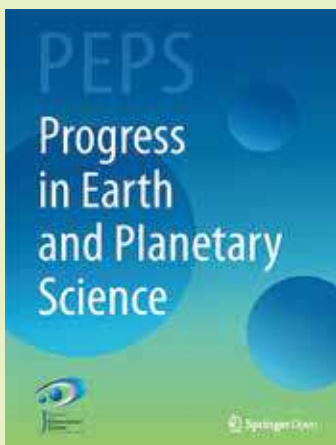
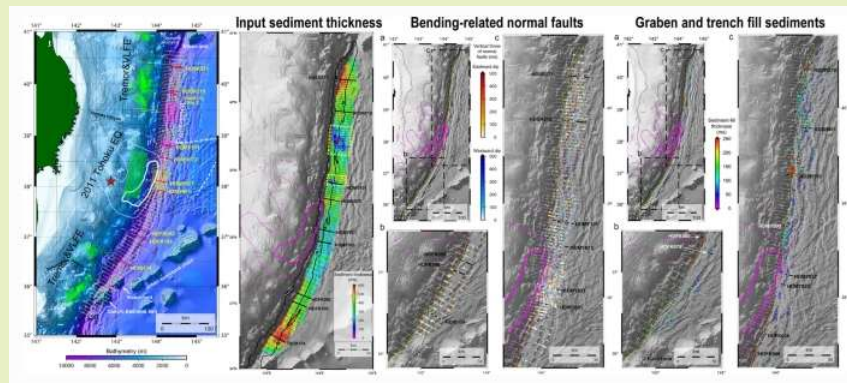
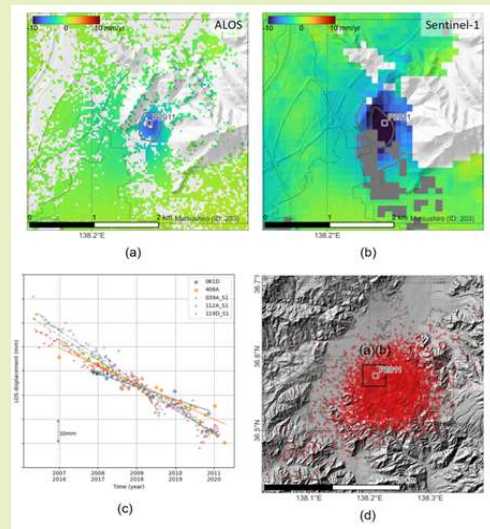
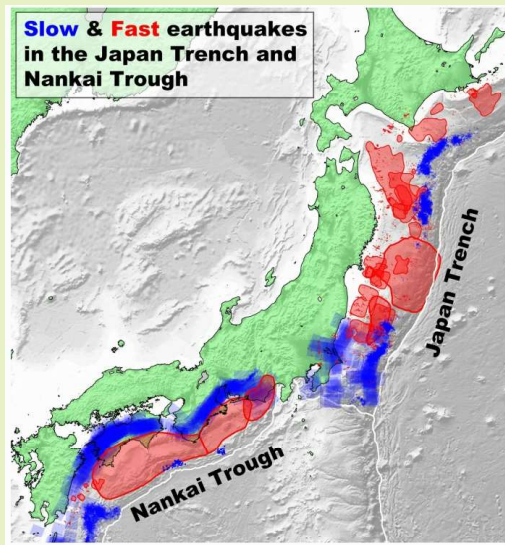


PEPS出版論文

日本地震学会論文賞受賞論文要旨集2024

(PEPSから出版された論文は論文賞の対象論文です)



PEPS

Progress in Earth
and Planetary Science

Japan Geoscience Union (JpGU) Open Access journal
<https://progearthplanetsci.springeropen.com/>



Paper with full data attached Article

『 Nationwide urban ground deformation in Japan for 15 years detected by ALOS and Sentinel-1 』

ALOS 及び Sentinel-1 によって検出された 15 年間の日本全国都市域の地表変動

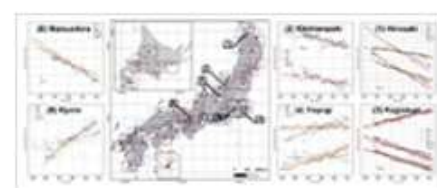
森下 遊, 杉本 隆, 中村 良介, 堤 千明, 夏秋 嶺, 島田 政信

2023 年 11 月 23 日出版

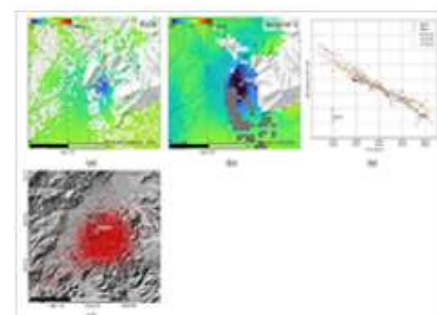
[Keywords]

ALOS, Ground deformation, InSAR, Japan, Nationwide, Sentinel-1, Subsidence, Time series analysis

現在では、干渉 SAR 時系列解析は広域の地表変動を監視するための主要なツールとなっている。2014 年に打ち上げられた Sentinel-1 の SAR データは、定期的かつ高頻度に全球の大部分を網羅し、かつ、オープンフリーでデータが配布されていることにより、干渉 SAR 時系列解析を通じて、高精度かつ高空間分解能で全球の地表変動の計測と監視を可能にした。Sentinel-1 以前にも、過去の SAR 衛星によって観測されたデータセットがいくつか存在するが、それらの観測当時はデータの品質、解析技術、データポリシー、計算処理能力などの制約があったため、現在のような網羅的な地表変動監視は行われていなかった。しかし、2020 年にはオープンソースの干渉 SAR 時系列解析ツール「LiCSBAS」が、2022 年には産業技術総合研究所から大量の ALOS 干渉 SAR プロダクトがオープンフリーで公開されたため、これらを利用することにより、ALOS の運用期間である 2006 年から 2011 年までの地表変動を容易に導出することができるようになった。本研究では、これら ALOS 干渉 SAR プロダクト及び LiCSBAS を利用して、2006 年から 2011 年までの日本の主要都市域における地表変動の時系列と速度を算出した。さらに、Sentinel-1 データによって検出された 2014 年から 2020 年までの地表変動 (Morishita, 2021) と比較し、15 年間の地表変動の推移を把握することを試みた。その結果、苫小牧市や新潟市では長期的に一定した地盤沈下が、弘前市、九十九里平野、金沢市、長野市松代では変動領域や変動速度の変化が、常総市、東京都代々木、京都市では地表変動の出現や消失がみられた。今後もさらに豊富な SAR データが継続的に取得されることにより、より長期的な地表変動の推移が明らかになり、変動メカニズムの解明や変動抑制への対策に役立てられるであろう。



