

令和 6 年 5 月 5 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01996

研究課題名（和文）最先端の地震波トモグラフィー法による巨大地震震源域の3次元構造の解明

研究課題名（英文）Tomographic imaging of large earthquake source zones

研究代表者

趙 大鵬（Zhao, Dapeng）

東北大学・理学研究科・教授

研究者番号：70304665

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000円

研究成果の概要（和文）：世界の多くの沈み込み帯と大陸地域で起こった大地震震源域の高分解能地震波トモグラフィーを求めた。その結果、次のことがわかった。(1)沈み込んだ海洋スラブの脱水が地殻地震を誘発できる。(2)プレート境界型大地震の発生は上と下の両方のプレート内の構造不均質及びスラブ下の構造異常に規制される。(3)スラブ内部の含水断層の破壊でスラブ内地震が引き起こされる。(4)流体が沈み込み帯のほとんどの地震発生にかかわると思われる。(5)大地震が任意の場所でランダムに発生するのではなく、構造不均質のあるところのみ起こり、またその構造不均質が地震波トモグラフィー等の地球物理学的な手段で検出できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本列島陸域から日本海溝までの海底に及び、稠密な地震観測網で記録される膨大なデータを、最先端の地震波トモグラフィー技術を開発・駆使して解析した。それにより、浅部から深部までの詳細な3次元構造を求め、巨大地震の発生機構・島弧火山の成因及び深部流体の移動などの沈み込みダイナミクスの解明に挑戦した。また、世界の他の沈み込み帯と大陸地域の地下3次元構造と地震・火山活動についても調べた。得られる研究成果は、日本列島のみでなく、世界の他の地域の研究にも大きなインパクトを与えるもので、世界の固体地球科学的研究への波及効果も大きい。さらに、地震・火山・津波災害の防災・減災にも重要な意味を持つ。

研究成果の概要（英文）：We determined high-resolution seismic tomography of source zones of large earthquakes in subduction zones and continental regions, which shed new light on the seismogenic structures. Significant structural heterogeneities are revealed in and around the source zones of large earthquakes. Fluids from the subducting slab dehydration can trigger large crustal earthquakes. The generation of megathrust earthquakes is controlled by both the upper and lower plates, as well as subslab hot upwelling flow. Intraslab earthquakes can be caused by reactivation of hydrated faults produced at the outer-rise before plate subduction. Fluids may be involved in the generation of most earthquakes in subduction zones. These results indicate that large earthquakes do not take place randomly at any sites, but only in anomalous areas where prominent structural heterogeneities (i.e., seismogenic structures) exist, which can be detected by high-resolution geophysical imaging.

研究分野：地震学、固体地球物理学

キーワード：地震波トモグラフィー 沈み込み帯 大地震 火山 地震波異方性 沈み込むスラブ マントルウェッジ マントルブルーム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

日本列島は典型的なプレート沈み込み帯に位置し、地震火山活動が極めて活発である。その最近の例として、2016年熊本地震(M7.3)と2018年北海道胆振東部地震(M6.7)等が挙げられる。地殻と上部マントルの3次元構造を詳細に明らかにすることは、地震発生や火山噴火のメカニズムの解明及び沈み込みダイナミクスの理解に極めて重要である。地震波トモグラフィー法は、地震学におけるビッグデータとも言うべき膨大な地震波データを処理するもので、地球内部の3次元不均質構造を探るには最も有力な手法である。本申請代表者はこれまでの20数年間、地震波トモグラフィー法の高度化を推進し、日本列島をはじめ、世界各地の3次元地下構造とダイナミクスについて独創的な研究を展開し、多数の重要な成果を発表してきた(例えば、Zhao 2015)。

