

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K21892

研究課題名（和文）沈み込み水循環の新パラダイム：unbendingによるアセノスフェアからの上昇流

研究課題名（英文）Unbending Hypothesis for Water Upwelling at the Subduction Zone

研究代表者

川勝 均（KAWAKATSU, Hitoshi）

東京大学・地震研究所・名誉教授

研究者番号：60242153

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,300,000円

研究成果の概要（和文）：日本海溝から東北日本弧下に沈み込む海洋プレート（スラブ）の厚み（約80km）の下半分（スラブ下部）とスラブ下のマン틀のダイナミクスに着目し、海陸に展開された稠密な地震観測網のデータ解析による構造決定に挑戦した。その結果、スラブ内上部にある海洋モホ面を、海底下から島弧下にわたって連続的にイメージすることに成功した。一方、目標としたスラブ下部の詳細構造解明には至らなかった。その原因が海洋堆積層内での多重反射ノイズによることを突き止め、海底地震観測から、堆積層の微細構造を決定する手法を開発した。今後はその結果を取り入れた解析をすることで、当初目標とした、より深部の構造が解明されることが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本列島太平洋岸を含む沈み込み帯浅部では、海溝型の巨大地震が発生することが知られている。ひとが生活する陸域から地震の発生する海洋下までの地球内部の地震学的構造を連続的に解明することは、地震動伝搬の予測にもつながる社会的にも意義がある基本的な学術課題である。海洋堆積層は、海底地震計を設置する海洋底ではどこにも存在し、構造推定への影響を明らかにし補正手法を提示したこと、また海洋堆積層の微細構造を決定する手法を開発したことは、今後の当該学術分野の発展の基盤になることが期待される。

研究成果の概要（英文）：By focusing on the dynamics of the lower half of the oceanic plate (slab) with a thickness of ~80 km and the mantle beneath the slab, we determined the seismic wave velocity structure of the oceanic plate subducting beneath the Tohoku Japan Arc from the vicinity of the Japan Trench. This was achieved by analyzing data from a dense seismic observation network deployed on both land and sea bottom. As a result, we succeeded in continuously imaging the oceanic Moho surface in the upper part of the slab, extending from beneath the seafloor to beneath the land. On the other hand, we were unable to elucidate the structure of the lower part of the slab. We identified the cause as multiple reflections within the oceanic sedimentary layer and developed a method to determine the fine structure of the sedimentary layer using seafloor seismic observations. By incorporating these results into future analyses, it is anticipated that the originally intended deeper structure will be elucidated.

研究分野：固体地球科学

キーワード：沈み込み スラブ 海底地震観測 レシーバー関数 地震波トモグラフィー 海洋堆積層

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景 (研究申請書より)

【研究の目的】

固体地球内部の揮発性物質、特に水 H_2O の循環の定量化は、21 世紀の固体地球科学の最重要テーマである。その影響は、地球内部の水・物質循環、流動特性の変化など全地球規模の問題から、地震発生場における破壊特性の変化など自然災害の発生様式にもおよび、より正確な理解を得るために様々な研究が行われている。地球内部への水の流入経路としては、沈み込む海洋プレート内(特に含水化された海洋地殻)の脱水作用による、すなわちスラブ(海洋プレート)の上面に於ける変成作用を通じて海水が流入している、というのが現在の地球科学の常識である。

本研究は、そのような常識に変更を迫り、多様な地球内部流体・揮発物質の移動の可能性を、観測データから実証的に示し、地球内部物質循環研究における新たな枠組の構築を目指すものである。具体的には、沈み込む「スラブ下(sub-slab)」のアセノスフェアから H_2O が上昇する経路があり、プレート上面や、大地震が起こるプレート境界へ水を供給している可能性を地震観測データから実証することを目指す。またこの流体経路の成因は、沈み込むプレートが海溝より海側で一度下向きに曲げられ(bending)変形した後、マントル内で平面的になるよう上向きに曲げられる(unbending)というメカニカルな過程(図1)によることを数値シミュレーション等から示し、プレート沈み込みの必然的・一般的な帰結であることを導くことを指向している。本研究が予想通りの展開を見せるならば、プレートテクトニクス理論のなかで一般的に「堅い」と想定されているプレート=リソスフェアが、マントル内では流体の移動に対しては予想以上に transparent であり、水などの揮発性物質の移動に対してバリアーとして働かない可能性を示唆するであろう。このことは地球内部・表層における多様な物質循環の可能性を予感させるものであり、固体地球科学への波及効果は広範・多大なものとなる。なお本研究構想は「芽生え期」的性格を持つが、下記に示すように、構想を裏付ける観測事実の発見・再認識に基づいており、その展開には大きな期待をいだかせる。

