

# 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究

## 第3報 県内観測地点における平均気温の欠測値補正

森 康明・河野富香・房尾一宏

### 要 約

森康明・河野富香・房尾一宏 (1984) : 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究。第3報 県内観測地点における平均気温の欠測値補正。広島農試報告48 : 135~152。

広島県メッシュ気候図における既存データを利用して、観測値のある観測地点を囲むか、それに近接して三角形を形成する3か所の観測地点(参照地点)における平年差又は海面温度の地理的勾配と距離比例によって欠測値を補正する電算機処理システムを開発した。3種類の計算システムを使用して欠測値のある16観測地点それぞれに対する1~4組み合わせの参照地点から推定値を求め、既存の観測値と比較して最良の推定値が得られた参照地点と計算システムの組み合わせを選び欠測値を補正した。1978年以前の観測値に対する推定精度はやや低かったが、1979年以降の観測値に対する年平均誤差は全地点平均で0.8°C以下となり、精度のよい推定値が得られたと思われる。平年差を利用する推定法の推定精度が全般に高く、次いで気温減率を月ごとに変えた海面温度による推定がよかった。県境付近の観測地点は外挿推定となるため推定精度はやや低かった。欠測値を補正した1976年から1983年の県内観測地点の平均気温データは、年度別、地点別にファイル化し、保存・利用した。

### I 結 言

近年の気候変動に伴う異常気象は、1980年からの四年連続の米不作に代表されるように、我が国の農業生産にも多大の影響を及ぼし、気象観測の重要性はもとより、観測データの有効な利用法に対する関心が高まりつつある。多年にわたって蓄積された気象観測データは、その地域における気象資源量の判定基礎や農作物の導入計画、栽培指針作成などに欠かすことのできない貴重なもので、社会的・国家的財産といってもよい。

県内における気象観測は1879年(明治12年)に広島測候所が開設されて以来続けられているが、1979年気象庁によって地域気象観測網が整備されてからは、四要素観測18地点、雨(雪)観測14地点において統一された新しい機器により、さらに精度の高い観測が行われている<sup>2)</sup>。

ところで、気象観測技術上避けられないのが、観測機器の故障、停電、落雷など不測の事故に伴って発生する欠測である。

欠測値を含む観測データは、利用に当って不便だけでなく、全く利用できない場合もあり、折角のデータが未利用のまま埋もれてしまうのは残念なことである。このようなデータは、利用に当たる者がそれぞれ欠測値を補正しながら利用しているのが現状である。

平均気温の欠測値補正に利用できるものとして、すでに大後<sup>3)</sup>、栗原<sup>4)</sup>、西内<sup>5)</sup>などがある。欠測値補正計算に当っては、多量の気象データを取り扱い、距離計算には地図上での計測を必要とするなど、これを手計算で行うと非常に多くの手数がかかり、計算上の過誤も犯しやすい。早くして正確に行える電子計算機による欠測値補正システムに対する要望は高いと思われるが、まだこれについての標準的方法は明らかにされていない。

広島県では、新しい時代の要請にこたえて1982年に広島県メッシュ気候図<sup>3,4)</sup>を作成し、『メッシュ気候図活用システム推進事業』を進めている。

著者らは、この事業で計画されている主要農作物の生育収量モデル作成上の必要性から、メッシュ気候図を利用した電子計算機による平均気温の欠測値補正法を検討

第1表 県内観測地点における平均気温の年間欠測日数

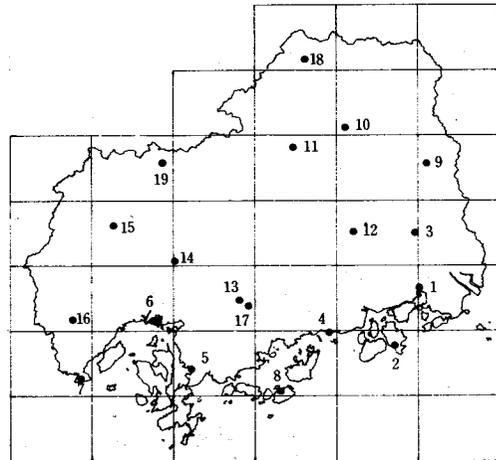
| 観測地点 | 年 度  |     |     |     |     |     |     |     | 平均  |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 1976 | '77 | '78 | '79 | '80 | '81 | '82 | '83 |     |
| 福山   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 因島   | 0    | 0   | 11  | 12  | 2   | 1   | 1   | 0   | 3   |
| 府中   | —    | —   | —   | 11  | 0   | 1   | 21  | 38  | 14  |
| 竹原   | 152  | 154 | 208 | 5   | 1   | 1   | 0   | 0   | 64  |
| 呉    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 広島   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 大竹   | 10   | 0   | 21  | 17  | 0   | 0   | 0   | 0   | 6   |
| 久比   | —    | —   | —   | 18  | 2   | 2   | 8   | 4   | 7   |
| 油木   | 0    | 3   | 31  | 1   | 0   | 8   | 2   | 2   | 6   |
| 庄原   | 0    | 4   | 7   | 4   | 0   | 1   | 0   | 7   | 3   |
| 三次   | 0    | 2   | 31  | 0   | 2   | 0   | 0   | 1   | 5   |
| 世羅   | —    | —   | —   | 6   | 3   | 0   | 3   | 0   | 2   |
| 八本松  | 0    | 0   | 3   | 2   | 2   | 0   | 2   | 7   | 2   |
| 可部   | —    | —   | —   | 35  | 3   | 0   | 0   | 1   | 8   |
| 加計   | —    | —   | —   | 1   | 0   | 2   | 24  | 2   | 7   |
| 佐伯   | 7    | 10  | 28  | 1   | 1   | 0   | 2   | 2   | 8   |
| 東広島  | —    | —   | —   | 24  | 4   | 2   | 2   | 1   | 7   |
| 高野   | 31   | 81  | 115 | 9   | 4   | 0   | 1   | 5   | 31  |
| 大朝   | 0    | 0   | 20  | 6   | 4   | 1   | 3   | 3   | 5   |
| 平均   | 15   | 20  | 37  | 8   | 2   | 1   | 4   | 4   | 9.2 |

した。まだ、改良すべき点もあるが、補正結果は実用的にみてそれほど問題はなく、使用に耐え得ると考えられたので報告し参考に供したい。

## II 県内観測地点における平均気温の欠測状況

第1表は、県内における地域気象観測網の18観測地点及び農業試験場（第1図）で1976年から1983年の8年間に観測された平均気温の欠測日数である。

広島、呉、福山以外の観測地点にはいずれも欠測日が記録されている。1976年から1978年までの年間欠測日数は、1地点当たり平均15~37日で極めて多く、なかでも1978年の竹原は実に208日にも及んでいる。1979年は地域気象観測システムへの移行に伴う欠測日があったと思われるが、年間欠測日数は1地点当たり平均8日となり、それ以前に比べると著しく減少し、1980年以降では1地点当たり平均1~4日と極めて少なくなっている。しか



第1図 県内における気象（四要素）観測地点

- 注) 1:福山, 2:因島, 3:府中, 4:竹原,  
5:呉, 6:広島, 7:大竹, 8:久比,  
9:油木, 10:庄原, 11:三次, 12:世羅  
13:八本松(農試), 14:可部, 15:加計,  
16:佐伯, 17:東広島 18:高野, 19:大朝

