

山間部における高分解能 TerraSAR-X の地形補正済み画像を用いた DEM の精度評価 DEM accuracy evaluation in mountain area by utilizing topographic corrected products of high-resolution TerraSAR-X data

野中 崇志^{1*}; 岡島 裕樹¹; 塚原 弘一¹
NONAKA, Takashi^{1*}; OKAJIMA, Yuki¹; TSUKAHARA, Koichi¹

¹ 株式会社パスコ
¹ PASCO CORPORATION

近年、商用目的の高解像度合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar, SAR) の開発、及びそれに伴い災害時の被災箇所、水稲作付け地、森林等の地図作成をはじめとする様々な分野での利用検討が行われている。衛星データによる地図作成に関して、画像からの地物の判読特性や画像の位置精度が重要となるため、高解像度 SAR データでもこれらに関する基礎的研究が行われている。

TerraSAR-X 衛星群は商用目的の SAR 衛星の 1 つであり、2007 年の 6 月の打ち上げ以降、全世界のデータを順調に取得している。更に 2010 年には併用機の TanDEM-X が打ち上げられ、現在は 2 機で均一で高精度の全世界の陸域の数値標高モデル (Digital Surface Model, DEM) 用のデータを取得している。TerraSAR-X はいくつかの処理レベルがある。他の光学データや GIS と重ね合わせることができることから Enhanced Ellipsoid Corrected (EEC) は地図投影済み、かつ DEM による地形補正済みの強度データである。一方で、Single Look Slant Range Complex (SSC) はアジマス-スラントレンジ方向に 2 軸を有する地図投影前の複素データであり、インターフェロメトリ、偏波解析等で使用されている。

TerraSAR-X 衛星の幾何精度に関する既往研究では、SSC プロダクトの精度は 1m 以下であることが示されているが、ユーザによく使用されている EEC プロダクトは、実データによる詳細の精度評価結果の報告がなされていない。そこで、著者らはこれまで平坦地において、衛星と同期した反射板を使用した実験により、TerraSAR-X の EEC プロダクトの幾何精度の評価を行ってきた。その結果、SRTM の DEM を使用したとき数 m の精度を満たしていることを示した。またレンジ方向の幾何精度と DEM の精度、及び入射角のモデルを構築し、平坦地でモデルの精度を評価したところ、モデルの精度は 1m 程度であることを明らかにした。

本研究では、本モデルを山間部の TerraSAR-X データに適用し、オルソ化に使用した DEM の精度を評価することを目的とする。使用した 2 つの TerraSAR-X データは、異なる入射角を持ち、撮影モードは高分解能 SpotLight モード (分解能は約 2 m) である。一方、使用する DEM はメッシュサイズが 30m の ASTER、及び 90m の SRTM より生成されたものである。また検証用の参照データとして、一定の精度 (地図情報レベル 2500) を満たす航空写真を使用した。

まず検証点として TerraSAR-X 画像と航空写真画像の両方から確認できる道路の交差点と道路の湾曲部を中心に合計 25 点選択した。そして 25 地点における TerraSAR-X と航空写真の位置較差の平均値、標準偏差、及び RMS (Root Mean Square) 誤差を X 方向、Y 方向、及び X-Y 平面において示した。次に山間部のデータにモデルの適用を検討した。オルソ補正を行うレンジ方向が X 方向とほぼ合致するため、X 方向の較差の標準偏差の要因をオルソ補正における誤差と考えて、DEM の誤差を推定した。最後に平坦地と山間部の結果を基に本研究を総括する。

キーワード: 幾何精度, TerraSAR-X, 地形補正, ASTER, SRTM

Keywords: Geometric accuracy, TerraSAR-X, topographic correction, ASTER, SRTM

台風26号による伊豆大島土砂災害の観測 Pi-SAR-L2 observation of the landslide caused by Typhoon Wipha on Izu Oshima island

渡辺 学^{1*}; 段 理紗子²; 本岡 毅¹; 大木 真人¹; 島田 政信¹
WATANABE, Manabu^{1*}; DAN, Risako²; MOTOHKA, Takeshi¹; OHKI, Masato¹; SHIMADA, Masanobu¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² リモートセンシング技術センター
¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²RESTEC

On October 16, 2013, Typhoon Wipha struck Izu Oshima island, and a large-scale landslide was induced by the heavy rain. Six days after the disaster, Pi-SAR-L2 observation was carried out in four different observation directions (L203201?L203204). One Pi-SAR-L observation (L03801) was carried out before the disaster on August 30, 2000 in same observation direction of L203201. The observation data were used to determine which parameters and directions are preferable to detect landslide areas. Several full polarimetric parameters, including Sigma₀, polarimetric coherence, four-component parameters, and eigenvalue decomposition parameters were obtained using PolSARPro and a self-produced programs. As pointed out by Shimada et al. [1], the change of the land cover from a forest before the disaster to bare soil after the disaster was well detected by the coherence between HH and VV. In addition to this parameter, the eigenvalues and four-component decomposition parameters have the potential to detect landslide areas. The data from observations of the bottom to the top of the landslide detect the landslide well, whereas the observation of the opposite side are not as useful.

