

S-net 海底地震加速度記録の水平上下比を用いた地下構造同定 Underground Structure Identification at S-net Seafloor Sites Using Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio of Earthquake Acceleration Records

○長嶋史明・Yadab P. Dhakal・川瀬博・仲野健一

○Fumiaki NAGASHIMA, Yadab P. DHAKAL, Hiroshi KAWASE, Kenichi NAKANO

Seafloor earthquake observation networks were deployed near Nankai trough (DONET) and at off the Pacific coast of Kanto, Tohoku and Hokkaido (S-net), which were operated from 2011 and 2016, respectively. We obtained the observed Horizontal-to-Vertical spectral Ratio of Earthquake (EHVR) at a site of S-net and inverted the EHVR to estimate the ground velocity structure. We first investigated the impact of the down-going wave reflected at the sea surface, and found the reflected wave affected to the time window immediately after the P-wave arrival, but the impact decreased and disappeared after the S-wave arrival. We calculated the observed EHVR which had peaks at 0.3 Hz and 10 Hz. The identified velocity structure represented the peak at 0.3 Hz by using the deep five layers and the peak at 10 Hz by using the shallowest layer.

1. はじめに

近年、南海トラフ海域の熊野灘と紀伊水道沖や北海道沖から千葉県房総半島沖までの太平洋海底にDONETやS-netなどの海底地震津波観測網が設置され、それぞれ2011年と2016年の運用開始以降多くの地震動が観測されている。海域の地下構造についてはこれまで様々な探査が行われてきているが、その観測の困難さから陸域ほど詳細な構造は求められていない。本研究では、S-net観測点において得られた地震動を用いて水平上下スペクトル比(EHVR)を求め、地震動の拡散波動場理論(Kawase et al., 2011)に基づき地下構造を推定した。

2. 水平上下スペクトル比

S-netは150点の観測点を有するが、本発表ではそのうちの一つであるS2N01での観測記録を用いる。S2N01は茨城県沖にあり、S-net観測点の中でも陸域に近い観測点である。S2N01の設置位置の水深は102mであり、最も水深の浅い観測点である。

S-netの地震計は陸上の基地局から繋がるケーブルに内挿されており、地震計の観測軸はケーブルの向きに沿った方向でかつケーブルの回転などの影響を受けている。Takagi et al. (2019)に基づきこれらの回転を修正し、南北・東西・上下方向の地震記録に補正する。本検討では震央距離が200km以下、 M_{JMA} が5.5以上、PGAが50Gal以下

の計25地震の記録を用いる。

海底地震記録には海面で反射し海底に戻ってきた地震動の影響が含まれていると言われている(Akuhara and Mochizuki, 2015)。S2N01の水深は102mであり、海水のP波速度を1500m/sとすると4分の1波長則より3.67Hzに最も強く反射波の影響が表れると考えられる。図1に例としてMj5.5の地震の上下動のランニングスペクトルを示す。ウィンドウ幅は5秒で1秒ずつずらしてスペクトルを計算し、0.1Hz幅のParzen窓で平滑化している。P波が83秒あたりで到達するので、およそ5秒前の79秒から(79~84秒のウィンドウから)スペクトル振幅が大きくなっている。P波が到達して5秒程は3.6Hzあたりの振幅が小さく、海面からの反射波の影響が表れているが、それ以降は特に振幅の小さな領域はなく、反射波による干渉の影響は小さくなったと考えられる。なお、図1に例示した地震動は25地震中でP波到達時のスペクトル振幅の減少がよく見えた事例であり、他の地震動ではP波到達時でも反射波の影響がほとんど見えない事例も多かった。

選択した25地震の記録から、S波立上り以降40秒を切り出し、FFTでスペクトルを求め0.1Hz幅のParzen窓で平滑化、各地震のNS/UDとEW/UDを求め25地震の幾何平均をそれぞれ求める。図2に得られたEHVRを示す。EHVRに方位差は見られず、0.3Hzに緩いピークがあり0.6Hz

で谷になり、1Hz にかけてまた増幅した後 10Hz 強に鋭いピークがある。図 1 での検討と同様に、S 波以降を用いた EHVR にも海面からの反射波の影響は見られなかった。

3. 地下構造同定

図 2 の EHVR を再現するような地下構造を、地震動の拡散波動場理論に基づき求める。前節での検討から、海面からの反射波は考慮しない。ある程度詳細な参照可能な地下構造もないため、適度に速度勾配を持たせた 10 層+基盤のモデルを初期モデルとする。S 波速度 V_s と P 波速度 V_p 、層厚を同定パラメータとし、 V_s や V_p が深さとともに増加するよう条件を付けつつ各パラメータの探索範囲は設定せずに同定する。密度は V_s から換算し減衰は全層 1.1%とする。同定結果を図 3 に示す。深さ 700~2000m の層で 0.3Hz のピークを、最表層で 10Hz 強のピークを再現する構造が得られた。

