

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）日本列島の地震―火山噴火の基本場解明：地殻とマントルにおける物質、温度・流動・変形、応力場

（英文）Understanding of basic fields of earthquakes and volcanic eruptions in Japanese islands: stress and strain, fluid-magma, temperature, and flow fields in the crust and mantle

(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

(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

エ. 地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化

(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

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

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) 本課題の5か年の到達目標：

地震・火山現象の機構の解明には、物質場、温度場、流動・変形場、応力場など基本場の理解が不可欠である。基本場とその性質の理解に基づいてこそ、初めて異常が定義・検出でき、なぜ異常（例えば地震破壊やマグマの発生・移動といった時空間的に局在した現象）が発生するのか、その機構に定量的制約を課することができる。本課題では、前期の課題を引き継ぎ、まずはそれら基本場について、これまでよりもより包括的かつ高精度に求めると共にその生成メカニズムについて理解を深める。さらに各基本場の情報を合わせることで、Geofluid Mappingを核として、まずはprimitiveなものになることが予想されるが、その統合的理解を行うことを目標とする。具体的には、栗駒火山周辺域や日光・足尾地域など特定の地域において、Geofluid Mappingから得られる地殻流体の組成込みの分布と、震源分布、応力場、地表および地殻内変形場、温度場等とを比較することで、地殻の変形や地震の発生が流体の分布とどのように関わっているのかを明らかにする。さらに、地殻の変形や応力場が地殻流体の分布や移動をどのように規定しているのか、つまりは地殻流体と変形・応力場の相互作用について理解を深める。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

〔物質場〕深部流体やマグマの分布を定量的にとらえつつ、上昇・移動過程を明らかにすることを大きな目標とする。このため、地下水（温泉水、鉱泉水、湧水を含む）や溶岩の野外調査・試料採取と分析（主成分・微量および同位体組成）・データ解析（多変量統計解析、機械学習手法を含むプロセス推定）・シミュレーションを組み合わせ、沈み込むスラブからの脱水に始まり、マントル・地殻中の移動と反応、マグマの生成過程、湧出・噴火に至るまでの基本場と日本列島に沿ったそれらの場の変化の解明を目指す。また、地震火山活動が活発な日光・足尾地域において、電磁気MT法観測を実施し、地下の電気伝導度構造を明らかにする。実験的・数値的研究を基に、亀裂の選択配向も考慮して、アスペリティ接触が生じている現実的な亀裂のモデルを構築する。上記の電気伝導度や岩石バルク物性に関する最新の研究成果を取り入れつつ、栗駒火山周辺域や跡津川断層域、本課題でMT法観測を実施する日光・足

尾地域などに対してGeofluid Mapping（岩質、液体の種類や組成・量・分布のミクロ形状パラメータの同時推定）を適用し、地殻流体の分布を組成込みで推定する。

〔温度・流動－変形場〕本研究課題で構築してきた対流－流体発生と移動の数値モデル、およびマグマ生成温度・圧力条件に基づくマントル温度構造推定に基づき、日本列島下の温度構造・流れ場の確度の高い推定を行う。「沈み込み帯のdislocation model」の開発を引き続き着実に行うことにより、海洋プレートの沈み込みに伴う島弧の3次元的な変形をそのメカニズムも含め明らかにすると共に、観測データに基づき地形や重力異常分布、応力状態、火山分布などに関する比較沈み込み学的研究を進める。スパースモデリングを導入することにより、GNSSの観測データから活断層スケールでの地殻変動場の高解像度推定を行うと共に、地殻内部の変形場についても、ガウス過程に基づく逆解析手法を導入することにより、弾性歪みと非弾性歪みの区別含め、空間解像度を大きく上げて推定する。

〔応力場〕大地震時に滑り分布から期待される応力変化と観測応力場の時空間変化の比較により、空間変化も含めた絶対応力についてよりの確な拘束を課す。そのため、M7級の内陸地震を対象に、誤差も含めて高精度に滑り分布を推定することに加え、地震波形解析とAI技術を組み合わせ当該地域のモーメントテンソル解を高精度に多数求める。ガウス過程に基づく応力逆解析を用いて応力場の時空間変化を求めることで、応力の载荷過程や地震後の緩和過程の検出を目指す。

## (7) 令和7年度の成果の概要：

### ・今年度の成果の概要

#### 〔物質場〕

塑性領域である地殻深部に存在する亀裂を想定し、塑性変形が亀裂閉鎖に及ぼす影響を明らかにするためのモデル実験を行った。実験では、石英ガラスと方解石単結晶の円板を常温で加圧しながら、透過P波の振幅変化を調べた。加圧前後の方解石試料の表面形状を非接触3次元形状測定機

(ZYGO, Nexview)により計測した。図1に、加圧に伴う振幅の変化(a)、加圧前後の方解石試料の表面高さ分布(b)を示す。加圧に伴う振幅の増加は、石英ガラスと方解石試料との固体接触の面積が増大することを反映している。初期粗さの異なる実験結果を比較すると、高圧(100 MPa)での振幅の初期粗さによる違いはごく小さいが、低圧(< 50MPa)での振幅増加率は初期粗さが粗いほど小さかった。これは粗い面では少数の接触点での大変形が生じるのに対して、滑らかな面では多数の接触点での小変形が生じることを反映していると考えられる。加圧後は表面の高い部分が失われており、接触部分が塑性変形したことを示唆している。

電気比抵抗を含む岩石の輸送特性は岩石中の空隙の連結度に強く依存する。空隙が円盤状クラックの場合を対象に、数値シミュレーションにより、空隙の連結度を定量的に見積もった。その結果、クラックのパールコレーション閾値はクラック密度パラメータに換算すると0.22~0.25程度であることが確認できた。また、クラックの向きに異方性がある場合も、クラックの連結度は等方性であるという結果が得られた。

昨年度得られた日光・足尾地域の3次元比抵抗構造に対して感度解析を行った。その結果、低比抵抗域の比抵抗は100Ωm未満と考えられることが分かった。また、先行研究(Adachi et al. 1999)で推定されている地温、メルトの電気比抵抗の実験式(Laumonier et al. 2015)を用い、岩石中のメルトの体積分率が9.8 vol%より高いと推定された。日光白根山・男体山のマグマ供給系と考えられる低比抵抗域の上端付近では2013年にM6.3の地震も発生しており(図2)、地殻流体が本地域の火山および地震活動に関与している可能性を示唆する。

