

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

植山秀紀

キーワード：50mメッシュデータ，気温，日射量，相対湿度，基準蒸発散量

目次

I 緒言	13	3 中晩柑類「せとか」の 寒害発生リスク評価	29
II 50mメッシュ気象データ作成アプリケーション群とその利用方法	14	4 中山間地域における キャベツの生育予測	30
1 気温	14	5 地方自治体での活用事例	31
2 日射量	23	IV 摘要	31
3 相対湿度	25	謝辞	31
4 基準蒸発散量	26	引用文献	32
III 50mメッシュ気象データの作成例と活用事例	27	Summary	34
1 50mメッシュ気象データの作成事例	27	付録 (Appendix)	35
2 ウンシュウミカンの適地判定	29		

I 緒言

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。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、観測装置の維持管理に必要なコストの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困難である。このため、アメダスなどの公的データを面的に展開することで作成される、メッシュ気象データは非常に有用である。メッシュ気象データは、1980年代に気象庁が、降水量、気温、積雪深のメッシュ気候値データを開発したのが始まり²⁶⁾で、その後、メッシュ気候値は多くの公設試験場で整備され、1990年代に入ると、全国の公設試験場の実に3分の一以上で整備されている²⁸⁾。また、アメダス観測値から日々の気温データとなるリアルタイムメッシュの作成手法^{14,17)}が開発されて以降、メッシュ気象データの農業利用が活発となった。メッシュ気象データの農業利用における代表的

なもの、農林水産省東北農業試験場（現農研機構東北農業研究センター）の水稲冷害研究チームが開発した、水稲冷害早期警戒システムである。このシステムは、1kmメッシュの気温データ⁴⁾の提供だけでなく、葉いもちの感染好適条件や寒締めハウレンソウの糖度予測値など、多くの農業情報を配信している。そして現在では、農研機構農業環境変動研究センターにおいて、気温だけでなく、降水量、日照時間、全天日射量、下向き長波放射、相対湿度、風速、積雪深などの情報をもつ、メッシュ農業気象データ¹²⁾が整備されている。メッシュ気象データが活用され始めた当時は、インターネット環境などの情報通信インフラが未発達なため利用者は限られていたが、情報通信インフラが急速に発展した現在においては、公設試を中心に、メッシュ農業気象データの利用は拡大している。そして、農研機構は、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）において、高温障害の発生などへの注意を喚起する“早期警戒システム”および作物管理において農家の意思決定を支援する“栽培管理システム”の両方

の機能を備えたシステムを開発している。また、いくつかの民間企業が、独自のモデルにより、メッシュ気象データを開発し、それに基づくさまざまな情報の配信サービスを展開している。

現在、農業分野で扱われているメッシュ気象データの解像度は約1kmである。このため、中山間地域などの複雑地形地での利用を目的に、250m^{2,13)}や50m^{5,9,11,16,18,20)}の解像度をもつ、気温や日射量の高解像メッシュデータが開発されている。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を有する府県では、高解像メッシュデータの需要は高いと考えられるが、その作成には専門的な知識と技術が必要で、公設試の研究者や普及員などで50mメッシュ気象データを作成できる者は少ない。また、実際の農業現場では、気温や日射だけでなく、病害の発生と関連のある湿度や、かん水のタイミングや乾燥程度の指標となる基準蒸発散量といったデータも有用である。そこで、気象や地理のデジタルデータの処理、プログラミングなどの情報技術に関する専門知識を持たない研究員や普及員などであっても、50m解像度の気温、日射量、相対湿度、基準蒸発散量のメッシュ気象データが作成できるアプリケーション群を開発した。本報では、各アプリケーションの概要と利用方法について報告する。

II 50mメッシュ気象データ作成アプリケーション群とその利用方法

本報で報告するすべ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でのみ実行可能である。また、すべてのアプリケーションは、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、コンソールアプリケーションである。本アプリケーション群は、Windows8proおよびWindows10で動作確認済みである。そして、各アプリケーションの利用手順は、付録（Appendix）に別途記載されている。

本アプリケーション群をPCのハードディスクにコピーして利用する場合、フォルダー構成を変更することなく、コピーする必要がある。また、「infile.txt」ファイルや「outfile.txt」ファイルなどのコントロールファイルは、各フォルダーに記載例を示した

同ファイルが保存されている。

1 気温

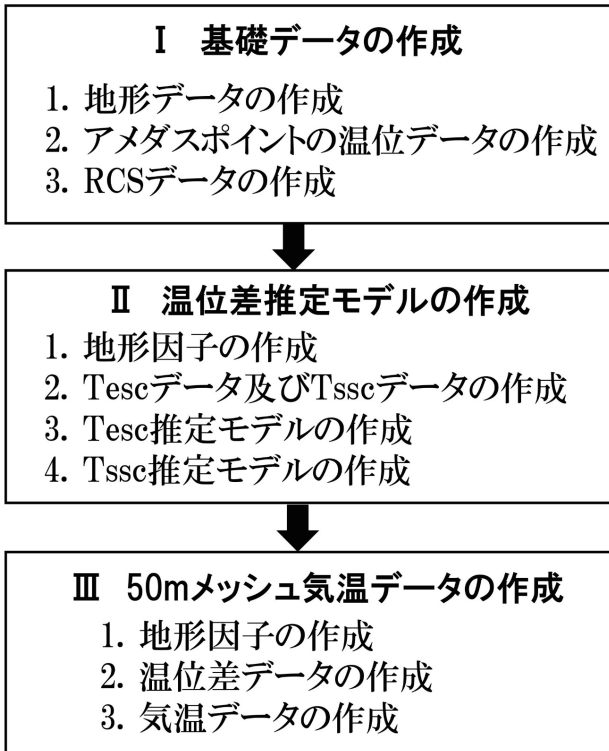
1) 50mメッシュデータの作成手法の概要

本報で紹介する50mメッシュ気温データ^{22,25,26)}は、現地における半年程度の気温観測値から、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開発することで、アメダス観測値に準じて作成される。このとき、すべての地点に共通している標高の影響を除去し、各地点特有の地形などの影響に基づく推定モデルとするため、気温は、温位に変換される。本手法では、地点間の温位差は、基準となる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^{21,23,24)}に基づき、各要素値の推定モデルを開発する。そして、各モデルは、天気を分類するための指標として、上層気圧面と地上との温位差で決定される、放射冷却強度指標（RCS：Radiative Cooling Scale）を用いて作成する。1地点の要素値であるTsscは、RCSを変数とする1次回帰モデルとし、Tescについては、RCSに応じて、2～3のグループに分類し、各グループの推定モデルを地形因子解析法で作成する。TsscおよびTescの詳細ならびに地形因子解析法による実際の50mメッシュ気温データの作成方法についての詳細は既報^{21,22,23,24,25,26)}に記載されている。事前にこれらの文献を読むことで、各アプリケーションと実際の作業工程への理解は容易になる。

新規に設置した気温観測装置の観測値を内挿するため、装置の設置期間のデータしか作成できない他の手法^{11,13,18,20)}に対して、本報の手法で作成される50mメッシュ気温データは、アメダスポイントとの気温地点間差の推定モデルを作成して以降の現地観測は不要なうえ、過去のデータも作成可能な点において優位性をもつ。さらに、平年値の作成が可能な本手法による50mメッシュ気温データは、気象庁の季節予報で発表される約1か月先までの平年差に基づく、気温の将来予測も可能となる。

2) 50mメッシュデータの作成手順

50mメッシュ気温データの作成手順を第1図に示す。そしてアプリケーション群を第1表に、各アプ



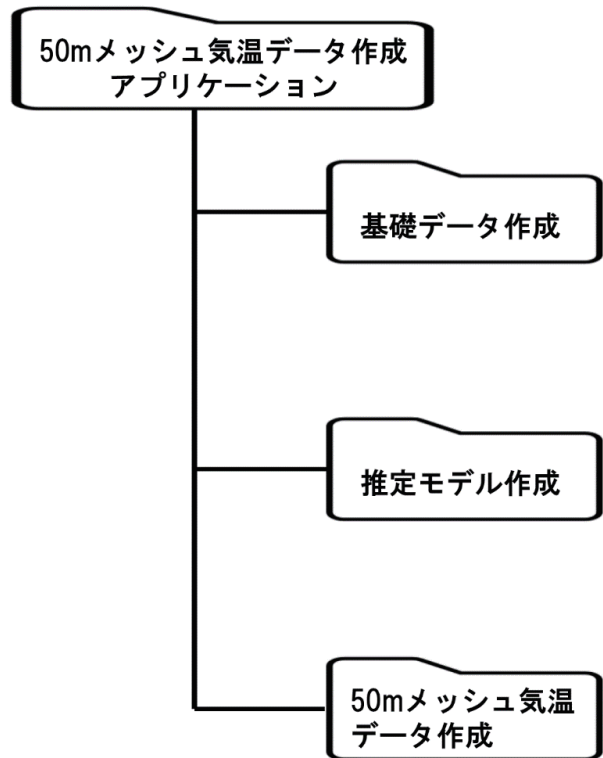
第1図 50メッシュ気温データ作成手順

リケーションのフォルダー構造を第2a-d図に示す。

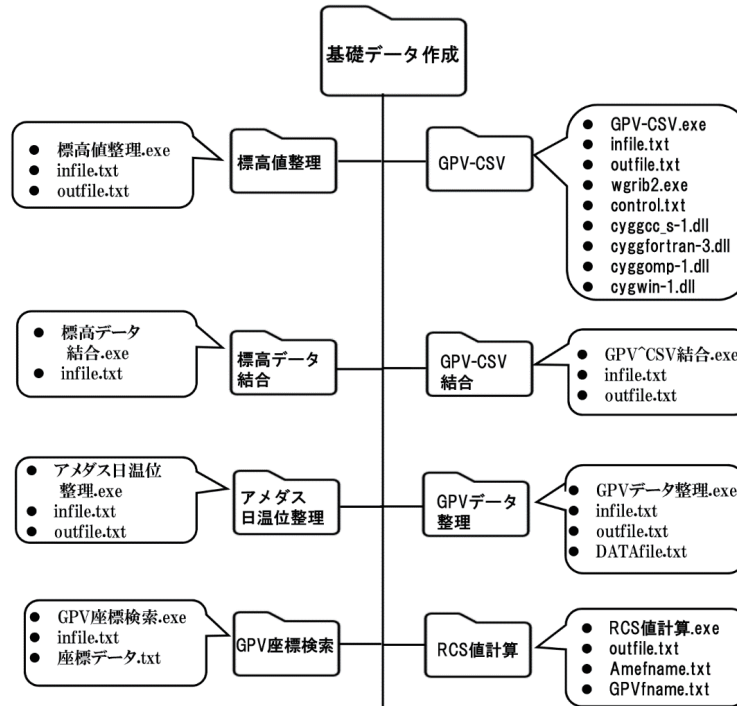
気温の50mメッシュデータの作成作業は、大きく3つの工程に分けられる。1つ目は、基礎データを作成する工程で、これには、地形データ、アメダスポイントの温位データ、そしてRCSデータを作成する作業が含まれる。この工程は、“基礎データ作成”アプリケーション群により実施する。次が、アメダスポイントとの温位差推定モデルを作成するための工程で、地形因子解析法に用いる現地気温観測地点における地形因子の作成、現地気温観測によるTesc値およびTssc値の計算、そして、TsscおよびTescの推定モデルの作成作業が含まれている。この工程は、“推定モデル作成”アプリケーション群で実施する。最後3つ目の工程は、50mメッシュ気温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温位差メッシュデータの作成、そしてアメダス観測値に基づく50mメッシュ気温データの作成作業である。この工程は、“50mメッシュ気温データ作成”アプリケーション群により実施する。

