



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ALOS/PALSARによって観測された, アリューシャン列島・Okmok火山における2008年噴火
Author(s)	宮城, 洋介
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 72, 353-361
Issue Date	2009-03-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.72.353
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38164
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_Miyagi.pdf



ALOS/PALSAR によって観測された,
アリューシャン列島・Okmok 火山における 2008 年噴火

宮城 洋介

宇宙航空研究開発機構・地球観測研究センター

(2009 年 1 月 13 日受理)

**The 2008 eruption of Okmok volcano in Aleutian Islands
observed by ALOS/PALSAR**

Yousuke MIYAGI

Earth Observation Research Center,

Japan Aerospace Exploration Agency (EORC, JAXA)

(Received January 13, 2009)

On July 12 (UTC), 2008, Okmok volcano in the Aleutian Islands began to erupt after a lapse of 11 years. Okmok volcano is located on Umnak Island in the Aleutian volcanic chain, and has erupted from an active vent located in the southwest part of the caldera floor more than 10 times since 19th century. Although there are few habitants around Okmok volcano, ash from the eruption could lead to catastrophic airplane accidents because of the heavy air traffic over the Aleutian Islands. In the 2008 event, ash plumes were emitted up to 15,000m above sea level from the new vent located close to the caldera center, not the active vent. JAXA carried out several observations using ALOS/PALSAR before and after the eruption. PALSAR can observe the volcano surface even if it is emitting a great deal of smoke. Comparing images acquired before and after the eruption, we detected surface changes on and around the Okmok caldera and could locate new vents in the area close to the caldera center. Using DInSAR technique of PALSAR data acquired after the eruption, we detected a deflation of the volcanic edifice for the period at least one and a half months after the beginning of the eruption.

．はじめに

アリューシャン列島・Okmok（オクモク）火山は 19 世紀初頭から現在まで非常に活発な火山活動を続けてきた (Miller et al., 1998; Grey, 2003). 上空は航空機の往来が盛んで、大規模な噴煙を伴う噴火は常に航空機災害につながる恐れがある。僻地にあるため 1980 年代までは十分なデータを得ることが難しかったが、1990 年代に入ってから人工衛星による観測が開始され、1997 年噴火の前後で山体の膨張収縮が起こったことが明らかになった (Lu et al., 2000; 2005). また 2000 年以降 Global Positioning System (GPS) や地震計による現地観測データも増え (Miyagi et al., 2004; Miyagi, 2006), 次回噴火に向けて Alaska Volcano Observatory (AVO) や University of Alaska Fairbanks/Geophysical Institute (UAF/GI) によるモニタリングが行われてきた。1997 年噴火からおおよそ 11 年後の 2008 年 7 月、Okmok 火山は噴火活動を開始した。この噴火では当初予想されていた場所からの噴火ではなくカルデラ中央部に新たな噴火口を作り、予想された溶岩流の流出を伴わない大規模な噴火が数週間続いた。宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は陸域観測技術衛星だいち (ALOS) 搭載の合成開口レーダー・PALSAR を使った観測を行った。本研究では、Okmok 火山の紹介と 2008 年噴火に関する ALOS/PALSAR による観測の結果についてまとめる。

