

[ 参 考 資 料 ]

## 計画推進部会および総合研究グループ等別の成果

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について（第2次）」（建議）に示された実施内容について、令和5年度の成果を計画推進部会および総合研究グループ等別に学術報告として取りまとめた。

この報告は、地震・噴火予知研究協議会<sup>1)</sup>に設置された8の計画推進部会と分野横断で取り組む総合研究を推進する体制として5の総合研究グループ、及び地震火山観測研究を災害研究に結びつけるための共同研究を実施する東京大学地震研究所と京都大学防災研究所の拠点間連携委員会<sup>2)</sup>の責任で編集したものである。

この報告に基づいて、難解な学術用語をなるべく言い換え、平易な文章で表現して書き直したものが、本編の「令和5年度の成果の概要」である。本編の「令和5年度の成果の概要」の内容について、さらに詳細を知りたい場合、原著論文を参照したい場合には、以下の報告をご参照いただきたい。

### ○東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会

「地震（現象解明）」計画推進部会長	飯高 隆（東京大学大学院情報学環）
副部会長	望月公廣（東京大学地震研究所）
副部会長	岡田知己（東北大学大学院理学研究科）
「地震（長期予測）」計画推進部会長	西村卓也（京都大学防災研究所）
副部会長	宍倉正展（産業技術総合研究所）
「地震（中短期予測）」計画推進部会長	中谷正生（東京大学地震研究所）
副部会長	川方裕則（立命館大学理工学部）
「火山」計画推進部会長	中道治久（京都大学防災研究所）
副部会長	前野 深（東京大学地震研究所）
「災害誘因評価・即時予測」計画推進部会長	太田雄策（東北大学大学院理学研究科）
副部会長	為栗 健（京都大学防災研究所）
「防災リテラシー」計画推進部会長	高橋 誠（名古屋大学大学院環境学研究科）
副部会長	井ノ口宗成（富山大学都市デザイン学部）
「史料・考古」計画推進部会長	蝦名裕一（東北大学災害科学国際研究所）
副部会長	山中佳子（名古屋大学大学院環境学研究科）
「観測研究基盤」計画推進部会長	鶴岡 弘（東京大学地震研究所）
副部会長	松島 健（九州大学大学院理学研究院）
「南海トラフ沿いの巨大地震」総合研究グループリーダー	伊藤喜宏（京都大学防災研究所）
「首都直下地震」総合研究グループリーダー	酒井慎一（東京大学大学院情報学環）
「千島海溝沿いの巨大地震」総合研究グループリーダー	高橋浩晃（北海道大学大学院理学研究院）
「桜島大規模火山噴火」総合研究グループリーダー	井口正人（京都大学防災研究所）
「高リスク小規模火山噴火」総合研究グループリーダー	大湊隆雄（東京大学地震研究所）

### ○東京大学地震研究所・京都大学防災研究所拠点間連携共同研究委員会

研究代表者	松島信一（京都大学防災研究所）
研究代表者	加藤尚之（東京大学地震研究所）

- 
- 1) 東京大学地震研究所には、災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画で立案された研究を推進することを目的に設立された地震・火山噴火予知研究協議会がある。ここでは、本観測研究計画に参加する全国の大学等が連携し、研究機関と協力しながら研究を推進している。また、科学技術・学術審議会測地分科会地震火山観測研究計画部会では、大学、研究機関、行政機関が連携して計画の推進を図っている。地震・火山噴火予知研究協議会には、災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の、効率的かつ調和的な実施を推進するために、8の計画推進部会と5の総合研究グループが設置されている。
  - 2) 「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」である東京大学地震研究所と「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」である京都大学防災研究所は、地震や火山噴火の現象解明・予測の研究成果を災害軽減につなげるための組織的な共同研究を実施するために、拠点間連携共同研究委員会を設置している。

## 1 (1) 地震 (現象解明)

「地震 (現象解明)」計画推進部会長 飯高 隆

(東京大学・大学院情報学環)

副部会長 望月公廣

(東京大学・地震研究所)

副部会長 岡田知己

(東北大学・理学研究科)

地震や火山噴火が多発する我が国において、地震、火山噴火に伴う現象を理解し、これらによる災害を減少させることは重要な課題である。そのため、災害軽減に貢献することを目指して、地震・火山の観測研究を推進することは非常に重要である。地震がいつ、どこで、どのようなメカニズムで、どのような頻度で発生したかについての解明は基本的な情報となる。地震現象の根本的な理解を深めるためには低頻度大規模現象を含む地震現象の多様性について特性を理解し、それらの現象が発生する仕組みや発生する場について観測研究・理論研究・実験研究の多方面からアプローチすることが大切である。

### 5年間の成果

#### 1. 地震・火山現象の解明のための研究

##### (2) 低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

低頻度で大規模な地震現象の研究では、長期間における地震活動を把握する必要がある。史料や考古学的データや地質データ等の長期間にわたるデータの解析に加えて近代的な観測データを用いた解析を行い、研究を進めていく必要がある。2011年3月11日に、M9という巨大な地震の発生を経験した我々は、低頻度でも巨大な地震がいかに甚大な被害を及ぼすのかを実体験した。低頻度の巨大地震については、その災害を想定し、それに応じた対策を講ずることが非常に重要である。その現象の発生が低頻度であるがゆえに、我々はその実像をはっきりと理解することが難しいが、様々な観測や実験によって現象を明らかにすることが重要である。

日本海溝および千島海溝根室沖での低頻度大規模地震の解明は重要な課題である。今期の計画において、17世紀のM9級巨大地震時に千島海溝沿いのプレート境界浅部で大きなすべりが発生した可能性が指摘されている根室沖において、プレート境界浅部の固着・すべり状態を定量評価することを目的としたGNSS-音響測距結合方式(GNSS-A)による地殻変動観測が継続して行われた。この観測による5年間のデータについて音速水平勾配を同時に推定することによりアレイ変位速度の推定精度が向上し、海溝軸海側1点、陸側2点のいずれにおいても、太平洋-オホーツクプレート間の相対速度に近い向き・絶対値の変位速度が得られた(図1)。これにより、根室沖では大きなすべり欠損率が海溝軸近くにまで及んでいることを示唆する結果が得られた。これらの研究では、観測手法の改良もなされ、海底局の構成の形状の改良により、精度のよいデータが得られるようになった。また、GNSS-A観測における自立型水上船Wave Gliderの導入が行われ、観測頻度の向上がみられた。そのためより良い精度でデータが得られるようになり、今後は安定運用に向けたリアルタイムでの状態確認が可能になった。

2011年の東北沖地震（M 9.0）では、地震に伴う断層すべりが「浅部プレート境界断層」（＝デコルマ）に沿って海溝軸近傍まで到達し、結果として大きな津波が発生した。東北沖の日本海溝に発達しているデコルマの物理物性を解明するため、反射法地震探査データを高精度で解析した。海底下のP波速度構造モデルを用い、デコルマに沿って間隙水圧を定量的に求めた結果、デコルマの間隙水圧が異常に高いことが発見された。デコルマに沿った間隙水圧の異常は、断層面に対する有効法線応力の低下、さらに地震性すべりをもたらし2011年東北沖地震（M 9.0）の巨大津波を引き起こした可能性が高いことがわかった。

日本海溝・南海トラフ周辺の海底においてGNSS-A観測が定常的に実施されており、それらの観測結果は、地震調査研究推進本部地震調査委員会や気象庁南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会に定期的に報告され、地殻活動の現状評価の資料として活用されている。

GNSS-A観測点の設置が進んでいない日向灘から南西諸島北部域にかけては、小繰り返し地震を用いることにより、累積すべり量の時間変化の検出が進み、固着の状況の把握がなされている（図2）。

また、海外での観測も進められ、メキシコ・ゲレロ州沖合で海底地震・測地観測が実施され、海底地震計記録を解析した結果、ゲレロ地震空白域におけるテクトニック微動および低周波地震の活動が確認された。特にゲレロ地震空白域の西部でテクトニック微動の活動は活発であり、東部は主に周囲で発生する大地震により誘発されたものが主である。なお、ゲレロ地震空白域内のスロー地震活動の報告は初めてである。

### （3）地震発生過程の解明とモデル化

地震発生過程の解明とモデル化のために、地震発生の物理的性質や物性を明らかにする研究もなされた。

地震の破壊課程において、階層的な地震現象のイメージングからスタートし、北海道から東北沖の沈み込み帯において、M4.5以上の大地震と、M4以下の中小地震の波形の立ち上がりを網羅的に比較した結果、大地震についても多くの組の立ち上がりが小地震と同じであることが発見され、階層的な地震破壊を示唆する証拠を示した。また、スロー地震と普通の地震は何が違うかについては、異なるスケール法則に現れていることから、両者が異なる物理プロセス（波動と拡散）であることが示された。

蛇紋岩試料を用いた高間隙水圧下における高圧変形実験とフィールド調査に基づいて、間隙水圧変化に起因した間欠的微動・スリップ（ETS）発生サイクルの地質学的モデルを構築し、微動は岩石全体に発達する開口破壊および開口・剪断破壊に、短期的スリースリップイベント（SSE）は局所的に発達する粘性剪断帯の活動に、それぞれ対応すると考えられることがわかった。さらに、日本海溝に沈み込む海洋プレート基盤玄武岩および被覆層堆積物のチャート、遠洋性粘土および半遠洋性粘土の4試料について、摩擦特性の温度変化を総括した。どの試料でも摩擦構成則定数 $a$ は温度変化が小さいのに対し、定数 $b$ は $100^{\circ}\text{C}$ 以上で温度上昇に伴って大きく増加する傾向を示した。この結果、 $a - b$ （正ならば断層運動は安定＝非地震性で、負の場合に断層運動が不安定＝地震性になり得る）正から負への遷移温度が岩質により大きく異なりプレート境界の物性を知るうえで有効な情報となった。

## (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

プレート境界については、様々な地域で空間的高密度の観測が進み詳細な構造がわかってきた。S-net を用いた研究も進み、日本列島を取り巻くプレート境界の詳細な構造が明らかになってきた。また、さまざまな地域でのスロー地震の解析も進められてきた。プレート境界での微動の活動の解析が進み、微動の移動等、微動の活動の現象を詳細に捉えることができるようになってきた。

海外における研究も進められ、ニュージーランドではプレート境界を研究対象とした国際研究や、陸域では内陸地震の解明を目指した観測研究も多く実施され、重要な成果が得られた。

スラブ内地震の発生については、アウターライズでできた含水正断層がスラブと一緒に沈み込み、前弧域下でその断層が破壊してスラブ内の大地震を引き起こす可能性が強く示唆される結果が示されるようになった。

また、内陸地震の発生の場の理解も進んだ。地殻内流体と地震発生の関係を裏付ける研究が多く進んだ。比抵抗構造の解像度もあがり、断層面の形状やすべり分布と比べることができるようになってきた。さらに、内陸地震の空間ポテンシャル評価について、大地震の破壊開始点となる可能性が高い場所について調べられた。その結果、大地震の破壊開始点となる可能性が高い場所は、b 値が低い場所（規模の大きな地震が相対的に多く起こる場所）、モーメント比が高い場所（最適面な地震が多く起こる場所）、低比抵抗体の端部（高温高压の fluid-rich な領域の端部）、群発地震活動が過去に見られた場所（地殻に傷がある場所）であり、破壊が停止する場所は、高温高压の fluid-rich な領域の端部、または破壊強度が強い深成岩体の端部であることが提案されるようになった。

島原半島全域で 2017-2021 年にかけて得た 70 点の広帯域 MT 観測データの解析から、雲仙 1990-1995 年噴火のマグマの移動経路は、深さ 5 km より深部に存在する 100-3000  $\Omega\text{m}$  程度の高比抵抗体、およびその上部に位置する 1-10  $\Omega\text{m}$  程度の低比抵抗体、の境界付近と一致することが分かった。これらの結果は、高比抵抗体、低比抵抗体、いずれも流体が移動しやすい場所ではなく、その構造境界に流体が多く存在し、その移動が様々な地殻活動を発生させるという結果を示すものである（図 3）。

