

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 10 日現在

機関番号：13301

研究種目：特別研究促進費

研究期間：2022～2022

課題番号：22K19949

研究課題名（和文）能登半島北東部において継続する地震活動に関する総合調査

研究課題名（英文）Comprehensive survey of ongoing seismic activity in the northeastern Noto Peninsula

研究代表者

平松 良浩（Hiramatsu, Yoshihiro）

金沢大学・地球社会基盤学系・教授

研究者番号：80283092

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 30,600,000円

研究成果の概要（和文）：活発な地震活動が継続する能登半島北東部において、総合的な観測調査を実施した。地震活動域南部の深部に流体の存在を示す地震波速度構造や低比抵抗領域があることや反射面の存在が明らかとなった。地殻変動源の位置は時空間的に変化し、変動源のモデルも開口割れ目から開口を伴う逆断層に変化したと考えられる。地震活動域北部では重力値の減少が観測され、地殻変動源のモデルと概ね一致した。温泉・地下水のモニタリングから陰イオン濃度の時間変動が確認された。海成段丘面の年代及び隆起速度を推定し、新たな変動地形を見出した。地震動増幅の空間変化に工学的基盤面での速度コントラストが寄与したことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

能登半島北東部で継続する地震活動および地殻変動については、その成因として地下の流体の関与の可能性が考えられていた。本研究で実施された多様な観測結果より、地殻内に存在する流体の位置と地震活動域の関連性や流体の移動により地震活動や地殻変動の変化が生じていることを示し、非火山地域での流体が関与する群発地震活動や発生域の構造の特性を明らかにした。また、2022年6月19日に震度6弱を観測した地域周辺の地震動や地盤特性を明らかにし、新たな変動地形を見出すなど地域の地震防災に有用な情報を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：A comprehensive survey has been conducted in the northeastern Noto Peninsula, where high seismic activity continues. Seismic wave velocity structures and a low resistivity region indicate the presence of fluids deep in the southern part of the hypocentral area. Reflection surfaces are estimated near the fluid region. The location of the source of the crustal movement has changed spatiotemporally. The model of the source has changed from a tensile crack to a shear-tensile source. A decrease in gravity values was observed in the northern part of the hypocentral area, which is approximately consistent with the geodetic source model. Monitoring of hot springs and groundwater revealed temporal variations in anion concentrations. The age and uplift rate of marine terrace surfaces were estimated. New tectonic reliefs were found. The velocity contrasts on the engineering base surface contributed to seismic amplification on the ground surface.

研究分野：固体地球物理学，地震学

キーワード：群発地震 流体 地殻変動 比抵抗構造 重力変化 温泉成分 活構造 浅部地盤構造

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

能登半島北東部の珠洲市付近では、2018年6月頃から地震数の増加が認められ、2020年12月には一層の地震数の増加と局所的な非定常地殻変動が始まり、2020年9月16日にはマグニチュード5.1、最大震度5弱、2022年6月19日にはマグニチュード5.4、最大震度6弱の地震が発生した。この地震により建物被害や斜面崩壊、水道管の破裂等が生じ、負傷者もあり、今後の地震活動の推移に高い社会的関心が寄せられていた。本研究開始前には、地殻変動データの解析からは珠洲市の地下十数 km の深さに地殻深部の流体が関与する変動源の存在が示唆されたが、観測点密度が疎であるためモデルの特定には至らず、地震活動の解析から流体移動が関与した地震活動変化の可能性や電磁気観測から地震活動域深部での低比抵抗領域の存在が示されていた。これらの研究から地殻深部の流体が一連の地震活動の原因である可能性が考えられるが、この継続的な地震活動を正確に捉えるためには、既往調査観測の稠密化や繰り返し観測・新規観測による一連の地震活動の発生場の特徴、変動源の特定、流体の起源、周囲の活断層と地震発生域との関係の解明や今後の地震災害の軽減のために地盤要因の解明が求められていた。

### 2. 研究の目的

能登半島北東部で長期に渡り継続している地震活動の原因及び全体像、また2022年6月19日のマグニチュード5.4、最大震度6弱の地震による災害像を明らかにするために、7つのテーマ(1.陸域地震観測による群発地震発生メカニズムの解明、2.測地観測による地殻変動の調査、3.電磁気観測による地下電気比抵抗構造の解明、4.重力観測による地殻流体挙動の解明、5.温泉成分測定による流体起源の調査、6.活構造調査による長期間地殻変動の解明、7.強震観測による被害状況の調査)を設定し、地震クラスター群の正確な把握、地震活動・地殻変動のモニタリング、地殻変動源の解明、地下の流体の分布や移動、その起源の解明、地震活動域周辺の長期間地殻変動像の解明、地震被害の生成要因の解明を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では各テーマに関して、以下の方法で研究を実施する。