(上図) 本研究で使用した ALOS データの観測フレームと解析対象地域。(1) から (6) は代表的な変動検出地域における変動時系列。



(下図) 長野市松代における地表変動。a 及び b はそれぞれ ALOS 及び Sentinel-1 によって検出された上下変動速度。c は P2011 における LOS 変動時系列。d は 1965 年 8 月から 1967 年 5 月の松代群発地震の震源分布。

日本語原稿執筆者: 森下 遊 (産業技術総合研究所)



Review Article

『 A review on slow earthquakes in the Japan Trench 』

日本海溝におけるスロー地震に関する総説

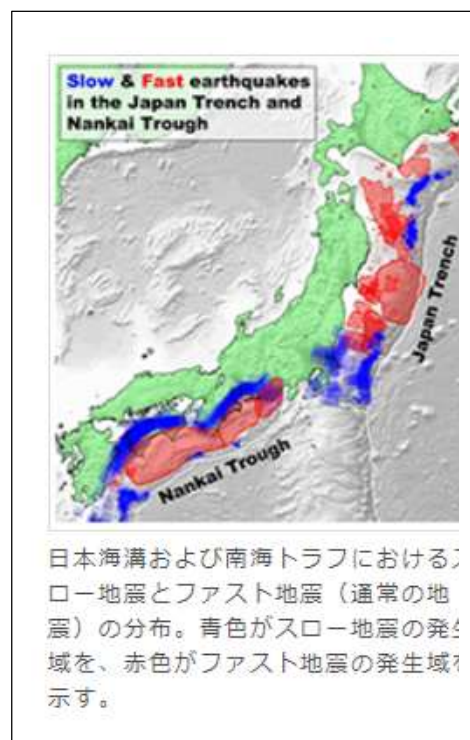
西川友章, 井出 哲, 西村卓也

2023 年 1 月 3 日出版

[Keywords]

Japan Trench, Slow earthquake, Tectonic tremor, Very-low-frequency earthquake, Slow slip event, Megathrust earthquake, Tohoku-Oki earthquake, Subduction zone, Crustal structure, Geological environment

スロー地震は、ゆっくりとした間欠的な断層滑り現象であり、通常地震(速い地震)と並んで、プレート境界変形プロセスの基本的な構成要素である。2011 年 3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震)が発生した沈み込み帯、日本海溝では、最近の地震・測地観測により、詳細なスロー地震活動が明らかとなった。本論文では、日本海溝沿いのスロー地震に関する観測、実験、シミュレーション研究とその歴史をレビューする。我々は、スロー地震(テクトニック微動、超低周波地震、スロースリップイベントなど)と、スロー地震に関連する断層滑り現象(小繰り返し地震、群発地震、プレート境界大地震の前震など)の観測結果を総合し、日本海溝沿いの統合的なスロー地震分布図を提示する。スロー地震と海溝型巨大地震は空間的に相補的に分布し、スロー地震はその周辺で速い地震を誘発することがある。プレート境界面の走行方向約 200km に及ぶ地震学的スロー地震(テクトニック微動及び超低周波地震)の空白域は、日本海溝中央部の巨大なプレート間固着域に対応する。東北沖地震はこの固着域を破壊したが、その破壊は日本海溝の北部と南部のスロー地震発生域には深く伝播することなく停止した。スロー地震は、日本海溝における巨大地震の破壊開始と停止の両方に関与している。次に、我々は、スロー地震分布と日本海溝の地殻構造(プレート境界の堆積物ユニット、沈み込む海山、プチスポット火山、ホルスト・グラベン構造、残差重力、地震波速度構造、プレート境界反射強度など)を比較した。さらに、スロー地震発生域の地質環境(水の供給源、温度-圧力条件、変成作用など)について述べる。我々の統合的なスロー地震分布図により、東北沖地震の発生過程におけるスロー地震の役割を包括的に議論することが可能となった。また、スロー地震分布と地殻構造・地質環境の対応は、日本海溝におけるスロー地震発生メカニズムに関する洞察をもたらし、高圧な流体が複雑なスロー地震分布を理解するための鍵であることを示唆する。さらに、我々は、スロー地震活動を詳細にモニタリングすることで、日本海溝におけるプレート間地震活動の予測を改善し得ると提案する。



日本語原稿執筆者: 西川友章(京都大学防災研究所)



Research Article

『 Evolution of the geological structure and mechanical properties due to the collision of multiple basement topographic highs in a forearc accretionary wedge: Insights from numerical simulations 』

複数の基盤の高まりが衝突することによる前弧付加体の構造と力学特性の発達: 数値シミュレーションによる検討

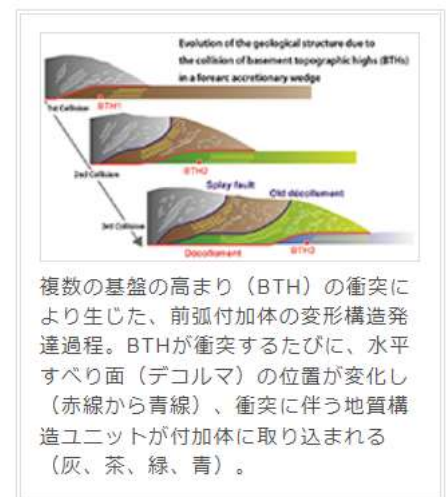
宮川 歩夢, 野田 篤, 高下裕章

2022 年 1 月 4 日出版

[Keywords]

Collision, Basement topographic high, Seamount, Ridge, Forearc accretionary wedge, Numerical simulation, Subduction zone, Nankai Trough

