

令和 2 年 5 月 19 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14382

研究課題名(和文)地震発生帯の不均質構造と広帯域地震動伝播に関する研究

研究課題名(英文) Modeling broadband seismic wave propagation within heterogeneous structures associated with seismogenic zone

研究代表者

武村 俊介 (Takemura, Shunsuke)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：10750200

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：高周波数地震動の伝播特性と地震発生帯の不均質構造の解明のため、観測波形の解析と3次元地震動シミュレーションを行った。地殻内の平均的な短波長不均質構造と減衰構造を明らかにし、その上で断層近傍不均質の解明に取り組んだが、震源パラメータ(震源位置、メカニズム解、震源時間関数など)の決定精度が大きな壁となることがわかった。地震動への不均質構造を考慮した波形解析法を開発することで、微小な地震現象であったとしても震源パラメータを正確に推定できる可能性があることを明らかにした。地震断層のすべり特性を明らかにするために、微小な地震現象の震源パラメータを精緻に推定することは重要であり、今後の研究が望まれる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では従来までの半理論的手法ではなく、現実的な地下構造を考慮した地震動シミュレーションを軸に観測との直接比較から地下の不均質構造の推定を行った。また、現実的な地下構造を考慮して震源の解析を行うことで、小さな地震現象であっても震源の特徴を正確に得ることができるとを示し、今後の地震発生帯あるいは地震物理への観測波形解析からの貢献の方向性を示した。震源の解析技術は喫緊の課題である南海トラフ域へも応用が可能で、巨大地震発生域とその周辺の震源物理特性を正確に把握することは、巨大地震シナリオや今後の推移予測を考える上でも重要な成果となることが期待され、今後も継続的な研究発展が望まれる。

研究成果の概要(英文)：To understand high-frequency seismic wave propagation and heterogeneities within the seismogenic zones, we analyzed seismic waveforms from dense observations and 3D numerical simulations. We estimated the model of small-scale velocity heterogeneity and intrinsic attenuation, which explain waveform characteristics of crustal earthquake. By using this model, we tried to analyze heterogeneities along the fault but model parameter fitting was difficult due to accuracy of source parameters for used earthquakes. Thus, we developed the method for estimation of source parameters. We demonstrated that by incorporating the reliable 3D model, source parameters even for small seismic events could be accurately estimated. Precise source parameters enable us to obtain physical properties of earthquake faults, which are deeply related with heterogeneities of the seismogenic zones.

研究分野：地震学

キーワード：地殻内地震 強震動 不均質構造 地震波散乱 南海トラフ 付加体

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地震時に観測される最大振幅分布は、断層とそれに直行する方向で強く、45度ずれた方向では弱い“4象限型”となることが理論的に予測され (Aki and Reicherts, 2002)、低周波数ではそのような振幅分布を示す。一方で、数 Hz 以上の高周波数では4象限型から崩れ、等方的な振幅分布へ近づくことが報告されている (例えば、Liu and Helmberger, 1985; Satoh, 2002; Takenaka et al., 2003)。観測された最大振幅分布の周波数・距離変化の原因は、地殻内に存在する数 km 以下の短波長速度不均質構造による地震波散乱が主である。また、短波長速度不均質構造の地域性や震源断層近傍に局在した不均質があることが知られており、それらは断層あるいは断層帯の特徴を反映している可能性がある。それらについて、いくつか先駆的な研究がある (例えば、Asano and Hasegawa, 2004; Carcolé and Sato, 2010) が、短波長速度不均質の地域性、震源近傍不均質や震源破壊過程を考慮した研究を進めることは、日本国内の地殻構造のモデル化および精度の高い強震動予測を目指す上で重要である。また、構造の知見が高度化することで、地震の震源物理特性の把握も高精度化し、震源断層の特徴解明につながる。

