

1 (2) 地震 (長期予測)

「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 後藤和久
(東京大学理学系研究科)

大地震の長期予測は、地震に関する観測研究から各地域における大地震の規模や深さ、発生頻度や発生時期を数年以上の長期的な観点から予測するもので、災害軽減や防災対策の立案に役立てられることが期待される。このような長期予測は、地震調査研究推進本部地震調査委員会により、主要な活断層で発生する地震や海溝型地震を対象に地震発生可能性の長期評価という形で実施され、社会に公表されている。しかし、大地震の発生は極めて低頻度な現象であるため、主に過去の大地震の発生履歴に基づく統計モデルにより行われてきた現状の長期評価には、データが少ないために不確定性が大きいことや統計モデルの高度化などの課題がある。本部会では、前計画から引き続き、地質・地形データや史料・考古データを活用した大地震の発生や地殻変動の履歴を明らかにする手法の高度化を進めるとともに、各地域での調査から、過去の履歴データの蓄積から大地震の長期予測精度の向上を目指した観測研究と、これまでは十分に活用されていなかった地殻変動や地震活動などの地球物理学的観測データや地震発生の物理モデル・数値シミュレーションを活用した「新たな長期予測」を推進する。

1. 地震・火山現象の解明のための研究

(1) 史料・考古・地形・地質データ等の収集と解析・統合

ア. 史料の収集・分析とデータベース化

明応の南海トラフ地震では、東海側での地震動被害は明らかになっているのに対し、南海側では明確な地震動の被害がわかっていない。そこで、静岡県域において寺社の修造件数と明応東海地震による被害との関係を調べ、寺社の修造件数が被害の指標となり得ることを検証した上で、和歌山県および高知県域において、明応七年前後の寺社の修造件数を調べた。その結果、この時期に修造件数の増加が認められ、これらの地域で明応南海地震による地震動の被害があったことが明らかになった (東京大学地震火山史料連携研究機構 [課題番号: HMEV02])。江戸時代後期の文政十三年七月二日 (グレゴリオ暦: 1830年8月19日) に発生して京都とその周辺に被害を及ぼした地震 (以下、1830年文政京都地震) について、史料に基づく震度分布図の作成と地震の規模や震央 (震源断層) の再検討を行った。史料を厳選し、再解釈を行なって京都盆地及び遠地での震度分布を検討した結果、有感となった範囲は、富山県氷見市、島根県出雲市、三重県伊勢市よりも内側であり、近地の震度は、京都盆地北東部で震度5強～6強、亀岡盆地で震度5弱～6弱となった。地震動予測式を用いて、これらの震度分布の説明を試みた結果、1830年文政京都地震は、京都西山断層帯の神吉断層・越畑断層付近で発生したM6.5程度の地震であった可能性が示唆される (奈良文化財研究所 [課題番号: NAB_02])。

ウ. 地形・地質データの収集・集成と文理融合による解釈

海溝型地震の発生履歴に関する観測研究として、沿岸での津波堆積物の調査や古地形の復元、数値計算による津波波源域の評価が行われた。また、海底地形データに基づく詳細な地形判読に基づく断層変位地形の認定が行われた。

千島海溝・日本海溝周辺域では、北海道十勝地方当縁湿原の段丘面で津波堆積物の調査を実施した。津波堆積物の分布範囲と津波数値計算による浸水範囲を比較し、断層モデルを検討した。その結果、13世紀頃の地震では、十勝沖セグメントより根室沖セグメントのすべり量が大きい可能性が示唆された（産業技術総合研究所[課題番号：AIST01]）。北海道胆振地方（厚真町・白老町）では、地下レーダー（GPR）による地層構造探査と、ジオスライサーによる地層掘削で沿岸湿地の津波堆積物および古地形を高精度に追跡する調査を行った（東北大学災害科学国際研究所[課題番号：IRID02]）。厚真町では、既存トレンチとその周辺で800MHzのアンテナを用いたGPR探査を実施し、TabおよびUs-bテフラと1611年慶長奥州地震によると推定される津波堆積物の下面に対応する反射面を掘削結果と照合した上で特定・追跡した（図1）。GPRによる反射面の間隔の変化は地層掘削による津波堆積物の層厚変化（5-20 cm）にほぼ対応しており、GPRによる調査手法の有効性が確認できた。

相模トラフ周辺域では、マルチビーム測深調査によって得られた点群データを海洋研究開発機構から収集、整理した。また、相模トラフと南海トラフ周辺の既得データを含め、点群データからエラーの除去などの調整を行い、1秒間隔のDEMの作成作業を行った。相模トラフ周辺ではステレオ実体視可能な海底地形画像を作成し、判読を行った。その結果、東京海底谷の北岸には、三崎海丘基部より西に地形面を変位させる相模湾断層の直線状の低断層崖が認められたため、右ずれ変位の可能性がある。さらに、その南東の沖ノ山の基部の西には、地形面を横切って延びるリニアメントでも右ずれ変位の可能性があることがわかった。これらはフィリピン海プレートの北西進を反映したものと考えられる（広島大学[課題番号：HRD_01]）。

南海トラフ周辺域では、高知県南国市の海岸砂丘を対象として、GPR探査や光ルミネッセンス（OSL）年代測定を用いて地形発達調査を行った。砂丘の成長過程と内陸の低地の浸水記録を比較した結果、砂丘の上方への成長が内陸への浸水を妨げたことが示唆された（産業技術総合研究所[課題番号：AIST01]）。和歌山県那智勝浦町の沿岸低地において津波堆積物を目的とした追加コア掘削調査を実施し、観察・分析を進めた。その結果、約5千年前頃に砂質干潟～浅海環境に形成されたと考えられる4層の級化構造を持つイベント堆積物が認められた（産業技術総合研究所[課題番号：AIST01]）。

南西諸島海溝沿いでは、石垣島東岸においてトレンチ調査を実施し、3層の津波堆積物を発見した。このうち、最下層の津波堆積物中から合弁の二枚貝が発見され、年代測定を実施したところ、約1500年前頃であることが明らかになった。この年代結果は、既往研究より確度の高いイベント年代であり、当該地域における津波再来間隔を推定する上で重要な知見と言える（東京大学理学系研究科[課題番号：UTS_01]）。

