

京都国道 9 号における光ファイバセンシングで観測された反射 S 波から推定される
下部地殻構造

Lower Crustal Structure Estimated from Reflected S Waves Observed by an Optic Fiber Sensing
along Route 9 in Kyoto

宮澤理稔

Masatoshi MIYAZAWA

Distributed acoustic sensing (DAS) technique is often used for measuring strain rate distributed along an optic fiber cable. The 2021 M2.8 earthquake was recorded by the DAS measurement using a 50 km cable along Route 9 in southern Kyoto, where the direct S-waves were followed by seismic waves reflected at lower crustal structures. The strain-rate wavefields of the M2.8 earthquake were simulated by implementing the lower crustal structures. The existence of a north-dipping reflector can explain the arrival time of reflected waves, while those amplitudes are faint if the planar reflector is assumed. The results suggest that the reflector is either uneven or consists of scatterers.

1. はじめに

光ファイバは情報伝送路として用いられている他にも、それ自体をセンサとし、温度、圧力、歪み、音、振動などを測定する技術も様々な分野で実用化されている。この様な光ファイバセンシングにおいても、光ファイバに沿う温度や歪みを分布的に捉える技術の発展は近年めざましく、商用化も進んでおり、海底や陸上の地震の観測にも活用されるようになってきた。本発表では、分布型音響センシング (Distributed Acoustic Sensing; DAS) と呼ばれる光ファイバセンシング技術を用いて、京都の一般国道 9 号において京都駅から京丹波町までの約 50km 長の光ファイバケーブルを、約 5m 毎、つまり約 10,000 チャンネルで高密度に振動測定し、得られた地震記録から構造推定を試みた内容について紹介する。

2. DAS で観測された地震について

2021 年に実施していた DAS 測定期間中の 9 月 18 日に、亀岡を通る国道 9 号のほぼ真下の深さ約 12km で、M2.8 の地震が発生した。測定していた区間の中央付近で発生しており、波動場調査を通じた構造解析に適した記録である。P 波、S 波の到来が明瞭に観測されているほか、SP 変換波も捉えられている。この地域で発生する地震には、S 波の後続波として下部地殻の構造で反射してきたと考えられる S 波反射波が観測されることがよく知られており (例えば、片尾他 (2007))、この M2.8 地

震の場合にも明瞭な反射 S 波がケーブルの北側に於いて観測されていた。観測された地震がたった一つだけであっても、高密度観測によって地震波反射面の存在を示すことができている。尚、この地震の余震に相当する微小地震も直後に捉えられているが、気象庁一元化震源カタログには記載されていない規模であった。

3. 歪み速度場のシミュレーションとの比較

観測結果と、下部地殻構造を考慮した波動場の計算結果との比較を行った。この比較にあたり、ケーブルのジオメトリに関して再検討を行い、チャンネルに対応する位置情報をアップデートした。

DAS で観測される量は、ゲージ長に対応するレーザー光の位相変化であり、これは歪み速度に比例し、近似的には加速度にも比例する。波動場計算に用いる OpenSWPC (Maeda et al., 2017) の出力を改良することで、ゲージ長に対応するケーブル方位を考慮した歪み速度場を計算した。M2.8 地震のメカニズムを仮定して計算された波動場によると、震源より南部の下部地殻において反射した波が、後続の反射波の形成に寄与していた。比較的深い所での反射は DAS の観測範囲では捉えられていない。また直達波に対する反射波の振幅は観測に比べて微弱であり、観測事例を説明するためには、平面的でない反射面か、散乱体の分布が下部地殻に必要であると考えられる。

謝辞：光ファイバケーブルは京都大学防災研究所と京都国道事務所との覚書に基づき、京都国道事務所より借用いたしました。本研究は JSPS 科研費 21K18748 の助成を受けたものです。

参考文献

片尾他(2007). 丹波山地直下の地殻深部反射面の

探査—大々特による人工・自然地震観測—, *京都大学防災研究所年報B*, 50, 297-302.

Maeda et al. (2017). OpenSWPC: an open-source integrated parallel simulation code for modeling seismic wave propagation in 3D heterogeneous viscoelastic media. *Earth Planets Space* 69, 102.