．Okmok 火山

Okmok 火山は、アラスカ・アリューシャン列島東部にある Umnak（ウムナック）島の北東部を占め、隣の Unalaska（ウナラスカ）島にあるダッチ・ハーバーから西に約 120km、アラスカ・フェアバンクスから南西に約 1700km の場所に位置する (Fig. 1)。およそ 12000 年前と 2000 年前のカルデラ形成噴火でできた直径約 10km のカルデラを有する楕状火山で、カルデラ内にはカルデラ形成後過去 2000 年間の噴火活動によってできた複数の cinder cones (Cone A, Cone B...と呼ばれている) があり、カルデラ底の大部分は流出した溶岩流で覆われている (Fig. 2)。カルデラリムは標高 1000-1150m で、カルデラの深さは 500-800m である。山腹はなだらかで植生は少なく、過去の噴火で発生した火山碎屑物で覆われている。2000km に及ぶアリューシャン列島には、多数の活動的な火山が存在するが、過去 200 年の間に少なくとも 16 回の噴火が記録されている Okmok 火山は、近年最も活発な火山の一つである。Umnak 島内の人口は少なく、カルデラから南西に約 75km の場所にある Nikolski（ニコルスキ）村に 50 人ほどが住み、また Okmok 火山のすぐ東にある Fort Glenn Ranch House に毎年数名の人間が研究目的や観光目的で滞在する程度である。そのため、噴火による人的被害は少ないと思われるが、Okmok 火山上空は航空機の往来が非常に盛んである。例えば、1989-1990 年に同じアラスカで起こった Redoubt（リダウト）火山の噴火では上空 12000m に達した噴煙による航空機トラブルが報告されている (Begitt et al., 2005)。Okmok 火山における 1997 年噴火の際には、被害は報告されていないが、最大で 9000m にまで噴煙が達しており、同程度の大規模な噴煙を伴う

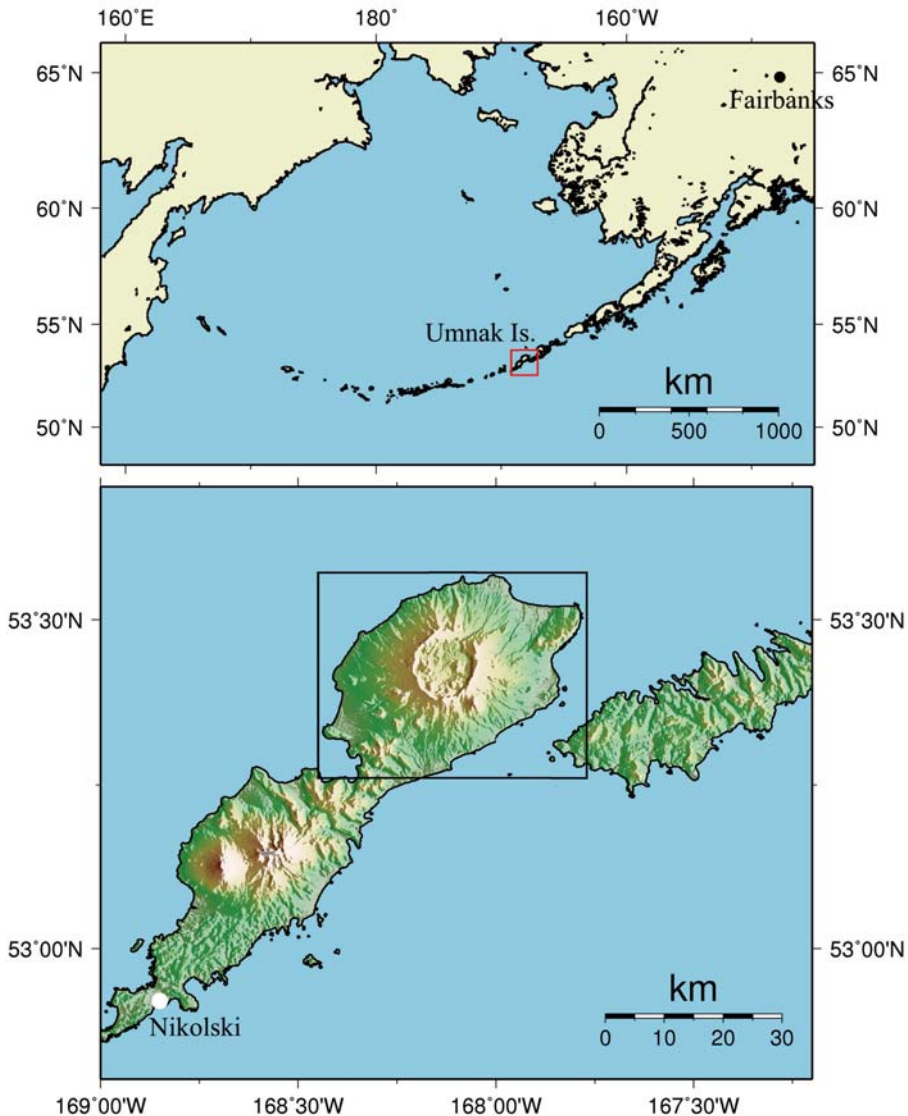


Fig. 1. Map of Okmok volcano on Umnak Island in the Aleutian Islands (a) and (b) close up of Umnak Island.