「地殻流体の実態と分布」をとらえるため、Geofluid Mappingを進めた。東北地方中央部の栗駒火山－2008年岩手・宮城内陸地震震源域を含む東西80km・南北50km・深さ0-40kmの領域において、地震波速度－電気伝導度の同時解析を行い、岩質・液体相の種類と量、液体分布形状の等価アスペクト比、および連結度を定量的に評価した。その結果、モホ面付近に広く分布するマグマとその冷却に伴って放出される水溶液流体が、当地域の地震や火山活動を引き起こしていることが明らかとなった(図3)。牛首断層－跡津川断層－高山大原断層帯を含む飛騨高山地域において、Geofluid Mappingを進めた。この地域では、北北西－南南東方向の2次元断面(水平方向~70km、深さ40kmの断面)において、地震波速度と電気伝導度のデータが得られており、前年度に採取・分析した温泉水・地下水・湧水の地球化学データ、既存の周辺火山(特に2次元断面の南端付近に位置する御嶽山)の溶岩組成を考慮して予察的な解析を行った。

富士山周辺の地下水(温泉水、井戸水、湧水)を対象に、火山ガスの混入状況を定量化するGeofluid Mappingを進めた。広域での野外採水調査に基づき、溶存ガスのヘリウム同位体比

( $3\text{He}/4\text{He}$ ) を分析した結果、温泉水の多くは大気 ( $1\text{Ra}$ ) よりも有意に高い比 (最高 $\sim 8\text{Ra}$ ) を示し、地下深部から上昇したマグマ由来ガスの混入が明確に検知された。対照的に、井戸水や湧水は大気と同等の比を示した。さらに、水温、pH、電気伝導度 (EC)、溶存酸素 (DO)、酸化還元電位 (ORP) の5項目を統合した「水質レーダーチャート」を作成し、平時における富士山の水の「基本場 (標準的な形)」を定義した (図4)。これにより、マグマ活動の活発化に伴う深部流体の上昇を、基本場からの逸脱として初動段階で迅速に検知する監視体制の基盤を構築した。並行して、マントルでのマグマ生成から上昇・噴出にいたるまでの全過程を解読するために、(1)テストフィールドとしての、富士・箱根の岩石・地球化学的研究、(2)沈み込んだプレートから地表までの流体・マグマの移動時間を制約するため、ウラン系列中間核種 ( $^{238}\text{U}$ - $^{230}\text{Th}$ - $^{226}\text{Ra}$ ) について、迅速かつ平易な放射非平衡の分析手法の開発を進めた。富士・箱根火山については、既存の約200試料から選定した溶岩試料について、同位体分析を進めると同時に、主成分・微量元素組成を用いた多変量解析により、潜在プロセスの解析を進めている。

#### 〔温度・流動場〕

2011年東北地方太平洋沖地震 (東北沖地震) の直後に、福島県いわき市周辺およびその海域下では、伸長場を示唆する地震が多発した。当該地域は、2011年の地震前にはあまり地震活動は活発ではなかったものの、必ずしも逆断層型ではなく、固有の地下構造や応力場の存在を示唆する。この原因を探るため、当該地域の断層、地震分布、地殻変動、地殻熱流量、および沈み込みの数値モデリングを開始した。

#### 〔変形・応力場〕

ABICに基づく基底関数展開法を中部日本のGNSSデータに適用し歪み速度場を推定した。その結果、東北沖地震前は強い東西短縮場だったものが、地震後は広範囲で東西伸張へと反転したことが分かった (図5)。歪み速度場の顕著な変化は能登半島周辺にも及んでおり、圧縮応力の弱화가地殻流体の上昇運動を促進し、2024年能登半島地震に先立つ群発地震活動を誘発した可能性を指摘した (Nozue and Fukahata, 2025)。また、内陸の通常地震と低周波地震における放射エネルギー特性の差異とそれに由来するローカルマグニチュードとモーメントマグニチュードの系統的乖離を定量的に明らかにした (Orimo et al., 2025)。

7月30日に発生したカムチャツカ地震の滑り分布をPDTI (Potency Density Tensor Inversion) 法を用いて解析した。その結果、9 mを越えるすべり域が広範囲に広がっていることが分かった。同地域では、1952年に今回の地震とほぼ同じ規模 ( $M8.8 - 9.0$ ) の巨大地震が発生しているが、今回の地震発生までの期間のプレート収束量は高々約6 mに過ぎない。この事実はTime predictable model を初めとする地震が周期的に発生するという概念、つまりは既存の地震発生確率の算定法に重大な疑義を投げ掛けるものである (Yagi et al. 2025)。

物理法則を組み込む深層学習 (Physics-Informed Neural Network: PINN) による地震時地殻変動解析を、これまでの二次元問題から三次元問題に拡張した。実際の観測データと三次元地下構造モデルを用いて断層すべり分布を推定し、同手法が地震現象のモデル化に有効であることを実証した (図6; Okazaki et al., 投稿中)。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

上述のように、地震発生及び火山活動を支配する場合、即ち、物質場、温度・流動場、応力・変形場などの解明を着実に進めた。これらの研究は、関連の深い建議の項目、中項目(5) (エ) 「地震発生と火山活動の相互作用の理解とモデル化」に、直接および間接に深く貢献する。

例えば、日光白根山・男体山のマグマ供給系と考えられる低比抵抗域の上端付近では2013年に $M6.3$ の地震も発生しており (図2)、地殻流体が本地域の火山および地震活動に関与している可能性を示唆する。この成果は、地震活動、火山活動及びそれらの総合作用の理解を目指すという中項目(5)の[エ]に直接的に貢献する。また、小項目[ウ]の火山のマグマ供給系の解明にも直接的に貢献するとともに、小項目[イ]の内陸地震の破壊と地下構造の関係の解明のためにも重要な情報を与えている。