## 3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

### (1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

#### ア. 強震動の事前評価手法

双葉断層北方の仙台平野南部に存在する伏在断層について浅部構造・重力探査や地震観測を行い、その形状・断層長と震度予測が行われた。10 本の東西方向の測線を設定し、相対重力測定が行われ、現在は活動していない断層による重力変化の 2 つを追跡することが可能となり、仙台平野南部の伏在活断層は、名取市から山元町までの約 25.5 km 連続した構造を持つことが分かった。この双葉断層北方の仙台平野南部に存在する伏在断層について簡便法による震度予測が行なわれた（図 4）。断層の浅部延長と山地に挟まれた帯状の領域では震度 7 程度が推定された。

## 5. 計画を推進するための体制の整備

### (3) 研究基盤の開発・整備

#### イ. 観測・解析技術の開発

観測機器の技術開発の研究も行なわれている。海底地震計の開発では、1. 次世代型広帯域海底

地震計の自律展開設置・自己浮上回収方式への機能高度化，2．超深海域で長期（広帯域）地震観測の実用化，3．面的展開が可能な海底面での傾斜観測の実用化，4．長期安定した精密水圧観測への観測手法と次世代圧力センサーの開発，5．小型長期観測型海底地震計の機能高度化，6．各種次世代センサーの開発，が行われた。

## 令和5年度の成果

### 1. 地震・火山現象の解明のための研究

#### (2) 低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

日本海溝および千島海溝根室沖での低頻度大規模地震の解明は重要な課題である。そのため、プレート境界浅部の固着・すべり状態を定量評価することを目的とした GNSS-A 観測が継続して行われている（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_05]）。この観測により5年間のデータを音速水平勾配の同時推定によりアレイ変位速度の推定精度が向上し、海溝軸海側1点、陸側2点のいずれにおいても、太平洋-オホーツクプレート間の相対速度に近い向き・絶対値の変位速度が得られた。これにより、根室沖では大きなすべり欠損率が海溝軸近くにまで及んでいることを示唆する結果が得られた。これらの研究では、観測方法の改良もなされた（東北大学災害科学国際研究所[課題番号：IRID02]）。

また、日本海溝北部における浅部テクトニック微動と通常地震の活動の関係について、S-net および自己浮上式海底地震計(OBS)による地震観測データにもとに解析が進められた（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_05]）。その結果、微動活動のごく近傍のプレート境界上で、微動バーストに同期して通常地震が活発化する現象が繰り返し起こっていることが認められた。微動と連動して活発化する通常地震は群発的に発生する傾向があるほか、連動活動の期間中には微動と地震の震央分布が共通の時空間パターンに沿って拡大する様子がしばしば確認されたことから、こうした連動活動は短期的 SSE により励起されている可能性が高いことがわかった。房総半島沖において、自己浮上式海底圧力計6台での観測を続けており、房総沖スロースリップの海底圧力計データの解析を引き続き行なった。陸上 GNSS データのみによる結果と比較して、圧力計データを入れた結果のほうが、すべりの推定誤差が海側で小さくなり、より精度よく求められていることがわかった。圧力計データを入れた結果では、GNSS データだけの結果と比べて全体のすべり量が小さくなり、すべり分布が海側に張り出すようになった。

北海道沖千島海溝の海溝軸から海溝海側アウターライズにおける地震活動について、海底地震計による臨時観測と S-net のデータを用いた解析がなされた（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_06]）。解析の結果から、千島海溝の海溝軸海側（南側）約 100 km 程度の範囲で地震活動が見られた。千島海溝にほぼ平行なホルスト・グラベン構造に沿う線状分布や、T軸が千島海溝にほぼ直交する正断層型の震源メカニズムが得られており、千島海溝からの沈み込みに伴う海洋プレートの変形を反映していると考えられることがわかった。一方 2012 年 3 月に Mw6.9 の地震が発生した襟裳海山周辺では、日本海溝にほぼ平行な線状分布や、T軸が日本海溝に直交する正断層型の震源メカニズムが推定された。千島海溝と日本海溝の接合部において、海洋プレート内で複雑な変形が生じていることが示唆された。また、日本海溝中北部の太平洋スラブ内では二重深発地震面の下面の活動がアウターライズ域から始まっており、周辺は島弧下の活動域と同様の低地震波速度異常

になっていることが明らかになった。

東北地方では、計算機を用いたシミュレーションの研究もおこなわれ、2011年東北地方太平洋沖地震後のGNSS時系列について、過去10年間の力学的な余効変動モデルで利用されていたべき乗流動則や速度強化摩擦を組み込んだ新しい関数モデルが提案され、この関数モデルにより現在も顕著な地震後の隆起が続いている沿岸地域を含む内陸のGNSS観測点の10年にわたる時系列を正確に予測することに成功した（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_07]）。

2011年の東北沖地震（M 9.0）では、地震に伴う断層滑りが「浅部プレート境界断層」（＝デコルマ）に沿って海溝軸近傍まで到達し、結果として大きな津波が発生した。デコルマに沿った断層滑りは、上盤プレートの内部構造やデコルマ形状の変形をもたらした可能性が考えられるが、その証拠はこれまで殆ど得られていない。そのため、2011年東北沖地震のデコルマに沿った地震性すべりの影響を解明するために、東北沖地震前後に宮城沖でJAMSTECが同じ測線上（1999年の測線名MY101と2011年の測線名D13）で取得した反射法地震探査データを再解析し、両結果を比較するTime-lapse MCSデータ解析を実施し、高精度の地殻構造断面図を得た（東京大学大気海洋研究所[課題番号：AORI01]）。地震前に比べて、地震後のBackstop interface 浅部反射面の連続性が著しく高くなっていることが認められた。これは、東北沖地震に関連し、Backstop interfaceに沿った深部流体の上昇を示唆するものである。一方、デコルマでは、地震後のデコルマ反射面が不明瞭となり、デコルマ上下の音響インピーダンスが著しく低下したことが示唆された。その原因として、東北沖地震に伴う上盤プレートの変形（主に、スラスト断層）がデコルマ下部まで影響したため、デコルマ下部の堆積物の流体がスラスト断層に沿って脱水した可能性が考えられる。

巨大地震・津波の発生源として緊急性や重要性が高い海域として南海トラフや日本海溝域にて3次元的地殻構造や地殻活動、断層物性、地震活動履歴等に係る調査が実施されるとともに、これまでに取得したデータの解析が進められた（海洋研究開発機構[課題番号：JAMS02]）。東南海および東海海域において集中的な2次元反射法地震波構造探査を実施するとともに、稠密にOBSを設置して屈折法観測が実施されたほか、日本海溝北部域において沈み込む前の海洋プレートから沈み込み帯深部にかけて、長大な反射法探査が実施された。南海トラフ日向灘から熊野灘までの反射法や屈折法データの解析結果を発表したほか、千島海溝や日本海溝のデータ解析や、ニュージーランド・ヒ克蘭ギ沈み込み帯についても論文化が行なわれた（海洋研究開発機構[課題番号：JAMS02]）。

海溝型地震震源域海底において、GNSS-A観測が継続して実施された（海上保安庁[課題番号：JCG\_03]）。日本海溝沿いにおける観測から、東北地方太平洋沖地震の余効変動が続いていることや、南海トラフ沿いにおける観測から、プレート境界固着の影響による地殻変動が観測されている（海上保安庁[課題番号：JCG\_03]）。

海外における観測研究も実施された。メキシコ・ゲレロ州沖合に設置された海底地震計の記録を解析した結果、これまでに報告したゲレロ地震空白域の西部のテクトニック微動の活動に加えて、低周波地震が存在すること、ゲレロ地震空白域の東部では西部と比べてテクトニック微動の活動が低調なことを確認した（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI01]）。

### （3）地震発生過程の解明とモデル化

地震発生過程の解明とモデル化のために、地震発生の物理的性質や物性を明らかにする研究もなされた。レシーバ解析とS波スプリッティングを組み合わせ、S波速度の異方性が四国下で調べ

られた(京都大学防災研究所[課題番号:DPRI01])。その結果、フィリピン海プレート上面の深度 30 km の等深線に沿って、北部と南部で異なるパターンの異方性を検出した。四国南部では、S 波速度の速い偏光方位は沈み込むスラブの最大傾斜方向と垂直であるのに対し、北部ではスラブ最大傾斜方向と一致することがわかった。特に、四国中東部のテクトニック微動が発生していない領域では、異方性の強度が大きいのと比べて、テクトニック微動の発生域付近では異方性の強度が小さく、観測された異方性の強度をウェッジマントルの蛇紋岩化で説明する場合、四国北部下のウェッジマントルのほぼ全てが蛇紋岩化している必要があることがわかった。

沈み込み帯浅部の断層物質はスメクタイトなど粘土鉱物を多く含むことが掘削調査から明らかになっており、特に、粘土鉱物特有の平たい粒子形状は内部構造形成に大きな影響を与えることが予想されるが、その微視的機構は検証されていない。粘土鉱物粒子を回転楕円体として扱う数値計算コードを開発し研究が実施された(東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_04])。摩擦特性が形状因子にはさほど依存せず Herschel-Bulkley 型の構成法則を満たし、その指数が圧力に対して系統的に小さくなることが発見された。これらの結果は、実効圧力が低くなると摩擦係数の絶対値が増加するのみならず、速度強化の度合いも増すことを意味している。この結果は高い流体圧の条件でスロー地震的な遅いすべりが発生しうることを示唆している。しかし、その定量的条件は速度状態依存摩擦法則の結論とは異なるはずであるため、今後の更なる研究が必要であることがわかった。

蛇紋岩試料を用いた高間隙水圧下における高压変形実験とフィールド調査に基づいて、間隙水圧変化に起因した間欠的微小・スリップ (ETS) 発生サイクルの地質学的モデルを構築した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_05])。微動は岩石全体に発達する開口破壊および開口・剪断破壊に、短期的 SSE は局所的に発達する粘性剪断帯の活動に、それぞれ対応すると考えられることがわかった。日本海溝に沈み込む海洋プレート基盤玄武岩および被覆層堆積物のチャート、遠洋性粘土および半遠洋性粘土の 4 試料について、これまで温度 25~200°C、封圧 150 MPa、間隙水圧 50 MPa、軸方向変位速度 0.1~10  $\mu\text{m/s}$  の三軸摩擦実験を行ってきたが、補完実験を行い、これら 4 試料の摩擦特性の温度変化を総括した。どの試料でも摩擦構成則定数  $a$  は温度変化が小さいのに対し、定数  $b$  は 100°C 以上で温度上昇に伴って大きく増加する傾向を示した。この結果、 $a - b$  (正ならば断層運動は安定=非地震性で、負の場合に断層運動が不安定=地震性になり得る) は 100°C 以上で温度上昇に伴って大きく減少し、正から負へと転じた。 $a - b$  の正から負への遷移温度を  $T_{tr}$  とすると、チャート試料で  $50^\circ\text{C} < T_{tr} \leq 100^\circ\text{C}$ 、玄武岩試料で  $T_{tr} \approx 100^\circ\text{C}$ 、半遠洋性粘土試料で  $100^\circ\text{C} < T_{tr} < 150^\circ\text{C}$ 、遠洋性粘土試料で  $150^\circ\text{C} < T_{tr} < 200^\circ\text{C}$  となった。一方、遠洋性粘土試料の定数  $b$  は他の試料と異なり 100°C で最小となり、この結果、 $a - b$  も 100°C で最大となった。

断層の高速すべりを模した室内摩擦実験における動的弱化について、近年試料サイズの依存性(大試料が低速で弱化)が指摘された。昨年度、不均質な摩擦発熱および熱膨張がすべり面における垂直応力の不均質を助長・増大する熱弾性不安定 (TEI) の発生条件が岩石の室内摩擦実験に合致することが指摘され、これによる局所的な温度上昇で動的弱化が起きている可能性を示唆した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_06])。TEI は試料サイズに反比例するすべり速度  $V_{cr}$  で発生すると予測される。これを確認するために、本年度は、2.9 mm-100 mm まで 2 桁にわたる試料サイズの動的弱化データを比較したところ、これらが全て、試料サイズから理論的に予測される TEI 条件  $V_{cr}$  の 10 倍程度の速度で動的弱化を示すことが確認された。

地震波速度変化の地球潮汐歪み応答に関する研究成果が示された(弘前大学[課題番号:HRS\_01])。

この研究では、日本全域に展開されている Hi-net 観測点を用いて、地震波速度変化の潮汐応答の空間分布を推定した。状態空間モデルに基づきカルマンフィルタと最尤法を組み合わせた新手法により、地震波速度変化の潮汐応答を広域に推定した。大局的に浅部の S 波速度が遅い領域で潮汐歪み応答が大きい傾向が見られた。歪み感度の大きい地域は、高い間隙流体圧やアスペクト比の低いクラックの存在を示唆するものであると考えられる。