2. 研究の目的

本研究では、大型構造物の被害に影響を与える低周波数から、木造家屋などの被害に関連した高周波数を含んだ広帯域地震動の周波数・震源距離依存性を明らかにし、観測される最大振幅分布を再現する不均質構造モデルを提案する。具体的には、内陸で発生する中小規模地震の地震波形記録の解析から、(1) 地震時に観測される最大振幅分布の周波数・震源距離変化とその地域性を明らかにする。様々な不均質を仮定した3次元地震動シミュレーションから特に (2) 地震発生帯の短波長不均質構造または震源破壊過程の影響を明らかにし、(3) 観測との比較から実地震動シミュレーションのための不均質構造モデルを提案する。

3. 研究の方法

(1) 観測波形の解析

陸海統合地震津波火山観測網 (以下、MOWLAS) で得られた観測波形の P 波および S 波部分について、最大振幅の空間変化、継続時間の変化について様々な周波数でその空間変化を解析する。

(2) 広帯域地震動シミュレーション

水平成層構造あるいはより現実的な3次元層構造モデルに表層地形や短波長速度不均質構造を付与して地震動シミュレーションを行う。短波長速度不均質は指数関数型を仮定し、その特徴的なスケールと不均質の強さを様々に変え、それらのシミュレーションの結果と観測記録解析の結果を直接比較することで地震動伝播への影響を評価する。

4. 研究成果

(1) 中国地方の地殻内の短波長速度不均質と内部減衰構造の推定

中国地方を対象に、地殻内の短波長速度不均質構造と内部減衰の推定を行った。観測された最大振幅分布の空間変化と様々な短波長速度不均質構造を仮定した地震動シミュレーションの結果を比較することで、中国地方の地殻内の短波長速度不均質構造が相関距離 1 km、ゆらぎの強さ 3% の指数関数型のランダムな速度ゆらぎで統計的に表現可能であることを明らかにした。

地震動伝播における散乱減衰の効果は短波長速度不均質の導入で再現できるため、この短波長速度不均質構造を仮定した構造で、内部減衰のパラメータを様々に変え、最大振幅の距離減衰を説明する内部減衰モデルを推定した。推定した短波長速度不均質と内部減衰モデルを現実的な3次元層構造モデルへ導入し、地震動シミュレーションを行うことで 0.1-4 Hz と広い帯域における強震動の特徴を概ね再現することを示した (図 1)。

当該内容をまとめ、英国の国際誌へ投稿し、受理・掲載された【引用文献 1】。

(2) 熊本地震の余震地域への手法の展開

短波長速度不均質構造の地域性、あるいはより詳細な空間変化の把握のために、中国地方で行った検討を他の地域へ展開した。2016年に発生した熊本地震の余震を利用することとし

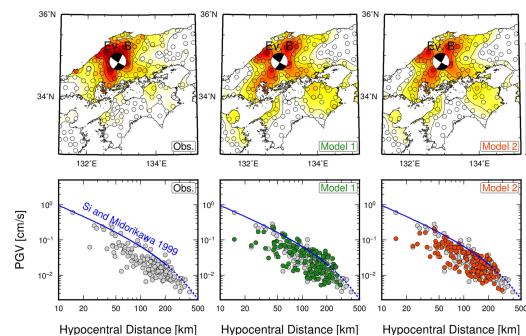


図 1. 2011 年 11 月 25 日に発生した地殻内地震の地震動シミュレーションの結果 (Takemura et al., 2017 より)。推定した内部減衰と短波長速度不均質構造を含んだシミュレーション (Model 2) が観測された最大速度振幅 (PGV) を最もよく説明している。

