

令和元年6月11日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K07675

研究課題名(和文) 多周波・多偏波マイクロ波リモートセンシングによる作物の種別・生育の判別手法の開発

研究課題名(英文) Discrimination of crop type and growth stage using multi-frequency polarimetric microwave remote sensing

研究代表者

米澤 千夏 (YONEZAWA, Chinatsu)

東北大学・農学研究科・准教授

研究者番号：60404844

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：水稻の生育時期におけるLバンド合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar: SAR)による観測データを解析し、地理情報システム上で圃場ポリゴンデータと重ね合わせることによって、十分に生育した時期における水稻圃場の抽出手法を開発した。また、マイクロ波の入射角の違いの散乱メカニズムへの影響について詳細に検討した。航空機搭載LバンドSARによる観測データの山間部耕作地への適用可能性の検討をおこない、識別可能な圃場の大きさを明確にした。さらに航空機搭載XバンドSARの観測データから水稻収量の予測可能性について示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水稻は東アジアにおいて主要な作物であり、その作付面積の把握および収量予測は重要である。本研究の学術的意義の一つに、合成開口レーダ(Synthetic Aperture Radar: SAR)の全偏波観測データの解析結果と水稻収量の関連をはじめ定量的に示したことが挙げられる。日本では宇宙基本法に基づいた宇宙開発利用の一環として衛星データの利用が促進されている。人工衛星や航空機に搭載するSARの開発は国内外で行われており、日本でも新しいLバンドSAR衛星が2020年度に打ち上げられる予定である。本研究の成果は、新しい観測システムの土地利用型農業への利用可能性を示すものとして社会的な意義がある。

研究成果の概要(英文)：An extraction method for well grown paddy rice field was developed. Polarimetric data obtained from the PALSAR-2 L-band synthetic aperture radar (SAR) system aboard the ALOS-2 satellite was analyzed and vector data for agricultural land-use areas were overlaid on the analyzed images for the identification of the paddy rice field. In addition, the influence of the difference in the incident angle of microwaves on the scattering mechanism was examined in detail. An extraction limit of mountainous cropland of airborne L-band SAR, Pi-SAR-L2 was also shown in this study. Furthermore, the predictability of rice yield from an airborne X-band SAR data was pointed out.

研究分野：リモートセンシング

キーワード：合成開口レーダ フルポーラリメトリックSAR 水稻 大豆

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

世界的な人口の増加や飼料用穀物の需要増加による、将来的な食糧増産の必要性は疑う余地のないところである。このような中、2011年のG20農業大臣会合およびサミットで「食糧価格乱高下および農業に関する行動計画」が採択された。リモートセンシング技術を活用して作物生産量推定や農業気象情報を提供するGEOGLAM(Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring)が立ち上げられ、日本はアジアにおける稲作モニタリングの中心的な役割を果たそうとしているところである。GEOGLAMでは、日本国内およびアジアの主要作物である稲作を対象としているが、将来的には、畑作物等の作付状況の判別も、リモートセンシングに期待されることが予測される。

国内においては、農業従事者の高齢化が進む中で、「人・農地プラン」が推進され、農地の集積がすすめられている。経営体の大規模化がすすみ、農業の担い手として農業法人が注目されている。大規模化・法人化に伴い農業へのIT技術の導入は加速しており、GISによる圃場管理や生育記録も注目されているがまだ普及途上である。リモートセンシングによる観測データから抽出される情報は、IT農業下では勿論、IT化がおよんでいない地域や時期においても、作物の作付・生育状況の記録として活用できる。

地表面を観測するリモートセンシングにおけるセンサは可視光を観測する光学センサとマイクロ波を観測する合成開口レーダに区分できる。光学センサデータの利用研究例は多いが、雲があると地表面の観測ができないことから、農業などの定期的な観測データの蓄積が必要な場面においては合成開口レーダの利用技術の開発が求められている。合成開口レーダの利用例としては、日本国内で水稲作付面積調査における実績がある。合成開口レーダによる観測偏波には、単偏波・二偏波・全偏波があるが、これまでに打ち上げられた国内外の人工衛星搭載合成開口レーダのほとんどが単偏波観測を中心としている。従来、農業モニタリングへの利用が検討されてきたのは主として単偏波観測データであった。

