

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H03078

研究課題名（和文）作物モデル及びドローンデータを用いた水稻病害による減収リスク評価手法の構築

研究課題名（英文）Development of risk assessment method for rice yield reduction by disease using crop model and drone data

研究代表者

本郷 千春（Hongo, Chiharu）

千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・准教授

研究者番号：20272354

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：UAV画像及び作物モデルを使用してイネ白葉枯病といもち病の判定手法の構築、減収程度の評価手法を構築することを目的とした。COVID19パンデミックの影響によりインドネシアでの調査はできなかったが、カウンターパートから病害データやUAV画像を入手し、画像の正規化処理を行うことで異なる作期に影響を受けない発病程度判定手法の構築を行った。さらに、西ジャワ州でパラメータ調整後のSIMRIW-RSシミュレーションモデルを用いて収量予測を行ったところ、実測収量との整合性を確認できた。同様のモデルにいもち病による影響を組み込んで収量評価を行ったところ、病斑面積の多いところでは収量が低下する傾向を予測できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本国内では病害発生を阻止するための対策が取られているため、熱帯地域と比較して病害情報や罹病水田のリモートセンシングデータの蓄積が多くない。一方で、近年の気候変動による温暖化傾向を受けて、将来的に国内での病害発生の高頻度化と重症化が予測されている。本研究課題で行う熱帯アジアにおける病害判定手法と減収リスク評価手法の構築は、現在の熱帯地域において不足している病害防除のための情報提供、日本国内での将来的な病害多発に対する適応戦略モデルの準備という観点からも意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop a method for determining the severity of bacterial leaf blight disease and rice blast disease and evaluating the degree of yield reduction using UAV images and crop models in Indonesia. Although field surveys by visiting Indonesia from Japan could not be conducted due to the COVID-19 pandemic, rice disease data and UAV images were obtained from our counterparts, and image normalization was applied to develop a method for determining disease severity that is not affected by different cropping seasons. Furthermore, yield prediction using the SIMRIW-RS simulation model after adjusting parameters in West Java was confirmed to correspond to the measured yields. The same model was also used to evaluate yields incorporating effects of blast disease, and it was possible to predict a trend toward lower yields in areas where the area of leaf blast lesion was large.

研究分野：植物栄養学、農業リモートセンシング

キーワード：水稻病害 UAVデータ 作物モデル 収量評価

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球規模での気候変動は、世界各国での食料生産に大きな影響をもたらすと予測されている。IPCC 第 5 次評価報告書では、熱帯及び温帯の水稲などの主要作物収量に対する気候変動の負の影響は確信度が高く、作物収量の損失、食料価格の上昇を通じて貧困層の生活に影響をもたらすと報告されている。収量の損失をもたらす原因としては病虫害の発生、干ばつ害、水害などが挙げられる。特に、世界人口の 7 割以上が暮らす熱帯地域においては、食料の確保と貧困回避という観点から病虫害防除が必須となっており、食料生産の根幹に関わる重要課題となっている。熱帯地域のうち東南アジアではイネ白葉枯病やいもち病による水稲の減収が深刻化している。その対応策として、定期的なモニタリングと発生予察、防除指導の徹底が挙げられる。本研究で対象とするインドネシア・西ジャワ州では、水稲病害の対応策として、1990 年代より国連食糧農業機関によって定義された IPM(総合的病虫害防除) に基づいた指導が実施されている。

この IPM 手法においては、病虫害の繁殖状況や気象状況、農作物の生育等の状況をきめ細かく調査して、農作物に対する損害の発生を予察する段階が重要となる。予察の成功の鍵は、多種多様・大量のデータを収集してモニタリングとモデリングを行い、効率的に発生動向を把握することにある。現行手法では発生動向を把握するために、郡レベルの広さに 1 名配置されているペストオブザーバーと呼ばれる作物保護員が葉色と葉の形状の変化などを目視観察してデータを収集している。この方法によるデータ収集では、地域及び広域レベルで正確に感染域を把握するのは難しく、発生予察を達成するには程遠い現状がある。従って、従来の評価技術を改善または補うことが出来るような調査データのデータベース化の必要性、リモートセンシング、GIS を活用した効果的かつ簡易な手法を構築する必要性の声が挙がっていた。

