

## ALOS-2 データを使用した SAR 干渉解析による日本全国地盤変動監視 (序報) Ground surface deformation monitoring all over Japan by InSAR using ALOS-2 data (first report)

森下 遊<sup>1\*</sup>; 山田 晋也<sup>1</sup>  
MORISHITA, Yu<sup>1\*</sup>; YAMADA, Shinya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院  
<sup>1</sup> GSI of Japan

国土地理院では、2006年から2011年に運用されたALOSのSARデータを使用して、日本国内計66の火山、地盤沈下、地すべり地域を対象に定期的にSAR干渉解析を実施し、地盤変動を監視していた。しかし、ALOSが2011年5月に運用を終了したため、定常解析の中断を余儀なくされていた。

ALOSの後継機であるALOS-2は2014年5月24日に打ち上げられ、同年8月4日から基本観測を開始し、同年11月25日からデータの定常配布が開始された。国土地理院は、ALOS-2のSARデータを使用してSAR干渉解析を実施し、地盤変動監視を再開させる予定である。ALOS-2では、ALOSの時代よりも発展させ、特定の地域に限定せず、日本全国を対象に網羅的に解析を実施する予定である。また、繰り返し観測が実施される観測モードのデータを、基本的には全て解析する予定である。このような発展的な定常解析は、ALOS-2の基線長が常に短く維持されることや解析システムの性能が向上したこと等により実現可能となった。

解析結果は、国土地理院が提供するウェブ地図である「地理院地図」の地理空間情報ライブラリーの一つとして登録され、地理院地図で閲覧できる形式で公開する。背景地図や他の地理空間情報と重ね合わせて表示することで、解析結果の解釈や変動の位置の把握が容易になり、利用促進が見込まれる。解析結果の解説も付加する予定である。

ALOS-2の基本観測シナリオにおいて、基本観測開始後約1年間は、様々な観測モード及び角度による災害用ベースマップ観測が予定されており、2回以上の観測が必要であるSAR干渉解析はあまり実施できない。本格的に定常解析が実施できるようになるのは2015年8月頃からとなる予定である。

本発表では、限定的ではあるが広域観測モードのデータを使用して実施した最初のSAR干渉解析の結果及び今後の定常解析の予定を報告する。

キーワード: 干渉 SAR, だいち2号, 地盤変動, 地盤沈下, 地すべり, 火山  
Keywords: InSAR, ALOS-2, deformation, subsidence, landslide, volcano

## ALOS-2のSAR干渉解析で捉えられた長野県北部の地震の地殻変動 Crustal deformation derived from the northern Nagano prefecture earthquake detected by InSAR analysis using ALOS-2 data

矢来 博司<sup>1\*</sup>; 小林 知勝<sup>1</sup>; 森下 遊<sup>1</sup>; 山田 晋也<sup>1</sup>; 飛田 幹男<sup>1</sup>  
YARAI, Hiroshi<sup>1\*</sup>; KOBAYASHI, Tomokazu<sup>1</sup>; MORISHITA, Yu<sup>1</sup>; YAMADA, Shinya<sup>1</sup>; TOBITA, Mikio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 国土地理院  
<sup>1</sup> GSI of Japan

ALOS-2は、2014年5月にJAXAによって打ち上げられた、最新のL-band SAR衛星である。

本研究では、ALOS-2のデータにInSAR解析を適用し、2014年11月22日に発生した長野県北部の地震(M6.7)の地殻変動を明らかにした。解析に用いたデータは、Descending軌道のright lookingとleft lookingのデータである。概ね東方向と西方向からの両方向の観測データを得ることができたため、地殻変動の空間分布をより詳細に捉えることができ、断層モデルの推定に重要なデータが得られた。

干渉画像から、神城断層の北部で、20km程度の東傾斜の断層が破壊したこと、左横ずれ成分を含む逆断層運動であったこと、震央近くでは、神城断層に沿って約10kmにわたり最大約1mに達する変動が生じたこと、等が明らかとなった。

SAR干渉解析およびGNSS観測で得られた地殻変動分布から、今回の地震の断層モデルの推定を行った。プレリミナリーな結果ではあるが、断層面の傾斜は深いところではやや高角、地表に近い部分ではやや低角と考えられ、地表に近い部分で大きな滑りが生じたと推定される。

キーワード: 長野県北部の地震, ALOS-2, 干渉 SAR  
Keywords: Northern Nagano Prefecture earthquake, ALOS-2, InSAR

## 高山地帯を含む北海道の冬季の ALOS2-PALSAR2 干渉解析: 十勝岳周辺の場合 ALOS2-PALSAR2 Interferometry on snow covered mountaneous area in Hokkaido: Tokachidake Volcano and Vicinity

村上 亮<sup>1\*</sup>MURAKAMI, Makoto<sup>1\*</sup><sup>1</sup> 北海道大学地震火山研究観測センター<sup>1</sup> Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido Univ.