#### テーマ1. 陸域地震観測による群発地震発生メカニズムの解明

能登半島北東部の珠洲市付近で継続している活発な地震活動の正確な把握と地震活動のモニタリングのために、検知能力と震源位置・モーメントテンソルの決定精度向上を目的とした臨時地震観測点を、群発地震発生域直上や周辺に設置した。設置した臨時テレメータ観測点と定常テレメータ観測点で得たデータを用いて、S波偏向異方性および地震波速度トモグラフィ解析を行った。S波スプリッティングについて、本研究では、Silver and Chan (1991)を基としたMFAST (Savage et al., 2010)を使用した。MFASTでは、様々な位置や長さの時間窓による解析結果のクラスター分析を行う。そのことでS波偏向異方性を安定にかつ高速に推定することができる。データは、2022年6月末から震源域に設置した臨時観測点および定常観測点による波形データを用いた。使用した地震計は短周期地震計(固有周波数:1Hzまたは2Hz)または広帯域地震計である。地震波速度構造について、手法はダブルディファレンストモグラフィ法(Zhang and Thurber, 2003, 2006)を用い、2020年2月以降の1648個の地震を解析に使用した。また、高精度震源再決定により、群発地震震源域の断層構造・震源移動の詳細を調べ、波形解析により、2022年M5.4地震の破壊過程および反射面構造を求めた。新たに設置した臨時テレメータ観測点の内の2点は、現在もリアルタイムで伝送され、全国の研究者や気象庁等によって群発地震活動の把握に利用されている。

地震のモーメントテンソルを推定する為に、既存の定常観測点から10数km~20km離し、観測点の隙間をうめる場所に臨時オフライン観測点を2か所設置した。それら観測点では、固有周波数1.0Hzの短周期地震計を使用し、2022年6月23日~11月25日までデータ収録を実施した。取得波形データに短周期地震計の周波数特性を補正した上で、理論波形との比較を行った。

群発地震や地殻変動の原因として推定される流体だまりを把握する為に、稠密オフライン地震計アレイ観測を2回実施した。1回目は、珠洲市折戸町から正院町の南北方向に測線長約8kmの測線を設定し、測線上に観測点を約200m間隔で43カ所に設置した。各観測点では、固有周波数4.5Hzの地震計によって上下動及び水平動の3成分観測を実施し、2022年9月12日から10月18日までデータ収録を実施した。2回目は、珠洲市若山町から三崎町の東西方向に測線長約10kmの測線を設定し、測線上に観測点を200m~600m間隔で40カ所に設置した。各観測点では、1回目のアレイ観測と同じ観測装置を使用し、2022年12月6日から2023年2月15日までデータ収録を実施した。

#### テーマ2. 測地観測による地殻変動の調査

##### (1) 地殻変動詳細分布の解明と地殻変動源モデルの推定

想定される変動源近傍の既存観測網の空白域に2点のGNSS臨時観測点を設置し、概ね10km毎に設置された民間のGNSS観測点等のデータを統合解析して、地殻変動の時空間発展を明らかに

する。また、干渉 SAR データの時系列解析により、地殻変動分布の時空間発展を明らかにする。さらに、得られた地殻変動データから地殻変動源の位置や形状とその時間変化を推定する。

#### (2)地殻変動源による地震活動への影響評価

(1)で推定された変動源によるクーロン応力変化や摩擦状態の非線形特性を考慮した応力伝播地震応答モデルを用いることにより、群発地震活動や周辺活断層への影響の評価を試みる。

#### テーマ3 . 電磁気観測による地下電気比抵抗構造の解明

電気比抵抗の情報は地下の流体分布の把握に大変有用であり、流体の分布域は低比抵抗領域として確認することができる。能登半島北東部での地震活動の活発化を受けて 2021 年度に実施した陸域 32 か所での広帯域電磁場観測データの解析により、地震活動域周辺の 3 次元比抵抗構造モデルでは、地震活動域およびその直下に低比抵抗領域が存在することが明らかになった。本研究では、この比抵抗構造モデルの空間分解能を向上させるため陸域での追加観測を、10km 以深の構造推定の確度を向上させるためにデータの空白域である海域において海底電磁場観測を実施する。既存データと統合して解析することにより、3 次元比抵抗構造モデルを高度化する。加えて、電磁場の長期連続観測を複数点設置し、流体の移動に伴って生じる比抵抗構造の時間変化の検出可能性を検証する観測網を構築する。

