

海底ケーブル 光ファイバーセンシングによる 超広帯域稠密海底観測の展開

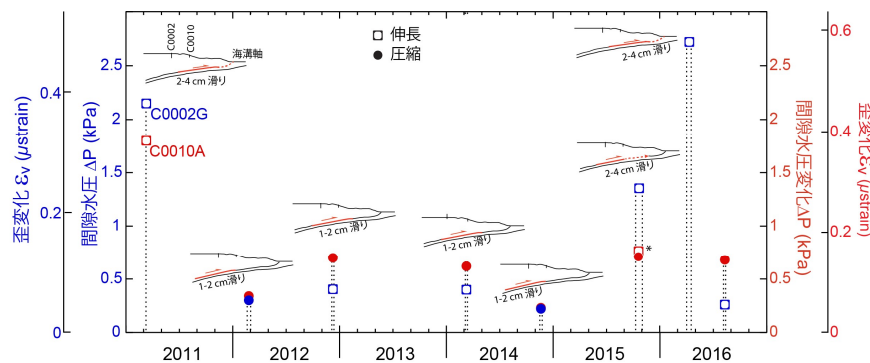
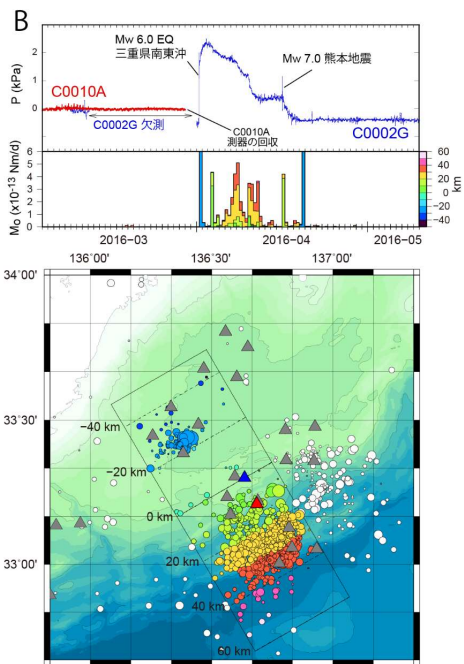
荒木 英一郎¹、横引貴史¹、松本浩幸¹、
馬場慧¹、辻修平¹、西田修平¹、町田祐弥¹、田中愛幸²

1)海洋研究開発機構

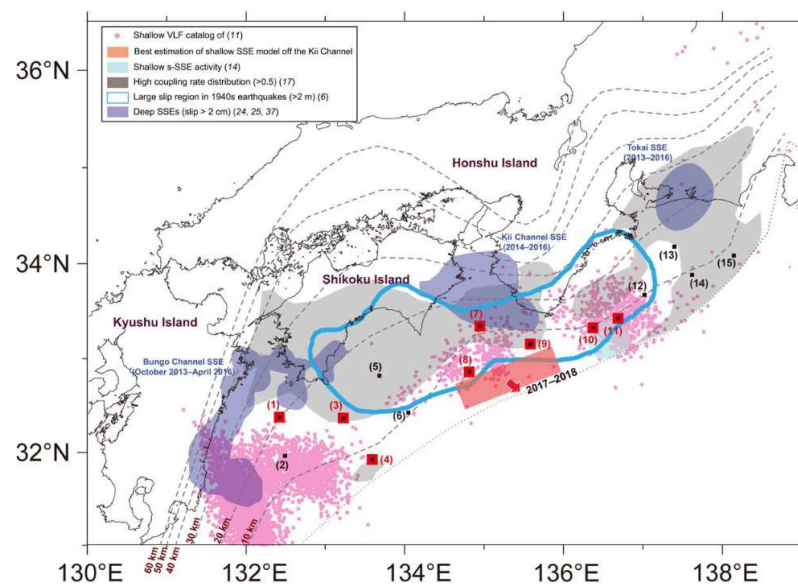
2)東京大学理学系研究科

はじめに：南海トラフプレート間固着の現状とゆっくり滑りの発生

- 南海トラフ沈み込み海溝軸付近でのゆっくり滑りの発生：海底下孔内での歪変化の検出によって発見され、繰り返す様子が見えてきています。
- GNSS/Aなどによってプレート間固着のむらが知られるようになっていきます。
- プレート間固着とゆっくり滑り・スロー地震の関係は、ありそうだが実態は未だ不明です。
- また、海底下構造との関係も示唆されているが、こちらも未だ不明です。
- 広域・高密度な観測が必要です。



