

## “天気指数”と天気予報の評価\*

増田善信\*\*

### 要旨

天気予報の精度を定量的に評価するためには、実況の天気および予報の天気を天気の経過も含めて定量化する必要がある。天気の経過を含め“天気の悪さ”の順序と同じ傾向の天気のグループ化によって、0-99位の100個の指数で並べた“天気指数”を作成した。この天気指数を用いて1981年7月1日から1982年6月30日までの1年間の東京地方の明日予報の評価を行った結果を示し、この天気指数の表が天気予報の客観的な評価に有効であることを述べる。

### 1. はしがき

天気予報の評価は既に1889年(明治22年)1月、内務省地理局が制定した「地方天気予報適否調査表」(気象庁編、気象100年史、資料編)によって古くから行われていた。この適否調査表は「予報晴ニシテ曇ナレハ偏中、雨又ハ雪ナレハ不中トス」「予報雨又ハ雪ニシテ晴ナルモ2時間以上降雨降雪アレハ正中トス」などとするもので、いわゆる採点表の原型をなすものである。その後この採点表はいろいろと変えられて使われていたが、1949年に高橋・大竹(1949)および大竹(1949)によって新しい採点基準表が作られた。この採点表は28種類の天気を予報と実況で対比させその適否によってそれぞれに0~100点までの点数を配分したものである。この採点表は天気予報の監査に用いられていたが(奥山, 1956, 1957), 1962年9月以降中止になった。中止の背景には、監査要員の他業務要員への振り替えなどがあったが、採点に伴うある種の弊害が現われ始めたのも一因であったといわれている(気象庁編, 気象100年史)。すなわち、この採点表をうまく使って「曇り時々晴れ、一時雨」などという“全天候型”の予報を出すと、100点をとることもない代わりに、0点もとることがなく、平均的に割合よい点数になるので、そのような“全天候型”予報が多発され

る傾向になったというのである。

正野(1958)は情報理論の気象への応用として、天気予報の評価に Skill Score, 情報量, 情報比などの導入を提唱した。奥山(1961)は正野の提唱に答え、1960年1年間の天気予報の監査をこれら Skill Score などを用いて行い、従来の採点法による結果と比較した。Skill Score, 情報量, 情報比などを用いる方法は客観的に天気予報を評価するという点ですぐれており、思维的に“全天候型”予報で点数をあげるようなことは避けられる。しかし、この方法は晴と雨2種類の適中率、多くともせいぜい数種類の天気に分類した場合の適中率、不適中率から求めるもので、天気の経過も含めて極めて複雑な天気の組み合わせ全てに適用するという点で難点がある。

ところで、もし天気の経過も含めて天気を指数化することが出来、しかも予報の天気の指数と実況の天気の指数の差が、予報者はもちろん予報の利用者を含めた人々の天気予報の適否の感覚と合致するような指数が出来るならば、天気予報の評価を客観的かつ合理的に行うことが出来ると考えられる。このような観点から、ここでは先ず、天気をその経過も含めて“天気の悪さ”の順序で0-99位までの100個の指数で並べた“天気指数”を作を試みた。その際“天気の悪さ”だけでなく、類似した天気は出来るだけ近くにまとめるようにグループ化して配列させた。次いで、このようにして作成した天気指数を用い、1981年7月1日から1982年6月30日までの1年間の毎日の東京地方の明日予報の評価を行い、パー

\* “Weather Index” and verifications of weather forecast.

\*\* Yoshinobu Masuda, 気象研究所.

