

新潟県中越地震の余震のエンベロープ波形と地殻内不均質

小菅 正裕 (弘前大学工学部)

1. はじめに

地震波の散乱は地震波のエンベロープ形状に影響する。散乱の効果により、震源ではパルス状であったエンベロープは次第に形が崩れ、ピークの到達時間の遅れとピーク幅の増大が生じる。これらの現象を使って、散乱をもたらす不均質性を推定することができる [例えば Obara and Sato (1995), Sato and Fehler (1998), Saito et al. (2005)]. これまでの解析は東北日本といった比較的大きなスケールの領域を対象としてきたが、ここではローカルなスケールでの地震波エンベロープの特徴を扱う。対象とするのは 2004 年新潟県中越地震の余震域である。この地域では詳細な地殻構造が推定されているので、地震波経路での散乱の強弱をそれと比較する。

2. データ

解析には新潟県中越地震統合余震観測データ [Kato et al. (2007)] を用いた。これは 10 月 27 日から 11 月 23 日までに発生した 708 地震に対する 145 観測点での波形データセットであるが、観測点数には時間的な変動がある。エンベロープは、中心周波数 2, 4, 8, 16 Hz の 4 帯域について 3 成分合成 rms 振幅として求めた。各エンベロープに対し、S 波到着時から振幅がピークに達するまでの時間 (ピーク遅延時間 t_p) と、ノイズレベルから測った対数振幅がピークの半分まで減少するのに要した時間 (t_q) を測定した。

3. ピーク遅延時間の震源距離依存性

図 1 に t_p の震源距離依存性を示す。2 Hz では依存性が明瞭ではないが、4 Hz 以上の帯域では震源距離とともに t_p が大きくなる、すなわち、S 波到着からピークに達するまでの時間が伝播距離とともに大きくなることを示す。 t_q も震源距

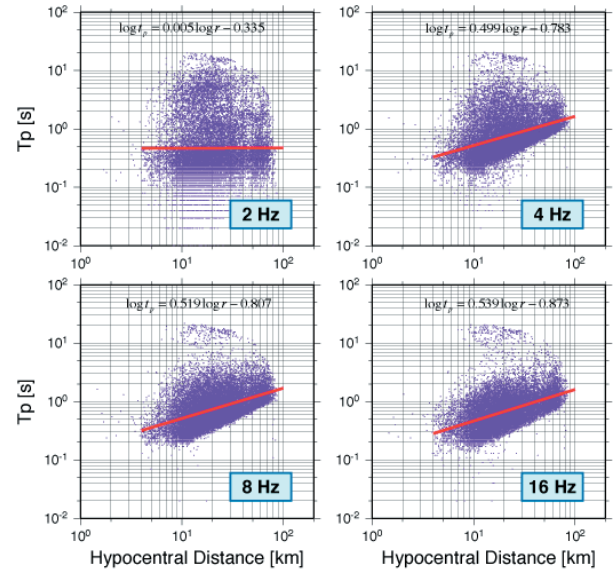


図 1 ピーク遅延時間 (t_p) の震源距離依存性. 4 つの周波数帯域についての結果で、回帰直線と回帰式も示している。

離とともに値が増大するが、Saito et al. (2005) の結果と比較すると非常に大きい。これは、散乱波が震源近傍に長時間滞留することを表しているのかもしれない。従って、 t_q には散乱強度の空間的不均質の影響は表れにくいと考え、以下では t_p を用いて議論する。

4. ピーク遅延時間の偏差の分布

図 1 に書き入れてある回帰直線からの偏差に注目する。直線より下にあるデータは、平均的な関係よりもピークの到達が早く、上にあるデータは遅いことを表す。ピーク遅延が前方散乱によると考えると、前者は経路での散乱が弱く、後者は強いことを表す。そこで、各経路での偏差の分布を調査した。

その例を図 2 と 3 に示す。いずれの図も偏差の符号と大きさによって以下のように色を変えて示した。遅延が大きい経路: 赤, 平均的な経路: 灰色, 小さい経路: 青。赤と青はその大小に

じて色の濃さを変えて示した。なお、ここで考えている散乱は主要動の経路の周辺で起こっているため、経路は直線で表現した。

図2では、震源周辺及び震源から南東側に伝わる経路は青色で表されていて散乱が弱いことを、それ以外の方向に伝わる場合は散乱が強いことを表している。8 Hz帯域の結果(図3)でも傾向は同じであるが、偏差の大きさは2 Hzの場合よりも小さい。他の周波数及び震源深さについても検討した結果、偏差が最も顕著なのは、震源が浅くて低周波の場合であることが判明した。これには、2次的に生成された表面波が寄与しているかもしれない。図2及び図3に示される遅延の大きい領域の分布は、トモグラフィ解析による低速度域の分布[例えばOkada et al., 2005]と良く似ている。