Soil from the landslide intruded into the town areas, but none of the full polarimetric parameters show any significant difference between the landslide-affected town areas and the unaffected areas.

[1] Masanobu Shimada, Manabu Watanabe, Noriyuki Kawano, Masato Ohki, Takeshi Motooka, and Yutaka Wada, Detecting Mountainous Landslides by SAR polarimetry: A Comparative Study Using Pi-SAR-L2 and X band SARs, Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Aerospace Technology Japan, 2014, 12, No.ists29, pp. Pn9-Pn15.

Keywords: Full polarimetry, SAR, disaster

JERS-1 および ALOS/PALSAR による海岸汀線の時系列評価 Shoreline change analysis using JERS-1/SAR and ALOS/PALSAR amplitude images

朝香 智仁^{1*}; 岩下 圭之¹; 工藤 勝輝¹; 青山 定敬¹; 杉村 俊郎²

ASAKA, Tomohito^{1*}; IWASHITA, Keishi¹; KUDOU, Katsuteru¹; AOYAMA, Sadayoshi¹; SUGIMURA, Toshiro²

¹ 日本大学, ² リモートセンシング技術センター

¹Nihon University, ²Remote Sensing Technology Center of Japan

Aerial photo analysis and bathymetric survey are commonly conducted to investigate the actual conditions and temporal variation in beach transformation. In recent years, satellite-based optical imagery has been more widely used to evaluate coastal erosion. However, defining shoreline edges using optical imagery is difficult because the sand under seawater near the shoreline can often be seen through clear water. On the other hand, synthetic aperture radar (SAR) imagery can be used to interpret the boundary between a sandy beach and seawater; this is possible because the incident radio waves are not transmitted through water, and SAR images can be compared to trace the shoreline. In this work, we examine the potential of shoreline change analysis by using Japanese Earth Resources Satellite 1 (JERS-1)/SAR and Advanced Land Observing Satellite/Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (ALOS/PALSAR) amplitude images. We consider Kuji-kurihama beach in Chiba Prefecture as our test site; along this beach, the shoreline is almost perpendicular to the SAR antenna beam orientation for the descending orbit.

We propose a three-step automated shoreline-tracing method to assess the temporal variation of the shoreline in the study area; the HH-polarized JERS-1/SAR amplitude image captured on February 22, 1993, and the HH-polarized ALOS/PALSAR amplitude image captured on May 20, 2010 were used for this purpose. In our method, a shoreline is traced as vector data. In the first step, edge pixels in SAR images are identified by using the Laplacian of a Gaussian filter. In the second step, unwanted edge pixels are masked on the basis of a discriminant analysis in which candidate shoreline edge pixels are estimated by using statistical information within a moving window. The criteria for identifying shoreline edge pixels is decided on the basis of previously gathered data, the backscattering average, and the standard deviation, in the training area (30 by 10 pixels) encompassing the sea, shoreline, and land. In the third step, shoreline vector data are generated from continuous candidate shoreline edge pixels by an automated shoreline-tracing algorithm.

The results were verified in two ways. We first verified the location of the shoreline edge in the SAR amplitude images by overlaying multispectral images acquired on dates close to the acquisition dates of the earlier mentioned JERS-1/SAR data and ALOS/PALSAR data: the JERS-1/Optical Sensor (OPS) color composite image acquired on May 3, 1993, and the ALOS/Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2 (AVNIR-2) color composite image acquired on January 8, 2011, were used for this analysis. Next, we calculated the statistical information of the backscattering data in the JERS-1/SAR and the ALOS/PALSAR amplitude images for our selected training area. It is noteworthy that the backscattering average and standard deviation in the shoreline training area is a unique than anything training area.

Our proposed method reproduces the temporal variation of the shoreline by using JERS-1/SAR and ALOS/PALSAR amplitude images. However, a part of the shoreline extracted using the JERS-1/SAR amplitude image was inaccurate. The speckle noise in the JERS-1/SAR amplitude image and the low spatial resolution of the raw data may have caused these errors. In our future work, we intend to improve the algorithm for JERS-1/SAR data and accumulate backscattering information of shoreline edge areas using SAR amplitude images.

