

## 天気予報\*

高橋 浩一郎\*\*

## 1. はじめに

天気予報に対する世間の関心は深い。天気予報が続けずれるとマスコミで取り上げられ話題となる。科学的な天気予報が始まってからおよそ100年、その間に天気予報の技術も非常に進歩し、とくに、第2次世界大戦の後にはレーダー、コンピュータ、気象衛星の出現など目をみはらせるものがある。それにもかかわらず、天気予報の適中率は、現代でも明治時代と比較すると75点が80点になった程度で大差がないように見える。

しかし、天気予報の実際的な価値が非常に高くなっていることは確かである。ふつうにいう適中率にあまり大きな変化がないのは、気象現象の本質、天気の状態の表現によるものであり、天気予報の価値は別の尺度で測る方が本当であろう。たとえば、暴風雨警報の進歩により、風水害の被害がいちじるしく減少していることは明らかである。

ここで天気予報という言葉の意味を考えてみよう。広辞林によると、

天気図によってその地方の気温、気圧などの高低を知り、これを基礎として将来の天気の変化を報告すること、

とあり、気象の事典によると

ある特定の地域または空域における気象状態を予測すること、

とある。この2つの定義は少し内容が違っている。天気予報に対応する英語の Weather forecasting の定義をアメリカ気象学会から出されている glossary でみると、後者の立場をとっている。この方が正確ではあるが、少し内容を限定しており、天気予報としてはつぎのように定義するのがよいと思う。

将来の行動を決定するための一つの指針として、ある地域または空域の将来の気象状態を推定し、知らせること、またはその通知文。

\* Weather Forecasting.

\*\* K. Takahashi.

ところで、一口に天気予報といっても、使う目的によって多くの種類がある。たとえば、一般庶民にとっては晴れとか雨とかが一番関心が深いのが、船舶にとっては風や波が一番問題であり、極端に言うならば天気はどうでもよい。また、ガス会社にとっては、気温が低いとガスの使用量が増すので、気温の予報が一番重要である。飛行機の運行のためには、速度が大きいので、短時間の予報が求められ、極端に言うならば、予報ではなく、実況でよい。それに対し、荷役のためには、準備があるので、明日の天気予報が求められる。このように、天気予報の使用目的によって予報の内容、予報期間も違ってくる。

したがって、一口に天気予報といっても、関連する分野は広く、予報の種類によって予測の方法、予報の表現も違ってくる。ここでは、ここ一兩日の一般的な天気予報に限定し、予測の考え方を中心として解説を試みることにしよう。

## 2. 天気予報のあゆみ

はじめに天気予報の歴史をごく簡単に述べよう。天気の変化はわれわれの生活に大きな影響を及ぼすので、天気予報は大昔から行なわれた。大昔は天気に関する知識が浅かったので、空模様や自然界の状況を観測し、過去の経験によって将来を予測した。これが観天望気である。このような方法がいつ始まったかはわからないが、紀元前300年頃、ギリシャの Theophrastus は多くの天気俚言を集め、一冊の本にしている。それには、

朝焼けは雨、

虹は雨の兆、

川の水に泡がたつと大雨、

北東風の時は雲が厚い、

毛のような雲が出ると雨になる、

霧が出る時は雨とはならない、

ランプの焰がゆれると風、

雪が多いと豊年、

など300余り、今日よく知られている天気俚言の多くのものがあげてある。

このような天気予言は、中国、日本でも古くから知られており、瀬戸内海の水軍の首領 村上山城守雅房の書いた「航行要術」(1456年)には天気に関する経験則が30余りのせられている。

17世紀になると、温度計が Gallilei により (1597年)、気圧計が Toricelli により (1643年) 発明され、気象観測器による気象観測が始まり、大気の科学が芽ばえ始めた。気圧が下がると暴風が襲来することは Guericke により観測され (1660年)、天気の子測の基礎が次第に蓄積されていった。しかし、この頃は、まだ一地点での観測にとどまり、この点では観天望気と大差はなかった。

19世紀に入ると、通信技術、交通機関のいちじるしい発展により、各地の気象観測の結果を短時間に集め、天気図を作ることが可能になった。1820年には Brandes が初めてヨーロッパの天気図を作り、1854年、黒海においてフランスの戦艦が暴風雨によって沈没したことが契機となり、Leverrier が天気図を作ることによって暴風雨の襲来の子測が可能なることを示した。1856年、フランスでは天気図による暴風雨警報を出す業務が始まった。すなわち、天気図によって初めて低気圧のようなスケールの大きい気象現象が把握されるようになり、現象論的ではあったが、科学的な天気予報が可能になった。

20世紀に入ると、天気予報にも新しい前進が行なわれた。第1次世界大戦の頃、V. Bjerknes らのいわゆるノールウェー学派は、力学的に気象を分析しようと考え、低気圧の立体解析を行ない、前線の概念を確立し、低気圧波動論を提出した。また、Richardson は、数値計算による天気予測を試みた。このように、天気の子測に物理的な解析が導入され、世界の観測網も次第に充実して来た。

