

伊良湖歪計における地下水汲み上げによる歪変化の補正装置の概要

Correction for the Strain Noises Observed at Irako Station Caused by Pumping in the Neighborhood

松島 功¹・田口 陽介²・木村一洋²

Isao MATSUSHIMA¹, Yosuke TAGUCHI² and Kazuhiro KIMURA²

(Received September 28, 2007; Accepted December 5, 2007)

1 はじめに

気象庁では想定される東海地震の前兆現象を捉えるために、愛知県から静岡県にかけて 19 箇所の観測点に歪計を設置し、静岡県が設置した 2 箇所の歪計と合わせて監視を行っている(図 1)。その観測点の 1 つである伊良湖観測点の歪計で、2002 年から毎年 5 月頃と 9 月頃に特有の歪変化が現れるようになった。この歪変化は、毎回ほぼ同様の形状を示しており、発生状況から地下水の汲み上げによるものと推定された。原因については後述するが、歪変化量は東海地震の想定震源域の西端、浜名湖付近にモーメントマグニチュード 6.0 の前兆すべり(図 1 の★の位置)が発生した場合の伊良湖観測点で期待される歪変化量 2.7×10^{-8} strain とほぼ同程度である。この歪変化が東海地震の前兆すべりの監視の障害となることから、歪変化の原因を特定するとともに保住変化の補正処理を行うことを目的として、伊良湖観測

観測点に環境モニターを設置した。歪変化の補正に際しては、環境モニター装置からの情報を地震活動等総合監視システム(以下、EPOS という)で受信し、オンラインで歪データから特有の歪変化を除去するようにした。ここでは、環境モニター装置と EPOS での補正処理の概要について報告する。

2 伊良湖観測点の歪変化の概要

図 2 に伊良湖観測点で発生していた特有の変化を示す。また、その特徴を以下に示す。

- ・歪変化は 2002 年 11 月から毎年 5 月頃や 9 月頃に頻発し、1 度発生すると数週間程度繰り返し発生することがある。多い時は、年間数十回発生する。
- ・歪変化の形状は毎回ほぼ同様であり、緩和的縮

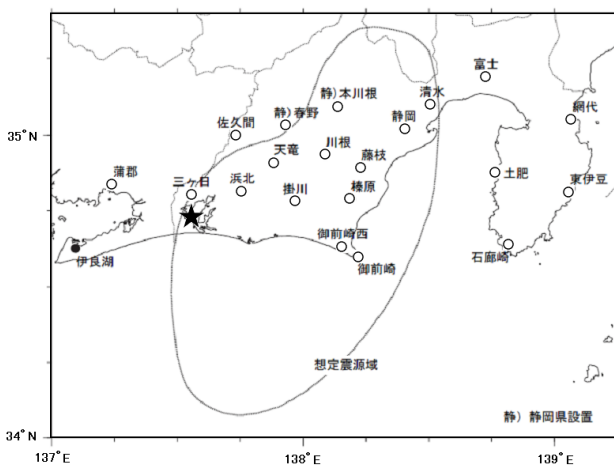


図 1 東海地域の歪計観測点配置図

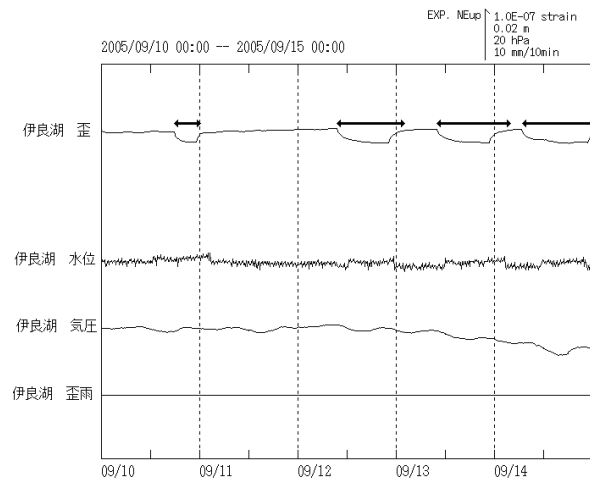


図 2 伊良湖観測点で発生していた特有の変化例
矢印は歪変化が現れた期間を示す。

上向は歪の伸び、水位、気圧の上昇を表す。

^{1,2} 地震火山部地震予知情報課, Earthquake Prediction Information Division, Seismological and Volcanological Department

