

Ⅲ-28 福島県地質構造のフラクタル性について

日本大学工学部 正員 田野 久貴

1. まえがき

Mandelbrotによって提唱されたフラクタル次元は一見ランダムに見える図形集合の定量化の手段として各方面に用いられつつある。特に、自然界の複雑な現象、例えば海岸線や河川の発達、雲の形状などがあるフラクタル次元を持つことが報告されている。一方、土木工学も自然を相手としてこれを利用する立場にあり、地盤として地質を利用しているが、その本来もつ幾何学的構造、すなわち地質構造もフラクタル的であることが十分考えられる。そこで、ここでは福島県における断層と地質分布のフラクタル性を検討した結果を報告する。

2. フラクタル次元の計算方法

2.1 配向に関するフラクタル次元（断層の分布の解析）

断層のような線状構造が分布しているときこの領域に幅 η_i のメッシュをかけ、断層を含むメッシュの数を $N(\eta_i)$ とする。同様にしてメッシュ幅を大きく η_{i+1} として得られるその数を $N(\eta_{i+1})$ とすると、配向のフラクタル次元 D は次式より得られる¹⁾。

$$D = - \frac{\log N(\eta_{i+1}) - \log N(\eta_i)}{\log \eta_{i+1} - \log \eta_i} \quad (1)$$

2.2 形状に関するフラクタル次元（地質分布の解析）

2次元的な n 個の図形の集合を考え、これらのそれぞれの面積 A を両対数の縦軸に、その周長 L を横軸にとってプロットしたとき、両者が直線関係にある（すなわち、図形が互いに相似であることを意味する）とする。このときの直線の勾配を a とすると、形状のフラクタル次元（ここではこう呼ぶこととする） D は次式で定義されている¹⁾。

$$D = 2/a \quad (2)$$

$\log A - \log L$ 関係が完全な直線でない場合でも、ほぼ直線と近似可能な場合には勾配 a を求めて（2）式より D を求めている。このようにその直線性は図形の相似性を表し、面積（ A ）に比較してその周長（ L ）が大きい場合は a は小さくなるから、その大小は図形形状の複雑を表している。よって、フラクタル次元 D も図形が複雑であるほど大きくなる。

3. 解析結果と考察

解析には20万分の1福島県地質図²⁾を用いた。配向のフラクタル次元（ D ）を求めるための最小メッシュ幅 η は地図上で2mm（400m）である。図1に断層のフラクタル次元 $D (=1.12)$ を求めた結果を示す。1次元的な分布の場合 $D=1$ 、2次元的な場合 $D=2$ であるから、福島県の断層構造は1方向（ほぼNS）に分布していることを示している。

一方、図2と3は各堆積岩および火成岩の分布形状についての $\log A - \log L$ 関係の例であり、ほぼ直線のまわりに各点は分布しその形状がフラクタル的であることがわかる。表1はこのようにして得られた直線の勾配 a と式（2）を用いて求めた、岩質および地層名べつのフラクタル次元（ D_a ）をまとめたものである。平均では、火成岩類、変成岩、堆積岩の順で小さくなり、火成岩がより複雑な形状で分布していることを示すものと考えられるが、その内容をみると、比較的新しい時代（表1では上位にあるほど新しい）の流