第2次世界大戦終了後の1949年、Charney は初めて電子計算機による数値予報に成功した。これは、初期の観測値から、大気の運動方程式を数値計算で解き、将来の天気図を求めるといふ、それまでのシノプティックな方法とは全く質の違った方法であり、天気予測の方法の革命であった。なお、これが可能になった背景には、世界的な高層観測網の整備が行なわれ、気象に関する理解が深くなり、ぼう大な計算を可能にする電子計算機が開発されたことがある。

また、レーダが気象観測に取り入れられ、雨域などの細かい構造が明らかとなり、1959年には、アメリカの手で気象衛星が打ち上げられ、それまで天気図でのみ理解されていた低気圧や前線などが直接見られるようになっ

た。これらの観測は天気の子測にも大きな影響を与え、近代の天気予報は大きく進歩した。

### 3. 天気予測の基礎

前節の天気予報の歴史からもわかるように、天気予測の方法は時代とともに変化し、予測のもととなる観測資料の量によって違い、また、予測の対象によっても違う。そして、天気の子測の方法には、多くの種類があるが、大別するとつぎの3つで代表されると思う。

#### (1) 一地点の観測による予測

観天望気が中心であり、過去の観測に基づいた経験則または統計的処理によって天気を予測する。短時間の変化の子測には、捨てがたいものがある。現代でも、登山をしたり、海に出たりして気象通報が聞けない場合には非常に役立つ。

#### (2) シノプティックな方法による予測

高、低気圧などの動きを運動学的に外挿し、将来の気圧配置を予想し、それから天気を推定する方法である。現在でも、気象庁以外の組織または個人が天気の子測をする場合には、この方法が標準である。なお、天気図は新聞にのっているのを見るか、ラジオの気象通報によって書くか、気象庁のファクシミリ放送の天気図を見ればよい。

#### (3) 数値予報

もっとも進歩した科学的な方法であるが、ぼう大な観測資料の処理、数値計算のため、超大型の電子計算機を必要とし、気象庁以外で行なうのは無理である。しかし、この方法で解析された結果の予想天気図は、気象庁からファクシミリで放送されるので、必要ならばそれを見ればよい。

以下、これらの3つにおいて天気の子測について述べるが、その前に気象観測のスケールについてちょっと触れておきたい。

いろいろの現象を考察する場合、スケールが重要なことは、古く Gallilei によって指摘されたことでもあるが、天気の子測に際してスケールの重要性がはっきりと認識されるようになったのは、比較的最近のことである。気象現象には、いろいろのスケールのものがあり、それによってその現象の寿命も違えば、その現象を支配する法則も違ってくる。

よく知られたように、竜巻きは直径100m程度の現象であり、寿命はせいぜい10分の桁である。それに対し、低気圧は直径が数百kmあり、寿命は数日に及ぶ。このような気象現象の空間スケールと、その現象の寿命

との関係を調べてみると、おおむね比例し、つぎのような関係がある。

$$\text{寿命(時間)} \approx 0.3 \times \text{空間スケール(km)}$$

この関係は次元解析からも導かれ、乱流論からも推測される。また、Lorenz が、予報の限界の問題と関連し数値実験によって調べた結果によると、初期値がきわめてわずかに違っただけでも、計算された予想天気図はある時間後には全く違った型となり、予測に限界があることを示している。そして、この限界に達する時間は、気圧のパターンのスケールに比例し、シノプティックスケールでは10日程度である。

われわれが直接観測する気象は、いろいろのスケールの現象が合成されたものである。たとえば、前線に伴う降雨域を天気図でみると、ある範囲一様に降っているように見えるが、レーダでその構造を調べてみると、直径数 km の小さい雨域が点々と多数集まったものであり、この小さい雨域を雨細胞 (rain cell) ということがある。雨細胞は積乱雲などの対流に伴う降雨域であり、その寿命はふつう 20~30 分である。そして、雨細胞は 700 mb 付近の風に流され、前線の移動とは一致しない。天気図で見る雨域の動きは、生まれたり消えたりしている雨細胞の集合、換言すれば、位相の動きである。

このことから、天気予報で気圧配置が重要視される理由が理解される。いま、ある線  $S$  に沿った気圧  $P(S)$  の分布を、つぎのようなフーリエ級数で表現してみよう。

$$P(S) = P_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos 2\pi \left( \frac{nS}{L} + \varphi_n \right)$$

ここで  $P_0$ ,  $A_n$ ,  $\varphi_n$  はある定数であり、 $L$  は表現する範囲の長さ、 $n$  は成分を現わし、 $n$  が大きいほどスケールが小さいことを示す。大気中では、かなりの近似で地衡風が成り立つので、風速  $V$  の分布は気圧傾度に比例する。すなわち、

$$V(S) \propto \frac{n}{L} \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin 2\pi \left( \frac{nS}{L} + \varphi_n \right)$$

