

# 微格子日本領域予報モデル (11 L-VFM 42) の開発\*

古賀晴成\*\*・山岸米二郎\*\*\*

## 要旨

地表付近の風, 雨量の細かな空間分布を予測する目的で開発した微格子 (42.3 km) 数値予報モデルで得られた結果を報告する。

このモデルのもう一つの目的は, 広領域モデルで得られたある時刻の予想値を初期値とし, 短時間の時間積分を実施し, 所要時間の短縮をはかることにあった。しかし, 発生するノイズが数時間継続し, 期待した程には時間短縮は図れなかった。精度的にはルーチンの微格子モデル (VFM 65) と基本的には同じであったが, 雨量分布や小擾乱の表現には若干改良が見られた。

## 1. はしがき

気象庁電子計算室では地表付近の風や気温, 雨量の細かな空間分布の予測を目的とする数値予報モデルの開発が進められ, 昭和58年3月から日本領域の微格子モデル (VFM) が予報現業に利用されるようになった。

このVFM開発初期に“フランス方式” (WMO, 1979) (VFMの初期値として北半球モデルの21時間予想値を利用し, VFMでその後の3時間の時間積分を行い24時間の予想値を得る方式)の実験を実施した。

この実験用に作成したモデルはプリミティブの11層, 水平格子間隔 42.3 km である。結果をまとめると

(1) 時間積分初期に発生するノイズが数時間続き, “フランス方式”のようにVFMで3時間の積分では不十分で, 12時間の積分が必要であること。

(2) 領域平均の質量 (地上気圧) が数 mb 変動する (広領域モデルと結合する側面境界条件を若干手直しすることで改善が図れる) こと。

(3) この方式では気温の日変化や12時間の予想値が得られないこと。

等の欠点があり, 雨量分布や小擾乱の表現に若干の利点

が得られたものの従来方式のVFM 65 (格子間隔 63.5 km) がルーチンとして採用された。

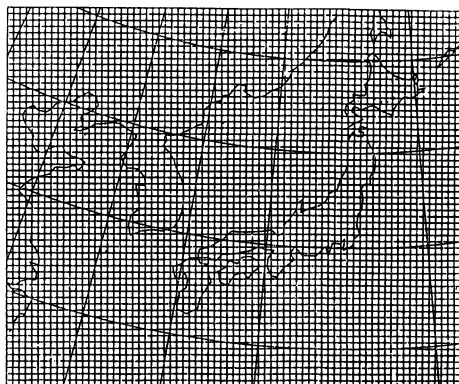
ここでは, “フランス方式”によるVFM 42で得られた結果を中心にVFM 65との比較も織り混ぜて報告する。

## 2. モデルの概要

この予報モデル (VFM 42) の概要は次の通りである。

### 2.1. 予報領域

第1図にこのモデルの予報領域と格子網を示す。60°N ポーラーステレオ投影図で日本付近を73×61の格子点で覆い, その格子間隔は42.3 km である。なお, VFM 42



第1図 VFM 42 の予報領域と格子網。

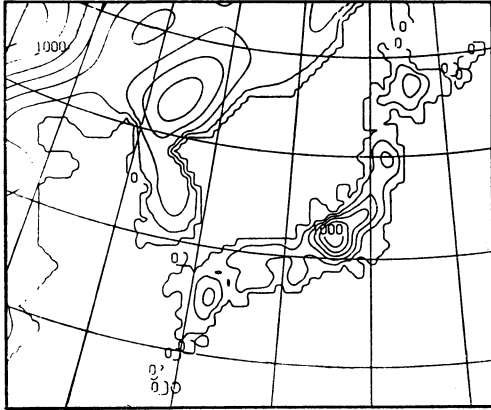
\* The development of a very fine mesh model (11 L-VFM 42).

\*\* Harushige Koga, 大阪管区気象台技術部予報課。

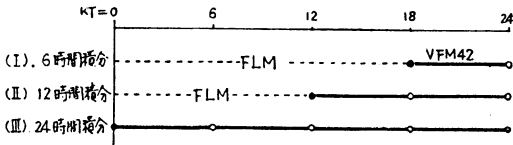
\*\*\* Yonejiro Yamagishi, 気象庁予報部電子計算室。

——1984年3月13日受領——

——1984年5月15日受理——



第2図 VFM 42 に組み込まれた地形 (単位 m, 等高線は 200 m 毎).



