

気温を考慮した月降水量の経年変動解析

徳島大学工学部 正 員 端野道夫

徳島大学大学院 学生員 名倉陽子

徳島県庁 正 員 〇久米範彦

1. はじめに

将来の気温上昇に伴う降水量の予測は、水資源確保の立場からも必要不可欠となってくる。そこで本研究では、徳島と新潟の過去100年程度の月平均気温と、月降水量の実測データを基に、確率統計の手法を用いて、気温を考慮した月降水量の平均値の経年変動をモデル化した。

2. 月平均気温と月降水量の分布形

月平均気温 θ_j の分布については式 (1) の標準正規分布に従うものとする。また、月降水量 R_j の分布を式 (2) の3母数ガンマ分布に従うとすると平均 $E(R_j)$ 、分散 $V(R_j)$ 、歪み係数 $C(R_j)$ は、式 (3) のように3つのパラメータで表すことができる。

3. 月平均気温と月降水量の平均値のモデル

月平均気温と月降水量について、それぞれの平均値の経年変動のモデル化について考える。まず、月平均気温の平均値の経年変動については式 (4) に示すような線形トレンド成分と正弦関数による周期成分との和で表すモデルを考えた。また、月降水量の平均値は式 (3) のように α 、 β 、 γ により表されることから、 β 、 γ は時間不変で α が経年変動すると仮定し、式 (5) のような気温成分と線形トレンド成分と周期成分との重ね合わせによる指数関数で表すモデルを考えた。なお、気温成分には、気温の平均値のモデルによる推定値を入力している。

これらのモデル中のパラメータの推定には、左辺の平均値の観測値が存在しないため、最尤法を用いている。

4. 適用結果

図-1に月降水量の分布を示す。図には対数確率紙にグリーンゴルテン公式でプロットしたものと式 (2) のガンマ分布を示している。この図より月降水量の分布は、各月ともガンマ分布によく適合していることがわかる。

図-2に月平均気温の平均値の経年変動解析結果を示し、図-3には月降水量の平均値の経年変動解析結果を示す。図中には実測値と式 (4) および式 (5) のモデルによる推定値とトレンド成分を併記する。月平均気温の平均値のトレンド成分には、モデルの推定値から短周期成分を除いて表しており、月降水量の平均値

月平均気温の確率密度関数

$$f(\theta_j) = \frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(\theta_j - \bar{\theta}_j)^2}{2\sigma_j^2} \right\} \quad (1)$$

θ_j : i 年 j 月の月平均気温

$\bar{\theta}_j$ 、 σ_j : j 月の月平均気温の平均値と標準偏差

月降水量の確率密度関数

$$f(R_j) = \frac{\beta_j^{\alpha_j}}{\Gamma(\alpha_j)} (R_j - \gamma_j)^{\alpha_j - 1} \exp \{ -\beta_j (R_j - \gamma_j) \} \quad (2)$$

$$E(R_j) = \frac{\alpha_j}{\beta_j} + \gamma_j, \quad V(R_j) = \frac{\alpha_j}{\beta_j^2}, \quad C(R_j) = \frac{2}{\sqrt{\alpha_j}} \quad (3)$$

R_j : j 月における月降水量, α_j , β_j , γ_j : パラメータ

月平均気温の平均値の経年変動モデル

$$\bar{\theta}_j = a_0 + a_1 i + \sum_{n=1}^{m_p} k_n \sin \{ 2\pi(i + \phi_n) / \omega_n \} \quad (4)$$

月降水量の平均値の経年変動モデル

$$E(R_j) = \exp \{ c_0 + c_1 \bar{\theta}_j + c_2 \bar{\theta}_j^2 + c_3 \bar{\theta}_j^3 + d_j + \sum_{n=1}^{m_p} k_n \sin \{ 2\pi(i + \phi_n) / \omega_n \} \} \frac{1}{\beta_j} + \gamma_j \quad (5)$$