内陸地震の発生履歴に関する調査としては、各断層における変動地形調査や掘削調査、ドローンや地表型のLiDARを用いた詳細地形計測や宇宙線生成核種年代測定などの最新技術を用いた調査が各地で行われた。

2024年1月1日に能登半島地震(M7.6)が発生した能登半島では、地震前に高度を計測していた地点の再測量により、海岸での正確な隆起量を計測した(産業技術総合研究所[課題番号:AIST01])。また、過去の地震性隆起を記録した完新世海成段丘(低位段丘)の形成年代を解明するため、掘削調査を行い、年代測定試料を採取した(産業技術総合研究所[課題番号:AIST01])。さらに、石川県珠洲市において津波堆積物の分布に関する野外調査を実施し、地震後の海岸線から内陸約70 mまで津波堆積物があることが確認された(産業技術総合研究所[課題番号:AIST01])。一方、更新世海成段丘の発達・保存が悪いため、長期的な隆起速度が得られていない能登半島北西岸地域(猿山岬~大長崎周辺)において、隆起速度を明らかにするための予察的調査を実施した。詳細な地形判読から更新世海成段丘面と考えられる地形が断片的に確認され、現地です予察的地層採取を実施した。その結果、これらは侵食性段丘面であることが明らかになったが、基盤岩は礫岩で石英がほとんど含まれないため、十分な量の石英が必要な ^{10}Be による宇宙線生成核種年代測定法の適用は難しいことがわかった(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_01])。

糸魚川-静岡構造線活断層帯北部において、高分解能地形データによる変動地形の詳細分布の把握と古地震調査を行った。姫川右岸の白馬村蕨平では、2014年長野県北部の地震(神城断層地震)で出現した地表地震断層が完新世後期に多段化した姫川の河成段丘上を横断している。松多ほか(2016)によって指摘されたこれらの段丘に見られる変位の累積を明らかにするため、地表LiDARを用いた精密測量を行い、従来より細かい地形面を認定することに成功した。その地形から縦ずれ量、横ずれ量を見積もった結果、3パターンの地震活動履歴の可能性を見出し、少なくともこの地域で2種類の地震が発生することを明らかにした(図2, 東京大学地震研究所[課題番号:ERI_09])。中央構造線断層帯の石鎚山脈北縁西部区間(川上断層)と石鎚山脈北縁区間(岡村断層)のセグメント境界付近において、ドローンLiDAR, トレンチ調査, ボーリング調査を実施した。トレンチ調査の結果、最新活動に伴う古地震イベントを認定した。放射性炭素同位体年代測定とともに、イベント後の堆積物から産出した金属製のかんざしやキセル, 正保1648年伊予国絵図に記載された古地理図等を参照とした年代推定により、発生時期は江戸時代以前であることが推定できた(産業技術総合研究所[課題番号:AIST02])。

(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

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

南海トラフ沈み込み帯の熊野灘において、2024年6月に海底電位磁力計(OBEM)を5か所に設置し、同年10月に回収した。観測期間は地磁気嵐を含んでおり、今後の解析により高精度な地下の比抵抗分布が得られると期待される(名古屋大学[課題番号:NGY_03])。また、取得済みのOBEM観測データを用いて、熊野海盆付近の三次元比抵抗構造の解析を実施した。高品質MTデータの選択手法を用いて高精度なMTレスポンスを推定し、最新のインバージョン手法(Usui et al., 2024)を適用することで、信頼性の高い三次元比抵抗構造が得られた(図3)。得られた比抵抗構造と先行研究による地震波反射断面及び地震発生域を比較し、デコルマ面(プレート境界面)上における通常の地震の発生域, スロー地震発生域, 定常すべり域の間で比抵抗に有意な差があることを明らかにした(名古屋大学[課題番号:NGY_03])。

イ. 内陸地震

2024年1月1日の能登半島地震の発生を受けて、自由落下自己浮上式海底地震計(OBS)を用いた海域緊急余震観測を実施した。この観測は、東京大学地震研究所・北海道大学大学院理学研究院・東北大学大学院理学研究科・千葉大学大学院理学研究院・東京海洋大学学術研究院海洋資源エネルギー学部門・東海大学海洋学部・京都大学防災研究所・鹿児島大学大学院理工学研究科・海洋研究開発機構の共同研究観測であり、本研究経費と科学研究費補助金特別研究促進費により実施した。海洋研究開発機構所属学術研究船「白鳳丸」によるKH-24-JE01緊急調査航海(2024年1月16日東京出港～1月23日富山入港)により、計34台のOBSを設置した。設置したOBSのうち、26台の短期収録短周期型OBSを白鳳丸KH-24-JE02C航海により、2月22日から24日にかけて回収した。その後、約40台の長期観測型OBSを用いて、約1年間のモニタリング観測を行った。2025年1月には、学術研究船「白鳳丸」KH-25-JE01航海により、長期観測型OBSを回収して、観測を終了した。2024年2月に回収したデータを用いて、本震発生1か月後から約1か月間の余震震源分布と発震機構解を求めた。震源決定の結果、震源は深さ約17kmまでに決定され、深い地震は震源域最東部に多く位置している。これらは余震活動が上部地殻内において活発であることを示している。観測域では過去の研究により震源断層モデルが構築されており、余震分布は断層モデルとよく一致するが、最東部の断層モデルの北側半分に対応する領域では地震活動が活発でない(図4)。発震機構解を見ると、逆断層型が多いが、横ずれ断層型の地震も決定された。どちらのタイプも、北西-南東方向に圧縮軸を持つ点は共通している(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_08], Shinohara et al., 2025)。

