

Q(新野)：サンプリング時間が長い場合には取り込めるか？

A：変化の過程を含んだ、短い時間間隔の1時間分ぐらいの長さのデータがあれば、可能性があると考えている。観測データの精度向上に期待している。

参考文献

Hauser, D., F. Roux and P. Amayenc, 1988 : Comparison of two methods for the retrieval of thermodynamic and microphysical variables from

Doppler radar measurements : Application to the case of a tropical squall line. J. Atmos. Sci., 45, 1285-1303.

Sun, J., D. W. Flicker and D. K. Lilly., 1991 : Recovery of three-dimensional wind and temperature fields from simulated single-Doppler radar data. J. Atmos. Sci., 48, 876-890.

吉崎正憲, 瀬古 弘, 1992 : 数値モデル出力の風データを用いたリトリバル法の開発. 日本気象学会秋季大会予稿集, D 259, D260.

1051 (局地予報; メソ気象予測)

4. 局地予報の数値モデルと概念モデル*

小 倉 義 光**

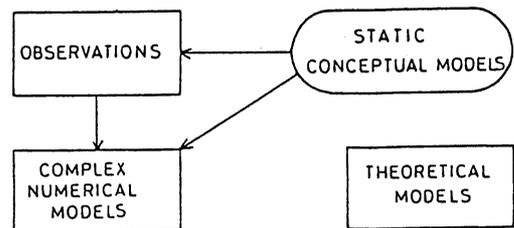
今回のシンポジウムのテーマである「メソスケールの気象予測—展望と課題」を考えると、先輩格のシノプティック・スケールの気象予測の経験が役にたつ。10年ほど前に Hoskins (1983) は当時までの温帯低気圧の研究の進め方は、必ずしも健全ではなかったと述べている(第1図)。概念モデルとしては、約60年前のノルウェー学派のモデルが固定化されたまま、天気図解析の基礎になっている。理論としては Charney や Eady 以来、たくさんの傾圧不安定波の論文がでたが、殆ど現実の大気データの接触しないで遊離している。極めて複雑な数値モデルが開発され、数値予報として実用化されているが、低気圧の理解という点からいえば、モデルからのアウトプットは自然と同じ位複雑なままである。

一般的に、もっと健全な研究の進め方として Hoskins が述べているのは、常識的であるが、観測・概念モデル・力学モデルの三者が相互に作用・協力しながら進展するものである(第2図の左半分)。

最近モデルとは何かについて、いろいろ議論されている。それでここでも概念モデルとは何かということから話を始めるべきかもしれないが、ここでは簡単に、

* Conceptual models and dynamical models for mesoscale weather forecasting.

** Yoshimitsu Ogura, 日本気象協会.

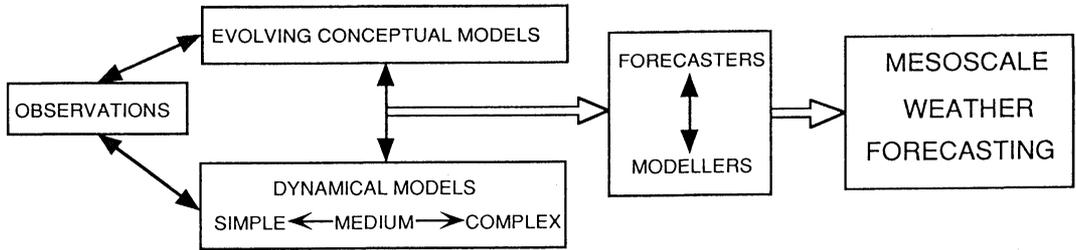


第1図 ときとして気象学の研究に存在する不健全な状態 (Hoskins, 1983).

ある現象の概念モデルとは、気象学の諸概念と諸原理に基づいた、その現象の理解のしかた(あるいはその現象の最も本質的な物理過程の記述)というだけで充分である。

その概念モデルを数式化・定量化したものが、ここでの力学モデルである。それで力学モデルとしては簡単なモデルから複雑なモデルまでを含む。簡単なモデルとしては室内実験や、もとの気象力学の非線型方程式系を解析的な解が得られるように単純化したものなどを含む。複雑なモデルとは、もちろん物理過程をできるだけ多く取りこんだ数値モデルである。

観測・概念モデル・力学モデルの三者の相互作用により、概念モデルは検証・改良され、新しい概念モデルが生まれる。第1図の static conceptual models に



