

干渉 SAR 時系列解析による国後・択捉島の活火山周辺における地殻変動 Ground Deformation of Active Volcano in Kunashiri and Etorofu Islands using InSAR time series analysis

安藤 忍^{1*}; 三浦 優司²; 松森 敏幸²

ANDO, Shinobu^{1*}; MIURA, Yuji²; MATSUMORI, Toshiyuki²

¹ 気象研究所, ² 気象庁

¹MRI, ²JMA

地表面の状態把握に優れた L バンド波長帯を有する ALOS/PALSAR は、植生の影響を受けにくく山岳地帯でも干渉性
が良いことから、活火山地域での地殻変動観測に有効である。

気象研究所では、2007 年から北方領土を含む日本全国の活火山地域周辺を対象に差分 SAR 干渉解析を行い、火山噴
火予知連絡会などで報告を行ってきた。しかし、2011 年 5 月に ALOS が運用を休止して以降は差分干渉解析できていな
い。近年、PS-InSAR や SBAS と呼ばれる InSAR 時系列解析手法が開発され、多くの事例が報告されている。

千島列島南部の国後島及び択捉島には、11 の活火山が存在している。本発表では、ALOS/PALSAR のアーカイブデータ
を活用し、これら 11 の活火山周辺の地殻変動について、スタンフォード工科大学が開発した StaMPS (Hooper et al., 2004)
による検出を試みた。なお、該当地域は積雪地域のため、冬期間に撮像されたデータを除いて解析を行った。StaMPS ソ
フトウェアには、PS-INSAR, SBAS 法のほか、これらの結果を合成する機能が組み込まれているが、これらの結果の違
いについても報告する。

本解析で用いた PALSAR データの一部は、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験（火山
WG）に基づいて観測・提供されたものである。また、一部は PIXEL で共有しているものであり、宇宙航空研究開発機構
(JAXA) と東京大学地震研究所との共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR に関する原初データ
の所有権は経済産業省 (METI) 及び JAXA にある。なお、干渉画像の処理過程においては、ASTER GDEM を使用し、
結果の描画については GMT を用いた。ここに記してお礼申し上げます。

キーワード: 干渉 SAR 時系列解析, 地殻変動, ALOS/PALSAR, 国内活火山

Keywords: InSAR time series analysis, Ground deformation, ALOS/PALSAR, Domestic active volcano

雌阿寒岳ポンマチネシリ火口浅部の比抵抗構造 (序報) Preliminary result of resistivity modeling around Ponmachineshiri crater at Meakandake Volcano, Japan

高橋 幸祐^{1*}; 松島 喜雄²; 高倉 伸一²; 山谷 祐介²; 有田 真¹; 長町 信吾¹; 大石 雅之²; 風早 竜之介²; 藤井 郁子¹
TAKAHASHI, Kosuke^{1*}; MATSUSHIMA, Nobuo²; TAKAKURA, Shinichi²; YAMAYA, Yusuke²; ARITA, Shin¹; NAGAMACHI, Shingo¹; OISHI, Masayuki²; KAZAHAYA, Ryunosuke²; FUJII, Ikuko¹

¹ 気象庁地磁気観測所, ² 産業技術総合研究所

¹Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency, ²National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Meakandake Volcano, situated in Eastern Hokkaido, Japan, is an active volcano where a phreatic eruption occurs in every several years. Volcano-tectonic (VT) earthquakes mainly occurred below Ponmachineshiri crater which is one of active craters of the volcano (Japan Meteorological Agency, 2013). A source region of the tremors occurred before the 2008 eruption was estimated beneath the southern slope of the crater (Ogiso and Yomogida, 2012). Significant changes in the geomagnetic field were observed in 2008 and 2009 around the crater. Hashimoto et al. (2009) pointed out that the temporal variations of the geomagnetic field in 2008-2009 were due to the thermal demagnetization of the material beneath the southern slope of the crater.

These VT earthquake, tremor and rock demagnetization events probably associated with the movement of volcanic fluids such as hydrothermal water, gas and melt. Therefore, understanding of a hydrothermal system of the volcano is a key to reveal the mechanism of the tectonic events occurred there.

Resistivity of rock strongly depends on the fluid inclusion. Therefore, an electro-magnetic measurement is an effective method to image the fluid distribution. We conducted audio-frequency magnetotelluric (AMT) surveys in August 2013 on the western slope of the volcano. The objective of the survey is to reveal the resistivity structure around Ponmachineshiri crater and to infer the relationships among the fluid distribution, the seismic focal area, and the demagnetized area around the crater.

Since we have not finished the AMT survey on the eastern slope of the volcano yet, the resistivity structure around the Ponmachineshiri summit crater is not well-constrained. Therefore, we present the two-dimensional resistivity structure beneath the western slope of the volcano as a preliminary result. The characteristics of the resistivity distribution are described as follows.

1) A resistive (more than several hundred $\Omega \cdot m$) layer locates at the top of the western slope of the volcano. Its thickness varies from 100 to 300 m on the profile. This layer can be regarded as a permeable lava or pyroclastic fall deposits.

2) Below the resistive surface layer, two conductive (less than 10 $\Omega \cdot m$) bodies are found. One is located to the west of Ponmachineshiri crater at depths of 300-1000 m from the surface. This conductor corresponds to a hydrothermal reservoir which relates to the fumarolic activity in the crater. The second conductor is found beneath the western part of the profile at a depth of about 1000 m from the surface. The discharge of hot spring water at the west of our survey region suggests that this conductor can be explained by the presence of the hydrothermal fluid and/or the altered rocks.

3) A resistive area (more than several hundred $\Omega \cdot m$) exists below the two conductors. Causes of this high resistivity are unknown yet.

Keywords: resistivity structure, Meakandake Volcano, volcanic fluid

2008 年の噴火以降の雌阿寒岳における地磁気全磁力変化 Variation of Geomagnetic Total Intensity at Meakandake Volcano after the Eruptions in 2008

島村 哲也^{1*}; 有田 真¹; 増子 徳道¹; 藤井 郁子¹; 福井 敬一¹; 小木曾 仁²
SHIMAMURA, Tetsuya^{1*}; ARITA, Shin¹; MASHIKO, Norimichi¹; FUJII, Ikuko¹; FUKUI, Keiichi¹; OGISO, Masashi²

¹ 気象庁地磁気観測所, ² 気象庁地震火山部精密地震観測室

¹Kakioka Magnetic Observatory, JMA, ²Matsushiro Seismological Observatory, JMA

2008 年の噴火以降大きな変化がみられなかった雌阿寒岳の全磁力観測値は, 2013 年 7 月に顕著な減少を始めた. 全磁力観測値の減少は山体内部の昇温によるものと考えられるが, 地磁気以外の観測値には顕著な変化はみられていない. 本研究では, 最近の変化を中心に雌阿寒岳における火山活動と全磁力変化について報告する.

雌阿寒岳は活動的な火山であり, 近年では主にポンマチネシリ火口において 1988 年, 1996 年, 1998 年, 2006 年, 2008 年と小規模ながらも水蒸気噴火が繰り返し発生している(気象庁, 2013). 気象庁地磁気観測所では, 雌阿寒岳の火山活動に伴う地磁気変化をとらえることを目的として, 1992 年以降年 1~2 回の全磁力繰り返し観測を実施している. 繰り返し観測の観測点は観測当初はポンマチネシリ火口東側と南側を中心に 12 点設置したが, 順次観測点を見直し現在は 30 数点で観測を行っている. 2003 年 10 月 16 日には観測の時間分解能を上げるため, ポンマチネシリ火口南側斜面に全磁力連続観測点(MEA)を設置し, 5 分間隔の観測値が得られている. 加えて 2013 年 9 月 28 日には新たに全磁力観測点(ME2)をポンマチネシリ火口と MEA の間に設置し, MEA 同様 5 分間隔の観測値が得られている.

地磁気の観測値には, 地球外核や太陽等の火山以外の要因に伴う経時変化が含まれている. このため, 連続観測並びに繰り返し観測とともに同時刻の女満別観測施設(MMB. 雌阿寒岳からほぼ北北東約 60km)での観測値との差をみることで火山以外の要因を取り除き, 火山要因の地磁気変化を抽出している. このほかに, 気温変化によると思われる年周変化の補正, 観測点の局所的な磁化方向の差異から生じる太陽活動等の影響に対する地点差の補正等を施している.

MEA における全磁力連続観測値(以下, MEA 全磁力)は, 2008 年の噴火の際に顕著な減少がみられた. 特に 11 月 18 日の噴火の 2 日前には, 火山性微動の振幅の増加と共に, MEA 全磁力にも減少がみられ, 火山噴火予知の可能性が示された(橋本ほか, 2009). 2008 年の噴火以降 MEA 全磁力は約半年間減少が続いたが, 2009 年 6 月頃には減少はほぼ停止した. 2009 年 7 月には MEA 全磁力は噴火以前と同様に再び緩やかな増加に転じ, 山体内部の冷却が示唆された. その後, 2011 年 1 月から 2013 年 6 月までは MEA 全磁力には若干の増減があったもののほぼ横ばいで推移し, この間は山体内部の温度低下が停止していた(山体内部への熱の収支が釣り合った状態)と考えられる. 2013 年 7 月には再び MEA 全磁力に顕著な減少傾向がみられるようになり, 山体内部の温度上昇が再開している可能性が高い. 2013 年 11 月以降, MEA 全磁力の減少はやや緩やかになったものの 2013 年 1 月現在も継続している.

ME2 における全磁力連続観測値(以下, ME2 全磁力)も, 2013 年 9 月末の観測開始以来, MEA 全磁力と同様の变化傾向となっている. MEA 全磁力と ME2 全磁力の差に大きな変化がみられないことから, 2013 年 10 月以降の熱消磁源の位置はほとんど変化していないと考えられる.

山体内部の昇温域(熱消磁源)については, 2008 年の噴火の際に繰り返し観測の結果と磁気ダイポールを仮定した熱消磁モデルにより, ポンマチネシリ 96-1 火口(以下, 96-1 火口)南側斜面地下に推定されている(橋本ほか, 2009). この熱消磁源は, 2008 年 11 月 16 日の火山性微動の震源の移動域(Ogiso and Yomogida, 2012)に含まれる. また, 2013 年の MEA 全磁力の減少も, 2008 年と同様に 96-1 火口南側斜面地下に熱消磁源が推定されている. なお, 解析には火山用地殻活動解析支援ソフトウェア MaGCAP-V(気象研究所地震火山部, 2013)を使用した.

2008 年の MEA 全磁力の低下の際には, 噴火に伴い, 火山性地震や火山性微動, 噴煙高度の増加などがみられたが, 2013 年 7 月以降の MEA 全磁力の低下では 10 月に火山性微動が 1 回あったものの火山性地震や火山性微動, 噴煙高度, GPS による地殻変動等に顕著な変化はみられていない(札幌管区気象台火山監視・情報センター, 2013). 現在のところ噴火にはいたっていないが, 今回のように顕著な表面現象や地殻変動を伴わない山体内部の昇温を監視するには, 特に地磁気の連続観測が有効と考えられる. また, 熱消磁源の位置を監視する上では複数の連続観測点による観測が有効と考えられる.

キーワード: 雌阿寒岳, 地磁気全磁力, 火山, 噴火, 熱消磁

Keywords: Meakandake, geomagnetic total intensity, volcano, eruption, thermal demagnetization

十勝岳及び雌阿寒岳における最近の火山性地殻変動の繰り返し GPS 観測 Recent volcanic deformations observed by campaign GPS on and around Mt. Tokachi and Mt. Meakan

和田 さやか^{1*}; 森 済¹; 奥山 哲¹

WADA, Sayaka^{1*}; MORI, Hitoshi, Y.¹; OKUYAMA, Satoshi¹

¹ 北海道大学理学院地震火山研究観測センター

¹ Hokkaido University, Institute of Seismology and Volcanology

十勝岳は北海道の中央部に位置し、日本でも有数の活動的火山である。最近の活動は活発であり、ここ 100 年間では、1926 年、1962 年および 1988~89 年には大規模なマグマ噴火が発生している。また、雌阿寒岳は北海道の東部に位置し、1996 年、1998 年、2006 年および 2008 年には水蒸気噴火が発生するなど、数年おきに水蒸気噴火を起こしている。本研究では、十勝岳および雌阿寒岳における広域繰り返し GPS 観測の結果について議論する。

十勝岳では 2007 年から、阿寒岳においては 2006 年から繰り返し GPS 観測を行っている。観測点は、十勝岳では 12 点、雌阿寒岳では 8 点を設置し、毎年数日~数週間の繰り返し GPS 観測を行っている。本研究では、これらの毎年の観測データのうち、十勝岳では 2007 年以降、雌阿寒岳では 2008 年噴火以降の観測データを用いた。さらに、これらの繰り返し GPS 観測と同期間の気象庁の観測点における観測データを同時に用いた。データ解析には、解析ソフトウェア RTKLIB (高須ほか、2007) を用い、観測データから各火山における地殻変動の時系列変化を推定した。これらの時系列変化のデータには、火山性と思われる地殻変動だけでなく、地域的なテクトニックな変動や、2011 年 3 月 11 日の東北沖太平洋地震による変動が含まれている。これらの非火山性の変動を補正するために、各火山周辺の国土地理院の電子基準点 (GEONET) における 2007 年から 2013 年までの連続観測データを用いて、各火山地域におけるテクトニックな変動と東北沖太平洋地震に伴った変動を空間的に線形近似して推定した。また、季節変化による影響を考慮に入れることで、より詳細な変動を推定することが可能であると考えられる。地域的なテクトニックな変動や、地震による変動、そして季節変化の補正を行うことによって推定された火山性の地殻変動について、詳細な議論を行う。

謝辞

本研究においては、気象庁札幌管区气象台に GPS 観測データを提供していただきました。感謝致します。また、国土地理院の電子基準点 GPS 連続観測データを使用させていただきました。

キーワード: 十勝岳, 雌阿寒岳, 火山性地殻変動, GPS

Keywords: Mt. Tokachi, Mt. Meakan, volcanic crustal deformation, GPS

2013 年の樽前山の火山活動と噴火シナリオへの適用の試み The Volcanic activity of Tarumaesan Volcano in 2013 and Trial of Application to the Eruption scenario

長山 泰淳^{1*}; 宮本 聖史¹; 藤松 淳¹; 碓井 勇二¹; 伏谷 祐二¹; 宮村 淳一¹
NAGAYAMA, Hiroaki^{1*}; MIYAMOTO, Masashi¹; FUJIMATSU, Jun¹; USUI, Yuji¹; FUSHIYA, Yuji¹; MIYAMURA, Jun'ichi¹

¹ 札幌管区気象台

¹ Sapporo Regional Headquarters, JMA

気象庁および北海道大学は、樽前山周辺に傾斜計およびひずみ計を設置し連続観測を行っている。この観測網により、2013 年 6 月 19 日 - 7 月 4 日に火山性の地殻変動が観測された。この地殻変動は茂木モデル (茂木, 1958) を仮定すると、樽前山山頂から北西に約 1.5km 離れた深さ 3-4km での約 10^5 m^3 オーダーの体積膨張により説明が可能である。これは気象研究所 (2008) や北海道大学ほか (2011) などによって従来から報告されてきた山頂溶岩ドーム直下のごく浅部の圧力源とは異なるものであった。気象研究所 (2013) の分類によると、今回の圧力源は深部でのマグマの蓄積・移動によるゆっくりとした膨張を示すグループに属すると考えられる。また、今回の地殻変動に同期して、山頂溶岩ドーム直下のごく浅部で B 型地震がやや増加した。これらのことは、火山性流体 (現時点でその実体は不明) がより深部から山頂北西側の 3 - 4km の深さに上昇し、その影響を受けて山頂溶岩ドーム直下への熱フラックス (高温の火山ガスなど) が高まったのではないかと解釈している。