となる。また、降水の強さ  $I$  は一般に上昇気流に比例するので、気流の収束に比例し、したがって、気圧の2次微分に比例する。すなわち、

$$I(S) \propto \frac{n^2}{L^2} \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos 2\pi \left( \frac{nS}{L} + \varphi_n \right)$$

となる。これから、風速では  $n$  の大きい成分がそれに比例して卓越し、降水量では  $n^2$  に比例して卓越する。す

なわち、風は気圧場よりスケールの小さい現象であり、降水はさらにスケールの小さい現象である。ところで、実際の天気現象では、一般にスケールの大きい成分が卓越し、小さいスケールの成分の振幅は小さい。そして、スケールの小さい成分と大きい成分とは独立したものである。乱流論で知られているように、エネルギーはスケールの大きい方から小さい方に流れていくのが原則である。そこで、スケールの小さい天気現象はスケールの大きい気圧によって支配される。しかも、気圧場はスケールが大きく寿命が長いので予想が容易である。これが、気圧場が天気予報で重視される理由である。

### 1 地点の観測による天気変化の予測

まずはじめに、1地点における天気の移り変わりの統計的性質を調べてみよう。一般に、天気には持続性がある。晴れとか雨の状態が続く時間は、季節によっても大きく変わるが、平均的には2日程度である。気圧や気温の場合には、連続量なので自己相関係数で表わすと、おおむね1日で0.5程度である。そして、いうまでもなく時間が小さいほど同じ天気である確率が大きい。1時間までならば92%まで同じ天気であるし、6時間ならば84%まで同じ天気であり、これはふつうにいわれる天気予報の適中率より高い。航空などでは飛行する時間が一般に長くないので、現在の天気を観測し、それによって計画を立ててもたいていの場合間に合う。航空気象で実況が重視されるのはこのためである。

1地点による天気変化の予測としては、観天望気が代表的なものである。それにもいろいろの種類があるが、雲の状況が非常によい前兆となる。雲の形は大気の成層によって大きく支配され、大気の成層を判断するよい指標である。反対に、天気図解析によって大気の成層を知れば、雲の予想ができる。

一般に、積雲系統の雲は大気の成層の安定がよくない時に現われ、層雲系統の雲は反対に安定な場合によく現われ、前線付近などでよくみられる。積雲は一般に晴れを意味するが、積乱雲になると俄雨をもたらすことがある。また、層雲系統の雲は一般に雨兆であるが、夜間放射などによって生ずる霧などでは晴れる。

1地点で観測できる範囲は通常半径 50 km 見当である。気象現象はふつう時速 40 km くらいで移動するので、このことは1~2時間程度の天気予測ならば1地点の観測でも可能なことを意味する。たとえば、寒冷前線が近づいている時、それに伴う雲の堤は、寒冷前線が通過する1時間前くらいから見えるので、早手の襲来な

ど、それによって予測できる。

また、近年ではレーダにより、半径 300 km くらいまでの雨域が 1 地点で観測されるようになったので、これによって数時間程度の予測も可能になった。とくに集中豪雨は厚い雲によって生ずるので、レーダによって雲の厚さ（正確には雨滴のある高さ）を観測し、その雲の動きを追跡すれば、2～3 時間前にその予測が可能である。

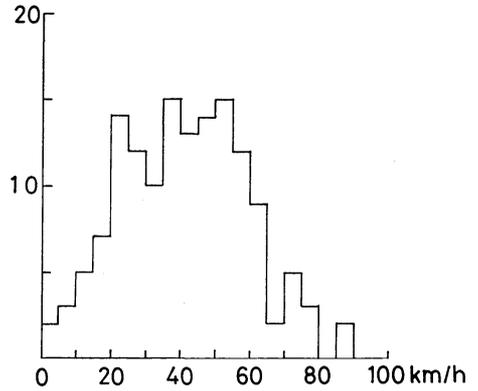
天気の日変化も短時間の予測には重要である。たとえば、海陸風の影響で、東京では日中は南風、夜は北風になるのが原則である。夏季、山岳地帯では夜は晴れるが、日中になると雲が増し、時には積乱雲となって雷となることもある。また、平地で風の強い日、夜間になると弱まることが多いが、これは、大気の成層の日変化による。また、放射霧が夜出た場合、日中は晴れ気温がのぼるが、これは大気成層が安定なためである。

気象現象はふつうある大きさをもっており、その構造にもいくつかの類型があり、移動もでたらめではない。寒候期には低気圧は西から東へ移動するので、低気圧が近づくと南風となり、気温がのぼり雲がます。したがって、気温がのぼってくる翌日くらいは雨になる。反対に気温が下がるのは晴れの前兆であるが、冬季の日本海側では海の影響で逆になる。1 地点の天気は地形などの影響が大きく効くので、地域、季節別にその特性を調べておく必要がある。