既往の研究において、空間的にかつ経時的に発病作物を検出・モニタリング・評価するためにはリモートセンシングデータが有効であること、特に可視・近赤外データがいもち病の検出に効果があること、イネ白葉枯病の検出には波長分解能がより高いハイパースペクトルデータが有効であること、発病作物の気孔開度や蒸散速度が変化することを利用して熱赤外画像によるストレス度の判定が可能であることなどが報告されている。しかし、スペクトルデータと病害との関係は認められているものの、病害の面的な発生徴候の検出手法を構築し、UAV データを活用して病気の発生や収量への影響を評価するための技術はまだ確立されていないのが現状であった。

2. 研究の目的

上述したことを背景として、気候変動による作物病害発生と穀物収量の損失が懸念されており、熱帯地域での総合的な病害防除への取組が重要課題となっているインドネシアにおいて、イネ白葉枯病(以降 BLB)といもち病を対象とし、UAV リモートセンシングデータ、疫病調査データ及び作物モデルを使用して発病程度を評価する手法の構築、収量の減少程度の評価及び減収リスク評価手法を構築することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、インドネシア共和国西ジャワ州チアンジュール県において実施する計画であった。研究初年度の 2019 年度については、当初計画通りにチアンジュール県に設定した実証試験地において BLB に関連する現地圃場データ及び UAV 空撮画像の取得を行い、BLB の分光特性解析及び使用する作物モデルのパラメータ調整等を行った。しかし、COVID-19 パンデミックの影響により、2020 年 3 月から研究サイトであるインドネシアへの渡航が出来なくなり、この状況は研究終了年の 2022 年まで続いた。そこで、研究協力者である西ジャワ州政府職員のペストオブザーバーに対してオンラインを活用したデータ取得に関する研修を頻繁に実施し、ペストオブザーバーが 2021 年雨期作、乾期 1 作目、乾期 2 作目、2022 年雨期作、乾期 1 作目に UAV 空撮画像の取得、BLB 評価スコアの取得等を実施して日本側研究者にデータを提供する方式を取り入れた。また、2020 年度からは研究活動サイトを国内にも設定して、当初計画を一部再考し直して実施した。具体的には、宮城県古川農業試験場の協力の下に、試験圃場においていもち病のモニタリング試験を行い、発病程度と各波長帯の反射特性、収量等の関係を解析した。

4. 研究成果

(1) 現行手法及び UAV データを用いたイネ病害の発病評価

BLB の被害評価手法の構築

西ジャワ州チアンジュール県北東部チヘア灌漑地区を対象地域として UAV データを活用した BLB 被害評価手法の構築のために、イネが BLB に感染した場合に分光反射率にどのような変化が表れるかについての解析を最初に行った。そのために、分光放射計 MS-720 を用いて健全及び罹病稲群落の入射及び反射の分光放射強度を計測した。BLB 病発生圃場の分光反射率は健全圃場に比べ、550nm 付近及び 680nm 付近で相対的に高くなり、レッドエッジ付近から近赤外域付近で反射率の上昇が小さくなる傾向が見られた。BLB 罹病程度と赤波長帯及びレッドエッジ付近の反射

率の間には有意な関係が確認された。

収穫期における UAV データを用いた BLB の被害評価では、2021 年雨期作、乾期 1 作目、乾期 2 作目、2022 年雨期作及び乾期 1 作目を対象時期とした。地上調査データとして、ペストオブザーバーが取得した調査地点の位置情報、SPAD 値、株単位で算出される BLB 被害スコア(0, 1, 3, 5, 7, 9)、圃場単位で算出される BLB 被害率を用いた。BLB 被害評価はインドネシア政府が取りまとめた調査ガイドラインに沿って実施し、1 圃場につき 10 株を対象としてペストオブザーバーが評価を行った。評価水田数は合計 109 圃場、地点サンプル数は 1090 である。オルソモザイク画像の幾何補正後、(1)及び(2)式から正規化反射率画像を作成した。