噴火が重大な航空機事故に繋がることは十分に考えられる。

Okmok 火山はアクセスの困難な場所にあり、火山活動に関する地球物理学的なデータを取得することが難しかった。しかし、1990 年代に入り人工衛星を使ったりリモートセンシング観測が行われ、1997 年噴火の際には大きな成果を残した。Lu et al. (2000) では、合成開口レーダー (SAR) データを使った干渉 SAR (InSAR) 解析により 1997 年噴火に伴う地殻変動を検出し、山体の噴火前膨張、噴火に伴った収縮、そして噴火後の再膨張を明らかにした。また Miyagi et al. (2004) では、2000-2002 年に現地観測を実施し、全 32 点からなる GPS 観測網の設置とキャ



Fig. 2. Inside the Okmok caldera with several cones and lava flows generated from Cone A, from which steam rises in this figure. Photo by author, 2001.

ンペーン GPS 観測を行った。これに引き続いて 2003 年まで行われた GPS 観測から、次回噴火へ向けてカルデラ中心地下でマグマが蓄積されている様子が明らかになり、さらに同時期の InSAR 観測からもほぼ同様の観測結果が得られた (Miyagi, 2006; Lu et al., 2005)。また、2002 年以降 AVO と UAF/GI により島内に 4 点の GPS 連続観測点と 8 点の地震計が設置され、次回噴火に向けたモニタリングが行われてきた (Reyes and McNutt, 2008; Freymueller et al., 2008)。

．これまでの噴火活動と 2008 年噴火

Grey (2003) によると、Okmok 火山では 1805 年以来少なくとも 16 回の噴火が記録されているが、近年に至るまで十分な観測網で確認されたものではないため、幾分少なく見積もられている可能性がある。これらによると、20 世紀以降に Okmok 火山で起こった噴火は全てカルデラ底南西部に位置する Cone A (Fig. 4) から起こったものであるとされている。中でも、1945 年、1958 年、そして 1997 年の噴火は、Cone A からカルデラ内への溶岩流の流出を伴う、規模の大きいものであった。1997 年噴火後も Cone A からの噴気活動は続き、GPS や InSAR 観測から 1997 年噴火前と似た山体膨張も捉えられていたことから、次回噴火もこれまでとそう変わらないタイプの噴火が起こる可能性が高いと見られていた (Begitt et al., 2005)。2008 年 7 月、

