

令和 4 年 6 月 25 日現在

機関番号：82111

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22605

研究課題名(和文) 累積熱輸送モデルの新規構築による農地群の局所的な高温・低温の評価

研究課題名(英文) Fine scale mapping of daily temperatures in croplands by developing accumulated heat transfer model

研究代表者

木村 建介 (Kimura, Kensuke)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境研究部門・研究員

研究者番号：10885502

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：複雑地形の農地においては、夜間の放射冷却に伴う冷気流の影響で最低気温が数mから数十mの空間スケールで大きく異なる。そのため、気象観測点やメッシュ気象データから得られた最低気温と実際の最低気温に誤差が生じる可能性がある。本研究では、農地における局所的な低温を評価可能なモデル(累積熱輸送モデル)を構築し、任意の場所と時間で農地の低温を評価可能にした。このモデルは、丘陵地の農地の最低気温の分布を精度良く再現可能であり、実測した最低気温とモデル推定値の平均残差は-0.2であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年広く普及しているメッシュ気象データは、気象観測点の実測値を統計的に空間補間しているため、どの地域においてもある程度の精度が保証され、非常に実用的である。しかし、統計的手法のみでは、農地の詳細な熱輸送プロセスを反映できないため、熱移流や冷気流の影響は考慮できない。本研究の学術的独自性は、これまで蓄積されてきた熱輸送プロセスの知見を考慮しつつ、回帰などの統計的手法も組み込んだ、合理的かつ実用的なモデルを構築した点にある。また、本モデルは、作物の高温・低温障害の予測だけでなく、作目や作期の決定といった栽培管理にも応用可能という点で社会的意義も有している。

研究成果の概要(英文)：Minimum temperature in complex terrains varies at fine spatial scales owing to cold air drainage, leading to large spatial variability of phenological events and frost risk of plants. Here, we improve a conventional model using flow accumulation. First, a new algorithm of the flow accumulation was proposed by reconsidering effective areas of cold air drainage. Second, radiative cooling scale representing temperature inversion strength was combined with the model, to facilitate minimum temperature estimation at a given date and site. The proposed model successfully estimated spatiotemporal variability of daily minimum temperature in a complex agricultural area, relative to the estimation using spatial interpolation alone: the average residuals between estimated and measured temperatures in valley areas were improved from -1.9°C to -0.1°C . Our approach could contribute to spatiotemporal analysis of temperature variations and concomitant changes in phenological events and frost risk.

研究分野：農業気象学

キーワード：最低気温 累積流量 局所気象 モデル 放射冷却

1. 研究開始当初の背景

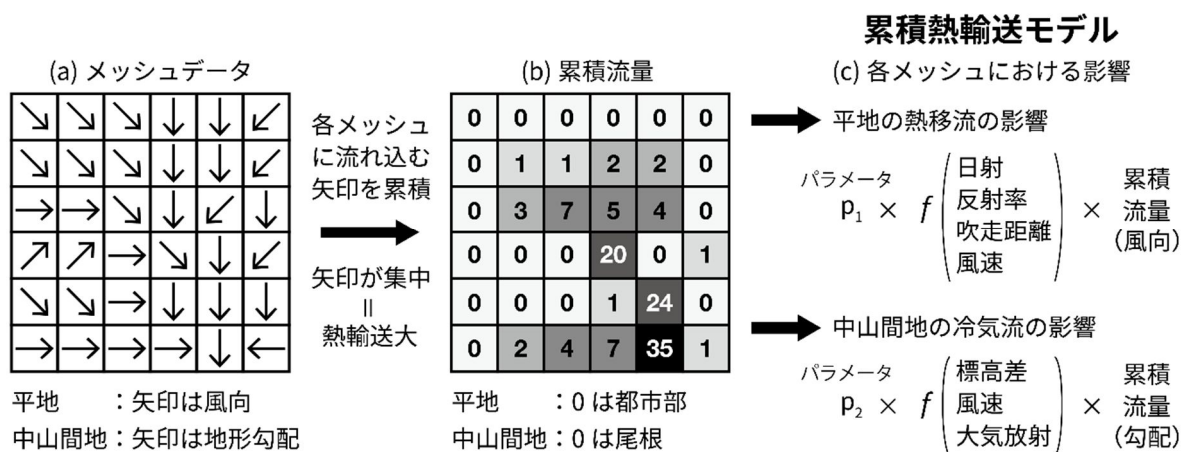
近年の気候変動に伴う極端な高温および低温の頻発化によって、作物の高温障害および低温障害の激化が予想されている。これらを予測・回避するためにはまず、農地における最高気温および最低気温の変化を正確に把握する必要がある。個々の農地における気温は、地表面 - 大気間の熱交換に加えて、周辺の地形（標高、勾配など）やその他の気象要素（風速・風向や日射など）の影響を受けて大きく異なる変動を示す。特に、平地における都市からの熱移流と、中山間地における尾根からの冷気流は、農地の局所的な高温および低温に大きな影響を及ぼすことが知られている。そのため、熱移流および冷気流が農地の気温に与える影響を評価することは、気候変動下で激化・頻発化する高温および低温障害を回避するための適応策を確立する上で極めて重要である。しかしながら、熱移流および冷気流は、前述のように広範囲の地形および気象要素の影響を受けるため、その動態は非常に複雑である。そのため、これらの効果を評価するためには、領域気象モデルに代表される大規模な数値シミュレーションが必要となる。数値シミュレーションは、複雑な熱輸送プロセスを考慮可能なため非常に合理的であるが、物理モデルの複雑性や大きな計算コストに加え、様々な農地に適用するためにはその都度補正を行う必要があることから、実用的とは言い難い。