し、1982年における加計の24日、1983年における府中の38日のように、不測の事故による欠測はいつでも発生することを想定しておく必要がある。

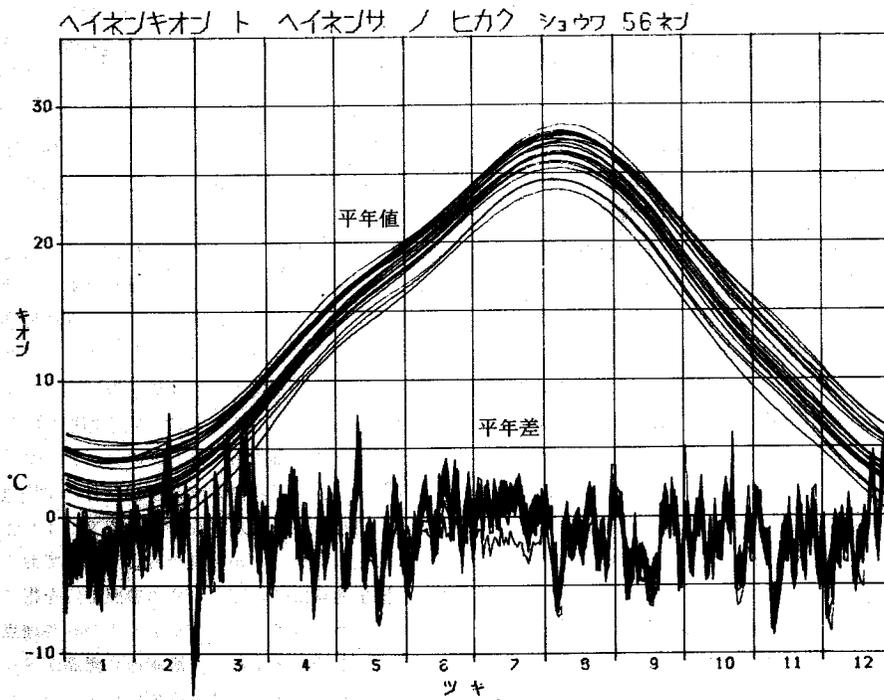
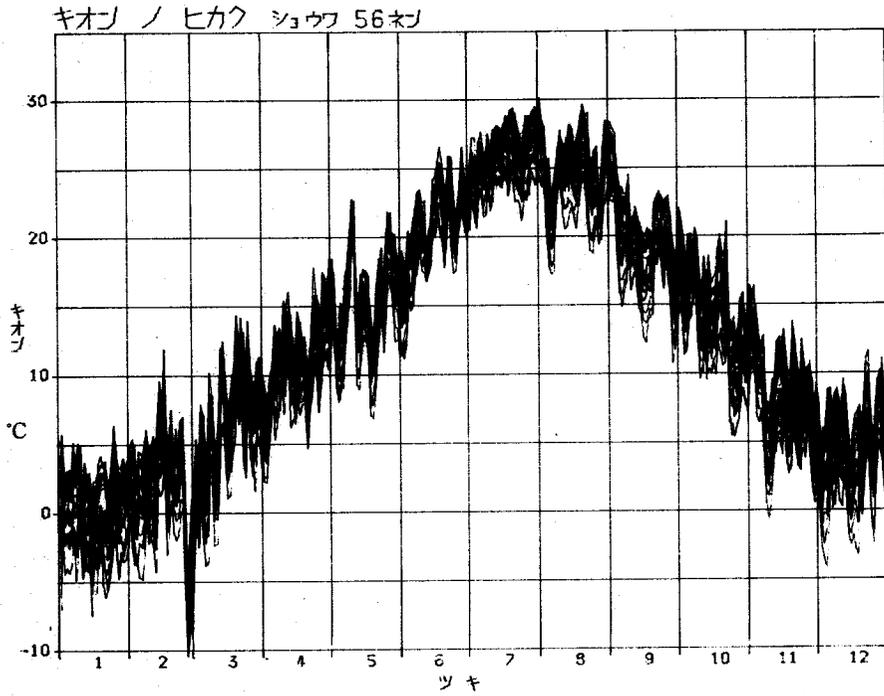
## III 平均気温の欠測値推定及び補正システムの検討

### 1. 平年差を利用した推定法

〔プログラム名: YMP003〕

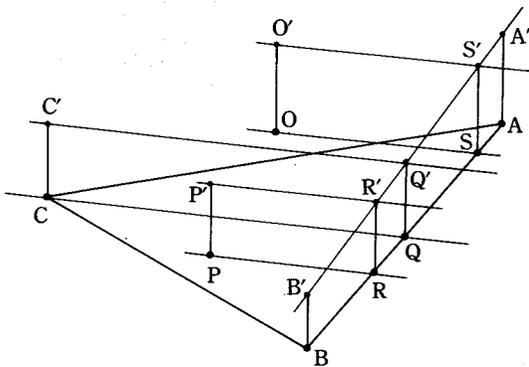
第2図は、1981年における県内19観測地点の平均気温の1年間の動向を重ね書きしたものである。これを見ると1年間の気温動向は、観測地点による高低の差はあるが、ほぼ似たようなパターンで推移しているようにみえる。第3図は、同じデータについて毎日の平年差（観測値-平年値）を求め、第2図と同じように重ね書きしたもので、観測値から各地点固有の平年値が差し引かれた残りの平年差は、地点間差が幾分消去されほとんど同じ動向を示していることがよく判る。

例えば、広島における観測値が平年値に比べて低下した日は、ほかの観測地点における気温も平年値に比べて低下しているとみてよいと考えられる。もし、全観測地点における平年差が同じならば、第3図における折れ線グラフは完全に重なって1本の線で示されるはずである



第2表 県内19観測地点における平年差の日別  
上下幅年間統計量

| 年 度  | 最大値   | 最小値  | 平均値  | 分 散  | 変動係数  |
|------|-------|------|------|------|-------|
| 1976 | 8.01  | 0.97 | 2.95 | 1.10 | 35.42 |
| 1977 | 10.42 | 1.21 | 3.20 | 1.58 | 39.37 |
| 1978 | 8.56  | 1.10 | 3.17 | 1.16 | 33.96 |
| 1979 | 7.20  | 1.09 | 2.89 | 0.62 | 27.33 |
| 1980 | 6.11  | 1.18 | 3.08 | 0.74 | 27.81 |
| 1982 | 6.31  | 1.52 | 3.17 | 0.77 | 27.74 |
| 1983 | 8.39  | 1.55 | 3.13 | 0.88 | 29.94 |



第4図 平年差を利用した推定法の推定原理図

が、実際にはある幅の中で推移している。

第2表は、1976年から1983年における毎日の平年差(ただし、欠測日は除く)について19観測地点間の比較をし、その値が最大であった地点と最小であった地点の差、すなわち、平年差の上下幅の範囲を求め、その年間の統計量を年度別に示したものである。各年における平年差の上下幅の最大値は1977年の10.4°Cを除くほかの年では6~8°C、最小値は1~1.5°C、平均値は3°C前後であった。分散は1978年以前が1.0以上、1979年以降は0.9以下で両者の間に若干の差がみられたが、全観測地点間における平年差の上下幅はほとんどの日が2~4°Cの範囲にあったと推測された。このことは、各観測地点間に平年差の地理的な傾斜の存在したことを示唆しているように考えられる。

