

秋田県における確率降雨強度曲線の地形特性について

秋田大学 ○ 学生員 島 毅
正 員 石井 千寿太郎

1. はじめに 特定の地点の地形特性を示す諸因子のうち、秋田県内で用いられる確率降雨強度曲線に影響を及ぼす因子として、どのような因子が挙げられるかを検討するため、バリマックス法¹⁾による因子群のグループ化及びstep-wise法²⁾による因子の選択が行なわれる重相関法⁴⁾の解析が行なわれた。

2. 確率降雨強度曲線の特性を示す変量及び地形の特性と日降雨の特性を示す因子 一地点の降雨強度データに当てはめる確率降雨強度式については、 $t=1,2,\dots,6$ hrの各継続時間の降雨強度の確率分布に対し、(1)式のGumbel分布を仮定する。

$$F(y) = \exp(-e^{-y}) \quad y = a(I - I_0) \quad y = -\ln\{\ln(T) - \ln(T-1)\} \quad (1)$$

ここで、 I は降雨強度、 T は確率年を示す。各継続時間の(1)の定数 y_0 と I_0 を確率降雨強度曲線の特性を示す変量とし、その変量のデータは秋田県内32地点の時間雨量観測点において、角屋の方法³⁾に従って求めた。次に、地形及び日降雨の特性を示す因子として、表-1に示している因子を用いる。 P_1 から P_{19} までが、地形の特性を示す変量であり、地形性の降雨量を対象としたものであり、 P_{10} と P_{19} は、日降雨の特性を示す因子で非地形性の影響を表すものと考えられる。その確率年を20年としたのは、ほとんどの時間雨量観測点の日雨量の観測年数が20年程度であり、無理なく20年確率の1日及び2日雨量が推算されるからである。また、谷密度(P_{12})については、谷の判定が難しく、個人差が入り易いので、地点を中心とした半径4 km以内の河川の本支川の数を代用している。

3. 因子の選択 確率降雨強度曲線の特性を示す変量への各地形因子及び日降雨因子の影響の度合いは、重相関法により求められる標準偏回帰係数値を比較することによってなされる。しかしながら、これらの因子のうち、相互に強い従属性のある因子が存在する場合、その係数値の比較によって、各因子の影響の度合いを判定することは、困難である。このため、次のバリマックス法による因子のグループ化を行ない、他の因子との従属性の強い因子の省略について検討された。

(バリマックス法による検討) P_1 から P_{19} の因子の中には、独立な因子と相互に従属性の強い因子とがある。表-2は、バリマックス法により求められた第1から第19までの互いに直交する合成変量と各予期変量との相関を示す構造ベクトルである。この表から、秋田県における地形及び日降雨の特性を示す因子間の特徴としては、第1グループの起伏(P_1)と日本海からの距離(P_2)、高度

表-1 地形及び日降雨因子の定義

因子名 (単位)	定 義	地形図の スケール
P1 高 度(h)	地点の標高	1/5万
P2 起伏度(2km) h1-h2(m)	地点より2km離れた4地点(東西南北の地点)の平均標高h2と地点標高h1の差	1/5万
P3 起伏度(4km) h3-h4(m)	同様に4km離れたh3とh4の差	1/5万
P4 起伏度(8km) h5-h6(m)	同様に8km離れたh5とh6の差	1/20万
P5 起伏 度(h)	上記のh4	1/20万
P6 日本海からの距離(km)	地点の日本海海岸への最短距離	1/50万
P7 谷方向(度)	地点近傍の河川の下游の方向。北を0度とし、反時計回りに角度をとり、	1/5万
P8 傾 斜 P=1 (度)	地点の北1km程度の標高と、東1km程度の標高との差	1/5万
P9 傾 斜 P=5 (度)	地点の北1km程度の標高と、南1km程度の標高との差	1/5万
P10 傾 斜 P=SW (度)	地点の北1km程度の標高と、南東1km程度の標高との差	1/5万
P11 傾 斜 P=SE (度)	地点の北1km程度の標高と、南西1km程度の標高との差	1/5万
P12 谷密度	地点を中心とした半径4km以内の本支川の数	1/5万
P13 傾度度(度)	地点を中心とした半径20km以内で、地点より200m以上高い部分をふちどり、中心から放射状にそれに接する直線を引いたときの傾いてる部分の角度の総和	1/20万
P14 傾度度度(度)	地点の周囲で傾度度のさい最も傾いた方向。谷方向と同じ角度で角度を度む	1/20万
P15 傾度度度度(度)	傾度度度度と反対方向の近隣山地の傾度度度度	1/20万
P16 山背度度度(度)	地点のせきより山背への傾度度度度	1/20万
P17 傾度度度度(度)	地点を中心とした半径4km以内の最高度の地点に対する方向。谷方向と同じ角度で角度を度む	1/5万
P18 20年確率日雨量 (mm/day)	20年確率日雨量	
P19 20年確率2日雨量 (mm/2days)	20年確率2日雨量	