しかし、これまでの研究結果は主に日本の陸域に設置された地震観測網のデータから得られたもので、巨大地震の震源域である海域下では、観測点が極めて少ないために、得られた構造の精度と解像度が低いという欠点があった。また、陸域の地震観測網は東西方向の広がり狭いため、深さ200 kmより深部の構造を詳細に推定することは困難であった。そのため、いくつかの極めて重要な課題が未解決のまま残されている。例えば、プレート境界域の地震波速度異常は具体的に何を反映しているか(沈み込んだ海山・海嶺あるいは堆積物か)、そしてそれらが巨大地震の発生機構とどのような関係にあるのか、また、沈み込んだ太平洋プレートとフィリピン海プレートの下に熱い上昇流(マントルプルーム)があるのか、それがあある場合は巨大地震の発生にどのような影響を及ぼすか、といった課題が挙げられる。

防災科学技術研究所は、日本海溝海底地震津波観測網(S-net)を構築し、2019年度から運用開始の予定である。S-netは、150点の観測点を有し、間隔30-60 kmの海域としては高密度な観測網が広域に展開され、これまで不可能であったプレート境界近傍での観測を可能にする極めて重要な観測網である。S-netと陸域の地震観測網で同時に記録されたデータを地震波トモグラフィー法で解析すれば、従来よりも高精度な3次元構造が決定でき、上で述べた重要な課題が解決され、新発見が得られる可能性が極めて高い。

2. 研究の目的

本研究は、以下の4点の解明を目的とする。

- (1) 日本海溝から太平洋沿岸までの海域下の3次元構造モデルを求め、巨大地震の発生に関係する不均質性を明らかにし、その起源の解明に挑戦する。
- (2) 海域と陸域の観測網で記録される近地地震と遠地地震のデータを同時に用いて、日本列島の深部(深さ900 km)までの詳細な3次元構造を求め、特に沈み込むプレートの内部及びその下のマントルの詳細構造を解明する。
- (3) 得られた沈み込むプレート(スラブ)内部の微細構造を基に、スラブ内地震の成因の解明に挑戦する。
- (4) マントルの対流パターンと沈み込みダイナミクスを解明するため、日本列島全域下の詳細な3次元異方性構造と減衰構造を推定する。

3. 研究の方法

本研究ではこれまで開発されてきた下記の五つの手法を改良しつつ採用する。

- (1) 地震波速度トモグラフィー法(Zhao et al. 2012): 近地地震と遠地地震の走時データの同時インバージョンを行い、研究領域下の地殻と上部マントルの3次元地震波速度構造を推定する。
- (2) 地震波異方性トモグラフィー法(Wang & Zhao 2013; Liu & Zhao 2016a): 大量のP波走時データのインバージョンにより、P波速度及びその異方性の3次元分布を推定し、マントル対流な

どのダイナミクスの情報を抽出する。

(3)地震波減衰トモグラフィー法(Liu & Zhao 2014): P波とS波の振幅スペクトルを用いて, 3次元減衰構造を決定し, 温度・流体や溶融体の分布などの情報を抽出する。

(4)実体波と表面波データの同時インバージョン法(Liu & Zhao 2016b): S波走時と表面波の位相速度を同時にインバージョンし, 3次元S波速度構造とその異方性をより良く推定する。

(5) Receiver関数法(Tian & Zhao + 2010): 遠地地震波形に含まれるPs変換波を解析することでモホ面, 410 kmと660 km不連続面及び沈み込むスラブの深さと形状を推定する。

さらに, 既存の構造モデルを凌駕する高分解能の3次元構造を得るために, 本研究では, 以上に述べた方法を基盤技術として, 最先端の地震学の知見・技術を取り入れ, トモグラフィー技術の開発と改良を行う。例えば, (A) 実体波走時・表面波分散データ・Receiver関数の同時インバージョンを行う; (B) 異方性媒質の対称軸が傾斜する場合に対応できるように地震波異方性トモグラフィー法を改良する, などである。

参考文献

Liu, X., D. Zhao (2014). Structural control on the nucleation of megathrust earthquakes in the Nankai subduction zone. *Geophys. Res. Lett.* 41, 8288-8293.

Liu, X., D. Zhao (2016a). Seismic velocity azimuthal anisotropy of the Japan subduction zone: Constraints from P and S wave traveltimes. *J. Geophys. Res.* 121, 5086-5115.

