

日本大学工学部 正員 田野 久貴

1. まえがき

岩石は不均質な微視構造を有することが特徴の一つであり、それらが方向性を示す場合がある。その結果として、例えば花崗岩等は力学的な性質に異方性が顕著に現れる場合がある。花崗岩の場合は微視構造のうち、先在する微視クラックの配向の異方性で議論される場合が多いようである。一方、一見不規則な構造を定量化する一つの方法としてフラクタル次元が提案¹⁾されて久しいが、岩盤節理や断層の配向のフラクタル次元に関するものが多く、Lovejoyが報告²⁾しているような形状の不規則性に注目したものは少ないようである。二次元で考えた場合“配向”よりも“形状”の方がより多くの情報をもつ場合もあると考えて、形状のフラクタル次元(本文ではこう称しておく)に注目した二三の報告³⁾⁻⁵⁾をすでに行った。本文では、花崗岩の造岩鉱物に関する形状のフラクタル次元と異方性の関係、微視クラックの配向の次元について報告する。

2. 花崗岩の弾性波速度の異方性と“石目”の関係

異方性が現れる力学物性としてはいくつかあるが、ここではP波速度に注目した。そして、一応の基準として、採石現場で用いられる“石目”に従うこととした。用いた阿武隈花崗岩の現場では最も割り易い方向と割り難い方向をそれぞれ“一番と三番”と称し、その中間を二番と呼んでいる。そこで、本文ではその方向を含む“面”をこれらと対応させて第1、第2および第3面と称することとした。具体的には各石目に平行の面をもつ立方体ないし直方体を石材店より購入した。

50 kHzの超音波パルスの透過速度を100個の試験片について求めた結果を図1に示す。同図から明かなように、第1面が最も速度が小さく第3面が最も大きい。その差は約1km/secあり明瞭な異方性が認められる。なお、第1面の速度とは、第1面の方向に伝播する速度のことである。前述したように、この異方性は微視クラックの長軸が第1面に沿って卓越すると解釈されているようである。

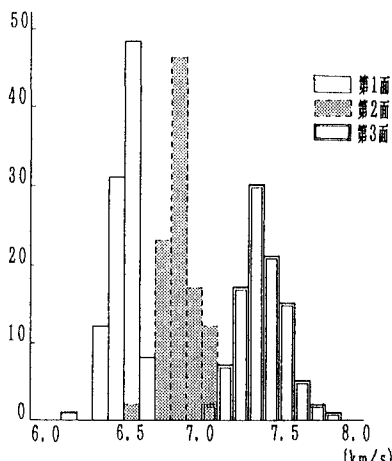


図1 石目とP波速度の分布

3. 形状と配向のフラクタル次元による解析結果

3. 1形状のフラクタル次元と異方性 この次元(D_s)は不規則図形集合において、各図形の周長(L)と面積(A)の値を、 L を横軸に A を縦軸とする両対数座標にプロットしてこれらの点が直線上にあるとき、その勾配で2を除すことにより求められる。各面に平行に10枚、合計30枚の岩石薄片を作製し、偏光顕微鏡下で鉱物組織をトレースした。ここでは石英と黒雲母の形状に注目して解析を行った。2種類の鉱物ごとに画像処理装置を用いて周長と面積を一括して求めマイクロコンピュータで解析した。そのハードコピー画面の例を図2に示す。相関係数は大きく十分フラクタル的であると言えよう。表1は2種類の鉱物の各面で観察される形状の次元 D_s と相関係数(7747474)をまとめたものである。各試料とも相関係数は0.96以上を示し D_s は1.2から1.3を示している。石英より黒雲母の方が大きく、またこれらの各面における平均値には差異が見られる。P波速度と D_s との関係を図3に示す。石英では明瞭な負の相関が認められるが黒雲母では傾向がはっきりしない。

3. 2クラックの配向のフラクタル次元 鉱物粒のトレースをもとに、100~200倍の倍率下で主として結晶粒内のクラックを観察し配向のフラクタル次元 D を求めた。その例を図4に示す。自然界の節理等の線構造の結果からも予想されるように、光学顕微鏡サイズのマイクロクラックの配向もフラクタル的と言えよう。

4. 考察 D_s の値の意義についてはすでに報告したが、1より大きい場合は面積の大きい図形ほど偏平で

あるかその境界線が入り組んでいることを示している。したがって、石英より黒雲母の D_s が大きいことは後者の形状より複雑、かつ偏平であることを示している。

表1に示すように石英では石目と対応し、第1面(一番)の D_s が最も大きい。したがって、割り易い方向(第1面)に石英の長軸が卓越していることを示すものであろう。一方、黒雲母では石目との対応は明瞭ではないが、面によって D_s は異なるから石英と同様に異方性があり、第2面に較べて第3面の方向にその長軸が卓越するように解釈されるが石英に較べてその差は小さい。いわゆる”一番(第1面)”に石英の長軸が卓越することから、これらの内部の軸方向にマイクロクラックが発達しているためにこの方向が

割れ易いと連想されるが、粒内クラックの配向の次元 D に関するデータが現在少ないため未検討である。石英に粒界クラックが発達すると考えると D_s と P 波速度や石目との関係付けられるが、この場合は D よりも D_s の方がより有効なことも考えられ、今後長石の D_s や粒界クラックをも含めたより多くの D のデータを検討したい。

