

長野県西部地域における小地震の地震波エネルギーとスケーリング則

S-wave energy estimation of small earthquakes in the Western Nagano region, Japan and the scaling relation

松澤 孝紀[1], 武尾 実[1], 井出 哲[2], 今西 和俊[3], 飯尾 能久[1], 関口 渉次[4], 堀内 茂木[5], 大見 士朗[6]

Takanori Matsuzawa[1], Minoru Takeo[2], Satoshi Ide[3], Kazutoshi Imanishi[4], Yoshihisa Iio[5], Shoji Sekiguchi[6], Shigeki Horiuchi[6], Shiro Ohmi[7]

[1] 東大・地震研, [2] 東大地震研, [3] 産総研, [4] 防災科研, [5] 防災科技研, [6] 京大防災研

[1] ERI, U. Tokyo, [2] ERI, Univ. Tokyo, [3] ERI, Univ. of Tokyo, [4] AIST, [5] ERI, [6] NIED, [7] D.P.R.I., Kyoto Univ.

地震波エネルギーは地震における基本的な物理量の一つであり、震源過程の動的な情報をもった量といえる。しかしながら、小地震に関して精度のよいエネルギー推定を行うには極めて質の高い観測が必要であり、これまであまりなされてこなかった。本研究では長野県西部地域稠密地震観測網のデータを用いることにより、精度良くエネルギーを求めることができた。エネルギー推定においては、幾何減衰、Q、サイト効果、放射パターンの影響を補正した。得られたエネルギー E_s とモーメント M_0 の比 E_s/M_0 には、小さい地震ほど小さくなる傾向が、また深い地震ほど大きくなる傾向が見られた。

地震波エネルギーは観測量として得ることのできる基本的な物理量である。また、これは地震の動的過程に強く影響を受け、断層運動の開始や停止といったすべりの急激な変化に対応するパラメーターであるので、震源過程を考える上でも大きな意味をもつ。

大きな地震から小さな地震の広い幅のスケールで地震波エネルギーと地震モーメントの比を比較した場合、大・中地震($M > 4$)ではほぼ一定の幅にあるのに対し、小地震($M < 3$)では地震が小さいほど比も小さくなっていくというスケールが報告されている(例えば、Abercrombie, 1995)。このスケールについては、大地震と小地震の震源過程の差に起因する可能性も指摘されているが、小地震に関する精度の高い解析は観測点の地盤条件が良く、密な観測網が必要であることから難しく、満足な議論をするには至っていない。小地震のエネルギーに関して近年では、先に挙げたAbercrombie(1995)によるポアホール観測点を使ったカリフォルニアの小地震の解析があるが、一観測点の情報のみでエネルギー他のパラメーターを決定しているため震源における地震波の放射パターンの違いを考慮できず、得られた値についてはある程度不確定さが残る。本研究では、高密度な観測網である長野県西部地域稠密観測網(Iio et al., 1999)のデータを使用することで、サイト条件のよい多数の観測点のデータを得ることが可能となり、マグニチュード1から3の160個の小地震について、震源メカニズム、幾何減衰、非弾性減衰 $Q_s(f)$ 、サイト増幅効果を補正し、個々の地震のS波エネルギーを精度よく評価することができた。

本研究ではエネルギー評価における補正として、幾何減衰を $1/r$ とし、震源での放射パターンには点震源の場合のS波放射パターンをあてはめた。また、非弾性減衰効果については、Matsuzawa et al.(1989)による二重スペクトル比法を用いて、S波の情報から直接的に推定された $Q_s(f)$ を補正に用いた。ただし、 Q_s 値推定の不確定さがエネルギー推定に与える影響を調べるため、高周波側で Q_s が低くなる場合と低周波側で Q_s が低くなる場合のQモデルも設定して検討した。サイト増幅効果については、最小自乗法のインバージョンによる各地震のエネルギー推定の過程で分離される。

こうして得られたS波エネルギー E_s と地震モーメント M_0 の間には、 $M_0 = 1e11$ [Nm]で $E_s = 1e5$ [J]、 $M_0 = 1e13$ [Nm]で $E_s = 1e8$ [J]のようなスケールが見られる。この結果は前述のAbercrombie(1995)の結果にほぼ一致し、小さい地震ほど地震波エネルギーとモーメントの比 E_s/M_0 が減少する傾向を示す。また興味深い傾向として、同じサイズの地震でも深さが深くなるほど、 E_s/M_0 が大きくなる傾向が見られ、深さ1kmから10kmにかけて、 $M_w=1$ クラス、 $M_w=2$ クラスの地震でそれぞれ E_s/M_0 は1オーダー程度の増加を示す。この深さ依存性は明瞭であり、何らかの震源過程の差を示すと考えられる。

以上の解析結果から得られた E_s/M_0 が深くなるほど増加する傾向は、実際の応力降下量が一定で、限界すべり量 D_c が深さとともに小さくなることを仮定することによって定性的に説明することも可能である。また小地震においては、破壊伝播速度が十分に加速されない可能性が考えられ、この場合には本研究で解析したように小さい地震ほど E_s/M_0 が小さくなるスケールが生じることも予想される。今後は破壊の開始や停止の効果考えた微視的な観点をもったモデルから、ここで得られた結果と震源過程を結びつけて検討していきたい。

参考文献

Abercrombie, R., J. Geophys. Res., 100, 24015-24036, 1995.

Iio, Y., S. Ohmi, R. Ikeda, E. Yamamoto, H. Ito, H. Sato, Y. Kuwahara, T. Ohminato, B. Shibazaki, and M. Ando, Geophys. Res. Lett., 26, 1969-1972, 1999.

Matsuzawa, T., A. Hasegawa, and A. Takagi, *Tohoku Geophys. J.*, 32, 21-33, 1989.