2. 研究の目的

(1) 作物の種類と生育状況ごとのマイクロ波の散乱メカニズムの解明

水稲、トウモロコシ、畑作物、果樹(ブルーベリー)を対象とし、航空機搭載 X バンド合成開口レーダによる観測データからマイクロ波の散乱メカニズムを明らかにする。

(2) 圃場単位での作付作物の判別手法の確立

合成開口レーダ画像の解析から得られる散乱メカニズムの違いに基づき、圃場ごとに作付作物を判別する手法を開発する。対象地域における航空機・人工衛星による合成開口レーダ観測画像を継続して入手し、観測と同期・準同期した現地調査を参照して、統計的手法を用いて圃場単位で作付作物を決定可能にする手法を開発する。

3. 研究の方法

(1) 航空機搭載多周波多偏波合成開口レーダ取得データのマイクロ波散乱成分への分解

農地を観測した L バンドおよび X バンド合成開口レーダの観測データに散乱成分への分解手法を適用し、作物毎のマイクロ波の散乱メカニズムを明らかにした。対象地域は東北大学大学院農学研究科附属川渡複合生態フィールド教育研究センター(旧東北大学農学部附属農場)および仙台市若林区内の圃場とした。

(2) 地理情報システムを用いた解析

合成開口レーダ画像の解析結果に圃場ポリゴンを重ね合わせ、圃場ごとに畑作物を判別する手法を開発した。対象地域における航空機および人工衛星による合成開口レーダ観測画像を入手し、観測と同期・準同期した現地調査をおこないながら、統計的手法を用いて圃場単位で作付作物を決定可能にする手法を開発した。

4. 研究成果

(1) 水稲圃場抽出手法の開発の確立

衛星搭載 L バンド SAR である ALOS-2 PALSAR-2 で水稲が生育した時期に取得された全偏波観測データの解析から水稲作付圃場の抽出が可能であることを、2 時期の LANDSAT 8 OLI 観測データを用いた解析結果との比較によって定量的に示した。抽出に最も有効なパラメータとして、固有値解析による偏波依存性をあらわす指標である 角が挙げられる。角による判別が有効であることは、水稲は十分に生育すると地面にほぼ直立し、他の作物との形状のちがいが明瞭であるためであると説明できる。角のほか、二回散乱成分の割合、表面散乱成分の割合を用いた抽出結果は、LANDSAT 8 OLI データの解析によって作成した分布図とそれぞれよく一致していた(図 1)。

さらに、水稲の出穂期から穂揃期にかけての期間に相当する 2016 年と 2017 年の 8 月上旬

に取得された PALSAR-2 データに対して同様な解析をおこなった。その結果、2 回散乱成分の割合を用いた場合、水稻の出穂期以降では、観測時期が 1 か月程度異なってもほぼ同じ値が利用できることが示唆された。

角を用いた場合では、9 月上旬取得データの解析で得られた閾値をそのまま適用することはできなかったため、新たに二値化によって閾値を決定することによって水稻圃場を抽出した。水稻からの転作作物であり栽培面積が大きい大豆が作付された圃場を、草地やその他の作物が作付された圃場と区分して抽出する可能性についても検討をおこなった。