衛星搭載のLバンド合成開口レーダーによるリピートパス干渉観測は、特に植生被覆領域において、良好な干渉性を保持するため、地殻変動など地表の変形を面的破格技術として広く定着している。しかし、積雪や雪氷に覆われる寒冷地では、地表が積雪に覆われている場合、電波の反射条件が時期によって異なる結果、干渉性が極度に低下することが、経験上知られている。

雪や雪氷に対するマイクロ波の透過や反射の理論および実験的研究によれば、乾雪の誘電率は比較的大きく、数10cm程度の積雪があると、伝搬速度の変化や屈折による経路変化が起こり、マイクロ波の行路長が有意に変化する。また、反射や散乱のメカニズム毎に、位相変化に差が生じる可能性がある。しかしながら、従来は、積雪による位相変化の詳細や、それらが地殻変動観測に与える影響は、あまり注目されてこなかった。

2014年5月に宇宙研究開発機構(JAXA)によって打ち上げられたALOS2は、Lバンドの次世代センサーであるPALSAR2を搭載したSARの専用衛星である。従来機に比べ様々な改良が施され、広範な観測条件下において高い干渉性の保持が期待されている。PALSAR2によって、寒冷地の冬季観測が可能となれば、冬季のアクセス困難性によって現地観測の実現が絶望的な、寒冷地の火山周辺の地殻変動把握に新たな道を切り開く意義は大きい。

このような可能性を探り、一方、積雪特有のノイズの存在を探索するため、今回は、十勝岳-大雪山系を含む領域について、ALOS2-PALSAR2によって2014年8月14日、12月4日及び18日、並びに2015年1月15日に取得されたデータを用いて干渉解析を実施した。8月と12/18はVV観測で、残りは、HH観測である。なお、十勝岳の活動的火山の一つである62-II火山口周辺では、2006年末頃開始し消長を繰り返しながら現在まで膨張性地殻変動が継続している。GPS観測によれば2014年中ごろからこの動きが加速したことが示唆されている。その確認のため、衛星による面的調査を実施することもこの解析の目的であった。

まず、観測期間の短い12月のペア(4日-18日)は、時間間隔も時事かかったためか、極めて良好な干渉が、ほぼ全域にわたって得られている。2回目の観測の直前に、この地域に多量の積雪があったことが記録されており、積雪期であっても、少なくとも期間が短ければ干渉性が保たれることが確認された。また、森林域では干渉度が比較的劣化しているが、森林限界を超えた高高度領域では、干渉性は良好であり、例えば、十勝岳62-II火山口周辺では、高いSN比で位相差が得られている。また、平野部では広域にわたって良好な干渉性がみられるが、明らかに土地被覆と相関がある有意な位相差が観察された。この地域における土地区画は基盤目状であり、各種の利用形態の土地が規則正しく区分けされ、分布している。明らかにこれらの境界を挟んで、位相も明瞭なパッチ上の分布をしている。その成因は今後の検討課題であるが、それぞれの領域で特徴的な反射形態(例えば市街地はダブルバウンスが卓越)ごとに、積雪の位相への影響の様子が異なるためであろう。地殻変動観測にとっては、これらはノイズとなるが、土地分類や積雪の研究には、新たなシグナルとして利用できる可能性もある。また、VV-HH偏波間の組み合わせである12/18-01/15間の干渉も試みた。意外なことに、一部の領域では、明瞭な干渉が得られており、十勝岳連峰の山頂部の連なりにもそれに含まれる。しかし、HH-HH間の干渉度分布とは明らかに違う性状であり、特に、通常良好な干渉が得られる市街地において、極度に干渉性が劣化している。これも、今後の興味深い検討課題である。最後に、地殻変動検出目的で、VVどうしの08/14-01/15の干渉も試みたが、平野部ではかろうじて干渉が成立したものの、全体的に干渉度は悪く、山頂部でもコヒーレンスは劣化していた。一方、08/14-12/04は、VV-HHであるが、予想に反して位相の認識が可能な程度の干渉が得られた。しかし、やはりS/Nは良好とはいえず、認識できる位相には限界があった。簡単なシミュレーションを行い、少なくとも、山頂付近において5cmを超える程度の膨張性変動が存在したら、かなりの確率で認識できたであろうことが確認できた。一方、今回の実際の干渉データを見る限りにおいてそのような変動は確認できなかった。

詳細は、講演で述べるが、今回の結果は、積雪を伴う寒冷地の地殻変動観測に期待を与えるものであり、条件が整えば、積雪時であっても干渉が成立することを示す事例であると考えられる。

本解析で用いた、PALSAR2データについては火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験(火山WG)に基づいて、JAXAにて観測・提供されたものである。

キーワード: 地殻変動, 干渉 SAR, リモートセンシング, 人工衛星, 火山, 積雪

Keywords: crustal deformation, InSAR, remote sensing, satellite, volcano, snowpack

## 地殻変動観測のための PALSAR-2 画像干渉処理 Interferometry of PALSAR-2 images for crustal deformation study

橋本 学<sup>1\*</sup>  
HASHIMOTO, Manabu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学防災研究所

