

宮城県の最低気温分布の推定について*

角 野 迪 夫**

1. ま え が き

最近農業気象業務の開設にともなって、最低気温などの分布予想または推定の要望が次第に高まってきた。これに答えるため、今までに数多くの調査研究がなされ、着々とその成果が活用されつつあるが、それをそのまま他の地域に応用することはできず、別に特殊性を考慮した調査を行なうことが必要になってくる。

この調査は、宮城県の最低気温分布の実態を調査し、上記の要求に答えられるような資料を作成しようとするもので、この方法を他の地域に応用することは比較的容易であろう。

2. 方 法

今、個々(日々)の実際の分布状態(絶対値)を、 $T_1 T_2 \dots T_n$ とし、その場合の平均気温(面積平均)を、 $[T]_1 [T]_2 \dots [T]_n$ とすれば、 T は次のように分解出来る。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} T &= [T] + \Delta T \\ \Delta T &= \langle \Delta T \rangle + \Delta T' \end{aligned} \right\} \text{とおけば}$$

$$T = [T] + \langle \Delta T \rangle + \Delta T' \dots \dots \dots (1)$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{但し } [T] = \frac{1}{s} \iint T ds \doteq \frac{1}{j} \sum T_{(j)} \\ \langle \Delta T \rangle = \frac{1}{\tau} \int \Delta T d\tau \doteq \frac{1}{n} \sum \Delta T_{(n)} \\ j: \text{観測点の数} \\ n: \text{分布標本の数} \end{array} \right]$$

(1)式より明らかのように、分布函数 T は、平均気温 $[T]$ と、 $\langle \Delta T \rangle$ 及び $\Delta T'$ に分解される。

ここで、 $[T]$ 、 $\langle \Delta T \rangle$ 、 $\Delta T'$ を決定する要素は何かと考へてみる。

$[T]$: 総観気象によって左右される項で、分布のレベルを支配する要素ではあるが、分布の模様には影響しない。

$\langle \Delta T \rangle$: 分布につねに一定な影響を与える項で、ある場所個々の値、すなわち地理的条件(標高効果、緯度効果、海洋効果、地被効果等)によって決定されるものと考えられる***。

$\Delta T'$: 個々の分布の模様を左右する 決定的要素で、局地気象条件(天気及び風)によって決定されるものと考えられる。

さらに $\Delta T'$ を分析してみると、ある場所の気温変化は、熱力学の第一法則により

近似的には

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{C_p} \frac{dq}{dt} - V \cdot \nabla T - \omega (\gamma d - \gamma)$$

但し q : 加熱量

C_p : 定圧比熱

V : 水平風

ω : 垂直風

γd : 乾燥断熱てい減率

γ : そのときのてい減率

右辺第1項は非断熱項(主に輻射)で、天気(雲量)による影響の項、第2、3項は断熱項(主に移流)で、 V と ω は相関関係があると考えられるので、いずれも風による影響をあらわす。

この関係を用いれば、 $\Delta T'$ は、

$$\Delta T' = \Delta T'_{(N)} + \Delta T'_{(V)} \dots \dots \dots (2)$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{但し } \Delta T'_{(N)}: \text{天気(雲量)のみによる効果} \\ \Delta T'_{(V)}: \text{風のみによる効果} \end{array} \right]$$

と表現できる。

実際の資料から $[T]$ 、 $\langle \Delta T \rangle$ 、 $\Delta T'_{(N)}$ 、 $\Delta T'_{(V)}$ を分析しておき、これらの色々の組合せを、(1)式及び(2)式により合成することによって個々の分布を推定又は予想することができる。

3. レベル $[T]$ 及び地理的效果 $\langle \Delta T \rangle$

一応晩霜期の最低気温の分布調査に重点をおくこととし、昭32~34年の4月の資料90個を調査標本とした。

面積平均気温(最低気温の) $[T]$ は、第1図に示す宮城県内観測所32ヶ所の最低気温の算術平均とした。

地理的效果 $\langle \Delta T \rangle$ は、標本 90ヶの最低気温の平均分

* On the Estimation of Minimum Air Temperature in Miyagi Prefecture

** Michio Sumino, 仙台管区気象台観測課 —1961年3月2日受理—

*** この項については久保田の調査¹⁾を参照

布を求め*その場合の面積平均気温 [T] との差より求めた。

すなわち

$$\langle \Delta T \rangle = \frac{1}{n} \sum \Delta T_n = \frac{1}{n} \sum (T - [T])_n = \bar{T} - [T]$$

