

## 7 - 9 今津観測点石井式 3 成分歪計で観測された 3 月 16 日滋賀県北部の地震のコサイスムックステップ

Coseismic strain step observed by an Ishii-type 3-component strainmeter at Imazu, generated by an earthquake in Northern Shiga Pref. in March, 16

気 象 研 究 所  
Meteorological Research Institute

平成 11 年 3 月 16 日 16:43 に滋賀県北部を震源とする MJMA=4.9 の地震が発生した。震源から約 20km 及び 40km 北北東には、気象研究所の地殻変動総合観測施設として今津及び敦賀観測点が整備されている。この地震に先だって特に異常な変化は両観測点とも認められていないが、今津観測点の石井式 3 成分歪計に比較的明瞭なコサイスムックステップが観測されたので、理論との比較等につき報告する。

ポアホール式の歪観測では、筐体・モルタル・周囲の岩盤の弾性定数が異なる等の理由で、筐体の変形として観測された歪は一般には周囲の岩盤の歪とは一致しない。よって、観測歪から岩盤の歪場を再現するためにはキャリブレーションを行う必要がある。

今津観測点の場合、受感部は深さ約 200m の未固結のシルト中に埋設されている。よって、コアサンプルの弾性定数を物性試験により決定し、理論的にキャリブレーション係数を決定する方法は適用困難である。さらに、この方法では必然的に anisotropic coupling が考慮されない。今回は、既知の入力として広域的にコヒーレントな歪場を励起する潮汐現象を採用し、理論潮汐と観測潮汐との比較により in situ キャリブレーションを行った。すなわち、次式で定義される 3×3 キャリブレーション行列  $S$  を最小二乗法により決定した。

$$\begin{pmatrix} Ea \\ \gamma 1 \\ \gamma 2 \end{pmatrix}^{remote} = S \begin{pmatrix} e1 \\ e2 \\ e3 \end{pmatrix}^{instr} \quad \text{where} \quad \begin{aligned} Ea &= e_{EE} + e_{NN} \\ \gamma 1 &= e_{EE} - e_{NN}, \quad e1, e2, e3 : \text{各方向の線歪} \\ \gamma 2 &= 2 * e_{NE} \end{aligned} \quad (1)$$

添え字の remote, instr は「遠方の(岩盤の)」「(理論)」、「筐体の」(観測)を表す。理論潮汐に用いた地球モデルは PREM, 海洋潮汐荷重効果の計算のための全球潮汐モデルは ORI96 で, GOTIC により計算した。観測データからの潮汐成分の抽出には BAYTAP-G を用いた。1996 年 9 月 1 日から 1997 年 10 月 26 日までの時間値(n=10,104)を用いた結果,

$$S = \begin{pmatrix} 1.59 & 4.53 & 0.29 \\ 0.08 & 3.98 & -1.53 \\ 3.65 & -1.24 & 0.30 \end{pmatrix} \quad \left( S^{-1} = \begin{pmatrix} 0.02 & 0.06 & 0.26 \\ 0.18 & 0.02 & -0.08 \\ 0.48 & -0.60 & -0.19 \end{pmatrix} \right)$$

と求まった。この  $S$  により時系列として(1)式左辺と右辺がどの程度一致しているかを潮汐成分につき第 1 図に示す。振幅・位相ともにおおむね説明できている。同一の  $S$  を長周期地震波応答について適用した一例を 1999 年 4 月 5 日 20:08(JST)New Britain Region の地震(Mw=7.4)について第 1 図と同

様の形式で示したのが第2図である。これについても、波形が良く説明できている。両現象の周期帯は12及び24時間と数十～数百秒と大きく異なっているが、同一のキャリブレーション行列が適用可能とわかった。