第1表 50mメッシュ気温データ作成アプリケーション群

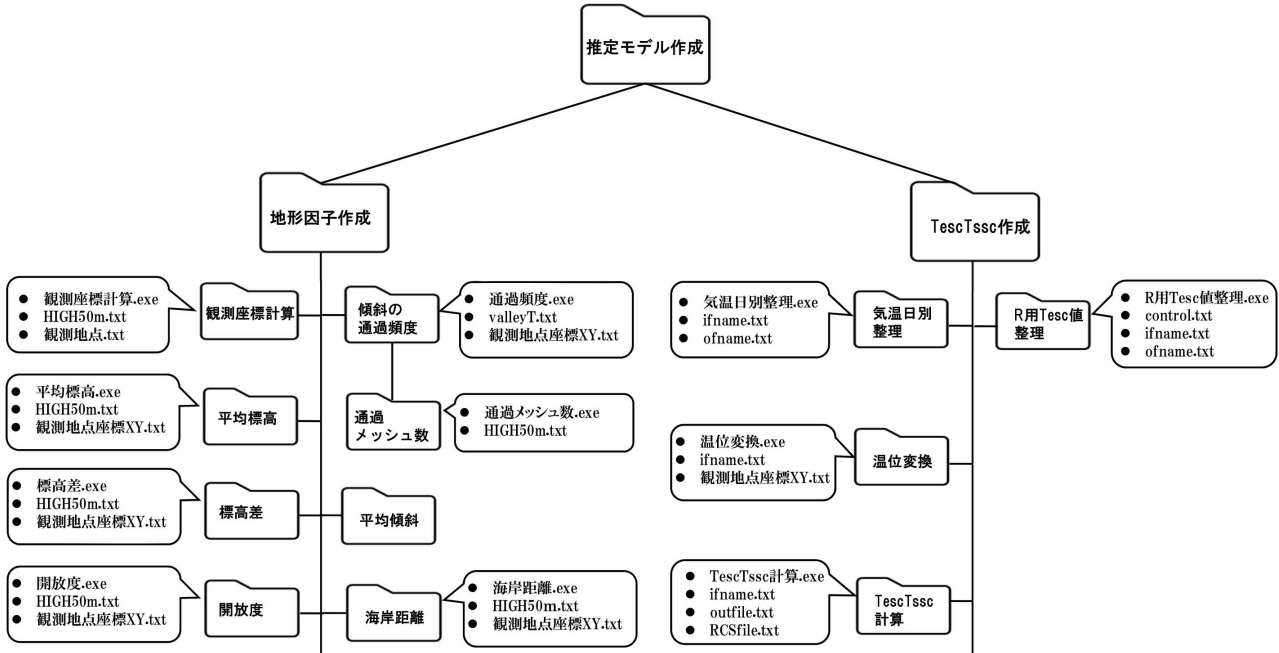
I. 基礎データの作成	
“基礎データ作成”アプリケーション群 –地形データ作成–	
1. 標高値整理	2. 標高データ結合
“基礎データ作成”アプリケーション群 –アメダスポイントの温位データ作成–	
1. アメダス日温位整理	
“基礎データ作成”アプリケーション群 –RCSデータ作成–	
1. GPV座標検索	2. GPV-CSV 3. GPV-CSV結合
4. GPVデータ整理	5. RCS値計算
II. 温位差推定モデルの作成	
“推定モデル作成”アプリケーション群 –地形因子作成–	
1. 観測座標計算	2. 平均標高 3. 標高差 4. 開放度
5. 傾斜の通過頻度	7. 平均傾斜 8. 海岸距離
“推定モデル作成”アプリケーション群 –Tesc・Tssc作成–	
1. 気温日別整理	2. 温位変換 3. TescTssc計算 4. R用Tesc値計算
III. 50mメッシュ気温データの作成	
“50mメッシュ気温データ作成”アプリケーション群 –地形因子作成–	
1. Null値	2. 標高 3. 平均標高 4. 標高差
5. 開放度	6. 傾斜の通過頻度 7. 海岸距離
“50mメッシュ気温データ作成”アプリケーション群 –メッシュ作成–	
1. 地点間温位差	2. 50mメッシュ作成



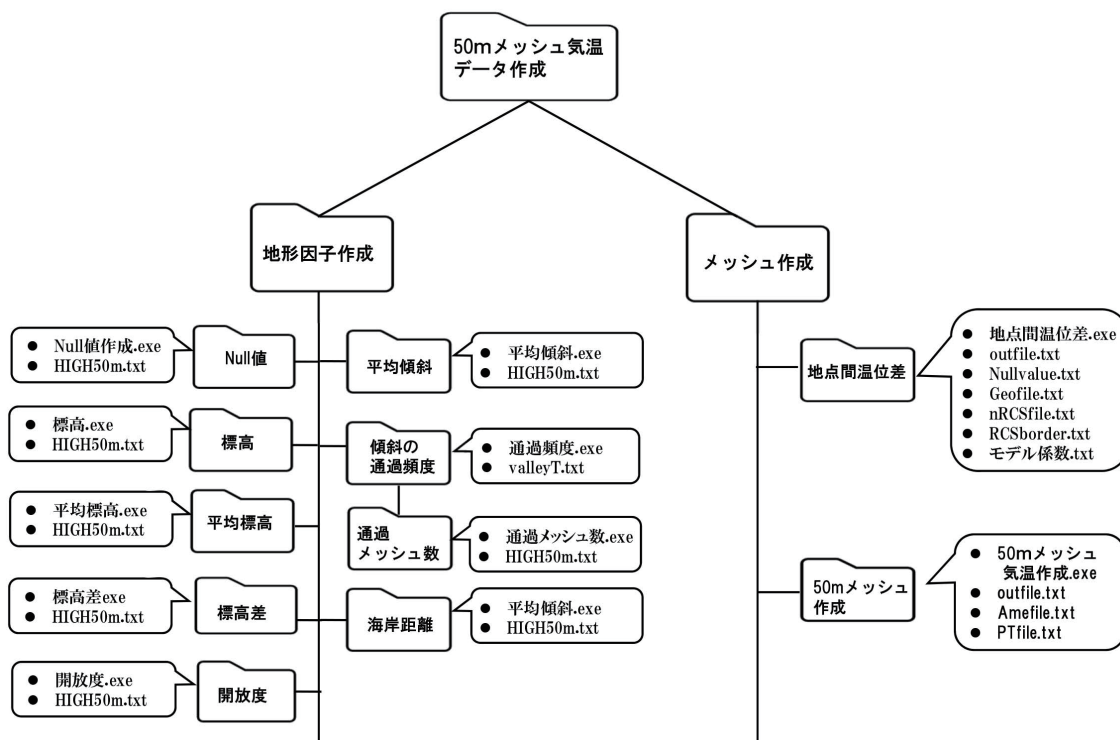
第2a図 50mメッシュ気温データ作成アプリケーションのフォルダー構成



第2b図 基礎データ作成アプリケーションのフォルダ構成



第2c図 推定モデル作成アプリケーションのフォルダ構成



第2d図 50m メッシュ気温データ作成アプリケーションのフォルダー構成

(1) 基礎データ作成

a 地形データの作成

50m メッシュ気温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”アプリケーションおよび“標高データ結合”アプリケーションを利用して作成する。具体的な作業は以下のとおりである。

まず、“標高値整理”アプリケーションで、国土数値情報の2次メッシュ（2万5000分の1地形図に相当）単位の地形のテキストデータを作成する。このアプリケーションは、50m メッシュ気温データの作成に必要な地形データを実際の地形に準じて縦横に配置するためのプログラムで、国土地理院の数値地図（標高）のデータフォーマットに準拠し、一般財団法人日本地図センターが作成し刊行している「JMC 50m メッシュ（標高）」での利用を前提に開発されたものである。

次に、“標高データ結合”アプリケーションを用いて、2次メッシュ単位のテキストファイルを結合し、50m メッシュ気温データの作成に使用する標高データファイルを作成する。作成される地形データ

は、「HIGH50m.txt」という名前のファイルで、最初の1行1列目が北西端、最終行最終列が南東端のデータとなる。また、海の一部は null 値として -999 となる。作成された地形データファイルの行数（経度方向の並びの数）および列数（緯度方向の並びの数）については、地形因子の作成で必要となるので控えておく。

b アメダスポイントの温位データの作成

“基礎データ作成”フォルダーにある“アメダス日温位整理”アプリケーションを用いて、RCS 値および 50m メッシュ気温データの計算において基準となる、アメダスポイントの温位データを作成する。このアプリケーションを実行することで、日別の平均温位・最高温位・最低温位・午前3時温位が計算され、フォルダー内に出力される。

c RCS データの作成

温位の地点間差推定モデルの作成に必要な RCS 値は、上層気圧面の温位として、気象庁の数値予報モデル（GPV）のうちの全球モデル（GSM）から得られる、日本時間午前3時の上層気圧面の温

位とアメダスポイントの温位との差として計算する^{24,26)}。このRCS値を求めるため、“基礎データ作成”フォルダーにある、“GPV座標検索”“GPV - CSV”“GPV - CSV結合”“GPVデータ整理”“RCS値計算”の5つのフォルダー内にあるアプリケーションを利用する。具体的な作業は、以下のとおりである。

まず、“GPV - CSV”アプリケーションで、GRIB2というフォーマットのバイナリファイルで配信されているGSMデータをテキストデータに変換する。本アプリケーションは、GRIB2フォーマットのファイルから任意のデータを抽出するために、アメリカ海洋大気庁（NOAA：National Oceanic and Atmospheric Administration）が配布しているwgrib2というソフトが必要で、NOAAのサイト（<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/wgrib2>）からダウンロードできる“wgrib2.exe”、“cygccs-l.dll”、“cyggomp-l.dll”、“cygwin1.dll”を本アプリケーションと同じフォルダーに入れておく必要がある。GSMデータは、気象業務支援センターから有償で配布されているが、研究目的であれば、京大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」から、無償でダウンロードできる。ダウンロードするファイルは、UTC18（日本時間午前3時）を初期値とする高層データで、「Z_C_RJTD_年（4桁）月（2桁）日（2桁）180000_GSM_GP_V_Rjp_L-pall」と表示されているファイルである。GPVデータファイルはすべて、本アプリケーションと同じフォルダーに保存する。なお、ファイルに含まれる年月日は協定世界時で表記されているので、用意するデータの年月日は、実際のデータ作成開始日の1日前から作成終了日の1日前とする。

“GPV - CSV結合”アプリケーションの実行では、日別のファイル（1年なら365ファイル）が作成されるので、次にそれを“GPV - CSV結合”アプリケーションで結合する。

RCS値の計算に必要な上層気圧面の温位は、50mメッシュ気温データの基準となる、アメダスポイント近隣4グリッドの温位データを距離重み付け平均して求める。そこで、RCS値を計算する前に、“GPV

座標検索”アプリケーションを利用して、アメダスポイントの近隣4グリッドのGPVデータの座標を特定する。本アプリケーションを実行することで、GPVデータにおけるアメダスポイント近隣の4グリッドの座標が“アメダスポイント近隣データ.txt”として出力される。

“GPV - CSV結合”アプリケーションで作成されたGPVデータと、“GPV座標検索”アプリケーションから得られたアメダスポイント近隣の4グリッドの座標から、“GPVデータ整理”アプリケーションを用いて、アメダスポイント上空の温位を計算する。本アプリケーションを実行することで、基準となるアメダスポイントの近隣4グリッドの温位を距離重み付け平均した値が出力される。出力ファイルの月日は、日本時間に変更されている。

最後に、作成した高層気圧面データファイルおよびアメダス温位データファイルから、“RCS値計算”アプリケーションにより日別のRCS値を計算する。

(2) 温位差推定モデルの作成

a 地形因子の作成

アメダスポイントとの温位差の構成要素であるTesc値の推定モデルを作成するため、地形因子解析法に用いる地形因子を事前に作成する必要がある。そこで、“推定モデル作成”フォルダー内の“地形因子作成”フォルダーにあるアプリケーション群を用いて、各観測地点において、第2表に示す地形因子データを作成する。また、地形因子のうち、平均標高、標高差、開放度、平均傾斜、傾斜の通過頻度は、周囲のメッシュを1～60まで広げて計算（第3図参照）するので、一地点につき60個のデータが作成される。各地形因子の作成アプリケーションおよびその利用手順は以下のとおりである。

a) “観測座標計算”アプリケーション

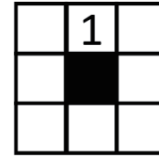
“観測座標計算”アプリケーションを用いて、現地観測地点の緯度経度から、メッシュデータ作成範囲における、南西端（左下）を1行1列とした場合の行番号、列番号および標高を求める。本アプリケーションにより、観測地点毎の緯度、経度、行番号（Y値）、列番号（X値）、標高を記録した「観測地点XY座標.txt」ファイルが作成される。

第2表 地形因子解析法に用いる地形因子

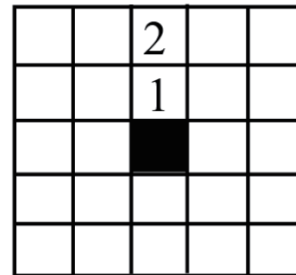
地形因子	定義
標高	メッシュ標高値
緯度	メッシュ作成範囲における最南端を1行とした時の行番号
経度	メッシュ作成範囲における最西端を1列とした時の列番号
平均標高	東西南北方向にR個のメッシュをとった正方形内すべてのメッシュ標高値の平均
標高差	東西南北方向にR個のメッシュをとった正方形内の最大標高値と中心メッシュとの標高差
開放度	東西南北にR個のメッシュをとった正方形の周辺メッシュで、中心よりΔHm以上高くないメッシュ数の割合。
平均傾斜	東西南北方向にR個先の標高をZE, ZW, ZS, ZNとすると、 平均傾斜 = $[(ZN-ZS)^2 + (ZE-ZW)^2]^{0.5} \div 2R$
傾斜の通過頻度	全メッシュを最大傾斜方向へ傾斜度が0になるまでたどった時に、対象メッシュに到達するまでに通過してきたメッシュ数を計算する。そして、東西南北方向にR個とったときの正方形内における通過メッシュ数の合計値
海岸距離	メッシュの中心から最近接海岸までの距離