[但し $n=90$]

その効果分布を第1図に示すが、地理的条件によるものであろうことがうなづけると思う。

$\Delta T'$ は(1)式を用い、個々の標本 T から、その時の $[T]$ を差引いたものから、さらに $\langle \Delta T \rangle$ を差引いて求めた。つまり

$$(T - [T]) - \langle \Delta T \rangle = \Delta T'$$

とゆう操作を各観測点毎に行ったものである。

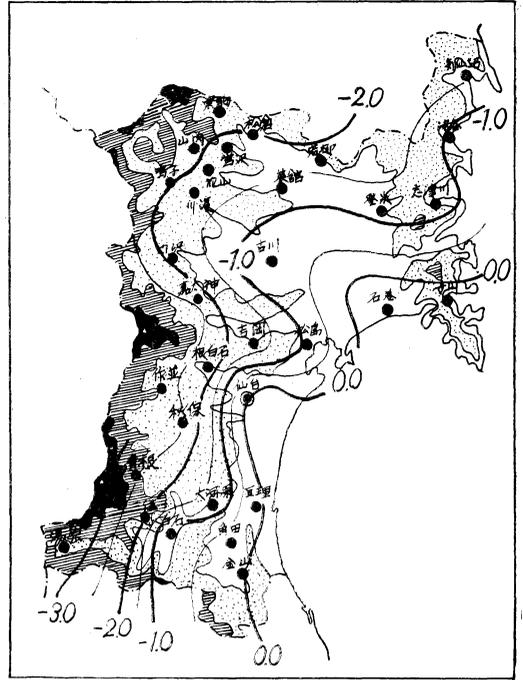
4. 天気(雲量)による効果: $\Delta T'_{(N)}$

最低気温の分布が、県内の天気の分布によって影響される定量的効果を求めるには、それぞれその地区の天気の分布との対応から求めなければならないが、これは困難だったので、ここでは次のように仮定する。

仙台の天気から県内の天気分布は一義的に定まるものとして、直接仙台の天気から天気効果の分布を求める。

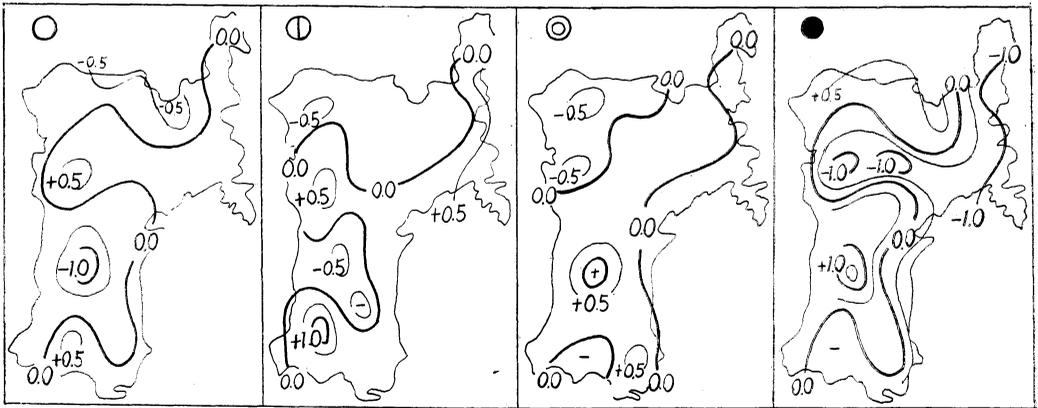
すなわち、仙台の2~4h(最低気温出現時頃で、しかもレーウィン観測時前後)の天気を4階級○, ⊙, ⊚, ●に分け、これに該当した場合の $\Delta T'$ の算術平均値**を、風とは無関係に各観測点毎に求めた。

