

# ファイン・メッシュ・プリミティブ・モデルと大雨予想\*

中山 嵩\*\*

## 1. まえがき

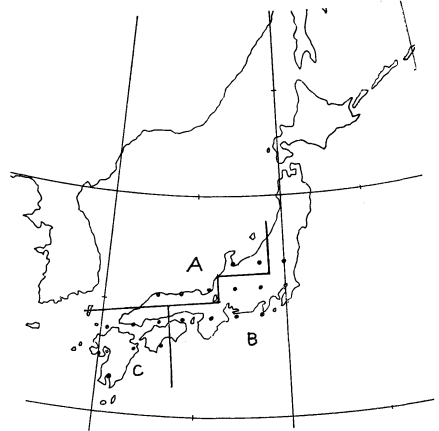
ファイン・メッシュ・プリミティブ・モデル (6L-FLM) が稼動してから、すでに、2年余が過ぎた。この間、各気象官署では、6L-FLM で計算された24時間雨量を用いる雨量予報の方法が検討され、実施されてきた (気象庁全国予報技術検討会資料, 1976)。気象庁予報部では、MOS (Model Output Statics) 方式による大雨生起確率予想が、現業作業で試用されている (立平, 1975)。

ここでは、重相関解析により、6L-FLM の  $T=24$  の諸気象因子のなかから、大雨予想に有効な因子を選び (中山・立平, 1976)、そのうちの7因子と大雨の関係調べる。また、2因子の組合せによる簡単な方法の大雨予想と重相関回帰式による大雨予想とを試み、精度の比較をする。

7因子は、6L-FLM で計算された6時間雨量 (FR 06)、ブラックボックス指数 (BKBK)、新しく開発された地形性降雨指数 (OGRF)、ショウワルターの安定指数 (SSI)、900mb の相当温位 (EQ 90)、そして600mb の鉛直流 ( $\omega$  600) と比湿 (Q 600) である。

特に、6L-FLM で計算される雨量 (以後、力学的雨量と仮称する) を中心に調べる。これは、力学的雨量が大雨予想に最も有効であるということではなく、雨量予報の現業作業に最も多く利用されており、調査報告も多いからである。

保科 (1976) は、力学的雨量の24時間積算値 (FR 24) を用いて、その24時間内の降雨の有無の判定をおこなった。それによれば、FR 24 が 0.01 mm 以上のとき、90%以上の精度で、また、2mm 以上のとき、100%近い精度で24時間内に降雨があるといえる。しかし、問題は、FR 24 が 0.01 mm 未満のときにも、降雨があることが



第1図

多いことである。山岸 (1975) によれば、力学的雨量は、実況との量的対応は悪いが、雨域の広がりや雨域全体の移動の予報に利用できる。これらの結果は、大雨予想にとっても重要である。

また、力学的雨量と他の大雨予測因子との比較から、それらの因子の長短所を知ることもできる。

ここで用いる資料は、1973年10月から1年間の東北部から九州までの6L-FLM の20格子点の  $T=24$  の予報値と全国の「アメ03」電報である。また、必要に応じて、日本海側 (A地区)、関東・東海 (B地区) と四国・九州 (C地区) の3地区に分ける (第1図)。

対象とする大雨は、3時間に平地 (MSL 190 m 以下) で 20 mm 以上、準山地 (MSL 200~590 m) で 30 mm 以上、山地 (MSL 600 m 以上) で 60 mm 以上のものである。  $T=24$  の前後3時間に、格子点を中心とする半径、約 75 km 以内の全観測点の1/20以上から、前記の条件を充たす「アメ03」の報告がなされたとき、格子点で代表される領域で大雨があったと判定する。各格子点で代表される領域内の観測点数は、20~67である。このため、孤立した雷雨による大雨もある程度含まれよう。な

\* Fine mesh primitive model and heavy rain forecast

\*\* T. Nakayama, 気象庁予報部。

第1表 6時間雨量

地区	FR 06 (mm)						
	0.1 未満	0.1~0.9	0.9~1.7	1.7~2.5	2.5~3.3	3.3~4.1	4.1 以上
A 地区	3,081 14 0.5	278 3 1.1	87 3 3.4	47 5 10.6	34 3 8.8	32 3 9.4	81 14 17.3
B 地区	4,853 56 1.2	534 30 5.6	147 13 8.8	87 14 16.1	48 2 4.2	35 9 25.7	120 29 24.2
C 地区	4,270 64 1.5	478 30 6.3	146 17 11.6	60 6 10.0	49 6 12.2	32 3 9.4	61 19 31.1

