

(1) 実施機関名：

東北大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

機動的な多項目観測による火山爆発機構の研究

(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：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-2) 火山噴火予測システム

ア．噴火シナリオの作成

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

ア．マグマ上昇・蓄積過程

(4) 地震発生・火山噴火素過程

エ．マグマの分化・発泡・脱ガス過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

本研究課題では、繰り返し噴火を引き起こす火山において、地震、地殻変動、空気振動などの地球物理学的観測と火山ガスや火砕噴出物などの収集を行い、それらのデータ解析や物質科学的分析を行う。具体的には、以下の目標を掲げる。

1．火山噴火現象を定量的に記録する。また、爆発性や火砕流発生の状況をデータの特徴で整理し、火道内過程と噴火様式や規模との関連性を多量のデータをもとに明らかにする。

2．マグマ上昇モデルや噴火モデルと観測データと比較を行うことで、火道内および火口極浅部のマグマ内揮発性物質の挙動の定量化を行う。

3．測定された揮発性成分の挙動と、定量化された火山の爆発性や様式を比較することにより、火山噴火を支配する要因を明らかにする。

本課題で行う観測項目とその目的は以下の通りである。

(1) 広帯域地震観測と解析．噴火発生時の火道浅部の力系の推定．

(2) 地殻変動観測と解析．火道内増圧過程の時空間分布推定．噴出量推定．

(3) 空気振動観測と解析．爆発圧力の時間変化測定．

(4) 噴出物収集と分析．噴出物特性の測定．噴出量推定．

(5) 火山ガス観測と分析．噴火前後の火山ガス放出量，火山ガス起源の推定．

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21～23 年度は鹿児島県諏訪之瀬島において，平成 24～25 年度はインドネシア・スメル火山において観測を実施し，得られたデータ解析結果をもとに，噴火活動の定量化を行い，噴火規模や様式，支配要因を調べる．

・平成 21 年度においては，鹿児島県諏訪之瀬島において，ボアホール型傾斜計を 6 地点に設置し，現地収録方式でデータの取得を開始し，データ解析を行う．現在，京都大学防災研等により展開されている広帯域地震計および空振計のメンテナンスを行い，データを収録する．GPS 受信機を設置し，連続観測を開始する．火山ガスの遠隔モニタリングの臨時観測を実施する．また，噴火時の噴出物サンプルを可能な限り収集する．

・平成 22 年度においては，諏訪之瀬島で傾斜観測およびそのデータ解析を継続するとともに，火山性地震の発生機構を明らかにするため臨時地震観測を実施する．空振観測，火山ガス観測，噴出物サンプリングも前年度に引き続き実施し，それぞれデータ解析を行う．

・平成 23 年度においては，上記観測を秋まで継続する．約 2 年間の多項目データの解析結果をまとめ，諏訪之瀬島火山の噴火活動を定量化する．

・平成 24 年度および 25 年度においては，インドネシア・スメル山において，地殻変動観測，地震観測などを実施し，データを解析する．スメル山の噴火活動を定量化し，諏訪之瀬島などの火山における解析結果と比較することにより，噴火規模や様式，支配要因を調べる．

(7) 平成 23 年度成果の概要：

平成 23 年度は，主に鹿児島県諏訪之瀬島火山における観測の維持とデータ解析を行った．また，スメル山の噴火口近傍の地震・傾斜観測で得られたデータ解析を進めた．

1．諏訪之瀬島

2009 年から 2011 年初めまでに記録された小爆発に前駆する山体膨張について調べた．2009 年および 2010 - 2011 年の傾斜データそれぞれについて，爆発地震の最大振幅をもとにその特徴を調べた．その結果，いずれの期間も，爆発地震の規模が大きいほど山体膨張の振幅が大きく膨張の継続時間が長くなることがわかった．山体膨張は火山灰放出に伴う連続微動の停止とともにしばしば始まることから，火道上部に「ふた」が形成されることにより火山性流体が火道最上部に蓄積され，山体膨張が生じると推察された．また，爆発地震の震源規模と山体変形を生じさせた圧力源の大きさがほぼ等しいと推定されたことから，この期間に発生した小爆発は，山体膨張を引き起こした火道浅部の圧力解放により生じていると推測された．噴火規模が極めて小さい場合，S/N 比などの影響もあり，傾斜データは山体膨張を検知できない．しかしながら，2010 年 11 月に実施した火山ガス観測は，傾斜データに山体膨張が記録されていないときにも，噴火直前に火山ガス量が低下することをとらえることに成功しており，火山ガス変動量観測により，噴火前兆を感度よく捉えられる可能性があるといえる．

