5-7 微小地震波の卓越周波数変化に示される応力の蓄積

Stress Accumulation Indicated by the Change of the Dominant Frequencies of Short-Period Seismic Waves

防災科学技術研究所 地質調查所 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention Geological Survey of Japan

微小地震の P, S 波の卓越周波数(fp)の時間変化を解析することによって東海地震の想定震源域に おける応力蓄積の過程をモニターすることを試みた。fpは,防災科学技術研究所のルーチン処理の 中で以下の手順で算出され,観測点ごとの検測値としてデータベース化されている¹⁾。

① 初動以降 1.6 秒分のデータ(128 サンプリング分)にFFTを施す。

② 0~40Hzの周波数帯域を対数軸上で14個のバンドに分け、それぞれの平均パワーを求める。

③ 14 個のデータに三次曲線をあてはめ、極大となる位置の周波数を求める。

調査対象は,静岡県西部,推定固着域下のスラブ内の地震である(第1図上)。ただし浜名湖下の活動域は除外している。期間は,1987年9月~1996年6月の約9年間である。第1図下に示したようにこの間の地震発生率はきわめて安定しており,この領域の応力増加の割り合いが一定であることを想像させる。

まず、log(fp)=-a·M-b・log(D)+c_{st}(Mはマグニチュード、Dは震源距離、c_{st}は観測点固有の補 正量)により、fpのマグニチュード、距離、及び観測点への依存分を評価した。扱ったデータは、 マグニチュードで1~2の範囲、観測点は震源距離が100kmを越えない17点に固定した。同式を用 いてfpをM=1.5、D=40kmでの値に較正し、5個以上値が求まっている地震につき、最大および最小 値を除外しての平均操作を行なった。こうして得られたP波、S波それぞれのfpの経年変化が第2 図である。最小二乗法によって直線をフィットさせた結果、双方ともに漸増傾向となった。平均周 波数とその変化(増加)の割合は、以下のとおりである。

P波… 8.5 ± 1.5 Hz (+2.9 ±2.2)*10⁻² Hz/year

S 波…… 5.2±0.71Hz (+2.4±1.0)*10⁻² Hz/year

Sato and Hirasawa(1979)²⁾のモデルによれば、速度波形の卓越周波数は変位波形のコーナー周波数に準 じることが示され、従って、モーメント(マグニチュード)が一定とすると、 σ (ストレスドロップ) ~ fp^3 になると推定される。これから、上記の結果を σ の変化の割合に換算すると、P波からは、+1.0% /year、S波からは、+1.4%/year、となる。 σ の変化が応力そのものの変化に比例すると仮定すれ ば、これは、1854年の安政東海地震を起点としての応力蓄積の割合を示していると考えてもおかし くない値である。

第3図は、変化率(ds/dt)/sの空間分布である。上図、中図は、P、S波それぞれについて、20km幅(×80km長)のセグメントを沈み込みに沿って 10km間隔でずらしながら各セグメント毎に求めた変化率の分布である。データ数が少なくなるためばらつきは大きいが、固着域の中央部で変化率

が大きいというおおまかな傾向が見える。同図の破線は,次に示すシミュレーションによる結果で ある。

シミュレーションは、加藤・平澤(1996)³⁾による二次元モデルに基づいている。第4図上は用いた 固着面の配置である。地震の繰返し間隔は119年に設定している。中図、下図は、I~Vの各位置 (固着面の5km下)における最大せん断応力の変化率(dt/dt)/τ(/year:スケールを左端に示す) の時間変化である(中図は地震の50年前から2年前まで、下図は5年前から破壊までを示す)。第 3図の破線は、第4図から破壊の10年前、および20年前の変化率を読み取り、対応する位置にプ ロットしたものである。ただし、シミュレーションによって求められたτは、観測から得られたσと 直接には対応しない。実際の地震の発震機構解は、シミュレーションで扱った固着に起因する応力 だけでは説明しきれないからである。しかしながら簡単なモデル計算によって、仮に別種の応力(例 えば、lateral stretching)を組込んだ場合でも、その応力にはここでのてが応分の割合いで反映される ということを示すことができる。第3図で(dσ/d)/σと(dt/d)/τの間に見られる傾向の一致は、シ ミュレーションがある程度、現実の場を反映したものであることを示唆する。

第4図によれば応力の変化率は固着域のどの位置においても破壊の数年前にプラスからマイナス に転じ(位置によっては再度逆転する),破壊の直前では大きな動きを呈することが予測される。こ れから,fpの時間変化をモニターすることで,大きな変化を供する前兆検出の可能性が期待される。 (松村正三・加藤尚之)

参考文献

- 1) 松村正三・岡田義光・堀貞喜:地震前兆解析システムにおける地震データ(高速採取データ) の処理,国立防災科学技術センター研究報告,41(1988),45-64.
- 2) Sato,T., and T.Hirasawa : Body Wave Spectra from Propagating Shear Cracks, J.Phys.Earth, **21**(1973), 415-431.
- 3) 加藤尚之・平澤朋郎:仮想東海地震に先行する非地震性すべりと地殻変動の予測,月刊地球, 号外 No.14(1996), 126-132.



- 第1図 上図の実線は推定固着域。これから浜名湖付近を除外して、やや拡張した破線領域を解析 対象とし、この範囲でフィリピン海スラブ内の地震のみを抽出している。 上図:地震分布。下図:回数積算図。
 - Fig.1 Top: seismicity in the focus region enclosed by the broken line where only earthquakes occurred inside the Philippine Sea slab are extracted and analyzed. The solid enclosure indicates the inferred locked zone. Bottom:accumulated frequency of earthquake occurrences.



第2図 卓越周波数(fp)の時間変化(上:P波、下:S波)。直線は最小二乗法によるフィッティ ング。

Fig.2 Temporal change of the dominant frequencies of P wave (top), and S wave (bottom).



第3図 ストレスドロップ変化率(dσ/dt)/σの分布。破線はシミュレーション(第4図)による最大 せん断応力の変化率 (dτ/dt)/τの分布。

Fig.3 Spatial distribution of the rates of the stress drop change $(d\sigma/dt)/\sigma$. The broken lines indicate the rates of the maximum shear stress change $(d\tau/dt)/\tau$ evaluated from the simulation in Fig.4 (20 y.b. means 20 years before the rupture).



- 第4図 摩擦構成則に基づく固着すべりのシミュレーション。上図は2次元固着モデル。中図、下 図は、固着面の 5km 下の位置(I ~ V)における最大せん断応力の変化率(dτ/dt)/τの時 間変化(左端にスケールを記載、各水平線はゼロレベルを示す)。中図は、地震の 50 年前 から2年前まで、下図は5年前から破壊までを示す。
 - Fig.4 Simulation of stick slipping using a laboratory-derived friction law. Top: two-dimensional elastic model for an assumed Tokai earthquake. Middle and bottom: rate changes of the maximum shear stress evaluated at the points I V, 5km beneath the seismogenic zone. Horizontal lines indicate zero level. Scales are given in the left-most side.