

アメダスデータのメッシュ化について

清 野 豁

(農業環境技術研究所環境資源部)

An Estimation of Distribution of Meteorological Elements
using GIS and AMeDAS Data

Hiroshi SEINO

(National Institute of Agro-Environmental Sciences)
Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

アメダスデータのメッシュ化について

清 野 豁

(農業環境技術研究所環境資源部)

An Estimation of Distribution of Meteorological Elements
using GIS and AMeDAS Data

Hiroshi SEINO

(National Institute of Agro-Environmental Sciences)
Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

1. はじめに

気象データは作物の生育状況や気象災害の把握等にとって重要な情報である。これまでは、調査地点の最寄りの気象台あるいはアメダス観測地点のデータが参照されてきた。昭和50年代の情報機器と処理技術の発達に伴って国土に関する数値情報の整備が進み、気候値もメッシュ単位で作成されるようになった。

メッシュ気候値は約1 km²のメッシュ単位に気温・降水量等の気候値を推定したものである。メッシュ気候値の出現によって、従来観測点間を等値線で補間した気候図はコンピュータ出力のメッシュ気候図に替わろうとしている。しかし、メッシュ気候値はあくまでも平年値であるので、その適用範囲は限られている。そこで、メッシュ気候値とアメダス気温データを組み合わせて気象値をメッシュ単位に展開することが試みられた(森ら, 1985)。これによって、メッシュ気候値の利用は大きく広がり、作物の生育や被害状況の分布をリアルタイムに評価することができるようになった。

気象データを使って作物の生育・生長をシミュレートするモデルはいくつか発表されている(堀江, 1987; 鮫島・岩切, 1987; 小野ら, 1988; 川方, 1989; 竹沢, 1989; など)。これらの生育予測モデルは気温と日長を用いるものが多いが、生長モデルでは気温、日射量、ある場合には降水量を必要とする。これらのデータがメッシュ単位で推定できれば、作物の生育診断や収量予測の研究にとって非常に有益である。そこで、県あるいは支庁単位

でアメダス日別気温・日射量・降水量データをメッシュ化する汎用プログラムを作成した。そして、本手法による推定精度の検討を行ったので報告する。

2. メッシュ化の方法と資料

2.1 気温のメッシュ化

アメダス気温データを各メッシュに展開する方法として、現在一般的に行われている方法は「地形因子を用いた重回帰法」と「平年差の距離重み付け法」である。前者は、標高や開放度等の地形因子を説明要因として各メッシュの気温を推定するもので、予め国土数値情報から地形因子を算出し、重回帰式を用意する必要がある。これに対して後者は、メッシュ気候値を基礎データとして、対象とするメッシュの周りに存在するいくつかのアメダス観測点の気温実況値と平年値との差を求め、これを距離の逆数で重み付けを行い、対象メッシュの実況値を推定するものである(図1参照)。本研究では、プログラム作成が容易な後者の方法を採用した。

対象メッシュの気温の実況値を推定するのに使われる平年差法は、次のような考え方に立っている。

気温の分布は地形の影響を受けている。とくに、地形が複雑に変化する我が国ではその傾向が強い。気温の分布に影響する地形の効果は、平均化を行う時間単位が長くなるほど増大する。30年平年値であるメッシュ気候値が地形要因で推定できる理由はそこにある。

いま問題にしている日別気温の場合、平年値に比べれば小さいものの、地形の影響を受けている。アメダスで観測されている気温実況値は、その場所が平野部にあるのか、山間にあるのか、海岸から近いのか遠いかといった

