

東北日本における地下構造の次元圧縮解析

Dimension reduction analysis of lithospheric structure beneath the northeastern Japan

高橋 努 (IFREE/JAMSTEC)

近年ランダム媒質中における地震波伝播の研究が大きく発展し、直達 S 波のエンベロープ拡大と最大振幅減衰の解析から地殻や最上部マントルにおけるランダムな速度ゆらぎのパワースペクトル密度や内部減衰の三次元構造を推定することが可能になった [Takahashi et al., 2009, 2011; Takahashi, submitted to G.J.I.]. 速度ゆらぎの推定ではゆらぎのパワースペクトル密度関数 $P(m)$ が von Karman 型の関数形

$$P(m) = \frac{8\pi^{3/2}\varepsilon^2 a^3 \Gamma(\kappa + 3/2)}{\Gamma(\kappa)(1 + a^2 m^2)^{\kappa + 3/2}} \quad (1)$$

で特徴づけられると仮定し、多重前方散乱による直達波の崩れに寄与する 2 つのパラメータ ($\kappa, \varepsilon^{2/p(\kappa-1)} a^{-1}$) の空間分布を推定している。ここで、 ε, a, κ はそれぞれ速度ゆらぎの RMS 値、ゆらぎの特征的スケール、短波長域におけるスペクトルの勾配を規定するパラメータを表す。内部減衰構造の推定では Q^{-1} 値が周波数 f のべき乗に依存する ($Q^{-1}(f) = Q_0^{-1} \cdot f^\gamma$) と仮定し、 Q_0^{-1} と γ の分布を推定している。これらの速度ゆらぎ分布や内部減衰構造の解釈を進める上で地震波速度 V_p, V_s を考慮することも重要であるが、パラメータ空間が 6 次元となり相互関係を理解することは非常に難しくなる。しかし対象とする 6 個のパラメータのうち、速度ゆらぎの空間スケール依存性を表すパラメータ κ と Q^{-1} 値の周波数依存性を規定するパラメータ γ は何らかの関係を持つことが予想される。また地震波速度や内部減衰はどちらも温度や地殻流体分布に依存すると考えられる。よって 6 次元のパラメータ空間をそのまま取り扱うのではなく、適切に次元を低減した後に媒質の特徴を抽出し議論することが有効であると考えられる。そこで本研究では、地殻や最上部マントルにおける媒質の特徴を評価するため、主成分分析に基づく次元圧縮と独立成分分析を用いた媒質の特徴抽出を行った。速度構造は Matsubara et al. (2008) による V_p 及び V_s 構造を用いた。

主成分分析を行った結果、第 1 主成分はおおむね深さとともに単調に値が増加し、本州弧と Kuril 弧の衝突帯付近で周囲に比べて浅部の特徴を示す傾向が見られた。この衝突帯付近の深さ 30km 以深には低速度域が分布し、衝突に伴い地殻物質が深部に沈み込んでいると解釈されている [Kita et al., 2010]。第 1 主成分の結果は、この低速度域が浅部と同じ特徴を持つ物質であることを示しており、Kita et al. (2010) の解釈と矛盾しない特徴が抽出されたと考えられる。

累積寄与率を考慮し第 3 主成分までを対象として独立成分分析を行った結果、得られた 3 つの独立成分はそれぞれ異なる深さ依存性や空間変化を示した。独立成分は主成分と異なり順序を決めることはできないが、以下では便宜上独立成分(1),(2),(3)と呼ぶ。独立成分(1)

は第 1 主成分と同様に本州弧と Kuril 弧の衝突帯で周囲とは異なる値を示した。しかし第 1 主成分に比べ深さ依存性は弱く、物質の違いをより強く反映した成分であると考えられる。独立成分(2)は深さとともにほぼ単調に値が増加し、第四紀火山下で特に大きな値を示した。この独立成分(2)は物質の違いではなく温度構造をより強く反映していると考えられる。独立成分(3)は第四紀火山下で特に大きな値を示し、火山フロントの前弧側では深さの増大とともに小さな値を示す傾向が見られた。(3)の成分の解釈はまだできていないが、速度ゆらぎを表すパラメータが強く寄与していることから、他の 2 つの独立成分たちでは説明できない小さな空間スケールの構造を反映していると考えられる。これらの独立成分たちは全て無次元量として抽出されるという点では解釈が難しくなる側面を持つ。しかし統計的に独立な成分の組み合わせで媒質の類似性・相違性を比較できることは、地下構造の特徴を適切に抽出し解釈する上で重要な情報となると考えられる。