

昭和57年度春季大会シンポジウム「気象衛星資料の利用 —その現状と展望—」の報告

今回のシンポジウムでは、標記のテーマのもとに、田中正之（東北大学：放射観測とリモートセンシング）、立平良三（気象庁予報課：静止気象衛星の予報業務への利用）、岡林俊雄（気象研究所：低気圧、大雨（雪）などの解析への利用）の三氏が話題を提供されました（座長 伊藤 宏（気象衛星センター））。この話題の概要につき、次の二氏が下記のようにまとめられましたので報告します。（「天気」編集委員会）

1. 静止気象衛星の予報業務への利用

立平良三*

1. まえがき

気象庁予報課では、1978年4月から「ひまわり」の雲画像を予報業務に利用している。台風の位置や勢力の推定など、「ひまわり」の利用により改善された作業も多いが、まだ毎日の天気予報の精度向上にはっきり現われるまでには到っていないように思う。

本稿では、特に「ひまわり」雲画像の短期予報への利用に重点を置いて、利用の現状と問題点について述べる。日本における衛星利用を考える場合には、気象レーダー観測網および地域気象観測網（アメダス）といかに効果的に組み合わせるかが一つの焦点となる。また3時間毎の観測というのも、大きな制約である。

2. 短期予報（狭義）への利用

短期予報は明後日までの予報であるが、そのうち目先6時間程度はかなり違った予報技術を用いるため、短時間予報として別に取り扱うことにする。

目先数時間を除いた狭義の短期予報では、予報技術の中核をなすものは数値予報である。したがって、雲画像の利用もまず数値予報との関連において考えねばならない。具体的には次のような項目があげられる。

(1) 数値予報の初期値解析への利用

a. 客観解析への入力

雲の移動ベクトルから求めた高層風は、予報部の客観解析のデータとして既に使われている。また雲画像から推定された飽差を入力するテストは行われたが、まだ実

用化には到っていない。雲画像から飽差を推定するアルゴリズムは、純客観的な方式では実用的な精度に達するのが困難なようである。

b. ボーガス (bogus) データの改善

特に台風などの場合には客観解析だけでは数値予報の入力として十分でないことが多い。予報担当者による天気図解析の結果が、ボーガスとして入力されるが、観測データの少ない洋上では、衛星雲画像によって解析精度がかなり向上する。

(2) 数値予報結果の修正

a. 初期値解析のチェック

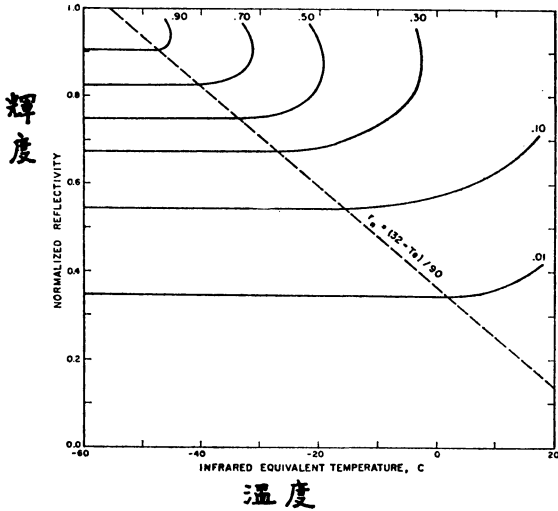
数値予報の初期値解析が誤まっておれば、それに応じて予想結果も修正を要する。ゾンデによる湿度の観測値は中小規模現象の影響を受けやすく、大規模場の代表性が十分でないことがままある。現在、衛星の雲画像を利用して定性的なチェックが行われているが、初期値の修正が予想結果にどう影響するかを推定するのは必ずしも容易でない。

b. 最新の雲画像によるチェック

数値予報の予想結果が出力されるのは、初期時刻から約6時間後である。また1日2回しか出力されないの、時には12時間以上前の予想図をもとに予報を出さざるを得ないこともある。このとき最新の雲画像から低気圧や前線などの大規模系を検出し、対応する予想図と比較して、予想図を修正する手掛かりを得ることができる。また巻雲の走向も上層風向についての情報を与える。

