

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第2604号

土木研究所資料

レーダ雨量計から見た降雨の時空間 特性に関する調査報告書

昭和63年 3 月

建設省土木研究所
河川部水文研究室

Copyright © (1988) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

レーダ雨量計から見た降雨の時空間 特性に関する調査報告書

水文研究室 室長 吉野 文雄
研究員 水野 雅光
技官 井川 貴史

要 旨

河川計画・河川管理等においては、降雨量を正確に把握することが必要とされる。特に、流出解析などでは面積雨量の評価が必要であり、また、洪水予報では、降雨予測などの面で空間的な降雨の特性を把握する必要がある。しかし、これらの問題は、雨量の空間分布を用いる必要があり、従来の地上雨量計による観測では難しい面が多い。

本報告書は、レーダ雨量計による降雨の観測結果を用いることにより、降雨特性解析及び面積雨量推定の精度検討を行った。また、これらの結果と併せて、DAD解析を行うことにより、地上雨量観測における問題点についての検討を行った。降雨特性解析の結果は、空間特性では、雷雨性降雨を除くかなりの距離まで相関があり、時間特性では、20分程度の降雨の持続性があることがわかった。面積雨量推定の精度評価では、点観測により面積雨量を表現するには、その支配面積を50km²以下にする必要があることがわかった。

キーワード：レーダ雨量計、降雨特性、面積雨量、DAD解析

レーダ雨量計から見た降雨の時空間特性に関する調査報告書

〔まえがき〕

降雨量は、水文解析の基礎情報として重要である。特に、河川や道路の防災情報として重要な意味を持つ。そのため、建設省では、テレメータ雨量計やレーダ雨量計のネットワークを建設し、実時間での観測を行い河川・道路の管理に役立ててきた。これらの雨量情報は非常に豊富な内容を持ち、水文気象学的に興味のある事実を明らかにしつつある。特に、レーダ雨量計の雨量情報は、広域にわたる短時間の雨量強度を提供することから、従来の地上観測では明らかにできなかった降雨の時空間での挙動を分析できることとなった。

レーダによる降雨量の観測は、地上での観測とは異なることからいろいろな議論を呼んできた。しかしながら、降雨の空間的な構造を把握し、時系列での変動特性を把握するには有力な手段であること、観測値の精度も地上観測に比較して遜色がない水準に達してきたこと、等を考慮して、レーダ観測値の持つ特徴を生かした降雨特性の解析を行うこととした。

近年、水文気象学の分野では、降雨の構造を数学モデルで表現しようとする試みが成されつつある。特に、降雨の統計的な構造を明らかにする研究が成されており、その主要の方向は、降雨現象をランダム場の理論で時空間的な表現式を導こうとするものである。これに対し、降雨の構造を物理的な観点からとらえ、その時空間的な相関構造を明らかにする研究も行われている。

降雨の時空間モデルは、次の3種類に大別される。一つめは、流体力学や熱力学の原理にもとづき降雨の数値モデルを作ることであり、二つめには、観測された降雨現象の時空間構造の経験的な規則性にもとづき数値シミュレーションを行うものである。三つめには、降雨をランダム場として確率過程としての数学的取り扱いを行うものである。

この報告書は、観測された降雨の特性を時空間相関の分析により明らかにして、降雨モデルを研究する立場から研究された結果を述べたものである。降雨は、時間的・空間的に変動が激しい現象であるが、時間相関や空間相関にはある程度の経験式が成り立つ。この報告書では、これらの相関をレーダによる降雨強度の観測値を用いて研究した。これらの結果は、現在多方面で進められている降雨の短時間予測の研究やレーダによる降雨強度の観測精度の分析にも有力な情報を提供するものと考ええる。

使用したデータは、建設省関東地方建設局の赤城山レーダ雨量計の観測値である。データの提供に御協力戴いた関係者の方々に深く感謝の意を表したい。

昭和63年3月

水文研究室 室長 吉野文雄
研究員 水野雅光
技官 井川貴史

レーダ雨量計から見た降雨の時空間特性に関する調査報告書

目 次

第1章 はじめに	1
第2章 使用データ	1
2.1 対象領域	1
2.2 対象降雨	1
2.3 対象降雨量	5
第3章 解析方法	6
3.1 降雨の空間特性	6
3.1.1 時系列データから見た特性	6
3.1.2 ある時刻における空間分布から見た特性	9
3.2 降雨の時間特性	10
3.3 面積雨量推定の精度	11
3.3.1 間引き法	11
3.3.2 標本計画法	12
3.4 DAD解析	14
第4章 降雨の空間特性	15
4.1 時系列データから見た特性	15
4.1.1 降雨原因ごとの比較	15
4.1.2 降雨ごとの比較	21
4.2 ある時刻における空間分布から見た特性	37
4.3 相関解析方法の違いによる比較	51
4.4 空間特性のモデル化	53
4.5 既往の結果との比較	59
第5章 降雨の時間特性	60
5.1 降雨ごとの比較	60
5.2 降雨原因ごとの比較	68
5.3 既往の結果との比較	69
第6章 面積雨量推定の精度	70
6.1 間引き法による検討	70
6.1.1 降雨原因ごとの比較	70
6.1.2 降雨ごとの比較	70
6.1.3 時間ごとの比較	70

6. 1. 4 相対誤差のモデル化	75
6. 2 標本計画法による検討	78
6. 2. 1 C _v 特性	78
6. 2. 2 相対誤差の比較	81
6. 3 既往の結果との比較	83
第7章 DAD解析	84
7. 1 降雨原因別の検討	84
7. 2 降雨別の検討	91
7. 3 既往の結果との比較	92
第8章 面積雨量の評価	93
8. 1 空間特性から見た評価	93
8. 2 面積雨量推定の精度から見た評価	93
第9章 まとめ	94
参考資料	
1. PPI図	95
2. 支配面積～相対誤差関係図	127
3. 真の面積雨量～相対誤差関係図	138

第1章 はじめに

河川計画・河川管理等においては、降雨量を正確に把握することが必要とされる。特に、流出解析などでは面積雨量の評価が必要であり、また、洪水予報では、降雨予測などの面で空間的な降雨の特性を把握する必要がある。しかし、これらの問題は、雨量の空間分布を用いる必要があり、従来の地上雨量計による観測では難しい面が多い。そこで、本研究では、レーダによる降雨の空間分布の観測結果を用いることにより、①降雨特性（空間特性・時間特性）解析、②面積雨量の精度検討、③DAD解析、を行った。これらの結果から、既往の地上雨量計における研究結果との比較を行うとともに、地上観測における雨量計配置の妥当性の検証を行った。

第2章 使用データ

レーダ雨量計による降雨観測は、昭和50年から開始されており、すでに10年以上のデータの蓄積がある。

本研究では、解析対象データとして、赤城山レーダの記録データ（1979年～1983年）の中から対象領域・対象降雨を以下のとおり選定した。

2.1 対象領域

赤城山レーダの影部分（東京電力鉄塔のかげ、北東方向の山地の影）を除きグランドクラッターの影響が少ない鬼怒川流域周辺の領域（60km×45km、2700Km²）を対象領域とした。（図-2.1）

2.2 対象降雨

対象降雨は、台風による降雨9例（全384時間）、前線による降雨7例（全291時間）、低気圧による降雨11例（全469時間）、雷雨による降雨27例（全224時間）とした。対象降雨の一覧を表-2.1に示す。また、各降雨の天気図、並びに総雨量及び時間雨量のPPI図を参考資料で示す。

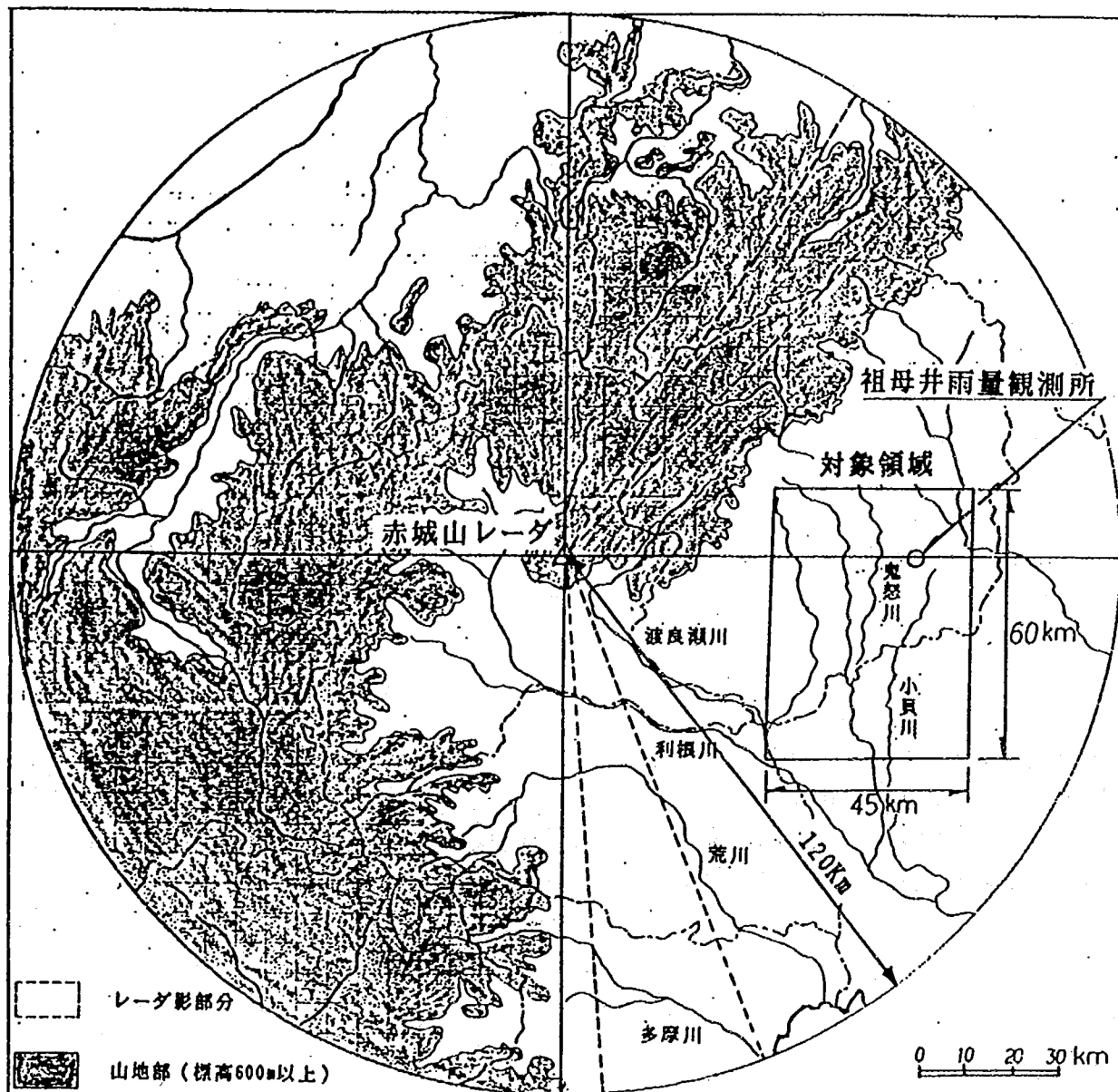


図-2.1 対象領域

表-2.1 対象降雨期間

台 風

NO	期 間	時間数	総雨量	備 考
1	1979年 9月29日11時~10月 1日10時	47	21 mm	T 7 9 1 6
2	1979年10月18日 2時~10月19日20時	42	120 mm	T 7 9 2 0
3	1980年 9月10日 1時~ 9月12日10時	57	42 mm	T 8 0 1 3
4	1981年 8月22日 5時~ 8月23日 9時	28	77 mm	T 8 1 1 5
5	1981年10月22日 5時~10月22日23時	18	118 mm	T 8 1 2 4
6	1982年 8月 1日 1時~ 8月 2日 5時	28	86 mm	T 8 2 1 0
7	1982年 9月10日11時~ 9月12日21時	58	200 mm	T 8 2 1 8
8	1983年 8月15日 6時~ 8月18日 7時	73	103 mm	T 8 3 0 5/6
9	1983年 9月27日11時~ 9月29日 1時	38	100 mm	T 8 3 1 0

前 線

NO	期 間	時間数	総雨量	備 考
1	1979年 6月29日 2時~ 7月 3日15時	109	31 mm	停滞
2	1979年 7月15日 9時~ 7月16日12時	27	-- mm	南岸停滞
3	1980年 7月 7日 8時~ 7月 8日15時	31	57 mm	停滞
4	1980年 7月30日10時~ 7月30日15時	5	31 mm	停滞
5	1980年10月18日19時~10月20日18時	47	105 mm	南岸停滞
6	1981年 6月25日11時~ 6月26日12時	25	13 mm	梅雨前線
7	1982年 9月 8日 1時~ 9月 9日24時	47	69 mm	南岸停滞

低気圧

NO	期 間	時間数	総雨量	備 考
1	1979年 5月14日 5時~ 5月15日 6時	25	63 mm	関東大雨
2	1980年 5月15日 9時~ 5月16日 5時	20	27 mm	
3	1980年 8月26日 2時~ 8月27日 7時	29	69 mm	日本海低気圧
4	1981年 5月 3日17時~ 5月 4日10時	17	48 mm	
5	1981年 5月 6日 9時~ 5月 8日10時	49	56 mm	2つ玉低気圧
6	1981年 5月17日18時~ 5月18日24時	30	58 mm	南岸低気圧
7	1981年 6月21日20時~ 6月23日19時	47	35 mm	熱帯低気圧
8	1981年 9月24日21時~ 9月28日19時	94	38 mm	本州中部
9	1982年 8月15日 1時~ 8月17日24時	71	34 mm	
10	1982年 9月19日13時~ 9月20日23時	34	5 mm	日本海低気圧
11	1983年 5月15日19時~ 5月17日24時	53	35 mm	静岡・長野豪雨

(注) 総雨量は、対象領域内祖母井地点の日雨量
の対象期間中の合計

雷 雨

NO	期 間	時間数	総雨量	備 考
1	1979年 5月25日19時～ 5月27日21時	50	11 mm	成層不安定
2	1979年 6月 2日13時～ 6月 3日23時	34	-- mm	
3	1979年 6月25日17時～ 6月26日 1時	8	14 mm	
4	1979年 7月25日17時～ 7月26日 8時	15	2 mm	
5	1981年 6月 5日19時～ 6月 6日 3時	8	6 mm	
6	1981年 7月13日15時～ 7月14日19時	28	74 mm	
7	1981年 7月15日20時～ 7月15日22時	2	21 mm	
8	1981年 7月16日19時～ 7月16日23時	4	-- mm	
9	1981年 7月17日18時～ 7月18日 3時	9	8 mm	
10	1981年 7月18日16時～ 7月18日20時	4	0.8 mm	
11	1981年 7月19日16時～ 7月19日19時	3	0.6 mm	東京 1 時間 77mm
12	1981年 7月20日13時～ 7月20日18時	5	12 mm	
13	1981年 7月21日13時～ 7月21日18時	5	45 mm	東京 1 時間 52.5mm
14	1981年 7月22日15時～ 7月22日20時	5	12 mm	
15	1982年 6月19日17時～ 6月19日21時	4	15 mm	長野（推定 170-180mm）
16	1982年 6月20日18時～ 6月20日21時	3	15 mm	
17	1982年 6月21日17時～ 6月21日18時	1	1 mm	
18	1982年 7月 9日19時～ 7月 9日22時	3	-- mm	
19	1982年 7月10日14時～ 7月10日16時	2	-- mm	東京 1500戸浸水
20	1982年 8月 7日13時～ 8月 7日22時	9	10 mm	
21	1982年 8月 8日14時～ 8月 8日16時	2	-- mm	
22	1982年 8月10日17時～ 8月10日19時	2	0.8 mm	
23	1982年 8月11日19時～ 8月11日20時	1	-- mm	
24	1982年 8月19日14時～ 8月19日19時	5	0.9 mm	
25	1983年 6月 9日19時～ 6月 9日21時	2	8 mm	
26	1983年 6月10日17時～ 6月10日20時	3	10 mm	
27	1983年 7月 9日11時～ 7月 9日18時	7	7 mm	

（注）総雨量は、対象領域内祖母井地点の日雨量
の対象期間中の合計

2.3 対象降雨量

本解析では、簡便のため、3 km×3 km直交メッシュの雨量値を対象降雨量とした。降雨量の算出方法は、次のとおりである。

①降雨量換算定数は、現行システムで用いられている下表の値を用いて、雨量強度に変換する。

	$R < 5 \text{ mm/h}$	$5 \leq R \leq 30$	$30 < R$
B	3 3	4 0 0	4 3
β	2. 7 1	1. 1 5	1. 8

②直交メッシュは、赤城山レーダを中心とした80×80メッシュとする。(対象領域は20×15メッシュ)

③0.5mm/hr以下は、0.0mm/hrとする。

レーダ雨量値の最小測定強度は、次の式で与えられる。

$$R_{\min} = G \cdot (10^{\Delta \text{Pr}/10} - 1)^{1/\beta}$$

ここに、 $R_{\min}$ ：最小測定降水強度(mm/hr)

G ：大地クラッターの強度(降雨量換算したもの)

ΔPr ：データ収録分解能(dB)

β ：降水量換算定数

赤城山レーダの場合は $\Delta \text{Pr} = 0.3 \text{ dB}$ であるので、 $G = 2.5 \text{ mm/hr}$ の場合、 $\beta = 1.6$ として計算すると、 $R_{\min} = 0.5 \text{ mm/hr}$ となる。したがって、解析上は、グラウンドクラッターが2.5mm/hr未満のメッシュを使用し(図-1の対象領域は、すべて2.5mm/hr未満)、0.5mm/hr未満の降雨は、0.0 mm/hrとして取り扱った。

第3章 解析方法

本研究では、次のような解析を行った。

①降雨特性（空間特性・時間特性）解析

②面積雨量推定の精度検討

③DAD解析

これらの具体的な解析方法及び計算ケースについては、以下に示すとおりである。

3.1 降雨の空間特性

降雨の空間特性は、個々のレーダメッシュの雨量値について相関をとり、メッシュ間の距離と相関係数との関係を調べた。

相関をとるケースとしては、従来の研究で行われてきたような①時系列方向に相関をとるケース（時系列データから見た特性）と、レーダ雨量のように密に雨量値がある場合には②各時刻ごとの降雨分布により相関をとるケース（ある時刻における空間分布から見た特性）が考えられる。

本研究では、比較のため両方のケースについて計算を行ったが、従来の地上雨量計の結果との対応もあり、ケース①を中心に解析を行った。

3.1.1 時系列データから見た特性

(1) 解析方法

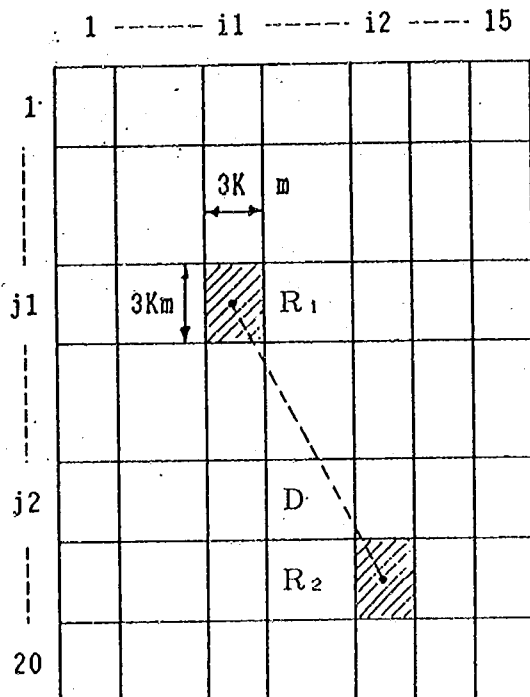
個々のメッシュの雨量値についてメッシュ間ごとに時系列データを用いて相関係数（0mm間の相関については、対象から除外）を計算し、メッシュ間の距離別（3kmごと）に相関係数の平均値及び標準偏差を求めた。計算方法は、以下のとおりである。

①対象領域内のそれぞれのメッシュ間の距離を求める。20×15メッシュであるため全部で44850個の組み合わせとなり、それぞれの組み合わせごとに時系列データを用いて相関係数を求める。たとえば、任意のメッシュ（ $i1, j1$ ）と（ $i2, j2$ ）間の計算であれば、次式のように行う。

$$D = \sqrt{\{(i2-i1) \times 3\}^2 + \{(j2-j1) \times 3\}^2} \quad (3.1)$$

$$\bar{R}_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R_1(k) \quad (3.2)$$

$$\bar{R}_2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R_2(k) \quad (3.3)$$



$$\rho_D = \frac{\sum_{k=1}^n (R_1(k) - \bar{R}_1)(R_2(k) - \bar{R}_2)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (R_1(k) - \bar{R}_1)^2 \sum_{k=1}^n (R_2(k) - \bar{R}_2)^2}} \quad \text{----(3.4)}$$

ここに、
 D : メッシュ (i_1, j_1) と (i_2, j_2) 間の距離 (km)
 $R_1(k), R_2(k)$: 時刻 k における雨量値 (mm/hr)
 n : 対象降雨期間の時間数 (0mm間の相関分は、除く)
 ρ_D : メッシュ (i_1, j_1) と (i_2, j_2) 間の相関係数

②それぞれの相関係数を同距離別に分類する。たとえば、3 kmの距離であれば全体 448 50個中 565個となる。

③3 kmごとに同距離における相関係数の平均及び標準偏差を次式により求める。

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \rho_D(K) \quad \text{----(3.5)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\rho_D(K) - \bar{\rho})^2} \quad \text{----(3.6)}$$

ここに、
 $\bar{\rho}$: 相関係数の平均値
 $\rho_D(K)$: 距離 D のメッシュ間の相関係数
 σ : 相関係数の標準偏差
 n : メッシュ間距離が D である相関係数の個数

また、上記により求めた相関係数から、どの程度の距離まで相関があると言えるのか客観的に判断する必要がある。そこで、ここでは t 分布を用い相関の有無の検定を行った。すなわち、メッシュ間の関係が独立であると仮定した時、 $t = \rho\sqrt{n-2}/\sqrt{1-\rho^2}$ は自由度 $n-2$ の t 分布に従うことになる。そこで、各々の相関係数の値が

有意水準	5% 以下
//	5%~0.1%
//	0.1%以上

のどの棄却領域にあるか、距離ごとにその割合を求め相関の有意性の程度 (どの有意水準の範囲の棄却領域で相関の独立性が棄却されるか) を調べた。実際の計算方法としては、以下のように行った。

①有意水準5%と0.1%において、それぞれ自由度 $n-2$ の t 分布の点 λ を求める。ここで、 n は、対象降雨期間の時間数である。

②次式により有意水準5%と0.1%の棄却領域を求める。

$$|\rho| \geq \lambda / \sqrt{\lambda^2 + n - 2} \quad \text{----(3.7)}$$

③3 kmの距離ごとに、それぞれの相関係数が、有意水準0.1%の棄却領域以上、有意水準0.1%と5%の棄却領域の間、有意水準5%の棄却領域以下のどの範囲にあるか求め、全体の個数に対する割合を計算する。

次に、メッシュ間の相関係数の値が距離と方向のみの関数で、地点による違いがないものと仮定し、片方のメッシュを原点にとり全ての組み合わせにより、8方向 (各方向を中心として、 $\pm 11.25^\circ$ ずつの扇状の範囲) に分類して相関係数を求めた。各方向ごとのデ

ータの範囲は、図-3.1に示す領域とする。

また、雨域の移動と相関の方向性との比較のため、方向性の顕著な降雨について雨域の移動ベクトルを求めた。移動ベクトルの算出方法は、関連係数による雨域追跡法を用い、以下の計算により移動ベクトルを求めた。

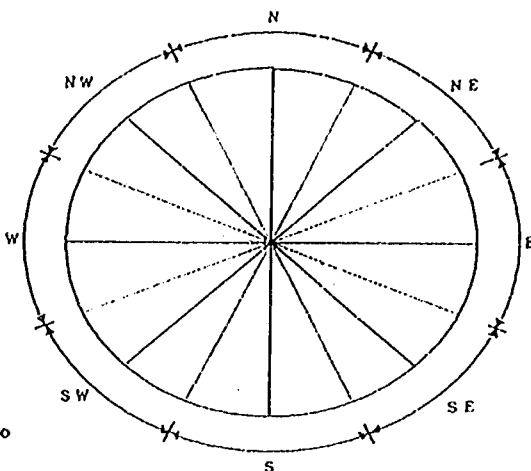


図-3.1 方向別データの範囲

①T時刻とT-Δt時刻(Δt=15分とした)の2枚のエコー図を閾値(各メッシュの雨量強度を大きい順に並べ大きい方からメッシュ個数で1/3番目にあたる降雨強度)を境にして、各直交メッシュの降雨強度が閾値以上のメッシュを1、閾値以下を0と2値化する。

②T-Δt時刻の2値化したエコー図を平行移動させ、T時刻の2値化したエコー図に重ね合わせて次式により関連係数C.A.を求める。

$$C.A. = \frac{n_1 \cdot n_4 - n_2 \cdot n_3}{\sqrt{n_{12} \cdot n_{34} \cdot n_{13} \cdot n_{14}}} \quad \text{-----(3.8)}$$

T時刻の エコーの値	T-Δt時刻のエコーの値		
	1	0	計
1	n_1	n_2	n_{12}
0	n_3	n_4	n_{34}
計	n_{13}	n_{24}	

n: メッシュ数

③関連係数C.A.が最大値を示す方向及び距離を移動ベクトルとする。

(2)計算ケース

降雨原因別データを使用して計算した場合と降雨別データを使用して計算した場合(収録時間が10時間以上のもの)について行った。

a)降雨原因別データ

①メッシュ間距離と相関係数との関係

10分間雨量、1時間雨量、6時間雨量値を用いて、それぞれ4ケース(台風、前線、低気圧、雷雨)について計算する。ただし、雷雨の6時間雨量値を用いた場合には、収録時間数が短いものが多いので対象から除外する。

②メッシュ間距離と方向別相関係数との関係

1時間雨量値を用いて①と同じ4ケースについて計算する。

b)降雨別データ

①メッシュ間の距離と相関係数との関係

1時間雨量値を用いて30降雨(台風9降雨、前線6降雨、低気圧11降雨、雷雨4降雨)について計算する。また、この30降雨の中から比較的雨量強度の強い6降雨を選んで、2.0mm以上の雨量値のみを用い同様の計算を行う。

②メッシュ間の距離と方向別相関係数との関係

1時間雨量値を用いて①と同じ30降雨について計算する。

3. 1. 2 ある時刻における空間分布から見た特性

(1) 解析方法

雨量値の空間分布ごとに、メッシュ間距離が等しいもの同士で相関（0mm間の相関については、対象から除外）を求め、メッシュ間の距離別（3kmごと）に相関係数の平均値及び標準偏差を計算した。計算方法は、以下のとおりである。

①時系列相関と同様にして、メッシュ間の距離を求めた後、各雨量値の空間分布毎に同距離のメッシュ間の雨量値について相関係数を計算する。たとえば、ある時刻 t における相関係数の計算であれば、下式のようなになる。

$$\rho_{t,D} = \frac{\sum_{k=1}^n (R_1(k) - \bar{R}_1)(R_2(k) - \bar{R}_2)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (R_1(k) - \bar{R}_1)^2 \sum_{k=1}^n (R_2(k) - \bar{R}_2)^2}} \quad \text{----(3.9)}$$

$$\bar{R}_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R_1(k) \quad \text{----(3.10)}$$

$$\bar{R}_2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n R_2(k) \quad \text{----(3.11)}$$

ここに、 $R_1(k), R_2(k)$: メッシュ間距離が D である雨量値 (mm/hr)

n : メッシュ間距離が D となる組み合わせの個数

$\rho_{t,D}$: ある時刻 t におけるメッシュ間距離 D の相関係数

②3km毎に同距離における相関係数の平均及び標準偏差を下式により求める。

$$\bar{\rho} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \rho_D(K) \quad \text{----(3.12)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\rho_D(K) - \bar{\rho})^2} \quad \text{----(3.13)}$$

ここに、 $\bar{\rho}$: 相関係数の平均値

$\rho_D(K)$: 距離 D のメッシュ間の相関係数

σ : 相関係数の標準偏差

n : 対象降雨期間の時間数（0mm間の相関分は、除く）

また、相関の有意性についての計算も時系列の場合と同様に行った。この場合の n は、ある時刻における同メッシュ間距離の組み合わせの個数である。

(2) 計算ケース

降雨原因別個々のデータごとにメッシュ間の距離と相関係数との関係を求める。計算ケースは、1時間雨量値を用いて30降雨（台風9降雨、前線6降雨、低気圧11降雨、雷雨4降雨）について計算する。また、時系列特性の計算ケースのb) ①と同じ6降雨で2.0mm以上の雨量値のみを用い同様の計算を行う。

3.2 降雨の時間特性

(1) 解析方法

メッシュごとに各時刻の雨量値（5分間平均雨量）について、10分間隔で最大 180分まで自己相関をとり、その平均値及び標準偏差を計算した。計算方法は以下のとおりである。

①それぞれのメッシュごとに10,20,30,40,50,60,70,80,90,100,110,120,130,140,150,160,170,180分間隔で各雨量値間の自己相関を次式により求める。

$$N_{max} = n \times 12 - \Delta T * 2 / 10 \quad \text{----(3.14)}$$

$$\bar{R}_x = \frac{1}{N_{max}} \sum_{k=1}^{N_{max}} R(k) \quad \text{----(3.15)}$$

$$\bar{R}_y = \frac{1}{N_{max}} \sum_{k=1}^{N_{max}} R(k + \Delta T) \quad \text{----(3.16)}$$

$$\tau_{(i,j)} = \frac{\sum_{k=1}^{N_{max}} (R(k) - \bar{R}_x) (R(k + \Delta T) - \bar{R}_y)}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N_{max}} (R(k) - \bar{R}_x)^2 \sum_{k=1}^{N_{max}} (R(k + \Delta T) - \bar{R}_y)^2}} \quad \text{----(3.17)}$$

ここに、 n : 対象降雨期間の時間数(hr)

ΔT : 10,20,30, ----, 80,90,100分

$R(k)$: 時刻kにおける雨量値 (mm/hr)

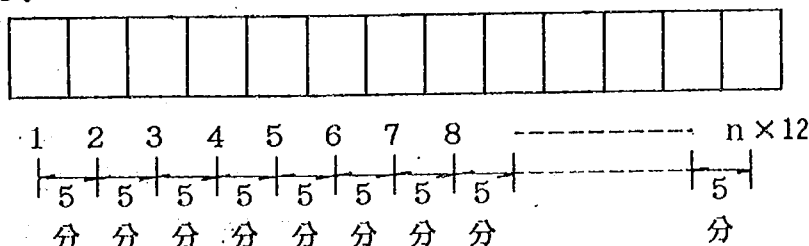
$\tau_{(i,j)}$: メッシュ(i, j)における自己相関係数

たとえば、10分間隔で自己相関係数を求めるならば、下図に示す時系列NOで言うとNO.1とNO.3、NO.2とNO.4、NO.3とNO.5、 ----、NO.Nmax と NO.n×12の組み合わせで、上式により相関係数を計算する。

任意のメッシュI,J

の降雨強度

時系列 NO



②各時間間隔ごとに相関係数の平均値と標準偏差を下式により求める。

$$\bar{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \tau_k(K) \quad \text{----(3.18)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\tau_k(K) - \bar{\tau})^2} \quad \text{----(3.19)}$$

ここに、 n : メッシュ数

$\bar{\tau}$: 自己相関係数の平均値

$\tau_k(K)$: ある時間間隔 ΔT での自己相関係数

σ : 自己相関係数の標準偏差

また、3.1と同様の方法により自己相関の有意性についても調べた。

(2) 計算ケース

降雨別データごとに時系列の時間間隔と相関係数との関係を求める。計算ケースは、全て5分間雨量を用い30降雨（台風9降雨、前線6降雨、低気圧11降雨、雷雨4降雨）について計算する。

3. 3 面積雨量推定の精度

面積雨量推定の精度は、真の面積雨量に対する相対誤差を求めることにより精度検討を行った。相対誤差を求める方法として、①間引き法による方法、と②標本計画法による方法があり、本研究では、比較のため、それぞれについて解析を行った。

3. 3. 1 間引き法

(1)解析方法

対象領域を1つの流域と考えその領域内のメッシュから任意のメッシュを選び、それぞれティーセン法により支配面積を求め流域平均雨量を計算した。真の面積雨量は、対象領域内の全メッシュを平均したものとし、それぞれのケースごとに下式により相対誤差を求めた。なお、代表メッシュ数（地点数）は、4,8,16,32,64個の5ケースで、それぞれの平均支配面積は、表-3. 1に示すとおりである。

代表地点数	平均支配面積 (Km ²)
4	675.0
8	337.5
16	168.8
32	84.4
64	42.2
300	9.0 (真値)

$$E = \frac{|R_t - R_s|}{R_s} \times 100 \quad \text{----(3.20)}$$

ここに、E：相対誤差（％）、R_t：代表地点より求めた面積雨量（mm）、R_s：真の面積雨量（mm）

(2)計算ケース

各支配面積ごと（各代表地点数ごと）に100ケースずつ計算する。100ケースの選び方については、それぞれの代表地点数ごとに乱数を発生させ、代表地点やその支配面積に偏りが生じないように考慮して、ランダムに代表地点を選定することにより決定する。具体的には、以下に示す2つの条件を設定し、それを満たすケースのみを選んだ。

①代表地点間の距離の偏りに対する条件

下式により、代表地点間の平均的な距離Rを求める。

$$\bar{A} = \frac{2700.0 \text{ Km}^2}{n} \quad \text{----(3.21)}$$

$$R = \sqrt{\frac{\bar{A}}{\pi}} \quad \text{----(3.22)}$$

ここに、n：代表地点数

A：平均支配面積

乱数を発生させランダムに選んだ代表地点の組み合わせの中からおのおのの代表地点間の距離rが、全てr ≥ Rとなる組み合わせのみ採択する。

②支配面積の偏りに対する条件

①の条件を満たしたケースについて、それぞれの代表地点の支配面積を求め、その最小値と最大値の比が、1：4以下となるケースを採択する。

計算ケースは、降雨原因別・降雨別（降雨原因ごとに時空間相関の良い降雨と悪い降雨の2ケース）・時間別（降雨原因ごとに雨域が全域にある降雨と部分的な降雨の2ケース）について計算を行う。なお、雨量値については、1時間雨量値を用いる。

3.3.2 標本計画法

(1) 解析方法

標本計画法は、統計的手法を用いた方法で、母集団として流域（対象領域）に分布する降雨全体を考え、観測雨量をこの母集団からの標本と見なして、誤差の推定を行う方法である。この方法は、統計学における次の定理を用いている。

「正規母集団 $N(\mu, \sigma^2)$ から大きさ n の標本を任意抽出した場合の標本平均 $\bar{x} = \sum x_i / n$ の分布は $N(\mu, \sigma^2/n)$ なる正規分布をする。」

σ^2/n の平方根 $\sigma/\sqrt{n}$ は、標本平均についての標準偏差という意味で、標準誤差と呼ばれている。以下、これを e_s で表す。

$$e_s = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

----(3.23)

e_s は、 x と同一の単位を持ち、標本平均と母平均との差の目安になる。両者の差の絶対値が e_s を下回る確率は、 1σ 内であるから、約68.3%である。 e_s 母平均 μ で除した、 $\varepsilon_s = e_s / \mu$ を標準相対誤差と呼ぶ。 ε_s は、

$$\varepsilon_s = \frac{e_s}{\mu} = \frac{\sigma}{\mu} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{Cv}{\sqrt{n}}$$

----(3.24)

となり、母集団の変動係数 Cv と標本数の平方根 $\sqrt{n}$ の商で表される。

この定理を面積雨量の推定に適用させると、以下のとおりになる。

母平均 μ を真の面積雨量、標本平均 $\bar{x}$ を推定された面積雨量に対応させることにより

「面積的な変動係数が Cv である降雨の面積雨量を、 n ケ所の観測所雨量（代表地点雨量）から推定するならば、危険率31.7%で相対誤差は、 $\varepsilon_s = Cv / \sqrt{n}$ である」ということが言える。ただし、条件として、降雨の面積的なばらつきの程度が、流域内において一様でなければならない。

この条件を満たすとすると、 Cv の母数は、下式のとおりとなる。

$$Cv = \sqrt{\{ \sum_n (x - \mu)^2 dA / A \} / \mu}$$

----(3.25)

ここに、 x は、地点雨量、 $\mu = \{ \sum_n x dA / A$ 、 $A = \{ \sum_n dA$ である。また、標本統計量としては、

$$Cv = \sqrt{\frac{1}{n-1.5} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} / \bar{x}$$

----(3.26)

ここに、 x_i は、第 i 観測所の地点雨量、 $\bar{x} = \sum x_i / n$ である。ティーセン法などにより x_i に重み $w_i = A_i / A$ をかける場合は、

$$Cv = \sqrt{\frac{n}{n-1.5} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 w_i} / \bar{x}$$

----(3.27)

となる。ただし、 A_i は、第 i 観測所の支配面積で、 $A = \sum A_i$ 、 $\sum w_i = 1$ である。

実際の計算においては、代表地点数を表-3.1の6ケースとし、それぞれについて Cv の計算を行い、相対誤差を求める。

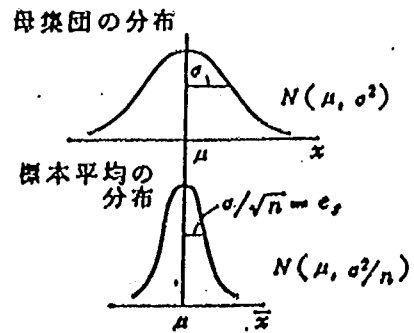


図-3.2 標本による母平均の推定

(2) 計算ケース

代表地点4, 8, 16, 32, 64では、間引き法による計算ケースと同様にそれぞれ100ケースずつ、300地点は、1ケースとして計算を行う。計算ケースは、降雨が対象領域内でほぼ一様にある降雨を降雨原因ごとに各2降雨ずつ、それぞれCvを計算し相対誤差を求める。

3.4 DAD解析

(1) 解析方法

DAD解析では、雨域ごとに面積 (Area) - 降水量 (Depth) の関係を求め、継続時間 (Duration) 別にDA図を作成することにより、最大DAD曲線を求めた。

また、レーダ雨量の雨域を求める方法としては、ある雨量値を閾値として設定し、閾値以上の独立した降雨範囲を1つの雨域とした。

計算条件は、以下のとおりとした。

- ①対象とする雨域の範囲は、対象領域を包含する下図の領域とする。
- ②雨域が対象範囲外に続いている場合は、境界線に沿って雨域を閉じさせるものとする。
- ③継続時間については、1時間ごとの移動計算で行う。たとえば、継続時間3時間であるならば、時刻 $t \sim t+2$ 間の累加雨量、時刻 $t+1 \sim t+3$ 間の累加雨量、…というように計算を進めて行く。

(2) 計算ケース

継続時間については、10分, 1, 3, 6, 12時間についてそれぞれDA図を求めるものとする。計算ケースについては、降雨原因ごと及び降雨ごと (降雨原因ごとに空間相関の良い降雨と悪い降雨の1ケース) について計算を行う。

また、DAD解析に用いる降雨は、降雨継続時間が12時間以上で、比較的強い降雨のあるものを降雨原因ごとに3降雨ずつ選んだ (表-3.2のとおり)。

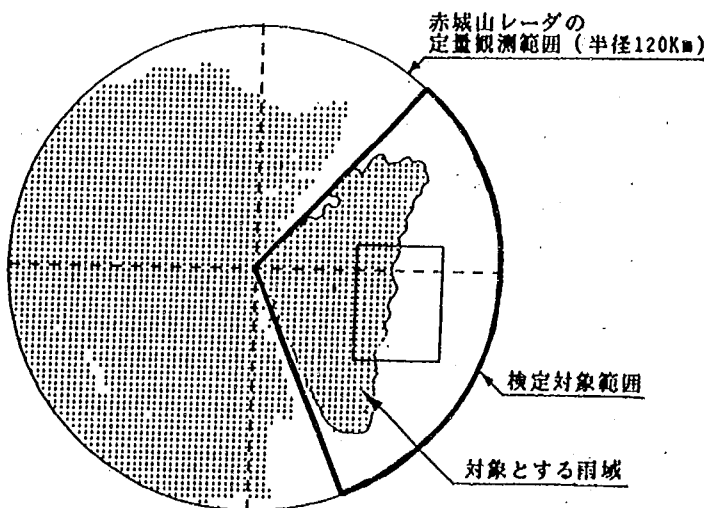


図-3.3 検定対象範囲

表-3.2 DAD解析対象降雨

台風 (全173時間)

NO	期	間	時間数
2	1979年10月18日	2時~10月19日20時	42
7	1982年9月10日	11時~9月12日21時	58
8	1983年8月15日	6時~8月18日7時	73

前線 (全125時間)

NO	期	間	時間数
3	1980年7月7日	8時~7月8日15時	31
5	1980年10月18日	19時~10月20日18時	47
7	1982年9月8日	1時~9月9日24時	47

低気圧 (全74時間)

NO	期	間	時間数
1	1979年5月14日	5時~5月15日6時	25
2	1980年5月15日	9時~5月16日5時	20
3	1980年8月26日	2時~8月27日7時	29

雷雨 (全77時間)

NO	期	間	時間数
2	1979年6月2日	13時~6月3日23時	34
4	1979年7月25日	17時~7月26日8時	15
6	1981年7月13日	15時~7月14日19時	28

第4章 降雨の空間特性

4.1 時系列データから見た特性

4.1.1 降雨原因ごとの比較

(1) 1時間雨量値による降雨原因別の検討

図-4.1、4.2に降雨原因別に全降雨データを用いて計算した結果を示す。図-4.3には、方向別に相関係数を求めた結果を示す。また、これらの結果から代表的な値を用いて降雨原因別に比較したものを表-4.1に示す。

これらより次のことが言える。

- ①相関係数は、雷雨以外は、かなり良い。降雨原因別にみると、台風が最も相関が良く、相関係数のばらつきも少ない。以下、前線、低気圧、雷雨の順で相関係数が低くなり、低気圧・雷雨では、相関係数のばらつきが台風の倍以上である。また、相関の有意性のある距離（有意水準0.1%の確率で相関があると言える距離）は、雷雨のみが極端に悪くなっている。
- ②相関の方向性については、前線及び低気圧が比較的顕著に出ており、逆に台風及び雷雨の方は、方向性が弱い。方向については、全てNE-SW方向となっており、これは、対象領域の地域特性であると考えられる。

表-4.1 降雨原因別比較表

	n	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	方向性
台 風	384	0.77	0.06	48 km	>60 km	NE-SW
前 線	291	0.72	0.10	36 km	>60 km	NE-SW
低気圧	469	0.64	0.14	27 km	59 km	NE-SW
雷 雨	224	0.38	0.15	13 km	24 km	NE-SW

n : 時間数

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数（平均）

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離

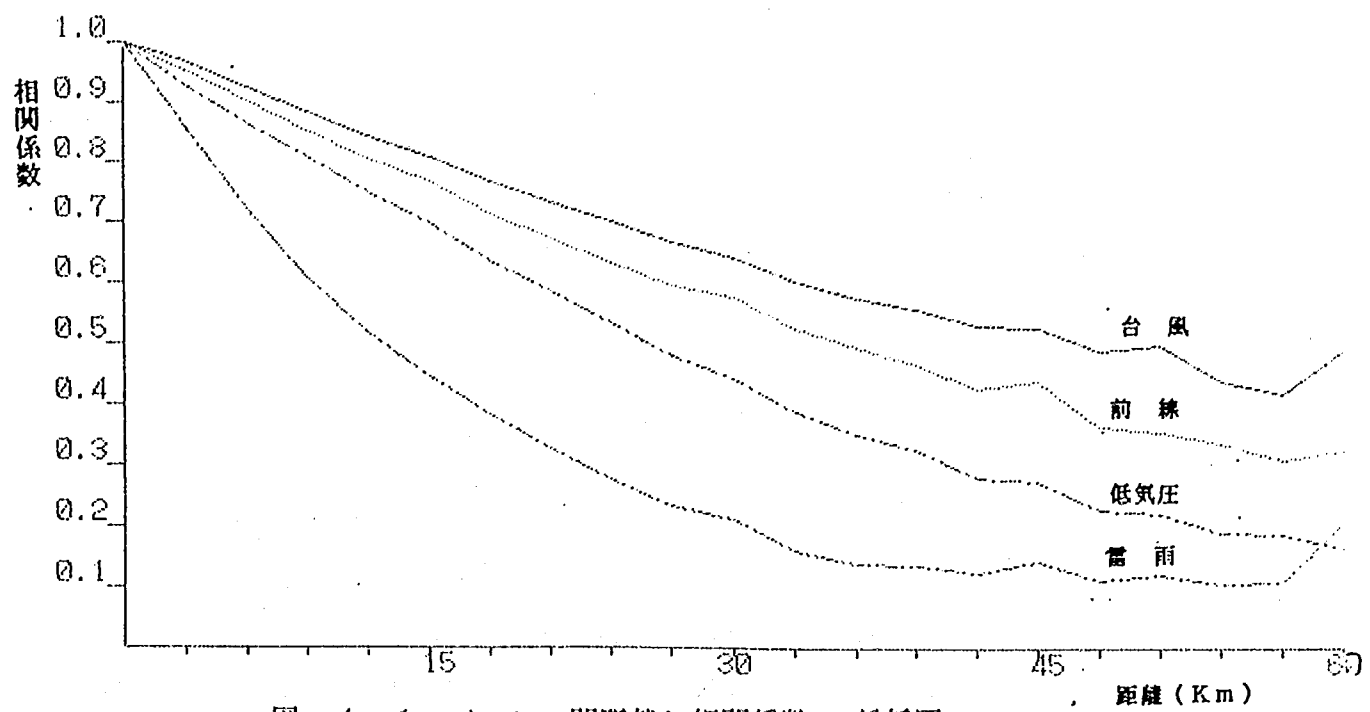


図-4.1 メッシュ間距離と相関係数・総括図

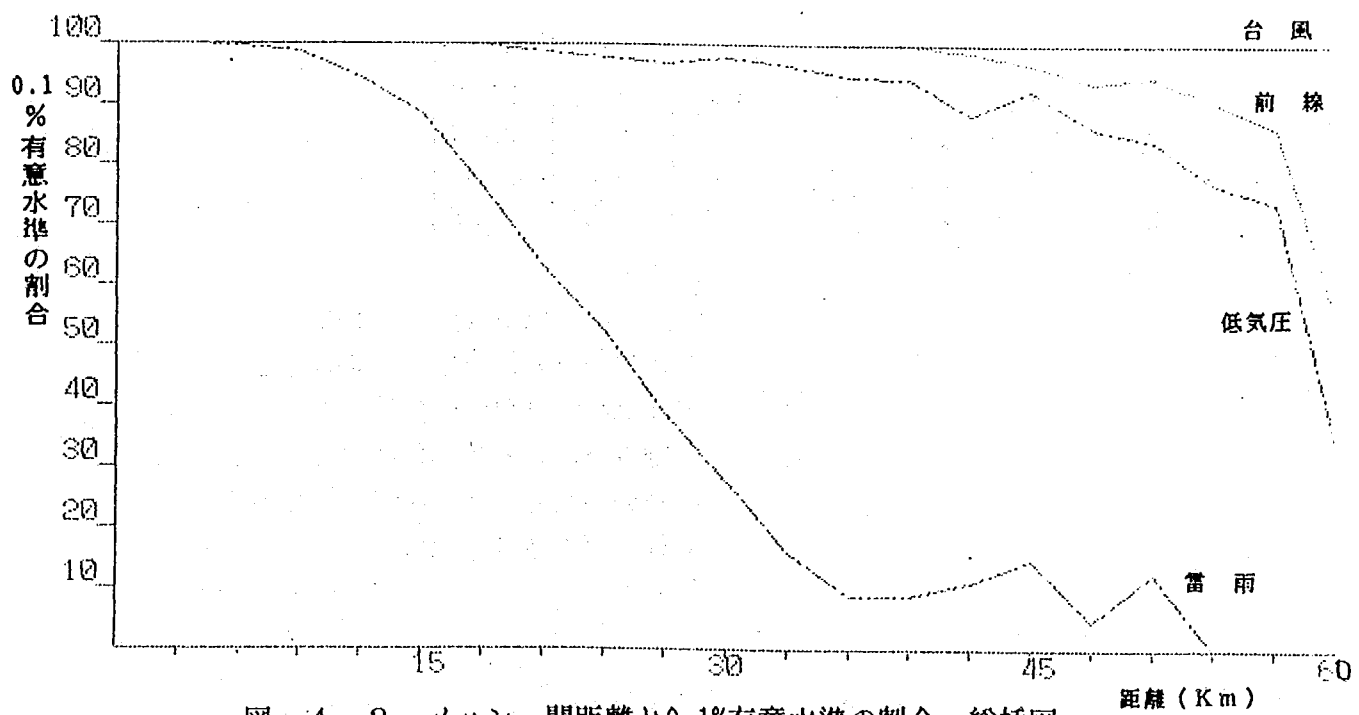
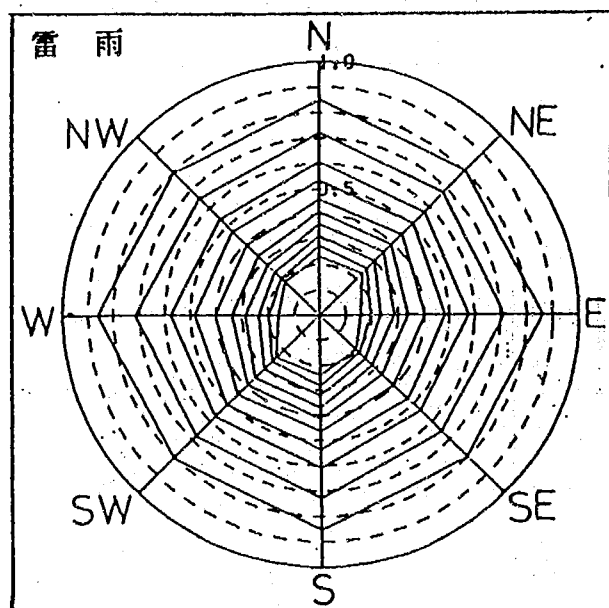
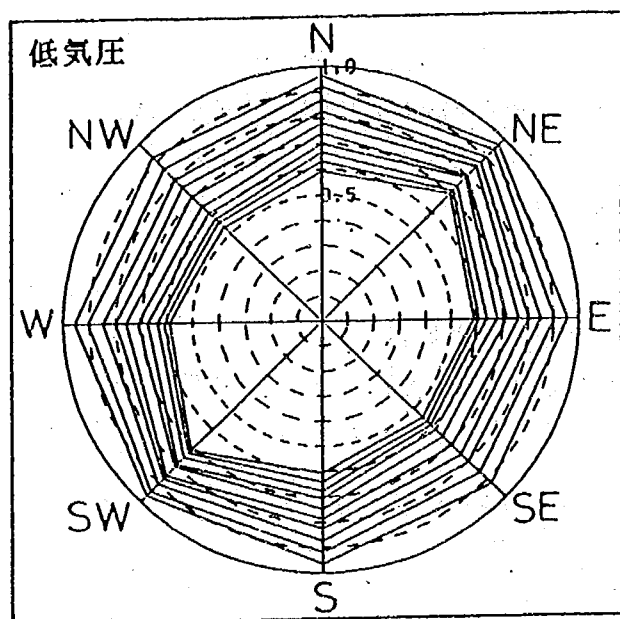
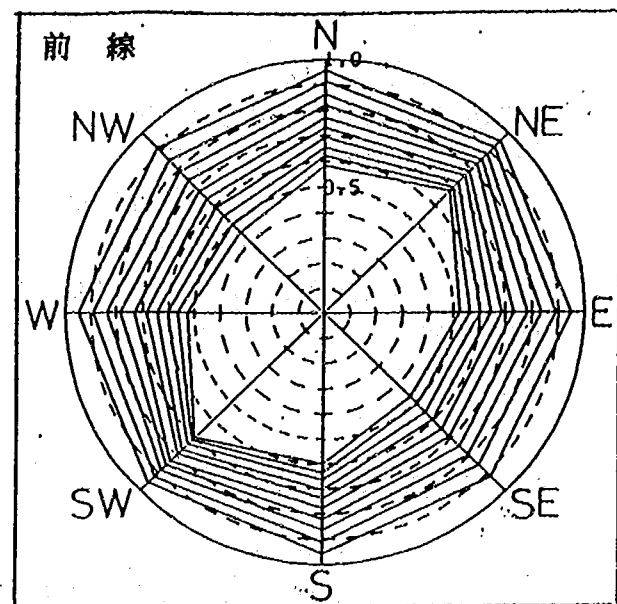
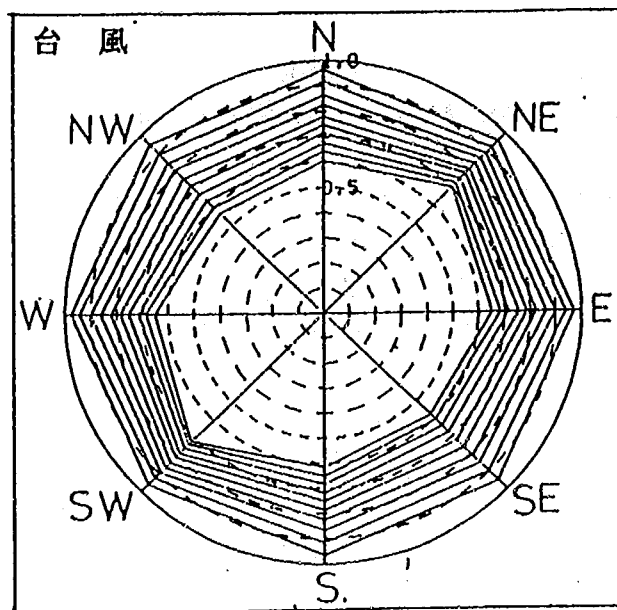


図-4.2 メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合・総括図



3kmから30kmまで3kmピッチで、方向別の相関係数を表している。(外側から3km, 6km, ---, 30km)

図-4.3 方向別相関係数

(2)10分間・1時間・6時間雨量値による検討

図-4.4に10分間、1時間、6時間雨量値についてメッシュ間距離～相関係数関係の計算結果を示す。また、表-4.2に代表的な値を用いて降雨原因別比較表としてまとめた。

これらからわかるように、相関は、良いものから6時間、1時間、10分雨量値の順となっている。10分間雨量値では、雷雨を除くと距離18kmで、1時間雨量の0.7前後と比較して0.5前後まで下がるが、6時間雨量では、0.8～0.9程度と非常に良くなる。これは、時間が長くなるほど降雨量の時間変動が平均化されるためで、それは、どの降雨原因についても同じである。

表-4.2 雨量値別比較表

	$\bar{\rho}$			D		
	10分雨量	1時間雨量	6時間雨量	10分雨量	1時間雨量	6時間雨量
台風	0.54	0.77	0.93	22 km	48 km	> 60 km
前線	0.51	0.72	0.86	18 km	36 km	> 60 km
低気圧	0.46	0.64	0.80	16 km	27 km	58 km
雷雨	0.22	0.38	----	6 km	13 km	----

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数(平均)

D : 相関係数が 1/2になる距離

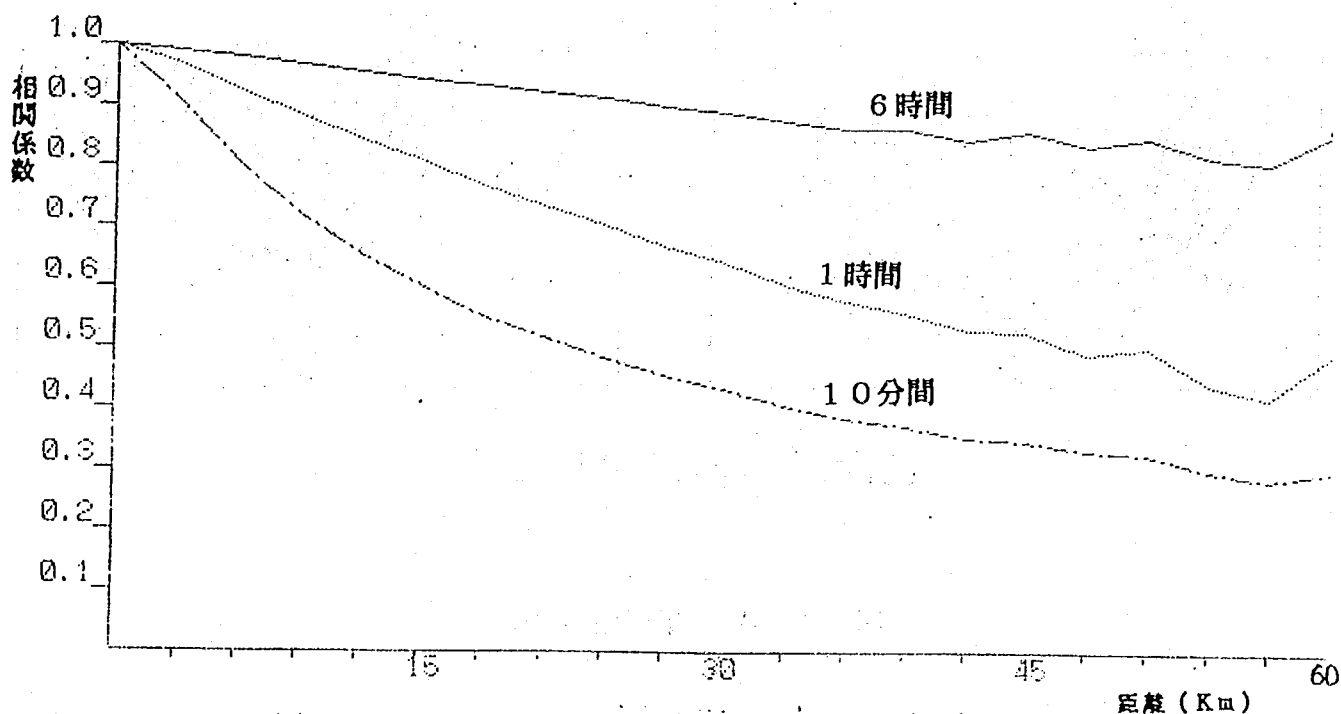


図-4.4a メッシュ間距離と相関係数・雨量値別(台風)

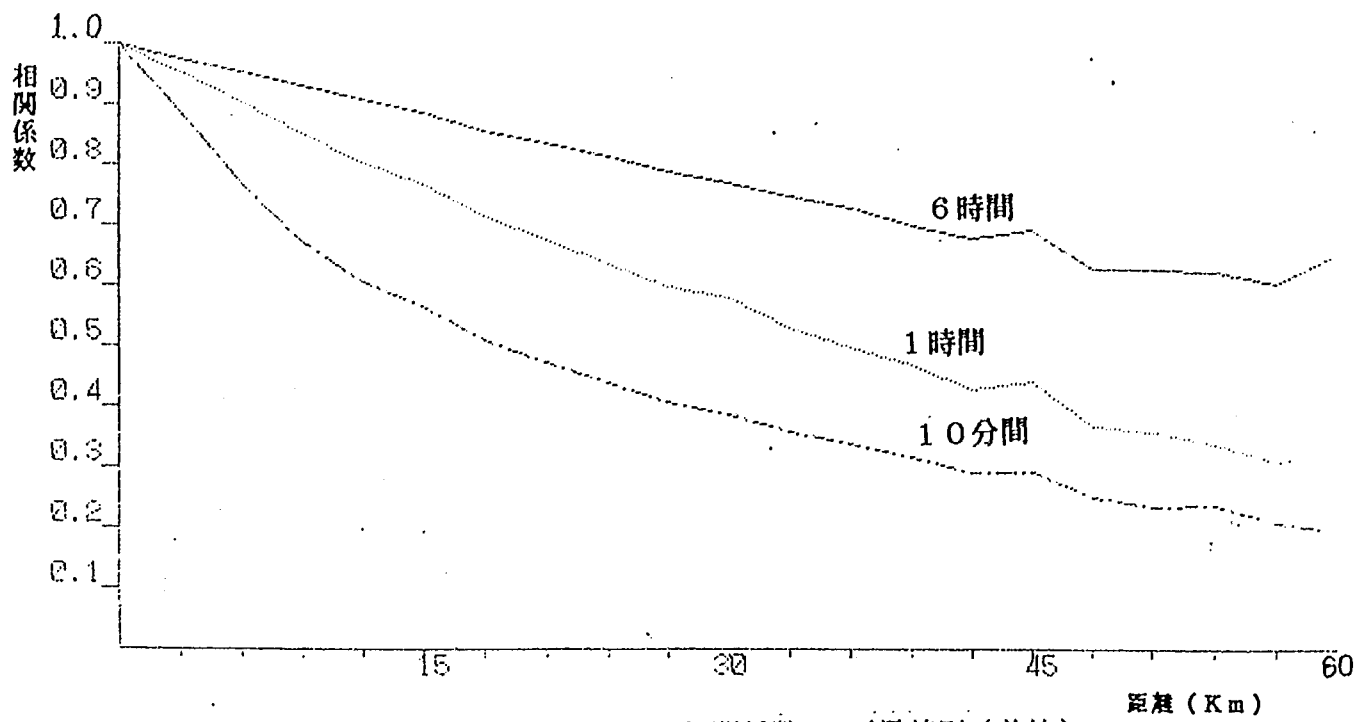


図-4.4b メッシュ間距離と相関係数・雨量値別（前線）

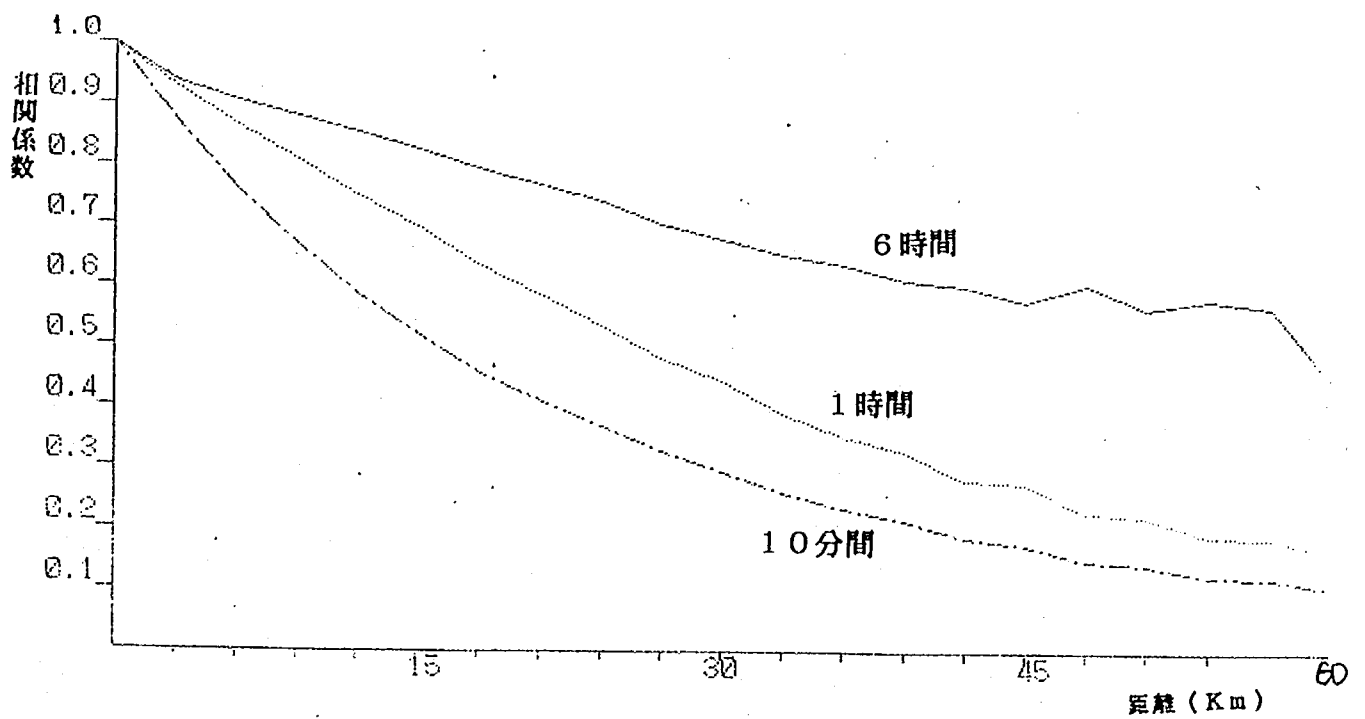


図-4.4c メッシュ間距離と相関係数・雨量値別（低気圧）

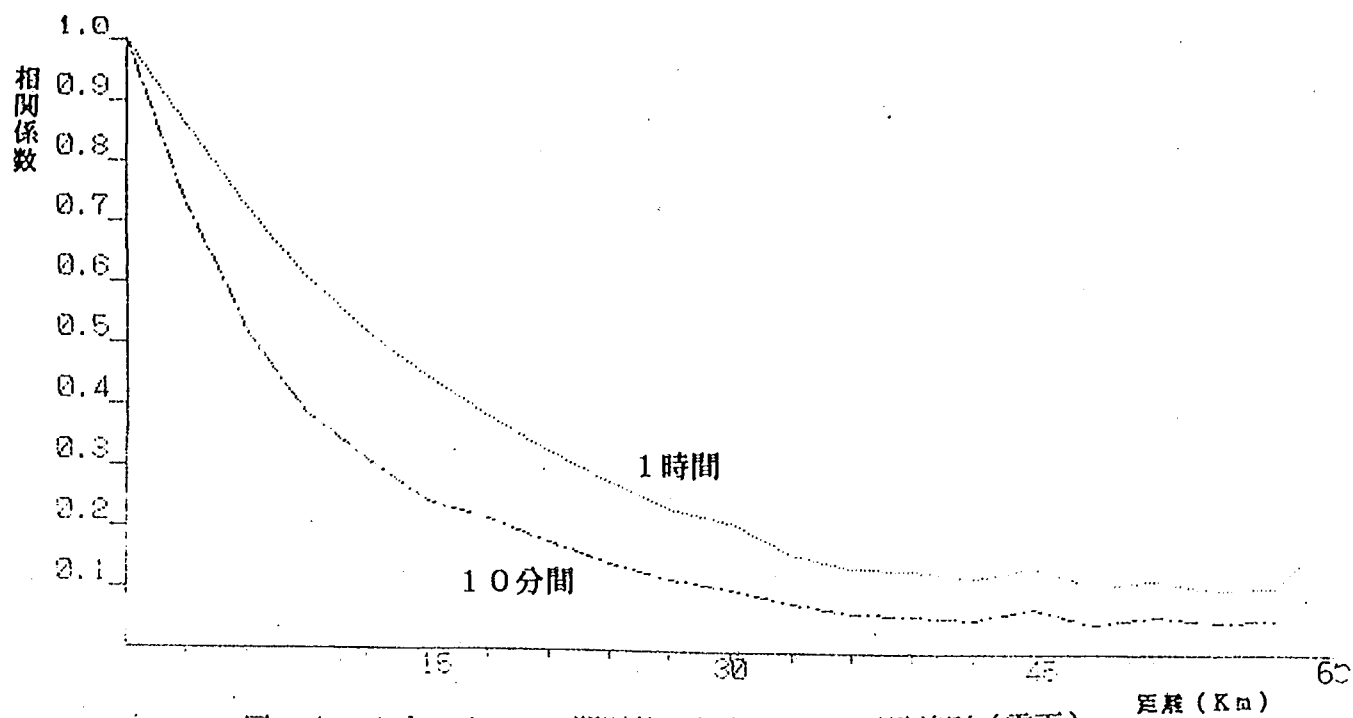


図-4.4d メッシュ間距離と相関係数・雨量値別(雷雨)

4. 1. 2 降雨ごとの比較

(1) 全ての雨量値 (0mm/h以上の雨量値) を対象とした場合の計算結果

降雨原因別に、それぞれの降雨ごとの相関係数及びその方向性について、その時の降雨状態との対比を行った。また、方向性については、雨域が移動している場合は、その方向と直角方向に長軸となる相関の方向性を持つため、方向性の顕著な降雨について検証してみた。

イ) 台 風

図-4.5, 4.6に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.3に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これらから次のことがわかる。

- ① 全体的には、ばらつきも少なく相関は良いが、降雨NO.1,3,4,7については、他と比べて相関が悪く、相関の有意性のある距離は全て30km以下となっている。また、NO.1,3,7は、方向性についても比較的顕著に出ている。
- ② 降雨状態と対応させてみると、雨域が全域にある降雨 (NO.1,3以外) は、相関が良くばらつきも少ないが、雨域がばらついている降雨 (NO.1,3) や雨域に偏りがある降雨 (NO.4) は、相関のばらつきが大きい。NO.7については、全域に降雨があるにもかかわらず相関が悪くなっているが、NE-SW 方向に降雨強度自体の方向性があるため全体として相関が悪くなっていると思われる。
- ③ 方向性が顕著に出ている降雨 (NO.1,3,7) の中で、NO.1,3については、移動ベクトルも弱く雨域移動は認められないため、方向性の要因としては降雨強度分布の偏りの影響ではないと思われる。NO.7については、図-4.7に示すようにN~NE方向に5~17km/hrの移動ベクトルがあり顕著な雨域移動が認められるが、相関の方向性 (図-4.8に示す) とは直角になっていない。この降雨は、降雨強度分布にもかなり顕著な方向性があるため、その影響が大きいと考えられる。

表-4.3 降雨別比較表 (台風)

NO	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	方向性	降 雨 状 態
1	0.60	0.23	24 km	25 km	*NE-SW	弱い雨、雨域がばらついている
2	0.88	0.07	>60 km	>60 km	なし	全域に強い降雨
3	0.55	0.26	24 km	11 km	* E-W	部分的に強く、雨域がばらついている
4	0.54	0.16	24 km	11 km	NW-SE	降雨強度分布に偏りがある
5	0.88	0.07	45 km	33 km	N-S	全域に強い降雨、N→E方向へ移動
6	0.84	0.07	51 km	45 km	なし	全域に強い降雨
7	0.65	0.14	27 km	28 km	*NE-SW	NE-SW方向に縞状の強い降雨域がある
8	0.74	0.09	36 km	46 km	なし	ほぼ全域に強い雨、中心付近は弱い
9	0.94	0.04	>60 km	>60 km	なし	全域に一樣な強い雨

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数 (平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離

* : 方向性が顕著なもの

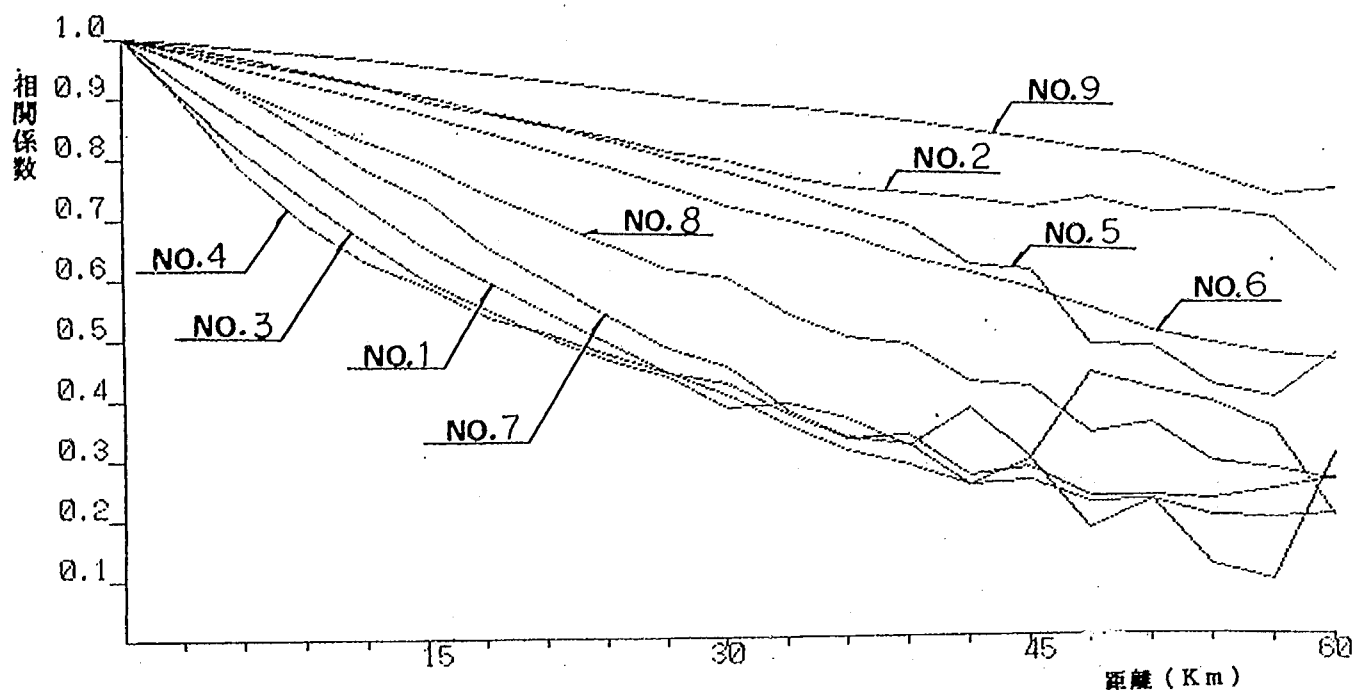


図-4.5 メッシュ間距離と相関係数 (台風)

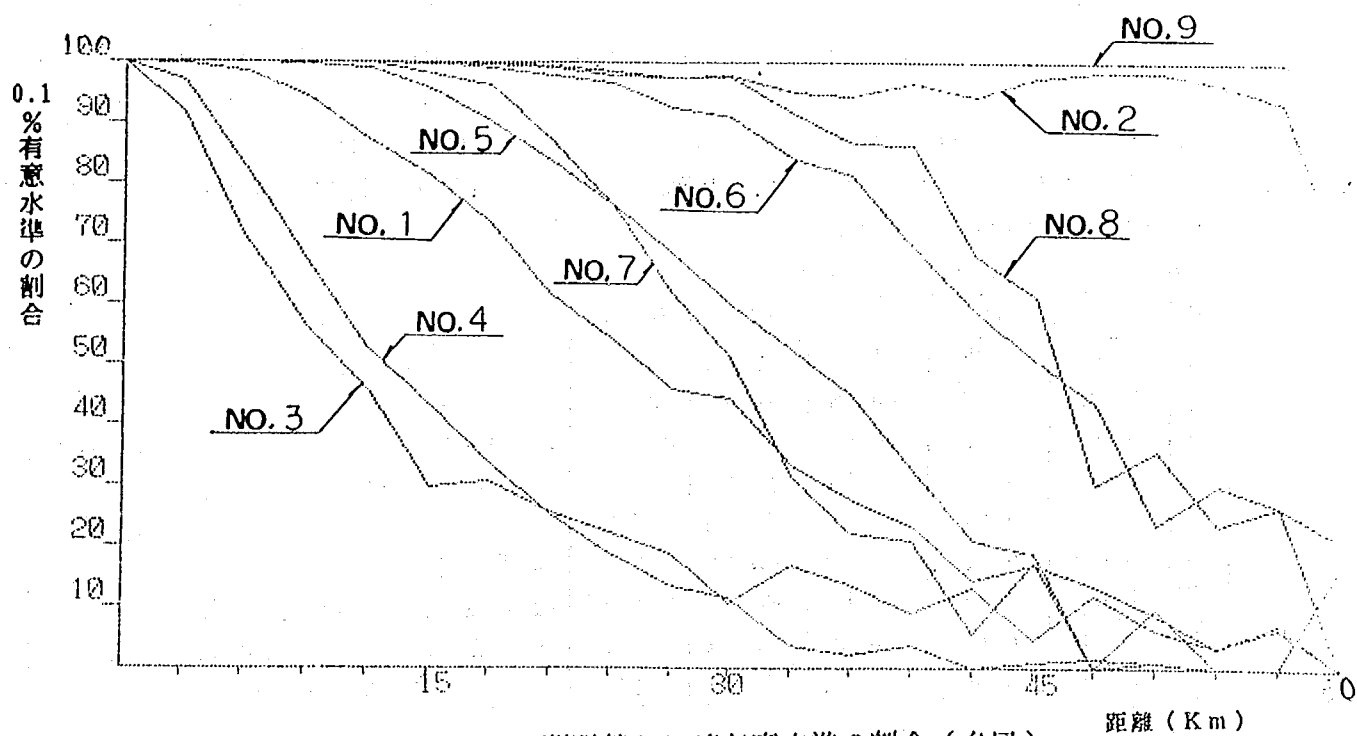
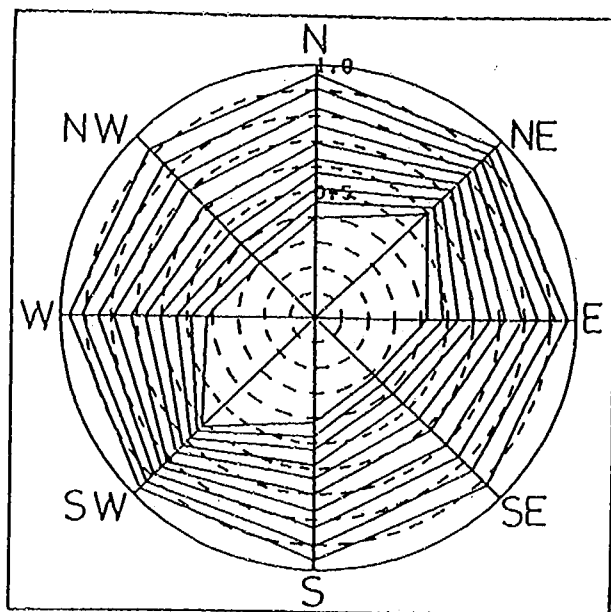
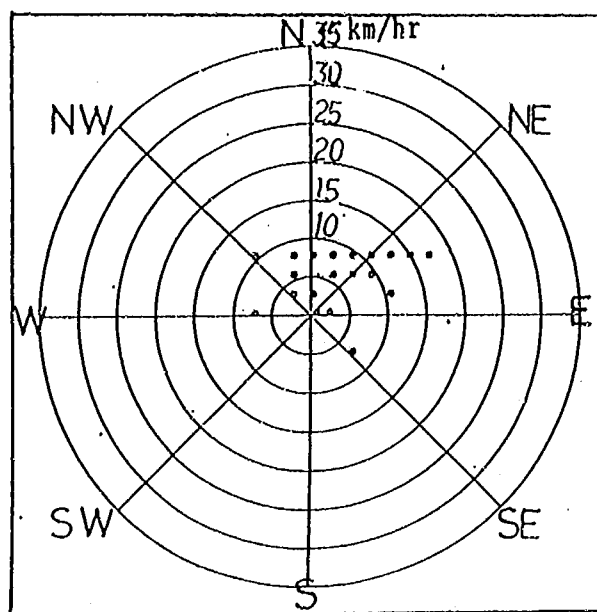