第2図 メソ天気予報への道順。

代えて、第2図では evolving conceptual models といったのは、その理由からである。それで evolving conceptual models は working hypotheses といってもいいかもしれない。そして新しい概念モデルは次の観測計画のデザインを指導し、新しい力学モデルの開発を促す。事実1980年代の後半から、GALE・CASP・ASP・ERICA など、大規模な特別気象観測が相次いで実施され、温帯低気圧の新しい概念モデルが出来つつある。

この観測・概念モデル・力学モデルのサイクルは、メソスケールの気象予測にもそのまま適合する。まず観測の重要性は強調され過ぎるということはない。ルーチン観測だけについていえば、シノプティック・スケールには毎日高層気象観測のデータがあるのに、メソスケールでは地上観測のデータだけである。この欠点を補うために米国では昨1992年から、29台のウィンド・プロファイラーの観測網を稼動している。また百余台の現業用気象レーダーを全部ドップラー化する事業は、1990年代半ばの完成を目指しており、既に十余台が配置済みとのことである。

これをわが国の現状と比較するとき、その落差の大きさに驚かざるを得ない。こうしたメソ気象の予測の基礎となるデータを与える設備は、新社会資本の一部であるとして、私たち気象学会会員一人一人が分に応じて社会と政府に、その必要性をアピールし続ける必要があると思う。観測用航空機や可搬式自動地上観測装置などについても同じである。社会資本は道路や港湾や下水道だけではない。

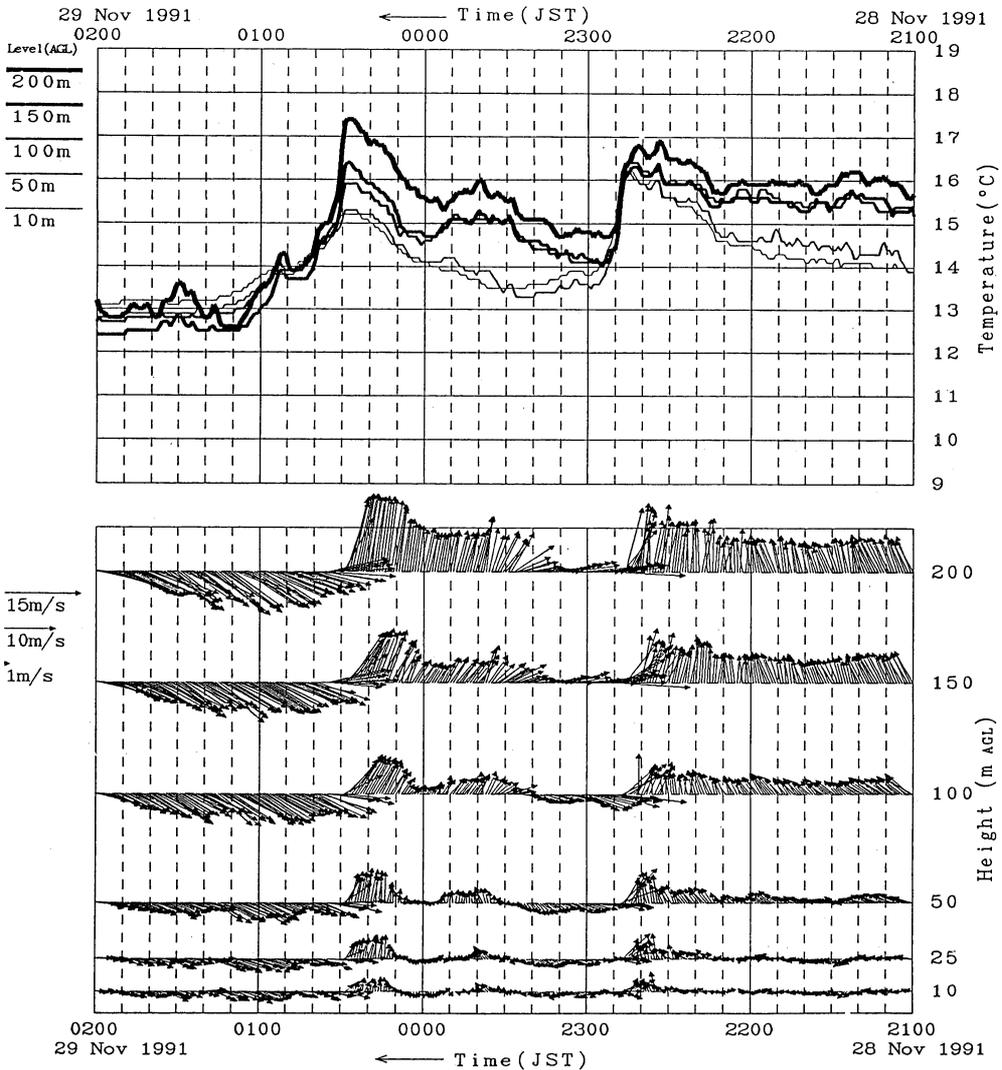
次に数値モデルであるが、近い将来、メソスケールの気象予測に使われる数値予報モデルは、5~10 km の格子間隔の静水圧モデルと、それにネストされた非静水圧モデル（格子間隔 1~2 km）であろう。静水圧モデルについては瀬上氏のお話があるので、ここでは詳しく述べる必要はない。今後の最大の課題は積雲対流

