

(1) 実施機関名：

北海道大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

電磁気・熱・ガス観測に基づく火山活動推移モデルの構築

(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

(4) 中長期的な火山活動の評価

イ. モニタリングによる火山活動の評価

(4) その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(5) 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

5 計画を推進するための体制の整備

(2) 総合的研究

オ. 高リスク小規模火山噴火

(5) 総合的研究との関連：

高リスク小規模火山噴火

(6) 本課題の5か年の到達目標：

我が国では数10年の休止期を挟んで小規模な噴火を繰り返す火山が多いが、こうした火山の噴火予知は、現状では噴火直前の前兆的地震活動の検知に頼るところが大きく、非噴火期において次の噴火の切迫度を評価する方法は確立されていない。これは、噴火準備過程・噴火・終息過程を通じた火山活動サイクルのモデル化があまり進んでいないためであるが、その根本的な原因として、地震や地盤変動以外の観測項目では、非噴火時を含めた長期間にわたるモニタリングデータが不足しており、火山相互の比較や類型化が十分に行われていないことが背景にある。

本課題では、前建議計画の熱水系卓越型火山の課題等で取り組んだ電磁気・熱・ガスのモニタリング観測を進展させるとともに、新たなチャレンジとして、ドローンを利用した火口近傍の空中磁気反復測量と、遠望カメラ画像の自動解析による噴気放熱率の連続的推定手法の開発を進める。非噴火期を含めた火山活動推移モデルの構築を目指すとともに、研究対象とする火山については順次活動評価を試みる。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

本研究課題と同様にモニタリング観測による火山活動の評価に取り組む地震・地盤変動モニタリング課題（KUS02）とは相互補完の関係にあるため、合同研究集会を開くなど連携しながら研究を進める。

令和1年度：各火山での地磁気・比抵抗・熱・ガス観測。噴気放熱率推定自動化のスキーム開発。九重山でのドローン空中磁気観測。研究会合。十勝岳の火山活動評価。

令和2年度：各火山での地磁気・比抵抗・熱・ガス観測。噴気放熱率推定自動化ツールの試作。御嶽山でのドローン空中磁気観測。阿蘇山の火山活動評価。

令和3年度：各火山での地磁気・比抵抗・熱・ガス観測。噴気放熱率推定自動処理のテスト運用。蔵王

山でのドローン空中磁気観測。研究会合。吾妻山の火山活動評価。

令和4年度：各火山での地磁気・比抵抗・熱・ガス観測。噴気放熱率推定自動処理を連続遠望画像に適用。草津白根山の火山活動評価。

令和5年度：各火山での地磁気・比抵抗・熱・ガス観測。噴気放熱率推定自動処理を連続遠望画像に適用。研究会合。雌阿寒岳の火山活動評価。

## (8) 令和3年度の成果の概要：

### ・今年度の成果の概要

#### 1. 各火山でのモニタリング観測・解析

【雌阿寒岳】ナカマチネシリ火口周辺域で地磁気全磁力繰り返し観測を実施し、明瞭な消磁傾向を捉えた（北大）。

【十勝岳】地磁気全磁力連続観測を継続した（北大）。温泉水自動サンプリング・化学分析を継続した（東大理・道総研）。二酸化硫黄放出率観測（地上トラバースおよびドローン観測）を行った（東大理・北大）。

【吾妻山】ドローンを利用した空中磁気測量を実施した（当初計画の蔵王山から変更）。今後、山体浅部の磁化構造解析を進める予定（東北大・北大）。

【蔵王山】仙台管区气象台と連携して地磁気全磁力観測（繰り返し・連続）を継続した。火山活動は静穏で顕著な変化はなかった（東北大）。

【草津白根山】湯釜火口を対象とした地磁気全磁力連続観測、火山ガスおよび湖水の化学組成・温度モニタリングを継続した。2014年および2018年の活発化以降、数か月程度のスケールで消長しつつ、長期的には活動低下を示唆する変動を示した（東工大）。

【伊豆大島】地磁気観測（全磁力及び3成分）、ACTIVE比抵抗モニタリングを継続した。カルデラ内でドローン空中磁気測量を実施した（東大震研）。

【西之島】ひまわり8号の赤外面像データを主とする各種人工衛星データを解析し、第5期（2021年8～11月）における微弱な火山活動（水蒸気噴火～マグマ水蒸気噴火）を捉えた（東大震研）。

【御嶽山】徒歩による登山道沿いの磁気異常マッピングを行った（名大）。

【焼岳】地磁気全磁力連続観測を継続した。中尾峠観測点の記録には火山活動に伴う変動が含まれている可能性があるが、年周変化が卓越しているため、今後適切な処理によってこれを除去することが必要である（京大防）。

