

平成22年 4月19日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760267
 研究課題名(和文) 衛星搭載偏波合成開口レーダを用いた陸域の特徴抽出技術の検討
 研究課題名(英文) A Study on feature extraction from Land Data acquired by Spaceborne Polarimetric Synthetic Aperture Radar
 研究代表者
 森山敏文(MORIYAMA TOSHIFUMI)
 長崎大学・工学部 助教
 研究者番号：20452873

研究成果の概要(和文)：本研究では、衛星搭載偏波合成開口レーダを用いて陸域の特徴抽出技術の検討を行った。データは、PALSARを用いた。この研究では、三つのことを主に行った。最初は、衛星搭載偏波合成開口レーダの偏波校正方法について検討を行い、従来よりも少なく制約で偏波校正パラメータが推定できた。次に、独立成分分析による高分解能偏波SARデータの解析を試みた。この解析では、従来と余り変わらない結果となった。最後は、偏波回転角を考慮した散乱行列分解法を用いて解析を行った。この検討では、都市域と植生域の特徴の違いを従来よりも認識し易くなることがわかった。

研究成果の概要(英文)：This research deals with the feature extraction from land data acquired by spaceborne polarimetric synthetic aperture radar (POL SAR). In order to analyze polarimetric data, PALSAR data is used. PALSAR was the first spaceborne POL SAR in the world. In this research, I considered three subjects. First, I developed new polarimetric calibration method for spaceborne POL SAR data. Since the evolutionary technique, e.g. Genetic Algorithm (GA) and Particle Swarm Optimization, the reciprocity and a polarimetric scattering property of urban area are used, the polarimetric calibration experiment can be carried out in the urban area. Next, I examined the independent component analysis (ICA) to analyze polarimetric data. In this case, I used the amplitude data only. However, it was difficult to get clear features of land area from ICA data. Finally, I considered the scattering component decomposition technique with polarization orientation angle shifts. This approach could show the difference between urban area and natural area.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：合成開口レーダ，偏波，独立成分分析，偏波校正，散乱行列分解

1. 研究開始当初の背景

マイクロ波を利用した合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar: SAR) は、天候や時間に左右されず観測でき、可視光や赤外線などの電磁波と異なるターゲットの情報得られることから、災害観測や地球環境計測の新しい手段として期待されている。その様な中、近年複数の偏波（電波の振動の方向：例えば垂直・垂直直線偏波など）観測機能を有する SAR を搭載した衛星が打ち上げられている。日本の例では、平成18年1月に打ち上げられた衛星“だいち”の Phased Array Type L-band SAR (PALSAR) が有る。これにより、世界中の偏波データを定期的に取得可能となった。日本では、衛星以外に航空機搭載偏波合成開口レーダ (Pi-SAR) が1998年から観測キャンペーン等で非定期での観測も行われてきた。航空機と衛星のデータの差は、主に分解能である。Pi-SAR の場合、分解能は X-band で 1.5m, L-band で 3m であった。一方、PALSAR の場合は、約 20m 近くとなる。このようにして得られた多偏波データを解析する技術はレーダポーラリメトリと呼ばれ、研究代表者は、その研究に従事してきた。この技術の最大の利点は、分解能の制約により SAR 画像から形状として抽出できないターゲットの情報が、偏波による散乱・透過特性の差異により複素数で構成される画像の偏波間の振幅比・位相差情報から得られることである。これらのデータを解析する手法は、大きく二つに分けられ、(1)複数の物体散乱モデルから偏波データを分解する手法 (2)固有値・固有ベクトル解析を基にして偏波データを分解する方法等がある。これらの解析では、SAR 画像特有の胡麻塩状のランダムな濃度の揺らぎ (スペckルノイズ) が生じることや、ターゲットの統計的特徴を評価することを前提としているため、複数の画素間でデータを平均化する必要がある。航空機 SAR では、分解能がターゲットサイズよりも小さいため、この平均化の効果を十分に得て、詳細な特徴を評価できる。しかし、衛星 SAR の場合は、ターゲットサイズよりも分解能が大きいため、平均化で複数のターゲットの特徴が加算され、また分解能も極端に劣化するため、従来のような詳細な解析は困難になる。そのため、実データを用いた分解能による偏波解析の影響を調べる必要が生じる。

