

秋田県における確率降雨強度曲線に影響を及ぼす地形因子について

Topographical Factors Influencing Properties of

Rainfall intensity — Duration — Frequency Curve in Akita Prefecture

秋田大学土木工学科 正会員 石 井 千万太郎

1. はじめに

中小河川での合理式を用いての計画高水流量の計算には、特定の確率と継続時間（2～6時間）に対する降雨強度の値を必要とする。しかしながら、その降雨強度推定のためのデータを提供する時間雨量観測点の密度は粗く、その観測年数も一部を除くと、計画の対象とする確率の降雨強度を推定するには不十分であることが多い。そこで、本研究は、秋田県内で用いることのできる総合確率降雨強度曲線を求めることを目的とし、各時間（1, 2, …… 6時間）毎の降雨強度の確率分布として Gumbel 分布を用い、各地点の Gumbel 分布のパラメーターとその地点の地形および日降雨の特性を示す因子との間に線形関係を仮定し、その関係の重相関法による推定を試みたものである。この方法によると、降雨データがない地点でも地形と日降雨の特性がわかれば、現存する県内全ての時間雨量データを利用して、その地点の確率降雨強度曲線を推定することができる。

2. 確率降雨強度式とその問題点

これまで、確率を考慮した降雨強度式として提案されているものとしては、次に示されているものが上げられる。

$$(\text{Linsley 型}) I = \frac{a}{t^n} \cdot T^m \dots\dots\dots (1), \quad (\text{Fair 型}) I = \frac{a}{(t+c)^n} \cdot T^m \dots\dots\dots (2)$$

$$I = \frac{ay+b}{t^n+c}, \quad y = -\ln \{ \ln T - \ln(T-1) \} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 a , b , c , n , m はその地域（地点）ごとに定まる定数、 t は降雨継続時間、 T は確率年、 I は降雨強度である。(3)式は、著者らによってその適用性が検討されたものであり、¹⁾ 特定の確率年に対しては、田中、角屋が²⁾ 3～6時間の継続時間に対してその使用を推奨している3定数型（君島型）の降雨強度式、特定の継続時間に対しては、その確率分布を Gumbel 分布としたものである。しかしながら、これらの確率降雨強度式を各地点の降雨強度データに適用しようとするとき、式の持ついくつかの問題点が指摘されている。ひとつは、これらの式は確率年が異なっても同一こう配の降雨強度曲線を与えるのに対し、実際のデータによる降雨強度曲線は確率年により異なったこう配をとる。即ち定数 n , c が確率年 T に依存し、一定値ではないことである。³⁾（言いかえると、これらの式は、降雨強度の確率分布形が各継続時間において等しいときに成立するが、図一2の秋田市の例でもわかるように、その妥当性には疑問がある。）そしてまた、確率降雨強度式に含まれる定数の個数が少ない場合、その式の適合性が劣り、また定数の個数を多くすると降雨強度データのわずかな変化に対し、それらの定数値が大きく変化するため、それらの定数をその地点の降雨強度曲線の特性を示す変量としては安定性に乏しいことがわかっている。¹⁾

3. 確率降雨強度曲線の特性を示す変量

当初、確率降雨強度曲線の特性を示す変量としては、適当な確率降雨強度式の式に含まれる定数が考えられていたが、既存の式では2で述べられているような問題点があり、また、その問題点を解消する適当な式を見出すことができなかった。そこで、まず、(3)式と同様に、 $t = 1, 2, \dots\dots\dots, 6 \text{ hr}$ の各継続時間の降雨強度の確率分布に対し、(4)式の Gumbel 分布を仮定し、

$$F(y) = \exp(-e^{-y}), \quad y = a(I - I_0) \dots\dots\dots (4)$$

各継続時間の(4)式の定数 $1/a$ と I_0 を確率降雨強度曲線の特性を示す変量とした。その変量のデータは図-1に示す秋田県内32地点の時間雨量観測点において、角屋の方法³⁾により求められている。各観測地点の観測年数は13~31年であり、最長の観測年数をもつ秋田市の降雨強度データへの Gumbel分布のあてはめの例を図-2に示す。

4. 地形の特性と日降雨の特性を示す因子(変量)

本研究では、地形および日降雨の特性を示す因子として、表-1に示されている因子をとりあげている。 P_1 から P_7 までの因子のうち、 P_{15} を除き、石原⁴⁾が北陸地方西部と滋賀県における確率最深積雪深推定のために用いた地形因子である。 P_{18} と P_{19} は、工藤⁵⁾によって行なわれた、本研究と同種の研究で、北海道における確率降雨強度の推定に用いられた日降雨の特性を示す因子であり、非地形性の影響を示すものと考えられている。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日および2日雨量が推算されるからである。