春、秋などにはふつう移動性高気圧と低気圧が交互に移動し、それに応じて天気変化にも周期性が現われる。そして、日々の天気をグラフにし、その変化を眺め、周期性を見出せば、かなり先までの天気も予測できる。ふつう低気圧は 3～5 日くらいの周期で現われることが多く、前線帯に沿って生ずる波動性低気圧では 2 日くらいの周期が現われる。また、冬のシベリア高気圧では 7 日くらい、夏の小笠原高気圧では 12 日くらいの周期性が現われ、天気に反映する。しかし、このような周期性は年によって現われ方が違い、また、いつまでも同じ周期つづがくわけではないので、その辺の判断は難しい。

#### 4. シノプティックな予測

天気図による予測では、高気圧、低気圧、前線などの動きから将来の天気図を予想し、それから天気を推定するという方式が使われる。近頃では、将来の気圧配置を予想するには、数値予報方式に移りつつあり、従来の運動学的な解析による方法は重みが減少して来ているが、実際の予測に当たって、一応知っておくことは無意味ではないと思う。



第1図 冬季本邦付近低気圧速度頻度分布 (1974～76年, 12, 1, 2月)

#### a. 予想天気図

高気圧、低気圧、前線などの速度を調べてみると、季節、地域によってある標準値があり、異常に大きい速度をとることはない。また、持続性があり、急に速くなったり、急に遅くなったりすることもない。第1図は冬季日本およびその付近の低気圧の速度頻度分布を示したもので、平均 40 km/h 前後のものが多く、20 km/h より遅いもの、65 km/h より速いものは非常に少ないことがわかるであろう。

数値予報が始まる前までは、このような性質を利用し、運動学的に外挿していた。これについては Petterssen の研究がある。台風移動の予測には、現在でもこの種の方法がよい指針になると思う。台風がもっとも気圧のさがる方に進むというのは、運動学的には当然のことであり、科学的には台風が近づいたから気圧が下がると解釈した方が正確であろうが、実際の予測にはきわめて有用である。この方法であると、中心位置の推定に多少の誤差があっても、進行方向にはあまり大きな影響がないという利点がある。

また、30年位前までは台風の推定中心位置にはかなりの誤差があったが、近年は台風偵察機、レーダ、気象衛星などの観測によって非常に正確になり、その誤差は数 km になった。そのため、台風の移動の模様もよくわかるようになり、蛇行の現象があることがはっきりしてきた。このことは、台風の進路の予測に際しては十分考慮する必要があり、やや先の進路は、刻々の速度よりも大勢を見て予測をする方がよい。

高、低気圧の移動を予測するには steering (指向流)

も重要である。低気圧や移動性高気圧などは上層の大きな流れによって移動していくので、上層天気図が有効である。

b. 予想天気図からの翻訳

予想天気図ができると、今度はこれを基にし必要な地域の天気を推定する。これを翻訳ということもある。これも決して容易なことではない。天気はスケールの小さい現象であり、スケールの大きい予想気圧配置だけで一義的に決まるものではなく、地形の影響、大気の安定度などいろいろの因子が効くからである。

予想天気図から天気を推定するためには、あらかじめ過去の資料により、標準の気圧配置について天気の分布あるいはその地域の天気の特徴を調べておく。そして、予想天気図から対応する天気図の型を決め、その天気図の天気の特徴から天気を判断するという方法がとられる。これが一般的な手順であるが、天気の特徴は地域によって違うので、それを考慮に入れないと本当の予報とはいえない。この天気の特徴のことを天気の癖ということがある。つきにいくつかの例をあげてみよう。

- (1) 日本海に低気圧が入ると南風が強くなるが、平地では案外天気がよい。
- (2) 低気圧が八丈島付近を通過すると関東では急速に天気が良くなる。
- (3) 北東気流は天気がぐずつきやすい。高気圧圏内でも、冷たい北東気流が侵入してくると雨になる。東京の天気予想で、はずれるのはこの場合が多い。
- (4) 高気圧の背が高いとき天気が続く。
- (5) 輪島の気圧が前橋の気圧より 5 mb 以上も高くなると関東は空っ風が吹く。
- (6) 東京では強い西風は吹かない。
- (7) 夏、露点温度が高いと雷雨が起りやすい。
- (8) 晩霜は移動性高気圧の南東域で起りやすい。

