

(1) 実施機関名：

気象庁

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究

（英文）Research for monitoring, evaluation and prediction methods of volcanic activity

(3) 関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(3) 火山の噴火発生・活動推移に関する定量的な評価と予測の試行（重点研究）

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(4) 火山活動・噴火機構の解明とモデル化

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ウ. 火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(3) 火山噴火による災害誘因評価手法の高度化

(5) 本課題の5か年の到達目標：

地球物理学的手法及び地球化学的手法を用いた研究により、火山活動の監視及び評価技術を高度化する。また、大規模噴火にも適用できる噴火現象の即時的解析・予測技術の開発・改良を行う。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

1-1 多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化

気象庁の現業監視データをはじめとする気象庁が蓄積してきた観測データや活動評価資料、気象研究所による伊豆大島観測データやSAR解析データ、各研究機関による学術的知見等の多項目の観測・解析データを整理し、データベースを構築する。このデータベースを基に、過去事例・検索閲覧システムを開発することで監視・評価業務への利活用を可能とする仕組みを作る。また、データベースに集約された大規模データを基に、数理統計学的にパラメータ毎の頻度分布及びパラメータ間の定量的な相互関係を調査するとともに、監視業務や噴火警戒レベルの判定基準等の活動評価・予測の高度化へ寄与する確率的評価手法を開発する。

1-2 監視データ解析処理技術の開発

地殻変動の迅速な検知と変動源把握のために伊豆大島等のデータを用いてGNSSキネマティック解析システムの構築及び地殻変動源推定システムの開発を行う。また、現業監視データを用いてPF法等の震源・震動源自動推定法を火山業務へ実装するための技術開発を行う。その他、監視・評価に資する、観測データに関する解析処理技術の改良を進める。

2-1 熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化

主に水蒸気噴火卓越型火山の活動の消長の評価監視技術の高度化を進めるため、噴気孔や火口等から直接採取した火山ガスや熱水の化学組成や安定同位体比、あるいは水蒸気噴火によって放出された火山灰の内容物や水溶性成分等の分析や装置による観測を実施し、熱水系の構造や火山性異常、水蒸気噴火の発生場・発生機構について地球化学的視点で理解を深化させる。

また、一部の火山については熱水系に含まれるマグマ成分の相対的な多寡を迅速に推定するための手法（選択的迅速分析法）を検討・開発し、火山ガスの化学的観測の簡便化・効率化を進め、監視評価技術

を高度化する。

2-2 マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化

マグマ活動の監視技術の高度化を目差し、噴煙中に含まれるマグマ揮発性成分の一つであり、火山活動の重要な指標となっている二酸化硫黄の放出率について、地上での連続観測や機動的な繰り返し観測に加え、衛星による観測データを用いることで測定の間隔分解能を向上させる。

観測の複合化により必要となる定量技術の複合化では、観測手法間の精度評価を進めるとともに、気象場を用いた定量法を各観測データの定量解析に適用することによって、二酸化硫黄放出率の解析精度の向上を図る。

測定及び解析技術の開発を進めることで、これまで観測が難しかった火山における二酸化硫黄放出率の解析データをマグマ活動の基礎的情報として蓄積し、地殻変動等の連続的な地球物理学的観測データとの統合解釈を進め、時間変化するマグマの移動と揮発性成分の挙動の関係を定量的に評価する手法を検討することによって、マグマ活動推移の可視化を進める。

3-1 気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析

国内外の火山噴火事例を対象として、気象衛星ひまわり8号で観測された衛星データ等を用いて安定的に現業利用できる火山灰プロダクトのアルゴリズムを導入し、ひまわり9号による噴火検知、噴火規模の即時推定、火山灰雲の実況解析、濃度予測に必要な解析値作成及び予測結果の相互検証に必要な解析技術を開発・改良する。

二重偏波気象レーダーと二次元ビデオディストロメーター（2DVD）による観測データを用いて、特に水物質の関与の大きい場合（曇天時等）の噴煙の解析を行う。また、噴煙の解析結果について、衛星による解析結果との比較検証も適宜行う。

3-2 火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発

衛星解析による火山灰プロダクトを気象庁移流拡散モデルの初期値に用いて、浮遊火山灰の濃度予測技術を開発する。また、気象庁数値予報モデルによるアンサンブル予報を移流拡散モデルの入力値に用いて、浮遊火山灰の確率予測技術を開発する。さらに噴火の規模によらず、大規模噴火に対しても浮遊火山灰及び降灰予測が可能なように、風の影響や傘型噴煙を考慮した新しい噴煙モデル及び移流拡散モデルの開発・改良を行う。

