

エンベロープ・インバージョンによる 1999 年台湾集集地震の高周波エネルギー輻射領域の推定
中原 恒, 渡邊理恵子 (東北大学大学院理学研究科)

Envelope inversion analysis of the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake for the spatial distribution of high-frequency seismic energy radiation on the fault plane

Hisashi Nakahara and Rieko Watanabe (Graduate School of Science, Tohoku University)

はじめに 1999 年 9 月 21 日 1 時 47 分 (現地時間), 台湾中部で $M_w=7.5$ の集集 (Chi-Chi) 地震が発生した. この地震による強震動は中央気象局 (CWB) が運営する強震観測網によって記録され, その中の 400 点を超える観測点の記録が CD-ROM に収録され, 公開された (Lee et al., 1999). この地震の震源過程に関しては, 低周波数における波形インバージョン解析が既に行われているが, 高周波数における解析例は少ない. そこで本研究では, 広帯域にわたる集集地震の震源過程の解明に貢献するため, Nakahara et al. (1998) のエンベロープ・インバージョン法を適用し, この地震の断層面における高周波エネルギー輻射領域を推定する. また, 本研究の結果と低周波波形インバージョンによるすべり量分布とを比較し, 高周波と低周波の輻射領域の関係について議論する.

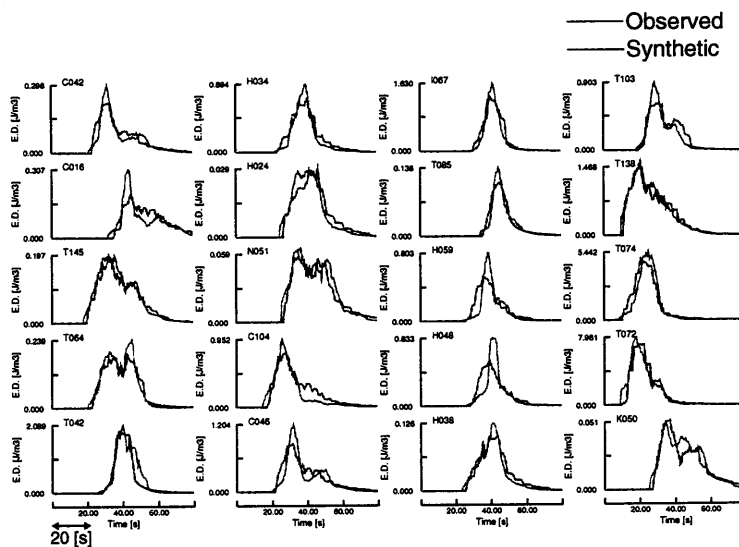
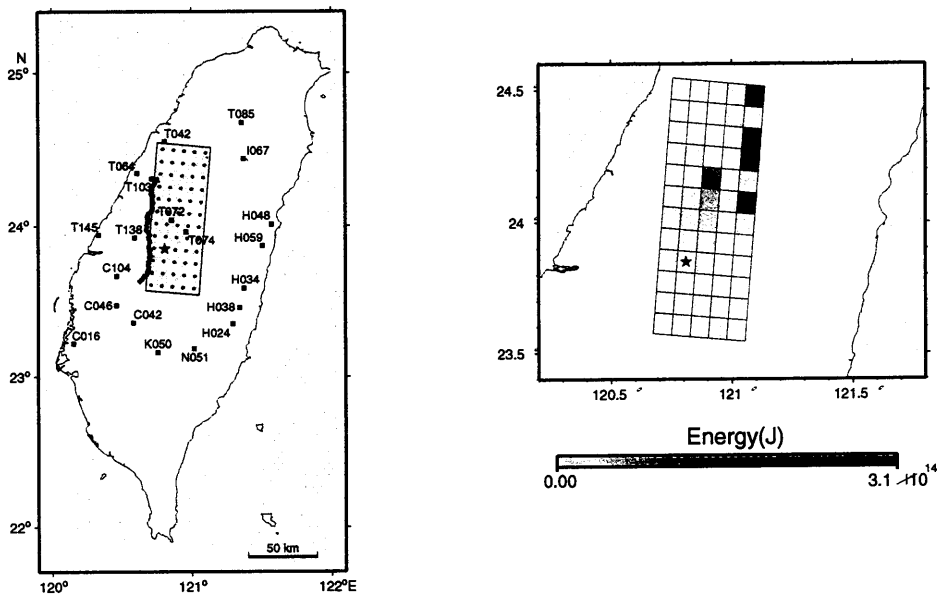
解析 エンベロープ・インバージョン解析に用いる観測点として, 400 点以上の観測点の中から震源距離約 100km 以内で震源域を取り囲むような 20 点を選出した (図 1 の四角印). 観測エンベロープは, 加速度記録を速度記録に変換した後, 1-2, 2-4, 4-8, 8-16, 16-32 Hz の 5 周波数帯のバンドパスフィルタをかけ, 3 成分の速度 2 乗振幅の和をとることにより作成した. インバージョンには, S 波の到達時から震源経過時間 80s までのエンベロープをデータとして使用した. ここで, 記録の絶対時刻は, Chung and Yeh (1997) の 1 次元速度構造から計算した理論 P 波走時と観測 P 波走時を一致させるように補正している. エンベロープのグリーン関数は, 均質媒質中に点的な等方散乱体が一様ランダムに分布するモデルを想定し, エネルギー輸送理論に基づき計算した. グリーン関数は散乱係数と内部減衰定数によって特徴づけられるが, 台湾地域ではこれらのパラメータに関する既往の研究がないため, 東北日本における観測値 (桜井, 1995) で代用した.