一方、体積膨張による火山性地殻変動が停止した 7 月上～中旬以降に、山頂西側の深さ 3-5km を震源とする火山構造性地震 (VT 地震) 活動が始まった。この地震活動は 8 月にかけて特に活発で、9 月下旬には最大地震 M3.0 が発生した。今回の活動は、1967 年の気象庁による震動観測開始以来、最も顕著な VT 地震活動となった。VT 地震は、山谷ほか (2005, 2013) による高比抵抗領域 (50-500 Ωm) で発生している一方、今回の圧力源から山頂直下にかけての低比抵抗領域 (<50 Ωm) には発生していない。

噴火時の適切かつ迅速な防災対応を目指して、気象庁は全国の 31 火山 (2014 年 1 月時点) で噴火警戒レベルの運用を行っている。このレベルを適切に防災対策に活用して頂くため、火山活動の推移を時系列で表現した噴火シナリオにより地元自治体と意識の共有を図っている。樽前山は 1909 年を最後にマグマ噴火しておらず、近代的な観測を開始して以来経験した活動はいずれも山頂溶岩ドーム付近のごく浅部の現象である。マグマ噴火に至るまでの深部から浅部へのマグマ上昇に伴う現象の観測経験がないため、特に深部の現象については他火山での観測事例をもとに噴火シナリオが作成されている。今回の地殻変動や VT 地震活動の原因は不明確であるが、その発生領域は樽前山周辺の地質構造あるいはマグマ供給系を反映したものと考えられる。そこで、今回の観測事実から、樽前山の深部 (深さ 3-5km 以浅) の活動推移をイメージ化した上で、深部から浅部へ火山活動が推移する噴火シナリオの修正を試みた。

ただし、今回検討した火山活動のイメージは、多くの仮定に基づいた不確かなものである。噴火シナリオの信頼性を高めるためには、樽前山のマグマ供給系の解明が不可欠であり、さらなる地殻変動や VT 地震などの観測事例の蓄積と地下構造探査が必要である。自然地震を用いた地震波減衰域の推定等、現時点でも可能な取り組みについては今後進めたいと考えている。その上で、深部からのマグマ上昇に伴う地殻変動や地震活動などの各種現象を確実に捉えるための観測体制を再検討する必要がある。

謝辞: 本研究を行うにあたり、北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センターの傾斜計、ひずみ計データおよび、地震波形データを使用させて頂きました。ここに記して感謝いたします。

キーワード: 樽前山, 火山活動, 噴火シナリオ, 地殻変動, VT 地震活動

Keywords: tarumae, volcanic activity, eruption scenario, ground deformation, VT seismicity

東北地方太平洋沖地震以後の八甲田火山群の活動 Volcanic activities of Hakkoda volcano after the 2011 Tohoku-Oki earthquake

山本 希^{1*}
YAMAMOTO, Mare^{1*}

¹ 東北大・理・地球物理
¹Geophysics, Science, Tohoku University

The 2011 Tohoku-Oki earthquake of 11 March 2011 is one of the largest earthquakes in recent times, and it generated large displacements and deformation in and around the Japanese islands. Such large crustal deformation, especially the east-west extension exerted on Tohoku area, raises fear of further disasters including triggered volcanic activities as well as triggered seismicity. To assess the potential risks of triggered volcanic activities, understanding of the behavior of volcanic fluids in the crust and volcanic bodies would be a key. In this presentation, as examples of such possibly triggers volcanic activities, we report the recent seismic activities of Hakkoda volcano, and discuss the relation to the movement of volcanic fluids.

Hakkoda volcano is a group of stratovolcanoes at the northern end of Honshu Island, Japan. There are fumaroles and hot springs around the volcano, and phreatic eruptions from Jigoku-numa on the southwestern flank of Otake volcano, which is the highest peak in the main cones of Northern-Hakkoda volcanic group, were documented in its history. Since just after the occurrence of Tohoku-Oki earthquake, the seismicity around the volcano became higher, and the migration of hypocenters of high-frequency volcano-tectonic (VT) earthquake was observed.

In addition to these VT events, long-period (LP) events started occurring beneath Otake at a depth of about 2-3 km from February, 2013, and subtle crustal deformation caused by deep inflation source was also detected by GEONET GNSS network around the same time. The characteristics of LP events are summarized as follows: (1) The spectra of LP events are common between events irrespective of the magnitude of events, and they have spectral peaks at 6-7 sec, 2-3 sec, 1 sec, and so on. (2) The long-period component of LP events appears as a wave packet of a few cycles, and high-frequency (>1 Hz) signals sometimes overlaps it. (3) LP events sometimes occur like a swarm with an interval of several minutes. These characteristics of LP events at Hakkoda volcano are similar to those of LP events at other active volcanoes and hydrothermal area in the world, where abundant fluids exist. Our further analysis using far-field Rayleigh radiation pattern observed by NIED Hi-net stations reveals that the source of LP events is most likely to be a nearly vertical tensile crack whose strike is almost parallel to the direction connecting Otake summit crater and Jigoku-numa. The number of VLPs gradually decreased after September, 2013, and high-frequency VT earthquakes became more dominant in the seismicity around Hakkoda volcano. However, there were a burst of earthquakes beneath Southern-Hakkoda volcanic group, that includes a few low-frequency earthquakes, at the end of December, 2013.

These results suggest that the extensional stress field generated by the 2011 Tohoku-Oki earthquake causes the upward movement of volcanic fluids and heat from the deep, and results in an activation of hydrothermal activities at the pre-existent fracture zone at Hakkoda volcanic group.

Acknowledgment: We used Hi-net data provided by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention.

キーワード: 火山性地震, 火山性流体, 地殻流体, 長周期地震

Keywords: Volcanic earthquakes, Volcanic fluids, Geofluids, Long-period events

十和田火山・平安噴火の噴火推移における新知見 New knowledge of eruptive sequence in Heian eruption of Towada volcano

広井 良美^{1*}; 宮本 毅²
HIROI, Yoshimi^{1*}; MIYAMOTO, Tsuyoshi²

¹ 東北大・院理, ² 東北大・東北アジア研セ
¹ Grad.Sci.Tohoku Univ., ² CNEAS., Tohoku Univ.

1. はじめに

十和田火山における最新の噴火である平安噴火 (Hayakawa, 1985) は、二重カルデラ湖である中湖を給源とし (工藤, 2010), マグマ噴火とマグマ水蒸気噴火を交互に繰り返す活発な活動であった。詳細な噴火層序は広井・宮本 (2010) にて報告したが、本稿ではその最初の噴出物であるプリニー式降下軽石ユニット (OYU-1) の推移及びクライマックスの噴出物である毛馬内火砕流 (KPF) の発生機構について新たな知見が得られたため報告する。

2. OYU-1 ユニット中に挟在する細粒火山灰

平安噴火最初の噴出物であるプリニー式降下軽石 OYU-1 は南西方向に分布主軸を持ち、給源から 50km 遠方まで確認できる。多くの露頭において層構造を持たず、淘汰の良い様な粗粒軽石層の層相を示し、安定した噴煙柱の形成による降下軽石であると考えられてきた。しかし今回、給源から 12km 圏内の複数地点において細粒火山灰層を挟在することが確認できた。細粒火山灰層には 2 種類あり、1 つは OYU-1 の下部に挟在する 1 枚のベージュ色の火山灰層で、層厚 1 ? 8 cm, 給源から南西?南南東の範囲に分布する。もう 1 つは OYU-1 の上部に挟在する複数枚の灰色の火山灰層で、層厚 1 ? 3 cm, 給源から南西?南南西の範囲に分布する。

いずれの火山灰層も降下軽石層と互層し、多くは軽石層と明瞭な境界を持つ。火山灰層を挟在しない場合の OYU-1 は粒径の変化のない様な層相を示すことから、噴煙柱が継続しているなかで一部地域にのみ火山灰層が指向性を持って堆積したことがわかる。また火山灰は軽石層と懸濁することなく明瞭な境界をもつことから、降下堆積物ではなく、極めて短時間に堆積した流れ堆積物であることがわかる。また谷地形に支配されることなく微高地上や稜線を越えた地点にも分布しており、比較的流動性の高いサージ様の堆積物であると判断される。従って、これらの火山灰層はプリニー式降下軽石中の流れ堆積物であることから、OYU-1 の intra-plinian flow であるといえる。

その成因としては以下の 2 通りが考えられ、1 つは分布範囲が狭く小規模であることから、噴煙柱の部分崩壊に起因する可能性が示唆される。OYU-1 規模の噴煙柱の場合は噴煙柱の全方位に流下する傾向があるとされる (福島・小林, 2000) が、今回、全方位ではなく分布主軸方向に偏った分布を示している要因としては、強風 (22m/s) の風下側にあたることを考えられる。

2 つめは、平安噴火の給源火口がカルデラ湖であることから、部分的ないし一時的にマグマ-水比を充足したマグマ水蒸気爆発由来のベースサージである可能性も考えられる。OYU-1 に続く OYU-2 はマグマ水蒸気噴火によるベースサージ堆積物であり、また OYU-1 の噴出中にマグマ水蒸気噴火を起こし得るマグマへと徐々に変化している (Hiroi and Miyamoto, 2013) ことから、この火山灰層はマグマ水蒸気噴火への推移に際する前駆的な現象である可能性も挙げられる。

3. KPF の分布と流出形態

平安噴火のクライマックスにあたる KPF は、噴出量約 5 km³ の火砕流堆積物である (Hayakawa, 1985)。KPF のカルデラ外の分布は、東縁の奥入瀬川の他は十和田カルデラ南縁に限られる。十和田カルデラは南縁が最も低く (標高 630m), リム上で KPF が確認できるのは標高 760m が最高点である。また給源に最も近いリム上に位置する赤岩山 (給源から 2 km, 標高 785m), 及びその背後の沢沿いには分布が確認できない。従来、KPF は直前のユニットである OYU-3 のプリニー式噴煙柱の崩壊による火砕流であると考えられてきた (松浦ほか, 2007 等)。しかしながら、KPF の分布は十和田カルデラリムの低所を選択的に流下したことを示し、地形的高所は給源に最も近い地点であっても堆積が確認できない。噴煙柱崩壊によって発生する火砕流の場合には高高度の噴煙柱が発生源となることから、このような低所偏重の分布傾向が現れるとは考えにくい。よって、KPF は噴煙柱崩壊型ではなく溢流型の火砕流であると考えられる。これは、KPF 発生直前の噴火様式がプリニー式降下軽石のユニット OYU-3 ではなく、マグマ水蒸気噴火によるベースサージユニット OYU-4 であるとした広井・宮本 (2010) の結果とも整合的である。

4. まとめ

平安噴火のように複雑な噴火推移を辿った活動においては、今回報告したような火口近傍のごく狭い地域に分布する堆積物や、単純なモデルには則さない噴出物が観察される。それらの噴出物の発生が噴出率の変化のようなマグマの内的要因によるのか、湖水の影響といった外的要因によるのかを判断することは、噴火形態を決定する要因を明らかにす

SVC55-P07

会場:3 階ポスター会場

時間:5 月 1 日 18:15-19:30

るための好材料となると期待される。

キーワード: 十和田火山, 平安噴火, イントラプリニアンフロー, 溢流型火砕流

Keywords: Towada volcano, Heian eruption, intra-plinian flow, Soufriere-type pyroclastic flow

蔵王火山、約 30-10 万年前の山体北部の岩石学的研究 Petrological study of northern part of ca. 300-100 ka volcanic edifices in Zao volcano.

高野 徹^{1*}; 井上 剛²; 伴 雅雄³; 及川 輝樹⁴; 山崎 誠子⁴

TAKANO, Toru^{1*}; INOUE, Tsuyoshi²; BAN, Masao³; OIKAWA, Teruki⁴; YAMASAKI, Seiko⁴

¹ 山形大学大学院理工学研究科地球環境学専攻, ² 株) 日本工営, ³ 山形大学理学部地球環境学科, ⁴ 独) 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹ Graduate School of Department of Earth and Environmental Sciences, Yamagata University, ² Nippon Koei Co., Ltd., ³ Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Yamagata University, ⁴ Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

蔵王火山は東北日本火山フロント中部に位置する第四紀成層火山である。活動は約 80 万年前から現在まで継続しているが、約 30-10 万年前の活動により複数の中規模山体が形成された。これらが現在の山体の主要部を成している。しかし、それらの形成過程・マグマ組成変化の詳細は未解明の部分が多い。中規模山体は大きく北部と南部に分けられるが、本研究では、北部を形成する火山体の形成史およびマグマ組成変化について報告を行う。

噴出物は、概ね下位から、横倉山溶岩・観松平溶岩・地蔵山西方溶岩・熊野岳西方噴出物・熊野岳主山体噴出物・地蔵山東方アグルチネート及び溶岩・熊野岳山頂アグルチネートおよび溶岩・馬の背溶岩の 8 つに分けられる。横倉山、観松平溶岩、地蔵山西方溶岩は共に安山岩質溶岩からなる。熊野岳西方噴出物は、下部が安山岩質の火山礫凝灰岩・凝灰角礫岩・凝灰集塊岩、上部が安山岩質溶岩からなる。熊野岳主山体噴出物は、下部が安山岩質の溶岩と火砕岩の互層、上部が安山岩質の凝灰角礫岩・凝灰集塊岩からなる。地蔵山東方アグルチネートおよび溶岩と熊野岳山頂アグルチネートおよび溶岩は玄武岩質安山岩で、共に噴出中心近傍では約 2 m の大きさの火山弾を含む凝灰集塊岩およびアグルチネートからなり、遠方では溶岩が見られる。馬の背噴出物は玄武岩質安山岩の溶岩主体で、部分的に凝灰集塊岩が見られる。横倉山溶岩は現在の主稜線よりも西方に噴出中心が存在したと考えられ、それ以降の噴出中心は現在の熊野岳～地蔵山付近と考えられる。また、地蔵山東方アグルチネートおよび溶岩・熊野岳山頂アグルチネートおよび溶岩・馬の背溶岩では噴出中心に近くにアグルチネートが見られるのが特徴的である。

北部火山体を構成する噴出物は全て中間カリウムのカルクアルカリ系列に属す。但し、横倉山溶岩は他のものに比べて K_2O が低いトレンドを示す。その他 7 ユニットの噴出物は SiO_2 組成変化図で概ね同じトレンドに乗るが、下位の 4 ユニットは安山岩質であるのに対して上位 3 ユニットは玄武岩質安山岩が主体である。詳細に見ると一部の組成でユニット間に違いが見られる。安山岩質の 4 ユニットのうち、熊野岳主山体噴出物は熊野岳西方噴出物・観松平溶岩・地蔵山西方溶岩に比べて Cr, Ni, Zr, Nb 量は高く、Rb 量は低い。また、馬の背噴出物は、MgO, Cr, Ni に関し、他の噴出物が作るトレンドよりも高含有量側にプロットされる。

キーワード: 蔵王火山, 成層火山, 噴火史, マグマ進化

Keywords: Zao volcano, stratovolcano, eruption history, evolution of magma

伊豆大島千波観測点の多成分ひずみ計データの特性 Characteristics of data observed by multi-component strainmeter installed at Senba, Izu-Oshima

