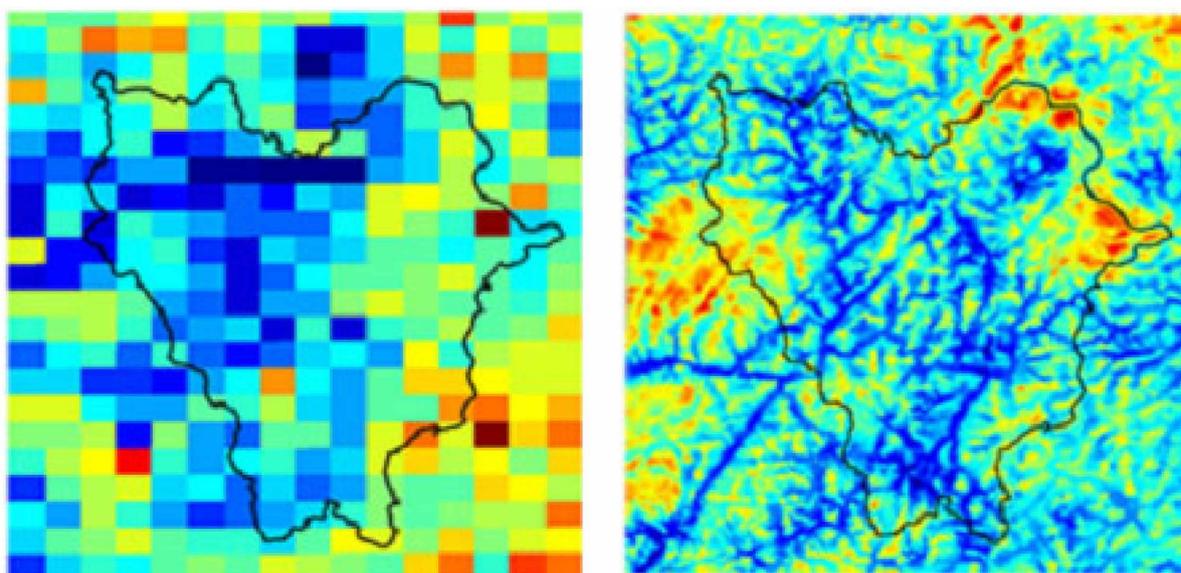


50m メッシュ精密気象データの 作成法標準作業手順書

－公開版－



目次

はじめに	1
免責事項	3
I 技術の概要	4
1. 本技術で作成される精密気象データの特徴	4
2. 50m メッシュ精密気象データ作成アプリケーション群	6
II 技術の導入先	7
III 作業手順	8
1. 気温の 50m メッシュ精密気象データ作成手順	8
(1) 作成方法の概要	8
(2) データ作成の考え方	10
(3) 予め入手しておく必要があるデータ	11
(4) 気温の 50m メッシュ精密気象データ作成アプリケーション群	11
(5) 具体的手順	12
2. 日射量の 50m メッシュ精密気象データの作成手順	28
(1) 作成方法の概要	28
(2) データ作成の考え方	29
(3) 予め入手しておく必要があるデータ	30
(4) 日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データ作成アプリケーション群	30
(5) 具体的手順	31

3.	相対湿度の 50m メッシュ精密気象データの作成	35
(1)	作成方法の概要	35
(2)	データ作成の考え方	35
(3)	予め入手しておく必要があるデータ	36
(4)	具体的手順	36
4.	基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データの作成	37
(1)	作成方法の概要	37
(2)	データ作成の考え方	37
(3)	予め入手しておく必要があるデータ	38
(4)	具体的手順	38
5.	データ描画	40
6.	ファイルリスト	41
IV	参考事例	44
1.	大三島（愛媛県今治市）における事例	44
(1)	気温の 50m メッシュ精密気象データ	44
(2)	日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データ	50
(3)	日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データ	51
2.	岡山県加賀郡吉備中央町（旧加茂川町）における事例(参考)	52
(1)	月平均気温分布の 50mメッシュ精密気象データ	52
(2)	中山間地域における 50m メッシュ精密気象データと 1km メッシュデータの比較	54
3.	本手順書の手法による日射量・湿度の推定精度	56
(1)	日射量推定手法の検証事例	56
(2)	湿度推定手法の検証事例	58
4.	気温データ自動収集装置	59

知財等	62
用語解説	63
参考資料	64
付録：メッシュと座標の計算方法	65
担当窓口、連絡先	67

はじめに

農業生産における日々の栽培管理を最適化し、生産性を向上させるうえで、農地の気象を把握することは重要である。このため、農地の気象データを取得する方法として、多くの企業等が気象ロボットを開発し販売している。しかし、高温多湿で台風などによる気象災害の多い日本では、異常値の監視のほか、観測装置の維持管理に必要なコスト負担などの問題から、精度の良い観測を長期間継続することは難しい。また、近年の情報処理技術の発達により、気象庁の数値予報モデルデータのような、コンピューターによる気象シミュレーション結果から農地の気象データを推定する技術も開発されているが、数値計算による気象値の解像度は数百 m～数十 kmと粗い上、出力される気象値には、採用されたモデル特有の誤差が含まれるという問題がある。

一方、全国に展開されているアメダスなどの公的データから、統計的手法により作成されるメッシュ気象データは、様々な立地条件を持つ農地の気象予測には非常に有用である。現在農業分野で主流となっているメッシュ気象データの解像度は約 1 km であり、農研機構では日本全国を対象とした解像度 1km のメッシュ農業気象データを提供している。しかし、日本の農地の約 4 割が存在する、農林水産省において、農業地域類型区分のうちの間農業地域と山間農業地域を合わせた地域として定義される中山間地域等の複雑地形地において、稲の生育予測や土壌水分等の環境評価に気象データを利用する場合、1 km でも粗すぎるデータとなる場合がある。また、斜面温暖帯や冷気湖といった、放射冷却の強い日に生じる、局地気象の評価に難点がある。このため、北海道では、対象地域に複数の観測装置を新たに常設することで、50m 解像度の気温データを作成し、配信する民間企業があるが、一定精度の観測を維持するための維持管理費用が必要になる。また、常設の気象観測装置のみのデータを利用していることから、観測装置を設置して以降のデータしか存在しないため、例えば、設置日以前の過去の栽培結果を当時の気象条件との関係から評価し、そこで得られた知見を活用するような事はできない。

そこで農研機構では、過去から現在における 50m 解像度の気温、日射量、湿度、蒸発散量の気象データをアメダス等の公的データを用いて比較的安価に作成する技術を開発した。本手順書では、50m メッシュ精密気象データの作成方法を示す。

■ 免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手順書により作成される気象データの精度は、作成地域の地理的条件（地形・土地被覆状態など）、気候条件その他の条件により変動することにご留意ください。

I. 技術の概要

1. 本技術で作成される精密気象データの特徴

(1) 気象要素

本技術により作成可能な精密気象データの要素は、日平均気温、日最高気温、日最低気温、日積算日射量、日平均相対湿度、日積算基準蒸発散量の6要素である。農業における50mメッシュデータの実用的な利用範囲は、県単位のような広い範囲ではなく、精密な気象データを必要とする、20km四方程度の一つの市町村や産地である。また、推定精度は、作成地域により異なる。参考資料の文献等を参考に、目的とする利用に必要な精度を満たしているかについては、ユーザー各自で判断していただきたい。

表 I -1 本手順書で作成される気象要素

気象要素	単位
気温（日平均・日最高・日最低）	℃
日積算日射量	MJ/m ²
日平均相対湿度	%
日積算基準蒸発散量	mm

(2) 地形の影響を加味した推定

農研機構の1kmメッシュ農業気象データは、アメダスポイントの平年偏差を距離重み付け平均することで気温を推定している。このため、アメダスポイントで発生していない斜面温暖帯等の局地気象の影響を評価するのは困難である。それに対して、本技術で作成する50mメッシュ精密気象データは、地点特有の局地気象の影響を評価することが可能で、中山間地域のように、起伏の大きい地域や傾斜地の推定に優れている。

なお、現在は研究過程における作成事例しかなく、実際の農業現場への導入実績はない。本技術が農業現場においてどのように有効性を発揮するかについては、今後の試行事例の蓄積が必要である。現在、傾斜地にある茶園や果樹園地における、生育予測や凍霜害の予測などでの試行が始まっている。

(3) 現地観測データを加味した補正

1km メッシュ農業気象データは、気温データの作成に現地観測の必要はないが、気温の50m メッシュ精密気象データの作成には、3か月以上の現地観測が必要である。そして、日積算日射量データは、1km メッシュ農業気象データや衛星による日積算日射量データでは考慮されない、周辺地形と太陽位置との関係で生じる、日陰の状況を考慮したものである。

(4) 気温データ自動収集装置の開発

現場の約20地点、3か月以上の気温データを収集する必要があり、それを実現するための観測装置が必要である。農研機構は、商用電源の得られない任意の地点で精度の良い気温観測を実施するため、「気温データ自動収集装置」を開発した。装置の詳細は、IV章の4節に記載されている。

(5) 中山間地域における推定の例（1km メッシュデータとの比較）

下図は、中山間地域における12月の月平均最低気温について、本手法を用いた結果と1km メッシュデータの結果を示したものである。気温の逆転層の発達により図の左側真中付近の高標高地域の気温が高い温度になっている事、そして、谷筋に低い温度になっていることが、本手法では表現されている。詳細は、IV章の2節で説明されている。

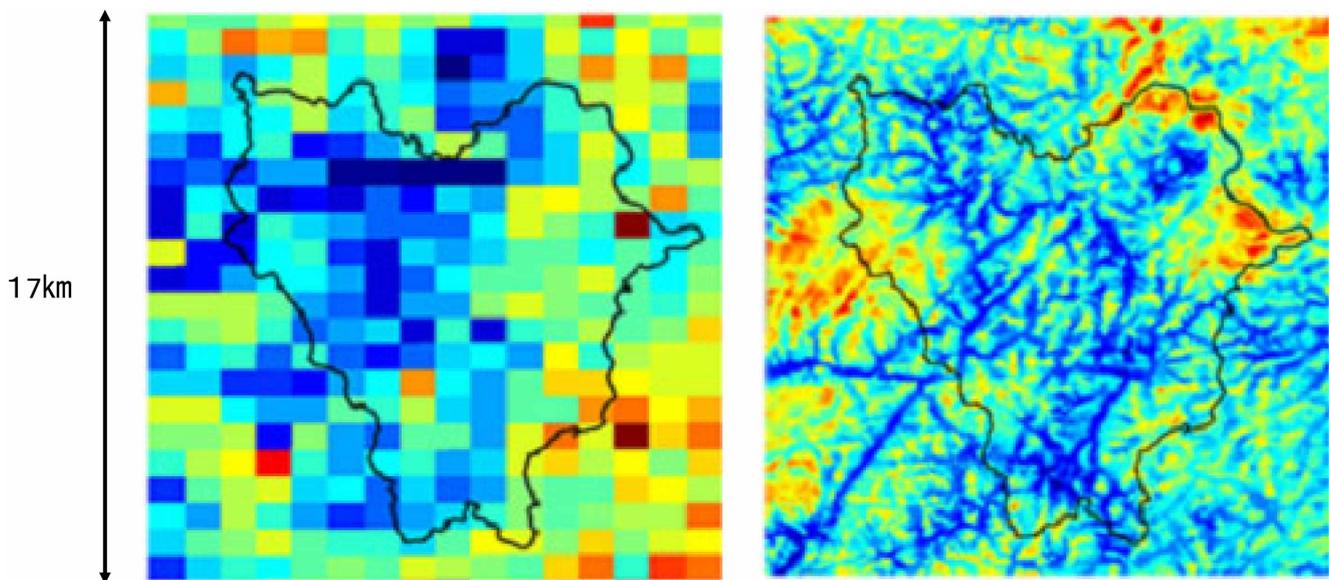


図 I -1 1km メッシュデータ (左) と 50m メッシュデータ (右)

2. 50m メッシュ精密気象データ作成アプリケーション群

本技術を農業分野の研究者や自治体職員等が個人で利用する場合を想定し、本手法による 50m メッシュ精密気象データを近くのアメダスデータから作成するアプリケーション群（参考資料 5）を作成しており活用できる。なお、各アプリケーションの実行に際しては、手順の中で多くのファイルの受け渡しがあり、そのファイルリストは P.41～43 にまとめられている。

本アプリケーション群の利用を希望される方は、利用許諾の手続きが必要なため、以下の農研機構 HP からお問合せください。

<http://www.naro.affrc.go.jp/collab/program/index.html>

なお、現在のアプリケーション群は、研究者等がそれぞれの目的に応じて自前で 50m メッシュデータを作成するのを支援するものである。本技術を使って企業等がデータを作成・配布するサービスを提供するためには、各作成行程が統合され、GUI 環境も洗練されたシステムとして組み上げる必要があると考えている。

Ⅱ. 技術の導入先

本技術は、地形の複雑な中山間地域や果樹・茶などが栽培される傾斜園地等の精密な気象条件の評価に利用可能であり、圃場別の生育状況の把握や凍霜害の予測など、気象値にもとづく精密な栽培管理技術の開発等への活用が期待される。

利用者として、府県等の研究員や普及員、そして ICT による栽培支援システム等の開発・運用などの農業支援サービスを展開する、IT ベンダー等の民間企業を想定している。

本手法による気象データは、国土地理院が整備している地形データのみから作成されることから、このデータに含まれない、建築物等の影響は考慮されていないので、技術の導入者はその点に配慮して利用する必要がある。

Ⅲ. 作成手順

1. 気温の 50m メッシュ精密気象データ作成手順

(1) 作成方法の概要

現地気温観測データ収集後の気温の 50m メッシュ精密気象データの作成作業は、図Ⅲ-1 のように、大きく 3 つの工程に分けられる。1 つ目は、基礎データを作成する工程で、これには地形データ、アメダスポイントの温位データ（用語解説 P.63 参照）、そして RCS（放射冷却強度指標：Radiative Cooling Scale）データ（用語解説 P.63・参考資料 2 参照）を作成する作業が含まれる。2 つ目は、アメダスポイントと各 50m メッシュの温位差推定モデルを作成する工程で、現地気温観測地点における地形因子の作成、そして現地観測による Tssc 及び Tesc（用語解説 P.63・参考資料 2 参照）の推定モデルの作成作業が含まれる。3 つ目は、気温の 50m メッシュデータを作成する工程で、これには 50m メッシュ精密気象データ作成エリアの地形因子の作成、アメダスポイントとの地点間温位差の 50m メッシュデータの作成、そしてアメダスポイントとの温位差にもとづき、気温の 50m メッシュ精密気象データを作成する作業が含まれる。この作成作業は、日平均気温、日最高気温、日最低気温すべてで同様である。

具体的な作成手順は、以下のとおりである（図Ⅲ-1）。

- ① 作成地域において、現地気温観測を 3 か月以上実施する（詳細は、P12【①現地気温観測】を参照）。

【基礎データ作成工程】

- ② 作成地域の地形データ、気象庁「全球数値予報モデル GPV（格子点値：Grid Point

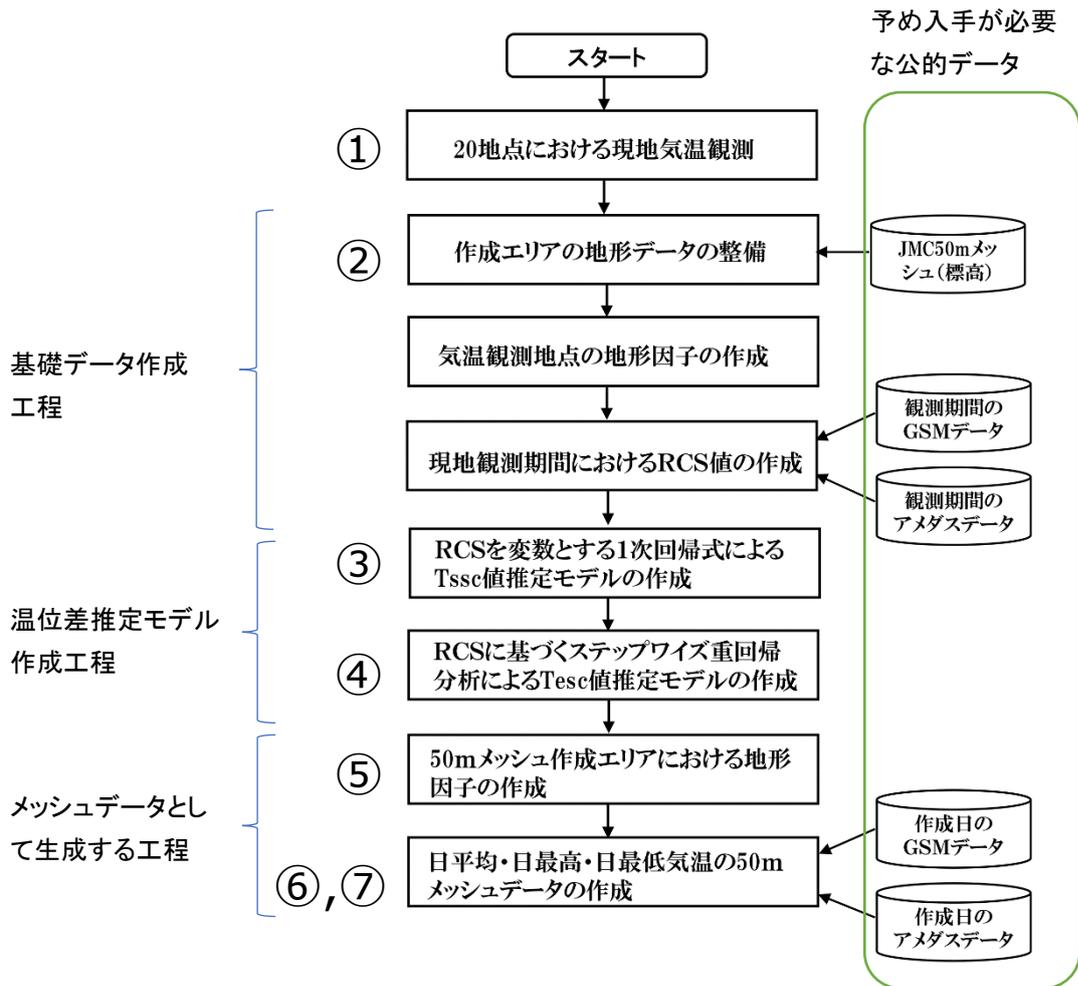
Value) (用語解説 P.63) (日本域) データ等をもとに観測期間中の RCS データを作成する。

【温位差推定モデル作成工程】

- ③ 現地気温観測値から、アメダスポイントの要素値である Tssc 推定モデルを RCS を変数とする 1 次回帰モデルとして作成する。
- ④ 現地気温観測値から作成した各観測地点の Tesc 値を RCS に応じてグループ分けし、JMC50m メッシュ (標高) で作成した地形因子を説明変数とする、ステップワイズ重回帰分析により、RCS に応じたグループ毎の Tesc 推定モデルを作成する。