上段は標本数，中段は大雨数，下段は大雨発生率(%)。

お、資料並びに大雨の判定基準は、全国予報技術検討会の報告(中山・立平, 1976)と同じものである。

総標本数は、20格子点×(365-1)×2回(00zと12z)=14,560個、大雨数は、343個で、大雨の割合は、2.4%である。なお、1973年10月1日から6L-FLMが稼働を開始したため、10月1日の大雨資料は、利用できない。

## 2. 大雨予測因子

大雨と各因子との関係をみるために、各因子の値に応じて数階級に分け、各階級ごとに標本数に対する大雨数の割合(大雨発生率)を示す分布表を作成した。

### 2.1. 6時間雨量(FR 06)

力学的雨量は、6時間に、多くて10mm程度である。一方、対象としている大雨は、3時間に20mmを越えている。これは、大雨が、主として、6L-FLMで十分に表現できない中小規模擾乱によることを示すのであろう。それにもかかわらず、力学的雨量で大雨予想を試みるのは、何等かのかたちで、中小規模擾乱による大雨の情報が、力学的雨量のなかに含まれていると期待するからである。

ここで用いるFR 06は、T=18~24の予報時間帯に計算されたものである。一方、大雨資料は、T=24の前後3時間のもののでFR 06と大雨資料の間には、3時間のズレがある。

FR 06と大雨の相関は、それほど良くない。特に、C地区では、極端に悪くなっている(第13表参照)。

第1表から明らかなように、各地区とも、FR 06の増加が、必ずしも、大雨発生率を高めることになっていない。しかし、3.3mmないし、4.1mm以上で急激に大雨発生率が高くなっており、FR 06が、ある量を越えると大雨との相関が良くなることを示している。標本数

は、50と少ないが、8mm以上になると大雨発生率は40%を越える。

一方、FR 06が、0.1mm未満のとき、大雨発生率は、各地区ともに、最も小さくなっているが、大雨数は極端に多く、全体の39%に達している。これが、FR 06を大雨予想に用いようとするときの最大の難点である。これについて、第3節で検討する。

地区別にみると、A地区では、FR 06が0.1mm未満のときに起こった大雨の割合は、地区内の全大雨の31.3%に達しているが、他地区(B地区36.6%、C地区44.1%)に比べて小さい。また、4.1mm以上のときの大雨の割合は、31.1%で他地区(B地区19.0%、C地区13.1%)に比べて著しく大きく、大雨との相関の良さを裏づけている。しかし、4.1mm以上のときの大雨発生率は、他地区に比べて小さく、FR 06が大きくなっても、大雨発生率は、それほど高くない。6mm以上で25%程度である(標本数32)。

大雨との相関の最も悪いC地区では、A地区とは逆に、FR 06が0.1mm未満のときの大雨数は多く、4.1mm以上のときに少なくなっている。しかし、FR 06が6mmを越えると大雨発生率は40%に達する(標本数30)。

B地区では、FR 06が7mm以上で、大雨発生率は35%を越える(標本数34)。

### 2.2. ブラックボックス指数(BKKBK)

ブラックボックスモデルは、中小規模現象の解析に立脚して、経験的に使われてきた豪雨の予想法を客観的かつ定量的に扱う目的で開発された大雨予想モデルである(立平・斉藤, 1973)。現在も、基本的立場は、同じであるが、適用する数値予報モデルの変更に伴うパラメータ

第2表 ブラックボックス指数

BKKB(mm)	10未満	10~30	30~50	50~70	70~90	90~110	110~130	130以上
A 地区	1,031 0 0.0	1,537 8 0.5	624 18 2.9	246 12 4.9	117 2 1.7	56 2 3.6	20 2 10.0	9 1 11.1
B 地区	1,672 0 0.0	2,316 18 0.8	987 42 4.3	457 30 6.6	211 27 12.8	114 16 14.0	36 7 19.4	31 13 41.9
C 地区	1,329 0 0.0	2,067 35 1.7	882 36 4.1	400 23 5.8	219 20 9.1	123 12 9.8	53 10 18.9	23 9 39.1

