

スウェーデン・ルンド市における降雨時系列の変動特性について

九州大学工学部 学生員 ○今井 隆滋  
 九州大学工学部 正員 河村 明  
 九州大学工学部 正員 神野 健二  
 九州大学工学部 正員 Ronny Berndtsson

1. はじめに

降水の時系列の検討に当たっては、主として降水時系列の長期的傾向と異常降水に関する解明が必要であると考えられる。本報では、スウェーデン・ルンド市の月降水量時系列データを用いてその変動特性の解析を行っている。本データは1753年から1990年までの238年間2856ヶ月のデータであり、日本の降雨データに比べ蓄積データ数が相当多いのが特長である。本報においては、異常降水を検出する場合、降水時系列を1つの動的システムからの出力とみなし、これを周期関数でモデル化している。そして、平均的降水パターンと実測値のずれの度合を異常検出指標<sup>1)</sup>  $\phi$ により求めて、降水時系列の異常性を定量的に把握するとともに、その異常の特徴を検討している。

2. 降水資料解析の定式化 本報では、上記の月平均降水量(mm/月)2856ヶ月の時系列データを用いて解析を行った。この降雨時系列の各月ごとの平均値(実線柱状図)と平均値±標準偏差の線(点線柱状図)を図-1に示す。この図の実線柱状図に示されるルンド市の平年的な降水パターンは、7~8月に1つの山をもっていて3月に谷がある。しかし、その差は2倍程度であり日本のそれに比べかなり小さい。また標準偏差は上述の多雨期にやや大きく少雨期にはやや小さくなっているもののその差は余り顕著ではない。次に、本データの年降水時系列を図-2に示す。この図より年降水時系列の長期的傾向を見てみると上昇傾向がうかがえる。さて、本月降水量時系列データのヒストグラムを図-3(a)に示す。一般に月平均降水量の分布は非対象であり、対数変換やn乗根変換によって正規分布で近似できるといわれていることから、データの対数変換値のヒストグラムを求めると図-3(b)のようになり、小さな値のところに度数がいくらか残るものの一応対数正規分布と見なすことが可能と考えられる。さらにここでは、長期的な降水時系列の傾向を調べることを目的として、時系列の高周波成分のカットおよびよりよい正規化を行うために、対数変換時系列をさらに次の式(1)に示す再帰型のlow-passフィルターにかけデータの平滑化を行った。

$y(k) = (1-\alpha) \log\{z(k)\} + \alpha y(k-1) \dots \dots \dots (1)$  ここに、k: 時点, y: 対数変換平滑化時系列の値 {log(mm/月)},  $\alpha$ : 平滑化係数, z: 月平均降水量(mm/月)。そして、式(1)の $\alpha=0.6$ とした場合のヒストグラムを図-3(c)に示す。なお、low-passフィルターの特性については参考文献2)を参照されたい。

図-1 238年間の各月ごとの平均値と平均値±標準偏差

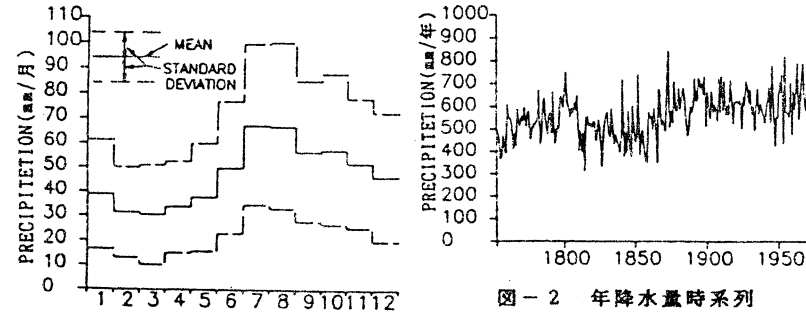


図-1 238年間の各月ごとの平均値と平均値±標準偏差

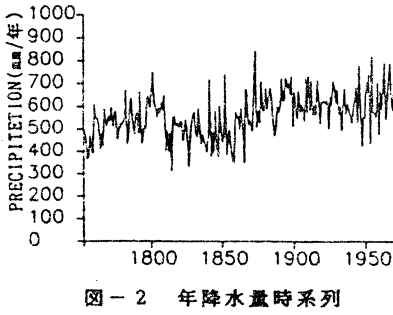


図-2 年降水量時系列

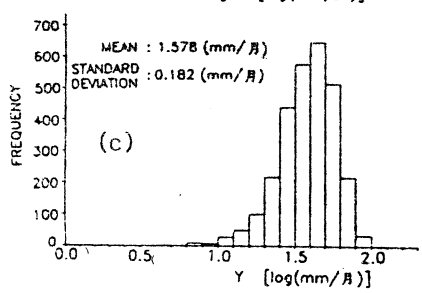
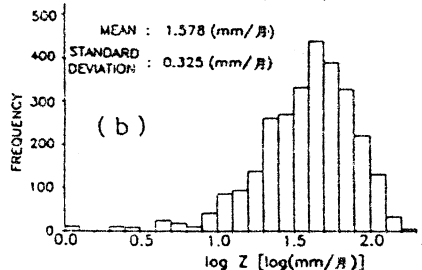
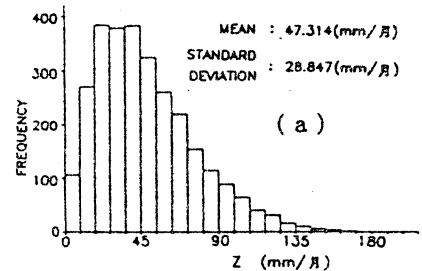


