HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	合成開口レーダを利用した圃場情報の取得に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	山谷，祐貴
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第14374号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81291
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yamaya_Yuki_review.pdf，審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（農学）　氏名　山谷　祐貴

審査担当者　主　査　特任准教授　谷　宏
副　査　教　授　井上　京
副　査　教　授　鮫島良次

学 位 論 文 題 名

合成開口レーダを利用した圃場情報の取得に関する研究

本論文は，図 52，表 61，文献 84 を含む総ページ数 172 の和文論文で，他に参考論文 5 編が添えられている。

圃場ごとの作物に関する情報（圃場情報）は，作付面積の調査，生産量の予測，生育状態の把握，災害の被害調査など，様々な用途に供せられるが，圃場情報を今後も継続的かつ長期的，広域的に把握することが困難になることが懸念される。この問題を解決するために衛星リモートセンシングが利用されつつあるが，従来の光学センサでは大気や天候の影響を受けやすいため，そのような障害の少ない合成開口レーダ（SAR）の利用が効果的である。本研究は，SAR の衛星データから得られる各変数から，圃場情報を高精度かつ効率的に取得することを目的とし，作付作物の分類および水稲穂含水率の推定を重点的に行ったものである。

１．X・C・L バンド SAR データを利用した機械学習アルゴリズムによる作物分類の高精度化・効率化に関する検討

マイクロ波の波長によって異なる性質を持つ X・C・L の 3 種類のバンドを単独，または併用した作付作物分類の結果を評価した。まず，X バンド SAR を搭載した TerraSAR-X の 2 偏波データを用いて，作物の分類を行った。SAR データから算出された 4 変数を機械学習アルゴリズムの Random Forests（RF）に適用し，北海道の十勝地方における代表的な 6 作物を対象に圃場単位での作物の分類を行ったところ，5 時期のデータを用いることで，0.895 の全体精度が得られ，有効なデータ使用法であることを明らかにした。

さらに高精度な作付作物の分類を目指し，C バンド SAR を搭載した RADARSAT-2 の 4 偏波データを用いて RF による分類を実施した。16 変数を算出し，最も高い精度が得られる変数の組み合わせを検討した結果，後方散乱係数と散乱モデル分解法・固有値解析法による散乱成分の合計 9 変数を用いることにより 0.922 の全体精度が得られた。また，C バンドと X バンドを使用することにより 0.934 とさらに高い全体精度が得られることを示した。

植物を透過する性質が強いLバンドデータ（PALSAR-2）単独では良好な全体精度を得られなかった。しかし，C バンドデータを併用し，使用する時期の選択を適切に行うことで全体精度が 0.9 を超える値が得られた。比較的安価に利用できる L バンドデータを使用することによりデータ入手コストを削減した作付作物の分類手法を提示できた。

２．SAR を利用した高精度な作付作物分類のための機械学習アルゴリズムと衛星データの選定

SAR による作付作物分類で使用された例がない 2 種類の機械学習アルゴリズムを RF と比較し，X バンドと C バンドを併用した分類の精度向上を検討した。Extremely Randomized Trees（ERT）は，RF より高い全体精度であり，有効なアルゴリズムとして示された。この ERT を使用して効率的に高い精度を得るために，X バンドと C バンドの精度比較や，効果的な併用手法に関して検討したところ，7 月上旬までの 2 時期の C バンドと 7 月中旬以降の 4 時期の X バンドの併用により，0.953 の全体精度が得られた。この結果は，効率的な作付作物分類を実行するための有用で新たな手法として提示できた。

３．C バンド SAR および光学データ・ダミー変数を使用した水稲穂含水率の推定

C バンドの 9 変数のほか，光学センサデータから算出した NDVI を加え，ステップワイズの変数減少法を用いた重回帰分析を使用し，北海道の空知地方における代表先な作物である水稲を対象に，圃場単位での穂含水率の推定を行った。SAR によるモデルでは，決定係数は 0.152 と高い精度を得られなかったが，衛星進行方向や栽培形態ごとに分けてモデルを作成したところ，0.5 を上回ったことから，条件を分けたモデルの有効性が示された。SAR と光学センサを併用したモデルでは全ての圃場を対象に 0.932 の決定係数が得られ，双方を併用する有効性が示された。

C バンドの 9 変数に，3 種類のダミー変数（衛星進行方向，衛星入射角，栽培形態）を使用し，重回帰分析により穂含水率を推定するモデルを作成したところ，精度の向上がみられた（決定係数：0.452）。このモデルには，栽培形態のダミー変数を含む 4 変数が選択された。最後に，ダミー変数を加えたモデルについて，5 分割による交差検証を行った結果，検証における RMSE は 6.70%と，モデル作成における RMSE と同等の精度となっており，このモデルの有効性が確認できた。

以上の研究成果は，作付作物の分類や水稲穂含水率の推定について，SAR による衛星データが高い精度で適用可能であることを示しており，SAR データを利活用する上で大きく貢献できるものとして，学術的，実用的に高く評価される。

よって，審査員一同は，山谷祐貴が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。