——1982年10月6日受領——

——1982年12月8日受領——

第1表 “天気”の悪さ”の順序に並べた天気指数.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	①	①→②	①→③	①/④	①/⑤	①→⑥	②→⑦	③/⑧	④→⑨	⑤/⑩
10	②→①	②	①→●	①→⊗	①→②/●	②/●→①	①→②/⊗	③/⊗→①	④→●	⑤→⊗
20	①→●	①/●	①→⊗	①/⊗	①→②/●	②/●→①	①→②/⊗	③/⊗→①	④→●	⑤/⊗
30	②→⊗	③/⊗	①→②→③	①→②→⊗	①//●	①→②/●	③/●→①	①//⊗	①→②/⊗	③/●→①
40	③/●	③/⊗	⊗→①	⊗→①	①→②/●	②/●→①	①→②/⊗	③/●→①	①→●	●→①
50	①/●→②	●→①/●	①/●→⊗	●→①/●	②/●→①	●→②/●	②/●→①	③/●→①	④→●	●→②
60	①→⊗	⊗→①	①/●→⊗	⊗→①/●	①/●→⊗	⊗→①/●	②/●→⊗	⊗→①/●	③/●→⊗	⊗→①/●
70	③→⊗	⊗→③	●//①	●//②	⊗//①	⊗//②	●→//①	⊗//①	●→//②	●//③
80	⊗→//①	⊗//①	⊗→//②	⊗//②	●→//①	●→//②	⊗→//①	⊗→//②	●	●→//⊗
90	●→//⊗	●//⊗	●//⊗	●→⊗	⊗→●	⊗//●	⊗→//●	⊗//●	⊗→//●	⊗

第2表 第1表を修正した天気指数.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	①	①→②	①→③	①/④	①/⑤	①→⑥	③/⑧	④/⑨	⑤	⑥→⑩
10	②→//①	②→//①	①→●	①→⊗	①→②/●	①→②/⊗	③→●	③→⊗	④/●→①	⑤/⊗→①
20	①→●	①/●	①→⊗	①/⊗	①→②/●	①→②/⊗	③→●	③/●	④→//⊗	⑤/⊗
30	③/●→①	③/●→①	①→②→●	①→②→⊗	①/●	①→②/●	①/⊗	①→②/⊗	③//④	④//⑤
40	●/●→①	●/●→①	①→②/●	①→②/⊗	②/●→①	③/●→①	⊗→②→①	⊗→②→①	①→●	①/●→●
50	①/●→●	②/●→●	③/●→●	④→●	①→⊗	①/●→⊗	①/●→⊗	②/●→⊗	③/●→⊗	④→⊗
60	⊗→①	●→①/●	●→①/●	●→②/①	●→②/①	⊗→③	⊗→①	⊗→①/●	⊗→①/●	⊗→②/①
70	⊗→②/①	⊗→③	⊗//①	●//②	⊗//①	⊗//②	●//①	●//②	⊗//①	⊗//②
80	●→//①	●→//②	⊗→//①	⊗→//②	●→//①	●→//②	⊗→//①	⊗→//②	●→//⊗	●→//⊗
90	●→⊗	●	●//⊗	●//⊗	⊗→●	⊗//●	⊗→//●	⊗//●	⊗→//●	⊗

システム予報の評価と比較した。その結果、この天気指数を用いた天気予報の評価は客観的で、かつ合理的であることが確かめられた。

2. 天気指数

従来から、地上気象観測法の W<sub>1</sub>W<sub>2</sub> やテロップ用のコードなど天気を“指数化”したものはあるが、必ずしも“天気”の悪さ”の指標にはなっていない。そこで、予報用語「晴れ(①)」「曇り(②)」「雨(●)」「雪(⊗)」「一時(/)」「時々(//)」「のち(→)」を組み合わせた天気を数量化し“天気”の悪さ”の順序に並べようを試みた。ここでは天気を数量化したものを天気量と呼ぶことにする。その際、①と②、●と⊗の間にはそれ程大きな差がないが、①または②と●または⊗の間には大きな差が出るように、①=1.0、②=1.9、●=999.0、⊗=1000.0の天気量を与えた。また予報期間を6等分し、「一時」はその1/6の期間に、「時々」は2/6の期間にその天気現象が起こるものとし、「のち」は前半と後半で分

け、例えば①→②と②→①が同じ値にならないように、後半の天気量に0.99の係数をかけ、僅かな差が生れるようにした。

この場合、天気指数がちょうど100個になるように、①→②/①、●//③→●のように、「のち」と「一時」または「時々」が同時にあらわれ、しかも前半と後半で同じ天気が含まれる天気は一般には余り使われないので除外した(気象庁予報部、1966)。また2個の「のち」で結ばれる天気も、色々な組み合わせが考えられるが、最も起こりそうな①→②→●、①→②→⊗、●→②→①、⊗→②→①の4種類だけを採用し、それ以外は除いた。

