

モンテカルロ・フォノン法による西之島から父島への空振到達可能性の評価 Atmospheric effect on infrasound detectability at Chichi-jima from Nishino-shima assessed by a Monte Carlo phonon method

市原 美恵¹; 菊地 淳仁^{2*}; ラカンナ ジョルジオ³; 菅野 洋¹; 西田 究¹
ICHIHARA, Mie¹; KIKUCHI, Junji^{2*}; LACANNA, Giorgio³; KANNO, Yo¹; NISHIDA, Kiwamu¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 東京大学大学院理学系研究科, ³ フィレンツェ大学
¹ERI, University of Tokyo, ²Dept. Earth and Planetary Science, University of Tokyo, ³University of Florence

Nishino-shima volcano in some 1000 km south of Tokyo is active since November, 2013. The new island keeps growing and is almost swallowing the original Nishino-shima island. We installed infrasonic stations to Chichi-jima, which is the closest inhabited island in 130 km to the east of Nishino-shima, and have been detecting clear infrasonic signals from Nishino-shima since May 2014. The detection of infrasound at such a distance obviously depends on the atmospheric structure. Here we present a simple method to evaluate the atmospheric effect, which is crucial for interpreting the infrasonic observation to the change of volcanic activity. The method is similar to the Monte Carlo phonon method proposed by Shearer and Earle (2004) to investigate seismic scattering wave fields.

A million phonon particles were transmitted from the ground to the atmosphere in random directions between zero and 90 degrees in the vertical plane cutting from Nishino-shima to Chichi-jima. Ray-tracing calculation (Tahira, 1982) was performed for each particles assuming one dimensional atmospheric structure with the effect of wind advection in the plane. We counted the number of the particles that reached Chichi-jima in the area of the infrasound stations spanning about 1 km, and regarded that the number represented the infrasound energy that reached the stations. Perfect reflection was assumed on the sea surface, but the particles that were trapped in the bottom layer thinner than the scale of the infrasonic wave length were eliminated. The calculation was performed for atmospheric structures from May to December 2014, using the data from radiosonde measurements twice a day by the Japan Meteorology Agency.

The calculated infrasonic energy arrivals were compared with the power of the signal from Nishino-shima detected by the infrasonic array at Chichi-jima. The calculation and the observation showed similar tendencies in general confirming that detection/non-detection of infrasound at Chichi-jima was controlled by atmospheric conditions. However, discrepancies were found in the beginning of May and in the end of June. The calculation shows infrasound was detectable, but it was not detected by the observation. These were the periods with low growth rates of the new island according to the satellite image analysis (Maeno et al., 2014). We conclude that in these periods the non-detection was due to the lack of the infrasonic source at Nishino-shima and not due to the propagation effect.

Although information for the atmospheric structure is limited, this simple method provides a first-order evaluation for the atmospheric effects and improves the interpretation of the infrasonic data at Chichi-jima for Nishino-shima activity.

キーワード: 火山, 空振, モニタリング, 噴火, 波動伝播
Keywords: Volcano, Infrasound, Monitoring, Eruption, Wave propagation

桜島火山昭和火口における火砕流を伴う噴火の特徴 Characteristics of Eruptions Accompanied with Pyroclastic Flow at Sakurajima Volcano's Showa crater

為栗 健^{1*}; 井口 正人¹
TAMEGURI, Takeshi^{1*}; IGUCHI, Masato¹

¹ 京都大学防災研究所

¹ Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

1. はじめに

桜島火山では1955年以降、山頂火口においてブルカノ式と呼ばれる爆発的噴火を繰り返している。東側山腹の昭和火口では2006年に58年ぶりに噴火が再開し、2009年以降、噴火活動が活発化している。2010年から2013年まで毎年800回を超える爆発的噴火を繰り返しており、爆発回数の増加とともに噴火規模が大きくなっている。2014年は爆発回数が約500回と減少したが、噴煙高度が3000~5000mに達する噴火が多く発生している。爆発的噴火の特徴として、火山弾の放出、衝撃波の発生、急激な火山灰や火山ガスの放出が上げられるが、山腹にある昭和火口の爆発的噴火ではそれらに加えて、火砕流の発生が上げられる。火砕流は高温の火砕物や火山ガスが山腹斜面を高速で流れ下るもので、火山噴火の中で最も危険な現象の一つである。すべての爆発的噴火において火砕流を伴うわけではなく、同規模の爆発的噴火でも火砕流が発生しない場合もあり、昭和火口における火砕流発生メカニズムの解明には至っていない。今後、昭和火口の噴火活動がさらに活発化した際には、大規模な火砕流の発生も考えられ、その発生予測が防災上、必要不可欠であり、そのためには昭和火口で発生する火砕流を伴う噴火の発生メカニズムを解明することが重要である。本研究では地球物理学的火山観測から火砕流発生を決定付ける要因を検出し、噴火準備過程の段階で火砕流の発生予測を行うことを目的とする。