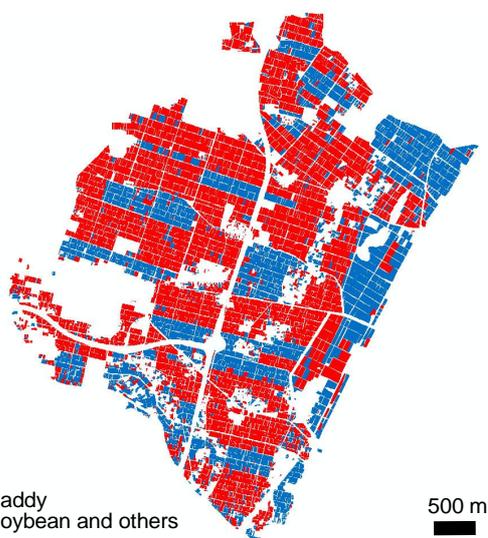


図 1 仙台市若林区の農地を対象とした 2 回散乱成分を用いた水稻圃場の抽出結果

(2) 散乱メカニズムへの入射角の影響の作付作物による違いの解明

マイクロ波の入射角の違いによる散乱メカニズムへの影響は、作付作物ごとに異なった。水稻作付圃場において、入射角約 33° の観測データと入射角約 52° の観測データを比較すると、 52° のほうがエントロピーと角は大きくなった。一方、イネ科牧草、デントコーン、ナガイモの作付圃場においては、入射角約 52° の観測データのほうが全体的にエントロピーは大きくなり、角は小さくなった。入射角約 52° の観測データでは、水稻作付圃場とイネ科牧草作付圃場の判別は困難であったが、入射角約 33° の観測データでは判別が可能であった。また、大型の垂直的な植物であるデントコーンや地上に垂直なパイプ支柱を設置して栽培するナガイモは入射角約 52° の観測データの場合、他の作付作物と異なる傾向がみられた。

(3) 山間部耕作地への適用可能性の検討

標高 200 ~ 300 m に位置する耕作地を対象に、航空機搭載 L バンド SAR である Pi-SAR-L2 の全偏波観測によって 2016 年 6 月に観測されたデータの解析をおこなった。対象地域においては水稻のほか、転作作物としてそばの栽培がおこなわれている。圃場の大きさはおよそ 1 ~ 30 a 程度であった。現地調査によって、そばにおいては生育ステージが様々であることを確認した。各画像の目視判読の結果、圃場間の畦畔は 1 ~ 2 画素程度の明るい画素として画像上で判読できる場合とできない場合があった。20 ~ 30a 程度の圃場は識別可能であったが、1 a 前後の圃場の識別は困難であった。水稻圃場は水がはいっている状態であったことから、いずれの偏波においても後方散乱係数は小さくなっている。散乱成分への分解を適用したところ、水稻圃場よりも水稻以外が栽培されている圃場で表面散乱の割合が大きくなる結果となった。山間部耕作地においてはデータの地図への重ね合わせも課題となる。

(4) 水稻収量の予測可能性

水稻作付圃場において、9 月下旬から 10 月上旬の刈取時点での 10 a 当たりの玄米重量とエントロピー値との相関係数を算出したところ、マイクロ波の入射角が大きいほうが玄米収量との相関が大きい傾向にあった(図 2)。またアノトロピーとは玄米収量と負の相関が示された。玄米収量が大きいほど、8 月観測時点での水田の葉冠は複雑な形態をとり、体積散乱の寄与が大きくなり、二回反射散乱と表面散乱の寄与が小さくなり、マイクロ波の散乱形態が複雑になるため、エントロピーは上昇し、アノトロピーは減少すると考えられる。マイクロ波の入射角度が小さいほど、マイクロ波深く進入するため、後方散乱波に茎葉の情報を含んでしまうが、マイクロ波の入射角度が大きくなると、表層部分すなわち穀物部分での散乱の寄与が大きくなり、後方散乱波に穀物部分の情報を多く含んでいると考えられる。

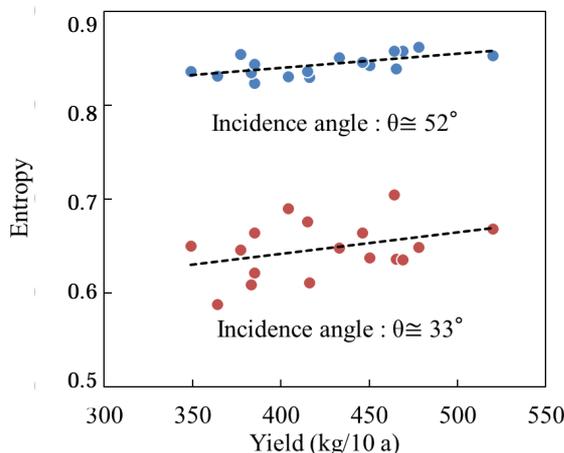


図 2 玄米収量とエントロピー値との相関

5. 主な発表論文等

(雑誌論文) (計 15 件)

古屋聡, 米澤千夏, 石塚直樹, 児島正一郎, X-バンド航空機搭載 SAR による農地におけるマイクロ波散乱の解析, (社)日本リモートセンシング学会第 65 回(平成 30 年度秋季)学術講演会講演論文集, (2018) pp.17-18. (査読無)

古屋聡, 米澤千夏, 石塚直樹, 児島正一郎, X バンド航空機搭載合成開口レーダ(Pi-SAR2)による作付作物の推定, システム農学会 2018 年度春季大会講演論文集 (2018) pp.21-22. (査読無)