【メッシュデータとして生成する工程】

- ⑤ 対象地域における 50mメッシュの地形因子データを作成する。
 - ⑥ Tssc、Tesc の推定モデルと RCS 値およびアメダス観測値から、各メッシュの温位を求める。
 - ⑦ 各メッシュの標高から温位を気温に戻し、50m メッシュ精密気象データを作成する。
- ①は現場で調査する必要があるが、①の現場での観測値と地形データを用いて、②以降の作業を実施するアプリケーション (参考資料 5) を試作しており活用できるので、以下 (5) 項において、アプリケーションの使用方法を示す。なお、各アプリケーションの実行に際しては、手順の中で多くのファイルの受け渡しがあるため、それぞれにファイル番号を付与した。全てのファイルリストを P.41~43 にまとめたので、適宜参照していただきたい。また、このアプリケーションとは別に、フリー統計ソフト R プログラム (<https://www.r-project.org/>) が、Tesc の推定モデル作成時に必要である。



図Ⅲ-1 気温の 50m メッシュ精密気象データ作成手順

(2) データ作成の考え方

気温の 50m メッシュ精密気象データは、作成地域における現地気温観測値から、近隣のアメダスポイントとの気温の地点間差推定モデルを設計することで、作成地域におけるアメダス観測値から作成される。なお、地点間差推定モデルは、気温データが作成されるメッシュと近隣のアメダスポイントが、同じ気象条件（天気）であることを前提条件としているため、基準となるアメダスポイントと気温データを作成するメッシュ（地域）は、気象庁天気予報の同じ細分区域に属していることが望ましい。また、本手法による気温データは、日最低気温は、0～9 時の朝の最低気温、日最高気温は、9～18 時の昼の最高気温であるため、寒波の流入等

により、朝ではなく、当日の夜間に最低気温が発生するような条件では、アメダスなどの気象観測値とは、極値の発生時間が異なる。

データ作成を行う際、全ての地点に共通する標高の影響を除去するため、気温を温位に変換させる。そして、推定地点とアメダスポイントとの温位差は、アメダスポイントにおける要素値（Tssc）と推定地点における要素値（Tesc）の2つの要素値から構成される、という考えにもとづき、両要素値を推定するモデルを現地気温観測値、アメダスポイントデータ、放射冷却強度指標（RCS）、地形因子（平均標高、傾斜度、開放度等）を用いて作成する。この推定モデルを利用して気温の50mメッシュ精密気象データを作成する。具体的な理論は、参考資料1、2、4をご覧ください。

(3) 予め入手しておく必要があるデータ

- 作成地域の50mメッシュの標高データ（JMC50mメッシュ（標高）（（一財）日本地図センター）（有料））
- アメダスポイントの時間別データ（入手先はP.62の「知財等」に記載）
- GRIB2フォーマットのGSMデータ（気象庁「全球数値予報モデルGPV（日本域）」。入手先はP.62の「知財等」に記載。）

(4) 気温の50mメッシュ精密気象データ作成アプリケーション群

試作したアプリケーション群は、各工程を実行する「基礎データ作成」、「温位差推定モデル作成」、「気温の50mメッシュ精密気象データ作成」の3つのグループに分類されている。各グループのフォルダー構成及び各フォルダー内のファイル構成は次項以降の図Ⅲ-2,3,5に示す。また、試作した全てのアプリケーションは、マイクロソフト社のウィンドウズOS

(Windows8pro および Windows10 で動作確認済) で実行可能で、実行すると開く黒いウィンドウ (コマンドプロンプト) 上に設定条件などを入力することで、必要な出力値が得られる。

(5) 具体的手順

【①現地気温観測】

ア. 現地気温観測地点の設定

現地気温観測は、対象となる農地等が存在する 10~30km 四方程度の対象エリア内で、谷底、斜面上・中・低部、台地、くぼ地など、地形等の影響により、同日の気温が異なる約 20 地点において実施する。なお、すぐ近くに果樹や建築物等の障害物があり、空気の流れが悪い場所や日陰となる場所は避ける。

現地観測の地点数は、地形が単純な場合、より少ない地点数でも可能であるが、ステップワイズ重回帰分析により選択される Tesc 値の推定モデルの変数が 1 ~ 3 個であることから、変数の 10 倍程度のサンプルを用いることが妥当と考えられる。なお、本技術では、現地観測を実施した地形と異なる地点においては、気温予測精度は低くなることに留意する必要がある。

イ. 観測期間

気温地点間差推定モデルの作成には、アメダスデータと同じく、時間別の現地観測データが必要である。必要な現地観測の期間は、特定の季節をターゲットとする場合は、その季節に観測を行い、年間のデータを作成する場合は、春や秋、冬といった放射冷却の強い時期を含む 3 か月以上とする。これは、アメダスポイントと 50m メッシュとの気温地点間差の推定モデル

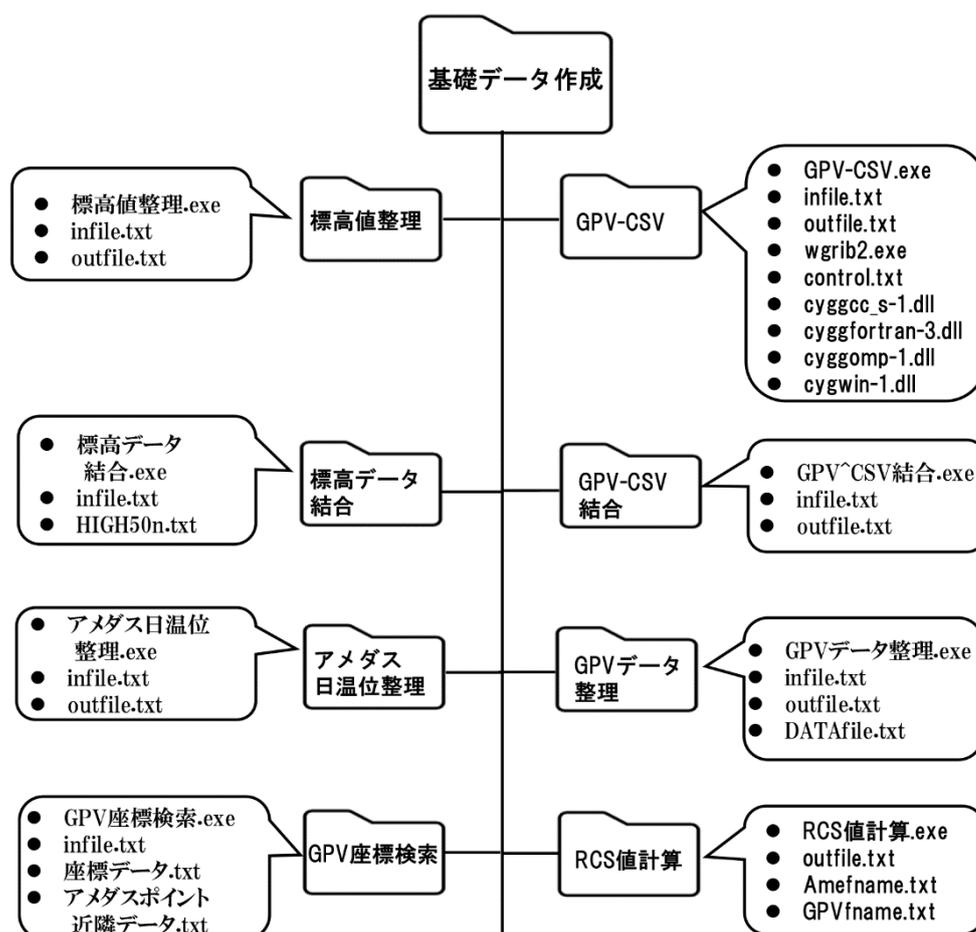
を作成する際に、年間の RCS の変動範囲の観測データが必要なためである。RCS 値は、放射冷却の強度により変化するスケールであることから、夏に小さく、秋から翌年の春にかけて大きくなる。これまでの研究において、RCS 値の年間の変動幅（傾向）は、3 か月程度で把握できることを確認している。ただし、夏（6～9月）の RCS 値は小さいことから、この期間を含む場合は、半年程度まで観測期間を延長した方がよい。また、Tesc 値の推定モデルは、統計的手法（ステップワイズ重回帰分析）により作成されるので、観測期間が短い（データ数が少ない）と精度は落ちる。参考情報として、現地観測の実例が、P.44 のIV-1 に記載されている。

ウ. 観測装置

現地観測に使用する気温観測装置は、センサーを設置するシェルター内を強制通風するなどし、測定値への放射の影響を極力小さくするなど、測定精度等において信頼できるものであれば、限定されない。信頼できる観測装置の一例として、P.59 のIV章 4 節に、農研機構が開発した気温データ自動収集装置について記載している。

気温観測装置のセンサー部分の設置高さは 1.5m を目標とし、世界気象機関（WMO）が地上気温として定義する 1.25～2.0m の範囲は超えないものとする。

【②基礎データ作成工程】



図Ⅲ-2 基礎データ作成アプリケーションのフォルダー構成

ア. 地形データの作成

- ① (一財) 日本地図センターが刊行している、「JMC50m メッシュ (標高)」(有料) から、作成地域の 50m メッシュの標高データファイル (ファイル 1) を入手する。
- ② 気温の 50m メッシュ精密気象データの作成に必要な地形データは、「基礎データ作成」フォルダーにある 2 つのアプリケーション【標高値整理】【標高データ結合】を利用して作成する。なお、本アプリケーションでは、使用するファイル名のリストを infile.txt に

記載するとともに、それに対応する出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。

- ③ 【標高値整理】アプリケーションフォルダーに、国土数値情報の 2 次メッシュ（2 万 5000 分の一地形図に相当）単位の地形データである 50m メッシュの標高データファイル（ファイル 1）をコピーする。このとき使用する標高データ（ファイル 1）は、50m メッシュ精密気象データの作成エリアから 10km 先まで周辺を含むエリアの 2 次メッシュデータとする。ただし、10km 先までの地形データは、太陽からの日射の遮蔽角の計算に必要なデータであり、気温だけの場合は、3km 先まででよい。
- ④ 変換するファイル（ファイル 1）の一覧を infile.txt に記載し、フォルダー内のアプリケーションファイル（標高値整理.exe）を実行することで、outfile.txt に記載した標高データのテキストファイル（ファイル 2）が作成される。
- ⑤ 作成されたテキストファイル（ファイル 2）を【標高データ結合】アプリケーションフォルダーにコピーし、コピーしたファイルのリストを作成する地形データに合わせて、北西端から東方向の順に、infile.txt に記載する（詳細は参考資料 5 の 35 ページを参照）。
- ⑥ フォルダー内のアプリケーション（標高データ結合.exe）を実行することで、50m メッシュ精密気象データ作成地域における、標高データファイル「HIGH50m.txt」（ファイル 3）が作成される。このとき作成される地形データは、1 行 1 列目が南西端、最終行最終列が北東端のデータとなる。また、アプリケーションの実行時に 50m メッシュデータ作成範囲における、行番号および列番号の入力を求められるが、南西端 1 行 1 列目からのメッシュ数をそれぞれ数える。

イ. アメダスポイントの温位データの作成

- ① 【アメダス日温位整理】アプリケーションを使用して、アメダスの気温データを温位データに変換する。なお、本アプリケーションでは、使用するファイル名のリストを infile.txt に記載するとともに、それに対応する出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。
- ② 対象とするアメダスポイントの時間別の気温のアメダスデータを入手する。このとき、アメダスデータファイルは、テキストエディタソフト等を用いて、年・月・日・時・気温がスペース区切りで記録されているデータとして編集する（ファイル 4）。また、各アメダスポイントの標高、緯度・経度を調べておく。
- ③ 「基礎データ作成」フォルダーにある【アメダス日温位整理】アプリケーションフォルダーに入手したアメダスデータファイル（ファイル 4）をコピーし、ファイル名の一覧を infile.txt に記載する。
- ④ フォルダー内のアプリケーション（アメダス日温位整理.exe）を実行し、アメダスポイントの標高を入力することで、50m メッシュの気温データの基準となる、アメダスポイントの温位データファイル（ファイル 5）が作成される。作成される出力名は、outfile.txt に記載したものとなる。

ウ. RCS データの作成

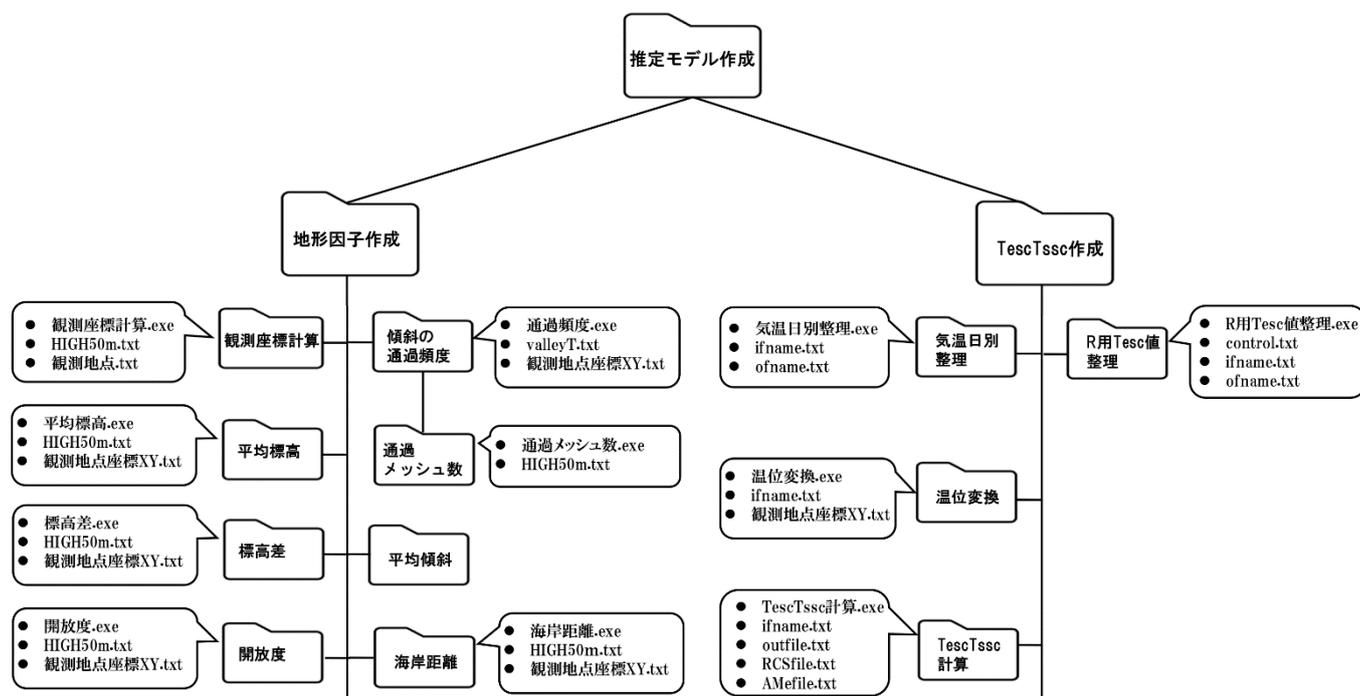
- ① 気象庁「全球数値予報モデルGPV（日本域）」（GSM）データ（GRIB 2 フォーマット）を入手する（ファイル 6）。入手先は P.62 の「知財等」に記載。複数ある GSM データファイルのうち、本作成手法では、世界標準時(UTC)18 時（日本時間午前 3 時）を初期値とする高層データ（「Z_C_RJTD_yyyyMMdd180000_GSM_

GPV_Rjp_L-pall_FD0000-0312_grib2.bin」(yyyy:西暦、MM:月、dd : 日)と表示されているファイル)を使用する。

- ② GRIB2 フォーマットの GSM データは、【GPV-CSV】アプリケーションを使って、テキストファイルに変換する。一連のアプリケーションでは、使用するファイル名のリストを infile.txt に記載するとともに、それに対応する出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。
- ③ 【GPV-CSV】アプリケーションフォルダーに、入手した GSM データファイルをコピーし、変換する GSM データファイル名 (ファイル 6) の一覧を「infile.txt」ファイルに記載する。そして、出力ファイル名の一覧を「outfile.txt」に記載し、【GPV-CSV】アプリケーション (GPV-csv.exe) を実行し、GSM データを CSV ファイル (ファイル 7) に変換する。
- ④ 変換された一つの csv ファイルから、テキストエディタ等を用いて GSM の座標だけを抽出したデータファイル「座標データ.txt」(ファイル 8) を作成する。本ファイル (ファイル 8) は、一度作成すれば、以降作成する必要はない。
- ⑤ 【GPV 座標検索】フォルダーにファイル 8 をコピーし、アプリケーション (GPV 座標検索.exe) を実行する。このとき、アメダスポイントの座標 (緯度・経度) を入力することで、GPV データにおけるアメダスポイントの近隣 4 グリッドの座標を記したデータファイル (ファイル 9) を作成する。
- ⑥ 日毎のテキストファイルに変換された GSM データは、【GPV-CSV 結合】アプリケーションを使って、一つのファイルにまとめる。本アプリケーションでは、使用するファイル名のリストを infile.txt に記載するとともに、それに対応する出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。

- ⑦ 【GPV-CSV 結合】アプリケーションフォルダーに、③で変換された GSM ファイル（ファイル 7）をコピーし、ファイル名を infile.txt に記載する。
- ⑧ 【GPV-CSV 結合】アプリケーション（GPV-CSV 結合.exe）を実行することで、日別のデータファイルを outfile.txt で指定された 1 つのデータファイル（ファイル 10）に結合する。
- ⑨ 一つにまとめられた GSM のテキストファイルは、【GPV データ整理】アプリケーションを使って、アメダスポイント上のデータを求める。本アプリケーションでは、使用するファイル名のリストを infile.txt に記載するとともに、それに対応する出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。
- ⑩ 【GPV データ整理】アプリケーションフォルダーに、⑧で作成した GSM データファイル（ファイル 10）をコピーし、ファイル名を infile.txt に記載する。そして、④で求められたアメダスポイントの周辺座標、GPV の気圧面、そしてアメダスポイントの座標を記載した DATAfile.txt（ファイル 11）を作成する。
- ⑪ 【GPV データ整理】アプリケーション（GPV データ整理.exe）実行することで、outfile.txt で指定したアメダスポイント上空の温位データファイル（ファイル 12）を作成する。
- ⑫ 【RCS 値計算】アプリケーションフォルダーに、⑪で作成したアメダスポイント上空の温位データファイル（ファイル 12）をコピーし、GPVname.txt にファイル名を記載する。そして、前項イ.で作成したアメダスポイントの温位データファイル（ファイル 5）をコピーし、ファイル名を AMefile.txt ファイルに記載する。
- ⑬ 【RCS 値計算】アプリケーション（RCS 値計算.exe）を実行することで、outfile.txt

