

## 東海地域の体積歪計で観測された異常変化の特徴

竹中 潤\*・宮越憲明\*・吉田明夫\*\*

Characteristics of Anomalous Changes Observed with Volumetric Strainmeters in the Tokai Region

Jun TAKENAKA\*, Noriaki MIYAKOSHI\* and Akio YOSHIDA\*\*

(Received May 30, 2000 : Accepted February 6, 2001)

### ABSTRACT

Anomalous strain changes that noticeably exceed noise levels are occasionally observed by volumetric strainmeters installed in the Tokai region to detect precursors of the Tokai earthquake. Almost all of those anomalous changes turn out not to have been related to a slow slip on the plate boundary that is expected to occur just before the Tokai earthquake but to have been caused by changes in stress at the local site. It is crucial, however, for these results not to be overlooked as part of real-time monitoring.

This research involves the collation of all anomalous changes seen in the strain data at each station since the beginning of its observation based on the present criteria for the detection of anomalous changes. These changes have then been qualitatively classified into several categories. The object of this work is to prepare data for quick judgment in the event an anomalous change is detected. Results revealed that (1) the frequency of occurrence differs by station, (2) specific changes at each site appear repeatedly at some stations, (3) some kinds of anomalous changes occur only in a limited period, (4) anomalous changes with a similar pattern are observed at different stations. For example, a specific change displaying compression first for a half-day and then relaxing through a period of about three days appears over and over again every summer at the Mikkabi station. This kind of change is thought to be caused by the drawing of groundwater near the station because the level of groundwater is observed to change as well at the same time. Another interesting change that is observed at several stations like at Haibara, Omaezaki, and Shimizu starts by a sudden compression or extension and then is followed by a slow relaxation to a stationary state. Although the mechanism for how these kinds of changes are produced has not been elucidated, they may be caused by a common physical process, since their temporal patterns are very similar regardless of the site.

### 1. はじめに

気象庁は1998年(平成10年)3月までに、東海地震の予知に関わる地震防災対策強化地域判定会(以下、判定会という)において、観測データ処理技術の進歩や地震

発生に関するシミュレーション等の地震学における最新の知見を踏まえて、前兆的な地殻変動(前兆すべり)の現われ方について検討を行ってきた。その結果、判定会招集要請基準に関連して以下の可能性のあることが判明

\* 気象庁地震火山部地震予知情報課

\* Earthquake Prediction Information Division, Seismological and Volcanological Department, Japan Meteorological Agency

\*\* 気象研究所地震火山研究部

\*\* Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute

した(気象庁, 1998a).

- ① 前兆すべりが発生した場合, 東海地域に展開している観測網により, 従来の基準以下の地殻変動でも捕捉できる
- ② 観測された地殻変動が最初は小さなものであっても, 変動が加速していき, 最終的には東海地震の発生に至ることもあり得る
- ③ 前兆すべりそのものが小さく, 地殻変動量が従来の基準に達する前に地震発生に至る場合もあり得る

この検討結果を受けて, 同年4月1日, 気象庁は判定会招集要請基準の改正を行った(第1表参照). 新基準において異常と判断される歪<sup>ひずみ</sup>変化の大きさは旧基準のその約1/10程度であり, この基準改正によって, 従来より小さな歪変化も監視の対象とされることになった.

これまで, この新しい招集要請基準を満たすような, 3か所以上の観測点で同時に異常な変化が観測されたことはないが, 例えば第1図に示す1998年10月の清水観測点における伸び変化のように, ある1か所の観測点でノイズレベルを大きく超える異常な変化が観測されることはまれにある. そのほとんどは, 監視の本来の目的である想定震源断層面上での前兆すべりとは直接には関係しない, 観測点近傍の局所的な応力変化に起因するものと考えられている. しかし, 前兆すべりの発生場所やその規

模によっては, 1地点だけでしか前兆すべりに伴う変化を捕らえることができない場合もありうることから(小林, 2000), たとえ1地点であっても, ノイズレベルを大きく超える変化は異常監視の第一段階では見逃してはならな

歪観測各要素(時間値)清水  
1998/10/10 00:00 - 1998/10/17 00:00

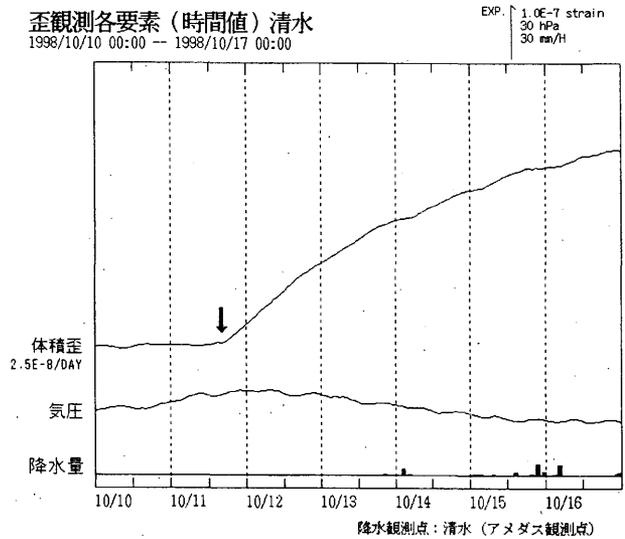


Fig. 1 Anomalous volumetric strain change observed at the Shimizu station in October 1998. The arrow ↓ shows the start time when the strain changes. The value (2.5E-8/DAY) under the component name means the corrected trend for the volumetric strain is  $2.5 \times 10^{-8}$  strain/day.

Table 1 Comparison of new and old criteria for requesting convocation of the Earthquake Assessment Committee for Areas under Intensified Measures to Prevent Earthquake Disasters. In the new criteria, convocation of the Committee is requested with fewer anomalous changes in volumetric strain than in the old criteria. From the Japan Meteorological Agency (1998a).

地震防災対策強化地域判定会招集要請基準新旧対照表(気象庁, 1998a)

新	旧
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ひずみ観測点のうち, 3か所以上でそれぞれの地点の検出可能レベルの変化が観測された場合。(ただし, 火山噴火その他の要因によるものと判断される場合はこの限りではない。)</li> <li>注: 検出可能レベルは各観測点のノイズレベルの2倍程度に設定する。東海地域におけるおおよその検出可能レベル値(16観測地点の平均)は, 3時間あたり <math>0.4 \times 10^{-7}</math>, 1日あたり <math>0.6 \times 10^{-7}</math> である。ただし, 大雨時には, 3時間あたり最大 <math>1.5 \times 10^{-7}</math>, 1日あたり最大 <math>2.6 \times 10^{-7}</math> である。</li> <li>・この基準のほか, 地震防災対策強化地域に係る観測データに有意な異常を認めた場合についても, 直ちに招集を要請する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・体積ひずみ観測点のうち, 1か所で3時間以内に <math>0.5 \times 10^{-6}</math> 以上の変化が発生し, ほぼ同時間帯において少なくとも他の3か所以上で明瞭な変化が発生した場合。</li> <li>・1時間にマグニチュード4以上のもの3回以上を含む10回以上の群発性地震が発生し, 2時間以上続き, かつ, ほぼ同時刻ごろから体積ひずみ観測点のうち2か所以上で明瞭な変化が発生した場合。</li> <li>・上記基準に定めるほか, 判定会長から判定会の招集についての意見の申出があった場合についても招集を要請する。</li> </ul>

いものであり、情報発表にあたっては、その変化が前兆すべりに伴うものか否かをできるだけ早期に判別することが重要である。この判別を的確に行うためには、これまでの観測データを基に、ノイズレベルを超える異常変化の現れ方が各観測点毎にどのような特徴を持っているか、あらかじめ明らかにしておく必要がある。

本調査では、異常変化発生時の初期判断のための資料を作成することを目的に、基準改正以前の期間も含めた過去の観測データについて、新基準に基づく異常変化の検出を行い、その原因が明らかでないものを異常変化リストとしてまとめるとともに、変化のパターンを定性的に仕分けした。更に、いくつかの観測点で共通に見られる緩和的な変化の特徴について若干の考察を行った。

## 2. 調査方法

用いたデータおよび調査仕様の概要は以下に記すとおりである。

### (1) 調査対象データ

気象庁の地震活動等総合監視システム（EPOSと呼ばれる）で得られた東海地域にある16か所の体積歪観測点（第2図参照）の体積歪時間値データに、潮汐および気圧の影響を補正したデータを使用した。データの調査対象期間は、1998年12月までに体積歪計センサー部の更新が行われていない観測点については、1984年8月1日（後述する体積歪観測点周

辺での降水状況把握のためのアメダス降水量データをオンラインで入手し始めた時期）から1998年11月30日までの期間とし、また、1998年12月までにセンサー部の更新が行われた観測点については、それぞれの観測点で更新後のデータがほぼ安定した時期から1998年11月30日までの期間とした（第4表参照）。

### (2) トレンド量の補正

一般に体積歪データには、観測点によってその大きさは異なるが、最大で1日あたり $10^{-8}$ strainのオーダーの直線的な変化成分（以下、トレンドという）が見られる。本調査では、各観測点の調査対象期間全体を通じての平均的なトレンド量をおおまかに見積もり、これを補正した。ただし、東伊豆観測点では、トレンド量の時間変化が他の観測点に比べ大きいいため、調査対象期間を3期間に分け、それぞれの期間での平均的なトレンド量を適用した。各観測点のトレンド量は、付録の図表に記した。

### (3) 階差時間

第1表に示した判定会招集要請基準の目安にもなっている3時間および24時間あたり（以下、3時間階差および24時間階差という）の体積歪データ変化量について調査した。

### (4) 降水の影響する期間の判別

体積歪データは雨や雪などの降水の影響を受けや

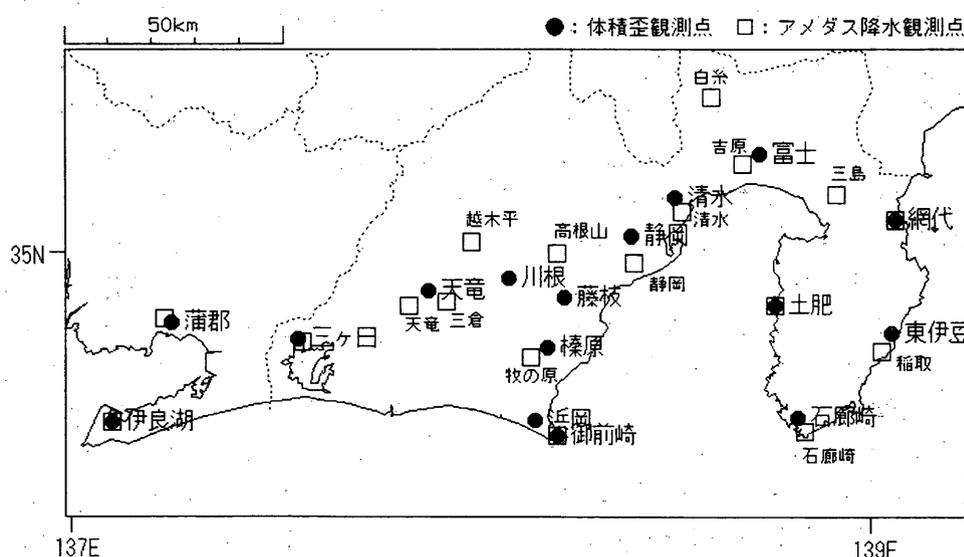


Fig. 2 The location of Japan Meteorological Agency's (JMA's) observation stations for volumetric strain (black circles ●) and precipitation (white squares □) in the Tokai region used in this research.

