

微小地震を用いたコーダ Q_c^{-1} の地球潮汐応答 (2)

- 長野県王滝村地域 -

鶴岡 弘 (学術情報センター) tsuru@rd.nacsis.ac.jp

飯尾 能久 (防災科学技術研究所) iio@bosai.go.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の特長づける 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。最近では、大地震の発生に関連した Q_c^{-1} の時間的変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。1992 年に記録されたデータを解析した結果では地殻の縮みに対して、 Q_c が大き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

長野県王滝村のボアホール観測点 (震源近傍、深さ 145m) で、1993 年に観測された計 1251 個の微小自然地震の波形を解析した。S-P 時間はほとんど 1.5 秒以内に分布しているが、S-P 時間の平均は 1992 年に観測された波形データよりも長い。また、これまでの地震活動によれば、地震の深さは、10km 以浅に決定されている。記録は、孔底にセメント固定された固有周波数 2Hz の 3 成分速度型地震計を使って得られているが、水平動の方位は決定されていない。データのサンプリング周波数は、1KHz、16bitA/D 変換により記録されている。図 1 に 3 成分の記録波形例を示す。

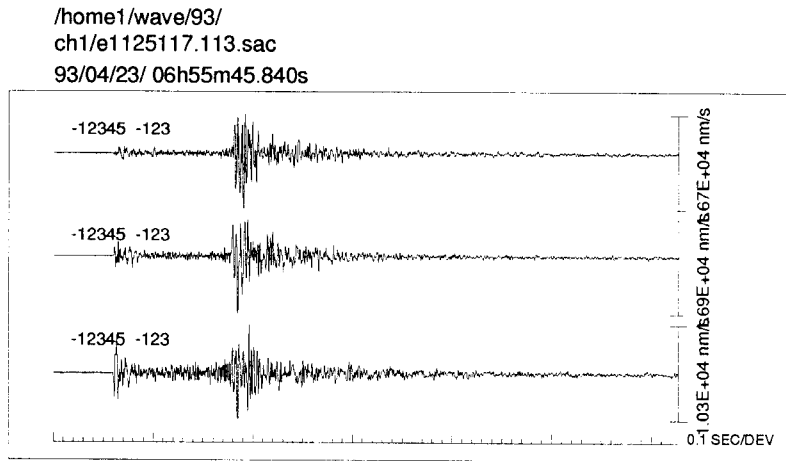


図 1 波形例。

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、内陸の王滝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、5.0 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、4-128Hz の 5 バンドで求め、その際の地球潮汐による体積ひずみ成分との相関を調べた。図 2 に周波数バンド 8-16Hz における結果を示す。Ch1-2 は水平動、Ch3 は上下動の結果である。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おり、地球潮汐による伸びの時に Q_c が大きくなる傾向が見られる。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。全体の傾向として負の相関が見られ、特に Ch1、3 の周波数バンド 16-32Hz、Ch2 の周波数バンド 8-16Hz について相関が高い。

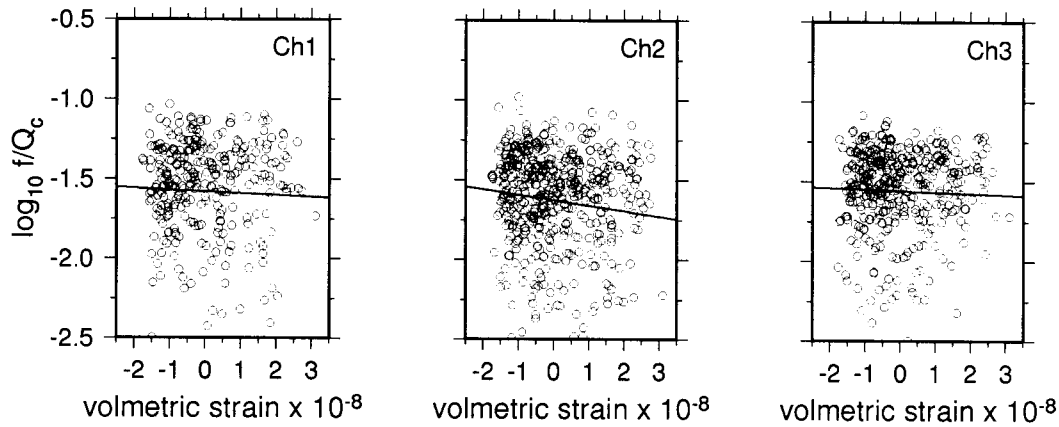


図 2 Q_c^{-1} —volumetric-strain。

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	0.019	75.7%	-0.005	91.2%	0.026	61.3%
08-16	-0.031	58.4%	-0.105	<u>1.7%</u>	-0.026	58.9%
16-32	-0.107	<u>3.9%</u>	0.016	69.2%	-0.131	<u>1.3%</u>
32-64	-0.078	16.5%	-0.049	24.4%	—	—
64-128	0.044	70.1%	-0.148	<u>3.8%</u>	—	—

5 考察および今後の課題

9
13

これまでの解析は Ch1-3 個々で行ってきたが、同じ地震に対して得られた Ch1 と Ch2 の Q_c の比をとったものを図 3a に示す。この図を見てわかるようにかなりばらつきが大きいため、地球潮汐とコーダの相関係数を計算する際に、 $0.8 \leq Q_c(ch2)/Q_c(ch1) \leq 1.2$ となるデータに対して相関を調べたのが図 3b である。相関係数は $r = -0.19$ であり、負の相関が顕著になる。今回の結果は 1992 年のデータを解析した結果と異なるが、背景の地殻の応力状態とも関連していると思われるので、さらに解析を進めるとともに、別の地域での Q_c^{-1} の地球潮汐応答を調査する必要が求められる。

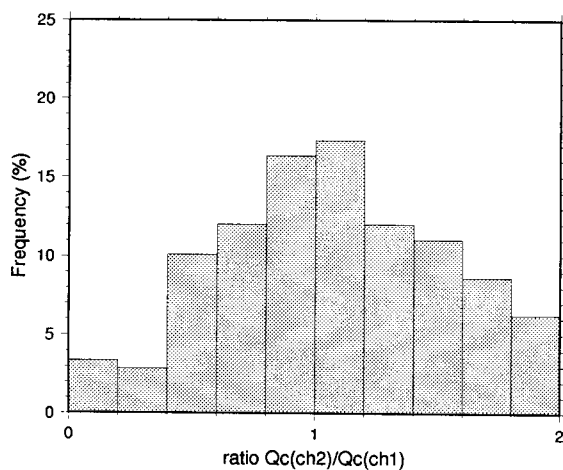


図 3a ratio $Q_c(ch2)/Q_c(ch1)$ 。

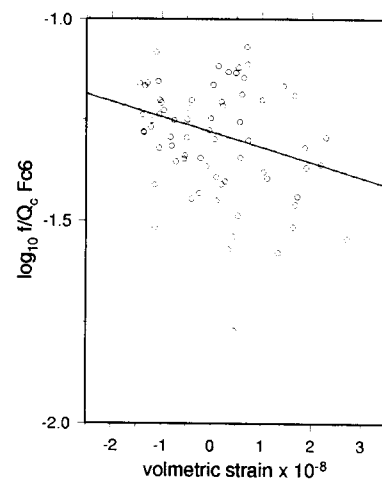


図 3b Q_c^{-1} —Strain (F04-08Hz)。