

多重散乱の効果を考慮した内部減衰・散乱減衰の同時インバージョンの試み

小木曾 仁 (気象研)

はじめに

不均質な地震波減衰構造の推定は、地球内部構造そのものの理解とともに、地震活動や火山活動との関連、さらに、強震動予測にとっても重要な情報である。高周波の地震波減衰は内部減衰と散乱減衰の 2 つに分類することができるが、強震動予測の観点から見ると、内部減衰は地震動の最大振幅に影響を及ぼす一方、散乱減衰は最大振幅とともに地震動の継続時間にも影響を及ぼす。したがって、内部減衰と散乱減衰を分離して推定することができれば、地震動の最大値とともに継続時間も予測するなどの地震動予測の高度化につながると期待される。内部減衰と散乱減衰を別々に推定する手法として、Multiple Lapse Time Window Analysis (MLTWA, Hoshiya et al., 1991) が広く用いられ、Carcole and Sato (2010) によって日本全国の内部減衰・散乱減衰が明らかにされた。小木曾・他(2017, JpGU)は MLTWA で推定された不均質減衰構造を「揺れの数値予報」(Hoshiya and Aoki, 2015) に導入することで、地震動即時予測の精度が向上することを示した。しかし、MLTWA では一様構造を仮定しており、結果との整合性に疑問が残る。本研究では、より妥当と考えられる方法で内部減衰と散乱減衰を同時に推定することを目標とする。

手法

減衰構造を推定する上では、震源特性・サイト特性間、あるいは本研究では内部減衰と散乱減衰間で発生するトレードオフが大きな問題となる。本研究では、この問題に対応するため、段階的に減衰構造を推定することとした。最初に、Eulenfeld and Wegler (2016, GJI) にしたがって地震ごとに震源振幅、サイト特性、及び平均的なパス特性(内部減衰と散乱係数)を同時に推定する(厳密には、散乱係数についてはグリッドサーチを行う)。Eulenfeld and Wegler (2016) では、エンベロープのグリーン関数として Paasschens (1997) による解析解を用いているが、本研究では 1 次元速度構造のもとで、モンテカルロ法(Yoshimoto, 2000)を用いて計算した。次に、得られた地震ごとの平均的な内部減衰と散乱係数を空間的にマッピングすることを考える。ここでは、適当な初期構造を与え、その初期構造における計算エンベロープと観測エンベロープの差を計算し、Takeuchi (2016) の式を用いて構造を修正していくこととした。Takeuchi (2016) の定式化は内部減衰及び散乱係数の摂動について線形であり、容易に行列形式にまとめることができる。しかし、波形フィッティングを行うことになるため、行列が巨大なものとなり、逆問題として解くには工夫が必要である。本研究では逆行列を必要としない Algebraic Reconstruction Technique (ART) に先験条件を加えた ART-type Bayesian Reconstruction Method (Herman, 1980; Hirahara, 1988) を採用し、エンベロープ計算と構造修正を 1 イベントごとに繰り返し行うことで減衰構造を推定した。

使用データと推定結果

観測点は西日本地域の 238 点の Hi-net 観測点、地震は 2004 年から 2016 年にかけて発生した M3.0-4.5、深さ 90km 以浅の地震を適宜選択した 423 個の地震を用いて、緯度・経度方向は 0.4 度、深さ方向は 20km の大きさのブロックで離散化した 3 次元空間の不均質減衰構造を推定することとした。震央距離 100km 以内の観測点を用いて、1-2Hz のバンドパスフィルタをかけたのち、地震ごとに Eulenfeld and Wegler (2016) の手法を適用して推定した内部減衰と散乱係数の分布を図 1 に示す。大局的な傾向として、中国・四国地方では九州地方と比較して内部減衰及び散乱係数がともに小さいことがわかる。次に、この結果を Takeuchi (2016) の定式化のもとで空間にマッピングした例を図 2 に示す。浅部(0-10km)の結果をみると、九州地方中部から南部の大きな散乱係数は活火山の分布と対応しているようである。また、30-50km の結果を見ると、解像度が限られているものの、四国西部に一部だけ低減衰・低散乱の領域が存在する可能性がある。今後、適切な先験条件や解像度の検討を進めるとともに、他の周波数帯でも解析を行い、強震動予測の高度化へつなげたい。