キーワード: 後方散乱係数, 海岸浸食

Keywords: backscattering, beach erosion

航空機搭載合成開口レーダー PiSAR2 による立山の氷河観測-序報- Glacier observations by airborne synthetic aperture radar, PiSAR2, at Tateyama, Japan

古屋 正人^{1*}; 福井 幸太郎²; 杉山 慎³; 澤柿 教伸⁴
FURUYA, Masato^{1*}; FUKUI, Kotaro²; SUGIYAMA, Shin³; SAWAGAKI, Takanobu⁴

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 立山カルデラ砂防博物館, ³ 北海道大学低温科学研究所, ⁴ 北海道大学環境科学研究院
¹Hokkaido University, Graduate School of Science, ²Tateyama Caldera Sabo Museum, ³Institute of Low Temperature Science, ⁴Hokkaido University, Graduate School of Environmental Science

Fukui and Iida (2012) reported that three snowy gorges at Tateyama, Japan, were flowing at a rate of 10-30 cm/month and hence could be identified as glaciers. Fukui and Iida's observations are based on ground-based GPS observations. Because glacier flow velocity data sets are one of the fundamental physical quantities to better understand the dynamics, conventional geodetic techniques have been applied, and the measurement accuracy has significantly improved. However, due to the severe environment and logistic problems, SAR-based velocity mapping has been performed with successful results at large glaciers and ice sheets over the past decades. The velocity mapping technique is so called pixel-offset (or feature) tracking. Thus, applying the same technique to the fore-mentioned newly discovered glaciers, we should also be able to detect the spatial distribution of glacier velocities. However, the presently available satellite-based SAR data set does not have enough spatial resolutions to resolve the velocities. In this regard, the 30-cm resolution of Pi-SAR2 seems promising to perform the pixel-offset tracking. Here we report the first observation images of the Japanese glaciers acquired by Pi-SAR2, and will discuss the preliminary report of velocity mapping.

キーワード: 合成開口レーダー, 氷河, 立山
Keywords: SAR, glacier, Tateyama

多周波数 SAR による氷床-棚氷域モニタリング Monitoring of Ice sheet marginal zone using multi-frequency SAR data

山之口 勤^{1*}; 土井 浩一郎²; 中村 和樹³; 青木 茂⁴

YAMANOKUCHI, Tsutomu^{1*}; DOI, Koichiro²; NAKAMURA, Kazuki³; AOKI, Shigeru⁴

¹ (一財) リモート/センシング技術センター, ² 国立極地研究所, ³ 日本大学, ⁴ 北海道大学 低温科学研究所

¹Remote Sensing Technology Center of Japan, ²National Institute of Polar Research, ³Nihon University, ⁴Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

Environment of Antarctic continent and ice sheet marginal zone is quite important for understanding the mass balance of ice, formation of deep ocean water and other cryospheric phenomena. Previous study showed the usefulness of SAR data to understand what is happen on the boundary area between ice sheet and ice shelf by SAR data analysis, and achieved the mapping of ice sheet surface velocity mapping. In recent, many kinds of satellite equipped SAR sensor plan to launch and these data are available through the scientific Research Announcement (RA) or Announcement of Opportunity (AO).

Based on these facts, this study focuses on the use of multi-frequency SAR data for ice sheet marginal zone monitoring. Especially, we focus on the use of InSAR analysis for grounding line extraction, ice flow velocity mapping by offset tracking, and understanding the image feature difference through the interpretation of X-, C- and L- band SAR data. We use X-band data by TerraSAR-X, C-band data by ENVISAT and ERS-1/2, and L-band data by ALOS/PALSAR data. Then, we will try to describe the applicability and prospectives of ALOS-2 / PALSAR-2 data

TerraSAR-X data were provided by DLRs' AO project (Proposal No. HYD1808), ERS-1/2 and ENVISAT data were provided by ESA Cat-1 AO project, (project C1P.7657) and ALOS/PALSAR data were provided by Research Announcement by JAXA PI project (PI No. P1418002).

キーワード: 氷床, 多周波数, SAR

Keywords: Ice sheet, multi-frequency, SAR

ポラリメトリ SAR データによる地表粗度・比透磁率・比誘電率の算定法とその応用 Evaluation of surface roughness, magnetic permeability and dielectric permittivity using polarimetric SAR data

小池 克明^{1*}; 増田 貴之¹; サエプロ アセプ²; 浦井 稔³; 大村 誠⁴; 土井 浩一郎⁵

KOIKE, Katsuki^{1*}; MASUDA, Takayuki¹; SAEPULOH, Asep²; URAI, Minoru³; OMURA, Makoto⁴; DOI, Koichiro⁵

¹ 京都大学大学院工学研究科, ² バンドン工科大学, ³(独) 産業技術総合研究所地質調査総合センター, ⁴ 高知県立大学文化学部, ⁵ 国立極地研究所

¹Graduate School of Eng., Kyoto Univ., ²Bandung Institute of Technology, ³Geological Survey of Japan, AIST, ⁴Dept. Cultural Studies, Univ. Kochi, ⁵National Institute of Polar Research

