

## 研究プロフィールシート（中間評価）

研究課題名：火山活動の監視・予測に関する研究

（副課題1）地殻変動観測等に基づく火山活動評価

（副課題2）化学的手法等による火山活動監視

（副課題3）火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

研究期間：令和元年度から5年間

研究費総額：251,239千円

研究代表者：齋藤 誠<sup>1</sup>、吉田康宏<sup>2</sup>（火山研究部長）

研究担当者：

（副課題1）副課題代表者：小久保一哉<sup>1</sup>、鬼澤真也<sup>2</sup>（火山研究部第一研究室長）

担当研究者：小久保一哉<sup>1</sup>、高山博之<sup>3</sup>、鬼澤真也、森 健彦、奥山 哲、岡田 純、川口亮平、長岡 優<sup>3</sup>、安藤 忍<sup>4</sup>、島村哲也<sup>4</sup>（火山研究部）、小林昭夫、安藤 忍<sup>3</sup>（地震津波研究部）、瀧山弘明<sup>1</sup>（火山課、火山監視課併任）、加古考範<sup>1</sup>（火山課、地震火山技術・調査課併任）、山本哲也（火山課、火山監視課併任）、長岡 優<sup>4</sup>（地震予知情報課、火山課、火山監視課併任）、菅井 明<sup>2</sup>（火山監視課併任）、小久保一哉<sup>2</sup>（地震火山技術・調査課併任）、山田晋也<sup>2</sup>（地震火山技術・調査課併任）

（副課題2）副課題代表者：菅野智之<sup>1</sup>、高木朗充<sup>2</sup>（火山研究部第三研究室長）

担当研究者：菅野智之<sup>1</sup>、堀口桂香<sup>1</sup>、谷口無我、長岡 優<sup>3</sup>、森 健彦、高木朗充<sup>2</sup>（火山研究部）、橋本明弘<sup>2</sup>（気象予報研究部）、福井敬一<sup>1</sup>（火山課、火山監視課併任）、高木朗充<sup>1</sup>（火山課、火山監視課併任）、風早竜之介<sup>3</sup>（火山課併任）、北川隆洋<sup>1</sup>（火山課、地震火山技術・調査課併任）、中村政道<sup>2</sup>（火山監視課併任）、松本 享<sup>2</sup>（地震火山技術・調査課併任）

（副課題3）副課題代表者：新堀敏基（火山研究部第二研究室長）

担当研究者：新堀敏基、佐藤英一、石井憲介（火山研究部）、橋本明弘（気象予報研究部）、大城久尚（火山課、火山監視課併任）、福井敬一<sup>1</sup>（火山課、火山監視課併任）、土山博昭（航空予報室、火山監視課併任）、稲澤智之<sup>1</sup>（気象技術開発室併任）

研究協力者：福井敬一<sup>2</sup>（気象研究所客員研究員）

<sup>1</sup>令和元～2年度、<sup>2</sup>令和3年度、<sup>3</sup>令和元年度、<sup>4</sup>令和2～3年度

### 1. 研究の背景・意義

（社会的背景・意義）

日本ではこれまでたびたび火山噴火が発生し国民の生命や暮らしが脅かされており、火山との共生は国家的な課題である。国として火山災害の軽減を目指す火山噴火予知研究への取り組みは、1974年度の「火山噴火予知計画」（測地学審議会建議）に始まり、2014年度からは「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（科学技術・学術審議会建議）に基づいて実施されてきた。

2014年9月の御嶽山噴火による戦後最悪の火山災害を受けて、火山噴火予知連絡会では「御嶽山の噴火災害を踏まえた活火山の観測体制の強化に関する報告」（2015年3月）をとりまとめた。その中で気象庁には、「これまでに発生した事象の経験や学術研究の成果を最大限活用した火山活動の評価体制の強化」が求められ、また「過去の水蒸気噴火において、先行現象として地磁気変化や火山ガス成分の変化が観測されている。気象庁は大学・研究機関等と連携して、これらの観測データを長期間安定して蓄積しつつ、水蒸気噴火を繰り返してきた火山の噴火の兆候をより早期に把握するための技術の習得及び開発を行う」とされている。

その後、2016年には火山防災への貢献を目指して文部科学省の「次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト」（10か年）が創設されているが、2018年1月の草津白根山（本白根山）の噴火では、またしても人的被害が発生している。

気象庁では、各火山で実施する観測に基づいて火山活動の評価を行い、噴火予報及び警報の発表、「噴火警戒レベル」の運用を行っている。これらは、国民の安全・安心に寄与するものであり、最近の火山災害に鑑みてなお一層その的確な運用の基礎となる火山活動評価の精度向上は重要な課題となっている。

さらに、火山噴火に伴う噴煙や風の影響を受けて降下する小さな噴石（火山礫）、火山灰といった火山噴出物は広範囲に災害をもたらす。1707年富士山宝永噴火や1914年桜島大正噴火のような大規模噴火を想定して試行したシミュレーションでは、時季によって国内どこでも浮遊火山灰や降灰の可能性があることが推定されている。大規模降灰時は、交通や電力等インフラへの影響による社会的混乱が懸念され、すみやかに除灰などの対策が取れない場合の経済的被害は計り知れない。

2013年5月に出された「大規模火山災害対策への提言」では「大規模な降灰対策」について、「国及び大学等の監視観測・調査研究機関は、的確な予警報の発表や適切な防災対応のために、大規模な降灰の発生、拡散を早い段階で予知・予測する手法や、降雨時においても降灰状況を把握することができるレーダー解析の手法等の調査研究・技術開発に努めるべきである」と提言され、2018年8月末には「大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ」が中央防災会議防災対策実行会議の下に設置されたところである。

浮遊火山灰や降灰対策を立てる上でも、火山噴火時に火山噴出物の即時的な輸送予測の技術を確立するための研究開発は、継続的に取り組む必要のある課題である。

#### （学術的背景・意義）

我が国では、2000年有珠山噴火などいくつかの事例で、前もって噴火の発生を予測することに成功しているが、2014年の御嶽山の噴火では、活動の変化を把握しながら噴火の前兆と評価することができず、さらに2018年の草津白根山の噴火では、常時監視の対象とは別の火口で噴火が発生するなど、火山活動の評価と予測に関して未解決の課題が少なくない。

顕著な火山噴火は低頻度の自然現象であるため、火山の研究においては火山現象の

観測とその事例解析およびモデル化が、今でも欠かすことのできない研究手段である。また、観測データをより高精度に解析するための技術開発が、研究および業務、双方において必要である。

伊豆大島は30数年の間隔で周期的に噴火する火山であり、前回の噴火が1986年であったことから近い将来に噴火する可能性が高いとみられている。気象研究所が、これまで伊豆大島で行ってきた観測研究から、短期的な収縮・膨張という特徴的な現象や、長期的な膨張が球状圧力源で期待されるものよりも東西方向に卓越することなど、マグマ供給系解明の端緒を開く成果が得られている。しかし、噴火準備過程の全容や噴火に至るプロセスを明らかにするためには、GNSS解析やSAR干渉解析での補正の精度を向上させて地殻変動をより詳細に把握すること、地下の物理モデルの構築で欠かせない熱や水などの収支を観測から評価して準備過程の全容を表現する物理モデル構築を目指すことが必要である。

近年GNSSやALOS-2を始めとする衛星SARの解析技術の向上によって、箱根山や霧島山でみられたような微小な火山性地殻変動をとらえることができるようになり、地下数kmの深さにおけるマグマの蓄積や、数百mの浅部の局所的な熱水等の活動も検出できるようになってきた。ただし、大気の影響でみかけの地殻変動がみられることもあり、解析をより精密に行うためには対流圏遅延補正の改良に引き続き取り組む必要がある。

蓄積したマグマや熱水が移動、上昇して噴火に至ることを事前に予測することは大きな課題である。それら火山性流体の内部で生じる物性の変化等と、その動きを妨げる周囲の地殻の構造の変化により、発生する地震活動や地殻変動も多様に変化すると考えられる。地下の物性の分布や変化をとらえる手法として、地震学の分野で近年発展している背景雑音を用いる手法は、この課題へのアプローチとして取り組む価値が高いと考えられる。

火山ガスはその中に含まれる成分ごとにマグマへの溶解度が異なることなどから、噴火の前には火山ガスの組成比が変化することがあると考えられており、これまでにいくつかの事例も報告されている。しかし、火山ガス成分の高精度で高頻度の観測の事例が少ないことや、単純な説明が適用できないことも多いことから、火山ガスの組成分析に基づく火山活動評価の研究は、地球物理学的手法等による研究と比べると進展していなかった。火山活動における火山ガスの寄与の全体像は明らかにされておらず、また明確なモデル化もされていない。

一方で、マグマが直接移動せず活発な地震活動や地殻変動を生じない水蒸気噴火などの解明において、火山ガスは有望な観測項目のひとつと考えられており、火山ガスの直接採取による高精度分析と、火山ガスのセンサーによる高頻度観測をバランスよく行う観測研究は、火山ガスを活動評価に活用する上で有望視されている。

さらに火山噴火の際に、降灰の状況を正確かつ即時的に把握・予測し、推定される降灰の範囲や程度に応じてすみやかに対応をとることは、被害を最小限に抑えるため

に重要である。

火山灰の輸送や火山礫の降下範囲の予測には、初期値として噴煙高度が用いられている。現状の噴煙高度は、遠望カメラ等を用いた目視観測によって得られているが、火山の山頂部周辺に雲がかかっている場合や規模の大きな噴煙の場合は、目視観測では噴煙高度が把握できず、正確な予測が困難になっている。噴煙の高度や量を観測する手段として気象レーダーの有効性が注目されており、過去5か年の研究では、2014年御嶽山、2017～18年霧島山（新燃岳）、2018年草津白根山（本白根山）噴火で噴煙の範囲や高度、およびそれらの時間変化を明らかにしてきた。また、Kuバンド高速スキャンレーダーによる噴煙の3次元構造変化の約1分毎に取得（世界初）や、Xバンド二重偏波レーダーによる噴煙内部の火山噴出物の状態変化の捕捉にも成功している。しかし、現在のレーダー観測技術では、噴煙と雨雲の判別、噴煙中の火山灰・礫の総量や分布等の即時的かつ定量的な把握などは実現していない。レーダー観測や気象衛星観測を活用して、火山噴火時に正確な降灰量分布の予測や、正確な降礫範囲の予測をするためには、研究開発を継続する必要がある。