滋賀県北部の地震の前後を含む1日の分値を潮汐補正及びトレンド除去を行ったうえで第3図に示す。なお、今津の石井式3成分歪計には気圧の影響がほとんど見られないため、気圧補正は行っていない。第3図から読みとれるコサイスマックスステップの量は各成分(0.0, -2.6, -2.8):nano-strainであるので、これを上記Sにより岩盤歪に戻した結果と、理論コサイスマックスステップをMICAP-G(内藤・吉川(1999))により計算した結果を、主歪表現で比較したのが第4図である。ただし、理論歪を計算するにあたり用いた断層パラメータは次のとおり。

strike / dip / rake = 146.1 / 39.7 / 39.6 (deg),

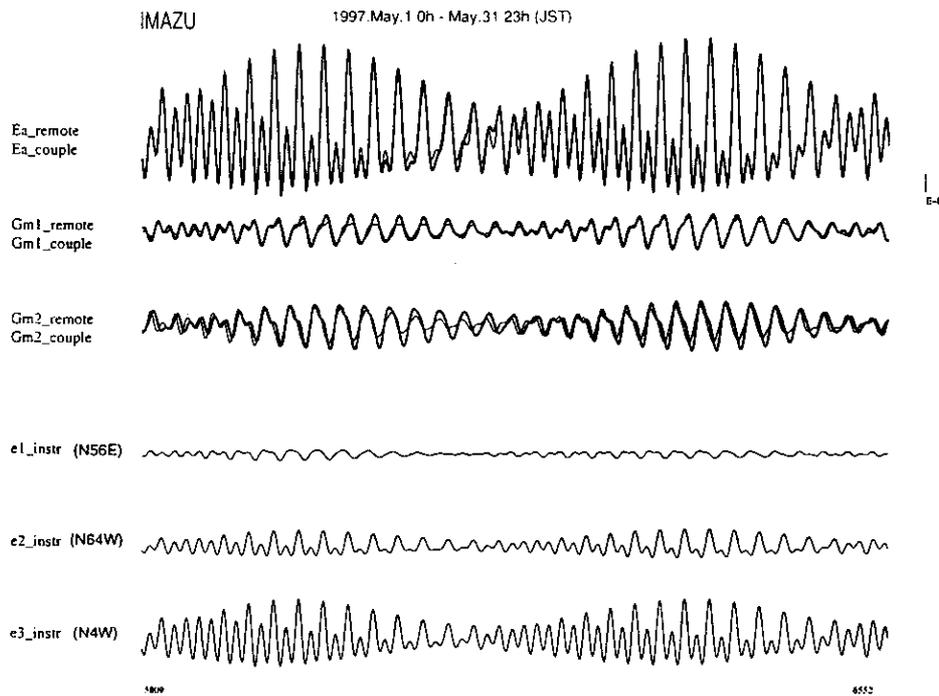
dislocation = 11.4cm, L= 2.3km, W= 1.14km,d= 9km(top)

これらは気象研究所及び防災科学技術研究所により計算されたCMT解(両者はほぼ同じ)に基づいており、西上がり断層面を採用した。東上がり断層面を用いても歪場に大きな差はない。歪ステップとして、面積歪が縮みであること、最大圧縮軸がほぼ東西であること等は一致しているが、大きさが5倍以上異なる。その原因につき以下に若干の考察を行う。

今津の3成分歪全成分に、水位変化と非常にコヒーレントな変化が明瞭に認められ、各成分間の振幅比はほぼ1:1.25:2である(気象研究所(1998))。これは、「周囲の岩盤の面積歪が各観測成分に影響する比率」=S-1の第1列成分の比 1:9:24とは順序はあっているものの大きさがかなり異なる。つまり、筐体に弾性歪として伝達される影響の度合いと、流体の静水圧として伝達される影響の度合いは異なると言える。滋賀県北部の地震による今津町での震度は3程度と推定され、振動により地下水系に何らかの影響があったために弾性歪に関するキャリブレーション行列では説明しきれなかったのではないかと考えられるが、今後の検討を要する。

