

気温を考慮した本山降水量の経年変動解析

徳島大学大学院 学生員 ○吉田弥生
徳島大学工学部 正員 端野道夫
日本建設コンサルタント(株) 正員 名倉陽子

1. はじめに

地球温暖化に伴う降水量変化の予測は、水資源開発の立場からみると重要な課題である。そこで本研究では、四国の水瓶というべき早明浦ダムがある本山地点の月平均気温と日降水量データを用いて気温に及ぼす影響を考慮した降水特性の平均値の時系列モデルを構築し、そのモデルより将来の月降水量予測を行う。

2. 月平均気温と降水特性の平均値のモデル

まず月平均気温の確率分布が標準正規分布に適合することから、平均値が経年変化するとして月平均気温の平均値を式(1)のように西暦年に比例する(トレンド)成分と、正弦関数による周期成分の重ね合わせで表した。次に、図-1のように日降水量を整理し、降水特性を表すデータを求め、それぞれ確率分布を適合させる。ここで日降水量は双曲線型指数分布¹⁾に降水継続日数および無降水継続日数はFreund分布²⁾に従うことから、それぞれの平均値は確率分布のパラメータで表される。そこで、平均値を構成している確率分布のパラメータの1つが経年変化していると考え、各降水特性の平均値を気温成分、トレンド、周期成分の指数関数による重ね合わせで式(2)~(4)のように表した。気温成分には月平均気温のモデルによる推定値を用いる。月平均気温および各降水特性のモデル中のパラメータは、最尤法を用いて求めた。

またこれらの降水特性のモデルより一雨発生回数および一雨降水量の平均値を求めることができる。(式(5)、(6)参照)月平均気温、一雨発生回数、一雨降水量、それぞれの平均値の推定結果を図-2、図-3、図-4にそれぞれ示す。図中にはモデル推定値と実測値を併記する。図から月平均気温および各降水特性の平均値のモデルは妥当であると判断される。

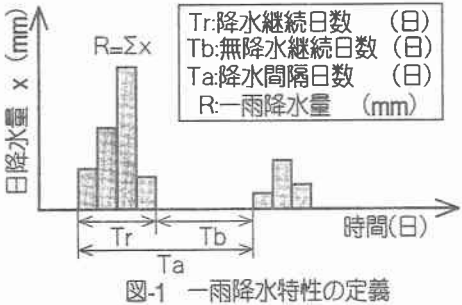


図-1 一雨降水特性の定義

月平均気温の平均値の時系列モデル

$$\overline{\theta_{ij}} = a_{0j} + a_{1j}i + \sum_{i=1}^4 a_{2ji} \sin [2\pi (i + \phi_{0ji}) / \omega_{0ji}] \quad (1)$$

$a_{1j}, a_{2j1}, \phi_{0j1}, \omega_{0j1}$: 時系列モデルのパラメータ

日降水量の平均値の時系列モデル

$$\overline{x_{ij}} = k_j c_j + [\exp(d_1 \theta_{ij} + d_2 i + \sum_{i=1}^4 d_{3i} \sin \{(2\pi + \phi_{0i}) / \omega_{0i}\})] / (k-1) \quad (2)$$

θ_{ij} : i年j月における月平均気温のモデル推定値,

$d_{1j}, d_{2j}, d_{3j1}, \phi_{0j1}, \omega_{0j1}$: 時系列モデルのパラメータ

降水継続日数、無降水継続日数の平均値のモデル

$$\overline{Tr_{ij}} = (a_{2j} + \beta_{1j}) / [a_{2j} [\beta_{1j} + \exp(d_1 \theta_{ij} + h_2 i + \sum_{i=1}^4 h_{3i} \sin \{(2\pi + \phi_{0i}) / \omega_{0i}\})]] \quad (3)$$

$$\overline{Tb_{ij}} = (a_{1j} + \beta_{2j}) / [\beta_{2j} [a_{1j} + \exp(d_1 \theta_{ij} + m_2 i + \sum_{i=1}^4 m_{3i} \sin \{(2\pi + \phi_{0i}) / \omega_{0i}\})]] \quad (4)$$

θ_{ij} : i年j月における月平均気温のモデル推定値,

$h_{1j}, h_{2j}, h_{3j1}, \phi_{0j1}, \omega_{0j1}, m_{1j}, m_{2j}, m_{3j1}, \phi_{0j1}, \omega_{0j1}$

: 時系列モデルのパラメータ

一雨発生回数の平均値のモデル

$$\overline{N_{ij}} = T_j / (\overline{Tr_{ij}} + \overline{Tb_{ij}}) \quad (5) \quad T_j : \text{一ヶ月の日数 (30日)}$$

一雨降水量の平均値のモデル $\overline{R_{ij}} = \overline{x_{ij}} \cdot \overline{Tr_{ij}} \quad (6)$

