土木学会第49回年次学術講演会（平成６年９月）

II－61　降水量時系列のトレンド解析と将来予測の可能性

岐阜工業高等専門学校　正員　鈴木正人

1．はじめに

従来の水文量の頻度解析において，多くの場合に資料の定常性は前提とされてきた。その前提を見直し，非定常性を考慮した頻度分析[1]などが提案されてきている。著者らは以前，資料の均質性という観点から年を単位とした日降水量の頻度分布形状の同一性の検討[2]を行ったが，本研究は年降水量時系列の非定常性に着目して，多項式回帰モデルと階差モデルの二つの手法でトレンド解析を行うとともに，得られたトレンドより将来の年降水量のトレンドを予測する手法を提案し適用することで，予測の可能性の考察を試みたものである。

2．トレンドの推定および将来予測の手法

一般的にトレンドといった場合，時系列データの増加あるいは減少の一方的な傾向を指すことも多いと思われるが，本研究では変動の大略という意味として用いる。したがって周期的に時系列データが変動している場合でも，それはトレンドの一部として表現しうるものと考え，周期成分だけを抽出することは行わない。また，本研究では年降水量時系列を対象としてそのトレンドを推定するため，推定手法として時系列データがトレンドの周りに正規分布にしたがってばらつくと仮定した多項式回帰モデルと階差モデルの二つの手法[3]を用いた。

2．1　多項式回帰モデル　多項式回帰モデルは，時点x_nに対応した時系列データy_nが次式のようにm次の多項式で表現されるトレンド成分t_nと，平均0分散σ^2の正規白色雑音w_nの和で表現できると仮定したモデルである。

$$y_n=t_n+w_n \qquad (1), \qquad t_n=a_0+a_1x_n+\cdots+a_mx_n^m \qquad (2)$$

与えられたデータに対して多項式の次数を仮定してモデルを推定し，AICが最小となる次数のモデルを採択する。

2．2　階差モデル　階差モデルは多項式回帰モデルと同様に，時系列データが(1)式の形式で表現できるものとし，トレンド成分t_nについて次式のような確率差分方程式が成り立つと仮定したモデルである。

$$\Delta^k t_n=v_n \qquad (3)$$

ここで，Δ^kはt_nについてk階の階差をとることを意味し，v_nは平均0，分散τ^2の正規分布に従う白色雑音とする。階差の数kを仮定してモデルを推定し，AICにより適したモデルを採択する。

2．3　将来予測の方法　既存の時系列データから推定されたトレンドを用いて，将来の時系列のトレンドを予測する。まず多項式回帰モデルによりトレンドを推定した場合は，得られた多項式を将来に渡り延長することにより行う。つまり，推定されたモデルにおいて，(2)式に含まれる時点x_nに将来の時点を代入することにより将来のトレンドの予測値を計算する。

階差モデルの場合は，多項式回帰モデルとは異なり，トレンドが一つの数式で表現されていない。そこで，推定されたトレンドを将来に渡り直線的に延長する。その方法として，① 得られたトレンドを直線回帰して延長する，② 得られたトレンドの中で最終時点に対応する点と最終時点から最も近傍の極値に対応する点を直線で結び延長する，という二つの方法を用いた。

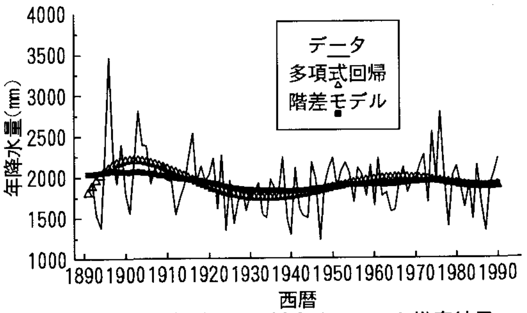
3．　適用計算

計算対象のデータとして岐阜市における1891年～1990年までの100年分の年降水量（平均:1923.2mm，分散:122,108mm^2，歪み係数:0.86）を用いた。まず最初に，全データに対して多項式回帰，階差の両モデルによりトレンドを推定し，各々のモデルの中でAICが最小になったものを図－１に示す。多項式回帰の場合は5次式のモデルが，階差モデルの場合は１階の階差を取ったモデルが選ばれた。図を見ると，両者ともほぼデータの傾向を表しているといえるが，多項式回帰モデルの方がよりデータに追従しているようだ。特にデータの端の方でその傾向は強く，1891～1910年の辺りで両モデルの差が顕著に現れている。

