

(1) 実施機関名：

富山大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）弥陀ヶ原火山およびその周辺における地球物理学的観測による火山・地震活動モニタリング  
 （英文）Monitoring volcanic and seismic activities by geophysical observation in and around Midagahara volcano, Toyama, Japan

(3) 関連の深い建議の項目：

- 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

(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  
 (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  
     イ. 内陸地震  
     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  
 5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究  
 (6) 高リスク小規模火山噴火

(5) 令和5年度までの関連する研究成果（または観測実績）の概要：

**地盤変動観測：**2015年から毎年実施している水準測量から2017～2020年に地盤の収縮

（[1]）、2020～2022年は膨張（[2]；堀田ほか，JpGU2023），2022～2023年は一転して収縮（堀田ほか，火山学会2023）となった。また，2016～2020年，2021～2023年は開口割れ目（[1]；堀田ほか，JpGU2023；堀田ほか，火山学会2023），2020～2021年はシル（[2]）で説明できる変動であった。なお，上下変動だけでなく，水平変動も検出するために，2021年から夏季のGPS連続観測を実施し，水準測量とGPS観測のデータを統合した解析も実施し，深さ7 mと浅部に開口割れ目を得た（堀田ほか，JpGU2023）。その結果の解釈等に関しては現在検討中である。

**地震観測：**2020年に立山カルデラ内に2点，馬場島と浄土山南峰に各1点の臨時観測点を設置し，通年観測を開始した。この観測から，（1）地獄谷付近では深さ1 km程度のかかなり浅い地震が頻度こそ少ないものの発生したこと，（2）2020年9月末～10月上旬にかけて剣岳北方深さ5 km程度で群発地震が発生したこと，（3）カルデラの多枝原付近を境に震源の深さが変化しているように見えること，（4）有峰湖付近では震源が跡津川断層より北の茂住祐延断層に沿うように見えることが分かった。この有峰湖周辺の地震活動を精査するために，令和5年度より有峰湖付近で新たに臨時観測を開始した。

**熱観測ほか：**地獄谷内の各噴気帯では，年ごとに噴気口や熱水孔の位置が変化していることが明らかになった。特に顕著な変化が新噴気帯，紺屋地獄，新大安地獄で確認された。新噴気帯では噴気孔が大規模な陥没地になったことや，紺屋地獄では熱水孔の位置の変化やどの火山の形成・消失が繰り返された。また，地獄谷中央部の八幡地獄では，2018年に突如灰色の熱水の噴出が始まり，その後，2019年からは地下から供給される熱水の色調が青色に変化した。このような噴気帯の活動状況の変化が地盤変動等にどのように関連しているのかは検討中である。

騒音センサーを用いた観測が今年度からのため定量的な比較は難しいが，画像を比較すると百姓地獄の噴気孔は2020年，2021年に比べるとだいぶ活動が低調になっている。また，地獄谷内の他地域でも，噴気孔の閉塞と新たな噴気孔の形成が繰り返されてきている。噴気孔の閉塞は，前述したように熱水ガス溜まりの圧力上昇そして水蒸気噴火につながる可能性があるため，噴気経路の閉塞や形成のメカニズムを理解することが重要であると考えている。

## 業績リスト（査読付き論文）

- [1] K. Hotta, S. Kusumoto, H. Takahashi, Y.S. Hayakawa (2022) Deformation source revealed from leveling survey in Jigokudani valley, Tateyama volcano, Japan, Earth, Planets and Space, 74, 32, doi:10.1186/s40623-022-01593-7.
- [2] 堀田耕平・高橋秀徳・本田裕也・剣持拓末（2023）水準測量から明らかになった立山火山地獄谷の再隆起—2020年9月～2021年9月—, 火山, 68（2）, 83-89, doi: 10.18940/kazan.68.2\_83.

