

火山災害対策技術の開発

【事業責任者】 国立研究開発法人防災科学技術研究所 火山研究推進センター 特別研究員 中田 節也

本研究課題では、火山災害に対応するため、リアルタイムで噴火の状況を把握するとともに、そのデータを迅速に解析し、その後の推移予測とハザード・被害評価、さらには対策に資する情報の提供までを一連で行う技術を開発します(図1)。

火山噴火が発生した場合、活動状況を迅速に把握・評価し、それに基づいた的確な防災対応が行われるためには、火口付近の状態や噴出物の広がりについて、詳しい情報をできるだけ早く取得することが重要です。しかし、火口付近の状態把握には安全上などの様々な縛りがあるために、すぐに接近できないという事態が起こり得ます。火山噴火予知連絡会総合観測班では、噴火の状況を総合的に判断するために、火山研究者が噴火時においても観測や調査の目的で、安全を確保しながら規制区域に入ることができます。しかし、その総合観測班は立ち上げに時間がかかったために、噴火で破壊された火口近傍の観測点がなかなか復旧できなかったことや、火口や噴出物の状況把握を含めて噴火の初

期情報に欠け、迅速な判断ができなかったことが過去にしばしばありました。

これを補うために本プロジェクトでは、火山噴火の予兆が把握された場合や噴火が発生した場合に火山噴火緊急観測を迅速に実施するための仕組みを準備しています。それと同時に、課題D1では、噴火発生前後からドローンなどの無人機を用いて火口付近の地形や噴出物に関するリアルタイムの災害情報を取得する技術を開発し、それによって取得した情報や解析の結果を共有できるように準備しています。また、噴火の規模によらず、火山灰の浮遊・降灰は火山現象の中で、最も広範囲に影響を及ぼす災害です。近い将来に想定される富士山の噴火においては首都圏への降灰が大きな課題となります。そのため、噴火に伴う火山灰の浮遊や降灰に関するモデルやシミュレーションを用いた、噴火前からの観測に基づくリアルタイム降灰予測情報が重要になると考えられます。課題D2では桜島火山をケーススタディとして、噴火の前の観測データや気象情報から、予想され