電気比抵抗や透水率などの輸送特性は岩石中の空隙の連結度に強く依存する。高温高压下で地殻内の亀裂がどのように閉じるか、それがどのように観測量に反映されるかについて理解を深めることで、より高い確度で流体分布が推定できる。今回定量的に推定した岩石中のクラックのパワーコレーション閾値や連結度は比抵抗構造から地下の流体量や透水率を推定する際に活用できるため、小項

目[イ]、[ウ]、[エ]に関係し、地下構造（地下流体分布）と地震・火山活動の関係の理解に貢献する。さらには、GeofulidMappingの結果は、地下における水溶液やマグマの分布を可視化するものであり、中項目(5)「地震発生及び火山活動を支配する場の解明」に直接的に貢献するだけでなく、災害軽減の実現に果たす役割も大きい。

東北沖地震前後の歪み速度場の変化が能登半島の群発地震や2024年能登半島地震を誘発した可能性があるという指摘は、内陸大地震の発生メカニズムの理解に大きく貢献するものである。2025年カムチャッカ地震の解析結果も、南海トラフ地震に留まらず既存の地震発生確率の算定法に大きな疑義を投げ掛ける重要な成果である。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7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

Ishizu, K., Goto, T., Fukahata, Y., Koike, K., Vachirastienchai, C., & Siripunvaraporn, W., 2025. Inversion algorithm determining sharp boundaries in electrical resistivity tomography, *Geophysics*, 90, WA221-WA233. <https://doi.org/10.1190/geo2024-0385.1>, 査読有, 謝辞無

Nozue, Y. & Fukahata, Y., 2025. Influence of the 2011 Tohoku-oki earthquake on the strain-rate field around the Noto Peninsula, *Earth Planets Space*, 77:80. <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02190-0>, 査読有, 謝辞無

Yagi, Y., Fukahata, Y., Okuwaki, R., Takagawa, T., & Toda, S., 2025. Breaking the cycle: Short recurrence and overshoot of an M9-class Kamchatka earthquake, *Seismica*, 4.2, ISSN 2816-9387. doi:10.26443/seismica.v4i2.2012, 査読有, 謝辞無

Sato, D.SK, Hori, T., & Fukahata, Y., 2025. Differentiating frictionally locked asperities from kinematically coupled zones, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 130, e2024JB030357. <https://doi.org/10.1029/2024JB030357>, 査読有, 謝辞無

Orimo, Masaki, Keisuke Yoshida, Toru Matsuzawa, Taka'aki Taira, Kentaro Emoto, Akira Hasegawa, 2025, Systematic Differences in Energy Radiation Processes Between Regular and Intraplate Low-Frequency Earthquakes Around the Focal Area of the 2008 Mw 6.9 Iwate-Miyagi, Japan, Earthquake, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 130, 3, e2024JB030750, <https://doi.org/10.1029/2024JB030750>, 査読有, 謝辞無

Yoshida, Keisuke, 2025, Different Seismogenic Environments of Interplate and Intraslab Earthquakes: Re-Examination of Apparent Repeating Earthquakes, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 130, 8, e2025JB031433, <https://doi.org/10.1029/2025JB031433>, 査読有, 謝辞無

Tu"lay Kaya-Eken, Yasuo Ogawa, Yoshiya Usui, Takafumi Kasaya, M. Kemal Tunçer, Yoshimori Honkura, et al., 2025, 3-D electromagnetic imaging of highly deformed fluid-rich weak zones and locked section of the North Anatolian fault beneath the Marmara Sea, *Geology*, <https://doi.org/10.1130/G52995.1>, 査読有, 謝辞無

Yoshiya Usui, Makoto Uyeshima, Shin'ya Sakanaka, Yusuke Yamaya, Yasuo Ogawa, Masahiro Ichiki, et al., 2025, Crustal fluids and their relation to seismic activities in the Nikko-Ashio area of Northeastern Japan inferred by electrical resistivity imaging, *Tectonophysics*, 917, 230958, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2025.230958>, 査読有, 謝辞有

Mizuki Ishida, Yuki Hieda, Shuhei Araki, Koichiro Fujinaga, Toru Shimizu, Masaharu Tanimizu, Cindy Broderick, Hitomi Nakamura, Hikaru Iwamori, Shiki Machida, Shigekazu Yoned, Kentaro Nakamura, Yasuhiro Kato (2026) Large-scale polymetallic mineralization driven by long-lived magmatic-hydrothermal activity and subducted sediment influx: A case study from Toyoha, NE Japan *Journal of Geochemical Exploration*, 280, 107887, <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2025.107887>, 査読有, 謝辞無