表-2 合成変量の構造(バリマックス法)

因 子	合成変量の構造					その他
	I	II	III	IV		
P 5	0.930	-0.181	0.092	-0.019		
P13	-0.136	0.951	-0.086	0.044		
P18	0.105	-0.096	0.956	-0.035		
P11	0.101	0.370	0.283	0.868		
P 8	-0.132	-0.070	-0.026	-0.196	V : 0.969	(P 4 : 0.276)
P 3	0.132	0.690	0.135	-0.131	VI : 0.678	(P 7 : -0.295)
P15	-0.642	-0.054	-0.147	0.019	VII : 0.738	(P 10 : -0.287)
P 7	0.246	-0.146	-0.067	0.135	VIII : -0.913	(P 16 : 0.248)
P14	0.048	-0.101	-0.122	0.207	IX : 0.924	(P 17 : -0.146)
P10	0.544	0.355	0.095	0.211	X : 0.654	(P 2 : -0.133)
P12	-0.122	0.044	0.665	0.038	XI : 0.588	(P 18 : -0.157)
P16	0.436	0.050	-0.049	-0.026	XII : 0.871	(P 9 : -0.076)
P17	-0.587	0.170	-0.146	-0.123	XIII : 0.667	(P 5 : 0.107)
P 6	-0.523	-0.013	0.159	-0.092	XIV : 0.743	(P 6 : -0.064)
P 9	0.818	-0.281	-0.230	0.023	XV : 0.395	(P 5 : -0.175)
P 2	0.005	-0.126	0.653	0.649	XVI : 0.329	(P 11 : -0.125)
P19	-0.024	0.914	-0.011	-0.015	XVII : 0.182	(P 13 : -0.165)
P 1	0.274	-0.112	0.923	-0.130	XVIII : -0.107	(P 18 : 0.094)
P 1	0.803	0.540	0.132	0.003	XIX : -0.017	(P 5 : 0.009)

(P_2), 第2グループの開放度(P_3)と起伏度(P_2), 第3グループの確率日雨量(P_6)と確率2日雨量(P_4), 第4グループの傾斜(P_1)と傾斜(P_4)のようにグループ化される。その他の因子については, 独立性が強い因子と見なすことができる。グループ化された因子のうち, 他の因子との従属性が強いとして除去される因子を第1のケースとして, P_1, P_4, P_6 , 第2のケースとしてさらに P_3 を, 第3のケースとして, さらに P_2 とすることが考えられる。図-1は, 表-2に示されているように順序づけられている因子の下位の因子から順に予測変量群から順に取り除き, 重相関法による解析が行われたときの重相関係数の変化を示している。第1のケースの場合は, ほとんど重相関係数値を低下させていないが, 第2・第3のケースは, 若干, 重相関係数の低下が見られる。以上の解析による因子の省略は, 因子間の従属性によるもので, 次に, 残りの各因子と確率降雨強度曲線の特性を示す基準変量($1/a$ が確率分布の広がり, I_0 が降雨強度のレベルを示す)との相関を, step-wise法による因子の選択が行なわれる重相関法により検討する。