<sup>1</sup> Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

ALOS-2/PALSAR-2 は、2014 年 6 月に初画像を取得して以来、順調に観測を続けている。観測開始以来、顕著な地震・火山活動が発生し、地殻変動が捉えられて来た。ここでは、主として 2014 年 9 月 27 日の御嶽山噴火、11 月 22 日の長野県北部地震 (Mjma6.7) および 2015 年 2 月 6 日の徳島県南部の地震 (Mjma5.1) 前後のデータを用いて、PALSAR-2 画像の干渉性と精度、および観測された地殻変動について検討する。

干渉処理には、防災科研小澤氏による RINC と GammaR を用いた。また、DEM として、Pixel で提供された Digital Ellipsoidal Model あるいは ASTER-GDEM ver.2 を用いた。解析に用いた PALSAR-2 画像は、いずれも UBS (アジマス方向の解像度 3m) である。

御嶽山噴火に対しては、8 月 22 日と 10 月 3 日、8 月 18 日と 10 月 13 日のペアを用いた。いずれも北行軌道からの右方向の観測で、入射角はそれぞれ約 36° と 53°、垂直軌道間距離は約 5m と 24 m である。山岳地域にかかわらず干渉性は高い。しかしながら、シーン内の GEONET 観測局の変位から計算される視線方向変位と比較すると系統的な差が残る。この差の標準偏差は 4.75cm と推定される。御嶽山頂直下西側に視線距離短縮の変動が認められるが、広域の変動はなかった。噴火に伴う変動は、局所的なものであったと言える。

長野県北部の地震については、10 月 2 日と 11 月 27 日、9 月 19 日と 11 月 28 日のペアを用いた。前者は南行軌道からの左観測、後者は北行軌道からの右観測である。入射角と軌道間距離は、それぞれ 36° と 6 m、40° と 112 m である。干渉性は高いが、震源域周辺に干渉性の低下する領域が認められる。特に、地表地震断層の上盤側には線状の低コヒーレンス領域が認められ、地表付近に位相の不連続を生じていることを示している。上盤側にバックストップなどの副次的な断層の破壊が生じたことを示唆する。得られた干渉画像から、地表地震断層が認められる領域直下に南東南へ約 50 度で傾き下がる断層面で、深さ 5km 以浅の領域で、最大 1.3m 程度の逆断層すべりが発生したと推定される。

徳島県南部の地震に際しては、2015 年 1 月 10 日と 2 月 7 日、2014 年 11 月 18 日と 2015 年 2 月 10 日の 2 ペアを解析したが、顕著な地表面変動は検出されなかった。

キーワード: PALSAR-2, 地殻変動, SAR 干渉法

Keywords: PALSAR-2, crustal deformation, SAR interferometry

## Pi-SAR-L2/InSARによる新燃岳火口内の地表変動 Surface deformation in the Shinmoe-dake crater detected by Pi-SAR-L2/InSAR

小澤 拓<sup>1\*</sup>; 宮城 洋介<sup>1</sup>; 島田 政信<sup>2</sup>  
OZAWA, Taku<sup>1\*</sup>; MIYAGI, Yosuke<sup>1</sup>; SHIMADA, Masanobu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 防災科学技術研究所, <sup>2</sup> 宇宙航空研究開発機構

<sup>1</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, <sup>2</sup>Japan Aerospace Exploration Agency

2011年1月に新燃岳(霧島山)において噴火が発生した。Ozawa and Kozono (2013)は衛星 SAR の散乱強度画像を解析し、3回の準プリニー式噴火が発生した後の1月29日から31日の間に、溶岩が火口内に88.7m<sup>3</sup>/secのほぼ一定の速度で流出したことを明らかにした。その後、ブルカノ式噴火が間欠的に発生する噴火様式に変化したが、噴火回数は時間とともに減少し、2011年9月の爆発以降、噴火は発生していない。しかし、Miyagi et al. (2014)は、RADARSAT-2や TerraSAR-X等の衛星 SAR データを用いた干渉解析を実施し、それ以降にもゆっくりとした溶岩流出が継続していることを明らかにした。その溶岩流出速度は時間と共に減衰する傾向にあったが、2013年5月の時点においても、50~100 m<sup>3</sup>/day程度の流出が求まった。

本研究では、その後の火口内の地表変動を調査するため、宇宙航空研究開発機構(JAXA)の航空機搭載型 SAR (センサー名: Pi-SAR-L2)のデータを用いた SAR 干渉解析を試みた。本解析で使用した Pi-SAR-L2 データは、2013年9月13日と2014年8月7日に、3パスの軌道から観測されたものである。地形縞のシミュレーションにおいては、噴火後に取得された RADARSAT-2 データを用いた SBAS 解析から求めた地形データを用いた。得られた差分 SAR 干渉画像においては非地殻変動成分が残存していたが、その後の解析領域を新燃岳火口周辺の約1km × 1kmの範囲に限定し、その領域内での非地殻変動成分は面近似できると仮定して、火口外の位相差が0になるようにパラメータを推定して補正した。その結果、これまでの衛星 SAR の解析においてスラントレンジ短縮変化が求まっていた領域とほぼ同じ領域において、同様の変化が求まった。さらに、本解析においては3パスの軌道からのスラントレンジ変化が求まっているので、これらの結果から3次元地表変位ベクトルを求めた。推定された上下変位は最大で20cmを超えているのに対して、水平成分はほとんどの領域で3cm以下であった。このことは、流出している溶岩の粘性が高く、水平方向への流動が小さいことを示唆する。