- Hitomi Nakamura, Akihiko Yokoo, Hikaru Iwamori, Tatsuji Nishizawa, Masaaki Takahashi, Noritoshi Morikawa (2025) Changes in crater lake chemistry after the 2021 eruption at Aso Volcano, Japan: insights from UAV-based hot water sampling *Journal of Asian Earth Sciences*: X, Volume 14, 100211, <https://doi.org/10.1016/j.jaesx.2025.100211>, 査読有, 謝辞無
- Sanyu Quan, Yingchun Wang, Shuang Liao, Yi Wang, Yinlei Hao, Jiao Tian, Zhongping Li, Chunhui Cao, Hikaru Iwamori (2025), Slab tearing controlling divergent volatile fluxes at convergent plate boundaries, southern Tibetan Plateau, *Global and Planetary Change*, 254, 105011, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2025.105011>, 査読有, 謝辞無
- Kenta Ueki, Satoru Haraguchi, Atsushi Nakao, Hikaru Iwamori (2025) A simple linear regression model for calculating the degree of melting of the upper mantle using the major element composition of basalt, *Physics of Earth and Planetetary Interiors*, vol. 368, 107464, <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2025.107464>, 査読有, 謝辞無
- Takeshi Hasegawa, Festus Tongwa Aka, Hikaru Iwamori, Shota Watanabe, Asobo Nkengmatia Elvis Asaah, Nche Linus (2025) Did magmatism of the Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) extend to the proto-Cameroon Line in the Gulf of Guinea (West/Central Africa)? , *Earth Planets and Space*, 77:157, <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02275-w>, 査読有, 謝辞無
- Yingchun Wang, Xiaocheng Zhou, Jiao Tian, Pengfei Chen, Miao He, Yucong Yan, Bingyu Yao, Zhongping Li, Chunhui Cao, Hikaru Iwamori (2025) Divergent subduction of a tearing slab controls deep carbon recycling efficiency: Helium and carbon isotopic evidence from the southeast Tibetan Plateau, *Gondwana Research*, 146, 93-106, <https://doi.org/10.1016/j.gr.2025.06.001>, 査読有, 謝辞無
- Kellen Azua, Satoshi Ide, Seiya Yano, Sergio Ruiz, Hiroko Sugioka, Hajime Shiobara, Aki Ito, Matthew Miller, Hikaru Iwamori (2025) Shallow Tectonic Tremors Reveal the Beginning of the Slab Window at the Chilean Triple Junction, *Geophysical Research Letters*, 52(14), e2025GL115019, <https://doi.org/10.1029/2025GL115019>, 査読有, 謝辞無
- Hikaru Iwamori, Yasuo Ogawa, Tomomi Okada, Tohru Watanabe, Hitomi Nakamura, Tatsu Kuwatani, Kenji Nagata, Atsushi Suzuki, Masahiro Ichiki (2025) Geofluid mapping reveals the connection between magmas, fluids, and earthquakes, *Communications Earth & Environment*, 6, 373, <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02351-9>, 査読有, 謝辞有
- Yano, M., Yasukawa, K., Nakamura, K., Kuroda, J., Ikehara, M., Iwamori, H., & Kato, Y. (2025) Geochemical variations insedimentary records of oxygen-depletedmarine environments in representativegeological periods: New perspectives froman independent component analysis, *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 40, e2024PA005004, <https://doi.org/10.1029/2024PA005004>, 査読有, 謝辞無

#### ・学会・シンポジウム等での発表

- Fukahata, Y. 2025, A Note on the Errors in Fault Slip Inversion, IAGA/IASPEI Joint Scientific Meeting 2025, AS25-1417
- 深畑幸俊, 2025, 地震波形インバージョン解析における共分散成分の重要性とそのインパクト, 2025年度統計関連学会連合大会, 4CPM1-01. (招待講演)
- 深畑幸俊・八木勇治・奥脇亮・高川智博・遠田晋次, 2025, 2025年カムチャツカ地震：極めて短い繰り返し間隔とその帰結, 日本地震学会2025年度秋季大会, S25-08
- 西沢貴志・深畑幸俊, 2025, Relationship between slab configuration, slab age, and plate motion, 日本地球惑星連合大会2025年大会, SCG61-P14

- Nozue Y. and Fukahata Y. (2025). Geodetic data inversion to estimate a strain-rate field by introducing sparse modeling. EGU General Assembly 2025, EGU25-4167, doi:10.5194/egusphere-egu25-4167
- Nozue Y. and Fukahata Y. (2025). Estimation of a strain-rate field based on basis function expansion with ABIC: Application to GNSS data of central Japan. BGA Postgraduate Research in Progress Meeting
- Nozue Y. and Fukahata Y. (2025). Influence of the 2011 Tohoku-oki earthquake on the strain-rate field around the Noto Peninsula. IAG Scientific Assembly 2025, 375.
- Nozue Y., Fukahata Y., Fang J., and Wright T.J. (2026). 基底関数展開を用いたGNSS・InSARデータの同時逆解析によるチベット南東部の歪み速度場の推定. 令和7年度京都大学防災研究所研究発表講演会, A209.
- Nozue Y., Wright T.J., and Fukahata Y. (2025). Joint inversion of GNSS and InSAR data to estimate a strain-rate field by introducing basis function expansion (preliminary results). COMET Annual Meeting 2025.
- 岡崎智久・伊藤武男・平原和朗・縣亮一郎・加納将行・上田修功, 2025, 物理情報深層学習による三次元地殻変動解析, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SGD03-01
- Okazaki T, 2025, Physics-Informed Deep Learning for Earthquake Crustal Deformation, International Workshop on Interdisciplinary Research of Information Science and Seismology (IWIRISS 2025).
- 織茂雅希・吉田圭佑・松澤 暢・長谷川昭・山本 希, 2025, 小地震の断層破壊過程とモーメントマグニチュードとローカルマグニチュードの系統的乖離の関係, 日本地球惑星科学連合2025年大会
- 吉田圭佑, 2025a, Abrupt Change in Stress Field Near the Deep Plate Interface: Investigation Using Short-Period Moment Tensor Inversion, 日本地球惑星科学連合2025年大会
- 吉田圭佑, 2025b, スラブ内とプレート境界における地震発生パターンの異なりと、繰り返し地震誤検出の可能性, 日本地球惑星科学連合2025年大会
- 織茂雅希・吉田圭佑, 2025, 日本列島の深部低周波地震の放射エネルギーの網羅的推定, 日本地震学会2025年度秋季大会
- 織茂雅希・吉田圭佑, 2025, 大地震前後および流体による断層破壊過程の特徴変化: 日本における小地震の地震波放射エネルギーの網羅的推定から, 日本地震学会2025年度秋季大会
- Yoshida, K., 2025, The 2024 Mw7.5 Noto Peninsula Earthquake and Recent Earthquake Swarms in Japan Triggered by the Upward Migration of Deep Crustal Fluids, Seismological Society of America 2025 Annual Meeting (招待講演)
- Watanabe, T., 2025, Surface topography of microcracks in granitic rocks and its implication for pressure dependence of elastic wave velocity. 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG62-P13.
- 渡辺 了, 2025, 弥陀ヶ原火山の深部熱水溜り, 日本火山学会2025年秋季大会, A3-01.
- Oishi Tatsuto, Takao Koyama, Makoto Uyeshima, Kiyoshi Baba, Yoshiya Usui, Noriko Tada, et al., 2025, Three-dimensional electrical resistivity structure beneath Izu-Oshima Island estimated by combining the onland and ocean bottom electromagnetic data, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SEM15-P06
- Akira Watanabe, Makoto Uyeshima, Yasuo Ogawa, Masahiro Ichiki, Satoru Yamaguchi, Yoshiya Usui, et al., 2025, Analysis of Long-Period MT Data and Wideband MT Data in the Kii Peninsula, Southwestern Japan, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SEM15-P12
- Kensuke Nakamura, Koki Aizawa, Koichi Asamori, Ichiro Shiozaki, Naoto Oshiman, Tomohiro