沈み込み帯で海山、リッジ、ホルストなどの基盤の高まり(basement topographic high: BTH)が前弧付加体に複数衝突した際の地質構造および力学特性の発達過程について概念的な地質モデルを提案した。海洋プレート上には多くの BTH が存在する。それら BTH が前弧付加体に複数で連続的に衝突する際に、どのような地質構造を作るのか、またそれに伴い付加体内部で力学特性(応力場や間隙率)がどのように変化するかは、これまで十分検討されていなかった。そこで、個別要素法を用いた数値シミュレーションを行い、3 つの BTH が前弧に衝突した場合の影響を検討した。従来からモデル化されていた海山衝突に伴う典型的な地質構造は、最初の BTH の衝突時に再現された。その後、複数回の BTH 衝突により BTH に伴う衝突構造が繰り返し形成されることが明らかになった。具体的には、以下の①から③の変形過程を繰り返した。まず、①BTH の衝突で基底部のデコルマ(水平すべり面)が、沈み込む堆積層表面まで持ち上がり、ルーフデコルマとなる。その後、②BTH の通過後にルーフデコルマが不活性化すると、基底部に新たなデコルマが形成される。デコルマの位置が変化する際に、③不活性化したルーフデコルマを挟んで、BTH により持ち上げられた付加体先端部と BTH 後方の未変形な堆積物が、付加体に取り込まれる。付加体内部の力学場は、1 つの BTH の後方(すなわち海側)の未変形な堆積物中には水平圧縮応力が低いシャドウゾーンが形成され、高い間隙率が維持される。次の BTH が衝突すると、先の BTH 衝突で形成されたシャドウゾーンにおいても水平圧縮応力が高くなり、圧縮が進行し堆積物の間隙率が低下する。この一連の地質構造および間隙率構造の不均質な発展は、特徴的な間隙水圧パターンを生成する。具体的には、BTH 後方で沈み込んだ堆積物は流体を保持しており、次の BTH 衝突に伴う強い水平圧縮応力下で間隙率の急激な減少とともに間隙水圧が増加する。このような構造・力学状態のコントラストは、西南日本熊野沖の南海トラフ付加体と類似している。熊野沖付加体では、付加体の下部の沈み込むリッジの前方(陸側)に低速度・高間隙水圧力域が存在することから、現在の BTH 衝突に伴う強い水平圧縮応力が、過去の BTH に伴い沈み込んだ堆積物内の間隙水圧を上昇させたことを示唆している。



日本語原稿執筆者: 宮川 歩夢(産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門)

Progress in Earth and Planetary Science 2022 9:1

DOI: 10.1186/s40645-021-00461-4

<https://doi.org/10.1186/s40645-021-00461-4>



Research Article

『 Effects of frictional properties of quartz and feldspar in the crust
on the depth extent of the seismogenic zone 』

地震発生領域の深部境界に対する地殻内の石英と長石の摩擦特性の影響

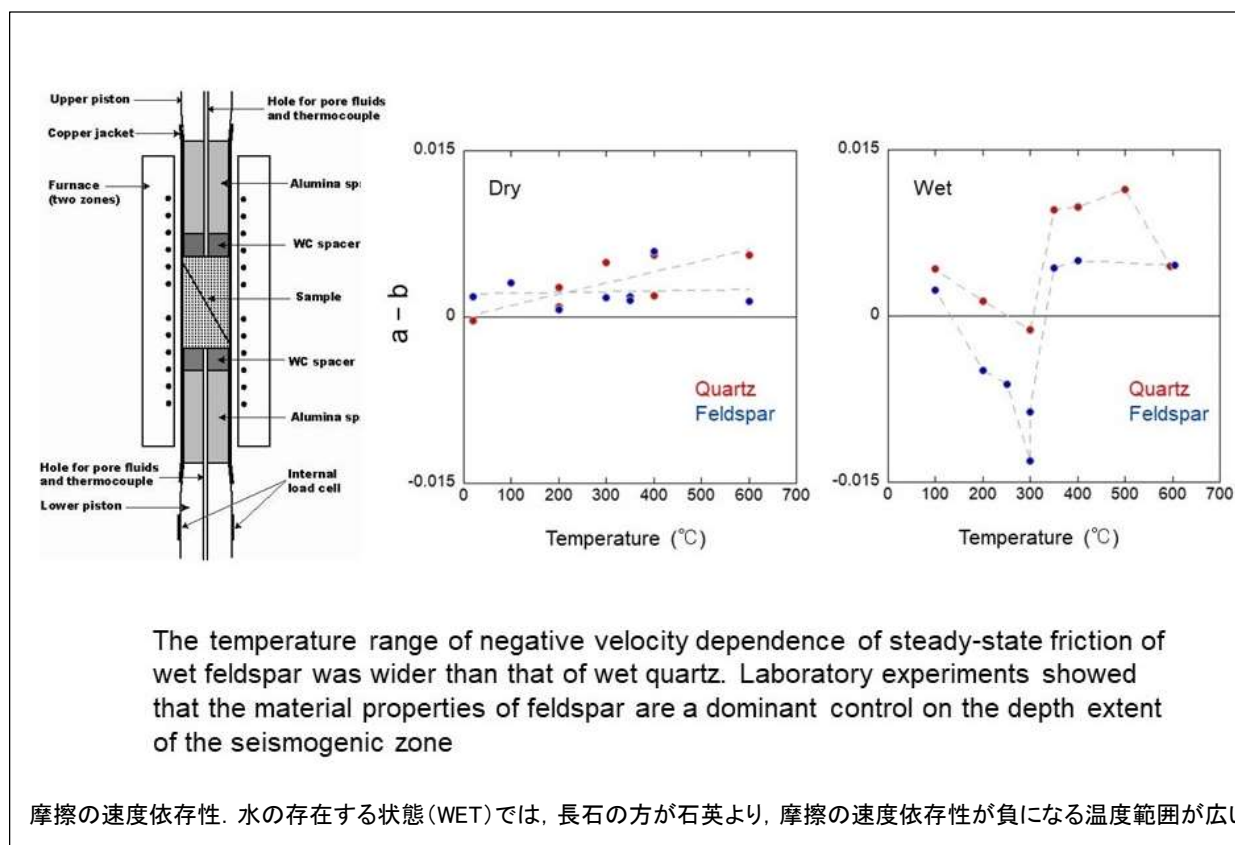
増田 幸治, 新井 崇史, 高橋 美紀

2019 年 7 月 19 日出版

[Keywords]

Fault friction, Quartz, Feldspar

地殻内における地震発生領域の深部方向の広がりやその範囲は、地震の大きさに密接に関係している。したがって、地震発生領域の深部境界を決めるメカニズムの解明は地震学や災害の軽減にとって重要な課題である。室内における岩石実験研究は地震発生メカニズムが断層を構成する物質の摩擦特性によってコントロールされていることを明らかにしてきた。そこで、地殻構成鉱物の摩擦特性や、それが地震発生に及ぼすメカニズムを考察するために、600℃までの温度範囲で、水の存在しない状態(Dry)と存在する状態(Wet)で、地殻岩石を構成する主要鉱物である石英と長石の摩擦特性を測定した。その結果、水の存在する状態では、長石の方が石英よりも、摩擦の速度依存性が負になる温度範囲が広いということがわかった。これは、長石の方が石英よりも、地震すべりが発生する不安定領域に相当する温度範囲が広いことを示している。今回の結果は、地殻深部ほど温度が高くなっていくことを考慮すると、長石の摩擦特性が地震発生領域の深部境界を制限するのに主要な役割をはたしている可能性を示唆している。



日本語原稿執筆者:

増田 幸治(産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

Progress in Earth and Planetary Science 2019 6:50

DOI: 10.1186/s40645-019-0299-5

<https://doi.org/10.1186/s40645-019-0299-5>

Research Article

『 Fault model of the 2012 doublet earthquake, near the up-dip end of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, based on a near-field tsunami: implications for intraplate stress state 』

