

# 地震波エンベロープ振幅のラプスタイン依存性についての考察

吉本和生 (東北大学大学院理学研究科)

E-mail: yoshi@zisin.geophys.tohoku.ac.jp

## はじめに

地震波の距離減衰の解析にもとづいた減衰構造のトモグラフィーからは、地殻及び上部マントル中で、深さや水平方向に  $Q$  値が大きく変化することが明らかにされている。また、火山構造など関係して  $Q$  値が局所的に小さくなるなどの報告もされている。サイスミックアルベドの測定は、高周波数地震波 (10Hz 程度) の見かけ減衰が主に内部減衰によって特徴づけられることを示しており、内部減衰の空間的な揺らぎは、地震波エネルギーの空間分布に大きな影響を与えられと考えられる。ここでは、内部減衰の大きさが三次元的に変化する媒質中において地震波エンベロープを合成して、その振幅のラプスタイン依存性の特徴について考察する。

## 地震波エンベロープの合成

地震波エンベロープの合成には、Direct Simulation Monte Carlo 法[Yoshimoto (2000)]を使用する。同方法は、散乱媒質中の震源から多数のエネルギー粒子を射出し、同粒子の時空間分布を波線理論に基づいて微小時間ステップ (平均自由時間) 毎に計算する。この場合、散乱と自由伝播の効果は、“分離の原理”によって近似的に独立に評価できる。ある観測点の地震波エンベロープは、同点近傍の領域に到達するエネルギー粒子の数 (エネルギー空間密度) から計算される。時間  $t$  と距離  $r$  を、 $\tau = gvt$  と  $\rho = gr$  のように無次元化してシミュレーションを行う ( $g$  と  $v$  は散乱係数と地震波速度で空間的に均一と仮定する)。十分にラプスタインが経過した後の地震波エネルギーの空間分布が一様になるように、非等方散乱モデル (Hoshiya (1995) の Example 2 で  $\mu = 5$ ) を使用する。図 1 に示すような球形のインクルージョンを想定し、その内部では内部減衰  $\eta$  が空間的に一様 (外部では 0) とする。地震波エネルギーの時間変化は  $\exp(-\eta\tau)$  と表される。インクルージョンの中心に点震源を置いて、時刻  $\tau = 0$  にエネルギーを等方的に輻射する。

## シミュレーションの結果

震源距離の異なる観測点におけるエンベロープ振幅 (エネルギー密度) の時間変化を図 2 に示す。内部減衰が無いモデルでは、エンベロープ振幅の時間変化率は滑らかに単調減少する。また、十分にラプスタインが経過した後のエンベロープ振幅は、震源距離に依らず一定の値に漸近する。内部減衰があるモデルでは、インクルージョン内の観測点におけるエンベロープ振幅の時間変化率に不規則性が認められ、ラプスタインが十分に経過した後でも、エンベロープ振幅に観測点ごとの違いが見られる。

図 3 に、ラプスタイン  $\tau = 5$  or 4 においての、震源距離に対するエンベロープ振幅の変化の様子を示す。内部減衰の増大とともに、インクルージョンの内部では、その中心に向かってエンベロープ振幅が急速に小さくなる。一方、インクルージョンの外部におけるエンベロープ振幅の距離による変化はそれほど大きくない。インクルージョンの半径  $L$  が規格化距離に比べて十分に小さい場合 ( $L \ll 1$ ) には、その中心におけるエンベロープ振幅は、インクルージョン外部でのエンベロープ振幅  $A_{OUT}$  を用いて、概ね  $A_{OUT} \exp(-\eta L)$  と表すことができる。

## 議論

内部減衰をもったインクルージョン中におけるエンベロープ振幅の時間減衰率は、ラプスタインの増大とともに母胎の媒質の散乱特性を反映した値に近づく。その過程では、時間変化率は一定値をとらず、複雑なラプスタイン依存性を示すことがシミュレーションによって示された。インクルージョン中を伝播する地震波のエネルギーの減衰率が大きい場合には、ラプスタインが十分に経過した後にインクルージョンの内部と外部において、エンベロープ振幅の絶対値に明瞭なオフセットが認められる。この特徴の空間分布の解析から、インクルージョンのサイズとその内部での内部減衰の大きさの推定が可能であると考えられる。

文献

Hoshiya, M., 1995, Estimation of nonisotropic scattering in western Japan using coda wave envelopes: Application of a multiple nonisotropic scattering model, *J. Geophys. Res.*, **100**, 645-657.

