

PRESS RELEASE (2025/12/12)

**2024 年能登半島地震の約 3 時間後より発生した南海トラフのスロー地震活動を
分布型音響センシング（DAS）によって観測****ポイント**

- ① 南海トラフでは、光ファイバーケーブルを用いた分布型音響センシング（DAS）による連続観測を行なっている。
- ② 2024 年の能登半島地震の約 3 時間後より、南海トラフで発生する小規模な微動活動を DAS によって観測できた。
- ③ 大地震後の地震・スロー地震活動を詳細にモニタリングするために、DAS の連続観測は有効である。

概要

巨大地震が発生する南海トラフの沈み込み帯では、通常の地震のほかに、スロー地震（※1）とよばれる、通常の地震よりもゆっくりとした断層すべり現象が起こっています。スロー地震は、巨大地震との関連も示唆されている現象で、その活動の実態や発生メカニズムを明らかにすることは重要です。スロー地震は、離れたところで発生した大地震による応力変化の影響を受けて活発化することが知られており、このような誘発現象の知見は、スロー地震の発生メカニズムを考えるうえで鍵となる示唆を与えます。

南海トラフに面した室戸岬の沖合では、海底ケーブルによる分布型音響センシング（DAS）（※2）による連続観測を行なっています。DAS は、光ファイバーケーブルに沿った歪の変化を計測するもので、数 m～数十 m おきという密な観測が可能であることから、新しい地震観測方法として注目されています。

九州大学大学院理学研究院の馬場慧助教、海洋研究開発機構の荒木英一郎グループリーダーと堀高峰センター長の研究グループは、2024 年 1 月 1 日 16 時 10 分に発生した能登半島地震後の、室戸岬沖の DAS 観測のデータを注視していたところ、本震の約 3 時間後から、小規模なスロー地震活動が起こっていましたことがわかりました。これらのスロー地震は、南海トラフのスロー地震発生域の西端で起こっており、能登半島地震による応力変化によって引き起こされたものと考えています。能登半島地震の影響を受けて、海底地震計の一部は十分な観測ができていなかったため、この活動は DAS の連続観測を行なっていなければ検出できなかった可能性があります。この研究は DAS の連続観測を続けていたからこそ行えたもので、大地震後の地震・スロー地震活動をモニタリングするために DAS 観測は有効であることが分かります。

本研究成果は、米国の雑誌「Geophysical Research Letters」に 2025 年 11 月 25 日に掲載されました。

研究者からひとこと：

この度 DAS で観測できたスロー地震活動は、小規模なものではありますが、約 600 km 離れた能登半島地震の発生後に起こったもので、大地震後のスロー地震活動の発生メカニズムという観点で、重要な活動であったと考えられます。この活動は、DAS の連続観測を行なっていなければ見つからなかつた可能性があり、DAS 観測の重要性が示されたと考えております。

【研究の背景と経緯】

巨大地震が発生する沈み込み帯のプレート境界の周辺では、通常の地震よりもゆっくりとした断層すべりと考えられるスロー地震が発生しています。スロー地震は、巨大地震と共に低角逆断層型のメカニズムを持ち、巨大地震に先行してスロー地震が発生した事例が報告されていることから、沈み込み帯の巨大地震発生領域周辺の状態を推察するうえで、スロー地震活動を調べることは重要であると考えられます。

このようなスロー地震は、離れたところで発生した大地震の後に活発化することが知られています。大地震の地震波は地球上の広い範囲に伝わりますが、そのような大地震の地震波が伝わってきたタイミングで、伝播による応力の変化でスロー地震が発生する場合があり、そのような誘発を動的誘発と呼びます。一方、大地震の地震波が通り過ぎてしばらくしてからスロー地震が発生する場合もあり、大地震によるスロー地震の誘発のメカニズムは一通りではないと考えられます。このようなスロー地震が大地震によって誘発される過程を考えることは、未解明の部分が多いスロー地震の発生メカニズムを明らかにするうえで重要です。