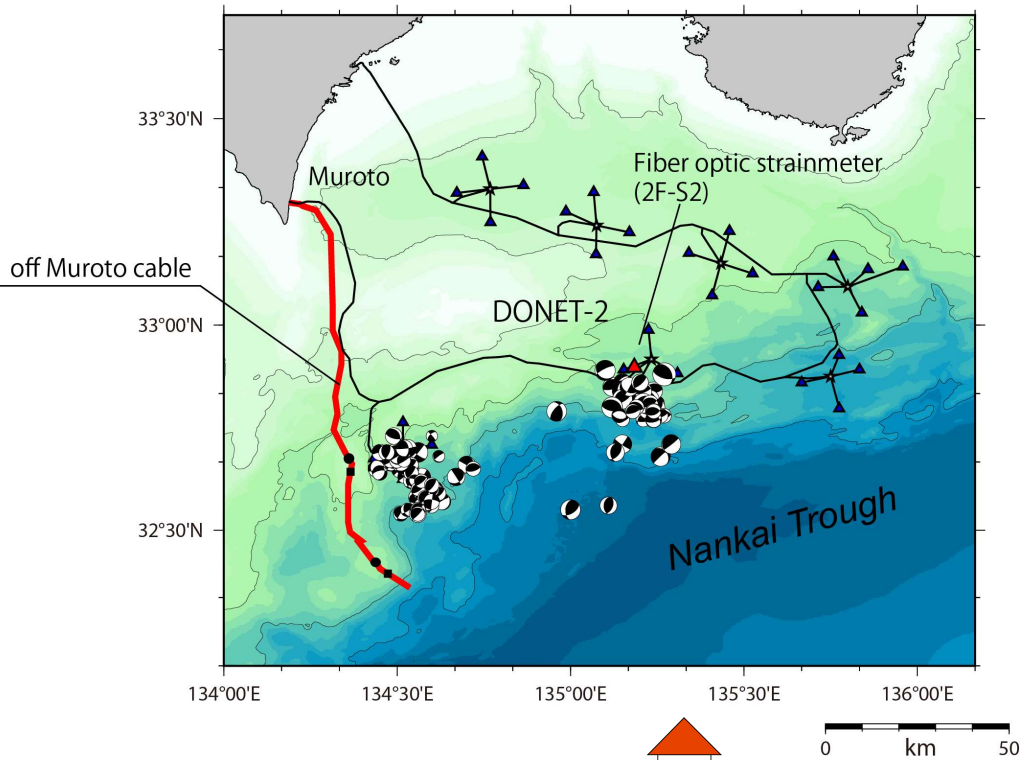
from Araki et al., 2017



Yokota and Ishikawa, 2020

光ファイバーによる歪観測でゆっくり滑り・スロー地震の広域評価が可能では？

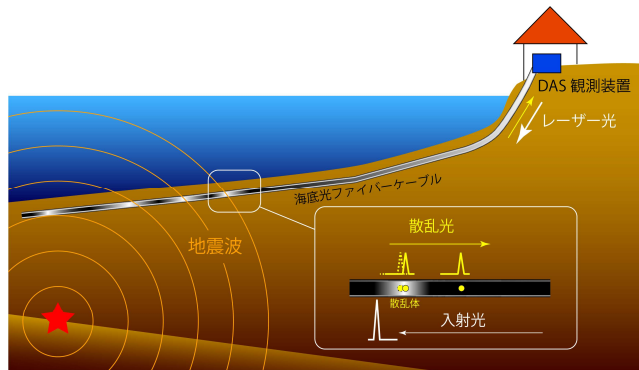
VLFE activities in 2022/Jan-Mar.



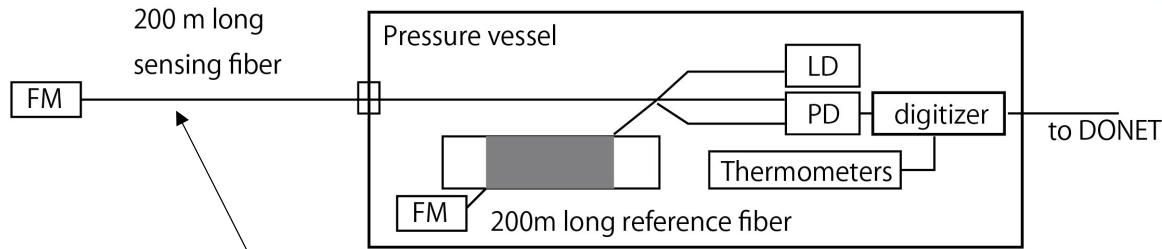
JAMSTECでは、海底に展張した光ファイバーの伸縮を計測することで、南海トラフ等で発生しているゆっくり滑りやスロー地震の実態に迫ろうとしています。

2019年には、「光ファイバー歪計」を設置、DONET-2に接続することによって、連続観測を開始しました。

また、室戸沖海底ケーブルに「光ファイバーセンシング」技術を適用することによって、ゆっくり地震・ゆっくり滑りにともなう海底の変形を評価できるのではないかと、こちらも2019年以降積極的な試験観測や技術開発を展開してきました。

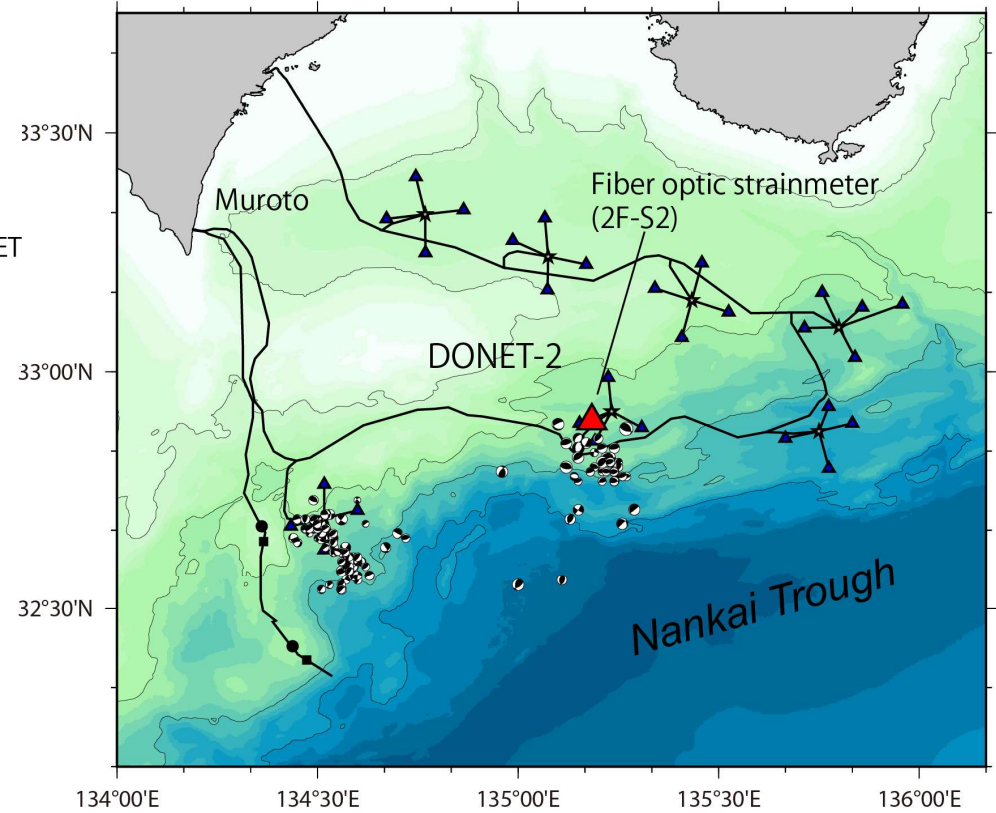


海底光ファイバー歪計



2種類の温度係数の異なる光ファイバー (SM, PS) が1mm径のステンレス管に入っている

VLFE activities in 2022/Jan-Mar.

