4. 衛星 SAR による地殻変動監視と航空機 SAR による火山地形の把握

Monitoring of Crustal Movements Using Satellite SAR Data and Observing Volcanic Terrain Using Airborne SAR

国土交通省国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

Abstract : In 2018, A large-scale earthquake occurred directly underneath Iburi area in Hokkaido. Furthermore, several volcanos erupted in Japan with volcanic terrain changed. In this report, we introduce disaster response in 2018 by Geospatial Information Authority of Japan (GSI) using satellite SAR data for detecting crustal movements and airborne SAR data for observing volcanic terrain changes. GSI released these results of analysis via website. Also GSI provided them to various institutes and local governments for their disaster response and recovery operations.

1. はじめに

国土地理院では、人工衛星及び航空機による SAR (合成開口レーダ: Synthetic Aperture Radar) 観測データを活用して、災害時を含む地表変動の監視や火山地形の把握等を行っている。

本稿では、上記に対する昨年の取り組みを紹介するとともに、その成果がどのように活用されたかについて報告する。

2. 衛星 SAR による地表変動解析

2.1 干渉 SAR の概要

「干渉 SAR」とは、地表のある場所を、ほぼ同じ位置から SAR センサによって複数回観測し、取得した反射波の位相差を用いて 2 回の観測の間に生じた数 cm から数 m の地表の変動を面的に計測する技術である。干渉 SAR は、地上の観測機器を必要とせず、広い範囲を高い空間分解能で面的に観測できることから、大規模な変動から局所的な変動まで捉えることができる。また、昼夜問わず観測ができる、雲や噴煙があっても地表の変動が把握できる、などの利点も有する。

SAR センサを搭載する飛行体には航空機や人工衛星があるが、人工衛星の利点として、常に上空を周回し続けており定期的に繰り返し観測ができる点、噴煙等により航空機が山体に近づけない場合にも観測ができる点があげられる。

国土地理院では、全国の地表変動の監視を目的に平

成26年度からだいち 2 号のデータを用いて定常的に SAR 干渉解析を実施している。また、大規模な地震や火山活動等の発生時に緊急観測が実施された際には、臨時的な SAR 干渉解析を行うことにより、これらに伴う地表変動を迅速に把握している。

2.2 干渉 SAR で検出された地殻変動

2.2.1 霧島山 (えびの高原 (硫黄山) 周辺)

2018年 4 月19日15時39分頃に宮崎・鹿児島県境にまたがる霧島山の硫黄山の南側で噴火が発生し、4 月20日16時30分頃に硫黄山の西側500m 付近で噴気が上がった。4 月26日18時15分頃には一時的に噴火が発生した。それ以降噴火は発生しなかったが、活発な噴気活動が続いた。地殻変動観測では、4 月19日に噴火が発生した硫黄山の南側及び西側においてみられていた隆起は、4 月30日までにはほぼ収まった(気象庁, 2018a)。

霧島山の緊急観測は、4 月19日の噴火を踏まえ、4 月20日から 4 月23日までの 4 日間で 6 回実施された。

図-1 は、3 月11日から 4 月22日、3 月12日から 4 月23日の 2 枚の SAR 干渉画像を基に 2.5 次元解析と呼ばれる解析を行い、変動の準上下成分と準東西成分を示したものである。準上下成分では、硫黄山南部及びその西側で隆起が見られ、変動量は硫黄山南部で最大約 9 cm であった。準東西成分では、硫黄山南部で東西に拡大する変動が見られ、硫黄山周辺で膨張とみられる変動があることが確かめられた。

硫黄山の SAR 干渉画像を国土地理院の web サイトに掲載するとともに防災関係機関に提供した。提供

した情報は、気象庁の火山活動解説資料に引用されたほか、5月1日の噴火警戒レベル3から2への引き下げに活用された(気象庁, 2018a)。また、火山噴火予知連絡会にも適宜情報提供し、第141回火山噴火予知連絡会では、火山活動評価に活用された(気象庁, 2018b)。

2.2.2 平成30年北海道胆振東部地震

2018年9月6日に北海道胆振地方中東部で発生した地震(M6.7)では、胆振地方で最大震度7を観測し、被害を伴った(地震調査研究本部地震調査委員会, 2018)。

この地震に伴い、9月6日から9月8日までの3日間で3回の緊急観測が実施された。

図-2は、8月23日から9月6日、8月25日から9月8日の2枚のSAR干渉画像を基に2.5次元解析を行い、変動の準上下成分と準東西成分を示したものである。震央周辺で最大約7cmの隆起が見られたほか、隆起域の東側で最大約4cmの東向きの変動が見られた。

平成30年北海道胆振東部地震に関するSAR干渉画像を国土地理院のwebサイトに掲載するとともに防災関係機関に提供した。地震に伴う変動情報は、水準点の復旧測量における実施範囲の検討に活用されたほか、地震調査委員会では、地震活動の評価に活用された(地震調査研究本部地震調査委員会, 2018)。

図-1 2018/03/11-2018/04/22と2018/03/12-2018/04/23の2.5次元解析結果 左：準上下成分 右：準東西成分の変位量 等量線の間隔は1cm。*2018/04/22と04/23の間に生じた地表変動を考慮していないので、変動量には誤差が含まれている。

図-2 2018/08/23-2018/09/06と2018/08/25-2018/09/08の2.5次元解析結果 左：準上下成分 右：準東西成分の変位量 等量線の間隔は2cm。震央 2018/09/06 03:07 深さ 37km M6.7(気象庁一元化震源) 赤線：活断層線 黒線：活褶曲線 (1/2.5活断層図) 図中の彩色がない部分の変動量は不明。(口絵カラー)

