

3次元非等方ランダム媒質における波動エンベロープの統計的直接導出ーガウス型自己相関関数の場合ー

Stochastic direct synthesis of wave-envelopes in 3-D random media characterized by a non-isotropic Gaussian ACF

佐藤 春夫 [1]

Haruo Sato[1]

[1] 東北大・理・地球物理

[1] Geophysics, Science, Tohoku University

www.zisin.geophys.tohoku.ac.jp/~sato

リソスフェアを伝わる高周波数の地震波は、固体地球の構造の不均質による回折や散乱の効果を強く受ける。震源での輻射は短時間であっても、その波形は伝播距離の増加と共に崩れ、地震記録に見られる主要動の継続時間は増大する。ランダム媒質におけるパルス波のエンベロープ拡大は、これまで主として放物型方程式に対するマルコフ近似という確率統計的方法に基づいて研究されてきたが [Ishimaru (1978), Sato (1989)]、最近ではベクトル弾性波動の3成分エンベロープの導出へと拡張されるようになった [Sato (2006, 2007)]。P波の場合には Transverse 成分に散乱波が励起されることも、この近似で説明できる。この近似の妥当性は、差分法によるシミュレーションを用いて詳しく調べられている [Korn and Sato (2005), Sato and Korn (2007)]。

深層井における坑井検層や地殻の精密な速度トモグラフィーなどから、地殻構造の不均質の尺度は非等方的であって、鉛直方向の相関距離は水平方向と比べて短いことが知られている。しかし、波動のエンベロープ拡大に関する従来の研究のほとんどはランダム媒質に等方性を仮定したものであって、ランダム媒質の非等方性がエンベロープ拡大にどのような影響を与えるかは未だ明らかではない。本研究では、マルコフ近似に基づき、非等方的なガウス型自己相関関数で記述される3次元ランダム媒質を伝播するパルス波のエンベロープを導出し、その特徴を調べる。

波動の大局的進行方向に直行する面上で、2周波数相互相関関数を定義する。波動場の強度の時間変化、すなわち振幅の2乗平均エンベロープは、この2周波数相互相関関数のフーリエ変換で与えられる。波動の大局的進行方向が非等方的ガウス型自己相関関数の3つの主軸の一つに一致する場合には、2周波数相互相関関数の進行方向に関する放物型の発展方程式が導かれる。この発展方程式は解析的に解くことができるが、特に、非等方的ガウス型自己相関関数が進行方向の周りに回転対称の場合には、フーリエ変換を解析的に実行できるので、振幅の2乗平均エンベロープは楕円関数を用いて記述できる。最近、Saito (GJI, 2006) は2次元非等方ランダム媒質におけるエンベロープ拡大を考察しているが、これは3次元における回転対称の場合に対応するものである。一般に、エンベロープの最大値の着信の初動からの遅れやエンベロープの時間幅は、ランダム媒質の非等方性のパラメータと波動の大局的な進行方向に依存し、伝播距離の2乗に比例して増加する。特に、速度ゆらぎのMS値や進行方向の相関距離、非等方的な相関距離の相対比が重要なパラメータとなる。この定式化は、ベクトル波のエンベロープ導出法へと拡張が可能である。

地殻の不均質性に見られるように水平方向の相関距離が鉛直方向のそれよりも長い場合、水平方向に伝播する波動のエンベロープ拡大は鉛直に伝播する波動のそれよりも大きいことが導かれる。これは、ランダム不均質に非等方性がある場合、地震波のエンベロープ拡大を解析する時には波線が鉛直となす角度が重要であることを示唆している。同時に、そのようなランダム媒質の中でのコーダ波励起を理論的に考察することも重要な課題である。