

# 深さ依存性を持つ構造での散乱減衰と内部減衰の分離推定

チリで観測された地震波形への適用

干場充之 (気象研究所)・Andreas RIETBROCK・Frank SHERBAUM (Univ. Potsdam)・中原恒 (東北大理)・Christian HABERLAND (GFZ Potsdam)  
(発表者 干場充之)

**はじめに** 地震波の減衰には2つの要因、散乱減衰と内部(吸収)減衰がある。散乱減衰では直達波のエネルギーが減少するもののその分コーダ波が励起され全空間では波動エネルギーが保存されるのに対して、内部減衰では直達波もコーダ波も減少し波動エネルギーが減少する。これら2つの減衰の要因を分離し定量的に見積もる試みは、Multiple Lapse Time Window (MLTW)法を用いて Fehler et al.(1991), Hoshiaba(1993), Jin et al.(1994)などで行われている。特に日本おける解析では、散乱減衰<内部減衰という結果が得られている。しかし、それらは空間的に一様な速度構造や減衰構造を仮定して解釈しており、推定にバイアスが入る可能性が指摘されていた。そこで、今回は、速度構造や減衰構造に深さ依存性がある場合について考察する。なお、Margerin et al.(1999)は、同様の考察を行い、観測されたコーダ  $Q$  を説明するためには内部減衰がかなり小さくても構わない、と結論付けている。

**方法** 速度構造は Margerin et al.(1999)と同様に、単純な2層構造の場合を考え、地殻とマンツルの  $S$  波として 3.5km/s と 4.7km/s を仮定した。また、Moho 面は、深さ 40km にある場合 (Model A) と 25km にある場合 (Model B) を考察した。理論的なコーダ波エネルギーエンベロープの計算は、等方散乱の仮定の上で Hoshiaba(1997)のモンテカルロ法を用い、地殻とマンツルのそれぞれの散乱減衰量( $g$ )と内部減衰量( $h$ )の4つのパラメータそれぞれに対して、0.001,0.003,0.01,0.03 $\text{km}^{-1}$ の4通りの計256通りについて行った ( $g+h = 1/L_e = Q^{-1}\omega/v$ ,  $L_e$  は Extinction Length,  $\omega$  は角周波数, $v$  は  $S$  波速度。また、以後、 $g$  と  $h$  および  $v$  の添え字 "c" は地殻を、"m" はマンツルを表す)。データとしては、チリ北部で観測された地震のうち、多数の観測点で記録が得られた深さが 30km 程度のもつと 90km 程度のものを用いた。MLTW 法に従い、波形をバンドパスフィルターに通し自乗平均を取ることでエネルギーのエンベロープ作り、さらに  $S$  波のオンセットから 0-15,15-30,30-45 秒間の3つのウィンドウを考えその中のエネルギーを見積もる ( $E_1, E_2, E_3$ )。震源の強さ・観測点の増幅特性の違いはコーダ正規化法(深さが 30km の地震に関しては震源時から 60 秒の時点を、90km に対しては 80 秒を用いた)により補正した。 $E_1, E_2, E_3$  の震源距離依存性を理論的な計算結果と比較し、観測量をもっともよく説明する  $g_c, h_c, g_m, h_m$  を見積もる。

**結果** Fig.1 に Moho 面の深さが 40km の場合 (Model A) について、観測と計算との残差の大きさを示す。また、Fig.2 には、特に 2 - 4Hz について、残差が最小を示した場合についてのエネルギー分布を観測値とともに示す。地殻、マンツルともに  $g$  は  $h$  と同程度小さいという結果が得られた。これは Margerin et al.(1999)の結果と相反するものである。これは、MLTW 法では、エンベロープの震源距離依存性と時間依存性の両方考えているのに対して、コーダ  $Q$  では震源距離依存性を無視し時間依存性しか考えていないからであろう。ちなみに Margerin et al.(1999)が得たパラメータでは我々の観測結果を説明することは不可能である。いっぽう Moho 面の深さが 25km の場合 (Model B) にも、 $g_c, h_c$  の分解能が低いものの、地殻、マンツルともに  $g$  は  $h$  と同程度小さいという結果が得られた。分解能が低い原因として Model B では地殻内で発生した地震によるデータがないためと思われる。

