

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2016～2019
課題番号：16K05531
研究課題名（和文）コリドー・インバージョン

研究課題名（英文）Corridor inversion

研究代表者

ゲラー ロバート（Geller, Robert）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・名誉教授

研究者番号：40170154

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、我々が開発してきた「波形インバージョン」手法を応用して、他の波と重なり合うためこれまで用いられなかった観測波形を有効活用して高解像度で構造推定を行う。中米・カリブ下のマントル遷移層のS波速度構造推定から、メキシコ湾下でスラブの沈み込み角度が水平であることがわかった。これは、スラブが下部マントルからの上昇流とスラブの年代の違いに起因して、沈み込む場所ごとに沈み込み様式を変化させながら、下部マントルに沈み込むことを示唆している。その結果、遷移層におけるスラブの沈み込み様式を理解すること、および、地球内部のスラブ年代および沈降速度を推定することができ、地球の冷却速度に制約を与えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られたマントル遷移層におけるスラブの詳細なイメージングは地表の地球物理観測および地質学的証拠との対比を可能にした。その結果、遷移層におけるスラブの沈み込み様式を理解すること、および、地球内部のスラブ年代および沈降速度を推定することができ、地球の冷却速度に制約を与えることができた。今後も波形インバージョン法を用いて地球深部の複数の場所の詳細なイメージングを行うことによって、地球の熱化学進化の理解が進むと期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we apply the "waveform inversion" method that we have developed to infer the deep Earth structure with high resolution by effectively utilizing the observed waveforms, which have not been used before because they overlap with other phases. S-wave velocity structure of the mantle transition zone below the Central American-Caribbean show that the slab subduction angle is relatively horizontal below the Gulf of Mexico. This suggests that the slab sinks into the lower mantle with varying modes of sinking from place to place due to the upwelling from the lower mantle and the different ages of the slab. The inferred detailed structure illuminates the modality of slab subduction in the transition zone and to estimate the slab age and sedimentation rate in the interior of the earth, which constrains the cooling rate of the earth.

研究分野：地震学

キーワード：波形インバージョン マントル遷移層 マントル最下部 S波速度構造 D" 古プレート スラブ 沈み込み

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、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、稠密アレイ観測網 (e.g. USArray) の急速な整備に伴い、良質で膨大な地震波形データが蓄積され、局所的に詳細な構造の推定への期待が高まっている (Rost & Garnero 2002)。ところが、国内外を問わず多くの研究者は既存のアレイデータ解析手法を利用し、速度不連続面の特定などを行っている。全球的な構造推定は、UC Berkeley のグループによる波形インバージョンを用いた構造推定により、既存の全球トモグラフィより高い解像度での構造推定への試みが行われてきた (French & Romanowicz 2014)。一方、我々の研究グループは、膨大なアレイデータ解析に適した地球内部の詳細構造推定のための新しい手法である「局所的波形インバージョン手法」を開発してきた (Kawai et al. 2014)。実際に、膨大な最新のアレイ観測網のデータに、開発した局所的波形インバージョン手法を適用して、高解像度でのマントル最下部の構造推定を進めてきた (Kawai et al. 2014; Konishi et al. 2014)。

2. 研究の目的

上述の背景を踏まえ、本研究ではマントル最下部に加えてそれ以外の領域のマントルの構造推定を、局所的波形インバージョン手法を応用して行う。さらに、地表と核-マントル境界(以下、CMB)で複数回反射し観測点に到達した地震波を用いて回廊(コリドー)の様な大円経路に沿った断面図上での全マントルの S 波速度構造を波形インバージョンにより推定することを目指す。

3. 研究の方法

まず、北米に展開された稠密アレイ観測網 USArray で観測された大量の地震波形データを IRIS データセンターから収集し、下処理を行いデータセットの作成を行う。次にこれまで開発してきた局所的波形インバージョン法を作成したデータセットに適用し、マントル最下部の詳細な 3 次元 S・P 波速度及び異方性構造推定を行う。さらにマントル遷移層の S 波速度構造推定に局所的波形インバージョン法を応用する。可能であればマントル遷移層とマントル最下部の S 波速度構造の同時推定を行う。さらに、地表と CMB で複数回反射し観測点に到達した地震波を用いて大円経路に沿った断面図上での全マントルの S 波速度構造推定へ波形インバージョンを応用する。推定した構造を最新の鉱物物理学の結果と照合させ、地球深部のダイナミクスおよびマントルの熱・化学進化に関する学際的な研究に発展させる。

