

2次元ランダム弾性媒質の自由表面におけるベクトル波エンベロープ 差分法によるマルコフ近似の検証

Vector-wave envelopes on the free surface of 2-D random elastic media: Markov approximation and finite difference simulations

江本 賢太郎 [1]; 佐藤 春夫 [1]; 西村 太志 [1]

Kentaro Emoto[1]; Haruo Sato[1]; Takeshi Nishimura[1]

[1] 東北大・理・地球物理

[1] Geophysics, Science, Tohoku University

地球内部を伝播する短周期地震波 (< 1 秒) は、リソスフェアの不均質な速度ゆらぎ (数 km) の影響を受ける。震源ではパルス的であった波も、伝播距離が大きくなるにつれて見かけ継続時間が拡大し、P 波であってもトランスバース成分が励起される。地震波の波長がランダムな速度ゆらぎを持つ媒質の相関距離よりも短い場合、伝播過程での P S 変換や広角度の散乱を無視することができ、波動伝播を統計的に扱うマルコフ近似を用いることによって波形エンベロープを導出することが可能である。江本・他 (2008) は、角度スペクトルを用いた表現に自由表面での平面波の増幅係数を取り入れ、3次元ランダム媒質の自由表面におけるベクトル波のエンベロープ導出に成功した。この手法では自由表面における PS 変換が考慮されている。本研究では、この方法の妥当性を検証するため、2次元のランダム弾性媒質における差分法による波形の統計平均を基準として、マルコフ近似によるベクトル波エンベロープを比較検討する。

差分法には、空間4次・時間2次精度のスタaggered・グリッドを用いる。媒質は100 km 四方のガウス型のランダム弾性媒質の下に均質媒質を置き、上側を自由表面として、そこに5 km 間隔で20個の観測点アレイを設置する。中心周波数2 Hzの平面P波 (Kupper ウェーブレット) を均質媒質からランダム媒質に鉛直に入射する。観測点アレイで得られた波形を2乗し、0.25秒の移動平均を適用したものを加算平均する。統計量は等しいが異なる100個のランダム媒質において同様の操作を行い、最終的にそのすべてを加算平均し、平均二乗 (MS) エンベロープを得る。

不均質弾性媒質として、リソスフェアでの代表的な値 (相関距離5 km, RMS 速度ゆらぎ5%, 平均P波速度6 km/s, 平均S波速度3.46 km/s) を用いて計算した結果、次のことが明らかになった。ピーク振幅値が、鉛直成分の10%の水平成分が励起される。鉛直成分では立ち上がりから0.5 s後、水平成分では1.0 s後にピークが着信し、そのエンベロープの時間幅は、水平成分のほうが鉛直成分よりも広い。なお、これらの不均質媒質の影響は、数値分散の影響に比べれば十分大きいものである。

マルコフ近似に基づくMSエンベロープと差分計算に基づくMSエンベロープを比較した結果、立ち上がりからピーク付近まで、両者は非常によく一致した。しかし、立ち上がりから約2.4 s以降、水平成分では、マルコフ近似よりも差分のMSエンベロープのほうがわずかではあるが大きくなっている。これは、マルコフ近似で無視した広角散乱の影響であろう。マルコフ近似では、立ち上がりやピーク付近では十分な精度でエンベロープを再現することが可能であるが、コーダ部分では前方散乱近似の限界が現れている。