統計的天氣豫報の一例*

福田喜代志

I. 緒言

降雨の徴候につきては古來知られたるもの多く、その一部につきては統計的な降雨率が計算されてあつて、時として有益なる豫報の資料となつてゐる。この調査も其の種の考へから行はれたもので、筑波山に於ける資料に依り、主に降雨の豫報につき調査された。統計的天氣豫報の方法を講ぶるにあたり、氣象要素の選擇とその配列が最も重要なものである。それで氣象要素の中で比較的降雨と關係あると考へられてゐる山頂中腹間の氣溫差、山頂風向、中腹水蒸氣張力並に中腹の降水量がその要素として選ばれた。第1表に於ては十時限界に中腹に降水あつた場合と無かつた場合につ

第 1 表

六時 山頂、中腹間に於ける遞減率 上 10 時限界雨の無い場合
下 10 時限界雨ある場合

月	N	NNE	NE	ENE	E	SSE	S	SSW	SW	月平均
5	0.33 0.29	0.49 0.59	0.45 0.59	0.30 0.67	0.49 0.57	0.38 0.46	0.35 0.57	0.44 0.55	0.38 0.47	0.39 0.49
6	0.46 0.49	0.61 0.51	0.40 0.48	0.52 0.58	0.44 0.40	0.05 0.44	0.42 0.57	0.38 0.51	0.34 0.41	
7	0.43 0.35	0.24 0.42	0.29 0.48	0.44 0.37	0.31 0.31	0.29 0.49	0.46 0.40	0.45 0.50	0.35 0.40	
8	0.16 0.33	0.20 0.51	0.48 0.54	0.41 0.54	0.36 0.55	0.50 0.47	0.52 0.49	0.53 0.55	0.45 0.64	

き午前六時山頂(870 米)と中腹(240 米)間に於て遞減率を計算したものである。これは平均であるが遞減率の大なる場合に降雨が豫想される事が分る。

II. 統計の方法

先づ風向を考へず午前六時に於ける山頂中腹の氣溫差と同時間の中腹の水蒸氣張力とにつきて、其の日の午前十時より 24 時間中腹の降水の有無を分類せり。

この爲に第 1 圖が作られた。この圖は横軸に水蒸氣張力ととり縦軸に氣溫差を取つたもので、十時限界降水量につき次の如き符號を用ひて觀測値を示し、圖は月別に作つた。統計年度は 1922-1933 の 12 箇年である。

無 雷	○	×	①	②	●	◎
雷 雨	∨	△	△	▲	▲	▲
雨 量	無	0.0	0.1-1.0	1.1-10.0	10.1-50.0	50.0

* K. Fukuda: A Statistical Method of Weather Forecasting.

風向別につき同様の事を繰返した。圖は W (Ⅻ, I, II), SW (Ⅲ, IV, V), SSW (Ⅵ, VII, VIII), S (Ⅸ, X, XI), ENE (Ⅻ, IX, X), NE (Ⅹ, X, XI) につき作つたが各月に於て此等の風向が比較的卓越してゐるのである。

猶参考の爲に風向観測回数と其の十時限界降水ある回数及び各_iの降水率も計算して、第2表を作つた。表中一列は観測回数を、二列は降水回数を、三列は其の比降水率を示す。

第 2 表

筑波山頂午前六時風向観測回数、十時限界雨ある場合並に其の比 (%)

月	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	計
1	24 7 29	15 4	15 6	13 6	15 5	8 4	10 4	11 8	19 5	30 10 33	33 9 27	14 2	64 8 14	49 4 16	26 4 16	17 4	363 95 35
2	29 8 28	25 11 44	15 11	26 22 85	17 15	10 5	13 9	9 6	12 6	20 11 55	22 8 33	18 5	55 9 16	24 5 21	31 12 39	12 7	338 150 45
3	25 11 44	19 7	22 16 73	24 14 58	19 17	10 8	8 7	15 11	16 13	33 24 74	43 14 33	16 5	38 8 21	37 12 32	25 9 36	15 8	365 184 50
4	21 5 24	23 8 35	31 15 48	22 13 59	21 13 62	12 10	15 14	12 11	18 14	62 38 61	45 21 47	22 12 27	24 3 13	13 1	11 7	6 1	358 186 52
5	20 6 30	17 6	38 17 45	25 18 72	26 17 65	12 9	8 6	14 11	36 29 81	56 31 55	35 22 63	15 6	14 3	18 6	16 7	12 5	362 199 55
6	12 5	17 8	37 21 57	37 23 63	17 11	21 14 67	16 9	22 17 71	42 27 64	47 35 75	37 16 43	11 4	11 2	8 5	14 4	7 3	356 204 57
7	6 2	13 6	21 19 70	27 20 74	14 10	9 9	14 6	21 13 62	46 30 65	68 45 66	45 25 56	34 16 29	12 4	9 4	8 2	12 5	364 216 59
8	6 2	13 5	23 17 71	31 22 71	30 20 67	14 10	12 11	15 8	49 24 49	84 28 33	42 18 43	27 10 22	8 6	6 2	6 3	4 3	370 189 51
9	9 1 60	20 12 60	47 26 55	46 33 72	25 20 80	16 10	16 12	17 12	36 24 67	51 31 61	32 17 53	12 6	8 5	6 4	4 3	6 3	351 219 62
10	17 6 36	33 10 46	50 23 46	57 32 56	37 27 73	19 12	18 14	20 15 75	28 20 71	26 15 57	20 13 65	7 2	8 4	11 3	6 5	11 4	368 205 56
11	16 1	19 6	27 15 56	27 17 63	22 13 59	14 10	23 15 65	15 10	19 8	40 20 50	33 15 45	19 6	22 3 14	27 5 19	21 4 19	12 2	356 150 42
12	18 6 41	22 9	17 5	22 11 50	19 11	11 8	11 7	9 4	20 15 75	35 14 40	39 11 30	16 7	55 13 24	32 00	20 5 25	22 2	368 128 35
年	203 60 30	236 92 39	348 191 55	357 231 65	262 179 68	156 109 70	164 114 70	180 126 70	341 215 63	552 302 55	426 189 44	211 81 37	319 69 22	240 55 23	188 65 33	136 47 35	4319 2125 49