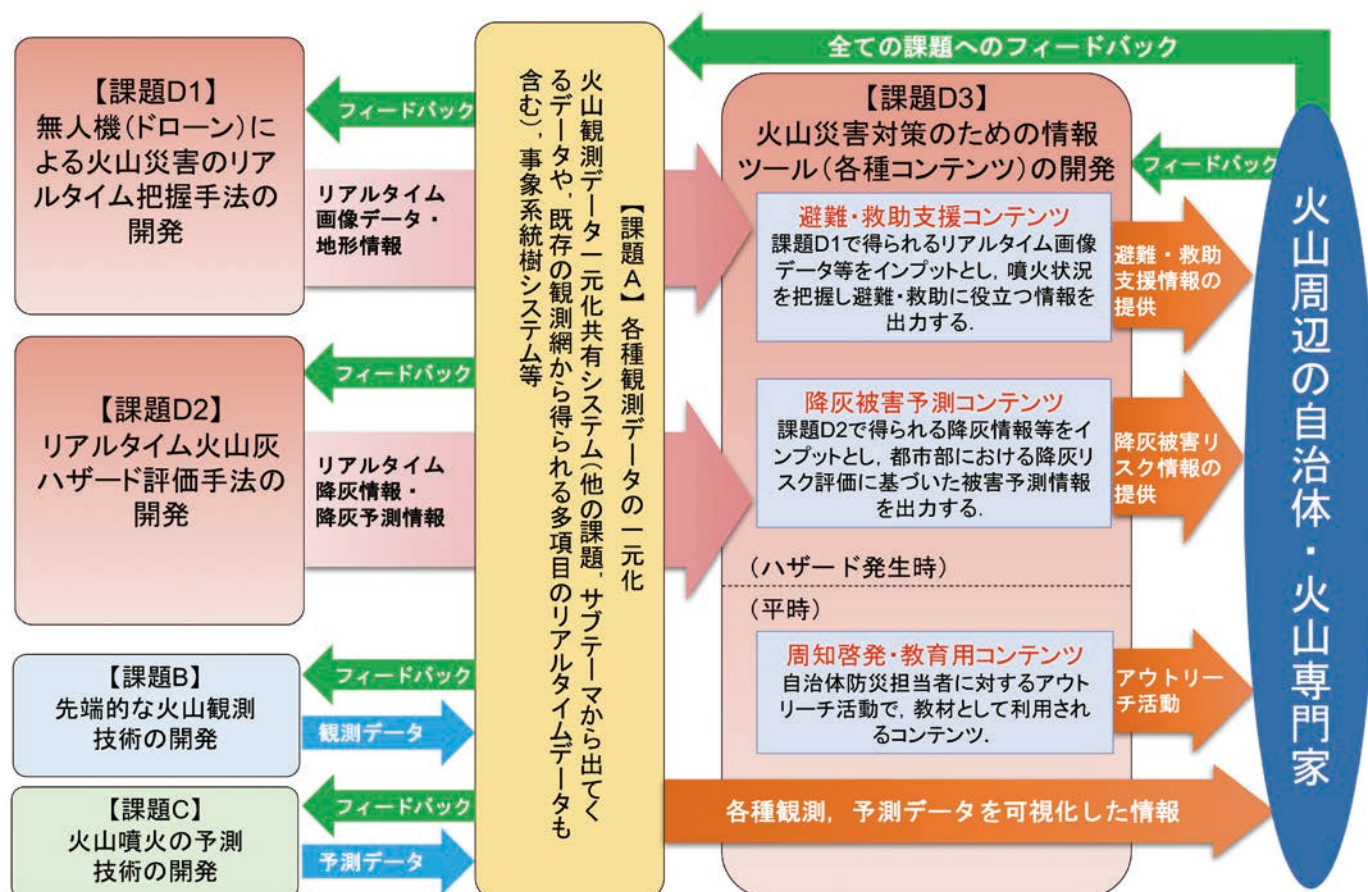


図1 課題D サブテーマ間およびプロジェクト全体の連携を示す図

る噴火に伴う火山灰の移動拡散・浮遊や降灰のリスクを事前に予想し、それを災害対策に活かす研究を進めています。そこでは、噴火に先立って蓄積される地震エネルギーや膨張量から噴火の規模を推定し、現場で取得する気象情報から降灰予測モデルを準備します。さらに、噴火によって放出された火山灰について、MP レーダーや GNSS などの最新の技術を活用して、その挙動を捉えリアルタイム降灰予測情報を高度化する準備が整いつつあります。これらの観測や予測情報に加えて、課題 A で整備するプラットフォームを用い、防災関係者（自治体や火山防災協議会に参加する専門家）が必要とする火山ハザードやリスク情報や、火山噴火に対する知識を提供するためのツール開発を課題 D3 で行っています。

現状、火山現象の予報は気象庁が行っており、気象庁以外の者が予報業務を行うことについては気象業務法による高いハードルが存在しています。このような縛りのある背景であっても、大学や国立研究開発法人などの火山噴火に関わる研究者は、火山災害の軽減のために火山噴火予測技術の高度化を目指して研究を進めてきており、火山噴火予知連絡会に参画するとともに、気象庁が行う火山現象の予報業務に活用する予測技術の向上に貢献してきました。2014 年の御嶽山の火山災害を経験して、活動的な火山の火口近傍に観測点が整備されました。火口近傍に観測点があった方が様々な異常を捉えられるに違いありません。しかし、より多くの異常が捉えられるということと、噴火予測が高度化できるということとは別です。御嶽山噴火においても、異常は噴火の約半月前から捉えられていましたし、その意味がようやく解読され始めた段階です。