Yonezawa, C., Paddy Rice Field Extraction Using ALOS-2 PALSAR-2 Full Polarimetric Data with Agricultural Parcel Vector Data, Proceedings of GARSS 2018 - 2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, (2018) pp. 5296 – 5299, DOI: 10.1109/IGARSS.2018.8517291. (査読有)

米澤千夏, 仙台平野における水稲の出穂期を観測した PALSAR-2 全偏波観測データの解析, (社)日本リモートセンシング学会第 63 回(平成 29 年度秋季)学術講演会講演論文集, (2017), pp.313-314. (査読無)

Yonezawa, C. and Watanabe, M., Airborne L-Band SAR Observation for Paddy Rice Fields in Semi-Mountainous Region, Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2017, (2017) pp.5073-5076, DOI: 10.1109/IGARSS.2017.8128143. (査読有)

Yonezawa, C. and Watanabe, M., Paddy Rice Field Extraction From Full Polarimetric Pi-SAR-L2 Data Acquired at Maturing Stage, Proceedings of International Symposium on Remote Sensing 2017, (2017) pp.806-809 (査読有)

米澤千夏, PALSAR-2 全偏波観測データによる十分に生育した水稲作付圃場の抽出可能性, 日本リモートセンシング学会誌, 37, 3, 2017, pp.201-212. (査読無).

YONEZAWA, C. and WATANABE, M., Monitoring of Variability in Crop Growth on Reconstructed Agricultural Land After the 2011 Great East Japan Earthquake, Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2016, (2016) pp.6308-6311, DOI: 10.1109/IGARSS.2016.7730649. (査読有).

米澤千夏, 作付作物判別のための ALOS-2/PALSAR-2 全偏波画像と SPOT 画像の比較, (社)日本リモートセンシング学会第 61 回(平成 28 年度秋季)学術講演会講演論文集:143-144, (2016)(査読無).

米澤千夏, 渡邊学, Pi-SAR-L2 による中山間地の農地の観測, システム農学会 2016 年度秋季大会講演論文集, 35-36, (2016)(査読無).

米澤千夏, 津波被災農地における作物生育むらのリモートセンシングによる観測, システム農学会 2016 年度秋季大会講演論文集, pp.37-38 (2015) (査読無).

C. YONEZAWA and M. WATANABE, Agricultural Field Observation by Space and Airborne Polarimetric L-Band SAR Data, Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2015, pp.3985-3988, DOI: 10.1109/IGARSS.2015.7326698 (2015)

米澤千夏, 石塚直樹, 梅原俊彦, 航空機搭載 X バンド SAR で観測された野生動物による採食痕, (社)日本リモートセンシング学会第 59 回(平成 27 年度秋季)学術講演会講演論文集, pp.211-212 (2015) (査読無).

米澤千夏, 石塚直樹, 梅原俊彦, 東日本大震災による津波被災農地の復旧過程の航空機搭載 X バンド SAR による観測, システム農学会 2015 年度春季大会講演要旨集 pp. 47-48(2015) (査読無)

米澤千夏, 石塚直樹, 梅原俊彦, 津波被災農地における耕作状況判別のための Pi-SAR2 データの固有値解析, (社)日本リモートセンシング学会第 58 回(平成 27 年度春季)学術講演会講演論文集, pp.107-108 (2015) (査読無).

(学会発表) (計 25 件)

C. YONEZAWA, An attempt to extract paddy fields using polarimetric decomposition of PALSAR-2 data, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2019, (2019)

C. YONEZAWA, An attempt for crop type classification using ALOS-2 PALSAR-2 data, Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission FY2018 (2019)

古屋聡, 米澤千夏, 石塚直樹, 児島正一郎, X-バンド航空機搭載 SAR による農地におけるマイクロ波散乱の解析, (社)日本リモートセンシング学会第 65 回(平成 30 年度秋季)学術講演会 (2018)

古屋聡, 米澤千夏, 石塚直樹, 児島正一郎, X バンド航空機搭載合成開口レーダ(Pi-SAR2)による作付作物の推定, システム農学会 2018 年度春季大会 (2018)

古屋聡, 米澤千夏, 石塚直樹, 児島正一郎, 航空機搭載映像レーダを利用した水稲収量予測の試み -宮城県大崎市川渡地区の農地を対象にして, 地理情報システム学会東北支部研究交流会 (2018)