#### テーマ4 . 重力観測による地殻流体挙動の解明

珠洲市及びその周辺で絶対重力計、相対重力計を用いた混合観測を実施して重力の時空間変化を捉えることで、群発地震の原因となる流体の種類や移動に関する知見を得る。併せて、光ファイバー計測を活用し、地震計や GNSS 観測等で捉えていない可能性のある極微小な地殻活動を、高い感度をもって検出する。

#### テーマ5 . 温泉成分測定による流体起源の調査

地震活動域の地質を考慮し、温泉水や地下水試料の採取を行い、陰イオン濃度や水の酸素・酸素同位体比、希ガス同位体組成等を測定する。これらの化学データをもとに、水試料に含まれるマントル・地殻起源成分の混合率等を推定し、地下流体の起源とその時間変動を明らかにし、能登半島における地下流体の状態と地震活動・地殻変動や地質構造との関係性を評価する。

#### テーマ6 . 活構造調査による長期間地殻変動の解明

最も旧汀線高度が高いものの、形成年代が不明であった能登半島北東部において、テフラ層序による海成段丘面の離水年代推定のための掘削調査を 2023 年 1 月に実施した。中位段丘面 3 地点（大川・折戸・川浦）、高位段丘面 1 地点（高屋）において、打ち込みボーリング調査によって中～後期更新世の海成段丘面構成層の地質試料を 4 地点で採取し、これらについて堆積物の記載を行うとともに、連続サンプリングを行い、火山灰分析を実施した。また、能登半島北東部の活構造について、海成段丘面の分布・変形に基づき、主に国土地理院・米軍撮影の空中写真による再検討を行った。

#### テーマ7 . 強震観測による被害状況の調査

(1)「高震度生成メカニズムの解明」では、2022 年 6 月 19 日にマグニチュード 5.4 の地震により震度 6 弱を観測した石川県珠洲市正院観測点周辺地域において微動観測に基づく地盤震動調査を行い、大きな震度を生じた地震動の生成メカニズムの解明を行った。また、(2)「被害状況との対応調査」では、同地震による被害状況の調査を行うとともに、臨時強震観測によって地震動と被害の成因の関係の調査を行った。

### 4 . 研究成果

本研究の各テーマで得られた成果は以下の通りである。

#### テーマ1 . 陸域地震観測による群発地震発生メカニズムの解明

臨時テレメータ観測点と定常テレメータ観測点のデータを用いた S 波偏向異方性解析で得た S 波偏向異方性の空間分布から、異方性の卓越方向は概ね東西方向と南北方向に推定された。東西ないし北西-南東方向の異方性は、最大水平圧縮軸方向と概ね一致する。したがって、応力による異方性が観測された東西方向の異方性の原因として考えられる。一方、概ね東西方向と南北方向の走向を持つ断層が確認されており、構造性の異方性を見ている可能性も考えられる。定常観測点の一つである N.SUZH について、S 波偏向異方性の時間変化を検討した。異方性の方向については、顕著な時間変化は見られなかった。異方性の大きさについては、2021 年の 6～9 月ごろ以降の期間において、それ以前の期間に比べて、特に震源域の西部での活動に対し、大きな異方性が観測された可能性がある。地震波速度トモグラフィ解析で得られた地震波速度構造から、震源域深部、深さ 18km に高い Vp/Vs 領域を確認した。この領域では周囲と比べて、やや大きな P 波速度が得られた。対象領域には第三紀の火成岩が分布していることから、高い Vp/Vs 領域はマグマだまりを示している可能性があり、そこから放出された流体がこの群発地震活動に関わっていることを示唆する。これらの結果から、この地震活動は、比較的断層構造の発達した未熟な応力性の異方性が分布し、深部に流体を示唆する高い Vp/Vs の領域が確認される南部より活動

が開始した。その後、断層構造が発達している構造的異方性が分布する北部での活動が活発となったと考えられる。また、群発地震の震源の時空間変化の把握および S 波反射面の検出から、群発地震中に、微小地震が複数枚の断層構造を通して深部から浅部に移動していったことを明らかにした。群発地震活動開始部付近の活動は、それ以降の地震に比べて局所的に深いところで発生しており、近くに顕著な S 波反射面が存在することも明らかになった。この S 波反射面は、地震発生を促進した流体の供給源を表す可能性がある。微小地震が活発に発生・移動していた断層面上で 2022 年 M5.4 地震が発生し、主として西側に破壊伝播したことを示した。

定常観測点と臨時オフライン観測点で収録した地震計の周波数特性補正後の波形と理論波形との比較することで推定したモーメントテンソル解は東西圧縮の逆断層が卓越する特徴を示しており、広域応力場を反映しているとみられる。