すく、一般に降水のある時間は縮み変化、降水が終わってからしばらくの時間は戻りの伸び変化が見られることが多い。降水が体積歪データに与える影響の大きさや影響を及ぼす時間は、それぞれの観測点や、その時々雨などの降り方によって様々であるため、潮汐や気圧に比べ降水のリアルタイムでの補正は容易ではない。

実際のところ、現在、気象庁では体積歪データの異常変化監視に際して、潮汐補正と気圧補正は行っているが、降水補正は行っていない。その代わりに、観測点およびその周辺での降水の状況に応じて、体積歪データに降水の影響が見られる期間（以下、降水期間という）と、降水の影響が見られない期間（以下、通常期間という）に分け、それぞれの期間について、後述するような異なる異常変化レベルを設定して異常監視を行っている。降水期間の判別条件は、第2表に示した気象庁（1998b）の調査結果に基づいて設定されている。

いくつかの体積歪観測点では雨量計が併設されているが、雨量計のない体積歪観測点もあるため、気象庁（1998b）や小林・松森（1999）では、降水期間判別のための降水量データとして、体積歪観測点周辺にあるアメダス観測点の降水量データを参照している。本調査でもこの方法に従った。本調査で参照したアメダス観測点名を付録の各リスト下段に、また、それらの位置を第2図に示した。

#### (5) 異常変化レベル

現在、気象庁では体積歪データの異常変化監視に際して、各観測点の歪変化量の大きさをレベル1～レベル3の3段階で表している。レベル1は各体積歪観測点のノイズレベルと同等の大きさの変化量、レベル2はレベル1の1.2倍（3時間階差の場合）または1.8倍（24時間階差の場合）の変化量、レベル3はレベル1の2倍の変化量である。レベル2以上が発生すると気象庁の地震現象室に異常を知らせる音声報知がなされ、レベル3が東海地域で3地点以上になると判定会招集要請基準に達することになる。

ここで、各体積歪観測点のノイズレベルとは、気象庁（1998b）および小林・松森（1999）による体積歪計ノイズレベル調査結果に基づく値を指す。これは、各観測点で1995年6月から1996年11月までの1年半（ただし、この期間にセンサー更新があっ

Table 2 Judgment conditions for the precipitation term, which affects JMA's volumetric strain data in the Tokai region. When monitoring differential strain data for the present and for 3 (or 24) hours before, the start time for the precipitation term is the time when cumulative precipitation within T hours is equal to or over R millimeters. Then, the end time is the time when cumulative precipitation within T+3 (or T+24) hours has fallen below R millimeters. From the Japan Meteorological Agency (1998b).

降水期間の判別条件（気象庁，1998b）

観測点	3時間階差		24時間階差	
	R [mm]	T [hour]	R [mm]	T [hour]
(1) 伊良湖	5.0	1	5.0	15
(2) 蒲郡	1.0	1	1.0	21
(3) 三ヶ日	5.0	1	5.0	24
(4) 天竜	1.0	2	1.0	18
(5) 川根	1.0	6	1.0	18
(6) 浜岡	3.0	6	3.0	24
(7) 榛原	3.0	1	3.0	21
(8) 御前崎	3.0	1	3.0	12
(9) 藤枝	1.0	1	1.0	18
(10) 静岡	5.0	9	5.0	21
(11) 清水	0.5	9	0.5	24
(12) 富士	1.0	12	1.0	18
(13) 土肥	5.0	3	5.0	24
(14) 石廊崎	1.0	1	1.0	9
(15) 東伊豆	1.0	1	1.0	18
(16) 網代	5.0	1	5.0	21

〔N時間階差の場合〕

・降水期間の開始

T時間前までの積算降水量がR [mm]以上になった時点

・降水期間の終了

(T+N)時間前までの積算降水量がR [mm]未満になった時点

た伊良湖は1996年8月～1997年7月の1年、石廊崎は1996年6月～1997年11月の1年半の期間内に1回だけ発生した体積歪変化（ただし、機器の障害等によるスパイクノイズや地震に伴うステップを除く）の大きさを意味している（第3表参照）。なお、前述のように体積歪データは降水の影響を受けやすいことから、ノイズレベルについても、通常期間と降水期間に分けて調査され、更に降水期間については伸び方向の変化と縮み方向の変化に分けたうえで、それぞれの期間や変化方向について別個に設定されている。また、1観測点単独で現れ、広域歪場を反映している可能性の低い、観測点特有の変化に関しては、その発生頻度が数日に1回程度のはノイズ

Table 3 Noise-levels of JMA's volumetric strain data in the Tokai region. With differential data for 3 hours and 24 hours, ordinary terms and precipitation terms, and extension (+) and compression (-) strain. From the Japan Meteorological Agency (1998b).

東海地域の気象庁体積歪計データのノイズレベル (気象庁, 1998b)

観測点	3時間階差			24時間階差		
	通常期間	降水期間		通常期間	降水期間	
		伸び(+)	縮み(-)		伸び(+)	縮み(-)
(1) 伊良湖	1.8E-08	1.6E-08	-4.7E-08	2.7E-08	2.8E-08	-6.2E-08
(2) 蒲郡	1.5E-08	1.8E-08	-3.0E-08	2.5E-08	4.6E-08	-1.0E-07
(3) 三ヶ日	1.4E-08	1.4E-08	-3.0E-08	3.1E-08	3.2E-08	-5.5E-08
(4) 天竜	1.4E-08	5.4E-08	-1.2E-07	2.4E-08	1.0E-07	-1.5E-07
(5) 川根	8.6E-09	9.2E-09	-7.9E-08	3.0E-08	3.5E-08	-2.2E-07
(6) 浜岡	9.0E-09	6.6E-09	-5.1E-08	2.0E-08	1.6E-08	-8.5E-08
(7) 榛原	2.0E-08	1.6E-08	-6.0E-08	3.0E-08	4.7E-08	-1.2E-07
(8) 御前崎	1.9E-08	1.6E-08	-6.9E-08	4.3E-08	3.6E-08	-8.0E-08
(9) 藤枝	6.7E-09	1.6E-08	-5.1E-08	9.0E-09	2.5E-08	-7.4E-08
(10) 静岡	1.0E-08	2.1E-08	-5.8E-08	2.1E-08	8.8E-08	-7.4E-08
(11) 清水	1.1E-08	9.8E-08	-2.4E-07	2.3E-08	1.3E-07	-3.0E-07
(12) 富士	1.3E-08	2.0E-08	-1.1E-07	5.0E-08	5.5E-08	-1.8E-07
(13) 土肥	1.8E-08	1.7E-08	-4.7E-08	2.6E-08	2.7E-08	-9.0E-08
(14) 石廊崎	3.7E-08	3.1E-08	-4.3E-08	4.8E-08	4.5E-08	-1.1E-07
(15) 東伊豆	1.3E-09	1.5E-08	-6.5E-08	2.4E-08	2.4E-08	-1.6E-07
(16) 網代	4.2E-08	5.5E-08	-8.7E-08	5.0E-08	5.3E-08	-2.4E-07

注) 例えば, 1.8E-08は $1.8 \times 10^{-8}$  strainを表す。

レベルに含み, 年に数回程度以下のものはノイズレベルから除外されている。

本調査でもこの方法を踏襲したうえで, レベル2およびレベル3を超える異常変化事象を調査対象とした。ただし, 気象庁(1998b)および小林・松森(1999)の調査では1年または1年半の分値データについて調査しているが, 本調査ではより長期間の時間値データについて調査した点異なる。

#### (6) 除外した変化事象

変化が以下の原因によることが明らかなものについては, 異常変化リストから除外した。

- ・ 機器調整等の作業に伴う変化
- ・ 停電, 機器の異常等に伴う変化
- ・ 地震に伴う変化 (ゴサイスマミックな変化)
- ・ 伊豆半島東方沖の群発地震活動に伴う変化 (該当する観測点: 東伊豆, 網代)
- ・ 伊豆大島噴火に伴う変化 (該当する観測点: 土肥)

また, 前述した降水期間の判別条件からは通常期間と判別される期間に発生した異常変化であっても, その時の降水量データの状況から見て, 明らかに降水に伴う変化と判断されたものについては, 同様に異常変化リストから除外した。

### 3. 調査結果

#### 3.1 各観測点ごとの異常変化とそのパターン

各観測点で過去に現れた歪変化のうち, 現在の異常監視基準からするとレベル2以上として検出されることとなる異常変化の, 発生件数, 1年間の平均発生件数で表した発生頻度, パターン別件数, そして主な異常変化の特徴などを第4表にまとめた。また, 各観測点ごとの異常変化リストと異常変化パターン別の主な記録例を本文末の付録に示す。ただし, ここに示した異常変化パターンの分類に際しては, 個々の変化の振幅や継続時間を考慮せず, 変化の立ち上がり方や減衰の仕方に注目して定性的に仕分けを行っている。データのサンプリング間隔,

Table 4 Some statistics and characteristics of anomalous strain changes at each station with a volumetric strainmeter in the Tokai region. Column "≥L2" means anomalous change that is equal or greater than Level 2, and column "≥L3" is equal or greater than Level 3.