Liu, X., D. Zhao (2016b). P and S wave tomography of Japan subduction zone from joint inversions of local and teleseismic travel times and surface-wave data. *Phys. Earth Planet. Inter.* 252, 1-22.

Tian, X., D. Zhao, H. Zhang, Y. Tian, Z. Zhang (2010). Mantle transition zone topography and structure beneath the central Tien Shan orogenic belt. *J. Geophys. Res.* 115, B10308.

Wang, J., D. Zhao (2013). P-wave tomography for 3-D radial and azimuthal anisotropy of Tohoku and Kyushu subduction zones. *Geophys. J. Int.* 193, 1166-1181.

Zhao, D. (2015). *Multiscale Seismic Tomography*. Springer, 304 pp.

Zhao, D., J. Lei, Y. Tang (2004). Origin of the Changbai intraplate volcanism in Northeast China: Evidence from seismic tomography. *Chinese Sci. Bull.* 49, 1401-1408.

Zhao, D., Y. Tian, J. Lei, L. Liu, S. Zheng (2009). Seismic image and origin of the Changbai intraplate volcano in East Asia: Role of big mantle wedge above the stagnant Pacific slab. *Phys. Earth Planet. Inter.* 173, 197-206.

Zhao, D., T. Yanada, A. Hasegawa, N. Umino, W. Wei (2012). Imaging the subducting slabs and mantle upwelling under the Japan Islands. *Geophys. J. Int.* 190, 816-828.

4. 研究成果

(1) S-netで記録された走時データを用いて2011年東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)震源域の3次元速度構造を調べた結果, この大地震の破壊は, 深い側の硬い岩石と浅い側の柔らかい岩石との構造境界から開始したことがわかった。浅い側の比較的柔らかい岩石は太平洋プレートが沈み込む日本海溝にまで続いており, このような柔らかい岩石では破壊を止めることができず, 海溝近傍まで大きなすべりが及び, 大津波が発生したと思われる(Hua & Zhao + 2020 Nature Communications)。

(2) 基盤観測網で記録された近地地震の波形データを用いて2018年胆振東部地震(M6.7)震源域の3次元P波とS波減衰構造を推定した結果, この地震が東北日本弧と千島弧の衝突で起こり, またその発生が沈み込んでいる太平洋スラブ脱水の影響を受けたことが分かった。同じタイプの

地震が北海道南部地域で今後また起こりうると思われる (Hua & Zhao + 2019 Scientific Reports).

(3) 大量の近地地震走時データを用いて2018年Anchorage地震 (Mw 7.1) と1964年アラスカ巨大地震 (Mw 9.2) 震源域の3次元P波とS波速度構造及びポアソン比分布を推定した結果、以下のことがわかった。(A) 2018年Anchorage地震が太平洋スラブの中で起こった正断層型の地震で、震源域に顕著な低速度・高ポアソン比の異常体が存在する；(B) 1964年アラスカ巨大地震の震源がスラブ境界面上における構造の急変部に位置し、その上の北米プレートに高ポアソン比異常体が存在する；(C) スラブの脱水と震源域の構造不均質がこれらの大地震の発生に影響を及ぼした (Gou & Zhao + 2020 G3).

(4) 従来の地震波トモグラフィー法 (Zhao et al. 1992, 2012) を改良し、日本列島下の精確な3次元P波速度異方性構造を明らかにした。これにより、日本海溝から日本列島下に沈み込んでいる太平洋スラブ及びその周りのマントルにおける詳細な3次元P波速度異方性構造を解明し、太平洋プレートの沈み込み、ならびに、太平洋プレートそれ自体の変形が日本列島下のマントル対流のパターンを支配することがわかった (Wang & Zhao 2021 Science Advances).

(5) 東南アジア地域下の全地殻と全マントル (深さ0-2889 km) の3次元P波速度構造モデルを求め、この地域下の沈み込んでいるスラブとマントルプルームの深部構造を明らかにした。この地域の広範囲に存在する新生代のプレート内部火山の起源は、マントル深部からの熱いマントル上昇流にあると思われる。特に、マントルプルームは海南プルームのみでなく、プルームクラスターの存在する可能性を指摘した (Zhao et al. 2021 GJI).