【研究方法】

図2に研究対象とする領域と、常識的な流体(水・メルト)移動の様子(Kawakatsu&Watada, 2007, *Science*)が示されている。含水鉱物化された海洋地殻(海洋プレート最上部の灰色部分)の水が、沈み込みに伴い脱水しマントルウェッジに入り込み、周囲の融点を下げることでマントルの溶融を引き起こし、メルトが上昇し火山を形成する、という標準的考え方である。このモデルは、陸上(図2)の観測データを使った構造解析(トモグラフィー、レシーパー関数(RF)解析)から提案されたものである。図2には、これに加えて、新たに提出されたP波トモグラフィーのモデル(点線, Matsubara 他, 2017, *J. Disast. Res.*)を書き加えてある。モデルの解像度は60km程度の深さまでであり、本研究で注目しているスラブの下の深さ(100km 以深)まではおよばない。しかしながら Matsubara 他モデルには、明瞭な低速度領域がスラブ内に解像されており、沈み込むスラブとは逆傾斜の低速度層を形成している。今回この低速度層の陸側の境界に対応するとみられるイメージが、陸の RF 解析イメージに現れた(川勝・金, 2018年10月10日 *地震学会発表*)ことが本申請の直接の引き金となっている(詳細は以下を参照)。本研究の目的は、この低速度層を100km以深まで追跡し、アセノスフェアの構造、およびスラブの沈み込みダイナミクスに関連づけて考察することにある。

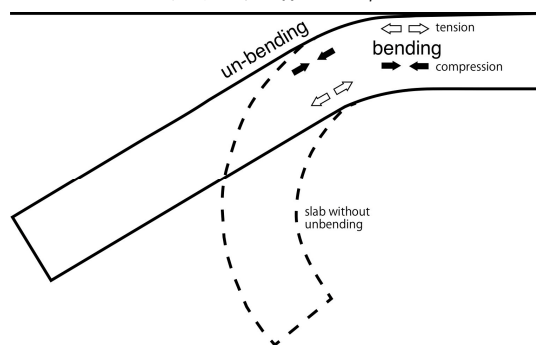


図1. スラブのbending/unbending. 海溝海側で一度曲げられた(bendされた)スラブは、もしそのままならばマントルの中で点線で示すような形になるはずである。深発地震の起こり方から分かるスラブの形状は平面的(実線)なものであり、スラブはマントル内でunbendすることが示唆される。unbendingによりスラブの下側に伸張応力場が形成され、スラブ下の流体が上昇する。これはbendingに伴いアウターライズ領域の上面の伸張場に海水が取り込まれるより、流体の浮力を使えるので遙かに効果的であろう。

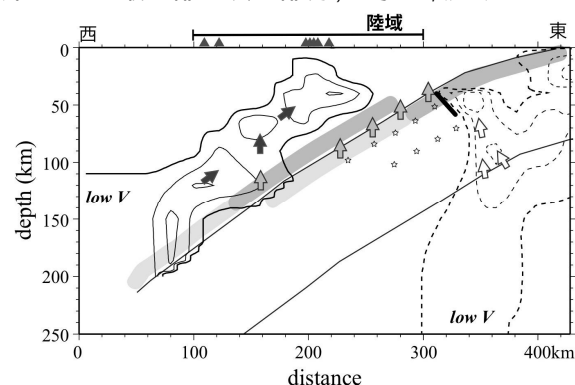


図2. 東北日本沈み込み帯における流体(水・メルト)移動の模式図。常識的な図(Kawakatsu&Watada, 2007)に、新たに提案する水の上昇経路(白抜き矢印)とスラブ内のP波トモグラフィー(Matsubara他, 2017)の低速度域(点線コンター)を書き加えてある。スラブ内の低速度は最大10%にもおよびが、60km以深は解像度は低く信頼できない。スラブ内の東傾きの黒線は、新たにイメージされた変換面に対応。深発二重面の地震を星印で模式的に示す。

