

微小地震を用いたコーダ Q_c^{-1} の地球潮汐応答 (3)

- 山形県関山地域 -

鶴岡 弘 (東京大学地震研究所地震予知情報センター) tsuru@eri.u-tokyo.ac.jp

1 はじめに

近地地震の地震波形の尾部、コーダ波は地殻の弾性構造の不均質性によって散乱されたS波の集積とみなされており、中でも、Sコーダ波の振幅減衰の仕方を特長づける Q_c^{-1} は、震源過程とは独立の量であり、ある広がりをもった地域に対応した量であると考えられている。これまでは、近地地震の解析から Q_c^{-1} の周波数依存性に着目した多くの研究報告がある。最近では、大地震の発生に関連した Q_c^{-1} の時間的变化が観測されたという報告もあり、このことは、 Q_c^{-1} が地殻の応力状態を反映していることを示唆するものである。今回は、太陽・月の潮汐力により生じる地球内部の応力・ひずみ変化とコーダ Q_c^{-1} の関連を調査することによって、 Q_c^{-1} の応力・ひずみ依存性を明らかにする。長野県王滝村地域におけるデータを解析した結果では、地殻の伸びに対して Q_c^{-1} が小さくなることが得られているがこれとの比較を行う。

2 データ

山形県関山に設置された東北大学の観測点で、1996年12月から1997年10月に観測された計99の微小自然地震の波形を解析した。記録は、地震計(MARK PRODUCTS L-4c)を使って3成分(上下、南北、東西)が得られている。サンプリング周波数は、200Hz、14bitA/D変換、37Hzローパスフィルターにて収録されている。図1に3成分の記録波形例を示す。

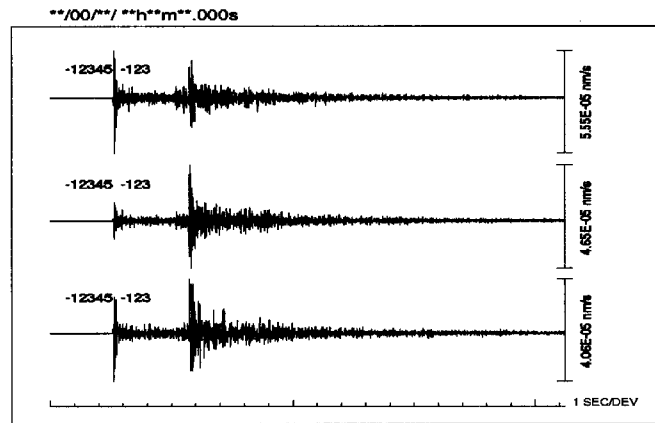


図1 波形例。

3 地球潮汐

地球潮汐による応力・ひずみは、PREM地球モデルに基づき、太陽・月によるレスポンスを計算した Tsuruoka et al. (1995) により計算した。ただし、海洋潮汐荷重による影響は、内陸の関山地域ではあまりないので、固体潮汐のみで計算を行なっている。地球潮汐による応力の変化量は地震の際に開放される応力降下量にくらべると非常に小さいが、その変化速度に着目すれば、テクトニックな応力の変化速度よりも大きい。基本的には、半日潮が卓越した周期的な変化で、ピークからピークの変化は、応力テンソルの対角和成分(J1)で40-60mbar(地表)である。

4 解析および結果

最も簡単な一次等方散乱モデル Sato (1977) に基づき Q_c^{-1} を求めた。観測されたコーダ波を、中心周波数 f_0 Hz のバンドパスフィルターをかけ、エンベロープを計算し、S波到達時刻の2倍のLapse Timeから、7.5秒間の時間窓を設定し、その勾配を f/Q_c をパラメータとして最小二乗法を用いて決定した。 Q_c^{-1} は、4-32Hzの3バンドで求め、その際の地球潮汐による体積歪み成分値との相関を調べた。図2に周波数バンド8-16Hzにおける結果を示す。Ch1は上下動、CH2(南北)、CH3(東西)は水平動の結果である。図中の実線は、最小二乗法により回帰直線をあてはめている。この周波数バンドにおいては、Ch1-3とも、直線の傾きが負の値を持っているので、地球潮汐による伸びのときに Q_c が大きい。つまり、減衰が小さくなるということを示している。表1に地球潮汐による体積ひずみ成分とコーダ Q_c^{-1} との相関係数(r)と両者が無相関であるという帰無仮説を棄却する有意水

