

DASにおける長周期観測ノイズの低減手法

Long-period noise reduction on fiber optic distributed acoustic sensing (DAS)

*荒木 英一郎¹、横引 貴史¹

*Eiichiro ARAKI¹, Takashi Yokobiki¹

1. 海洋研究開発機構 海域地震火山部門

1. JAMSTEC IMG

我々は、南海トラフ室戸沖に展開された120kmの海底光ファイバーケーブルを用い、分布型音響センシング (DAS) 計測を展開している。DASは、光ファイバーの光ファイバー歪変化を多点・高密度に計測できるのが特長であり、室戸沖海底ケーブルでは、ローカルな地震だけでなく、長周期地震動に富んだ遠地地震の観測も行えている (Ide, Araki, Matsumoto, 2021) が、0.1秒より長い長周期においては、機器ノイズが多いため、近傍のDONET海底広帯域地震計と比べて長周期地震動の観測限界は高くない。同じ南海トラフに展開している200m長の1本の光ファイバー歪計による観測結果 (Araki et al., 2021) を考えると、このDAS機器ノイズを減少させることができれば、海底光ファイバーケーブルでも、海底広帯域地震計と同様の高感度・広帯域観測が行えることが期待できるため、DASの長周期観測ノイズの原因を考察するとともにその観測ノイズを補正して長周期における観測限界を高めることを意図した実験を行ったので報告する。

DASでの10秒より長周期での観測ノイズは、光ファイバーが実際に温度変化等により見掛けの伸縮を起していることの他に、DAS装置に用いられているレーザー光源の波長の揺らぎが見掛けのファイバー伸縮として見える効果が主要なノイズ源であると考えられる。この後者の効果を測定することができれば、観測記録を補正することによって長周期観測限界を高めることができるのではないかと考えた。レーザー波長の揺らぎは、光ファイバーの1回の計測 (通常1ms程度) の間は小さいと考えられるため、揺らぎの影響は、光ファイバー観測記録全体に共通の成分として現れると考えられる。そこで、観測ファイバーに「歪変化のない」区間を挿入し、その区間の計測結果をレーザー波長揺らぎの効果として、他の計測区間の記録を補正した。

「歪変化のない」観測ファイバーの区間は、石英管に巻き付けた光ファイバー約140mを断熱容器に収納することによって実現した。また、「歪変化のない」光ファイバー区間にそれで生じているちいさな「歪変化」をも、並行して高安定レーザー光を用いた光干渉法によって計測することにより、さらなる補正を行うことも試みた。この計測に用いる高安定度レーザー光源は、高真空環境で断熱されたキャビティに周波数ロックした周波数ドリフト率が 10^{-10} /日程度のものを用いたので、「歪変化のない」光ファイバー区間の実際の歪変化を0.1nstrainより高い精度で把握することが十分に可能である。

これらの実験装置：DAS観測装置 (AP Sensing N5226A 50km range)、 「歪変化のない」光ファイバー (自作)、高安定度レーザー光源 (Stable Laser Systems社 SLS-INT-1550-1)、光干渉計測装置 (自作) を海洋研究開発機構の室戸沖海底ケーブルの陸揚げ局舎内に設置を行い、試験観測を2021/3/4-3/31の期間連続的に実施した。

得られたDAS観測記録では、0.01-0.1Hzの長周期地震動の帯域において「歪変化のない」光ファイバー区間と30kmまでの計測範囲での記録は非常によく相関しており、「歪変化のない」区間の記録を用いることで、これらの計測範囲において観測ノイズを少なくとも1/10程度に減らすことが可能と考えられる結果が得られた。それより先の区間ではやや相関が低くなっているが、これはDAS装置で観測しているレイリー散乱光の強度が小さいため、光ファイバーの歪変化を完全にトラッキングできていないことによるものと考えられる。い

ずれにしても、観測装置の計測区間のかなりの範囲で、記録の長周期ノイズを減少させることができることが示された。高安定度のレーザーを用いた光干渉計測の結果によれば、「歪変化のない」光ファイバー区間も、設置場所の温度変化の影響を受け、日変化に卓越した歪変化が観測された。したがって、DASの観測データをより長周期（～日）で活用しようとする場合には、今回実験をしたような方法でDAS観測の長周期計測の精度を高めることが必要になると示唆された。