一方で、独立成分分析が様々な分野で注目され、例えば

- (1)複数話者の音声信号の分離
- (2)信号処理・画像処理における雑音の除去
- (3)多点計測されたレーダ・ソナー信号の前処理

などに利用されている。この手法では、複数の混合した信号を複数の計測器で観測したとき、信号伝送路の伝達特性などの情報を未知として、原信号の独立性から複数の信号を分離する技術である。偏波レーダでは、四つの観測チャンネルがあることから、観測画像から四つの独立成分の偏波画像に分離することができる。但し、一つの成分はノイズになる。独立成分分析は偏波 SAR 画像への適用は始まったばかりであり、海外で偏波解析の専門家による研究は殆ど行われておらず、日本国内では例を見ない。そのため、独立成分分析法は、新たな偏波データの解析ツールとして期待できる。また、この手法は平均化などの処理を必要としないため、衛星 SAR の偏波データを分解能の劣化無しに解析できる。

以上から、この研究では、衛星 SAR と航空機 SAR のデータ特性の違いについて、また独立成分分析による偏波データ解析法を検討し、将来衛星偏波 SAR データを用いた環境や災害モニタリングを行うための基本技術を検討することを考えた。

2. 研究の目的

この研究では、以上の研究背景を踏まえて、主に三つのことを行った。

(1)最初に、衛星搭載偏波合成開口レーダの偏波校正について、検討を行った。これは、当初の計画では考慮していなかった内容である。衛星搭載偏波合成開口レーダは、航空機搭載偏波合成開口レーダと異なり、電離層の影響を大きく受ける。その影響とはファラデー回転であり、偏波データからその影響を除去する必要がある。研究代表者は、以前から偏波校正に関する研究を行ってきており、そこで、ファラデー回転を考慮した偏波校正法のアルゴリズムを新たに開発した。

(2)二つ目に、独立成分分析法による偏波データ解析を行なうことを目的とした。これは、研究背景で述べたように、従来の偏波データの解析方法は、航空機搭載合成開口レーダのデータを基にした解析法であり、高分解能なデータを取り扱ってきた。しかし、衛星

搭載の場合は、分解能が悪く、従来の方法では問題が生じると考えた。そこで、独立成分分析を新しく適用することで、その可能性を検討した。

(3) 三つ目は、従来の偏波解析法である行列分解法に偏波回転角を考慮することである。偏波データは、画像の各ピクセルに2行2列の散乱行列が与えられる。さらに散乱行列を Coherency 行列や Covariance 行列に変換し、隣り合うデータ間で平均化して、偏波処理を適用する。その代表的な偏波解析法が行列分解法である。代表的な方法として、Freeman らが提案した三成分行列分解法がある。ここでの三成分とは森林領域の散乱メカニズムである表面散乱, 2 回散乱, 体積散乱なのである。この解析では、測定データをこれらの三成分の和で近似する。そのため、モデルで考慮していない都市域では、体積散乱の成分が強く表れるなど不自然な結果となった。三つ目の検討では、偏波回転角を考慮したときの解析結果と違いを検討する。

3. 研究の方法

(1) 衛星搭載偏波合成開口レーダの偏波校正方法

ここでは、衛星搭載偏波合成開口レーダの偏波校正であるため、従来と航空機搭載偏波合成開口レーダと異なり、電離層の影響であるファラデー回転も考慮した偏波校正方法を開発した。手法としては、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) や粒子群最適化 (Particle Swarm Optimization: PSO) などの進化論的手法と、電磁波の特性である

- ① 可逆性
- ② 都市域の散乱特性

らを合わせた偏波校正方法を考えた。従来の偏波校正法では、Reflection symmetry と呼ばれる偏波特性を持つデータ、たとえば広い領域の森林のデータを利用して偏波校正を行うことが一般的だった。しかし、今回提案する手法を用いることにより、都市域や山間部など従来利用できなかったデータを用いても偏波校正を行うことができる。

