

伊豆小笠原弧における屈折法地震探査記録の P コーダ波減衰の地域性

高橋 努・高橋成実・小平秀一（海洋研究開発機構）

はじめに

海域の屈折法地震探査では、初動付近の波群に着目した解析が詳細に行われているが、初動以降から水中直達波到達まで後続波群（以下、P コーダ波）はほとんど解析対象とされていない（図 1）。これは P コーダ波が OBS 近傍や shot 点近傍における海中での多重反射波の影響強く受けるためであるが、一度以上地中を伝播していることから shot 点と OBS 間の地中における減衰や散乱の情報を含んでいると考えられる。そこで本研究では、P コーダ波の減衰率に主に着目し、数値シミュレーションに基づいて P コーダ波と地下の不均質構造の関係について調べる。また伊豆小笠原弧における P コーダ波減衰の特徴について報告する。

海底面及び P-S 変換を考慮したエンベロープ合成

数値シミュレーションでは、Yoshimoto (2000) の DSMC (Direct Simulation Monte Carlo) を基本に、(a) 海底面および堆積層下部における P-SV 変換、(b) Born 近似に基づく P-S 変換を考慮した。速度・密度構造は Sato et al. (2008, G-cube, submitted) による伊豆小笠原弧における構造を参考にした。この構造では海底下に堆積層 ($V_p=2.09\sim 2.51\text{km/s}$, $V_s=0.15\text{km/s}$) が存在し、堆積層下部で S 波速度が不連続に変化する。地下の速度ゆらぎは指数関数型のパワースペクトル密度関数で特徴づけられると仮定した。本研究では簡単のため、P 波・S 波ともに等方散乱を仮定し、S 波の偏極方向の変化は考慮していない。また Birch's Law ($\delta\alpha(\mathbf{x})/\alpha = \delta\beta(\mathbf{x})/\beta = v^{-1} \delta\rho(\mathbf{x})/\rho$, $v=0.8$) を仮定し、海底面は、平面の場合と探査測線に沿った海底地形が測線直交方向に無限に伸びる 2.5 次元的地形の二通りを仮定した。速度ゆらぎは深さ 10km 以浅では $\epsilon=0.10$, $a=1.0\text{km}$, 10km 以深では $\epsilon=0.03$, $a=1.0\text{km}$ と仮定し、吸収減衰は $Q_p=700$, $Q_s=500$ とした。

平坦な海底面を仮定した場合のエンベロープ (7Hz) を図 2 に示す。点線は吸収減衰が空間一様に分布する場合を示し、破線は深さ 20km 以深が高減衰域 ($Q_p=300$, $Q_s=100$) の場合、実線は深さ 10km 以深が高減衰域の場合を表す。深部の高減衰域により P コーダ波は一様構造の場合に比べ顕著に強い減衰を示しており、P コーダ波がごく浅部の堆積層だけではなく地殻深部の減衰構造を反映する波群であることが判る。図 3 に 2.5 次元的地形を考えた場合のエンベロープを示す。一様な減衰を仮定した場合のエンベロープ（破線）は、水中直達波付近で地形の影響を強く受けているが、P コーダ波は二つの観測点でほぼ同一である。また深部（20km 以深）に高減衰域を仮定した場合のエンベロープ（実線）は、平坦な海底面を仮定した場合と同様に一様な減衰構造の場合に比べ振幅が平均的に小さくなっている。以上の結果は、P コーダ波は OBS や shot 点の周辺だけではなく、地下深部の減衰構造を知る上で有効な波群であることを示唆する。また下部地殻などの減衰構造を推定する上では、P コーダ波の減衰率だけではなく、エネルギーの空間分布などに着目することも重要と考えられる。

伊豆小笠原弧における P コーダ波の減衰率

本解析では、小笠原海台から西七島海嶺の測線における P コーダ波減衰の特徴について調べた。この観測では OBS が 5km 間隔で 105 台設置され、エアガン発振が 200m 間隔で約 2700 回行われた。解析には上下動記録から合成した RMS エンベロープ (5-10Hz) を用いた。オフセットが 80~90km の範囲で得られた記録を対象とし、発振時からの経過時間が 25~45s の時間窓で P コーダ波の減衰率 Q_c^{-1} を (1) 式に基づき測定した。

$$\langle |\dot{u}(t, f)|^2 \rangle_T \propto 1/t \times \exp(-Q_c^{-1} 2\pi f t) \quad (1)$$