(3) 予想大規模場の天気への翻訳

* Ryozo Tatehira, 気象庁予報課。



第1図 GOES 衛星で観測した輝度と赤外温度から、1時間以内に 0.25 mm 以上の降水の起こる確率を求めた図。

数値予報で予想された大規模場から、各地方の天気予報を出すためには、いわゆる「天気への翻訳」が必要である。衛星資料によって、大規模系に伴う雲系のモデルが改善されれば、天気翻訳の精度向上につながる。

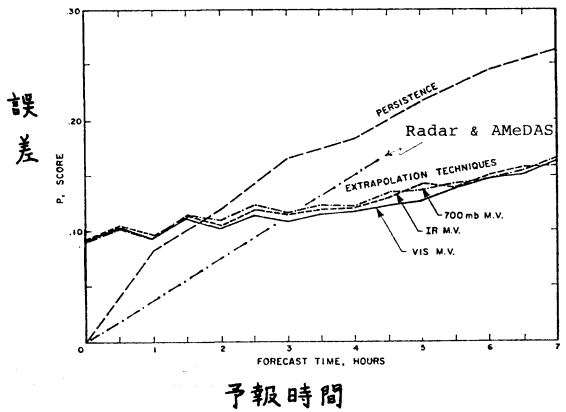
最近では、MOS (Model Output Statistics) により天気に翻訳した、いわゆるガイダンスが出力されているが、このガイダンスを最新の雲画像を用いて修正できる可能性がある。

降水確率を例にとると、一応は約 130 km 格子に確率値が出力されているが、いくつかの格子点にまたがって似たような数値になることが多い。例えば、関東～東海にかけて20～30%程度になっているとき、実際の降水は局限された地域に降ることがしばしばある。このようなとき、局限された地域を予想できれば、そこには100%近い降水確率を、残りの地域には0%に近い値を予報すればよい。最新の雲画像から、降水に関するメソ系を検出すれば、降水域を局限できる可能性がある。

(4) 雲系の外挿

短期予報への利用は、数値予報と組み合わせるのが基本であるが、時には雲画像の外挿だけからでも、ある程度の子報が可能である場合がある。

外挿が有効となるためには、雲系が予報期間に匹敵する持続時間を持たねばならない。一般に持続性の大きいシステムはスケールが大きい。スケールが大きいシステムは一般に風や気温などの物理量の傾度が小さく、従っ



第2図 予報時間の関数としての予報誤差 (P-score). persistence, 雲画像の外挿 (extrapolation) のほか、レーダーとアメダスの組み合わせによる外挿技術も鎖線によって追加してある。

て天気予報で問題になるような顕著な天気変化を伴わないことが多い。しかし、雲系の中には、スケールが大きいのに物理量の傾度が大きいもの、例えば大規模な雲域のシャープな緑辺とか帯状構造などがよく現われる。

昭和56年度全国予報検討会における嶋村 克の報告では、大規模雲域の北西の緑辺は速度および形状の持続性が大きく、1980年3～5月に観測された58例のすべてが9時間以上の追跡が可能であった。またこの緑辺の通過と共に強雨が終了したことが報告されている。

3. 短時間予報への利用

(1) 初期値解析

短時間予報 (6時間先まで) においても、詳細な初期値が予報の基礎である。雲画像によって、レーダーやアメダス守備範囲外の実況を入手できれば、予報期間の延長が可能になる。また雲画像からは、レーダーやアメダスとは別種の情報を得ることもできる。

(2) 雲系の外挿

雲系の外挿は、短時間予報の場合にかなり有力な予報手段となりうる。米国では、GOES の雲画像を用いた7時間先までの外挿予報のテストが行われた*。その結

* H.S. Muench, 1981: Short-range forecasting of cloudiness and precipitation through extrapolation of GOES imagery. AFGL-TR-81-0218, Environmental Research Papers, No. 750.