火山噴出物の移流拡散予測について、これまで降灰・降礫を対象とした領域移流拡散モデルと浮遊火山灰を対象とした全球移流拡散モデルの開発および火山灰データ同化システム（プロトタイプ）の作成を行ってきた。しかしながら、領域移流拡散モデルは海拔約20 km以下の下部成層圏までの噴煙しか予測できないため、大規模噴火時に想定される上部成層圏まで達するような強い噴煙にも対応するには、全球移流拡散モデルによる降灰・降礫予測が必要である。また初期値に用いている噴煙供給源モデルには、弱い噴煙における風の影響や強い噴煙に伴う傘型噴煙が入っていないため、噴煙観測に基づく火山灰データ同化による修正が課題である。このため、全球／領域の二つのモデルを統一して、降灰・降礫から浮遊火山灰まで一貫して扱える新しい移流拡散モデルの開発が必要である。その上で、火山灰データ同化システムと結合して初期値改善を図るとともに、火山灰の凝集や再飛散などの物理過程の導入と合わせて、予測精度向上を図ることができる。

#### （気象業務での意義）

気象庁は、国の行政機関として信頼できる火山情報を一元的に広く提供する責務を負っており、地殻変動観測等による火山活動評価が、震動観測等による火山活動のモニタリングと並んで、火山監視業務の技術的な柱となっている。特に地殻変動観測は、地下のマグマや熱水等の蓄積を圧力源モデルとして検出できる火山監視に有効な手法のひとつであるため、GNSSや傾斜計等による地殻変動の監視が行われている。これらのデータについて、火山監視への高度な利用を図り、適切な火山活動評価に活用する手法を開発・改良することは、火山監視業務への大きな貢献である。

気象庁では平成27年度から順次4火山（御嶽山、吾妻山、草津白根山、九重山）に多成分火山ガス連続観測装置を設置して観測を開始したが、観測データの品質管理や評価手法について課題を多く抱えている。これらの課題解決に向けた協力が、気象

庁からの行政要望にあげられている。

気象庁が目指す火山ガス観測による火山活動評価を実現するためには、現地で直接採取した火山ガスを精緻に分析し、火山活動評価にどのように活用しうるのかなどを研究する必要があり、その研究成果は気象庁火山監視業務に直接貢献する。

気象庁で行っている降灰予報（速報・詳細）は現在、目視観測による噴煙高度に依存しているため、噴煙高度の観測ができないときには正確な降灰予報が困難となる。目視観測を補う噴煙の観測手法の確立が急務である。

また予測対象に降礫を含む降灰予報（速報）では、予測計算の高速化が求められている。高速化によりリアルタイムで計算実行できるようになれば、想定外の火口からの噴火や噴火後すぐに降り始める火山灰や火山礫へも対応が可能になる。

さらに航空路火山灰情報については、現在は火山灰が浮遊する範囲のみの情報であるが、合わせて火山灰の濃度に関する確率的予測を提供しようという動きが国際航空路火山監視のためのロードマップにある。新たに開発する移流拡散モデル、さらにはその初期値となる供給源モデルを高度化した火山灰データ同化・予測システムの構築は、このような課題にも対応する。

## 2. 研究の目的

（全体）

火山活動への理解を深め、火山現象の評価・予測の精度を高めることにより、気象庁火山業務における噴火警報、噴火警戒レベル、降灰予報、航空路火山灰情報などの改善に資する。

### （副課題1）地殻変動観測等に基づく火山活動評価

火山内部の状態把握をよりの確に行えるよう地殻変動データなどの解析手法の開発・改善を進め、噴火に至るプロセス等の解明を行うことにより、火山活動評価手法の改善を図る。

### （副課題2）化学的手法等による火山活動監視

化学的手法等による観測・分析によって火山ガス活動の理解を深め、火山噴火の前兆を早期に把握する監視手法を開発し、火山活動予測への活用を図る。

### （副課題3）火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

噴火現象の即時的な観測技術および予測技術の開発・改良を行うことにより、大規模噴火にも対処可能な「降灰予報」および「航空路火山灰情報」とその精度向上を図る。

## 3. 研究の目標

（全体）

地殻変動や火山ガスなどの観測データの解析をとおして、火山活動の理解を深めるとともに、火山内部の状態をよりの確に把握することで、火山活動予測、火山活動評価の改善を図る。また、噴火に伴う浮遊火山灰や降灰等、噴火現象の即時的な把握技術および予測技術の開発を行う。

#### (副課題 1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

**【テーマ 1】**伊豆大島で地殻変動源解析によりマグマ蓄積量を迅速に把握し、多項目観測を統合したプロダクトと精密に補正した重力観測データを用いて、マグマ上昇の検出・モニタリングを行う。地表面熱・水収支、およびマグマ・揮発性成分収支のモデルを構築し、火山活動評価への活用を図る。他の活動的火山でも活動評価に資する地殻変動等の解析を行う。

**【テーマ 2】**衛星 SAR 解析における大気遅延補正を気象モデルを用いて高精度化し、GNSS 解析にも気象モデルを導入して、火山における地殻変動検知能力を向上させる。また、火山活動の理解を深めるために、地殻変動から地下の変動源の時空間変化を推定する手法、及び地下のマグマ挙動に伴う地殻変動のシミュレーション手法を開発し、それらの事例解析の比較により解析手法と物理モデルを改良する。

**【テーマ 3】**伊豆大島の震動観測データに地震波干渉法を適用して、地下の速度構造の時間変化の要因を評価することにより、火山活動に伴う速度構造変化を検出する手法を開発する。

#### (副課題 2) 化学的手法等による火山活動監視

**【テーマ 1】**直接採取による火山ガスや火山灰および熱水の化学分析や安定同位体比の分析研究を進めることで、火山ガス活動の理解を深め、個々の火山における火山ガス活動の機構の解明を目指す。

**【テーマ 2】**火山ガスの放出率や組成比をモニタリング・評価する技術を開発する。テーマ 1 による火山ガス活動への理解をふまえ、副課題 1 の地殻変動などの物理観測データも組み合わせた多項目解析を行うことで、火山活動評価への活用を図る。

#### (副課題 3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

**【テーマ 1】**気象レーダー等の観測データを用いて、噴火現象の検知や噴煙に含まれる火山灰等の定量的推定手法を開発する。

**【テーマ 2】**浮遊火山灰や降灰等を統一的に予測するための新しい移流拡散モデルを開発・改良する。さらに火山灰データ同化システム（プロトタイプ）と結合させることにより、気象レーダー等による観測値と移流拡散モデルの予測値に基づく火山灰データ同化・予測システムを構築する。

中間評価時の到達目標

#### (副課題 1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

**【テーマ 1】**伊豆大島の地殻変動（源）解析を迅速化・自動化する。繰返し重力観

測データの精密な補正手法を確立する。地表面の熱収支観測による地表面熱・水収支モデルを構築する。マグマ・揮発成分収支の関わる観測データ及び活動場の物性の既存資料を調査する。他の活動的火山についても地殻変動等の解析を行う。

【テーマ2】 干渉 SAR 及び GNSS の気象モデルを用いた補正・解析プログラムの開発を進める。マグマの状態・活動を地殻変動から推定する手法及びマグマの活動に伴う地殻変動シミュレーションプログラムを開発する。

【テーマ3】 地震波干渉法を用いて伊豆大島地下の地震波速度構造を求め、その時間変化の検出を試みる。

#### (副課題2) 化学的手法等による火山活動監視

【テーマ1】 火山ガス活動が活発な火山において火山ガス、火山灰や熱水等採取・蓄積し分析することで、その火山における活動を化学的データにより説明し理解を深めることが可能な事例を示す。

【テーマ2】 連続的な二酸化硫黄放出量の試験観測を着手し、さらに気象モデルを用いることでどの程度の精度まで放出率を推定することが可能かについて評価する。

#### (副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

【テーマ1】 気象レーダー等による噴煙の解析結果を、降灰や大気中の火山灰の実観測データによって検証するスキームを確立し、実事例に適用する。

【テーマ2】 新しい移流拡散モデルを設計・開発して技術報告にまとめる。またこれを火山灰データ同化システムに組み合わせる準備をする。

### 4. 研究成果

#### (1) これまで得られた成果の概要

##### (全体)

地殻変動観測等に基づく火山活動評価については、伊豆大島におけるマグマ蓄積から噴火に至るプロセスの解明に向けて多項目の観測を実施するとともに、それぞれのデータに対し火山活動評価への適用に向けた技術開発を進めた。また、地殻変動検知能力の向上を目指した SAR 及び GNSS 気象補正技術の開発、地形の影響を取り込んだ地殻変動源解析法を行った。併せて、火山内部の状態モニタに向けて、地震波干渉法による速度変化の検出に取り組んだ。

化学分析に基づく観測研究では、水蒸気噴火の発生が懸念される箱根山や草津白根山の観測データを取得し、箱根山のマグマ熱水系モデルを提案する等、火山活動や熱水系の構造について地球化学的な理解を深めた。火山ガス活動のモニタリングに関する研究では、二酸化硫黄放出率モニタリング手法の開発研究にむけ、試験機による準備、高解像度気象シミュレーションによる調査を進め、今年度中に連続観測網を展開する準備中である。

火山噴出物の監視技術の研究では、気象レーダーを用いた噴煙高度の確率的推定手法を改良した。同手法の改良により、2018年1月23日草津白根山(本白根山)

噴火の噴煙高度は海拔  $5580 \pm 506$  m ( $1\sigma$ )と推定した。2次元ビデオディストロメーターの観測データを用いて、二重偏波気象レーダーで解析した噴煙内部の粒径分布を検証する手法を開発した。輸送予測の研究では、新しい気象庁移流拡散モデルを開発し、技術報告を発行して、現業化した。火山灰データ同化システム（プロトタイプ）を気象庁移流拡散モデルと結合して、合わせて現業化した。