- Inoue, Yoshiya Usui, et al., 2025. Three-dimensional resistivity structure in the focal region of the 2000 Western Tottori Earthquake, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SEM15-P13
- Takumi Obata, Tetsuo Matsuno, Takuto Minami, Yoshiya Usui, Hiroshi Ichihara, Yoshiyuki Tatsumi, et al., 2025, 3-D resistivity structure beneath the Kikai submarine caldera volcano, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SVC36-05
- Yujie Shi, Makoto Uyeshima, Hideki Murakami, Ichiro Shiozaki, Satoru Yamaguchi, Yoshiya Usui, et al., 2025, Three-dimensional resistivity structure beneath the Chugoku and Shikoku districts in Southwestern Japan using Network-Magnetotelluric method, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG52-P04
- Yoshiya Usui, Makoto Uyeshima, Shin'ya Sakanaka, Yusuke Yamaya, Yasuo Ogawa, Masahiro Ichiki, et al., 2025, Three-dimensional electrical resistivity structure beneath the Nikko-Ashio area, Northeastern Japan, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG61-03
- Hikaru Iwamori, Yoshiya Usui, Hitomi Nakamura, Noritoshi Morikawa, Chunjie Zhang, Junichi Nakajima, et al., 2025, Geofluid mapping in the Atotsugawa fault-Takayama area, Central Japan, based on simultaneous analysis of seismic velocities and electrical conductivity, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG61-05
- Zhang Chunjie, Hikaru Iwamori, Aitaro Kato, Thomas Yeo, Usui Yoshiya, et al., 2025, Nonlinear Coupling of 3D Velocity Heterogeneity and Seismic Potential in the Japan Arc decoded by Machine Learning, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG61-06
- Akira Watanabe, Makoto Uyeshima, Yasuo Ogawa, Masahiro Ichiki, Satoru Yamaguchi, Yoshiya Usui, et al., 2025, Analysis of the Network-MT and conventional MT data measured in the southern part of Kii Peninsula, Southwestern Japan, 地球電磁気・地球惑星圏学会2025年秋季年会, R003-P05
- Takumi Obata, Tetsuo Matsuno, Takuto Minami, Hiroshi Ichihara, Yoshiya Usui, Yoshiyuki Tatsumi, et al., 2025, Resistivity structure beneath the Kikai submarine caldera volcano and tidally induced EM signals from OBEM observations, 地球電磁気・地球惑星圏学会2025年秋季年会, R003-P08
- 張航・中久喜伴益・森重学・岩森光, 2025, A multiscale viscoelastic model of mantle convection and great earthquake cycles in subduction zones, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG61-P16
- Esti Handini, Toshiaki Hasenaka, Takashi Sano, Nicholas Dewitt Barber, Hikaru Iwamori, Masataka Kawaguchi, Prya Arif Rahman, 2025, Geochemical insights into Sunda Arc magmas genesis: To melt or not to melt? 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG38-05.
- Yingchun Wang, Xiaocheng Zhou, Jiao Tian, Bingyu Yao, Chunhui Cao, Hikaru Iwamori, 2025, The diverging subduction of tearing slab controls the deep carbon recycling efficiency: Geochemical evidence from the SE Tibetan Plateau, 日本地球惑星科学連合2025年大会, SCG37-08.
- 勝木悠介・坂田周平・西澤達治・中村仁美・原口悟・高橋正樹・中井俊一・岩森光, 2025, Temporal variations of the magma plumbing system of Fuji Volcano, Central Japan, decoded by multivariate statistical analyses of lava geochemistry, 日本地球惑星科学連合2025年大会, MGI29-01.
- 中村仁美・森川徳敏・東郷洋子・岩森光・坂田周平, 2025, 九重火山及び周辺における地下水の希土類元素組成, SVC35-P05.
- 岩森光・Geofluid Mapping Team, 2025, Geofluid mapping based on simultaneous analysis of seismic velocity and electrical conductivity: the connection between magmas, fluids,

volcanoes, and earthquakes, 日本地質学会, T2-O-6.

廖 鑫・岩森 光・坂田周平・高橋正樹・長井雅史, 2025, 溶岩組成の多変量統計解析に基づく箱根火山のマグマ多様性, 日本地質学会, T2-P-24.

岩森 光・Geofluid Mapping Team, 地球物理・地球化学データの統合解析によるGeofluid Mapping, 日本地球化学会, PR0045, [https://doi.org/10.14862/geochemproc.72.0\\_224](https://doi.org/10.14862/geochemproc.72.0_224)

岩森 光, 2025, 地震波速度と電気伝導度に基づくGeofluid Mapping, 日本火山学会2025年秋季大会, B1-14.

可児智美・森川徳敏・三澤啓司・中村仁美, 2025, 中部九州火山地域温泉水ストロンチウム同位体組成：マグマ経由火山性地殻流体とスラブ流体起源有馬型塩水の比較, 日本地質学会第132年学術大会, G-O-30.

亀谷伸子・吉本充宏・渡部将太・西澤達治・藤井敏嗣・安田 敦, 2025, 富士山の最新期山頂噴火の再検討, 日本火山学会2025年秋季大会, P39.

