

静岡県西部の群発的地震活動と地球潮汐による応力変化との関連

Relation Between Clustering Seismic Activity and Earth Tidal Stress in the Western Shizuoka Prefecture

前田 憲二 [1]; 宮岡 一樹 [2]

Kenji Maeda[1]; Kazuki Miyaoka[2]

[1] 気象研; [2] 気象庁

[1] MRI; [2] JMA

1. はじめに

静岡県西部において、2007年11月から2008年2月にかけて群発的に発生する地震が観測され、活動はその後も散発的に継続している。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た。宮岡・上垣内(2008)は、地球潮汐による推定断層面における応力変化と活動の変化の関係を調べ、地震の発生は地球潮汐による応力に対し位相選択性が見られ、特に地震が集中して発生している時期は、応力の増加速度が大きくなる潮汐位相角(-180°~0°)付近で地震が多く発生していることを指摘した。一方、応力変化と地震活動を関連付けるモデルとして、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)が知られている。本研究では、指摘された位相選択性を示す群発的地震活動を地球潮汐による応力変化と背景応力変化によりR-Sモデルを用いて説明することを試みた。

2. データおよび方法

震源データは気象庁の一元化震源を用い、対象とした領域内に2007年11月から2008年1月までの期間に発生したM_s 0.5の地震を選んだ。本活動の震央は北西-南東走行の、長さ約3kmの直線上に分布しており、深さ16~18kmのほぼ鉛直に沿った面に分布している。期間中に発生した最大地震(M_s4.2)のメカニズム解は震源分布と整合的であり、これらのことから、本活動はN30°Wの走向を持つ鉛直横ずれ断層面上で発生しているものと考えた。この断層面上に働く地球潮汐によるクーロン破壊応力を求めるため、固体潮汐に加え海洋潮汐の影響も考慮し、地震が発生している深さ16kmにおける表面鉛直荷重に対するGreen関数を求め、Gotic2(Matsumoto et al., 2001、上垣内改)を用い、主要8分潮について計算した。クーロン破壊応力算出に必要な修正摩擦係数 μ' は0.3を仮定した。応力変化に対する地震活動変化を求めるためのR-Sモデルのパラメータのうち、基準応力増加率は、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($1.2 \times 10^{-7}/\text{year}$)と剛性率(30GPaと仮定)から $1 \times 10^{-5}(\text{MPa}/\text{day})$ と仮定し、それに対応する平均地震発生率を0.1(/day)と仮定した。また、モデルパラメータ A_s (摩擦パラメータAと有効法線応力 s の積)は、地震が潮汐による応力の増加率が大きい時に多い(地震活動が潮汐による応力変化率と同期する)という観測事実を説明できるように、その値を推定することとした。一方、観測データから地震発生率の変化を推定するため、10分ごとに1時間の時間窓(前後30分)内で発生した地震数を数え、その数から地震発生率を求めた。この地震発生率とモデルから推定される地震発生率とを比較することにより、モデルの適合度を判定した。

3. 結果と考察

R-Sモデルの一般的性質として、周期的に変化する応力変化率に対する地震発生率の位相遅れの程度は、モデルパラメータに依存し、 A_s が小さいほど、周期が長いほど、また、背景応力増加率が大きいほど位相遅れが小さくなる。そこで、今回観測された地震発生率の増加が潮汐による応力増加率とほぼ同期しているということから、 A_s の値が小さいことが推測される。しかし、それだけでは観測された地震発生率にモデルを適合させるには不十分であり、潮汐による応力変化に加え、未知の背景応力増加率の増加が必要であることがわかった。解析対象の全期間について背景応力増加率の増加があったとした場合、試行錯誤的に A_s と背景応力増加率を求めたところ A_s の値が0.1~1 kPa、背景応力増加率が $1 \sim 10$ kPa/day程度であれば、モデルによる地震発生率と潮汐の位相差や振幅が観測と整合的であることが分かった。しかし、観測では解析期間のうち、潮汐と地震活動の相関がみられるのは限られた期間のみであり、全体にわたって相関が見られるわけではない。このことを含め、観測された地震発生率の変化とモデルの結果を整合させるためには、背景応力増加率を時間変化させる必要があるが、最適な応力増加率の時間変化の推定とその時の最適な A_s の値の推定までにはいたらなかった。今回推定された A_s の値は、従来の研究で得られている値に比べ、 $1 \sim 2$ 桁小さい。しかし、地球潮汐と四国で観測された非火山性微動との関係を調べたNakata et al.(2008)の結果では、1.3kPaという小さい値が推定されており、流体の存在によって特に間隙水圧が大きい場合には有効法線応力が小さくなり、小さな A_s の値を取り得ると推察されている。今回の場合も、急に活発化した群発的活動の背景には、流体の貫入などによる間隙水圧の上昇の可能性が考えられる。