

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月14日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21540432

研究課題名（和文） 人工永久散乱体を用いたSAR干渉解析により
活火山のマグマ上昇過程を解明する

研究課題名（英文） Imaging magma plumbing system using InSAR analyses
with corner reflectors

研究代表者

及川 純（OIKAWA JUN）

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：40262084

研究成果の概要（和文）：干渉合成開口レーダー（InSAR）は様々な地殻変動の解析に用いられている。特に面的な地殻変動を捉えるには最も有効な手法である。本研究では、国内で最も活発な火山の一つである諏訪之瀬島において、InSARを用いて地殻変動を観測したが、火山活動が活発だったにも関わらず明瞭な地殻変動は無かった。諏訪之瀬島に代表されるような開口系火道を持つマグマ供給システムの性質ではないかと考えられるが、これを実証する為にも、さらに精度のよい観測研究を行う必要がある。

研究成果の概要（英文）：

Suwanose-jima is one of the most active volcano of Japan with quasi-continuous unrest since 1957. It is monitored with broadband seismometers and tiltmeters but the difficulty in ground access to the island prohibits us to construct large-enough network to understand the magma plumbing system solely from the ground-based monitoring network. Ground deformation observed by the InSAR analysis thus has a potential to gain more insights into our understanding of the magma plumbing system of this volcano.

We analyzed 43 images (19 ascending and 24 descending images, respectively) taken between March, 2007, and February, 2011. Despite strong explosive eruption activity in 2007-2011, no deformation was detected for interferograms from all possible pairs except for small (several centimeters of line-of-sight changes) deformation in an interferogram between August 17, 2007, and January 2, 2008, which could represent deformation due to explosive eruptions in December, 2007. Explosive eruptions without significant deformation can be interpreted as eruptions without feeding magma from depth or magma propagation through the conduit without deformation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：火山現象，火山噴火，InSAR，人工永久散乱体，地殻変動，マグマ上昇過程

1. 研究開始当初の背景

干渉合成開口レーダー (InSAR) は、衛星や航空機などの飛行体から地表に照射したマイクロ波の反射波の干渉を利用して地表の変動を求める方法である。ランダース 1992 年地震の干渉画像が 1993 年に発表されて以降 (Massonnet et al, 1993), 地震や火山活動に伴う地殻変動の研究が盛んになされている。面的な地殻変動が得られることで、震源断層や圧力変動源の位置や変動量を推定する強力な手段となっている。しかし、特に大気中でのマイクロ波の伝播遅延の影響の除去が難しく、数 cm~10cm 程度の誤差が出る場合もしばしばで、良好な結果が得られるのは 10cm を超えるような大きな変動であることが多い。Ferreti et al. (2000) は、地表にある建物を長期に不変の散乱体とみなし (永久散乱体 (Permanent Scatterer)), その変動を時系列化してランダムな大気遅延シグナルと、一定の相関のある地殻変動とを分離する方法 (PS-InSAR) を提案した。これは、比較的人工物の多い都市部で有効であり、年間 2~3mm の変動を捉えた報告もある。また、効率よくレーダー波を反射する人工的な永久散乱体を用いた実験では、誤差 1mm を切る結果も報告されている (Ferreti et al., 2007)。このような人工永久散乱体を用いた PS-InSAR は、火山など、人工物の少ない場所でも有効と考えられる。

諏訪之瀬島は、鹿児島市の南南西約 240km にあり、東西 5.5km, 南北 7.5km の楕円形状をした、国内で最も火山活動が活発な火山島である。19 世紀以降の噴火記録が残っており、最近では 1957 年から噴火活動が頻発し、現在までほぼ連続的に噴火を繰り返している。今まで地球物理学的観測として主に地震、空振の研究がされており、山頂爆発が、火口直下のゆっくりとした増圧の後に減圧を伴って発生していることが示されている (Iguchi et al., 2008)。しかしながら、地殻変動に関しては、主に電力確保の困難さよりほとんど観測されておらず、山頂活動の源であるマグマの上昇過程は全く不明である。

