

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25292153

研究課題名(和文) 厳寒地冬季の気象条件における農業気象情報システムの構築と精緻化

研究課題名(英文) Development of agrometeorological information system for winter in a cold region.

研究代表者

廣田 知良 (Hirota, Tomoyoshi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター生産環境研究領域・グループ長

研究者番号：20343949

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：冬の気候変動が顕著な寒冷地を対象に、冬の異常気象対策や低温資源の利活用に資するため、我々は1) 厳寒・放射冷却卓越条件下の気温低下メカニズムを観測とシミュレーションからの解明し、高精度気温分布推定の手法を得ること2) アメダス積雪深と降水量に解析雨量を用いた高精度積雪深メッシュ推定手法を開発することを目的に研究を進めた。最終的には気象庁予報データも加えて、農研機構メッシュ気象データから気温、積雪深、土壌凍結深を過去+現況に加え、1～2週間先予測も可能となる厳寒地向けの早期警戒システムを構築した。

研究成果の概要(英文)：Winter air temperatures are important for crop overwintering and cold resource usage. Growing needs exist for accurate winter agrometeorological information (especially air temperature, snow depth, soil frost depth). To use winter climate resources and take countermeasure for climate change, 1) we clarified winter air-temperature distribution mechanisms affecting a meso-scale plain using field observations and simulations were conducted for Tokachi region, Japan and investigate that effects of model spatial resolution on air temperature calculation accuracy under strong radiative cooling condition, and 2) a practical model has been developed to estimate the daily snow water equivalent and snow depth, soil frost depth. Finally we have constructed agrometeorological information system for cold region using the mesh Agricultural meteorological data system developed by NARO including prediction data for one to two week ahead.

研究分野：農業気象

キーワード：農業気象情報 気候変動・温暖化 厳寒地 気温 積雪 土壌凍結

1. 研究開始当初の背景

北海道のような高緯度地方では冬の厳寒時は夜の時間が長いこともあり、晴天日は放射冷却により大気の混合が強く抑制されるため、気温の局地性が大きくなる。提案者らの観測では、春秋の0前後の霜害想定と比べても局地性が大きく、気温が-5以上では地点間差がなくても、-5以下では気温の低下に伴い、その差が広がり、日平均値でも最大6の差を生じた。このことは、温暖条件で実用的な空間内挿法では気温分布の推定は誤差が大きくなることを示す。積雪深も、単純な空間内挿法による推定では降水を引き起こす大気場の条件が反映されず空間分布を再現できていない。したがって、空間内挿法で推定した気温と積雪深からの土壤凍結深推定分布も大きな誤差を生じる。

一方、提案者らは近年積雪、土壤凍結、遠隔地の厳寒地の観測手法、観測、モデリングの知見を蓄積し、さらに、提案者らの機関は気象庁予報値をリアルタイムで入手できるようになり、メッシュ気象値を週間予測情報としても作成可能となった。つまり、豪雪や寒波時に重要な融雪予測を融雪材散布時期の意志決定支援と共に示せる厳寒地の早期警戒情報システムの開発基盤が整った。

2. 研究の目的

冬の気候変動が顕著な寒冷地を対象に、冬の異常気象対策や低温資源の利活用に資するため、(1) 厳寒・放射冷却卓越条件下の気温低下メカニズムの解明し、高精度気温分布推定手法を開発する。(2) アメダス積雪深と降水量を用いた高精度積雪深メッシュ推定手法を開発する。(3) 上記の改良気温推定結果と積雪メッシュを用いた高精度土壤凍結深メッシュ気象値を推定する方法を開発する。さらに気象庁予報データも加えて、過去+現況に加え、予測1~2週間先予測も可能となる早期警戒システムを構築する

3. 研究の方法

(1) 微気象観測と気象の総観場解析から北海道内陸の農業地帯での厳寒期の放射冷却が卓越する場合の放射冷却強度と最低気温の関係を解明した。また、局地気象気予測の静力学モデルである気象庁のJMA-NHMを用いて、数値解析を行うと共に、モデルに必要な空間解像度を調べることで厳寒時に高精度で気温を推定する条件を明らかにする。