推定された上下変位分布から、2013年9月13日から2014年8月7日の期間の体積増加量は10044m<sup>3</sup>と求まった。一方、衛星 SAR に関しては、2014年4月16日までのデータが利用可能であり、それらのデータを用いた SAR 干渉解析から、2013年9月13日から2014年4月16日までの体積増加量は7507-7704 m<sup>3</sup>と求まった。よって、2014年4月16日から2014年8月7日までの体積増加量は、2340-2537 m<sup>3</sup>と推定される。Huppert and Woods (2002)は過剰圧を持つ浅部マグマだまりが存在する場合の溶岩流出量の時間変化をモデル化しており、深部からの浅部マグマだまりへの溶岩流入が無い場合における溶岩流出量の時間変化のモデルを、衛星搭載型 SAR の干渉解析から求まっている体積変化量に当てはめたところ、2014年4月16日から2014年8月7日までの体積増加量は2339m<sup>3</sup>と求まり、観測結果と良く一致する。Miyagi et al. (2014)は、2013年5月までの衛星搭載型 SAR の解析結果から、深部からの浅部マグマだまりへのマグマ供給が継続していることを示唆する結果を示しており、本解析の結果は、その深部からのマグマ供給が減少したことを示唆する。

謝辞. Pi-SAR-L2 データは、JAXA との共同研究 (RA5) に基づいて提供されたものであり、原初データの所有権は JAXA が有する。また、TerraSAR-X 及び TanDEM-X データは、JAXA と DLR による衛星を利用した災害監視に係る共同研究を通じて配布されたものであり、原初データの所有権は DLR が有する。

キーワード: 航空機 SAR, 干渉解析, 新燃岳, 火口, 溶岩, 地表変動  
Keywords: airborne SAR, InSAR, Shinmoe-dake, crater, lava, deformation

## Pi-SAR-L2 と PALSAR のノイズ等価係数の評価 Evaluation of noise equivalent $\sigma_0$ for Pi-SAR-L2 and PALSAR-2.

渡辺 学<sup>1\*</sup>; 本岡 毅<sup>1</sup>; 大木 真人<sup>1</sup>; 夏秋 嶺<sup>1</sup>; 米澤 千夏<sup>2</sup>; 島田 政信<sup>1</sup>  
WATANABE, Manabu<sup>1\*</sup>; MOTOHKA, Takeshi<sup>1</sup>; OHKI, Masato<sup>1</sup>; NATSUAKI, Ryo<sup>1</sup>; YONEZAWA, Chinatsu<sup>2</sup>;  
SHIMADA, Masanobu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>2</sup> 東北大学

<sup>1</sup>JAXA, <sup>2</sup>Tohoku University

The noise equivalent  $\sigma_0$  (NESZ) were evaluated to the data simultaneously observed with Pi-SAR-L2 and PALSAR-2 by full polarimetry mode. The observation were done on Sept. 11, 2014 over Sendai airport. Fast Fourier transforms (FFTs) was applied to the data, and 10, 20, 30, 40, 50 dB random noise were added in the frequency domain. Inverse FFTs was applied to obtain the time domain data. The change of  $\sigma_0$  for the runway in the Sendai airport was examined, and the NESZ for Pi-SAR-L2 and PALSAR-2 were evaluated from the data. Estimated NESZ were -46.2, -60.5, -61.0, -55.0 dB for  $\sigma_0$  HH, HV, VH, VV of Pi-SAR-L2 data, and -40.3, -50.0, -51.3, -43.0 dB of PALSAR-2 data. The NESZ for the Pi-SAR-L2 was 6 to 12 dB better than those for the PALSAR-2.

The Pi-SAR-L2  $\sigma_0$  profile for the area, where the incident angle is same, were compared with the PALSAR-2  $\sigma_0$  for each polarization. The area, where  $\sigma_0$  is more than -20 dB shows almost same profile, and shows same  $\sigma_0$ . On the other hand, the area, where  $\sigma_0$  is less than -20 dB shows the difference. The difference was not explained by the NESZ estimated above. One of the possible causes for the higher NESZ may be higher azimuth ambiguity for the PALSAR-2 data.

キーワード: フルポーラリメトリ, 合成開口レーダ

Keywords: Full polarimetry,, SAR

## 合成開口レーダと光学センサによる海洋メソ・サブメソスケールフロントの検出 Detection of meso- and submeso-scale ocean fronts using Synthetic Aperture Radar (SAR) and Optical data

磯口 治<sup>1\*</sup>  
ISOGUCHI, Osamu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>(一財) リモート・センシング技術センター  
<sup>1</sup>Remote Sensing Technology Center (RESTEC)

Synthetic aperture radar (SAR) can image ocean surface roughness with high spatial resolution (~10m) and operationally detect information on wind speed and wave, which are related to ocean surface roughness. One of main factors by which surface roughness is modulated is convergence and divergence of surface currents and it has been reported that a large current shear is imaged as line-shaped high NRCS on a SAR image. With a combination of c-band SAR and optical images, a study on upper ocean dynamics has been reported. In the present study, information of ocean fronts with meso- and submeso-scales are detected using L-band SAR (PALSAR-2) and MODIS SST/Chl-a images. The MODIS data we used, which are processed and provided in near-real-time by JAXA/EORC, are observed in the Northwestern Pacific at October 25, 2014 01:11(UT), while PALSAR-2 data that are provided by JAXA within the framework of the 4th ALOS Research Announcement are acquired at October 25, 2014 14:17(UT), about 13 hours time gap for the MODIS acquisition.