東海地域の体積歪観測点で見られる異常変化の特徴

観測点	調査対象期間			発生件数 (N)				発生頻度 (N/year)				パターン別件数					主な異常変化の特徴
				3時間階差		24時間階差		3時間階差		24時間階差							
	開始日	終了日	days	≥L2	≥L3	≥L2	≥L3	≥L2	≥L3	≥L2	≥L3	I	II	III	IV	V	
(1) 伊良湖	1997/07/01	1998/11/30	517	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(調査対象期間中にはレベル2以上の異常変化なし.)
(2) 蒲郡	1984/08/01	1998/11/30	5234	0	0	1	0	-	-	0.1	-	1	-	-	-	-	'88年に「ゆっくりとした伸び」のパターン.
(3) 三ヶ日	1995/03/01	1998/11/30	1370	40	35	27	24	10.7	9.3	7.2	6.4	2	25	8	4	1	毎年夏季に数回発生する「縮み→緩和的戻り」のパターンと、年数回発生する「急激な伸び→緩和的戻り」のパターンが主.
(4) 天竜	1984/08/01	1998/11/30	5234	15	8	6	5	1.0	0.6	0.4	0.3	8	7	-	-	-	'85~'87年に「縮み→緩和的伸び→緩和的戻り」のパターン. '95年に「縮み→緩和的戻り」のパターン.
(5) 川根	1984/08/01	1998/11/30	5234	24	10	3	2	1.7	0.7	0.2	0.1	22	2	-	-	-	'85~'90年に「伸び→戻り」のパターン (特に'87年に頻発). '88年に「縮み→戻り」繰り返しのパターン (機器不調?).
(6) 浜岡	1993/01/28	1998/11/30	2132	1	1	0	0	0.2	0.2	-	-	1	-	-	-	-	'95年に「縮み」のパターン.
(7) 榛原	1984/08/01	1998/11/30	5234	5	2	2	2	0.3	0.1	0.1	0.1	5	-	-	-	-	2~5年に1回程度「緩和的縮み」のパターン.
(8) 御前崎	1984/08/01	1998/11/30	5234	5	2	4	4	0.3	0.1	0.3	0.3	4	1	-	-	-	'85, '87 (2回), '92年に「緩和的縮み」のパターン. '87年に「緩和的縮み→戻り」のパターン (機器不調?).
(9) 藤枝	1984/08/01	1998/11/30	5234	2	0	0	0	0.1	-	-	-	2	-	-	-	-	'87, '90年に「縮み→戻り」のパターン (局地的な降水の影響の可能性あり).
(10) 静岡	1993/08/01	1998/11/30	1947	2	0	0	0	0.4	-	-	-	2	-	-	-	-	'95年11月に「縮み」のパターン.
(11) 清水	1984/08/01	1998/11/30	5234	5	0	4	4	0.3	-	0.3	0.3	5	-	-	-	-	'86, '87, '91, '92, '98年に「緩和的伸び」のパターン.
(12) 富士	1984/08/01	1998/11/30	5234	11	11	4	3	0.8	0.8	0.3	0.2	11	-	-	-	-	'86~'94年に「縮み」のパターン.
(13) 土肥	1984/08/01	1998/11/30	5234	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(調査対象期間中にはレベル2以上の異常変化なし.)
(14) 石廊崎	1996/02/05	1998/11/30	1029	1	0	1	1	0.4	-	0.4	0.4	1	-	-	-	-	'98年に「縮み」のパターン.
(15) 東伊豆	1991/10/01	1998/11/30	2617	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(調査対象期間中にはレベル2以上の異常変化なし.)
(16) 網代	1997/01/01	1998/11/30	698	6	2	2	1	3.1	1.0	1.0	0.5	6	-	-	-	-	'97年に「緩和的縮み」のパターン.

注) 「≥L2」はレベル2以上, 「≥L3」はレベル3以上の異常変化を表す.

異常変化図の表示スケールや表示期間、補正するトレンド量など、データの表示条件により異常変化パターンの印象はかなり異なってくるので、本調査では各観測点毎に個別のトレンド量を設定したほかは、すべて同一の表示条件（時間値データを $10^{-7}$ strain オーダーの表示スケールで1週間分表示）のもとで分類を行った。

各観測点ごとの異常変化の概要について以下に述べる（付録の図表参照）。

#### (1) 伊良湖

調査対象期間中にはレベル2以上の異常変化はなかった。全16観測点のうちでも最も調査対象期間が短いことが関係しているとも考えられる。

#### (2) 蒲郡

1988年4月に、3日間程度かけて「ゆっくりとした伸び」の変化があった。同様な変化は、レベル1以上レベル2未満では1～3年に1件程度発生している。

#### (3) 三ヶ日

この観測点で発生した異常変化の多く（全40件中25件）は、夏季に見られる「半日間程度縮んだ後3日間程度で緩和的に戻る」変化パターンⅡである。第3図に示すように、このパターンⅡの変化が発生している時には、同観測点の地下水位データ、および同観測点から約80mの地点にある更新以前の体積歪計（旧歪計）データにも、これと同期した変化が見られることから、その原因は観測点付近での地下水の汲み上げによるものと推測される（竹中・吉田, 2000）。

また、「数時間で急激に伸びた後数日かけてゆっくりと戻る」変化パターンⅢも比較的多く（8件）、年に数件の割合で発生している。しかし、このパターンⅢでは、地下水位、旧歪計および降水量のデータに同期するような変化は見られない。

なお、三ヶ日の変化パターンⅡとパターンⅢは、小林・松森（1999）のノイズレベル調査の際にも検出されているが、年に数件程度の発生頻度のため、2.（5）に記したように、ノイズレベルからは除外されている。

他には、機器設置当初の不安定と見られる数時間の縮み変化パターンⅠ（2件）、年に1～2件発生する数時間の伸び変化パターンⅣ（4件）、そして半日程度の緩和的な伸び変化パターンⅤ（1件）がある。

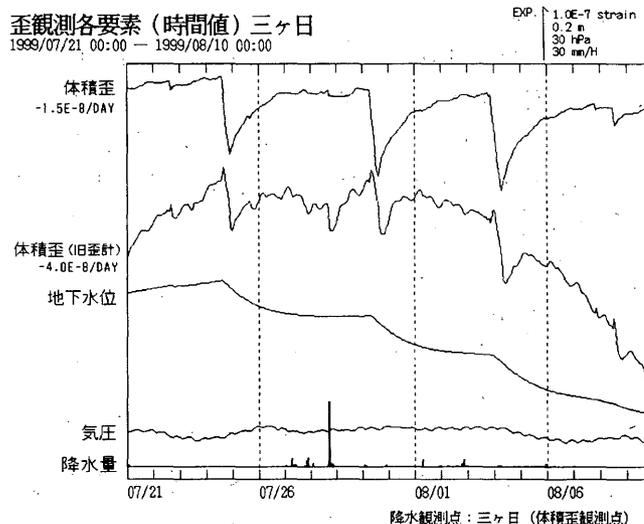


Fig. 3 An example of anomalous volumetric strain changes (the top curve is from observations by a new strainmeter in active service, while the second curve is from observations by an older one not in active service) that are synchronized with the underground water level (the third curve) that is often observed in the summer at the Mikkabi station. The value under the component name means the corrected trend for the volumetric strain.

#### (4) 天竜

1985年～1987年に8件の「縮み→緩和的伸び→緩和的戻り」の変化パターンⅠと、1995年に7件の「縮み→緩和的戻り」の変化パターンⅡがあった。ともにある一時期に集中して発生し、その後は見られない。

なお、天竜の変化パターンⅡも、小林・松森（1999）のノイズレベル調査の際に検出されているが、やはり年に数件程度の発生頻度のため、ノイズレベルからは除外されている。

#### (5) 川根

1985年～1990年に「伸び→戻り」の変化パターンⅠがあり、特に1987年に頻発したが、その後は現れていない。また、1988年に見られた「縮み→戻り」繰り返しの変化パターンⅡは、その特異な変化から機器不調の可能性も考えられる。

#### (6) 浜岡

1995年12月に1時間程度の「縮み」の変化が1件だけあった。

#### (7) 榛原

2年～5年に1件程度、1日～5日間程度かけての「緩和的縮み」の変化があった。

## (8) 御前崎

1985年, 1987年(2件), 1992年に, 2日間～10日間程度かけての「緩和的縮み」の変化パターンⅠがあった。また, 1987年の「緩和的縮み→戻り」の変化パターンⅡは, その特異な変化から機器不調の可能性も考えられる。

## (9) 藤枝

1987年と1990年に微小な「縮み→戻り」の変化があった。藤枝は東海地域の体積歪観測点の中で最もノイズレベルの小さい地点であるため, 他の多くの観測点ではノイズレベルに埋もれてしまうような微小な歪変化も検出されている。藤枝の体積歪観測点には雨量計がないため詳細は分からないが, 歪変化の発生後しばらくしてから周辺のアメダス観測点で降水が見られることから, これらの異常変化の原因は, 局地的な降水の影響によるものである可能性が高い。

## (10) 静岡

1995年11月に1～2時間程度の微小な「縮み」の変化が2件あった。

## (11) 清水

1986年, 1987年, 1991年, 1992年, 1998年に数日間かけての「緩和的伸び」の変化があった。このうち, はじめに紹介した1998年10月の異常変化に際しては, 体積歪変化とはほぼ同時期に, 清水観測点の近くで観測された地電流データにも対応した変化が観測されており, 地下水がそれら双方に関係していたのではないかと指摘がなされている(長尾ら, 1999)。

## (12) 富士

1986年～1994年に1時間～数時間程度の「縮み」の変化が11件あった。富士も藤枝などと同様に体積歪観測点に雨量計がないため詳細は分からないが, 周辺のアメダス観測点で降水が観測された時にも, この体積歪の異常変化パターンと類似した歪変化が見られることがある。このことから, たまたま周辺のアメダス観測点では降水はなかったが, 富士観測点付近だけで局地的な降水があった可能性が考えられる。また, 富士山麓に位置することから, 伏流水のような地下水の影響も考えられる。

## (13) 土肥

調査対象期間中にはレベル2以上の異常変化はな

かった。

なお, 1986年11月の伊豆大島の噴火時に伸び変化があったが, 前述のように本調査対象からは除外している。

## (14) 石廊崎

1998年7月に数時間の「縮み」の変化が1件あった。この変化に伴う地下水位の変化は見られないことから, この観測点で1日に数回見られる地下水位変化を伴う体積歪変化(発生頻度が高いためノイズレベルに含まれているもの)とは原因が異なるものと考えられる。

## (15) 東伊豆

調査対象期間中にはレベル2以上の異常変化はなかった。

なお, 伊豆半島東方沖の群発地震活動時には縮み変化が現れることがあるが, 本調査対象からは除外している。

## (16) 網代

潮汐補正残差の影響であり明瞭ではないが, 試験観測期間中の1997年4月～11月に「緩和的縮み」の変化が6件あった。その後は見られないため, 機器設置直後の不安定によるものと見られる。

