

衛星データの解析によるクラカタウ火山の山体崩壊について

株式会社パスコ ○本田 健、吉川 和男、徳武 祐斗、野崎 高義

1. はじめに

インドネシアは日本と同じ火山国であり、火山の噴火により人的・経済的損失が発生している。このような中2018年12月22日には津波により多くの犠牲者が発生した。津波発生の原因は当初不明であったが、その後の調査でクラカタウ火山の噴火に伴って発生した事が判明した。

日本においても1741年の渡島大島噴火や1792年雲仙・眉山崩壊など、火山噴火に伴う山体崩壊によって津波が発生した事例が確認されている。

そこで、火山噴火に伴う山体崩壊による災害軽減の基礎資料とするため、衛星データを用いてクラカタウ火山の山体崩壊の規模を調査した。

2. 調査の概要

クラカタウ火山は、インドネシア国のスマトラ島とジャワ島の間にある、標高338m、面積約3km²の火山島である(図1)。

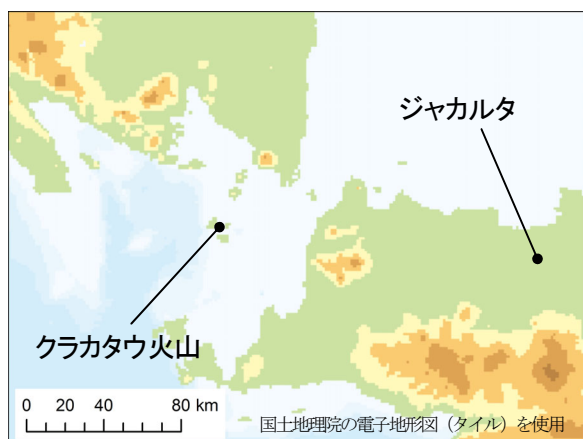


図1 クラカタウ火山の位置

使用した衛星データは、合成開口レーダ衛星のTerraSAR-Xである。SAR画像の諸元を表1に示す。

表1 使用したSAR画像の諸元

	噴火前	噴火後
撮影日	2018年11月3日	2018年12月28日
撮影軌道	Descending	Descending
撮影モード	Spotlight	高分解能 Spotlight
分解能	1.70m	1.00m
偏波	HH	HH
入射角	26.1°	26.1°
プロダクト	GEC	GEC

GEC : Geocoded Ellipsoid Corrected

噴火前後で撮影モードが異なるが、噴火前の画像

は同一軌道で直近のデータを用いたためである。またSAR画像の解析結果を補足・検証するため、光学衛星のPleiades(2019年2月23日撮影、分解能0.5m)も用いた。

3. 噴火による地形変化について

SAR画像より噴火前後の山体の変化を調査した。

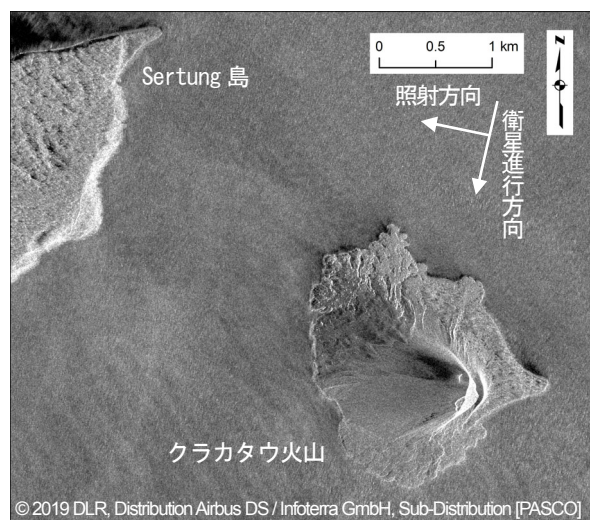


図2 噴火前のクラカタウ火山の地形形状

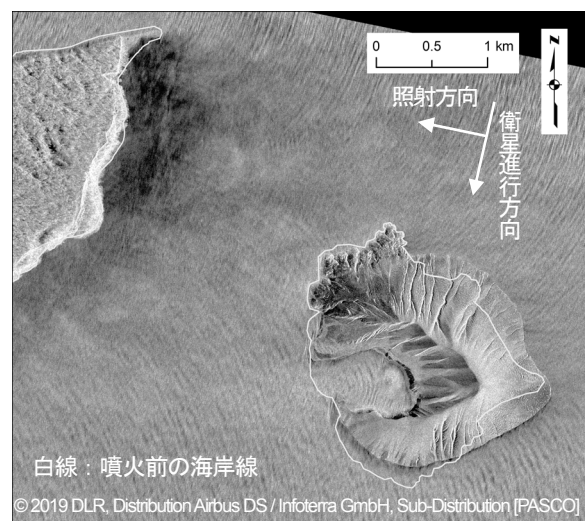


図3 噴火後のクラカタウ火山の地形形状

(1) 火口の形状

噴火前の火口は、山頂の西側に1~2箇所確認できる。火山灰の堆積によると思われる後方散乱強度の低い領域が存在する北側の火口が最近活動していたと推測される。噴火後は山体崩壊によって山体が消失し、海水の浸入により直径約430mの火口湖が形成された。

