

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

浅間山における火道内部構造の解明に基づく噴火過程の研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

(3-3) 火山噴火過程

ア. 噴火機構の解明とモデル化

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の5か年の到達目標：

本研究計画では、浅間山を対象に火道周辺の稠密な地震・地殻変動等の観測に基づき、火道内部とその周辺の力学的状態及び噴火に伴う火道内部の変化を把握すると同時に、宇宙線観測による火道内部のイメージング、絶対重力観測による密度変化の把握、3次元抵抗構造解析による火道浅部の物性推定等、多項目の観測研究の成果を統合して、噴火機構の解明とモデル化及び噴火推移の把握を進める上での基礎となる火道浅部内部構造を解明する。

2009年度は、宇宙線観測によるイメージングの観測網整備を開始すると同時に、火口壁観測点での多項目観測の実施体制を整備する。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

2009年度は、浅間山山腹に複数の宇宙線ミュオン観測点を整備することで、これまでの一方向でのイメージングではなく火道浅部の立体的なイメージングを可能とする観測体制を整備する。また、火口壁で商用電源使用可能な火口壁総合観測施設を実現した浅間山の観測環境の長所を生かして、地震観測以外の多項目観測が実施できる体制の整備を行う。

2010年度は、浅間山火口壁総合観測施設での多項目観測を開始し、それらのデータがリアルタイムでモニターできるシステムを整備する。また、山頂部での臨時広帯域稠密地震観測を実施して、噴火終息後も多数発生している特異な長周期地震の発生機構を解明する。これらの特異な長周期地震は2004年噴火前にも発生しており、その地震活動は噴火の前兆を示す特別な推移を示した。その発生機構を明らかにすることにより、2004年噴火前の火道内部の状態変化を解明する。また、絶対重力観測により、現在の火道内部の密度分布等を推定する。

2011年度は、複数観測点による宇宙線ミュオン観測データを元に、火道浅部の立体的なイメージングを行う。さらに、より短時間で火道内部の変化をモニターするための観測システムの開発に取り組む。絶対重力の繰り返し観測を実施し密度変化の推定を進める。地震・地殻変動等の連続データと、火山ガス・空振等の火口からの噴出に関連した観測データとの解析を進め、火道内部の力学的状態の推定を目指す。

2012年度は、山頂部における稠密 AMT 観測を実施し、宇宙線ミュオン観測や絶対重力の繰り返し観測から推定された火道サイズ、密度分布をベースにこの稠密 AMT データを解析して、火道内部

の3次元比抵抗構造を明らかにする。また、噴火が発生した場合でも噴火中の火道内部の変化を随時把握できる火道浅部イメージングの時間変化モニターシステムを完成させる。これにより、噴火推移の予測精度向上が期待される。

2013年度は、火道浅部イメージング、絶対重力変化、火道内部比抵抗構造などの各種観測データを統合した火道内部の物性状態の解明と、地震や地殻変動等の力学的観測データから推定された火道内部の力学的状態を統合して、噴火機構のモデル化の基礎となる火道浅部におけるマグマ・火道内部の状態を明らかにする。

(7) 計画期間中(平成21年度～25年度)の成果の概要：

本研究計画の前半では、浅間山山頂での多項目観測環境の整備の一環として、山頂部での簡易ボアホール型傾斜計設置を進めるとともに、2009年度までに実施した浅間山山頂部での臨時広帯域稠密地震観測データの解析結果を取りまとめた。浅間山山頂部では、2004年9月の中規模噴火活動以前から、特異な波形的特徴を持つ長周期パルス(VLP)・長周期地震・長周期微動が観測されていた。2008年9月～12月にかけて実施した浅間山山頂部での臨時稠密広帯域地震観測網のデータを解析することで、VLPは火道浅部における急激な発泡(火山ガスの発生)により火道再頂部に形成された割れ目及びそれに連なる通路での急激な膨張と、それに続く緩やかな減圧により発生している事を解明した。また、火道浅部の震源分布、VLPの発生場所およびVLPとガス噴出との関連、山腹東と北側に整備した宇宙線ミュオン観測点の解析によって判明した火口底直下の低密度領域の分布範囲等を総合して考えると、現在の浅間山で活動的な火道の位置は、火口内の北側に位置していることが明らかになった。

浅間山山体及び周辺部の観測網で観測されたS波のコーダ波を使った地震は干渉法により、浅間山直下での2008年～2009年の微噴火活動に先行する地震波速度の変化を検出した。また、浅間山周辺の約150km四方の領域の地震観測データを元に、脈動を用いた地震波干渉法で、上部地殻内部のS波速度構造の推定を行った。その結果、浅間山の西、車坂峠から地蔵峠に至る池の平を中心とした領域の、深さ5kmから10kmの上部地殻内部に顕著な局所的な低速度領域の存在が明らかになった。2009年2月2日の噴火直後に浅間山周辺の傾斜計や広帯域地震計から推定された傾斜は、この領域に向かった沈降を示しており、これらのデータは海拔下1kmを上端とするダイクの内部での減圧で説明することができ、この噴火に直接関連したダイクの直下に見つかった低速度領域は、浅間山の噴火活動を引き起こす上部地殻内部に位置するマグマ溜りである事が判明した。

