

徳島大学工学部 正員 端野 直夫
徳島大学大学院 学生員 〇国方美規義

1. まえがき : 一般に水文事象は、非線形・非定常なものである。本研究は、この点を考慮して、降雨時系列を最尤法により非定常解析し、降雨時系列の分布特性を明らかにする。次にこの分布特性を用いて降雨時系列の予測を行うものである。最近水文事象の予測手法として種々の情報理論や制御理論が提案されているが、本研究では、これらの予測手法の基礎とも言える自己回帰モデルを使用した。

資料として大阪の71年間(1900~1970年)の時間降雨を用いた。降雨時系列を解析する際に、降雨時系列を梅雨期(6・7月)、台風期(8~10月)および台風時に分けた。なお台風時とは台風に起因する降雨と思われるもので、気象災害年表等により判断した。ここに降雨時系列を降雨継続時間(途中の0器降雨も含む)が5時間以上のものと定義し、無降雨継続時間(0器降雨も含む)が5時間以上のものは別の時系列扱いとした。資料は、梅雨が477個、台風期が947個、台風時が79個である。

2. 降雨特性 : 原データは相当歪んでいるので、次式のようなslade型対数変換により正規化を行うことにする。

$$y(t) = k(t) \cdot \ln[(x(t) + b(t))/c(t)] \quad (1)$$

ここに、 x は原データ、 y は標準正規化変量、 k ・ b ・ c はパラメータである。この変換式のパラメータを最尤法により非定常解析を行な、た結果を図1~

表-1 全資料による推定値

時 期	k	b	c
梅雨期	0.9916	0.8128	1.7416
台風期	1.0006	0.4415	1.3188
台風時	1.3097	1.4302	3.0752

図3に示す。これによると梅雨期・台風期のパラメータ k ・ b ・ c はほぼ一定でありまた b は0に近い値であるのに対し、台風時ではパラメータは k ・ b ・ c ともに従より大きくまた時間的な変動が大である。この結果より梅雨期・台風期・台風時どれにおいても降雨量に関して双曲線型指数分布をなし、台風時の歪が従より小さく、medianは高いことがわかる。一方、各時期の全資料により推定したパラメータの推定値を表1に示す。この値は非定常解析により得た値より特に b と c において大きい。なお継続時間に関しては、梅雨期・台風期が指数分布をなしているのに対して、台風時は一様分布に近いことがわかった。

3. 自己回帰モデルによる予測方法 : 例えば、正規化した値 y に関する n 次の自己回帰モデルは次式で示される。

$$y(t) = M(t) \cdot h(t) + w(t) \quad (2)$$

$$x(t) = c(t) \cdot \exp(y(t)/k(t)) - b(t) \quad (3)$$

$$M(t) = (y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n)) \quad h(t) = (a_1(t), a_2(t), \dots, a_n(t))$$

ここに、 $w(t)$ はガウス性白色雑音、 $a_i(t)$ ($i = 1 \sim n$)は回帰係数を示す。この回帰係数はYule-Walkerの関係式から相関行列 $R_y(t)$ より求められる。したが、 y に関する自己回帰モデルで予測を行う場合、以下のような予測方法が考えられる。

① $k(t)$ 、 $b(t)$ 、 $c(t)$ を非定常として与えるか、または定常として与えるか。

② 回帰係数 $h(t)$ を求める場合、相関行列 $R_y(t)$ を非定常として与えるか、または定常として与えるか。

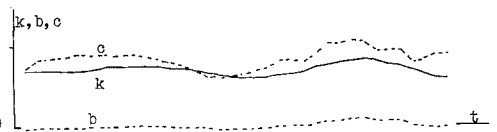


図-1 k, b, cの時間特性 (梅雨期)

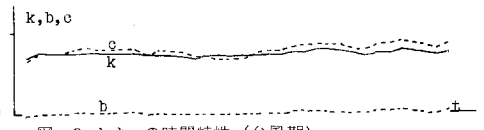


図-2 k, b, cの時間特性 (台風期)

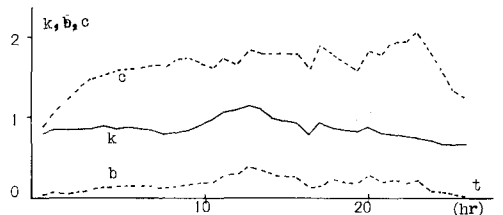


図-3 k, b, cの時間特性 (台風時)

iii) 回帰係数 $h(t)$ を求める場合、相関行列 $R_2(t)$ の次元をいくらとするか。

況に正規化を行わずに原データにより直接予測を行う場合には、前述のiii)の予測方法が考えられる。

予測の評価は、予測値 $\hat{x}$ (y により予測を行なった場合には、予測値 $\hat{y}$ を式(3)により変換した値)を用いた次式で示される相対誤差 ε_1 、絶対誤差 ε_2 、予測の効果度 ε_3 と、予測値 $\hat{x}$ と実測値 x との相関係数 r により行なうことにする。

