551.509.39

天気の持続性について*

渡辺次雄**

1. まえがき

天気の持続性については若干の研究があるが，その量的表示としては1930年藤原咲平一中田良雄[1]の提出した天気持続係数と，1932年畠山久尙[2]の提出した天気持続率とある.

すなわち，雨天の確率をA，雨天の翌日がまた雨天である確率をBとするとき

$$f_1=\frac{B}{A}$$

を雨天の持続係数といい，晴天の確率をC，晴天の翌日がまた晴天である確率をDとするとき

$$f_2=\frac{D}{C}$$

を晴天の持続係数という．持続係数が1より大か，ひとしいか，小かにしたがって，持続性があるか持続性がないか，反持続性があるか，を意味する.

次に，晴天の実際の平均持続日数をa，その天気のおこる確率から予期される平均持続日数をbとするとき

$$F=\frac{a}{b}$$

を天気持続率といい，$F>1$のとき持続性があり，$F<1$ならば反持続性がある．そして晴天の方から計算しても雨天の方から計算してもおなじ値になる点ですぐれている.

そこで問題となるのはf_1, f_2およびFの間にどんな関係があるかということである．この吟味と天気持続率の概念をn種の天気の場合へ拡張することが，この小論の目的である.

2. f_1, f_2, F の関係式

今ある天気系列が雨天と晴天とからなるとし，雨天の次に晴天のおこった場合の数をkとすると，晴天の次に雨天のおこった場合の数は$k-1$, k, $k+1$のいずれかであるから，十分長い系列ではおなじくkとして差支えない.

次に雨天の次に雨天になった場合の数をl，晴天の次に晴天になった場合の数をmとすると，f_1, f_2, Fの定義から次のようになる.

$$A=\frac{k+l}{l+2k+m},$$

$$B=\frac{l}{k+l},$$

$$\therefore\quad f_1=\frac{B}{A}=\frac{l}{k+l}\Big/\frac{k+l}{l+2k+m}$$

$$=\frac{l(l+2k+m)}{(k+l)^2}. \qquad\cdots\cdots(1)$$

		後		
		○	●	計
前	●	k	l	$k+l$
	○	m	k	$m+k$
	計	$k+m$	$l+k$	$l+2k+m$

次に

$$C=\frac{k+m}{l+2k+m},$$

$$D=\frac{m}{k+m},$$

$$\therefore\quad f_2=\frac{D}{C}=\frac{m}{k+m}\Big/\frac{k+m}{l+2k+m}$$

$$=\frac{m(l+2k+m)}{(k+m)^2}. \qquad\cdots\cdots(2)$$

また，晴天の継続日数aは晴天の日数を晴天のグループ数で割ってえられるのであるから

$$a=\frac{m+k}{k}$$

で与えられ，又，晴天の確率$C=\dfrac{k+m}{l+2k+m}$を使うと，bは

$$b=\frac{1}{1-C}=\frac{1}{1-\dfrac{k+m}{l+2k+m}}=\frac{l+2k+m}{l+k}$$

で与えられるから

$$F=\frac{a}{b}=\frac{m+k}{k}\Big/\frac{l+2k+m}{l+k}$$

$$=\frac{(k+l)(k+m)}{k(l+2k+m)}. \qquad\cdots\cdots(3)$$

* T. Watanabe: On the Persistence of Weather.

** 気象庁研修所，—1960年7月1日受理—

これは l と m に関して対称であるから雨天から算出した天気持続率と等しいのは明らかである.

今 $\dfrac{l}{k}=L,\ \dfrac{m}{k}=M$ とおくと

$$f_1=\frac{L(L+M+2)}{(L+1)^2}, \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1')$$

$$f_2=\frac{M(L+M+2)}{(M+1)^2}, \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2')$$

$$F=\frac{(L+1)(M+1)}{L+M+2} \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3')$$

となる. (1′) (2′) を L, M についてといて (3′) に代入すれば F は f_1, f_2 の函数として表わせる. すなわち,

$$F=F(f_1,\ f_2) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

なる形にかけるのである. 次にその函数形を求めよう.