III. 統計圖中に表はれた天氣

この調査の目的は上述の様な圖を製作するにあるのであるが、調査中注意せる二、三を記す。先づ、降水の有る場合と無い場合につき各點が同類につき集る事であつて見様に依つては同程度の降水量或は雷雨につきても同様である。

第 1 圖の三月の圖に描いた様な波直線に依り、この圖を二分して其の各」につき降水率を計算すると 67%, 33% になる。四月に於ける如き曲線を用ひるときは 72%, 21% となり手加減で率の高いものを引く事が出来るのであるが、一方此れ等の點の分布を假定せる數式を用ひるときは、この様な線を計算的に求むる事が出来る。確率的の考へから規準分布の式を用ひた。

第 1 圖

氣溫差は其の最大に限りがあるが逆轉の場合は無限大までであると考へて、マックスウェル分布則を用ひた。氣溫差が θ と $d\theta$ の間に於て觀測される率は

$$4\pi \frac{\beta^3}{\sqrt{\pi^3}} (\alpha - \theta)^2 e^{-\beta^2(\alpha - \theta)^2} d\theta$$

α は氣溫差の最大限で、二觀測所の水準差 630 米に離して 6.3°C が用ひられた。實際に六時の觀測に於て 12 年間を通じこの數を越えるものは 30 回程あつて最大 7.3° に及ぶが、實際の分布は 6.3 を用ひた方が良く一致する。 β は平均値より求められ

$$\beta = \frac{1.13}{\bar{\theta}}$$

の關係にある。水蒸氣張力に對してはこの式は用ひられない。それは極めて小なる觀測値及び大な

る観測値が實際上無いからである。それで確率函数を用ひて、水蒸氣張力が v と $v+dv$ の間に於て観測される割合は

$$\frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2(v-\bar{v})^2} dv$$

これは事實と良く合ふ。即ち水蒸氣張力は規準分布をなす事が明である。 $\bar{v}$ は平均値で h は平均自乗誤差 M より

$$h = \frac{1}{\sqrt{2} M}$$

の関係がある。兩者の間に全く相関が無いと假定すれば、氣温差が θ , $\theta+d\theta$ 水蒸氣張力が v , $v+dv$ の間に於て観測される回数は

$$4A \frac{h\beta^3}{\pi} (6.3-\theta)^2 e^{-\beta^2(6.3-\theta)^2 - h^2(v-\bar{v})^2} d\theta dv$$

A は總観測回数である。六時の観測値を用ひて十時限界雨の無い場合と有る場合につき 1, 2 の添字を附し、後者が前者の n 倍になる爲の θ, v を求むるには

$$\begin{aligned} 4A_1 \frac{h_1\beta_1^3}{\pi} (6.3-\theta)^2 e^{-\beta_1^2(6.3-\theta)^2 - h_1^2(v-\bar{v}_1)^2} d\theta dv \\ = n 4A_2 \frac{h_2\beta_2^3}{\pi} (6.3-\theta)^2 e^{-\beta_2^2(6.3-\theta)^2 - h_2^2(v-\bar{v}_2)^2} d\theta dv \end{aligned}$$

$$\text{或は} \quad (\beta_1^2 - \beta_2^2)(6.3-\theta)^2 + h_1^2(v-\bar{v}_1)^2 - h_2^2(v-\bar{v}_2)^2 = \log e \frac{A_1 h_1 \beta_1^3}{A_2 h_2 \beta_2^3} - \log_e n$$

五月につき常数を計算すると次の様になる。

	A	β	$\bar{v}$	h
雨なきとき	165	0.291	9.03	0.305
雨あるとき	207	0.346	10.07	0.324

これ等の数を代入すると

$$\frac{(\theta-6.3)^2}{\frac{1.682-\log_e n}{0.0313}} + \frac{(v-18.2)^2}{\frac{1.682-\log_e n}{0.0119}} = 1$$