(2) 農研機構で開発したメッシュ農業気象データを用いることを前提にアメダス積雪深と降水量等を用いて、熱収支法に基づきながら計算過程を単純化し、かつ各気象要素が適切に補正できる高精度積雪深メッシュ推定手法を開発する。

(3) 上記の気温と積雪メッシュ気象値による高精度土壤凍結深メッシュ作成手法を開発し、推定精度を検証する。

(4) 気象庁予報値も加えて、これらの厳寒

地メッシュ農業気象データセットを作成、融雪材散布による融雪促進効果を予測する早期警戒システムを構築する。

4. 研究成果

北海道十勝地方での観測データに基づく解析から、冬季の厳寒条件下の日平均気温は、日最低気温に依存し、日最低気温は標高依存性がないことが明らかとなった。その日最低気温の分布は、総観場の風の影響を受けた狩勝峠付近の吹き抜けの度合いと関連し、上空風速は高温域の広さ、風向は高温域の分布の方向に影響を及ぼしていた。また、局地気象気予測の静力学モデルである気象庁のJMA-NHMを用いて、シミュレーションの複雑地形における空間解像度の向上と予測推定精度の関係を検討したところ、厳寒期の十勝全域を対象にした解析では、格子間隔2kmのモデルは、概ね5°C以内の差で実測気温を再現したが、谷地形ではモデルと実測の差が大きくなることがあった。一方、格子間隔0.5kmと高解像化したモデルは、山風といった詳細な風系(風向・風速)を再現し、気温推定精度が向上した。すなわち、気温が大幅に下がる厳寒期の気温分布には風系が強く影響し、局地性も高くなるため、空間解像度を高めることで推定精度が向上できることが明らかとなった。以上の結果は厳寒条件下における気温分布形成要因とその計算手法について多くの新知見を含んでおり、現在国際学術誌に投稿中である。

積雪深推定モデルはメッシュ気象システムの気温・湿度・風速・放射および気象庁解析雨量を入力として積雪表面における水収支および熱収支を解き、日々の積雪水量を1kmメッシュで出力する。積雪水量を積雪深に変換するために、アメダス観測点において、積雪水量推定モデルが計算する積雪水量と積雪深の観測値から積雪密度を求め、これを空間補間したもので積雪水量分布を除すことにより、積雪深分布を得る手法を開発した(図1)。

密度分布を介して推定された積雪深分布は、気象官署・アメダス観測点の積雪深データを単純に補間したものと比較して空間解像度が増しており、観測点のない山間部での分布や、局所的な大雪などが表現されていた。また、任意の気象官署・アメダス地点の積雪深を用いずにクロスバリデーションを行った結果、単純な積雪深の補間に比べて推定誤差が減少していた。さらに、降水量推定、融雪過程について改善を重ねた。降雪水量の推定について、湿球温度による雨雪判別・風速による降水量計捕捉率補正をおこなって推定した降雪水量分布を、アメダス観測地点間の平均距離と同程度の半径10kmで移動平均し、推定値に含まれるランダムな誤差や降水量計の型式の違いによる誤差を低減させ、さらにアメダス積雪深より推定される日降雪深を用いて誤差補正をする手法へ改善した。

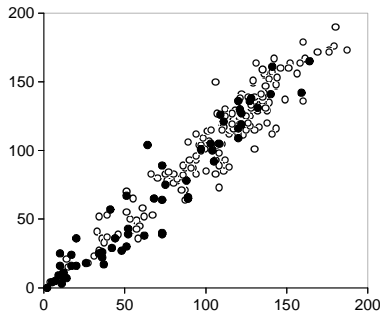


図1 開発した積雪深モデル積雪日数の比較例(2010年のケース)

横軸は官署・アメダス積雪深計による日数, 縦軸はモデルで推定した積雪水量による日数. 黒丸は官署, 白丸はアメダス地点を示す(小南ら,2015 から改訂).