¹ 現所属: 精密地震観測室, Seismological Observatory, Seismological and Volcanological Department

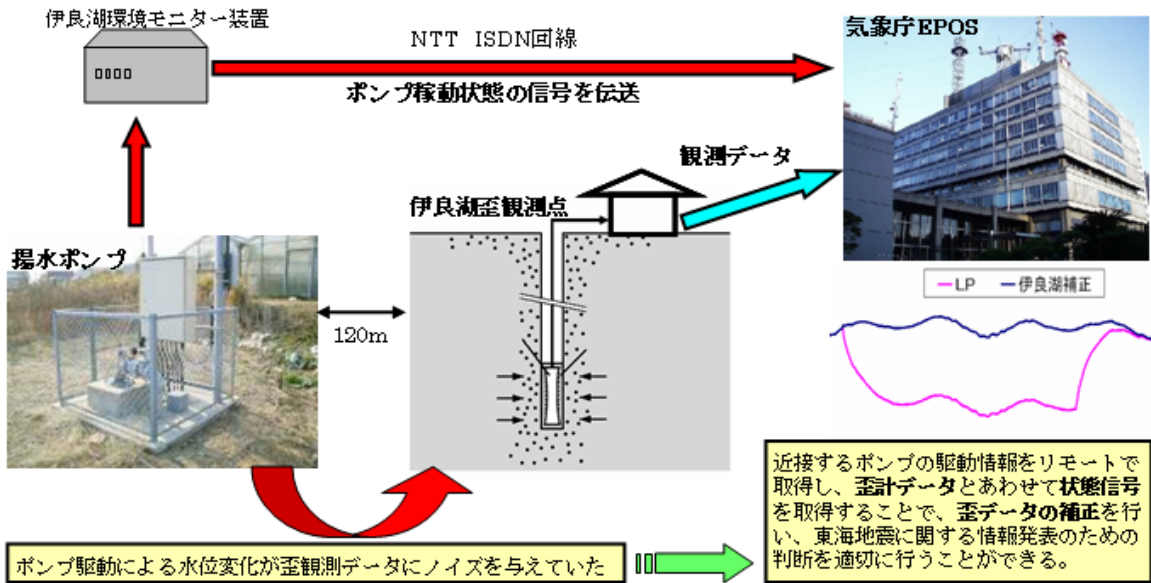


図 3 伊良湖環境モニター装置概念図

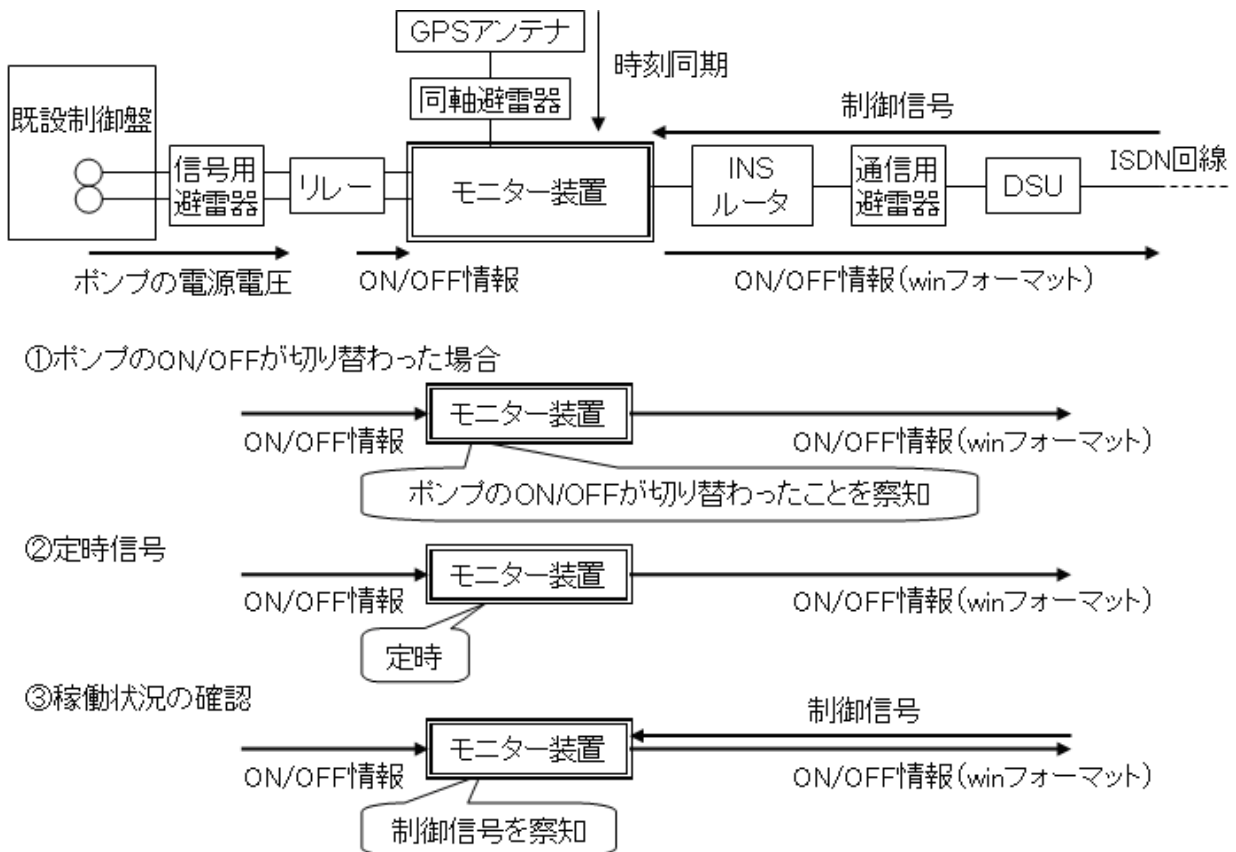


図 4 伊良湖環境モニター装置構成図及び動作

縮みで始まり緩和的伸びでおわる。変化量及び変化傾向は、各事例で変わらない。また、変化量は $2 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-8}$ strain 程度である。

・歪変化に対応する気圧変化や降水は認められない。また、歪計を設置した観測井戸の水位にはわずかな変化が認められることがあるが、必ずしも歪変化のタイミングとは一致せず、変化が生じない事も多い。

