

第 365 回
地震防災対策強化地域判定会

気 象 庁 資 料



平成 28 年 9 月 26 日

国立研究開発法人防災科学技術研究所、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国土地理院、国立研究開発法人海洋研究開発機構、青森県、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所及び気象庁のデータを用いて作成している。

また、2016 年熊本地震緊急観測グループのオンライン臨時観測点（河原、熊野座）、米国大学間地震学研究連合（IRIS）の観測点（台北、玉峰、寧安橋、玉里、台東）のデータを用いて作成している。

以下の資料は暫定であり、後日の調査で変更されることがあります。

目次

定例資料

1. 地震活動概況 P. 1-7
2. 注目すべき地震・地殻活動 P. 8-10
3. 活動指数 P. 11-15
4. 静穏化・活発化領域の抽出 P. 16-17
5. 領域別地震活動 P. 18-27
6. ひずみ計による地殻変動観測 P. 28-58
7. GNSS による面的地殻変動監視 P. 59-68
8. 東海・東南海地域の海底津波計記録の長期変化 P. 69
9. ひずみ変化量から推定した長期的ゆっくりすべり P. 70-71

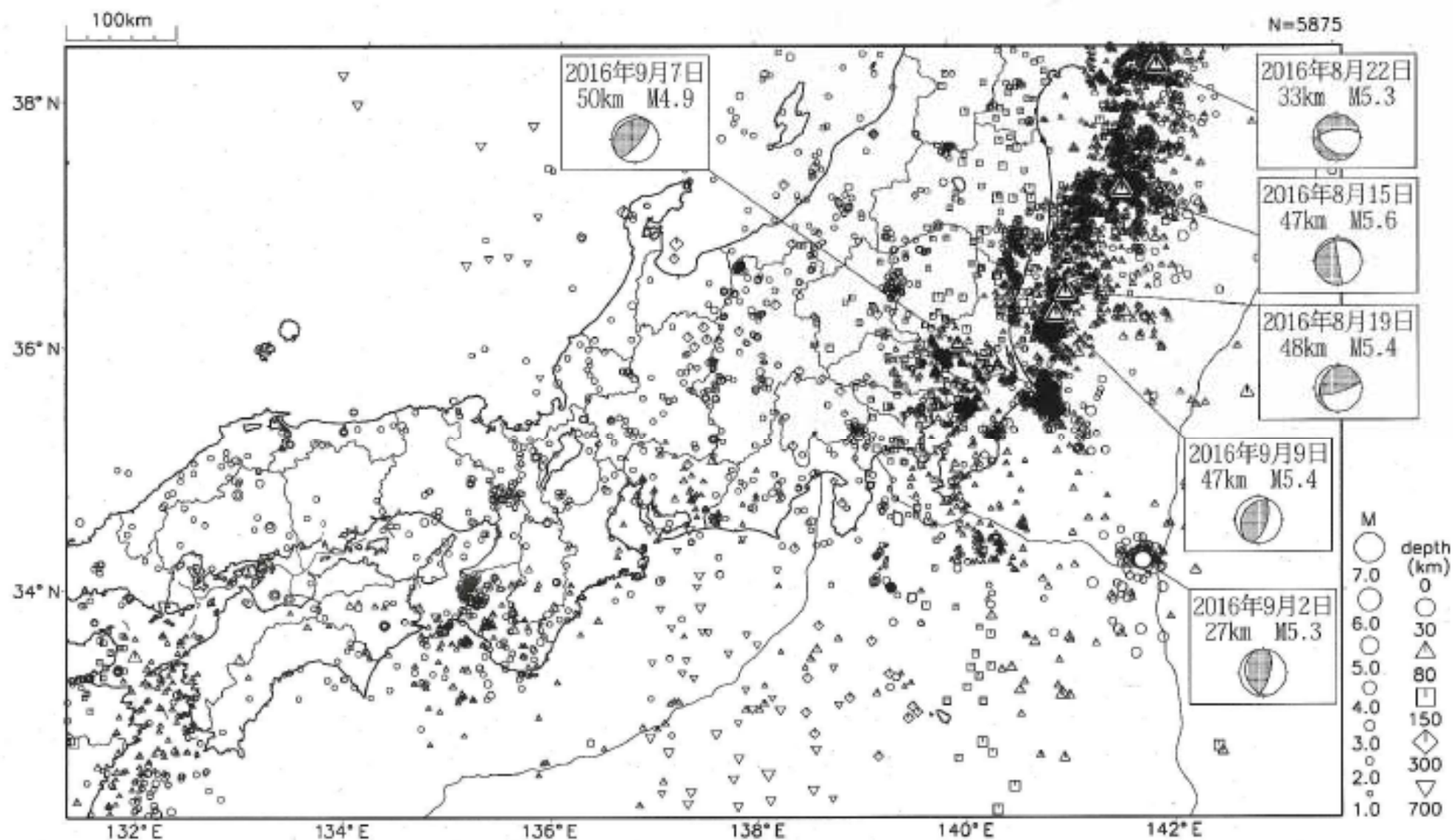
平成 28 年 8 月 1 日～平成 28 年 9 月 19 日の主な地震活動

- 想定震源域およびその周辺； $M \geq 3.0$ または震度 1 以上を観測した地震
特に目立った活動はなかった。

※ 深部低周波地震（微動）活動

- ・ 8 月 1 日から 5 日にかけて、愛知県西部を震央とする深部低周波地震を観測した。
- ・ 8 月 12 日から 15 日に、奈良県を震央とする深部低周波地震を観測した。
- ・ 8 月 20 日から 23 日、9 月 6 日に、三重県中部を震央とする深部低周波地震を観測した。
- ・ 9 月 17 日から 19 日に、愛知県東部を震央とする深部低周波地震を観測した。