前計画に引き続いて、日本海地震・津波調査プロジェクトの一環として実施された東北地方中部を横断する地震探査のデータを用いて、屈折・広角反射法データ解析により速度構造モデルの詳細な解析を行なった。これまでの解析によって、地殻最上部の堆積層部分の構造が測線に沿って大きく変化し、下部地殻及び上部マントルにおいても反射体が分布する複雑な構造が明らかになっているが、今年度は更に測線下の構造変化を明らかにする目的でS波速度構造を求め、測線周辺の地震活動と得られた構造の関連性の解明を重点的に行った(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_08])。測線東部では深さ12km以浅の地殻内地震活動が活発である。2003年宮城県北部地震(M6.4)の余震は、北上山地下の高速度体内に集中しており、この高速度体西縁の西傾斜構造境界周辺に沿って地震が分布している。一方、北上河谷帯側地殻浅部では地震活動が殆ど認められない。このことから、両者の構造には地震波速度構造の違いだけでなく、その物理(力学的)特性の差があるものと思われる。奥羽脊梁山地下では、地震活動が深さ10km以浅に限られており、火成活動による温度構造を反映しているのであろう。一方、測線西部では地震活動が深さ20kmにまで及んでいる。このような地震活動域の差は、上述の反射体分布の差とともに、測線最西部とより内陸側の物性・温度構造の差を反映している可能性がある。また、低周波地震は下部地殻の反射体に富む部分で発生している。更にその下の上部マントル(深さ38及び46km)には反射面が存在している。このような対応関係を考えると、マントルからの流体の上昇と滞留が反射面・反射体の形成と低周波地震の発生に大きく関与している可能性が高い。

エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化

津波計記録・地震波形記録の観測データの解析による震源過程・津波波源の推定手法の開発に取り組んだ。2023年10月に伊豆諸島南部で大地震が発生していないにもかかわらず、津波が発生した。これは、海底カルデラが数時間のうちに何度も小規模な隆起を繰り返すことで、津波が発生したと考えられている。連鎖的な隆起を想定した津波波形逆解析手法を新たに開発し、津波観測データに適用して、海底隆起の時空間変動を推定した。その結果、経過時間の増大に伴い、カルデラ隆起の発生時間間隔は短くなり、隆起量は大きくなるといったカルデラ隆起の加速度的な成長を明らかにした（防災科学技術研究所[課題番号：NIED03]，Kubota et al., 2024）。

2. 地震・火山噴火の予測のための研究

（1）地震発生の新たな長期予測（重点研究）

ア. プレート境界巨大地震の長期予測

地震調査研究推進本部が行っている「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」の高度化に向けて、地震サイクルシミュレーションに基づいた地震活動の予測の試行を試みた。過去の大地震の震源分布に加え、プレート境界上のスロー地震活動の指標となる小繰り返し地震やテクトニック微動などの分布と活動度時間変化、海底地殻変動や津波波形の解析に基づく2011年東北沖地震の地震時すべりおよび応力降下量の分布、地震探査や重力異常に基づく海底下構造の空間変化なども考慮した結果、対象範囲は9つ（海溝走向方向に3×直交方向に3）の領域に分割することが適当と判断した。この9領域について、速度・状態依存摩擦則を用いた地震サイクルシミュレーションにより得られたすべり速度の履歴と、各領域を特徴づけるすべり挙動とを定性的に比較した結果、これまでの研究で地震活動の再現を目指してきた宮城県沖や福島県沖では比較的良い再現性が見られる一方、北部（岩手県沖・青森県沖）では不十分で、再現性向上にむけた検討を進める必要があることがわかった（東北大学理学研究科[課題番号：THK_07]）。

イ. 内陸地震の長期予測

地震発生前から得られていた観測データに基づいて断層の動的破壊シミュレーションを実施し、地震時の観測データやすべりインバージョン結果と比較することで、再現性や予測性能を検証した。2011年の福島県浜通りの地震（M7.0）については、その特徴的なハの字形状をした二枚の断層面上の動的な破壊の乗り移り過程を再現することに成功した。また、インバージョンで得られたすべり過程を、シミュレーションが定量的に再現できることが示された。2024年能登半島地震（M7.6）についても、シミュレーション結果と本震時に得られたSARによる地殻変動分布及び地震波形記録とを比較した。その結果、地殻変動分布の特徴である半島北西部の5mの隆起ピークと北東部の2m程度の比較的小規模な隆起ピークがともに再現できることを示した。また、近地の強震動波形記録及び震源時間関数を比較したところ、破壊過程初期の小さなピークと中期の大きなピーク、初期の西向き破壊伝播と中期から後期の東向き破壊伝播という観測された特徴をシミュレーションで再現できることが分かった（東京大学理学系研究科[課題番号：UTS_04]）。

測地データから内陸（地殻内）地震の発生ポテンシャル評価を行う手法の高度化のため、GNSSデータを用いた3次元空間での非弾性変形の変位速度分布を推定する手法を開発した。実際のGNSS観測データを適用するにあたり、西南日本のGNSS観測で得られた変位速度からフィリピン海プレートの沈み込みによる影響を除去したデータを使用した。非弾性ブロックは水平方向に10 km間隔で配置し、深さ方向にも10 km間隔で、最も浅い部分を除いて3次元の非弾性ひずみ速度分布の推定を実施した。解析の結果、非弾性変形の空間分布は活断層や地震の分布と強い相関を持ち、深さが増すにつれて非弾性ひずみ値の空間的不均質性が減少することが明らかとなった（図5）。特に、新潟―神戸ひずみ集中帯では、30-40 km以浅に非弾性変形が集中し、短縮と剪断ひずみが卓越している。また、中央構造線沿いにも大きな非弾性ひずみが確認され、20 km以浅の領域に変形が集中しているが、主に剪断ひずみが卓越している。これらの結果は、地域による非弾性変形の深さの違いを示しており、地殻内地震の地域性に関する新たな知見を提供する可能性がある（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI03]）。また、日本全国を対象として、GNSSデータから地下の非弾性変形の変位速度分布を推定することも実施され、新潟―神戸ひずみ集中帯に剪断変形が集中する様子などが捉えられた（公募研究、東北大学災害科学国際研究所[課題番号：KOB002]）。