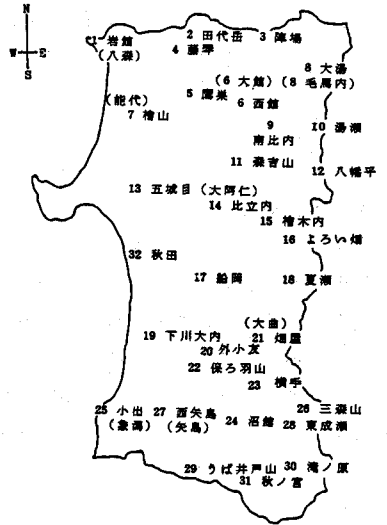


図-1 秋田県内時間雨量観測所

表-1 地形及び日降雨因子の定義

記号	因子名 (単位)	定 義	地形図の スケール	田代岳
P1	高 度 h1 (m)	地点の標高	1/5万	800.0
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	95.0
P3	起伏度(4km) h2-h3	同様に4km離れたh3とh2の差	1/5万	205.0
P4	起伏度(8km) h3-h4(m)	同様に8km離れたh4とh3の差	1/20万	122.5
P5	起伏(8km) h4(m)	上記のh4	1/20万	377.5
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	33.0
P7	谷方向(度)	地点近傍の河川の下流の方向。北を0度とし、東まわりに角度をとる。	1/5万	191.5
P8	傾 斜 W-E (m)	地点の西1km点の標高と、東1km点の標高との差	1/5万	-110.0
P9	傾 斜 N-S (m)	地点の北1km点の標高と、南1km点の標高との差	1/5万	300.0
P10	傾 斜 NW-SE (m)	地点の北西1km点の標高と、南東1km点の標高との差	1/5万	200.0
P11	傾 斜 NE-SW (m)	地点の北東1km点の標高と、南西1km点の標高との差	1/5万	410.0
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	14.0
P13	開放度 (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ひいたときの囲っている部分の角度の総和。	1/20万	236.1
P14	開放度走向 (度)	地点の周囲で障害物のない最も開いた方向。谷方向と同じ要領で角度を読む	1/20万	181.0
P15	近隣山地からの距離(km)	開放度走向と反対方向の近隣山地の尾端までの距離	1/20万	1.6
P16	主要尾根からの距離(km)	地点のせきりょう山脈への距離	1/50万	4.6
P17	最高点の方位(度)	地点を中心とした半径4km以内の最高点の地点に対する方向。谷方向と同じ要領で角度を読む	1/5万	25.5
P18	確率日雨量 (mm/day)	20年確率日雨量		280.0
P19	確率2日雨量 (mm/2days)	20年確率2日雨量		360.0

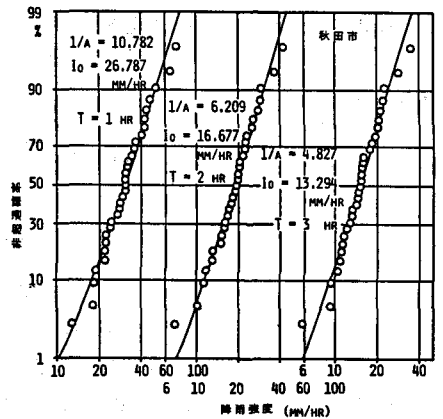


図-2(a) 継続時間別降雨強度の確率分布

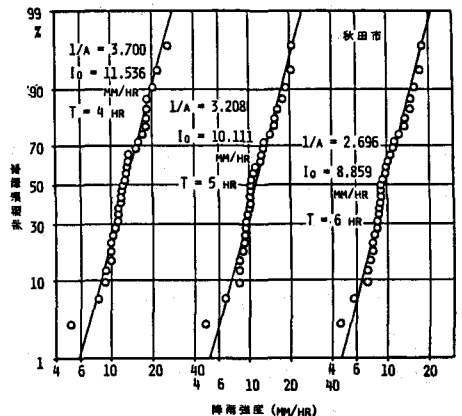


図-2(b) 継続時間別降雨強度の確率分布

また、 P_0 の谷密度については、谷の判定がむずかしく個人差が入りやすいので、地点を中心とした半径4 km以内の河川の本支流の数を代用している。図-3・(a)、(b)は田代岳観測点における地形図からの地形因子の読み取り例を示したものである。その結果の各地形因子の数値は表-1に示されている。