山本 哲也^{1*}; 安藤 忍¹; 小久保 一哉²; 小林 昭夫¹; 木村 一洋¹
YAMAMOTO, Tetsuya^{1*}; ANDO, Shinobu¹; KOKUBO, Kazuya²; KOBAYASHI, Akio¹; KIMURA, Kazuhiro¹

¹ 気象研究所, ² 気象庁

¹ Meteorological Research Institute, ² Japan Meteorological Agency

気象研究所は、2013 年 2 月に伊豆大島南西部の千波にボアホール型多成分ひずみ計を設置した。このひずみ計は、地殻変動による火山活動評価の研究に利用するとともに火山活動監視への活用を視野にいたった装置である。通常、ボアホールに埋設したひずみ計などでは、設置直後から観測値のドリフトが年単位の期間に渡って見られることが多いが、火山活動監視への有効活用を図るためには、観測値のドリフトやノイズレベルを、設置直後の初期の段階から適切に把握しておくことが重要である。この多成分ひずみ計の設置後約 1 年間のデータについて調査を行ったので報告する。

この多成分ひずみ計では、4 つのセンサーが水平面内で 45 度ずつ異なる方位に配置されており、それぞれの方位の線ひずみを測定している。各センサーによる観測データには、半日もしくは 1 日程度の周期の潮汐によるとみられる 500 nano-strain におよぶ変化が顕著であるとともに、長期的な変動もみられる。水平面内で独立なひずみ成分は 3 成分であることから、このひずみ計は冗長度を持っている。それを利用して観測データの 1 時間平均値について評価を試みたところ、潮汐が顕著な周期帯について 4 成分の観測値が整合的であり、この帯域では信頼しうるひずみ変化を観測しているとみられる。それに対して長期的な変動については、6 ヶ月で 4 micro-strain に及ぶ成分間の不整合がある。不整合の原因は特定の成分にある可能性が高いが、現在の段階ではどの程度火山性地殻変動をとらえているのか判断するのが困難である。なお、周期半日より短い変動は、2-3 nano-strain 変動が見られる程度であり、これが短周期側の観測精度と考えられる。

キーワード: 伊豆大島, 火山活動監視, ひずみ計, 地殻変動

Keywords: Izu-Oshima, Monitoring of active volcano, Strainmeter, Ground deformation

伊豆大島火山のマグマ蓄積期における重力変化 Gravity changes during magma accumulation period in Izu-Oshima volcano

鬼澤 真也^{1*}; 高木 朗充¹; 福井 敬一²; 安藤 忍¹
ONIZAWA, Shin'ya^{1*}; TAKAGI, Akimichi¹; FUKUI, Keiichi²; ANDO, Shinobu¹

¹ 気象庁気象研究所, ² 気象庁地磁気観測所

¹ Meteorological Research Institute, JMA, ² Kakioka Magnetic Observatory, JMA

気象研究所では、伊豆大島火山のマグマ蓄積過程の解明および次期噴火の前駆過程の検出を目指し、2004 年 3 月より重力の繰り返し観測を実施している。ここでは、観測に使用している重力計スケールファクターの補正とともに、得られた重力変化の特徴について示す。

観測には LaCoste & Romberg D 型#109, Scintrex CG3M #454, Scintrex CG5 #033 の計 3 台の相対重力計を使用している。測定点は、海岸沿いから山頂部まで、最大で約 180 mgal の重力差があり、複数の重力計で測定した場合、スケールファクターの個体差のために重力差に系統的なずれが生じることが予想される。また、Scintrex CG3M については、いくつかの先行研究にてスケールファクターに時間変化が生じていることが報告されてきた。しかし、使用している重力計のスケールファクターの影響についてこれまで十分に吟味されていない。

スケール検定を目的とした測定は 2012 年に開始したため、これ以前の測定データに関しては絶対値としての補正は困難であるが、キャンペーン観測時に同時に測定したデータから重力計間の相対的な関係は確かめることができる。D#109 による測定結果は比較的安定した結果が得られていることから、D#109 を基準とした CG3M#454 および CG5#033 の相対的なスケールを推定した。この結果、CG3M#454 については、スケールが明瞭に時間変化していることが認められた。また CG5#033 についても 2010 年に生じた故障の前後でスケールがステップ状に変化しているが、この量は修理に伴いメーカーが実施したパラメータ変更でほとんど説明がつく。このほか、D#109 と CG5#033 との比較からどちらか一方あるいは両方のスケールの非線形性を示唆する結果が得られた。現時点では断定的なことは言えないが、測定レンジの狭い D#109 にて生じている可能性が考えられ、今後、吟味していく予定である。

上述の相対的スケール補正後のデータから系統的な重力変化が認識される。2008 年 7 月から 2010 年 6 月にかけての 2 年間で、麓に対して標高の高い観測点での重力値が経年的に増加する結果が得られ、この変化量は最大で約 100 micro-gal にも達する。空間分布からは地殻変動源が推定されているカルデラ北部付近に中心があるように見えるが、仮にこの期間に観測されている地殻変動で説明しようとしても、振幅、位相ともに全く合わない。また、この期間に数 cm~10cm 程度の潮位の経年変化が見られるが、この程度の変化では山麓、山頂との間に 100 micro-gal に達する重力変化を作り出すことは困難である。一方、降水量の変化に対応している様子も見え、海水準上の不飽和層内の水分量の増加が一因かもしれない。ここで仮に地殻変動や環境要素の影響を全く考慮せずに、原因を質点の質量増加に押しつけて位置・質量増加を推定してみると、地殻変動観測で推定されるようにカルデラ北部の海水準下 3 km に推定され、質量増加量は 1.8×10^8 ton にも達する。この量は伊豆大島におけるいわゆる大規模噴火でのマグマ噴出量に匹敵し、にわかには受け入れ難い。マグマ活動を適切に把握していくためにも、重力計特性の個体差の検証とともに降水等の影響の評価を進めていく必要がある。

キーワード: 伊豆大島火山, 重力変化, 地殻変動

Keywords: Izu-Oshima volcano, gravity change, ground deformation

次の伊豆大島噴火における無人観測ロボット活用のための準備活動 Preparation for the practical use of unmanned observation robots in the next Izu-Oshima eruption

佐伯 和人^{1*}; 市原 美恵²

SAIKI, Kazuto^{1*}; ICHIHARA, Mie²

¹ 大阪大学 理学研究科, ² 東京大学 地震研究所

¹Graduate School of Science, Osaka Univ., ²Earthquake Research Institute, Univ. of Tokyo

火山噴火の際には、噴火直後から避難完了に至る短期間に刻々と変化する状況を観測し、短期の状況予測を避難誘導に活かす事が重要である。1986 年の噴火では爆発的な噴火が発生し、カルデラ底やカルデラの外など思いもかけない地点での活動となった。そのため、噴火地点には近寄ることができず、噴火現象の科学的理解や災害軽減のための貴重なデータを調査観測する機会を逸した。また、全島避難の際には、住民に噴火の状況が伝わらず、溶岩流によって岡田-元町間の道路が断たれているといった誤った情報が流れた。伊豆大島では、先の噴火から 20 年以上が経過し、次の噴火の準備をする必要のある時期となっている。このような状況を次の噴火時に改善するために、噴火時に即応できる新しい観測ロボットの開発と観測体制の確立が必要である。このような考えのもと、発表者は 2009 年より伊豆大島無人観測ロボットシンポジウムを始めた。シンポジウムの目的は、火山学や宇宙工学や防災など様々な分野で無人観測ロボットを開発している研究者を大島に集め、野外実証試験と情報交換の機会を提供し、ロボットの開発と観測体制の確立を加速させることである。これまでの 5 年間に、多数の参加者が集まり、実証試験を行った。2009 年度は 9 つの研究グループから UGV8 台、UAV 2 機が、2010 年度は 5 つのグループから UGV 5 台、UAV 2 機が、2011 年度は 9 つのグループから UGV13 台、UAV3 機が、そして 2012 年度は 10 のグループから UGV13 台、UAV6 機が参加した。2013 年度には大会直前に伊豆大島が台風 27 号で被災し、一般公開イベントは中止となったが、6 グループから UGV5 台、UAV1 機が実証試験を行った。また、2013 年度からは、東京大学地震研究所の特定共同研究 B の援助も受けはじめた。さらに、2013 年度から島民の協力による火山モニターカメラの設置も始めている。これまでの成果と、今後の展望について発表する。今年度のシンポジウムの詳細は以下の URL を参照していただきたい。(http://www.volcano-robot.org/index.html) また、伊豆大島モニターカメラには以下の URL でアクセス可能である。(http://www.volcano-robot.org/oshima_camera/monitor_top.php)

キーワード: 伊豆大島, 無人観測ロボット, ロボット, 三原山

Keywords: Izu-Oshima, unmanned observation robot, robot, Miharayama

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 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

小笠原硫黄島ミリオンダラーホール火口 2012-2013 年噴火の噴出物 The products of 2012-2013 mud eruption event at Million Dollar Hole crater, Ioto volcano

長井 雅史^{1*}; 棚田 俊收¹; 上田 英樹¹; 小林 哲夫²
NAGAI, Masashi^{1*}; TANADA, Toshikazu¹; UEDA, Hideki¹; KOBAYASHI, Tetsuo²

¹ 防災科学技術研究所 地震・火山防災研究ユニット, ² 鹿児島大学理学部
¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ²Kagoshima University

硫黄島南西部のミリオンダラーホール火口では 2012 年 2 月 7~9 日頃から 2013 年 4 月 11 日にかけて、爆発的な噴火が数回発生した。この間の経緯と噴出物の性状は以下のようにまとめられる。

2012 年 2 月 7~9 日頃の噴火では、北北西-南南東方向に配列した数個の噴出孔から、泥状の火山灰が噴出した。主要な噴出口は南南東側の既存の火口（直径 25m, 深さ 10m 程度）内の噴出孔 A, 北北西の既存の浅い火口地形（直径 30m 程度）の中央に生じた噴出孔 C, 両者の間におそらく新たに形成された噴出孔 B（噴出孔名は気象庁による）である。層厚は各火口近傍で 30~40cm であった。火山灰の分布は不規則な形状をしており、各噴出孔から方向性をもってジェット状に放出されたものとみられる。その後、小規模な噴煙活動や泥状火山灰のイベント的な放出が続いた。

2013 年 2 月 17-18 日の噴火は最も規模が大きく、噴出孔 A,B の位置から噴出した火山灰が西側に降下堆積した。火口縁での層厚は 1~3 m である。弾道放出されたと思われる噴石や人工物は噴出孔から最大 220 m 程度まで到達した。噴火後、噴出孔 A,B は単一の火口（直径 35m, 深さ 17m 程度）となっており、さらに噴出孔 C を中心に直径 40m 程度の範囲で地表の陥没が始まった。

2013 年 4 月 11 日の噴火では、噴出孔 C 付近で噴火が発生し、火山灰が南側に降下堆積した。噴出孔縁での最大層厚は 45cm である。噴石の弾道放出が目撃されたが、分布限界は求められていない。噴出孔 C は噴出孔 A と接合し、火口は全体として壩型（長径 60 m, 深さ 17 m）となった。その後は平穏な状態で推移している。

一連の噴火で放出された噴出物は泥状の火山灰で、樹木や火口内壁にへばりついており、湿った状態で噴出・堆積した。いずれもスメクタイト・カオリン鉱物からなる熱水変質粘土を主体とするが、石質岩片・結晶片のほかに様々な変質程度の軽石状・黒曜岩状の火山ガラス片も大量に含んでいる。また、戦後火口に遺棄されたと伝えられる兵器類の鉄片や人造のガラス片も含まれている。弾道放出されたと考えられる噴石は凝灰質砂岩・凝灰岩・変質した粗面安山岩等からなる。

各噴火の噴出物は色調や粘土含有量の違い、浸食面や乾裂面の存在によって区別できる。噴出量を推定すると 2012 年 7~9 日頃の噴火は約 800 m³, 2013 年 2 月 17-18 日の噴火は約 11,000m³, 2013 年 4 月 11 日の噴火は約 2,000-4,000m³ の火山灰を噴出したと推定される。合計すると 14,000~16,000 m³ 程度となる。一方、今回の陥没による火口拡大量は 10,000~15,000 m³ 程度であり、噴出量とほぼ等しい。

一連の噴火は、熱水溜り周辺の変質岩と火道~噴出孔付近の未~弱変質の凝灰岩等の既存物質を吹き飛ばした水蒸気爆発と考えられる。これは 2011 年から 2012 年 5 月にかけて生じた島内の急速な地殻変動に関連してミリオンダラーホール火口地下の熱水活動も活発化したことを示している。

キーワード: 火砕物, 堆積構造, 表面現象, 噴火記録

Keywords: tephra, depositional structure, surface phenomena, eruption record

小笠原諸島、西之島火山における 2013 年の噴火 2013 eruption of Nishinoshima volcano, Ogasawara islands, Japan

伊藤 弘志^{1*}; 小野 智三¹; 笹原 昇¹; 野上 健治²
ITO, Koji^{1*}; ONO, Tomozo¹; SASAHARA, Noboru¹; NOGAMI, Kenji²

¹ 海上保安庁, ² 東京工業大学火山流体研究センター

¹Japan Coast Guard, ²Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

西之島火山は小笠原諸島に属する玄武岩～安山岩からなる海域火山であり、伊豆-小笠原弧の火山フロント上に位置する。1973 年には西之島南東沖の海底で噴火が始まり、火口の移動や山体の消失を繰り返しながら新島が形成され、拡大成長を続けた。活動は 1974 年 5 月に停止したが、6 月には漂砂によって西之島旧島と新島は接合した。その後、1990 年頃まで浸食や漂砂堆積による著しい地形変化をうけた。

2013 年 11 月 20 日、海上自衛隊の航空機により、西之島の南東海上で噴煙があがっているのが観測された。直ちに行われた海上保安庁の観測では、噴火地点には既に新島が形成されており、激しいマグマ水蒸気爆発が繰り返されていることが明らかになった。翌日 21 日もマグマ水蒸気爆発の発生と山体の成長が認められたが、22 日からは噴火様式はマグマ噴火（ストロンボリ式噴火）に移行し、また東側山腹からの溶岩流出が始まった。その後、溶岩流出口は東側山腹から西側山腹へ移行し、溶岩流がそれぞれ東西に向けて広がったほか、マグマ水蒸気爆発によって形成された山体中央の大きな火口内には火砕丘が発達した。この火砕丘の火口からは常時青白い火山ガスが放出され、時折爆発的に溶岩片が周囲に飛び散っているのが観察される。また、12 月 24 日には中央の火口の北側に新たに火口が出現し、盛んに噴煙をあげ始めた。これらの火口は、1973 年に活動した火口とほぼ同じ位置に存在する。2 月 3 日には、島の面積は約 0.4 平方キロメートルになった。

新島はほぼ溶岩流のみから形成されており、周囲の噴火前の水深はほぼ一定であったと考えられるので、島の成長速度はマグマ供給レートをほぼ反映していると考えられる。航空機から撮影された空中写真を元にした新島の面積増加速度は溶岩の流出開始以来ほぼ一定であり、マグマ供給レートも同様にほぼ一定に保たれていると思われる。

今回の噴火活動がいつから始まったのかは分からないが、地球観測研究センターが公開している人工衛星データを用いた海面水温や海面放射輝度の画像からは、11 月 7 日には西之島の南方海上に、温度が高く周囲の海水と色の異なる領域が見られ始めている。遅くとも 11 月 7 日には、変色水の湧出などの火山活動が始まっていたといえる。