■ 対象メッシュ

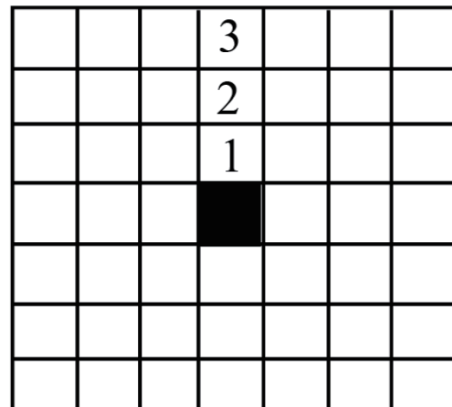
R=1



R=2



R=3



第3図 地形因子の計算範囲 (R) の概念図

b) “平均標高”アプリケーション

“平均標高”アプリケーションを用いて、各観測地点における平均標高を計算する。本アプリケーションにより、観測地点毎の平均標高データが記録された「aveh.txt」ファイルが作成される。

c) “標高差”アプリケーション

“標高差”アプリケーションを用いて、各観測地点における標高差を計算する。本アプリケーションにより、観測地点毎の標高差データが記録された「dish.txt」ファイルが作成される。

d) “開放度”アプリケーション

“開放度”アプリケーションを用いて、各観測地点における開放度を計算する。本アプリケーションにより、観測地点毎の開放度データが記録されたデータファイルが作成される。本アプリケーションにより開放度のデータファイルを作成する場合、使用するΔHの数だけ同様の操作を繰り返し、指定したΔHと同じ数の開放度ファイルを作成する。また、出力ファイル名は任意に指定できる。

e) “傾斜の通過頻度”アプリケーション

“傾斜の通過頻度”アプリケーションを用いて、各観測地点における傾斜の通過頻度を計算する。本アプリケーションにより、各観測地点における傾斜の通過頻度データである「valley.txt」ファイルが作成される。

f) “平均傾斜”アプリケーション

“平均傾斜”アプリケーションを用いて、各観測地点における平均傾斜を計算する。本アプリケーションにより、観測地点毎の平均傾斜データが記録された「slope.txt」ファイルが作成される。

g) “海岸距離”アプリケーション

“海岸距離”アプリケーションを用いて、各観測地点から海岸までの最短距離を計算する。本アプリケーションにより、観測地点毎の海岸距離データが記録された「SeaD.txt」ファイルが作成される。このとき、海岸距離が10km以上離れている場合や地形データに海が含まれていない場合は、100000が記録される。

b Tesc データおよび Tssc データの作成

“推定モデル作成”フォルダー内の“TescTssc 作成”フォルダー内にあるアプリケーション群を用いて、現地気温観測データから Tesc 値および Tssc 値を計算する。そのためにまず、“気温日別整理”アプリケーションを用いて、観測データから日平均気温、日最高気温、日最低気温を計算する。ただし、このアプリケーションで計算される日最高気温および日最低気温は、一日のうちの極値ではなく、最低気温は0～9時の朝の最低気温、最高気温は9～18時の昼の最高気温である。本アプリケーションは、既報²⁶⁾の手法による現地観測データの処理を前提としている。具体的には、T&D社のおんどり RTR-502の観測データをテキスト化したデータファイルを前提に開発されている。データファイルは日別に用意されており、フォーマットは、【年(4桁)・月(2桁)・日(2桁)・時(24時間表記2桁)・分(2桁)・ダミー数字・気温】のスペース区切りである。他の観測手法によるデータの場合は、独自に日平均気温、日最高気温、日最低気温のデータファイルを作成す

る必要がある。

次に、“温位変換”アプリケーションを用いて、“気温日別整理”アプリケーションで作成された日別の気温データを温位データに変換する。本アプリケーションを実行することで、現地観測期間における各地点の「日平均温位.txt」ファイル、「日最高温位.txt」ファイル、「日最低温位.txt」の3つのデータファイルが作成される。

最後に、“TescTssc 計算”アプリケーションを用いて、現地観測地点における Tesc 値および Tssc 値を計算する。本アプリケーションを実行することで、各地点における「日平均 Tesc.txt」、「日平均 Tssc.txt」、「日最高 Tesc.txt」、「日最高 Tssc.txt」、「日最低 Tesc.txt」、「日最低 Tssc.txt」というデータファイルが作成される。このとき Tesc データファイルには、観測期間の年月日における RCS 値と各ポイントの Tesc 値が、Tssc データファイルには、観測期間の年月日における RCS 値と Tssc 値が作成される。

c Tesc 推定モデルの作成

Tesc 推定モデルの作成は、以下の手順で行う。

- ① Tesc 推定モデルを作成するグループを決定するための RCS の閾値の決定。
- ② 各グループにおけるモデル作成のためのデータの作成。
- ③ フリー統計ソフト R を用いた地形因子解析法による Tesc 推定モデルの作成。

推定モデルを作成するグループを分けるための閾値は、全観測地点において日平均温位差における Tesc 値と RCS 値との関係を調査し、RCS 値に対する Tesc 値の分布状況から決定する。このときの閾値の数は、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。このとき、RCS = 0 を必ず閾値に加えるため、実際に決定する閾値の数は、1個か2個となる。

Tesc 推定モデルを作成するグループを決定する閾値が決まれば、次に、RCS の閾値に応じてグループ分けした場合の Tesc 値データを作成する。各グループの Tesc 値は、RCS 値から同グループになると判断される全ての日におけるデータを観測地点ごとに平均したものとなる。

解析用の Tesc 値データは、“推定モデル作成/R

用 Tesc 値推定”フォルダーにある“R 用 Tesc 値整理”アプリケーションを用いて作成する。本アプリケーションを実行することで、各現地観測地点における Tesc 値データファイルがグループ別に作成される。作成されるファイルは、「control.txt」ファイルに記載した RCS の閾値と同じ順のグループとなる。

既報^{25,26)}における Tesc 推定モデルの作成では、Tesc を目的変数、すべての地形因子（本手法の場合、663 個）を説明変数とするステップワイズ重回帰分析を統計ソフト SAS により実施している。しかしこの手法では、多くの場合、多重共線性の問題をもつ推定式が選択される。そのため既報^{25,26)}における作成では、変数の増減を決定する閾値（SAS の場合、第 1 種の誤りの確率）を変更した解析を、妥当と判断される推定式が導かれるまで繰り返すという作業を実施する。そこで、解析者の恣意的な判断に頼ることなく Tesc の推定式を作成するため、本報告で示す手順では、1～60 パターンの値をもつ説明変数について、事前にもっとも目的変数の説明に適した説明変数を決定したのち、それらによるステップワイズ重回帰分析による推定式の決定を行う。具体的には、まず 60 パターンのデータをもつ平均標高、標高差、傾斜の通過頻度、平均傾斜、開放度において、60 パターンのなかで最適な変数を各 1 つ決定し、それから 13 個の地形因子を用いたステップワイズ重回帰分析を実施する。これにより、解析者の恣意的な判断に頼らない推定モデルが作成できる。R による地形因子解析法により Tesc 推定モデルを作成する手順は、以下のとおりである。

- ① 観測地点の地形因子データファイルおよびグループ別の解析用 Tesc データファイルを「推定モデル作成/モデル作成/data」フォルダーにコピーする。このとき、「観測地点 XY 座標.txt」ファイルは、日本語部分は削除した上で「cord.txt」というファイル名で「data」フォルダーに保存する。
- ② スクリプト内の 1 行目において、data フォルダーの位置を記載する。
- ③ フリー統計ソフト R を起動し、R 用スクリプト“Ganalysis”を読み込む。このとき、海岸距離がすべて 10000（作成エリアに海がない）の場合は、意味のない数字である海岸距離を用いた推

定モデルが選択される可能性があるので、海岸距離データを用いないスクリプト“Ganalysis-nosea”を用いる。

R による地形因子解析法を実施することで、各グループにおける Tesc 推定モデルが作成される。Tesc 推定モデルは、日平均気温、日最高気温、日最低気温のそれぞれについて作成する。

d Tssc 推定モデルの作成

“TescTssc 計算”アプリケーションで作成された Tssc 値データファイルから、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。Tssc 推定モデルは、日平均気温、日最高気温、日最低気温のそれぞれについて作成する。

(3) 50m メッシュ気温データの作成

“50m メッシュ気温データ作成”アプリケーション群は、2つのアプリケーション群からなる。一つは、50m メッシュ気温データの作成に必要な地形因子を作成するアプリケーション群からなる“地形因子作成”である。二つ目が、50m メッシュ気温データを作成するためのアプリケーション群である“メッシュ作成”である。

a “50m メッシュ気温データ作成—地形因子作成—”アプリケーション群

50m メッシュ気温データ作成範囲における、地形因子を作成するためのアプリケーション群である。ただし、本アプリケーション群により作成する地形因子データファイルは、地点間温度差推定モデルとして選択された要素のみでよい。

a) “Null 値”アプリケーション

計算の高速化のため、“Null 値”アプリケーションを用いて、メッシュ気温データ作成範囲における海の部分（標高の Null 値-999）を除外するためのデータを作成する。本アプリケーションにより、海の部分を 0、陸の部分を 1 とする「NullValue.txt」ファイルが作成される。

b) “標高”アプリケーション

本アプリケーションにより、メッシュ気温データ

作成範囲における標高データファイルが作成される。

c) “平均標高”アプリケーション

本アプリケーションにより、メッシュ気温データ作成範囲における平均標高データファイルが作成される。

d) “標高差”アプリケーション

本アプリケーションにより、メッシュ気温データ作成範囲における標高差データファイルが作成される。

e) “開放度”アプリケーション

本アプリケーションにより、メッシュ気温データ作成範囲における開放度データファイルが作成される。

f) “平均傾斜”アプリケーション

本アプリケーションにより、メッシュ気温データ作成範囲における平均傾斜データファイルが作成される。

g) “傾斜の通過頻度”アプリケーション

本アプリケーションにより、メッシュ気温データ作成範囲における傾斜の通過頻度データファイルが作成される。

h) “海岸距離”アプリケーション

本アプリケーションにより、メッシュ気温データ作成範囲における海岸距離データファイルが作成される。

b) “50mメッシュ気温データ作成ーメッシュ作成ー”アプリケーション群

本アプリケーション群は、基準となるアメダスポイントとの地点間温位差の50mメッシュデータを作成する“地点間温位差”アプリケーションと、作成した地点間温位差データを気温データに変換するための“50mメッシュ作成”アプリケーションからなる。地点間温位差データを作成するには、事前に、“基礎データ作成”アプリケーション群において、

50mメッシュ気温データ作成期間のRCS値を作成しておく必要がある。さらに、50mメッシュ気温データの作成には、事前に、“基礎データ作成”アプリケーション群において、50mメッシュ気温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を作成しておく必要がある。

作成される50mメッシュ気温データは、1行目が南西端で、最終行最終列が南東端のデータとなっており、西から東へ記載され、東端に達した場合は、1つ上のメッシュに移動（南から北）し、再び西端から東端に進む順に記載されている。1行につき、基準となるアメダスデータと同じ数（1年分なら365個）のデータが作成される。海の部分はnull値として99.9となる。また各行の文字列は、スペース区切りとなっている。

3) 平年値および過去データ作成のための大気データの開発

本手法による50mメッシュ気温データは、アメダスポイントが存在していた任意の過去について作成可能である。これにより平年値データの作成も可能となる。しかし、RCS値を得るための上層気圧面データとしている気象庁のGSMデータは、2006年以前には同じフォーマットのものは存在していない。そこで、アメリカで開発された領域気象モデルWRF: Weather Research and Forecasting model⁶⁾を用いて、気象庁のGSMデータと同等のデータを1986～2015年について開発した。これで、過去については1986年まで遡れる上に、平年値データの作成も可能となる。データは、アメリカのNCEPが無償で公開している解像度2.5度の大気の再解析データ(DOE Reanalysis2)および、NOAAが無償で公開している解像度1度の海面温度データ(OISST_v2)を初期値データとして作成される。その作成手順は以下のとおりである。

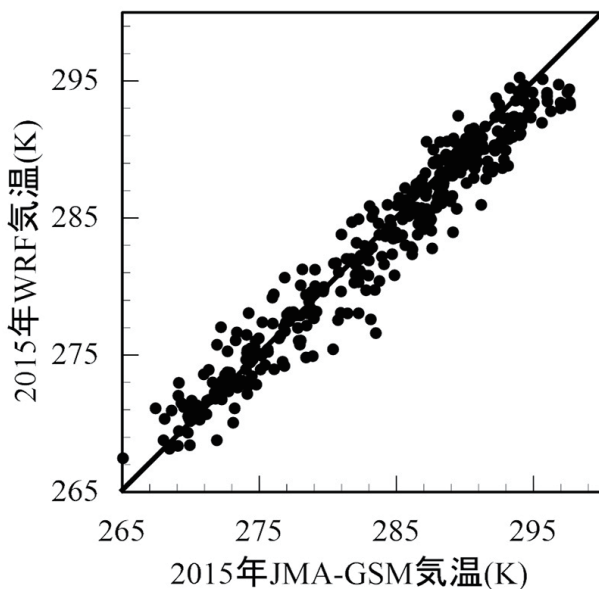
- ① 大気境界データ(NCEP / DOE Reanalysis2 (R2))のダウンロード
- ② 海面温度データ(NOAA / OISST_v2)のダウンロード
- ③ WRF計算用大気境界データの作成
- ④ WRF計算用海面温度データの作成
- ⑤ 大気境界データと海面温度データの結合による

