

(53) 準リアルタイム衛星観測情報による口永良部島噴火の即応調査と周辺環境への影響分析

羽柴 秀樹¹・園部 雅史²

¹正会員 日本大学 准教授 理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14)
E-mail:hashiba3@civil.cst.nihon-u.ac.jp

²正会員 (株)パスコ 衛星事業部 (〒164-0001東京都中野区中野4-10-1 中野セントラルパークイースト3F)
E-mail:meabso6634@pasco.co.jp

2015年5月29日の鹿児島県・口永良部島にて大規模な噴火が発生した。この噴火によって火砕流が発生し海岸域まで到達した。本研究では、今回の大規模噴火の前後に観測され準リアルタイムに配信されたLandsat8/OLIセンサによるマルチスペクトル衛星観測情報とASTER/Global DEM情報を利用し、噴火による火砕流の広がりや周辺土地被覆の被災状況の画像判読と3次元表示から詳細な調査を行った。また正規化植生指標値の解析によって、周辺森林域の被災状況の分析を試みた。これらの調査検討から、噴火による自然災害評価に対する準リアルタイムリモートセンシングによる画像情報の有効性について考察した。

Key Words : Landsat8/OLI, GDEM, disaster, eruption, interpretation, NDVI, Remote Sensing

1. はじめに

2015年5月29日に鹿児島県口永良部島において大規模な噴火が発生した。大規模噴火であったことに加え、火砕流が発生したことがこれまでに報告されている¹⁾。このような大規模な噴火現象に伴う被災状況の調査と周辺土地被覆の継続的な環境モニタリングに対して、周期的な観測特性を有する衛星リモートセンシングは有効な観測評価手段の一つである。これまでに衛星リモートセンシングによる火山活動の調査や監視が数多く実施されてきている^{2)~5)}。最近では天候や噴煙の影響を受けることが少ない合成開口レーダ (SAR) 衛星による観測が数多く実施されてきている⁶⁾。しかしながら、火砕流等の発生に伴う火山周辺の土地被覆や森林環境への影響などを詳細に把握するためには、光学式センサでのマルチスペクトル画像情報の特性が大きく貢献すると考えられる⁸⁾⁹⁾。また、近年では中分解能クラスの光学式センサによる観測情報は、観測後に準リアルタイムでの入手が容易となり、被災状況の迅速な把握と評価が可能と考えられる。そこで、本研究では口永良部島の大規模噴火の前後に観測されたLandsat8衛星によるOLI(Operational Land Imager)センサで観測されたマルチスペクトル画像情報とASTER Global DEM(ASTER/GDEM)情報を利用し、噴火による火砕流の広がりや周辺土地被覆の変化を画像判読と3次元表示による地形モデルから調査した。また植生指標値の解析によって、周辺森林域の影響分析を試みた。

2. 方法

(1) 使用衛星データ

ここでは、噴火前後に観測されたLandsat8/OLIデータを使用した。観測日は噴火前が2015年5月5日、噴火後が6月6日である。OLIセンサは8つのバンド帯のマルチスペクトル画像を分解能30m×30mで、パングロマトミック画像を分解能15m×15mで観測している。これらの観測データはUSGS (米国地質調査所) で整備されている準リアルタイム衛星データベースのEarthexplorerから入手した。また標高データはASTER/GDEMを使用した。

(2) 調査領域

今回噴火した島東部域の新岳を中心とした5km×5kmの範囲を選定した (図-1)。

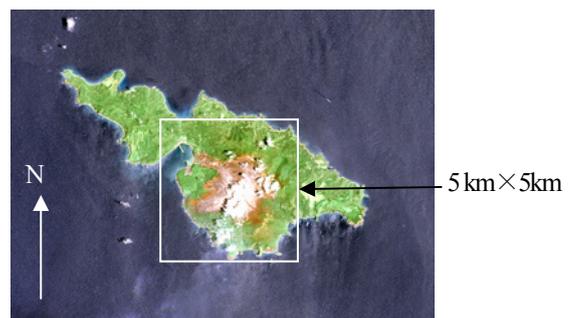


図-1 調査対象領域

(3) 衛星画像データのパンシャープンと画像判読

Landsat8/OLIセンサによる可視光域のマルチスペクトル画像データの有する地上分解能は30m×30mである。噴火の影響をよりわかりやすく判読調査するために、同時観測されている地上分解能15m×15mのパンクロマティック画像データを用いて、パンクロマティックの観測波長帯域に対応したR, G, Bの可視光域マルチスペクトル画像データをパンシャープンした。ここでの処理手法としては、一般的に広く利用されているZhang Y.によって検討されている手法¹⁰⁾を使用した。これによって得られた噴火前と噴火後のパンシャープン化画像から、噴火後の火口周辺および火砕流が発生したとみられる周辺域の土地被覆変化の状況を画像判読によって調査した。

