

## 静岡県西部の群発微小地震活動と間隙水圧との関連

### Explanation of Clustering Seismic Activity by Pore Fluid Pressure and Tidal Stress in the Western Shizuoka Prefecture

前田 憲二<sup>1\*</sup>, 弘瀬 冬樹<sup>1</sup>

Kenji Maeda<sup>1\*</sup>, Fuyuki Hirose<sup>1</sup>

<sup>1</sup>気象研究所

<sup>1</sup>Meteorological Research Institute

#### 【はじめに】

静岡県西部の森町付近において、2007年11月から2008年1月にかけて群発的に発生する微小地震が観測され、活動はその後も散発的に継続しており、最近では2009年12月10日にM3.7の地震も発生した。この活動には、地球潮汐との関連を示唆するような、時間的に集中して発生する活動を繰り返す時期がみられ（宮岡・上垣内、2008）、前田・宮岡（2009）はその活動を速度-状態依存摩擦構成則に基づく物理モデル（R-Sモデルと呼ぶ、(Dieterich,1994参照)）を用いて地球潮汐による応力変化と背景応力変化により説明できる可能性を示した。一方、活動度が高く、地球潮汐との関連が見られた活動初期の震源分布を見ると、活動域が時間とともに広がっている様子が見られることと、前田・宮岡（2009）が指摘したように、地球潮汐との関連性を示すためには有効法線応力が小さいことが推定されることから、流体の拡散が関与している可能性がある。そこで、本研究では、背景応力変化の主原因として、間隙水圧の増加を考え、間隙水圧の上昇による有効法線応力の低下と地球潮汐による応力変化により群発地震活動を定量的に説明するには、どの程度の間隙水圧の変化が必要であるかについて見積もったので、その結果について報告する。

#### 【震源域の拡大】

2007年11月1日から2009年12月14日までの期間に発生した地震について、気象庁の一元化震源に用いられているP、S波の読み取り値のうち、活動領域を囲む17点の観測点のものに限定して選択し、DD法を用いて1592個の震源の再決定を行った。その結果、群発活動が活発だった活動開始から2008年1月にかけて、震源分布が水平方向にも深さ方向にも広がっている様子が見られた。震源の広がり方を調べるために、活動開始地点からの震源距離（ $r$ ）と経過時間（ $t$ ）の関係を示す図を描き、流体の拡散と地震活動の広がりモデルから期待される曲線、 $r=(4\pi D t)^{1/2}$  (Shapiro, et al., 1997) をあてはめてみたところ、拡散係数 $D$ を $0.1 \text{ (m}^2/\text{s)}$ 程度とした場合の適合度が良いことがわかった。これまでに推定されている地殻上部における拡散係数の値の幅は広いが、Shapiro et al. (2003)は注水により誘発された地震活動の例から $0.05$ および $0.17 \text{ (m}^2/\text{s)}$ という値を得ており、ここで求めた値と大きくは矛盾しない。このことから、本群発活動は流体の移動に伴う活動の可能性があると考えた。

#### 【間隙水圧の見積もり】

本研究では前田・宮岡（2009）の結果を参考に、群発地震の活動をR-Sモデル（Dieterich,1994）を用いて地球潮汐による応力変化と背景応力変化によりモデル化することとし、背景応力変化として間隙水圧の変化のみを考慮することとした。R-Sモデルの適用にあたり、通常は有効法線応力 $s$ の変化量 $ds$ は $s$ に比べ十分小さいという仮定の下で摩擦パラメータ $A$ と有効法線応力の積

( $A^*s$ ) を一定として扱うが、本研究では高間隙水圧を仮定しているため有効法線応力は小さく、これを変数として扱った。仮定したモデルのパラメータは以下のとおりである。基準せん断応力増加率は、国土地理院のGPS観測結果から得られる平均最大せん断ひずみ率 ( $1.2 \times 10^{-7}$ /year) と剛性率 (30GPaと仮定) から  $1 \times 10^{-5}$  (MPa/day) と仮定し、それに対応する平均地震発生率を 0.1 (/day) とした。また、摩擦パラメータ  $A$  は 0.01、有効法線応力変化による状態変数変化の係数 ( $\alpha$ ) を 0.25、有効法線応力とせん断応力の比 ( $\mu$ ) の初期値を 0.55 とした。これらのパラメータを用い、有効法線応力の初期値と間隙水圧の変化量、変化時期を未知数として実際の地震発生率変化とモデルによる発生率変化とが適合するように最小二乗法で未知数を求めた。その結果、群発活動が始まった時点での有効法線応力は 100 kPa 弱程度であり、その後も間隙水圧の変化量として 0~数 10 kPa/d の変化があったと推定された。これらの間隙水圧の変化と地球潮汐による応力変化に伴って群発地震の活動度も変化したと考えられる。

本研究では海洋潮汐の影響を加味した地球潮汐による応力計算を行うにあたり、Gotic2 (Matsumoto et al., 2001) を基に、上垣内修氏および宮岡一樹氏の協力を得ました。記して感謝いたします。

キーワード: 群発地震, 間隙水圧, 速度-状態依存摩擦構成則, 地球潮汐, 拡散係数

Keywords: seismic swarm, pore fluid pressure, rate- and state- dependent friction law, Earth tide, diffusivity