5. まとめ

- 1) 石英と黒雲母の形状の分布はフラクタル的である。
- 2) 黒雲母の次元 D_s は石英のそれより大きい。
- 3) これらの D_s にも異方性が認められる。
- 4) 石英の D_s はより異方性が顕著であり、石目と明瞭な負の相関がある。
- 5) 粒内クラックの配向もフラクタル的である。

1)Mandelbrot, B. B. (1982):The fractal geometry of nature, Freeman. 2)Lovejoy, S. (1982):Area-perimeter relation for rain and cloud areas, Science, Vol.216, pp. 185-186. 3)田野, 佐武(1992):ピーク強度後の試験片断面の破壊性状に関する実験と考察, 土木学会第24回岩盤力学に関するシンポジウム, pp. 221-225. 4)田野他(1993):宮城県の地質分布のフラクタル次元について, 日本応用地質学会東北支部第2回研究発表会, pp. 23-29. 5)Tano, H.:Comparison of two kinds of fractal in fracture phenomena, FORMA特集号(投稿中).

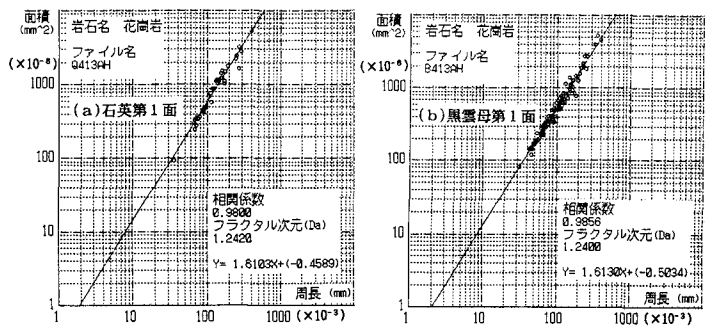


図2 鉱物粒の形状のフラクタル解析の例

形状のフラクタル次元							相関係数						
D_s	石英			黒雲母			R_s	石英			黒雲母		
	第1面	第2面	第3面	第1面	第2面	第3面		第1面	第2面	第3面	第1面	第2面	第3面
No. 1	1.313	1.224	1.214	1.384	1.340	1.288	No. 1	0.985	0.989	0.989	0.985	0.985	0.987
No. 2	1.230	1.183	1.200	1.300	1.321	1.263	No. 2	0.988	0.993	0.993	0.988	0.984	0.991
No. 3	1.207	1.163	1.170	1.288	1.308	1.278	No. 3	0.991	0.990	0.990	0.986	0.987	0.985
No. 4	1.189	1.194	1.220	1.207	1.278	1.226	No. 4	0.989	0.990	0.987	0.991	0.983	0.989
No. 5	1.230	1.213	1.205	1.237	1.215	1.243	No. 5	0.993	0.992	0.993	0.990	0.988	0.989
No. 6	1.279	1.229	1.334	1.359	1.321	1.267	No. 6	0.982	0.982	0.983	0.970	0.982	0.991
No. 7	1.284	1.235	1.272	1.381	1.329	1.288	No. 7	0.980	0.973	0.977	0.973	0.974	0.985
No. 8	1.350	1.236	1.298	1.322	1.338	1.291	No. 8	0.986	0.979	0.972	0.988	0.978	0.982
No. 9	1.242	1.321	1.265	1.240	1.334	1.399	No. 9	0.980	0.972	0.984	0.986	0.980	0.970
No. 10	1.332	1.328	1.244	1.347	1.315	1.397	No. 10	0.981	0.987	0.987	0.986	0.986	0.987
平均	1.284	1.233	1.242	1.305	1.309	1.294	平均	0.986	0.986	0.986	0.984	0.981	0.984
標準偏差	0.055	0.051	0.047	0.061	0.036	0.056	標準偏差	0.004	0.007	0.006	0.007	0.006	0.008

表1 石英と黒雲母のフラクタル次元(D_s)とフラクタル性(相関係数)

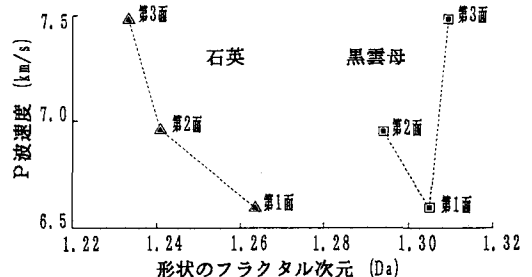


図3 P波速度の異方性と D_s の関係

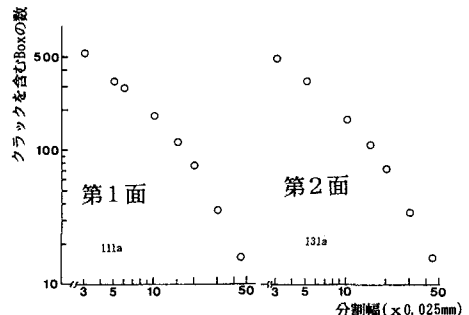


図4 マイクロクラックの配向のフラクタル(D)の例