近地津波記録から推定した 2012 年プレート内ダブルット地震断層モデル:

2011 年東北地方太平洋沖地震前後のプレート内応力場

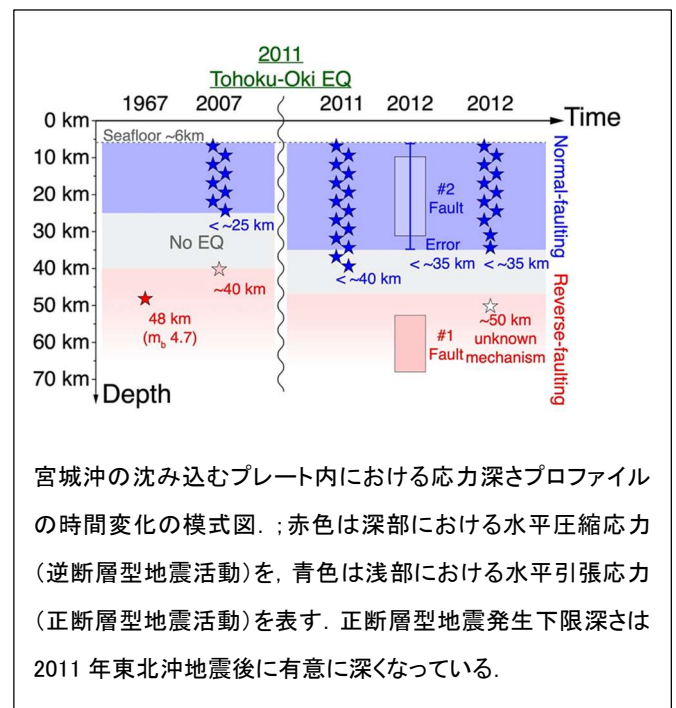
久保田 達矢, 日野 亮太, 稲津 大祐, 鈴木 秀市

2019 年 12 月 26 日出版

[Keywords]

Ocean bottom pressure gauge, Doublet earthquake, Intraplate earthquake, 2011 Tohoku-Oki earthquake, Bending stress, Fault modeling

2012 年 12 月 7 日に、日本海溝の近傍の太平洋プレート内部で 2 つのサブイベントからなる地震 (以下、ダブルット地震) が発生した。先行したサブイベント (Mw 7.2) はプレート内深部で発生し逆断層型の発震機構、もう一つ (Mw 7.1) は約 10 秒後に浅部で発生し正断層型の発震機構をもつ。海溝軸近傍でのプレート内では、沈み込むプレートの折れ曲がりによって浅部と深部それぞれで引張・圧縮の応力場が発達していることが知られている (以下、折れ曲がり応力)。本研究では、震源域の近傍で得られた津波記録、遠地地震波形、余震分布からダブルット地震を構成する 2 つのサブイベントの断層モデルを推定し、2011 年東北沖地震後のプレート内折れ曲がり応力場と東北沖地震による応力場の変化を考察した。深部逆断層型サブイベントと浅部正断層型サブイベントの断層の深さ方向の広がり、それぞれ 45–70 km および 5–35 km と推定された。浅部の正断層型地震の発生下限深さ (約 30–35 km) は、2007 年の海底地震観測に基づく正断層型地震活動の下限 (約 25 km) に比べて有意に深く、東北沖地震により正断層型地震の発生範囲が変化したと考えられる。東北沖地震の地震時すべり量分布から期待される東北沖地震による水平引張の静的応力変化の大きさはダブルット地震の震源域では 20 MPa 程度であるが、震源域の岩石の摩擦強度を 0.6 と仮定すると、推定された地震発生域の深さ変化を説明するには 300 MPa にもおよぶ応力が必要となってしまう。東北沖地震前後での正断層型地震発生層下限の深さ変化を東北沖地震による応力変化で説明するには、正断層型地震が発生する範囲での摩擦係数は大きくとも 0.2 でなければならない。これは、プレート内の断層に沿って間隙流体が深さ 30–35 km まで浸透しているために岩石のせん断強度が大幅に低下している可能性を示唆する。曲げ変形によるひずみ速度が遅いプレート内深部では定常的な地震活動が低い、摩擦強度が低下しているために東北沖地震による応力変化で正断層型地震の活動が顕在化したと解釈される。



日本語原稿執筆者:

久保田 達矢 (防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター)

(敬称略)



Research Article

『 Variations in precursory slip behavior resulting from frictional heterogeneity 』

摩擦不均質断層における前駆滑りの振る舞い

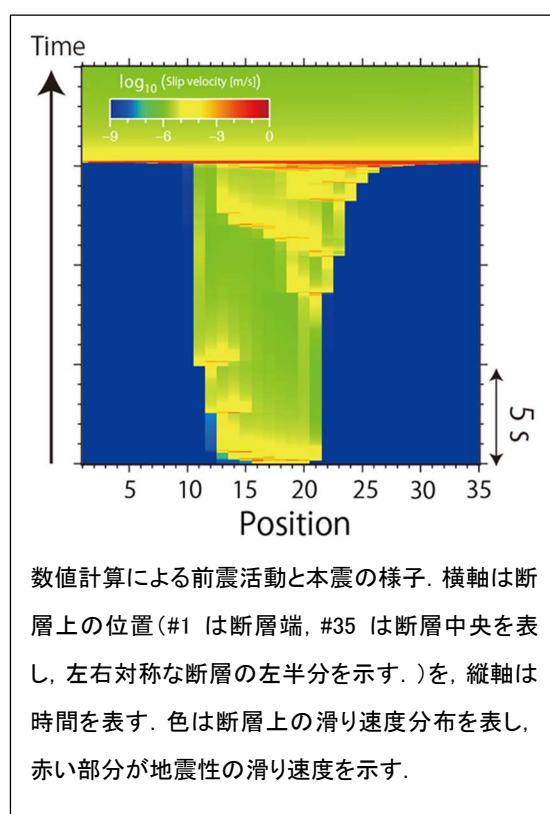
矢部優, 井出哲

2018 年 8 月 22 日出版

[Keywords]

Rate- and state-dependent friction law, frictional heterogeneity, foreshock, inverse Omori law, dynamic nucleation