2. 解析

火砕流の発生メカニズムを解明する上で重要な情報は爆発時の火道内の物理状況である。爆発前に発生する前駆地震や微動、山体膨張、爆発的噴火に伴う爆発地震、火口底のガス溜まりにおける圧力蓄積などに火道内の物理状況を知る情報が含まれていると考えられる。地盤変動、火山性地震、空気振動、火山ガス、映像等の観測によって爆発的噴火および火砕流のデータを収集し、火砕流発生に関わる物理パラメータを明らかにする必要がある。地震および地盤変動観測から爆発前の火山性地震や微動の発生状況、山体膨張プロセスを詳細に調べ、火道内におけるマグマの蓄積や脱ガス過程を解明する。ガス溜まりの破裂の際には衝撃波が発生し、その後、火山ガスや火山灰が急速に放出される。火砕流の発生にはその放出量や速度も関係している可能性がある。本発表では多種の観測項目の中から火砕流を伴う爆発的噴火前の地盤変動と火山性地震の発生パターンについて報告する。

爆発前には山体膨張を示す地盤変動が観測される。膨張は噴火の30分~3時間ほど前から開始するものがほとんどであるが、火砕流を伴う噴火の膨張はその中でも比較的長い時間をかけているものが多い。また、爆発前に前駆地震を伴う事象が観測されることがある。前駆地震は時間とともに発生頻度が上がり、振幅が大きくなる傾向がある。火砕流を伴う噴火の前に発生する前駆地震は、発生頻度は多いものの、振幅はさほど大きくならず噴火に至る傾向があることが分かった。

キーワード: 桜島火山, 火砕流, 爆発的噴火

Keywords: Sakurajima volcano, pyroclastic flow, explosive eruption

Recent seismic volcanic activity at Deception Island volcano (Shetland Islands, Antarctica).

Recent seismic volcanic activity at Deception Island volcano (Shetland Islands, Antarctica).

SERRANO, Inmaculada^{1*}; CARMONA, Enrique¹; TORCAL, Federico²; DIAZ, Alejandro¹; JIMENEZ, Vanessa¹; LORENZO, Francisco¹; ALMENDROS, Francisco javier¹
SERRANO, Inmaculada^{1*}; CARMONA, Enrique¹; TORCAL, Federico²; DIAZ, Alejandro¹; JIMENEZ, Vanessa¹; LORENZO, Francisco¹; ALMENDROS, Francisco javier¹

¹Andalusian Institute of Geophysics, Granada University, Spain, ²Pablo Olavide University, Seville, Spain

¹Andalusian Institute of Geophysics, Granada University, Spain, ²Pablo Olavide University, Seville, Spain

Deception Island is the most active volcano in the South Shetland Islands region, having erupted at least 6 times since it was first visited 160 years ago. The 15-km-diameter island is horseshoe-shaped and has a flooded caldera (Port Foster) measuring about 6 x 10 km and a maximum depth of 190 m. All historical eruptions have been relatively small in volume. Evidence for present-day volcanic activity at Deception Island includes fumaroles and hydrothermal activity, resurgence of the floor of Port Foster, and seismicity. Seismic monitoring has been going on since 1986 during austral summer surveys, in which volcano-tectonic earthquakes (VT), long-period events (LP) and volcanic tremors, among others, have been recorded with a local network and seismic arrays.

In this work we analyze the results of the last two Antarctic campaigns conducted by the Spanish research team (2013-2014 and 2014-2015). Although seismic volcanic activity remained at relatively low levels in the 2013-2014 campaign, a notable increase has been observed in the current campaign (the highest number of LP/VT events in one day is 1500/100). In this paper we will be discussing the initial results obtained from our analysis of the data, focusing our attention on particular periods of intense LP and VT activity.

These variations may be related to alterations in the shallow hydrothermal system of Deception Island. In some periods VT distributions are temporally and spatially homogeneous, with a generally low level of seismicity in certain specific particular areas. These patterns may be caused by different processes, involving regional stresses and local tectonic destabilization induced by volcanic activity. We investigated how these events may have influenced volcano dynamics. Overall, this study suggests that there has been a significant reactivation of the volcano since the 2013-2014 Antarctic campaign.

キーワード: seismic array, seismic network, volcano seismology, Shetland Islands, Antarctica

Keywords: seismic array, seismic network, volcano seismology, Shetland Islands, Antarctica

桜島火山における反復地震探査(2014年観測)

The sixth round of the repetitive seismic experiment in Sakurajima Volcano, Japan. The experiment 2014.

