

平成25年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)
(一般共同研究)

1. 課題番号または共同利用コード 2013-G- 21

2. 研究課題名 (データベース化のため英訳を加えてください。)

和文: 稠密 GPS 観測網を用いた三宅島の火山性地殻変動の研究

英文: Research on the crustal deformation of Miyake volcano using a dense GPS array

3. 研究代表者所属・氏名 九州大学 松島 健

(地震研究所担当教員名) 及川 純

4. 参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	参加内容
松島 健	九州大学・准教授	三宅島稠密GPS測定作業およびその解析
福井 海世	九州大学・修士課程1年	三宅島稠密GPS測定作業およびその解析
藤田 詩織	九州大学・准教授	三宅島稠密GPS測定作業
神薗めぐみ	九州大学・修士課程1年	三宅島稠密GPS測定作業
及川 純	東京大学・助教	三宅島稠密GPS測定作業
渡邊 篤志	東京大学・技術専門職員	三宅島稠密GPS測定作業
奥田 隆	名古屋大学・主任技師	三宅島稠密GPS測定作業
小澤 拓	防災科学技術研究所・主任研究員	三宅島稠密GPS測定作業
宮城 洋介	防災科学技術研究所・契約研究員	三宅島稠密GPS測定作業

5. 研究計画の概要（申請書に記載した「研究計画」を800字以内でご記入ください。変更がある場合、変更内容が分かるように記載してください。）

三宅島では、1995年より地震研究所・九大・名大の共同で稠密なGPS観測網を構築し、次の三宅島噴火に向けて毎年キャンペーン観測が実施されてきた。また東京都基準点約40地点においては高速静止測量が実施されていた。2000年6月の噴火では、最大70cmにおよぶ変位が観測され、これらの観測点で求められた変位量から、三宅島の南西部から西部にかけて貫入したマグマの様子を詳細にとらえることができた。しかし、噴火災害や復興事業で多くの基準点が失われるとともに、大学の三宅島の常時観測研究体勢が中止されたため、2003年以降の測定が行われていなかった。

応募者のグループは、2010年度および2012年度の地震研究所一般共同研究の一環として、15ヶ所の固定点（うち7点が新設）および26ヶ所の高速静止測量点の測定を行った。その結果、三宅島はごく僅かであるが、膨張に転じており、火山ガスの放出による収縮期からマグマの蓄積期に入ったことが確認された。

今回の共同研究ではこれらの基準点の再測定を行い、三宅島の地殻変動の現状を詳細に把握し、来たるべく次の噴火活動の基礎となるデータを取得する。また防災科学技術研究所が展開する火山観測点でのGPS観測データも統一的に解析を行う。

近年干渉SAR解析の発達により、面的に地殻変動が得られるようになり、稠密なGPS網の必要性が薄れてしまっているかに思われている。しかしながら火山地域の場合、噴火によりひとたび地表が火山灰に覆われると干渉画像を得ることができず、噴火前後の重要な地殻変動を得ることができない可能性が高い。またSAR衛星が故障すると、地殻変動データの連続性が失われてしまう。このような事態を避けるうえでも火山地域の稠密GPS観測網の維持はたいへん重要である。

6. 研究成果の概要 (図を含めて1頁で記入してください。)

キーワード (3~5 程度) : 三宅島火山 GPS 測量 地殻変動

三宅島火山は 2000 年の噴火以降山体の収縮が続いていたが、2006 年ごろから山体深部の膨張を示す地殻変動が継続していることが報告されており(気象庁, 2013), 現在は次の噴火に向けた準備過程にあると考えられる。三宅島島内では国土地理院・気象庁・海上保安庁・防災科学技術研究所の観測によって火山活動の監視が続けられているが、地殻変動観測点は限られており、2000 年の噴火以降の正確なマグマ蓄積モデルは得られていない。

本研究では、九州大学・東京大学・名古屋大学・防災科学技術研究と共同で 2011 年より三宅島島内で毎年夏季に稠密なくりかえし GPS 観測を実施している。空間分解能の向上のため毎年新しい観測点を増設しており、2013 年にはこれまで観測点のなかった山頂火口の縁に 2 点新設した。2013 年現在で 21 点の観測網を展開している。

