

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<sup>1\*</sup>, 田中 宏幸<sup>1</sup>

Ryuichi Nishiyama<sup>1\*</sup>, Hiroyuki Tanaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup> 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<sup>1\*</sup>, 実政 光久<sup>1</sup>

Kazuto Saiki<sup>1\*</sup>, Mitsuhsa Sanemasa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 大阪大学 理学研究科

<sup>1</sup> 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<sup>1\*</sup>, 佐伯 和人<sup>1</sup>, 中村 美千彦<sup>2</sup>, 大場 武<sup>3</sup>, 土山 明<sup>1</sup>

Mitsuhiro Sanemasa<sup>1\*</sup>, Kazuto Saiki<sup>1</sup>, Michihiko Nakamura<sup>2</sup>, Takeshi Ohba<sup>3</sup>, Akira Tsuchiyama<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Osaka Univ., <sup>2</sup> Graduate School of Science, Tohoku Univ., <sup>3</sup> 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  $\mu$  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  $\mu$  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  $D_{SMOW} = -69\%$  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  $D_{SMOW} = -78\%$ 、Bag6 は  $D_{SMOW} = -141\%$  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  $\mu$  L と 20  $\mu$  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  $\mu$  L と 20  $\mu$  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<sup>1\*</sup>, 大湊 隆雄<sup>1</sup>, 渡邊 篤志<sup>1</sup>, 武尾 実<sup>1</sup>

Yuki Maehara<sup>1\*</sup>, Takao Ohminato<sup>1</sup>, Atsushi Watanabe<sup>1</sup>, Minoru Takeo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 地震研究所

<sup>1</sup>ERI

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  $\mu$  rad ~ 数  $\mu$  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<sup>1\*</sup>, 安藤 忍<sup>1</sup>, 坂井 孝行<sup>2</sup>, 高木 朗充<sup>3</sup>, 鬼澤 真也<sup>1</sup>, 新堀 敏基<sup>1</sup>, 山里 平<sup>2</sup>, 大須賀 弘<sup>4</sup>  
Keiichi Fukui<sup>1\*</sup>, Shinobu Ando<sup>1</sup>, Takayuki Sakai<sup>2</sup>, Akimichi Takagi<sup>3</sup>, Shin'ya Onizawa<sup>1</sup>, Toshiki Shimbori<sup>1</sup>, Hitoshi Yamasato<sup>2</sup>, Hiroshi Ohsuga<sup>4</sup>

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

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute, <sup>2</sup>Volcanology section, JMA, <sup>3</sup>MEXT, <sup>4</sup>VisCore 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<sup>1\*</sup>, Yuichi Nishimura<sup>1</sup>, Eko Yulianto<sup>2</sup>  
Purna Sulastya Putra<sup>1\*</sup>, Yuichi Nishimura<sup>1</sup>, Eko Yulianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hokkaido University, <sup>2</sup>Indonesian Institute of Sciences (LIPI)

<sup>1</sup>Hokkaido University, <sup>2</sup>Indonesian 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<sup>1\*</sup>

Yoshiaki Fujiwara Volcanological Division, JMA<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 気象庁地震火山部火山課

<sup>1</sup> 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<sup>1\*</sup>

Masashi Ogiso<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 札幌管区気象台

<sup>1</sup> 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<sup>1\*</sup>, 山谷 祐介<sup>2</sup>, 市原 寛<sup>3</sup>, 中川 光弘<sup>1</sup>, 茂木 透<sup>2</sup>

Ryo Honda<sup>1\*</sup>, Yusuke Yamaya<sup>2</sup>, Hiroshi Ichihara<sup>3</sup>, Mitsuhiro Nakagawa<sup>1</sup>, Toru Mogi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北大理, <sup>2</sup> 北大地震火山センター, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Graduate school of Sci., Hokkaido Univ., <sup>2</sup>ISV, Hokkaido Univ., <sup>3</sup>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<sup>1\*</sup>, 宇津木 充<sup>2</sup>, 中塚 正<sup>3</sup>, 大熊 茂雄<sup>3</sup>, 小山 崇夫<sup>4</sup>, 神田 径<sup>5</sup>, 鈴木 敦生<sup>1</sup>, 有珠山空中磁気探査グループ<sup>6</sup>  
Takeshi Hashimoto<sup>1\*</sup>, Mitsuru Utsugi<sup>2</sup>, Tadashi Nakatsuka<sup>3</sup>, Shigeo Okuma<sup>3</sup>, Takao Koyama<sup>4</sup>, Wataru Kanda<sup>5</sup>, Atsuo Suzuki<sup>1</sup>,  
Joint Group for Usu Volcano Airborne Magnetic Survey<sup>6</sup>