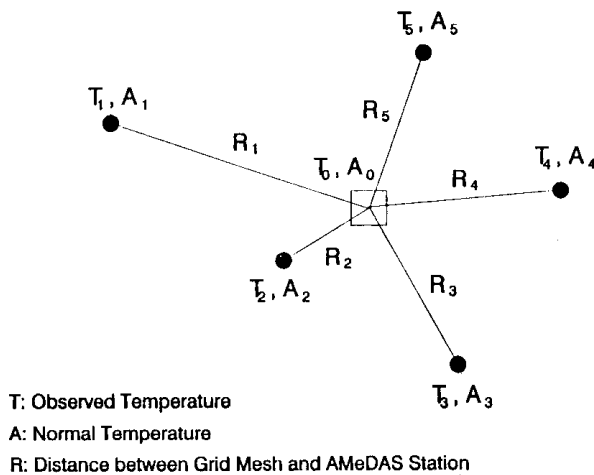


図1 平年差の距離重み付け法の概念図

地形条件の違いの影響を受けている。そのため、地形条件の異なる場所で測定された気温実況値は、それぞれ質が異なるデータであるので、単純に内挿を行うと推定誤差が大きくなる。

メッシュ気候値の気温データは、その場所の地形の影響を考慮して作成されている。一方、アメダス気温実況値も、程度の差はあれ、地形の影響を受けている。そこで、両者の差(平年差)をとることによって、地形の影響を取り除き、同質のデータとすることで内挿の精度を上げることができる。

もちろん、平年差によって地形の影響が完全に取り除けるわけではないが、実況値のまま内挿するのに比べれば、はるかに質のそろったデータとなり、推定精度が向上するわけである。距離重み付けは、推定に用いる観測点全てが同じように影響するのではなく、近い点は影響がより大きく、遠く離れた点の影響は小さいという効果を持たせるものである。

計算は次のように行う。

$$d_0 = \frac{\sum_{j=1}^n \{(T_j - A_j)(1/R_j)\}}{\sum_{j=1}^n (1/R_j)} \quad (1)$$

ここで、 T_j と A_j は j 番目のアメダス観測点の気温実況値と平年値、 R_j は対象メッシュから j 番目のアメダス観測点までの距離、 d_0 は対象メッシュにおける平年差である。推定に使用するアメダス観測点の数 n は4~6で、距離30 km以内に存在する地点を使用するのがよい。

こうして求められた対象メッシュの気温平年差 d_0 に、対象メッシュの平年値 A_0 を加えて気温実況値 T_0 を求める。

$$T_0 = d_0 + A_0 \quad (2)$$

対象メッシュ及びアメダス観測点の平年値はメッシュ気候値を利用する。ただし、アメダス観測点標高とメッシュ平均標高は一致しないので、標高差補正を行う必要

がある。

メッシュ気候値から与えられる月別気温平年値を日別気温平年値に変換するには、気象庁が開発した調和解析法を用いる。これは、気温の周期が1年~1/6年の6個の正弦波の和で表されると仮定し、月別気温12個から365個の日別気温に変換するものである。

$$3 \sim 7 \text{ 月} : T_j = B_0 + \sum_{k=1}^6 [B_k \cos \{2\pi k(j+16)/365\}] + \sum_{k=1}^6 [C_k \sin \{2\pi k(j+16)/365\}]$$

$$8 \sim 2 \text{ 月} : T_j = B_0 + \sum_{k=1}^6 [B_k \cos \{2\pi k(j+15)/365\}] + \sum_{k=1}^6 [C_k \sin \{2\pi k(j+15)/365\}]$$

$$\text{ここで、} B_0 = (1/12) \sum_{i=1}^{12} (T_{m,i})$$

$$B_k = (2/12) \sum_{i=1}^{12} \{(T_{m,i}) \cos(2\pi i k/12)\} \quad (k=1 \sim 6)$$

$$C_k = (2/12) \sum_{i=1}^{12} \{(T_{m,i}) \sin(2\pi i k/12)\} \quad (B_0=0)$$

$T_{m,i}$ は月平均気温、 j は1月1日からの通算日数である。

調和解析法を用いて求められる日別気温平年値は、長期間(30年程度)の日別気温の平均値にほぼ近い値を与える。広島県における調査結果(河野ら, 1984)によれば、調和解析法による平均気温の日別平年値と日別平均気温の30年平均値との差は0.2~0.3℃の範囲にあった。最高気温と最低気温の日別平年値についても同様の手法が使える。

