

# フラクタル次元に反映される花崗岩の破壊面形状

九州工大 学生員 河村進一 徳山高専 正会員 工藤洋三  
山口大学 正会員 佐野 修 山口大学 正会員 中川浩二

## 1. はじめに

岩盤の力学的な挙動は、さまざまな地質学的な不連続面の規模や挙動に支配される。特に節理や断層などの不連続面の粗さは、せん断抵抗に対して大きな影響力を持っていると考えられる。そのためこれらの不連続面の表面粗さを定量化することは重要である。平面形状の破断面についてはLee et al.<sup>1)</sup>がBartonのJRC値<sup>2)</sup>とフラクタル次元の間に良い相関があることを見だし、フラクタル次元による破断面評価の有用性について述べている。本研究では大島花崗岩の表面粗さを異方性を考慮して3次元的に測定し、これよりフラクタル次元を計算し、岩石破断面の定量化を行った。

## 2. 方法

供試体として花崗岩(愛媛県大島産)を用意し、これらをクサビとハンマーによって異方性の主軸に垂直な面に沿って割り、破壊面の形状を輪郭形状測定機により測定した。2次元データは、それぞれの面について、異方性の主軸に垂直な一つ方向に測定間隔0.04mm、測定長100mmで測定した。同一方向についてそれぞれ50個のデータを得た。また測定間隔0.2mm、測定長51.2mmのデータを0.2mm 間隔で平行に 257個測定し、測定面積51.2mm×51.2mm、データ数257×257の3次元データを作成した(Fig.1)。図示する上での便宜上図には全領域を65×65の格子で示している。2次元 形状のフラクタル次元の計算は、パワースペクトルの傾きから計算する方法<sup>3)</sup>、コンパス法(walking a compass of opening  $\eta$ )<sup>4)</sup>、ボックス法(box-counting method)<sup>4)</sup>の3つの方法を用いた。また、立体形状のフラクタル次元の計算はボックス法を用いた。

## 3. 結果および考察

Fig.2 に示すようにパワースペクトルは対数紙上でほぼ直線的になる。スペクトル法は原波形の周波数依存性を知ることができるという利点があるが、この方法により求められたフラクタル次元(Table 1)は、同一面上でもかなりのばらつきを持っている。これは、特に高周波数領域におけるスペクトル値の変動が著しいためである。

コンパス法およびボックス法によって得られた粗視化の度合い(コンパス間隔およびボックスの一辺の長さ)と個数の関係は対数紙上でほぼ直線となる。このことは原波形が自己相似であることを示している。2次元データからスペクトル法、コンパス法およびボックス法によって得られたフラクタル次元をTable 1に示す。ここで測定方向Rとは、波形の進行方向がR軸(hardway 面に垂直な軸)に平行で、R軸(rift面に垂直

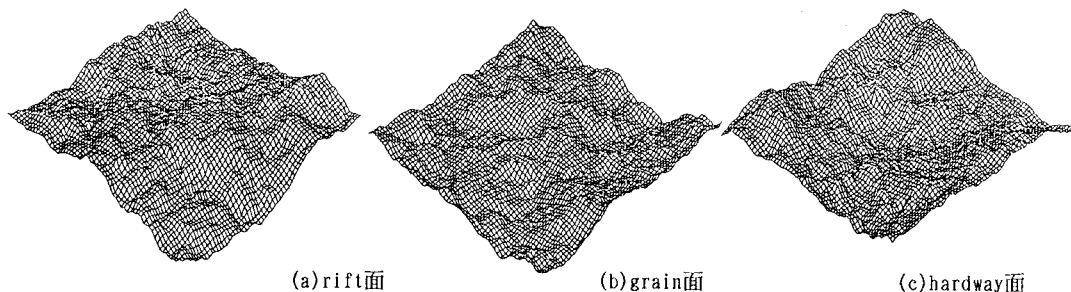


Fig.1. 大島花崗岩の異方性の主軸に垂直な面の形状

Table.1 破断面の平面形状のフラクタル次元

| 測定経路 | スペクトル法              | コンパス法               | ボックス法                 |
|------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| HR   | $1.2271 \pm 0.0946$ | $1.0085 \pm 0.0013$ | $1.02962 \pm 0.00081$ |
| HG   | $1.2410 \pm 0.1019$ | $1.0062 \pm 0.0007$ | $1.02986 \pm 0.00124$ |
| GH   | $1.2521 \pm 0.1021$ | $1.0066 \pm 0.0007$ | $1.02913 \pm 0.00123$ |