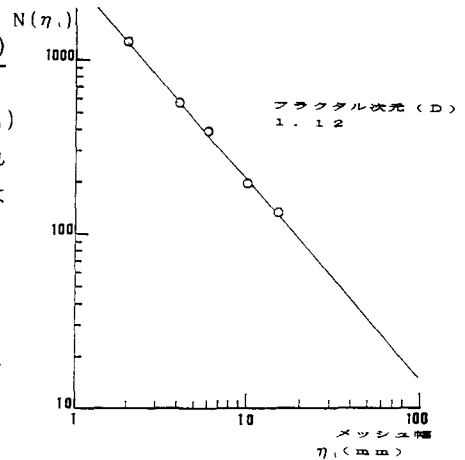


図1 断層の配向に関するフラクタル次元 D

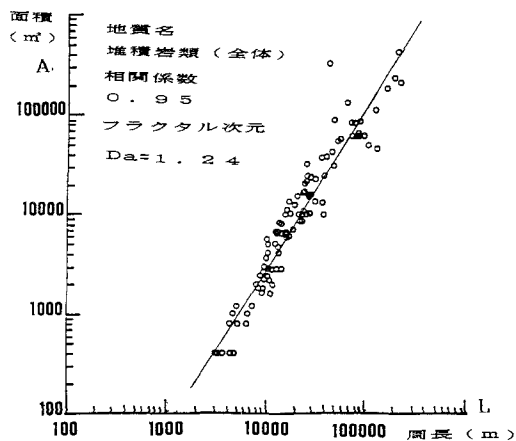


図2 堆積岩の分布形状のフラクタル次元D。

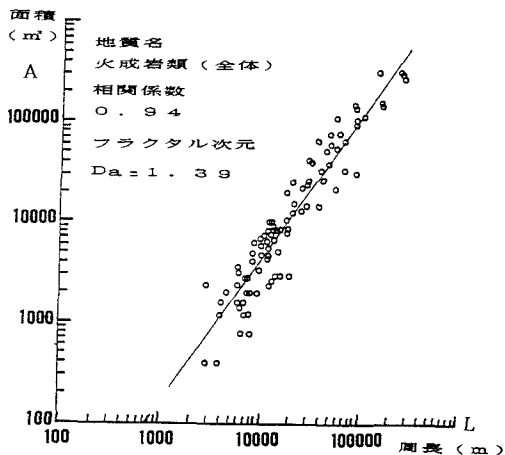


図3 火成岩の分布形状のフラクタル次元D。

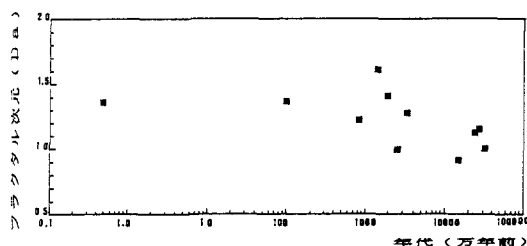


図4 フラクタル次元D。と地質時代の相関(堆積岩)

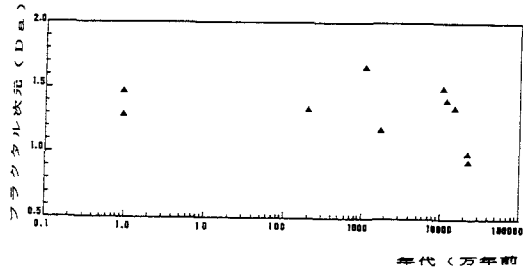


図5 フラクタル次元D。と地質時代の相関(火成岩)

紋岩(1.657)が大きいのにに対し、古期花崗せん緑岩(0.938)やかんらん岩などの深成岩類は極めてD。は小さい。これは、地下深部のマグマに最も近い位置で深成岩は固結するのに対し、火山岩は地表ないしその近傍の地形形状の影響を受けやすいためと考えられる。一方、図4と5はそれぞれ堆積岩類と火成岩類においてフラクタル次元D。と地質時代との相関をみたものである。ともに時代が新しくなるにしたがってD。は大きくなる傾向にある。すなわち、新しい地層ほど複雑な分布形状を示すことを意味している。本来、2次元的に表示した地質分布形状は地形の影響を受けるから、その地質(地層)の形成過程と地形の両方の因子がD。に含まれるものと考えられる。

4. まとめ

- (1) 福島県における大断層の配向はフラクタル的であり、その値(D=1.12)は小さく強い方向性を示す。
- (2) 各地層の分布形状もフラクタル的であり、その次元D。は地層境界の複雑さを示す指標である。
- (3) このD。(地層形状)は時代の新しいほど大きく(複雑に)なる傾向を示す。

層序(堆積岩類)	フラクタル次元	火成岩類	フラクタル次元	変成岩類	フラクタル次元
沖積層	1.370	新期安山岩	1.294	竹貫式結晶片岩 石灰岩	1.324
洪積層	1.369	新期火山砕屑物	1.474	御在所式結晶片岩	1.378
新第三紀上部層	1.221	石英安山岩	1.332		
同 中部層	1.601	流紋岩	1.657		
同 下部層	1.409	安山岩	1.186		
新第三紀最下部層	0.992	新期花崗岩	1.496		
古第三紀層	1.281	新期花崗閃緑岩	1.401		
相模ジュラ紀層 石灰岩	0.906	寒れい岩、閃緑岩	1.349		
時代未詳中生層 または古生層	1.123	かんらん岩、角閃岩	0.999		
二疊紀層	1.147	古期花崗閃緑岩	0.938		
石炭紀層	0.999				
(平均)	1.220	(平均)	1.313	(平均)	1.351
堆積岩類(全体)	1.242	火成岩類(全体)	1.388	変成岩類(全体)	1.360

表1 分布形状のフラクタル次元D。(地層別) 一覧

- 1) 高安秀樹：フラクタル，pp.14-25，1986，丸善。2) 福島県商工労働部開発課：20万分の1福島県地質図，1962。