In order to make fine structure visible, an about 20-km high-pass filtering is applied for the PALSAR-2 NRCS image after eliminating incidence angle-dependent average signals. This PALSAR-2 contrast image is then compared with the MODIS SST and Chl-a images. The comparison shows that the positions of line-shaped bright and dark patterns in the contrast images correspond with large SST gradients, i.e., SST fronts. This feature is consistent with a general theory that divergence and convergence areas induced by large current shear are imaged dark and bright, respectively, through the modulation of ocean surface roughness. Moreover, the comparison with the Chl-a image represents some local Chl-a maximum along the line-shaped patterns in the PALSAR-2 contrast image. It is suggested that the local increase of Chl-a is induced by upwelling caused by submeso-scale front phenomena. The PALSAR-2 contrast image is thus expected to give useful information on the upper ocean dynamics. In addition to that, since the detected line-shaped patterns might represent "Shiome" and are related to Chl-a concentration, it is interesting to investigate their relationship with fishing grounds.

キーワード: 合成開口レーダ, 海洋フロント, サブメソスケール  
Keywords: PALSAR-2, ocean front, submesoscale

## ALOS-2 / PALSAR-2 ScanSAR-ScanSAR 干渉処理によるフィリピン、マヨン火山の観測 ALOS-2 / PALSAR-2 ScanSAR-ScanSAR interferometry observation for Philippine Mayon Volcano analysis

夏秋 嶺<sup>1\*</sup>; 本岡 毅<sup>1</sup>; 渡邊 学<sup>1</sup>; 大木 真人<sup>1</sup>; 島田 政信<sup>1</sup>

NATSUAKI, Ryo<sup>1\*</sup>; MOTOHKA, Takeshi<sup>1</sup>; WATANABE, Manabu<sup>1</sup>; OHKI, Masato<sup>1</sup>; SHIMADA, Masanobu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター

<sup>1</sup>Earth Observation Research Center, Japan Aerospace Exploration Agency

On September 14 - 18, 2014, Mayon Volcano recorded some activities including lava flows. Before and the after those activities, Advanced Land Observation Satellite-2 (ALOS-2) observed the volcano on September 4 (Scene ID: ALOS2015233350-140904) and October 16 (Scene ID: ALOS2021443350-141016). ALOS-2 carries the state-of-the-art L-band Synthetic Aperture Radar (SAR), the Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar-2 (PALSAR-2) [1]. It has 3m spatial resolution with 50km swath in ultra-fine mode. However, in those observations, 100m x 100m resolution with 350km swath ScanSAR mode was scheduled. No better resolution image was taken during the activities by ALOS-2.

In this paper, we tried interferometric SAR (InSAR) analysis for Mayon volcano with those pair of two ScanSAR images. There are two requirements for the ScanSAR ? ScanSAR interferometry. One is the time synchronization between two observation and the other is the accurate co-registration. PALSAR-2 is designed to have 90% or more burst synchronization. However, as PALSAR-2 was under calibration those days, some pairs have less synchronization ratio. Fortunately, the pair we used marked approximately 53.6% of burst synchronization which is enough high for the interferometry. For the co-registration, in this paper, we applied a local co-registration method using phase gradient estimation from amplitude information proposed in [2], in addition to the popular cross-correlation and geometrical co-registration.

We found some low coherency parts at the summit and the southwest skirt of the mountain. Those low coherency areas represent the surface change caused by the lava or rock fall. On the other hand, no significant deformation was found in the interferogram. These results indicates that this activity was not large enough to make a detectable deformation for 100m resolution SAR interferometry.

### References

[1] Kankaku Y. et.al. , "PALSAR-2 Launch and Early Orbit Status" IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium 2014, pp. 3410 - 3412.

[2] R. Natsuaki and A. Hirose, "Performance improvement of InSAR local co-registration with multiresolution interferogram," Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR) 2013 Tsukuba, Proc, WE2.R3.1, Tsukuba Japan, September 2013.