で指定した RCS 値データファイル（ファイル 13）が作成される。



図Ⅲ-3 温位差推定モデル作成アプリケーションのフォルダー構成

【③④温位差推定モデル作成工程】

ア. 地形因子の作成

- ① 「推定モデル作成」-「地形因子作成」フォルダー内にある、【観測座標計算】フォルダに、【②基礎データ作成工程】のア.⑥で作成した標高データファイル（ファイル3「HIGH50m.txt」）をコピーする。そして、観測地点の番号・緯度・経度、地形データファイルにおける行数・列数、及び、標高がスペース区切りで記録された、「観測座標地点 XY.txt」（ファイル 14）を作成する。
- ② 【平均標高】【標高差】【開放度】【傾斜の通過頻度】【平均傾斜】【海岸距離】の各アプリケーションフォルダ内に、【②基礎データ作成工程】のア.⑥で作成した標高データ

ファイル（ファイル 3「HIGH50m.txt」）と観測地点の座標データファイル（ファイル 14）をコピーする。各アプリケーションを実行することで、各地形因子データファイルを作成する。

作成される各地形因子データファイルは以下の通り。

- 平均標高データ：ファイル 15
- 標高差データ：ファイル 16
- 開放度データ：ファイル 17
- 傾斜の通過頻度：ファイル 18
- 平均傾斜データ：ファイル 19
- 海岸距離データ：ファイル 20

イ. Tesc データ及び Tssc データの作成

- ① 現地気温観測値を年・月・日・日平均気温、日最高気温、日最低気温の順にスペース区切りで整理したテキストファイル（ファイル 21）を作成する。そして、「推定モデル作成」—「TescTssc 作成」フォルダー内にある、【温位変換】アプリケーションフォルダー内にコピーし、温位に変換する。本アプリケーションでは、使用するファイル名のリストを infile.txt に記載するとともに、それに対応する出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。
- ② 各観測地点の標高データが記録されている、観測座標ファイル（ファイル 14）も同じフォルダーにコピーし、【温位変換】アプリケーション（温位変換.exe）を実行することで、outfile.txt に記載された温位データファイルを作成する（ファイル 22）。

- ③ ②で作成した温位データファイル（ファイル 22）及び 1) ウ. ⑪で作成した観測期間の RCS データファイル（ファイル 13）を【TescTssc 計算】アプリケーションフォルダーにコピーし、現地観測データから、Tesc 値及び Tssc 値を計算する。また、アメダスの温位データ（ファイル 5）のファイル名を AMefile.txt に、RCS データ（ファイル 13）のファイル名を RCSfile.txt に、そして現地観測値の温位データ（ファイル 22）のファイル名を infile.txt にそれぞれ記載する。infile.txt に記載されたファイルに対応する出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。
- ④ 【TescTssc 計算】アプリケーション（TescTssc 計算.exe）を実行することで、outfile.txt で指定した、現地観測地点における Tesc 値（ファイル 23）及び Tssc 値（ファイル 24）のデータファイルが作成される。各データファイルには、観測期間の年月日における RCS 値も記録される。

ウ. Tssc 推定モデルの作成

上記イ. ④の【TescTssc 計算】アプリケーションで作成した Tssc データファイル（ファイル 24）から、エクセル等のソフトウェアを用いて、RCS を変数とする Tssc の 1 次回帰式を作成し、それを Tssc 推定モデルとする。

エ. Tesc 推定モデルの作成

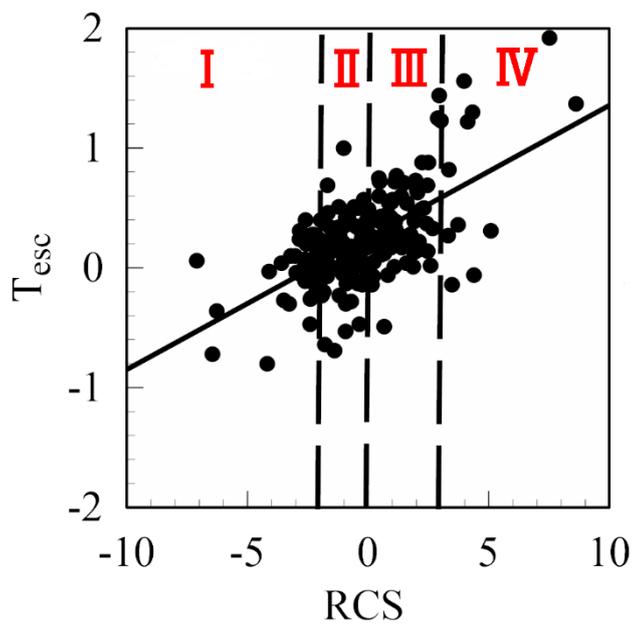
Tesc 推定モデルは、「推定モデル作成」アプリケーションに加えて、フリー統計ソフト R プログラムを用いて、以下の手順で作成する。

- ① 全観測地点において、Tesc 値データファイル（ファイル 23）から、Tesc と RCS との関係を図化して、RCS に対する Tesc 値のバラツキ具合から、別の推定モデルとした方

が良いと判断されるグループ（3, 4 グループ）に分けるための RCS の境界値を決定する（図Ⅲ-4）。このときの境界値の数は、これまでの実績から2つか3つ（3か4グループ）とするのが適当である。また通常は、RCS = 0 を境界値の一つに加えるが、0 以下の観測データが極端に少なかったりする場合は、無理に0を境界とする必要はない。

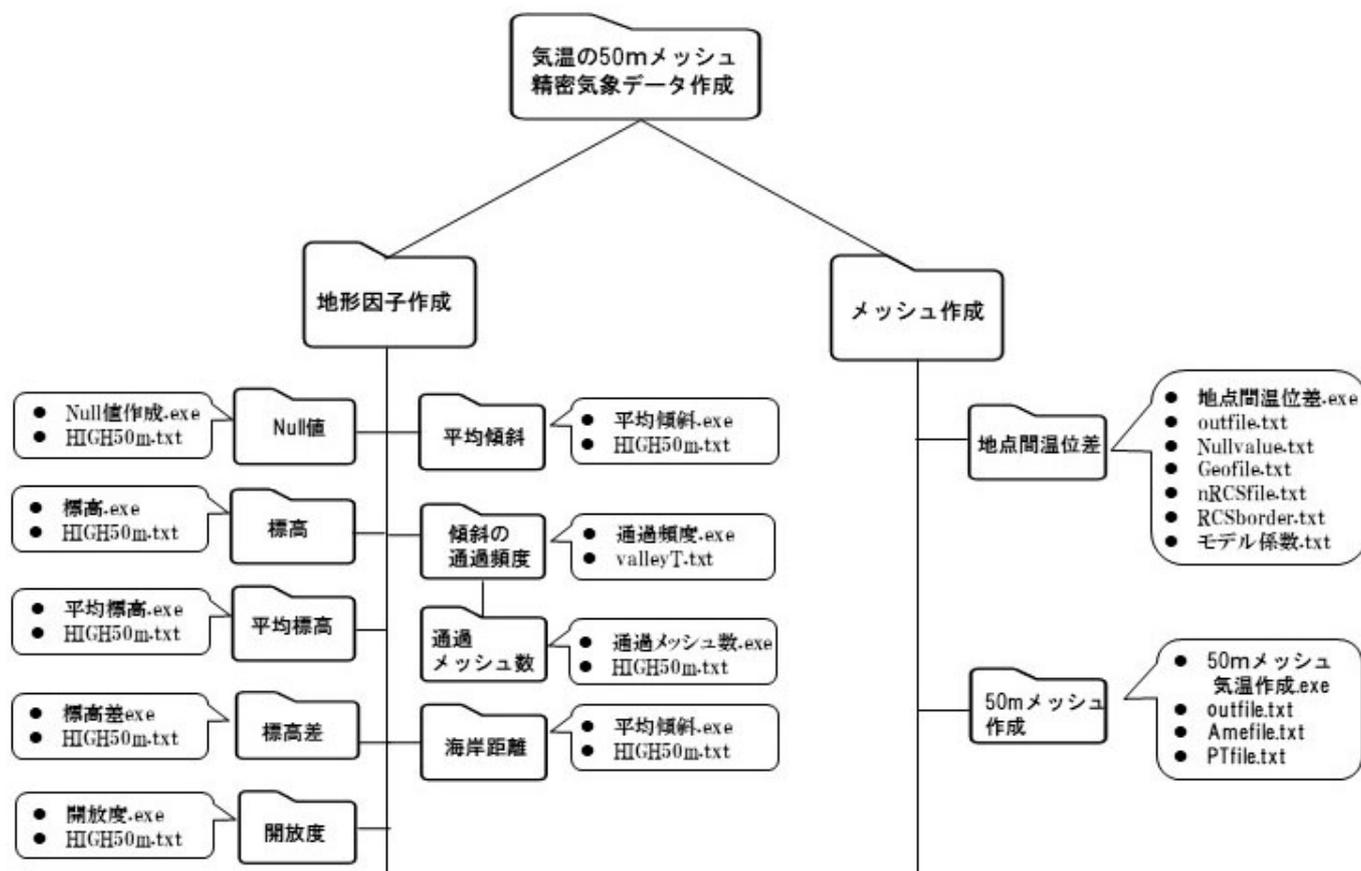
- ② 「推定モデル作成」—「TescTssc モデル作成」フォルダーの【R 用 Tesc 値整理】アプリケーションフォルダー内に、上記イ. ④の【TescTssc 計算】アプリケーションで作成した Tesc データファイル（ファイル 23）をコピーし、infile.txt にコピーしたファイル名を記載する。
- ③ グループ分けのための RCS の閾値を 1 行ごとに閾値の数値（閾値の数が 3 なら、3 行）を記載した control.txt ファイル（ファイル 25）をフォルダー内に作成する。
- ④ 出力ファイル名を outfile.txt に記載し、【R 用 Tesc 値整理】アプリケーション（R 用 Tesc 値整理.exe）を実行することで、グループ別の Tesc 値データファイル（ファイル 26）が作成される。
- ⑤ ④で作成した、各グループの Tesc 値データファイル（ファイル 26）と、ア. において作成した7つの地形因子データファイル（ファイル 14~20）を、同じ任意のフォルダーにコピーしておく。
- ⑥ フリー統計ソフト R を起動し、Tesc 値推定モデル作成のためのスクリプト（Ganalysis-nosea.R ;対象地域の全てのメッシュにおいて海岸からの距離が10km 以上の場合に使用、Ganalysis.R ; 海岸距離 10km 未満のメッシュが含まれる場合に使用）を読み込み、⑤のフォルダーのパスを指定し実行することで、Tesc

値の推定モデル（重回帰式に用いられる、地形因子とその変数、および定数）を決定する。



図Ⅲ-4 RCS 境界値の設定例
(閾値を-2, 0, 3として4グループを設定)

【⑤⑥⑦メッシュデータとして生成する工程】



図Ⅲ-5 気温の50mメッシュ精密気象データ作成アプリケーションのフォルダ構成

ア. 地形因子の50mメッシュ精密気象データ作成

「気温の50mメッシュ精密気象データ作成」—「地形因子作成」フォルダ内の各アプリケーションにより50mメッシュ精密気象データ作成に必要な地形因子のデータファイルを作成する。

具体的には、それぞれのアプリケーションフォルダーに【②基礎データ作成工程】においてア.
⑥で作成した標高データファイル（ファイル 3 ; HIGH50m.txt）をコピーし、実行することで、
50m メッシュデータ作成エリアにおける地形因子データファイルが作成される。

作成される地形因子データファイルは以下の通り。

- 標高：ファイル 27
- 平均標高：ファイル 28
- 標高差：ファイル 29
- 開放度：ファイル 30
- 平均傾斜：ファイル 31
- 傾斜の通過頻度：ファイル 32
- 通過メッシュ数：ファイル 33
- 海岸距離：ファイル 34
- Null 値：ファイル 35

イ. 地点間温位差の 50m メッシュ精密気象データ作成

- ① 8 種類の地形因子データファイル（ファイル 27～34）のうち、「気温の 50m メッシュ精密気象データ作成」—「メッシュ作成」フォルダー内の【地点間温位差】アプリケーションフォルダー内に、前項ア. で作成した、Tesc 値の推定モデルに用いられる地形因子データファイルと Null 値データファイル（ファイル 35）をコピーする。
- ② 50m メッシュ精密気象データ作成の対象期間における RCS データファイル（ファイル 13）を【②基礎データ作成工程】のウ.の方法で作成し、①と同じフォルダーにコピーす

る。このとき、コピーした RCS データファイル（ファイル 13）名を nRCSfile.txt に記載する。

- ③ 【③④温位差推定モデル作成工程】のウ. 及びエ. ③で作成された Tssc 推定モデルの係数と定数、そして Tesc 推定モデルの各変数（地形因子）の係数が記載されたモデル係数のデータファイル（ファイル 36）、Tesc 推定モデルに用いる地形因子名が記載された、地形因子ファイル一覧データ（ファイル 37）を作成する（詳細については、参考資料 5 を参照）。モデル係数のデータファイルのフォーマットは、図Ⅲ－6のとおりである。
- ④ 【③④温位差推定モデル作成工程】のエ. ③で作成した RCS の閾値データファイル（ファイル 25）のファイル名を RCSborder.txt に変更し、フォルダー内に用意する。
- ⑤ 【地点間温位差】アプリケーション（地点間温位差.exe）を実行することで、アメダスポイントとの地点間温位差の 50m メッシュデータ（ファイル 38）が作成される。

A1	B1	C1	F1	Tssc1
A2	B2	C2	F2	Tssc2
A3	B3	C3	F3	
A4	B4	C4	F4	

A, B, C : Tescモデル係数
F : Tescモデル定数
Tssc1 : Tsscモデル係数
Tssc2 : Tsscモデル定数

図Ⅲ-6 ファイル 36 におけるモデル係数の記載例
(4 グループに分類した場合の記載例。選択された地形因子の数が 3 個以下の
場合、B、C には 0 を入力する。)

ウ. 気温の 50m メッシュ精密気象データ作成

- ① 「50m メッシュ気温データ作成」―「メッシュ作成」フォルダー内の【50m メッシュ作成】アプリケーションフォルダーに、上記イ. の【地点間温位差】アプリケーションで作成した、50m メッシュデータファイル（ファイル 38）、および【基礎データ作成工程】の手法で作成した、50m メッシュデータ作成期間におけるアメダスポイントの温位データファイル（ファイル 5）をコピーする。
- ② 【50m メッシュ作成】アプリケーション（50m メッシュ気温作成.exe）を実行することで、気温の 50m メッシュ精密気象データ（ファイル 39）が作成される。作成されるデータは、図Ⅲ－7のように、1 メッシュにつき 1 行ごとにアメダスデータと同じ数の気温データが、スペース区切りで記録されている。そして、1 行目が南西端で、最終行が北東端のデータである。

メッシュNo. 初日気温 2日目気温 3日目気温 最終日気温

1	10.3	12.5	11.5	.....	20.2
2	10.7	13.2	12.5	.....	21.5
.
.
.
N	10.7	13.2	12.5	.....	21.5
N+1	10.7	13.2	12.5	.....	21.5
N+2	10.7	13.2	12.5	.....	21.5
.					
.					

50mメッシュ構造

N+1	N+2	.....
1	2	.....	N

図Ⅲ-7 50mメッシュ気温データとして出力されるファイルフォーマット（ファイル 38）

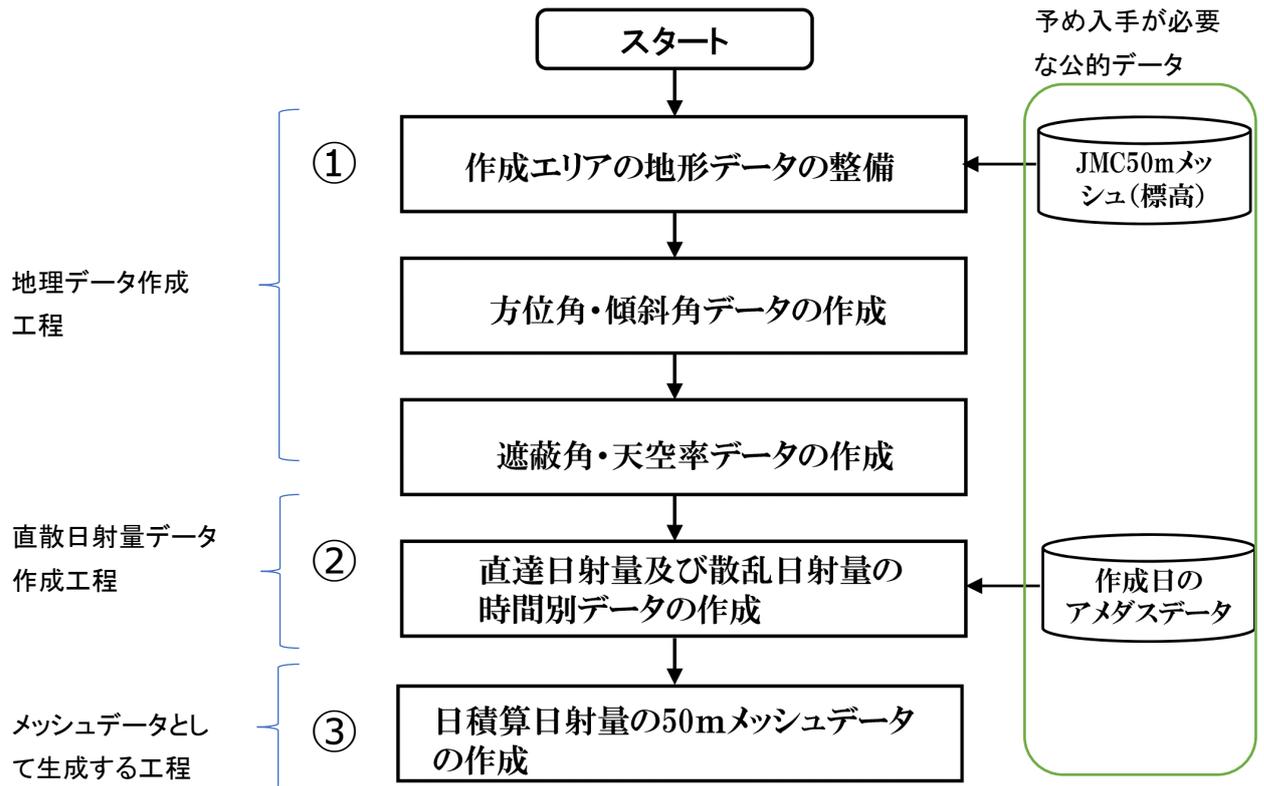
2. 日射量の 50m メッシュ精密気象データ作成手順

(1) 作成方法の概要

日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データの作成手順は、以下のとおりである（図Ⅲ-8）。

- ① 【地理データ作成工程】日射量の計算に必要な地理データである、50m メッシュ単位の傾斜角、方位角、遮蔽角、天空率のデータを作成する。
- ② 【直散日射量データ作成工程】アメダスデータから、データ作成日の直達日射量および散乱日射量の時間別積算値データを作成する。（参考資料 1, 3, 4 参照）
- ③ 【メッシュデータとして生成する工程】作成した地理データおよび時間別の直達日射量および散乱日射量から、日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データを作成する。（参考資料 1 参照）