第1表はこのようにして天気量の順序に並べて作った天気指数である。この天気指数の中に現われる天気分類と東京管区気象台技術課で観測した1981年1年間の「東京気象表」の中の“天気概況”に現われた天気分類を比較すると、「曇り時々晴れ一時雨」「晴れ一時曇り一時みぞれ」「曇りのち雨(雷雨を伴う)」という種類のもの10数個が、ここで用いた天気指数の天気分類に含まれない

第3表 最終的に決定された天気指数

WW

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	⊙	⊙→/⊙	⊙→//⊙	⊙/⊙	⊙//⊙	⊙→⊙	⊙//⊙	⊙/⊙	⊙	⊙→⊙
10	⊙→//⊙	⊙→/⊙	⊙→/●	⊙→/⊙	⊙→/⊙	⊙→/⊙	⊙→/●	⊙→/⊙	⊙→/●	⊙→/⊙
20	⊙/●	⊙/⊙	⊙/●	⊙/⊙	⊙→●/⊙	⊙→●/⊙	⊙→●/⊙	⊙→●/⊙	⊙→●	⊙→●
30	⊙→/●	⊙→/⊙	⊙→//●	⊙→//⊙	⊙/●	⊙/⊙	⊙//●	⊙//⊙	⊙/●→⊙	⊙/⊙→⊙
40	⊙/●→⊙	⊙/⊙→⊙	⊙/●→⊙	⊙/⊙→⊙	⊙/●→⊙	⊙/⊙→⊙	⊙→●→⊙	⊙→●→⊙	⊙→●	⊙/●→⊙
50	⊙/⊙→●	⊙/⊙→⊙	⊙/⊙→●	⊙→●	⊙→⊙	⊙/⊙→⊙	⊙/⊙→⊙	⊙/⊙→⊙	⊙/⊙→⊙	⊙→⊙
60	●→⊙	●→⊙/⊙	●→⊙/⊙	●→⊙/⊙	●→⊙/⊙	●→⊙	⊙→⊙	⊙→⊙	⊙→⊙	⊙→⊙
70	⊙→/⊙	⊙→/⊙	●//⊙	●//⊙	●→//⊙	●→//⊙	⊙//⊙	⊙//⊙	⊙→//⊙	⊙→//⊙
80	●/⊙	●/⊙	●→/⊙	●→/⊙	⊙/⊙	⊙/⊙	⊙→⊙	⊙→/⊙	⊙→/⊙	⊙→//⊙
90	●→⊙	●	●/⊙	●//⊙	⊙→●	⊙//⊙	⊙→●	⊙/●	⊙→●	⊙

だけであった。しかもその全てが「一時雨」など降水現象をわずかに伴ったものか、雷雨を表現したものであった。従って、ここで用いた天気分類でほとんどの天気は表現できると考えてよいと思う。しかしもしこれでも不十分と考えるならば後述の第4表のような補助的な天気指数を付加すればほとんど全ての天気現象が表現出来ると思われる。

さて、この第1表を用いると、例えば●→⊙//⊙は天気指数53のように表現され、指数の高いものほど“天気が悪い”ことを表現しているが、⊙→⊙と⊙→⊙が指数5と6のように隣り合わせになっている。ところが、天気予報では⊙→⊙と⊙→⊙では本質的に違う。もしこの表をそのまま使うと、⊙→⊙と予報して実況が⊙→⊙であってもその差がわずかに1ということになり、予報精度の評価には不適當である。すなわち、天気経過の違いがもっと大きくなるような指数にしなければ、天気予報の評価には使えないのである。

そこで、“良い天気”から“悪い天気”に変わる場合にくらべ、“悪い天気”から“良い天気”に変わる場合が“より予報が困難”であると仮定し、「のち」で結ばれた天気の、前半の天気量が後半の天気量に比べて大きな場合には一定の定数を加えて天気量を大きくした。このように第1表を修正したのが第2表である（この定数のとり方はいろいろ考えられるが、ここでは80を採用した）。

この第2表を用いて天気予報の評価を行うのであるが、これでもまた問題が生じる。予報が完全に適中した場合や、予報と実況の天気指数の差の絶対値が30以上は不適中とするような場合は問題はないが、例えば⊙→/●の予報に対し実況が⊙→//●だったとすると、指数の差は10にもなり、同じ予報に対し実況が⊙/●→⊙とい