3. 航空機 SAR による火山地形の把握

3.1 航空機 SAR の概要

国土地理院では空中写真撮影のためのセスナ機「くにかぜⅢ」を保有しており、災害時には被災地周辺の空中写真撮影を行っている。一方で、くにかぜⅢには航空機搭載型 SAR が設置できるようになっており、火山噴火時には航空機 SAR 観測を行うことが可能である。

写真-1 に、航空機 SAR のアンテナ部分を示す。航空機 SAR については、X バンドの電波を照射（写真-1 の3つあるアンテナの中央部）して、地表から反射された電波を2つのアンテナ（写真-1 の3つあるアンテナの上部及び下部）で受信する。受信アンテナが2つあるため、前章でのだいち2号とは異なり、干渉処理を行う場合に複数回の観測が必要なく、くにかぜⅢによる1回の飛行で干渉処理を行って DSM 等が作成可能である。

写真-1 航空機 SAR のアンテナ

3.2 航空機 SAR の運用

国土地理院では現在、航空機 SAR 観測を行うための実験無線局の免許を保有しており、航空機 SAR 観測前には、くにかぜⅢの飛行コースや電波照射範囲等について関係機関と調整を行った上で観測を行う必要がある。なお、火山噴火直後においては関係機関との迅速な調整が可能であるため、災害対応業務として支障無く航空機 SAR 観測が行うことができる。

また、国土地理院では、火山活動に応じて気象庁が発表する各火山の噴火警戒レベルの情報を踏まえて、火山噴火により大規模に地形が変わった可能性が高い場合や、火山活動が活発になった火山について、航空機 SAR 観測を行うこととしている。

北東側からの SAR 観測画像に
地図情報を重ねた図

図-3 本白根山の航空機 SAR 再生画像

3.3 2018年における航空機 SAR 観測とその結果

3.3.1 本白根山

2018年1月23日10時2分頃に、本白根山の鏡池北口から噴火が始まったことから、国土地理院は1月27日に火口周辺の航空機 SAR 観測を行った。本白根山については、この時が航空機 SAR で観測した初のケースであったことから、噴火前の再生画像は無く噴火前後における比較はできなかった。しかしながら図-3では、①に複数のくぼ地が列上に並んでおり、その西側②には、だいち2号の画像など他の情報と整合するくぼ地が見られた。

なお、噴火前に作成された地形図ではこれらのくぼ地と対応する地形は確認できなかった。

本成果については、国土地理院の web サイトに掲載するとともに、火山噴火予知連絡会に情報提供し、第141回火山噴火予知連絡会における資料として活用（火山噴火予知連絡会、2018）されたほか、関係機関や関係自治体にも情報提供を行った。

3.3.2 霧島山（新燃岳）

2018年3月1日11時頃に霧島山（新燃岳）の噴火が確認された後、3月6日に火口内に溶岩が確認されて、3月9日には火口縁を越える溶岩の流出が始まった。

国土地理院は3月27日に霧島山（新燃岳）の航空機 SAR 観測を行い、再生画像と DSM の作成を行った。霧島山（新燃岳）については、2017年10月12日に航空機 SAR 観測を行っていたので、図-4の通り噴火前後の再生画像と地形の比較が可能であった。

本成果についても、国土地理院の web サイトに掲載するとともに、火山噴火予知連絡会、関係機関及び関係自治体に情報提供を行った。

3.3.3 霧島山（えびの高原（硫黄山））

2018年4月19日15時39分頃に硫黄山南側で噴火したことに伴い、国土地理院は翌日の4月20日に航空機 SAR 観測を行った。本地域については、2018年2月26日に航空機 SAR 観測を行っていたので、図-5の通り噴火前後の再生画像の比較が可能であった。航空機 SAR 観測と同時に一眼レフカメラで撮影した斜め画像から、図-5のうち、変化箇所1については火孔、変化箇所2については水たまりに対応するものと推測され、本成果においても、国土地理院の web サイトに掲載し、火山噴火予知連絡会、関係機関及び関係自治体に情報提供を行った。

4. まとめ

本稿では、国土地理院が実施している人工衛星及び航空機による SAR 観測データを活用した地表変動の監視や火山地形の把握に対する昨年の取り組みを報告した。

地震や火山活動時においては、だいち2号又はくにかぜIIIにより緊急 SAR 観測を行い、その再生画像や解析結果である地殻変動量や地形変化量は、地震調査委員会や火山噴火予知連絡会で活用されたほか、関係機関や関係自治体への提供も行った。

引き続き国土地理院は、人工衛星及び航空機による SAR 観測のデータから、地表変動の監視や火山地形の把握を行うとともに、災害時に迅速な情報提供を行うことで、災害対策基本法で規定される指定行政機関としての責務を果たしていきたい。

参考文献

地震調査研究本部地震調査委員会(2018)：平成30年北海道胆振東部地震の評価，<https://www.static.jishi>

図-4 霧島山（新燃岳）の航空機 SAR 再生画像と地形変化解析結果

図-5 霧島山（えびの高原（硫黄山））の航空機 SAR 再生画像の比較

n.go.jp/resource/monthly/2018/20180906_iburi_2.pdf, (accessed 19 Nov. 2018).

気象庁 (2018a)：霧島山の火山活動解説資料（平成30年4月），http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/fukuoka/18m04/505_18m04.pdf, (accessed 19 Nov. 2018).

気象庁 (2018b)：第141回火山噴火予知連絡会による全国の火山活動の評価（別紙2），http://www.jma.go.jp/jma/press/1806/20c/yochiren180620_2.pdf, (accessed 19 Nov. 2018).

火山噴火予知連絡会 (2018)：第140回火山噴火予知連絡会資料，https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/shiryo/140/140_01-1-2.pdf, (accessed 6 Dec. 2018).