WRF 実行初期値データの作成

- ⑥ WRF の実行
- ⑦ 高度別の WRF の計算結果の気圧面別データへの変換

作成された気圧面別のデータは、解像度 20km, 上層気圧面 15 層 (1000, 975, 950, 925, 900, 850, 800, 750, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100 hPa) の大気データで、日本全域がカバーされている。第 4 図は、広島県のアメダスポイント (大朝) の周辺 4 グリッドのデータを距離重み付け平均して求めた、2015 年の 925hPa 面の気象庁 GPV と WRF による計算結果である。初期の境界値データや計算モデルが同一ではないため多少のバラつきはあるが、両データはほぼ 1 対 1 の関係にあり、気象庁データの代替データとして利用可能と判断できる。

本報告における WRF のデータは、沖縄から九州における、1986 ~ 2015 年のものが農研機構西日本農業研究センター (以下当研究センター) で整備されており、譲渡条件などを相談の上、提供可能である。



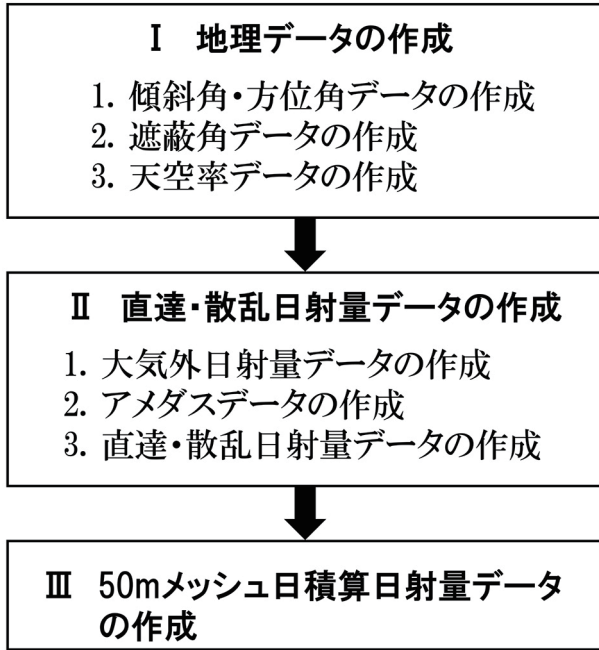
第 4 図 アメダスポイント (大朝) の上空 (925hPa 面) における気象庁 GSM の気温と WRF による計算結果

2 日射量

メッシュデータ作成のための日射量推定法は、大きく 3 つに分類される。1 つは、最近技術の発達が著しい人工衛星による推定、2 つ目は農業分野におけるメッシュデータの作成法として主流となっている、近隣のアメダスポイントの日照時間データから推定地点の日照率を距離重み付け法で推定し、日照率と全天日射量との経験式を用いて日射量を推定する方法、そして 3 つ目が直達日射量と散乱日射量を用いて、地形と太陽の位置から地形による日影の影響を考慮して日射量を推定する方法である。解像度が数十 m の高解像メッシュデータを中山間地域などの複雑地形地において作成する場合、地形により生じる日影の影響を無視することはできないため、本報の 50m メッシュ日射量データは、時間別の直達日射量と散乱日射量のデータから推定する作成法^{9,19,21)}を採用している。日射量データの作成に用いる直達日射量と散乱日射量の時間別値は、水平面大気外日射量およびアメダスの日照時間と降水量の観測データから推定する手法²⁷⁾を用いて、近隣のアメダス観測値から推定する。また、反射日射量については、絶対量が小さいことなどから、既報⁹⁾と同様に本手法では、無視することとした。既報^{9,21,27)}を事前に読むことで、各アプリケーションと実際の作業工程への理解は容易になる。

1) 50m メッシュデータの作成手順

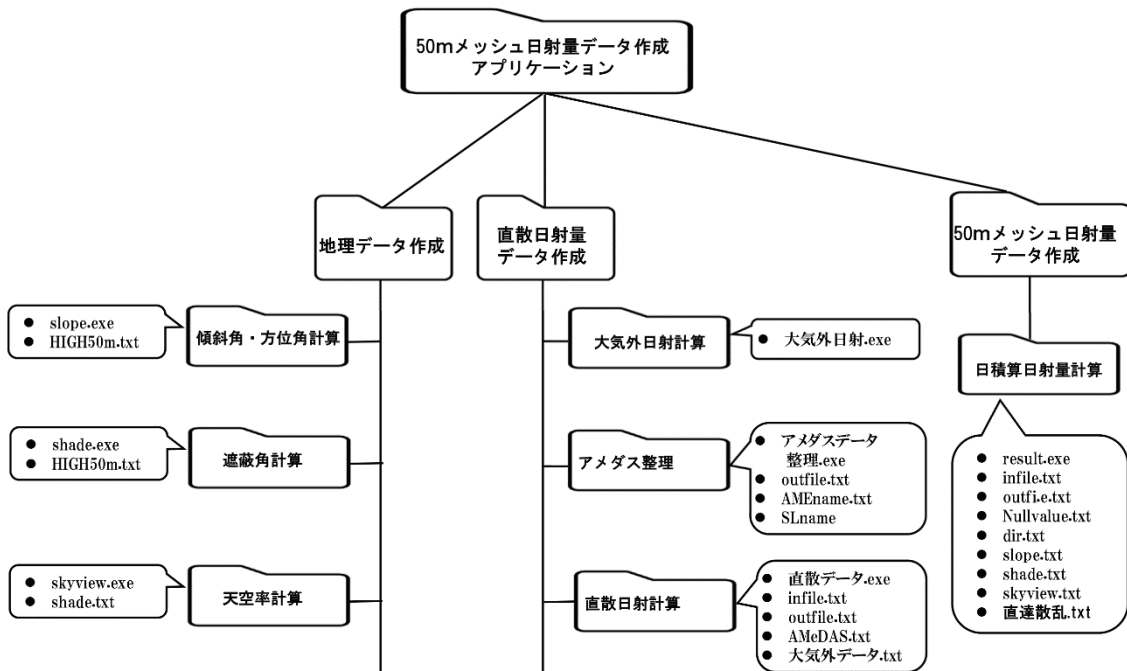
50m メッシュ日射量データの作成手順は第 5 図のとおりである。アプリケーション群を第 3 表に、そのフォルダー構造を第 6 図に示す。実際の作成ではまず、“地理データ作成”アプリケーション群を用いて、日射量の作成に必要な地理データである 50m メッシュ単位の傾斜角、方位角、遮蔽角、天空率のメッシュデータを作成しておく。次に、“直散日射量データ作成”アプリケーション群を用いて、アメダスデータから時間別の直達日射量と散乱日射量の時間別データを作成する。最後に、“日積算日射量計算”アプリケーションを用いて、50m メッシュ日積算日射量データを作成する。



第3表 50mメッシュ日積算日射量データ作成アプリケーション群

I. 地理データの作成	
"地理データ作成"アプリケーション群	
1. 傾斜角・方位角計算 2. 遮蔽角計算 3. 天空率計算	
II. 直達散乱日射量データの作成	
"直散日射量データ作成"アプリケーション群	
1. 大気外日射計算 2. アメダス整理 3. 直散日射計算	
III. 50mメッシュ日積算日射量データの作成	
"50mメッシュ日射量データ作成"アプリケーション	
1. 日積算日射量計算	

第5図 50mメッシュ日積算日射量データ作成手順



第6図 50mメッシュ日積算日射量データ作成アプリケーションのフォルダー構成

(1) 地理データの作成

a 傾斜角・方位角データの作成

“傾斜角・方位角計算”アプリケーションを用いて日射量計算メッシュの傾斜角および方位角を計算する。本アプリケーションにより、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「slope.txt」と方位角データファイル「dir.txt」の2つのファイルが作成される。

b 遮蔽角データの作成

“遮蔽角計算”アプリケーションを用いて、太陽の位置から直達日射が届いているかを計算するための方位別の遮蔽角データを作成する。本アプリケーションにより、各メッシュにおける周囲72方位の直達日射の遮蔽角のデータファイル「shade.txt」が作成される。作成される遮蔽角データは、周囲360°を5°刻みに、10km先までの地形による最大遮蔽を正弦関数で表記した値である。「shade.txt」ファイルのフォーマットは、1行目が南西端で、最終行最終列が南東端のデータとなっており、西から東へ、東端に達した場合は、1つ上のメッシュに移動（南から北）し、再び、西端から東端に進む順に記載されている。そして、1行につき72個のデータが作成される。

c 天空率データの作成

“天空率計算”アプリケーションを用いて、散乱日射量の計算に必要な天空率（%）を計算する。本アプリケーションにより、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「skyview.txt」が作成される。

(2) 直達・散乱日射量データの作成

a 大気外日射量データの作成

“大気外日射計算”アプリケーションを用いて、直達日射量の推定に必要なアメダスポイントにおける日別の大気外日射量を計算する。本アプリケーションにより、アメダスポイントにおける日別の水平面大気外日射量データファイル「大気外データ.txt」が作成される。

b アメダスデータの作成

“アメダス整理”アプリケーションを用いて、大気外日射量データおよびアメダスの時間別値データから、直達・散乱日射量の計算に使用するデータファイルを作成する。本アプリケーションにより、直達日射量および散乱日射量の計算に必要なデータが作成される。データファイルのフォーマットは、年・月・日・時・日照率・降水量・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(sin)で表した表記となっており、この値が0.1以上のレコードのみ記載されるようになっている。これは、太陽高度角が低い時は、反射などの影響により誤差が拡大すること、中山間地域において、一日の積算日射量に占める太陽高度が5度以上のときの割合が90%以上であると報告²⁰⁾されていることによる。

c 直達・散乱日射量データの作成

“直散日射計算”アプリケーションを用いて、“アメダス整理”アプリケーションで作成したデータファイルから、時間別の直達日射量と散乱日射量を計算する。本アプリケーションにより、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で、太陽高度角は毎時30分として計算される）のデータファイルが作成される。作成されるデータファイルのフォーマットは、年・月・日・時・水平面直達日射量・水平面散乱日射量の順にスペース区切りとなっている。

(3) 50m メッシュ日積算日射量データの作成

“日積算日射量計算”アプリケーションを用いて、地理データファイルおよび直散日射量データファイルから、50mメッシュ日積算日射量データを作成する。本アプリケーションにより、50mメッシュ日積算日射量データが作成される。作成される50mメッシュ日積算日射量データのフォーマットは、気温データと同じとなる。なお、「infile.txt」および「outfile.txt」に記載するファイルリストは、閏年と閏年以外の年を同じファイルに並べられないことに注意が必要である。

3 相対湿度

相対湿度については、国連食糧農業機関（FAO：

Food and Agriculture Organization of the United Nations) のガイドライン FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 (FAO-56) ¹⁾ による次式を用いる。具体的には、日最低気温の飽和水蒸気圧を日平均水蒸気圧と仮定して、日平均相対湿度を求める。

$$e_a = 0.611 \exp \left[\frac{17.27 T_{min}}{T_{min} + 237.3} \right]$$

ここで、 e_a : 日水蒸気圧 (hPa), T_{min} : 日最低気温 (K) また、飽和水蒸気圧を求めるときの気温は、FAO-56 に従い次式で求める

$$\text{Temp} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$$

ここで、Temp: 飽和水蒸気圧を求める気温 (K), T_{max} : 日最高気温 (K), T_{min} : 日最低気温 (K)。

50m メッシュ日平均相対湿度データは、第7図の“50m メッシュ相対湿度データ作成”アプリケーションを用いて作成する。作成される50m メッシュ日平均相対湿度データのフォーマットは、気温データと同じであるが、小数点以下の相対湿度はあまり意味がないので出力値は整数となり、海の部分は null 値として -100 が出力される。また、本アプリケーションのフォルダーは1つで、その中身は第7図のとおりである。



第7図 50m メッシュ日平均相対湿度データ作成アプリケーションのフォルダ構成

4 基準蒸発散量

基準蒸発散量 (Reference evapotranspiration) とは、FAO-56 に示される、作物により異なる作物係数 (Crop coefficient) を乗ずることで農地の蒸発散量を決定するための気象要素である。FAO-56 では、基準蒸発散量の算出方法として、Penman-Monteith 法を推奨しているが、風速のデータが得られないことから、本報で作成する50m メッシュ基準蒸発散量データは、Priestley-Taylor 法による蒸発散量を基準蒸発散量とする。実際の計算では、FAO-56 に従い地中伝熱量は無視し、正味放射量 (R_n) は、FAO-56 による次式で求める。このとき、気温および日射量は、作成した50m メッシュデータを用いる。