合成開口レーダ (SAR) リモートセンシングは全天候型であり、マイクロ波の干渉処理で地殻変動が抽出できるという利点がある。最近では、地表物質の後方散乱強度が偏波ごとに異なるという原理に基づくポラリメトリ SAR も広く応用されている。しかし、ポラリメトリ SAR の用途は画像分類などに限られており、地表物性を評価するまでには至っていない。そこで、本研究では地質の同定や土壌含水率推定の観点から、Saepuloh *et al.* による手法 mdPSAR (magnetic permeability and dielectric permittivity from Polarimetric Synthetic Aperture Radar) を用い、HH・VV・HV の 3 偏波 SAR データから地表粗度、比透磁率、比誘電率を導き出すことを試みた。

mdPSAR では、最初に地表粗度を HV モードの後方散乱係数と地形のフラクタル性を仮定した実験式 (Campbell and Shepard, 1996) から求める。次に、Small Perturbation Model (Fung and Chen, 2010) という後方散乱係数モデルを用い、これと HH と VV の 2 偏波データとが一致するように、非線形最適化法の一つである Nelder-Mead Simplex 法によって比透磁率と比誘電率を算定する。

2008 年 10 月 25 日と 2009 年 4 月 27 日に取得された ALOS PALSAR データを用い、鳥取砂丘周辺に mdPSAR を適用した。その結果、計算モデルと実データとの差は HH, VV モードともに平均で 1% 程度と小さく、シーンにわたる誤差の分布は比較的平坦であった。2 シーンの砂丘部の比誘電率は 13.4, 10.6 と得られ、これらは湿潤砂の値に調和的であるととも、降雨後のシーンの方が高い値であった。また、砂丘部の比透磁率は周囲に比べて高く、これは磁鉄鉱を含む花崗岩の風化に砂が由来することを考えれば妥当といえる。このように mdPSAR の有効性が確かめられた。ただし、住宅地のような人工構造物の領域での誤差は 10% を超えるところもあり、このような HH モードの強い地表物に対する地表粗度の推定式の改良が必要である。

mdPSAR を南極昭和基地付近の PALSAR データにも適用しており、露岩域と雪氷域の分布、氷の融解状態、クレバス地形の発達などを地表粗度と比誘電率の時間-空間変化によって明らかにすることを目指している。

文 献

Campbell, B.A., Shepard, M.K. (1996) Lava flow surface roughness and depolarized radar scattering, *J. Geophys. Res.*, v. 101 (E8), 18941-18951.

Fung, A.K., Chen, K.S. (2010) *Microwave Scattering and Emission Models for Users*, Artech House, Norwood, MA.

Saepuloh, A., Urai, M., Koike, K., Sumantyo, J.T.S.: An advanced technique to identify surface materials on an active volcano by deriving magnetic permeability and dielectric permittivity from polarimetric SAR data, *IEEE Geosci. & Remote Sens. Lett.* (under review)

キーワード: ALOS PALSAR, 偏波モード, 後方散乱係数, 非線形最適化, 鳥取砂丘

Keywords: ALOS PALSAR, polarization mode, backscattering coefficient, nonlinear optimization, Tottori sand dunes

ALOS/PALSARによる新全球森林・非森林マップ(2007-2010) New Global Forest/Non-Forest Maps from ALOS PALSAR data (2007-2010)

島田 政信^{1*}; 伊藤 拓弥²; 渡辺 学¹; 本岡 毅¹; ラジェシュ タパ¹
SHIMADA, Masanobu^{1*}; ITOH, Takuya²; WATANABE, Manabu¹; MOTOOKA, Takeshi¹; RAJESH, Thapa¹

¹ 宇宙航空研究開発機構, ² リモートセンシング技術センター

¹Japan Aerospace Exploration Agency, ²Remote Sensing Technology center of japan

宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA) は、陸域観測衛星 (Advanced Land Observing Satellite, ALOS) が 2007 年から 2010 年にかけて取得した全球 PALSAR データを高精度処理して 25m 分解能の全球 PALSAR モザイク画像を作成した (1,2,3)。また、それらを用いて全球の森林・非森林マップを試験的に作成した (4) が、今回、PALSAR モザイク画像を地域毎・年代毎に詳細に評価し、光学衛星 (Google Earth 画像) や現地データを参考とした分類を行い、新森林・非森林マップ (検証済み版) を作成した (5)。図 1 が 2010 の年の森林・非森林マップである。森林・非森林マップは、森林土地利用の時間的な変化を把握し、陸域起源の地球温暖化の要因の特定や、Reducing the Emission from Deforestation and forest Degradation plus (REDD+) 活動を推進する上で、非常に重要な基礎情報である。このマップは、3 種類の検証データと比較した結果、約 90% の精度を持つことが確認されている。

