

シンポジウム「天気予報の現状と将来」のお知らせ

- 期日 12月1日(木) 13:00~17:00
 会場 気象庁講堂
 総合同会 朝倉 正(気象庁長期)
1. 総論——長波の力学と天気予報
 菊池 幸雄(気研応用)
 2. 大規模な場から天気への翻訳
 黒沢真喜人(仙台管区)
 3. 将来の数値予報
 新田 尚(気象庁電計)
 4. 予報に必要な観測(現在と将来)
 立平 良三(気象庁予報)
 5. 天気予報への助言と批判
 廣田 勇(京大理)
 6. 将来の予報官像(パネル討論形式)
 司 会: 山岸米二郎(気象庁電計)
 話題提供: 宮沢 清治(気象庁予報)
 門脇俊一郎(気大)
 足立 崇(気象庁予報)

シンポジウム「天気予報の現状と将来」アブストラクト

演 題

1. 総論——長波の力学と天気予報——

菊池 幸雄(気研・応用)

現在、天気予報がどのようにして出されているか、また、それに関連してどのような問題があるかについて触れてみたい。

数値予報 数値予報が実用化され、毎日の天気予報の技術の中に取り入れられるようになってから、ほぼ20年余りが経過した。この間、予報精度の向上、予報領域の拡大および予報期間の延長のため、比較的スケールの小さいじょう乱や低緯度大気の運動の予報ができるようにと、支配方程式が地衡風うず度方程式からプリミティブ方程式へと変わってきた。

数値予報では、大規模な大気の状態(風、気圧、気温、湿度等)が予報される。その分解能は水平には 100 km、垂直には 100 mb のオーダーである。

プロダクトの修正 数値予報モデルが複雑な大気の振舞いを十分に現わすことができないことや数値計算のときに用いる近似のため、数値予報のプロダクトには誤差が含まれる。この誤差の一部は、予報官の修正によって取り除くことができる。たとえば、トラフや低気圧の移動を見ると、予報された結果は、実際のものよりも遅れるのが普通である。このような遅れは、統計的調査や予報に用いた初期値とそれ以後に入手したデータとの比

較から修正できる。また、数値予報モデルでは十分表現できない小低気圧や前線等を付け加えることもでき、これも広い意味での修正とみてよい。

天気への翻訳 大規模な大気の状態が予報された後、その状態に対応する局地的な天気がどうなるかの翻訳ができてはじめて天気予報ができあがるわけである。普通は、上述の修正されたプログノから、天気モデルや経験に基づいて天気翻訳が行なわれるが、一方では、統計的方法による天気翻訳も実用化されている。MOS(model output statistics)と呼ばれる方法がそれで、数値予報モデルで予報された大気状態のパラメータと天気要素とを直接統計的に結び付ける方法である。この場合、翻訳の中にプログノの誤差の修正も含まれる利点があるが、モデル・チェンジをした当初は統計資料がないことと、極端な天気現象の予報が難しいという欠点がある。しかし、この方法では熟練した予報官と同程度の精度が得られるとも言われている。このほか、天気翻訳には、他の統計的方法やメソ・スケール・モデルを用いる方法もある。

予報システムの自動化 現在、データのインプットから数値予報プロダクトを得る所までは殆ど自動化されているが、天気翻訳から天気予報文を作ることまで計算機にやらせる試みもなされている。この予報システムの自動化の際考えなければならないことは、予報官の役割

の位置づけと、予報システムの中に予報官と計算機の interaction (man-machine mix) をどのような形で取り入れるかということである。

短時間予報 社会的ニーズとして数時間程度の子報があるが、当面はレーダのデータ等を用いた統計的、運動学的方法の開発がすすめられており、アメリカでは一部実用化もされている。将来は、メソモデルの活用も考えていくべきであろう。

2. 大規模な場から天気への翻訳

黒沢真喜人 (仙台管区)

天気予報のための天気翻訳は、物理量の分布(パターン)からそこに併存する天気現象を特定(断定的に表現)することであるが、大規模場が対象であるから予測値としては、1日先程度を想定しての議論が適当であろう。

天気図時代以来内容の変遷はあるが、予報を行なううえで、天気の実況と同時にしか入手できない気象要素の分布を、前もってより正確に知りたいという一貫した願望がある。これは気象要素の分布から診断的に天気分布を知り得るとする仮定、その媒体(気圧系等)が天気現象より予測し易いという仮定が、解析事実を通して一定の精度内で支持されてきたからであろう。しかし、この仮定の検討を迫られているのが最近の情勢ではなかろうか。

数値予報の進展により、その対象とする大規模場の予測は大幅に改善されたが、いっぽう、天気現象は長短多種の規模のじょう乱が複雑にかかわった所産であることが明白であり、さらには近年天気予報の内容に要求される時間・空間・量的な詳しさの度合が厳しくなっている。このため、「大規模場から診断的に天気翻訳を行なうこと」以外の問題が天気予報のうえで大きなウェイトを占めて来ている。