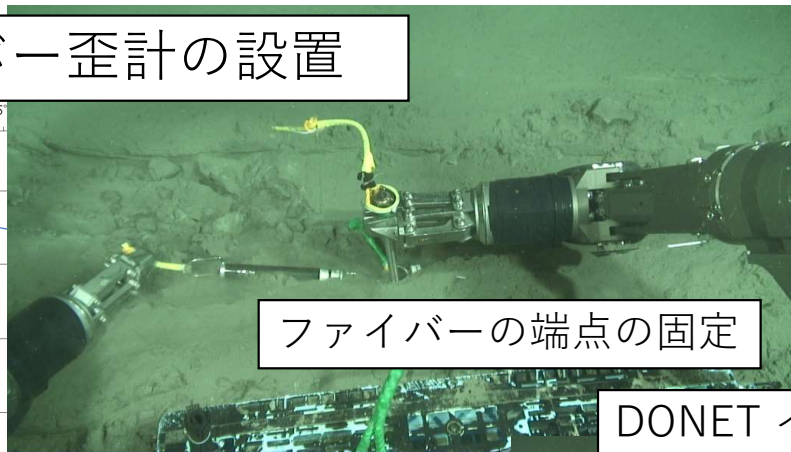
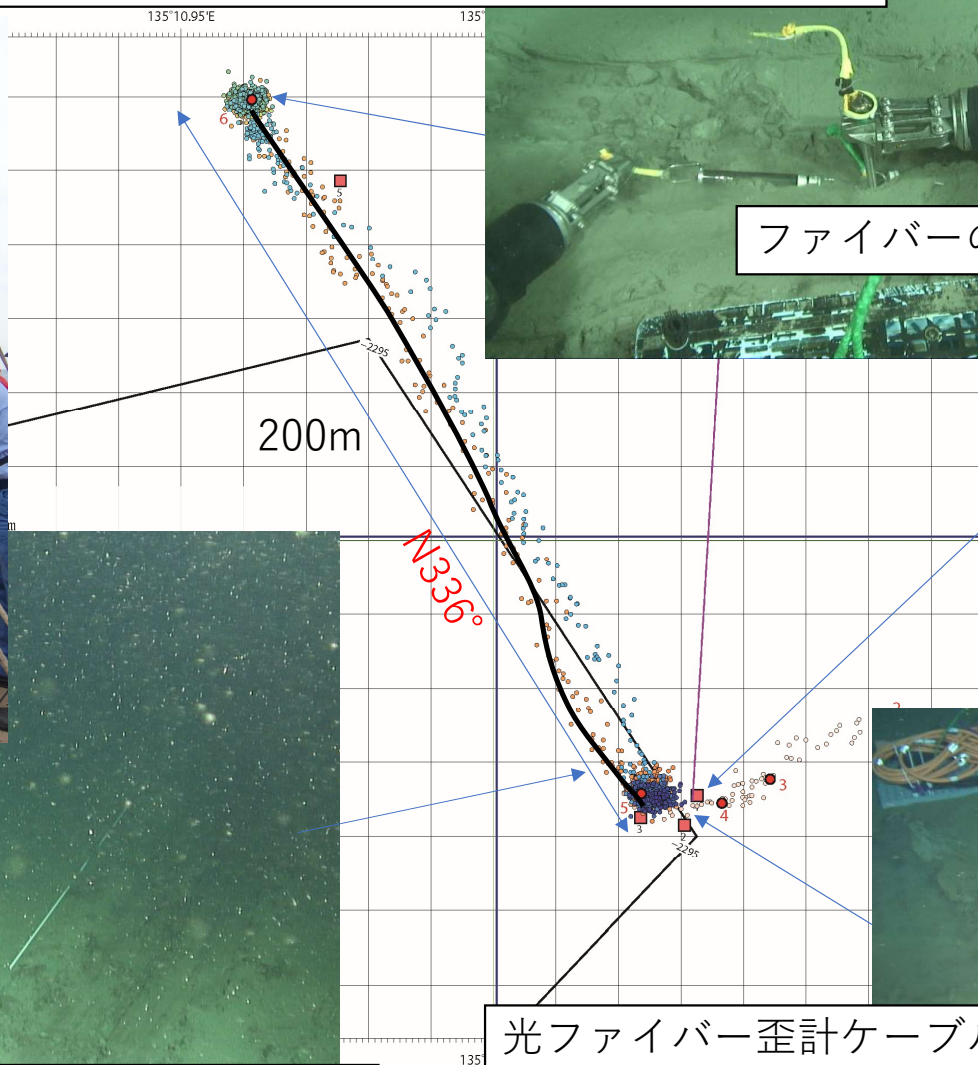
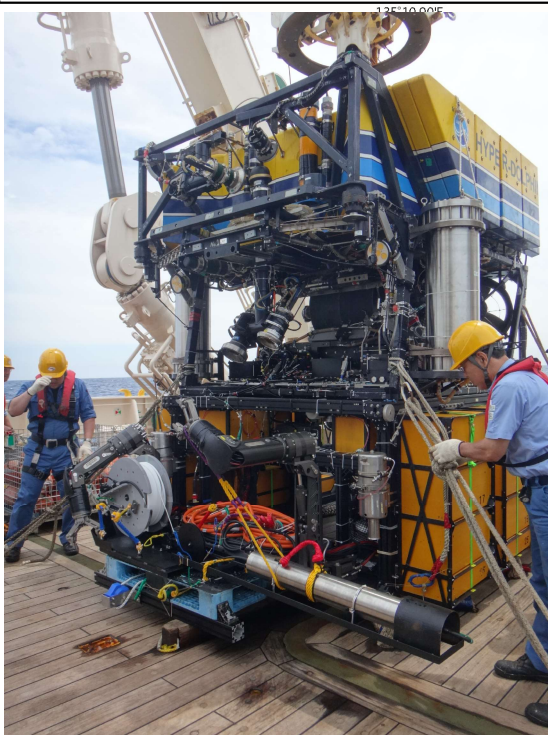


