

## 予報作業一年生の見たところ\*

青木 孝\*\*

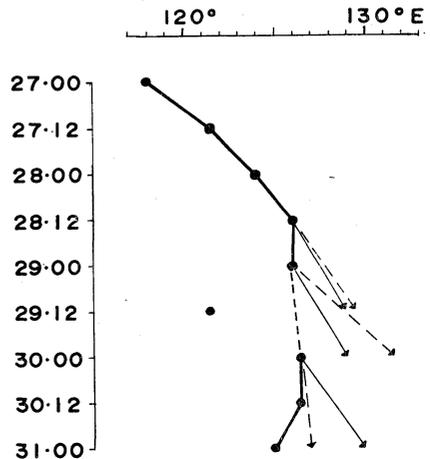
## 1. はじめに

予報作業の一部である天気図解析を担当して1年が過ぎようとしている。現在の子報作業について問題点はいろいろあるが、気象学や予報技術が進歩しつつあるとはいえ、1920年代のノルウェー学派の前線論や天気図解析が依然として残されており、これに代わる実用的なモデルが開発されていないことくらい驚くべきことも他にない。予報者の作業時間のうちで天気図解析の占める割合は大きく、天気図が解析できないようでは予報ができないと思えるほどである。

学問の発達よりも社会の要請の方が早く、天気予報はこれまで予報者の実務経験により身につけた技術に頼る面も大きかった。「前方のリッジにおさえられてトラフは順調に進みそうもなく……」とか、「500 mb では5,820 m の等高線が××にあるので」という具合に、予報者の議論は第三者には論理が飛躍して訳の解らぬことが多くなってしまった。また、予報者の行なう方法は第三者には泥臭くみえたりして評判が悪い。一方、天気予報を客観的に行なう方法の開発は十分にされているとは限らず、なお一層の努力が必要である。主観的方法是既に限界に達していると思われるが、予報的中率向上への道は客観的方法であるとは必ずしもいえない。本文では、ここしばらくは続くと思われる主観的な方法の役割と、そのための予報者の養成システムの大切さについて述べる。

## 2. 客観的予報方法の現状

天気予報の技術の進歩が関係者以外には遅々としたものにみえるのに比べ、数値予報や統計処理による客観的予報法は著しく進歩している印象を与える。数値予報で扱う渦度やオメガ（鉛直流）等のパラメータの利用は、気圧場等の従来の取り扱いよりも場の状態を詳しく定量的に表現しうるので、大気構造を認識するのに有力な手段となっている。また、数値予報は大規模な大気の流れ



第1図 500 mb の渦度の時間変化と24時間予報 (1974年7月27日~31日)  
黒丸は実況値、細い実線はプリミティブ・モデル、破線はバランス・モデルによる予報値

の構造を、あるモデルに従って力学的に数値積分して将来の構造を客観的に推定する。ときには予報者の思いもよらない渦度の動きを的確に示したりして、大規模擾乱の予測について数値予報の有効性は疑う余地がない。

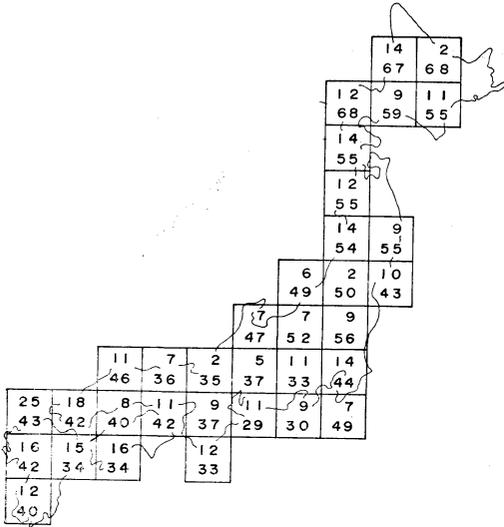
しかし、気象現象は一般的にいて教科書にあるようなモデル的な構造の現われることが少なく、数値予報で与えられるパラメータの分布の場合でも、擾乱の構造を把握するのが困難なときも少なくない。また、実況に比べて数値予報の示す系の動きの、進みすぎや遅れすぎは依然として残された問題である。

たとえば、モンゴル付近から南東へ進み、黄海付近で2日以上も停滞した500 mb の正の渦度の動きと24時間予報の比較を第1図に示す。なお、7月29日12 GMTの渦度の実況値が西に偏りすぎているのは、上海の500 mb の高度が異常に低く通報されているのを無視しなかったのが原因で、実際にはもっと東にあると考えるのが妥当である。

24時間予報については、北半球三層非地衡風・ balan

\* A freshman's view of weather forecasting.