2014 年 Orkney M5.5 地震の、余震の筋が密集する領域において、波形相互相関を用いて、より小さな余震の Double Difference 法による精密震源再決定に成功した（立命館大学[課題番号：RTM\_01]）。余震が面状分布する場所で回収された超苦鉄質ダイクは、南東に約 20 度で傾斜する母岩層や、そこに貫入するドレライト質シルと交差している。ダイクは、上部マントルが大深度で部分熔融したマグマが起源であり、母岩層やシル層の化学・鉱物組成が深さによって異なるために、ダイクと母岩の境界面（すなわち余震面）の上に、接触熱変成や熱水変質による、母岩層の層境界に平行な筋状の物性異常を生じ得ることがわかった。

地震に伴う流体相変化（流体圧変化）が、断層面の力学的特性に与える影響の解明を目的とした熱水条件における室内実験から、流体の相変化に伴う急減な減圧によって、岩石に多数の微小き裂が造成され、岩石の強度が大幅に減少することが明らかにされた（東北大学学理学研究科[課題番号：THK\_02]）。また、断層面が急減圧破碎を受けることで、摩擦係数が大幅に減少すると同時に、連続的なゆっくりすべりが起きやすくなることが発見された。

楔形マントル最上部条件での間隙流体の形態と連結度は、地震・電磁気観測によって流体の存在（量）を調べるために不可欠な情報である。カンラン石-多成分系流体の界面エネルギー異方性に注目し、スラブ流体に含まれる塩成分 (NaCl) が、等方的な場合より流体の連結度を大きく下げることが見出された（東北大学学理学研究科[課題番号：THK\_02]）。またマントルの流動によって結晶格子定向配列 LP0 が形成されている場所では、流体の連結度とそれに関する物性値にも異方性が生じることが予想された。

普通の地震とスロー地震のスケール法則の見直しが行なわれた（東京大学理学系研究科[課題番号：UTS\_03]）。その結果、地震とスロー地震は異なるスケール則に従い、その違いは支配法則（波動方程式と拡散方程式）の違いであることがわかった。そして地震とは、地震波動によって階層的な破壊成長が促進されるプロセスであることを明らかにした。

3 次元的な密度・弾性構造を取り入れた重力場変化の計算手法を公表した（東京大学理学系研究科[課題番号：UTS\_02]）。現実的なプレート境界形状を考慮した 1 次元球対称モデルと半無限モデルを用いて、地震時の断層すべりを GNSS 地殻変動データのインバージョンで推定した。その結果、層構造、曲率、自己重力を取り入れることで ABIC、RMS とも減少することが分かった。また、均質な半無限モデルでは、海溝軸付近のすべりの不確かさを過小評価していることが明らかになった。

2022 年 9 月から 2023 年 9 月は三重県度会郡大紀町の大紀観測点で地下水・噴気観測が行なわれた（東京大学理学系研究科[課題番号：UTS\_04]）。大紀観測点の溶存ガスは、酸素濃度で大気量を見積もると 40%が大気起源であり、60%近くの深部起源ガスが含まれていることが分かった。観測期間中の通常の地震は 0 回、深部低周波地震は 6 回あったが、これらに応答するような溶存ガス組成の変化は検出できなかった。

内陸断層の深部における地震発生と塑性流動の関わりとして、地震発生層の最深部における延性破壊過程を見出すとともに、その断層挙動への影響、地震発生の物理過程としてのポテンシャルの

評価が行われた（産業技術総合研究所[課題番号：AIST05]）。

内陸活断層への応力載荷機構を探る一環として、広島県西部直下の深さ約 30km で概ね 10 km×10 km×10 km の空間範囲において下部地殻で発生する地震の性質が調べられた（産業技術総合研究所[課題番号：AIST07]）。ダブルカップル成分に着目すると、逆断層型、横ずれ型、正断層型と様々なタイプが含まれることがわかった。このような狭い領域で多様なタイプの地震が起きていることは珍しく、高間隙水圧により様々な姿勢の既存クラックが破壊している状況が示唆される。また、非ダブルカップル成分に着目すると、微小ではあるものの、推定精度を有意に超える開口と閉口成分を持つ地震が起きていることがわかった。クラックの開口と閉口は約 9 年の周期性を持っていることから、クラスタ内に流体が周期的に注入されている可能性が示唆された。

#### （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

地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化の研究も多くなされた。四国におけるレシーバ関数解析を行い、測線断面における S 波速度不連続面のイメージングが行われた。スラブ上面（ST）は、南東側の須崎市の海岸付近で深さ約 26 km にあり、北西側の今治市の海岸付近で約 37 km の深さに達していて、スラブの傾斜は、測線の南東部で約 5°、深部低周波地震の発生域より北西側で約 9° であり、緩いことがわかった（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI\_02]）。

中国地方中北部・東部地域と四国地方の基盤的比抵抗構造観測データを用い I) 鳥取東部から中西部地域、II) 四国地方中央部地域、III) 島根県東部域、など地域毎の 3 次元比抵抗構造解析に着手するとともに、中国・四国地方の基盤的比抵抗観測の未測定エリアにおいて補観測のための予備観測を実施し、I) 鳥取-岡山東部から中西部地域ならびに II) 四国地方中央部地域において、実施された 3 次元比抵抗構造解析結果が得られた（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI\_03]、図 5）。鳥取・岡山東部から中西部地域の深度別比抵抗モデルでは、地殻表層部は数百  $\Omega\text{m}$  程度の構造がみられる中、深さ数 km から約 20 km にかけては全般的に数  $\text{k}\Omega\text{m}$  以上の高比抵抗領域と推定された。東西方向ではこの高比抵抗領域の形態に変化がみられ、地震活動の下限と調和するように見える。また、地殻深部には（深度約 20 km から 40 km あたり）には 50  $\Omega\text{m}$  以下の低比抵抗領域が共通して確認された。この低比抵抗領域は、鳥取・兵庫県境付近では北側海岸線付近から南方へ数 10km 伸びており、さらに西方向に延長するが、鳥取県中部から中西部では海岸線付近から約 30 km 南方へずれたところにその中心部がある。この深部低比抵抗領域の規模やつながりと、上述の地震活動の下限と高比抵抗領域の関連は、本年度の 3 次元解析を通して初めて示された特徴である。

2016 年熊本地震震源周辺域の絶対応力 6 成分のモデリングを通じて、剪断歪エネルギーの変化と地震前後の応力の向きの変化の両方を分析し、地震前の偏差応力の大きさを調べた（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI03]）。剪断歪エネルギーと応力場の時間変化に基づく分析の結果は、どちらも偏差応力の大きい 2 つのモデル ( $C = 0.0, 0.5$ ) の方が偏差応力の最も小さいモデル ( $C = 0.9$ ) より合理的であることを示した。この結果、熊本地震震源周辺域の実効摩擦係数は、従来の応力インバージョンによる推定結果 ( $\mu' < 0.1$ ) よりも有意に大きいと考えられることがわかった。

箱根火山深部で発生した火山性微動について、波形の特徴を再現できるような物理モデルの検討を行った（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI04]）。その結果、マグマを仮定した理論波形を見ると、片方向に卓越する振幅や尖った波形など、大まかではあるが観測された波形を再現できることが分かった。

ヒクランギ沈み込み帯北部のギズボーン沖では、陸域 GNSS 観測網からおよそ 2 年周期で SSE が発生することが知られていた。この領域で海底地震観測を行い、海底地震計波形記録上の記録を再解析することにより、これまでに確認された微動よりも遥かに多くの微動を検出した。さらにこの海域の微動についてそのエネルギーの推定を行ったところ、 $10^2 \sim 10^6$  J の範囲にあることがわかった。この結果から、この海域で発生するテクトニック微動のエネルギーは、南海トラフ浅部をはじめ、東北沖や十勝沖のものと比較して 1 桁以上小さいことがわかり、陸域地震観測網からでは海域に発生する微動の確認が困難であり、海域で実施した HOBITSS 観測によって初めてその活動が確認できることとなったと言える（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_08]）。

内陸地震発生のパテンシャル評価の為、いわきの地震活動域南部の地殻内地震が発生していない地域から新潟に延びる測線に沿った地域の電磁気学的構造について、複数の測線を用いた 3 次元解析を行った。その結果、明瞭な比抵抗構造が得られた[課題番号：ERI\_09]。深さ 5 km では、堆積盆地と平野において低比抵抗域が見られ、前中新世の岩石が露出している山岳地帯では高比抵抗域がイメージされた。さらに深さ 10 km では、那須岳や高原山等火山の周囲に低比抵抗域が存在し、それらの低比抵抗域は深さ 20 km まで続いていることがわかった。また、その一部の領域では深さ 60 km まで続いている地域も見られることがわかった。

また、重力の研究もおこなわれた。松代観測点（長野県）において、超伝導重力計観測を継続するとともに、絶対重力測定がおこなわれた（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_10]）。また、東日本各地での絶対重力測定に関しては、松代のほか、神岡（岐阜県）、蔵王（宮城県）、富士山（山梨県）、都留（山梨県）において測定を実施した。松代では、絶対重力計を用いて重力の鉛直勾配を測るという試みを行った。神岡では 2019 年以來、4 年ぶりの測定となったが、2019 年と比較して約 4 マイクロガルの増加となった。蔵王では、重力値はほぼ前年並みであった。富士山では、前年と比べて明らかな重力減少が見られた。

南西諸島北部域において、海底地震計アレイデータを用いて発生した浅部低周波微動の暫定的な解析が実施された（鹿児島大学[課題番号：KGSM01]）。エンベロープ相関法による震源決定の結果、2022 年 6 月と 2022 年 8 月～9 月にかけて浅部微動エピソードが確認された。その際に確認された、浅部微動の活動に伴って地震活動も活発化している点は、今後両者の関係を詳しく調べる必要があると考えられる。日向灘中部—南西諸島北部域の準静的すべり速度の時空間変化について、プレート境界域での小繰り返し地震（相似地震）を用い、日向灘から奄美大島にかけての小領域ごとに小繰り返し地震が発生する度に準静的すべり速度を求め、時間変化について調べられた（鹿児島大学[課題番号：KGSM01]，図 2）。2015 年前後以降は日向灘や奄美大島付近までの南西諸島北部は全般的に準静的すべり速度が増加していることがわかった。この中で、日向灘南部（領域 B）、都井岬南東沖（領域 C）、種子島東方沖（領域 D）、トカラ列島北東沖（領域 H）、奄美大島付近（領域 M）は特に 2022 年頃以降の速度勾配が大きいことがわかった。

日奈久断層帯周辺の領域で応力場と歪み速度場を推定し、両者の主軸の向きが検討された（九州大学[課題番号：KYU\_01]）。断層を挟んだブロックの一部では主応力方向に違いがみられ、断層面が弱い可能性が示唆された。また、推定された主応力、主ひずみ速度を比較したところ、日奈久断層帯の西側では両者ともおおよそ南北伸張・東西圧縮の傾向を示していたが、日奈久断層帯の東側の緑川断層帯周辺において両者の主軸の向きに大きな違いが見られた。これは、断層帯がせん断帯として働いている可能性を示し、地域の応力場不均質を生み出す要因となっていることが示唆された。

能登半島の北東部において、地震波速度構造が推定された（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_02]）。低ブーゲー重力異常域の直下の2023年M6.5地震及び、それらの余震や関係する群発地震域の深部の地震波速度構造は、高 $V_p$ 、（低 $V_s$ ）高 $V_p/V_s$ となっており、その周囲は低 $V_p$ 、低 $V_p/V_s$ となっている。高 $V_p/V_s$ 領域は第三紀に形成されたカルデラの古いマグマ溜まりで、そこから周囲への水の移動により地震活動が生じるとともに、 $SiO_2$ が濃集して低 $V_p/V_s$ 域を形成したと考えられる。2020年末から継続する能登半島の群発地震を詳細に調べ、この群発地震が、地殻深部から複数の面構造を通して浅部に移動した流体により発生した可能性が高いことを示した（図6）。この活動中に2023年5月5日に珠洲で発生したM6.5の地震も、流体移動により引き起こされた可能性が高いことが示された。

