

ふりがな きむら こうじ  
氏名 木村 晃治  
学位 博士(工学)  
学位記番号 新大院博(工)第186号  
学位授与の日付 平成16年9月30日  
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当  
博士論文名 POLSAR 画像データを用いた地表面ターゲットの分類・検出に関する研究

論文審査委員  
主査 教授 山口芳雄  
副査 教授 仙石正和  
副査 教授 間瀬憲一  
副査 教授 石井郁夫  
副査 助教授 山田寛喜  
副査 助教授 中野敬介

#### 博士論文の要旨

本論文は「POLSAR 画像データを用いた地表面ターゲットの分類・検出に関する研究」と題して、偏波合成開口レーダ (POLSAR) 画像のターゲット分類についてまとめたものである。

地球環境の保全、グローバルな環境問題の解決のためには、地球環境を正確に観測する必要があり、地球環境観測にとってレーダを用いたマイクロ波リモートセンシングは欠かすことのできない技術である。従来、レーダリモートセンシングに関して利用されてきたマイクロ波のパラメータは振幅、周波数、位相であったが、近年、電波のもつ偏波情報を利用する Polarimetry 技術が導入され、偏波合成開口レーダ (POLSAR) が積極的に研究開発されると共に利用され始めている。本論文は、研究段階にある POLSAR 画像利用法に関するものである。

POLSAR 画像解析の中で、植生と市街地の判別は最も重要なテーマの1つである。両者は偏波散乱特性に類似点が多いため、従来から提案されている偏波情報 (Entropy H-Alpha  $\bar{\alpha}$  平面) に基づく分類では誤った判別結果が得られることがしばしば起こる。本研究では、植生と市街地の分類に関して、Total Power (TP) を導入して H/ $\bar{\alpha}$ /TP 空間に基づくターゲット分類を提案した。植生と建造物のレーダ断面積 RCS (Radar Cross Section) の相違を利用して、従来の誤分類を補うものである。TP はレーダの基本パラメータであり、Entropy H と同様に Coherency 行列の固有値より直接得ることができ、計算が容易という長所もある。H- $\bar{\alpha}$  平面、H/ $\bar{\alpha}$ /A 空間、H/ $\bar{\alpha}$ /TP 空間に基づく分類結果の比較を行っている。

人工ターゲットの検出に関しては、円偏波基底の相関係数の振幅・位相による検出法を提案している。Reflection symmetry ( $\langle hhh \rangle \sim \langle vvh \rangle \sim 0$ ) の特徴を有する植生等の自然ターゲットでは、相関係数の位相値が小さくなり、建物などの人工物体では位相が大きくなる特徴を見いだした。他の偏波基底との比較も行い、円偏波基底の相関係数が最もよく機能することを示している。

第2章では、POLARSARの1つであるPi-SARのレーダ諸元、構造、POLARSARシステムにおける角度距離パラメータ、POLARSAR画像データの種類、圧縮データの解凍方法等について触れている。

第3章では、偏波状態の表現法およびPOLARSAR画像解析で利用される種々の偏波散乱特徴量およびターゲット分解法について述べている。特徴量として、個々のピクセルより得られるコヒーレント成分と、複数のピクセルより得られるインコヒーレント成分があり、それぞれに対応したターゲット分解法がある。分解に使用するパラメータ (Polarimetric Entropy  $H$ , Alphabar  $\bar{\alpha}$ , Anisotropy  $A$ , Total Power  $TP$ ) は、Cohenrency 行列の固有値および固有値ベクトルから得られる。

第4章では、POLARSAR画像解析を行う前処理に関して述べている。Pi-SAR画像データでは、偏波校正処理が施されていないため、画像データを構成する散乱行列の振幅・位相は誤差を含んでいる。そのため、この振幅・位相誤差の補正を行う必要がある。他に、Multilook 処理、ヒストグラム等の前処理に関しても述べている。

第5章では、 $H$ - $\alpha$ 平面、 $H/\bar{\alpha}/A$ 空間、 $H/\bar{\alpha}/TP$ 空間に基づく2つのサイトのPOLARSAR画像教師なし分類結果を示し、分類に関する考察を行った。用いた画像は、L-bandの米サンフランシスコベイエリアのAIRSAR画像、新潟大学周辺のPi-SAR画像である。教師なし分類に関しては、Cohenrency 行列がWishart分布に従う性質に基づき、Wishart Classifierによる繰り返し最尤推定を行っている。提案した $H/\bar{\alpha}/TP$ 空間を用いると植生と市街地の分類が精度良く行われることを示した。

第6章では、各偏波基底(hv直線偏波、円偏波、 $45^\circ/135^\circ$ 直線偏波)の相関係数による人工ターゲットの分離検出結果を示し、検出結果に関する考察を行っている。hvや $45^\circ/135^\circ$ 直線偏波基底の相関係数よりも円偏波相関係数が人工ターゲットに感度良く反応することを見出し、人工ターゲットの検出能力が高いことを示している。

第7章では結論を述べている。

以上により、Polarimetric Entropy  $H$ , Alphabar  $\bar{\alpha}$ , Total Power  $TP$ に基づく教師なし分類、円偏波相関係数による分類が、植生と市街地の分類・分離検出に有効であることを示している。

#### 審査結果の要旨

本論文で提案したTotal Power  $TP$ , Polarimetric Entropy  $H$ , Alphabar  $\bar{\alpha}$ に基づく教師なし分類方法は従来の偏波情報による分類手法の欠点を克服し、新規性と実用性がある。特に、 $TP$ はレーダの基本パラメータだけに信頼性があり、レーダシーンに依存しない利点を持っている。さらに円偏波相関係数による分類手法は、全く新しく提案されたものであるが、人工物体の検出に適用可能なものであり、有用であると考えられる。

以上のように、本研究には、独創性、新規性、有効性が認められ、内容として博士論文に値するものである。そのため本論文は博士(工学)の博士論文として十分であると認定した。