筒井 智樹^{1*}; 井口 正人²; 中道 治久²; 為栗 健²; 池田 啓二³; 大島 弘光⁴; 山本 希⁵; 野上 健治⁶;
大湊 隆雄⁷; 小山 崇夫⁷; 前田 裕太⁸; 大倉 敬宏²; 清水 洋⁹; 八木原 寛¹⁰; 小林 励司¹⁰;
前川 徳光⁴; 平原 聡⁵; 渡邊 篤志⁷; 堀川 信一郎⁸; 松廣 健二郎⁸; 吉川 慎²; 園田 忠臣²;
関 健次郎²; 平野 舟一郎¹⁰; 平松 秀行³; 通山 尚史³; 河野 太亮³
TSUTSUI, Tomoki^{1*}; IGUCHI, Masato²; NAKAMICHI, Haruhisa²; TAMEGURI, Takeshi²; IKEDA, Keiji³;
OSHIMA, Hiromitsu⁴; YAMAMOTO, Mare⁵; NOGAMI, Kenji⁶; OHMINATO, Takao⁷; KOYAMA, Takao⁷;
MAEDA, Yuta⁸; OHKURA, Takahiro²; SHIMIZU, Hiroshi⁹; YAKIWARA, Hiroshi¹⁰; KOBAYASHI, Reiji¹⁰;
MAEKAWA, Tokumitsu⁴; HIRAHARA, Satoshi⁵; WATANABE, Atsushi⁷; HORIKAWA, Shinichiro⁸;
MATSUHIRO, Kenjiro⁸; YOSHIKAWA, Shin²; SONODA, Tadaomi²; SEKI, Kenjiro²; HIRANO, Shuichiro¹⁰;
HIRAMATSU, Hideyuki³; TORIYAMA, Naofumi³; KONO, Taisuke³

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

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

桜島火山における第6回目の反復反射法地震探査について報告する。本探査はマグマの動きに関連した地下構造の変化の検出を目的として行われている。

2009年12月から毎年12月に、桜島北部の2つの測線において同一仕様の反射法地震探査を繰り返して実施している。総観測点数は年ごとに異なるが、毎年必ず実施している主測線は225点の臨時地震観測点と14ヶ所の発破点から構成されている。各臨時地震観測点は白山工業製LS-8200SDと4.5Hz上下動地震計で統一して構成され、各発破点では20kgのダイナマイトによる発震を行っている。2014年観測は枝測線も合わせて263点の臨時観測点を展開した。

2014年観測では従来の繰り返し観測に加えて、発破点近傍での地動加速度観測と含水爆薬による発破の観測も行った。これらの観測はすべて2つの測線が交差する発破点(KOME; S07)で実施した。地動加速度観測には発破孔からの距離約10m~70mの間に4点の加速度計を設置した。加速度計のうち1台はフォースバランス型三成分加速度計(Metrozet社TSA-100)を発破孔から10mの地点に設置した。のこり3台は過減衰型三成分加速度計(アカシ製 JEP-6A3)を用いて、1台を30m地点に置いたほか、2台を本測線上の反復観測点に併設した。加速度記録はシモレックス社製SC-ADL1000HVおよびSC-ADH10KPを用いて現地収録を行った。また、含水爆薬はダイナマイト発破孔から15m離れた地点で20kgを用いて比較発破を実施した。

本観測の発破作業は2014年12月4日晩に、枝測線の発破は12月3日午後実施された。本測線に設置された観測機材は98.5%が正常に動作し、約17Gbyteの波形データを得ることができた。これまでの反復探査で得られた記録と比較した結果、今回の本測線の波形データは桜島北東部の地下における反射の強さが2009~2011年の平均レベルに戻っていたことを示唆していた。

また爆薬の比較では含水爆薬は同薬量のダイナマイトの約8割の最大加速度を示し、些細な波形の差異を示していた。しかし本測線上における観測波形ではほぼ同じRMS振幅を示したことから、今後も含水爆薬による反復観測の継続が可能であると考えられる。

本研究は文部科学省による「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」、および気象庁経費、京都大学防災研究所経費の支援を受けた。観測に用いた機材の大部分は東京大学地震研究所から借用した。加速度観測では岩田知孝氏(京大防災研)とシモレックスの協力をいただいた。また観測に当たり鹿児島地方気象台の支援を受けた。ここに記して謝意を表する

キーワード: 桜島火山, 反復地震探査, 反射法地震探査, 構造の時間変化, 火山の地下構造, マグマ

Keywords: Sakurajima Volcano, Repetitive seismic experiment, Reflection seismology, Structure evolution, Volcanic structure, Magma