稠密オフライン地震計アレイ観測で得られた連続波形記録に対して、気象庁一元化震源カタログに基づいてイベント毎へのデータ編集を実施した。得られた地震波形記録では、明瞭な P 波初動のあとに、地下深部からの反射波と思われる後続波を確認することができた。後続波が、震源から P 波で射出し反射面で反射した P<sub>x</sub>P 波であるとし、反射面が水平に存在すると仮定して、その反射面の深さを推定した。その結果、反射面が 15 km から 17 km の深さに存在する可能性が示唆された。

## テーマ 2 . 測地観測による地殻変動の調査

GNSS 解析では、定常観測点、本研究や国土地理院が設置した臨時観測点のデータにソフトバンク株式会社（以下、ソフトバンク）の GNSS 観測点を加えた統合解析を行ない、群発地震活動に伴う非正常地殻変動の時空間発展を明らかにした。特に、ソフトバンクの観測点で得られたデータを用いることにより、2020 年 12 月頃の地震活動が活発化した当初の地殻変動速度が大きく、その後は変動速度が漸減する傾向が明らかになった。地震活動と地殻変動の変化に基づいて、全体を 4 つの期間に分けて、それぞれの期間で変動源モデルを推定すると 2020 年 12 月からの約 3 ヶ月間では、深さ 15 km 程度で水平に近い開口割れ目、それ以降の期間では南東傾斜の断層面における逆断層すべりと開口が同時に発生するモデルが推定された。変動源モデルと地震活動を合わせて解釈すると、活動開始当初に大量の流体が南側でバースト的な地震を誘発しながら、ほぼ鉛直方向に上昇したと考えられる。そして深さ約 15 km で既存の南東傾斜の逆断層帯に到達し、透水性の高い断層帯沿いに拡散するとともに、非地震性の逆断層すべりを誘発した。これらの効果が合わさって、さらに浅部で長期に継続する大規模な群発地震活動を引き起こしたと考えられる。

Sentinel-1 SAR の InSAR 解析により、群発地震活動に伴う地殻変動シグナルを検出した。GNSS から得られた地殻変動シグナルと調和的であり、2020 年 12 月から 2021 年 12 月までの 1 年間で東西方向に最大 1.5 cm、鉛直方向に最大 2.0 cm 程度の変位が認められた。InSAR から得られた地殻変動情報を基に、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC) とベイズ統計学に基づいた変動源モデリングを、矩形断層すべりモデルおよび球状膨張源モデルを仮定して行ったところ、球状膨張源モデルが InSAR の変位を最も良く説明できた。

変動源モデルを用いて、この地域の典型的なメカニズム解である南東傾斜の逆断層に対するクーロン応力変化を計算すると、群発地震の活動域や珠洲沖セグメントを含む能登沖の海底活断層などの周辺領域においてクーロン応力変化の増加が示唆される一方、時間変化については、地殻変動速度が漸減しているにもかかわらず、地震活動が 1 年半以上に渡ってほぼ定期的に継続する傾向を説明することが既存のモデルでは困難であることがわかった。

## テーマ 3 . 電磁気観測による地下電気比抵抗構造の解明

2021 年度に実施した陸上 32 か所の広帯域 MT 観測から推定された比抵抗構造モデルの空間分解能や深部の構造推定精度を向上させるため、2022 年度に珠洲市沖 3 か所での海底 MT 観測と陸域 25 か所での広帯域 MT 観測を実施した。海底 MT 観測に対しては、京都大学防災研究所宿毛観測室の磁場データを、陸上広帯域 MT 観測に対しては宮崎県宮崎市に臨時点を設け、それぞれ参照磁場とすることで、概ね全ての補充観測点において良質な MT 応答を得ることができた。計 60 ヶ所のデータ中、陸上 55 点のデータを用いた 3 次元比抵抗構造逆解析では、予察的な結果として、地震活動域周辺およびその下部に推定されていた顕著な低比抵抗領域は、その境界が明瞭になり、特に北・東クラスは低比抵抗領域の縁辺部に集中する様相が確認できた。

2022 年 12 月から、計 6 か所において長期連続観測を継続した。微小な時間変化シグナルを捉えることが可能なように、各観測点に含まれる人工ノイズについての検討を進め、以後 1 年程度の長期観測を継続可能な観測体制を構築した。