図-4.6 メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (台風)



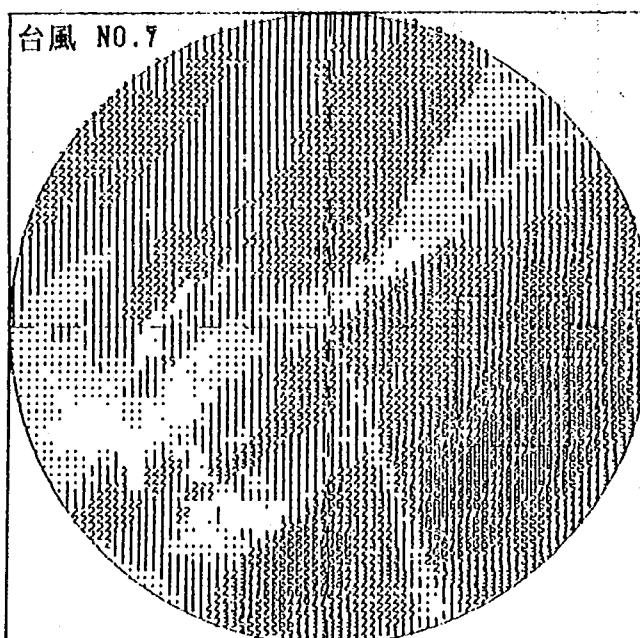
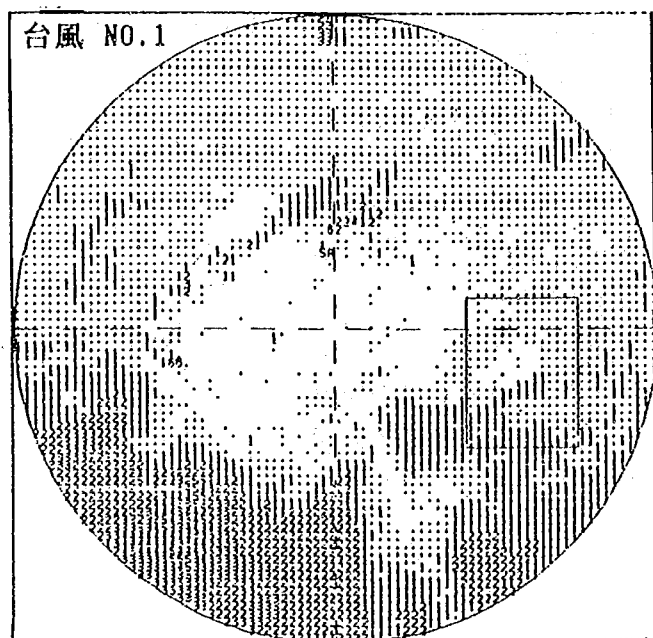
3kmから30kmまで3kmピッチで、方向別の相関係数を表している。(外側から3km, 6km, ..., 30km)

図-4.7 方向別相関係数(台風NO.7)



図中のプロットは、本降雨期間中のある時刻における雨域の移動速度(km/h)と移動方向を示す。

図-4.8 雨域移動ベクトル(台風NO.7)



凡例 (単位: mm/h)									
0.0-0.5	3	4.0-6.0	7	15.0-20.0	B	40.0-50.0			
0.5-1.5	4	6.0-8.0	8	20.0-25.0	C	50.0-60.0			
1.0-2.0	5	8.0-10.0	9	25.0-30.0	D	60.0-100.0			
2.0-4.0	6	10.0-15.0	A	30.0-40.0	E	100.0-			

図-4.9 降雨状態

ロ) 前 線

図-4.10, 4.11に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.4に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これらから次のことがわかる。

①全体的には、相関は良いが、降雨NO.2,5については、他と比べて相関係数のばらつきが大きく、方向性も顕著に出ている。相関の有意性のある距離は、ほとんどの降雨で20km以上となっている。

②NO.2は、降雨域がばらついているため、相関が悪い。NO.5は、降雨の有る部分と無い部分がはっきりと分かれており、相関は悪くなっているが、NO.2と比較すると相関のばらつきは少ない。

③相関の方向性については、NO.2では、移動ベクトルがほとんどなく雨域の移動は認められないため降雨強度分布の偏りによるものと思われる。NO.5では、図-4.13のとおりNE~E方向に5~15km/hrの移動ベクトルが出ているが、相関の方向性(図-4.12に示す)とは直角になっていない。この降雨も降雨強度分布に顕著な方向性があるためその影響と思われる。

表-4.4 降雨別比較表(前線)

NO	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	方向性	降 雨 状 態
1	0.72	0.14	35 km	55 km	NE-SW	降雨強度分布の偏り有、E方向へ移動
2	0.62	0.28	28 km	27 km	* N-S	全域に弱い雨
3	0.81	0.10	>60 km	11 km	NE-SW	NE-SW方向に降雨強度分布の偏り有り E方向へ移動
5	0.70	0.17	32 km	53 km	*NE-SW	降雨強度分布に偏りのある強い雨、 E方向へ移動
6	0.83	0.11	>60 km	35 km	N-S	全域に強い降雨
7	0.77	0.13	48 km	>60 km	NE-SW	全域に強い降雨

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数(平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離

* : 方向性が顕著なもの

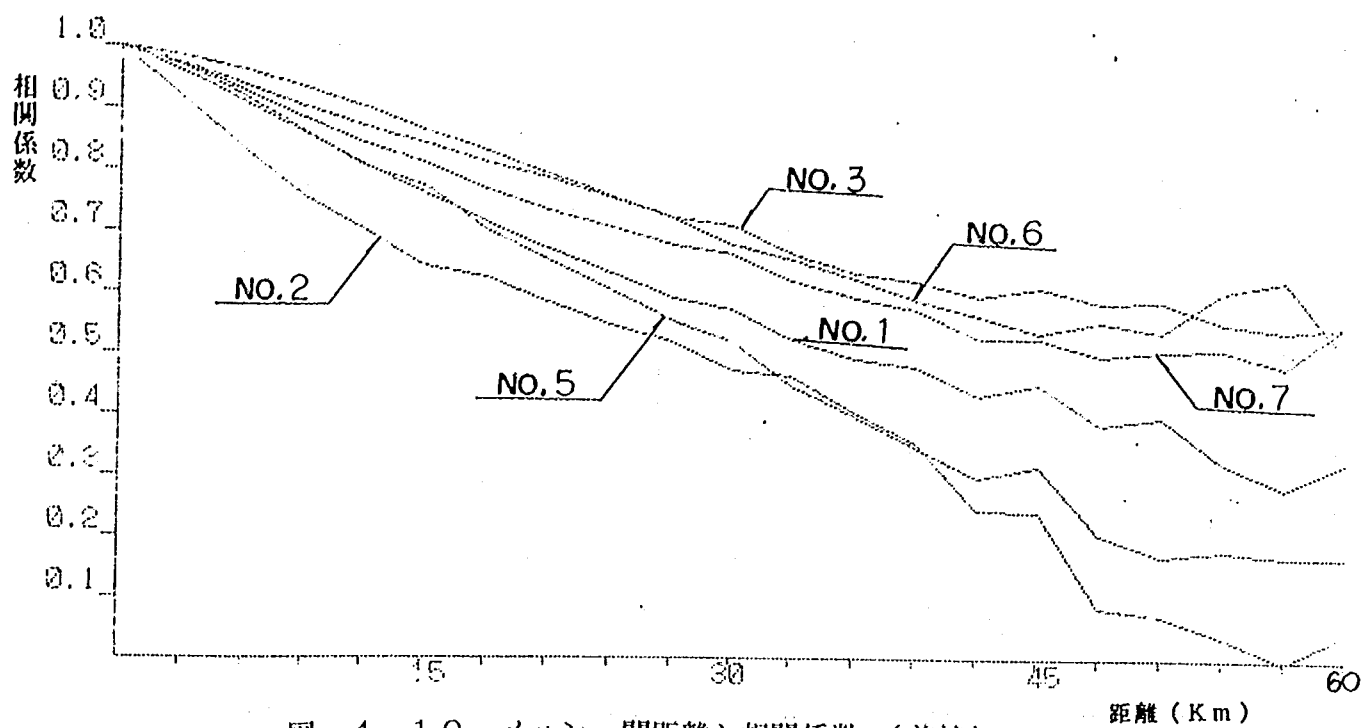


図-4.10 メッシュ間距離と相関係数 (前線)

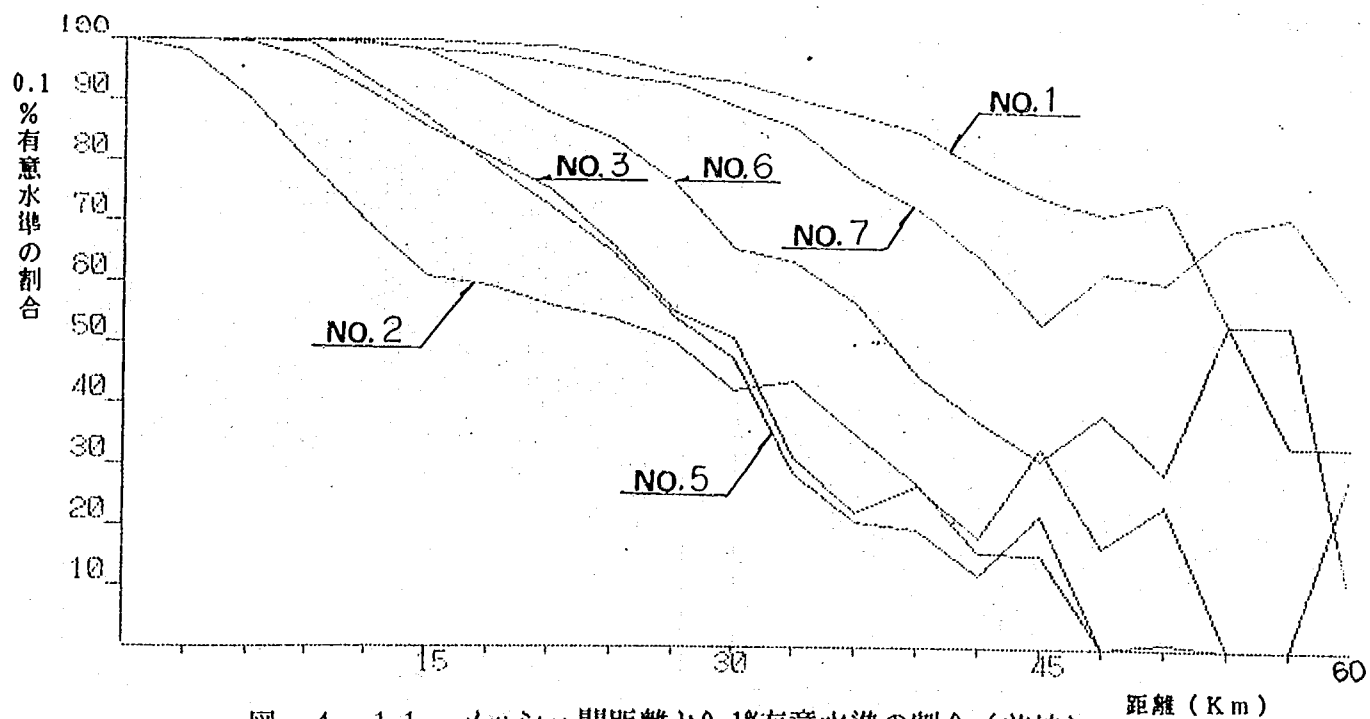
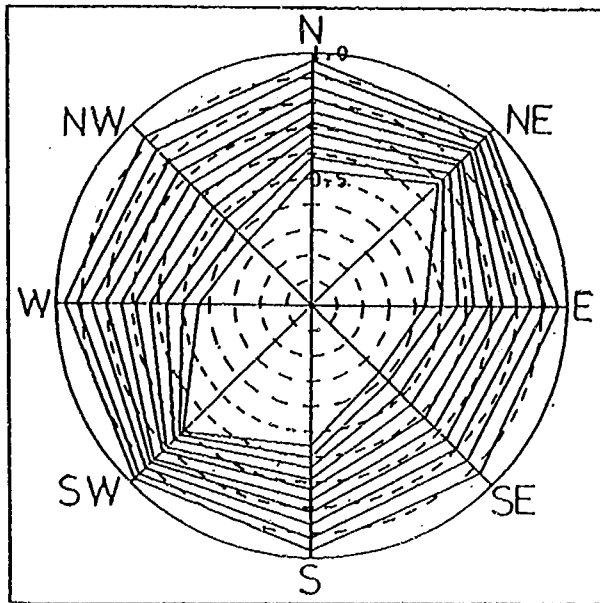
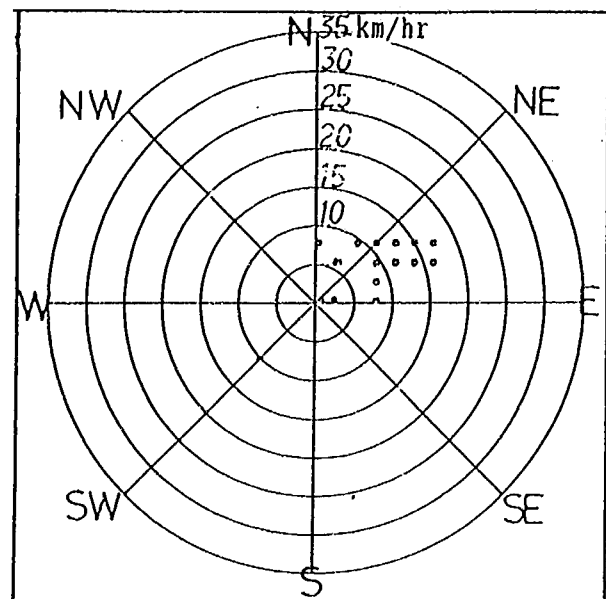


図-4.11 メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (前線)



3kmから30kmまで3kmピッチで、方向別の相関係数を表している。(外側から3km, 6km, ---, 30km)

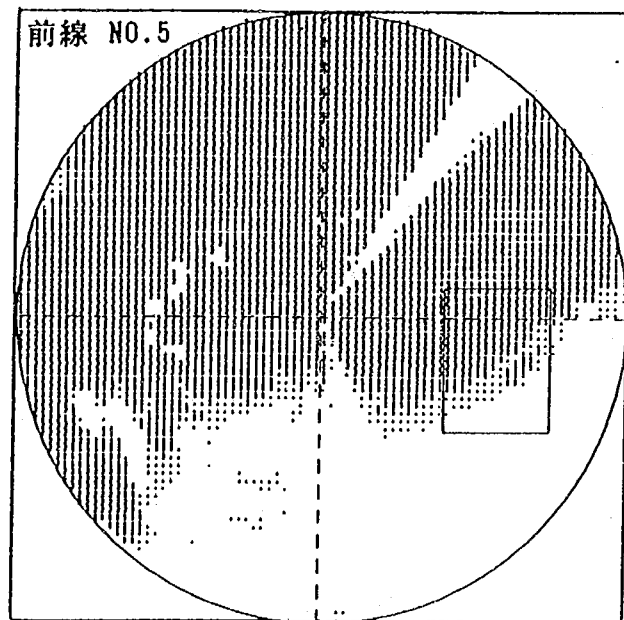
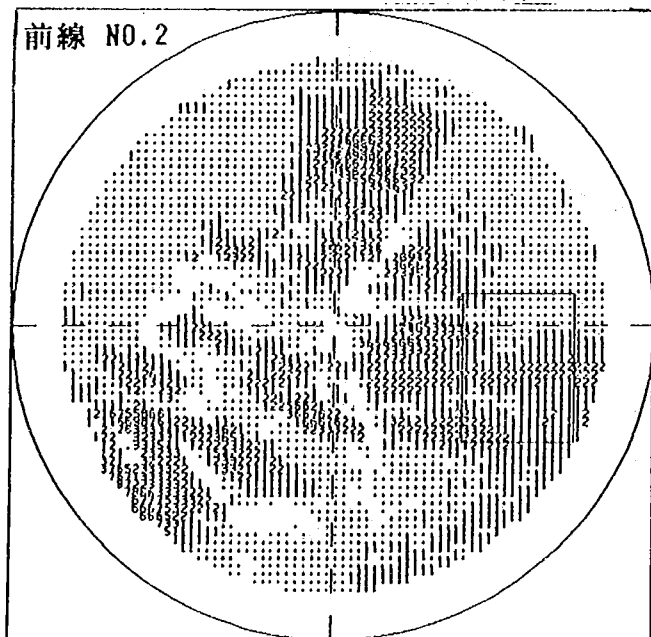
図-4.12 方向別相関係数 (前線NO.5)



図中のプロットは、本降雨期間中のある時刻における雨域の移動速度(km/h)と移動方向を示す。

図-4.13 雨域移動ベクトル (前線NO.5)

定性観測範囲98km



凡例 (単位: mm/h)									
0.0-0.5	3	4.0-6.0	7	15.0-20.0	B	40.0-50.0			
0.5-1.5	4	6.0-8.0	8	20.0-25.0	C	50.0-60.0			
1.0-2.0	5	8.0-10.0	9	25.0-30.0	D	60.0-100.0			
2.0-4.0	6	10.0-15.0	A	30.0-40.0	E	100.0-			

図-4.14 降雨状態

ハ) 低気圧

図-4.15, 4.16に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.5に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これらから次のことがわかる。

①相関係数の平均値自体は、それほど悪くはないが、相関係数のばらつきが大きく方向性も顕著に出ているものが多い。特に、ばらつきが大きいのは、NO.1,9であり、方向性が他と比べて顕著に出ているのは、NO.2,3,9,10である。相関の有意性については、ほとんどの降雨で20km以上の距離となっている。

②NO.5,7以外の降雨は、雨域又は、降雨強度分布に顕著なカタヨリがあるため、相関係数のばらつきが大きい。

③相関の方向性については、NO.2では、雨域がかなり速い速度で移動しており、移動ベクトルでは、図-4.18に示すようにNE～E方向で10～17Km/hrとなっており、相関の方向性(図-4.17に示す)とはほぼ直角に出ている。NO.3では、雨域の移動は認められるが、降雨強度分布にもNW～SE方向に方向性があるためその影響が大きいと思われる。NO.9,10については、雨域の移動はほとんど認められず、降雨強度分布の偏りによるものと思われる。

表-4.5 降雨別比較表(低気圧)

NO	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	方向性	降 雨 状 態
1	0.75	0.20	36 km	30 km	NE-SW	降雨強度分布に偏りのある強い雨
2	0.44	0.22	22 km	9 km	* N-S	降雨強度分布に偏りのある強い雨、E方向へ移動
3	0.65	0.17	28 km	23 km	*NW-SE	降雨強度分布に偏りのある強い雨
4	0.85	0.09	>60 km	57 km	E-W	全域に強い雨
5	0.88	0.06	51 km	52 km	NE-SW	全域に強い雨
6	0.82	0.14	>60 km	>60 km	NW-SE	全域に強い雨
7	0.81	0.08	56 km	56 km	NW-SE	全域に強い雨
8	0.67	0.17	45 km	26 km	NE-SW	全域に強い雨、E方向へ移動
9	0.47	0.30	16 km	20 km	* E-W	ばらつきのある強い降雨
10	0.69	0.24	28 km	24 km	* N-S	ばらつきのある弱い降雨
11	0.74	0.15	42 km	47 km	NE-SW	全域に弱い雨

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数(平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離

* : 方向性が顕著なもの

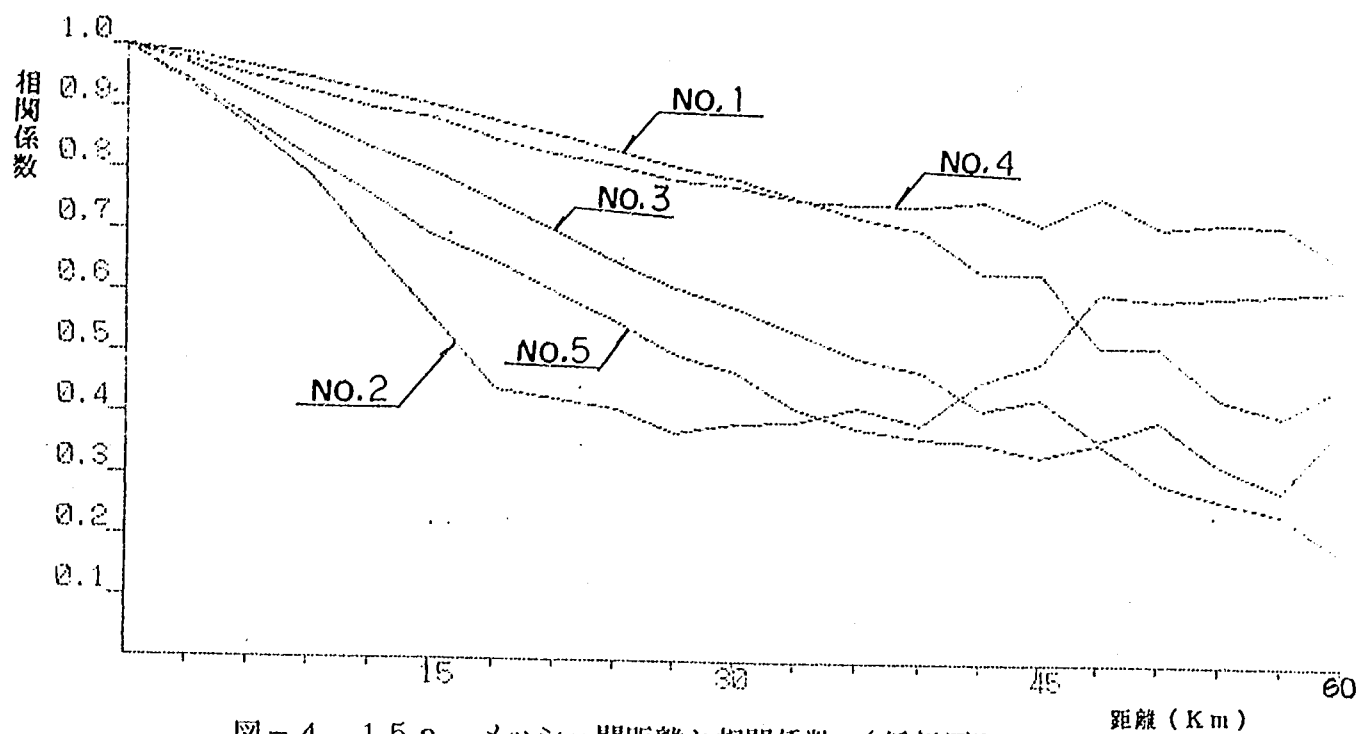


図-4.15a メッシュ間距離と相関係数 (低気圧NO.1~5)

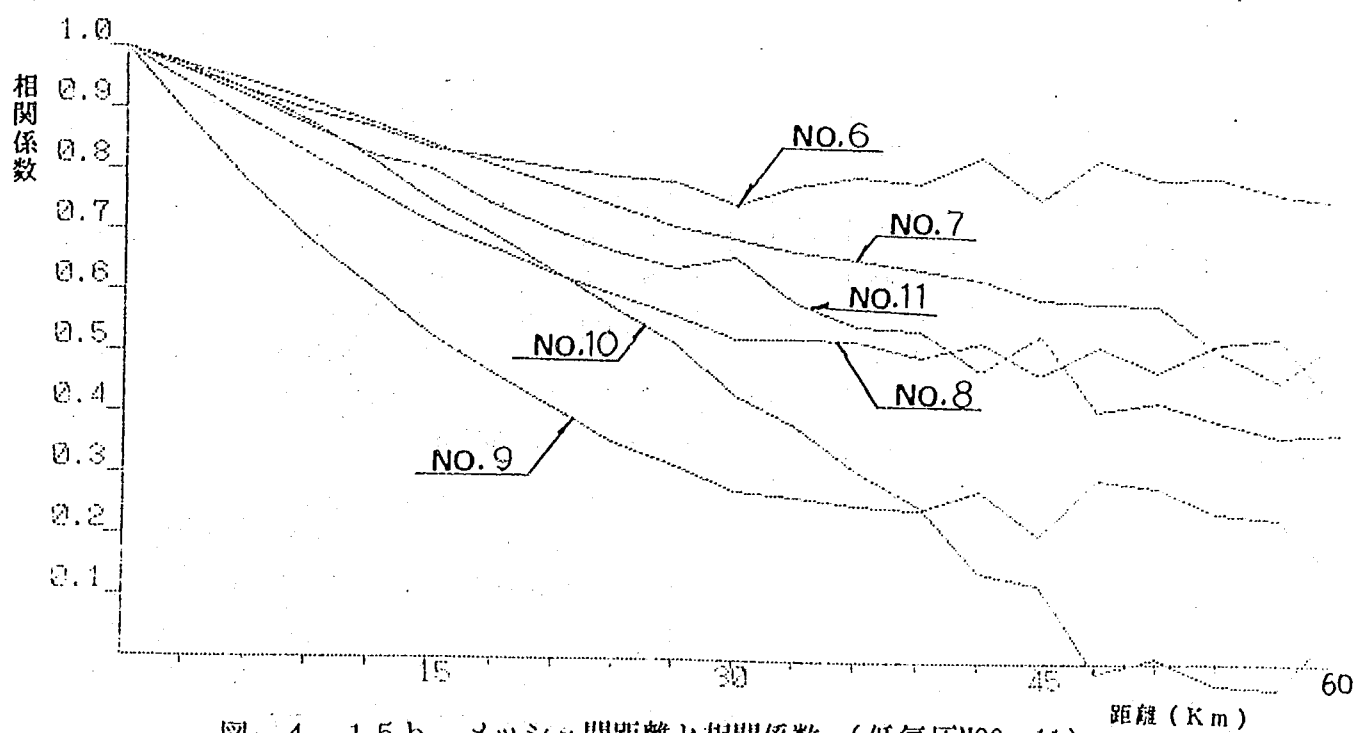


図-4.15b メッシュ間距離と相関係数 (低気圧NO.6~11)

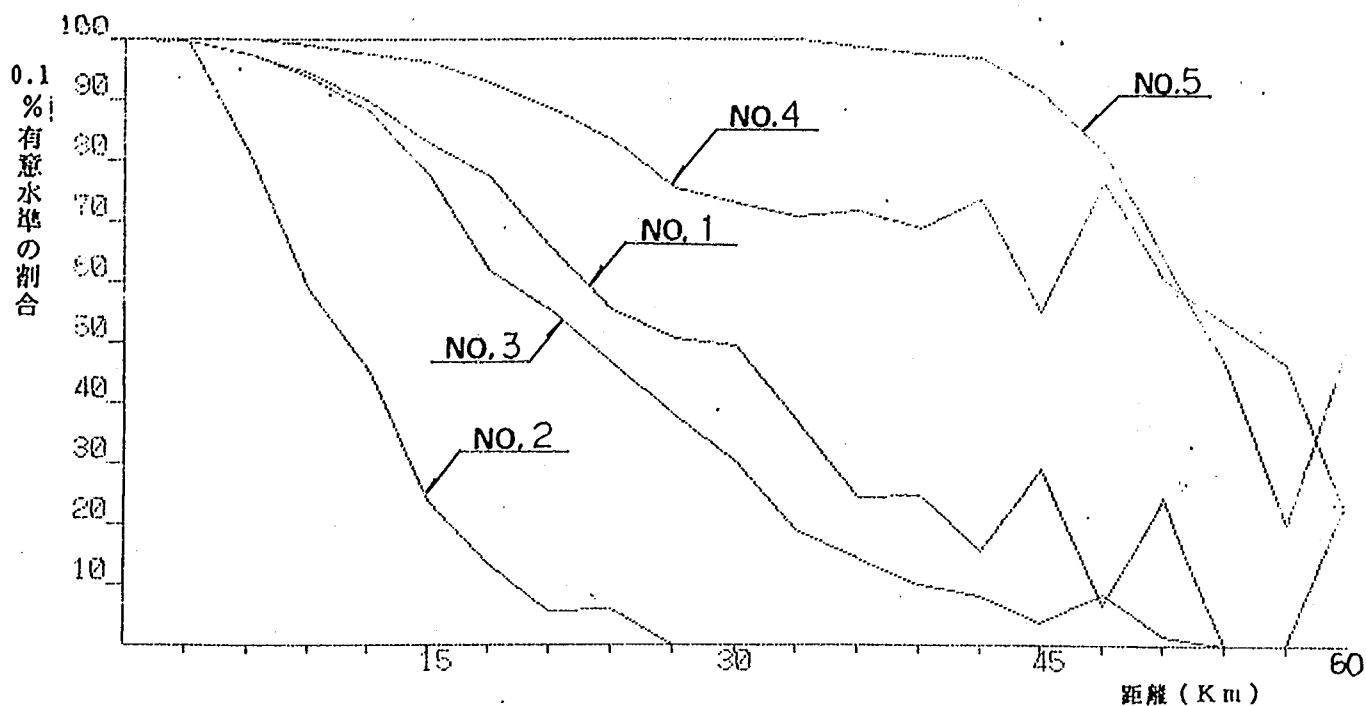


図-4.16a メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (低気圧NO.1~5)

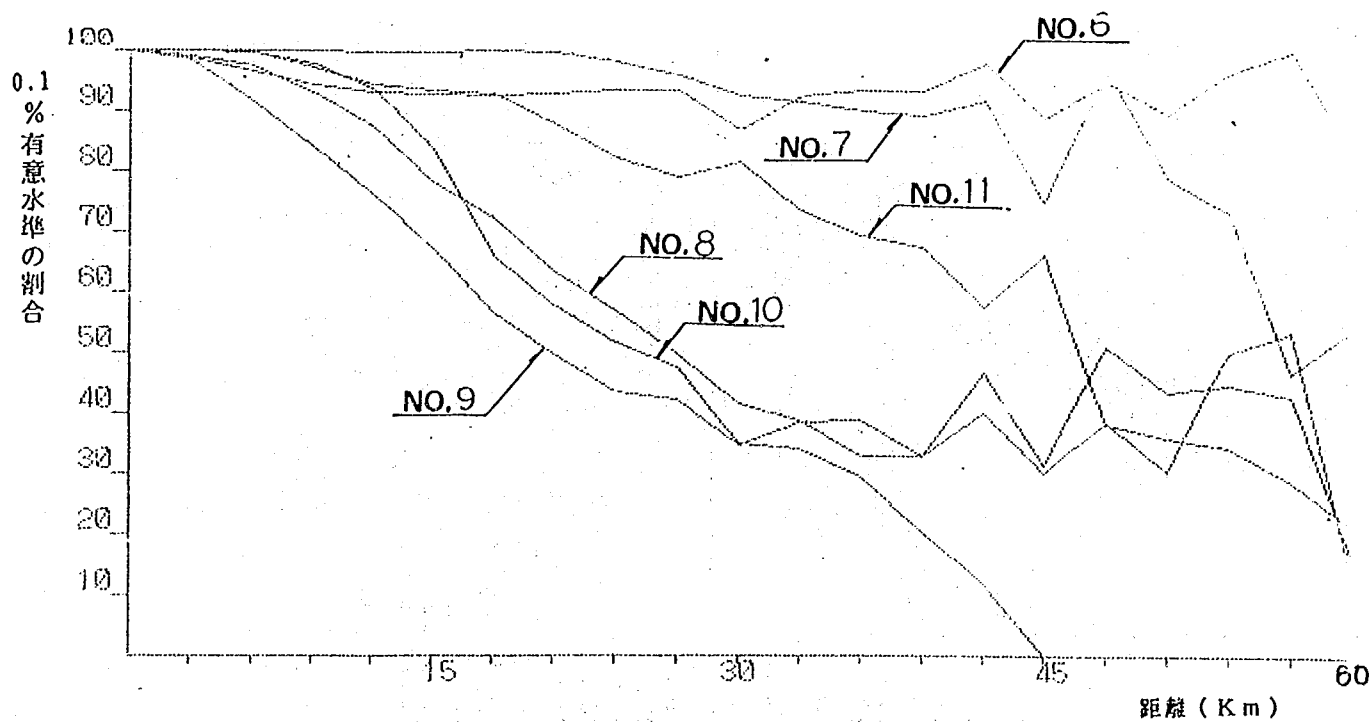
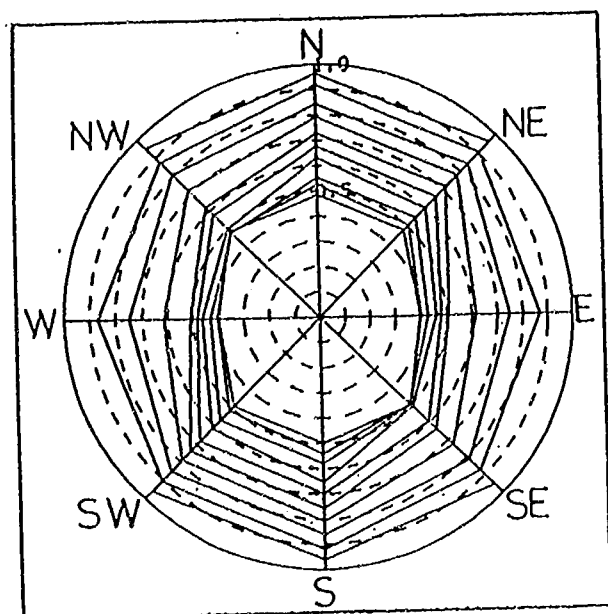
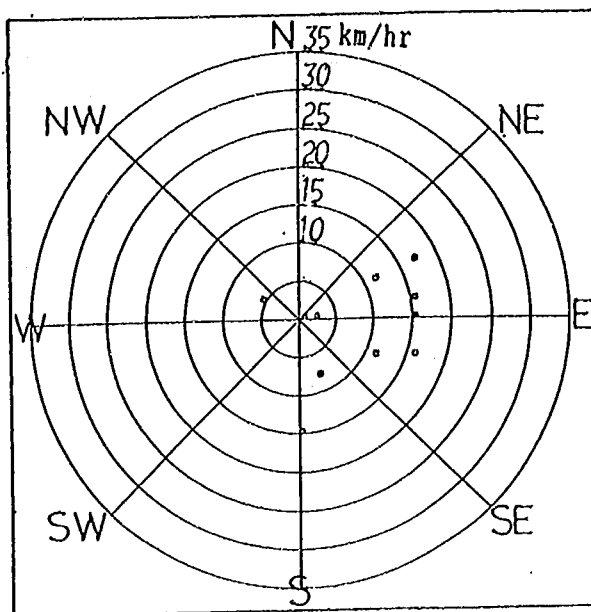


図-4.16b メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (低気圧NO.6~11)

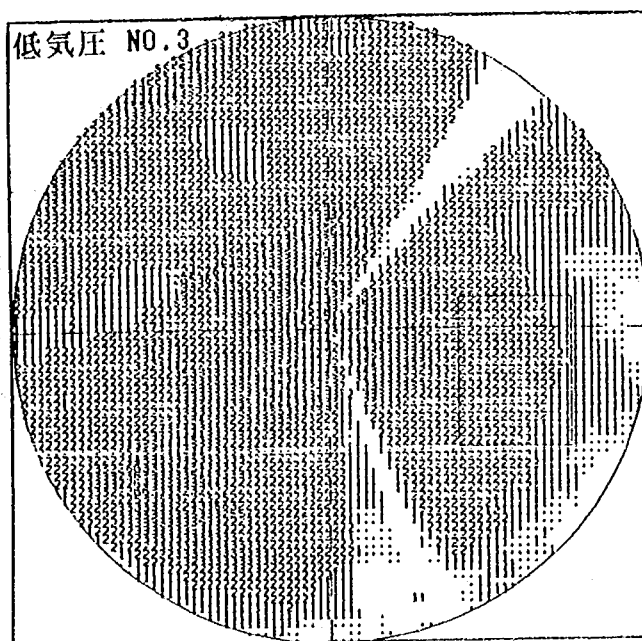
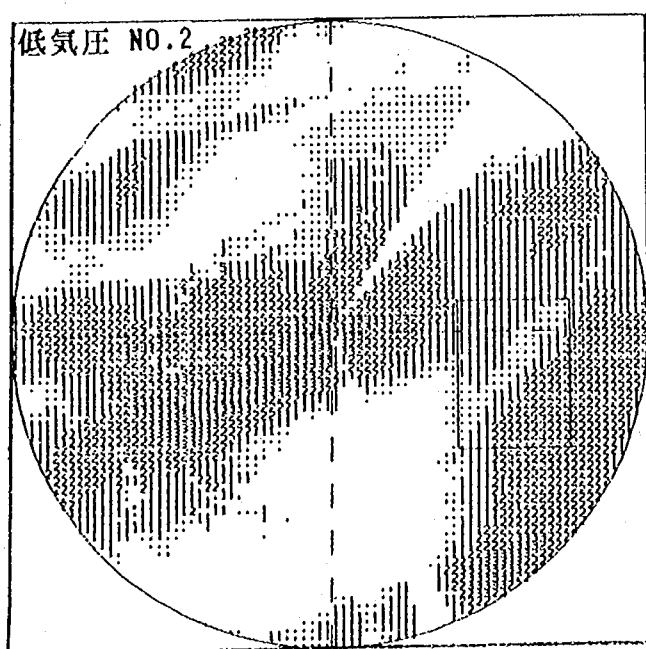


3kmから30kmまで3kmピッチで、方向別の相関係数を表している。(外側から3km, 6km, ---, 30km)



図中のプロットは、本降雨期間中のある時刻における雨域の移動速度(km/h)と移動方向を示す。

図-4.17 方向別相関係数(低気圧NO.2) 図-4.18 雨域移動ベクトル(低気圧NO.2)



----- 凡例 -----						(単位: mm/h)
0.0- 0.5	3	4.0- 6.0	7	15.0-20.0	B	40.0-50.0
0.5- 1.5	4	6.0- 8.0	8	20.0-25.0	C	50.0-60.0
1.0- 2.0	5	8.0-10.0	9	25.0-30.0	D	60.0-100.0
2.0- 4.0	6	10.0-15.0	A	30.0-40.0	E	100.0-

図-4.19 降雨状態

二) 雷 雨

図-4.20, 4.21に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.6に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これらから次のことがわかる。

①NO.1,2は、雨域が局地的であるため、相関が悪くばらつきも大きい。NO.4,6は、全域に雨域があるが、降雨強度分布に偏りがあるため、相関係数の平均値は良いが、相関係数のばらつきが大きい。また、NO.4,6に若干方向性が出ているが、降雨強度分布の偏りによるものと思われる。(図-4.22にNO.4降雨の方向別相関係数を示す)

②相関の有意性については、最大でも20km程度で非常に相関が悪い。

表-4.6 降雨別比較表(雷雨)

NO	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	方向性	降 雨 状 態
1	-0.20	0.31	6 km	4 km	---	局地的に強い雨
2	0.35	0.26	12 km	7 km	E-W	ばらつきの大きい強い雨
4	0.77	0.18	57 km	22 km	E-W	ほぼ全域に弱い雨
6	0.55	0.34	27 km	13 km	E-W	全域に強い雨

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数(平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独
立性が棄却される距離

* : 方向性が顕著なもの

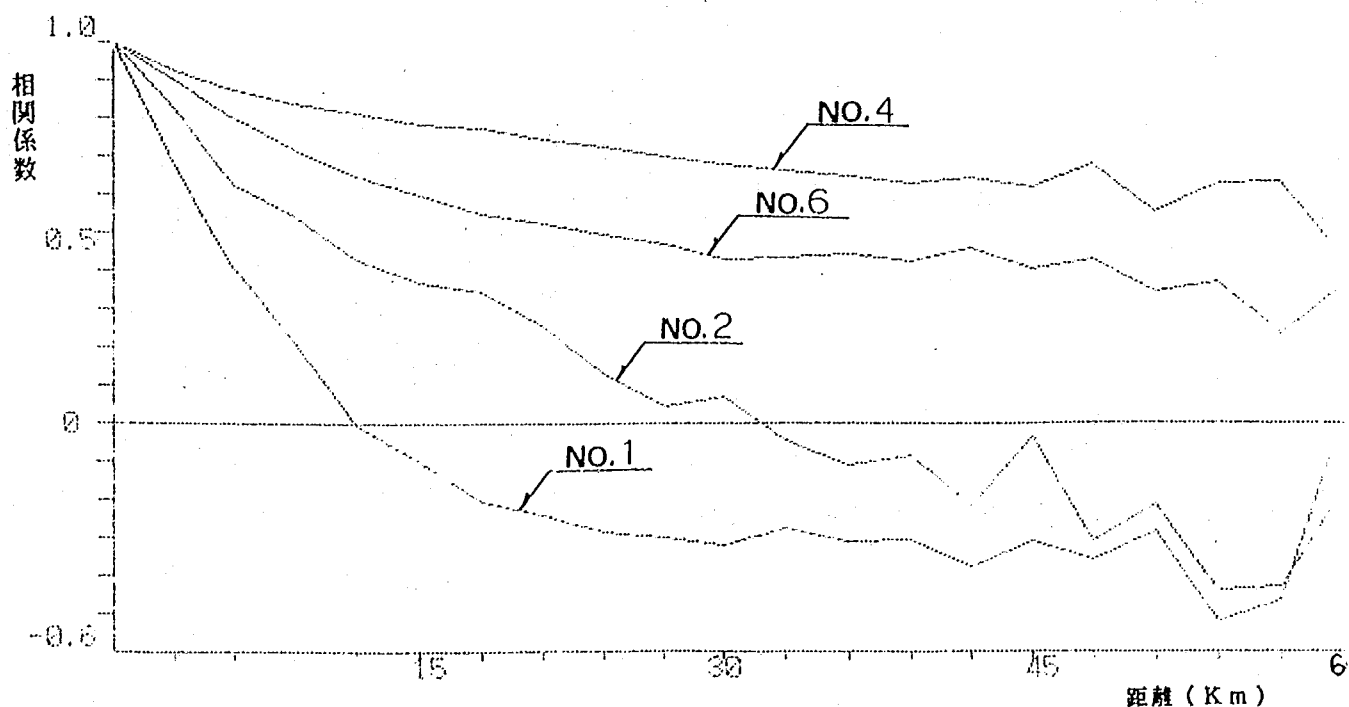


図-4.20 メッシュ間距離と相関係数 (雷雨)

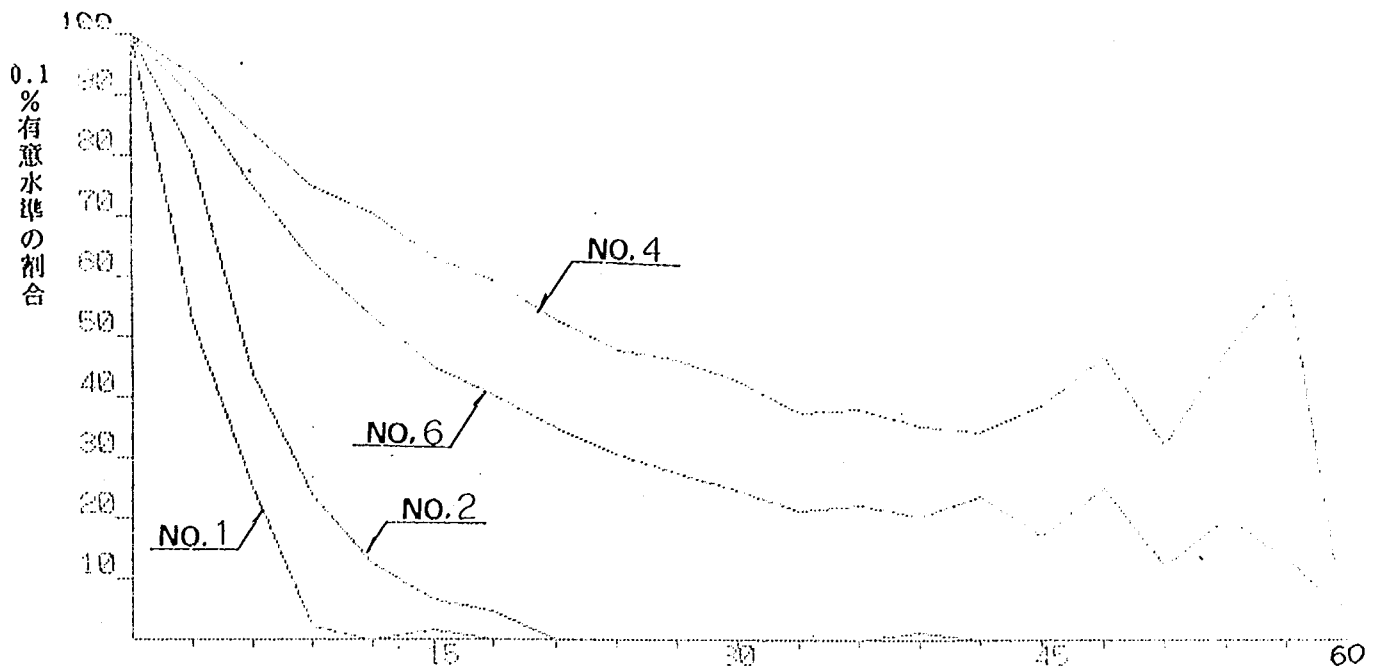
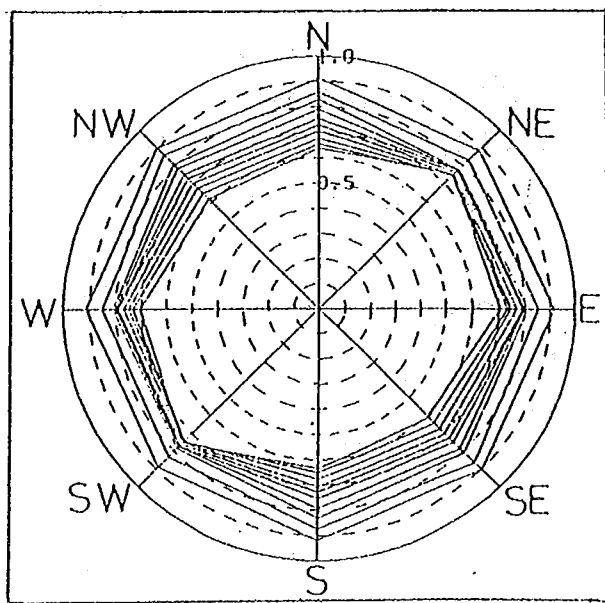
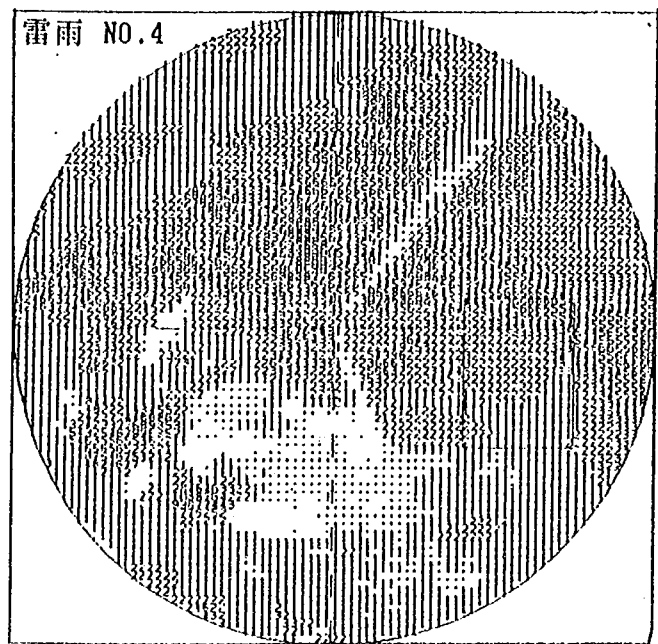


図-4.21 メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (雷雨)



3kmから30kmまで3kmピッチで、方向別の相関係数を表している。(外側から3km, 6km, ..., 30km)

図-4.22 方向別相関係数 (雷雨NO.4)



凡例 (単位: mm/h)

0.0-0.5	3 4.0-6.0	7 15.0-20.0	B 40.0-50.0
0.5-1.5	4 6.0-8.0	8 20.0-25.0	C 50.0-60.0
1 1.0-2.0	5 8.0-10.0	9 25.0-30.0	D 60.0-100.0
2 2.0-4.0	6 10.0-15.0	A 30.0-40.0	E 100.0-

図-4.23 降雨状態

(2) 全ての雨量値を対象した場合と2.0mm以上の雨量値のみを対象とした場合の比較

図-4.24に各降雨ごとの比較図を示す。また、表-4.7に代表的な値を用いて比較表としてまとめた。

これらから、各降雨とも、全雨量値を用いた場合に比べて、2.0mm以上の場合の方が相関が悪く、相関係数の標準偏差も大きいことがわかる。これは、雨量値が大きくなるほど雨域の独立性が高くなるためと考えられる。

表-4.7 全雨量値と2.0mm以上雨量値の比較表

	全雨量値				2.0mm以上雨量値			
	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2
台風 NO. 2	0.88	0.07	>60 km	>60 km	0.77	0.16	58 km	20 km
台風 NO. 7	0.65	0.14	27 km	28 km	0.57	0.19	21 km	21 km
前線 NO. 1	0.72	0.14	35 km	55 km	0.44	0.26	16 km	11 km
前線 NO. 5	0.70	0.17	32 km	53 km	0.61	0.25	25 km	17 km
低気圧 NO. 8	0.67	0.17	45 km	26 km	0.60	0.27	27 km	12 km
低気圧 NO. 11	0.74	0.15	42 km	47 km	0.42	0.28	16 km	7 km

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数 (平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離

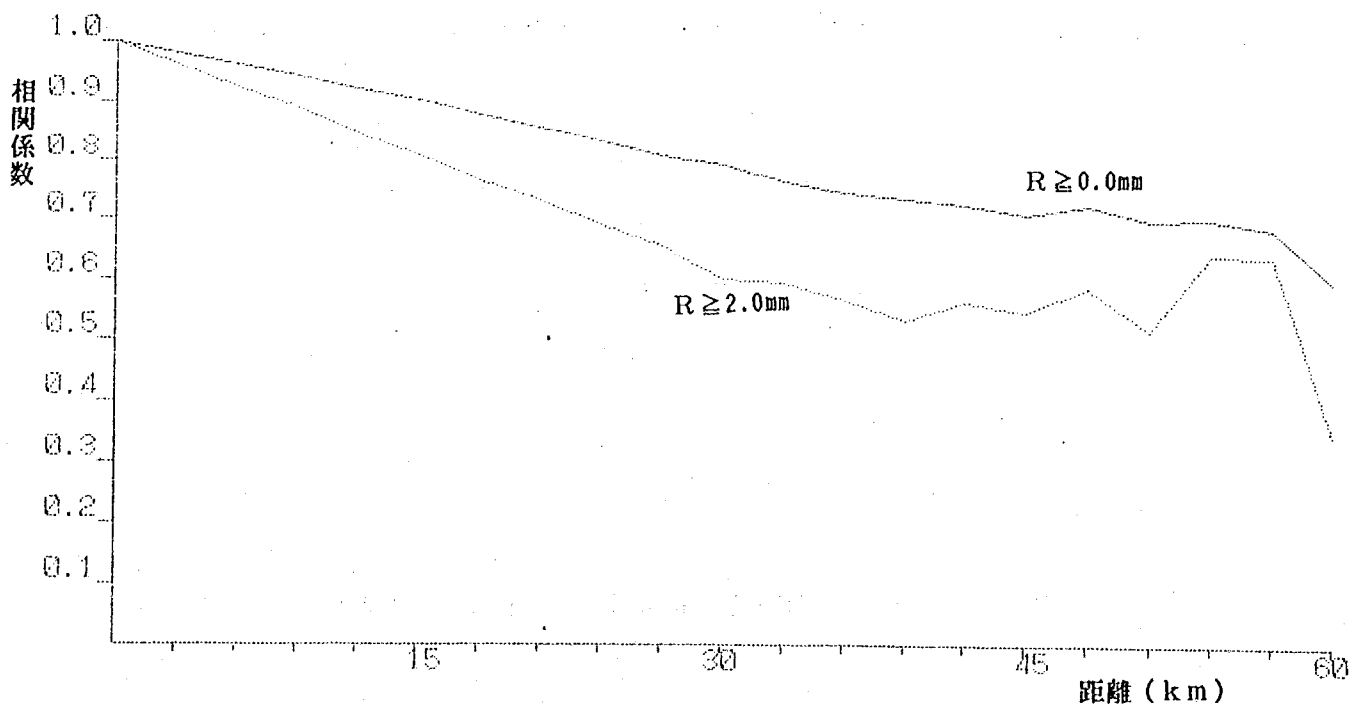


図-4.24a メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上 (台風NO.2)

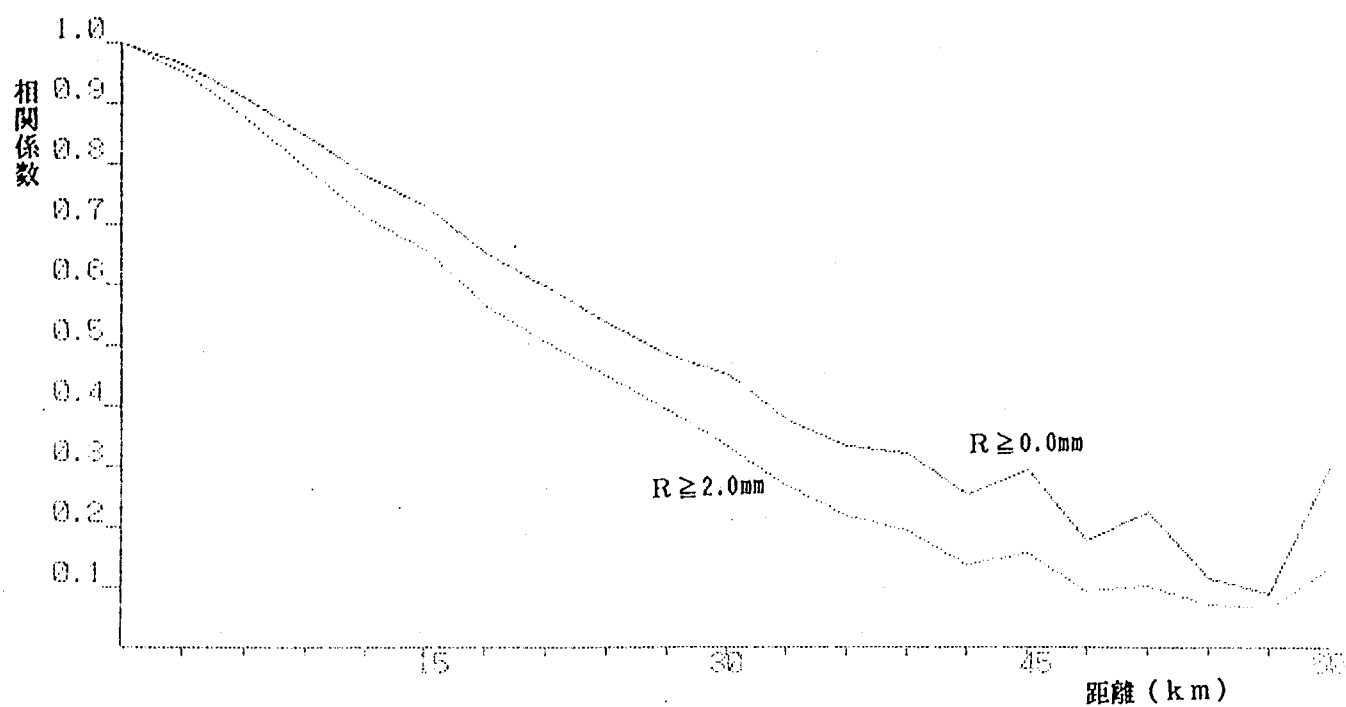


図-4.24b メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(台風NO.7)

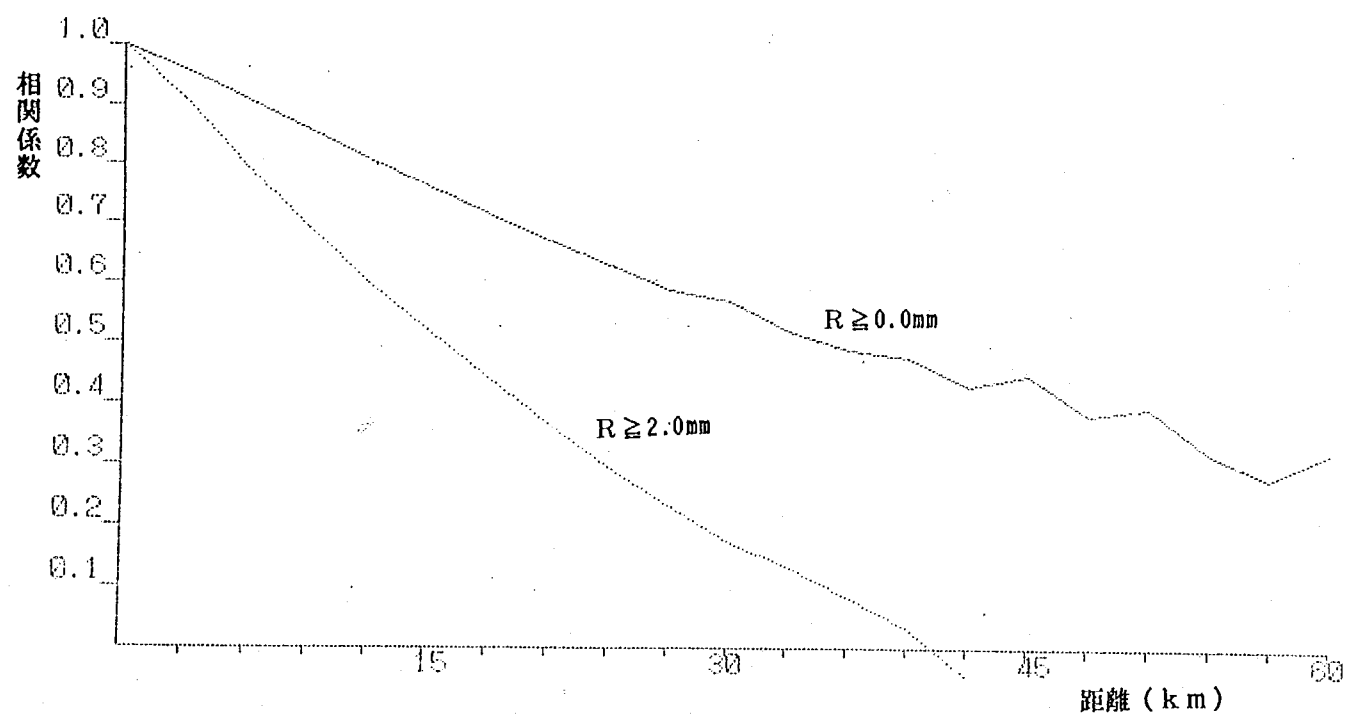


図-4.24c メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(前線NO.1)

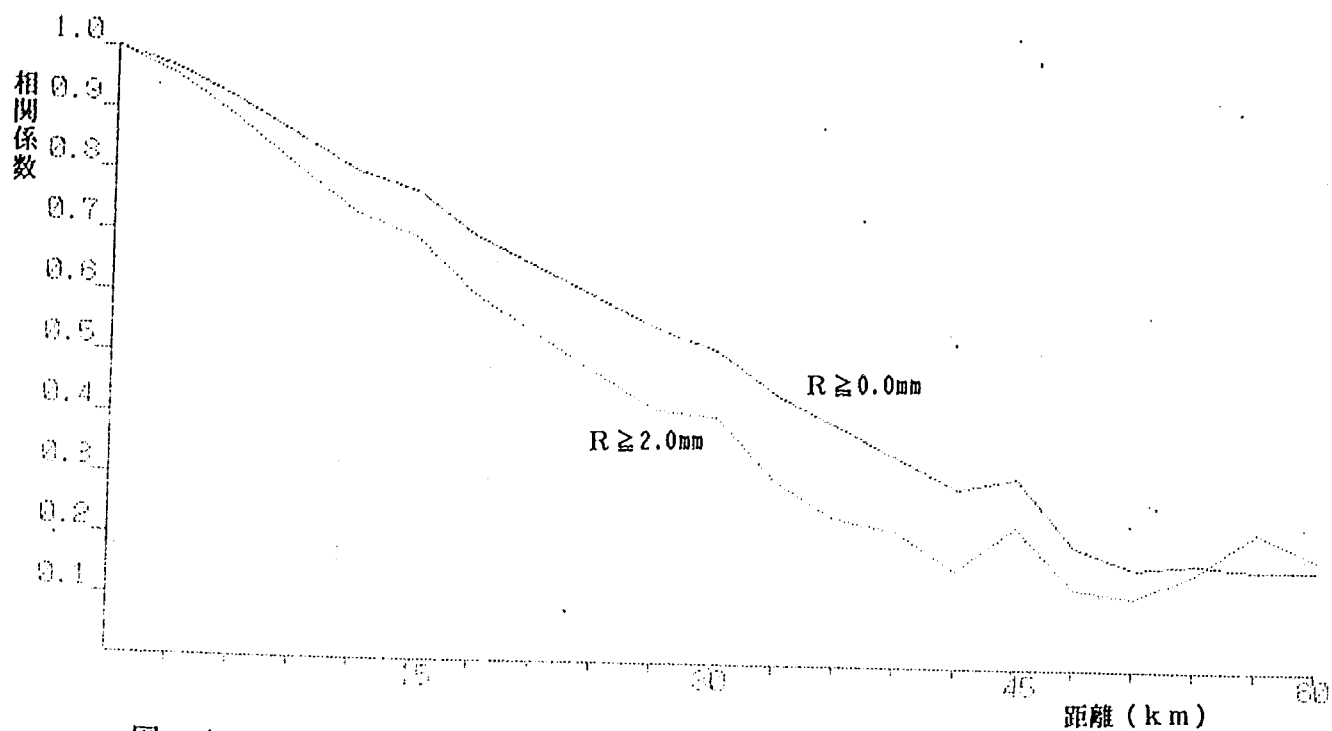


図-4.24d メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(前線N0.5)

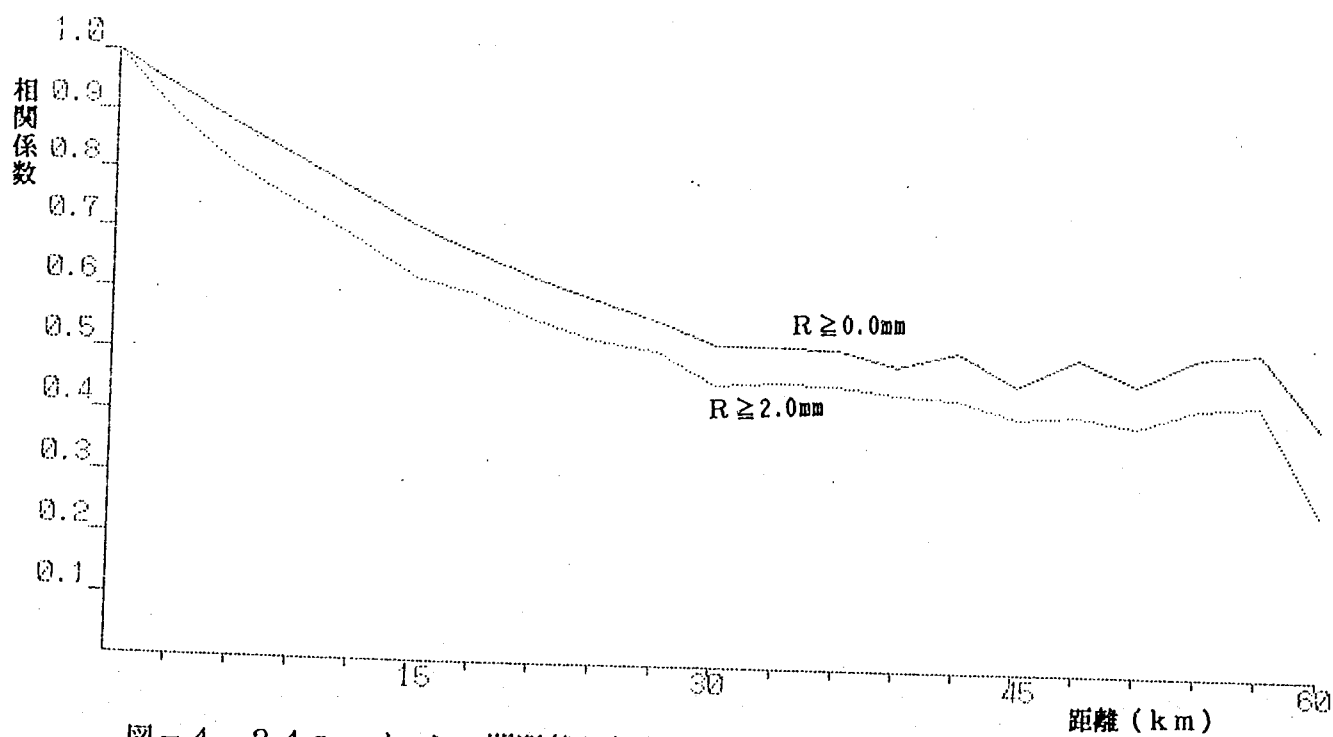


図-4.24e メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(低気圧N0.8)

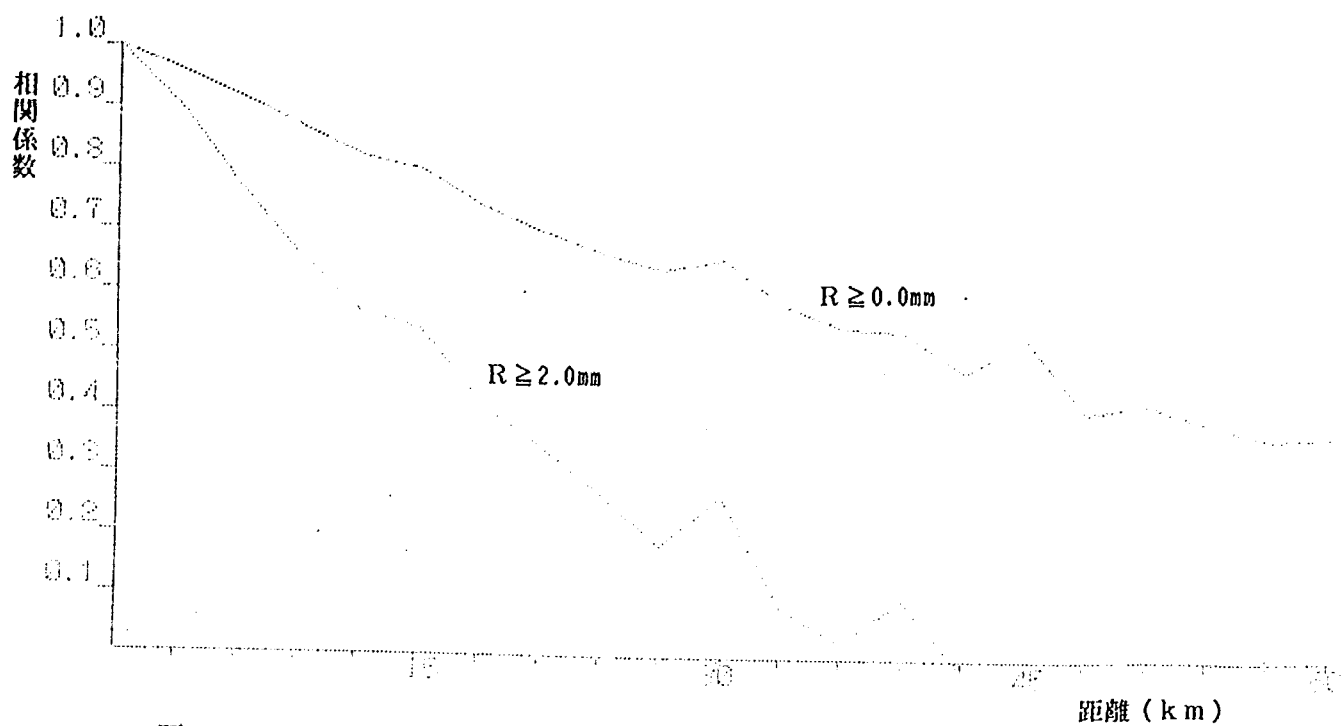


図-4.24f メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(低気圧NO.11)

4.2 ある時刻の空間分布から見た特性

ここでは、各時刻における空間分布ごとに計算を行うため、データのサンプリングについて若干の注意が必要である。すなわち、メッシュ間距離が小さい場合は、相関をとる範囲が対象領域全体にわたるが、距離が大きくなると相関をとる範囲が偏ってしまうことになり、降雨の空間分布を適切に表現できない。

たとえば、ある代表的な降雨について、4.1節の方法による空間相関の結果と本節の方法による空間相関の結果とを比較してみると、図-4.25に示すとおりとなる。この図では、相関係数の全計算値をプロットして、そのばらつきの違いが明確にわかるようにしている。この図からわかるように、本節の方法では、距離が30kmを超えると相関係数のばらつきがしだいに大きくなっている。これは、他の降雨についても同様の傾向を示す。

したがって、本節の方法による場合は、今回の対象領域では、メッシュ間距離30kmが限界であると言える。以下の計算においては、全てメッシュ間距離30kmまでの結果のみ示すこととする。

(1) 全ての雨量値 (0mm/h以上の雨量値) を対象とした場合の計算結果

イ) 台風

図-4.26, 4.27に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.8に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これらから次のことがわかる。

- ① 全体的に相関が悪く、距離18kmでは、全て相関係数が0.5以下で、標準偏差も0.2~0.5とばらつきが大きい。
- ② 全域に降雨がある場合は、0.4前後の相関があるが、雨域がばらついている場合には、極端に相関が悪くなっている。NO.2降雨は、全域に降雨があるにもかかわらず相関が悪くなっているが、これは、降雨の発生時期と消滅時期で雨域がばらついているためと考えられる。
- ③ 相関の有意性のある距離については、20km程度であるが、雨域のばらついている降雨 (NO.1,3) では極端に悪くなっている。

表-4.8 降雨別比較表 (台風)

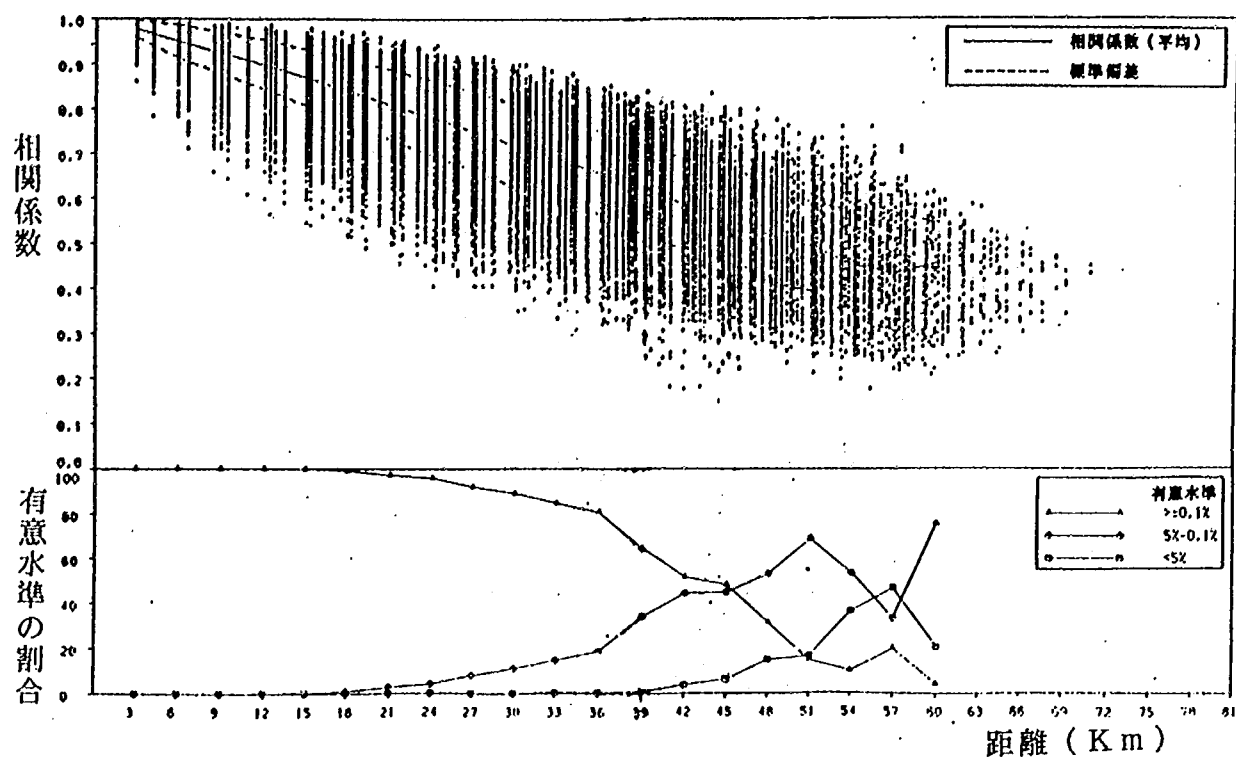
NO	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	降 雨 状 態
1	0.04	0.21	< 3 km	5 km	弱い雨、雨域がばらついている
2	0.09	0.50	5 km	21 km	全域に強い降雨
3	-0.22	0.51	< 3 km	6 km	部分的に強く、雨域がばらついている
4	0.07	0.38	5 km	16 km	降雨強度分布に偏りがある
5	0.40	0.34	12 km	27 km	全域に強い降雨、N→E方向へ移動
6	0.42	0.22	14 km	25 km	全域に強い降雨
7	0.36	0.24	13 km	25 km	NE-SW方向に縞状の強い降雨域がある
8	0.28	0.22	11 km	21 km	ほぼ全域に強い雨、中心付近は弱い
9	0.47	0.23	15 km	27 km	全域に一樣な強い雨

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数 (平均)

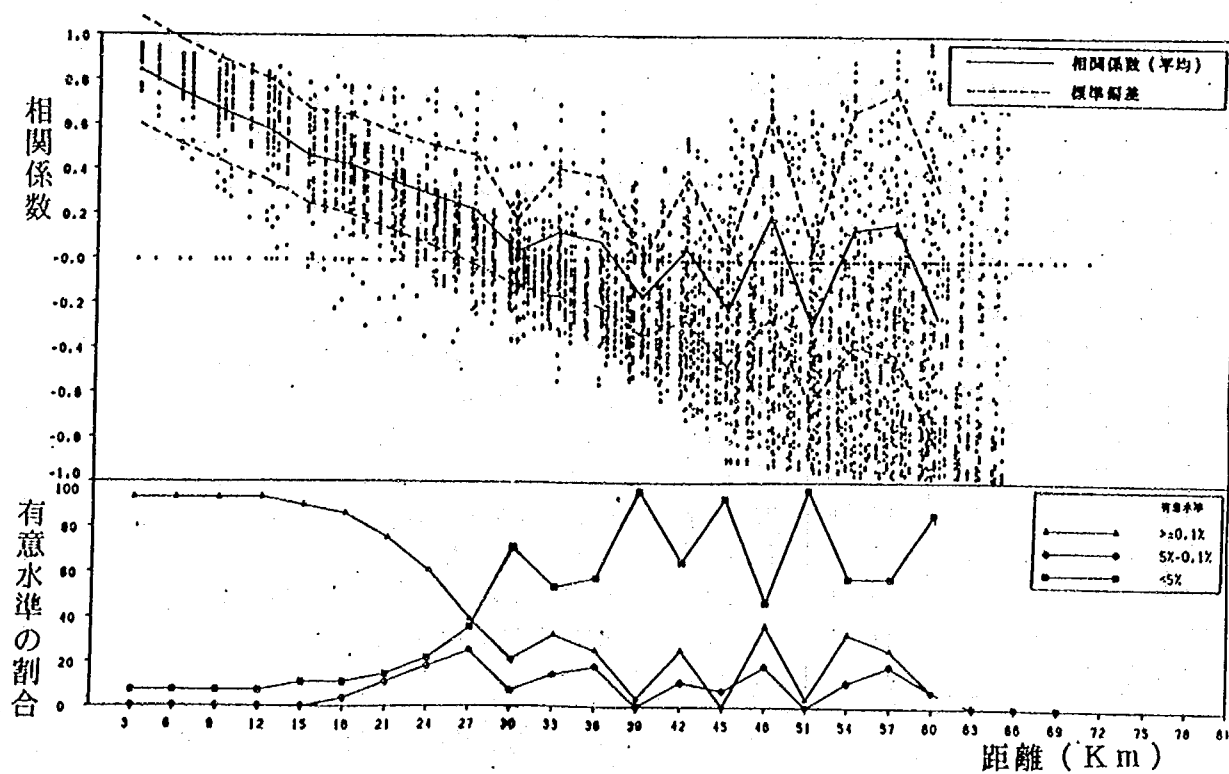
σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離



