



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	リモートセンシングを用いた農業環境のモニタリングに関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	藺部, 礼
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11812号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58610
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Rei_Sonobe_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 菌 部 礼

学 位 論 文 題 名

リモートセンシングを用いた農業環境のモニタリングに関する研究

近年、農林水産省及び地方自治体における業務合理化のため、農業に関する統計情報の取得に費やすことができるコストが削減されている。そのため、現在のような調査員による地上調査が将来においても実施されるかは不透明である。また、農家レベルでも農地の賃貸借の進展や法人化に伴う集団化などによって、圃場の特性を熟知して管理を行うことが難しくなっている。このような情勢の下で、多様な波長の電磁波により広域を定期的に観測できる特性を有している衛星による地球観測は、農業分野における有望な情報収集手段の一つになりうる。

本研究では、作付状況の把握における衛星データ活用を実現するために、まず作付作物の分類可能性を評価した。また、農作業の管理及び生産量を予測する上で、作物の生育に関するパラメータのモニタリングは重要である。そこで、2 番目に衛星データを活用した作付作物の生育モニタリングの可能性を評価した。さらに、農業分野において土壌水分は圃場に灌漑あるいは排水を行う上で重要な指標になり、この分布を把握することは、作付転換や増産を図る上で欠くことができない。そこで、3 番目に衛星データを活用した土壌水分推定の可能性を評価した。

序章では、農業環境のモニタリングにおける合成開口レーダ（SAR）を活用したマイクロ波リモートセンシングの優位性を指摘した上で、作付作物の分類可能性及び生育モニタリングにおいては X バンド、土壌水分の推定においては L バンドが適している点を述べた。また、偏波や SAR データに影響を与える散乱現象、取得した SAR データに対する前処理の概要を示した。

2 章では X バンドの SAR データから取得した情報を利用した作付作物の分類を検討した。本研究では、TerraSAR-X (TanDEM-X を含む) の 2 重偏波データから算出した後方散乱係数 (HH 及び VV 偏波)、コヒーレンス (HH 及び VV 偏波) 及び Polarimetric parameters (平均アルファ角及びエントロピ) を用いて、北海道十勝地方において作付けされている代表的な 6 種類の作物 (豆類、甜菜、牧草、トウモロコシ、馬鈴薯及び秋播き小麦) の作付状況の分類可能性を評価した。はじめに、Jeffries-Matusita 距離及び Bhattacharyya 距離を用いて、TerraSAR-X データから抽出した情報を基に任意の 2 種類の作物を分離する上で、後方散乱係数及びエントロピが特に優れていることを示した。また、CART (classification and regression tree), random forest 及び support vector machine の 3 種類の機械学習アルゴリズムを活用した分類を試みた。解析の結果、support vector machine を適用し、後方散乱係数と Polarimetric parameters を使用することによって、95.0%と非常に高い全体精度で作付作物を分類することができた。また、誤分類の原因として、防風林や道路といった圃場を取り囲む地物がレイオーバーによって画像化した際に圃場内に写りこんでしまった小区画圃場の存在及び、牧草地内に放置されているロールベールが直接反射もしくは二面反射を引き起こしていたことを確認した。

3 章では混合分布モデルを活用した先述の 6 種類の作物に対する教師なし分類結果を評価した。2 章において機械学習アルゴリズムを活用した教師付き分類が作付作物の分類に有効であることを示すことができた。しかし、常に十分な教師データを揃えることができるとは限らず、得られ

た教師データが各カテゴリーの代表性に乏しい場合は分類精度の低下をもたらしかねない。そこで、本研究では複数の確率分布を加重平均することによって組み合わせたもので、より複雑な分布を記述することが可能な混合分布モデルによる教師なし分類の適用可能性も検討した。機械学習アルゴリズムを活用した教師付き分類とは異なり、**polarimetric parameters** を活用する優位性は確認できなかった。最も良好な分類結果が得られたのは、後方散乱係数を使用し、要素モデルとしては **EEV** を適用した場合であり、全体精度は **79.5%** であった。教師付き分類による結果と比較すると精度は劣るものの、広く活用されている **k-means** 法による結果よりも **12.9** ポイント高かった。

4 章においては **TerraSAR-X** の 2 重偏波データを用いた生育モニタリングを検討した。秋播き小麦、甜菜、豆類及びトウモロコシに関しては、後方散乱係数と自然草高の間に有意な関係を見出すことができた。しかし、馬鈴薯及び牧草に関しては有意な関係を見出すことができなかった。この原因は、馬鈴薯圃場では **30~35cm** の畝立て及び複数回の培土が、牧草地に関しては雑草が混生していることや様々な生育ステージの作物が混在することが考えられる。また、秋播き小麦を対象に後方散乱係数とバイオマス量の関係を調査したが、乾物重量と後方散乱係数の比 ($\sigma_{HH}^0/\sigma_{VV}^0$) においてのみ **5%** 水準で有意な関係を確認することができたが、全体の **39%** を説明しているだけであった。一方、含水率と後方散乱係数の比の関係を調査すると、決定係数 **0.92** で両者の関係を表現することができた。

5 章においては **L** バンドの **SAR** データを活用した土壌水分推定を検討した。本研究では **ALOS/PALSAR** によって取得されたデータを利用した。裸地圃場において、**L** バンド **SAR** によって取得された後方散乱係数には土壌水分に関する情報のほかに、地表面粗度に関する情報が含まれている。そこではじめに、裸地圃場を対象に **HH** 偏波後方散乱係数と地表面粗度及び体積含水率の関係を調査した。地表面粗度の指標としては表面高さの標準偏差 (s) 及び相関長さ (l) が知られているものの、 s 及び l の推定に最適なプロファイル長は不明確であった。本研究では土壌水分の影響が無視できる冬期凍結土壌の **PALSAR** 後方散乱強度データを用い、 s 及び l のそれぞれに対して最適なプロファイル長を検討した。最適なプロファイル長は s に対して **200cm**, l に対して **325cm** であった。つづいて、冬期における後方散乱係数と地表面粗度、及び平坦な裸地表面における後方散乱係数と土壌水分の関係を基に、土壌水分推定モデルを作成した。このモデルを利用すると、裸地圃場に対して **3.6%** の **RMS** 誤差で体積含水率を推定することができた。

終章では、各章の検討が総括され、**SAR** を活用したマイクロ波リモートセンシングが農業分野における有望な情報収集手段の一つとなりうることを明らかにした。