準 (p) を示している。CH1 の周波数バンド 4-8Hz 以外は負の相関が得られていることがわかる。ただし、有意水準はすべて大きく、一番小さい値でも 23.2%である。

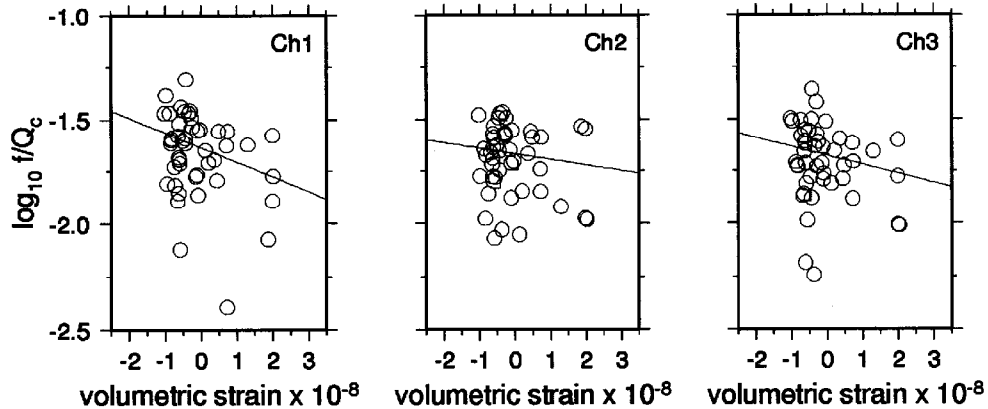


図2 Q_c^{-1} - volumetric-strain。

表1 相関係数 (r) および帰無仮説を棄却する有意水準 (p)。

f(Hz)	Ch1		Ch2		Ch3	
	r	p	r	p	r	p
04-08	0.110	46.8%	-0.064	67.8%	-0.082	57.0%
08-16	-0.135	37.0%	-0.041	78.4%	-0.086	56.3%
16-32	-0.031	83.2%	-0.167	23.2%	-0.041	76.9%

5 考察

応力 - ひずみ関係を考慮すると、地表付近では、簡単な計算によって、 $\epsilon_{zz} = -\lambda/(\lambda+2\mu)(\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy})$ となり、ひずみで考えれば、面積ひずみと鉛直方向の主ひずみは、逆位相になる。ただし、 λ 、 μ はラメの定数。そこで、地球潮汐によってコーダ Q_c^{-1} が変化する要因を楕円クラックモデルを仮定して定性的な議論を行う。モデルを図3に示す。Aの場合には、地球潮汐による体積歪みが縮みのときに Q_c が大きくなり、Bの場合には、地球潮汐による体積歪みが縮みのときに Q_c が小さくなる。今回の結果と前回の結果はBであり、一般的に地殻が水平成層構造で表されることと関係があるのかもしれない。これまでの解析は、地震の震源位置が未決定であったが、精度の高い解析を行うためには震源が決まっているデータを用いて解析を行う必要がある。

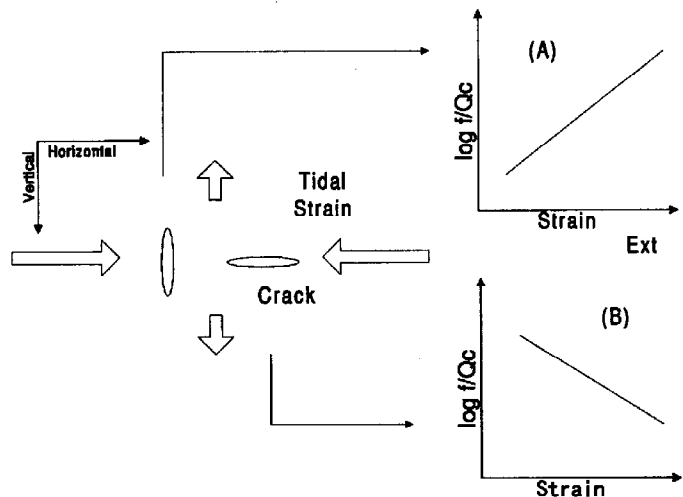


図3 クラックモデル。

謝辞

関山のデータは東北大学吉本和生氏より提供していただきました。ここに記して感謝します。

参考文献

TSURUOKA, Hiroshi; OHTAKE, Masakazu; SATO, Haruo. Statistical test of the tidal triggering of earthquakes: contribution of the ocean tide loading effect. Geophysical Journal International. Vol. 122, p.183-194(1995)