

温暖化傾向の時系列解析

名古屋工業大学 学生員 ○大幡次夫
 名古屋工業大学 学生員 本田裕司
 名古屋工業大学 正員 長尾正志

1. 研究の目的と概要

近年、世界的規模で二酸化炭素の増加などに伴う温暖化が問題となっている。わが国でも例外ではなく、温暖化傾向であるといわれ、特にここ数年は温暖化が著しい。ここでは、わが国の温暖化傾向を、全国28ヶ所の気象台の気温資料に基づき、トレンド解析によって検討した。すなわち、年平均気温、日最大年平均気温、日最小年平均気温、夏期、冬期の極値、あるいは平均値を用いた時系列的、地域別の特徴を明らかにしようとしたものである。

2.トレンド解析の手法

時系列のトレンド解析には、2次元階差モデルと赤池のベイズ型情報量基準を利用した柏木、岸野の方法¹⁾によってトレンドを求めている。基礎理論を述べる。

まず、トレンド関数を与える。気温時系列 y_i をトレンド成分 T_i と誤差成分に分ける。トレンド階差モデルとは、次式で表されるものをいう。

$\Delta^k T_i = \eta_i, \quad i = k+1, \dots, t \quad (T_i: \text{トレンド成分} \quad k: \text{階差のオーダー} \quad \eta_i: \text{平均0、分散1の正規分布に従う確率変数})$

さらに2次元階差モデルを具体的に書くと、次式となる。

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

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せる。

$$f(y | T_1, T_0, \sigma_1^2) \propto (1/\sigma_1^t) \exp \left\{ - (1/2\sigma_1^2) \sum_{i=1}^t (y_i - T_i)^2 \right\} \quad (2)$$

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_t)', \quad T_1 = (T_1, T_2)', \quad T_0 = (T_3, T_4, \dots, T_t)' \quad (3)$$

つぎにトレンド成分 T_0 の確率密度関数は

$$\pi(T_0 | T_1, \sigma_1^2) \propto (1/\sigma_1^{t-2}) \exp \left\{ - (1/2\sigma_1^2) \sum_{i=3}^t (\Delta^2 T_i)^2 \right\} \quad (4)$$

そこで、ベイズの定理より、事後尤度は、 $w(T_0 | y, T_1, \sigma_1^2, \sigma_1^2)$

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

よって、 T_0 の推定値は、所与の $T_1, \sigma_1^2, \sigma_1^2$ の下で、 $w(T_0 | \dots)$ を最大にすることで求められる。なお、 $T_1, \sigma_1^2, \sigma_1^2$ の決定は、赤池のベイズ型情報量基準AICが最小になるものを選択する。

3. 解析結果とその考察

3.1 地域別時系列特性

資料はすべて、1950年から1987年の38年を対象とし、図-1, 2, 3に1950~1987年の原データ(線)とトレンド(丸)を示す。ここでは、例として名古屋の資料で説明する。

年平均気温では、図-1のように中間で多少の減少はあるが、全体としては上昇傾向にあると思われる。特に1970~1987年の近年に著しい上昇がみられるのは、1979、1987年の気温15.9℃(標本期間のデータ平均値14.9℃より1.0℃高い)の影響のためである。

日最大年平均気温においては、1976年より上昇傾向にあることが分かる。

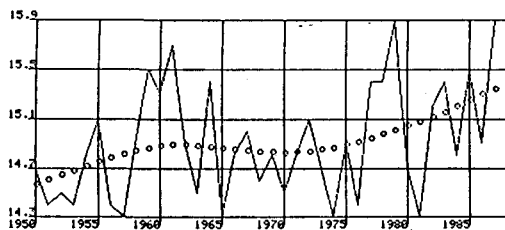


図-1 年平均気温(名古屋) [°C]

日最小年平均気温においては、1960～1970年に若干の減少はあるが、1967年より上昇傾向にあり、全体としても上昇傾向にある。しかし図-4のように北海道では減少傾向がみられる。