なお, 伊豆半島東方沖の群発地震活動時には伸び変化が現れることがあるが, 本調査対象からは除外している。

## 3. 2 異常変化に見られる特徴

前節ではそれぞれの観測点で見られる異常変化について個別に述べたが, これらを総合すると, 東海地域の体積歪計データの異常変化の特徴として次のことがあげられる。

## (1) 異常変化の発生頻度は観測点によって異なる

各観測点ごとの調査対象期間と異常変化の件数から異常発生頻度を求めると, 観測点によっては異常変化が10年に1件あるかないかという地点もあれば, 年に数件以上発生する地点もある(第4表参照)。

異常発生頻度の低い地点(レベル2以上の異常発生頻度が年間平均0.1件以下の地点)は, 伊良湖, 蒲郡, 藤枝, 土肥, 東伊豆である。ただし, このうち伊良湖は他の観測点に比べ調査対象期間は短い。

一方, 異常発生頻度の高い地点(レベル2以上の異常発生頻度が年間平均1.0件以上の地点)は, 三

ヶ日、天竜、川根、網代である。このうち、三ヶ日は年間10件以上と、他の地点の年間1～3件に比べて著しく多いが、これは毎年夏季に数件発生する「縮み→緩和的戻り」の三ヶ日パターンⅡの異常変化によるところが大きい。なお、前述したように、三ヶ日パターンⅡ・Ⅲおよび天竜パターンⅡは、小林・松森(1999)のノイズレベル調査の際にも検出されているが、年に数件程度の発生頻度のため、ノイズレベルからは除外されている。

その他の地点(浜岡、榛原、御前崎、静岡、清水、富士、石廊崎)でのレベル2以上の異常変化は、概ね数年に1件程度の発生頻度である。

(2) 各観測点において特有の異常変化パターンが繰り返し発生している

第4表中に示した各観測点ごとの異常変化パターン別発生件数を見ると、異常変化があった観測点のほとんどで1～2種類の特有の異常変化パターンが繰り返し発生していることがわかる。三ヶ日は例外的に5種類のパターンがあるが、件数の内訳を見るとパターンⅡとパターンⅢの2種類がほとんどを占めている。

特有の異常変化パターンが過去に4件以上発生している地点は、三ヶ日、天竜、川根、榛原、御前崎、清水、富士、網代である。

(3) いくつかの異常変化パターンはある限られた期間にだけ発生している

付録の異常変化リストから分かるように、各観測点について異常変化パターン別にその発生の時期を見ると、同じ異常変化パターンがある限られた期間にだけ発生し、その前後の期間には全く発生していない場合がある。このようなパターンは、三ヶ日パターンⅠ、天竜パターンⅠ・Ⅱ、川根パターンⅠ・Ⅱ、静岡パターンⅠ、富士パターンⅠ、網代パターンⅠである。

このうち、三ヶ日パターンⅠ(約1カ月間に2件)と網代パターンⅠ(約8カ月間に6件)は、それぞれの観測点のセンサー部更新から間もない時期に発生していることから、機器設置当初の不安定によるものと考えられる。また、川根パターンⅡ(4日間に2件)は、変化の形から見て、機器の一時的不調の可能性が高い。その他の限られた期間にだけ発生した異常変化パターンについては、その原因を推定

することは難しいが、機器の一時的不調、もしくは観測孔周辺の地盤が不安定状態にあったということも考えられる。

(4) いくつかの観測点で類似した異常変化パターンが見られる

付録の記録図から分かるように、各観測点の異常変化パターンを見比べると、異なる観測点であってもその形がよく似ているものがある。

三ヶ日パターンⅠ、浜岡パターンⅠそして静岡パターンⅠでは、ともに数時間の間に $10^8$  strainのオーダーの縮み変化が起き、その後、戻り変化もなく落ち着いてしまう点が似ている。藤枝パターンⅠ、富士パターンⅠそして網代パターンⅠもこれに近いが、藤枝は縮みのあと若干の戻りが見られること、富士は振幅が $10^7$  strainのオーダーに達する場合があること、そして網代は半日から1日程度かけて緩和的に変化が起きていることが違う。

三ヶ日パターンⅢ、天竜パターンⅠそして川根パターンⅠは、ともに数時間で伸び、そのあと1日から数日かけてゆっくりと戻る点が似ている。ただし、三ヶ日では振幅が $10^7$  strainのオーダーに達すること、天竜では直前に小さな縮みを伴うことがそれぞれ違う。

最も目を引くのは、榛原パターンⅠ、御前崎パターンⅠそして清水パターンⅠの緩和的な変化である。榛原と御前崎はともに突然縮みが始まり、それが次第に緩やかになってきて数日後には定常状態に落ち着く。この時の最終的な歪変化の総量は $10^7$  strainのオーダーに達する。清水パターンⅠも、極性は反対の「伸び」ではあるが同様の形の変化を示す。この他に、変化の戻り部分も含めて、緩和的な変化がパターンの中に含まれているものとして、三ヶ日パターンⅡ・Ⅲ・Ⅴ、天竜パターンⅠ・Ⅱそして御前崎パターンⅡがあげられる。このような緩和的な異常変化パターンについて、更に次節で若干の考察を行う。

#### 4. 緩和的な異常変化の特徴

時間とともに次第に変化が緩やかになっていく「緩和的な変化」を持つ異常変化パターンが、いくつかの観測点で共通に見られることが注目されるが、これらをよく見ると、三ヶ日パターンⅡ・Ⅲや天竜パターンⅠ・Ⅱの

ように、ある変化がピークに達したあと元の状態に戻る際の緩和的な変化である場合と、榛原パターンIなどのように、最初から緩和的な変化である場合の2種類に大別することができる。

前者の「戻りの際の緩和的な変化」は、原因となる何らかの異常状態がある一定期間続いたことで変化が進み、その後、その異常状態が解消したことによって元の定常状態に回復していく様子を示しているのではないかと考えられる。停電等によって体積歪計のシリコンオイルを暖めているヒーターが切れると、ペローズ（体積歪計内部に充填したシリコンオイルのレベル変化を検出するための蛇腹状の筒）内のシリコンオイルが冷えて収縮するため、見かけ上の伸び変化が起こり、その後ヒーターが回復すると緩和的な戻りの縮み変化が生じるが、その時の変化の形が前者の緩和的な変化によく似ていることもこの推察を支持する。

一方、後者の「最初からの緩和的な変化」は、ひとつの定常状態がある時点で別の定常状態に移行したことに追隨した変化を示しているのではないかとと思われる。

そこで、いくつかの観測点で共通して見られる、こうした緩和的な変化の間に何らかの関係があるかどうかを調べるために、「最初からの緩和的な変化」である三ヶ日パターンV、榛原パターンI、御前崎パターンI、清水パタ

ーンIそして網代パターンIの事例（ただし、御前崎パターンIIは機器不調の可能性が考えられるため除いた）について、それぞれの緩和的な変化の部分に指数関数曲線を当てはめ、その全体の変化量にあたる振幅  $|a|$  ( $a > 0$  の場合は伸び変化を、 $a < 0$  の場合は縮み変化を意味する) と、変化開始からの変化量が全体の  $1 - (1/e) = 63%$  ( $e$  は自然対数の底) に達するまでの時間にあたる緩和時間  $\tau$  (時定数とも呼ばれる) を求めた。一例として、1998年10月の清水の体積歪変化に指数関数曲線を当てはめたものを第4図に示す。また、第5図には振幅  $|a|$  と緩和時間  $\tau$  の関係をプロットしたものを示す。第5図を見ると、ほぼ右上がりの直線に乗る、振幅に比例して緩和時間が大きくなっていることがわかる。このことは、振幅の小さな変化は短時間で収束し、振幅の大きな変化は長時間継続する傾向があること、また、振幅が同程度ならば、変化の形は観測点や伸び・縮みの極性によらずほぼ相似であることを示している。これは、各観測点の緩和的な変化の原因に共通性があることを示唆する。ただし、網代パターンIの変化は直線からやや外れたところにプロットされている。このことは、網代で発生する緩和的な変化が他の観測点で見られる緩和的な変化と原因を異にすることを示すものかも知れない。

清水 体積歪 1998/10/11 16:00 - 1998/10/16 16:00

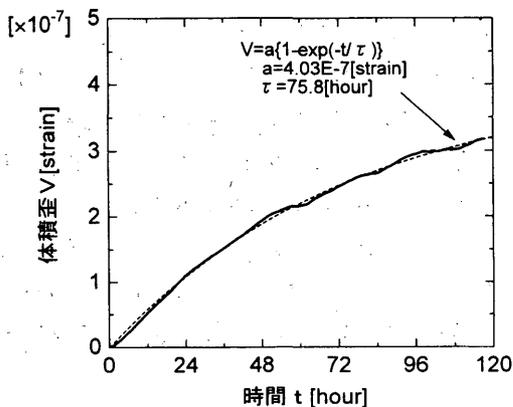


Fig. 4 An example of the exponential function curve (dashes) fitting to the anomalous volumetric strain changes (solid line) observed at the Shimizu station in October 1998 (cf. Fig.1). The value for "a" means the amplitude of the fitted exponential function curve, and the value for "τ" means the relaxation time.

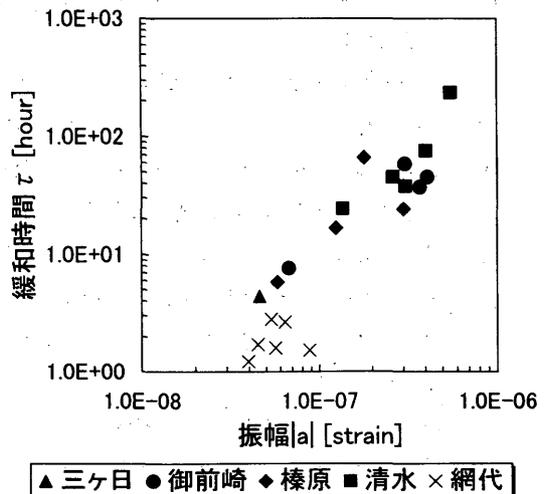


Fig. 5 Relation between absolute amplitudes ( $|a|$ ) and relaxation times ( $\tau$ ) when exponential functions are fitted to anomalous changes that decrease gradually. Each mark represents a station at Mikkabi (▲), Omaezaki (●), Haibara (◆), Shimizu (■), and Ajiro (×).

