

京都大学工学部

学生員○千葉周平

京都大学大学院工学研究科

正会員 大西有三

京都大学大学院工学研究科

正会員 大津宏康

京都大学大学院工学研究科

正会員 西山哲

### 1. 背景

高レベル放射性廃棄物の地層処分においては岩盤の持つ核種移行遅延性能を評価する必要があるが、その評価にはこれまで亀裂位置に関して均質な確率場を仮定した Poisson モデル(Fig.1)が主に用いられてきた。しかし実際の岩盤での亀裂の空間分布は不均質に偏った構造を形成していることが確認されている<sup>1)</sup>。岩盤の持つ核種移行遅延性能を定量的に議論するためには、岩盤の水理特性に影響を与える亀裂の空間分布を正確にモデル化する必要がある。このような背景のもと、本研究では亀裂の空間分布が不均質であることを考慮した岩盤のモデル化を検討した。

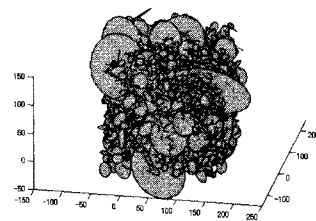


Fig.1 Poisson モデル

### 2. 不均質に位置する亀裂のモデル化

モデル化においては亀裂の幾何学的情報である亀裂位置、亀裂方向、亀裂トレース長を統計量として与え、亀裂形状は円盤であると仮定した。亀裂の空間分布に関しては、大小様々な亀裂が集合体(クラスター)を形成して不均質に存在すると考え、クラスターの中心となる位置の点を Parent、そしてその周りに分布する亀裂の位置すなわち亀裂円盤中心点を Daughter とする Parent-Daughter モデルの構築を試みた<sup>2)</sup>。まず Parent の位置を一様分布(Poisson 過程)と仮定して決定し、次に Daughter の位置を Parent から Daughter までの距離が平均 0 の正規分布にしたがっていると仮定して決定する。一辺 200 の単位立方体内に発生させる亀裂総数を 10000 とし、亀裂方向は Fisher 係数 10 の Fisher 分布を、また亀裂半径はべき乗数 3.8 のべき乗分布を仮定した。Fig.2 に本研究で作成した 3 次元亀裂モデルを示す。

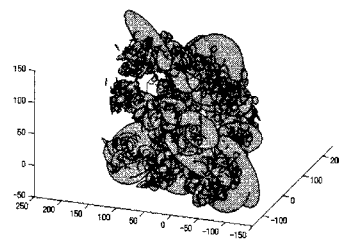


Fig.2 Parent-Daughter モデル

### 3. モデル構築の結果と考察

6 つの実際の現場から得られた実岩盤亀裂データをもとに、2 で作成した亀裂モデル(Parent-Daughter モデル)と従来用いられてきた一様分布モデル(Poisson モデル)について、セミバリオグラムを援用して 2 次元断面上に現れる亀裂中心位置の分布を比較した。セミバリオグラム  $\gamma$  は式(1)で定義される。

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \{Z(x_i + h) - Z(x_i)\}^2 \quad (1)$$

ここで  $Z(x)$  は位置  $x$  における亀裂中心の局所的密度、 $N$  は距離  $h$  だけ離れたサンプルの組数である。 $Z(x)$  が定常過程であると仮定したときには式(2)に示すように共分散  $\text{COV}\{Z(x+h), Z(x)\}$  との間の一対一の関係をもつので、これによりデータのもつ空間的な分布構造(空間的分布特性と呼ぶ)を評価することができる。

$$\text{COV}\{Z(x+h), Z(x)\} = \text{COV}\{Z(x), Z(x)\} - \gamma \quad (2)$$

実岩盤亀裂およびモデルから得られたセミバリオグラムを Fig.3 (a)～(c)に示す。ここに示されているよう

Yuzo OHNISHI, Hiroyasu OHTSU, Satoshi NISHIYAMA, Shuhei CHIBA

に、実岩盤から得られたセミバリオグラム関数には様々な形のものが見れる。しかし Poisson モデルではセミバリオグラム関数は、同じ形のもののみ構築される。一方、本研究による Parent-Daughter モデルでは、Poisson モデルでは表現できないような実岩盤をもつセミバリオグラム関数を表現することが可能である。