θ_j : i 年 j 月における月平均気温, ϕ_j : 位相

ω_j : j 月における周期年数, a_j , c_j , k_j , d_j : パラメータ

$\bar{\theta}_j$: i 年 j 月における月平均気温のモデルによる推定値

のトレンド成分には気温の項に、先に求めた気温のトレンド成分を入力し、周期成分は短周期を除いて表している。

月平均気温の平均値の変化には、徳島、新潟の全ての月で気温が上昇していることがわかった。また、月降水量の平均値は、過去約100年間に於いて、新潟では6、7月の梅雨期に増加、徳島では12、1、2月の冬季に減少しており、8、9月の盛夏期は2地域とも減少していることがわかった。ところで気温の上昇においては、冬季が上昇率が大きいようであり、冷たい季節風が弱まっているものと思われる。この原因として、寒波自身の弱まりの他に、寒波の回数の減少、あるいは起きる期間の短縮などが考えられる。一方、冷たい季節風の弱まりに対応して、日本の南岸沿いを進む低気圧が冬季に現れる頻度が増加し、太平洋岸沿いの降水量が増加することも考えられるが¹⁾、本解析で取り扱った太平洋岸の徳島の場合においては、冬季(12、1、2月)の降水量は約100年の間に1割以上減少していることがわかった。

5. おわりに

今回の解析において、月降水量の平均値の変化は気温の他に時系列自体の周期成分にも影響されていることがわかった。また、気温の上昇による月降水量の平均値の変化は、地域や月によって多種多様の傾向を示すことがわかった。

今後の課題として、気温の平均値の変化には、トレンド成分や周期成分の他にも、観測所や観測方法の変更に伴うデータのジャンプや観測所周辺の都市化によるヒートアイランド現象が内在しているものと考えられる。そのため、今後、干渉解析や人口を考慮したモデルにより検討してみる必要がある。

【参考文献】

- 1) 気象庁編：温室効果気体の増加に伴う気候変化（Ⅱ），1990

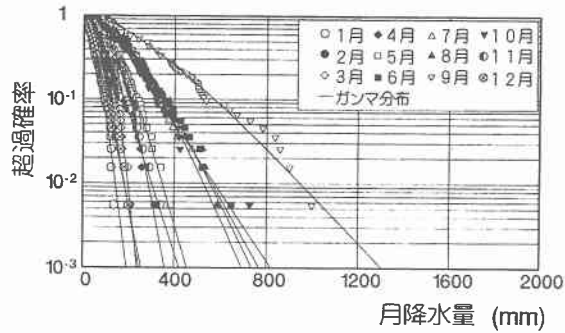


図-1 月降水量の分布（徳島）

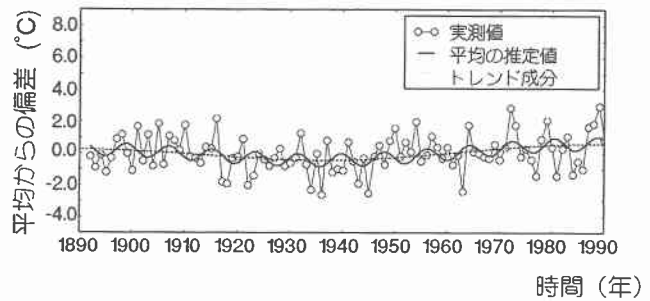


図-2 月平均気温の平均値の経年変動（徳島，1月）

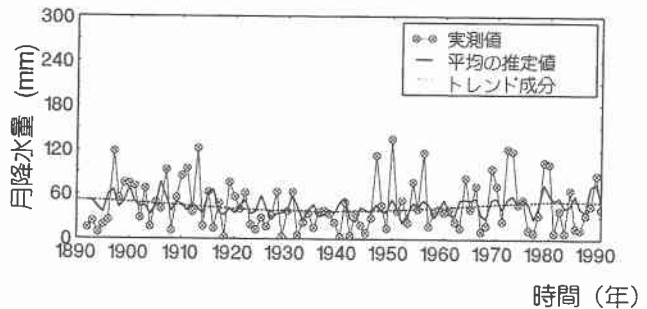


図-3 月降水量の平均値の経年変動（徳島，1月）