今後どのくらい活動が続くのかは分からないが、2 月上旬においてはまだ活発な活動を続けており、沈静化の兆しは見られない。

キーワード: 西之島火山, 火山島, 伊豆-小笠原弧, マグマ水蒸気爆発, ストロンボリ式噴火, 海域火山

Keywords: Nishinoshima volcano, volcanic island, Izu-Ogasawara arc, phreatomagmatic eruption, Strombolian eruption, maritime volcano

最近の阿蘇山の火山活動について The recent volcanic activities of Mt. Asosan

加藤 幸司^{1*}; 長門 信也²; 松末 伸一²; 平松 秀行²
KATO, Koji^{1*}; NAGATO, Shinya²; MATSUSUE, Shinichi²; HIRAMATSU, Hideyuki²

¹ 気象庁地震火山部火山課, ² 福岡管区気象台

¹Japan Meteorological Agency, ²Fukuoka District Meteorological Observatory

最近の阿蘇山の火山活動は、比較的落ち着いた状態で経過しているが、2011 年 5 月及び 2014 年 1 月にはごく小規模ながらも噴火が発生するなど、時折火山活動の高まりがみられている。本発表では、主に気象庁の観測網で観測されたデータを既知の研究成果と比較するなどして、最近の阿蘇山の火山活動について考察したので報告する。

阿蘇山では、2013 年 9 月上旬から中旬にかけて連続微動の振幅レベルがわずかではあるが増大し、振幅レベルが低下したのちの 9 月下旬には、やや高周波な火山性地震が増加しだし、それに伴って中岳第一火口直下浅部の膨張を示す地殻変動(京大,2013)が観測された。その後、噴火は発生せず、火山活動はいったん落ち着いたかにみえたが、2013 年 11 月頃から湯だまり量が減少しだし、2013 年 12 月頃から再び連続微動振幅が増大し、二酸化硫黄放出量も増加するなど、活動は再び高まりだした。1 月に入って微動の振幅レベルは下がったが、2014 年 1 月 13 日に噴煙高度数百 m のごく小規模な噴火が発生した。噴火はすぐにおさまり、その後、火山活動は表面上は静穏に経過していたが、1 月下旬に再びやや高周波の火山性地震が増加しだし、1 月 27 日には再びごく小規模ながらも噴火が発生した。この一連の活動で、福岡管区気象台は、2013 年 12 月 27 日に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 1 から 2 に引き上げた。

一連の活動で観測された連続微動及びやや高周波の火山性微動の震源は中岳第一火口直下浅部と推定される。Yamamoto(1999)などによると、中岳第一火口直下浅部には、クラックとそこから火口へつながる火道があると推定されている。今回みられた活動は、この付近の活動がなんらかの原因で高まったことが推定される。

阿蘇火山火口近傍の重力変動と降水の重力寄与 Gravity variation near the crater of Aso volcano and gravity contribution of precipitation

早河 秀章^{1*}; 鍵山 恒臣¹; 大倉 敬宏¹; 吉川 慎¹

HAYAKAWA, Hideaki^{1*}; KAGIYAMA, Tsuneomi¹; OHKURA, Takahiro¹; YOSHIKAWA, Shin¹

¹ 京都大学理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto University

阿蘇火山の活動的火山口近傍における連続重力測定から火山口近傍の重力変動を調査した。火山活動の静穏な時期において火山口近傍の重力変動は、雨水の降下浸透と地下約 100m に位置する透水層からの地下水流出による水質量移動が占有的であることがわかった。

解析には阿蘇火山第 1 火山口から南西に約 1000m 離れた地点の地下 30m にある本堂観測坑道に設置された超伝導重力計 CT-200 の時系列データを使用した。解析期間は 1998 年 2 月から 2001 年 1 月の 3 年間である。この期間の阿蘇火山は非常に火山活動の静穏な時期であり、活動指標となる中岳第 1 火山口の湯だまりは常に全面湯だまりの状態を維持していて、干上がりや火山灰噴出は観測されなかった。重力測定値から潮汐と気圧応答を除いた重力変動は、毎年梅雨後の 7~8 月に 20~40 micro Gal 上昇し、その後緩やかに減少する季節変化が占有していた。また秋の多雨の後に 10 micro Gal 程度の重力上昇を示すなど月々の降水に応じた複雑な変化も持ち合わせていた。

降水が重力変動に影響することは知られているが、阿蘇火山火山口近傍でその詳細を調べた例はない。そこで本研究では、貯留関数型の物理モデルであるタンクモデルを用いて、地下への雨水の降下浸透と地下透水層による地下水流出を計算した。モデルへの入力値は、気象庁阿蘇山測候所の降水量を使用した。ただしソーススウェイト法を用いて簡易的に得た蒸発量の長期間月別平均を考慮して土壌浸透量を減らしている。タンクモデルの流入・流出差から地下の水体积変化を得て、超伝導重力計を中心とした南北 1400m、東西 1400m、地下 200m までの地下領域の水体积変化に対応する密度変化から水質量移動の重力寄与を求めた。解析期間中は火山活動による重力変化はないと仮定して、重力寄与が出来るかぎり測定された重力変動と一致するように透水層の深度とタンクのパラメータである流出抵抗を経験的に決めた。

プレリミナリーな結果であるが、モデル計算から得られた水質量移動による重力寄与は、地下 100m まで雨水が鉛直方向に降下浸透し、100~110m に位置する地下水層から水平方向に流出する条件の場合に、測定された重力変動と良く一致した。この場合のモデル計算値と重力変動値は相関係数 0.9 の高い相関を示した。またモデル計算値と重力変動値の RMS は、各々 10.5 micro Gal, 11.4 micro Gal、そして両者の差分の RMS は 4.8 micro Gal であった。モデル計算値はやや過剰評価となった。この差異は、モデル計算が線形であるのに対し、実際の降水の土壌浸透や地下水流動は非線形であることが大きいと考えられる。しかし重力変動の特徴は十分に再現しており、差分の RMS の 3 sigma まで考慮して 14.4 micro Gal の精度で重力変動値を説明できる。従って火山活動による重力変化がない場合は、地表から地下 110m の間の比較的表面の水質量移動が、火山口近傍における重力変動の主成分であると推測される。

計算モデルの入力は実質的に降水量だけなので任意の期間の水質量移動を計算することができる。今回の計算では地下 30m における重力寄与を求めたが、これを地表に換算することで、長期間実施されている繰り返し重力測定で得られた火山口近傍の重力測定値に対する降水影響の補正に用いることができる。また、重力寄与を求めた領域の東端は中岳第 1~4 火山口の西縁であるので、透水層の東端から流失する水の一部は湯だまりへの地下水流入と考えることができる。降水のピークは梅雨期 6~7 月の約 1 ヶ月間であるが、地下水流動は梅雨の後、その年に応じて数ヶ月間続く緩やかなピークを形成していた。これは湯だまり水位の季節変動と一致する。湯だまりへの地下水流入可能量の時間変動を見積ることが可能になるかもしれない。

キーワード: 阿蘇火山, 重力, 水質量移動, 降水, 地下水, 超伝導重力計

Keywords: Aso volcano, Gravity, Water mass movement, Precipitation, Groundwater, Superconducting gravity meter

阿蘇火山中岳第一火口における 2012 年以降の熱活動の特徴 Thermal activities of the Nakadake first crater at Aso volcano, Japan -Unusual heat discharge events in 2012-2014-

寺田 暁彦^{1*}
TERADA, Akihiko^{1*}

¹ 東京工業大学火山流体研究センター

¹ Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology

阿蘇火山中岳第一火口は、非噴火期を通じて常に 200 MW を超える放熱活動を長期間にわたって継続している国内有数の火山である。同火口は非噴火期に湯だまりと呼ばれる火口湖が形成されており、湖水蒸発という形で熱エネルギーを大気へと放出している。2006 年以降、赤外カメラと水温観測ブイを組み合わせた信頼性の高い水温データに基づき、湖面放熱量の推定が可能となっている。

2006 年から 220 MW 前後で長期安定していた湖面放熱量は、2012 年 3~5 月に 600 MW を超えた。同時期、火口湖水位が約 5 m 減少したことが気象庁により計測されている(福岡管区気象台, 2013)。水位減少率は -9 cm/day に達し、これは 2006-09 年の静穏期に観測された最大値 -2.7 cm/day の約 4 倍に相当する。数値計算の結果、この時の水位減少は、湖底からの熱供給率増大により、湖面蒸発量が増加したことが原因と考えられる。また、湖水溶存成分分析によれば、シリカ濃度が 2011 年 12 月以降は明瞭に増加し、特に 2012 年 3 月には、湯だまりとしては過去最高の 580 mg/L が得られた。これは、地下浅部熱水系の温度が上昇したことを示唆する。その一方で、地震活動の顕著な高まりは認められなかった。

その後、火口湖水量は増減しながら少ない状態で推移し、放熱率計測が難しい状態となった。2013 年 9 月以降は火口湖がほぼ消滅し、湖底噴出した火山ガスは、湖水の関与を殆ど受けずに大気へと放出される状態に移行した。このため、水平風で棚引く噴煙の形状に基づいて放熱量を推定する方法を用いて、第一火口からの放熱量推移を検討した。噴煙解析に用いる映像は、気象庁福岡管区気象台が阿蘇火山博物館に設置している監視カメラで得られたものである(許諾番号: 福気業第 183 号, 263 号)

解析の結果、地震活動が低調かつ SO₂ 放出量も以前と同程度の時期については、200-300 MW 前後の放熱量が算出された。この値は、火口湖観測で見積もられた非噴火期の典型値と矛盾しない。気象庁によれば、2013 年 9 月や 2013 年 12 月~2014 年 1 月にかけて、地震活動の顕著な活発化とともに、SO₂ 放出量として 2000 t/d を超える値が観測された。特に 2014 年 1 月には少量の火山灰噴出も確認された。噴煙解析の結果、これらの時期の放熱量は 800-1000 MW 前後と推定された。静穏期と比較すれば、この値は SO₂ 増加量比と調和的である。すなわち、噴煙量の増減は、地下水蒸発量ではなくマグマからの脱ガス量の増減を反映しているものと推定される。

謝辞 データ取得にあたり、福岡管区気象台の後小路義弘氏、長門信也氏のご助力を頂きました。ここに記して深く感謝します。

キーワード: 放熱量, 阿蘇火山, 火口湖, 噴火

Keywords: heat discharge rate, Aso volcano, hot crater lake, eruption

2014 年阿蘇火山活動活性化に伴う浅部比抵抗の時間変化について The temporal changes of the shallower resistivity structure associated with a small eruptions at Aso Volcano, 2014.

宇津木 充^{1*}; 鍵山 恒臣¹; 早河 秀章¹; 井上 寛之¹

UTSUGI, Mitsuru^{1*}; KAGIYAMA, Tsuneomi¹; HAYAKAWA, Hideaki¹; INOUE, Hiroyuki¹

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto Univ.

阿蘇火山中岳第一火口では、これまでの研究から地下熱水分布に関する詳細な情報が得られている。例えば Kanda et al.(2008) による高密度 AMT 観測からは第一火口直下に低比抵抗域が局在する事が明らかになり、ここに熱水だまりが存在するとするモデルが提案されている。ところで近年、中岳火口では一時的に火山活動が活発化しすぐに終息する、という現象がしばしば生じている。こうした活動に伴う火山性流体の供給量変化により、この熱水だまりの領域が時間変化する事が期待される。こうした変化を浅部比抵抗構造の時間変化として捉える為に、本研究では ACTIVE 観測システム (Utada et al.,2007) を用いた繰り返し電磁探査を中岳火口周辺で行っている。この観測では第一火口の北北西約 1km から人工電流を送信し、その応答として生ずる磁場を中岳第一火口の北、西、南西側と第三火口の計 4 点で観測している。

阿蘇火山中岳第一火口では 2013 年 9 月に、ガス放出量の急激な増加、火山性地震の回数の急増といった火山活動の活発化が見られた。これを受け気象庁の噴火警戒レベルが 2011 年小噴火以来 2 年ぶりに 2 へ引き上げられた。その後 10 月には噴火レベルは 1 へ引き下げられたが活動度の活発化により 12 月末に再度噴火レベル 2 に引き上げられ 2014 年 1 月には小規模噴火が確認された。この後火口からの火山灰放出は断続的に続いている。我々はこの活動の期間を挟む 2013 年 9 月から ACTIVE 観測システムを用いた繰り返し電磁探査を行っている。本発表ではこれらの観測結果を示すと共に、この結果から示唆される比抵抗構造の時間的な変化、及び地下熱水系の状態変化についての考察結果を示す。

キーワード: 比抵抗, 阿蘇火山

Keywords: resistivity structure, Aso volcano

阿蘇火山で観測された長周期地震活動の活発化を伴う地殻変動について Crustal deformation associated with increase in VLP events activity in Aso Volcano

大倉 敬宏^{1*}; 吉川 慎¹; 井上 寛之¹
OHKURA, Takahiro^{1*}; YOSHIKAWA, Shin¹; INOUE, Hiroyuki¹

¹ 京都大学火山研究センター

¹ AVL, Kyoto Univ.

はじめに

近年の阿蘇火山では、1989 年-1993 年の噴火以来、マグマを放出するような噴火活動は生じていない。しかし、2005 年、2009 年および 2011 年に小規模噴火が発生するなど、静穏期から本格的な活動期に移行する段階を迎えているとも考えられる。

このような状況のもと、2013 年 9 月および 12 月に阿蘇火山の噴火警戒レベルが 1 から 2 に引き上げられ、2014 年 1-2 月には小規模な噴火が発生したとされている。

我々は、2013 年 9 月のレベル上昇前および 2014 年 1 月の小噴火後に、長周期地震活動の活発化をともなう明瞭な歪み変化と傾斜変化を火口近傍でとらえたので報告する。

観測坑道について

京都大学火山研究センターでは、1987 年以降、中岳第一火口から南西に約 1km 離れた地点の地下 30m にある観測坑道で地震観測や地殻変動観測などを実施してきた。この坑道は等辺長約 25m、斜辺長約 35m の直角二等辺三角形の形状を有し、坑道内にはインバーン棒伸縮計 3 成分、水管傾斜計 2 成分、広帯域地震計が設置されている。伸縮計および傾斜計のデータは、22bit, 1 秒サンプリングで A/D 変換されたのち、リアルタイムで火山研究センターに転送されている。

阿蘇火山の長周期地震

阿蘇火山では、その静穏期においても、中岳火口直下から西斜め下方に伸びた亀裂状の火道を震動源として、卓越周期 15 秒の微動（長周期地震）が発生している（Yamamoto et al., 1999）。マグマ溜まりから放出される火山ガスが、火口直下の深さ 1.5km にある帯水層で熱水反応を起こし、火口直下の深さ 1-2km に圧力源を形成しガスを一時的に溜める。そして、その溜まったガスが火口に抜けるときに起こる非常にゆっくりとした振動が長周期微動の発生源だと考えられている。さらにこの圧力源は、1994 年に頻発した水蒸気爆発の数分前に急激に膨張し、圧力を一時的に溜めていた事も明らかになっている（Kanesima et al., 1996, Kawakatsu et al., 2000）。