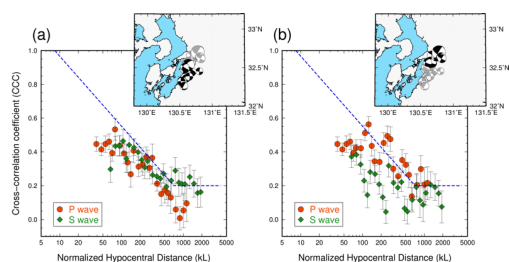


図 2. 熊本地震の余震を用いた最大振幅分の理論予測からのズレ (相関) の規格化震源距離 (震源距離×波数) 変化。(a) 南側で発生した地震を利用した結果、(b) 北側で発生した地震を利用した結果。

た。この地震は、布田川断層帯と日奈久断層帯の一部が破壊したと考えられており、それぞれの断層帯に余震が広く分布している。

それらの余震を用いて Takemura et al. (2017) の手法により、最大振幅分布が理論予測からどの程度ずれているかを評価した (図 2)。余震域の南側 (日奈久断層帯; 図 2a) で発生した余震を用いると、中国地方と同様の傾向 (背景に描いた点線) を示す。しかし、余震域の北側 (布田川断層帯; 図 2b) の余震を用いた解析結果では、中国地方と異なる結果となった。特に S 波の相関が低く、S 波速度構造が布田川断層帯周辺で中国地方と大きく異なることが示唆される。不均質構造を様々に変えた地震動シミュレーションによりこれらの結果の再現に挑んだが、未知なパラメーターが多く断層帯毎の不均質性の特徴を明らかにするためには、さらなる解析や工夫を行う必要があることがわかった。

これらの成果は、2017 年に開催された国際会議 (IAG-IASPEI) や日本地震学会秋季大会、2018 年日本地震学会秋季大会にて発表を行った。

(3) 南海トラフの不均質構造と波動伝播特性の理解と応用

発生した地震の震源物理特性を正しく把握することは、地震の断層面の摩擦状態を知る上で重要であり、地震発生あるいは発生帯の構造的特徴の理解に大きくつながる。南海トラフでは巨大地震の発生が懸念されており、様々な研究が行われている。その中で、近年注目されているスロー地震と呼ばれる通常の高速すべりによる地震と性質が大きく異なる現象の震源物理特性を正しく把握することを目的とし、南海トラフ域周辺の波動伝播特性の把握とそれを利用した震源物理特性推定手法の開発を行った。

南海トラフは付加体と呼ばれる厚い堆積層に覆われており、それらが地震動伝播特性を支配している。観測およびシミュレーション波形を駆使し、長周期地震動および短周期地震動への付加体の影響を評価した【引用文献 2, 3】。長周期成分を用いて震源物理特性が推定可能な中規模地震や浅部超低周波地震については、3 次元不均質構造を考慮した震源メカニズム解推定手法を開発および 10 年以上の長期間のデータへ適用することで、それらの発生位置、規模とメカニズム解を精度よく推定し、長期間の地震活動カタログを構築した【引用文献 4, 5】。公開されている様々なスロー地震カタログと我々の推定結果を重ねて描くと図 3 のようになり、通常の地震、スロー地震とすべり欠損速度の大きい領域の棲み分けが確認され、これらはプレート境界面の摩擦特性の空間変化を反映すると考えられる。また、短周期地震動の特徴【引用文献 3】を利用することで、スロー地震の 1 種である浅部超低周波微動の特徴把握も加速すると期待される。

これらの成果を含めた地殻内の短波長速度不均質と地震動伝播のモデル化に関して、2016 年度日本地震学会 若手学術奨励賞 (2017 年 5 月受賞) を受賞し、それらの内容について 2017 年日本地震学会秋季大会にて記念講演を行い、さらに初学者にわかりやすく解説論文を執筆し、和文誌 地震 第 2 輯へ掲載された【引用文献 6】。