## （副課題1）地殻変動観測等に基づく火山活動評価

### 【テーマ1】火山活動の活発化や噴火へ至るプロセスの解明

#### 伊豆大島

##### （地殻変動）

- ・伊豆大島においてGNSS、光波測距、多成分ひずみの地殻変動観測を継続した。
- ・GNSSデータから地殻変動のモニタリング、変動源位置、マグマだまりのマグマ蓄積量の変化の推定を行った。
- ・多成分ひずみ計のデータについて、気象庁傾斜計3台で得られる遠地地震波の変位波形による水平ひずみを用い、キャリブレーション行列を求めた。地殻変動源の挙動をモニタリングする性能の評価のため、GNSS観測から得られている変動源の周期的収縮・膨張に茂木モデルを適用して関係を検討した。膨張量の変化については、せん断ひずみによりモニタリングが可能で、主ひずみ方位も変動源に対して矛盾はなく相対変化を追跡できることを確かめた。
- ・ALOS/PALSARおよびALOS-2/PALSAR-2データを用いた干渉SAR時系列解析を行い、三原山山頂火口周辺の局所的な地殻変動（年間約1~2cmの沈降）を検出した。
- ・GNSSについては、継続的な観測、安定的な解析処理のために老朽化した観測点及び解析サーバの更新を実施している。

##### （重力）

- ・絶対重力点を利用したスケール検定・校正により、これまで重力計個体間で齟齬のあった測定結果が整合するようになり、測定値の信頼性が大きく向上した。また観測点毎の重力鉛直勾配の実測値・推定値を器械高補正に適用することにより、2種の重力計の差を解消する効果を確認した。これらにより、山頂部沈降に伴う重力増加、標高差の大きい観測点組合せでの天水浸透の影響と推定される大きな重力変化が明瞭に認められるようになった。
- ・GNSSによる地盤上下変動と重力鉛直勾配から、高さ変化に伴う重力変化の定量化を行えるようになった。

##### （熱観測）

- ・研究計画初年度に、カルデラ内の噴気地及び非噴気地の2ヶ所に地表面熱収支観測装置を設置し、連続観測を開始した。また、研究計画2年目より、UAVを用いた空中熱赤外観測を開始した。空中熱赤外観測はこれまで季節の異なる3回の観測を実施し、それぞれ地表面温度分布のオルソモザイク画像を生成した。ただし、測定される温度値は実温度から外れ、定量解析に向けた検討が必要であることが分かった。



- ・本研究課題の計画を策定するために予察的に実施したカルデラ南部地域での 1 m 深地温マッピング観測データを整理した。各点を季節変動に従う点と火山活動による地温兆候が認められる点に分離し、後者は現在も噴気が視認できる地域あるいは過去に噴気の認められた地域に一致することを確認した。

(概念モデル)

- ・熱・水収支モデルの構築に向けて、東京大学地震研究所によるカルデラ内 1,000m 深坑井温度データを解析し、これまで情報の得られていなかった海水準下の層準について熱・流体の流れ、浸透率を推定した。
- ・文献調査により、地殻熱流量、地下水位、浸透率等の既存データの整理を進めた。
- ・文献調査により、過去のマグマ噴出量の整理を進めた。

### その他の火山

- ・西之島について SAR 衛星 (ALOS-2/PALSAR-2) データを解析し活動推移のモニタリングを行った。差分干渉解析から噴火時や非噴火時に伴う地殻変動を検出、強度画像および相関画像から陸域面積および溶岩噴出率を推定した。
- ・吾妻山の GNSS 時系列データについて、プレート運動に起因する定常トレンド、季節による年周変化を関数フィッティングで近似し補正した。その結果、2013 年以降、3 回 (2014-15、2018-19、2020-2021) の深部膨張イベントが発生していることが明らかとなった。
- ・その他、十勝岳、霧島山、口永良部島等の火山で、地殻変動解析で変動源を推定し、火山活動評価に資する結果を得た。
- ・福岡ノ場の SAR データについて、噴火前後の強度画像を比較することにより、新島の出現を確認した。

### **[テーマ 2] 火山活動の解析・評価のための手法開発**

#### 干渉 SAR および GNSS の対流圏遅延補正の高精度化

- ・気象庁の数値気象モデルを用い、任意の方位角・仰角について数値積分により対流圏遅延量を計算するプログラムを開発した。
- ・干渉 SAR の対流圏遅延補正については、このプログラムにより画像中の各点における視線方向遅延量を直接計算し、それをオリジナルの干渉画像から減ずることで良好な結果を得た。
- ・GNSS については、天頂方向遅延量と仰角 10 度における遅延量から a priori な遅延量モデルを構築し、それを座標値推定に用いることで、既存の対流圏遅延補正モデルとほぼ同等の結果を得た。

#### 地殻変動源解析の手法開発

- ・境界要素法を適用し、山体地形の影響を考慮した地殻変動計算手法を開発した。圧力源の標高が観測点と同程度より浅い場合には、境界要素法により求められる変位量や傾斜変化量と標高補正茂木モデルから求められる変位量や傾斜変化量の差が大きくなること示した。この結果を用いて、標高補正茂木モデルによって浅部圧力源による地殻変動データの解析を行った場合に圧力源の深さや変化量の解析結果に与える影響を評価し、この手法の適用限界を示した。

- ・開発している地殻変動計算手法を火山監視業務に導入するための検討を進めた。常時監視火山のうち 18 火山で山体地形メッシュ作成をできるようにし、圧力源も複数の形状を選択できるようにした。山体地形モデル作成や圧力源モデルの設定に加えて計算結果作図機能を追加し、これらの作業を簡単に行うための GUI プログラムを作成した。

### **[テーマ3]** 監視観測データの活用的高度化

- ・伊豆大島の震動データ（地震一元化観測点データ）をリアルタイムで取得、蓄積、表示するシステムを構築した。
- ・伊豆大島において、脈動記録を用いた地震波干渉法解析を行い、地震波速度の時間変化を検出した。

## **(副課題2) 化学的手法等による火山活動監視**

### **[テーマ1]** 化学分析に基づく火山活動の理解に関する研究

- ・熱水系が発達して水蒸気噴火の発生が懸念される箱根山、草津白根山、霧島山硫黄山などを対象として火山ガスや熱水、火山灰などを繰り返し採取し、それらの化学組成・安定同位体比などを実験室で精密に分析した。これらの分析によって得られた地球化学的データを地質・鉱物学的知見および火山性地震や地殻変動、地磁気といった地球物理学的な観測結果とともに総合的に考察し、水蒸気噴火の発生場の推定や、地球化学的データを説明する最適なマグマ-熱水系モデルの提案を実施した。また、提案したマグマ-熱水系モデルに基づいて火山活動監視において有益な地球化学的指標を見出し、それらの観測結果を火山噴火予知連絡会などに提供した。

### **[テーマ2]** 火山ガス活動のモニタリングに関する研究

- ・気象庁により試行的に行われている多成分火山ガス連続観測では、化学センサーの電圧感度変化に対する課題があるが、年2回の校正データをもとに線形補正の後処理を行うことで電圧感度に対する補正が可能であることを確認した。また、吾妻山、草津白根山、および九重山において、採取したガスの分析や、可搬型の同装置による比較観測を実施し、連続的に使用するセンサーの感度低下の状況を把握し、リアルタイムの補正手法の開発にむけてデータ蓄積を行った。
- ・多成分火山ガス観測装置で用いられるセンサーを、実験室において様々な条件で火山ガスに人工的に曝露させることで、感度低下の状況を把握した。また、硫化水素の標準ガスを乾燥状態で連続曝露させたところ、積算濃度 400,000 ppm s で約 11%の電圧感度が生じることを明らかにした。
- ・二酸化硫黄放出率モニタリング手法の開発のための連続観測装置の試験機を準備し、機能及び測定精度の評価を進めた。阿蘇山における機能試験において、測定ソフトのアルゴリズムの検証を行い、測定法に問題がないことを確認した。解析ソフトの精度についても、同時に行った機動観測結果と矛盾しないこと、データの S/N 比にも問題がないことを確認した。今年度中に、5点から構成される観測網を、薩摩硫黄島において構築する予定である

- ・二酸化硫黄放出率モニタリング手法の開発のため、高解像度気象シミュレーションから得られた風速場を用いて、阿蘇山火口を放出源とするトレーサ移流拡散実験を、放出率の鉛直分散・トレーサの水平拡散係数を数通り与えて実施した。その結果と、トラバース観測から得られた二酸化硫黄カラム量分布を組み合わせ、放出率の鉛直プロファイルや拡散係数を最適化する手法の開発を進めた。その結果、火口上空の二酸化硫黄放出率プロファイルには鉛直分散を適切に与え、かつ、トレーサの水平拡散係数も適切に与える必要があることが分かった。

### (副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

#### [テーマ1] 気象レーダー・衛星等による噴火現象の観測

- ・気象研究所 X バンドマルチパラメータレーダー（気象研 MP レーダー）および Ku バンド高速スキャンレーダーによる噴煙観測と 2次元ビデオディストロメーター（2DVD）による降灰観測を実施した（気象研 MP レーダーと 2DVD による観測は継続中）。2DVD による観測では、扁平な小粒子が多いことが確認された。このことは、大きな粒子の離脱によって、小さな粒子が数多く残った噴煙または火山灰雲を MP レーダーで観測した際に、扁平度を表すパラメータ（反射因子差）が増加することに対応すると考えられる。
- ・気象レーダーを用いた噴煙高度の確率的推定手法の改良について、大気屈折率、地球楕円体の効果の組み込み、ジオイド補正を追加した、MPE（Modified Probabilistic Estimation）法の開発を行った。MPE 法を 2018 年 1 月 23 日草津白根山（本白根山）噴火事例に適用し、噴煙高度を海拔  $5580 \pm 506$  m ( $1\sigma$ ) と推定した。
- ・気象庁一般気象レーダーによる噴火事例（2019 年 8 月 7 日浅間山、2020 年 1 月 11 日・2 月 3 日口永良部島、6 月 4 日桜島）の解析資料は、火山噴火予知連絡会に提出した。噴石が 3 km を超えて飛散した 2020 年 6 月 4 日桜島噴火事例を解析し、噴煙高度が（火口縁上）約 8000 m 以上に達していたと推定した。
- ・2DVD の観測データを用いて、二重偏波気象レーダーで解析した噴煙内部の粒径分布を検証する手法の開発を行った。概要としては、気象レーダーによって解析された粒径分布（および形状）を持つ粒子群を仮想的に落下させ、2DVD による観測値と比較する。ただし、2DVD データは固定観測点で得られるものであるため、原理上、検証可能な粒径が制限されることに注意が必要である。