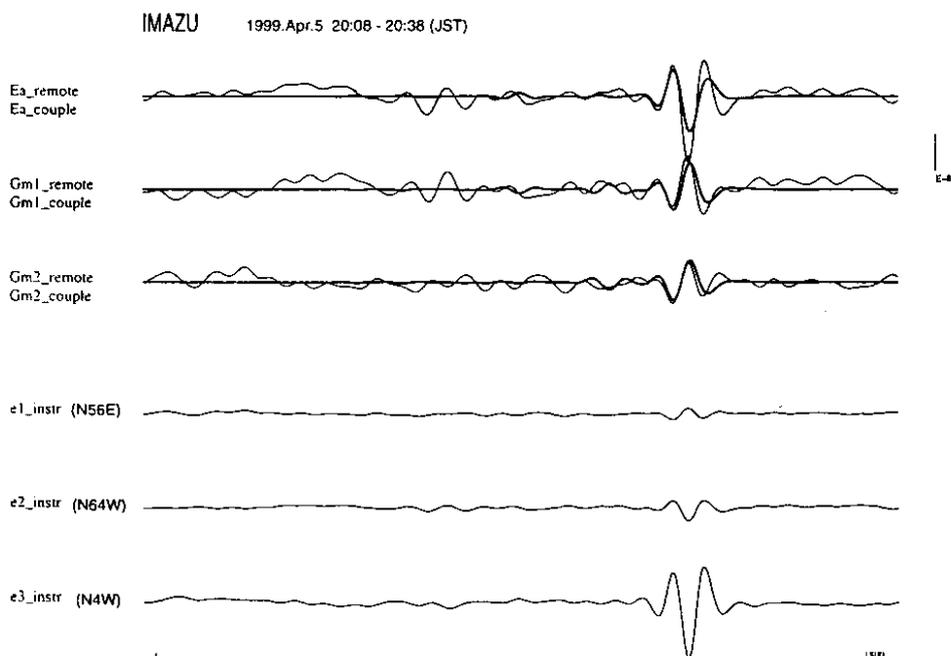
## 参 考 文 献

- 1) 気象研究所(1998): 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測, 連絡会報,59, 449-454.
- 2) 内藤宏人, 吉川澄夫(1999): 地殻変動解析支援プログラム MICAP-G の開発,地震 2,52,101-103.



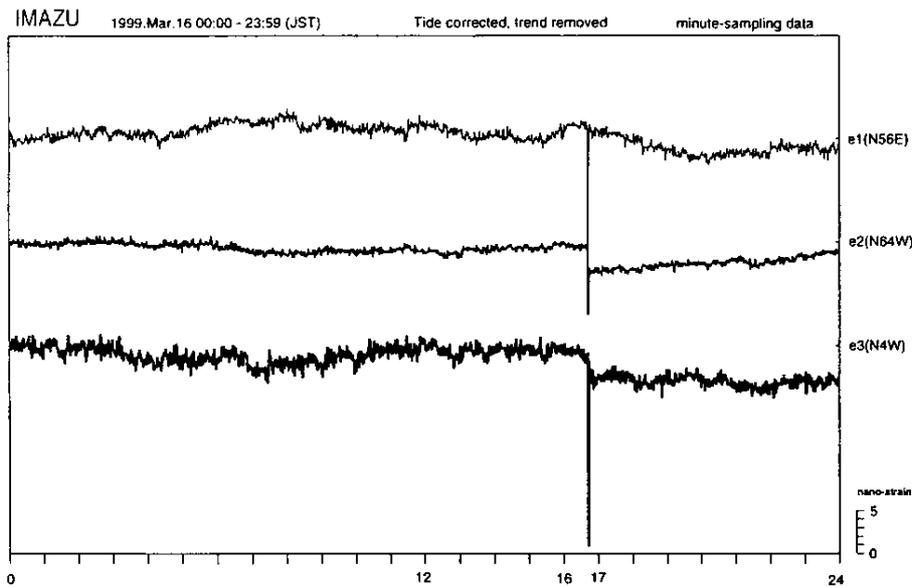
第 1 図 理論潮汐（上太）観測歪から  $S$  により再現された推定遠方潮汐（上細）及び観測三成分に含まれる潮汐成分（下）。1997 年 5 月の 1 ヶ月につきプロット。

Fig.1 Time series plot of the theoretical tide(upper, thick), remote tide estimated from the calibration matrix  $S$  and observation(upper, thin) and tidal components extracted from the observation(lower) in May, 1997.