この観測データと諸機関でこれまで独自に解析されてきた定常 GPS 観測データを集約・統合処理を行うことで、2011 年 9 月~2013 年 9 月の 2 年間の島内の精密な地殻変動を測定した。その結果、島の南部には膨張、山頂部には収縮の傾向が見られた。また、圧力源モデルの推定から、火口直下浅部(海面下 0.3km)のシル状収縮源、島南部の深さ 4~7km のダイク状の膨張源、および深部(海面下 13km)の球状膨張源が確認された。

Ozawa & Ueda (2011) は、2006 年~2010 年の合成開口レーダーのデータ解析から山頂火口直下にシル状収縮源を推定しており、解析期間は異なるものの収縮源の位置や体積変化率は本研究のと調和的である。また、従来から推定された深部球状膨張源のみでは、この期観測結果を説明することができない。部の球状膨張源から新たにダイク状の源にマグマの供給が始まったと考えられる。

今後は、特に南部の観測網をより密で詳細な地殻変動を把握し、膨張源のを行っていく必要がある。

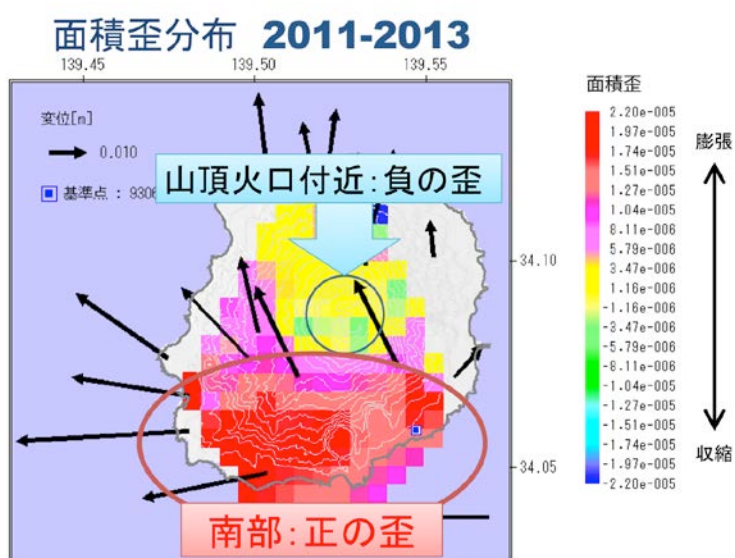


図1 稠密 GPS 観測から得られた三宅島地殻変動の水平変位ベクトルと面積歪分布図

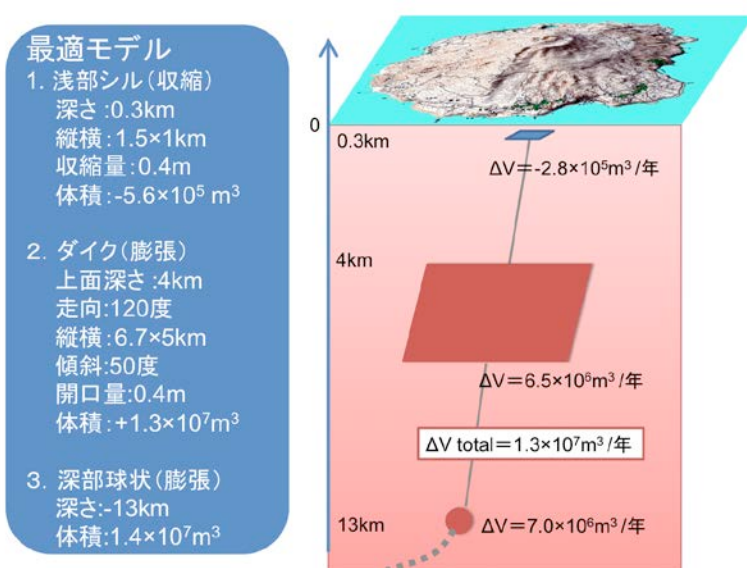


図2 三宅島火山の地下に推定されたマグマ圧力源モデル

7. 研究実績（論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無）

福井海世・松島 健・弓取なつみ・及川 純・渡邊篤志・奥田 隆・小澤 拓・河野裕希・宮城洋介, G P S 観測による三宅島 2000 年噴火以降の地殻変動について, 日本地球惑星科学連合大会, SVC48-P21, 2013.05.19, (ポスターでの謝辞記載)