前計画から引き続き、南海トラフや日本海溝のプレート境界断層からの载荷による地殻内の震源断層においてクーロン破壊応力（ ΔCFS ）の計算を行った（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_08]）。今年度は、相模トラフにおける固着と伊豆半島の衝突の影響について広域応力場と能登半島周囲の震源断層における応力を計算した。相模トラフでは、約3 cm/yrのすべり欠損速度を一律に仮定し、伊豆半島の衝突については、プレート境界面の傾斜方向のすべり運動が一律に永年的に固着していると仮定した。計算の結果、相模トラフの固着による剪断応力分布は北西への指向性を示し、能登半島でも1 kPa/yr程度の応力蓄積が見られた。能登半島周囲の震源断層に対する ΔCFS は、正の値を示した。伊豆半島の衝突の影響についても、概ね ΔCFS は正值となった。これらのことから、能登半島の応力場における相模トラフの固着、伊豆の衝突の重要性が示唆される。

測地データから高空間解像度のひずみ速度場を推定するために、InSARとGNSSの変位データを融合させたひずみ速度場推定の高度化の研究を行った。新潟―神戸ひずみ集中帯において、GEONETおよびSoftBank株式会社のGNSS観測網から得られたひずみ速度場とInSARによる歪速度場を統合し、面的ひずみ速度場を導出した。その暫定的結果から、糸魚川―静岡構造線北部のひずみ速度がとりわけ大きいこと、GNSS観測点が疎である山岳地域ではInSARの寄与が大きいこと、InSARが積雪の影響を受ける冬季はGNSSが有利であることがわかった（図6、京都大学防災研究所[課題番号：DPRI03]）。

これまでの課題と今後の展望

今年度は第3次の観測研究計画の初年度であり、長期評価部会では複数の新規課題と公募課題を含めて17課題で観測研究をスタートした。各課題は、地震学、測地学、地球電磁気学、地質学、地形学、歴史学などの多様な学問分野をベースにしているが、地震の長期予測の高度化に貢献するという同一の目標のもと、情報交換を行いながら観測研究を実施してきた。今年度は、GNSS観測などによって得られた地表の地殻変動データから、地下の非弾性変形の分布を3次元的に推定する手法が開発され、日本列島のデータ

に適用され、新潟—神戸ひずみ集中帯の地下などに変形が集中する様子がイメージされた（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI03]，公募研究，東北大学災害科学国際研究所[課題番号：KOB002]）。下部地殻やマントルにおける非弾性変形が上部地殻内の震源断層に応力を載荷して，地殻内地震を発生させていることを考えると，その分布を明らかにすることは，地殻内地震の長期予測に貢献するあらたな知見を提供することになる。上部地殻での応力載荷速度は，深部での非弾性変形の集中度によって大きくことなると考えられるので，詳細な分布の解明が待たれるところである。また，本計画から，日本海溝沿いの海溝型地震の長期評価の高度化を目的として，過去の大地震の発生履歴だけでなくスロー地震や小繰り返し地震の発生分布や地下構造などの地球物理学的知見を取り込んだ地震サイクルシミュレーションを実施する研究課題（東北大学理学研究科[課題番号：THK_07]）が実施されている。シミュレーションを活用した長期予測の高度化は，「新たな長期予測」の中心的な内容であり，他の課題も含めて今後の成果が待たれる。

過去の地震発生履歴を明らかにする研究課題においても，各種 LiDAR を用いた地形計測技術，宇宙線生成核種や光ルミネッセンスを用いた年代測定技術，地下レーダーを用いた地下構造の探査技術などの新技術の活用が進み，新たなイベントの同定が進みつつある。また，活断層のセグメント間の連動の条件などを明らかにすることを目的とした課題（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_09]，産業技術総合研究所[課題番号：AIST02]）が新たに実施されており，将来発生する地震の規模の予測に貢献することが期待される。2023年のトルコ・シリア地震や2024年能登半島地震では，セグメント間の連動破壊によるM7後半の大地震であったが，その被害はM7前半の地震と比較してはるかに激甚・広域化した。このような連動破壊がどのような条件で発生するのかは，防災上重要な課題であり，本計画がその解明の端緒となることが期待される。

成果リスト

- 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, *Geophysical Journal International*, 237(1), 271-287, <https://doi.org/10.1093/gji/ggae039>.
- Ding, X., S. Xu, E. Fukuyama, and F. Yamashita, 2024, Back - Propagating Rupture: Nature, Excitation, and Implications, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129, e2024JB029629, <https://doi.org/10.1029/2024JB029629>.
- 後藤秀昭, 2024, 海底活断層の認定手法の転換を迫る能登半島地震, *科学*, 94, 626-630.
- 後藤秀昭・鈴木康弘, 2024, 地震後に書き加えられた能登半島北岸沖の海底活断層 — 反射断面による活断層認定の問題 —, *科学*, 94, 950-955.
- Hainzl, S., T. Kumazawa, and Y. Ogata, 2024, Aftershock forecasts based on incomplete earthquake catalogs: ETASI model application to the 2023 SE Türkiye earthquake sequence, *Geophysical Journal International*, 202, doi: 10.1093/gji/ggae006.
- Hu, C.-Y., M. Shinohara, Y. Yamashita, T. Tonegawa, T. Yamada, T. Akuhara, and K. Mochizuki, 2024, Seismic activity around shallow plate boundary near