第3図 VFM 42 の時間積分方式 (実線部分を VFM 42 で時間積分を行う).

の子報領域はアジア領域モデル (FLM) 領域内であれば任意の場所に移動することが可能である。

2.2. 水平格子構造

水平格子上の物理量の配置はスタガード型配置 (Arakawa B 型) と呼ばれる方法で第1図の格子点上に  $\pi$ ,  $\theta$ ,  $q$  等のスカラー量が定義される。

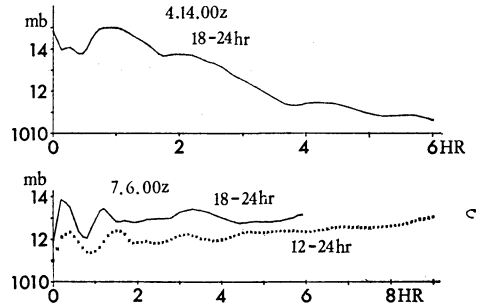
2.3. 地形

VFM 42 に組み込まれた地形を第2図に示す。大陸の地形は FLM と同じものであるが、日本の地形は若干詳しくなっている。中部山岳の最高高度で約 1150 m であり、現実の地形と比べると著しく平滑化されたものとなっている。

この他、鉛直格子構造、支配方程式系、水平鉛直差分スキーム、時間差分スキーム、物理過程等はルーチンの VFM 65 とほとんど同じである (Electronic Computation Center (1983) 参照)。

2.4. 初期値の作り方

FLM で予想された或る時刻の P 面の格子点値を VFM 42 の  $\sigma$  面, 42.3 km の格子点上に内挿したものを初期値とする。



第4図 特定格子点 (55, 43) における地上気圧の変動 (縦軸: 地上気圧 (mb), 横軸: VFM 42 による予想時間).

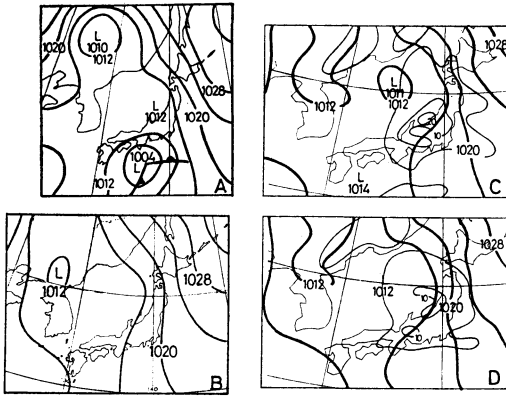
2.5. 積分時間

VFM 42 で 6 時間, 12 時間の積分をする 2 種類のテストを実施した。第3図の (I) の 6 時間積分は FLM の 18 時間予想値を初期値として, VFM 42 で 18~24 時間の 6 時間積分を行うことを示している。(II) は同様に 12 時間積分を行う。

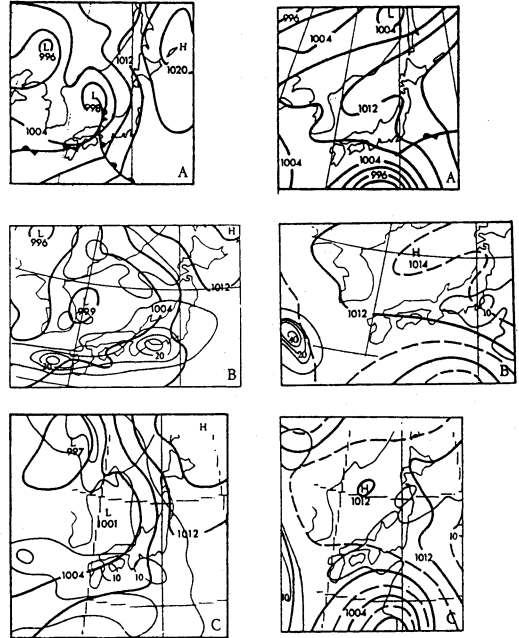
3. 初期値化について

2.4 節で述べたように、このテストでは初期値化 (たとえば、 $\omega$  方程式とバランス方程式を解いて初期値の風を算出するような方法) は行っていない。しかし、予想値を初期値として用いるのであるから、モデルに“なじんだ値”になっており初期値化は不要であるともいえるが、FLM での  $\sigma$  面から P 面への変換, P 面から VFM 42 の  $\sigma$  面への変換, FLM の 127 km 格子点値から VFM 42 の 42.3 km 格子点値への内挿を行っているの、これに伴う誤差が当然生ずる。したがって、時間積分初期に発生するノイズの振る舞いを確かめておく必要がある。ここでは特定格子点における地上気圧のタイムステップ毎の変化を見ることにする。