したがって、各地点における観測値をその地点における平年値と平年差の合計値であるとみなし、平年差の地理的傾斜を評価した推定を行えば、県内観測地点における欠測値の推定及び補正が可能になると考えられた。

平年差の地理的傾斜の評価には西内の方法<sup>9)</sup>を参考に

し、次のような推定及び補正を行った。

第4図において、P及びOを欠測値が存在した観測地点(以下、推定地点又は補正地点という)とし、Pを囲むかOに最も近接して三角形が形成される3か所の観測地点(以下、参照地点という)をA、B及びCとする。まず、各参照地点の観測値と平年値から平年差を求める。平年差の地理的変化が連続的なものであることを前提条件として、参照地点における平年差の順位を $AA' > CC' > BB'$ とするならば、A、Bを通る直線上のある地点に $CC'$ と同じ平年差 $QQ'$ を示す地点Qが求められる。C、Qを結ぶ直線は参照地点間における平年差の近似等温線とみなされる。推定地点のPあるいはOを通る平年差の近似等温線もC; Qを通る直線に平行であると考えられるから、この近似等温線がA、Bを通る直線上で交差するR又はSにおける $RR'$ 又は $SS'$ を距離の比例配分で求めると、それは推定地点P又はOにおける推定平年値 $PP'$ 又は $OO'$ に相当する。これにその地点における平年値を加えると推定気温が得られる。この推定法には各観測地点間の距離計算や平均気温平年値が必要であるが、本報では広島県メッシュ気候図<sup>9)</sup>に準備されているメッシュデータを距離計算や平均気温平年値作成に利用し、計算のスピード化と正確化を図った。県境に近い推定地点における欠測値の推定を、県内観測地点だけを参照地点として行うためには、外挿による推定も必要になるので、プログラム作成に当っては、西内の方法<sup>9)</sup>では配慮されなかった参照地点を結ぶ三角形の外測にある地点も推定できるようにした。はじめに、推定精度を確めるための推定計算システムを作成した。これは推定地点と3か所の参照地点における観測データが全部そろっている日の、推定結果から推定誤差を検定するものである。

第5図は、欠測値推定及び補正計算システムにおけるプログラムの概念的流れ図である。その概要を簡単に説明すると、まず気象累積マスター<sup>9)</sup>から必要とする年の19観測地点の平均気温観測値を取り出しファイル化しておく、同じようにメッシュ気候図原簿マスター<sup>9)</sup>から、各観測地点の所属するメッシュのメッシュコード(図、行列)、メッシュ平均標準高及び12か月の平均気温平年値を取り出し、観測地点標高を加えてファイル化して、いつでも先頭レコードから読めるようにしておく。

推定地点に続いて3か所の参照地点を指定すると、あらかじめ設定されていたファイルから各地点のメッシュデータが読み込まれる。観測地点標高がメッシュ平均標高と異なるときは、読み込まれたメッシュデータのうちの月平均気温平年値が、観測地点標高の月平均気温平年値に補正される。観測地点の地図上における位置がメッ

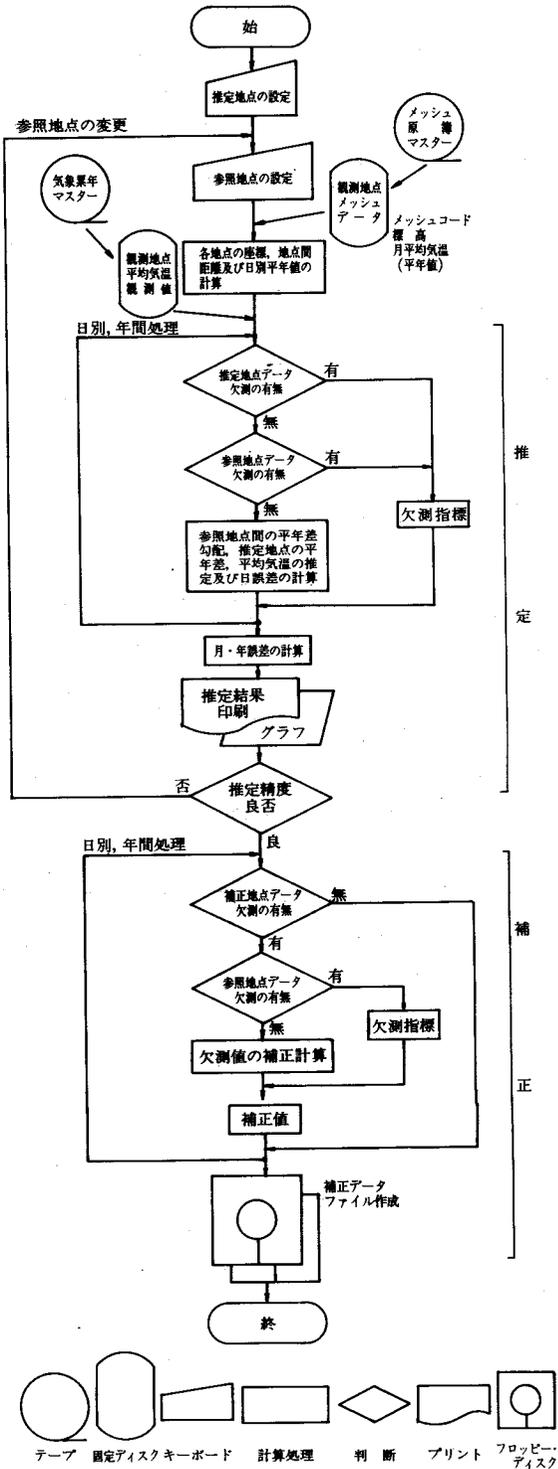
シュコードから変換されて、広島県を東西120, 南北140に区分したメッシュ図のx, y座標上にセットされる。月平均気温平年値を基にして、調和解析プログラム<sup>6)</sup>による日平均気温平年値が365日分計算される。最後に平均気温観測値(365日分)が読み込まれる。以上の順序で推定地点及び各参照地点のデータが読み込まれ、必要な計算が終了するとx, y座標値を利用して、各観測地点間の距離が求められる。

推定計算システムの場合は、毎日の観測データについて、推定地点及び参照地点のどこかに欠測値があるか否かを調べ、各地点の観測データが完全にそろっていれば、各参照地点における当日の平年差を求め、各参照地点相互間の平年差の順位が判定される。

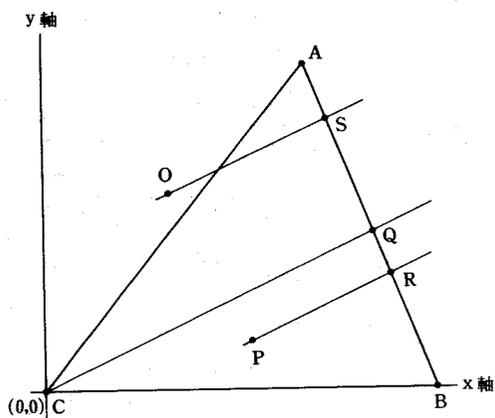
別に準備した第6図の仮想x, y座標面上において、各参照地点を結ぶ三角形を推定地点との位置的關係を崩さないように回転、あるいは反転させて平年差が最大であった参照地点を頂点とし、平年差が中間を示した参照地点を座標原点(0, 0)に合致させて、底辺をx軸に平行に配置する。このようにすると中間地点と同じ平年差を示す地点Qが、常にA, B線上に求められ、平年差の地点間順位がどのような組み合わせ(6通りある)の場合でも、それぞれに対応する各地点間距離、と平年差を計算用データに割り当てれば推定計算を行うことができ、計算システムが簡素化された。