$$r_0 = \frac{\text{Green} + \text{Red} + \text{Red edge} + \text{NIR}}{4 \times \text{Green}} \quad (1)$$

$$\text{NGreen} = \frac{r_0}{\text{Green}} \quad (2)$$

正規化後の UAV 反射率と BLB スコア(スコア別平均)との関係を解析した結果、赤バンド及び NDVI との間に 0.9 を超える強い相関関係が確認された(図 1)。赤バンドと正の相関関係が確認された理由としては、被害率が高いほど葉内クロロフィルが減少し、葉色が退色することが考えられた。BLB に罹病した場合、初期には葉縁部が黄化し、感染が進行していくと灰白色に変化する病徴が見られる。NDVI と負の相関関係が確認された理由としては、BLB に罹病した場合には赤バンドの反射率が増加し、近赤外バンドの反射率が低下したためと考えられる。正規化赤バンドから BLB スコアを推定して 1m グリッドで可視化した結果を図 2 に、スコアから算出した被害率可視化マップを図 3 に示す。図の中に示した白い点は調査ガイドラインで決められている調査地点である。現行の被害評価は 10 株の評価結果を圃場全体に適用しているが、UAV データを活用することで圃場及び地域全体を網羅した評価が可能となった。また、本研究では年次と作期の異なるデータを使用したが、UAV 画像の正規化処理を行うことで異なる作期に影響を受けない BLB 被害評価手法を構築することができた。

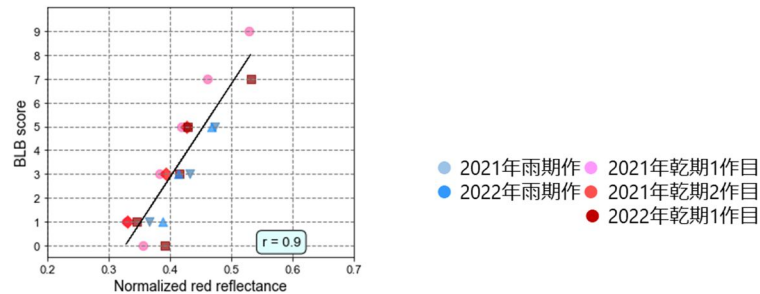


図 1 正規化赤バンド反射率と BLB スコア(スコア別平均：サンプル数 1090)との関係

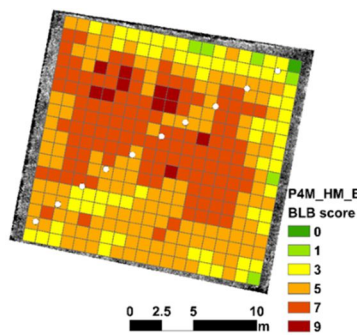


図 2 推定 BLB 被害スコア可視化マップ

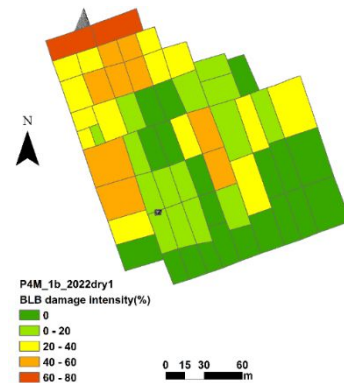


図 3 圃場単位の推定 BLB 被害率

いもち病の被害評価手法の構築

宮城県古川農業試験場の試験圃場にいもち病の菌株を伝染源として設置していもち病が発生する状況を作り、田植え後から収穫期まで継続して罹病程度の調査、UAV による空撮画像の取得及び分光放射計による反射率計測を行った。いもち病の病斑数の増加に伴い、緑、レッドエッジ、近赤外の波長帯では反射率が低下し、赤の波長帯では反射率が高くなることを確認した。次にオルソモザイク UAV 画像反射率のヒストグラムを作成してしきい値を設定して画像から水稻のみの情報を抽出し、調査株の反射率から算出した指数 NDSI(Normalized Difference Spectral Index)と病斑数データとの関係解析を行った。NDSI バンド間の差を正規化した指数であり次式

