

## 孔隙圧潰で駆動されるクラック拡散方程式, 流体飽和多孔性媒質理論

Crack diffusion equation driven by pore crash in the theory of fluid filled porous media.

# 南雲 昭三郎 [1]

# Shozaburo Nagumo[1]

[1] 東大・震研

[1] ERI,Tokyo Univ.

(1) 低周波微動, ゆっくり地震などと報ぜられている現象はどんなメカニズムで起こっているのでしょうか. 多くの人々が地殻深部の含有流体が重要な役割を演じているのであろうと考えている. このような見解を更に進めるために, その理想化されたモデルを, Gassmann-Biot 多孔性媒質理論において解析的に考究した. 現在までの所, それはクラックの拡散現象であって, それがスピードの遅い地震現象となって現わることが分った.

(2) 圧縮性流体に拡張された Gassmann-Biot 孔性媒質理論 (Rice and Clearly, 1976, Nagumo 2008) を用いる. クラックは記号  $\zeta$  で取扱われる. なぜなら,  $\zeta$  は Biot(1956, 1962) によって導入された変数で, 孔隙空間から絞り出された流体の流れ変位の divergence で定義されているので, その絞り出された流体はクラックを形成し, 満たし, 媒質全体のシステムの外へ排出される迄は, 媒質内部に留まっているからである (Nagumo, 2008).

(3) 先ずクラック ( $\zeta$ ) の方程式を流体応力場から導く. 準静的流体応力場は, 流体応力 (間隙水圧の逆符号) と  $\zeta$  とを未知変数とする流体応力場の連立方程式で記述される (Nagumo, 2008). 1 つは媒質全体の釣合を表す式であり, もう 1 つは流体部分の Darcy 則を表す式である. この連立方程式から  $\zeta$  の方程式が導かれる. その数学的形式は  $\zeta$  についての非同次拡散方程式であり, 非同次項は流体応力の時間的変化となっている. このことよって, クラックの準静的発達には拡散現象であり, 間隙水圧で駆動されることが分った.

(4) 次に, 孔隙率の変化は流体応力変化に比例するという性質 (Nagumo, 2008) を用いると, 上述のクラック ( $\zeta$ ) 方程式は孔隙率の変化で駆動される非同次拡散方程式となる. 孔隙率の変化が孔隙の圧潰を表わす場合, この方程式は, ゆっくりとした地震活動のプロセスとして, 孔隙が圧潰すると, 孔隙率が減少し, 間隙水圧が上昇し, クラックが発達するとうメカニズムを表わしている. これを短く, 孔隙圧潰で駆動されるクラック拡散現象と呼びたい.

(5) 基礎連立方程式を解くために流体応力変数を消去すると,  $\zeta$  を単一変数とする方程式が得られる. これは  $\zeta$  について非同次の biharmonic 方程式である. この数学的形式は 2次元弾性論問題の Airy stress function が満たす方程式の形式と等しい (Sneddon, 1951, Section 43.3). 従って解ける.

(6) その解は, 弾性論の場合と同様に, 色々の境界条件, 初期条件の下で調べることができる. その中には, 最も簡単な解として, 同次拡散方程式の解が含まれている. ただ, この場合の拡散係数はクラック形成による, 全媒質を介した, フィードバック効果を含むことになる.

(7) この同次クラック ( $\zeta$ ) 方程式の解からクラック拡散現象の基本的性質が読み取られる. 例えば周期解 (Carslaw and Jaeger, 1948, p.48) から, 拡散現象の一般的性質, すなわち, 周波数が低いほどクラック移動スピードが遅く, 減衰が小さく, 周波数が高いほどスピードは速く, 減衰が大きいということが分る.

更に研究を続ける, クラックの動的伝播方程式に向って.

文献 Biot MA(1956): J.Appl. Phys. Vol. 27, 459-467. Biot MA(1962): Vol. 33, 1482-1498. Carslaw HS and Jaeger JC (1948): Conduction of heat in solids, 2nd ed. Oxford Univ. Press. 南雲昭三郎 (2008): 物理探査学会第 118 回学術講演会講演論文集, ガスマン・ピオー多孔性媒質理論の拡張 (その 3)(その 4), p.5-8, p.267-270. Rice JR and Cleary MP(1976): Review of Geophys. and Space Phys. 77, 342-350. Sneddon IN(1951): Fourier Transforms, McGRAW-HLL.