第4図の 4月14日00Z (1982年) の例は、第3図 (I) の KT=0 を 14日00Z にあてはめたものであり、7月6日00Z (1982年) の例は実線が第3図の (I)、点線が (II) の積分方法に該当する。3例とも約 1 時間程度の変動が見られ、時間とともに振幅は小さくなっているが、6 時間では振動がなくなっていない。しかし、図には示していないが、VFM 42 で 12 時間積分すればノイズはほぼ治まっている。



第5図 地上天気図と予想図 (1982年4月15日00Z).  
 (A) 実況図 (気象庁印刷天気図より).  
 (B) FLM による4月15日00Zの24時間予想図.  
 (C) VFM 42 による4月15日00Zの予想図 (第3図 (II) の方式による).  
 (D) (C)と同じ (第3図 (I) の方式による). 太実線: 等圧線 (4mb 毎), 細実線: 予想6時間雨量分布 (15日3~9時 (日本時間) に対応, 等値線は 10 mm 毎).



第6図 地上天気図と予想図 (1982年7月16日12Z).  
 (A) 実況図.  
 (B) VFM 42 による7月16日12Zの予想図 (第5図 (C)と同じ).  
 (C) VFM 65 による7月16日12Zの予想図.

第7図 地上天気図と予想図 (1982年7月31日12Z).  
 (第6図と同じ, 右側の3図).

4. VFM 42 による6時間積分と12時間積分との予想値 (地上気圧) の比較

1982年4月14日00Zを第3図の KT=0 として (I) と (II) の方法で得られた予想結果を第5図に示す.

実況 (A)にある紀伊半島沖の 1004 mb の低気圧がよく予想されていないことには変わらないが FLM (B) と VFM での6時間積分 (第3図 (I), 第5図 (D)) の結果とでは全く変化がなく, 微格子にした効果は見られない. 12時間積分の結果 (第3図 (II), 第5図 (C)) では, 四国沖に弱いがら低気圧が予想される.

このように6時間積分では広領域モデルの予想値とほとんど変わらないが, 12時間積分すると微格子にした効果が現れる.

前述のノイズの治まり工合, 予想結果 (この他, 対流調節方式では積分初期に, 降雨量が少ない欠点存在) を考慮し12時間積分を採用することにした.

5. VFM 42 と VFM 65 の予想図 (地上気圧) の比較

VFM 42 と VFM 65 の地上気圧分布の予想値のちがいを見ることにする (VFM 65 の詳細は, Electronic Computation Center (1983), 簡単な紹介は, 山岸 (1983) 参照). この2つのモデルは基本的には同じであり, ちがいは主として水平格子間隔によるものと思われる. 以

下に示す VFM 42 の予想は第3図 (II) の方法によるもので VFM 42 で12時間積分したものである.

第6図に1982年7月16日12Zに対する地上天気図と予想図 (24時間) を示す. パターンには大差ないが日本海の低気圧の遅れは VFM 42 の方が大きい. 1004 mb の等圧線に着目すると, VFM では能登半島の東を通るのに対し, VFM 65 ではやや西を通る (実況では能登半島上). また 1012 mb の等圧線は VFM 42 では青森県沖太平洋上から 40°N 線沿いに東へ伸びているのに対し, VFM 65 では東北地方の太平洋岸沿いに南北に走っており (実況に近い), VFM 42 では気圧が全般に 1~2 mb 低くなっている (バイアスが存在する).

第7図は1982年7月31日12Zに対する予想図で, 本州南方洋上に台風が存在する. 北海道東方から日本海への高気圧の張り出し工合は VFM 42 の方がややよく表現されているが, 気圧が全般に約 2 mb 高くなっている.