スラブの unbending が起こる領域は、沈み込み帯の海溝軸から陸域までの間の海底下の領域である(図2の 300km より東側)。従って本研究の目的を果たすためには、海底地震計のデータを使って構造解析をすることが必須となる。幸い東京大学地震研究所等の大学の海底地震観測グループは、海底地震計による稠密な観測を行ってきた(図 3)。本研究では、そのデータを使用し、レシーバー関数解析、走時トモグラフィ解析を行い、さらに Hi-net 等の豊富な陸域の観測データ統合し目的を果たす。

【研究遂行能力】 本研究は“芽生え期”の段階にあり、OBS データの解析の詳細等は未定だが、後述する陸域データの解析から、本研究の端緒となった構造が垣間見え始めている。研究メンバーは、沈み込み帯における OBS データの解析を含む上記の解析研究のエキスパートの集まりであり、研究遂行能力は十分持っている。なお沈み込み帯における unbending の役割は、代表者の博士論文(Kawakatsu, 1986, *JGR*)のテーマであり、そのことが今回の新たな RF イメージの結果と相まって本申請への発想となった。

【研究構想に至った背景・経緯】

研究代表者の川勝は 10 年ほどまえに、一連の日本列島下の地震波変換面(地震波速度の不連続面)のイメージング研究を発表した(Kawakatsu&Watada 2007, *Science*; Kawakatsu 他 2009, *Science*; Kawakatsu&Yoshioka 2011, *EPSL*)。今回データ数を 5 倍ほどに増やして再解析を行ったところ、今まで地震波線が少なくイメージされてこなかった観測領域の東端(東北弧下の日本海溝側, 図 4)がイメージ可能になってきた(川勝・金, 2018, *地震学会*)。沈み込む太平洋プレートの上面のイメージ(西向きに傾いたもの)はこれまでと同様に鮮明であるが、東端では、全体と逆向きに傾く強い変換面が現れている(図4の点線円部分)。変換面の強さは、西向きに傾いている海洋地殻の上・下面に対応するものと同程度に強く、非常に強い不均質構造があることを示唆している。この結果を同じ場所での最新の地震波トモグラフィ(Matsubara 他, 2017)の断面図と比較したところ、図2に見られる東向きに傾いた低速度領域のへりに対応していることが明らかになった(図 2,4)。

沈み込み帯において、スラブと逆向きに傾きを持った顕著な構造が現れるのは極めて不思議である。しかしながらトモグラフィとの対応がつくことから実際の構造と思われる。その後上記トモグラフィモデルを検討することで、この低速度帯は、以下の極めて不思議な特徴を持つことが明らかとなった(図 5): (1)東向きに傾くスラブ内低速度帯が、東北前弧にそって、茨城沖から岩手・青森県境沖まで、連続的に見られる、(2)深さ 20-60km(スラブ内上半分)では有意に解像されている、(3)低速度は P 波速度に顕著であり(最大 10%程)、S 波速度には強く表れていない、(4)位置的に二重深発地震面の下面の上端あたりに対応する。特徴(1)(2)は、この低速度帯は、局所的な不均質ではなく、沈み込み過程そのものに起因する力学的原因を持っていることを、特徴(3)は、低速度の原因が水(低扁平率形状)を多く含む可能性を、特徴(4)は、力学的原因は二重深発地震面下面をつくる力学的要因、すなわち unbending, と関連している可能性を示唆する。これらの検討に基づいて、本研究は構想されている。

【論文リスト】(関連する論文など)

- 川勝&金 (2018), 日本列島下の PS 変換面イメージング 2.0, *地震学会*.
 Kawakatsu & Yoshioka (2011), Metastable olivine wedge and deep dry cold slab beneath SW Japan, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 303, 1-10.
 Kawakatsu+2, Shinohara+3 (2009), Seismic Evidence for Sharp Lithosphere-Asthenosphere Boundaries of Oceanic Plates, *Science*, 324, 499-502.
 Kawakatsu & Watada (2007), Seismic evidence for deep water transportation in the mantle, *Science*, 316, 1468-1471.
 Kawakatsu, H. (1986), Double seismic zones: kinematics, *J. Geophys. Res.*, 91, 4811-4825.