ところで、大規模場の予測が解決ずみと見るのは、予測がパターンおよび量的表現において一定の誤差を認めてのことであるから、予報に対する社会的要請との間にギャップが消えた訳ではない。より本質的には翻訳手法に関する問題が大きい。現状では翻訳はおもに知識を含めた広義の天気モデル、個々のじょう乱の特性、局地条件等を用いての、人間による総合判断に委ねられているが、判断には主観や個人差が入り込むとして、この手法の限界や弊害の改善を迫られている。

その対策としては数値モデルの精密化が根幹であるが、当面、予測出力に天気に関する結論的表現を増して人間の判断の範囲をせばめることや、力学モデルの及ば

ない現象に対する近似的な翻訳モデル(予測物理量を用いた統計的予報等)を広く導入する方向で開発が進められている。

3. 将来の数値予報

新田 尚 (気象庁・電計)

将来の数値予報は

(1) より細かいスケールの現象についての情報を提供する、

(2) 延長予報のための数値モデルを作り、1カ月程度先までの予測を試みる、

という2つの方向をとると考える。両方とも現在の数値予報技術の実績と経験を土台にして、その積み重ねの上に発展させていくべきだと考える。ここでは一応の目標として、だいたい10年~15年の将来を目安にしている(数値予報技術の中には、数値解析、気象データ処理、モデル作成上の工学的要請等も含む)。

いっぽう、この目的にとって欠かせないのは、その学問的裏付けである。現在の気象力学研究は、その点でまだ十分な答を与えていない。具体例で説明しよう。夏季の太平洋高気圧の動静とそれを支配している力学的機構について、われわれは殆ど知らない。したがって、数値予報の立場から、太平洋高気圧の正しい予測にはどういふ点が重要なのか、台風が発生した場合にはその進路に対して力学的にどう影響しているのか(太平洋高気圧と台風の間でどういふ相互作用が働いているのか)、殆どわからない。ただ、不完全な数値モデルを走らせると、こういう時間積分の結果が出た、モデル大気ではこれこれしかじかの動静がみられた、というだけである。現実大気で検証する根拠を持たない。こうしたことは、ブロッキングの開始(たとえば77年8月の東日本の長雨と関連して、積雲対流の集団効果の取扱い等)についても言えることである。

要約すると、将来の数値予報には、

- (a) 数値予報技術を発展させることによって解決できる問題、
 - (b) 気象力学の基礎的知識を具体的な気象現象に応用することによって解決できる問題、
 - (c) 気象力学あるいは気候力学として、基礎的知識をまず獲得せねばならない問題、
- の3つが含まれていることになる。

4. 予報に必要な観測

立平 良三 (気象庁・予報)

ここでは、主として短期予報および短時間予報に必要

な観測について考える。これらの予報に関連する大気現象は、それぞれ大規模じょう乱および中小規模じょう乱であって、その初期状態を正確に把握することが予報の基礎である。

初期状態の把握には、それぞれのじょう乱のスケールに応じて、適当な時間的空間的分解能を備えた観測網の展開が必要なことは言うまでもない。さらに、生の観測値は、各スケールのじょう乱の重畳した結果を表現しているから、各じょう乱の個々の初期状態を把握するためには、適当なフィルターを通す必要があろう。

しかし、この種のフィルターを適用できない性質の観測値も多いので、つぎの対策として、各種観測資料がどのスケールのじょう乱の構造を最もよく表現するかを認識して利用することが必要である。たとえば、気圧の振幅は、大規模じょう乱に対して非常に大きい、中小規模じょう乱に対しては僅かである。逆に、上昇流（およびその結果としてのレーダエコーや雨量）などは、中小規模じょう乱に伴ってその振幅が著しく大きい。

中小規模現象を扱う場合、一般に観測点の密度は十分でないことが多い。これを補うための一つの方法として、レーダや衛星などの間接測定手段によるパターンのデータとの併用が考えられる。また、最近の新しい間接測定手段の可能性についても概観したい。

5. 天気予報への助言と批判

廣田 勇（京大・理学部）

現在の天気予報に対するいささかの批判をもとに、将来のあるべき姿を想定するため、天気予報と気象学との接点に宿命的にひそむ問題点を2つの視点から考察する。

そのひとつは、予報（予測の表現）における言語の論理性と自然科学の認識方法との差異である。予報文作成作業における言語操作（すなわち論理構成）が、同時にその根拠たるべき予測技術そのものを性格づけている事実を、いくつかの実例に則して指摘したい。

第2の論点は、数値予報の限界に対する認識の問題である。物理法則の適用による予測の可能性は、観測および数値計算技術に由来する不可避的な制約のみならず、大気現象それ自体の物理的特性に強く依存している。いわゆるパラメタリゼーションなる手法の天気現象予測における認識論的意義づけが未だ明確に与えられていない現状に鑑み、この問題に関するより深い考察を進める。

