

# 天気予報の数量化 (第1報)\*

橋 本 正 義\*\*

## 要 旨

Tsingtao (54857), Chunchow (58633), 鹿児島(47827), 福岡(47807), 米子(47744), 潮岬(47778), 輪島(47600)の500mbと850mbの資料を使って、神戸において雨が降るかどうか、さらにその雨はいつから、どれぐらいの量が、いつまで降るかを数字で表わすことができるかどうかを調べた。調査期間は1968年3~5月である。

### 1. ま え が き

予報官もっている天気予報に対する経験とか勘とかいうものは、ごく漠然としている場合が多い。このため実際に天気予報を出す場合、現在の地上実況のみにとらわれて、それをそのまま東進させるということになりやすい。たとえば九州地方は雨でも翌日の近畿地方は晴れるとか、逆に九州地方は晴れていても翌日の近畿地方は雨になるとかいうような予報はほとんど出せないのが現状である。このような予報官の心理的な壁を打ち破るためには、まず基本的にはこのような地上実況の変化に対してその時の上層の状態を組合せて天気変化の過程を具体(model)的にしっかり把握するとともに、その予想法を確立しなければならない。しかしこれは至難のわざといえる。現在の天気予報はまずシノプティック pattern を予想してそれからそれを天気翻译成するという2段階の作業過程を経ておこなわれているからである。従ってそのおのおのが不完全なため予報の適中率は二つの確率の積となっていちじるしく低下することになる。

もし天気を支配する因子を量的に規定することができれば、予報の作業過程は1過程ですむこととなり、さらに天気予報が全くはずれるというようなことはほとんどきけられると考えられる。このためここでは天気を支配する因子を量的に規定することができるかどうかを検討する。

### 2. 天気を支配する因子の量的規定

#### 2.1 因子を求めるための基礎調査

われわれは、500mbの谷と850mbの華南の南西流

が、経験的にも理論的にも西日本の悪天候の目安となることをよく知っている。すなわち前者は寒気移流に、後者は暖気移流に対応しているわけである。問題はどれぐらいの強さの谷、どれぐらいの強さの南西流の時に雨になるか、さらにその雨はいつから、どれぐらいの量が、いつまで降るかを数字で表わすことができるかどうかである。そこで54218 (42° 16', 118° 58'), 54857 (36° 0.4', 120° 19') 58633 (28° 58', 118° 52')の毎日9時における500mbの24時間高度変化と850mbの温度、633の風向、風速を調べてみた。(図省略)最初の例は昭和43年3月の場合で633の風向が南西で20kt以上の時は翌日雨となっており、さらに南西流が2日続くと雨も2日続いている(20日, 21日)。しかしながら南西流が吹いていなくても、857と633の高度変化の負の絶対値が大ききときは雨となっている。とくに25日は前日九州地方が晴れていたため、予報(大阪, 京都南部, 兵庫南部, 和歌山, 奈良, 滋賀の前日の正午予報を綜合したもの)は「晴後曇」であったが、実況は朝から雨となってしまった。なお24日も予報は「曇後雨」であったが実況は曇でうまくいっていない。このことについては4月24日神戸で開かれた予報談話会において種々討論、検討がなされたが、とくにN.P.関係では、N.P.の実際の天気予報への応用について有効な方法を開発した合田(1966)の説明によれば、24日の曇は垂直速度( $W_0$ )と層厚場の変化傾向を組合せることによって予報することができるが、25日の雨については予報することができず、より高度の詳細な考慮(500mb予想では東シナ海、西日本南岸方面がいわゆる定性的ゲネシス場を示し24日9時の500mb実況ではさらに西南西場が34°Nまで北上して強まり、一層ゲネシス傾向が強まり、地上、850mbの注意深い解析もこれを支持していた)が必要である。つぎの例は

\* Quantitative Method of Weather Forecasting (1)

\*\* M. Hashimoto 神戸海洋気象台  
—1968年8月16日受理—

昭和43年4月の場合で6~10日まで南西流が20kt以上吹いており、8日の予報は「曇後雨」となっているが、実況は晴後曇であり、さらに9、10、11日はかなりの雨が降り続いたが、予報は「曇または曇一時小雨」となっておりうまくいっていない。16日の予報は15日上海付近に低気圧が発生したため「曇後雨」であったが、実況はほんの数分程度小雨がばらついたくらいで大体晴れの天気であった。逆に18日は「曇後一時小雨」の予報であったが、実況は朝から雨となっている。つぎに20日に顕著な気圧の谷が通り、雨は22日午後から降っているが予報には雨は全くつけていなかった。最後に26日に顕著な気圧の谷が通り27、28、29日はかなりの雨が降り続いたが、予報は晴または曇りで大きくはずれてしまった。以上述べたように、3、4月の雨に関する予報は厳密に言えばほとんどははずれている。このことは、3、4月は天気変化の予想がむつかしいこと、見掛け上の地上実況に左右されたためと考えられる。以上述べたことから天気予報を量的化することの必要性が痛感される。