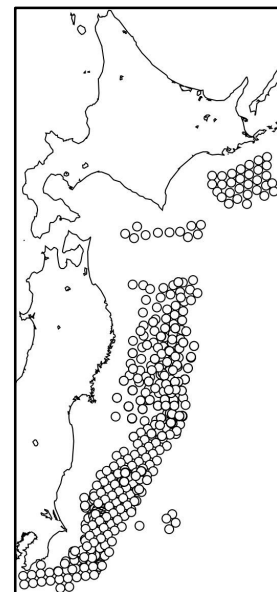


図3. 東北太平洋沖に展開された海底地震計(○)の分布。

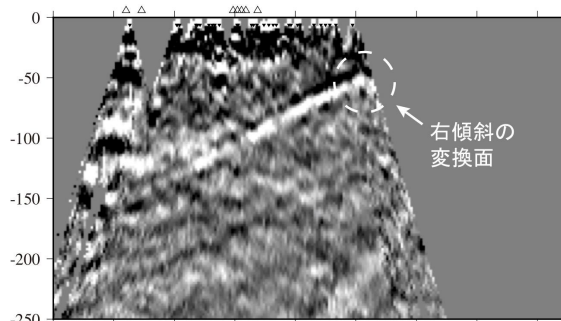


図4. 東北弧下の変換面断面。白(黒)い部分は地震波速度が上から下へ急激に増える(減る)場所を示し、黒白の間には低速度層がある。左傾きの黒白のペアは、含水化されて強い低速度層となった海洋地殻に対応する。丸波線で囲った部分が新しくイメージされた。

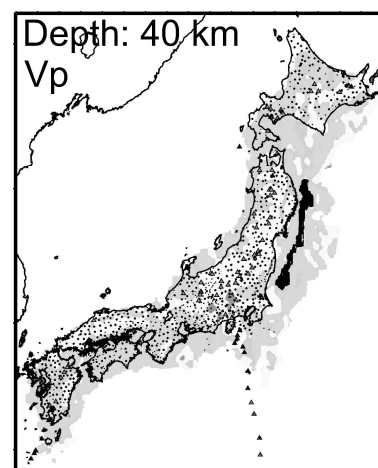


図5. Matsubara他(2017)P波トモグラフィの深さ40kmの断面。東北弧海側の黒色の部分がスラブ内の低速度域を示す。原図はカラーであり、グレー画像で見やすくするために低速度域を黒で強調してある。

2. 研究の目的

上記【研究の目的】を参照.

3. 研究の方法

本研究では、海陸の稠密地震観測網のデータを使い、レーザ関数法による不連続面のイメージングと地震波の有限波長効果を取り入れた走時トモグラフィー法による P 波速度構造のイメージングを行い、海底下のスラブ及びスラブ下の構造を明らかにすることを目指す。また海域データに関しては、上記の大学の海底地震計観測網のデータに加えて、防災科学技術研究所が運用するケーブル地震観測網 S-net のデータも併せて使うこととする。

4. 研究成果

(1)レーザ関数(不連続構造イメージング)解析:

図6, 7に、海陸観測網のデータを用い、日本海溝から東北地方日本海沿まで連続的にレーザ関数イメージングを行った Kim et al. (2021, JGRse)の成果を示す。通常解析手法を適用すると下(f)のような結果となり、海底下の堆積層の影響が厳しく、意味のある解析とならないことがわかる。論文では、データ波形から堆積層の影響の情報を読み取り補正を行うことで、海陸領域にわたる沈み込む海洋プレートのもほ面の連続的なイメージングに成功した。しかしながらこの結果は、(1)本研究の主題である、「unbending に関連すると思われる領域」の構造に関しては、海陸の観測点ギャップの影響等により、明瞭な構造が得られないこと、(2)精度の高いイメージングのためには、海洋堆積層の影響をより正確に見積もる手法を開発する必要があることを課題として残した。これを踏まえ研究の方向性として、(2)をまず達成することに注力することとした。その成果を Kim et al. (2023, JGRse)として、繰越2年度目の最終年度に論文として発表した。ここでは海底地震観測点直下の海洋堆積層の微細構造を決定する手法を提示した。その延長として現在は、開発した手法を、多様な海域における OBS 観測データに適用し、海洋堆積層の一般的特徴を抽出する研究を進めつつ、得られた堆積層(浅部)の影響を正確に取り入れたイメージング手法の開発を継続的に進めている。