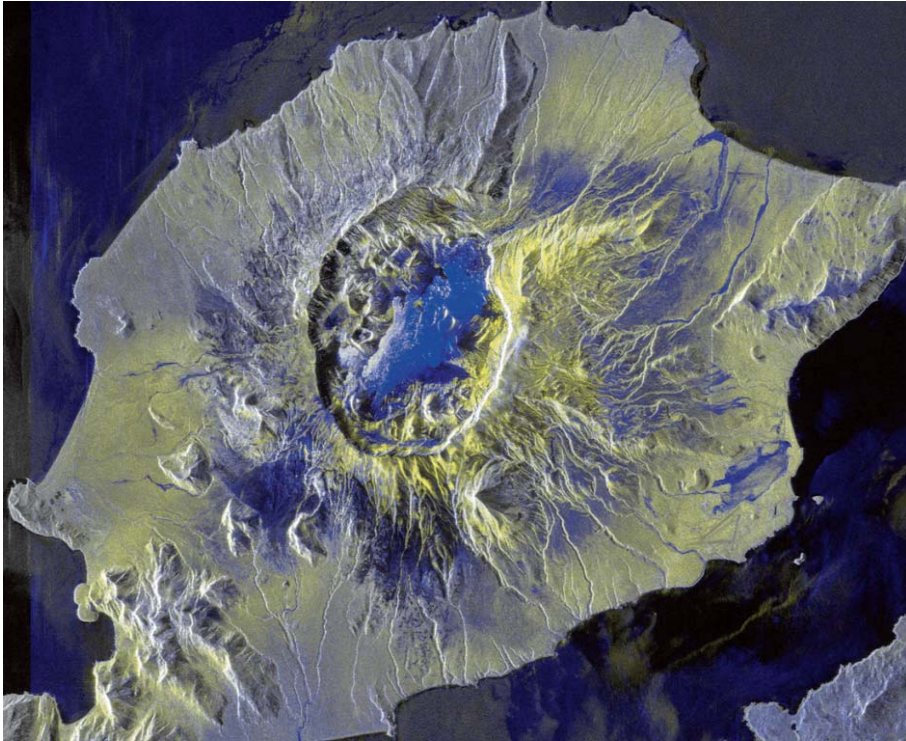


Fig. 3. Color composite image generated from images acquired before and after the eruption of 2008.

Okmok 火山は 1997 年以来約 11 年ぶりに噴火活動を開始したが、この 2008 年噴火は予想されていた Cone A からではなく、Cone D (Fig. 4) の西側、カルデラ中央近くにてきた新たな噴火口から起こった。また噴煙の高さは最大で 15000m にまで達し、噴出物の総量は 1997 年噴火の際に推定された総噴出物量のおよそ 2 倍と極めて大規模な噴火であったが、1997 年他の噴火で見られたような溶岩流の流出はなかった (Lu et al., 2008; Freymueller et al., 2008)。

．ALOS/PALSAR による観測

SAR センサはマイクロ波を使ったレーダーセンサで、昼夜を問わずに観測することができ、また雲や噴煙も透過して地上を観測することができる。2008 年噴火後の 2008 年 8 月 22 日に、JAXA が 2006 年に打ち上げ運用している ALOS/PALSAR による観測が行われた。この観測 (パス 300, フレーム 1060) は、入射角が 34.3° 、アセンディング軌道の高分解能モード (FBD モード) で行われた。同じパス・フレーム、同じ観測モードでの観測が噴火から約 1 年前の 2007 年 8 月 20 日にも行われており、これら噴火前後の PALSAR による強度画像の比較を行った。Fig. 3 の青色で示された領域 (噴火後の画像で暗くなった領域) は噴火前に比べて散乱強度が弱まった領域で、黄色で示された領域 (噴火後の画像で明るくなった領域) は噴火前に比べ



Fig. 4. Zoomed images within the caldera acquired before (left: 2007/8/22) and after (right: 2008/8/20) the eruption.

て散乱強度が強まった領域である。一般的に海や川、浸水域などの水面は暗く見えることから、カルデラから放射状に流れ島の北東部や南西部では海にまで達している泥流（ラハール）が確認できる。泥流が海に流入した部分では、噴火前は海で暗かったところに泥流が堆積するため明るくなる。カルデラリムや山腹で黄色く（噴火後の画像で明るく）なった領域は、噴火活動によって雪が融けたことが原因と思われる。また、カルデラ内で噴出物によって広く覆われた部分が青く（噴火後に暗く）なっていると思われる。Fig. 4 は噴火前後のカルデラ内を拡大した画像で、これらから、カルデラ中央やや東側に新しい噴火口が確認でき、カルデラ内の地形が変化していることが分かる。

噴火に伴った地殻変動の検出を目的とした InSAR 解析も試みたが、2008 年 6 月と 7 月に実施された ALOS の大規模な軌道制御の影響を受け、それ前後のペアの干渉処理が困難になってしまった。また、噴火前の 2008 年 1 月 5 日、2008 年 4 月 6 日のデータは地表に積もった雪の影響を受けてしまい、干渉エリアがカルデラから離れた領域に限られてしまった。そこで、ここでは噴火前ペア（2007 年 7 月 5 日と 2007 年 8 月 20 日）と噴火後ペア（2008 年 8 月 22 日と 2008 年 10 月 7 日）による干渉解析の結果を示す（Figs. 5 and 6）。これによると、噴火から約 1 年前の 46 日間での地殻変動はほとんどなかった事が分かる（Fig. 5）。これに対して、噴火開始 1 ヶ月後からの 46 日間では、干渉縞はカルデラの中心に向かって衛星-地上間の距離が少なくとも 15cm 離れるパターンを示し、今回の予備的解析から山体収縮の傾向が分かる（Fig. 6）。過去の研究から、Okmok 火山は噴火に伴って収縮し終息後再膨張を始める傾向があることが分かっており、2008 年 8 月 22 日の時点ではまだ噴火は終息しておらず、再膨張は始まっていなかったと考えられる。