【九重山】地磁気全磁力連続観測を継続した。初年度に実施したドローン空中磁気測量データを用いた解析を行った（京大理）。

【阿蘇山】地磁気全磁力連続観測を継続した。2021年10月の噴火で連続観測点3カ所がすべて被災したが、11月には2カ所を復旧させた。熱赤外線カメラによる撮影データ解析方法の改良に取り組んだ。撮影対象のより正しい表面温度を抽出する撮影位置・姿勢情報を用いた補正方法を明らかにし、ドローンによる上空からの撮影画像に適用することで、中岳第一火口の三次元地表面温度分布を取得することに成功した。赤外面像を用いてGaudin et al. (2016) の方法で噴気放熱率を推定したところ、2020年9月から2021年3月にかけて放熱率の低下傾向が捉えられた（京大理）。

#### 2. 合同研究集会

5月に熊本県南阿蘇村（京大理火山研究センター）でKUS\_02と合同の研究集会（オンライン併用のハイブリッド形式）を開催し、両課題の成果と今後の見通しについて情報共有を行った。

#### 3. モニタリングデータに基づく火山活動評価

今年度は吾妻山のVUIワークシート試作に取り組んだ。5月にKUS02と合同で、ワーキンググループを立ち上げ、オンラインにてワークシートの作成方針について議論した。その後、気象庁からデータの提供を受けワークシート（VUIスコア判定基準）を試作した。年度末までにはその基準に基づきVUIを算出する予定。

#### 4. 研究の連携

関連の深い公募研究（2020-KOBO11：東海大）と研究成果を情報共有した（霧島硫黄山・箱根山・草津白根山の火山ガス組成）。また、信州大とも研究成果の情報共有を行った（焼岳の火山ガス組成、電磁気観測）。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況

本課題では、毎年度1火山についてVUI（火山活発化指数）の試験的導入に取り組んできた。これまでに、十勝岳・阿蘇山につづき、今年度の吾妻山で3火山についてのVUIワークシートが試作できた。適切にVUIスコア基準を設定するためには、できるだけ長期間にわたって継続的に取得された観測データが必要であるが、この点については火山ごとに事情が異なるため、ワークシートにどの観測項目を取り入れるかについては熟慮が必要である。その一方、他の火山と同じ観測項目については、スコア基準の設定にほぼ共通の考え方が使えることも分かってきた。観測データだけに基づく定量的な火山活動評価方法のひとつとして、残りの2火山にも順次VUIを導入し、試行と検証の場を広げていく予定である。

空中磁気測量の繰り返しによる火山性磁場変動の検出については、前々建議計画から粘り強く取り組んできたが、近年になりドローン搭載が可能な小型軽量の高精度全磁力計が市販されたことや、ドローンによる磁気測量オペレーション業務を提供する業者が現れたことで技術的実務的な難易度が下がり、研究は一気に進展した。本課題での実証観測を通じて、現場での安全確保やデータ処理方法も含め、モニタリングによる火山活動の評価に資する実用的な技術としてほぼ確立できたと考えている。

(9) 令和3年度の成果に関連の深いもので、令和3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

橋本武志,2022,火山の活動不安定評価における熱消磁現象の活用と噴火予測の可能性,地学雑誌,130,771,<https://doi.org/10.5026/jgeography.130.771>

Ichiki, M., Kaida, T., Nakayama, T., Miura, S., Yamamoto, M., and Morita, Y.,2021,Magma reservoir beneath Azumayama Volcano , NE Japan , as inferred from a three - dimensional electrical resistivity model explored by means of magnetotelluric method,Earth, Planets, and Space,73,150,<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01451-y>

Terada A., Yaguchi M., and Ohba T.,2022,Quantitative assessment of temporal changes in subaqueous hydrothermal activity in active crater lakes during unrest based on a time-series of lake water chemistry,Front. Earth Sci.,9,740617,<https://doi.org/10.3389/feart.2021.740671>

Yaguchi, M., T. Ohba, A. Terada,2021,Groundwater interacting at depth with hot plastic magma triggers phreatic rruptions at Yugama crater lake of Kusatsu-Shirane Volcano (Japan),Front. Earth Sci.,9,741742,<https://doi.org/10.3389/feart.2021.741742>

Terada A., Kanda W., Ogawa Y., Yamada T., Yamamoto M., Ohkura T., Aoyama H., Tsutsui T., Onizawa, S.,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,<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01475-4>

亀谷伸子・石崎泰男・勝岡菜々子・吉本充宏・寺田暁彦,2021,草津白根火山、白根火砕丘群南麓の白根南火口列と弓池マールの噴火様式と活動年代,火山,66,1-20,[https://doi.org/10.18940/kazan.66.1\\_1](https://doi.org/10.18940/kazan.66.1_1)