(2)有限周波数走時トモグラフィー(3次元構造)解析:

P 波走時の有限周波数効果を入れたトモグラフィー手法(Obayashi et al., 2013)を使い、東北日本弧下の三次元 P 波速度構造をもとめた。具体的には、東北沿岸に一時的に展開された海底地震計(OBS)からのデータ、および同期間の陸上観測網 Hi-net のデータを使用して、本州スラブおよびそのスラブ下マントルに焦点を当てた三次元 P 波速度構造を得た。走時は、波形相互相関法を使用して、1.3 秒から 21.2 秒の周期帯で、任意の 2 つの観測点間の P 波の相対走時を 500 万ペア以上測定した。これらのデータに、ISC(International Seismological Centre)が報告している 3000 万個以上の初動走時データを加え、有限周波数トモグラフィ手法を使用して構造推定を行った。図 8 は、45, 58, 85, 120km の深さでの得られた P 波速度異常を示す。際立った特徴としては、沈み込む本州スラブの高速異常の隙間(黒い矢印)とスラブ下の海洋側の低速度異常(白い矢印)が見取れる。しかしながらモデルの解像度テストを踏まえた結果では、スラブ内の「高速度異常の隙間」は、スラブ下の低速度構造の染み出しである可能性があり、既存のデータだけでは本研究が志向しているスラブ下部の低速度領域の存在の可否は確認できなかった。今後は、海溝の海側を含む広い領域を連続的にカバーする広帯域地震計(BBOBS)観測網や多数の MERMAID フロート地震観測ロボットを展開しデータを収集することで現状が打開される可能性がある。なお、本成果は 2022 年の日本地球惑星科学連合(JpGU)の大会で発表された(Obayashi 他, 2022, JpGU)。

(関連論文)

Obayashi M., J. Yoshimitsu, G. Nolet, Y. Fukao, H. Shiobara, H. Sugioka, H. Miyamachi, Y. Gao (2013), Finite frequency whole mantle P-wave tomography: Improvement of subducted slab, *Geophys. Res. Lett.*, **40**, 5652–5657, doi:10.1002/2013GL057401.

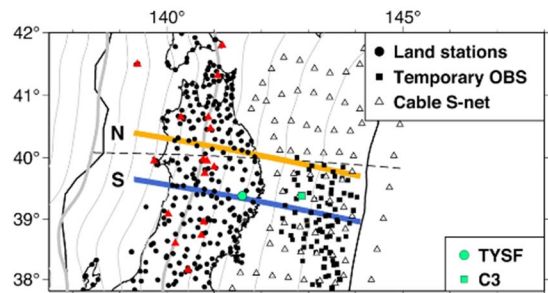


図6. 解析に使用された海陸地震観測点と解析領域.

