

平成 31 年 4 月 27 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07963

研究課題名(和文) 超高解像度気象モデルを利用したカンキツ果樹の異常気象ダメージマッピングの開発

研究課題名(英文) Development of meteorological damage mapping for citrus fruits using a highly resolved numerical model

研究代表者

大橋 唯太 (Yukitaka, Ohashi)

岡山理科大学・生物地球学部・教授

研究者番号：80388917

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：冬季低温に弱いカンキツ類は栽培中に凍霜害の注意が必要で、低温の予報や実測には気象庁のアメダス情報が有益である。しかし樹園地は複雑な微地形内にあることが多く、実際の気象状態を表しているとは言い難い。そこで本研究では、200mメッシュの超高解像に設定された気象モデルを用い、樹園地が存在する微地形上の冬季低温分布を再現した。中四国のカンキツ生産が盛んな地域を対象に、冬季の事例を計算した。外洋に近い四国南西部では、標高100m以下に広がる樹園地の低温記録時間に標高による大きな違いがみられたが、瀬戸内海のしまなみ島嶼部では標高に関係なく島全体の低温傾向が強くなる特徴が、シミュレーションで明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

カンキツ類が栽培されている樹園地では、冬季に寒波の襲来に伴う凍霜害がしばしば発生し、億円単位の大きな被害をもたらしている。カンキツの多くの品種が低温環境に弱く、曝露時間が長いほど被害リスクも高くなる。したがって農家は、できるだけ事前に低温情報を把握して対策を講じる必要があるが、気象庁アメダスの気温を確認する手段がほとんどである。しかしカンキツ生産の盛んな地域に近いアメダスは沿岸平野部にあることが多く、実際の圃場環境と大きく異なる。本研究からは、カンキツ圃場が広がる地域の低温記録がアメダス値とかなり違ってくる様子が再現され、高解像度の気象モデルを圃場の凍霜害予測に活用できる可能性を示せた。

研究成果の概要(英文)：Since it is necessary for citrus fruit cultivations to care cold or frost damages in winter, the JMA AMeDAS meteorological information is useful to predict low temperature and get measured temperature. On the other hand, many orchards extend on a complex terrain, and those environments differ from the AMeDAS observation environments. In this study, using a highly resolved numerical meteorological model with 200-m mesh, winter cold temperature maps were simulated. Especially, for Chugoku and Shikoku regions in which citrus fruits are richly cultivated, a winter cold surge event was calculated by the model. In the south-west Shikoku region near the ocean, the simulated cold durations at orchards existing altitude lower than 100 m significantly differed depending on altitude of the model grid. However, in the Shimanani island region within the Seto Inland Sea, whole islands were strongly cold regardless of the model altitude.

研究分野：局地気象学、農業気象学

キーワード：カンキツ果樹 寒害 気象シミュレーション

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 一般に農作物は気候変化に脆弱であり、市場価格の不安定さも顕著になりやすい。なかでもカンキツ果樹は、極端な高温猛暑が継続することで生じる浮皮現象、極端な低温寒波による果実凍結や、す上がり現象など生理障害がよく知られ、収穫量の大きな減少につながる。地球温暖化は地域の年平均気温を上昇させる一方で、地球大気気候システム自体を変化させ、夏季の異常高温や冬季の異常低温イベントの顕著化を引き起こしているといわれる (Mori et al. 2014; Fischer and Knutti, 2015)。

(2) 将来の気候変動に伴うカンキツ栽培の適地移動の予測は、これまで国内外で研究事例が散見される (杉浦・横沢, 2004)。しかしそのほとんどが、全球規模の気象シミュレーションにもとづく日本列島または大陸スケールでの非常に粗い空間分布の適地予測に留まる。一方でカンキツ果樹の高温または低温による被害は、樹園地が立地する局所的な微地形の影響を強く受けるため、将来の被害リスクを予測するには少なくとも数百メートルの水平解像度をもつ超高解像の気象シミュレーションが必要になってくる。