この特異な歪変化は、歪観測点からわずか 120m 程度離れた所にある地下水の揚水ポンプの影響である事が分かった。伊良湖観測点のある渥美半島一帯においては豊川用水によって農業用水を取得しており、観測点付近では、農業用水を 1km 程度離れた所にある貯水池に一時的に貯め、この水量が不足すると自動的に揚水ポンプが起動し地下水を汲み上げている。この揚水ポンプの電力使用量の調査結果から主に農繁期（5 月頃、9 月頃）の日中に稼働していることがわかり歪変化のあった時期に対応していることが明らかになった。また実際に歪変化が現れた際に現地でも揚水ポンプが稼働していることを確認し、歪変化の要因をほぼ特定することができた。

揚水ポンプの稼働によって歪変化が生じる物理的な過程については、揚水ポンプの起動時に縮み変化、停止時に伸びの変化それぞれ生じることから、水の移動による荷重の変動やポンプの吸い上げの圧力によるセンサー近傍での体積減少等が考えられるが、歪計や環境要素のデータからは物理的な過程までを断定する事はできない。ただ、人為的な揚水の影響

で起きる緩和的縮みと、揚水が停止した回復過程で起こる緩和的伸びの関数形が共通していることを考えると、弾性的な効果が含まれている可能性が高く、補正処理に使用する関数形としては単純な形式が考えられる。

