

(1) 実施機関名：

海洋研究開発機構

(2) 研究課題（または観測項目）名：

海底広域変動観測研究

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

- (5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

5 計画を推進するための体制の整備

- (3) 研究基盤の開発・整備
イ. 観測・解析技術の開発

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

- (1) 地震・火山現象に関する史料・考古データ、地質データ等の収集と解析
ウ. 地質データ等の収集・集成と分析

- (2) 低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明
地震

- (3) 地震発生過程の解明とモデル化
ア. 地震発生機構の解明
イ. 地震断層滑りのモデル化

- (5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化
オ. 構造共通モデルの構築

2 地震・火山噴火の予測のための研究

- (1) 地震発生の新たな長期予測
ア. 海溝型巨大地震の長期予測

5 計画を推進するための体制の整備

- (2) 総合的研究
ウ. 千島海溝沿いの巨大地震

(5) 総合的研究との関連：

千島海溝沿いの巨大地震

(6) 本課題の5か年の到達目標：

（国立研究開発法人海洋研究開発機構第4期中期目標より抜粋）

III 1. (3) 海域で発生する地震及び火山活動に関する研究開発

我が国の周辺海域においては、南海トラフ地震や海底カルデラ等、大規模災害をもたらす地震・火山活動が活発であり、防災・減災対策の更なる強化が求められている。そのための具体的な検討を進めるには、海底下で進行する地震・火山活動の実態把握及び長期評価が欠かせないものの、現在は観測データも十分に揃っていない状況にあり、観測体制の構築と、データの取得・解析を通じたメカニズムの理解等の科学的知見の充実が課題となっている。このため、機構は、地震発生メカニズムの理解、プレート固着の現状把握と推移予測及び海域火山活動の予測研究に資するデータと知見を蓄積し、地

震調査研究推進本部、気象庁、防災科学技術研究所、大学等の関係機関に情報提供することで、地震発生帯の現状把握・長期評価及び火山活動評価に貢献する。これを実現するために、大学や防災科学技術研究所等の関係機関と連携して、南海トラフ地震の想定震源域等を中心とした、広域かつ精緻なデータを連続的にリアルタイムで取得する海底地殻変動観測網の整備・高度化を進めるとともに、高精度の海底地下構造調査、海底堆積物・海底下岩石試料の採取・分析を実施する。これにより得られたデータと既存のデータの統合・解析を行うことで、地震発生帯モデル及びプレート固着状態に関する推移予測手法の高度化を行う。また、海域火山に係る先進的な観測手段を確立し、海域火山周辺において火山活動の現状把握を行うとともに、地球内部構造や熱・物質循環機構等の解析を進める。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

国立研究開発法人海洋研究開発機構第4期中期計画に基づき下記の事項について実施する。海底下で発生する地震は、陸域と比較して未だ実態の把握が大幅に遅れている。そこで、地震活動の現状把握と実態解明のために、広域かつ精緻な観測データをリアルタイムで取得する海底地殻変動・地震活動観測技術システムを開発し、展開する。特に、巨大地震・津波の発生源として緊急性や重要性が高い海域を中心に三次元地殻構造や地殻活動、断層物性、地震活動履歴等に係る調査を実施する。また、これら観測システム及び調査によって得られた各種データセットは、地震調査研究推進本部等、我が国の関係機関で地震発生帯の現状評価等に活用されるように広く情報提供する。さらに、これら日本周辺での知見に加えて、アジア太平洋地域の地震・津波の実態解明と防災研究推進のための広域的な共同研究体制を構築する。

具体的には(1)海底地殻変動観測の高度化を目的とした、地震・津波観測監視システム(DONET)設置海域における海域実証試験(2)光ファイバーセンシング等の新たな海底地殻変動・地震活動観測技術や、より広域的な観測を効率的に行うための無人自動観測技術の開発(3)南海トラフ等の重要海域における複雑な断層形状や断層付近の各種物性を三次元的に捉えるための構造探査及び海底地震観測(4)海底堆積物の採取及び解析による地震発生履歴の調査等に取り組む。また、以上の調査・観測から得られたデータを詳細に解析し、地震発生帯の実態把握に係る知見として、国、地方公共団体、関係機関へ提供する。