以上は東京地方に関するもので、天気の癖は地域別に調べておく必要がある。第 2 次世界大戦中、Jacobs は天気予測のため、気圧配置型別に天気の分布を調べるなどし、Synoptic climatology と名づけた。また、筆者もこの前後同じ目的で典型的な天気変化の記述を試み、これを動気候学と呼んだ。

c. 高層天気図の利用

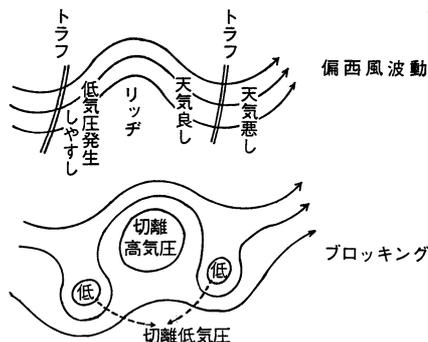
いままでは、主として地上天気図を中心として述べてきたが、高層天気図も予測には重要である。台風の移動の予測には高層天気図によるステアリングがきわめて重要であることはすでに述べた。高層天気図にもいろいろ

の高度のものがあるが、500 mb 天気図が手頃であろう。これは質量からみた大気の厚さの半分の高度になり、大気の層を代表するからである。

高層天気図の解析については、第 2 次世界大戦の頃から戦後にかけて、Chicago group で研究が行なわれ、ジェット気流が発見され、偏西風帯の波動が天気の変化に重要な意味をもつことが明らかにされた。これらを天気の予測に利用するにはいろいろの場合があるが、偏西風帯波動のトラフに目をつけるのが第一歩であろう。中緯度では、トラフの東側では一般に低気圧が発生しやすく、天気が悪く、西側では乾燥し、天気がよい。したがって、上空の偏西風が南よりととなると天気が悪くなり、北よりととなると天気がよくなる。このことは第 2 次世界大戦前から知られており、天気予測の一つの目安である。そして、トラフは寒候期平均経度 10° くらいの割合で東進するので、週間予報など、この方法が一つの参考となる。

近年重要視されるようになったものに、寒冷渦 (cold vortex) がある。これは、寒気団の団塊といってもよく、地上でははっきりしなくとも上空では顕著な低気圧となって現われる。冬季、日本付近が寒冷渦におおわれると気温は下がり、日本海側では大雪が降るようになる。これは、季節風が日本海を渡ってくる際、寒気団の温度が低いほど変質が大きいためである。したがって、寒冷渦を追跡することによって日本海側の大雪の予測ができる。また、梅雨期に寒冷渦が近づいてくると、その南東縁辺に前線ができ、集中豪雨を起すことが多い。

高層天気図での重要な現象にブロッキングがある。これは、第 2 図に示すように、偏西風帯の波動が発達し崩れたような状態である。中緯度高気帯の一部から分離し



第 2 図 高層天気図の型

てブロッキング高気圧あるいは切離高気圧となり、その両側には分離低気圧がある。この分離低気圧は、高緯度の寒気から成り立っており、寒冷渦である、この現象が起こると、地上の低気圧はほとんど移動しなくなり、似た天気が続くようになる。ブロッキング高気圧の域内では高温で天気がよく、時には早ばつとなる。切離低気圧のところでは低温で、その南東縁辺では前線がでやすく大雨が降ることが多い。いわゆる異常気象はこのような場合に起こりやすく、梅雨の現象はブロッキングによって起こると考えられる。

ブロッキングは天気予測上重要な現象であるが、いつ起こりいつ終わるかの前兆については、現在ははっきりしたことはわかっていない。天気予報をはずすのはこのような場合に多い。

### 5. 数値予報とその限界

第2次世界大戦後の天気予報の進歩は数値予報によって象徴される。その方法は、近代科学の粋であって、科学者の目からみれば、エレガントな理想的な方法である。数値予報が開発された時、天気予報はすべてそれによって可能になり、将来は予報官の介在する余地はなくなるのではないかと思われた。確かに、数値予報は秀れた方法であり、それによって天気予報は改善され、また今後も改善されるだろうが、万能ではなく、それには限界がある。また、それを可能にするためには、こまかい正確な観測の網を必要とする。

また、数値予報の技術は高度の専門知識を必要とし、日々の天気予測のためには直接それを知る必要はない。計算された結果とその精度を知れば、予測の中心的な資料となる。そこで、ここではごく大筋についてふれるにとどめる。

現在の数値予報では、大気の初期の状態から、適当な境界条件のもとに、運動方程式、連続の式、エネルギーの式を用いて数値積分を行ない、将来の予想天気図を求める。この場合、気象現象はきわめて複雑なのでそのままでは取り扱えず、現実の状態の本質を表現するようなモデルを想定し、差分方程式に置き換えて解く。近年は数値予報の内容も高度化し、予想天気図の精度も向上し、予報官が運動学的方法に経験則を入れて作る予想天気図よりよくなり、現場でも重要視されるようになってきている。