キーワード: ALOS-2, PALSAR-2, ScanSAR-ScanSAR 干渉, 干渉合成開口レーダー

Keywords: ALOS-2, PALSAR-2, ScanSAR-ScanSAR interferometry, Interferometric Synthetic Aperture Radar

## Phase Linking を利用した干渉 SAR 時系列解析の計測点密度向上 -非都市域の地殻変動観測の高度化に向けて-

### On the phase linking of distributed scatterers - improvement of measurement density in non-urban areas-

小林 知勝<sup>1\*</sup>; Samiei-Esfahany Sami<sup>2</sup>; Hanssen Ramon F.<sup>2</sup>  
KOBAYASHI, Tomokazu<sup>1\*</sup>; SAMIEI-ESFAHANY, Sami<sup>2</sup>; HANSSSEN, Ramon F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国土交通省国土地理院, <sup>2</sup> デルフト工科大学  
<sup>1</sup>GSI of Japan, <sup>2</sup>Delft University of Technology

はじめに: PSI (Persistent Scatterer Interferometry) 解析は, 時間的に散乱特性の変化が小さく位相が安定している PS と呼ばれる点のみを利用することで, 高い計測精度で地表変位の時間変化を推定する手法である. しかしながら, PS 点は人工構造物等が密に分布する都市部等では多く抽出できるが, それ以外の山間部等では数が少なくなり計測点密度の劣化が生じる. 非都市域で計測点密度を向上させるには, Distributed Scatterers (DS) 点の利用が不可欠である. しかし DS 点の位相は誤差が大きく, PS のような高精度での計測は一般的に困難である.

Phase Linking 法: 近年 Phase Linking と呼ばれる新たなアルゴリズムが開発された (Monti-Gaurenieri et al., 2008). この方法は, DS 点の位相の時系列データを, 全干渉画像のコヒーレンスを基に最適化することにより, PS 点と同等の精度で位相計測を実現するものである. この操作は位相連続化前に行われ, 複素円周正規分布の下で最尤法によりラップ状態の位相が得られる. 最適化された位相は PS と同等に扱うことができ, PSI 解析にそのまま利用可能となる. 全干渉画像の位相をつなぎ合わせる操作に相当することから Phase Linking と呼ばれる. DS 点を利用して高い計測精度の観測を実施する方法として SBAS 法があるが, 本手法は, 位相連続化前に位相を最適化する点, 短基線長ペアの限られた情報ではなく全干渉画像の情報を利用する点で優れている.

シミュレーションデータを用いたテスト: 本手法の効果及び開発した計算コードの動作確認のため, シミュレーションデータを用いたテストを実施した. 50x50 ピクセルサイズの 24 枚の SLC データセットを 2 種類作成した. それぞれ, 干渉性ノイズを表現するコヒーレンス行列として, 時間とともに干渉性が低下するもの及び季節変動するものを用いた. また, 地殻変動に相当する時間発展する位相を組み込んだ. マルチルック処理 (5x5) のみを施してもコヒーレンスの高いペア以外地殻変動に相当する位相分布は認識できないが, Phase Linking 処理を施すことにより, 全干渉画像で真の地殻変動と同じ位相分布を再現することができた. 最適化された位相の標準偏差は, 理論的に求まる標準偏差の下限 (Cramér-Rao bound) に近く, 最大 0.1-0.2rad の誤差で位相は求まった. マルチルック処理では最大 1.5rad の差があり, Phase Linking により DS 点から適切に位相を最適化できていることを確認できた.

実データへの適用: 本手法を立山・弥陀ヶ原火山を撮像した ALOS/PALSAR データに適用した. この領域は草原や森林が広がり多くの PS 点の取得は期待できない場所である. 非積雪期のデータのみを選択すると利用できる画像は 12 枚であった. 比較のため, 標準的な PSI 解析も実施した. 一般に, 分散指標を利用した PS 候補点の取得方法は, 画像数が少ない場合は精度が良くないことが知られているため, ここでは単一の SLC 画像から PS 候補点を抽出する SCR 法も用いた. 一方, Phase Linking 法による解析では, まず初めに, 2 標本 KS 検定を用いて統計的に同質のピクセルを抽出してマルチルック処理を行った後 (Ferretti et al., 2011), Phase Linking 処理を実施した. 同じ条件で両手法の結果を比較するため, Spatio-temporal consistency (Hanssen et al., 2008) による位相評価指標を用いて最終的に利用する計測点を選択した. 解析の結果, PSI 解析では最終的に全画素 720,000 点中 7094 点の計測点が残ったが, Phase Linking ではその約 10 倍となる 82,138 点が得られた. この解析では, 地獄谷と呼ばれる地熱活動の活発な領域で進行する膨張性地殻変動が検出されたが, 観測点密度の増加により, 変動域の広がりをよく把握することができる. Phase Linking を利用した DS 点の位相最適化処理により, 山間部における地殻変動観測の向上が期待される.

謝辞: 「だいち」のデータは, 国土地理院と JAXA の「陸域観測技術衛星を用いた地理空間情報の整備及び高度利用に関する協定書」に基づき, 国土地理院が JAXA から購入したものである. データの著作権は JAXA, METI にある.

