

地震エネルギーと破壊エネルギーのスケーリング

Scaling properties of seismic energy and fracture energy

井出 哲[1]

Satoshi Ide[1]

[1] 東大・理・地惑

[1] Dept. EPS, Univ. of Tokyo

地震の断層破壊時には解放されたポテンシャルエネルギーのうち摩擦仕事と表面形成に必要な破壊エネルギーとして消費されない分が地震エネルギーとして伝播する。直接の観測から推定できるのは地震エネルギーだけであるが、観測から詳細な破壊過程が推定できれば破壊エネルギーそこから推定可能である。この場合には破壊エネルギー消費総量とともに、空間分布も推定できる。そして破壊エネルギーは他の動力学的な断層パラメーター（臨界すべり変位量、ストレングスエクセス）と比較して分解能の影響を受けにくいという特徴を持つ。地震波解析と震源モデルから地震エネルギー、破壊エネルギーのスケーリングについて考察する。

地震エネルギーは地震波形またはスペクトルの 2 乗積分で推定される。これまでも大小さまざまなスケールでの地震について推定されており、地震エネルギー/地震モーメントの比が地震サイズに依存するかについて議論されている。しかし Ide and Beroza (2001), Ide et al. (2003) が指摘したように過去の研究には多くの人為的なトレンドが見られる。地殻の減衰パラメーターやサイト増幅特性は通常周波数依存性を持つが、実際多くの研究で行われているようにそれを一定もしくは簡単な関数で近似すると、典型的な見かけ上のサイズ依存性が生まれる。現在ではまだ地震エネルギー/地震モーメント比が地震サイズに依存するという確証は地震モーメント 17 オーダー (M_w -4~7) に渡って得られていない。しかし、この比がこのように広いサイズ範囲で一定であるというのは実験室での破壊表面エネルギーの推定値 (10 - 10^4 J/m²) や大きな地震で得られている平均的な応力降下量 (1-10MPa) の値とは矛盾する。この原因として小さな地震では破壊エネルギーが小さいか応力降下量が大きいかを考えられる。

破壊表面エネルギーは室内実験では特徴的なサイズに比例することが知られている (大中・松浦, 2002)。1995 年兵庫県南部地震 (M_w 6.8) の破壊表面エネルギーの値は 10^6 J/m² 程度 (Ide, 2003) であり、実験室の値よりはるかに大きい。また 1992 年 Landers 地震でも破壊エネルギーを 10^7 J/m² にしないと破壊伝播が説明できない (e.g., Olsen et al., 1997)。従って破壊エネルギーがサイズ依存するのは確かであろう。この場合物質的には破壊エネルギーは破壊する不均質構造の大きさにスケールしていると考えべきである。破壊過程の始まりには破壊する不均質構造は小さいのであるからこれは破壊伝播の最中に破壊エネルギーが増加することを示唆する。自己相似的なクラックの破壊進展の破壊エネルギーはクラック径に比例し (Kostrov, 1964) 自己相似的なクラックの成長は限定的ではあるが地震波形の特徴を説明する。今後は平均的な破壊エネルギーが地震サイズに依存するという視点と同時に破壊伝播中にも増加するという視点が必要になるだろう。