謝辞

本研究の実施にあたり、防災科研 Hi-net の波形を使用しました。また、東京大学地震研究所共同利用プログラムの援助を受けました。記して感謝いたします。

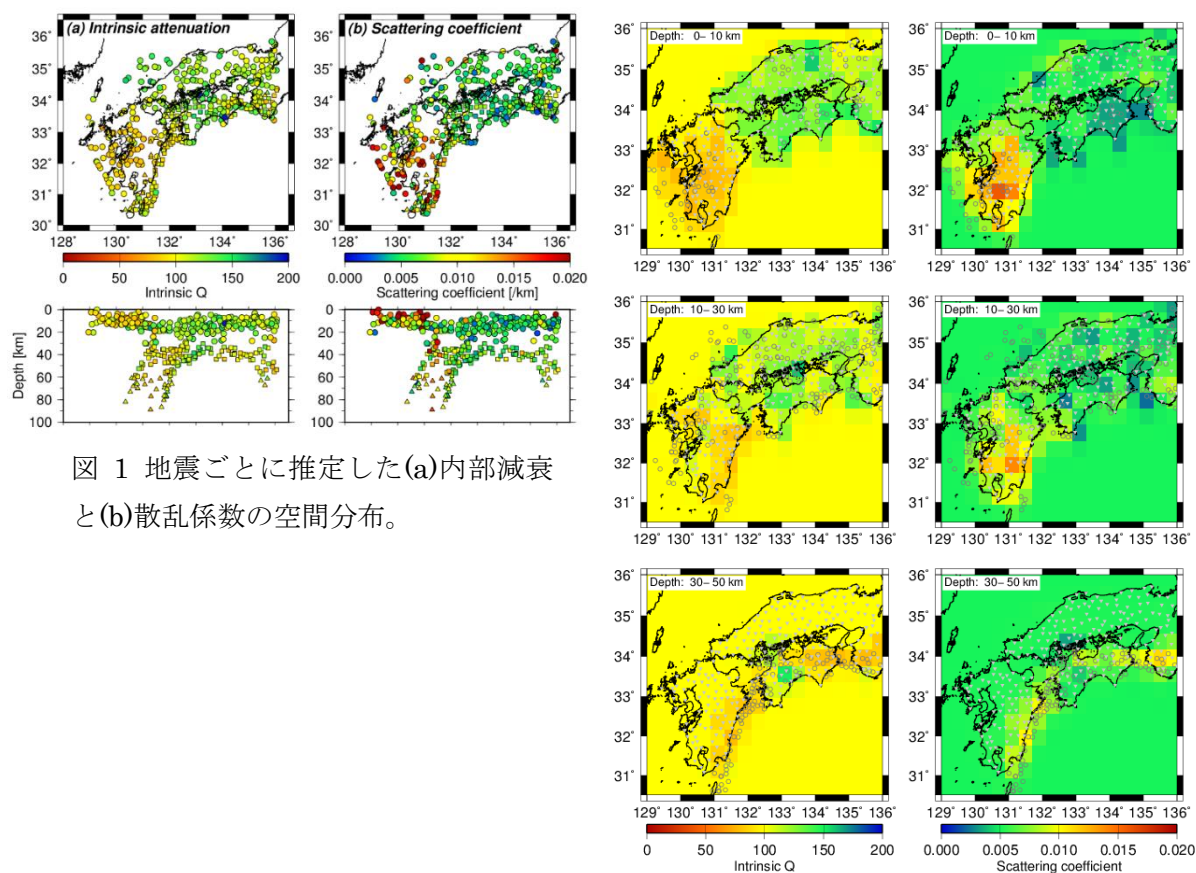


図 1 地震ごとに推定した(a)内部減衰と(b)散乱係数の空間分布。

図 2 Takeuchi (2016) の式を用いて推定した内部減衰(左)と散乱係数(右)の空間分布。