時系列データから見た特性



ある時刻における空間分布から見た特性

図-4.25 相関係数のばらつきの比較

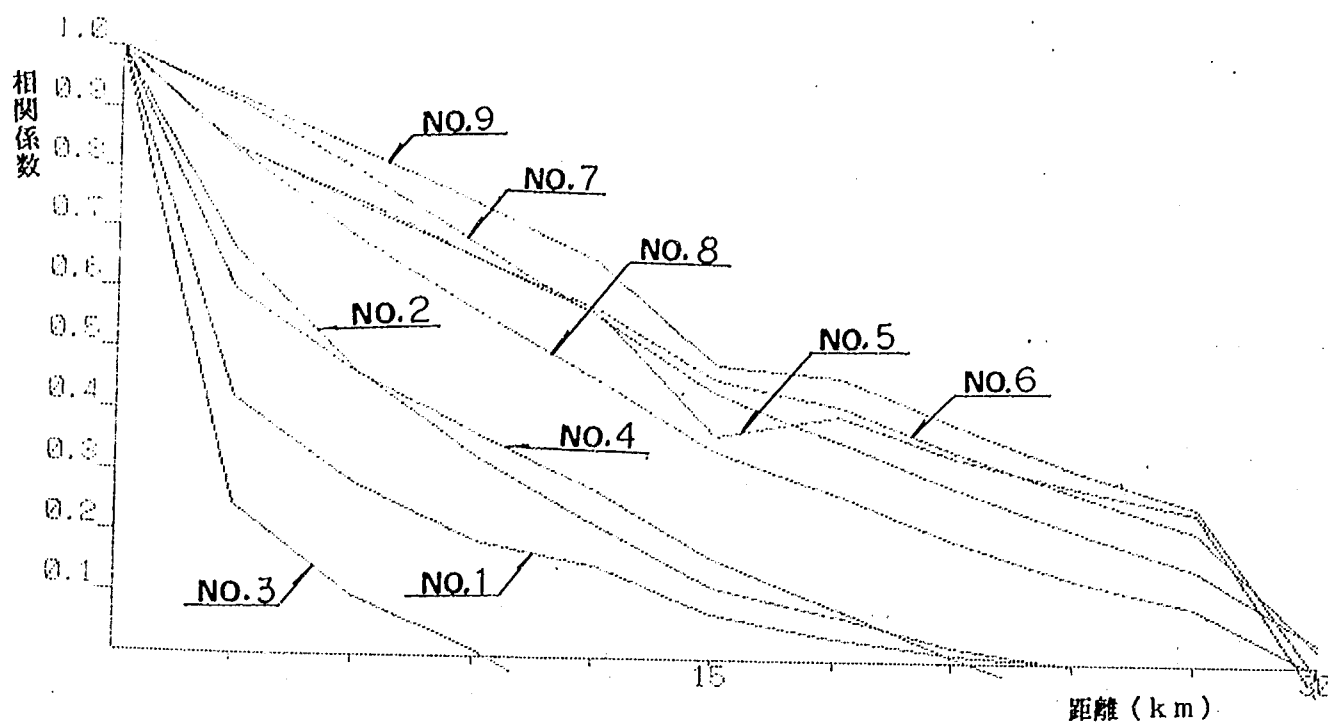


図-4.26 メッシュ間距離と相関係数 (台風)

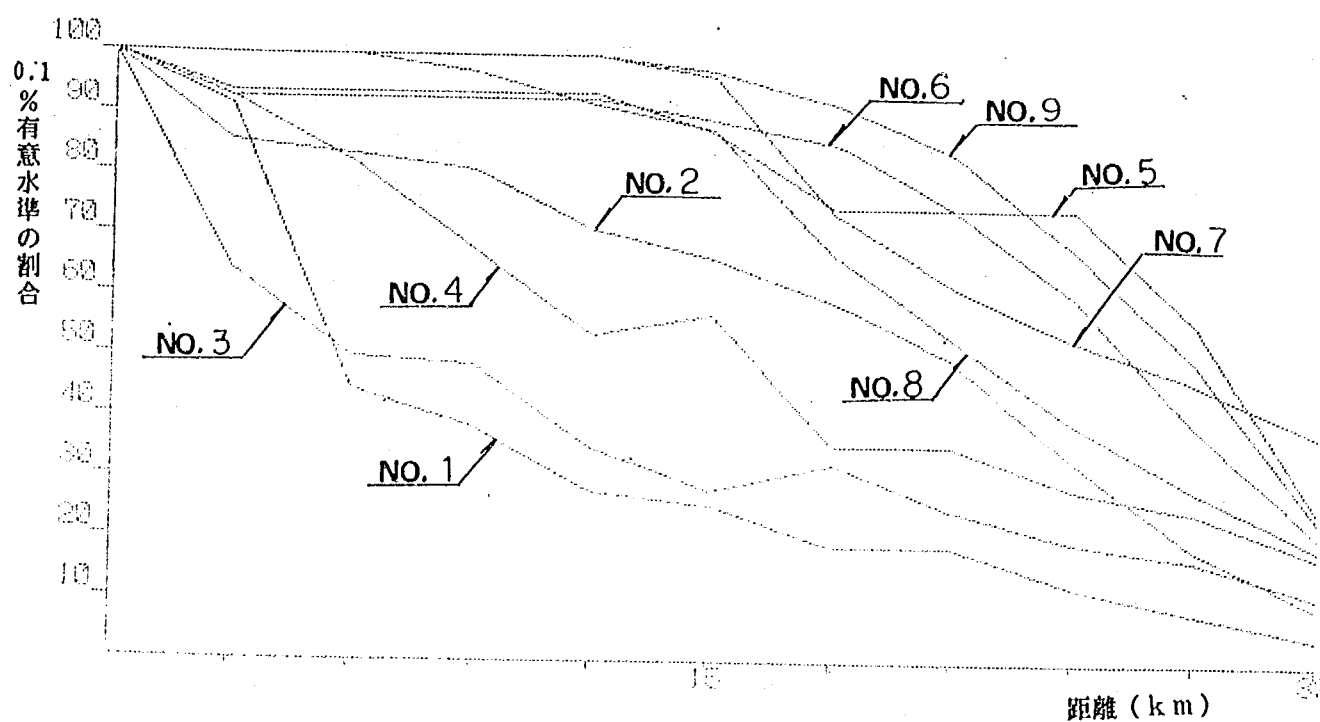


図-4.27 メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (台風)

ロ) 前線

図-4.28, 4.29に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.9に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これらから次のことがわかる。

①相関の傾向としては、台風とほとんど同じで、相関係数及び有意性のある距離については、良く似ている。

②全域に降雨のある場合は、比較的相関が良くなっている。NO.7降雨については、レーダー値に異常値があったためそれを除いて相関をとっているため、その影響により全域に降雨があるにもかかわらず相関が極端に悪くなっている。

表-4.9 降雨別比較表(前線)

NO	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	降 雨 状 態
1	0.04	0.35	< 3 km	5 km	降雨強度分布に偏り有り、E方向へ移動
2	0.23	0.19	7 km	21 km	全域に弱い雨
3	-0.06	0.50	3 km	13 km	NE-SW方向に降雨強度分布の偏り有り、E方向へ移動
5	0.23	0.43	10 km	24 km	降雨強度分布に偏りのある強い雨、E方向へ移動
6	0.40	0.21	13 km	27 km	全域に強い降雨
7	-0.18	0.27	< 3 km	< 3 km	全域に強い降雨

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数(平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離

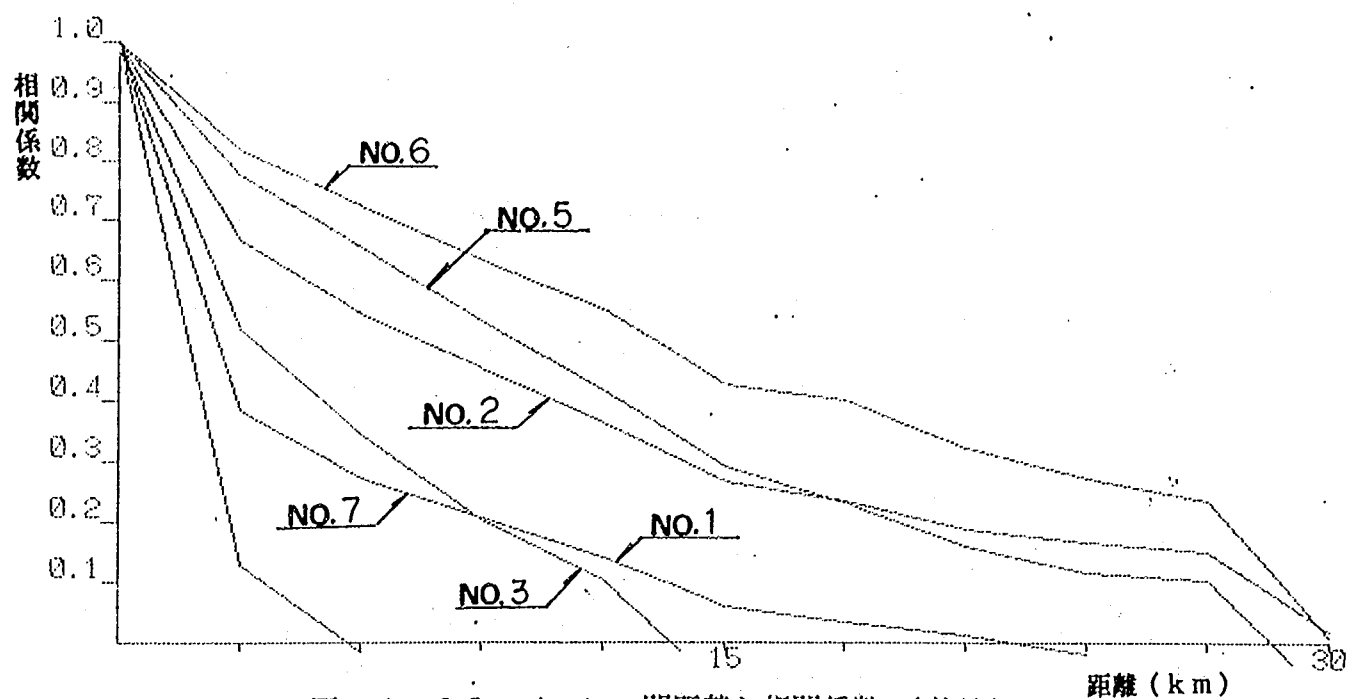


図-4.28 メッシュ間距離と相関係数 (前線)

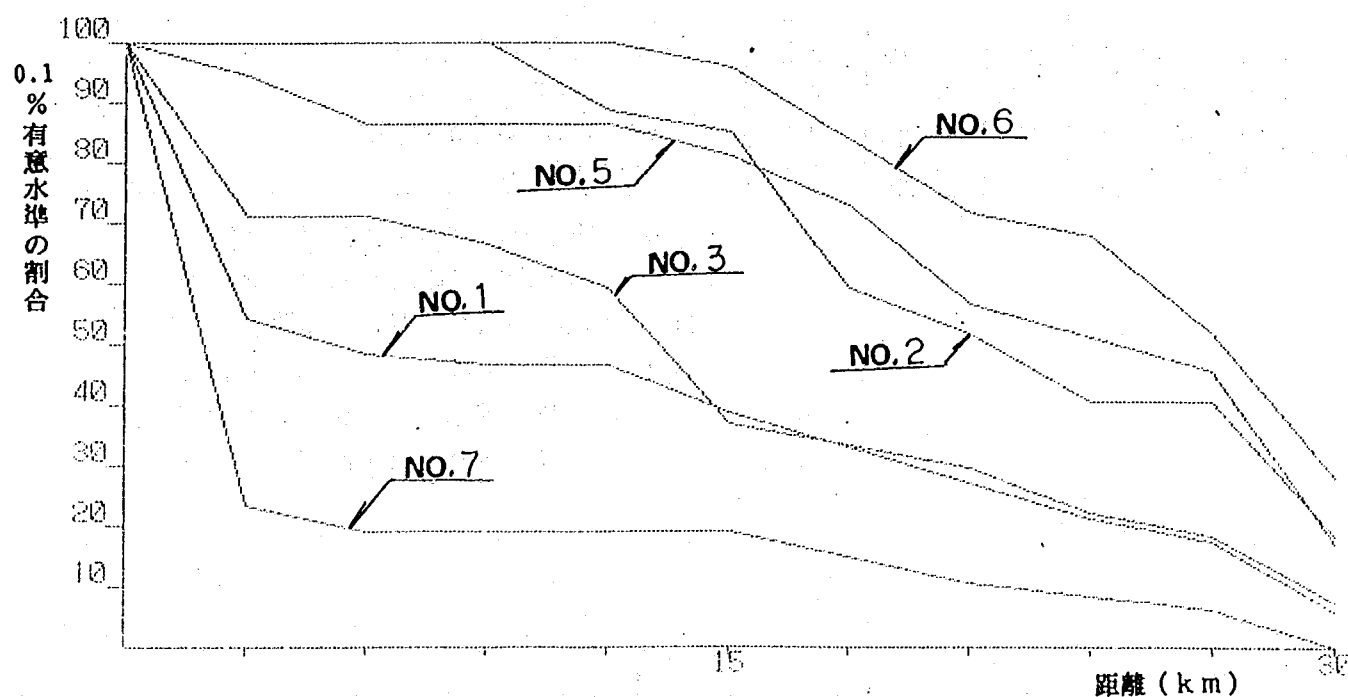


図-4.29 メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (前線)

ハ) 低気圧

図-4.30, 4.31に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.10に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これから次のことがわかる。

①相関係数は、全体的に悪いものが多いが、NO.1及びNO.4降雨が0.4前後で比較的良い相関となっている。

②NO.4降雨については、全域に一樣な降雨があるため相関が良くなったと考えられるが、NO.1降雨については、雨域自体の偏りのため0mm間の相関が多かった。したがって、相関をとるデータが少なくなってしまう結果として相関が高くなったと思われる。

表-4.10 降雨別比較表(低気圧)

NO	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	降 雨 状 態
1	0.42	0.34	13 km	27 km	降雨強度分布に偏りのある強い雨
2	-0.05	0.55	< 3 km	9 km	降雨強度分布に偏りのある強い雨、 E方向へ移動
3	0.23	0.32	10 km	21 km	降雨強度分布に偏りのある強い雨
4	0.36	0.24	12 km	21 km	全域に強い雨
5	0.25	0.24	6 km	17 km	全域に強い雨
6	0.15	0.15	4 km	17 km	全域に強い雨
7	0.17	0.18	6 km	18 km	全域に強い雨
8	-0.14	0.48	< 3 km	13 km	全域に強い雨、E方向へ移動
9	-0.06	0.17	< 3 km	6 km	ばらつきのある強い降雨
10	0.05	0.32	< 3 km	9 km	ばらつきのある弱い降雨
11	-0.06	0.27	< 3 km	3 km	全域に弱い雨

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数(平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独
立性が棄却される距離

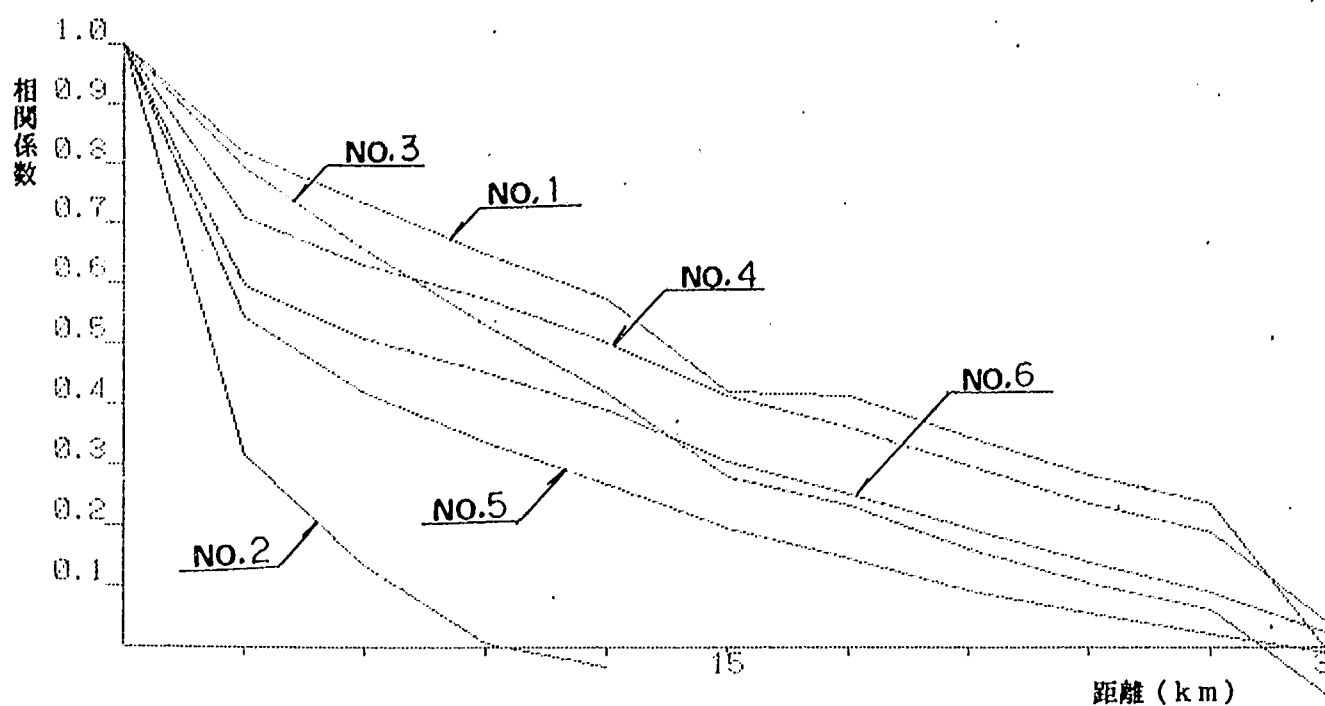


図-4.30a メッシュ間距離と相関係数 (低気圧NO.1~6)

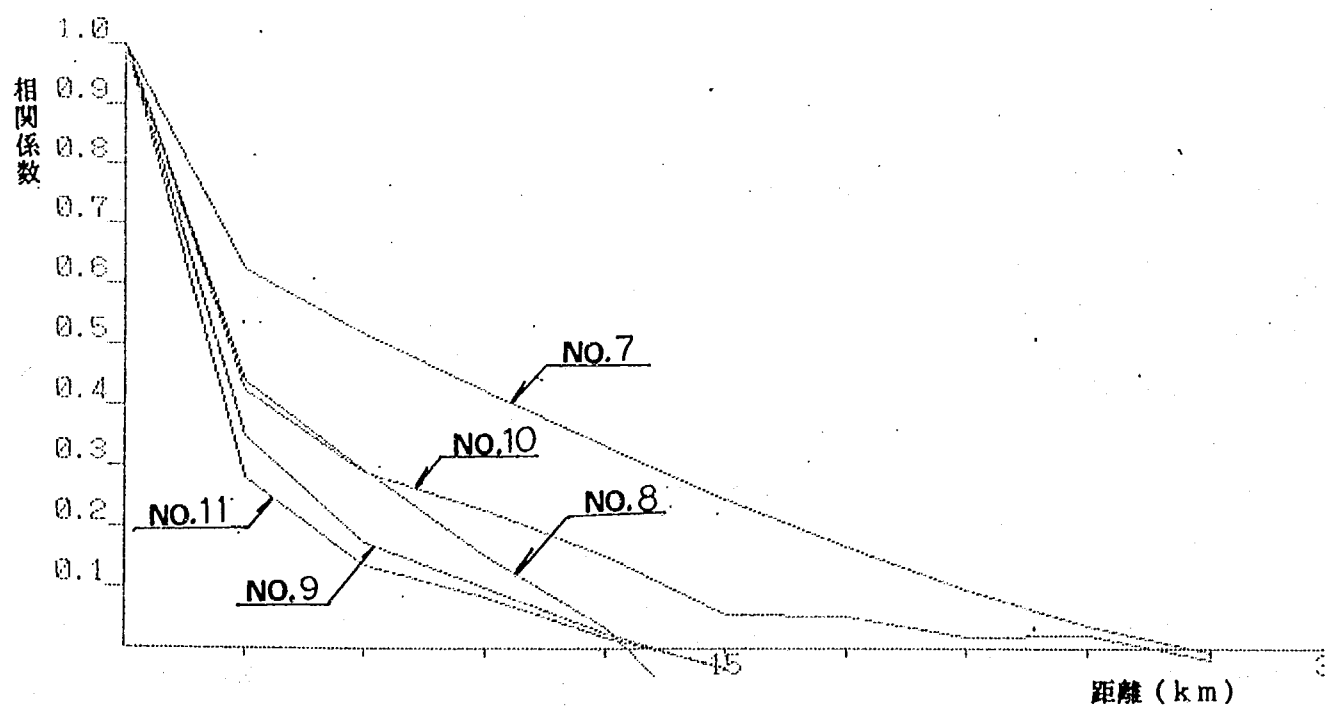


図-4.30b メッシュ間距離と相関係数 (低気圧NO.7~11)

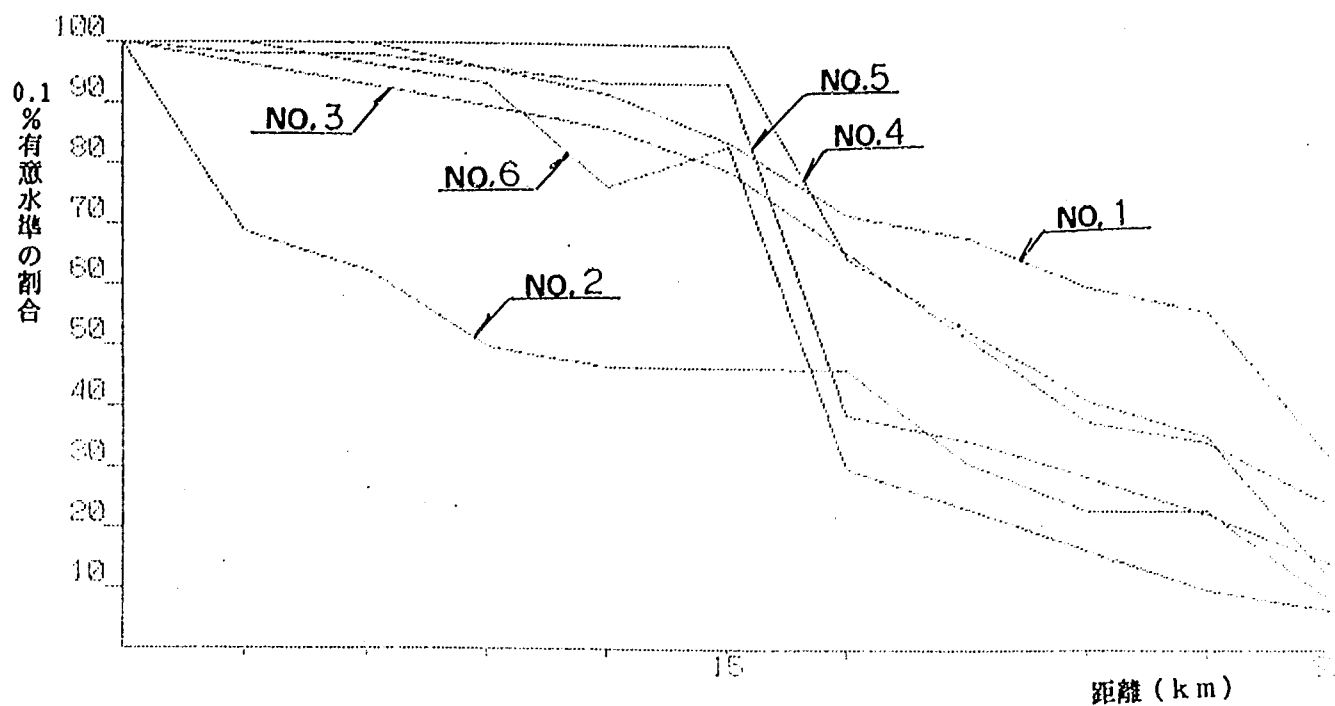


図-4.31a メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (低気圧NO.1~6)

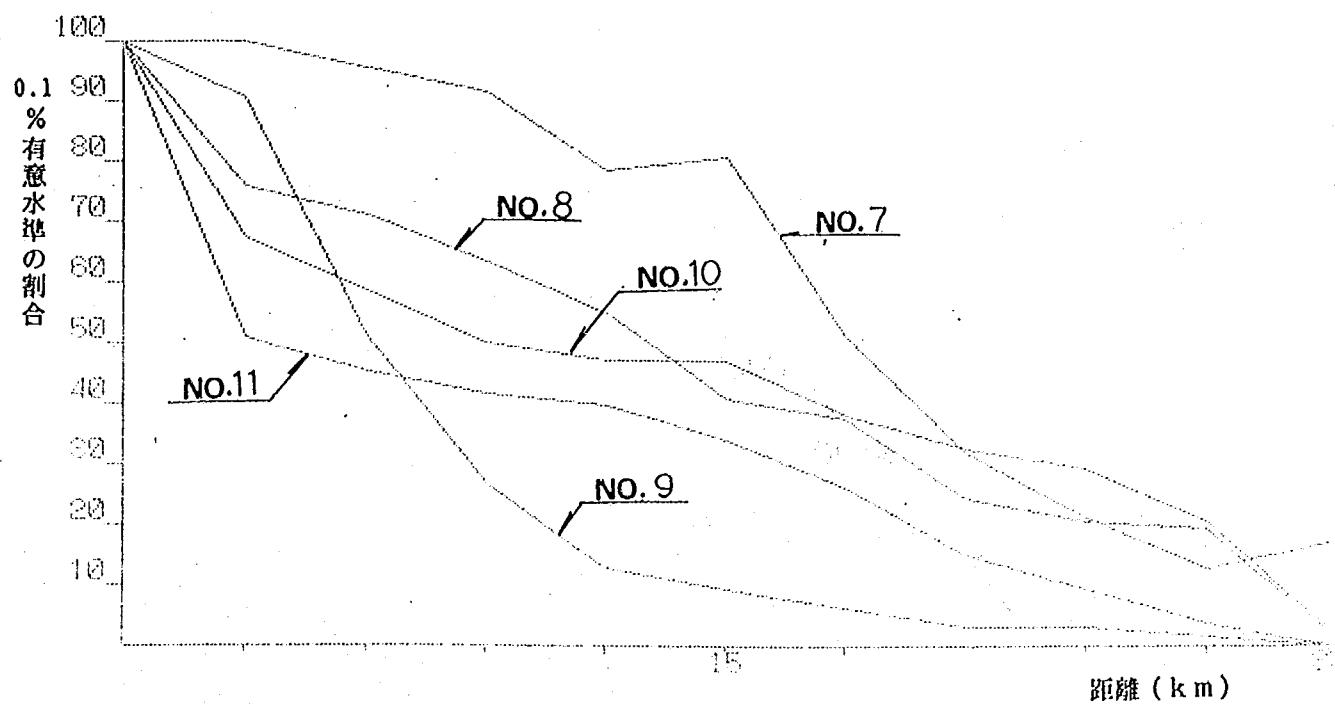


図-4.31b メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (低気圧NO.7~11)

二) 雷雨

図-4.32, 4.33に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.11に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これらからわかるように、全域に降雨のあるNO.6以外は、相関が悪く同程度の相関係数であるが、他の降雨原因の場合と比べて特に悪いとは言えない。本節の相関解析においては、各時刻における降雨状態にのみ相関係数の値が左右され、4.1節の時系列データを用いた相関解析のように1降雨全体を通した降雨状態には影響されない。したがって、降雨原因ごとの相関係数の違いは少なく、顕著な違いは出にくいと考えられる。

表-4.11 降雨別比較表(雷雨)

NO	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	降 雨 状 態
1	-0.05	0.23	< 3 km	< 3 km	局地的に強い雨
2	-0.13	0.53	< 3 km	6 km	ばらつきの大きい強い雨
4	-0.08	0.16	< 3 km	< 3 km	ほぼ全域に弱い雨
6	0.27	0.26	9 km	24 km	全域に強い雨

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数(平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独
立性が棄却される距離

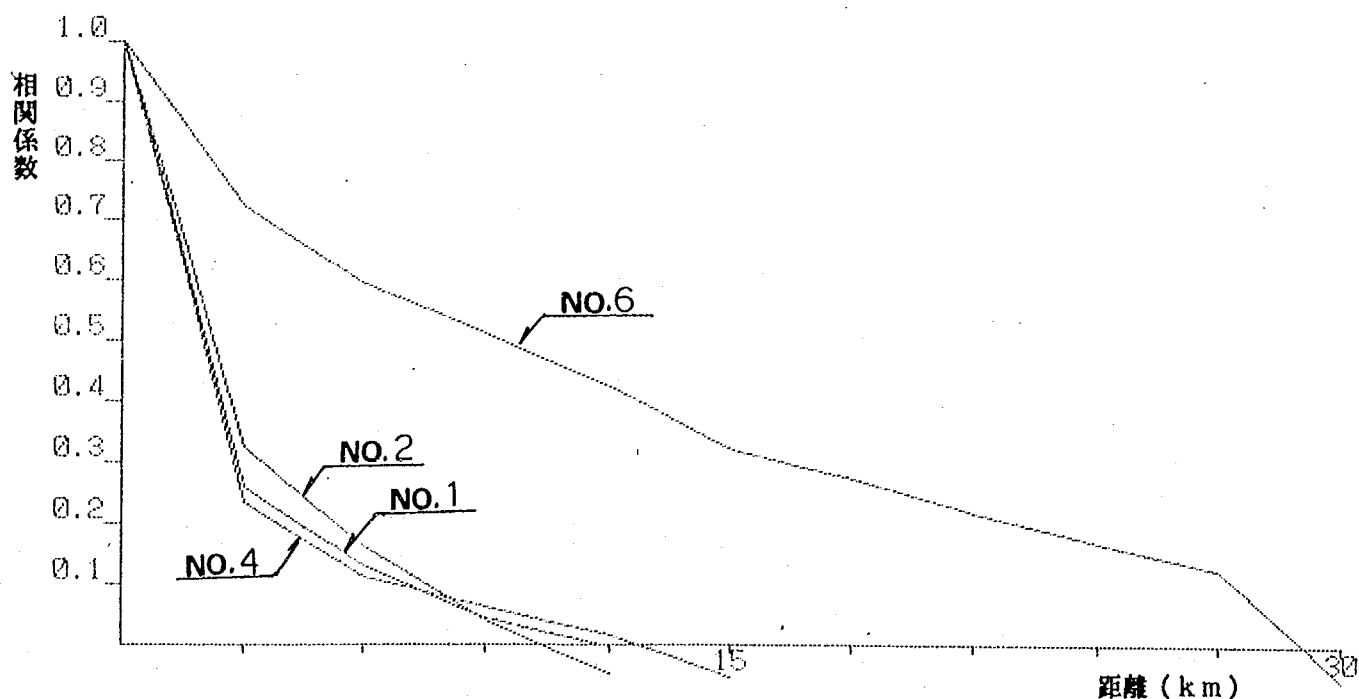


図-4.32 メッシュ間距離と相関係数 (雷雨)

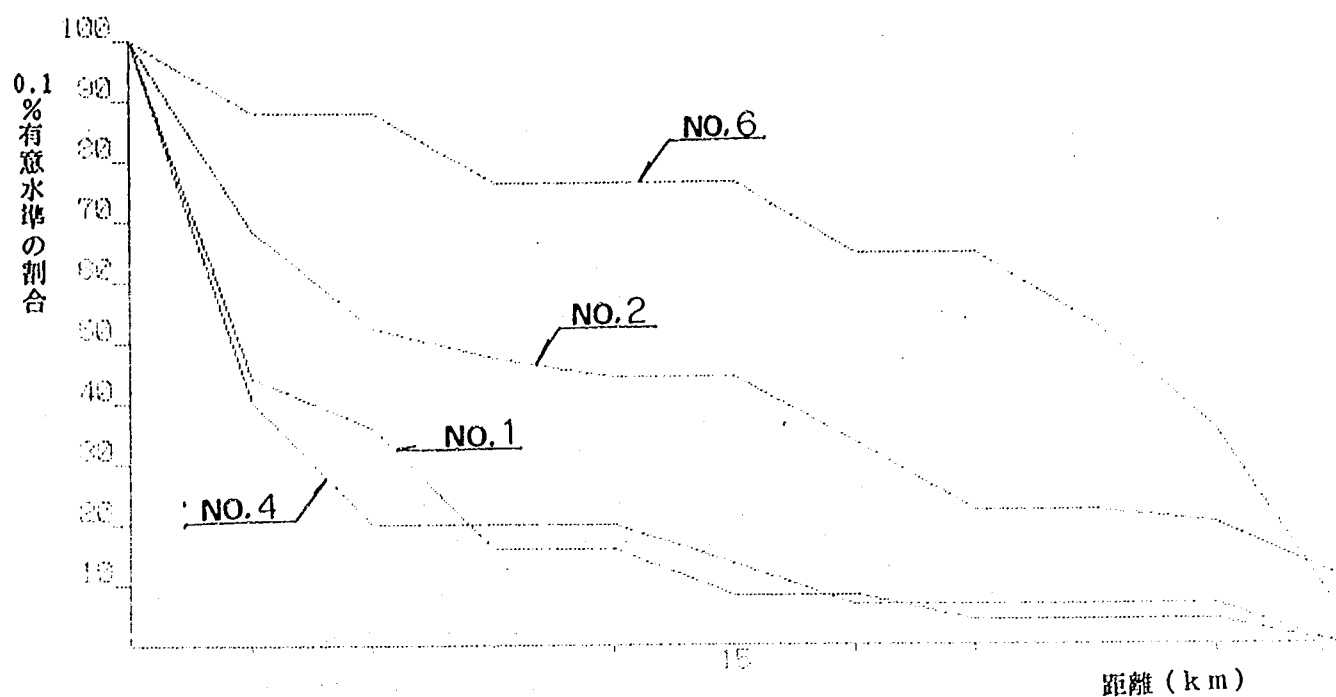


図-4.33 メッシュ間距離と0.1%有意水準の割合 (雷雨)

(2) 全ての雨量値を対象とした場合と2.0mm以上の雨量値のみを対象とした場合の比較

図-4.34に降雨別の計算結果を示す。また、表-4.12に代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。

これらの結果から、4.1節の空間相関解析の結果とは逆で、台風NO.7を除くと全て2.0mm以上の雨量値を用いた方が全雨量値を用いた方より相関が良くなっていることがわかる。本節の解析方法では、2.0mm以上の雨量値のみに限定することにより、相関係数を計算するデータ数が少なくなるので、雨域の小さい降雨は相関係数の計算ができない。したがって、比較的降雨強度が強く雨域が大きい降雨のみの計算となるので、結果として2.0mm以上の雨量値を用いた方が相関が良くなったと考えられる。

表-4.12 全雨量値と2.0mm以上雨量値の比較表

	全雨量値				2.0mm以上雨量値			
	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2
台風 NO. 2	0.09	0.50	5 km	21 km	0.29	0.31	8 km	21 km
台風 NO. 7	0.36	0.24	13 km	25 km	0.24	0.35	12 km	24 km
前線 NO. 1	0.04	0.35	< 3 km	5 km	0.20	0.30	3 km	15 km
前線 NO. 5	0.23	0.43	10 km	24 km	0.26	0.30	10 km	19 km
低気圧 NO. 8	0.23	0.33	< 3 km	13 km	0.17	0.22	5 km	18 km
低気圧 NO.11	0.15	0.15	< 3 km	3 km	0.17	0.30	< 3 km	17 km

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数 (平均)

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離

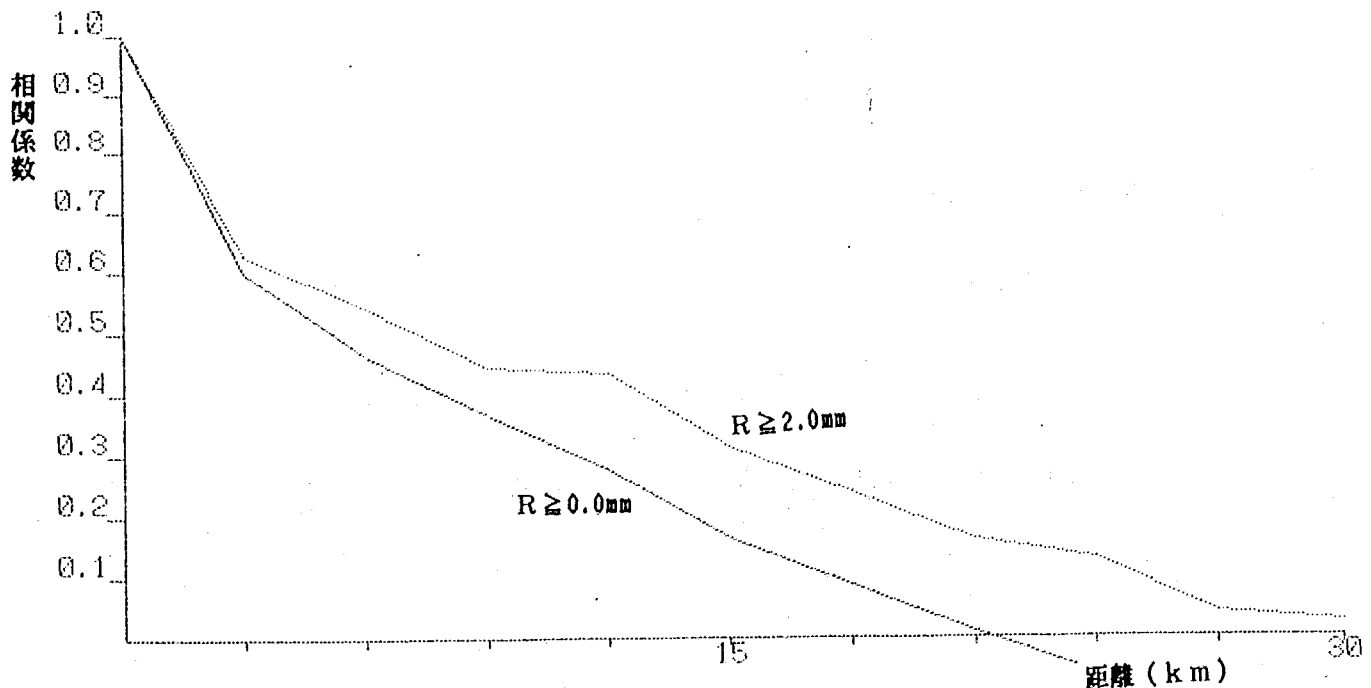


図-4.34a メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上 (台風NO.2)

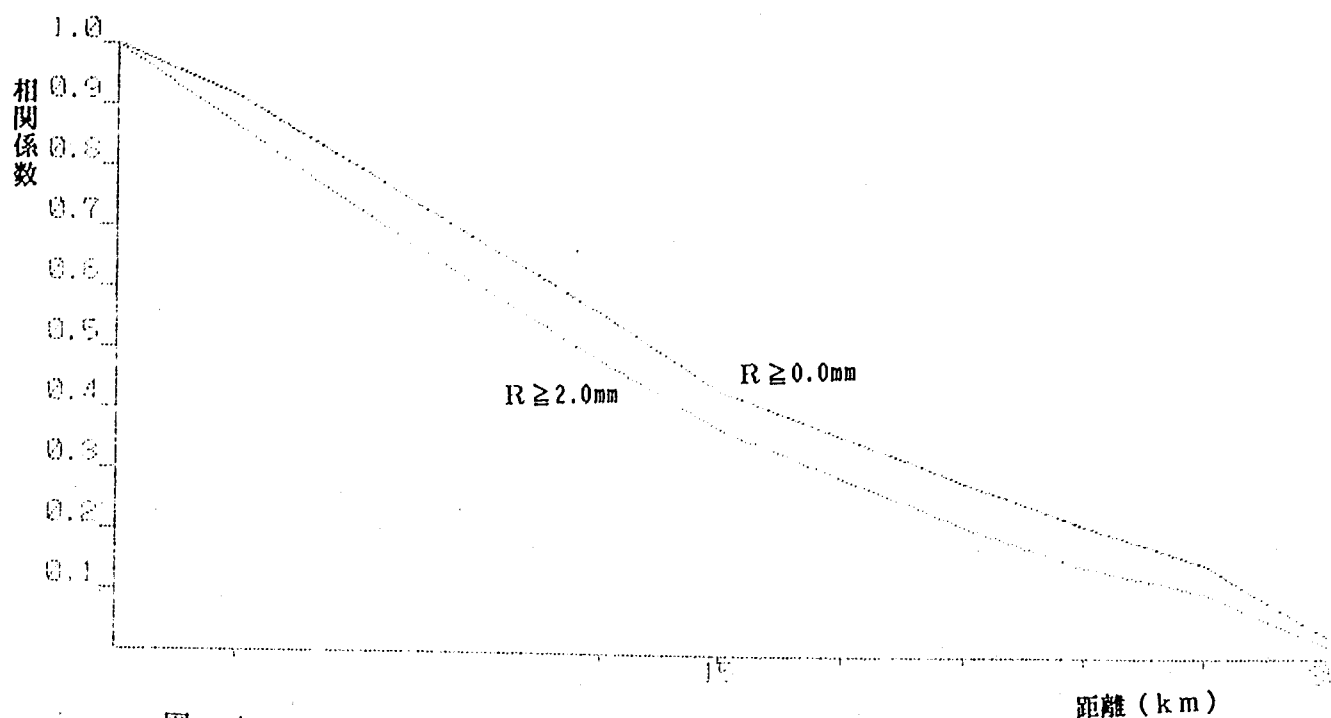


図-4.34b メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(台風NO.7)

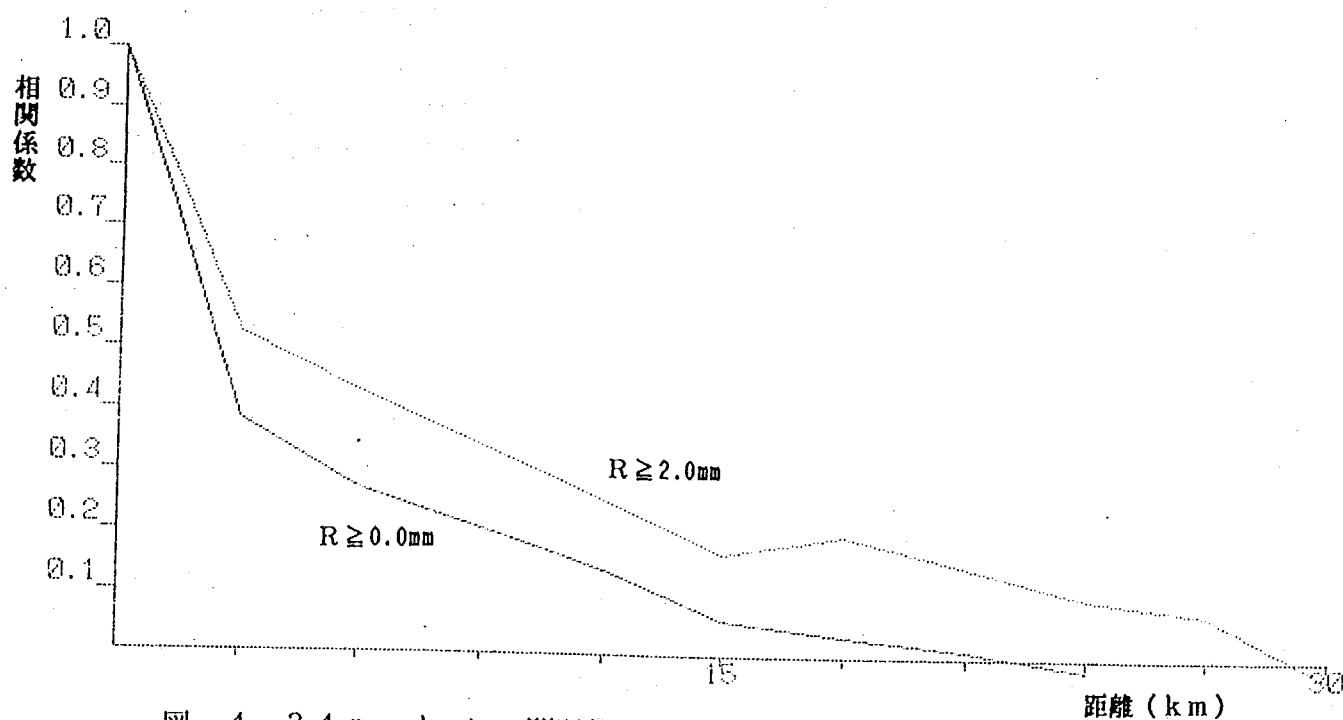


図-4.34c メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(前線NO.1)

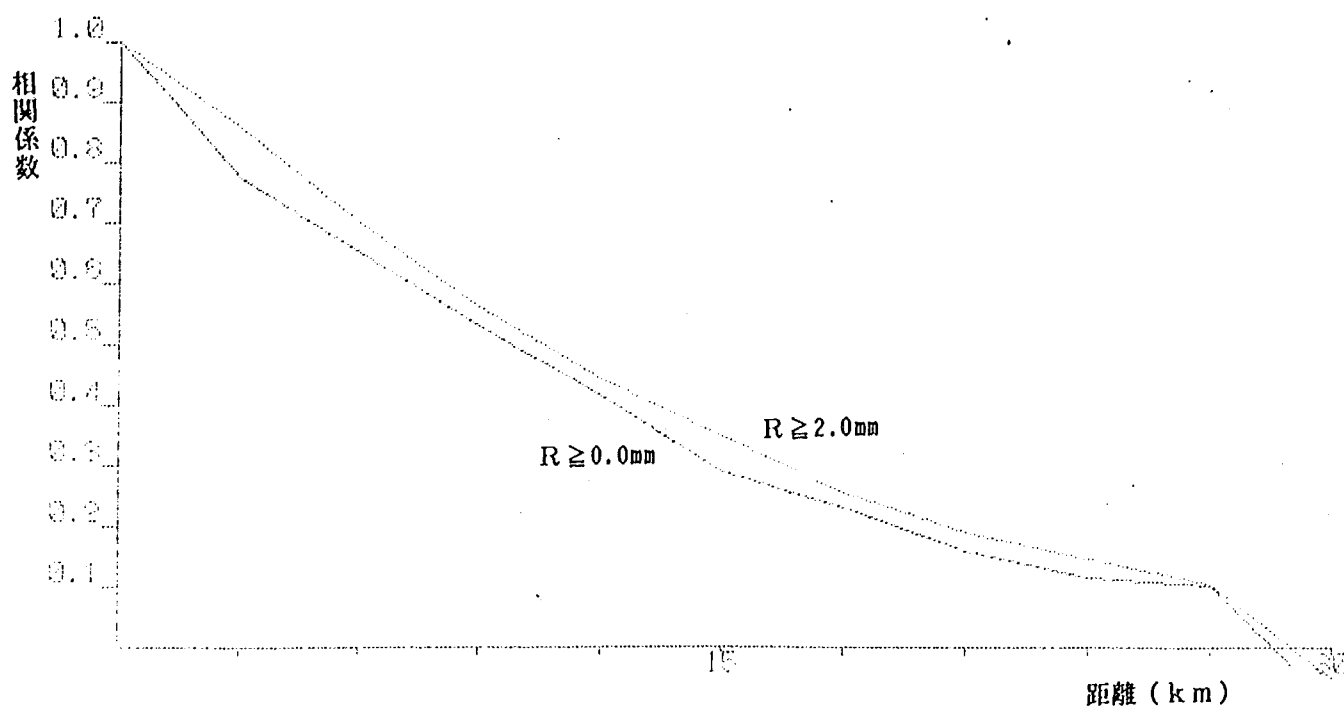


図-4.34d メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(前線N0.5)

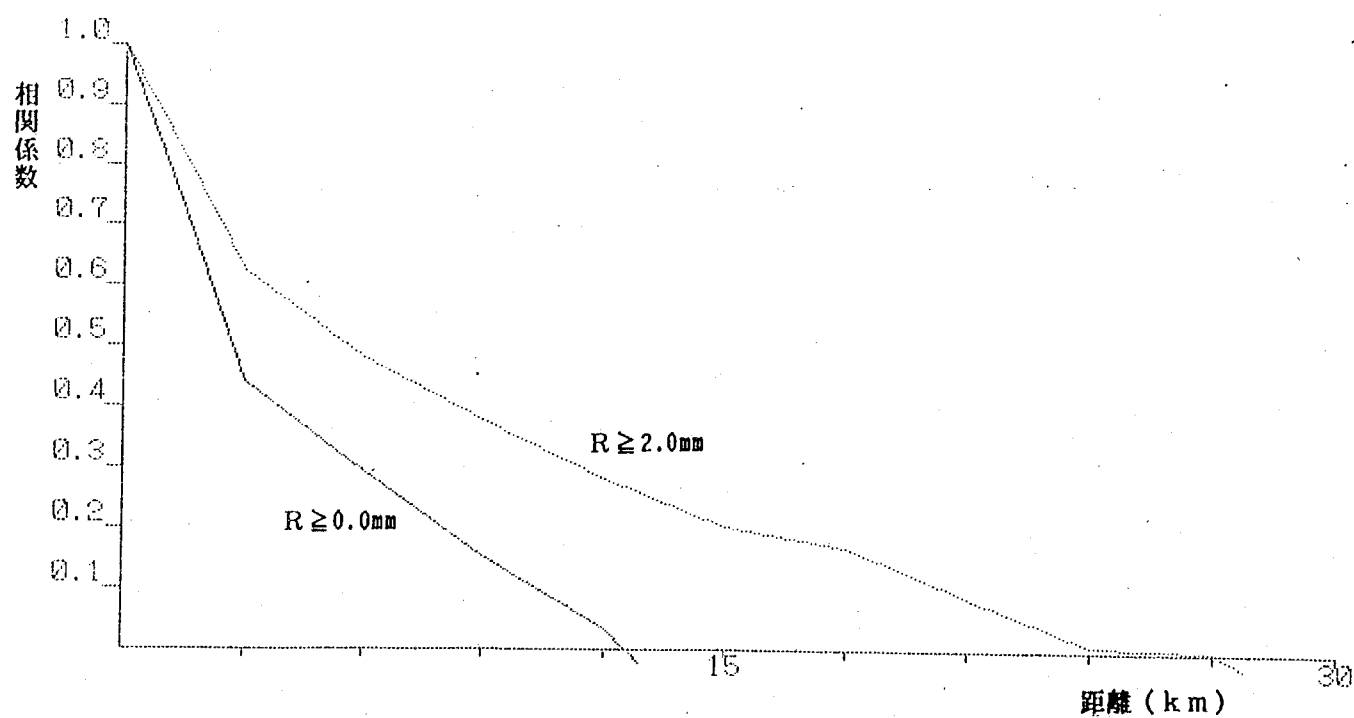


図-4.34e メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(低気圧N0.8)

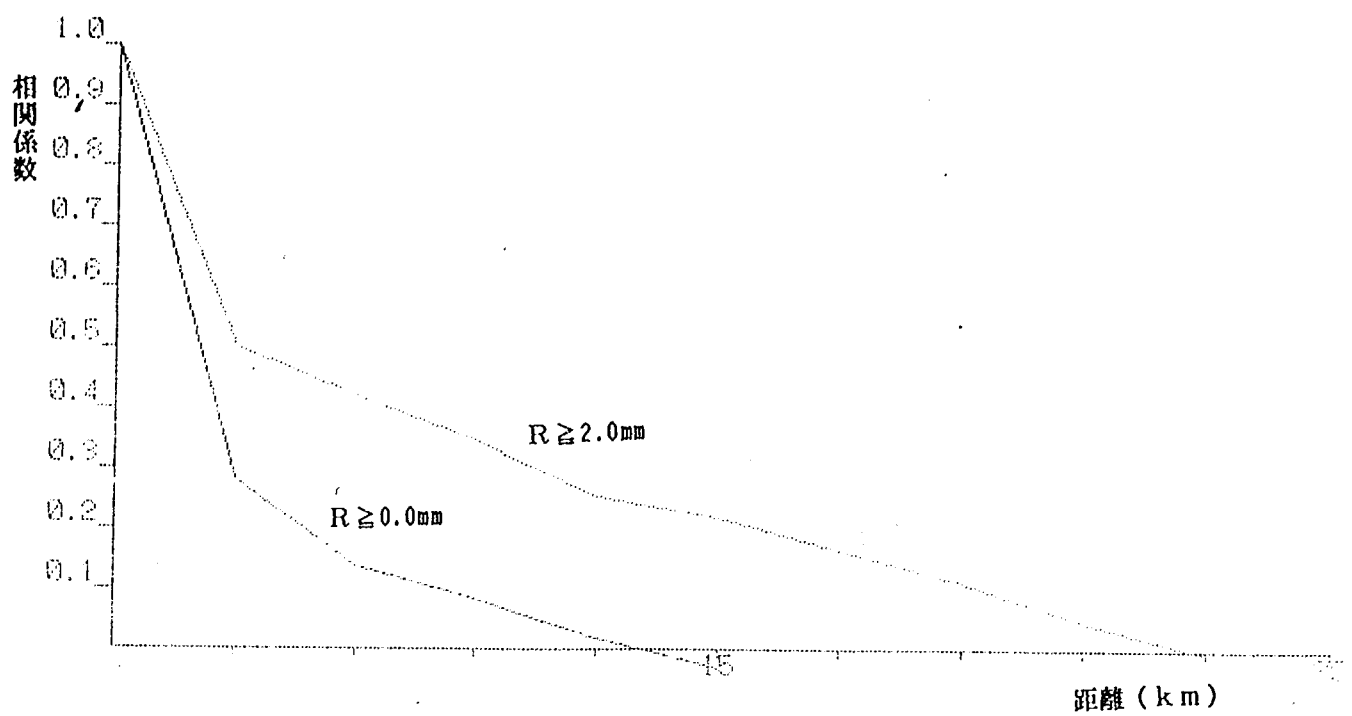


図-4.34f メッシュ間距離と相関係数・全雨量値と2.0mm以上(低気圧NO.11)

4. 3 相関解析方法の違いによる比較

表-4. 13、4. 14に計算結果を降雨別比較表としてまとめた。また、図-4. 35、4. 36に代表的な結果として、台風NO. 2降雨による計算結果を示す。なお、図表中の「空間相関①」は、4. 1節による計算結果で、「空間相関②」は、4. 2節による計算結果である。

これらから、全雨量値を用いた場合も2.0mm以上を用いた場合も、空間相関①の方が全てのケースで良い相関となっていることがわかる。これは、空間相関②では、降雨状態によりかなり変動が生じるため、平均すると時系列相関より相関が低くなるためである。

表-4. 13 空間相関①と空間相関②の比較表（全雨量値）

	空間相関①				空間相関②			
	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2
台 風 NO. 2	0.88	0.07	>60 km	>60 km	0.09	0.50	5 km	21 km
台 風 NO. 7	0.65	0.14	27 km	28 km	0.36	0.24	13 km	25 km
前 線 NO. 1	0.72	0.14	35 km	55 km	0.04	0.35	< 3 km	5 km
前 線 NO. 5	0.70	0.17	32 km	53 km	0.23	0.43	10 km	24 km
低気圧 NO. 8	0.67	0.17	45 km	26 km	0.23	0.33	< 3 km	13 km
低気圧 NO.11	0.74	0.15	42 km	47 km	0.15	0.15	< 3 km	3 km

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数（平均）

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独
立性が棄却される距離

表-4. 14 空間相関①と空間相関②の比較表（2.0mm以上雨量値）

	空間相関①				空間相関②			
	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2	$\bar{\rho}$	σ	D 1	D 2
台 風 NO. 2	0.77	0.16	58 km	20 km	0.29	0.31	8 km	21 km
台 風 NO. 7	0.57	0.19	21 km	21 km	0.24	0.35	12 km	24 km
前 線 NO. 1	0.44	0.26	16 km	11 km	0.20	0.30	3 km	15 km
前 線 NO. 5	0.61	0.25	25 km	17 km	0.26	0.30	10 km	19 km
低気圧 NO. 8	0.60	0.27	27 km	12 km	0.17	0.22	5 km	18 km
低気圧 NO.11	0.42	0.28	16 km	7 km	0.17	0.30	< 3 km	17 km

$\bar{\rho}$: 距離18kmでの相関係数（平均）

σ : 距離18kmでの相関係数の標準偏差

D 1 : 相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独
立性が棄却される距離

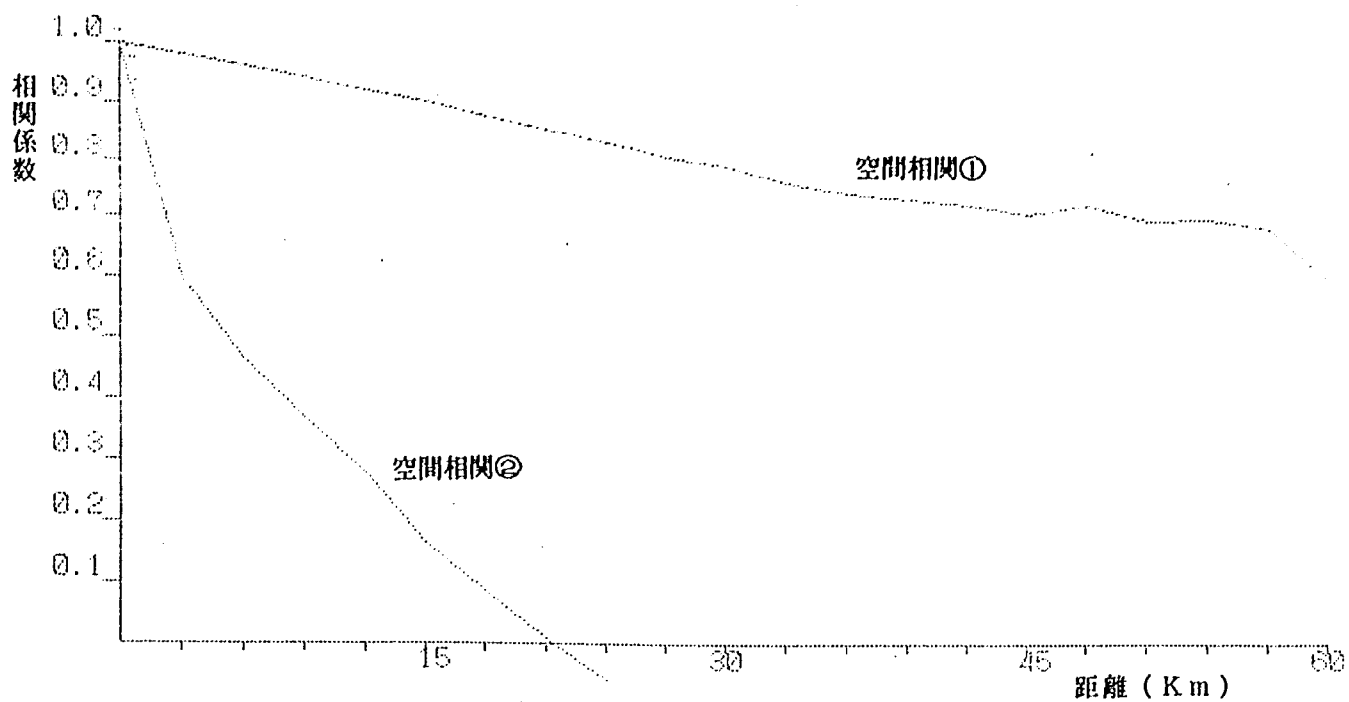


図-4.35 メッシュ間距離と相関係数・空間相関①と②(全雨量値、台風NO.2)

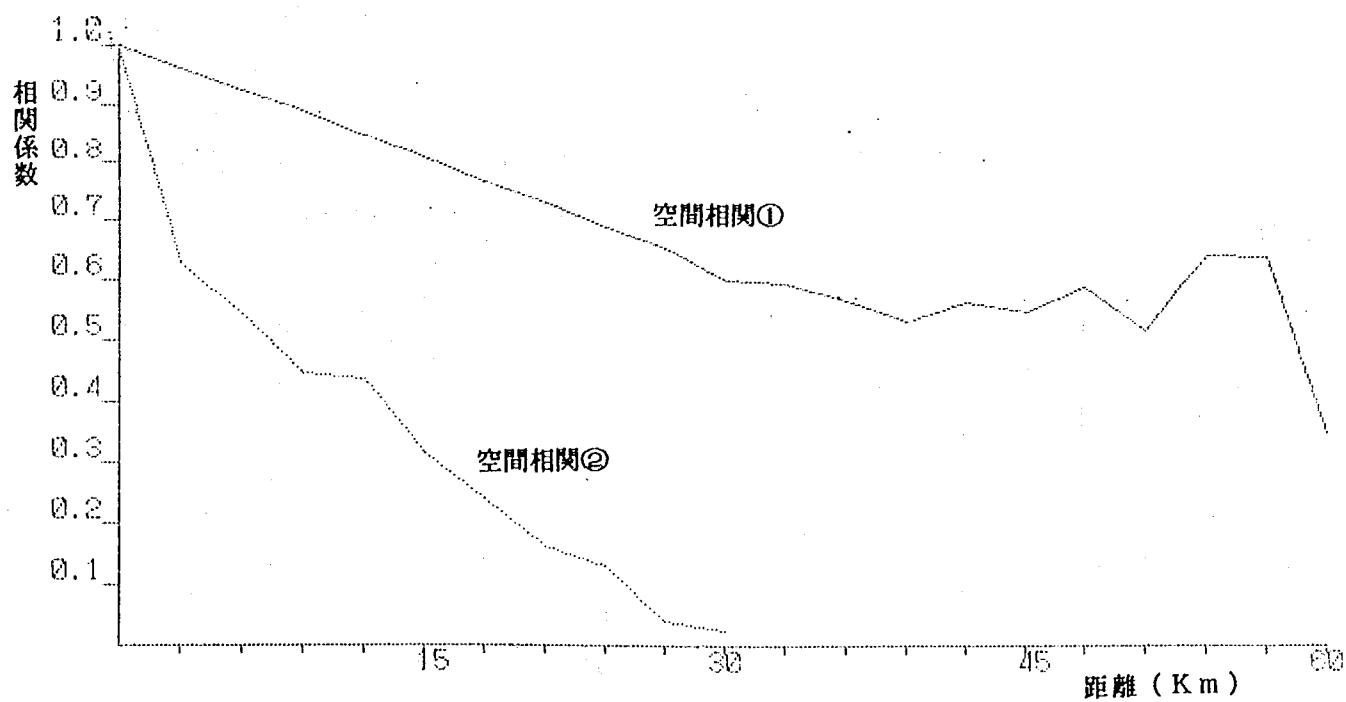


図-4.36 メッシュ間距離と相関係数・空間相関①と②(2.0mm以上、台風NO.2)

4. 4 空間特性のモデル化

空間特性の計算結果から各メッシュの雨量値間の相関係数は、距離とともに顕著な低減を示すことがわかった。低減の大きさは、雨量値の単位時間が短いほど大きくなるが、ここでは、最も標準的な1時間雨量値を用い、時系列データから求めた距離と相関係数との関係を次式を用いてモデル化を行った。

$$\rho = \exp(-a \cdot d^b) \quad \text{----(4.1)}$$

ここに、 ρ : 相関係数

d : メッシュ間距離

a, b : 定数

ρ については、 $\bar{\rho}$ を相関係数の平均値、 σ を相関係数の標準偏差とすると、 $\bar{\rho} \cdot \bar{\rho} + \sigma$ 、 $\bar{\rho} - \sigma$ の3ケースについて各降雨ごとに上式にあてはめ各方向（4方向）別に a, b の定数を求めた。すると、 $\bar{\rho}$ と $\bar{\rho} - \sigma$ では、 b の値は1.0程度になり、 $\bar{\rho} + \sigma$ では、1.5程度になることがわかり、結果的には、これらの値を用いて(4.1)式を求めた。

降雨原因ごとに計算した結果が、図-4. 37である。図中の実線は $\bar{\rho}$ を示し、点線は $\bar{\rho} + \sigma$ 及び $\bar{\rho} - \sigma$ を示す。また、太線は、 a, b を同定した場合であり、細線は、 b を固定して a のみ同定した場合を示す。個々の降雨についての結果は、表-4. 15に示すとおりである。

表-4. 15 a の値

($\bar{\rho}$: 平均、 σ : 標準偏差)

台 風 NO	E - W			N - S			NE - SW			NW - SE		
	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$
1	0.031	0.003	0.083	0.033	0.003	0.070	0.025	0.003	0.036	0.037	0.004	0.118
2	0.007	0.001	0.009	0.011	0.001	0.015	0.010	0.001	0.011	0.007	0.001	0.009
3	0.018	0.001	0.032	0.060	0.008	0.099	0.031	0.002	0.089	0.028	0.002	0.055
4	0.031	0.003	0.069	0.023	0.002	0.036	0.022	0.002	0.036	0.025	0.003	0.039
5	0.013	0.001	0.018	0.004	<0.001	0.007	0.008	0.001	0.010	0.016	0.002	0.020
6	0.014	0.002	0.019	0.012	0.001	0.017	0.014	0.002	0.019	0.012	0.001	0.015
7	0.033	0.003	0.051	0.032	0.004	0.050	0.020	0.002	0.030	0.032	0.003	0.042
8	0.020	0.002	0.028	0.018	0.002	0.024	0.018	0.002	0.024	0.025	0.003	0.030
9	0.005	<0.001	0.007	0.004	<0.001	0.006	0.002	<0.001	0.003	0.009	0.001	0.010

($\bar{\rho}$: 平均、 σ : 標準偏差)

前 線 NO	E - W			N - S			NE - SW			NW - SE		
	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$
1	0.020	0.002	0.028	0.017	0.002	0.013	0.013	0.001	0.019	0.026	0.003	0.032
2	0.055	0.005	0.118	0.015	0.001	0.031	0.039	0.004	0.090	0.034	0.003	0.092
3	0.010	0.001	0.014	0.013	0.001	0.020	0.006	0.001	0.008	0.015	0.002	0.020
5	0.036	0.003	0.059	0.021	0.002	0.032	0.019	0.002	0.030	0.055	0.007	0.069
6	0.014	0.001	0.019	0.010	0.015	0.015	0.010	0.001	0.015	0.017	0.002	0.021
7	0.015	0.002	0.021	0.011	0.001	0.019	0.006	<0.001	0.010	0.018	0.002	0.023

($\bar{\rho}$: 平均、 σ : 標準偏差)

低気圧 NO	E - W			N - S			NE - SW			NW - SE		
	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$	$\bar{\rho}$	$\bar{\rho} + \sigma$	$\bar{\rho} - \sigma$
1	0.031	0.004	0.038	0.026	0.003	0.039	0.026	0.003	0.034	0.034	0.004	0.039
2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3	0.026	0.003	0.040	0.019	0.002	0.033	0.031	0.003	0.053	0.022	0.002	0.031
4	0.013	0.001	0.018	0.005	<0.001	0.007	0.007	0.001	0.009	0.018	0.002	0.021
5	0.006	<0.001	0.011	0.009	0.001	0.015	0.011	0.001	0.016	0.003	<0.001	0.006
6	0.011	0.001	0.015	0.013	0.001	0.018	0.016	0.002	0.020	0.007	0.001	0.010
7	0.006	0.001	0.008	0.013	0.001	0.020	0.007	0.001	0.010	0.009	0.001	0.012
8	0.016	0.001	0.024	0.020	0.002	0.030	0.013	0.001	0.020	0.019	0.002	0.025
9	0.023	0.001	0.080	0.115	0.007	0.155	0.095	0.017	0.188	0.023	0.002	0.057
10	0.068	0.009	0.099	0.011	0.001	0.021	0.038	0.004	0.056	0.051	0.005	0.077
11	0.017	0.001	0.028	0.015	0.001	0.023	0.011	0.001	0.017	0.018	0.002	0.023

雷 雨

($\bar{p}$: 平均、 σ : 標準偏差)

NO	E - W			N - S			NE - SW			NW - SE		
	$\bar{p}$	$\bar{p} + \sigma$	$\bar{p} - \sigma$	$\bar{p}$	$\bar{p} + \sigma$	$\bar{p} - \sigma$	$\bar{p}$	$\bar{p} + \sigma$	$\bar{p} - \sigma$	$\bar{p}$	$\bar{p} + \sigma$	$\bar{p} - \sigma$
1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	0.102	0.011	0.198	0.049	0.004	0.099	0.044	0.004	0.100	0.134	0.010	0.232
4	0.010	<0.001	0.022	0.017	0.001	0.033	0.007	<0.001	0.015	0.018	0.002	0.027
6	0.021	0.001	0.051	0.028	0.002	0.057	0.014	0.001	0.026	0.044	0.003	0.111

表-4. 1.5について、各降雨原因ごとにaの値のばらつきを見てみると図-4. 38のようになる。

台風・前線・低気圧については、0.010~0.015前後に集中しているが、雷雨は、ばらついており降雨によってかなり変動することがわかる。

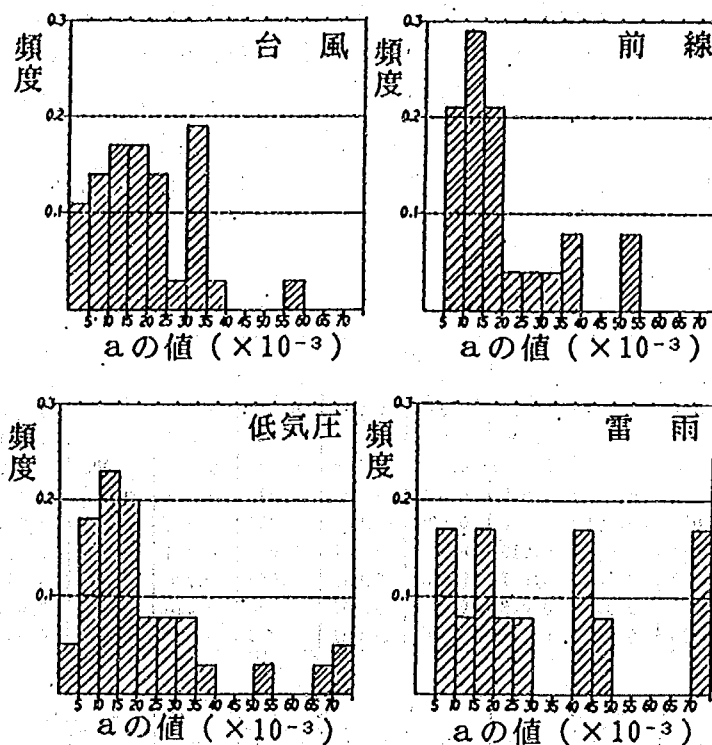


図-4. 38 aの頻度分布

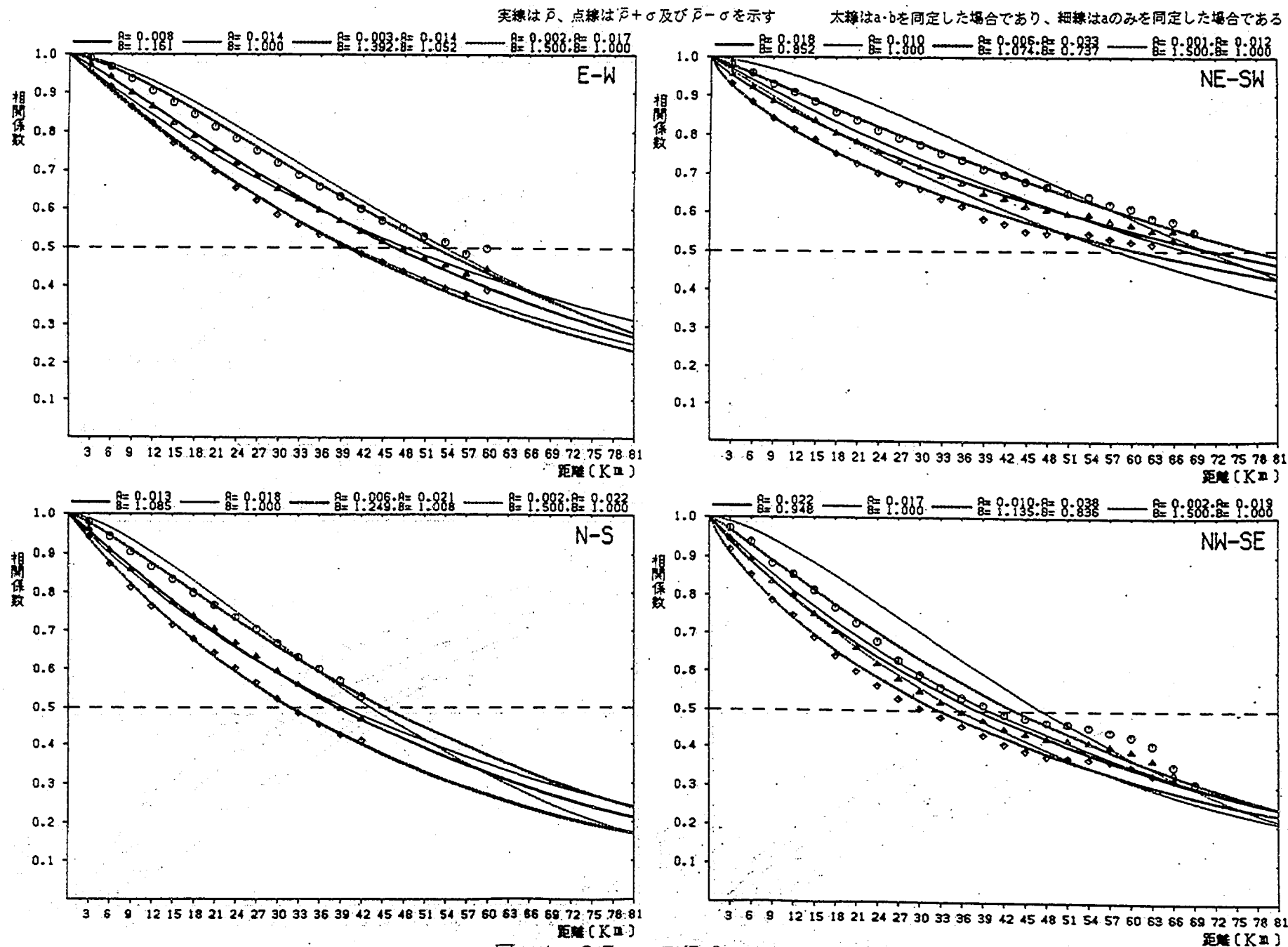


図-4.37a 回帰式のあてはめ (台風)

実線は $\bar{\rho}$ 、点線は $\bar{\rho} + \sigma$ 及び $\bar{\rho} - \sigma$ を示す

太線は $a \cdot b$ を同定した場合であり、細線は a のみを同定した場合である

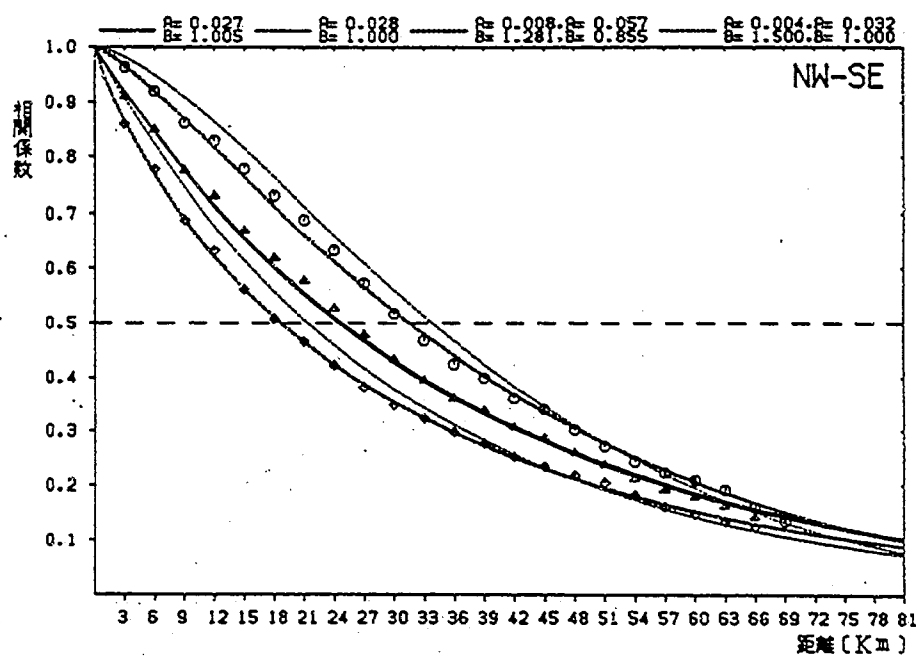
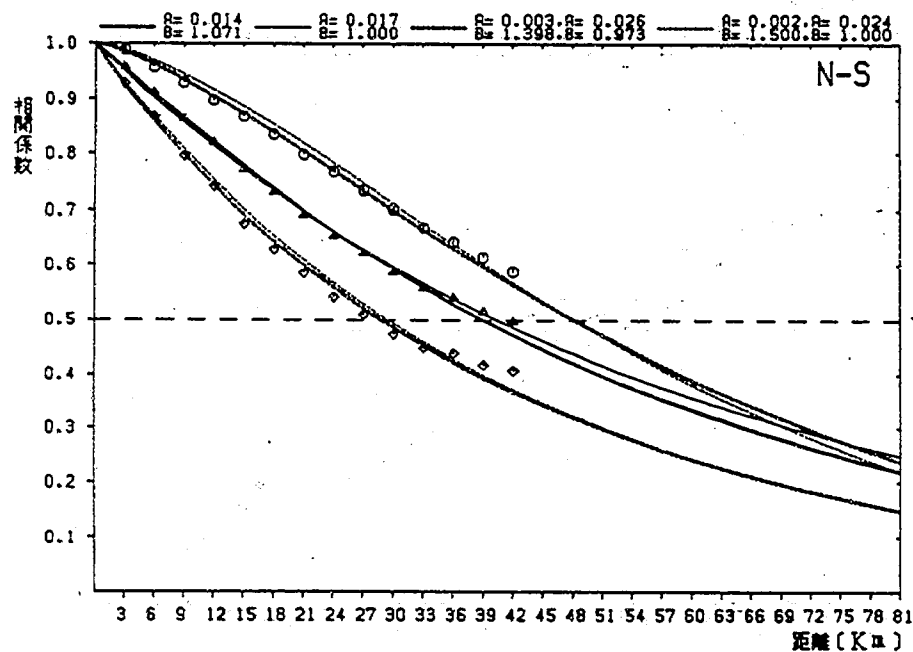
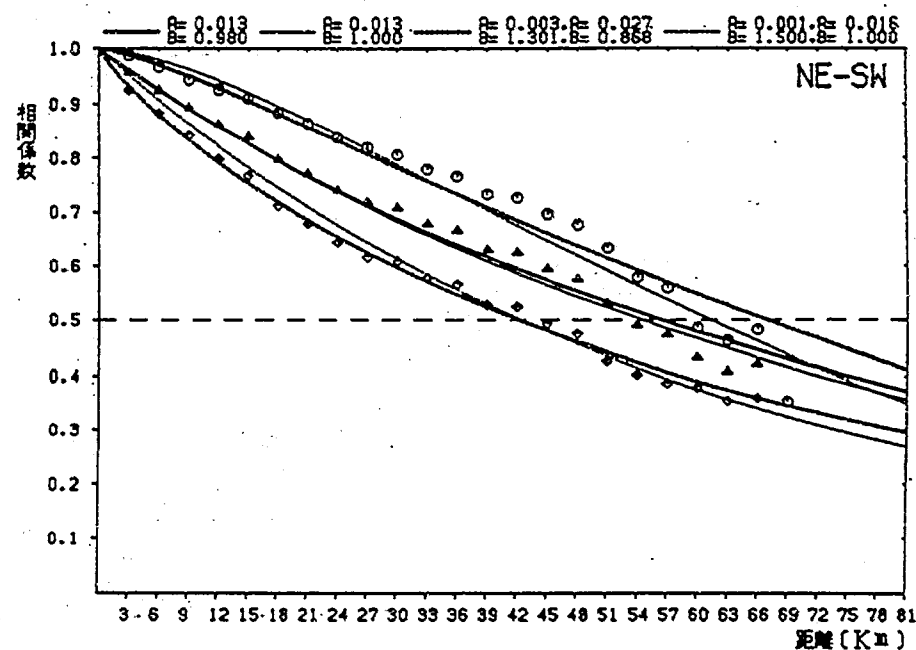
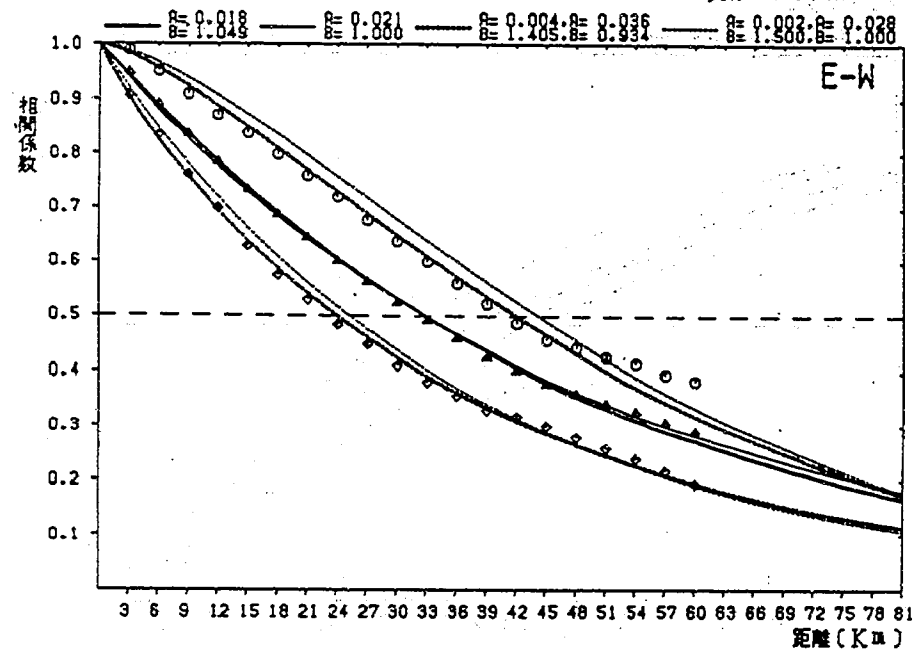