第2図は、天気別にその効果分布を作成した図であ



第1図 観測点及び $\langle \Delta T \rangle$ (地理的效果) 分布図。但し仙台を基準とした。

る。これから、○と●とでは、全く対称的な分布を示していることが明らかである。これはまた仙台の天気と県内の天気分布は、一応対応していることも示している。



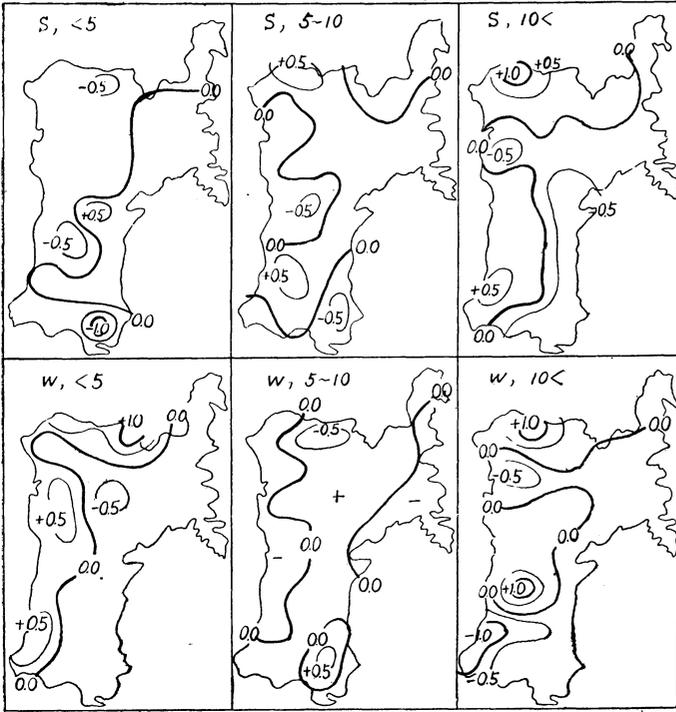
第2図 $\Delta T'_{(N)}$ (天気効果) 分布図

* 図的にも求められるが、この場合は各観測点毎に90ヶの平均最低気温を求め、平均分布 \bar{T} を求めた。

** 河村斌の研究²⁾より、天気の影響の項は正規分布しているものと考えられるので、算術平均値とした。次の風の項についても同じ理由から算術平均値を用いた。

5. 風による効果: $\Delta T'_{(V)}$

最低気温の分布が、風の分布に影響される定量的効果を求めるには、天気の場合と同様、風の分布との対応から求めなければならないが、ここでは、草野の研究³⁾を参考にし、一般風(仙台の500mの風)が与えられれば、



第3図 $\Delta T'(v)$ (風による効果) 分布図

第1表 天気と風の効果の計算合成値と実測値との比較

No.	天気	風	r (分布相関係数)	R.M.S.	備考
1)	○	W, 5~10m	0.76	0.4°C	実測値の $\Delta T'$ は10個の平均
2)	○	S, <5 m	0.75	0.4"	// 6個の平均
3)	◎	W, 5~10m	0.64	0.5"	// 10個の平均
4)	●	N, <5 m	0.79	0.8"	// 1個
5)	●	S, <5 m	0.68	1.2"	// 1個

県内の風の分布は一義的に定まるものとして、直接一般風のベクトルに対応する効果の分布を求めようとした。求め方は、仙台の3h観測の500mの風のベクトルを、風向を4方位 N, E, S, W, 風速を <5m, 5m~10m, 10m< の3段階に分け、これに該当した場合の $\Delta T'$ の算術平均値を、天気には無関係に求め、各地点の風の効果とした。第3図は、風のベクトル別の効果分布の例である。これからもわかるように、気温分布は、風によつてかなり影響をうけていることがうなづけると思う。

6. 天気と風による効果の合成

次に求めた天気及び風の効果をも、組合せ合成した結果が、実際の $\Delta T'$ と果して合致しているかどうかを、次

の5例について調べてみた。結果は第1表のとおり。

なお、1) の場合の実測値と計算値との比較図を第4図に示す。

この結果から、計算値と実測値とは、かなり高い相関で対応しており、局地気象効果 $\Delta T'$ は、天気の効果 $\Delta T'(w)$ と、風の効果 $\Delta T'(v)$ の合成されたものであろうとゆう考え方は、一応是認されてよいと思われる。