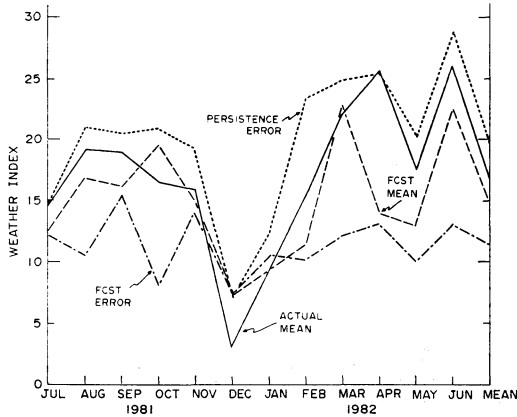
うふうにほとんど不適中と考えられる場合の指数の差2よりもずっと大きくなるという不都合が生じることである。そこで同じような傾向を持つ天気は出来るだけまとめることを計画し、⊙→⊙/●、●//⊙→⊙のように3種類の天気が「のち」と「一時」或いは「時々」で結ばれている場合には天気量にさらに係数1.00005という1に非常に近い値をかけて並べ直し、同じような性質の天気、例えば⊙→//●、⊙→//⊙、⊙→⊙//●、⊙→⊙//⊙が隣り合って並ぶようにした。しかし、この場合には天気量だけでは合理的な配置は得られず、2、3主観的に順序を入れかえざるを得なかった。

いずれにしろ第3表はこのようにして作られた最終的な天気指数の表である。この表で矢印で示された範囲内の天気はほぼ同じ傾向の天気と考えられるとしたものである。第2表と比べるとかなり配列が変わっているが、同じ傾向の天気がグループ分けされており、天気予報の評価には好都合になっていることがわかる。

### 3. 天気予報の評価

1981年7月1日より1982年6月30日までの1年間の東京地方の明日予報（17時30分発表）の評価を第3表の天気指数（WW）を用いて行った。先ず予報の天気のWWと東京管区気象台技術課で観測した実況の天気\*のWWの差の絶対値を予報誤差（FCST ERROR）とし、予報日の実況の天気を予報とした、いわゆるパーシステンス予報の誤差を同様に第3表のWWから求めたものをバ

\* 明日予報の対象時間は日出から日没までであり、天気概況に記された実況の天気は6～18時を対象としており、いくらか差があるがこのことは無視して同一時間とみなした。

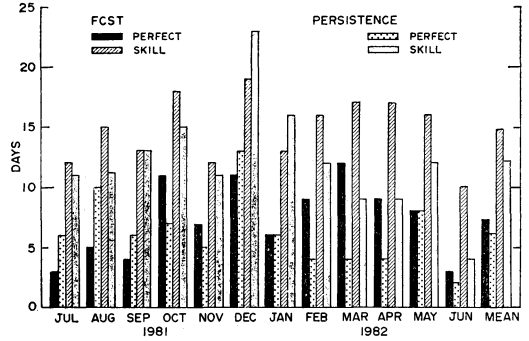


第1図 1981年7月から1982年6月までの明日予報の予報誤差(FCST ERROR), パーシステンス予報誤差(PERSISTENCE ERROR), 実況の天気指数(ACTUAL MEAN)および予報の天気指数(FCST MEAN)の月平均値を示したもの。

第4表 補助的な天気指数(w).

w	現象
0.0	現象なし
0.1	霧
0.2	大風, 降水なし
0.3	大雨または大雪
0.4	降水は驟雨性
0.5	降水は雷雨性
0.6	一時雨か雪を伴う
0.7	一時驟雨性の雨か雪を伴う
0.8	一時雷雨性の雨か雪を伴う
0.9	大風, 一時雨か雪を伴う

ーシステンス予報誤差(PERSISTENCE ERROR)とする。第1図の鎖線と点線はそれぞれ月平均の予報誤差とパーシステンス誤差を示したものである。この図から12月を除いて、予報誤差はいずれもパーシステンス予報の誤差より小さく、特に1982年2月以降は誤差の指数が15近くも小さくなっている。なおこの図には月平均の実況および予報の天気指数がそれぞれ実線および破線で示されている。12月には実況の月平均の天気指数はわずか3.1で、ほとんど連日晴天が続いたことがうかがえる。12月に予報官の予報よりもパーシステンス予報の方が精度がよかったのはこのためである。またこの図で、実況の月平均の天気指数が小さい時は予報の月平均の天気指