第6, 7図に示した VFM 65 の予想値は, 積雲対流

のパラメタリゼーションとして kuo 方式を用いている。対流調節方式にすれば、雨量分布とともに地上気圧分布も若干変化するけれども、経験から大差ないものとして比較を行った。

## 6. VFM 42 と VFM 65 の予想値 (雨量) の比較

VFM 42, VFM 65 ともに対流調節方式を利用した予想例が少なく、雨量分布の比較できる例があまりないが、1982年7月24日 (長崎豪雨の翌日) 00Z の前6時間雨量に対する予想値を第8図に示す。

実況図(A)を見ると、多雨域は山口県、高知県、大分県～熊本県に存在する。VFM 42 の予想(B)では、多雨域は山口県と土佐沖～中南九州へ伸び、後者は実況より南偏しているものの VFM 65 よりやや優れている。

このようにケースによっては VFM 42 の方が細かな分布で若干勝ることもあるが、量的予想という点ではまだまだ不十分である。

## 7. VFM 42 の雨予想

微格子モデルの開発目的の1つとして雨量の細かな空間分布の予測があった。そこで雨の予想に焦点を絞り具体例を見ることにしたい。

### (1) 1982年7月16日12Z (日本海低気圧)

実況 (第9図)

- 雨域 関東以西
- 多雨域 中国地方西部～北九州 (最大 80 mm)
- 岐阜県 (最大 60 mm)

予想 (第6図(B))

- 雨域 東东南部以西
- 多雨域 東海地方 (20 mm)
- 九州西方洋上 (20 mm)

特徴

- 予想雨域 やや北へ拡がり過ぎ。
- 予想多雨域 南偏。さらに九州付近は西偏。
- VFM 65 (C図) と比較すると雨域の集中はよく表現されている。

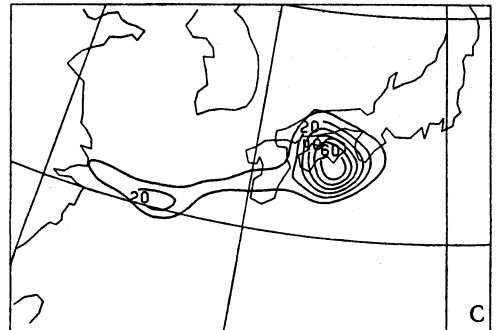
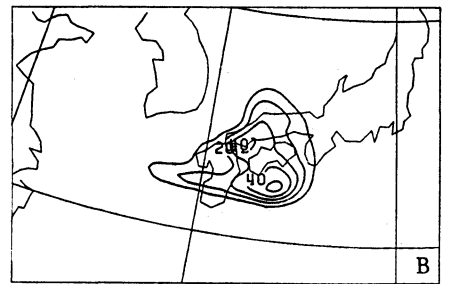
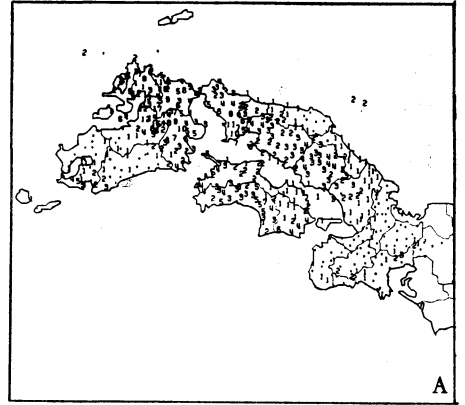
### (2) 1982年4月15日12Z (南岸低気圧)

実況 (第10図(C))

- 雨域 中部以北
- 多雨域 関東 (100 mm)

予想 (第10図(B))

- 雨域 中部以北
- 多雨域 東北 (20 mm)



第8図 雨量分布図と予想図 (1982年7月24日00Z, 前6時間雨量)。

(A) 実況 (アメダス観測)