上段は標本数，中段は大雨数，下段は大雨発生率(%)。

一の再調整が必要である。また、擾乱の外形は、初期モデルでは、円筒形であったが、ここでは、楕円筒形と仮定している。簡単にモデルの概要を述べよう。

中小規模擾乱の解析から、擾乱は対流圏中層の風速で移動すると考える(モデルでは、650 mb 面の風速)。しかし、擾乱の内部構造は、十分に解明されていないので、内部は一種のブラックボックスと考える。擾乱の外形は、楕円筒形を仮定し、種々の検討から長軸と短軸の比は、6:1としている。長軸の長さは、6 L-FLM の格子巾とほぼ同じの 150 km とし、方向は、擾乱の移動方向を向いている。移動する擾乱に対して、一般場から水蒸気が流入(モデルでは、600 mb, 700 mb, 800 mb, 900 mb 面で流入)し、擾乱内を上昇する。流入する水蒸気量は、単位時間に、 $\sum_i Q_i |v_i - v_{650}|$  である。流入した水蒸気のうち、 $\sum_i (Q_i - Q^*_{400}) |v_i - v_{650}|$  だけ楕円筒内を上昇し、凝結し、落下するが、そのうちの半分は、再蒸発したり、雲粒のまま空中にとどまり、残りの半分が地表に達するとしている。ここで、 $Q^*_{400}$  は、400 mb の飽和比湿で、楕円筒の高さを 400 mb 面の高さで仮定していることになる。

大雨と最も相関の悪い A 地区を除いて、BKKB の増加にともない大雨発生率は、次第に高くなっている。特に、B 地区では、130 mm 以上で大雨発生率は 40% を越えている(標本数 31)。更に、10 mm 未満では、各地区ともに、大雨は起こっていない。しかし、10~50 mm のところに、各地区とも、地区内の大雨の 40~50% が集まっている(第 2 表)。これについては、第 4 節で検討する。

### 2.3. 地形性降雨指数 (OGRF)

地形性降雨の計算方式は、立平(1976)の提案した方法に従っている。しかし、計算時間を節約するために、初めに、標準的な風速と水蒸気分布を与えて、各格子点の地形性降雨を風向別に求めておく。次に、6 L-FLM で計算された格子点の下層の風向、風速、比湿を用いて、標準状態の地形性降雨を調整して、下層の状態に対応する OGRF が計算されることになる。

第 3 表から明らかのように、A 地区の大雨は、地形の影響をあまりうけないようである。B、C 地区では、OGRF が 3 mm 以上で大雨発生率は、10% を越えている。特に、B 地区では、11 mm 以上で 50% を越えている。一方、OGRF が 1 mm 未満のときに起こる大雨の割合は、A 地区で 20.0%、B 地区で 13.7%、C 地区で 23.4% である。C 地区は、比較的大雨との相関が良い(第 13 表参照)わりに、相関の悪い A 地区より、1 mm 未満で起こる大雨の割合が大きくなっている。これは、C 地区内に地形の影響をうけやすい地域とうけにくい地域とが含まれているためと考えられる。

### 2.4. SSI

6 L-FLM では、850 mb と 500 mb 面の温度を予報していないので、ここでは、900 mb 面の気塊を持ち上げ、600 mb の温度と比較して SSI を求めている。

大雨発生率は、それほど高くないが、成層の安定性が強くなるとともに減少し、14°C 以上では、標本数 3,063 のうちに、大雨は含まれていない。しかも、大雨の 67.6% は、弱い安定域(0°C~4°C)で起こっている(第 4 表)。

### 2.5. 900 mb の相当温位 (EQ 90)

気団分析に、850 mb の相当温位が、よく用いられ、

第3表 地形性降雨指数

地区	OGRF (mm)						
	1 未満	1 ~ 3	3 ~ 5	5 ~ 7	7 ~ 9	9 ~ 11	11以上
A 地区	2,764 9 0.3	791 31 3.9	73 5 6.8	9 0 0.0	1 0 0.0	1 0 0.0	1 0 0.0
B 地区	4,254 21 0.5	956 38 4.0	347 37 10.7	149 28 18.8	62 14 22.6	29 3 10.3	27 14 51.9
C 地区	3,843 34 0.9	922 57 6.2	232 33 14.2	70 14 20.0	18 4 22.2	11 3 27.3	— — —

上段は標本数, 中段は大雨数, 下段は大雨発生率 (%)。

340°K 以上の気塊で, 大雨が起りやすいとされている (齊藤, 1973). 6 L-FLM では, 850 mb 面の温度は, 予報されていないので, ここでは, 最下層 (900 mb) の相当温位を用いる。

大雨発生率は, SSI と同様, それほど高くなっていないが, EQ 90 の高いところでは, 大雨の起りやすい傾向は, 明瞭である. 大雨の割合は, 330°K 以上で 75.2%, 340°K 以上で 56.7% に達している (第5表). 大雨発生率が高くないのは, 高温多湿の気塊が広い範囲に広がるのに比して, 大雨の起る範囲が, 極端に狭いためであろう。