また、各参照地点を結ぶ三角形の形状、その三角形と推定地点との位置的關係は、推定計算をする上に重要な点であるが、そのパターンは第7図の9通りである。三角形の特性を利用した若干の判断基準と4種類の計算ルーブを準備することにより、平年差を含むすべての組み合わせ条件下における推定計算を可能にした。これによって県内観測地点のいずれが推定地点であっても、任意の参照地点の組み合わせによる推定計算を行うことができた。第6図においてA, Bを通る直線とP, R又はO, Sを通る直線の交差点R又はSの位置は、ABとPR又はABとOSの二つの直線における共通のY値として求め、さらに第4図から分るようにA, Bを通る直線上の距離を比例により、R又はSにおける推定平年差R'R'又はS'S'を求めると、RR'=PP', SS'=OO'であることから、これにP又はO地点における平年値を加えて目的の推定平均気温を得ることができる。この計算を365回繰り返すと1年間の毎日の推定値が得られる。推定地点に観測値があり、推定値の計算された日は推定誤差の計算が行われ、月別、年間の合計、平均が求められる。

推定結果は、第4表のレイアウトで印刷されるし、必要ならXYプロットにより第8, 9図のグラフ表示もで



第5図 平年差を利用した推定又は補正システムの概念的流れ図



第6図 推定過程における仮想x, y座標図

きる。

ほかの参照地点の組み合わせによる推定が必要な場合は、さらに参照地点を新しい組み合わせにして計算を繰り返す。幾通りかの参照地点の組み合わせで推定計算が終了すると、各組み合わせ間で推定精度を比較検討し、最も推定精度の高い組み合わせを欠測値補正に使用しようとした。

以上が、推定計算システムである。

補正計算システムも基本的には推定計算システムと同じで、推定計算システムにおけるプログラムの一部を変更したものである。すなわち、各観測地点における毎日のデータについて欠測値の有無を調べ、補正地点に欠測値がなければ素通りして観測値を保存し次に進む、もし補正地点に欠測値があり、各参照地点に欠測値がなければ、補正値の計算が行われる。参照地点のどこかに欠測値があればその日の補正値に欠測指標が書き込まれる。365日分の補正作業を終了すると補正済みのデータファイルがフロッピーディスクに記録される。

## 2. 海面温度による推定法

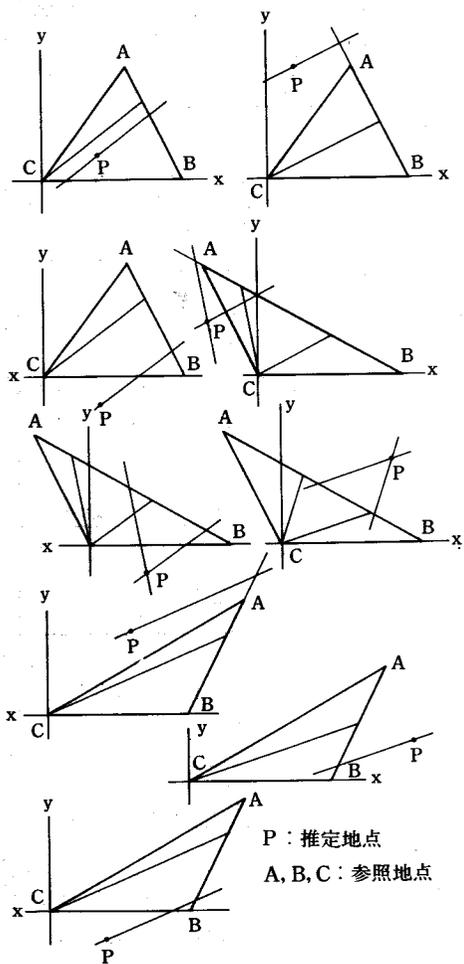
[プログラム名: YMP001及び YMP002]

この方法は、平年差を利用した推定法に対する比較計算システムとして作成した。西内<sup>9)</sup>が海面温度によって気象観測のない地点の月別平均気温の推定を行った方法を日別気温の推定に利用したものである。

この推定計算システムは、平年差を利用した推定法と基本的には同じであり、平年差に相当する部分を海面温度に取り換えて計算する。プログラム上での相違点は、前者において各参照地点の平年差(観測値-平年値)を計算した部が、海面温度(観測値+(標高×気温減率))の計算に取り換えられ、さらに推定地点における推定気温の計算が、推定平年差+平年値から推定海面温度-(標高×気温減率)に取り換えられた点である。

第3表 月別気温減率(°C/100m)<sup>7)</sup>

| 月 | 気温減率 | 月・年 | 気温減率 |
|---|------|-----|------|
| 1 | 0.81 | 7   | 0.64 |
| 2 | 0.81 | 8   | 0.74 |
| 3 | 0.71 | 9   | 0.75 |
| 4 | 0.65 | 10  | 0.80 |
| 5 | 0.64 | 11  | 0.73 |
| 6 | 0.66 | 12  | 0.75 |
|   |      | 年   | 0.74 |