(9) 令和7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：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

〔物質場〕

(1) 石英ガラスと方解石単結晶を用いたクラック閉鎖のモデル実験を行う。無水条件で温度を変えて実験を行うことにより、塑性変形の影響を明らかにする。さらに、含水条件で実験を行うことにより、圧力溶解による影響を明らかにする。

(2) 岩石内部のマイクロクラック閉鎖についての数値実験を行い、封圧増加に伴う弾性波速度、電気伝導度の変化を再現することを目指す。また、実際の岩石におけるマイクロクラックの開口分布を理解するためにSEM観察を行う。

(3) 含水岩石試料の弾性波速度・電気伝導度測定を封圧下で行う。流体圧を変えることで、クラック閉鎖を有効圧の関数として理解する。

別プロジェクトで日光・足尾地域の西部の背弧側で広帯域MT観測を実施する予定である。そのデータと本課題で得られた日光・足尾地域のMTデータを統合することで、日光・足尾地域において上部マントルまで至る構造の推定を目指す。令和8年度は両観測データの応答関数を比較し、深部の電気比抵抗異常を示す特徴がないかを確認する。

牛首断層－跡津川断層－高山大原断層帯を含む飛騨高山地域におけるGeofluid Mappingを進めると同時に、国内外の地域において、地震波速度－電気伝導度の同時解析に基づくGeofluid Mappingの可能性を探る。

富士山・箱根地域の溶岩組成の解析、および富士山周辺の温泉水や地下水の定期的な採水調査を継続する。また、採取試料の硫黄、水素・酸素同位体比分析を追加で行い、策定した「基本場」の定義を精緻化することで、火山ガス混入等の異常検知体制を強化する。

〔温度・流動場〕

いわき地域の統合的なデータ解析と数値モデル化を進め、当該地域のテクトニクス・応力場の由来を探る。

〔変形・応力場〕

これまで発展させてきた短周期モーメントテンソルインバージョンの手法を他領域に適用し、応力場の時空間変化（特に境界面を境にした変化）を調べる。

本年度に確立したPINNによる三次元地殻変動解析の応用研究を進める。特に、深層学習の非線形性を活用して地震時変動データから断層すべりと媒質特性を同時推定し、地下構造と地震発生との関係を考察する。

地震は、プレート運動等により蓄積された剪断歪みエネルギーを解放する過程である。これまで、歪み速度場と応力場を高精度で求める研究を進めてきた。両者の情報を組み合わせることで剪断歪みエネルギー変化が得られることから、その時空間分布の推定を新たに行う。



(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

深畑幸俊（京都大学防災研究所），岩森光（東京大学地震研究所），臼井嘉哉（東京大学地震研究所），坂田周平（東京大学地震研究所），中村仁美（産業技術総合研究所），吉田圭佑（東北大学），西澤達治（富士山火山防災研究センター），岡崎智久（理化学研究所），渡辺了（富山大学）  
他機関との共同研究の有無：無

(12) 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：京都大学防災研究所  
電話：0774-38-4226  
e-mail：fukahata.yukitoshi.3e@kyoto-u.ac.jp  
URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：深畑幸俊  
所属：京都大学防災研究所

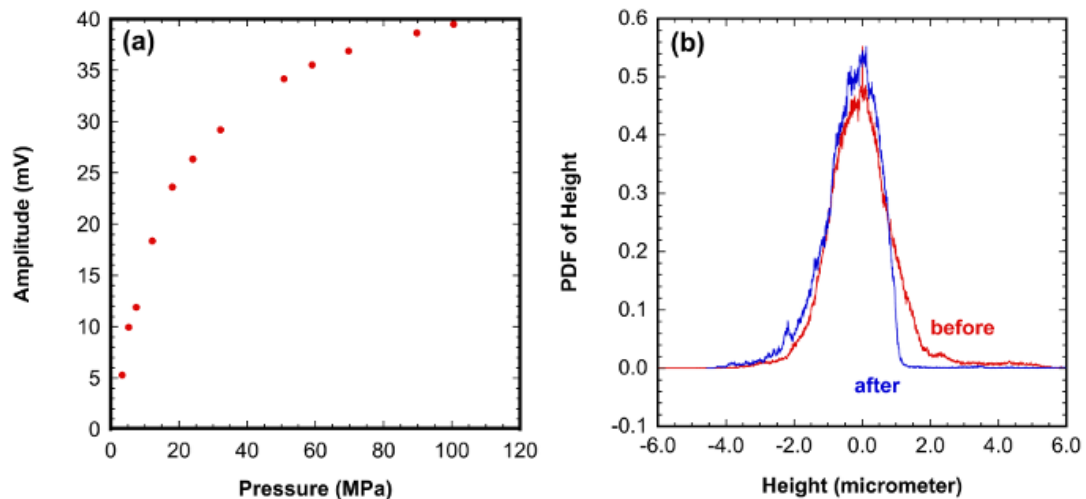


図1：方解石試料（＃400研磨紙使用）を用いた加圧実験の結果

(a) 加圧に伴う透過P波の振幅変化，(b) 加圧前後の表面の高さ分布（確率分布関数）。335  $\mu\text{m}$   $\times$  335  $\mu\text{m}$  の領域を0.327  $\mu\text{m}$  間隔で測定した（分解能：0.005 nm）。