しかし、数値計算のために150~300km くらいの格子点の値を基にして計算を行なうので、この距離より小さい、メソスケールの現象はフィルターするので、それは

予測できない。偏西風帯の波動が顕著な場合などは十分精度が高いが、低緯度などでは、必ずしも満足すべきものではないこともある。

また、この方法で出てくるのは予想天気図であり、天気そのものではない。そこで、予想天気図から天気へ翻訳するためには、シノプティックな場合と同様な方法を用いる。

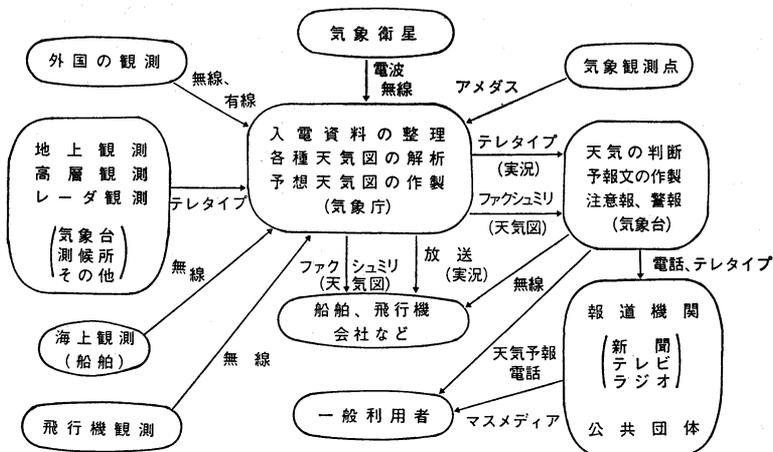
もっとも、近年、これを統計的予報により、客観的に出そうという試みが行なわれている。たとえば、予想天気図から得られる上層風の北成分と大気の安定度を因子にとる。そして、過去の実測から、雨量とこれらの因子との関係を相関係数によって調べておき、それによって、予想天気図から雨量を予想するという方法である。これは一つの前進であるが、現実となると関連が複雑であり、研究段階といった方が適當のようである。

なお、雨量予報は重要なので、数値予報による方法が研究されている。その結果によると、差分方程式を解く場合の格子点間の距離を小さくすると、実況に近い雨量分布が得られる。これは、雨がスケールの小さい現象であるから、当然といえば当然であるが、距離を小さくすると、その4乗くらいの割合で逆比例して計算量が増加するので、実際問題としてなかなか難しい。そこで、雨量など数値予報によって得られた値に適当な係数をかけて予想値にするなどの方法がとられる。

数値予報では、理論気象学の立場から重要な、渦度、発散、上昇気流なども数値計算で求め、予報の参考資料とする。ただ、この値はマクロの場の値であり、ミクロの場の値ではない。数値計算で得られる上昇気流など、せいぜい数 cm/sec にしかならないが、降水域での値は数十 cm/sec からまれには数 m/sec に及ぶ。したがって、天気の予測に使う場合、その辺のことを心得て用いる必要がある。

### 6. 天気予報のシステム

昔の天気予報は、1人で空模様を見、天気の変化を判断していたが、現代の天気予報では多くの人が業務を分担し、一つの天気予報のシステムを作って行なわれるようになってきている。このシステムは、時代の移り変わり、技術の進歩に応じ、自然発生的に形成され、現代では非常に複雑なシステムになっている。そして、一度システムができると、それを変更することは容易ではないが、天気予報の効果にはシステムの構造の良し悪しが影響することが考えられ、いつかはそれを検討しておく必要があると思う。



第3図 天気予報のシステム概念図

それはさておき、現在の天気予報のシステムを簡単に説明しておこう。第3図はシステムの概要をフローチャートで示したものである。

天気予報を行なうためには、まず広い範囲の3次元的な気象観測値の分布を知る必要がある。このため、日本の気象観測値だけではなく、世界各国の観測結果も集める必要がある。これはほかの国でも同じであり、そこで世界気象機関が中心となって、観測の方法、時刻、交換する電報の形式、通信網が協議して決められ、それによって日本にも各国の観測資料が入ってきている。また、観測は気象庁関係の官署だけではなく、海上を航行する船舶、飛行機などからも報告がよせられ、観測項目も、風、天気、気圧、気温などの地上観測の結果だけではなく、ラジオゾンデによる高層観測、レーダによる観測、気象衛星による観測などおびただしい観測結果が入ってくる。これらの資料は気象庁に入ってきて、そこで天気予報の判断の資料として整理され、それが各地の気象台などで利用するために放送される。

つぎに、気象庁では、この資料を用いて、天気予測に必要な各種の天気図、予想天気図、その他の参考資料を電子計算機および人手によって作り、それを、無線、有線放送、ファクシミリなどで放送する。

各地の気象台では、これらの放送を受け、天気図類や各地の観測値をもとにし、その地方の天気変化を予測し、天気予報文を作成し、毎日定期的に、報道機関、公共機関などに通知する。また、暴風雨が起きそうな時とか豪雨が降りそうな時などには臨時に、気象注意報、気象警報を出して、関係方面の注意をうながす。