## テーマ 4 . 重力観測による地殻流体挙動の解明

2023 年 3 月上旬に重力観測を実施した。この結果から 2022 年 3 月中旬に行った重力観測の結果を差し引くことで、1 年の期間に生じた重力の時空間変化を算出した。その結果、群発地震活動が活発で、かつ、GNSS で大きな隆起速度の観測されている珠洲市北部で重力が数マイクロガル減少し、震源から離れた輪島では有意な変化が生じなかったことが分かった。これらの変化は GNSS 観測から求めた断層モデルと概ね一致し、今後、変動が蓄積すれば重力観測の継続により貫入物質の密度が明らかになる可能性がある。

のと鉄道の廃線となった春日トンネル(珠洲市)の壁面に、約76mの光ファイバケーブルを敷設し、光ファイバ歪み計を用いて、歪みの高精度測定を開始した。地震の記録に関しては、並行観測している地震計の記録と同レベルかそれ以下の分解能で信号を捉えられていた。長期間にわたる歪みの変化は、温度による影響を強く受けていた。また、能登町から珠洲市までの間のNTT西日本の光ケーブル約27.6kmを利用し、分布型音響センシングによる振動測定を行った。地震によるこの区間の揺れの広がり、ケーブル沿いに約5m間隔、5000か所以上で捉える事ができた。

#### テーマ5 温泉成分測定による流体起源の調査

地震活動域周辺の8地点の温泉・地下水(内5地点は月1回程度の定点観測)で試料採取を行い、陰イオン濃度( $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ )及び酸素・水素同位体比を測定し、定点観測地点においては2022年6月から2023年2月の期間におけるそれらの時間変動を求めた。2022年9月末に複数地点において陰イオン濃度の変動が認められ、その変動傾向が地点により異なるため、天水の混入ではなく、地殻流体の影響を反映した可能性が考えられる。また、酸素・水素同位体比も変動を示す地点があり、異なる起源を持つ地殻流体の混合の可能性が考えられる。能登半島に広く分布する日本海形成に参与した第三紀の火山岩類の調査を行い、代表的な試料の収集と日本海形成火成活動初期の精密な年代測定を行った。

#### テーマ6 活構造調査による長期間地殻変動の解明

MIS5e(町田・小池, 2003)とされた折戸地点(標高約87m)にて、ローム層からAT(29ka)、シルト層からK-Tz(95ka; 町田・新井, 2001)の火山灰を検出した。ローム層の厚さ・風化度、K-Tzの層位から、MIS5eの可能性が高い。また、MIS9とされた高屋地点(標高約168m)にて、ローム層からAT(29ka; 町田・新井, 2001)およびK-Tz(95ka)の火山灰を検出した。ローム層の堆積速度一定とすると、ローム層の基底は約249kaと外挿され、MIS7eの可能性が考えられる。これらの結果と段丘面の分布高度から、両地点の隆起速度は0.7mm/yr以上の可能性がある。

能登半島北東部の活構造については、禄剛崎～飯田湾にかけて、最終間氷期およびそれ以前の海成段丘面に、低断層崖・傾動(逆向きが主体)・向斜状変形が新たに認められた。海成段丘面の局所的な変形は、富山トラフ西縁から沿岸にかけて分布する海底活断層による長期間地殻変動の可能性がある。

#### テーマ7 強震観測による被害状況の調査

(1)「高震度生成メカニズムの解明」では、K-NET正院及び(2)で実施された強震観測点及びボーリング柱状図が存在する地点において微動アレイ観測を実施し、深さ数十mまでのS波速度構造を求めた。地質ボーリング情報や表層地質情報を参考にすると、当該地域の工学的基盤は珪藻質泥岩層であり、その上に砂礫、泥の沖積層で構成される浅部地盤であることが分かった。この工学的基盤面での速度コントラストの大きさが、地震動増幅に大きく寄与していることが分かった。また、各地点の探査結果から、これらの沖積層厚は空間的に不均質であることが分かった。K-NET正院で得られた浅部地盤モデルからは、周波数約1Hzの地震動増幅を示しており、観測事実と整合している。また、(2)の臨時強震観測で見られる卓越周波数や空間的变化に対応する結果が得られた。

(2)「被害状況との対応調査」では、6月19日の地震で全壊となるような建物はなかったが、ブロック塀が倒れるなどの被害が散見した。被害が多く見られた珠洲市飯田、直、正院地区において、被害分布マップを作成した。この地区は1993年能登半島沖地震で被害分布と似た特徴をもっていた。春日神社の大鳥居の倒壊は表層地盤による地震動増幅に加え、脚部の根入れ不足・強度不足も関係していたと見られる。