図-3 ヒストグラム  
 (a) 月降水量時系列  
 (b) 対数変換月降水量時系列  
 (c) 対数変換平滑化月降水量時系列

次に、対数変換平滑化時系列データについて、最大エントロピー法(MEM)によるスペクトル解析を行った結果を図-4に示す。この図より、1年周期のみが卓越していて、それ以外の長周期および短周期成分は余り顕著でない。そこで、 $y(k)$ を次式のように周期関数でモデル化する。 $y(k)=M+A\sin 2\pi fk+B\cos 2\pi fk+w(k)\dots\dots(2)$

ここに、 $f$ :周波数で、 $f=1/12(\text{cycle/月})$ を用いる。 $M$ :平均値、 $A$ 、 $B$ : $f$ に対する振幅、 $w$ :ランダム成分で平均値0、分散 $W$ の正規性白色雑音。

さて、式(2)でモデル化された時系列の周波数成分 $f$ を与えて、平均値 $M$ および振幅 $A$ 、 $B$ をカルマンフィルターを用いて逐次同定してから平均的降水パターンと実測値のずれより異常検出指標 $\phi$ を各時点毎に逐次算定してゆく。カルマンフィルターによるパラメータの推定過程、および周波数関係時系列に対するカルマンフィルターおよび異常検出指標 $\phi$ の種々の特性については参考文献1)を参照されたい。

本報では異常降水指標 $\phi$ のピークが2を超えた異常降水を20個抽出して解析を行った。この異常降水は約12年に一度生じるような異常に相当する。これらの20の異常降水の中から特徴的な異常降水を3つ選び、図-5(a)~(c)に示す。これらは $\phi$ のピークの大きさが1位、4位、5位の異常降水として検出されたものである。

**3. 考察**  $\phi$ の値により抽出された20の異常降水を解析した結果、異常降水のタイプは、図-5(b)のように各月とも平年以下の少雨が継続し、大濁水の可能性が大きい少雨継続タイプA、図-5(c)のように平年以上の多雨が継続する多雨継続タイプB、図-5(a)のように平年より極端な少雨と多雨が現れる変動の大きなタイプCの3つに大別された。なお、 $\phi$ のピークが2を越える20個の異常降水のうちタイプAが3回、Bが4回、Cが13回生起してタイプCが最も多い。したがって $\phi$ が増加傾向にあるときや急激に大きくなったときは降水量に少雨、多雨両方の極端な値が出現しやすいタイプCを想定した対策が必要と考えられる。以上のように、降水資料があれば本報により、 $\phi$ を逐次算定してゆき異常降水を定量的に検出することができ、また、これにより異常降水の特性を把握することができると考えられる。

**4. むすび** 本報では、スウェーデン・ルンド市の238年間の降雨時系列を用いて、従来漠然としていた異常降水を客観的かつ定量的に検出し、その異常降水のタイプを評価・分類した。今後はさらに、降水時系列を同じ降水パターンと見なせる区間に分割して長期的な降水時系列の特性を解析するつもりである。

**参考文献** 1) 上田年比古・河村明・神野健二：適応的カルマンフィルターによる異常値検出について、土木学会論文集，第345号/II-1, pp.111~121, 1984年5月。 2) 河村明・上田年比古・神野健二：降水時系列の長期的パターン変動の解析，土木学会論文集，第363号/II-4, pp.155~163, 1985年11月。

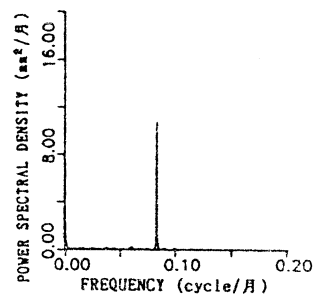


図4 対数変換平滑化降水量時系列のスペクトル

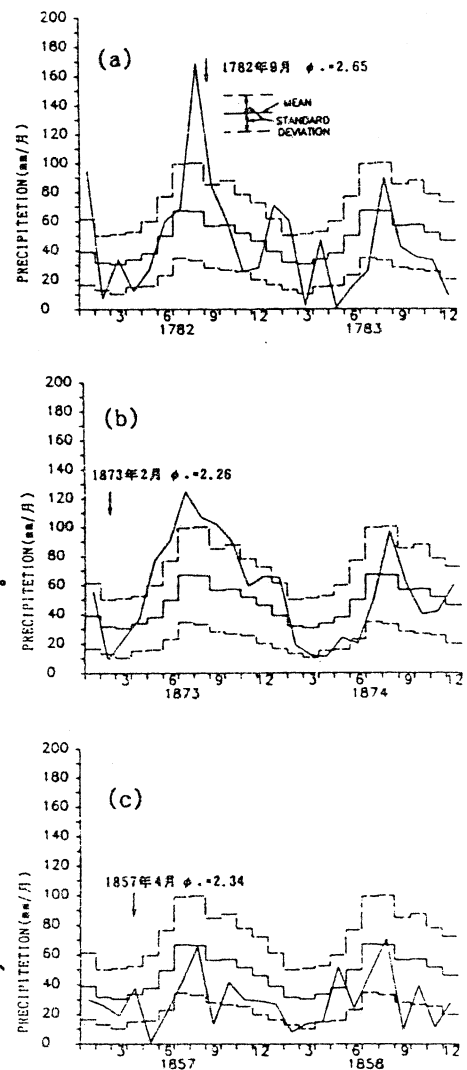


図5 異常降水時系列の主なパターン (a) (b) (c)