海底面に張った200m長の光ファイバーケーブルの長さ変化を耐圧容器内の200mの基準長ファイバーとマイケルソン干渉計の仕組みで比較、計測する仕組み。

DONETに接続することで、計測データはリアルタイムに得られます。

2019年に、DONET2-Fノードに接続 (2F-S2点)して、南海トラフ海底での長期試験観測を開始しました。

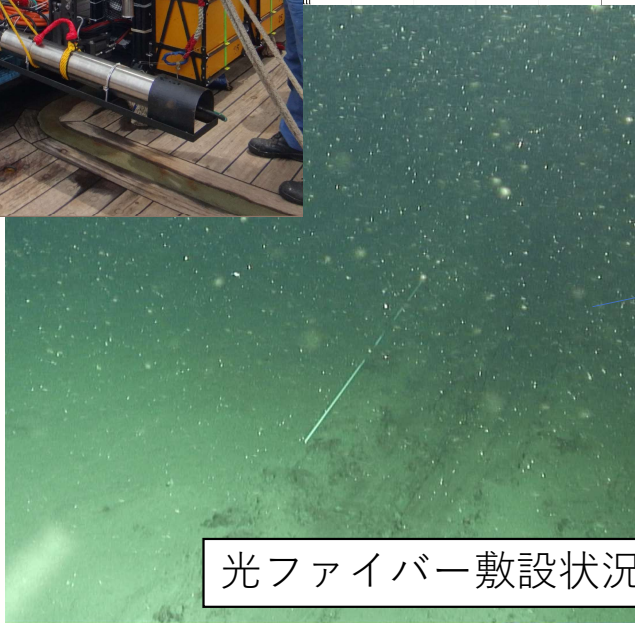
DONET-2 2F-S2点への海底光ファイバー歪計の設置



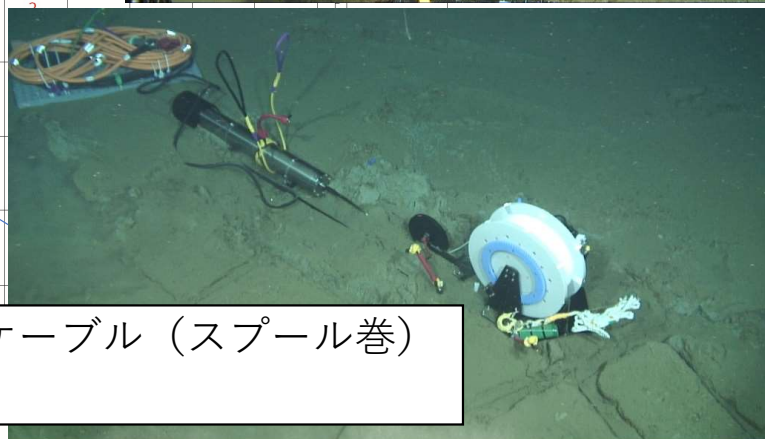
ファイバーの端点の固定



DONET インターフェース

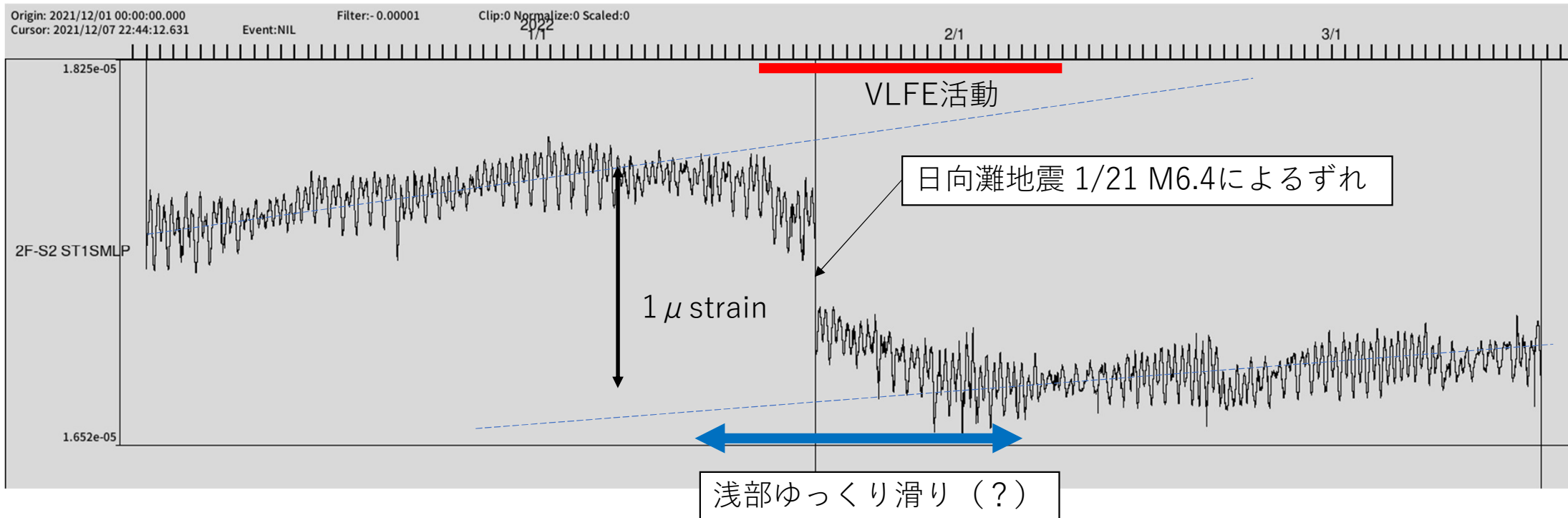


光ファイバー敷設状況



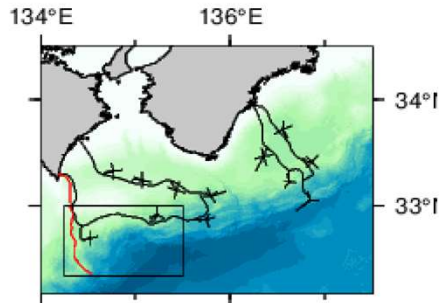
光ファイバー歪計ケーブル（スプール巻）と観測装置

南海トラフ設置の海底光ファイバー歪計(2F-S2)でとらえた浅部ゆっくりり滑り



2022年1~2月に
0.7 μ 歪程度のゆっくりとした海底面変形を3週間程度の期間に観測。
この期間の前後、周辺の海域でスロー地震（超低周波地震, VLFE）も観測しています。