(4) パンシャープン画像の3次元表示による火砕流通過領域の調査

得られたパンシャープン画像とASTER/GDEMデータを合わせて利用し、噴火前後の火口周辺域の3次元画像を作成した。処理には市販されている3次元モデリングソフトウェアを使用し、種々の角度から鳥瞰図を作成できるようにした。これにより、火砕流の通過域の地形的な特性を分析した。また、判読調査の比較対象として噴火後に緊急撮影された空中写真も参照した。

(5) 画像データの地表面反射率への変換と正規化植生指標値による分析

Landsat8/OLIセンサによるマルチスペクトル画像データのDN値について大気補正処理を行い、地表面反射率に変換した。大気補正処理手法はRichter R. et al.によって検討¹¹⁾され、DLR-German Aerospace Centerにて処理プログラムが提案されているATCOR アルゴリズムを使用した。地表面反射率 (ρ) に変換後の画像データに対して、以下の式(1)による方法で正規化植生指標値を噴火前後のそれぞれの画像データで算出し、その変化過程を調査した。

$$NDVI = (\rho_{Band5} - \rho_{Band4}) / (\rho_{Band5} + \rho_{Band4}) \quad (1)$$

なお、Band4は可視光赤波長帯域、Band5は近赤外波長帯域の観測バンドを示す。得られたNDVI値は-1から+1の値となり、+1に近づくほど植生活性度が高い傾向を示す。

3. 噴火前後の状況変化の調査・分析結果

(1) 噴火前後のパンシャープン画像および3次元画像の判読結果

噴火前後のパンシャープン画像を図-2,3に示す。図に示されるように、噴火後において樹木の焼失領域と考えら

れる茶褐色の領域が大きく拡大していることが認められた。また、火口を中心として噴石等の拡散による裸地、砂地の色彩を呈した領域がさらに拡大している傾向が認められた。領域A (図-4,5) において森林域が緑色から幅500mに渡って茶褐色の発色に変化していることから、今回発生した火砕流によって周辺の森林が全焼失もしくは半焼失している状況が認められた。特に3次元表示 (図-8,9) では、地形の谷線の中心に集まるようにして森林が焼失している傾向がみられる。また、領域B (図-6,7) においては、地形の起伏は小さくなく、火砕流や噴石等が海岸線の方向にむけて拡散するように広がっている傾向が示された。このように、地形条件と火砕流の進行方向に関連性が認められた。同様な傾向は空中写真情報 (図-10) からも判断できる。

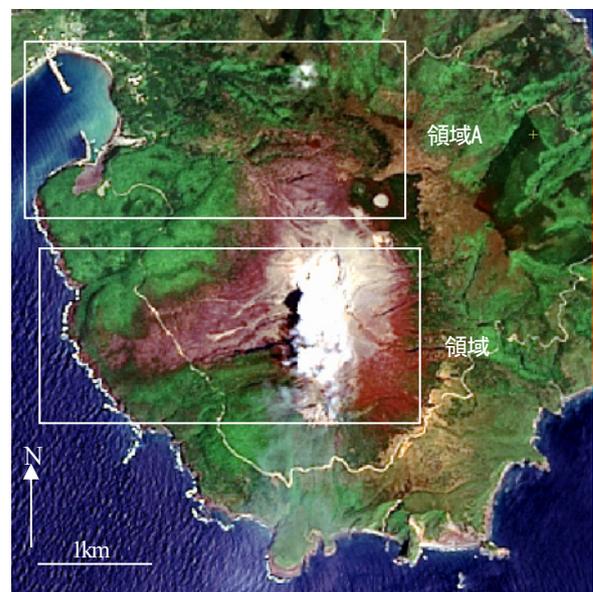


図-2 噴火前 (2015年5月5日観測) のLandsat8/OLIによるパンシャープン画像 (True Color表示)