2020年末から継続する能登半島の群発地震を詳細に調べ、この群発地震が複数の面構造を通して浅部に移動していたこと、その開始部付近の地震波反射面が存在していたことが示された（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_07]）。その結果から、この群発地震活動と2023年5月5日に珠洲で発生したM6.5の地震が流体移動とそれに引き起こされた非地震性変形により引き起こされた可能性が高いことが示された。また、群発地震震源域の地震波速度構造が推定された。その結果、群発活動が開始した南部においては、活動域の深部に高 $V_p$ 、高 $V_p/V_s$ の領域が確認された。この原因は古いマグマ溜まりと高い圧力の水が考えられ、この領域の地震活動と流体との関連が示唆された。

熊本地震による粘性変形を補正した上で余効すべりとマグマだまりの体積変化の同時推定を試みた。その結果、地震後に顕著に見られた阿蘇カルデラ内の沈降が、阿蘇カルデラ内の2枚の断層面における正断層的な余効すべりで説明できることを明らかにした（国土地理院[課題番号：GSI\_01]）。

令和6年1月1日に発生した令和6年能登半島地震について、電子基準点のGNSS解析および「だいち2号」のSARピクセルオフセット解析により地殻変動場を明らかにした（国土地理院[課題番号：GSI\_01]）。その結果、輪島市周辺で、最大で4m程度の隆起が確認された。得られた地殻変動データを用い、矩形断層を仮定した震源断層モデルおよびすべり分布モデルを構築した。地殻変動からは、能登半島西岸にほぼ南北に延びる断層および能登半島北岸および北西沖に延びる二枚の断層が推定された。これらは地質調査から明らかになっている活動セグメントのトレースとほぼ一致することがわかった。

海外においても研究が行われ、ニュージーランド北島のヒ克蘭ギ沈み込み帯で発生する地震をオーストラリアプレート内の地震、太平洋プレート内の地震、プレート境界の地震に分類することに成功した（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_01]）。沿岸で発生するオーストラリアプレート内地震は微動発生域に隣接していることが分かった。これらの地震の発生タイミングとSSEの発生を表すGNSSの過渡的な東向き変位の現れるタイミングとの比較が行われた。また、ニュージーランド南島北部に展開した臨時地震観測網のデータを用いて、応力場の推定が行われた。さらに推定された応力場に基づき、過去の大規模～中規模地震の断層や活断層との関係が検討された。

近地地震と遠地地震からの大量のP波走時データの同時インバージョンを行い、中国大陸の中部、南東部と南西部の地殻と上部マントルの高分解能3次元P波速度構造と異方性分布が求められた（東北大学理学研究科[課題番号：THK\_05]）。その結果、南西側からのインドプレートの沈み込みと東側からの太平洋プレートとフィリピン海プレートの深い沈み込みは中国大陸内部の地震・火山活動、断層運動、造山運動に重要な影響を与えたことがわかった。また、北スマトラ地域に設置

された定常地震観測点と臨時地震観測点で記録された大量の近地地震と遠地地震の走時データを使って地殻と上部マントルの3次元P波速度構造を調べた。その結果、沈み込んでいる India-Australian スラブの下にある熱いマントル上昇流がスラブ窓 (slab window) を通りマントルウェッジに侵入し、マントルウェッジ内の熱いマントル上昇流 (corner flow) と合流して Toba 火山の 7.4 万年前の巨大噴火を引き起こしたことがわかった。

### 3. 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

#### (1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

##### ア. 強震動の事前評価手法

谷中・根津・千駄木および上野周辺に設置した臨時観測点をすべて撤収し、この5年間で得られた観測データの解析を進めるとともに、首都直下地震総合研究グループ(参加者10名)で、オンラインの意見交換会が開かれた(東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_15])。

双葉断層北方の仙台平野南部に存在する伏在断層について浅部構造・重力探査や地震観測を行い、その形状・断層長と震度予測が行われた(東北大学理学研究科[課題番号:THK\_07])。10本の東西方向の測線を設定し、相対重力測定が行われた。これらの結果を詳細に検討した結果、伏在活断層による重力変化と、反射法地震探査で確認されている現在は活動していない断層による重力変化の2つを追跡することが可能となり、仙台平野南部の伏在活断層は、名取市から山元町までの約25.5km連続した構造を持つことが分かった。この双葉断層北方の仙台平野南部に存在する伏在断層について、簡便法による震度予測が行なわれた。断層の浅部延長と山地に挟まれた帯状の領域では震度7程度が推定された。

### 5. 計画を推進するための体制の整備

#### (3) 研究基盤の開発整備

##### イ. 観測・解析技術の開発

観測機器の技術開発の研究も行なわれている。東京大学地震研究所の課題(東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_23])では、1.次世代型広帯域海底地震計の自律展開設置・自己浮上回収方式への機能高度化、2.超深海域で長期(広帯域)地震観測の実用化、3.面的展開が可能な海底面での傾斜観測の実用化、4.長期安定した精密水圧観測への観測手法と次世代圧力センサーの開発、5.小型長期観測型海底地震計の機能高度化、6.各種次世代センサーの開発、が行われている(図7)。超深海用広帯域海底地震計(UDBBOBS)の開発として、全体の大きさ(特に高さ)を抑えつつ、音響トランスポンダを含む動作制御機構の操作性を容易にする改修を、アンカー部の設計も併せて進めた。長期安定した精密水圧観測への観測手法と次世代圧力センサーの開発においては、2022年度までに開発および試験観測を完了し、本年度は主に成果公表に努め、開発・評価を行った圧力センサーはリアルタイム海底観測システムにも実装されている。小型長期観測型海底地震計の機能高度化については、ほぼ開発・評価が完了し、観測に利用できるようになっているために、2021年度以降本年度にかけて実際の観測に応じて運用を行い、海底モニタリング観測における観測周波数帯域拡大を行うことができた。

## 成果リスト

- Agata, Ryoichiro, Kazuya Shiraishi, Gou Fujie, 2023, Bayesian seismic tomography based on velocity-space Stein variational gradient descent for physics-informed neural network, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 61, 1-17, doi:10.1109/TGRS.2023.3295414
- Akuhara, T., Y. Yamashita, H. Sugioka, and M. Shinohara, 2023, Locating tectonic tremors with uncertainty estimates: time- and amplitude-difference optimization, wave propagation-based quality control and Bayesian inversion, *Geophys. J. Int.*, 253, 2727 - 2742, doi:10.1093/gji/ggad387
- Akuhara, T., Y. Yamashita, S. Ohyanagi, Y. Sawaki, T. Yamada, and M. Shinohara, 2023, Shallow Low - Velocity Layer in the Hyuga - Nada Accretionary Prism and Its Hydrological Implications Insights From a Passive Seismic Array, *J. Geophys. Res:Solid Earth*, 128, e2022JB026298, doi:10.1029/2022JB026298
- Amezawa, Y., Y. Hiramatsu, A. Miyakawa, K. Imanishi and M. Otsubo, 2023, Long-living Earthquake Swarm and Intermittent Seismicity in the Northeastern Tip of the Noto Peninsula, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 50, <https://doi.org/10.1029/2022GL102670>
- Arai, R., S. Miura, Y. Nakamura, G. Fujie, S. Kodaira, Y. Kaiho, K. Mochizuki, R. Nakata, M. Kinoshita. Y. Hashimoto, Y. Hamada, K. Okino, 2023, Upper-plate conduits linked to plate boundary that hosts slow earthquakes, *Nature Communications*, 14, 5101, <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40762-4>
- Baba, S., S. Takemura, K. Obara, A. Takeo, Y. Yamashita, and M. Shinohara, 2024, Spatial variation in shallow slow earthquake activity in Hyuga-nada, southwest Japan, *Geophys. J. Int.*, 237, 271-287, doi:10.1093/gji/ggae039
- Bangs, N. L., J. K. Morgan, R. E. Bell, S. Han, R. Arai, S. Kodaira, A. C. Gase, X. Wu, R. Davy, L. Frahm, H. L. Tilley, D. H. N. Barker, J. H. Edwards, H. J. Tobin, Tim Reston, S. A. Henrys, G. F. Moore, D. Bassett, R. Kellett, V. Stucker, B. Fry, 2023, Slow slip along the Hikurangi margin linked to fluid-rich sediments trailing subducting seamounts, *Nature Geoscience*, 16, 505-512, <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01186-3>
- Bassett, D., Fujie, G., Kodaira, S., Arai, R., Yamamoto, Y., Henrys, S., et al., 2023, Heterogeneous crustal structure of the Hikurangi Plateau revealed by SHIRE seismic data: Origin and implications for plate boundary tectonics, *Geophys. Res. Lett.*, 50, e2023GL105674, <https://doi.org/10.1029/2023GL105674>
- Dhar, S., and J. Muto, 2023, Function model based on nonlinear transient rheology of rocks: An analysis of decadal GNSS time series after the 2011 Tohoku-oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 50, e2023GL103259, 10.1029/2023GL103259
- Diba, D., M., Uyeshima, M., Ichiki, et al., 2023, On a large magmatic fluid reservoir oblique to the volcanic front in the southern part of NE Japan revealed by the magnetotelluric survey, *Earth Planets Space*, 75, 146, doi: 10.1186/s40623-023-01899-0
- Farazi, A. H., Md. S. Hossain, Y. Ito, J. Piña-Flores, A.S.M.M. Kamal, and Md. Z. Rahman, 2023, Shear wave velocity estimation in the Bengal Basin, Bangladesh by HVSR analysis: implications

- for engineering bedrock depth, *J. Applied Geophysics*, 211, 104967, doi:10.1016/j.jappgeo.2023.104967
- François Pétrélis, Kristel Chanard, Alexandre Schubnel, and Takahiro Hatano, 2023, Earthquake magnitude distribution and aftershocks: A statistical geometry explanation, *Phys. Rev. E*, <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.107.034132>
- Fujie, G. S. Kodaira, K. Obana, Y. Yamamoto, T. Isse, T. Yamada, T. No, Y. Nakamura, S. Miura, 2023, The nature of the Pacific plate as subduction inputs to the northeastern Japan arc and its implication for subduction zone processes, *Progress in Earth and Planetary Science*, 10:50, <https://doi.org/10.1186/s40645-023-00578-8>
- Furuichi, M., J. Chen, D. Nishiura, R. Arai, Y. Yamamoto, 2023, Thrust formation using a numerical granular rock box experiment, *Tectonophysics*, 862, 229963, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.229963>
- Gase, A., N. Bangs, D. Saffer, S. Han, P. Miller, R. Bell, R. Arai, S. Henrys, S. Kodaira, R. Davy, L. Frahm, D. Barker, 2023, subducting volcanoclastic-rich upper crust supplies fluids for shallow megathrust and slow slip, *Science Advances*, 9, eadh0150, <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0150>
- Guo, H., D. Zhao, Z. Ding, 2024, Anisotropic tomography and mantle dynamics of the North China Craton, *Geophys. J. Int.*, 236, 1455–1470, doi:10.1093/gji/ggad497
- Hainzl, S., Kumazawa, T. and Ogata, Y., 2024, Aftershock forecasts based on incomplete earthquake catalogs: ETASI model application to the 2023 SE Türkiye earthquake sequence, *Geophys. J. Int.*, 236, 1609–1620, <https://doi.org/10.1093/gji/ggae006>
- Hirauchi, K., Hibi, R., Shirahige, R. and Takemura, T., 2023, Effects of phyllosilicate content on the slip behavior of fault gouge: Insights from room-temperature friction experiments on quartz-talc mixtures, *Tectonophysics*, 857, 229845, 10.1016/j.tecto.2023.229845
- Hu, H., D. Zhao, J. Lin, S. Pilia, 2023, A slab window beneath North Sumatra revealed by P-wave mantle tomography, *J. Geophys. Res.*, 128, e2022JB025976, doi:10.1029/2022JB025976
- Hua, Y., D. Zhao, Y. Xu, 2023, P and S wave anisotropic tomography of the Banda subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, e2023GL105611, doi:10.1029/2023GL105611
- Huang, Y., T. Nakatani, S. Sawa, G. Wu, M. Nakamura, and C. McCammon, 2023, Effect of faceting on olivine wetting properties, *Amer. Mineral.*, 108, 2244–2259, doi:10.2138/am-2022-8808
- Huber C., Toramaru T., 2024, Increase in magma supply to Sakurajima volcano's (Japan) shallow magma chamber over the past 500 years, *Geology*, 52, 235–239, doi:10.1130/G51763.1
- Hutchinson, J., H. Kao, M. Riedel, K. Obana, K. Wang, S. Kodaira, T. Takahashi & Y. Yamamoto, 2023, Tectonic evolution of the Nootka fault zone and deformation of the shallow subducted Explorer plate in northern Cascadia as revealed by earthquake distributions and seismic tomography, *Scientific Reports*, 13, 7873, doi:10.1038/s41598-023-33310-z
- Ide, S. and G. C. Beroza, 2023, Slow earthquake scaling reconsidered as a boundary between distinct modes of rupture propagation, *PNAS*, 120, e2222102120, doi:10.1073/pnas.2222102120