分布型音響センシング (DAS) は、光ファイバーケーブルに沿って歪の変化を計測する技術であり、ケーブルに沿って数 m～数十 m おきという密な観測が可能であることから、近年地震観測や構造探査に使われるようになっています。特に海域では、DONET (四国・紀伊半島沖に敷設されている海底地震観測網) (※3) のようにリアルタイムでデータを確認できる海底地震計の設置は、海底ケーブルの敷設などが必要になり容易ではありません。しかし、DAS は既存の海底ケーブルを利用でき、測器を陸に置くため、海域のリアルタイム観測を容易にします。海洋研究開発機構では、南海トラフで発生するスロー地震や通常の地震のモニタリングを目的として、南海トラフに面した室戸岬沖の海底ケーブルを用いた、DAS のリアルタイム連続観測を 2022 年より行なっており (図 1)、2022 年に発生したスロー地震のシグナルを捉えることに成功しています (Baba et al., 2023)。

2024 年 1 月 1 日 16 時 10 分の能登半島地震発生後、室戸岬沖の DAS のデータを注視していたところ、スロー地震の一種であり、数 Hz の周波数帯で観測される微動の波形が、本震後約 3 時間後から約 9 時間にわたって散発していることを発見しました。このスロー地震活動は小規模で、かつ能登半島地震の強震動の影響で DONET のいくつかの観測点はデータが正しく取れませんでしたが、DAS は安定した観測を継続できており、大地震後の地震活動や地殻変動をモニタリングするのに DAS は有力なツールであることがわかりました。本震発生の 3 時間後ですと、すでに本震の地震波は通過した後で、動的誘発とは別の誘発メカニズムを考える必要があります。本研究では、これらの微動の震源を求め、能登半島地震とこの微動活動の関係について検討しました。