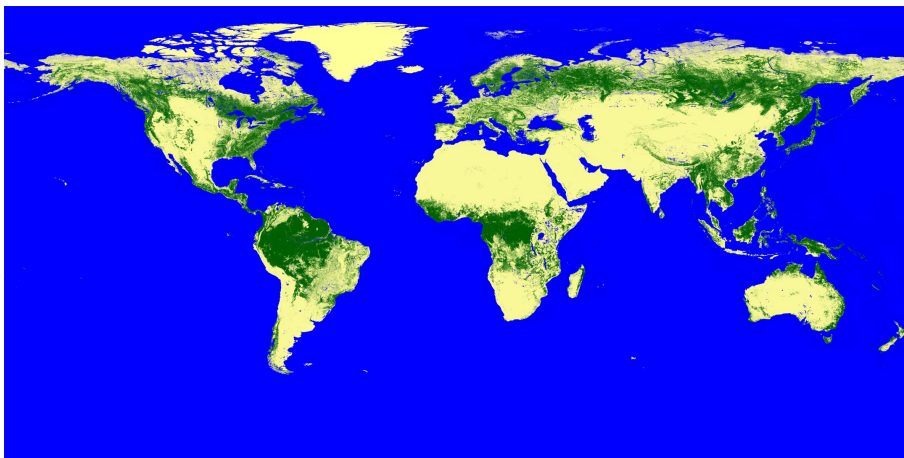
JAXA では L-band SAR データが森林解析に使用されることを期待し、50m 分解能のデータ (PALSAR モザイクデータ及び森林・非森林データ) 公開することとした。上記精度は、無作為抽出での評価であり、森林の定義が国によって異なることを考慮すると更に改善の余地があり、今後時間をかけて精度向上を目指している。

参考文献:

- 1) K&C モザイクホーム: http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/kc_mosaic/jkc_mosaic.htm
- 2) PALSAR10m モザイク: http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/guide/jpal_10m_mosaic_dl.htm
- 3) M. Shimada and T. Otaki, "Generating Continent-scale High-quality SAR Mosaic Datasets: Application to PALSAR Data for Global Monitoring," IEEE JSTARS Special Issue on Kyoto and Carbon Initiative, vol. 3, Issue 4, 2010, pp.637-656.
- 4) 全球森林・非森林分類: http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/guide/jforestmap_oct2010.htm
- 5) M. Shimada, T. Itoh, M. Watanabe, T. Motooka, T. Shiraishi, T. Rajesh, and R. Lucas, 2013, New Global Forest/Non-Forest Maps from ALOS PALSAR data (2007-2010), Remote Sensing Environment, in review.

キーワード: 合成開口レーダー, 森林非森林, モザイク

Keywords: SAR, forest/non-forest, SAR mosaic



干渉／偏波 合成開口レーダの信号処理における最近の進展 Recent progress in InSAR and PolSAR signal processing

廣瀬 明^{1*}
HIROSE, Akira^{1*}

¹ 東京大学
¹The University of Tokyo

本招待講演は、合成開口レーダ、特に位相や偏波を扱う合成開口レーダの分野での著者らのグループによるいくつかの新方式に焦点をおきながら、近年の信号処理技術の進展を概観する。これら技術分野は現在、災害把握・減災、水循環、地球温暖化などの重要社会課題の解決が期待され、一層注目を集めている。観測の機能や精度を上げるにあたり、複素ニューラルネットワークなどのレーダ物理に根ざした適応処理の枠組みが有効である。また位相アンラッピングの手法なども紹介・議論する。

キーワード: 合成開口レーダ, 干渉計則, 偏波計測, 複素ニューラルネットワーク, 位相アンラッピング, 位相特異性拡散法
Keywords: synthetic aperture radar, interferometry, polarimetry, complex-valued neural network, phase unwrapping, Singularity-spreading phase unwrapping

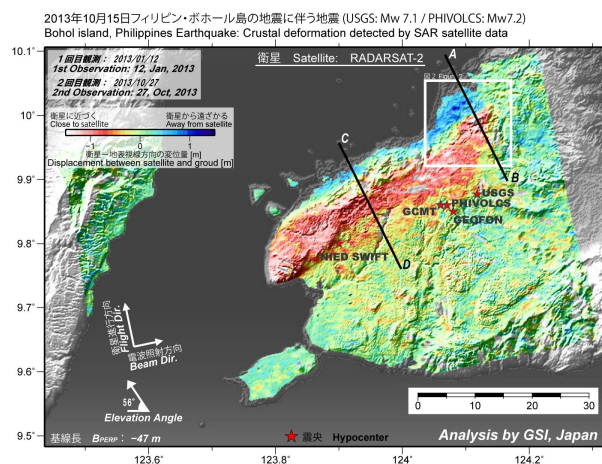
2013年10月15日フィリピン・ボホール島の地震に伴う地殻変動 Uplift and reverse fault rupture of the 2013 Bohol earthquake (Mw 7.2), Philippines, revealed by SAR pixel offset analysis