(2) 降下火砕物の堆積状況

島の北西にみられる溶岩流を除いて大量の降下火

砕物が堆積し、北東から南東にかけては海岸線が約 250m 前進した。また南にあった溶岩流の上にも降下火砕物が堆積したが、海岸まで到達した溶岩流の末端は消失したため海岸線が約 180m 後退した。

一方、周辺海域も含めて山体崩壊によって消失した土塊は確認されなかった。



図4 噴火後の光学衛星の画像

4. 山体崩壊の規模と津波の痕跡について

SAR 及び光学衛星の画像、並びに噴火前の地形データより、山体崩壊の規模と津波の痕跡を調査した。

(1) 山体崩壊の量

噴火前の地形データ、光学衛星の画像から判読した噴火後の火口や海岸線の形状より、噴火後の標高を推定した。これら噴火前後の地形データを用いて差分解析を実施し、地形変化量を算出した。その結果、噴火によって消失した山体崩壊の量は約 7,700 万 m^3 (約 $0.08km^3$) となった(表 2)。

表2 山体崩壊の量

	山体体積 (m^3)	備考
噴火前	188,331,700	ALOS World 3D ¹⁾ の地形データより。
噴火後	111,108,100	陸地の増加や火山噴出物の堆積は考慮していない。
変化量	77,223,600	海底部分の地形変化は考慮していない。

今回算出した値は、インドネシアの火山地質災害軽減センター(CVGHM)が発表²⁾した山体体積の減少量 $1.5\sim 1.8$ 億 m^3 よりも少なくなった。その原因としては、①噴火前の地形データ(観測期間:2006~2011 年)は最近の火山活動による地形変化が反映されていないため山頂標高が噴火直前の標高(338m)よりも 28m 低かったこと、②本検討では海底地形の変化を考慮していないこと、の 2 点が推測される。

(2) 津波の痕跡

噴火後の SAR 画像をみると、山体崩壊の方向、クラカウ火山の西側約 2.5km に位置する Sertung 島の北端の岬が消失し海岸線が約 350m 後退しているのが確認できる。しかしながら、レイオーバーのため、それ以外の海岸線の変状は確認できなかった。

一方、光学衛星の画像をみると、Sertung 島の海岸線において津波の遡上によると思われる侵食痕跡が確認された。ALOS World 3D の標高データより作成した等高線と重ねた結果、最大

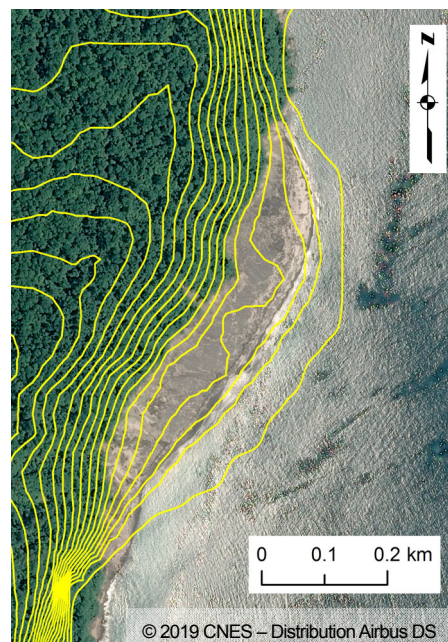


図5 津波遡上の痕跡
(等高線は 10m 間隔)

で高さ約 60m まで津波が到達したと推測された。

5. さいごに

日本で発生した山体崩壊の規模は渡島大島 $2.4km^3$ 、雲仙・眉山 $0.44km^3$ 、磐梯山 $1.5km^3$ である³⁾。クラカウ火山の事例はこれよりも規模が小さいにもかかわらず災害となったのは、遠方の住民が前触れもなしに津波の襲来を受けたことが原因と考えられる。

このような災害を減らすためには、海底火山も含めた火山の監視・観測体制や、遠方の住民にも確実に情報を伝達する体制を充実することが重要と考える。

【参考文献】

- 1) ALOS 全球数値地表モデル(DSM) "ALOS World 3D - 30m (AW3D30)" (https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index_j.htm)
- 2) 22-23 Dec 2018 eruption & tsunami of Krakatoa (<https://magma.vsi.esdm.go.id/press/view.php?id=173>)
- 3) 気象庁・全国の活火山の活動履歴等 (http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/vol_know.html#rireki)