

## 地殻内のクラックの集団的性質と流体移動への重要性:三波川変成帯関東山地での例

## Group feature of the cracks and its importance on fluid transport: a case in the Kanto Mountains, the Sambagawa metamorphic belt

# 玉原 正之 [1]; 鳥海 光弘 [2]

# Masayuki Tamahara[1]; mitsuhiro toriumi[2]

[1] 東大・新領域・複雑理工; [2] 東大・新領域

[1] DCSE,GSFS,UT; [2] GSFS,Univ.Tokyo

<http://www.gaea.k.u-tokyo.ac.jp/>

地殻の流体移動の多くは岩石中の流れであり、その経路として、多孔質流れと、クラック流れがある。沈み込み型変成帯にはシールドクラック(鉱物脈)が普遍的に存在し、これを基にクラック流れの詳細がこれまで研究されてきた(鳥海・山口(2000)など)。そのときのクラックの集団的性質、特にクラスタリングを明らかにすることは地殻中の流体移動を考える上で重要である。

集団でのクラックのモデル化とシールドクラックの観測は Toriumi and Hara(1995)や鳥海・山口(2000)で行われている。そこではクラックの数密度の方程式は非線形になる。結果、クラックの数密度は空間時間的にクラスタリングし、予測されるスペーシングのフラクタル次元 0.7 - 0.9 は観測結果とよい一致をみている。幅や長さの頻度分布も多くはべき分布に従うとされる。また、クラスタリングしたクラックのシステムにおいて、幅や長さやスペーシングの指数 D の間には相関があることが期待される。これは地震の空間、時間、規模の指数(フラクタル次元  $D_c$ 、大森公式の p 値、Gutenberg - Richter 則の b 値)に経験的関係があることと同様である。この関係が路頭で見られるクラックについても成り立つかどうかは破壊現象のスケールという点からも重要である。

本研究では、三波川変成帯関東山地内の幾つかの地点で、泥質砂質片岩中の石英鉱物脈の密集域(クラスタリングしている地点)を選び、片理面と高角をなす石英鉱物脈の幅、長さ、スペーシングのそれぞれについて、それぞれの分布の詳細を調べ、同時にその指数間の相関を調べる。それによって、クラックのクラスタリングの詳細を明らかにし、モデルの改善へとつなげていくことを目的とする。

測定した幅と長さの積算頻度は、すべての地点でべき分布形を示した。幅と長さについての結果は、黒雲母帯からざくろ石帯の地点でクラスタリングが徐々に発達するが、そこから緑泥石帯へは振動した。定性的には鳥海・山口(2000)のモデルの予測とよく一致している。ただし、ざくろ石帯と黒雲母帯の地点は測定できる地点が少なく、変成帯を代表した数値であるかは不明である。より小さなスケールで、それを各地点毎にプロットすると、幅と長さの指数はよい正の相関が見られた。スペーシングのフラクタル次元の範囲は 0.6 - 1.0 で、多くは 0.7 - 0.9 にあった。幅とスペーシングの指数間の関係をプロットすると、少数の異常な値はあるものの、幅の指数が大きい地点でスペーシングの指数は小さくなった。スペーシングの指数が小さいほどクラスタリングしていることを表すので、幅と長さとの位置のすべてにクラスタリングはよい相関をもつことになる。

地点ごとの集団としての幅と長さの関係はべき乗則 ( $W=kL^m$ ) によく従った。m が大きいほど幅広の形状である。このとき  $dW/dL=kmL^{m-1}$  であるから  $m > 1$  であればシールドクラックの長さの成長と共に幅の成長も加速し、 $m < 1$  であれば減速したと考えられる。得られた各地点での指数 m の値は、黒雲母帯で 1~1.06、ざくろ石帯で 0.96、緑泥石帯ではそれより小さくなるがクラスタリングに伴って振動した。このことはクラックが鉱物でシールドされてシールドクラックになる際に、変成度(温度)あるいは深さの違いだけではなく、クラスタリングの度合いによっても形状の違いを生じることを意味する。

変成度の示す熱構造がクラックの形状やクラスタリングにどの程度影響するか検討する必要性が生じた。そのために、シールドクラックの微細組織を調べた。石英がその主要鉱物であるとき、組織は幅に対して 2 パターンに分けられる。約 0.4mm 程度の幅までは stretched 組織を示し、1 つの粒子で両壁を完全に橋渡ししている。それ以上の幅になると elongate blocky ~ blocky 組織に変化し、1 つの粒子では開口幅を埋めきれなくなり、幾つかの粒子で埋める。そのときシールドクラック内での石英粒子の平均粒径は幅と線形の関係を示す。変成度が変わっても、傾向だけでなく粒径の数値もあまり変化しなかった。また、シールドクラックの両側において顕著なシリカ濃度の変化は見られなかった。それは変成度によらず同様の傾向であった。この事実から、本研究で対象としたシールドクラック形成の際に温度の影響はほとんどなかったと考えられる。

以上のことから、地殻内でのクラックの成長は深さ(流体源からの距離)とクラスタリングの発達の程度に影響され、流体の流れもまた同様である。両者の正のフィードバック機構が強く示唆される。クラックのクラスタリングの重要性とモデルの妥当性が示された結論づける。