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

R_{ns} : 正味短波放射; $R_{ns} = (1 - \alpha)R_s$

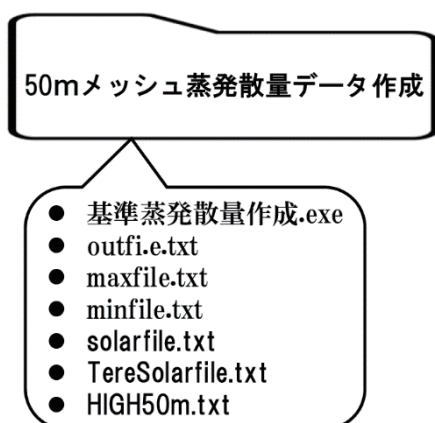
ここで、 α : アルベド (0.23), R_s : 日射量,

R_{nl} : 正味長波放射;

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{max}^4 + T_{min}^4}{2} \right] (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right)$$

ここで、 σ : ステファンボルツマン定数, T_{max} : 日最高気温, T_{min} : 日最低気温, e_a : 水蒸気圧, R_s : 日射量, R_{so} : 晴天日射量; $R_{so} = (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} z) R_a$ (z : 標高, R_a : 大気外日射量)

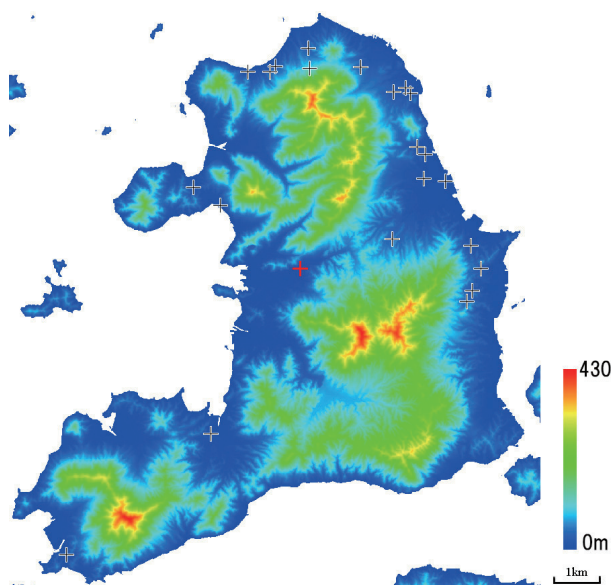
50m メッシュ日積算基準蒸発散量データは、“50m メッシュ蒸発散量データ作成”アプリケーションを用いて作成する。本アプリケーションのフォルダーは、相対湿度データ作成アプリケーションと同じく1つで、その中身は第8図のとおりである。また、作成される50m メッシュ日積算基準蒸発散量データのフォーマットは、気温データと同じである。



第8図 50mメッシュ基準蒸発散量データ作成アプリケーションのフォルダ構成

Ⅲ 50mメッシュ気象データの作成例と活用事例

本章では、開発したアプリケーション群による50mメッシュ気象データの作成例を示す。また、50mメッシュ気象データが登場して以来、20年近く経っているが、多数の現地観測地点を新たに設置する必要があることやデータ提供期間が現地観測期間のみに限られることなどから、その利用は進んでい

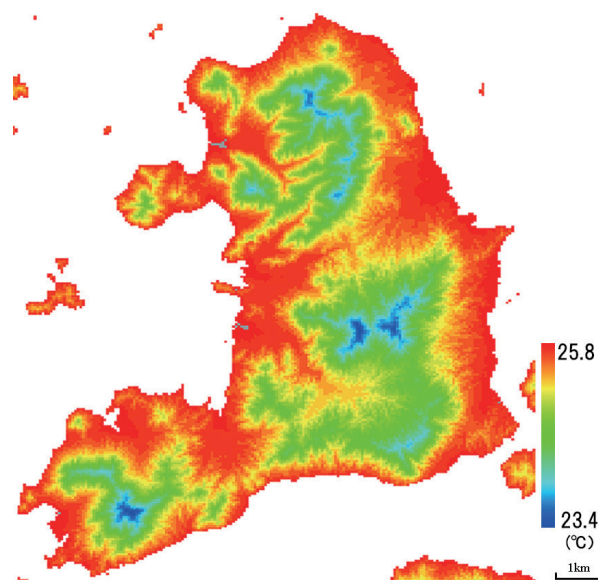


第9図 大三島の50mメッシュ標高データ
(黒十字：現地気温観測地点，赤十字：アメダスポイント，
データ範囲：北緯34.1483～34.3033度 東経132.9375
～133.0625度)

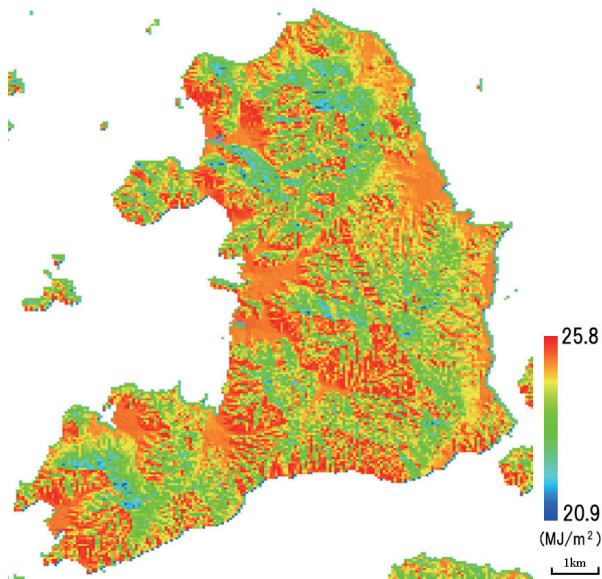
ない。本報で紹介した手法は、その短所を補うもので、新たな気象観測を永続的に実施する必要がないことから、今後の利用拡大が期待される。そこで、さらに本章では、今後の50mメッシュ気象データ利用への参考となる事例を提示する。

1 50mメッシュ気象データの作成事例

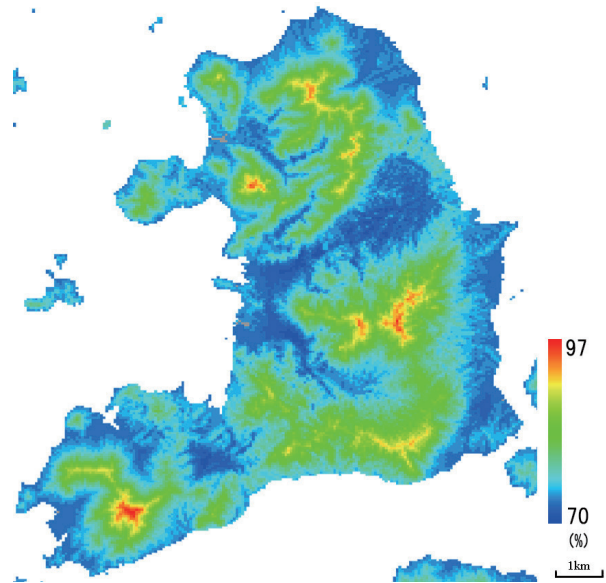
本報で報告したアプリケーション群により、瀬戸内海にある面積約64km²の愛媛県の大三島において、50mメッシュ気象データが作成されている。大三島は、第9図のように、高低差約430mの地形の複雑な島で、低地部から斜面の中腹に至るまで多くの果樹園地が存在している。50mメッシュ気温データの作成例を第10図に、50mメッシュ日積算日射量データの作成例を第11図に示す。そして、作成した日最高気温および日最低気温の50mメッシュデータによる50mメッシュ日相対湿度データの作成事例を第12図に、日最高気温、日最低気温、日平均気温、日積算日射量の50mデータによる50mメッシュ基準蒸発散量データの作成事例を第13図に示す。



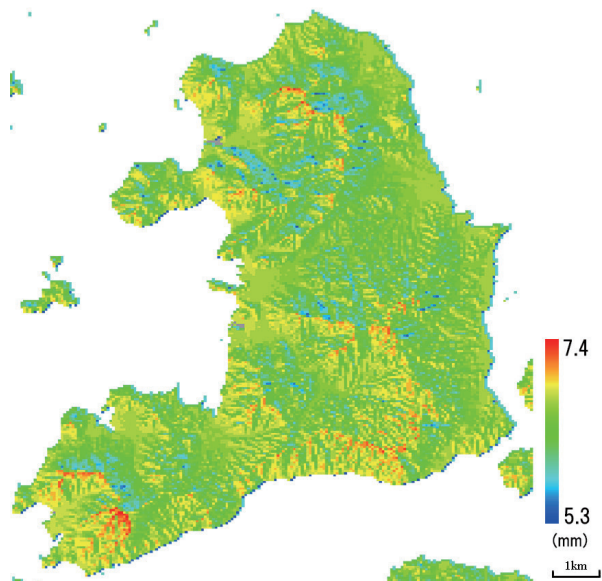
第10図 大三島の50mメッシュ気温データ
(2015年8月1日)



第11図 大三島の50 mメッシュ日積算日射量データ
(2015年8月1日)

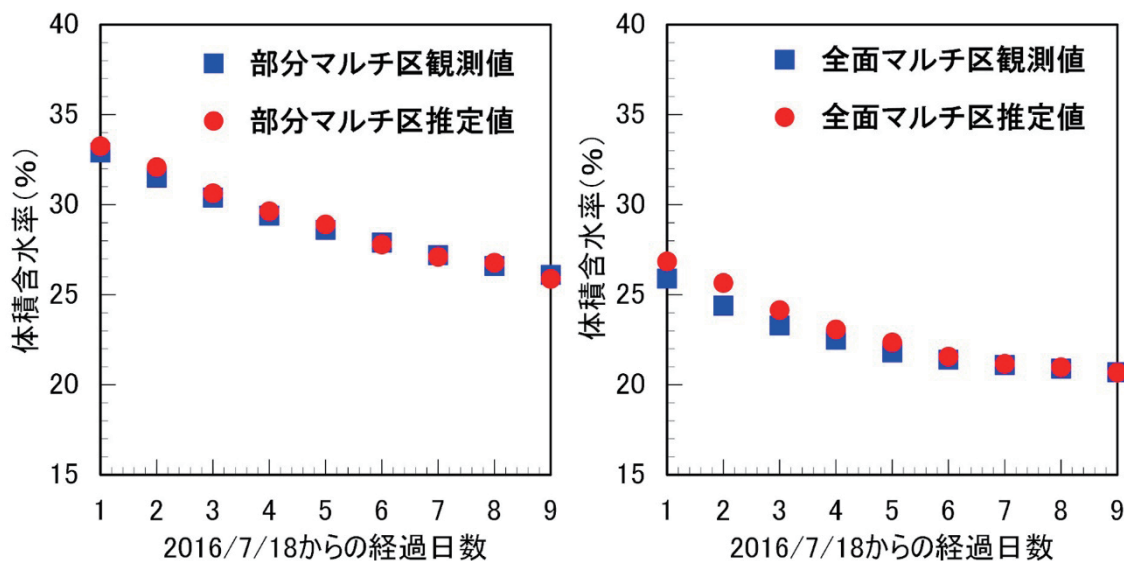


第12図 大三島の50 mメッシュ日相対湿度データ
(2015年8月1日)



第13図 大三島の50 mメッシュ基準蒸発散量データ
(2015年8月1日)

大三島の上浦地区のカンキツ園地において、土壌の体積含水率の測定が行われている。そこで、FAO-56のsingle modelのように、基準蒸発散量から実蒸発散量を求める係数を2015年8～10月の観測値を用いて決定し、基準蒸発散量から体積含水率の変化量を求める式を作成した。このとき、対象園地における点滴かん水による土壌の浸透は、深さ20cm程度で止まることが土壌シミュレーションソフトHydrusにより明らかとなっていたので、蒸発散による土壌からの水分の消失量は、 $W1m \times D1m \times H0.3m$ のボックスを想定した範囲で計算した。作成した体積含水率の推定式と50mメッシュ基準蒸発散量による土壌水分変化のシミュレーション結果は第14図のとおりで、推定値は観測値によく合っていた。このことから、作成された50mメッシュ気象データは気象の変化をよく表していると判断できる。

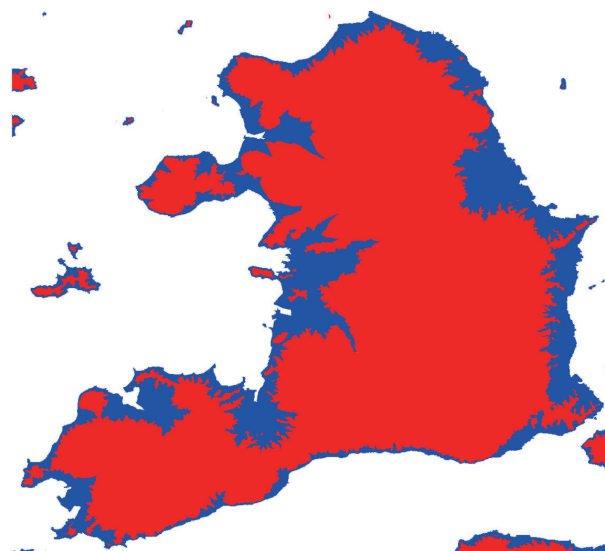


第 14 図 大三島における土壌体積含水率変化の推定結果

2 ウンシュウミカンの適地判定

高解像の気象データを用いることで、傾斜地などの複雑な地形にある果樹園であっても、適地判定が可能となる。そこで、愛媛県の大三島を対象に、ウンシュウミカンの適地判定を試みた。