## 5. まとめ

1998年4月の地震防災対策強化地域判定会招集要請基準の改正に伴い、それ以前の期間も含めた東海地域16観測点の体積歪データについて新基準に基づく異常変化の検出を行い、その原因が明らかでないものを異常変化リストとしてまとめた。また、異常変化の立ち上がり方や減衰の仕方に注目して、異常変化の形をいくつかの異常変化パターンとして定性的に分類した。

その結果、東海地域の体積歪データ異常変化の特徴として次のことが明らかとなった。

- ① 異常変化の発生頻度は観測点によって異なる
- ② 各観測点において特有の異常変化パターンが繰り返し発生している
- ③ いくつかの異常変化パターンはある限られた期間にだけ発生している
- ④ いくつかの観測点で類似した異常変化パターンが見られる

更に、いくつかの観測点で共通して見られる異常変化パターンのうち、変化の開始から終了までが指数関数曲線で近似できるような緩和的な変化について解析したところ、変化の振幅と緩和時間がほぼ比例関係にあることが分かった。このことから、このような緩和的な変化を持つ異常変化には何らかの共通した原因があることが示唆される。

本調査でリストアップした体積歪の異常変化は、いずれもその原因はまだ明らかになっていない。しかし、三ヶ日観測点で毎年夏に繰り返し発生する異常変化については、これに同期した地下水位変化が見られること(竹中・吉田, 2000)、また、清水観測点で1998年10月に発生した異常変化に際しては、ほぼ同時期にその近くの地点で地電流の変化が観測されていること(長尾ら, 1999)などから、体積歪異常変化の原因のひとつとして地下水の影響が考えられる。

いずれにしても、このような体積歪の異常変化の多くは、観測点近傍での局所的な応力の変化を反映したものであると見られることから、今後、地下水や電磁気観測等のデータも参考にしながら、その原因を明らかにすべく調査を進めていきたい。

## 謝 辞

本調査は、1998～1999年度の地震防災対策強化地域判定会委員打ち合わせ会、および1999年地球惑星関連学

会合同大会(竹中ら, 1999)において報告したものをとりまとめたものである。本調査で使用した観測データは、気象庁地震火山部地震予知情報課諸氏によって永年得られてきた貴重なものである。体積歪データの特性やその見方については、地震予知情報課解析係長(現東京管区気象台総務部業務課調査官)の小久保一哉氏に多くの助言をいただいた。本調査で用いた手法の開発は、地震予知情報課プログラムの松森敏幸氏および地震予知情報課地殻変動調査係長(現気象研究所地震火山研究部第三研究室主任研究官)の小林昭夫氏によるところが大きい。また、匿名の査読者3名の方々には、有益なご指摘を数多くいただいた。併せて深く感謝する。

## 文 献

- 気象庁(1998a)：東海地震の予知に関わる地震防災対策強化地域判定会の招集要請基準の改正，平成10年度版今日の気象業務，7。
- 気象庁(1998b)：体積歪のノイズレベル調査(その8)，第153回(平成10年度第2回)地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会気象庁資料別紙2，6-9。
- 小林昭夫・松森敏幸(1999)：埋込式体積歪計のノイズレベル調査及び異常監視処理，*験震時報*，62，17-41。
- 小林昭夫(2000)：体積歪観測網による東海地震の前兆すべりの検知能力，*験震時報*，63，17-33。
- 竹中 潤・宮越憲明・吉田明夫(1999)：東海地域体積歪観測点のノイズレベルを越える異常変化，1999年地球惑星関連学会合同大会予稿集，Dd-010。
- 竹中 潤・吉田明夫(2000)：三ヶ日体積歪観測点における歪み変化と地下水位変化の関係，2000年地球惑星関連学会合同大会予稿集，Da-018。
- 長尾年恭・濱田剛二・山口 透・佐柳敬造・高橋一郎・工藤 健・吉野千恵・上田誠也(1999)：座標回転処理による地電流データのノイズ除去，1999年地球惑星関連学会合同大会予稿集，Sj-009。

APPENDIX : Lists and records of anomalous change patterns observed with volumetric strainmeters in the Tokai region.

For example, "1.0E-7" represents "1.0×10<sup>-7</sup>" in the lists and the figures.

In the lists, "Level 2" means 1.2 times the amplitude of strain for the noise level (from differential data for 3 hours) or 1.8 times (from differential data for 24 hours) that level, while "Level 3" means 2 times that level. "R" means with precipitation.

The events marked with a black circle (●) in the list are illustrated in the figures.

The observation stations for precipitation as written below the list are references to judge conditions for precipitation terms.

In the figures, numbers after component names mean dates at the top of records. Records are shown for 1 week, and the start time for every anomalous change occurs on about the third day.

"Values [strain/day]" represents the corrected trend for volumetric strain. For example, "-2.88E-8 [strain/day]" indicates a trend of  $-2.88 \times 10^{-8}$  [strain/day] reduction from original data.

In the figures, arrows indicate start times for anomalous changes in volumetric strain.

(1) 伊良湖 (Iraiko)

調査対象期間 : 1997/07/01~1998/11/30

トレンド : -8.520E-09 strain/day

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
-	-	-	-	-	-	-	(該当なし)

アメダス降水観測点 : 伊良湖

(2) 蒲郡 (Gamagori)

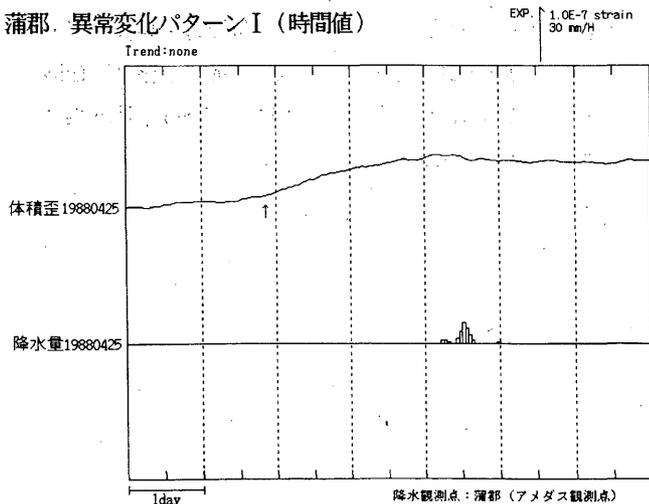
調査対象期間 : 1984/08/01~1998/11/30

トレンド : なし

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	-	-	-	1988/04/27 20:00	0 02:00	2	I) ゆっくりとした伸び

アメダス降水観測点 : 蒲郡

蒲郡. 異常変化パターンI (時間値)



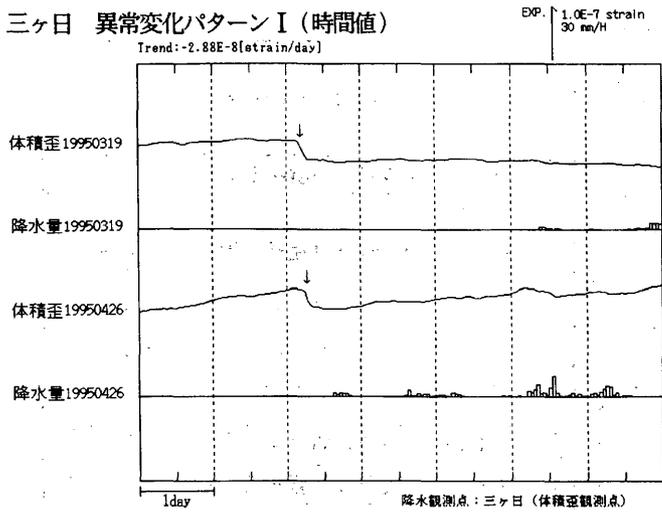
## (3) ミヶ日(Mikkabi)

調査対象期間：1995/03/01～1998/11/30 トレンド：-2.88E-08 strain/day

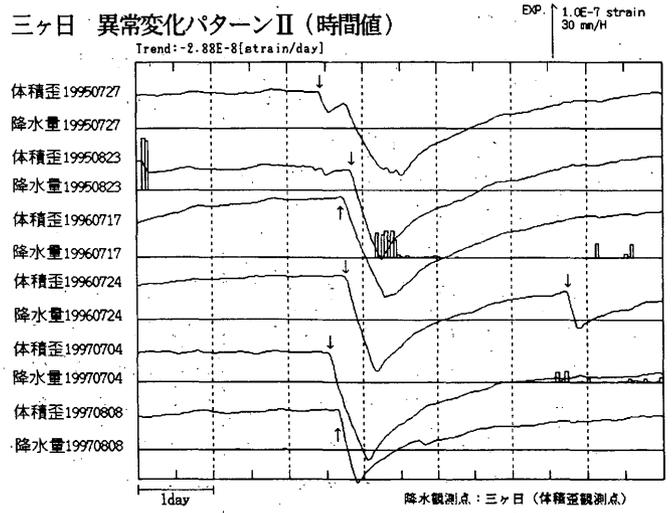
No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1995/03/21 06:00	0 03:00	3	—	—	—	I) 縮み (設置当初の機器不安定?)
● 2	1995/04/28 07:00	0 03:00	3	—	—	—	"
● 3	1995/07/29 12:00	0 19:00	3	1995/07/29 21:00	2 03:00	3	II) 縮み→緩和的戻り (夏季の典型的パターン)
4	1995/08/03 22:00	0 16:00	3	1995/08/04 01:00	1 14:00	3	"
5	1995/08/11 18:00	2 02:00	3	1995/08/13 01:00	2 00:00	3	"
6	1995/08/20 15:00	0 04:00	3	1995/08/20 17:00	0 03:00	3	"
● 7	1995/08/25 22:00	0 18:00	3	1995/08/25 23:00	1 23:00	3	"
8	1996/06/04 12:00	0 04:00	3	1996/06/04 12:00	0 01:00	2	III) 急激な伸び→緩和的戻り
9	1996/07/13 09:00	1 09:00	3	1996/07/13 13:00	2 14:00	3	II) 縮み→緩和的戻り (夏季の典型的パターン)
10	1996/07/16 20:00	0 02:00	3	—	—	—	"
● 11	1996/07/19 19:00	1 01:00	3	1996/07/19 22:00	0 06:00	3	"
● 12	1996/07/26 20:00	0 15:00	3	1996/07/26 21:00	1 19:00	3	"
● 13	1996/07/29 19:00	0 04:00	3	—	—	—	"
14	1996/08/01 22:00	0 22:00	3	1996/08/02 00:00	1 17:00	3	"
15	1996/08/08 22:00	0 11:00	3	1996/08/08 23:00	1 15:00	3	"
16	1996/08/11 19:00	1 00:00	3	1996/08/11 23:00	2 00:00	3	"
● 17	1996/10/26 00:00	0 05:00	3	1996/10/26 00:00	1 01:00	3	III) 急激な伸び→緩和的戻り
● 18	1997/01/06 10:00	0 03:00	2	—	—	—	IV) 伸び
● 19	1997/02/12 03:00	0 06:00	3	1997/02/12 03:00	1 01:00	3	III) 急激な伸び→緩和的戻り
● 20	1997/06/01 13:00	0 10:00	3	1997/06/01 13:00	1 01:00	3	"
● 21	1997/07/06 14:00	0 20:00	3	1997/07/06 16:00	1 23:00	3	II) 縮み→緩和的戻り (夏季の典型的パターン)
22	1997/07/19 15:00	1 10:00	3	1997/07/20 12:00	1 17:00	3	"
● 23	1997/07/23 17:00	0 04:00	3	1997/07/23 18:00	0 09:00	2	IV) 伸び
24	1997/07/31 17:00	0 09:00	3	1997/07/31 19:00	1 12:00	3	II) 縮み→緩和的戻り (夏季の典型的パターン)
25	1997/08/02 16:00	0 02:00	3	1997/08/03 17:00	0 01:00	2	"
● 26	1997/08/10 17:00	0 10:00	3	1997/08/10 19:00	1 07:00	3	"
● 27	1997/08/17 08:00	1 05:00	3	1997/08/17 08:00	1 02:00	3	III) 急激な伸び→緩和的戻り
● 28	1997/12/01 01:00	0 03:00	2	—	—	—	V) 緩和的伸び (降水後の戻り?)
● 29	1997/12/20 01:00	0 06:00	3	—	—	—	III) 急激な伸び→緩和的戻り
● 30	1998/03/07 01:00	0 01:00	2	—	—	—	IV) 伸び
● 31	1998/04/10 07:00	0 03:00	3	—	—	—	"
● 32	1998/05/19 07:00	0 05:00	3	—	—	—	III) 急激な伸び→緩和的戻り
33	1998/06/14 02:00	1 22:00	3	—	—	—	"
34	1998/07/04 14:00	1 03:00	2	1998/07/05 13:00	0 18:00	3	II) 縮み→緩和的戻り (夏季の典型的パターン)
35	1998/07/19 10:00	0 04:00	3	—	—	—	"
36	1998/07/22 07:00	2 04:00	3	1998/07/22 09:00	1 16:00	3	"
37	1998/08/01 11:00	0 11:00	3	1998/08/01 13:00	1 10:00	3	"
38	1998/08/10 22:00	0 16:00	3	1998/08/10 23:00	2 01:00	3	"
39	1998/08/13 12:00	0 01:00	2	—	—	—	"
40	1998/08/19 22:00	0 21:00	3	1998/08/19 23:00	2 08:00	3	"