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\hat{x}(i) - x(i)}{x(i)} \right)^2} \quad \varepsilon_2 = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N (\hat{x}(i) - x(i))^2} \quad \varepsilon_3 = \frac{\sum (x(i) - \bar{x})(\hat{x}(i) - \bar{\hat{x}})}{\sum (\hat{x}(i) - \bar{\hat{x}})^2} \quad (4)$$

ここに N は時系列のデータ数、 y はlead timeを示す。

4. 適用結果 : 大阪の時間降雨の内より台風時の降雨時系列5 case選り、前詳了。のり～にに対応する表2のようなNo.1～6の6種類の予測条件で、況を1次より8況まで変え、No.1とNo.2に関しては x で予測し、他は y で予測した。予測結果のうち一部を表すに示すが、これより況のことがわかった。

i) 原データを正規化せず予測すると、当然のことであるがあまり精度は期待されない。

ii) 正規化を行なった後に予測を行う場合、つまり y で予測する場合、 y についての相関行列 $R_2(y)$ とパラメータ k, b, c とともに非定常とするか、またはともに定常とすべきで、相関行列を定常、パラメータを非定常、ないしはその逆とおくと精度は期待されない。

iii) 相関行列・パラメータともに非定常とおく場合は4況以下であると精度がよく、逆にともに定常とおくと況に關係なく精度がよくなった。

以上のことより況の点で結論できよう。

i) 正規化を行な、下後に予測を行う必要がある。

ii) パラメータ、相関行列は定常として予測を行な、ても十分である。

iii) 況は1況でも十分である。

5. あとがき : 今回は、台風時だけの予測であ、したが、以上の正規化の有用性などにパラメータ、相関行列を定常として予測を行な、ても十分であること等は梅雨期・台風期においても期待される。また相関行列、パラメータを、非定常解析によ、た値より推定したため、定常解析によ、た値と若干のずれがある。これによりもう少し精度は向上でき得るものと思われる。しかし、立ち上がり部で予測が逆れること、降雨量が尤の場合の予測のまずせ等は今後に残された課題である。

参考文献 : 1) 大阪府 ; 大阪の雨量、(1966)

2) 島山久尚 ; 気象災害、其立出版(1966)

3) 端野道夫 ; 最尤法による対数正規分布の実用的定数推定法とその応用例、第20回水理講演会論文集(1976)

No.	k, b, c	相関係数	対象
1	—	非定常	x
2	—	定常	x
3	非定常	非定常	y
4	定常	非定常	y
5	非定常	定常	y
6	定常	定常	y

No.	n	ε_1	ε_2	ε_3	r
1	1	0.2492	0.9337	1.175	0.3815
	2	0.3340	1.042	0.9435	0.1618
	5	0.5187	2.475	0.1672	0.6168
	7	1.447	1.556	0.4230	0.0772
2	2	3.063	2.601	0.1514	0.0437
	3	2.691	1.842	0.3018	0.1210
	4	2.617	1.550	0.4548	0.1281
	5	2.528	1.156	0.7665	0.2403
	6	2.569	1.067	0.8996	0.3276
	7	2.749	1.089	0.8631	0.2958
	8	0.4867	0.9670	1.245	0.3833
	8	0.4738	0.8729	1.344	0.4958
3	2	0.5036	0.9182	1.215	0.3408
	3	0.5360	0.8652	1.368	0.4169
	4	0.5164	0.9197	1.185	0.2959
	6	0.2808	0.9494	1.136	0.3352
4	3	0.8874	2.591	0.1525	0.0601
	4	0.6949	1.252	0.6540	0.0927
5	8	0.6270	0.8419	1.445	0.5017
6	1	0.7392	0.8567	1.400	0.4258
	2	0.7365	0.8550	1.405	0.4285
	3	0.6696	0.8584	1.394	0.4339
	4	0.6736	0.8654	1.372	0.4243
	5	0.6714	0.8641	1.376	0.4399
	6	0.6226	0.8445	1.437	0.4878
	7	0.6003	0.8462	1.434	0.4723
	8	0.7009	0.8612	1.385	0.4371

注 : nの欠番は精度が非常に悪い

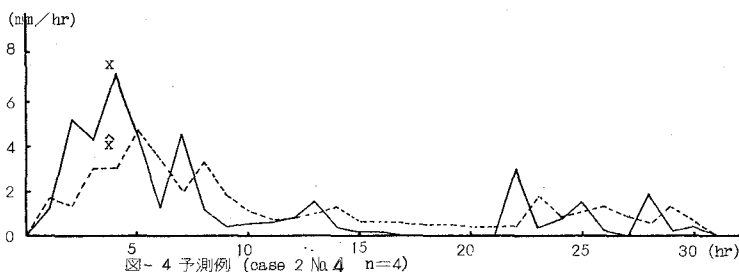


図-4 予測例 (case 2 No. 4 $n=4$)

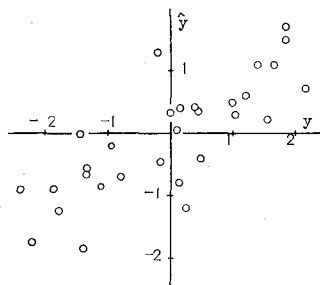


図-5 予測例 (case 4 No. 1 $n=4$)