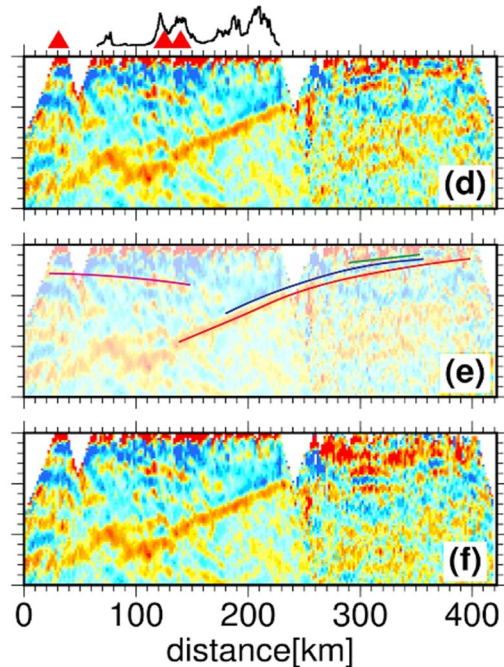


図7. 図6のSに沿った岩手県沖海底下を含むレーザ関数による不連続構造断面。暖色・寒色は上から下へ地震波速度が急激に増加・減少する(不連続)領域を示す。

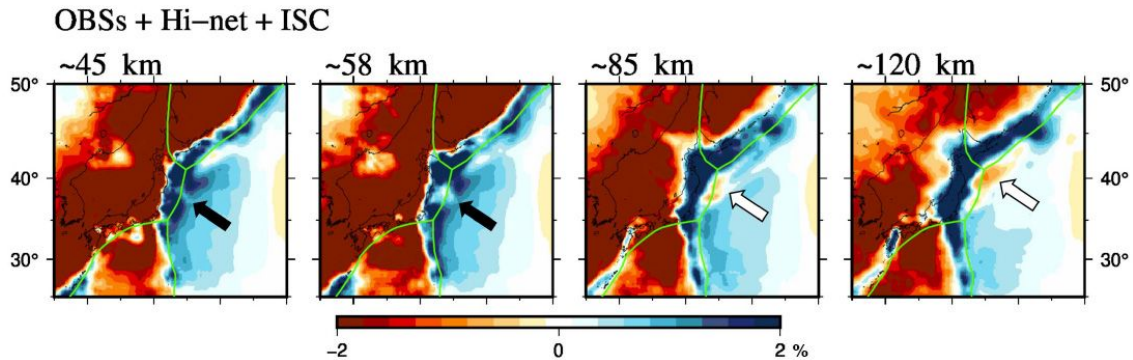


図8. 有限周波数走時トモグラフィーの結果. 同一深さでの相対的地震波(P波)速度を示している. 青は高速度, 赤は低速度を示す. 矢印は低速度領域を示す(詳細は本文参照).

【まとめ】今回科研費のサポートを得た研究期間の解析では, 当初目的とした「スラブ下(sub-slab)のアセノスフェアから H_2O が上昇する経路があり, プレート上面や, 大地震が起こるプレート境界へ水を供給している可能性を地震観測データから実証する」に足る成果は, 残念ながら現在までのところ得られていない. 今後の継続的解析, また新たな海底観測(陸近くの観測点の拡充)点の拡充および新たな解析手法の開発などをへて, 当初の構想の正否が解明できることを期待している. また, 研究期間がコロナ禍と重なり, 研究の進捗に時間がかかったことも付け加えておく.

一方, 短周期(~1 秒)の地震波形記録を海陸で連続的に解析したことにより, 海洋堆積層(特に浅部超低速度層)がレーザー関数イメージングに与える影響が評価できた(Kim et al., 2021). これをきっかけに, 海底地震計によるその場観測のデータから海洋堆積層の詳細構造を決定する手法を開発できたことは大きな成果であった(Kim et al., 2023). 海底地震計を使った深部構造解析の標準的なツールとして役立つことが期待される.

【研究成果論文】

Kim, HJ., H. Kawakatsu, T. Akuhara, M. Shinohara, H. Shiobara, H. Sugioka, R. Takagi (2021), Receiver function imaging of the amphibious NE Japan subduction zone - effects of low-velocity sediment layer, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 126, e2021JB021918. doi.org/10.1029/2021JB021918

Yamaya, L., Mochizuki, K., Akuhara, T., Nishida, K., Sedimentary Structure Derived From Multi-Mode Ambient Noise Tomography With Dense OBS Network at the Japan Trench, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 126, e2021JB021789. doi.org/10.1029/2021JB021789

Kim, HJ., H. Kawakatsu, T. Akuhara, N. Takeuchi (2023), Characterizing the Seafloor Sediment Layer Using Teleseismic Body Waves Recorded by Ocean Bottom Seismometers, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 128, e2023JB027616. doi.org/10.1029/2023JB027616