7. 最低気温分布の予想又は推定

次に、個々の最低気温分布を、定量的に予想または推定することが可能かどうかを、調査標本以外の資料について検討してみよう。

しかし、分布のレベル $[T]$ を予想又は推定するよりは、むしろ基準点(仙台)の温度の予想又は推定の方が容易であり、かつ實際上便利であるから、(1)式を次のように変形する。

$$T = [T] + \langle \Delta T \rangle + \Delta T' \dots\dots\dots(3)$$

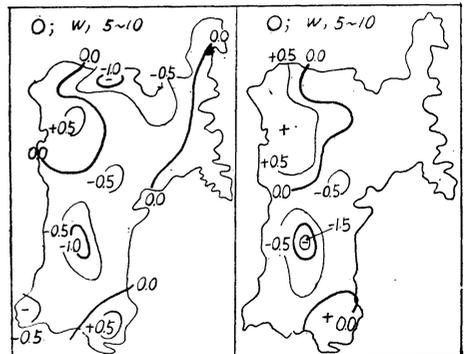
$$T_{\alpha} = [T] + \langle \Delta T_{\alpha} \rangle + \Delta T'_{\alpha} \dots\dots\dots(4)$$

(但し T_{α} : 基準点の既知の気温
 $\langle \Delta T \rangle_{\alpha}$: // 地理的效果
 $\Delta T'_{\alpha}$: // 局地気象効果)

(3), (4)より

$$T_{\alpha} + (\langle \Delta T \rangle - \langle \Delta T \rangle_{\alpha}) + (\Delta T' - \Delta T'_{\alpha}) = T \dots\dots\dots(5)$$

左辺第一項は、基準点(仙台)の最低気温で、分布のレベルを表わし、第2項は、



推定値 実測値
 第4図 天気と風の効果の合成分布図

第2表 各地点の地理的効果: $\langle \Delta T \rangle$, 天気効果: $\Delta T'_{(N)}$, 風効果: $\Delta T'_{(V)}$,
但し仙台を基準としてある。