観測された変動とその変動源

2013 年 9 月 23 日より活発化した地震活動は、24 および 25 日に 2000 回を超える火山性地震が観測されるに至り、噴火警戒レベルが 2 に引き上げられた（気象庁、2013）。この地震活動に先立ち、23 日の 15:00 頃より歪み変化が観測されはじめた。火口方向に設置された伸縮計で観測された変動は当初伸びを示していたが、24 日 00:00 頃に縮みへと逆転し、26 日 06:00 頃にピークとなった（1 マイクロ strain）。この歪み変化の逆転は、中岳第一火口直下に Mogi ソースを仮定した場合、約 1.2km 以深の膨張源がそれより浅い部分へ移動したことで説明は可能である。しかし、Mogi ソースの膨張では、火口方向が沈降する傾斜変動が説明できない。そこで、長周期地震の振動源である亀裂状火道（クラック）の開きによる地殻変動を Okada(1992) にしたがって計算し、観測された変動と比較した。その結果、深さ約 3 km で始まった開きが、上部へと移動することで、観測された歪み変化と傾斜変化を定性的には説明できることがわかった。

2013 年 9 月、2014 年 1 月のいずれの場合も、二酸化硫黄の放出量が一時的に増大した観測されている。したがって、観測された地殻変動は、地下深部のマグマだまりから供給される火山ガスの量が一時的に増加し、クラックを膨張させたことにより、引き起こされたものと解釈することができる。

キーワード: 阿蘇火山, 地殻変動, 長周期地震, 火山ガス, 火道

Keywords: Aso Volcano, Crustal deformation, VLP events, Volcanic gas, Conduit

噴煙中に含まれる微量気体成分の安定同位体を指標に用いた活動的火山における噴気の遠隔温度推定

Remote temperature sensing on fumaroles in active volcanoes using stable isotopes of trace gases in volcanic plume

小松 大祐^{1*}; 角皆 潤¹; 中川 書子²

KOMATSU, Daisuke^{1*}; TSUNOGAI, Urumu¹; NAKAGAWA, Fumiko²

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科, ² 北海道大学大学院理学研究院

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Graduate School of Science, Hokkaido University

【はじめに】

活動的火山の一つである阿蘇火山中岳第1火口の南壁噴気地帯では、1993年から気象庁などによる赤外放射温度計を用いた表面温度測定がなされているが、その温度は最高でも500度程度である。また低い時には最高温度が100度を下回るなど、明瞭な時間変化も観測されている。一方、同噴気地帯では赤熱現象が頻繁に観測されており、噴気温度は赤外放射温度計によって得られた表面温度よりはるかに高温となっている可能性が指摘されている。実際一部の高解像度の赤外放射温度計を用いた観測で、最高800度程度の表面温度が観測されたこともあるが (Saito et al., 2005)、そこでもやはり明瞭な時間変化が観測されている (Furukawa, 2010)。他方、噴気プルームのCO/CO₂組成やH₂/H₂O組成、SO₂/H₂S組成などの遠隔観測から、同噴気ガスは800度前後の平衡温度を示すことが明らかになったが (Mori and Notsu, 2008; Shinohara et al., 2010)、この平衡温度には有意な時間変化は認められていない。我々は2010年に火山ガスプルーム中のH₂の水素同位体比から噴気中のH₂の水素同位体比を推定し、これを温度に換算することで噴気温度を遠隔から推定する水素同位体遠隔温度測定法 (HIRETS: Hydrogen Isotope Remote Temperature Sensing) を利用して、同噴気地帯の噴気温度を866±96度と推定した (Tsunogai et al., 2011)。本研究では2013年11月までに合わせて7回の観測を行い、より正確な噴気温度を推定するとともにその時間変化を明らかにすることを試みた。さらにプルーム試料のCO₂にも着目し、同様の方法論によって異なる指標から噴気温度を推定し、より正確な温度推定を目指した。

【方法】

プルーム試料の採取は2010年3月から2013年11月まで7回行った。いずれも噴気地帯まで直線で150-300m程度の火口壁の上から、各回14-26試料のプルーム試料を内容積300mLの真空ガラス容器に大気圧まで分取して持ち帰り、連続フロー型質量分析システムを用いてH₂濃度および水素安定同位体組成を分析し、噴気ガス中のH₂の水素同位体比と噴気温度を推定した。2013年11月の2回の観測についてはH₂と同様にプルーム試料のCO₂の酸素同位体を分析し、同様の方法論によって異なる指標から噴気温度を推定した。

【結果・考察】

噴気プルーム中のH₂濃度は、対流圏H₂のバックグランド濃度に近い0.51ppmvから最高9.75ppmvまで幅広く分布し、平均でも1.5ppmvと高いH₂濃度を示した。噴気プルーム中のH₂濃度と水素同位体比の関係はいずれも明瞭な二成分混合線を示し、噴気ガス中のH₂の水素同位体比を10permil程度の小さなばらつきで推定することが出来た。ここから島弧火山のマグマ水の値 (-24±7 permil vs VSMOW) を噴気ガス中のH₂Oの水素同位体組成として用い、同位体平衡から求めた噴気温度は838~929度と推定できた。また、噴気プルーム中CO₂濃度はバックグランド濃度に対して最大20%の濃度異常を検出でき、同様の方法論によって噴気温度は600度以上と推定できた。安定同位体を指標に用いた噴気の遠隔温度推定により、同噴気は赤外放射温度計を用いた観測表面温度の長期変化や赤熱の有無とは無関係に、噴気ガスの平衡温度に近い高温状態を保ちつつ、100度程度の有意な時間変化があることが分かった。

キーワード: 火山ガス, 二酸化炭素, 水素, 安定同位体, 同位体交換平衡, 遠隔温度測定

Keywords: fumarolic gases, carbon dioxide, molecular hydrogen, stable isotopes, isotopic exchange equilibrium, remote temperature sensing

新燃岳 2011 年噴火の 3 日前に発生した奇妙な地震・空振・地殻変動現象 Strange seismic, infrasonic, and geodetic phenomena observed 3 days before the 2011 eruption of Shinmoe-dake volcano

市原 美恵^{1*}; 及川 純¹; 武尾 実¹
ICHIHARA, Mie^{1*}; OIKAWA, Jun¹; TAKEO, Minoru¹

¹ 東京大学地震研究所

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Shinmoe-dake volcano started its climatic events on January 26 at 14:49. Some precursory phenomena have been found in petrologic studies. The ash from a phreatic eruption on January 19 contained fresh pumice fragments indicating ascent of new magma to a shallow depth (Miyabuchi et al., 2013; Suzuki et al., 2013). Petrologic analyses of the eruption products from the climatic events showed evidences of magma mixing in two stages before the eruptions; Suzuki et al. (2013) estimated the times of the first and second mixing to the eruption as >14 days and 0.7-15 hours, respectively, while Tomiya et al. (2013) conclusively proposed 0.4-3 days and several hours, respectively, and suggested that the first mixing likely triggered the eruption.

On the other hand, no clear precursory signals have been identified in geophysical observations. Considering the above petrologic studies, we reexamined the seismic, infrasonic, and geodetic data in a few weeks to the eruption, and particularly focused on a sequence of strange phenomena on January 23, three days before the eruption. It was the only notable phenomena recognized in several days to the eruption, but has not been reported elsewhere.

Nakada et al. (2013) referred to the JMA report (2012) that volcanic tremor was first recorded at 01:27 on 19 January and continued from the 19 January afternoon to the morning of 23 January. In fact, the tremor started to be recorded at stations around the summit of Shinmoe-dake at 12:45 on 18 January and increased significantly after the phreatic eruption at 01:27 on the 19th. If there was any sign indicating rise of new magma to the shallow depth before the phreatic eruption, the tremor could be the candidate.

On January 23, there was a clear infrasound signal continuing from 4:11 to 4:53 with an amplitude about 1 Pa and a sharp peak frequency at 1.8 Hz. The events was nearly aseismic and the regional seismic stations recorded infrasound shaking of the ground. The bad weather condition prohibited visual observation to see if any surface activity accompanied. At 6:00, the tremor power increased at stations on the north flank while it decreased at a station on the west flank, indicating some change of the source. The tremor power decreased from 8:00 to 8:30, stayed at the low level until 13:15, and then recovered to the previous level by 14:00. It was more distinct at stations close to the summit of Shinmoe-dake; the power decrease was more than an order of magnitude at the nearest station, SMN, 700 m from the summit. After the recovery the tremor stayed nearly same levels until the small eruptive event on the 26th before the main event. During the quiescent period of the tremor, gradual tilt up toward the summit was detected by a broadband seismometer at station SMN. Although, seismic activity except the tremor was low around the days, the quiescent period had more seismic events including relatively low-frequency ones.

Although causal relations among these events or their relation to the magma mixing are totally unclear, the sequence of phenomena on January 23 is potentially important to understand the processes leading to the climatic events of the Shinmoe-dake eruption.

キーワード: 噴火, 微動, 空振, 前駆減少, 傾斜

Keywords: Eruption, Tremor, Infrasound, Precursor, Tilt

気象レーダーによる 2011 年新燃岳噴火の噴煙の高さと空振データの関係 Relationship between Infrasound Signals and Plume Heights by the JMA's Weather Radar, the Shinmoe-dake 2011 Eruption

高木 朗充^{1*}; 新堀 敏基¹; 山本 哲也¹; 福井 敬一²

TAKAGI, Akimichi^{1*}; SHIMBORI, Toshiki¹; YAMAMOTO, Tetsuya¹; FUKUI, Keiichi²

¹ 気象研究所, ² 地磁気観測所

¹ Meteorological Research Institute, ² Kakioka Magnetic Observatory

2011 年 1 月 26~27 日に霧島山新燃岳で発生した連続的な噴火では、気象レーダーによって火山噴煙のエコーが詳細に捉えられている(新堀他, 2013)。そのエコー頂高度を精査し、噴煙の高さと空振データの関係の考察を開始したので報告する。

火山噴煙からの反射エコー頂高度は、主として種子島と福岡の気象ドップラーレーダー(Cバンド)の合成と、鹿児島空港気象ドップラーレーダー(Cバンド)の2つがある。後者は空港周辺の気象観測という目的から15dBZ程度の閾値(足切り)が設けられているものの、観測時間の間隔は約5分であり前者の10分よりも高分解能である。よって、本解析には鹿児島空港レーダーを用いた。鹿児島空港レーダーは16の仰角に対するPPI観測を5.3分かけて行い、ボリュームスキャンする(非悪天時の空域モード)。これらの仰角データから定高度水平断面(CAPPI)データを5.3分に1回作成する。ここでは時刻精度を高めるため各仰角のスキャン時刻にまで戻ることとし、エコー最頂部の仰角高度のスキャン時刻を秒位まで求めた。

一方、噴煙の高さはマグマ噴出率とべき乗関係にあると考えられ、Sparks(1997)は規模の大きな噴火の事例をもとに、噴煙の高さに対する噴出率のべき数は0.259であることを示した。噴出率は空振積分波形と比例関係にある(高木他, 2013)とし、エコー頂高度は噴煙の高さを示すとして、新燃岳噴火中のデータからエコー頂高度と空振積分値のべき乗関係を求めた。その結果、新燃岳火口から南東3.1kmの空振観測点(KITK)のデータでは、べき数は0.55と求まった。その時の残差を最も小さくする空振データの遅延時間と時間窓を求めたところ、エコー検知時刻より4分早く、それから前6分間の空振データの場合であることがわかった。

これらの結果は噴煙の高さや上昇速度に支配されている可能性もあり、更に時間的に高分解能なエコー頂を測定できれば、噴煙のダイナミクスを空振データでモニタリングできる可能性がある。他の観測点データも含め、さらなる精査が必要である。

謝辞

鹿児島 DRAW の解析には、田中恵信氏・鈴木修氏により気象研究所で開発され、山内洋氏・佐藤英一氏らにより改良された「Draft」を使用しました。この場を借りてお礼申し上げます。

キーワード: 噴煙高度, 気象レーダー, 空振, 新燃岳

Keywords: plume height, weather radar, infrasound, Shinmoe-dake

2013 年 8 月 18 日桜島昭和火口噴火にともなう九州を伝播した長周期地震波 Long-period seismic waves propagating over Kyushu as associated with the Sakurajima eruption of August 18, 2013

池田 絢美¹; 久家 慶子^{1*}; 風間 卓仁¹; 松澤 孝紀²

IKEDA, Ayami¹; KUGE, Keiko^{1*}; KAZAMA, Takahito¹; MATSUZAWA, Takanori²

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 防災科学技術研究所

¹Dept. Geophysics, Kyoto University, ²NIED

桜島火山の昭和火口は、2006 年に 58 年ぶりに活動を再開し、現在、年 1000 回以上の噴火を起こしている。中でも、2013 年 8 月 18 日 16 時 31 分の噴火は、昭和火口史上極めて大規模な噴火であり、噴煙の高度は約 5000m に達した。本研究では、この噴火時に九州全域にわたって伝播した長周期地震波を基盤的地震観測網 (F-net、Hi-net) で捉え、その特徴を調べた。

噴火に伴って、長周期地震動が、広帯域地震観測網 F-net によって、奄美大島から九州全域にわたる広い範囲で観測された。周期 5 秒以上の長周期の地震波が卓越しており、九州南部から約 2.75km/s のみかけ速度で伝播するようすが見られる。波は 3 成分いずれでも確認できる。この長周期に卓越する地震波は、より稠密な観測点をもつ Hi-net 傾斜計データにおいても見ることができた。桜島に最も近い始良観測点 (AIRH) で最も早い時刻に観測され、F-net で観測されたものと同様のみかけ速度で遠方の観測点へ伝播していったことから、この長周期の地震波は桜島から伝播したものと考えられる。桜島昭和火口を震央として、F-net と Hi-net で観測された水平 2 成分のデータを、radial 成分と transverse 成分に回転したところ、長周期地震波の伝播は、radial 成分と transverse 成分のいずれでも明瞭にみることができた。波のみかけ速度は、radial 成分に比べて transverse 成分で若干はやく、transverse 成分、radial 成分にみられる振動は、Love 波、Rayleigh 波と思われる。

桜島の過去の噴火において同様の長周期地震波が観測されるか、F-net のデータを調べた。2006-2013 年の 5057 噴火のうち、噴煙量・高度と沈降容量の値が大きい 43 噴火について調べたところ、2013 年 8 月 18 日噴火以外にも、南岳火口噴火を含む 5 噴火で長周期地震波の伝播をみつけた。ただし、この 5 噴火でみられた長周期地震波の伝播は、火口からの距離 150-331km までであり、2013 年 8 月 18 日噴火時ほど遠方まで確認できるものはなかった。8 月 18 日の噴火が長周期地震波の励起に長けていた可能性がある。一方、長周期地震波の出現と、噴煙量・高度や沈降容量との間に、明瞭な関係は見いだせなかった。

2013 年 8 月 18 日噴火に伴った長周期地震波は、radial 成分だけではなく、transverse 成分においても顕著に揺れていた。これは 2013 年 8 月 18 日の噴火に限らず、F-net で長周期地震波の伝播が確認できた、南岳火口噴火を含む 5 噴火でもみられた。これまで、桜島南岳火口噴火の力学モデルとして、等方膨張や鉛直方向にのびる円筒の収縮が主張されてきた (Uhira and Takeo, 1994; Tameguri et al., 2002)。しかし、これら等方膨張や鉛直円筒の収縮では Love 波が励起されない。本研究でみつけた Love 波と思われる transverse 成分の揺れを説明するモデルについて、今後検討が必要と考えられる。

繰り返し海底地震観測による桜島火山周辺の VT 地震活動域と上部地殻 3 次元地震波速度モデルとの比較

Comparison between areas of VT earthquakes around Sakurajima Volcano and a 3-D velocity model of the upper crust

八木原 寛^{1*}; 平野 舟一郎¹; 宮町 宏樹¹; 高山 鉄朗²; 市川 信夫²; 為栗 健²

YAKIWARA, Hiroshi^{1*}; HIRANO, Shuichiro¹; MIYAMACHI, Hiroki¹; TAKAYAMA, Tetsuro²; ICHIKAWA, Nobuo²; TAMEGURI, Takeshi²

¹ 鹿児島大学大学院理工学研究科, ² 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター

¹GSE, Kagoshima Univ., ²SVRC, DPRI, Kyoto Univ.