2010 年に実施した火口近傍における多点地震計アレー観測のデータ解析を進めた．センブランス解析により，爆発的噴火に伴う地震動の到来方向と見かけ伝播速度（スローネス）を測定した（図 1）．人工地震探査から推定された地震波速度構造に基づく理論走時や山体地形等を考慮した理論波形と比較した結果，空振波前にアレー観測点に到達する地震動は，微弱な初動に続く S 波，その約 12 秒後に続く表面波からなることが明らかとなった．S 波と表面波は同一震源から励起されたとすると到達時間差を説明できないことから，以下の噴火プロセスが推察された．まず，火口底から 200 800 m の深さにおいて地震源が発現し，P 波や S 波が励起される．この約 12 秒後に火口底に形成されていた「ふた」が破壊され，表面波と空気振動が励起され，爆発的噴火が発生する．火道やや深部の震源から火口底までは，火道中を圧力波あるいは火山物質が 200 - 400 m/s の速度で伝播したと推定された．

これまでに蓄積された火山噴出物を噴火現象とともに系統的に分類した．その結果，噴火様式の違

いにより結晶度などに顕著な違いがあることがわかった。ブルカノ式の爆発的噴火時には火山灰の結晶度が高いのに対し、ストロンボリ式噴火では結晶度が低い。火山弾に着目すると、結晶度の高い噴出物は比重の大きいブロック状の火山弾として、結晶度の低い噴出物は黄金色のフレーク状の軽石として噴出することが分かった。

山体南麓のGPS観測点のデータは、2009年9月(設置時)から2011年12月まで有意な山体変形は生じていない。また、2011年4月末と7月に採取した降下火山灰は、2000年以降噴出しているマグマとほぼ同一の特徴を持つ。以上のことから、中長期的には諏訪瀬島火山の噴火活動に大きな変化はなかったといえる。なお、傾斜観測点の維持を行うとともに、爆発地震の発生機構解析を実施するために新たに火口近傍に3点の3成分地震観測点を設置し、観測を開始した。また、アクセスが限られる離島においても定常的に火山灰を採取できるように、2011年5月から自動火山灰採取装置を設置した。

2. スメル火山(インドネシア)

多数の傾斜データを重合することにより得られた「山体膨張量が大きいほど噴火規模が大きくなる」という特徴を、個々の噴火についても調べた。個々の傾斜変動は、海洋性の脈動などのノイズによりS/N比が必ずしも高くないため、噴火に前駆する傾斜量を記録から目視で読み取ることは難しい。そこで、重合して得られた平均的な傾斜時系列を個々の噴火に前駆する傾斜変動データと比較し、最小二乗法により傾斜変動量を推定した。爆発に伴う地震波の最大振幅を比較した結果、個々の噴火の傾斜変動量は、おおむね爆発地震の最大振幅につれて大きくなる。ただ、そのばらつきは大きく、1桁程度の誤差を伴うことがわかった。

また、本年度は、インドネシアのスメル山の地震・傾斜データの回収を行うとともに、噴火規模の把握のため遠望観測用のカメラを設置した。

3. 霧島山

新燃岳東麓に設置した地震アレー観測のデータ解析を行い、2011年2月2日の大振幅の火山性微動は山頂方向と山頂より北からの到来方向があることが分かった。また小振幅の連続的火山性微動や噴火前後などに短期間継続する微動の到来方向は山頂よりも北に求まり、新燃岳北西のマグマ溜まりから新燃岳の間で発生している可能性があることが明かとなった。新燃岳の西および北西に孔井式傾斜計を設置し、連続観測を開始した。

- (8) 平成23年度の成果に関連の深いもので、平成23年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
- Nishimura T, Iguchi M, Kawaguchi R, Surono, Hendrasto M, and Rosadi U, 2012, Inflation prior to vulcanian eruptions and gas bursts detected by tilt observations at Semeru Volcano, Indonesia, Bull. Volcanol, doi: 10.1007/s00445-012-0579-z.
- Iguchi, M., Surono, Nishimura, T., Hendrasto, M., Rosadi, U., Ohkura, T., Triastuty, H., Basuki, A., Loeqman, A., Maryanto, S., Ishihara, K., Yoshimoto, M., Nakada, S. and Hokanishi, N., 2012, Methods for eruption prediction and hazard evaluation at Indonesian volcanoes, J. Disas. Res., 26-36.
- Mori, T., Iguchi, M., Nishimura, T. and Oikawa, J., 2011, Precursory gas flux change observed before eruptions at Suwanosejima volcano, Japan, IUGG 2011 General Assembly, Melbourne, Australia.
- Nishimura, T., Iguchi, M., Oikawa, J., Yakiwara, H., Aoyama, H., Ohta, Y., Nakamichi, H. and Tameguri, T., 2011, Volcano inflations prior to small vulcanian eruptions at Suwanose-jima volcano, Japan, AGU 2011 fall meeting, San Francisco, USA.
- 嶋野岳人, 2011, 諏訪之瀬島火山 2010 年末 ~ 2011 年春の活動について, B3-02, 日本火山学会秋季大会, 旭川.
- 中道治久・青山 裕・西村太志・八木原寛・太田雄策・横尾亮彦・井口正人, 2011, 諏訪之瀬島火山で発生する爆発地震と微動のアレー解析, B3-09, 日本火山学会秋季大会, 旭川.
- 中道治久・山中佳子・寺川寿子・堀川信一郎・奥田 隆・山崎文人, 2011, 長期間アレー地震解析からみた新燃岳の噴火活動推移, P11, 日本火山学会秋季大会, 旭川.