	$\langle \Delta T \rangle$	$\Delta T'_{(N)}$				$\Delta T'_{(V)}$						
		○	①	◎	●	S < 5	S 5~10	S 10<	W < 5	W 5~10	W 10<	N < 5
仙台	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
石巻	+0.1	+0.5	+0.1	-0.4	-0.4	+0.4	+0.3	-0.4	+0.1	+0.2	-0.7	+1.1
金山	0.0	0.0	+0.5	+0.5	+0.8	-1.2	-1.0	-0.3	-0.2	+1.0	+0.3	-0.3
白石	-0.7	+0.5	+0.2	-0.5	-5.5	-0.1	+0.5	-0.3	-0.3	+0.2	-0.3	-0.1
湯原	-3.4	-0.1	-0.4	0.0	+0.8	-0.5	-0.5	+0.6	+0.7	-0.3	-1.2	+2.4
亘理	-0.1	+0.2	+0.2	0.0	-0.5	0.0	-0.1	-0.6	+0.2	+0.6	-0.6	+0.7
大河原	-1.7	-0.2	-0.6	+0.2	+0.7	0.0	-0.1	+0.5	-1.2	0.0	-0.9	-0.1
青根	-2.1	-0.1	+0.4	-0.4	+0.5	0.0	+0.6	+0.9	+1.0	+0.2	-1.4	+1.2
松島	-1.0	-0.2	-0.1	-0.4	+0.5	+0.3	-0.1	-0.3	-0.1	+0.2	-0.7	+1.8
吉岡	-1.6	-0.1	-0.1	+0.1	+1.3	-0.5	-0.1	-0.4	-0.1	0.0	+0.6	+0.7
女川	+0.3	+0.5	+0.4	-0.5	-0.8	+0.6	+0.1	-0.2	-0.2	+0.2	-0.4	+0.1
古川	-0.8	+0.4	-0.5	0.0	-0.5	-0.4	0.0	+0.2	-0.6	-0.2	0.0	+0.7
門沢	-1.9	+0.8	0.0	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.3	+0.7	0.0	-0.4	+2.9
志津川	-1.3	+0.2	-0.3	0.0	+0.3	+0.2	+0.2	+0.2	-0.2	+0.2	-0.5	+0.9
登米	-1.0	-0.3	-0.3	+0.2	+1.2	+0.3	-0.2	+0.9	-0.1	+0.1	-0.6	+0.4
鳴子	-1.9	+0.4	-0.1	-0.4	+0.5	-0.3	-0.1	+0.2	+0.7	+0.3	-0.7	+1.2
若柳	-1.8	+0.1	-0.2	-0.2	+0.9	-0.1	-0.4	+0.5	+1.2	-0.2	-0.2	+1.1
山内	-2.7	+0.3	-0.3	-0.6	+0.5	-0.2	-0.4	+1.0	-0.3	-0.4	+0.2	+2.1
鶯沢	-1.1	+0.2	-0.5	-0.5	+0.9	-0.1	+0.2	+0.5	+0.4	-0.4	-0.4	+0.5
松倉	-2.2	-0.2	+0.2	-0.4	+1.4	-0.6	+0.6	+1.2	+0.5	-0.4	-0.1	+0.3
気仙沼	-1.6	+0.4	-0.5	-0.1	-0.1	-0.2	-0.5	-0.3	-0.1	0.0	+0.4	+1.0
角田	-0.1	0.0	+0.1	-0.1	+1.1	-0.1	-0.6	-0.3	+0.2	+0.7	+0.3	+0.4
嘉太	-2.6	0.0	+0.5	+0.3	+1.0	-0.1	+0.3	+1.1	+1.3	+0.6	+0.1	+0.5
作並	-2.6	-0.4	+0.2	+0.1	+1.4	-0.6	-0.4	+0.1	+0.5	+0.3	+0.1	+1.3
津谷	-1.0	+0.4	+0.5	-0.5	-1.1	-0.2	-0.5	+0.2	-0.2	+0.3	-0.2	+1.2
三住	-3.1	+0.8	+1.0	+0.3	-0.2	+0.8	+0.6	+0.7	+0.7	+1.2	-0.4	+3.0
川渡	-2.0	+0.4	+0.2	-0.5	+0.4	-0.2	-0.4	+0.6	+0.6	+0.5	-0.9	+0.7
秋保	-2.8	-0.8	-0.8	+1.0	+2.2	-0.9	-0.2	+0.6	-0.2	+0.1	+0.8	0.0
根白石	-2.7	-0.2	-0.5	+0.1	+1.3	+0.6	-0.7	+0.8	+0.6	+0.4	-0.1	+0.5
栗駒	-3.9	0.0	-0.5	-0.1	+1.8	+0.1	+0.5	+1.7	+1.4	+0.5	+1.0	+0.6
花山	-1.9	+0.5	-0.7	-0.2	+0.5	0.0	-0.4	0.0	+0.1	0.0	0.0	+1.1
築館	-1.2	0.0	-0.4	-0.1	+0.9	-0.4	0.0	+0.3	+0.2	0.0	+0.1	+0.3

基準点を基準とした地理的効果分布, 第3項は, 基準点を基準とした局地気象効果を表わしている。

なお, 仙台を基準とした場合の, $\langle \Delta T \rangle$, 及び $\Delta T'_{(N)}$, $\Delta T'_{(V)}$ の値を各観測点毎に求めた表を第2表に掲げておく。