アメダス降水観測点：ミヶ日

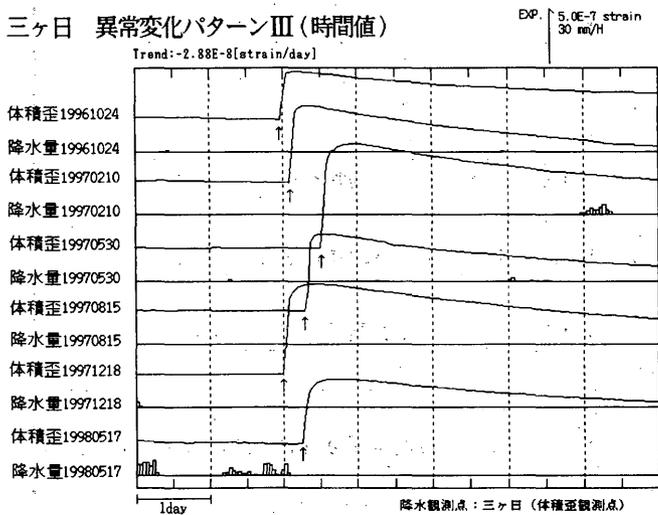
三ヶ日 異常変化パターンⅠ (時間値)



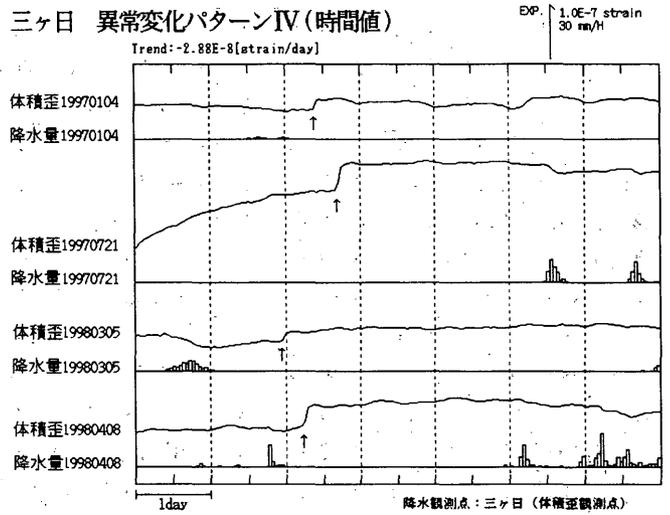
三ヶ日 異常変化パターンⅡ (時間値)



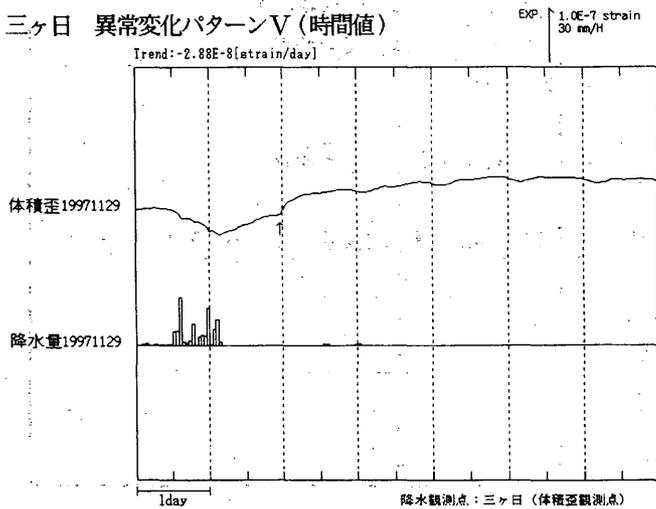
三ヶ日 異常変化パターンⅢ (時間値)



三ヶ日 異常変化パターンⅣ (時間値)



三ヶ日 異常変化パターンⅤ (時間値)



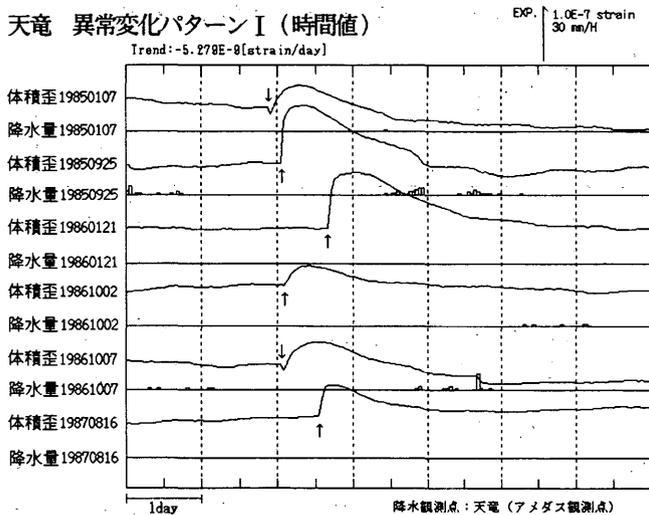
(4) 天竜(Tenryu)

調査対象期間：1984/08/01~1998/11/30 トレンド：-5.279E-09 strain/day

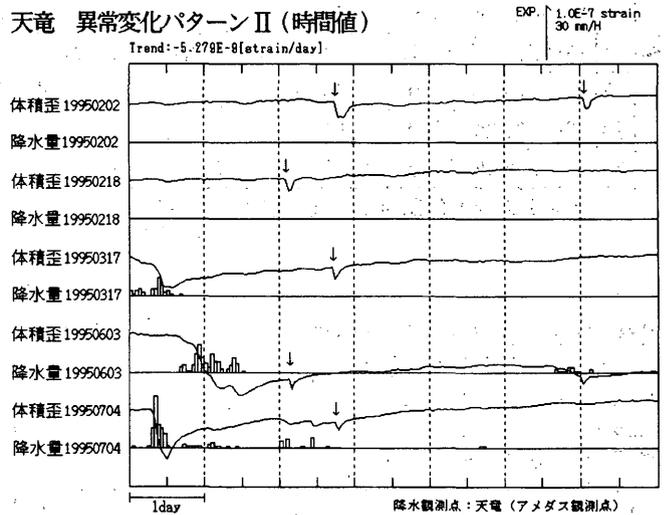
No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
1	1985/01/05 04:00	0 05:00	3	1985/01/05 05:00	1 17:00	3	I) 縮み→緩和的伸び→緩和的戻り
2	1985/01/09 00:00	0 04:00	3	1985/01/10 06:00	0 03:00	3	"
3	1985/09/27 02:00	0 04:00	3	1985/09/27 13:00	0 21:00	3	"
4	1986/01/23 17:00	0 04:00	3	1986/01/23 17:00	2 02:00	3	"
5	1986/10/04 04:00	0 03:00	2	-	-	-	"
6	1986/10/09 05:00	0 02:00	3	-	-	-	"
7	1987/08/18 14:00	0 04:00	3	1987/08/18 15:00	0 12:00	3	"
8	1987/10/20 22:00	0 03:00	3	1987/10/21 00:00	0 04:00	2	"
9	1995/02/04 19:00	0 06:00	3	-	-	-	II) 縮み→緩和的戻り
10	1995/02/08 02:00	0 05:00	2	-	-	-	"
11	1995/02/20 03:00	0 05:00	2	-	-	-	"
12	1995/03/19 18:00	0 04:00	2	-	-	-	"
13	1995/06/05 07:00	0 01:00	2	-	-	-	"
14	1995/07/06 22:00	0 01:00	2	-	-	-	"
15	1995/07/25 19:00	0 01:00	2	-	-	-	"

アメダス降水観測点：天竜、三倉

天竜 異常変化パターン I (時間値)



天竜 異常変化パターン II (時間値)