スロー地震と観測した海底歪変化の関係



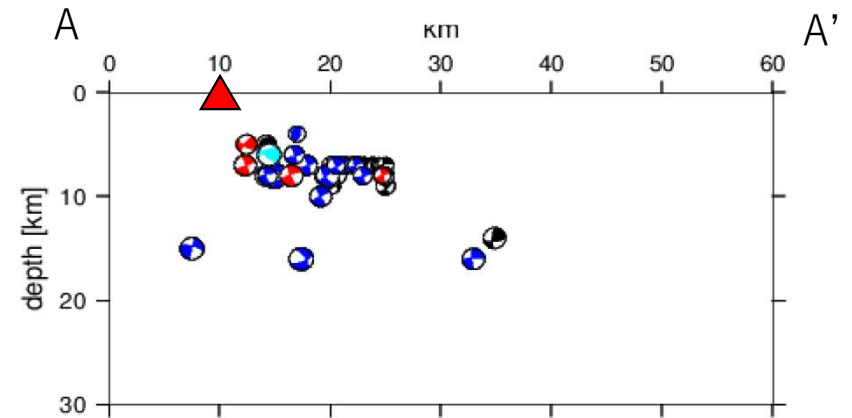
VLFEに伴う観測海底歪変化

青：伸長

赤：圧縮

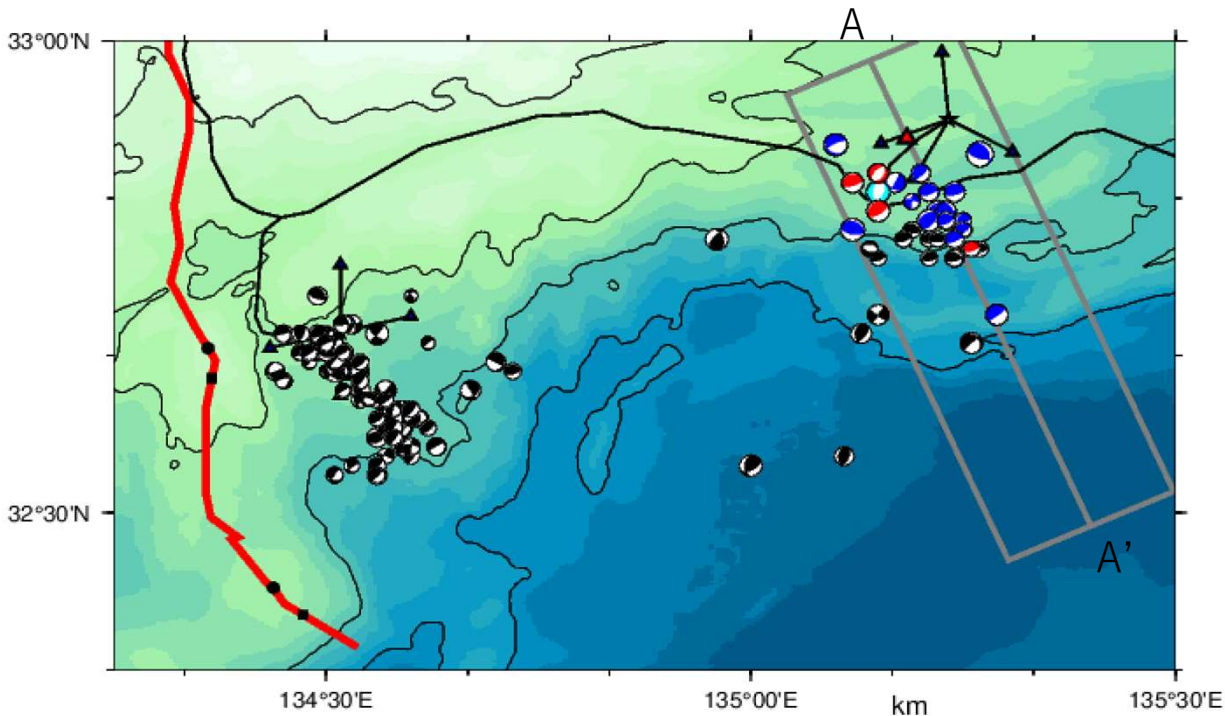
水色：圧縮後伸長

黒：海底歪変動観測されず

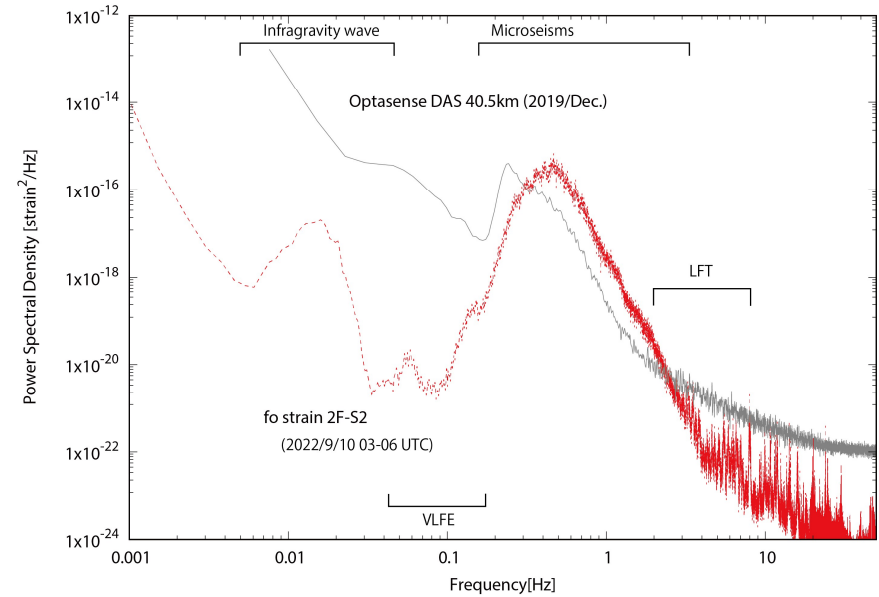
