

階層的に自己相似な断層帯ジオメトリーと静的応力降下のサイズ依存性: 地震断層トレースからの解析

Hierarchical self-similar geometry of fault zones and size-dependent static stress drop: An analysis from seismic fault traces

中村 悠希 [1]; 大槻 憲四郎 [2]

Yuki Nakamura[1]; Kenshiro Otsuki[2]

[1] 東北大・理・地圏; [2] 東北大・理・地学

[1] Geoenv., Tohoku Univ.; [2] Earth Sci., Tohoku Univ.

地震発生過程を複雑にしているのは、断層面の強度の不均質性である。不均質性には、摩擦物性と断層帯のジオメトリーとが関わっている。統計によれば、地震は地表断層トレースのより滑らかな所の直下で発生し、ラブチャーはジョグや屈曲部の直下で停滞・停止する傾向がある (Aki, 1989)。

[I] 自然の断層帯のジオメトリー

断層帯のジオメトリーは断層セグメントとジョグを基本構成要素とし、これらが入れ子になった階層的に自己相似であることを特徴とする。実験的な断層に関しては、任意の階層ランクを i とし、その階層のセグメントの長さを $L_S(i)$ 、ジョグの長さを $L_J(i)$ 、およびジョグの幅を $W_J(i)$ と表すと、以下の関係が成り立つ (Otsuki & Dilov, 2005)。

$$L_S(i) = C_1 * L_S(i+1)^{a_1}, C_1 = 0.343, a_1 = 0.999 \dots (1)$$

$$L_J(i) = C_2 * L_S(i+1)^{a_2}, C_2 = 0.0935, a_2 = 1.00 \dots (2)$$

$$W_J(i) = C_3 * L_S(i+1)^{a_3}, C_3 = 0.0456, a_3 = 0.642 \dots (3)$$

これらの関係式が、自然界でも成り立つかどうかを、世界中の 20 個の地震断層について調べた。その結果、

- ・ 式 (1) がよく成り立ち、 $C_1 = 0.791$ 、 $a_1 = 0.927$ であった。
- ・ 式 (3) もほぼ成り立ち、 $C_3 = 0.0598$ 、 $a_3 = 0.798$ であった。
- ・ しかし、式 (2) の明瞭な関係は不明であった。

以上の結果は、実験的断層の階層的に自己相似な関係 (mm オーダー) が、基本的には地震断層 (数 10-数 100km) でも成り立っていることを示す。このことは、断層面の強度が

階層的に自己相似なフラクタル分布をしていることを示唆し、地震発生過程を強く支配するであろう。

[II] 静的応力降下のサイズ依存性

平均静的応力降下は地震のサイズに依らずに一定とされているが、地震学的な伝統的手法に依らないで微小 - 中規模地震を解析した Nadeau & Johnson (1998) によれば、応力降下は地震モーメントの -0.25 乗に比例して小さくなる。我々は、このことを地表地震断層に沿う変位分布データから検討した。地震断層トレースに沿う変位 D は断層帯の各階層のセグメントの中央部で大きく、ジョグで小さくなるかゼロになる。平均的変位 D_m とセグメントの長さ L_S との比は静的応力降下の指標となるので、 L_S と D_m/L_S との関係を調べた。その結果、階層ランクに依らず、以下の関係が成り立つことが分かった。

$$D_m/L_S = C_4 * L_S^{a_4}, C_4 = 0.0348, a_4 = -0.607 \quad R^2 = 0.397 \dots (4)$$

Nadeau & Johnson (1998) のデータによれば、 $C_4 = 0.0234$ 、 $a_4 = -0.600$ 、 $R^2 = 0.903$ であり、傾向は似ている。Nadeau & Johnson (1998) のデータと我々の精選したデータを統合した結果は、 $C_4 = 0.0225$ 、 $a_4 = -0.558$ 、 $R^2 = 0.961$ であった。この結果は、断層帯全体にわたっても、断層帯の局所においても、応力降下がサイズ依存性を持ち、 L_S が小さいほど、静的応力降下が大きいことを示す。