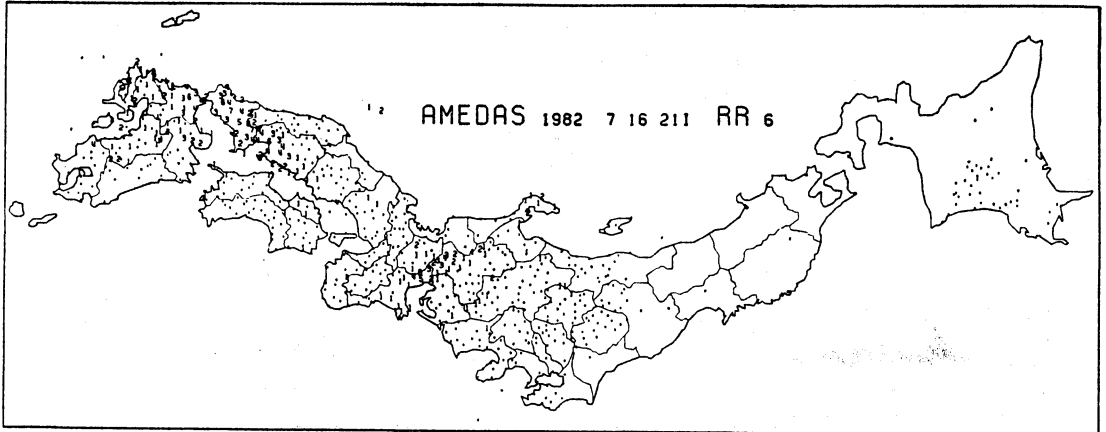
(・ : 0~9 mm/6 hr, 1 : 10~19 mm/6 hr, ……等)。

(B) VFM 42 の予想雨量。

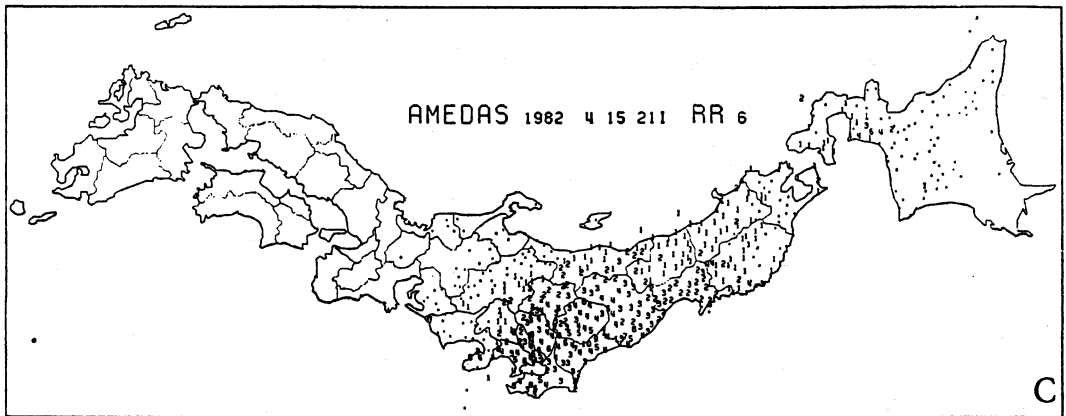
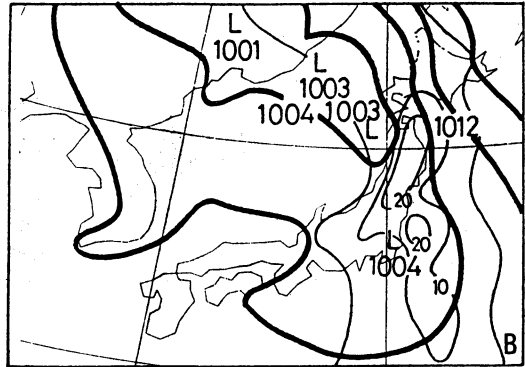
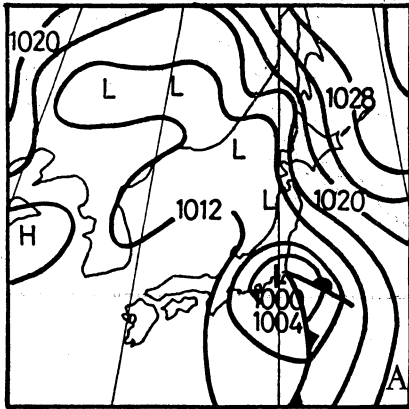
(C) VFM 65 の予想雨量 (等値線 10 mm 毎)。

特徴

- 関東付近の低気圧の発達予想されず、秋田付近の低気圧の示度の方が低く実況とは逆。
  - 予想雨域は良い。
  - 予想多雨域は北偏。
- (3) 1982年7月20日12Z (梅雨前線)。