### 2.6. 600 mb の鉛直流 ( $\omega$ 600)

6 L-FLM で計算されている鉛直流のなかで, 大雨と最も相関の高いのが,  $\omega$  600 である。

上昇流が強くなるとともに, 大雨発生率も, 順次, 高くなっており, -16 mb/hr 未満で, 大雨発生率は, 29.4% になる (標本数 51). しかし, 弱い上昇域から弱い下降域 (-4 mb/hr ~ 2 mb/hr) で, 大雨の 62.7% が起っている (第6表)。

### 2.7. 600 mb の比湿 (Q 600)

6 L-FLM で出力される生の因子のなかで, 大雨と最も相関の良いのが, Q 600 である。

Q 600 の増加にともない, 大雨発生率は, 高くなり, 9 g/kg 以上で, 29.6% (標本数 115) に達している. 一方, 2 g/kg 未満では, ほとんど大雨は起っていない (第7表). これは, 梅雨期の豪雨時に, 前線の南西側に, 西から東へ舌状に伸びる 600 mb の高混合比域が, ほとんど例外なく存在する (松本・二宮・吉住, 1971; 二宮, 1974) という解析事実でも明らかにされているように, Q 600 が大雨と密接な関係をもつことを示して

いる。

以上の7因子と大雨の関係から, 大雨予測因子を2つのグループに大別することができるだろう. 大雨発生率は, それほど高くないが, 大雨の起りやすい境界を決めやすい因子のグループ (SSI, EQ 90) と大雨発生率は, かなり高くなるが, 大雨の起りやすい境界を決めにくい因子のグループ (FR 06, BKBK, OGRF) である.  $\omega$  600 と Q 600 は, 2のグループの中間に位置する因子とみなせるだろう。

### 3. 6時間雨量と他の因子の組合せ

前節で明らかになったように, FR 06 を大雨予想に用いるときには, FR 06 が小さいときにも, かなりの大雨が起ることを銘記しておく必要がある。

ここでは, FR 06 を大雨予想に用いるとき, 最も有効な補助因子を見出すことにする. 同時に, FR 06 が小さいとき, 大雨の起る総観場の粗描を試みる。

第8表, 第9表は, それぞれ, FR 06 が小さい (0.1 mm 未満) とときと大きい (4.1 mm 以上) のときの大雨相対頻度 (上段) と大雨発生率 (下段) 分布表である. 大雨相対頻度は, FR 06 が 0.1 mm 未満のとき, または, 4.1 mm 以上のときに起こった全大雨数に対する各階級の大雨数の割合を示している. 各因子を8階級に分け, 階級番号が大きくなるとともに, 各因子の値も大きくなるようにしてある. 不安定域は, SSI の階級番号が2以下の領域であり, 上昇域は,  $\omega$  600 の階級番号5以下の領域である. EQ 90 では, 第8表, 第9表の階級の配分方法が, 多少, 異なっている. なお, 第9表の大雨発生率は, 全体に高くなっているが, これは, FR 06 が 4.1 mm 以上のときの大雨発生率が 23.7% (第1表) に達しているためである。

第4表 ショウワルターの安定指数

SSi (°C)	-2 未満	-2 ~ 0	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 以上
標本数	373	1,131	1,953	1,614	1,392	1,272	6,825
大雨数	11	60	164	68	19	14	7
大雨発生率(%)	2.9	5.3	8.4	4.2	1.4	1.1	0.1

第5表 900 mb の相当温位

EQ 90 (°K)	300 未満	300~310	310~320	320~330	330~340	340~350	350 以上
標本数	5,650	1,769	1,697	1,651	1,215	1,551	1,027
大雨数	4	8	17	56	63	125	70
大雨発生率(%)	0.1	0.5	1.0	3.4	5.2	8.1	6.8

第6表 600 mb の鉛直流

$\omega$ 600 (mb/hr)	-8 未満	-8~-6	-6~-4	-4~-2	-2 ~ 0	0 ~ 2	2 以上
標本数	447	283	563	1,349	4,273	4,170	3,481
大雨数	63	22	33	52	110	53	10
大雨発生率(%)	14.1	7.8	5.9	3.9	2.6	1.3	0.3

第7表 600 mb の比湿

Q 600 (g/kg)	2 未満	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 以上
標本数	8,085	1,665	1,456	1,213	858	558	725
大雨数	9	16	22	43	65	60	128
大雨発生率(%)	0.1	0.1	1.5	3.5	7.0	10.8	17.7