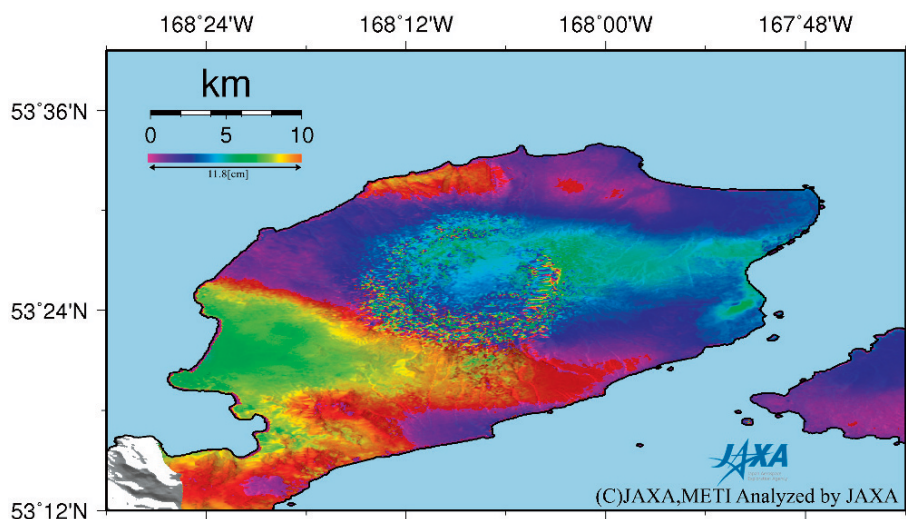


Fig. 5. Interferogram generated by differential interferometric processing of PALSAR data pairs acquired before the eruption. The color bar indicates a phase difference corresponding to a relative slant-range change between the satellite and the ground. One color cycle is equal to 11.8cm of slant-range change, which is half of the wavelength of the radar. A color cycle of blue-red-yellow-green-blue indicates an extension of the satellite-ground distance.

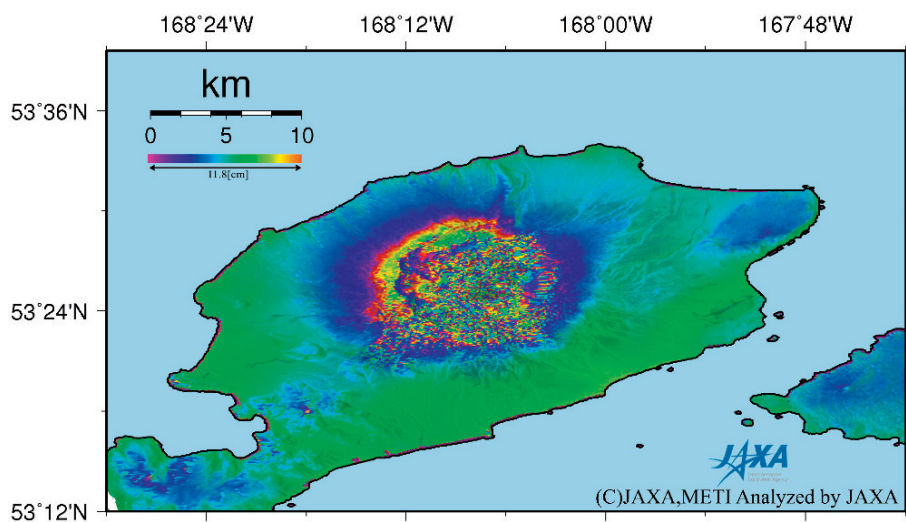


Fig. 6. Interferogram generated by differential interferometric processing of PALSAR data pairs acquired after the eruption.

