

散乱波の時間・周波数領域での形状と散乱体の物性量との関係
 蓬田 清 (北大・理)・平 貴昭 (加州大バークレー校・地震研究所)

Relationship between time-frequency spectrograms of scattered waves
 and physical properties of heterogeneities

Kiyoshi YOMOGIDA¹ and Taka'aki TAIRA²

¹Graduate School of Science, Hokkaido Univ., ²Seismological Station, U.C. Berkeley

高周波地震波のコヒーレントな成分を微細不均質性からの散乱波とし、その空間分布をトモグラフィ的手法で求める研究では、強度分布のみが用いられてきた。Taira et al. (2007)では、周波数毎の分布やP-P・P-S散乱波の区別から、不均質性の大きさや(S波が遅い)液体層の有無を推定した。本研究では、アレイ観測からの時間・周波数領域でのスペクトログラムの形状をパラメーター化し、数値シミュレーションの結果と比較し、不均質性の速度の大小やそれを構成する微細不均質性のクラスター状態の推定の可能性を考察する。

図1に、Taira et al. (2007)で用いた仙台平野の長町・利府断層の爆破地震についてアレイ観測の波形記録と同定されたコヒーレントな散乱波の時間・周波数領域スペクトログラムを、一例として示す。様々な形状の山があるが、ピーク値の大小に加えて、以下の2つのパラメーター化を導入する:(1) 時間軸と周波数軸のそれぞれの拡がりの比 (flat rateと呼ぶ)、(2) 2次元空間で占める面積 (area)。強度とは異なり、これらは散乱体の何らかの物性量を示していると考えられる。図2に浅部でのこの2つのパラメーターの空間分布を示す。

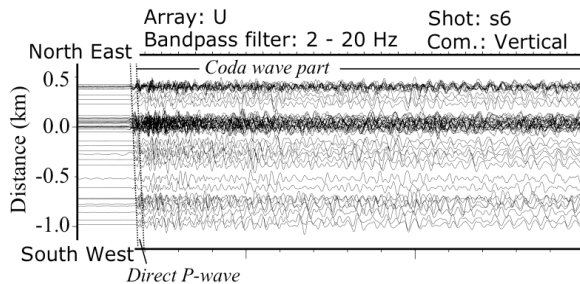


図1

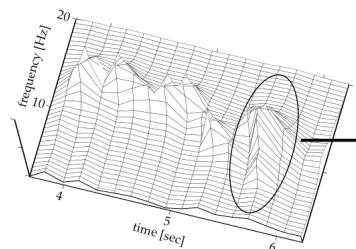
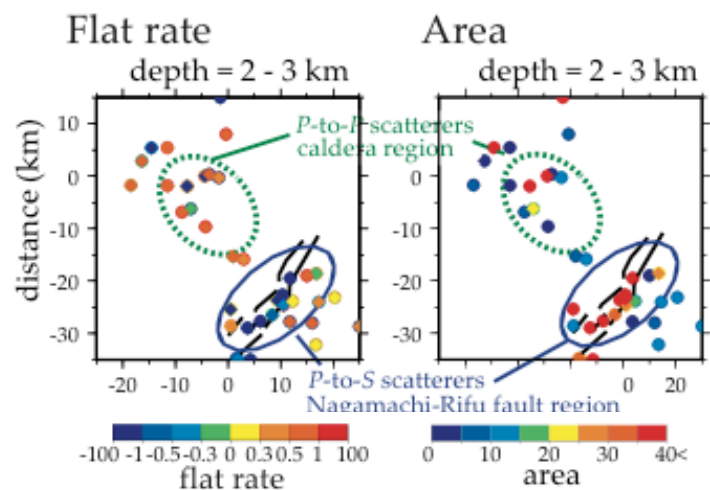


図2

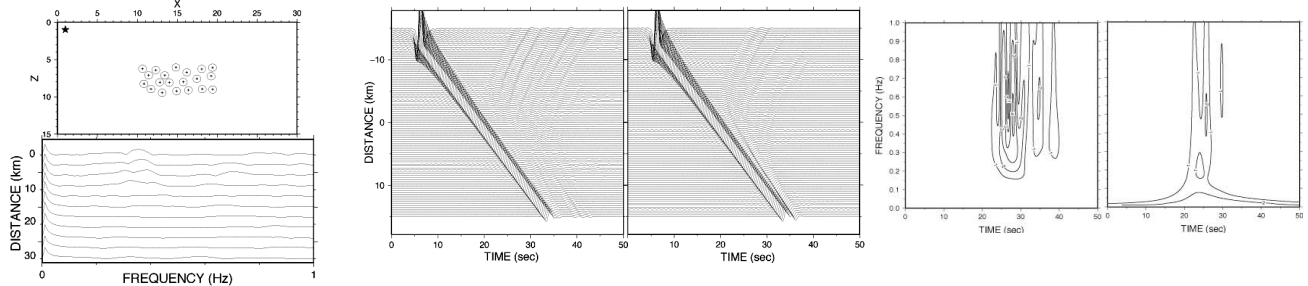
Flat rate はスペクトルが時間軸か周波数軸のどちらか一方に広がる形状を特徴づける。図3は、2次元SH波で等方線震源(左上の★)に対する、20%の速度変動のある低速度(左)と高速度(右)の円形の不均質体が20個クラスターしている媒質での散乱波(ローカルの地震観測のような後方散乱が卓越する観測点配置)の合成波形、および低速度の場合の散乱波スペクトル(左下)を示す。パラメーターは無次元化した値



