

## 学位論文審査の結果の要旨

氏名	Prima Rizky Mirelva
審査委員	主査 長澤 良太 (印) 副査 日置 佳之 (印) 副査 久保 満佐子 (印) 副査 芳賀 弘和 (印) 副査 岩永 史子 (印)
題目	Synthetic Aperture Radar Application for Agricultural Land Use Classification in Java Island, Indonesia
審査結果の要旨 (2,000字以内)	
<p>本研究は、ジャワ島の複雑な農業地域の土地利用・土地被覆を分類するためにLバンドSARであるALOS/PALSAR、ALOS 2/PALSAR 2およびCバンドSARであるSentinel-1画像の利用可能性を評価するとともに、その分類手法を議論したものである。この目的のために、以下の6つの項目について検討・分析が行われた。すなわち、1) 小規模で複雑な農業的土地利用の空間分布を能動型リモートセンシングデータで如何に分類するか、2) ALOS/PALSARの位相情報(Polarization)の特徴から分類するアルゴリズムの検討、3) 農作物の分類・抽出のために時系列的なALOS-2/PALSAR-2の利用可能性、(4) 分類プロセスの後方散乱値特性に基づくサンプルポイントの選定とその評価、5) 水田の作付けパターンの特徴を把握するための後方散乱特性の検討、(6) 複雑な農作物畑を分類する際に最も効果的な後方散乱値のパラメータの吟味、の各項目である。</p> <p>SAR画像の主成分は、水平方向と垂直方向の送受信波で2つの方向から発射される4つの偏波、すなわちHH、HV、VHおよびVVである。それぞれの略語の2文字は、水平方向(H)と垂直方向(V)の送信方向と受信方向を意味している。本研究では、LバンドSARであるALOS/PALSARの4偏波モードのデータを用いて農業的土地利用・土地被覆タイプの分類を中部ジャワ州の約50平方キロメートルの範囲を対象に行った。4偏波データを用いた画像分類の結果は、総合分類精度およびKappa係数がそれぞれ60.84%および0.44の値を得た。一方、後方散乱強度(HH、HV、VH、VVおよびHH+HV)とFreeman and Durden分解の3つの成分との間の積分は、総合分類精度およびKappa係数がそれぞれ74.11%および0.62を得、著しく精度が向上した。このことは、FreemanとDurdenの全偏波分解と偏波分解の統合が、複雑な農作物の識別における各成分の弱点を補うことができたことを意味している。畑地と水田は、実際に作付け前と収穫後の土地被覆は裸地になる。こうした農地の季節変動が両クラス間の誤分類に関与している。一方、混交樹園地(Mixed garden crop)はユニークな後方散乱量を示す樹冠で特徴付けられており、結果として他の農地クラスとは容易に区別することができた。集落クラスは、他のクラスと比較して強い後方散乱を反映する建物構造から特徴付けられた。</p>	

次に、Cバンド SAR である Sentinel-1 の多時期画像を用いた解析を行った。分類は、光学衛星である Sentinel-2 のマルチスペクトル情報も補完的に用いて行われた。後方散乱係数の閾値が $-17.4852$  dB 未満で $-31$  dB を超えると、抽出・分類された水田面積に差が確認された。水田地域の詳細な作付けパターンは Sentinel-1 の高い時間分解能と Sentinel-2 のスペクトル分解能に補完されてより高い分類精度で抽出・分類が可能になった。これら水田クラスの Sentinel-2 から導き出された後方散乱係数と NDVI 値の比較は、後方散乱係数が表面構造により敏感であることを示し、それは後方散乱係数と NDVI の間の時間的な差異（ズレ）を反映している。VH、VV の結合帯域と 50 系統樹のランダムフォレスト法で分類された VH と VV 偏光の減算はそれぞれ 76.88% と 0.728 として、以前と比較して最高の総合分類精度と Kappa 係数値を得ることができた。

以上要約すると、熱帯地域のジャワ島における伝統的な農業地域において、小規模で複雑な耕作農地は SAR 画像を用いることで高精度に分類することができた。本研究では、L バンド SAR の全偏波の組合せ、同様に L バンド SAR の多時期の後方散乱係数に基づく分類およびクラウドベースシステムにおけるサンプル点収集の方法で生成された最良パラメータを探求した。一方、多時期 C バンド SAR の分類結果は、後方散乱係数から得られた農地の特性が複雑な農地を分類するために有益であることを示した。多時期偏波および光学画像の併用は分類精度の向上に大きく貢献することが明らかにされた。さらに、GEE のようなクラウドベースシステムを用いたデータ処理は、SAR 画像のような大容量データを処理するのに極めて有効なツールであることも分かった。最後に、本研究は C バンドおよび L バンド SAR を使用することによって、熱帯地域の小規模で複雑な農耕地の抽出・分類・地図化をより有効・有用であることを実証的に示すことができたことを改めて認識することができた。

以上の研究成果により、本研究は博士（農学）の学位を与えるのに十分な価値を有するものと判定した。

(1,987 文字)