(2) 独立成分分析法の偏波解析への適用

偏波解析では、各ピクセルデータの平均を取り領域の平均的な特性を解析するのが一般的である。しかし、衛星搭載合成開口レーダの場合は、分解能があまり良くないため、平均化処理を適用し難い。そこで、多変量解析の一つである独立成分分析 (Independent component analysis: ICA) を適用し、平均処理を必要としない解析方法を検討した。ICA は、多変量の信号を複数の加法的な成分に分離するための計算手法で、分離するときに互いの信号の独立性を利用する。ここでは、処理の簡便性のため、リモートセンシング画

像解析用ソフトウェア ENVI の ICA 解析機能を利用した。ただし、ここでは振幅データのみ利用している。

(3) 偏波回転角を利用した行列分解法

近年、新潟大学の山口教授や台湾の Lee らは、三成分分解法の問題点の解決のために、偏波回転角を利用することを検討している。そこで、長崎の PALSAR データを利用してその効果を検討した。

4. 研究成果

(1) 衛星搭載偏波合成開口レーダの偏波校正方法

偏波校正処理法のフローチャートを以下に示す。ここでは、遺伝的アルゴリズムを利用している。

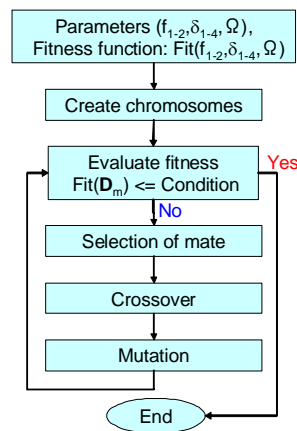


図1 偏波校正パラメータ推定のフロー

このときの偏波校正パラメータとファラデー回転角は、以下のように求められた。ここでは、PALSAR のデータ提供元である JAXA の校正パラメータと比較した。JAXA のデータは、ファラデー回転の影響の少ないアマゾンのデータを利用して校正パラメータを推定している。一方、提案手法では長崎の観測データを利用している。長崎は、地形が入り組んでおり、従来の方法では解析できない領域である。

	Proposed method (GA, Nagasaki)		JAXA (Quegan method, Amazon)
	Step 1	Step 2	
f_1	$0.71 \angle -0.61^\circ$	$0.69 \angle 0.03^\circ$	$0.72 \angle 1.88^\circ$
f_2	$0.98 \angle 21.0^\circ$	$1.02 \angle 20.59^\circ$	$1.03 \angle 21.81^\circ$
δ_1		$0.007 \angle -140.17^\circ$	$0.010 \angle 131.48^\circ$
δ_2		$0.006 \angle 5.58^\circ$	$0.010 \angle 128.11^\circ$
δ_3		$0.004 \angle 113.50^\circ$	$0.013 \angle 79.37^\circ$
δ_4		$0.013 \angle -101.71^\circ$	$0.013 \angle -151.50^\circ$
Ω	-0.11°	-0.04°	

表1 推定結果と比較

その結果、校正パラメータ f_1, f_2, δ_{1-4} は、JAXA と提案手法の結果は、ほぼ同様の結果が得られた。さらに、長崎のファラデー回転角 Ω は、ほぼ 0 度と推定された。この観測データは、