- westernmost Nankai Trough revealed by ocean bottom seismometer observation, *Earth, Planets and Space*, 76, 168, <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02122-4>.
- Kubota, T., O. Sandanbata, T. Saito, and T. Matsuzawa, 2024, Accelerating seafloor uplift of submarine caldera near Sofugan volcano, Japan, resolved by distant tsunami recordings, *Geophysical Research Letters*, 51, e2024GL108415, <https://doi.org/10.1029/2024GL108415>.
- Kumazawa, T., and Y. Ogata, 2024, Non-Stationary ETAS Model: How It Works for External Forcing, *Seismological Research Letters*, 95(6), 3331-3342, <https://doi.org/10.1785/0220240166>.
- 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所, 2024, 「長大な活断層帯で発生する地震の評価手法の高度化に関する調査研究 令和5年度成果報告書」, 1-92.
- 森木ひかる・中田高・後藤秀昭・杉戸信彦・徳山英一・隈元崇, 2024, 変動地形学的手法による海底活断層の認定と意義, *活断層研究*, 61, 17~42.
- Murakami, S., A. Hashima, T. Iinuma, K. Fujita, T. Ichimura, and T. Hori, 2024, Detectability of low-viscosity zone along lithosphere-asthenosphere boundary beneath the Nankai Trough, Japan, based on high-fidelity viscoelastic simulation, *Earth, Planets and Space*, 76, 89, <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02008-5>.
- Ogata, Y., 2024, Estimating Real Seismicity Rates from Nonhomogeneously Recorded Earthquake Catalogs, *Seismological Research Letters*, 95(6), 3604-3616, <https://doi.org/10.1785/0220240153>.
- Ogata, Y., 2024, How the ETAS models were created, used, and evolved -- Personal views and perspectives, *Annals of Geophysics*, 67(4), S428, <https://doi.org/10.4401/ag-9153>.
- Ogata, Y., and T. Kumazawa, 2024, Inverse analysis of seismic activity rate changes for severely incomplete sequences: comparison of aftershock activity patterns immediately following the 2023 M6.5 and 2024 M7.6 Noto Peninsula earthquakes, *Earth, Planets and Space*, 76, 112, <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02057-w>.
- 尾形良彦, 2024, 大きな地震連鎖の確率予測をどう求めるか, *日本地震学会モノグラフ「等身大の地震学をどう社会に役立てるか」*, 第7号, 20-23.
- 尾形良彦, 2024, 地震データの欠測率を考慮したトカラ列島および鳥島近海の地震活動の解析, *地震予知連絡会会報*, 111, 497-504.
- 尾形良彦・熊澤貴雄, 2024, 2024年M7.6能登半島地震前後の地震活動の逆解析, *地震予知連絡会会報*, 112, 697-705.
- 尾形良彦・熊澤貴雄, 2024, 系統的な欠測を伴う地震カタログから実際の活動率変化の推定: M6.5能登半島地震の余震活動について, *地震予知連絡会会報*, 111, 292-298.

- 尾形良彦, 2024, 地殻活動の予測実験(1) – 内陸地震の短期確率予測と評価について, 地震予知連絡会会報, 111, 584-588.
- Okubo, K., B. G. Delbridge, and M. A. Denolle, 2024, Monitoring velocity change over 20 years at Parkfield, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129, e2023JB028084, <https://doi.org/10.1029/2023JB028084>.
- Plata-Martinez, R., T. Iinuma, F. Tomita, Y. Nakamura, T. Nishimura, and T. Hori, 2024, Revisiting slip deficit rates and its insights into large and slow earthquakes at the Nankai subduction zone, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129, e2023JB027942, <https://doi.org/10.1029/2023JB027942>.
- Romanet, P., T. Saito, and E. Fukuyama, 2024, The mechanics of static non-planar faults in infinitesimal strain theory, *Geophysical Journal International*, 239(3), 1664-1693, <https://doi.org/10.1093/gji/ggae337>.
- Shinohara, M., T. Hino, T. Takahashi, *et al.*, 2025, Precise aftershock activity in the marine source region of the 2024 Noto-Hanto earthquake by rapid response observation using ocean bottom seismometers, *Earth Planets Space*, 77, 43, <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02171-3>
- Usui, Y., M. Uyeshima, H. Hase, H. Ichihara, K. Aizawa, T. Koyama, S. Sakanaka, T. Ogawa, Y. Yamaya, T. Nishitani, K. Asamori, Y. Ogawa, R. Yoshimura, S. Takakura, M. Mishina, and Y. Morita, 2024, Three-dimensional electrical resistivity structure beneath a strain concentration area in the back-arc side of the northeastern Japan Arc, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 129, <https://doi.org/10.1029/2023JB028522>.
- 宍倉正展, 2024, 沿岸の隆起痕跡からわかる能登半島地震の履歴, 岩波「科学」, 94(7), 608-614.
- 宍倉正展・越後智雄・行谷佑一・立石 良・後藤玲奈・前杵英明, 2024, 令和6年能登半島地震に伴う隆起で生じた海岸の離水と海成段丘, *第四紀研究*, 63, 169-174.

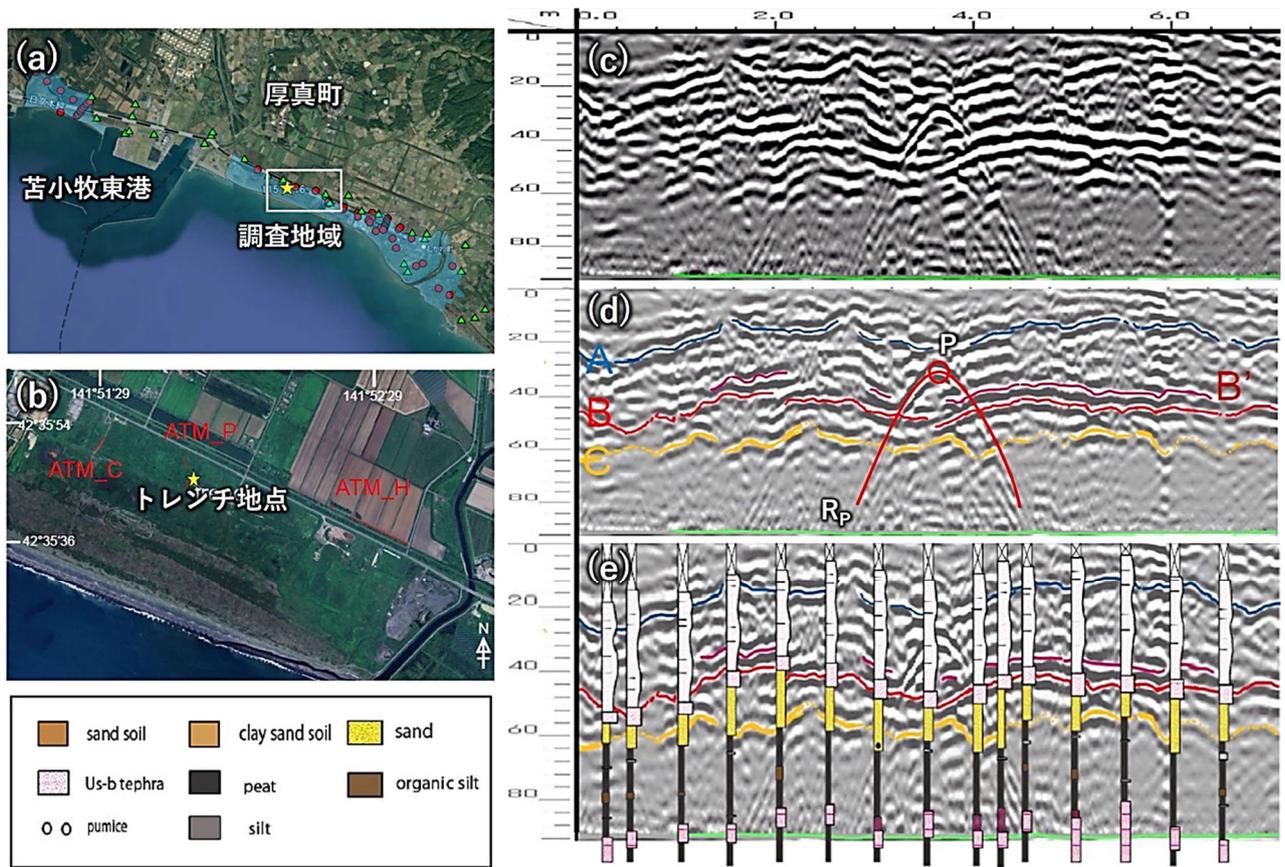
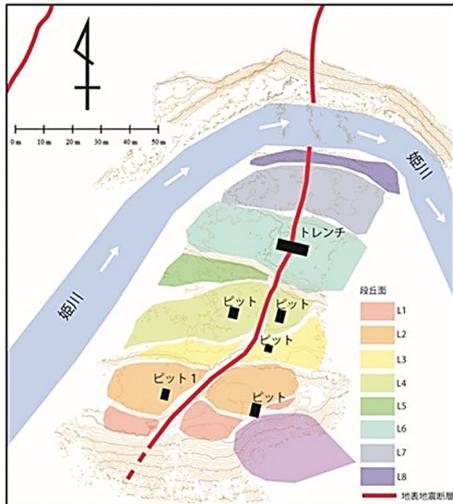


