

平成22年5月14日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19510183
 研究課題名（和文） レーダポーラリメトリによる山地帯における土砂崩壊地域および被災住宅地域の識別
 研究課題名（英文） Detection and Classification of Landslide and/or Stricken Residential Area in Mountainous Region Using Radar Polarimetry
 研究代表者
 佐藤 亮一（SATO RYOICHI）
 新潟大学・人文社会・教育科学系・准教授
 研究者番号：00293184

研究成果の概要（和文）：レーダポーラリメトリを利用することで、昼夜・天候に依存せずに被災地観測、特に実地調査が難しい山地帯における土砂崩壊地域および被災住宅地域の観測を可能とした。航空機搭載および人工衛星搭載のセンサ(偏波合成開口レーダ)で取得される全偏波(4偏波)受信信号を適切に画像解析することで、受信電力を基本散乱モデル毎に正確に分解でき、また偏波チャンネル間の相関も有効に利用できるようになった。このため、全受信電力の情報のみで識別していた従来の方法と比較し、分解能(周波数帯)が高くなくても土砂崩壊箇所や被災住宅群の状況把握が容易になった。

研究成果の概要（英文）： This research presents useful classification techniques based on radar polarimetry for detecting landslides and residential houses in stricken mountainous region. To precisely classify the stricken areas from other natural scatterers, some polarimetric radar imaging techniques are introduced and improved by making full use of quad. polarimetric data sets acquired by air-borne and/or space-borne Polarimetric SAR (POLSAR) system. According to the improved schemes, we can precisely expand the total scattered power into four fundamental components based on physical scattering nature, and utilize the correlation between polarimetric channels. Consequently, it is confirmed that even by using the low resolution POLSAR images (the images acquired in low frequency band), one can observe and understand the state of the stricken area, regardless of weather or day and night.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：地震，土砂災害，地球観測，リモートセンシング，自然災害，レーダポーラリメトリ，合成開口レーダ，FDTD解析

1. 研究開始当初の背景

大地震に伴う災害を最小限に抑えるためには、災害発生後の被災地周辺の状態、特に土砂崩壊箇所、およびその周辺の住宅地の被災状況を、できるだけ迅速かつ正確に把握することが重要となる。しかしながら、新潟県中越地震のような山地帯での災害に対しては、迅速に現地まで調査に行くことが困難な場合が多いため、上空から遠隔で観測できるリモートセンシングは有力な調査手段の一つとなる。

空中写真は高解像度の画像を取得できるので被害状況把握には有効だが、夜間および霧や降雨・降雪等の悪天候時には適さない。一方、マイクロ波リモートセンシングは、マイクロ波の特性より、若干解像度は劣るものの、昼夜および天候状態に関係なく被災地観測が可能のため、天候が変わりやすい山地帯の災害観測に有効となる。特に、マイクロ波リモートセンシングの中でも、ターゲット領域からの散乱電力に加えて、散乱波の偏波情報も同時に取得するレーダポーラリメトリは、ターゲットからの散乱メカニズムを詳細に把握できるため、正確なターゲット識別精度を要求される被災地観測に適している。

しかしながら、従来のレーダポーラリメトリ画像解析による観測手法は、平地・平野に存在する住宅群を対象としていたため、山古志村のように山地帯に点在する住宅群に対する観測（識別）精度はあまり高くなかった。また、山地帯で発生した土砂崩壊箇所の検出・識別の精度に関しては、崩壊した土砂の表面等で作られるような凹凸面と他の森林部分はある程度区別できたが、十分とは言えなかった。

2. 研究の目的

本研究では、山地帯を中心とした地震発生後に、その被災地周辺の状態把握に役立てるため、

- (1) 山地帯における人工物（被災住宅）の識別・検出
- (2) 山地帯で発生した土砂崩壊箇所の推定を可能とするレーダポーラリメトリによる新しい識別手法（偏波特性を示す指標）を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

従来の POLSAR 画像解析手法を基に、山地帯に点在する人工物群の検出・識別を可能とし、かつ土砂崩壊箇所の推定をも可能とする新たなマイクロ波リモートセンシング手法