### 2. 研究の目的

本研究の最終目標は、複雑地形に広がるカンキツ樹園地の微気象環境を数値流体計算によって再現することで、① 異常気象発生時におけるカンキツの高温・低温被害を100~200mの超高解像マップで表現する、② 将来想定される異常気象シナリオ時のカンキツの成長阻害・生理障害リスクを超高解像マップで表現することである。また本研究では、国内で最も栽培面積および収穫量の大きなウンシュウミカンと、近年その伸び率が高いレモンを対象果樹とし、これらの栽培が盛んで有名な瀬戸内海・芸予諸島の生口島や大三島、八幡浜や宇和島を含む四国の西部などを主な対象地域として選んだ。

### 3. 研究の方法

(1) カンキツ栽培の盛んな瀬戸内海しまなみ島嶼部と四国の西部において、栽培農地の分布を特定するため、現地踏査および航空写真による判別、国土地理院の国土数値情報の分析をおこなう。

(2) 過去におけるカンキツ類の品種別収穫量と気象データの対比から、夏季高温および冬季低温の発生と収穫不良の事例を取りあげ、数値シミュレーションの対象期間を決定する。このとき、カンキツの収穫量と高温 (低温) 積算温度の関係を分析することで、シミュレーション結果をカンキツ被害リスクのマップ化に利用する。カンキツ類の品種別収穫量は農林水産省の特産果樹生産動態等調査データを、気象観測値 (気温・降水量・日照時間など) は気象庁データをそれぞれ用いる。

(3) 猛暑 (寒害) リスクや高温 (低温) 再現に用いる数値気象モデルは、アメリカ大気研究センターNCAR が開発したWRF (Weather Research and Forecasting Model) である。モデルの外側親領域 (d01) の水平格子間隔は1kmとし、その内側に200m解像度で瀬戸内海のしまなみ島嶼部、四国西部の