2.2 因子の量的規定

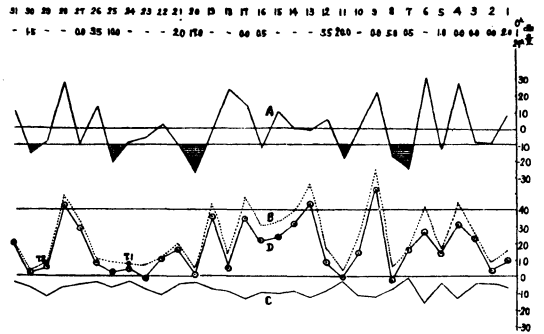
2.1で述べたことを基にして天気予報を量的化するために、雨が降るかどうかの目安としてA、天気の崩れの遅速の目安として、B、C、Dの値を導入した。ただし、A、B、C、Dはつぎのような値である。

A: 500mbの当日9時の857の24時間高度変化 ( $\Delta H_{24}$ ) の2倍と633の24時間高度変化の和に前日9時の850mb、633の南西流が20kt以上の場合には  $-[V(633)-15]$  を加え北よりの風が25kt以上の場合には  $[V(633)-20]$  を加える。たとえば高度変化の和が-50m、南西流の風速が20ktとするとAの値は  $-5$  (単位10m) +  $(-5) = -10$ となる。

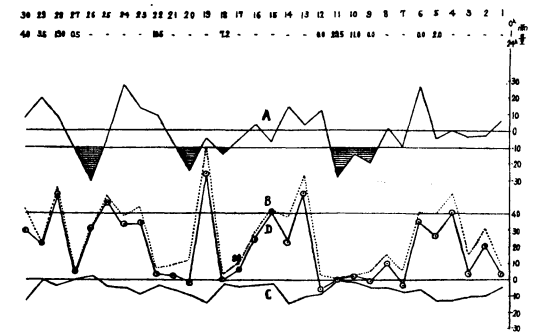
B: 前日9時の500mbの鹿児島と福岡の飽差の和 (単位 $1^{\circ}C$ ) である。従ってこの値が大きいときは大気が安定していること、いいかえれば気圧の尾根の振幅が大きくて天気の崩れがおそいことを意味している。

C: 前日9時の500mbの米子の温度から鹿児島島の温度を引いたものを2倍した値 (単位 $1^{\circ}C$ ) である。従って負の絶対値が大きいことは大気が水平不安定になっていること、いいかえれば前線が発生しているか、発生しやすいことと気圧系の移動がはやいことを意味していると考えられる。

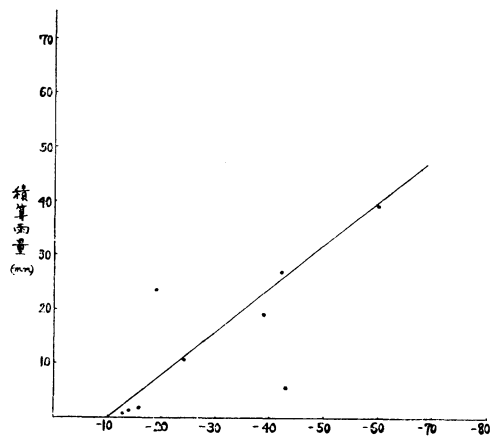
\* Confluence型になっていて、ビヤークネスの慣性不安定の理論が適出される場で低気圧または前線が発生し易い場



第1図 1968年3月1日~31日



第2図 1968年4月1日~30日



Aの値が-10以下又は-10以下の値が連続した場合はそれらの積算値

第3図 Aの値と積算雨量との関係  
1968年3月1日~4月30日

D: B+C, この値が小さいほど天気の崩れがはやいことになる。

第3図と第4図はA、B、C、Dの値を記入したもの

である。具体例について説明するまえに、得られた結論をさきに述べるとつぎのごとくなる。

- (1) Aの値が-10以下にならなければわか雨をのぞいて0.5mm以上の雨は全く降っていない。
- (2) Aの負の絶対値が大きいほど雨量も多くなっている (第3図)。
- (3) Dの値が10以下のときはAが-10以下になった日の朝から、40~60のときは1日おくれて、60以上の時は2日おくれて雨が降っている。
- (4) Aの-10以下の継続日数と雨の継続日数はよく比例している。

