

SVC050-01

会場:302

時間:5月23日 08:30-08:45

霧島山（新燃岳）の2011年噴火の概要と噴火シナリオ Outline and Eruption Scenario of the 2011 Eruption of Kirishima Volcano

中田 節也^{1*}, 霧島山（新燃岳）総合観測班¹
Setsuya Nakada^{1*}, Joint Observation Team of Kirishima Volcano¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ Earth. Res. Inst., University of Tokyo

新燃岳では2011年1月26日から噴火活動が活発化した。準プリニー式の軽石噴火を繰り返し、その後、溶岩ドーム形成され、火口が溶岩で満たされた後、ブルカノ式噴火が続いた。少なくとも2月初旬までの噴火活動では、噴煙による航空機の飛行障害、降灰による住居や田畑への被害、ブルカノ式噴火の空振による被害などが発生した。また、1月30日夜からは火山東麓にすむ住民1000名以上が一時避難をした。国立大学研究機関、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、国土地理院、気象庁などは霧島山（新燃岳）総合観測班（森田裕一）を構成し、火山活動評価のため、各種の観測計画等の総合的な観測の実施と情報交換を行った。

新燃岳では2008年8月から水蒸気爆発が複数回発生した。また、2009年末からは新燃岳の北西を圧力源とする山体膨張が認められた。2011年1月19日にはマグマ水蒸気爆発が発生し、噴出物中に約8%の本質物質（軽石）が含まれていた。その後、地震活動は活発化し1月26日からマグマ噴火を開始した。準プリニー式の噴火が複数回繰り返し、その噴煙高度は気象研によると8kmに達した。1月26~28日に放出された火山灰の予察的な体積は約千万m³に達する。1月28日には溶岩ドームの出現が火口底中央に認められ、その後、このドームはパンケーキ状に火口底いっぱいになり、28日まで噴火をおこした爆発火口を覆った。予察的な体積は約1千万m³である。その後、2月1日から2月2日までブルカノ式噴火が続いた。

圧力源のほぼ直上にあたる霧島火山観測所の傾斜計は、複数回の準プリニー式噴火爆発によって山下がりの記録を示し、溶岩ドーム成長によってさらにゆっくりとした山下がりの傾向を示した。噴火前の1年間での山体膨張は約2千万m³と推定され、これは1月末までの噴出物量にほぼ匹敵する。

軽石の組成は57~61%SiO₂でマグマ混合を示す組織を持つ。1716~17年の噴火は約1年半継続し、火砕流を伴う3回のプリニー式の噴火が発生した活発な噴火活動が3ヶ月続いたとされる。今回の噴火は300年前の噴火と化学組成も噴火の推移も良く似ている。

現在進行中の地震火山噴火予知計画においては、予知研究のアプトブットとして、噴火シナリオを作成し、観測データに基づいてリアルタイムに試行することを研究課題として上げている。今回の噴火はこの絶好の機会であると考えられる。

キーワード: 霧島火山, 新燃岳, マグマ噴火, 溶岩ドーム, 準プリニー式噴火, ブルカノ式噴火

Keywords: Kishirima Volcano, Shinmoedake, magmatic eruption, lava dome, subplinina eruption, vulcano eruption

SVC050-02

会場:302

時間:5月23日 08:45-09:00

2011年霧島山新燃岳の噴火活動(概要) Eruption of Sinmoedake volcano, Kirishimayama, 2011 (Outline)

気象庁・福岡管区気象台・鹿児島地方気象台¹, 山里 平^{1*}
JMA¹, Hitoshi Yamasato^{1*}

¹ 気象庁

¹JMA

霧島山(新燃岳)の火山活動は、2008年8月、2010年3~7月に、ごく小規模~小規模な噴火が発生するなど、やや活発な状態が続いていた。2011年1月19日から噴火が始まり、活発な噴火活動が続いている。

1月19日からの噴火は小規模なマグマ水蒸気噴火であったが、26日からの連続噴火はマグマが火口まで上昇したマグマ噴火となった。28日頃からは空振を伴うBL型地震の群発があり、新燃岳火口に溶岩が出現した。溶岩は次第に大きく成長し、2月4日現在では、火口縁付近まで盛り上がり、溶岩湖を形成している。1月27日からは爆発的な噴火が時々発生するようになり、噴石が火口から3.2kmにまで飛散し、空振によって窓ガラスが割れる等の被害があった。

火山ガスの放出活動も活発で、二酸化硫黄の放出量は1万トン/日以上である。

傾斜観測では、韓国岳付近の直下深部の収縮を示す地殻変動が観測され、活発な噴火活動や溶岩ドームの成長時期に収縮レートが大きくなる傾向が認められた。収縮は、深いマグマだまりから新燃岳へマグマが上昇していったことを示すと推定される。

本講演では、今回の噴火活動について、気象庁の観測データを中心に、その概要を紹介する。

SVC050-03

会場:302

時間:5月23日 09:00-09:15

平成 23 年霧島山新燃岳噴火に関する観測・解析概要 Outline of the observation and data analyses of 2011 Kirishima-Shinmoe-dake eruption

鶴川 元雄^{1*}

Motoo Ukawa^{1*}

¹ 防災科学技術研究所

¹NIED

平成 23 年霧島山新燃岳噴火に伴い、防災科学技術研究所（防災科研）で得られた観測データ及びその解析結果について報告する。

【地殻変動】

防災科研では基盤的火山観測網の一環として、を配備し霧島山万膳 (KRMV) および霧島山夷守台 (KRHV) 火山観測施設を 2009(平成 21) 年度に整備した。本観測網および国土地理院 GEONET データと統合した地殻変動の解析結果および PARSAR 干渉解析結果により、噴火に先立って山頂北西部の深さ約 6km に膨張源が存在していたことが判明した。今回の噴火に伴う地殻変動は、2011 年 1 月 26 日 07:31 のごく小規模の噴火と同期して微小な傾斜変動が発生し、同日 14:49 の噴火により顕著な山体の収縮を示す変動が観測されたのが始まりである。その後、噴火に伴うステップ的な収縮を含むほぼ一定レートの収縮を示す変動が続いていたが、1 月 31 日 11 時ごろから停滞気味となり 2 月 3 日現在も継続している。この地殻変動源は、新燃岳の山頂の北西約 7km, 地下 9.8km の茂木ソースが最適解として求められ、その収縮量は $13.2 \times 10^6 \text{ m}^3 (1/25 - 2/1)$ と推定されている SAR 画像解析では、1 月 27 日から 2 月 1 日まで (2/2 現在) における溶岩ドームの体積の成長について、約 $3 \sim 5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ の噴出率が推定された。

【地震活動】

基盤的火山基盤観測網および Hi-net により、噴火活動に伴う地震活動が検知されている。特に、火山性微動（噴火に伴うもの、ハーモニック）や低周波地震が多数観測されている一方で、火山性地震（VT）が少ないという特徴を持つ（2/3 現在）。また、F-net でも爆発的噴火に伴う地震が記録されている。

キーワード: 霧島山, 新燃岳, 噴火

Keywords: Kirishima, Shinmoedake, Eruption

SVC050-04

会場:302

時間:5月23日 09:15-09:30

霧島火山新燃岳 2011 年 1 月噴火を駆動したマグマ Magma of the January 2011 eruption of Shinmoedake, Kirishima Volcano

下司 信夫^{1*}, 斎藤元治¹, 東宮昭彦¹, 宮城磯治¹, 古川竜太¹, 中野俊¹, 星住英夫¹, 宝田晋治¹

Nobuo Geshi^{1*}, Genji Saito¹, Akihiko Tomiya¹, Isoji Miyagi¹, Ryuta Furukawa¹, Shun Nakano¹, Hideo Hoshizumi¹, Shinji Takarada¹

¹ 産業技術総合研究所 地質情報研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

霧島火山新燃岳では、2008年8月から小規模な水蒸気噴火が繰り返していたが、2011年1月19日にマグマ水蒸気噴火、引き続いて1月26日午後からは27日朝にかけて準プリニー式噴火が発生した。1月27日以降、ブルカノ式噴火を頻発しつつ、新燃岳火口内に溶岩流を流出し続けている。2月4日現在、総噴出量は 10^8 トン近くに達していると考えられる。

1月19日噴出物中には、発泡した軽石質の粒子が10%程度含まれている。1月26日~27日朝までの噴出物は、主に発泡の悪い軽石からなる。2月1日午前に発生した強い爆発では、冷却節理や急冷縁を持つ火山弾が放出された。これらの噴出物は、今回の噴火を駆動するマグマ物質である。

われわれは、噴火直後の緊急調査として、これらの噴出物の岩石学的解析を進めている。1月26日~27日朝までの噴出物は、主に灰白色の軽石からなるが、より淡色の軽石も少量含まれる。一粒の軽石塊内でこれら色調の異なる軽石が混在した、いわゆる縞状軽石も見出される。

蛍光X線分析装置による全岩組成解析では、これらの灰白色軽石や2月1日火山弾の組成は、 $SiO_2=57\%$ 付近に集中する。淡色の軽石はこれらより SiO_2 が高く、 $SiO_2=62-63\%$ である。2011年1月噴火の本質物の組成は、享保噴火(1716-17年)の降下軽石・火砕流堆積物とほとんど同じである。灰白色軽石は、カンラン石、斜方輝石、単斜輝石、斜長石及び磁鉄鉱を斑晶鉱物として含む。斜長石のコア組成は $An=46-90$ と広い範囲をとるが、リムは $An=50-74$ に集中する。単斜輝石の $Mg\#$ は72付近、斜方輝石の $Mg\#$ は66付近に集中する。これらの斑晶組成も、享保噴出物と比較的よく似ている。

本発表では、これらの分析結果を用いて新燃岳噴火を駆動するマグマとその供給システムについての考察を行う。

キーワード: 火山, 噴火, マグマ, 霧島, 新燃岳

Keywords: Volcano, Eruption, Magma, Kirishima, Shinmoedake

SVC050-05

会場:302

時間:5月23日 09:30-09:45

霧島山新燃岳火山 2011 年 1 月噴出物の緊急調査

Urgent survey of eruptive deposit in January, 2011, from Shinmoedake volcano, Mt. Kirishima, South Kyushu, Japan

古川 竜太^{1*}, 下司信夫¹, 中野俊¹, 星住英夫¹, 宝田晋治¹, 竹内晋吾², 土志田潔², 田島靖久³, 筒井正明⁴

Ryuta FURUKAWA^{1*}, GESHI Nobuo¹, NAKANO Shun¹, HOSHIZUMI Hideo¹, TAKARADA Shinji¹, TAKEUCHI Shingo², TOSHIDA Kiyoshi², TAJIMA Yasuhisa³, TSUTSUI Masaaki⁴

¹産総研地質調査総合センター, ²財団法人電力中央研究所, ³日本工営株式会社, ⁴株式会社ダイヤコンサルタント

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²CRIEPI, ³Nippon Koei Co., Ltd., ⁴DIA CONSULTANTS CO., Ltd.

霧島山新燃岳火山は 2011 年 1 月 19 日に噴火を始め, 1 月 26 日からさらに活発に爆発的噴火をおこなった。1 月 27 日朝の時点で火口の南東側の広い範囲に降下火砕物が堆積したことから, 緊急に現地調査を実施した。噴出物の分布と性質を正確に把握することは噴出量や災害ポテンシャルの評価に必要であるばかりでなく, マグマの破碎や噴煙の運動メカニズム解明への貢献も期待できる。

調査した地域は南北約 80km 東西約 70km の範囲で, 110 地点以上で噴出物の観察と重量計測を実施した。現地調査は気象庁, 財団法人電力中央研究所, 日本工営株式会社, 株式会社ダイヤコンサルタントの各調査チームと協力しておこなった。

降下火砕堆積物は一般に 3 ユニットからなる。最下位ユニットは厚さ数 mm 未満の暗灰色火山灰で, 低発泡度の安山岩岩片からなる。これは 1 月 19 日の小噴火の噴出物に相当する。中位ユニットは上方粗粒化する降下軽石火山礫および火山灰で, 灰色軽石を主体とする。白色軽石および低発泡度の暗灰色安山岩岩片を少量含む。灰色軽石および白色軽石はともに安山岩組成で, 直径 2mm 以下の斜長石, 輝石およびかんらん石斑晶を含む。稀に両者が混在する縞状軽石がある。火口から 2km の地点では直径 10 数 cm 大の灰色軽石が散在する。このユニットは 1 月 27 日未明の火山性微動が最大強度に達した時期の噴出物に相当する。最上位ユニットは中位ユニットと同様な構成で細粒かつ分級の悪い降下軽石火山礫および火山灰である。このユニットは中位ユニット堆積以降 27 日昼までの噴煙が弱まった時期の噴出物に相当する。遠方では中位と上位ユニットの区別は困難である。降下火砕堆積物全体の層厚分布主軸は N120E 方向で, 約 60km 離れた日南市市街でも 1kg/m^2 を越える。降下火砕堆積物の粒径は分布軸の北側で粗粒, 南側で細粒な傾向がある。上空の風向は高層が西風, 低層が北風成分が卓越することと調和的である。

現地調査の結果に加え, 気象庁や報道各社による火口周辺の空撮映像から, 今回の新火口(新燃岳火口の中に生じた新しい噴出口)の面積を 0.25km^2 , その縁での層厚を平均 50m と推定した。また遠方は 0.011kg/m^2 の等重量線までを積分して計算した。その結果 1 月 26 - 27 日の噴火の総噴出量を 7.2×10^7 トンと見積もった。この噴出量は 1959 年噴火より 1 桁大きい。

本研究には気象庁, 小林哲夫氏(鹿児島大学)ならびに宮縁育夫氏・長谷中利昭氏(熊本大学)にご協力いただいた。

キーワード: 火山, 噴火, 霧島山, 新燃岳, 噴出量, 軽石

Keywords: volcano, eruption, Kirishima, Shinmoedake, eruptive mass, pumice

SVC050-06

会場:302

時間:5月23日 09:45-10:00

霧島山新燃岳 2011 年噴火噴出物の岩石学的特徴と時間変化 Petrological characteristics and time evolution of the 2011 eruptive products from Shinmoe- dake of Kirishima volcano

鈴木 由希^{1*}, 安田 敦¹, 外西奈津美¹, 金子 隆之¹, 中田 節也¹, 平林 順一²

Yuki Suzuki^{1*}, Atsushi Yasuda¹, Natsumi Hokanishi¹, Takayuki Kaneko¹, Setsuya Nakada¹, Jun-ichi Hirabayashi²

¹ 東大・地震研, ² 無所属

¹ Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, ² none

活動中の火山の噴出物を連続的に採取し岩石学的に解析することは、地下でのマグマプロセスを高精度で理解する上で、またとない機会を与える。また噴出マグマの全岩組成や斑晶量は、地表付近でのマグマの粘性を決める一つのパラメーターである。そこでこの種の解析は、多様な噴火様式を取る安山岩質火山の噴火において、噴火現象を理解する一助ともなるであろう。以上の観点から、我々は新燃岳 2011 年噴火噴出物の岩石学的検討を進めている。

1 月 26 日噴出物を用いた予察的検討では、軽石ブロック（およそ 10cm 径まで）と、火山灰中の軽石粒子の両方を使用した。全岩組成分析に軽石ブロックを使用した。一方、石基ガラスや斑晶鉱物組成の分析には、多数の粒子をマウントした研磨片の迅速な作成のため、火山灰中の軽石粒子を使用した。使用した火山灰は最大 5mm の構成粒子からなるが、1mm 以上の粒径から新鮮な軽石（マグマ物質）を選別した。

軽石には、10cm 径までのブロックと火山灰中の粒子の両方で、白色、茶色、灰色の色彩の多様性がある。また白色部と茶色・灰色部の混在した、縞状軽石も認められる。全岩の SiO₂ 含有量は白色軽石が 61-62wt. % であるのに対し、茶色・灰色軽石は 57-59 wt. % と後者で低い。また全岩 MgO 含有量には逆の関係があり、白色軽石で約 3wt. %, 茶色・灰色軽石で約 4wt. % である。

この全岩組成の違いに連動し石基組成の違いもある。縞状軽石を含めた軽石灰色・茶色部の石基ガラスは、軽石白色部のガラスに比べ、SiO₂ 含有量が低く MgO 含有量が高い。灰色・茶色部での SiO₂ = 66-68wt. %, MgO = 1.1-1.4wt. % に対し、白色部では、それぞれ約 76wt. % と 0.3wt. % である。灰色・茶色部の石基には、白色部とは異なり、マイクロライト（斜長石、輝石、Fe-Ti 酸化物）も存在するので、灰色・茶色部の石基全体は、上記の値よりも、さらに SiO₂ に乏しく、MgO に富んでいたであろう。

以上の全岩・石基組成の多様性は、温度の異なる少なくとも 2 種類のマグマの、おそらく噴火直前の混合で形成された。限られたサイズの火山灰粒子による予察的検討であるが、単斜輝石、斜方輝石、斜長石、Fe-Ti 酸化物の斑晶は全ての色の軽石に含まれ、コア組成は軽石の色彩により系統的に変化しない。一方かんらん石斑晶は、茶色・灰色部のみに存在する。そして両輝石とかんらん石のコア組成は互いに非平衡である。さらに斜方輝石斑晶は、軽石の色彩によらず逆累帯構造を示すものが含まれるが、茶色・灰色部で Mg# の増加幅が大きい (Suzuki and Nakada, 2007 と類似)。すなわち低温の端成分マグマは、白色軽石（斑晶として輝石、斜長石、Fe-Ti 酸化物）に対応する。一方高温マグマには少なくともかんらん石斑晶が含まれ、1 月 26 日の時点では、高温マグマは単独で（低温マグマとの混合なしに）噴出していないようである。上記の軽石灰色・茶色部のマイクロライトは、低温マグマと接触した際の冷却により生じた可能性がある。

組成差のある少なくとも 2 種のマグマが噴火に関与していることから、それぞれのマグマの深度に関する情報を得ることによって、地球物理学的に推定される圧力源の理解を助けると思われる。ところで新燃岳 2011 年 1 月 19 日噴火の火山灰（粒子最大径 1mm）には、2008 年 8 月 22 日噴火以降の数回の小噴火の火山灰とは異なり、初めて新鮮な軽石粒子が含まれるようになった（250-500 μm 径で約 8%）。本講演では、この軽石を形成したマグマと、26 日のマグマとの関連も議論する。さらに 1 月 27 日以後の噴出物も含め、上記のようなデータの他、軽石の色彩タイプ別の体積比や、斑晶鉱物の詳細な累帯構造のパターン等も加え、高温・低温マグマの供給系での相互作用の時間発展を解明する。

引用文献：

Suzuki, Y., Nakada, S. (2007). Remobilization of Highly Crystalline Felsic Magma by Injection of Mafic Magma: Constraints from the Middle 6th Century Eruption at Haruna Volcano, Honshu, Japan. *J. Petrol.*, 48, 1543-1567.