第7図 参照地点を結ぶ三角形と推定地点の位置



第5表 各推定地点に対する推定誤差の最少値及

| 年度   | 推定地点 | 参 照 地 点 |    |    | 1 月   | 2 月   | 3 月   | 4 月   | 5 月   |       |
|------|------|---------|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      |      | A       | B  | C  |       |       |       |       |       |       |
| 1976 | 因 島  | 大朝      | 福山 | 呉  | 1.287 | 0.972 | 0.934 | 1.280 | 0.996 |       |
|      | 竹 原  | 高野      | 因島 | 呉  | 1.069 | 0.700 | 0.835 | 0.914 | 0.748 |       |
|      | 大 竹  | 庄原      | 福山 | 広島 | 1.300 | 1.313 | 1.235 | 1.328 | 1.172 |       |
|      | 油 木  | 高野      | 福山 | 広島 | 1.662 | 1.695 | 1.463 | 1.485 | 1.140 |       |
|      | 庄 原  | 高野      | 福山 | 広島 | 1.591 | 1.570 | 1.315 | 1.225 | 1.116 |       |
|      | ~    | 三 次     | 高野 | 福山 | 広島    | 1.525 | 1.454 | 1.651 | 1.192 | 1.162 |
|      | 八 本  | 松       | 高野 | 因島 | 佐伯    | 0.997 | 0.869 | 0.817 | 0.989 | 0.827 |
|      | 1978 | 佐 伯     | 大朝 | 福山 | 大竹    | 1.082 | 1.220 | 1.013 | 1.032 | 0.788 |
|      | 高 野  | 庄原      | 竹原 | 大朝 | 1.967 | 1.928 | 1.628 | 1.707 | 1.433 |       |
|      | 大 朝  | 高野      | 因島 | 佐伯 | 1.118 | 1.410 | 0.951 | 1.205 | 1.100 |       |
|      |      | 平 均     |    |    | 1.360 | 1.313 | 1.184 | 1.236 | 1.048 |       |
| 1979 | 因 島  | 大朝      | 福山 | 呉  | 1.074 | 0.961 | 0.853 | 0.963 | 1.037 |       |
|      | 竹 原  | 三次      | 因島 | 呉  | 0.672 | 0.888 | 0.587 | 0.677 | 0.963 |       |
|      | 大 竹  | 高野      | 福山 | 広島 | 1.293 | 1.474 | 1.433 | 1.155 | 1.044 |       |
|      | 油 木  | 庄原      | 福山 | 広島 | 0.936 | 0.772 | 0.686 | 0.835 | 0.920 |       |
|      | 庄 原  | 三次      | 福山 | 広島 | 0.640 | 0.617 | 0.552 | 0.593 | 0.483 |       |
|      | 三 次  | 庄原      | 福山 | 広島 | 0.660 | 0.633 | 0.586 | 0.637 | 0.687 |       |
|      | 八 本  | 松       | 庄原 | 福山 | 広島    | 0.963 | 0.941 | 0.897 | 0.909 | 0.933 |
|      | ~    | 佐 伯     | 大朝 | 福山 | 大竹    | 1.005 | 0.746 | 0.774 | 0.992 | 0.938 |
|      | 高 野  | 庄原      | 福山 | 広島 | 1.449 | 1.470 | 1.383 | 1.085 | 1.038 |       |
|      | 大 朝  | 高野      | 福山 | 佐伯 | 0.825 | 0.777 | 0.724 | 0.703 | 0.655 |       |
|      | 府 中  | 庄原      | 福山 | 広島 | 0.795 | 0.640 | 0.633 | 0.731 | 0.733 |       |
|      | 久 比  | 高野      | 因島 | 呉  | 0.544 | 0.510 | 0.574 | 0.680 | 0.832 |       |
| 1983 | 世 羅  | 庄原      | 福山 | 広島 | 0.718 | 0.597 | 0.731 | 0.686 | 0.822 |       |
|      | 可 部  | 庄原      | 福山 | 広島 | 0.480 | 0.469 | 0.559 | 0.670 | 0.655 |       |
|      | 加 計  | 大朝      | 福山 | 大竹 | 0.904 | 0.831 | 0.944 | 0.737 | 0.796 |       |
|      | 東 広島 | 高野      | 因島 | 佐伯 | 0.843 | 0.725 | 0.580 | 0.755 | 0.845 |       |
|      |      | 平 均     |    |    | 0.863 | 0.816 | 0.781 | 0.801 | 0.836 |       |

注) 推定誤差は1日当たりの各平均値を示す。

この推定計算システムでは気温減率を使用した。気温減率は地域、季節、標高などによって異なる<sup>10)</sup>とされ、斉藤ら<sup>11)</sup>は緯度と標高から月平均気温を求める式において、月ごとの気温減率に0.51~0.64°C/100mを用い、栗原ら<sup>7)</sup>は広島県内の観測地点データから月ごとの気温減率として第3表を得ている。一般には、自由大気中においては0.6°C/100mを採用している場合が多い<sup>8,9,10)</sup>。

ここでは、気温減率を年間0.6°C/100mに固定したシステム(YMP001)と、栗原ら<sup>7)</sup>の結果を用いたシステム

(YMP002)を準備して比較検討した。

なお、本報における計算処理はすべて当場のミニコンピュータ・システム(NEC MS120)<sup>6)</sup>によって行った。

#### IV 県内観測地点における欠測値推定結果とその推定精度

第1表において、欠測日が存在した16観測地点に対し、それぞれ1~4組み合わせ合計46組み合わせの参照地点

びその場合の参照地点と推定プログラムの組み合わせ

| 6 月   | 7 月   | 8 月   | 9 月   | 10 月  | 11 月  | 12 月   | 年     | 使<br>用<br>プログラム |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----------------|
| 0.660 | 0.770 | 0.628 | 0.774 | 1.175 | 0.925 | 1.185  | 0.986 | YMP003          |
| 0.527 | 0.554 | 0.629 | 0.790 | 0.847 | 0.944 | 0.604  | 0.893 | YMP003          |
| 1.128 | 0.931 | 1.161 | 1.083 | 1.048 | 1.015 | 0.978  | 1.150 | YMP003          |
| 1.141 | 0.938 | 1.083 | 1.176 | 1.197 | 1.205 | 1.425  | 1.289 | YMP003          |
| 1.104 | 1.019 | 0.944 | 0.892 | 1.084 | 1.124 | 1.343  | 1.215 | YMP001          |
| 0.938 | 0.857 | 1.093 | 0.971 | 1.130 | 0.893 | 1.477  | 1.184 | YMP003          |
| 0.921 | 0.873 | 0.767 | 0.689 | 0.700 | 0.679 | 0.849  | 0.841 | YMP001          |
| 0.802 | 0.816 | 0.791 | 1.110 | 0.952 | 0.918 | 1.130  | 0.972 | YMP003          |
| 1.327 | 0.988 | 1.263 | 1.133 | 1.287 | 1.318 | 2.127  | 1.513 | YMP001          |
| 0.879 | 0.805 | 1.100 | 0.841 | 1.088 | 0.935 | 0.887  | 1.028 | YMP003          |
| 0.913 | 0.855 | 0.946 | 0.946 | 1.051 | 0.996 | 1.200  | 1.097 |                 |
| 0.927 | 0.719 | 0.720 | 0.685 | 0.778 | 0.783 | 0.989  | 0.883 | YMP003          |
| 1.036 | 1.407 | 1.033 | 0.474 | 0.494 | 0.577 | 1.008  | 0.865 | YMP003          |
| 1.133 | 0.850 | 0.919 | 1.068 | 1.290 | 1.214 | 1.310  | 1.062 | YMP003          |
| 0.735 | 0.649 | 0.639 | 0.535 | 0.713 | 0.713 | 0.843  | 0.755 | YMP002          |
| 0.539 | 0.557 | 0.591 | 0.537 | 0.620 | 0.591 | 0.575  | 0.575 | YMP003          |
| 0.784 | 0.687 | 0.692 | 0.636 | 0.853 | 0.777 | 0.651  | 0.694 | YMP002          |
| 0.802 | 0.679 | 0.734 | 0.760 | 0.877 | 0.864 | 0.889  | 0.857 | YMP003          |
| 0.668 | 0.655 | 0.704 | 0.729 | 0.849 | 0.864 | 0.985  | 0.831 | YMP002          |
| 1.084 | 0.988 | 0.936 | 0.891 | 1.020 | 1.235 | 1.443  | 1.184 | YMP001          |
| 0.605 | 0.550 | 0.666 | 0.677 | 0.701 | 0.643 | 0.684  | 0.683 | YMP002          |
| 0.544 | 0.395 | 0.459 | 0.492 | 0.521 | 0.529 | 0.833  | 0.628 | YMP003          |
| 0.560 | 0.647 | 0.578 | 0.569 | 0.595 | 0.534 | 0.573  | 0.606 | YMP002          |
| 0.785 | 0.657 | 0.669 | 0.530 | 0.696 | 0.683 | 0.8001 | 0.704 | YMP002          |
| 0.620 | 0.590 | 0.610 | 0.523 | 0.482 | 0.489 | 0.596  | 0.565 | YMP003          |
| 0.677 | 0.674 | 0.824 | 0.784 | 0.941 | 0.860 | 0.822  | 0.823 | YMP003          |
| 0.736 | 0.749 | 0.680 | 0.545 | 0.639 | 0.604 | 0.854  | 0.715 | YMP003          |
| 0.765 | 0.716 | 0.716 | 0.652 | 0.754 | 0.748 | 0.866  | 0.777 |                 |