3. 気温シナリオによる将来の月降水量の予測

前述した降水特性の平均値に関するモデルでは、気温成分を1つの説明変数としているため、異なった気温シナリオによる降水特性の予測が可能である。そこで今回は月平均気温の平均値の時系列モデルより将来(2026~2055年)の平均気温を求める場合(時系列シナリオ)と現在(1966~1995年)の月平均気温の30年平均から一律に全年 1°C 上昇させた気温を将来の気温とする場合(1°C 上昇シナリオ)の2つのシナリオを考えた。このシナリオを式(2)~(4)の θ_0 に入力し、式(5)、(6)より一雨発生回数、一雨降水量の予測を行って、一雨発生回数と一雨降水量の積より月降水量の平均値を求めた。

その結果を図-5に示す。図から2つのシナリオとも夏から秋にかけて(7, 8, 9, 10月)将来の月降水量は大きく変化することが分かる。また2つのシナリオを比べた場合、時系列シナリオの方が過去の気温変動の傾向から推測しているため実際の気温上昇に近いと考えられる。時系列シナリオの場合4, 6, 11月以外は減少傾向であり、特に7, 9月では20%程度の減少、それ以外の月でも10%程度の減少が見られる。また 1°C 上昇シナリオについては月降水量に与える気温上昇の影響の感度分析と見なせ、この場合7, 9月で時系列シナリオの倍以上の減少、8, 10月では逆に将来増加傾向となっている。このことから夏から秋にかけての月降水量は月平均レベルの気温上昇の影響を強く受けるといえる。

なお年降水量の平均値を見るとどちらのシナリオにおいても将来減少傾向であることが分かる。

4 おわりに

本研究では気温を考慮した日単位の降水特性について時系列モデルを構築し、そのモデルの妥当性が確認された。またモデルを用いて将来の月降水量を予測した結果、時系列シナリオでは4, 6, 11月で月降水量が約10%増加し、それ以外の月では10~20%程度の減少が見られた。さらに夏から秋にかけて月平均気温の上昇が月降水量に大きく影響することも分かった。

[参考文献]

- 1) 角屋睦：水文統計論，水文学シリーズ，土木学会水理委員会，1964。
- 2) 端野道夫・杉雄司：複数の二変数型分布の結合とその応用に関する研究，徳島大学工学部研究報告，第29号，1984。

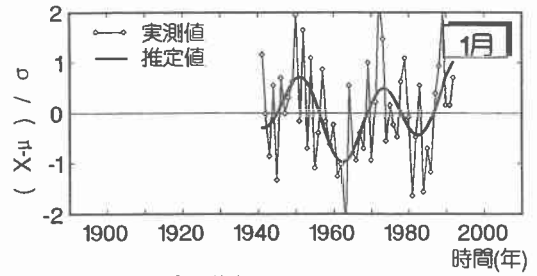


図-2 月平均気温の平均値の時系列変化

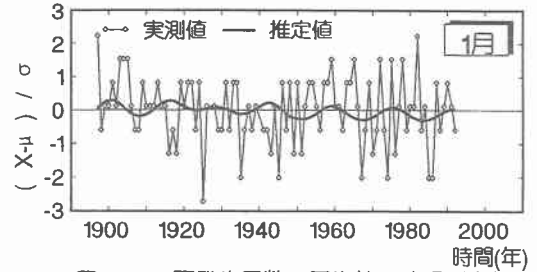


図-3 一雨発生回数の平均値の時系列変化

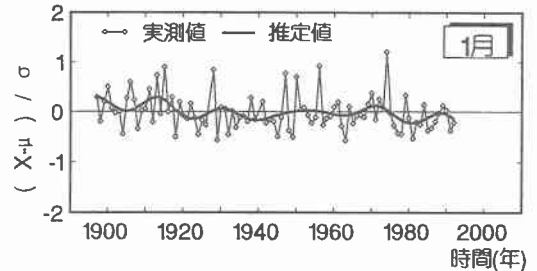


図-4 一雨降水量の平均値の時系列変化

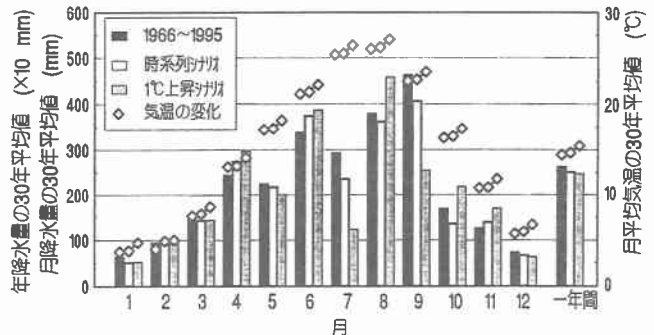


図-5 気温シナリオによる平均月降水量の予測変化量