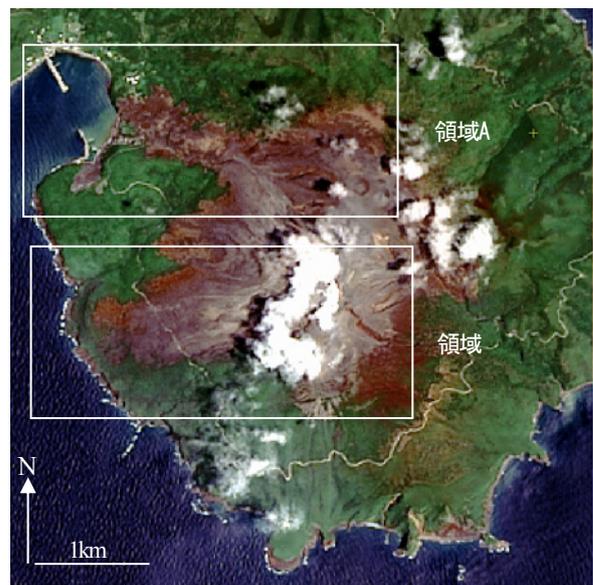


図-3 噴火後 (2015年6月6日観測) のLandsat8/OLIによるパンシャープン画像 (True Color表示)



図-4 火砕流による被災領域Aの噴火前の状況

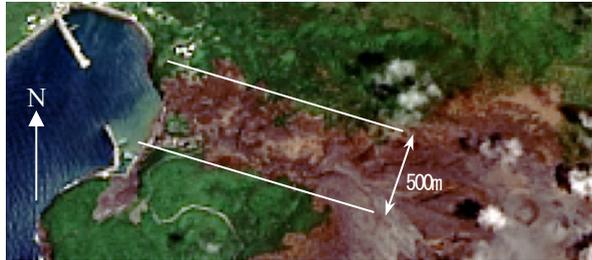


図-5 火砕流による被災領域Aの噴火後の状況

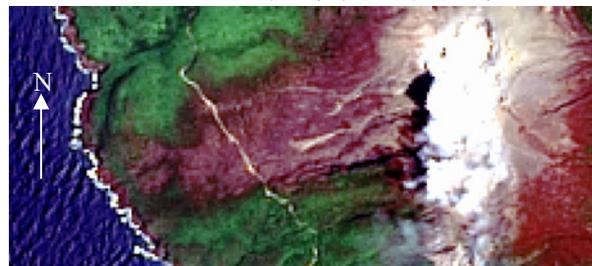


図-6 火砕流による被災領域Bの噴火前の状況

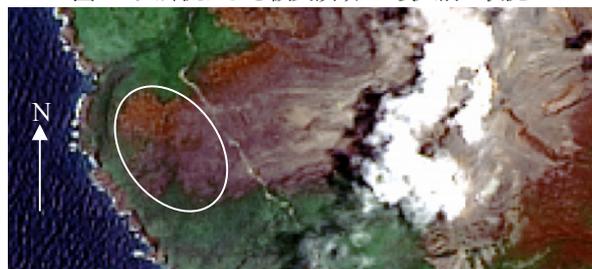


図-7 火砕流による被災領域Bの噴火後の状況

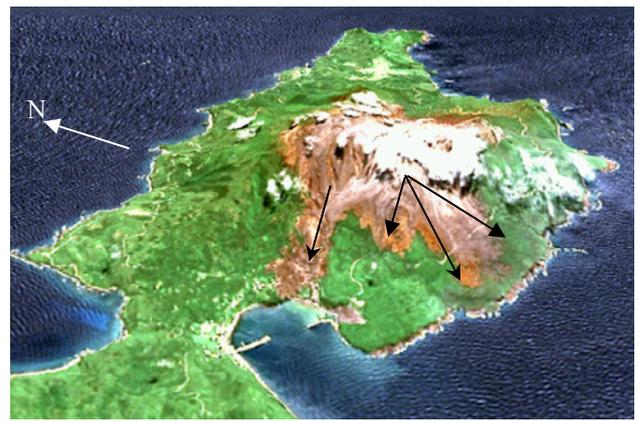


図-8 噴火後のパンシャープ画像の3次元化

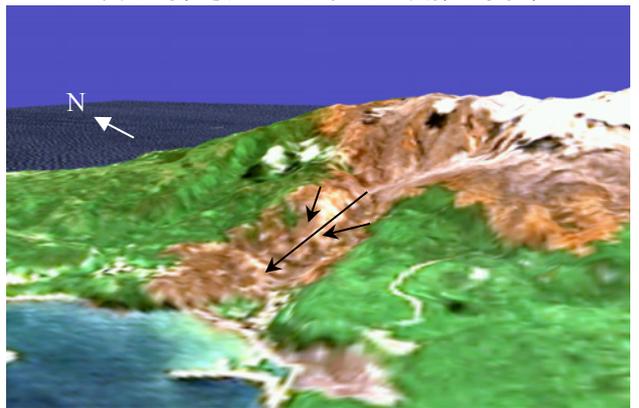


図-9 口永良部漁港周辺の被災状況の3次元画像の拡大



図-10 口永良部漁港周辺の空中写真
(写真提供：株式会社パスコ)