因子別にみてる。

BKKB：第8表の階級番号2~3 (10~50 mm) のところで大雨相対頻度が、60%を越えている。第9表でも、同様の傾向がみられるが、階級番号8 (130 mm 以上) で、大雨発生率が50%を越えている (標本数 21)。

$\omega$  600：第8表の階級番号4~6の弱い上昇域から弱い下降域 (-4 mb/hr~2 mb/hr) の大雨相対頻度は、95.5%にも達しているが、大雨発生率は、著しく小さい。それとは、対照的に、第9表では、階級番号1 (-10 mb/hr 未満) の大雨相対頻度が、特に、高くなっている。しかし大雨発生率は、下降域で高くなっている。

EQ 90：第8表、第9表ともに、EQ 90の増加にともない、大雨相対頻度が高くなっている。また、大雨発生率も高くなる傾向を示している。これは、FR 06の値に関係なく、EQ 90が大きくなると大雨が起こりやすいことを示すものである。

SSI：第8表では、大雨発生率は、高くないが、階級番号2~3の弱い不安定域から弱い安定域 (-2 °C~2

°C) の大雨相対頻度は高い。第9表でも、弱い安定域の大雨相対頻度は高いが、不安定域で大雨が起こっていない。

OGRF：第8表の階級番号2以下 (2 mm 未満) で、大雨相対頻度が50%を越えている。第9表でも、同様の傾向がみられるが、階級番号8 (7 mm 以上) で、大雨発生率は、高い値を示すとともに、大雨相対頻度も比較的高くなっている。

Q 600：第8表、第9表ともに、Q 600が大きいつき、大雨相対頻度が高くなっている。また、第8表の階級番号7以上 (6 g/kg 以上) では、大雨発生率も比較的高くなっており、他の因子に比べて、FR 06が小さいときの補助因子として有効であることを示している。第9表では、階級番号が5から6にかわるときに、大雨発生率、大雨相対頻度ともに、急激に高くなっている。これは、FR 06が大きいつきにも、補助因子として使用できることを示すものである。

以上の検討から、FR 06の補助因子として Q 600が

第8表 6時間雨量(0.1mm未満)と他の大雨予測因子

階級番号 因子	1	2	3	4	5	6	7	8
BK BK	0.0 0.0	31.3 0.8	31.3 2.2	17.2 3.4	13.4 7.2	6.0 7.7	0.0 0.0	0.7 14.3
Q 600	1.5 0.04	4.5 0.3	6.7 0.7	8.2 1.0	20.9 3.0	18.7 4.7	19.4 8.2	20.1 13.5
$\omega$ 600	0.0 0.0	0.7 2.3	1.5 1.0	14.9 2.3	57.5 2.1	23.1 0.8	2.2 0.2	0.0 0.0
EQ 90	3.7 0.1	5.2 1.1	5.2 1.3	10.4 3.1	12.7 3.6	14.9 4.3	16.4 3.5	31.3 4.9
SSI	6.0 2.3	32.8 4.6	36.6 3.8	17.2 2.0	4.5 0.6	1.5 0.2	1.5 0.2	0.0 0.0
OGRF	23.1 0.3	25.4 2.5	14.9 4.2	12.7 6.8	9.0 10.3	3.7 7.2	6.0 20.5	5.2 14.3

上段は大雨相対頻度(%), 下段は大雨発生率(%).

第9表 6時間雨量(4.1mm以上)と他の大雨予測因子

階級番号 因子	1	2	3	4	5	6	7	8
BK BK	0.0 0.0	6.5 10.5	24.2 25.0	22.6 28.0	11.3 20.0	8.1 13.5	9.7 28.6	17.7 52.4
Q 600	— —	— —	0.0 0.0	3.2 12.5	1.6 5.3	24.2 25.0	14.5 20.5	56.5 30.4
$\omega$ 600	46.8 25.4	8.1 13.2	9.7 23.1	8.1 17.2	6.5 21.1	6.5 22.2	4.8 33.3	9.7 66.7
EQ 90	1.6 4.8	3.2 10.5	16.1 15.2	22.6 31.1	25.8 32.0	30.6 31.1	— —	— —
SSi	— —	0.0 0.0	56.5 32.1	21.0 31.7	11.3 15.2	9.7 18.8	1.6 6.7	0.0 0.0
OGRF	9.7 9.0	25.8 26.7	16.1 23.8	9.7 27.3	8.1 27.8	8.1 29.4	3.2 28.6	19.4 41.4

上段は大雨相対頻度(%), 下段は大雨発生率(%).