(6) これまでに西太平洋と東アジア地域の地殻・マントルの3次元構造に関する地震学的研究についてレビューを行い、著名な地球科学国際専門誌Earth-Science Reviewsに発表した (Zhao 2021 ESR). これらの地震学的研究結果は、大地震の発生メカニズム、島弧火山とプレート内部火山の起源、及び地球深部ダイナミクスについて重要な新知見を与えた。特に、我々の提唱したBig mantle wedge (BMW) モデル (Zhao et al. 2004, 2009) は東アジア地域の多くの地学現象をうまく説明できることが分かった。

(7) Hi-netとS-net地震観測網で記録された大量の近地地震の走時データの収集と処理を行い、東北日本前弧域の詳細な3次元P波異方性構造を調べた。特に沈み込んでいる太平洋スラブ内の微細構造とスラブ内地震のメカニズムについて新知見を得た。Outer-rise地域でできた含水正断層の復活でスラブ内地震を引き起こしたことがわかった (Wang & Zhao + 2022 GRL). また、Hi-netとS-netの近地地震P波とS波走時データ及び人工地震探査のデータを用い、東日本前弧域のモホ面と沈み込んだ太平洋スラブ上面の形状および詳細な3次元P波・S波速度構造を調べた。前弧地域の地震発生機構と沈み込みダイナミクスについて重要な新たな情報を提供した (Zhao et al. 2022 Tectonophysics).

(8) 東南アジア地域下の地殻とマントルの3次元P波速度構造モデルを求め、この地域下に沈み込んでいる海洋スラブとマントル深部からの熱いマントル上昇流を明瞭にイメージングした (Wei & Zhao + 2022 JGR; Hua & Zhao + 2022 JGR; Hu & Zhao + 2023 JGR; Xie et al. 2024 GRL). 特に全マントルに存在する海南プルーム (Hainan plume) を初めて明瞭に検出した (Toyokuni & Zhao + 2022 JGR).

(9) 東北アジア下の地殻・上部マントル・マントル遷移層の3次元P波異方性構造調べ、big mantle wedge (BMW) 内の構造不均質と対流パターンの違いを初めて検出した。BMWはTanlu断層帯を境に東西に二つのブロックに分けることがわかった (Liang & Zhao + 2022 GRL).

(10) 稠密な地震観測網で記録された大量の近地地震と遠地地震の走時データの収集と処理を行

い、アメリカ西部のWyoming州とYellowstone地域下の深さ750 kmまでの詳細な3次元P波異方性構造を調べた。その結果、特にこれまで謎だった2013年9月21日にWyoming中部で起こった稍深発地震(M4.8, 深さ75 km)のメカニズムを解明した。震源の近くにあるYellowstoneマントルプルームの加熱によって生じたFarallonスラブ残骸の脱水からの流体がこの地震を誘発したことがわかった(Zhao et al. 2024 SRL)。

(11) 我々の開発した世界最先端の地震波トモグラフィー法(Zhao et al. 2023 SIG)を応用した結果、フィリピン海およびその周辺域下の深さ1600 kmまでのマントル3次元P波速度構造と方位異方性構造を初めて明らかにした。フィリピン海の海底からの深さ700-1600 kmに顕著な地震波速度異方性を発見した。マントルの中部と下部に現在のプレート沈み込みと無関係の古い異方性構造が存在することがわかった。マントルの中部と下部にある地震波異方性は、これまで考えられたよりも多く存在する可能性が高い(Fan & Zhao + 2024 Nature Geoscience)。

(12) アラスカ地域下の3次元P波異方性構造を調べた結果、沈み込んでいる太平洋スラブがマントル遷移層に横たわり、スラブの上にbig mantle wedge (BMW)が形成していることがわかった。BMW内の熱いマントル上昇流によってアラスカ西部とBering海にあるプレート内部火山ができたと思われる(Liang & Zhao + 2024 JGR)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計36件（うち査読付論文 36件 / うち国際共著 30件 / うちオープンアクセス 34件）

