

降雨時系列特性とその予測に関する二・三の考察(第2報)

徳島大学工学部 正員 端野 道夫
 徳島大学大学院 学生員 ○国方美規義
 中村建設 林 祐和

1. まえがき : 昨年の17号、一昨年の5・6号の台風による水災害により間い直されている防災対策問題、また、近年都市における水不足に関する水資源問題の解決をはかるために降雨の予測法の確立が必要とされている。しかし、降雨現象は非線形・非定常なもので取り扱いが非常に困難である。そこで第1報では、非定常性に注目し、非定常性を考慮したAR modelを用いて検討した。その結果、予測においては非定常性を考慮しなくても十分であることがわかった。そこで本報告では、第1報で考慮していない非線形性に注目し、非線形modelであるGMDHを用いて、1時間降雨系列と3時間降雨系列の2つの系列について検討を行なった。また降雨系列の上昇・下降に関する降雨特性について若干の考察を加えた。使用したdataは、大阪の71年間(1900-1970)の時間降雨^①のうち、気象年表等^②により台風に起因されたと判断された79個である。

2. GMDH理論 : 本理論は、A.G. Ivakhnenkoにより、1968年に開発提唱された方法であり、発見的自己組織化の原理に基づくもので、高次の非線形性を有し、構造が未知な系(時系列等)について、「変数が少なく」、「小数のdata」で高次の多項式近似を可能にする柔軟な手法である。(詳細は他に譲った。)^③

3-1. 降雨特性(非線形性) : 一般に、降雨時系列の3時間周期が知られている^④。そこで、1時間降雨系列と3時間降雨系列をそれぞれ標準化した系列をinput dataとして、AR model(1~5次)とGMDHの同定を行い、非線形性について考察した。同定の評価は、input dataと同定値との二乗平均誤差 ϵ (mm/hr)、相関係数 r によった。同定結果を、1時間降雨系列については表1、3時間降雨系列については表2に示す。AR modelについては、同定精度の最良の次数 m についてのものである。表1、2を比較すると、1時間降雨系列の場合、非線形性を考慮する必要があるのに対し、3時間降雨系列の場合、非線形性を考慮しなくても十分であることがわかった。同定の一例を図1、2に示す。図1は1時間降雨系列について非線形性を考慮した場合、図2は3時間降雨系列について線形で行った場合である。

表-1 同定精度 (AR・GMDH-移動平均無)

Date	m	AR		GMDH	
		ϵ	r	ϵ	r
1956・09・25	5	3.427	0.540	3.380	0.554
1958・08・24	5	2.163	0.496	1.827	0.660
1959・09・25	3	2.409	0.261	2.041	0.465
1965・09・16	5	3.801	0.545	3.681	0.582

注: m =次元、 ϵ =二乗平均誤差 (mm/hr)
 r =相関係数

表-2 同定精度 (AR・GMDH-移動平均有)

Date	m	AR		GMDH	
		ϵ	r	ϵ	r
1956・09・25	5	1.457	0.883	1.692	0.859
1958・08・24	5	0.811	0.903	0.890	0.882
1959・09・25	2	0.898	0.802	0.802	0.845
1965・09・16	5	1.424	0.912	1.377	0.918

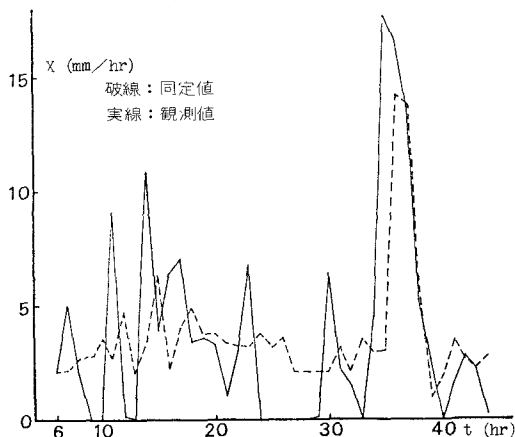


図-1 同定結果 (GMDH-MA無 1965・09・16)

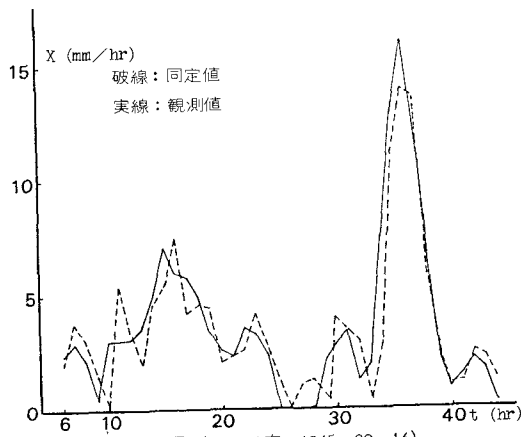


図-2 同定結果 (AR-MA有 1965・09・16)