この式は同心の楕圓である。 n が 4, 1, $\frac{1}{4}$ 即ち降水率が 80%, 50%, 20% の場合を第 1 圖の五月の圖に破線で描いた。これ等の曲線上では上の様な率を示すものである。楕圓の中心には観測値が無いが約 85% で最大のものである。此等の等降水曲線は他の月に於ても、楕圓或は双曲線で描く事が出来るが實際の場合は、二つの要素は全く獨立してゐるのでは無い。兩者の間には一定した相関は無いが、次の様な點から其の關係が考へられる。圖中の點につき

- (a) 降水量の略等しいものにつき集合する。
- (b) 雷雨につき集合する(らしい)。

第 2 圖

(c) 驟雨性の降水につき大略集合する。

則ち、同じ性質と思はれる降水現象につき集合を示すものである。(c) につきては第 1 圖十月、十一月、十二月の圖につき、朝の内は良く晴れてゐたが夕刻頃降雨あり短時間に終つたもの、則ち 6 時、10 時、明朝 6 時は晴か快晴で十時限界降水あつた場合のものに s 號を附して區別した。『⁽¹⁾氣塊論から見て 800 米以下の氣溫分布が不安定性驟雨の起る場合などには最も大切なものである。』と云ふ事であるから、筑波山はこの條件に適する高さにあるので、その是非につき調査して見たのであるが上の様な場合は驟雨と定義出来るかどうかは分らぬがそれに近いものとして以上の様な事實を認め得た。

降水がその性質の相異或は原因の相異に依つて、異なれる分布となつて表はれるのならば、此の圖は一層細く分離してもよい。この一例を六月の圖に依つて試みた。これは雨域と無雨域を殆んど完全に分離したもので實際豫報に用ひるときは、この方法が有效である。五月の圖につき試みた計

(1) 藤原吹平：日本附近の氣團に就て（天氣と氣候。3 卷，1 號）。

算はこれ等の諸原因につきての平均的のものなる事は假定せる數式より見て明である。かゝる事は風向別の圖を作る事によつて一層明白になる。これ等の第2圖は、雨域と晴域が一層簡單になつてゐる。Ⅷ, I, II の W の如きは冬季の季節風にして晴の域のみが集合してゐる。この點は乾燥斷熱の場合の遞減率に近くなつてゐる。實際に於ても山頂の南側にあたる中腹に於ては十數米上空が西風の強風である場合でも地面近くでは北風で山頂より風が吹き下してゐる場合が多い事は風を揚げて見ると良く分る。この風はさうした氣温の垂直變化の場合に於て容易に起るので⁽¹⁾あつて天氣は良い事が多い。

第 3 圖

九月の ENE の圖につき一層興味深き關係が得られた。第2圖 ENE 中破線で區劃した領域中の點は孰れも相當な雨で日量 50 耗近くで多い場合は 100 耗以上あつた場合もある。此れは颱風の近接せる場合であつて、第3圖に依り其の天氣圖上の状態を示す。圖中の黑點は六時の中心の位置にして矢により次後 24 時間の經路及び距離を示す。破線のもの普通の低氣壓として報ぜられたものである。附した數字は第2圖の ENE の圖中の數字に對應する番號である。

統計的天氣豫報は一般に天氣圖に依る天氣豫報の參考或は補足として用ひられて來た。本調査も同様であるが一局地に於ける氣象状態のみに依り行はれたもので局地的豫報の方法としても用ひられる。

(Feb. 9th, 1936, 筑波山測候所に於て)

代讀の勞を取られた中央氣象臺竹田建二氏に深謝す。

参 考 文 献

1. 氣象學, 上卷及び下卷。
2. 高山四郎: 統計的天氣豫報の一例 (岡田記念論文集)。
3. 肥沼寛一: 昭和 10 年 6 月 27, 8, 9 日の西日本の豪雨について (海と空, 15 卷, 10 號)。
4. 藤原咲平: ゴールド氏前線及び閉塞の紹介 (1), (2), (3) (測候時報, 6 卷)。
5. 藤原咲平: 日本附近の氣團に就て (天氣と氣候, 3 卷, 1 號)。
6. 村瀬信夫: 潮岬及筑波山の北東風と東京の降雨との關係について (氣象集誌, 11 卷, 10 號)。
7. 西村傳三: 氣温の鉛直遞減率に及す風の影響 (氣象集誌, 6 卷, 11 號)。
8. 寺田寅彦: (筑波山の氣温の日變化と垂直分布に就て論ぜられたもの) 氣象集誌。
9. 關口, 金家, 飯田: 筑波山頂氣象要素の風向別變化 (昭和 8 年 3 月氣象學會講演會にて發表)。
10. 荒川秀俊: 日本附近の各氣塊の特性 (氣象集誌, 13 卷, 9 號)。
11. 大谷東平: 豪雨及び洪水 (科學, 5 卷, 8 號)。

(1) 此の西風に於て山頂では風が特殊の息をなす事が知られてゐる (竹井久造: ロビンソン風力計を標準として見たるアネモシネモグラフの係數に就いて: 天氣と氣候, 3 卷, 2 號)。