図1. 北海道厚真町のトレンチ地点における調査結果（東北大学災害科学国際研究所[課題番号：IRID02]）。(a) 調査地域（☆）。○および△は既往の津波堆積物調査地点（高清水，2007 など）。(b) トレンチ地点（☆）。(c) 地中レーダ（GPR）による反射面の画像。アンテナ周波数は800MHz。(d) 解釈線 A, B, B', C を入れた反射面の画像。掘削結果との比較から，A は Ta-b テフラ上面，B' および B は Ta-b 下面および Us-b 下面，C は砂層下面に対応すると考えられる。Rp はトレンチ壁面から Ta-b 内に貫入した杭（P）からの反射面。(e) GPR 測定ライン上の地層掘削結果。



計測機器：LiVox社 Avia
 取得点数：228,281,205点
 地表点数：26,133,559点



段丘面	縦ずれ(m)	横ずれ量(m)	
L8	0.25(±0.05)	1.1	グループ1
L7	0.40(±0.1)	1.1	
L6	0.37(±0.1)	-	
L5	-	-	グループ2
L4	1.06(±0.1)	5.2(±0.2)	
L3	1.68(±0.05)	7.7(±0.3)	グループ3
L2	2.06(±0.05)	8.9(±1.3)	グループ4
L1	2.10(±0.1)	-	

グループ	発生時期	パターン①	パターン②	パターン③
グループ1	2014年	0.3 / 1.1	0.3 / 1.1	0.3 / 1.1
グループ2	1714年 (小谷正徳地震)		0.3 / 1.1	0.3 / 1.1
	1400-1500年? 762年の地震 (固有地震)	0.66-0.86 / 3.9-4.3	0.36-0.56 / 2.8-4.2	0.06-0.26 / 1.7-2.1
グループ3	255年~595年の間に 1回以上	0.3 / 1.1	0.3 / 1.1	0.3 / 1.1
		0.47-0.77 / 2.0-3.0	0.47-0.77 / 2.0-3.0	0.47-0.77 / 2.0-3.0
グループ4	紀元前105年~415年の間に 1回以上	0.17-0.47 / 0.9-1.9	0.17-0.47 / 0.9-1.9	0.17-0.47 / 0.9-1.9
		0.28-0.48 / 0-2.8	0.28-0.48 / 0-2.8	0.28-0.48 / 0-2.8

図2. 糸魚川—静岡構造線活断層帯神城断層における変位量が累積した河岸段丘の稠密地形計測調査（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_09]）。