2. 研究の目的

本研究代表者らは、三宅島、浅間山の GPS 観測によってマグマの上昇、収縮過程の推定を行ってきたが (Murase et al., 2006, 青木・他, 2005), 地殻変動観測がマグマ上昇過程の解明には不可欠と考えている。火山学として、50 年以上も活発な火山活動を続けている諏訪之瀬島のマグマ供給系を明らかにすることは、火山噴火過程の研究において最も重要なテーマの 1 つである。そこで、本研究は、GPS や傾斜計など電力の必要な観測には頼らず、人工永久散乱体を用いた PS-InSAR によって、諏訪之瀬島直下のマグマ上昇過程

を明らかにすることを計画した。

3. 研究の方法

本研究では、火山地域に人工的な永久散乱体を設置し PS-InSAR 解析を行うデータは JAXA が打ち上げた人工衛星 ALOS のデータを用いる。データ数は、東方上空および西方上空からの画像がそれぞれ約 8 枚/年である。PS-InSAR 解析に十分な画像の数が 20 であるため、それぞれ 24 枚の画像が利用できる本研究期間中に、センチメートルオーダーの地殻変動を捉えられることが期待される。本研究は、その結果を用いて、マグマの上昇経路、上昇形態、流量変化を詳細に明らかにする。また、地表の火山活動の動向と比較研究することにより、諏訪之瀬島の火山活動の統一的な理解を深める。

4. 研究成果

干渉合成開口レーダー (InSAR) は様々な地殻変動の解析に用いられている。特に面的な地殻変動を捉えるには最も有効な手法である。本研究は、国内で最も活発な火山の一つである諏訪之瀬島において、InSAR を用いて地殻変動を捉え、活発な火山活動の源となるマグマの上昇過程を明らかにすることを目標としている。本研究課題では、特に、人工永久散乱体を諏訪之瀬島に設置し、精度の良い解析手法を応用して精度良い地殻変動を捉えようとしている。そのために、2009 年度は、人工永久散乱体を 8 基作成し、諏訪之瀬島の山頂部及び周辺部に設置したが、2010 年度は InSAR の精度良い時系列解析法である短基長線ペアの干渉画像を用いる時系列解析法 (SBAS 法) を用いた解析手法の改良を行い、2010 年度まで得られているデータに応用した。2011 年度は、解析の総括として ALOS で捉えられた諏訪之瀬島の全データを再解析した。

本研究では、解析の初期段階として、ALOS データを用いた通常の InSAR 解析を行なった、得られた干渉画像の典型的な例が図 1 である。これは、2010 年 11 月 4 日を基準とした 2011 年 3 月 22 日の地殻変動を表すが、変動は見られない。左が地殻変動を表す干渉画像であるが、変動が見られない。この期間内でも諏訪之瀬島では火山噴火活動が活発であったことから、火山活動が活発にも関わらず顕著な地殻変動が見られない様子が見取れる。

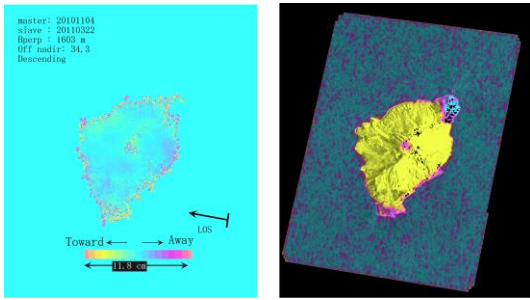


図1. 諏訪之瀬島における典型的な干渉画像。2010年11月4日を基準とした2011年3月22日の変動を表す。帆ダリが干渉画像で変動は見られない。右は干渉の度合いを表す図で、全島にわたって良好な干渉画像が得られていることが見て取れる。

次に、SBAS法を用いた時系列解析法を適用した結果を図2に示す。左に示す諏訪之瀬島内における各点の変動が右に示すそれぞれのグラフになる。本解析によっても、1cm程度の精度で地殻変動が無かったことが明らかとなった。解析に用いるデータを取得している衛星の軌道調整の関係上、解析した期間が短いため、これが諏訪之瀬島の火山活動で普遍的な現象かどうか判別するのは難しいが、火口周辺における明瞭な地殻変動が見られないまま活発な火山活動を続けている状況が存在することは、火山噴火過程を考える上で重要な知見となっている。活発な火山活動を行っているにもかかわらず明瞭な地殻変動を伴わない理由として、マグマ溜まりの形、開口系火道を持つマグマ供給システムの性質などが考えられるが、今後の課題としてこれらのモデルを諏訪之瀬島へ適用出来るかどうかの検討を行う必要がある。また、より高精度の地殻変動観測を行って、マグマ上昇過程の解明を目指す必要がある。