を確立するために、以下の発展研究を行った。

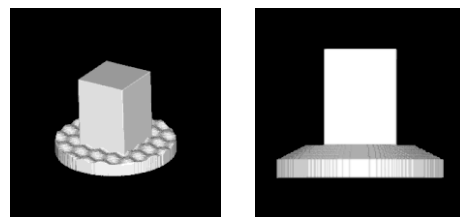
- (1) 人工物検出手法の改良
 - (1-a) 傾斜および凹凸のある地面上の人工物モデルに対する偏波散乱解析
 - (1-b) 簡易人工物モデルに対する偏波散乱測定
 - (1-c) (1-a)、(1-b)の結果を考慮した上での POLSAR 画像解析手法の改良
- (2) 土砂崩壊箇所推定手法の改良
 - (2-a) 比較的凹凸が小さいラフサーフェイスに対する簡易偏波散乱解析
 - (2-b) ラフサーフェイス簡易モデルの偏波散乱測定
 - (2-c) (2-a)、(2-b)の結果を考慮した上での POLSAR 画像解析手法の改良

4. 研究成果

以上の方法に沿って研究した成果を下記に述べる。

(1) 人工物の検出

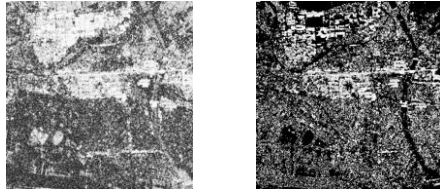
はじめに、人工物検出に有効と予想される幾つかの POLSAR 画像解析手法の、山地帯環境における有効性を確認した。ここでは、FDTD 法を用いて、凹凸（図 1 (a)）や傾斜（図 1 (b)）をもつ地面上の簡易人工物モデルに対する偏波散乱解析を実行した。



(a)凹凸モデル (b)斜面モデル
図 1 簡易人工物モデルの例

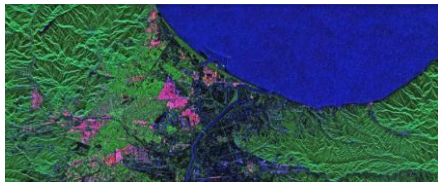
上記解析の結果、散乱電力分解法が最も有効な人工物検出手法であることがわかった。また、円偏波相関係数も補完的に利用すると、人工物検出に極めて有効であることもわかった。この二つの手法が有効であることは、簡易偏波散乱測定において確認された。

まず、円偏波相関係数に対して山地帯での人工物検出に適するような修正を加えた。この修正により、従来よりも良精度での人工物検出が可能となった（図 2）。



(a) 修正前 (b) 修正後
図2 円偏波相関係数

散乱電力分解法に対しては、従来使用していなかった偏波情報を積極的に活用すること、および偏波行列にユニタリー回転処理を施すことで改良を加えた。特に、偏波行列回転処理の導入により、人工物検出精度を大幅に向上させることができた(図3)。



(a) 回転前



(b) 回転後

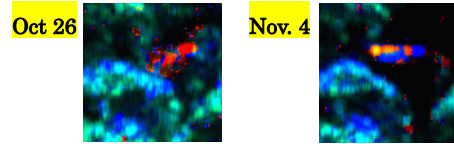
図3 回転処理を加えた散乱電力分解
Red: Pd, Green: Pv, Blue: Ps

ただし、回転角の決定アルゴリズムについては、まだ理論的に確立されたとはいえない。この点については、引き続き検討していく予定である。

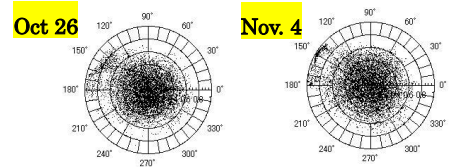
(2) 土砂崩壊箇所の推定

(1)と同様の手順で、土砂崩壊箇所推定に有効と考えられる POLSAR 画像解析手法の妥当性の確認を行った。簡易モデルに対する FDTD 偏波散乱解析および測定の結果、(1)と同様に、散乱電力分解法と円偏波相関係数が比較的有効であることがわかった。これらの手法を基に、土砂崩壊箇所の凹凸が小さいか大きいかについては推定できた(図4)。

しかしながら、凹凸面が土砂崩壊によってできたのか、元々凹凸面だったのかについては、現在のところ推定できていない。この問題の解決には、イベント前後の POLSAR 画像データの比較が必要と考えられ、今後の課題となっている。



(a) RGB コンポジット画像
Red: Pd, Green: Pv, Blue: Ps



(b) 円偏波相関係数の位相
図4 土砂崩壊箇所推定の例
(山古志村・東竹沢地区)

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 14 件)
(内査読付国際会議論文 6 件)