Kametani, N., Ishizaki, Y., Yoshimoto, M., Maeno, F., Terada, A., Furukawa, R., Honda, R., Ishizuka, Y., Komori, J., Nagai, M., Takarada, S.,2021>Total mass estimate of the January 23, 2018, phreatic eruption of Kusatsu-Shirane Volcano, central Japan,Earth, Planets, and Space,73,141,<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01468-3>

Koyama, T., Kanda, W., Utsugi, M., Kaneko, T., Ohminato, T., Watanabe, A., Tsuji, H., Nishimoto, T., Kuvshinov, A. Honda Y.,2021,Aeromagnetic survey in Kusatsu-Shirane volcano, central Japan, by using an unmanned helicopter,Earth, Planets, and Space,73,139,<https://doi.org/10.1186/s40623-021-01466-5>

東京工業大学,2021,草津白根山（湖水Cl濃度の時間変動予測モデル）,第148回火山噴火予知連絡会資料（2021年6月）,その1の1,21-22

東京工業大学,2021,草津白根山（草津白根火山・湯釜火口湖の水温変動）,第149回火山噴火予知連絡会資料（2021年12月）,その3の3の1,39

小山崇夫・金子隆之・大湊隆雄・渡邊篤志・柳澤孝寿・本多嘉明,2021,自律型無人ヘリコプターを用いた火山 空中磁気測量,物理探査,74,115-122,<https://doi.org/10.3124/segj.74.115>

東京大学地震研究所,2021,第148回火山噴火予知連絡会資料,その3の4,13-14

横尾亮彦・石井杏佳,2021,熱赤外線カメラで撮影された JPEG ファイルの解析方法,火

山,66,229-240,https://doi.org/10.18940/kazan.66.3.229

Tanaka, R., Yamaya, Y., Tamura, M. et al.,2021,Three-dimensional inversion of audio-magnetotelluric data acquired from the crater area of Mt. Tokachidake, Japan,Earth, Planets, and Space,73,172,https://doi.org/10.1186/s40623-021-01502-4

北海道大学,2021,雌阿寒岳（ナカマチネシリ周辺の全磁力変化）,第149回火山噴火予知連絡会資料（2021年12月）,その3の1,17

北海道大学,2021,十勝岳（地磁気全磁力）,第149回火山噴火予知連絡会資料（2021年12月）,その3の1,35

北海道大学,2021,十勝岳（二酸化硫黄放出率）,第148回火山噴火予知連絡会資料（2021年6月）,その2の8,7

北海道大学,2021,十勝岳（地磁気全磁力）,第148回火山噴火予知連絡会資料（2021年6月）,その2の8,8

東京工業大学,2021,草津白根山（草津白根山周辺の地磁気変化）,第148回火山噴火予知連絡会資料（2021年6月）,その1の1,23-24

東京工業大学,2021,草津白根山（湖水 Cl 濃度の時系列解析）,第149回火山噴火予知連絡会資料（2021年12月）,その3の3の1,40

東京工業大学,2021,草津白根山（草津白根山周辺の地磁気変化）,第149回火山噴火予知連絡会資料（2021年12月）,その3の3の1,41

#### ・学会・シンポジウム等での発表

市來雅啓・海田俊輝・山本 希・三浦 哲・神田 径・潮田雅司・関 香織・森田裕一・上嶋 誠,2021,噴火ポテンシャル評価に向けたAMT法による蔵王山の比抵抗構造探査,日本火山学会2021年秋季大会,P1-14

田中 良・橋本武志・成田翔平,2021,熱水流動数値計算とポストプロセッサーを用いた非噴火期における多項目観測モデリン,日本地球惑星科学連合,SVC29-12

Permana, T. and Aoyama, H.,2021,Volcanic tremor source location at Tokachidake volcano from cross-correlation analysis of 2018-2020 seismic data,Japan Geoscience Union,SVC28-P02

石橋 桜・宇津木充・南 拓人・井上寛之,2021,阿蘇 2014 年マグマ噴火前後における地下比抵抗分布の推移,日本火山学会2021年秋季大会,A2-11

石橋 桜・宇津木充・南 拓人・井上寛之,2021,阿蘇 2014 年マグマ噴火前後における地下比抵抗分布の推移,地球電磁気・地球惑星圏学会2021年秋季大会,R003-10

宇津木充・橋本武志・多田訓子・太田豊宣・吉川 慎・井上寛之,2021,ドローンを用いた九重火山における繰り返し空中磁気観測により見積もられた磁場時間変化について,地球電磁気・地球惑星圏学会2021年秋季大会,R003-01