Time series of LOS ground deformation at #1 - #8

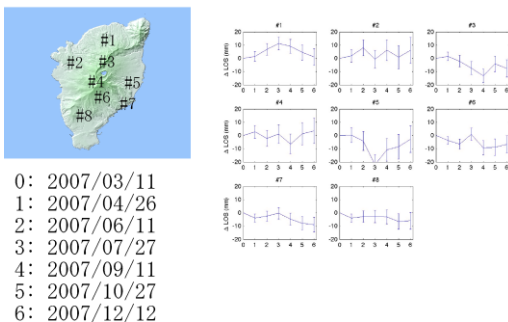


図2. SBAS法を用いた時系列解析の結果。左に示す諏訪之瀬島内における各点の変動がそれぞれ右に示してある。グラフ中の数字は日付を表し、左下に対応関係を示す。#5における3番(2007年7月27日)の変動が大きいように見えるが、これは大気の影響であ

ることが推定されている。これを除くと、概ね1cm以内の変動となる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

1. 大倉敬宏・及川 純, 阿蘇火山におけるGPS観測, 月刊地球, 34, 12, 706-711, 2012, 査読無.

2. Yokota, Y., Y. Kawazoe, S. Yun, S. Oki, Y. Aoki, and K. Koketsu, The 2010 Yushu, China, earthquake and tectonic activity in the eastern Tibetan plateau, Earth Planets and Space, 64, 1047 - 1051, doi:10.5047/eps.2012.04.008., 2012, 査読有

3. 為栗 健・井口正人, 諏訪之瀬島の火山活動—1989年以降の火山性地震と噴火活動について—. 京都大学防災研究所拠点研究(特別推進)「開口型火道システムにおける火山噴火予知を考える」(代表者:井口正人)公開研究集会要旨集, 5-6, 2011, 査読無

4. Aoki, Y. and E. K. Montgomery-Brown, Subsidence of the collapsed caldera of Miyakejima, 2006-2011, Proceedings FRINGE 2011 Workshop, SP-697, 2011, 査読無

5. Furuya, M., Y. Takada, and Y. Aoki, PALSAR InSAR observation and modeling of crustal deformation due to the 2007 Chuetsu-oki earthquake in Niigata, Japan, in Gravity, Geoid, and Earth Observations, International Associations of Geodesy Symposia 135, edited by S. P. Mertikas, Springer, Berlin, pp. 679 - 687, doi:10.1007/978-3-642-10634-7_89, 2010, 査読有

6. Yokoo, A. and M. Iguchi, Swelling of crater bottom as a part of eruption processes at Suwanosejima volcano, Japan: Using an alternative signal of infrasound wave recorded on eruption movie, Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 196, 287-294, 2010, 査読有

7. Watada, S., H. Kanamori, Acoustic Resonant Oscillations Between the Atmosphere and the Solid Earth During the 1991 Mt. Pinatubo Eruption, J. Geophys. Res., 115, B12319, doi:10.1029/2010JB007747, 2010, 査読有

[学会発表] (計3件)

1. J. Oikawa, Y. Aoki, M. Furuya, M. Iguchi and S. Watada, Ground deformation of Suwanose-jima volcano inferred from ALOS/PALSAR InSAR: 2007-2011, American

Geophysical Union 2012 Fall Meeting, 2012
年 12 月 6 日, San Francisco (米国)

2. 及川 純・青木陽介・古屋正人・井口正人
人, InSAR 時系列解析で推定した諏訪之瀬島の
地殻変動, 日本地球惑星科学連合 2010 年
大会, 2010 年 5 月 24 日, 幕張

3. J. Oikawa, Y. Aoki, M. Furuya and M.
Iguchi, Ground deformation of
Suwanose-jima volcano inferred from InSAR
small baseline time-series analysis, AGU
2009Fall Meeting, 2009 年 12 月 15 日, San
Francisco (米国)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

及川 純 (OIKAWA JUN)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号: 40262084

(2) 研究分担者

古屋 正人 (FURUYA MASATO)
北海道大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号: 60313045
井口 正人 (IGUCHI MASATO)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号: 60144391
青木 陽介 (AOKI YOSUKE)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号: 90376624
綿田 辰吾 (WATADA SHINGO)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号: 30301112

(3) 連携研究者

なし