(7) 令和6年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

1-1 多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化

多項目の観測・解析データを整理しデータベースを構築するための設計及び環境整備を行った。データベース構築の基礎としてVOISのデータベースファイルを準備しデータベースへ登録した。また、近年、活動に変化のあった一部の火山について、追加データを収集しデータベースへ登録した。これにより、次年度から進める過去事例検索・閲覧システム及び確率的評価手法の開発準備が完了した。

伊豆大島のGNSS連続観測データの特徴を説明する圧力源モデルを、地形を考慮した地殻変動計算手法を適用して求めた。フォワード計算により三原山やカルデラ内の地殻変動データの特徴をシル状圧力源で説明できることがわかった。また、1986年割れ目噴火に伴う岩脈貫入の時間発展と傾斜データの対応を検証した。先行研究の貫入モデルに基づく時間発展（上昇・水平方向伸展）で特徴的な傾斜変化が説明可能であると示し、割れ目噴火の監視視点構築に貢献する知見を得た。

1-2 監視データ解析処理技術の開発

GNSSキネマティック解析システムにおいて、マルチGNSS化及びultra-rapid精密暦導入の効果について調査した。その結果、マルチGNSS化により精度が大きく向上することが判明したため、解析システムに導入した。震動データ自動処理手法の開発として、PF法等の開発環境を構築した。伊豆大島の群発地震時のデータにPF法の試行を行い、地震が多発する時間帯では、イベントの検知率が下がることなどの課題を抽出した。アトサヌプリ火山及び霧島硫黄山において干渉SAR時系列解析を実施し、GNSS観測と調和的な地殻変動時系列を得た。

2-1 熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化

熱水系が発達する火山において火山ガスや熱水を採取・分析した。草津白根山（白根山）では火山ガスを分析し、5月から7月にかけてHe/CO₂比が増加したことなどから浅部熱水系に対するマグマ起源成分の流量がこの期間一時的に増加したことを捉えた。霧島山では硫黄山周辺の熱水を分析し、4月以降に熱水系に対するマグマ成分の比率の増加を示唆する化学組成（Cl/SO₄比）の顕著な増減を捉えた。

採取した火山ガスのCO₂分析を効率化するため、従来よりも簡便・迅速に扱うことができる分析器材

および手順を開発し、国際誌で公表した。

2-2 マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化

二酸化硫黄放出率モニタリング手法の構築へ向け、二酸化硫黄カラム濃度計測装置（以下、装置と呼ぶ）のオーバーホール等、テレメータ仕様への改裝準備を進めた。また、軽量・小型化の現地収録型測器の開発に着手した。この装置を用いた令和7年度以降に実施する観測準備のため、阿蘇山において地点選定を行った。

阿蘇中岳近傍における現地収録型での試験観測のデータを用いた、準定常ガス拡散モデル（30分大気解析GPVを使用）による二酸化硫黄放出率値と機動観測で得られるそれとの差異に関して、精度評価の手法を検討し、風速による階級区分が信頼度指標として有用であることを示した。

準リアルタイムで取得した阿蘇山の二酸化硫黄放出率は、機動観測より高頻度でデータを得ることに成功している。そこで、阿蘇山の火山活動の推移と二酸化硫黄放出率の関係について精査するため、マグマ活動の盛衰を示唆するSO₂/H₂S比及び地震・地殻変動などの多項目の物理・化学観測との比較検討を進めた。

極軌道衛星が取得した二酸化硫黄分布データを用い、わが国の火山地域の二酸化硫黄放出分布の定常的な場を明らかにした。気象モデルから得られる3次元風速場を利用した火口を起点とする前方流跡線解析と、極軌道衛星が取得した二酸化硫黄分布データを組み合わせて二酸化硫黄放出率を推定する方法を試み、先行して開発された後方流跡線解析による方法で推定された時間変化と整合的な結果を得た。

3-1 気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析

ひまわり8号の観測でこれまで水・氷雲と区別できずに火山灰判定で見逃されてきた、バンド13とバンド14の輝度温度差が正になる火山灰雲の領域について原因を調査した。その特性を火山灰雲の衛星解析（OVAA）に組み込むことで、水・氷雲とは区別される火山灰領域として判定し解析できるようになった。

2024年に桜島で発生した噴火のうち、雲のため噴煙高度が確定しなかった7事例について、二重偏波気象レーダー（種子島）による解析を行った。噴煙エコーを検出できたのは8月6日21時37分の爆発的噴火の1事例のみで、監視カメラでは火口上800mで雲に入った噴煙の高さは、種子島レーダーでは2800mと推測された。

3-2 火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発

気象庁全球アンサンブル予報値を移流拡散モデル（JMA-ATM）に入力する浮遊火山灰の確率予測の開発に着手した。スプレッドを考慮するとアンサンブル予測の方が見逃しは少なくなるが、メンバー数が増えるほど過大バイアスが大きくなること、確率予測の精度はメンバー数を半分に減らしても大きく変わらないが、さらに1/3にすると低下することを確認した。