果を紹介しよう。

予測手順は、まず雲系の外挿、次に天気（降水の確率、雲量）への翻訳である。外挿速度としては、700 mb 風速や過去の Motion Vector などがテストされた。天気への翻訳には、第1図のような、赤外による温度と、可視による輝度（正規化されている）をパラメータとしたアルゴリズムを用いている。

降水確率の予測精度は第2図に示されているが、縦軸は誤差の一種と考えてよい。目先から2時間ぐらまでは、むしろ persistence の方が誤差が少ない。persistence というのは初期値の天気そのままつづくとする予測である。予測時間が0の所でもかなり大きい誤差があるのは、「天気への翻訳」の際の誤差である。

レーダーとアメダスを利用した短時間予報の精度は、目先数時間は persistence を上回ることが認められている。これを模図的に第2図に示してある。

第1図のアルゴリズムを見ると、輝度の方が降水確率により大きく影響していることが読みとれる。輝度が日中しか得られないことは、この外挿手法の大きな問題点であろう。

(3) 降水域の発達・減衰の予想

前項のように、3時間程度の降水予想には、レーダーとアメダスの組み合わせが主軸であるが、精度向上には単なる外挿でなく、発達・衰弱の予想も加える必要がある。

昭和56年度全国予報検討会において榎間道夫は、高い雲域のシャープな北西縁が先行する帯状エコーに追いついた時にエコーの強化が起り、追い越してしまうと衰弱する例を報告している。このように、雲画像で検出されたシステムとエコー域の相互作用が発達・衰弱についての情報を提供する可能性がある。また降水粒子が間もなく形成される可能性のある雲が識別できれば、やはり短時間予報の精度向上につながる。

2. 低気圧、大雨（雪）などの解析への利用

岡 林 俊 雄*

1. 低気圧の解析への利用

(1) J. Bjerknes の低気圧のモデルについて

1922年の J. Bjerknes らの低気圧のモデルはいまだにその骨子は気象学上広く通用している優れたものであるが、気象衛星が現われてから検討を要する点が無いわけではない。たとえば

(ア) 低気圧は大陸と海洋の位置関係で、その発達過程と発達速度が異なるので、すべての地域に J. Bjerknes のモデルをそのまま適用できない点があるはずである。このモデルは、北欧のスカンジナビヤ半島周辺には最も適合するものであろうが、たとえば極東海域の日本列島付近では、部分的修正モデルが必要であろう。

(イ) 低気圧と寒冷前線の位置関係ははっきりしているが、温暖前線のそれは予想以上に不確定で、前線がほとんど認められない（無い）場合もある。閉塞前線はモデル的に温暖型、寒冷型と単純に区別できず、それ自体一

つの新しい前線 (essentially new front) とみなされる場合も少なくない (J.M. Wallace ら, 1977)。

(ウ) 低気圧が発達するために、いつも既存の前線帯 (pre-existing front) の存在が必要とは限らず、独立して発生・発達する場合も少なくない。また、低気圧の生涯が、発生期→発達期→最盛期→閉塞期→衰弱期というモデルのプロセスをたどるとは限らない場合もかなりある。それを次項に述べる。

(2) 低気圧の閉塞の発達 (Occluded Genesis)

気象衛星によって広範囲な領域（特にデータの少ない海洋など）をカバーできるようになって、低気圧が J. Bjerknes らの述べた発達過程を経ずに、発生期からいきなり閉塞過程に入り、しかもかなり発達する雲システムの存在がわかってきた。これは、発達した低気圧の寒冷前線の後面の寒気場内の、上層のトラフの渦度移流最大域に伴う上昇気流域にできるコンマ (comma) 型の雲 (積雲系) によるもので (Anderson ら, 1969), その雲が、その前方または南の前線帯に接触して、急速に発達

* Toshio Okabayashi, 気象研究所。