図-4. 37b 回帰式のあてはめ(前線)

実線は $\bar{\rho}$ 、点線は $\bar{\rho} + \sigma$ 及び $\bar{\rho} - \sigma$ を示す

太線は $a \cdot b$ を同定した場合であり、細線は a のみを同定した場合である

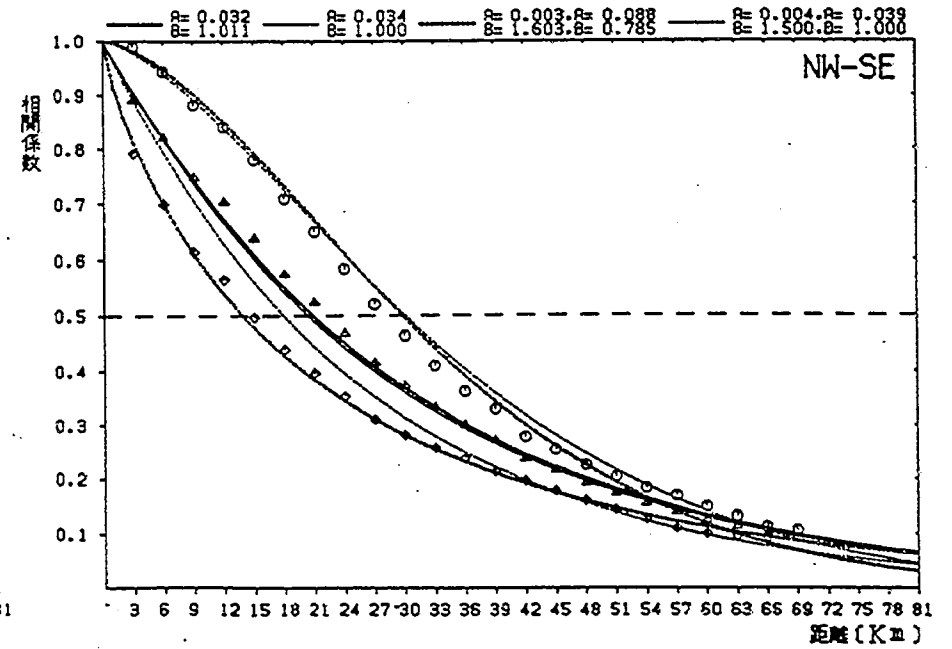
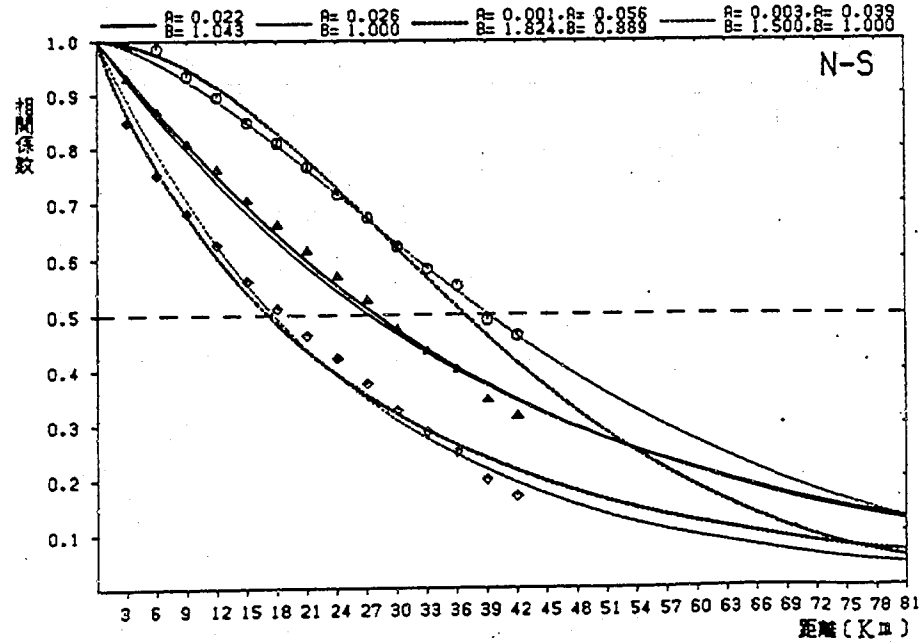
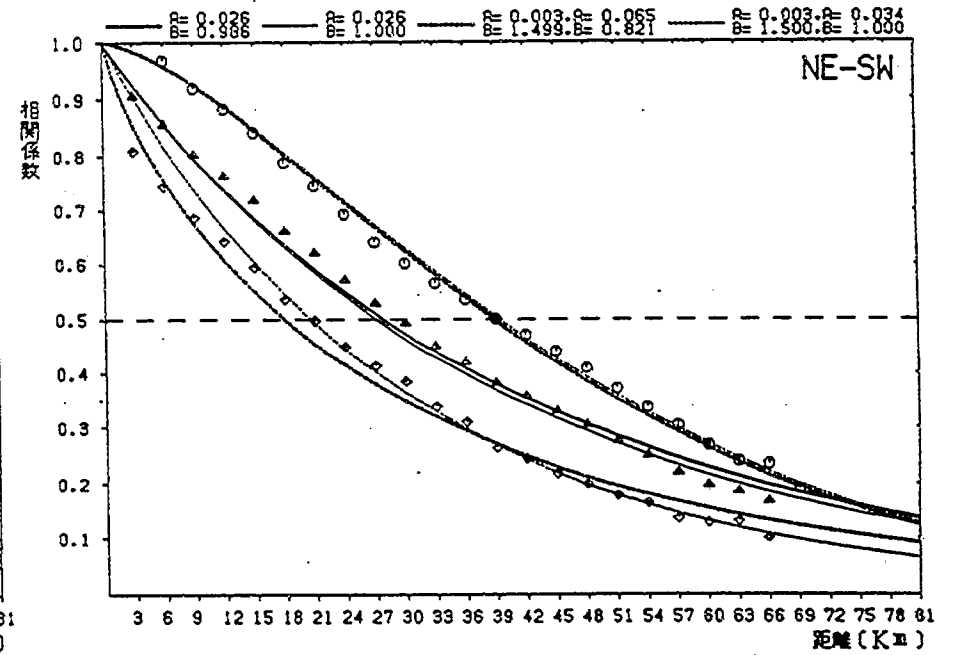
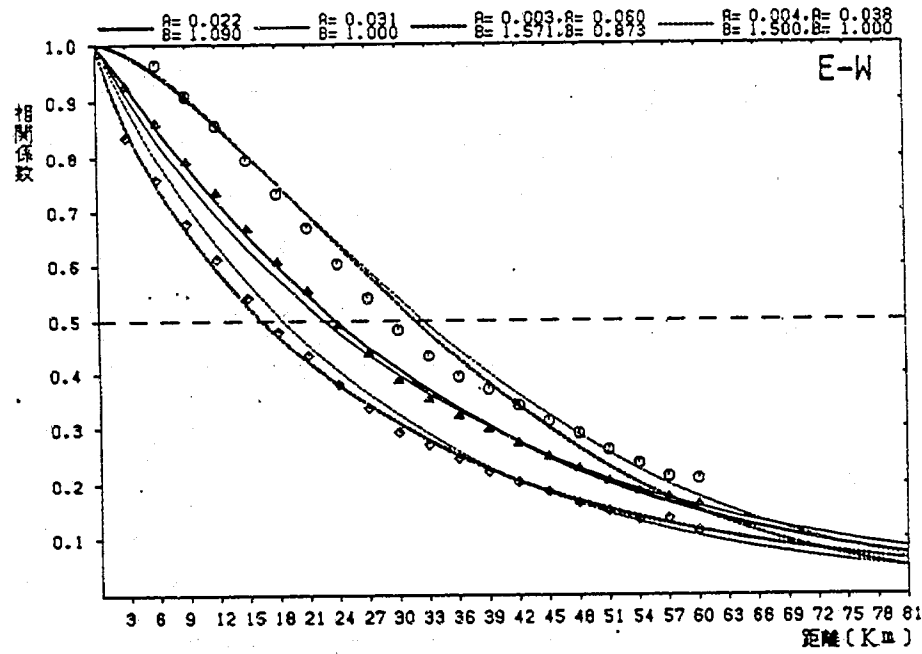


図-4.37c 回帰式のあてはめ (低気圧)

実線は $\bar{\rho}$ 、点線は $\bar{\rho} + \sigma$ 及び $\bar{\rho} - \sigma$ を示す

太線は $a \cdot b$ を同定した場合であり、細線は a のみを同定した場合である

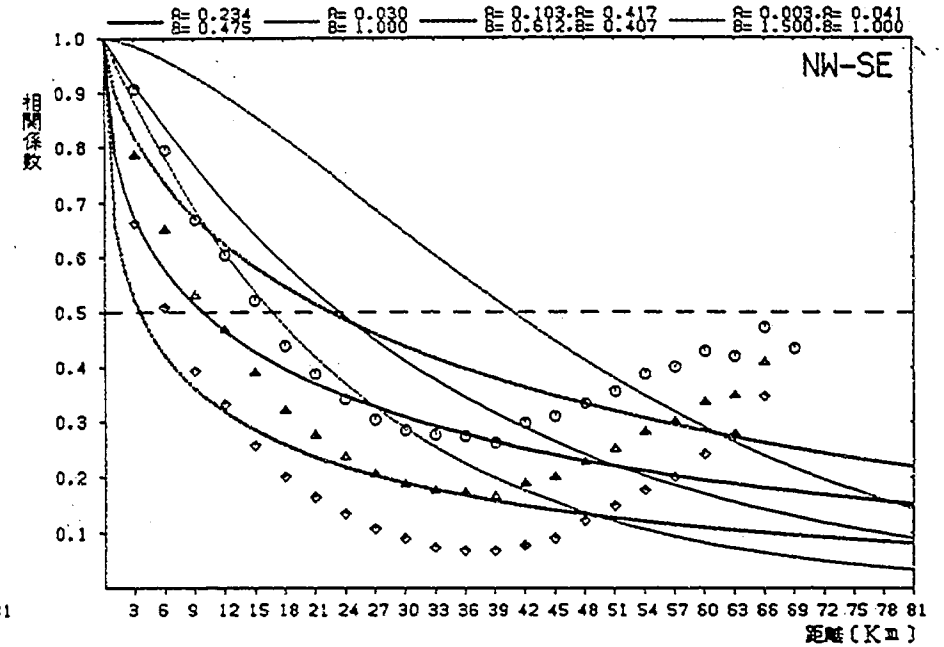
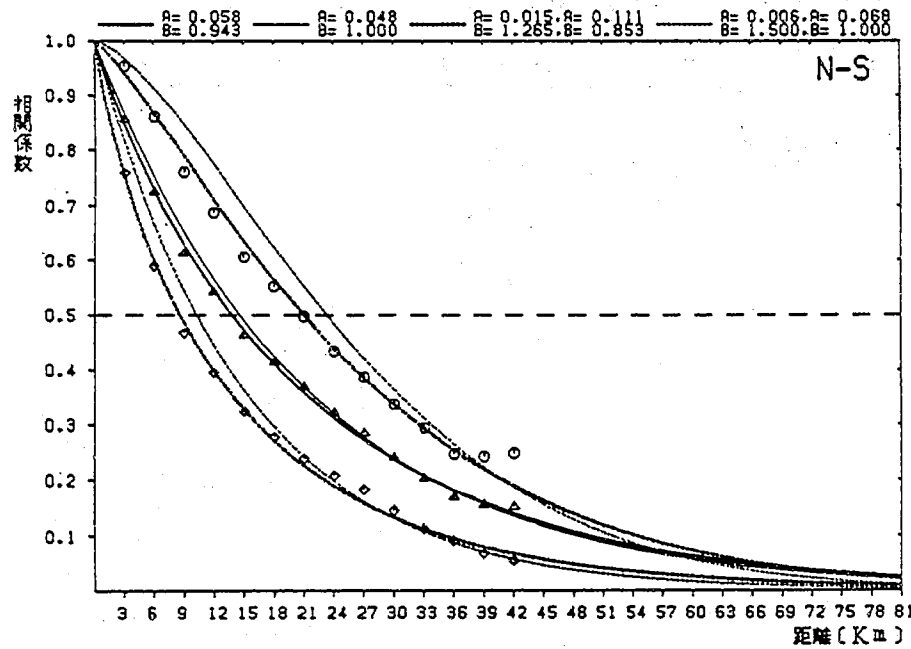
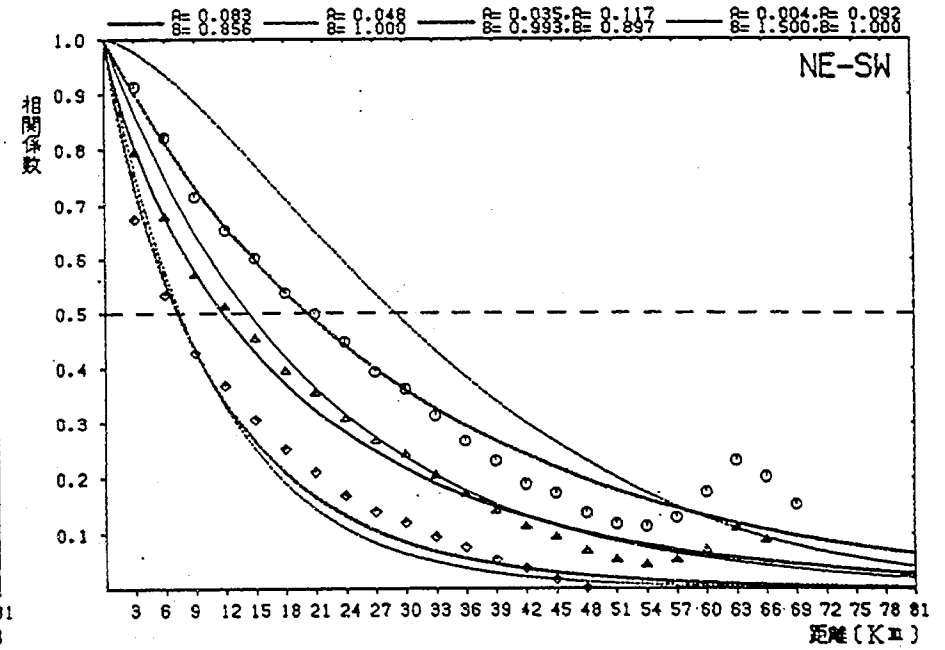
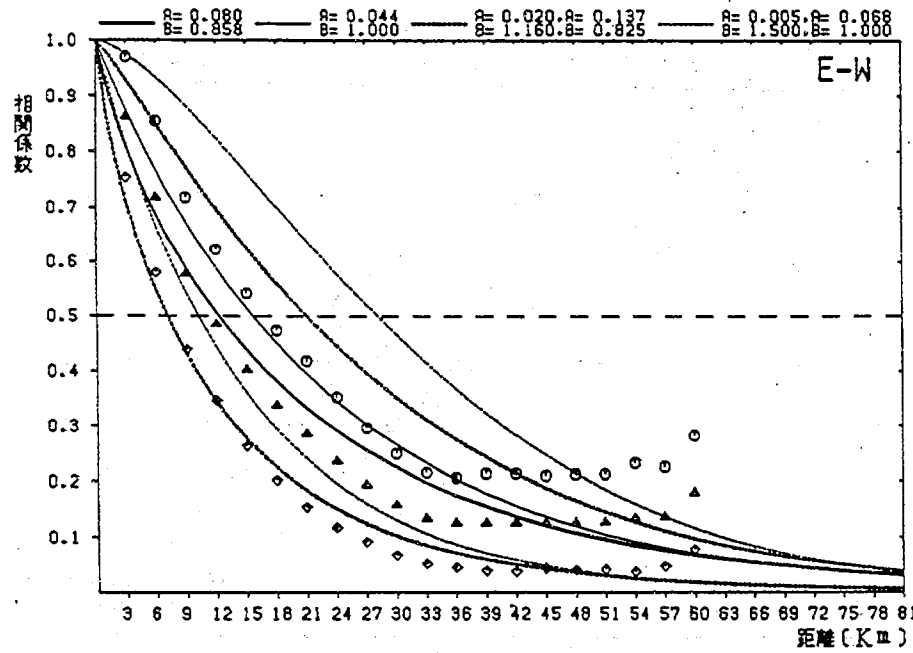
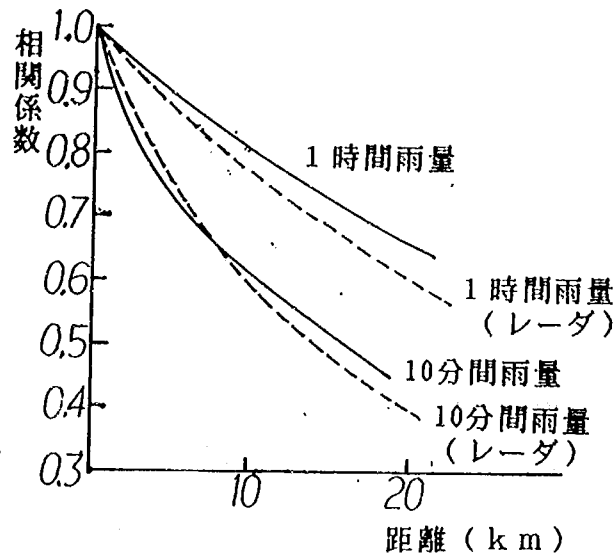


図-4.37d 回帰式のあてはめ (雷雨)

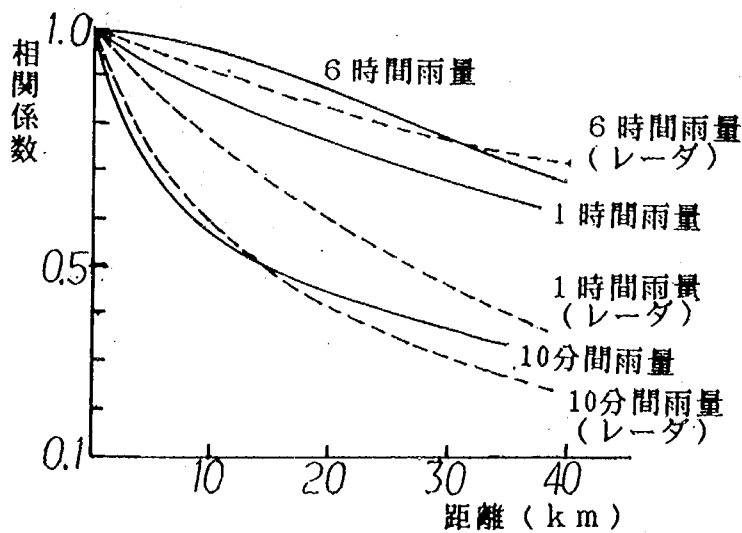
4. 5 既往の結果との比較

地上雨量計を用いた既往の解析結果と今回のレーダ雨量による解析結果とを比較してみると図-4. 39のようになる。なお、レーダの方の計算値は、台風・前線・低気圧・雷雨のそれぞれの平均値をさらに平均したもの（4. 1節の方法による）であり、地上雨量による結果の方は、ある1降雨における計算値である。

全体的には、既往の結果とほとんど変わらない結果となっているが、レーダの方が1時間雨量値による結果がやや小さめに出ている。これは、雷雨性降雨による結果も平均化されているためで、それを除くとほぼ同じ程度になると思われる。



地上データ 1958, 9/26~27 降雨



地上データ 1958, 10/5~7 降雨

図-4. 39 空間相関の比較

第5章 降雨の時間特性

5.1 降雨ごとの比較

イ) 台風

図-5.1、5.2に降雨別の計算結果を示す。また、表-5.1 代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。表中には、比較のため時系列相関の結果も示した。

これらの結果から、自己相関が 1/2になる距離は、降雨によってかなり変動があることがわかる。全体に強い雨が比較的長く続く場合は、30分以上の相関となっており、その他の降雨の場合は、20分以下である。

表-5.1 降雨別比較表(台風)

NO	τ	σ	T 1	T 2	D 1	D 2	降 雨 状 態
1	0.21	0.10	<10 分	58 分	24 km	25 km	弱い雨、雨域がばらついている
2	0.54	0.10	37 分	131分	>60 km	>60 km	全域に強い降雨
3	0.31	0.14	<10 分	79 分	24 km	11 km	部分的に強く、雨域がばらついている
4	0.16	0.08	<10 分	24 分	24 km	11 km	降雨強度分布に偏りがある
5	0.67	0.06	65 分	175分	45 km	33 km	全域に強い降雨、N→E方向へ移動
6	0.36	0.08	12 分	63 分	51 km	45 km	全域に強い降雨
7	0.38	0.13	17 分	108分	27 km	28 km	NE-SW方向に縞状の強い降雨域がある
8	0.36	0.12	16 分	94 分	36 km	46 km	ほぼ全域に強い雨、中心付近は弱い
9	0.69	0.04	81 分	174分	>60 km	>60 km	全域に一樣な強い雨

τ : 時間30分での自己相関係数(平均)

σ : 時間30分での自己相関係数の標準偏差

T 1 : 自己相関係数が 1/2になる時間

T 2 : 5 割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率で各時刻間の相関の独立
性が棄却される時間

D 1 : メッシュ間の相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5 割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独
立性が棄却される距離

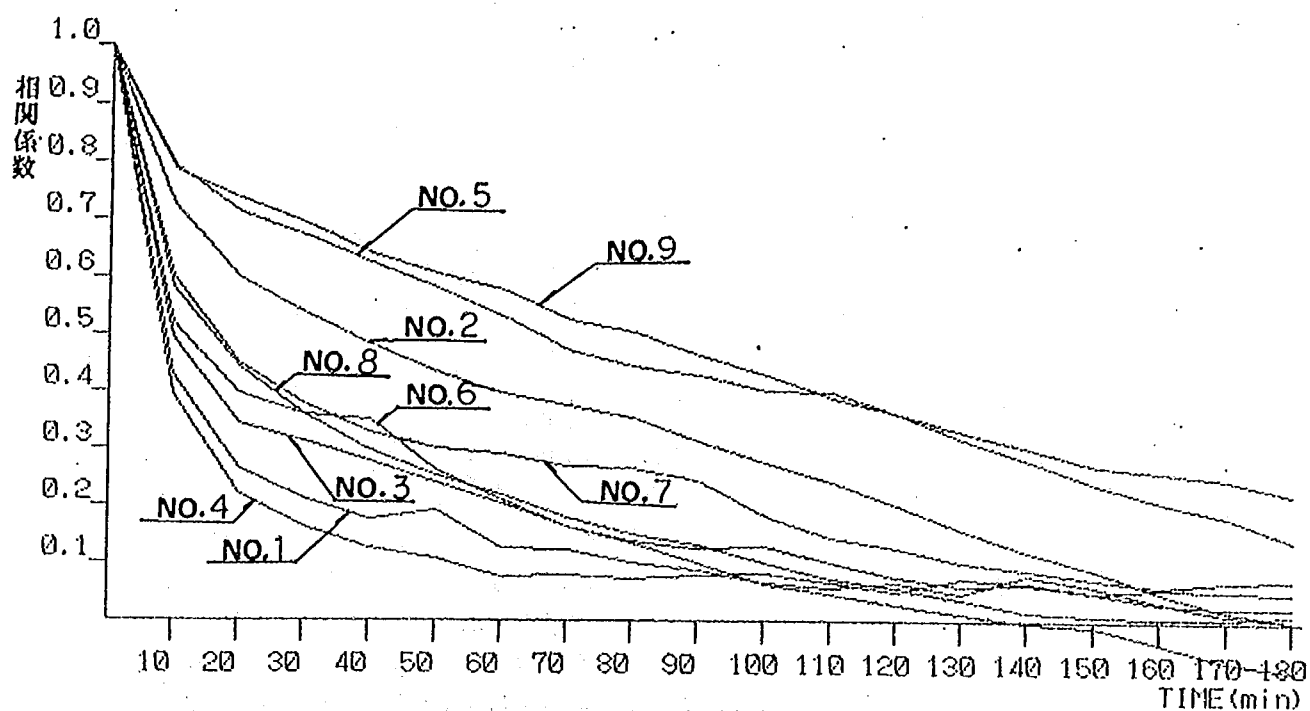


図-5.1 自己相関(台風)

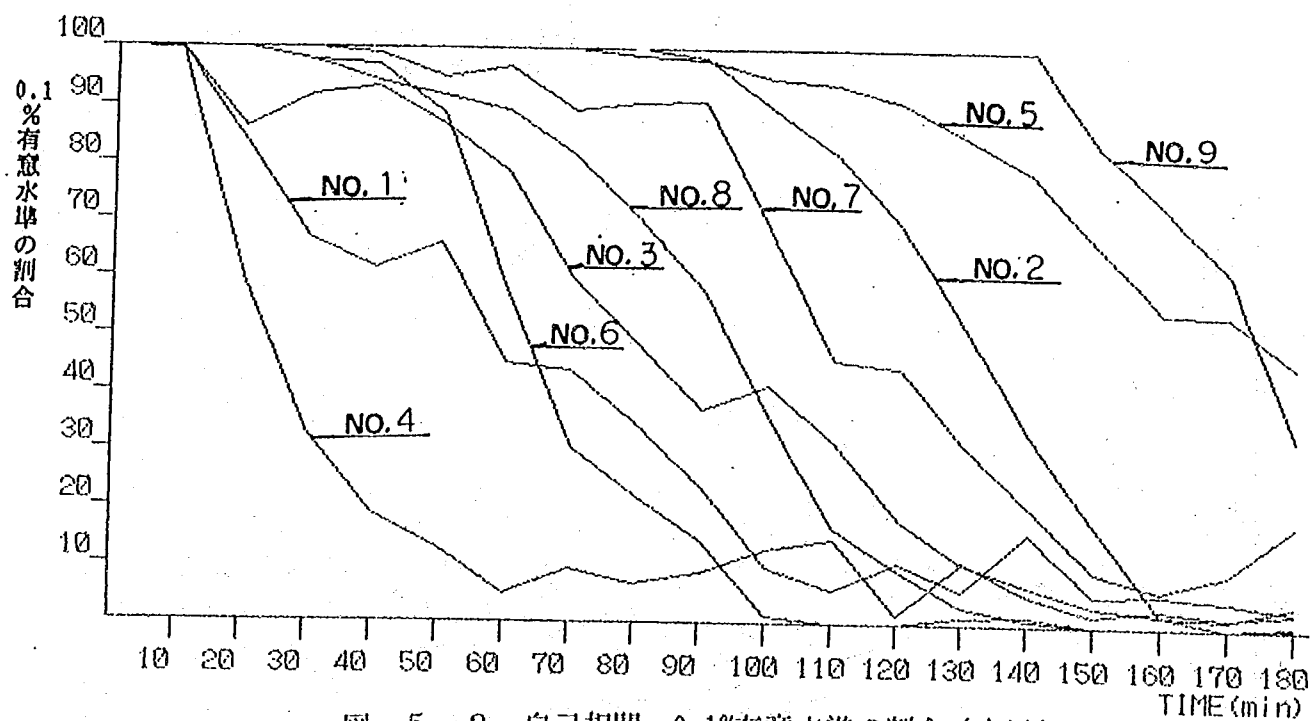


図-5.2 自己相関・0.1%有意水準の割合(台風)

ロ) 前線

図-5.3、5.4に降雨別の計算結果を示す。また、表-5.2 代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。表中には、比較のため時系列相関の結果も示した。

台風と同様、全域に強い雨が降り継続性がある場合は、相関が良くなっているが、台風よりは、自己相関係数が1/2になる時間は短い。

表-5.2 降雨別比較表(前線)

N0	τ	σ	T 1	T 2	D 1	D 2	降 雨 状 態
1	0.41	0.17	19 分	>180分	35 km	55 km	降雨強度分布の偏り有、E方向へ移動
2	0.31	0.14	12 分	42 分	28 km	27 km	全域に弱い雨
3	0.55	0.16	42 分	>180分	>60 km	11 km	NE-SW方向に降雨強度分布の偏り有、E方向へ移動
5	0.55	0.08	37 分	110分	32 km	53 km	降雨強度分布に偏りのある強い雨、E方向へ移動
6	0.43	0.06	24 分	49 分	>60 km	35 km	全域に強い降雨
7	0.51	0.13	33 分	>180分	48 km	>60 km	全域に強い降雨

τ : 時間30分での自己相関係数(平均)

σ : 時間30分での自己相関係数の標準偏差

T 1 : 自己相関係数が 1/2になる時間

T 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率で各時刻間の相関の独立性が棄却される時間

D 1 : メッシュ間の相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独立性が棄却される距離

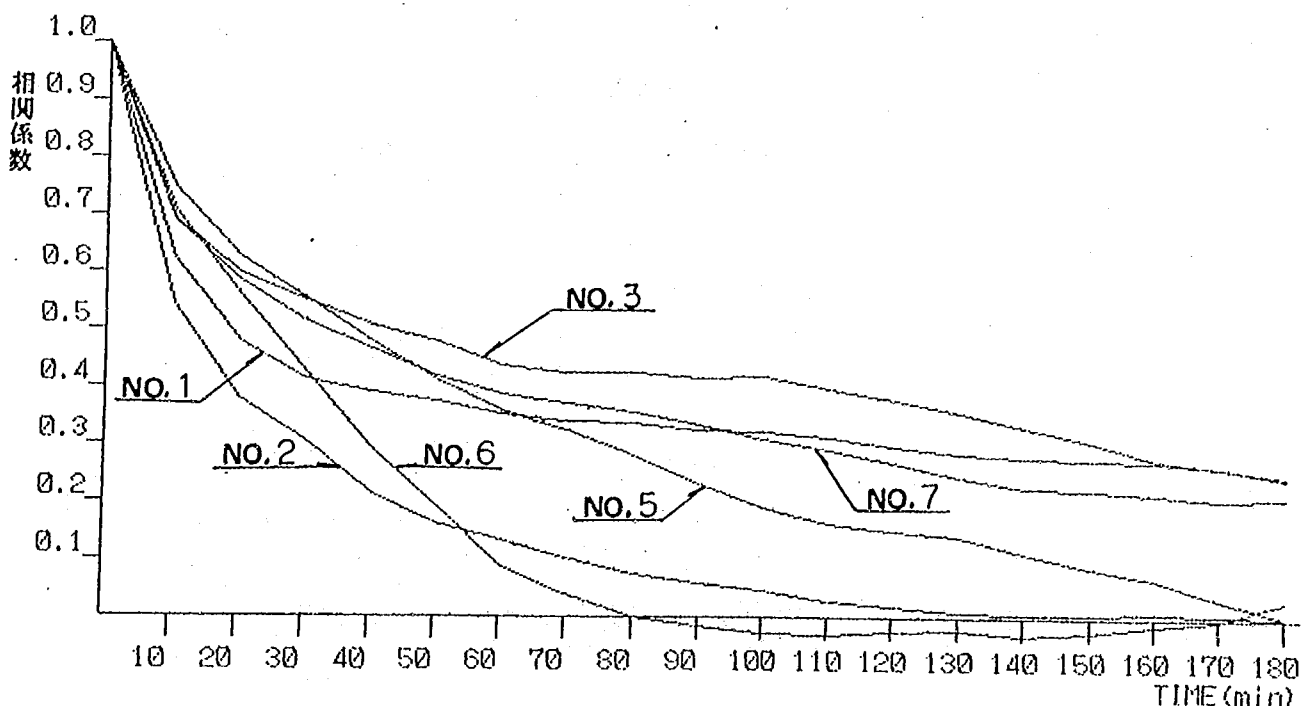


図-5.3 自己相関(前線)

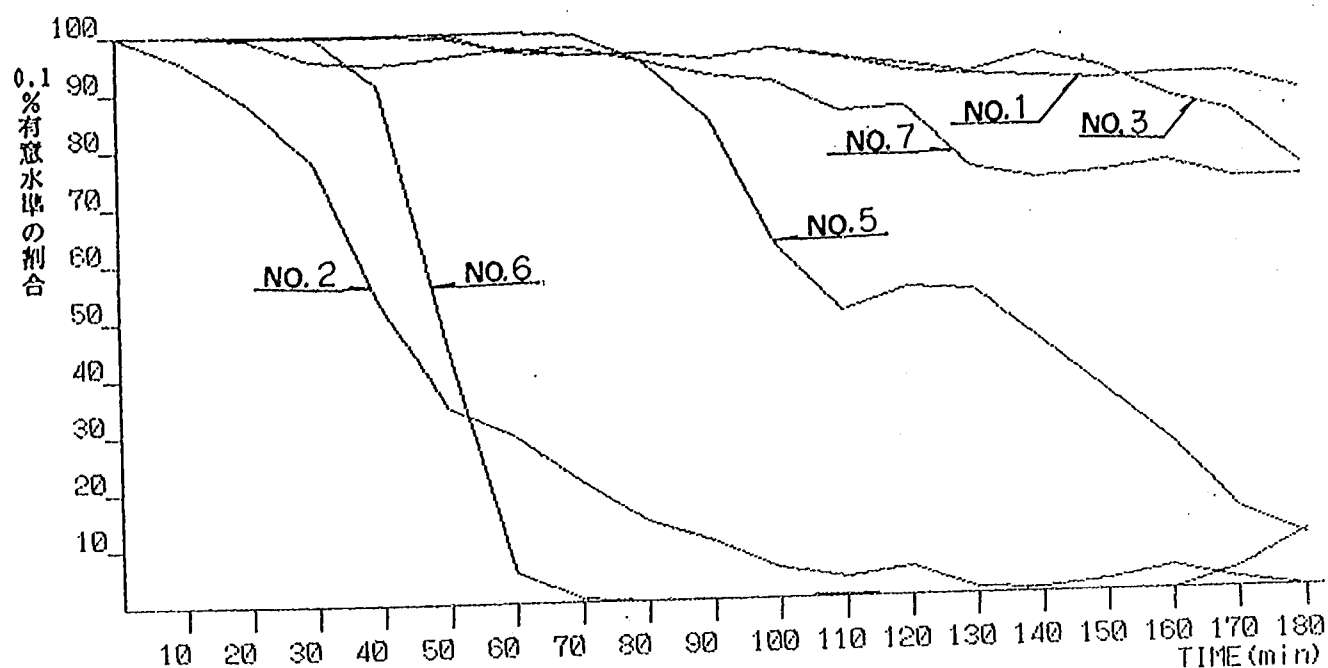


図-5.4 自己相関・0.1%有意水準の割合（前線）

ハ) 低気圧

図-5.5、5.6に降雨別の計算結果を示す。また、表-5.3代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。表中には、比較のため時系列相関の結果も示した。

相関の傾向としては、台風・前線と同じであるが、自己相関係数が1/2になる時間は、前線と同程度のものが多い。

表-5.3 降雨別比較表（低気圧）

NO	τ	σ	T 1	T 2	D 1	D 2	降 雨 状 態
1	0.58	0.17	43 分	104分	36 km	30 km	降雨強度分布に偏りのある強い雨
2	0.40	0.11	22 分	53 分	22 km	9 km	降雨強度分布に偏りのある強い雨、E方向へ移動
3	0.37	0.10	17 分	69 分	28 km	23 km	降雨強度分布に偏りのある強い雨
4	0.48	0.15	27 分	88 分	>60 km	57 km	全域に強い雨
5	0.58	0.06	39 分	>180分	51 km	52 km	全域に強い雨
6	0.47	0.11	27 分	90 分	>60 km	>60 km	全域に強い雨
7	0.41	0.10	18 分	94 分	56 km	56 km	全域に強い雨
8	0.60	0.18	86 分	>180分	45 km	26 km	全域に強い雨、E方向へ移動
9	0.49	0.19	29 分	120分	16 km	20 km	ばらつきのある強い降雨
10	0.35	0.20	13 分	70 分	28 km	24 km	ばらつきのある弱い降雨
11	0.36	0.10	11 分	133分	42 km	47 km	全域に弱い雨

τ : 時間30分での自己相関係数（平均）

σ : 時間30分での自己相関係数の標準偏差

T 1 : 自己相関係数が 1/2になる時間

T 2 : 5 割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率で各時刻間の相関の独立
性が棄却される時間

D 1 : メッシュ間の相関係数が 1/2になる距離

D 2 : 5 割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独
立性が棄却される距離

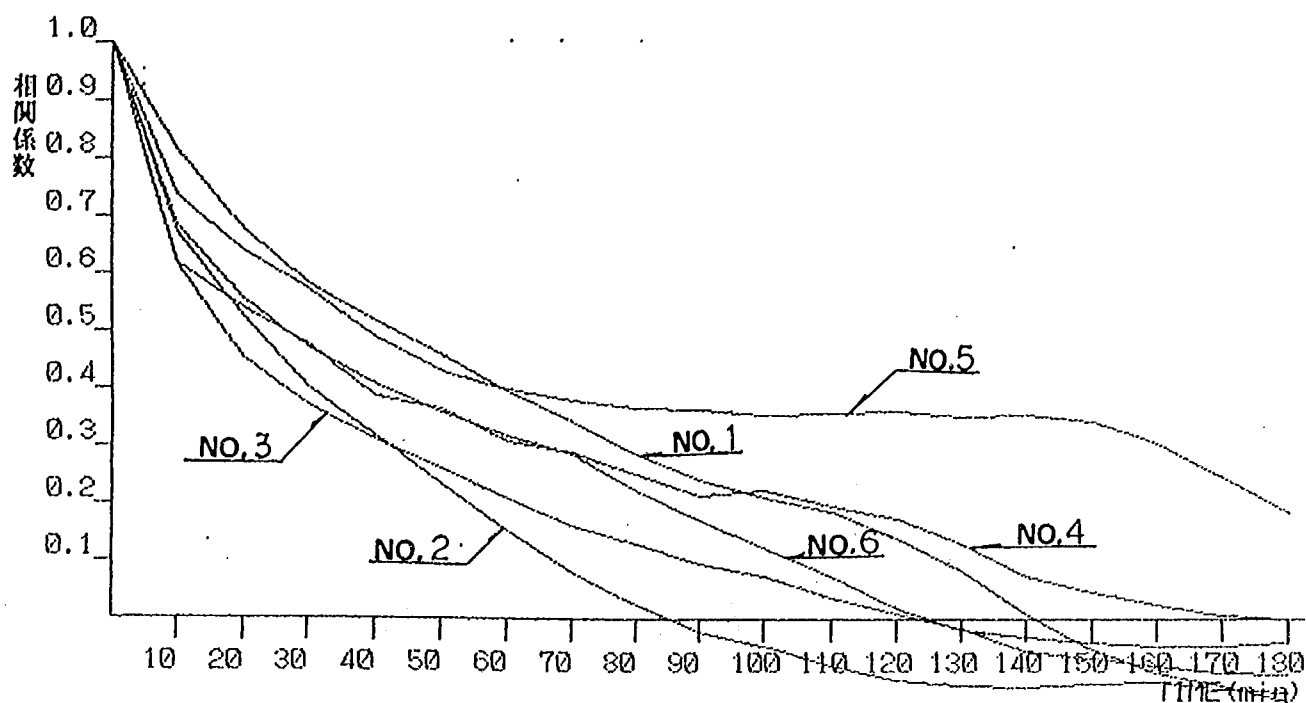


図-5.5a 自己相関 (低気圧NO.1~NO.6)

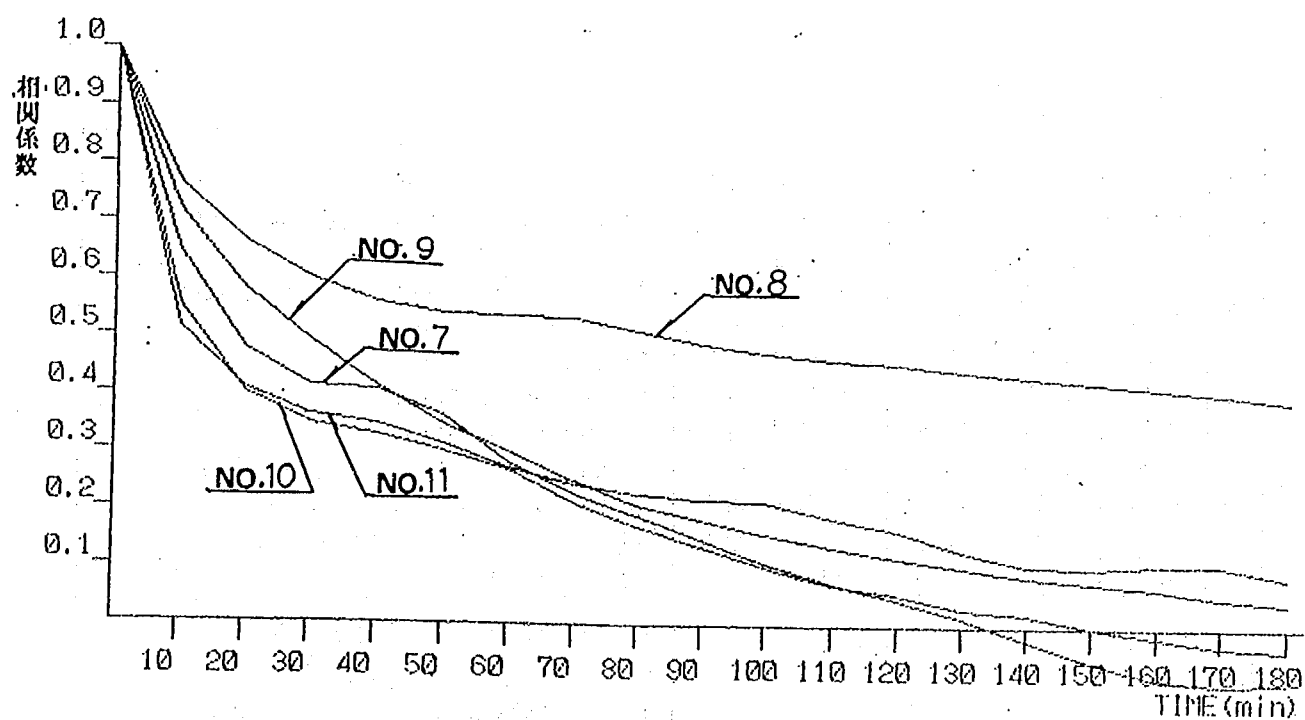


図-5.5b 自己相関 (低気圧NO.7~NO.11)

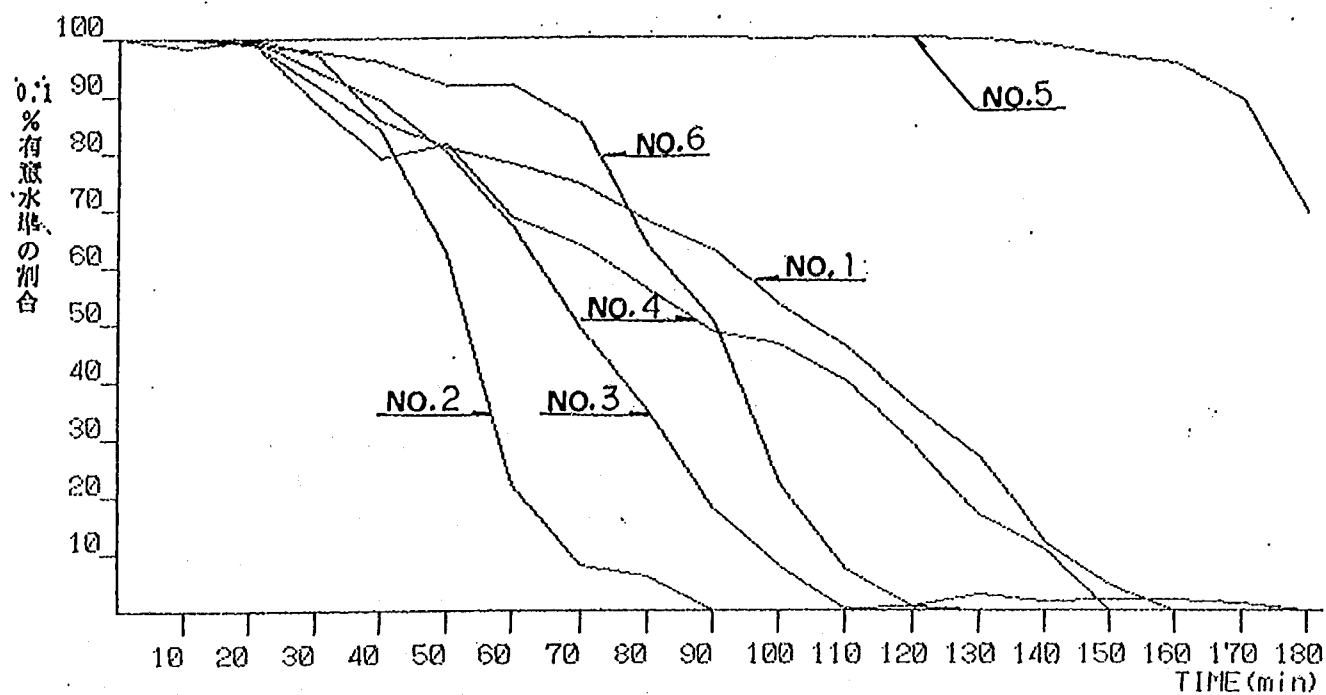


図-5.6a 自己相関・0.1%有意水準の割合 (低気圧NO.1~NO.6)

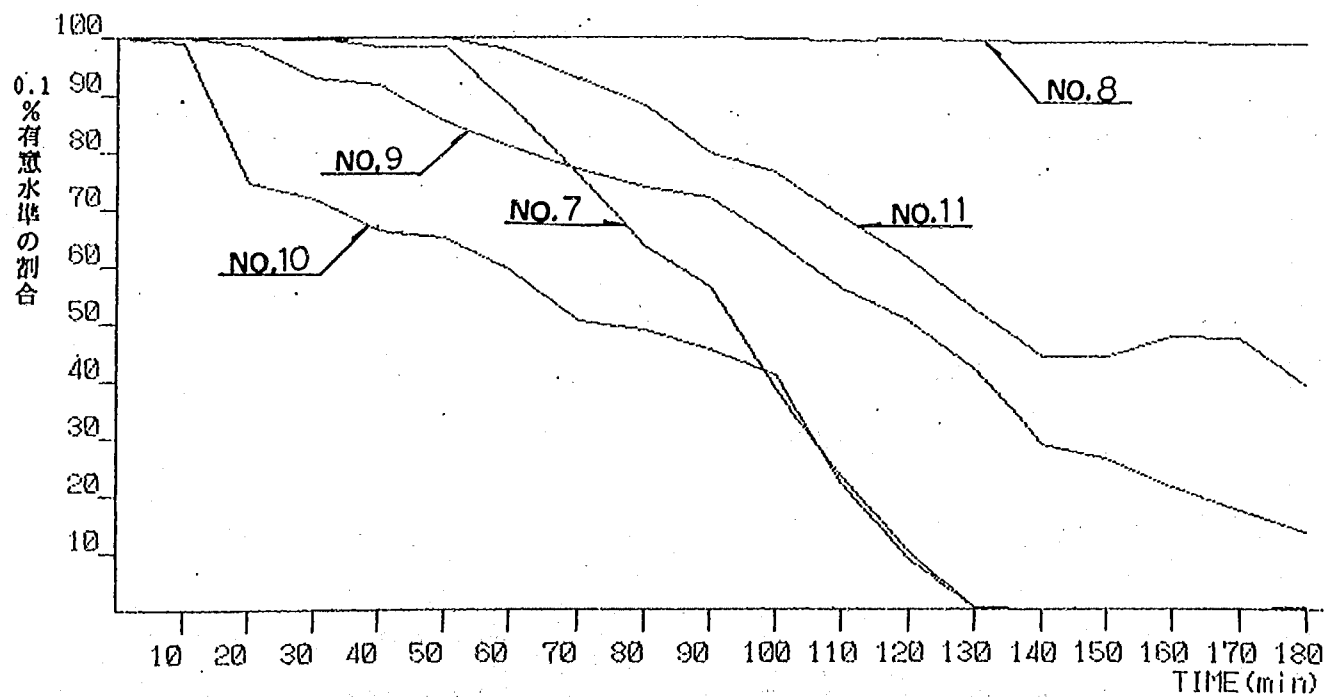


図-5.6b 自己相関・0.1%有意水準の割合 (低気圧NO.7~NO.11)

二) 雷雨

図-5.7、5.8に降雨別の計算結果を示す。また、表-5.4 代表的な値を用いて降雨別比較表としてまとめた。表中には、比較のため時系列相関の結果も示した。

台風・前線・低気圧と比べると、相関が 1/2になる時間数は短く、20分前後であることがわかる。これは、他の降雨原因と比べて雷雨のライフサイクルが短いことに影響していると考えられる。

表-5.4 降雨別比較表(雷雨)

NO	τ	σ	T 1	T 2	D 1	D 2	降 雨 状 態
1	0.17	0.17	10 分	28 分	6 km	4 km	局地的に強い雨
2	0.47	0.20	27 分	82 分	12 km	7 km	ばらつきの大きい強い雨
4	0.39	0.23	19 分	46 分	57 km	22 km	ほぼ全域に弱い雨
6	0.35	0.21	18 分	48 分	27 km	13 km	全域に強い雨

- τ : 時間30分での自己相関係数(平均)
 σ : 時間30分での自己相関係数の標準偏差
T 1 : 自己相関係数が 1/2になる時間
T 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率で各時刻間の相関の独立
性が棄却される時間
D 1 : メッシュ間の相関係数が 1/2になる距離
D 2 : 5割以上のケースにおいて有意水準
0.1%の確率でメッシュ間の相関の独
立性が棄却される距離

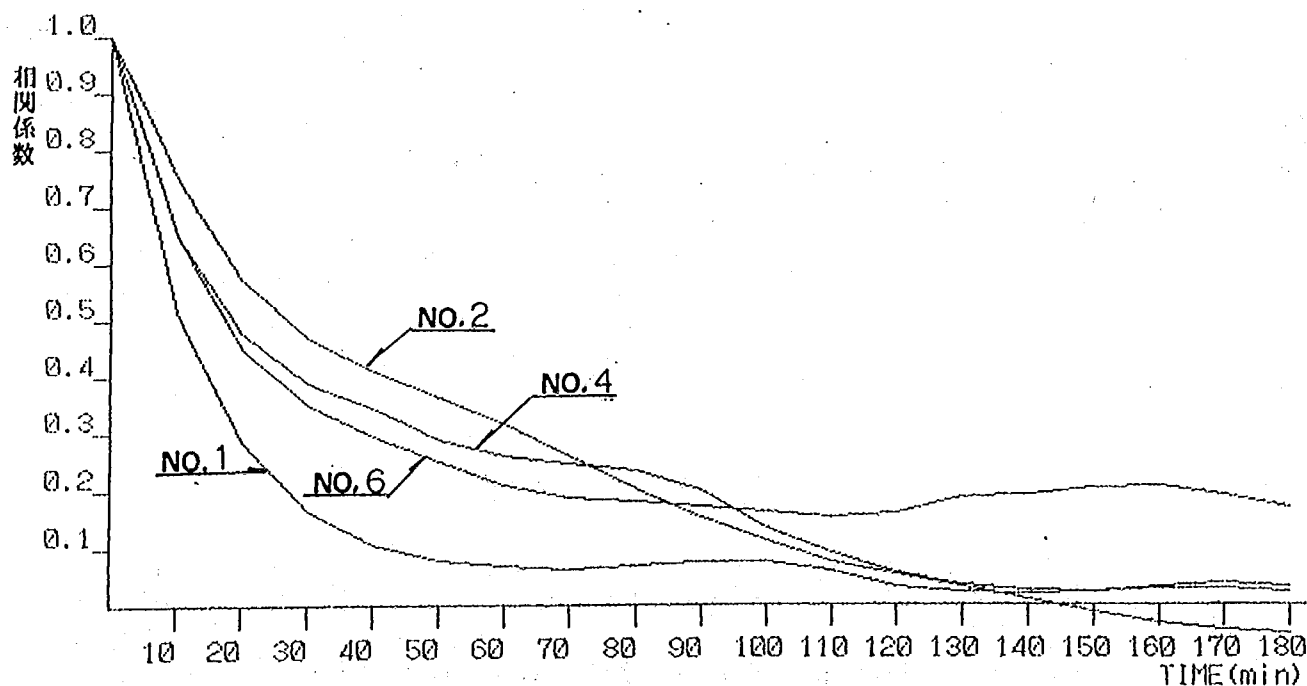


図-5.7 自己相関(雷雨)

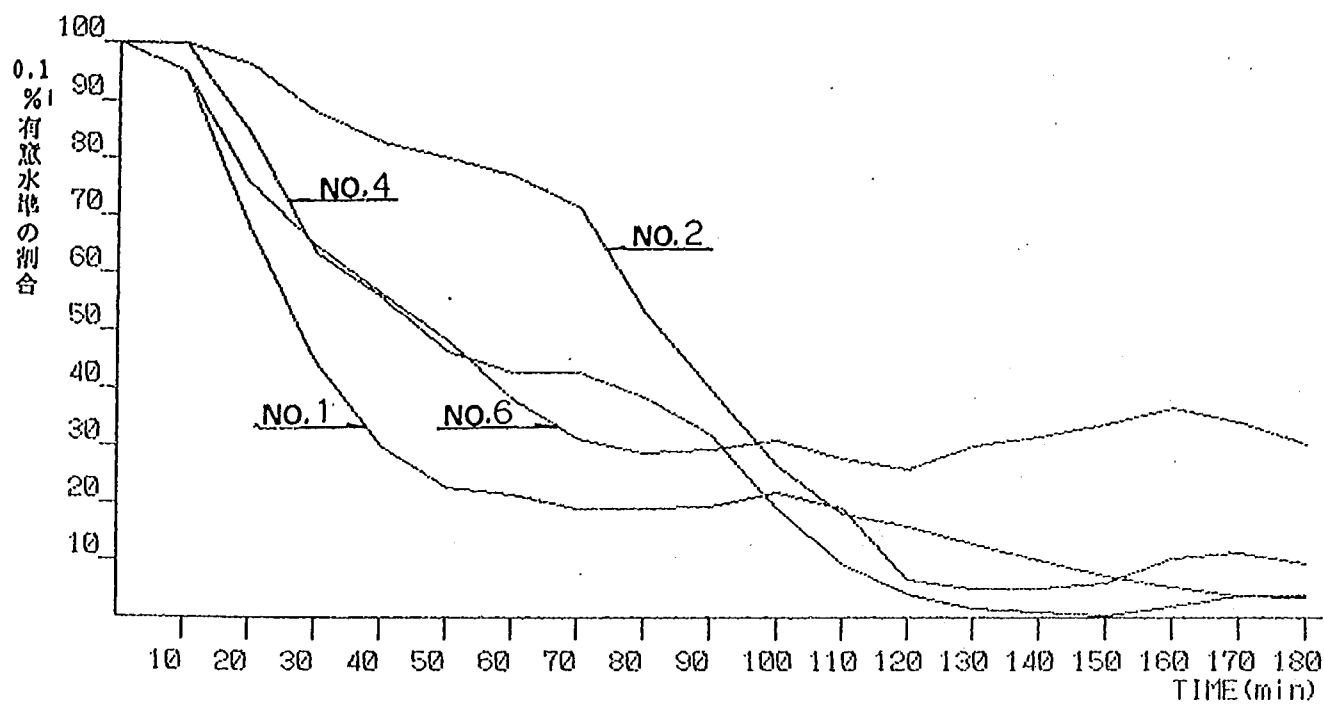


図-5.8 自己相関・0.1%有意水準の割合（雷雨）

5.2 降雨原因ごとの比較

降雨原因ごとに自己相関係数を平均して比較すると図-5.9のようになる。降雨原因ごとに大きな違いはなく、雷雨のみが若干悪い程度である。

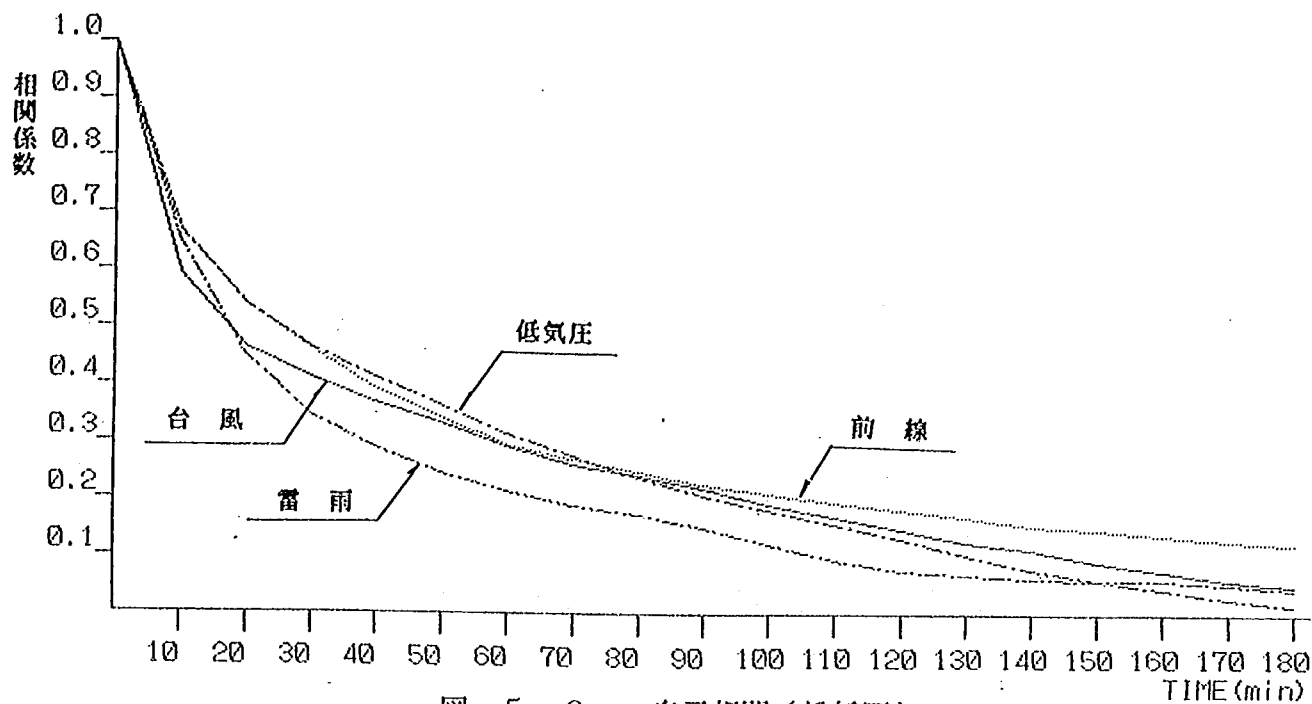


図-5.9a 自己相関(総括図)

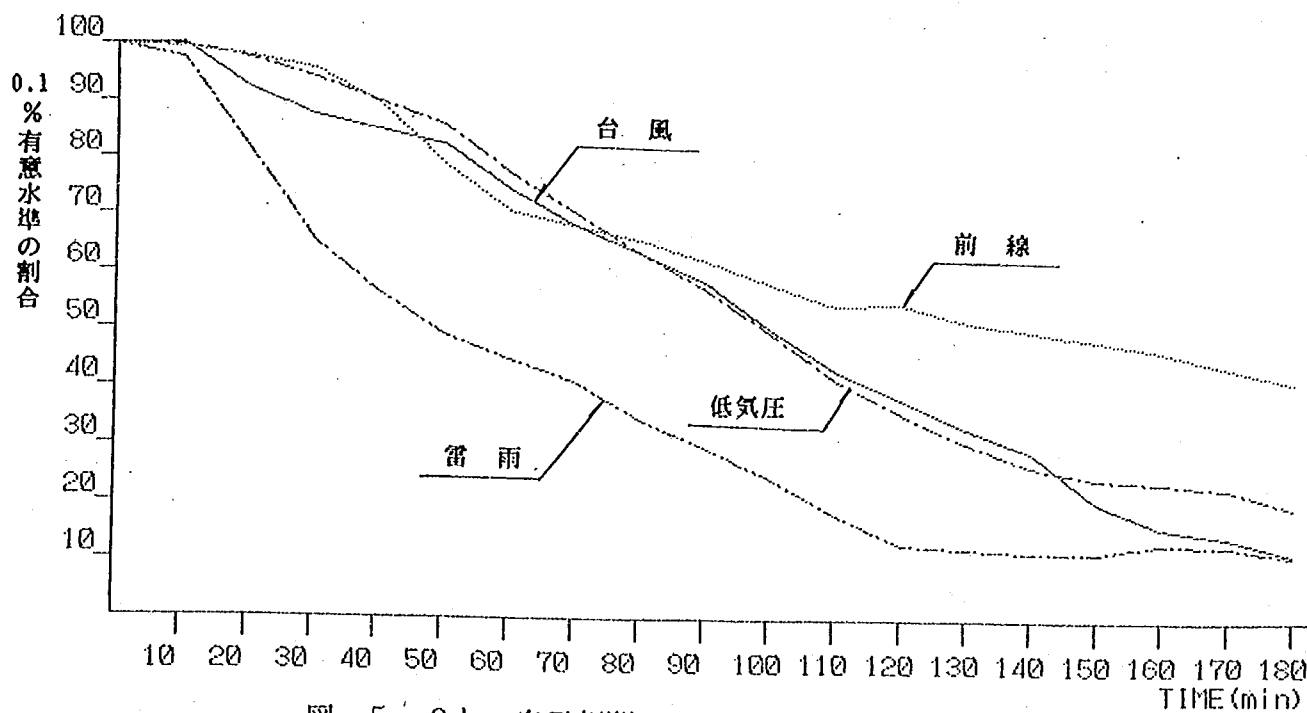
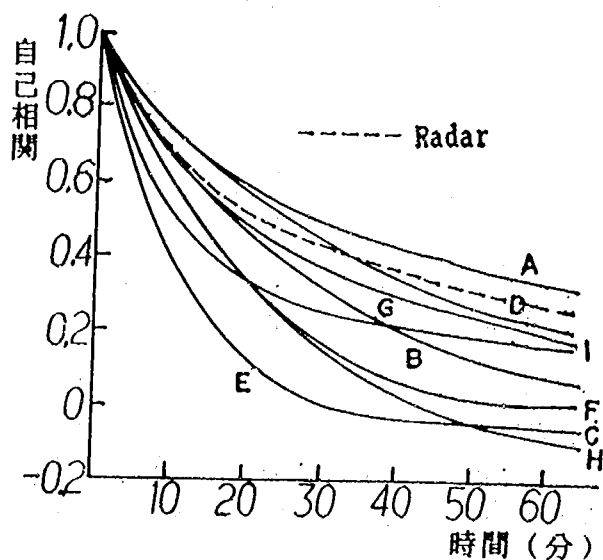


図-5.9b 自己相関・0.1%有意水準の割合(総括図)

5.3 既往の結果との比較

既往の結果と比較すると図-5.10のとおりとなる。ここで、レーダの計算値については、個々の降雨ごとの計算結果を全て平均した値である。

レーダの5分雨量に対し、地上雨量の方の計算は10分雨量を用いて計算されているにもかかわらず、両者の計算結果には大きな違いは出なかった。



凡 例 (地上データ)

降雨	日 時
A	1959, 6/10, 12:00 ~ 6/11, 9:10
B	1959, 7/14, 13:30 ~ 7/15, 9:10
C	1959, 8/8, 18:00 ~ 8/9, 14:00
D	1959, 8/9, 14:00 ~ 8/9, 21:00
E	1959, 8/11, 16:10 ~ 8/12, 9:00
F	1959, 8/12, 11:20 ~ 8/12, 22:00
G	1959, 9/13, 12:20 ~ 9/14, 6:00
H	1959, 9/25, 14:00 ~ 9/25, 22:00
I	1959, 9/25, 22:00 ~ 9/27, 2:00

図-5.10 自己相関の比較

第6章 面積雨量推定の精度

6.1 間引き法による検討

6.1.1 降雨原因ごとの比較

降雨原因ごとにそれぞれの支配面積について、相対誤差の分布状態を見たものが図-6.1である。降雨原因ごとによる大きな違いはなく、相対誤差は、地点数16以上（ $A = 168$ 、 7Km^2 以上）では、ほとんど20%以内に納まっている。

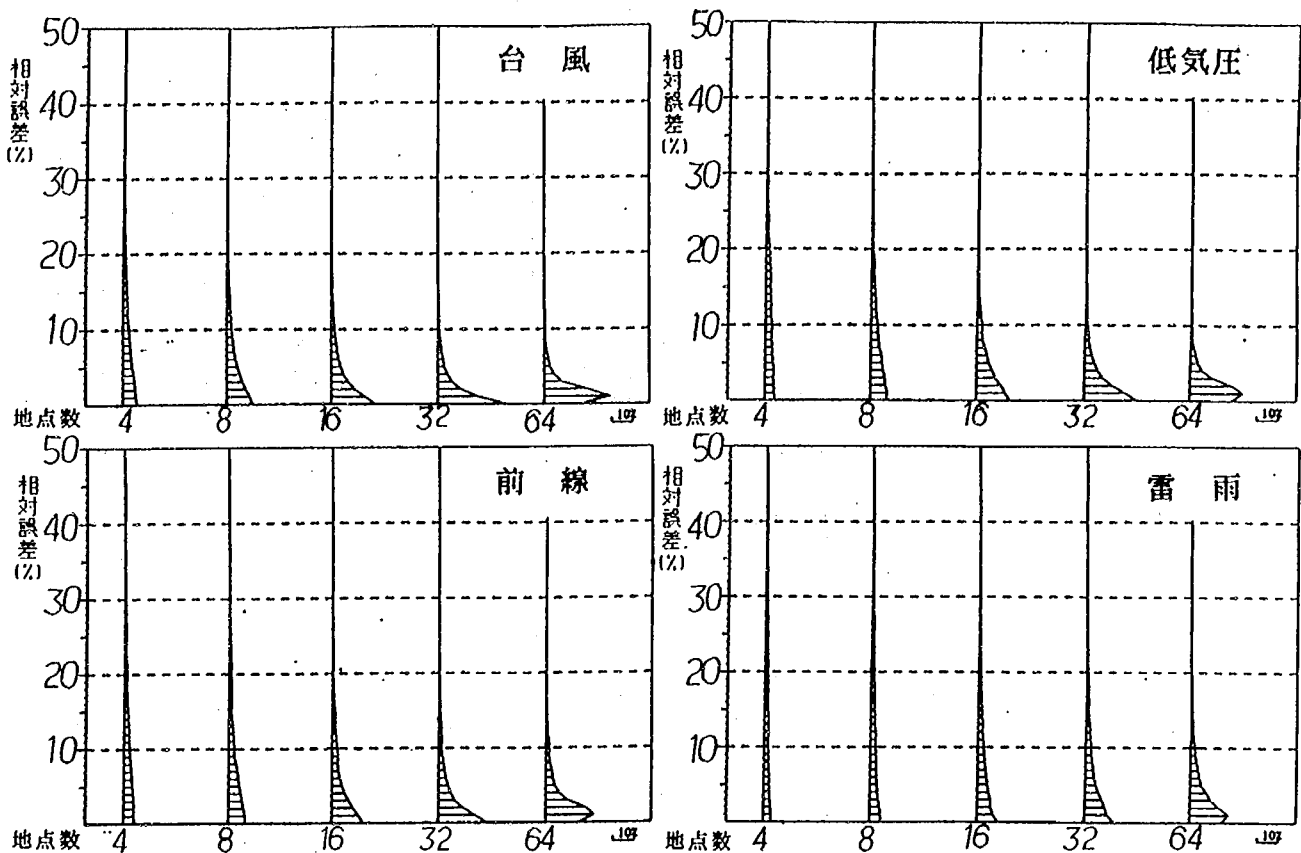


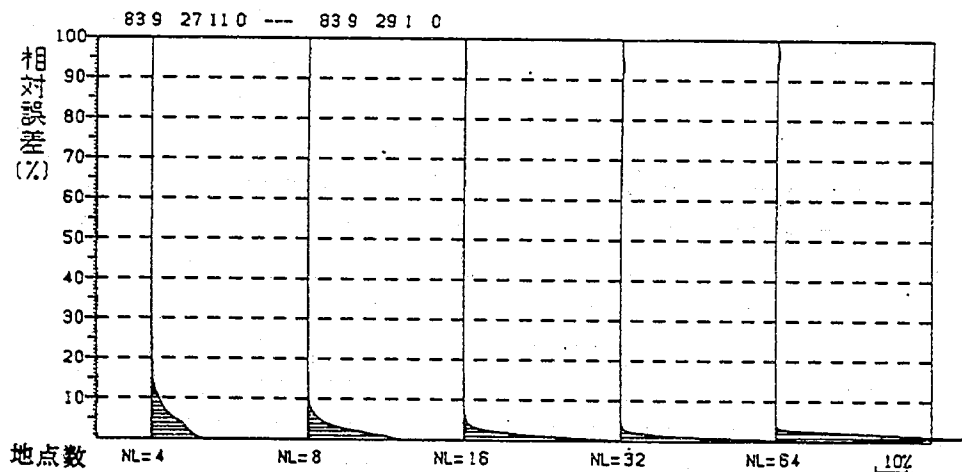
図-6.1 相対誤差の分布（降雨原因ごと）

6.1.2 降雨ごとの比較

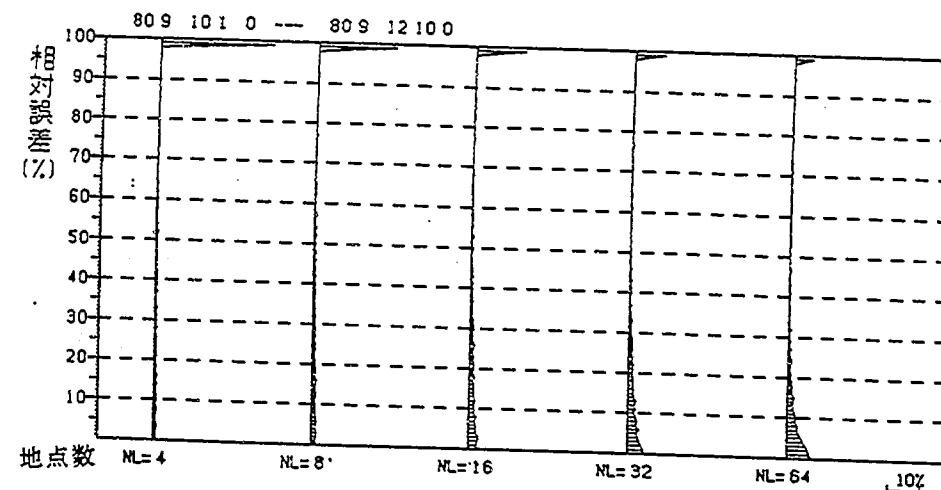
各降雨ごとに見てみると、図-6.2に示すとおり、時空間特性における相関が良い降雨と悪い降雨では、相対誤差のばらつきが明らかに異なる。相関の悪い場合では、地点数が64で、計算ケースの1/3程度は相対誤差20%以内に納まるが、地点数が4未満では、相対誤差の良いものから悪いものまで広く分布している。

6.1.3 時間ごとの比較

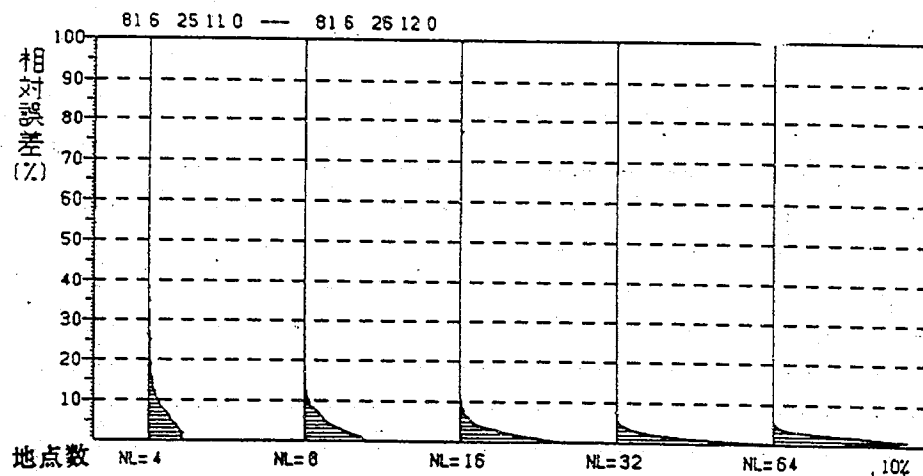
各時間ごとでは、図-6.3に示すように降雨状態により異なり、部分的な降雨では、地点数64では、ほとんど20%以内に納まるが、それ以下では、かなりばらついている。



台風 ($\rho=0.94$, $\tau=0.69$)

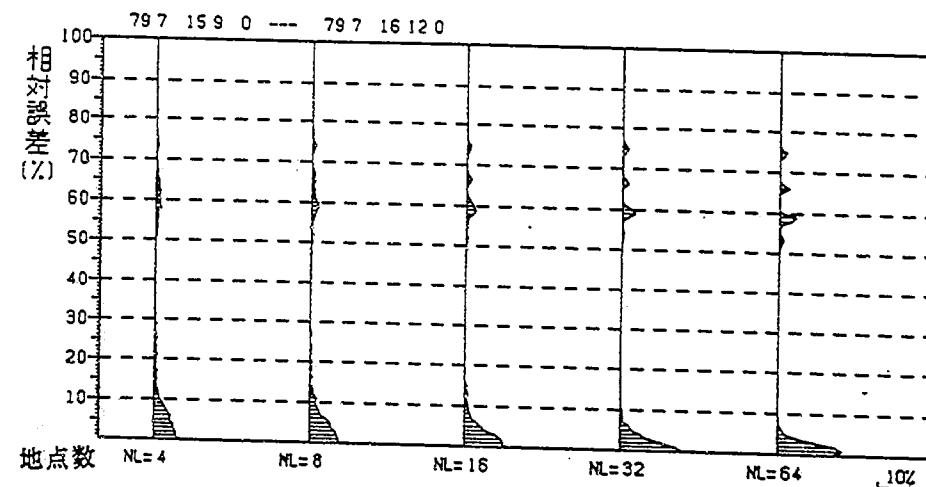


台風 ($\rho=0.55$, $\tau=0.31$)



前線 ($\rho=0.83$, $\tau=0.43$)