Fukui, M., Matsushima, T., Yumitori, N., Oikawa, J., Watanabe, A., Okuda, T., Ozawa, T., Kohno, Y., Miyagi, Y., Crustal deformation of Miyakejima volcano, Japan since the eruption of 2000 using dense GPS campaign observation, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, 1W_2F-P17, 2013.07.21. (ポスターでの謝辞記載)

松島 健, 福井海世, 及川純, 渡邊篤志, 大湊隆雄, 小澤拓, 宮城洋介, 河野裕希, 奥田隆, 三宅島大野原島近傍で発生した $M_j6.2$ の地震と今後の定常観測について, 日本火山学会秋季大会, P68, 2013.09.29 (ポスターでの謝辞記載)

Fukui, F., Matsushima, T., Oikawa, J., Watanabe, A., Okuda, T., Ozawa, T., Kohno, Y., Miyagi, Y., Crustal deformation of Miyakejima volcano, Japan since the eruption of 2000 using dense GPS campaign observation, 2013 Fall Meeting, AGU, V51E-2739, 2013.12.13 (ポスターでの謝辞記載)

福井海世・松島 健・及川 純・渡邊篤志・奥田 隆・小澤 拓・河野裕希・宮城洋介, 地殻変動観測から推定される三宅島火山の圧力源について, 日本地球惑星科学連合大会, SVC55-P12, 2014.05.01, (謝辞記載)

G P S 観測による三宅島 2000 年噴火以降の地殻変動について

Crustal deformation of Miyakejima volcano, Japan since the eruption of 2000 using dense GPS campaign observation

福井 海世^{1*}, 松島 健², 弓取 なつみ¹, 及川 純³, 渡邊 篤志³, 奥田 隆⁴, 小澤 拓⁵, 河野 裕希⁵, 宮城 洋介⁵

Miyo Fukui^{1*}, Takeshi Matsushima², Natsumi Yumitori¹, Jun Oikawa³, Atsushi Watanabe³, Takashi OKUDA⁴, Taku Ozawa⁵, Yuhki Kohno⁵, Yosuke Miyagi⁵

¹九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻, ²九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター, ³東京大学地震研究所, ⁴名古屋大学環境学研究科地震火山・防災研究センター, ⁵独立行政法人 防災科学技術研究所

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, ²Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, ³Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ⁴Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ⁵National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

三宅島は、東京から南へ約 175km に位置しており、直径約 8km ほぼ円形の主に玄武岩 (SiO₂ 50 ~ 56 %) からなる成層火山である。三宅島は、有史以降少なくとも 15 回噴火しており、過去 100 年間では約 20 年間隔で噴火を繰り返している。最新の噴火は 2000 年に発生した。この噴火では、約 2500 年ぶりに山頂部に陥没カルデラが形成されるとともに、長期間にわたって火山ガスを大量に噴出し、島民は 4 年半にわたり避難を余儀なくされた。この噴火様式は、過去 100 年の噴火と大きく異なっており、次の噴火がいつ、どのように起こるのかを予測することは大変難しい。

三宅島では、1995 年より東大・九大・名大の共同で稠密な GPS 観測網が構築され、毎年キャンペーン観測が実施されていた。2000 年噴火では、観測された変位量からマグマ貫入の様子が詳細に捕えられた。しかし、多量の火山性ガス噴出にともなう入域制限のため、2002 年 ~ 2010 年にかけて大学共同の GPS 観測は途絶えていた。そこで、2011 年から九大地震火山観測研究センターは、名大、東大、防災科研との共同で三宅島において GPS キャンペーン観測を再開した。本研究では、2000 年噴火以降の三宅島の詳細な地殻変動を把握するとともに、次の噴火活動研究の基礎となるデータを取得することを目的としている。

