

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24540467

研究課題名(和文) 気象データを用いた葉面湿潤状態の推定手法の高度化と検証

研究課題名(英文) Advance and validation of leaf-wetness estimating method using meteorological data

研究代表者

山崎 剛 (Yamazaki, Takeshi)

東北大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：80220317

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：植生熱収支モデル(2LM)による葉面湿潤度の推定のための入力データと検証データを得る目的で、宮城県の水田での観測を実施した。2LMに観測した気象データを適用したところ、葉の濡れ・乾きの状況を70～80%の割合で再現できた。

日本域における葉面湿潤度の将来予測について、3つの全球モデルによる出力を20 kmメッシュにダウンスケールしたデータを2LMに入力して評価した。2081-2100年の葉面湿潤度は、現在より減少する傾向であると予測された。また、東日本域について、2LMにより推定された葉の濡れ日数と統計によるいもち病被害面積の関係式を作成し、MIROC5の出力により被害面積の将来予測を行った。

研究成果の概要(英文)：Meteorological observation was conducted to obtain input and validation data for leaf-wetness estimation with a vegetation heat-balance model, 2LM, at rice paddy fields in Miyagi Prefecture. The wet/dry situation of leaf was reproduced with accuracy of 70 to 80 percent by the 2LM simulation with the observed meteorological data.

The climate change impacts on leaf wetness was estimated in Japan by 2LM with 20 km mesh data downscaled from outputs of three general circulation models. The leaf wetness will be estimated to decrease during the period from 2081 to 2100. The rice blast infected area in future was predicted in eastern Japan with MIROC5 output through newly developed relationship between the number of wet days simulated by 2LM and infected area from statistical data.

研究分野：気象学

キーワード：植生熱収支モデル 葉面濡れ 結露 いもち病 湿度 下向き大気放射 将来予測 降水頻度

1. 研究開始当初の背景

植物の葉が濡れることは、植物の病気や水溶性の気体（アンモニアや二酸化硫黄など）の吸着に強く関係している（文献 ）。

葉の濡れは主に降雨と結露で生じる。特に結露は植物の病気にとって重要である。強い降雨は病菌を流す役割がある。葉への結露は日常的な現象である。葉は土壌面などに比べ熱容量が小さく、伝導熱も小さいため、結露が起きやすい。結露は夜間、特に湿度が高くよく晴れた日に起こり、適度な風があるとより効果的に生じる（文献 ）。

結露は表面の熱収支の結果として生じるので、原理的には熱収支モデルによって気象条件から推定可能である。研究代表者は植生を含む陸面モデルの開発を行ってきた（文献 、 、 ）など。陸面モデルのうち植生熱収支モデル(2LM: 2-layer model)は、日射、下向き大気放射（長波放射）、風速、気温、湿度（水蒸気量）、降水量を入力すると、葉の温度や大気と植生間、植生と土壌面間の熱のやり取りが計算できる。大気から葉に潜熱が輸送されるとき、つまり大気の水蒸気量が葉の表面の飽和水蒸気量より大きいときに、葉の表面に結露が生じる。

葉の濡れが原因となる代表的な病気はイネいもち病である。イネいもち病は一種のカビによって発生する。その発生を予察するためにアメダスデータを念頭においたBLASTAM（文献 、 ）という方法が実用化された。BLASTAMは、降水量、風速、日照時間、気温の各要素から、葉面湿潤時間を推定し、いもち病の感染危険度を求めるものである。この方法は経験的なもので、物理的な根拠には乏しいものであった。また、結露には湿度と冷却に関わる下向き大気放射量が本質的に効くはずであるが、アメダスではこれらの要素は測定されていないため、BLASTAMでは考慮されなかった。

コメは言うまでもなく日本の主力農作物である。気候変動に伴い、猛暑とともにヤマセを伴う冷夏の出現頻度も高くなるとの研究が行われていた（文献 ）。このような状況では、適切なイネいもち病の感染危険度情報の提供は大変重要な課題であった。

2. 研究の目的

(1) 植生熱収支モデルによって結露、葉の湿潤状態が推定可能であるか確認する。そのために良質な入力データと検証データを得ることを目的として観測を行う。

(2) 植生の熱収支モデルは多くの過程が含まれており、葉面積密度や気孔に関するパラメータなどが必要となり、動かすためには相応の準備が必要となる。しかし、葉の結露に焦点を当てるなら、気孔パラメータなどは重要ではなくなる。そこで、熱収支の本質的な部分を抽出し、植生熱収支モデルを動かさなくても、同様の結果を推定できる簡便な方法を開発する。開発した手法を用いて、実際の