クラック分布に基づいた富士山周辺における応力場の時空間分布の推定 Spatial and temporal analysis of stress fields inferred from crack distributions in the Mt. Fuji volcanic area

蘭 幸太郎^{1*}; サベジ マーサ²; ブランギエ フローレント³; 大湊 隆雄¹; 青木 陽介¹
ARARAGI, Kohtarō^{1*}; SAVAGE, Martha²; BRENGUIER, Florent³; OHMINATO, Takao¹; AOKI, Yosuke¹

¹ 東京大学地震学研究所, ² ウェリントン・ヴィクトリア大学地球物理学科, ³ ジョゼフフーリエ大学地球科学研究所
¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ²Victoria University of Wellington, Institute of Geophysics, ³Institut des Sciences de la Terre, University Joseph Fourier

火山地域において応力は噴火の性状や地質の形成に大きな影響を与えることが知られている。富士山周辺では東北地方太平洋沖地震直後に Mw5.9 の余震が発生しており、定常的あるいは非定常的な応力下にあると考えられる。本研究では Hi-net の観測点に加え、東大地震研、気象庁、および防災科研が富士山周辺に展開している地震観測網を用いて S 波スプリッティングおよび地震波干渉法による解析を行い、富士山周辺のクラックの時空間分布による応力場の定量化を目指した。

S 波スプリッティング解析を行った結果、富士山周辺における S 波の偏向方向について a) 山体周辺では放射状 b) 山体から離れた場所では北西-南東方向の二つのパターンが認められた。また、深さと S 波の到達時間差の関係より、異方性は地表から 4km より浅い部分に分布していることが示唆された。こうした異方性はダイクやクラックによるものと考えられるが、火山周辺におけるこれらの空間分布について、先行研究 (e.g. Nakamura, 1977; Acocella and Neri, 2009) より山体荷重および広域の応力場との関連が示唆されていた。本研究ではこれらの考えに基づいて富士山周辺の 2 タイプの異方性を説明するため、応力モデリングを行った結果、実際の異方性の分布と調和的な結果が得られたため本地域の地下のクラックの分布は二つの異なる応力の影響下にあると考えた。

S 波スプリッティング解析は精度の限界のため、微小な時間変化をとらえることは難しい。一方で地震波干渉法は固定された観測点間での微小な地震波速度変化をとらえることができる。Brenquier et al. (2014) において、本地域では東北地方太平洋沖地震後に地震波速度が低下したことが指摘されている。本研究では Brenquier et al. (2014) では使用されていない富士山山体近傍のデータを用い、地震波干渉法を行った。上下動のみ使用した予備解析において、先行研究と調和的な結果が得られた。今後は、より時間的、空間的に精度を上げた解析を試み、東北地方太平洋沖地震および Mw5.9 の影響についても検討を行う予定である。

キーワード: 富士山, S 波スプリッティング, 地震波干渉法, 微小亀裂, 東北地方太平洋沖地震, 異方性

Keywords: Mt. Fuji, Shear wave splitting, Seismic interferometry, microcrack, Tohoku-Oki Earthquake, seismic anisotropy

インドネシア LUSI 泥火山噴火にともなう地殻変動 Ground deformation associated with the eruption of Lumpur Sidoarjo mud volcano, east Java, Indonesia

青木 陽介^{1*}; Sidiq Teguh Purnama²
AOKI, Yosuke^{1*}; SIDIQ, Teguh purmana²

¹ 東京大学地震研究所, ² バンドン工科大学

¹Earthquake Research Institute, University of Tokyo, ²Institute of Technology Bandung

Ground deformation associated with the eruption of Lumpur Sidoarjo mud volcano between 2006 and 2011 has been investigated from Synthetic Aperture Radar images. Marked subsidence has been observed to the west of, as well as around, the vent. Line-of-sight changes in the both areas decayed since the middle of 2008 with a time constant of 1.5?2.5 years, implying that the ongoing eruption won't last long. This uniform decay time indicates that the western part is connected to the eruption center since the middle of 2008 to form a system with station- ary geometry. Our observation that the decay started later to the west than around the vent suggests that the sub- sidence to the west has been triggered by the mud eruption. A simple modeling suggests that 1) the conduit needs to be narrower at depth than at the surface, 2) the effective rigidity of the mud needs to be lower than that estimated from the drilled sample, or both to explain the observed decay constant of the deformation.

キーワード: 泥火山, 地殻変動, 合成開口レーダー, 時系列解析

Keywords: Mud volcano, Ground deformation, Synthetic Aperture Radar, Time-series analysis