解析には、2011 年と 2012 年のキャンペーン観測で得られた 45 観測点のデータと、国土地理院の 4 点の電子基準点の連続観測データを使用した。観測データの基線解析は解析ソフトウェア RTKLIB(高須他、2007) を用い、IGS 精密暦を使用して行った。求められた座標値から 2011 年-2012 年の三宅島の地殻変動を推定した。また、山川・茂木モデル(山川 1955、Mogi 1958) を用いて三宅島の地下の球状圧力源の位置とその体積変化量を推定した。

水平変位からは、多少のばらつきはあるものの、島の中心から外側に放射状に伸長する動きがみられる。また、球状圧力源も膨張傾向にあると推定された。この結果から、三宅島では次の噴火につながるマグマ溜まりへのマグマの供給が始まっている可能性が考えられる。来年度も観測を継続し、膨張傾向が続くのかどうか調べる予定である。

キーワード: 三宅島, GPS, 地殻変動

Keywords: Miyakejima, GPS, Crustal Deformation

Crustal deformation of Miyakejima volcano, Japan since the eruption of 2000 using dense GPS campaign observation

Miyo Fukui¹, Takeshi Matsuhima², Natsumi Yumitori¹, Jun Oikawa³, Atsushi Watanabe³, Takashi Okuda⁴, Taku Ozawa⁵, Yuhki Kohno⁵, Yousuke Miyagi⁵

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Kyushu University, Japan, ²Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, Japan, ³Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, Japan, ⁴Earthquake and Volcano Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Japan, ⁵National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan

E-mail: miyo.f@sevo.kyushu-u.ac.jp

Miyakejima Island is an active volcanic Island located about 175 km south from Tokyo, Japan. Miyakejima volcano has had at least 15 historical eruptions and erupted about every 20 years in the past 100 years. The latest eruptive activities began in 2000. These activities included forming a caldera for the first time in 2500 years and gigantic volcanic gas emission that forced islander to evacuate over four and half years. This style was different from the style of the last 100 years.

A dense GPS observation campaign had begun at Miyakejima volcano in cooperation with University of Tokyo, Kyushu University, and Nagoya University in 1995. At the eruption in 2000, the state of the magma intrusion was captured in detail from the observed displacement. However, this campaign observation had stopped from 2002 to 2010 because of the landing restrictions to the island due to the large amount of volcanic gas emission. We rebuilt the dense GPS network and restarted the campaign observation from 2011. In this study, we examined the magma-plumbing system under Miyakejima volcano by means of GPS observations to get insights about the future activity of Miyakejima volcano.

We used the data of our campaign observation of 2011 and 2012 recorded by 45 stations, and the data of four GEONET sites of Geospatial Information Authority of Japan (GSI) in this analysis. The observation data were analyzed by RTK-LIB (Takasu et al. 2007) using GPS precise ephemeris from IGS. We estimated the crustal deformation of Miyakejima from 2011 to 2012 from the obtained coordinate values, and calculated the position and volume of spherical source using the software named Magnetic and Geodetic data Computer Analysis Program for Volcano (MaGCAP-V). The result showed there was the small inflation source at a depth of about 3 km beneath Mt. Oyama, which is the central cone of Miyakejima volcano. From this result, we can say Miyakejima have the possible that the magma supply to the magma chamber leads to the next eruption has begun. We will carry out the observation this year and examine whether the expansion trend continues or not.

三宅島大野原島近傍で発生した $M_j6.2$ の地震と 今後の定常観測について

○松島 健・福井海世(九大)・及川 純・渡邊篤志・大湊隆雄(東大震研)
小澤 拓・宮城洋介・河野裕希(防災科技研)・奥田 隆(名大)

GPS Observation of 2013 Miyakejima-kinkai earthquake ($M_j6.2$)

○T. Matsushima, M. Fukui (Kyushu Univ.), J. Oikawa, A. Watanabe, T. Ohminato (Univ. Tokyo)
T. Ozawa, Y. Miyagi, Y. Kohno (NIED), and T. Okuda (Nagoya Univ.)