5. 重相関法による解析⁹⁾

確率降雨曲線の特性を示す変量の、地形と日降雨の特性を示す変量(因子)による推定式、すなわち重回帰方程式を次式とする。

$$1/a, I_0 = K_0 + w_{02} P_1 + w_{02} P_2 + \dots + w_{019} P_{19} \dots\dots (5)$$

ここで、 $1/a, I_0$ は $t = 1, 2, \dots, 6\text{hr}$ のそれぞれに対して推定するので、基準変量は12個あり、偏回帰係数 $K_0, w_{01}, w_{02}, \dots, w_{019}$ は12個の基準変量毎に求めなければならない。本文の重相関法による解析では、観測地点毎の変量データの軽重率が異なる場合を考慮している。このとき、任意の変量を x とすると、その平均値 m 、分散 d は

$$m = \frac{\sum_{i=1}^N p_i x_i}{\sum_{i=1}^N p_i} \quad (6)$$

$$d = \frac{\sum_{i=1}^N p_i (x_i - m)^2}{\sum_{i=1}^N p_i}$$

ここで、 N は時間雨量観測点の数である。さらに任意の変量 x_1 と x_2 の相関係数 r は

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N p_i (\frac{x_{1i} - m_1}{d_1})(\frac{x_{2i} - m_2}{d_2})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N p_i (\frac{x_{1i} - m_1}{d_1})^2 \sum_{i=1}^N p_i (\frac{x_{2i} - m_2}{d_2})^2}} \dots\dots\dots (7)$$

と計算されるが、その他の計算は通常重相関法と異なるところはない。

(解析結果)

表-2には上述の重相関法による解析から得られた(3)式の偏回帰係数 K_0, w_0 、および重相関係数 λ が示されている。 $t = 1\text{hr}$ の $1/a$ に対する重相関係数 $\lambda = 0.82$ を除いて、その重相関係数 λ は0.91~0.97の範囲の値をとり、一応、(5)の予測能力の高さが示されているととることができる。一方、(5)式の左辺の基準変量に対する右辺の個々の予測変量の与える影響の度合いは、標準偏回帰係数 w_i により比較することができる。表-3の数値から特徴的に見られるのは、 $1/a$

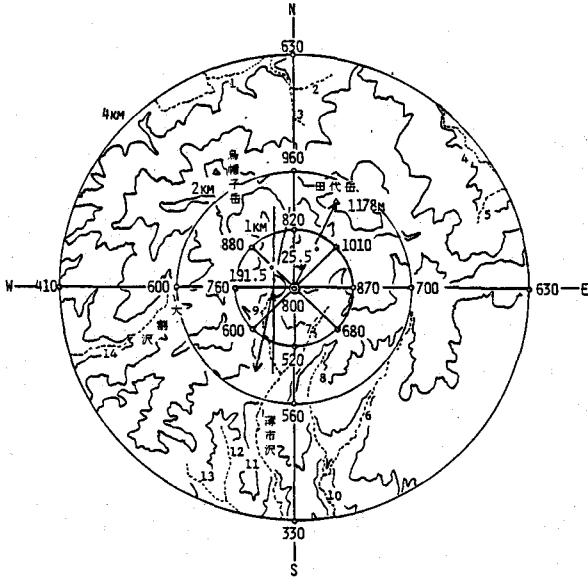


図-3(a) 地形因子の読み取り例(田代岳)

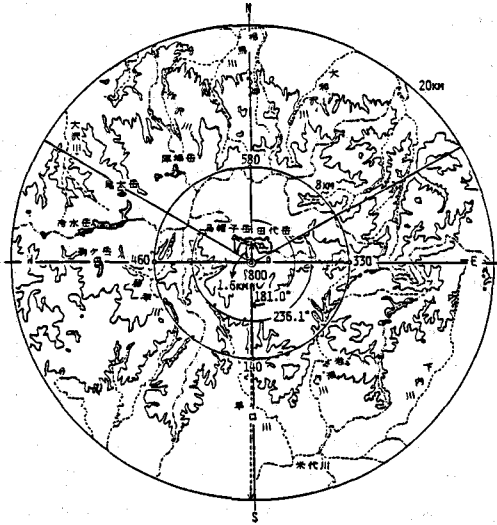


図-3(b) 地形因子の読み取り例(田代岳)

