

(1) 実施機関名：

気象庁

(2) 研究課題(または観測項目)名：

地殻変動観測による火山活動監視評価と噴火シナリオの高度化に関する研究

(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

(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) 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

3. 新たな観測技術の開発

(2) 宇宙技術等の利用の高度化

ア．宇宙測地技術

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

全国の主な火山を対象に、地殻変動源の推定によりマグマ等の蓄積状態を把握する。そして、地殻変動による火山監視手法及び定量的な評価手法を開発し、地殻変動データの時間的推移も含めたシナリオを作成する等、既存の噴火シナリオの高度化を行う。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

・地殻変動に基づくマグマ供給系の解明

対象火山の地下のマグマ供給系を解明して、想定される種々の圧力源に対する地殻変動量を計算し、火山活動の定量的な評価手法を開発する。このため、マグマに起因する地殻変動が現在観測されている火山を対象に、GPS、光波測距、傾斜観測、重力観測、SAR(合成開口レーダー)や地震など多項目の詳細な観測を行う。これらの結果をもとに、有限要素法を用いた応力場のモデリングを行い、マグマの移動、成長、蓄積を定量的に見積もることにより、詳細なマグマ供給系の解明を行う。

全国の主な火山を対象に、地殻変動源の推定によりマグマ等の蓄積状態を把握する。そして、地殻変動による火山監視手法及び定量的な評価手法を開発し、地殻変動データの時間的推移も含めたシナリオを作成する等、既存の噴火シナリオの高度化を行う。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～25 年度)の成果の概要：

5年間の研究では、伊豆大島など活動的火山における地殻変動の観測やデータ収集を行い、マグマ等の蓄積状態の把握など火山活動を定量的に評価するための手法開発を進めた。また、全国の火山の地殻変動解析事例を整理するとともに、伊豆大島の過去30年に渡る体積ひずみ計のデータを再解析し、噴火に至る地殻変動のシナリオを検討した。

伊豆大島における地殻変動観測，マグマ蓄積の推定，マグマ供給系の解析

噴火準備期にある伊豆大島において、GPS、傾斜及び光波測距の連続観測に加え、GPS、光波、精密重力の繰り返し観測を実施し、データの解析を行った。

伊豆大島の過去10年以上のGPSデータを解析した結果、全島的には、期間を通じた長期的な膨張と1~2年程度の周期の短期的な収縮・膨張が重畳してみられ、また、山頂の三原山においては、局所的な沈降・収縮が継続していることが明瞭になった。

短期的な地殻変動について、GPSや光波測距の観測網のデータから、主ひずみ・面積ひずみ分布の時間変化を求め、カルデラ北部を中心とした膨張・収縮であることを明らかにした。それぞれの短期的な変動については、変動源は深さ約4kmに、体積変化量は 10^6m^3 のオーダーであると推定された。ただし、積算体積変化量は収縮、膨張の繰り返しによりほぼ相殺され、次期噴火に向けたマグマ蓄積量を見積もる上ではほとんど寄与していないと推定される（H25年度実施内容を含む）

一方、長期的な膨張については、単一の球状圧力源を仮定した場合、カルデラ北部の地下に変動源が求められるのは短期的の変動と同様であるが、深さについては、より深い約7kmに推定される。ただし、変動量の観測データと解析結果の間には、水平成分、上下成分ともに誤差範囲を超える残差が認められ、今後、マグマ蓄積量やマグマだまりの物理化学条件の精度向上のためには、等方圧力源以外の変動源モデルの導入、短期的変動源との分離等が必要である（H25年度実施内容を含む）

関連して地形、地下構造を考慮した軸対称の有限要素モデルに基づく地殻変動の解析を行い、変動源が縦長の回転楕円体の形状をしていれば、長期的膨張に伴って山頂付近で観測されている隆起の特徴（等方圧力源で期待されるものよりも小さい）が説明できることを明らかにした（H25年度）また、カルデラ下の剛性率を小さくした場合は、球状圧力源を仮定しても地殻変動の特徴を説明できることを明らかにした。

伊豆大島において、より高感度・高分解能の地殻変動観測を行うために、新たにボアホール式多成分ひずみ計を、南西部の千波崎付近の深度約76mの泉津層群と見られる凝灰角礫岩層に設置した。

浅間山，霧島山の地殻変動解析

浅間山においてGPS、光波測距を行い、これまで知られていた山体北西部地下だけでなく、火口直下にも圧力源があり、それが火山活動の推移とともに膨張と収縮を繰り返していることを明らかにした。