\*\* T. Aoki, 気象庁予報課  
—1974年9月10日受理—



第2図 プリミティブ・モデルの24時間予想雨量による降雨の有無の判定結果 (1974, 立平・保科による)

上段は降雨が予想されて実際には降雨がなかった場合, 下段は降雨が予想されず実際には降雨があった場合, それぞれ単位は%, (1974年2月28日~6月30日)

ス・バロクリニック・モデル (Bモデルと略す) と, アジア地域内のファインメッシュ六層プリミティブ方程式モデル (Pモデルと略す) の二種類がある. この期間中, 実際には正の渦度はほとんど停滞していたにもかかわらず, Bモデル・Pモデルともに進行するという予報値を示した. このような場合, 一般にBモデルの方が進みすぎる傾向があり, 29日00 GMT が初期値の場合には経度にして5度も東へずれている. しかし, 必ずしも常にBモデルの方が進みすぎるとは限らず, 30日00 GMT が初期値の場合にはPモデルの方が5度も東へ進みすぎた. これは極端な例であるが, 数値モデルが改良されて予報精度がよくなってきているが, 十分な結果が得られるまでには, まだ時間を要するであろう.

数値予報で得られる物理的パラメータを組み合わせで, 天気と直接関係ある形で表現する試みもされている. そのひとつに24時間予想雨量がある. 立平・保科 (1974) による検証の結果は次のとおりである.

実測雨量と予想雨量の間の回帰式は, まだ資料数が少なく実用に供する段階でない. 平均的には予想雨量を3~4倍すると実測雨量に近くなる. 24時間予想雨量により降雨の有無を判定すると, 冬期日本海側では的中率が20~30%で季節風降雪をうまく予想できない. これを除

第1表 ブラック・ボックス法による大雨予想結果 (立平, 1974による)

予想	大雨あり	大雨なし
実況		
大雨あり	12	1
大雨なし	35	1348

(1973年10月1日~1974年3月24日の資料による)

くと60~70%の的中率となっている. 第2図の上段の数字は, 降雨が予想された場合のうち実際は降雨がなかった割合(%), 下段の数字は, 降雨が予想されていない場合に実際に降雨があった割合(%)である. この図によると, 予想が外れたうちの大部分は降雨が予想されないのに実際には降雨があったことによる. 逆にいえば, 降雨が予想されておれば大抵実際に降雨があるとしてよい.

集中豪雨はスケールの小さい現象で, 引き金となる擾乱の把握はむずかしいが, 総観場と集中豪雨を発生させる擾乱の関係を「ブラック・ボックス」として, 集中豪雨を起こす擾乱が存在したとすればどの程度の雨が期待できるかという方法が, 立平・斎藤 (1973) によって開発され, 気象庁予報課の大雨ポテンシャル予報のひとつの資料として利用されている. 立平 (1974) による検証の結果は次のとおりである.

ブラック・ボックスの値, 下層風に比湿を乗じたもの, 900 mb のオメガ (鉛直流) および 850 mb の気温, 以上の四つを組み合わせたパラメータによる的中率は第1表となる. ここで大雨とは 20 mm/3 hr 以上の雨を意味し, これは注意報以上の雨とはほぼ一致する. 大雨のほとんどは予想で「大雨あり」の場合に発生している. 「大雨あり」と予想して実際には起らなかった場合, つまり空振りが多くなっている.