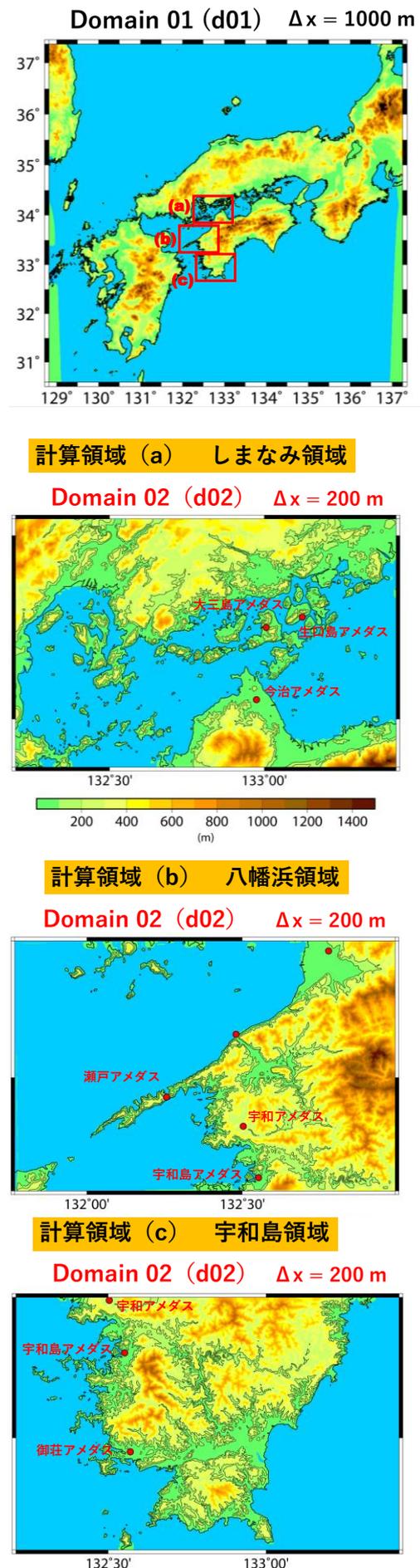


図1 計算対象とした3領域 (d02)。

□ 数値気象モデルを使って、カンキツの寒害リスクを定量評価する。

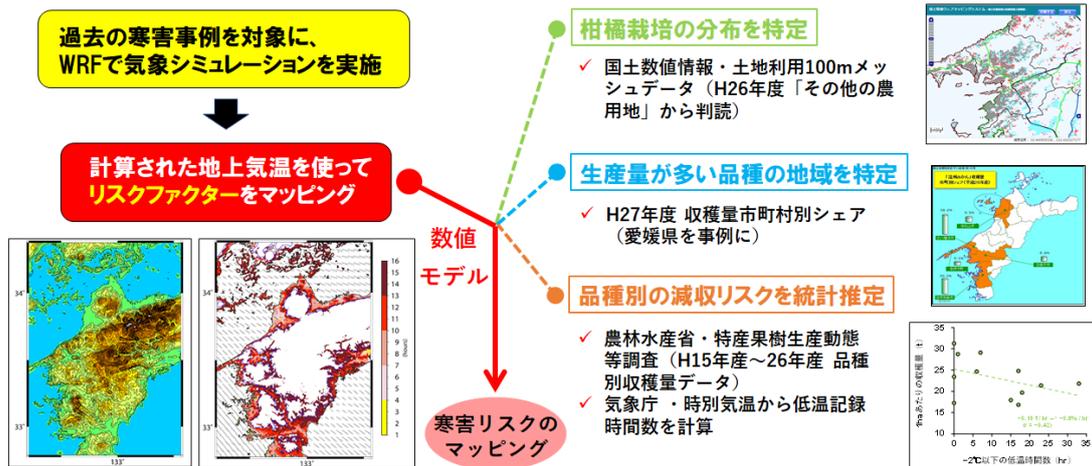


図2 本研究で実施した研究の流れ。

愛媛県八幡浜地域、四国太平洋側に近い宇和島～愛南地域をそれぞれ含む3つの領域（以降、しまなみ領域、八幡浜領域、宇和島領域）を、子領域（d02）として選択する（図1）。本研究では最初に寒害リスクを対象として、数値シミュレーションを実施する。図2に、本研究の実施および手法に関する流れを示す。

#### 4. 研究成果

2011年1月15～16日に発生した寒波襲来に伴う寒害事例を、シミュレーション対象に選んだ。しまなみ領域と宇和島領域にある気象庁アメダスの実測では、1月16日午前3～5時に-4～-2℃の低温が長くみられる地点で10時間も記録した。特にしまなみ領域は、低温現象が顕著に出現していた。気温の長期統計を解析してみると冬季の瀬戸内海は外洋に近い宇和島領域よりも低温出現頻度がもともと多く、これには低い海面温度の影響が素因として考えられた。

例として、宇和島領域の南部にある御荘アメダスを含むエリアに対して（a）予想される樹園地の分布、（b）モデル子領域d02で計算された-2℃以下の低温記録時間マップ、（c）-2℃以下の低温記録時間とモデル格子の標高との関係を、図3に示す。カンキツ樹園地は、アメダスよりも標高が高い場所（小さな丘陵地や谷筋）に分布している様子がわかる（図3a）。気象モデルによる数値シミュレーションの結果では、樹園地が存在する地域は、アメダスのある平野部よりも-2℃以下の低温記録時間が7時間以上と、急増している（図3b）。

モデル子領域d02で計算された-2℃以下の低温記録時間と標高の関係を、しまなみ領域の大三島エリア、八幡浜領域の八幡浜エリア、宇和島領域の御荘エリアの全格子点について図4で示した。アメダスを含むモデル格子は標高が十数m程度で低いが、国土地理院の国土数値情報から判別した樹園地は、おおむね標高100mまで分布していることがわかった。御荘エリアと八幡浜エリアの低温記録時間は、標高が高い格子点ほどアメダス格子点の低温時間よりも大きく増え、標高100m以下で限定しても2倍の10～12時間近くにまで達するモデル格子もみられた。ところが大三島エリアでは、標高が高くなっても御荘や八幡浜ほど低温時間が顕著に長くなる傾向はみられなかった。