キーワード: マグマ混合, 縞状軽石, 全岩組成, 石基ガラス組成, 火山灰, 本質物質

Keywords: magma mixing, banded pumice, bulk composition, groundmass glass composition, volcanic ash, juvenile material

SVC050-07

会場:302

時間:5月23日 10:00-10:15

空振と地震の相関解析から見た霧島新燃岳 2011 年噴火の推移 Transition of Shinmoe-Crater activity inferred from correlation patterns between infrasound and ground motion

市原 美恵^{1*}, 及川 純¹, 大湊 隆雄¹, 武尾 実¹
Mie Ichihara^{1*}, Jun Oikawa¹, Takao Ohminato¹, Minoru Takeo¹

¹ 東京大学地震研究所
¹ ERI, University of Tokyo

霧島火山群新燃岳では、2011 年 1 月 19 日に小規模噴火が発生し、1 月 26 日からは本格的な噴火活動が始まった。26 日から 27 日にかけて、大きな噴煙を上げる活動が断続的に続いた後、28 日からは、大振幅の空振を発生させる爆発が間欠的に発生するようになった。その後、本予稿を書く間にも、活動状況は変化し続けている。我々は、2010 年 12 月に、新燃岳火口の北方約 1 km の新燃北観測点 (SMN) にマイクロフォン (SI102) を追加し、既に設置してあった広帯域地震計と共にテレメータ観測を行っている。本稿では、主にこの観測点で見られた現象について報告する。

浅間火山の 2009 年 2 月 2 日の噴火とその後の活動においては、火口近傍で計測される空振と地震（広帯域地震計による上下動）の相関関係のパターンを見ることで、火口活動を有効に検出することができた。同じ方法を、新燃岳のデータにも適用したところ、火口活動と連動して明瞭な特徴が現れ、パターンが変化する様子が見られた。初期の連続噴煙を上げる活動について、地震波形を見ると、1 月 26 日 14:50-18:30、27 日 2:20-4:50、27 日 15:30-17:30 の間で振幅が大きくなっている。空振は風の影響と見られるノイズのため、それだけでは振幅変化と噴火活動の対応は見極めにくい。地震と空振の相関関係を見ると、1 月 26 日の 15:30 までは明瞭なパターンが見られず、15:30 頃から何かが始まっているようである。さらに、地震や空振の弱まった 19:00 頃から、約 4 Hz の周波数成分を持つ波に強い相関が現れるようになった。27 日未明の噴火でも、3 時過ぎまでとその後で相関関係のパターンが大きく変化している。また、いくつかのパターンが重なっているようにも見え、さらにそのパターンの強弱関係が時間と共に入れ替わっている場合も見られる。このような特徴は、複数の火口が変化をしながら活動をしていることを意味しているのかもしれない。このように、相関関係のパターンを調べることは、波形だけではすぐには読み取ることのできない活動の変化を検出する有効な手段であることが確認されたが、その相関パターンを生み出すメカニズムはまだ理解できていない。今後、検討を進める予定である。

キーワード: 新燃岳, 噴火, 空振, 爆発, 霧島

Keywords: Shinmoe-dake, eruption, infrasound, explosion, Kirishima

SVC050-08

会場:302

時間:5月23日 10:15-10:30

霧島山新燃岳噴火に伴う火山灰輸送の数値実験

Numerical simulation of the volcanic ash transportation during the eruption of Mt. Shinmoe-dake of Kirishima Mountains

橋本 明弘^{1*}, 新堀敏基¹, 福井敬一¹

Akihiro Hashimoto^{1*}, Toshiki Shimbori¹, Keiichi Fukui¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

2011年1月26日から27日にかけて活発化した霧島山新燃岳の噴火による火山灰の動態を、気象庁非静力学モデルをベースとする噴煙-降灰モデル(V159-P026, JPGU2009)を用いて調べた結果を報告する。火山灰の広域にわたる輸送過程をみるために、宮崎県沖から四国沖を中心とする2500km × 2000kmの領域を水平解像度5kmで覆う計算領域で、気象庁領域解析データを初期値・境界値とする数値実験を行った。火口上に垂直な噴煙柱を仮定し、気象庁レーダーによる観測から得られたエコー頂高度の時間変化に応じて噴煙柱の最大到達高度(約3-6km)を変化させながら火山灰を放出することで、大気中の火山灰分布の再現を試みた。実験から得られた火山灰の分布は、気象衛星(MTSAT)によって捉えられた広域の火山灰輸送の特徴をよく再現できていた。さらに霧島山の周囲60km四方を水平解像度200mで覆う計算領域で実験を行い、火山灰の3次元動的な動態を調べたところ、火口上空で垂直に立っていた火山灰の分布軸は、その上端が東向きに、下端が南東方向に流され、火口上空から離れるにつれて傾いていった。1月26日から27日の間、対流圏中層では西風が卓越する一方で下層は北西の季節風が卓越しており、この主風向の高度変化が火山灰輸送に大きな影響を与えていたことを示す結果であった。

キーワード: 新燃岳, 火山灰, 移流拡散, 数値シミュレーション

Keywords: Mt. Shinmoe-dake, volcanic ash, advection and diffusion, numerical simulation

SVC050-09

会場:302

時間:5月23日 10:45-11:00

霧島火山群新燃岳における2011年噴火活動に伴って発生した火山性地震・微動の特徴：2008年，2010年噴火との比較 Volcanic earthquakes and tremor associated with the 2008-2011 Shinmoe-dake eruption

及川 純^{1*}，渡邊 篤志¹，辻 浩¹，森田裕一¹，小山崇夫¹，大湊隆雄¹，武尾 実¹，中田節也¹，青木陽介¹，市原美恵¹
Jun Oikawa^{1*}，Atsushi Watanabe¹，Hiroshi Tsuji¹，Yuuichi Morota¹，Takao Koyama¹，Takao Ohminato¹，Minoru Takeo¹，Set-suya Nakada¹，Yosuke Aoki¹，Mie Ichihara¹

¹ 東大・地震研

¹ERI, University of Tokyo

霧島火山群にある新燃岳では2008年8月22日，2010年3月30日，4月17日，5月27日，6月27日，6月28日，7月5日，7月10日と噴火を繰り返していたが，2011年に入り，1月19日に小噴火した後，1月26日以降は爆発的噴火を繰り返す激しい噴火活動が続いている（2011年1月31日現在）。本講演では，噴火に伴って発生した地震動および，前後の地震活動の特徴についてまとめる。

2008年8月22日の噴火では，それまで数ヶ月間に渡って火山性地震が発生していなかったが，噴火の3日前から新燃岳火口直下で火山性地震が発生し始め，直前には一時間当たり20個を超えるような激しい群発地震となって噴火が起こっている。震源域は火口直下，深さ海拔下2km程度に広がっているが，噴火直前には火口直下極浅部に集中した。噴火後は数ヶ月に渡って比較的活発な地震活動が観測された。2010年には，新燃岳火口直下の地震活動が比較的活発になった。同時に，韓国岳西方における地殻変動源周辺で発生している地震が見られるようになった。これは，2011年噴火につながるマグマ溜まりの膨張に伴って発生したと思われる。2010年の一連の噴火活動では，直前の新燃岳直下における激しい群発地震は観測されず，いわば突然噴火しているのが特徴である。

2011年では，噴火を別として，新燃岳及び周辺の地震活動は，2010年の一連の噴火活動を挟む期間に匹敵している。特に噴火前に激しい群発地震を伴ってはいないのも2010年噴火と同様である。ただ，1月の震源分布を見ると，やや浅い（海拔付付近から地表にかけて）地震が目立つ。また，周期1秒程度で浅い地震がいくつか観測されている。これらは，浅い領域におけるマグマ活動の活発化を表しているかも知れない。1月27日以降の溶岩ドーム出現以来，特徴的な低周波地震が多数観測されたが，これらは地表付近を含む極浅部（500m以浅）で発生している。

キーワード: 霧島火山, 火山性地震, 噴火

Keywords: Kirishima Volcano Group, Volcanic Earthquake, eruption

SVC050-10

会場:302

時間:5月23日 11:00-11:15

2011年噴火までの霧島火山の地殻変動 Crustal deformation of Kirishima Volcano before eruptions in January 2011

中尾 茂^{1*}, 森田 裕一², 後藤 和彦¹, 八木原 寛¹, 平野舟一郎¹, 上田 英樹³, 小園 誠史³, 及川 純²
Shigeru Nakao^{1*}, Yuichi Morita², Kazuhiko Goto¹, Hiroshi Yakiwara¹, Shuichiro Hirano¹, Hideki Ueda³, Tomofumi Kozono³,
Jun Oikawa²

¹ 鹿児島大学工学研究科, ² 東京大学地震研究所, ³ 防災科学技術研究所
¹GSSE, Kagoshima Univ, ²ERI, Univ. of Tokyo, ³NIED

Shimoedake in Kirishima Volcano began eruption activity on 26 January 2011. On 27 January blast eruption occurred after 52 years. Activity of Shinmoedake is kept high.

In 2007 three continuous GPS (CGPS) observation started around Kirishima Volcano and an additional CGPS started in October 2010. Joint GPS analysis with GEONET site is carried out and crustal deformation with volcanic activity was able to observe. We discuss source of volcanic activity.

Three CGPS, which is KVO, KRSP and YMNK started in March in 2007 and KKCD occupied in October 2010. KRMV and KRHV of NIED started CGPS observation in April, 2010. Bernese GPS Software Ver. 5.0 is used for GPS data analysis for our CGPS and GEONET sites. IGS precise and rapid ephemeris and earth rotation parameters are used, and troposphere delay parameters and gradient estimate every one hour and 24 hours, respectively. IGS2005 coordinate system is used.

Crustal deformation, 1 to 15 mm, in the period from October 7, 2010 to January 25, 2011 is detected. Source of this deformation is estimated about 4 km WNW from Karakunidake, whose depth and volume change are 9.7 km and 6.8 million cubic meter. Crustal deformation, 1 to 14 mm, in the period from January 25, to January 31, 2011 is detected, whose source is estimated also about 3- km WNW from karakunidake. Its depth and volume change are 6.9 km and 10 milion cubic meter.

キーワード: 霧島火山, GPS, 地殻変動

Keywords: Kirishima Volcano, GPS, Crustal deformation

SVC050-11

会場:302

時間:5月23日 11:15-11:30

脈動記録を用いた浅間山の地殻内速度構造の推定 Crustal velocity structure beneath Mt. Asama using ambient noise tomography

長岡 優^{1*}, 西田 究¹, 青木 陽介¹, 武尾 実¹

Yutaka Nagaoka^{1*}, Kiwamu Nishida¹, Yosuke Aoki¹, Minoru Takeo¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ERI, Univ. of Tokyo

浅間山は2004年、2008年、2009年に小、中規模の噴火を起こしている活動的な火山である。このような活動的な火山について、マグマ上昇から噴火に至までの火山噴火メカニズムに対する理解に向けて、マグマ供給経路を含めた地殻内構造を明らかにすることは重要である。本研究では、浅間山のマグマ供給経路のイメージングを目標に、従来の研究では空白領域となっていた上部地殻の速度構造を表面波トモグラフィーによって推定した。

解析には地震波干渉法を用いた。地震波干渉法とは、脈動記録やコーダ波記録の相互相関関数を計算することで観測点間の速度構造を推定する手法である。相互相関関数は観測点間の速度構造に敏感であるので、地震波干渉法は局所的な構造の推定や、その時間変化の検出に適している。

表面波トモグラフィーによる速度構造の推定では、浅間山周辺の68観測点で記録された2005年7月-2006年6月の脈動記録(12か月分)の上下動成分を用いた。まず脈動記録の相互相関関数を計算することによって、観測点間を伝播するRayleigh波を抽出した。次に解析領域を3つに分け(浅間山を含む領域、浅間山の南の領域、浅間山の北西の領域)、それぞれの領域の平均構造に対応する分散曲線を測定した。次に、様々な周波数帯でパスごとに平均構造からの位相速度異常を測定して、走時異常に変換し、表面波トモグラフィーにより速度構造を推定した。その結果、0.1-0.2 Hzの周波数帯(深さ5-10 kmに相当)で浅間山の西側に大きさ10 km程度の低速度領域があることが分かった。2009年2月の浅間山の噴火後に、この低速度領域の直上のダイク内を圧力源とする傾斜の変動が観測されており、噴火後のダイク内での減圧を示していると考えられる。本研究でイメージングされた低速度領域は、噴火に関わるダイクの真下に存在することから、浅間山のマグマだまりである可能性が高い。

SVC050-12

会場:302

時間:5月23日 11:30-11:45

火山基盤GPS観測データの準リアルタイム解析システムの開発 Development of the near real-time analyzing system for GPS observation data of the volcano monitoring network in NIED

島田 誠一^{1*}, 上田 英樹¹
Seiichi Shimada^{1*}, Hideki Ueda¹

¹ 防災科学技術研究所

¹ NIED

防災科学技術研究所が建設を進めている火山基盤観測網のGPS観測データを、準リアルタイムで自動解析して、3時間ごとに最新の観測点変動を検出するシステムを開発した。現在の防災科研における火山基盤GPS観測では1日1回24時間観測データによる座標値解を得ているが、本システムでは周辺のGEONET観測点とともに3時間ごとに自動解析し、解析データも24時間データのほか、12時間・8時間等直近の短時間のデータによる座標値も得られるようにした。

火山基盤観測網の現在のGPS観測システムでは、1時間に1度観測生データをつくばの防災科研にテレメータして、1日1回GPS解析プログラムの入力データとなるRINEXファイルに変換し、毎日の観測点座標を決定している。本研究で開発したシステムでは、まず自動処理により観測生データを3時間毎にRINEXファイルに変換する処理プログラムを開発した。次に、東アジア及び周辺域の約20点のIGS観測点を座標基準点として、1日1度自動解析して火山基盤観測点周辺のGEONET点(GEONET座標基準点)の毎日の座標値解を推定し、過去30日分のGEONET座標基準点の毎日の座標値解からGEONET座標基準点の最適な座標値解を推定するプログラムを開発した。最後に、このようにして推定したGEONET座標基準点とともに自動解析して、基盤観測点の座標値を、24時間またはそれより短い直近の観測データ(例えば12時間データ、8時間データや6時間データ)を用いて推定するプログラムを開発した。RINEX変換プログラムとしてはteqcプログラムを用い、GPSデータ解析にはGAMITプログラムを用いたほか、これらのプログラムの制御のためにperl言語によるプログラムを開発した。GEONET点の観測データは、3時間ごとに約70分遅れで国土院のサーバからダウンロードできるので、このシステムではGEONET点RINEXファイルの自動ダウンロード後に解析を開始し、直近の座標値をだいたい90分以内に得ることができる。

本発表では、このシステムを用いた実際の自動解析結果から、短い期間の観測データを用いた場合、どの程度の長さのデータによる解析で、どの程度安定した座標値解が得られるかについても明らかにする。

キーワード: 準リアルタイム解析, GPS観測, 火山基盤観測網

Keywords: near real-time analysis, GPS observation, volcano monitoring network

SVC050-13

会場:302

時間:5月23日 11:45-12:00

伊豆大島火山の中期噴火予測へ向けて(4): 深部低周波地震活動, 山体膨張, 地中CO₂濃度変動の関連

Towards mid-term eruption prediction of Izu-Oshima volcano (4): deep LF earthquakes, magma accumulation, CO₂ degassing

渡辺 秀文^{1*}

Hidefumi Watanabe^{1*}

¹ 東京都総合防災部

¹Disas. Prev. Div., Tokyo Met. Gov.