イネいもち病の感染危険度を推定する手法につなげる。BLASTAMに代わるより有効な手法の開発を目指す。

(3) 本研究の特色・予想される結果と意義として以下のことがあげられる。

植物の病気や水溶性の気体の吸着に関連して重要な葉の湿潤状態をこれまで以上に正確に推定することができるようになる。

本研究の最大の特色は植生熱収支という物理的な根拠に基づく手法であることである。最終的には熱収支モデルを走らせなくてもすむ、簡便な方法の提案を目指しており、実用的な価値も高い。また、気象学と農学分野の学際的な共同研究であることも特色である。

葉の濡れにとっては湿度と下向き大気放射が重要である可能性が高いが、これらはアメダスなど通常の観測では測定されていない。現在、ダウンスケール手法を用いた気象予測情報の高次利用が研究されており、数値予報モデルの出力は水蒸気量（湿度に対応）と下向き大気放射の情報を含む。これらの情報と本研究の成果を結合することにより、1週間程度先までのより正確な葉面湿潤状態の予測が可能となる。

本研究はイネいもち病をはじめとするカビによる病気の危険情報の提供に大きな寄与をすると考えられる。1週間程度先までの実用的な危険度情報を提供できれば、効果的な薬剤散布等の対策が可能となり、農業分野への貢献も大変大きい。

3. 研究の方法

(1) 湿度の測定ができる気象測器と長波放射を含む放射4成分を測定できる放射計および結露センサーを宮城県大崎市の以下の3地点に設置して観測を行った。

古川 宮城県古川農業試験場

鹿島台 東北大生命科学研究科

湛水生態系野外実験施設

川渡 東北大学大学院農学研究科

川渡フィールドセンター

観測期間は古川と鹿島台が2012年～2014年、川渡が2013、2014年のいずれも夏期（6～9月）である。

(2) これらの観測で得られた気象データを植生熱収支モデル2LMに入力し、葉面湿潤度の推定を行い、観測による結露センサーの出力と比較する。必要に応じてモデルの改良を図る。

(3) 大気大循環モデルによる将来気候予測結果を20 kmメッシュにダウンスケールしたデータを2LMに入力し、日本域における葉面湿潤度の将来予測を行う。大循環モデルとしては、CCSM4、MIROC5、MRI-CGCM3の3つを用いる。また、東日本域について、2LMにより推定された葉の濡れ日数と統計によるいもち病被害面積の関係式を作成し、MIROC5の出力により被害面積の将来予測を行う。

4. 研究成果

(1) 植生熱収支モデル 2LM による葉面湿潤度の推定のための入力データと検証データを得る目的で観測を実施した。観測項目は気温、風向風速、湿度、降水量、日射量、下向き長波放射量および結露センサーによる葉面湿潤情報である。山間部に近い川渡では他の2地点に比べ気温が約1℃低く、日射量が約1割少なく、降水量が1割強多かった。古川と鹿島台は気象状態に大きな差はなかった。

(2) 植生熱収支モデル 2LM(図1)に観測した気象データを適用したところ、葉の濡れ・乾きの状況を70~80%の割合で再現できた。観測では無降水でも夜間の結露により葉が濡れる状況が頻繁に起きていたと見られるが、2LMはそれらを含めて良好に再現できることがわかった(図2)。

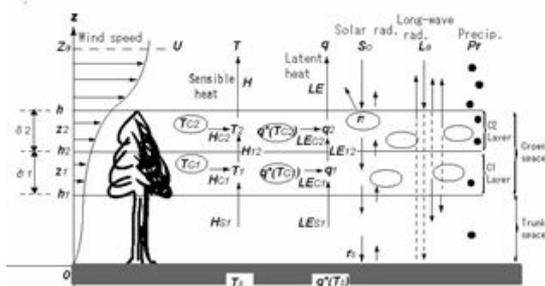


図1 植生熱収支モデル(2LM)の概念図

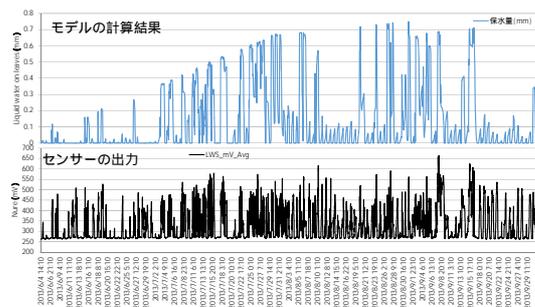


図2 モデルによる葉面保水量の計算結果(上)と結露センサーの出力(下)