小林 知勝¹; 飛田 幹男^{1*}
KOBAYASHI, Tomokazu¹; TOBITA, Mikio^{1*}

¹ 国土交通省国土地理院
¹ GSI of Japan

本研究は、衛星 SAR データを用いて 2013 年 10 月 15 日に発生したフィリピン・ボホール地震 (死者 222 名) の地殻変動を検出し、その震源断層メカニズムを推定したものである。ピクセルオフセット法を用いた解析により、最大約 1 m を超える地殻変動が、島の北西部において、東北東-西南西の方向に、長さ約 50km の帯状に観測された。北東部には、長さ約 5km の変位の不連続が見られ、変位の跳びの量は最大約 2 m に達している。この付近では現地調査から地表地震断層が出現していることがわかっており、その結果と調和的である。観測された地殻変動データをもとに構築した矩形断層一様すべりの震源断層モデルから、東北東-西南西方向の走向をもつ長さ約 50km で傾斜角が約 60° の断層による逆断層すべりで観測された変位場はほぼ説明されることがわかった。さらに、散乱強度の変化を利用した解析 (加色混合法) による海岸線変化抽出を試みたところ、震源領域の西側にあたる Loon から Maribojoc にかけて約 10km の海岸線が海側に移動 (離水) したことがわかった。震源断層モデルから、この付近は周囲より大きな隆起 (約 1 m) が予想されており、加色混合法で得られた結果と調和的である。本地震においては、震源領域周辺に地殻変動観測データはなく、このような詳細な地震像は SAR 解析のみにより得られたものであることは特筆すべきことである。

キーワード: ボホール地震, 合成開口レーダー, 地殻変動, 内陸地震, SAR, RADARSAT-2
Keywords: Bohol earthquake, Crustal Deformation, Pixel offset analysis, uplift, SAR, RADARSAT-2



ALOS/PALSAR 干渉画像の誤差評価 Estimate of error in ALOS/PALSAR interferograms

橋本 学^{1*}
HASHIMOTO, Manabu^{1*}

¹ 京都大学防災研究所
¹ DPRI, Kyoto University

四国地方は、沖合の南海トラフにおいてフィリピン海プレートが沈み込みを行い、顕著な地殻変動が生じている。GNSSの観測によると、西北西方向の水平変位が卓越し、南から北に向かう変動勾配があることが確かめられている。この変位場は、東西方向の変位に感度が高い人工衛星搭載型 SAR による観測に適している。この観察に基づいて、我々は四国を対象に平均変動速度を ALOS/PALSAR を用いて検出することを試みて来た。観測機会の多い北行軌道の画像を主に解析して来たが、観測時期によっては電離層擾乱による考えられる見かけの変動 (peak-to-peak で最大 4?50cm 程度) が認められるため、これらを目視により除去し、スタッキングを行なった。しかし、四国をほぼカバーする 4 パスの画像の解析結果を重ねると、明らかに東西に大きな変位速度勾配を持つ結果となり、GNSS の観測結果とあわない。また、中国地方でのパス間の不連続が顕著である。このため、依然系統誤差が残っていると考えられる。そこで、系統誤差がどの程度の大きさであり、そしてどのような空間分布を持っているのかを知るために、GNSS の変位と干渉画像の視線距離変化を直接比較し、その誤差評価を行なった。

手順は、次の通りである。

- (1) 特定の ALOS/PALSAR 画像ペアに対して、その撮像領域内に位置する GEONET 観測点を抽出し、マスター・スレーブ撮像期間の変位 3 成分を求め、視線距離変化に変換する。
- (2) 当該の干渉画像から、GEONET 観測点での視線距離変化を抽出する。
- (3) GEONET 観測局毎に GNSS 観測および干渉画像から得られた視線距離変化の差を計算する。
- (4) GEONET 観測局での視線距離変化の差を曲面で近似・内挿する。あわせて、平均・標準偏差や緯度・経度・標高依存性を調べる。
- (5) (4) で得られた近似曲面を観測干渉画像に加える。