大野原島近海での地震活動

三宅島の西南西約 10km の大野原島(三本岳岩)の周辺で、2013 年 4 月 17 日から 18 日にかけて地震活動が活発化した。17 日 17 時 57 分に $M_j6.2$ (防災科技研 F-net では $M_w5.8$)の地震が発生し、三宅村で震度 5 強を観測した。また三宅島では最大 7cm の津波が到達したとの報告もある。この地震で島内の複数箇所で土砂崩れが生じ、負傷者 1 名の被害が出た。そのほかに有感地震は月末までに 52 回に達した。三宅島では 2000 年以来の大きな地震であったため、住民の多くは三宅島火山活動の再活発化を心配した。

気象庁一元化震源によると、三宅島～神津島間の 2000 年の大規模なダイク貫入域の南東端付近から南方向の大野原島に向かって余震が分布し、大野原島付近では一部三宅島付近に向かって余震域が伸びている。

1995 年より東大・九大・名大の合同観測として三宅島における GPS キャンペーン観測を実施してきた(2011 年より防災科技研も参加)。大野原島にも基準点(SBN0)が設置されており、2000 年のダイク貫入活動の前後および、2012 年 9 月に GPS 測定を実施していた。

大野原島近傍では 2000 年 7 月 30 日に $M_j6.0 \sim 6.5$ の横ずれ型地震が発生しており、このときには SBN0 点が南に約 60cm 変位している。今回の 2013 年 4 月 17 日の地震に対し、同年 6 月 17 日に再度大野原島で測定し、この地震活動に伴う地殻変動を求めた。

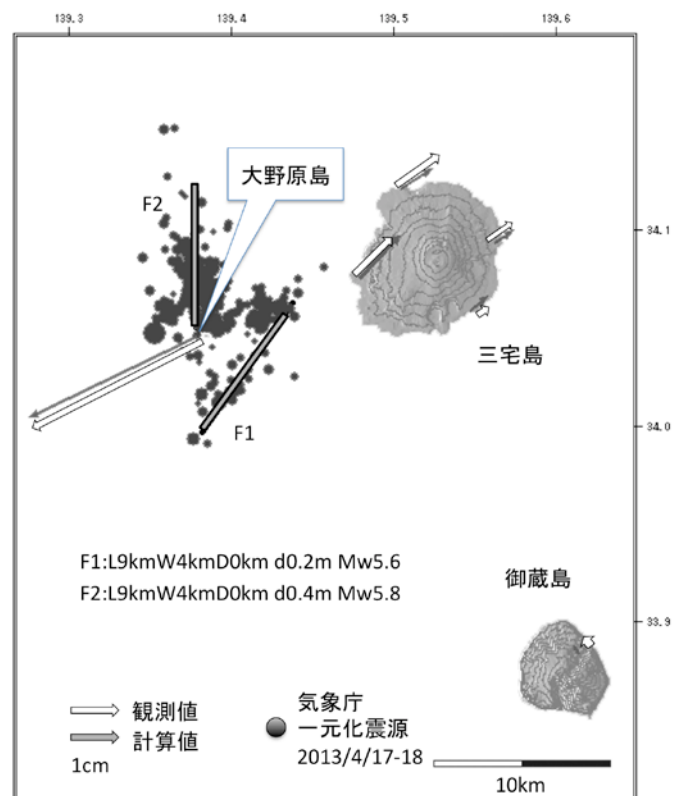
GPS 観測は 2 周波の受信機を用いて 5 秒サンプリングで約 1 時間の測定を実施し、三宅島火葬場観測点(CND0)に同タイプの受信機を設置して、これを基準に解析を行った。なお、CND0 の座標は、近くの国土地理院 GEONET 三宅 4 観測点データを用いて決定した。図に GEONET 南伊豆を固定とした SBN0 と三宅島および御蔵島 GEONET の変位ベクトルを示す。また気象庁一元化震源を元にグリッドサーチで求めた 2 本の左横ずれ断層とそれから計算され

