

衛星及び地上型合成開口レーダ（SAR）による雲仙普賢岳の土砂移動把握の検討

国土交通省九州地方整備局長崎河川国道事務所 金井 仁志^{*1}・寺本 泰之^{*2}・伊藤 慎・姫野 徳人

株式会社パスコ ○吉川 和男・徳武 祐斗・柴田 俊彦・柴山 卓史・本田 健

^{*1} 現：国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 ^{*2} 現：国土交通省九州地方整備局河川部

1. はじめに

雲仙普賢岳は長崎県島原半島のほぼ中央に位置する。1990年11月に火山活動が始まり、1995年6月に噴火活動の終息が宣言されたが、この一連の火山活動は普賢岳東側に溶岩ドーム（第11ローブ）とよばれる岩塊を不安定な状態で残存させた。溶岩ドームは1997年（平成9年）～2023年（令和5年）の26年間に約1.42mの移動が確認され、毎年のように落石や小崩落が発生する等、依然として不安定な状態にある。現在、溶岩ドームの挙動を把握するため、光波、GNSS、地上型合成開口レーダー（Ground-Based SAR：GBSAR）、衛星SAR、地震計、振動計、CCTV、航空機レーザー等の様々な手法を用いて観測・監視を行っている¹⁾。本稿では衛星SAR、GBSARのコヒーレンス²⁾に着目し、同解析による土砂移動把握の可能性が示唆されたため、ここに報告する。

2. 衛星SARによる火山岩尖崩壊の把握

2.1 平成新山山頂部の火山岩尖（溶岩尖塔）の崩壊

平成新山山頂部は粘性の高いデイサイト質マグマが固まった火山岩尖からなり、経年による物理的及び化学的風化が進み、その一部が2021年6月4日に崩壊した（図1）³⁾。



図1 雲仙普賢岳平成新山の崩壊部写真³⁾
（平成新山山頂部を南方から望む）

2.2 衛星SARによるコヒーレンス差分解析

衛星SARは、衛星自らが電波（マイクロ波）を斜め下方に照射し、地表からの反射波を受信・記録するものであり、記録されるデータは強度（振幅）と

位相の情報である。衛星SARによる砂防分野の変化抽出において、強度情報は河道閉塞や崩壊地抽出等に用いられている⁴⁾。位相情報はその代表的な解析手法である干渉SAR解析による地すべり性の変動抽出等に用いられている⁴⁾。本稿ではこれら手法より、より小さな変化の抽出が期待されるコヒーレンス解析に着目した。

コヒーレンスとは、2時期のSAR画像の干渉性、すなわち位相の揃い具合を示すものであり、値は0～1で表される。市街地や工場などの人工構造物や露岩域等は高くなるが、農地や植生域等は相対的に低くなる傾向がある。

ここでは、火山岩尖崩壊時期を跨ぐ4時期のJAXAのALOS-2衛星画像（図2）を用い、3時期のコヒーレンス画像（CC画像）を作成した。コヒーレンス画像は、その高低を表現したものであるが、単体ではコヒーレンスがそもそも低い箇所なのか、あるいは土砂移動等のイベントによって低下した箇所なのかの判別が困難である。そこで、イベントを挟むCC画像とイベントを挟まないCC画像の2枚のCC画像の差分をとったコヒーレンス差分画像（CC差分画像）を作成した。コヒーレンス差分画像の概念図を図2に、同解析結果を図3に示す。

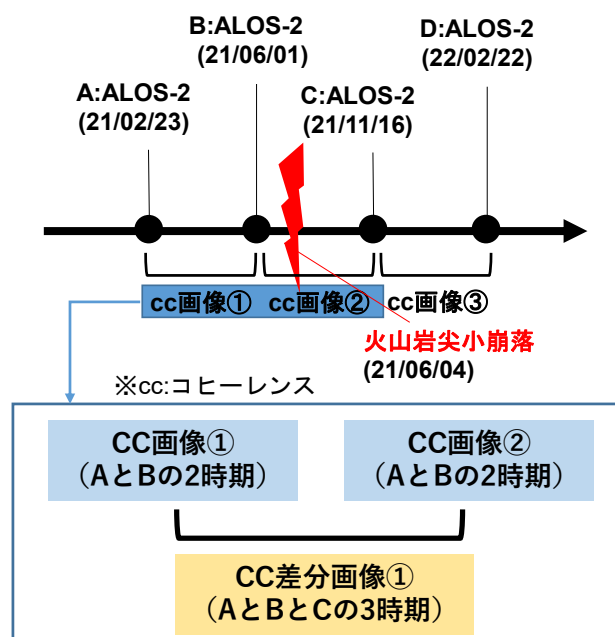


図2 解析に用いたSAR画像(ALOS-2)
（北行 右側観測 ビームU2-8 わがてい角35.4°）
及びコヒーレンス(CC)差分画像の概念図

図3のCC差分画像は-1~+1の値を示し、マイナスがコヒーレンスの低下を示すが、コヒーレンスが低下した範囲（赤）は空中写真により確認した崩壊範囲と一致する結果となった。なお、本崩壊の強度情報(差分画像)からの抽出は困難な状況であった。

