

海底光ファイバーケーブルとDASテクノロジーを使った海底地震と波の同時観測

Submarine Earthquake Event Recording While Wave Monitoring Using Submarine Optical Fiber Cable and DAS Technology

*木村 恒久¹、荒木 英一郎²、横引 貴史²

*Tsunehisa KIMURA¹, Eiichiro Araki², Takashi YOKOBIKI²

1. シュルンベルジェ、2. 海洋研究開発機構

1. Schlumberger, 2. JAMSTEC

DASテクノロジーは、2011年頃から石油・ガス産業において、パイプラインのモニタリングや侵入者を感知する目的で導入されている。近年では“heterodyne Distributed Vibration Sensing”（以下、hDVS）と呼ばれる位相差データを用いる最新の光ファイバーセンシング技術の適用により、Vertical Seismic Profile（以下、VSP）を含むサイスミックデータ取得ができるようになった¹⁾。そのhDVS装置を使った自然地震に近い Cross-well VSPのデータ、および波を観測したデータをJpGU-AGU2017にて紹介し、リアルタイムに地震と津波を同時に観測することができる可能性について述べた²⁾。

2017年9月、海洋研究開発機構（以下、JAMSTEC）の協力の下、JAMSTEC所有の海底光ファイバーケーブルを使った地震観測の実証実験を行った。豊橋沖に敷設してある海底光ファイバーケーブルのうち、光学長が約17kmのシングルモードファイバーを実験に選んだ。そのファイバーに第三世代のhDVS取得装置をつなげ、バックグラウンドノイズを測定する目的でhDVSの連続測定を実施した。本稿では、その連続測定データを用い、自然地震波の観測が行えるか検証した結果を報告する。

豊橋沖に敷設してあるJAMSTEC所有の海底光ファイバーケーブルは、本来、通信用のケーブルとして使われていたものである。一般的な通信用光ファイバー仕様のFC/PC型のコネクターが用いられていたが、このタイプのコネクターは、コネクターでの光パルスの反射が大きく、その反射がデータに影響を与える。それ故、ファイバーセンシングの分野では、その使用を極力避けるが、少なくとも2箇所にFC/PCが使われ、その一つを反射の少ないFC/APC型に交換し改善を図った。

バックグラウンドノイズの連続測定は、9月25日夕方から26日朝にかけて、約14時間に渡り実施した。今回記録したデータを見ると海岸から水深の浅い5km近辺までのファイバーには、波の動きを示すデータが定期的に記録されていた。測定データを詳細に調べると、9月25日11:54:55 UTC（9月25日20:54:55 JST）に記録されたデータ、およびそれ以降のデータに自然地震波と思われる波形が確認できた。気象庁の震源リストのデータと参照したところ、駿河湾で発生した以下の地震記録と同一であると考えている。

（2017年9月25日 20時54分49.7秒 緯度34°53.3'N 経度138°31.8'E 深さ215km M3.9 震央地名 駿河湾）

今回記録された自然地震波を図1に示す。8.1kmより遠方のファイバーにノイズが目立つが、その原因は、FC/PC型のコネクターにおける強い反射とファイバーの末端での反射が原因と考えられる。測定パラメータは、ゲージ長40 m、空間サンプリング10 m、および、サンプリング周期が2 msであり、1ファイルのレコーディング時間を30秒とした。hDVS第三世代の装置を使って記録できる最大のファイバー長は16.5kmで、17km全てに渡っての記録はできなかった。

観測されたデータから解析した海岸近辺においてのP波の到達時刻は9月25日20:55:21 JST、S波の到達時刻は20:55:44 JSTである。海底光ファイバーケーブルは、海岸線から真っ直ぐに太平洋を南に向かって敷設され

ているが、P波とS波の両者とも、16km先の沖に比べて海岸部の方にP波で0.4秒、S波で1.0秒早く到達したので、地震は海底光ファイバーケーブル対し、東西方向から若干北寄りで起きたことがうかがえる。つまり、震央が駿河湾であったことを裏付けることになる。

防災科学技術研究所（以下、防災科研）が公開しているHi-netによる連続波形画像との比較も行った。愛知県には21の観測点が存在し、豊橋にも観測点があるが、その連続波形記録を参照したところ、hDVSの測定データとほぼ一致することを確認した。今回、海底光ファイバーケーブルで観測された海底地震の記録は、筆者が認知する限りでは、DASテクノロジーを使った世界で初めての事例である。

本観測結果より、hDVSを用いた測定手法は、海底光ファイバーケーブルにつなげることによって、波のモニタリングを行いながら自然地震波の観測システムとしても利用できる可能性が示された。

謝辞：リファレンスとなる地震情報は、気象庁、および防災科研のデータを用いました。これらの機関に対し感謝の意を表します。

引用文献：

- 1) Kimura, T., Lees, G., and Hartog, A. JpGU 2016 (RAEG 2016), Optical Fiber Vertical Seismic Profile using DAS Technology STT17-12, Extended Abstract.
- 2) Kimura, T, JpGU-AGU 2017, Progress of Seismic Monitoring System using Optical Fiber and DAS Technology STT59-04, Potential for Real-Time Earthquake Monitoring using Optical Fiber Network and DAS Technology SCG72-P03, Potential for Real-Time Tsunami Monitoring using DAS Technology HDS16-P01.

キーワード：DAS、hDVS、光ファイバー、地震、津波、リアルタイム観測

Keywords: DAS, hDVS, optical fiber, earthquake, tsunami, real-time monitoring