(3) 日本域における葉面湿潤度の将来予測について、3つの全球モデル CCSM4、MIROC5、MRI-CGCM3による出力を20 kmメッシュにダウンスケールしたデータを2LMに入力して評価した。2081-2100年の葉面湿潤度は、用いるデータにより空間パターンは異なるが、現在より減少する傾向が予測された(図3)。主な原因は降水頻度の減少である。また、東日本域について、2LMにより推定された葉の濡れ日数と統計によるいもち被害面積の関係式を作成し、MIROC5の出力により被害面積の将来予測を行った。その結果、被害面積は現在の7割程度に減少すること、特に東北地方太平洋側南部で減少率が大きいとみられることが示された。

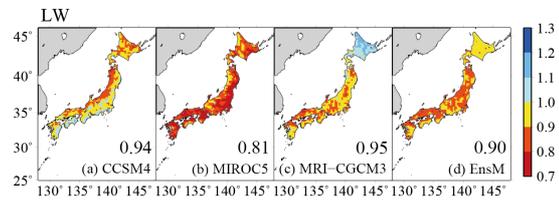


図3 モデルによる2081-2100年の葉面湿潤度の予測結果(文献)。 (d)は3つの全球モデルによる結果の平均値。

(4) 将来予測については当初計画以上に進めることができた。一方、熱収支式の解析により、重要項目を抽出して、植生熱収支モデルと同様に湿潤状態を解析できる簡便な方法の考案については期間内に完了することはできなかった。

<引用文献>

Wichink Kruit, R.J., A.F.G. Jacobsa and A.A.M. Holtslaga, Measurements and estimates of leaf wetness over agricultural grassland for dry deposition modeling of trace gases, Atmospheric Environment, 42, 2008, 5304-5316
 近藤純正、地表面に近い大気の科学、東京大学出版会、2000
 Yamazaki, T., J. Kondo, T. Watanabe, and T. Sato, A Heat-Balance Model with a Canopy of One or Two Layers and its Application to Field Experiments, 1992, Journal of Applied Meteorology, 31, 1992, 86-103
 Yamazaki, T., H. Yabuki, Y. Ishii, T. Ohta, Water and Energy Exchange at Forests and a Grassland in Eastern Siberia Evaluated Using a One-Dimensional Land Surface Model, Journal of Hydrometeorology, 5, 2004, 504-515
 Yamazaki, T., H. Yabuki, and T. Ohta, Hydrometeorological effects of intercepted snow in an eastern Siberian taiga forest using a land-surface model. Hydrological Processes, 21, 2004, 1148-1156
 越水幸男、アメダス資料による葉いもち発生予察法、東北農業試験場研究報告、78、1988、67-121
 林孝、越水幸男、葉いもち発生予察のコンピュータプログラム(BLASTAM)の開発、東北農業試験場研究報告、78、1988、123-138
 遠藤洋和、ヤマセ、気象研究所技術報告、(52)、2008、27-48
 Yoshida, R., Y. Onodera, T. Tojo, T. Yamazaki, H. Kanno, I. Takayabu, A. Suzuki-Parker, An application of a physical vegetation model to estimate climate change impacts on rice leaf

wetness. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2015, DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0219.1>

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計5件)

Yoshida, R., Y. Onodera, T. Tojo, T. Yamazaki, H. Kanno, I. Takayabu, A. Suzuki-Parker An application of a physical vegetation model to estimate climate change impacts on rice leaf wetness. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 査読有、2015、DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0219.1>

大久保さゆり、菅野洋光、小林隆、高解像度気象データを用いた東北地方におけるイネ葉いもち病発生予察モデル(BLASTAM)の検証、天気、査読有、62(1)、2015、5-15、http://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2015/2015_01_0005.pdf