で表される。 $(NDSI[i, j] = (bandi - bandj) / (bandi + bandj))$

解析の結果、病斑数の少ない7月初旬頃はほとんど関係が見られなかったが、病斑数が増加した7月中旬以降では生育が進むにつれて両者の間に相関関係が確認された。7月から8月までに実施した複数回の調査データとNDSIの関係性を調べた結果、NDSI[緑バンド,赤バンド]で1%水準で有意な最も高い相関関係が得られた(図4)。いもち病罹病により赤波長帯の反射率が高くなる傾向はBLB罹病イネの反射特性と類似していたが、緑波長帯の反射率がいもち病の罹病により低くなったことから、同じ水田に2種類の病気が発生している場合には、BLB被害評価には赤波長帯の反射率、いもち病被害評価にはNDSI[緑バンド,赤バンド]を適用することで両者の病害の評価が可能であることが推察された。

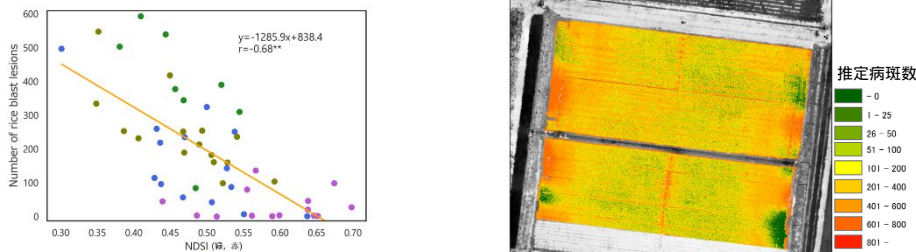


図4 NDSI(緑,赤)と病斑数の関係及び推定病斑数可視化マップ

深層学習を用いたいもち病の被害評価手法の構築

超低空(高度5m、解像度0.3cm)で撮影したRGB画像及びマルチスペクトル画像を用いたいもち病発生個所の特定の可能性について検討を行った。病斑数の調査データを基にして低空UAV画像からいもち病の罹病株を抽出し、これを教師として深層学習させた。なお、本研究で用いたモデルは、物体抽出に優れたYoloシリーズの最新版であるバージョン8である。深層学習には、RGB画像と既存の研究でいもち病の判定に有効であるとされている赤の反射率画像を用いた。図5に、いもち病に罹患した株のRGB画像と赤の反射率画像の例を示す。この図から、罹患した株はどちらの画像を用いた場合でも目視で確認できることが分かる。すなわち、学習モデルを用いた罹患箇所の自動検出の可能性が高いと言える。本研究では、同一の105株の画像を用いて、アノテーション処理を行い、そのデータを用いて学習を行った。学習回数はそれぞれ1500回で、学習モデルの物体検出の評価指標であるmAP@0.5は、RGB画像が0.45、赤の反射率画像は0.67となり、赤の反射率画像のほうが、学習によって検出精度の高いモデルとなった。なお、解像度が1.5cmの画像を用いた場合は、学習不能であった。このモデルを用いていもち病罹病株を抽出した結果の例を、図6に示す。この図から、RGB画像と赤の反射率画像では、同じ株を用いて学習したにもかかわらず、検出できた株が異なることが分かった。また、検証した場所によって、RGB画像と赤の反射率画像の検出精度が異なることも確認できた。このことから、RGB画像と赤の反射率画像では、罹病株の認識に利用している特徴が異なると考えられ、それぞれが得意とする特徴を持った画像に対しては、高精度で罹病株を抽出できたと考えられる。本解析では、アノテーションに利用可能なデータが少なく、様々な特徴を持った画像を用いた学習ができなかったため、検出能力が不安定なモデルとなってしまった。しかし、アノテーション用に様々な特徴を持ったデータを用意することで、RGB画像と赤の反射率画像のどちらを用いた場合でも、罹患箇所の検出精度がより高いモデルの作成が可能になると考えられる。