【引用文献】

1. Takemura, S., Kobayashi, M., & Yoshimoto, K. (2017), High-frequency seismic wave propagation within the heterogeneous crust: effects of seismic scattering and intrinsic attenuation on ground motion modelling, *Geophysical Journal International*, vol. 210 (2), 1806-1822, doi:10.1093/gji/ggx269
2. Takemura, S., Kubo, H., Tonegawa, T., Saito, T., & Shiomi, K. (2019), Modeling of long-period ground motions in the Nankai subduction zone: model simulation using the accretionary prism derived from oceanfloor local S-wave structures, *Pure and Applied Geophysics*, vol. 176 (2), 627-647, doi:10.1007/s00024-018-2013-8.
3. Takemura, S., Yabe, S., & Emoto, K. (2020), Modelling high-frequency seismograms at ocean bottom seismometers: effects of heterogeneous structures on source parameter estimation for small offshore earthquakes and shallow low-frequency tremors, submitted to *Geophysical Journal International*, preprint available from <https://doi.org/10.31223/ofs.io/ngv2j>
4. Takemura, S., Matsuzawa, T., Noda, A., Tonegawa, T., Asano, Y., Kimura, T., & Shiomi, K. (2019), Structural characteristics of the Nankai Trough shallow plate boundary inferred from shallow very low frequency earthquakes, *Geophysical Research Letters*, vol. 46 (8), 4192-4201, doi:10.1029/2019GL082448

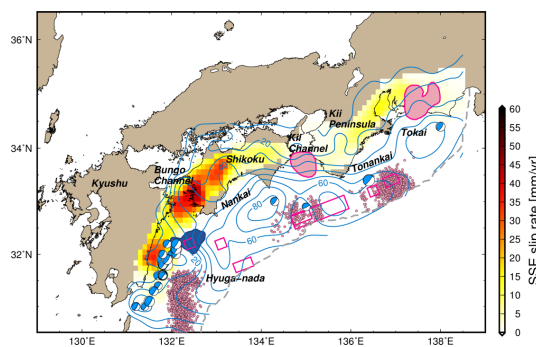


図 3. 南海トラフのプレート境界における通常の地震 (寒色系) とスロー地震の分布の違い (暖色系)。背景の青い等値線は Noda et al. (2018) のプレート境界におけるすべり欠損速度を示している。通常の地震とスロー地震は棲み分けており、すべり欠損速度の大きい領域では通常の地震もスロー地震も発生していないなどがわかる。

5. Takemura, S., Okuwaki, R., Kubota, T., Shiomi, K., Kimura, T., & Noda, A. (2020), Centroid moment tensor inversion of offshore earthquakes using a three-dimensional velocity structure model: slip distributions on the plate boundary along the Nankai Trough, *Geophysical Journal International*, accepted, doi:10.1093/gji/ggaa238
6. 武村俊介 (2018),地震波解析と波動伝播計算に基づく地球内部の短波長不均質構造の研究, *地震* 第2輯, 71, 13-41, doi:10.4294/zisin.2017-11

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takemura Shunsuke, Matsuzawa Takanori, Kimura Takeshi, Tonegawa Takashi, Shiomi Katsuhiko	4. 巻 45
2. 論文標題 Centroid Moment Tensor Inversion of Shallow Very Low Frequency Earthquakes Off the Kii Peninsula, Japan, Using a Three-Dimensional Velocity Structure Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geophysical Research Letters	6. 最初と最後の頁 6450 ~ 6458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1029/2018GL078455	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 Iwaki Asako, Maeda Takahiro, Morikawa Nobuyuki, Takemura Shunsuke, Fujiwara Hiroyuki	4. 巻 70
2. 論文標題 Effects of random 3D upper crustal heterogeneity on long-period (1 s) ground-motion simulations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-018-0930-5	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 Takemura Shunsuke, Kubo Hisahiko, Tonegawa Takashi, Saito Tatsuhiko, Shiomi Katsuhiko	4. 巻 176
2. 論文標題 Modeling of Long-Period Ground Motions in the Nankai Subduction Zone: Model Simulation Using the Accretionary Prism Derived from Oceanfloor Local S-Wave Velocity Structures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Pure and Applied Geophysics	6. 最初と最後の頁 627 ~ 647
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00024-018-2013-8	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 -
1. 著者名 武村俊介	4. 巻 71
2. 論文標題 地震波解析と波動伝播計算に基づく地球内部の短波長不均質構造の研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地震 第2輯	6. 最初と最後の頁 13-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4294/zisin.2017-11	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 -