#### [テーマ2] (1) 新しい移流拡散モデルの開発・改良

- ・全球移流拡散モデルと領域移流拡散モデルを統一した新しい気象庁移流拡散モデル（JMA-ATM）について、気象庁開発管理サーバにサブプロジェクトを立上げ、開発した。JMA-ATM による火山灰拡散および降灰予測は、旧モデルと同等の予測精度を保持すること検証した。
- ・JMA-ATM の設計内容から精度検証について、気象研究所技術報告にまとめて発行した。
- ・降灰予報および航空路火山灰情報を発表する気象庁火山灰情報提供システム

(VAFS) の更新に合わせて、JMA-ATM を現業化した。MPI 計算による高速化により想定外火口からの速報、また全球 GPV の入力により大規模噴煙からの予報が可能になった。

#### [テーマ2] (2) 火山灰データ同化・予測システムの構築

- ・2016年10月8日阿蘇山噴火の事例について、降灰データを逆解析して新旧移流拡散モデルを実行し、初期値の不確実性を示した。
- ・予報官による気象衛星画像の解析(予報官解析)を用いた火山灰データ同化システム(プロトタイプ)をJMA-ATMと結合した。同システムで作成した初期値を用いることで、火山灰雲の中心位置・火山灰雲の面積の予測が改善することを確認した。
- ・気象庁VAFSの更新に合わせて、火山灰データ同化システム(プロトタイプ)も現業システム(気象庁数値解析予報システム(NAPS))に導入した。
- ・火山灰雲の定量的予測のために、衛星解析による定量的な火山灰雲の物理量(火山灰プロダクト)をJMA-ATMの初期値に反映させる仕組みを作成した。

#### (2) 当初計画からの変更点(研究手法の変更点等)

##### (副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

特になし。

##### (副課題2) 化学的手法等による火山活動監視

感染症拡大のため、調査観測の一部は実施できていない。

多成分火山ガス連続観測の補正技術について、当初は想定していなかった実験室における化学センサーの電圧感度の時間変化を把握するための実験に取り組むこととした。

##### (副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

[テーマ1]について、現業業務への早期活用を目指すため、噴煙高度の確率的推定手法の改良を優先的に行った。Kuバンド高速スキャンレーダーは機器故障のために観測を中止し、気象研MPレーダーと2DVDによる観測のみに変更した。

[テーマ2]について、JMA-ATMの開発が進捗したことから、火山灰データ同化システム(プロトタイプ)との結合を令和2年度までに行った。これに伴い、火山灰データ同化・予測システムの初期値(供給源モデル)を改善するために、噴煙モデルの開発を新たに開始した。

#### (3) 成果の他の研究への波及状況

(副課題1) [テーマ2]で開発した地殻変動源解析プログラム、及び(副課題3) [テーマ2]で開発したJMA-ATMは、文部科学省次世代火山研究推進事業の「シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発」に活用している。(副課題2) [テーマ1]で取得した採取・分析成果は、同事業の「地球化学的観測技術の開発」に活用している。

(副課題2) [テーマ1]で得られた化学分析に基づく火山活動の理解は、福岡管

区气象台等の地方共同研究に展開している。(副課題3) [テーマ1] で開発した二重偏波レーダー解析のためのプログラムやスクリプトは、鹿児島地方气象台との地方共同研究に展開している。

#### (4) 事前評価の結果の研究への反映状況

所外の研究グループとの連携については、文部科学省次世代火山研究推進事業(副課題1、2、3)、京都大学防災研究所・防災科学技術研究所・気象庁・気象研による共同研究(副課題3)、神奈川県温泉地学研究所との共同研究(副課題1、2)、東海大学との共同研究(副課題2)、鹿児島大学との共同研究(副課題3)、産業総合研究所との連携(副課題3)、福岡管区气象台等との地方共同研究(副課題2)、鹿児島地方气象台との地方共同研究(副課題3)などを実施している。

##### (副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

- ・衛星SARの気象モデルによる補正については、共同研究の枠組みを通じ、得られた成果を火山・地震等分野を問わず他のSAR研究者と積極的に共有する方針で開発を進める。
- ・伊豆大島における観測研究については、これまで地殻変動観測からマグマ蓄積過程を捉えてきた。本中期計画ではマグマ上昇を念頭に置き、1986年噴火時の観測・研究成果を参照しながら、重力観測の意義を再検討するとともに、新たに熱観測に着手することとした。併せて、種々の観測データ変化の検出にとどまらず、それらを引き起こす地下の過程を理解する足掛かりとして、熱・水収支に関わる諸量を取りまとめた概念モデル作成に取り組むこととした。

##### (副課題2) 化学的手法等による火山活動監視

- ・マグマや水蒸気の蓄積に伴って火山ガスの成分がどのように変動するのかを説明するモデルに関しては、テーマ1「化学分析に基づく火山活動の理解に関する研究」において、箱根山のマグマ熱水系モデルを提案し、噴火発生場について考察した論文を発表した。

##### (副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

- ・[テーマ1] の噴火現象の気象レーダーによる解析に関しては台風・災害気象研究部に併任、気象衛星データの解析に関しては気象観測研究部と所内連携している。
- ・[テーマ2] の火山灰データ同化システムの開発に関しては東京大学地震研究所外来研究員として連携しながら実施している。

#### 5. 今後の研究の進め方

##### (副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

[テーマ1] 引き続き伊豆大島において火山活動の活発化や噴火に至るプロセスの解明に向けた多項目の観測を実施する。これらのデータを利用し、解析の迅速化・自動化、地殻変動と重力を併せたマグマ上昇モニタリング法の構築、放熱量の定量化、概念モデルの作成を進める。その他の火山についても、活動活発化等の際には随時、

データ解析を行う。課題としては既存観測点の更新や観測の立ち上げに労力を割いてしまうことであり、これらの効率化を図る必要がある。

【テーマ2】引き続き、SAR 及び GNSS 気象補正に関する技術開発を進める。干渉 SAR については、既に一定の補正効果が確認できたことから、メソ解析と局所解析・大気屈折率の計算手法など、モデルによる差異について調査するとともに、業務化を視野にアプリケーションの作成を進める。GNSS については、改善の余地について調査を進め、一層の精度向上を図る。地殻変動源解析については、今後は変動源の時間変化の推定やマグマ挙動を想定した地殻変動の時間変化のシミュレーションの開発を進める。

【テーマ3】引き続き、地震波干渉法による速度変化の検出に取り組む。今後は、時間変化の要因の評価やノイズ除去等の検討を進める。課題としては、専門性の高い研究課題においては個人能力に依存するところが大きく、研究計画策定後の人事異動により研究の継続性や技術開発に困難が生じていることである。

#### (副課題2) 化学的手法等による火山活動監視

【テーマ1】引き続き、水蒸気噴火の発生が懸念される火山の観測データを取得して、火山活動や熱水系の構造について地球化学的な理解を深める。

【テーマ2】二酸化硫黄放出率モニタリング手法の開発研究に注力し、実践的な観測研究の開始と、気象モデルによるシミュレーションを進め、最終年度までに両者を統合したモニタリング手法を検討する。

#### (副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

【テーマ1】引き続き、桜島での気象研 MP レーダーと 2DVD 観測を継続するとともに、二重偏波気象レーダーによる噴煙内部の粒径分布の解析手法を開発する。課題として、桜島の噴火回数が少なくなったため、気象研 MP レーダーと 2DVD の観測の対応が良い事例が取得できていない。そのため、当面は過去データの見直し、国土交通省 XRAIN など部外データの確認・解析も行う予定とする。

【テーマ2】火山灰プロダクトを用いて JMA-ATM による定量的な火山灰拡散予測のための仕組みの開発・検証を進める。さらに JMA-ATM 本体の改良とともに、その初期値(供給源モデル)を改善するために、噴煙モデル(プロトタイプ)を新たに開発する。課題として、定量的な火山灰拡散予測については、どのような観測を用いて検証を行うかが重要となる。また噴煙モデル(プロトタイプ)については、噴煙の形状が傘型になるか否かを判断するスキームの確立が必要となる。

## 6. 自己点検

### (1) 到達目標に対する進捗度

一部に若干の遅れはあるものの、全体的に、ほぼ予定通りに進捗している。

#### (副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

【テーマ1】地殻変動データ解析の迅速化・自動化および放熱量推定に向けた定量解析については、それぞれ観測点更新や観測立ち上げに費やすことで若干の遅れが生じているが、テーマ全体として、概ね順調に進んでいる。

[テーマ2] SAR 気象補正については着実に進展している。GNSS 気象補正に関しては遅れを取っていたが、SAR における知見を応用することにより、遅れを取り戻しつつある。地殻変動源解析については、開発したプログラムの監視・評価業務への適用に優先的に取り組んだため、若干の遅れが生じているが、概ね順調に進んでいる。

[テーマ3] 当初予定通り、伊豆大島の地震波速度変化の検出まで進んでいる。

#### (副課題2) 化学的手法等による火山活動監視

[テーマ1] 箱根山、草津白根山、霧島山硫黄山等で精力的な観測研究を実施し、箱根山のマグマ熱水系モデルを提案し、草津白根山では推定される噴火機構から、監視すべき指標の化学成分の比について提案する等、火山活動の理解を深める成果を発表し、想定以上の進捗がみられた。

[テーマ2] 二酸化硫黄放出率モニタリング手法の開発研究にむけ、試験機による準備、高解像度気象シミュレーションによる調査を進め、今年度中には試験観測の観測網を展開することになっており、ほぼ予定通りの進捗である。

#### (副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

[テーマ1] 当初計画通りである。

[テーマ2] 火山灰データ同化システムの開発に関しては、当初計画より進捗している。

### (2) 到達目標の設定の妥当性

目標の設定は妥当。

### (3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

共同研究等の連携を数多く行うことで効率的に進めている。

気象庁が有する数値予報の技術も活用するなど、既存の技術や知見を活用している。

#### (副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

##### [テーマ1]

- ・絶対重力計を所有する東京大学地震研究所との共同研究により、重力計スケール検定の機会を得、データ補正技術の構築が大きく進んだ。
- ・ALOS-2 の防災利用実証実験に参画し、火山噴火予知連絡会の衛星解析グループの枠組みにおいて、SAR 観測データおよび干渉解析結果の共有を行い、効率的な研究推進を図っている。
- ・次世代火山研究推進事業（文部科学省）の課題B「先端的な火山観測技術の開発（サブテーマ2：リモートセンシングを活用した火山観測技術の開発、サブテーマ2-1：可搬型レーダー干渉計と衛星 SAR による精密地殻変動観測技術の開発）に参画し、SAR 観測データの共有を行い、複数の国内外火山における干渉 SAR 解析を実施し、解析結果を本研究でも活用している。