噴火準備過程の解明にとって、マグマの蓄積過程とマグマが再上昇を開始する条件がどのようにして達成されるかが最重要課題である。伊豆大島火山周辺の深さ 30-40km で発生する深部低周波地震活動, 山体膨張変動および三原山頂地中 CO₂ 濃度変化の関連について報告する。1986 年噴火後の伊豆大島火山では, 1989 後半から山体膨張が再開し, 1-3 年間隔で収縮・膨張変動を繰り返しながら, 経年的には膨張が蓄積している。2006 年までは経年的な膨張速度は指数減衰的に低下したが, 2007 年以後は殆ど一定で収縮・膨張変動の振幅は増大している。また, 気象庁の一元化震源カタログによると, 伊豆大島周辺の深さ 30-40km で発生する低周波地震活動が 2007 年以降活発化し, 山体膨張の加速に前駆して多発している。山体膨張変動は深部からのマグマ上昇・蓄積を示すものと考えられるが, 収縮変動のメカニズムとしては, 上昇・蓄積したマグマの脱ガス収縮あるいは深部への下降が考えられる。収縮変動メカニズムを解明するためには, 山体膨張変動に加えて, マグマ溜りからの脱ガス状況を観測する必要がある。マグマの脱ガスをモニターするうえで, 深部から上昇する玄武岩質マグマから最初に脱ガスする CO₂ が好適である。2005 年 9 月以来, 山頂火口東部で地中 CO₂ 濃度連続測定を継続している。これまでの観測により, 山体膨張の加速時期だけでなく, その前の収縮時期にも CO₂ 濃度が増加することが分かった。このことは, 山体収縮はマグマからのガス放出によることを示唆する。以上の観測事実を総合すると, 2007 年以降, 上部マントルから伊豆大島火山へのマグマ供給量が増加し, マグマ溜り上部の CO₂ 飽和領域の体積も増大しているものと思われる。

キーワード: 噴火予測, 噴火準備過程, 伊豆大島火山, マグマ蓄積, CO₂

Keywords: eruption prediction, precursors to eruption, Izu-Oshima volcano, magma accumulation, CO₂

SVC050-14

会場:302

時間:5月23日 12:00-12:15

伊豆大島火山における地殻変動観測 (2) Ground deformation measurements in Izu-Oshima volcano (2)

鬼澤 真也^{1*}, 高木 朗充², 福井 敬一¹, 山里 平³, 安藤 忍¹, 新堀 敏基¹, 加治屋 秋実³, 黒川 和誠³
Shin'ya Onizawa^{1*}, Akimichi Takagi², Keiichi Fukui¹, Hitoshi Yamasato³, Shinobu Ando¹, Toshiki Shimbori¹, Akimi Kajiya³,
Kazumasa Kurokawa³

¹ 気象研究所地震火山研究部, ² 文部科学省研究開発局, ³ 気象庁地震火山部

¹Seismol. and Volcanol. Res. Dep., MRI, ²Research and Development Bureau, MEXT, ³Seismol. and Volcanol. Dep., JMA

伊豆大島火山では、1986-87年噴火の終息後、山体膨張が続いている。この山体膨張は地下でのマグマ蓄積を示唆しており、現在は次期噴火に向けた準備段階にあると考えられている。近年のGPS連続観測等により、数か月の収縮、膨張を繰り返しながら長期的に膨張していることが明らかになってきた。さらに膨張期と地震活動の活発化との対応が徐々に明らかになってきている。

気象研究所では、地殻変動モニタリングによるマグマ供給系の解明を目指し、1997年から光波、1998年からGPSの繰り返し観測を行ってきた。その後、時間分解能を向上させるために、GPS観測点の連続化やカルデラ内自動連続光波測距装置（APS観測）の整備を進めてきた。さらに2009年2月からカルデラ内にGPS連続観測点を展開している。2009年秋頃から収縮イベント、それに続く膨張イベントが発生した。ここでは現在の高密度連続観測網整備後初めて捉えられた収縮・膨張イベントについて報告する。

GPSやAPS基線長は2009年10月頃から2010年4月頃にかけて全島的な収縮を示す短縮が続いた後、膨張を示す伸長に転じた。膨張期に入ってから地震発生回数が増加し、10月には西部、北部沿岸部で有感地震を含む群発地震が発生した。群発地震とほぼ同期して伸長速度は鈍化したが、その後も若干の伸長傾向が継続しているようである。

GPS基線解析結果から得られる水平歪分布からは、収縮期、膨張期ともにカルデラ北部下に変動源が存在することを示唆する。仮に深さ5kmに山川-茂木ソースを仮定すると、それぞれ6ヶ月間で2.3百万立米の体積減少、5ヶ月間で4.2百万立米の体積増加と見積もられる。ただし、伊豆大島南、北沿岸での変位ベクトルの残さが大きく、また変位残差二乗和も変動源を深くするほど小さくなり、単一の山川-茂木ソースでは説明し難い。これはより深部の別の変動源の存在を示唆しているのかもしれない。

キーワード: 伊豆大島火山, 地殻変動, GPS

Keywords: Izu-Oshima volcano, ground deformation, GPS

SVC050-15

会場:302

時間:5月23日 12:15-12:30

GPS観測による2006年マヨン火山噴火過程の解明 Magma intrusion model on the 2006 Mayon Volcano eruption based on GPS measurements

松村祥央¹, 木股文昭^{1*}, トトバコール², アルフィーペリシアーノ², edowa-do², レナートソリダム²
M. Matsumura¹, Fumiaki Kimata^{1*}, Teresito C. Bacolcol², Alfie Pelicano², Eduardo Laguerita², Renato U. Solidum²

¹名古屋大学環境学研究科, ²フィリピン火山地震調査所
¹Nagoya University, ²PHIVOLCS

はじめに

フィリピンのマヨン火山は2006年7-9月に山頂から溶岩流出の噴火を行った。この噴火は2000年前後の大爆發の噴火とことなる様式だった。溶岩流出は顕著な地震活動ともなわれないまま、7月14日から始まり、2ヶ月ほどの間に南東山麓の5kmに渡り流れ降りた。

フィリピン火山地震調査所では、山麓にGPS観測点を2004年に設置し、連続観測に取り組む。今回、このGPS観測から検出された地殻変動より推定した圧力源の動きや地震活動から2006年の噴火過程を考察する。

観測された地殻変動

フィリピン火山地震調査所はマヨン火山の周辺の20x40km四方において、人力によるデータ回収でGPS連続観測を実施する。その結果、これらのGPS観測点間の基線長が観測開始の2004年から1年間は短縮を示し、その後やや伸張に転じ、2006年7月14日の溶岩流出開始と同時に急激な短縮が観測された。これらの変動はそれぞれ数cmのレベルに過ぎない。

推定された圧力源モデル

まず、基線長の変動パターンに共通性が指摘できる2004年-2005年1月(期間1)、2005年6-11月(期間2)と2005年11月-2006年11月(期間3)の3期間について、観測網で構成される全基線の平均変化速度を計算した。各期間の基線長変化が説明できるような球状圧力源を茂木モデルとして推定した。

まず、期間1は1-2cmほどの短縮を示し、山頂のやや北寄りの直下、深さ6.5kmに収縮、深さ5.0kmに膨張の圧力源が、期間2は逆に1cmほどの伸張を示し、期間1よりも深い7.5kmに膨張の圧力源が、期間3は再度1-3cmの短縮を示し、11.5kmの深さに収縮の圧力源が推定された。なお、期間1の圧力源として、深さ6.5kmで収縮し、深さ5.0kmで膨張することから、深さ6.5kmから深さ5.0kmへ圧力源が移動したと考察する。圧力源の体積変化は期間3の深さ11.5kmのものが一番大きくて $-1.8 \times 10^7 \text{m}^3$ と推定された。

2006年噴火過程

マヨン火山は頻繁な噴火の歴史を近年に有する。最近では1884年からの2001年まで、ほぼ連続的に噴火している。1993年には77名の死者となるような火砕流が発生した。しかし、2003年以降、2006年7月までごく小規模な水蒸気爆發が観測されただけで、噴火活動はほぼ平穏化していた。

ちょうど期間1は火山活動が平穏化していたわけであるが、そのなかで2004年後半には継続時間が数10分に達する火山性連続微動が数カ月にわたり観測された。これは地殻変動から推定する圧力源が深さ6.5kmから5.0kmへ移動することにより発生した火山性連続微動と考える。

期間2に入ると、地下からのマグマ供給で深さ7.5kmのところ膨張の圧力源が推定される。しかし、地表にはいかなる火山活動もなく、火山性連続微動も発生しなくなった。

期間3では、7月13日から、肉眼でも山頂火口での溶岩ドームの成長と溶岩流出が始まり、流出した溶岩の一部は滑落し、滑落による震動も地震計に観測されるようになる。この時期に、地下深部11.5kmで圧力源が急速に収縮している。圧力源での体積現象は $-1.8 \times 10^7 \text{m}^3$ と推定され、一方、地表への溶岩流出は $3.8 \times 10^7 \text{m}^3$ に達する(PHIVOLCS)。この期間の噴火は主として溶岩流出とそれに伴う溶岩流出であり、爆発的な噴火は生じていない。また、B型地震は観測されたものの、A型地震の増加は観測されていない。

このように2006年マヨン火山噴火に伴い、溶岩流出という火山活動に対応したマグマ貫入過程がGPS連続観測による地殻変動記録から推定することができた。

JST=JICA地球規模対応事業フィリピンとして、この研究に取り組んだ。また、同事業により2011年度にマヨン火山

周辺に新たな地震と地殻変動観測システムの設置が予定する。

キーワード: マヨン火山, マグマ貫入過程, GPS 観測, 火山活動, 2006 年マヨン火山噴火

Keywords: Mayon Volcano, Maguma intrusion model, GPS measurements, volcanic activity, 2006 Mayon volcano eruption

SVC050-16

会場:302

時間:5月23日 12:30-12:45

キラウエア火山の定常的な変形とマグマ溜まりシステム Steady deformation pattern and the magma storage system of Kilauea volcano

福島 洋^{1*}

Yo Fukushima^{1*}

¹ 京都大学防災研究所

¹ DPRI, Kyoto Univ.

はじめに：ハワイ島の南東部を占めるキラウエア火山では、少なくとも1983年以降、

1) 東リフトゾーン (ERZ) および南西リフトゾーン (SWRZ) 沿いで若干の沈降、

2) 山体南側で8cm/year程度の海方向の水平変位

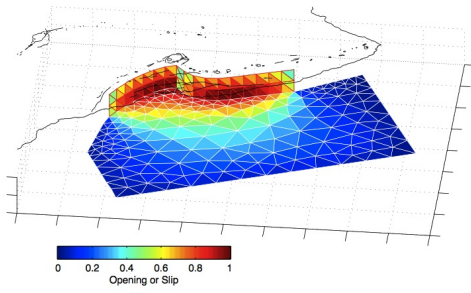
がほぼ一定のレートで起こっていることがGPS観測等からわかっている。この地殻変動パターンは、リフトゾーン下にあるダイク状のマグマ溜まりの開口と、そのマグマ溜まりの底、地下9km程度に横たわるデタッチメントの運動の重ねあわせによるものと解釈されている (Owen et al., 1995, Science)。一方、山頂カルデラ付近では、時期によってパターンは変わるものの、大局的には沈降や内向きの傾斜変化が観測されており、この変動は地下3.5km程度にあるマグマ溜まりと、より浅部の500m程度にあるマグマ溜まりの活動によるものと解釈されるのが一般である (Cervelli and Miklius, 2003, USGS prof. paper)。

リフトゾーンは屈曲しており、特にERZとSWRZがつながる山頂では、ほぼ直角に折れ曲がっている。よって、リフトゾーンマグマ溜まりが膨張すれば、屈曲箇所の周辺に歪が局所化するはずであるが、このような効果はこれまでの研究で詳細に検討されていない。そこで本研究では、リフトゾーンマグマ溜まりとデタッチメントについて現実的なジオメトリと境界条件を仮定し、3次元複合境界要素法 (Cayol and Cornet, 1997) を用いて、これらの構造と定常的な変形の関係について調べた。

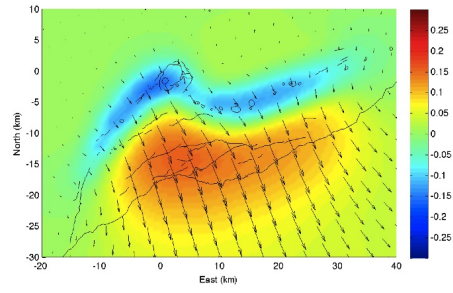
モデル設定：リフトゾーンマグマ溜まりおよびデタッチメントは、厚さを持たないディスロケーションでモデル化する (図a)。リフトゾーンマグマ溜まりは垂直で、上端が地下3km、下端が海面下8km (山頂では地下9km) とする。水平位置に関しては、地表の割れ目や微小地震のサイズシシティを参考に設定する。このリフトゾーンマグマ溜まりの下端に、仰角5度というほぼ水平のデタッチメントが接続されているとする。リフトゾーンマグマ溜まりの過剰圧 (法線応力変化) が一定・せん断応力変化がゼロ、デタッチメント面上のせん断応力変化と開口量がゼロという境界条件を与え、地表での変位を計算する。この境界条件の下では、マグマ溜まりの過剰圧によってマグマ溜まりが開口し (屈曲が顕著なところでは横ずれ成分も大きくなる)、デタッチメントが大局的にはリフトゾーンに垂直な方向にすべることになる。

結果：図bに示した通り、1) リフトゾーン沿いで沈降、2) 山頂付近で沈降が局所化、3) リフトゾーンの南側で海方向の水平変位と若干の隆起、という、GPS等の観測結果から明らかになっている変形パターンが再現できた。特に2)は、地殻変動データを解釈するうえで、山頂下3.5kmのマグマ溜まりが必ずしも必要ないことを示している。なお、2007年以降は、南斜面の変動パターンに変化がないまま、リフトゾーンの沈降レートが大きくなっている。この変動パターンを説明するためには、リフトゾーン地下浅部に別のマグマ溜まりを考えなければならないことを本研究結果は示唆している。

謝辞：GPSデータの提供をいただいたハワイ火山観測所と、データ準備にご助力いただいたDan Sinnett氏に感謝いたします。



(a) Opening distribution on the rift reservoir surface and slip distribution of the decollement. These displacements are created by over-pressurizing the rift reservoir.



(b) Surface displacements. Color shows the vertical and arrows show horizontal displacements, respectively.

キーワード: キラウエア火山, マグマ溜まり, 地殻変動, GPS, 境界要素法

Keywords: Kilauea volcano, Magma storage system, Crustal deformation, GPS, Boundary Element Method

SVC050-17

会場:302

時間:5月23日 14:15-14:30

フィリピン・タール火山の電磁気学的モニタリング – JST/JICA による地球規模課題対応国際科学技術協力事業 – Electromagnetic volcano-monitoring of Taal volcano, Philippines, under the SATREPS project

長尾 年恭^{1*}, 笹井 洋一¹, 竹内 昭洋¹, 山谷 祐介², 橋本 武志², 茂木 透², アラニス ポール³

Toshiyasu Nagao^{1*}, Yoichi Sasai¹, Akihiro Takeuchi¹, Yusuke Yamaya², Takeshi Hashimoto², Toru Mogi², Paul Alanis³

¹ 東海大学地震予知研究センター, ² 北海道大学地震火山研究観測センター, ³ フィリピン火山学地震学研究所

¹EPRC, Tokai University, ²Institute of Seismology and Volcanology, ³PHIVOLCS

科学技術振興機構 (JST) と国際協力機構 (JICA) は 2008 年度より「地球規模課題対応国際科学技術協力事業」という新たな枠組みでの事業を開始した。2009 年度「フィリピン地震火山監視強化と防災情報の利活用推進」(研究代表者: 井上公 (防災科学技術研究所) が採択され, 東海大学がこの計画の火山電磁気観測研究の主担当機関となった。電磁気部門では観測対象を Decade Volcano との異名を持つタール火山に絞り, 広帯域地震計・傾斜計・GPS・空振計・監視カメラに加え全磁力観測装置 3 台, ULF 帯 MT 装置 1 台を設置し, データをテレメータする事となった。そしてデータの定量的解析と相互比較による総合火山監視システムを構築し, PHIVOLCS の火山監視能力の向上に資することとした。

この背景として, 2005 年以来, 我々はフィリピンのマニラ首都圏南方 60km にあるタール火山において, 電磁気的手法による火山監視の研究を続けてきた。これは IUGG 傘下の EMSEV (地震と火山の電磁気的研究) による, フィリピンへの地殻活動電磁気学の普及を目指す活動の一環であった。タール火山は 2005 年から 2007 年にかけて中央火口湖を中心に地熱活動が活発化して, それに伴う地磁気および自然電位に異常が検出された。2008 年以降地熱活動は静穏化し, 火山警戒レベルは 1 に下げられた。2007 年 12 月からプロトン磁力計を火口湖東岸と火山の北側斜面に設置したが, 静穏化を反映して両地点の全磁力差は極めて安定しており, 年間 1nT 以下の変動しか無かった。2009 年 8 月から 10 月にかけて 3 個の巨大台風がルソン島を襲い, 大量の降雨をもたらした。この影響で火口湖東岸では全磁力が 2nT くらい数ヶ月かけて減少した。これは 2005 - 2007 年活動で上昇した地下浅部の温度が地下水の流入で低下したためと見られる。2005 年活動の開始に先立つ全磁力変化 (数ないし 10nT 以上の増加) の逆現象であり, 磁場観測が火山表面現象の監視に有効であることをあらためて示した。これらの成果を受けて, JST/JICA プロジェクトが採択され, 2010 年秋に新たに数台の高感度磁力計・電磁場計が設置された。2010 年 4 月 29 日にタール火山南東約 60km 付近に M5 クラスの地震が発生し, 傾斜計に異常な膨張が記録された。このような現象は 1999 年合衆国 Hector Mine 地震 (M7.1) に伴って Long Valley カルデラで起こったことが知られている。この異常地殻変動と共にタール火山の地震数が急増して, PHIVOLCS は警報レベルを 2 に上げて, VOLCANO 島の住民が自発的に周辺地域に避難する事態になった。1911 年には水蒸気爆発により住民 1335 人が全滅する惨事が発生しているため, 最近 PHIVOLCS は地元民への防災知識普及に努めているが, その成果とも言えるだろう。6 月 11 日, 13 日と傾斜計は更に大きな異常変化を示した。これらは自然電位や地温の異常を伴い, 観測点付近のクラック (地熱により変質) が膨張したためと思われる。全磁力はデータ再生装置の不調で十分なデータが取れていないが, 6 月中旬まで特に異常は無く, 全磁力は減少したままであり, 地表に近い浅いところではまだ地温上昇は起こっていないと判断された。結果的にタール火山の活動は小康状態で, 住民は日中は島に戻り夜は島外に滞在する生活をおくっている。我々は電磁気データがタール火山の活動予測・防災に役立つことが実証されつつあると考えている。ところが 2011 年 1 月になり, 全磁力変化のトレンドが逆転している事が確認され, タール火山は新たな活動段階を迎えたのではないかと我々は考えている。講演では 2011 年春に実施される MT 法による構造探査の結果を含め報告したい

キーワード: タール火山, 電磁気

Keywords: Taal volcano, Electromagnetics

カメルーン北西部ニオス湖周辺における地質調査速報 Preliminary report on geological survey in and around Lake Nyos, northwestern Cameroon

宮縁 育夫^{1*}, 金子 克哉², Festus T. Aka³, 日下部 実⁴, 吉田 裕⁵, 上田 晃⁴, 穴澤 活郎⁶, 大場 武⁷

Yasuo Miyabuchi^{1*}, Katsuya Kaneko², Festus T. Aka³, Minoru Kusakabe⁴, Yutaka Yoshida⁵, Akira Ueda⁴, Katsuro Anazawa⁶, Takeshi Ohba⁷

¹熊本大・教育, ²京都大・人間環境, ³カメルーン国立地質調査所, ⁴富山大・理, ⁵吉田技術士事務所, ⁶東京大・新領域創成, ⁷東海大・理

¹Fac. Edu., Kumamoto Univ., ²Human & Environ., Kyoto Univ., ³IRGM, Cameroon, ⁴Dept. Environ. Biol. Chem., Toyama Univ., ⁵Yoshida Consulting Engineer Office, ⁶Dept. Nat. Environ., Univ. Tokyo, ⁷Dept. Chem., Tokai Univ.