桜島火山では、火山活動に伴う VT 地震が周辺海域下においても発生する (Hidayati, et al., 2007)。周辺海域下で発生する微小な VT 地震を検出し、その震源精度を向上させるためには、既設の陸上地震観測に加えて、海底地震計 (Ocean Bottom Seismograph, 以下 OBS と記す) を用いた観測が不可欠である。著者らは 2009 年以降、OBS を桜島火山の周辺海域の同一位置に繰り返し投入し、2~3 ヶ月長の自然地震観測を 5 回実施した。本講演では、これまでの OBS 観測で得られた、桜島火山の周辺海域下の VT 地震の活動域についてまとめる。さらに、VT 地震の活動域についての知見を得るために、VT 地震の震源分布とトモグラフィ解析による上部地殻内 3 次元速度モデルと比較した。

これまで実施した OBS 観測で得られた VT 地震活動について、その活動域は次のようにまとめられる。1) 若尊カルデラ下で episodic に浅発 VT 地震が発生する。そのほとんどは深さ 5 km 以浅で発生する。2) 桜島北東海域 (若尊カルデラ~桜島東部にかけての領域) の深さ 5~10 km に VT 地震が発生する。地震数は少ないものの、定常的な活動の可能性はある。3) 始良カルデラの西側半分下では VT 地震の発生は認められない。

一方で著者らは、九州中南部の広域地震観測網データ (米良・他, 2013) を用い、桜島火山周辺の上部地殻 3 次元地震波速度モデルの暫定解を求めた。本解析の結果が信頼できる深さ範囲はおよそ 5~12 km と推定される。深さ 6 km 以浅では、鹿児島湾奥部の若尊カルデラ付近が Low-Vp (5.3~5.4 km/s), Low-Vs (3.0~3.1 km/s) である。6km 以深では、深くなるにつれて低速度のピークが、より南西側 (桜島火山側) に位置する傾向が認められる。深さ 10 km において、低速度のピークは、桜島北東沖 (新島付近) 下に位置し、Vp=5.4~5.5 km/s, Vs=3.1~3.2 km/s である。これらの特徴の他、深さ 6 km 以浅及び深さ 12km 以深においては、桜島南岸から桜島南方海域にかけて領域に広がる Low-Vs が際立つ。

5 回の OBS 観測のうち、湾奥部の 3 観測点全てでデータを取得できた 3 回の OBS 観測で得られた VT 地震と 3 次元速度分布を比較した。その結果、VT 地震は高速度領域と低速度領域の間の中間的な速度の場で発生する。加えて、低速度領域のピークの直上でも発生することが分かった。高速度領域や低速度領域が相対的に歪の集中しにくい領域であることを示唆するかもしれない。また低速度のピークの直上での VT 地震発生は、火山性流体の存在による間隙流体圧の増加や応力変化を反映することが考えられる。

キーワード: 桜島火山, VT 地震, 3 次元地震波速度モデル

Keywords: Sakurajima Volcano, Volcano-tectonic earthquakes, Three-dimensional seismic velocity model

桜島火山における反復地震探査 (2013 年) Repetitive seismic survey 2013 in Sakurajima Volcano.

筒井 智樹^{1*}; 井口 正人²; 中道 治久²; 為栗 健²; 八木原 寛⁴; 大湊 隆雄⁵; 菅井 明³; 大島 弘光⁶; 三浦 哲⁷; 山本 希⁷; 市来 雅啓⁷; 野上 健治⁸; 武尾 実⁵; 市原 美恵⁵; 及川 純⁵; 山中 佳子⁹; 大倉 敬宏²; 安部 祐希²; 清水 洋¹⁰; 山下 裕亮¹⁰; 宮町 宏樹⁴; 小林 励司⁴; 味喜 大介²; 山本 圭吾²; 前川 徳光⁶; 平原 聡⁷; 渡邊 篤志⁵; 奥田 隆⁹; 堀川 信一郎⁹; 松廣 健二郎⁹; 園田 忠臣²; 関 健次郎²; 吉川 慎²; 平野 舟一郎⁴; 渡邊 幸弘³; 碓井 勇二³; 小林 宰³; 池田 啓二³; 長門 信也³; 小枝 智幸³

TSUTSUI, Tomoki^{1*}; MASATO, Iguchi²; NAKAMICHI, Harushisa²; TAMEGURI, Takeshi²; YAKIWARA, Hiroshi⁴; OHMINATO, Takao⁵; SUGAI, Akira³; OSHIMA, Hiromitsu⁶; MIURA, Satoshi⁷; YAMAMOTO, Mare⁷; ICHIKI, Masahiro⁷; NOGAMI, Kenji⁸; TAKEO, Minoru⁵; ICHIHARA, Mie⁵; OIKAWA, Jun⁵; YAMANAKA, Yoshiko⁹; OHKURA, Takahiro²; ABE, Yuki²; SHIMIZU, Hiroshi¹⁰; YAMASHITA, Yusuke¹⁰; MIYAMACHI, Hiroki⁴; KOBAYASHI, Reiji⁴; MIKI, Daisuke²; YAMAMOTO, Keigo²; MAEKAWA, Tokumitsu⁶; HIRAHARA, Satoshi⁷; ATSUSHI, Watanabe⁵; OKUDA, Takashi⁹; HORIKAWA, Shinichiro⁹; MATSUHIRO, Kenjiro⁹; SONODA, Tadaomi²; SEKI, Kenjiro²; YOSHIKAWA, Shin²; HIRANO, Shuichiro⁴; WATANABE, Yukihiko³; USUI, Yuji³; KOBAYASHI, Tsukasa³; IKEDA, Keiji³; NAGATO, Shinya³; KOEDA, Tomoyuki³

¹ 秋田大学, ² 京都大学, ³ 気象庁, ⁴ 鹿児島大学, ⁵ 東京大学, ⁶ 北海道大学, ⁷ 東北大学, ⁸ 東京工業大学, ⁹ 名古屋大学, ¹⁰ 九州大学

¹Akita University, ²Kyoto University, ³Japan Meteorological Agency, ⁴Kagoshima University, ⁵University of Tokyo, ⁶Hokkaido University, ⁷Tohoku University, ⁸Tokyo Institute of Technology, ⁹Nagoya University, ¹⁰Kyushu University

本発表では桜島火山で実施された第 6 回目の反復地震探査による地震波反射構造変化の追跡とともに、観測点間引きによる効果についても考察する。桜島火山は九州南部鹿児島県に位置する日本国内でもっとも活動度の高い火山である。桜島火山では火山活動にともなう地下構造変化の検出と評価を目的として、2008 年以降毎年反復地震探査が実施されている。2013 年は中道他（本大会発表）の観測の一環として反復反射法探査測線の第 6 回目を実施された。

火山活動に伴う地下構造変化の検出は、火山活動の本質であるマグマなどの流体物質の地下における振舞いへの直接のアプローチであり、地下構造変化の評価は火山活動の展開を理解する上で重要な情報をもたらす可能性がある。さらに地下における物質移動量や滞留量の評価にまで展開することによって、防災上重要な火山活動のタイムラインを予測する鍵になることが考えられる。また地下構造変化の検出手法は継続的に実施可能でなければならない。

本講演では最新の構造変化について報告する予定である。これまでも本合同学会で反復地震探査とその成果について報告してきた。反復地震探査は桜島北岳の北山腹と東山麓とにそれぞれ 1 本ずつの測線が設定され、4.5Hz のセンサーによる約 250 点の臨時観測点を展開して観測が実施されてきた。先行する 5 回の実験の成果として、桜島北岳中腹測線では年とともに地震波反射パターンの変化が認められることが明らかになり、桜島地下の地震波反射応答が年とともに変化していると解釈されてきた。地震波反射応答変化は北岳北山腹測線で明瞭に検出され、桜島北東部地下の 4.9 キロ深と北岳北山腹地下の 8 キロ深で継続的に変化が起きていることがわかった。

また 2013 年実験で実施された観測点間引きの効果についても考察を行う。2012 年までの実験では桜島北岳北斜面と東麓とにそれぞれ 1 測線ずつ約 250 点からなる観測網を展開していたが、2013 年の人工地震実験ではこれまでより 74 観測点で桜島北岳北斜面測線のみを実施した。観測点間引きによる効果の検討は今後の持続的な実験の実施のために必要なことである。

なお、本観測は参加機関の供出した機材の他、京都大学防災研究所からも機材の貸与を受けて観測を実施した。

キーワード: 桜島火山, 反射法地震探査, 地下構造の時間変化, 制御地震

Keywords: Sakurajima Volcano, Reflection seismology, Dynamic structure, Controlled source seismology

2013 年桜島人工地震探査の概要と 2008 年実施探査との比較 Active source seismic experiment in and around Sakurajima volcano in 2013 and comparison with the experiment in 2008

中道 治久^{1*}; 筒井 智樹²; 為栗 健¹; 井口 正人¹; 八木原 寛³; 大湊 隆雄⁴; 菅井 明⁵; 大島 弘光⁶; 三浦 哲⁷; 山本 希⁷; 市来 雅啓⁷; 野上 健治⁸; 武尾 実⁴; 市原 美恵⁴; 及川 純⁴; 山中 佳子⁹; 大倉 敬宏¹; 安部 祐希¹; 清水 洋¹⁰; 山下 裕亮¹⁰; 宮町 宏樹³; 小林 励司³; 味喜 大介¹; 山本 圭吾¹; 前川 徳光⁶; 平原 聡⁷; 渡邊 篤志⁴; 奥田 隆⁹; 堀川 信一郎⁹; 松廣 健二郎⁹; 園田 忠臣¹; 関 健次郎¹; 吉川 慎¹; 平野 舟一郎³; 渡邊 幸弘⁵; 碓井 勇二⁵; 小林 宰⁵; 池田 啓二⁵; 長門 信也⁵; 小枝 智幸⁵

NAKAMICHI, Haruhisa^{1*}; TSUTSUI, Tomoki²; TAMEGURI, Takeshi¹; IGUCHI, Masato¹; YAKIWARA, Hiroshi³; OHMI-NATO, Takao⁴; SUGAI, Akira⁵; OSHIMA, Hiromitsu⁶; MIURA, Satoshi⁷; YAMAMOTO, Mare⁷; ICHIKI, Masahiro⁷; NOGAMI, Kenji⁸; TAKEO, Minoru⁴; ICHIHARA, Mie⁴; OIKAWA, Jun⁴; YAMANAKA, Yoshiko⁹; OHKURA, Takahiro¹; ABE, Yuki¹; SHIMIZU, Hiroshi¹⁰; YAMASHITA, Yusuke¹⁰; MIYAMACHI, Hiroki³; KOBAYASHI, Reiji³; MIKI, Daisuke¹; YAMAMOTO, Keigo¹; MAEKAWA, Tokumitsu⁶; HIRAHARA, Satoshi⁷; WATANABE, Atsushi⁴; OKUDA, Takashi⁹; HORIKAWA, Shinichiro⁹; MATSUHIRO, Kenjiro⁹; SONODA, Tadaomi¹; SEKI, Kenjiro¹; YOSHIKAWA, Shin¹; HIRANO, Shuichiro³; WATANABE, Yukihiko⁵; USUI, Yuji⁵; KOBAYASHI, Tsukasa⁵; IKEDA, Keiji⁵; NAGATO, Shinya⁵; KOEDA, Tomoyuki⁵

¹ 京都大学, ² 秋田大学, ³ 鹿児島大学, ⁴ 東京大学, ⁵ 気象庁, ⁶ 北海道大学, ⁷ 東北大学, ⁸ 東京工業大学, ⁹ 名古屋大学, ¹⁰ 九州大学

¹ Kyoto University, ² Akita University, ³ Kagoshima University, ⁴ University of Tokyo, ⁵ Japan Meteorological Agency, ⁶ Hokkaido University, ⁷ Tohoku University, ⁸ Tokyo Institute of Technology, ⁹ Nagoya University, ¹⁰ Kyushu University

1. はじめに

2006 年の桜島昭和火口の噴火再開後, 2008 年に爆発的噴火が発生し, 2009 年には年間 578 回発生した。その後 2010 ~2011 年は年間 1000 回, 2012 年は 900 回, 2013 年は 800 回を超えた。ここ 2 年で回数は減少しているが昨年 8 月 18 日の噴煙高 5 km の噴火など規模の大きい噴火の割合が増えている。また, 始良カルデラから桜島へのマグマ供給経路が明らかになりつつあり, 始良カルデラの膨張は 2013 年現在も継続している (井口・他, 2013; 山本・他, 2013)。昭和火口の噴火が活発化する前の 2008 年 11 月に桜島および始良カルデラの浅部構造解明を目的として人工地震探査が実施された (井口・他, 2009)。そして, P 波速度構造推定により始良カルデラ中央部の深さ 1.5~3 km と桜島直下の 1~2 km に低速度域の存在が指摘された (Miyamachi et al., 2013)。2009 年より桜島にて反射法探査が毎年繰り返し実施されてきており, 反射位相の変化が検出され, マグマ供給路における流体存在量の変化として解釈された (Tsutsui et al., 2013; 筒井・他, 2013)。そこで, 桜島および始良カルデラの地下構造の時間変化検出を目的として人工地震探査を 2013 年 12 月に実施した。

2. 2013 年桜島構造探査観測実施概要

2013 年 12 月 1 日 ~7 日の日程にて本探査を繰り返し反射法探査 (筒井・他, 2014) と同時に, 国立大学と気象庁から 50 名の参加者にて実施された。データ収録には本探査と反射法探査ともにデータロガー白山工業 LS-8200SD(500Hz サンプリング)を用いた。本探査では 2008 年探査と同じ 2Hz 上下動地震計 (Sercel L-22D) を用いて, アダプターコネクタを経由にてロガーに接続した。ロガーは 2008 年探査 (白山工業 LS-8000SH, 250Hz サンプリング) と異なるが, 同時並行観測にて同じ波形が収録できることを事前確認した。発破時刻を含め夜間 9 時間連続観測が行われ, 爆発的噴火に伴う地震動と火山性微動も記録した。島内外 6 箇所が発破 (薬量 200 kg か 300 kg) が 2008 年探査とほぼ同一場所で 12 月 5 日未明に行われた。地下構造の時間変化を検出するには発破点と観測点の位置の再現性が高いのが望ましい。発破点については水平位置の差が小さい順に 2.4 m (S1), 5 m (S5), 15 m (S4), 50 m (S2), 62 m (S6), そして 204 m (S3) であった。S3 を除く発破にて波形の再現性が高かった。観測点数 280 で 2008 年の観測点位置の再現に試みた。2008 年の観測点写真による位置同定を優先して, 再現状況を以下の基準でランク付けして再現状況を示す。ランク● (163 点): 写真を基にして同一場所に設置。ランク○ (90 点): 簡易 GPS による測位精度内にて同一場所に設置。ランク N (27 点): ランク●・○以外。つまり, 観測点全体の 9 割にて 2008 年と同一場所に設置することができた。