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kim HyeJeong, Kawakatsu Hitoshi, Akuhara Takeshi, Takeuchi Nozomu	4. 巻 128
2. 論文標題 Characterizing the Seafloor Sediment Layer Using Teleseismic Body Waves Recorded by Ocean Bottom Seismometers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2023JB027616	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 Kim HyeJeong, Kawakatsu Hitoshi, Akuhara Takeshi, Shinohara Masanao, Shiobara Hajime, Sugioka Hiroko, Takagi Ryota	4. 巻 126
2. 論文標題 Receiver Function Imaging of the Amphibious NE Japan Subduction Zone - Effects of Low Velocity Sediment Layer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2021JB021918	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 Yamaya Lina, Mochizuki Kimihiro, Akuhara Takeshi, Nishida Kiwamu	4. 巻 126
2. 論文標題 Sedimentary Structure Derived From Multi Mode Ambient Noise Tomography With Dense OBS Network at the Japan Trench	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1029/2021JB021789	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12件（うち招待講演 0件/うち国際学会 8件）

1. 発表者名 HyeJeong Kim, Hitoshi Kawakatsu, Takeshi Akuhara, Nozomu Takeuchi
2. 発表標題 High-resolution seismic constraint on the seafloor sediments using teleseismic body waves of multiple components of ocean bottom seismometers: method and practice
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2023（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 HyeJeong Kim, Hitoshi Kawakatsu, Takeshi Akuhara, Nozomu Takeuchi
2. 発表標題 Characterizing the heterogeneous seafloor sediment in the Western Pacific from passive ocean bottom seismic records
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 HyeJeong Kim, Hitoshi Kawakatsu, Takeshi Akuhara, Nozomu Takeuchi
2. 発表標題 High-resolution seismic constraint on the seafloor sediments using the teleseismic body waves: towards deeper structure analysis using receiver functions
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masayuki Obayashi, Junko Yoshimitsu, Hitoshi Kawakatsu, Masanao Shinohara
2. 発表標題 Multifrequency P-wave tomography of Honshu slab
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 HyeJeong Kim, Hitoshi Kawakatsu, Takeshi Akuhara, Nozomu Takeuchi
2. 発表標題 High-resolution seismic constraint on the seafloor sediments using teleseismic body waves of ocean bottom seismometers
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hitoshi Kawakatsu, Takehi Isse, Nozomu Takeuchi, Hajime Shiobara, Hiroko Sugioka, YoungHee Kim, Hisashi Utada, Sang-Mook Lee
2. 発表標題 Application of the wavefield decomposition for the Oldest-1 array data
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 HyeJeong Kim, Hitoshi Kawakatsu, Takeshi Akuhara, Masanao Shinohara, Hajime Shiobara, Hiroko Sugioka, Ryota Takagi
2. 発表標題 Receiver function imaging of the amphibious NE Japan subduction zone - effects of low-velocity sediment layer-
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kim HyeJeong, Kawakatsu Hitoshi, and Akuhara Takeshi
2. 発表標題 Towards continuous seismic imaging from offshore to land along the Japan trench: effects of offshore structures (sediment layers and lateral heterogeneities)
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kim, HJ, H. Kawakatsu, T. Akuhara, M. Shinohara
2. 発表標題 Receiver function imaging of subducting Pacific plate and mantle wedge under Japanese islands using denser network of stations
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kim, HJ, H. Kawakatsu, T. Akuhara, M. Shinohara, R. Takagi
2. 発表標題 Receiver function imaging of the subducting Pacific plate beneath NE Japan using offshore and on land seismic arrays
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kim, HJ, H. Kawakatsu, T. Akuhara, M. Shinohara, H. Shiobara, H Sugioka, R. Takagi
2. 発表標題 Continuous imaging of the subducting Pacific under Japan using receiver function analysis of the amphibious array data
3. 学会等名 American Geophysical Union, Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yang Shen, Jiahang Li, Hitoshi Kawakatsu
2. 発表標題 3D passive-source reverse-time migration imaging of upper mantle discontinuities
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	悪原 岳 (AKUHARA Takeshi) (30802954)	東京大学・地震研究所・助教 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	キム ヘジョン (Kim HyeJeong)	ユタ大学・University of Utah, Department of Geology and Geophysics	
研究協力者	篠原 雅尚 (Shinohara Masanao)	東京大学・地震研究所	
研究協力者	大林 政行 (Obayashi Masayuki)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門	

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