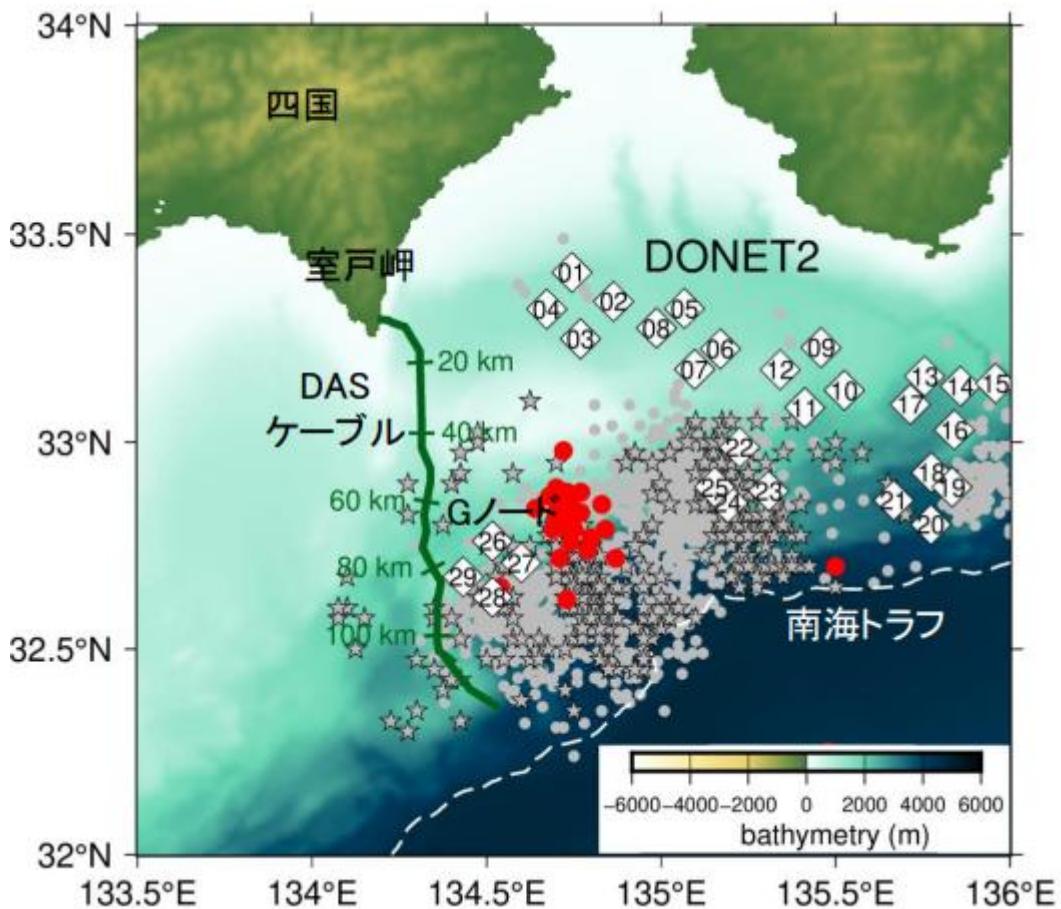


図1 本研究で DAS 観測を行なっている領域

緑色の線が DAS 観測に使用したケーブルを示す。四角形は、海底地震観測網 DONET の観測点の位置を示す。灰色・赤色の丸や星印は、先行研究 (Takemura et al., 2022; Tamaribuchi et al., 2022; Baba et al., 2023) のスロー地震の震源を示す。

【研究の内容と成果】

能登半島地震の約 3 時間後より発生した微動は、DAS ケーブルの南側からシグナルが伝播していました (図 2)。DONET では、能登半島地震の強震動の影響でデータが正しく取れていない観測点がありました。DONET 観測網の西端に位置する DONET2 G-ノードの観測点の水平動で 2 点、上下動で 3 点のみでシグナルが見えており、他のノードではシグナルが見えませんでした (図 3)。シグナルが見えていた観測点では、南側の方がより早く微動のシグナルが到達していました。これらのことから、これらの微動は DAS のケーブルの南端付近で小規模に起こったことがわかります。

観測できた微動のシグナルについて、DAS と DONET の G-ノード観測点の地震計データを併用して、微動の震源決定を行いました。微動の震源決定には、各観測点ペアのエンベロープ (地震波形の振幅をなめらかにつないだもの) の相関からシグナルの到達時刻差を求め、その到達時刻差を説明できる震源位置を求めるエンベロープ相関法を用いましたが、エンベロープ相関法は震源の深さを求めるのが難しいという難点があります。そこで、本研究では、エンベロープ相関法で震央を求めた後、先行研究で求められた 2022 年の当該領域の微動の振幅が、距離とともにどの程度減衰するかを調べ、今回の DAS 観測データの振幅分布を説明できる深さを調べるというアプローチを試みました。震源決定の結果、微動はケーブル南端に近いところで発生していることが確かめられました (図 4)。ここは、先行研究で調べられた南海トラフのスロー地震発生域の西端にあたります。

今回の活動は小規模ではありました、バックグラウンドの微動活動に比べると多くの微動が起こっており、能登半島地震との関係が示唆されます。この地域では、2010 年以降、大きい地震に誘発された

ものを除けばおおよそ 4 年おきに大規模なスロー地震活動が起こっています。前回の大規模な活動は 2022 年だったため、活動間隔を考えると 2 年程度早く起こったと考えられます。そのため、能登半島地震による応力変化によって、プレート境界のスロー地震発生域に蓄積していた応力が強度に近づき、応力変化がなかった場合に比べて活動が早められたり、流体の分布の変化が起こったりしてスロー地震活動が起こったのではないかと考えています。