な軸)に平行に測定(すなわちrift面上を測定)したことを表している。いずれの面においても、ボックス法よりもコンパス法の方が、確率誤差が小さい。このことは、ここで扱ったような面的な広がり少ない連続した関数のフラクタル次元の測定にはコンパス法が適していると考えられる。一方、分岐を有するような構造や離散的な構造にはボックス法が適している。表よりも明らかなように、コンパス法、ボックス法いずれの方法によってもフラクタル次元には統計的な有意差は認められない。

ボックス法により計算された立体面の破断面のフラクタル次元をTable.2に示す。いずれの供試体でもフラクタル次元はほぼ2.1程度になり、測定方向による差は認められない。またこの立体図形のフラクタル次元は同じボックス法による平面図形のフラクタル次元に単純に1を加えた値にはなっていない。

#### 4. おわりに

大島花崗岩の破断面形状をフラクタル次元によって定量化することを試みた。いずれの方法においても岩石破断面の形状は自己相似性を有することが示された。また3次元図形より計算したフラクタル次元と2次元図形より計算したフラクタル次元の関係では、等方的な場において認められる単純な関係は得られなかった。また測定方向によるフラクタル次元の変化は認められなかった。これは破断面の形状を定量化するという点からいえば極めて好都合である。

しかしこの結果は破断面の形状に異質性がないことを意味しているわけではない。この点に関する議論はまた別の機会にしたい。

#### 【参考文献】

- 1) Lee, Y.-H., et al., The fractal dimension as a measure of the roughness of rock discontinuity profiles, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 27, 6, pp.453-464, 1990.
- 2) Barton, N. R., Review of a new shear strength criterion for rock joints, Eng. Geol., Vol.7, pp. 287-332, Elsevier, Amsterdam, 1973.
- 3) Brown, S. R. and C.H. Scholz, Broad Bandwidth study of the topography of natural rock surfaces, J. Geophys. Res., Vol.90, No.B14, pp.12575-12582, 1985.
- 4) Mandelbrot, B. B., The fractal geometry of nature, Freeman, San Francisco, 1983.

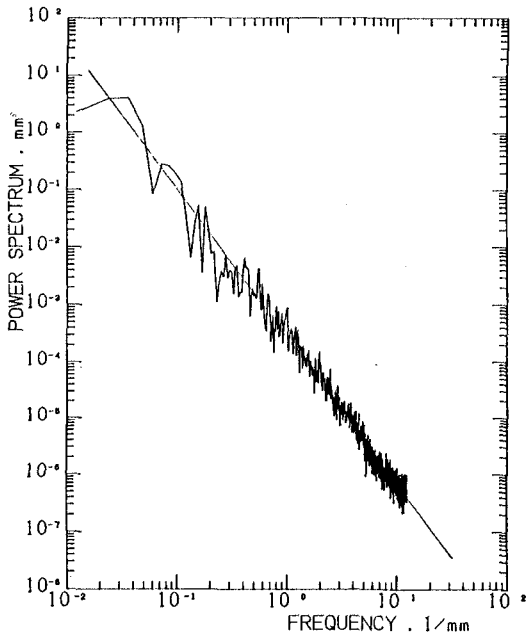


Fig.2. 破断面のパワースペクトル

Table.2. 立体形状のフラクタル次元

| 測定面      | フラクタル次元              |
|----------|----------------------|
| rift面    | $2.10048 \pm 0.0247$ |
| grain面   | $2.09274 \pm 0.0156$ |
| hardway面 | $2.09839 \pm 0.0095$ |