による推定を、1976年から1983年までの観測データと3種類のプログラムを用いて行い、それぞれの地点における推定精度の判定をした。

第4表は、YMP003により1981年における可部の平均気温を庄原、福山及び広島県における観測値を参照しながら推定した結果である。入力されたメッシュデータ（観測地点標高、メッシュ平均標高、メッシュコード、12か月平均気温平年値）と地点間距離に続いて、推定気温、推定誤差及び誤差の集計がプリントされる。

推定気温と推定誤差は1旬分が1行に出力されており、

参照地点のどこかに欠測値があれば推定気温欄に欠測指標の100.00が印刷される。また推定地点が参照地点のどこかに欠測値があった日には、推定誤差欄に\*\*\*\*\*印が印刷される。

この場合は、365日のうち343日が±1.0℃以下の推定誤差で比較的に高い推定精度が得られている。

第8図は、第4表と同じデータについてのグラフ表示で、青い滑らかな曲線が平年値、赤い折れ線が観測値、黒い折れ線が推定値を示す。赤い折れ線のずれてみえる部分が推定誤差である。

推定を実行したすべての組み合わせについて、

$$\text{年平均誤差} = \sqrt{\text{日誤差平方の年合計} / 365}$$

を求め、推定精度の判定基準とした。

16推定地点に対する46組み合わせの参照地点の推定結果から得られた年平均誤差を各プログラム間で比較してみると、1978年以前においては YMP003<sup>\*2)</sup> YM002 < YMP001, 1979年以降においては YMP003 < YMP002<sup>\*2)</sup> YMP001の順となり、平年差を利用した推定法が、比較プログラムの海面温度により推定法よりも高い推定精度を示した。海面温度による推定のうちでは、栗原ら<sup>7)</sup>の気温減率を用いた推定精度がややすぐれた。

1978年以前のデータと1979年以降のデータに対する推定精度を比較してみると、いずれの推定計算システムにおいても、1979年以降が高くなっている。

第5表は、それぞれの推定地点に対して行われた幾つかの推定結果から最小の年平均誤差を示した参照地点及び推定計算システム(プログラム)の組み合わせを一覧にしたものである。この表から推定に採用されたプログラムの地点数をみると、1978年以前においては YMP003 (7地点) > YMP001 (3地点) > YMP002 (なし), 1979年以降においては YMP008 (9地点) > YMP002 (7地点) > YMP001 (1地点) となり、平年差を利用した推定法だけでは全部の推定地点に対して精度のよい推定を行うことはできなかった。

参照地点として採用された回数が多い観測地点は、1978年以前では高野(6回)、福山(6回)、広島(4回)、1979年以降では福山(13回)、広島(9回)、庄原(7回)、高野(4回)であった。参照地点の組み合わせでは庄原・福山・広島(8回)、高野・福山・広島(4回)が多く、各推定地点に対す参照地点の組み合わせには、相性の如きものが存在するようであった。

第5表には各推定地点に対する推定組み合わせごとの、月別平均誤差を示したが、全地点の平均値でみた月ごとの平均誤差は、1978年以前では夏季が0.9°C前後、冬季が1.2°C前後であり、1979年以降では最小が9月の0.7°C、最大が12月の0.9°Cとなり、冬季における推定精度がやや劣る傾向にあった。

年平均誤差は全地点の平均でみると、1978年以前がほぼ1.0°C、1979年以降では0.8°C以下となって日別データに対する推定精度としては良い結果であったが、各地点別にみると1978年以前の高野、三次、油木及び大竹、1979年以降の高野及び油木に対する推定の年平均誤差は

1.0~1.5°Cと大きかった。

## V 県内観測点における欠測値補正

第9図は、欠測値が多かった1978年における竹原の平均気温を、高野、因島及び呉の観測値を参照しながら YMP003によって推定したもので、青い滑らかな曲線が平年値、ところどころに見える赤い折れ線が観測値、黒い折れ線が推定値を示している。観測値をそのまま保存しながら欠測日の気温を推定値で補ってゆけば、目的とする欠測値補正を行えることが、この図から容易に理解できよう。

県内観測地点における欠測値の補正は、推定テストの結果最も高い精度の推定を示した第5表の各参照地点及びプログラムの組み合わせによって実施した。例えば、竹原における欠測値の補正は、1978年以前については高野・因島・呉、1979年以降については三次・因島・呉の観測値を参照しながら、いずれも YMP003によって行った。

1976年から1983年までのデータすべての欠測値を補正したが、いずれの年も高野の欠測値から補正を始め、以後は参照データが完全にそろう推定地点を順次補正した。補正したデータは、地点別ファイルとして年度別にまとめ、フロッピーディスクに記録し、後に年×地点をレコード数とするランダムファイルとしてまとめ、利用しやすいものとした。

第6表は、1978年1月1日から4月10日までの竹原における平均気温の補正状況を示すファイルの一部で、上段10行が未補正データ、下段10行が補正されたデータである。

## VI 考 察

大後<sup>1)</sup>は、A地点の各年観測値を  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  とし、この観測値のうちk年における値  $a_k$  が欠測で、 $a_k$  以外のものについてとった平均値が  $M_a$  であるときは、