に対する高度、起伏度・起伏 ($P_1 \sim P_5$) の影響が $t = 1 \text{ hr}$ のとき最も大きく、 t が増加するにつれてそれらの影響が弱まっているが、その逆に I_0 については、 t の増加によりそれらの因子の影響が大きくなっていることである。 I_0 が降雨強度のレベルを示し、 $1/a$ が確率分布の広がりの大きさを表わすことを考慮すると、この結果は興味深い。

表-2 偏回帰係数及び重相関係数

t (hr)	1/a						I ₀					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
k ₀	136.87	111.10	73.20	47.46	40.51	32.21	101.52	125.91	85.00	66.47	58.01	52.48
w ₀₁	-0.7006	-0.4723	-0.2114	0.0277	0.0013	-0.0075	-0.0438	-0.0671	-0.0946	-0.1268	-0.0913	-0.1495
w ₀₂	0.6902	0.4786	0.2044	-0.0383	0.0099	0.0249	0.0052	0.1403	0.1597	0.1655	0.1766	0.1883
w ₀₃	0.8912	0.6979	0.4022	-0.1408	0.1379	-0.1249	-0.0105	-0.1222	0.1262	0.1488	0.1112	0.1689
w ₀₄	0.8084	0.5856	0.2691	-0.0011	0.0254	0.0308	0.0054	0.1358	0.1749	0.1910	0.1510	0.2137
w ₀₅	0.7343	0.4275	0.1893	-0.0480	-0.0235	-0.0177	0.0961	0.0718	0.0799	0.1084	0.0795	0.1338
w ₀₆	-1.1519	-0.5164	-0.3567	-0.2031	-0.0974	-0.0429	-0.1251	-0.3819	-0.1104	-0.0328	-0.0376	-0.0343
w ₀₇	0.0583	0.0378	0.0253	0.0211	0.0179	0.0188	-0.0135	0.0065	-0.0015	-0.0120	-0.0518	-0.0144
w ₀₈	0.0141	0.0842	0.0731	0.0769	0.0659	0.0602	-0.0099	-0.0323	-0.0517	-0.0456	-0.0346	-0.0347
w ₀₉	0.0223	0.0475	0.0388	0.0429	0.0588	0.0500	-0.0951	-0.0221	-0.0231	-0.0295	-0.0223	-0.0219
w ₁₀	-0.0054	-0.1283	-0.0976	-0.0915	-0.0825	-0.0754	0.1320	0.0116	0.0291	0.0254	0.0230	0.0118
w ₁₁	-0.0195	0.0058	-0.0021	-0.0051	-0.0298	-0.0236	0.0199	0.0054	0.0104	0.0221	0.0250	0.0244
w ₁₂	-0.7028	-1.0247	-0.7955	-0.5037	-0.3783	-0.2558	0.8050	0.6488	0.5830	0.1637	0.0843	0.0627
w ₁₃	-0.1127	-0.1576	-0.1230	-0.0893	-0.0786	-0.0750	0.0915	-0.1471	-0.1202	-0.0896	-0.0818	-0.0872
w ₁₄	0.0336	0.0331	0.0176	0.0181	0.0131	0.0129	0.0113	0.0675	0.0725	0.0564	0.0439	0.0436
w ₁₅	-1.4340	-2.2006	-1.4619	-1.0363	-0.8951	-0.6399	1.1798	0.6750	0.2406	0.0086	0.0608	-0.1914
w ₁₆	-0.0141	0.0356	0.0263	0.0385	0.0290	0.0225	0.0412	0.0327	0.0371	0.0310	0.0234	0.0249
w ₁₇	0.0448	-0.0578	0.0041	-0.0037	0.0211	0.0275	0.5715	0.2213	0.2644	0.2622	0.1962	0.1680
w ₁₈	0.0036	0.1529	0.1008	0.1061	0.0741	-0.0680	-0.1127	0.0497	0.0361	0.0377	0.0620	0.0791
w ₁₉	0.3693	0.4464	0.2965	0.1326	0.1585	0.1401	0.1254	0.1931	0.2160	0.2320	0.2336	0.2444
(x 10 ⁻¹)						(x 10 ⁻¹)	(x 10 ⁻¹)					
λ	0.8243	0.9408	0.9455	0.9316	0.9216	0.9266	0.9280	0.9135	0.9491	0.9627	0.9664	0.9710