1986年8月に西アフリカ、カメルーン共和国北西部に位置するニオス湖において火山ガス災害が発生し、周辺の住民約1800名と家畜3000頭以上が犠牲となった。その災害発生直後から日本をはじめ、アメリカ・フランス・ドイツ・イタリア等の研究者が現地調査を行い、湖深層に蓄積されていた二酸化炭素が大量に噴出したことが原因であることが明らかとなった。さらに2001年以降、各国の協力によりガス抜き事業が実施されている。しかしながら、ニオス湖では現在も多量の二酸化炭素が残存しており、今後の災害発生が懸念されている。こうした背景のもと、国際協力機構（JICA）と科学技術振興機構（JST）による地球規模課題対応国際科学技術協力事業（略称 SATREPS）「カメルーン国火山湖ガス災害防止の総合対策と人材育成プロジェクト」が2010年より開始された。筆者らはそのプロジェクトの一環として2011年1月にニオス湖周辺地域の地質に関する予察的な調査を行ったので、その概要について報告する。

ニオス湖周辺地域の地質の概略は、Schenker and Dietrich (1986) や Lockwood and Rubin (1989) 等によって報告されている。この地域の基盤をなすのは、600 Ma 前後のものとされる花崗岩質岩石（quartz monzonite）であり、ニオス湖の西岸を中心に露出しており、最大で高さ150 m 程度に達する急崖を形成している。その基盤岩を覆って、ニオス湖（マール）形成時に噴出したと考えられる火山砕屑物が堆積している。この火山砕屑物はよく成層した火砕サージ堆積物を主体とし（荒牧，1987 など）、湖の東岸や北岸を中心に分布しており、最大層厚は60 m 程度に達している。また、北東岸の火砕サージ堆積物直下には降下スコリア堆積物が存在しており（Lockwood and Rubin, 1989）、その一部は強溶結している。さらに筆者らは今回の調査で、その降下スコリア堆積物の直下に淘汰の悪い無層理の火砕流堆積物を発見した。この火砕流堆積物はニオス湖北端の天然ダム下流側にも露出しており、基盤岩を覆っている。

以上の火砕物層序から、ニオス湖を形成した噴火はつぎのように推移したと考えられる。噴火の初期には火砕流を噴出し、それにつづいてスコリアを放出するストロンボリ式噴火へと変化した。その後、火砕サージを多量に発生させる噴火へと推移し、ニオス湖（マール）を形成したと推定される。本報で述べた堆積物層序が普遍的に認められるかどうかや噴火の発生年代については、今後さらに現地調査を行って検討する予定である。

キーワード: 火山湖, 火山ガス災害, 火山砕屑物, 噴火史

Keywords: volcanic lake, volcanic gas disaster, pyroclastic deposit, eruptive history

SVC050-19

会場:302

時間:5月23日 14:45-15:00

GPS 電波掩蔽観測で捉えた2010年アイスランド火山噴火に伴う局所的・短期的気温変動

Instantaneous and localized temperature changes in atmosphere associated with the Icelandic eruption in April 2010 obser

岡崎 郁也^{1*}, 日置 幸介²

Ikuya Okazaki^{1*}, Kosuke Heki²

¹ 北海道大学大学院理学院自然史科学専攻, ² 北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門

¹Natural History Sciences, Hokkaido Univ., ²Natural History Sciences, Hokkaido Univ.

GPS 電波掩蔽観測 (GPS radio occultation) とは, 低軌道衛星で地平線に沈む直前や昇った直後に地球大気をかすめて到来する GPS 衛星からの電波を受信し, その搬送波位相の変化から中性大気気温・水蒸気量, 電離大気電子密度の三つのパラメータに依存する屈折率高度プロファイルを推定する手法である。ラジオゾンデに匹敵する精度と非常に高い鉛直分解能, 陸・海を問わず全球を無作為に観測できるといった利点があり, 現在様々な分野で利用が進められている。2006年4月に打ち上げられた FORMOSAT-3/COSMIC 衛星は6機の受信衛星による同時観測によって1日当たり最大約2500の高度プロファイルを取得できる。GPS 電波掩蔽観測の利用のひとつとして, Wang et al. (2009) は COSMIC 衛星によって取得された気温プロファイルを解析して, 2008年5月に起こった南米チャイテン山噴火の噴煙によって下部成層圏で一時的, 局所的な気温低下が起こったことを報告している。また, 噴煙分布域において高度12km付近を境に下側では気温が上昇, 上側では低下という鉛直分布も求められた。火山ガスの主成分である二酸化硫黄は大気中での化学反応によって硫酸エアロゾルに変化し, 下部成層圏に長期間滞留することで, 日射を遮る日傘効果や温室効果などといった影響をもたらす (McCormick et al., 1995)。また, 火山ガスに多く含まれる水蒸気も温室効果ガスの一種であり, 対流圏の温度を上げるとともに成層圏の温度を下げる効果が知られている。しかし, いずれも Wang et al. (2009) で報告された例のように噴火直後に即効性的な変化が生じる機構についてはまだよくわかっていない。2010年4月14日に始まったアイスランド, エイヤフィヤトラヨークトルの噴火は, 大量の火山灰と水蒸気を含む噴煙が最大高度11kmまで到達し, 西寄りの風によってヨーロッパ大陸へ運ばれ航空機の運航障害などの大きな混乱をもたらした。本研究では COSMIC 衛星の気温高度プロファイルを用いて, 当該噴火の噴煙に伴う局所的な大気変動の検出を試み, 上述のチャイテン噴火との比較を行った。COSMIC の1日分の気温プロファイルを基に特定高度平面における気温分布の日平均を求め, NCEP の GFS (Global Forecast System) モデルによる噴火前日の0時を初期値とする予測の日平均を噴火の影響を含まない基準値として差し引いたところ, 圏界面に該当する高度10km付近で噴火翌日以降に火口周辺域での顕著な気温低下を捉えた。これは Wang et al. (2009) で報告された気温変化の傾向と一致している。一方, チャイテン噴火で捉えられた対流圏での気温の上昇は今回の結果からははっきりと確認できなかった。気温低下の極大高度は, チャイテン噴火では14km, アイスランド噴火では10.5kmと大きく異なっていた。これは, 二つの噴火の噴煙最大到達高度 (チャイテン: ~20km, アイスランド: ~11km) が反映されているものと思われる。また, 噴火翌日の火口東側における気温の高度プロファイルをみると, 気温低下域のさらに上, 高度13km付近において対照的に気温の高い領域がみられた。このような構造はチャイテン噴火では確認されておらず, 噴煙による影響かどうかは当研究の結果のみでは判別できない。噴煙分布域の大気上層部分で気温低下が起こる要因としては下層大気からの長波放射が噴煙によって遮られるなどが考えられるが, 観測事例が非常に少ない現段階では詳細な議論はまだ困難である。今後は基準となるモデルの再評価や, 別の噴火で同様の解析を行うことで検証を深めていきたい。

References

E. R. Kursinski, G. A. Hajj, T. Schofield, R. P. Linfield, K. R. Hardy, Observing Earth's atmosphere with radio occultation measurements using the Global Positioning System, *JGR*, 102, 23,429-23,465, 1997.

McCormick, M. P., L. W. Thomason, and C. R. Trepte, Atmospheric effects of the Mt Pinatubo eruption, *Nature*, 373, 399-404 1995.

Wang, K. Y., et al., Immediate impact of the Mt Chaiten eruption on atmosphere from FORMOSAT-3/COSMIC constellation, *GRL*. VOL. 36, L03808, doi:10.1029/2008GL036802, 2009.

キーワード: GPS, 電波掩蔽観測, 火山噴火, アイスランド

Keywords: GPS, Radio occultation, Volcanic eruption, Iceland

SVC050-20

会場:302

時間:5月23日 15:00-15:15

火山灰組織の時系列解析：桜島ブルカノ式噴火の例 Time-series analysis of volcanic ash from vulcanian eruptions at Showa-crater of Sakurajima volcano, Japan

三輪 学央^{1*}, 下司 信夫², 篠原 宏志²
Takahiro Miwa^{1*}, Nobuo Geshi², Hiroshi Shinohara²

¹ 東北大学・理学研究科・地球物理, ² 産総研・地質情報研究部門

¹Dept. of Geophys., Tohoku Univ., ²GSI, AIST

We study a temporal variation of texture of volcanic ash emitted by vulcanian eruptions at Showa-crater of Sakurajima volcano. We collected 34 ash samples during 14th-17th, January 2010. The collected ashes were examined from view point of variation of ash texture 1) through single eruption and 2) before and after big eruption emitting pumice clast. Ashes were classified on the basis of particle morphology and component. The classification of volcanic ash was performed on stereoscopic microscope. Volcanic ash is divided into 15 types of particle, K (black ash ash), B (brown color ash), W (white to colorless ash), Pumiceous particle (ash with extremely high vesicularity), N (ash with non-smooth surface), A (altered), Pl (plagioclase), Cpx (clinopyroxene) and Opx (orthopyroxene). Moreover, K is subdivided into three types of particle, K-B (shows blocky morphology), K-F (shows fluidal surface) and K-V (shows vesicular morphology). Also B is subdivided into B-B, B-F and B-V as well as K particle. W type ash is subdivided into W-B-T (shows blocky morphology with transparency), W-B-NT (shows blocky morphology with non-transparency) and W-V (shows vesicular morphology). The examination on polarized microscope indicates that groundmass crystallinities of B, W-B-T, W-V and pumiceous particles are lower than that of K and W-B-NT particles. The classification and time-series analysis of the ash reveals that 1) the number fraction of ash with low crystallinity (B, W-B-T, W-V and pumice) and 2) vesicular morphology (K-V, B-V, W-V and pumiceous particle) in later phase is larger than that in initial phase in single eruption, and 3) the number fraction of ash with low crystallinity increases approximately 1 day before big eruption (emitting pumice clast) and decreases after the eruption. These results imply temporal variation of volcanic ash texture is possible to be an indicator of progress of eruptive activity.

キーワード: 火山灰, 岩石組織, 時系列, 噴火活動推移

Keywords: Volcanic ash, Texture, Time-series, Progress of eruptive activity

SVC050-21

会場:302

時間:5月23日 15:15-15:30

桜島火山の地盤の隆起・膨張過程の繰り返し Repetition of inflation of Sakurajima volcano

井口 正人^{1*}, 平林 順一², 為栗 健¹

Masato Iguchi^{1*}, Jun-ichi Hirabayashi², Takeshi Tameguri¹

¹ 京大防災研, ² 東工大

¹DPRI, Kyoto Univ., ²TITEC

桜島火山の昭和火口における噴火活動は2006年6月に再開した。2008年2月以降、爆発的噴火が発生するようになり、2009年10月以降、発生頻度が増加した。その後も爆発発生頻度は増え続けたが、2010年5月中旬以降、急に爆発が発生しなくなった。ところが、6月12日以降、爆発が再び頻発するようになった。

南岳の噴火活動最盛期において桜島北部および始良カルデラ周辺の地盤は沈降を示していたが、1993年以降隆起に転じ(江頭・他, 1998), それは現在も継続中である(山本・他, 2008)。GPS連続観測によっても地盤の膨張が捉えられており、1995年以降2006年までに桜島の東西の測線において約10cmの伸びが観測されている。これまでに膨張の大きかった時期は1997年11月~1999年10月、2004年10月~2005年2月の時期であるが、2006年に昭和火口において噴火活動が再開しても、その変動は緩やかであった。ところが、2009年の後半から地盤変動が大きくなってきた。昭和火口における個々の爆発的噴火に伴う地盤変動についてはすでに報告しており(井口・他, 2008; 2009), 本稿では2009年以降の昭和火口における爆発頻発期におけるやや長期的な地盤変動について連続観測に基づいて報告する。

桜島では2か所の観測坑道において水管傾斜計および伸縮計が、6か所の観測井において傾斜計が稼働している。また、GPS連続観測点は15点ある。2009年10月3日には南岳において比較的規模の大きい爆発が発生したが、それに先行する77時間前から中央火口丘の方向が隆起する傾斜変化と膨張ひずみが検出されている。その後、2009年7月以降、増加していた爆発がさらに頻発するようになった。この地盤変動は2か所の観測坑道と3か所の観測井で検出されている。このころからGPS連続観測によって、桜島西部のSVOGを固定した場合の東方向への水平変位が検出され始め、2010年1月には南北成分の変動も顕著となった。SVOGを固定した場合、桜島の北部では北へ、南部では南へ相対的に変位し、変動量は南部において大きい。2010年1月から3月中旬ごろまでに南北測線において約2cm、東西測線において約1cm伸びた。2010年5月中旬~6月初めの噴火活動のやや静穏期を挟んだ後、6月12日の22時頃に昭和火口において火山レキを伴い多量の火山灰を噴出する爆発が発生した。6月15日の17時ごろから中央火口丘の方向が沈降する傾斜変化と収縮ひずみが有村、ハルタ山の両観測坑道において観測され始め、この沈降・収縮地盤変動は、 0.2° rad、 0.2% strainに達し、翌朝まで続いた。この間に爆発的噴火はないが、火山ガスと少量の火山灰放出を伴いながらストロンボリ式噴火が繰り返された。収縮地盤変動は2010年11月ごろまで続き、収縮ひずみ量はハルタ山の火口方向の成分において 1% strainに達した。火口方向沈降傾斜変化はハルタ山、有村、高免に顕著に表れており、沈降傾斜ベクトルは南岳の北縁から北岳の北斜面において交差する。北岳に力源を仮定するとハルタ山の傾斜・歪変化からその深さは4km程度推定される。

一方、2010年11月下旬から中央火口丘方向の地盤の沈降と地盤の収縮は隆起・膨張に反転した。傾斜ベクトルの方向は、沈降中心とほぼ同じく、北岳の北部斜面である。そのころから再び、爆発的噴火の発生回数が増加し、2011年1月には95回の爆発が発生した。ほぼ同じ時期に黒神観測井の温泉ガスに含まれる二酸化炭素濃度が増加を始めた。新たなマグマの貫入により、地盤が隆起・膨張し、火山体内部の圧力が上昇することにより二酸化炭素濃度が増加したものと考えられる。桜島北部から昭和火口へのマグマの供給路は、すでに確立されており、わずかの地盤の隆起・膨張を伴いながら昭和火口下へマグマが移動し、爆発回数が増加したものと解釈される。

キーワード: 桜島, 地盤変動, マグマ貫入

Keywords: Sakurajima, ground deformation, intrusion magma

SVC050-22

会場:302

時間:5月23日 15:30-15:45

桜島火山の噴火活動様式とマグマ供給系の20世紀からの変化：桜島火山の活動評価に向けて

Change of mode of eruptive activity and the magma plumbing system of Sakurajima Volcano since 20th century

