

## 複雑な海底地形による津波の散乱: 散乱減衰とコーダ励起

## Tsunami Scattering due to Randomly Fluctuating Sea-Bottom Topography; Scattering Attenuation and Coda Excitation

# 齊藤 竜彦 [1]; 古村 孝志 [2]

# Tatsuhiko Saito[1]; Takashi Furumura[2]

[1] 地震研; [2] 東大地震研

[1] ERI; [2] ERI, Univ. Tokyo

## 1. はじめに

海膨, 海嶺, 海溝などの複雑な海底地形によって, 津波は散乱される. 例えば, 1960年チリ地震津波では, 海膨などにおける散乱によって, 津波第一波のエネルギーは, 波源から日本に到達する間に4割程度も失われるという計算結果が報告されている [都司 1977]. また, 2006年千島列島地震津波の際には, 後続する散乱波群が最大振幅を形成することとなり, 津波警報解除の判断を難しくした [越村 2007 など]. このように, 津波散乱波の定量的な見積もりは, 伝播過程の評価および防災のために重要であり, 米国海洋大気庁 (NOAA) では, 太平洋における散乱強さの空間分布をもとめている [Mofjeld et al. 2001]. これまでの津波散乱の理論的研究では, 海山や海嶺などを円筒などのシンプルな形状でモデリングし, 散乱波励起を評価することが多かった. 一方で, 実際の海底地形はフラクタル的な構造をもち, 幅広い空間スケールで変動している [Turcotte 1989]. 本研究では, 海底地形が幅広い変動スケールをもつ複雑な形状であることを前提とし, 空間的にランダム変化する海底地形による津波の散乱係数を解析的に導出する. さらに, 導出された散乱係数をもとに, 津波の散乱減衰と後続波 (コーダ波) 励起を評価する.

## 2. 散乱係数の理論的導出

複雑な海底地形による津波の散乱強度を導出するために, 電磁波 [Chernov 1960] や地震波 [Aki and Richards 1980; Sato and Fehler 1998] の散乱に広く適用されてきた確率・統計的な理論を利用する. 津波は, 流体の線形長波方程式に従って伝播するものとする. 複雑な海底地形を表現するために, 水深を平均水深  $h_0$  とゆらぎ  $x_i$  で表す. 海底地形はランダムに変化し, ゆらぎ  $x_i$  の性質を2次元空間パワースペクトル密度で表す. ゆらぎ  $x_i$  は小さいとし, 摂動理論 (ボルン近似) を用いることで, 津波散乱波とゆらぎの線形関係を導くことができる. これを統計平均することで, 散乱波 (もしくは散乱係数, 散乱波放射パターン) と海底地形のスペクトルの関係を解析的に表現する.

## 3. 津波の散乱特性 - コーダ励起と散乱減衰 -

散乱強度は, 津波の波長に依存し (海底地形変動のスケールに比べて) 津波波長が短いときには前方散乱が卓越し, 長くなるほど等方散乱に近づく. ただし, 入射波進行方向に対して横方向への散乱は, 波長によらず小さくなる散乱波放射パターンをもつ. 津波のコーダ波励起量を表す一つの指標として, 後方散乱エネルギーに注目する. 仮に, 海底地形が, 波数の  $p$  乗で表されるべき乗型のスペクトル構造をもつ場合, 後方散乱エネルギーは津波波数の  $-p+3$  乗で増加する. 海底地形のスペクトル構造として  $p=2$  [Turcotte 1989] とすれば, 散乱波エネルギーは, 周波数に比例して増大する. さらに, 散乱減衰を評価するために, 走時補正を行ったうえで, 散乱減衰を表す  $Q^{-1}$  を導出する [Sato 1982]. 津波波長が長いときに,  $Q^{-1}$  は周波数の2乗に比例して増大する. Turcotte [1989] による海底地形の表現 ( $p=2$ ) を用いれば, 短波長域では  $Q^{-1}$  は周波数に依存しなくなる. このように, 津波の散乱減衰と後方散乱エネルギーは, 海底地形のスペクトル形状に依存し, 強い周波数依存性をもつ. 遠地津波の影響評価の高度化に, 海底地形特性の地域性とこれによる津波散乱特性の定量評価が重要である.