4. 研究成果

1. マントル最下部の詳細な 3 次元 S 波速度構造推定 (Suzuki et al. 2016; Borgeaud et al. 2017)

まず代表的な沈み込み領域である北太平洋下のマントル最下部 400km の 3 次元 S 波速度構造を推定対象として詳細な構造推定を行った。地震波の transverse 成分のうち、S・ScS 及びその間に到達するフェーズを含むデータに、局所的 3 次元構造推定のための波形インバージョン法 (Kawai et al. 2014) を適用して、北太平洋下のマントル最下部 400 km の 3 次元 S 波速度構造を推定した。その結果、(A) CMB から約 200 km 上の領域には水平方向に広がる高速度領域、(B) CMB 直上には鉛直方向に 50-150 km の強い低速度領域、さらに (C) 低速度領域 (B) から少なくとも鉛直方向に 400 km 続く低速度構造が推定された。速度異常が温度異常のみに起因すると仮定すると、高速度 (A) 及び低速度 (B) 領域はそれぞれ沈み込んだスラブ及び、スラブのブランケット効果によってその下で発達した熱境界層領域と考えられる。そして、鉛直方向に連なる低速度構造 (C) を、上昇する「受動的プルーム」がスラブの沈み込みによって誘発されたものと解釈した (Suzuki et al. 2016)。

また、アメリカに展開された稠密アレイ USArray のデータに適用し、高解像度 (水平 250km、鉛直 50km) で中米およびカリブ海下の最下部マントルの地震波速度構造を定量的に推定することに成功した。その推定結果によって、かつて太平洋の海底にあった古海洋プレートの沈み込みが CMB まで到達していることが明らかになった。さらに、その脇に CMB からの上昇流と解釈できる低速度異常があり、CMB まで沈み込んだ古プレートが上昇流を誘発している、前述の北部太平洋の構造と類似の構造が得られた。これらは地球表層の運動がマントルの対流を支配していることを示唆しており、この発見は地球の熱・化学進化の理解に貢献するものである (Borgeaud et al. 2017)。

2. 波形インバージョンによる震源パラメータの再決定と構造推定に与える影響の評価 (Yamaya et al. 2018)

私たちは、震源メカニズム・震源中心・震源時間関数などの震源パラメータを、波形の短周期成分を用いて再決定するソフトウェアを開発した。広帯域観測網 (GSN 及び FDSN) で得られた地震波形のやや短周期成分に適用し、南米下で発生した深発地震の震源パラメータを再決定した。これを稠密観測網 (USArray) で得られた地震波形に適用し、波形インバージョンを行うことで、中米下マントル最下部の 3 次元 S 波速度構造を推定した。GCMT 解を適用した構造推定の結果と比較することにより、震源パラメータの再決定による構造推定の改善度合いを定量的に評価した。その結果、(1) 私たちが再決定した深発地震の震源メカニズムと震源中心は GCMT 解とよく一致したが、震源時間関数は一致せず、浅発地震のスケーリング則から期待されるより短いことを確認した。(2) 震源パラメータの再決定により、推定した構造から求めた理

論波形と観測波形の残渣が減少した。(3)いずれの構造推定 結果でも、1次元初期モデルに対する速度異常のパターンは一致した。(4)特に震源時間関数の再決定により速度異常の振幅が約30%減少し、従来の手法における振幅の過大評価がわかった。(5)周期 12.5 秒以上よりも、周期 8 秒以上の成分を用いた場合の方が、震源パラメータの再決定による構造推定の改善度合いが大きかった(Yamaya et al. 2018)。以上開発した手法により、従来は使えなかった短周期成分を使用することができるため、今後高解像度な S 波速度構造推定が可能となる。

3. マントル遷移層の詳細な 3 次元 S 波速度構造推定 (Borgeaud et al. 2019)