小山崇夫・神田 径・宇津木充・金子隆之・大湊隆雄・渡邊篤志・辻 浩・西本太郎・本多嘉明,2021,無人ヘリコプターによる草津白根山空中磁気測量,Japan Geoscience Union,STT34-03

成田翔平・大倉敬宏・吉川 慎・横尾亮彦・井上寛之,2021,阿蘇中岳第一火口の放熱率推定(2020-2021年),日本火山学会2021年秋季大会,P2-25

#### (10) 令和3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：

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：十勝岳の地磁気全磁力連続観測（プロトン磁力計）。毎15分計測。2カ所。

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：北海道上富良野町十勝岳 43.423251 142.675409

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：雌阿寒岳ナカマチネシリ火口周辺の地磁気全磁力繰り返し観測（多点・臨時・不定期）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：北海道足寄町雌阿寒岳 43.391752 144.016804

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地球化学：DOAS・COMPUSS・COSPEC

概要：二酸化硫黄放出率観測（ドローン搭載DOAS，地上トラバース，人工衛星データ解析）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：北海道上富良野町十勝岳 43.423214 142.675431

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地球化学：採水

概要：ベンガラ温泉の自動サンプリング

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：北海道上富良野町十勝岳 43.431575 142.641678

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：ドローンによる空中磁気測量（全磁力）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：福島県猪苗代町吾妻山 37.733101 140.239191

調査・観測期間：2021/9/-2021/9/

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：地磁気全磁力（連続・繰り返し）観測を行った。仙台管区气象台と共同実施

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：宮城県蔵王町蔵王山 38.136565

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：湯釜火口周辺の全磁力連続観測（4地点・プロトン磁力計）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：群馬県草津町草津白根山 36.643166 138.535538

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地球化学：噴気ガス・土壌ガス

概要：噴気ガス化学組成の分析（不定期）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：群馬県草津町草津白根山 36.643166 138.535538

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：地球化学：採水

概要：湯釜火口湖水の化学分析・温度観測（不定期）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：群馬県草津町草津白根山 36.643166 138.535538

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：地磁気全磁力および3成分の連続観測

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：東京都大島町伊豆大島 34.727003 139.394789

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：その他：ACTIVE電磁探査

概要：三原山火口周辺域で人工電流を用いた電磁探査（ACTIVE）を行った。

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：東京都大島町伊豆大島 34.727003 139.394789

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：登山道沿いの徒歩による地磁気全磁力サーベイ（オーバーハウザー磁力計）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：長野県王滝村御嶽山 35.891240 137.481108

調査・観測期間：2020/10/-2021/10/

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：地磁気全磁力連続観測（プロトン磁力計）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：大分県久住町九重山 33.093321 131.237912

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：ドローンによる空中磁気測量（全磁力）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：大分県久住町九重山 33.093321 131.237912

調査・観測期間：2019/10/12-2019/10/18

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：地磁気全磁力連続観測（プロトン磁力計・4カ所）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：岐阜県高山市焼岳 36.228714 137.589512

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：磁力観測（全磁力・3成分）

概要：地磁気全磁力連続観測（プロトン磁力計・3カ所）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：熊本県阿蘇市阿蘇山 32.884714 131.085155

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：火山：その他：ACTIVE電磁法比抵抗モニタリング

概要：ACTIVE電磁探査による比抵抗モニタリング（不定期）

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：熊本県阿蘇市阿蘇山 32.884714 131.085155

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

(11) 令和4年度実施計画の概要：

各火山（十勝岳，吾妻山，伊豆大島，草津白根，焼岳，九重山，阿蘇山等）での地磁気・比抵抗・熱・ガス観測を継続する。噴気放熱率推定自動処理開発を進める。草津白根山の火山活動評価（VUIワークシート試作）を行う。

(12) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

橋本武志（北海道大学），青山裕（北海道大学），田中良（北海道大学）

他機関との共同研究の有無：有

市來雅啓（東北大学），小山崇夫（東京大学地震研究所），金子隆之（東京大学地震研究所），森俊哉（東京大学大学院理学系研究科），神田徑（東京工業大学），寺田暁彦（東京工業大学），市原寛（名古屋大学大学院環境学研究科），宇津木充（京都大学大学院理学研究科），大倉敬宏（京都大学大学院理学研究科），横尾亮彦（京都大学大学院理学研究科），吉村令慧（京都大学防災研究所），相澤広記（九州大学大学院理学研究院），大場武（東海大学），齋藤武士（信州大学），高木朗充（気象庁），高橋良（北海道立総合研究機構産業技術環境研究本部 エネルギー・環境・地質研究所）

(13) 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：北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター

電話：011-706-2892

e-mail：

URL：

(14) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：橋本武志

所属：北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター