

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23340130

研究課題名(和文) 弾性波アクロスによる桜島火山のマグマ動的変化の検出とその要因に関する研究

研究課題名(英文) Study of detection of dynamic change of magma transport process by using ACROSS and its cause, in Sakurajima volcano

研究代表者

宮町 宏樹 (MIYAMACHI, Hiroki)

鹿児島大学・理工学研究科・教授

研究者番号：30182041

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 16,100,000円、(間接経費) 4,830,000円

研究成果の概要(和文)：活発な噴火活動を継続している桜島火山のマグマ供給過程を探るため、桜島に弾性波アクロス2台を設置し、精密に制御された微弱な弾性信号波(5～15Hz)を連続的に発振した。既設の地震観測点および臨時観測点において、この信号を捉えることに成功し、アクロスと各観測点間の伝達関数の時間変化を検出することができた。この時間変化は、検出した伝達関数の中で走時の遅い波群で顕著であり、桜島の火山の地下深部の構造変化を反映しているものと推察できた。また、伝達関数の時間変化は、桜島火山の噴火回数、地殻変動の推移と良い相関が見られた。

研究成果の概要(英文)：In order to monitor quantitatively magma transport process in Sakurajima volcano, the ACROSS system composed of two vibration sources was deployed in Sakurajima Island, and the system produced continuously the accurately controlled imperceptible elastic wave signal from 5 to 15 Hz. The signal from the ACROSS is routinely monitored by 15 permanent stations and 4 temporal stations in Sakurajima volcano. We successfully observed the ACROSS signal at each station and could detect temporal variation of the transfer function (TF). Because the temporal variation of later phases in the TF was obviously larger than that in the early phases, we inferred that the temporal variation of the later phases reflected the temporal change of the structure in deep regions beneath Sakurajima volcano. We also found that the temporal variation of the TF is correlated with volcanic activity such as the daily volcanic eruptions and crustal deformation in Sakurajima Island.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：火山 桜島 アクロス 伝達関数 マグマ

1. 研究開始当初の背景

桜島火山における京都大学を中心とする火山観測研究によって、噴火、火山性地震、地殻変動、歪計や傾斜計による噴火に伴う先駆的地殻変動など数多くの成果が得られている (Ishihara, 1998; Hidayati *et al.*, 2007)。そして、これらの火山活動の推移は、マグマの供給量の変動の結果として捉えることができる。近い将来、1914年の大正噴火規模の大噴火の発生が懸念されている桜島火山においては、今後のマグマの動向を把握することが重要である。しかしながら、火山活動の起因となっているマグマの動き、すなわち、深部マグマ溜まりから浅部マグマ溜まりへの供給過程、浅部マグマ溜まりから火道へのマグマの上昇過程は十分に明らかになっているわけではない。このマグマの動的変化を捉えることは、火山活動の新たな知見を得ると同時に、その後の火山活動を予測する上で重要な研究課題であると考えられる。

2. 研究の目的

(1) 噴火活動を繰り返している桜島火山において、能動的な震源である弾性波アクロス (ACROSS: Accurately Controlled Routinely Operated Signal System) により人工信号 (弾性波) を定常的に発振し、既設の地震観測網および臨時観測点によってアクロス弾性波信号を観測し、その時間変化を検出する。この弾性波信号の時間変化とその推移によって、従来の受動的な地震観測や地殻変動観測だけでは検出困難であるマグマの動的変化を推定することを目的としている。

(2) この種の能動的な観測を活動的な火山地帯で実施するのは世界初の試みであり、次世代の新たな火山観測手法としての可能性を検討した。

3. 研究の方法

(1) 桜島アクロス装置は2台の震動源で構成され、2012年3月に桜島南岳火口から北西方向に約3.6 km離れた地点に設置し、2012年9月18日から本格的な24時間連続運用を開始した。1号機は、搬送波周波数7.510Hz、変調周波数幅 ± 2.500 Hz、変調周期50秒、搬送波周波数7.510Hzを中心として、帯域幅 ± 2.500 Hz (5.010~10.010Hz)、周波数間隔が0.02Hzの信号を送信した。2号機は、搬送波周波数12.505Hz、変調周波数幅 ± 2.500 Hz、変調周期50秒、搬送波周波数12.505Hzを中心として、帯域幅 ± 2.500 Hz (10.005~15.005Hz)、周波数間隔が0.02Hzの信号を送信した。