2015 年にアメリカ本土で観測を終えたばかりの稠密アレイ地震観測網 USArray で観測された中米のやや深発地震の S 波のトリプリケーション波形を解析し、中米下のマントル遷移層中のスラブの詳細なイメージングに成功した。マントル遷移層は最下部マントルに比べて不均質構造の波長が短いので、推定対象領域を細かくパラメータ化(約 60 倍)する必要があった。そこで、解析手法の改良(数値的に求めていた計算の一部を解析的に求める工夫)を行い、従来のパラメータに対する偏微分係数波形の計算に比べ 100 倍の効率化を達成した。その結果、USArray で観測された S 波のトリプリケーション波形を解析し、マントル遷移層の地震波速度構造を世界最高解像度(水平 \sim 200km、鉛直 \sim 40km)で推定し、マントル遷移層内で海溝から沈み込んだスラブのイメージングに成功した。近似として、高速度領域は温度が(平均より)低い領域であり、一方で低速度領域は温度が(平均より)高い領域と考えられる。そのため、高速度領域は温度の低いスラブ、一方で低速度異常は温かい上昇流と解釈できる。推定したイメージによって、メキシコ湾の下ではスラブの沈み込み角度がやや水平になっていることがわかった。それは、スラブの下に温かい上昇流と解釈できる低速度異常が存在すること、またスラブの年代が北東ほど若く鉛直上向きの浮力が働く傾向があることから、スラブは下部マントルからの上昇流およびスラブの年代の違いに起因して、沈み込む場所ごとに沈み込む様式を変化させつつ、下部マントルに沈み込むことがわかった。また、ユカタン半島の西側の約 400km 深度においてスラブが断裂し、スラブの間の上昇流によって北西・南東で分断されていることがわかった。地質学の研究によって、1000 万年前に両側で形成年代が 1000 万年異なるテフアンテペク海嶺がメキシコの下に沈み込んだことがわかっていて、この地表の地質学的証拠と対比すると、推定された像は密度の異なる両側で浮力が異なるために海嶺が弱面になり地球内部で断裂したと考えられる。そのため、深さ 400km に存在するスラブは沈み込んでから 1000 万年経ったものであり、さらに、そのスラブ年代から、上部マントル中の平均沈降速度が年間約 4cm ということがわかった。本研究で得られたマントル遷移層におけるスラブの詳細なイメージングは地表の地球物理観測および地質学的証拠との対比を可能にした。その結果、遷移層におけるスラブの沈み込み様式を理解すること、および、地球内部のスラブ年代および沈降速度を推定することができ、地球の冷却速度に制約を与えることができた (Borgeaud et al. 2019)。

4. マントル最下部の 3 次元異方性構造推定 (Suzuki et al. 2019, JpGU 学会発表)

USArray で観測された大量の地震波形データの地震波水平 2 成分(transverse 及び radial 成分)の S 及び ScS を含むデータを用いて、マントル最下部 400km の 3 次元異方性構造(鉛直軸対称の異方性を仮定。推定パラメータは S 波異方性に関係する 2 つの弾性定数 L 及び N)を行った。大量のデータ(数十万の地震波形記録)を用いて安定してインバージョンを行うため、ソフトウェアの効率化、震源・観測点補正方法、データの重み付け等の改善を行った。その結果、我々は世界で初めて D''領域内部の異方性構造推定に成功した。得られた異方性構造と最新の高圧物性の知見(下部マントル構成鉱物のすべり系と弾性定数)を対照してマントル最下部の流れ場を推定した。その結果は成果 1 の仮説を支持するものであり、水平方向に流動する沈み込んだ古プレートと鉛直方向に流動する高温物質の存在を示唆した (Suzuki et al. 2019 JpGU 学会発表)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Borgeaud Anselme F. E., Kawai Kenji, Geller Robert J.	4. 巻 124
2. 論文標題 Three Dimensional S Velocity Structure of the Mantle Transition Zone Beneath Central America and the Gulf of Mexico Inferred Using Waveform Inversion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Geophysical Research: Solid Earth	6. 最初と最後の頁 9664 ~ 9681
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018JB016924	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, Borgeaud Anselme F.E., Kawai Kenji, Geller Robert J., Konishi Kensuke	4. 巻 282
2. 論文標題 Effects of redetermination of source time functions on the 3-D velocity structure inferred by waveform inversion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 117 ~ 143
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pepi.2018.04.012	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 Mulargia Francesco, Visconti Guido, Geller Robert J.	4. 巻 176
2. 論文標題 Scientific principles and public policy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth-Science Reviews	6. 最初と最後の頁 214 ~ 221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.earscirev.2017.09.007	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 Mulargia Francesco, Stark Philip B., Geller Robert J.	4. 巻 274
2. 論文標題 Reply to comments by Console et al.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 216 ~ 217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.pepi.2017.10.007	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 Borgeaud Anselme F. E., Kawai Kenji, Konishi Kensuke, Geller Robert J.	4. 巻 3
2. 論文標題 Imaging paleoslabs in the D layer beneath Central America and the Caribbean using seismic waveform inversion	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 1602700 ~ 1602700
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.1602700	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 Mulargia Francesco, Visconti Guido, Geller Robert J.	4. 巻 176
2. 論文標題 Scientific principles and public policy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth Science Reviews	6. 最初と最後の頁 214 ~ 221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.earsci.2017.09.007	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 Mulargia Francesco, Stark Philip B., Geller Robert J.	4. 巻 274
2. 論文標題 Reply to comments by Console et al.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 216 ~ 217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.pepi.2017.10.007	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 Hasegawa, K., Geller, R.J., Hirabayashi, N.	4. 巻 205
2. 論文標題 An error analysis of higher-order finite-element methods: effect of degenerate coupling on simulation of elastic wave propagation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1532-1547
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggw079	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 Borgeaud, A.F.E., Konishi, K., Kawai, K., Geller, R.J.	4. 巻 207
2. 論文標題 Finite frequency effects on apparent S-wave splitting in the D layer: comparison between ray theory and full-wave synthetics	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 12-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1093/gji/ggw254	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 Suzuki, Y., Kawai, K., Geller, R.J., Borgeaud, A.F.E., Konishi, K.	4. 巻 68
2. 論文標題 Waveform inversion for 3-D S-velocity structure of D beneath the Northern Pacific: possible evidence for a remnant slab and a passive plume	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1186/s40623-016-0576-0	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 Mulargia, F., Stark, P.B., Geller, R.J.	4. 巻 264
2. 論文標題 Why is Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) still used?	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physics of the Earth and Planetary Interiors	6. 最初と最後の頁 63-75
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) Physics of the Earth and Planetary Interiors	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

