

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H03084

研究課題名（和文）領域気象モデルを活用した農地動態の広域熱環境への影響評価

研究課題名（英文）Evaluation of impact of farmland dynamics on regional thermal environment using regional atmospheric model

研究代表者

丸山 篤志（Maruyama, Atsushi）

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・グループ長

研究者番号：90355652

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：近年、全国各地で農地の利用形態が大きく変化しており、その変化は周辺農地だけでなく、広域の熱環境にも影響を及ぼしている可能性がある。本研究では、領域気象モデルを農地に適用し、農地の土地利用変化が広域の熱環境に及ぼす影響を評価することを目的とした。はじめに、全国農地の細分類を行い、過去と現在の土地利用のデータセットを作成した。次に、各種土地利用（田、転換畑、畑、果樹園等、ハウスなど）に対して、陸面過程モデルの熱力学的なパラメータの値を決定した。最後に、それらをもとに領域気象モデルによる熱環境のシミュレーションを実行し、過去の農地の土地利用変化が、広域の熱環境に及ぼしている影響を定量的に評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで農業分野では、土地利用の周辺気象への影響について主に地表面の熱収支理論に基いた研究・解析が行なわれ、その評価は近傍地点で短時間に限られていた。本研究で領域気象モデルを農地に適用したことで、時空間的に広範囲の評価を可能にしたこと、および農地動態のデータセットを作成してその影響評価も可能にしたことに学術的意義がある。また、本手法では農地動態を支配する社会経済的要因の影響も間接的に評価できるため、様々な分野での活用が期待される。世界的にも農地の利用形態が激しく変化している日本において成果が得られた意義は大きく、今後の人口減少社会において有用な科学的知見や社会的示唆が得られることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In recent years, agricultural land use patterns have been changing significantly in Japan, and these changes may be affecting not only the thermal environment of surrounding land, but also that of the wider region. This study aims to evaluate the impact of land use change on the thermal environment over a wide area by applying a regional atmospheric model to agricultural land.

First, a dataset of past and present land use was created by subdividing agricultural land for the entire country. Next, the values of the thermodynamic parameters of the land surface process model were determined for each land use category (i.e. rice paddy, upland field, orchard, greenhouse, etc.)

Finally, based on those settings, air temperatures were simulated by using a regional atmospheric model to quantitatively evaluate the impact of past farmland dynamics on the thermal environment in Japan.

研究分野：農業気象学

キーワード：領域気象モデル 熱収支 水田 気候変動 ヒートアイランド 蒸発散 土地利用 陸面過程モデル

## 1. 研究開始当初の背景

地表面における土地利用の変化は、陸面-大気間の熱輸送の変化を通じて周辺の熱環境に影響を及ぼす。近年、国内では農業生産構造の変化にともない、農地が耕作放棄や宅地化により過去50年で約25%減少しており、さらに農地の利用形態も転作や作目変更で激しく変化している。

一方で近年、全国各地で最高気温の記録が更新されるなど気温上昇(温暖化)の傾向が顕著になっており、水稲や果樹など各種作物で高温障害の発生が問題となっている。そのため、農地の動態が各地域の熱環境に及ぼしている影響の実態を明らかにすることは、各地における過去の気温上昇傾向の解釈と今後の温暖化予測、さらに将来の適切な農地利用計画や対策を講じる上で極めて重要である。しかしながら、これまで地表面(作物を含む)の熱力学的特性に依存する陸面-大気間の熱輸送(Maruyama et al., 2010)と気圧配置や地形に依存する大気間の熱輸送を同時に扱う手法が存在せず、そのような影響評価は困難であった。

## 2. 研究の目的

本研究では、都市気象学分野で近年急速に発達している領域気象モデル(Kusaka et al., 2016)を農地に適用・改良し、農地動態の広域熱環境への影響を評価できる新たな手法を開発する。同時に国内の農地動態をデータ化して影響評価に用いることで、農地の利用形態の変化が広域の気温に及ぼす影響、および各地の温暖化傾向に農地動態の影響がどのくらい含まれているのかが明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 農地動態の推定手法の開発とデータセットの作成

国土数値情報の土地分類のうち、農地に分類される「田」と「その他の農用地(畑地・果樹等)」について、それらを転換畑や温室を含めて細かく分類した。また、それらの変化を、人口メッシュ値や農林業センサス等の社会経済的な統計値をもとに推定する手法を開発した。さらに、同手法を関東平野に適用し、関東全域の過去および現在の各年代について、農地を細分類した土地利用のデータセットを作成した。