被害が生じた珠洲市平野部6地点で臨時強震観測(観測開始日は7月2日)を実施し、地震動特性を分析した。KSG(春日神社)では1~2Hzおよび2~3Hz付近に振幅のピークが見られる一方、KMN(K-NET正院近傍)では1.0~1.3Hz付近にピークが見られるなど、観測点により卓越周波数特性の違いがあった。臨時強震観測で得られた観測地震動のKMN(K-NET正院近傍)の計測震度相当値(1.3~4.2)に対する各地点の平均震度増分は、ISK002が+0.16、SIKが+0.15、SKNが+0.06、KSGが-0.02、KFKが-0.09、NNEが-0.1となり大きな差は見られなかった。より高震度における違いの有無の検討が必要であり、余震記録における臨時強震観測点とISK002とのスペクトル比を用いて、より高震度であったと考えられる本震時の震度推定などを進める必要がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>西村卓也, 平松良浩, 太田雄策   | 4. 巻<br>74         |
| 2. 論文標題<br>2020年12月頃から続く能登半島の群発地震と地殻変動   | 5. 発行年<br>2022年    |
| 3. 雑誌名<br>地震ジャーナル  | 6. 最初と最後の頁<br>1-9  |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>無         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-          |
| 1. 著者名<br>Sakai, S., Kurashimo, E., Iidaka, T., Uchida, N., Yoshida, K., Okada, T.                                       | 4. 巻<br>-          |
| 2. 論文標題<br>Seismic Data from Temporary Seismic Observation in the Northeast Noto Peninsula, Central Japan                | 5. 発行年<br>2022年    |
| 3. 雑誌名<br>Zenodo   | 6. 最初と最後の頁<br>-    |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.5281/zenodo.6767363   | 査読の有無<br>無         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-          |
| 1. 著者名<br>Amezawa Y., Hiramatsu Y., Miyakawa A., Imanishi K., Otsubo M.  | 4. 巻<br>50         |
| 2. 論文標題<br>Long Living Earthquake Swarm and Intermittent Seismicity in the Northeastern Tip of the Noto Peninsula, Japan | 5. 発行年<br>2023年    |
| 3. 雑誌名<br>Geophysical Research Letters   | 6. 最初と最後の頁<br>-    |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1029/2022GL102670   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-          |
| 1. 著者名<br>杉井天音, 赤坂和泉, 大鷲晴香, 佐渡喬介, 坂東 卓, 村田 晶, 平松良浩   | 4. 巻<br>76         |
| 2. 論文標題<br>能登半島北東部の地震活動に対する住民の地震津波防災意識に関するアンケート調査  | 5. 発行年<br>2023年    |
| 3. 雑誌名<br>地震第2輯  | 6. 最初と最後の頁<br>7-15 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-          |