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Anselme F. E. Borgeaud, Frederic Deschamps, Kensuke Konishi, Kenji Kawai, Robert J. Geller
2. 発表標題 Waveform inversion for the radial elastic and anelastic structure of the lowermost mantle beneath Central America and the Caribbean
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Anselme F. E. Borgeaud, Frederic Deschamps, Kensuke Konishi, Kenji Kawai, Robert J. Geller
2. 発表標題	Waveform inversion for the radial elastic and anelastic structure of the lowermost mantle beneath Central America and the Caribbean,
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合大会 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	鈴木 裕輝, 河合 研志, グラー ロバート
2. 発表標題	Waveform inversion for 3D anisotropic structure in D beneath the Northern Pacific: Constraints on mineralogy and flow in the lowermost mantle
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合大会 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Anselme F. E. Borgeaud, Kenji Kawai, Robert J. Geller
2. 発表標題	3-D P- and S-velocity structure of the D layer beneath Central America and the Caribbean using waveform inversion
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合大会 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	鈴木 裕輝, 河合 研志, グラー ロバート, 田中 聡, Weerachai Siripuvaporn, Songkhun Boonchaisuku, Noisagool Sutthipong, 石原 靖, Tawoon Kim, 宮川 幸治, 竹内 希
2. 発表標題	Detailed 3-D S-velocity structure within D” at the western Pacific LLSVP margin: smaller scale plumes and paleoslabs
3. 学会等名	日本地球惑星科学連合大会 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1 . 発表者名 Tsubasa Ue, Kenji Kawai, Yuki Suzuki, Robert J. Geller
2 . 発表標題 Waveform inversion for 3-D S-wave velocity structure of the D" region beneath Eurasia
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Atsuki Oba, Kenji Kawai, Anselme F. E. Borgeaud, Robert J. Geller
2 . 発表標題 Finite frequency effects on the S wavefields in the lowermost mantle for elastic and density models based on mineral physics
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Lina Yamaya, Anselme F. E. Borgeaud, Kenji Kawai, Maxim Ballmer
2 . 発表標題 S-velocity structure of the mantle transition zone beneath the Northwestern Pacific inferred from waveform inversion and its geophysical interpretation
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yuki Suzuki, Kenji Kawai, Robert J. Geller
2 . 発表標題 3-D S-velocity structure in the lowermost mantle beneath the Northern Pacific
3 . 学会等名 Japan Geoscience Union (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Anselme F. E. Borgeaud, Kenji Kawai, Robert J. Geller, Maxim Ballmer
2. 発表標題 Waveform inversion for the 3-D S-velocity structure of the mantle transition zone beneath Central America using USArray data
3. 学会等名 Japan Geoscience Union (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Suzuki, Kenji Kawai, Robert J. Geller, Satoru Tanaka, Weerachai Siripunvaraporn, Songkhun Boonchaisuku, Noisagool Sutthipong, Yasushi Ishihara, Tawoon Kim, Koji Miyakawa, Nozomu Takeuchi
2. 発表標題 Full-waveform Inversion for Localized 3-D Shear Velocity Structure in D" Beneath the Western Pacific Using Thai Seismic Array (TSAR) Data
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Anselme F. E. Borgeaud, Kenji Kawai, Robert J. Geller
2. 発表標題 3-D S-velocity structure of the transition zone beneath Central America and the Northeastern Pacific from waveform inversion
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木裕輝, 河合研志, Robert J. Geller