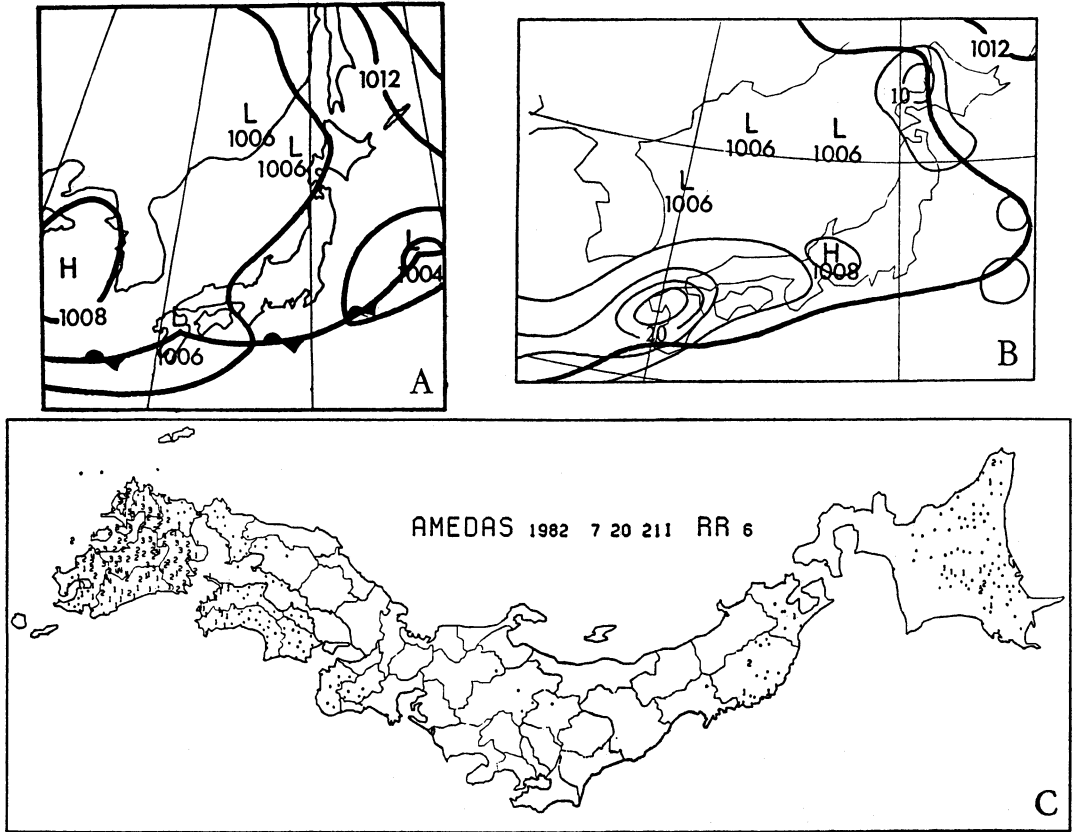


第9図 雨量分布図 (1982年7月16日12Z, 前6時間雨量, 第8図(A)と同じ).



第10図 地上天気図, 雨量分布図, VFM 42 の予想図 (1982年4月15日12Z).

- (A) 地上天気図.
- (B) VFM 42 の予想図 (地上気圧と6時間雨量).
- (C) 雨量分布図 (第8図(A)と同じ).



第11図 1982年7月20日12Z (第10図と同じ).

実況 (第11図(C))

雨域 北海道, 東北, 南近畿~九州.  
 多雨域 九州 (50 mm)

予想 (第11図(B))

雨域 北海道~東北 中部~九州  
 多雨域 北九州 (20 mm)

特徴

○予想雨域, 多雨域ともにやや北偏傾向.

(4) 1982年6月27日00Z (台風)

実況 (第12図(C))

雨域 関東~東北 富山県他  
 多雨域 東北太平洋側 (50 mm), 富山 (100 mm)

予想 (第12図(B))

雨域 東北太平洋側~太平洋上, 関東  
 多雨域 太平洋上

特徴

○予想雨域大きく東偏.

○台風の中心位置の予想が南東へ数 100 km ずれている. 示度も浅く, 等圧線は楕円形になっている.