2. 研究の目的

熱移流および冷気流の影響を合理的かつ実用的な数理モデルを構築することを本研究の目的とした。そのために、近年急速に精緻化が進んでいる、20m ~ 1km 四方単位のメッシュデータ群（気象、地形、地表面反射率）を利用して、平地における熱移流および中山間地における冷気流の気温への影響を評価可能なモデルを新たに構築する。次に、構築したモデルの最適化および妥当性検証のために、平地および中山間地の農地群において気温の多点計測を行う。

3. 研究の方法

累積熱輸送モデルの構築：メッシュデータ群に水文学において利用される累積流量の概念を導入し、新たに累積熱輸送モデルを構築した（下図）。平地の熱移流においては都市から農地にかけての風向、中山間地の冷気流においては尾根から農地にかけての地形の勾配方向をそれぞれ累積していくことで（下図 a）、農地にどれほどの熱が輸送されたかが定量・可視化される（下図 b）。これらの累積値に熱移流および冷気流に影響を及ぼすその他の要素と統計的なパラメータを掛け合わせることで（下図 c）、各メッシュにおける熱移流および冷気流の影響が評価可能となる。

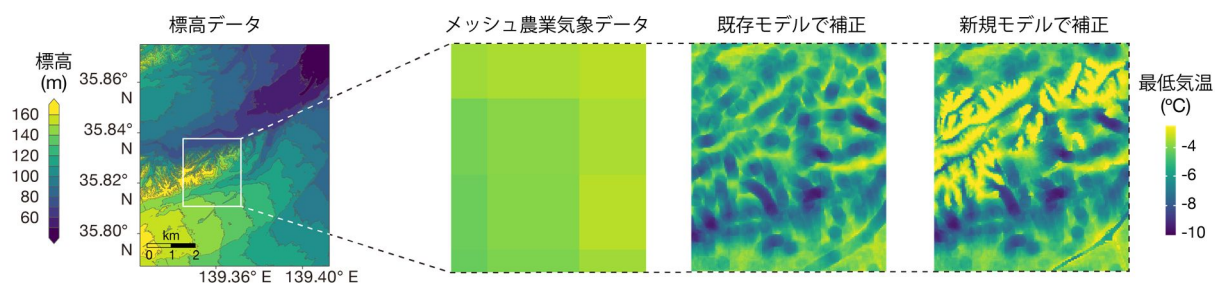


モデルの最適化・妥当性検証：構築した累積熱輸送モデルのパラメータの最適化およびモデルの妥当性検証のために、平地および中山間地の農地群において気温の多点計測を行った。気温計測には、近年作物気象分野で開発された、通風の必要がなく電源が不要な新型のセンサ (Maruyama et al., 2020, *Agric. For. Meteorol.*) を活用した。これにより、より多くの測定点を確保できる。

4. 研究成果

平地におけるモデルにおいては、風向の累積流量から日最高気温の空間分布を評価しようと試みたが、最高気温の実測値と推定値の残差が小さくなるようなモデルを構築することができなかった。これは、平地における最高気温の変動は風に起因するというよりは、むしろ植生や土地利用といった環境要素以外の影響を強く受けているためと考えられる。一方で、中山間地の複雑地形においては、地形勾配から評価した累積流量と最低気温との空間変動に有意な関係が認められた。しかしながら、この累積流量は気温の空間変化（どこで気温が下

がりやすいか)を表す指標のため、気温の時間変化(いつ気温が下がるのか)をこの変数のみのモデルでは表現できなかった。そこで、大気の状態を表す放射冷却強度指標(地表面付近と上空面の温位差)をモデルに結合し、任意の場所と時間で農地の低温を評価可能にした。このモデルは、丘陵地の農地(6km×6kmの範囲)の最低気温の分布を精度良く再現可能であった。既存のメッシュ気象データの最低気温と実測した最低気温との残差は、-2程度であったが、このモデルを用いることで残差が-0.2まで改善した。また、改良したモデルは、既存のモデルと比較して、尾根部の日最低気温の推定精度を向上させただけでなく、尾根部と谷部の境界を明瞭にした(下図)。以上より、本研究で構築したモデルは、複雑地形における気温の時空間変動やそれに伴う植物のフェノロジーや凍霜害リスクを評価する際に有用と考えられる。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 KIMURA Kensuke, KUDO Ken, MARUYAMA Atsushi	4. 巻 77
2. 論文標題 Spatiotemporal distribution of the potential risk of frost damage in tea fields from 1981-2020: A modeling approach considering phenology and meteorology	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Meteorology	6. 最初と最後の頁 224 ~ 234
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2480/agrmet.d-21-00011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木村建介, 工藤健, 丸山篤志
2. 発表標題 気象と生物季節を考慮した凍霜害リスクの時空間分布：過去40年のチャ園における評価
3. 学会等名 日本農業気象学会2021年全国大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------