1. 著者名 Zhao Dapeng, Liang Xuran, Toyokuni Genti, Hua Yuanyuan, Xu Yi-Gang	4. 巻 95
2. 論文標題 Cause of Enigmatic Upper-Mantle Earthquakes in Central Wyoming	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0220230333	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Fan Jianke, Zhao Dapeng, Li Cuilin, Liu Lijun, Dong Dongdong	4. 巻 17
2. 論文標題 Remnants of shifting early Cenozoic Pacific lower mantle flow imaged beneath the Philippine Sea Plate	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Nature Geoscience	6. 最初と最後の頁 347 ~ 352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41561-024-01404-6	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Liang Xuran, Zhao Dapeng, Hua Yuanyuan, Xu Yi Gang	4. 巻 129
2. 論文標題 Big Mantle Wedge and Intraplate Volcanism in Alaska: Insight From Anisotropic Tomography	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 e2023JB027617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023JB027617	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Liang Xuran, Zhao Dapeng, Hua Yuanyuan, Xu Yi Gang	4. 巻 50
2. 論文標題 Mapping Mantle Flows and Slab Anisotropy in the Cascadia Subduction Zone	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2023GL105527
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023GL105527	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Wang Zewei, Zhao Dapeng, Chen Xiaofei	4. 巻 94
2. 論文標題 Fine Structure of the Subducting Slab and the 2022 M7.4 Fukushima-Oki Intraslab Earthquake	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 17 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0220220234	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Hu Hao, Zhao Dapeng, Lin Jian, Pilia Simone	4. 巻 128
2. 論文標題 A Slab Window Beneath North Sumatra Revealed by P Wave Mantle Tomography	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 e2022JB025976
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JB025976	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Guo Huili, Zhao Dapeng, Ding Zhifeng	4. 巻 236
2. 論文標題 Anisotropic tomography and mantle dynamics of the North China Craton	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1455 ~ 1470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggad497	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Quan Wenhui, Liu Xin, Zhao Dapeng, Li Sanzhong	4. 巻 610
2. 論文標題 Seismic evidence for slab detachment beneath the Taiwan Orogen	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Earth and Planetary Science Letters	6. 最初と最後の頁 118131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.epsl.2023.118131	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Jia Ruo, Zhao Dapeng	4. 巻 234
2. 論文標題 Anisotropic tomography of the East Japan subduction zone: influence of inversion algorithms	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 2199 ~ 2213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggad197	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Zhao Dapeng, Liu Xin, Wang Zewei, Gou Tao	4. 巻 44
2. 論文標題 Seismic Anisotropy Tomography and Mantle Dynamics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Surveys in Geophysics	6. 最初と最後の頁 947 ~ 982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10712-022-09764-7	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Zhao Dapeng, Wang Jian, Huang Zhouchuan, Liu Xin, Wang Zewei	4. 巻 156
2. 論文標題 Seismic anisotropy and geodynamics of the East Japan subduction zone	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geodynamics	6. 最初と最後の頁 101975
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jog.2023.101975	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Toyokuni Genti, Zhao Dapeng	4. 巻 10
2. 論文標題 Ancient slabs beneath Arctic and surroundings: Izanagi, Farallon, and in-betweens	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Progress in Earth and Planetary Science	6. 最初と最後の頁 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40645-023-00595-7	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Hua Yuanyuan, Zhao Dapeng, Xu Yi Gang	4. 巻 50
2. 論文標題 P and S Wave Anisotropic Tomography of the Banda Subduction Zone	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2023GL105611
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2023GL105611	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Dapeng Zhao, Yu Katayama, Genti Toyokuni	4. 巻 837
2. 論文標題 The Moho, slab and tomography of the East Japan forearc derived from seafloor S-net data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 229452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2022.229452	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Wei Wei, Zhao Dapeng, Yu Weiqian, Shi Yaolin	4. 巻 127
