

微視的断層パラメーターのスケーリング則：地震断層面のすべりの不均質性の特性化

Scaling laws of inner fault parameters: Characterization of heterogeneous slips on earthquake faults

升井 健吾¹, 蓬田 清^{1*}, 山中 佳子²

Kengo Masui¹, Kiyoshi Yomogida^{1*}, Yoshiko Yamanaka²

¹北海道大学大学院理学研究院, ²名古屋大学大学院環境学研究科

¹Grad Sch Science, Hokkaido University, ²Grad Sch Environ Stud, Nagoya University

地震の震源過程はこれまで巨視的と微視的という2種類の断層パラメーターで表現されてきた。初期の研究以来、前者は詳しくかつ今ではたいへんな精度で求められるようになっており、地震モーメントや断層の長さ、断層面での平均すべり量などに代表される地震断層の全体的な量を表わす。そして、これらのパラメーターの間にはいくつかの相似関係であるスケーリング則が見いだされている。これに対して、微視的断層パラメーターは断層面上の破壊過程の時空間的な不均質性を表わす。例えば、すべりが大きい箇所（アスペリティ）の個数と位置、その形や面積などである。これらは波形解析などで個々の地震については、今ではルーチン的に求められるようになりつつある。しかし、巨視的断層パラメーターのように、集団としての統計的性質を念頭にしたそれらのスケーリング則はほとんど手づかずの状態にある。本研究は微視的断層パラメーターのスケーリング則を調べるために、遠地波形記録を用いたKikuchi-YamanakaのEIC notesに報告されている1994-2009年に全世界で発生した約50個の地震の断層面上でのすべり分布をデータとして、その集団的・統計的な性質を調べた。その際に、いくつかの新しい断層パラメーターを導入した。

まず、大きなすべり部分の面積を示すS50というパラメーターを、最大すべりの半分以上として定義する。断層面積Sと地震モーメントMoとにスケーリング則があるように、 $\log S50 = -12.0 + 0.553 \cdot \log Mo$ という関係が求められた。また、ゼロではないと判定されるすべりを持つ部分の面積とS50との比を調べると、ばらつきがより大きいながらもやはり正の相関があり、これまでの断層面積とアスペリティ面積の関係などと調和的である。

次に、すべり分布と震源、すなわち破壊開始点の関係を示す量として、セントロイド点（すべり分布の中心点）と震源の距離dLを調べた。地震モーメントMoとの関係では、 10^{28} dyn*cm以下ではばらつきが大きい、これは小さな地震では微妙な相対的なこれら2点の位置関係の決定精度の限界であろう。これより大きな地震について、データ数は数点だが明瞭な正の相関があり、震源から離れた部分で大きなすべりを起すことで大きな地震が生じ得るという特徴を示していると思われる。

さらに、S50はすべりの大きな面積のみを表わすのに対して、すべりが大きな領域が集中する度合いを示すパラメーターmを、すべり分布の平均がセントロイド点であるのに対して、その周りのすべり分布の空間的な分散の値として定義し、これを各地震について求める。プレート境界の地震ではこの値は比較的地震モーメントと簡単な正の相関のスケーリング則があるのに対して、プレート内地震や内陸地震はばらつきが大きく、すべり分布の複雑さ（例：すべりの大きな領域が複数ある場合もあれば、単一に集中する場合もある）がこのタイプの地震は大きいことを定量化できた。

最後に、これまでの遠地地震からの求めたすべり分布に対して、同じ地震で強震動記録から求めたすべり分布を、上で導入した微視的断層パラメーターについて比較した。S50に対応する大き

なすべりの領域について、両者はほぼ一致していたが、小さなすべりの領域も含むS10の値は遠地地震の方が系統的に小さい。アスペリティといった強固着域はどちらの方法でも信頼できることが確認され、さらに小さなすべりの領域のみ、遠地地震記録では見落としてしまう可能性が考えられる。

まとめると、巨視的断層パラメータのように微視的断層パラメータでもいくつかの有用なスケールリング則が成り立つことが判明した一方、あるタイプの地震では多様性が卓越している場合も示すことがわかり、本研究のパラメータはそれらを判別するのにも有用である。

キーワード:断層パラメータ,すべり分布,スケールリング則,波形インバージョン,相似則

Keywords: fault parameter, slip distribution, scaling law, waveform inversion, self-similar relation