一般の人は、新聞、テレビ、ラジオなどによって天気予報を知ることができるし、また、天気予報の電話もあるので、それを聞けばよい。船舶などのためには、気象庁や特定の気象台から海上の気象についての放送が行なわれる。また、飛行機のためには、航空測候所などから特別の情報提供されている。また、気象台からは、電力、交通機関のために、特別の注意報や警報が出されることもある。

なお、近年は AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System の略) とよぶ地域気象観測システムができ、各地の風、気温、降水量などの観測値が自動的に電話線で短時間に気象庁に集まるようになり、これを整理して各地の気象台に天気予報の参考として流れるようになっている。

これからもわかるように、近代の天気予報は組織化され、ぼう大な資料を通報し、整理し、計算することを必要とするため、多くの作業がコンピュータ化されてきている。また、予報自身も人間の主観を排除し、客観化しようという努力がされている。このことは時代の流れであり、誤まりの多い人間の要素を排除することは天気予報の改善に対して一つのメリットであるが、反面、すべての仕事機械的になり、複雑な天気現象を相手にし、また天気予報の利用が必要方面で多様化している今日、デメリットになる面もある。

たとえば、気象電報の誤まりなど、コンピュータで扱う際、一応チェックの方式があつて排除されるが、人間があつつかうとその誤りを補整することが可能なことがあり、海上の資料の少ないところなどでは、非常に重要な

価値をもつことがある。また、台風の数値予報など、現段階では必ずしも完全ではなく、シノプティックな方法を考慮し、予報官が判断をする必要がある。また、数値予報の予想天気図は気圧配置であり、各地の天気翻訳することは予報官にまかされている。また、気象注意報や気象警報を出す場合、その目的は災害を防ぐことなので、単にその精度だけではなく、それらを出す時期、警戒の程度、表現などは、地域社会の状態によって違ってくるものであり、また、地域社会からの反応も考慮して行なう必要がある。

このような面では、予報官の判断はきわめて重要であり、人間の役割は大きい。すなわち、現在の天気予報のシステムは Man Machine System となっており、天気予報の効果を向上させるためには、全体のシステムについて検討する必要がある。

現代のようにコンピュータの威力が大きくなると人間はとかく疎外視されがちであるが、Man Machine System では、その効率は機械の能力と人間の能力の相乗で効いてくる。コンピュータを軽くみるつもりはないが、コンピュータは機械的に計算するだけで、そのプログラムは人間が作る。また、予測の最終判断は人間が行なう。

天気予報の精度向上をはかる場合、人間的要素も忘れてはいけないと思う。40年ほど前、藤原咲平は予報者の心掛けという一文を昭和8年の測候時報に書いている。これは、ほとんどそのまま今日でも当てはまると思うので、その主要な点を抜粋してみる。

#### 心掛

1. 時世に後れないこと。
2. 天気の局地性に通暁すること。
3. 予報の成績を常に吟味し、とくに不中の場合の原因を探究すること。
4. 他人の予報をも注意し、他山の石とすること。

#### 心得

1. 身体を健全ならしむること。
2. 精神を健全にすること。家庭や役向きなどの上に気がかりのことがあってはいけない。
3. 予報期間中はなるべく予報のみを仕事として他事に携わらぬこと。
4. 睡眠不足はいけない。眠い時に良い予報は出ない。
5. 予報前の酒はよろしくない。
6. 心を動かさぬこと。とくに注意を要するのは、つぎのようなことである。

- a. 世間の毀誉に動かされないこと。
  - b. 特別な催しのある日、台風襲来時など興奮してはいけない。
  - c. 予報の失敗した場合にも心を乱してはいけない。
  - d. 予報に際して奇切を狙ってはいけない。
- 発表の心得

1. 自分の力の範囲を確認してその域外に出ないこと。
2. 前に出した発表となるべく調和を保つこと。
3. 冗長ではいけないが、解りにくいのはいけない。また、他人に誤解される文句はいけない。
4. 世間の気持ちを斟酌すること。たとえば早天続きの時、俄雨という言葉は注意を要する。俄雨があるかもしれないといっても、多くの人は俄雨というようにとり、雨が降らないと騒ぐこともある。また、霜とか、出水とか温度とか平常は不用でも公衆が関心を引く場合は力を入れなければいけない。ただし、迎合してはいけない。

#### 6. おわりに

以上、天気予報の概略について述べたが、実際の子報に際しては、さらに、天気図の記号、気象通報式、気象放送のスケジュール、標準天気図の型と天気経過なども学ぶ必要がある。また、枚数の関係もあって、定性的な短期の予測に限定し、量的予報、週間予報などについてはほとんど触れなかった。このようなことを知りたい人たちのために、主な天気予報に関する参考書、本文を書くに参考にした文献などをいくつかあげておこう。