夜間に観測されたもので、電離層の推定値からもほぼ同様な値を示したため、本手法の有効性が確認できた。

(2) 独立成分分析法の偏波解析への適用
解析に用いた長崎のデータの画像を示す。

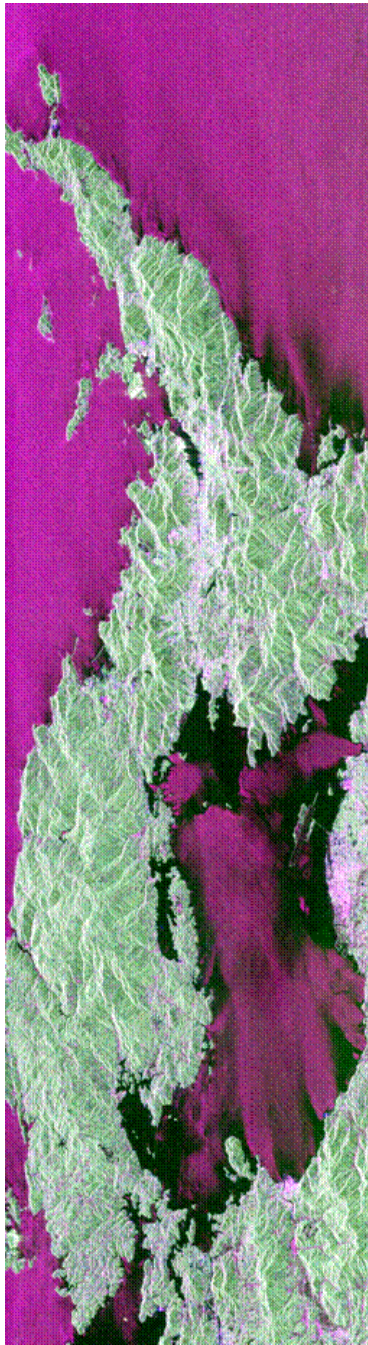


図2 PALSARによる長崎の画像

ここで、画像は、HH 偏波成分が赤、HV 偏波成分が緑、VV 偏波成分が青で表示している。解析では、上記画像の右側の上下の中間に位置する大村空港付近の画像でICAの結果を見てみる。ここでは、比較用に上の図からの切り出した画像とGoogleの航空写真も合わせて示す。

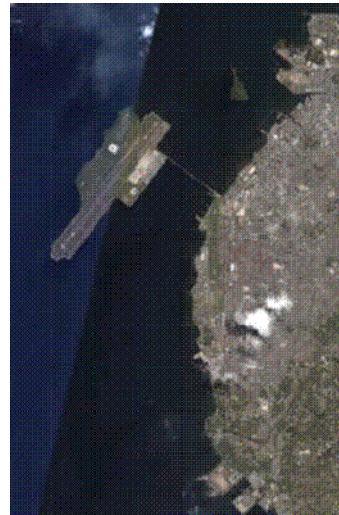


図3 Google画像

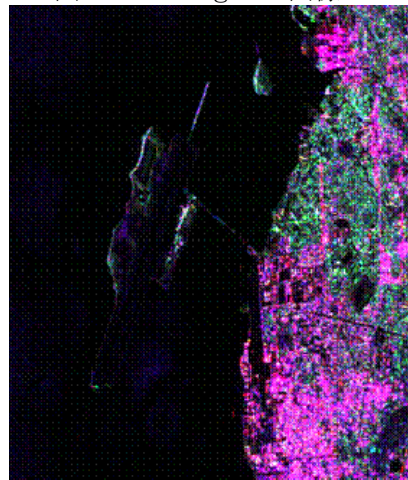


図4 図2から切り出した画像

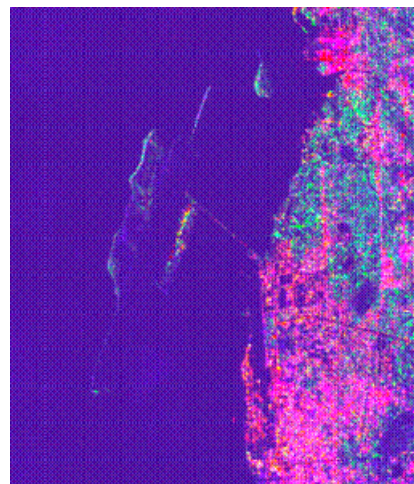


図5 ICAの解析結果

その結果、ICA と従来の結果と大きな差異は得られなかった。図4と図5の右側の赤や緑の領域は同じ住宅地である。この色の違いは、レーダの電波の照射方向と住宅の向きとの角度の違いである。緑色は自然植生では、森林

領域に発生するため、この結果を見ると、住宅地に森林があると判断されてしまう。これは、今回の解析が振幅情報のみを利用してため、偏波データの情報を十分にICAで利用できなかったためと考えられる。複素数データの解析は、今後の課題である。