有効であることがわかった。また、FR 06が小さいとき、大雨は、弱い上昇域から弱い下降域の、しかも、不安定域から弱い安定域で起きている。

立平(1971)は、大型帯状エコーの生成源は、例外なく、大規模場の上昇域にあるが、上昇流の極大から外れた位置にあることが多く、しかも、生成源で発生したエコーは、風下に移動し、弱い下降域にまで入り込むことを示している。また、エコーの生成源は、不安定域に位置しているが、風下ほど、安定になっていると解析している。FR 06が少ないとき、大雨の起こる総観場と立平

(1971)の解析と共通点があるようにみえる。他の条件(たとえば、風上端に小低気圧がある)をも含めた比較検討が必要である。

#### 4. 因子の組合せによる方法の例

これまでの検討から明らかなように、各因子は、それぞれ個有の長短所をもっており、1因子のみによる予想では、十分な予測精度が期待できない。特に、雨量予報によく用いられる力学的雨量による大雨予想では、力学的雨量の少ないときに、見逃す大雨が多くなってしまふ。このため、2つ以上の因子を組合せる方法を用いた

第10表 大雨有無の検証結果

	FR 06 と Q 600		BKBK と Q 600		の 700 と (T-T <sub>d</sub> ) 700	重相関回帰式		
	方法 1	方法 2	方法 3	方法 4	方法 5	方法 6	方法 7	方法 8
標 本 数	1,454	660	1,559	748	2,728	2,464	1,184	564
大 雨 数	216	138	230	149	249	285	212	149
大雨発生率(%)	14.9	20.9	14.8	19.9	9.1	11.6	17.8	26.4

各方法の大雨判定基準は本文参照。

第11表 ブラックボックス指数と 600 mb の比湿

Q 600 (g/kg)	BKBK (mm)	10未満	10~50	50~90	90~130	130以上
	2 未満		3,648 0 0.0	4,146 8 0.2	283 1 0.4	8 0 0.0
2 ~ 4		297 0 0.0	2,243 15 0.7	465 9 1.9	111 12 10.8	5 2 40.0
4 ~ 6		79 0 0.0	1,328 50 3.8	493 30 6.1	140 17 12.1	28 11 39.3
6 ~ 8		7 0 0.0	525 51 9.7	283 44 15.5	88 13 14.8	16 3 18.8
8 以上		1 0 0.0	171 33 19.3	126 30 23.8	55 7 12.7	11 7 63.6

上段は標本数, 中段は大雨数, 下段は大雨発生率(%)。

良い。

ここでは、2 因子の組合せによる方法を 3 例と重相関回帰式による方法とを試みる。2 因子の組合せの例は、FR 06 と Q 600, BKBK と Q 600, そして、Fax で全国に流され、天気解析によく利用されている 700 mb の鉛直流と湿数である。

各方法の予測精度の比較を容易にするために、1 つの大雨判定基準で、大雨の起こる領域と起こらない領域に二分し、かつ、大雨の起こる領域内の大雨数を揃えるようにした。これにより、各方法の大雨の起こる領域の大雨発生率の比較から、予測精度の良し悪しを知ることができよう。

大雨判定基準は、気象学上の常識に反しない、できるだけ少ない条件で構成するようにしたが、かなりの任意性がある。

第10表は、その検証結果である。

#### 4.1. FR 06 と Q 600

前節で検討したように、FR 06 が少ないときだけでなく、多いときにも、Q 600 が最も良好な補助因子である。

この組合せによる結果は、方法 1 と方法 2 である。方法 1 の大雨判定基準は、

$$FR\ 06 < 0.9\ mm\ のとき\ Q\ 600 \geq 6\ g/kg$$

$$FR\ 06 \geq 0.9\ mm\ のとき\ Q\ 600 \geq 5\ g/kg$$

の 2 条件で構成されている。

方法 2 の大雨判定基準は、

$$FR\ 06 < 0.5\ mm\ のとき,\ Q\ 600 \geq 9\ g/kg$$

$$0.5\ mm \leq FR\ 06 < 3.7\ mm\ のとき,\ Q\ 600 \geq 6\ g/kg$$

$$FR\ 06 \geq 3.7\ mm\ のとき,\ Q\ 600 \geq 5\ g/kg$$

の 3 条件で構成されている。

#### 4.2. BKBK と Q 600

第 2 節でみたように、BKBK が 10~50 mm のところで、かなりの大雨が起こっている。この主原因は、大雨との相関の良い Q 600 の取扱いにあるようである。ブラックボックスモデルは、風速シアーと比湿から構成されている。モデルの移動速度として、650 mb の風速を用いている。このため、600 mb 面で流入する水蒸気は、600 mb と 650 mb の風速シアーが小さいときは、期待されるほど多くならない。

