

草津白根山噴火における合成開口レーダー衛星画像による噴火箇所の特定

株式会社パスコ ○三五 大輔, 鶴殿 俊昭, 小俣 雅志, 下村 博之, 吉川 和男, 石岡 義則, 榊原 庸貴

1, はじめに

2018年1月23日(火) 午前9時59分に草津白根山の鏡池付近において噴火が観測されたが、噴火当日、及び数日間の天候が悪く、航空機やヘリコプターによる調査が困難であった。そこで、噴火状況の的確な把握のため、1月24日にXバンド合成開口レーダー(SAR)衛星であるTerraSAR-Xによる緊急撮像を実施した。本研究では、撮像結果による噴火箇所の特定と火山噴出物の降下範囲を推定した結果について報告する。

2, 撮像と判読の概要

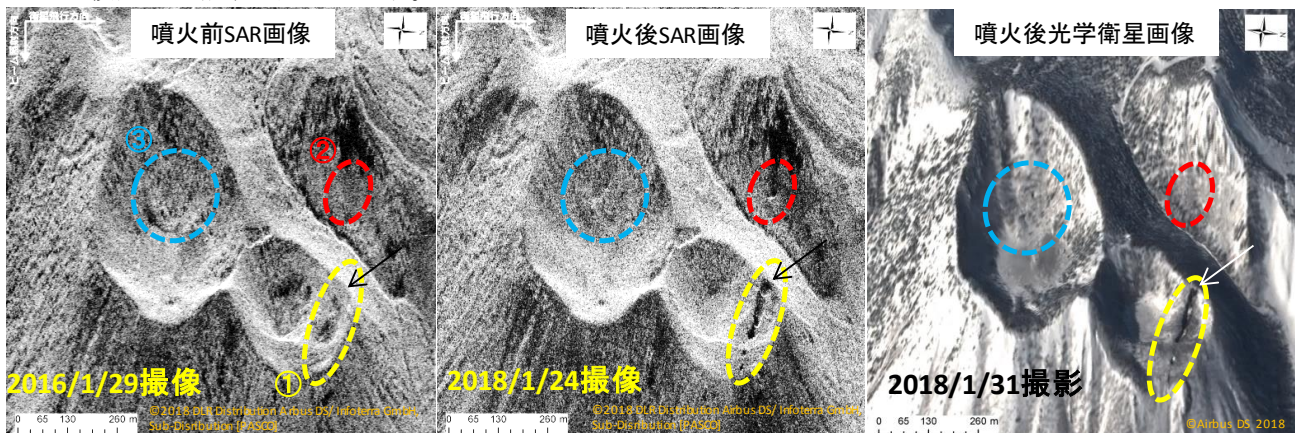
本研究で用いたSAR画像を表1に示す。噴火前に撮像した画像はStaring Spotlightモード(以下噴火前と称す)、噴火後に撮像した画像はHigh Resolution Spotlightモード(以下噴火後と称す)であり、分解能は噴火前が25cm、噴火後が1mと異なるため、噴火前の分解能を噴火後の1mに一致させて判読した。また、SAR画像の判読にあたり、SAR画像に合わせて光学衛星画像を変換した。

表 1 SAR 画像の撮影諸元

撮像日	軌道方向	撮影モード	入射角[°]	空間分解能
2016/1/29	北行軌道	Staring Spotlight	31.6	0.25m
2018/1/24	北行軌道	High resolution Spotlight	31.8	1.0m