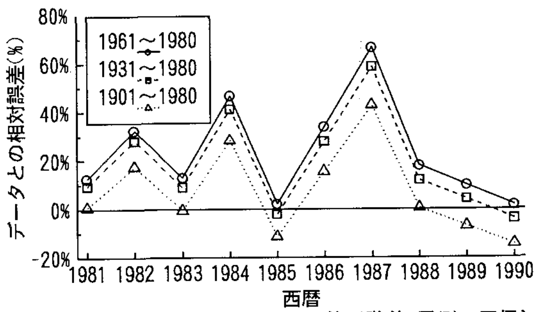
つぎに，トレンド推定の期間長と予測精度との関係を検討するために，全データのうち1981年から1990年までの１０年間の年降水量を未知として，1980年以前のデータよりトレンドを推定し，得られたトレンドを用いて未知と仮定した１０年間分のトレンドを予測して，実際のデータとの差を調べた。トレンド推定の期間は1961～

1980年（20年間），1931～1980年（50年間）1901～1980年（80年間）の３通りを対象とした。図－２に各推定期間長におけるトレンドの予測値と実際のデータとの相対誤差（＝（予測値－データ）÷データ）を示す。トレンドの推定には階差モデルを，将来予測には直線回帰により延長する手法を用いている。全般的にみて，トレンド推定の期間長が長いほど相対誤差も小さくなっている。また，いずれの期間長の場合も，誤差のばらつきが正の方に偏っているが，これは予測値が実際のデータより大きめに推定されていることによる。

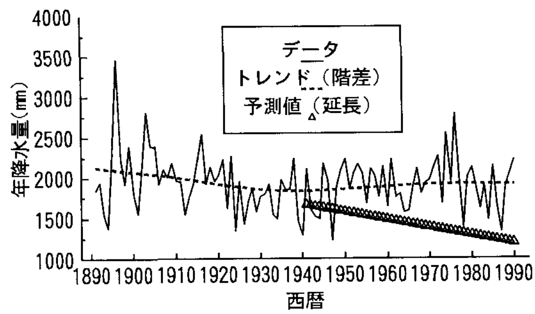
さらに，予測する期間の長さと予測精度との関係を検討するために，全データのうち，1941年から1990年までの50年間の年降水量を未知と仮定して，1891～1940年の50年間のデータを用いてトレンドを推定し，得られたトレンドより未知と仮定した期間の年降水量のトレンドを予測した。階差モデルを延長することによるトレンドの予測値を図－３に，またトレンドの予測値と実際の年降水量データとの相対誤差を図－４に示す。図－３において点線は，全データを対象にして階差モデルにより推定したトレンドを意味する。また，図－４で点線はトレンドによる予測をせずに1891～1940年の平均値そのものがそれ以後も不変と仮定した場合の平均値とデータとの相対誤差を意味する。図－３によると，全データを用いて推定されたトレンドが，1940年頃までは減少傾向でそれ以後は微増といったように折れ曲がっている。予測値もそれを反映して減少傾向になっており，データとの差は年を経るに従って大きくなっている。図－４からも予測開始後５年間程度は，予測をしない場合よりも誤差が小さくなっているがそれ以後はかえって予測をしない方が良いことがわかる。



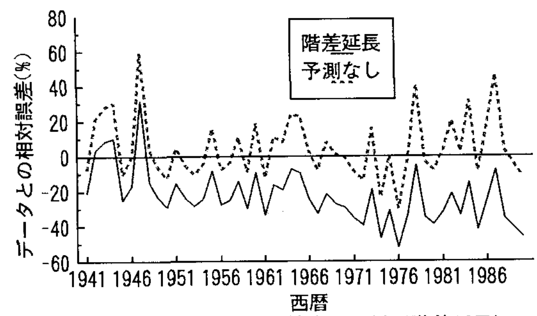
図－１　全データに対するトレンド推定結果



図－２　トレンド推定長と予測誤差（階差，予測：回帰）



図－３　階差モデル延長による予測結果



図－４　予測期間長と精度の関係（階差延長）

４．　まとめ

本研究で用いたトレンド推定と将来予測の手法によると，あまりに長期の予測は難しいことが示唆された。これが手法によるものか，対象となるデータの特質によるものか，を検証するために他の地点のデータに対する適用を行う必要があろう。最後に本研究を行うにあたり，数値計算や資料整理等において前岐阜工業高等専門学校学生木下和也君の助力を得たことを記し謝意を表する。

５．　参考文献

1）寒川典昭・小牧健二・原創太：周期性と信頼性を考慮した水文量の非定常頻度分析，土木学会中部支部平成五年度研究発表会講演概要集，pp.259-260,1994.

2）鈴木正人・長尾正志：多項分布モデルによる日降水量頻度分布の同一性の検討とグループ分け，水工学論文集第37巻，pp.33-38,1993.

3）北川源四郎：時系列解析プログラミング，岩波書店，pp.245-263.1993.