

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 22 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420383

研究課題名(和文) 偏波データの散乱電力分解による防災ベースマップの作成

研究課題名(英文) Creation of base-map for disaster prevention by means of scattering power decomposition of fully polarimetric radar data

研究代表者

山口 芳雄 (Yamaguchi, Yoshio)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：50115086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：天候に左右されず、昼夜を問わず災害監視を行うには偏波レーダ観測が最も有効である。本研究は偏波レーダデータに対して、独自に開発した散乱電力分解法を用いて、誰にでも理解しやすいカラー画像を作成し、ベースマップとしてWeb公開することを目的とした。人工衛星ALOS-PALSARによって取得された2100シーンのデータを利用し、散乱電力値をRGB色に割り当ててフルカラー画像を作成した。そしてWebに公開した。色の変化によって災害などによる変化を知ることができるため、今後発生が予想される自然災害に対する強力な防災ベースマップとなり、災害監視に役立てることができる。

研究成果の概要(英文)：Fully polarimetric radar is the most effective tool for monitoring disaster of the earth surface regardless of weather condition and day- and night-time. This research aimed at creating full-color radar image by own developed scattering power decomposition method for fully polarimetric radar data. The full color image is based on 4 scattering powers derived by our algorithm, and is easy to understand for everybody since each RGB color corresponds to physical scattering mechanisms such as the surface scattering, double bounce scattering, volume scattering, and helix scattering. The final color image sets of more than 2100 were uploaded to our laboratory's website for public viewing. The fully polarimetric data sets of ALOS have been provided by JAXA. It became possible to find disaster area by color-change between pre- and post image. Almost all images in Japan and the world can be used for disaster prevention database, and will be beneficial for disaster monitoring all over the world.

研究分野：レーダリモートセンシング

キーワード：偏波レーダ 災害監視 散乱電力分解 ポーラリメトリ 環境観測

1. 研究開始当初の背景

偏波合成開口レーダを搭載した日本の陸域観測人工衛星 ALOS2 が 2014 年 5 月 24 日に打ち上げられた。主に地震、洪水、土砂崩れ、火山、などの災害監視が目的である。L バンドの高分解能な偏波レーダによって宇宙から地球観測が可能となったが、専門家以外には偏波データの利用方法は知られていないのが実情であった。災害監視や防災のために偏波データの有効利用方法を開発し、誰にも分かりやすい結果を提供することは非常に重要であり、しかも日本の成果・貢献を世界に発信することにもなる。誰にもわかりやすい結果を提供し、それを災害ベースマップとして作成することは非常に重要であり、そのことが本研究の最大の課題であった。

2. 研究の目的

偏波レーダによって取得されるデータには 9 個の独立偏波情報が存在する。この研究の目的は、学問的には偏波情報全てを利用する散乱電力分解法を完成させること、そして人工衛星偏波レーダ ALOS2 のデータを利用して地球環境観測で重要な防災ベースマップを作成することである。そのために、以下のことを個別目的とした。

- (1) ALOS2 データの取得
- (2) 独自開発した 4 成分散乱電力分解法の適用と分解結果の検証
- (3) 散乱電力によるカラー画像の作成と実地検証。観測シーンをカラー画像として蓄積しておけば、色の変化によって状況の変化を知ることができる。カラー画像は誰にとっても分かりやすいデータ情報なので将来の自然災害に対する強力な防災ベースマップとなり、災害監視に役立つことができる。
- (4) Web 公開

3. 研究の方法

偏波情報の中で何が重要で、何が防災ベースマップに役立つかという点に重点をおき、以下の項目を実施した。

- (1) ALOS2 データの取得：JAXA の Website を通じて、取得データの選択、発注、ダウンロードなど約 1000 件
- (2) 開発した 4 成分散乱電力分解法の適用と分解結果の検証：Y4R, S4R, G4U, 6 SD などの分解アルゴリズムの比較
- (3) 散乱電力によるカラー画像の作成と検証。
- (4) 画像作成時には Google Earth などとのシーン比較を行い、観測シーンを直ぐに参照できるように画像ベースマップとして作成
- (5) Web 公開：研究室の Website に画像データ結果を随時アップロード
<http://www.wave.ie.niigata-u.ac.jp>