3 伊良湖環境モニター装置の概要

揚水ポンプは前述のように水量が不足すると自動的に稼働するため、稼働状況を把握することが困難であった。そのため、このポンプの稼働状態を遠隔で監視する方法について、ポンプを管理している渥美土地改良区にも協力いただいて検討し、それを可能にするための環境モニター装置を設置することとした。図 3 に環境モニター装置の概念図を、図 4 に構成図を示す。環境モニター装置は、揚水ポンプに付随するパンザマストに設置し（写真 1）、リレーを介して、ポンプの稼働状況を示す端子（ポンプのモータ駆動電源端子）に接続している。また、この環境モニター装置を設置することにより揚水ポンプの機器に障害を与えないように、各機器間のケーブルには避雷器を取り付け、避雷対策やノイズ対策についても十分に配慮した。

揚水ポンプのスイッチが OFF→ON、ON→OFF になると自動的に INS 回線を接続し、気象庁本庁に既設されている多機能型地震観測装置中枢局装置（原田，2007）に向けて揚水ポンプの稼働状況の情報を送信し、送信が終了すると自動的に INS 回線を切断する。また、農閑期については揚水ポンプの起動回数はそれ程多くなく、ポンプの稼働状況を送信する



写真 1 伊良湖環境モニター装置
手前の筐体に収納

表 1 各動作におけるポンプの稼働状況の情報

各動作	ポンプ状況	CH1	CH2
①ON/OFF 切替	OFF→ON	+1	+1
	ON→OFF	-1	-1
②定時信号	ON	0	+1
	OFF	0	-1
③稼働状況確認	ON	0	+1
	OFF	0	-1

※ CH1 は補正用、CH2 は動作状況確認用に用いる。

頻度が低いことから、装置や回線に異常がないかを
確認するために 1 日 1 回の定時と、任意の時間に気
象庁本庁から稼働状況を確認する指示を受けて、ポ
ンプの稼働状況の情報を送信する。表 1 に、各動作
におけるポンプの稼働状況の情報を示す。

2007 年 3 月の環境モニター設置時にポンプを手
動で稼働しポンプの ON の信号が環境モニターから
送信されることを確認すると共に、ポンプの稼働と
ほぼ同時に歪変化が現れたことを確認した(図 5)。

4 EPOS における処理について

気象庁本庁 EPOS (尾崎, 2004) においては、歪
計等のデータに潮汐 (石黒ほか,1984), 気圧 (檜皮
ほか,1983), 地磁気, 降水 (石垣, 1995) 等の影響
を取り除く補正処理をオンラインで施している。伊
良湖の特有変化については、2 章に記載している特
徴があることから、既存の降水補正と同様の MR-
AR モデル(石垣, 1995)による補正処理を行うことと
した。この方法は、自己回帰係数と雨量補正係数を
過去に遡った回数だけパラメータとして与えて補正
するものである。実際の変化は以下のような特徴が
あげられる。

- ・揚水ポンプ起動時は、縮み変化として現れる。
- ・揚水ポンプが起動してから歪変化が現れるまでの
時間遅れがほとんどない。
- ・揚水ポンプ停止時は、伸び変化として現れ、その
振幅は揚水ポンプ起動時と同じであり、関数形も符
号を逆にしたものである。

このため、説明変数として、揚水ポンプ起動時を
+1, 停止時を-1, それ以外を 0 とする時系列関数を
定義し、補正係数を求め、歪変化を補正することと
した。補正係数は、補正によってデータが発散しな
いように配慮しつつ、試行錯誤の上で決定した。

なお、2007 年 3 月の設置試験終了後に補正係数を
求めたこと、また環境モニター装置が整備されて以
降、現時点(2007 年 9 月 1 日現在)では揚水ポンプが
稼働していないため適切に補正を行った実績はない
が、図 6 に示すように、過去の観測データにおいて
環境モニター装置からの信号を受けた場合を想定し
た補正処理をオフラインで実行した結果、ほぼ地下
水の汲み上げによる影響は除去できていることを確
認した。

