

国土地理院における ALOS 衛星シリーズを利用した地殻・地盤変動監視の成果と今後の展望

#小林知勝, 佐藤雄大, 石本正芳, 島崎久実, 石倉信広, 三木原香乃, 市村美沙, 山下達也, 森下遊
キーワード: ALOS 衛星シリーズ, 国土監視, 地殻・地盤変動, SAR 干渉解析, 時系列解析

■はじめに

国土地理院では, SAR による地表変位の検出を高精度地盤変動測量事業と位置づけ, ALOS 以降, SAR 干渉解析により全国を対象とした地殻・地盤変動監視を実施している。現在は, 火山活動や地盤沈下等による全国の地殻・地盤変動の定常監視と地震等の災害時における緊急解析を事業の柱とし, その結果は, 地理院地図を通して情報提供されているほか, 地震予知連絡会, 地震調査委員会, 火山噴火予知連絡会等の専門機関に提供され活動評価に活用されている。こうした背景の下, 本発表では, 現在運用中の ALOS-2 による変動検出・監視の効果を振り返るとともに, ALOS-4 を見据えた国土地理院の取り組みについて紹介する。

■ALOS-2 がもたらした国土監視への効果

ALOS から ALOS-2 へのスペック向上の中で監視上最も重要な項目の 1 つは高空間分解能化であろう。その効果の 1 つは火山活動の監視能力の向上に見られる。2015 年の箱根山・大涌谷での水蒸気噴火の事例は象徴的で, 200m ほどの局所変動の空間分布の詳細を噴火前に検出し, その後の変動推移を追跡できた点は従来にない画期的な観測であった。ごく浅部の圧力状態を直接反映していると考えられるこうした変動は, 火山活動評価に大きく貢献する情報となり, その後も霧島山・硫黄山や吾妻山などの変動監視で効果的に機能している。地震においては, 特に内陸地震に伴う地表変位把握への貢献は大きい。2016 年に発生した熊本地震は, そのことを示す近年の重要な観測事例であった。高い空間分解能により, 主要な震源断層やお付き合い断層とも呼ばれる副次的な断層の位置・広がり・変位量を網羅的かつ詳細に捉えることに成功し, 従来の観測手法では捉えきれなかった内陸地震の複雑性や多様性を新しい地震像として獲得した。さらに高分解能化は, 干渉画像のみならず, 振幅画像の利活用の場も広げた。西之島や福岡ノ場の噴火では, 陸地の生成・成長の詳細把握を可能とし, 国土の拡がりを監視する目的でも活躍した。

ALOS-2 による監視では, こうした変動結果が, 地震や火山の公的な活動評価に利用されるようになったことも大きい。例えば, 2015 年の桜島のマグマ貫入活動における火山噴火予知連絡会拡大幹事会見解では SAR で推定された地下の力源膨張量が, 2018 年北海道胆振東部地震における地震調査委員会では SAR による地殻変動量がそれぞれ活動評価文に組み込まれた。ALOS-2 の登場により, SAR が社会の安全を支える社会基盤の 1 つになりつつあることを意味している。

■ALOS-4 によるこれからの国土監視

次期国産 L バンド SAR 衛星である ALOS-4 の最大の特長は, 干渉解析に可能な画像が 2 週間毎に撮像される高頻度観測の実現であろう。これにより, 干渉 SAR 時系列解析による国土の地殻・地盤変動の時間推移の面的な把握・提供が実用的なレベルで可能となることから, 時系列解析が今後の事業で中核を担うプロダクトとなる予定である。

国土地理院では, ALOS-4 での事業を見据え, 2021 年より, 従来の標準的な SAR 干渉解析に加えて, 時系列解析を火山の定常的な監視業務に導入し, 国内の活動的な 38 活火山(2022年 2 月現在)の結果を地理院地図上で一般公開している。ALOS-2 は観測頻度が年に数回にとどまるものの, 口永良部島の長期的な収縮や焼岳の膨張等, 観測困難な山頂域において局所変動が検出されており, その有効性が示されている。今後は ALOS-4 による高い時間分解能での監視や ALOS-2 を組み合わせた長期変動把握の実現が強く期待される。国土地理院では, 今後も対象火山を拡大し, その結果を地理院地図を通じて公開していく予定である。