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西村卓也, 平松良浩, 太田雄策                  |
| 2. 発表標題<br>複数GNSS観測網の統合解析に基づく能登半島群発地震に伴う地殻変動 |
| 3. 学会等名<br>日本測地学会第138回講演会                    |
| 4. 発表年<br>2022年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西村卓也, 平松良浩, 太田雄策                  |
| 2. 発表標題<br>複数GNSS観測網の統合解析に基づく能登半島群発地震に伴う地殻変動 |
| 3. 学会等名<br>日本地震学会2022年秋季大会                   |
| 4. 発表年<br>2022年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Nishimura, T., Y. Hiramatsu, Y. Ohta  |
| 2. 発表標題<br>Earthquake swarm and transient crustal deformation in the Noto Peninsula, central Japan, based on combined analysis of multiple GNSS networks |
| 3. 学会等名<br>2022 AGU Fall Meeting (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>木下陽平   |
| 2. 発表標題<br>能登半島北部で2020年末から活発化した地震活動に伴う地殻変動のSentinel-1 SAR時系列解析による検出 |
| 3. 学会等名<br>日本地震学会2022年度秋季大会   |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西村卓也  |
| 2. 発表標題<br>能登半島北東部の群発地震と地殻変動                                   |
| 3. 学会等名<br>令和4年度「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）」成果報告シンポジウム（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2023年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>西村卓也，平松良浩，太田雄策                         |
| 2. 発表標題<br>複数GNSS観測網の統合解析に基づく能登半島群発地震に伴う地殻変動(その2) |
| 3. 学会等名<br>日本地球惑星科学連合2023年大会                      |
| 4. 発表年<br>2023年                                   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>岡田知己，Savage Martha，酒井慎一，吉田圭佑，内田直希，高木涼太，木村洲徳，平原聡，松澤暢 |
| 2. 発表標題<br>石川県能登半島群発地震震源域におけるS波スプリッティングと地震波速度構造                |
| 3. 学会等名<br>日本地震学会2022年度秋季大会                                    |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>吉田圭佑，宇野正起，松澤暢，行竹洋平，椋平祐輔，佐藤比呂志，吉田武義 |
| 2. 発表標題<br>石川県能登半島北東部の群発地震：マグマ活動に起因する構造と流体供給  |
| 3. 学会等名<br>日本地震学会2022年度秋季大会                   |
| 4. 発表年<br>2022年                               |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>吉村令慧, 平松良浩, 後藤忠徳, 乾太生, 吉川昌弘, 波岸彩子, 長岡愛理, 中川潤, 宮町凜太郎, 澤田明宏, 深田雅人, 杉井天音, 張策, 山下凧, 大島由有希, 金沢桃夏, 天野玲 |
| 2. 発表標題<br>奥能登群発地震震源域の3次元比抵抗構造  |
| 3. 学会等名<br>地球電磁気・地球惑星圏学会  |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>吉村令慧, 平松良浩, 後藤忠徳, 笠谷貴史, 宮町凜太郎, 中川潤, 山下凧, 天野玲, 深田雅人, 杉井天音, 乾太生, 山崎健一, 小松信太郎, 岩堀卓弥, 吉川昌弘, 波岸彩子, 長岡愛理, 達山康人, 澤田明宏, 張策, 福岡光輝, 陣出湧也, 大島由有希, 金沢桃夏 |
| 2. 発表標題<br>奥能登群発地震域周辺の3次元比抵抗構造   |
| 3. 学会等名<br>日本地球惑星科学連合2023年大会   |
| 4. 発表年<br>2023年  |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>天野玲, 後藤忠徳, 吉村令慧           |
| 2. 発表標題<br>特異値分解に基づいたMT探査データの信号分離の試み |
| 3. 学会等名<br>日本地球惑星科学連合2023年大会         |
| 4. 発表年<br>2023年                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>田中愛幸, 宮澤理稔, 荒木英一郎            |
| 2. 発表標題<br>光ファイバーケーブルを用いた能登半島群発地震のDAS観測 |
| 3. 学会等名<br>日本地球惑星科学連合2023年大会            |
| 4. 発表年<br>2023年                         |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>荒木英一郎, 宮澤 理稔, 田中愛幸, 横引貴史            |
| 2. 発表標題<br>石川県珠洲市トンネル内の光ファイバ歪・地震計およびDAS観測記録の比較 |
| 3. 学会等名<br>日本地球惑星科学連合2023年大会                   |
| 4. 発表年<br>2023年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>岩田知孝, 浅野公之, 宮本英, 緒方夢頭                          |
| 2. 発表標題<br>2022年6月能登地方の地震による K-NET正院 (ISK002) の地震動特性と地盤構造 |
| 3. 学会等名<br>日本地震学会2022年度秋季大会                               |
| 4. 発表年<br>2022年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>岩田知孝, 浅野公之, 宮本英, 緒方夢頭                                  |
| 2. 発表標題<br>2022年6月19日能登地方の地震(M5.4)時に震度 6 弱を記録したK-NET正院の地震動特性と地盤構造 |
| 3. 学会等名<br>令和 4 年度京都大学防災研究所研究発表講演会                                |
| 4. 発表年<br>2023年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>大堀道広, 村田晶                        |
| 2. 発表標題<br>2022年6月能登地方の地震による珠洲市の地震被害と臨時地震観測 |
| 3. 学会等名<br>日本地球惑星科学連合2023年大会                |
| 4. 発表年<br>2023年                             |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>雨澤勇太, 平松良浩, 宮川歩夢, 今西和俊, 大坪誠                         |
| 2. 発表標題<br>長期継続している能登半島北東部の群発地震 - 震源マイグレーションの評価および駆動メカニズムの考察 - |
| 3. 学会等名<br>日本地震学会2022年度秋季大会                                    |
| 4. 発表年<br>2022年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>杉井天音, 赤坂和泉, 大鷲晴香, 佐渡喬介, 坂東 卓, 村田 晶, 平松良浩 |
| 2. 発表標題<br>能登半島北東部の地震活動に対する住民の防災意識に関するアンケート調査       |
| 3. 学会等名<br>日本地震学会2022年度秋季大会                         |
| 4. 発表年<br>2022年                                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>高野彩香, 平松良浩                  |
| 2. 発表標題<br>能登半島北東部における群発地震の震源メカニズム解の決定 |
| 3. 学会等名<br>日本地震学会2022年度秋季大会            |
| 4. 発表年<br>2022年                        |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|                   | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                       | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                 | 備考 |
|-------------------|---|---------------------------------------|----|
| 研究<br>分<br>担<br>者 | 藏下 英司<br><br>(Kurashimo Eiji)<br><br>(00302620) | 東京大学・地震研究所・准教授<br><br><br><br>(12601) |    |