2.2 日射量のメッシュ化

アメダス観測点では、現在、日射量の観測は行われていないが、作物の生長モデルでは日射量を必要とするものが多い。そこで、アメダスで観測されている日照時間を日射量に変換し、農業環境技術研究所が作成した日射量メッシュ気候値を利用してメッシュ展開を図った。メッシュ化の手順は次のようになる。

1) ほとんどの県または支庁内には、日射量を観測している気象台が1地点はあるので、気象台の日射量データとその場所のアメダス日照時間との回帰式を、各年の各月ごとに決定する。こうすることによって、アメダス日照時間の器差(測器の変更による差など)を考慮する必要がない。

$$S_t/S_0 = a + b(\tau/\tau_0) \quad (3)$$

ここで、 S_t 、 S_0 は地表面での日射量と大気外日射量、 τ および τ_0 は観測された日照時間と可照時間である。

S_0 および τ_0 の計算方法は太陽エネルギーに関する教科書等に述べられている(例えば、清野, 1987)。

2) 回帰式をもとに、日照時間を日射量に変換する。

3) 調和解析を用いて、日射量のメッシュ気候値(月平均値)を日別平均値に変換する。

4) 気温と同じ手法を用いて、平年差法と距離の逆数の重み付け法を用いてメッシュ展開する。

2.3 降水量のメッシュ化

気温は連続的に変化しながら分布するのに対し、日別降水量の分布の変化は連続的ではない。従って、平年差を使っても推定精度の向上は難しい。このため、降水量のメッシュ化は、平年差をとらずに、実況値をそのまま距離の逆数で重み付けしてメッシュ展開する。

3. 推定誤差の検討

アメダスデータをメッシュ展開する場合の推定誤差は、アメダス以外の観測点(例えば、農業試験場、消防署、学校など)のデータを用いて検討されるのが普通である(森ら, 1985)。しかし、その数は限られている上に、アメダスほどの高い精度で測定が行われている地点は少ない。そこで、本研究では便宜的に各アメダス地点を順番にマスクし、その地点の値を周りのアメダスデータから推定し、推定精度の検討を行った。この方法は、高い測定精度をもつアメダスデータを利用できる利点はあるが、本来のメッシュ化の場合より推定距離が延びる欠点がある。このため、得られた推定誤差は、実際のメッシュ化のものより大きくなる可能性がある。

本研究では、1979～89年の11年間について、アメダス日別データをメッシュ化し、推定誤差の季節的・地理的变化を調べた。推定誤差を表現するのに、ここでは推定誤差のRoot Mean Square Error (RMSE)を使用した。RMSEは次式から求められる。

$$RMSE = [\sum (Y_e - Y_o)^2 / N]^{0.5} \quad (4)$$

ここで、 Y_e と Y_o はメッシュ化手法を用いて推定された値と実測値である。

推定精度の検討は、平坦部の多い北海道十勝支庁と山間地の多い長野県を対象に行った。メッシュ化は日別値に対して行われるが、日別値を旬別、月別に集計したものについても推定精度の検討を行った。十勝支庁内の全アメダス地点の推定精度を平均した結果が図2に、長野県については図3に示されている。

図左に示される気温のRMSEは、平坦部の多い十勝支庁で小さく、山間地の多い長野県で大きくなっている。

日別でみた平均気温と最低気温のRMSEは、両地域とも冬季に大きく春季から秋季にかけては小さくなる季

節変化を示した。最高気温のRMSEは十勝では5～8月にかけて大きく、長野では11～4月にかけて大きくなった。また、推定誤差の地域的分布を調査した結果では、推定領域の中央部とくに平野部で小さく、山間部および推定領域の周辺部で大きくなる傾向にあった。(但し、海岸地域が平野部の場合は誤差は小さい)。平均気温に比べ、最高・最低気温の推定誤差が大きいのは、平均気温は毎正時の値の24回平均であるのに対し、最高・最低は毎正時の値そのものであり、時間スケールが短いためである。