[テーマ2] 次世代火山プロジェクトに参加することで、数値計算やシミュレーション技術の情報が得られている。

#### (副課題2) 化学的手法等による火山活動監視

[テーマ1] 観測を他大学等と連携して実施することで、効率的な観測研究を実現している。

[テーマ2] 研究手法等に関する都度都度のうち合わせを、気象庁地震火山部や連携機関と臨機に実施する仕組みで進めている。

(副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

[テーマ1] 客員研究員の協力も得つつ実施している。

[テーマ2] 気象庁が有する数値予報の技術も活用しつつ研究している。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

各副課題において、火山活動に伴って得られたデータを迅速に解析し、その研究成果を気象庁の火山業務担当者に提供し、火山活動評価に貢献するとともに、火山噴火予知連絡会のメーリングリスト等を通じ、政府機関や火山研究者にも広く共有している。

(副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

[テーマ1]

- ・本庁・各管区气象台に駐在する分室研究官は、各火山監視・警報センターにおいて、本研究課題で得られた知見を随時還元するとともに、活動活発化や噴火時には業務化されていないデータ解析を行い報告することで、火山活動評価に多いに貢献している。さらに噴火警戒レベル判定基準の策定にも直接かかわることで貢献している。
- ・SARについては、全国の火山の噴火発生に緊急時に迅速解析を実施するとともに、常時監視が難しい離島火山における活動モニタリングに貢献している。これらの解析結果を気象庁及び火山噴火予知連絡会に提供した。

[テーマ2] 開発した地殻変動計算のプログラムでは、常時監視火山への適用、一般職員の利用を想定したGUI開発を進めており、火山監視・評価業務での利用が期待される。また山体地形の影響を考慮しているため、気象庁が展開する火口周辺観測点のデータを使った火山活動評価の高度化への貢献が期待される。

(副課題2) 化学的手法等による火山活動監視

[テーマ1] 箱根山、草津白根山、霧島山硫黄山等の分析結果を、気象庁及び火山噴火予知連絡会に共有した。

[テーマ2] 本庁で実施する多成分火山ガス連続装置の運用に資するため、その可搬型装置を用いて機動的な研究観測を実施し、比較観測や周辺噴気孔等調査結果を気象庁に共有して、監視技術の向上に寄与している。

(副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

[テーマ2] 本課題で開発した火山灰データ同化システム(プロトタイプ)と結合したJMA-ATMは、気象庁降灰予報および航空路火山灰情報で運用を開始した。また同モデルは、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(平成30~令和4年度)の「衛星SAR解析および降灰シミュレーションによる広域降灰厚分布把握技術の開発」で活用される予定である。



## (5) 総合評価

以下のように、一部に若干の遅れはあるものの、いずれの副課題においても研究は着実に進展しており、順調に研究成果があがってきている。

### (副課題1) 地殻変動観測等に基づく火山活動評価

[テーマ1] 伊豆大島におけるマグマ蓄積から噴火に至るプロセスの解明に向けて、地殻変動、重力観測を継続するとともに、新たに熱観測を開始した。重力については、重力計の種類・個体差に起因する影響の補正、高さ変化に伴う重力変化の定量化が進んだ。

[テーマ2] SAR 及び GNSS 気象補正に適用するために、気象庁の数値気象モデルを用い、任意の方位角・仰角について数値積分により対流圏遅延量を計算するプログラムを開発した。SAR については、対流圏遅延による誤差を大幅に軽減した。また、地形の効果も含めた地殻変動源解析法を開発した。

[テーマ3] 地震波干渉法により伊豆大島地下の速度変化を検出した。

### (副課題2) 化学的手法等による火山活動監視

[テーマ1] 地球化学的試料の採取および分析により、火山活動やその機構の理解を進める研究が進捗した。また、火山活動に関する地球化学的なモニタリング手法のための研究が進捗しており、評価・監視への貢献が期待できる。

[テーマ2] 二酸化硫黄放出率モニタリング手法の開発研究にむけ、観測準備、及び気象シミュレーションによる試行調査を進め、今後展開する本格的な観測研究とシミュレーション研究にむけた準備が整ったところである。

### (副課題3) 火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測

[テーマ1] 後期計画の重要な課題である気象レーダーにより噴煙内部の定量的推定手法を開発するための準備—降灰観測データを用いた検証スキームの確立—ができた。

[テーマ2] 気象庁降灰予報および航空路火山灰情報の業務改善に資する成果が得られた。

## 7. 参考資料

### 7.1 研究成果リスト

#### (1) 査読論文：

1. D' Araujo J., F. Sigmundsson, T. Ferreira, J. Okada, M. Lorenzo, and R. Silva, : Plate boundary deformation at the Azores triple junction determined from continuous GPS geodetic measurements, 2002–2017. Journal of Geophysical Research Solid Earth. (submitted)
2. Yaguchi, M., T. Ohba, Y. Hirayama, and N. Numanami, 2021: Volcanic ash from the eruption of the Yakedake volcano on June 17, 1962: stereomicroscopic, XRD, and water-soluble components analyses. Journal of Disaster Research. (submitted)
3. Yaguchi, M., T. Ohba, and A. Terada, 2021: Magma-hydrothermal interaction

- beneath Yugama Crater Lake at Kusatsu-Shirane volcano (Japan) through water analysis. *Frontiers in Earth Science*. (submitted)
4. Goto, A., K. Fukui, T. Hiraga, Y. Nishida, H. Ishibashi, T. Matsushima, T. Miyamoto, and O. Sasaki, 2021: Reply to: H. Sato et al., “Flowage of the 1991 Unzen lava; discussion to Goto et al. ‘Rigid migration of Unzen lava rather than flow’, *J. Volcanol. Geotherm. Res*, 110, 107073.”. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. (in press)
  5. Terada, A., W. Kanda, Y. Ogawa, T. Yamada, M. Yamamoto, T. Ohkura, H. Aoyama, T. Tsutsui, and S. Onizawa, 2021: The 2018 phreatic eruption at Mt. Motoshirane of Kusatsu-Shirane volcano, Japan: eruption and intrusion of hydrothermal fluid observed by a borehole tiltmeter network. *Earth, Planets and Space*, 73, 157.
  6. Sato, E., 2021: Kusatsu-Shirane volcano eruption on January 23, 2018, observed using JMA operational weather radars. *Earth, Planets and Space*, 73:117, 1–8.
  7. Ohba, T., M. Yaguchi, U. Tsunogai, M. Ito, and R. Shingubara, 2021: Behavior of magmatic components in fumarolic gases related to the 2018 phreatic eruption at Ebinokogen Ioyama volcano, Kirishima Volcanic Group, Kyushu, Japan. *Earth, Planets and Space*, 73, 81.
  8. Yaguchi, M., 2020: Abnormal discharge of high-temperature hot spring water observed at the abandoned well in the Okuhida hot spring area during the earthquake swarm occurred at Gifu-Nagano district, central Japan. *Journal of Hot Spring Sciences*, 70, 70–79.
  9. Yaguchi, M., A. Terada, and Y. Ogawa, 2020: Air-Fall Ash from the Main Crater of Asama Volcano on August 7, 2019, and its Water-Soluble Components. *Journal of Disaster Research*, 15, 53–56.
  10. Ohba, T., M. Yaguchi, K. Nishino, and N. Numanami, 2019: Time Variation in the Chemical and Isotopic Composition of Volcanic Gas at Mt. Mihara of Izu-Oshima Island, Japan. *Journal of Disaster Research*, 14, 972–977.
  11. Yaguchi, M., T. Ohba, N. Numanami, and R. Kawaguchi, 2019: Constituent Mineral and Water-Soluble Components of Volcanic Ash from the 2018 Eruption of Mt. Motoshirane of Kusatsu-Shirane Volcano, Japan. *Journal of Disaster Research*, 14, 991–995.
  12. Onizawa, S., 2019: Apparent calibration shift of the Scintrex CG-5 gravimeter caused by reading-dependent scale factor and instrumental drift. *Journal of Geodesy*, 93, 1335–1345.
  13. Ohba, T., M. Yaguchi, K. Nishino, N. Numanami, U. Tsunogai, M. Ito, and R. Shingubara, 2019: Time Variation in the Chemical and Isotopic Composition of Fumarolic Gasses at Kusatsu-Shirane Volcano, Japan. *Frontiers in Earth Science*, 7, 249.

14. Yaguchi, M, T. Ohba, and M. SAGO, 2019: The nature and source of the volcanic ash during the 2015 small phreatic eruption at Hakone volcano, central Japan. *Geochemical Journal*, 53, 209-217.
15. Fujita, E., Y. Iriyama, T. Shimbori, E. Sato, K. Ishii, Y. J. Suzuki, K. Tsunematsu, and K. Kiyosugi, 2019: Evaluating volcanic hazard risk through numerical simulations. *Journal of Disaster Research*, 14, 604-615.
16. Ohba, T., M. Yaguchi, K. Nishino, N. Numanami, Y. Daita, C. Sukigara, M. Ito, and U. Tsunogai, 2019: Time variations in the chemical and isotopic composition of fumarolic gases at Hakone volcano, Honshu Island, Japan, over the earthquake swarm and eruption in 2015, interpreted by magma sealing model. *Earth, Planets and Space*, 71, 48.
17. Kondo, G., H. Aoyama, T. Nishimura, M. Ripepe, G. Lacanna, R. Genco, R. Kawaguchi, T. Yamada, T. Miwa, and E. Fujita, 2019: Gas flux cyclic regime at an open vent magmatic column inferred from seismic and acoustic records. *Scientific Reports*, 9, 5678.
18. Seki, K., T. Ohba, S. Aoyama, Y. Ueno, H. Sumino, W. Kanda, M. Yaguchi, and T. Tanbo, 2019: Variations in thermal state revealed by the geochemistry of fumarolic gases and hot-spring waters of the Tateyama volcanic hydrothermal system, Japan. *Bulletin of Volcanology*, 81, 8.
19. 北川隆洋, 風早竜之介, 2021: 気象庁が導入した多成分火山ガス観測システムの概要と観測データ. 験震時報 (論文). (submitted)
20. 篠原英一郎, 菅井明, 森健彦, 中村政道, 2021: 2018年~2019年口永良部島新岳の噴火活動. 験震時報 (論文). (in press)
21. 代田寧, 大場武, 谷口無我, 十河孝夫, 原田昌武, 2021: 箱根山火山ガス組成による火山活動予測-火山防災への活用-. 地学雑誌. (in press)
22. 北川隆洋, 風早竜之介, 谷口無我, 福岡管区气象台, 大分地方气象台, 2021: Multi-GAS 連続観測におけるセンサー感度変化の影響とその補正. 火山. (submitted)
23. 関晋, 丹原裕, 山村卓也, 佐々木康気, 松浦茂郎, 越谷英樹, 近江克也, 近澤心, 若生勝, 岡田純, 碓井勇二, 2021: 2018年から2019年にかけての吾妻山の火山活動. 験震時報 (論文), 85, 1-35.
24. 村松容一, 谷口無我, 2020: 山梨県増富温泉の水質形成機構. *温泉科学*, 70, 124-136.
25. 野上健治, 鬼澤真也, 2020: 浅間山 2004年噴火で放出された火山灰のフッ素・塩素含有量. *火山*, 65, 1-12.
26. 代田寧, 大場武, 谷口無我, 十河孝夫, 原田昌武, 2019: 箱根火山大涌谷北側斜面で 2017年に観測された噴気組成 (C/S比) の変動. *神奈川県温泉地学研究所報告*, 51, 37-44.
27. 高木朗充, 谷口正実, 太田健治, 上田義浩, 松末伸一, 小窪則夫, 2019: 1950

