

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 11 日現在

機関番号： 12601  
研究種目： 若手研究(B)  
研究期間： 2009 ~ 2011  
課題番号： 21740319  
研究課題名（和文） 地震波干渉法による火山体地下構造の時間変化  
研究課題名（英文） Temporal changes in the Earth's interior with seismic interferometry

研究代表者  
青木 陽介 (AOKI YOSUKE)  
東京大学・地震研究所・助教  
研究者番号： 90376624

研究成果の概要（和文）： 我々は地震波干渉法と呼ばれる手法を用いて、豊富な地震観測が行われている浅間山の地震波速度構造およびその時間変化を求めた。それにより山体西部の深さ 5-10 km において顕著な低速度領域を発見した。この低速度領域は直径 5 km もしくはそれ以下という小さなものであり、走時トモグラフィなどの従来の方法では検出が不可能と考えられる。

研究成果の概要（英文）： We derived the seismic velocity and its temporal changes of Asama Volcano, Japan, where rich seismic dataset exists. We found a prominent low velocity body at depths of 5-10 km to the west of the summit. The low velocity body we found in this study has its diameter of 5 km or less, so that it has been impossible to detect with conventional seismic tomography techniques.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

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：地震波干渉法・地震波速度構造・マグマ供給経路・表面波

## 1. 研究開始当初の背景

火山噴火とは、地中のマグマが地上へ向けて移動してきた結果であるから、火山活動中にマグマがどのように移動し噴火に至る、もしくは至らないかを観測データを通して知ることは、噴火やマグマ輸送のメカニズムをより深く理解する上で重要である。多くの地中の情報をもたらす地震波を用いれば、より詳細なマグマ輸送過程が明らかにされるはずである。

地震波がもたらす情報をどのように抽出すれば良いだろうか？マグマの移動は地震波速度や減衰といった地下構造の時間変化としてあらわれるだろうから、何らかの手法を用いてそれを抽出することが望ましい。では、どうするか。一番簡単に考えつくことは、時間を区切って地震波トモグラフィを行い、構造の時間変化を見ることである。しかし、この手法はそれぞれの時刻について求められた地下構造の誤差が大きく、検出された時間変化が実際の時間変化なのかそれとも単なる見かけのものなのか判断しがたい。そこで、地震波の後続波（コーダ波）や雑微動を用いて地下構造の情報を抽出する方法を用いて、火山活動にともなう地下構造の時間変化を検出する研究が行われ始めていた。

地下構造の推定に地震記録の雑微動部分を用いる方法は 1950 年代に提唱されたが、最近まであまり注目されることがなかった。しかし、最近注目をあつめ、地震波干渉法と呼ばれるようになり、多くの研究者が注目するようになっていた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、地震波干渉法と呼ば

れる新しい手法を用いて、火山の地震波速度構造や減衰構造およびその時間変化を高い時空間分解能で明らかにし、火山の地下におけるマグマ輸送を手にとるようモニターすることである。本手法は、原理的に安定したモニターができ、かつ本申請で提案するような解析技術を洗練することができれば、実用的火山噴火予知および消長予測の決め手となる。

## 3. 研究の方法

本研究を遂行するにあたり、地震観測記録であるが、地震の発生を待つ必要はなく、雑微動記録があればよい。2つの観測点で観測された雑微動記録の相互相関をとると、あたかも片方の観測点から発信した地震波をもう片方の観測点で受信したかのような記録が得られる。この記録は観測点間の地震波速度構造の情報を持っているので、相互相関を多数の観測点ペアについてとることにより、地震波伝搬速度の空間分布およびその時間変化を求めることができる。

本研究では鉛直成分の記録のみを用いたため、相互相関によってレイリー波の波動場を得た。レイリー波伝搬速度の分散関係（周波数依存性）と、適当な P 波 S 波速度比・密度と地震波伝搬速度の関係を用いることにより、S 波速度の 3 次元分布を知ることができる。なお、今後水平成分の記録を用いることによりラブ波伝搬速度の分散関係を知ることができ、それによって S 波伝搬速度の異方性を知ることができるが、それは今後の課題となる。

#### 4. 研究成果

我々は、浅間山における地震観測記録に地震波干渉法を適用して、地下 10kmまでの地震波速度構造を求めた。その結果、山頂から西方約 8km の地域の海面下 5-10kmの地域に顕著な低速度領域を発見した。発見された低速度領域は直径 5km 程度のものであり、自然地震を用いた従来のトモグラフィでは発見できなかったであろうものである。これまで明らかにされてきた浅部地震波速度構造・ 2004, 2008, 2009年噴火にともなう数ヶ月の時間スケールを持つ地殻変動・ 2009年噴火と同期した 1 時間程度の時間スケールを持つ傾斜変動などと合わせて考えると、本研究で発見された低速度領域はマグマだまりを示しているものと考えられる。これまで、地震学的手法によってマグマだまりの存在が明確に示されることは少なかったが、本研究で用いた地震波干渉法は、得られる地下構造の空間分解能が地震発生ではなく観測点分布に依存するため、従来の地震波トモグラフィよりも細かい構造を抽出することができるという利点があるために、直径 5km 程度という小さな低速度領域を抽出することに成功したといえる。