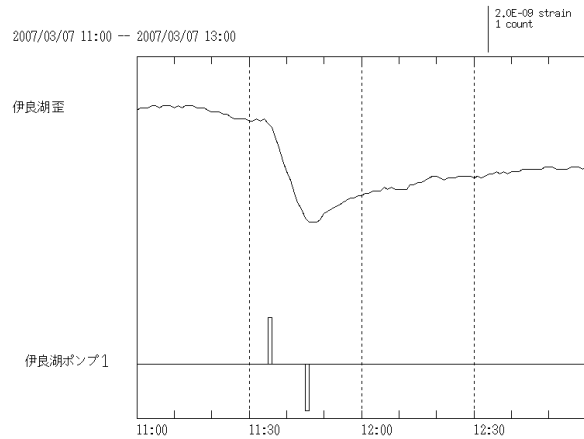


図 5 環境モニター設置時におけるポンプ起動試験
(2007.3.7)
伊良湖ポンプの上向きが揚水ポンプ ON, 下
向きが OFF を示す。

5 まとめ

伊良湖観測点で原因不明の歪変化が 2002 年から
観測されるようになり、東海地震の前兆すべりの監
視に支障をきたしていた。この変化の特徴や観測点
周辺の調査の結果、観測点近傍の地下水の汲み上げ
が原因と判明した。この地下水を汲み上げる揚水ポ
ンプの稼働状況を本庁 EPOS に送信する環境モニタ
ー装置を新たに設置し、この信号をトリガーにして
歪変化から地下水汲み上げの影響を取り除く補正を
行い、伊良湖観測点において東海地震の前兆すべり

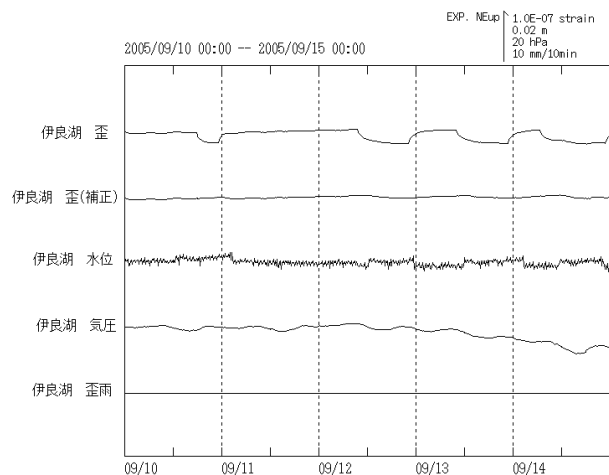


図 6 伊良湖観測点におけるオフラインでの補正処
理の例
グラフ 2 段目が補正後の歪データ

の監視が支障なく行えるしくみを構築した。

今後揚水ポンプが稼動した場合には適切に補正が行われ、ポンプ稼動時においても東海地震の前兆すべりを捉えられるための監視が正常に行われることが期待される。

謝辞

現地調査をしていただいた名古屋地方気象台の方々、本モニターを設置することに承諾していただいた渥美土地改良区の方々に深く感謝を申し上げます。また、本報告をまとめるにあたり、査読者各位はじめ気象庁地震予知情報課の多くの方から貴重なご意見、ご指導を頂きました。これらの方々に深くお礼申し上げます。

文献

- 石垣祐三 (1995) : 埋込式体積歪データの精密補正及び異常識別について, 験震時報, 59, 7-29.
- 石黒真木男, 佐藤忠弘, 田村良明, 大江昌嗣(1983) : 地球潮汐データ解析プログラム BAYTAP-G の紹介, 統計数理研究所彙報, 32, 71-85.
- 尾崎友亮 (2004) : 新 EPOS (Earthquake Phenomena Observation System : 地震活動等総合監視システム) の紹介, 験震時報, 68, 57-75.
- 原田智史 (2007) : 多機能型地震観測装置の概要, 験震時報, 70, 73-81.
- 桧皮久義・佐藤馨・二瓶信一・福留篤男・竹内新・古屋逸夫 (1983) : 埋込式体積歪計の気圧補正, 験震時報, 47, 91-111.