

## 空隙群を含む2次元媒質中のSHコーダ波エンベロープ

## SH coda wave envelopes in 2-D media with cavities

# 河原 純[1], 蓬田 清[2]

# Jun Kawahara[1], Kiyoshi Yomogida[2]

[1] 茨城大・理, [2] 北大・理・地球惑星

[1] Dept. Environmental Sciences, Ibaraki Univ., [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

不均質媒質中の地震波の散乱とエンベロープを考える上で用いられる代表的な物理モデルに、ランダム媒質（弾性定数と密度が空間的にランダムに変動する媒質）と、亀裂や空隙などの離散的散乱体のランダム分布がある。このうち、ランダム媒質を伝わる波のエンベロープに関しては多くの研究がある。例えば Saito et al. (2003) は 2 次元ランダム媒質を伝わるスカラー波を差分法でシミュレートし、合成された直達波エンベロープが Markov 近似モデルで、コーダ波のそれが輻射伝達理論でそれぞれよく記述できることを示した。一方、亀裂や空隙の分布に関しては、境界積分方程式法による 2 次元 SH (スカラー) 波シミュレーションに基づいて、直達波波形が 1 次散乱理論 (Foldy 近似理論) でよく説明されることが示されている (例えば、河原・他, 2002)。また、Yomogida and Benites (1995) も空隙により励起された SH コーダ波をシミュレートし、その特徴をコーダ Q の観点から議論している。しかし、離散的散乱体を含む媒質中のコーダ波エンベロープの理論的記述を試みた例は見当たらないようである。そこで本研究では、Yomogida and Benites (1995) と同様、円形空隙群を含む 2 次元媒質中の SH コーダ波エンベロープを合成し、その結果を既存のモデルによる予測と比較した。

まず、同じ大きさの多数の空隙を矩形領域にランダムに分布させて、領域下端から平面リッカー波 (卓越周波数  $f_0$ ) を入射させ、上端に並べた観測点において理論記象を計算した。ただし簡単のため自由表面の効果はここでは考えない。次にそれらの RMS エンベロープを求め、既存の理論解と比較した。比較には 1 次等方散乱モデル (以下 SISM; 例えば Sato and Fehler, 1997) とエネルギーフラックスモデル (以下 EFM; Korn, 1990) を用い、それぞれ今回の実験の幾何学的条件に合わせて適宜修正した。前者は多重散乱を無視した場合の輻射伝達理論の近似であり、後者はコーダ波エネルギーの空間分布がほぼ一様であるという経験的事実に基づく現象論的モデルである。SISM のパラメータである散乱係数は、今回の実験では 1 次広角散乱波が卓越することを考慮して、散乱角 90 度に対する空隙の微分散乱断面積の値に基づいて決定した。また両モデルに共通のパラメータである散乱減衰の Q 値は、直達波に関する 1 次散乱理論から求めた。すべてのパラメータの算出は周波数  $f_0$  に対しておこなった。

結果を以下に要約する (図)。 (1) 空隙の体積含有率  $c$  が非常に低い場合、SISM によるエンベロープは長時間にわたって RMS コーダ波エンベロープとよく一致する。しかし  $c$  が若干大きくなる (例えば約 1%) と両者の一致は直達波の直後の部分に限定され、その後は前者の方が早く減衰する。この傾向は  $c$  が大きいほど顕著になる。このことは、コーダ波に対する多重散乱の寄与がかなり低い分布密度でも重要であることを示し、Yomogida and Benites (1995) の結論と調和的である。 (2) 1 次散乱波だけを用いてコーダ波エンベロープを再計算したところ、その結果は予想通り高密度分布の場合でも SISM によるエンベロープと概ね一致した。 (3) 一般に、EFM によるエンベロープは一定時間経過後の RMS エンベロープと概ね一致し、SISM とは対照的な傾向を示した。両者が一致し始める時間は  $c$  と  $f_0$  によって変化するが、その法則性は今回の実験でははっきりしなかった。

謝辞 齊藤竜彦氏 (東北大・理) には論文の preprint をいただきました。

## 参考文献

河原・大野・蓬田, 2002, 地球惑星科学関連学会 2002 年合同大会予稿集, S044-005.

Korn, 1990, *Geophys. J. Int.*, 102, 165-175.Saito, Sato, Fehler and Ohtake, 2003, *Bull. Seism. Soc. Am.*, in press.

Sato and Fehler, 1997, Springer, New York, 308pp.

Yomogida and Benites, 1995, *Geophys. J. Int.*, 123, 471-483.

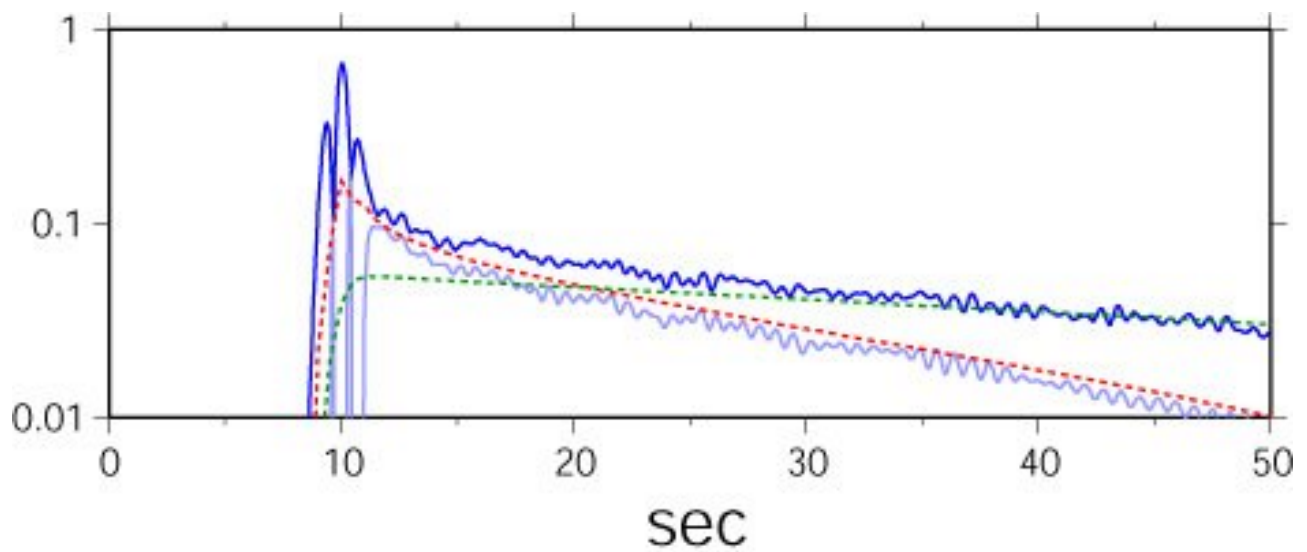


Figure.

Examples of SH wave envelopes ( $c = 1.6\%$  and  $f_0 = 0.3V_0/a$ , where  $a$  is the cavity radius and  $V_0$  is the S wave velocity of the matrix).

Dark blue line: simulated RMS envelopes.

Light blue line: RMS envelopes composed of single-scattered waves only.

Red dotted line: envelopes by the single isotropic scattering model.

Green dotted line: envelopes by the energy flux model.