3-2. 降雨特性（時間降雨系列の上昇・下降に関する特性）：1時間降雨系列と3時間降雨系列について、時間降雨系列の上昇・下降に関する特性を考察した。input data としてlag time 5まで考え、降雨系列が上昇する場合と下降する場合について重相関分析法により回帰係数と重相関係数を求めた。その結果を表3に示す。ここにMA無（有）とは1（3）時間降雨系列であることを示し、up,downとは、それぞれ次の時刻に降雨系列が上昇・下降することを、allとはその区別を行っていないことを示す。Rとは重相関係数であり、 a_i はlag time i ($i = 1 \sim 5$)の回帰係数である。表を見ると、重相関係数は、時間降雨系列を上昇・下降と区別した場合が区別しない場合より大きく、それは1時間降雨系列について著しい。そして下降する系列のそれは上昇する系列よりも大きい。また3時間降雨系が1時間降雨系列よりも、系列を上昇・下降と区別する場合が約0.2ほど大きく区別しない場合は0.35ほど大きい。次に回帰係数を見ると、1時間降雨系列の場合、 a_1 を除いて著しく小さいのに対し、3時間降雨系列の場合、 a_1 以外でも比較的大きく、系列が上昇する場合と下降する場合を比較すると、 $a_3 \sim a_5$ については、系列が下降する場合が大きく、これは3時間降雨系列において著しい。

表-3 回帰係数（台風時）

MA		R	a1	a2	a3	a4	a5
無	up	0.771	1.864	0.009	0.009	-0.004	-0.009
	down	0.788	0.571	0.006	-0.011	-0.024	0.020
	all	0.574	0.936	0.103	0.026	-0.048	0.021
有	up	0.940	1.436	-0.219	-0.041	0.118	-0.048
	down	0.970	1.096	-0.135	-0.541	0.551	-0.211
	all	0.923	1.515	-0.488	-0.551	0.705	-0.281

注：R=重相関係数、 a_i =lag i の回帰係数

4. AR・GMDHによる降雨時系列の予測：上記の同定結果より、1時間降雨系列で予測するよりも、3時間降雨系列で予測するのがよいことがわかった。そこで3時間降雨系列についてARmodel（1～5次）とGMDH、それに3-2の降雨特性を考慮した線形model（以下修正ARと記す）の3つの方法を用いて予測を行った。なおARmodel, GMDHに関しては、同定の延長としての予測であり、修正ARに関しては、台風時の降雨10個より算出した表3の回帰係数による予測、つまり、次の時刻の降雨系列の上昇・下降に関する情報が入手できた場合の予測である。予測の評価は二乗平均誤差 ϵ 、相関係数 r 、予測の効果度 ϵ_3 による。予測の効果度は、1以上なければ予測の意味がないということを示す指数である。予測結果を表4に示す。これによると相関係数は、ARmodelについては低次のものがよく約0.8、GMDHについては約0.65、修正ARについては約0.94である。二乗平均誤差は、ARmodelについてはGMDHの二乗平均誤差の73%、修正ARはその53%である。予測の効果度はARmodelが約1、GMDHが約0.5、修正ARが約4である。以上のようにARmodel, GMDHが修正ARより精度が劣るのは、降雨の上昇・下降の情報が入っていない点と、同定の延長としての予測のため同定に必要なdata数が入手できないまま予測する必要が出るとか局部的降雨特性に影響を受ける点にあると思われる。

表-4 予測精度（AR・GMDH・修正AR-MA1）

Date	m	AR			GMDH			修正AR		
		ϵ	r	ϵ_3	ϵ	r	ϵ_3	ϵ	r	ϵ_3
1956・09・25	2	1.72	0.83	1.01	2.14	0.73	0.59	0.81	0.92	5.50
1958・08・24	2	1.16	0.81	1.08	1.94	0.60	0.40	0.69	0.94	2.85
1959・09・25	2	0.99	0.77	1.03	1.30	0.64	0.45	0.52	0.94	3.50
1965・09・16	2	2.28	0.80	0.95	2.95	0.75	0.55	1.13	0.95	3.59

5. あとがき：以上の結果より次の事がわかった。降雨系列の非線形性は、1時間降雨系列では考慮する必要があるが、3時間降雨系列では考慮しなくても十分である。降雨系列の上昇・下降に関する特性は、1時間降雨系列ではlag time 1の影響のみが大であるが、3時間降雨系列では他のlag timeの影響も比較的大で重相関係数も大である。予測には、3時間降雨系列で行うべきで、降雨系列の上昇・下降の情報を入れた修正ARが最も適している。

参考文献：①大阪府：降雨，②島山：気象災害共立出版，③池田：構木・GMDHと複雑な系の同定・予測，計測制御（1975.5），④矢野：水害の科学技術

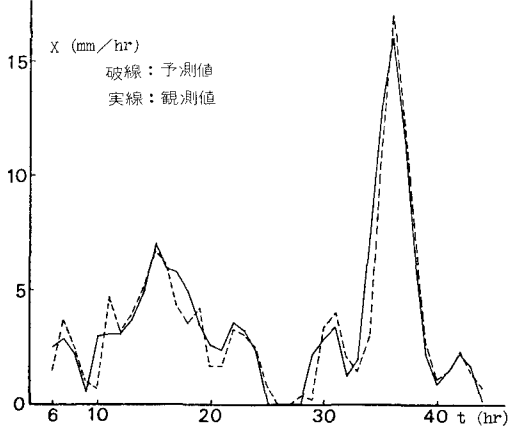


図-3 予測結果（修正AR-MA有-1965・09・16）