(8) 令和3年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

海洋研究開発機構第4期中期計画に基づいて実施し下記のような成果が得られた。

・沖縄トラフ南部では背弧リフトに伴う火山・熱水活動に加えて、群発的な地震活動がしばしば発生する。こうした地震活動の発生要因を理解するため、過去20年間の地震活動の分布と統計的な性質(b値)を調べ、その空間分布を反射法探査に基づく地下構造と比較した。その結果、M5以上の比較的大きな地震は八重山地溝帯等のリフト中軸部の近くで発生しており、そこでは周囲より低いb値(<0.8)を示すことがわかった。対照的に、石垣海丘や鳩間海丘周辺では大きなb値(>1.2)を示し、そこでは火山フロントが形成されていることが示唆された。(Arai et.al, 2021)

・自然地震の観測記録を利用して地殻構造を調査するため、リバースタイムマイグレーション(reverse time migration, RTM)に基づいて、震源情報を必要としない新しい反射波イメージングの方法を提案した。本研究では、広域的な地殻構造モデルを用いた数値シミュレーションを実施し、理想的な稠密観測において提案手法の妥当性を実証するとともに、現実的な疎な観測条件における制約についても確認した。また、P波とS波の混在する弾性波の合成記録では、音響波RTMを適用した場合に生じる偽像を、弾性波RTMによって抑制できることを確認した。(Shiraishi and Watanabe, 2021)

・日本海で実施したOBS間隔8~17kmの疎らなOBS構造探査データにRTM(Reverse Time Migration)を適用することで、深度20~30km付近のモホ面を明瞭にイメージングすることに成功した。通常のMCS反射断面ではまったくイメージングできていない深度の構造境界面を捉えられており、OBS探査とRTMの組み合わせの有用性を明瞭に示している。(Shiraishi et.al., in press)

・南西諸島南部において、地震波の散乱に着目した解析によりランダム速度不均質構造を推定した。

限られたデータから構造をより詳細に推定するため、Reversible jump MCMC法を用いて、構造の平滑化条件を課さない解析法を構築した。また尤度関数の共分散行列を非対角とし、散乱の周波数依存性をランダム不均質のスケール依存性と関連づけて解釈できるようにした。解析の結果、パワースペクトル密度の高波数域における勾配がやや緩やかな領域が沖縄トラフ内の浅部（深さ0-20km）に帯状に分布し、構造探査によってマグマの貫入などが指摘された場所と概ね対応していることがわかった。(Takahashi et.al.,2021)

・地球深部探査船「ちきゅう」による南海トラフ地震発生帯掘削のさいにOBSを6台設置し、「ちきゅう」の船舶ノイズによるP波が、海底下の巨大分岐断層やその下の別の断層から反射してくるPs反射波を観測するとともに、反射波の振幅が潮汐によって時間変化していることを明らかにした。これは、断層面上の性質が潮汐による応力変化によって変化していることを示している。また、これらの断層面は弱面となっており、これまでこの地域で検出されたスロー地震はこれらの弱面で発生していた可能性がある。(Tonegawa et.al.,2021)

・巨大地震の発生が歴史的にも知られておらず、非地震性滑りによるプレート沈み込みが起きていると考えられている伊豆小笠原海溝で、海底圧力計のアレー観測を実施したところ、観測点近傍で発生したMw6.0の地震による地震時変位や津波とともに、立ち上がり時間が1時間程度の「速い非地震性滑り」が2回観測された。2つの非地震性滑りのモーメントはMw6.0の地震の17倍を超えている。この「速い非地震性滑り」は普通の地震と定常滑りの二つの滑りモード間に位置する遷移的なイベントであり、このような非地震性滑りが伊豆小笠原沈み込み帯のような場所において支配的な可能性がある。(Fukao et.al.,2021)

・超深海の地震タービダイトに適応可能な年代法を開発し、日本海溝における大水深の地震性タービダイトの時空間マッピングをこれまでにない詳細さで4,000年前まで実施した。その結果、AD2011, AD1453, AD869以外に2300年前のタービダイトが広く分布することを確認した。(Kanamatsu et.al.,2022)

・2011年の東北沖地震前後に行われた海底地形調査の比較から、数m以下の上下変動と20m以下の水平変動が北部日本海溝の海溝陸側斜面の中部斜面平坦面から下部斜面にかけて推定された。この変動量は、海底地形調査による変動量推定の不確かさと同等であるが、隣接する3測線で相似する海底地形の上下方向の相対変動が得られており、測線に沿った変位は議論可能である。(Fujiwara,2021)

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況
海洋プレート境界および周辺域の微細構造・不均質構造等の解析手法の開発と海域での調査観測データを中心とした解析の事例の蓄積

(9) 令和3年度の成果に関連の深いもので、令和3年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Arai, R.,2021,Characteristics of seismicity in the southern Okinawa Trough and their relation to back-arc rifting processes,Earth Planets and Space,73,160,10.1186/s40623-021-01491-4