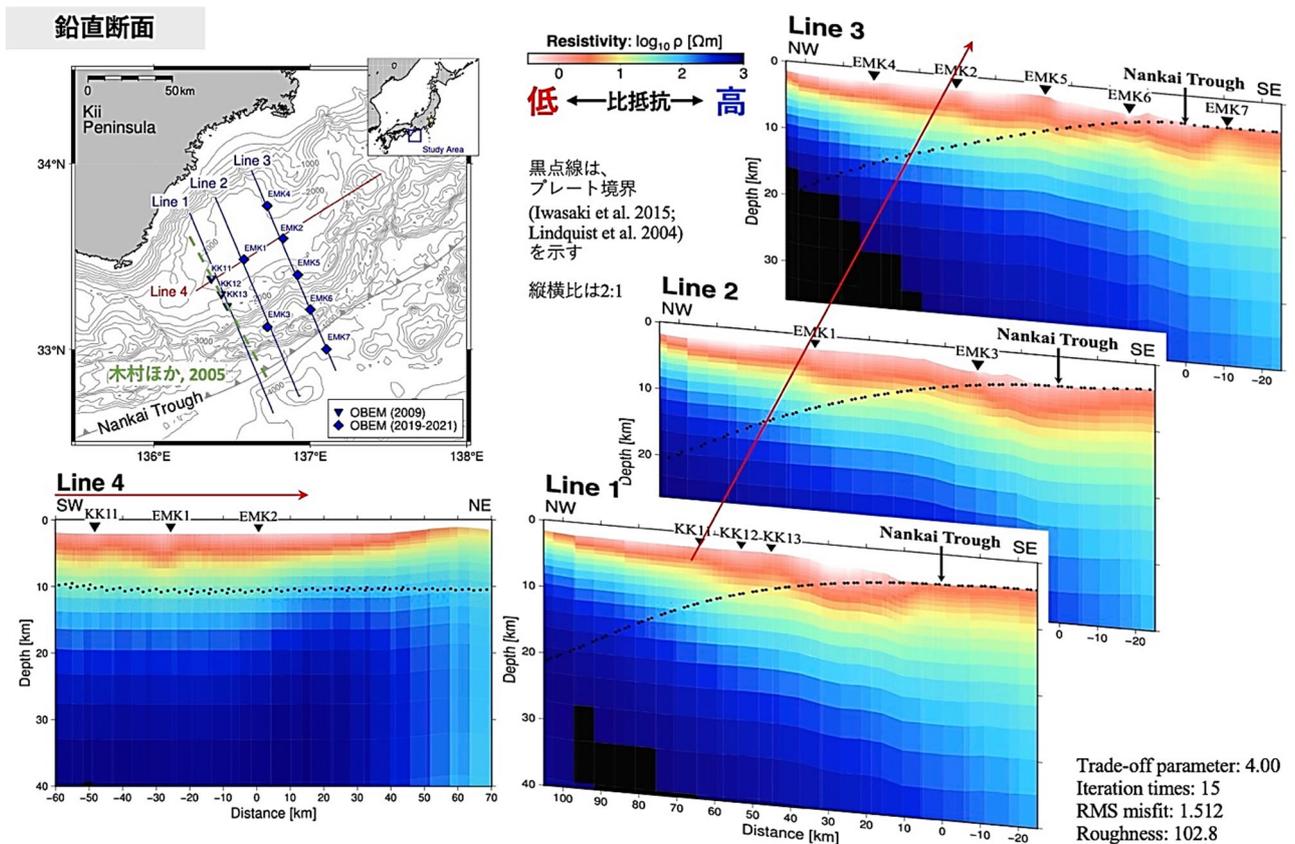


図3. 熊野灘における比抵抗断面（名古屋大学[課題番号：NGY_03]）。4つの測線上の鉛直断面図を示す。

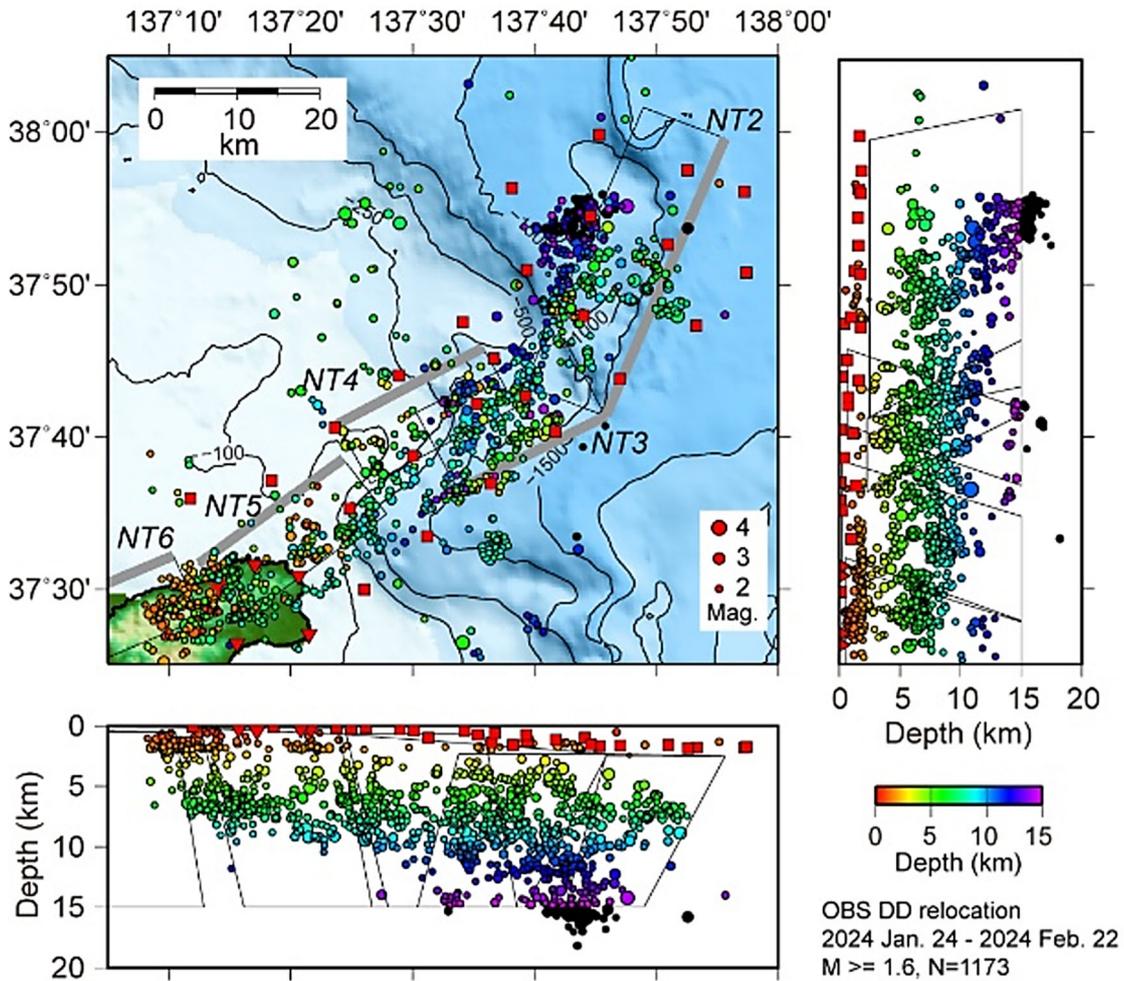


図4. 2024年に発生した能登半島地震の震源域東部での海域観測による余震の震源分布（東京大学地震研究所[課題番号：ERI_08]，Shinohara et al., 2025）。解析期間は、2024年1月24日から2月22日までで、マグニチュードが1.6以上の気象庁震源リストにある地震を再決定した。