2. 論文標題 Complex Patterns of Mantle Flow in Eastern SE Asian Subduction Zones Inferred From P Wave Anisotropic Tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 e2021JB023366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JB023366	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Genti Toyokuni, Dapeng Zhao, Kenkichi Kutara	4. 巻 127
2. 論文標題 Whole-mantle tomography of Southeast Asia: New insight into plumes and slabs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 e2022JB024298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2022JB024298	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Xuran Liang, Dapeng Zhao, Yi Gang Xu, Yuanyuan Hua	4. 巻 49
2. 論文標題 Anisotropic Tomography and Dynamics of the Big Mantle Wedge	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL097550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL097550	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Zewei Wang, Dapeng Zhao, Xiaofei Chen	4. 巻 49
2. 論文標題 Seismic Anisotropy and Intraslab Hydrated Faults Beneath the NE Japan Forearc	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 e2021GL097266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021GL097266	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Yuanyuan Hua, Dapeng Zhao, Yi Gang Xu	4. 巻 127
2. 論文標題 Azimuthal Anisotropy Tomography of the Southeast Asia Subduction System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 e2021JB022854
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2021JB022854	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Zewei Wang, Dapeng Zhao	4. 巻 7
2. 論文標題 3D anisotropic structure of the Japan subduction zone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabc9620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abc9620	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Zhao Dapeng, Hua Yuanyuan	4. 巻 318
2. 論文標題 Anisotropic tomography of the Cascadia subduction zone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 106767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pepi.2021.106767	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Zhao Dapeng, Wang Jian, Huang Zhouchuan, Liu Xin	4. 巻 802
2. 論文標題 Seismic structure and subduction dynamics of the western Japan arc	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 228743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2021.228743	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Dapeng Zhao, Genti Toyokuni, Kenkichi Kutara	4. 巻 225
2. 論文標題 Deep mantle structure and origin of Cenozoic intraplate volcanoes in Indochina, Hainan and South China Sea	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 572-588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggaa605	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Fan Jianke, Zhao Dapeng	4. 巻 14
2. 論文標題 Subslab heterogeneity and giant megathrust earthquakes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Geoscience	6. 最初と最後の頁 349 ~ 353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41561-021-00728-x	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Toyokuni Genti, Zhao Dapeng, Chen Kate Huihsuan	4. 巻 312
2. 論文標題 Structural control on the 2018 and 2019 Hualien earthquakes in Taiwan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 106673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pepi.2021.106673	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Dapeng Zhao	4. 巻 214
2. 論文標題 Seismic imaging of Northwest Pacific and East Asia: New insight into volcanism, seismogenesis and geodynamics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth-Science Reviews	6. 最初と最後の頁 103507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.earscirev.2021.103507	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Zhiteng Yu, Dapeng Zhao	4. 巻 125
2. 論文標題 Seismic evidence for water transportation in the forearc off northern Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 e2019JB018600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JB018600	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Gou Tao, Zhao Dapeng, Huang Zhouchuan, Wang Liangshu	4. 巻 21
2. 論文標題 Structural Heterogeneity in Source Zones of the 2018 Anchorage Intraslab Earthquake and the 1964 Alaska Megathrust Earthquake	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 e2019GC008812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GC008812	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Anhui Sun, Dapeng Zhao	4. 巻 39
2. 論文標題 Anisotropic Tomography Beneath Northeast Tibet: Evidence for Regional Crustal Flow	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tectonics	6. 最初と最後の頁 e2020TC006161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2020TC006161	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Gou Tao, Zhao Dapeng, Huang Zhouchuan, Wang Liangshu	4. 巻 21