(2) 噴火前後の正規化植生指標値の変化傾向

噴火前後における対象領域全域のNDVI値の分布傾向を図-11～13に示す。なお、ここで海面域はマスク処理によって分布量算定および面的表示から除外した。噴火後では高いNDVI値の分布量が減少傾向を示し、逆に低いNDVI値の増加傾向が示された。なお、火口西側の被雲箇所がNDVI値の画素数集計結果に影響を与えていると考えられる。面的にも画像判読で得られた結果と同様な方向性で低いNDVI値の領域が海岸線方向に拡大している傾向が認められた。これにより、火砕流による領域Aおよび領域Bなどの海岸線に近傍における森林部が焼失し急減なNDVI値の変化につながったと考えられる。この結果と、空中写真判読から得られた結果¹⁾と比較し同様の傾向が示されていることを確認した。このように植生の活性度を示すと考えられる植生指標値が、今回の火山周辺の森林環境への影響を効果的に評価できることが考察された。

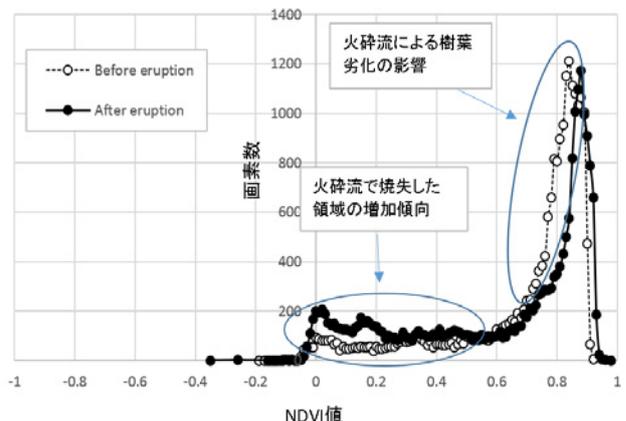


図-11 調査対象領域内の噴火前後のNDVI値

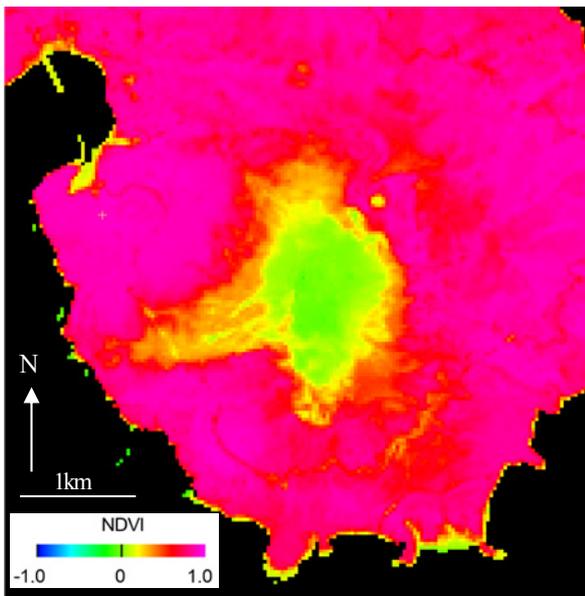


図-12 噴火前のNDVI値の分布状況

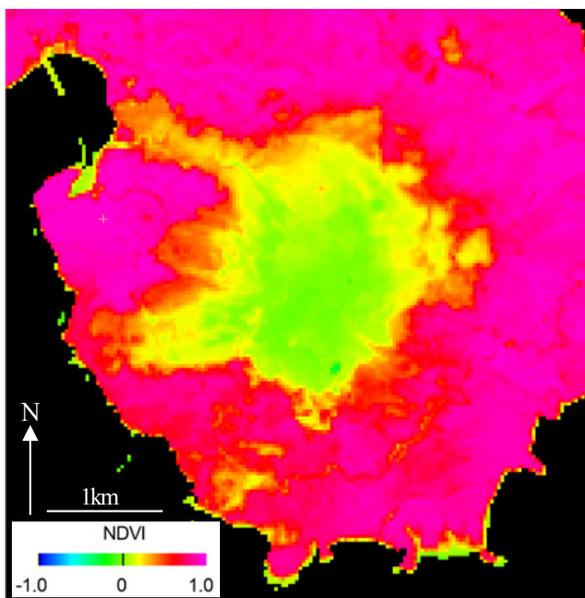


図-13 噴火後のNDVI値の分布状況

4. まとめ

ここではLandsat8/OLIによる画像情報とASTER/GDEM標高情報から、口永良部島の噴火に伴う、火砕流の広がり状況が画像判読調査から示された。また、被災に伴う周辺環境への影響が衛星データの持つマルチスペクトル情報による正規化植生指標値によって効果的に評価することができた。このことは、即応性が求められる災害対応での利用可能性も示されたと考えられる。今後は衛星観測の優位性である周期的な情報取得特性も生かしながら継続的モニタリングを実施する予定である。

謝辞：Landsat8/OLI 画像データは米国地質調査所の提供による。Aster Global DEM データは米国サウスダコタ州

Sioux Falls にある NASA/EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) によって整備されている <<https://lpdaac.usgs.gov>>から検索され、画像データプロダクトは NASA によって提供された。また、ASTER GDEM は経済産業省と NASA によるプロダクトである。図-10 は (株) パスコによる口永良部島火山活動モニタリング 2015 年 6 月 4 日撮影画像斜め写真を使用した。<http://www.pasco.co.jp/disaster_info/150601/>、(入手 2015.6.20)。

参考文献

- 1) 福岡県管区気象台 火山監視・情報センター、鹿児島県地方気象台：口永良部島の火山活動解説資料（平成 27 年 5 月）、<<http://www.jma-net.go.jp/fukuoka/jikazan/kinkyu/V20150529000150903000001505300824.pdf>>、(入手 2015.6.10)。
- 2) 国土地理院：口永良部島の火山活動に関する情報、<<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h27-kuchinoerabu-index.html>>、(入手 2015.6.25)。
- 3) 豊田弘道、田中總太郎、杉村俊郎、中山裕則：昭和61年伊豆大島噴火に係るリモートセンシング、日本リモートセンシング学会誌、Vol.6, No.4, pp.27-63, 1986.
