

# 散乱体によるエネルギートラップを考慮した 地震波エンベロープのモンテカルロシミュレーション

齋藤 清志郎（茨城大学大学院理工学研究科）・ 河原 純（茨城大学理学部）

輻射伝達理論は、インコヒーレントな波動群のエネルギー伝播を、多重散乱過程を含めて記述する手法である。高周波地震波は、地球内部のランダムな不均質構造による多重散乱の影響を強く受けることから、そのエンベロープの記述に輻射伝達理論が活用されている。同理論の解は、比較的単純な条件下では解析的に得られる。一方、モンテカルロ法に基づくシミュレーションにより、数値解を求めることもできる [干場(2001, 地震 2)]。

通常の輻射伝達理論では、入射波が散乱体に入射すると、瞬時に散乱波を生じると仮定する。しかし、周囲より低速度の物質から成る散乱体の場合は、入射した地震波エネルギーの一部が散乱体内に一時的にトラップされ、遅れて輻射される可能性がある。早川ら [早川・他(1997, 地球惑星科学関連学会合同大会), 早川 (1998, 東北大学修士論文)] は、このような散乱の時間遅れの効果を輻射伝達理論に取り入れ、解析解を求めることに成功した。本研究では、早川らの解析解をモンテカルロシミュレーションによって再現することを試みた。

問題設定は、早川らに忠実に従った。まず、内部減衰の無い 3 次元均質媒質（スカラー波速度  $V_0$ ）の内部に散乱体が一様ランダムに分布すると仮定し、点震源からエネルギーが球対称に輻射するとした。散乱は等方的に生じ、かつ次式に従って徐々にエネルギーを輻射するとした。

$$g(t) = \frac{g_0}{T} \exp\left(-\frac{t}{T}\right) H(t), \quad \int_0^{\infty} g(t) dt = g_0 \quad (1)$$

ここで  $T$  はエネルギートラップの特徴的時間、 $g_0$  は媒質の全散乱係数である。モンテカルロシミュレーションには Yoshimoto (2000, JGR) のアルゴリズムを用いた。このアルゴリズムでは、エネルギー伝播を粒子群の運動に置き換え、時間ステップごとに、粒子が散乱する（進行方向を変える）か否かを、乱数を用いて確率的に決める。ここではさらに、散乱することが決定した粒子について、次の時間ステップで動くか否か（散乱体内にトラップされるか否か）を、(1)式を満たす形で確率的に決めることにした。

シミュレーションの結果を図 1, 2 に示す。計算は、無次元量  $\nu = g_0 V_0 T$  が 0（トラップなし）と 0.1（トラップあり）の場合についておこなった。距離は平均自由行程  $g_0^{-1}$  で、時間は平均自由時間  $(g_0 V_0)^{-1}$  でそれぞれ無次元化し、震源での輻射継続時間は 0.1 とした。得られた結果は、対応する早川らの結果をよく再現することが確認された。

今回の手法は、解析解の導出が難しい複雑な問題設定にも適用できると期待される。

謝辞 東北大学の中原恒氏と椎名高裕氏には、早川(1998) を参照する上でご協力いただきました。

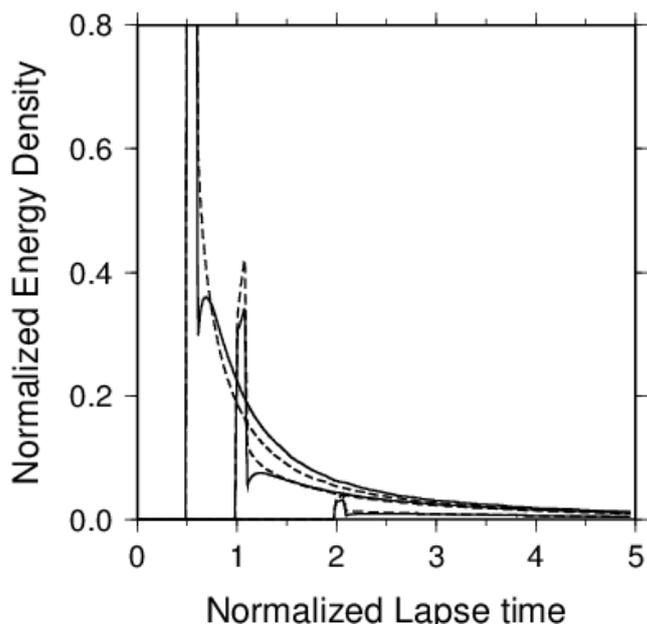


図 1. エネルギー密度の時間変化 (震源距離 = 0.5, 1, 2)。実線は  $\nu = 0.1$ , 点線は  $\nu = 0$  .

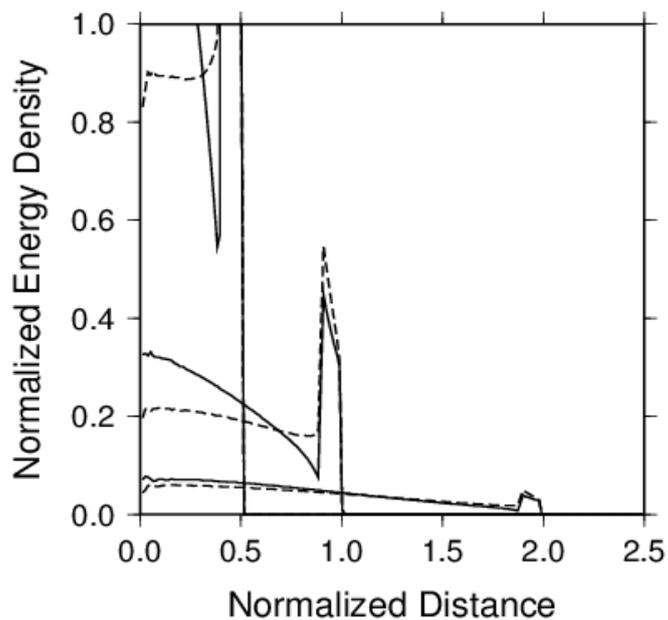


図 2. エネルギー密度の空間分布 (震源時間 = 0.5, 1, 2)。実線は  $\nu = 0.1$ , 点線は  $\nu = 0$  .