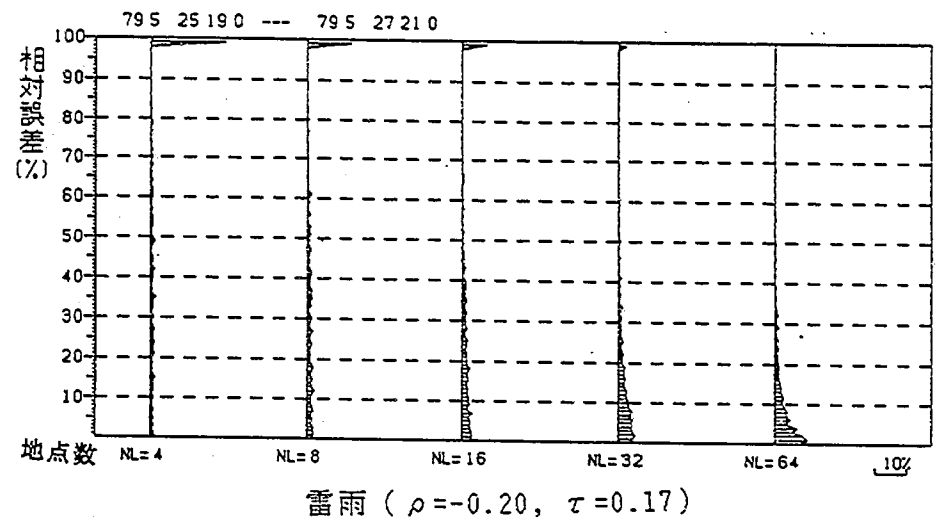
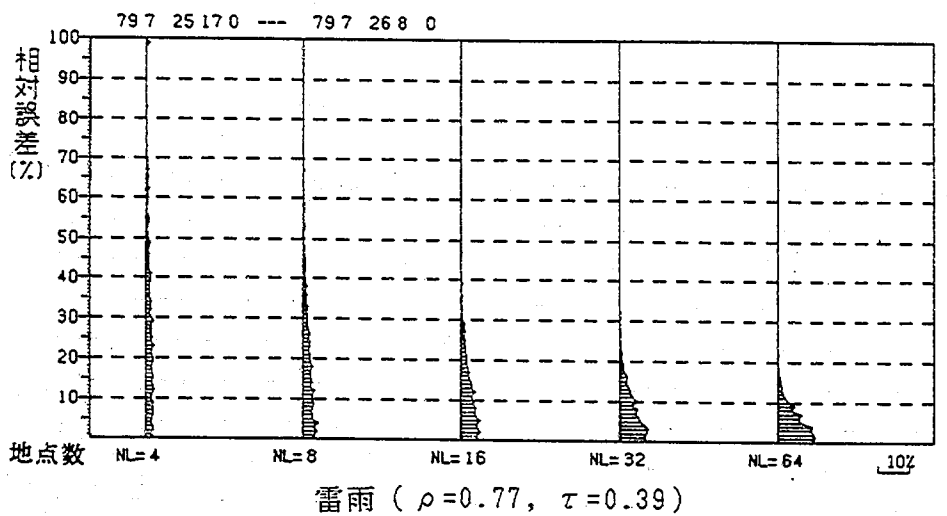
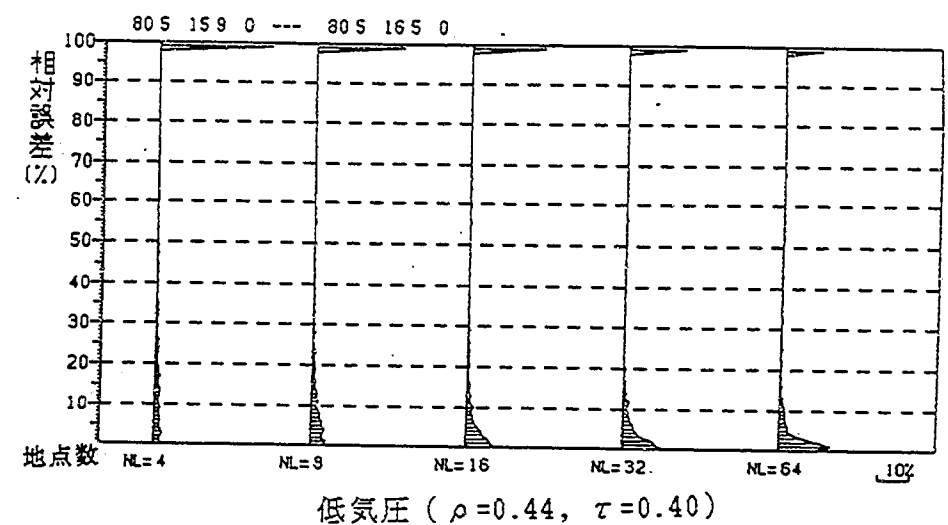
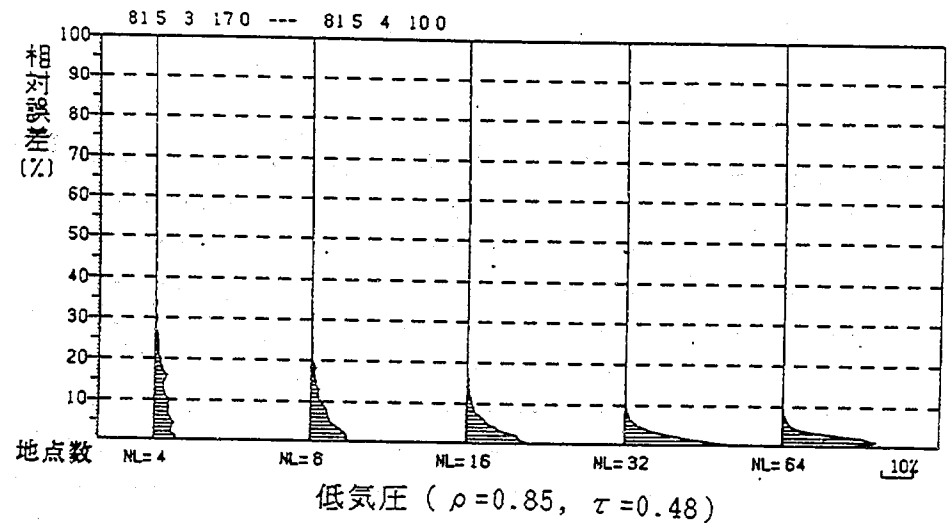
(a) 時空間相関が良い



前線 ($\rho=0.62$, $\tau=0.31$)

(b) 時空間相関が悪い

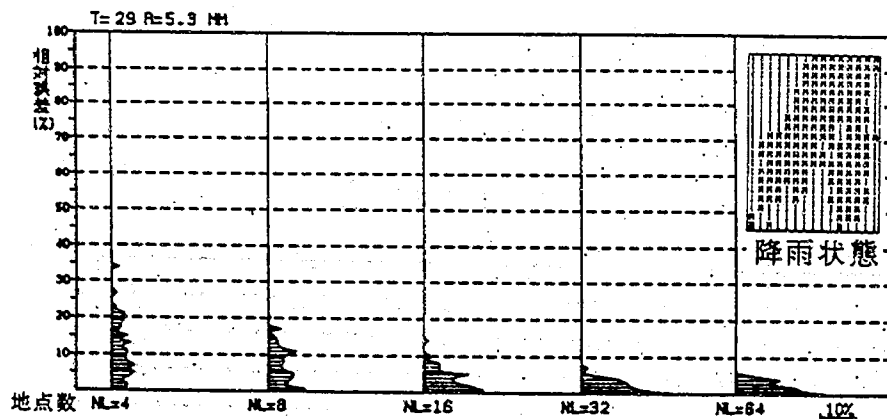
図-6.2a 相対誤差の分布 (降雨ごと)



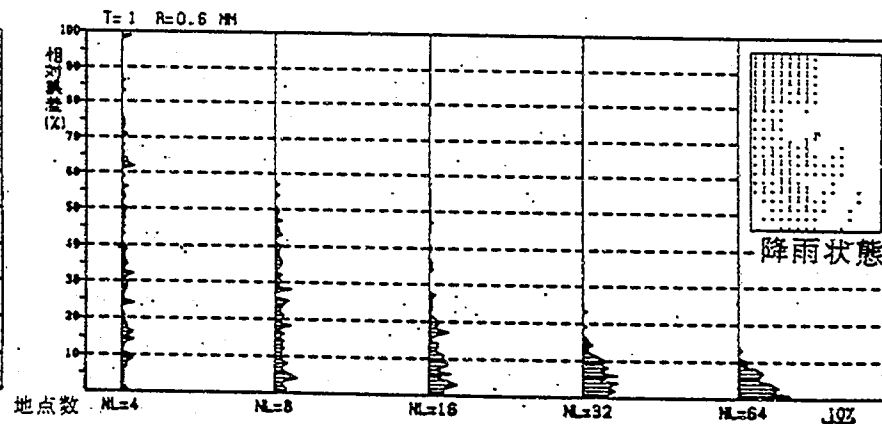
(a) 時空間相関が良い

(b) 時空間相関が悪い

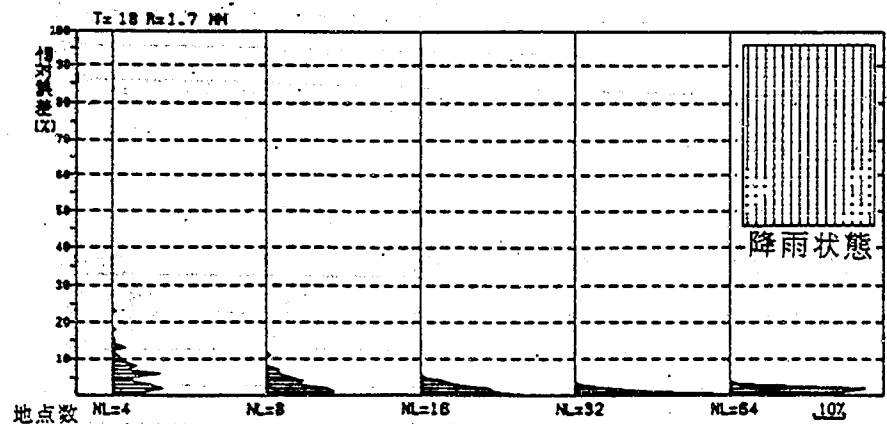
図-6.2b 相対誤差の分布 (降雨ごと)



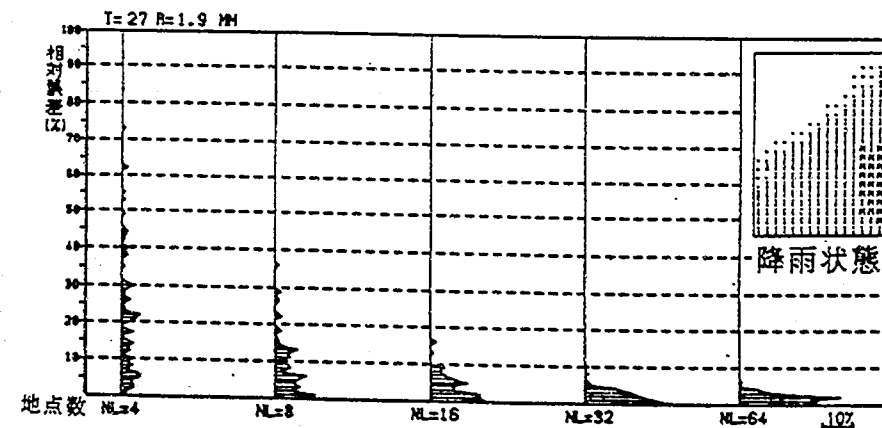
台風 (1979, 10/19, 06:00)



台風 (1979, 10/18, 01:00)



前線 (1980, 07/08, 01:00)



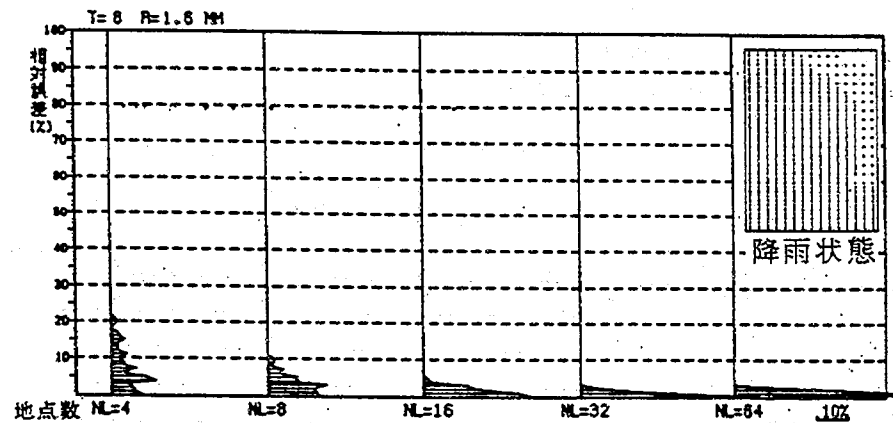
前線 (1980, 07/08, 10:00)

(a) 雨域が全城

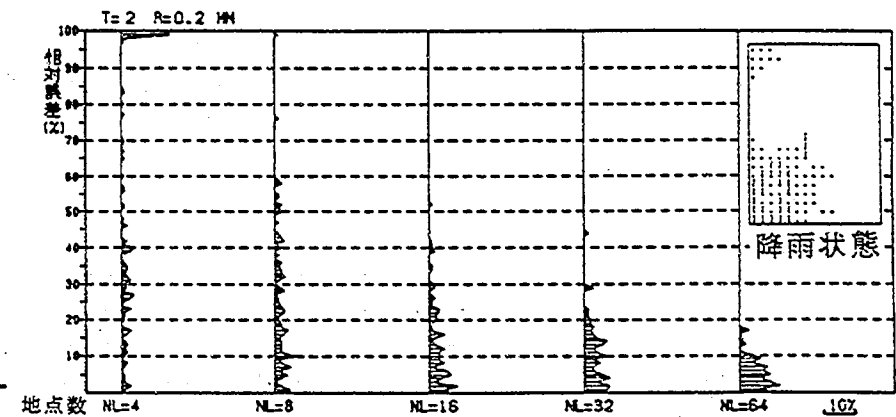
(b) 雨域が部分的

分布図内の口は、対象領域内の降雨状態を示す。
(: ~0.5mm, . : 0.5~1.0mm, I : 1.0~5.0mm, M : 5.0mm~)

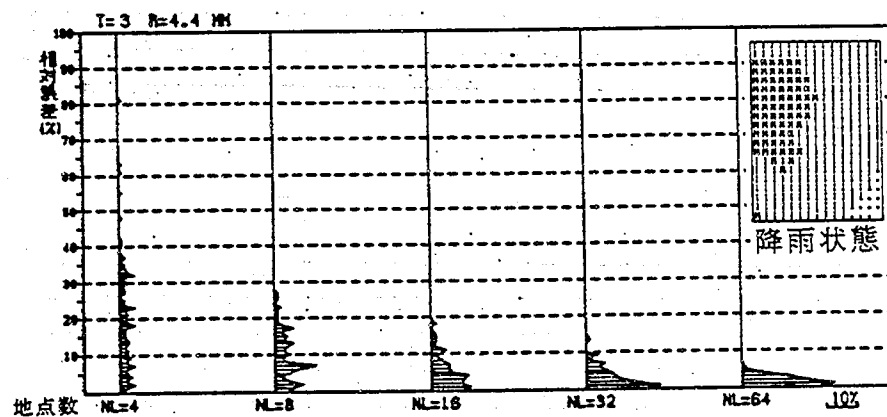
図-6.3a 相対誤差の分布 (時間ごと)



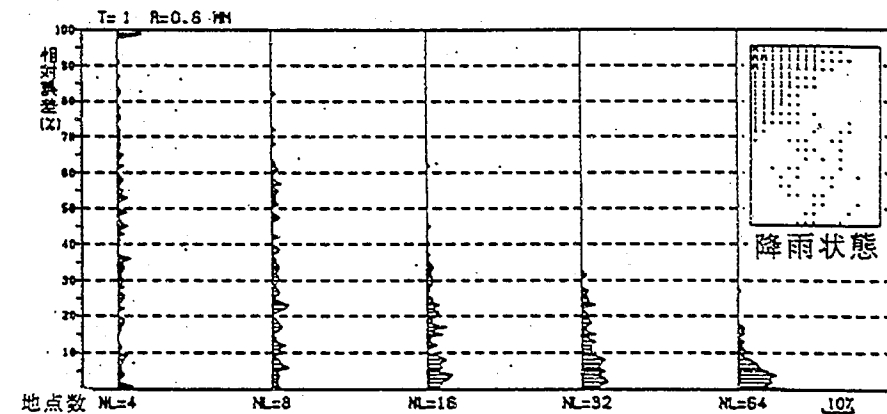
低気圧 (1979, 05/14, 12:00)



低気圧 (1979, 05/14, 06:00)



雷雨 (1981, 06/05, 21:00)



雷雨 (1981, 06/05, 19:00)

(a) 雨域が全域

(b) 雨域が部分的

分布図内の口は、対象領域内の降雨状態を示す。
(: ~0.5mm, . : 0.5~1.0mm, I : 1.0~5.0mm, M : 5.0mm~)

図-6.3b 相対誤差の分布 (時間ごと)

6. 1. 4 相対誤差のモデル化

前記6. 1. 3の結果から、相対誤差は、支配面積の他に降雨状態にも大きく関係してくることがわかる。すなわち、相対誤差は、支配面積が大きくなるほど増大するとともに降雨がばらついており面積雨量小さくなるほど大きくなる傾向がある。そこで、いくつかの降雨を用いて下式にあてはめてみた。なお、回帰を行うにあたっては、個々の相対誤差の計算値全てを用いて計算を行った。

$$E = K \cdot A^a \cdot R^b$$

----(6.1)

ここに、E：相対誤差（％）

A：支配面積（K m²）

R：真の面積雨量（mm）

a, b：定数

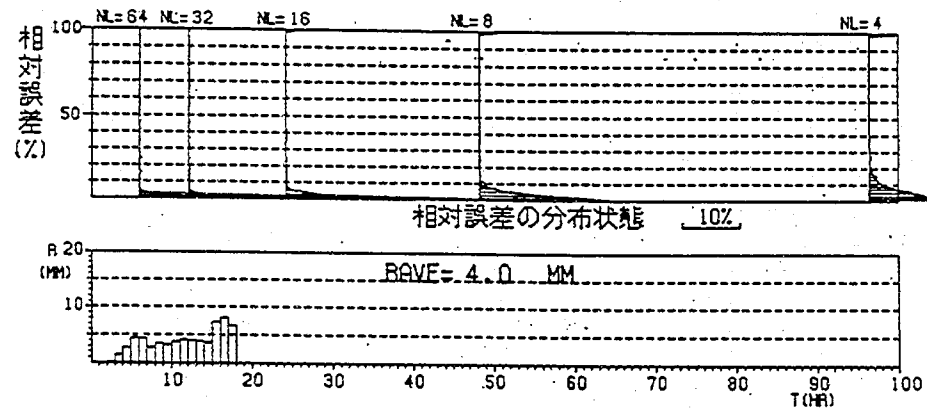
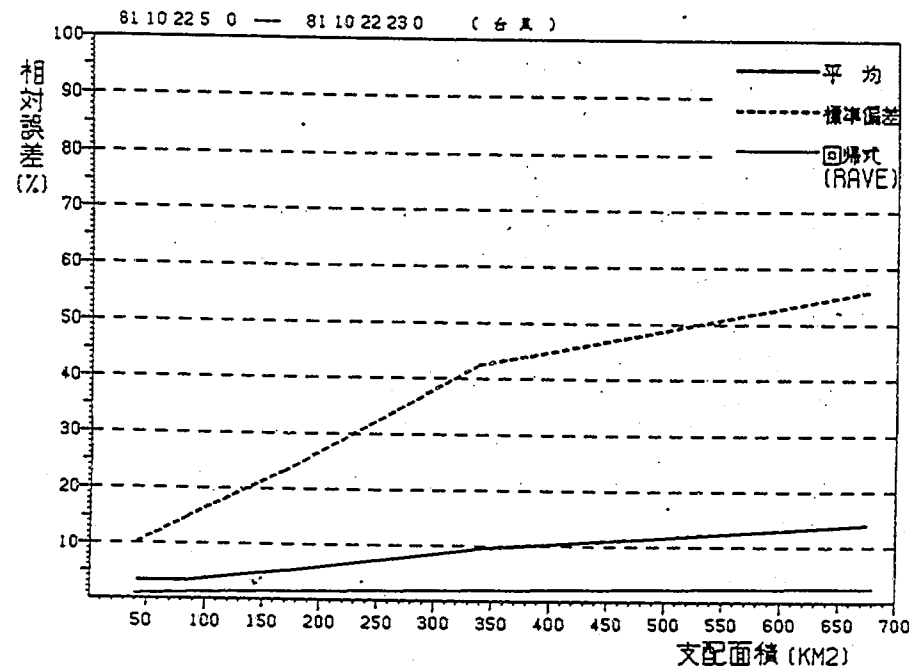
計算ケースは、前記6. 1. 3で降雨ごとの比較に用いた降雨について行った。計算結果は、表-6. 1のとおりである。また、相対誤差～支配面積関係図、及び相対誤差～真の面積雨量関係図を参考資料に示す。

相対誤差～支配面積関係では、全計算値を単純平均した場合と、回帰式により求めた場合とでは、後者の方が相対誤差が小さく

表-6. 1 回帰定数と相関係数

	K	a	b	ρ
台風 NO. 3	0.424	0.641	-0.418	0.705
NO. 9	0.288	0.337	-0.134	0.235
前線 NO. 2	0.762	0.339	2.630	0.741
NO. 6	0.182	0.450	-0.162	0.357
低気圧 NO. 2	0.204	0.602	-0.604	0.816
NO. 4	0.156	0.573	-0.511	0.488
雷雨 NO. 1	0.275	0.730	-0.482	0.606
NO. 4	0.354	0.616	0.120	0.485

出る。これは、降雨状態が影響しており、対象領域内で降雨のあるメッシュが少ない場合は、相対誤差が100%か又はそれ以上となるケースがあるので、単純平均では、それに影響されて大きく出てしまう。そこで、これらの降雨の他に代表的な1降雨について、2.0mm以上の雨量、5.0mm以上の雨量を対象として計算を行い比較してみた。結果は図-6. 4(a)～(c)のとおりで、平均値と回帰式が近付くことがわかる。また、回帰式にあてはめた場合の相関係数は、表-6. 1にも示すように、相関が悪いものが多い。これは、データのばらつきが大きいため、相対誤差ではなく自乗平均誤差で回帰計算を行うと相関係数は、0.8～0.9程度にまで上がる。図-6. 4(d)に1降雨について計算した代表的な例の結果を示す。



回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

$$K = 0.447$$

$$A = 0.403$$

$$B = -0.665$$

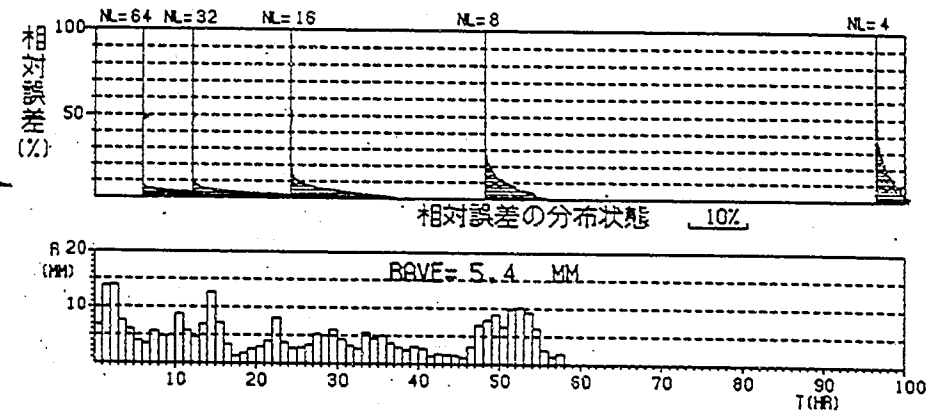
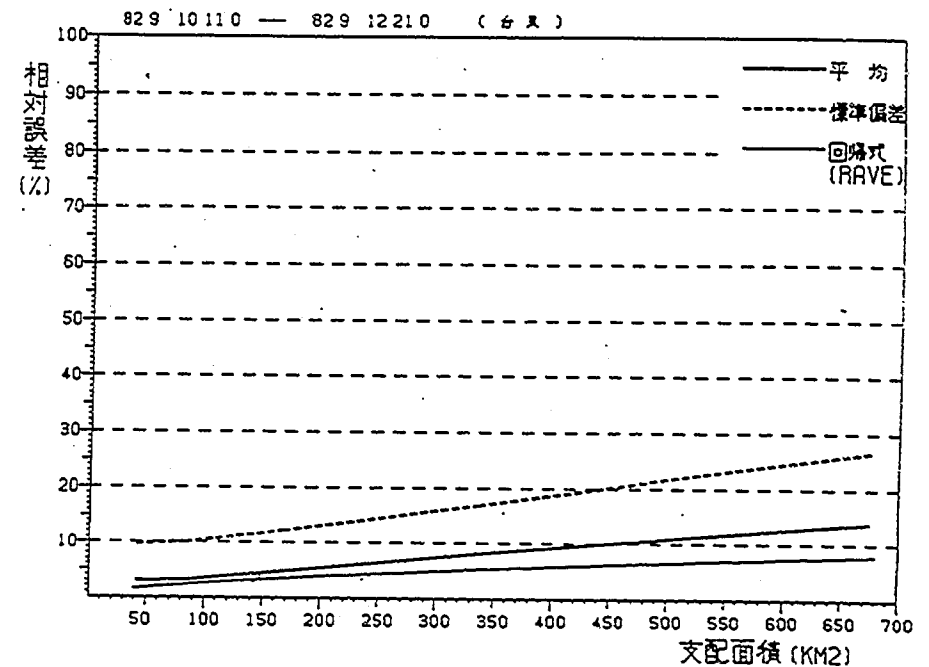
相関係数 0.599

E : 相対誤差 (%)

SA : 支配面積 (KM2)

R : 平均雨量 (MM/H)

(a) 全ての雨量値を用いて計算を行った場合



回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

$$K = 0.108$$

$$A = 0.567$$

$$B = 0.268$$

相関係数 0.332

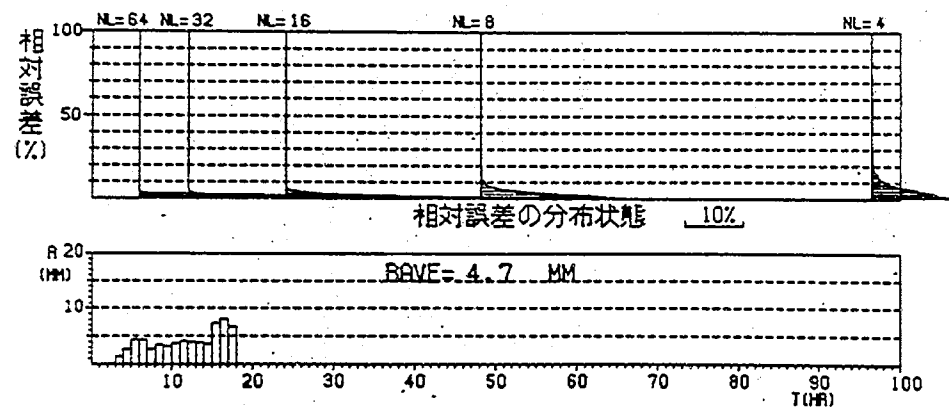
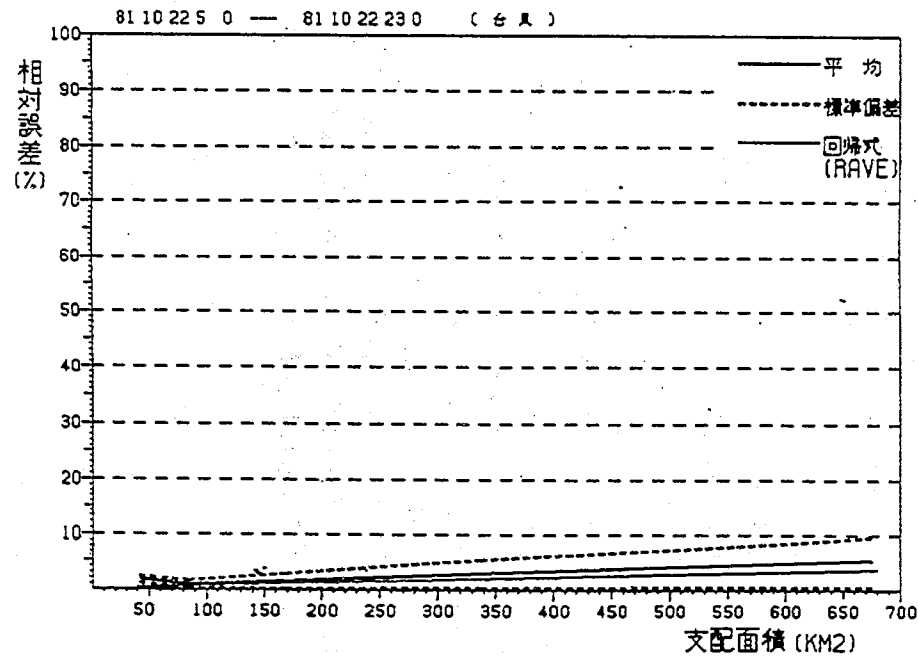
E : 相対誤差 (%)

SA : 支配面積 (KM2)

R : 平均雨量 (MM/H)

(b) 2.0mm以上の雨量値のみを用いて計算を行った場合

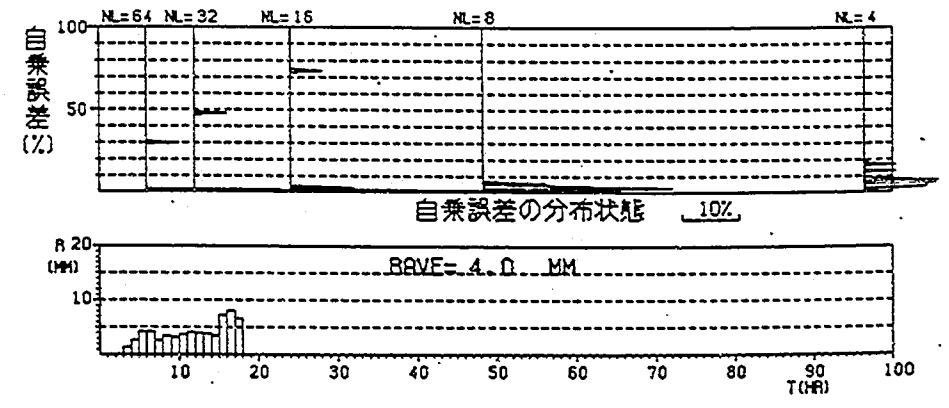
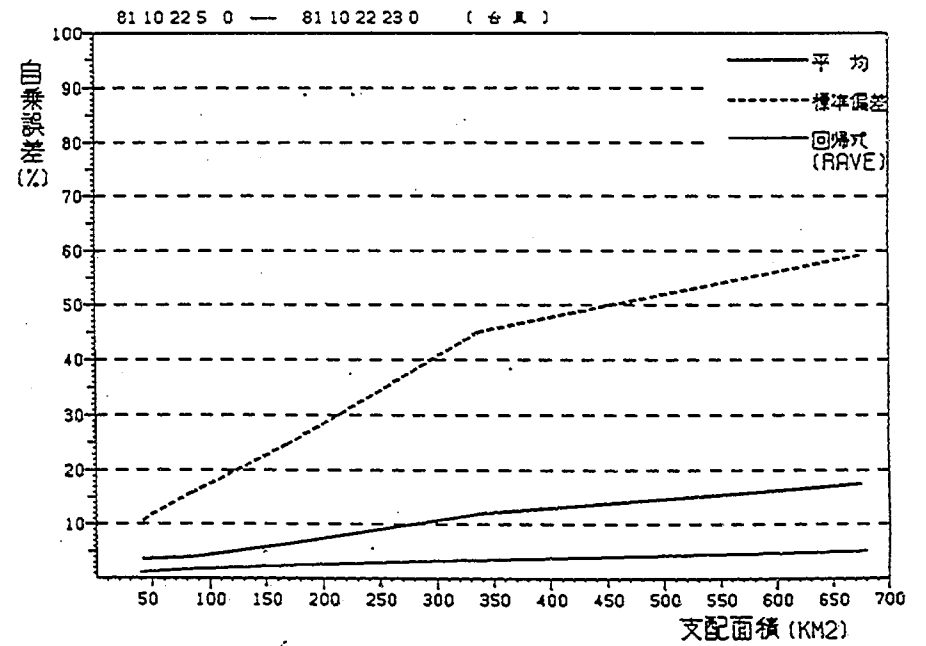
図-6. 4a 相対誤差～支配面積関係



回帰式 $E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$
 $K = 0.015$
 $A = 0.824$
 $B = 0.040$
 相関係数 0.305

E : 相対誤差 (%)
 SA : 支配面積 (KM2)
 R : 平均雨量 (MM/H)

(c) 5.0mm以上の雨量値のみを用いて計算を行った場合



回帰式 $E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$
 $K = 0.378$
 $A = 0.544$
 $B = -0.679$
 相関係数 0.887

E : 自乗誤差 (%)
 SA : 支配面積 (KM2)
 R : 平均雨量 (MM/H)

(d) 自乗平均誤差で回帰計算を行った場合

図-6. 4b 相対誤差～支配面積関係

6. 2 標本計画法による検討

6. 2. 1 C vの特性

各代表地点数ごと（支配面積ごと）にC vを計算し、降雨ごと・代表地点数ごとにまとめた結果を表- 6. 2に示す。これらの結果から、C vは、降雨ごとには、かなり変動するが、支配面積ごとにはほとんど変わらず、平均的なC vの値としては、全平均で0.49～0.53、雷雨を除くと0.35～0.39程度であると言える。

表- 6. 2 C vの値

代表地点数	4	8	16	32	64	300	平均
台風 NO.2	0.39	0.37	0.46	0.47	0.46	0.49	0.44
台風 NO.9	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
前線 NO.2	0.30	0.29	0.30	0.31	0.31	0.33	0.31
前線 NO.6	0.28	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.26
低気圧 NO.1	0.51	0.60	0.61	0.61	0.64	0.66	0.61
低気圧 NO.4	0.41	0.39	0.40	0.39	0.39	0.39	0.40
雷雨 NO.4	1.22	1.24	1.30	1.30	1.32	0.97	1.23
雷雨 NO.6	0.60	0.59	0.62	0.65	0.65	0.70	0.64
平均（雷雨除く）	0.35	0.35	0.37	0.38	0.38	0.39	0.37
平均（全）	0.49	0.49	0.52	0.53	0.53	0.50	0.51

また、代表地点数300のケースにおいて、降雨強度によるC vの変化を降雨ごとに見てみた。計算結果は、図- 6. 5のとおりである。なお、C v値は、各時間ごとの平均値とし、雨量ごとの変化の傾向を明確化させるために下式により回帰曲線を求め、図中に示した。

$$C v = a \cdot R^b$$

----(6.2)

ここに、C v：変動係数

R：面積雨量（mm）

a, b：定数

この結果から、降雨ごとにC v～R曲線の傾向は異なり、①ほぼ一定となるもの、②右下がりとなるもの、③右上がりとなるもの、の3種類となる。これらについて、その降雨状態の共通の特徴を見てみると、①では、全時間を通して対象領域内全体に一樣な降雨があり、②では、一部の時間において対象領域内で降雨強度分布が偏っており、③では、全時間をつうじて弱い降雨が対象領域内全体に分布し、数時間のみ強い降雨がある。これらの降雨状態から判断して、標本計画法の適用条件に適合したC v値の特性を表しているのは、①又は、②ではないかと思われる。しかし、②においても降雨のごく小さい場合を除くと、C v値は、ほぼ一定となるので、結論的には、C vは降雨強度に関係なく一定であると言える。

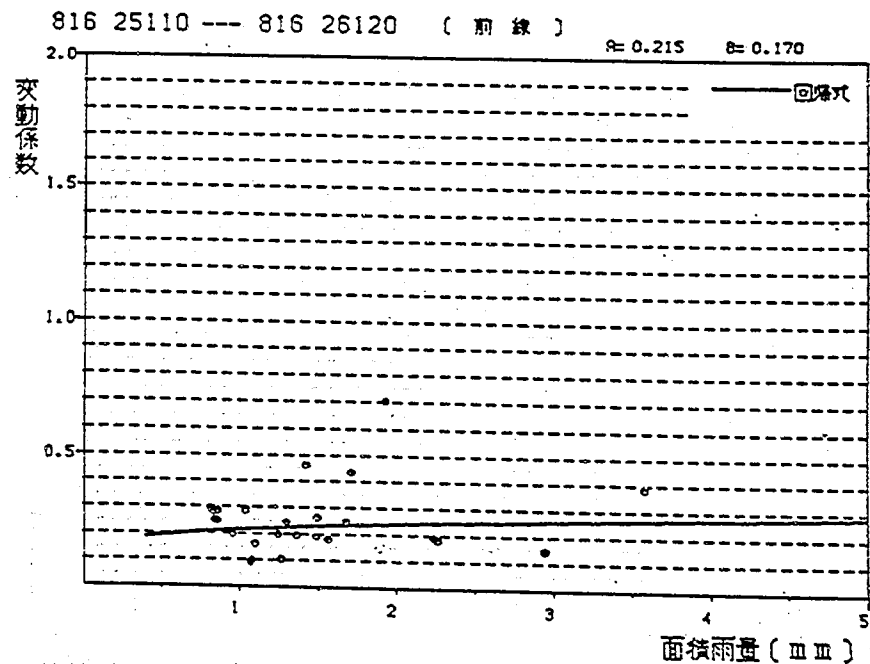
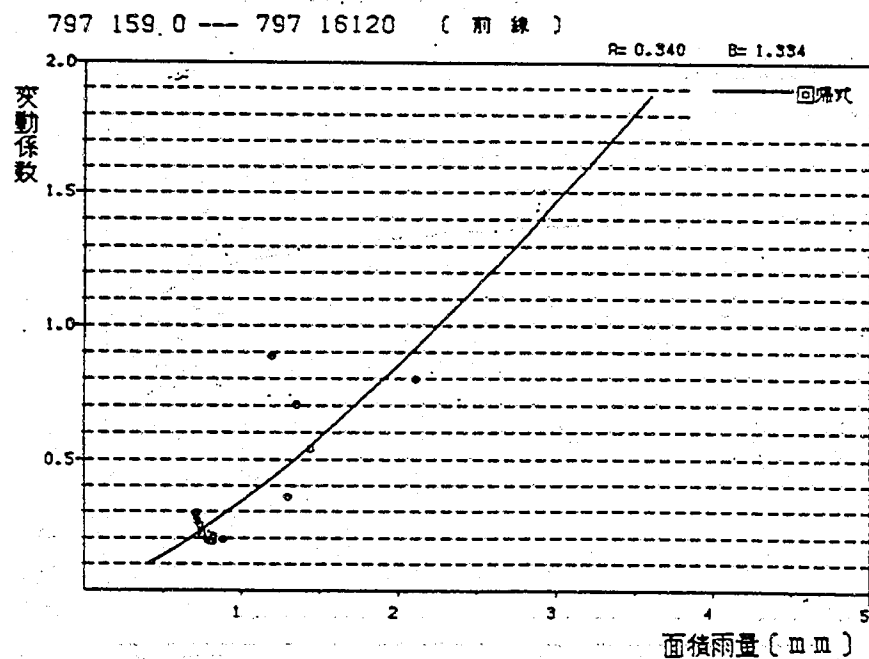
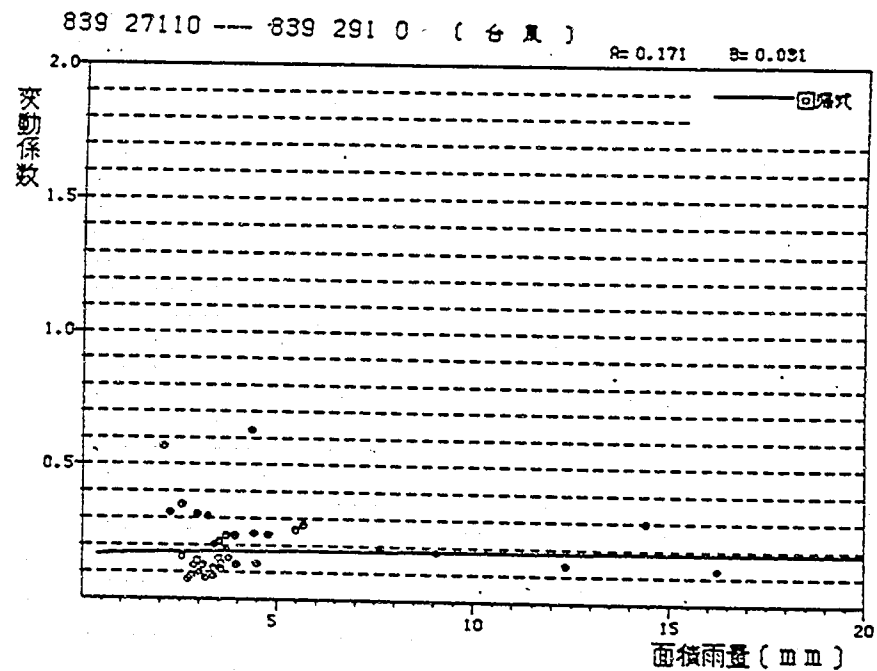
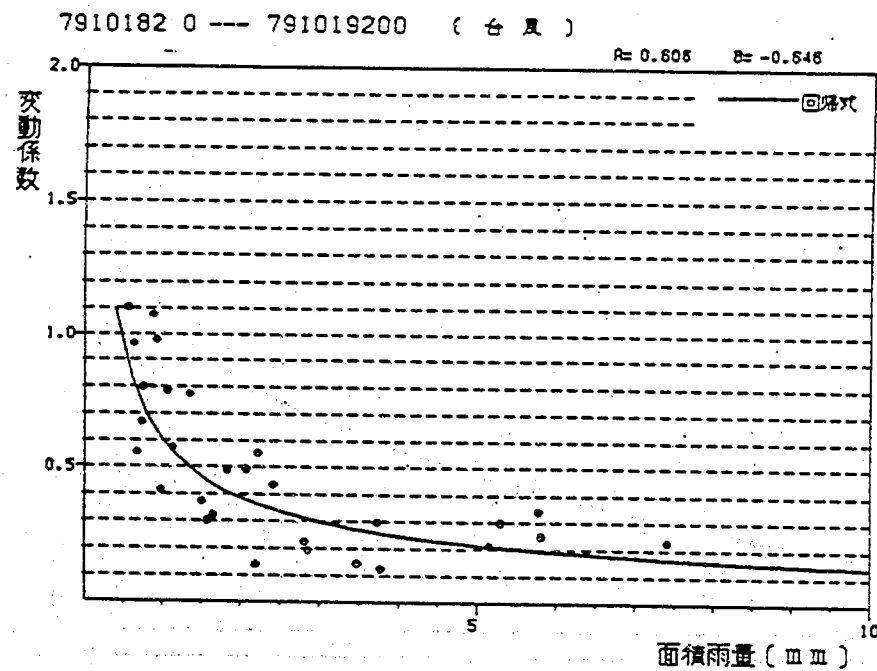


図-6.5a Cv特性 (Cv~R)

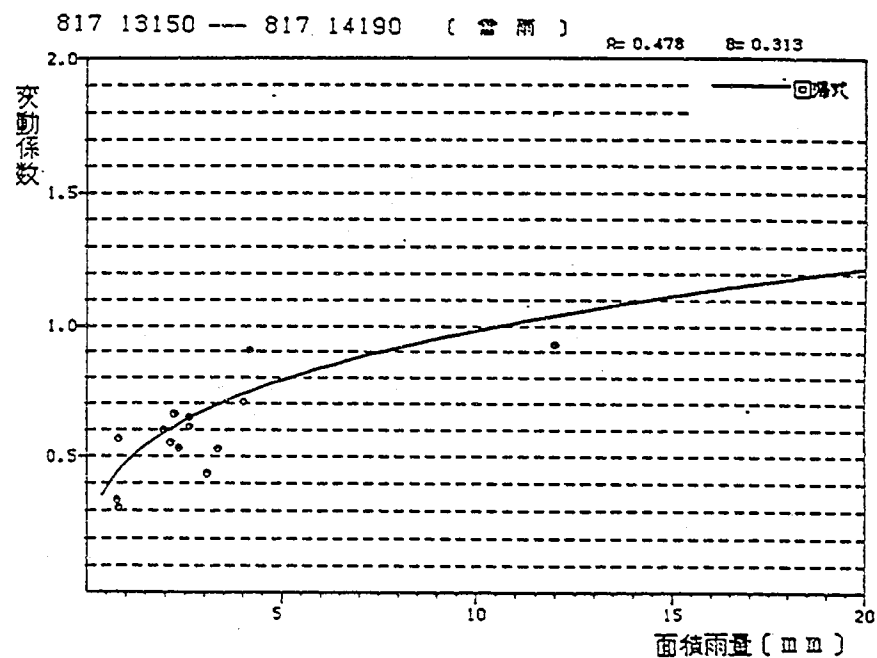
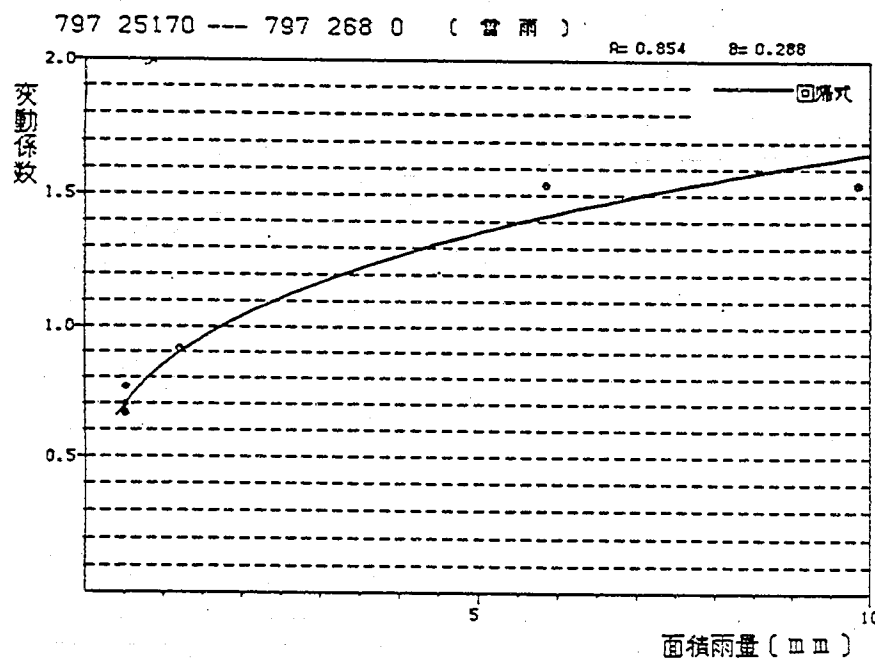
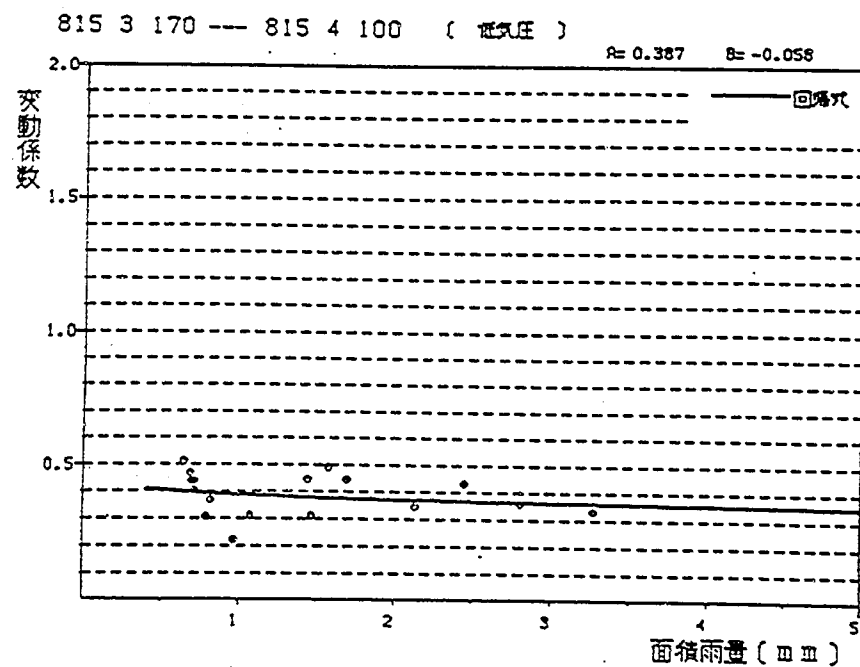
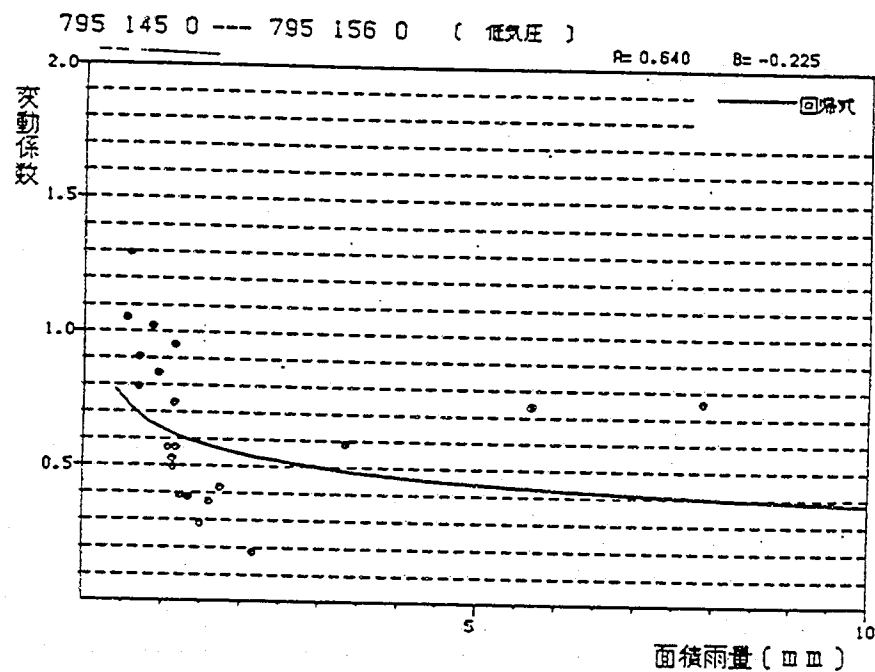


図-6.5b Cv特性 (Cv~R)

6. 2. 2 相対誤差の比較

各降雨ごとに代表地点300のケースでのCvの値を用いて、相対誤差を計算し間引き法による結果と比較した。図-6. 6にその結果を示す。図中の平均及び標準偏差は、間引き法による結果であり、S. D. M. は、標本計画法による結果である。降雨ごとに傾向は異なるが、前述のCv特性においてCvが降雨強度に関係なく一定となる降雨についてのみ注目してみると、1降雨を除いて、標本計画法による相対誤差は、間引き法による相対誤差の平均に1シグマ分プラスした値に相当している事がわかる。

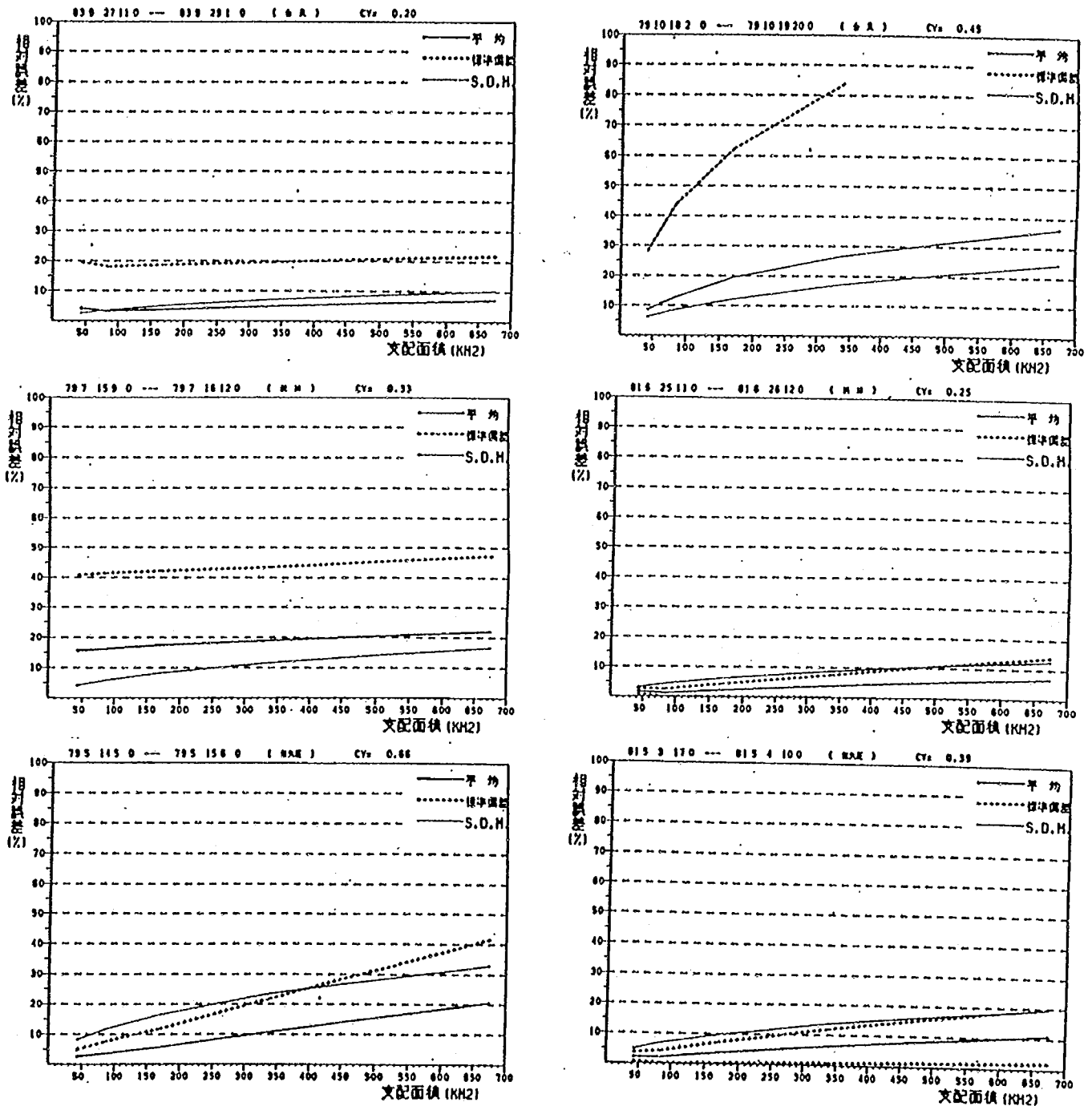


図-6. 6 相対誤差

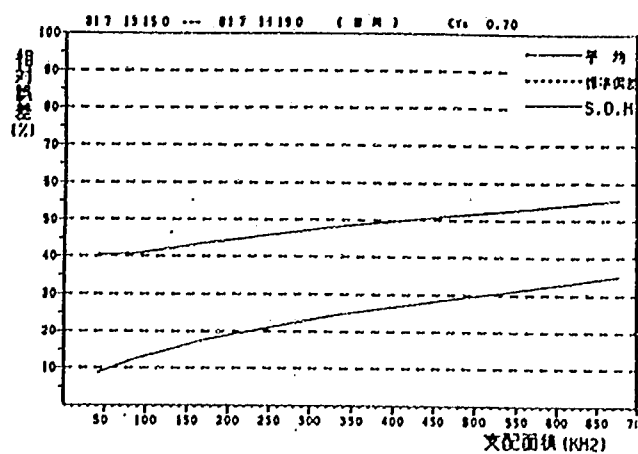
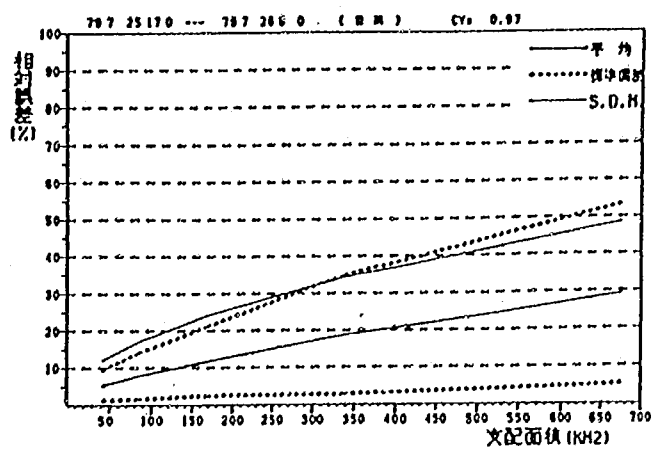


圖-6.6b 相對誤差

6.3 既往の結果との比較

間引き方による結果と標本計画法におけるCv値について比較を行った。

間引き法における面積雨量の相対誤差の比較は、図-6.7に示すとおりである。ここで、レーダの方の計算値は、降雨原因ごとに全データを用いて計算したものをさらに平均化したものである。レーダによる計算値は、既往の結果とほとんど変わらず、100Km²で10%程度の誤差となる。

標本計画法におけるCv値は、流域面積の増大に伴い大きくなる傾向がある。橋本の研究によると図-6.8のような傾向となり、本対象領域A=2700Km²により得られたCv値を図中に示した。傾向線から得られるCv値0.54に対し、本解析結果から得られたCv値は、全平均で0.50、雷雨を除くと0.39となり若干小さく出ていることがわかる。これは、レーダ観測と地上観測の観測密度の差によるものと考えられる。

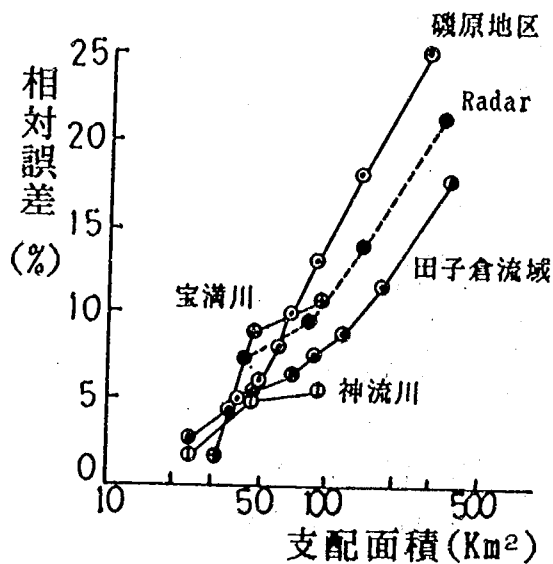


図-6.7 相対誤差の比較

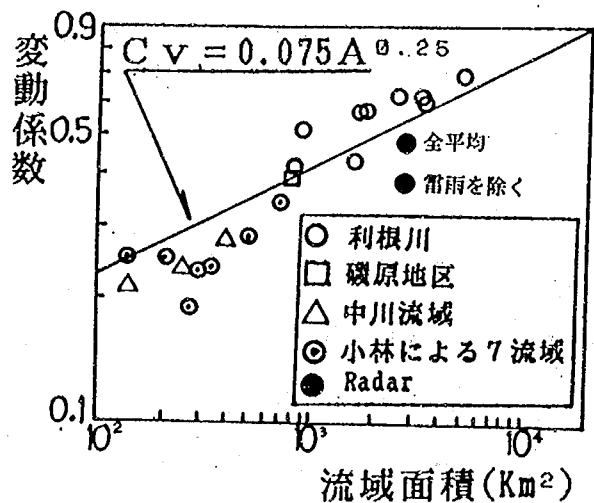


図-6.8 流域面積とCvの関係

第7章 DAD解析

7.1 降雨原因別の検討

(1) DA図による検討

降雨原因別にそれぞれの継続時間について、DA関係（雨量～面積関係）を求めた結果が図-7.1である。どの継続時間についても、面積が小さくなるほど雨量値が大きくなっていくことがわかる。なお、閾値については、各継続時間ごとに3種類の値を用いた。その設定方法については、種々の値を与えることにより雨域を最も効率効率的に区切ることができる値とした。

(2) 最大DAD曲線による検討

それぞれのDA図について、その包絡線を引き降雨原因ごとにまとめたものが、図-7.2に示す最大DAD曲線である。

DAD曲線は、降雨原因ごとにかなり異なっており、特に、台風は他と比べて各継続時間ごとのDA曲線の差が大きく、また、面積の大きさによる雨量値の差も大きい。

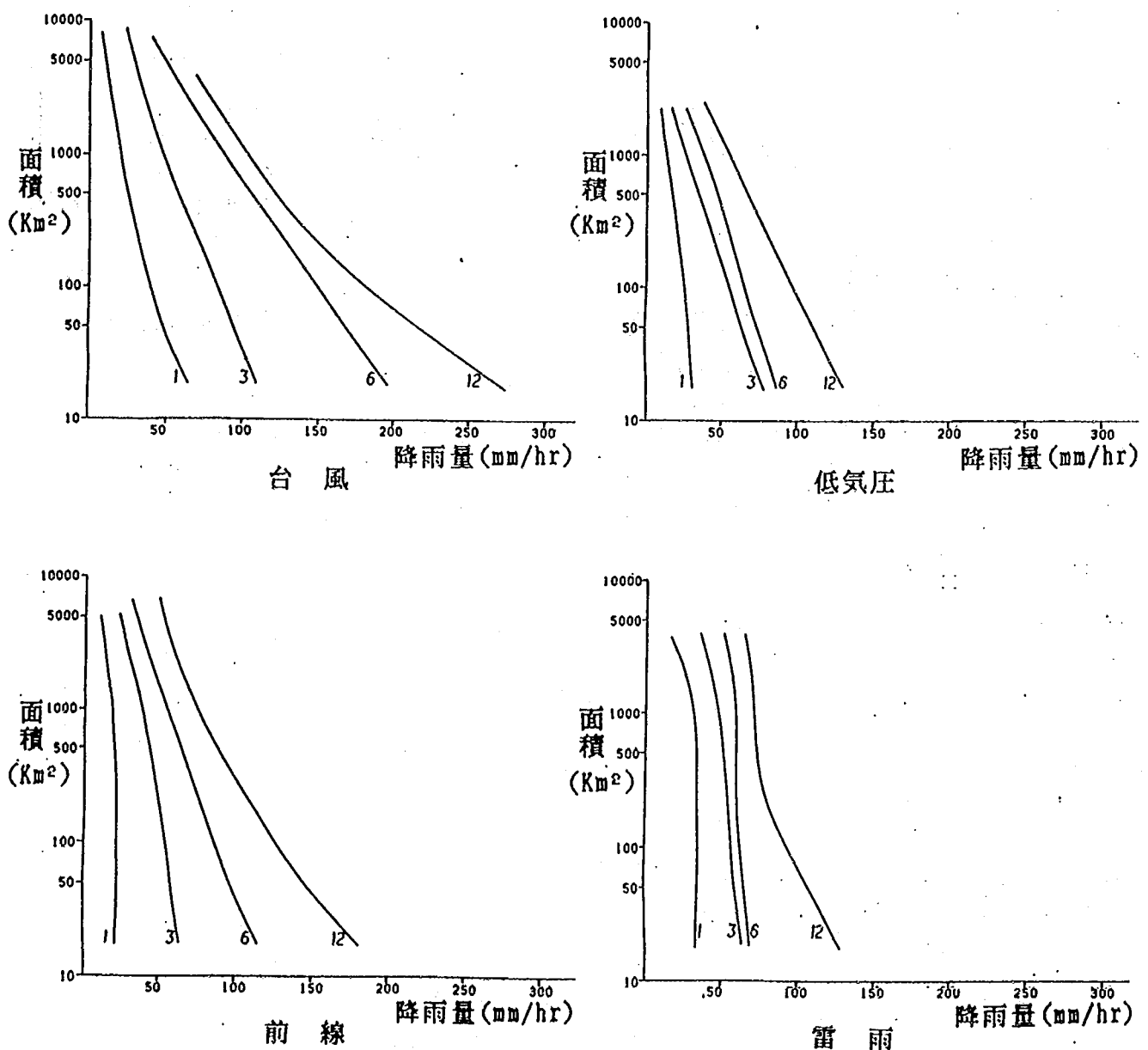


図-7.2 最大DAD曲線図

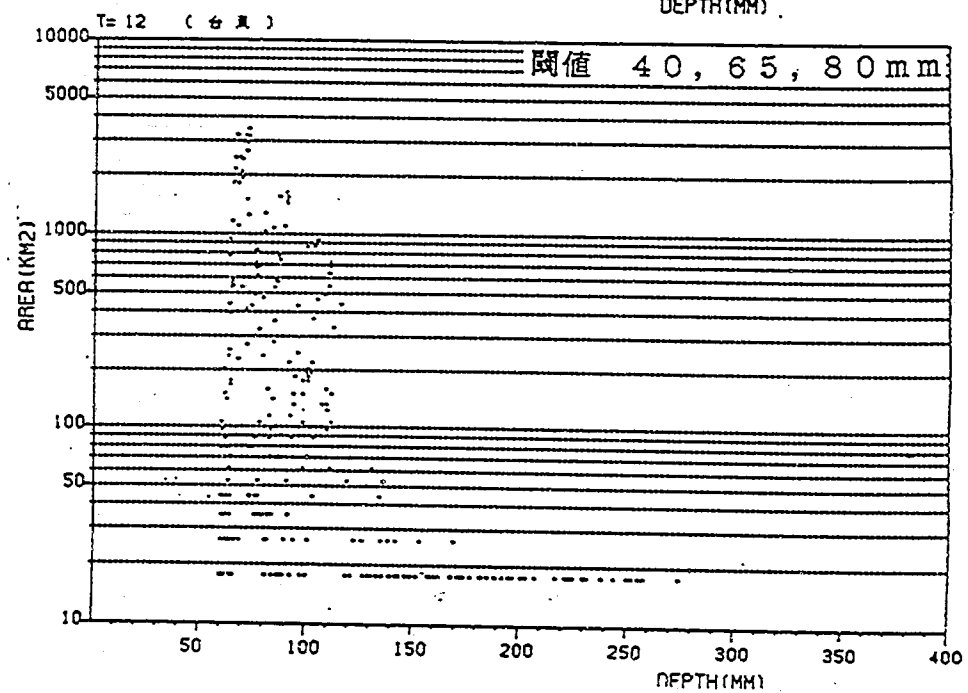
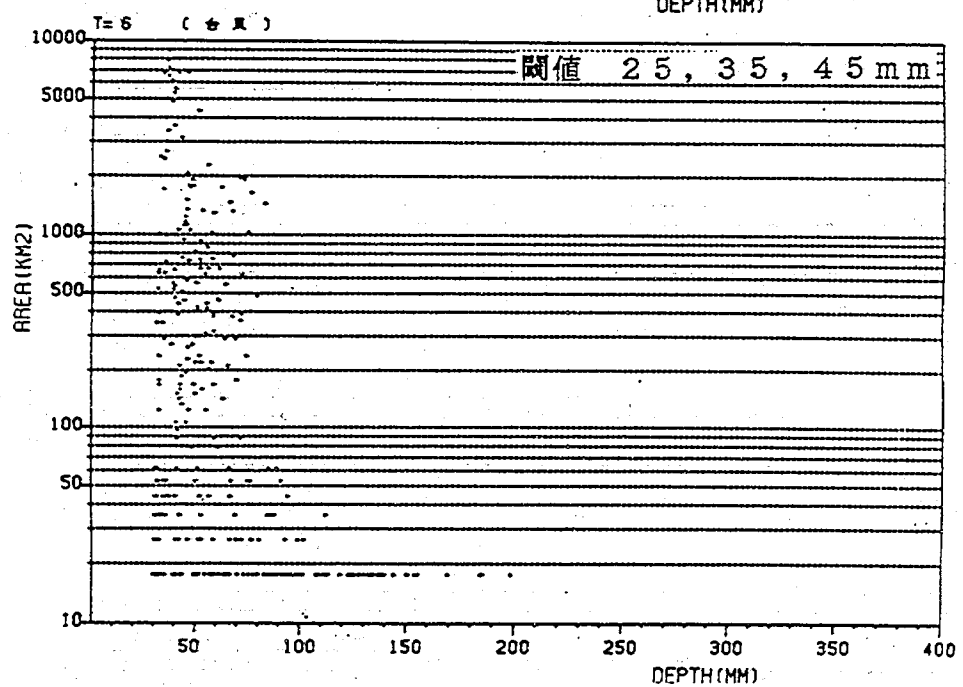
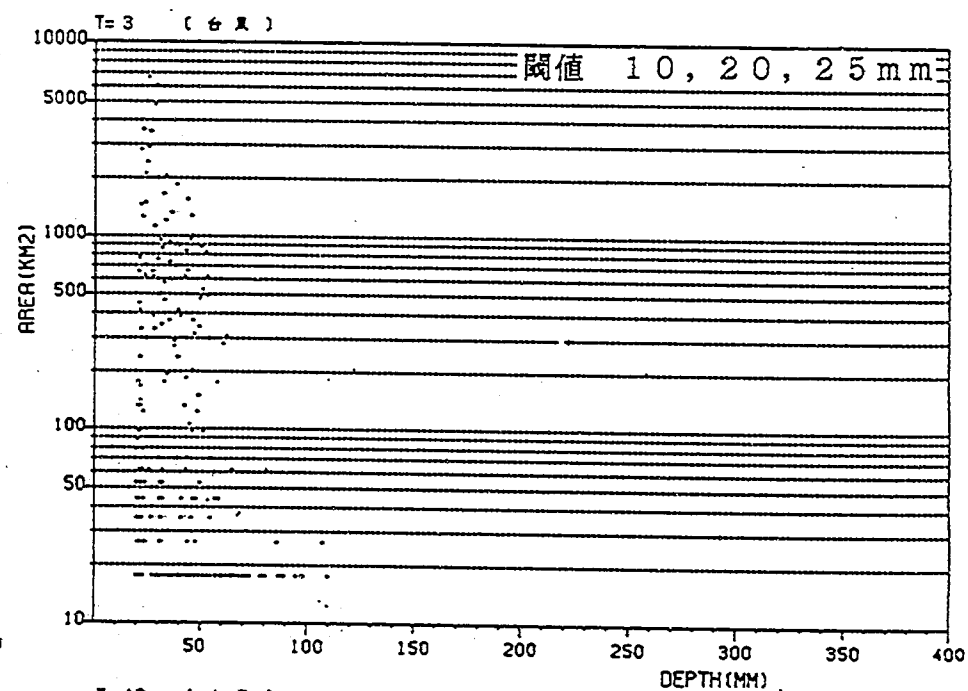
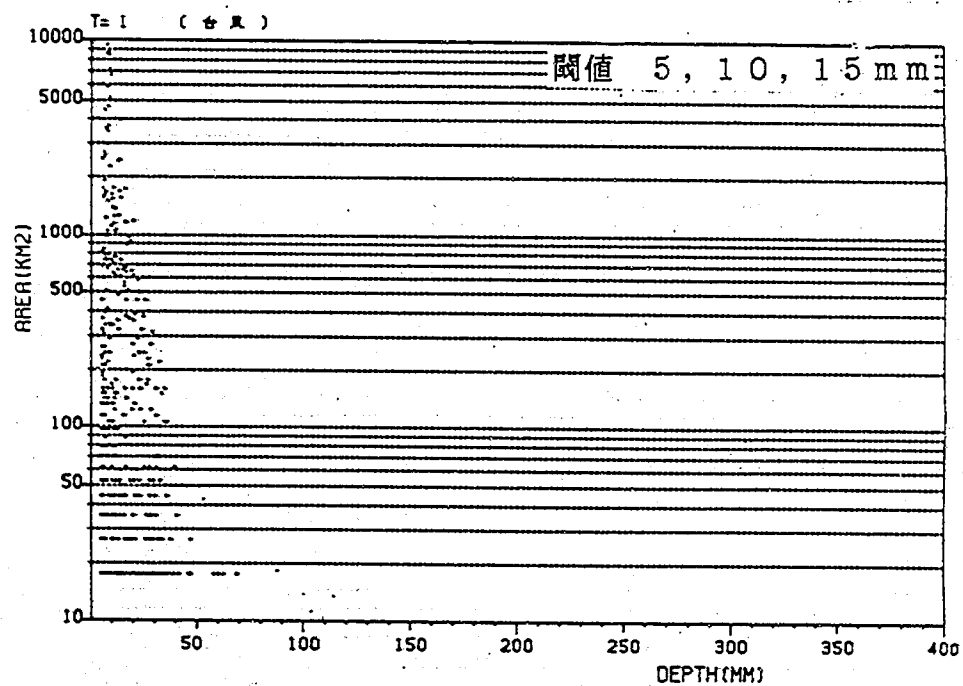


図-7.1 a DA図(台風)

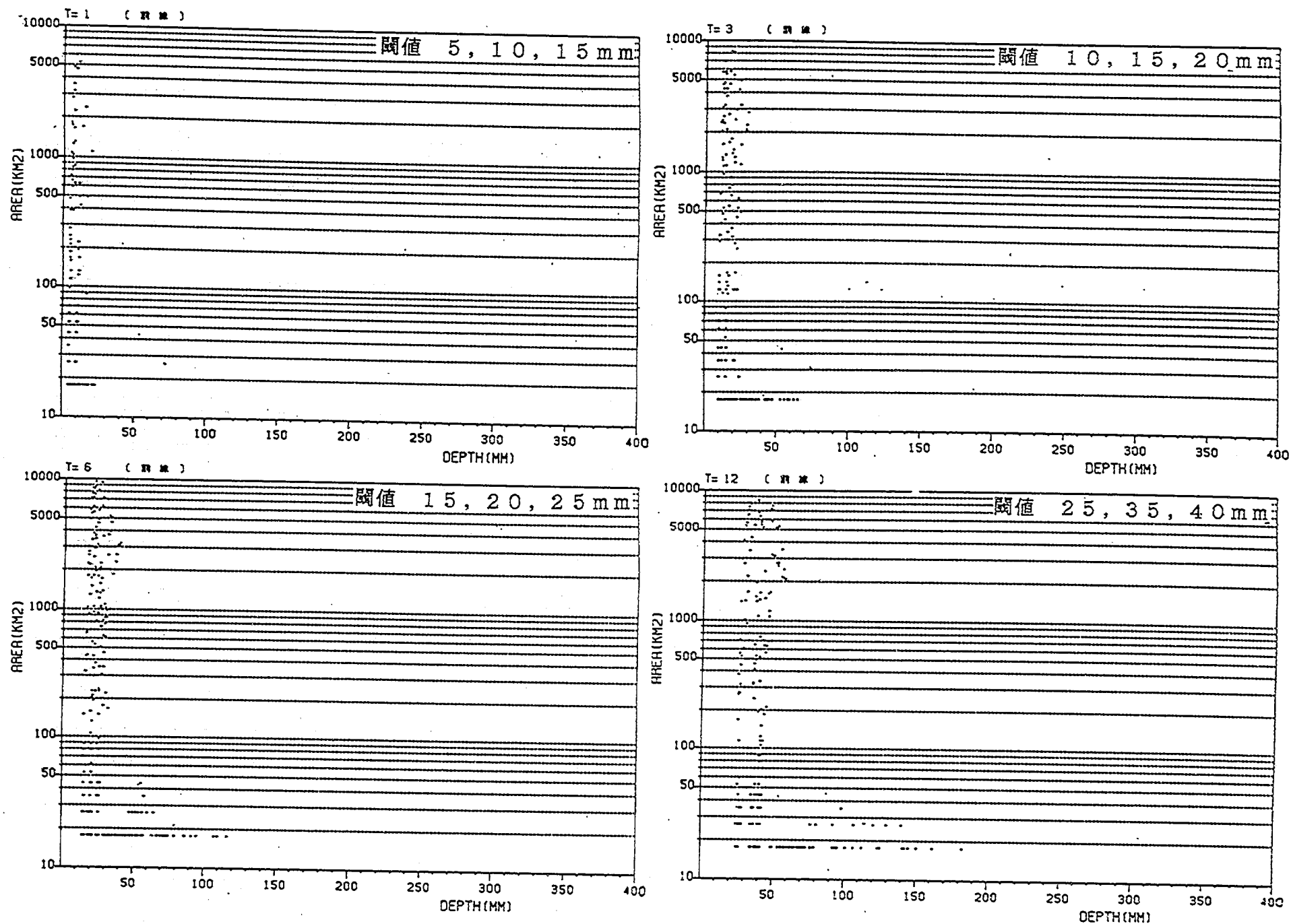


図-7.1b DA図(前線)