Yoshimoto, K., 2000, Monte Carlo simulation of seismogram envelopes in scattering media, *J. Geophys. Res.*, **105**, 6153-6161.

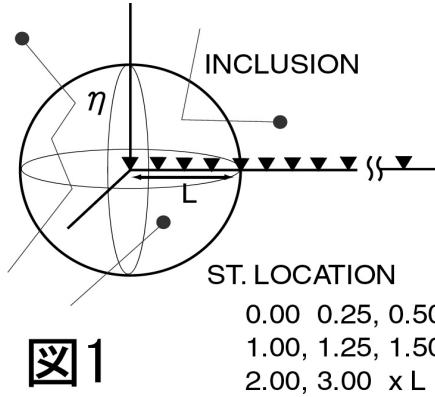


図3

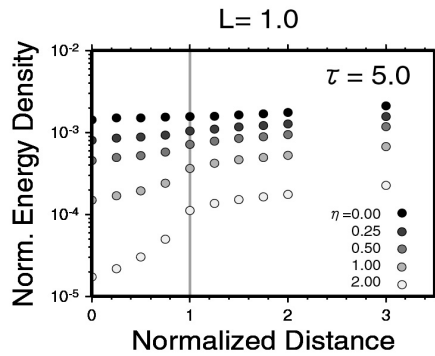


図2

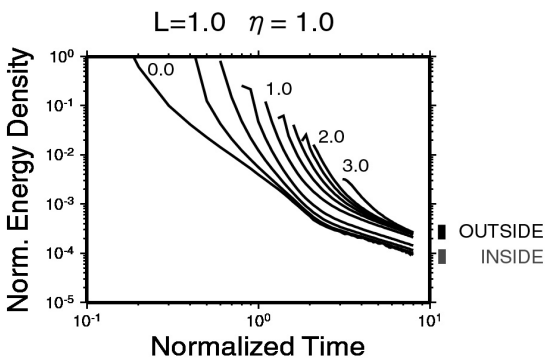
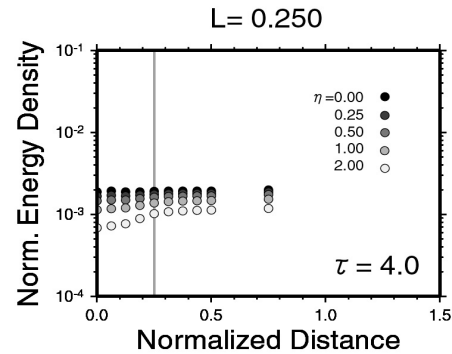
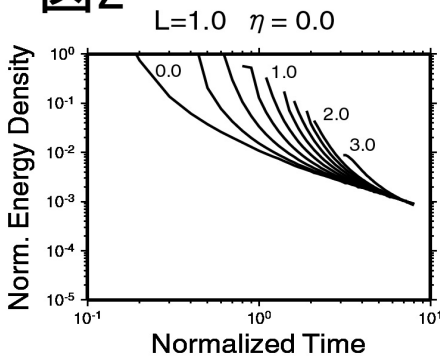


図1 インクルージョンの形状と観測点の分布 .

図2 震源距離の異なる観測点 (位置は図1を参照)におけるエンベロープ振幅の時間変化 . インクルージョンの半径は  $L=1$  . 上段と下段の図は , それぞれ  $\eta=0$  ,  $\eta=1$  として作成 . 地震波エンベロープのオンセット部分は表示していない . 計算は  $\tau=8$  まで .

図3 内部減衰  $\eta$  の値を変化させた場合の , ラプスタイム  $\tau=5$  or  $4$  におけるエンベロープ振幅 (エネルギー密度) の震源距離依存性 . 上段と下段の図は , 大きさの異なる ( $L=1$  と  $L=0.25$ ) インクルージョンに対して作成 .