図 4 に測定された Q_c^{-1} を shot 点と OBS の中点にプロットした結果を示す．西七島海嶺や小笠原海盆付近を伝播する経路において他の経路に比べて減衰率が大きくなっている．この減衰率の変化は shot 点や OBS の位置とは顕著な相関を示していないことから，shot 点や OBS 近傍の構造だけではなく，shot 点と OBS の間の地下構造を反映していると考えられる．今後，数値シミュレーションの高度化とともに，浅部の堆積層の影響を考慮することやエネルギーの空間分布に着目した解析を行うことなどが重要になると考えられる．

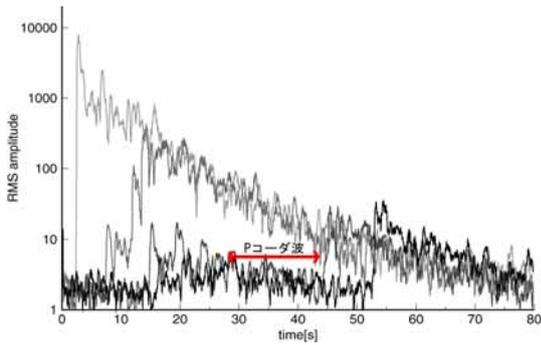


図 1．屈折法地震探査で観測された RMS エンベロープ(5-10Hz)の例．

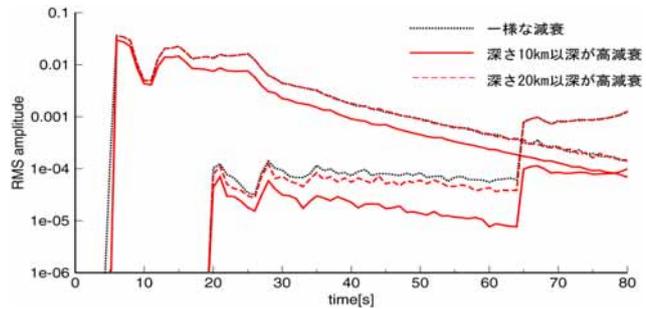


図 2．海底面を平面と仮定した場合のエンベロープ．空間一様な吸収減衰を仮定した場合を点線で示し，高減衰域($Q_p=300, Q_s=100$)が深さ 10km 以深及び 20km 以深に存在する場合をそれぞれ破線と実線で示す．

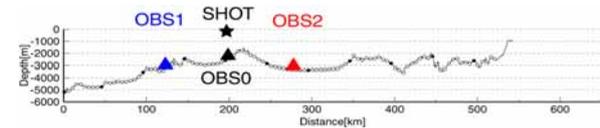
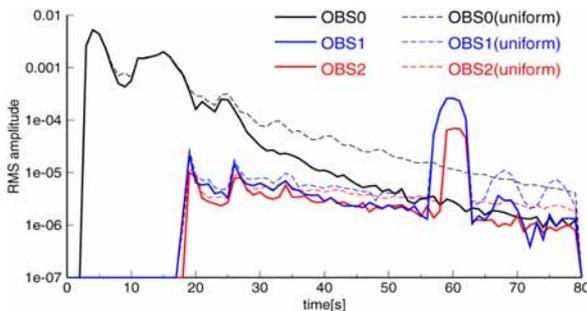


図 3．2.5 次元的な海底地形を考慮した場合のエンベロープ．破線が一様な減衰を仮定した場合，実線が深さ 20km 以深を高減衰と仮定した場合を表す．

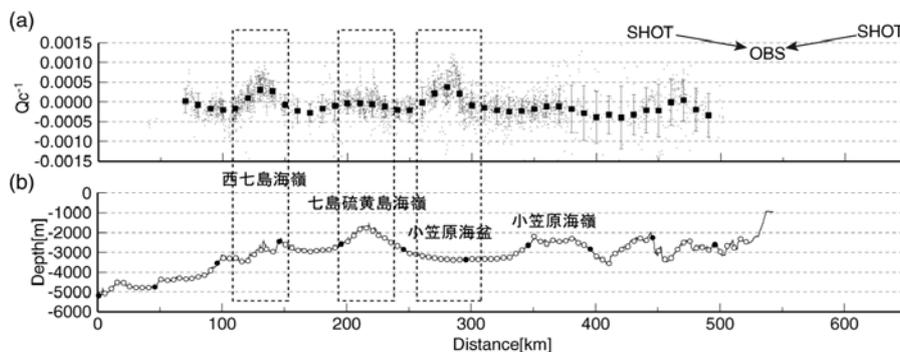


図 4．(a) 小笠原海台～西七島海嶺における P コード波の減衰率の変化．点が一つのトレースから測定された減衰率， \square が 10km 毎の平均値を表す．(b)測線に沿った海底地形． \triangle は OBS を表す．