

SPAC+L 法 - 微動水平動成分の円形アレイ観測によるラブ波位相速度の直接推定

The SPAC+L method: Direct estimation of Love-wave phase velocities using circular-array records of horizontal-motion microtremors

多田 卓 [1]; 長 郁夫 [2]; 篠崎 祐三 [3]

Taku Tada[1]; Ikuo Cho[2]; Yuzo Shinozaki[3]

[1] 産総研・地質; [2] 産総研; [3] 東理大・工・建築

[1] GSJ, AIST; [2] AIST; [3] Architecture, Science Univ. Tokyo

常時微動の円形アレイ水平 2 成分記録を用いてラブ波位相速度 (c^L) を直接推定することのできる、物理探査の新手法を考案した。その基礎方程式は、円形アレイ微動探査法として広く用いられている SPAC 法 (Aki, 1957) の拡張により得られたため、この新手法を SPAC+L 法と名づける (+L はラブ波の略)。

SPAC 法は通常、上下動記録のみに基づいてレイリー波位相速度 (c^R) を推定する目的で用いられることが多い。3 成分記録が揃っている場合には、SPAC 法を応用して c^L を推定する方法も知られている (例えば Okada and Matsushima, 1989; Ferrazzini et al., 1991)。 c^L を知ることで、推定したい地下地盤構造に対し、より強い拘束を与えることが可能になる。ただし、3 成分 SPAC 法で c^L を推定する際には、 c^L 以外にも c^R やレイリー波・ラブ波 (R/L) パワー分配比を未知数に含むような、非線形の連立方程式系を解く必要がある。

これに対して SPAC+L 法では、基礎方程式に登場する未知数は c^L だけである。必要な入力データは、半径 r の円周上とその中心点における微動の水平 2 成分記録のみである。

SPAC+L 法の基礎方程式は以下のとおり。

$$G_{R1T0}(r,r;\omega) / G_{R1T0}(0,r;\omega) = (J_0 + J_2)(r \omega / c^L(\omega)).$$

左辺は 2 種類のクロススペクトル密度の商として定義される量であり、以下スペクトル比と呼ぶ。分母・分子とも、円形アレイ上の動径 (R) 方向・接線 (T) 方向成分の記録さえあれば算出可能である (諸記号の定義は Cho et al., 2006 を参照)。右辺の J_0 と J_2 はそれぞれ、0 次と 2 次の第 1 種ベッセル関数である。Omega は周波数を表す。微動実測記録から左辺のスペクトル比が算出できれば、単純な逆関数演算により、ただちに c^L が推定される。

SPAC+L 法の有用性をチェックするため、首都圏 2 サイトでの実測記録にこれを適用した。その結果、広い波長範囲にわたって妥当な c^L 推定値を得ることができ、有効波長範囲の下限はアレイ半径 r の 2-5 倍程度、上限は r の 10-25 倍程度であった。

SPAC 法理論を同様に拡張することによって、 c^L 直接推定の手法を他にもさらに 2 種類得ることができた。それぞれ SPAC-L 法、CCA-L 法と名づける。実データへの適用結果から見る限り、有効波長範囲は SPAC+L 法の場合よりも若干狭い。

c^L を直接推定することのできる類似の円形アレイ微動探査法が、他研究者および我々自身のグループによって近年いくつか発表されている。しかしながら、Tada et al. [2006] や Garcia-Jerez et al. [2008a] の二重半径法と比べた場合、必要観測点数の少ない SPAC+L 法のほうが、機材コスト面で優位に立つ。また Garcia-Jerez et al. [2008b] の SCAM 法と比較しても、数式面で SPAC+L 法のほうがシンプルである。

SPAC+L 法理論をさらに発展させることにより、微動の円形アレイ水平 2 成分記録をもとに c^R と R/L パワー分配比を直接推定することのできる方程式も、導出することができた。