． ま と め

アリューシャン列島・Okmok 火山は近年非常に活発な火山活動を続け、2008 年 7 月に 11 年ぶりの噴火を起こした。この噴火は、これまでとは異なる噴火口から起こった非常に規模の大きなものであった。ALOS/PALSAR による噴火前後の観測により、噴火に伴って発生した泥流の広がりや、新しくできた噴火口を確認することができた。また、干渉 SAR 解析により、噴火開始から 1 ヶ月半後の 2008 年 8 月 22 日以降も山体の収縮は継続しており、この時点ではまだ次回噴火に向けての再膨張が始まっていなかったことが分かった。今後も ALOS/PALSAR による観測は継続されることから、InSAR による地殻変動のモニタリングを続け、現地観測データの情報も加味しながら噴火活動の推移及び噴火準備過程に注目したい。

謝辞 本論文中使用している ALOS/PALSAR データの所有権は、経済産業省 (METI) 及び JAXA にあります。また PALSAR データの解析には SIGMA-SAR ソフトウェア (Shimada, 1999) を使用しました。

文 献

- Begitt, J. E., J. F. Larsen, C. A. Neal, C. J. Nye and J. R. Schaefer, 2005. Preliminary volcano-hazard assessment for Okmok volcano, Umnak Island, Alaska, *Alaska Department of Natural Resources Division of Geological & Geophysical Surveys*, 32pp.
- Freymueller, J. T., T. Fournier and A. M. Kaufman, 2008. Deformation of Okmok Volcano Associated with its 2008 Eruption, *Eos Trans. AGU*, 89(53), Fall Meet. Suppl., Abstract A53B-0260.
- Grey, D., 2003. Post-caldera eruptions at Okmok volcano, Umnak Island, Alaska, with emphasis on recent eruptions from Cone A., *M.S. thesis, Univ. Alaska, Fairbanks*, 135pp.
- Lu, Z., D. Mann, J. T. Freymueller and D. J. Meyer, 2000. Synthetic aperture radar interferometry of Okmok volcano, Alaska: Radar observation, *J. Geophys. Res.*, **105**, 10791-10806.
- Lu, Z. and T. Masterlark and D. Dzurisin, 2005. Interferometric synthetic aperture radar study of Okmok volcano, Alaska, 1992-2003: Magma supply dynamics and post-emplacement lava flow deformation, *J. Geophys. Res.*, **110**, B02403, doi:10.1029/2004JB003148.
- Lu, Z., D. Dzurisin and R. Rykhus, 2008. InSAR monitoring of the 2008 eruption at Okmok volcano, Alaska, *Eos Trans. AGU*, 89(53), Fall Meet. Suppl., Abstract A51J-05.
- Miller, T. P., R. G. McGimsey, D. H. Richter, J. R. Riehle, C. J. Nye, M. E. Yount and J. A. Dumoulin, 1998. Catalog of the historically active volcanoes of Alaska, *U.S. Geol. Surv. Open File Rep.*, 98-582.
- Miyagi, Y., J. T. Freymueller, F. Kimata, T. Sato and D. Mann, 2004. Surface deformation caused by shallow magmatic activity at Okmok volcano, Alaska, detected by GPS campaigns 2000-2002, *Earth Planets Space*, **56**, e29-e32.
- Miyagi, Y., 2006. Rapid inflation at Okmok volcano, Alaska, detected by GPS campaigns 2000-2003 and its source model, *Ph.D. thesis, Hokkaido Univ.*, 44pp.
- Shimada, M., 1999. Verification processor for SAR calibration and interferometry, *Adv. Space Res.* **23**,

1477-1486.

Reyes, C. G. and S. R. McNutt, 2008. Comparing amplitude-based tremor locations from the July-August 2008 Okmok eruption to 2003-2005 non-eruptive tremor sequences, *Eos Trans. AGU*, **89**(53), Fall Meet. Suppl., Abstract A53B-0256.