る変位ベクトルを示す。観測値と計算値はよく一致している。しかしながら、震源は深さ 10km を中心に分布しているが、断層を非常に浅くしないと地殻変動パターンを説明することができない。震源の深さの精度を検証する必要がある。

大野原島での定常観測計画

大野原島近海では今回のような地殻変動を伴う地震活動がしばしば発生している。また精度の高い震源の深さや震源の移動を知ることは三宅島や周囲の伊豆諸島の火山活動を把握する上で非常に重要である。

そのため、大野原島に地震計および GPS 受信機を常設する計画を進めている。地震波形データは携帯データ端末を用いたテレメータ装置を使ってリアルタイムに配信するとともに、GPS データも逐次回収できるようにする。また電源には太陽電池を用いる。大野原島自体は国立公園特別保護地域に設定されているため、2013 年 8 月現在、環境省に工作物の設置の申請中である。許可がおり次第設置を行い、今冬前にはデータ送信を始める計画である。



CONTROL ID: 1793935

TITLE: Crustal deformation of Miyakejima volcano, Japan since the eruption of 2000 using dense GPS campaign observation

AUTHORS (FIRST NAME, LAST NAME): Miyo Fukui¹, Takeshi Matsushima¹, Jun Oikawa², Atsushi Watanabe², Takashi Okuda³, Taku Ozawa⁴, Yuhki Kohno⁴, Yousuke Miyagi⁴

INSTITUTIONS (ALL): 1. Institute of Seismology and Volcanology, Faculty of Sciences, Kyushu University, Shimabara, Japan.

2. Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Tokyo, Japan.

3. Earthquake and Volcanology Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Nagoya, Japan.

4. Earthquake and Volcano Research Unit, Monitoring and Forecast Research Department, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Tsukuba, Japan.

ABSTRACT BODY: Miyakejima is an active volcanic Island located about 175 km south of Tokyo, Japan. Miyakejima volcano erupted approximately every 20 years in the past 100 years. The latest eruptive activities since 2000 was different from those of the last 100 years, in that the activities included a caldera formation for the first time in 2500 years and gigantic volcanic gas emission that forced islander to evacuate over four and half years. In 2000, a dense GPS observation campaign had detected the magma intrusion in detail (e.g., Irwan et al., 2003; Murase et al., 2006). However, this campaign observation ceased from 2002 to 2010 because a large amount of volcanic gas prevented from entering to the island. Since 2011, we restarted the campaign observation by the dense GPS network, and examined the ongoing magma accumulation process beneath Miyakejima volcano to get insights about the future activity. In this analysis, we combined the data of our campaign observations, the data of the University Union in 2000, and the GEONET data. The observation data were analyzed by RTK-LIB (Takasu et al., 2007) using GPS precise ephemeris from IGS. We estimated the locations and volumes of the pressure sources beneath Miyakejima using an elevation-modified Mogi model (Fukui et al., 2003) and open crack model (Okada, 1992) during the two periods (2000 ~ 2012 and 2011 ~ 2012). We used the software of Magnetic and Geodetic data Computer Analysis Program for Volcano (MaGCAP-V) (Fukui et al., 2010), and estimated the source parameters by trial and error. During 2000 and 2012, a contracting spherical source and contracting dyke were estimated beneath the caldera and at the southwestern part of the island, respectively. In contrast, during 2011 and 2012, an spherical inflation source was estimated a few km beneath the caldera. This result suggest that Miyakejima is now storing new magma for the next eruption. Geospatial Information Authority of Japan (GSI) (2011) suggested that the inflation started since 2006. We will also carry out the GPS observation this autumn, and will present the result during 2012-2013.