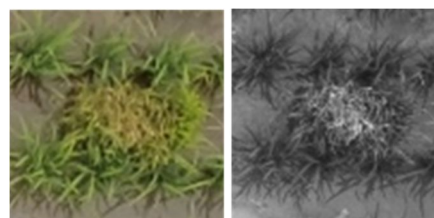


図5 罹病した株のRGB画像(左) 赤の反射率画像(右)



図6 目視で確認した罹患箇所(上段) RGB画像を用いて抽出した罹患箇所(中段) 赤の反射率画像を用いて抽出した罹患箇所(下段)の比較

(2) SIMRIW-RS モデルによる減収リスク評価手法の構築

最初に、収量推定や減収リスク評価をサポートするツールとして、UAV リモートセンシングデータを用いた SIMRIW-RS シミュレーションモデルのパラメータ調整を行った。水稻群落の反射率に対し、光環境条件が与える影響をシミュレーションしたところ、条件によって反射率が大きく異なることが示された。NDVI が最も光環境条件の影響を小さくすることができた一方で、水稻生育の鍵となる葉面積指数に対する感度は低くなる傾向があることを確認した。次に、インプットデータとして衛星データから判定した移植日、植生指数 NDVI を用いて稲の生育のキャリブレーションを行い、収量予測を試みた。西ジャワ州チアンジュール県の実証試験圃場について収量予測を行ったところ、実測収量との整合性が得られ、検証データを増やし、固定パラメータの最適化を行うことにより、精度が高まることが予想された。

その後の COVID-19 パンデミックの影響により、2020 年から国内の研究サイトにおいて、減収リスク評価手法の構築に取り組んだ。古川農業試験場で行った試験において、いもち病による影響評価について解析を行った。UAV で定期的に計測した NDVI を基に SIMRIW-RS の最適化を行い収量予測すると、いもち病の接種位置を中心に地上部乾物重が低下する傾向が示された。しかしながらいもち病の収量への影響が明瞭ではなかったため、追加解析を行った。地上で撮影した RGB 画像を用いて、画像解析でいもち病の病斑面積を求めた(図6)。葉いもちの病斑面積は接種箇所で大きい傾向にあったものの、接種箇所からの距離の影響は明瞭ではなく、生育や群落内環境などの影響があると考えられた。UAV で計測した NDVI は出穂期の葉いもち病感染率や登熟期の穂いもち病感染率と有意な関係性を示した(図7)。また、穂いもち病の感染率と収量の間には有意な負の相関があった(図8)。以上の結果を踏まえ、いもち病による影響を組み込み収量評価したところ、病斑面積の多いところでは収量が低下する傾向が予測できた(図9)。葉いもちの病斑面積が4%の場合、50 kg m⁻² 程度の減収リスクがあることが推定された。より精度の高い収量予測のためには、穂いもちの評価方法の確立が必要であると考えられた。