の取り扱いと初期値であろう。

積雲対流の取り扱いは、現在も活発に研究が進められている問題である。格子間隔が 10 km 程度でも、積雲対流を陰にモデルに含めないと、メソ β スケールのスコールラインが再現できないし、CISK に似た不安定がおこりやすいという報告がある (Zhang *et al.*, 1988)。最良の積雲対流のとりこみ方は予報モデルの格子間隔や降雨の性格などによって違うことが予想されるし、降雨の予報はわが国にとって重要だから、わが国に適した方法を開発することが最優先の問題だと思う。初期値の問題は、わが国のように周囲を海にかこまれて観測データが少ない地域では、重要だと思う。海上で爆発的に発達する温帯低気圧の予測の精度は、初期の場の設定に大きく依存することは既に知られている。またシノプティック・スケールの forcing が弱い場でのメソ α スケールの擾乱（たとえば東シナ海低気圧）の発生や、メソスケールの降雨域の予報などの場合には、目標とする現象が正しく予報されても、同時に違った場所で偽の擾乱や降雨域が予報されると、予報全体の価値が減少する。

非静水圧の雲モデルによるメソスケール降水系の予測で、最大の課題は初期値であろう。これについては吉崎氏のお話がある。初期に既に降水雲があり、複数のドップラー・レーダーで観測されていれば、それからリトリブされた情報は、予報の初期値に用いられる（ただしデータの処理・計算時間・予測情報の伝達に用する時間を考慮して、実際上有用な時間に予報がだせるかというのは別の問題である）。このアプローチは今後さらに発展させる必要がある。

しかし今後10年間に複数のドップラー・レーダーの同時観測の情報が、わが国でルーチン的に得られるかどうか、得られたとしても、ごく限られた地域だけであろう。従って現業的予報の見地からは、1個のドップラー・レーダーによるデータだけが利用できる場合



Temperature time series of 5 levels and height-time cross section of wind at Tsukuba

第3図 1991年11月28日, 気象研究所の気象観測塔の気温と風の記録 (葦沢浩氏の御好意による)。

を想定する必要がある。米国でも事情は同じである。そのデータも、レーダー・サイトから離れた地点では分解能は粗いし、最下層のデータはないことを考慮する必要がある。こういうことを考えると、初期に降水雲がない状態から出発する際の予報技術と、その限界を確立することが重要な課題となる。その際には、手はじめに、地形や前線で励起されるメソ対流系を目標とするのがやり易いと思う。

最後に概念モデルであるが、現象によって概念モデルが違うから、一般的に議論することはできない。現

実のメソスケールの気象予測の問題を考えると、第2図で強調したいのは、観測・概念モデル・力学モデルの三者の相互協力作業の結果あるいは波及効果として局地天気予報の技術を発展させることが重要であるということ、具体的には予報官とモデラーの密接な対話が必要だということである。このシンポジウムの二日後に開催予定の日本気象学会の第5回メソ気象研究連絡会では、正にその点をテーマとしている。すなわち、二・三の特定のメソ現象について、予報官とモデラーから、その現象がどこまでわかったか、あるいは