これに加えて、時系列解析の結果を国の位置情報（国家座標）の管理に活用していく試みを強化させる予定である。我が国は複雑な地殻変動にさらされているため、近年の高精度測位社会において正確な位置を測るためには、地殻変動によるズレを正確に補正する仕組みが必要とされる。国土地理院では GNSS データから見積もられた補正情報の提供を実施しているが、この補正情報の空間分解能向上等に時系列解析結果を組み込む試みも行っており、本発表ではこうした取り組みの事例も紹介する予定である。

謝辞

本報告で使用したALOS-2データの所有権は、（国研）宇宙航空研究開発機構（JAXA）にあります。これらのデータは、国土地理院とJAXAの間の協定、地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループ、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動に基づいて、JAXAから提供されたものです。

Achievements of ground deformation monitoring using ALOS satellite series at GSI and the way forward

#Tomokazu Kobayashi, Yudai Sato, Masayoshi Ishimoto, Kumi Shimazaki, Nobuhiro Ishikura, Kano Mikiyama, Misa Ichimura, Tatsuya Yamashita, and Yu Morishita

Keywords : ALOS satellite series, land monitoring, ground deformation, SAR interferometric analysis, time series analysis

■Introduction

The Geospatial Information Authority of Japan (GSI) has a project for detection of ground displacement by SAR, and has been conducting nationwide ground deformation monitoring by InSAR analysis since ALOS satellite. At present, the main missions of the project are a regular nationwide monitoring of ground deformation due to volcanic activity and land subsidence, and an emergency analysis for earthquakes and other disasters. The results are provided through GSI Maps, and are also provided to specialized conferences such as the Coordinating Committee for Prediction of Volcanic Eruption for use in evaluation of seismic/volcanic activity. With this background, this presentation will review the effectiveness of ALOS-2 in detecting and monitoring changes in the earth's surface, and introduce the GSI's efforts in preparation for ALOS-4.

■Effects of ALOS-2 on national land monitoring

One of the most important improvements from ALOS to ALOS-2 in terms of land monitoring is the improvement of spatial resolution. The 2015 phreatic eruption at Owakudani volcano is a symbolic event, as it was a kind of breakthrough observation that enables us to detect the details of the spatial distribution of local ground deformation of about 200 m in size before the eruption. This kind of information on local deformations has greatly contributed to evaluation of volcanic activity at other volcanoes. For earthquake observations, the contribution to inland earthquakes is particularly crucial, and the 2016 Kumamoto earthquake was an important recent observation. We succeeded in comprehensively and in detail capturing the location, the spatial extent, and the displacements of major source faults and their secondary-produced faults. Further the high resolution has promoted practical use of the amplitude images. For the Nishinoshima eruption, we successfully monitored formation and growth of the newly-created island. ALOS-2 has contributed to prompt monitoring of the expansion of the national land.

For the ALOS-2-based monitoring, it is also important that the observation results are used for official evaluation of seismic/volcanic activities such as the 2015 Sakurajima magma intrusion event. With the advent of ALOS-2, SAR is becoming one of the social infrastructures that support the safety of our society.

■Future national land monitoring by ALOS-4

The most significant feature of ALOS-4 is to realize high-frequency observation. This will make it possible to provide information on temporal variation of ground deformation by InSAR time series analysis (TSA) at a practical level. The TSA will be a core product in future our projects.

The GSI has introduced the TSA to the routine monitoring of volcanoes since 2021, and the results of 38 active volcanoes in Japan (as of February 2022) are available to the public on the GSI map. The effectiveness of ALOS-2 has been demonstrated by the detection of local deformations in summit areas for some volcanoes. It is expected that ALOS-4 will be used to monitor volcanoes with high temporal resolution and in combination with ALOS-2 to monitor long-term changes. The GSI will continue to increase the number of target volcanoes and publish the results through GSI maps.

We plan to strengthen an attempt to utilize the results of TSA for the management of national positioning information. Since Japan is subjected to complex crustal movements, it is necessary to have a system to accurately correct the deviations caused by crustal movements. The GSI has been providing GNSS-estimated corrections, and is attempting to incorporate the results of TSA to improve the spatial resolution of the corrections.

Acknowledgements

The ownership of ALOS-2 data belongs to Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). ALOS-2 data were provided under a cooperative research contract between GSI and JAXA, and from the Earthquake Working Group and the Volcano Working Group under a cooperative research contract with JAXA.