なお、近くのアメダスデータから日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データを作成するためのアプリケーション群（参考資料 5）を試作しており活用できるので、以下（5）項において、アプリケーションの使用方法を示す。



図Ⅲ-8 試作したアプリケーション群による日射量の 50m メッシュ精密気象データの作成手順

(2) データ作成の考え方

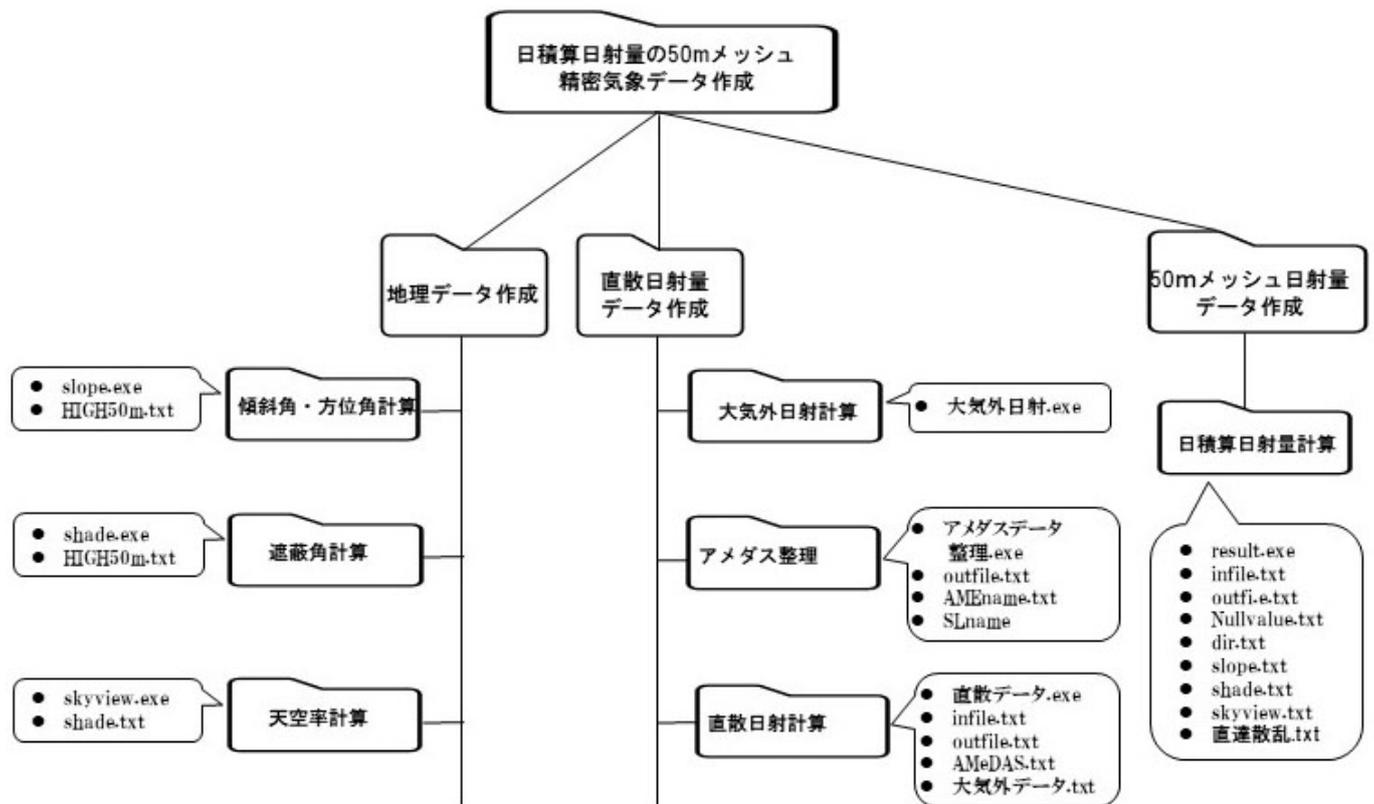
本手順書で作成される日射量の 50m メッシュ精密気象データは、日の出から日没までの毎時 30 分における太陽高度から計算される、日積算日射量である。このとき、対象地域の直達日射量と散乱日射量の値は、各時間における太陽位置（高度角、方位角）と周辺地形（直達光の遮蔽角、天空率）により決定される。そして、各時間の日積算日射量は、計算メッシュにおける直達日射量と散乱日射量の合計値として求め、時間別の直達日射量および散乱日射量は、近隣のアメダスポイントにおける、日照率および降水量の観測データから推定する。具体的な理論は、参考資料 1、3、4 をご覧いただきたい。

(3) 予め入手しておく必要があるデータ

- 対象エリアの標高データファイル（ファイル 3 ; HIGH50m.txt）
- 時間別のアメダス観測データ（日照時間、降水量）（ファイル 46）
- Null 値データ（ファイル 35）

(4) 日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データ作成アプリケーション群（図Ⅲ-9）

日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データの作成では、上記 3 つ工程に対応する「地理的データ作成」「直散日射量データ作成」「日積算日射量」のアプリケーション群を用いる。



図Ⅲ-9 日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データ作成アプリケーション群

(5) 具体的手順

【①地理データ作成】

ア. 傾斜角・方位角データの作成

- ① 気温の 50m メッシュ精密気象データ作成手順の【②基礎データ作成工程】ア. 地形データの作成手順により対象エリアの標高データファイル（ファイル 3 ; HIGH50m.txt）を作成し、【傾斜角・方位角計算】アプリケーションフォルダーにコピーする。
- ② 【傾斜角・方位角計算】アプリケーション（slope.exe）を実行する。これにより、地形データと同じフォーマットの傾斜角データファイル（ファイル 40 ; slope.txt）と方位角データファイル（ファイル 41 ; dir.txt）の 2 つのデータファイルが作成される。

イ. 遮蔽角データの作成

- ① 気温の 50m メッシュ精密気象データ作成手順の【②基礎データ作成工程】ア. 地形データの作成手順により対象エリアの標高データファイル（ファイル 3 ; HIGH50m.txt）を作成し、【遮蔽角計算】アプリケーションフォルダーにコピーする。
- ② 【遮蔽角計算】アプリケーション（shade.exe）実行する。これにより、直達日射の遮蔽角データファイル（ファイル 42 ; shade.txt）が作成される。作成される遮蔽角データファイルには、周囲を 5 度刻みした 72 方位における、10km 先までの地形による直達日射の最大遮蔽角を正弦関数で示した数値が、1 メッシュにつき 1 行ずつ 72 個のデータとして記録されている。このとき、1 行目が作成エリアの南西端で最終行が北東端となる。

ウ. 天空率データの作成

【天空率計算】アプリケーションフォルダーに、遮蔽角計算アプリケーションで作成した遮蔽角データファイル（ファイル 42 ; shade.txt）をコピーし、【天空率計算】アプリケーション（skyview.exe）を実行する。これにより、地形データと同じフォーマットの天空率データファイル（ファイル 43 ; skyview.txt）が作成される。

【②直散日射量データ作成】

ア. 水平面大気外日射量データの作成

【大気外日射計算】アプリケーション（大気外日射.exe）を実行し、利用するアメダスポイントの緯度を入力することで、直達日射量の推定に必要な、アメダスポイントにおける時間別の水平面大気外日射量データファイル（ファイル 44）が作成される。また同時に、基準蒸発散量データの作成に利用する、日別の水平面大気外日射量データファイルが作成される（ファイル 45）。

イ. アメダスデータの作成

- ① 【アメダス整理】アプリケーションフォルダーに日照時間及び降水量の時間別のアメダスデータ（ファイル 46）をコピーし、テキストエディタ等でスペース区切りのデータに編集する。このとき、アメダスデータのファイル名を AMENAME.txt に記載する。そして、上記ア. で作成した水平面大気外日射量データ（ファイル 44）をコピーし、そのファイル名を SLNAME.txt に記載する。

- ② 【アメダス整理】アプリケーション（アメダスデータ整理.exe）を実行する。これにより、直達日射量および散乱日射量の推定に必要なデータファイル（ファイル 47）が作成される。データファイルのフォーマットは、年・月・日・時・日照時間・降水量・水平面大気外日射量・太陽高度角の順にスペース区切りとなっている。また、太陽高度角は正弦関数で表記されており、この値が 0.1 以上の場合のみ記録されるようになっている。

ウ. 直達日射量データ及び散乱日射量データの作成

- ① 【直散日射計算】アプリケーションを使ってアメダス観測値から、直達日射量と散乱日射量の時間別値を作成する。本アプリケーションでは、使用するファイル名のリストを infile.txt に記載するとともに、それに対応する出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。
- ② 【直散日射計算】フォルダーに、上記イ. で作成されたデータファイル（ファイル 47）をコピーし、infile.txt にファイル名を記載する。
- ③ 【直散日射計算】アプリケーション（直散データ.exe）を実行する。これにより、outfile.txt で指定した、アメダスポイントにおける直達日射量と散乱日射量の時間別積算値（単位は、MJ/m²）のデータファイル（ファイル 48）が作成される。

【③メッシュデータとして生成する工程】

- ① 【日積算日射量計算】アプリケーションフォルダーに、以下のファイルをコピーする。そして、出力ファイル名リストを outfile.txt に記載する。
 - Ⅲ-1 (5) の【⑤⑥⑦メッシュデータとして生成する工程】にある【Null 値】アプリケーション（Null 値作成.exe）で Null 値データファイルを作成する（ファイル 35；

Nullvalue.txt)。

- 本項の「地理データ作成」アプリケーション群で作成した地理データファイル（ファイル 40 (slope.txt)、ファイル 41 (dir.txt)、ファイル 42 (shade.txt)、ファイル 43 (skyview.txt))
- 本項の「直散日射量データ作成」アプリケーション群で作成した直達・散乱日射量データファイル（ファイル 48）

② infile.txt ファイルに作成した直達日射量と散乱日射量の時間別データファイル名（ファイル 48）を記載する。そして、outfile.txt ファイルに作成するデータファイル名を記載する。【日積算日射量計算】アプリケーション（result.exe）を実行する。これにより、日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データが作成される（ファイル 49）。作成されるデータファイルのフォーマットは、気温の 50m メッシュデータと同じである。

3. 相対湿度の 50m メッシュ精密気象データ作成手順

(1) 作成方法の概要

日平均相対湿度の具体的な推定は、以下の手順で行われる。なお、予め、本手順書Ⅲ-1. の作成手順 (p.8~27) に従って、気温の 50mメッシュ精密気象データを作成しておく必要がある。

- ① 【日平均水蒸気圧データ作成工程】日最低気温データから、日平均水蒸気圧データを作成する。
- ② 【日平均飽和水蒸気圧データ作成工程】日最高気温および日最低気温データから、日平均飽和水蒸気圧データを作成する。
- ③ 【メッシュデータとして生成する工程】日平均飽和水蒸気圧データおよび日平均水蒸気圧データから、日平均相対湿度データの 50m メッシュ精密気象データを作成する。

なお、日平均相対湿度の 50m メッシュ精密気象データを作成するためのアプリケーション (参考資料 5) を試作しており活用でき、以下 (4) 項に示す通り、上記の 3 つの工程を同時に行うことができる。

(2) データ作成の考え方

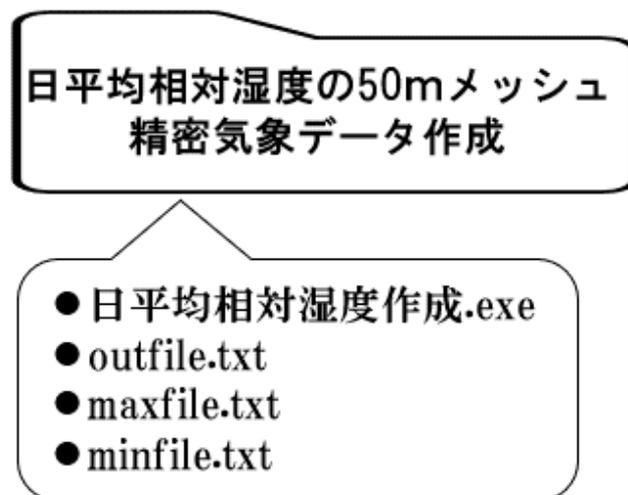
日平均相対湿度の 50m メッシュ精密気象データは、対象地域において作成した、日最高気温及び日最低気温の 50m メッシュ精密気象データを用いて、国連食糧農業機関 (FAO) の灌水に関するガイドライン「FAO Irrigation and Drainage Paper No.56」に記載の方法で計算される。具体的な理論は、参考資料 4 をご覧いただきたい。

(3) 予め入手しておく必要があるデータ

- 気温の 50m メッシュ精密気象データ (ファイル 39)

(4) 具体的手順

- ① 【日平均相対湿度の 50m メッシュ精密気象データ作成】アプリケーションフォルダーに本手順書Ⅲ-1.の方法で作成した、日最高気温及び日最低気温の 50m メッシュ精密気象データ (ファイル 39) をコピーし、日最高気温のファイル名を maxfile.txt に、日最低気温のファイル名を minfile.txt に記載する。出力するファイル名リストを outfile.txt に記載する。
- ② 【日平均相対湿度の 50m メッシュ精密気象データ作成】アプリケーション (日平均相対湿度作成.exe) を実行する。これにより、outfile.txt で指定した、気温と同じフォーマットの日平均相対湿度の 50m メッシュ精密気象データ (ファイル 50) が作成される。



図Ⅲ-10 日平均相対湿度の 50m メッシュデータ作成アプリケーションのフォルダー構成

4. 日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データ作成手順

(1) 作成方法の概要

日積算基準蒸発散量の推定は、以下の手順で行われる。なお、予め、本手順書Ⅲ-1. と2. の作成手順（p.8～34）に従って、気温および日射量の 50mメッシュ精密気象データを作成しておく必要がある。

- ① 日最高気温、日最低気温、そして日積算日射量データから、純放射量データを作成する。
- ② 日最高気温および日最低気温データから、飽和蒸気圧曲線の勾配データを作成する。
- ③ 標高データから、乾湿計定数を求める。
- ④ 作成した、純放射量、飽和蒸気圧曲線の勾配、乾湿計定数から、Priestly-Taylor 法により、基準蒸発散量を求める。

なお、日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データを作成するためのアプリケーション（参考資料 5）を試作しており活用できる。

(2) データ作成の考え方

基準蒸発散量（Reference Evapotranspiration）とは、作物に応じた作物係数（Crop coefficient）を乗ずることで、農地からの蒸発散量を決定し、圃場の必要かん水量を評価できる気象要素である。また、土壌水分変化の評価にも利用される。

本技術による日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データは、対象地域において作成した、気温、日射量の 50m メッシュ精密気象データを用いて、国連食糧農業機関（FAO）の灌漑に関するガイドライン「FAO Irrigation and Drainage Paper No.56」に記載の方法で計算する。具体的な理論は、参考資料 4 をご覧いただきたい。

(3) 予め入手しておく必要があるデータ

- 対象エリアの標高データファイル（ファイル 3 ; HIGH50m.txt）
- 気温の 50m メッシュ精密気象データ（ファイル 39）
- 日別の水平面大気外日射量データ（ファイル 45）
- 日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データ（ファイル 49）

(4) 具体的手順

- ① 【基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データ作成】アプリケーションフォルダーに本手順書Ⅲ-1.と2.で作成した気温データ（ファイル 39 ; 日最高気温、日最低気温）、日積算日射量（ファイル 49）、日別の水平面大気外日射量データ（ファイル 45）、及び標高の 50m メッシュデータ（ファイル 3）をコピーする。そして、ファイル名を maxfile.txt（ファイル 39;日最高気温）、minfile.txt（ファイル 39;日最低気温）、solarfile.txt（ファイル 49）、TereSolarfile.txt（ファイル 45）に記載する。またこのとき、コピーした日別の水平面大気外日射量データは、コピーした気温データ（ファイル 39）と日射量データ（ファイル 49）と同じ期間（月・日）としておく。出力ファイル名を outfile.txt に記載する。
- ② 【基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データ作成】アプリケーション（基準蒸発散量作成.exe）を実行する。これにより、outfile.txt で指定した、気温と同じフォーマットの日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データ（ファイル 51）が作成される。

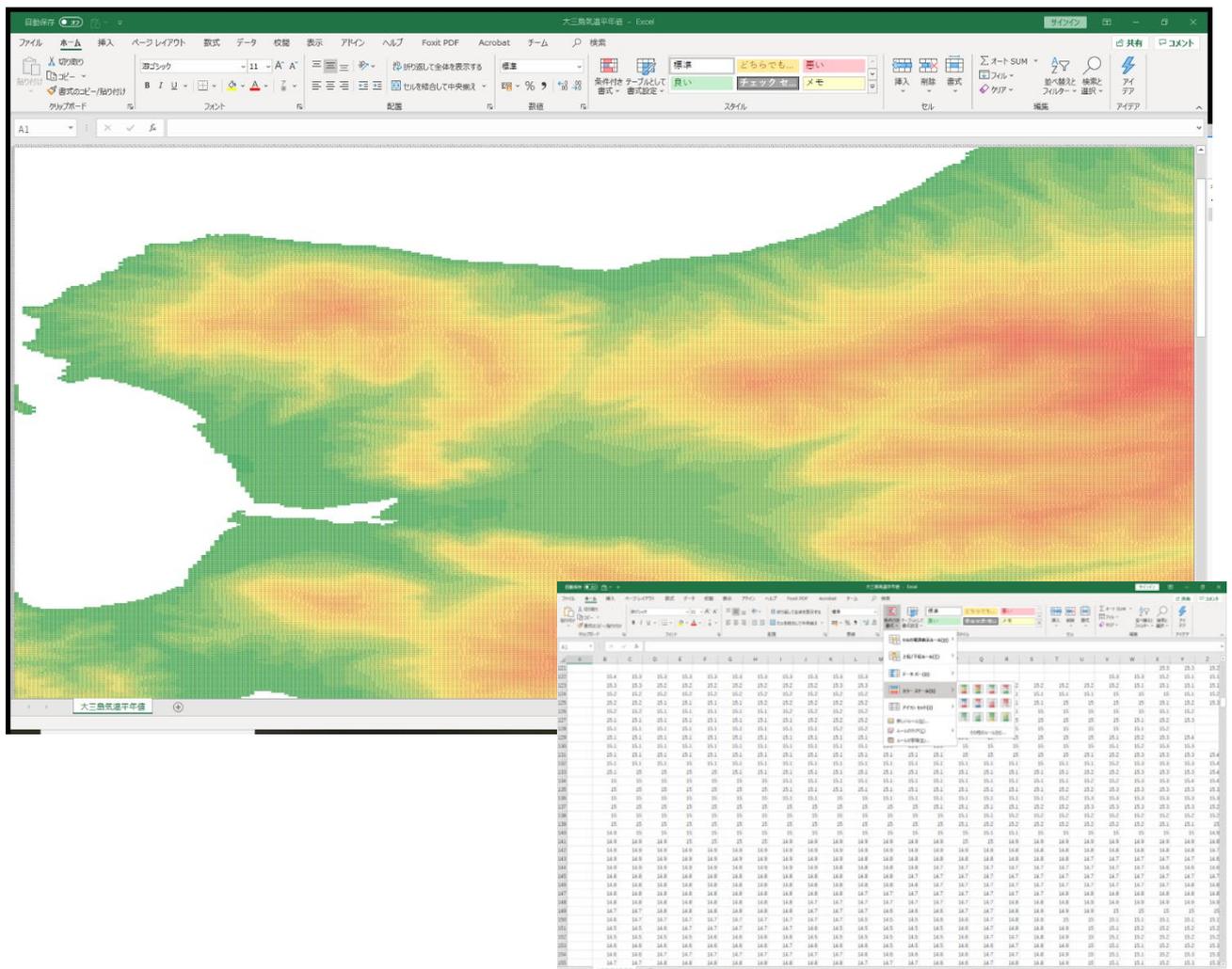
基準蒸発散量の50mメッシュ
精密気象データ作成

- 基準蒸発散量作成.exe
- outfile.txt
- maxfile.txt
- minfile.txt
- solarfile.txt
- TereSolarfile.txt
- HIGH50m.txt