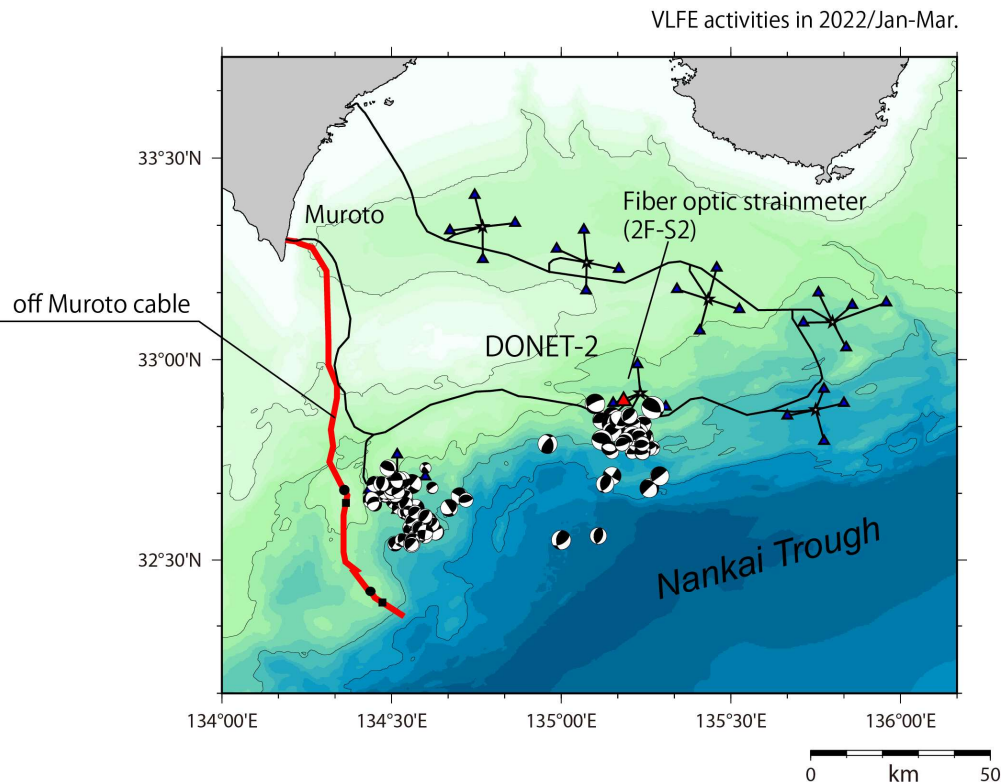


VLFEに伴う海底歪変動が観測されたVLFEの分布は、海底光ファイバー歪計の設置点からおおむね20km以内でした。
 また、広帯域地震観測によって決定されたVLFEの震源メカニズムから想定される変動極性とおおむね整合的です。