Yamazaki, T., K. Kato, T. Ito, T. Nakai, K. Matsumoto, N. Miki, H. Park and T. Ohta, A Common Stomatal Parameter Set to Simulate the Energy and Water Balance over Boreal and Temperate Forests, J. Meteor. Soc. Japan, 査読有、91, 2013, 273-285, DOI: 10.2151/jmsj.2013-303

[学会発表](計18件)

紺野祥平、大久保さゆり、菅野洋光、福井真、吉田龍平、岩崎俊樹、アンサンブル予測実験結果を用いたイネ葉いもち病発生確率予報の精度評価、日本気象学会2014年度秋季大会、2014年10月21日、福岡国際会議場(福岡県・福岡市)

五十嵐健祐、吉田龍平、山崎剛、東日本におけるいもち病感染リスクの将来変化、日本気象学会2014年度秋季大会、2014年10月23日、福岡国際会議場(福岡県・福岡市)

山崎剛、五十嵐健祐、成田裕幸、吉田龍平、水稻葉面湿潤度に関わる観測と将来予測、第10回ヤマセ研究会、2014年10月8日、弘前大学(青森県・弘前市)

菅野洋光、山崎剛、大久保さゆり、紺野祥平、2LMを用いたイネ葉面濡れ時間の推定 - BLASTAM、観測値、予測モデルの比較 -、第10回ヤマセ研究会、2014年10月8日、弘前大学(青森県・弘前市)

山崎剛、小野寺祐美、東城孝昌、吉田龍

平、東日本における水稻葉面保水量の将来変化、水文・水資源学会2014年研究発表会、2014年9月26日、宮崎グリーンスフィア壱番館(KITEN)(宮崎県・宮崎市)

紺野祥平、大久保さゆり、菅野洋光、福井真、吉田龍平、岩崎俊樹、アンサンブル予測実験結果を用いたイネ葉いもち病発生確率予報と気象データの関係、日本地理学会2014年度秋季学術大会、2014年9月20日~21日、富山大学(富山県・富山市)

山崎剛、小野寺祐美、東城孝昌、吉田龍平、植生熱収支モデルによる水稻葉面湿潤度の推定と将来予測、第9回ヤマセ研究会、2014年3月10日、東北農業研究センター(岩手県・盛岡市)

倉内賢一、小林隆、山田真孝、兼松誠司、Google マップ農作物警戒情報システムを利用したイネいもち病適期防除の検討、第66回北日本病害虫研究発表会、2013年12月、秋田ビューホテル(秋田県・秋田市)

小林隆、My 田んぼ情報でイネの冷害、高温障害、病害発生を防ぐ - Google マップによる水稻栽培管理情報システム -、平成25年度(第49回)日本植物病理学会東北部会公開シンポジウム、2013年10月29日、秋田市にぎわい交流館(秋田県・秋田市)

大久保さゆり、菅野洋光、小林隆、福井真、岩崎俊樹、アンサンブル予測実験結果と力学的ダウンスケールによるイネ葉いもち病2週間予測の試行、日本地理学会2013年春季学術大会、2013年3月29日、立正大学(埼玉県・熊谷市)

山田真孝、宍戸邦明、常磐秀夫、小林隆、イネ小穂のいもち病発病に及ぼす感染時の気温と濡れ時間の影響、日本植物病理学会、2013年3月28日、岐阜大学(岐阜県・岐阜市)

山崎剛、菅野洋光、小林隆、菅野博英、いもち病感染危険度予測へ向けた観測・モデル研究、第7回ヤマセ研究会、2013年3月8日、弘前大学(青森県・弘前市)

大久保さゆり、菅野洋光、小林隆、福井真、沢田雅洋、岩崎俊樹、アンサンブル予測実験とダウンスケールを用いたイネいもち病感染危険度の予測、日本気象学会2012年度秋季大会、2012年10月5日、北海道大学(北海道・札幌市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 剛 (YAMAZAKI, Takeshi)
東北大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号：80220317

(2) 研究分担者

菅野 洋光 (KANNO, Hiromitsu)
国立研究開発法人・農業・食品産業技術総合研究機構・中央農業総合研究センター・
上席研究員
研究者番号：30355276

小林 隆 (KOBAYASHI, Takashi)
山形大学・農学部・准教授
研究者番号：00355273

(3) 連携研究者

岩崎 俊樹 (IWASAKI, Toshiki)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：80302074