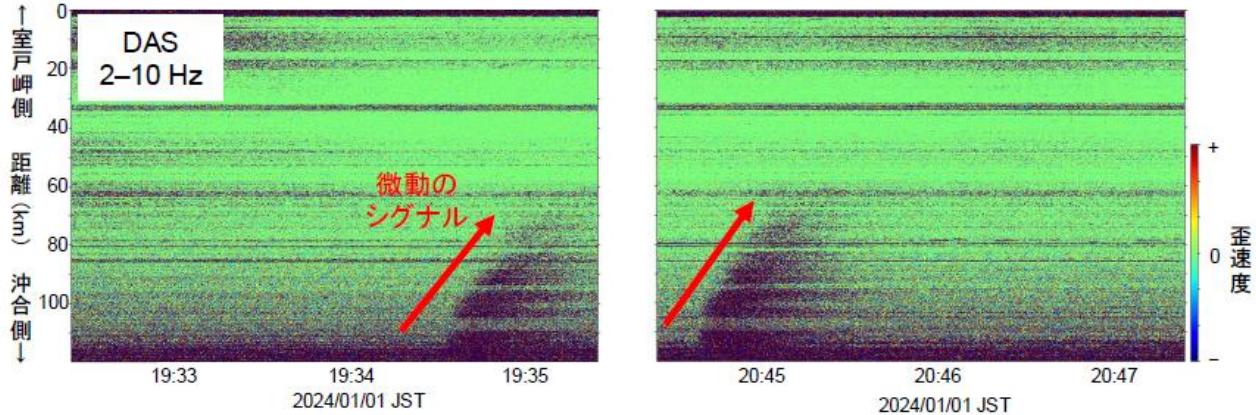


図 2 DAS で観測された微動、歪速度の時空間分布

南側（沖合側）から微動のシグナルが伝播していることがわかる。

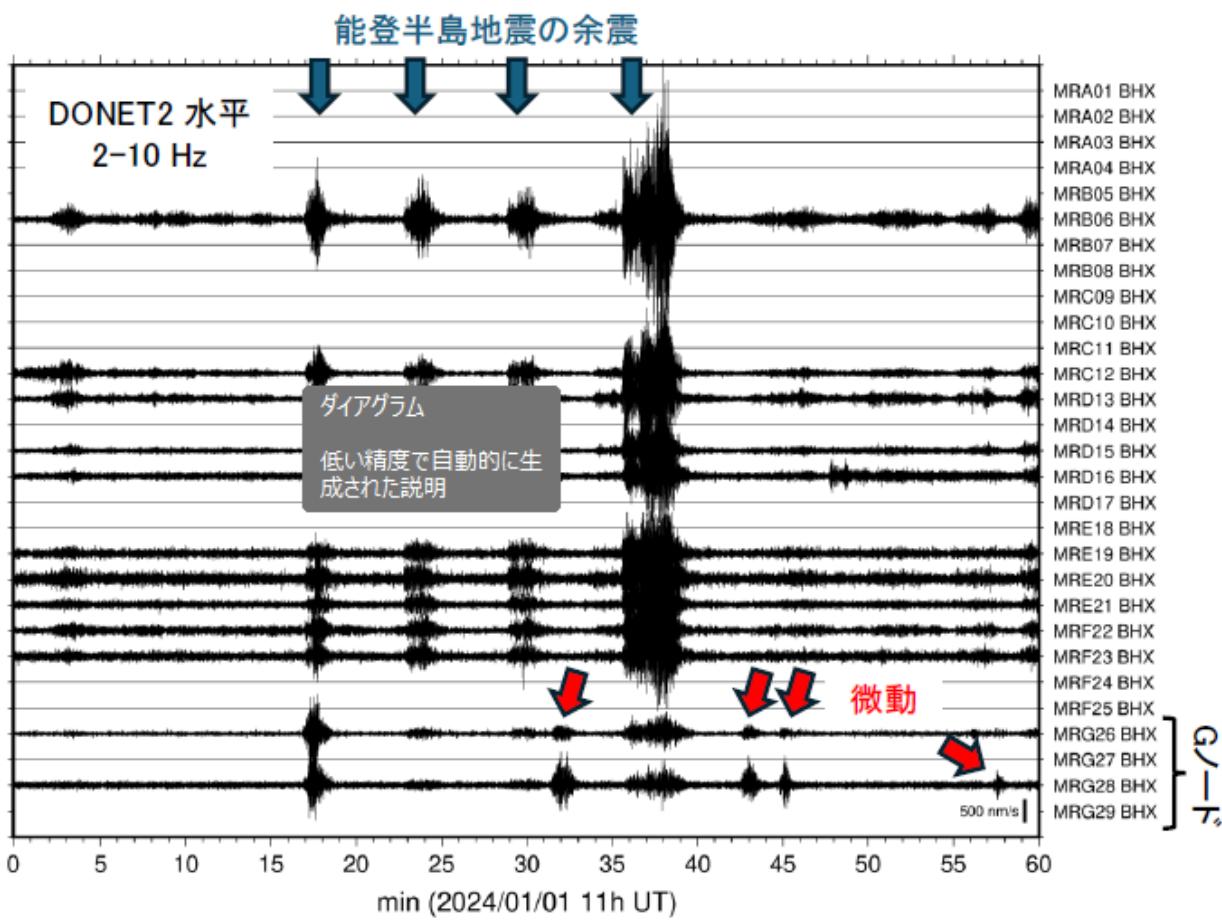


図 3 DONET で観測された微動の波形

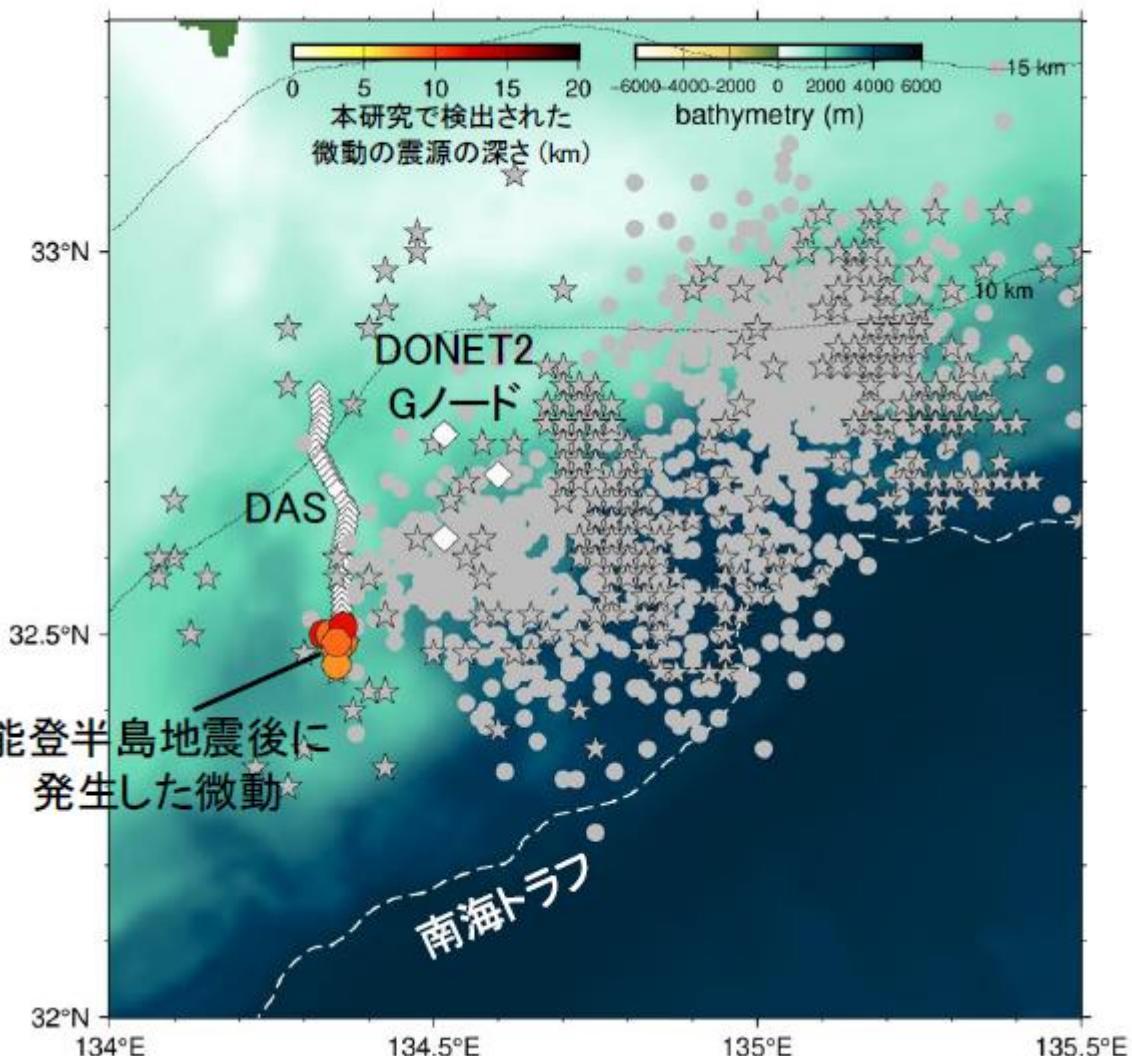


図4 本研究で観測された微動の震源の分布

色は震源の深さを示す。四角形は震源決定に使用した観測点の位置を示す。灰色の丸や星印は、先行研究 (Takemura et al., 2022; Tamaribuchi et al., 2022) のスロー地震の震源を示す。

【今後の展開】

今回のような小規模な微動活動は、DAS 観測を行なっていなければ見つけられていなかった可能性が高く、DAS は大地震後の地震活動や地殻変動をモニタリングするのに有用なツールであることが明らかになりました。スロー地震や、大規模な地震後の地震活動の発生メカニズムを明らかにするには、まずは活動の知見を積み重ねることが重要です。今後も、DONET による地震計観測に加えて DAS 観測を続け、巨大地震発生帯の地震・スロー地震活動を注視していく必要があると考えています。

【用語解説】

(※1) スロー地震