果樹の適地判定では、農林水産省の果樹振興基本方針における「栽培に適する自然条件に関する基準」が参考にされるが、この基準に照らし合わせれば大三島の園地は、すべて適地評価基準温度（年平均気温 15℃以上）を満たす。そこで、平均気温から 10℃差し引いた気温の積算値である有効積算温度¹⁰⁾を用いた適地判定の手法⁷⁾を採用し、有効積算温度 2,200℃以上のメッシュをウンシュウミカンの適地とすると、第 15 図のような結果が得られた。



第 15 図 大三島における有効積算温度 (2,200℃) を閾値としたウンシュウミカン適地判定結果 (赤：不適地、青：適地)

3 中晩柑類「せとか」の寒害発生リスク評価

近年、ミカンの需要が落ちていることから、各産地では、中晩柑類などによるブランド果実の生産を振興している。大三島においても、ブランド果実として中晩柑類の「せとか」を栽培しているが、寒波の襲来にともなう寒害が度々発生している。現地では、-2℃以下の低温に 6 時間以上晒された場合に寒害被害が発生することが、経験的に把握されている。そこで、大三島にあるアメダスポイントの時間別気温を過去 20 年間 (1995 ~ 2014 年) にわたり調査したところ、-2.0℃以下が 6 時間以上発生した日の日最低気温が -2.5℃以下であることが明らか

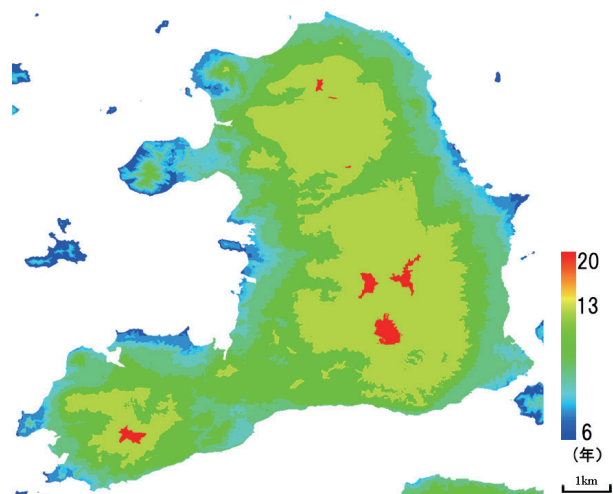
となった。そこで、日最低気温の推定誤差(約 1.0℃)を考慮して、寒害発生日と判断するための閾値を日最低気温 -3.0℃以下として、50m メッシュ気温データから、「せとか」の寒害が発生(日最低気温 -3.0℃以下となった日)した年数を計算した(第 16 図)。このように、過去の気象を高解像メッシュで再現することで、寒害被害が多く改植などにより年内収穫が可能な品種への変更が有効な園地を明らかにできる。

50m メッシュ気象データを用いた適地評価を地域の産地形成などに利用するには、品種や栽培方法の違いなどに応じた明確な目的を設定したうえで実施することが重要となる。本事例で示したように、過去の経験から現地で把握されている基準などを用いた柔軟な適地評価が実施できれば、産地形成のための新たな適地評価の取り組みにつながる事が期待できる。

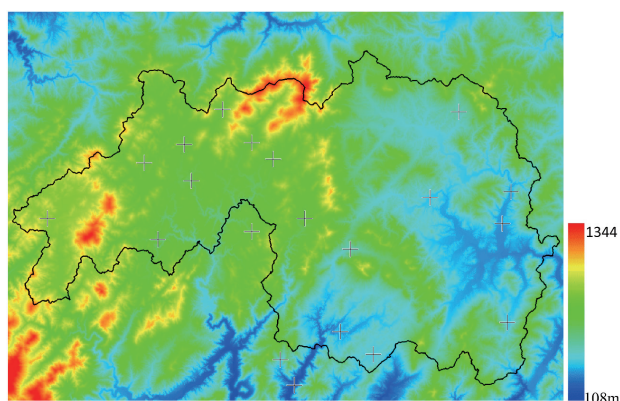
4 中山間地域におけるキャベツの生育予測

広島県は、九州や東北の各地と同等の気候を有する地域が存在しており^{20,21)}、県内にはミカンとリンゴの産地が共存している。広島県は、この多様な気候を利用して、需要の高い県内産キャベツの周年安定生産の実現による、中山間地域農業の活性化と地域振興を目標の1つとして掲げている。そこで、広島県西部農業技術指導所と共同で、県内産キャベツの周年出荷を可能とするキャベツの計画生産体制の構築に向け、広島県山県郡北広島町(第17図)において50mメッシュ気象データを作成し、町内でどの程度、キャベツの出荷時期が異なるかを調査した。キャベツの生育予測は、農研機構農業技術革新工学研究センターで開発された、葉齢増加モデル¹⁵⁾を用いた。この生育予測は、日々の気温積算値と葉齢数との回帰式から葉数を推定し、結球重と葉

数との関係から目的の結球重となる日を予測するものである。第18図が、北広島町の50mメッシュ気象データから作成された、4月1日に定植した場合の収穫日を50mメッシュデータで表したものである。図内の5地点は、町内において標高が異なるキャベツ圃場の標高と収穫日数を示したものであるが、同一町内であっても、圃場により、収穫日には3週間程度の差が生じる結果となった。

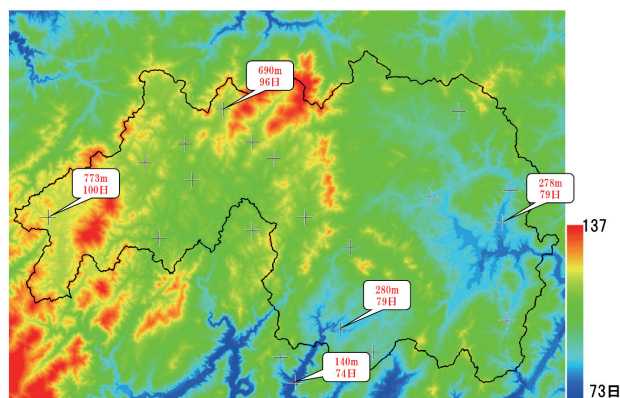


第16図 過去20年間(1995～2014年)における気象データから推定した「せとか」の寒害発生年数の推定値



第17図 広島県山県郡北広島町周辺の50mメッシュ標高データ

(データ範囲：北緯34.5667～34.8500度 東経132.1250～132.6250度)



第18図 北広島町およびその周辺にキャベツ4月1日に定植したと仮定した時に推定される収穫日数の分布

(吹き出し内の数字は標高の異なる産地の標高(上段)と収穫までの日数(下段)。また、収穫日は葉齢70(結球重約1.5kg相当)に達した日とし、2012～2016年の5年平均気温から推定した。)

5 地方自治体での活用事例

本報で報告している50m メッシュ気温データの地方自治体による利用例が、兵庫県および和歌山県にある。兵庫県立農林水産技術総合センターは、県特産の酒米「山田錦」が高温障害を受けにくい最適な移植期の決定を支援する「山田錦最適作期決定支援システム」と週間天気予報から白未熟粒の発生が予測される圃場を表示する「山田錦高温障害警戒システム」を開発している³⁾。この2つの栽培支援システムの基盤データが、本報のアプリケーション群で作成されるのと同じ、50m メッシュ気温データ²⁵⁾である。

和歌山県果樹試験場は、有田川流域のミカン産地を対象に50m メッシュ気温データを作成し、「有田地方50m メッシュ気温」というホームページを通じて、データを提供している⁸⁾。和歌山県の50m メッシュ気温データは、農研機構で開発された手法^{25,26)}と同じ手法で作成されているが、地形因子の作成などのデータ解析に用いたアプリケーションなどは、和歌山県が独自に開発したもので、本報で紹介したアプリケーション群は利用されていない。

民間企業では、北海道の農業コンサルタント（有）アグリウエザーが、50m メッシュ気温データを実用化しており、現在、岩見沢市などで運用している。ただし、アグリウエザーが作成する50m メッシュ気温データは、農研機構北海道農業研究センターで開発された手法¹³⁾によるもので、新たに設置された複数の気象ロボットの観測値から作成されている。

IV 摘 要

主に農業分野で利用されるメッシュ気温データの解像度は1kmであることから、日本の農地の約4割が存在する中山間地域や、果樹や茶などが栽培される傾斜園地のある府県では、より解像度の高い50m メッシュ気温データの需要は高い。しかし、その作成には専門的な知識と技術が必要である。また、実際の農業現場では、気温や日射のほか、病害の発生と関連のある湿度や、かん水のタイミングや乾燥程度の指標となる基準蒸発散量といったデータも有用である。このようなことから、専門知識を持たな

い公設試の研究者や普及員などが、50m 解像度の気温、日射量、相対湿度、基準蒸発散量のメッシュ気象データを作成することができるアプリケーション群を開発した。本報では、各アプリケーションの概要および利用方法について報告する。さらに、愛媛県の大三島において、50m メッシュデータの作成事例を示すとともに、その活用事例として、ウシユウミカンの適地判定、中晩柑類「せとか」の寒害発生リスク評価、広島県北広島町におけるキャベツの生育予測の結果を示す。

謝 辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「次世代農林水産業創造技術」の支援のもと実施された。WRFによる気象データの作成は、SIPの支援のもと、筑波大学計算科学研究センターの日下博幸教授の指導により実施した。北広島町の50m メッシュ気温データの作成のための現地気温観測地点の設定およびデータ収集については、広島県西部農業技術指導所の長戸玄事業調整員のお世話になった。北広島町のキャベツの生育予測モデルは、農研機構農業技術革新工学研究センター高度作業支援システム研究領域高度情報化システムユニットの菅原幸治上級研究員にご指導いただいた。R スクリプトの開発は、農林水産研究情報総合センターの研究支援サービスにより実施した。また、R スクリプトの開発では、当研究センター機械作業・情報グループの川北哲史研究員にもご協力いただいた。大三島の50m メッシュデータの作成は、農林水産省“攻めの農林水産業の実現に向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）”の支援を受け実施され、50m メッシュ気温データ作成のためのアメダスデータおよびGSM データは、農林水産研究情報総合センター科学技術計算システムのAGROPEDIA から取得した。大三島の50m メッシュ気温データ作成のための現地観測では、当研究センター業務第2科の樋笠啓智氏、松上勝利氏、高尾二郎氏、大谷恭史氏のお世話になった。土壌水分量変化の推定は、農林水産省“革新的技術開発緊急展開

事業（うち経営体強化プロジェクト）”の支援により実施され、このための大三島の土壤水分データおよび降水量データは、当研究センター四国研究拠点の黒瀬義孝園芸環境工学グループ長にご提供いただいた。Hydrusによる土壤水分のシミュレーション結果は、元当研究センター四国研究拠点の井上久義博士にご提供いただいた。ここに、謝意を表します。