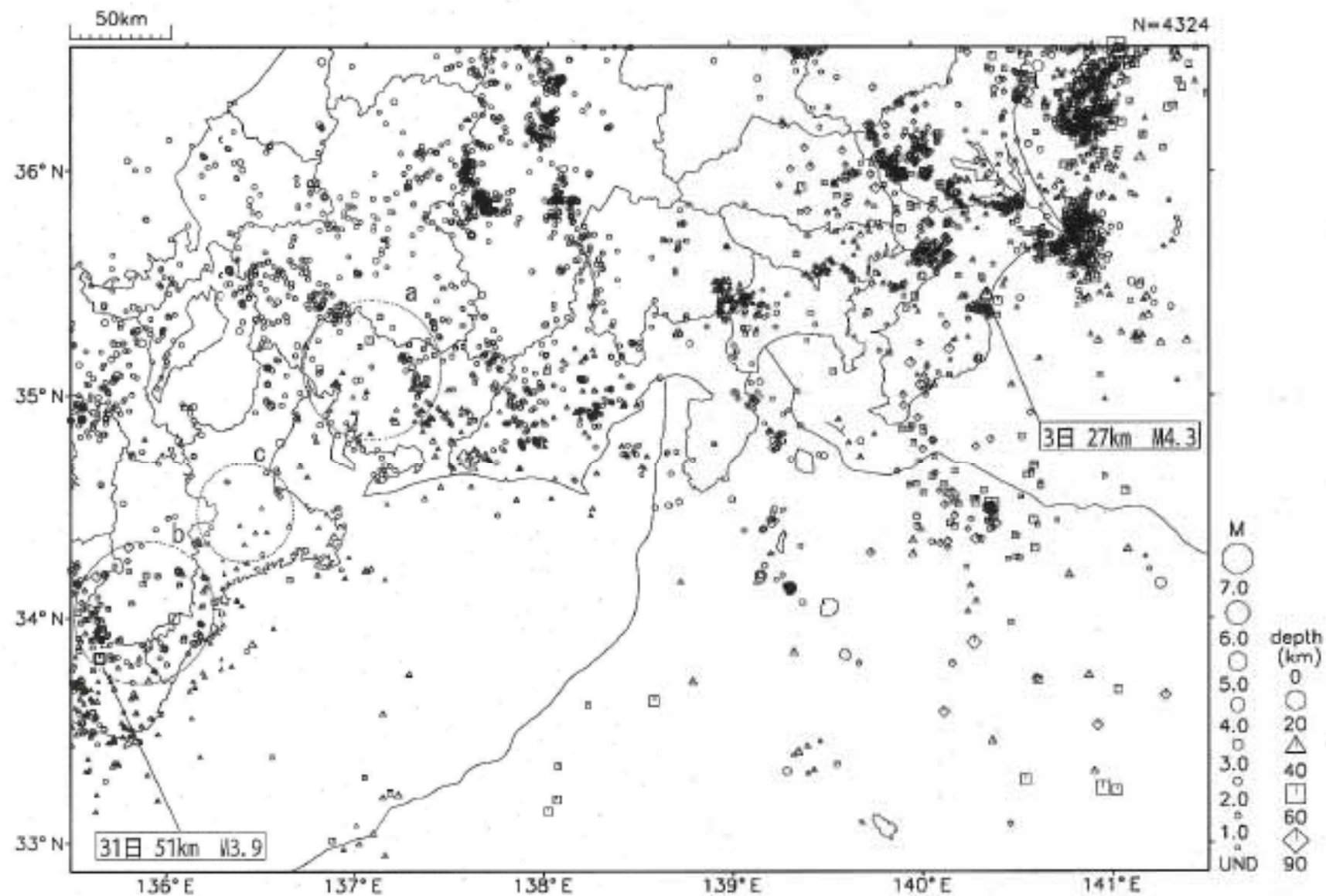
東海地方とその周辺の広域地震活動 2016年8月1日～9月19日



図中の吹き出しは、陸域M4.5以上・海域M5.0以上とその他の主な地震

気象庁作成

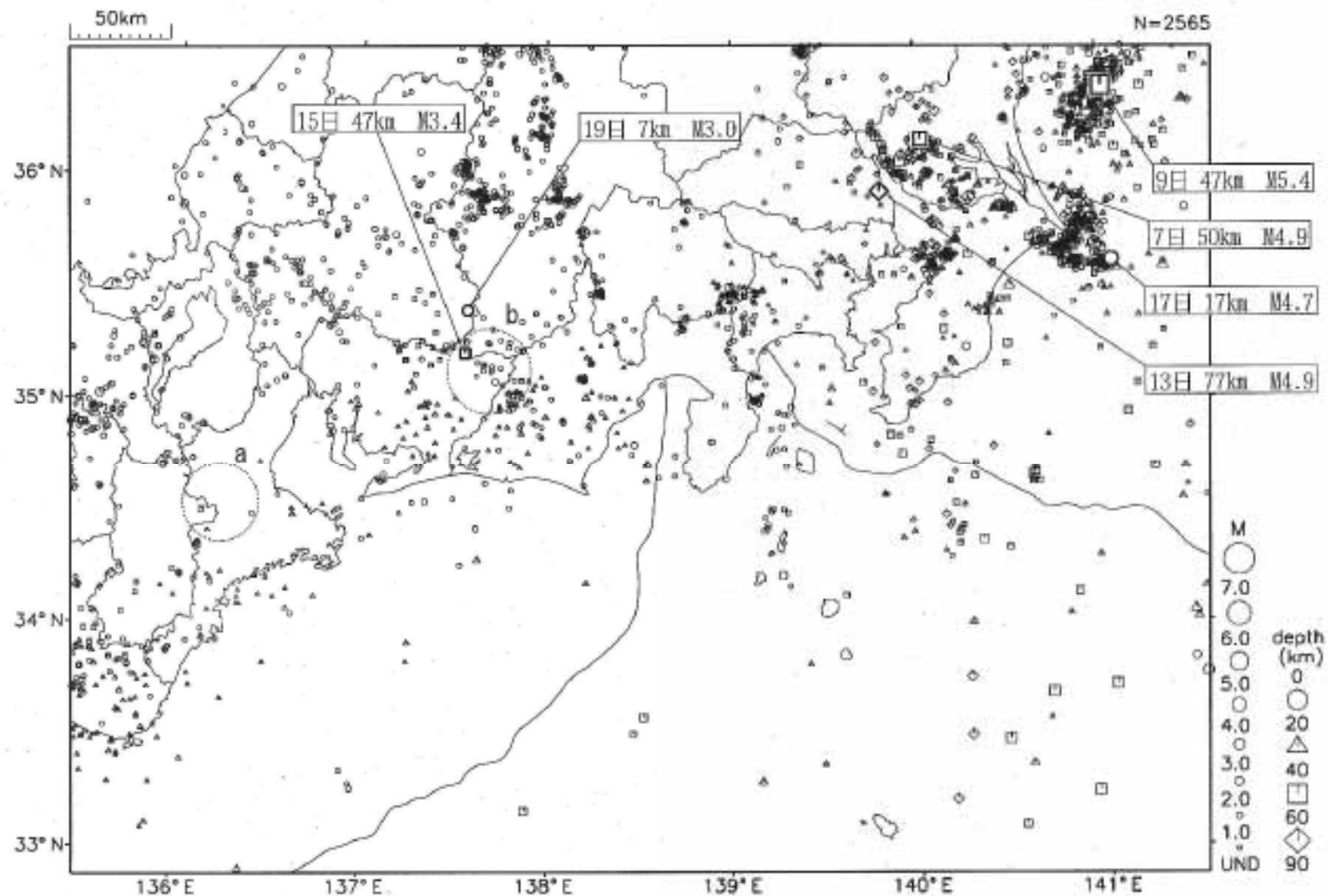
東海・南関東地域の地震活動 2016年8月(1日~31日)



精度良く震源決定された地震のみを表示している。
 1日から5日に、愛知県西部(領域a)を震央とする深部低周波地震を観測した。
 12日から15日に、奈良県(領域b)を震央とする深部低周波地震を観測した。
 20日から23日に、三重県中部(領域c)を震央とする深部低周波地震を観測した。

気象庁作成

東海・南関東地域の地震活動 2016年9月 (1日～19日)