もっと重要かもしれないが、どれだけわからないことがあるか、がテーマである。

ここでは概念モデルの一例として、関東平野での低層ウインド・シアについて述べ、いかにそれが観測及び力学モデルによる検証を必要としているかを強調したい。

離着陸中の航空機に障害をおこすような関東平野での低層ウインド・シアの発生原因としては、(i) マイクロバースト、(ii) 海風前線と三国峠越えの北西気流のせめぎ合い(大野ら, 1990)、(iii) 関東平野を南下する寒冷前線または局地前線(鈴木ら, 1990)が報告されている。最後の例については、南下する局地前線が重力流のような振舞いをしたことが指摘されている(小倉, 1992)。次に述べる低層ウインド・シアは、これらとは別種のものようである。

これは1991年11月28日の午後に南岸低気圧の中心が東京付近を通過し、関東平野に強い局地前線があり、900 hPa 以下で顕著な逆転層が形成されている状況で起こった。東京航空地方気象台の星野薫氏によれば、羽田空港では22時30分と23時50分に、それぞれ 38 kt と 45 kt に達する突風があった。さらに視程障害現象もあり、着陸機の数機にゴーアラウンドが指示され、一機は大阪空港に着陸した。

この二回の突風は、つくば市の気象研究所の観測塔の風速計でも観測された。すなわち第3図でみるように、28日22時45分頃と29日00時30分頃、強い低層ウインド・シアを記録している。いずれの場合にも、10 m/s を越す SSW のガストが、2~3分以内にWまたはNW のガストに急変している。

最初のウインド・シアが別種らしい。現在までの解析結果によれば、水平サイズ 30 km 程度の擾乱で、平均地上風速より速い 15~18 m/s で東に伝播し、つくば市で局地前線南側の暖気と衝突したものらしい。この擾乱は、オーストラリア北部でよく出現する morning glory をおこす内部ボアあるいは wind surge (Smith, 1988) と同じ性質のものではないかと推察される。

二番目のウインド・シアは、関東平野北部に閉じこめられていた冷気が南下した際に記録されたもので、鈴木らや小倉が報告したものと同種と思われる。しかしシノプティック・スケールの南岸低気圧の通過に関連して、冷気が南方に氾濫し始めるタイミングなどに不明な点が多い。

さらに、第3図には記入してないが、二番目のウイ

ンド・シアが起こってから約2時間後に、ガストが強く乾燥した空気が通過している。おそらくは三国峠越えの北西風のフェーン現象によるものと思われる。しかし他のケースで長谷川と小坂(1990)が調べたような、関東平野を南下する冷気の補償流である可能性もある。

このように、28日の夕方から夜半にかけて、三種の判然と性格が違うメソ擾乱あるいは気流が関東平野に出現している。その各々について、現在の概念モデルを推測の域から高めるには、観測・数値実験・より多くの事例解析などが必要である。

なお、最近では地方自治体による環境モニタリング・システムが整備されている。東京付近の例をとれば、1991年11月現在で一般環境大気常時測定局の数は、東京都で区部・多摩部を合わせて37、神奈川県は85、その他に横浜市で16、川崎市で9カ所ある。また埼玉県は58、千葉県は108カ所もある。これらの数には自動車排出ガス測定局は含まれていない。この空間的に高密度で測定された風や気温のデータは、メソ現象の解明に大いに役にたつと思う。事実11月28日の最初のウインド・シアを起こした水平サイズ約 30 km の wind surge は、28日22時の風の分布図で確認することができる。

討論

なし

参考文献

- Hoskins, B. J., 1983: Dynamical processes in the atmosphere and the use of models. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **109**, 1-21.
- 大野久雄, 鈴木修, 青柳二郎, 1990: 単一ドップラーレーダによる晴天低層ウインドシヤーの検出と追跡 (I). 日本気象学会春季大会講演予稿集, A206.
- 鈴木修, 大野久雄, 青柳二郎, 1990: 関東地方を南下した寒冷前線の局地的なふるまい. 日本気象学会秋季大会講演予稿集, A209
- 小倉義光, 1992: メソ天気予報への道. *測候時報*, **59**, 229-251.
- Smith, R. K., 1988: Travelling waves and bores in the lower atmosphere: The "Morning glory" and related phenomena. *Earth-Science Rev.*, **25**, 267-290.
- 長谷川直之, 小坂順一, 1991: 10キロメッシュモデルによる関東のシアの事例解析. 日本気象学会春季大会講演予稿集 p 105.