KEYWORDS: 0545 COMPUTATIONAL GEOPHYSICS Modeling, 0900 EXPLORATION GEOPHYSICS, 1211 GEODESY AND GRAVITY Non-tectonic deformation, 8400 VOLCANOLOGY.

(No Image Selected)

(No Table Selected)

Additional Details

Previously Presented Material:

Contact Details

CONTACT (NAME ONLY): Miyo Fukui

CONTACT (E-MAIL ONLY): miyo.f@sevo.kyushu-u.ac.jp

TITLE OF TEAM:

地殻変動観測から推定される三宅島火山の圧力源について Pressure sources of Miyakejima volcano estimated from crustal deformation

福井 海世^{1*}; 松島 健¹; 及川 純²; 渡邊 篤志²; 奥田 隆³; 小澤 拓⁴; 宮城 洋介⁴; 河野 裕希⁴
FUKUI, Miyo^{1*}; MATSUSHIMA, Takeshi¹; OIKAWA, Jun²; WATANABE, Atsushi²; OKUDA, Takashi³; OZAWA, Taku⁴; MIYAGI, Yosuke⁴; KOHNO, Yuhki⁴

¹九州大学地震火山観測研究センター, ²東京大学地震研究所, ³名古屋大学地震火山研究センター, ⁴防災科学技術研究所
¹SEVO, Kyushu University, ²ERI, University of Tokyo, ³EVRC, Nagoya University, ⁴NIED, Japan

三宅島火山は 2000 年の噴火以降山体の収縮が続いていたが、2006 年ごろから山体深部の膨張を示す地殻変動が継続していることが報告されており（気象庁, 2013）、現在は次の噴火に向けた準備過程にあると考えられる。三宅島島内では国土地理院・気象庁・海上保安庁・防災科学技術研究所の観測によって火山活動の監視が続けられているが、地殻変動観測点は限られており、2000 年の噴火以降の正確なマグマ蓄積モデルは得られていない。

本研究では、九州大学・東京大学・名古屋大学・防災科学技術研究所と共同で 2011 年より三宅島島内で毎年夏季に稠密な観測点を増設し GPS 観測を実施している。空間分解能の向上のため毎年新しい観測点を増築しており、2013 年にはこれまで観測点のなかった山頂火口の縁に 2 点新設した。2013 年現在で 21 点の観測網を展開している。

この観測データと諸機関でこれまで独自に解析されてきた定常 GPS 観測データを集約・統合処理を行うことで、2011 年 9 月～2013 年 9 月の 2 年間の島内の精密な地殻変動を測定した。その結果、島の南部には膨張、山頂部には収縮の傾向が見られた。また、圧力源モデルの推定から、火口直下浅部（海面下 0.3km）のシル状収縮源、島南部の深さ 4～7km のダイク状の膨張源、および深部（海面下 13km）の球状膨張源が確認された。Ozawa & Ueda (2011) は、2006 年～2010 年の合成開口レーダーのデータ解析から山頂火口直下にシル状収縮源を推定しており、解析期間は異なるものの収縮源の位置や体積変化率は本研究の結果と調和的である。また、従来から推定されていた深部球状膨張源のみでは、この期間の観測結果を説明することが出来ない。深部の球状膨張源から新たにダイク状の膨張源にマグマの供給が始まったと考えられる。今後は、特に南部の観測網をより密にして詳細な地殻変動を把握し、膨張源の監視を行っていく必要がある。

謝辞：本研究においては、国土地理院、気象庁、海上保安庁の各機関より GPS データの提供を受けた。GPS データ処理には RTKLIB（高須他, 2007）を使用した。東京都総務局からは三宅島火山水準測量成果の提供を受けた。地殻変動解析には MaGCAP-V（気象研究所地震火山研究部, 2008）を使用するとともに、使用方法についての丁寧な指導を受けた。図の作成には GMT（Wessel and Smith, 1998）を使用した。本研究は東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けた。ここに記して感謝する。

キーワード: GPS, 三宅島, 地殻変動, 火山, マグマだまり

Keywords: GPS, Miyakejima, Crustal deformation, Volcano, Magma chamber