- 今西祐一・西山竜一・本多亮, 2023, 絶対重力計を用いた重力鉛直勾配の測定, 測地学会誌, 69, 8-17, doi:10.11366/sokuchi.69.2
- Ito, A., Shiobara, H., Miller, M., Sugioka, H., Ojeda, J., Tassara, C., Shinohara, M., Kinoshita, M., Iwamori, H., 2023, Long-term array observation by ocean bottom seismometers at the Chile Triple Junction, *J. South Am. Earth Sci.*, doi:124, 10.1016/j.jsames.2023.104285
- Iwamori, H., Nakamura, H., 2024, Bend of volcanic front around Asama Volcano and deep dehydration beneath the Noto peninsula: constraints from regional magma geochemistry. In: *Asama Volcano: Portrait of the most active and hazardous andesitic volcano near the Tokyo metropolitan area* (eds. S. Aramaki et al.), Springer, in press
- Jia, R., D. Zhao, 2023, Anisotropic tomography of the East Japan subduction zone: influence of inversion algorithms, *Geophys. J. Int.*, 234, 2199-2213, doi:10.1093/gji/ggad197
- 寶川瑠璃・前田拓人・高野智也・野口科子, 2023, コーダ波振幅に基づく青森県周辺の複数観測網におけるサイト増幅特性空間分布の推定, *地震* 2, 76, 77-92, doi:10.4294/zisin.2022-18
- 海上保安庁, 2023, 日本海溝沿いの海底地殻変動観測結果, *地震予知連絡会会報*, 110, 62
- 海上保安庁, 2023, 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果, *地震予知連絡会会報*, 110, 281
- Kataoka S., in press, Site response at the Dobutsu station in Aomori prefecture, Japan during strong and weak earthquake ground motion, *Proceedings of the 8th International conference on geotechnical earthquake engineering*
- 片岡俊一, 印刷中, 青森県階上町道仏震度観測点の地盤震動特性, *東北地域災害科学研究*, 60
- 片岡俊一・佐藤俊明・宮腰淳一・岡田敬一・早川崇, 2024, 1923年関東地震の際の東京における今村式2倍強震計による本震記象とその復元波形の再評価に関する一考察, *地震* 2, 76, 303-361, doi:10.4294/zisin.2023-10S
- 片山藍貴・前田拓人・高野智也, 印刷中, 地震規模を考慮した地震波スペクトル形状による日本海東縁で発生する地震の特徴, *東北地域災害科学研究*, 60
- 木村雄大・岡田里奈・梅田浩司, 2023, 下北半島, 関根浜のイベント堆積物について, *東北地域災害科学研究*, 59, 37-40
- 小菅正裕, 印刷中, 日本海東縁部における震源深さの再検討, *東北地域災害科学研究*, 60
- 小菅正裕, 印刷中, 内陸下の低周波地震の特徴と発生メカニズム, *東北地域災害科学研究*, 60
- 熊澤貴雄, 尾形良彦, 2023, 非定常 ETAS モデルから見える能登半島群発地震活動の地域的变化(続報 2), *地震予知連絡会会報*, 109, 321-325
- 熊澤貴雄, 尾形良彦, 2023, 最近の能登半島群発地震活動の時空間的特徴と 2023年5月5日 M6.5地震について, *地震予知連絡会会報*, 110, 443-450
- Kuwatani, T., Nagata, K., Sakai, T., Iwamori, H., 2023, Bayesian inversion of lithology and liquid phase parameters from seismic velocity and electrical conductivity in the crust and uppermost mantle, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 128, e2023JB026836, doi:10.1029/2023JB026836
- Li, S., G. Jiang, D. Zhao, G. Zhang, Q. Lü, D. Shi, G. Chai, 2023, Deep geodynamics and metallogenic mechanism of the South China block: New insight from mantle tomography, *Tectonophysics*, 869,

230107, doi:10.1016/j.tecto.2023.230107

- Li, Y., I. Grevemeyer, S. Kodaira, G. Fujie, 2023, Seismic structure of the Izu Arc-Backarc system, *J. Geophys. Res.*, 128, e2023JB027213, <https://doi.org/10.1029/2023JB027213>
- Liang, X., D. Zhao, Y. Hua, Y. Xu, 2024, Big mantle wedge and intraplate volcanism in Alaska: Insight from anisotropic tomography, *J. Geophys. Res.*, 129, e2023JB027617, doi:10.1029/2023JB027617
- 増永仁・前田拓人・高野智也, 2023, 3次元不均質速度構造モデルを用いた青森県周辺の地震に対するCMT解推定, *東北地域災害科学研究*, 59, 25-30
- Masuti, S., J. Muto, and E. Rybacki, 2023, Transient creep of quartz and granulite at high temperature under wet conditions, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 128, e2023JB027762, doi:10.1029/2023JB027762
- Miller, M., Priestley, K., Tilmann, F., Bataille, K., Iwamori, H., 2023, P wave teleseismic tomography of the subducted Chile rise, *J. South Am. Earth Sci.*, doi:10.1016/j.jsames.2023.104474
- Mindaleva, D., M. Uno, and N. Tsuchiya, 2023, Short-lived and voluminous fluid-flow in a single fracture related to seismic events in the middle crust, *Geophys. Res. Lett.*, 50, e2022GL099892, doi:10.1029/2022GL099892
- Muramoto, T., Y. Ito, A. Miyakawa, and N. Furuichi, 2023, Strain and Stress Accumulation in Viscoelastic Splay Fault and Subducting Oceanic Crust, *Geophys. Res. Lett.*, 50, e2023GL103496, doi:10.1029/2023GL103496
- Muramoto, T., Y. Ito, A. Miyakawa, and N. Furuichi, 2024, Viscoelasticity modeling of clay minerals by dynamic viscoelasticity measurement and its implications for earthquake faulting, *Tectonophysics*, 872, 230208, doi:10.1016/j.tecto.2024.230208
- 長尾優樹・岡田里奈・梅田浩司・小林祐登・鎌滝孝信, 投稿中, 1804年象潟地震に伴う津波堆積物, *地質学雑誌*
- 中村優斗, 石川直史, 秋山裕平, 渡邊俊一, 黒田泰成, 望月将志, 横田裕輔, 2023, 海底地殻変動観測で用いる海底基準局のディレイタイムの計測について, *海洋情報部研究報告*, 61, 19-27
- Nakamura, Y., Kodaira, S., Fujie, G., Yamashita, M., Obana, K., Miura, S., 2023, Incoming plate structure at the Japan Trench subduction zone revealed in densely spaced reflection seismic profiles, *PEPS*, 10:45, <https://doi.org/10.1186/s40645-023-00579-7>
- Nakata, R., N. Uchida, T. Hori, R. Hino, 2023, Recurrence intervals for  $M > 7$  Miyagi-ken-Oki earthquakes during an  $M$  similar to 9 earthquake cycle, *PEPS*, 10, doi:10.1186/s40645-023-00566-y
- Nishida, K., R. Takagi, and A. Takeo, 2024, Ambient noise multimode surface wave tomography, *Prog. Earth Planet. Sci.*, 11, 4, doi:10.1186/s40645-023-00605-8
- Nishimura, T., Y. Hiramatsu, and Y. Ohta, 2023, Episodic transient deformation revealed by the analysis of multiple GNSS networks in the Noto Peninsula, central Japan, *Scientific Reports*, 13, 8381, doi:10.1038/s41598-023-35459-z
- Noda, H., 2023, Thermoelastic instability on a frictional surface and its implication for size

- effect in friction experiments, *Earth, Planets, and Space*, 75, doi: 10.1186/s40623-023-01820-9
- Noda, H., and C. Chang, 2023, Tertiary creep behavior for various rate- and state-dependent friction laws, *Earth and Planetary Science Letters*, 619, doi: 10.1016/j.epsl.2023.118314
- 尾形良彦, 熊澤貴雄, 2023, 2023年2月6日に発生したトルコ中部地震の余震活動について, *地震予知連絡会会報*, 110, 426-431
- Ohara, K., Yagi, Y., Yamashita, S., Okuwaki, R., Hirano, S. & Fukahata, Y., 2023, Complex evolution of the 2016 Kaikoura earthquake revealed by teleseismic body waves, *Progress in Earth and Planetary Science*, 10:35, doi:10.1186/s40645-023-00565-z
- Ohuchi, T., et al., 2022, In situ X-ray and acoustic observations of deep seismic faulting upon phase transitions in olivine, *Nature Communications*, 13, 5213, doi:10.1038/s41467-022-32923-8
- 大内智博, 鳴瀬善久, 松浦雅, 2023, 高圧下におけるザクロ石角閃岩及びエクロジヤイトの一軸圧縮変形実験と微小破壊音測定, *高圧力の科学と技術*, 33
- Okada, T., M.K. Savage, S. Sakai, K. Yoshida, N. Uchida, R. Takagi, S. Kimura, S. Hirahara, A. Tagami, R. Fujimura, T. Matsuzawa, E. Kurashimo, and Y. Hiramatsu, 2024, Shear wave splitting and seismic velocity structure in the focal area of the earthquake swarm and their relation with earthquake swarm activity in the Noto Peninsula, central Japan, *Earth Planets Space*, 76, 24, doi:10.1186/s40623-024-01974-0
- 岡田知己・岡田真介, 2024, 仙台平野南部の伏在活断層の震度予測の試み, *東北地域災害科学研究*, 印刷中
- Okada, Y., and T. Nishimura, 2023, Systematic detection of short-term slow slip events in southcentral Alaska, *Geophys. Res. Lett.*, 50, doi: 10.1029/2023GL104901
- Otsuka H., Y. Ohta, R. Hino, T. Kubota, D. Inazu, T. Inoue, N. Takahashi, 2023, Reduction of nontidal oceanographic fluctuations in ocean-bottom pressure records of DONET using principal component analysis to enhance transient tectonic detectability, *EPS*, 75, doi:10.1186/s40623-023-01862-z
- Ozaki, T, Yukutake, Y. Ichihara, M., 2023, Linking the flow-induced tremor model to the seismological observation: application to the deep harmonic tremor at Hakone volcano, Japan, *Earth, Planets and Space*, 75, doi: 10.1186/s40623-023-01865-w
- Park, Jin-Oh and Ehsan Jamali Hondori, 2023, Link between the Nankai underthrust turbidites and shallow slow earthquakes, *Scientific Reports*, 13, 10333, doi:10.1038/s41598-023-37474-6
- Quan, W., X. Liu, D. Zhao, S. Li, 2023, Seismic evidence for slab detachment beneath the Taiwan Orogen., *Earth Planet. Sci. Lett.*, 610, 118131, doi: 10.1016/j.epsl.2023.118131
- Ruan, Y., Y. Ito, and Y. Sawaki, 2023, Anisotropic Velocity Structure Beneath Shikoku, Japan: Insights From Receiver Function and Shear Wave Splitting Analyses, *J. Geophys. Res:Solid-Earth*, 128, e2023JB027178, doi:10.1029/2023JB027178
- Sagae, K., H. Nakahara, T. Nishimura, and K. Imanishi, 2023, Fine structure of tremor migrations beneath the Kii Peninsula, Southwest Japan, extracted with a space-time Hough transform, *J. Geophys. Res.*, 128, <https://doi.org/10.1029/2022JB026248>