図Ⅲ-11 日積算基準蒸発散量の50mメッシュデータ精密気象データ
作成アプリケーション

5. データ描画

作成された 50m メッシュ精密気象データは、必要な月日のデータ列を抜き出し、標高の 50m メッシュデータ「HIGH50m.txt」ファイルと同じデータ構造（行・列）に再構築することで、メッシュデータとして描画できる。データの描画は、GIS ソフト（ArcGIS, QGIS など）の利用が一般的であるが、縦横のメッシュを標高データと同じ配列で整理した 50m メッシュ精密気象データをマイクロソフトエクセルで読み込み、そのデータを「ホーム」-「条件付き書式」のカラースケール機能を使ってセルに色を付けることで、作成したメッシュデータを簡易に描画できる（図Ⅲ-12）。



図Ⅲ-12 エクセルのカラースケール機能によるデータの描画例

6. ファイルリスト

ファイル 番号	データ名	ファイル名	参照 ページ
1	JMC50m メッシュ (標高)	数値コード.mem	14
2	標高データテキストファイル	outfile.txt で指定	15
3	標高データファイル	HIGH50m.txt	15
4	気温のアメダスデータ	任意	16
5	アメダスポイントの温位データファイル	outfile.txt で指定	16
6	GSM バイナリーデータ	P.16 参照	16
7	GSM テキストデータ	outfile.txt で指定	17
8	GSM 座標データ	座標データ.txt	17
9	アメダスポイント近隣データ	アメダスポイント 近隣データ.txt	17
10	結合 GSM データ	outfile.txt で指定	18
11	GSM データ整理用データ	DATAFILE.txt	18
12	アメダスポイント上空の温位データファイル	outfile.txt で指定	18
13	RCS 値データファイル	outfile.txt で指定	18-19
14	地形因子データ (観測座標)	観測地点 XY 座標. txt	19
15	地形因子データ (平均標高)	aveh.txt	20
16	地形因子データ (標高差)	dish.txt	20
17	地形因子データ (開放度)	open Δ H.txt ΔH: -30,-20, -10,0,10,20,30	20
18	地形因子データ (傾斜の通過頻度)	valley.txt	20

19	地形因子データ（平均傾斜）	slope.txt	20
20	地形因子データ（海岸距離）	SeaD.txt	20
21	現地気温観測値データ	P.20 参照	20
22	観測値温位データ	日平均温位.txt 日最高温位.txt 日最低温位.txt	20
23	Tesc 値	outfile.txt で指定	21
24	Tssc 値	outfile.txt で指定	21
25	RCS 閾値	control.txt	22
26	閾値グループ別 Tesc 値	outfile.txt で指定	22
27	メッシュ作成用地形因子データ（標高）	標高.txt	25
28	メッシュ作成用地形因子データ（平均標高）	平均標高.txt	25
29	メッシュ作成用地形因子データ（標高差）	標高差.txt	25
30	メッシュ作成用地形因子データ（開放度）	open Δ H.txt ΔH：-30,-20, -10,0,10,20,30	25
31	メッシュ作成用地形因子データ（平均傾斜）	平均傾斜.txt	25
32	メッシュ作成用地形因子データ（傾斜の通過頻度）	通過頻度.txt	25
33	メッシュ作成用地形因子データ（通過メッシュ数）	valleyT.txt	25
34	メッシュ作成用地形因子データ（海岸距離）	海岸距離.txt	25
35	メッシュ作成用地形因子データ（Null 値）	Nullvalue.txt	25
36	Tesc 推定モデル係数データ	モデル係数.txt	26
37	Tesc 推定モデル地形因子ファイル一覧データ	Geofile.txt	26
38	地点間温位差 50m メッシュデータ	outfile.txt で指定	26

39	気温の 50m メッシュ精密気象データ	outfile.txt で指定	27
40	傾斜角データ	slope.txt	31
41	方位角データ	dir.txt	31
42	遮蔽角データ	shade.txt	31
43	天空率データ	skyview.txt	32
44	時間別の水平面大気外日射量データ	大気外データ.txt	32
45	日別の水平面大気外日射量データ	大気外日積算日射.txt	32
46	日照時間・降水量の時間別アメダスデータ	任意	32
47	直達日射量・散乱日射量計算データ	outfile.txt で指定	33
48	直達および散乱日射量の時間別積算値	outfile.txt で指定	33
49	日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データ	outfile.txt で指定	34
50	日平均相対湿度の 50m メッシュ精密気象データ	outfile.txt で指定	36
51	日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データ	outfile.txt で指定	38

赤字：入手が必要なデータ；太字：作成される 50m メッシュ精密気象データ

IV. 参考事例

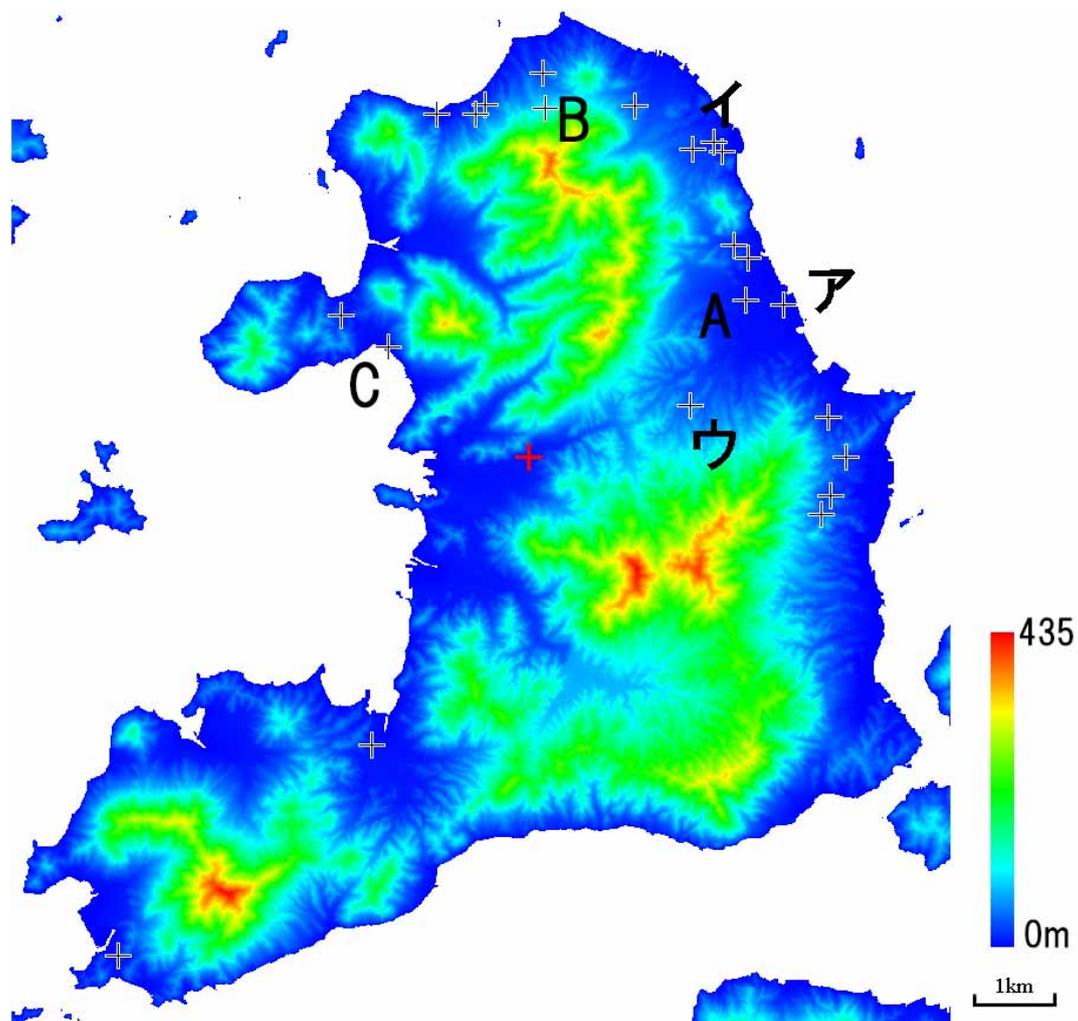
1. 大三島（愛媛県今治市）における事例

(1) 気温の 50m メッシュ精密気象データ

本手順書に示す手法により、瀬戸内海の大三島（愛媛県今治市）において、気温の 50m メッシュ精密気象データを作成した。データ作成のための現地気温観測では、自作の観測装置（図IV-1、参考資料2 参照）を用いた。この観測装置は、配管用保温材の内部に、データロガー内蔵の小型温度計（T&D, RTR502）を設置し、ソーラーパネルと蓄電池からなるファン（SUNVENT SVT-012M, SOLARTRON Inc., Taiwan）を取り付けたもので、図IV-2 に示す 20 地点に設置した。図IV-2 は、大三島の 50m メッシュ標高データと現地気温観測地点である。そして、気温推定モデルは、2014 年 5 月 17 日～12 月 19 日の観測値から作成した。



図IV-1 自作の気温観測装置

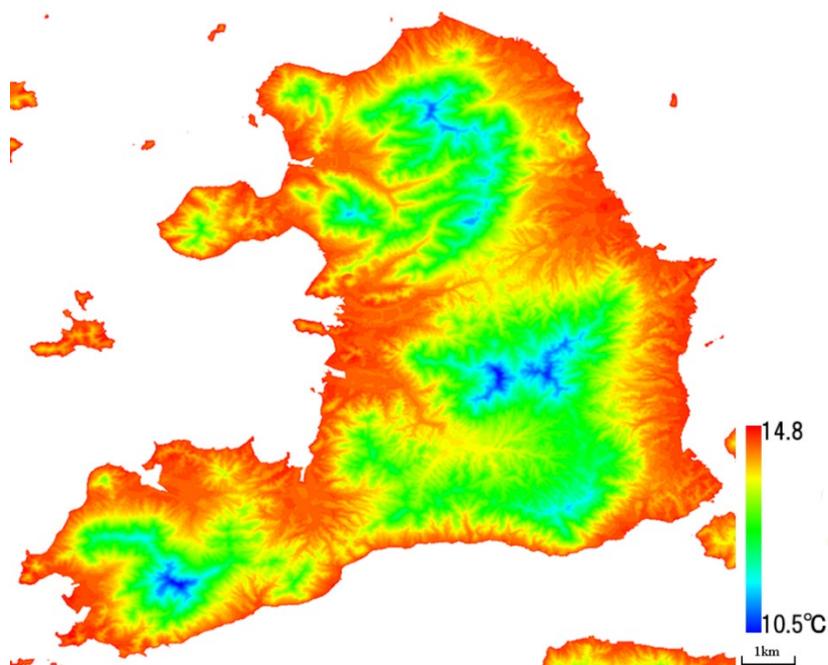


図IV-2 大三島の50mメッシュ標高データ

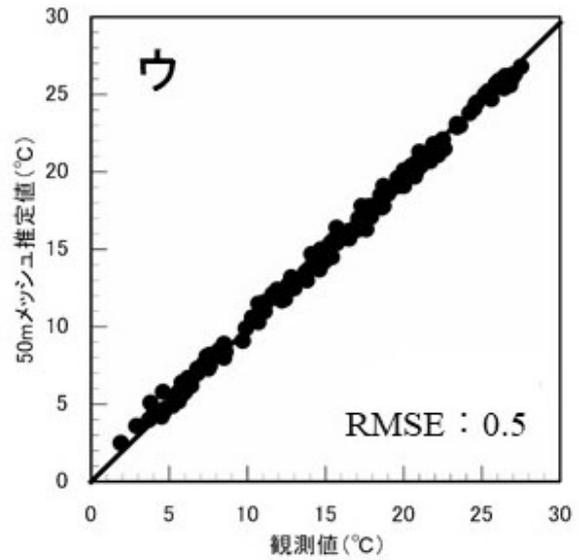
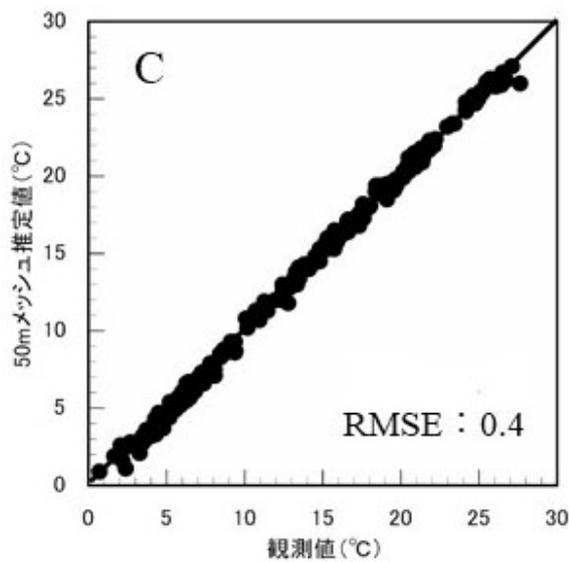
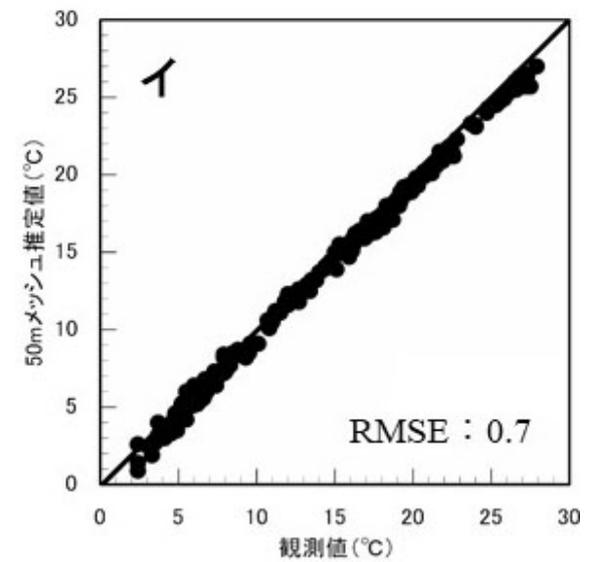
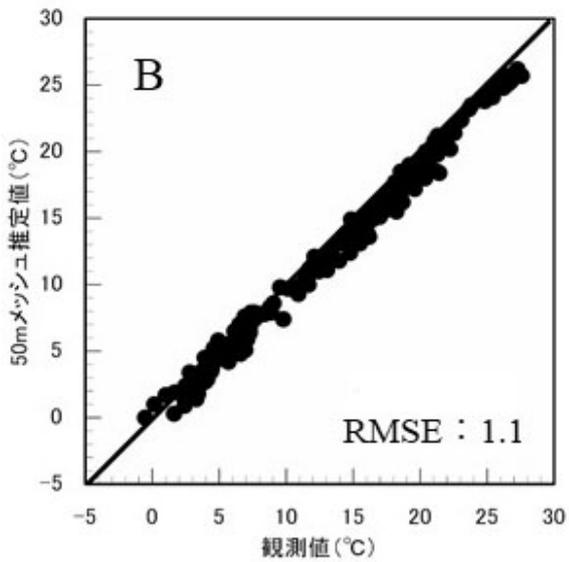
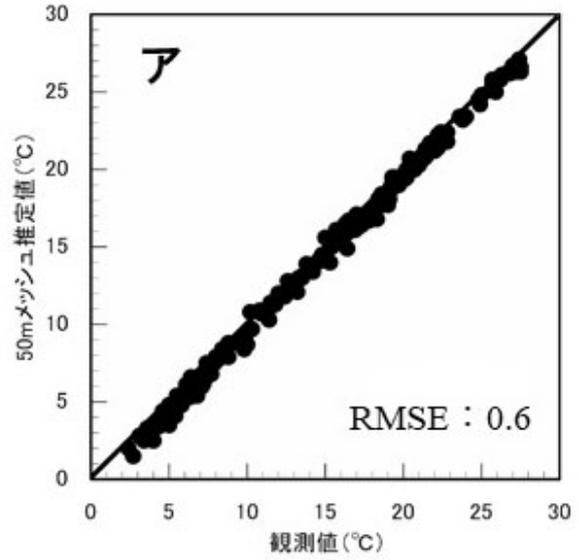
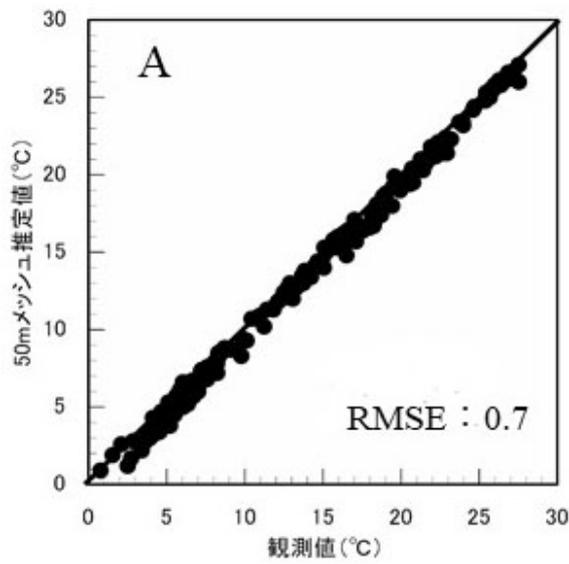
* 十字：気温観測地点（うち、ア～ウ：本章4項で紹介する気温データ自動収集装置設置地点、A～C：自作の気温観測装置による観測点）

本手順書に従い作成した、大三島における2015年の年平均気温の50mメッシュ精密気象データの作成事例を図IV-3に示す。そして、2015年1～7月において、図IV-2のA～C及びア～ウにおける、現地観測値と50mメッシュ精密気象データとを比較した結果が、図IV-4～6である。地点Aは海岸から内陸に入った平坦地、地点Bは、斜面上部の傾斜