表-3 標準偏回帰係数

t (hr)	1/a						I ₀					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
w ₀₁	-7.8657	-6.4070	-3.5358	0.5230	0.0299	-0.1907	-0.5000	-0.9262	-1.3045	-1.8847	-1.4308	-2.4069
w ₀₂	2.8106	2.3615	1.2429	-2.631	0.0793	0.2311	0.0216	0.7043	0.8010	0.9949	0.7213	1.1031
w ₀₃	3.2223	3.0491	2.1660	0.8569	0.9826	1.0265	-0.0387	0.5433	0.5004	0.7125	0.5611	0.8761
w ₀₄	2.6080	2.2828	1.2930	-0.0062	0.1616	0.2261	0.0176	0.5386	0.6928	0.8162	0.6797	0.9807
w ₀₅	5.4994	3.8684	2.1120	-0.6053	-0.3467	-0.3007	0.7324	0.6606	0.7268	1.0753	0.8304	1.4373
w ₀₆	-0.8916	-0.4830	-0.4113	-0.2646	-0.1487	-0.0755	-0.0985	-0.3634	-0.1050	-0.0336	-0.0406	-0.0381
w ₀₇	0.2391	0.1798	0.1401	0.1405	0.1389	0.1683	0.0539	0.3313	0.0072	-0.0624	-0.0647	-0.0811
w ₀₈	0.0519	0.3734	0.3998	0.4748	0.4768	0.5024	0.0368	-0.1458	-0.2310	-0.2217	-0.1770	-0.0829
w ₀₉	0.1213	0.3124	0.3143	0.3927	0.6305	0.6187	-0.5268	-0.1480	-0.1542	-0.2125	-0.1696	-0.1709
w ₁₀	-0.0223	-0.6418	-0.6023	-0.6376	-0.6733	-0.7103	0.5563	0.0592	0.1477	0.1391	0.1332	0.0701
w ₁₁	-0.0982	0.0351	-0.0154	-0.0429	-0.2955	-0.2705	0.1018	0.0212	0.0642	0.1478	0.1758	0.1763
w ₁₂	-0.1509	-0.2658	-0.2543	-0.1820	-0.1600	-0.1248	0.1758	0.1712	0.1009	0.0465	0.0253	0.0193
w ₁₃	-0.4300	-0.9106	-0.6988	-0.5734	-0.5909	-0.6501	0.3552	-0.6898	-0.5628	-0.4528	-0.4354	-0.4773
w ₁₄	0.1301	0.1548	0.1014	0.1178	0.1001	0.1137	0.0446	0.3213	0.3448	0.2892	0.2371	0.2424
w ₁₅	-0.2418	-0.4484	-0.3672	-0.2941	-0.2975	-0.2453	0.5457	0.1399	0.0498	0.0019	0.0143	-0.0463
w ₁₆	-0.0584	0.1782	0.1624	0.2687	0.2370	0.2123	0.1735	0.1665	0.1885	0.1698	0.1354	0.1480
w ₁₇	0.0957	-0.1490	0.0130	-0.0133	0.0885	0.1334	1.2412	0.5806	0.6928	0.7410	0.5842	0.5142
w ₁₈	0.0139	0.7174	0.5831	0.6932	0.5668	0.6007	-0.4453	0.2374	0.1722	0.1937	0.3956	0.4403
w ₁₉	0.2106	0.3076	0.2519	0.1272	0.1782	0.1816	0.0728	0.1354	0.1513	0.1752	0.1859	0.1999

6. 予測変量(因子)の選択
変量のデータ数が予測変量の個数に比し、それほど多くない場合、データ内部に含まれる各変量の偶然的変動が大きく取り入れられる恐れがあり、重回帰式の重相関係数はみかけ上大きくなるが、その予測能力が大きいと判定することは危険である。5.の解析では、データ数32、予測変量(因子)の個数19であった。本ケースではデータ数を増やすことは望めないで、重要とは思われない変量の省略についてバリマックス法と Stepwise 法により検討する。

(バリマックス法による検討)⁶⁾

P_1 から P_9 の因子の中には独立の因子もあれば、また相互に従属性の強い因子もある。表-4 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測変量との間の相関を示す構造ベクトルを示している。第1合成変量とは、ある一群の変量とはとくに高い相関を示し、他の一群の変量とはとくに低い相関を示すもので、その合成変量と各変量との相関係数の平方の和(バリマックス基準)が最大のものである。第 n 合成変量は、第 $(n-1)$ 合成変量と直交する合成変量として求められる。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、第1グループの起伏 (P_5) と日本海からの距離 (P_6)、高度 (P_1)、第2グループの開放度 (P_{13}) と起伏度 (P_2)、第3グループの確率日雨量 (P_{18}) と確率2日雨量 (P_{19})、第4グループの傾斜 (R_{11}) と傾斜 (P_9) の因子はグループ内の他の因子と互いに従属性が強く、それ以外の因子については、比較的他の因子との従属性が低いと判定してもよいであろう。そこで第1から第4グループを代表する因子を、それぞれの合成変量の構造ベクトルで最大値をとる P_5 、 R_{13} 、 P_{18} 、 R_1 とし、グループの他の因子の省略について検討するため、表-4 に示されているように順序づけられた因子の下位の因子から順に予測