引用文献

- 1) Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper no.56. FAO, Italy, 45-63.
- 2) 林陽性・黒瀬義孝 1997. 中山間農業地域における250mメッシュ日射環境の分布の特徴. 地理学評論. 70A-5: 307-320.
- 3) 池上勝・加藤雅宣 2014. 酒米の高温障害を軽減する栽培支援システムの開発. 作物研究. 59: 63-65.
- 4) 菅野洋光 1997. ヤマセ吹走時におけるメッシュ日平均気温の推定. 農業気象. 53: 11-19.
- 5) 河合誠・内山泰行・皆川秀夫・今井敏行・小嶋孝志・原田賢二・附田崇 2001. 青森県上十三地域における50mメッシュ気象値分布図の作成とその営農への利用. 日本農業気象学会耕地気象改善研究部会第22・23回研究会講演論文集. 23-26.
- 6) 日下博幸 2009. 領域気象モデルWRFについて. ながれ. 28: 3-12.
- 7) 小中原実・鈴木誠 1973. 標高の高いカンキツ栽培予定地における局地気象と不適地判定の一例. 農業気象. 29 (3): 157-164.
- 8) 鯨幸和・池田晴佳 2015. 有田地方における50mメッシュ気象図の作成とその利用. 和歌山県農林水研報. 3: 41-56.
- 9) 黒瀬義孝・長田健二・大場和彦 1999. 数値地図50mメッシュを用いたポテンシャルな日射量分布の推定. 農業気象. 55 (4): 315-322.
- 10) 中川行夫 1969. 果樹の気象的適地条件に関する研究(6) 世界のカンキツ産地の気象解析. 園芸試験場報告. 8: 73-94.
- 11) 大原源二 1999. 50mメッシュでの気温環境の推定とその農業利用. 日本農業気象学会局気象研究会講演論文集. 第15号: 1-11.
- 12) 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園江 2016. 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象. 16: 71-79.
- 13) Sameshima, R., Yokoyama, S., Hirota, T., Hamasaki, T., 2008: Creation and Application of 250m Square Grid Meteorological Information for Crop Management Using a Local Weather Station Network. JARQ. 42 (2): 41-48.
- 14) 清野裕 1993. アメダスデータのメッシュ化について. 農業気象. 48 (4): 379-383.
- 15) 菅原幸治・岡田邦彦 2016. キャベツの出荷予測による産地間リレー出荷策定支援システム. 農研機構2015年度成果情報.
- 16) 高山成・早川誠而・河村宏明 1999. 霜害発生予察のための50mメッシュ地形情報を用いた局地冷却現象. 農業気象. 55 (3): 235-246.
- 17) 上原由子・清野裕・原田昭彦 1989. 広島県における日照時間及び日射量のメッシュ化について. 農業気象. 45 (3): 159-163.
- 18) 植山秀紀 2004. 50mメッシュの地形情報を用いた重回帰分析による岡山県加茂川町の気温分布の特徴. システム農学. 20 (1): 53-63.
- 19) 植山秀紀 2006. 5mメッシュの地形情報による日射量推定値の有効性. 農土誌. 74 (4): 317-320.
- 20) 植山秀紀 2006. 50mメッシュ図による気温特性の把握と農業振興への活用. 農土誌. 74 (8): 723-728.
- 21) 植山秀紀 2008. 中山間地域におけるメッシュ気象図の利用. 近中四農研報. 7: 145-207.
- 22) 植山秀紀 2008. アメダスに準じた50mメッシュ月平均気温平年値図の作成法とその利用. システム農学. 24 (3): 191-198.
- 23) Ueyama, H. 2008. Estimating monthly mean air temperature using a radiative cooling scale. Theor. Appl. Climatol.. 94: 175-185.
- 24) Ueyama, H. 2013. Classification of recent studies by method type for surface air temperature map

- development and estimation of daily temperature using a radiative cooling scale. *J. Agric. Meteorol.* 69 (3) : 215-227.
- 25) Ueyama, H., Kato, M., Kawamukai, H., Ikegami, M., Fujimoto, H. 2015. Development of daily mean air temperature data with 50m resolution for an information system identifying the suitable planting period for Yamadanishiki sake rice. *J. Agric. Meteorol.* 71 (4) : 292-301.
- 26) 植山秀紀 2017. 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. *近中四農研資*. 12 : 39-65.
- 27) Ueyama, H. 2018. Development of statistical methods for estimating hourly direct and diffuse solar radiation using public data for precise cultivation management. *J. Agric. Meteorol.* 74(1) : 29-39.
- 28) 山田一茂 1993. 農業気象情報とシステム化について－自治体における動向分析－. *農業情報研究*. 2 : 21-15.

Development of application programs for 50m grid meteorological data for daily air temperature, daily accumulated solar radiation, daily relative humidity and daily accumulated reference evapotranspiration

Hideki UHEYAMA

Key words: 50m grid data, Development application programs, air temperature, solar radiation, humidity, reference evapotranspiration

Summary

There are various grid data available, depending on the intended use of the data for agriculture. Most popular grid size in Japan is 1km resolution, but this size may not be suitable for practical cultivation, as hilly and mountainous area occupy about 40% of Japanese farmland. To address this problem, meteorological grid data with 50m resolution have been developed. It is needed technical skills and expertise for meteorological data, meteorological observations, programming and digital maps to compile meteorological grid data with 50m resolution. I therefore developed some application programs to compile a grid data with 50m resolution: daily mean, maximum and minimum air temperature, daily accumulated solar radiation, daily relative humidity and daily accumulated reference evapotranspiration. Researchers and technicians for agriculture without technical knowledge and skill for meteorological grid data compiling can develop the grid data with 50m resolution using the developed application programs.

付録 (Appendix)

I 気温

1) 基礎データの作成

(1) 地形データ作成

a “標高値整理”アプリケーション

① 50m メッシュデータの作成に用いるデータファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。各ファイル名は、国土数値情報の2次メッシュ (2万5000分の1地形図に相当する、約10km四方の範囲)のコードに拡張子「.txt」が付加されたものである。またフォルダー内にコピーするファイルは、日射量の作成も考慮し、作成範囲だけでなく、その周囲の2次メッシュも作成範囲に含める。

② 整備する標高データファイル名が記載された「infile.txt」ファイルをフォルダー内に作成する。標高データファイルは、ファイル名を1つずつ改行で区切って記載する。

③ 「outfile.txt」ファイルに出力ファイル名を記載する。このときの記載順は、infile.txt ファイルに記載されている順に対応させる。

④ “標高値整理.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

数値地図のコード番号や座標の確認は、国土地理院の基盤地図情報ダウンロードサービス (<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>) などのサイトで確認できる。

b “標高データ結合”アプリケーション

① 結合する標高データファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。

② 「infile.txt」ファイルに結合する標高データファイルを記載する。この時の記載順は、第 ap.1 図に示す例のように、北西端から東方向の順とする。

③ “標高データ結合.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

「infile.txt」の記載例			
533400	533401	533402	533403
523470	523471	523472	523473
523460	523461	523462	523463
523450	523451	523452	523453

作成する地形データの配置例

第 ap.1 図 “標高データ結合”アプリケーションにおける「infile.txt」の記載例

(2) アメダスポイントの温位データの作成

a “アメダス日温位整理”アプリケーション

① アメダスの時間別データを入手し、本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。

② テキストエディタなどを使い、コピーしたアメダスデータのカンマをスペースに変換する。

③ 「infile.txt」ファイルに①のファイル名を1つずつ改行で区切って記入する。出力ファイルは、記載した順に結合される。このとき、記載するファイルは同年のものとする。

④ 「outfile.txt」ファイルに出力ファイル名を記載する。このときの記載順は、「infile.txt」ファイルに記載されている順に対応させる。

⑤ “アメダス日温位整理.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

(3) RCS データの作成

a “GPV - CSV”アプリケーション

① “control.txt”ファイルに抽出する単一気圧面の数値を1行目、抽出する気象要素の記号を2行目に記載する。デフォルトでは、「1行目 925, 2行目 TMP (気温)」となっているが、対象地域の標高が高く、より高層のデータが必要と思われる場合は、他の気圧を指定する。

② “infile.txt”ファイルに読み込む GPV データファイル名の一覧を記載する。

③ “outfile.txt”ファイルに出力ファイル名の一覧を記載する。このときの記載順は、「infile.txt」フ

イルに記載されている順に対応させる。

- ④ “GPV - CSV.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

b “GPV - CSV 結合”アプリケーション

- ① “GPV - CSV”アプリケーションでテキスト化したファイルを、本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “infile.txt”ファイルに結合するファイル名の一覧を結合順（日付順）に記載する。
- ③ “outfile.txt”に出力ファイル名を記載する。
- ④ “GPV - CSV.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑤ 別途，“infile.txt”ファイルに1日分のデータのみを記載し，“outfile.txt”に“座標データ.txt”と記載したのちアプリケーションを実行し、座標データファイルを作成する。

c “GPV 座標検索”アプリケーション

- ① “GPV - CSV 結合”アプリケーションで作成した“座標データ.txt”ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② テキストエディタなどを使い、コピーした「座標データ.txt」ファイルにおける、年月日のハイフン、および経度・緯度・気温を区切っているカンマをスペースに変換する。
- ③ “GPV 座標検索.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

d “GPV データ整理”アプリケーション

- ① “GPV - CSV 結合”アプリケーションで作成したGPVデータファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② テキストエディタなどを使いコピーしたGPVデータファイルにおける“年月日”のハイフンおよび“経度・緯度・気温”を区切っているカンマをスペースに変換する。
- ③ 第 ap.2 図のように、「DATAfile.txt」ファイルに“座標検索”アプリケーションで検索された4座標・設定した高層気圧面・アメダスポイントの座標を記載する。
- ④ 「infile.txt」にテキストエディタで修正した

34.200	133.750	} アメダスポイント近隣4グリッド の緯度・経度 注 度単位, スペース区切り
34.200	134.000	
34.000	133.750	
34.000	134.000	
925		→ 上層面の気圧
34.120	133.772	→ アメダスポイントの緯度・経度

第 ap.2 図 “GPV データ整理”アプリケーションにおける「DATAfile.txt」の記載例

GPV データファイル名を1つずつ改行で区切って記入する。

- ⑤ 「outfile.txt」ファイルに出力ファイル名を記載する。このときの記載順は、「infile.txt」ファイルに記載されている順に対応させる。
- ⑥ “GPV データ整理.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑦ コマンドプロンプトにおいて、入力ファイルが閏年でなくかつ2月のデータが含まれるか回答する。

e “RCS 値計算”アプリケーション

- ① “GPV データ整理”アプリケーションで作成した上層気圧面データファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “アメダス日温位整理”アプリケーションで作成したアメダス日温位データファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ③ 「GPVfile.txt」にコピーした上層気圧面データファイルの一覧を記載する（年月日は、AMeDASfile.txt と合わせる）。
- ④ 「AMeDASfile.txt」にコピーしたアメダス日温位データファイルの一覧を記載する（年月日は、GPVfile.txt と合わせる）。
- ⑤ 「outfile.txt」に出力ファイルの一覧を記載する。
- ⑥ “RCS 値計算.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

2) 温位差推定モデルの作成

(1) 地形因子の作成

a “観測座標計算”アプリケーション

- ① 現地観測地点を【地点番号, 緯度（十進数表記の度）, 経度（十進数表記の度）】の順にスペース区切りで整理した「観測地点.txt」ファイル

を作成する。

- ② “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルと「観測地点.txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ③ “観測座標計算.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ④ コマンドプロンプトにおいて、「HIGH50m.txt」ファイルの行数・列数・左下端の緯度（十進数表記の度）・左下端の経度（十進数表記の度）を入力する。

b “平均標高”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションによる「HIGH50m.txt」ファイルと“観測座標計算”アプリケーションによる「観測地点 XY 座標.txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “平均標高.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで地形データの行数および列数を入力する。

c “標高差”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションの実行による「HIGH50m.txt」ファイルと“観測座標計算”アプリケーションによる「観測地点 XY 座標.txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “標高差.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで地形データの行数および列数を入力する。

d “開放度”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションによる「HIGH50m.txt」ファイルと“観測座標計算”アプリケーションによる「観測地点 XY 座標.txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “開放度.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

- ③ コマンドプロンプトに、出力ファイル名を入力する。ファイル名は、第2表に記載の ΔH 毎に対応させ、「open-30.txt」などとする。
- ④ コマンドプロンプトで地形データの行数および列数を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで地形因子の計算範囲（1～60）を入力する。
- ⑥ コマンドプロンプトで開放度の計算標高差 ΔH （-30～30の10刻み）を入力する。 ΔH は任意の標高差を指定できるが、実績のある既報²⁶⁾における ΔH の値（-30, -20, -10, 0, 10, 20, 30）を適用することで、精度の良い50mメッシュデータの作成が可能である。

e “傾斜の通過頻度”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを“傾斜の通過頻度/通過メッシュ数”フォルダーにコピーする。
- ② “通過メッシュ数”フォルダー内にある“通過メッシュ数.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで地形データの行数および列数を入力する。
- ④ 作成された「valleyT.txt」ファイル（全メッシュの傾斜の通過数）を“傾斜の通過頻度”フォルダー（1つ上のフォルダー）に移動する。また、“観測座標計算”アプリケーションで作成された「観測地点 XY 座標.txt」ファイルも“傾斜の通過頻度”フォルダーにコピーする。
- ⑤ “通過頻度.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑥ コマンドプロンプトで、地形データの行数および列数を入力する。

f “平均傾斜”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションによる「HIGH50m.txt」ファイルと“観測座標計算”アプリケーションによる「観測地点 XY 座標.txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “平均傾斜.exe”アプリケーションをダブルク

リックして実行する。

- ③ コマンドプロンプトで地形データの行数および列数を入力する。

g “海岸距離”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルと“観測座標計算”アプリケーションで作成された「観測地点 XY 座標 .txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “海岸距離 .exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

(2) Tesc データおよび Tssc データの作成

a “気温日別整理”アプリケーション

- ① 現地観測値データファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② 「infile.txt」ファイルに入力するデータファイルの一覧を記載する。
- ③ 「outfile.txt」ファイルに出力するデータファイルの一覧を記載する。
- ④ “気温日別整理 .exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

b “温位変換”アプリケーション

- ① “観測座標計算”アプリケーションで作成された「観測地点 XY 座標 .txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② 「infile.txt」ファイルに入力するデータファイルの一覧を記載する。
- ③ “温位変換 .exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

c “TescTssc 計算”アプリケーション

- ① 基礎データ作成アプリケーション群の“アメダス日温位整理”アプリケーションを用いて、現地気温観測期間におけるアメダスポイントの温位データ「アメダス温位 .txt」ファイルを作成し、本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② 基礎データ作成アプリケーション群の“RCS 値計算”アプリケーションを使い、現地気温観測