中川 光弘^{1*}, 松本 亜希子¹, 宮坂 瑞穂¹, 井口 正人²

Mitsuhiro Nakagawa^{1*}, Akiko Matsumoto¹, Mizuho Amma-Miyasaka¹, Masato Iguchi²

¹北海道大学理学研究院地球惑星システム科学, ²京都大学防災研究所火山活動研究センター

¹Hokkaido University, ²Kyoto University

桜島火山では、1471年の文明噴火、1779年の安永噴火そして1914年の大正噴火と比較的長期の静穏な時期を挟んで、プリニー式噴火から溶岩流出の大規模な噴火を繰り返してきた。大正噴火以降は、1946年の昭和噴火では溶岩流出、1955年から現在までは小～中規模のブルカノ式噴火が頻発している。大正噴火以前は、古記録や堆積物から見て、1955年以降のようなブルカノ式噴火が頻発した時期があったとは考えにくい。つまり、20世紀になって桜島火山は活動様式が変化し、現在の活動が続いていることになる。この活動様式の変化の原因を明らかにできれば、観測データの解釈や今後の活動予測に役立つと考えられる。我々は、これまでの主要な歴史時代噴火に加え、新たに1955～2009年までの噴出物の岩石学的検討を行った。その結果、大正噴火から桜島のマグマ供給系が変化し、それ以前のマグマ系に新たなマグマが加わったことが明らかになったので報告し、その意味について議論する。

文明および安永噴出物は単斜輝石・斜方輝石デイサイトである。斜長石斑晶コア組成分布はパイモーダルであり、斜長石および輝石斑晶では正累帯および逆累帯が共存する。これらのことから Yanagi et al. (1991) が指摘したように、これらの噴出物はマグマ混合の産物であり、斑晶鉱物組成分布からはデイサイト質マグマと安山岩質マグマが端成分と考えられる。これらの端成分マグマは、噴出物の全岩化学組成も考慮すると、文明と安永噴火で変化がないが、安永では安山岩質マグマの混合比が増加している。大正および昭和噴出物はデイサイト～安山岩であり、東側の火口からの噴出物には普通にかんらん石が含まれるようになる。大正・昭和噴出物の斜長石や輝石斑晶の組成分布は文明・安永噴火と変化せず、やはり2端成分マグマ混合の証拠を有する。共存するかんらん石斑晶は輝石よりもMgに富み、玄武岩質マグマ由来と考えられる。つまり大正・昭和噴出物は、デイサイト質と安山岩質マグマの混合マグマに、別の玄武岩質マグマが混合した3端成分マグマ混合の産物である。これは大正・昭和噴出物と文明・安政噴出物の全岩化学組成の差とも調和的である。斑晶リムの組成分布や累帯構造の検討から、デイサイト質と安山岩質マグマの混合は、噴火の数年前以前に起こっていたと考えられるが、玄武岩質マグマの混合は噴火前の1か月以内の時期に起こっていたことが明らかになった。さらに1955年～2009年噴出物はかんらん石斑晶を含むことがある輝石安山岩であり、大正・昭和噴出物と同じく3端成分マグマ混合の産物である。すなわち桜島火山のマグマ供給系は20世紀以前の2端成分マグマ混合から、大正噴火からは3端成分マグマ混合の系へと変化した。

地球物理学的観測によると桜島に隣接する始良カルデラ深部にマグマが蓄積され、その一部が桜島深部に移動して噴火にいたることがわかっている。また桜島周辺では噴火に関連していると考えられる地震も観測されているが、この地震とマグマとの関連はよく理解されていなかった。今回の物質科学的検討結果を考えると、始良カルデラに蓄積されているのは主要なマグマであるデイサイト質マグマで、そこに深部から安山岩質マグマが混合し、その混合マグマが桜島に移動する途中で玄武岩質マグマが貫入し、その3端成分マグマが噴火に至ると考えられる。桜島の深部で観測される地震は玄武岩質マグマの移動に関連しているのかもしれない。

1955年以降の噴火について噴火の規模と噴出物を比較すると70年代半ばと87年前後の規模の大きな噴火が続いた時に、噴出物のかんらん石の量が増え、全岩化学組成も玄武岩質になる相関が認められる。つまり3端成分マグマのうち玄武岩質マグマが増加したときに、噴火の規模が拡大している。このことは大正噴火と昭和噴火の場合も同じで、大正噴火では噴出物中の玄武岩質マグマの比率が高い。これらのことを考えると、20世紀になって頻繁に噴火を繰り返すようになったのは、玄武岩質マグマが頻繁に上昇し、デイサイト+安山岩質の混合マグマに貫入していることが原因であると考えられる。20世紀以前には玄武岩質マグマの貫入は無かったか顕著ではないために、桜島直下に十分なマグマが蓄積されてから大規模な噴火に至った。一方、20世紀からは玄武岩質マグマの貫入が頻繁に起こるため、桜島直下にマグマが十分に蓄積する前に噴火が起こっていると考えられる。今後の桜島の活動推移を予測するためには、始良カルデラから桜島直下へのマグマの移動だけでなく、玄武岩質マグマの移動にも注意を払う必要がある。

キーワード: 桜島火山, マグマ供給系, マグマ混合, 噴火予測, 噴火活動様式

Keywords: Sakurajima Volcano, magma plumbing system, magma mixing, eruption prediction, mode of eruptive activity

SVC050-23

会場:302

時間:5月23日 15:45-16:00

桜島火山 2006 年以降の昭和火口噴出物の岩石学的特徴の時間変化 Temporal variations of the petrological features of the juveniles from Showa crater since 2006, Sakurajima volcano

松本 亜希子^{1*}, 中川 光弘¹, 宮坂 瑞穂¹, 井口 正人²

Akiko Matsumoto^{1*}, Mitsuhiro Nakagawa¹, Mizuho Amma-Miyasaka¹, Masato Iguchi²

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 京都大学防災研究所火山活動研究センター

¹ Faculty of Science, Hokkaido University, ² DPRI, Kyoto University

<はじめに>

九州南部に位置する桜島火山は、約 6 年間の静穏期の後、2006 年 6 月に南岳において活動を再開した。その活動中心は昭和火口であり、4 つのエピソードに分けられる (2010 年 9 月現在)。エピソード 1 (2006 年 6 月から 2009 年 8 月): 低活動度・穏やかな山体膨張を継続した時期; エピソード 2 (2009 年 9 月から 2010 年 3 月): 爆発頻度増加・明瞭な山体膨張が見られた時期; エピソード 3 (2010 年 4 月から 5 月): 爆発頻度が極端に低下・山体膨張が鈍化した時期; エピソード 4 (2010 年 6 月から 2010 年 9 月): 爆発頻度増加・明瞭な山体収縮が見られた時期。本研究では、2006 年以降の昭和火口噴出物の岩石学的特徴の時間変化より、最近の活動のマグマシステムを考察する。

<昭和火口噴出物の岩石学的特徴>

2006 年以降の昭和火口噴出物は主に火山灰からなり、時々火山礫 (スコリア・軽石・岩片) も噴出している。火山礫は両輝石安山岩で、稀にかんらん石を含む。火山灰は、新鮮なガラス片・変質したガラス片・強変質岩片・鉱物片からなる。構成物量比に着目すると、火山灰試料は 4 つのタイプに区分でき、その区分は上述した活動区分と調和的であることが分かった。エピソード 1: 新鮮なガラス片が含まれず、強変質岩片が多い; エピソード 2: 新鮮なガラス片が含まれ、時間とともにその量が増加する; エピソード 3: 新鮮なガラス片が減少し、強変質岩片が増える; エピソード 4: 再び新鮮なガラス片が増加し、強変質岩片が殆ど無くなる。全岩化学組成において、火山礫は 1955 年以降の本質物の組成トレンドと調和的であり、且つ最も苦鉄質な組成を示す ($\text{SiO}_2=58.5 \text{ wt.}\%$)。鉱物化学組成においても、火山礫は 1955 年以降の本質物のものと類似している。火山礫と新鮮なガラス片の石基ガラス組成はデイサイトで ($\text{SiO}_2=67.2-72.7 \text{ wt.}\%$)、1987 年・1999 年噴火の本質物のガラス組成の範囲内に収まるが、 FeO^* や CaO 量などで区分される。また時間変化に注目すると、 SiO_2 量がエピソード 2 から 3 にかけて時間とともに減少し、エピソード 4 で再び増加する、という系統的な変化が見られる。

<本質物の認定>

本質物の定義としては、(1) 対象火山の噴出物であること、(2) 変質を受けておらず新鮮な特徴を有すること、(3) 対象火山の該当する活動期噴出物の共通の岩石学的特徴を有するが、対象噴火以前の該当する活動期噴出物とは岩石学的に区分できること、が高橋ほか (2004) によって定義されている。本研究で取り扱っている試料は、噴火直後に山体周辺で採取しているものであり、(1)(2) の条件は満たしている。ここでは (3) について検討する。上述したように、火山礫の岩石学的特徴は、1955 年以降の噴出物と類似しているが、全岩化学組成で最も苦鉄質な組成を示しており、それ以前の本質物と区分できることから、火山礫は本質物であると認定できる。また、火山灰試料中の新鮮なガラス片は、1987 年・1999 年噴火の本質物と FeO^* ・ CaO などで区分でき、且つ火山礫と同じ石基ガラス組成を示している。よって、新鮮なガラス片もマグマ物質由来であると認定できる。

<地球物理学的データとの比較>

火山灰試料中の本質物 (新鮮なガラス片) の量比は、エピソード 2 では時間とともに増加し、エピソード 3 では減少、エピソード 4 では再び増加に転じた。また、火山ガラス組成はエピソード 2・3 にかけて時間とともに苦鉄質になり、エピソード 4 で再び増加している。これら岩石学的特徴の時間変化は、地球物理学的観測における山体膨張から収縮への変化と良い相関を示している。このことから、次のようなマグマシステムの解釈ができる: 苦鉄質マグマのマグマ溜まりへの注入 (即ち山体膨張) が、マグマ噴出量増加や火山ガラス組成の苦鉄質化として反映される (エピソード 2)。そして、苦鉄質マグマの注入が止まり、山体膨張が鈍化し、マグマ噴出量が減少する (エピソード 3)。その後、マグマ溜まりが収縮する際に (即ち山体収縮)、マグマ溜まり内のマグマが絞り出され、マグマ噴出量が再び増加するが、苦鉄質マグマの量比は低下しているので火山ガラス組成はシリカに富むようになる (エピソード 4)。

このように、噴出物の岩石学的特徴と地球物理学的データを比較・検討することで、火山下でのマグマのより詳細な動きを把握することができる。

キーワード: 桜島火山, 昭和火口, 時間変化, 火山灰, 本質物質

Keywords: Sakurajima volcano, Showa crater, temporal variation, volcanic ash, juvenile materials

SVC050-24

会場:302

時間:5月23日 16:00-16:15

桜島火山における第二回反復地震探査 The second seismic survey round in Sakurajima Volcano

筒井 智樹^{1*}, 井口正人², 為栗 健², 齋藤公一滝³, 2010 桜島火山反復地震探査グループ²

Tomoki Tsutsui^{1*}, Masato Iguchi², Takeshi Tameguri², Koichiro Saito³, Research Group of the Seismic Survey Round 2010 in Sakurajima²

¹ 秋田大学大学院, ² 京都大学防災研究所, ³ 気象庁

¹Graduate School of Akita University, ²DPRI, Kyoto University, ³Japan Meteorological Agency

本講演では桜島火山において2010年に観測された人工地震観測データと同一測線におけるそれ以前の観測データとを比較し、桜島火山における地震反射応答の変化について報告する。

火山活動に伴う地震学的構造の変化の検出を目的に桜島火山北東部に2本の測線を展開し、これまで2008年11月、2009年12月と、同一測線上で1年を隔てて人工地震波形を繰り返し観測してきた(井口・他, 2009; 筒井・他, 2010)。

今回を含めた3回の地震探査が行われた時期には昭和火口からの噴出活動が卓越しており(井口・他, 2009; 井口, 2010)。地盤変動観測結果では1990年代後半から始まった桜島を含む始良カルデラ一帯の膨張は継続中であった(山本・他, 2010)。前回報告の2009年探査は昭和火口からの爆発回数がピークを迎えるとともに桜島北東部の急激な伸張が始まった時期に実施された(井口・他, 2010)。2010年探査は桜島北東部の伸張変動が小康状態を迎えた時期に実施された。

2010年観測では2本の測線(測線NS, 測線EW)およびその支線に14ヶ所の発破点と248点の観測点を展開し、のべ39名の参加者によって2009年探査測線の大部分を再現した。14ヶ所の発破点はすべて2009年探査同様に薬量20kgのダイナマイトを用いた単孔発破であった。現地状況により展開されなかった点以外の各観測点は良好に再現され、2009年探査に対してそれぞれ南北方向に平均0.1m、東西方向に平均0.2mの差であった。

2009年探査に引き続き、各観測点ではデータロガーLS8200SDと4.5Hz上下動成分のセンサーを組み合わせた1成分観測をサンプリング周波数500Hzで行い、2010年12月8日21時から翌朝6時までの連続記録を取得した。展開した観測点のうち245点で正常にデータ取得がなされた。データ取得が正常に行われなかった3観測点はそれぞれ内部システムの異常による動作不良と電池電圧不足によると思われる起動失敗であった。2009年観測記録に対する最大振幅比は0.83-1.53であった。

2010 桜島火山反復地震探査グループ: 筒井智樹, 為栗 健, 井口正人, 及川 純, 大島弘光, 前川徳光, 青山 裕, 植木 貞人, 平原 聡, 野上健治, 大湊隆雄, 市原美恵, 辻 浩, 堀川信一郎, 奥田 隆, 清水 洋, 松島 健, 大倉敬宏, 吉川 慎, 園田忠臣, 宮町宏樹, 八木原 寛, 平野舟一郎, 齋藤公一滝, 末峯宏一, 後藤 進, 池亀孝光, 加藤幸司, 松末伸一, 河野太亮, 宇都宮真吾, 五藤大仁, 渡辺竜一, 前原祐樹, 佐藤 泉, 大藪竜童, 清水英彦, 山下裕亮

キーワード: 桜島火山, 火山構造, 活動的火山, 地震探査, 構造変化

Keywords: Sakurajima Volcano, Volcano structure, Active volcano, Seismic survey, Underground movement detection

SVC050-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

低消費電力宇宙線ミュオンラジオグラフィー検出器の開発 The development of infra-free and portable muon counting system for muon radiography

西山 竜一^{1*}, 田中 宏幸¹

Ryuichi Nishiyama^{1*}, Hiroyuki Tanaka¹

¹ 東京大学地震研究所

¹ ERI, the University of Tokyo

ミュオンラジオグラフィーは、宇宙線に含まれるミュオンの高い貫通能力 (~km) を用いて、対象の密度構造を明らかにする非破壊検査の手法である。火山観測の場合は、山麓にミュオンを捕らえる検出器を構え、山体を通過した後のミュオンの数を計数し、その減衰量からミュオンが通った経路上における山体の平均密度を推定する。現状の検出器では、ミュオンの検出には、プラスチックシンチレーターを用いており、粒子通過時にシンチレーター内部で発せられる微弱な光を光電子増倍管で電気信号に変換することで、ミュオンの到来時刻・位置の情報を得ている。

火山を対象とした観測は、これまで数例実行されてきた。原子核乾板を用いた昭和新山の観測 (Tanaka et al., 2007) では、溶岩ドームの位置とその直下に高密度領域が検出され、ドームの本質物質が貫入している様子がとらえられている。薩摩硫黄島での観測 (Tanaka et al., 2009) では、火口下にマグマの通り道と推定される低密度領域が検出された。また、浅間山の観測では、2点に観測器を設置し、両者の結果を組み合わせることによって、山体の3次元的な密度構造を推定することにも成功している (Tanaka et al., 2010)。

しかし、これらの観測は、商用電源が確保できる、交通のアクセスが良い、などインフラの比較的整った地点で行われたものが主であった。検出器の消費電力を抑え、より持ち運びのしやすい検出器を用いることができれば、より広範な火山を対象に据えることができる。具体的には、活動中の火山に対して火道中の物質の移動を検出したり、活動を休止している火山や溶岩ドームに対しては、複数の検出器を取り囲むように設置し、上述の3次元トモグラフィーを実行したりするといったことが可能になる。

消費電力の低減・可搬性の向上といった目的を達成するためには、光デバイスとして、光電子増倍管の代わりに近年開発された半導体デバイス MPPC (Multi Pixel Photon Counter) を導入することが望ましい。MPPC の駆動には約 70V の逆バイアス電圧を要するだけであり、1kV 以上の高電圧を必要とする光電子増倍管に対し、昇圧に伴う電力消費のロスを大幅に低減できる。また、そのサイズの小ささ (1cm 立方程度)、コスト (1チャンネルあたり 6000 円) の観点からも、検出器の可搬性の向上に資するものと思われる。

本研究発表では、MPPC を用いた検出器の概要と開発の現状を説明すると同時に、その検出器を用いて明らかにできるであろう火山の内部構造と現象について議論したい。

キーワード: ミュオン, ラジオグラフィー, 密度構造, MPPC

Keywords: muon, radiography, density structure, MPPC

SVC050-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

GPS 自律航法システム搭載火山観測小型無人機の開発 Development of a small unmanned aerial vehicle with GPS-guided automatic navigation for volcano observation

佐伯 和人^{1*}, 実政 光久¹

Kazuto Saiki^{1*}, Mitsuhsa Sanemasa¹

¹ 大阪大学 理学研究科

¹ Graduate School of Science, Osaka Univ.