巨大地震の発生前には前震活動が発生することが知られている。前震は本震の滑り領域内部で発生することが多い。本震の破壊領域全体に均質な摩擦パラメーターを設定する単純なモデルでは、そのような前震の振る舞いを説明することはできない。そこで本研究は摩擦パラメーターが不均質に分布する断層モデルを考えた。このモデルは、スロー地震の解析や断層の地質学的観察から、断層帯内部での不均質の重要性が指摘されていることに基づいている。モデルでは、速度状態依存摩擦則に従う有限長の線断層に速度弱化域と速度強化域を交互に分布させた。そして、速度弱化域と速度強化域の摩擦パラメーターを変化させながら、断層全体を破壊する本震発生直前の前駆滑りの振る舞いの違いを調べた。前駆滑りの振る舞いを非地震性滑りの加速と地震性滑りによるエネルギー散逸の観点から定量化した結果、速度弱化域の $b-a$ 値が大きく速度強化域の $a-b$ 値が小さいときには前駆滑りは非常に小さかった。一方で、速度弱化域の $b-a$ 値が小さい、もしくは速度強化域の $a-b$ 値が大きいときには、本震が存在するパラメーター領域の境界に近づくほど前駆滑りは活発になった。さらに、摩擦パラメーターの不均質具合が小さい(速度弱化域の $b-a$ 値と速度強化域の $a-b$ 値が共に小さい)ときには非地震性的前駆滑りが卓越するのに対し、摩擦パラメーターの不均質具合が大きい(速度弱化域の $b-a$ 値と速度強化域の $a-b$ 値が共に大きい)ときには地震性的前駆滑り(前震活動)が卓越する傾向があった。このとき、非地震性的滑りは本震までの残り時間に逆比例するように加速し、前震活動も逆大森則に従う。このような前駆滑りの振る舞いは、単調に滑り速度が加速していく狭義の核形成とは異なるものの、本震に向けた準備過程としての広義の核形成と解釈することができる。



日本語原稿執筆者: 矢部 優(海洋研究開発機構 地球内部物質循環研究分野)

(敬称略)



Research Article

『 Adjoint tomography of the crust and upper mantle structure beneath the Kanto region using broadband seismograms 』

広帯域地震波形を用いた関東地域下における地殻・上部マントル構造のアジョイントトモグラフィー

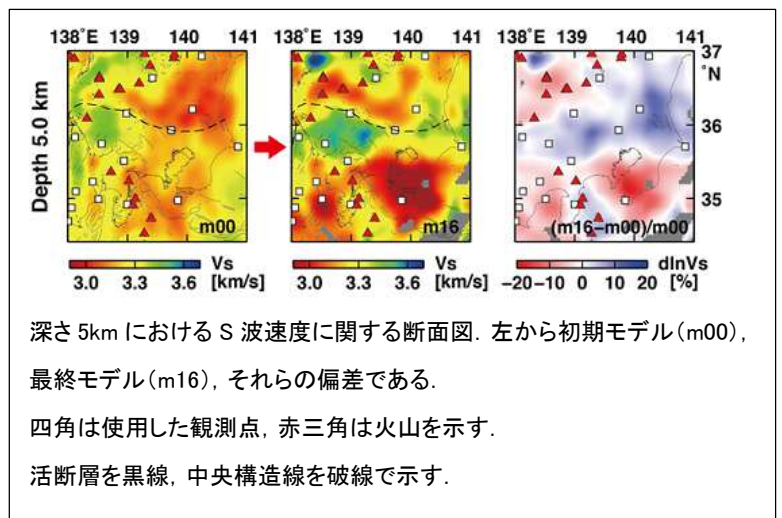
三好 崇之, 大林 政行, Daniel P, 東野 陽子, 坪井 誠司

2017 年 10 月 3 日出版

[Keywords]

Seismic wave speed model, Adjoint tomography, Waveform inversion, Broadband seismogram, Kanto region

アジョイントトモグラフィーを用いて地震観測波形を再現する、関東地域の三次元地震波速度構造モデルを構築した。初動走時トモグラフィーの研究結果を初期モデルとし、関東地域で発生した 140 個の地震を対象に広帯域地震観測点で得られた地震波形を用いて、インバージョンによって P 波速度 (VP) と S 波速度 (VS) を推定した。構造インバージョンの実施前には、震源のセントロイド時刻を決定した。理論変位波形は、1600 万節点によって関東地域のメッシュ構造を構築し、スペクトル要素法 (SEM) を用いて計算した。モデルパラメータ VP と VS は、ミスフィットカーネルとヘシアンカーネルを用いたニュートン法によって観測波形と理論波形の差が十分小さくなるまで繰り返し更新した。フォワードとアジョイントシミュレーションは、理化学研究所の京コンピュータで行った。最適化した SEM 計算コードでは、16 回の反復による最終モデルを得るまでに、6,720 回のシミュレーションを要し、それには約 62,000 ノード時間を用いた。本研究で提案したモデルでは、初期モデルに比べて顕著に遅い S 波速度異常域が複数の領域で検出された。これらの速度異常域は良いデータカバレッジと分解能を有しており、地質学的特徴、地震発生領域、火山地域と良く対応している。新モデルを用いた任意の地震に対する理論波形は、5~30 秒から選んだ複数帯域のそれぞれで初期モデルよりも観測波形とよく一致する。この結果は新モデルが実際の観測波形をより正しく説明できることを示すものである。



日本語原稿執筆者: 三好崇之 (国立研究開発法人防災科学技術研究所)

(敬称略)

Progress in Earth and Planetary Science (2017) 4:29

DOI: 10.1186/s40645-017-0143-8

<https://doi.org/10.1186/s40645-017-0143-8>

『 Seismic imaging of slab metamorphism and genesis of intermediate-depth intraslab earthquakes 』

スラブ変成作用の地震波によるイメージングと稍深発スラブ内地震の発生原因

長谷川 昭, 中島 淳一

2017 年 4 月 10 日出版

[Keywords] Internal slab structure, slab metamorphism, dehydration-related embrittlement, intermediate-depth earthquake, intraslab earthquake, earthquake generation mechanism, subduction zone

稍深発地震が発生する深さでは、法線応力が非常に大きくなり、そのため断層強度も極めて大きいはずである。地震が発生するためには、それを超えるせん断応力が必要であるが、実際にそのように大きなせん断応力が働いているとは考え難い。したがって、断層強度を低下させる何らかの特別なメカニズムが働いているはずである。そのメカニズムとして挙げられている有力な説は、1) 脱水脆性化、2) クリープの熱的不安定の2つである。一方、近年の地震観測網の高密度化により、沈み込むスラブの内部構造をもイメージングすることが可能となってきた。それは、稍深発地震の発生メカニズムについて、決定的な観測的証拠を提示しつつある。本論文では、スラブ内の地震波速度構造と稍深発地震活動に関する最近の研究についてレビューし、稍深発地震の発生原因について考察した。