一方、日本では火山観測研究が始まってから、まだ規模の大きな噴火を経験したことはありません。また、それに対する噴火警報を出したことはありません。それに対して、観測技術や研究が日本に比べて発展途上であるインドネシア共和国においては、日本では最近観測したことのないいくつかの大噴火において、噴火警報をタイムリーに上げ下げし災害を最小限に抑えてきた経緯があります。インドネシアの実績との比較で考えると、観測網整備と火山警報のタイムリー

な出し方とは必ずしも直結しないことを示しているようにも見えます。インドネシアだけでなく、活火山を持つ諸外国と日本の火山防災体制を比べると、日本以外では研究機関と火山防災担当機関が一体化しており、観測から情報発信までの速さと決断力などに関して、日本とは大きな違いがあるように見えます。

また、日本では、2009 年に導入された噴火警戒レベルに応じた避難行動などの対策を、それぞれの火山防災協議会が、当該火山のハザードマップや火山専門家等の意見を考慮してあらかじめ定めています。しかし、この噴火警戒レベルは火山の監視観測に基づく火山活動度の評価であって、想定される噴火のハザードやリスクを考慮した被害評価ではありません。本来は、火山周辺の住民や登山者への安全や利益を守るために、噴火ごとに、被害評価を経た対策をとるのが好ましいと思います。課題 C や D で実施している研究開発は、噴火警戒レベルと対策とのギャップを埋めることに繋がるものと考えられます。そのため、本研究が目指す観測データを一元化するとともに、観測から予想される現象や被害をいち早く把握・予測し、分かりやすい情報を防災機関や関係する火山専門家に提供し、防災対策に生かすという速やかな連携が重要になります。さらに、噴火の観測結果や予測結果から、現状が当該火山の噴火事象系統樹のどこに位置するのか、今後どのように展開するのか、その過程でどのような被害がありうるのかも含めて、情報提供することが重要であり、そのための情報ツールを開発する必要があります。この部分は課題 D の目的であると同時に、本プロジェクト全体のアウトプットとしても極めて重要な部分を占めています。

次世代火山研究推進事業においては、火山観測データの一元化が大きなテーマとなっていますが、その目的は観測データを「一元化」することだけではありません。一元化されたデータを活用して全国の火山コミュニティの研究が促進され、緊急時に、自治体や火山防災協議会に参加する専門家などに必要とされる情報が分かりやすく迅速に提供でき、それによって有効な救援や避難対策が取れるようになることこそが、本プロジェクトが目指していることなのです。

無人機(ドローン等)による火山災害のリアルタイム把握手法の開発

【分担責任者】 アジア航測株式会社先端技術研究所 室長 千葉 達朗

火山が噴火した際、適切な防災判断を行うためには、既設の地震計などの観測機器による観測に加えて、火口の内部・周辺の様子や噴出物の状況等を可視画像や地形データ取得によりいかに早く把握できるかが重要です。

しかし現在は、火口や噴出物の状況の把握は、噴火後に天候や噴火活動状況を遠目に見ながら、わずかなチャンスに期待して飛行機に乗った専門家や報道機関等が撮影した映像から経験的に類推しているのが現状です。そこで本サブテーマでは、ドローンを活用して火口等の状況を機動的に撮影し、画像を解析して状況の変化を自動認識し、安全かつ迅速に防災行動に役立つ形で提供する体系を開発します(図1)。



図1 危険箇所の状況を迅速に把握する技術の開発

取り組む課題①：噴火後の詳細情報取得の迅速化

安全上の問題から、噴火直後の火口周辺の細部把握や地形情報取得には時間を要します。時間ロスを極力減らして、噴石・溶岩流等の特徴や経時変化を予測シミュレーションや防災行動に役立つ形で提供するため、ドローン等で取得した画像を活用する技術開発を行います(写真1)。