このように、メッシュ化された気温の推定誤差は日単位でみると問題となる場合もある。例えば、日最低気温の分布を求め霜害との関係を調べようとする場合、上記の誤差は大きすぎるかもしれない。しかし、農業環境研究においては、メッシュ化された日々の気温値を使うことは少なく、多くは数十日間の積算や、その平均値を使うことが多い。最近広く行われている作物の生育ステージ予測等でも、長期間の積算値として利用されている。そのような場合は、誤差は十分に小さく実用上問題はないと考えられる。

日別に推定された気温を旬・月間で積算すると、図2～3に示されているように、旬、月と積算期間が延びるにつれてRMSEは小さくなるのがわかる。それぞれの地域の全年の平均推定誤差は表1に示されている。従って、旬あるいは月平均値(または積算値)として利用する場合は実用的には問題ない。ただ、推定誤差が常に大きくなる一部の地域では、利用にあたっては注意が必要である。

3.2 日射量の推定誤差

十勝支庁と長野県で調査された結果が図2～3右に示されている。地域全体の推定誤差の年平均値は表1に示されている。ただし、日射量の場合は日照時間から日射量への変換の過程で同程度の誤差を含んでいるので、実際の誤差は日別値で $\pm 3 \sim 4 \text{ MJ/m}^2$ 、旬・月平均で $\pm 1.5 \text{ MJ/m}^2$ 程度になる。従って、日射量も旬あるいは月集計値として利用するのがよい。将来、アメダス地点で日射量が観測されるようになれば、推定精度は向上すると期待される。

3.3 降水量の推定誤差

十勝支庁および長野県を対象に行われた調査結果を図2～3右に示した。地域全体の年平均推定誤差は表1に示されている。降水量の推定誤差は山間部の多い長野県では推定誤差が大きい。メッシュ化された降水量の利用にあたっては旬あるいは月合計値を利用する方がよい。