$LM=X$, $L+M=Y$ とおくと

(1′)×(2′) より

$$f_1 f_2=\frac{X(Y+2)^2}{(X+Y+1)^2}=\frac{X}{F^2},$$

$$\therefore\ X=f_1 f_2 F^2. \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (5)$$

(3′) と(5)より

$$Y=\frac{f_1 f_2 F^2-2F+1}{F-1}. \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (6)$$

次に (1′)+(2′) より

$$f_1+f_2=\left[\frac{L}{(L+1)^2}+\frac{M}{(M+1)^2}\right](L+M+2)$$

$$=\frac{LM(L+M)+4LM+(L+M)}{(L+1)^2\,(M+1)^2}\times$$

$$\times(L+M+2)$$

$$=\frac{1}{F}\ \frac{XY+4X+Y}{X+Y+1}.$$

(5)(6)を代入して変形すると

$$f_1 f_2(f_1+f_2-f_1 f_2)F^4-2f_1 f_2 F^3$$

$$-(f_1+f_2-2f_1 f_2)F^2+2F-1=0 \cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

をうる. これを F についてとくと F の函数形がえられるわけである. 係数は f_1+f_2 と $f_1 f_2$ とからなっているから, F は f_1, f_2 に関する対称式であることがわかる.

さて, (1′) より

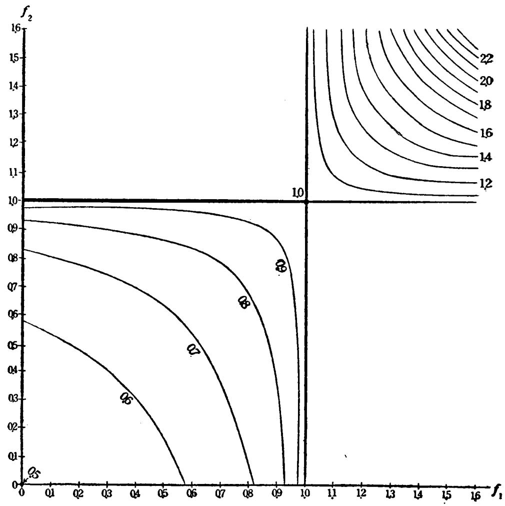
$f_1>1$ なるときは

$$\frac{L(L+M+2)}{(L+1)^2}>1.$$

これを変形すると,

$$LM>1$$

逆も成立つ. 同様に, $f_2>1$ なるための条件も, $F>1$ なるための条件も同じであるから, 結局 f_1, f_2, F はともに1より大か, ともに1より小となり, いずれか1つが1より大のときは他の2つも1より大となる.



第1図 天気を2種に分けたとき, その天気持続係数 f_1, f_2 と天気持続率 F の関係を示す.

横軸に f_1 を, 縦軸に f_2 をとり, F の等値線を引くと第1図のようになる.

3. 天気持続率の概念の拡張

天気を2種に分けた場合, いずれの側から計算しても天気持続率は等しいが, 3種に分けるともはや等しくならない. そこで, 一般に天気を n 種に分けた場合に採用すべき天気持続率の概念が必要となってくる. 次に, 筆者は畠山久尚の定義に別な解釈を与えることにより, 一般の場合に拡張することを試みたい.

まず畠山久尚の天気持続率 F の定義式は次のように変化することができる. すなわち,

$$F=\frac{(k+l)(k+m)}{k(l+2k+m)}=\frac{N_1\cdot N_2}{k(N_1+N_2)}$$

ここに N_1 は雨天日数, N_2 は晴天日数と考えることができる. 又, k は晴天又は雨天のグループ数である. 従って

$$F=\frac{1}{k\left(\dfrac{1}{N_2}+\dfrac{1}{N_1}\right)}=\frac{1}{\dfrac{k_1}{N_1}+\dfrac{k_2}{N_2}}$$

とかくことができる. ここに k_1 は雨天グループ数, k_2 は晴天グループ数で, 天気を雨天・晴天の2種に分けたときは等しい (たゞし1だけのちがいはありうる).