米澤千夏, 全偏波合成開口レーダ取得画像による水稲圃場の抽出, 地理情報システム学会第 27 回学術研究発表大会 (2018)

米澤千夏, 衛星リモートセンシングと地理情報システムの活用による農地からの情報抽出, 2018 年電子情報通信学会総合大会(2018 年 3 月 21 日)

C. YONEZAWA, Paddy Rice Field Extraction Using ALOS-2 PALSAR-2 Full Polarimetric Data with Agricultural Parcel Vector Data ,IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (2018)

S. FURUYA, C. YONEZAWA, N. ISITSUKA and S. KOJIMA, An Experimental Study of Crop Discrimination Using Pi-SAR2 Data,15th International Symposium on Integrated Field Science Biological Interactions for Sustainable Agriculture(2018)

C. YONEZAWA, Rice field extraction using PALSAR-2 full polarimetric data in the Sendai Plain, Joint PI Meeting of Global Environment Observation Mission FY2017, (2018)

C. YONEZAWA and M. WATANABE, Airborne L-Band SAR Observation for Paddy Rice Fields in Semi-Mountainous Region, International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2017 (2017)

C. YONEZAWA and M. WATANABE, Paddy Rice Field Extraction From Full Polarimetric Pi-SAR-L2 Data Acquired at Maturing Stage, International Symposium on Remote Sensing 2017 (Nagoya University, Nagoya, Japan,17-19 May, 2017)

米澤千夏,仙台平野における水稲の出穂期を観測した PALSAR-2 全偏波観測データの解析,(社)日本リモートセンシング学会第 63 回(平成 29 年度秋季)学術講演会 (2017)

C. YONEZAWA and M. WATANABE, Monitoring of Variability in Crop Growth on Reconstructed Agricultural Land After The 2011 Great East Japan Earthquake, International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2016 (2016)

米澤千夏, Pi-SAR-L2 全偏波観測データによる農地の観測,第 3 回 Pi-SAR-L2 ワークショップ (2017)

米澤千夏, 航空機搭載合成開口レーダによる宮城県川崎町の農地の作物判別の試み, 地理情報システム学会東北支部研究交流会(2016)

米澤千夏, 作付作物判別のための ALOS-2/PALSAR-2 全偏波画像と SPOT 画像の比較, (社)日本リモートセンシング学会第 61 回(平成 28 年度秋季)学術講演会 (2016).

米澤千夏, 渡邊学, Pi-SAR-L2 による中山間地の農地の観測, システム農学会 2016 年度秋季大会 (2016)

C.YONEZAWA and M.WATANABE, Analysis of PALSAR-2 Full Polarimetric Data Observing Agricultural Field, The 2nd PI Workshop for ALOS-2 (2015)

C. YONEZAWA and M. WATANABE, Agricultural Field Observation By Space and Airborne Polarimetric L-Band SAR Data, International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2015 (2015)

⑲ 米澤千夏, 津波被災農地における作物生育むらのリモートセンシングによる観測, システム農学会 2016 年度秋季大会 (2015)

⑳ 米澤千夏, 石塚直樹, 斎藤元也, Pi-SAR2 による農地の観測, Pi-SAR2 PI 会議 (2015)

㉑ 米澤千夏, 石塚直樹, 梅原俊彦, 航空機搭載 X バンド SAR で観測された野生動物による採食痕, (社)日本リモートセンシング学会第 59 回(平成 27 年度秋季)学術講演会学術講演会 (2015)

㉒ 米澤千夏, 石塚直樹, 梅原俊彦, 東日本大震災による津波被災農地の復旧過程の航空機搭載 X バンド SAR による観測, システム農学会 2015 年度春季大会(2015)

㉓ 米澤千夏, 石塚直樹, 梅原俊彦, 津波被災農地における耕作状況判別のための Pi-SAR2 データの固有値解析, (社)日本リモートセンシング学会第 58 回(平成 27 年度春季)学術講演会(2015)

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名:渡邊 学

ローマ字氏名: (WATANABE, Manabu)

所属研究機関名:東京電機大学

部局名:理工学部

職名:准教授

研究者番号(8桁):10371147

(2)研究協力者

研究協力者氏名:古屋 聡

ローマ字氏名: (FURUYA. Soh)