表-4 合成変量の構造(バリマックス法)

因子	合成変量の構造									
	I	II	III	IV	その他					
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	0.122	0.690	0.135	-0.131	VI : 0.678 (P17 : -0.295)					
P15	-0.642	-0.054	-0.147	0.019	VII : 0.738 (P10 : -0.287)					
P 7	0.246	-0.146	-0.067	0.135	VIII : -0.913 (P16 : 0.248)					
P14	0.048	-0.101	-0.122	0.207	IX : 0.924 (P17 : -0.146)					
P 4	0.544	0.355	0.095	0.211	X : 0.654 (P 2 : -0.133)					
P10	-0.122	0.044	0.665	0.038	XI : 0.588 (P18 : -0.157)					
P12	0.436	0.060	-0.049	-0.026	XII : 0.871 (P 9 : -0.076)					
P16	-0.587	0.170	-0.146	-0.123	XIII : 0.667 (P 5 : 0.107)					
P17	-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 : 0.385 (P 5 : -0.175)					
P 2	0.005	-0.126	0.653	0.649	XVI : 0.329 (P11 : -0.125)					
P19	0.024	0.912	-0.011	-0.015	XVII : 0.182 (P13 : -0.165)					
P18	0.274	-0.112	0.923	-0.130	XVIII : -0.107 (P18 : 0.094)					
P 1	0.803	0.540	0.132	0.003	XIX : -0.017 (P 5 : 0.009)					

変量群から除き、重相関法による解析を行なった。図-4はその解析から得られた予測変量の個数と重相関係数を示したものである。この図から、 P_1 、 R_9 、 P_2 の3個の因子の予測変量からの除去は、重相関係数をほとんど変化させず、その省略が可能と判定することができるであろう。($t = 1$ hrの $1/a$ については、さらに P_9 を除く。)

以上の解析による予測変量の省略は、因子間の従属性によるものであるが、この他に、確率降雨曲線の特徴を示す基準変量との相関が低い予測変量の省略が考えられるが、それは次の Stepwise 法を利用して検討される。

(stepwise 法による検討)⁷⁾

Stepwise 法のいくつかの手法のうち、変数増減法を用いた。変数増減法による変量の選択は、その個数が指定されている場合、最大の寄与率(重相関係数の2乗)を与える変量の組合せと解釈することができる。

予測変量の取り込みと除去

のため偏F値の水準、 $F_{IN} = F_{out} = 2.0$ に対して、12個の各基準変量について予測変量の選択が行なわれた。選択された予測変量の偏回帰係数の有意性の検定に用いられる t 一値が表-5に示されている。この t 一値表の検討から、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もつと認められる因子としては、 $1/a$ に対しては、起伏度 (P_3)、傾斜 (P_8 、 R_0)、開放度 (P_{13})、確率日雨量 (R_8)、 I_0 に対しては、傾斜 (P_9 、 R_0)、開放度走向 (R_4)、確率日雨量 (R_8) である。(2)基準変量に対する影響が十分に有意とはいえない因子としては、 $1/a$ に対しては、起伏度 (P_4)、谷方向 (P_7)、最高点の方向 (P_{17}) I_0 に対しては、起伏度 (P_3 、 P_4 、 P_5)、日本海からの距離 (P_6)、谷方向 (P_7)、開放度 (R_3)、主要尾根からの距離 (P_8) が上げられる。(3) $t = 1$ hr に対する基準変量に影響する因子群は、他の継続時間に対するものとはかなり異なる。 $1/a$ に対しては、確率日雨量 (R_8)、傾斜 (P_8 、 P_9 、 R_0) の影響は小さく、起伏度・起伏 (P_4 、 P_5) の影響が大きい。一方、 I_0 に対しては、開放度走向 (R_4) の影響が小さく、近隣尾根からの距離 (P_{18}) が重要な影響をもつ。(4)起伏度 (P_3) は、 $1/a$ に対してはその影響度が第1の因子であるが、 I_0 に対しては、その影響はほとんどない。(5)確率日雨量 (R_8) は、 $1/a$ に対しては $t = 1$ hr の場合を除き2番目の影響度を持ち、 I_0 に対しては第1の影響度をもつ。(6)比較的短時間の継続時間の $1/a$ に対して影響を与える因子として、日本海からの距離 (P_6)、谷密度 (P_{12}) がある。