5. おわりに

ピーク遅延の大きい領域と低速度域が対応することから、低速度域での散乱が強いことが考えられる。それは、低速度域内での地震波速度及び密度の揺らぎが、高速度域内での揺らぎよりも大きいことを表すのかもしれないが、今後より定量的な検討が必要である。

謝辞

解析には2004年新潟県中越地震の統合余震観測データを使わせていただきました。関係各位に厚く御礼申し上げます。

文献

- Kato, A. and The Research Team of aftershock observations for the 2004 mid-Niigata Prefecture Earthquake, 2007, Earth Planets Space, 59, 923–928.
- Obara, K., and H. Sato, 1995, J. Geophys. Res., 100(B2), 2103–2122.
- Okada et al., 2005, Earth Planets Space, 57, 435–440.
- Saito, T., H. Sato, M. Ohtake, and K. Obara, 2005, J. Geophys. Res., 110, B01304, doi:10.1029/2004JB003225.

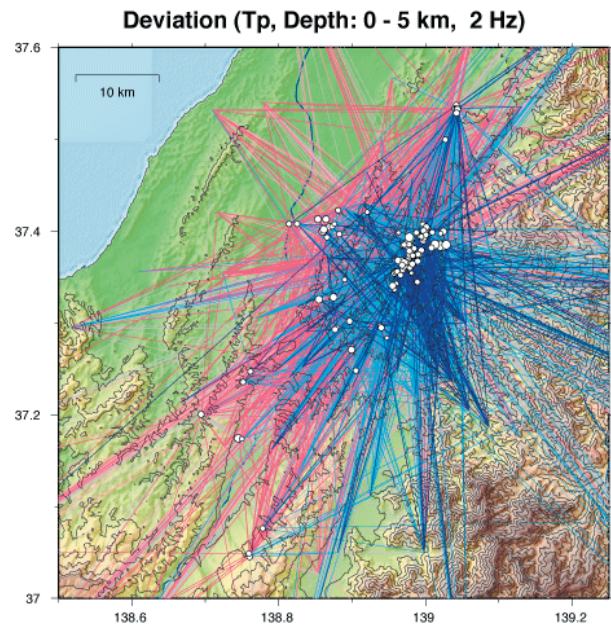


図2 t_p の震源距離依存性を示す回帰直線(図1)からの偏差によって色分けした波線の分布。赤い色はピークの遅延が大きいことを、青い色は小さいことを表す。震源の深さが5 km以浅での2 Hz帯での結果で、○印は対応する深さ範囲での震央を示す。

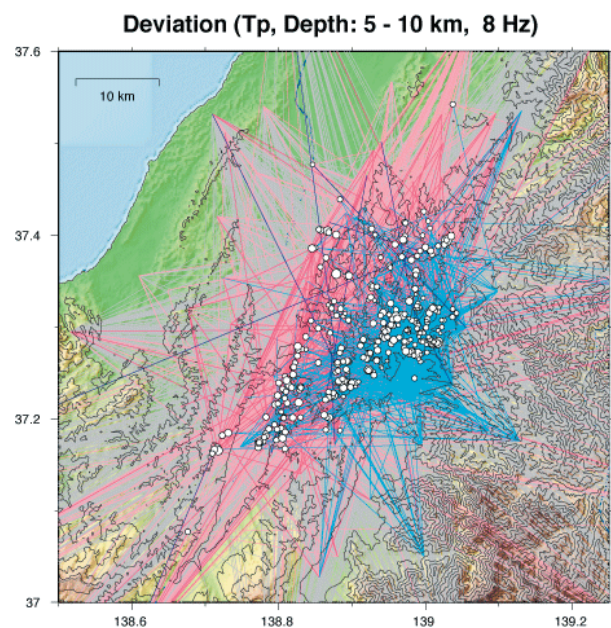


図3 震源の深さが5~10 kmでの8 Hz帯での t_p の偏差の分布。偏差の小さい波線は灰色で表す。

- Sato, H. and M. C. Fehler, 1998, Seismic wave propagation and scattering in the heterogeneous Earth, Springer-Verlag, New York, 308 pp.