2013年度は、2012年度の実施した山頂部における稠密MT/AMT観測のデータ解析を進め、浅間山山頂部での比抵抗構造を推定する事を目指した。この観測では、各点数100m間隔で配置し、AMT法27点、MT法9点で測定をおこなった。現在、このデータの解析が進み、見かけ比抵抗分布より、深さ数10mのごく浅部では火口東側に低比抵抗の領域が広がっていることがわかり、このことはCO₂フラックスの卓越した地域と調和的であることがわかった。また、深さ数100m～1km程度ではその低比抵抗領域が西側に移っており、このことは火道が西下方方向から火口に到達している様子を示唆している。さらに、火道浅部で発生する地震の震源決定精度の向上と、VLPや火山性微動などの火山活動に特徴的な振動現象をより正確にとらえることを目指して、釜山火口の北側、天明溶岩流の上の標高2000mの位置に広帯域地震観測点を2012年10月に新設したが、この観測点設置後、11月下旬から12月上旬にかけて、火山活動に特有なゆっくりとした減衰を示すN型地震が山頂部で頻発し、高品質のデータを得ることが出来た。このデータを用いることにより、N型地震の震源を精度良く求めることが出来、これらの地震が海拔1400m～1800m付近の火口西観測点直下に、約68°西に傾いた南北走向の狭い領域に分布することを明らかにした。さらに、これまで確認することの出来なかった周波数構造についての情報を得ることが出来た。

2009年2月の微噴火後の火山ガス観測とVLP地震の観測から明らかになったVLP地震とSO₂の定量的関係を使って、2007年から2010年の間の地震を励起しながら地表に放出された火山ガスの割合を調べた結果、2009年微噴火前後で大きくその割合が変化していることを明らかにし、噴火による火山地下の脱ガス気候の変化を示唆する結果が得られ、現在、データを再度確認して投稿論文を準備

中である。

浅間山と同様な爆発的噴火を行う霧島山新燃岳の火口近傍で観測された広帯域地震計、傾斜計により、2011 年噴火活動初期の準プリニー式噴火、マグマ湧出期、ブルカノ式噴火という異なる火山活動に伴う火道浅部に起因する傾斜変動を捉え、これらの火山活動に関連する火道浅部のプロセスに関する知見を得た。これは同様のブルカノ式噴火を繰り返す浅間山の噴火過程を解明するためにも重要である。その結果、ブルカノ式噴火では、噴火に先行する傾斜の時系列の特徴を明らかにする事を通じて、噴火に先行する火道浅部でのプロセスを推定した。最初に発生した3つの準プリニー式噴火では、地震・空振の振幅を他の観測データと比較することにより、1 番目と3 番目の噴火は浅部での急激な減圧より、2 番目の噴火は火道のより深部に起因するトリガー機構によって引き起こされたという知見が得られた。ブルカノ式噴火に先行する火道浅部でのプロセスについては、JGR に公表された。また、準プリニー式噴火のトリガー機構については、現在、投稿論文を準備中である。

尚、上記の研究概要は主に東京大学地震研究所（武尾実、前原祐樹、小山崇夫、西田究、青木陽介、大湊隆雄、市原美恵、及川 純）、東京大学大学院理学系研究科（森俊哉）、防災科学研究所（前田裕太）、京都大学大学院理学研究科（横尾亮彦）、九州大学（風早竜之介）、電磁気探査グループの成果を取りまとめたものである

（8）平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

Takeo, M., Y. Maehara, M. Ichihara, T. Ohminato, R. Kamata, and J. Oikawa, Ground Deformation Cycles in a Magma-effusive Stage, and Sub-Plinian and Vulcanian Eruptions at Kirishima Volcanoes, Japan, *J. Geophys. Res.*, 118, doi:10.1002/jgrb.50278, 2013.

Aoki, Y., M. Takeo, T. Ohminato, Y. Nagaoka, and K. Nishida, Structural controls on magma pathways beneath Asama Volcano, Japan, *Geological Society London Special Publications*, 380, 2013.

Nagaoka, Y., K. Nishida, Y. Aoki, M. Takeo, and T. Ohminato, Seismic imaging of magma chamber beneath an active volcano, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 333-334, 1-8, doi: 10.1016/j.epsl.2012.034, 2012, 2012.

Ichihara, M., M. Takeo, A. Yokoo, J. Oikawa, and T. Ohminato, Monitoring volcanic activity using correlation patterns between infrasound and ground motion, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L04304, doi: 10.1029/2011GL050542, 2012.

（9）実施機関の参加者氏名または部署等名：

東京大学地震研究所； 武尾 実

他機関との共同研究の有無：有

北海道大学大学院理学研究院； 橋本武志,

東北大学大学院理学研究科： 西村大志, 東京大学大学院理学系研究科： 森 俊哉

東京工業大学： 小川康雄, 名古屋大学大学院環境科学研究科： 山中佳子

秋田大学工学部； 坂中伸也, 京都大学大学院理学研究科： 宇津木 充,

京都大学防災研究所： 井口正人, 九州大学大学院理学研究院： 清水 洋,

（10）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：東京大学地震研究所

電話：03-5841-5666

e-mail：

URL：

（11）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：武尾実

所属：東京大学地震研究所