屋では、昭和55年頃よりむしろ増加傾向のようにみえる。他の地点でも減少傾向はそれほど明確ではなく、これが年降水量の減少原因とは考え難いようである。

c. 台風期降水量 台風に起因する降水量を厳密に選出することは難しい。そこで、8~11月の累加降水量でこれが近似できるとする。名古屋、岐阜ともに、最近10

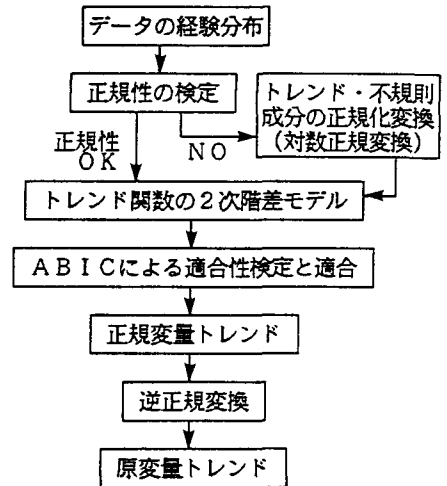
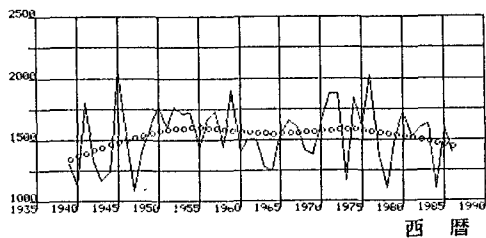


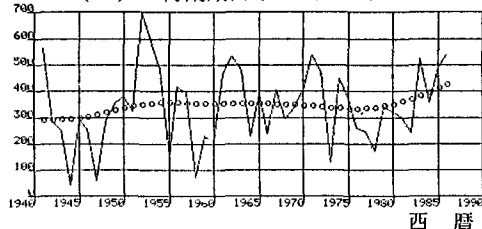
図-1トレンド解析の計算フロー

年位の減少は著しく、東海地方の他地点でもこうした傾向は顕著である。とくに、その要因となっている主要なもの、59年、61年の小雨である。

(a) 年降水量 (mm)



(b) 梅雨期降水量 (mm)



(c) 8~11月累加降水量 (mm)

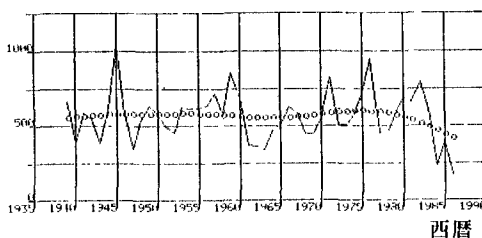
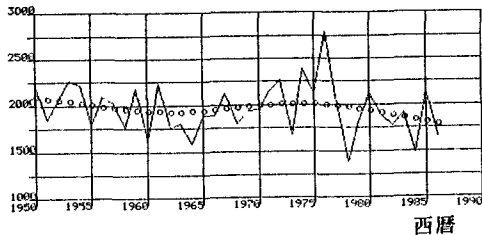


図-2 名古屋降水量時系列とトレンド

(a) 年降水量 (mm)



(b) 8~11月累加降水量 (mm)

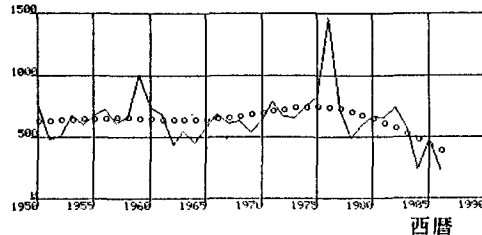


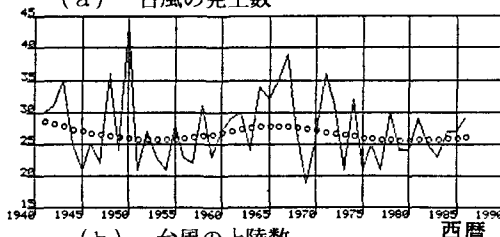
図-3 岐阜降水量時系列とトレンド

この小雨の主な気象原因は、台風の上陸・接近に伴う降水量の減少に関連するようである。図-4は、台風の発生数とわが国への上陸数とトレンドである。近年20年位では発生数は横這いないしやや減少気味なのに対し上陸数は明確にほぼ線型的に減少している。

なお、この小雨傾向は、ほぼ全国的に認められ、とくに表日本の中央部では著しいようである。図-5は62年版理科年表による80地点での、第1位、第1位~第3位の小雨の出現年の統計(観測開始期間と階級中の補正済み)である。これによっても、昭和55年以後の著しい水不足の頻発が確認される。

参考文献 1) 柏木宣久・岸野洋久: 系列データの平滑化、インフォメーション、Vol.6、No.8、1987. 8

(a) 台風の発生数



(b) 台風の上陸数

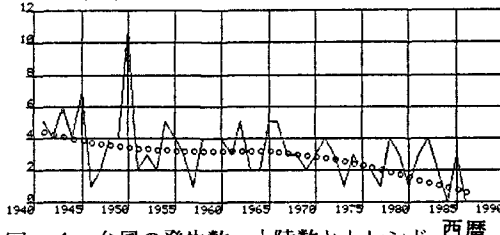


図-4 台風の発生数、上陸数とトレンド

(a) 第1位小雨

CLASS	P.D.F.(PERCENT)
1897 <X< 1900	12.29
1900 <X< 1910	4.01
1910 <X< 1920	0.00
1920 <X< 1930	6.88
1930 <X< 1940	10.19
1940 <X< 1950	6.40
1950 <X< 1960	0.87
1960 <X< 1970	5.99
1970 <X< 1980	15.29
1980 <X< 1985	37.38

(b) 第1位~第3位小雨

CLASS	P.D.F.(PERCENT)
1880 <X< 1890	8.83
1890 <X< 1900	10.86
1900 <X< 1910	5.83
1910 <X< 1920	0.80
1920 <X< 1930	10.30
1930 <X< 1940	10.79
1940 <X< 1950	6.17
1950 <X< 1960	1.67
1960 <X< 1970	4.67
1970 <X< 1980	13.08
1980 <X< 1985	27.81

図-5 第1位、第1位~第3位小雨の出現年の統計