年代から 2001 年までの気象庁の検知管法による火山ガス成分観測データの調査と解析. 駿震時報 (論文), 83.

(2) 査読論文以外の著作物 (翻訳、著書、解説等) :

1. Ishii, K., T. Shimbori, R. Kai, Y. Hasegawa, Y. Hayashi, and H. Tsuchiyama, 2021: Improvement of volcanic ash cloud prediction in the Tokyo Volcanic Ash Advisory Center. *WGNE Research Activities in Earth System Modelling*, 51, 0503-0504.
2. Shimbori, T., K. Ishii, R. Kai, Y. Hasegawa, Yo. Hayashi, and Yu. Hayashi, 2021: Renewal of the JMA atmospheric transport model on the volcanic ash advisory and ash fall forecast distribution system. *WGNE Research Activities in Earth System Modelling*, 51, 0513-0514.
3. Hashimoto, A., T. Mori, T. Shimbori, and A. Takagi, 2019: An experiment in numerical prediction of volcanic gas transportation. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*, 49, 0507-0508.
4. 新堀敏基, 石井憲介, 2021: 気象庁移流拡散モデル設計書. 気象研究所技術報告, 84.
5. 真木雅之, 小堀壮彦, 西隆昭, 藤吉康志, 徳島秀彦, 佐藤英一, 井口正人, 爲栗健, 2020: 船舶レーダによる桜島火山の噴煙柱モニタリングー2018 年の観測結果ー. 京都大学防災研究所年報, 63-B, 136-148.
6. 柳澤宏彰, 飯野英樹, 安藤忍, 高木朗充, 及川輝樹, 2020: 西之島の 2020 年 6~8 月のバイオレント・ストロンボリ式噴火. *火山*, 65, 119-124.
7. 谷口無我, 大場 武, 外山浩太郎, 福岡管区气象台, 鹿児島地方气象台, 2019: 霧島山硫黄山周辺の湧水・湯だまりの化学組成 (2019 年 1 月 25 日現在). *火山噴火予知連絡会会報*, 132, 312-316.
8. 大場武, 西野佳奈, 沼波望, 谷口無我, 鬼澤真也, 松田健助, 石原昂典, 2019: 伊豆大島三原山噴気の化学組成 (2019 年 1 月 29 日). *火山噴火予知連絡会会報*, 132, 152-154.
9. 大場武, 谷口無我, 外山浩太郎, 角野浩史, 角皆潤, 伊藤昌稚, 新宮原諒, 2019: 霧島硫黄山噴気の化学組成 (2019 年 1 月 25 日) および環境大気 H<sub>2</sub>S 濃度変化. *火山噴火予知連絡会会報*, 132, 317-323.
10. 安藤忍, 影山勇雄, 2019: ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた吾妻山の SAR 干渉解析結果. *火山噴火予知連絡会会報*, 132, 177-185.
11. 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 石井憲介, 徳本哲男, 2019: 気象レーダーで観測した 2019 年 1 月 17 日口永良部島噴火に伴う噴煙・火山灰雲エコーについて. *火山噴火予知連絡会会報*, 132, 420-426.
12. 安藤忍, 2019: ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた西之島の地表変化. *火山噴火予知連絡会会報*, 132, 177-185.

### (3) 学会等発表

#### ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等：

1. Chikita, K. A., A. Goto, J. Okada, S. Miura, and M. Yamamoto, Groundwater flow system inferred by estimates of hydrological, thermal and chemical budgets in Okama Crater Lake, Zao Volcano, Japan, JpGU-AGU Joint Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
2. Ohba, T., M. Yaguchi, U. Tsunogai, M. Ito, and R. Shingubara, BEHAVIOR OF MAGMATIC COMPONENTS IN FUMAROLIC GASES RELATED TO THE 2018 PHREATIC ERUPTION AT EBINOKOGEN IOYAMA VOLCANO, KIRISHIMA VOLCANIC GROUP, KYUSHU, JAPAN, 1st CCVG Virtual Workshop, 2021年5月, オンライン
3. Okuyama, S., S. Ando, and T. Shimbori, Development of InSAR tropospheric phase delay correction system at MRI (4th report), JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
4. 大場武, 谷口無我, 沼波望, 笹井洋一, Barairo Maria, Alanis Paul, Bornas Ma. Antonia, 楠本成寿, 長尾年恭, 角皆潤, 伊藤昌稚, 新宮原諒, VARIATION IN THE CHEMICAL AND ISOTOPIC COMPOSITION OF FUMAROLIC GAS AT TAAL VOLCANO, PHILIPPINE PRIOR TO THE 2020 ERUPTION, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
5. 寺田暁彦, 香取慧, 谷口無我, 山本希, 山田大志, 鬼澤真也, 西澤達治, 青山裕, 森田裕一, 大場武, 草津白根火山西方における温泉湧出と2018年群発地震, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
6. 角野浩史, 外山浩太郎, 大場武, 谷口無我, 寺田暁彦, 草津白根火山の火山ガスのヘリウム同位体比, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
7. 沼波望, 大場武, 谷口無我, 箱根火山の地球化学的モニタリング, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
8. 谷口無我, 大場武, 寺田暁彦, 草津白根山湯釜火口湖の化学組成変化, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
9. Koyaguchi, T., K. Ishii, Y. J. Suzuki, and A. Nishijo, Uncertainty quantification of volcanic eruption column dynamics and tephra dispersal models, The 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems, 2020年3月, 兵庫県神戸市
10. Ohba, T., M. Yaguchi, K. Nishino, N. Numanami, Y. Daita, C. Sukigara, M. Ito, and U. Tsunogai, Time variations in the chemical and isotopic composition of fumarolic gases at Hakone volcano, Honshu Island Japan over the earthquake swarm and eruption in 2015, interpreted by magma

sealing model, International Workshop on the mechanism of Phreatic Eruption, 2020年1月, 神奈川県箱根町

11. Sato, E., K. Fukui, T. Shimbori, and M. Maki, "Invisible" volcanic eruption plume/cloud observation with polarimetric weather radar, 39th International Conference on Radar Meteorology, 2019年9月, 奈良県奈良市

・国内の会議・学会等：

1. 小長谷智哉, 角野浩史, 外山浩太郎, 大場武, 谷口無我, 寺田暁彦, 草津白根山噴気中のマグマ起源ヘリウム・アルゴン比の時間変動, 2021年度日本地球化学会第68回年会, 2021年9月, オンライン
2. 鬼澤真也, 松島喜雄, 伊豆大島火山における地表面熱収支観測, 日本地球惑星科学連合2021年大会, 2021年6月, オンライン
3. 大場武, 谷口無我, 角皆潤, 伊藤昌稚, 新宮原諒, えびの高原硫黄山2018年水蒸気噴火で解明された火山ガスに含まれるマグマ起源成分の挙動, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
4. 豊島誠也, 沼波望, 大場武, 谷口無我, 箱根山火山ガス組成の経時変化(2018~2020年), JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
5. 長岡優, 地震波干渉法による霧島山の3次元 $V_{SV}$ ,  $V_{SH}$ 構造, 東京大学地震研究所特定共同研究(B)「プレートの沈み込みと島弧変動のダイナミクス」オンライン集会, 2021年1月, オンライン
6. 奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 気象研究所における干渉 SAR 対流圏遅延補正プログラムへの地上面解析値の導入, 東京大学地震研究所共同利用(研究集会)「SARによる地表変動解析の新展開:先進レーダー衛星の活用を見据えて」, 2020年12月, オンライン
7. 安藤忍, 奥山哲, 飯野英樹, 西之島における SAR 解析, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「SARによる地表変動解析の新展開:先進レーダー衛星の活用を見据えて」, 2020年12月, オンライン
8. 奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 気象研究所における干渉 SAR 対流圏遅延補正プログラムへの地上面解析値の導入, 日本測地学会第134回講演会, 2020年10月, オンライン
9. 安藤忍, 奥山哲, 飯野英樹, 小笠原諸島西之島の溶岩噴出率の算出の試み, 日本測地学会第134回講演会, 2020年10月, オンライン
10. 石井憲介, 小屋口剛博, 火砕物の移流拡散堆積過程の逆問題の数理構造とその応用に向けての考察, 火山学会2020年秋季大会, 2020年10月, オンライン
11. 井村匠, 伴雅雄, 常松佳恵, 後藤章夫, 岡田純, 蔵王火山丸山沢噴気地熱地帯の火山物質科学的研究, 日本火山学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン

12. 佐藤英一，瀧下恒星，井口正人，二次元ビデオディストロメーターによる降灰観測（初期解析結果），日本火山学会 2020 年度秋季大会，2020 年 10 月，オンライン
13. 角野浩史，外山浩太郎，小長谷智哉，滝口孝寛，大場武，谷口無我，霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間変動，日本火山学会 2020 年度秋季大会，2020 年 10 月，オンライン
14. 大場武，谷口無我，角皆潤，伊藤昌稚，新宮原諒，えびの高原硫黄山火山ガス組成と 2018 年水蒸気噴火の関係，日本火山学会 2020 年度秋季大会，2020 年 10 月，オンライン
15. 小長谷智哉，角野浩史，外山浩太郎，川名華織，山根康平，大場武，谷口無我，寺田暁彦，草津白根火山周辺の噴気ガス・温泉ガス中の希ガス同位体組成，日本火山学会 2020 年度秋季大会，2020 年 10 月，オンライン
16. 代田寧，大場武，谷口無我，十河孝夫，原田昌武，箱根火山における噴気組(CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S 比) 変化速度と火山活動強度の関係，日本火山学会 2020 年度秋季大会，2020 年 10 月，オンライン
17. 佐藤英一，気象レーダーを用いた火山噴煙解析結果の検証について，日本気象学会 2020 年度春季大会，2020 年 5 月，オンライン
18. 真木雅之，小堀壮彦，西隆昭，藤吉康志，徳島秀彦，佐藤英一，井口正人，爲栗健，船舶レーダによる桜島火山の噴煙柱モニタリングー2018年の観測結果ー，令和元年度京都大学防災研究所研究発表講演会，2020 年 2 月，京都府宇治市
19. 石井憲介，小屋口剛博，火山灰の移流拡散堆積過程における逆問題の特異値解析，固体地球科学データ同化に関する研究会，2020 年 2 月，宮城県仙台市
20. 福井敬一，佐藤英一，新堀敏基，気象庁レーダー観測網による噴火雲の検知，第 4 回「降水と噴火」研究会，2020 年 2 月，東京都千代田区
21. 千馬竜太郎，佐藤英一，桜島における気象レーダーを用いた噴煙解析手法の開発，第 4 回「降水と噴火」研究会，2020 年 2 月，東京都千代田区
22. 佐藤英一，気象レーダーを用いた曇天時の火山噴煙観測について，第 4 回「降水と噴火」研究会，2020 年 2 月，東京都千代田区
23. 新堀敏基，石井憲介，新しい気象庁移流拡散モデルの開発（その 2），第 4 回「降水と噴火」研究会，2020 年 2 月，東京都千代田区
24. 新堀敏基，新しい移流拡散モデルー火山業務における現業化に向けた開発ー，気象庁施設等機関研究報告会，2020 年 1 月，東京都千代田区
25. 佐藤英一，火山噴煙レーダー観測の検証について，災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画第 2 次桜島大規模噴火総合研究グループ研究集会，2019 年 12 月，鹿児島県鹿児島市
26. 谷口無我，湯釜火口湖水の化学組成からみた草津白根山のマグマ-熱水活動，2019 年度火山性流体討論会，2019 年 10 月，栃木県那須町

27. 鬼澤真也, 松島喜雄, 坑井温度プロファイルから推定される伊豆大島火山の熱水系, 日本火山学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 兵庫県神戸市
28. 寺田暁彦, 森俊哉, 大場武, 谷口無我, 鬼澤真也, 森田裕一, 伊豆大島三原山火口底の火山ガス組成測定, 日本火山学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 兵庫県神戸市
29. 大場武, 谷口無我, 沼波望, 笹井洋一, C.L. Barairo, P. Alanis, M. A. Bornas, 楠本成寿, 長尾年恭, 角皆潤, 伊藤昌稚, 新宮原諒, フィリピン・タール山の火山ガス, 日本火山学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 兵庫県神戸市
30. 風早竜之介, 北川隆洋, 大場武, 谷口無我, 寺田暁彦, 神田径, 草津白根山(湯釜)の火山活動に対応した火山ガス組成変化, 日本火山学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 兵庫県神戸市
31. 森健彦, 森俊哉, 福岡管区气象台, 鹿児島地方气象台, 火山活動の変化に伴う二酸化硫黄放出量の変動の特徴について~霧島新燃岳・口永良部島・阿蘇山における最近の事例から~, 日本火山学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 兵庫県神戸市
32. 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 気象レーダーによる火山噴煙高度推定手法の検証, 日本火山学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 兵庫県神戸市
33. 谷口無我, 大場武, 寺田暁彦, 草津白根山山頂火口湖湯釜の水質と火山活動との対応, 2019 年度日本地球化学会第 66 回年会, 2019 年 9 月, 東京都文京区
34. 安藤忍, 火山の地殻変動, 2019 年度測地学サマースクール「暮らしの中の測地学」, 2019 年 8 月, 茨城県つくば市
35. 佐藤英一, 福井敬一, 新堀敏基, 気象庁の気象レーダー網で観測した 2018 ~2019 年口永良部島の噴煙・火山灰雲エコーについて, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
36. 外山浩太郎, 角野浩史, 川名華織, 大場武, 谷口無我, 秋山良秀, 相澤広記, 塚本果織, 霧島火山群におけるヘリウム同位体比の時空間変化, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
37. 大場武, 谷口無我, 外山浩太郎, 角野浩史, 角皆潤, 伊藤昌稚, 新宮原諒, 霧島硫黄山火山ガスの化学組成および安定同位体比, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
38. 大場武, 谷口無我, 西野佳奈, 沼波望, 代田寧, 角皆潤, 伊藤昌稚, 鋤柄千穂, 箱根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
39. 石川歩, 西村太志, 青山裕, 川口亮平, 藤田英輔, 三輪学央, 山田大志, M. Ripepe and R. Genco, ストロンボリ火山の山頂小爆発に伴う傾斜変動の圧力源推定, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市



40. 大場武、谷口無我、沼波望、外山浩太郎、角野浩史、角皆潤、伊藤昌稚、新宮原諒、草津白根山火山ガス化学組成および安定同位体比の時間変化、日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
41. 谷口無我、大場武、外山浩太郎、気象庁福岡管区气象台、気象庁鹿児島地方气象台、霧島山硫黄山の湧水・湯だまりの水質、日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
42. 小屋口剛博、石井憲介、A. Kyle、小園誠史、観測データと物理モデルに基づく火山噴火推移予測の可能性、日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
43. 佐藤英一、千馬竜太郎、福井敬一、新堀敏基、二重偏波レーダーを用いた曇天・雨天時の火山噴煙の観測について(第2報)、日本気象学会 2019 年度春季大会, 2019 年 5 月, 東京都渋谷区
44. 森健彦、谷口無我、川村安、平松秀行、池田啓二、菅井明、菅原道智、高田健一、松本享、気象庁福岡管区气象台、気象庁大分地方气象台、九重硫黄山における火山活動の変化について、日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市

#### イ. ポスター発表

・国際的な会議・学会等：

1. 岡田純、丹原裕、宮川祐司、関晋、山村卓也、近澤心、Existence of deep pressure sources and its behaviors during recent volcanic activity at Azumayama, NE Japan, JpGU-AGU Joint Meeting 2021: Virtual, 2021 年 6 月, オンライン
2. 佐藤英一、井口正人、Ash fall observation using 2D-Video Disdrometer, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
3. Chikita K., A. Goto, J. Okada, S. Miura and M. Yamamoto, Estimates of hydrological, thermal and chemical budgets of Okama Crater Lake, Zao Volcano, Japan: A preliminary study, JpGU-AGU Joint meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
4. 外山浩太郎、角野浩史、谷口無我、大場武、豊福高志、和田茂樹、Noble gas composition in hot spring gas in Shikine Island, Izu-Bonin volcanic arc, Japan, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
5. 安藤忍、奥山哲、松末伸一、Lava discharge rate in Nishinoshima volcano, Ogasawara Islands revealed using ALOS-2/PALSAR-2, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020 年 7 月, オンライン
6. Okada J., Y. Nihara, S. Chikasawa, T. Yamamura, S. Seki, K. Sasaki, A. Takagi, and K. Fukui, Reactivation of volcanic activity on May 2019 at Azumayama -Importance of precise ground deformation monitoring near the

- crater, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
7. 長岡優, 西田究, 青木陽介, 武尾実, 浅間山の3次元3次元  $V_{SV}$ ,  $V_{SH}$  構造, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
  8. 鈴木レオナ, 寺田暁彦, 谷口無我, 高橋昌孝, 大場武, 草津白根火山・湯釜火口湖水の不均質性から推定される湖底熱水の化学的特徴, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
  9. 角野浩史, 外山浩太郎, 大場武, 谷口無我, 霧島火山群における火山ガスのヘリウム同位体比の時空間変動, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
  10. 川口亮平, 境界要素法に基づく火山周辺の気象庁傾斜計データの評価の検討(2), JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, 2020年7月, オンライン
  11. Toriyama, N., K. Tamaribuchi, R. Kawaguchi, K. Uhira, Y. Yoshigai, J. Miyamura, and S. Matsusue, Hypocenter determination, applying PF method to volcanic earthquake in Izu-Oshima, AGU Fall Meeting 2019, 2019年12月, 米国, サンフランシスコ
  12. Kobayashi, T., K. Kato, R. Kawaguchi, Y. Yoshigai, Y. Ogawa, K. Nogami, W. Kanda, and A. Terada, Report of Volcanic Activity at Kusatsu-Shiranesan(Yugama Area), Japan in 2018-2019, AGU Fall Meeting 2019, 2019年12月, 米国, サンフランシスコ
  13. Nagaoka, Y., K. Nishida, Y. Aoki, M. Takeo, T. Ohkura, and S. Yoshikawa, Imaging of the magma reservoir beneath Kirishima volcanoes, Japan, by seismic interferometry, AGU Fall Meeting 2019, 2019年12月, 米国, サンフランシスコ
  14. Kitagawa, T., R. Kazahaya, M. Yaguchi, K. Horiguchi, T. Kanno, and H. Shinohara, Continuous Multi-GAS observations at volcanoes in Japan: Data quality control and examination for correction of sensor sensitivity changes, 2019 AGU Fall Meeting, 2019年12月, 米国, サンフランシスコ
  15. Toyama, K., H. Sumino, K. Kawana, Y. Akiyama, T. Ohba, M. Yaguchi, K. Aizawa, and K. Tsukamoto, Helium Isotope Ratios in Fumarolic and Hot Spring Gases in Kirishima Volcanic Group, Japan., Goldschmidt 2019, 2019年8月, スペイン, バルセロナ
  16. Sato, E., K. Fukui, T. Shimbori, K. Ishii, Y. Iriyama, and E. Fujita, Volcanic Eruption Plume Observation using Weather Radar and its Application for Volcanic Hazard Prediction System, 第27回国際測地学地球物理学連合総会 (IUGG2019), 2019年7月, カナダ, モントリオール