雨量予想や集中豪雨の予想は, 上述の方法で十分とはいえないにしても, 降雨あるいは集中豪雨の可能性を示す重要な情報となっている. しかしながら, いろいろな現象に対して, 今後も多種類の客観的予報法が開発されるであろうが, 結果として, それぞれの方法による予報結果がひとつに収束するとは限らず, 最終的に予報を決定する場合, 不確定さが小さくなると必ずしもいえない. たとえば, Simpson (1973) によれば, マイアミのハリケーン・センター進路予報には, 気候学とハリケーンの動きの持続性ととの組み合わせ, 過去のハリケーンの径路との類似, 統計的スクリーニング法, 力学的方法の四つがある. これらのうちで特に優れているという方法は

なく、どの方法による予報が適当であるかは、それぞれの場合によって異なる。直面しているハリケーンについて、どの方法を採用するかは、予報者が判断しなくてはならないとしている。

### 3. 主観的予報方法の役割

客観的方法は有効なパラメータを提供するが、それだけでは天気予報としては不十分である。現実には、考えられる多くの状況のなかから、最終的に予報者の経験的直観に基づき、どれかひとつを選択せざるを得ないという、試行錯誤のくりかえしが続けられている。

客観的方法だけでは解決できない天気予報の場合、現象に対する態度として柴谷(1973)による次のような取り扱いが注目される。

対象をまず要素に分解し、個々の要素(当然に比較的単純な系である)の性質を理解したうえで対象を個々の要素の総和の形で理解しようとする。西欧自然科学の方法論では、十分効果を発揮しないとおもわれるような非線型で複雑な対象の場合には、

1. 対象を要素に分解したうえで要素ごとの性質をこまかくせんさくすることがない。

2. 対象全体の性質を部分の完全な理解を介せずにつかんでいこうとする。

3. 対象への接近について客観的であろうと努力しない。むしろ自分の感じ方に忠実であろうとする。

4. 結果としては対象に対するある種の実践的理解に到達し、実用的な予言の能力をもつ。

5. 対象の理解能力を身につけるには、長い時間の訓練と練磨を要するものであって差支えないが、教育による個人間の伝達の可能なものであることが望ましい。

という直観的認識の相対的重要性をあらためて確認することが必要である。

なお、柴谷(1973)の論法を全体としては批判している坂本(1974)も、この五つの性質については、「研究的実践を行なっている科学者なら、ここにあげられている態度が、研究過程の最初に位置するものであることを否定する人はいないであろう。しかも、それは研究の出発点としてきわめて重要な位置をもち、研究設計や実験の計画に、不可欠のものであることを誰しも認めるに違いない。」としている。

予報作業においても、いままでの主観的な方法から客観的な方法に代わっていく傾向にある。たとえば、高層天気図解析には客観解析がルーチンに採用されて、ファ

クシミリで国際的にも放送されている。資料の少ない海上での解析精度、誤まって通報された資料の選別、等値線が平滑化される傾向がある等の問題点(竹永, 1974)はあるが、それが利用目的を考慮した場合に決定的な障害とはならない。しかし、天気図解析は単にきれいに線を引くということが問題なのではなく、また、単なる等値線解析を行なうものでもない。客観解析では観測資料のもつ情報量のなかから、機械的にある一面を取り出すだけであり、洞察力のある鋭い眼でみれば読み取ることができる擾乱の存在を見逃すことになる。主観解析では与えられたすべての資料について、矛盾するものが最も少なくなるようなモデルを想定し、当面している大気現象をどのように認識するか、そのための手掛りとなり、またその結論としての解析者の思想を表現するものである。大規模スケールの天気図であっても、全面的に客観解析に移行して主観解析は不必要というものではない。

Wickham(1970)によれば「予報者が出勤して毎日の仕事のうち最初に行なうことは、ドアを開けて室内にはいる直前に、自分自身の鋭い眼で天気状態を観測することである。空を見上げることは予報者にとって第二の天性となっているべきものである。」という。一方、テレタイプと電子計算機を前にすれば、外界から閉ざされた密室の中でも予報ができるという考えもある。観測資料は観測者が一定の規準に従って大気現象を客観的にデジタル化したものであり、数字からは現象の一部分しか再び表現することはできない。観測者の行なう観測とは異なり、予報者による主観的で重点的な観測は単なる観天望気に留まらず、モデルの検証やモデル化されていない多くの現象を把握する機会となる。自然を相手とする予報者が生の自然から現象に対する新しい認識をもたらす眼をもつことも、予報者として必要な能力のひとつである。