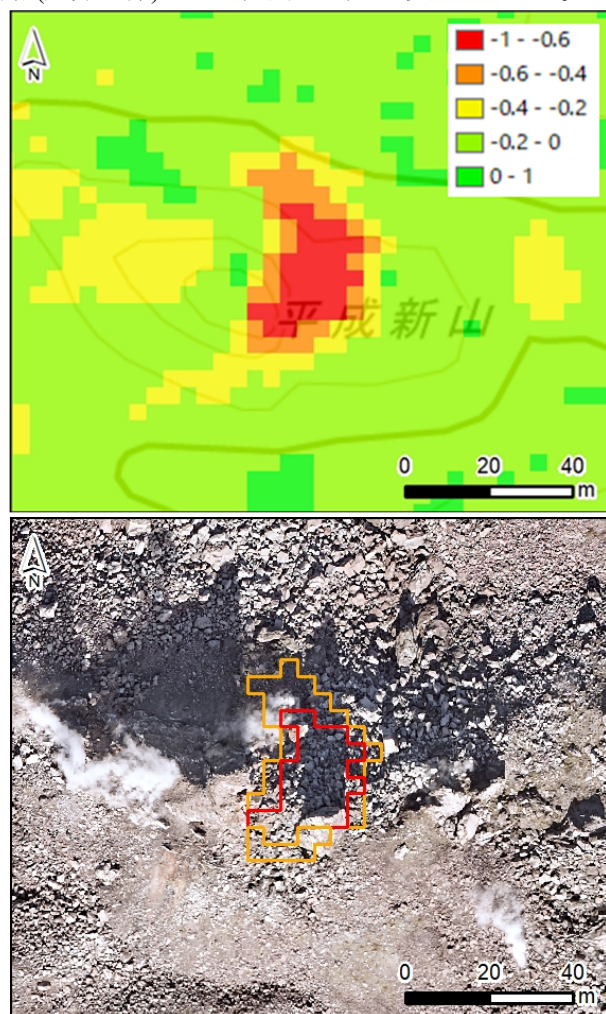


図3 衛星 SAR コヒーレンス差分解析結果
(上:CC差分画像・下:崩壊後空中写真 2021/12)

3. GBSAR による溶岩ドーム端部の小崩落の把握

3.1 溶岩ドーム端部の小崩落

溶岩ドーム端部では毎年のように小崩落が確認されている。ここでは CCTV により発生日時が明確に判明している 2021 年 6 月 22 日 23 時頃に発生した小崩落（幅 40m、高さ 38m、崩壊土量 5,200m³、崩壊面積 580m²）を対象とした。

3.2 GBSAR によるコヒーレンス解析

GBSAR は約 7 分間に一度の観測を実施している。小崩落発生前後の CC 画像等を図 5 に示す。小崩落発生直前の 22:46~22:53（右上図）には高かったコヒーレンスが、発生直後の 22:53~23:00（左下図）には崩落発生域及び土砂の流下範囲（想定）において低下している。23:07~23:14（右下図）には低下したコヒーレンスが再び回復し、高くなっている。な

お、本現象についても強度情報(差分画像)からの抽出は困難であった。

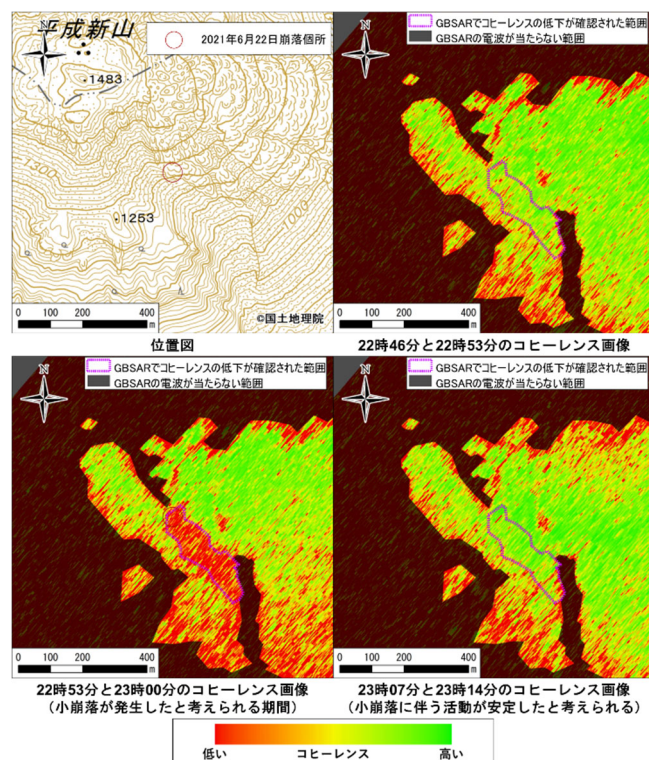


図4 GBSAR コヒーレンス解析結果

4. おわりに

本検討により、衛星 SAR 及び GBSAR のコヒーレンス解析により、強度情報では抽出が困難な小規模な土砂移動把握の可能性が示唆された。本稿ではスペースの都合上割愛したが、本コヒーレンス解析により、航空機レーザー測定の差分解析では判別が困難な土砂移動把握の可能性を示唆されている（発表時に提示予定）。今回の検討対象である平成新山及び第 11 ロープは植生が少なくコヒーレンスが相対的に高いことも良好な結果が得られた要因と考える。

衛星 SAR については、小型衛星のコンステレーションによる観測頻度の向上が計画されていることから、今後の実利用への展開が期待される。

【参考文献】

- 1) 武田ら (2018), 最近の観測結果から見る雲仙普賢岳溶岩ドームの変動について, 第 67 回砂防学会研究発表会概要集, P-185
- 2) 水野ら (2020), 降灰厚と複数時期 SAR 画像間のコヒーレンス低下の関係に基づく降灰範囲抽出手法と適用性, 砂防学会誌, Vol. 72, No. 6, p. 18-28
- 3) 高野ら (2022), 雲仙普賢岳の平成新山における火山岩尖（溶岩尖塔）の崩壊と変動, 第 71 回砂防学会研究発表会概要集, P-19
- 4) 吉川ら (2019), 光学衛星・SAR 衛星によるリモートセンシング, 砂防学会誌, Vol. 71, No. 5, p. 77-80