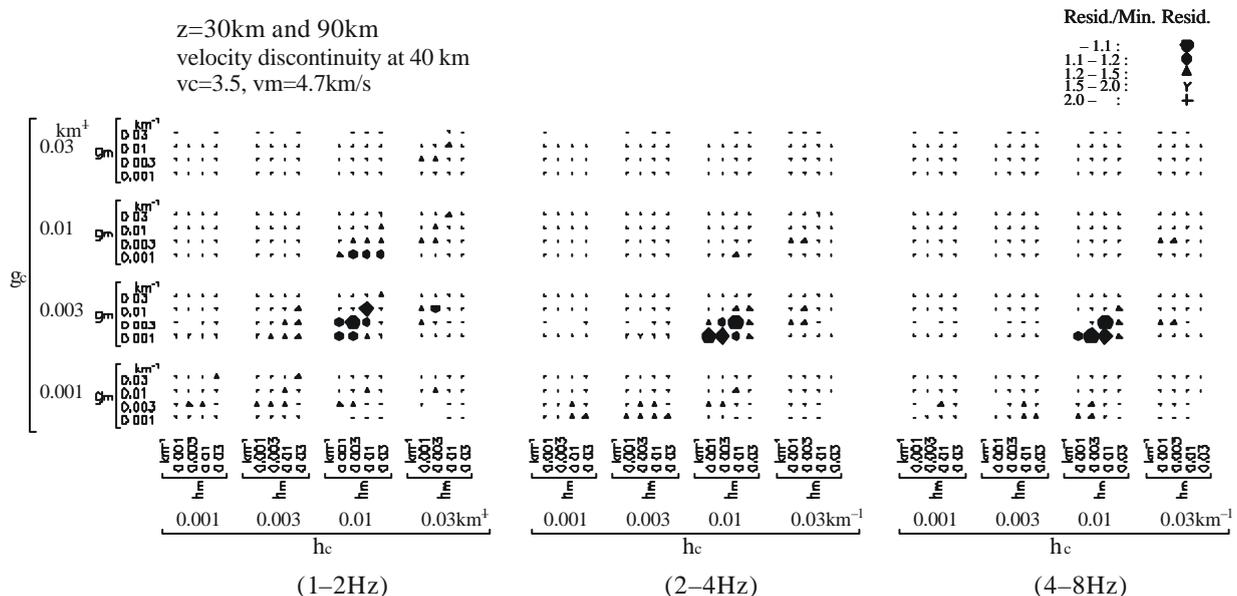


Fig.1 Moho 面として深さ 40km、 $v_c = 3.5, v_m = 4.7\text{km/s}$  を仮定した場合の相対残差量。最小の残差を与える組をダイヤモンドで示す。

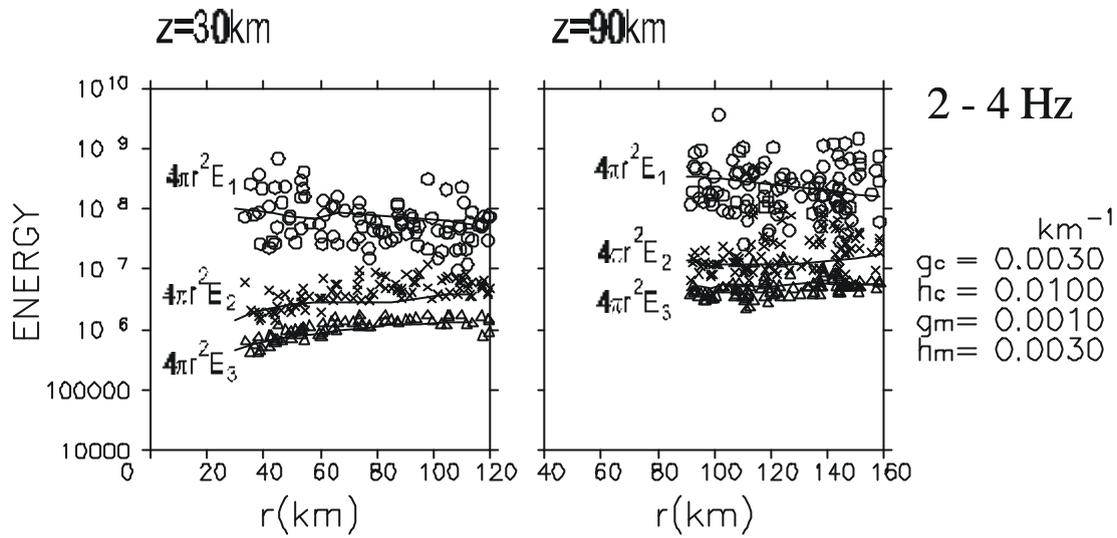


Fig.2 Fig.1 で最小残差を与えた組の理論的なエネルギー分布（実線）と観測値（ $\circ$ が $E_1$ ,  $\times$ が $E_2$ ,  $\triangle$ が $E_3$ ）,  $z$ は震源の深さを $r$ は震源距離を示す。