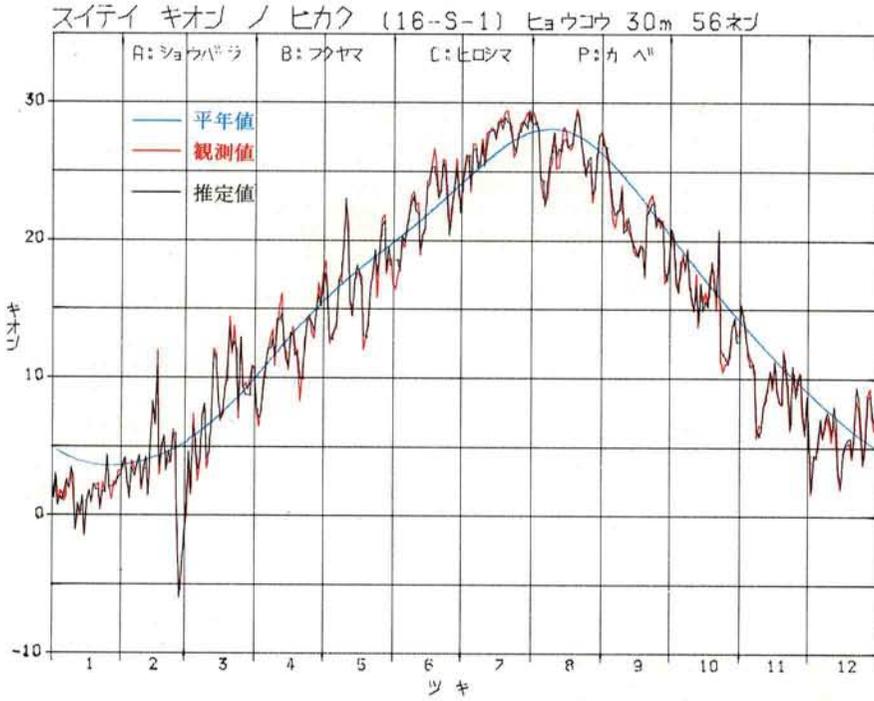
$$a_k = b_k + (M_b - M_a)$$

ただし、 $M_b = A$  地点と同期間のB地点における平均値

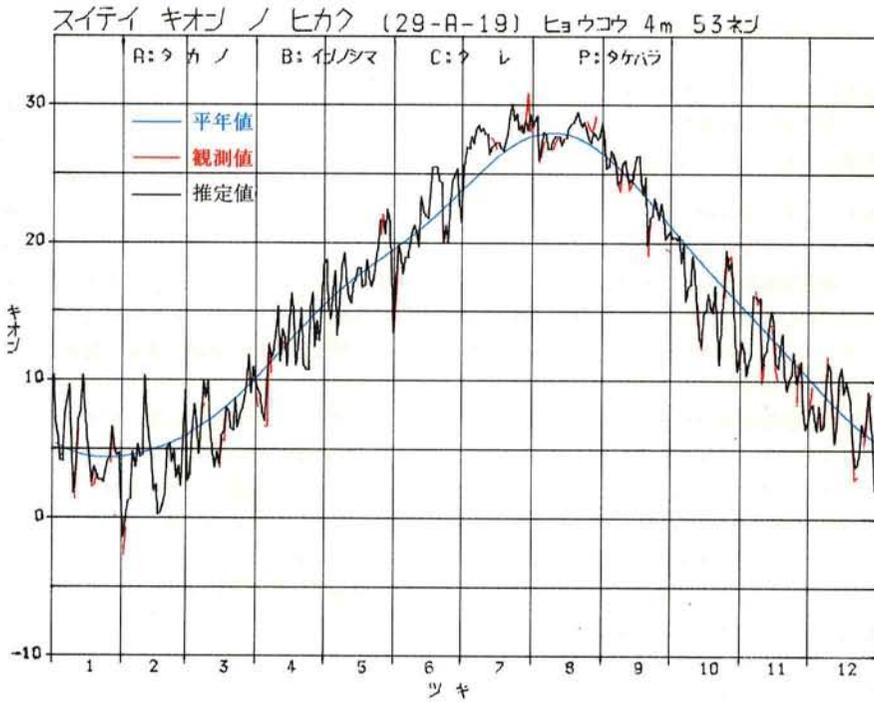
$$b_k = B \text{ 地点における } K \text{ 年の観測値}$$

によって欠測値補正ができるとしている。この推定法も平年値を利用したものであるが、参照地点が1か所のみであり、地点間の距離関係や気温の地理的勾配に対する配慮が十分になされているとはいえず、参照地点の位置や当日の気温勾配の方向によっては、推定誤差が大きくなる危険性もあると考えられる。

a) 1%水準有意差



第8図 推定気温の比較(1)



第9図 推定気温の比較(2)

第6表 欠測データの補正例

|      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 1.10   |        |
|      | 3.50   | 6.50   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 3.35   | 2.15   | 2.35   | 3.00   |        |
| 未補正  | 100.00 | 100.00 | 2.30   | 100.00 | 100.00 | 4.00   | 6.50   | 4.75   | 100.00 | 1.50   | 100.00 |
|      | -2.70  | -0.75  | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 5.75   | 100.00 | 100.00 | 100.00 |        |
|      | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 1.85   | 2.35   | 100.00 | 0.50   | 100.00 | 2.00   | 100.00 |        |
| ファイル | 100.00 | 100.00 | 3.50   | 3.00   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |        |        |        |
|      | 100.00 | 3.50   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 7.60   | 8.25   | 100.00 | 100.00 |        |
|      | 7.00   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 3.60   | 5.65   | 5.50   | 7.80   | 100.00 | 6.50   |        |
|      | 100.00 | 8.25   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 6.75   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 9.35   |
|      | 7.95   | 100.00 | 100.00 | 6.60   | 6.60   | 12.60  | 10.50  | 100.00 | 11.35  | 100.00 |        |
|      | 10.39  | 6.90   | 5.91   | 4.15   | 4.12   | 7.62   | 8.59   | 9.66   | 6.06   | 1.10   |        |
|      | 3.50   | 6.50   | 7.68   | 10.34  | 7.95   | 5.77   | 3.35   | 2.15   | 2.35   | 3.00   |        |
|      | 2.75   | 2.77   | 2.30   | 3.43   | 4.12   | 4.00   | 6.50   | 4.75   | 4.51   | 1.50   | 1.43   |
| 補正   | -2.70  | -0.75  | 0.94   | 1.36   | 4.77   | 3.54   | 5.75   | 4.14   | 4.46   | 10.33  |        |
|      | 7.46   | 5.69   | 4.49   | 1.85   | 2.35   | 0.21   | 0.50   | 0.99   | 2.00   | 5.06   |        |
|      | 5.40   | 4.07   | 3.50   | 3.00   | 3.67   | 2.17   | 5.60   | 9.26   |        |        |        |
| ファイル | 2.59   | 3.50   | 6.26   | 8.23   | 6.85   | 4.45   | 7.60   | 8.25   | 8.73   | 9.86   |        |
|      | 7.00   | 4.68   | 3.69   | 4.81   | 3.60   | 5.65   | 5.50   | 7.80   | 7.72   | 6.50   |        |
|      | 6.31   | 8.25   | 6.56   | 7.36   | 7.90   | 6.75   | 9.78   | 11.87  | 8.99   | 10.99  | 9.35   |
|      | 7.95   | 8.94   | 7.70   | 6.60   | 6.60   | 12.60  | 10.50  | 12.25  | 11.35  | 15.35  |        |

注1) 高野、因島及び呉の観測データを参照しながら、1978年の竹原における欠測値を補正した。

注2) 未補正ファイル中100.00は欠測値を示す。

栗原ら<sup>7)</sup>は、広島県メッシュ気候図における1kmメッシュ平均気温の推定に当って、推定誤差の補正に次式を用いている。

$$\Delta t_p = \frac{1}{l} \left( \frac{\Delta t_1}{l_1} + \frac{\Delta t_2}{l_2} + \frac{\Delta t_3}{l_3} + \frac{\Delta t_4}{l_4} \right)$$

$$l = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_4}$$

ただし、 $\Delta t_p$ はP地点における補正值、近傍4個の観測所メッシュからPまでの距離を $l_1, l_2, l_3, l_4$ 、各観測所の補正值を $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \Delta t_4$ とする。

この補正值を年平均に読み換えると平均気温の欠測値補正に利用できると考えられる。この方法は参照する観測地点が多く、地点間距離に対する配慮がなされているので、推定地点が参照地点に囲まれている場合(補間)の推定精度は高いと考えられる。しかし、参照地点を結ぶ線の外側にある推定地点に対しての推定(外挿)は、推定値が参照地点の距離加重平均値であるために、気温の地理的勾配によっては、年平均が過大又は過小に評価される危険性もあると考えられる。

西内<sup>8)</sup>の推定地点を囲む3個の参照地点における海面温度の地理的傾きを利用した推定法は、標高差から生ずる観測値及び推定値の不均衡を、海面温度の比較によって是正しており、温度の地理的勾配、地点間距離についての配慮もされているので、観測値のない地点の月平均気温の補間推定の結果は妥当であったという。