これら2つの議論は、必然的に、天気予測技術における因果律と経験則との相剋という根本的な問題の再提起

を促す。

6. パネル・ディスカッション

——将来の予報官像——

司 会 山岸米二郎（気象庁・電計）

話題提供 宮沢 清治（気象庁・予報）

門脇俊一郎（気象大学校）

足立 崇（気象庁・予報）

宮沢 清治（気象庁・予報）

各種天気図や実況を総合して予報発表に至る予報官の思考過程は、昔も今もそれ程変わっていない。ただ、変わったことといえば、数値予報製品が十数年前に現業に導入されてから、最近はこの製品が予報を決断する主力製品にのし上がってきたことである。数値予報製品が主力となったといっても、万能であると錯覚すると、時には、大局を誤まり予報ミスを起こし社会の攻撃を浴びかねない。製品がいかなる場合有効か無効か、適用限界を明らかにするのが目下の急務である。

いずれにしても限界がある以上、製品を補完する点で、将来も予報官の学識・経験が必要なことは明らかである。

将来、数値予報製品が数多く出力されたとしても、局地天気翻訳の道具として地方の局地予報資料はいっそう重要性を増すので、中央の技術開発と並行して地方の開発も進めなくてはならない。

今後10年間ぐらひは、予報官の資料処理（天気図記入、色ぬり、壁面掲示など）は逐次ディスプレイ方式に変わると思われるが、思考過程の急な変化はないであろう。思考過程が大幅に変わるとすれば、それは、開発製品が現場の予報官に評価を受けたときである。

門脇俊一郎（気象大学校）

〔背景〕 天気予報の将来の姿は気象情報の需要、利用可能な科学・技術とその経費で定まる。その予測は難しいが、当面、現状、すなわち、集積（人口の都市集中など）の利に基づく高度の経済性追及が我々の社会経済構造の基底をなそう。生活手段の自然の脅威に対する脆弱性はなお大きい一方、エネルギー、食糧環境問題が尖锐化する。気象サービスは災害防止という受身の姿勢からアクティブな働きへの要求が高まろう。

情報処理伝送手段の低廉化、高能力化および分散化が加速される。大気現象の理解はいっそう深まるが、予測技術の改良はそれに並行せず遅れよう。気象予測への要求は、期間の延長を軸に多様化精細化し、利用者の利用技術（ハード・ソフトとも）も格段に進む。

〔予報官の今後〕 現在の予報官のイメージがいつまでどれだけ普遍性を持ち得るか？ 予報官の職能分化が頭在化し加速され、その職務は人間の総合的認識能力が不可欠なものにますます限定されよう。多量の即時情報の需要者（交通保安、水・エネルギー制御等）へのサービスは、計算機間の情報授受によって行なわれ、大規模場の予測（それに伴い短期・週間予報等も）は客観予報によって行なわれる。現在の予報官に近いものが残るのは府県区（地域再編を要す）のそれだろう。

〔府県区予報官の将来〕（1）半日位までの局地天気予報——域内の人間活動に無視できぬ影響を及ぼす大きさの天気変動の実況監視、予測、情報化。（2）その他の予報のモニター。（3）重要現象の診断的解析。（4）局地予報技術の改良開発。（5）non-real time の局地気象（候）予測を行なう。これらは予測-評価-改良の一貫したサイクルに組織されねばならぬ。リモートセンシング、とくに静止気象衛星資料が重要な役割を持ち、その利用技術の開発が中心課題の一つとなる。担当者は現在（総観気象、大規模の力学が主）よりも広範囲（中小規模、境界層、雲物理等）の知識を要求され、同時に情報処理技術（ハードの操作、ソフト開発）を備えることが必須となる。これらは、局地気象サービスに必要な情報の収集、整理、分析、予測技術開発を遂行する能力を目指して体系化されねばならぬ。予報官の養成システムの検討整備も緊要である。

足立 崇（気象庁・予報）

近年の数値予報をベースとした予報の客観化への急速な歩みは、将来の予報官の役割に対する疑惑・誤解を惹起しつつある。それは、客観予報の発展の結果、大規模

場の予測から天気翻訳まで可能となった時、人間の介在すべき余地がどこにあるかという素朴な疑問であり、これはまた、観点を変えれば、数値予報万能論を基にした予報官無用論に通ずる危険性を含んでいる。現場に在る筆者としては、今後の客観予報の発展を想定すると、将来の予報官は、異常現象の予測を主体とした役割を担うべきであろうと考えている。その基本的な役割は次の4点に集約される。

- （1）客観解析のプロダクトと、主観解析によるサブグリッド・スケールのゆらぎ（じょう乱）を重ね、大気構造の総合的イメージを作る。
（——主観解析の必要性は将来も無くなることはない。）
- （2）客観予報のプロダクトの総合的解釈により、場の変動の有様を理解し、予測された場からの天気の選択、量的予測を行なう。
（——客観予報法の十分な理解の下で、地域性に主体を置いて考察。）
- （3）予測された場の変動の監視を行なって、異常現象の予兆・トリガーの発見に努めるとともに、実況のフィード・バック等により、その適確な予測を行なう。
- （4）社会的ニーズに対応した多様な情報（気象要素の量的表示、予報の確率表現、実況の通報等）の提示により、質の高い情報化を目指す。

これらの諸点を処理する能力が、将来の予報官に求められるべき資質と言えるが、一方では、注警報の流動化、客観予報についての適切な認識の普及等、予報官を取り巻く環境の整備が前提であることは言を待たない。