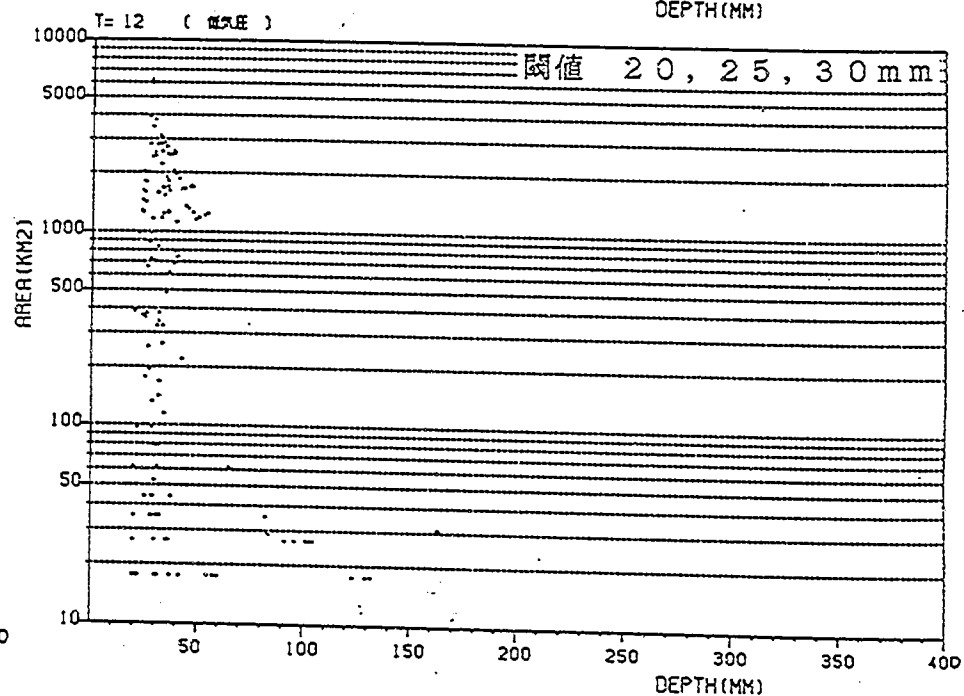
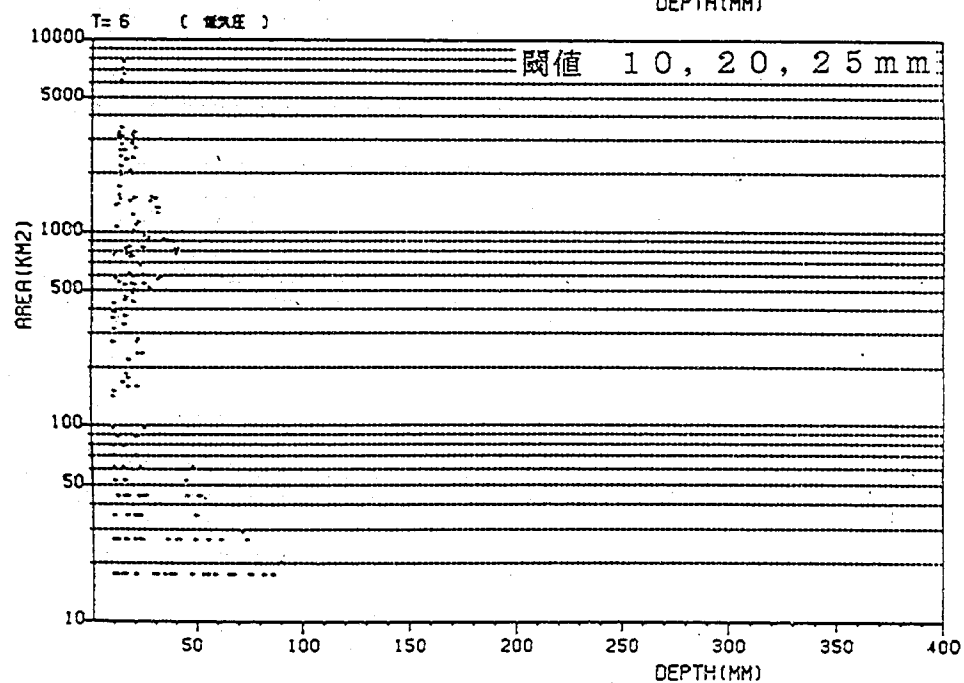
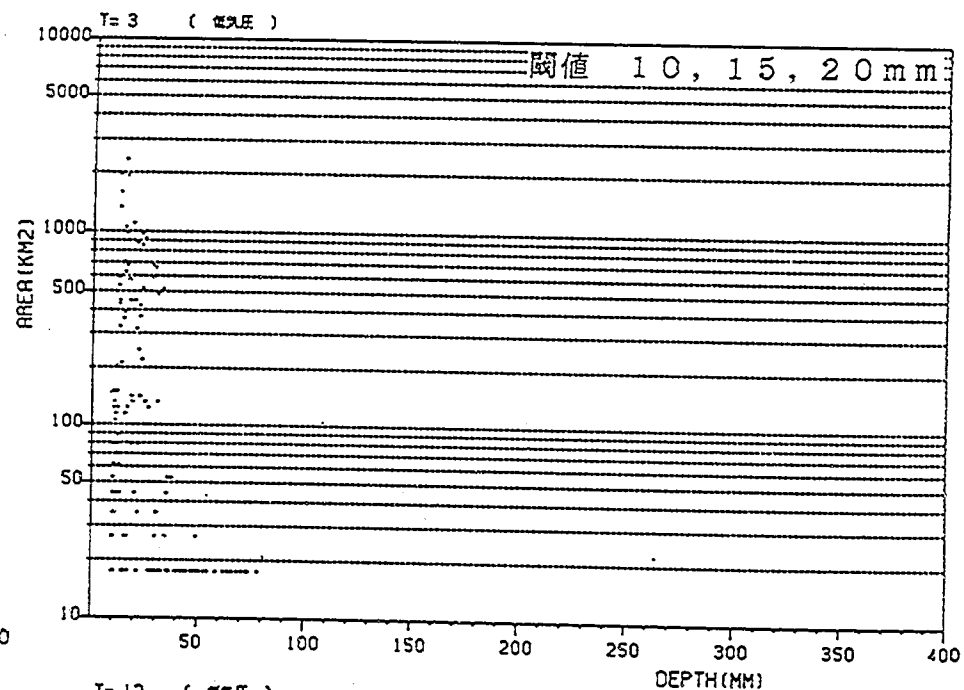
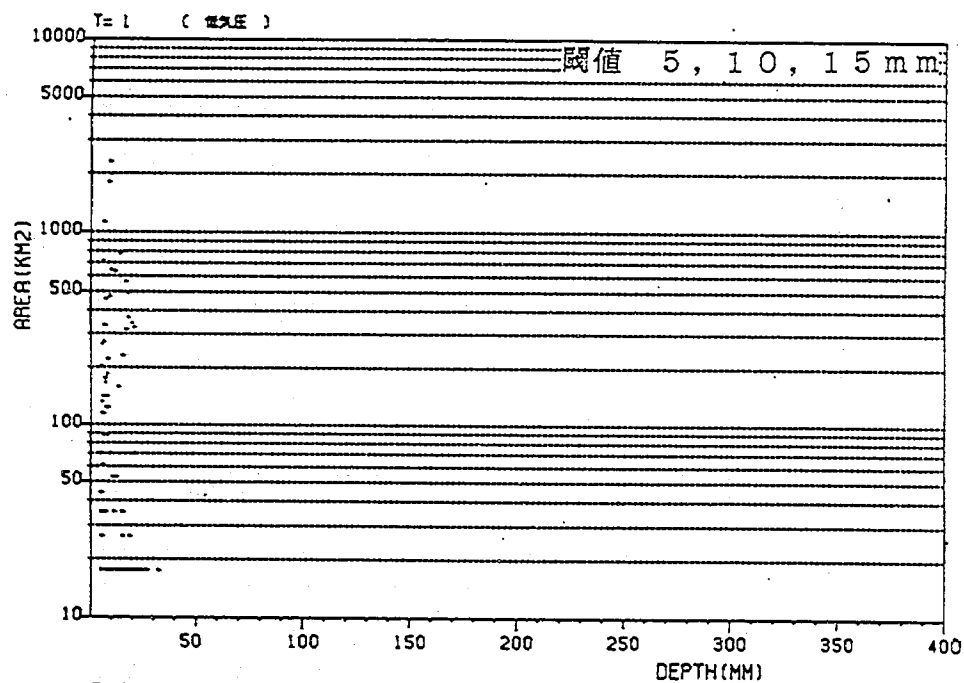


図-7.1c DA図 (低気圧)

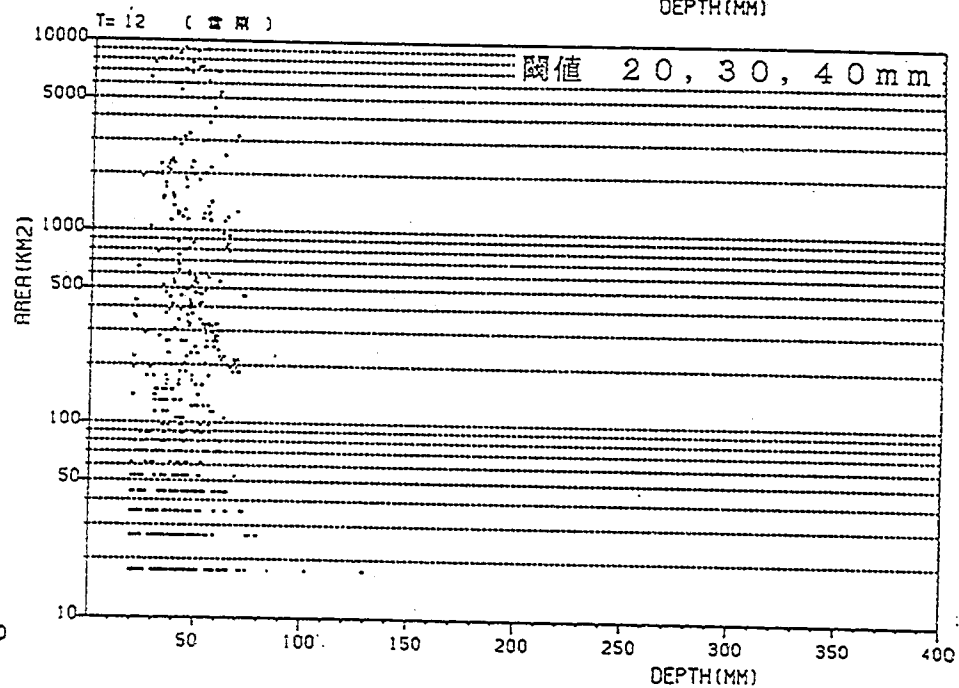
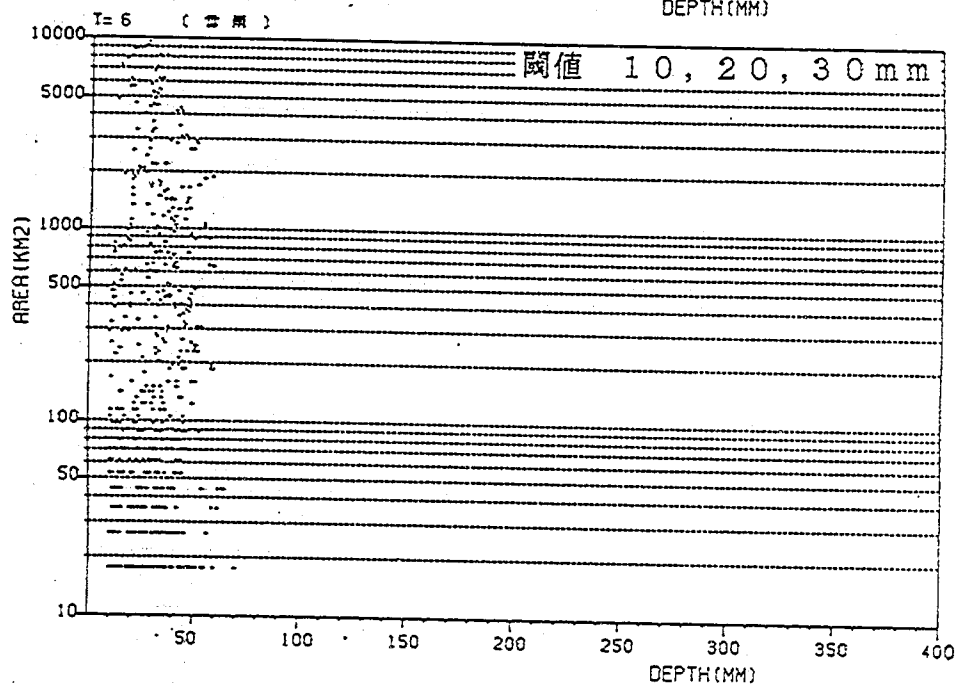
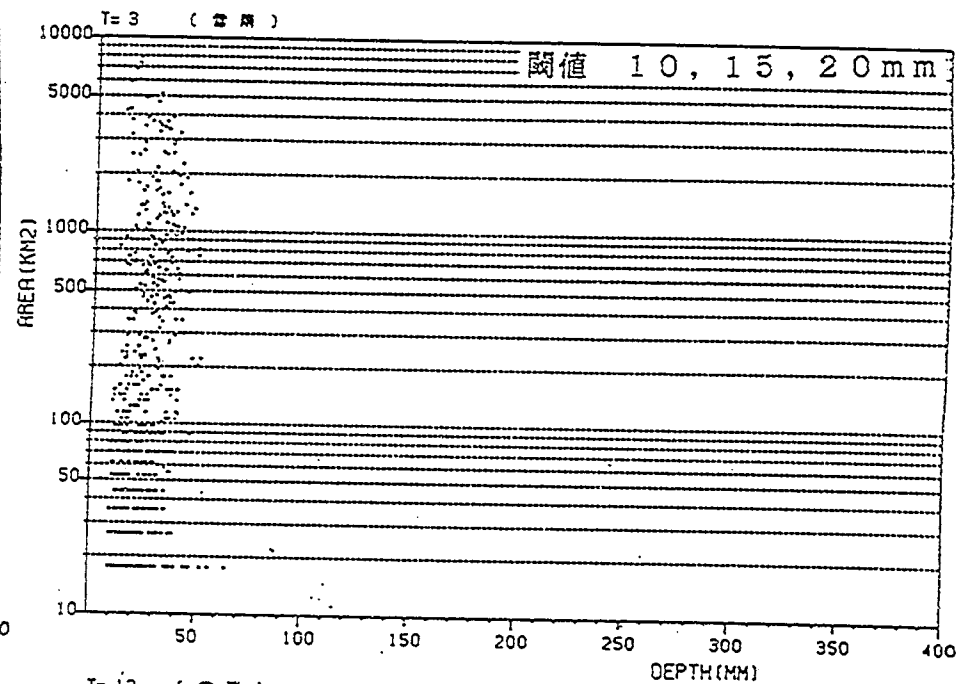
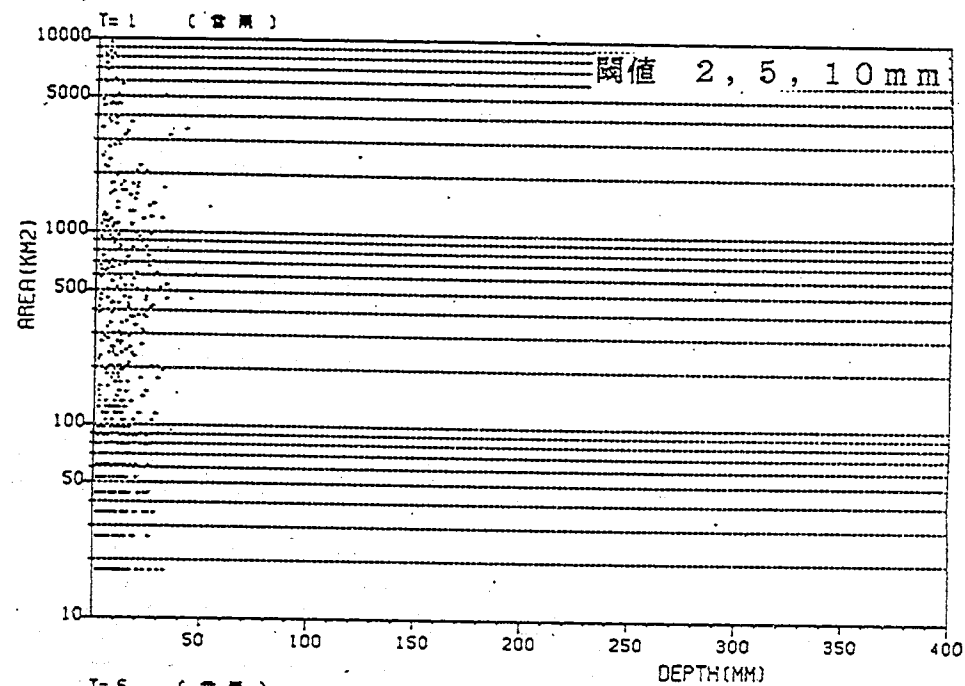


図-7.1d DA図(雷雨)

以上の結果は、1時間雨量値を用いて計算を行ったものであるが、10分間雨量値を用いて継続時間10分における最大DAD曲線図を降雨原因ごとに求めると下図のようになる。

また、個々のDA図については、図-7.3のとおりである。

10分間雨量では、1時間によるものと異なり雷雨による最大DAD曲線が他の降雨原因によるものと比べてかなり大きく出ている。特に、面積の小さい部分においてそれが顕著であるため、雷雨性降雨が短時間のかなり局地的な降雨のためと考えられる。

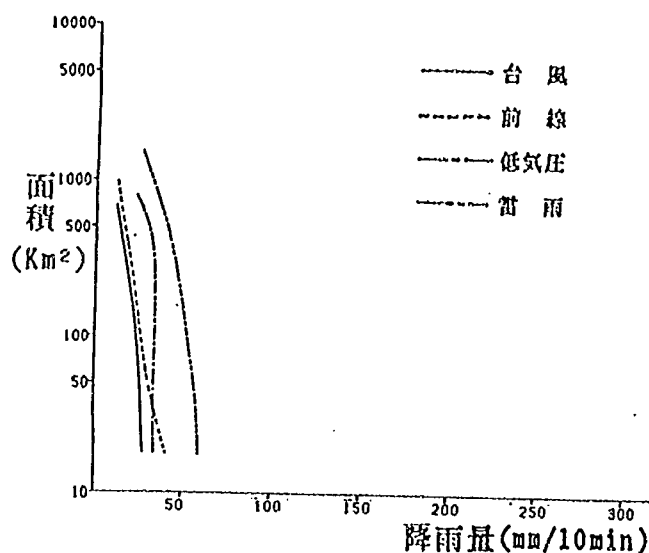


図-7.4 最大DAD曲線図(10分間雨量)

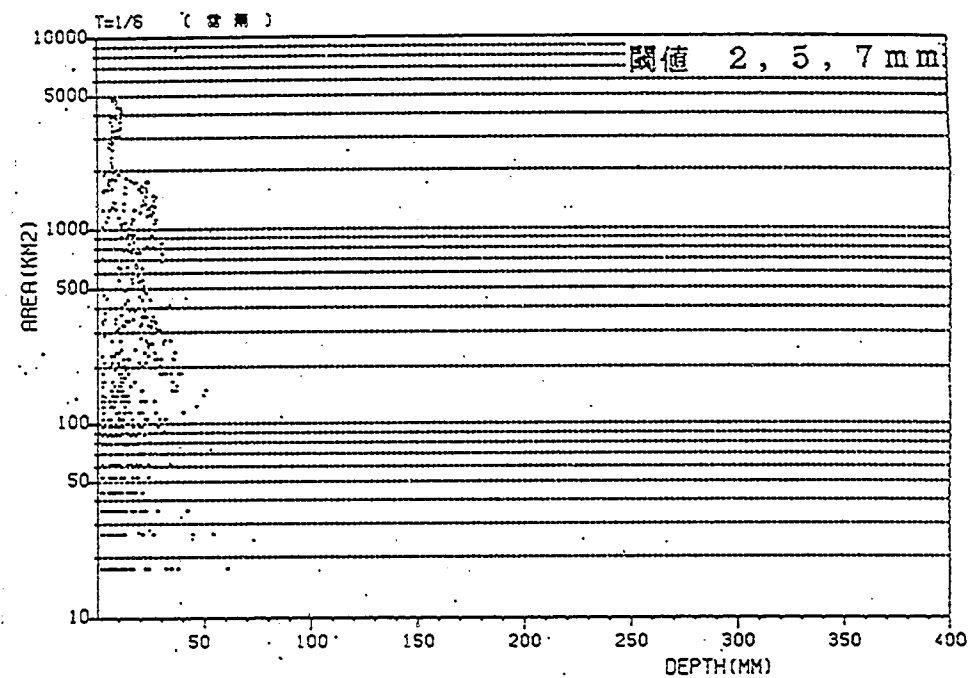
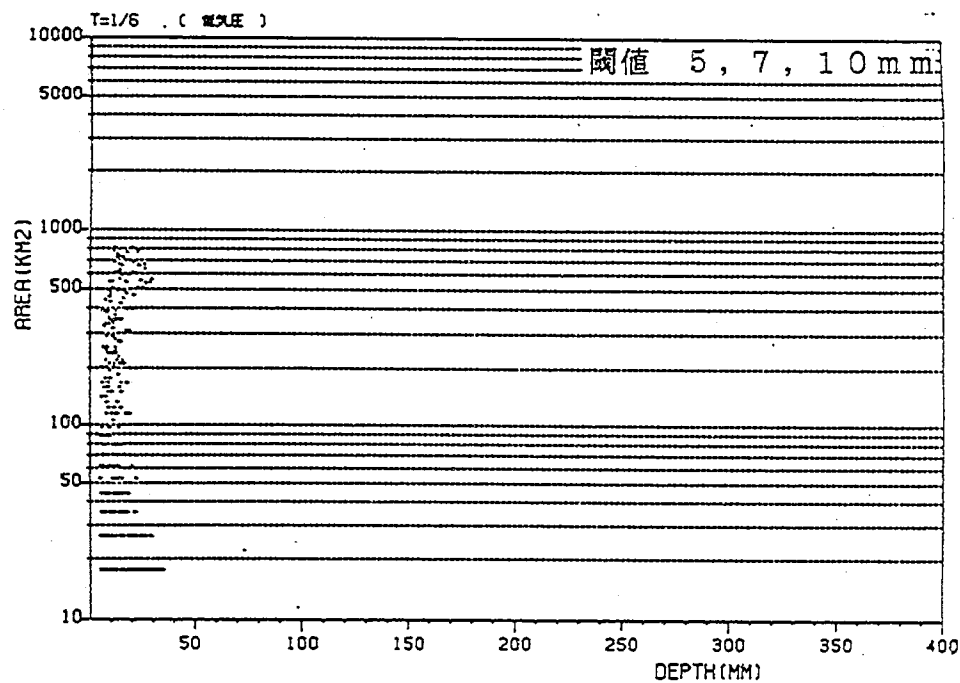
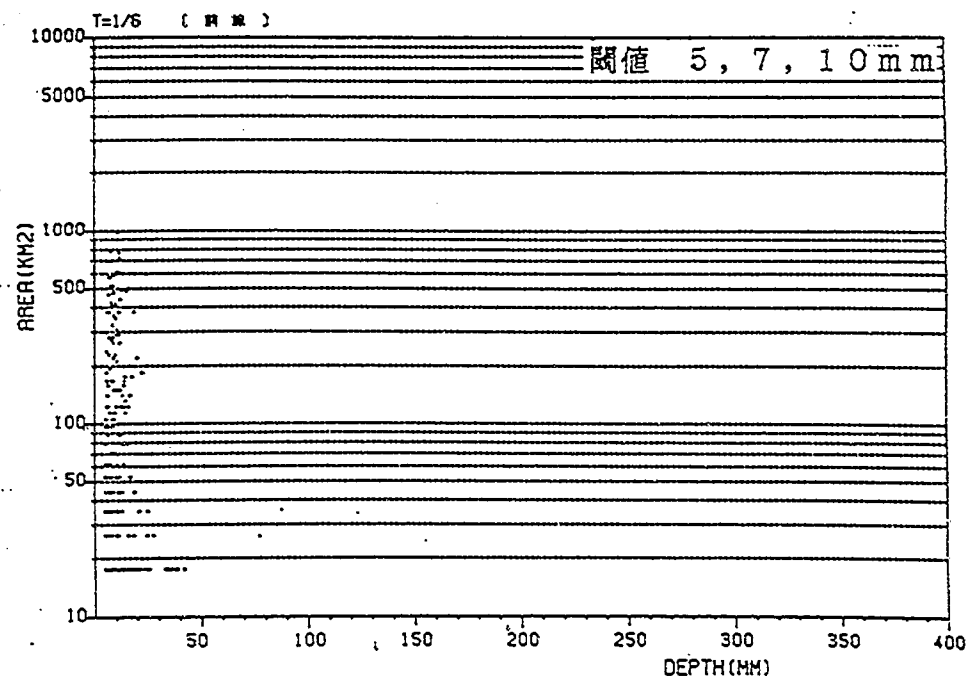
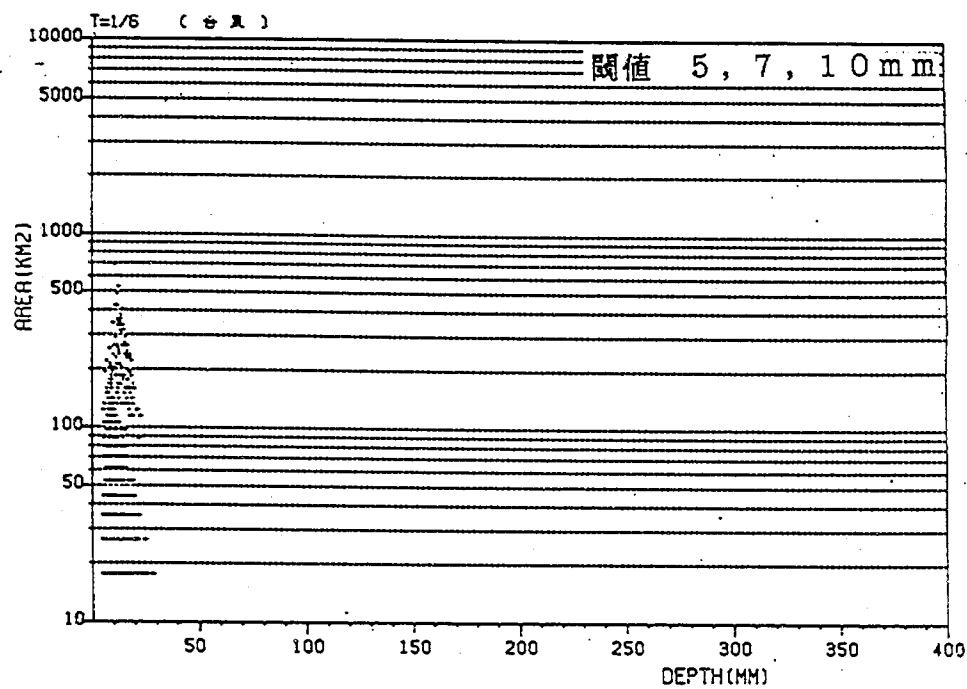


図-7.3 DA図(10分間雨量)

7. 2 降雨ごとの比較

降雨原因ごとに空間相関の良い降雨と悪い降雨について最大DAD曲線を求めた結果が図-7. 5である。

これを見ると、空間相関の違いによる差は、前線・低気圧・雷雨については大きな違いはないが、台風については、曲線の形がかなり異なっていることがわかる。特に、継続時間6時間以上で大きな違いが見られるが、これは、空間相関の悪い場合は雨域が偏っているため、継続時間が長くなるとその影響が大きく出ると考えられる。

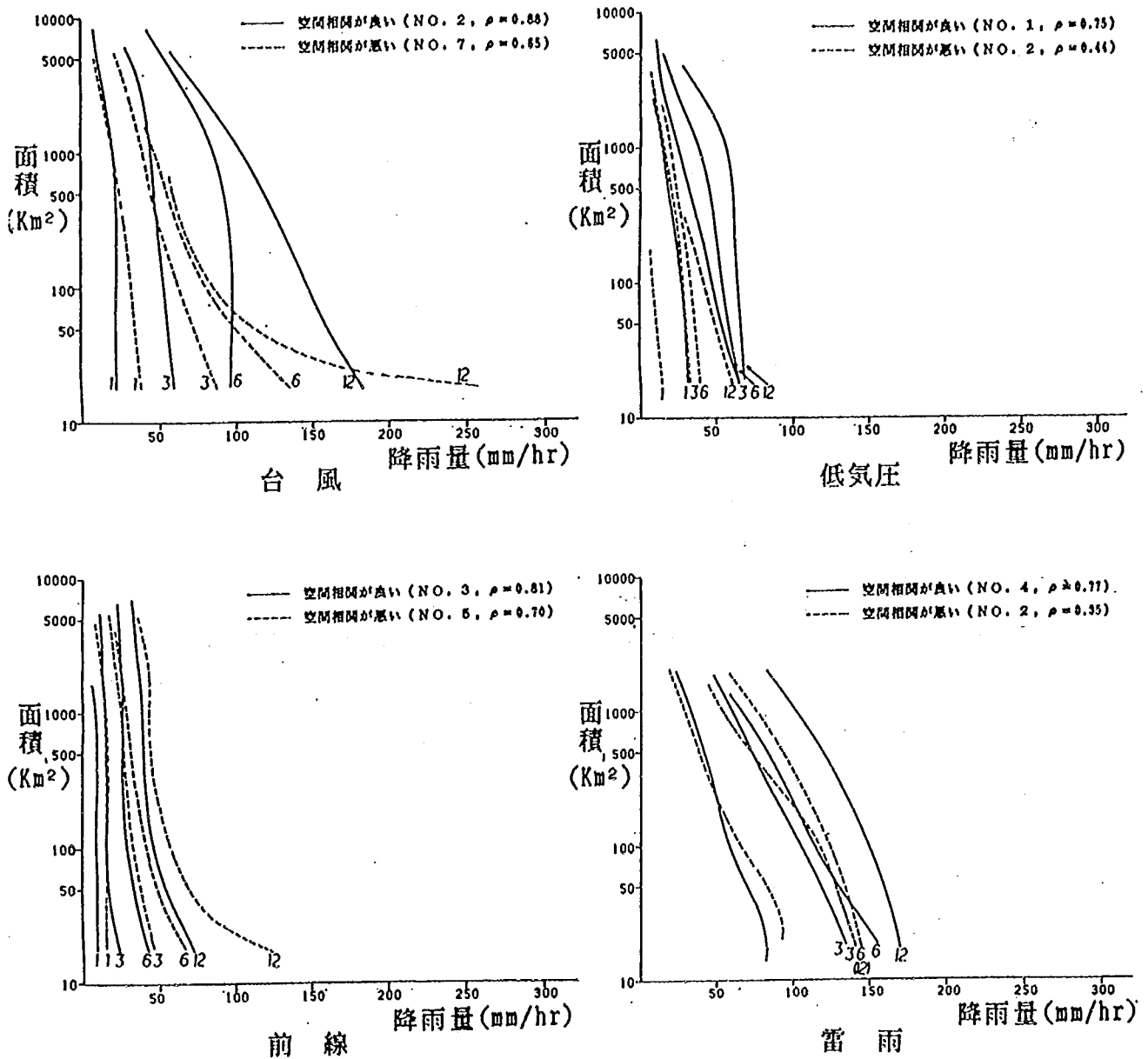
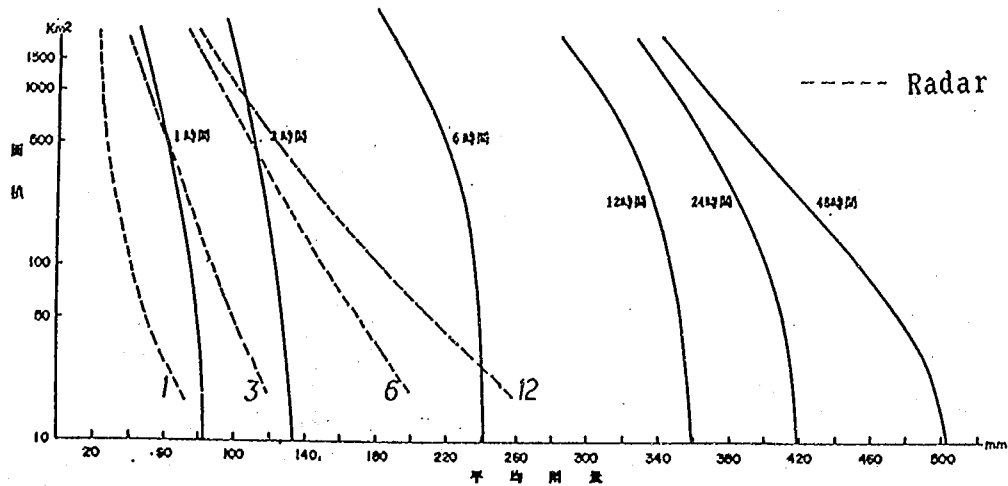


図-7. 5 最大DAD曲線図(降雨ごと)

7.3 既往の結果との比較

DAD解析の比較データは、昭和52年に報告されている関東南部のDAD解析（土木研究所資料第1187号）の結果を用いた。今回の解析結果（台風）と比較すると、図-7.6のとおりとなる。今回の解析対象降雨が既往最大というような大きな降雨ではないため同一面積に対する平均雨量の大きさに差が出るのは当然であるが、曲線の形状がかなり異なっている。これは、閾値を設定することにより雨域を定める方法では、中間的な面積に対する平均雨量が出にくいためである。閾値の設定方法については、今後も検討が必要である。



最大 D A D 曲線図

図-7.6 DAD解析の比較

第8章 面積雨量の評価

8.1 空間特性から見た評価

降雨の空間特性解析の結果から雨域の大きさを推定すると以下ようになる。

すなわち、相関係数が1/2になる距離を一つの指標として平均的な雨域の大きさを判断すると、1時間雨量値で、台風では48Km、前線では36Km、低気圧では27Km、雷雨では13Kmとなる。現在の地上雨量計の配置状態から考えると、特に問題となるのは雷雨であるということがわかる。ここで、雷雨の13Kmという値は、あくまで平均で相関係数が1/2になるという距離であるため、個々の降雨ごとのばらつきを考え標準偏差分の幅を持たせると、8Km~19Kmという距離になる。これと現在の地上雨量計の配置密度と照らし合わせてみると、かなり密に配置しないと雷雨性降雨をとらえることができないことがわかる。たとえば、アメダスの雨量計でさえ約17Kmの観測網であるため、比較的雨域の大きい雷雨がとらえることができる程度であると言える。

そこで、これらの結果とDAD解析の結果とを対応させ、降雨強度を考慮した面積雨量について考察を行った。

すなわち、前述の空間特性の結果から推定される雨域の大きさを単純に円として考え、それを面積にすると、たとえば台風では7200Km²、雷雨では、530Km²程度となる。これより、1時間の最大DAD曲線からその平均雨量を求めると、台風10mmに対し雷雨40mm程度となる。つまり、雷雨は、強雨域のみしか空間相関が良くなく非常に捉えにくいことがわかる。また、10分間雨量値を用い継続時間10分におけるDAD曲線図で見るとそれがより顕著にわかり、雷雨は、他の降雨原因による結果と比べて面積の小さい部分においてかなり強い降雨となる。

また、同一降雨原因による降雨で、空間相関の良い降雨と悪い降雨で最大DAD曲線の違いを見てみると、台風による結果に顕著な違いが出た。空間相関の悪い降雨は、空間相関の良い降雨に比べて面積の違いによる雨量値の差が大きく、特に継続時間6時間以上になるとかなりの差が出てくる。これは、相関の悪い降雨は、雨域がかなり偏っているため面積による差が大きく生じ、継続時間が長くなるとその影響が増大するためと考えられる。

8.2 面積雨量の精度から見た評価

面積雨量の精度については、平均的には既往の結果と変わらない。しかし、時間ごとに種々の降雨状態で見えてみると、相対誤差はかなり変動する。それは、前述の降雨の空間特性と関連して、降雨に部分的な偏りがあり空間相関が悪い場合は、相対誤差が15%~20%程度、場合によっては、40%近くまでになることがある。また、相対誤差の各計算値のばらつきから判断すると、ほとんどのケースにおいて相対誤差が10%以内となるのは、代表地点数64個(A=42.2Km²)となる。したがって、支配面積が50Km²以下であるなら、ある程度の降雨状態に対して、面積雨量をほぼ正確に表現しうると言える。

この値を最大DAD曲線による面積~雨量関係に照らし合わせてみると、どの降雨原因においても降雨の上限値まではほぼカバーしうる値である。たとえば、雷雨であるなら、面積50Km²に対し雨量値は40mm程度となり、それより面積が小さくなくても雨量値はほとんど変わらない。このことから考えても、支配面積50Km²という値は妥当な値であると思われる。

第9章 まとめ

本研究では、従来、地上雨量計で行われてきたものをレーダ雨量計による観測から得られた面雨量のデータを用いて、降雨の時空間特性及び面積雨量の精度評価を行った。本研究による結果と既往の地上雨量による結果とを比較してみると、平均的な値としては大きな差はなかった。

しかし、降雨原因別・個々の降雨別に見てみるとそれぞれ異なった結果となる。本研究により得られた結論をまとめると以下のとおりとなる。

- ①降雨の空間特性は、降雨原因ごとに異なり、特に問題となるのは雷雨性降雨で、現在の地上雨量計による観測網よりもその雨域の大きさは小さい。
- ②時間特性から見た降雨の持続性は20分程度で、降雨予測等で降雨の移動状態を調べるには20分以下の時間ピッチで求める必要があると考えられる。また、3時間先で、相関がほとんどなくなることから、降雨のライフサイクルに関連していると思われる。
- ③点観測により面積雨量を表現するには、その支配面積を50Km²以下にまでする必要がある。これらの解析結果から空間的な降雨の特性や地上の点観測における面雨量推定の問題点等がよりの確に把握できたと思われる。

今後もレーダ雨量を用いた各種の降雨解析を行うことにより地上雨量観測による解析の弱点を補うことが期待される。

謝辞

最後に、本研究を行うにあたり使用したレーダ雨量データは、関東地方建設局から提供されたものである。ここに記して、謝意を表したい。

参考文献

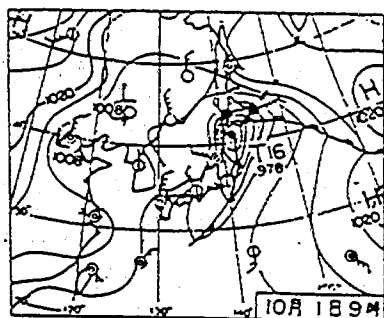
- 1) 今井等；降雨の統計的性質と電波の減衰、研究時報、16巻3号
- 2) 橋本健；標本計画法による面積雨量の精度および信頼度の評価に関する研究、土木研究所報告 第148号の3、昭和52年
- 4) 石崎；関東南部のDAD解析報告、土木研究所資料、第1187号、昭和52年
- 3) 吉野、河関；赤城山レーダを用いたDAD解析、39回年次講演会、昭和59年

参 考 資 料

1. P P I 図
2. 支配面積～相対誤差関係図
3. 真の面積雨量～相対誤差関係図

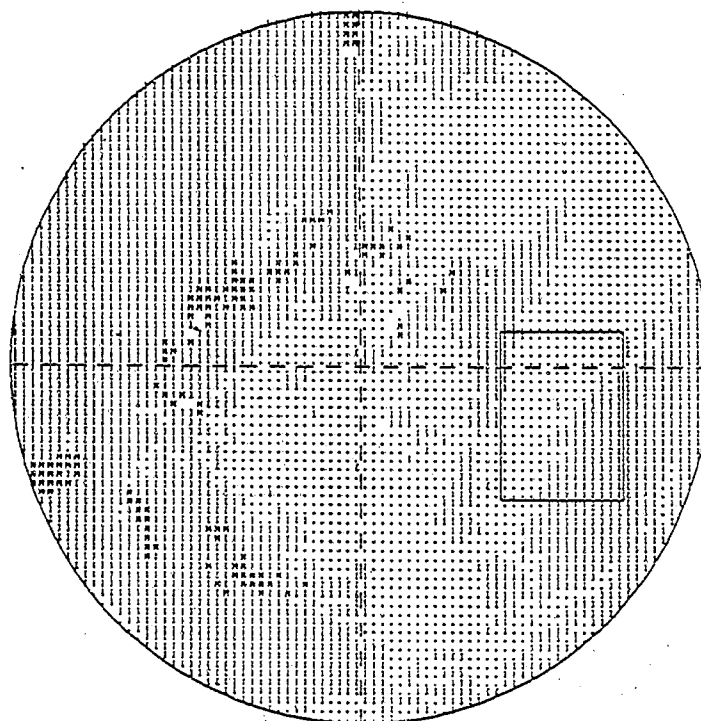
1 . P P I 図

(総雨量・時間雨量・天気図、収録時間10時間以上の降雨のみ)



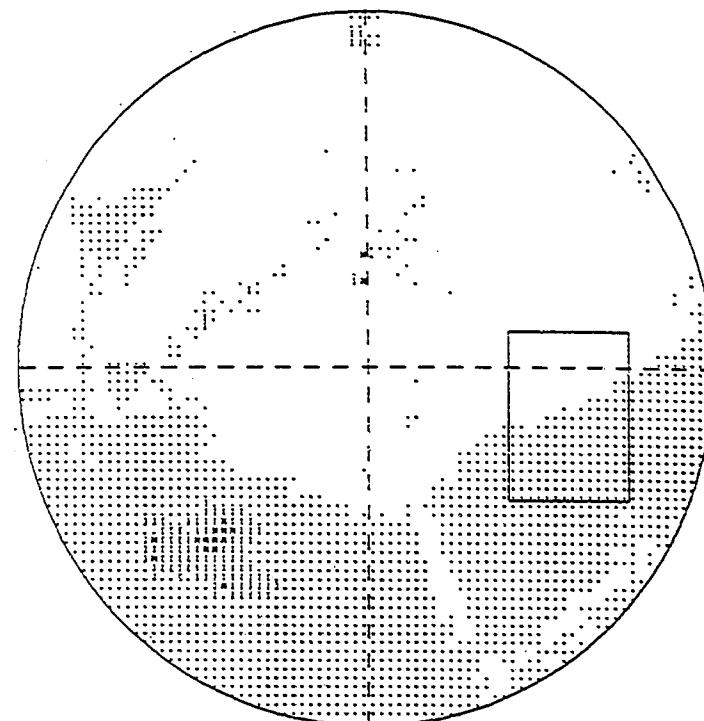
1日(月)台風が本州を縦断
16号が北信から快足90kmで三陸沖へ
未明、強風の湖西線高架で貨車転落
京都でクレーン暴走し新幹線不通に。
東京も風雨、0230瞬間33.4m。朝から
8日より 32.6° (10月新)油煙吸く。

天気図



総雨量

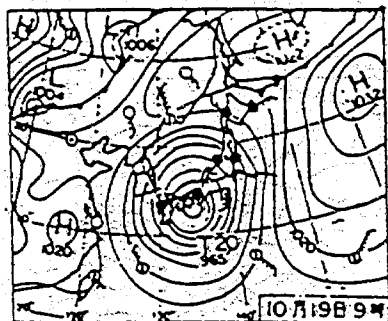
0.0- 10.0 MM
10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量(9月29日8時)

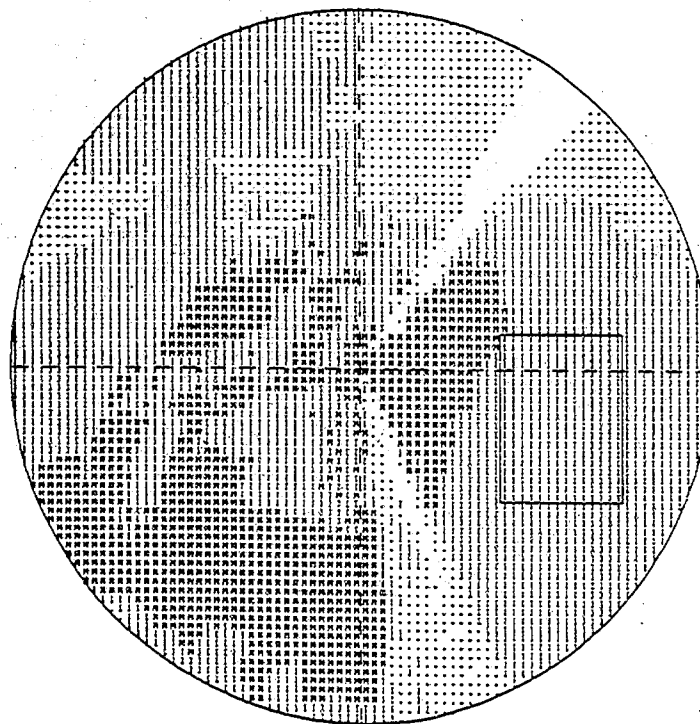
0.0- 1.0 MM
1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNO= 30



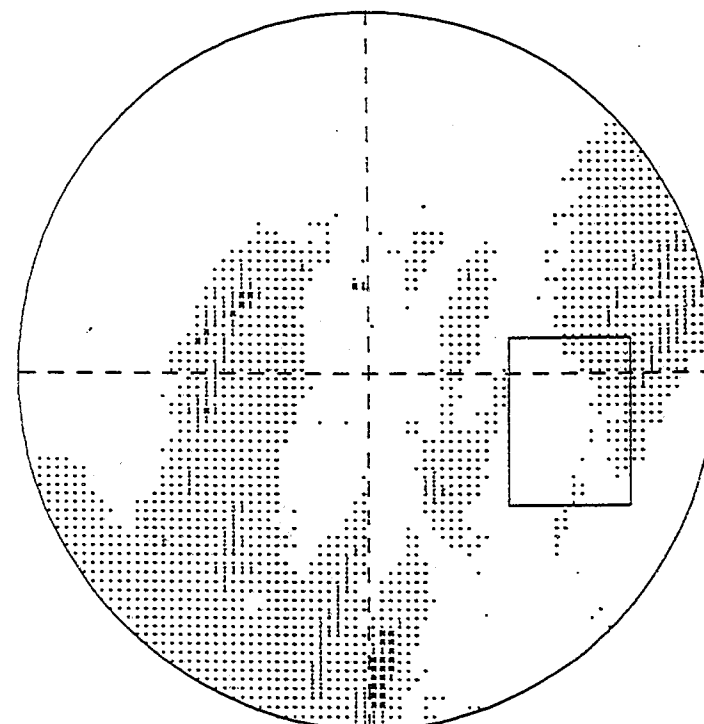
19日(金)20号も本州を縦断
20号は0940白浜上陸、70kmで北上。
東京も暴風雨、1300時間38.2m(新)
日雨量122ミリ、1時間32ミリ、26.4°
1400釜山で風50m、高津でバス横転
午後11時国電・私鉄全面stop未言有!

天気図



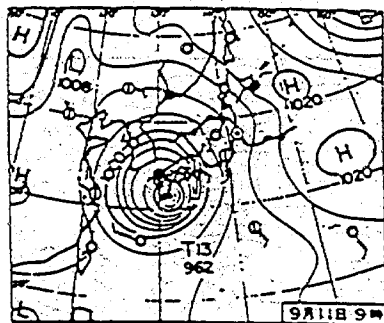
総雨量

	0.0- 10.0 MM
.	10.0- 50.0 MM
I	50.0-100.0 MM
M	100.0- MM



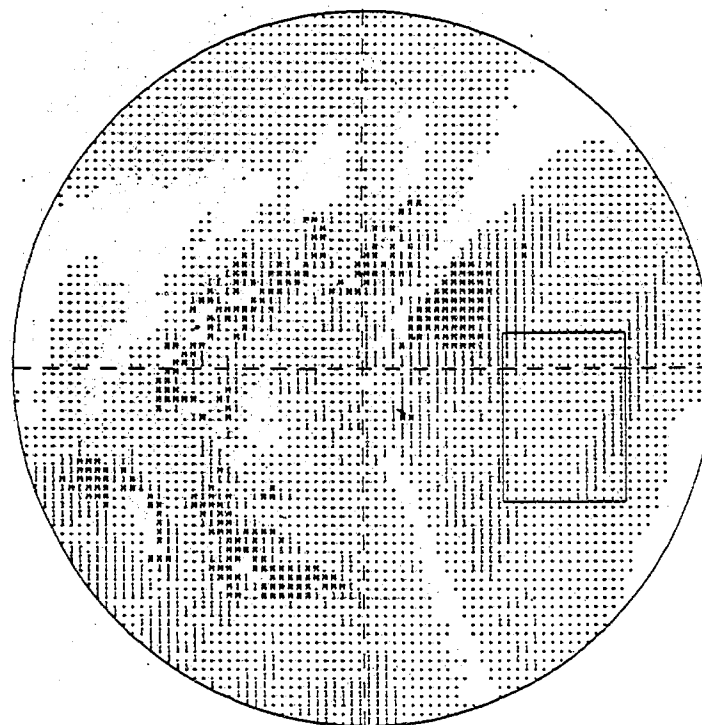
時間雨量(10月19日8時)

	0.0- 1.0 MM
.	1.0- 5.0 MM
I	5.0- 10.0 MM
M	10.0- MM



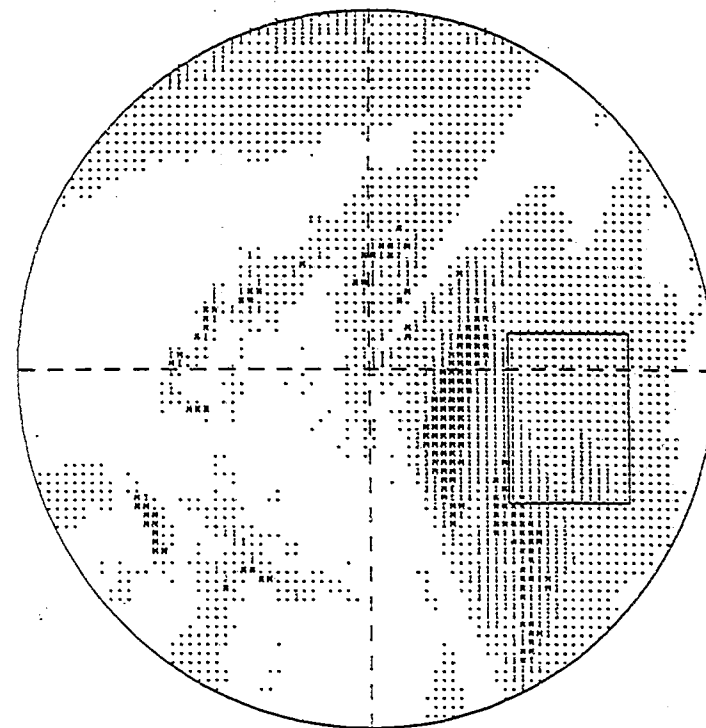
11日(木) 二百二十日台風
台風0750大隅半島上陸後九州坂折、
午後日本海へ。東海以西太平洋側で
200mm前後。油津35.6m/s。金沢フ
ェーンで36.9°C。東京も①で30.8°
C。庁内赤トンボの大群。京都賀度夏。

天気図



総雨量

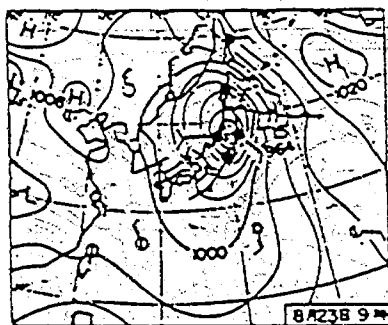
0.0- 10.0 MM
・ 10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量(9月10日17時)

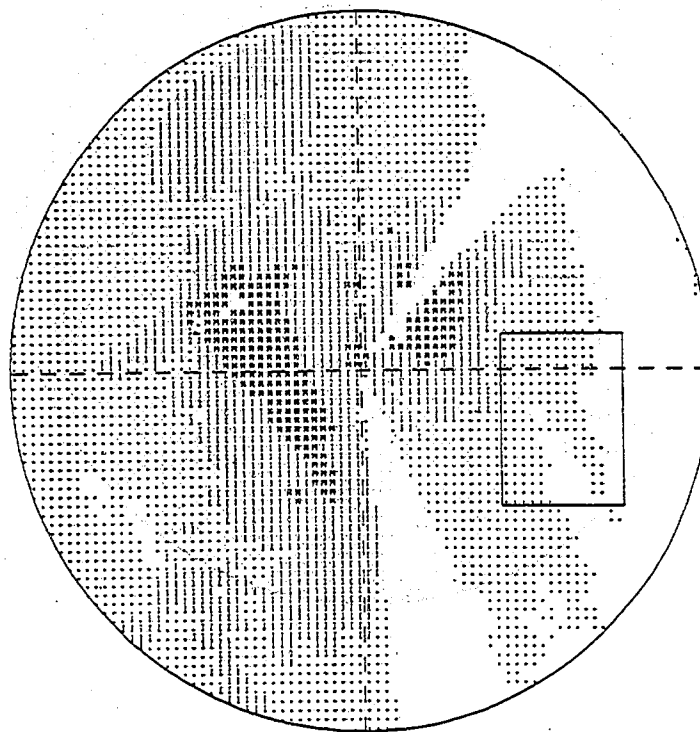
0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNC= 17



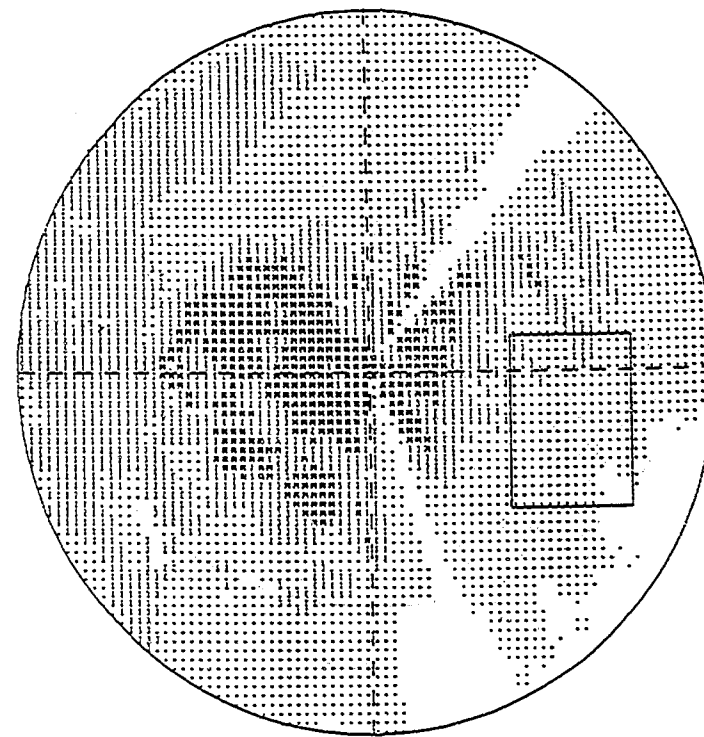
23日(日) 台15号房総上陸
01館山付近、関東上陸16年ぶり。東
北縦断波島半島再上陸後、21枚内西
で温低に。死不明43家屋120浸水2万
2千など。東・北日本100~200mm。札
幌 207mm 日量極値更新。東京 42mm。

天気図



総雨量

0.0- 50.0 MM
50.0-100.0 MM
I 100.0-200.0 MM
M 200.0- MM



時間雨量 (8月22日22時)

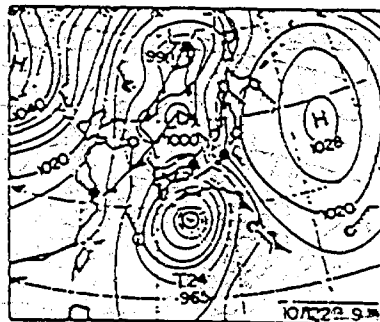
0.0- 1.0 MM
1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

81 10 22 5 0 --- 81 10 22 23 0

(台風 №5)

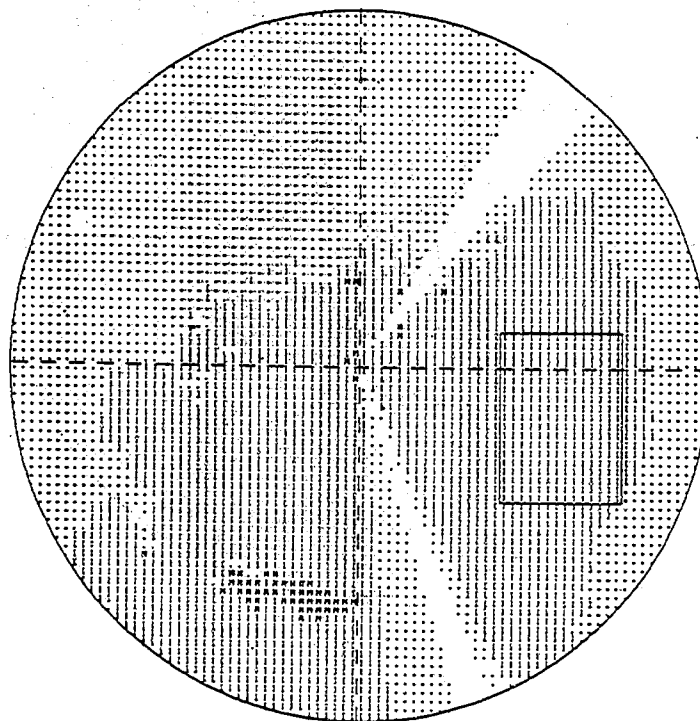
JNO= 8

— 100 —



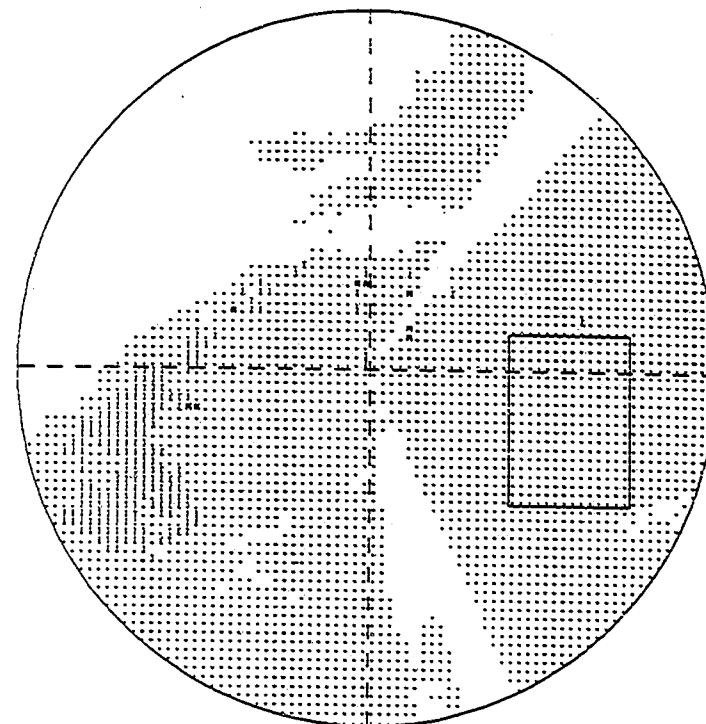
22日(木) 台風首都圏直撃
台24号速度をあげながら北東進、夜
半に八丈島付近通過で上陸はせず。
関東から東進、南紀に100~200mm超
える雨。東京215mm10月の日雨量記
録。都浸水5万戸のほか交通大混乱。

天気図



総雨量

0.0- 10.0 MM
・ 10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM

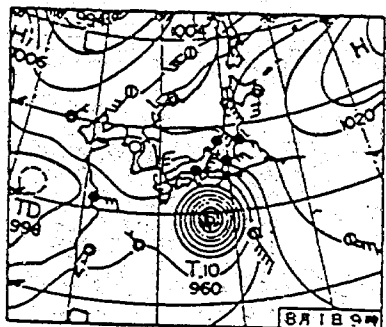


時間雨量(10月22日13時)

0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

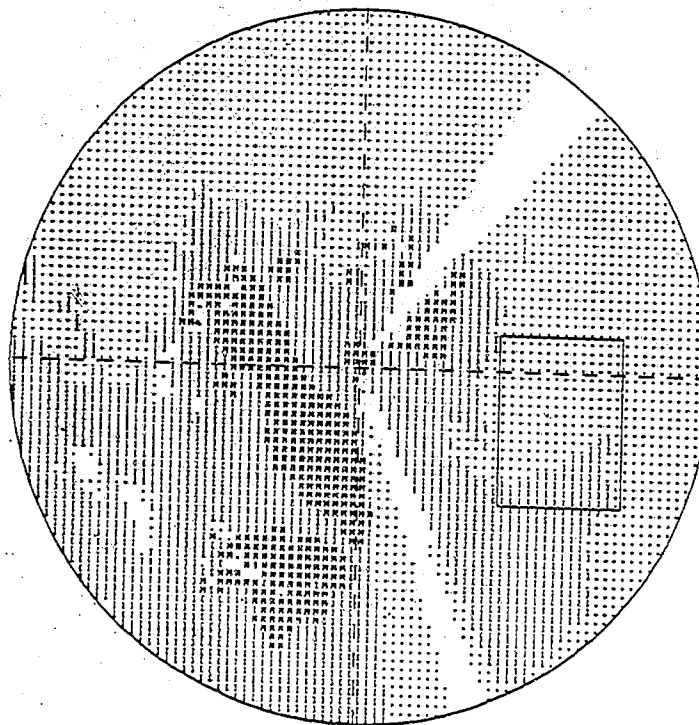
JNC= 24

— 101 —



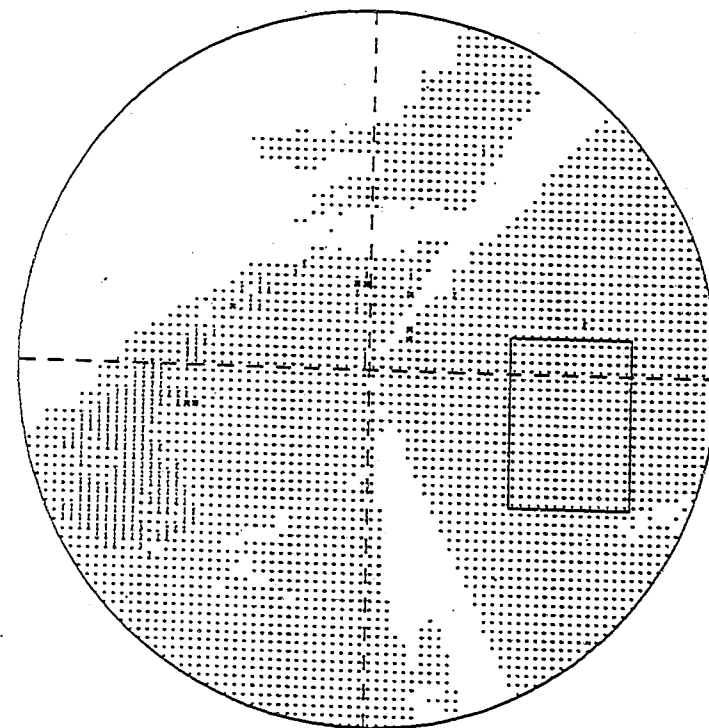
1日(日) 台10号本州直撃
昨夜来、紀伊半島中心に豪雨。台風
真北に進んで、午後にはやゝ加速。
東海、関東も山岳中心に豪雨。奈良
日出岳844mm、東京でも300mm前後の
所。北海道と西日本は終日○～○。

天気図



総雨量

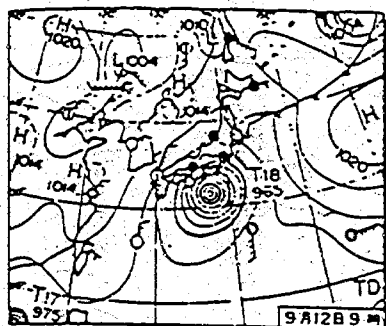
0.0- 50.0 MM
・ 50.0-100.0 MM
I 100.0-200.0 MM
M 200.0- MM



時間雨量(8月2日/時)

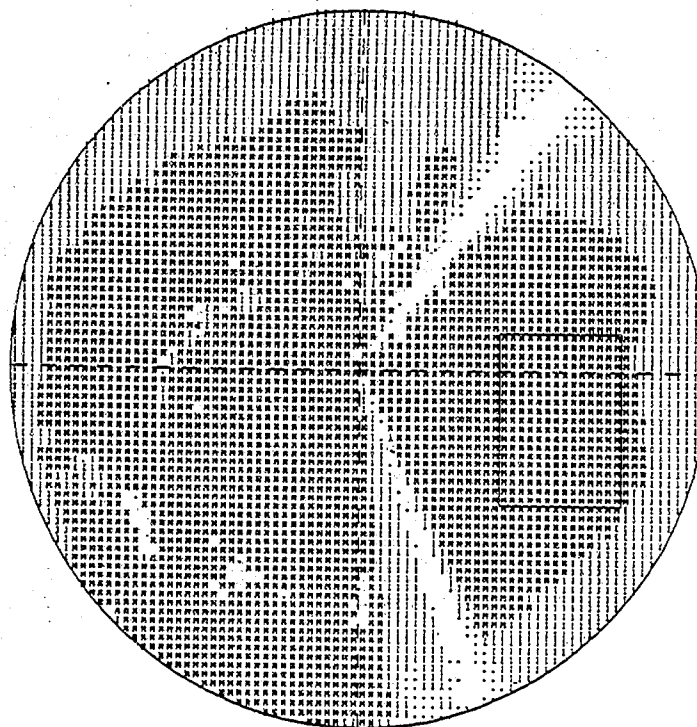
0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNO= 4



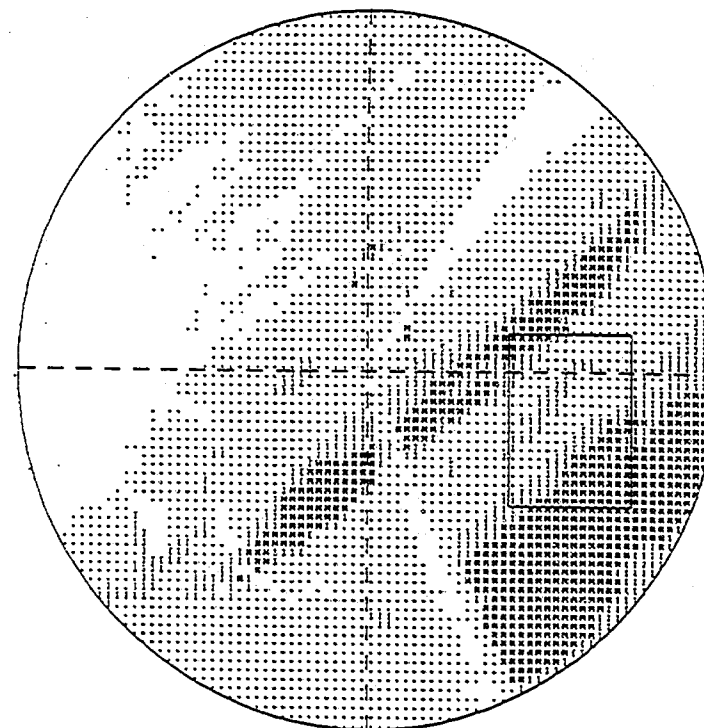
12日(日)台18号東日本縦断
18時頃茨城付近に上陸。東海300～
400東北も100～200mmの豪雨。大島
474mm。死不明32人床上浸水2万棟な
どの被害。東京も168mm。瞬間37m/s。
西日本～南西諸島終日①

天気図



総雨量

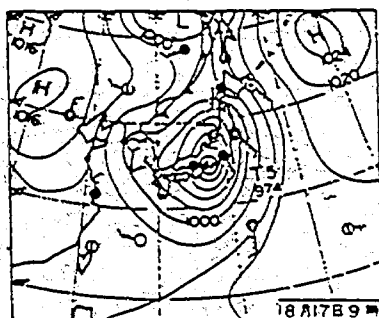
0.0- 50.0 MM
50.0-100.0 MM
I 100.0-200.0 MM
M 200.0- MM



時間雨量(9月10日15時)

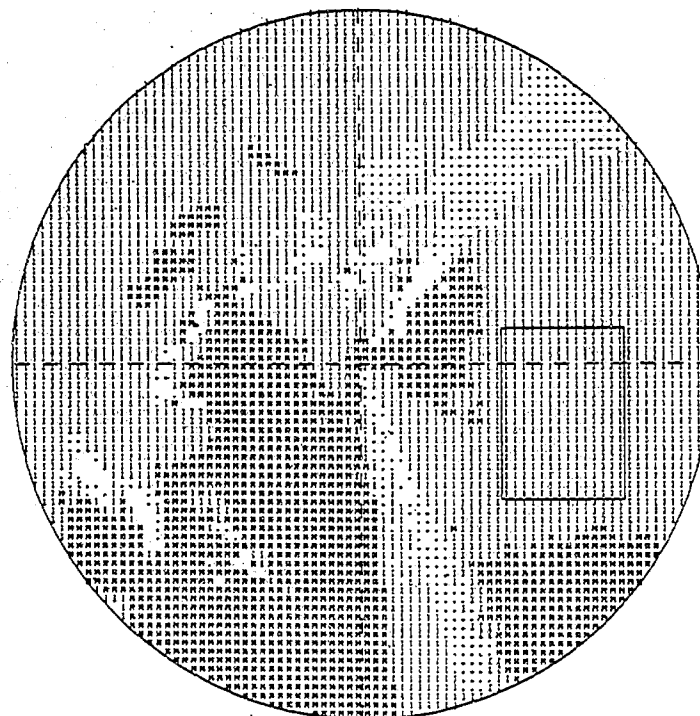
0.0- 1.0 MM
1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNO= 45



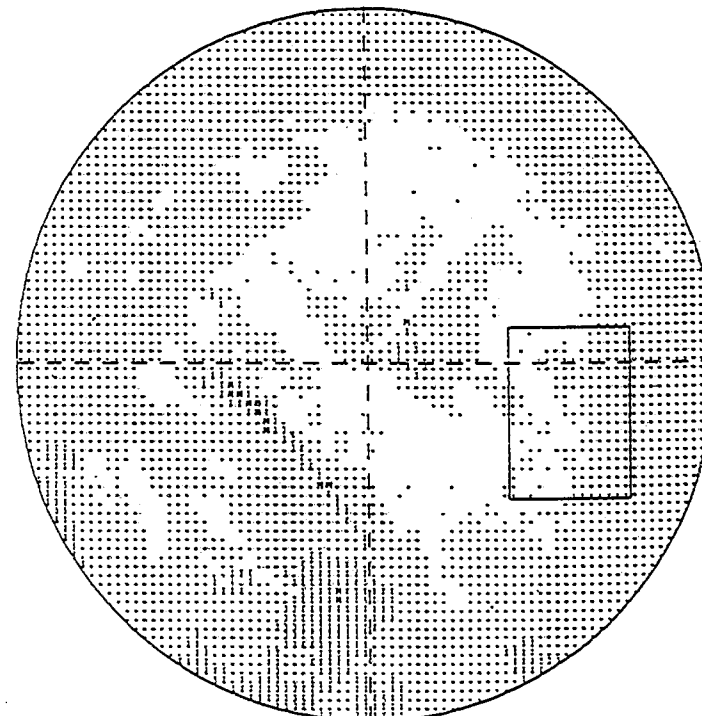
17日(水)台風5 渥美半島上陸
07時半頃。関東・東海豪雨続き。3
日間の●、五湖、芦ノ湯、天城山な
ど1000mm前後。母名の足大湿気。東
北も終日強雨で100mm前後の所。西
日本は①だが気温はほぼ平年並。

天気図



総雨量

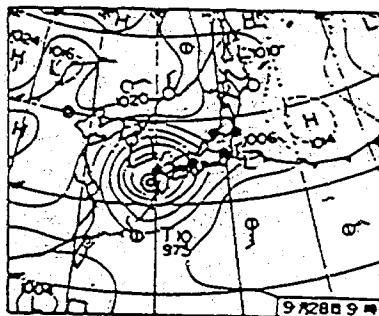
0.0- 50.0 MM
・ 50.0-100.0 MM
I 100.0-200.0 MM
M 200.0- MM



時間雨量(8月17日3時)

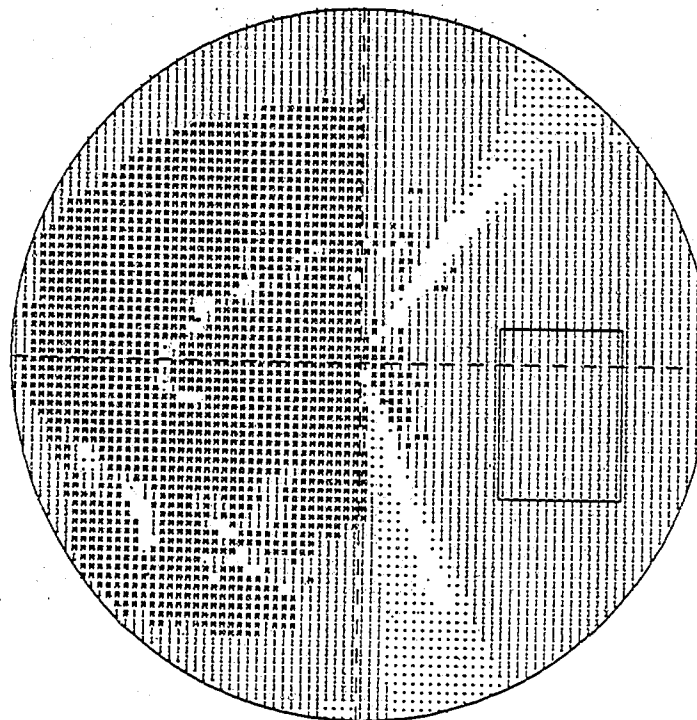
0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNC= 2



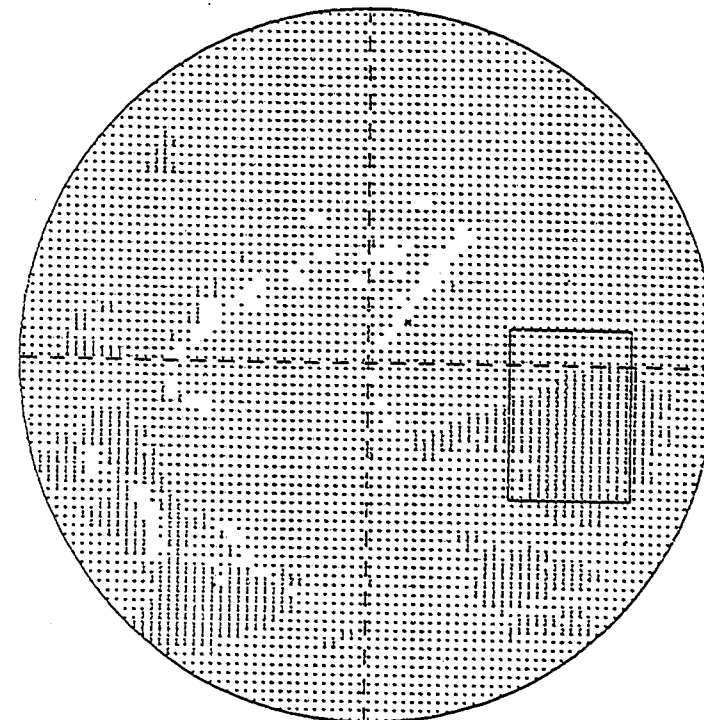
28日(水)台10長崎付近上陸
1020頃- 15時から温低に変わり、夜半
過ぎ東海上へ 九州から東北部ま
で100~250mm。この日までの死不明
30人- 東京 97.5mm, 17.5(-6.6)と
初冬の寒さ。

天気図



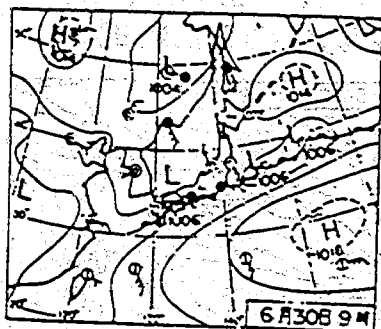
総雨量

0.0- 50.0 MM
50.0-100.0 MM
I 100.0-200.0 MM
M 200.0- MM



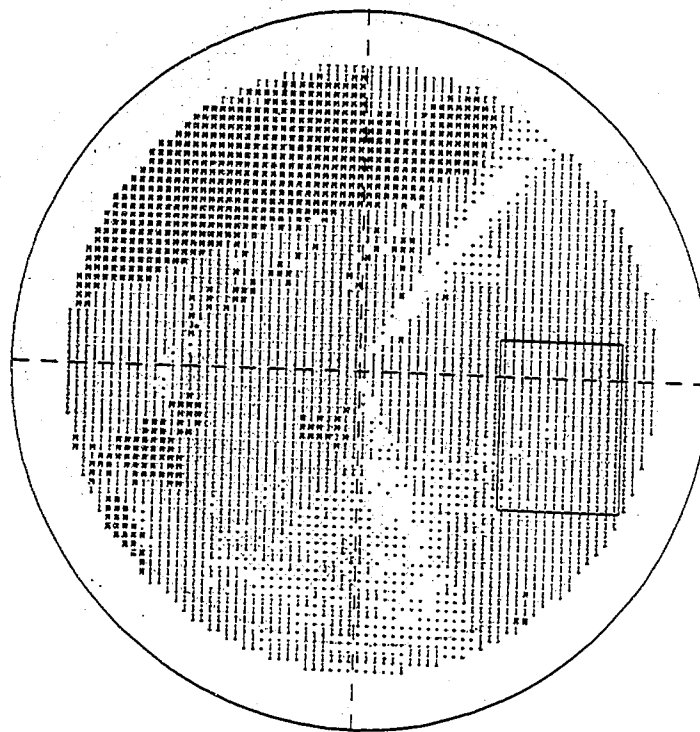
時間雨量 { 9月27日13時 }

0.0- 1.0 MM
1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM



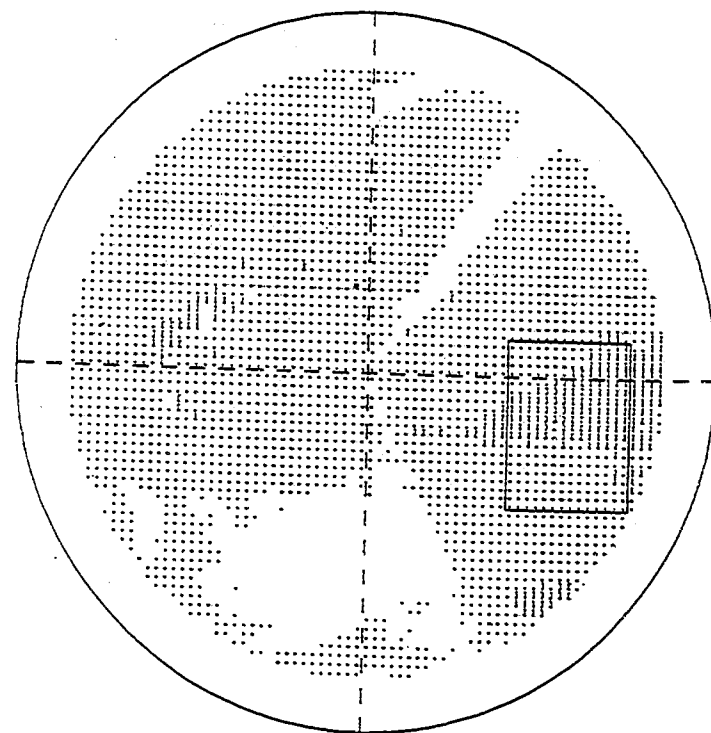
30日(土)梅雨まさに盛期
豪雨の北九州・山口県に新被害6人。
新幹線は盛り土流失で下りストップ。
行橋では川があふれ市の70%水没し。
東京も●max24.4°日降水量15ミリ。
利根川水系ダム貯水量がふえ始めた。

天気図



総雨量

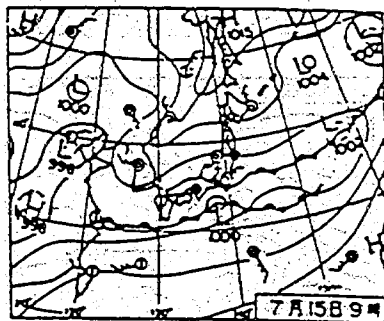
0.0- 50.0 MM
・ 50.0-100.0 MM
I 100.0-200.0 MM
M 200.0- MM



時間雨量 (6月29日19時)