(9) 平成 24 年度実施計画の概要：

諏訪之瀬島に平成 21-22 年度に設置した 6 台の傾斜計および平成 23 年度に設置した地震計の連続観測を継続する。噴火に前駆する山体膨張の圧力源の時空間分布を求めるとともに、爆発地震の発生機構を推定する。これらの結果と、火山性微動データや空気振動データの特徴と比較するとともに、火山ガス観測と噴出物サンプリングによる物質科学の分野の分析結果を加味し、噴火前のマグマ上昇過程やマグマ物性と爆発的噴火規模や様式との関係について考察を行う。なお、GPS および InSAR による観測は今後も継続し、噴火活動の中長期的な活動との関係を調べる。

インドネシア国スメル山など噴火活動を継続する火山において、山麓部に地震計を 2, 3 点設置し、数週間程度の臨時観測を実施する。スメル山では山頂に既設の広帯域地震計および傾斜計データを解析することにより、爆発的噴火に前駆する山体膨張現象と爆発的噴火メカニズムを調べる。火山ガス観測も合わせて実施し、地震や測地データとの対比を行う。

霧島山の地震計アレー観測、傾斜観測を継続し、火山噴火現象および山体の膨張・収縮変動をとらえ、地下マグマの動態を調べる。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

東北大学 西村太志

他機関との共同研究の有無：有

北海道大学 青山 裕，東京大学 及川 純，東京工業大 野上健治，名古屋大学 中道治久，京都大学 井口正人，鹿児島大 八木原 寛，富士常葉大 嶋野 岳人

(11) 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：東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻

電話：022-795-6532

e-mail：zisin-yoti@aob.gp.tohoku.ac.jp

URL：http://www.zisin.gp.tohoku.ac.jp/

(12) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：西村太志

所属：東北大学大学院理学研究科

W0.5sBP2-4Hz U 101004 09:14 39s

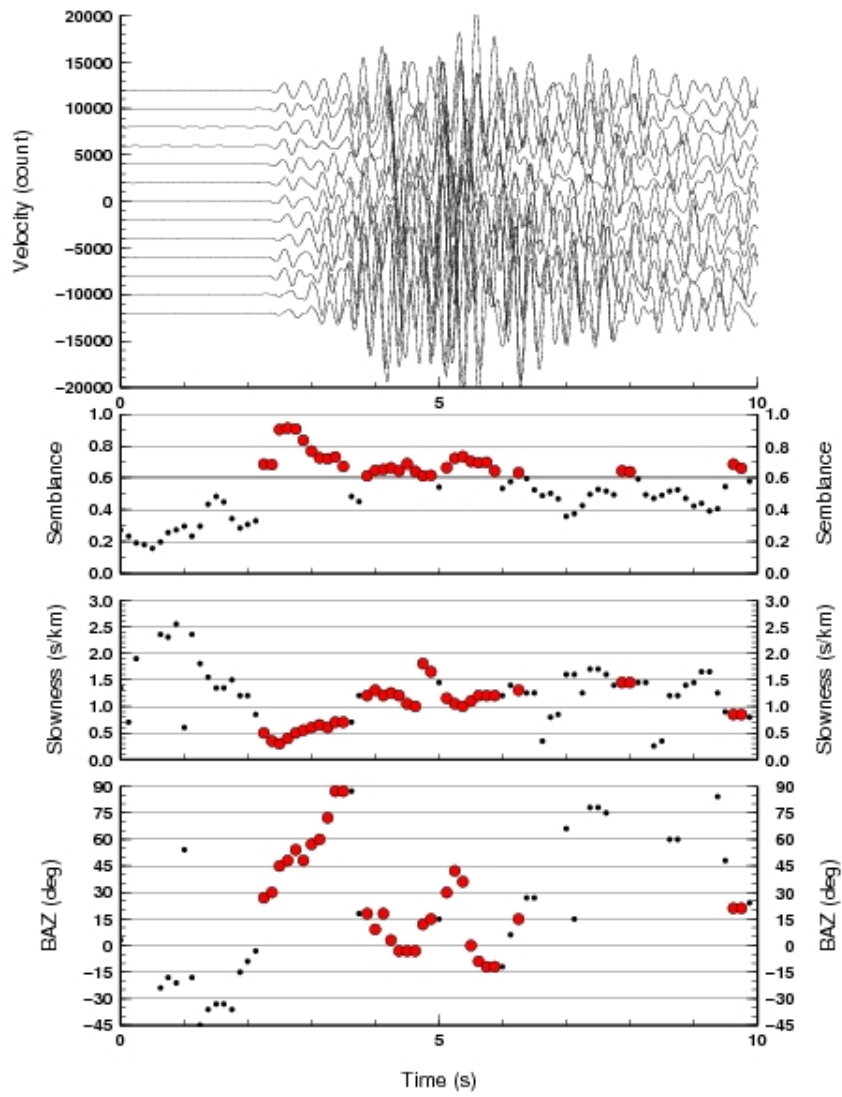


図 1 . 爆発的噴火に伴う地震動のセンブランス解析の結果の一例