

論文の内容の要旨

合成開口レーダ(SAR)のデータ解析においてポラリメトリ(偏波解析)は、異なる偏波コンビネーションの送受信レーダ情報を用いて観測対象の特性を計測する技術である。近年の SAR の多偏波化のトレンドに伴い現在注目が高まっているが、ポラリメトリを用いた解析手法間の比較、もしくはグラウンドトゥルースデータとの定量的比較は十分に行われていないのが実情である。本論文は SAR ポラリメトリック情報を活用した画像解析の手法とそのターゲット検出への応用についての研究を行い、成果をまとめたものである。大きく分けると、第 1~3 章が本研究の背景についての系統ごとのまとめ、第 4, 5 章が本研究における画像解析手法に関する研究成果、第 6, 7 章が本研究における観測ターゲット検出に関する研究成果となっている。

第 1 章では、SEASAT-SAR 以来の衛星及び航空機搭載 SAR とその関連技術についての歴史を簡潔に紹介するとともに、本研究の目的と本論文の構成を明らかにする。SAR の近年の傾向としては、高解像度化(衛星搭載 SAR においては数 m, 航空機搭載 SAR においては数十 cm)・多偏波化・プラットフォーム軽量化・衛星搭載 SAR の回帰日数の短縮等が挙げられる。ポラリメトリの他に注目を集めている SAR の技術の一つとしてインタフェロメトリがある。インタフェロメトリは、同一の観測対象地域を、SAR プラットフォーム軌道上の微妙に異なる位置から観測した 2 セットの複素画像を干渉させ、位相情報の差を解析することにより地表高度や地殻変化を高精度で計測する技術である。インタフェロメトリは多偏波情報を必要としないため、ポラリメトリと比較して研究の歴史が長く、実用段階に達している SAR データ利用技術の一つである。

第 2 章では、SAR の画像生成プロセスについて説明する。SAR は高解像度の二次元レーダ画像を生成する。アジマス方向と呼ばれる SAR プラットフォームの進行方向の画像生成においては、プラットフォーム搭載のアンテナとプラットフォームの移動によるドップラー効果を活用することにより仮想的に非常に大きな開口を合成することで高解像度を達成する。SAR の名称の由来はここから来ている。レンジ方向と呼ばれるアジマス方向に直交する方向の画像生成においては、送信信号そのものをドップラー信号として送信し、かつパルス圧縮技術を用いることにより高解像度を達成する。

第 3 章では、SAR ポラリメトリについて説明する。ポラリメトリは、観測ターゲットに関するより詳細な情報を含んだ多偏波 SAR データを用いる解析技術である。そのため、従来の単偏波データを用いた解析手法に比べ観測ターゲットのより詳細な分類が可能になる

と期待されている。現在のところ、広く用いられている偏波解析手法は二つあり、一つが3成分分解を代表とするモデルベース分解法、もう一つが固有値解析法である。

第4章では、共分散行列を用いた回転4成分分解アルゴリズムについて述べる。4成分分解はモデルベース分解法の一つであるが、近年、偏波行列を回転させることにより都市域の分類精度を向上させる改善が提案された。本章では、上記のアルゴリズムを用いて得られた結果がコヒーレンシ行列の回転アルゴリズムを用いて得られた結果と一致することを、実データを用いて実験的に示す。理論的には、これら二つの行列はユニタリ変換で相互に変換可能であるためその結果は一致するはずであるが、共分散行列を直接回転させ成分分解した場合のアルゴリズムに対する実データを用いた検証は行われていなかった。

第5章では、2偏波のみを用いた固有値解析法の結果を、4偏波すべてを用いた固有値解析法と比較した。結果として、HH/VVの2偏波から得られる結果はエントロピー・ α 角とともに4偏波から得られる結果と高い相関性を持つことが明らかになった。また、HH/HVの2偏波からは、 α 角の有用な情報を得ることは困難であるが、エントロピーの値はHH/VVほどではないものの4偏波と高い相関性を持つことが明らかになった。

第6章では、モデルベース分解法の結果を応用した海上人工物の検出手法について述べる。本来、モデルベース分解法は陸域の様々な特徴を持った観測対象の分類を目的に提案されたものであったため、海面がほとんどを占める海洋での応用は注目されてこなかった。しかしながら、海面上の人工物というのは海面そのものと比較して明確に異なった散乱特性を持つため、これを利用した海上人工物の検出が可能である。ここでは、二つの手法を提案する。一つがモデルベース分解法の結果を帯域除去フィルタとして用いる手法、もう一つが第4章のアルゴリズムを用いる手法である。

第7章では、第4章、5章の手法を含めたSARポラリメトリにおける代表的な手法を横断的に使い、海上の海苔養殖場の検出実用度についてコントラストを基準として包括的に評価した。これにより、利用できる偏波情報の違いに応じた検出結果の良否が相対的・定量的に明らかにされた。