GPS 自動航法システムを搭載した無人観測飛行機 Sky-1 Stonefish (おこぜ号)を開発した。本機は、火山フィールド等を調査する研究者や自治体職員等が、手軽で安価に運用できる道具となることを目的に開発された。Sky-1 Stonefish は、ラジコン制御方式の Sky-1 を発展させたものである。ラジコン式 Sky-1 はこれまでに火山フィールドにおける試験でよい性能を示した。しかし、人間が操縦するために半径 400 m 程度の範囲でしか運用できないという限界があった。この弱点を克服するために、Ardupilot という安価な GPS 自動航法システムを導入した。Ardupilot はオープンソースハードウェアマイコンボードである Arduino を基礎とした自動航法システムで、姿勢制御のための 3 軸加速度センサと 3 軸ジャイロセンサ、航法制御のための GPS とピトー管を備えている。Sky-1 Stonefish の長所は「安全性を確保するために推進装置としてダクトファンを採用していること」、「新しい機体分割方式を採用することで、背中にしよって運搬できること」、「観測器が 300g まで搭載可能であること」、「風速 10m 下でも飛行できる飛行性能を持つこと」、等である。ラジコン式の Sky-1 はこれまで草津白根火山、阿蘇火山、伊豆大島で飛行試験を行った。また、自動航法の Sky-1 Stonefish は伊豆大島や関西模型飛行場 (京都府宇治市) にて飛行試験を行った。発表では、Sky-1 Stonefish の設計や性能試験結果を紹介する。以下に Sky-1 Stonefish の仕様を挙げる。

名称 : Osaka University Sky-1 Stonefish

全長 : 90 cm

全幅 : 90 cm

機体素材 : 発泡ポリプロピレン

重量 : 500 g (バッテリー込)

観測機器搭載可能重量 : 300 g

バッテリー : 11.1 V リチウムポリマーバッテリー

推進装置 : ブラシレスモータ駆動ダクトファン

推力 : 500 gf

制御 : 3 ch (モーター、エルロン、エレベーター)、GPS ウェイポイント航法制御

航続距離 : 3~4 km (標準バッテリー搭載時)

キーワード: 無人観測機, ロボット, GPS, 火山, 飛行機

Keywords: UAV, robot, GPS, volcano, airplane, arduino

SVC050-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

ガスバッグ採取による 火山ガス水蒸気水素同位体比測定の試み

Trial of measuring hydrogen isotopic ratios of water vapor in fumarolic gas collected in a gas bag

実政 光久^{1*}, 佐伯 和人¹, 中村 美千彦², 大場 武³, 土山 明¹

Mitsuhiisa Sanemasa^{1*}, Kazuto Saiki¹, Michihiko Nakamura², Takeshi Ohba³, Akira Tsuchiyama¹

¹ 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻, ² 東北大学大学院理学研究科地学専攻, ³ 東海大学理学部化学科

¹ Graduate School of Science, Osaka Univ., ² Graduate School of Science, Tohoku Univ., ³ School of Science, Tokai Univ.

1. はじめに

火山ガス中水蒸気の水素同位体比はマグマ水や天水などが混合する熱水系の構造を反映し、火山の活動状況を測る指標の一つである。我々は小型無人飛行機など移動体による火山ガス採取のためにガスバッグを用いて採取する方法を検討している。ガスバッグで得られる水は少量なので、水の水素同位体比測定のために Zn shot 法 (Coleman et al., 1982) と呼ばれる亜鉛を用いた還元処理法で水を還元した。しかしガスバッグ採取水の Zn shot 法の成功率が低かったため、その原因を検証した。

2. 火山ガス試料

試料は伊豆大島三原山の剣ヶ峰噴気で採取した。内容は、噴気を氷水で凝縮した水約 100 mL、噴気すぐ上でガスバッグ 10 L に採取したガス (Bag1,2,3)、噴気から斜面を 10 m 登った所でガスバッグ 10 L に採取したガス (Bag4,5,6) であった。試料採取後、凝縮水はマイクロシリンジで 2 μ L 量り、ガラスラインを用いて Zn shot 法で用いる還元ガラス管に、粒状亜鉛とともに封入した。ガスバッグは同じくガラスラインを用いて水のみを抽出し、還元管に封入した。ガスバッグ試料の水量は最大でおよそ 10 μ L と見積もられた。

3. 実験方法

粒状亜鉛と水を封入した体積 40 mL の還元管を、490 ~ 495 °C のマントルヒーターに、粒状亜鉛のある管底部を加熱部に接するよう投入し、30 分間還元した。還元後は管の壁面に Zn が再凝縮するため、この確認を以って還元成功とした。還元成功した試料は Sercon 社の質量分析器 Geo20-20 で水素同位体比を測定した。

4. 結果

凝縮水の 3 試料は全て還元成功し、およそ $D_{SMOW} = -69\text{‰}$ の値を示した。これは (Ohba, 2007) の結果と一致する。一方ガス試料は、Bag2 は 30 分加熱しても還元されなかった。Bag5 と 6 は 30 分加熱しても還元されなかったが、更に 30 分加熱すると還元された。しかし Bag5 は $D_{SMOW} = -78\text{‰}$ 、Bag6 は $D_{SMOW} = -141\text{‰}$ で、同じ場所で採取したにもかかわらず大きな差が生じた。

5. 考察

結果より Zn shot 法の過程に問題があると考えられる。還元過程には Zn の蒸発、拡散、還元反応の三段階があり、いずれも水蒸気圧が高いと阻害される可能性がある。初期水量がこれらの過程にどう影響するか、計算可能な拡散と還元反応について検証した。拡散について、初期水量を 2 μ L と 20 μ L の時の Zn 蒸気の拡散係数をその平均自由行程から導出した。これから拡散方程式を基にした、差分方程式によるシミュレーションで 300 秒後の Zn 蒸気の管内濃度プロファイルを求めた。この結果、水量の異なる 2 つの場合で拡散の様子に大きな差が無いことが分かった。次に 500 °C で還元反応の平衡定数を求め、初期水量 2 μ L と 20 μ L に対して平衡水素分圧を計算した。その結果、Zn が還元には十分量あれば、いずれの初期水量であっても平衡では水素分圧がほぼ全圧となり、全て還元することが分かった。以上の 2 つの計算から、固体 Zn からの Zn 蒸気の供給が十分であれば、気相内に Zn 蒸気は十分拡散し、水とも完全に反応して全て水素に還元することが示唆された。水量過多で Zn shot 法が失敗する原因として残り一つ考えられるのは、粒状亜鉛の酸化膜を割って液体 Zn が現れたときに、蒸発速度 < 酸化速度となって液体 Zn の表面が瞬時に酸化されて膜を生じ、Zn 蒸気が供給されないことである。

キーワード: Zn shot 法, 水蒸気, 水素同位体, 火山ガス

Keywords: Zn shot method, water vapor, hydrogen isotope, fumarolic gas

SVC050-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

傾斜変動に対する広帯域地震計の応答 Tilt response of broadband seismometer

前原 祐樹^{1*}, 大湊 隆雄¹, 渡邊 篤志¹, 武尾 実¹

Yuki Maehara^{1*}, Takao Ohminato¹, Atsushi Watanabe¹, Minoru Takeo¹

¹ 地震研究所

¹ERI

近年、火山活動の一種である長周期の変動をとらえる目的で、火山における地震の観測に、多く広帯域地震計が用いられている。振り子型の地震計が傾斜変化に対して感度を持つことは古くから明らかであり、その出力は地震計の運動方程式に基づいて得られると考えられる。それは傾斜の入力に傾斜に対する地震計の応答関数を畳み込み積分して得られる。また、逆に出力から傾斜を得るにはデコンボリューションすればよい。本発表の目的は、実際に広帯域地震計に傾斜変動を与えて、先の様な計算方法で得られた波形と出力が一致することを確認することである。

用いた地震計は、将来、霧島火山における傾斜を推定するために、現在、稼働している Trillium40, Trillium120, CMG3T である。試験方法は通常、傾斜計の検定台として用いられている 1m の金属板の片側に地震計を置き、逆側を上下に変位させる方法をとった。この時、変位量が 1m に対して微小であれば、直接その変位量が傾斜変動と近似することが出来る。変位量の測定にはレーザーによる検出器とダイヤルゲージを用いた。与えた傾斜変動は地震計によって異なるが、数十 μ rad ~ 数 μ rad である。

全ての地震計において、水平成分の出力は運動方程式から計算される結果と整合的になった。また、上下成分については、運動方程式から推測される様に、水平成分に対しては微小であった。今後は、この結論を実際のデータにどの様に適用できるかということである。

SVC050-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

火山用地殻活動解析支援ソフトウェアの開発(4) - 重力データ解析機能, 回転楕円体モデルの組み込み MaGCAP-V (4) -Upgrade for gravity data and spheroidal model

福井 敬一^{1*}, 安藤 忍¹, 坂井 孝行², 高木 朗充³, 鬼澤 真也¹, 新堀 敏基¹, 山里 平², 大須賀 弘⁴
Keiichi Fukui^{1*}, Shinobu Ando¹, Takayuki Sakai², Akimichi Takagi³, Shin'ya Onizawa¹, Toshiki Shimbori¹, Hitoshi Yamasato², Hiroshi Ohsuga⁴

¹ 気象研究所, ² 気象庁火山課, ³ 文部科学省研究開発局地震・防災研究課, ⁴ 株式会社ヴィスコア

¹Meteorological Research Institute, ²Volcanology section, JMA, ³MEXT, ⁴VisCore Corp.

1. はじめに

気象庁では火山活動監視のため, GPS や傾斜計等を用いた地殻変動観測, プロトン磁力計による全磁力繰り返し観測を実施している。これらデータから, マグマ供給等に関連した圧力源や熱消磁域などの変動源を推定し, 火山活動を総合的に評価するための判断材料を提供するパーソナル・コンピュータ上で稼働する火山用地殻活動解析支援ソフトウェア MaGCAP-V が開発され(中禮ほか 2002, 福井ほか 2005), 火山監視業務や研究に活用されている。

MaGCAP-V は地殻変動のみならず地磁気データも同時に取り扱え(このため「地殻活動」という用語を用いている), 観測データとモデル計算結果を相互に比較しながら解析することが可能なソフトウェアとなっており, 標高補正茂木モデル(福井ほか, 2003)などによって簡略的に地形の影響を考慮するとともに, 有限要素法計算結果データベースを用いることによって構造や地形の影響を考慮したモデル推定も可能となっている(福井ほか, 2006)。

2009年度に, 光波測距データ解析機能, 干渉 SAR データ解析機能, 地殻活動の時間変化の様子を解析するための簡易版動的解析機能を追加した(福井ほか, 2010)。2010年度には重力データ解析機能, 楕円体変動源モデルを追加するとともに, 高速化のための改良を施した。本講演では新たに追加した機能と干渉 SAR 解析機能について紹介する。

2. 重力データ解析機能

繰り返し精密重力測量などによって取得された火山地域における重力変化量は地磁気全磁力データと同じように取り扱うことができる。利用可能なモデルは球状圧力源モデルによって生じる重力変化を説明する萩原モデル(萩原, 1977), Okada (1992)によるディスロケーションモデル, 種々の形状の質量が移動した際に生じる重力変化。パラメータ推定, モデル計算値の分布図表示, 異なる観測種目を組み合わせたモデル推定など, 他の観測種目と同様の機能が利用可能である。

3. 楕円対熱源モデル

近年, SAR 干渉法あるいは稠密 GPS 観測により, 地殻変動量の面的分布が取得されるようになった。このような地殻変動データをモデリングするために, 縦長, 横長の楕円対にも適用可能な坂井ほか(2008)による楕円体圧力源モデルを利用可能とした。

謝辞

本ソフトウェアは科学技術振興調整費「雲仙火山: 科学掘削による噴火機構とマグマ活動解明のための国際共同研究」(H11~13)において, 溶岩ドームの帯磁過程の解明のために作成されたソフトウェアを元に順次機能を追加し開発を進めている。開発の初期段階で中村浩二氏(現仙台管区気象台)には SEIS-GPS および PAT-ME を, 内藤宏人氏(現気象庁地震火山部)には MICAP-G を参考にするためご協力頂いた。重力データ解析機能においては古屋正人北海道大学堆教授のご協力を得た。

キーワード: ソフトウェア, 火山監視, 重力, GPS, 干渉 SAR, 光波測距

Keywords: software, volcano monitoring, gravity, GPS, InSAR, EDM

SVC050-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

Stratigraphy of the 1883 Krakatau Mega Eruption and Tsunami in the Coastal Area of Java and Sumatra, Indonesia Stratigraphy of the 1883 Krakatau Mega Eruption and Tsunami in the Coastal Area of Java and Sumatra, Indonesia

Purna Sulastya Putra^{1*}, Yuichi Nishimura¹, Eko Yulianto²
Purna Sulastya Putra^{1*}, Yuichi Nishimura¹, Eko Yulianto²

¹Hokkaido University, ²Indonesian Institute of Sciences (LIPI)

¹Hokkaido University, ²Indonesian Institute of Sciences (LIPI)

The 1883 mega eruption destroyed large part of Krakatau and formed a 7 km diameter caldera. During the paroxysmal stage, a series of eruption and tsunami occurred and destroyed more than 250 coastal villages along the Sunda Strait. This tsunamigenic volcanic activity left a unique stratigraphy along the coastal zone of Sunda Strait. This stratigraphy was formed by successive deposition of tephra and tsunami deposit, and also erosion by tsunamis. These near-field volcano-related tsunami deposits are different from usual sandy tsunami deposit caused by subduction-type earthquakes. The tsunami layers sometimes contain pumice and/or ash that have been carried up inland together with beach sand from their original position by the tsunami run up. In this study, we conducted field work at two sites in the coastal area of Java (Anyer, located 45 km east of Krakatau volcano and Carita, located 40 southeast of Krakatau volcano) and two other sites in the coastal area of Sumatra (Tarahan, located around 50 km north of Krakatau volcano and Limus, located around 70 km northwest of Krakatau). This geological work is important to reveal transport and depositional processes of the tsunami deposits. Beside careful examination of sedimentology characteristics, we used historical record account in conjunction with the stratigraphy characteristics. At each site, the stratigraphic profile is different, but all composed of sand layers intercalated by ash and pumice layers. The ash layers contain shell fragments with no lithic in Tarahan, and they contain shell fragments and foraminifera with minor lithic and heavy mineral in Anyer. We interpreted this layers had been deposited by the tsunami. The shape of the pumice is also a key feature for this recognition. The shape of pumice fragments in Limus is more angular than that of other locations. This pumice layer does not contain any shell fragments nor foraminifera. We interpreted this layer as the primary tephra fallout deposit. This conclusion is also supported by historical record in which the pumice fall was apparently directed to the west. As the depositional processes of the deposits obtained, thus the chronology of eruption and tsunami during the paroxysmal stage of the 1883 Krakatau eruption can be described.