第2図 第1図と同じ期間の実際の予報(FCST)とパーシステンス予報(PERSISTENCE)の適中(PERFECT), ほぼ適中(SKILL)の月毎の度数分布を示したもの。

数が大きく、実況が大きい時は予報が小さくなる傾向があることがわかる。このことから天気の良い時は天気予報を悪く出し、天気の悪い時は予報を良く出す傾向があることが暗示されているのは興味のあるところである。なおこの図の右端には年平均値が図示されているが、実際の予報誤差は11.4, パーシステンス予報誤差は19.5で年平均では天気指数約8だけ予報官の予報がパーシステンス予報を上回っていることがわかる。

第2図は完全に予報が適中した場合(PERFECT)と予報と実況のWWがともに第3表の矢印の中にあっただ場合、すなわちほぼ適中した場合(SKILL)の度数分布を実際の予報とパーシステンス予報のそれぞれに対して示したものである。12月のパーシステンス予報は、完全適中13回、ほぼ適中23回で、前述のようにいかに同じ天気の日がよく続いていたかがわかる。因みに実際の予報は完全適中11回、ほぼ適中19回でこの予報そのものの精度は他の月にくらべておとるものではなかったのである。第2図からも1982年2月以降は予報の精度が著しく向上しており、特に3月には実際の予報の完全適中12回、略々適中17回に対し、パーシステンス予報はそれぞれ4回と9回であった。この図でも第1図と同様に右端に年平均の値が月の度数分布で示されている。年平均的にみれば、実際の予報は適中7.3回、ほぼ適中14.8回に対し、パーシステンス予報ではそれぞれ6.1回、12.2回になっている。

4. 補助的な天気指数

前述したように第3表の天気指数の天気には「曇り時々晴れ一時雨」のように一時的に降水を伴うものとか、

雷雨性の降水などが含まれていない。従って、第4表のような補助的な天気指数( $w$ )を加え、 $WWW$ の3桁で表現すれば、さらに広い範囲の天気を表現できるであろう。

### 5. まとめ

天気その経過も含めて定量的に表現するために天気指数の作成を試みた。その際、天気を“天気の悪さ”だけでなく、予報の評価にも使えるように、同じような傾向の天気をグループ化した。その配列は天気量なるものを導入して、出来るだけ客観的に行ったが、最終的な天気指数を作る際は2, 3主観的な操作を加えざるを得なかった。

この天気指数を用いて、1981年7月1日から1982年6月30日までの東京地方の明日予報の精度の評価を行った。その結果、この天気指数は天気予報の評価に有効であることが示された。

なお、第3表の天気指数はあくまでも試案であり、多くの人々の意見、特に予報の現場の人々の意見でよりよくなることを期待したい。

### 謝 辞

気象庁予報部予報課 小林典謙氏には多くの資料の提

供を受けただけでなく、示唆に富んだ意見を頂いた。また、気象研究所 今井博子氏には天気指数の表をはじめ複雑な図表の作成に協力して頂いた。厚く感謝する次第である。

### 文 献

- 気象庁編, 1975: 地表天気予報適否調査表, 気象100年史, 資料編, p. 43.
- , 1975: 天気予報の成績, 気象100年史, 389-392.
- 気象庁予報部, 1966: 予報する場合の天気の表現, 予報作業指針, その4, 予報用語および文章, 26-29.
- 奥山 巖, 1956: 天気予報の監査について, 測候時報, 20, No. 3, 80-85.
- , 1957: 天気予報監査の方法と現状, 気象研究ノート, 8, 165-178.
- , 1961: 天気予報監査の方法と現状(II), 気象研究ノート, 12, 286-294.
- 大竹市郎, 1949: 新採点基準表の作成に当たって, 測候時報, 16, No. 7-9, 7-11.
- 正野重方, 1958: 天気予報の適中率, 天気, 5, 173-178.
- 高橋浩一郎・大竹市郎, 1949: 天気予報の成績の採点について, 測候時報, 16, No. 7-9, 1-7.