(step-wise法による検討) step-wise法のいくつかの手法のうち, 変数増減法を用いて, 上述のケース1, 2, 3について解析をする。ここで, 表-3は, 選択された因子の偏回帰係数の有意性の検定に用いられるt-値を示している。このt-値の検討から, 次のようなことが明らかになった。(1)基準変量に十分に有意な影響を与える因子として,

$1/a$ に対して, 起伏度(P_2)と傾斜(P_1, P_4), 開放度(P_3), 確率日雨量(P_6)が挙げられる。さらに, ケース2, 3では, 谷密度(P_5)と開放度走向(P_4)が有意になっているが, ケース1では, これらは, 有意な因子となっていない。 I_0 に対しては, 傾斜(P_1)と開放度走向(P_4), 確率日雨量(P_6)が有意な影響が認められる因子となっている。(2)基準変量に対する影響が十分とはいえない因子として, $1/a$ に対して, 起伏度(P_1)と谷方向(P_5)が挙げられ, I_0 に対しては, 起伏度(P_2)と起伏(P_5), 開放度(P_3)が有意な因子となっていない。以上の検討は, 12個全ての基準変量のt-値を総合的に見て判断されたものである。

4. まとめ 今後さらに研究を進め, 有意な因子だけを予測変量とする重相関法による解析を行ない, 秋田県内各地点の確率降雨強度曲線の特性を示す変量を十分信頼性をもって, 予測する重回帰式の開発につとめたい。

参考文献 1) 芝 : 相関分析法, 東大出版会, 1971. 2) 奥野他 : 多変量解析法, 日科技連出版, 1971. 3) 土木学会 : 極値分布, 水理公式集, P147 4) 石原 : 水文気象の語(XIII), 水過の研究, 第12巻, 第1号. 5) 工藤・小松 : 北海道における確率降雨分布と地域特性について, 土木学会北海道支部論文報告集, 昭和49年度.

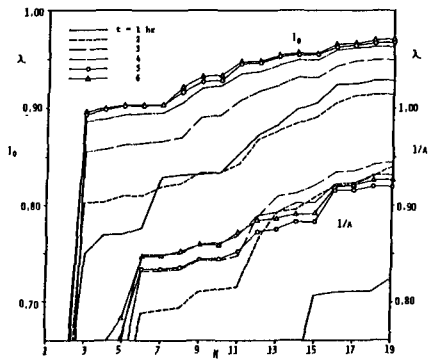


図-1 予測変量の個数による重相関係数の変化

表-3 T-値表 (Stepwise法)

