

岩石中の破断面形状にみられる自己アフィン性

長濱裕幸(静岡大学理学部)

地震は地殻の破壊として発生し地殻中に破断面を形成する。そのため、微小な破断面に関して大規模な破断面と同様の相似法則が成り立つか、それとも異なる相似法則が成り立つかを明らかにしてゆくことは破断面や地震の構造的特徴とメカニズムを解明する上での一つの有力な手段である。これまで岩石中の破断面の解析から、それらの形状が自己相似なフラクタル構造を持つものと見なされてきた(Brown & Scholz, 1985; Power et al, 1988)。しかし、一般に注目するパターンの形成過程で異方性が顕著な場合には、できるパターンが自己アフィンである可能性が高い。この意味で破断面などの凹凸の激しい物体の表面は多くの場合自己アフィンであると思われる。このため、岩石中の破断面の表面形状に関する幾何学的相似性にフラクタルがどこまで適用できるか再検討する必要がある。そこで、小論では岩石中の破断面の形状をよく記述する相似法則を明らかにする。

相似変換の拡張形であるアフィン変換に呼応させて、自己相似性を自己アフィン性として一般化することができる。方向によって異なったスケールがなされる曲線などは自己アフィン曲線と呼ばれる。このような曲線の自己アフィン性は式

$$Z \sim N^{H_z}, X \sim N^{H_x} \quad (1)$$

でスケールリングすることができる(N :基準長で測定した曲線の長さ, Z, X :基準長で測定した曲線上の測定座標(z, x)値の標準偏差, H_z, H_x :定数)。 (1)式より Z, X が互いに従属関係にあるとき、式

$$Z \sim X^H, H = H_z/H_x \quad (2)$$

が得られる。 $H=1$ のとき、曲線は自己相似曲線であるのに対して、 $H \neq 1$ のとき、曲線は自己アフィン曲線である。(1)、(2)式を用いて破断面トレース(Fig.1A, B)の自己相似性を検討した結果、これらの断層線は必ずしも自己相似曲線ではなくむしろ自己アフィンな曲線($A:H=0.57, B:H=0.78$)を呈している(Fig.2A, B)。このことは岩石中の破断面トレースの相似性を表すには二つのパラメータ(H_z, H_x)が必要であることを意味している。この(1)、(2)式で記述できる統計的法則はスケールに関わらず共通する相似法則であることから、これらの相似法則は、岩石中での破断面の形成過程においてスケールに依存しない素過程が存在することを示唆している。

(1990年春の例会)

小論の詳細については、Nagahama, H. (1991) *Fracturing in the Solid Earth. Sci. Rep., Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.), vol. 61, no. 2, 103-126.* を参照して下さい。

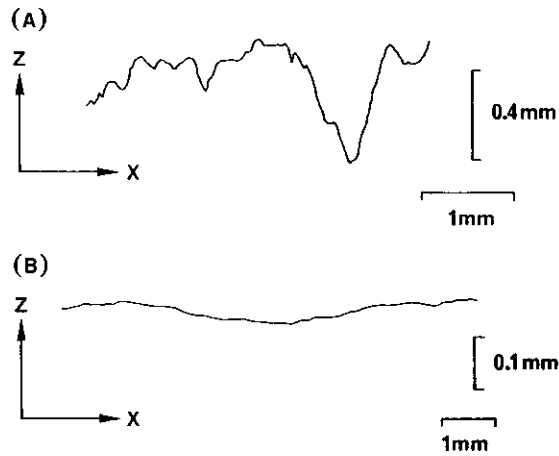


Fig. 1 Fracture surface. A: Westerly Granite, $2.5\times$ vertical exaggeration (after Power et al., 1988). B: Natural joint surface, $10\times$ vertical exaggeration (after Brown and Scholz, 1985).

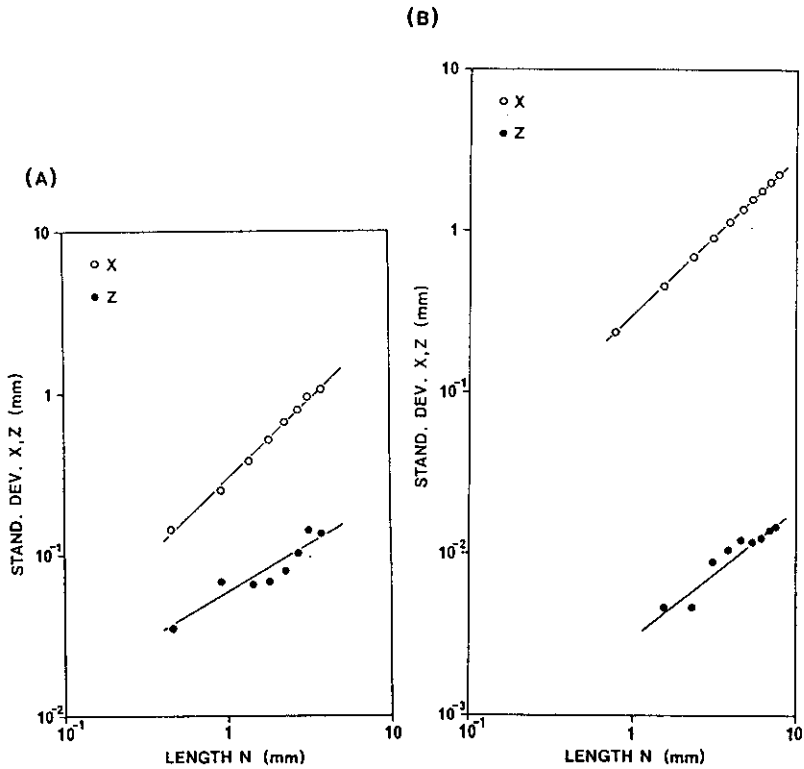


Fig. 2 Dependence of the standard deviation of two coordinates X and Z on the curve length N between many pairs of points on the fault trace shown in Fig. 1. A: Westerly Granite (after Power et al., 1988). B: Natural joint surface (after Brown and Scholz, 1985).