そのため最初に、国土数値情報の土地利用細分メッシュ(1976年~2016年)のデータを収集した。次に、農地動態の推定のため、国勢調査(人口メッシュ値)および農林業センサス等の統計データを収集し、GISを用いて土地利用細分メッシュと重ね合わせることで、それらの関係を解析した。

### (2) 各種農地における地表面パラメータの決定

領域気象モデル(厳密にはその中に含まれる陸面過程モデル)の計算に必要とされる各種農地の粗度長、群落抵抗などの地表面パラメータ(熱力学的な特性値)を決定した。上記(1)で細分類した各農地(転換畑、温室など)について、実際の熱力学的特性を反映させるため、それぞれの地表面パラメータを決定した。

水田や転換畑については、研究代表者が過去に輪作水田で取得した運動量・熱・水蒸気のフラックス(鉛直輸送量)のデータ(Maruyama et al., 2008)を活用し、パラメータ決定の参考値とした。その他の作物(果樹や茶を含む)と温室については、国内で得られた文献値(原圃ら, 1992; Ohba et al., 2005; 杉浦ら, 2010)に加えて現地での気象観測や調査を行い、同じくパラメータ決定の参考値とした。それらをもとに、陸面過程モデルで必要とされる地表面の熱力学的なパラメータ、すなわち粗度長、群落抵抗(表面抵抗)、アルベドなどの値を農地の細分類ごとに決定し、それらを領域気象モデルに導入するためのデータファイル(テーブル)を作成した。

### (3) 領域気象モデルによる広域熱環境への影響評価

領域気象モデルに上記(2)で決定した各種農地の地表面パラメータを組み込み、上記(1)で作成した土地利用のデータセットを用いることで、領域気象モデルで関東平野を対象に広域の気温分布を計算し、農地動態の影響を評価した。すなわち、現在気候のシミュレーションで各年代の農地の利用形態による広域気温の違いを調べた。さらに、地球温暖化による気温上昇との関係を明らかにするため、過去の気候条件においても、同様のシミュレーションを行った。

領域気象モデルには米国大気研究センター(NCAR)のWRF(Ver3.9.1)を利用した。また、陸面過程モデルにはNoah-LSM(Ek et al., 2003)を利用した。Noah-LSMの地表面パラメータのテーブルには、上記(2)で作成したテーブルを利用した。同様に、WRFの計算では、上記(1)で作成した土地利用のデータセットを用いた。計算領域は関東7都県(茨城・栃木・群馬・埼玉・千葉・東京・神奈川)が含まれるよう範囲を設定し、農地動態を適切に反映するため最小領域の計算の解像度は1km×1kmとした。モデルを駆動させる初期・境界条件となる大気データ(客観解析データ)には、欧州中期気象予報センター(ECMWF)の第5世代の大気解析値(ERA5)を利用した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 農地動態の推定手法の開発とデータセットの作成

国土数値情報のデータ解析から、最終的に農林業センサスメッシュデータ(1kmメッシュ)および個票データから、ハウス面積や耕作放棄地の面積のメッシュデータを作成する手法を開発した。また、同手法に基づいて、関東地方を対象に、国土数値情報の過去(1976年)および現在(2016年)の土地利用細分メッシュについて農地の細分類を行ったデータセットを作成することができた。さらに本研究では、関東地方に引き続き、全国各地の同様のデータセットを整備した。

##### (2) 各種農地における地表面パラメータの決定

はじめに、水田における地表面パラメータに関連して、現地気象観測の結果から、水田における夏季の最高気温が近隣のアメダス地点よりも著しく低いことを確認した。すなわち、水田では地表面-大気間での顕熱輸送量に比べて潜熱輸送量が大きいため、都市域よりも日中の気温上昇が抑制されることが観測データからも確認された。次に、これら独自の微気象観測や過去の文献値をもとに、水田における陸面過程モデルのパラメータ、すなわち粗度長やアルベド、気孔抵抗の値を決定した。また、微気象観測について広域の熱環境を調べるための新たな気温の評価手法を開発した。

次に、(1)で細分類された農地の各カテゴリー、具体的には田、転換畑、畑、果樹園等、ハウスについて、陸面過程モデルでの計算に必要なとされる地表面の熱力学的なパラメータを決定した。熱力学的なパラメータの種類を、放射に関するパラメータ、空気力学的なパラメータなど、その物理過程ごとにまとめて扱うことで、各カテゴリーとパラメータとの対応関係を整理した。