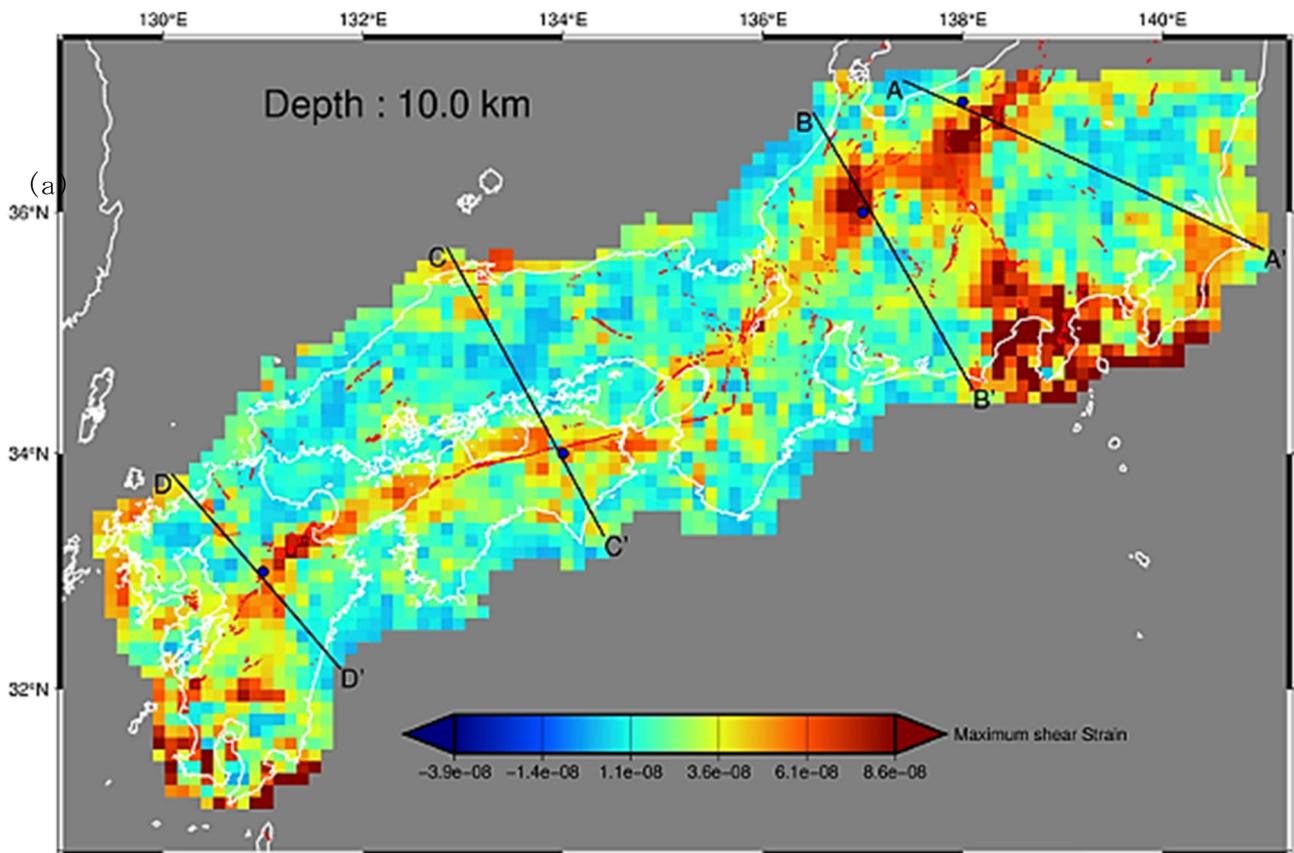


図 5. GNSSデータから推定した深さ10 kmでの非弾性変形(最大せん断ひずみ)の分布(京都大学防災研究所[課題番号:DPRI03])。新潟―神戸ひずみ集中帯や中央構造線の北側に非弾性変形の集中域が見られる。

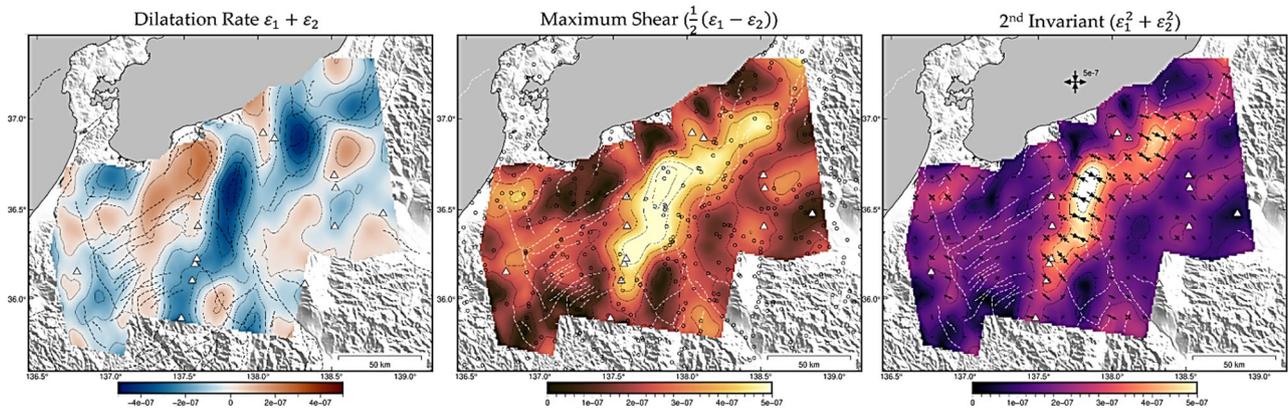


図 6 . InSAR時系列解析とGNSSを統合して得られた中部地方のひずみ速度場（京都大学防災研究所[課題番号：DPRI03]）。（左）面積ひずみ速度。（中）最大剪断ひずみ速度。（右）ひずみ速度の2次不変量。推定されたひずみ速度は空間変化が大きく、特に糸魚川-静岡構造線 (ISTL) の北東側で短縮ひずみが集中している。また、火山帯や断層に沿ったひずみの集中域が見られる。