→ 海底光ファイバー歪計によって、近傍で発生するVLFEの断層滑りに伴う海底面歪が観測できていると考えます。

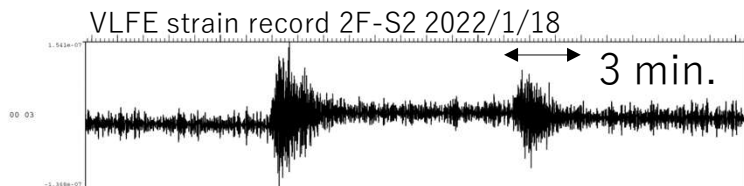


室戸沖ケーブルでの光ファイバーセンシング（DAS）と光ファイバー歪計の能力比較



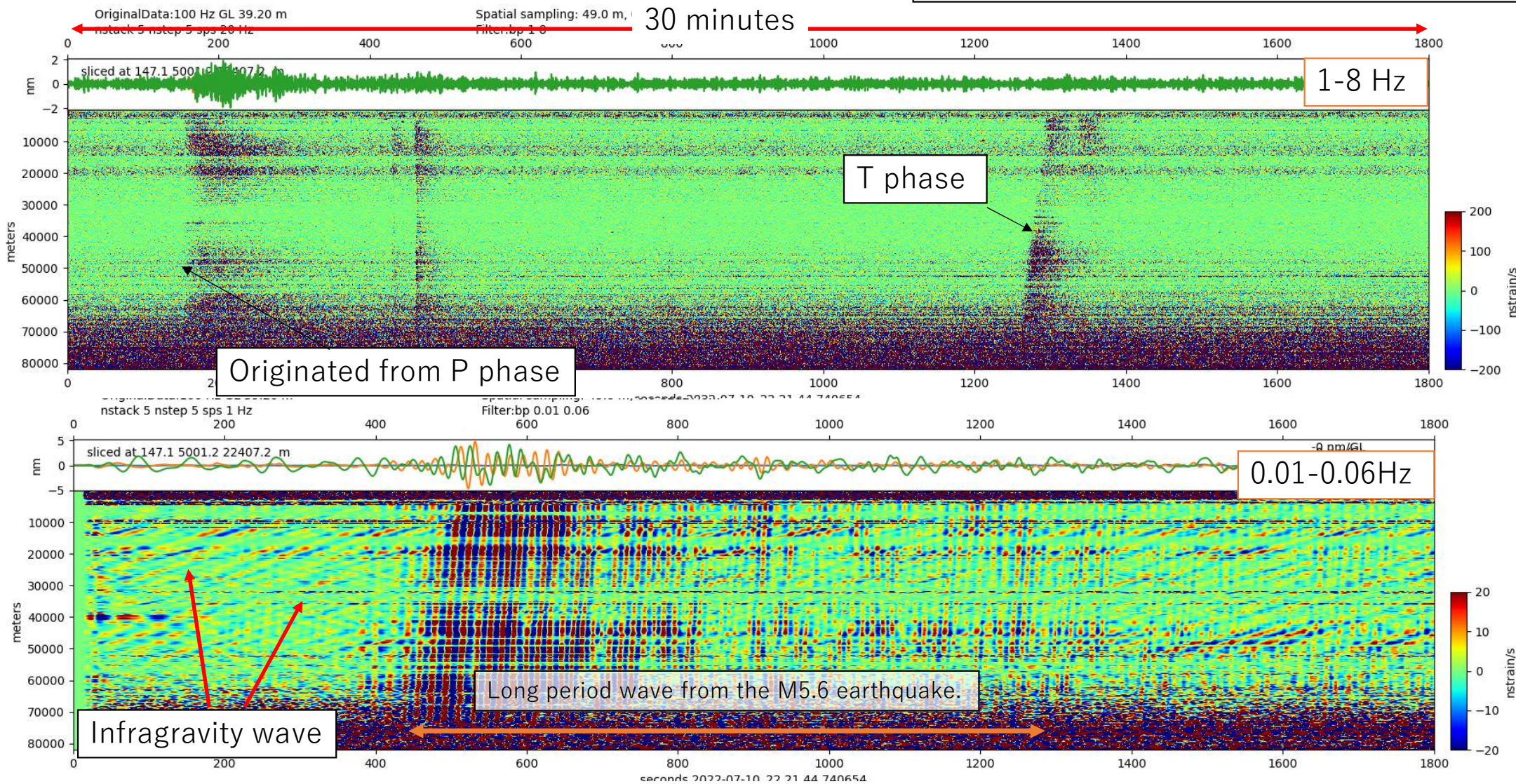
光ファイバー歪計はスロー地震が計測される帯域で十分に高い感度を持ちますが、商用の光ファイバーセンシング装置（DAS）はそうではありません。

そこで、DASによってスロー地震を観測しうるように、機構で観測に使用してきたAP SensingのDAS装置の改良を行い、室戸沖ケーブルで試験観測を行いました。



長周期特性を改良したDASによる遠地地震記録

Mariana Islands region 18.772N, 147.046E M 5.6
Depth:10 km
Universal Time (UTC): 10 Jul 2022 22:19:59

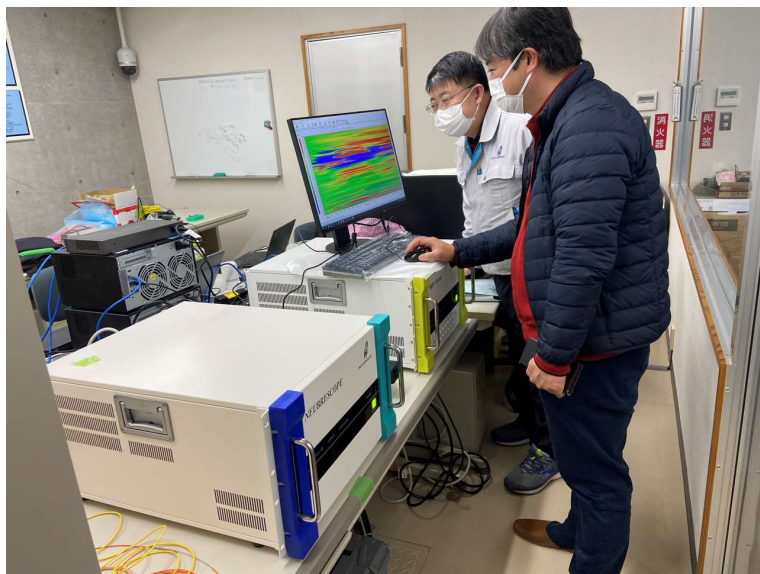


より長周期の地殻変動観測に適した光ファイバーセンシング技術開発(TW-COTDR)