斎藤ほか(1972)は集中豪雨に対する注意報・警報作業上の対策の中で、「集中豪雨の危険は不意に訪れ、熟慮黙考のいとまないことが多い。いたずらにためらって時間を空費するのが、もっともいけない。事に際してあわてず、迅速な処置をとること。また、集中豪雨の災害は、つねに新しい様相を帯びる傾向があり、これまでの経験や現業作業基準だけでは、十分に対応できないことが起こり得る。その意味で当直予報官は、つねに応用問題に直面しているといえる。予報官に要求される資質は、機械的に事を処理する能力だけではなく、防災業務の第一線の責任者として創意に富んだ自主的行動を取り

得る能力である。」と指摘している。

伊勢湾台風の予報作業にあたった安井(1960)は、東海地方の気象官署のとった処置は万全であり、予報は成功したとしながらも、「室戸台風の数多くのレポートには眼をとおしていた。これにより先輩のこの猛台風に対してとった処置は、われわれなりに知悉していた。しかし、現業の予報者がかって、このような猛台風を経験しなかったことが、予報作業のうえに大きなマイナスになったと思っている。このため警報にしても情報にしても、その文章に迫力が足りなかったのではなかったか。また、「記録は常に破られる」これを忘れて作業していたのではなかったか。われわれは「史上最大の室戸台風」、「912 mb の室戸測候所の記録」の言葉を大げさにいえば神格化していた。予想の上限はこれで充分だと考えていた。このため飛躍した予報がだせなかった。」と反省している。

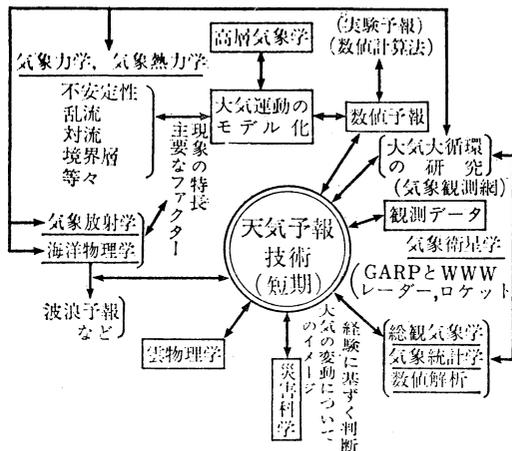
注意報・警報の対象となる現象は学問的にも未知な分野が多い。これまでに一回しか発生しなかったこと、あるいは初めて起こりつつあることなど、特殊な現象である場合には、主観的に取り扱うのも難しいものである。最終的な決断に特効薬となる客観的予報方法はすぐには望めそうもない。ここしばらくは定性的な主観的方法に頼らざるをえないだろう。

#### 4. 予報者の養成のために

最近の一般的傾向として、専門職に従事するにはそれ相当の資格が必要とされるようになり、また仕事の内容の専門化する度合が一段と激しくなっている。予報作業においても、仕事をしながら先輩のやっていることをまねることで天気図が描けて予報が出せるようになり、徒弟制度のように実務経験を積むことで一人前になった時代ではなくなっている。

新田(1971)によれば、「第3図に模図的に示したように、予報とは気象学の諸分野及び部分的には海洋物理学も含めて、その成果を生かして自然に起る気象現象の総合的なイメージを築き、それから気象現象の変動の将来を推しはかろうとする試みだといえると思う。……いづれにせよ、気象力学・気象熱力学・乱流論・対流論・境界層の理論・気象放射学・雲物理が直接関与してくる。また総観気象学・気象統計学・数値解析もきりはなせない。」としている。予報者として、気象学をはじめとして広い分野の学問的な基礎をもつことは第一条件である。

ある程度までの基礎学問は学校時代に身につけること



第3図 短期天気予報技術へ向っての気象学の総合化および気象学の諸分野が「気象」学であるためのチェック(1971, 新田による)

ができる。しかし、卒業時点での能力と予報者として必要とされる能力との差は大きい。このため、職場に入ってから学習は非常に大切であり、職員の研修という意義もまた大きい。いくら昼の上で本を読んでも水に入らなければ水泳は上達しないように、教科書を読んで勉強しただけではだめである。予報者とマン・ツー・マンで職場において、異常現象に対してその場でぶっつけ本番でもって、体で覚えるようにしないと身につかない。