例えば、パス 419 の 2010 年 4 月 11 日と 5 月 27 日のペアに GEONET の変位からは、46 日間ということもあり、ほとんど変動が期待されない。しかし、干渉画像には、四国において東西で $\pm 20\text{cm}$ 以上の視線距離変化が認められる。また、中国地方においても顕著な舌状の視線距離短縮領域が見られる。これに対して、この干渉画像に対する手順の (3) および (4) の結果は、GEONET 計算値から干渉画像を引いているので、正負逆転したパターンが得られる。干渉画像中には 36 点の GEONET 観測点があり、これらの観測点における視線距離変化の差の標準偏差を計算すると、7.8cm となる。平均は -1.7cm であるが、GEONET 観測点は ITRF2005、干渉画像はアンラップ時のサンプル点 (画像のほぼ中心) に相対的なものとなるため、平均そのものには意味はない。GEONET 観測点の緯度・経度・標高に対する視線距離変化の差を見ると、北緯 34° を境に緯度・経度に対して 2 つのグループに分けられ、明らかに線形関数では視線距離変化の差を近似することはできない。ここでは、GMT の Surface コマンドを用いて、近似・内挿した。最後に観測干渉画像に内挿した視線距離変化の差を足し合わせることで、補正干渉画像を得る。全体的に黄色くなり、GEONET の変位分布に沿うようになった。ただし、波長 20km 程度の変動は依然残っている。

その他のペアについても同じ手順で解析した。解析したペアについて視線距離変化の差に関して標準偏差を計算した。最も小さい標準偏差は 2009 年 1 月 6 日と 2 月 21 日のペアで 1.2cm、最大は 2010 年 5 月 27 日と 7 月 12 日のペアで 18.9cm である。24 ペア中、2cm 以下は 4 例、2-4cm は 7 例、4-6cm は 6 例、6-8cm は 3 例、8-10cm が 2 例、10cm 以上が 2 例となっている。中央値は 4.5cm となる。隣接するパス 418 (GEONET 観測点 30 点) では、解析した 26 ペアに対して、標準偏差の最小は 1.5cm、最大は 19.8cm、中央値は、4.7cm である。電離層擾乱も含めた PALSAR 干渉画像の持つ誤差評価として、一つの目安となるであろう。

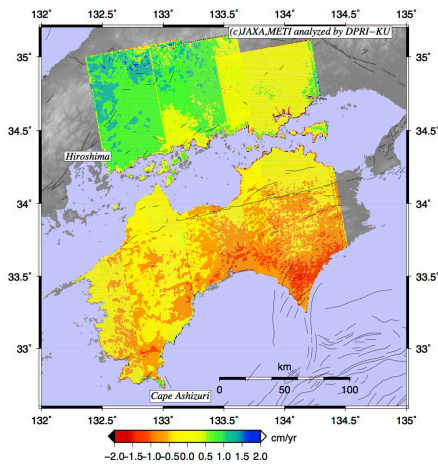
その他のパス (417, 418 および 420) にも同じ手順を適用し、四国全体をカバーする補正干渉画像を作成した (添付図)。概ね GEONET の変位場に整合的な結果が得られた。ただ、東端のパス 417 の補正干渉画像が、中国地方において隣のパス 418 と不連続が生じている。パス 417 では、垂直基線長の長いペアが他のペアより含まれる。垂直基線長が長い場合、山岳部において干渉性が低下することから、GEONET 観測点で視線距離変化が得られないことがある。その場合、平野のデータのみで補正せざるを得ず、系統的な誤差が残る結果となったと考えられる。

キーワード: 合成開口レーダー干渉法, PALSAR, だいち, 誤差, 地殻変動
Keywords: SAR interferometry, PALSAR, ALOS, error, crustal deformation

STT59-10

会場:414

時間:4月29日 11:35-11:50



多偏波 SAR データを用いた PS-InSAR 解析手法の開発 Persistent scatterer SAR interferometry using multi-polarimetric SAR interferograms

石塚 師也^{1*}; 田村 正行¹; 松岡 俊文¹
ISHITSUKA, Kazuya^{1*}; TAMURA, Masayuki¹; MATSUOKA, Toshifumi¹

¹ 京都大学大学院 工学研究科

¹ Graduate School of Engineering, Kyoto University

Persistent scatterer SAR interferometry (PS-InSAR) 解析は、複数の SAR データを用いて地表変動を推定する手法であり、これまでも非地震性地殻変動や火山、地盤沈下等の微小地表変動の推定に成果を挙げてきた。通常、PS-InSAR 解析には単偏波で取得された SAR データが用いられるが、近年は ALOS/PALSAR 等、多くの衛星搭載 SAR で多偏波による観測が行われており、今後も多偏波 SAR データの利用可能性は益々高まってくると考えられる。そのため、本研究では多偏波 SAR データを用いた PS-InSAR 解析手法を開発し、従来の単偏波 SAR データのみを用いて行われる解析と比べて、地表変動の推定精度が向上することを示す。