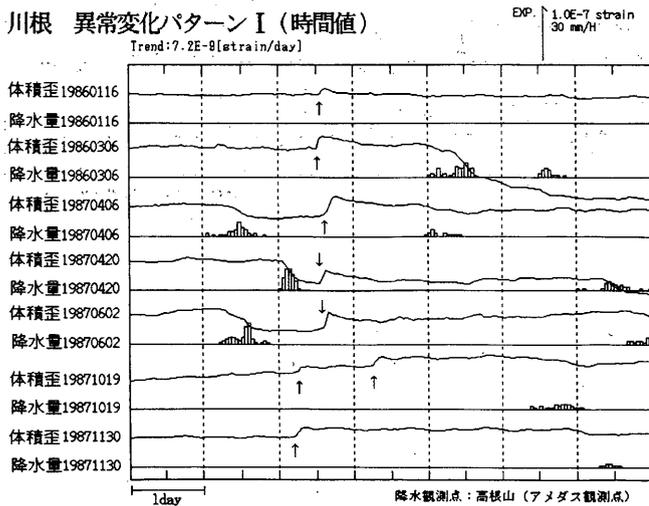
(5) 川根 (Kawane)

調査対象期間 : 1984/08/01~1998/11/30 トレンド : 7.200E-09 strain/day

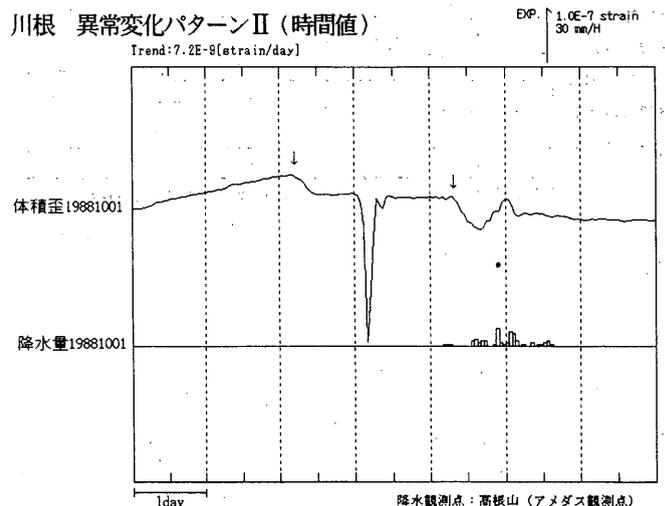
No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
1	1985/04/09 14:00	0 01:00	2	-	-	-	I) 伸び→戻り
2	1985/05/26 16:00	0 02:00	2 R	-	-	-	"
3	1985/09/02 17:00	0 03:00	3	-	-	-	"
4	1986/01/18 15:00	0 02:00	2	-	-	-	"
5	1986/03/01 22:00	0 01:00	2	-	-	-	"
6	1986/03/08 13:00	0 03:00	3	-	-	-	"
7	1986/03/24 19:00	0 05:00	3	-	-	-	"
8	1987/04/08 16:00	0 04:00	3	-	-	-	"
9	1987/04/22 15:00	0 02:00	2 R	-	-	-	"
10	1987/05/20 16:00	0 04:00	3	-	-	-	"
11	1987/05/24 17:00	0 03:00	2	-	-	-	"
12	1987/06/04 15:00	0 04:00	3	-	-	-	"
13	1987/07/08 18:00	0 01:00	2	-	-	-	"
14	1987/07/15 15:00	0 02:00	2 R	-	-	-	"
15	1987/07/21 14:00	0 02:00	2	-	-	-	"
16	1987/10/01 17:00	0 01:00	2	-	-	-	"
17	1987/10/21 07:00	0 01:00	2	-	-	-	"
18	1987/10/22 07:00	0 03:00	3	-	-	-	"
19	1987/12/02 07:00	0 02:00	3	-	-	-	"
20	1988/10/03 08:00	1 05:00	3	1988/10/04 03:00	0 04:00	3	II) 縮み→戻り→縮み→戻り (機器不調の可能性あり)
21	1988/10/05 19:00	0 07:00	2 R	1988/10/05 04:00	0 03:00	2 R	"
22	1988/10/11 04:00	0 06:00	3	1988/10/11 05:00	0 21:00	3	I) 伸び→戻り
23	1989/01/30 17:00	0 01:00	2	-	-	-	"
24	1990/02/20 16:00	0 03:00	2 R	-	-	-	"

アメダス降水観測点 : 三倉、越木平、高根山

川根 異常変化パターン I (時間値)



川根 異常変化パターン II (時間値)



(6) 浜岡 (Hamaoka)

調査対象期間：1993/01/28~1998/11/30 トレンド：-2.559E-08 strain/day

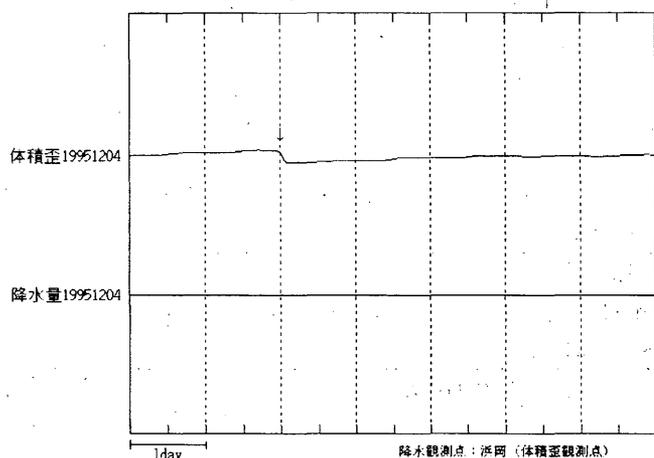
No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1995/12/06 01:00	0 03:00	3	-	-	-	I) 縮み

アメダス降水観測点：御前崎、牧ノ原

浜岡 異常変化パターン I (時間値)

EXP. 1.0E-7 strain  
30 mm/H

Trend: -2.558E-8 [strain/day]



(7) 榛原 (Haibara)

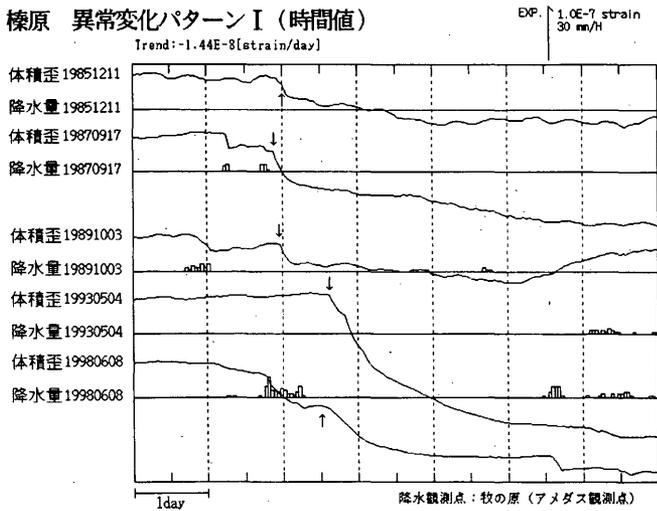
調査対象期間：1984/08/01~1998/11/30

トレンド：-1.411E-08 strain/day

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1985/12/13 01:00	0 03:00	2	1985/12/13 09:00	0 16:00	3	I) 緩和的縮み
● 2	1987/09/19 00:00	0 03:00	3	-	-	-	"
● 3	1989/10/05 01:00	0 02:00	2	-	-	-	"
● 4	1993/05/06 17:00	0 14:00	3	1993/05/06 21:00	2 03:00	3	"
● 5	1998/06/10 18:00	0 01:00	2	-	-	-	"

アメダス降水観測点：牧ノ原

榛原 異常変化パターン I (時間値)



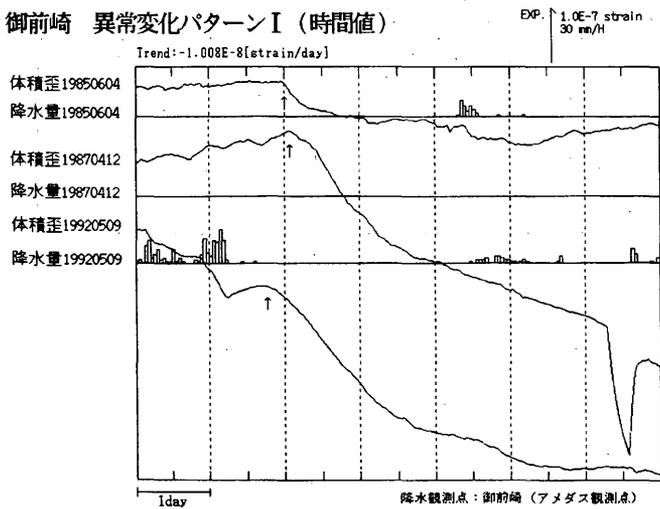
(8) 御前崎 (Omaezaki)

調査対象期間: 1984/08/01~1998/11/30 トレンド: -1.008E-08 strain/day

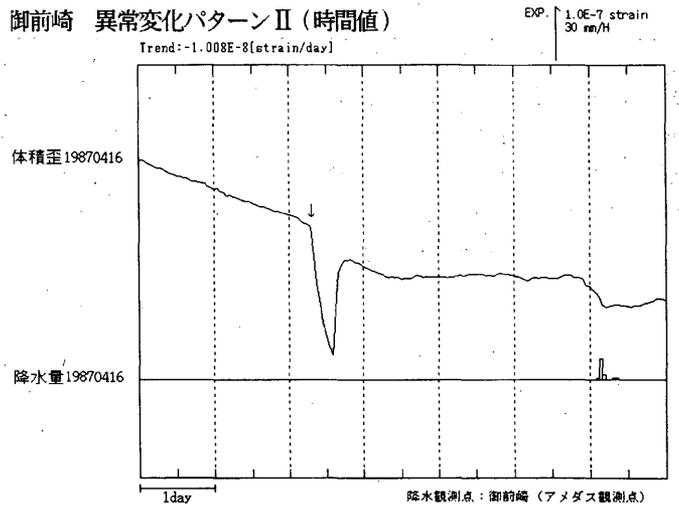
No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1985/06/06 03:00	0 01:00	2	—	—	—	I) 緩和的縮み
● 2	1987/01/10 22:00	0 04:00	2	1987/01/10 21:00	1 03:00	3	"
● 3	1987/04/14 11:00	0 14:00	3	1987/04/14 13:00	1 23:00	3	"
● 4	1987/04/18 08:00	0 12:00	3	1987/04/18 08:00	1 07:00	3	II) 緩和的縮み→戻り (機器不調の可能性あり)
● 5	1992/05/11 10:00	0 17:00	2	1992/05/11 21:00	1 06:00	3	I) 緩和的縮み