ところで上式は次のような意味をもっている. $\dfrac{k_1}{N_1}$ の逆数 $\dfrac{N_1}{k_1}$ は雨天グループ数で雨天日数を割ったもの

であるから，雨天の平均継続日数を表わしており，まったくでたらめに雨天と晴天が生起する場合には雨天日の確率を p_1 とすると，

$$\frac{N_1}{k_1}=\frac{1}{1-p_1}=\frac{1}{1-\dfrac{N_1}{N}}$$

$$\therefore\quad \frac{k_1}{N_1}=1-\frac{N_1}{N}$$

ここに N は全日数である．従って $N=N_1+N_2$.

同様に

$$\frac{k_2}{N_2}=1-\frac{N_2}{N}$$

であるから，

$$\frac{k_1}{N_1}+\frac{k_2}{N_2}=1-\frac{N_1}{N}+1-\frac{N_2}{N}$$

$$=2-\frac{N_1+N_2}{N}=2-1=1$$

となり，従ってまったくでたらめに雨天晴天がおこれば $F=1$ となる．もし，天気に持続性があれば

$$\frac{k_1}{N_1}<1-\frac{N_1}{N},\quad \frac{k_2}{N_2}<1-\frac{N_2}{N}.$$

$$\therefore\quad \frac{k_1}{N_1}+\frac{k_2}{N_2}<1.$$

従って

$$F>1$$

となる．

よって3種の天気1，2，3がある場合には，各量に添数1，2，3を付けることにすると

$$F=\frac{2}{\dfrac{k_1}{N_1}+\dfrac{k_2}{N_2}+\dfrac{k_3}{N_3}}$$

で定義するのが自然であろう．まったくでたらめに天気が生起する場合には

$$\frac{k_1}{N_1}+\frac{k_2}{N_2}+\frac{k_3}{N_3}=\left(1-\frac{N_1}{N}\right)+\left(1-\frac{N_2}{N}\right)$$

$$+\left(1-\frac{N_3}{N}\right)=3-\frac{N_1+N_2+N_3}{N}=2$$

となるから，

$$F\gtreqless 1$$

に従って持続性があるか，ないか，反持続性があるかを判定できるのである．

一般に n 種の天気1, 2, ……, n の天気日数を N_1, N_2, ……, N_n とし，そのグループ数をそれぞれ k_1, k_2……, k_n とするとき，天気持続率を

$$F=\frac{n-1}{\dfrac{k_1}{N_1}+\dfrac{k_2}{N_2}+\cdots\cdots+\dfrac{k_n}{N_n}}=\frac{n-1}{\sum\limits_{i=1}^{n}\dfrac{k_i}{N_i}}$$

で与えると， $F>1$ ならば持続性あり， $F=1$ ならば持続性なし， $F<1$ ならば反持続性がある，こととなる．ある天気を欠くときは，その項を削除すればよい．

4. 天気持続率間の若干の関係

天気 $i\ (i=1, 2, \cdots\cdots, n)$ のあるとき，そのグループ数を k_i, 天気日数を N_i とすると，天気 i の天気持続率 F_i は

$$F_i=\frac{1}{k_i\left(\dfrac{1}{N_i}+\dfrac{1}{N-N_i}\right)}$$

で与えられる．ここに $N=\sum\limits_{i=1}^{n}N_i$ である．

上式より

$$N-N_i=\frac{k_i}{N_i}F_i\cdot N,\quad (i=1, 2, \cdots\cdots, n)$$

$$\therefore\quad \sum_{i=1}^{n}(N-N_i)=\sum_{i=1}^{n}\frac{k_i}{N_i}F_i\cdot N,$$

$$\therefore\quad nN-N=N\cdot\sum_{i=1}^{n}\frac{k_i}{N_i}F_i,$$

$$\therefore\quad \sum_{i=1}^{n}\frac{k_i}{N_i}F_i=n-1$$

なる関係がある．ところが，われわれの拡張した天気持続率 F は

$$F=\frac{(n-1)}{\sum\limits_{i=1}^{n}\dfrac{k_i}{N_i}}$$

であるから，上式により

$$F=\frac{\sum\limits_{i=1}^{n}\dfrac{k_i}{N_i}F_i}{\sum\limits_{i=1}^{n}\dfrac{k_i}{N_i}},$$

すなわち

$$F=\frac{\dfrac{k_1}{N_1}F_1+\dfrac{k_2}{N_2}F_2+\cdots+\dfrac{k_n}{N_n}F_n}{\dfrac{k_1}{N_1}+\dfrac{k_2}{N_2}+\cdots\cdots+\dfrac{k_n}{N_n}}$$

