

## 地震波散乱理論を背景とした統計的グリーン関数のエンベロープ表現

○ 干場充之 (気象庁精密地震観測室), 岩田知孝, 澤田純男

### 1. はじめに

現在, 強震動予測において, 高周波領域では統計的グリーン関数法が用いられているが, そこで用いられるエンベロープ表現は経験的なものが殆どである. また, エンベロープのサイト特性についての解析は多くはなされていない. 一方, 小地震の波形エンベロープの研究は, 物理的な散乱モデルに基づいて伝播経路における地震波の散乱現象を考察することで成功してきたものの, そのほとんどは対数振幅軸上で観測データと比較されたものであり, 結果として, 強震動計算に必要な線形振幅軸上での一致が十分ではない可能性がある.

そこで, 統計的グリーン関数のエンベロープを構築するために (1) 観測点近傍の構造がエンベロープに与える影響の評価, と (2) 物理モデルに基づく地震波散乱理論を背景とした表現を用いて線形振幅軸上での解析を行い, エンベロープの特徴の周波数依存性, 地域依存性を議論する.

### 2. 観測点近傍の影響

エンベロープの形が観測点極近傍の構造により支配されているか, あるいはもっと広い範囲の影響で決定されているのか, を吟味する. その1つの指標として, KiK-net のボアホール内と地表の記録を比較し, その両者の地震波エンベロープの形状に違いが見られるかどうかを調べた.

**2-1. 方法** 成分毎にバンドパスフィルターを通し3成分合成のエンベロープを作る. ボアホール内と地表のエンベロープの比をとりその時間変化をみることで形状の違いを調べる.

**2-2. 結果** エンベロープ比は4 Hz 以上では, S 波のオンセット以降, 信号がノイズレベルに隠れるまで殆ど変化しない. 4 Hz 以下では, ~1000m のボーリングの場合には, 時間変化が見られる観測点も多い. この変化は盆地生成表面波で説明可能かもしれない.

### 3. エンベロープ表現

**3-1. 方法** 強い前方散乱近似を用いると, 媒質の速度構造の揺らぎが von Karman 型で短波長成分が少ない場合やガウス型の場合では MS エンベロープは,

$$I(Z, t) = \frac{1}{4\pi Z^2 t_M} \cdot \frac{\pi^2}{2} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \cdot n^2 \exp\left(-\frac{\pi^2}{4} n^2 \frac{t-Z/V_0}{t_M}\right)$$

で表される (Saito et al., 2002). ここで,  $Z$  は震源距離,  $t$  は震源時からの時間,  $V_0$  は媒質の平均速度である.  $t_M$  がエンベロープを決定づけるパラメータであり時間の単位をもつ.  $t_M$  がおよそそのエンベロープの時間幅を表し,  $t_M$  が大きいほどエンベロープ幅が大きいことを示す.  $t_M$  の大きさが分かればエンベロープの形を得ることができる. そこで, 観測されたエンベロープの主要動部分をこの式に当てはめ, 線型

の最小自乗法により  $t_M$  を求めた. M5.5 以下の地震 (震源時間関数がおおよそ 1 秒以下) を対象に解析を行ない,  $t_M$  の距離依存性を求めた.

**3-2. 結果** 解析例を図に示す. 40km 以深の地震では,  $t_M$  は震源距離の増加とともに増加する. また, 高周波になるほど  $t_M$  が小さくなる傾向がある. 一方, 20km よりも浅い地震の場合, 震源距離 30-200km で  $t_M$  はほとんど距離依存性を示さない. また, 地域による  $t_M$  の相違が見られる.

### 4. まとめ

4 Hz 以上では, 観測点近傍の構造の影響はエンベロープには現れない. 4 Hz 以下では違いが見られる場合がある. エンベロープ幅は周波数依存性があり, 深さ依存性や地域依存性も見られる. 今後, これらの情報を取り入れたより高精度の統計的グリーン関数を構築する手法を検討する.

**謝辞:** KiK-net のデータを使わせていただいた. また, この研究は防災研究所一般共同研究 13G-11 で行った.

**文献:** Saito et al., 2002, JGR, 107, 2001JB000264

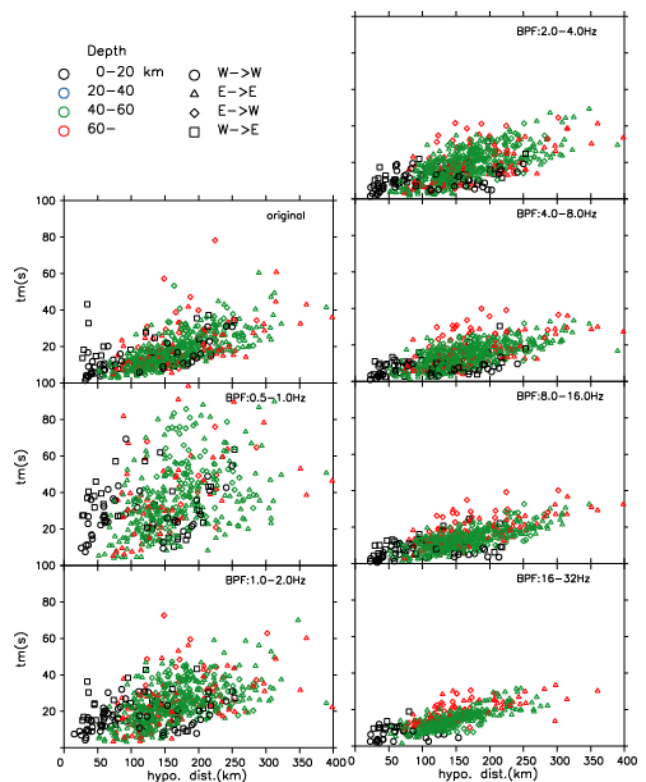


図. 各周波数毎の  $t_M$  の震源距離依存性 (東北地方). シンボルの色は震源の深さを, 形は震源の位置と観測点の位置を示す (例えば, W → W は日本海側の震源と日本海側の観測点であること, E → W は太平洋側の震源で日本海側の観測点であることを意味している).