噴煙モデル（NIKS-1D）に、密度中立高度における周囲の風と噴煙内部の圧力の競合を考慮することで傘型噴煙の判別を行う仕組みを導入した。日本を含む中緯度帯では、噴煙形状は季節依存が顕著で、夏季は傘型噴煙になりやすいことを明らかにした。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

(8) 令和6年度の成果に関連の深いもので、令和6年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Yaguchi, M., and T. Ohba, 2024: Development of a new device for CO₂ microdiffusion analysis of fluid samples from volcanic areas without using a fixative. *Earth, Planets and Space*, 76, 144.,査読有

Numanami, N, T. Ohba, and M. Yaguchi, 2024: Principal component analysis for the elemental composition of sedimentary sands in the Hayakawa River of Hakone Caldera, Japan. *Geochemical Journal*, 58, 155-168.,査読有

沼波望, 大場武, 谷口無我, 2025: 箱根火山の河川水と温泉水の統計的手法による火山活動評価. 東海大学理学部紀要, 60. (in press),査読無

安部祐希, 板寺一洋, 高木朗充, 長岡優, 難波あゆみ, 二宮良太, 外山浩太郎, 栗原亮, 2024: 箱根火山大涌谷における二酸化硫黄放出率 ~2024年6月までの推移~. 神奈川県温泉地学研究所報告, 56. (submitted), 査読無

高木朗充, 2024: 衛星から見積もられた日本の火山周辺の二酸化硫黄分布. 月刊地球, 46, 483-490., 査読無

Ishii, K. and Y. Iriyama, 2024, Do seasonality and latitude dictate the formation of strong or weak volcanic eruption plumes? Geophys. Res. Lett., 51, e2023GL106674, doi:10.1029/2023GL106674., 査読有

・学会・シンポジウム等での発表

高木朗充, 為栗健, 井口正人, 森俊哉, 宗包浩志, 下司信夫, 橋本武志, 碓井勇二, 相澤幸治, 火山活動評価研究の現状と今後の展望, 令和6年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会, 2025年2月, 宇治市

高木朗充, 火山活動評価研究のレビュー, 令和6年度京都大学防災研究所共同利用一般研究集会2024WS-06「火山活動評価研究の現状と今後の展望」, 2024年11月, 鹿児島県鹿児島市

奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 鬼澤真也, 気象庁数値気象モデルを用いたGNSS対流圏遅延補正の精度評価, 日本測地学会第142回講演会, 2024年10月, 呉市

岡田純, 丹原裕, 田中裕隆, 近内雪乃, 山村卓也, 宮川祐司, 大石雅之, 山本希, 出町知嗣, 三浦哲, 26年ぶりに再開した岩手山の2024年マグマ活動, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 鬼澤真也, 気象庁数値気象モデルを用いたGNSS対流圏遅延補正の精度評価, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

鬼澤真也, 長山泰淳, 青山 裕, 北海道駒ヶ岳の3次元速度構造に対する震源分布と地震活動, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

成田冴理, 鬼澤真也, 川口亮平, 1986年伊豆大島山腹割れ目噴火前後の傾斜変動の再解析, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

鬼澤真也, 伊豆大島の火山活動評価に向けた概念モデルの構築, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

奥山哲, ALOS-2/PALSAR-2から得られたアトサヌプリ周辺の地殻変動, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

川口亮平, 鬼澤真也, 成田冴理, 安藤忍, 火山の地形を考慮した地殻変動計算手法による伊豆大島の地殻変動源解析, 日本地球惑星科学連合2024年大会, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

安藤忍, 鬼澤真也, 成田冴理, 伊豆大島におけるUAVを用いた熱赤外観測3, JpGU meeting 2024, 2024年5月, 千葉県千葉市&オンライン

Sumino, H., M. Nagai, and M. Yaguchi, Helium and carbon isotope ratios of fumarolic gases from Iwojima volcano, Izu-Ogasawara arc, Japan revisited: Significant contribution of subducted volatiles?, JpGU meeting 2024, 2024年5月, 千葉県千葉市

高木朗充, 噴気ガス成分比から見た吾妻山の火山活動, 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第3次)「熱水系が発達した火山における火山活動活発化事象のモデル化と活動度評価」研究集会(令和6年度), 2025年1月, 札幌市

関香織, 丸岡照幸, 篠原宏志, 谷口無我, 大場武, 田町勇氣, えびの高原硫黄山の火山ガス・温泉水の硫黄同位体比, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

森健彦, 入山宙, 関香織, 河波俊和, 岩本征大, 井上秀穂, 西正儀, 阿蘇火山における二酸化硫黄放出率の

準連続観測 ～その3～, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

藤原季路, 寺田暁彦, 谷口無我, 草津白根山における浅部熱水系の時間変化 ―数値モデルによる湯釜火口湖の解析と示唆―, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