t (hr)		1/a						I ₀					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
P 3	1	17.632	27.200	31.984	25.895	24.261	22.930	2.690					-2.390
	2	12.027	24.380	27.784	21.387	19.935	19.940	3.402	5.072	4.237	4.318	1.579	
P 4	1	12.123	21.569	25.334	21.345	19.935	19.902	1.529	3.916	4.099	4.318	1.972	
	2	6.737	9.287	8.624	1.736			2.527	7.341	8.461	6.689	6.717	
P 5	1	6.194	7.897	5.031				1.677	3.817	8.016	8.648	8.613	
	2	2.517	5.631	2.967				2.502	7.876	8.648	7.982	8.667	
P 6	1	8.057			-3.017	-4.594	-4.365	7.639	5.634				
	2	8.098			-1.818	-3.040	-4.406	5.660	4.674				
P 7	1	-17.087	-11.383	-10.225	-3.459	-3.040	-4.807	3.532	-1.703				
	2	-15.001	-10.096	-8.614	-1.868	2.395		-6.370	-6.472	-1.961			
P 8	1	7.444	5.665	5.168	3.111	3.111	4.135			-2.835	-6.734	-8.335	-10.712
	2	7.439	5.650	5.110	3.296	3.088	4.119			-3.065	-6.305	-8.227	-10.870
P 9	1	7.002	5.818	5.383	3.400	3.088	3.911			-2.843	-6.205	-8.222	-11.001
	2	3.980	17.735	19.205	15.358	18.025	14.140	1.529	-5.467	-14.110	-14.926	-12.164	-12.266
P 10	1	4.074	15.077	15.578	12.942	13.758	16.294	3.151	-3.798	-10.217	-9.278	-10.763	-12.331
	2	10.584	11.758	12.940	13.758	15.759		2.064	-5.285	-10.226	-9.278	-8.774	-10.217
P 11	1	3.212	8.424	10.278	11.274	14.179	13.405	-12.398	-8.166	-11.010	-12.026	-10.467	-11.795
	2												
P12	1	-13.664	-16.301	-14.613	-14.702	-15.011		13.055	8.133	15.628	16.356	16.713	14.838
	2	-10.774	-12.435	-10.227	-9.490	-10.020		8.322	5.271	9.520	8.516	11.509	12.303
P13	1	-2.366	-1.680	-4.099	-6.240	-10.428	-9.427	8.316	5.828	10.304	8.216	11.422	12.266
	2	3.933	2.371	1.821				2.862	4.076	6.220	9.308	9.431	9.760
P14	1	3.126	1.888	1.289				-5.584	-1.748		1.437	2.769	-1.961
	2	-6.345	15.876	-15.660	-4.951	-4.736	-5.029	-5.687	-2.022		1.427	2.299	-2.952
P15	1	-7.354	-12.193	-16.929	-10.437	-9.248	-7.404	7.455	8.322	6.979	2.976	2.261	
	2	-4.709	-14.634	-14.868	-10.259	-9.248	-7.903	9.375	10.011	8.744	5.600	4.767	4.077
P16	1	-9.106	-16.480	-15.354	-9.291	-7.036	-6.401	-5.723	-6.519	-8.731	-4.220	-3.187	
	2	-9.737	-15.576	-14.089	-8.899	-6.990	-5.721	8.416	-4.947	-5.340	-6.379	-9.635	-6.673
P17	1	-3.684	-12.438	-11.404	-8.746	-8.690	-8.818	2.441	-2.469	-5.020	-6.279	-4.457	-6.726
	2	4.696	7.440	5.659	5.335	3.456	3.665	3.756	11.356	16.959	17.739	14.439	13.109
P18	1	5.868	10.359	8.965	8.790	7.419	7.568	8.636	13.107	13.072	10.779	11.172	
	2	5.799	10.077	8.786	8.857	7.419	7.437	8.610	13.107	13.072	10.630	10.976	
P19	1	-4.127	-11.152	-11.286	-7.385	-7.146	-5.048	18.367	7.629	6.240	4.608	5.087	3.240
	2	-4.031	-9.610	-9.268	-5.244	-4.679	-2.699	15.352	6.186	3.734	1.495	2.210	
P20	1	-2.981	-7.687	-7.235	-5.106	-4.679	-2.093	15.268	6.555	4.728	1.495	2.247	
	2	4.240	9.718	9.376	4.159	3.532	3.915	4.260	2.919	5.329	7.680	8.569	8.257
P21	1	4.257	8.458	7.714	2.776	3.746	3.373	4.905	3.681	4.996	7.869	8.176	8.820
	2	9.740	11.754	10.760	3.742	3.746	2.782	7.219	6.252	6.256	7.869	8.131	8.428
P22	1	-2.005	2.627	3.232	7.000	6.363	5.528	9.875	5.999	9.172	8.752	8.088	5.768
	2	-1.798	2.786	3.335	6.704	6.402	5.218	8.598	5.070	7.723	7.569	5.088	5.423
P23	1	4.158	4.525	7.267	6.402	5.207		9.489	6.078	8.138	7.569	8.813	4.929
	2	14.393	18.287	19.530	21.397	22.606		27.523	23.650	38.433	47.354	43.591	44.344
P24	1	18.842	20.104	24.644	25.357	27.814	27.659	22.787	21.147	30.928	40.907	41.193	43.762
	2	11.645	24.724	28.825	29.524	27.814	30.257	27.001	26.586	34.244	40.997	42.681	44.431