4. 研究成果

4 成分散乱モデル電力分解法を確立した。偏波レーダによって取得されるデータには 9 個の独立偏波情報が存在する。この 9 個の情報をどのように扱うかが重要なテーマで、従来から電力を利用した散乱電力分解を考案してきた。電力に着目した理由は、位相情報よりも安定していること、雑音に対する変動が少ないためである。9 個の偏波情報を含み、電力を扱うために都合の良い 3×3 のコヒーレンシー行列を解析対象とした。電力は対角成分の和から得ることができる。

まず、表面散乱、2 回反射、体積散乱、ヘリックス散乱モデル行列を作成し、それらのモデル行列にフィットするように測定データを分解する。各モデル行列の展開係数が散乱電力の決定に結びつく。この分解に Y4R, S4R, G4U, 6 SD などの各種のアルゴリズムを適用し、長所短所を検討する。散乱電力が得

られたら、表面散乱電力を青色，2回反射電力を赤色，体積散乱電力を緑色に割り当て、それらを合成することによって、カラー画像が作成されることになる。カラー画像を作成する際に、RGB カラーバランスを考慮してヘリックス散乱電力を黄色に割り当て、最終的に見やすくなるよう試行を重ねた。

その結果、偏波カラー画像を見るだけで散乱過程を視覚的に理解できるようになった。割当て色によって衛星から取得された地上の電波散乱メカニズムを正確に読み取ることができる。白黒の画像と比べてカラー画像は非常に情報量が多く、だれでも理解しやすいメリットがある。このようにして散乱メカニズムによる偏波カラー画像を2000シーン以上作成した。

一例として、2016年4月17日に発生した熊本地震によって引き起こされた南阿蘇村の斜面崩壊の様子を航空機偏波レーダ PiSAR-2によって観測した結果を図1に示す。これは、Xバンドの偏波データをG4Uという散乱電力分解法で処理した偏波画像である。土砂崩れにより樹木が倒れると、偏波画像ではその箇所が体積散乱から表面散乱に変わる。表面散乱電力は裸地から発生する。図1のように、斜面崩壊の場所は写真と同様に目で確かめることができる。レーダの利点は、雲があっても雨が降っていても、また、夜でも観測が可能という点である。光学センサーには無い大きなメリットである。そのため、

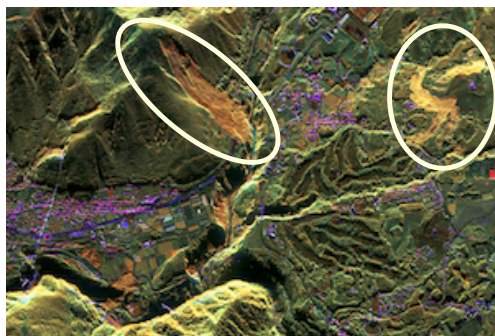


図1 南阿蘇村の斜面崩壊：偏波レーダ画像 (PiSAR-2, 20160417)

レーダに対する期待は大きいですが、この研究はさらに一歩進めて、偏波カラー画像で地上の状況を把握できるようにしたことである。

・散乱電力による偏波カラー画像の作成とWeb公開

従来の ALOS データに ALOS2 のデータも加え、日本、世界の地域を合わせて 2100 シーンを超える偏波カラー画像を作成し、Web 公開した。これには、いくつかのステップがある。まず、JAXA が運用する ALOS2 のデータ取得計画を参照し、ユーザーの利用サイトを検索して希望するデータセットを注文する。1-2 日後に JAXA からデータを受け取り、散乱電力分解を行う。そして、偏波画像を作成し、正しいかどうかを Google Earth などの情報を参照しながら偏波画像の品質を調整してゆく。その後、だれもがわかるベースマップとなるように必要な文字情報（データ取得日、処理アルゴリズム、概略の地図、位置情報）を追加し、研究室の Web に掲載する。研究室 Web はデータが入手され次第、更新を繰り返す、常に最新のデータ利用ができるようになっている。

<http://www.wave.ie.niigata-u.ac.jp/>

この Web の中には時系列データなども多く、作物の生育状況変化、洪水の浸水域変化などが一目で分かる箇所もある。また、図2のアマゾン上流域の洪水による河床変化など注