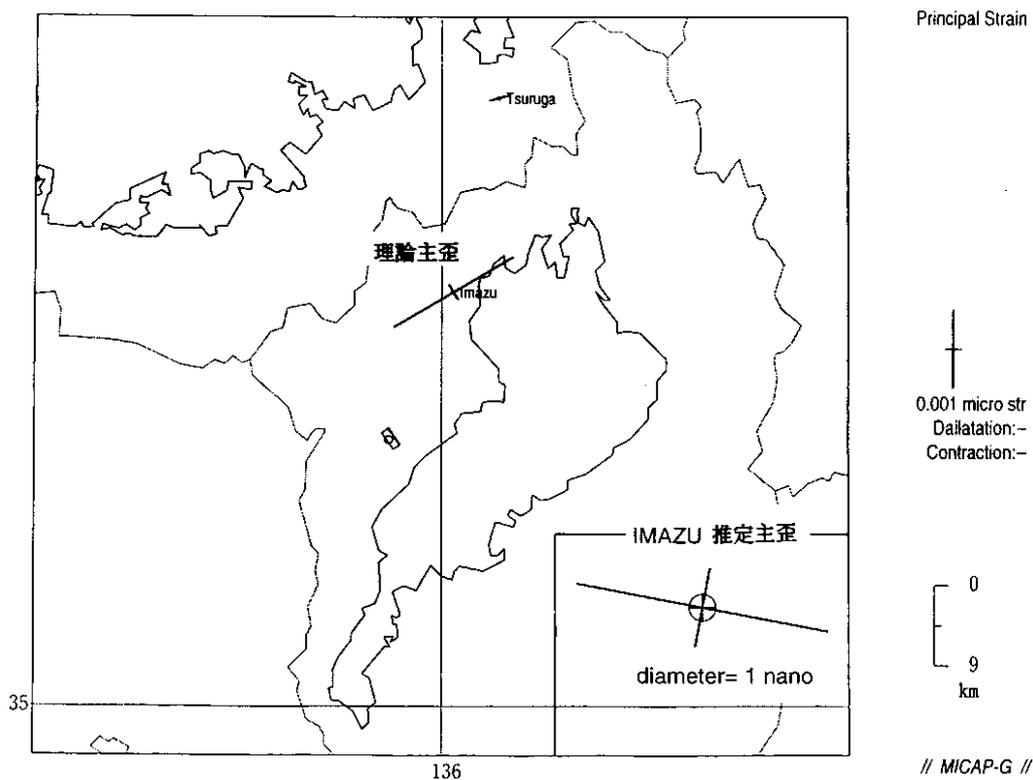
第 2 図 理論歪波形（上太）観測歪から  $S$  により再現された推定遠方歪波形（上細）および観測三成分（下）。1999 年 4 月 5 日 20:08 - 20:38 ( J S T ) につきプロット。

Fig.2 Time series plot of the theoretical seismic wave (upper, thice), remote seismic wave estimated from the calibration matrix  $S$  and observation (upper, thin) and the observed strain (lower) in April 5, 1999, 20:08-20:38 (JST).



第 3 図 潮汐補正及びトレンド除去後の 1999 年 3 月 16 日の三成分観測歪データ (分値)

Fig.3 Time series plot of the three components of the observation in March 16, 1999(Minute data). Tide is corrected, and the linear trend removed.



第 4 図 MICAP - G により計算された理論歪コサイスマイクステップと、観測歪から S により再現された推定遠方歪ステップの比較：主歪表現。両者のスケールは便宜上違えてある。図中の長方形が用いた断層モデルの水平面投影を表す。

Fig.4 Comparison of the theoretical coseismic strain step calculated by MICAP-G, and the estimated remote strain step from the calibration matrix S and observation (right and lower corner) by the principal strain plot. Scales are different between the theoretical and the estimated for the plotting convenience. The rectangle denotes the horizontal projection of the seismic fault.