3, 目視判読による噴火箇所の特定

噴火前後のSAR画像を用いて噴火箇所を特定し、2018年1月31日SPO T7撮影による光学衛星画像を用いて検証した結果を図1に示す。



①鏡池北火口北側火口列、②西側火口、③鏡池火口内火口列

図 1 噴火箇所の特定結果

①鏡池北火口北側火口列

噴火後のSAR画像、光学衛星画像ともに、噴火前の画像では見られない、東南東方向に連なる黒い領域が確認できる。この領域が鏡池北火口北側火口列と考えられ、東南東方向に長辺約200m・短辺30mの範囲に、大小5つの噴火口として東南東方向に連なる様子が確認できる。また、一番大きい火口は、長辺80m、短辺30mに達すると推定される。この火口列は1週間後に撮影された光学画像でも確認でき、SAR画像での判読結果が証明された。一方で、航空写真から火口列を判読した結果と比較すると、東大地震研究所の情報②によれば、図中の矢印の位置にも火口が存在することが示されているが、SAR画像では判読できない。これは、SAR画像の撮像原理に起因するビーム照射方向斜面の視認性低下が原因であり、1方向のみの撮像では火口等の変化を見逃す可能性があることを示唆している。

②西側火口

噴火後のSAR画像には、噴火前の画像では見られない、黒い穴とエッジの白い箇所を確認できる。これは、新たな火口とそのエッジが画像上に現れていると考えられ、画像から長辺22m、短辺12mの大きさを持つと推定される。なお、1週間後に撮影された光学衛星画像では、積雪等の影響により確認できない。

③鏡池火口

東大地震研究所の情報③をもとにSAR画像を確認した結果、噴火後のSAR画像には噴火前の画像では確認できない、東南東方向に連なる白い線(図中の矢印)が確認できる。これは、新たにできた火口のエッジにより後方散乱が大きくなり、画像上白く現れたと考えられる。この火口は、画像から長辺80m、短辺12mの大きさを持つと推定される。なお、1週間後撮影の光学衛星画像では、積雪等の影響により確認できない。

4、火山噴出物の降下範囲の推定

噴火により発生した火山噴出物により、SAR 画像上では、ア)後方散乱が増加する場合、イ)後方散乱が減少する場合、の2種類の変化が想定される。そこで、噴火前の画像(2016/1/29 撮像)を赤、噴火後の画像(2018/1/24 撮像)を緑と青色に割り当てたカラー合成画像を作成し、火山噴出物に起因する後方散乱の変化を確認した。このカラー合成画像では、噴火後に後方散乱が減少した箇所は赤、噴火後に後方散乱が増加した箇所は水色(シアン)に着色される。カラー合成画像を図2の左図に示す。この画像から、西側火口や鏡池北火口北側火口列の東北東方向に向けて、面的に噴火後の後方散乱が減少した箇所(赤色の箇所)が広がることが確認できた。

次に、後方散乱が面的に減少する範囲を抽出するため、後方散乱係数の正規化した差分値(NDSI)²⁾を用いて、SAR 画像から火山噴出物の降下範囲の推定を行った。本研究に用いたデータは撮像モードが異なるため、分解能の違い等に起因する位置精度、後方散乱の違いやノイズの影響で、そのまま NDSI 解析を実施しても変化箇所の面的な抽出は困難である。そこで、FFTを用いた高精度位置合わせ処理、対数変換処理、及びフィルタリング処理の組み合わせにより前述要因の影響を低減させた。