で、媒質速度が1、不均質性の半径が0.5、合成波形の中心周波数が0.5である。散乱体は同じ大きさなので、散乱波の周波数特性はほぼ等しいが(左下に低速度の場合のいくつかの観測点でのスペクトルを示す)、低速度の不均質性の方が2倍以上の時間軸での広がり

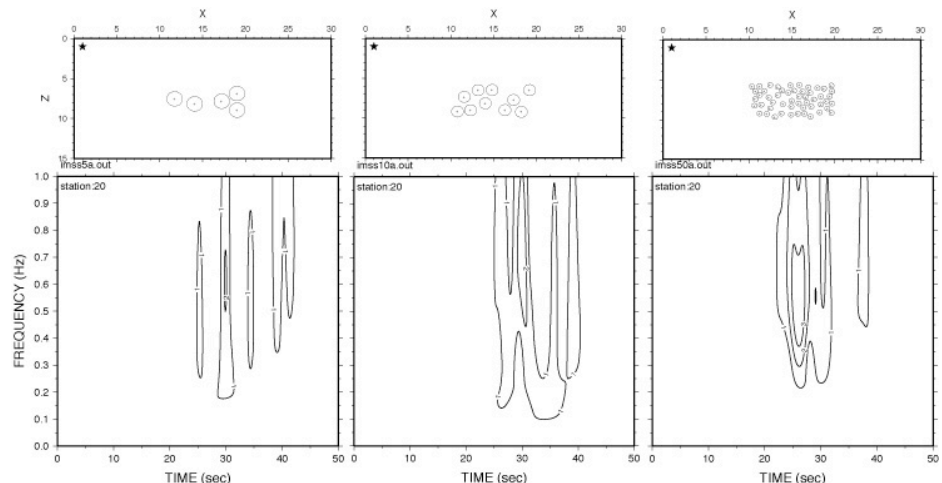
がある。これは低速度の不均質性クラスターの方が入射したエネルギーをより効果的にトラップし、徐々に散乱波として外側へと放出するためである。図3右にはある観測点($x=20$)での2つの場合の散乱波のスペクトルグラムを示す。低速度の場合には時間軸に広がりが大きく、flat rateの値が大きくなる。このように、flat rateは散乱体を構成する不均質性の速度異常の正負を反映する。

図3



一方、散乱体が単一の不均質性で構成されると、不均質性のサイズと同じ程度の波長に対応する周波数に散乱波スペクトルは単一の山を持つ。図4は、図3の低速度モデルとクラスター全体の速度異常は同じだが、個々の不均質性の大きさと数(5, 10, 50個の場合)が異なった場合の散乱波のスペクトルグラムを示す。5個の場合では、個々の不均質性からの散乱波のスペクトルグラムのピークが時間・周波数領域では分かれて、個々の area は小さくなってしまふ。これに対して、小さく多数の不均質性のクラスターの場合、個々の大きさに対応するスペクトルの山(小さいので高周波数)からクラスター全体の大きさに対応する低周波数帯域まで広がり、到達時刻もさまざまで時間領域でも広がるため、area の大きなスペクトルグラムになる。すなわち、ここで定義された area は、散乱体の内部構造の階層性の有無を示す一つの指標となる。

図4



さらに、不均質性を空隙とした媒質(Yomogida et al., 1997)に比べると、含有物(速度異常のある)の不均質性媒質では、散乱波のスペクトルグラムが震源・不均質性クラスター・観測点の位置関係によって大きく変動する。すなわち、散乱強度の方位依存性、あるいは異方性が無視できない。また、不均質性の速度が同じでも、密度あるいはインピーダンス比によっても散乱波のスペクトログラムの方位依存性は大きく異なる。また、クラスター全体の形状(例:図4の横長なクラスターと縦長の場合との比較)による方位依存性も大きい。スペクトルグラムの形状とともに、コヒーレントな散乱波を複数のアレイで同時観測することが今後行えれば、不均質性の密度変化や形状も独立して求める可能性を示唆している。

引用文献 ・ Taira et al., *J. Geophys. Res.*, 10.1029/2006JB004382, 2007.
 ・ Yomogida et al., *Phys. Earth Planet. Inter.*, **104**, 175-192, 1997.