

2016年度日本地震学会論文賞，日本地震学会若手学術奨励賞，日本地震学会技術開発賞受賞者の決定について

公益社団法人日本地震学会理事会

日本地震学会論文賞，若手学術奨励賞および技術開発賞の受賞者選考結果について報告します。

2017年1月31日に応募を締切ったところ，論文賞8篇，若手学術奨励賞5名，技術開発賞2件の推薦がありました。理事会において各賞の選考委員会を組織し，厳正なる審査の結果，2017年3月22日の第7回日本地震学会理事会において，下記のとおり論文賞3篇，若手学術奨励賞3名，技術開発賞1件を決定しました。なお，若手学術奨励賞の授賞式は日本地球惑星科学連合2017年大会時に開催予定の定時社員総会に合わせて行い，論文賞および技術開発賞の授賞式は2017年度秋季大会会場にて執り行う予定です。

■論文賞

1. 受賞対象論文

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

・著者：利根川貴志・深尾 良夫・藤江剛・武村俊介・高橋努・小平秀一

・掲載誌：Progress in Earth and Planetary Science (2015) 2:27,

DOI:10.1186/s40645-015-0057-2

受賞理由：

海域では，構造探査によって海底下浅部の詳細なP波速度構造が明らかにされてきた。S波速度構造に関しては，P-S変換波を用いて推定することも行われているが，そこから更にS波異方性構造に関する情報を抽出した例は稀である。これは，人工震源を用いると震源でS波が励起されないこと，また自然地震を用いるには観測期間が限られていることが原因である。本論文は，海底構造探査記録から人工震源にも自然地震にも頼らずにS波異方性構造を求めた最初の論文であり，結果の重要性と手法の斬新さを併せて海底構造探査の発展方向の1つを示すものとなっている。

北西太平洋に設置された254台の海底地震計の常時微動記録に地震波干渉法を適用し，その多くの観測点で音響基盤上面からの反射S波が抽出された。さらに，S波の振動方向による反射S波の走時差（異方性の大きさ）とその差が最も大きくなる方位（速い軸の方位）を観測点ごとに推定することで，北西太平洋の400×400km²の範囲において，世界でも類を見ないほど広域かつ稠密に海底堆積物の異方性構造をマッピングすることに成功している。

得られ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る。本論文では，このアウターライズ域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、その構造が地震波速度の異方性を形成していると結論づけている。また、得られた反射S波や振動方向による走時変化を再現するため、常時微動の励起源を想定して等方性・異方性媒質における3次元波動伝播シミュレーションも行っている。それらの結果から、干渉法で抽出された反射波の走時差が何に起因しているのか（励起源分布の不均質性や、傾斜面・異方性などの構造の不均質性）を丁寧に評価している。

近年の世界における海底観測の充実性は目覚ましいものがあり、海底記録から新たな情報を抽出するための手法開発は重要である。本論文では新たな手法の有効性が実証されており、今後の海底地震観測研究に大きく貢献することが期待される。

以上の理由により、本論文を2016年度日本地震学会論文賞とする。

2. 受賞対象論文：

Source rupture process of the 2011 Fukushima-ken Hamadori earthquake: how did the two subparallel faults rupture?