第11表は、BKBK と Q 600 の関係を示す大雨発生率の分布である。BKBK が、10~90 mm のところで、Q 600 の効果が大きくきいているのがわかる。

方法 3 と方法 4 は、BKBK と Q 600 の組合せによる結果である。方法 3 の大雨判定基準は第11表の太線を用い、太線の右下の領域が大雨の起こる領域である。

方法 4 の大雨判定基準は、

$$BKBK < 30\ mm\ のとき,\ Q\ 600 \geq 8\ g/kg$$

$$110\ mm > BKBK \geq 30\ mm\ のとき,\ Q\ 600 \geq 7\ g/kg$$

$$BKBK \geq 110\ mm\ のとき,\ Q\ 600 \geq 2\ g/kg$$

の 3 条件で構成されている。

第12表 重相関回帰式

	5 未満	5 ~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35以上
標本数	12,096	1,280	620	268	121	81	41	43
大雨数	58	73	63	60	38	19	12	20
大雨発生率(%)	0.5	5.7	10.2	22.4	29.0	23.5	29.3	46.5

第13表 大雨予測因子の相関係数

予測因子 (T=24)	全	A 地区	B 地区	C 地区
FR 06	206	294	267	136
BKKB	228	139	274	217
OGRF	277	144	325	257
SSI	149	116	154	164
EQ 90	174	153	175	185
$\omega$ 600	172	183	175	174
Q 600	267	264	273	265
$\sum Q\omega$ (700~400mb)	262	275	284	265

大雨のとき 100, そうでないとき 0 として, 大雨予測因子との相関をとっている。

### 4.3. 700 mb の鉛直流と湿数

方法 5 は, この組合せの結果である。大雨判定基準は, 下降域では, 湿数  $1^\circ\text{C}$  未満, 上昇域では, 湿数  $3^\circ\text{C}$  未満の 2 条件で構成されている。この方法は, 今までの方法に比べて, 著しく悪い結果となっている。これは, 同一気圧面の要素を組合せたためであろう。

### 4.4. 重相関解析

大雨予測因子のうち, FR 06, BKKB と OGRF 等は, 強い地域性をもっている。重相関回帰式も, 地域ごとに作成すれば, 上記の因子の効果を十分に組み入れることができ, 予測精度も良くなるであろう。

ここでは, A, B, C 地区を一緒にした重相関解析をおこなった。

第12表は, 重相関解析の結果である。ここで用いた因子は, BKKB, Q 600, OGRF と水蒸気の垂直フラックス ( $\sum Q\omega$ ) である。 $\sum Q\omega$  は, ここで扱わなかったため, 第13表の相関係数を参考にさせていただきたい。

第12表より明らかなように, 指数の増加と大雨発生率の増大の関係は良好である。しかし, 指数の小さいところに, まだ, かなりの大雨が集まっている。この大雨は, ほとんど, FR 06 が小さいときに起こったものと推測される。

方法 6 ~ 8 は, 大雨判定基準として, それぞれ, 指数

が 5 以上, 10 以上と 15 以上を用いた結果である。

各方法の精度を比較するには, 第10表で, 大雨数のほぼ同じ方法の大雨発生率を比べればよい。方法 1 と方法 3, 方法 2 と方法 4 の比較から, FR 06 と Q 600, BKKB と Q 600 の組合せによる方法は, ほぼ同じ予測精度をもっているといえる。また, 方法 7 と方法 1, 方法 3 との比較から, 方法 7 が 3% 程度良い。方法 8 と方法 2, 方法 4 との比較から, 方法 8 が 6% 程度良い。これより, 重相関解析による方法は, 他の方法に比して, 予測精度が良いことがわかる。

なお, 第13表は, 予測因子と大雨との相関係数の一覧表である。一部, 全国予報技術検討会の報告から転載した。

## 5. あとがき

重相関解析を用いても, 大雨の 80% 程度を予測しようとする, 大雨発生率は, 12% 前後になってしまい, 24 時間内の降雨の有無的中率に比して, 極端に悪い。この最大の原因は, 大雨数が非常に少ないためである。情報論の立場からみてみよう。高橋 (1976) によれば, 予報の情報量  $I$  は,  $I = \log_2 P/p$  で表わされる。ここで,  $p$  は予報しようとする現象の起こる確率,  $P$  は予報的中率である。ここでは,  $p = 0.024$ ,  $P = 0.12$  であるから, 情報量  $I$  は,  $I = 2.32$  ビットになる。一方, 大雨の起こらない情報の価値は, 高橋 (1976) に従って計算すると,  $p = 0.976$  で, 的中率を 100% としても, その情報量は,  $I = 0.035$  ビットにすぎない。12% 前後の大雨の発生の情報価値は, 高いといえる。