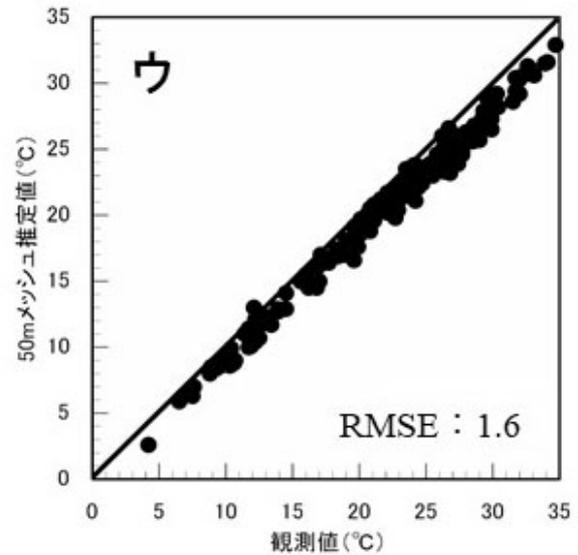
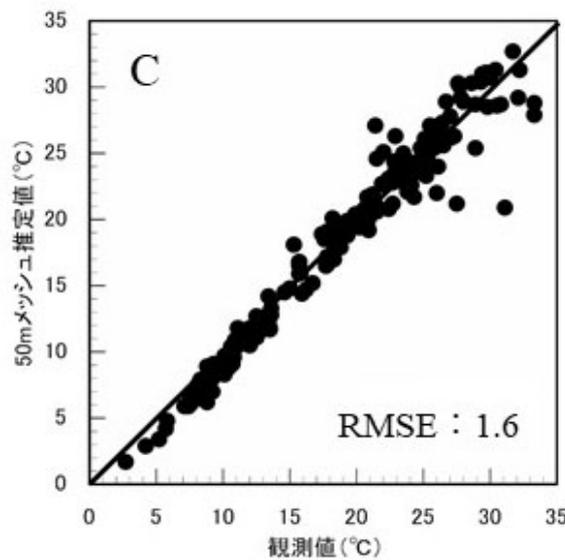
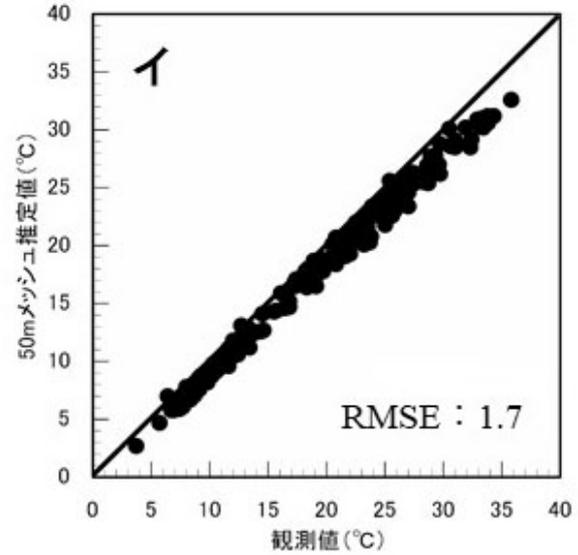
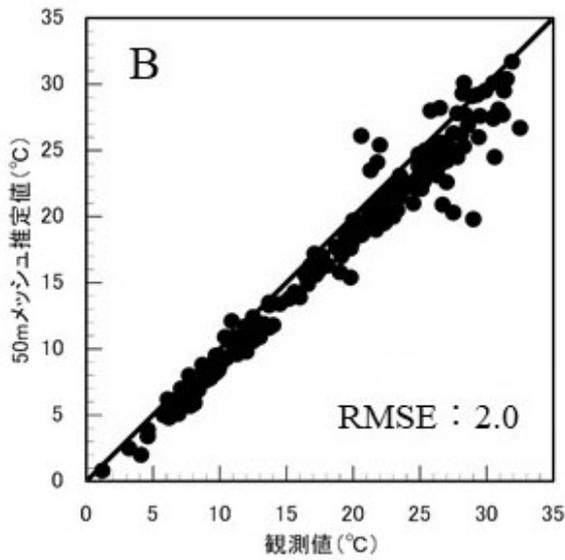
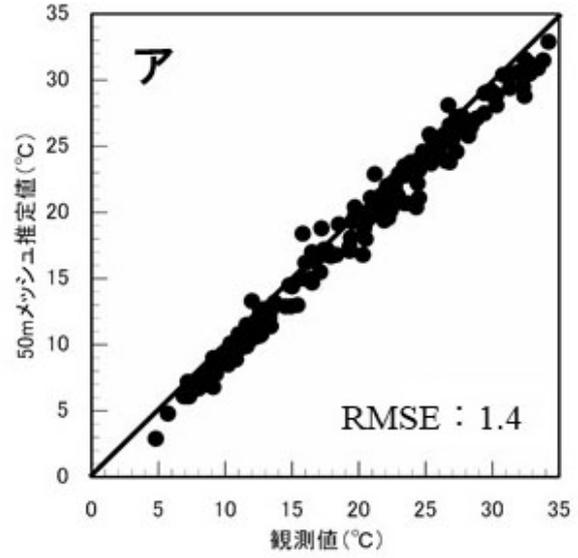
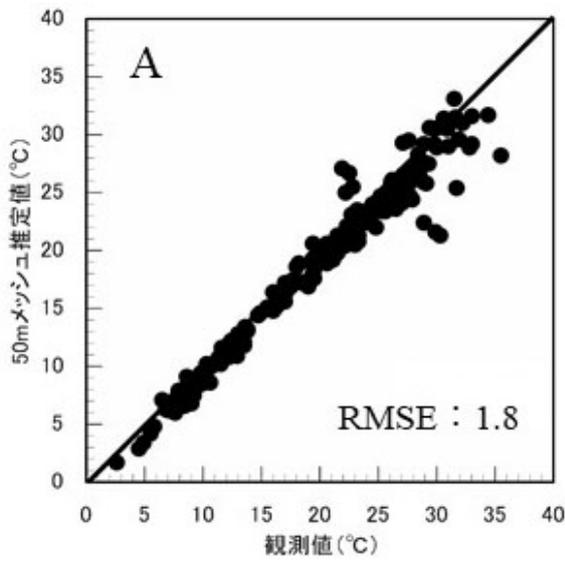
果樹園地、地点 C は海岸沿いの果樹園地である。A～C は、気温推定モデルの作成時期とは異なるデータであるが、気温推定モデルの作成に用いたのと同じ地点における観測値である。そして、地点ア及びイは、平坦地で、地点ウは、内陸で冷気のたまりやすい谷筋にある果樹園地である。ア～ウは、気温推定モデルの作成のために実施した現地観測地点とは別地点の結果である。また、本項目の図中に示される RMSE とは、気象庁が気温の検証指数として採用している、2 乗平均平方根誤差（Root Mean Square Error）の略称である。日平均気温の誤差に比べ、極値である日最高気温および日最低気温の推定精度は劣る。この傾向は、1km メッシュ農業気象データも同様である。また、本手法による 50m メッシュでのデータ精度は、傾斜地などにおいても、1km メッシュ農業気象データにおける平坦地の精度と同等であった。なお、気象庁の日最高気温と日最低気温の誤差は、RMSE1.5℃とされている。



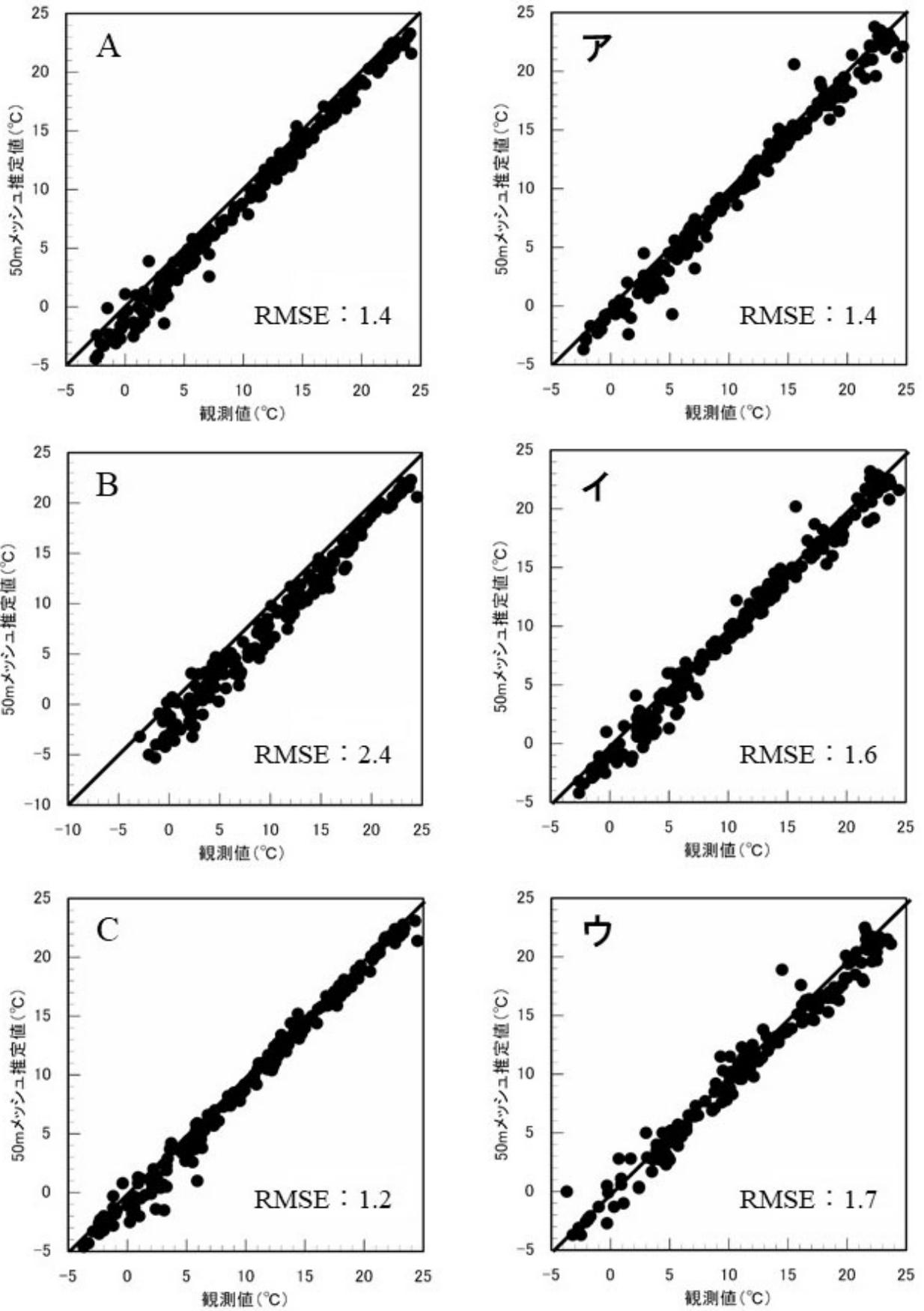
図IV-3 2015年における日平均気温の50mメッシュデータ



図IV-4 日平均気温の推定値と観測値 (2015年1~7月)



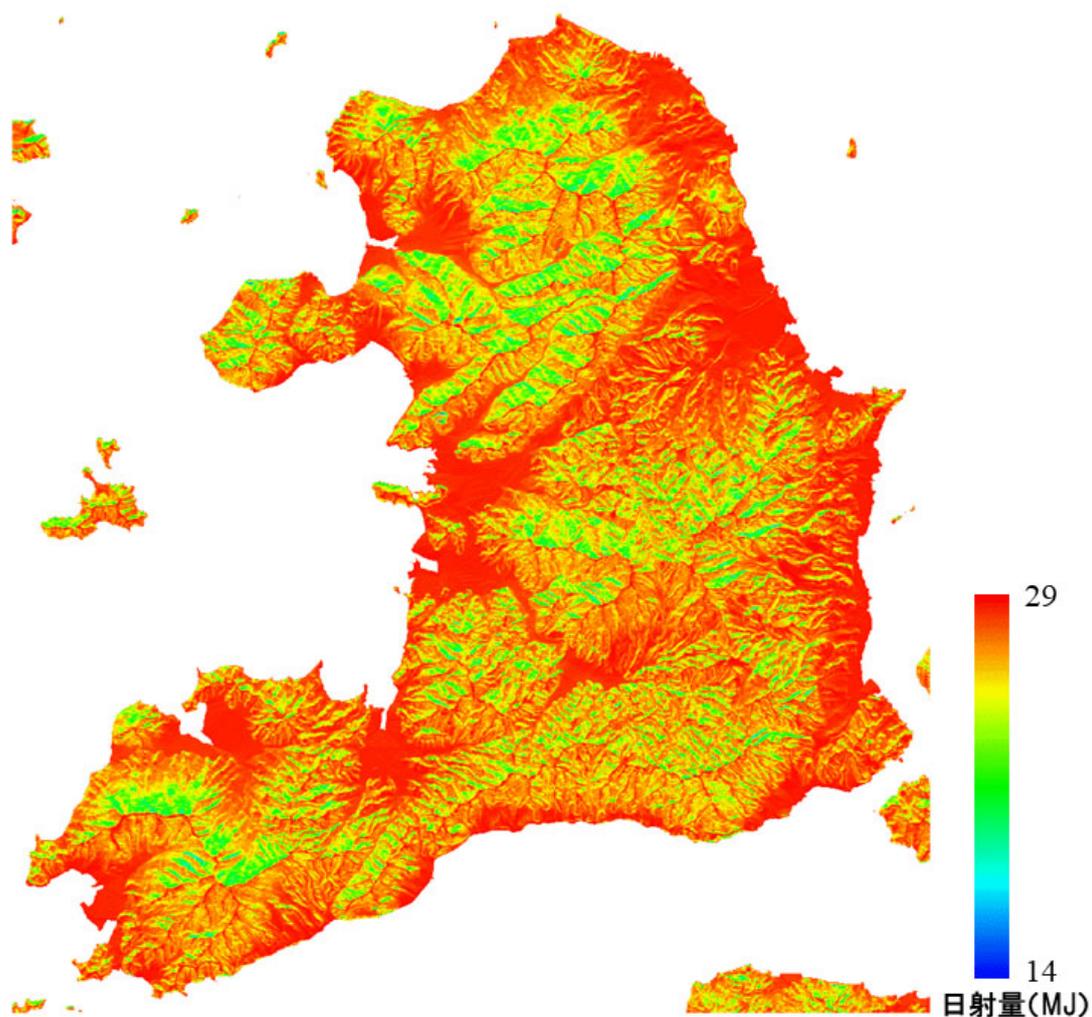
図IV-5 日最高気温の推定値と観測値 (2015年1~7月)



図IV-6 日最低気温の推定値と観測値 (2015年1~7月)

(2) 日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データ

本手順書に示す手法により、大三島における日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データを作成した。2014 年 7 月 25 日における作成事例を図IV-7に示す。

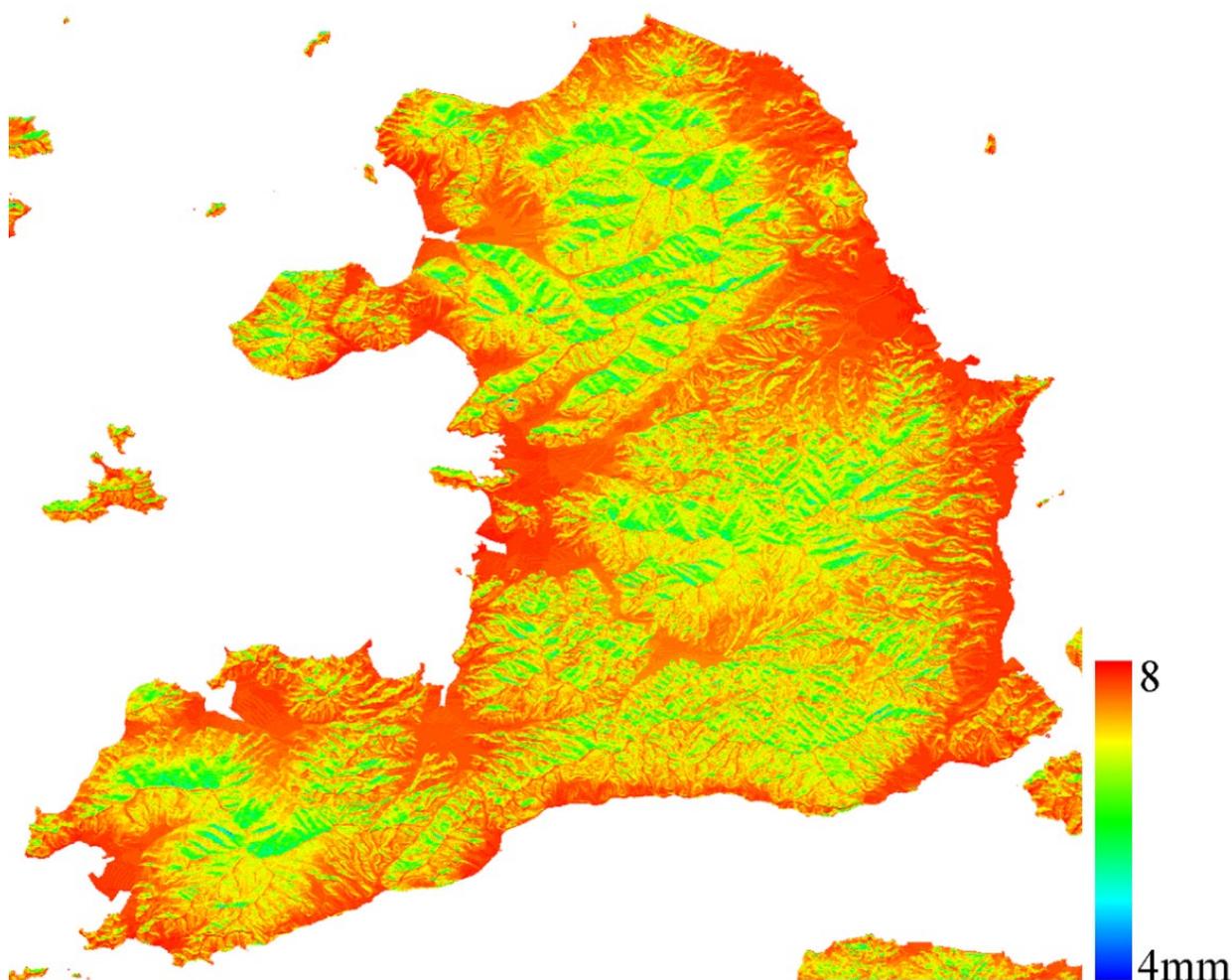


図IV-7 日積算日射量の 50m メッシュ精密気象データ
【アメダス日照時間：12.1 時間（2014.7.25）】

(3) 日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データ

本手順書に示す手法により作成した、気温、湿度、日射量の 50m メッシュ精密気象データから、大三島における日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データを作成した。