(2) 桜島内には、気象庁6点、京都大学8点、鹿児島大学1点のテレメータ地震観測点 (常設点) が配置されている。これまでの多くの研究 (例えば、Hidayati *et al.*, 2007) により、桜島のマグマは、始良カルデラのほぼ中心の深さ8~10 kmの領域に存在する深部マグマ溜りから桜島の北部あるいは北東部に移動し、最終的に桜島南岳の火口の直下深さ4 kmの浅部マグマ溜りに供給されていると推定されている。このため、南岳の北部および北東域をマグマの通過領域と想定し、その地域に臨時観測点を4カ所に設置した。また、アクロス信号出力の安定性を確認するため、アクロス装置本体から約40m離れた地点に臨時観測点を設置した。これらすべての臨時観測点では、固有周期2Hzの3成分速度型地震計と白山工業社製のロガーLS8800 (3ch仕様・各チャンネル24ビット200Hzサンプリング) を用い、解析上重要である観測データの時刻校正はGPSにより1時間毎に実施した。

(3) 全観測点で得られた約400日間の連続データに対して、5日間のデータ・スタッキング等のデータ処理を施し、アクロス信号を抽出し、約400日間分の各観測点の伝達関数

を求めた。各観測点で得られた伝達関数の時系列から、走時の早い波群と遅い波群に注目し、それらの波群の走時と振幅を測定し、伝達関数の時間変化（走時と振幅の変化）を定量化した。

(4) 伝達関数の空間伝播経路を把握するため、過去の観測等で得られた自然地震および人工地震データを用いて、桜島および始良カルデラの基本的な速度構造を推定した。

4. 研究成果

(1) 臨時観測点および既設の定常観測点の観測データから得られた伝達関数の時系列から、各観測点の伝達関数を構成している波群が明瞭に時間変化を示し、その変化を走時と振幅量によって定量的に評価することができた。特に、伝達関数の波群の中で、走時が遅い波群は、初動付近の走時が早い波群よりも走時の時間変化量が大きい傾向があることが解った。

(2) 単純な1次元速度構造モデルの理論走時から、伝達関数の走時変化量が大きい波群は、深さ3~15kmの領域を伝播して反映していることが推察できた。今後、伝達関数を構成している種々の波群の伝播経路を推定することができれば、それぞれの波群の走時および振幅変化から、弾性特性が変化した空間領域を特定し、伝達関数の時間変化の要因を明らかにすることができるであろう。さらに、これらの領域と地殻変動データなどから推定されている力源の位置を比較し、桜島および始良カルデラのマグマとの関係を議論することが可能になるであろう。

(3) 得られた伝達関数の走時と振幅の時間変化が、桜島の活発な噴火活動、地殻変動(桜島の東西と南北の辺長変化、歪み変化)の推移と良い相関がみられた。

(4) 自然地震データによって、始良カルデラを中心とする広域領域下の三次元P波およびS波速度構造を推定した。得られた V_p/V_s 分布から、深さ20kmを中心とする領域に新たなマグマ溜りの存在を示唆した。このマグマ溜りは、従来の深さ8~10kmに存在する深部マグマ溜りにマグマを供給している可能性が高いことを示唆した。また、2008年に桜島で実施された人工地震走時データを解析し、深さ4kmまでのP波速度構造を推定した。

(5) アクロス震源の遠隔制御と動作状況の遠隔監視を実現し、火山地帯でも十分に安定した稼働体制を取れることを実証した。これらのことから、弾性波アクロスは新たな火山観測手法として十分に適切であると考えられる。また、さらなる研究を進めるためには、アクロス信号の安定した発振の維持と、そのデータの蓄積が重要である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計4件)

Yamaoka, K., Miyamachi, H., Watanabe, T., Kunitomo, T., Michishita, T., Ikuta, R. and Iguchi, M. (2014) Active Monitoring at an Active Volcano -1 Amplitude-distance Dependence of ACROSS at Sakurajima Volcano, Japan, *Earth, Planets and Space*, 66, 32. doi:10.1186/1880-5981-66-32 (査読有)。

Miyamachi, H., Tomari, C., Yakiwara, H., Iguchi, M., Tameguri, T., et al. (2013) Shallow velocity structure beneath the Aira caldera and Sakurajima volcano as inferred from refraction analysis of the seismic experiment in 2008, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 58, No.1, 227-237 (査読有)。

Tsutsui, T., Yagi, N., Tsushima, K., Iguchi, M., Tameguri, T., Mikada, H., Onishi, K. Miyamachi, H., Nishimura, T.,

Morita, Y. and Watanabe, A. (2013) Structure of northeastern Sakurajima, south Kyushu, Japan, revealed by seismic reflection survey, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 58, No.1, 239-250 (査読有) .

Alanis, P.K., Miyamachi H., Yakiwara, H., Goto, K., Kobayashi, R., Tameguri, T. and Iguchi, M. (2012) Seismic velocity structure of the crust beneath the Aira caldera in southern Kyushu by tomography of travel times of local earthquake data, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 27, No.4, 227-234 (査読有) .