融雪水量は、日単位の熱収支法によって計算していたものを昼間の加熱と夜間の冷却とを再現するため、日値の気象データより気温・風速・湿球温度の昼間平均値および夜間平均値を推定し、半日単位のステップで計算をおこなう方法へ改善した。積雪水量分布と積雪密度については、求めた積雪密度が既往の観測例から見積もられる積雪密度の範囲を超えている場合は積雪水量分布にバイアス補正をかけ、積雪水量推定誤差の蓄積を防ぐように改善した。降水量計の形式による捕捉率の違いを、北海道に関してはアメダスと官署等とを分離して、それぞれの見かけ上の降雪密度の分布がおおむね一致するような係数を与える方法を採用することで消雪日の推定精度を改善させた。また、融雪促進効果について融雪材散布のアルベド効果を融雪材被覆率で積雪モデルに組み込める形でパラメータ化する方法を開発した。このようにして、積雪深推定モデルについては改善を繰り返して実運用できる段階に達したと判断した。

これらの研究成果を受けて農研機構で開発したメッシュ農業気象データの気温と、新たに開発した積雪深メッシュを用いて、オホーツク地方で沿岸部での土壤凍結深の推定を試みたところ、推定精度(RMSE)は数cm程度のオーダーであり土壤凍結深も実用的な精度があると判断した。最終的には、北海道の農業生産者向けにユーザーが指定する地点において気温と積雪深と土壤凍結深の推定結果を一週間前から最大2週間先程度の気象庁から配信される予測データも取り込む形でシステムを構築した(図2)。このシステムはユーザー登録をしたうえでの限定公開であるが、生産現場へ向けても特に野良イモ対策で実運用を行い、社会実装化も図るこ

とができた。このような気温、積雪深、土壤凍結深を提供できるシステムを、予測データを含めて提供して、農業生産現場へ社会実装化した例は国内外において、見当たらないと思われる。

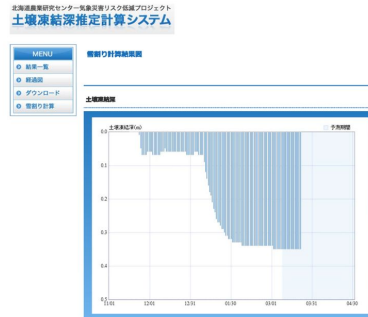


図2 開発したシステムの土壤凍結深出力例(広田, 2015)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

M. Inatsu, J. Tominaga, Y. Katsuyama, and T. Hirota, Soil-frost depth change in eastern Hokkaido under +2 K-world climate scenarios. Science Online Letters on the Atmosphere, 2016, 査読有 (in press)

S. Shimoda, T. Yazaki, Z. Nishio, T. Hamasaki, and T. Hirota, Possible soil frost control by snow compaction on winter wheat fields. Journal of Agricultural Meteorology, 2015, 査読有, 71, 276-281 <http://doi.org/10.2480/agrmet.D-15-00001>

Y. Iwata, T. Hirota, T. Yazaki, A. Iwasaki, T. Suzuki, S. Inoue, and K. Usuki, Effects of saturated hydraulic conductivity on volunteer potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber survival. Soil Science and Plant Nutrition, 2015, 査読有 61, 235-241 DOI:10.1080/00380768.2014.982491

小南靖弘、広田知良、井上聡、大野宏之、メッシュ農業気象データのための積雪水量推定モデル, 雪氷, 査読有 77, 2015, 233-246

[学会発表](計11件)

富永純平、稲津將、廣田知良、力学的ダウンスケーリングに基づく北海道東部における年最大土壤凍結深の将来予測、日本農業気象学会北海道支部2015年大会、2015年12月07日、旭川市大雪クリスタルホール(北海道旭川市)