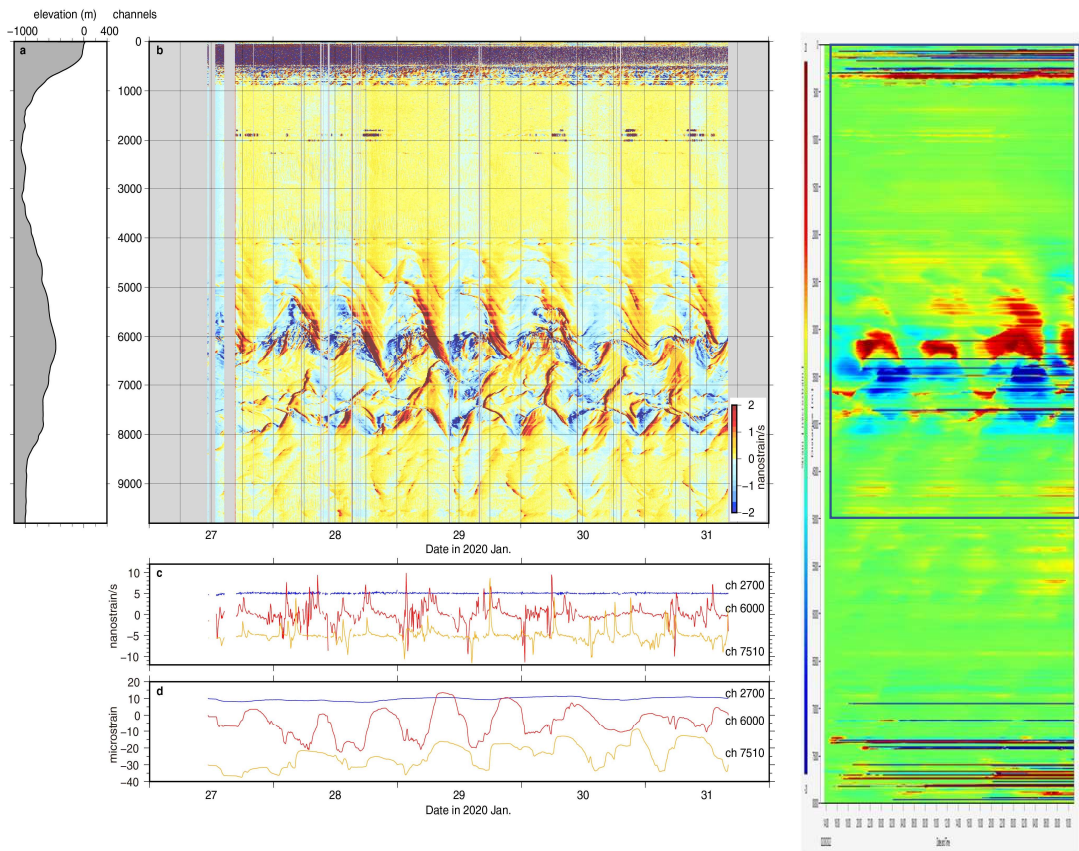
ゆっくり滑り (SSE)のようなより長い周期での地殻変動観測には、DASが光位相変化を計測することによっていることから大きな歪変動があった場合、変動を追いきれないという問題があり、地震等大きな変動がある中でのゆっくりとした変動を計測するには不利です。

そこで、Neubrex co. ltd. とともに、TW-COTDR: tunable wavelength - coherent optical time domain reflectometer の原理に基づく、長周期の変動を安定に計測できる光ファイバーセンシング技術の開発を行い、こちらも室戸沖ケーブルで試験を行っています。



TW-COTDR initial test in Muroto shore station (Feb 28., 2022).

TW-COTDRによる室戸ケーブルの試験観測



Long period DAS record
Ide, Araki, Matumoto, EPS, 2021.

Two days initial
observation in Muroto
cable.

TW-COTDRを使って室戸ケーブルで最初に行った2日間の観測からは「とさばえ」近傍で大きな歪変化が観測され、これはDASで見えているものと整合的でした。

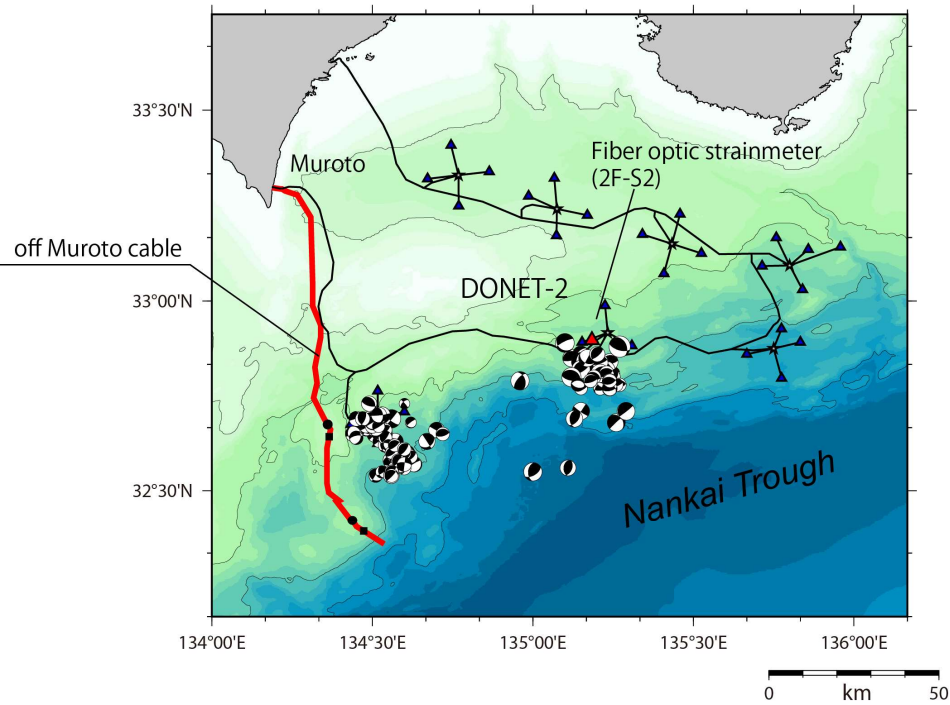
おそらく、とさばえの周辺では潮汐にともなって大きな温度変化が海底で起こっており、この温度変化の影響を見かけの歪変動としてとらえたものと考えており、海底で実測した温度との比較から実証されました。

また、80km先まで1mの分解能で歪計測を安定に行えることも確かめられました。

室戸では、TW-COTDRによる長期間、80kmの範囲の海底歪計測を実施し、室戸沖の地殻変動の計測を継続しています。

おわりに

VLFE activities in 2022/Jan-Mar.



南海トラフ浅部で発生しているゆっくり滑り・スロー地震の実態を明らかにするため、海底の光ファイバーケーブルの伸縮を精密に計測することを始めています。

「光ファイバー歪計」では、ゆっくり滑りを実際に観測することができており、より小規模なスロー地震による海底面歪変動も計測できています。

広域の歪変動場を観測できる可能性のある、「光ファイバーセンシング」技術によるゆっくり滑り・スロー地震をターゲットにした観測も、観測装置の改良・開発などを通じ、室戸沖ケーブルで長期試験観測を始めています。

今後、これらの成果をより広い海域に展開したいと考えています。