稍深発地震は、深さ約 40–180 km の範囲で二重地震面を形成する。それはスラブ内で含水鉱物の存在可能範囲、とりわけ脱水反応境界付近に集中して地震が発生するからである。さらに、最近の研究で、二重地震面の上面の地震が、スラブ変成作用と密接に関係して特徴的な空間分布を示すことが明らかになった。冷たいスラブでは、沈み込みに伴う地殻の P–T path が、H₂O を多く吐き出し、総体積変化が正となる相境界を通過する。このことは、相境界付近で活発な地震活動を生じさせると期待される。期待通り、スラブ表面の 80–90 km の等深線に沿った帯状の地震活動の集中(上面地震帯)が、冷たいスラブの代表である東日本下の太平洋スラブの地殻内に見出された。上面地震帯の位置は地殻内の相境界付近と推定され、脱水反応により吐き出された H₂O で間隙圧が上昇し、断層強度が低下したことにより形成されたと推定される。実際、スラブ地殻の地震波速度は、上面地震帯の深さまで低速度であり、それ以深で高速度である。これは、脱水反応の相境界がこの位置にあることを示す観測的証拠である。同様のスラブ地殻の地震波低速度層とその下限の深さまで分布する地震活動は、他のいくつかの沈み込み帯でも見出された。地震波トモグラフィは、東北日本と南米チリ沈み込み帯で、二重地震面の下面に沿って地震波低速度層が分布することも明らかにした。ただし、蛇紋岩化したマントルから予測される値とは異なり、S 波は低速度でない(つまり、V_p/V_s 比は大きくない)。この特異な構造をつくる原因は良く分かっていないが、地震波速度異方性と孔隙のアスペクト比が原因であるかも知れない。いずれにしても、下面に沿って顕著な P 波低速度層が分布することは、含水鉱物/H₂O がそこに存在していることを示唆する。これらの観測事実は、脱水脆性化説を強く支持する。ただし、H₂O で局所的に上昇した間隙圧は断層のせん断破壊強度を低下させることで破壊の開始に貢献し、一方で断層破壊の進展には熱的不安定が主として貢献するという、言わば2つの複合したメカニズムが原因である可能性も残されている。いずれにしても、稍深発地震の発生に H₂O が重要な役割を果たしていることは、ほぼ間違いのないように思える。

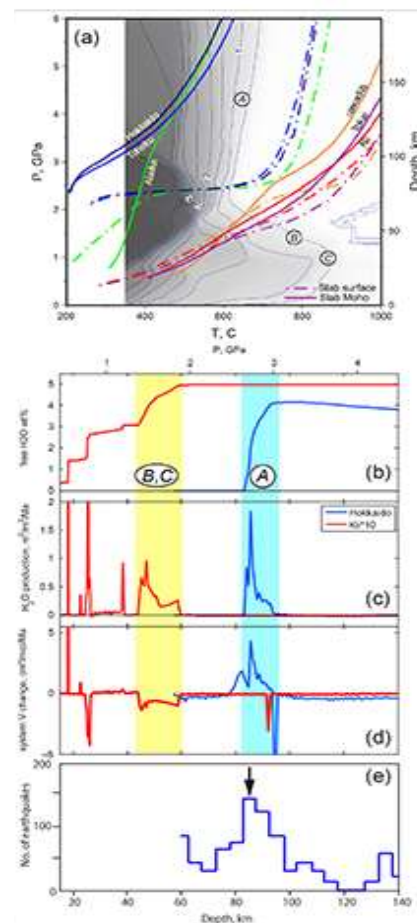


図1 (a) スラブ地殻のP–T path. 6つの沈み込み帯について示す。H₂O含有量を重量%で影をつけて示す。(b) H₂O含有量の積算。(c) H₂O供給量。(d) 総体積変化の深さ変化。北海道を冷たいスラブの代表として青線で、紀伊を温かいスラブの代表として赤線で示す。(e) 紀伊は10倍して表示。(f) 北海道中部の地殻内地震の発生頻度の深さ変化。

日本語原稿執筆者: 長谷川 昭(東北大学 地震・噴火予知研究観測センター)
(敬称略)



Research Article

『 Determination of temporal changes in seismic velocity caused by volcanic activity in and around Hakone volcano, central Japan, using ambient seismic noise records 』

雑微動を用いた箱根火山活動に伴う地震波速度構造の時間変化の検出

行竹 洋平, 上野 友岳, 宮岡 一樹

2016 年 9 月 27 日出版

[Keywords] Seismic velocity changes, Ambient noise, Passive image interferometry, Autocorrelation function, Hakone volcano, Earthquake swarms, Volcanic activity

雑微動の自己相関関数(ACF)の時間変化は、地殻構造の時間変化をモニタリングする有用なツールとなりうる。本研究では、近年活発な火山活動が発生している箱根火山において ACF の時間変化を求め、火山活動と速度構造変化との関係について調査した。

箱根火山は伊豆衝突帯北部に位置し、周囲を直径約 15km の外輪山に囲まれる活火山である。箱根カルデラ内では群発地震が頻繁に発生しており、本研究では活発な地震活動が観測された、2010 年～2013 年の期間を解析対象とした。このうち、2011 年の地震活動は東北地方太平洋沖地震直後に発生し、この地震により誘発された活動と考えられる。2013 年 1 月から 2 月末にかけて発生した群発地震活動の際には、周辺の GNSS (Global Navigation Satellite Systems; 全地球衛星測位システム) 観測点及びカルデラ内の傾斜計に火山活動に伴う地殻変動が観測され、そこから中央火口丘下深さ 7km に球状圧力源及び地表付近に開口クラックが推定された。

本論文では、箱根カルデラ内及び周辺に設置された、神奈川県温泉地学研究所、防災科学技術研究所、気象庁地震観測点における、2010 年 10 月から 2013 年 12 月末までの期間の連続地震波形記録を解析に使用した。上下動成分の波形記録に 1~3Hz のバンドパスフィルター処理を施すとともに振幅値を 1bit に規格化し、1日毎の ACF を求めた。さらに 1 日ごとの ACF に対して、一様な速度変化から予測される時間遅れだけ波形を引き伸ばし(あるいは圧縮)してリファレンスとなる ACF との相関をとり速度変化率を推定した(図 1)。

2013 年群発地震活動の際には中央火口丘にある駒ヶ岳観測点で 2012 年末から徐々に地震波速度が低下していることが推定された。また、噴気地帯のある大涌谷観測点では 2013 年 1 月末に急激な速度低下が推定された。駒ヶ岳観測点での速度低下は深さ 7km 付近の球状圧力源の膨張開始時期、大涌谷観測点での速度低下は火山浅部での開口クラックの変動開始時期に対応する。そのため、これらの速度低下は火山活動に伴う変動源により観測点近傍に生じたひずみ変化に起因している可能性がある。一方、2011 年東北地方太平洋沖地震後には、より広範囲の観測点で急激な地震波速度の低下が検出された。この地震に伴う大きな地震動により火山内部の熱水分布が影響を受けたことに起因すると考えられる(図 2)。