キーワード: Phase Linking, Distributed scatterers, 干渉 SAR 時系列解析, PSI 解析

Keywords: Phase linking, Distributed scatterers, InSAR time series analysis, Persistent scatterer interferometry (PSI)

## ALOS/PALSAR データ解析に基づく厳冬期の多雪高層湿原における水の浸潤条件 Condition for water infiltration in snowy highland marshes based on ALOS/PALSAR data analysis

豊崎 徳久<sup>1</sup>; 小川 佳子<sup>1\*</sup>; 久田 泰広<sup>1</sup>; 出村 裕英<sup>1</sup>; 祖父江 真一<sup>2</sup>

TOYOSAKI, Norihisa<sup>1</sup>; OGAWA, Yoshiko<sup>1\*</sup>; HISADA, Yasuhiro<sup>1</sup>; DEMURA, Hirohide<sup>1</sup>; SOBUE, Shinichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 会津大学, <sup>2</sup> リモートセンシング技術センター

<sup>1</sup>Univ. of Aizu, <sup>2</sup>RESTEC

We have been studying how to monitor the hydrological environment of snowy highland marshes by using remote sensing. The data from L-band radar PALSAR (The Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) onboard ALOS (Advanced Land Observing Satellite "DAICHI"), a Japanese satellite, has potentials to observe the marshes under the snow layer. The microwave radar measures the back-scattered signals and works in all weathers. The microwave generally reaches the subsurface layer, so the returned signal includes information about soil moisture as well as surface roughness. We analyze the data from PALSAR and try to retrieve the hydrological information in highland marshes through the year.

Based on our analysis of PALSAR/ALOS data, we lastly reported that the Oze highland marsh, extending across the 4 prefectures (Fukushima, Gumma, Niigata and Tochigi), keeps a largest amount of liquid water body in midwinter, however, no such case seems to happen in Kiritappu and Sarobetsu marshes both locating at Hokkaido. All 3 marshes are covered with snow layer in winter. The peak of water content in Oze is observed in midwinter and not in early spring. We concluded that the observed water body in Oze marsh is not meltwater but would be the liquid water squeezed out from the peat bed by the load of heavy snow. In the other 2 marshes of Kiritappu and Sarobets, the thickness of the snow layer and/or peat layer (which is a reservoir of water) seems not enough.

In this presentation, we show our new analysis about Tashiroyama, Uryunuma and Midagahara marshes, locating at Fukushima, Hokkaido and Toyama prefectures, respectively. All 3 marshes are highland marshes where it snows in every winter. We examined whether the water infiltration out of the peat layer could be observed in these highland marshes based on the PALSAR/ALOS data. In both Tashiroyama marsh and Uryunuma marsh, water infiltration was observed during midwinter. In Midagahara marsh, on the other hand, no infiltration of water was observed. We discuss the condition for water infiltration in its correlation with peat depth and snow depth. We propose that water infiltration in highland marshes is caused when the following two conditions are met: 1) layer >2m for the thickness of peat bed and 2) snow cover >2-3m.

キーワード: パルサー, 水文学, リモートセンシング, 高層湿原, 雪, 泥炭層

Keywords: PALSAR, hydrology, remote sensing, highland marsh, snow, peat bed

## ALOS-2 データの氷河域研究への適用-初期解析事例- An application of ALOS-2 data for study of glacial region

山之口 勤<sup>1\*</sup>; 土井 浩一郎<sup>2</sup>; 中村 和樹<sup>3</sup>; 青木 茂<sup>4</sup>

YAMANOKUCHI, Tsutomu<sup>1\*</sup>; DOI, Koichiro<sup>2</sup>; NAKAMURA, Kazuki<sup>3</sup>; AOKI, Shigeru<sup>4</sup>

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

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

ALOS-2/ PALSAR-2 successfully launched on 24, May, 2014 and it has been collecting the data all over the world properly. The major difference between ALOS and ALOS-2 are improvement of spatial resolution, short revisit cycle, keeping short baseline and improvement of observation opportunity by left-right looking. Among them, the important improvement are short base line and short revisit cycle because it is expected to provide the high coherency between observations. It is able to observe in 14 days difference in the best case, it is almost 3 times shorter temporal difference than ALOS data.

Based on these difference, we choose two area for the comparison between ALOS-2 and ALOS data. One is Mt. El Salto, Andes region. This area has many rock glaciers and we successfully detected the movement of them. Here we would like to check whether ALOS-2 can detect these Phenomenon as ALOS data. The other target area is East Antarctic marginal zone between ice sheet and ice shelf. We already confirmed that the possibility of the extraction of grounding line by PALSAR data and how it improve using ALOS-2 data to take into the effect of short revisit cycle and short baseline. We plan to report how ALOS-2 data be useful for cryospheric study based on these two case studies.

ALOS-2/PALSAR-2 and ALOS/PALSAR data were provided by Research Announcement by JAXA PI project (PI No. P1418002)

Keywords: ALOS-2, SAR, InSAR, grounding line, glacier

## DInSAR手法を用いた南極氷床の流動速度推定における精度向上の取組み An approach to improve the accuracy of ice flow rate measurement of Antarctic ice sheet using DInSAR method

白水 薫<sup>1\*</sup>; 土井 浩一郎<sup>2</sup>; 青山 雄一<sup>2</sup>  
SHIRAMIZU, Kaoru<sup>1\*</sup>; DOI, Koichiro<sup>2</sup>; AOYAMA, Yuichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 総合研究大学院大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

差分干渉合成開口レーダー (DInSAR) は南極氷床の緩やかな氷流を高分解能に測定するのに有用な手法の一つである。しかしながら、DInSAR手法による氷流速度推定の精度評価に関する研究はあまりなされておらず、その精度評価は重要な課題である。