なる関係があり， F は， F_1, F_2, ……, F_n にそれぞれ $\dfrac{k_1}{N_1}$, $\dfrac{k_2}{N_2}$, ……, $\dfrac{k_n}{N_n}$ なる「重み」をつけて平均したものである．したがって又， F は $F_i\ (i=1, 2, \cdots\cdots, n)$ の最大のものより大でなく，最小のものより小ではない．

5. 天気持続率の算出例

1946年植野隆寿[3)]は熊谷・境・仙台の実用天気を晴・曇・雨の三種に分ち，くわしく吟味したが，その中で，各天気の天気持続率をも算出している．それを用いて，拡張された天気持続率を計算してみよう．

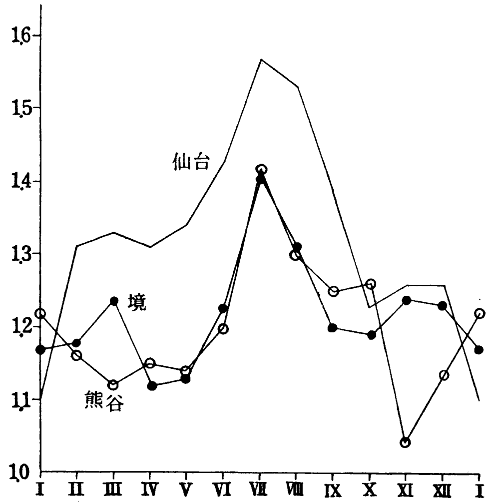
ところで天気の晴・曇・雨を表わすのにそれぞれ添数 f, c, r をつけることにすると，

$$F=\frac{T_f(obs)}{T_f(cal)}$$

ここに $T_f(cal)$ は晴天の平均継続日数の計算値を表わし，晴天の確率を p_f で表わすと

$$T_f=\frac{1}{1-p_f}$$

で与えられるし，$T_f(obs)$ は晴天の平均継続日数の実況値で $\frac{N_f}{k_f}$ にひとしい．ここに k_f は晴天のグループ数，N_f は晴天日数である．したがって



第2図 熊谷，境，仙台における拡張された天気持続率 F の年変化を示す．

第1表 熊谷，境，仙台における天気持続率の年変化（F_f, F_c, F_r は植野が算出したもので比較のためあげた）

地点	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
熊谷	F_f	1.23	1.20	1.25	1.25	1.23	1.44	1.66	1.48	1.31	1.41	1.21	1.18	1.44
	F_c	1.07	1.18	1.11	1.09	1.09	1.02	1.18	1.13	1.16	1.04	1.02	1.12	1.26
	F_r	1.15	1.13	1.09	1.13	1.12	1.19	1.49	1.37	1.30	1.43	1.00	1.13	1.26
	F	1.22	1.16	1.12	1.15	1.14	1.20	1.42	1.30	1.25	1.26	1.04	1.13	1.29
境	F_f	1.16	1.16	1.33	1.25	1.05	1.45	1.83	1.83	1.45	1.25	1.25	1.18	1.50
	F_c	1.12	1.08	1.15	1.05	1.12	1.04	1.24	1.20	1.00	1.11	1.24	1.29	1.31
	F_r	1.26	1.29	1.25	1.11	1.18	1.30	1.40	1.28	1.28	1.23	1.23	1.27	1.35
	F	1.17	1.18	1.24	1.12	1.13	1.23	1.41	1.31	1.20	1.19	1.24	1.23	1.37
仙台	F_f	1.25	1.30	1.31	1.24	1.45	1.49	1.60	1.46	1.43	1.30	1.24	1.18	1.40
	F_c	1.16	1.42	1.36	1.44	1.46	1.50	1.40	1.46	1.31	1.38	1.36	1.31	1.44
	F_r	1.23	1.24	1.31	1.25	1.20	1.34	1.65	1.55	1.46	1.10	1.21	1.28	1.35
	F	1.10	1.31	1.33	1.31	1.34	1.43	1.57	1.53	1.39	1.23	1.26	1.26	1.39