霧島山新燃岳について2002年以降のGPS繰り返し観測データを精査し、山頂部では、2005年12月頃から2007年中頃まで山体が膨張し、その後は収縮に転じて2009年12月頃まで継続したことが分かった。この変動源の深さは火口下約500-600m、体積変化量は 10^5m^3 程度と推定された。その収縮の過程では2008年8月に最初の水蒸気噴火が発生した。深部マグマだまりへのマグマの注入は2009年12月頃から始まったとみられており、山頂部の地殻変動はこれに先行していたことになる。

霧島山の密度構造

霧島火山地域の重力データを用い、地下密度構造を推定した。基盤深度は新燃岳付近で海水準下1~2kmで、2011年新燃岳マグマ噴火に先行して膨張した深部の圧力源は高密度の基盤の中に、2006年頃から観測された新燃岳直下での膨張の圧力源は低密度の表層に位置することがわかった。また局所的には御鉢火山を含む高千穂峰において低重力異常が検出された。これは完新世以降頻度の高い火砕噴火に伴う低密度物質により山体が形成されていることに起因していると推定された。

SAR等による国内外の火山の解析

全国の火山を対象に、陸域観測技術衛星「だいち」のSARデータを用いた干渉画像解析を行い、十勝岳、有珠山、吾妻山、伊豆大島、三宅島、硫黄島、九重山、阿蘇山、雲仙岳、霧島山、桜島、口永良部島、諏訪之瀬島において火山性地殻変動を捉えた。吾妻山及び霧島山新燃岳については、その変

動源の解析を行った。国外については、エイヤフィアトラヨークトル火山、ニヤムラギラ火山について噴火に伴う地殻変動の解析を行った。

2011年1月の霧島山新燃岳の噴火では、火口内に出現した溶岩蓄積を SAR 強度画像から捉えた。

(H25年度)十勝岳、吾妻山、伊豆大島、三宅島、薩摩硫黄島等について、PS-InSAR 解析を行い、火山活動に伴う時系列の地殻変動を検出した。また、八甲田山と霧島山新燃岳について、カナダの SAR 衛星 (RADARSAT-2) を用いて「だいち」運用後の期間における解析を行った。RADARSAT-2 は「だいち」より波長の短い C バンドであるため、植生の多い地域での干渉が得られなかったが、新燃岳山頂火口周辺において、火山活動に伴うとみられる位相変化を検出した。

マグマ上昇にともなう地殻変動のシナリオ

国内で観測された火山性地殻変動の圧力源モデルについて整理し、地震活動等との関係について調査した。それをもとに、標準的なマグマ上昇や熱水膨張を想定してそれに伴う地殻変動がどのように出現するかを示した。

一般的な地殻変動の進行シナリオを作成し、霧島山及び吾妻山を対象に検証した。その結果、深部からのマグマ貫入を検出するためには広域の地殻変動観測網の監視がより重要であり、浅部へ上昇するに従い、火山に近接した観測網の監視が重要度を増すこと、傾斜計による傾斜変化の監視が重要であるということが分かった。

伊豆大島体積ひずみ計データの再解析と多成分ひずみ計の活用

伊豆大島の既設の体積ひずみ計のデータを 1980 年代まで遡り再解析した。1990 年代以降の GPS 観測による面ひずみと比較したところ、体積ひずみ計で観測された変化は 2~3 年の周期帯まで GPS と良く整合していた。近年みられている火山性の収縮・膨張変動と地震活動の対応が 1986 年噴火の前にも見られ、また、ひずみの振幅は最近の変動の約 2 倍であった。これらの知見を精査することで次に迎える伊豆大島噴火の定量的なシナリオ作成に寄与すると考えられる (H25 年度) 体積ひずみ計の活動評価に対する有効性を考え、既存の体積ひずみ計に加え新たな多成分ひずみ計を設置し、データ蓄積を行った。

伊豆大島山頂噴火の過去事例の調査

(H25 年度) 過去 100 年以上にわたる伊豆大島の活動で最も頻度の高い山頂噴火について、その特徴をまとめるとともに、1986 年溶岩噴出時、1987 年ドレインバック時に観測された地殻変動を溶岩噴出量、下降量の観点から調査した。この結果、観測された地殻変動量は溶岩噴出量、下降量と相関があることが認められた。これにより、将来同様の活動が起こった際に、地殻変動から溶岩噴出率を推定できる可能性を示した。

火山用地殻活動解析支援ソフトウェア (MaGCAP-V) の機能強化

火山活動評価を支援するツールとして火山用地殻活動解析支援ソフトウェアの開発を引き続き行い、光波測距データ、干渉 SAR データを解析する機能、変動源の時間変化を解析する機能、重力データを解析する機能、楕円体モデルを用いた変動源推定を行う機能、体積ひずみ計と多成分ひずみ計のデータ解析を行う機能の組み込み・強化を行った。

- (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) :
安藤忍, 2013, ALOS「だいち」により観測された霧島山新燃岳山頂火口の変化について, 駿震時報, 77, 99-112.