本研究では、複数の偏波で取得された SAR 干渉画像を同時に解析することで、独立に近いデータ数が増えることとみなすことができるため、地表変動推定精度が向上すると考えた。ただし、地表散乱体の誘電特性や形状に応じて各偏波に対する散乱特性が変化するため、SAR 干渉画像は偏波ごとに干渉度の低下に伴う位相ノイズ量が異なると考えられる。そのため、各ピクセルの位相ノイズ量に応じて偏波干渉画像ごとの相対的な重みを決定し、年間地表変動量の推定を行った。

本手法を ALOS/PALSAR の多偏波モードで観測されたデータに適用し、検証を行った。まず、HH-HH の干渉画像と VV-VV の干渉画像の両方を用いて解析を行った結果、HH-HH と VV-VV の干渉画像に対する重みはほぼ同等となった。すなわち、PS を有するピクセルでは HH 偏波と VV 偏波に対する位相ノイズ量はほぼ同じであると言える。一方で、HH-HH と HV-HV の干渉画像の両方を用いて解析を行った場合は、HH-HH の干渉画像の重みの方が大きい結果となった。これは、HH-HH 干渉画像は HV-HV 干渉画像に比べて、より干渉度の低下が少ないためと解釈できる。ただし、HH 偏波のみを用いて解析を行う場合と比べて、HH と HV 偏波両方を用いて解析を行うことで地表変動の推定精度が向上することが示された。

キーワード: PS-InSAR 解析, 地表変動, 偏波

Keywords: persistent scatterer SAR interferometry, surface deformation, polarimetry

広域 SAR 干渉解析のための GNSS 補正 Correction by GNSS data for wide area InSAR analysis

森下 遊^{1*}
MORISHITA, Yu^{1*}

¹ 国土交通省国土地理院
¹ GSI of Japan

SAR 干渉解析結果には、軌道決定誤差、対流圏遅延、電離層遅延などに起因する様々な誤差が含まれる。軌道決定誤差は系統的な軌道残存縞を生じさせる。対流圏誤差及び電離層誤差は、一般的に空間的波長が長く、局所的な解析結果には大きな影響はないが、広域を対象にした場合には致命的な誤差となり得る。

対流圏誤差については、数値気象モデルからその誤差量を定量的に推定し、低減する手法が開発されているが、数値気象モデルの空間・時間分解能の限界により、常に良好な低減処理結果が得られるわけではない。電離層誤差については、様々な補正手法が研究されているものの、現時点では有効な手法は確立されていない。特に L バンドは電離層誤差の影響を受けやすいことがわかっており、大きな課題となっている。軌道残存縞は、地表変動がないと想定される地域の位相を平坦にするように低減するのが一般的である。また、ある程度の密度の GNSS 連続観測点などにおける変動量データがあれば、それに適合させるようなバイリニア曲面等のパラメータを最小二乗的に推定し、補正することが可能である(飛田ほか, 2005; 福島・Hooper, 2011)。この GNSS 補正により、解析範囲全体に変動があるときでも高精度に軌道残存縞を除去することができる(Kobayashi et al., 2011)。しかし、広範囲を対象とした解析の場合、電離層誤差等の長波長の誤差の影響により、バイリニア曲面等の単純な面的モデルでは良好な補正結果が得られないことが多い。この問題を解決するため、スプライン補間等による補正手法も提唱されている(Fukushima, 2013)。

本発表では、散布データの自然な近傍内挿補間法を使用した GNSS 補正手法について報告する。本手法により、軌道残存縞だけではなく、電離層誤差や対流圏誤差などの長波長の誤差を低減することができる。また、処理手順を工夫することによって、従来のスプライン補間による GNSS 補正の課題であった変動量データの存在しない外挿部分も滑らかに補正することができる。本手法を ALOS/PALSAR データによる広域時系列解析に適用した結果、従来よりも長波長誤差の影響と考えられる位相変化が減少し、GNSS データ間隔よりも波長が短い位相変化を明瞭に検出することができた。

参考文献

飛田幹男, 宗包浩志, 松坂茂, 加藤敏, 矢来博司, 村上亮, 藤原智, 中川弘之, 小澤拓 (2005): 干渉合成開口レーダの解析技術に関する研究, 国土地理院時報, 106, 37-49.

福島洋, A. Hooper (2011): PS 干渉解析による 2004 年新潟県中越地震後の地殻変動, 測地学会誌, 57, 195-214.

Kobayashi, T., M. Tobita, T. Nishimura, A. Suzuki, Y. Noguchi and M. Yamanaka (2011): Crustal deformation map for the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, detected by InSAR analysis combined with GEONET data, Earth Planets Space, 63, 621-625, 2011.

Fukushima, Y. (2013): Correction of DInSAR noise using GNSS measurements, in proceedings of APSAR 2013, 2013.

キーワード: 干渉 SAR, GNSS

Keywords: InSAR, GNSS