4. まとめ

S-net 観測点で海面からの反射波の影響を考慮しつつ地下構造を同定した。今後は S-net の他の点での地下構造同定を行い、東日本太平洋沖の地下構造を推定する。

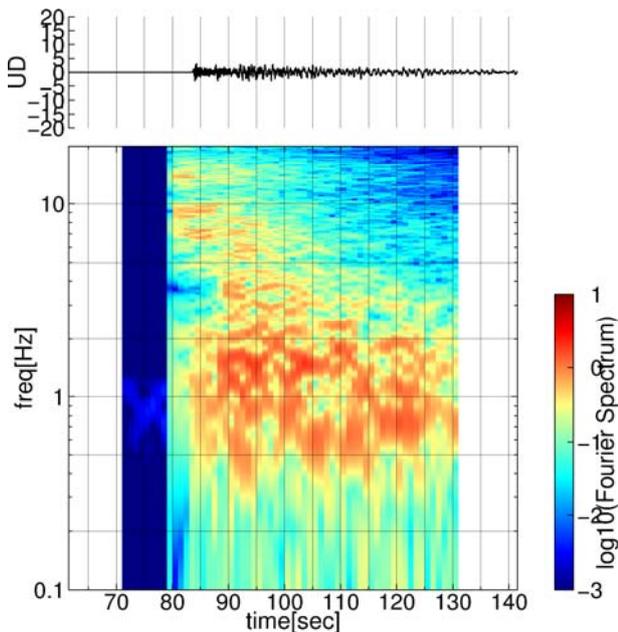


図 1 上下動のランニングスペクトル (2016/12/20 01:41, Mj5.5)

参考文献

Akuhara, T., and K. Mochizuki (2015) Hydrous state of the subducting Philippine Sea plate inferred from receiver function image using onshore and offshore data, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 120, pp.8461-8477.
 Takagi, R., N. Uchida, T. Nakayama, R. Azuma, A. Ishigami, T. Okada, T. Nakamura, K. Shiomi (2019) Estimation of the Orientations of the S-net Cabled Ocean-Bottom Sensors. *Seismological Research Letters*, 90, 6, pp.2175-2187.

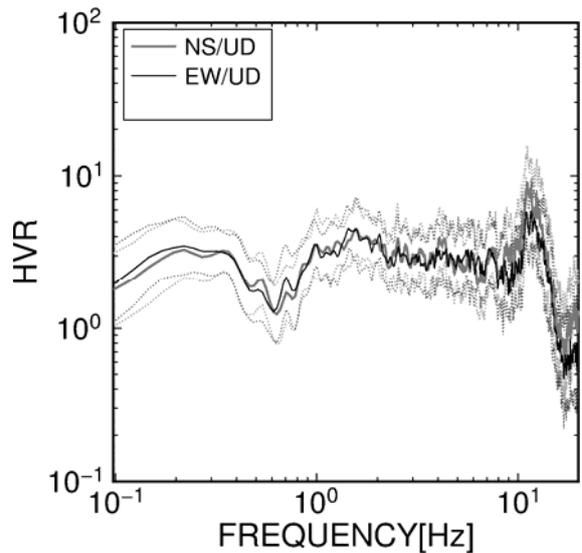


図 2 S2N01 の観測 EHVR

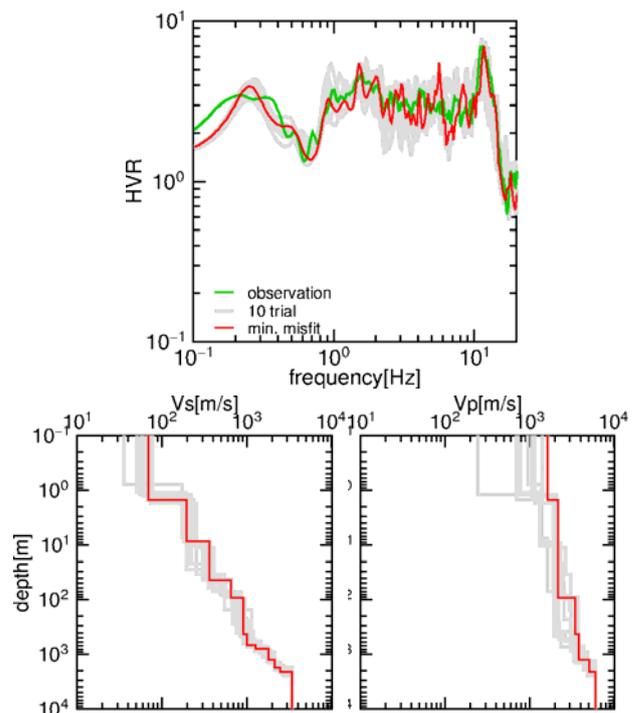


図 3 S2N01 の海底地下構造同定結果