### (6) 本課題の5か年の到達目標：

**地盤変動観測：**地獄谷内において、水準測量やGPS観測を実施し、変動の推移や熱水・ガスだまりの体積の経年変化を明らかにする。また、これまで水準測量で得られた変動源は期間によって変動源が異なる問題があることから、統一的なモデルを構築する。さらに、地獄谷内でレーザー測量や写真測量を実施し、面的に地盤変動を捉えることを目指す。一方で、後述の熱観測から明らかになる熱活動との対応関係についても解明する。

**地震観測：**飛騨山脈にある活火山の下では深部低周波地震が観測されている。活火山の下で、震源が最上部マントルから中部地殻まで線状につながって分布することから、マグマ活動に関係することが推察される。流体の移動など、火山活動に関連する地震活動を把握するために、震源の時間変化や発震メカニズム、地表活動との関連性を明らかにする。また、マグマ供給源について把握するために火山深部の減衰構造について調査を進める。弥陀ヶ原火山に近い跡津川断層などで発生する非火山性地震についても解析を行う。一方、変動源と地下構造の対応を明らかにするために地獄谷内で地震波を用いた浅部構造探査を実施する。

**熱観測：**本課題でもUAVによる熱活動観測を継続する。高温域の分布とその経年変化を解析することで、地下の熱水流動経路に時空間的制約を与えるだけでなく、地盤変動との関係にまで踏み込んだ検討を行う。

**地中レーダーを用いた浅部構造探査：**地獄谷内には多数の温泉湧出孔、火山噴出孔が存在する。隣接する温泉噴出孔であっても、温泉水の化学組成や水位が異なることが分かっている（例えば、Seki et al., 2019）。これらの違いは、帯水層とガス供給系の関係を反映していると考えている。浅部構造探査により帯水層やガスを供給する亀裂を捉え、温泉活動、ガス活動の理解を目指す。研究計画の項目で述べるように、毎年重点地域を決めて地獄谷内で地中レーダー探査を実施する。

### (7) 本課題の5か年計画の概要：

令和6年度においては、現行課題の結果に基づき地盤変動観測は変動源があると考えられる百姓地獄～新噴気帯で、地震観測は特徴的な地震がみられる立山カルデラ・有峰湖周辺でそれぞれ重点的に行う。GPS観測は7～10月に、水準測量は9月に実施する。面的な地盤変動を把握するべく、並行してレーザー測量・写真測量を年1～2回実施する。変動源と地下構造の対応を明らかにするべく、地震波や地中レーダーを用いた浅部構造探査も並行して実施する。熱活動と地盤変動との関係を明らかにするべく、UAVによる熱活動観測を9月に実施する。浅部構造探査は百姓地獄南側で実施する。

令和7年度においては、地盤変動・地震観測を継続して実施し、変動源解析・震源決定・メカニズム解析・減衰構造の解析を進める。熱活動観測や浅部構造探査も継続して実施する。地中レーダー探査は鍛冶屋地獄で実施する。

令和8年度においては、地盤変動・地震観測を継続して実施し、ここまでの結果に基づき地盤変動・地震観測網の拡張を図る。熱活動観測や浅部構造探査も継続して実施し、地盤変動との関係についても検討する。地中レーダー探査は紺屋地獄で実施する。

令和9年度においては、地盤変動・地震観測を継続して実施し、モデル等の改良と解釈を行う。熱活動観測や浅部構造探査も継続して実施し、地盤変動源との関係などについて明らかにする。地中レーダー探査は団子屋地獄で実施する。

令和10年度においては、観測の継続とともに成果のとりまとめ・論文投稿・データの整理を行う。地中レーダー探査は紺屋地獄で実施する。

### (8) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

堀田耕平（担当者・総括）（富山大学学術研究部都市デザイン学系）, 渡邊了（担当者）（富山大学学

術研究部都市デザイン学系),石崎泰男(担当者)(富山大学学術研究部都市デザイン学系),安江健一(研究協力者)(富山大学学術研究部都市デザイン学系),立石良(研究協力者)(富山大学学術研究部都市デザイン学系)

他機関との共同研究の有無:有

大見士朗(研究協力者)(京都大学防災研究所),大倉敬宏(研究協力者)(京都大学大学院理学研究科),風間卓仁(研究協力者)(京都大学大学院理学研究科),早川裕弐(研究協力者)(北海道大学大学院地球環境科学研究院),青山裕(研究協力者)(北海道大学大学院理学研究院)

(9) 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:

電話:

e-mail:

URL:

(10) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名:堀田耕平

所属:富山大学学術研究部都市デザイン学系