・著者：田中美穂・浅野公之・岩田知孝・久保久彦

・掲載誌：Earth, Planets and Space, 第66巻, 101, DOI: 10.1186/1880-5981-66-101, 2014年8月

受賞理由：

本論文は、2011年福島県浜通りの地震の震源破壊過程について、平行でも共役でもない2つの断層間の破壊の動的誘発に着目し、強震波形記録の解析と数値シミュレーションに基づいて、井戸沢断層の破壊によって湯ノ岳断層の破壊がどのように誘発されたかを解明したものである。本論文は、地震記録を用いた震源破壊過程に関する既往研究に比して、次の2点において斬新である。1点目は、湯ノ岳断層の破壊時刻及び破壊開始点の推定方法である。複数の断層面が破壊する地震の震源過程解析の既往研究では、2番目の断層の破壊時刻及び破壊開始点は、試行錯誤的に、もしくは別の情報による先験的な仮定により与えられてきた。本研究は、赤池ベイズ型情報量規準（ABIC）を用いた従来の震源インバージョン手法の枠組みを拡張し、ABICによる客観的な評価に基づいて、2番目の断層の破壊時刻及び破壊開始点を時空間のすべり分布と同時に推定する新しいインバージョン法を世界で初めて導入した。提案手法を適用することでその有効性を実証し、湯ノ岳断層と井戸沢断層の破壊時刻差は4.5秒、湯ノ岳断層の破壊開始点は北西側の深い位置であったことを明らかにした。2点目は、井戸沢断層の断層すべりモデルに起因する応力場の時間発展の数値計算を行い、井戸沢断層の破壊が湯ノ岳断層の破壊を動力学的に引き起こしたことを説明したことである。湯ノ岳断層面上でのtime-dependent DCFE（湯ノ岳断層のすべり方向に対するクーロン破壊関数の時間変化）を求め、井戸沢断層の破壊開始（発震）時の4.5秒後に、湯ノ岳断層の破壊開始点付近では正のDCFEのピーク（約0.8MPa）が得られ、断層面上で破壊しやすい条件にあったことを示した。平行でも共役でもない2つの断層が同時に

破壊するという極めて稀な観測事例としての運動学的震源モデルが、応力場の時間変化を追うことによって動力的にも適切であることを示した点は極めて重要である。以上のよう
に、本論文は、新たな震源過程解析手法の提示ならびに共役ではない2つの断層が破壊する地震の破壊様式の解明という2点において地震学の発展に新しい貢献をしたものであり、2016年度日本地震学会論文賞とする。

3. 受賞対象論文：

1854年安政南海地震による愛媛県最南端（愛南町）での地震動・津波被害・地下水位変化―
庄屋史料と藩史料の比較から分かる庄屋史料の有用性と地殻変動推定の可能性―

・著者：弘瀬冬樹・中西一郎

・掲載誌：地震第2輯，第68巻，4号，107-124，2015

受賞理由：

2011年東北地方太平洋沖地震以降、歴史地震研究の重要性が学会内外で再認識されてきている。一方で、くずし字で書かれた歴史史料（古文書など）をデータとする特殊性から、歴史地震研究はむしろ歴史学の研究だとの認識もある。また『新収日本地震史料』を始めとする史料集の刊行やこれらをまとめて年表にした成果の普及により、歴史地震についてはかなり調べ尽くされてきたという認識を持つ人もいるかもしれない。本論文は、そのような認識が誤解であり、史料の地道な収集、丹念な解説、及びそれにより認められた事象の数値解析による検討が、過去の大地震に伴う地殻変動や被害の実像をより正確に把握する上で重要であることを示す適例である。

本論文では、現在の愛媛・高知県境付近の庄屋により記録された1854年安政南海地震に関する史料について、原本コピーの解説、現地調査、他史料との比較を行った。まず、既刊の地震史料集や関連する自治体史の一部に、同地震時の愛媛県愛南町での自然現象の描写や死者数に重大な誤りがあることを明らかにした。さらに、史料における地下水位の低下を「観測データ」として、対応する体積ひずみ変化を説明する断層モデルを構築した。史料に示された地下水位異常の空間分布から、歴史地震の断層モデルを拘束できる可能性を示した点は、地震研究者が歴史地震研究を行う意義を再確認したものであり、特筆に値する。また、文献史料だけでなく、現地調査による過去帳や墓石銘文といった「異種の史料の利用により、地震と被害の実態推定への拘束を強めることができる」と指摘し、これを実践している。

本論文では、史料の写真、翻刻（解説）分のほか、読み下し文、現代語訳、英語訳まで示し、史料に馴染みのない読者でも、議論の出発点となるデータも含めて理解できるように工夫されている。

受賞者が述べるように、「利用者の多い『新収日本地震史料』に採用された市町村史等の編纂に用いられた地震史料原本の探索と保存、再解説は地震研究者が行うべき急務である」ことは明らかである。全国各地で、さまざまな歴史地震史料を対象として、これまでに蓄積されてきた史料の再解析がなされれば、より正確あるいは詳細な地震像が得られる可能性がある。本論文は、学会誌「地震」のオリジナルな存在意義を示すという意味でも、ま