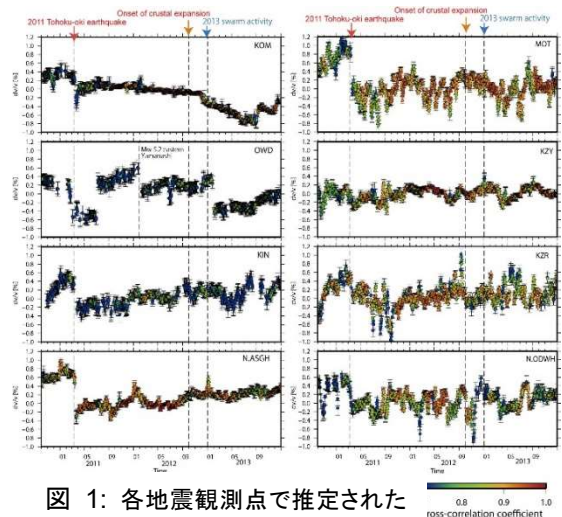


図 1: 各地震観測点で推定された速度変化率(dv/v)の時間変化。

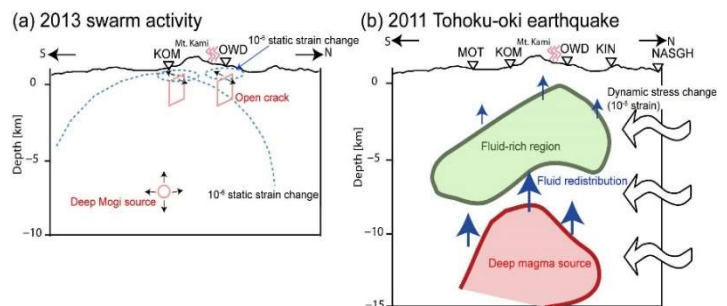


図 2: 地震波速度変化の解釈図。(a) 2013 年群発地震活動、(b) 2011 年東北地方太平洋沖地震直後

日本語原稿執筆者: 行竹 洋平(神奈川県温泉地学研究所)
(敬称略)



Research Article

『 Geographical distribution of shear wave anisotropy within marine sediments in the northwestern Pacific 』

北西太平洋における海底堆積物の S 波速度異方性構造の分布

利根川 貴志, 深尾 良夫, 藤江 剛, 武村 俊介, 高橋 努, 小平 秀一

2015 年 9 月 17 日出版

[Keywords] Ambient noise, Ocean-bottom seismometer, Shear wave reflection, Shear wave anisotropy, Northwestern Pacific

北西太平洋では、構造探査によって海底堆積物の詳細な弾性的性質が明らかにされている。しかし、S 波異方性構造に関する情報はあまり取得されていない。異方性構造は、岩石の構造や亀裂の配向などによって形成されるため、観測点下の異方性構造からその場所の応力場を明らかにできる可能性がある。本研究では、海底堆積物の異方性構造を推定するため、北西太平洋に設置された 254 台の海底地震計で観測された常時微動の記録に地震波干渉法の適用を試みた。その結果、音響基盤上面から反射してくる S 波の抽出には成功したが、海洋性モホ面などのより深部からの反射 S 波は抽出できなかった。常時微動を用いた場合、任意の方向に振動する反射 S 波を抽出できる。したがって、もし振動方向によって反射 S 波の走時が変化していれば、それは海底堆積物中の異方性構造を反映している。

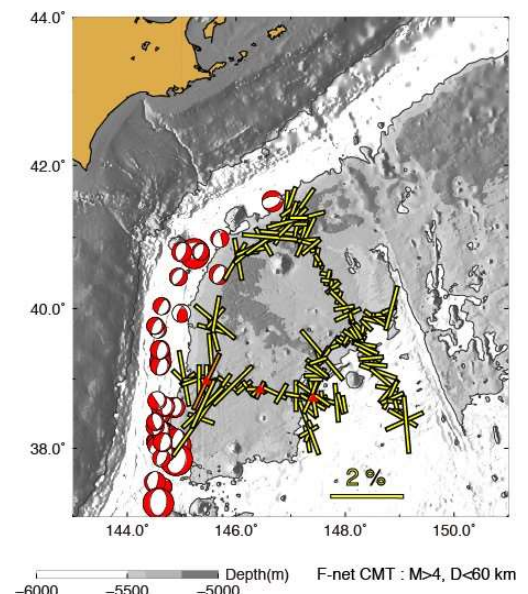
結果では、振動方向の違いによる反射 S 波の走時差が観測され、その走時差は最大で 0.05 秒であった。異方性の空間分布は、アウターライズ域では速い軸は海溝軸に平行で、千島海溝と日本海溝の接合部では海溝軸の方向の変化にも対応して速い軸の方向が変化していた。このことから、アウターライズ域での海底堆積物の異方性構造は、太平洋プレートの上に凸の折れ曲がりによる伸張応力場によって配向した亀裂が形成され、それによって異方性構造が形成されていると考えられる。さらに本研究では、等方性・異方性媒質において 3 次元波動伝播シミュレーションを行い、反射 S 波の抽出および振動方向による反射 S 波の走時変化を再現することに成功した。また、現実的な速度構造を用いた大規模計算も行い、より深部からの反射 S 波を抽出できなかったことを再現し、その原因をつきとめることができた。海底堆積物の S 波速度が非常に遅い場合、堆積層に入射する S 波がほぼ鉛直伝播して堆積層内にトラップされるため、深部からの反射 S 波が海底面まで届かないことが原因と考えられる。

日本語原稿執筆者: 利根川 貴志 (海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター 広域地震活動観測研究グループ)
(敬称略)

Progress in Earth and Planetary Science (2015) 2:27

DOI: 10.1186/s40645-015-0057-2

<https://doi.org/10.1186/s40645-015-0057-2>



北西太平洋域の海底堆積物の S 波異方性構造。各黄色長方形の場所は海底地震計の場所を示し、長方形の長軸の方向は速い軸の方位、長軸の長さは異方性の大きさを表している。メカニズム解は、M4 以上で深さ 60 km 以浅の F-net CMT によるものである (赤ビーチボール)

『 Short-term slow slip events along the Ryukyu Trench, southwestern Japan,
observed by continuous GNSS 』