キーワード: Krakatau, eruption, tsunami deposit, stratigraphy, historical record, 1883

Keywords: Krakatau, eruption, tsunami deposit, stratigraphy, historical record, 1883

Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SVC050-P07

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

気象庁が全国 47 火山に整備した火山観測施設 The volcano monitoring system installed in 47 active volcanoes

気象庁地震火山部火山課 藤原善明^{1*}

Yoshiaki Fujiwara Volcanological Division, JMA^{1*}

¹ 気象庁地震火山部火山課

¹ Volcanological Division, JMA

気象庁は、火山噴火予知連絡会の火山活動評価検討会が、中長期的に噴火等が発生する可能性の検討をもとに災害軽減のために監視を強化すべき火山として 47 火山を選定したことを受けて、これらの 47 火山について 21 年度補正予算により火山観測施設の整備を進めてきたが、平成 22 年 12 月末までに整備が完了した。今回の整備では、1 つの火山について 1 点の施設整備を基本としたが、桜島、十勝岳、伊豆大島については、いっそうの監視強化を図り、3 点の施設を整備した。その結果、47 火山 53 地点に整備を行った。観測施設としては、地震計・傾斜計・空振計をセットとした火山総合観測装置、GPS 観測装置、監視カメラ（遠望カメラ、火口カメラ）を整備した。火山総合観測装置は地下 100 m を基本としてボーリングを行い、地震及び傾斜観測に適切な深度にボアホール型の機器を設置した。また、ボーリングが実施できない場所については、地上型の地震計を設置した。これらの火山観測施設によって得られたデータは気象庁における火山監視に用いるとともに、大学等研究機関とも共有して火山噴火研究の推進に供される。

雌阿寒岳の2008年の噴火活動時の微動震源の移動現象

Migration of tremor locations associated with the 2008 eruption activity at Meakandake volcano

小木 善仁^{1*}

Masashi Ogiso^{1*}

¹ 札幌管区気象台

¹ Japan Meteorological Agency

北海道東部に位置する雌阿寒岳は、国内でも活発な火山のひとつである。近年では1988年、1996年、1998年、2006年、そして2008年に噴火している。このうち、1998年の噴火ではマグマの関与が疑われたのに対して、他の噴火はすべて水蒸気爆発である。また、噴火に至らないまでも、火山性地震の群発活動がしばしば発生している。

火山性微動はこのような火山活動をモニタリングする上で重要な現象である。2008年の雌阿寒岳の活動においても多数の微動が観測された。これらの微動は、通常の相の発現を利用した震源決定は不可能であり、大まかな位置すら推定できない。最近、RMS振幅の空間分布を利用して震源を推定する手法が提案され、世界のいくつかの火山で応用され始めている(Yamasato, 1997; Battaglia and Aki, 2003; Kumagai et al., 2010)。本研究では9月29日、11月16日、11月18日に発生した3つの微動について、札幌管区気象台が設置している観測点で観測された微動振幅の空間分布を利用して微動の震源を推定した。この3つの微動は2008年の噴火活動を強く反映している。9月29日の微動後には火山性地震が多発した。また、11月16日の微動には傾斜変動が重畳しており(青山・大島, 2009)、この微動後には96-1火口周辺にて地磁気全磁力の顕著な減少も観測された(橋本ほか, 2009)。11月18日の微動は約50時間続く連続微動であり、18日の明け方頃にごく小さな噴火が発生したと推定されている(石丸ほか, 2009)。

RMS振幅を計算するにあたり用いた周波数帯は5-10Hzで、サイト特性は一般の構造性地震のコーダ波の振幅を利用して補正し、内部減衰のパラメータは $Q=50$ を仮定した。観測点は火山体から見て北側～西側と南東側にのみ位置しているため、震源計算を行った際の残差は北東側と南西側にやや広がる傾向がある。しかし、震源の精度は水平方向、深さ方向ともに最大で500m程度の精度で求まっていると考えられる。

9月29日の微動の震央は、噴火の発生した96-1火口周辺から有意にはずれた、阿寒富士の北西～西側約1km付近に決定された。震央の直上に位置する観測点が振り切れてしまっているため、深さについては拘束が利いていない。11月16日の微動の継続時間は約30分だが、その振幅の時系列から3つのフェーズに分けられる。このうち、振幅の大きい前半2つのフェーズの震源は9月29日と同様、阿寒富士の北西～西側1km付近に決定された。深さは海拔下0~1km付近であった。一方、振幅が小さくなった後半のフェーズは、前半のフェーズとは異なって阿寒富士の北側1km付近から96-1火口の南側800m程度の付近に決定された。全体を通して、震源は観測点の存在しない南西～北東方向に広がっているが、RMS振幅比の時系列を詳細に検討したところ前半と後半のフェーズで系統的に異なっており、相対的な震源の移動があったものと考えられる。また、11月18日の連続微動は安定して96-1火口の南側800m付近に決定された。振幅比の時系列からも震源の位置はほぼ一定と推定される。

本研究では、2008年の雌阿寒岳の噴火に至るまでの微動活動において、微動の震源が阿寒富士の北西～西側付近から96-1火口周辺へ系統的に変化していることを発見した。11月16日に発生した微動では、9月29日の微動の震源と11月18日の微動の震源を結ぶように震源が移動していることを見出した。水蒸気爆発のような小規模な噴火活動に至る過程でこのような微動震源の移動が捉えられたことは、火山活動のモニタリング及び噴火機構の解明の両方において大きな可能性を示している。

謝辞

北海道大学の蓬田清教授には本研究全般にわたって議論していただきました。また、青山裕助教との議論も有意義でした。

地図の描画に当たっては、国土地理院作成の「数値地図50mメッシュ(標高)」を利用しました。

参考文献

青山・大島、日本火山学会講演予稿集、2009。

石丸ほか、北海道立地質研究所報告、2009。

橋本ほか、月刊地球、2009。

Battaglia and Aki, J. Geophys. Res., 2003。

Kumagai et al., J. Geophys. Res., 2010.
Yamasato, J. Phys. Earth, 1997.

SVC050-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

北海道東部屈斜路カルデラ周辺の比抵抗構造 Resistivity structure around the Kutcharo caldera

本多 亮^{1*}, 山谷 祐介², 市原 寛³, 中川 光弘¹, 茂木 透²

Ryo Honda^{1*}, Yusuke Yamaya², Hiroshi Ichihara³, Mitsuhiro Nakagawa¹, Toru Mogi²

¹ 北大理, ² 北大地震火山センター, ³ 海洋研究開発機構

¹ Graduate school of Sci., Hokkaido Univ., ² ISV, Hokkaido Univ., ³ IFREE, JAMSTEC

Kutcharo caldera hoards potentials of disaster eruptions. From disaster prevention point of view, it is surely important to comprehend the mechanisms of eruptions of this volcano. This volcano belongs to Akan-Shiretoko volcanic line, the western end of Kurile volcanic line, which shows offset collocation. The offset is also clear around Kutcharo caldera, from topography and the gravity anomaly map. From this standpoint, the Kutcharo caldera locates on the offset point of the volcanic line. Several geophysical approaches for this area exist, however the precise structural model had never been proposed around this region. For instance, Satoh et al. (2001) installed three observation lines of MT survey over the Eastern Hokkaido region, while Nakanishi et al. (2009) executed seismic exploration over this area. Still, there are no arguments for the magma provision.

We executed MT survey around the Kutcharo region, during 2009 to 2010, and examined 2-D inversion analyses (Ogawa and Uchida, 1996), for five profiles. The observed data shows acceptably good quality. The strike angle of this region is assumed to the direction of the volcanic line. So the observation point is allocated for direction across the volcanic line. The principal axes of impedance phase tensor, for the southern part of the region, align across the volcanic line as expected. But it mostly deviates in the northern part. Therefore, we chose the TM mode analyses. The strike direction is decided by the rose histogram of the principal axis of impedance phase tensor.

The consequent resistivity structure shows aspects as follows. For all profiles, surface layer shows high resistivity, due to tephra. Then, the Tertiary stratum shows low resistivity. Then again, middle crust shows high resistivity. And the extraordinary low resistivity body penetrates the high resistivity crust. The resistive body rises to the Atosanupuri volcano. The top of this body rises to 6 km under the Atosanupuri volcano. The depth coincides to the source depth of the diastrophism, which reported from InSAR analyses during 1994 to 1995, accompanied an earthquake swarm.

Nakanishi et al., 2009. *Tectonophysics*, 472, 105-123.

Ogawa, Y. and Uchida, T., 1996. *Geophys. J. Int.*, 126, 69-76.

Satoh et al., 2001. *EPS*, 53, 829-842.

キーワード: MT 探査, 比抵抗構造, カルデラ

Keywords: MT survey, resistivity structure, caldera

繰り返し空中磁気測量で検出された有珠山の全磁力変化 Geomagnetic changes over Usu Volcano detected from aeromagnetic repeat surveys

橋本 武志^{1*}, 宇津木 充², 中塚 正³, 大熊 茂雄³, 小山 崇夫⁴, 神田 径⁵, 鈴木 敦生¹, 有珠山空中磁気探査グループ⁶
Takeshi Hashimoto^{1*}, Mitsuru Utsugi², Tadashi Nakatsuka³, Shigeo Okuma³, Takao Koyama⁴, Wataru Kanda⁵, Atsuo Suzuki¹,
Joint Group for Usu Volcano Airborne Magnetic Survey⁶

¹ 北大理・地震火山, ² 京大理・地球熱学, ³ 産総研・地質情報, ⁴ 東大地震研, ⁵ 東工大・火山流体, ⁶ _

¹ ISV, Hokkaido Univ., ² IGS, Kyoto Univ., ³ Geol. Surv. Japan, AIST, ⁴ ERI, Univ. Tokyo, ⁵ VFRC, Tokyo Inst. Tech., ⁶ _

1. はじめに

2010年9月に有珠山で空中磁気測量を実施した。この調査は、産総研が2000年6月に実施した空中磁気測量(大熊・他, 2001)との比較により、約10年間の経時変化を検出することを目標として企画された。本稿では、今回実施した空中磁気測量の概要を報告するとともに、従来の地上観測との対比から10年間の磁場変化について考察する。

2. 空中磁気測量の概要

今回の空中測量では、Nakatsuka and Okuma (2006)による拡張交点コントロール法を適用して、空間エイリアシングの問題を最小限に抑えつつ経時変化を抽出することを念頭に飛行計画を立てた。ヘリコプターから約50m下に吊り下げた曳航バードにセシウム磁力計とGPSを搭載し、10Hzでデータを取得した。飛行は可能な限り地形に沿って行い、バード対地高度は概ね150mとした。今回は市街地や主要道路の上空を飛行することができなかったため、2000年の測量と比べて調査範囲を限定せざるを得なかったが、過去の噴火地点である2000年噴火域、山頂火口原、昭和新山の3領域をカバーしている。将来の繰り返し測量に資するため、主測線間隔は前回よりも高密度の100mとした。

3. 時間変化の抽出と地上測量との比較による検証

拡張交点コントロール法によるデータ処理の結果、2000年噴火域、山頂火口原、昭和新山の3領域に、明瞭な全磁力変化が抽出された。対地高度約200mのリダクション面における変化量の主要部分は、検出誤差レベルの数倍以上に達しており有意なものといえる。なお、今回のデータ処理において考慮すべき誤差要因の詳細な検討については、本大会の別発表(中塚・他, 2011)で述べる。

北海道大学では、2000年噴火域で2003年から、山頂火口原と昭和新山では2008年から地上の繰り返し全磁力測量を行ってきた。これらの領域では、いずれも冷却帯磁を示唆する磁場変化が捉えられている(橋本・他, 2010年連合大会)。地上の磁場変化トレンドを直線近似で外挿して10年間の値に換算し、対地高度200m面に投影すると、今回抽出された空中の磁場変化と概ね一致することが確かめられた。磁場変化が冷却のセンスを示すことは、これらの領域で沈降性の地盤変動が検出されている(Aoyama et al., 2009)こととも調和的である。空中磁気測量の繰り返しによって時間変化を抽出し、かつ地上観測との対比から有意性を確認した事例は、九重山(宇津木, 2010)に続き2例目となり、この手法の有効性・実用性がさらに確かなものとなった。

4. 山頂部の貫入マグマ冷却に関する考察

ここでは、1977-82年の噴火地点である山頂火口原の磁場変化に注目してその特徴を示す。

(1) 銀沼火口を中心とする顕著な磁場増加が認められ、2008-10年の地上観測からの推定とほぼ一致していることが確認できた。従って、この変化傾向は最近の数年に限った一時的な現象ではなく、この10年間のほぼ定常的な冷却帯磁過程と考えてよさそうである。

(2) 帯磁の原因としては、1977-82年噴火の貫入マグマの冷却がもっとも考えやすいが、先行研究(Matsushima et al., 2001)で推定された貫入位置である有珠新山そのものには有意な磁場変化は認められなかった。

(3) 火口原の北西外輪(北屏風岩)付近に顕著な磁場減少域があることが新たに見出された。これは、(1)のカウンターパートである可能性もある。このことは、有珠新山直下の貫入マグマが現在も高温を保っており、貫入マグマそのものはまだ有意な磁化変化を起こす温度領域に達していないことを意味するかもしれない。

(4) 銀沼火口や北屏風岩と比べると相対的に弱いものの、大有珠の周辺にも冷却帯磁を示唆する変化パターンが認められた。ただし、大有珠ではこれまで地上観測を行っていないため、その有意性についてはデータ処理上の問題も含めて今後の検討を要する。

5. 今後の課題

2010年の測量により有意な磁場変化が抽出できたことは、我々が有珠山2000年噴火直後の状態を考察する手がかりを、噴火10年後にして新たに得たことを意味する。2000年噴火域については、現在の冷却帯磁傾向がどの時点で始まったのかが、噴火中の活動推移予測の観点から重要な情報になると思われるが、問題は必ずしも単純ではない。今後、逆帯磁岩体の存在（大熊・他, 2003）や地盤変動の影響も含めた検討が必要であり、掘削調査との連携も欠かせない。山頂火口原、2000年新山、昭和新山のマグマ冷却過程を比較することも今後の課題のひとつである。

謝辞：本研究は文部科学省による「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の支援を受けました。

キーワード: 地磁気, 有珠火山, 空中磁気, 時間変化, ヘリコプター, マグマ冷却

Keywords: Geomagnetic field, Usu Volcano, Aeromagnetic survey, temporal variations, helicopter, magma cooling

SVC050-P11

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

富士火山玄武岩に見られる噴火様式と斜長石組成の関係 Relationship between mode of eruption and plagioclase in the basaltic eruption products of Fuji volcano

佐藤 博明^{1*}, 御堂丸 直樹², 藤田 奈穂²
Hiroaki Sato^{1*}, Naoki Midomaru², Nao Fujita²

¹ 静岡大防災総合センター, ² 神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻

¹Shizuoka Univ, ²Earth Plan Sci, Kobe Univ

In this work, we analyzed some of the textural features of basaltic eruption products of Fuji volcano to identify the key processes determining the mode of eruptions. Fuji volcano mostly consists of mildly evolved basalt, although its mode of eruption varies from explosive sub-Plinian type to effusive lava flow emplacement. Previous studies suggested that degassing of magmas during ascent mainly determines the mode of eruptions. Jaupart and Allegre(1991) suggested that variation of initial ascent rate of magmas eventually bifurcates the ascent rate by vesiculation and degassing at shallow depth, whereas Woods and Koyaguchi(1994) presented a model that accounts for the two numerical solutions for explosive and effusive eruptions caused by the variation of mass eruption rate. Degassing of water from magmas raises the liquidus temperature of the magma, thus causing degassing-induced crystallization. Because Ca/(Ca+Na) ratio of plagioclase is strongly affected by water content of magmas, we examined the zoning profiles of plagioclase in the basaltic ejecta of Fuji volcano to find water content of magmas where plagioclase crystallized. We examined the effusive samples of the Aokigahara, Kennomarubi, Takamarubi, Hinokimarubi, Kansuyama lava flows and explosive Hoei, Yufune-2, Zunazawa, S-18, S-12, and explosive to effusive eruption products of Omuroyama parasitic cone. The core composition of plagioclase in explosive eruption products generally have high Ca/(Ca+Na) ratio (0.80-0.92), whereas those in effusive eruption products tends to have lower Ca/(Ca+Na) ratio of 0.6-0.75 in Aokigahara and Kenmarubi lava flows, and of 0.75-0.88 in Takamarubi and Hinokimarubi lava flows. Previous experimental studies suggest that equilibrium liquidus plagioclase have high Ca/(Ca+Na) ratio at high water contents, and the core composition of plagioclase suggests that effusive magmas tends to have lower water contents just before the eruption compared with the explosive magmas. It is suggested that magma chamber of Fuji volcano is located at ca. 15km depth, and magma is halted at some depth (1-5km) before eruption where some degassing may induce crystallization of phenocrysts, and successive intrusion/mixing of magmas may eventually cause the final outbreak of vent to form either explosive or effusive eruptions depending on the water contents of magma, mostly determined by the depth of the magma pocket.

キーワード: 富士火山, 噴火様式, 斜長石組成, マグマ含水量, マグマ脱ガス

Keywords: Fuji volcano, mode of eruption, plagioclase composition, water content of magmas, degassing of magmas

SVC050-P12

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

Subsurface airflow detection at Miyakejima and Piton de la Fournaise volcanoes from micrometeorological and thermal data Subsurface airflow detection at Miyakejima and Piton de la Fournaise volcanoes from micrometeorological and thermal data

Raphael Antoine^{1*}, Nobuo Geshi², Kei Kurita¹, Mie Ichihara¹, Yosuke Aoki¹
Raphael Antoine^{1*}, Nobuo Geshi², Kei Kurita¹, Mie Ichihara¹, Yosuke Aoki¹

¹Earthq. Res. Inst., University of Tokyo, ²Geological Survey of Japan, AIST

¹Earthq. Res. Inst., University of Tokyo, ²Geological Survey of Japan, AIST

Subsurface airflow in the unsaturated zone of the soil has been extensively investigated in a variety of engineering disciplines such as mining, nuclear waste or agriculture science. In volcanology, the recent discovery of subsurface airflow close to the terminal cone of Piton de La Fournaise volcano (La Reunion Island, France) provides for the first time insights into the convective behavior of air within the unsaturated layer [1]. The characteristics of the aerothermal system, its occurrence in other volcanoes, its ability to transport heat during quiescent periods and the perturbation of this system before eruptions are the key questions we want to address following this discovery.

In this study, we present observations of subsurface convective airflow within surface-exposed fractures located at the summit of Miyakejima and Piton de la Fournaise volcanoes from micrometeorological and thermal data. At Miyakejima, air exhausts from several fractures with a vertical velocity of tens of cm/s. A difference of temperature of 10-15 degrees Celsius between the fractures and the atmosphere has been measured, while the fractures never cool during the diurnal cycle. In the case of Piton de la Fournaise volcano, several air exits as well entrances have been observed at the summit, suggesting that the aerothermal system may affect the whole volcano. The velocities and temperatures are close to the ones recorded at Miyakejima. Finally, thermal profiles realized across the fractures allow us to define the convective patterns. This study is the first concerning the occurrence of an aerothermal system within another volcano than Piton de la Fournaise. It constitutes a preliminary step to further investigations dedicated to the understanding of the perturbation of such systems before eruptions.

[1] Antoine R., Baratoux D., Rabinowicz M., Fontaine F.J., Bachelery P., Staudacher T., Saracco G., Finizola A., Thermal infrared images analysis of a quiescent cone on Piton de La Fournaise volcano: Evidence for convective air flow within an unconsolidated soil, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 183, Issues 3-4, 2009, Pages 228-244

キーワード: Volcano, Subsurface Airflow, Convection, Porous Medium, Micrometeorology, Thermal data
Keywords: Volcano, Subsurface Airflow, Convection, Porous Medium, Micrometeorology, Thermal data

SVC050-P13

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

長期間にわたって静穏な口之島燃岳溶岩ドーム下の浅部で発生する極微小地震 Shallow ultra-micro earthquakes beneath a long dormant Moedake Lava Dome at Kuchinoshima Volcano

小川 莉佳¹, 八木原 寛^{2*}, 岩本 健吾¹, 福井 海世¹, 平野 舟一郎², 中尾 茂², 後藤 和彦²

Rika Ogawa¹, Hiroshi Yakiwara^{2*}, Kengo Iwamoto¹, Miyo Fukui¹, Syuichiro Hirano², Shigeru Nakao², Kazuhiko Goto²

¹ 鹿児島大学理学部球環境科学科, ² 鹿児島大学大学院理工学研究科

¹ Faculty of Science, Kagoshima Univ., ² GSSE, Kagoshima Univ.