- Sawa, S., Muto, J., and Nagahama, H., 2023, Modeling of olivine-spinel phase transformation of germanate olivine (Mg<sub>2</sub>GeO<sub>4</sub>) by using the phase-field method, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, doi:10.1016/j.pepi.2023.107060
- Schottenfels, E., Regalla, C., Nakamura, Y., 2024, Influence of outer-rise faults on shallow décollement heterogeneity and sediment flux at the Japan trench, *Seismica*, 2, <https://doi.org/10.26443/seismica.v3i1.386>
- Semba, M., Hirauchi, K., Ohuchi, T., Okamoto, A. and Kouketsu, Y., 2023, Effects of hydrothermal alteration on shear localization and weakening in the mantle lithosphere., *Tectonophysics*, 868, 230081, doi:10.1016/j.tecto.2023.230081
- Shibazaki, B., 2023, Progress in modeling the Tohoku-oki megathrust earthquake cycle and associated crustal deformation processes, *Progress in Earth and Planetary Science*, 10, doi:10.1186/s40645-023-00575-x
- Takahashi, T., Nakanishi, A., Kodaira, S. & Kaneda, Y., 2023, Estimation of the Hurst exponents of irregularly sampled subsurface fault geometries by the lifting scheme, *Geophys. J. Int.*, 235, 1102-1116, doi: 10.1093/gji/ggad275
- Takano, T., & Nishida, K., 2023, Tidal response of seismic wave velocity at shallow crust in Japan, *Geophysical Research Letters*, 50, e2023GL103011, doi:10.1029/2023GL103011
- Takano, T., Nishimura, T., & Nakahara, H., 2023, Anisotropic seismic velocity variations in response to different orientations of tidal deformations, *Geophysical Journal International*, 235, 2716-2726, doi:10.1093/gji/ggad386
- Takemura, S., S. Baba, S. Yabe, Y. Yamashita, K. Shiomi, and T. Matsuzawa, 2024, Detectability analysis of very low frequency earthquakes: Methods and application in Nankai using F-net and DONET broadband seismometers, *Geophys. J. Int.*, 237, 49-63, doi:10.1093/gji/ggae033
- Takenouchi, S., Tsuji, T., Shiraishi, K., Nakamura Y., Fujie, G., Kodaira, S., Mukumoto, K., 2023, Identification of active faults and tectonic features through heat flow distribution in the Nankai Trough, Japan, based on high-resolution velocity-estimated bottom-simulating reflector depths, *Earth Planets Space*, 75, 147, <https://doi.org/10.1186/s40623-023-01890-9>
- Tamura, Y., T. Kazama, R. Nishiyama, K. Matsuo, Y. Imanishi, Y., 2023, Postseismic gravity changes after the 2011 Tohoku earthquake observed by superconducting gravimeters at Mizusawa, Japan, *Earth Planets Space*, doi:10.21203/rs.3.rs-2740378/v1
- Tanaka, Y., V. Klemann, Z. Martinec, 2023, An Estimate of the Effect of 3D Heterogeneous Density Distribution on Coseismic Deformation Using a Spectral Finite-Element Approach, *International Association of Geodesy Symposia*, doi:10.1007/1345\_2023\_236
- Terakawa, T., K. Asano and Y. Urata, Estimation of background stress in the source region of the 2016 Kumamoto earthquake sequence based on changes in shear strain energies and coseismic stress rotation, 投稿中
- Tonegawa, T., Fukao Y., 2023, Mesospheric pressure source from the 2022 Hunga, Tonga eruption excites 3.6-mHz air-sea coupled waves, *Science Advances*, 9, doi:10.1126/sciadv.adg8036
- Toramaru A., Kichise T., 2023, A New Model of Crystallization in Magmas: Impact of Pre-Exponential

- Factor of Crystal Nucleation Rate on Cooling Rate Exponent and Log-Linear Crystal Size Distribution, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 128, e2023JB026481, doi:10.1029/2023JB026481
- Toyokuni, G., D. Zhao, 2023, Ancient slabs beneath Arctic and surroundings: Izanagi, Farallon, and in-betweens, *Prog. Earth Planet. Sci.*, 10, 64, doi:10.1186/s40645-023-00595-7
- Triahadini A., Aizawa K., Hashimoto T. M., Chiba K., Uchida K., Yamamoto Y., Miyano K., Muramatsu D., Aniya S., Okubo A., Kawamura Y., 2023, Magma transport along structural boundaries in the upper crust: Insight from broadband magnetotelluric constraints on the structure beneath Unzen volcano, Japan, *Geophysical Journal International*, 234, 1268 - 1281, doi:10.1093/gji/ggad126
- Tsunomori, F., Morikawa, N. and Takahashi, M., 2024, Deep-Seated Fluids in Thermal Waters Before and After the 2016 Kumamoto Earthquakes, *Groundwater*, doi:10.1111/gwat.13394
- Uemura, K., S. Ide, H. Aochi, 2023, Dynamic nucleation as a cascade-up of earthquakes depending on rupture propagation velocity, *Earth, Planets and Space*, 75, 123, doi:10.1186/s40623-023-01866-9
- Uno, M., A. Okamoto, T. Akatsuka, and N. Tsuchiya, 2023, Continuous thermal structures of the present-day and contact-metamorphic geothermal systems revealed by drill cuttings in the Kakkonda geothermal field, Japan, *Geothermics*, 115, 102806, doi:10.1016/j.geothermics.2023.102806
- Wang, Z.W., D. Zhao, X. Chen, 2023, Fine structure of the subducting slab and the 2022 M7.4 Fukushima-Oki intraslab earthquake, *Seismol. Res. Lett.*, 94, 17-25, doi:10.1785/0220220234
- 渡部大地・前田拓人・高野智也, 2023, 2011年東北地方太平洋沖地震による地震の誘発現象の力学的検討, *東北地域災害科学研究*, 59, 1-6
- Watanabe, S., T. Ishikawa, Y. Nakamura and Y. Yokota, 2023, Full-Bayes GNSS-A solutions for precise seafloor positioning with single uniform sound speed gradient layer assumption, *Journal of Geodesy*, 97, 89, doi:10.1007/s00190-023-01774-6
- Xi, J., G. Jiang, D. Zhao, G. Zhang, L. She, Q. Lü, D. Shi, 2023, Hot mantle upwelling and Mesozoic mineralization in Southeast China, *J. Asian Earth Sci.*, 258, doi:105648, 10.1016/j.jseaes.2023.105648
- Xia, S., J. Lin, D. Zhao, J. Cao, C. Zhang, X. Wang, K. Wan, C. Fan, 2023, The 4 January 2020 offshore Pearl River Estuary earthquake sequence in South China: Implications for seismic potential of the NW-striking local faults, *J. Asian Earth Sci.*, 258, doi:105697, 10.1016/j.jseaes.2023.105697
- Xie, F., Z. Wang, D. Zhao, R. Gao, X. Chen, 2023, Seismic imaging of the Java subduction zone: New insight into arc volcanism and seismogenesis, *Tectonophysics*, doi:10.1016/j.tecto.2023.229810
- Yamaguchi, H., Kodaira, S., Fujie, G., No, T., Nakamura, Y., Shiraishi, K., Seama, N., 2024, Undulations in subducted oceanic crust correlate with shallow tremor distribution in the Kuril Trench off Hokkaido, *Geophysical Research Letters*, 51, e2023GL106815,

<https://doi.org/10.1029/2023GL106815>

- Yin, J., W. Zhu, J. Li, E. Biondi, Y. Miao, Z. J. Spica, L. Viens, M. Shinohara, S. Ide, K. Mochizuki, A. L. Husker, Z. Zhan, 2023, Earthquake magnitude with DAS: A transferable data-based scaling relation, *Geophys. Res. Lett.*, 50, e2023GL103045, doi:10.1029/2023GL103045
- Yoshida, K., R. Oyanagi, M. Kimura, O. Plümer, M. Fukuyama, and A. Okamoto, 2023, Geological records of transient fluid drainage into the shallow mantle wedge, *Sci. Adv.*, 9, eade6674, doi:10.1126/sciadv.ade6674
- Yoshida, K., M. Uno, T. Matsuzawa, Y. Yukutake, Y. Mukuhira, H. Sato, and T. Yoshida, 2023, Upward earthquake swarm migration in the northeastern Noto peninsula, Japan, initiated from a deep ring-shaped cluster: possibility of fluid leakage from a hidden magma system, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 128, e2022JB026047, doi:10.1029/2022jb026047
- Yoshida, K., N. Uchida, Y. Matsumoto, M. Orimo, T. Okada, S. Hirahara, S. Kimura, and R. Hino, 2023, Updip fluid flow in the crust of the northeastern Noto peninsula, Japan, triggered the 2023 Mw6.2 Suzu earthquake during swarm activity, *Geophys. Res. Lett.*, 50, e2023GL106023, doi:10.1029/2023GL106023
- Yuan, T., Z. Wang, D. Zhao, R. Gao, X. Chen, 2024, Seismic evidence for break-off of the Molucca Sea slab, *Tectonophysics*, 854, 229810, doi:10.1016/j.tecto.2024.230218
- Yukutake, Y., A. Kim, and T. Ohminato, 2023, Reappraisal of volcanic seismicity at the Kirishima volcano using machine learning, *Earth Planets Space*, 75, 183, doi:10.1186/s40623-023-01939-9
- Zhao, D., J. Wang, Z. Huang, X. Liu, Z. Wang, 2023b, Seismic anisotropy and geodynamics of the East Japan subduction zone, *Journal of Geodynamics*, 156, 101975, doi:10.1016/j.jog.2023.101975
- Zhao, D., X. Liang, G. Toyokuni, Y. Hua, Y. Xu, 2024, Cause of enigmatic upper-mantle earthquakes in central Wyoming, *Seismol. Res. Lett.*, 95, 印刷中
- Zhao, D., X. Liu, Z. Wang, T. Gou, 2023a, Seismic anisotropy tomography and mantle dynamics, *Surveys in Geophysics*, 44, 947–982, doi:10.1007/s10712-022-09764-7

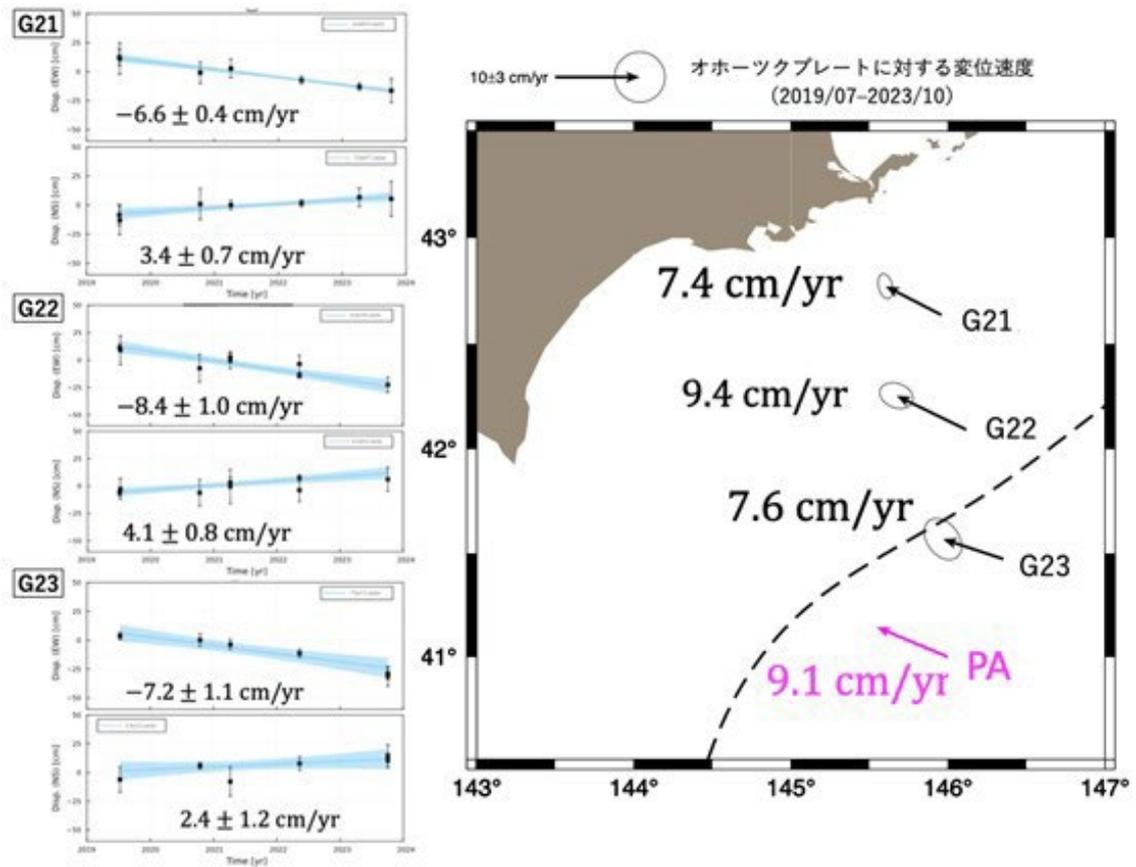


図1. 根室沖における GNSS-A 海底地殻変動観測の結果。左：2019年の観測開始以来の各点の変位時系列。上が東西成分，下が南北成分を示す。右：繰り返し観測から推定された変位速度の空間分布（東京大学地震研究所[課題番号：ERI\_05]）。