断層面は, 波形インバージョン解析 (Yagi and Kikuchi, 2000) の結果を参考に, Strike=5°, Dip=30°, Rake=50°, 断層長=108km, 断層幅=45km と仮定し, その面を 9km×9km の小断層計 60 個で分割した (図 1 の丸印). 破壊伝播速度を一定と仮定し, 各小断層は破壊フロントが到達した瞬間から一定時間の間エネルギーを輻射する. 各小断層でのエネルギー輻射時間関数は box-car 型とした. 破壊伝播速度と各小断層でのエネルギー輻射継続時間を場所によらず一定とし, グリッドサーチによりこれらを推定する.

結果と議論 グリッドサーチの結果, 破壊速度 3.0km/s, 各小断層のエネルギー輻射継続時間 10s の周辺で最小残差が得られた. 断層面全体からのエネルギー輻射量は 1-32Hz において 1.48×10^{15} J であり, いずれの周波数帯においても全体からの輻射量の約 70% が破壊開始点より北側の断層深部から輻射された (図 2). この結果を Kikuchi et al. (2000) の波形インバージョンによるすべり量分布と比較すると, 高周波エネルギーの輻射が強い領域は, 1 つのアスペリティを取り囲む

ように分布しているように見える. このような高周波と低周波の輻射領域の相補性は, 破壊の伝播が比較的なめらかであったことを示唆するものと考えている. 図 3 には, エンベロープフィットの一例として 4 - 8Hz の結果を示す. 理論エンベロープは観測エンベロープを概してよく説明しており, 特に震動継続時間が長い観測点ではフィットはかなり良い. 一方, 震動継続時間が短い観測点に対しては, 最大振幅を 6 割程度しか説明できていないところもある. これは, エネルギー輻射の継続時間を断層面上で一定と仮定していることによるのかもしれない.

謝辞 本研究では, W. H. K. Lee 博士, T. C. Shin 博士, K. W. Kuo 博士, K. C. Chen 博士により編集された CD-ROM を使用しました. ここに記して感謝致します.



(左上) 図 1. 使用した観測点と断層モデル. 四角印は観測点, 星印は破壊開始点, 丸印は小断層の位置, 実線は地表地震断層のトレース.

(右上) 図 2. 1-32Hz に対する断層面上のエネルギー輻射量分布. 星印は破壊開始点. 色の濃い領域はエネルギー輻射が強いことを表わし, 断層の北側深部に見られる.

(下) 図 3. 4-8Hz におけるエンベロープフィットの結果. 観測 (細線) と理論 (太線) の合致は概ね良好である. 但し, 震動継続時間が短い観測点では, 最大振幅の 6 割程度しか再現できていない所もある.