0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

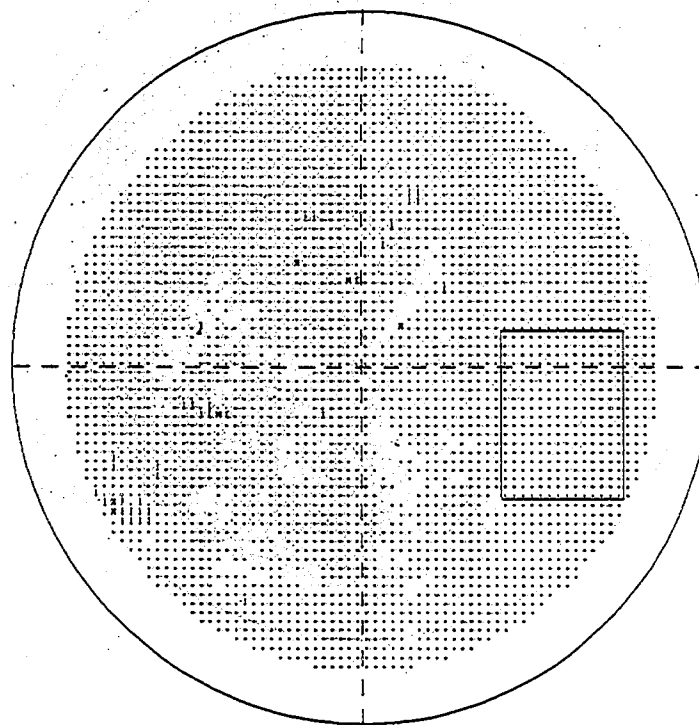
JNC= 8



15日(日)梅雨空もどる「盆」

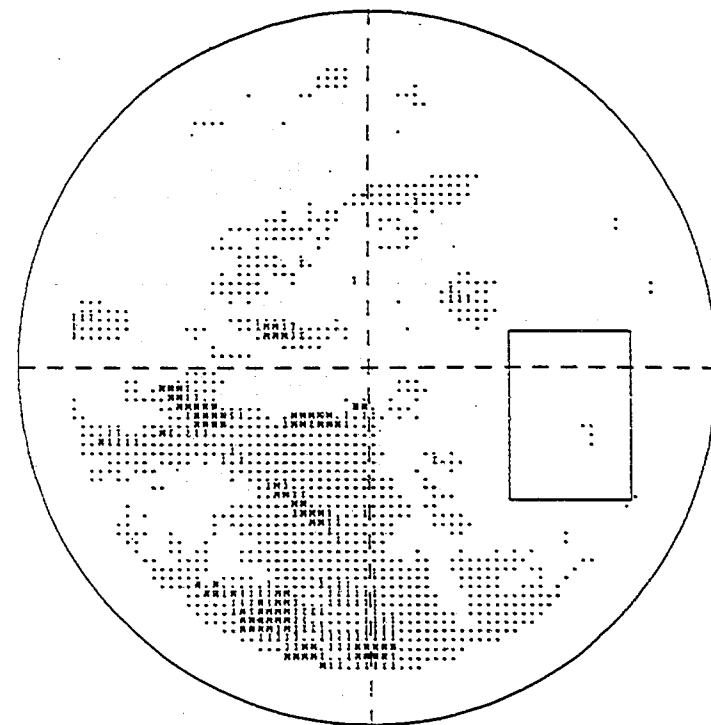
オホーブクHが三陸沖と山陰沖に。
 仙台やませ●18.3°(-7.1)真取も●。
 百々山の京○岳すき夏雨-①31.1°。
 鹿兒島①32.2°。東京○24.4°夕刻●
 東シベリヤで大規模な森林火災続く。

天気図



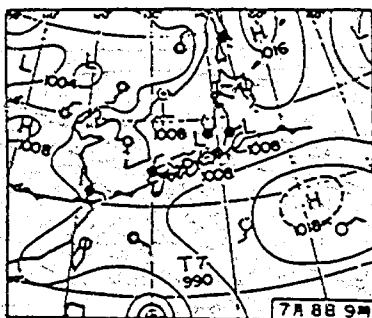
総雨量

.	0.0- 10.0 MM
.	10.0- 50.0 MM
I	50.0-100.0 MM
M	100.0- MM



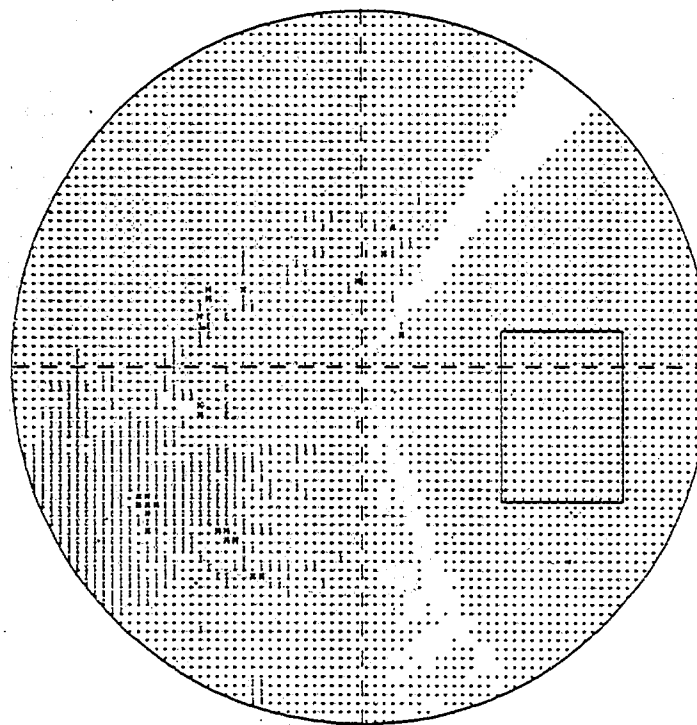
時間雨量 (7月15日7時)

.	0.0- 1.0 MM
.	1.0- 5.0 MM
I	5.0- 10.0 MM
M	10.0- MM



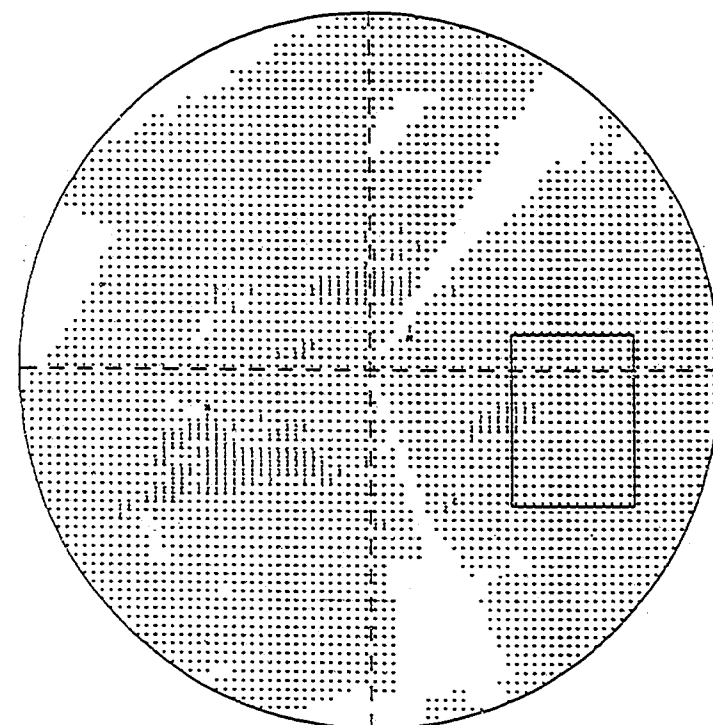
8日(火)東京取水制限中止
南岸Fとなり、関東以西大雨50~100
九州120mm前後も、本州中部午後い
ったん●上がったが、西日本は次のし
候近で止まず。東京17mm。夜、濃
霧の下田沖で外国貨物船同士が衝突。

天気図



総雨量

	0.0- 10.0 MM
.	10.0- 50.0 MM
I	50.0-100.0 MM
M	100.0- MM

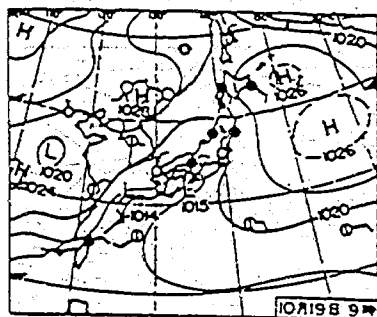


時間雨量(7月8日7時)

	0.0- 1.0 MM
.	1.0- 5.0 MM
I	5.0- 10.0 MM
M	10.0- MM

JNC= 12

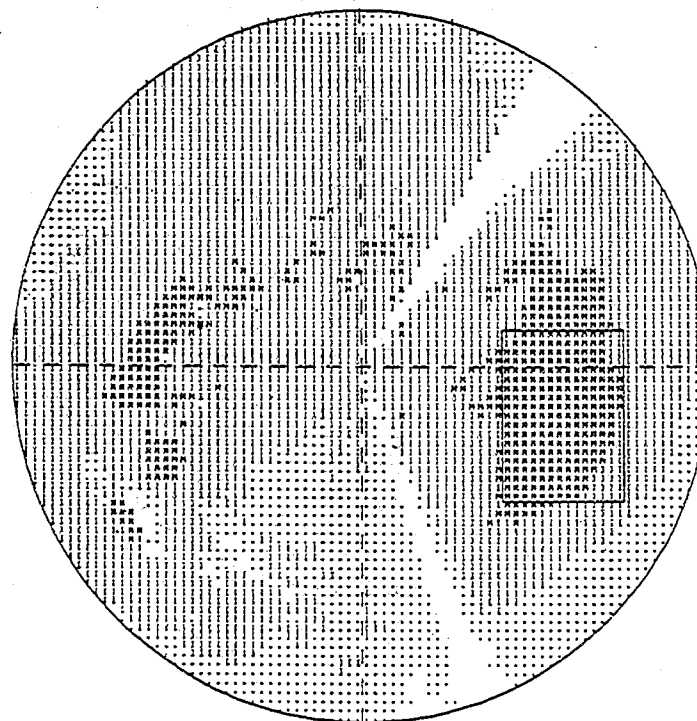
— 108 —



19日(日)秋雨再び

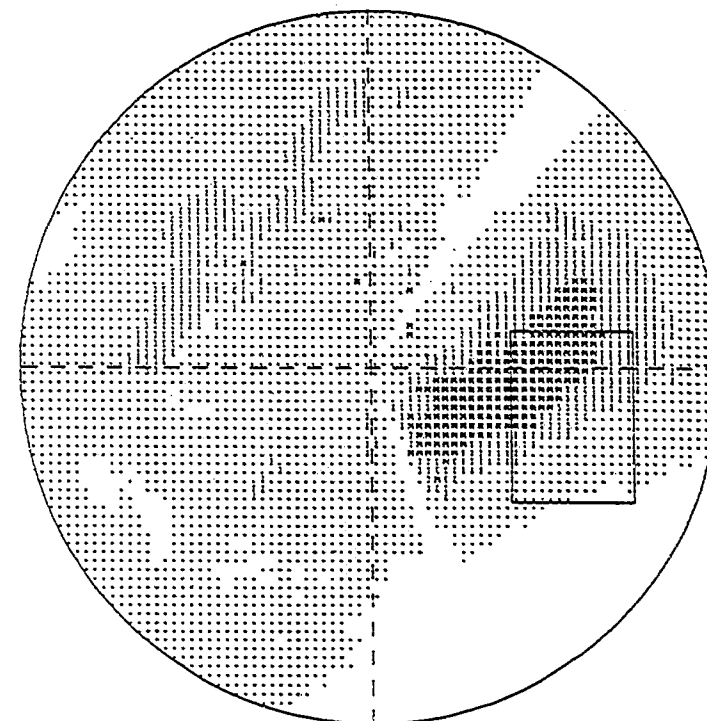
日本付近広い谷に入り、南岸にF.
停滞。北海道、沖縄を除いて決日●。
F上、小し次々と通り、近畿では100
mm越す●の所も。土砂崩れて飯田
線ストップ。東京6mm。21.4°。

天気図



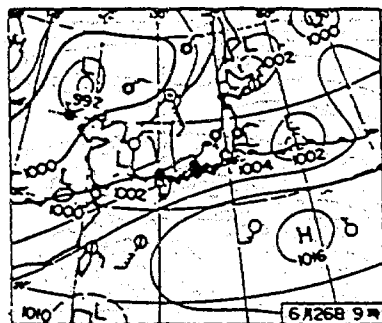
総雨量

	0.0- 10.0 MM
.	10.0- 50.0 MM
I	50.0-100.0 MM
M	100.0- MM



時間雨量(10月19日7時)

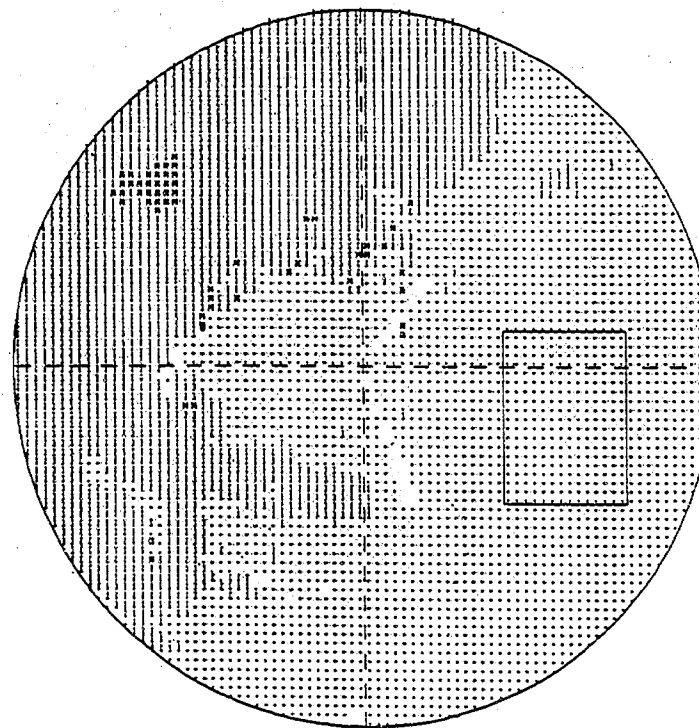
	0.0- 1.0 MM
.	1.0- 5.0 MM
I	5.0- 10.0 MM
M	10.0- MM



26日(金) 末期型豪雨

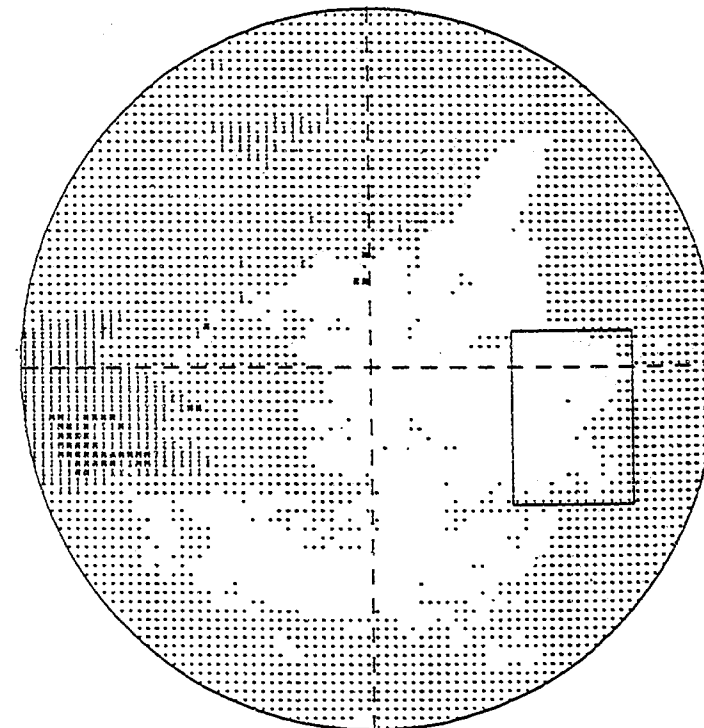
F. ひき続き西日本で活発. 中国四国. 九州北部で50~100, 所々で150 mmの豪雨. 2日間の●, 浜田216, 広島187, 福岡130mm. 東日本は冷たい●からいったん回復. 青森○.

天気図



総雨量

0.0- 10.0 MM
 . 10.0- 50.0 MM
 I 50.0-100.0 MM
 M 100.0- MM



時間雨量〔6月26日3時〕

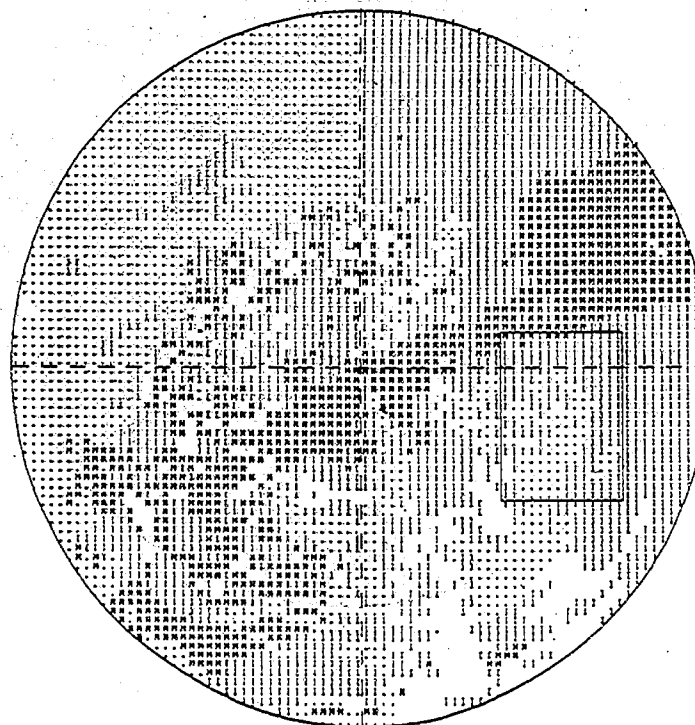
0.0- 1.0 MM
 . 1.0- 5.0 MM
 I 5.0- 10.0 MM
 M 10.0- MM

JNC= 21



8日(水) F東日本で活発
F上を東進してきた弱い谷(ウェーブ)があり、これに向って暖湿流が入っている。中部、関東、東北南部で強雨100mm前後の所も、東京4.5mm、夜半には水に漂う如き月の姿も。

天気図



総雨量

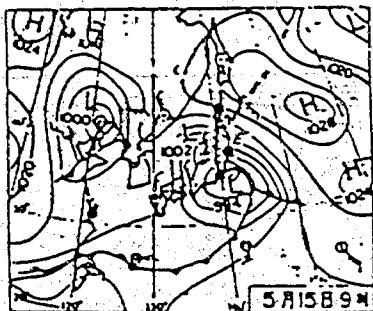
0.0- 10.0 MM
・ 10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量(9月8日22時)

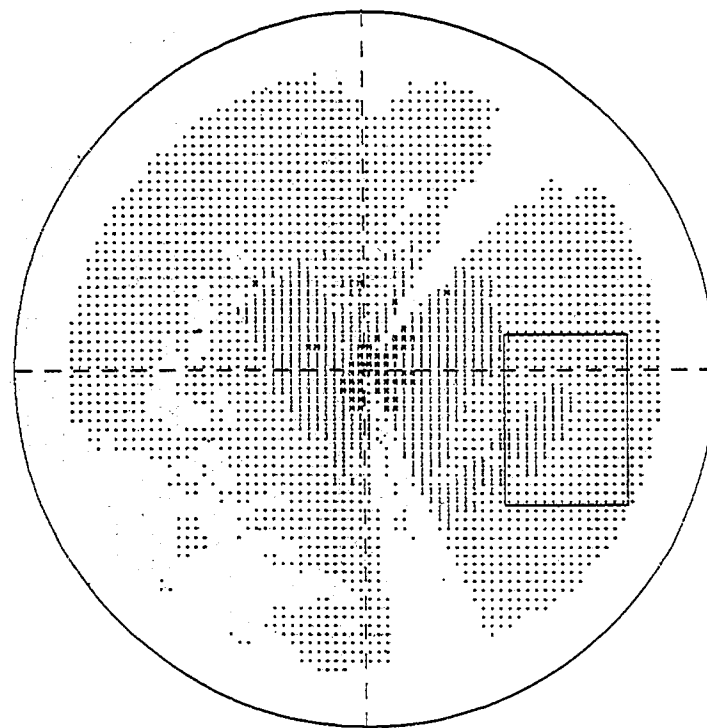
0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNO= 9



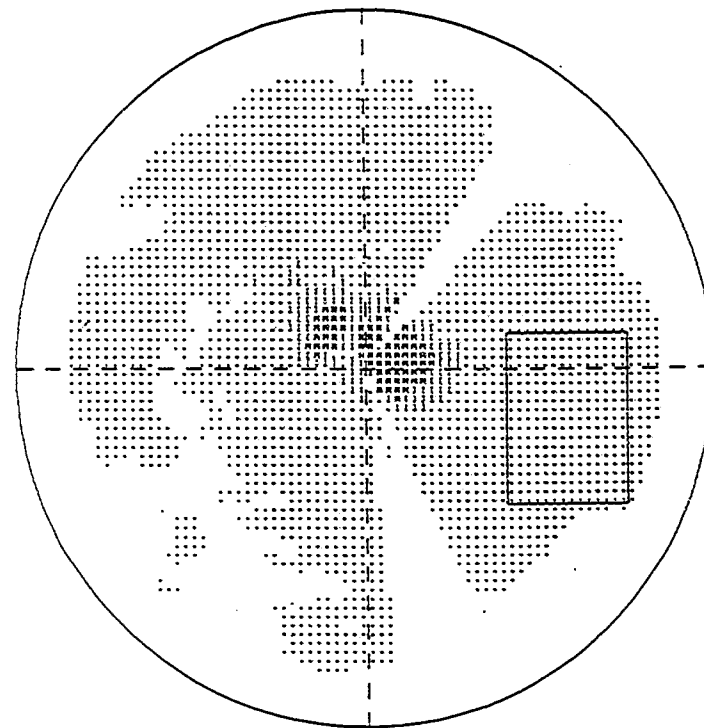
15日(火)東京山手また浸水
 し独行で、東京に30時間連続降雨。
 未明2~3時30ミリ9時までに82ミリ
 山ノ手で川はんらん床上浸水629戸
 (昨年と同様)。午後①21.7°ター②
 けさ茨城県下で山崩れ夫婦が生埋め。

天気図



総雨量

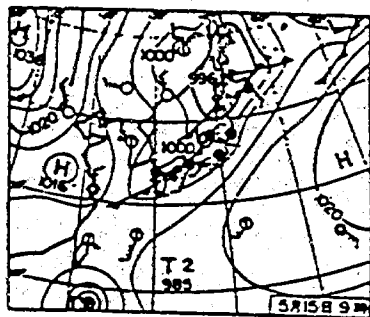
0.0- 10.0 MM
 . 10.0- 50.0 MM
 I 50.0-100.0 MM
 M 100.0- MM



時間雨量(5月14日13時)

0.0- 1.0 MM
 . 1.0- 5.0 MM
 I 5.0- 10.0 MM
 M 10.0- MM

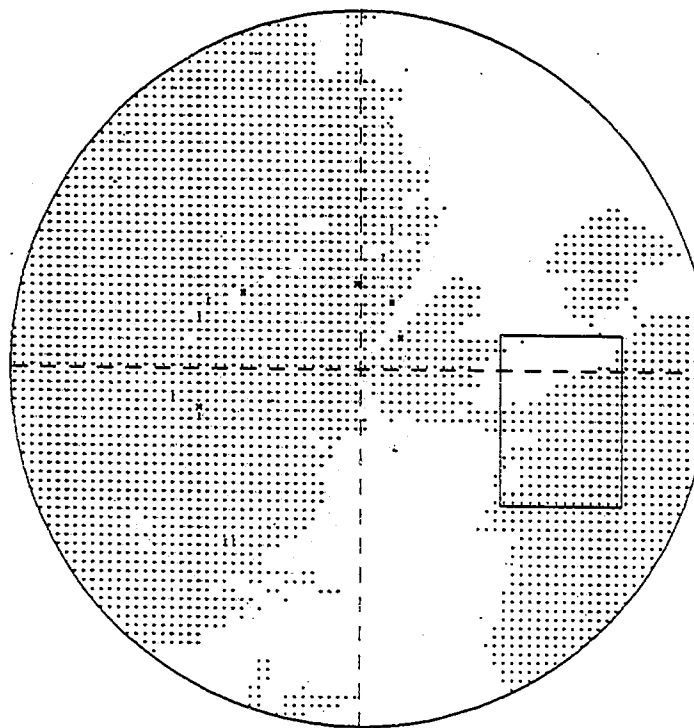
JNC= 10



15日 (木) むし暑い●

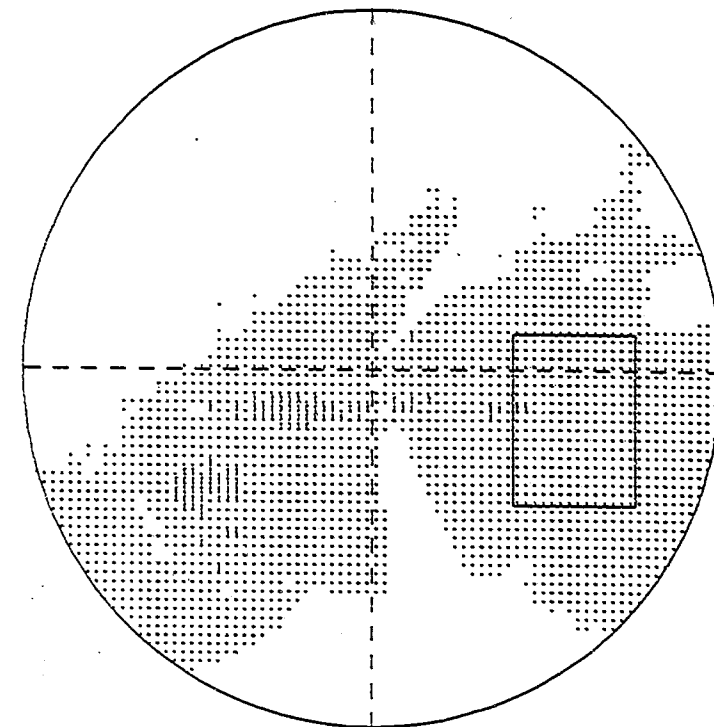
南西諸島暗天つづき、那覇25.7°C。
 その他列島深い谷に入って●、Lの
 動き速いが、CF次第に東西にねる。
 このところ、谷の前面、Lの暖域で
 の海霧発生頻々。

天気図



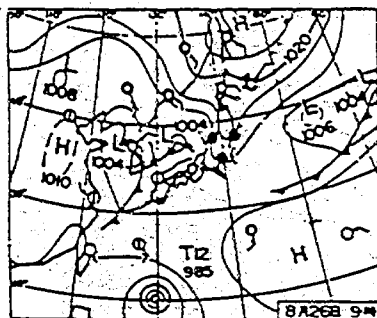
総雨量

0.0- 10.0 MM
 . 10.0- 50.0 MM
 I 50.0-100.0 MM
 M 100.0- MM



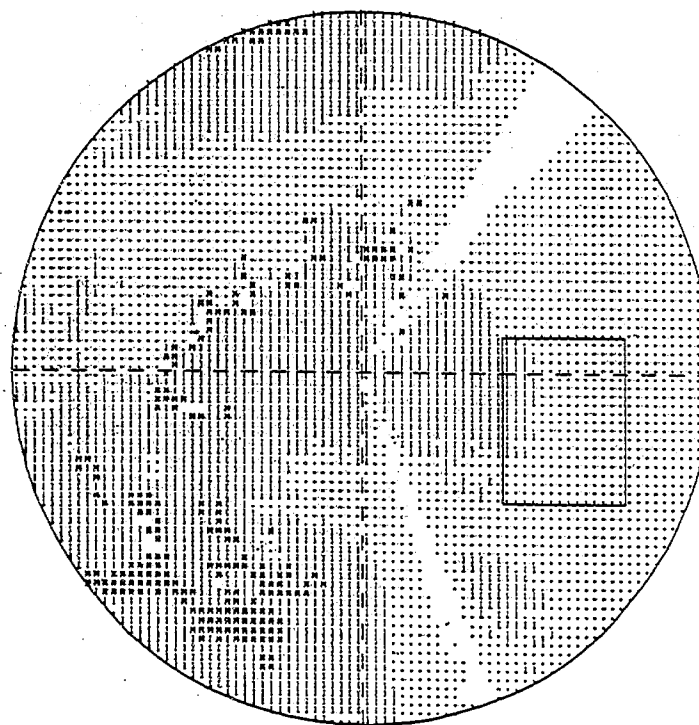
時間雨量 (5月15日19時)

0.0- 1.0 MM
 . 1.0- 5.0 MM
 I 5.0- 10.0 MM
 M 10.0- MM



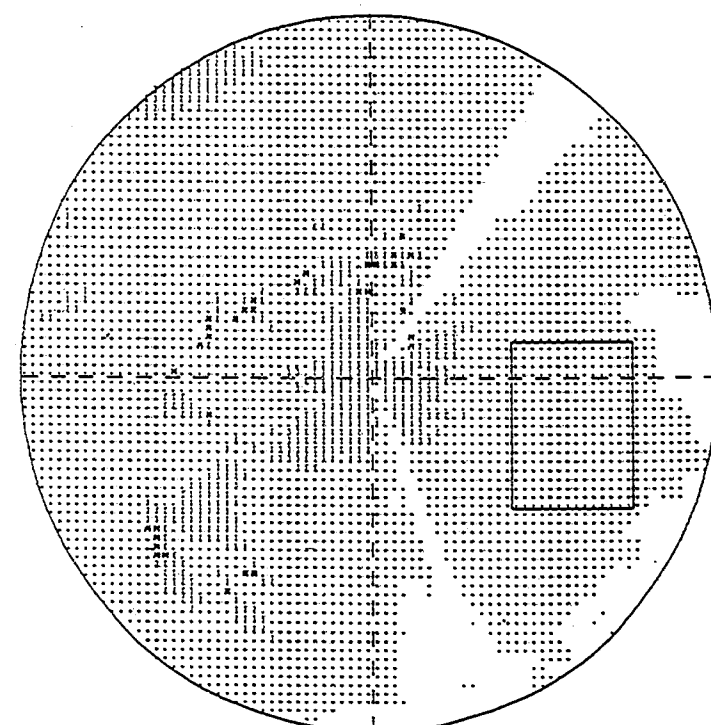
26日(火)低温日照不足情報
第2号気象庁発表。L、日本海東道、
午後F南下で北陸以西日本海側1時
間35~50mmの雷●。日雨量東京43、
京都117、沖縄も台風接近で夕方か
ら◎。北海道は①だが冷涼。

天気図



総雨量

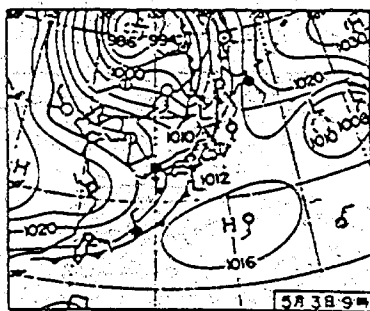
0.0- 10.0 MM
・ 10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量(8月26日10時)

0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

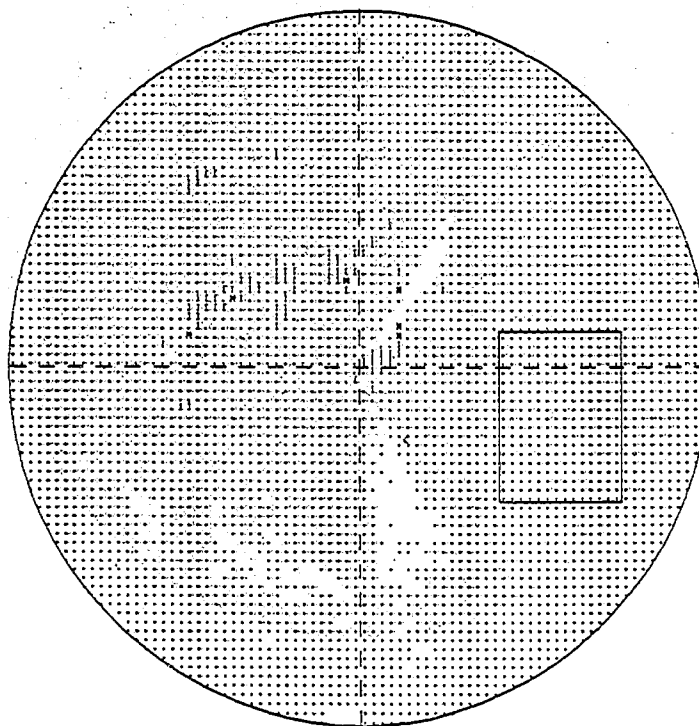
JNC= 8



3日(日) 窓法記念日

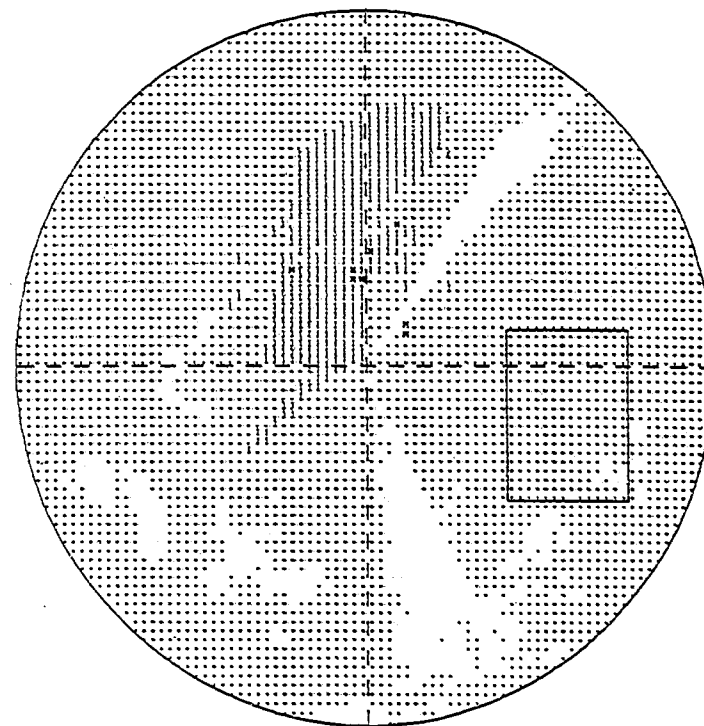
F二段構えで日本通過。東京あたり
は風雨に変わって日中①、24.8(+3.6)
●0.0mm。博多どんたくの九州北部
も夕刻から①。その他●20mm前後
でmax 前日より7°C前後低くなる。

天気図



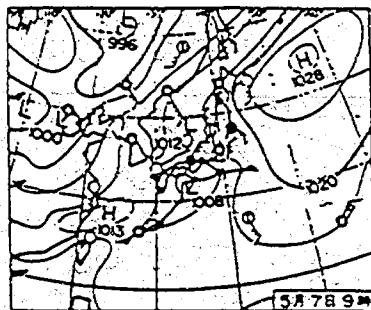
総雨量

0.0- 10.0 MM
I 10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量(5月4日1時)

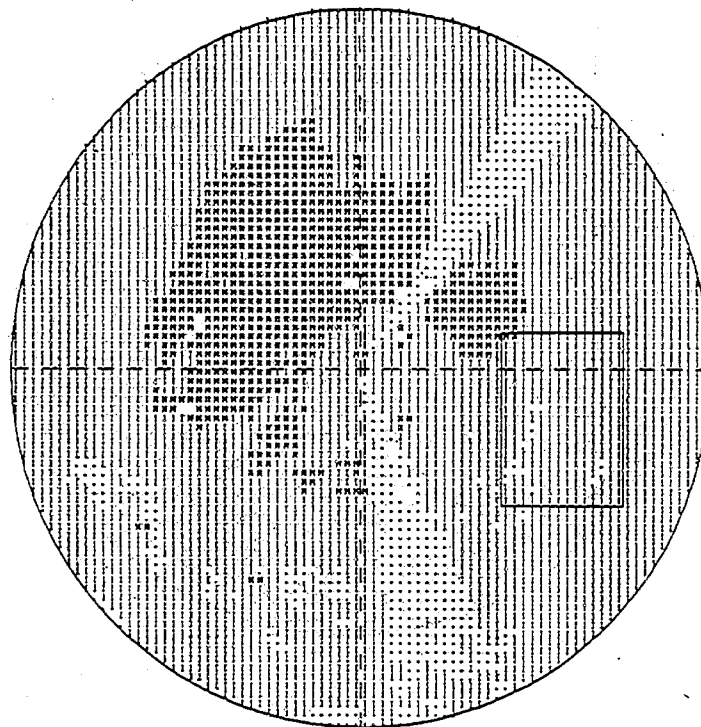
0.0- 1.0 MM
I 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM



7日(木) 本州冷雨

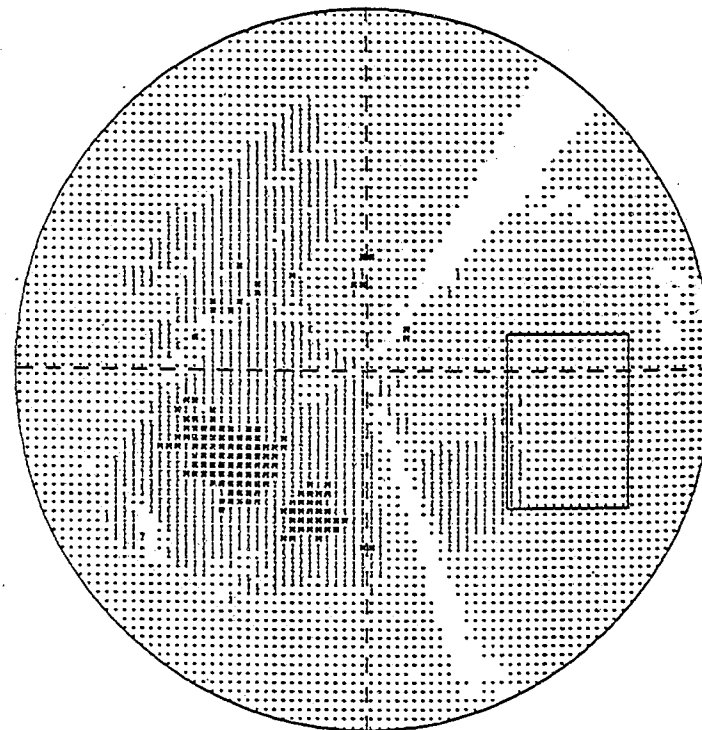
日本海にも弱いしあり、二つ玉型。近畿～関東の所々で50～100mm. max
 平年比-6～10°Cの寒い●。東京41.
 尾翼2日間。200mm. 西日本は午後
 伏①たが東京終日●。南西諸島小嵐。

天気図



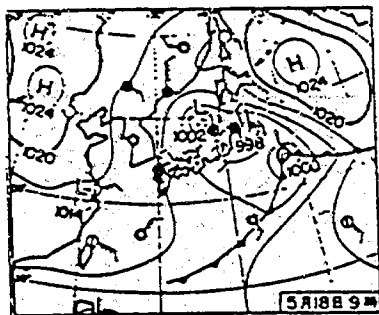
総雨量

0.0- 10.0 MM
 . 10.0- 50.0 MM
 I 50.0-100.0 MM
 M 100.0- MM



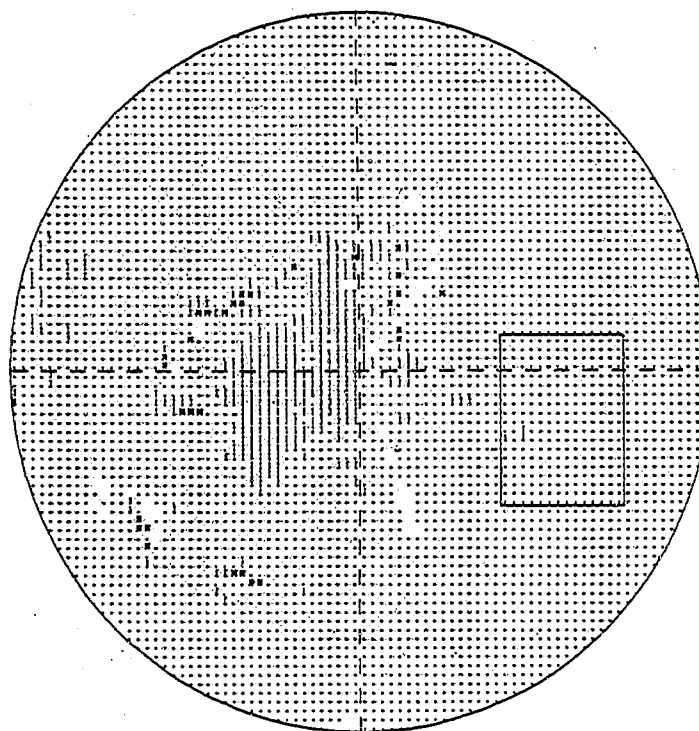
時間雨量(5月7日16時)

0.0- 1.0 MM
 . 1.0- 5.0 MM
 I 5.0- 10.0 MM
 M 10.0- MM



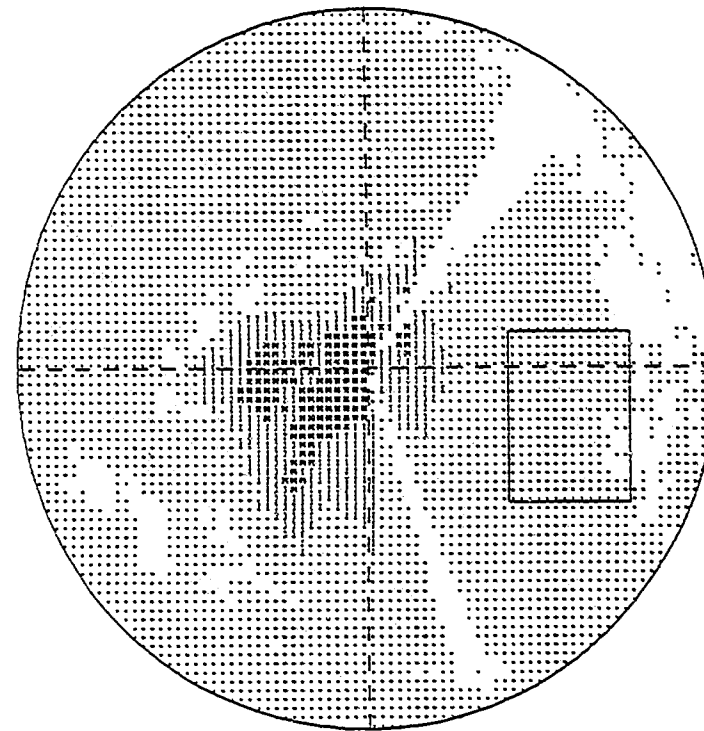
18日(月) ●北日本へ
東京、昨夜半の強雨で冠水、電柱、ブ
ロックべい傾く。未明よりよく〇れ
富士絵の如し。日本海に cold L 現
われ、北陸、北日本で30から東北は
50mm以上の所も。沖縄晴天2日。

天気図



総雨量

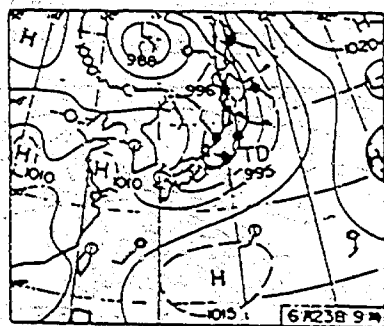
0.0- 10.0 MM
・ 10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量 (5月17日24時)

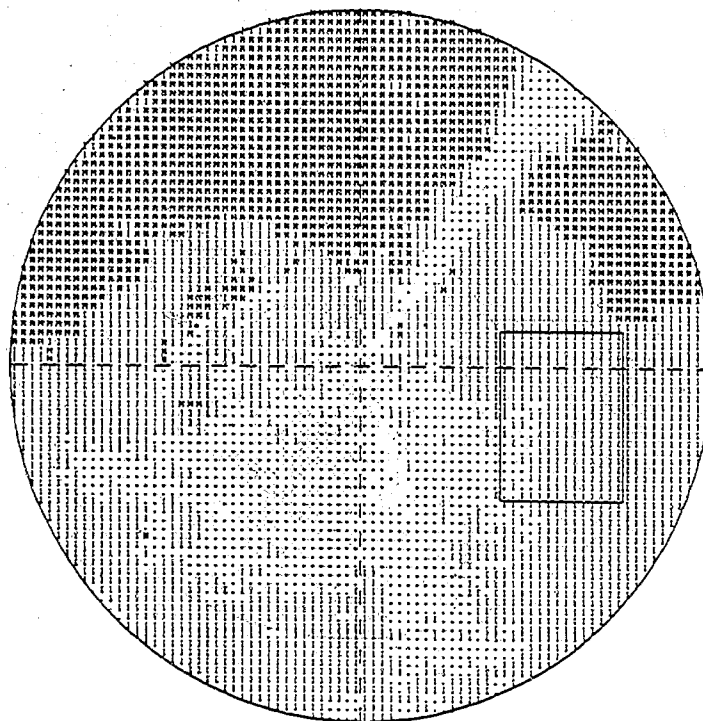
0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNC= 36



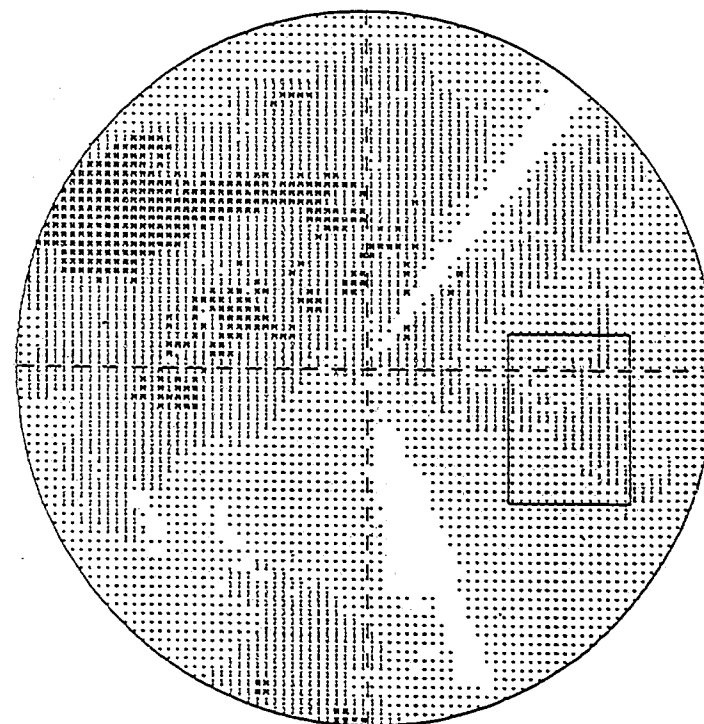
23日(火) 熱低本州横断
台5号の衰弱したもの。午後関東の
東で最低に。東京午前南風瞬間18.7
m/s。●7.5mm南紀。東海では局地
的に100mm。天城山127mm。関東、
午後①で晴気回復。北日本低気圧続く。

天気図



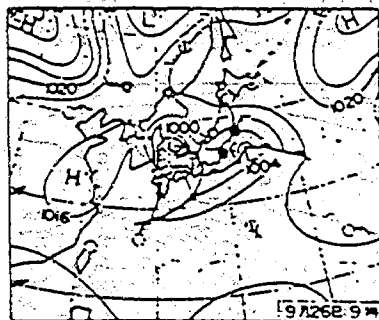
総雨量

0.0- 10.0 MM
・ 10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



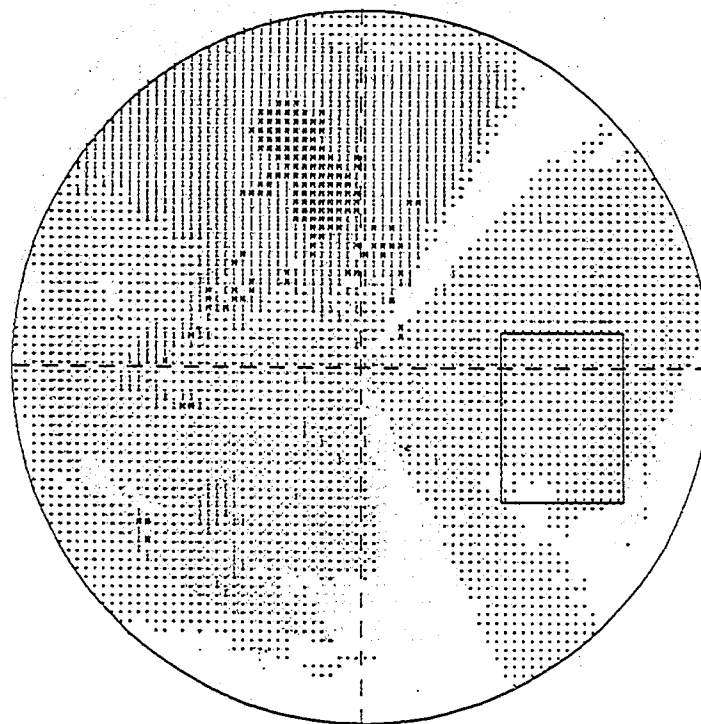
時間雨量(6月23日8時)

0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM



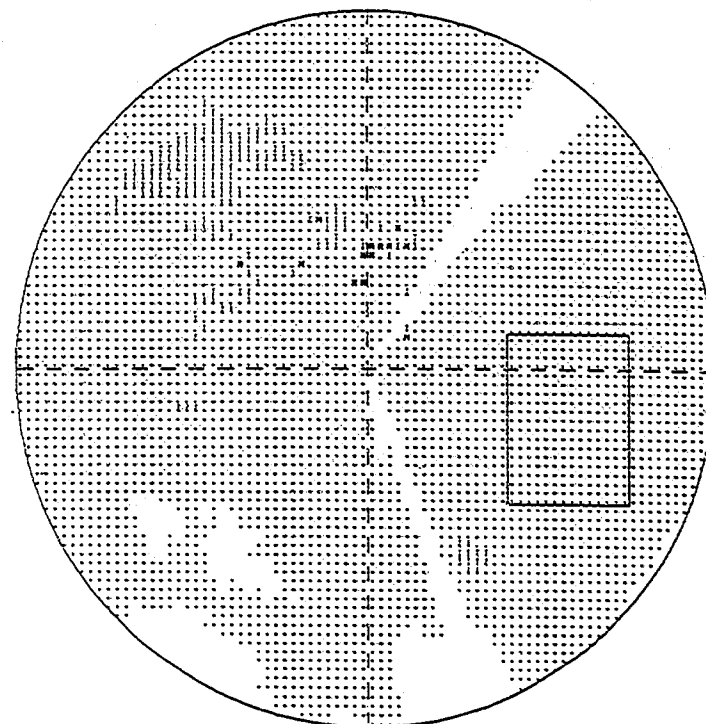
26日(土) 豪雨東北地方へ
日本海で閉塞。雲雨域東北へ移り
特に太平洋側目立ち、苫小牧、山田、
釜石など200mm前後。関東、東海
は50mm程度だが短時間大雨で千葉
神奈川など浸水、冠水さびさ。

天気図



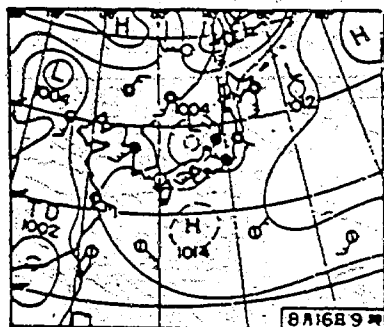
総雨量

0.0- 50.0 MM
・ 50.0-100.0 MM
I 100.0-200.0 MM
M 200.0- MM



時間雨量(9月25日8時)

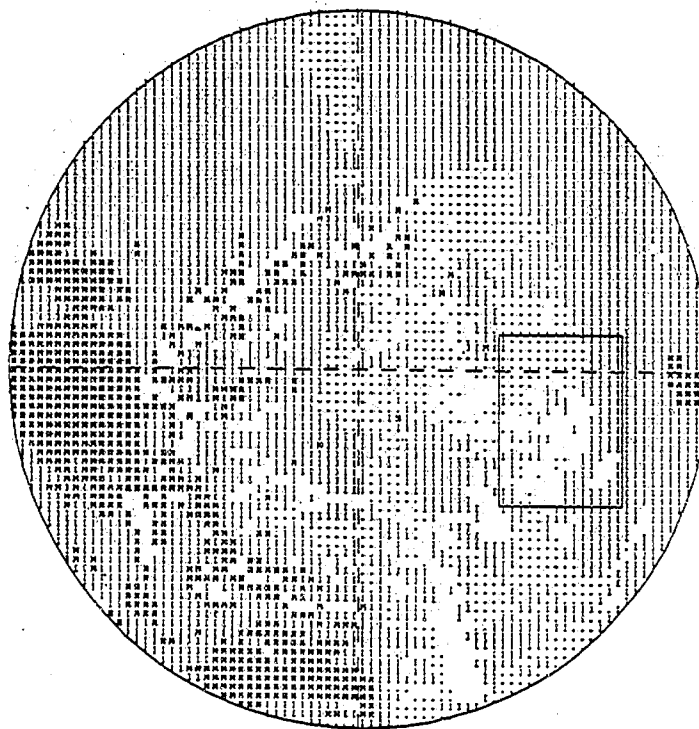
0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM



16日(月) 岐阜大雨

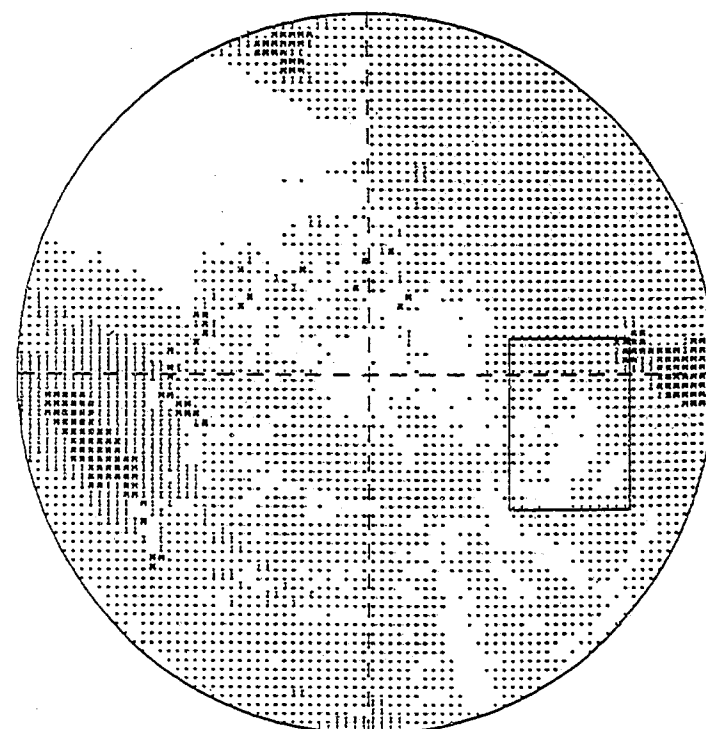
熱低くずれのしゅっくり東南東進。
岐阜県で100~200北陸も100mm前後
の強雨。天気分布は昨日同様。本州中
部の低気目立つ。東京のmax 25.6°
で今月の最低。郊外スキ出遅。

天気図



総雨量

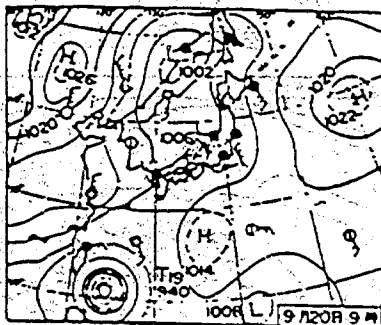
0.0- 50.0 MM
・ 50.0-100.0 MM
I 100.0-200.0 MM
M 200.0- MM



時間雨量 (8月15日9時)

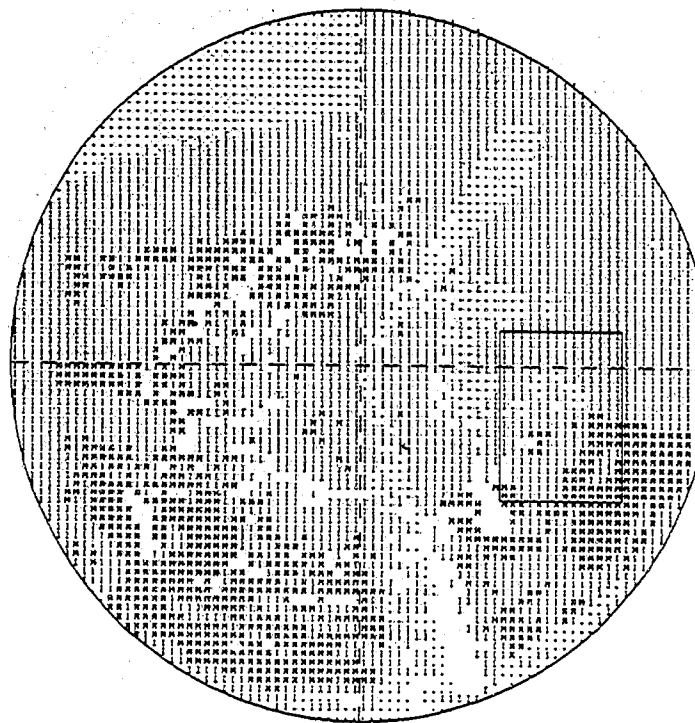
0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNC= 15



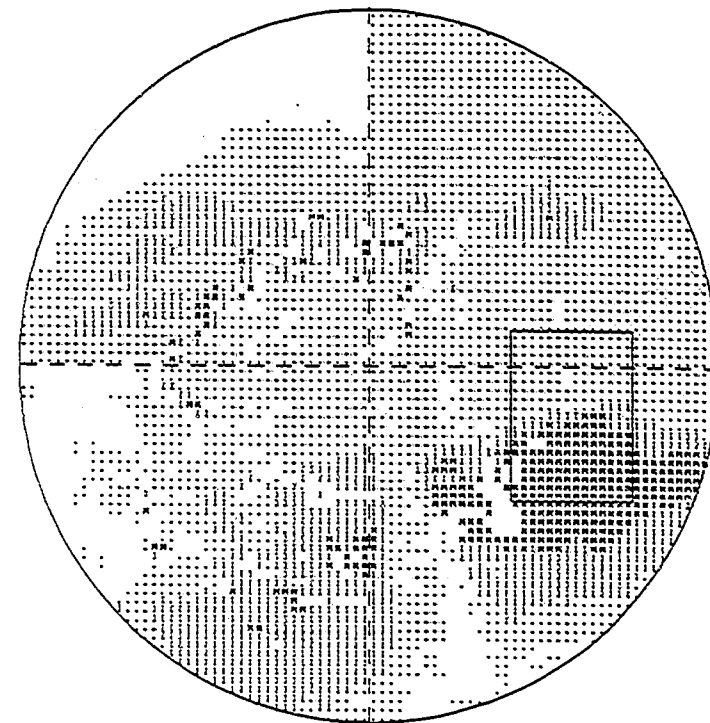
20日 (月) 冷雨の彼岸入り
本州を中心にmax 平比-3~-7の冷
涼な天候続き。北海道を除いて●の
彼岸入りだが、雨雲は1部山岳以外
は多くて50mm前後。東京24.5=17.0
(-2.2) 21.4 (-4.5)

天気図



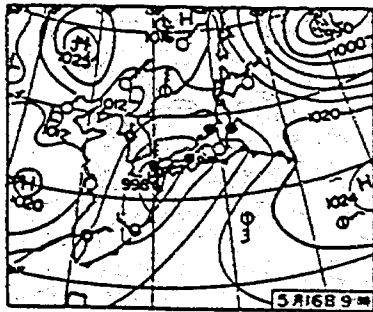
総雨量

0.0- 10.0 MM
10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量 (9月20日 4時)

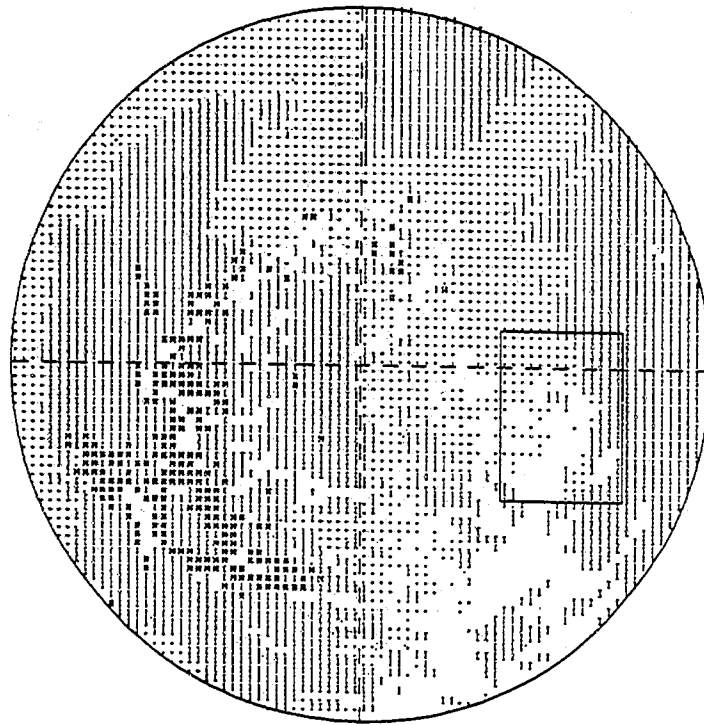
0.0- 1.0 MM
1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM



16日(月) 冷たい豪雨

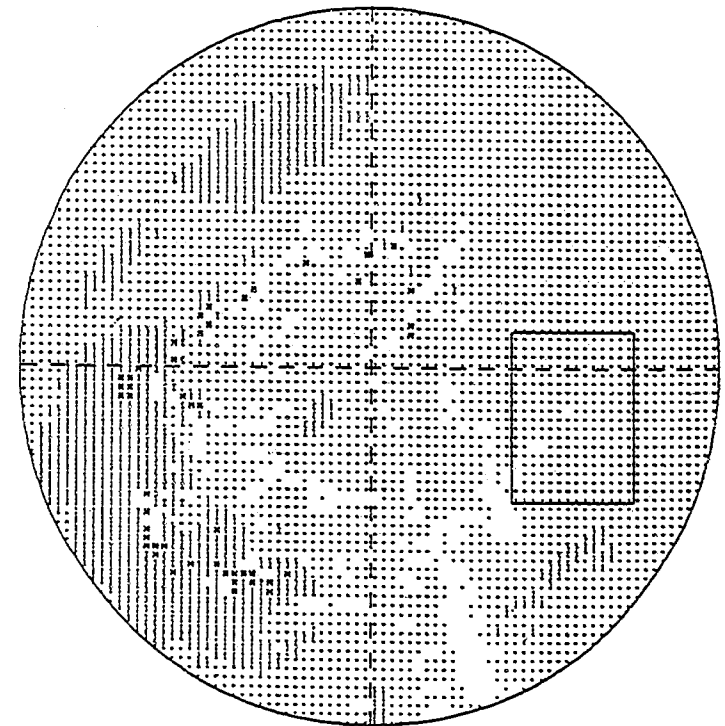
L、本州をまともに横断。強い暖湿
流入って沖縄所々●。西日本100mm
前後。豪雨中心は南紀～東海で200
前後。天城山313mm。東京63mmmax
17.2(-5.5)の冷たい●。

天気図



総雨量

0.0- 50.0 MM
 . 50.0-100.0 MM
 I 100.0-200.0 MM
 M 200.0- MM



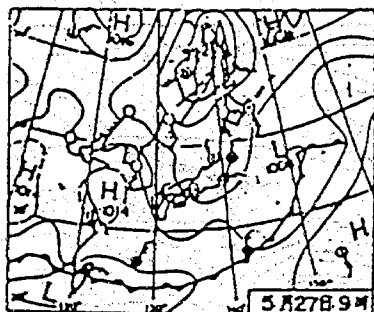
時間雨量(5月16日7時)

0.0- 1.0 MM
 . 1.0- 5.0 MM
 I 5.0- 10.0 MM
 M 10.0- MM

79 5 25 19 0 — 79 5 27 21 0

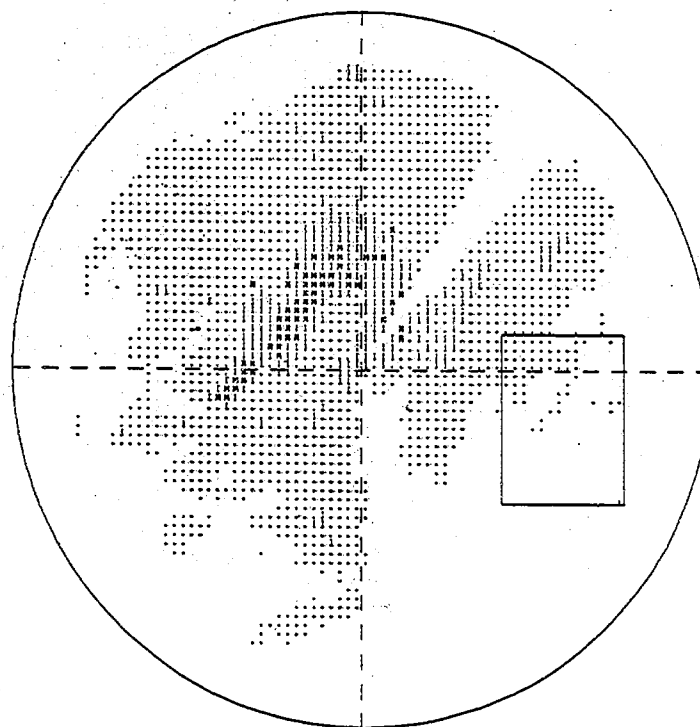
(雷雨 № 1)

JNO= 27



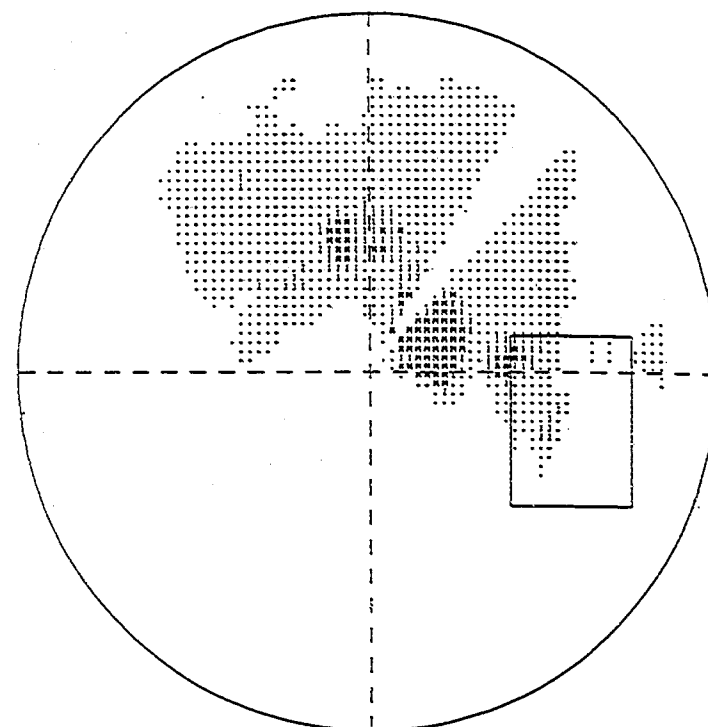
27日(日)東日本で雷大暴れ
未明に伊豆半島に東京max22.9°
1120福島県下の小学校庭で、土ごり
堀ケ岳で、1340宮城のゴルフ場で、
霞ヶ浜各1.また1300ころ茨城に竜巻。
1630東京湾上空ジャンボの翼に雷。

天気図



総雨量

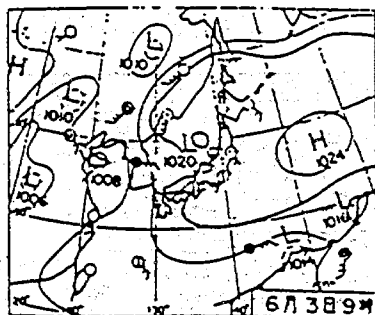
0.0- 10.0 MM
10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量 (5月26日22時)

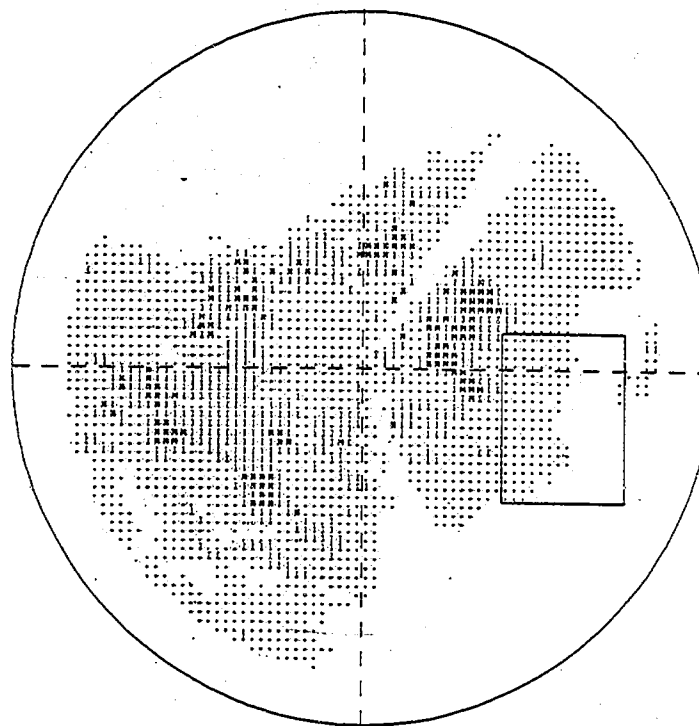
0.0- 1.0 MM
1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNC= 5



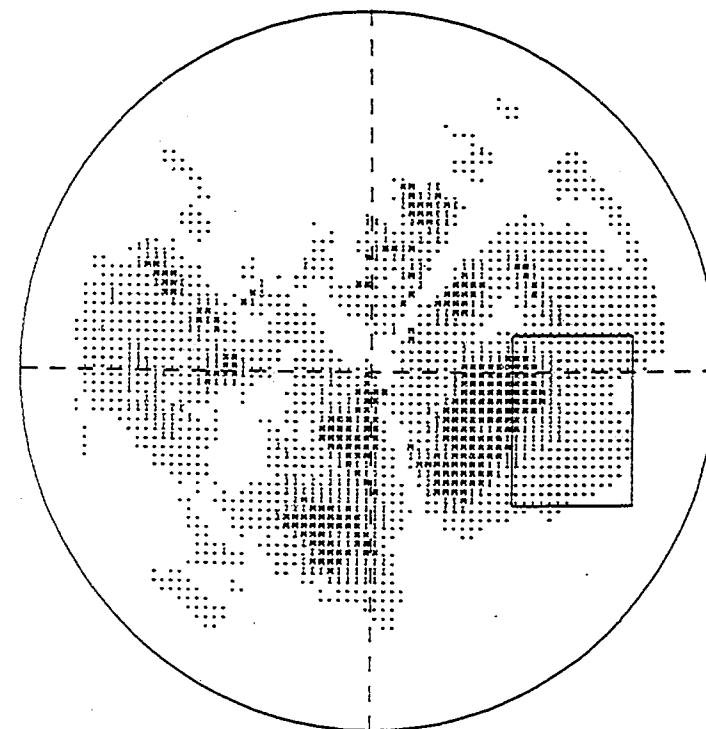
3日(日)朝から越後に発雷
新潟地方は朝から雷雨だったが0930
ころ北蒲原のゴルフ場で落雷犠牲1.
長:新潟・仙台・福島・日光など●.
1730信濃追分駅構内に落雷、特急が
立往生。東京①24.8°ツユクサ開花。

天気図



総雨量

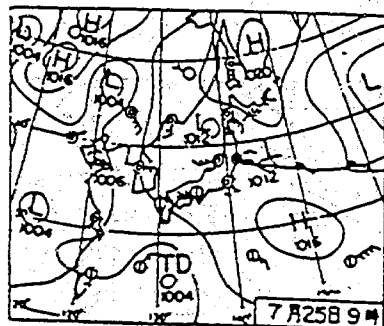
0.0- 10.0 MM
・ 10.0- 50.0 MM
I 50.0-100.0 MM
M 100.0- MM



時間雨量(6月2日18時)

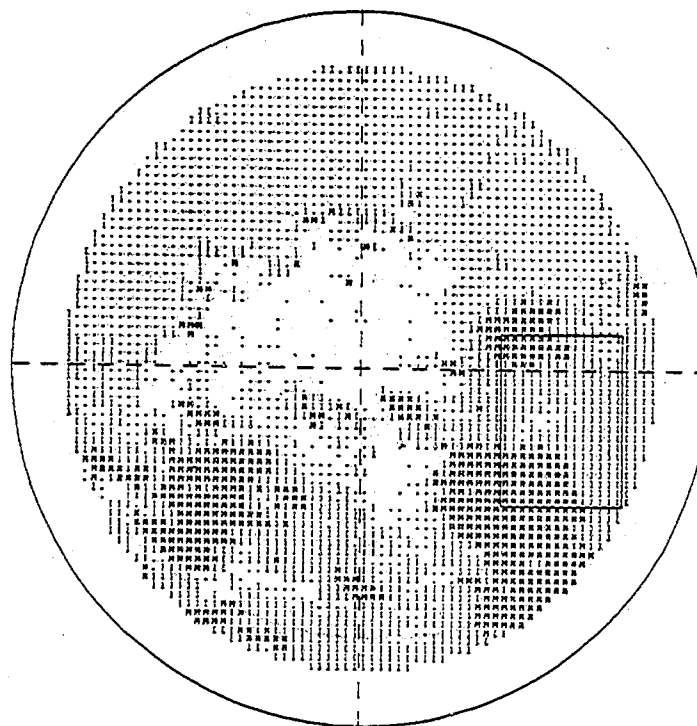
0.0- 1.0 MM
・ 1.0- 5.0 MM
I 5.0- 10.0 MM
M 10.0- MM

JNC= 1



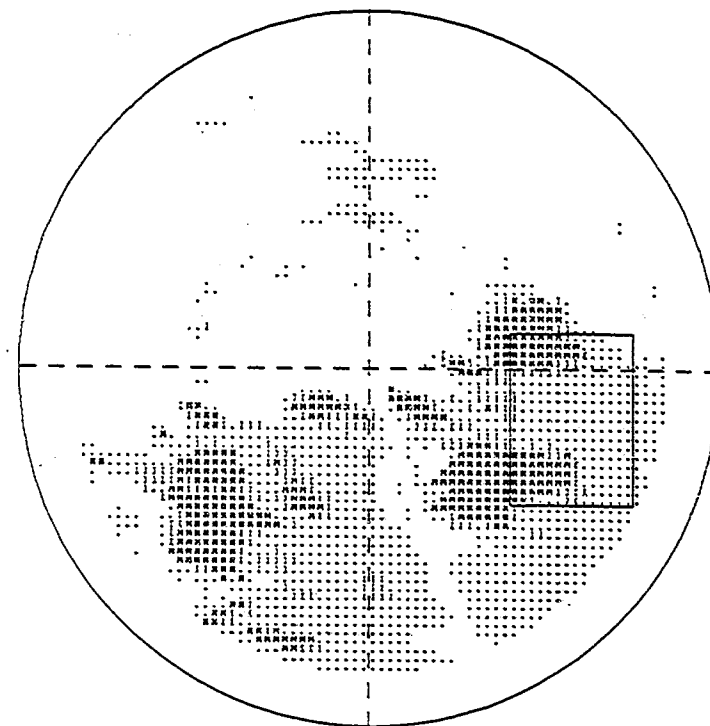
25日(水)近畿・中国も宣言
 昨夜の奥利根特有の夏雷雨で6ダム
 貯水量が55.8%に。取水制限を中断。
 天神祭の大阪33.1°, 京35.1°。東京
 はmin25.7°油照り31.6°三田に油照り。
 北関東に強い雷雲、天城に大雨警報。

天気図



総雨量

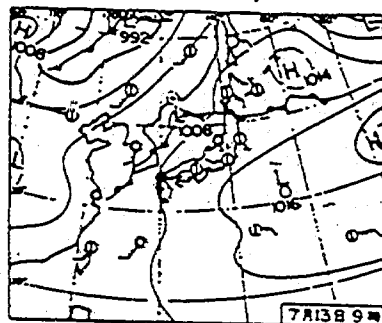
	0.0-	5.0 MM
.	5.0-	10.0 MM
I	10.0-	20.0 MM
M	20.0-	MM



時間雨量 (7月25日18時)

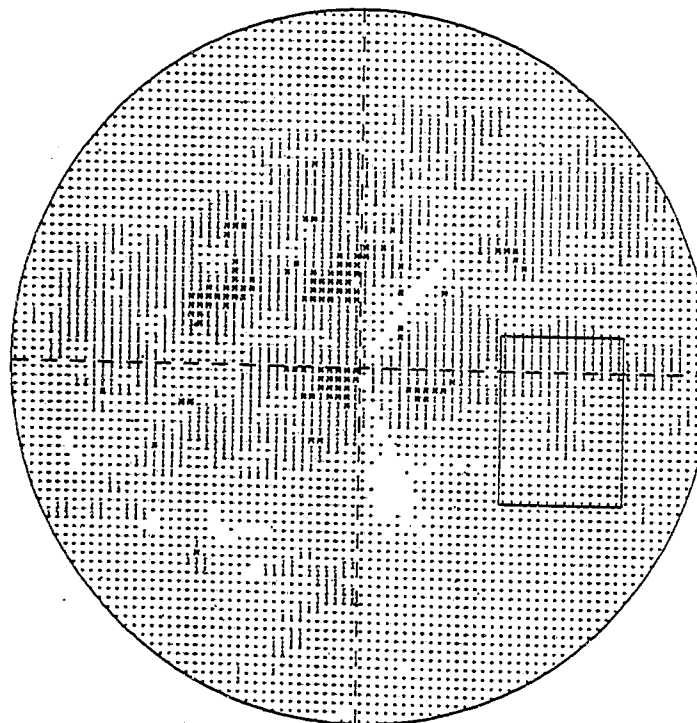
	0.0-	1.0 MM
.	1.0-	5.0 MM
I	5.0-	10.0 MM
M	10.0-	MM