表-5 T一値表 (Stepwise 法)

t (hr)	1/a						I ₀					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
P 3	17.027	27.200	31.984	25.895	24.261	22.930		2.690				-2.390
P 4	6.194	9.287	6.624	1.736				2.927	7.341	8.461	6.689	6.717
P 5	8.098			-3.017	-4.594	-6.365	7.639	5.634			2.277	3.255
P 6	-15.001	-11.385	-10.222	-2.423			-6.640	-6.606			1.755	2.759
P 7	7.439	5.665	5.168	5.111	4.135							-10.712
P 8	4.074	17.735	19.205	15.358	18.025	18.140	1.529	-5.667	-2.835	-6.734	-8.325	-12.246
P 9		8.424	10.278	11.274	14.179	13.405	-12.398	-8.166	-11.010	-12.826	-10.467	-11.795
P10		-13.664	-16.301	-14.613	-14.702	-15.011	13.055	8.133	15.628	16.356	16.713	14.838
P11		-2.480	-4.899	-6.140	-10.428	-9.427	3.862	4.076	6.720	9.308	9.431	9.760
P12		-7.354	-15.874	-15.660	-8.491	-6.726	7.455	8.322	6.979	2.976	2.241	
P13		-9.373	-16.480	-15.354	-9.291	-7.036	-6.401	-5.223	-6.519	-6.731	-6.220	-5.147
P14		5.868	7.440	5.659	5.335	3.456	3.665	3.756	11.356	16.959	17.739	14.439
P15		-4.031	-11.152	-11.286	-7.385	-7.146	-5.048	18.367	7.629	6.240	4.608	5.087
P16		4.257	9.718	9.526	4.159	5.532	4.975	4.260	2.919	5.329	7.680	8.569
P17		-1.798	2.627	3.232	7.000	6.362	5.528	9.975	5.599	9.172	8.752	6.208
P18		1.842	14.393	18.287	19.530	21.597	22.606	27.523	23.650	38.433	47.554	43.391

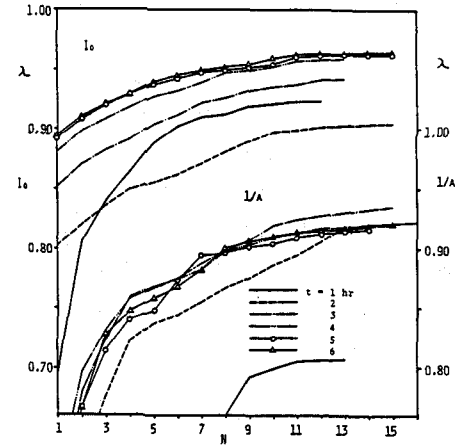


図-5 予測変量の個数による重相関係数の変化

以上の事項は、12個全て 表一6 偏回帰係数 (N = 10)

の基準変量の t 一値を総合的に見て判断されたものであり、それを個々の基準変量の予測変量である因子の省略の根拠とするには不十分と思われる。そこで、ここでは、特定の因子を指定しての予測変量数の削減を行わず、前述の特徴を失わず、重相関係数値をそれほど低下させない、できるだけ少ない予測変量の数を推定し、その数の予測変量で最大の寄与率を与える因子の組合せを求めることとした。