また、御荘・八幡浜と大三島を同じ標高で比べてみると、大三島エリアの低温時間のほうが

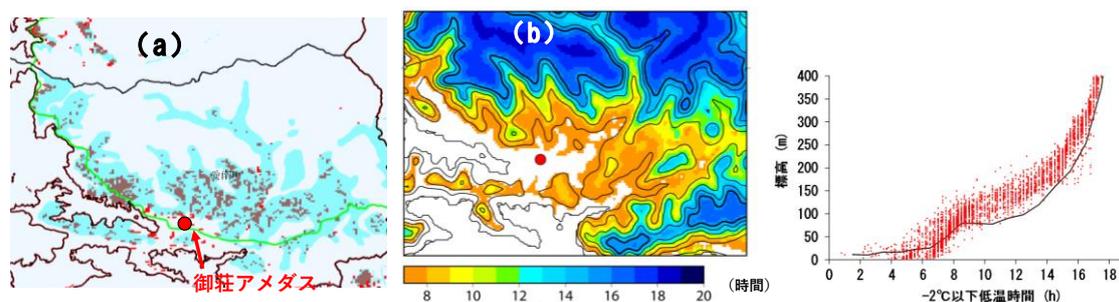


図3 宇和島領域の御荘エリアにおける（a）国土数値情報から推定されるカンキツ樹園地の分布（主に赤色の分布）、（b）気象モデルで計算された-2℃以下の低温記録時間の分布、（c）（b）の結果をモデル格子の標高に対する分布として表したものの。

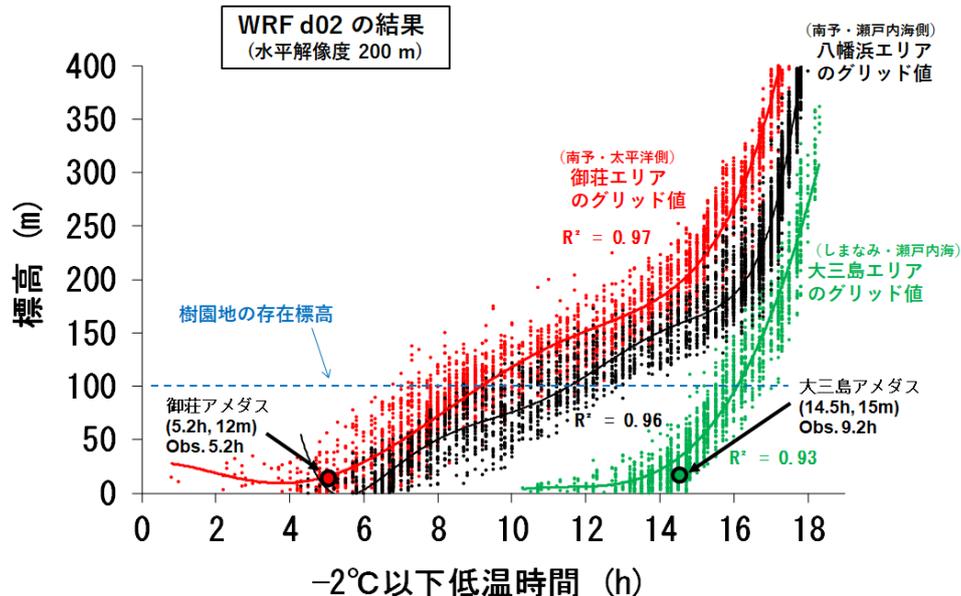


図4 モデル子領域 d02 で計算された $-2^{\circ}\text{C}$ 以下の低温記録時間と標高の関係。しまなみ領域の大三島エリア、八幡浜領域の八幡浜エリア、宇和島領域の御荘エリアそれぞれの全格子点について示した。

御荘・八幡浜よりも明らかに長い特徴が、特に標高 100m 以下のグリッドに対してみられた。御荘エリアで4~8時間、八幡浜エリアで6~10時間の低温記録時間が多いのに対して、大三島では12~16時間の低温時間が多くなっていた。この結果からも、しまなみ領域のある瀬戸内海の低温傾向が確認できる。