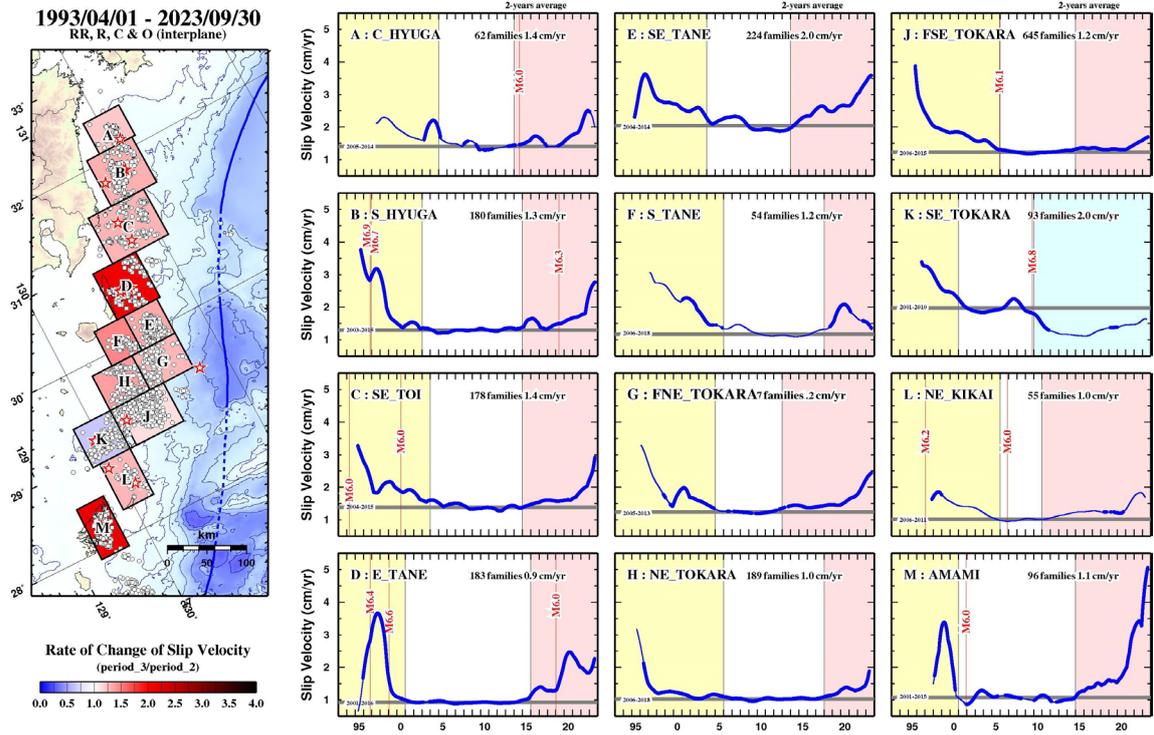


図2. 日向灘中部～奄美大島にかけての12領域に分けてそれぞれの各小領域における準静的すべり速度の時間変化。横軸に年、縦軸にすべり速度で示した（鹿児島大学[課題番号：KGS01]）。

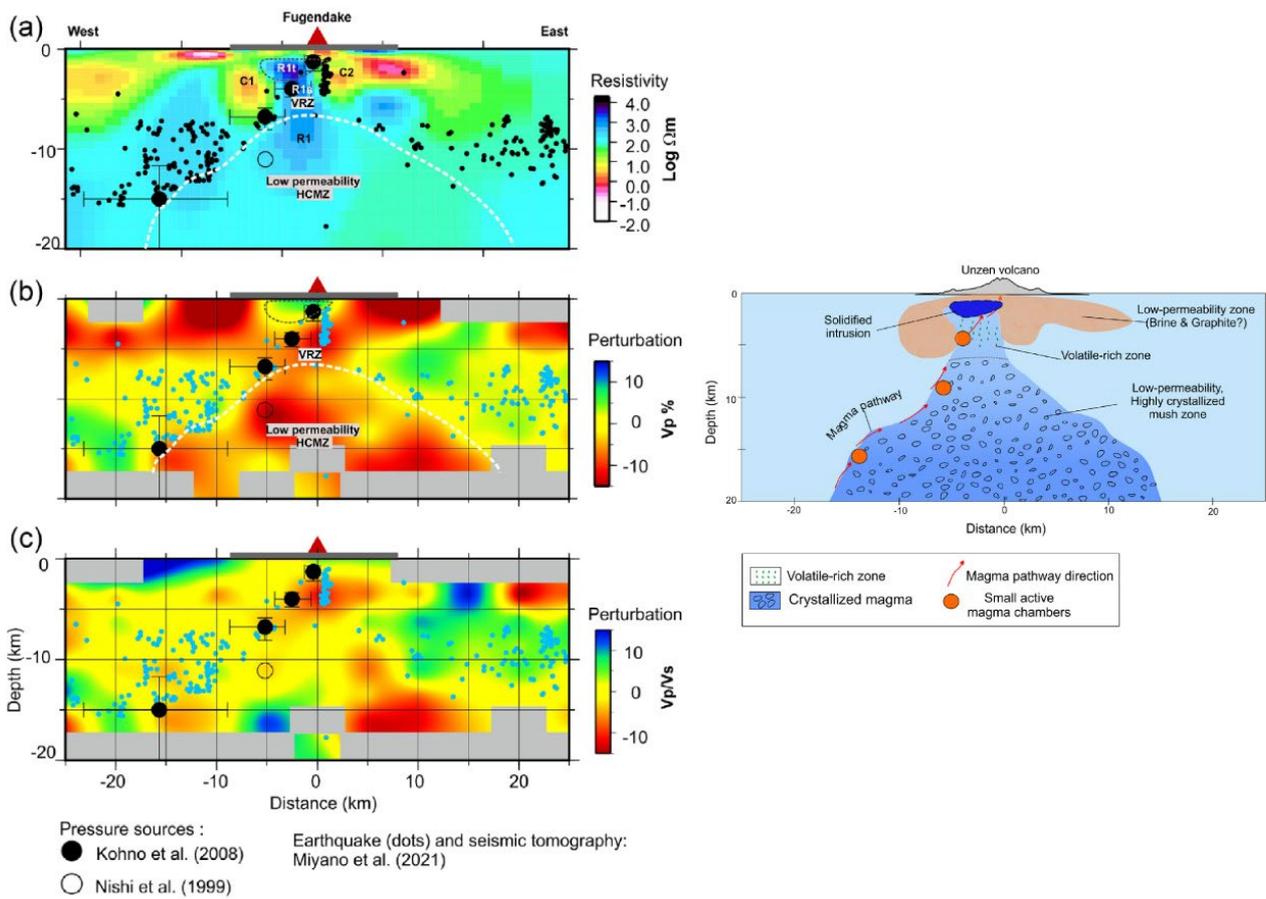
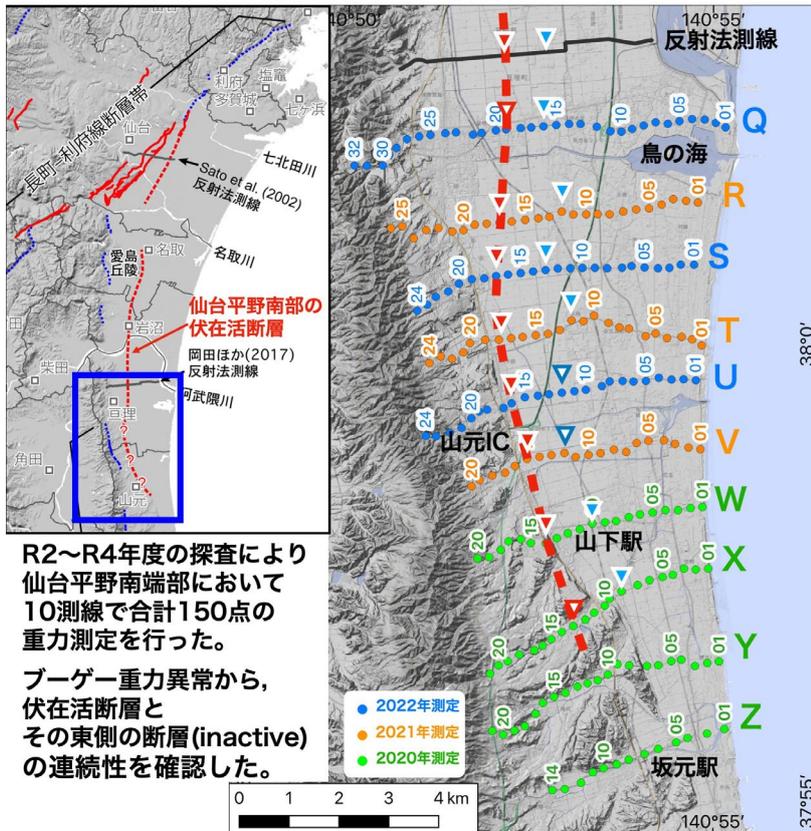


図3. 雲仙火山地下の地下構造とその解釈。(a)は比抵抗構造, (b) (c)は地震波速度構造 ( $V_p$  と  $V_p/V_s$ )。1991-1995年の噴火活動では構造境界をマグマが上昇したと考えられる。(九州大学[課題番号: KYU\_01])。

# 伏在断層 南端部の連続性



R2~R4年度の探査により  
 仙台平野南端部において  
 10測線で合計150点の  
 重力測定を行った。  
 ブーゲー重力異常から、  
 伏在活断層と  
 その東側の断層(inactive)  
 の連続性を確認した。

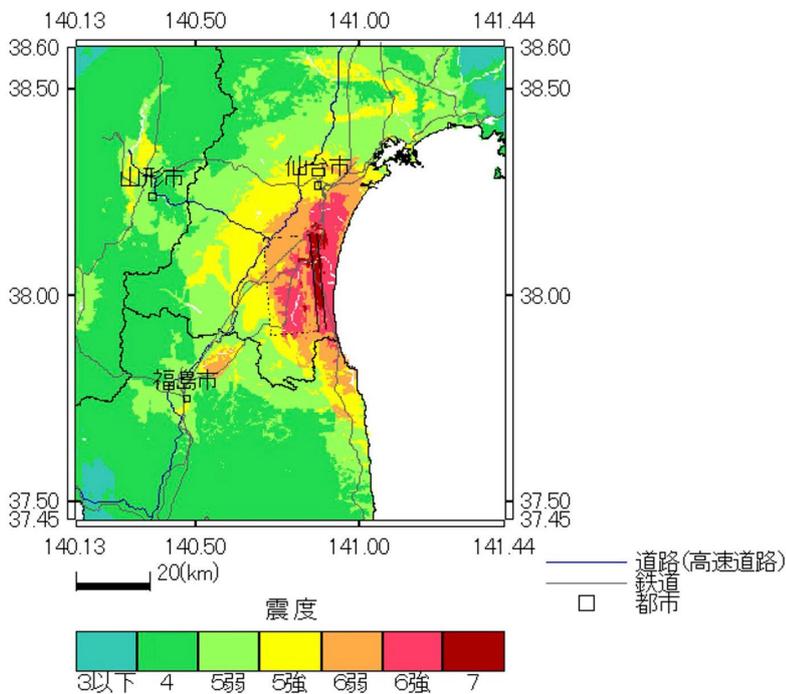
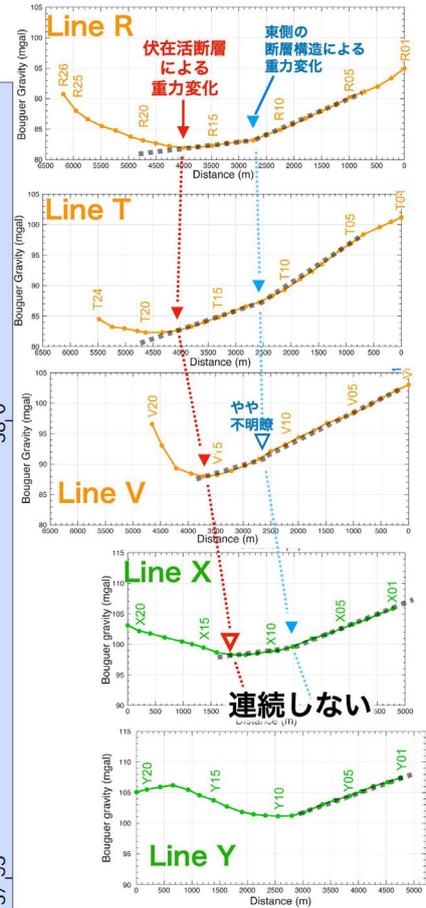