**議論** Fig.3 に Moho 面での速度コントラストは小さい ( $v_c=3.8$ ,  $v_m=4.2\text{km/s}$ ) と仮定した Model A の場合について示す。Fig.1 と 3 を比較すると、 $g_c$  の大きさが仮定する速度コントラストに依存していることがわかる。また、一般的には、より詳細な速度構造をモデルに取り入れるにしたがって得られる  $g$  の大きさが小さくなることが予想される。このように、散乱の強さは仮定する速度構造に依存するので、異なる速度構造から得られた  $g$  の大きさは直接には比較できない。

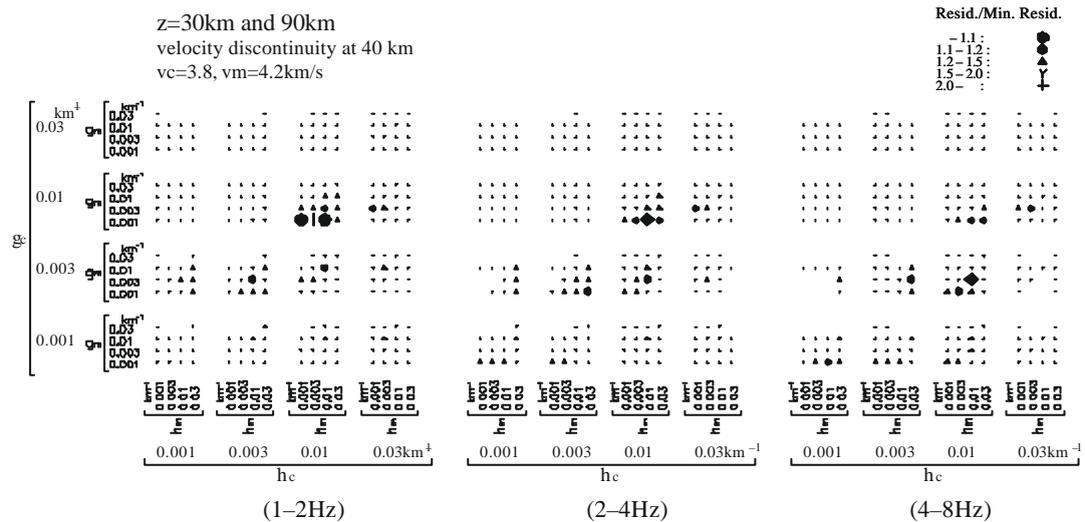


Fig.3 Moho 面として深さ 40km、 $v_c = 3.8$ ,  $v_m = 4.2\text{km/s}$  を仮定した場合の相対残差量。最小の残差を与える組をダイヤモンドで示す。

文献

Fehler, M., M. Hoshiya, H. Sato and K. Obara, 1992, Separation of scattering and intrinsic attenuation for the Kanto-Tokai region, Japan using measurements of S-wave energy vs hypocentral distance, *Geophys. J. Int.* **108**, 787-800.  
Hoshiya, M., 1993, Separation of scattering attenuation and intrinsic absorption in Japan using the multiple lapse time window analysis of full seismogram envelope, *J. Geophys. Res.* **98**, 15,809-15,824.  
Hoshiya, M., 1997, Seismic coda wave envelope in depth-dependent S wave velocity structure. *Phys. Earth Planet. Int.* **104**, 15-22.  
Jin, A., K. Mayeda, D. Adams and K. Aki, 1994, Separation of intrinsic and scattering attenuation in southern California using TERRAScope data, *J. Geophys. Res.* **99**, 17,835-17,848.  
Margerin, L., M. Campillo, N.M. Shapiro, B. van Tiggelen, 1999, Residence time of diffuse waves in the crust as a physical interpretation of coda Q: application to seismograms recorded in Mexico. *Geophys. J. Int.* **138**, 343-352.