[学会発表](計10件)

Miyamachi H., Arikado N., Yakiwara H., Yamaoka K., Watanabe T., Kunitomo T., Iguchi M., Tameguri T., Mikada H., Takenaka H., Shimizu H. and Ikuta, R. (2014) Active monitoring by using ACROSS in Sakurajima volcano - observation report 3 - 日本地球惑星科学連合 2014 年大会 2014 年 5 月 1 日, 神奈川県横浜市.

竹中博士・藤岡慧・中村武史・岡元太郎・宮町宏樹・八木原寛・山岡耕春・國友孝洋・渡辺俊樹・井口正人・為栗健・三ヶ田均・清水洋 (2013) 桜島火山における ACROSS 震源位置で励起された弾性波の伝播シミュレーション, 日本火山学会 2013 年度秋季大会, 2013 年 10 月 1 日, 福島県猪苗代町 .

Miyamachi, H., Alanis, P.K., Yakiwara, H., Tameguri, T. and Iguchi, M. (2013) Tomographic image of the crust beneath the Aira caldera in southern Kyushu, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, July 24, 2013, Kagoshima, Japan.

Miyamachi, H., Yamaoka, K., Iguchi, M., Yakiwara, H., Kunitomo, T., Watanabe, T. and Ikuta, T. (2013) Active monitoring at active Volcanoes -Monitoring temporal

change of transfer function in Sakurajima volcano, Japan, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, July 24, 2013, Kagoshima, Japan.

Yamaoka, K., Miyamachi, H., Iguchi, M., Watanabe, T., Kunitomo, T., Yakiwara, H. and Ikuta, R. (2013) Active monitoring at Active Volcano - Performance of ACROSS at Sakurajima volcano, Japan, IAVCEI 2013 Scientific Assembly, July 24, 2013, Kagoshima, Japan.

宮町宏樹・八木原寛・山岡耕春・渡辺俊樹・國友孝洋・井口正人・為栗健・三ヶ田均・清水洋・竹中博士・生田領野 (2013) 桜島火山におけるアクロスを用いた能動的モニタリング-観測報告 2-, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, 2013 年 5 月 19 日, 千葉県千葉市 .

山岡耕春・渡辺俊樹・井口正人・為栗健・八木原寛・三ヶ田均・竹中博士・清水洋・宮町宏樹 (2012) 活火山における能動監視 -桜島火山へのアクロス設置-, 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 24 日, 千葉県千葉市 .

宮町宏樹・八木原寛・山岡耕春・渡辺俊樹・國友孝洋・井口正人・為栗健・三ヶ田均・清水洋・松島健・竹中博士 (2012) ACROSS を用いた桜島における能動監視, 日本火山学会 2012 年度秋期大会, 2012 年 10 月 15 日, 長野県御代田町 .

宮町宏樹・井口正人・山岡耕春・渡辺俊樹・八木原寛・為栗健・三ヶ田均・竹中博士・清水洋 (2011), アクロスによる桜島火山のマグマ移動検出に向けた能動的アプローチ, 日本火山学会 2011 年度秋期大会, 2011 年 10 月 3 日, 北海道旭川市 .

山岡耕春・渡辺俊樹・宮町宏樹・井口正人 (2011), 桜島における ACROSS 観測可能性の検討, 日本火山学会 2011 年度秋期大会, 2011 年 10 月 3 日, 北海道旭川市 .

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

宮町 宏樹 (MIYAMACHI Hiroki)
鹿児島大学・理工学研究科・教授
研究者番号：3 0 1 8 2 0 4 1

(2) 研究分担者

山岡 耕春 (YAMAOKA Koshun)
名古屋大学・環境学研究科・教授
研究者番号：7 0 1 8 3 1 1 8

渡辺 俊樹 (WATANABE Toshiki)
名古屋大学・環境学研究科・教授
研究者番号：5 0 2 1 0 9 3 5

井口 正人 (IGUCHI Masato)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号：6 0 1 4 4 3 9 1

為栗 健 (TAMEGURI Takeshi)
京都大学・防災研究所・助教
研究者番号：7 0 3 3 5 2 2 2

三ヶ田 均 (MIKADA Hitoshi)
京都大学・工学(系)研究科(研究院)・教授
研究者番号：1 0 2 3 9 1 9 7

八木原 寛 (YAKIWARA Hiroshi)
鹿児島大学・理工学研究科・助教
研究者番号：6 0 2 9 5 2 3 5

清水 洋 (SHIMIZU Hiroshi)
九州大学・理学(系)研究科(研究院)・教授
研究者番号：5 0 1 7 8 9 8 5

竹中 博士 (TAKENAKA Hiroshi)
岡山大学・自然科学研究科・教授
研究者番号：3 0 2 5 3 3 9 7