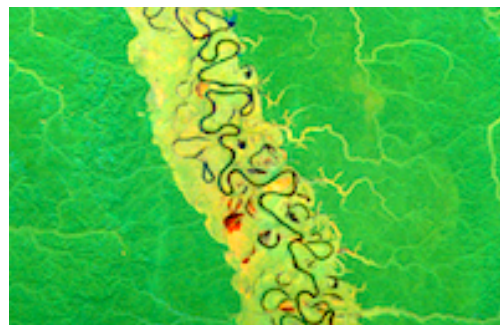


図2 アマゾン上流域の河川敷。河床が洪水によって水に浸り、樹木との2回反射によって反射強度が増えた。そのため、河床全体が明るくなっている。

目に値する画像もある。これだけ膨大な量の偏波データを公開できたのは JAXA, NICT のデータ提供と科研費のサポートのおかげである。さらに NICT の航空機搭載 PiSAR-X2 は分解能 30 cm という世界でも最先端の偏波レーダで、新潟大学の領域を 9 回も飛行して頂いた。高分解能固有の問題やその解決、偏波校正などを経て、散乱行列を利用する研究を達成することができた。

これらの成果をまとめて、研究室の Web には偏波画像データ集を公開することができた。アクセス数は既に 2 万回を超える。また、これらの成果は論文や国際会議などを通じて発表した。

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)

[雑誌論文] (計 4 件)

- [1] S. Manickam, A. Bhattacharya, G. Singh, Y. Yamaguchi, “Estimation of snow surface dielectric constant from polarimetric SAR data,” *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 査読有, vol. 10, no.1, pp. 211-218, Jan. 2017. DOI: [10.1109/JSTARS.2016.2588531](https://doi.org/10.1109/JSTARS.2016.2588531)
 - [2] T. Shibayama, Y. Yamaguchi, H. Yamada, “Polarimetric scattering properties of landslides and the dependence on the local incidence angle,” *Remote Sensing*, 査読有, 2015, 7, DOI: [10.3390/rs71115424](https://doi.org/10.3390/rs71115424)
 - [3] M. Surendar, A. Bhattacharya, G. Singh, Y. Yamaguchi, G. Venkataraman, “Development of a snow wetness inversion algorithm using polarimetric scattering power decomposition model,” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 査読有, 42, pp. 65–75, 2015. DOI: [10.1109/LGRS.2015.2451369](https://doi.org/10.1109/LGRS.2015.2451369)
 - [4] A. Bhattacharya, G. Singh, S. Manickman, Y. Yamaguchi, “Adaptive general four-component scattering power decomposition with unitary transformation of coherency matrix (AG4U),” *IEEE Geosci. Remote Sens. Letters*, 査読有, vol. 12, no. 10, pp. 2110-2114, 2015. DOI: [10.1109/LGRS.2015.2451369](https://doi.org/10.1109/LGRS.2015.2451369)
- [学会発表] (計 18 件)
- [1] Y. Yamaguchi, “ALOS2 polarimetric radar observation over South-East Asia,” Keynote Speech at International Conference-SANE, IEICE, 査読無, Taipei, Taiwan, Nov. 24-25, 2016.
 - [2] Y. Yamaguchi, Y. Otake, H. Yamada, H. Kobayashi, “Bragg scattering in paddy fields observed by ALOS and ALOS2,” *International Conference-SANE, IEICE*, 査読無, no. 15, pp. 51-55, Taipei, Taiwan, Nov. 24-25, 2016.
 - [3] Y. Yamaguchi, H. Yamada, S. Kojima, “Time series observation of wetland Sakata by PiSAR-2,” *Electronic Proc. of ISAP 2016*, 査読有, pp. 622-623, Okinawa Convention Center, Okinawa, Oct. 24-28, 2016.
 - [4] Y. Yamaguchi, N. Takahashi, H. Yamada, “Flood area detection by ALOS-2 fully polarimetric data,” *Proc. of AP-RASC 2016*, 査読有, Seoul, Korea, Aug. 21-25, 2016 (invited).
 - [5] R. Sato, M. Masaka, Y. Yamaguchi, H. Yamada, “Polarimetric angle compensation to Quad-Pol SAR data for detecting deformed buildings,” *Electronic Proc. of IGARSS 2016*, 査読有, pp. 7565-7568, Beijing, China, July 10-15, 2016.
 - [6] Y. Yamaguchi, Y. Cui, G. Singh, A. Bhattacharya, “Scattering power decomposition and its applications,” *Electronic Proc. of IGARSS 2016*, 査読有, pp. 5642-5645, Beijing, China, July 10-15, 2016 (invited).
 - [7] Y. Yamaguchi, G. Singh, Y. Cui, H. Yamada, R. Sato, “Environmental monitoring by ALOS-2 quad. pol. observation,” *Electronic Proc. of IGARSS 2016*, 査読有, pp. 3863-3866, Beijing, China, July 10-15, 2016 (invited).
 - [8] Y. Yamaguchi, T. Shibayama, H. Yamada, R. Sato, “Simple method of landslide recognition using polarimetric scattering power decomposition,” *Electronic Proc. of EUSAR2016*, 査読有, pp. 22-23, Hamburg, Germany, June 6-9, 2016 (invited).
 - [9] Y. Yamaguchi, R. Sato, H. Yamada, “ALOS-2 quad. pol. images and ALOS ones,” *Electronic Proc. of EUSAR2016*, 査読有, pp. 607-610, Hamburg, Germany, June 6-9, 2016 (invited).
 - [10] R. Sato, M. Masaka, Y. Yamaguchi, H. Yamada, “Investigation on polarization orientation angle shift for accurate urban area observation using ALOS-2/PALSAR-2 data,” *Electronic Proc. of EUSAR2016*, 査読有, pp. 604-606, Hamburg, Germany, June 6-9, 2016 (invited).