2. 論文標題 Structural Heterogeneity in Source Zones of the 2018 Anchorage Intraslab Earthquake and the 1964 Alaska Megathrust Earthquake	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geochemistry, Geophysics, Geosystems	6. 最初と最後の頁 e2019GC008812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019GC008812	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Hua Yuanyuan, Zhao Dapeng, Toyokuni Genti, Xu Yixian	4. 巻 11
2. 論文標題 Tomography of the source zone of the great 2011 Tohoku earthquake	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-14745-8	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Hua Yuanyuan, Zhao Dapeng, Xu Yixian, Wang Zewei	4. 巻 9
2. 論文標題 Arc-arc collision caused the 2018 Eastern Iburu earthquake (M 6.7) in Hokkaido, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13914
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-50305-x	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Gou Tao、Huang Zhouchuan、Zhao Dapeng、Wang Liangshu	4. 巻 124
2. 論文標題 Structural Heterogeneity and Anisotropy in the Source Zone of the 2018 Eastern Iburu Earthquake in Hokkaido, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 7052 ~ 7066
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2019JB017388	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Wang Zewei、Zhao Dapeng	4. 巻 219
2. 論文標題 Updated attenuation tomography of Japan subduction zone	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1679 ~ 1697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggz339	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Yu Zhiteng、Zhao Dapeng、Li Jiabiao、Huang Zhouchuan、Nishizono Yukihiisa、Inakura Hirohito	4. 巻 124
2. 論文標題 Stress Field in the 2016 Kumamoto Earthquake (M 7.3) Area	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 2638 ~ 2652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JB017079	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Zhao Dapeng	4. 巻 296
2. 論文標題 Importance of later phases in seismic tomography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 106314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pepi.2019.106314	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 趙大鵬
2. 発表標題 地震波トモグラフィーから見た地震火山活動と地球内部ダイナミクス
3. 学会等名 日本地震学会2023年度秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木基矢, 趙大鵬, 豊国源知
2. 発表標題 S-netとHi-netの近地・遠地地震データによる日本列島下の3次元速度トモグラフィー
3. 学会等名 日本地震学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 趙大鵬, Zewei Wang
2. 発表標題 地震波異方性から見たスラブ内の含水亀裂と地震発生
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 趙大鵬, Y. Hua, Z. Wang
2. 発表標題 Slabs, plumes and intraplate volcanism in SE Asia
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 趙大鵬, G. Toyokuni, Z. Wang
2. 発表標題 Seismic structure and anisotropy of Tohoku forearc: new insight into seismotectonics and subduction dynamics
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Zhao, D., Y. Katayama, G. Toyokuni
2. 発表標題 Seismic structure and seismotectonics of the East Japan forearc derived from seafloor S-net data
3. 学会等名 日本地震学会2022年度秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zhao, D., R. Jia
2. 発表標題 Seismic structure, anisotropy and dynamics of the big mantle wedge
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zhao, D., Z.W. Wang
2. 発表標題 P-wave anisotropy and intraslab earthquakes in the Tohoku forearc
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高田大輔・豊国源知・趙大鵬
2. 発表標題 南米とその周辺地域下のP波マントルトモグラフィー
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2022年大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Dapeng Zhao
2. 発表標題 New insights into East Asian mantle structure and dynamics
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 D. Zhao, Y. Hua, G. Toyokuni, Z. Yu
2. 発表標題 S-netデータによる東日本前弧域の不均質構造と地震発生機構
3. 学会等名 日本地震学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhao Dapeng, Liu Xin, Hua Yuanyuan
2. 発表標題 Slab subductions and earthquake-volcano interactions in Western Japan
3. 学会等名 Fall Meeting of American Geophysical Union (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 趙大鵬、Gou Tao、Huang Zhouchuan、Wang Liangshu
2. 発表標題 2018年胆振東部地震震源域のトモグラフィーと異方性構造
3. 学会等名 日本地震学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 趙大鵬
2. 発表標題 活火山域の深部構造・低周波地震とマグマ供給系
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

地球のマントル中部に地震波異方性を発見 地震と火山噴火の根本原因の理解に重要な手がかり [2024/3/13]
(1) フィリピン海の海底からの深さ700-1600 kmに顕著な地震波速度異方性を発見しました。 (2) マントルの中部と下部に現在のプレート沈み込みと無関係の古い異方性構造が存在します。 (3) マントル対流と地球深部ダイナミクスを理解する重要な手がかりとなります。
https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2024/03/press20240313-01-mantle.html

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	豊国 源知 (Toyokuni Genti) (90626871)	東北大学・理学研究科・助教 (11301)	

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			
中国	南方科学技術大学	中国地震局	南京大学	
中国	中国科学院	中国地質大学	中山大学	
イタリア	National Institute of Geophysics			
スペイン	University of Granada			
英国	University of London			