(5) 1982年8月8日12Z (不安定性降雨)

実況 (図略)

雨域 東北~九州  
 多雨域 兵庫県 (90 mm) 他

予想 (図略)

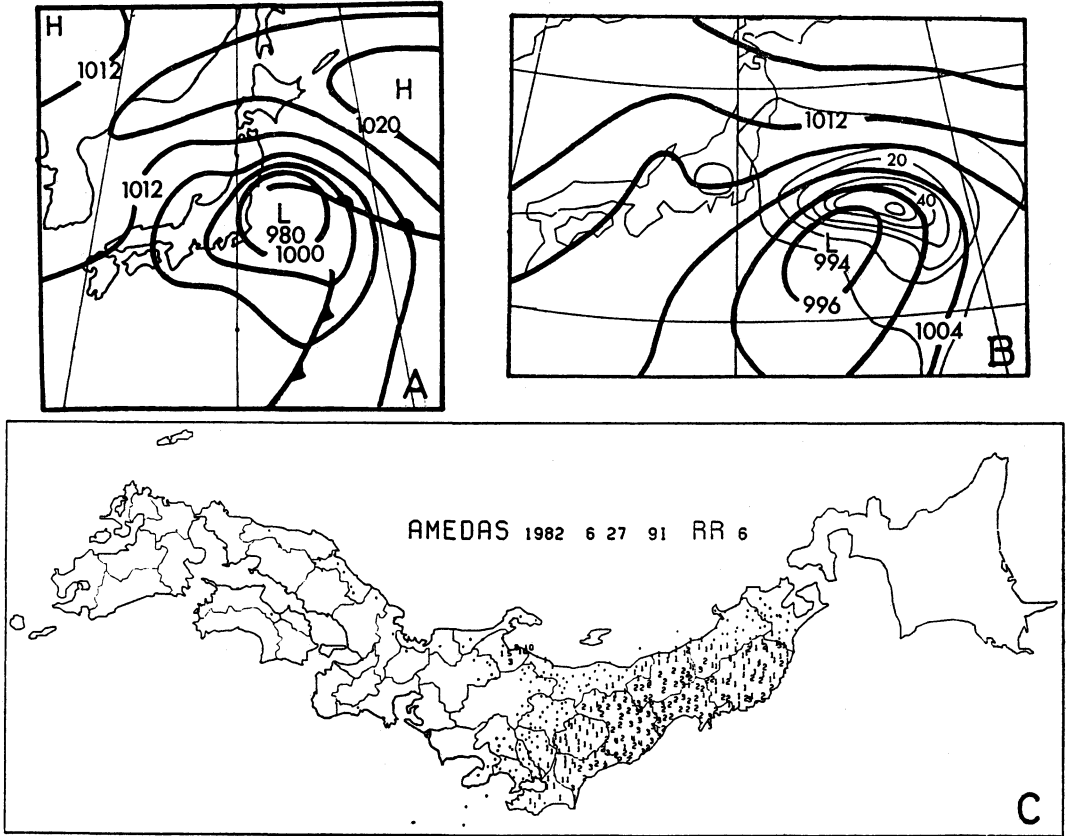
雨域 兵庫県付近のみ

特徴

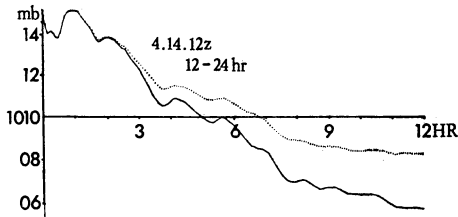
雨域, 多雨域ともほとんど予想されない.

ここに掲げなかった例も含め, VFM 42 による雨予想についてまとめると,

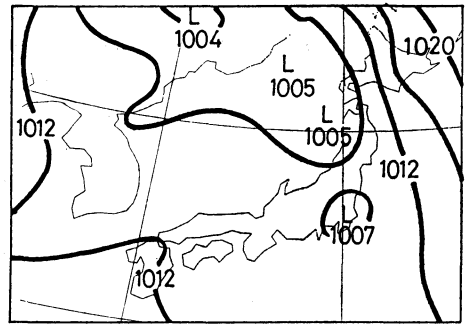
1. 予想雨量はルーチンモデル (北半球, FLM) に比較し, 領域平均 (127×127 km) では増加し, 集中性に優れるが, 実況と比べるとまだ少ないことが多く,



第12図 1982年6月27日00Z (第10図と同じ).



第13図 特定格子点の地上気圧の変動 (第4図と同じ, 実線:  $K=1.2 \times 10^{-3} \text{sec}^{-1}$ , 点線:  $3.6 \times 10^{-3} \text{sec}^{-1}$ ).