た重要である。

以上の理由より、本論文を 2016 年度日本地震学会論文賞とする。

■若手学術奨励賞

1. 受賞者：武村 俊介

- ・受賞対象研究：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
- ・受賞理由：

受賞者は、地球内部の短波長不均質構造と地震波伝播特性の理解の深化のため、データ解析とともに、高性能計算機を用いた波動伝播計算に基づくモデル検証を推し進め、基礎・応用研究に取り組んできた。そのおもな業績は以下の通りである。

震源 S 波放射パターンの崩れの原因を、地殻・マンツルの短波長不均質構造による散乱と地表地形による散乱とに分類することに成功し、さらに、解析対象を P 波に広げ、震源放射パターンを包括的に再現できることを示した。この成果を踏まえて膨大な地震波形記録を解析し、短波長不均質構造の分布特性が東北日本と西南日本では異なることを示した。

また、フィリピン海スラブのトラップ波の解析に基づき、海洋性地殻の短波長不均質性が短周期地震波の伝播特性を決定づけることを明らかにし、その形成には脱水が関与している可能性を指摘した。さらにスラブ上部マンツルの低速度異常にも強い不均質性が内包され、強震動の生成に影響を与えていることを示した。

これら一連の研究は、比較的単純なスラブのイメージから、短波長不均質構造を有する複雑なイメージへと転換させ、震源メカニズム推定にも影響することを示した。

さらに、これまでの短波長不均質構造による地震波伝播・散乱に関する研究では、統計的な近似によるモデル化が主流であったが、受賞者は、高性能計算機を用いた数値計算により、散乱現象を再現することに成功した。また、膨大な波形記録を解析し、地殻構造、震源過程、地震テクトニクスの解釈、さらには、工学分野への応用可能性を示してきた。これらの成果は、堆積盆地における長周期地震動の増幅メカニズムの新たな解釈にも適用されている。

以上の理由から受賞者の優れた業績を認め、その将来性を期待し、日本地震学会若手学術奨励賞を授賞する。

2. 受賞者：直井 誠

- ・受賞対象研究：南アフリカ大深度金鉱山における震源の物理の観測研究
- ・受賞理由：

受賞者は、南アフリカ金鉱山深部での震源至近距離観測から、地震発生物理の進展に貢献する、以下のような卓抜した成果をあげてきた。

内陸活断層では微小地震の定常的活動が認められないものが多く、それが認められる場合でも断層面外の岩盤損傷域での活動と解釈されることが多い。鉦山でも従来観測（検知限界 $M \geq -1$ ）では、断層と微小地震活動に明瞭な関係は見られないが、受賞者は地質断層面上に極度に集中した定常活動を発見した。さらにこの活動は b 値が高く、極微小地震しか発生していないため、 $M \leq -3$ まで観測しなければこのような活動に気付くことができないことを示し、自然地震でも同様の活動が見過ごされている可能性を指摘した。なお、鉦山の微小地震の大半を占める切羽前方の無垢な岩盤中でのイベントがむしろ自然地震に近い b 値を持ち、また、それらが初生断層を形成する巨視的剪断破壊の板状準備ゾーンを形成するという成果と併せて、断層構造と地震活動を同時に理解する必要性を強く提示している。

また、受賞者は、上記の定常活動の中に $M \sim -4$ 級の繰り返し地震を多数発見し、断層の単位クリープ量当たりの発生頻度が、プレート境界の繰り返し地震のスケーリング則から予想されるよりも何桁も高いことを見出し、極微小地震の観測によって内陸断層の微小なクリープも短時間で検知できる可能性を指摘した。

このようなゆっくりとした滑りは、地震の前にも生じることが理論的に示唆されている（いわゆる震源核）ものの、その規模については議論がある。受賞者は、断層面上における準静的滑り域が 20m 程度まで拡大したことを示唆する活動を発見し、天然の断層上の震源核は室内実験よりずっと大きなスケールまで安定でいられることを示した。さらに、受賞者は、断層面上に発生する微小地震の活動域から断層が大規模破壊した事例においても、データ解析で重要な役割を果たした。

これらは、至近距離観測により、地震の描像が従来よりも詳細になったというより、全く見えていなかった現象を発見したものであり、地震発生の物理に関する重要な発見となったばかりではなく、自然地震の観測研究に断層面上での極微小地震活動の追及という新たな方向を提示するものである。

以上のように、受賞者は優れた研究により地震学の分野で特に顕著な業績をあげたと認められ、将来性も期待されるため、日本地震学会若手学術奨励賞を授賞する。

3. 受賞者：森重 学

- ・受賞対象研究：沈み込み帯ダイナミクスの数値シミュレーション研究
- ・受賞理由：

受賞者は、数値シミュレーションを用いて、沈み込み帯での地球内部ダイナミクス研究を行ってきた。ここ数年、3次元的なマンツルの流れと変形場、温度場の発展の3次元数値計算を行い、沈み込み帯での多様な観測結果と比較することで、従来のモデルの限界を指摘し、観測結果とより整合する新たなモデルを提案するに至っており、沈み込み帯のダイナミクスにおいて卓抜した成果を挙げている。具体的な業績は以下の通りである。

東北日本弧から千島弧の接合部付近で観測される、地震波速度異方性やスラブ沈み込み角度の島弧に沿った方向の変化が、沈み込みはじめの海溝の形状という単純な要因で統一

的に説明できることを、島弧接合部でのマンツルの流れと変形場の3次元数値計算で初めて示した。さらに、スラブの3次元形状やスラブ・マンツル間のカップリング状態が温度構造に与える影響の推定を行った結果、従来のモデルでは低地殻熱流量やスラブ内地震分布等の観測結果の説明が難しいことを明らかにした。

従来のモデルの限界を解消するには、スラブ直上に薄い低粘性層を仮定すればよいことを3次元数値計算で示すとともに、低粘性層内での流れによって、マンツルウェッジ内に島弧に沿う方向の温度変化が生じることを見出し、東北日本弧等に見られる間欠的な火山分布の説明になり得ることを示した。また、低粘性層が異方的な透水性を持つ蛇紋岩であると仮定し、スラブから脱水した流体の3次元的な流れを計算することで、スラブの3次元的な形状が流体の移動に与える影響を評価した。その結果、スラブが膨らんでいる場所に流体が集まることを示すとともに、形状に支配される流体分布によってカスカディアや西南日本での短期的スロースリップの平均すべり速度の分布が説明できることを示した。

さらに、マンツルウェッジ内の対流によって生じる地震波速度異方性を、鉱物の格子選択配向理論にもとづいて評価し、従来注目されてきたP波方位異方性よりも、水平面内と鉛直方向の異方性に注目すべきであると予測したが、この現象は後に東北地方で実際に検出されている。

このように、複雑な沈み込み帯のダイナミクスを理解するために、何が本質的な要素であるかを見抜いて単純な数理モデルを構成し、数値計算結果と多様な観測結果と比較検証してモデルを発展させるとともに、数値計算からの予測で地震学的解析に示唆を与える研究も行うことで観測科学への貢献も果たしている。

以上の理由から受賞者の優れた業績を認め、その将来性を期待し、日本地震学会若手学術奨励賞を授賞する。

■技術開発賞

授賞対象功績名：「地震・津波観測監視システム」の開発と地震学分野への貢献

受賞団体：川口勝義，高橋成実，金田義行 及びDONET開発チーム*

(DONET開発チーム* 荒木英一郎，横引貴史，崔鎮圭，松本浩幸，西田周平，木村俊則，大木健，町田祐弥，馬場俊孝，末木健太郎，神谷眞一郎，鈴木健介，有吉慶介，中野優，中村武史)