3. 2008 年と 2013 年の波形比較と相互相関

S3 を除く発破の同一設置観測点 (ランク●および○) と桜島火山観測所の 7 定常観測点のデータについて 2008 年と 2013 年の波形を比較することで構造の時間変化の検出を試みる。なお, 同一設置観測点のうち 2008 年もしくは 2013 年の探査において地震計の不具合あったもしくはノイズレベルが高い 16 点観測点は解析対象から外した。2008 年と 2013 年の同一設置観測点について発破地震動波形についてサンプリングを 250Hz に統一してバンドパスフィルタ (2-8Hz) を施して P 波初動を含む 15 s のウィンドウで相関計数を計算した。過半数の観測点にて相関が 0.8 以上であるが, 北岳・南

SVC55-P26

会場:3 階ポスター会場

時間:5 月 1 日 18:15-19:30

岳・昭和火口周辺と桜島南東部では 0.4-0.6 と低い。この傾向は島外発破点と島内発破点に共通して見られた。よって、比較的浅部の構造が時間変化していることが示唆される。一方、昭和火口に比較的近い観測点については火山性微動の影響による相関変化の可能性も捨てきれない。

【桜島反復地震探査グループ参加機関】

北海道大学大学院理学院，秋田大学大学院工学資源学研究科，東北大学大学院理学研究科，東京大学地震研究所，東京工業大学火山流体研究センター，名古屋大学大学院環境学研究科，京都大学大学院理学研究科，京都大学防災研究所，鹿児島大学大学院理工学研究科，気象庁地震火山部，気象庁仙台管区气象台，気象庁福岡管区气象台，気象庁鹿児島地方气象台

キーワード: 人工地震探査, 時間変化, 火山活動, 噴火, 桜島火山, 始良カルデラ

Keywords: active seismic experiment, temporal change, volcanic activity, eruption, Sakurajima volcano, Aira caldera

桜島火山におけるアクロスを用いた能動的モニタリング観測報告 3 - Active monitoring by using ACROSS in Sakurajima volcano - observation report 3 -

宮町 宏樹^{1*}; 有門 那津美¹; 八木原 寛¹; 山岡 耕春²; 渡辺 俊樹²; 國友 孝洋²; 井口 正人³; 為栗 健³; 三ヶ田 均³; 竹中 博士⁴; 清水 洋⁵; 生田 領野⁶

MIYAMACHI, Hiroki^{1*}; ARIKADO, Natsumi¹; YAKIWARA, Hiroshi¹; YAMAOKA, Koshun²; WATANABE, Toshiki²; KUNITOMO, Takahiro²; IGUCHI, Masato³; TAMEGURI, Takeshi³; MIKADA, Hitoshi³; TAKENAKA, Hiroshi⁴; SHIMIZU, Hiroshi⁵; IKUTA, Ryoya⁶

¹ 鹿児島大学, ² 名古屋大学, ³ 京都大学, ⁴ 岡山大学, ⁵ 九州大学, ⁶ 静岡大学

¹Kagoshima University, ²Nagoya University, ³Kyoto University, ⁴Okayama University, ⁵Kyushu University, ⁶Shizuoka University

In 2012, in order to realize quantitative monitoring of magma transport process, we deployed the ACROSS (Accurately Controlled Routinely Operated Signal System) vibrator system composed of two vibrators in the site that is 3.6 km apart from the northwest of the Minamidake crater of Sakurajima.

On September 2012, we have started the full-scale operation under synchronized control of two vibrators with a frequency modulation, in which the modulation period is 50 seconds and the frequency range is 5 to 15 Hz, to produce broad frequency range of signal: one vibrator 'SKR1' with a signal frequency range of 7.510Hz +/- 2.50Hz and the other 'SKR2' with the range of 12.505Hz +/- 2.50Hz. The signal from the ACROSS source is routinely monitored with more than 20 permanent seismic stations in and around Sakurajima volcano. Five temporal seismic stations are also deployed to increase the spatial coverage of monitoring. The signals recorded at the seismic stations are deconvoluted with the source function to obtain the transfer function between the source and the receivers.

In this report, we estimated the daily transfer functions for the SKR2 vibrator at each station by every 5 days stacked data during a whole period (400 days from September 19, 2012 to October 23, 2013) of the operation. It is obviously found that these daily transfer functions vary temporally. To detect quantitatively the temporal variation of the transfer functions, we analyzed the variation of the transverse component (Tt) of the transfer functions at 7 seismic stations located in Sakurajima Island as follows:

(1) We analyzed the transfer function obtained at temporal seismic station 'GOMI' located at about 50m apart from the ACROSS source to verify the stability of power of the seismic waves generated by the ACROSS source. According to the result, we rejected the transfer function evaluated during a period of the unstable power condition from a whole period of the operation.

(2) We visually inspected arrival times and amplitudes for the specific phases in the transfer functions at each station during the period of the stable power condition of the ACROSS, and obtained the quantitative temporal variation for the specific phases.

(3) On a simple assumption that the specific phases are SH waves (the transverse component of the transfer functions), we presumed the depth range where each specific phase propagated in the 5 horizontally layered model simplified from the results of the exploration seismic experiment (Miyamachi et al., 2013).

(4) We compared the temporal variation of the specific phases with activity of volcanic eruptions by JMA, the temporal change of the N-S and E-W horizontal distances (GPS data) in Sakurajima Island, and the temporal change of strain at the HAR station measured by Kyoto University.

In the presentation, we will show the observation results in detail. This ACROSS research project in Sakurajima volcano is still in a pioneering stage, and we have plans in the future to continue our project.

キーワード: 桜島火山, アクロス

Keywords: Sakurajima volcano, ACROSS

桜島火山および始良カルデラ周辺域の地盤上下変動：2013年10月・11月実施の水 準測量結果

Vertical ground deformation in Sakurajima volcano and around Aira caldera: results of leveling survey in Oct.-Nov. 2013

山本 圭吾^{1*}; 松島 健²; 吉川 慎³; 大倉 敬宏³; 横尾 亮彦³; 相澤 広記²; 井上 寛之³; 三島 壮智³; 内田 和也²; 園田 忠
臣¹; 関 健次郎¹; 小松 信太郎¹; 堀田 耕平³; 高橋 温志³; 豊福 隆史⁴; 浅野 晴香⁴; 成田 次範⁴
YAMAMOTO, Keigo^{1*}; MATSUSHIMA, Takeshi²; YOSHIKAWA, Shin³; OHKURA, Takahiro³; YOKOO, Akihiko³;
AIZAWA, Koki²; INOUE, Hiroyuki³; MISHIMA, Taketoshi³; UCHIDA, Kazunari²; SONODA, Tadaomi¹; SEKI, Kenjiro¹;
KOMATSU, Shintaro¹; HOTTA, Kohei³; TAKAHASHI, Atsushi³; TOYOFUKU, Takashi⁴; ASANO, Haruka⁴; NARITA,
Tsugunori⁴

¹ 京都大学防災研究所, ² 九州大学大学院理学研究院, ³ 京都大学大学院理学研究科, ⁴ 国土地理院

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ²Faculty of Sciences, Kyushu University, ³Graduate School of Sci-
ence, Kyoto University, ⁴Geospatial Information Authority of Japan

桜島火山では、2006年6月から始まった昭和火口における噴火活動が近年激化し、2010年以降は、年間に800回を超
える爆発的噴火が発生する状況が続いている。平成21年度より開始された「地震及び火山噴火予知のための観測研究計
画」における課題「桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究」の一環として、桜島火山
周辺において水準測量を行ってきたが、これらに引き続き2013年10月および11月に桜島火山および始良カルデラ周辺
域において一等水準測量の繰返し観測を実施した。本講演では、この測量結果について報告し、最新の桜島火山の活動
に伴う地盤上下変動について議論する。

2013年10月・11月に水準測量を実施した路線は、桜島内では海岸線に沿って桜島を一周する桜島一周道路路線、西
部山腹のハルタ山登山路線及び北部山腹の北岳路線、また桜島外ではBM.2469（旧鹿児島県庁）からBM.2474 および
BM.J（大崎鼻）間の鹿児島湾西岸路線、BM.2500（桜島口）からJ.2797（亀割峠）間の鹿児島湾東岸路線およびJ.2797か
らBM.2785（曾於市）間の曾於路線であり、総延長は約117kmである。これらの路線を、大学合同測量班（期間：2013
年11月5日～22日）と国土地理院（期間：2013年10月25日～11月7日及び11月13日～26日）とで分担して測量を
行った。鹿児島湾東岸および曾於路線における水準測量は、2007年10月-12月の測量から約6年ぶりの実施であった。

桜島内の路線および鹿児島湾東岸・曾於路線については桜島西岸の水準点S.17を、またこれらとは独立している鹿児
島湾西岸路線についてはその南端にあるBM.2469をそれぞれ不動点（基準）とし、各水準点の比高値を前回の2012年
11月・12月および2007年10月-12月に行われた測量結果と比較することで、2012年11月・12月から2013年10月・
11月の期間および2007年10月-12月から2013年10月・11月の期間における地盤上下変動量を計算した。その結果、
これらの期間において、始良カルデラを中心とした地盤の隆起が確認される一方、桜島中心部付近では地盤の沈降が確
認された。茂木モデルに基づき、上下変動量データから圧力源の位置を求めると、どちらの期間についても始良カルデ
ラ中央部地下に増圧源が、また桜島中央部直下に減圧源が推定された。

これらの結果は、始良カルデラ地下のマグマ溜りにおいてマグマの貯留が継続して進行していることを示している。一
方で、桜島直下のマグマ溜りにおいてはマグマの放出量が增大する傾向となってきたことを示唆しており、近年の
昭和火口における噴火活動の活発化を反映したものであると考えられる。

キーワード: 桜島火山, 始良カルデラ, 精密水準測量, 地盤上下変動

Keywords: Sakurajima volcano, Aira caldera, precise leveling survey, vertical ground deformation

GPS 連続観測データから明らかにした2006年以降の桜島火山の圧力源移動 Movement of pressure source at Sakurajima volcano after 2006 revealed by continuous GPS observation data

堀田 耕平^{1*}; 井口 正人²; 大倉 敬宏¹; 山本 圭吾²
HOTTA, Kohei^{1*}; IGUCHI, Masato²; OHKURA, Takahiro¹; YAMAMOTO, Keigo²

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所

¹Graduate School of Science, Kyoto University, ²DPRI, Kyoto University

桜島火山の火山活動に伴う地盤上下変動は主に精密水準測量により検出され、始良カルデラ下約 10 km (主圧力源) と南岳山頂火口直下約 4 km (副圧力源) で膨張・収縮を繰り返す 2 つの圧力源によって引き起こされていると解釈されてきた (江頭, 1989, 京都大学防災研究所年報)。桜島の主圧力源があるとされる始良カルデラ周辺の地盤は、1993 年以降沈降から隆起に転じ、現在まで継続している。一方、桜島で連続 GPS 観測が開始された 1995 年ごろ以降では、1999 年末の南岳山頂噴火活動活発化が顕著であり、2006 年 6 月には昭和火口の噴火活動が始まった。我々は、これらに先立って急激な膨張が検出された時期の地盤変動を 1 圧力源で近似することで、圧力源が始良カルデラから桜島北岸付近の深さ 6~8 km に近づくことを指摘した (堀田ほか, 2013, 京都大学防災研究所年報)。これは、始良カルデラ下の主圧力源と山頂火口直下の副圧力源が膨張し、見かけ上圧力源が桜島に近づいたものと考えられる。2006 年に噴火活動が始まった昭和火口では、2009 年以降噴火活動の多い状態が続いている。本研究では、2006 年以降の GPS データを解析し、昭和火口噴火活動に伴うマグマの移動過程を推定した。

桜島火山観測所の GPS 連続観測点のデータと国土地理院の GEONET データを用い、GIPSY-OASIS II ver.6.1.2 の PPP-AR 解析を行って各観測点の日々の座標値を計算した。2006 年以降、2009 年春までは目立った変動は見られないが、2009 年春ごろから地盤変動の膨張・収縮量が増加している。

ここで、最も顕著な変動率が検出された 2011 年 10 月~2012 年 3 月の期間に着目した。まず、この期間全体の平均的な 2 圧力源の位置を遺伝的アルゴリズムで探索したところ、始良カルデラ下深さ 8.3 km (圧力源 A) と桜島下深さ 2.9 km (圧力源 B) にそれぞれ増圧源が決まった。次に、始良カルデラ下の主圧力源の体積変化量と桜島下の副圧力源の位置および体積変化量を、圧力源の決定精度がよく、圧力源の変化も十分捉えられると考えられる 4 ヶ月の時間窓を設定して 10 日ずつずらしていくことで探索した。この場合、主圧力源の位置は過去の研究でも概ね 2011 年 10 月~2012 年 3 月の期間全体の平均的な圧力源 A の位置に決まっていることから、この平均的な位置で固定した。時間窓 1 (2011/10/1~2012/1/31) から 6 (2011/11/21~2012/3/20) にかけては、副圧力源は北岳付近から徐々に桜島北部に近づき、それに伴って深さは 3.1 km から 6.3 km、体積変化量は $+0.44 \times 10^6 \text{ m}^3$ から $+2.39 \times 10^6 \text{ m}^3$ といずれも増加する傾向にあったが、時間窓 7 (2011/12/1~2012/3/31) で南岳下深さ 3.5 km に移動し、体積変化量は $+0.27 \times 10^6 \text{ m}^3$ にまで減少した。時間窓 6・7 の中間に時間窓 6-2 (2011/11/26~2012/3/25) を設定して探索したところ、副圧力源は時間窓 6 と 7 の副圧力源のほぼ中間にあたる北岳付近の深さ 4.8 km に位置した。桜島北部にある GPS 観測点では、2011 年 12 月下旬ごろ変動パターンが変化しており (例えば、FUTG 観測点では桜島西部の SVOG 観測点に対する北向きの変位が 12 月下旬ごろに停止した)、桜島では 2011 年 12 月から噴火活動が活発化していることから、この時期に始良カルデラから桜島へのマグマの移動があった可能性がある。

キーワード: 桜島火山, 始良カルデラ, 地盤変動, GPS, 茂木モデル

Keywords: Sakurajima volcano, Aira caldera, ground deformation, GPS, Mogi's model

相対重力データに対する陸水擾乱補正の重要性：桜島火山を例に The importance of hydrological disturbance corrections for relative gravity data: A case study at Sakurajima Volcano

風間 卓仁^{1*}; 山本 圭吾²; 福田 洋一¹; 井口 正人²

KAZAMA, Takahito^{1*}; YAMAMOTO, Keigo²; FUKUDA, Yoichi¹; IGUCHI, Masato²

¹ 京都大学理学研究科, ² 京都大学防災研究所

¹Kyoto Univ., ²DPRI, Kyoto Univ.

An empirical water balance model was created to correct for hydrological disturbances in relative gravity data repeatedly measured at Sakurajima Volcano, southern Japan. This study aims to quantitatively monitor gravity signals due to magmatic activities of Sakurajima Volcano, and we here present the first applied results of the empirical model. The hydrological disturbances were simply calculated by the product of the instant gravity response to unit precipitation and land water storage, which were estimated using digital topography and observed meteorological data. The calculated hydrological disturbance was consistent with the observed absolute gravity data at Harutayama Station from 2010 to 2011 within 8 micro-gal (1 [micro-gal] = 1 E-8 [m/s²]), which was smaller than the typical accuracy of relative gravity measurements (~10 micro-gal). In addition, after we subtracted (i.e., corrected) the calculated disturbances from the measured relative gravity data at Sakurajima Volcano, the average amplitude of the corrected gravity changes during 2007-2009 was reduced by 90 % compared with that of the original gravity data. Since gravity changes have been measured using both absolute and relative gravimeters at volcanic areas these days, hydrological disturbance corrections should be applied to the relative gravity data, not only to the absolute one. By sophisticating the effects of spatiotemporal variations in precipitation, evapotranspiration, and infiltration capacity, this model will enable us to robustly monitor long-period and wide-spread gravity variations associated with volcanic activities.