第14図 予想地上天気図 (1982年4月15日12Z), ( $K=3.6 \times 10^{-3} \text{sec}^{-1}$  とした時の予想地上天気図).

2. 予想多雨域と実況多雨域を対応させるには無理で
3. 量的予想の利用には耐え得ない.
4. 一方, 雨域については若干拡がり過ぎる傾向も見られるが, 不安定性降雨を除くとかなりよく予想されている.

擾乱別の特徴を見つけることは例数不足でできなかった. 擾乱の位置, 発達程度の予想が狂うと当然のことながら雨量, 雨域の予想は大きく違う (たとえば, 4月15

日12Zの南岸低気圧の発達, 6月27日00Zの台風的位置の誤り等)。不安定性降雨については, 量, 領域とも非常に予想されにくく, 少しでも雨量が予想されているような場合は, 実況では広範囲に大規模な雷雨の発生を考えた方が良さそうである。

## 8. おわりに

VFM 42 は VFM 65 に比べてケースによっては, 若干雨量分布や小擾乱の表現にすぐれている点もあったが, 基本的にはあまり変わらず, 予想時間がかかり過ぎること, 領域が狭すぎる点, 地上気圧にバイアスが存在すること, “フランス方式”では日変化や VFM 42 による12時間予想値が得られないなどの欠点があり, VFM 65 がルーチンモデルとして採用された。

地上気圧に見られるバイアスの原因は, 初期値作成時に内挿を繰り返すことによって生ずる誤差が, 側面境界を出入りする質量を変え, 領域が狭いこともあって地上気圧に大きく影響していると考えられる。地上気圧の変動を小さくするため次のような方法を試みた。

このモデルでは, 側面境界条件として FLM と同じ方式 (巽, 1983) を採用しているが, そこで使用している定数を変更し, VFM 42 の予想値が境界領域でより FLM の値に近づくように強制力を強めた (具体的には巽 (1983), P 53 の  $K$  の値として FLM の3倍に相当する  $3.6 \times 10^{-3} \text{sec}^{-1}$  の値を用いた。この値が最適か否かの検証は行っていない)。これにより, 上述のバイアスの減少と同時に予想初期のノイズが早期に抑制されることも期待できる。

$K$  の値を変更した結果を次に示す。1982年4月15日12Zに対する予想で, 地上気圧の変化を第13図に示す。 $K$  の値を大きくしたものが短周期の変動が早く収まっている。地上気圧分布 (第14図) はもとの  $K$  の値の時 (第10図(B)) と比較し 3~4 mb 上昇し, バイアスがかな

り減っている。

その後, VFM 42 は上述のように  $K$  の値を修正し, 鉛直分解能を13層に増やし, “フランス方式”をやめ, 長崎豪雨低気圧発達のシミュレーション, 東北大火, 山陰豪雨等の予想に実験モデルとして利用されている。現在, さらに格子間隔を細かくしたモデルも開発されつつあるが, 必ずしもこれだけでは地形の影響が大きい現象を除き, 基本的な予想の向上は認められず, 解析, 初期値化, 物理過程の改良等が必要となろう。

## 9. 謝辞

有益な御教示を頂いた巽 保夫氏, アメダスによる雨量分布図作成に協力頂いた牧野義久氏に心から感謝いたします。

## 文献

- Electronic Computation Center, JMA, 1983: Outline of operational numerical weather prediction at Japan Meteorological Agency, Appendix to periodic report on numerical weather prediction, 48-62.
- Tatsumi, Y., 1983: An economical explicit time integration scheme for a primitive model, J. Met. Soc. Japan, 61, 269-288.
- 巽 保夫, 1981: 時間差分スキーム, 電子計算室報告 別冊 27号, 3-31.
- , 1983: 10層アジア地区ファインメッシュモデル, 電子計算室報告 別冊 29号: 53-54.
- WMO, 1979: Programme on short—medium—and long-range weather prediction research (PWPR), Numerical weather prediction progress report for 1979, 31-32.
- 予報部電子計算室, 1983: 予報解析中枢計算機システムと数値予報業務の概要, 測候時報, 50, 6号, 1-6.
- 山岸米二郎, 1983: 関東地方の局地的悪天時の場の特徴の数値シミュレーション, 天気, 30, 531-538.