##### (3) 領域気象モデルによる広域熱環境への影響評価

上記の(1)および(2)で得られた土地利用変化のデータと地表面パラメータに基づいて、関東地域を対象に領域気象モデルWRFによる広域熱環境のシミュレーションを実行した。すなわち、現在の気象条件(2015・2016・2017年)を対象に、過去(1976年)と現在(2016年)の土地利用条件による地上2m気温(特に農業において重要な夏季8月の日最高気温)の変化量を評価することができた。また、過去の気象条件(1975・1976・1977年)においても同様のシミュレーションを行い、農地動態が過去の気温上昇に及ぼしている寄与を明らかにすることができた。

##### (4) 考察

土地利用変化が広域の気象環境に及ぼす影響評価の領域気象モデルを活用した研究として、東京やヒューストンの都市化による気温の変化(Kusaka et al., 2000; Ren et al., 2008)、アマゾン流域の森林伐採による気温や雨量の変化(Canziani et al., 2012)、フロリダの干拓による最低気温の変化(Marshall et al., 2003)などがある。しかし、農地動態の影響については研究が個別の観測事例に限られており(例えばHu et al., 2015)、特に日本特有の水田転作や耕作放棄などの影響に着目した研究はみあたらない。そのため、本研究で得られた研は、今後の農地の土地利用変化の影響を把握する上でも有用な知見であろう。

#### 引用文献(研究担当者分のみ抜粋)

Maruyama, A., Kuwagata, T. (2008). Diurnal and seasonal variation in bulk stomatal conductance of the rice canopy and its dependence on developmental stage. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(6-7), 1161-1173.

Maruyama, A., Kuwagata, T. (2010). Coupling land surface and crop growth models to estimate the effects of changes in the growing season on energy balance and water use of rice paddies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(7-8), 919-930.

Kusaka, H., Kimura, F., Hirakuchi, H., Mizutori, M. (2000). The effects of land-use alteration on the sea breeze and daytime heat island in the Tokyo metropolitan area. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II, 78(4), 405-420.

Kusaka, H., Suzuki-Parker, A., Aoyagi, T., Adachi, S.A., Yamagata, Y. (2016). Assessment of RCM and urban scenarios uncertainties in the climate projections for August in the 2050s in Tokyo. *Climatic Change*, 137, 427-438.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Atsushi Maruyama, Yoshihisa Matsumoto, Hiroshi Nakagawa	4. 巻 292-293
2. 論文標題 Multiple-globe thermometer for measuring the air temperature without an aspirated radiation shield	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 108028
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.agrformet.2020.108028	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 -

1. 著者名 Kensuke Kimura, Atsushi Maruyama, Kaori Sasaki, Ken Kudo, Eri Tanaka, Erina Fushimi, Hiroshi Nakagawa	4. 巻 329
2. 論文標題 Fine-scale mapping of daily minimum temperature in a cropland with complex terrains through the combination of a cold flow accumulation model with inversion strength	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Agricultural and Forest Meteorology	6. 最初と最後の頁 109247
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.agrformet.2022.109247	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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 寺谷諒、丸山篤志、佐々木華織、杉谷大樹、日下博幸
2. 発表標題 領域気象モデルで利用可能な国内農地の土地利用データセットの作成
3. 学会等名 日本農業気象学会2022年全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸山篤志、木村建介
2. 発表標題 温室における三球温度計の利用可能性：自然対流条件下での精度検証
3. 学会等名 日本農業気象学会2022年全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸山篤志
2. 発表標題 放射除けを使わずに気温を計測する三球温度計の開発と農業気象研究での活用
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

1. 発表者名 根岸もも子、佐々木華織、丸山篤志
2. 発表標題 丘陵地の茶園における葉温の観測と晩霜害リスクの広域評価
3. 学会等名 日本農業気象学会
4. 発表年 2020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
研究分担者	日下 博幸  (Kusaka Hiroyuki)  (10371478)	筑波大学・計算科学研究センター・教授   (12102)	
研究分担者	佐々木 華織  (Sasaki Kaori)  (50355278)	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・上級研究員   (82111)	
研究分担者	寺谷 諒  (Teratani Ryo)  (60781698)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業情報研究センター・研究員   (82111)	

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
---------	---------