浅間山においてはその他に、地震記録のコーダ部分を用いて山体全体を平均したレイリー波位相速度の時間変化を求めた。レイリー波位相速度は、2008年噴火に先立つ 2006年後半頃から 2007年夏にかけて約 1.5 % 低下し、2008年噴火の時期には元に戻っていたことが明らかになった。このことは、2008年噴火直前からマグマの浅部貫入が開始したことを示唆する地震や地殻変動観測からの知見と調和的でない。現在のところ、噴火よりはるかに先行する速度変化の物理的なメカニズムは明らかになっていない。なお、地

震記録のコーダ部分は雑微動と比較して信号強度が大きいため、時間変化をとらえるには適していると考えられるが、雑微動を用いた時に時間変化が抽出されるかを考えるのは今後の重要な課題であろう。

我々はさらに、フルネーズ火山（フランス領レユニオン島）2007年噴火にともなう地下構造変化を、雑微動記録を用いて抽出した。2007年噴火にともない岩脈が水平に貫入した地域においては、貫入の前後で速度変化だけでは説明できない波動場の変化を抽出した。貫入後の波動場では、約 2.5Hz 以上の成分が大きく減衰しており、このことは減衰構造の時間変化によるものと示唆される。しかし、雑微動から地震波減衰構造の時間変化を抽出するための理論的背景が、現在でも必ずしも明確にはなっていないために、確信を持った結論には至っていない。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究  
〔雑誌論文〕 (計 4 件)

(1) Nagaoka, Y., Nishida, K., Aoki, Y., Takeo, M., Ohminato, T., Seismic imaging of magma chamber beneath an active volcano (2012, Earth and Planetary Science Letters, 333-334, 1-8, doi:10.1016/j.epsl.2012.03.034.

(2) Brenguier, F., Clark, D., Aoki, Y., Shapiro, N. M., Campillo, M., Ferrazzini, V. (2011), Monitoring volcano using seismic noise correlations, Comptes Rendus Geoscience, 343, 633-638, doi:10.1016/j.crte.2010.12.010.

(3) Nagaoka, Y., Nishida, K., Aoki, Y., Takeo, M. (2010), Temporal changes of phase velocity beneath Mt. Asama, Japan, inferred from coda wave interferometry, Geophysical Research Letters, 37, L22311, doi:10.1029/2010GL045289.

(4) Savage, M. K., Ohminato, T., Aoki, Y., Tsuji, H., Greve, S. M. (2010), Absolute stress and its temporal variation at Mt. Asama volcano, Japan, from seismic anisotropy and GPS, Earth and Planetary Science Letters, 290, 403-414, doi:10.1016/j.epsl.2009.12.037.

〔学会発表〕 (計 6 件)

(1) Savage, M. K., Rivemale, E., Ferrazzini, V., Brenguier, F., Aoki, Y., Clarke, D. S., Massin, F., Fontaine, F., Roult, G. C. (2011), Changes in isotropic and anisotropic velocity before eruptions at Piton de la Fournaise volcano, American Geophysical Union Fall Meeting, Abstract G51A-0870.

(2) 長岡優・西田究・青木陽介・武尾実・大湊隆雄 (2011), 脈動記録を用いた浅間山地殻内速度構造の推定, 日本地球

者には下線)

惑星科学連合 大会, SVC050-11.

(3) Nagaoka, Y., Nishida, K., Aoki, Y., Takeo, M. (2010), Temporal changes of phase velocity beneath Mt. Asama, Japan, inferred from coda wave interferometry, American Geophysical Union Fall Meeting, Abstract S21D-01.

(4) Aoki, Y., Takeo, M., Ohminato, T. (2009), Geophysical monitoring of Mt. Asama, Japan, during the 2008-9 eruptions, American Geophysical Union Fall Meeting, Abstract V32B-01 (招待講演) .

(5) Savage, M. K., Ohminato, T., Aoki, Y., Tsuji, H., Greve, S. M. (2009), Temporal variation of stress at Mt. Asama volcano, Japan, from seismic anisotropy and GPS, American Geophysical Union Fall Meeting, Abstract S23C-04 (招待講演) .

(6) Aoki, Y., Ferrazzini, V. (2009), Temporal changes of seismic wavefield during the 2007 eruptions of Piton de la Fournaise Volcano, La Réunion island, American Geophysical Union Fall Meeting, Abstract S23C-03.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕 なし

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

青木 陽介 (AOKI, Yosuke)  
東京大学・地震研究所・助教  
研究者番号: 90376624

(2) 研究分担者  
なし

(3) 連携研究者  
なし