(3) 偏波回転角を利用した行列分解法

ここでは、従来の三成分分解法と偏波回転角を利用した三成分分解法の結果を示す。ここで、赤色は2回散乱、緑色は体積散乱、青色は表面散乱に対応する。図6から、(2)の結果と同様に住宅地で2回散乱の赤と体積散乱の緑が際立っている。

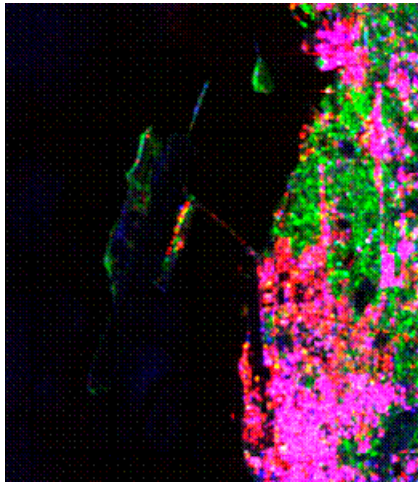


図6 従来の三成分分解法

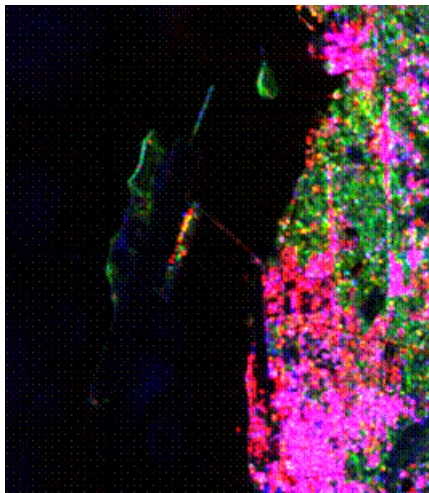


図7 偏波回転角を利用した三成分分解法

次に、図6と7の違いは、画像からは解り難い。しかし、図7では緑色の部分で体積散乱の成分が減り、2回散乱の成分が増加した。この性質は、都市域の構造物の散乱特性に近づくことを意味する。そこで、偏波回転を考慮することにより、従来よりも偏波解析の精度が向上することが期待できる。但し、このようなデータをどのように応用に利用

していくかは、今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計7件)

- ① Toshifumi Moriyama, Calibration of Polarimetric SAR Data Subject to Faraday rotation Using a Genetic Algorithm, International Symposium on Antennas and Propagation 2008, October 2008, Taipei(Taiwan)
- ② Toshifumi Moriyama, Calibration of Spaceborne Polarimetric SAR Data Using a Genetic Algorithm, Workshop for Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2008, November 2008, Qingdao(P.R. China)
- ③ 森山敏文, 遺伝的アルゴリズムを用いた衛星搭載 SAR の偏波校正, 第45回(平成20年度秋季)日本リモートセンシング学会学術講演会講演集, 2008年12月, 北海道
- ④ Toshifumi Moriyama, Calibration of spaceborne polarimetric SAR data using a genetic algorithm, IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium 2009, July 2009, Cape town (South Africa)
- ⑤ 森山敏文, 大橋淳, ポラリメトリック SAR への PSO の適用, SAR Workshop 2009, 2009年9月, 東京
- ⑥ Jun Ohashi, Toshifumi Moriyama, Toshiyuki Tanaka, A Study on Polarimetric Calibration of Spaceborne Polarimetric Synthetic Aperture Radar Using GA, 第62回電気関係学会九州支部連合大会, 2009年9月, 福岡
- ⑦ 森山敏文, SAR 偏波データの校正と解析について, 平成21年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「民生用合成開口レーダ(SAR)システム開発の課題と展望」, 2010年2月, 仙台

[その他]

ホームページ等

<http://www.eee.nagasaki-u.ac.jp/~emlab/study/staff/moriyama/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森山 敏文 (MORIYAMA TOSHIFUMI)
長崎大学工学部電気電子工学科・助教
研究者番号：20452873