他の地域でも、上昇傾向にあるものが大半であった。なお単調増加あるいは、単調減少するのはごく少数で、2つ以上の変曲点を持つのが一般的であった。

3. 2 近年における地域別温暖化傾向

図-3のようにトレンド曲線の最終変曲点から1987年までの傾向を、傾きで表すことにする。

傾き = { (1987年のトレンド値) - (最終変曲点のトレンド値) } / 年数

上昇傾向にある地点では、表-1のように1966～1975年の10年間に変曲点があるものが約半数を占め、その中でも1970年近辺に変曲点が出るものが最も多い。

図-5は、日最小年平均気温の傾きによる分布図である。北海道では、やや下降傾向にあるがその他の地域では上昇傾向にある。特に太平洋側では、著しく上昇している。また、1970年前後から上昇傾向を示している地域が多い。なお、この特性は、日最小年平均気温ほど顕著ではないが、年平均気温・日最大年平均気温にもみられる。

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.1, No.8, 1987. 8

表-1 上昇傾向の変曲点の発生年の統計

CLASS	FREQ.	REL. FREQ. (PERCENT)
1950 < X - 1: 1955	10	17.5
1955 < X - 2: 1960	0	.0
1960 < X - 3: 1965	2	3.5
1965 < X - 4: 1970	17	29.8
1970 < X - 5: 1975	14	24.6
1975 < X - 6: 1980	6	10.5
1980 < X - 7: 1985	7	12.3
1985 < X - 8: 1986	1	1.8

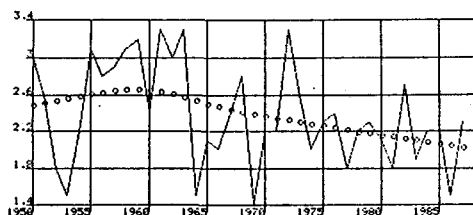


図-4 日最小年平均気温(網走) [°C]

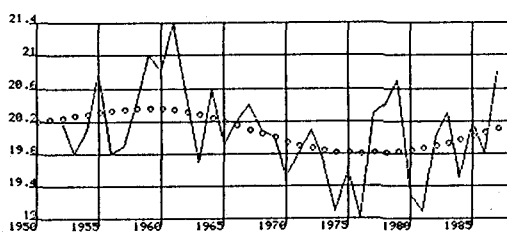


図-2 日最大年平均気温(名古屋) [°C]

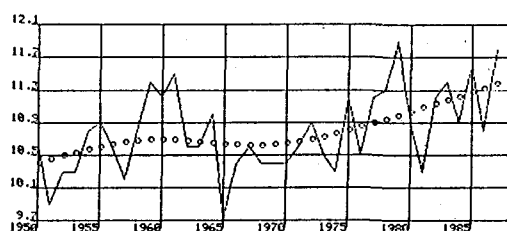


図-3 日最小年平均気温(名古屋) [°C]

傾き (°C/年) ($\times 10^{-2}$)

- 3.00 < X
- 1.00 < X ≤ 3.00
- △ -1.00 < X ≤ 1.00
- -3.00 < X ≤ -1.00
- X ≤ -3.00

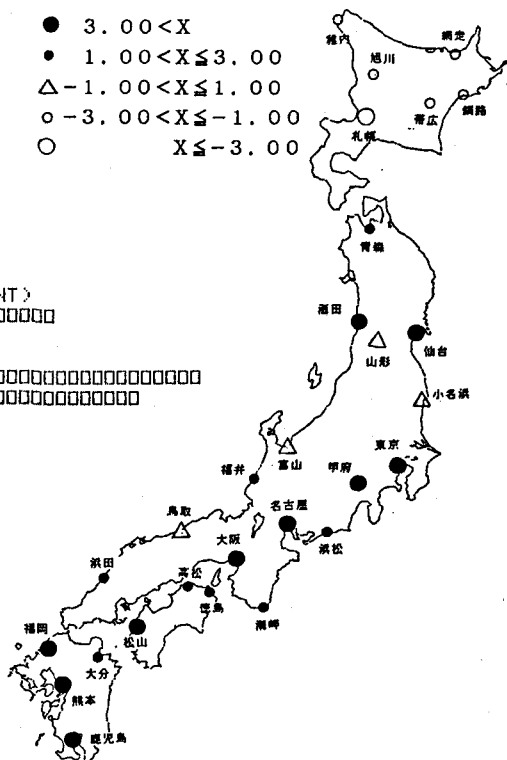


図-5 日最小年平均気温の傾きによる分布図