GNSS 連続観測により琉球海溝沿いで観測された短期的スロースリップイベント

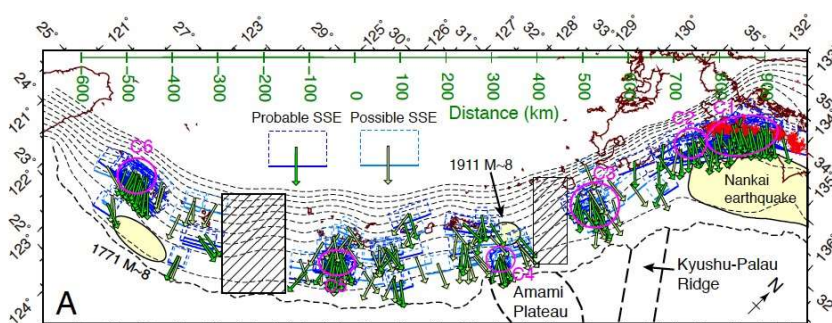
西村卓也

2014 年 10 月 11 日出版

[Keywords] Slow slip event (SSE), Slow earthquakes, Ryukyu Trench, Nankai Trough, GNSS

本研究は、GNSS(全地球衛星測位システム)の連続観測データを用いて、短期的スロースリップイベント(SSE)を系統的に調査したものである。GNSS 時系列のオフセットの検出と沈み込むフィリピン海プレート上面での矩形断層を仮定した弾性ディスクロケーション理論のモデリングにより、1997 年 1 月から 2013 年 11 月までの期間に発生した 130 個の短期的 SSE の可能性が高いイベントと 93 個の短期的 SSE の可能性があるイベントを検出した。これらの SSE のモーメントマグニチュード(M_w)は 5.6 から 6.8 である。

検出された短期的 SSE は、再来周期、マグニチュード、継続期間、同期する地震活動といった特徴に様々な違いが見られた。琉球海溝沿いで発生する短期的 SSE は、確認される限りにおいて、低周波地震や低周波微動を伴わないことが一般的であり、低周波地震や低周波微動を伴う SSE は四国西部と豊後水道といった南海トラフ沿いのみに見つかった。滑り量の累積分布や累積回数分布は、主に 10~60km の範囲に広がっているが、空間的に不均一な分布をしている。深さが 20km より浅い短期的 SSE は、南海トラフ沿いでは検出されなかったが、琉球海溝沿いでは、浅いプレート境界面で頻繁に発生しており、注目に値する。この違いは、琉球海溝沿いでは、多くの測地学的研究によって推定されているように、プレート境界の固着が弱いことと関係しているかもしれない。深さ 20~40km に分布する短期的 SSE の帯は、四国西部から豊後水道を通り、九州中部まで伸びているが、九州-パラオ海嶺が沈み込む付近で消滅する。本研究では、従来から見つかった八重山諸島のクラスターに加えて、短期的 SSE の特徴的なクラスターが複数見つかった。喜界島の北東に位置するクラスターでは、奄美海台が沈みこむ海溝軸に近い深さ 10km 程度の場所に、20 回 SSE が繰り返し発生している。また、沖縄本島の南東に位置するクラスターでは、 $M_w 6.0$ より規模の小さな SSE が 29 回も発生している。本研究の結果より、短期的 SSE の分布は、大地震の分布と同様に、沈み込むプレートの凹凸(地形)に関係していると考えられる。



1997-2013 年に琉球海溝沿いで検出された短期的スロースリップイベントの断層モデル。青もしくは水色の矩形は矩形断層、矢印はスリップベクトルを表す。SSE の密集域を C1 から C6 に示す。赤点は気象庁による低周波地震の震央。網掛けの矩形領域は、データの解像度がないため解析対象外とした。

日本語原稿執筆者: 西村 卓也(京都大学 防災研究所 地震予知研究センター)
(敬称略)



Progress in Earth and Planetary Science (2014) 1:22

DOI: 10.1186/s40645-014-0022-5

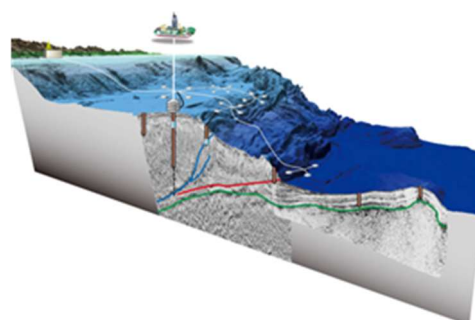
<https://doi.org/10.1186/s40645-014-0022-5>

PEPS では **SPEPS**(**SP**ecial call for **Ex**cellent **P**apers on hot **topic**S)という、開放型の論文集を出版しています。

Subduction-zone megathrust earthquakes: New perspectives from insitu data & laboratory analyses

<https://www.springeropen.com/collections/nantrozeize>

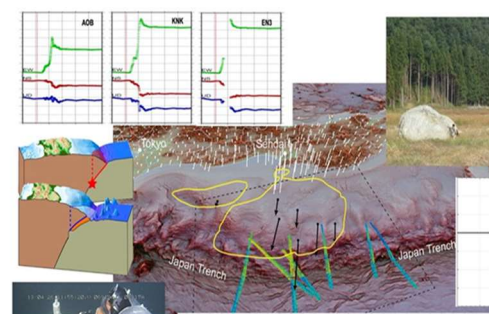
http://progearhplanetsci.org/speps_j/008.html



10 years after the 2011 Tohoku earthquake: A milestone of solid earth science

<https://www.springeropen.com/collections/tohoku2011>

http://progearhplanetsci.org/speps_j/015.html



Progress in Earth and Planetary Science (PEPS) は日本地震学会を含む JpGU の全ての参加学会が協力して Springer-Nature から出版する、査読付きオープンアクセスの英文電子ジャーナルで、2014年に創刊され、来年で10周年を迎えます。PEPS は地球惑星科学の専門および横断的分野のトピックスを扱います。PEPS は長く引用される論文が多いのが特徴で、最新の IF は 3.9, 5 年 IF は 4.1, CiteScore は 7.0 を取得しました。

- PEPS は、Original research 論文の他、Methodology, Paper with full data attached, Review 論文も扱います。
出版論文の 20% が Review 論文で、当該分野の最先端の情報を短時間で把握することができます。
- SPEPS (SPecial call for Excellent Papers on hot topicS) という、テーマを絞ったの特集号を扱い、通常の査読を経て受理された論文を On-line の論文集として出版しています。こうした SPEPS の企画・提案も随時受け付けています。
- PEPS に発表された論文は日本地震学会論文賞の対象となっており、2015 年度から論文賞を毎年受賞しています。
- JpGU 会員は、掲載料 (Article Processing Charge) 20% 割引で投稿いただけます。
- PEPS 事務局が運営する Web サイト<http://progearhplanetsci.org/index_j.html>に掲載している出版論文の日本語 Abstract は、学生・若手研究者から多くのアクセスがあります。
- また、出版論文は SNS を通じてタイムリーに紹介しています。

地震学会会員の皆様からの投稿・SPEPS の提案をお待ちしております。