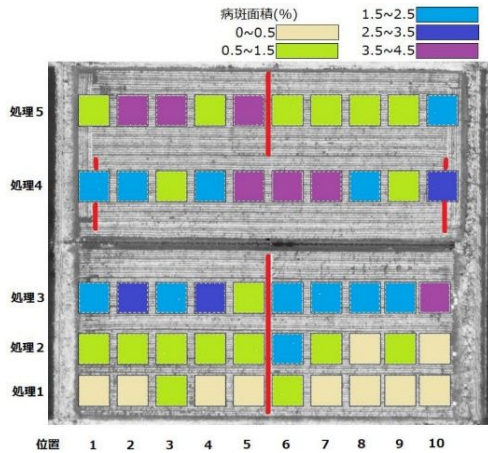


図6 画像から求めた葉いもち病の病斑面積

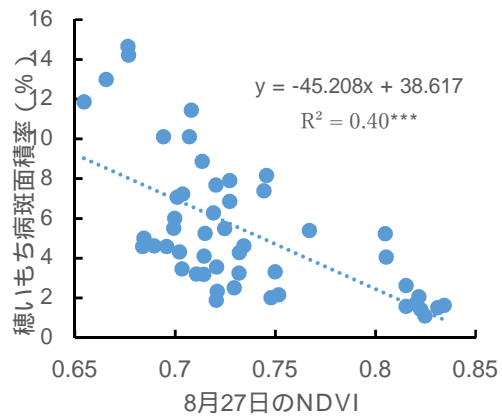


図7 NDVI と穂いもち病斑面積の関係

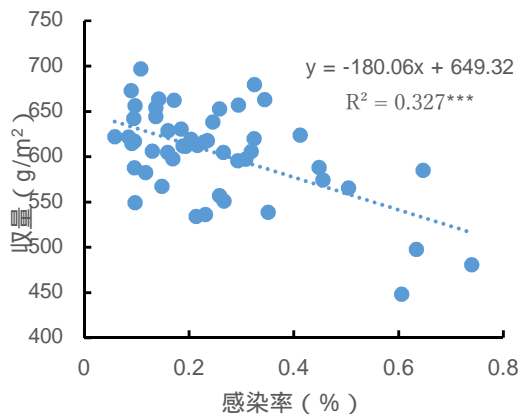


図8 穂いもち感染率と収量の関係

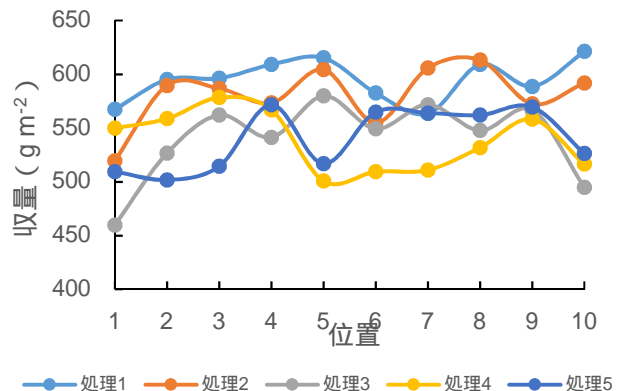


図9 UAV-NDVI を用いた SIMRIW-RS による予測収量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Chiharu Hongo, Yusuke Takahashi, Gunardi Sigit, Budi Utoyo, Eisaku Tamura	4. 巻 14
2. 論文標題 Advanced Damage Assessment Method for Bacterial Leaf Blight Disease in Rice by Integrating Remote Sensing Data for Agricultural Insurance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Science	6. 最初と最後の頁 1-18
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5539/jas.v14n4p1	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 該当する
1. 著者名 Giamerti Yuti, Hongo Chiharu, Saito Daiki, Caasi Oliver, Nur Susilawati Pepi, Shishido Masahiro, Sudiarta I Putu, Sutrisna Wijaya I Made Anom, Homma Koki	4. 巻 232
2. 論文標題 Evaluating Multispectral Imaging for Assessing Bacterial Leaf Blight Damage in Indonesian Agricultural Insurance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 E3S Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 03008 ~ 03008
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/e3sconf/202123203008	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 該当する
1. 著者名 Manago Naohiro, Hongo Chiharu, Sofue Yuki, Sigit Gunardi, Utoyo Budi	4. 巻 10
2. 論文標題 Transplanting Date Estimation Using Sentinel-1 Satellite Data for Paddy Rice Damage Assessment in Indonesia	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Agriculture	6. 最初と最後の頁 625 ~ 625
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/agriculture10120625	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 該当する
1. 著者名 橋本 直之、齋藤 裕樹、山本 修平、牧 雅康、本間 香貴	4. 巻 40
2. 論文標題 水稲圃場におけるUAV観測時の日射条件を考慮した機械学習によるLAI推定手法の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本リモートセンシング学会誌	6. 最初と最後の頁 87 ~ 96
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11440/rssj.40.87	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 Rani Yudarwati, Chiharu Hongo, Gunardi Sigit, Baba Barus, Budi Utoyo,	4. 巻 12
2. 論文標題 Bacterial leaf blight detection in rice crops using ground-based spectroradiometer data and multi-temporal satellites images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Agricultural Science	6. 最初と最後の頁 38-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5539/jas.v12n2p38	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 該当する