谷口無我, 大場武, 火山ガスCO₂の微量拡散分析器具の改良, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

高木朗充, 阿部優大, 作野魁, 菅野舜, 谷口無我, 岡田純, マルチガス観測解析技術による吾妻山の火山活動, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

大場武, 谷口無我, 沼波望, 豊島誠也, 寺田暁彦, 草津白根山における火山ガス組成と地震頻度の相関, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

福島菜奈絵, 角野浩史, 大場武, 谷口無我, 松島健, 安田裕紀, 小長谷智哉, 外山浩太郎, 霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間分布, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

橋本明弘, 高木朗充, 新堀敏基, 衛星観測と前方流跡線解析による二酸化硫黄放出率推定 その2, 日本火山学会2024年度秋季大会, 2024年10月, 北海道札幌市

Ishimoto, H., M. Hayashi, and K. Ishii, 2024, Volcanic ash monitoring and analysis system using multiple satellite observation data, International Radiation Symposium, 16305.

石元裕史・新堀敏基・石井憲介・林 昌宏, 2024, SPLIT輝度温度差が正になる火山灰雲, 日本気象学会, C462.

新堀敏基・石井憲介・古川大誠・林 洋介, 2024, アンサンブル予報値を入力した移流拡散モデルによる火山灰輸送の確率予測, 日本地球惑星科学連合大会, AAS08-P09.

(9) 令和6年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和7年度実施計画の概要：

1-1 多項目データの整理・解析に基づく監視・評価技術の高度化

近年、活動に変化のあった一部の火山を対象として、多項目の観測・解析データを整理し、データベースの構築を継続するとともに、過去事例検索・閲覧システムの開発を進める。また、データベースの大規模データを基に、数理統計学的な解析による確率的評価手法の開発に着手する。

1-2 監視データ解析処理技術の開発

地殻変動データ、振動データの自動・迅速処理手法の開発のため、GNSSキネマティック解析システムや、地殻変動源推定手法、PF法等の開発に取り組む。干渉SAR解析について精度向上のための技術開発を実施するとともに、時系列解析について調査する。また、自動・迅速処理手法の開発や監視・評価の高度化に資するために、伊豆大島にて地殻変動等の観測を実施する。

2-1 熱水系卓越型火山の活動評価技術の高度化

熱水系卓越型火山における火山性異常や水蒸気噴火発生機構を検討するために、吾妻山・箱根山・草津白根山・御嶽山等において火山ガスや熱水の化学組成や安定同位体比を分析・観測し、熱水系の構造推定や活動推移を把握する。

熱水系に含まれるマグマ成分の相対的な多寡を迅速に推定するために着目すべき化学種や観測項目の調査・選定を進め、それらを選択的に分析する機器や分析条件等を検討する。

2-2 マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動監視技術の高度化

令和6年度にオーバーホールを実施した二酸化硫黄カラム濃度計測装置に対して、テレメータ化への改装を実施するとともに、これまでの観測による機器劣化に対応するため、一部で測器の交換作業を実施する。また、テレメータの試験観測へ向け、通信及びサーバ環境の構築を進めるとともに、テレメータ観測に適した二酸化硫黄放出率の定量技術の改良を進めていく。

オーバーホールで交換した装置の一部を再利用した、軽量・小型化された現地収録型測器を用いた試験観測を行う。この試験観測は、また、令和8年度から実施するテレメータの試験観測に先立つ観測点調査もかねて、阿蘇山において実施する。

極軌道衛星が取得した二酸化硫黄分布データに対して、気象庁局地解析値を用いた後方追跡計算により、日々の二酸化硫黄放出率を算出する手法開発を進める。

3-1 気象衛星・レーダー等による噴火現象の解析

気象衛星ひまわりで観測された衛星データによる火山灰雲解析を継続し、また解析手法の見直しと改良を行う。その結果をもとに火山灰濃度予測に有効な初期値を作成する。

二重偏波気象レーダーを用いて、特に水物質の関与の大きい曇天時等の噴火検知状況の調査を引き続き行う。

3-2 火山灰濃度予測及び確率予測のモデル開発

気象庁メソモデルのアンサンブル予報を用いて、降灰の確率予測の開発を行う。

新しい噴煙モデル（NIKS-1D）の開発・改良を進め、パラメータの調整を行い、実事例を用いてその再現性について評価・確認を行う。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

中村浩二（気象研究所火山研究部）, 鬼澤真也（気象研究所火山研究部第一研究室）, 新堀敏基（気象研究所火山研究部第二研究室）, 坂井孝行（気象研究所火山研究部第三研究室）

他機関との共同研究の有無：無

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象研究所企画室

電話：

e-mail：ngmn11ts@mri-jma.go.jp

URL：http://www.mri-jma.go.jp/

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中村浩二

所属：気象研究所火山研究部