期間における RCS データ「RCSfile.txt」ファイルを作成し、本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。

- ③ “温位変換”アプリケーションで作成された「日平均温位 .txt」, 「日最高温位 .txt」, 「日最低温位 .txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ④ “TescTssc 計算 .exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑤ コマンドプロンプトにおいて観測地点数を入力する。

d “R 用 Tesc 値整理”アプリケーション

- ① 「control.txt」ファイルに、RCS の閾値を記載する。
- ② 「infile.txt」の1行目に RCS データファイル名（「RCSfile.txt」）を、2行目に Tesc データファイル名（「日平均 Tesc.txt」など）を記載する。
- ③ 「outfile.txt」に出力ファイル名を記載する。このとき、境界値が2つの場合は3ファイル、3つの場合は4ファイルを1行ずつ記載する。
- ④ “R 用 Tesc 値整理 .exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑤ コマンドプロンプトで、観測地点数および境界値の数を入力する。

3) 50m メッシュ気温データの作成

(1) 地形因子作成

a “Null 値”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを同じフォルダーにコピーする。
- ② “Null 値作成 .exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで、地形データファイル（HIGH50m.txt）の行数および列数を入力する。
- ④ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

b “標高”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “標高.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで出力ファイル名を入力する。
- ④ コマンドプロンプトで地形データファイル(HIGH50m.txt)の行数および列数を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑥ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

c “平均標高”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを同じフォルダーにコピーする。
- ② “平均標高.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで出力ファイル名を入力する。
- ④ コマンドプロンプトで地形データファイル(HIGH50m.txt)の行数および列数を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで地形因子の計算範囲(1～60)を入力する。
- ⑥ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑦ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

d “標高差”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを同じフォルダーにコピーする。
- ② “標高差.exe”アプリケーションをダブルクリッ

クして実行する。

- ③ コマンドプロンプトで出力ファイル名を入力する。
- ④ コマンドプロンプトで地形データファイル(HIGH50m.txt)の行数および列数を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで地形因子の計算範囲(1～60)を入力する。
- ⑥ コマンドプロンプトで地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑦ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

e “開放度”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを同じフォルダーにコピーする。
- ② “開放度.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで出力ファイル名を入力する。
- ④ コマンドプロンプトで地形データファイル(HIGH50m.txt)の行数および列数を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで地形因子の計算範囲(1～60)を入力する。
- ⑥ コマンドプロンプトで開放度の計算標高差 ΔH (-30～30の10刻み)を入力する。
- ⑦ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑧ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

f “平均傾斜”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを同じフォルダーにコピーする。
- ② “平均傾斜.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで出力ファイル名を入力す

る。

- ④ コマンドプロンプトで地形データファイル (HIGH50m.txt) の行数および列数を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで地形因子の計算範囲 (1 ~ 60) を入力する。
- ⑥ コマンドプロンプトで地形データファイルにおける、メッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑦ コマンドプロンプトで地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

g “傾斜の通過頻度”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを“傾斜の通過頻度/通過メッシュ数”フォルダーにコピーする。
- ② “通過メッシュ数.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで地形データファイル (HIGH50m.txt) の行数および列数を入力する。
- ④ “通過メッシュ数”フォルダーに作成された「valleyT.txt」ファイルを (1つ上のフォルダー) 「傾斜の通過頻度」フォルダーにコピーする。
- ⑤ “通過頻度.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑥ コマンドプロンプトで出力ファイル名を入力する。
- ⑦ コマンドプロンプトで地形データファイル (HIGH50m.txt) の行数および列数を入力する。
- ⑧ コマンドプロンプトで地形因子の計算範囲 (1 ~ 60) を入力する。
- ⑨ コマンドプロンプトで地形データファイルにおける、メッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑩ コマンドプロンプトで地形データファイルに対するメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

h “海岸距離”アプリケーション

- ① “標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを同じフォルダー

にコピーする。

- ② “平均傾斜.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで出力ファイル名を入力する。
- ④ コマンドプロンプトで地形データファイル (HIGH50m.txt) の行数および列数を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑥ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

(2) メッシュ作成

a “地点間温位差”アプリケーション

- ① Null 値データファイル「Nullvalue.txt」および Tesc 推定モデルとして選択された地形因子データファイルを同じフォルダーにコピーする。
- ② 50m メッシュ気温データ作成期間における RCS データファイルの本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ③ RCS データファイルの一覧を記載した「nRCSfile.txt」ファイルを作成する。
- ④ 出力データファイルの一覧を記載した「outfile.txt」ファイルを作成する。
- ⑤ 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.txt」ファイルを以下のルールに従いスペース区切りで記載する (第 ap.3 図参照)。
 - ・ RCS のグループの数が 3 つの場合は 3 行で 4 つの場合は 4 行となる。
 - ・ A・B・C は、モデルに使用される地形因子の係数で、3 つ無い場合はゼロとする。
 - ・ F1 ~ 4 は、モデル式の定数項を記載する。
 - ・ Tssc1 は、Tssc 推定モデルの係数、Tssc2 は Tssc 推定モデルの定数を記載する。
- ⑥ Tesc 推定モデルの係数となる地形因子ファイル名が記載された「Geofile ○.txt」ファイルを作成する。Geofile の後の○には、RCS で分類されるグループの番号 (1 ~ 3 or 4) が記載される。番号は、RCS の閾値が低いものから順

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

第 ap.3 図 “地点間温位差”アプリケーションにおける「モデル係数.txt」の記載例

に付け、推定モデルに使用する地形因子ファイル名を1行ずつ記載する。このとき、モデル係数ファイルの値と対になるようにする。

- ⑦ グループ分けする際の閾値となる RCS の値が記載された「RCSborder.txt」ファイルを作成する。このときの記載内容は、ゼロ以下（もしくはゼロ）の境界から、高い値の順にスペース区切りで記載する。
- ⑧ “地点間温位差.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑨ コマンドプロンプトで作成する地点間温位差データファイルの行数と列数を入力する。
- ⑩ コマンドプロンプトで RCS 値により分類されるグループの数（3 か 4）を入力する。

b “50m メッシュ作成”アプリケーション

- ① “地形因子作成”アプリケーション群で作成した標高データファイルと Null 値データファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② 50m メッシュ気温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と、“地点間温位差”アプリケーションで作成した地点間温位差データファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ③ アメダスポイントにおける温位データファイルの一覧を記載した「AMefile.txt」ファイルを作成する。

- ④ 地点間温位差ファイルの一覧を記載した「PTfile.txt」を作成する。
- ⑤ 出力ファイルの一覧を記載した「outfile.txt」を作成する。
- ⑥ “50m メッシュ気温作成.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑦ コマンドプロンプトで作成する 50m メッシュ気温データファイルの行数と列数を入力する。
- ⑧ コマンドプロンプトで計算する要素を入力する（平均気温なら 0, 最高気温なら 1, 最低気温なら 2 を指定する）。

II 日射量

1) 地理データ作成

(1) “傾斜角・方位角計算”アプリケーション

- ① 50m メッシュ気温データ作成アプリケーション群の“／基礎データ作成／標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを「傾斜角・方位角計算」フォルダーにコピーする。
- ② “slope.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで地形データファイル（HIGH50m.txt）の行数および列数を入力する。
- ④ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。
- ⑤ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

(2) “遮蔽角計算”アプリケーション

- ① 50m メッシュ気温データ作成アプリケーション群の“／基礎データ作成／標高データ結合”アプリケーションで作成された「HIGH50m.txt」ファイルを“／遮蔽角計算”フォルダーにコピーする。
- ② コマンドプロンプトで地形データファイル（HIGH50m.txt）の行数および列数を入力する。
- ③ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最初の行番号および列番号を入力する。

- ④ コマンドプロンプトで、地形データファイルにおけるメッシュ気温データ作成範囲の最後の行番号および列番号を入力する。

(3) “天空率計算”アプリケーション

- ① “遮蔽角計算”アプリケーションで作成された遮蔽角データファイル「shade.txt」を同じフォルダーにコピーする。
- ② “skyview.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ③ コマンドプロンプトで傾斜角データファイル (shade.txt) の行数および列数を入力する。

2) 直達散乱日射量データの作成

(1) “大気外日射計算”アプリケーション

- ① “大気外日射データ.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ② コマンドプロンプトで閏年のデータかそれ以外かを指定する。
- ③ コマンドプロンプトで利用するアメダスポイントの緯度と経度を入力する (十進数表記の度)。

(2) “アメダス整理”アプリケーション

- ① “大気外日射量計算”アプリケーションで作成した大気外日射量データファイル「大気外データ.txt」を本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② アメダスの時間別データのテキストファイル入手し、本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。このときのアメダスデータファイルは、テキストエディタなどでカンマ区切りをスペース区切りに変換しておく。
- ③ 50m メッシュ日積算日射量データの作成期間におけるアメダスの時間別データファイルの一覧を記載した「AMENAME.txt」ファイルを作成する。
- ④ 大気外データファイル名を記載した「SLNAME.txt」ファイルを作成する。これは、大気外データには、閏年とそれ以外の年の2種類のデータファイルが存在する場合、ファイル名を分ける必要があるためである。
- ⑤ 出力ファイル名を記載した「outfile.txt」ファイ

ルを作成する。

- ⑥ “アメダスデータ整理.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

(3) “直散日射計算”アプリケーション

- ① “アメダス整理”アプリケーションで作成したデータファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② データファイルの一覧を記載した「infile.txt」ファイルを作成する。
- ③ 出力ファイル名の一覧を記載した「outfile.txt」ファイルを作成する。
- ④ “直散データ.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。

3) 50m メッシュ日積算日射量データの作成

(1) “日積算日射量”アプリケーション

- ① “50m メッシュ気温データ作成/地形因子作成/Null値”アプリケーションで作成した「Nullvalue.txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② “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「slope.txt」「dir.txt」「shade.txt」「skyview.txt」を同じフォルダーにコピーする。
- ③ “直散日射計算”アプリケーションで作成した直達・散乱日射量データファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ④ 直達・散乱日射量データファイルの一覧を記載した「infile.txt」ファイルを作成する。
- ⑤ 出力ファイルの一覧を記載した「outfile.txt」ファイルを作成する。このとき、「infile.txt」と「outfile.txt」は、対になっている必要がある。
- ⑥ “result.exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑦ コマンドプロンプトで作成する 50m メッシュ日積算日射量データの行数と列数を入力する。
- ⑧ コマンドプロンプトで閏年かどうかを入力する (閏年なら 10, それ以外なら 0)。
- ⑨ コマンドプロンプトで計算範囲の左下端 (最南西端) の緯度を入力する (十進数表記の度)。

III 相対湿度

1) 50m メッシュ日平均相対湿度データの作成

- ① “50m メッシュ気温データ作成”アプリケーション群を用いて作成した日最高気温および日最低気温の 50m メッシュデータファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② 50m メッシュ日最高気温データファイルの一覧を記載した「maxfile.txt」ファイルを作成する。
- ③ 50m メッシュ日最低気温データファイルの一覧を記載した「minfile.txt」ファイルを作成する。
- ④ 出力ファイルの一覧を記載した「outfile.txt」ファイルを作成する。
- ⑤ “日平均相対湿度作成 .exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑥ コマンドプロンプトで作成する 50m メッシュ日相対湿度データの行数と列数を入力する。
- ⑦ コマンドプロンプトで 1 メッシュあたりの気温データ数を入力する。このとき、気温データファイル一覧に記載されているファイルの 1 メッシュあたりのデータ数 (気温データの日数) は、すべて同じでなければならない。

IV 基準蒸発散量

1) 50m メッシュ日積算基準蒸発散量データの作成

- ① 基準蒸発散量の計算に必要な日最高気温、日最低気温、日積算日射量の 50m メッシュデータファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ② 50m メッシュ気温データ作成アプリケーション群の“ /基礎データ作成 /標高データ結合”アプリケーションで作成された、「HIGH50m.txt」ファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。

- ③ 基準となるアメダスポイントにおける大気外日射量データファイルを本アプリケーションと同じフォルダーにコピーする。
- ④ 50m メッシュ日最高気温データファイルの一覧を記載した「MaxTempfile.txt」ファイルを作成する。
- ⑤ 50m メッシュ日最低気温データファイルの一覧を記載した「MinTempfile.txt」ファイルを作成する。
- ⑥ 50m メッシュ日積算日射量データファイルの一覧を記載した「Solarfile.txt」ファイルを作成する。
- ⑦ 大気外日射量データファイルの一覧を記載した「TereSolarfile.txt」ファイルを作成する。
- ⑧ 出力ファイルの一覧を記載した「outfile.txt」ファイルを作成する。
- ⑨ “基準蒸発散量作成 .exe”アプリケーションをダブルクリックして実行する。
- ⑩ コマンドプロンプトで作成する 50m メッシュ日積算蒸発散量データの行数と列数を入力する。
- ⑪ コマンドプロンプトで閏年かどうかを入力する (閏年なら 10、それ以外なら 0)。

なお、「infile.txt」および「outfile.txt」に記載するファイルリストは、閏年と閏年以外の年を同じファイルに並べられないことに注意が必要である。