Shiraishi, K. & Watanabe, T.,2021,Passive seismic reflection imaging based on acoustic and elastic reverse time migration without source information: theory and numerical simulations,EXPLORATION GEOPHYSICS,1,doi:10.1080/08123985.2021.1917293

Shiraishi, K., No, T., & Fujie, G.,in press,Seismic reflection imaging of deep crustal structures via reverse time migration using offshore wide-angle seismic data on the eastern margin of the Sea of Japan,Earth Planets and Space

Takahashi, T., Kaiho, Y., Ishihara, Y., Obana, K., Miura, S., Kodaira, S. & Kaneda, Y.,2021,Trans-dimensional imaging of the random inhomogeneity structure in the southern Ryukyu arc, Japan,Geophys J Int,ggab518,10.1093/gji/ggab518

Tonegawa, T., Kimura, T., Shiraishi, K., Yabe, S., Fukao, Y., Araki, E., Kinoshita, M., Sanada, Y., Miura, S., Nakamura, Y. & Kodaira, S.,2021,Weak faults at megathrust plate boundary respond to tidal stress,Earth, Planets and Space,73,89,10.1186/s40623-021-01414-3

Fukao, Y., Kubota, T., Sugioka, H., Ito, A., Tonegawa, T., Shiobara, H., Yamashita, M. & Saito, T., 2021, Detection of “rapid” aseismic slip at the Izu-Bonin Trench, J Geophys Res Solid Earth, e2021JB022132, 10.1029/2021JB022132

Kanamatsu, T., Ikehara, K. & Hsiung, K.-H., 2022, Stratigraphy of deep-sea marine sediment using paleomagnetic secular variation: Refined dating of turbidite relating to giant earthquake in Japan Trench, Marine Geology, 443, 106669, 10.1016/j.margeo.2021.106669

Fujiwara, T., 2021, Seafloor Geodesy From Repeated Multibeam Bathymetric Surveys: Application to Seafloor Displacement Caused by the 2011 Tohoku-Oki Earthquake, Frontiers in Earth Science, 9, 371, 10.3389/feart.2021.667666

・学会・シンポジウム等での発表

(10) 令和3年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

項目：地震：地震：地震観測による地殻構造探査

概要：

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：南海トラフ

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

項目：地震：地震：地震観測による地殻構造探査

概要：

既存データベースとの関係：

調査・観測地域：日本・千島海溝

調査・観測期間：昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況：公開留保中（公開時期・ポリシー未定）

(11) 令和4年度実施計画の概要：

国立研究開発法人海洋研究開発機構第4期中期計画に基づき下記の事項について実施する。

海底で発生する地震は、陸域と比較して未だ実態の把握が大幅に遅れている。そこで、地震活動の現状把握と実態解明のために、広域かつ精緻な観測データをリアルタイムで取得する海底地殻変動・地震活動観測技術システムを開発し、展開する。特に、巨大地震・津波の発生源として緊急性や重要性が高い海域を中心に三次元地殻構造や地殻活動、断層物性、地震活動履歴等に係る調査を実施する。また、これら観測システム及び調査によって得られた各種データセットは、地震調査研究推進本部等、我が国の関係機関で地震発生帯の現状評価等に活用されるように広く情報提供する。さらに、これら日本周辺での知見に加えて、アジア太平洋地域の地震・津波の実態解明と防災研究推進のための広域的な共同研究体制を構築する。

具体的には(1)海底地殻変動観測の高度化を目的とした、地震・津波観測監視システム（DONET）設置海域における海域実証試験 (2)光ファイバーセンシング等の新たな海底地殻変動・地震活動観測技術や、より広域な観測を効率的に行うための無人自動観測技術の開発 (3)南海トラフ等の重要海域における複雑な断層形状や断層付近の各種物性を三次元的に捉えるための構造探査及び海底地震観測 (4)海底堆積物の採取及び解析による地震発生履歴の調査等に取り組む。また、以上の調査・観測から得られたデータを詳細に解析し、地震発生帯の実態把握に係る知見として、国、地方公共団体、関係機関へ提供する。

(12) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

海洋研究開発機構 海域地震火山部門地震発生帯研究センター

他機関との共同研究の有無：有

東京大学地震研究所, 東京大学大気海洋研究所, 東北大学

(13) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：海域地震火山部門

電話：

e-mail：

URL：<http://www.jamstec.go.jp/ceat/j/>

(14) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：石原 靖

所属：海域地震火山部門