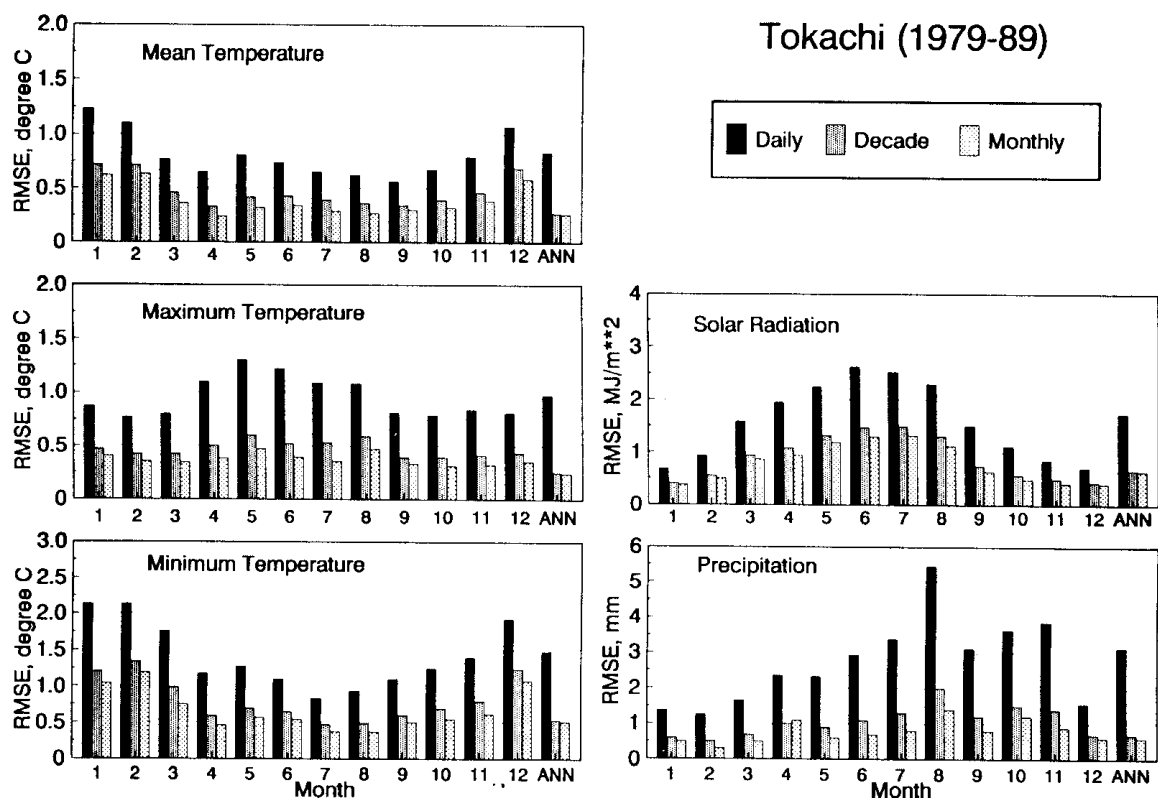


図2 推定誤差の季節的变化(十勝支庁)