図4. 重力探査による仙台平野南部の伏在活断層の連続性 (岡田・他, 2023) (上図) と伏在断層による震度分布の予測 (下図) (東北大学 [課題番号: THK\_07])。

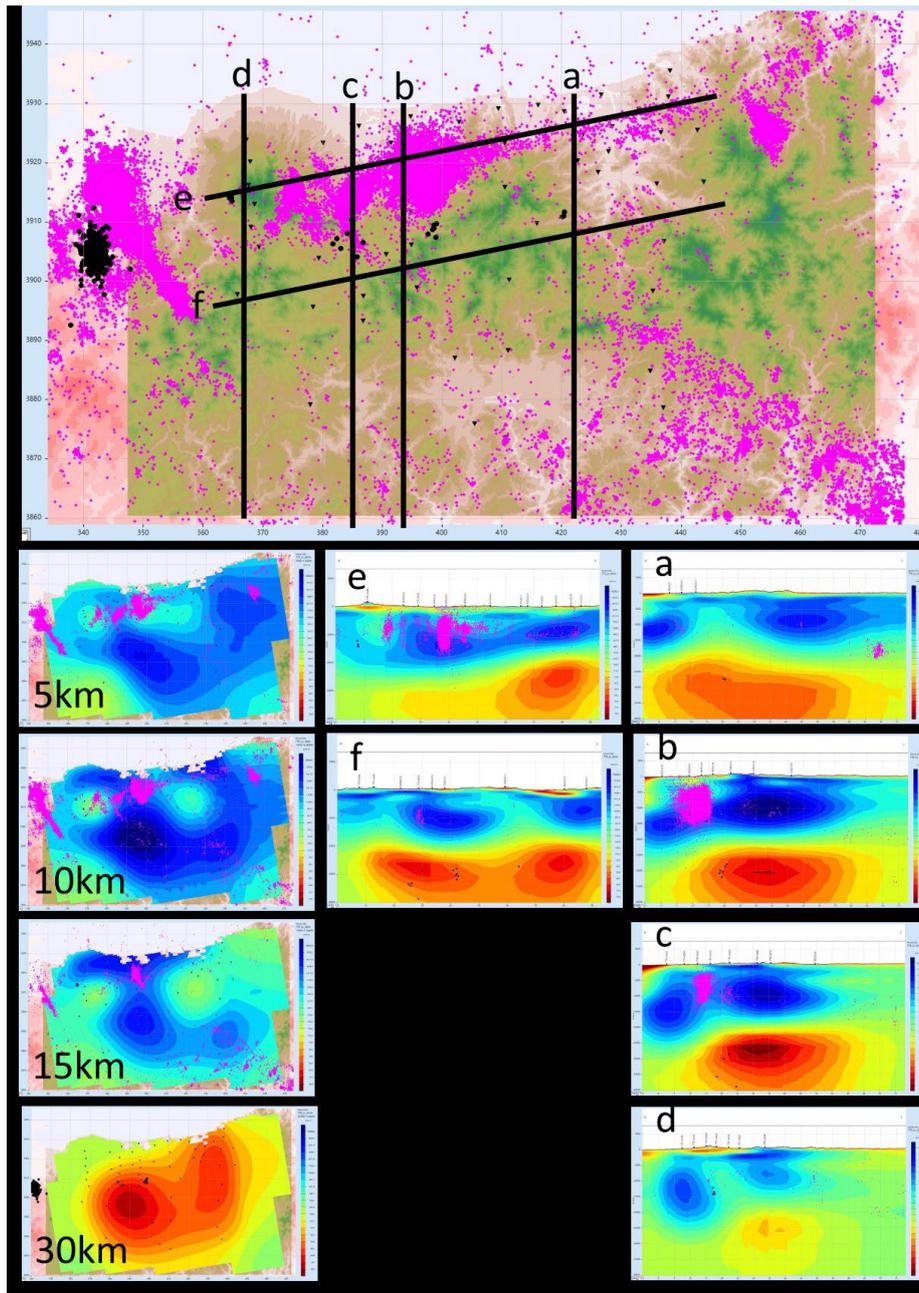


図5. 鳥取東部・中西部地域における3次元構造解析コア領域（上図）と3次元構造解析の結果得られた比抵抗構造図（下図）深度別比抵抗構造図（下左図）ならびに図2上図における測線名称a～fに対応する比抵抗構造断面図（下右図・中図）を示す。深度別比抵抗平面図には深度±2.5 kmの震源を、抵抗断面図には幅±2 kmの震央が描かれている。測線aは1943年鳥取地震（M7.2）地震域を横断する測線である。同様に測線bは2016年鳥取県中部の地震（M6.6）、測線cは鳥取県中西部の地震（2002, M5.3）の地震域、測線dは大山火山周辺域を横断する測線である。この図面において地震の震央は紅紫色●印、低周波地震は黒色●印で描かれている。（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI\_03]）

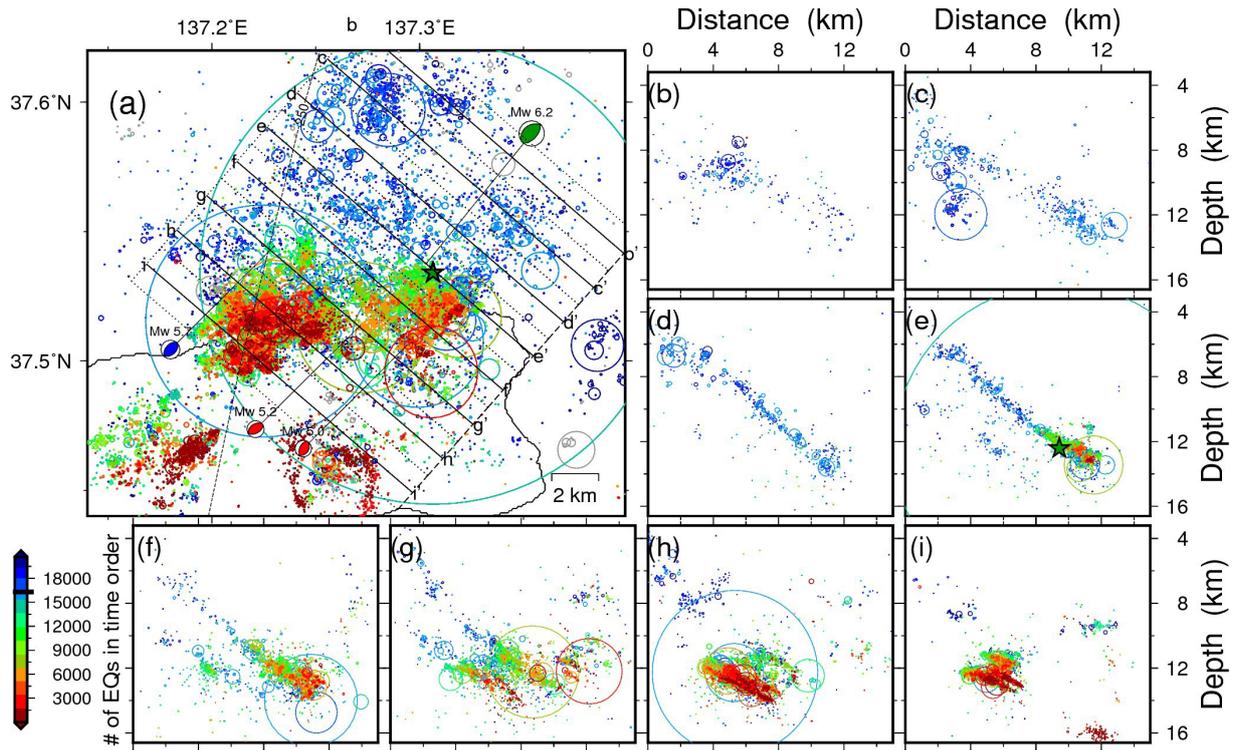


図6. 2023年に能登半島北東端で発生したM6.5の地震前後の地震活動 (Yosida et al., 2023, GRL)。(a) 震央分布。(b)-(i) 図aで示した各断面での震源分布。色はその地震が発生した順番を表す。(東北大学理学研究科[課題番号:THK\_02])

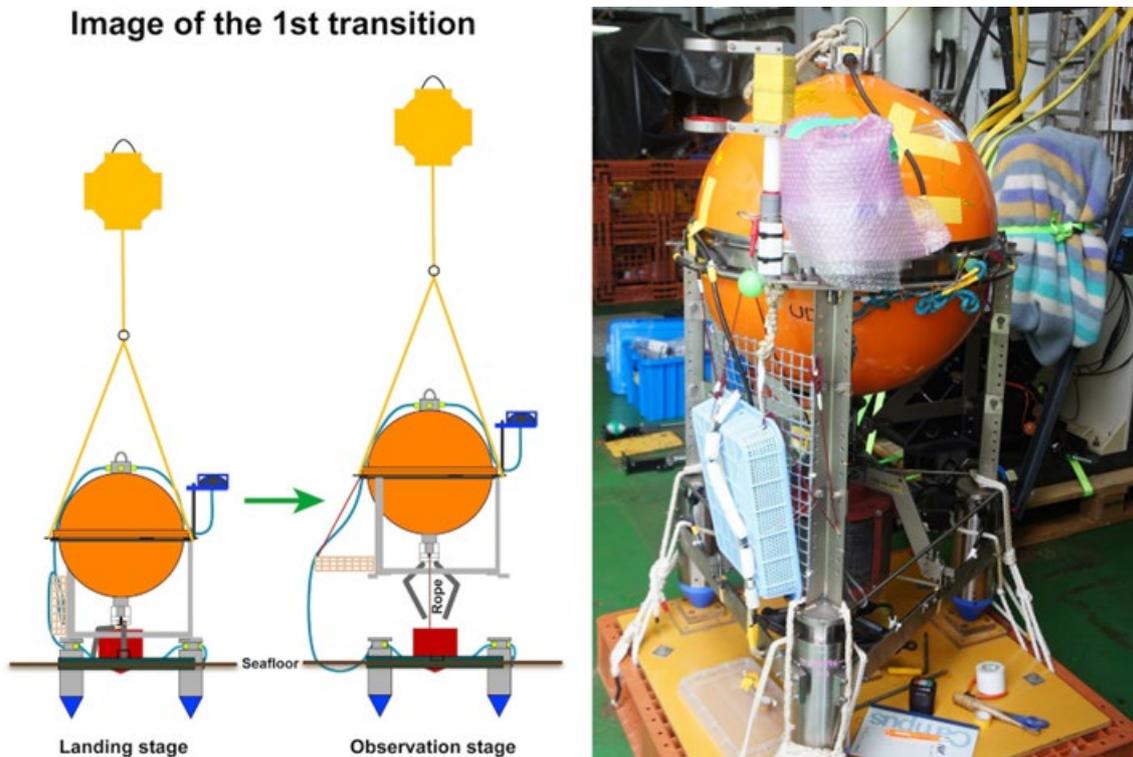


図7. 2019年8月に予定されていた長期試験観測に合わせて、水中ケーブルの自己展開方法への改修を行った。着底状態から観測状態への1回目の遷移に伴い、水中ケーブルの下部がセンサー部から離れて着底する構造とした（左図の観測状態〔右側〕を参照）。これにより、底層流による記録部の振動が水中ケーブルを伝搬しセンサー部へ伝わるのを抑制する効果が期待される。右画像は試験観測予定であった航海開始前での設置準備が完成した状態である。（東京大学地震研究所〔課題番号：ERI\_23〕）