2014 年 7 月 25 日における作成事例を図IV-8に示す。

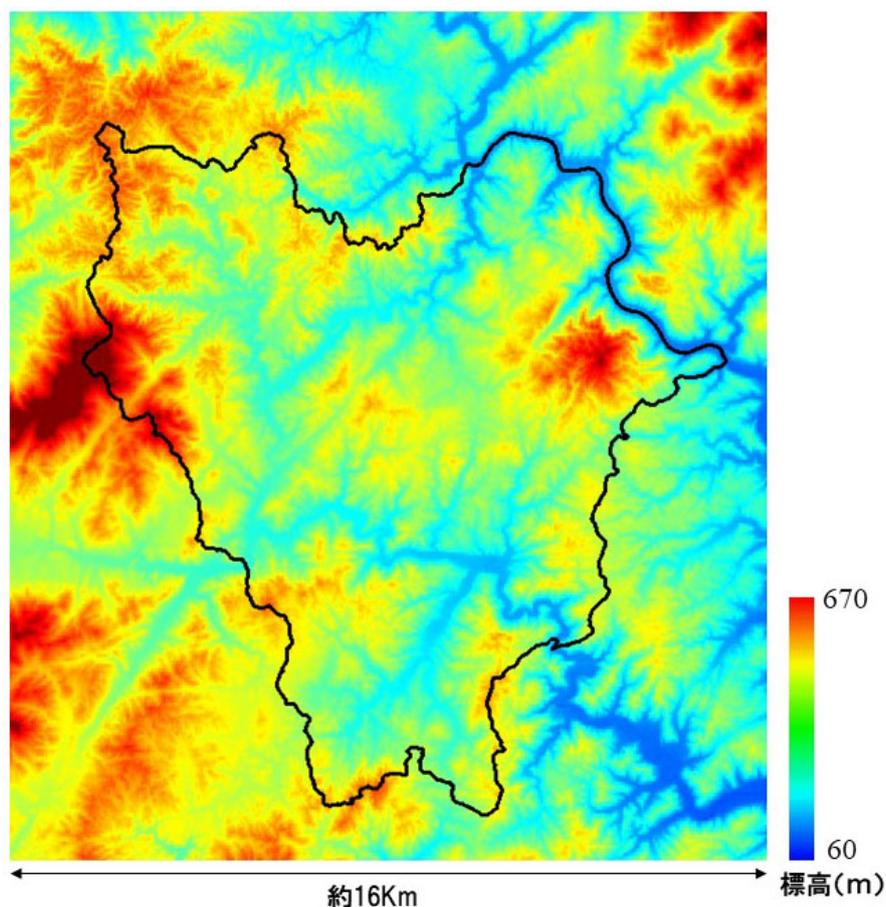


図IV-8 日積算基準蒸発散量の 50m メッシュ精密気象データ
(2014.7.25)

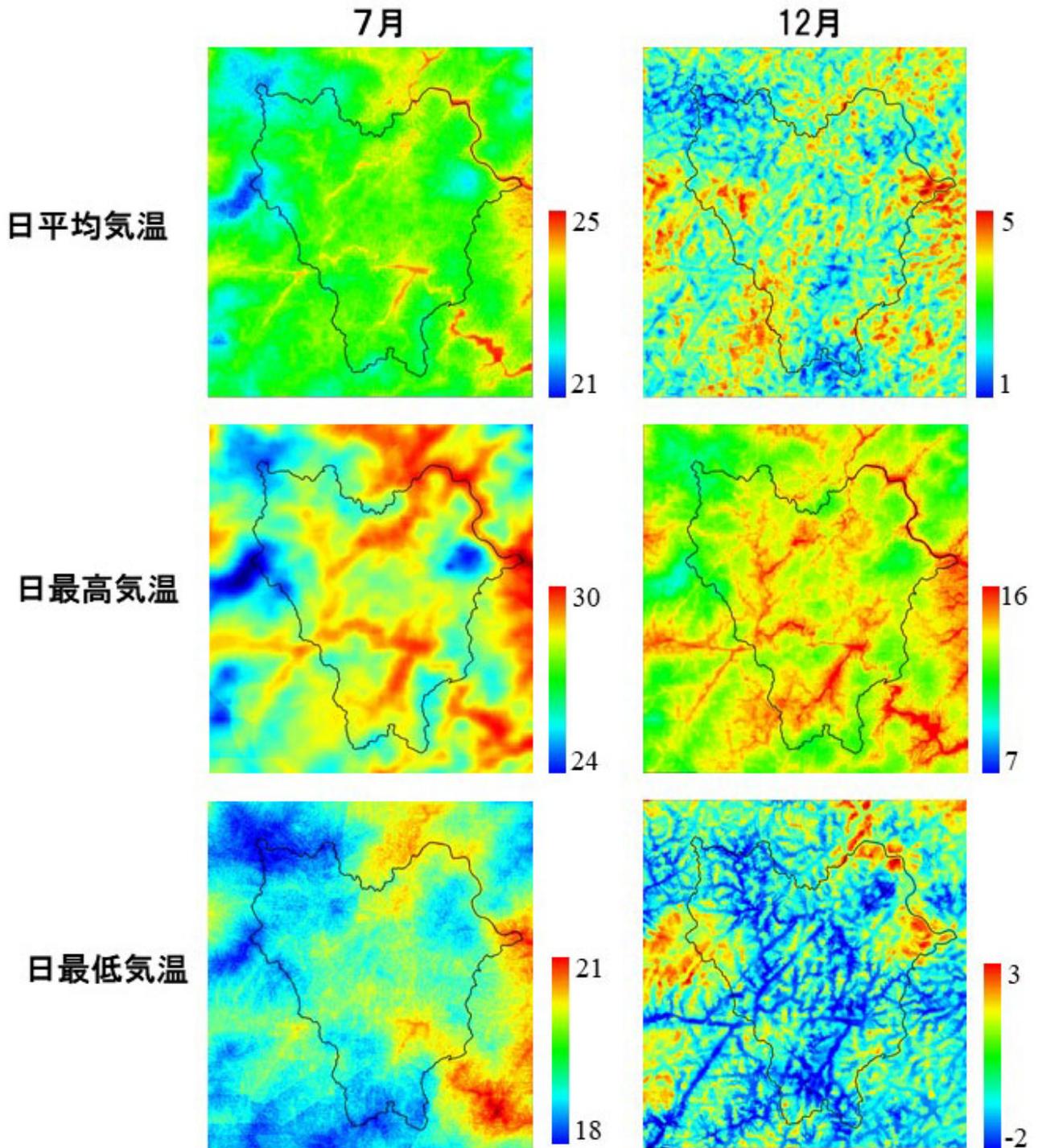
2. 岡山県加賀郡吉備中央町（旧加茂川町）における事例（参考）

(1) 月平均気温分布の 50m メッシュ精密気象データ

中山間地域の気温分布の実態調査を目的に、吉備中央町の旧加茂川町エリアにおいて、50m メッシュ気温データを作成した。旧加茂川町エリアは、図IV-9 のような、地形が複雑な中山間地域である。そして、月平均気温の 50m メッシュデータが図IV-10 である。ただし図IV-10 は、本手順書による 50m メッシュ精密気象データではなく、1999 年 4～12 月における 120 地点で得られた気温観測値を目的変数、地形因子を説明変数とするステップワイズ重回帰分析により、直接メッシュ化したものであるが、50mメッシュデータの特徴を示す事例として紹介する。



図IV-9 旧加茂川町エリアの 50m メッシュ標高（黒線：旧行政界）



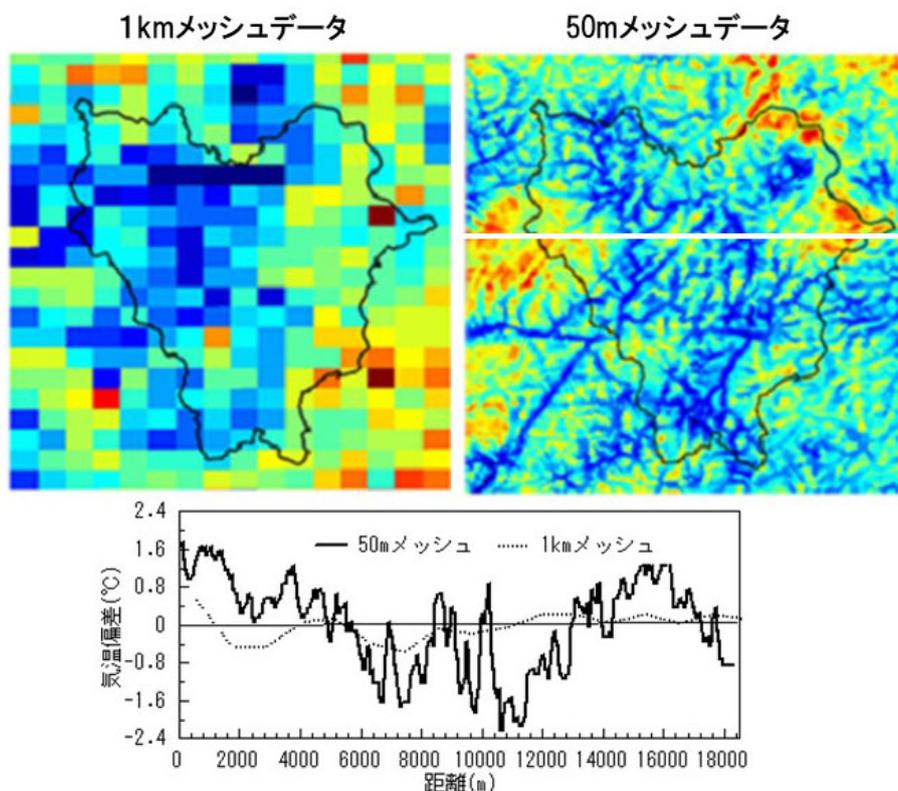
図IV-10 1999年の7月と12月における月平均気温の50mメッシュデータ

気温の50m精密メッシュデータにおける夏の気温分布は、概ね標高分布と同じ傾向を示すが、放射冷却により局地気象の発達が認められる秋から翌春にかけて、気温の50mメッシュ

精密気象データにおける平均気温及び最低気温は、逆転層の発達により、比較的標高の高い地域の気温が高くなる。

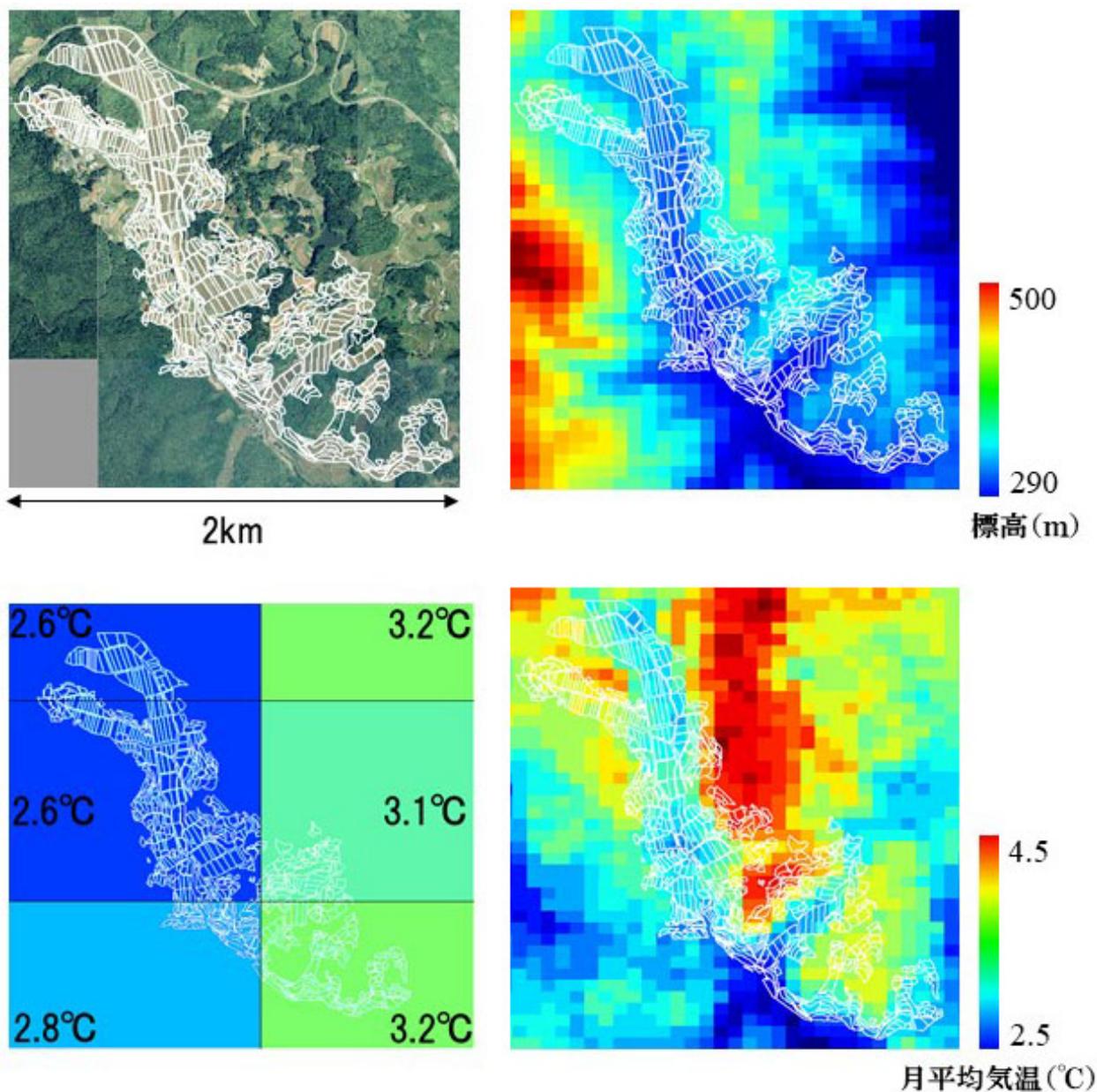
(2) 中山間地域における 50m メッシュ精密気象データと 1km メッシュ農業気象データの比較

50m メッシュ精密気象データは、西側の高標高地域等で見られる気温の逆転層の影響や地形の凹凸に応じた変化が、1 km メッシュ農業気象データよりも詳細に表現できる。図 IV-11 は、12 月の月平均最低気温の 50m メッシュ精密気象データと 1km メッシュ農業気象データ、そして、50m メッシュ精密気象データの白線部分における、全気温平均値に対する各メッシュの偏差を示したものである。



図IV-11 12月の月平均最低気温及び気温変化

図IV-12は、旧加茂川町の北西部の集落における、航空写真及び50mメッシュ標高データ、そして1999年12月の1kmメッシュ農業気象データと50mメッシュ精密気象データの月平均気温である。50mメッシュ精密気象データは、1kmメッシュ農業気象データよりも地形により生じる局地気象の状況をよく表すことができる。

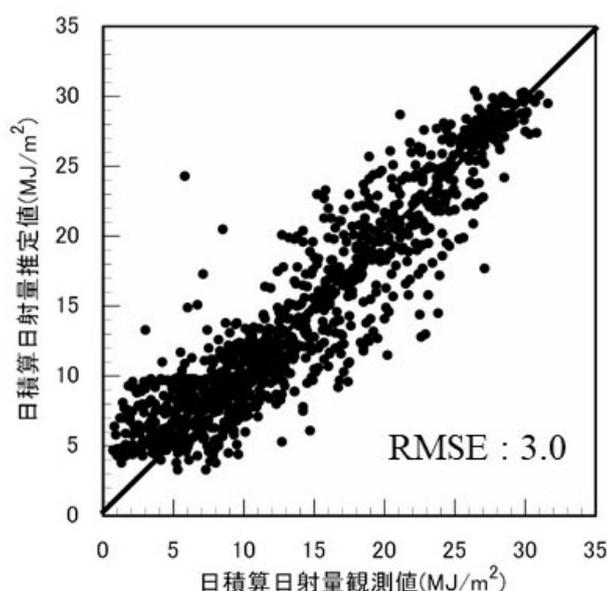


図IV-12 旧加茂川町集落における50mメッシュデータ（白線：水田区画）
 【左上：航空写真、右上：50mメッシュ標高、左下：1kmメッシュ気温、右下：50mメッシュ気温】

3. 本手順書の手法による日射量・湿度の推定精度

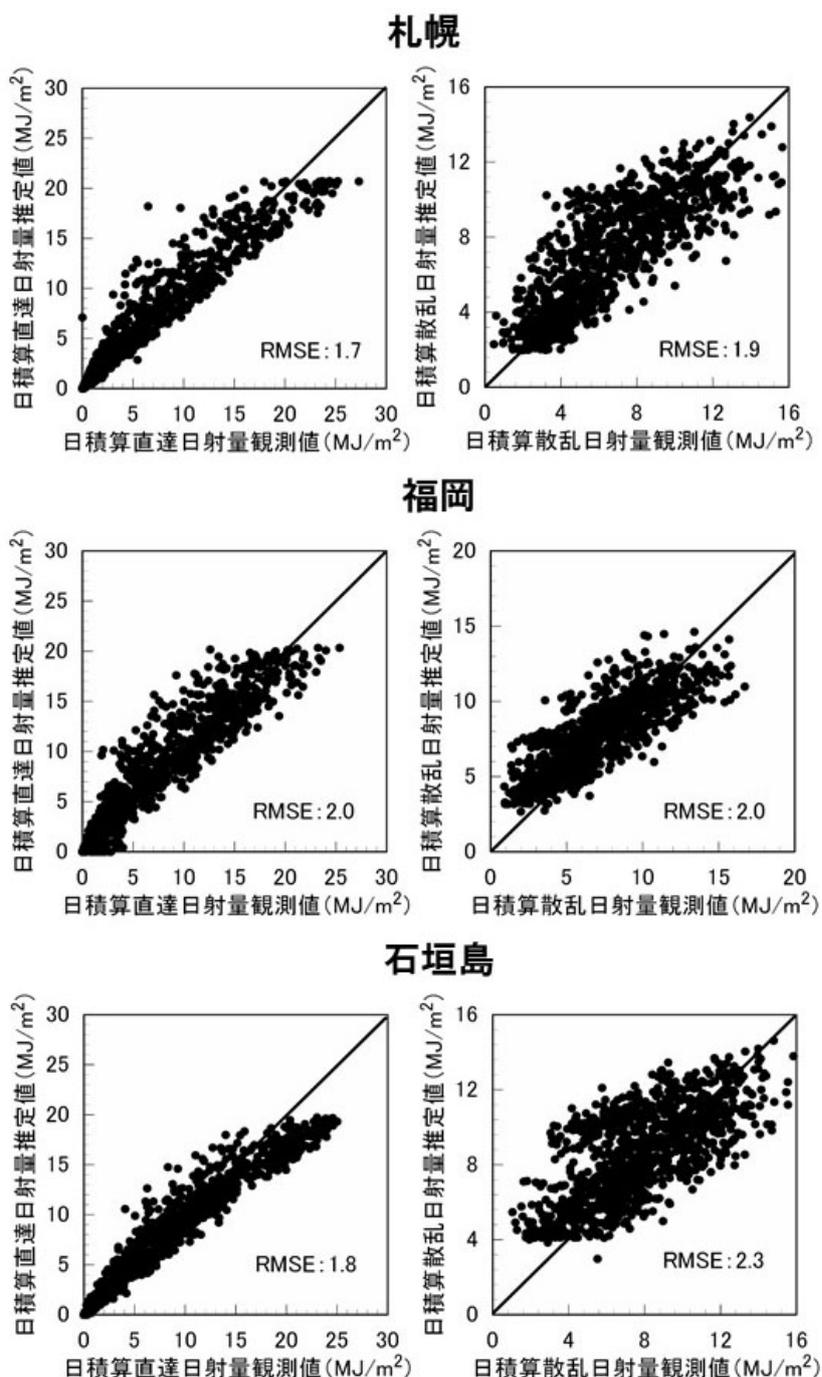
(1) 日射量推定手法の検証事例

本手順書にしめす手法による、日射量及び湿度の推定精度を農研機構西日本農業研究センター四国研究拠点生野地区の気象観測値を用いて検証した。生野地区の気象観測所（34.213219°， 133.785805°）は、大麻山の斜面に設置されている。また、気象値の推定に用いたアメダスデータは、約 5km 離れた財田アメダスポイント（34.231608°， 133.772072°）の観測値を用いた。図IV-13 は、2015 年 1～12 月において生野地区の気象観測所における日積算全天日射量を、観測値とアメダスポイントから推定された時間別の直達日射量及び散乱日射量データを用いて計算した推定値を比較したものである。アメダスポイントと四国拠点との天気の違いによる誤差が生じるが、推定値は概ね観測値の傾向と一致しており、無人での長期観測に向かない日射量データの取得方法としては妥当と考えられる。