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

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

### 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わかることが、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<sup>1\*</sup>, 御堂丸 直樹<sup>2</sup>, 藤田 奈穂<sup>2</sup>  
Hiroaki Sato<sup>1\*</sup>, Naoki Midomaru<sup>2</sup>, Nao Fujita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 静岡大防災総合センター, <sup>2</sup> 神戸大学理学研究科地球惑星科学専攻

<sup>1</sup>Shizuoka Univ, <sup>2</sup>Earth 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<sup>1\*</sup>, Nobuo Geshi<sup>2</sup>, Kei Kurita<sup>1</sup>, Mie Ichihara<sup>1</sup>, Yosuke Aoki<sup>1</sup>  
Raphael Antoine<sup>1\*</sup>, Nobuo Geshi<sup>2</sup>, Kei Kurita<sup>1</sup>, Mie Ichihara<sup>1</sup>, Yosuke Aoki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Earthq. Res. Inst., University of Tokyo, <sup>2</sup>Geological Survey of Japan, AIST

<sup>1</sup>Earthq. Res. Inst., University of Tokyo, <sup>2</sup>Geological 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<sup>1</sup>, 八木原 寛<sup>2\*</sup>, 岩本 健吾<sup>1</sup>, 福井 海世<sup>1</sup>, 平野 舟一郎<sup>2</sup>, 中尾 茂<sup>2</sup>, 後藤 和彦<sup>2</sup>

Rika Ogawa<sup>1</sup>, Hiroshi Yakiwara<sup>2\*</sup>, Kengo Iwamoto<sup>1</sup>, Miyo Fukui<sup>1</sup>, Syuichiro Hirano<sup>2</sup>, Shigeru Nakao<sup>2</sup>, Kazuhiko Goto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 鹿児島大学理学部球環境科学科, <sup>2</sup> 鹿児島大学大学院理工学研究科

<sup>1</sup> Faculty of Science, Kagoshima Univ., <sup>2</sup> 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<sup>1\*</sup>, 安部 祐希<sup>1</sup>, 澁谷 拓郎<sup>2</sup>, 井口 正人<sup>2</sup>, 平原 和朗<sup>1</sup>, 為栗 健<sup>2</sup>, 園田 忠臣<sup>2</sup>

Takahiro Ohkura<sup>1\*</sup>, Yuki Abe<sup>1</sup>, Takuo Shibutani<sup>2</sup>, Masato Iguchi<sup>2</sup>, Kazuro Hirahara<sup>1</sup>, Takeshi Tameguri<sup>2</sup>, Tadaomi Sonoda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 京大・理, <sup>2</sup> 京大防災研

<sup>1</sup> Graduate school of Science, Kyoto Univ., <sup>2</sup> 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?400km<sup>3</sup> 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 1.8km<sup>3</sup> 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 0.2km<sup>3</sup> 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 0.1km<sup>3</sup> 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<sup>1\*</sup>, 笠谷 貴史<sup>2</sup>, 八木原 寛<sup>3</sup>, 市原 寛<sup>2</sup>, 橋本 武志<sup>4</sup>, 小山 崇夫<sup>5</sup>, 宇津木 充<sup>6</sup>, 井上寛之<sup>6</sup>, 園田忠臣<sup>7</sup>, 小川 康雄<sup>1</sup>, タンク プレント<sup>8</sup>, カヤ チュライ<sup>9</sup>, ボーンチャイスク ソングフン<sup>9</sup>, ハートコルン オリバー<sup>9</sup>  
Wataru Kanda<sup>1\*</sup>, Takafumi Kasaya<sup>2</sup>, Hiroshi Yakiwara<sup>3</sup>, Hiroshi Ichihara<sup>2</sup>, Takeshi Hashimoto<sup>4</sup>, Takao Koyama<sup>5</sup>, Mitsuru Utsugi<sup>6</sup>, Hiroyuki Inoue<sup>6</sup>, Tadaomi Sonoda<sup>7</sup>, Yasuo Ogawa<sup>1</sup>, S. Bulent Tank<sup>8</sup>, Tulay Kaya<sup>9</sup>, Songkhun Boonchaisuk<sup>9</sup>, Oliver Hartkorn<sup>9</sup>

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

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

SVC050-P16

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 16:15-18:45

## 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<sup>1\*</sup>, 野上 健治<sup>2</sup>

Izumi Sato<sup>1\*</sup>, Kenji Nogami<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>Dept. of Earth&Planetary Sciences, titech, <sup>2</sup>Volcanic 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/SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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/SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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 SO<sub>2</sub> 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。