このあと、低温記録時間とカンキツ類の減収との実測関係（統計推定）式を用いて、図3bで示した低温時間マップから寒害リスクマップへと発展させることができた（図略）。元となっている実測関係式は年間データを用いているが、過去にあった1回の事例イベントでの減収データから作成するほうが妥当であるため、今後の課題と考える。また、夏季の高温被害に関するシミュレーションや、将来想定される異常気象イベントの評価についても進めていく。

<引用文献>

- ① Fischer E. M. and Knutti R., Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes, Nature Climate Change, 2015, Vol. 5, pp. 560-564.
- ② Mori M., Watanabe M., Shiogama H., Inoue J., and Kimoto M., Robust Arctic sea-ice influence on the frequent Eurasian cold winters in past decades, Nature Geoscience, 7, 2014, pp. 869-873.
- ③ 杉浦 俊彦・横沢 正幸, 年平均気温から推定したリンゴおよびウンシュウミカンの栽培環境に対する地球温暖化の影響, 園芸学会雑誌 2004, Vol. 73, pp. 72-78.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① Yukitaka OHASHI and Hideki YUEYAMA, Numerical simulations of winter cold damage to citrus fruits using the WRF model, Advances in Science and Research, 査読有, Vol. 16, 2019, pp. 1-6.  
DOI: 10.5194/asr-16-1-2019

〔学会発表〕(計8件)

- ① 大橋 唯太・植山 秀紀, カンキツ樹園地を対象とした WRF による冬季の低温評価, 日本農業気象学会 2019 年全国大会, 2019.
- ② 鶴久森 英輔・千葉 太一・大橋 唯太, 年による気候の違いがウンシュウミカンの果実品質に与える影響 -岡山県牛窓の2015~2018年の結果-, 日本農業気象学会 2019 年全国大会, 2019.
- ③ Yukitaka OHASHI and Hideki YUEYAMA, Numerical simulations on the cold damage of citrus fruits, using the WRF model, European Meteorological Society Annual Meeting 2018,

2018.

- ④ 大橋 唯太・植山 秀紀, 超高解像度をもった気象モデルによる低温再現シミュレーション, 2018年度日本農業気象学会中国四国支部・近畿支部合同大会, 2018.
- ⑤ 鶴久森 英輔・千葉 太一・大橋 唯太, ウンシュウミカンの品質と気象要素の関係性ー岡山県牛窓圃場 2015~2018年の測定ー, 2018年度日本農業気象学会中国四国支部・近畿支部合同大会, 2018.
- ⑥ 大橋 唯太・植山 秀紀, メソ気象モデル WRF を利用したカンキツの寒害リスクのシミュレーション, 日本農業気象学会 2018年全国大会, 2018.
- ⑦ 藤井 瑛美・安保 美奈子・菊池 啓介・松田 拓也・大橋 唯太, 気候特性からみたウンシュウミカンの至適条件ー瀬戸内海沿岸部を対象にしてー, 日本気象学会 2017年度秋季大会, 2017.
- ⑧ 大橋 唯太, 冬季の寒波襲来による果樹(柑橘)ダメージの気象シミュレーション, 日本気象学会 2017年度秋季大会, 2017.

[その他] (計1件)

- ① 丸山篤志・日下博幸・柴田昇平・佐々木華織・大橋唯太・植山秀紀・鈴木智恵子・萱場互起, 領域気象モデルを活用した農業気象研究の展開(日本農業気象学会 75周年記念大会オーガナイズドセッション(OS-J4)報告), 生物と気象, Vol.18, No.3, 2018, pp.106-108.

## 6. 研究組織

### (1) 研究協力者

研究協力者氏名: 植山 秀樹

ローマ字氏名: (UEYAMA, hideki)

研究協力者氏名: 鶴久森 英輔

ローマ字氏名: (UGUMORI, eisuke)

研究協力者氏名: 千葉 太一

ローマ字氏名: (CHIBA, taichi)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。