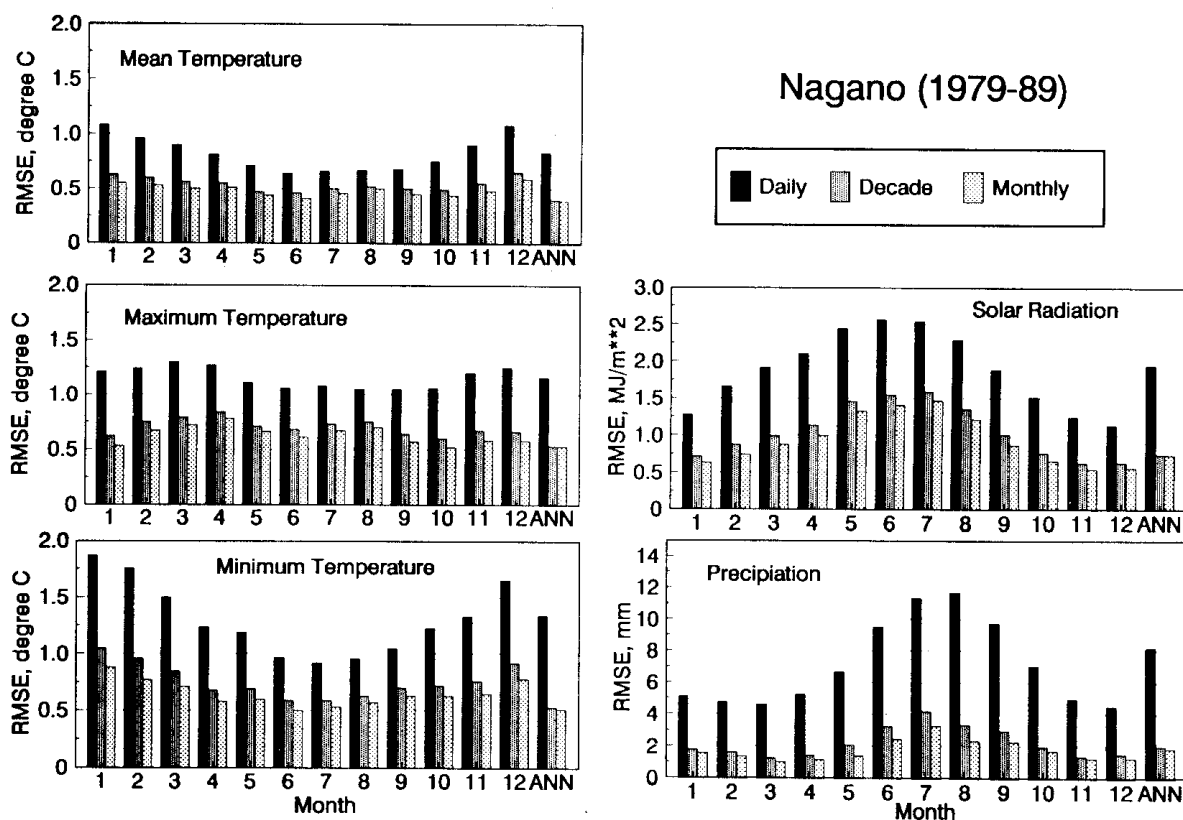


図3 推定誤差の季節的变化(長野県)

表1 推定誤差の年平均値(1979～1989年)

単位：気温(℃)，日射量(MJ/m²)，降水量(mm)

	上勝支庁			長野県		
	日別値	旬平均	月平均	日別値	旬平均	月平均
平均気温	0.83	0.27	0.26	0.83	0.40	0.39
最高気温	0.97	0.25	0.24	1.16	0.53	0.53
最低気温	1.48	0.53	0.51	1.34	0.53	0.51
日射量	1.73	0.66	0.64	1.95	0.75	0.74
降水量	3.13	0.70	0.60	8.25	2.02	1.89

4. メッシュ化データの利活用

アメダス気温実況値をメッシュ化することによって、次のような利用法が考えられる。

- アメダス観測点の情報だけでは得られない細かな気温分布を知ることができる。これを用いて気候資源の詳細な分布と変動特性を明らかにすることができる。
- 気温と作物の生育・生長との関係が明らかになっていけば、約1km²の細かさで作物の現在の生育状況や被害状況を把握することができる。

メッシュ化されたアメダス気温はあくまでも推定値であり、作物生育・生長等の予測を行う場合は、常に現場の調査データで検証を行うことが必要である。

5. おわりに

アメダスデータのメッシュ化の基礎資料となるメッシュ気候値(気温)は、気象庁が国土数値情報整備事業の一

環として作成した資料である。また、メッシュ気候値(日射量)は農業環境技術研究所がグリーンエネルギー計画の一環として作成した資料である(沖縄県を除く)。これらの資料は、各機関の許可をもらって使用した。また、アメダスデータは農林水産試験研究計算センターの気象データベースを利用した。記して謝意を表する。

引用文献

- 堀江 武, 1987: 水稻生育の気象的予測モデル, 近畿作物・育種研究, **32**, 83-90.
- 川方俊和・岡田益己, 1989: 発育指数を用いた水稻の幼穂形成始期と出穂期の推定, 農業気象, **45**, 137-142.
- 河野富香・森 康明・房尾一宏・上原由子, 1984: 広島県農試報告, **48**, 113-122.
- 森 康明・河野富香・房尾一宏, 1985: 広島県農試報告, **49**, 87-98.
- 小野祐幸・金野隆光・奥野 隆・浅野聖子, 1988: 日本ナシの催芽・開花までの日数への温度の影響, 農業気象, **44**, 203-208.
- 鮫島良次・岩切 敏, 1987: 気象と大豆の生育動態に関する研究(1) 開花までの期間における発育速度と日長・気温の関係, 農業気象, **42**, 375-380.
- 清野 崧, 1987: 太陽エネルギーの気候学的計算法, 太陽エネルギーの分布と測定(柴田和雄・内嶋善兵衛編), 学会出版センター, 127-144.
- 竹澤邦夫・田村良文・小野祐幸, 1989: 作物の発育ステージのノンパラメトリック推定の有効性, 農業気象, **45**, 151-154.