前述のように現在のところ、主観的予報・経験的直感には予報者にとって重要である。音楽家にとって必須の音程を正しくとらえる能力、絶対音感の養成は幼年時代だけに可能で、この時期を失えばいくら練習しても獲得することはできないという。天気予報に必要な直感も生来のものではないだろう。その養成のためには吸収力が旺盛で体力的にも無理のきく、学校を卒業してすぐに始めるのが効果的である。強雨は昼間より夜間に多いという報告(安田, 1970)もある。夜を重点的な訓練時間として夜になると眼が冴えるようにすると、多少訓練は厳しくても、それに耐えて十分な能力を備えた専門職として予報者は仕事に従事する必要がある。

予報者養成のために行なわれている現在の予報研修制度は必ずしも十分効果的であるとはいえず、多くは実務における経験と個人的な努力に頼っている。予報者の組織的な養成システムが確立されていないことも、予報者の気象専門家としての資格だけでなく、天気予報という仕事に対して関係者以外の疑惑を招く原因となってい

る。不十分な体制の中でも予報技術がある水準を保ってきたことは驚くべきことである。それはこれまで気象という仕事に興味をもってやっていた人が多く、仕事に従事しながら個人的に努力した結果であるといえよう。そういう意味ではシステムを整備しなくても、興味をもって人間を集めればなんとかかなりそうにもみえる。気象学も手さぐりの段階ならば、個人の好きなようにさせた方が効果が大きいだろう。しかし、気象学は著しい進歩をしている。今はもはや単なる好奇心では調査・研究はもちろん、日常の業務すら行なうことはできなくなりつつある。また、仕事は個人的な趣味や生きがいのためにあるのではない。「町の発明家や学者」が余暇に好きなことをするのならばともかく、勤務時間にも「町の学者」でいるのは困る。一人の人間のアイデアには限度がある。いろいろ形を変えてみても長い間にはマンネリ化を避けられない。必要とされている問題には取り組まず、やさしそうなところをつまみぐいのように仕事をするのでは、アマチュアと同じである。

たとえば、前線の解析について沢田(1955)は「前線の定義は、立場や目的によって幾分の差異があって、それを統一することは今日の所困難でもあり、……」としている。一方、宮沢(1973)は「前線の位置はもち論、どの程度の前線を表現するかについては今でも解析指針はありません。」としており、約20年間もそのまま残された問題となっている。一方、天気図解析においては、低気圧が前線上に発生するというより、等圧線が閉じて低気圧が発生したと認められてから、その中心から右へ温暖前線、左へ寒冷前線を低気圧に必要なアクセサリーのようにつける場合が多い。このような解析はノルウェー学派の低気圧モデルとは違い、Petterssen and Smebye(1971)による、低気圧が発達するにつれて傾圧性が増加するというメカニズムに近い。いずれにせよ、前線に関する議論を始めると泥沼にはいるように結論が出ないそうであるが、長い間に拡大解釈を続けた混乱があり、前線解析は初心者の最も苦勞するところである。

このほかにも総観規模の現象でも残された問題は多い。斎藤ほか(1972)は集中豪雨のような「一朝有事に最大の成果をあげるには、ふだんからのたゆまぬ調査が必要である。」としている。前述のように予報者の仕事は試行錯誤を行ないつつ、よりよいモデルをさがしていかななくてはならない。研究者まかせにせず、自らも研究をするのでなかったら、予報者の行なう試行錯誤はギャンプルと大差なく、建設的なものとなりえない。また、

「予報作業は時間とのたたかい」といわれており、あとになってこうやればよかった、といったところでだめである。予報者は対象とする現象に対し深く思考を心がけてはいても、多くの面で不十分さを残しながらも時間のための決断せざるを得ないものである。ともすれば、考え方が直線的になり、結論を急ぐようになり、既成概念にとじこもり、単純なワーク・シートを望んで、自然現象に対する見方に柔軟性が欠けるようになる。ちょっと頭を冷やす意味も含めて、予報者が経験から得たことを研究し、専門の研究者を啓発することは、予報者自身の自然現象に対する眼を新鮮に保つことにもなる。予報者に研究もできるように訓練すること、予報作業だけでなく研究のための時間を与えることが必要である。(なお、逆に研究者も頭も冷すために時々現場の仕事をするのもよいだろう。)