また, 大雨数を増やして, 大雨発生率を高めることもできる。たとえば, 格子点で代表される領域を広げる (半径 150 km 位にする) なり,  $T=24$  で代表される時間巾を広げる (前後 6 時間位にする) なりすればよい。しかし, 情報価値は, それとともに, 増大するとはいえない。

これまで, 検討対象を 1 格子点のみに限ってきた。実際には, 12% 程度の大雨発生率は, 数格子点にまたがってあらわれる。2 格子点にまたがってあらわれたときの大雨発生の確率は,  $p_{12} = p_1 + p_2 - p_1 p_2$  である。こ



で、 $p_1, p_2$  は、各格子点の大雨発生の確率である。また、2格子点は、確率的に独立と仮定している。 $p_1 = p_2 = 0.12$ とすると、大雨発生の確率は23%位になる。3格子点にまたがったときには、32%位、4格子点にまたがったときには、40%前後に達する。一般に、隣接した格子点は、確率的に独立といえないから、確率は、前記のものより、若干、高くなるだろう(Lawrence A. Hughes and Wayne E. Sangster, 1974)。しかし、同時に、大雨の起こる領域を限定しにくくなっていく。

気象庁予報部の現業作業で試用されている方法は、数種の大雨判定基準を組合せて、大雨発生率を数段階に分けている。この方法によると、大雨の起こりやすい領域は、大雨発生率が高く、しかも、周囲の値との差の大きいところになる。1つの大雨判定基準を用いるときより、大雨の起こる領域は、一層、見分けやすくなる。

重相関解析によっても、かなりの大雨を見逃している。そのほとんどが、力学的雨量が少ないときのものである。しかし、このときの大雨は、必ずしも、予想が不可能というわけではないようである。大雨発生に必要な総観場の条件があるらしいことは、この調査からも、うかがえる。今後の調査の課題であるといえる。

最後に、指導していただいた気象庁予報課立平技官、並びに、助言していただいた電子計算室山岸技官に深く感謝いたします。

文 献

Hughes, L. A., and W. E. Sangster, 1974 : Thirty-six hour precipitation probabilities, Preprints Fifth Conference on Weather Forecasting and Analysis, Amer. Soc. 29-31.  
 中山 嵩, 立平良三, 1976 : 大雨ポテンシャル予報に有効な予測因子, 昭和50年度全国予報技術検討会資料 (1), 気象庁予報部, 66-70.  
 二宮光三, 1974 : 梅雨前線の豪雨と中間規模および中規模擾乱, 気象研究ノート, 120, 437-461.  
 斉藤直輔, 1973 : 天気図解析, 天気予報指針, (基礎編), 38-56.  
 高橋浩一郎, 1976 : 天気予報, 気象研究ノート, 128, 145-155.  
 立平良三, 1971 : 帯状エコーの生成・維持に必要な総観場の条件, 研究時報, 23, 341-355.  
 立平良三, 斉藤直輔, 1973 : 豪雨予想の一方法 (ブラックボックス法), 研究時報, 25, 31-42.  
 立平良三, 1975 : MOS (Model Output Statistics) について, うず, 30, 1-3.  
 立平良三, 1976 : 雨滴成長を考慮した地形性降雨の計算, 天気, 23, 96-100.  
 保科正男, 1976 : 電計資料を用いた降雨の有無の判定, うず, 31, 1-2.  
 Matsumoto, S., K. Ninomiya, and S. Yoshizumi, 1971 : Characteristic features of "Baiu" front associated with heavy rainfall, J. Met. Soc. Japan, 49, 267-281.  
 山岸米二郎, 1975 : プリミティブモデルによる雨量の短期予報, 天気, 22, 105-109.

日本気象学会誌 気象集誌

第 II 輯 第54巻 第3号 1976年6月

中村 一 : 大気数値モデルでプラネタリー波を表現することに関する問題.....129~146  
 藤井盛澄 : 1958年12月における亜熱帯ジェット流の大規模変化とそれに関連した振舞.....147~159  
 二宮光三・秋山孝子 : 寒気吹出時における黒潮海域の混合層・逆転層の構造と熱収支状況.....160~174  
 村上多喜雄 : モンスーン期における雲量変動.....175~181  
 水野建樹 : 2台のけい留気球による空間-時間相関の観測 .....182~186

要報と質疑

千葉 修 : 大気接地層の乱れのスケール.....187~190