1. 著者名 Takemura, S., Kimura, T., Saito, T., Kubo, H., Shiomi, K.	4. 巻 70
2. 論文標題 Moment tensor inversion of the 2016 southeast offshore Mie earthquake occurred in the Tonankai Region using a three-dimensional velocity structure model: Effects of the accretionary prism and subducting oceanic plate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-018-0819-3	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 Takemura, S., Kobayashi, M., Yoshimoto, K.	4. 巻 210
2. 論文標題 High-frequency seismic wave propagation within the heterogeneous crust: Effects of seismic scattering and intrinsic attenuation on ground motion modellin	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Geophysical Journal International	6. 最初と最後の頁 1806-1822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/gji/ggx269	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 -

1. 著者名 Maeda, T., Takemura, S., Furumura, T.	4. 巻 69
2. 論文標題 OpenSWPC: An open-source integrated parallel simulation code for modeling seismic wave propagation in 3D heterogeneous viscoelastic media	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-017-0687-2	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26件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 武村俊介、利根川貴志、中島淳一、汐見勝彦
2. 発表標題 海洋モホを伝播する屈折波を用いた海洋性地殻のエクロジャイト化する深さ推定の試み
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉本和生、武村俊介
2. 発表標題 高周波数帯の地震波振幅のばらつきと地殻構造の不均質性ー地震動シミュレーションによる数値実験ー
3. 学会等名 日本地球惑星連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Takemura, Y Asano, T. Matsuzawa, A. Noda, T. Kubota and K. Shiomi
2. 発表標題 Spatiotemporal variations of shallow very low-frequency earthquake activities along the Nankai Trough
3. 学会等名 27th IUGG General Assembly (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉本和生、武村俊介
2. 発表標題 地下構造のランダム不均質の揺らぎの大きさとばらつきー地震動シミュレーションによる評価ー
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 武村俊介、江本賢太郎、矢部優
2. 発表標題 浅部低周波地震の地震動シミュレーション：付加体、海水および短波長構造の影響
3. 学会等名 研究集会「広帯域波動現象の観測とその背景にある物理モデルの解明」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉本和生、武村俊介
2. 発表標題 地震動シミュレーションによる地殻構造のランダム不均質性の強さと地震波振幅のばらつきの関係
3. 学会等名 研究集会「広帯域波動現象の観測とその背景にある物理モデルの解明」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武村俊介
2. 発表標題 差分法による地震動シミュレーションの基礎とOpenSWPCの活用例
3. 学会等名 「強震動予測—その基礎と応用」第19回講習会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武村俊介、汐見勝彦
2. 発表標題 観測地震波動場に見られる3次元地下不均質構造の影響：西南日本を対象とした地震動シミュレーションによる検討
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武村俊介、松澤孝紀、木村武志、利根川貴志、汐見勝彦
2. 発表標題 3次元地下構造モデルを用いた紀伊半島沖で発生する浅部超低周波地震地震のモーメントテンソルインバージョンの試み：付加体構造の影響
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢部優、武村俊介
2. 発表標題 Synthetic Tests of the Focal Mechanism Estimation using High Frequency Seismic Waveform
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩城麻子、前田宜浩、森川信之、武村俊介、藤原広行
2. 発表標題 地殻内のランダム不均質媒質が関東地域の長周期地震動 シミュレーションに及ぼす影響
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsuke Takemura, Takanori Matsuzawa, Takeshi Kimura, Takashi Tonegawa, Katsuhiko Shiomi
2. 発表標題 Moment tensor inversion of shallow very low-frequency earthquakes around off the Kii peninsula, Japan, using a three-dimensional velocity structure model