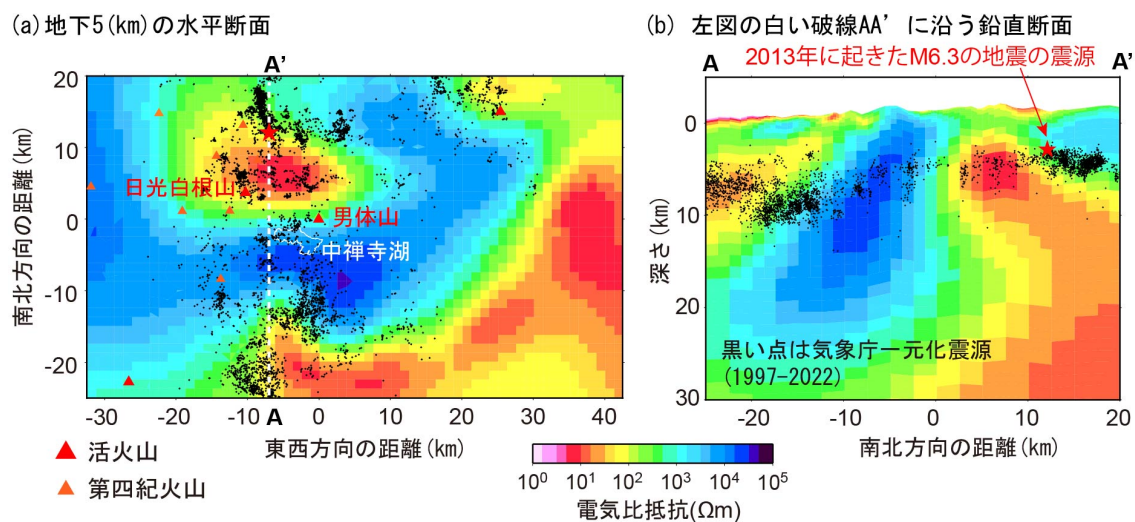


図2：日光・足尾地域の比抵抗分布  
震源分布と火山の位置も示されている。

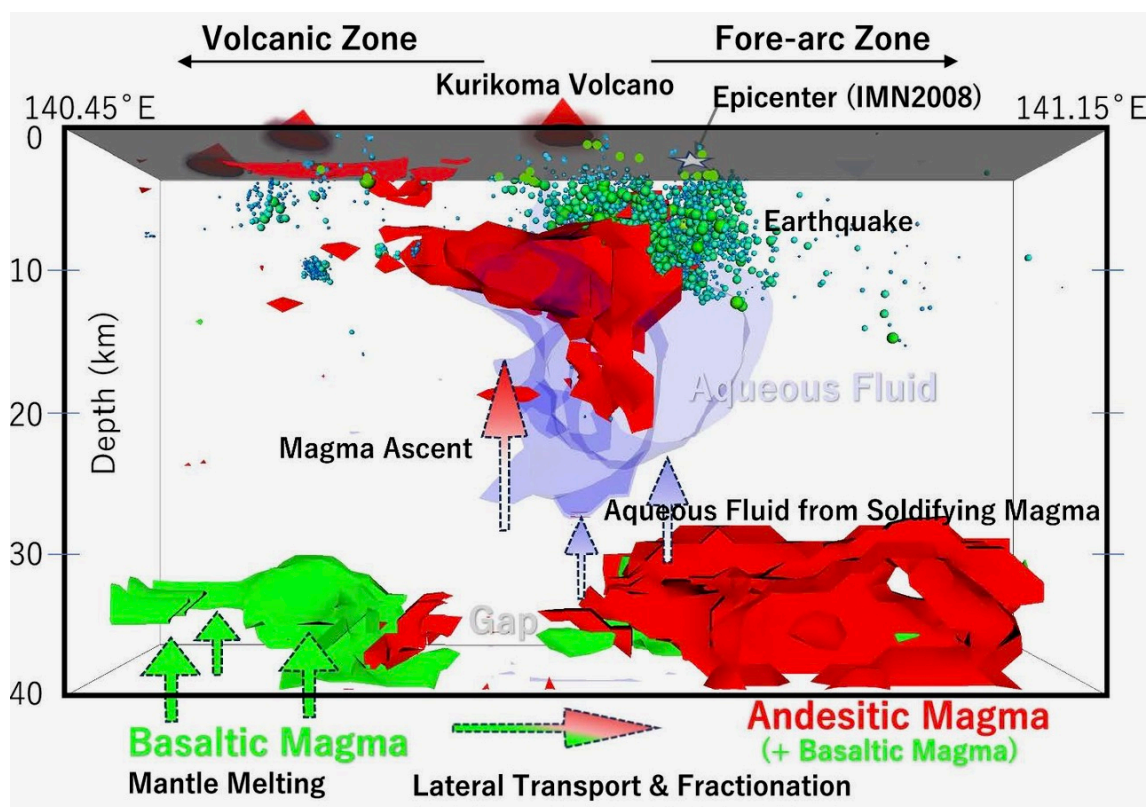


図3：東経140.45° - 141.15°/北緯38.95° - 39.05°における地殻流体（体積比>3%）の分布  
玄武岩質（緑）と安山岩質（赤）のマagma、水溶液（淡青）、地震、火山の関係性を示す。