7. 秋田県における確率降雨強度曲線

秋田県における確率降雨強度曲線の特性を示す変量に対する予測変量として、

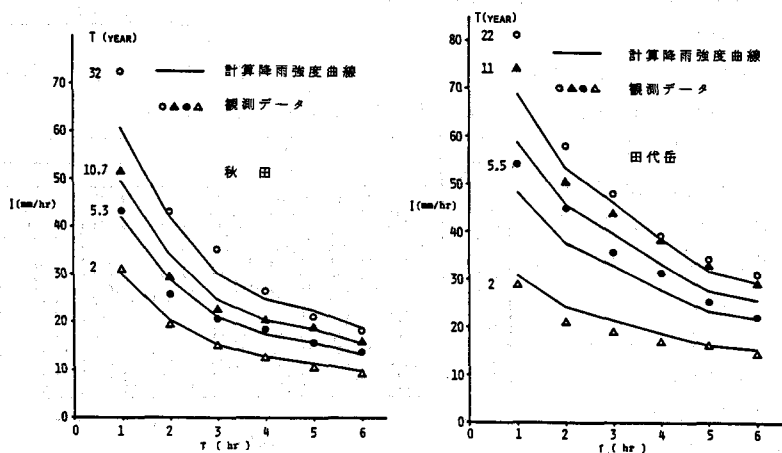
表一5の因子のうち10個

($t = 1 \text{ hr}$ の $1/a$ に対しては9個)をStepwise法により選択し、重相関法によりそれらの偏回帰係数を求めた。(表一6) その個数は、6.で述べられた考え方と図一5に示された予測変量の個数による重相関係数の変化の状況にもとづいて決定された。各地点の確率別の降雨強度曲線は、まず各継続時間毎に、選択された地形および日降雨の特性を示す因子と表一6の偏回帰係数を用いて $1/a$ と I_0 の値を求め、それらから各継続時間毎に特定の確率の降雨強度を求め、それらを連ねることによって得られる。図一6の実線はこの方法によって得られた秋田と田代岳の時間雨量観測地点での確率降雨強度曲線である。継続時間別に行なわれた解析ではあるが、降雨強度曲線の形状は自然な形をしており、本解析の有効性を示すものと考えられる。

(謝辞) 本研究を行なうにあたり、降雨資料を提供していただいた秋田地方気象台防災業務課の方々と、資料の収集、整理に協力していただいた秋田大学土木工学科水工学講座の学生諸君 (田中守 [昭53], 斎藤寿 [昭54], 伊藤正喜 [昭55], 川平高久 [昭56], 島毅 [昭57]) に深甚なる謝意を表します。

参考文献 1) 石井・伊藤 : 秋田県内における確率別降雨曲線と地域特性について, 昭和55年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要, (昭和56.2) 2) 田中・角屋 : 降雨強度式に関する研究, 農業土木学会論文集, 第83号, (昭和56.10) 3) 土木学会 : 極値分布, 水理公式集, P 147 4) 石原 : 水文気象の話 (XIII), 水温の研究, 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. 6) 芝 : 相関分析法, 東大出版会, 1971. 7) 奥野他 : 多変量解析法, 日科技連出版, 1971.

$t \text{ (hr)}$	$1/a$						I_0					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
k_0	122.357	33.857	65.165	44.942	26.129	25.730	145.387	95.208	56.029	59.638	52.022	43.250
W_{01}	0.1691	0.1713	0.1628	0.1193	0.0822	0.0762	0.0273	0.0233	0.0240	0.0258	0.0454	0.0307
W_{02}	0.0825											
W_{03}	0.0486											
W_{04}	-1.0099						-0.2665	-0.2259				
W_{05}	0.0525	0.0337	-0.2118	-0.1567					-0.0260	-0.0226	-0.0281	
W_{06}		0.0838	0.0764	0.0642	0.0503	0.0482		-0.0332	-0.0490	-0.0402	-0.0394	-0.0357
W_{07}		0.0332	0.0375	0.0490	0.0543	0.0419	-0.0573	-0.0362	-0.0429	-0.0453	-0.0121	-0.0301
W_{08}		-0.0489	-0.0669	-0.0523	-0.0452	-0.0416	0.0741	0.0551	0.0634	0.0479	0.0412	0.0370
W_{09}				-0.0250	-0.0424	-0.0279			0.0182	0.0307		0.0245
W_{10}	-0.8726	-0.9878	-0.8739	-0.5212	-0.3291	-0.2293	0.7584	0.7654	0.4597			
W_{11}	-0.1065	-0.0739	-0.0831	-0.0417		-0.0189				-0.0219	-0.0171	-0.0273
W_{12}	0.0434	0.0316					0.0166	0.0477	0.0565	0.0474	0.0325	0.0324
W_{13}			-0.9672	-0.4588	-0.4947	-0.2839	2.4239	1.0852	0.6623			
W_{14}		0.4634	0.2104				0.1656				0.1536	0.1823
W_{15}				0.0121			0.0475	0.0207	0.0349	0.0332	0.0161	
W_{16}					0.1346	0.1275	0.3346	0.2986	0.3243	0.3056	0.2747	0.2909
W_{17}												($\times 10^{-1}$)



図一6 確率降雨強度曲線