・国内の会議・学会等:

1. 谷口無我, 平山康夫, 大場武, 沼波望, 焼岳 1962年6月17日噴火火山灰(顕微鏡像, XRD, 水溶性成分), 2021年度日本地球化学会第68回年会, 2021

年9月, オンライン

2. 佐藤英一, 気象レーダーを用いた噴煙高度の確率的推定手法の改良, JpGU Meeting 2021, 2021年6月, オンライン
3. 佐藤英一, 瀧下恒星, 井口正人, 二次元ビデオディストロメーターによる降灰観測(第2報), JpGU Meeting 2021, 2021年6月, オンライン
4. 小長谷智哉, 角野浩史, 外山浩太郎, 大場武, 谷口無我, 寺田暁彦, 草津白根火山噴気ガス中のヘリウム・炭素同位体組成の時間変動, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
5. 谷口無我, 平山康夫, 大場武, 沼波望, 焼岳1962年6月17日噴火火山灰とその水溶性成分, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
6. 奥山哲, 安藤忍, 干涉 SAR 時系列解析により検出された十勝岳における局所的地殻変動, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
7. 安藤忍, 奥山哲, 干涉 SAR 時系列解析を用いた西之島における噴火間の地殻変動, JpGU Meeting 2021: Virtual, 2021年6月, オンライン
8. 川口亮平, 境界要素法による火山周辺の地殻変動計算システムの開発(2), 日本地球惑星科学連合2021年大会, 2021年6月, オンライン
9. 谷口無我, 焼岳周辺の地震活動に伴って観測された奥飛騨温泉郷の枯湯源泉からの高温泉の流出, 日本地球化学会第67回オンライン年会, 2020年11月, オンライン
10. 川口亮平, 境界要素法による火山周辺の地殻変動計算システムの開発, 日本火山学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
11. 鬼澤真也, 石原昂典, 平山康夫, 松田健助, 谷口無我, 松島喜雄, 伊豆大島火山における1m深地温測定~経験的手法による地熱兆候の検出~, 日本火山学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
12. 橋本明弘, 森健彦, 新堀敏基, 気象予測モデルを併用した新しい二酸化硫黄放出率推定手法の開発: その2, 日本火山学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
13. 谷口無我, 大場武, 福岡管区気象台, 鹿児島地方気象台, 宮崎地方気象台, 湧水・2018年噴火口跡熱水の化学組成変化から見た霧島山(硫黄山)の熱水活動, 日本火山学会2020年度秋季大会, 2020年10月, オンライン
14. 奥山哲, 安藤忍, 新堀敏基, 気象研究所における干涉 SAR 対流圏遅延補正プログラムの開発(第3報), 日本測地学会第132回講演会, 2019年10月, 富山県富山市
15. 安藤忍, 伊豆大島におけるALOS-2/PALSAR-2を用いた時系列解析, 日本測地学会第132回講演会, 2019年10月, 富山県富山市
16. 諸石喜大, 大場武, 谷口無我, 箱根大涌谷の温泉水の化学組成変化とリザーバ温度の推定, 日本火山学会2019年度秋季大会, 2019年9月, 兵庫県神戸市
17. 沼波望, 大場武, 谷口無我, 箱根山2019年火山活動活発化による噴気と

- 河川水への影響，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
18. 谷口無我，大場武，寺田暁彦，火口湖湯釜の化学組成からみた草津白根山のマグマ熱水活動，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  19. 宇野史睦，新堀敏基，橋本明弘，小長谷瑞木，火山灰による太陽光発電量の減少率を利用した降灰量推定，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  20. 小久保一哉，伊豆大島の多成分ひずみ計の複数の傾斜計を利用した検定（2），日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  21. 石川歩，西村太志，青山裕，川口亮平，藤田英輔，三輪学央，山田大志，M. Ripepe，ストロンボリ火山の 2014 年 8 月山腹噴火に伴う山体変形，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  22. 通山尚史，溜渕功史，川口亮平，宇平幸一，吉開裕亮，松末伸一，宮村淳一，自動震源決定手法(PF 法)の伊豆大島火山性地震への適用，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  23. 川口亮平，境界要素法に基づく火山周辺の気象庁傾斜計データの評価の検討，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  24. 堀口桂香，菅野智之，谷口無我，北川隆洋，風早竜之介，岡田純，関晋，吾妻山におけるガスセンサーおよび化学分析による火山ガス観測結果の比較，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  25. 代田寧，大場武，谷口無我，十河孝夫，瀧沢倫明，原田昌武，箱根山における火山活動活発化に伴う噴気組成の変化，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  26. 外山浩太郎，角野浩史，川名華織，大場武，沼波望，谷口無我，フィリピン・タール火山における火山ガスのヘリウム・炭素同位体比，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  27. 香取慧，寺田暁彦，西野佳奈，沼波望，大場武，谷口無我，草津白根火山における浅部熱水だまりの化学組成，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  28. 千馬竜太郎，佐藤英一，気象レーダーを用いた噴煙解析ツールの開発（第 2 報），日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  29. 新堀敏基，鈴木雄治郎，入山宙，石井憲介，佐藤英一，藤田英輔，移流拡散モデルによる大規模噴火を想定した降下火砕物予測の課題（その 3）噴煙ダイナミクスモデルに基づく初期条件，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市
  30. 北川隆洋，風早竜之介，多成分火山ガス観測装置 (Multi-GAS) のセンサー感度補正の試み，日本火山学会 2019 年度秋季大会，2019 年 9 月，兵庫県神戸市

31. 長岡優, 西田究, 青木陽介, 武尾実, 地震波干渉法を用いた浅間山の 3 次元  $V_{SV}$ ,  $V_{SH}$  構造の推定, 日本地震学会 2019 年度秋季大会, 2019 年 9 月, 京都府京都市
32. 佐藤英一, 千馬竜太郎, 気象レーダーを用いた汎用的噴煙解析手法の開発, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
33. 新堀敏基, 石井憲介, 新しい気象庁移流拡散モデルの開発, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
34. 長岡優, 西田究, 青木陽介, 武尾実, 大倉敬宏, 吉川慎, 地震波干渉法による霧島山のマグマ供給系の解明, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
35. 鬼澤真也, 伊豆大島火山カルデラ内坑井温度プロファイルによる伝導・対流熱伝達の推定, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
36. 川口亮平, 斎藤直子, 鬼澤真也, 水位変動・地震観測に基づく立山カルデラ新湯の地下構造の推定, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
37. 外山浩太郎, 角野浩史, 川名華織, 秋山良秀, 大場武, 谷口無我, 寺田暁彦, 草津白根火山周辺の噴気及び温泉ガス中の希ガス同位体組成, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市
38. 石井憲介, 小屋口剛博, 火山灰の移流拡散堆積過程における逆問題の数理的構造, 日本地球惑星科学連合 2019 年大会, 2019 年 5 月, 千葉県千葉市

#### (4) 投稿予定論文

1. 丹原裕, 若生勝, 堀内慎太郎, 関晋, 大石雅之, 宮川祐司, 近澤心, 岡田純, 碓井勇, 吾妻山における気象庁の観測データの振り返りと近年の火山活動の整理. 駿震時報 (準備中)
2. 柳澤宏彰, 及川輝樹, 越田弘一, 川口亮平, 伊藤順一, 木村一洋, 加藤幸司, 安藤忍, 池田啓二, 宇都宮慎吾, 坂東あいこ, 奥山哲, 鎌田林太郎, 兒玉篤郎, 石原昂典, 小森次郎, 奈良間千之, 新潟焼山 2016 年噴火: 活動推移・噴出物を基にした噴火モデル. 火山 (投稿予定)
3. Yaguchi, M., and T. Ohba: Chemical monitoring on thermal waters for the volcanic activity of Mt. Ioyama, Kirishima volcano. Earth Planets and Space. (prepared)
4. Ishii, K., and T. Koyaguchi: Mathematical framework of an inverse problem for tephra dispersal system. Journal of Geophysical Research Solid Earth. (prepared)

## 7.2 報道・記事

1. 火山学会、シリーズ「火山研究者育成の現場から★火山を伝える若手たち」

<http://www.kazan-g.sakura.ne.jp/J/rep01.html> (平成 30 年 4 月 10 日)

2. 福島テレビ「吾妻山周辺の火山ガスの調査について」(令和元年 6 月 27 日)
3. 読売新聞オンライン「桜島の噴煙、過去最大級の高さ 8000m 超か… 6 月 4 日噴火」  
(令和 2 年 7 月 14 日)
4. 毎日新聞オンライン「桜島で過去最も高い噴煙 6 月の噴火、9000 メートル超も」  
(令和 2 年 7 月 15 日)
5. 日経電子版「桜島で過去最も高い噴煙 6 月の噴火、9 千メートル超も」(令和 2  
年 7 月 15 日)
6. 産経新聞オンライン「桜島で過去最も高い噴煙 6 月の噴火、9 千メートル超も」  
(令和 2 年 7 月 15 日)
7. 共同通信「桜島、過去最も高い噴煙を観測 6 月の噴火、9000m 超も」(令和 2 年  
7 月 15 日)
8. NHK NEWS WEB「桜島 先月 4 日の噴火 噴煙の高さは 9000m 以上か」(令和 2 年 7  
月 15 日)
9. 日経電子版「桜島の 6 月噴煙、過去最高 9000 メートル超 気象庁推定」(令和 2 年  
7 月 16 日)
10. 毎日新聞社会面「桜島は噴煙 9570 メートル 過去最高を観測」(令和 2 年 7 月 16  
日)
11. 朝日新聞デジタル「鹿児島) 6 月 4 日の桜島噴火、噴煙 9000m 台か」(令和 2 年 7  
月 17 日)
12. 朝日新聞「西之島の面積について」(令和 2 年 8 月 28 日)

### 7.3 その他(4.(3)「成果の他の研究への波及状況」関連)

文部科学省次世代火山研究推進事業(平成 28~令和 7 年度)

- ・課題 B-3 「地球化学的観測技術の開発」
- ・課題 C-3 「シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発」

気象研究所地方共同研究

- ・機動観測項目における火山ガス成分観測の実効性調査(平成 30~令和元年度)
- ・二重偏波レーダーを用いた火山噴煙の解析的研究(令和 2~4 年度)