- [11] Y. Yamaguchi, “Decomposition of fully polarimetric data and its applications,” Tutorial 3 in EUSAR 2016, 査読無, Hamburg, Germany, June 6-9, 2016.
- [12] M. Masaka, Y. Yamaguchi, H. Yamada, R. Sato, “Experimental study on detecting deformed man-made objects based on eigenvalue/eigenvector analysis,” *Electronic Proc. of APSAR-2015*, 査読有, pp. 688-691, Singapore, Sept. 1-4, 2015.
- [13] Y. Yamaguchi, “ALOS-PALSAR quad-polarization images over Singapore,” *Electronic Proc. of APSAR-2015*, 査読有, Singapore, pp. 210-213, Sept. 1-4, 2015 (invited).
- [14] R. Sato, Y. Ikarashi, M. Masaka, Y. Yamaguchi, H. Yamada, “Polarimetric scattering analysis for detecting largely-oriented man-made objects based on eigenvalue/eigenvectors analysis to the rotated coherency matrix,” *Electronic Proc. of IGARSS 2015*, 査読有, pp. 3810-3813, Milan, Italy, July 26-31, 2015.
- [15] Y. Yamaguchi, G. Singh, Y. Cui, T. Cheng, B. Chu, “ALOS PALSAR fully polarimetric scattering power images over Taiwan,” *Electronic Proc. of ISAP 2014*, 査読有, WE2C-01, Kaohsiung, Taiwan, Dec. 2-5, 2014.
- [16] T. Watanabe, H. Yamada, M. Arii, R. Sato, S.-E. Park, Y. Yamaguchi, “Experimental study on effects of forest moisture on polarimetric radar backscatter,” *Electronic Proc. of IGARSS 2014*, 査読有, 2379, Quebec, Canada, July 13-18, 2014.
- [17] T. Shibayama, Y. Yamaguchi, “A landslide detection based on the change of scattering power components between multi-temporal POLSAR data,” *Electronic Proc. of IGARSS 2014*, 査読有, pp. 2734-2737, Quebec, Canada, July 13-18, 2014.
- [18] Y. Yamaguchi, G. Singh, S. Kojima, M. Satake, M. Inami, S. Park, Y. Cui, H. Yamada, R. Sato, “X-band 30 cm resolution fully polarimetric SAR images obtained by Pi-SAR2,” *Electronic Proc. of IGARSS 2014*, 査読有, 1060, Quebec, Canada, July 13-18, 2014.

〔その他〕
ホームページ等

以下の研究室のサイトには日本, 世界各地の偏波レーダ画像が 2100 シーン以上掲載されている。

<http://www.wave.ie.niigata-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山口 芳雄 (YAMAGUCHI YOSHIO)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：5011086

(2) 研究分担者

佐藤 亮一 (SATO RYOICHI)

新潟大学・人文社会・教育科学系・教授

研究者番号：00293184