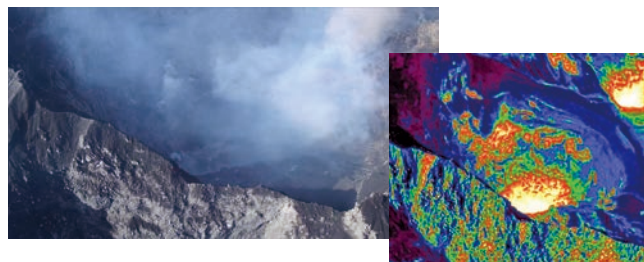


写真1 ドローンで撮影した桜島の南岳B火口(左:可視光での撮影画像、右:熱赤外線による撮影画像)

取り組む課題②：画像解析技術の高度化

撮影画像の解像度が高いほど得られる現地情報の精度は高くなりますが、その分時間がかかります。災害時の時間変化に応じて必要な場面で必要な精度の情報を提供していくための技術開発を行います(図2)。

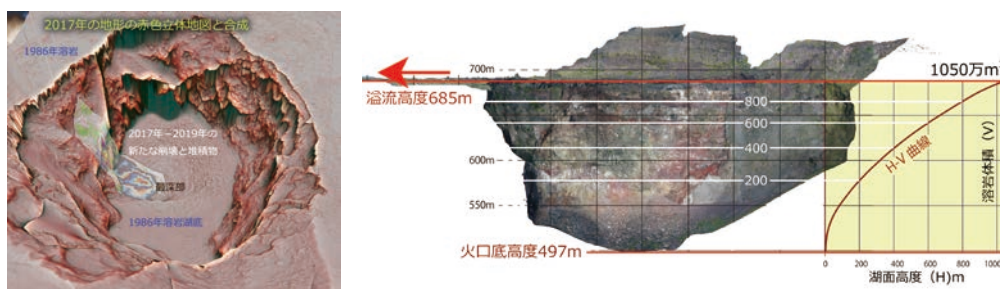


図2 ドローンによる伊豆大島計測(左:3次元モデル、右:三原山火口メスシリンダー表現)

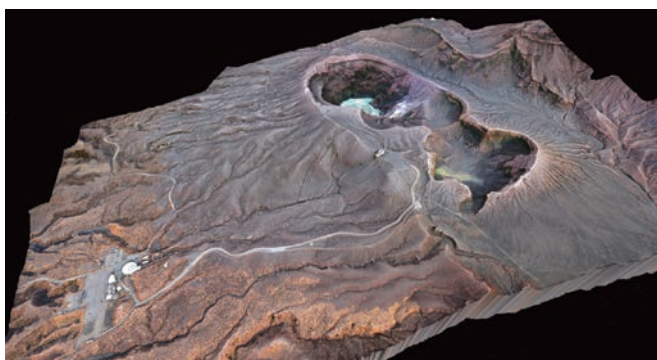


図3 阿蘇山2016年10月噴火の状況をドローンから緊急撮影し、作成した3次元モデル

リアルタイムの火山灰ハザード評価手法の開発

【分担責任者】 国立大学法人京都大学防災研究所 教授 井口 正人



写真1 桜島南岳から東に降下する多量の火山灰

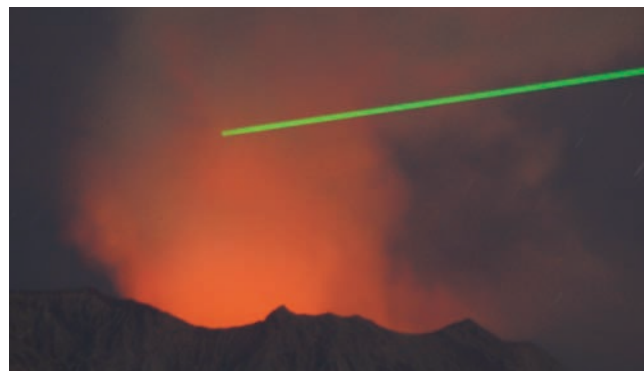


写真2 桜島の火山灰をとらえるライダーのレーザー光線

火山噴火によって放出される火山灰は、農林水産業や健康への被害、交通網の停止を引き起こし、さらに噴火活動静穏化後も降雨時の土石流や泥流の発生といった二次災害を引き起こす要因ともなります。