1. はじめに

口之島火山はトカラ列島の活火山で、複数の溶岩ドームから構成される。口之島の中で最も新しい燃岳溶岩ドームの形成は12~13世紀頃で、その後、複数回の小規模な水蒸気噴火が発生したと推定されている[下司・中野(2007)]。燃岳溶岩ドームの形成後は顕著なマグマ噴火は発生していないと考えられるが、燃岳溶岩ドーム頂部の火口(長径90m×短径40m, 火口縁の標高410m)では、現在も微弱な噴気活動が認められる。井口・他(2003)は熱映像観測により、燃岳の熱エネルギー放出率は0.1MWと報告した。一方で、熱水や噴気活動が存在する他の地熱地域では微小地震の活動が知られている。以上のことから本研究では、微弱な噴気活動が長期に継続する燃岳溶岩ドームで微小地震が発生しているか否かを明らかにするために観測を行った。その結果、極微小地震が発生していることが分かった。さらにこれらの震源分布が得られたので報告する。

2. 観測およびデータ解析

燃岳溶岩ドーム付近に現地収録型の地震観測点(4点)を設置した。2010年9月11日に燃岳山腹領域の3点で、同年9月15日に燃岳火口縁の1点で観測を開始した。連続データを用いてトリガー判定を行った。トリガー判定されたイベントは、大半が高周波型地震であるが、先駆的な微小振動に伴われる高周波型地震やN型地震に似た地震が含まれる。ここでは、2010年9月17日~同年12月15日までの90日間のトリガーデータを用いた結果を示す。山腹領域の3点でP波初動と少なくとも1点でS波の検測が行える高周波地震を解析対象とした。この期間に発生した高周波地震の数は121である。P波とS波の到達時と最大振幅の検測した。地震波速度は知られていないため、検測データを用いて18963通りの速度構造から適したものを抽出し、震源計算を行って、震源要素とマグニチュードを決定した。

3. 結果

解析の結果、極微小な高周波地震が期間を通じ継続して発生していることが分かった。地震波速度として、P波速度が2.7~2.8 km/s, S波速度が1.5~1.6 km/sが適すると推定された。この速度構造を用いて震源計算を行った結果、収束解が得られた高周波地震の数は106であった。これらの震央のほとんどが、溶岩ドーム頂部の火口付近を中心とした半径約150mの範囲内に決定され、溶岩ドームの中でも限定された領域に発生していることが分かった。深さ範囲は海水準面下0.0~0.6 kmであった。深さ分布の上限は、簡易的に推定した燃岳頂部の火口底(深さ約250m)の海拔よりも約150m深い。マグニチュードは最大が-0.7で、-1.5前後のものが多い。また大局的にはN60°Wの方向に約300m長の線状配列する傾向にある。ただし、この方向は口之島を構成する火山体の配列方向や、および燃岳溶岩ドーム頂部の火口の長軸方向のいずれともやや斜交する。

以上のことから、燃岳溶岩ドームにおいては、形成後の長期間にわたって顕著なマグマ噴火が発生していないが、微弱な噴気活動が継続する火口付近下の限定された領域で極微小地震が発生していることが分かった。

キーワード: 口之島, 燃岳, 溶岩ドーム, 微小地震

Keywords: Kuchinoshima Volcano, Moedake, Lava dome, micro earthquake

SVC050-P14

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

レシーバ関数解析による桜島・始良カルデラの地殻構造 Crustal structure of Sakurajima Volcano and Aira Caldera from receiver function analysis

大倉 敬宏^{1*}, 安部 祐希¹, 澁谷 拓郎², 井口 正人², 平原 和朗¹, 為栗 健², 園田 忠臣²

Takahiro Ohkura^{1*}, Yuki Abe¹, Takuo Shibutani², Masato Iguchi², Kazuro Hirahara¹, Takeshi Tameguri², Tadaomi Sonoda²

¹ 京大・理, ² 京大防災研

¹ Graduate school of Science, Kyoto Univ., ² DPRI, Kyoto Univ.

始良カルデラは鹿児島湾の北端に位置する、南北 17km、東西 23km のカルデラである。約 29,000 年前の噴火では 300?400km³ の物質がこのカルデラから放出された。カルデラの南縁部に位置する桜島火山では、有史以降、数多くの噴火が発生しており、特に 1914 年の大正噴火では約 1.8km³ の溶岩・軽石・火山灰が噴出し、1946 年には南岳東斜面の昭和火口から 0.2km³ の溶岩が流出した。

1950 年代以降に桜島火山周辺で繰り返されてきた水準測量の結果から、始良カルデラ地下の約 10 km の深さに地盤変動源が存在することが明らかにされており、この位置にマグマ溜まりが存在すると考えられている。また、水準測量、GPS 測量の結果などから、1995 年以降このマグマ溜まりは膨張を続け、2010 年 3 月までに 0.1km³ のマグマが新たに蓄積されたことが明らかになっている。しかし、マグマ溜まりの大きさは未だ分かっておらず、蓄積されているマグマの総量も明らかではない。そこで、本研究では、始良カルデラの地下構造を明らかにし、カルデラ直下に蓄積されているマグマ溜まりの大きさを見積もることを目的として、レシーバ関数による地震波速度構造解析を行った。

始良カルデラ内外に設置された、京都大学防災研究所、Hi-net、鹿児島大学、九州大学、気象庁の地震観測点における遠地地震(震央距離: 30 度~90 度、発生時刻: 1996 年 11 月~2009 年 12 月、M5.5 以上)の記録を用いて、レシーバ関数(RF)を作成した。その際、地震波形には 0.56Hz のローパスフィルタをかけ、Shibutani et al. (2008) による時間拡張型マルチテーパを適用した。

得られた RF を JMA2001 の速度構造をもとに深さ方向に変換した。そしてこの RF を波線に沿って並べ、桜島を北西?南東に横切る断面に投影する。その結果、始良カルデラ直下の深さ 20km 付近、40km 付近に正のピークが現れる。これは、阿蘇カルデラにおける RF 断面の特徴 (Abe et al., 2010 JVGR) と同様で、始良カルデラの地殻内(深さ 20km 前後)にも低速度層が存在することを示唆する。また、始良カルデラ直下では RF の振幅のばらつきが大きく、この領域には大きな速度不均質が存在することも示唆される。

次に、得られた RF に遺伝的アルゴリズムインバージョンを行い、地下構造推定をおこなった。その結果、始良カルデラ北西部の約 15 km ~ 20 km の深さに S 波速度が約 2.8 km/s の低速度層が存在すること、カルデラ東縁部には低速度層は存在しないことが明らかになった。桜島島内観測点の RF を地震の方位に従って並べると始良カルデラ直下や南岳直下を通過する波線の RF の形状が方位によって大きく異なる。このばらつきが浅部のマグマ溜まりに対応するかどうか、形状が時間変化するかなどを今後詳細に解析していく予定である。

Hi-net(NIED)、鹿児島大学、九州大学、気象庁の地震計データを使用させていただきました。記して感謝いたします。

SVC050-P15

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

始良カルデラおよびその周辺における電磁気構造調査 (3) Magnetotelluric surveys in and around the Aira caldera (3)

神田 径^{1*}, 笠谷 貴史², 八木原 寛³, 市原 寛², 橋本 武志⁴, 小山 崇夫⁵, 宇津木 充⁶, 井上寛之⁶, 園田忠臣⁷, 小川 康雄¹, タンク プレント⁸, カヤ チュライ⁹, ボーンチャイスク ソングフン⁹, ハートコルン オリバー⁹
Wataru Kanda^{1*}, Takafumi Kasaya², Hiroshi Yakiwara³, Hiroshi Ichihara², Takeshi Hashimoto⁴, Takao Koyama⁵, Mitsuru Utsugi⁶, Hiroyuki Inoue⁶, Tadaomi Sonoda⁷, Yasuo Ogawa¹, S. Bulent Tank⁸, Tulay Kaya⁹, Songkhun Boonchaisuk⁹, Oliver Hartkorn⁹

¹ 東京工業大学火山流体研究センター, ² 海洋研究開発機構, ³ 鹿児島大学大学院理工学研究科, ⁴ 北海道大学大学院理学研究院, ⁵ 東京大学地震研究所, ⁶ 京都大学大学院理学研究科, ⁷ 京都大学防災研究所, ⁸ ボガジチ大学カンディリ観測所, ⁹ 東京工業大学大学院理工学研究科

¹VFRC, Tokyo Institute of Technology, ²JAMSTEC, ³Grad.Sch.Sci.-Eng., Kagoshima University, ⁴Grad.Sch.Sci., Hokkaido University, ⁵ERI, University of Tokyo, ⁶Grad.Sch.Sci., Kyoto University, ⁷DPRI, Kyoto University, ⁸Kandilli Obs. ERI., Bogazici University, ⁹Grad.Sch.Sci.-Eng., Tokyo Tech.

1. はじめに

1914年の桜島大正噴火の前後に、鹿児島湾奥部(始良カルデラ)周辺を中心とする南九州の広範囲で地盤沈下が観測され、また、溶融体の存在を示唆する地震波振幅の異常減衰領域が始良カルデラ地下に推定されていることから、始良カルデラ地下約10km深には、桜島火山へのマグマ供給源が存在すると考えられている(Ishihara, 1990; Hidayati et al., 2007)。1990年代前半から桜島周辺の地盤は隆起を続けており、マグマ溜りへのマグマ蓄積が進行していることも推定されている。

本研究は、長年の地殻変動観測および地震観測によりマグマの存在が確認されている桜島北方の鹿児島湾奥部(始良カルデラ)を中心とした領域で、海域を含む電磁気構造調査を行い、始良カルデラ下に想定されるマグマ溜り、ならびに桜島および若尊海底火山への供給路に相当する電気伝導度構造を明らかにし、従来の力学的モデルを検証することを目的としている。

2. MT観測

始良カルデラを西北西-東南東に横切る3測線を設定し、平成21年度からの3年間でmagnetotelluric (MT)法による海底観測と陸上観測を実施し、電気伝導度構造を推定する計画である。

2010年連合大会および火山学会秋季大会では、平成21年度に実施した桜島北方を横断する15観測点のデータに加えて、平成22年6月に湾奥部5点で実施した海底観測結果の速報について報告した。その後、平成22年度の陸域観測として、3測線のうち北側の測線に沿って、大隅半島で5点、薩摩半島で5点の電磁場データを取得した。今回は、薩摩半島の方がデータクオリティは高かった。

海域観測は、平成21年12月に湾奥部東部の5点に海底電位磁力計を投入した。8Hzのサンプリング間隔で電磁場5成分のデータを取得したが、この間の地磁気擾乱は極めて低調であった。平成22年度は、底引網漁が休漁となる6月に観測を実施した。新たに錘回収機構を開発し、錘も含めて回収を行った。今回はコロナホールの影響で若干の地磁気擾乱があり、昨年12月のデータよりは良好なシグナルとなっている。

2年間の観測で、2測線合計30観測点のデータが取得された。本発表では、それぞれの測線について南北方向を構造走向に仮定した2次元インバージョンを行ったので、その結果についても報告する。

キーワード: マグマ溜まり, 桜島火山, 比抵抗構造, 始良カルデラ, 海底電位磁力計

Keywords: magma reservoir, Sakurajima volcano, resistivity structure, Aira caldera, OBEM

桜島火山南岳における火山噴火様式と火山灰水溶性成分

Change in the water-soluble components of the ash from Sakurajima in the sequence of its eruptive activity

佐藤 泉^{1*}, 野上 健治²

Izumi Sato^{1*}, Kenji Nogami²

¹ 東京工業大学理工学研究科地球惑星科学専攻, ² 東京工業大学火山流体研究センター

¹Dept. of Earth&Planetary Sciences, titech, ²Volcanic Fluid Research Center, titech

桜島火山は、約 22000 年前に起こった始良カルデラの活動の後に形成された火山で、有史以降、溶岩の流出を伴う山腹噴火と噴石や火山灰が放出される山頂噴火とが繰り返されてきた。1955 年 10 月より南岳山頂火口において突然噴火活動を再開し、50 年間以上の長期にわたって約 8000 回の爆発を繰り返した、世界的にも極めて活動的な火山である。2006 年からは昭和火口でも噴火活動が再開し、ここ数年は昭和火口での活動が活発化している。

桜島火山南岳における活動は典型的な場合、A 型地震の震源が深部から浅部へ移動した後、B 型地震が群発し、爆発的噴火活動の活発化と推移する(加茂, 1978; 井口, 1995)。B 型地震の低周波型である BL 型地震が群発するときには、ストロンボリ式噴火に似た顕著な噴火活動を伴う(井口, 1995)。BL 型地震は火口底までマグマの先端が上昇し、発泡噴出する過程で発生していると考えられている(石原・井口, 1989)。BL 型地震を伴うストロンボリ式噴火後には溶岩ドームが火口底に形成され、爆発地震を伴うブルカノ式の爆発的噴火が発生する。その後、しばしば連続微動を伴う連続噴煙活動に移行し、火山灰が連続的に放出される。「ストロンボリ式噴火に似た顕著な噴火活動を伴う BL 型地震の群発」の後、「爆発地震を伴うブルカノ式噴火」、「連続微動を伴う連続噴煙活動」という一連の噴火活動において推移する噴火様式と火山性地震や微動のタイプは対応しており、これに基づき火山活動の評価がなされてきた。

マグマ中に含まれる揮発性成分は噴火現象の原動力となるだけでなく、その発泡によりマグマの密度や粘性を急激に変化させ、噴火様式を多様化させる。火山ガスの化学組成や放出量の変化を観測する事は、マグマからの脱ガスプロセスを明らかにし、噴火機構の解明にとって重要な情報を与える。

噴火とともに放出される火山灰の水溶性成分は火山灰放出時に噴煙中で火山灰粒子と火山ガス成分が反応して表面に生成した水溶性の塩類であると考えられている(Taylor and Stoiber, 1973)。火山灰水溶性成分中の Cl/S モル比と火山ガス中の HCl/SO₂ モル比が一致することが、小坂・小沢(1975)や Nogami et al.(2001)、野上・他(2008)などで確かめられている。これは噴煙中の HCl と SO₂ がその割合を保って火山灰表面に付着することを意味し、降下火山灰の水溶性成分の分析によって噴火時の HCl/SO₂ モル比を推定する事が出来ることを示している。火山灰水溶性成分による火山ガス組成の推定と火山活動との対比が桜島(平林, 1984)、十勝岳(小坂・他, 1998)、有珠山(野上・他, 2002)、雲仙普賢岳(Nogami et al., 2001)などで行われている。

平林(1984)では桜島南岳より放出された火山灰の水溶性成分の Cl/S 比の月平均値の変化と月別爆発回数や爆発地震の振動エネルギーとの対応を考察しているが、月別平均値の計算の際に Cl/S 比が 1.5 以上の値については海水飛沫などの影響による異常な値として除いている。しかし、Nogami et al.(2006)によってストロンボリ式噴火が発生し、溶岩ドーム形成からブルカノ式噴火発生の際に塩素の脱ガスが急激に生じ、ブルカノ式噴火の後には顕著な脱ガスは認められないこと、火山ガス中の F、Cl がストロンボリ式噴火では多く、ブルカノ式噴火や連続噴煙では激減することが示されたことから、噴火様式によって火山灰水溶性成分中の Cl/S 比が変化している可能性も考えられる。そのため、本研究では代表的な 3 種類の噴火様式で噴出した火山灰の水溶性成分と噴火様式を対応させ、その関係を調べた。

その結果、ストロンボリ式噴火の火山灰の Cl/S 比はブルカノ式噴火や連続噴煙の火山灰のそれに比べ有意に高いのに対してブルカノ式噴火の火山灰の Cl/S 比は連続噴煙の火山灰のそれと有意な差が認められないことがわかった。この結果は、ストロンボリ式噴火により噴出される火山ガス中の HCl が SO₂ に比べて相対的に高いのに対して、ブルカノ式噴火、連続噴煙の際には火山ガス中に含まれる HCl が SO₂ に対して相対的に低くなることを示している。このことは、ストロンボリ式噴火の際にはマグマから HCl が SO₂ よりも脱ガスしやすいのに対して、ブルカノ式噴火や連続噴煙では HCl よりも SO₂ が脱ガスしやすいことを示している。

連続して採取されていた火山灰の Cl/S 比の変化をみると、ストロンボリ式噴火の後、ブルカノ式噴火から連続噴煙へと噴火様式が移行するに従って Cl/S 比が低下し、その後再びストロンボリ式噴火が発生すると Cl/S 比が明らかに上昇していた。この結果は、揮発性成分に富むマグマが火道内に貫入し火口底付近まで上昇していることが火山灰の水溶性成分の Cl/S 比の変化に現れることを示している。すなわち、化学的観測からもマグマの火口浅部への上昇を捉える事が出来ることを意味する。