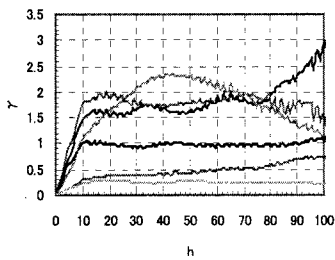


Fig.3 (a) 実岩盤  
から得られたセミバリオグラム

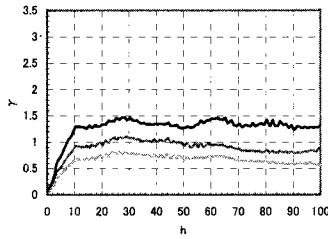


Fig.3 (b) Poisson モデル  
から得られたセミバリオグラム

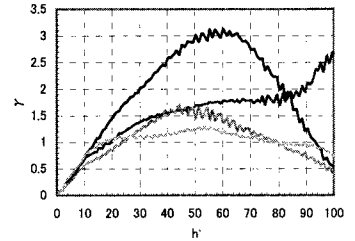


Fig.3 (c) Parent-Daughter モデルか  
ら得られセミバリオグラム

実岩盤で得られた亀裂と Poisson モデルに対し、空間的分布特性が同じ形のセミバリオグラム関数で表現できる例を Fig.4 (a)~(c)に示した。ここに示されるように、実岩盤亀裂でも比較的均質な分布をもつものは Poisson モデルと同じような空間的分布特性を有する。

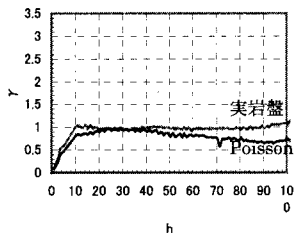


Fig.4 (a) セミバリオグラム

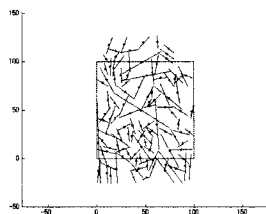


Fig.4 (b) 実岩盤亀裂トレースと  
亀裂トレース中心(40mを100と換算)

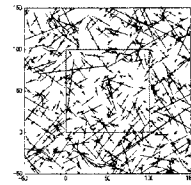


Fig.4 (c) モデルの2次元断面  
亀裂トレースと亀裂トレース中心

しかし不均質に偏った岩盤亀裂については、このような空間的分布特性を Poisson モデルで表現することは難しい。その空間的分布特性を、Poisson モデルでは表現できず、Parent-Daughter モデルでは表現できる例を Fig.5 (a)~(c)に示す。本研究による Parent-Daughter モデルでは、このようなクラスター状の不均質分布を持つ亀裂の空間的分布特性を表現することができる。

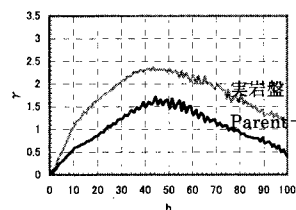


Fig.5 (a) セミバリオグラム

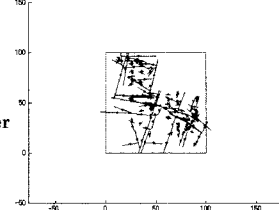


Fig.5 (b) 実岩盤亀裂トレースと  
亀裂トレース中心(40mを100と換算)

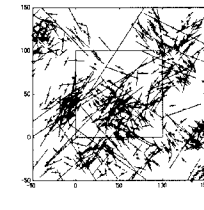


Fig.5 (c) モデルの2次元断面  
亀裂トレースと亀裂トレース中心

#### 4. まとめ

亀裂が大小様々な亀裂が集合体(クラスター)を形成することで不均質に存在すると考え、亀裂の不均質な空間分布を考慮した岩盤のモデル化について検討した。その結果、従来用いられてきた一様分布モデル(Poisson モデル)では表現できないような実岩盤で見られる亀裂中心位置の空間的分布特性を Parent-Daughter モデルで表現することができた。今後、不均質な亀裂の空間分布が岩盤の透水性に与える影響についての考察を行う。

[参考文献]1) 核燃料サイクル機構: 釜石原位置試験総括報告書, pp. II-70-74, JNC TN7410/99-001, 1999. 2) Billiaux, D., Chiles, J. P., Hestir, K. and Long, J.: Three-Dimensional Statistical Modeling of a Fractured Rock Mass-an Example from the Fanay-Augères Mine, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Absir. Vol.26, No.3/4, pp.281-299,1989.