気象研究所・気象庁, 2013, 伊豆大島の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 112 (印刷準備中)。

気象研究所・気象庁, 2013, 伊豆大島の地殻変動, 火山噴火予知連絡会会報, 116 (印刷準備中)。

気象庁, 2013, SAR 干渉解析を用いた火山活動評価への利用の検討, 火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する共同研究 成果報告書 (印刷準備中)。

気象庁, 2013, 熱活動, 噴気活動の把握, 噴出物調査への利用調査, 火山活動の評価及び噴火活動の把握に関する共同研究 成果報告書 (印刷準備中)。

地震火山研究部, 2013, マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究, 気象研究所技術報告第 69 号, 179p.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

気象研究所地震火山研究部

他機関との共同研究の有無 : 無

(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 : 気象研究所企画室

電話 : 029-853-8536

e-mail : ngmn11ts@mri-jma.go.jp

URL : http://www.mri-jma.go.jp/

(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 山本 哲也

所属 : 気象研究所地震火山研究部第 3 研究室

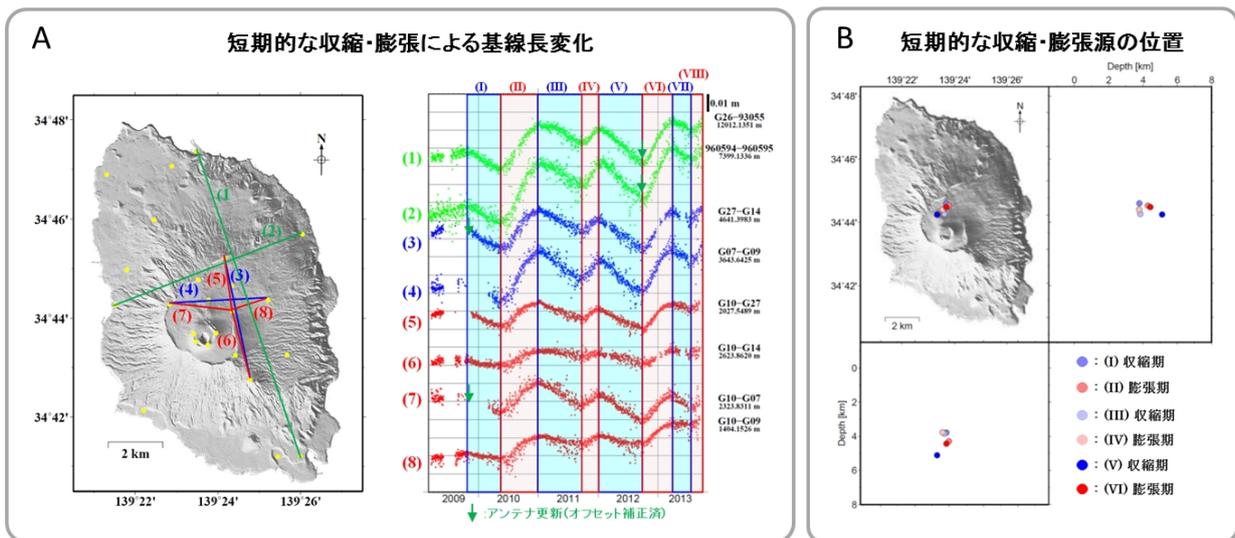


図 1 . GPS 観測で捉えられた伊豆大島の短期的な地殻変動 .

(A 図) GPS 観測点と基線の配置 (左) と 1997 年 10 月 1 日から 2013 年 9 月 28 日までの各基線長の変化 (右) . 緑が山麓間の基線, 青がカルデラ縁 - 山麓間の基線, 赤がカルデラ縁 - 山腹間の基線に対応する . 各基線とも 1 ~ 2 年程度の短期的収縮・膨張に対応する縮み・伸びの変化が見られる .

(B 図) 2009 年以降の 6 期間について GPS 基線の短期的な縮み・伸びから推定した収縮源・膨張源の水平位置と深さ . 各収縮源・膨張源とも, 水平位置はカルデラ北部に, 深さは海水準下 3.7km ~ 5.1km に推定された .