#### 参考書および文献

- 藤原咲平；日本気象学史，岩波書店，1951。  
日本の気象学に関する歴史。
- 岸保勘三郎；数値予報新講，地人書館，1968。  
やや古いが数値予報についての解説書。
- 伊藤 博編；航空気象，東京堂出版，1971。  
航空気象に関する本，天気予報についてもかなりふれている。
- 伊藤 宏；数値予報，気象研究ノート，128，131-144，1976。  
数値予報に関する総合報告。
- 気象庁予報部；天気予報指針，実用編，1976。  
気象情報まで含めた天気予報の技術的な解説書。  
非売品。
- 駒林 誠；天気科学，朝日新聞社，1976。  
気象に関する小事典。
- 倉嶋 厚，青木 孝；天気図の読み方，東京堂出版，

1976.  
 天気図の記号, いろいろな型の天気図の解説, 天気図のつくり方, レーダ, 気象衛星についてもふれている.
- 股野宏志; 天気予報—その学問的背景と実際の側面, 天気, 24, 587-596, 1977.
- Monin, A.S.; Weather forecasting as a problem in physics, The M.I.T. Press, 1972.  
 天気予測に関する物理的な基礎が書いてあり, スケールの問題についてもふれている.
- 宮内駿一, 田島成昌; 百万人の天気図, 成山堂書店, 1962.  
 少し古い, いろいろな天気図について解説されている.
- Petterssen, S.; Weather analysis and forecasting, (second edition) I, II, McGraw Hill Book company Inc. 1956.  
 シノプティックな天気予測についてくわしく述べられている.
- 齋藤直輔; 天気分析試論, 気象研究ノート, 102, 552-594, 1969.  
 数値予報的な面から天気解析を論じている.
- 沢田竜吉; 天気図解析の基礎, 予報研究ノート, 6, 145-251, 1951.  
 少し古い, 天気図の解析法についてくわしく述べている.
- Sawyer, J.S.; Weather forecasting—its past and future, Lectures presented at the I.M.O./W.M.O. Centenary conference, W.M.O. Technical Note, No. 130, 13-28, 1973.  
 天気予報の歴史.
- Shaw, N.; Manual of meteorology, IV, Cambridge Univ. Press, 1932.  
 古い気象学についても書かれている.
- 高橋浩一郎; 総観気象学, 岩波書店, 1969.  
 シノプティックな気象について述べてある.
- ; 天気予報—理論と実際一, イルカぶつくす, 1977.  
 天気図の型, 量の予報, 天気予報の経済効果などにもふれている.
- Thompson, P.D.; Numerical weather analysis and prediction, The Macmillan Company, 1961.  
 少し古い, 数値予報のことがよくまとまって書かれている.
- 宇津木政雄; 天気予報の手引, 日本気象協会, 1968.  
 天気予報に関する一般の解説書.
- 山岬正紀・他; 台風特集, 気象研究ノート, 129, 1976.  
 台風に関する総合報告, 進路の予報にもふれている.
- 和達清夫監修; 気象の事典, 東京堂出版, 1976.  
 気象に関する事典.

### 第19期第14回常任理事会議事録

**日時** 昭和53年2月27日(月) 14.00~17.00  
**場所** 気象庁観測部会議室  
**出席者** 岸保, 小平, 浅井, 朝倉, 内田, 奥田, 河村, 門脇, 神山, 杉本, 立平, 松本  
**報告**  
 [庶務]  
 1. 1月23日, 日中科学技術交流協会から, 同協会設立について機関誌に掲載方依頼があった。  
 2. 1月24日, 地球物理学研究連絡委員会陸水分科会から, 第11期委員候補者の推薦依頼がきた。  
 3. 2月1日, 日本気象協会会長から, 昭和53年度岡田賞受賞候補者推薦依頼がきた。  
 4. 2月7日, 当学会中部支部より, 支部だより(第6号)がきた。  
 5. 2月13日, 国際海洋開発会議 展示会事務局から, 第5回国際海洋開発会議に対する協賛名義使用願い出が

きた。  
 6. 2月13日, 当学会東北支部長から, 昭和53年度日本気象学会秋季大会に管区研究会を共催したい旨, 申し出があった。  
 7. 2月20日, 当学会九州支部から, 講演要旨集がきた。  
 8. 2月21日, 日本航空宇宙学会から, 「第25回風に関するシンポジウム」共催依頼がきた。  
 [天気]  
 1960年~1975年までの“天気”の論文数の調査結果によると, 10年間横ばいを続けている。レフリーが厳しいのか取り下げるものも出ている。  
 [講演企画]  
 5月24日の春季大会のシンポジウム「数値実験に基づく大気大循環について」の講師は, 金光正郎氏(気大), 木田秀次氏(気研)の両氏に依頼した。