桜島では1955年以降、南岳や昭和火口における爆発活動により降灰の被害が深刻化しており、今後想定される大正噴火級の大規模噴火では、火山周辺に極めて深刻な被害をもたらすだけでなく、その影響範囲は東日本にまで及びます。火山灰の被害に対処するには、火山灰の拡散と降灰の状況をリアルタイムで把握し、拡散と降下について即時的に、なおかつ高精度に予測することが求められます。本サブテーマは、これまでの火山観測技術に、気象学・流体力学の技術と知見を融合させて、京都大学、鹿児島大学、筑波大学、神戸大学、東北大学、東京大学、環境研究所、日本気象協会などが以下の技術開発に取り組み、降灰量の予測精度を $-50\% \sim +200\%$ とすることを目指します。

- ① レーダー、ライダーなどの様々な観測機器を駆使して火山灰量を求める技術開発を行います。
- ② 噴火発生に伴う地震と火山体の収縮から火山灰噴出率を見積ることにより火山灰の予測の高速化を図ります。
- ③ 複雑な火山地形上の風の場合、火山灰の粒形分布を考慮して、火山灰予測の高精度化を図ります。
- ④ 常に変わる火山灰噴出率と風の場合を評価しつつ、長時間続く噴火の火山灰を継続的に予測するシミュレータを稼働させています。
- ⑤ 噴火発生前の火山体の膨張をとらえ、火山噴火発生予測手法と火山灰の拡散予測手法を結合させて、噴火発生前に確率的な降灰予測を行います。

この技術開発は、降灰量をリアルタイムで情報提供だけでなく、その予測手法は気象庁の降灰予報や地域防災計画に貢献することができます。また、予測データは自治体の災害対策や交通機関での運用に活用することが期待されます。

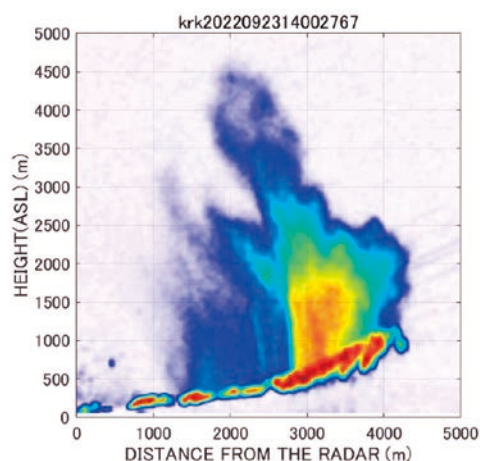


図1 船舶レーダーで捉えた2022年9月23日の桜島噴火の噴煙。火口上2.5kmの高さまで達し、東斜面に降下しました。

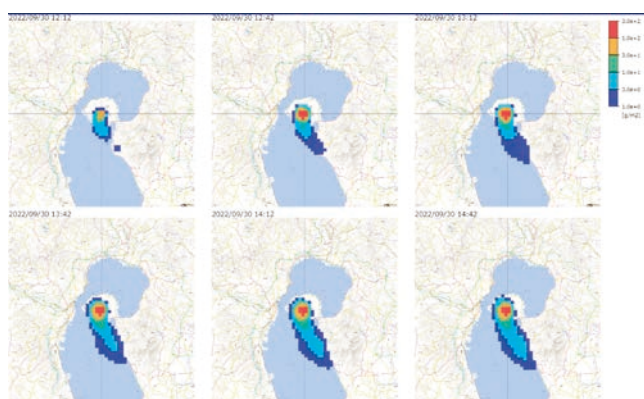


図2 2022年9月30日の桜島噴火後の降灰量の予測。連続化シミュレータにより火山灰噴出率に基づいて6分ごとに降灰量を予測することができます。

火山災害対策のための情報ツールの開発

【事業責任者】 国立研究開発法人防災科学技術研究所 火山研究推進センター 特別研究員 中田 節也

観測、予測、そして対策

これまでの火山研究は、火山活動を観測し、噴火を予測する研究を中心に進められてきました。噴火を予測することで火山災害による被害を減らすことが期待されますが、気象災害などとは異なり火山災害は低頻度のため、ほとんどの自治体で防災担当者等は火山災害対応の経験がなく、また明瞭な前兆がなく突如噴火する場合、現象とそれに伴う災害が多様であるために十分に被害を想定して対応するためには、様々な分野の知識が必要となります。