$$F_f=\frac{N_f}{k_f}\Big/\frac{1}{1-p_f}=(1-p_f)\Big/\frac{k_f}{N_f},$$

$$\therefore\quad \frac{k_f}{N_f}=\frac{1-p_f}{F_f},$$

同様に

$$\frac{k_c}{N_c}=\frac{1-p_c}{F_c},$$

$$\frac{k_r}{N_r}=\frac{1-p_r}{F_r}$$

であるから

$$F=\frac{2}{\frac{1-p_f}{F_f}+\frac{1-p_c}{F_c}+\frac{1-p_r}{F_r}}$$

なる関係がある．ところが，植野隆寿の論文には F_f, F_c, F_r; p_f, p_c, p_r の各地の月別値が算出されてあるので F を算出することができる．このようにして算出した結果を第1表に示す．

又，第2図は拡張された天気持続率 F の年変化を示すもので，境と熊谷はほとんどおなじであるが，3月と11～12月は熊谷の方がいちじるしく大きくでている．ま

た，仙台は全般として天気持続率が大きく，熊谷・境とは顕著なちがいがある．そして，3月と11～12月は熊谷とほぼ平行して変っていることが注目される．

6. あとがき

この小論において天気持続係数と天気持続率の関係を求め，さらにn種の天気がある場合に適用できるように天気持続率の概念を拡張した．次はこの概念を用いて天気の構造を吟味することが問題となってくるが，これについては別に報告したい．

文　献

1) 藤原咲平・中田良雄 (1930): On the Persistence of weather, 中央気象台欧文彙報, 3, 27—34.

2) 畠山久尚 (1932): 天気の持続性について，気象集誌，II，10，453—459；中央気象台彙報，6，53—59.

3) 植野隆寿 (1946): 実用天気について，中央気象台彙報，25，230—243.

気象の英語 (26)

28. 天気のいろいろ

〝日本晴れ〞とか〝うっとうしい天気〞とか天気の表現にもいろいろある．まず天気予報などで使われる標準的な天気は

快晴＝clear and fine weather
晴天＝fine, fair, weather
曇天＝cloudy weather, 雲でおおわれているなら overcast weather, 下層雲で厚ければ thick, gray, dull, weather
雨天＝rainy, wet, weather
雪空＝snowy weather
変り易い天気＝variable, unsettled, weather

そのほか

ほこりのひどい天気＝dusty weather
かすんだ天気＝hazy weather
霧の深い天気＝foggy weather

また気温に関しては，暑い方から書くと

炎天＝boiling weather
暑気＝hot weather
暑い天気＝warm weather
むし暑い天気＝warm wet weather
暖かい陽気＝mild weather
順当な陽気＝seasonable weather
寒い陽気＝cold weather
寒空＝frostly weather
寒くなったり暖かくなったり＝cold and warm weather alternate

湿気については

乾燥した陽気＝dry weather
じめじめした陽気＝humid, sloppy, weather

気分が加味された天気になると限りがないようだ．良い方から挙げると

日本晴れ＝real "Queen's weather"(エリザベス女王の時に作られた言葉かどうかは知られない)
すばらしい，絶好な天気＝magnicient, ideal, perfect, superb, delicious, splendid, weather
気持よい，心地よい天気＝charming, agreable, pleasent, weather
生き返るような天気＝invigorating weather
さわやかな天気＝bracing, fresh, weather
うららかな天気＝glorious, beautiful, exhilarating, weather
のどかな天気＝genial weather
しのぎよい天気＝comfortable weather

不愉快な天気では

うっとうしい，くさくさする天気＝dull, gloomy, depressing, close, rotten, weather
不愉快な天気＝unpleasent, nasty, weather
いやな天気＝deplorable, beastly, wretched, weather
がまんできない天気＝trying, heavy, weather
不吉な天気＝unpropitious weather
どんよりした天気＝dull and overcast, thick, weather
おぼつかない，心細い天気＝doubtful, unpromissing, weather

わるい天気では

悪天＝bad, unfavorable, foul, weather
荒天，暴風雨＝stormy, squally, severe, rough, wild, violent, boisterous, inclement, weather
恐ろしい天気＝fearful, frightful, terrible, terrific, dreadful
険悪な，荒模様の天気＝threatening weather