キーワード: 桜島火山, 重力変化, 陸水擾乱, 相対重力測定, 絶対重力測定, 浸透能

Keywords: Sakurajima Volcano, gravity change, hydrological disturbance, relative gravity measurement, absolute gravity measurement, infiltration capacity

諏訪之瀬島火山における二酸化硫黄放出率の自動観測と地震観測との比較 Automated sulfur dioxide flux observation at Suwanosejima volcano, Japan, and comparing to seismic data

森田 雅明^{1*}; 森 俊哉¹; 井口 正人²; 西村 太志³
MORITA, Masaaki^{1*}; MORI, Toshiya¹; IGUCHI, Masato²; NISHIMURA, Takeshi³

¹ 東大院理, ² 京大防災研, ³ 東北大院理

¹Geochem. Res. Center, Univ. of Tokyo, ²DPRI, Kyoto Univ., ³Dept. Geophys., Tohoku Univ.

Suwanosejima is a remote volcanic island located about 240 km south-southwest of Kagoshima city, Kyushu Island, Japan. This volcano has been erupting very frequently since early-1950s, and is one of the most active volcanoes in Japan. Previous studies on sulfur dioxide (SO₂) flux measurement of Suwanosejima are very limited and reported that daily average SO₂ flux from this volcano ranged about 5–15 kg/s [Mori et al., 2004; Hirabayashi et al., 2005]. Therefore, we conducted automated SO₂ flux measurement at Suwanosejima volcano to understand SO₂ flux variation with long-term observation at Suwanosejima volcano and to evaluate a relation between SO₂ flux and seismic data.

We developed automated SO₂ flux measurement system to conduct automated observation in such a remote island. The power consumption of the scanning instrument was significantly improved compared to that in the previous studies. The observation was conducted for January 21, 2013–May 7, 2013 (Period I) and November 5, 2013–the present (Period II). The observation system has been working without any trouble for more than 200 days in total showing robustness of the developed system.

SO₂ flux was calculated with a corrected differential optical absorption spectroscopy method for radiative dilution effect [Mori et al., 2006; Kern et al., 2009]. In the observation period of over 200 days, SO₂ flux was calculated for 40 days. The average SO₂ flux in the total observation period was 13.4 kg/s, which ranged from 5.9 kg/s to 34.5 kg/s. The average and the standard deviation in Period I were 16.9 kg/s and 6.2 kg/s, and those in Period II were 14.0 kg/s and 5.7 kg/s, respectively.

Since previously reported SO₂ flux in 2000s [Mori et al., 2004; Hirabayashi et al., 2005] were not corrected for the dilution effect, these values might be significantly underestimated. The average and the standard deviation of uncorrected SO₂ flux for the dilution effect in this study were 9.7 kg/s and 4.3 kg/s. This range was comparable to the range of the previous studies in 2000s. Considering above, SO₂ flux range has been stable since at least 2000s.

Surface and seismic activities in Period I (January 21–May 7, 2013) significantly differed from those in Period II (November 5, 2013–the present). Period I was in a continuous volcanic tremor period (September 2012–July 2013), and Period II was in an intermittent explosions and volcanic tremors period. In contrast to the surface and seismic activities, SO₂ flux variations in Period I and II were almost in the same range. This implies that degassing rate of magma for these two periods were similar. Therefore, the difference of surface and seismic activities which was observed in these periods needs to be explained considering the stable degassing magma rate.

キーワード: 火山ガス, 二酸化硫黄, 放出率, 諏訪之瀬島, 自動観測, 地震観測

Keywords: Volcanic gas, Sulfur dioxide, Flux, Suwanosejima volcano, Automated observation, Seismic data

高周波地震波振幅の解析から推定されるタール火山（フィリピン）の浅部 S 波減衰領域とマグマシステム Shallow active magma body beneath Taal Volcano Island, Philippines

熊谷 博之^{1*}; Lacson Rudy²; 前田 裕太¹; Figueroa Melquiades²; 山品 匡史³; Bornas Ma. Antonia²
KUMAGAI, Hiroyuki^{1*}; LACSON, Rudy²; MAEDA, Yuta¹; FIGUEROA, Melquiades²; YAMASHINA, Tadashi³; BORNAS, Ma. antonia²

¹ 名古屋大学環境学研究科, ² フィリピン火山地震研究所, ³ 高知大学理学部
¹Nagoya University, ²PHIVOLCS, ³Kochi University

フィリピンのタール火山は歴史的に活発な噴火活動を繰り返し起こし、多くの人的・物的被害を周辺地域に与えてきた (Torres et al., 1995)。タール火山の監視を強化するために、JST-JICA の SATREPS プロジェクトにより、広帯域地震計・空振計・GPS・磁力計を用いたリアルタイム観測網が 2010 年 11 月に設置された。この観測網によりタール火山で発生した火山構造性 (VT) 地震が観測されている。これらの地震について高周波地震波振幅を用いた震源決定 (ASL) 手法を用いた震源位置と初動走時による震源位置を比較した結果、両者に大きな差が生じるイベントが存在することが分かった。この差を生じさせた要因について解析を行った結果、タールの火山島の東側斜面直下に S 波を強く減衰させる領域が推定された。本発表ではその解析結果を示すとともに、この減衰領域には脱ガスを起こしているマグマが存在すると解釈できることを示す。

Kumagai et al. (2013) に基づき ASL 法を用いてタール火山で 2011-2013 年に発生した VT 地震の震源決定を行った。この手法は S 波の等方輻射の仮定に基づき、高周波 (7-12 Hz) の地震波振幅を用いて震源位置を推定する。S 波の等方輻射は、地震波の散乱による伝播の効果によって成り立っていると解釈されている。1 次元速度構造と均質非弾性構造 ($Q = 50$) のモデルを用いて ASL 法による震源決定を行った。初動走時の震源決定は、1 次元速度構造モデルを用いて差分法に基づく走時計算を用いた手法 (Benz et al., 1996) により行った。

ASL 法による震源位置と初動走時による震源位置を比較した結果、両者に大きな差がある地震が存在し、それらはタール湖にある火山島の東側で発生していた。このような特定の領域のみで発生する差は、局所的な構造の異常に原因があると推定される。ASL 法は速度構造には影響を受けにくい (Kumagai et al., 2013)、減衰の大きい領域を仮定することで説明できるかを検討した。火山島の周辺にグリッドノードを配置し、各ノードで直方体を仮定した Q の小さい領域を設定した。直方体の各辺と Q の値を変化させ (その周辺は $Q = 50$ で固定)、それぞれの Q モデルに関して、差分法によるパルス幅の計算 (Tomatsu et al., 2001) から地震波の減衰量を推定し、ASL 法による震源再決定を行った。

その結果、火山島東斜面の直下に $Q = 10$ の領域を設定することで、ASL 法と初動走時による震源位置の差を大きく減少できることが分かった。この結果は、S 波を強く減衰させる領域の存在を示しており、この領域には流体の存在が示唆される。この減衰領域は、活発な噴気帯の直下に位置しており、さらに GPS 観測から推定された圧力源 (Bartel et al., 2003) の上にある。また電磁気探査から推定された低比抵抗領域 (Yamaya et al., 2013) と一致している。さらにタール火山で 1993 年に行われた人工地震探査から推定された減衰領域 (Nishigami et al., 1994) と非常に良い一致を示している。以上のことから、タール火山島の東側斜面直下に見られる S 波を強く減衰させる領域は、マグマ火道の最上部で脱ガスを起こしているマグマであると解釈できる。さらにそのようなマグマが 20 年以上にわたって定常的に存在していた可能性を示唆している。

Bartel et al., JGR, 108, 2475, 2003.
Benz et al., JGR, 101, 8111-8128, 1996.
Kumagai et al., JVGR, 257, 57-71, 2013.
Nishigami et al., Bull. Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ., 44, 123-138, 1994.
Tomatsu et al., GJI, 146, 781-794, 2001.
Torres et al., Eos, 76, 241-248, 1995.
Yamaya et al., JVGR, 75:729, 2013.

ロコン火山における爆発地震の初動部分の解析 Waveform analysis on initial phases of explosion earthquakes at Lokon-Empung volcano, Indonesia

山田 大志^{1*}; 青山 裕¹; 西村 太志²; 八木原 寛³; 中道 治久⁴; 及川 純⁵; 井口 正人⁴; ムハンマド ヘンドラスト⁶; ヤサ スパルマン⁶

TAISHI, Yamada^{1*}; AOYAMA, Hiroshi¹; NISHIMURA, Takeshi²; YAKIWARA, Hiroshi³; NAKAMICHI, Haruhisa⁴; OIKAWA, Jun⁵; IGUCHI, Masato⁴; MUHAMAD, Hendrasto⁶; YASA, Suparman⁶

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 鹿児島大学大学院理工学研究科, ⁴ 京都大学防災研究所, ⁵ 東京大学地震研究所, ⁶ インドネシア火山地質防災センター

¹Faculty of Sci., Hokkaido Univ., ²Graduate School of Sci., Tohoku Univ., ³Faculty of Sci., Kagoshima Univ., ⁴DPRI, Kyoto Univ., ⁵ERI, Univ. of Tokyo, ⁶CVGHM, Indonesia

ブルカノ式噴火に代表されるような、短時間の物質放出現象に伴って火山近傍で観測される地震動は、爆発地震と呼ばれている。爆発地震の発生機構については、巨視的には鉛直下向きのシングルフォースやクラック等の体積変化などで説明されている。一方で、より細かい時間スケールで爆発地震の初動部分に着目すると、火道深部での爆発地震の励起が火道浅所の爆発（物質の放出現象）に先行するという観測事例が桜島火山や浅間山で報告されている。噴火に先行して発生するこの初動部の励起は、地下における爆発の初期過程であると考えられ、噴火の発生過程を理解する上で注目すべき現象であると言える。ところがこの爆発地震の初動部分に対する研究は、桜島や諏訪之瀬島火山で行われている数例に限られ、研究例が非常に少ない。そこで本研究ではブルカノ式噴火が頻繁に発生しているインドネシアのロコン火山において、地震、空振、地殻変動の三つの項目に関して臨時観測を行い、爆発地震の初動部分の解析と、桜島火山、諏訪之瀬島火山における爆発地震の初動部分との比較検討を行った。

観測データからは、爆発地震の初動部分の励起が火口での空振の励起に比べて先行していることが読み取れた。またロコン火山の爆発地震の初動部は、振動軌跡の方向より火口もしくは火口直下の領域から到来していることが明らかとなった。初動部分は全方位に押しのパルスである P 相の到来から始まり、振幅の大きな引きの D 相が続く。本研究では火口から離れた観測点の地震波形においても明瞭に記録されている D 相に注目し、発震機構についての解析を行った。解析では山体地形を考慮した 3 次元有限差分法によって計算した合成波形を用い、D 相のメカニズム、震源時間関数、地震モーメントの大きさ、震源の深さの推定を行った。

解析の結果、多くのイベントにおいて、ランプ型の震源時間関数を仮定し、火口から深さ約 1 km の位置における円筒収縮を発震機構とする組み合わせで最適解が得られた。推定された地震モーメントや爆発地震、空振の規模より、ロコン火山のブルカノ式噴火の規模は桜島火山と諏訪之瀬島火山の中間程度と見積もられた。先行研究では、D 相の規模と地表で励起される空振の強さについて、桜島ではあまり相関はみられず、諏訪之瀬島火山では強い相関が見られるという不一致が指摘されていた。本研究で推定した D 相の地震モーメントと空振の最大振幅の間には、諏訪之瀬島火山と桜島火山の中間程度の弱い相関が見られる。これら 3 つの火山では、この相関が強い火山ほど D 相の震源の深さが浅い傾向にある。本研究では、従来あまり議論されてこなかった火道の深部から浅部への圧力擾乱について、震源の深さが影響する可能性があるという、新たな結果を提示することができた。

キーワード: ブルカノ式噴火, 爆発地震

Keywords: Vulcanian eruption, Explosion earthquake

インドネシア、シナブン火山の最近の噴火活動 Recent eruptive activity at Sinabung Volcano, Northern Sumatra, Indonesia

中田 節也^{1*}; 吉本 充宏²; Zaenudin Ahkmad³; 鈴木 由希¹; 外西 奈津美¹; 高木 菜都子¹; Hendrasto Mochammad³; 井口 正人⁴; 大倉 敬宏⁵
NAKADA, Setsuya^{1*}; YOSHIMOTO, Mitsuhiro²; ZAENUDIN, Ahkmad³; SUZUKI, Yuki¹; HOKANISHI, Natsumi¹; TAKAGI, Natsuko¹; HENDRASTO, Mochammad³; IGUCHI, Masato⁴; OHKURA, Takahiro⁵

¹ 東京大学地震研究所, ² 北海道大学大学院理学研究院, ³ インドネシア火山地質災害軽減センター, ⁴ 京都大学防災研究所, ⁵ 京都大学大学院理学研究科

¹ERI, Univ. of Tokyo, ²Grad. Sch. Sci., Hokkaido Univ., ³CVGHM, Indonesia, ⁴Disaster Res. Inst., Kyoto Univ., ⁵Grad. Sch. Sci., Kyoto Univ.

インドネシア、北スマトラに位置するシナブン火山は、2010 年 8 月、9 月に有史以来初めての水蒸気爆発を起した。その後、2013 年 9 月に入って再びマグマ水蒸気爆発が開始し、同年 11 月にかけて、噴煙高度が 5km に達する激しい噴火活動続けた。11 月中旬からは火山灰中にマグマ物質の混入が認められ、11 月 23 日のブルカノ式噴火では北東部に軽石が放出された。また、この噴火では噴煙が崩壊して小規模な火砕流が発生した。12 月上旬から、噴火活動は見かけ上は停滞したものの、中旬にかけて低周波地震が起こるようになり、山頂部の膨張が加速していた。山頂火口の崩壊に続き、12 月下旬から山頂火口に溶岩が出現し始めた。山頂火口の溶岩はドーム状に成長し、12 月 30 日から南東斜面へ崩落し始め、火砕流となって南東斜面を流れ下った。溶岩ドームは崩落を繰り返しながらも成長し南東斜面の上を伸び、1 月下旬には水平距離 1km を超す溶岩流となった。溶岩の崩落は一日数十回程度の発生を続けている。2 月 1 日の崩壊で発生した火砕流の流走距離は 4.5km で、山頂から 5km 以内の危険区域に入域していた地域住民 15 名が犠牲となった。

現在、発生している噴火活動は、9-10 世紀の火山活動と、場所や規模も含めて、酷似した噴火である。また、雲仙普賢岳やカリブ海モンセラート島のスプリエールヒルズ火山とも酷似した噴火であり、溶岩流の形成と崩壊による火砕流発生が、比較的長期にわたって継続するものと考えられる。

2013 年から噴火を繰り返しているマグマの組成は、11 月 23 日噴火の軽石や 1 月 11 日に回収された火山灰中の溶岩片の分析結果によると、9-10 世紀の噴火 (SiO₂ 59-60%) と似た角閃石安山岩 (SiO₂ 58-59%) であり、後者に比べてやや珪酸分に乏しい。

キーワード: インドネシア, シナブン, 火山噴火, 火砕流, 溶岩流, 角閃石安山岩

Keywords: Indonesia, Sinabung, volcanic eruption, pyroclastic flow, lava flow, hornblende andesite