本報における比較プログラム(YMP001及びYMP002)

は、この方法の主要計算システムに広島県メッシュ気候図データを利用して、日別データに適用できるようにするとともに、海面温度の地理的勾配方向による外挿も含めた推定ができるようにしたものである。

本報における年平均差を利用した推定法(YMP003)では、まず年平均値をその地点固有の気温関与因子の集約化された気温ベースと考えた。次に観測値から年平均値を差し引いた残りの年平均差の年間推移が、県内観測地点間でほぼ同じような動向を示していることから(第3図)、観測値をその地点固有の年平均値と年平均値の合計値としてとらえた。年平均差には日ごとに2.0~4.0°Cの地理的勾配が存在するとみられた(第2表)ので、推定地点を囲むか、推定地点に近接して三角形を形成する3か所の観測地点(参照地点)における年平均差の地理的勾配と距離比例によって、推定地点の欠測値を推定(補正)しようとしたものである。

この推定法では、比較に用いた海面温度による推定法よりも、全般に高い精度の推定値が得られたが、これは海面温度による推定法が気温変換の関与因子として標高のみを採用しているのに対して、年平均差を利用した推定法ではその地点における年平均値を通して、標高以外の気温関与因子に対して配慮がなされたことで、より合理的な推定が行われたものと考えられた。しかし、一部の推定地点においては海面温度による推定の方が精度の高い場合もあり、全部の地点の欠測値補正に年平均差を利用した推定法を適用することはできなかった。そこで、3種

類の推定プログラムを用いて比較し、その地点に対して最も良い推定値の得られたプログラムによる補正を行った。その結果、年平均誤差が $1.0\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ を示す地点もあったが、ほとんどの地点が $1.0^{\circ}\text{C}$ 以下の誤差で、日別データに対する推定としては高い精度が得られたものと考えられる。

なお、海面温度による推定結果は、気温減率を $0.6^{\circ}\text{C}$ に固定したものより、栗原<sup>7)</sup>の気温減率を用いた方が高かったが、これは気温減率に本県固有の地域性と季節性が加味されているためと考えられた。

本報において、実行した3種類のプログラムは、いずれも連続的に発生した欠測値を短時間に補正することが可能で、従来の手計算に比べると著しく能率的であった。補正されたデータは実用的にはそれほど問題点もなく、積算気温のように連続したデータとしての利用が可能となり、その効果は大きいものと思われる。

本報において欠測値補正に供した参照地点は、すべて県内観測地点であるため、県境に近い推定地点の多くは外挿による推定となり、これらの地点に対する推定精度は一般に低くなる傾向であった。今後、県外観測地点データも含めた気温動向を明らかにしながら、さらに高い精度の推定(補正)システムへ発展させる必要がある。

## VII 摘 要

県内気象観測地点のうち、1976年から1983年の観測データに欠測値の存在した16観測地点の日別平均気温を補正してファイル化した。

1. 欠測値のある観測地点を囲むか、それに近接して三角形を形成する3か所の観測地点(参照地点)における、年差又は海面温度の地理的勾配と距離比例によって、欠測値を推定又は補正する3種類の電算処理システムを開発した。このシステムに必要な地点間距離や平均気温年値及び気温の標高補正などの計算には、広島県メッシュ気候図におけるメッシュデータを活用した。

2. 3種類の推定計算プログラムを使用して、欠測値のある16観測地点それぞれに対する1~4組み合わせの参照地点から推定値を求め、既存の観測値と比較した結果、最も精度の高い補正ができる参照地点とプログラムの組み合わせを選び欠測値補正を実施した。

3. 1978年以前の観測データに対する推定(補正)精度はやや低かったが、1979年以降の観測データに対する年平均誤差は全地点平均で $0.8^{\circ}\text{C}$ 以下となり、精度の高い推定値が得られた。推定法のなかでは年差を利用する方法の推定精度が全般に高く、次いで気温減率を月ご

とに変えた(第3表)海面温度による方法がよかった。

参照地点を結ぶ三角形より外側になる県境に近い観測地点に対する推定精度はやや低かった。

4. 欠測値を補正した1976年から1983年の平均気温データは、年度別、地点別のファイルとして記録し、年×地点の数の連続レコードのランダムファイルとして利用しやすいものとした。

5. 補正されたデータは、連続したデータ(例えば、積算温度など)として利用することが可能となり、その効果は大きいと考えられる。

## VIII 引用文献

- 1) 大後美保：1952. ある年次が欠測しているときの補正. 農業気象通論. 養賢堂：30.
- 2) 広島地方気象台編：1984. 広島県の気象百年誌.
- 3) 広島県・気象庁：1982. 広島県メッシュ気候図資料編.
- 4) ——・——：1982. 広島県メッシュ気候図地図編.
- 5) 河野富香・藤原多見夫・木村義典・細川節男・池田均：1975. 病虫害発生予察事業における電子計算機利用方法. 第2報 既存データのファイル化. 広島農試験報告 36：49—56.
- 6) ——・森 康明・房尾一宏・上原由子：1984. 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究. 第1報 農耕地を対象とした気温補正と日別変換による利用. 広島農試験報告 48：113—122.
- 7) 栗原弘一・村上律雄：1982. 広島県メッシュ気候図. 1 kmメッシュ平均気温の推定. 研究時報 34(1)：17—28.
- 8) 松島省三・河窪清晴：1950. 本邦における高度・緯度と平均気温無霜期間との関係に就いて. 農業気象 5(3)：169—171.
- 9) 西内 光：1951. 気象観測の無い地点の平均気温の推定法—地理的比例法—. 農業気象 6(3, 4)：133—135.
- 10) 小沢行雄：1961. 局地気候の特性とその利用. 坪井八十二他編. 農業気象ハンドブック. 養賢堂：296.
- 11) 斎藤鍊一・栗原宣夫・清水正義・辻 喜人・矢高尹人：1960. 任意地点の月平均気温(累年平均値)の推定法. 気象庁技術報告 2：4—9.

## Studies on the Application of the Mesh Climatic Charts of Hiroshima Prefecture

### 3. Estimation of missing values of mean air temperature at meteorological observatories in Hiroshima prefecture

Yasuaki MORI, Tomika KONO and Kazuhiro FUSAO

#### Summary

In order to estimate the missing values of diurnal mean air temperature at 16 meteorological observatories in Hiroshima prefecture, the electronic computer systems were constructed by utilizing the mesh data in the Mesh Climatic Chart of Hiroshima prefecture. Three kinds of calculation program for estimating was developed by applying either the deviation of temperature from normal year or the monthly lapse rate of temperature at sea level at three reference points where compose a triangle close to a concerned observatories having she missing values. The missing value were corrected by means of selecting the best combination of the calculation program with the reference ponint and substituting the calculated values which showed close agreement with the observed values for the missing values.

The estimation system using the deviation from nomral was the most highly precise. The second best system was obtained by using the lapse rate at sea level. The precision of estimated values at the concerned observatories near the boundary of prefecture was a bit lower than that at the other observatories inside of a triangle. Corrected data by year and observatory were recorded successively as random access files. Three systems enables to make full use of the existing data including the missing values, such as the calculation of the accumulated tmperatures of a crop.