JNC= 3



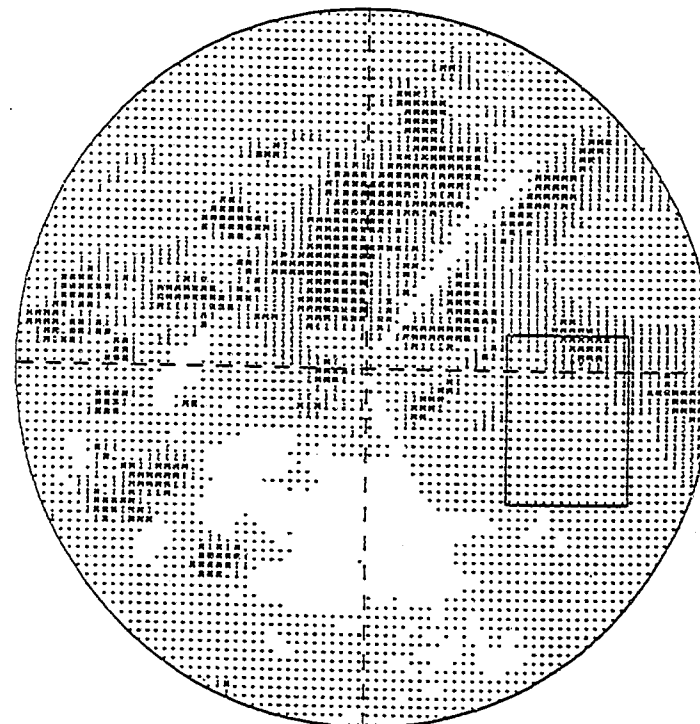
13日(月) 近畿梅雨明け
Fは北上したが、谷の通過で不安定。
午後、東日本、西日本で広範囲に熱
雷発生。50~100mmの所。多摩でも時
間雨量50前後。標高114mm。氷害あ
ちこち。東北は強雨のあと回復へ。

天気図



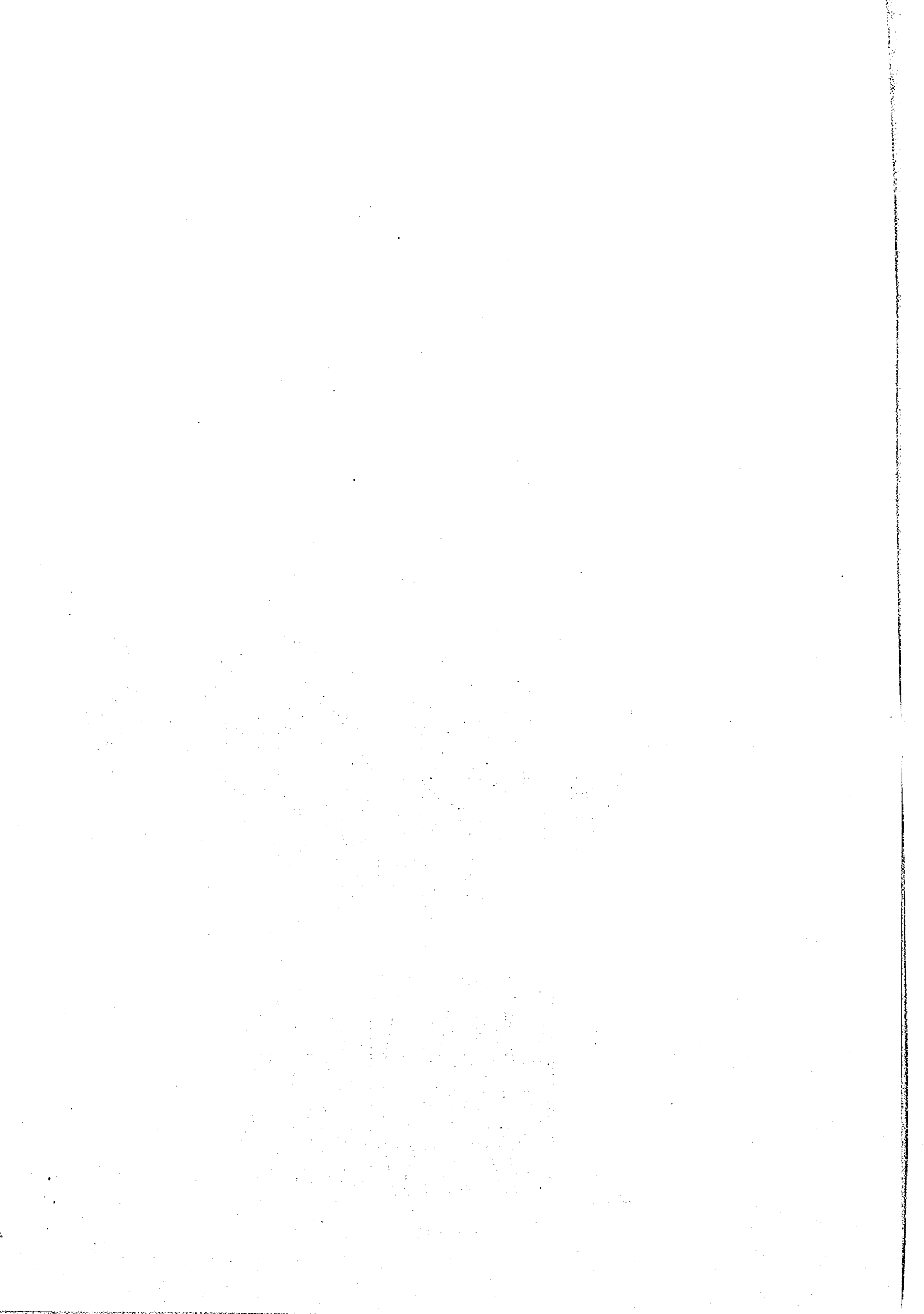
総雨量

.	0.0- 10.0 MM
.	10.0- 50.0 MM
I	50.0-100.0 MM
M	100.0- MM



時間雨量(7月13日18時)

.	0.0- 1.0 MM
.	1.0- 5.0 MM
I	5.0- 10.0 MM
M	10.0- MM



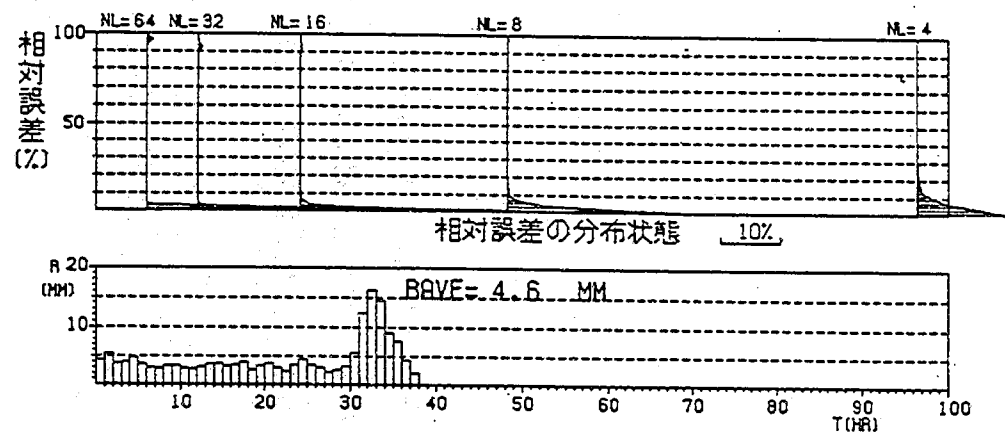
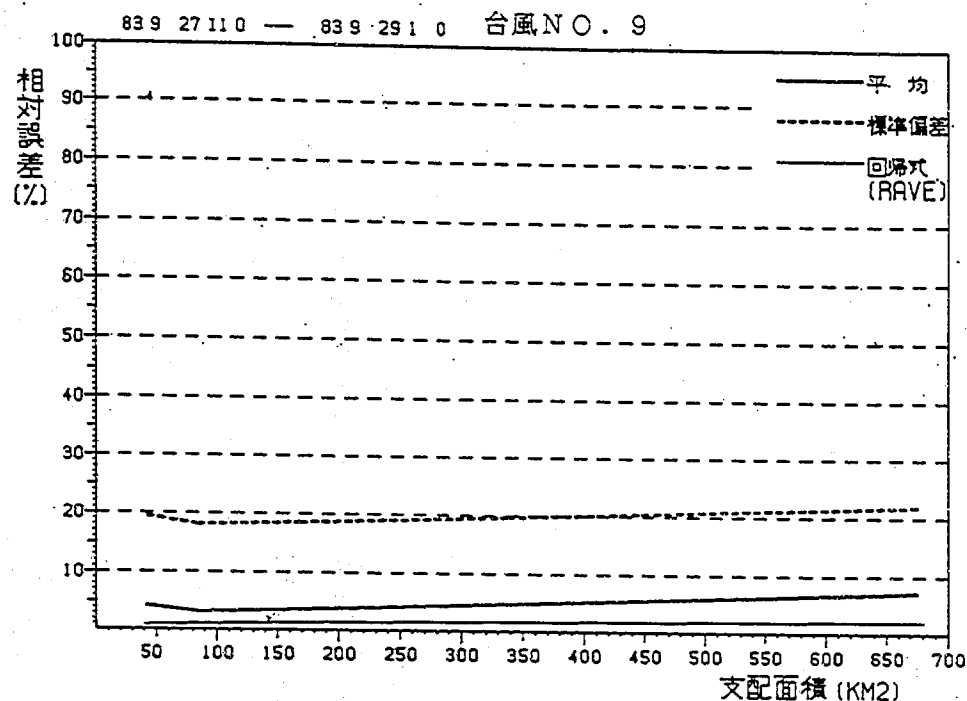
2. 支配面積～相対誤差関係図

- (a) 台風NO. 3、台風NO. 9
- (b) 前線NO. 2、前線NO. 6
- (c) 低気圧NO. 2、低気圧NO. 4
- (d) 雷雨NO. 1、雷雨NO. 4

上段の図は、相対誤差～支配面積関係を表す。

中段の図は、代表地点数ごと(4, 8, 16, 32, 64)の相対誤差の分布状態を示す。

下段の図は、対象降雨のハイトグラフを示す。

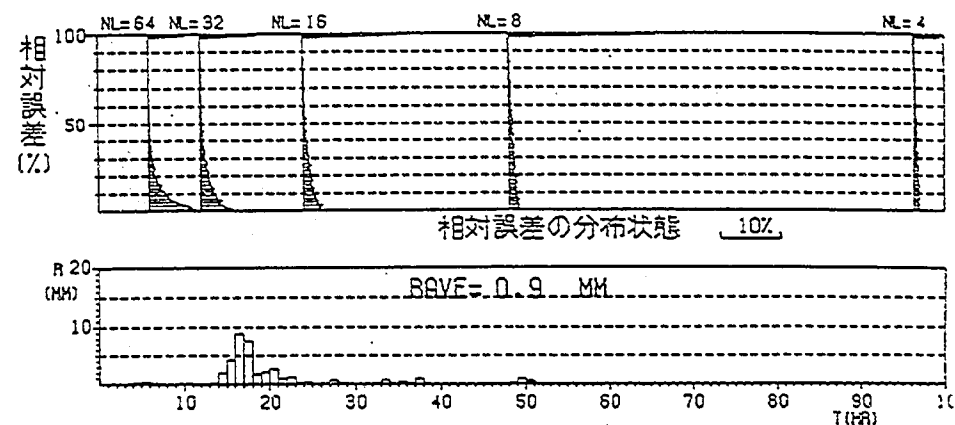
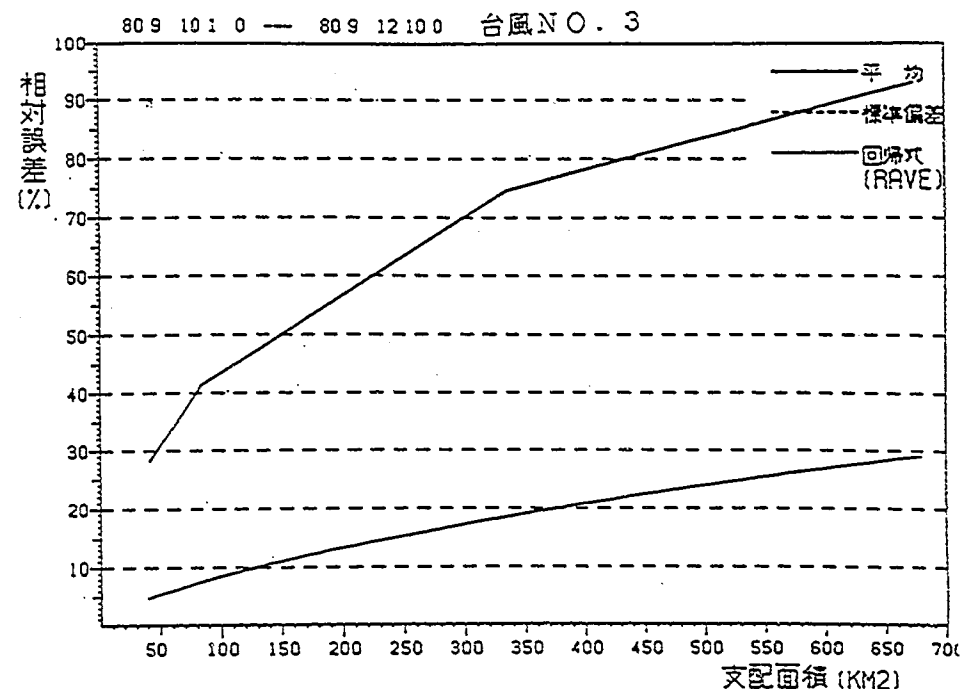


回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

$K = 0.288$
 $A = 0.337$
 $B = -0.134$
 $(R0 = 0.235)$

E : 相対誤差 (%)
 SA : 支配面積 (KM2)
 R : 平均雨量 (MM/H)



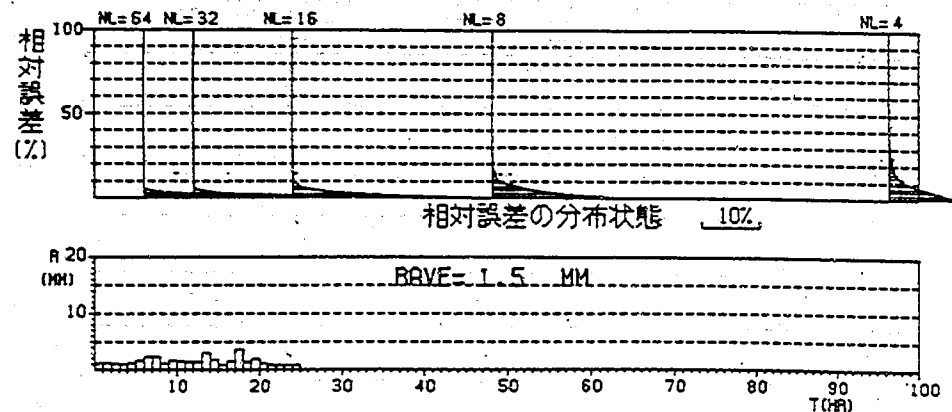
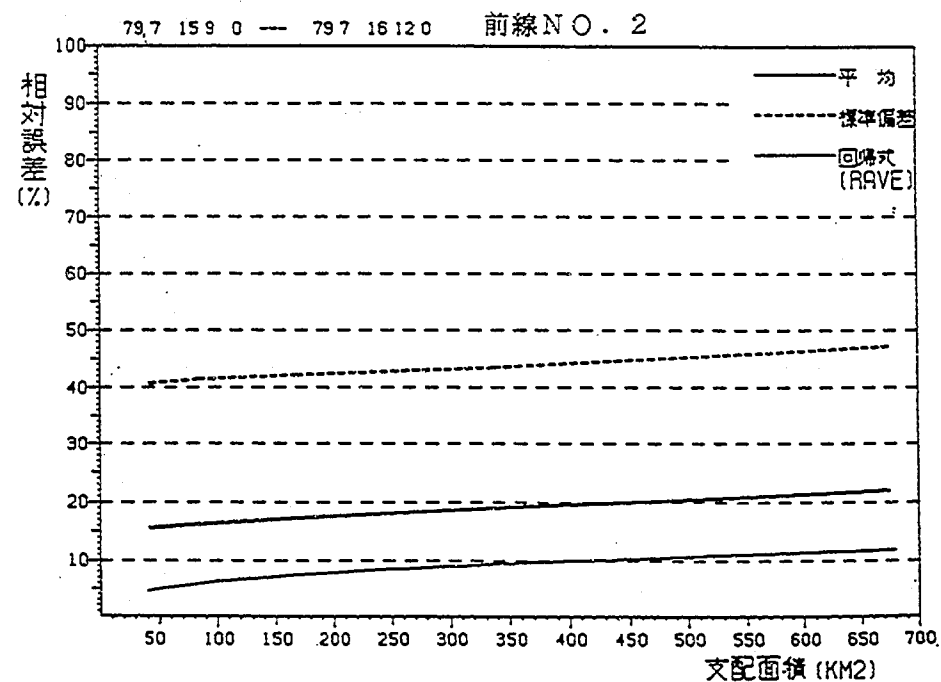
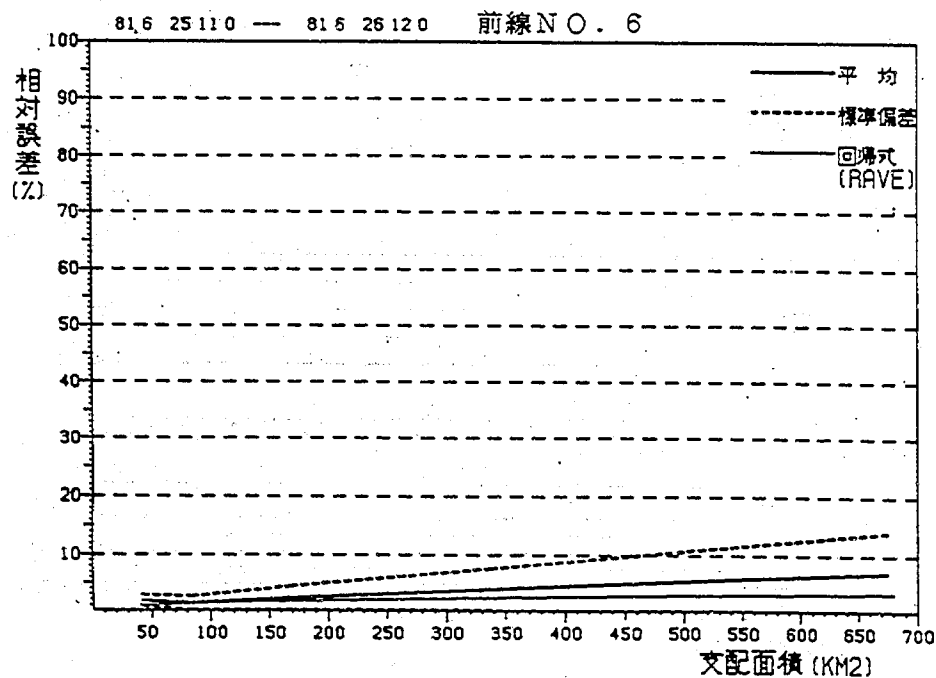
回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

$K = 0.424$
 $A = 0.641$
 $B = -0.418$
 $(R0 = 0.705)$

E : 相対誤差 (%)
 SA : 支配面積 (KM2)
 R : 平均雨量 (MM/H)

(a) 支配面積～相対誤差関係

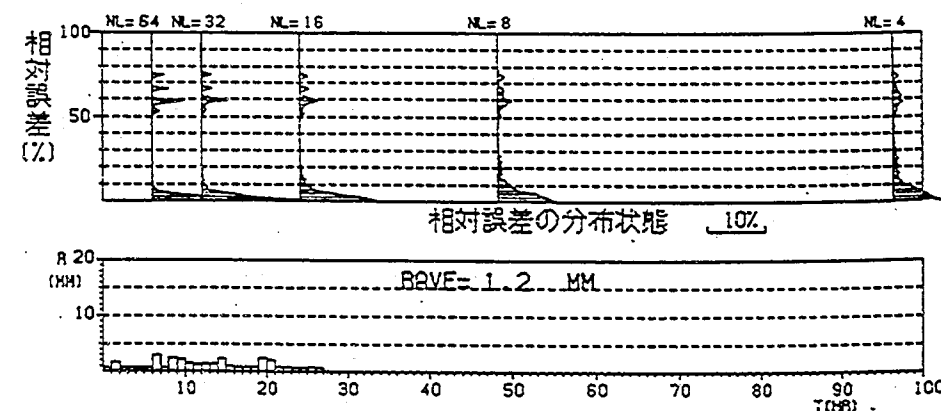


回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

$K = 0.182$
 $A = 0.450$
 $B = -0.162$
 $(RQ = 0.357)$

E : 相対誤差 (%)
 SA : 支配面積 (KM2)
 R : 平均雨量 (MM/H)



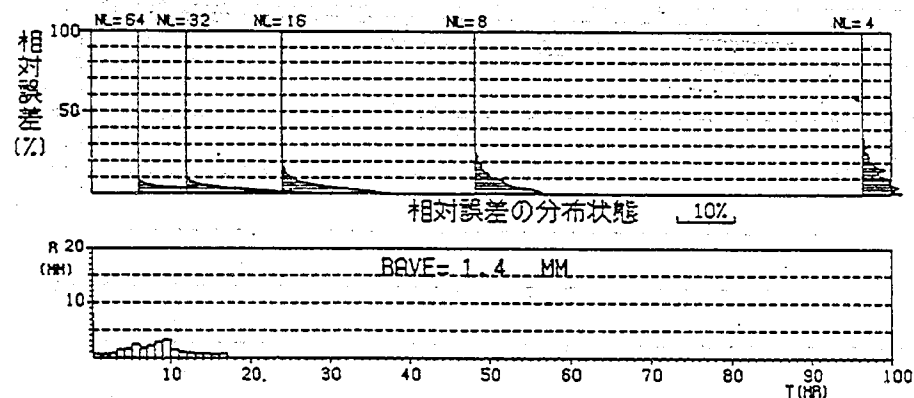
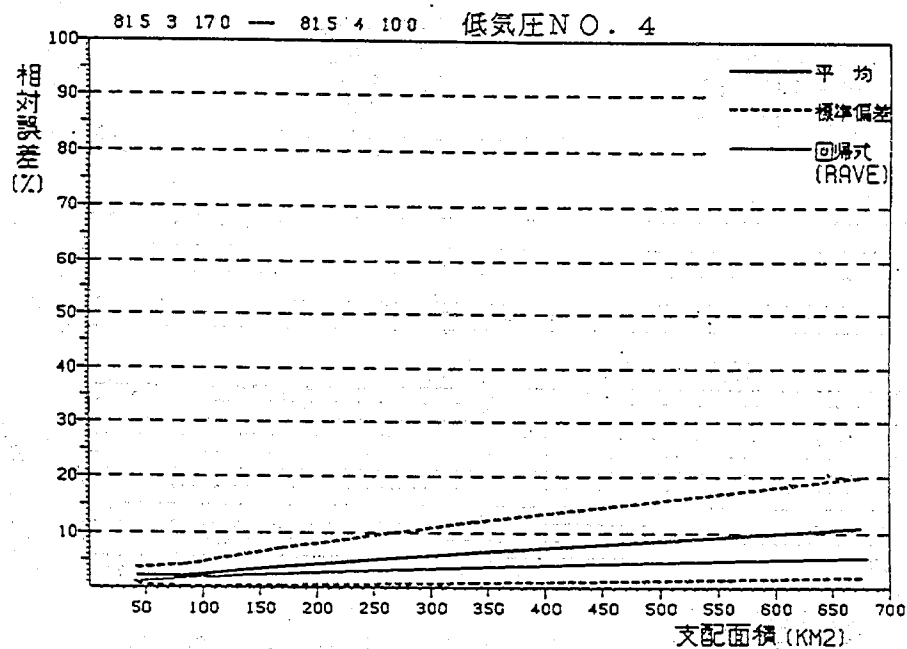
回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

$K = 0.762$
 $A = 0.339$
 $B = 2.630$
 $(RQ = 0.741)$

E : 相対誤差 (%)
 SA : 支配面積 (KM2)
 R : 平均雨量 (MM/H)

(b) 支配面積～相対誤差関係

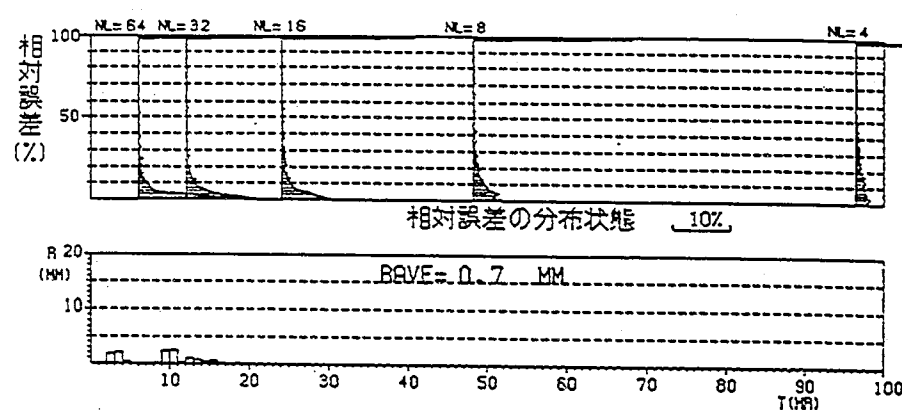
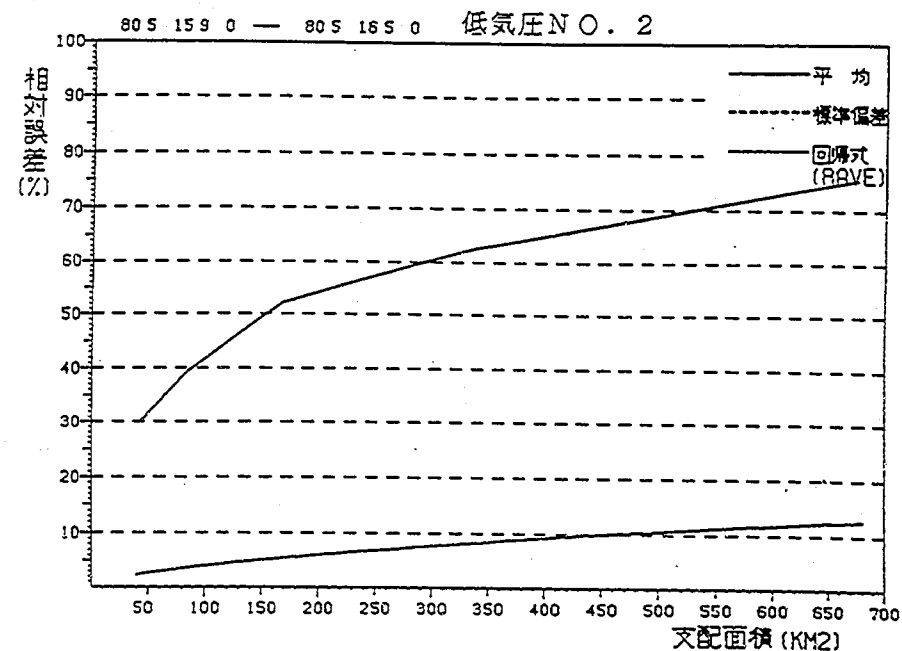


回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

$K = 0.156$
 $A = 0.573$
 $B = -0.511$
 $(RO = 0.488)$

E : 相対誤差 (%)
 SA : 支配面積 (KM2)
 R : 平均雨量 (MM/H)



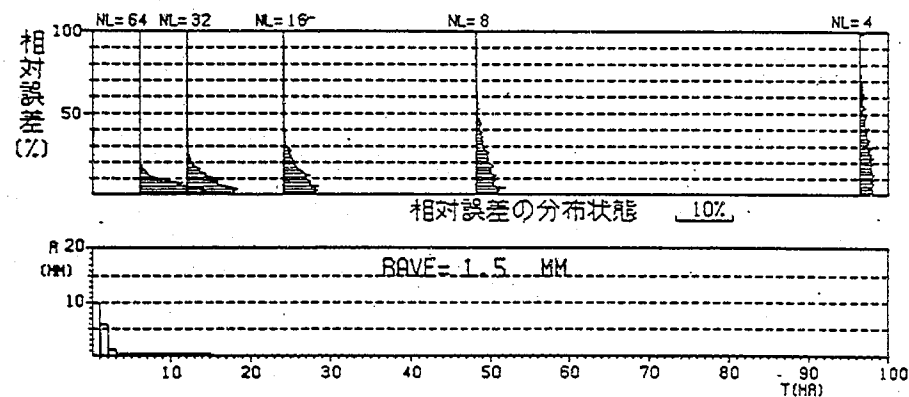
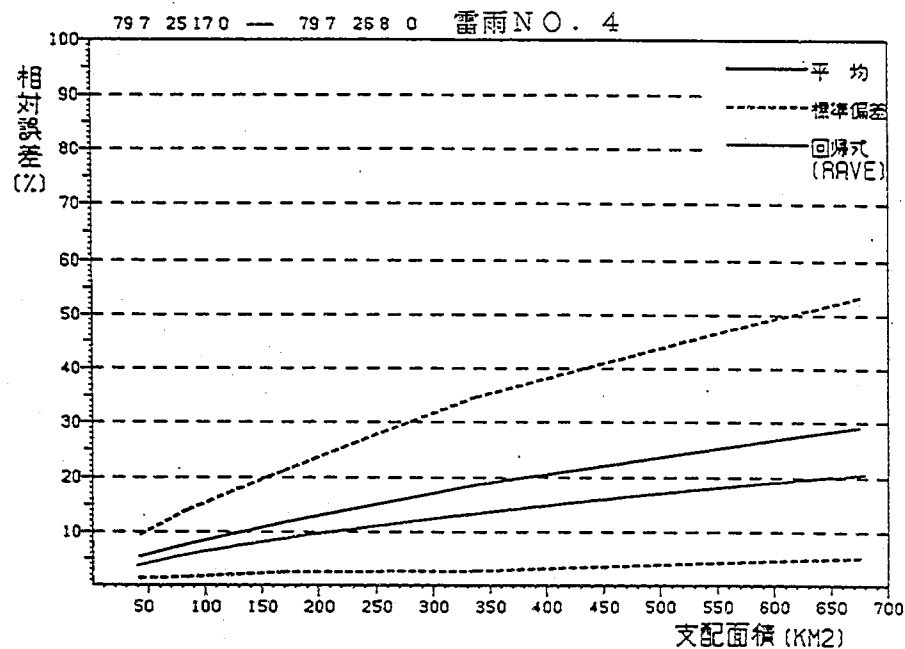
回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

$K = 0.204$
 $A = 0.602$
 $B = -0.604$
 $(RO = 0.816)$

E : 相対誤差 (%)
 SA : 支配面積 (KM2)
 R : 平均雨量 (MM/H)

(c) 支配面積～相対誤差関係

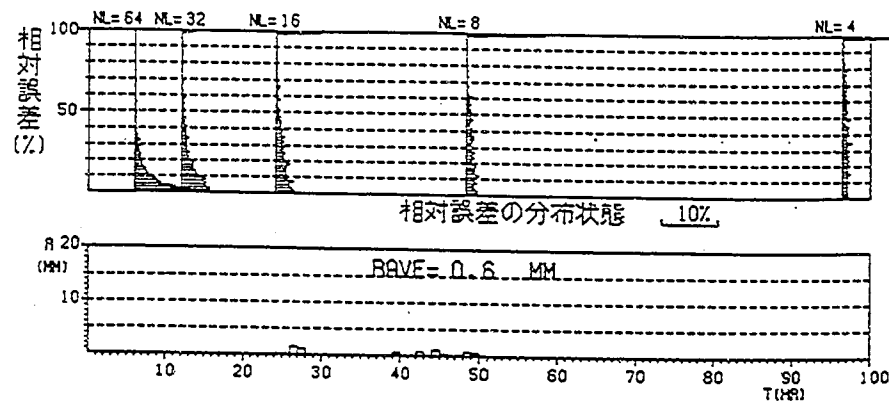
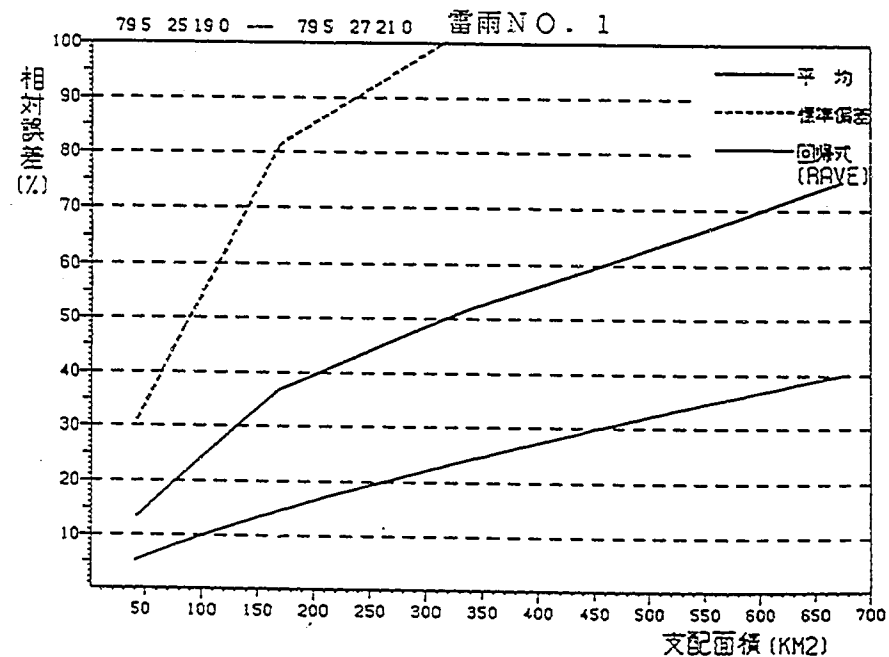


回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

K=0.354
A=0.616
B=0.120
(R0=0.485)

E: 相対誤差 (%)
SA: 支配面積 (KM2)
R: 平均雨量 (MM/H)



回帰式

$$E = K \times (SA \times A) \times (R \times B)$$

K=0.275
A=0.730
B=-0.482
(R0=0.606)

E: 相対誤差 (%)
SA: 支配面積 (KM2)
R: 平均雨量 (MM/H)

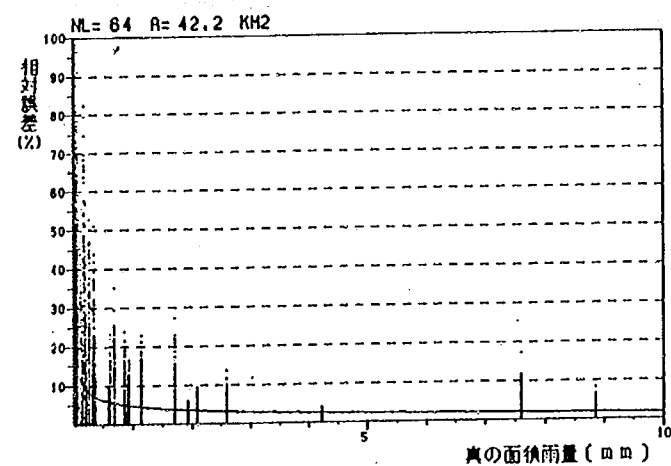
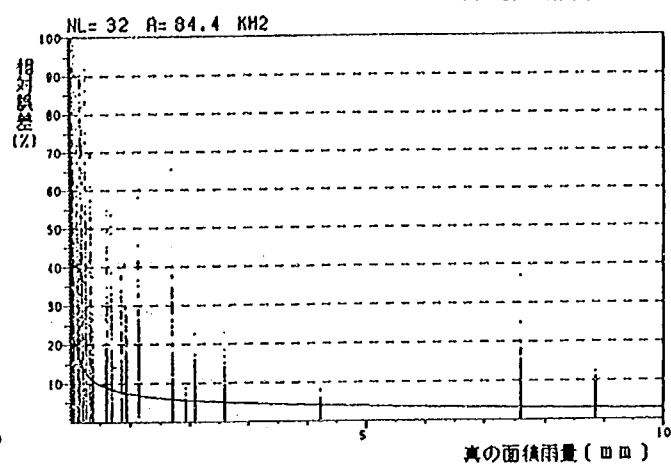
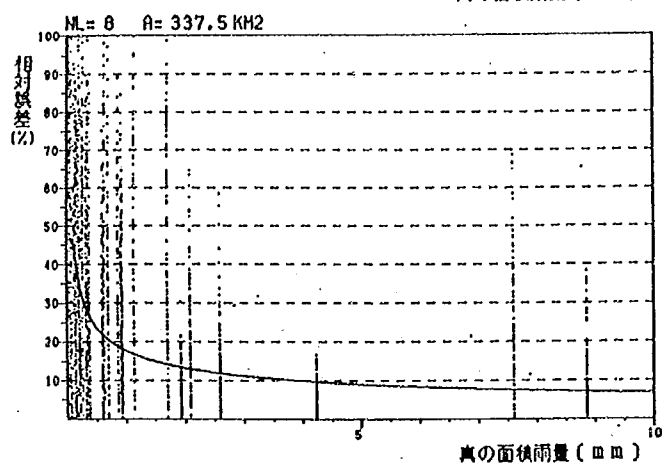
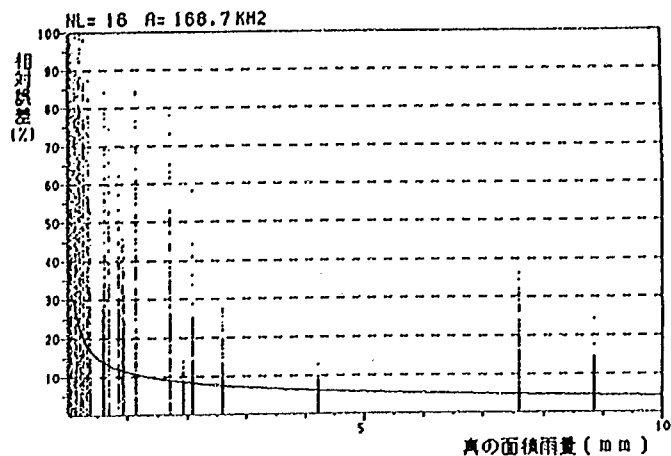
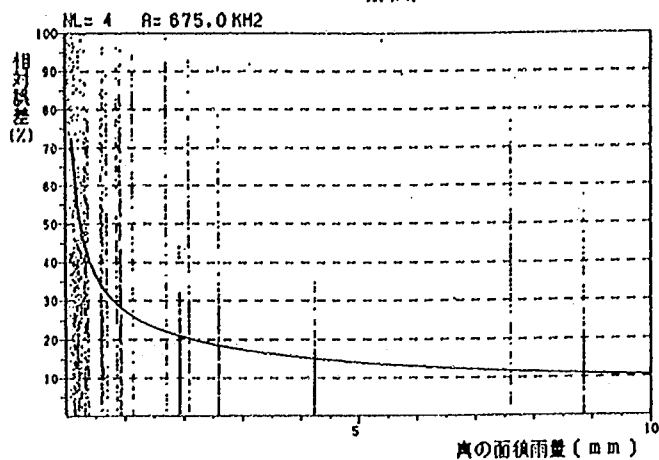
(d) 支配面積～相対誤差関係

3 . 真の面積雨量～相対誤差関係図

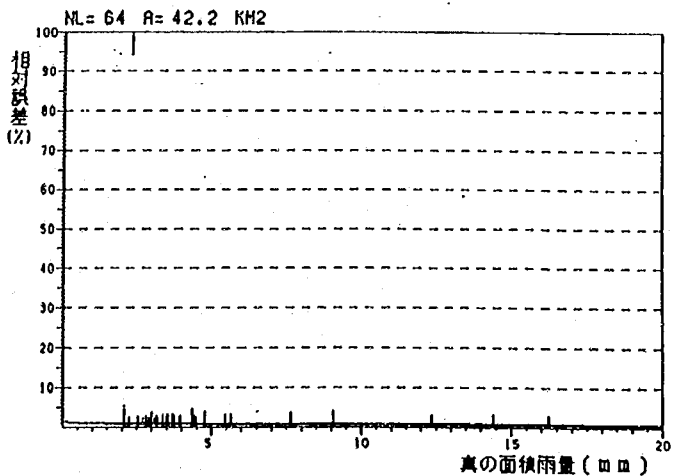
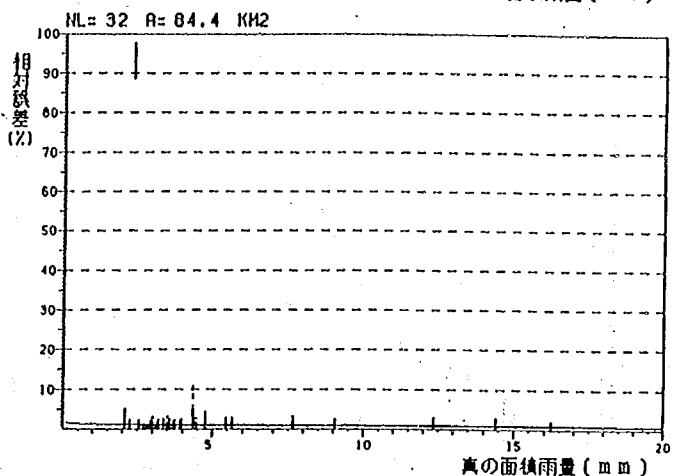
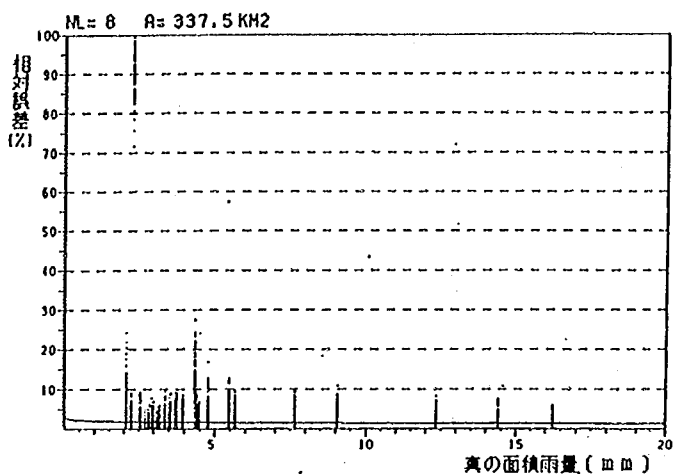
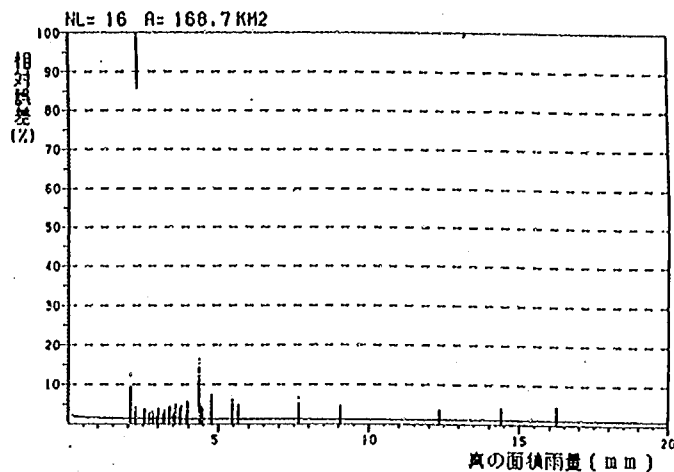
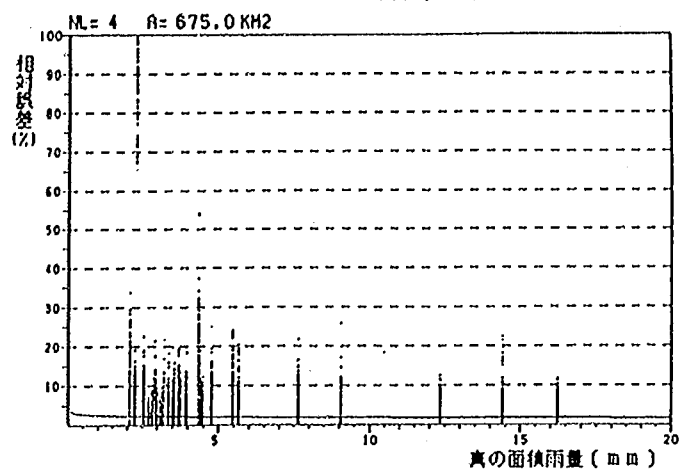
- (a) 台風 NO. 3
- (b) 台風 NO. 9
- (c) 前線 NO. 2
- (d) 前線 NO. 6
- (e) 低気圧 NO. 2
- (f) 低気圧 NO. 4
- (g) 雷雨 NO. 1
- (h) 雷雨 NO. 4

代表地点数別(4,8,16,32,64)に真の面積雨量～相対誤差関係を示す。図中のプロットは、各計算値のばらつきを示しており、太線は、これらの値を用いて求めた回帰曲線を示す。

809 101 0 --- 809 12100 台風NO. 3 — $E=0.424 \times A \times (0.641) \times A \times (-0.418)$

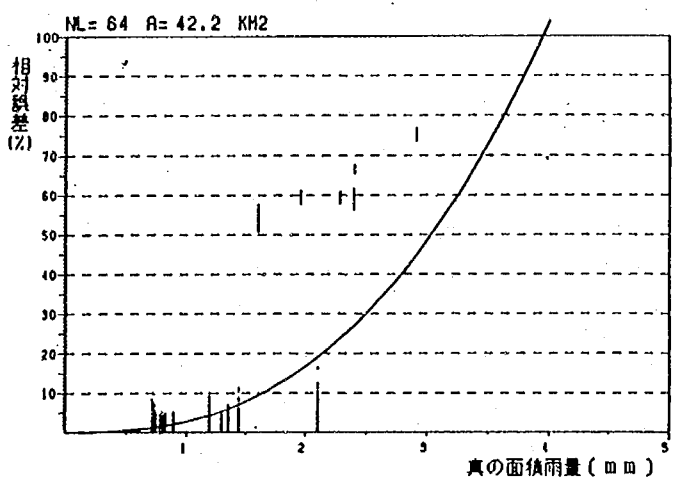
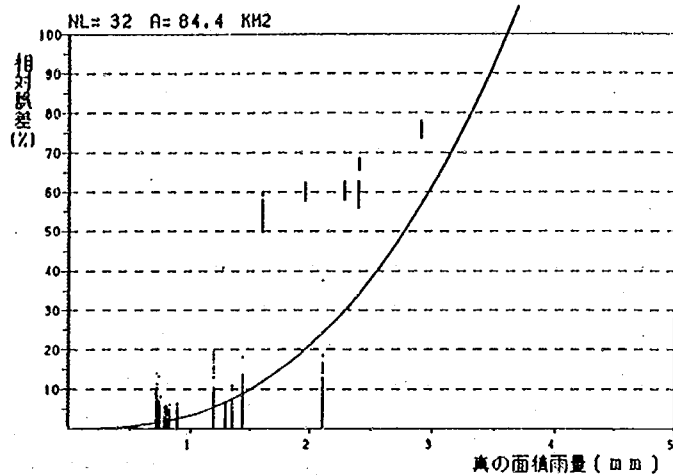
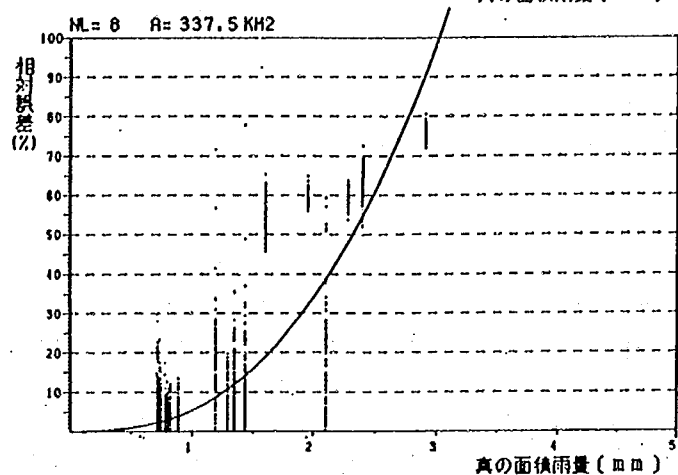
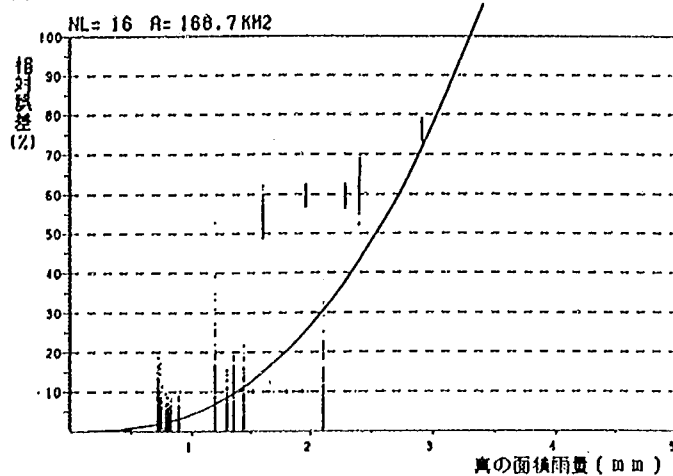
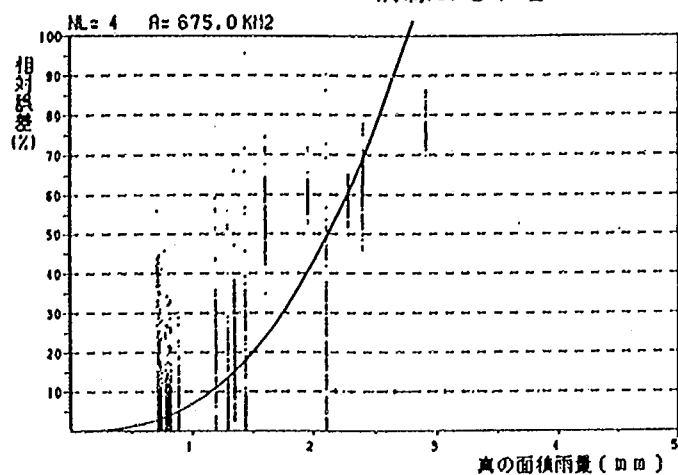


(a) 真の面積雨量～相対誤差関係



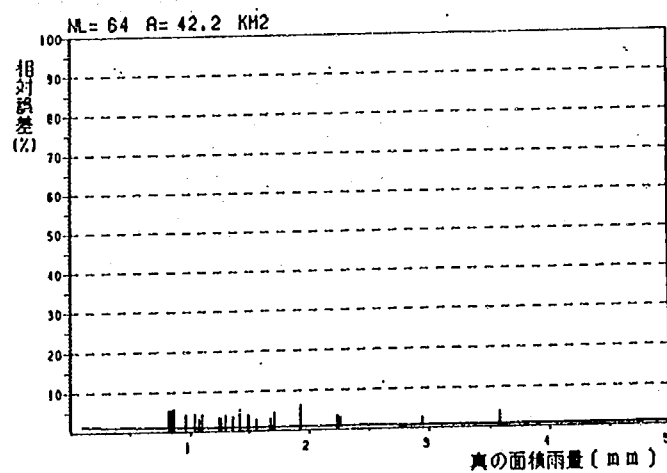
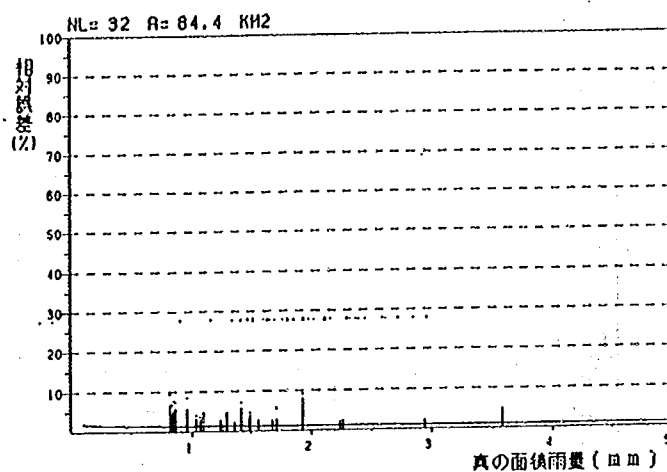
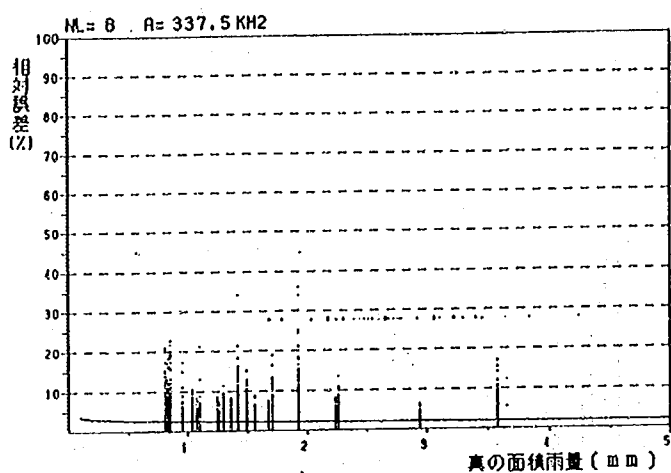
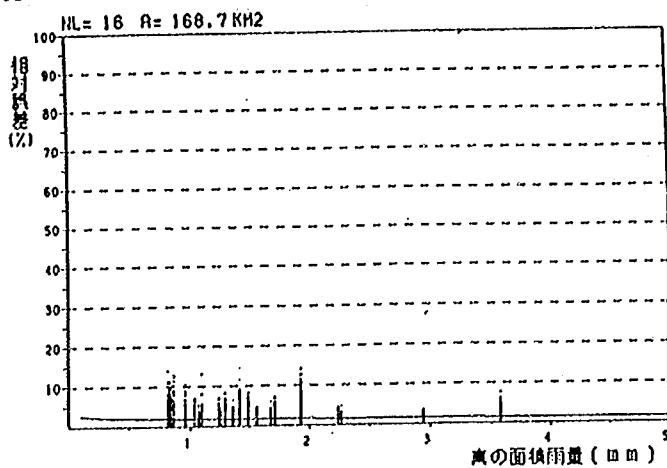
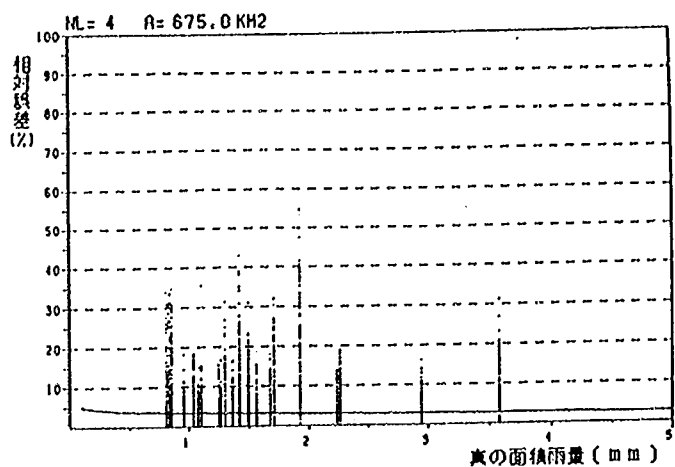
(b) 真の面積雨量～相対誤差関係

797 159 0 --- 797 16120 前線NO. 2 — $E=0.762$ $\mu A \mu (0.339)$ $\mu A \mu \mu (2.630)$



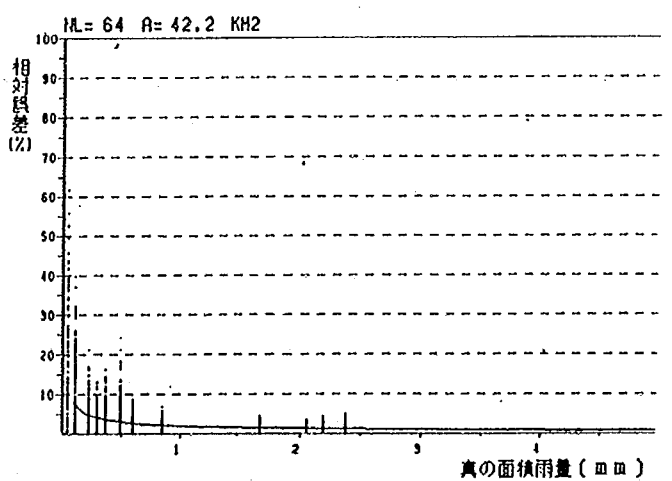
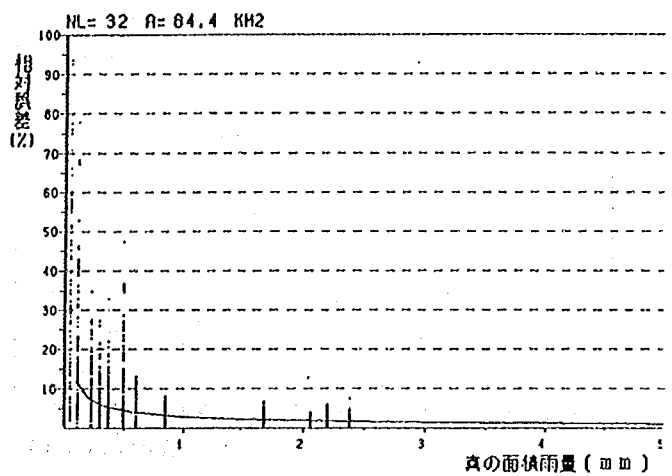
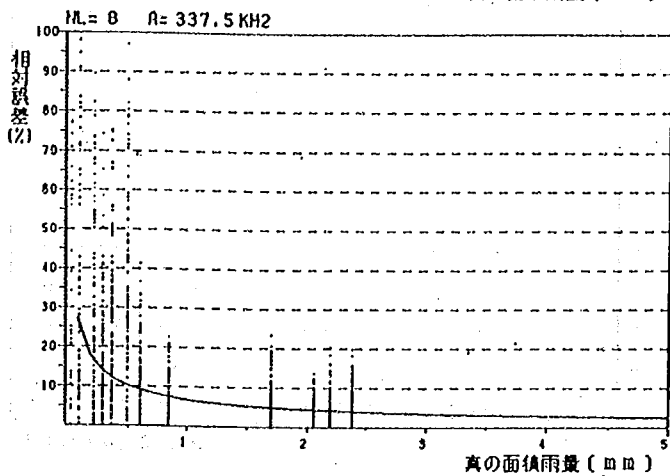
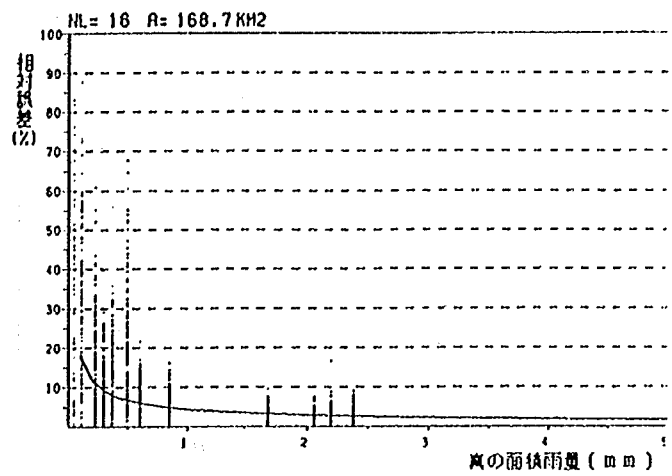
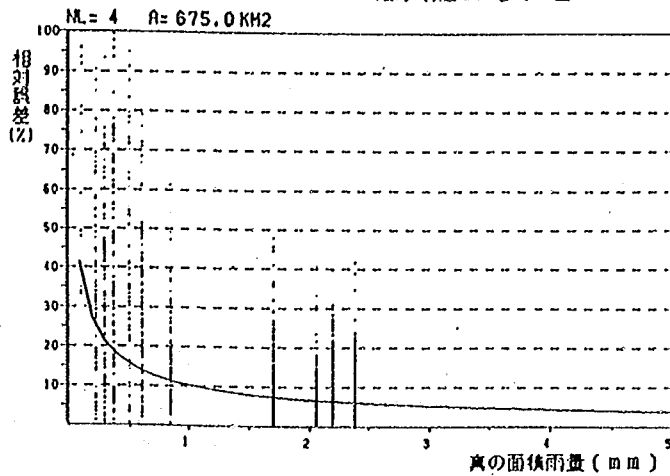
(c) 真の面積雨量～相対誤差関係

816 25110 --- 816 26120 前線NO. 6 —E=0.102 KH(0.450) KH(-0.162)



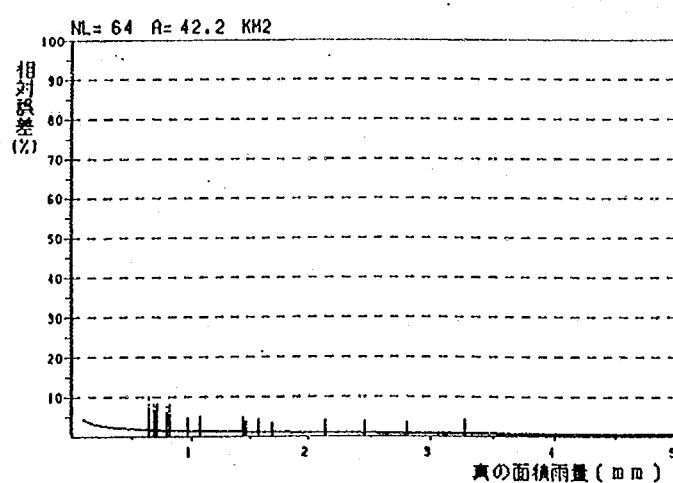
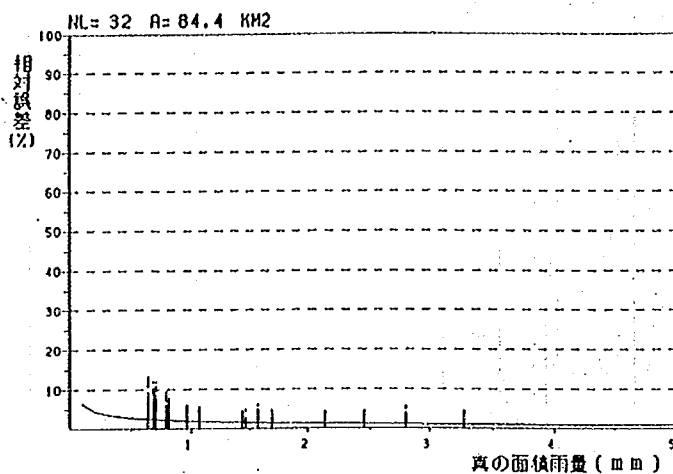
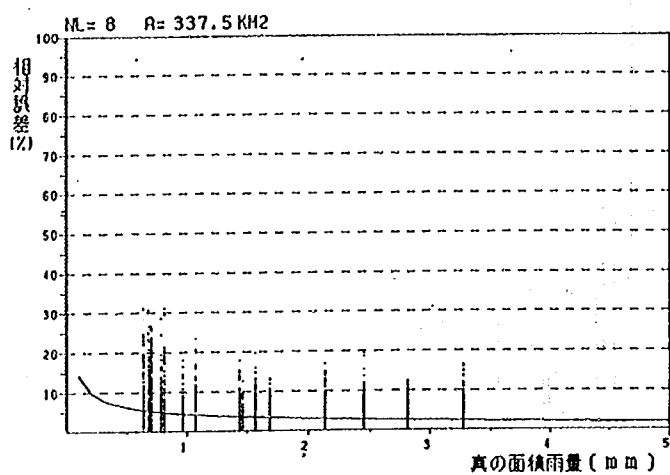
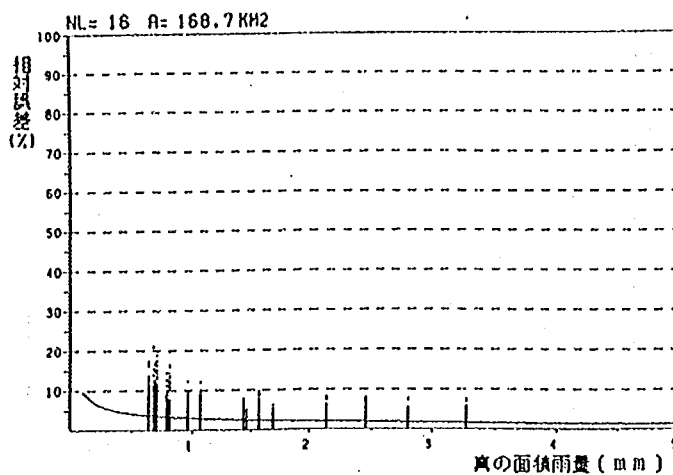
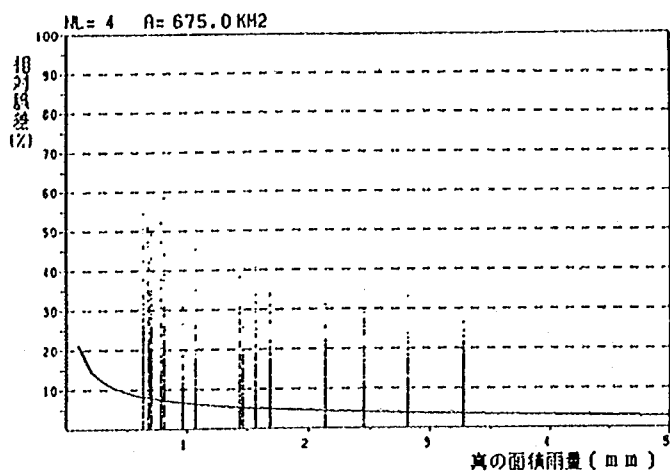
(d) 真の面積雨量～相対誤差関係

805 159 0 --- 805 165 0 低気圧NO. 2 — $E=0.204 \times A \times (0.602) \times A \times (-0.604)$



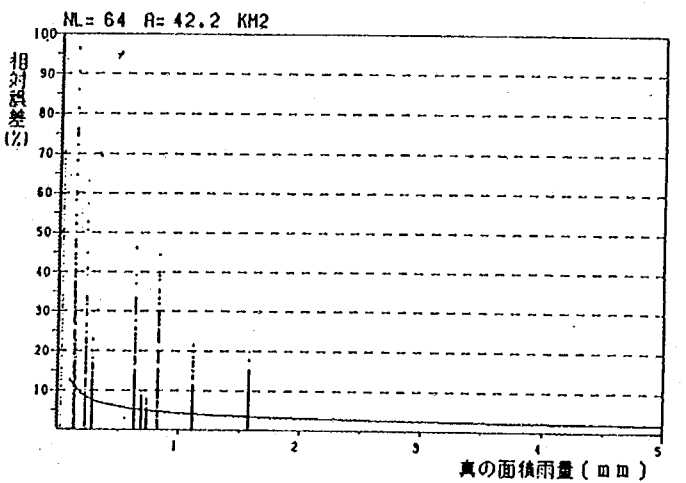
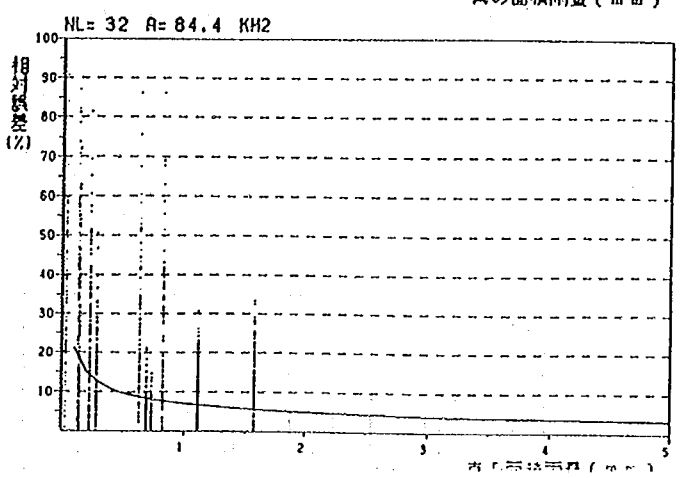
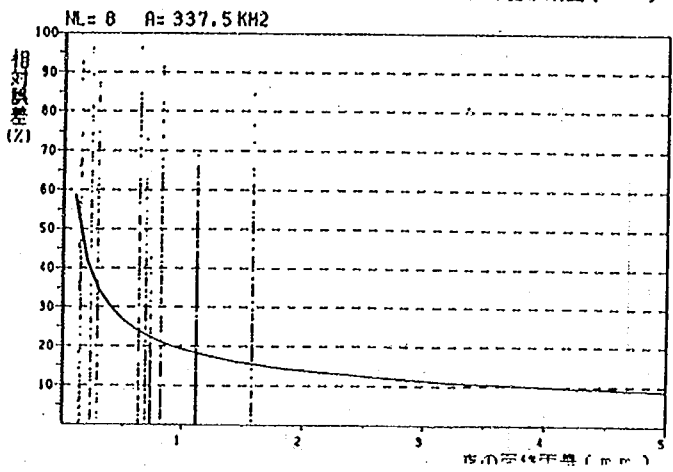
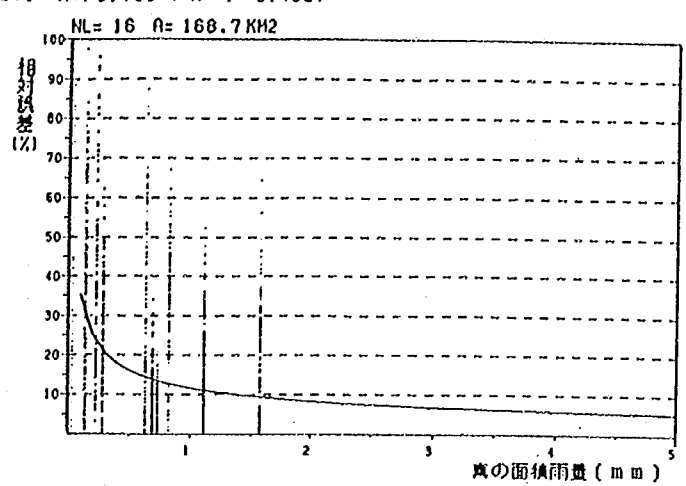
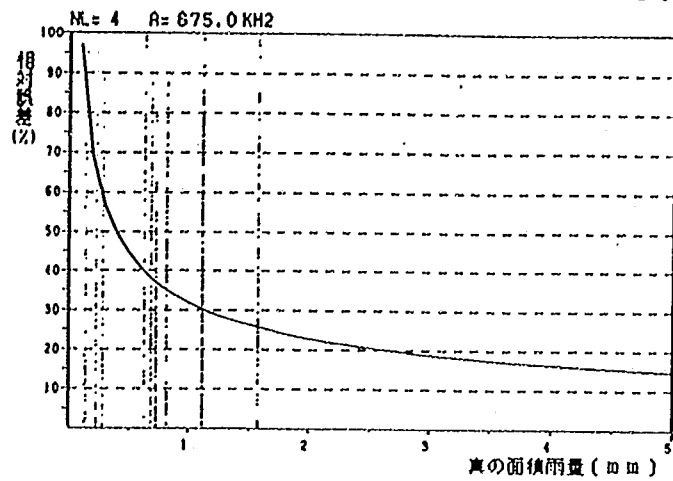
(e) 真の面積雨量～相対誤差関係

815 3 170 --- 815 4 100 低気圧 N O . 4 — E=0.156 $\times R \times (0.573) \times R \times (-0.511)$.



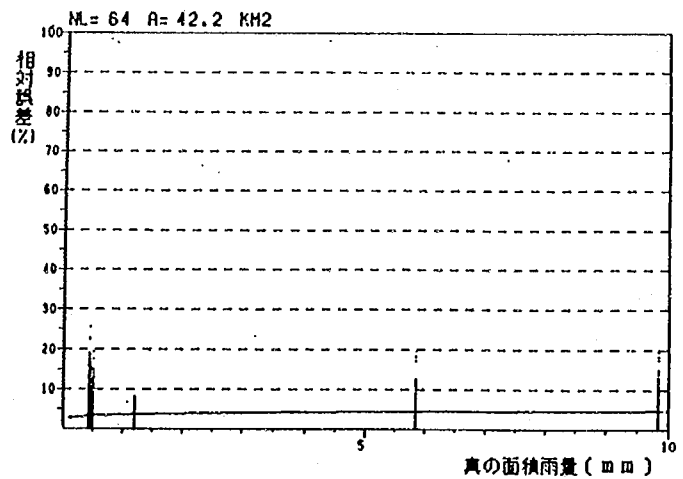
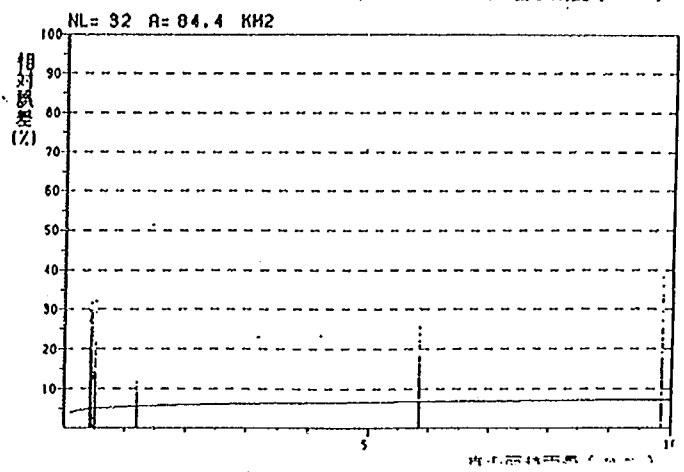
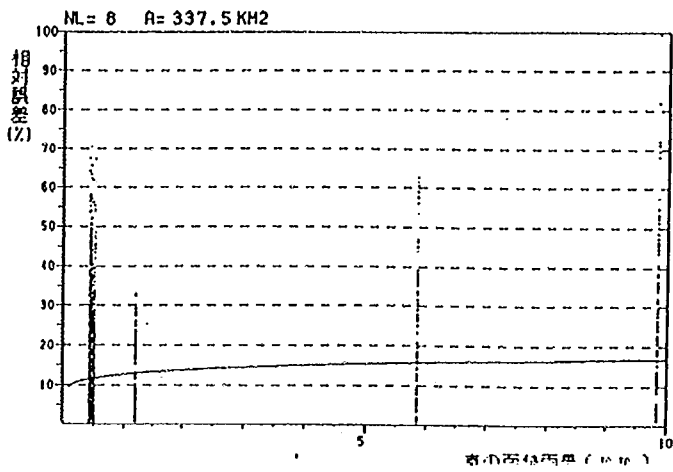
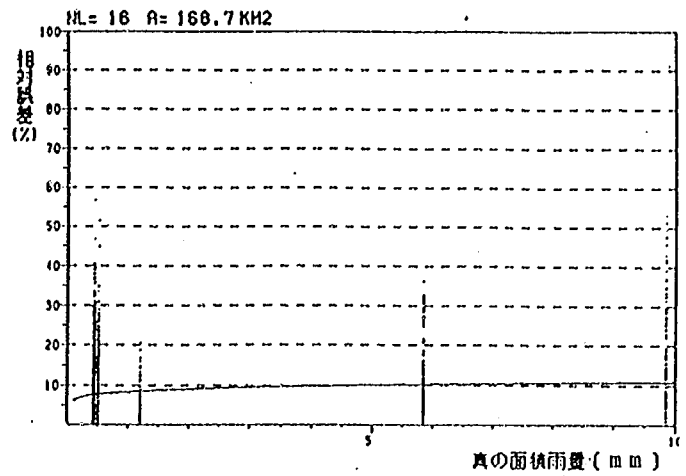
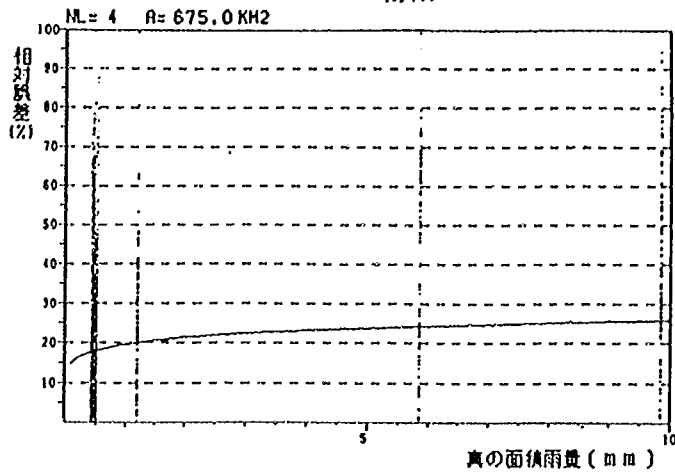
(f) 真の面積雨量～相対誤差関係

795 25190 --- 795 27210 雷雨NO. 1 — $E=0.275$ mm (0.730 mm) (-0.482)



(g) 真の面積雨量～相対誤差関係

797 25170 --- 797 268 0 雷雨 NO. 4 — $E=0.354$ $\mu\Omega\Omega(0.616)$ $\mu R\Omega\Omega(0.120)$



(h) 真の面積雨量～相対誤差関係

レーダ雨量計から見た降雨の時
空間特性に関する調査報告書

ISSN 0386-5878

土研資料第2604号

昭和63年3月(1988)

水文研究室 室長 吉野文雄
研究員 水野雅光
技官 井川貴史

要 旨

河川計画・河川管理等においては、降雨量を正確に把握することが必要とされる。特に、流出解析などでは面積雨量の評価が必要であり、また、洪水予報では、降雨予測などの面で空間的な降雨の特性を把握する必要がある。しかし、これらの問題は、雨量の空間分布を用いる必要があり、従来の地上雨量計による観測では難しい面が多い。

本報告書は、レーダ雨量計による降雨の観測結果を用いることにより、降雨特性解析及び面積雨量推定の精度検討を行った。また、これらの結果と併せて、DAD解析を行うことにより、地上雨量観測における問題点についての検討を行った。

キーワード：レーダ雨量計，降雨特性，面積雨量，DAD解析

郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

水文研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2604号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印