受賞理由：

受賞団体は、「地震・津波観測監視システム」の開発を通じて地震学分野への貢献を行ってきた。その主な業績は以下の通りである。

海洋研究開発機構が開発した「地震・津波観測監視システム」(以下、DONET)は、海域における大規模かつ高精度の稠密観測を実現した世界で初めての海底観測ネットワークである。紀伊半島沖熊野灘の水深1,900~4,400mの海底に設置された「DONET1」は2011年に運用が開始され

た。それに続いて紀伊水道沖の水深 1,100~3,600m の海底に設置された「DONET2」の整備は 2016 年に完了した。DONET は現在までに南海トラフ周辺に 51 観測点が展開されている。各観測点には強震計、広帯域地震計、水晶水圧計、微差圧計、ハイドロフォン、精密温度計が設置され、地殻変動のようなゆっくりした動きから大きな地震動まで様々な海底の動きを観測できるように機器が構成されている。DONET は整備完了後、2016 年 4 月に防災科学技術研究所に移管され、リアルタイム観測データは、現在、気象庁等によって緊急地震速報と津波警報に活用されている。

DONET の卓越した能力は、これまでの国内外の海底観測ネットワークで成し得なかった、「冗長性」、「拡張性」、「置換性」を実現したことである。「冗長性」では、高信頼性能を持つ通信用海底ケーブル技術を用いて両端陸揚げ(2 箇所)に陸上局を設置)の基幹ケーブルシステムとしたことで、基幹ケーブルシステムに障害が発生した場合でも、可能な限り観測データが途切れないようになっている。「拡張性」では、拡張用分岐装置(ノード)に複数のセンサーを接続する機能を集約し、整備時に実現された稠密観測に加えて、様々な海底観測の需要に対応して将来の観測点追加が可能となっている。「置換性」では、水中着脱コネクタによる観測点接続により、無人探査機(ROV)での容易な観測装置交換を可能にした。これにより、更新のサイクルが顕著なセンサー機器の陳腐化へも対応できるようになっている。

上記 3 つの特性を備えた DONET 実現のために、給電ケーブルやデータ伝送技術、時刻同期システム等、多岐にわたる海底リアルタイム観測用ケーブル技術が開発された。また、観測点とノード間を接続する全長 10km 超の細径ケーブルを ROV によって展張する手法の確立、地震計の環境ノイズを軽減するため地震計海底埋設手法の確立等、高度の海中作業を駆使した観測点の構築手法が確立された。その結果、これまでにない高精度リアルタイムデータの取得が可能となった。これらの技術要素を結集して開発した DONET は、世界的にみても最先端かつ最高度の海底観測ネットワークであると認められる。これらの技術的成果は、本学会にとどまらず他学会でも多数発表され、いずれも高い評価を受けている。

DONET 運用直後から、その高精度の観測技術を利用した地震学への顕著な科学的成果も出てきている。DONET は、その「拡張性」機能を使って、2013 年と 2016 年に長期孔内観測システムの 2 観測所との接続に成功した。また、DONET は、2016 年 4 月 1 日に三重県南東沖で発生した地震の震源近傍の現場観測による震源精度の向上と地震発生メカニズムの解明に貢献した。シミュレーション技術と DONET データとの同化と長期モニタリングにより、地震発生予測手法の高度化が見込まれ、震源要素等の即時推定のみならず地震発生の長期評価への貢献が期待できる。

観測データは、地方自治体とライフライン事業者へも配信され、早期津波対策や避難誘導、安全対策等で活用されている。DONET の地震計と水圧計を用いた即時津波予測システムが構築され、和歌山県、三重県、尾鷲市、中部電力に実装されている。和歌山県は気象業務許可を受けて現業に使用している。これは事前に計算した津波波形とリアルタイムで逐次入力される DONET データを比較して、即時的に沿岸の津波到達時刻と最大津波高、浸水エリアを可視化、逐次更新するものである。昨年度の DONET2 の完成を受けて、断層モデルと観測点の動的選択により、この予測手法が高度化され精度が向上した。現在、新たな実装が進んでいる。

以上の理由から, 技術開発と研究基盤構築の双方の面において, 地震学に重要な貢献をしたものと認め, 日本地震学会技術開発賞を授賞する.