一方、これまでの火山に関わる地域防災計画は地域住民への対策が中心でしたが、2014年御嶽山噴火災害によって、観光客や登山客への対策も重要であることが明らかになりました。

また、火山災害の一つである降灰は、視界を奪うだけでなくわずかな堆積層厚で交通を始めとする生活基盤に影響を与えます。特に、多くの都市部では降下火山灰の経験がほとんどなく、今後検討しなければならない課題は多いと考えられます。

さらに、平時においても火山災害の状況を具体的にイメージできるようにすることで、自治体の防災担当者の適切かつ迅速な初動対応につなげることができます。

そこで本サブテーマでは、このように「観測・予測」と「対策」をつなぎ、適切な防災対応に活用できる情報ツールの開発を行います。

火山災害対策のための情報ツール

本サブテーマで開発する情報ツールは、3つのコンテンツから成ります（図1）。

（1）「避難・救助支援コンテンツ」を高度化するために登山者動態データ可視化ツールの改修を行いました。そこでは、富士山、御嶽山、那須岳で実施した登山者動向把握実験結果に、ハザードマップなどの情報を重ねて表示することによって、登山者の暴露評価が可能となりました。噴火時に本システムが実装されている場合には、登山者動向把握が迅速に行え、避難指示や救助・捜索活動のための情報を提供できます。これらの結果は、登山者数の把握、避難者の捜索・救助・搬送、そのルートや救護拠点などの



写真1 降灰試験後のプレフィルタ（左）と中性能フィルタ（右）

検討に活用することができます。

（2）都市部に降灰が及んだ際に、災害対応で重要拠点となる病院等の重要施設がどのような影響（被害）を受けるかを把握するための「降灰被害予測コンテンツ」の開発を進めています。降灰実験等を通して建築物や付帯設備への影響の定量的評価をしています（写真1）。また、降灰密度や粒径、風向・風速、さらには市街地構造を考慮した降灰についてシミュレーションを実施し、建物・付帯施設やインフラへの影響を検討しています。さらに、降灰ハザード評価するため、降灰調査データから分布や量を求めるシステムも開発しています。

（3）対策に従事する自治体関係者や専門家が、火山災害に関する知見を深め、平時の備えや災害の具体的なイメージ化を支援するための「周知啓発教育用コンテンツ」の開発を進めています。火山災害及び火山防災について手軽に学べる教科書や資料等にアクセスすることができる、総合的なポータルサイトを開発しました。本コンテンツの試作版を全国の自治体防災担当者に試用してもらい、その感想や要望を反映させたアップデートを実施しています。火山災害の実例や富士山麓で実施した火山灰上走行実験の動画（写真2）をコンテンツとして加えることにしています。

さらに、これらの情報コンテンツの高度化だけでなく発信の好ましいあり方について、社会学者やライフライン機関と検討を重ね、より効果的で誤解のない情報発信を目指しています。

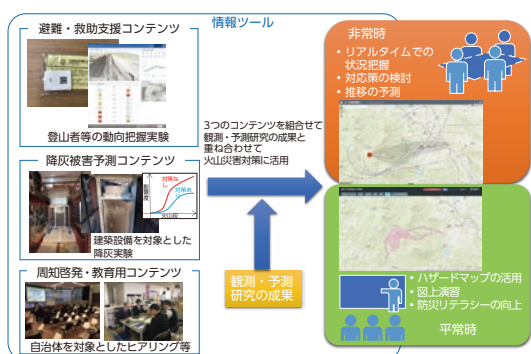


図1 情報ツールの概念図



写真2 富士山北麓で山梨県が2021年に実施した火山灰上車両走行実験