説明・・・通常の地震よりもゆっくりとしたすべりで、主に沈み込み帯の巨大地震の大すべり域周辺で観測される。南海トラフでは、沈み込むフィリピン海プレートと上盤のユーラシアプレートの境界の、巨大地震の大すべり域の浅い側（海側）と深い側（陸側）で発生しており、それぞれ浅部スロー地震と深部スロー地震と呼ばれる。スロー地震は特徴的な時間スケールによっていくつかの現象に分

類され、スロースリップイベント（数日～数年）、超低周波地震（20–50 秒）微動（0.1–0.5 秒）といった現象がある。

(※2) 分布型音響センシング (DAS)

説明・・・光ファイバケーブルにレーザー光を入射し、返ってくる光の位相の変化から、ケーブルに沿った歪の変化を数 m 間隔で計測できる観測技術。従来の地震計よりも稠密な観測が可能であることから、近年、地震観測や構造探査に用いられている。

(※3) 地震津波観測監視システム (DONET)

説明・・・海域で発生する地震や津波の観測のために南海トラフ近海の海底に敷設された地震・津波観測網。紀伊半島沖から四国の室戸岬沖にかけて展開されており、東側が DONET1、西側が DONET2 と呼ばれている。DONET1 は 5 個、DONET2 は 7 個のノードから構成され、各ノードには 4~5 の観測点がつながっている。各観測点には、広帯域地震計、強震計、水圧計、微差圧計、ハイドロフォン、温度計が設置されている。DONET のデータは海底ケーブルを通してリアルタイムで送られ、防災に活用されている。

【謝辞】

本研究の観測および解析は JSPS 科研費 (JP24K17155, JP21H05204)、セコム科学技術振興財団の助成を受けたものです。

【論文情報】

掲載誌：Geophysical Research Letters

タイトル：Shallow tremors near the Nankai Trough activated after the M 7.6 Noto Peninsula earthquake

著者名：Satoru Baba, Eiichiro Araki, Takane Hori

D O I : 10.1029/2025GL118973

【お問合せ先】

<研究に関するご質問>

九州大学 大学院理学研究院 助教 馬場 慧 (ババ サトル)

TEL : 092-802-4342

Mail : baba.satoru.083@m.kyushu-u.ac.jp

<報道に関するご質問>

九州大学 広報課

TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

海洋研究開発機構 海洋科学技術戦略部 報道室

TEL : 045-778-5690

Mail : press@jamstec.go.jp