## 6. 研究組織（つづき）

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                         | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                         | 備考 |
|-------|---|---|----|
| 研究分担者 | 酒井 慎一<br><br>(Sakai Shinichi)<br><br>(00251455)   | 東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・教授<br><br><br><br>(12601) |    |
| 研究分担者 | 飯高 隆<br><br>(Iidaka Takashi)<br><br>(00221747)    | 東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・教授<br><br><br><br>(12601) |    |
| 研究分担者 | 勝間田 明男<br><br>(Katsumata Akio)<br><br>(80414514)  | 富山大学・学術研究部都市デザイン学系・教授<br><br><br><br>(13201)  |    |
| 研究分担者 | 岡田 知己<br><br>(Okada Tomomi)<br><br>(30281968)     | 東北大学・理学研究科・准教授<br><br><br><br>(11301)         |    |
| 研究分担者 | 吉田 圭佑<br><br>(Yoshida Keisuke)<br><br>(20743686)  | 東北大学・理学研究科・助教<br><br><br><br>(11301)          |    |
| 研究分担者 | 西村 卓也<br><br>(Nishimura Takuya)<br><br>(90370808) | 京都大学・防災研究所・准教授<br><br><br><br>(14301)         |    |
| 研究分担者 | 太田 雄策<br><br>(Ohta Yusaku)<br><br>(50451513)      | 東北大学・理学研究科・准教授<br><br><br><br>(11301)         |    |
| 研究分担者 | 木下 陽平<br><br>(Kinoshita Yohei)<br><br>(90750703)  | 筑波大学・システム情報系・助教<br><br><br><br>(12102)        |    |

## 6. 研究組織（つづき）

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                        | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                                       | 備考 |
|-------|--|---|----|
| 研究分担者 | 吉村 令慧<br>(Yoshimura Ryokei)<br><br>(50346061)    | 京都大学・防災研究所・教授<br><br>(14301)                                |    |
| 研究分担者 | 後藤 忠徳<br>(Goto Tadanori)<br><br>(90303685)       | 兵庫県立大学・理学研究科・教授<br><br>(24506)                              |    |
| 研究分担者 | 笠谷 貴史<br>(Kasaya Takafumi)<br><br>(90373456)     | 国立研究開発法人海洋研究開発機構・海洋機能利用部門(海底資源センター)・グループリーダー<br><br>(82706) |    |
| 研究分担者 | 田中 愛幸<br>(Tanaka Yoshiyuki)<br><br>(90508350)    | 東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授<br><br>(12601)                      |    |
| 研究分担者 | 宮澤 理稔<br>(Miyazawa Masatoshi)<br><br>(80402931)  | 京都大学・防災研究所・准教授<br><br>(14301)                               |    |
| 研究分担者 | 森下 知晃<br>(Morishita Tomoaki)<br><br>(80334746)   | 金沢大学・地球社会基盤学系・教授<br><br>(13301)                             |    |
| 研究分担者 | 鹿児島 涉悟<br>(Kagoshima Takanori)<br><br>(70772284) | 富山大学・学術研究部理学系・特命助教<br><br>(13201)                           |    |
| 研究分担者 | 石山 達也<br>(Ishiyama Tatsuya)<br><br>(90356452)    | 東京大学・地震研究所・准教授<br><br>(12601)                               |    |

6. 研究組織（つづき）

|       | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                 | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)                 | 備考 |
|-------|---|---------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 安江 健一<br>(Yasue Kenichi)<br>(10446461)    | 富山大学・学術研究部都市デザイン学系・准教授<br><br>(13201) |    |
| 研究分担者 | 廣内 大助<br>(Hirouchi Daisuke)<br>(50424916) | 信州大学・学術研究院教育学系・教授<br><br>(13601)      |    |
| 研究分担者 | 松多 信尚<br>(Matsuta Nobuhisa)<br>(40578697) | 岡山大学・教育学域・教授<br><br>(15301)           |    |
| 研究分担者 | 大堀 道広<br>(Ohori Michihiro)<br>(50419272)  | 福井大学・附属国際原子力工学研究所・准教授<br><br>(13401)  |    |
| 研究分担者 | 村田 晶<br>(Murata Akira)<br>(30283097)      | 金沢大学・地球社会基盤学系・助教<br><br>(13301)       |    |
| 研究分担者 | 岩田 知孝<br>(Iwata Tomotaka)<br>(80211762)   | 京都大学・防災研究所・教授<br><br>(14301)          |    |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

|         |         |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|