- 4) 中山裕則、田中總太郎、西川肇、藤井寿生、岩下圭之、千葉達郎：SPOTデータによる雲仙火砕流モニタージュ画像、日本リモートセンシング学会誌、Vol.11, No.3, pp.43-47, 1991.
- 5) Urai M.: Volcano monitoring with Landsat TM short-wave infrared bands: the 1990–1994 eruption of Unzen Volcano, Japan, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.21, No.5, pp. 861-872, 2000.
- 6) Marzano F.S., Lamantea M., Montopoli M., Herzog M., Graf H., and Cimini D.: Microwave remote sensing of the 2011 Plinian eruption of the Grímsvötn Icelandic volcano, *Remote Sensing of Environment*, Vol.129, pp.168-184, 2013.
- 7) Kubanek J., Westerhaus M., Schenk A., Aisyah N., Brotopusito K.S., and Heck B.: Volumetric change quantification of the 2010 Merapi eruption using TanDEM-X In SAR, *Remote Sensing of Environment*, Vol.164, pp.16-25, 2015.
- 8) 山西亜希、上條隆志、恒川篤史、樋口広芳：衛星リモートセンシングによる伊豆諸島三宅島2000年噴火の植生被害の把握、ランドスケープ研究、Vol. 66, No. 5, pp.473-476, 2003.
- 9) 菅野正人、加藤正人：衛星データによる2000年有珠山噴火の降灰と森林被害の把握、日本リモートセンシング学会誌、Vol.22, No.1, pp.89-95, 2002.
- 10) Zhang Y.: Problems in the fusion of commercial high-resolution satellite as well as Landsat 7 images and initial solutions, *In ISPRS, Geo Spatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada*, Vol.34, Part 4, 2002.
- 11) Richter R., Schläpfer D. and Müller A.: An automatic atmospheric correction algorithm for visible/NIR imagery, *International Journal of Remote Sensing*, Vol.27, No.10, pp.2077-2085, 2006.
- 12) 産業技術総合研究所・地質調査総合センター：口永良部島火山の噴火に関する情報 [2015年5月]、<<https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kuchinoerabujima2015/index.html>>、(入手 2015.6.25)。