DInSAR手法による氷流速度推定では、解析処理において Digital Elevation Model (DEM; 数値標高モデル) を2回適用する。1回目は2時期の SAR データから作成した初期干渉画像に含まれる地形縞を除去する際に使用し、2回目は DInSAR 画像から推定した氷流速度を衛星の視線方向 (Line-Of-Sight; LOS) から実際の流動方向へ射影する際に使用する。しかしながら、極域で DInSAR 手法に使用可能な DEM は少なく、通常使用される ASTER-GDEM は氷床上に多くの異常値を含む。したがって、氷流速度推定に DEM の精度が与える影響は大きいと考えられる。

本研究では、ALOS/PRISM データを用いて新たに作成した DEM (以下、PRISM-DEM と呼ぶ) を DInSAR 手法に適用し、ASTER-GDEM の場合と比較することで氷流速度推定の精度向上を図った。また、南極域の露岩は衛星の回帰周期 (ALOS の場合 46 日間) では変動するとは考えにくいことから、DInSAR 画像での露岩域の変動は誤差と考えられる。そこで、この露岩域の変動量を指標として DInSAR 画像で得られた変位の誤差評価を行った。

研究対象地域は東南極宗谷海岸南部のスカーレン周辺 (昭和基地から南方 90km の地域) とした。DInSAR 画像を作成するために使用した ALOS/PALSAR データは、2007 年 11 月 23 日から 2011 年 1 月 16 日の間に観測された 13 シーン (Path633, Row5710-5720) である。また、PRISM-DEM は ALOS/PRISM の直下視・後方視画像 (観測日: 2009 年 1 月 18 日, Path187, Row 直下視 5020-5030, 後方視 5075-5085) のステレオ視差から作成した。

PRISM-DEM を用いた場合には ASTER-GDEM の場合に比べ、実際の流動方向の氷流速度推定結果に異常な値は見られなかった。また、露岩は ASTER-GDEM を使用した場合には平均 1.65cm, PRISM-DEM の場合には平均 0.74cm となった。

以上の結果から、PRISM-DEM を使用することで氷流速度の推定精度と DInSAR 画像に含まれる誤差の改善が出来たと言える。本講演では、氷流速度推定結果について示すと共に、PRISM-DEM の精度検証についても議論を行う。

キーワード: 差分干渉合成開口レーダー, 南極氷床, 氷流速度, 数値標高モデル

Keywords: DInSAR, Antarctic Ice Sheet, ice flow rate, DEM

## ALOS-2 PALSAR-2 ミッションの現状と森林観測 Advanced Land Observing Satellite-2: Mission Status and Forest Observation

島田 政信<sup>1\*</sup>; 渡辺 学<sup>1</sup>; 本岡 毅<sup>1</sup>  
SHIMADA, Masanobu<sup>1\*</sup>; WATANABE, Manabu<sup>1</sup>; MOTOHKA, Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 宇宙航空研究開発機構, <sup>2</sup> 東京電機大学  
<sup>1</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, <sup>2</sup>Tokyo Denki University

PALSAR-2を搭載したALOS-2は、2014年5月24日に種子島宇宙センターから、回帰周期14日、赤道上高度628kmの太陽同期準回帰軌道に打ち上げられた。本衛星は主として5種類の観測目的(ミッション)を有しており、1) 近年頻度と規模が増大する災害時の緊急観測と被災地への情報提供、2) 森林減少や極域氷河の減少などで知られる地球環境監視、3) 農業や国土監視、4) 石油等の資源監視、5) 将来高性能センサのための技術開発である。これらに応えるために、ALOS-2及び主センサであるPALSAR-2には様々な工夫が加えられた。例えば、1) 衛星進行方向に1mの分解能をもつSpotlightモードの付加、2) 3mの分解能と多重偏波で50~70kmの観測幅で帯状観測ができるストリップモード、3) 350/490kmの観測幅を持つ2偏波のScanSARモード、4) 14日の回帰周期と半径500m以内の軌道保持による干渉精度の向上、5) 緊急観測要請後72時間以内の緊急干渉観測の実施、6) ほぼ9割以上のScanSARのビーム同期の実現と広域干渉SARの円滑化である。これまでに衛星は基本観測計画(BOS-2)に従って運用され、2014年の観測でのデータ取得状況は55,530シーンであり、これは計画の62.7%である。2015年に打ち上げ以降初めての全球森林観測を達成できると考えている。このような高機能なPALSAR-2データの利活用を進めるためのALOS-2解析研究プログラムは地球観測研究センター(EORC)主導で行われる。その構成要素は、校正検証、応用研究であり、センサとしてはALOS-2/PALSAR-2だけでなく航空機搭載のPi-SAR-L2を用いる。本報告ではPALSAR-2の現状や地球規模での観測結果についてPALSARとの比較を通して紹介する。

キーワード: 合成開口レーダ, 森林観測, 校正検証, SAR干渉  
Keywords: L-band SAR, Forest Observation, Calibration and validation, SAR interferometry