つぎに上記の結論がどのように適用されるかを説明する。まず第1図において、24日は「曇後雨」の予報に対して曇でおわったことはAの値が-8であることから予想される。ついで25日は「晴後曇」の予報に対して朝から雨であったことはAの値が-21で、しかも前日のDの値が10以下であったことから十分予想される。第2図においては8日が「曇後雨」の予報に対して晴後曇であったことはAの値が+2であることから予想される。ついで、9、10、11日は「曇または一時小雨」の予報に対してかなりの雨が3日間降り続いたことはAの値が、-19、-13、-28と3日間-10以下の日が続いており、さらにその絶対値もかなり大きいことから予想される。つぎに16日は「曇後雨」の予報に対して、ほんの数分程度小雨がばらついたが大体晴れの天気におわったことは、Aの値が+4であることから予想される。逆に18日は「曇りおそくに一時小雨」という予報に対して実況は朝から雨になったことはAの値が-14でしかも前日のCの値が10以下であったことから十分予想される。22日の予報は「曇り」で雨を全くつけていなかったにもかかわらず、午後からかなりの雨が降ったことはAの値が-14で、しかも前日のDの値が60以上であったことから雨は2日おかれて降ると予想される。最後に27、28、29日は「晴れまたは曇り」の予報に対してかなりの雨が3日間降り続いたことは26、27日のAの値が-30、-12で、しかも25日のDの値が40以上であったため、雨は1日おかれて降り、しかも25日のDの値が40以上であったため、雨は1日おかれて降り、しかも雨は27、28日と29日の前半まで続くと予想される。

### 3. $\Delta H_{24}$ と華南の南西流 (20kt 以上) の予想法

857と633の $\Delta H_{24}$ と633の南西流の強さが分れば天気予報はきわめてよい精度で行なわれるとことが分った。しかもDが40~60の場合は1日、60以上の場合は2日おくれ

て雨が降るので問題はないが、Dが10以下の場合は当日の朝から雨となるので $\Delta H_{24}$ の予想が重大な課題となってくる。将来N.P.の精度の1段の向上によって $\Delta H_{24}$ の正確な予想が可能になるかもしれないが、南西流の強さの予想はそれが可能になるまでは相当な年月がかかるであらう。ただ一般的な特性としてつぎのことは知っておかねばならない。西日本が confluence 型 (図省略) になっていて subtropical jet が顕著な場合には南西流が3日以上継続するがそうでない限り継続日数は1~2日である。つぎに $\Delta H_{24}$ の予想法については、それは基本的にはlong wave (位置と強さ)と short wave (強さと速度)の重なり合いによってきまるものなので、ここで個々の場合について詳述するには限度があり、これまた予想がほとんど不可能の場合もある。現段階において取り得る手段としては、高度変化と気圧の谷自身の強まりまたは弱まりを予想してそれから求めた高度の平均値を予想高度とする方法が考えられる。それを式で示せばつぎのようになる。

$$H'_{t+24}(P_1) = H(P_1)_t - \Delta H(P_1)_{t-24}^t \alpha \Delta H_{t-24}^t(P_2) \dots \textcircled{1}$$

$$H''_{t+24}(P_2) = H_t(P_2) + \Delta H \dots \textcircled{2}$$

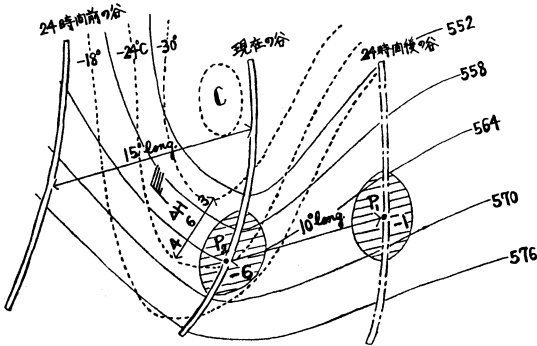
$$H_{t+24}(P_1) = \frac{1}{2} [H'_{t+24}(P_1) + H''_{t+24}(P_2)] \dots \textcircled{3}$$

ただし $P_1$ は予想地点、 $P_2$ は気圧波の24時間の移動速度をCとしたとき $\overline{P_1 P_2} = C$ なる地点であり、 $\alpha$ は高度変化場自身の時間変化の係数であるが、実用上は $\alpha = 1$ とおく、 $\Delta H$ は谷の直接の深まりを示すものである。また $\Delta H_{t-24}^t(P_1)$ は気圧変化が同じ傾向を示す場合は零となる。

これらの式を適用するには気圧の谷(または尾根)の移動速度、谷(または尾根)の深まり(または強まり)の予想法をもたなければならない。気圧の谷の移動速度については第1表のような経験則を使う。つぎに谷の深まりについては等温線と等高度線の切り結びかた、または寒気核の存在が目安となる。以上のことをmodel的に示すと第4図のごとくなり、 $\Delta H$ は130m(等温線が等高度線を何本横切っているかできめる)と予想することによって $H_{t+24}(P_1)$ は557となり、 $\Delta H_{t+24}(P_1)$ は-100mとなる。さらに $\Delta H_{24}$ が500mb以外の層たとえば300mbまたはそれ以上の上層とか、850mbの影響によって起される場合もある。1例として850mbで顕著な暖気移流があるとき地上では初め弱い低気圧が発生し、その時は500mb