3. 学会等名 AOGS annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Suguru Yabe, Shunsuke Takemura
2. 発表標題 Focal mechanism estimation of low-frequency earthquakes using high frequency seismograms: method and synthetic test
3. 学会等名 AOGS annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉本和生、武村俊介
2. 発表標題 非等方輻射震源の地震波振幅のばらつきの方位角変化ー地震動シミュレーションによる評価ー
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武村俊介、齊藤竜彦、久保久彦、汐見勝彦
2. 発表標題 見掛け輻射特性の周波数・距離依存性の空間変化
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武村俊介、松澤孝紀、浅野陽一、木村武志、利根川貴志、汐見勝彦
2. 発表標題 3次元不均質構造を用いた紀伊半島沖から室戸沖にかけての浅部超低周波地震のCMTインバージョン
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsuke Takemura, Takanori Matsuzawa, Youichi Asano, Takeshi Kimura, Takashi Tonegawa, Katsuhiko Shiomi
2. 発表標題 Spatial Variations of Shallow Very Low-Frequency Earthquakes in the Nankai Subduction Zone based on CMT inversion using 3D Velocity Structure Model
3. 学会等名 10th ACES International Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武村俊介、齊藤竜彦、久保久彦、汐見勝彦
2. 発表標題 見掛け輻射特性の空間変化と不均質構造
3. 学会等名 研究集会「広帯域波動現象とその時間変化の実態解明」
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武村俊介
2. 発表標題 地震波形解析と波動伝播計算に基づく地球内部の短波長構造の研究
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 武村俊介
2. 発表標題 観測記録と3次元地震動シミュレーションに基づく高周波数地震動のモデル化
3. 学会等名 JpGU-AGU joint meeting（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takemura, S., Saito, T., Kubo, H., Shiomi, K.
2. 発表標題 Role of localized heterogeneities on distortion of the apparent radiation patterns: aftershock sequence of the 2016 Kumamoto earthquake
3. 学会等名 IAG-IASPEI（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 武村俊介、久保久彦、齊藤竜彦、利根川貴志、汐見勝彦
2. 発表標題 2016年4月1日に発生した三重県南東沖の地震 (M6.5) の地震動伝播シミュレーション
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 S. Takemura, T. Kimura, K. Shiomi, H. Kubo and T. Saito
2. 発表標題 Moment tensor inversion of shallow offshore earthquake in the Nankai subduction zone using a three-dimensional velocity structure model
3. 学会等名 IAG- IASPEI (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 武村俊介、木村武志、汐見勝彦、久保久彦、齊藤竜彦
2. 発表標題 3次元地下構造モデルを用いた沖合の浅発地震のメカニズム解推定と地震波伝播：2016年4月1日に発生した三重県南東沖の地震
3. 学会等名 JpGU-AGU joint meeting
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshimoto, K., Takemura, S., Kobayashi, M.
2. 発表標題 Amplitude fluctuation of seismic waves in the crust
3. 学会等名 IAG- IASPEI (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉本和生、武村俊介
2. 発表標題 地殻構造のランダム不均質性による最大速度評価の不確定性
3. 学会等名 日本地震学会秋季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究代表のweb siteより学会発表リスト https://sites.google.com/site/takeshun1984/presentations?authuser=0 研究代表のweb siteより論文リスト https://sites.google.com/site/takeshun1984/seismology?authuser=0 研究代表のResearchmap https://researchmap.jp/shunsuke-0328/ 防災科学技術研究所 個人ページ http://quake.m.bosai.go.jp/~shunsuke/ 申請者個人ページ 論文 https://sites.google.com/site/takeshun1984/seismology?authuser=0 申請者個人ページ 学会発表 https://sites.google.com/site/takeshun1984/presentations?authuser=0 Researchmap https://researchmap.jp/shunsuke-0328/</p>
--

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