- ① **佐藤亮一**, 山口芳雄, **山田寛喜**, “POLARSAR 画像解析を基とした新潟県中越地震の被災住宅の検出,” 第 520 回 URSI-F 会合, <http://www2.nict.go.jp/pub/ursi-f/annai520.html>, 2007 年 12 月 14 日, 情報通信研究機構.
- ② 浅川雄祐, **佐藤亮一**, 山口芳雄, **山田寛喜**, “偏波相関係数を用いた人工物検出に関する一考察,” 電子情報通信学会 2008 年総合大会, 2008 年 3 月 20 日, B-1-21(CD-ROM), 北九州学術研究都市.
- ③ **R. Sato**, Y. Yamaguchi, and **H. Yamada**, “A Monitoring Technique for Seasonal Water Area Change of Wetland Based on POLSAR Image Analysis,” 7th European Conference on Synthetic Aperture Radar (EUSAR2008), **査読有**, vol.3, pp.333-336, 2008 年 6 月 4 日, フリードリヒスリーフェン (ドイツ).
- ④ **R. Sato**, Y. Yamaguchi, **H. Yamada**, and W. M. Boerner, “Seasonal Change Monitoring of Wetlands by Using Airborne and Satellite POLSAR Sensing,” 2008 IEEE International Geoscience & Remote Sensing Symposium, vol.2, **査**

- 読有, pp.289-292, 2008年7月8日, ポストン (アメリカ合衆国).
- ⑤ R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, Polarimetric Scattering Analysis for Simplified Man-made Structure Model on Rough and/or Inclined Ground Plane,” 2008 IEEE International Geoscience & Remote Sensing Symposium, 査読有, vol.4, pp.483-486, 2008年7月10日, ポストン (アメリカ合衆国).
- ⑥ 佐藤亮一, 板垣健志, 山口芳雄, 山田寛喜, “湿地帯における水域-抽水植物境界からの偏波散乱特性について,” 電気学会 電磁界理論研究会, EMT-08-67, pp.97-102, 2008年7月24日, 千歳アルカディアプラザ, 北海道千歳市
- ⑦ R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Simplified Monitoring Technique for Seasonal Wetland Water Area Change Using Quad Polarimetric SAR Data,” 7th Asia-Pacific Engineering Research Forum on Microwave and Electromagnetic Theory (APMET2008), 招待講演, pp.85-88, 2008年10月24日, 福岡工業大学, 福岡県福岡市.
- ⑧ R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Simple Man-made Object Classification Approach Using The Correlation Coefficient in Circular Polarization Basis,” 2008 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2008), 査読有, 2008年10月27日, 台北国際会議センター (台湾).
- ⑨ 佐藤亮一, 山口芳雄, 山田寛喜, “散乱電力分解を基とした植生の画像分類に関する一考察,” 2009年電子情報通信学会総合大会, C-1-14 (CD-ROM), 2009年3月19日, 愛媛大学, 愛媛県松山市.
- ⑩ 佐藤亮一, 山口芳雄, 山田寛喜, “ALOS/PA LSAR データを活用した植生の画像分類に関する一考察,” 電気学会 電磁界理論研究会, EMT-09-53, pp.39-43, 2009年5月23日, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市.
- ⑪ R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, Polarimetric Scattering Feature Estimation for Accurate Vegetation Area Classification,” 2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2009), 査読有, vol.3, pp.888-891, 2009年7月15日, ケープタウン大学 (南アフリカ).
- ⑫ R. Sato, Y. Yamaguchi, and H. Yamada, “Analysis and Observation of Polarimetric Scattering Behavior in Wetland Area,” 2009 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2009), 査読有, vol.4, pp.853-856, 2009年7月16日, ケープタウン大学 (南アフリカ).
- ⑬ 佐藤亮一, 山口芳雄, 山田寛喜, “POLARSAR 画像データを活用した地震被災地観測に関する一考察,” 電気学会 電磁界理論研究会, EMT-09-150, pp.23-27, 2009年11月28日, 男女共同参画センター, 沖縄県那覇市.
- ⑭ 佐藤亮一, 山口芳雄, 山田寛喜, “偏波行列回転とPOLARSAR画像解析の湿地帯水域識別精度,” 2010年電子情報通信学会総合大会講演論文集, C-1-9 (CD-ROM), 2010年3月16日, 東北大学川内キャンパス, 宮城県仙台市.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 亮一 (SATO RYOICHI)
 新潟大学・人文社会・教育科学系・准教授
 研究者番号：00293184

(2) 研究分担者

山田 寛喜 (YAMADA HIROYOSHI)
 新潟大学・自然科学系・教授
 研究者番号：20251788