アメダス降水観測点: 御前崎、牧ノ原

御前崎 異常変化パターン I (時間値)



御前崎 異常変化パターン II (時間値)



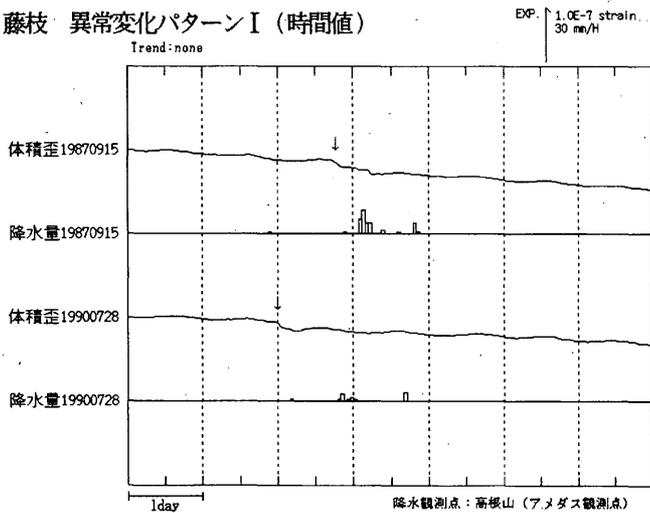
(9) 藤枝(Fujieda)

調査対象期間：1984/08/01～1998/11/30 トレンド：-8.1526E-09 strain/day

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1987/09/17 20:00	0 01:00	2	—	—	—	I) 縮み→戻り (局地的な降水の影響?)
● 2	1990/07/30 02:00	0 02:00	2	—	—	—	〃

アメダス降水観測点：高根山、牧ノ原、静岡

藤枝 異常変化パターンI (時間値)



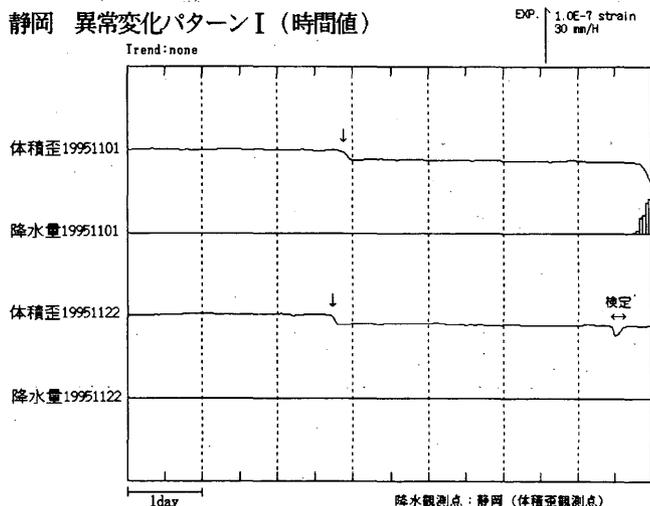
(10) 静岡(Shizuoka)

調査対象期間：1993/08/01～1998/11/30 トレンド：なし

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1995/11/03 23:00	0 01:00	2	—	—	—	I) 縮み
● 2	1995/11/24 19:00	0 03:00	2	—	—	—	〃

アメダス降水観測点：静岡

静岡 異常変化パターンI (時間値)



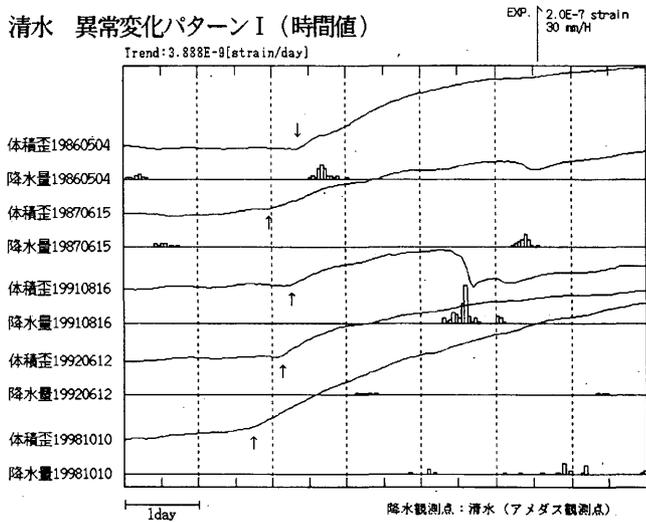
(11) 清水(Shimizu)

調査対象期間：1984/08/01~1998/11/30 トレンド：3.888E-09 strain/day

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1986/05/06 11:00	0 01:00	2	—	—	—	I) 緩和的伸び
● 2	1987/06/17 12:00	0 03:00	2	1987/06/17 20:00	1 15:00	3	''
● 3	1991/08/18 10:00	0 05:00	2	1991/08/18 15:00	0 22:00	3	''
● 4	1992/06/14 05:00	0 10:00	2	1992/06/14 08:00	0 19:00	3	''
● 5	1998/10/11 20:00	0 22:00	2	1998/10/11 21:00	1 23:00	3	''

アメダス降水観測点：清水、静岡、吉原

清水 異常変化パターンI (時間値)



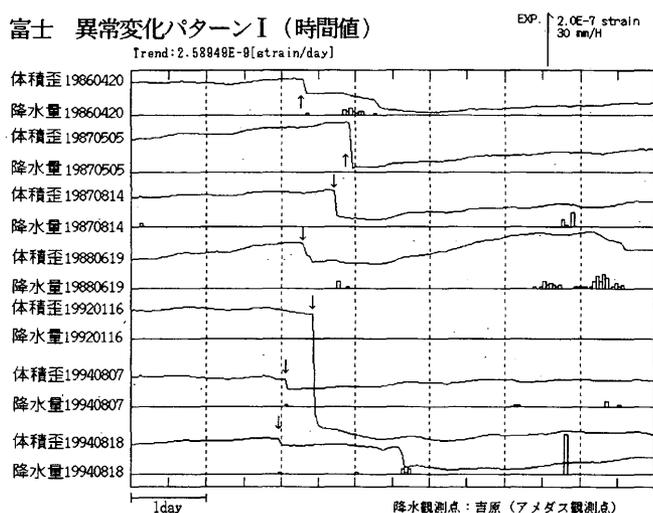
(12) 富士(Fuji)

調査対象期間：1984/08/01~1998/11/30 トレンド：2.5849E-09 strain/day

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
1	1986/04/07 04:00	0 03:00	3	—	—	—	I) 縮み
● 2	1986/04/22 08:00	0 03:00	3	—	—	—	''
● 3	1987/05/07 23:00	0 03:00	3	1987/05/07 23:00	1 00:00	3	''
● 4	1987/08/16 18:00	0 03:00	3	1987/08/17 13:00	0 01:00	2	''
● 5	1988/06/21 08:00	0 05:00	3	—	—	—	''
6	1991/10/04 00:00	0 04:00	3	—	—	—	''
7	1991/10/16 21:00	0 05:00	3	1991/10/16 21:00	0 15:00	3	''
8	1991/10/26 07:00	0 03:00	3	—	—	—	''
● 9	1992/01/18 11:00	0 05:00	3	1992/01/18 11:00	1 01:00	3	''
● 10	1994/08/09 02:00	0 03:00	3	—	—	—	''
● 11	1994/08/20 00:00	0 03:00	3	—	—	—	''

アメダス降水観測点：吉原、清水、白糸

富士 異常変化パターンI (時間値)



(13) 土肥 (Toi)

調査対象期間: 1984/08/01~1998/11/30

トレンド: なし

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
-	-	-	-	-	-	-	(該当なし)

アメダス降水観測点: 土肥

(14) 石廊崎 (Irozaki)

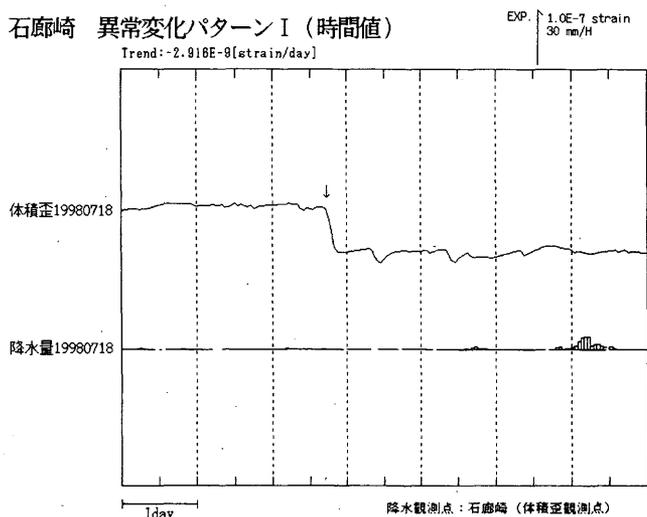
調査対象期間: 1996/06/01~1998/11/30

トレンド: -2.916E-09 strain/day

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1998/07/20 20:00	0 02:00	2	1998/07/20 22:00	0 17:00	3	I) 縮み

アメダス降水観測点: 石廊崎、稲取

石廊崎 異常変化パターンI (時間値)



(15) 東伊豆 (Higashi-izu)

調査対象期間①：1991/10/01～1992/02/29トレンド：-6.6E-08 strain/day

調査対象期間②：1992/03/01～1994/06/30トレンド：-7.3E-08 strain/day

調査対象期間③：1994/07/01～1998/11/30トレンド：-5.0E-08 strain/day

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
-	-	-	-	-	-	-	(該当なし)

アメダス降水観測点：稲取

(16) 網代 (Ajiro)

調査対象期間：1997/01/01～1998/11/30トレンド：1.900E-08 strain/day

No.	3時間階差変化 (レベル2以上)			24時間階差変化 (レベル2以上)			変化のパターン
	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	開始時刻	継続時間 d hh:mm	最大 レベル	
● 1	1997/04/01 15:00	0 04:00	3	1997/04/01 16:00	0 23:00	3	I) 緩和的縮み
● 2	1997/04/26 09:00	0 04:00	2	-	-	-	"
● 3	1997/05/18 12:00	0 02:00	2	-	-	-	"
● 4	1997/06/21 11:00	0 03:00	3	-	-	-	"
● 5	1997/07/07 14:00	0 03:00	2	-	-	-	"
● 6	1997/11/12 04:00	0 03:00	2	1997/11/12 14:00	0 01:00	2	"

アメダス降水観測点：網代、三島

網代 異常変化パターン I (時間値)