第1表 風速および気圧の谷の深まりと谷の移動速度 (24時間) との関係

風速 kts	気圧の谷の深まらないとき	気圧の谷の深まるるとき	
		東の尾根が普通 のとき	東の尾根が強化 されるとき
30	10° long.	$\frac{2}{3} 10^\circ \text{ long.}$	$\frac{1}{2} 10^\circ \text{ long}$
60	20° long.	$\frac{2}{3} 20^\circ \text{ long.}$	$\frac{1}{2} 20^\circ \text{ long}$



$$H'_{t+24}(P_1) = H(P_1) - \Delta H(P_1)_{t-24}^t + \alpha \Delta H_{t-24}^t(P_2)$$

$$H''_{t+24}(P_1) = H_t(P_2) + \Delta H$$

$$H_{t+24}(P_1) = \frac{1}{2} [H'_{t+24}(P_1) + H''_{t+24}(P_2)]$$

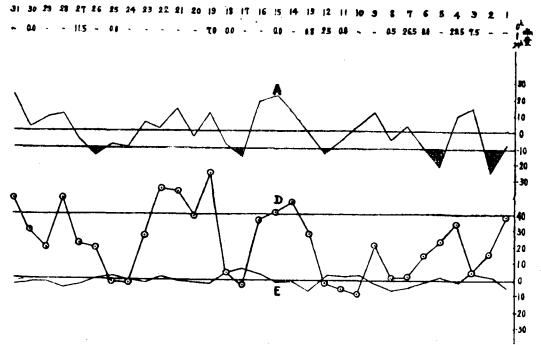
$$\bar{P}_1 \bar{P}_2 = C \quad (c \text{ は } 24 \text{ 時間の波の移動を示す})$$

第4図  $\Delta H_{24}$  の予想法を model 的に示す

では高度が上昇するが次第に上昇気流の影響を受けて高度が下る。このときは低気圧の動きはおそく、したがって天気のおそくもおそくなる。

4. A, Dの季節変化

3, 4月において採用した, A, Dの値は1年中を通して使うことができるであろうか。これはいうまでもなく補正値を考えなければならない。まず850mbの633の温度は, 3, 4月においては南西流が20kt以上で, 15°C以上になったことはないが5月には15°C以上になることがある。そこで考えられるのは南西流の weight を大きくすることである。A値に加える補正値としては  $- [T_{850}(633) - 15] \times 4$  である。つぎに西の方から気圧の谷が順調に進んできて北海道, または三陸沖に寒気核があり東日本で北西流が強化される場合には谷の影響は相殺されることとなる。この補正値としては輪島の当日の500mbの風向が北西で30kt以上の場合は  $\frac{1}{2} [V_{500}(600) - 30]$  を加えることにした。最後に寒気が関東方面から潮岬付近まで入りこみ, 逆に日本海に暖



第5図 1968年5月1日~31日

気が侵入している場合は, 850mbの潮岬の温度が米子より低くなる。この場合はたとえ南風が吹いていても下降気流となり雨は降りにくく, したがって  $E = T_{850}(744) - T_{850}(778)$  が正の場合は天気のおそくになる。このようにして5月についてA, D, Eの値を求めたのが第5図である。この図からまず3, 4月と同様にAの値が-10以下にならなければわか雨をのぞいて0.5mm以上の雨は全く降っていない。つぎにたとえ前日のDの値が40以下でも途中でEの値が正になるときは雨は1日おくらせて降っている(3~4日, 6~7日, 18~19日), またDの値が負でEの値が正のときは,  $D + E = 2.7$  になった12日は朝から,  $D + E = 0.4$  となった26日は翌日の朝から雨になっているが, この値を量的に見積るには資料不足である。とくに27日はほとんどのところで雨をつけていなかった。

5. むすび

天気予報の精度があまりよくない3, 4, 5月の予報方法を改良するため, 天気予報の量的化を試みて有効な方法をみつけることができたが, 今後は1年を通して系統的に論ずるにはどうすればよいか, とくに梅雨期には太平洋高気圧の消長にともなう南西諸島および鹿児島島の南西流の強化を予報式にどのように取り入れるか, さらに年による変化があるかどうかについて検討を加えてゆきたい。終りに本研究に色々ご指導をいただいた菊田神戸海洋気象台予報課長をはじめ予報課の皆様にご感謝する。

引用文献

1. 合田勲, 電計予想図の利用についての検討, OMEGA, Vol. No. 2 29~56.