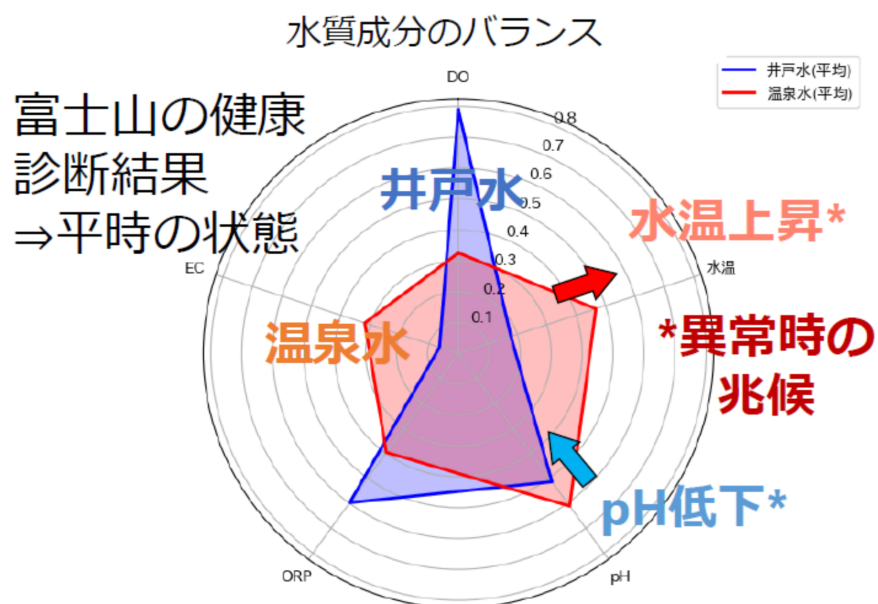


図4：富士山の水の「標準的な形」（平時の水質特性）

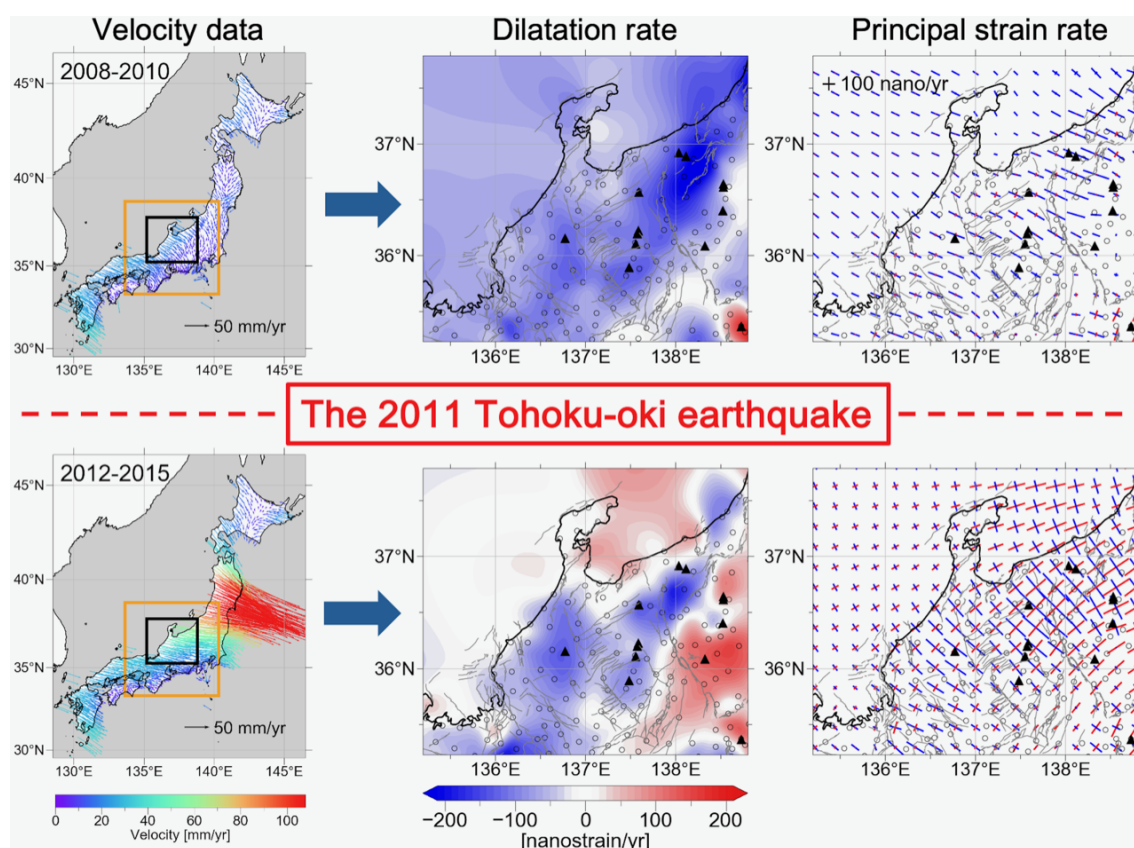


図5：東北沖地震前後の歪み速度場の変化

上：東北沖地震前（2008 - 2010の3年間の平均）。下：東北沖地震後（2012 - 2015の4年間の平均）。左：GNSS(GPS)の速度データ（国土地理院の観測データを解析したもの）。中：面積歪み速度。青が収縮，赤が膨張を表す。右：主歪み速度。青が短縮，赤が伸張を表す。グレーの細線は活断層，三角印は活火山を表す。

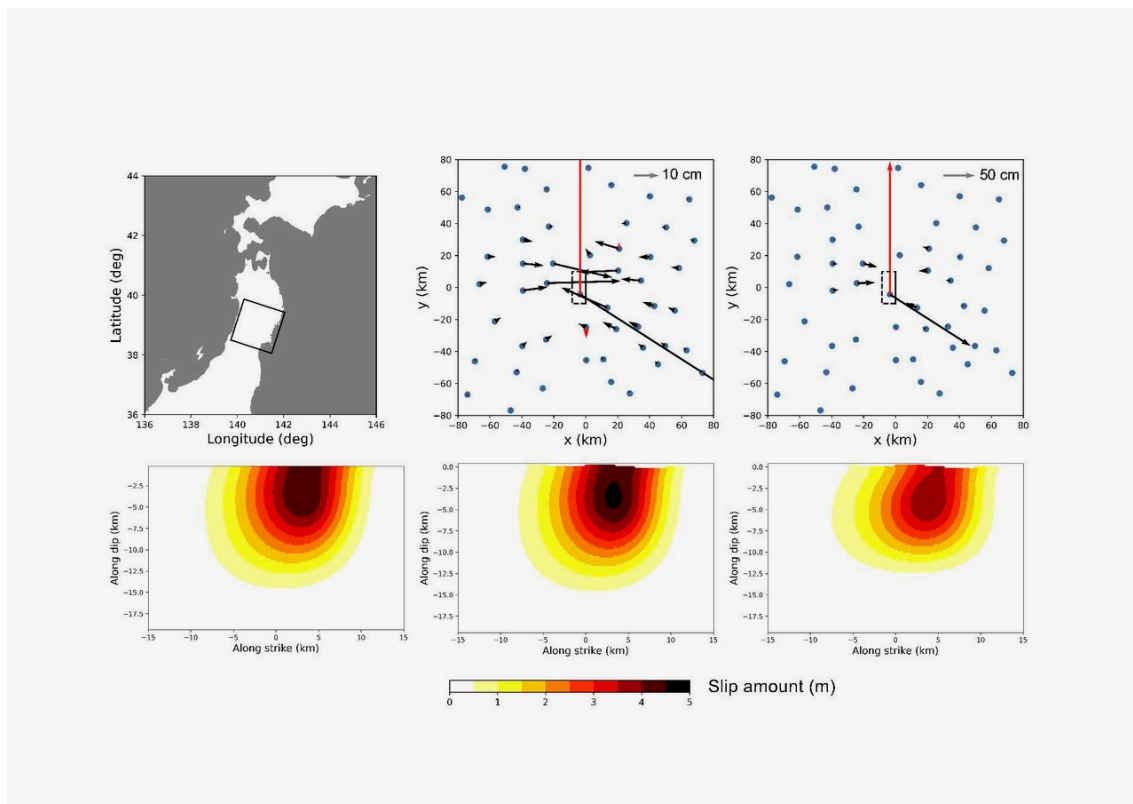


図6．PINNによる2008年岩手・宮城内陸地震における断層すべり分布の推定結果  
 上段：解析領域と観測データ。GEONETのGNSSデータを使用した。下段：推定すべり分布。左から均質半無限媒質・地形のある均質媒質・地形のある不均質媒質を使用した結果を示している。