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Shun Isono, Chiharu Hongo, Naohiro Manago, Gunardi Sigit, Budi Utoyo
2. 発表標題 Damage assessment of bacterial leaf blight disease on rice using UAV time-series data
3. 学会等名 International Symposium on Remote Sensing 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本修平, 野本周平, 本間香貴, 橋本直之, 牧雅康, 本郷千春
2. 発表標題 UAVリモートセンシングと教師あり分類に基づく農家圃における黒根腐病害の時間的・空間的変動およびその要因の評価
3. 学会等名 日本作物学会第253回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本間香貴・Qiuzhi RUI・叶戎玲・中村航太・宮野法近・佐々木次郎・Iskandar Lubis・牧雅康・本郷千春
2. 発表標題 シミュレーションモデルとリモートセンシングを用いた作物生産量推定法の検討．第4報 病害虫の検出と影響評価の試行
3. 学会等名 第23回環境リモートセンシングシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 細沼航平, 石橋多郎, 伊藤隼人, 齊藤裕樹, 橋本直之, 山本修平, 本間香貴, 牧雅康
2. 発表標題 Sentinel-1/2の時系列衛星データを用いた仙台沿岸部農家圃場における水稻の生育評価に関する研究
3. 学会等名 第251回日本作物学会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村航太, 本間香貴, 叶戎玲, 牧雅康, 本郷千春
2. 発表標題 熱赤外カメラ搭載UAVを用いた虫害検出の検討
3. 学会等名 第251回日本作物学会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渋谷祐人・本郷千春・祖父江侑紀・Gunardi Sigit・Baba Barus
2. 発表標題 インドネシアにおける多時期Sentinel-2 データを用いたイネ白葉枯病被害率の推定
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第69回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 眞子直弘・本郷千春・若林裕之・Boedi Tjahjono・Sitaresmi Dewayani
2. 発表標題 インドネシアにおける水稻の水害損害評価のための作付日推定
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第69回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuti Giamerti, Daiki Saito, Pepi Nur Susilawati, Koki Homma, Chiharu Hongo, Oiver Caasi, Masahiro Shishido
2. 発表標題 Evaluating Multispectral Imaging for assessing Bacterial Leaf Blight Damage In Indonesian Agricultural Insurance
3. 学会等名 International Conference on Agribusiness and Rural Development (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渋谷祐人・本郷千春・本間香貴・Gunardi Sigit・Baba Barus
2. 発表標題 Sentinel-2データを用いた水田土壌の腐植含量の推定
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第67回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chiharu Hongo, Yusuke Takahashi, Gunardi Sigit, Eisaku Tamura, Baba Barus
2. 発表標題 Damage assessment of BLB by remote sensing data
3. 学会等名 Southeast Asia Plant Protection Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koki Homma
2. 発表標題 Rice growth evaluation by simulation model with remote sensing
3. 学会等名 The 9th Indonesia Japan Joint Scientific Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本修平, 本間香貴, 橋本直之, 牧雅康, 本郷千春
2. 発表標題 水収支モデル適用によるダイズ農家圃場の土壌水分特性の評価 - 第2報 - リモートセンシングを併用した黒根腐病害の評価
3. 学会等名 第249回日本作物学会講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本リモートセンシング学会 (共著)	4. 発行年 2023年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 758
3. 書名 リモートセンシング事典	

〔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	牧 雅康 (Maki Masayasu) (50375391)	福島大学・食農学類・教授 (11601)	
研究分担者	本間 香貴 (Homma Koki) (60397560)	東北大学・農学研究科・教授 (11301)	

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1件

国際研究集会 Workshop on New Damage Assessment Method for Crops and Digital Agriculture	開催年 2022年 ~ 2022年
--	----------------------

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			
インドネシア	Bogor Agricultural University	Provincial Office of Crops & Horticulture	West Java Province	