2. 発表標題 波形インバージョンによる北部太平洋下D"領域の3次元S波速度構造推定
3. 学会等名 日本地震学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山谷里奈, Anselme Borgeaud, 河合研志, Robert J. Geller, 小西健介
2. 発表標題 震源時間関数の再決定が波形インバージョンによる3次元速度構造推定に与える影響の定量的評価
3. 学会等名 日本地震学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Anseleme F. E. Borgeaud, Kenji Kawai, Robert J. Geller, Kensuke Konishi
2. 発表標題 Effects of initial whole mantle 1-D S-velocity and Q structure on waveform inversion for 3-D S-velocity structure: Application to D" beneath Central America and the Caribbean
3. 学会等名 EGU General Assembly 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Anseleme F. E. Borgeaud, Kenji Kawai, Robert J. Geller, Kensuke Konishi
2. 発表標題 Waveform inversion for whole mantle 1-D S-velocity and Q structure beneath Central America and the Caribbean
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山谷里奈, Anseleme Borgeaud, 河合研志, Robert Geller, 小西健介
2. 発表標題 3-D S-velocity velocity structure in D obtained by waveform inversion after redetermination of the earthquake source parameters
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木裕輝, 河合研志, グラー・ロバート, 小西健介
2. 発表標題 Waveform tomography for 3-D shear velocity structure in the lowermost mantle beneath the Northern Pacific
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Anselme F. E. Borgeaud, Kenji Kawai, Robert J. Geller
2. 発表標題 Velocity structure of the transition zone beneath Central and North America and the Caribbean from waveform inversion
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木裕輝, 河合研志, Robert J. Geller, 小西健介
2. 発表標題 地震波形水平2成分を用いた北部太平洋下D”領域 の3次元S波速度構造推定
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山谷里奈, Anseleme F. E. Borgeaud, 河合研志, Robert J. Geller, 小西健介
2. 発表標題 再決定した深発地震の震源パラメータを用い波形インバージョンで推定した中米下D”領域の3次元構造
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Suzuki, Kenji Kawai, Robert J. Geller, Anselm F. E. Borgeaud, Kensuke Konishi
2. 発表標題 3-D S-velocity structure in the lowermost mantle beneath the Northern Pacific
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Robert J. Geller
2. 発表標題 What should we be rethinking?
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Borgeaud, A.F.E., Konishi, K., Kawai, K., Geller, R.J.
2. 発表標題 Full-waveform inversion for localized 3-D S-velocity structure in D beneath the Caribbean using USArray data
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Suzuki, Y., K., Kawai, K., Geller, R.J., Konishi, K.
2. 発表標題 Waveform inversion for 3-D shear wave velocity structure within D beneath the Northern Pacific and Alaska
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Borgeaud, A.F.E., Geller, R.J., Kawai, K.
2. 発表標題 Finite frequency effects on apparent S-wave splitting in the lowermost mantle
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鈴木裕輝, 河合研志, グラー・ロバート, 小西健介
2. 発表標題 地震波形水平 2 成分を用いた北部太平洋下 D 領域の 3 次元 S 波速度構造推定
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山谷里奈, Borgeaud, A.F.E., 河合研志, グラー・ロバート, 小西健介
2. 発表標題 深発地震の震源パラメータの再決定と波形インバージョンで推定した 3 次元内部構造への影響の見積 もり
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kawai, K., Konishi, K., Borgeaud, A.F.E., Suzuki, Y., Geller, R.J.
2. 発表標題 Waveform Inversion for 3D Shear Wave Velocity Structure in the Lowermost Mantle
3. 学会等名 Goldschmidt 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016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	河合 研志 (Kawai Kenji) (20432007)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授 (12601)	