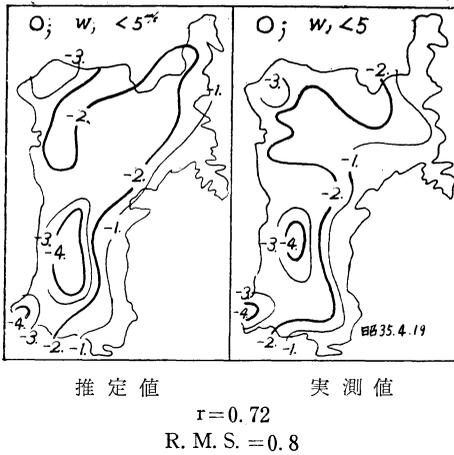
これに従って推定した2例の計算と実測との比較を, 第5図に示す。

これらの結果からすると, 個々の複雑な分布の模様

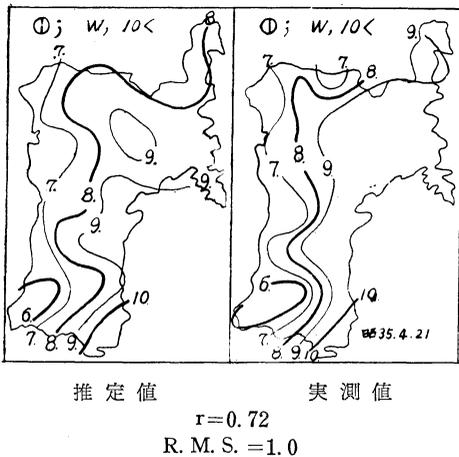
も, 天気及び風の定量的な効果を加味することによって, 推定の可能性があるということである。

しかし, 各地点の絶対値が, 果して推定値とどれだけの誤差範囲になるかという点については, 第6図で示されるとおり, $\pm 2^\circ\text{C}$ の範囲に入るものが, 約90%という程度である。

したがって, 実用的について, この程度の誤差は, 特に降霜の場合問題になるが, ここでは, このような方法



推定値 実測値
 $r=0.72$
 R. M. S. = 0.8



推定値 実測値
 $r=0.72$
 R. M. S. = 1.0

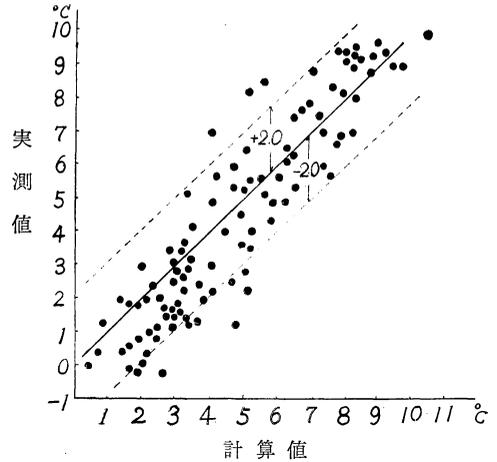
第5図 推定と実測分布との比較

によれば、一定の気象条件に限らず、種々の気象条件の場合でも、この程度の範囲内では、分布の定量的推定が可能であるという結論に止めておくことにする。

8. 問題点

この誤差の範囲をもつと少なくするには、実は次のことが問題になる。すなわち、天気及び風の効果を求めるにあたっては、一方が他方に無関係（つまり他方の効果がキャンセルされる）として求めたが、実際は他方がキャンセルされないで残されているであろうという点である。

そこで、天気及び風の純粹の効果を求めようとして、それぞれのウェイトを除く操作を試みたが、結果は期待に反しよくなかった。



第6図 各地点の推定値と実測値の誤差。

9. あとがき

最低気温の分布の定量的な予想又は推定が必要なのは、主に晩霜時であり、そのような気象条件は、ある特定の条件に限られるであろう。したがって、それのみに集中する限り、その特定の条件に該当する $\Delta T'$ を初めから求めておけば充分であろう。しかし、この調査では、それをも含めて、個々の複雑な分布を決定する要素は一体なんであるかを、一つ一つ知ろうとしたかったのである。この方法自体には、未だ問題はあるとしても、少くとも個々の分布を定量的に知る上に、天気及び風の定量的効果が、重要な要素となっているという実態は明らかになったものと思っている。

最後に、日頃激励をいただいている内海技術部長、終始御指導をたまわった草野観測課長、有益な助言を寄せられた山下予報官、久保田技官に深く感謝する。

参考文献

- 1) 久保田 効: 宮城県における気温の統計的な分析 (天気掲載予定)
- 2) 河村 斌: 館野付近の冬季夜間最低気温, 研時 Vol. 7, p. 309 (1955)
- 3) 草野和夫: 宮城県内の気流について, 研時 Vol. 12, p. 709 (1960)
- 4) 正務 章, 米久保義勝: 松本地方の晩霜期における最低気温の地理的分布について, 研時 Vol. 9, p. 427 (1957)
- 5) 関谷 博: 局地の気温, 研時 Vol. 9. No. 2 (1958)
- 6) 小林善博: 晩霜期の最低気温分布の予想, 東北の農業気象 No. 4 (1958) 日本農業気象学会東北支部