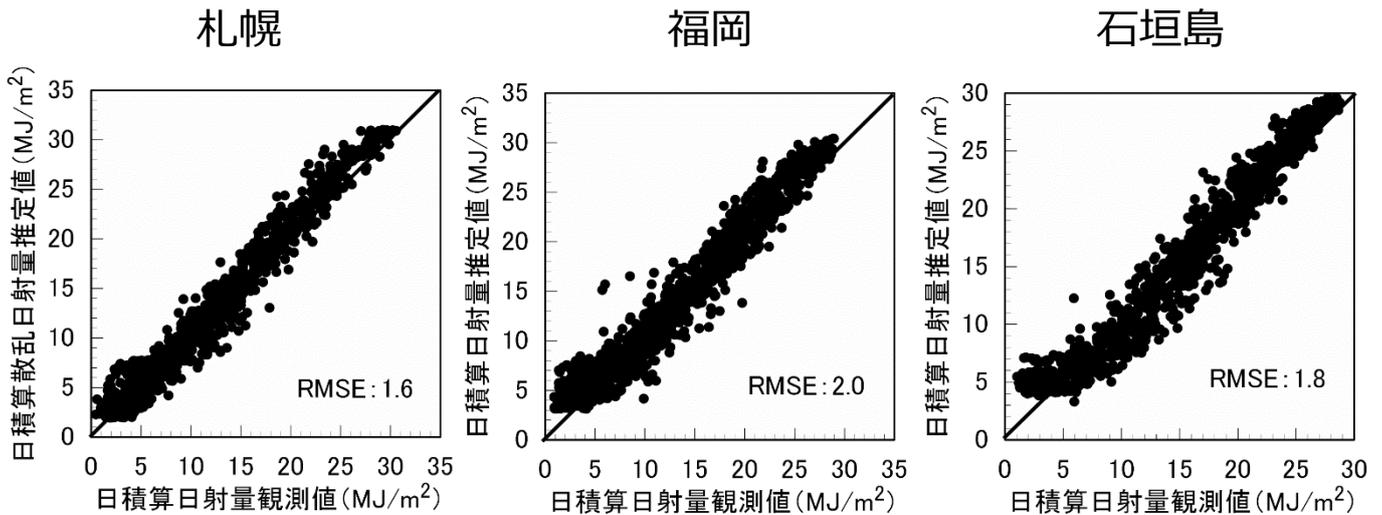


図IV-13 近隣のアメダス観測値から推定した四国研究拠点生野地区の日積算日射量の推定値と観測値

図IV-14は、札幌、福岡、石垣島の3つの気象台において、本手法により推定した直達日射量及び散乱日射量と各気象台における観測値を比較した結果である。誤差は、日積算値でほぼ $2\text{MJ}/\text{m}^2$ 以下であった。また、直達日射と散乱日射を合計した全天日射量の誤差は、単純な誤差の合計値ではなく、同じく $2\text{MJ}/\text{m}^2$ 以下であった（図IV-15）。



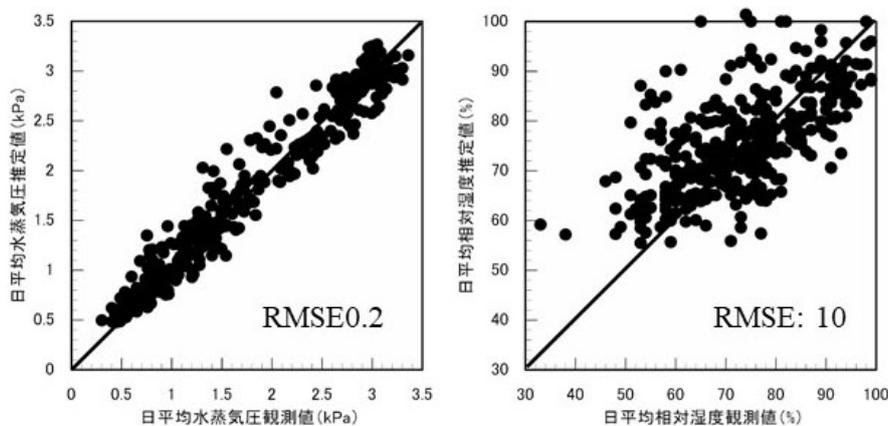
図IV-14 2012～2014年の1～12月における日積算直達日射量及び日積算散乱日射量の推定値及び気象台観測値



図IV-15 2012～2014年の1～12月における日積算全天日射量の推定値及び気象台観測値

(2) 湿度推定手法の検証事例

本手順書による手法により、財田アメダスポイントの観測値から推定した、2016年1～12月における生野地区の気象観測所の日平均水蒸気圧および日平均相対湿度データの推定値と観測値は、図IV-16のとおりであった。このとき、日平均気温と日最低気温のRMSEは、それぞれ、0.9℃と1.5℃であった。相対湿度の推定精度は、気温の推定誤差等も加味されることで、水蒸気圧よりも精度は劣る。



図IV-16 アメダス観測値から推定した日平均水蒸気圧および日平均相対湿度の推定値と観測値

4. 気温データ自動収集装置

農研機構は、商用電源の得られない任意の地点で精度の良い気温観測を実施するため、「気温データ自動収集装置」を開発しているので紹介する（参考資料4）。

気温データ自動収集装置は、NEDO“IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト”及び農林水産省“攻めの農林水産業の実現にむけた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）”において、以下の3つの条件を満たすことを目標に、(株)ビジョンテックと共同開発したものである。

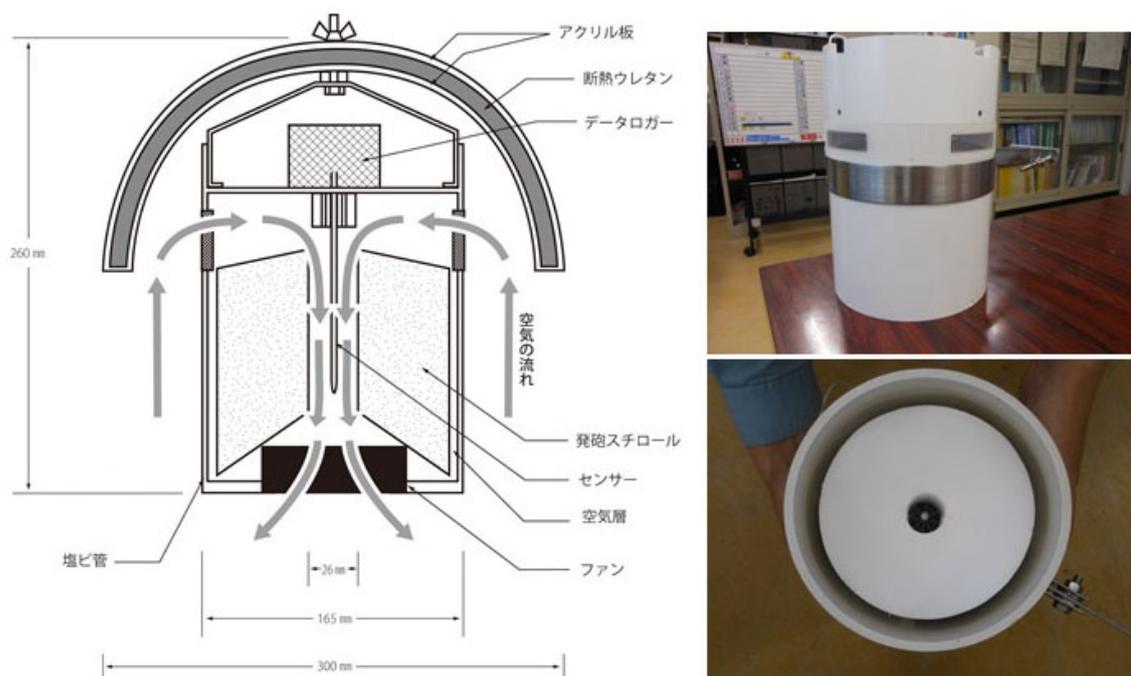
- AC電源を必要としない：どのような場所にも設置可能
- データを自動で収集できる：遠隔地に設置されていてもデータの監視が可能
- 測定値が放射の影響等により変化しない：アメダス等と同等のデータが取得可能

装置の外観は図IV-17のとおりで、12Wのソーラーパネル、データロガー一体型気温センサー（ティアンドディ、おんどとり RTR-502L）を内蔵した強制通風シェルター（H222mm,W267mm）、そして蓄電池（LONG, 12V 5AH, WPL5-12）と携帯電話回線によるデータ転送装置（ティアンドディ、RTR-500MBS-A）を内蔵した電源ボックスからなり、それぞれはφ48.6mmの単管パイプに取り付ける。強制通風シェルターは図IV-18のような構造で、上部4か所にある長方形の流入口から、センサーが設置されている通風孔に筒底部のファンで空気を取り入れる構造となっている。この構造により、装置周辺の風向・風速の影響を受けず、一定速度で流れる空気中にセンサーをさらしておくことができる。また、空気の通風孔は、発泡スチロールと空気の2重の層で外部からの放射の影響を遮断し、断

熱性を高めることでファンの消費電力（風速）を抑え、商用電源を必要としない観測を実現する。なお、気温データ自動収集装置の強制通風シェルターの構造に関する特許は、農研機構が保有している（参考資料 7）。

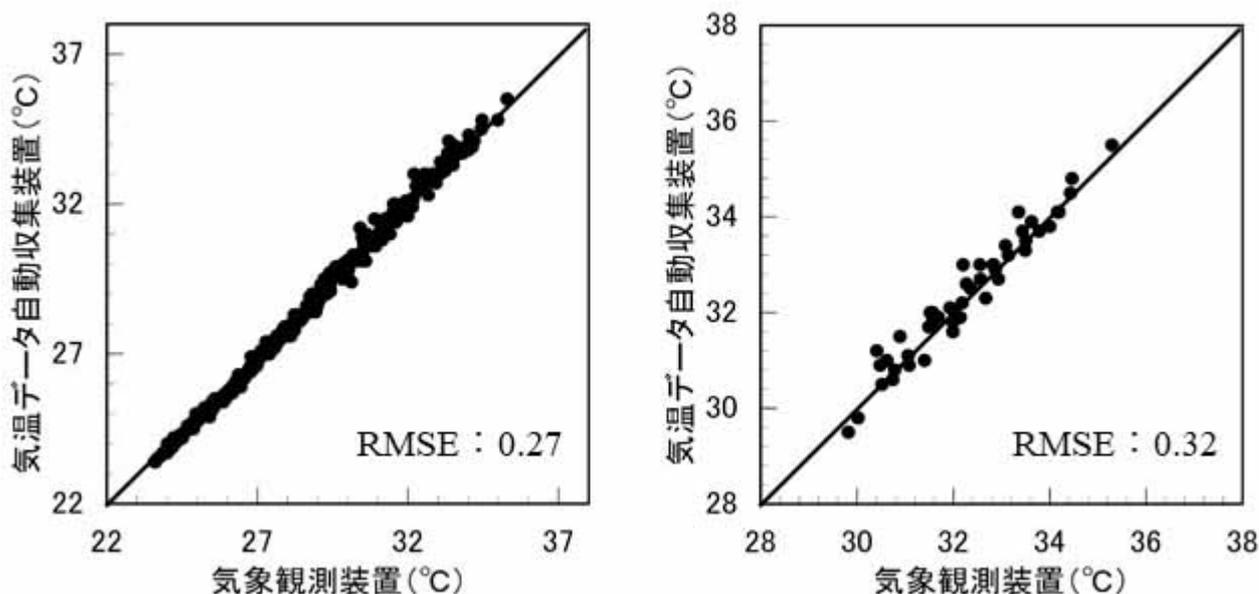


図IV-17 気温データ自動収集装置の外観



図IV-18 気温データ自動収集装置の強制通風シェルター

2019年7月19日～8月6日における、本装置における時間別の観測値を農研機構西日本農業研究センター四国研究拠点生野地区の気象観測所における時間別の観測値と比較した結果が、図IV-19である。比較した観測装置は、気象庁の規定（光沢のある金属及び断熱材で二重の筒を作り、上側に取り付けたファンで強制的に通風）に準じたシェルター内のセンサー（白金抵抗温度計、C-HPT クリマテック(株)）によるものである。四国研究拠点の気象観測装置のセンサー精度（ $\pm 0.15^{\circ}\text{C}$ ）と気温データ自動収集装置のセンサー精度（ $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ）の違いを考慮すると、気温データ自動収集装置のシェルターの性能は、アメダスと同等のものと判断できる。



**図IV-19 気温データ自動集装置および気象庁規程の装置による観測値
(左図：全期間データ，右図：日射量 700W/m² 以上時のデータ)**

知財等

- 本手順書に示した、放射冷却強度指標（RCS）による気温推定手法に関する特許は、農研機構が保有している（参考資料 6）。
- 本手順書による気温推定には、JCM50m メッシュ（標高）のほか、気象庁のアメダス観測値および気象庁「全球数値予報モデル GPV（日本域）」の各データが、気温データを作成する期間について必要である。
- アメダスデータは、気象庁のホームページから入手できる。また、気象庁「全球数値予報モデル GPV（日本域）」は、商用利用の場合、（一財）気象業務支援センターから購入する必要があるが、研究目的等であれば、京都大学生存圏研究所生存圏データベース（<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp>）の「グローバル大気観測データ／気象庁データ／数値予報 GPV」や、筑波大学計算科学研究センターの GPV/JMA Archive（<http://gpvjma.ccs.hpcc.jp/~gpvjma/index.html>）から、無償でダウンロードできる。

用語解説

- 温位：空気塊を乾燥断熱的に、気圧 1000hPa の基準高度まで可逆的に移動させた時に、その空気塊の示す気温。
- Tesc：アメダスポイントと推定地点との温位差を構成する、推定地点における要素値
- Tssc：アメダスポイントと推定地点との温位差を構成する、アメダスポイントにおける要素値
- RCS：上層気圧面と地上の温位差として定義される、天気の状態を分類するために提案された指標（スケール）で、放射冷却強度指標（Radiative Cooling Scale）の略称
- GPV:「Grid Point Value（格子点値）」の略。気象庁が、観測・解析データから、スーパーコンピューターを用いて、未来の気温、風、水蒸気量、日射量等の状態について3次元格子で予測したデータ。GPVデータには、格子間隔 20km の全球数値予報モデル（GSM）、格子間隔 5km のメソ数値予報モデル（MSM）、格子間隔 2km の局地数値予報モデル（LFM）がある。

* Tesc、Tssc、RCS については、参考資料 2 を参照

参考資料

1. 植山秀紀, 2008. 中山間地域農業におけるメッシュ気象図の利用. 近畿中国四国農業研究センター報告 7, 145-207.
https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/archive/laboratory/warc/report/002680.html からダウンロード可能
2. 植山秀紀, 2016. 栽培管理・営農の高度化に資する精密メッシュ気温データの作成. 近畿中国四国農業研究センター資料 12, 39-65.
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/archive/laboratory/warc/material/062319.html からダウンロード可能
3. 植山秀紀, 2017. アメダスから直達日射量及び散乱日射量の時間別値を推定する方法. 西日本農業研究センター2017年成果情報
https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/4th_laboratory/warc/2017/warc17_s11.html からダウンロード可能
4. 植山秀紀・柴田昇平・岡田周平・大木秀行, 2018. 露地における精密な栽培管理の実現に資する農地環境推定システム. 生物と気象 18, 76-85.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/cib/18/0/18_J-18-042/_article/-char/ja からダウンロード可能
5. 植山秀紀, 2019. 気温・日射量・相対湿度・基準蒸発散量の 50m メッシュデータ作成アプリケーション群の開発. 農研機構研究報告西日本農業研究センター19, 11-43.
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/warc/report/130202.html からダウンロード可能
6. 「気温推定方法及び気温推定システム」 特許第 4586171 号
7. 「測定装置」 特許第 6156792 号

付録：メッシュと座標の計算方法

地域 2 次メッシュの南北方向（緯度方向）は 1/12 度

地域 2 次メッシュの東西方向（経度方向）は 1/8 度

日本付近だと、ほぼ 10km×10km。

50m メッシュはその 1/200 なので、

緯度は 1/2400 度

経度は 1/1600 度

となる。

一般的な地域メッシュ表示サイト

https://maps.multisoup.co.jp/example/mesh/mesh_search.html

<http://www.gis-tool.com/mapview/areameshmap.html>

などでは 2 次メッシュの中心座標しか出してくれないので、

南西端の座標は以下の式で求める。

$$\begin{aligned} \text{lat}_s &= \text{lat}_c - 1/24 \\ &= \text{lat}_c - 0.0416666667 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{lon}_w &= \text{lon}_c - 1/16 \\ &= \text{lon}_c - 0.0625 \end{aligned}$$

ただし、

lat_s : 2 次メッシュの南端の緯度

lat_c : 2 次メッシュの中心の緯度

lon_w : 2 次メッシュの西端の経度

lon_c : 2 次メッシュの中心の経度

任意の地点 1,2 の間の 50m メッシュの数は、以下の式で求められる。

緯度 : $\text{round}((\text{lat}_1 - \text{lat}_2) * 2400, 1)$

経度 : $\text{round}((\text{lon}_1 - \text{lon}_2) * 1600, 1)$

ただし $\text{round}(x,1)$ は x を小数点 1 位で四捨五入することを表す。

なお、地形 2 次メッシュの西端・南端から、50m メッシュ計算領域の西端、南端までのメッシュ数を計算する場合は、上記の数に 1 を加える必要がある。

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 西日本農業研究センター 地域戦略部 084-923-5231



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。