## 5. むすび

天気予報を行なう際に、大気構造を把握する上で数値予報は重要な役割を果している。しかし、天気分布の表現は、数値予報による物理的なパラメータの組み合わせよりも、従来の気圧系モデルの方が現実に近い場合が少なくない。このため、予報作業で主観的・定性的な扱いが多くなるのは仕方のないことであるが、できるだけ客観的・定量的な方法として体系づけていかななくてはならない。

ここしばらくの間は、天気予報を客観的な方法だけで間に合わせることはできない。ところが、予報者として四半世紀以上も活躍してきた先輩たちは、既に多くが現役を退くべき年代に達している。後に続く世代とは、現象に対する経験的直観力あるいは主観的な処理能力において断絶がある。学問だけでなく、実地訓練を加えた組織的な予報者の養成が早急に必要とされている。

## 文 献

- 宮沢清治, 1973: 天気図上での前線解析, 天気, **20**, 201.  
 新田 尚, 1971: ひとつの技術について, 気象研究ノート, **106**, 23-25.  
 Petterssen, S. and S.J. Smebye, 1971: On the development of extratropical cyclones, Quart. J.R. Met. Soc., **97**, 457-482.  
 斎藤鍊一ほか, 1972: 集中豪雨に関する注意報・警報作業上の問題点の調査報告, 測候時報, **39**, 172-203.  
 坂本賢三, 1974: 反科学論への疑問, 展望, No. 186 (6月号), 37-59.  
 沢田龍吉, 1955: 天気図解析の基礎, 予報研究ノ

- ト, 6, 145-256.
- 柴谷篤弘, 1973: 反科学論, みすず書房, 57-83.
- Simpson, R.H., 1973: Hurricane prediction: progress and problem areas, *Science*, **181**, 899-907.
- 竹永一雄, 1974: わが国における予報技術の現状と問題点, *天気*, **21**, 436-440.
- 立平良三, 1974: 測候時報投稿中
- 立平良三・保科正男, 1974: 6層ファイブ・メッセージ・プリミティブ・モデルの検討; 24時間雨量, 気象庁予報部・数値予報解説資料(7), 29-30.
- 立平良三・斎藤直輔, 1973: 豪雨予想の一方法, 研究時報, **25**, 31-42.
- 安井春雄, 1960: 伊勢湾台風の予報技術について, *天気*, **7**, 1-5.
- Wickham, P.G., 1970: The practice of weather forecasting, Meteorological Office, 130-131.
- 安田晴美, 1970: 日本における強雨(50 mm/hr以上)の気候学的特性, *天気*, **17**, 539-548.

### 近年において統計課が作成, 刊行された地上気象統計資料

1970年以降において気象庁統計課が刊行した統計資料について以下簡単に紹介する。

#### ○平年値表と累年気候表(全9冊)

気象官署の1970年までの資料による平年値, 累年気候表および観測所観測の平年値(気温, 降水量)を日本気候表その1~5で刊行した。また, 気象庁観測技術資料は第33~39号まで刊行した。このうち観技35~38号については, 本誌1月号に, 中島が紹介済みである。

#### ○観技33号: 観気象要素の度数分布(1965年まで)

主要7要素の月統計値の度数分布特性をあらゆる各種統計値を求めてある。データは気象官署の観測開始~1965年, 内容は最大, 最小から位までの値, 平均値, 標準偏差, 五分位値, 積率など。

#### ○観技34号: 日本各地の年最大風速

気象官署1929~66年の各年の年最大風速, 地上10mに補正均質化した年最大風速, その順位表および再現期間5, 10, 20, 50, 100, 200年の推算風速が掲載されている。

#### ○観技39号: 世界各地の月平均気温

長期間の観測資料がある世界150地点について, 観測開始から1972年までの各年各月の平均気温およびその平年値, 度数分布の特性値が掲載されている。

なお今後統計刊行を計画しているものには「世界各地の月降水量」「気温の半旬別特別10年平均値」「昼夜別天気日数」がある。

(菊地原 英和)