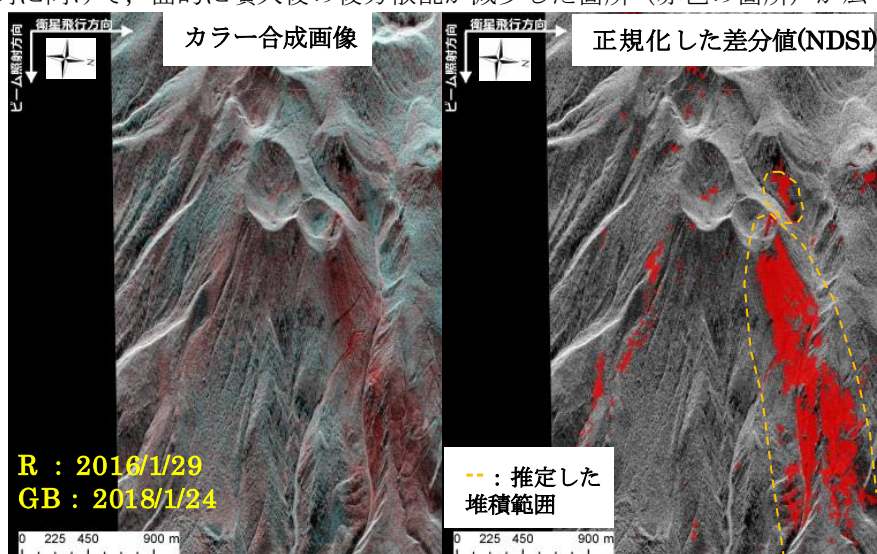


図2 火山噴出物の範囲の推定結果

NDSI による後方散乱が減少した箇所の抽出結果を図2に示す。NDSI 解析の結果では、鏡池火口の東北東方向と東南東方向に差分が大きい箇所が確認できる。そこで、3.で判読した火口の位置、報道情報、及び東京大学地震研究所の報告¹⁾等をもとに、火山噴出物の降下範囲を推定した。推定結果を図2の右図の橙色の破線に囲まれた領域に示す。

前述の情報から、ロープウェイやリフト乗り場より視認可能な範囲から噴煙が上がり、東北東方向に噴煙が拡大したと考えられた。そのため、NDSI 解析で抽出した結果のうち、西側火口や鏡池北火口北側火口列から東北東方向にかけて、約1kmの範囲に広がる領域に火山噴出物が降下堆積したと推定できる。一方で、東南東方向やその他の箇所については、噴火口から離れており、カラー合成画像上での変化(赤色の濃さ)も小さいことから、火山噴出物が降下堆積した領域ではないと推定される。

5、まとめと今後の課題

草津白根山の噴火では、当日午後の報道ヘリ等の空撮や現地からの動画等により遠景からの情報が取得され、噴火の概要は把握できたものの、火口付近の詳細な情報は得られなかった。しかし、天候や昼夜を問わず撮像可能なSAR画像により、鏡池北火口の北側で起きた噴火が火口列を形成していること、西側火口の噴火が生じていることを早い段階で明らかとすることが出来た。また、噴火後数日間の天候が悪く、火山噴出物は雪に覆われてしまった。火山噴出物の範囲全体を特定できる光学写真は撮影されていない中で火口付近火山噴出物の降下範囲を推定し、鏡池北火口北側の火口列から東北東方向に幅狭く分布していることを明らかとした。SAR画像から判読できた火口列のうち、鏡池北火口北側火口列や西側火口は、1月28日にヘリコプターから観察した東京大学地震研究所の報告¹⁾と、配置、配列方向と一致する。また、推定した火山噴出物の降下範囲及び方向を火口近傍で面的に捉えている画像は貴重であり、後日防災科学研究所が公開した降灰調査報告(速報)³⁾の広域の火山灰の分布方向と一致していることが明らかとなっている。

以上のように、緊急時かつ悪天候時における火口付近の詳細状況の把握および火山噴出物の降下範囲の推定に有用であることが再認識され、火山防災上のツールとして活用されることが望まれる。一方で、SAR画像の撮像原理に起因する火口の見逃しも発生しており、1方向からの撮像では限界があると考えられる。今後の災害時には、2方向以上から撮像し、見逃す可能性がある領域を低減させることが期待される。

【参考文献】

- 1) 東京大学地震研究所「2018年1月23日 草津白根山(本白根)噴火」, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/2018/01/30/kusatushirane/>
- 2) 古田ら(2011)「A Study of Detection of Landslide Disasters due to the Pakistan Earthquake using AL OS data」, ISPRS, 2011
- 3) 防災科学研究所「草津白根山2018年1月23日噴火の降灰調査報告(速報)」, http://www.bosai.go.jp/saigai/2017/pdf/20180126_01.pdf