矢崎友嗣、福島広和、広田知良、岩

田幸良、輪島淳、横田歩、北海道十勝における冬季夜間冷却(その3)シミュレーション空間分解能と気温推定精度の向上、日本農業気象学会北海道支部2015年大会、2015年12月07日、旭川市大雪クリスタルホール(北海道旭川市)

小南靖弘、広田知良、田中博春、メッシュ積雪データの降水量補正について、日本農業気象学会北海道支部2015年大会、2015年12月07日、旭川市大雪クリスタルホール(北海道旭川市)

小南靖弘、全国版早期警戒・栽培支援システムに搭載される積雪情報第61回北海道土壌肥料懇話会シンポジウム(招待講演)、2014年12月4日、かでの2.7道立道民活動センター(札幌市)

広田知良、北海道発の気候変動適応策-雪割り、野良イモ対策、土壌凍結深制御-日本農学会シンポジウムここまで進んだ!飛躍する農学(招待講演)、2014年10月4日、東京大学弥生講堂・一条ホール(東京都文京区)

小南靖弘、井上聡、大野宏之、廣田知良、日平均値より求めた顕熱輸送量の補正值の地域分布、雪氷研究会(2014・八戸)、2014年9月20日、八戸工業大学(八戸市)

下田星児、矢崎友嗣、西尾善太、濱崎孝弘、広田知良、庄雪処理による土壌凍結深制御の試みと秋まき小麦の生育への影響、日本農業気象学会2015年全国大会2015年3月19日、文部科学省研究交流センター(つくば市)

福島広和、矢崎友嗣、広田知良、岩田幸良、井上聡、輪島淳、横田歩、北海道十勝における冬季夜間冷却(その2)シミュレーションによる気温分布形成のメカニズム調査、日本農業気象学会2014年全国大会、2014年3月18日、北海道大学学術交流会館(北海道札幌市)

小南靖弘、大野宏之、根本学、アメダス積雪深を補完する1kmメッシュ積雪深推定プログラム、日本農業気象学会2014年全国大会、2014年3月18日、北海道大学学術交流会館(北海道札幌市)

矢崎友嗣、福島広和、広田知良、岩田幸良、井上聡、輪島淳、北海道十勝における冬季夜間冷却(その1)気温分布とその特徴、日本農業気象学会2014年全国大会、2014年3月18日、北海道大学学術交流会館(北海道札幌市)

広田知良、雪割り・土壌凍結深制御

による野良イモ対策、GIS Day in 北海道(招待講演)2013年12月6日、酪農学園大学(北海道江別市)

〔図書〕(計2件)

広田知良、農山漁村文化協会、土壌凍結深の制御による野良イモ対策、最新農業技術『作物 vol.8』, 2015, 254pp, (203-211)

廣田知良(共著)、養賢堂、シリーズ21世紀の農学ここまで進んだ!飛躍する農学、2015, 171pp(71-84)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣田 知良 (HIROTA Tomoyoshi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター生産環境研究領域・グループ長

研究者番号: 20343949

(2) 研究分担者

大野 宏之 (OHNO Hiroyuki)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター 気候変動対応研究領域・上級研究員

研究者番号: 00354027

小南 靖弘 (KOMINAMI Yasuhiro)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター大規模畑作研究領域・上級研究員

研究者番号: 80425587

岩田 幸良 (IWATA Yukiyoshi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 農地基盤工学研究領域・上級研究員

研究者番号: 70370591

井上 聡 (INOUE Satoshi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター生産環境研究領域・上級研究員

研究者番号: 20354011

根本 学 (NEMOTO Manabu)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター生産環境研究領域・主任研究員

研究者番号: 10469843

下田 星児 (SHIMODA Seiji)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研
究機構 北海道農業研究センター大規模畑
作研究領域・上級研究員
研究者番号：80425587

矢崎 友嗣 (YAZAKI Tomotsugu)
一般社団法人湿原研究所 常勤研究員
研究者番号：00449290
(平成 25 年度まで研究分担者)