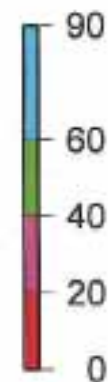
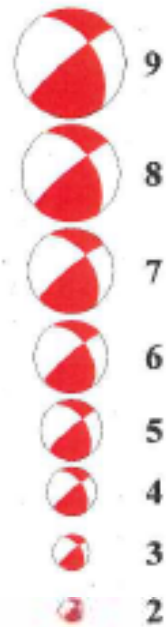
精度良く震源決定された地震のみを表示している。
 6日に、三重県中部（領域a）を震央とする深部近周波地震を観測した。
 17日から19日に、愛知県東部（領域b）を震央とする浅部低周波地震を観測した。

気象庁作成

東海・南関東地域の発震機構解 (1)

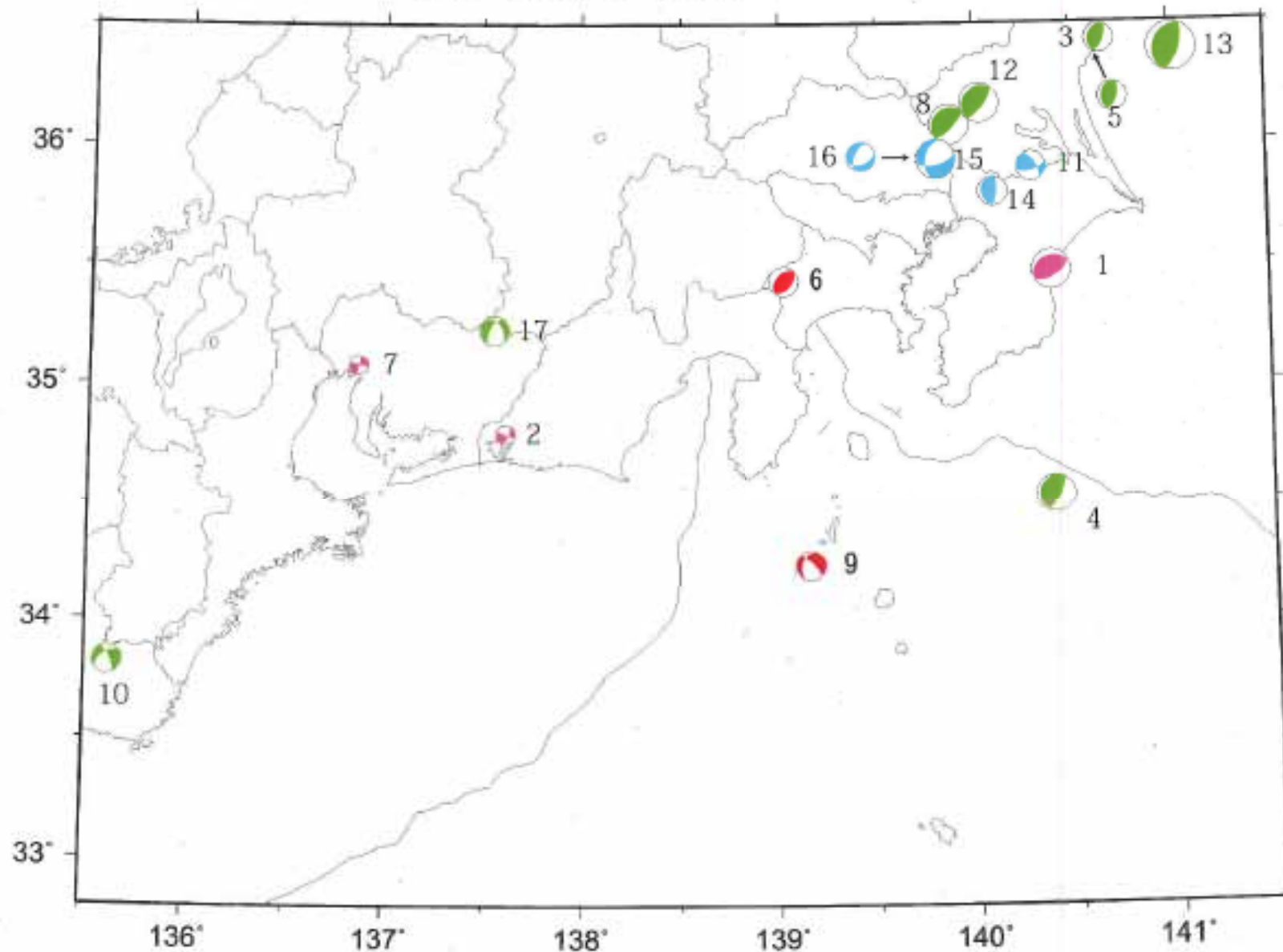
Period:2016/08/01 00:00—2016/09/19 24:00

M

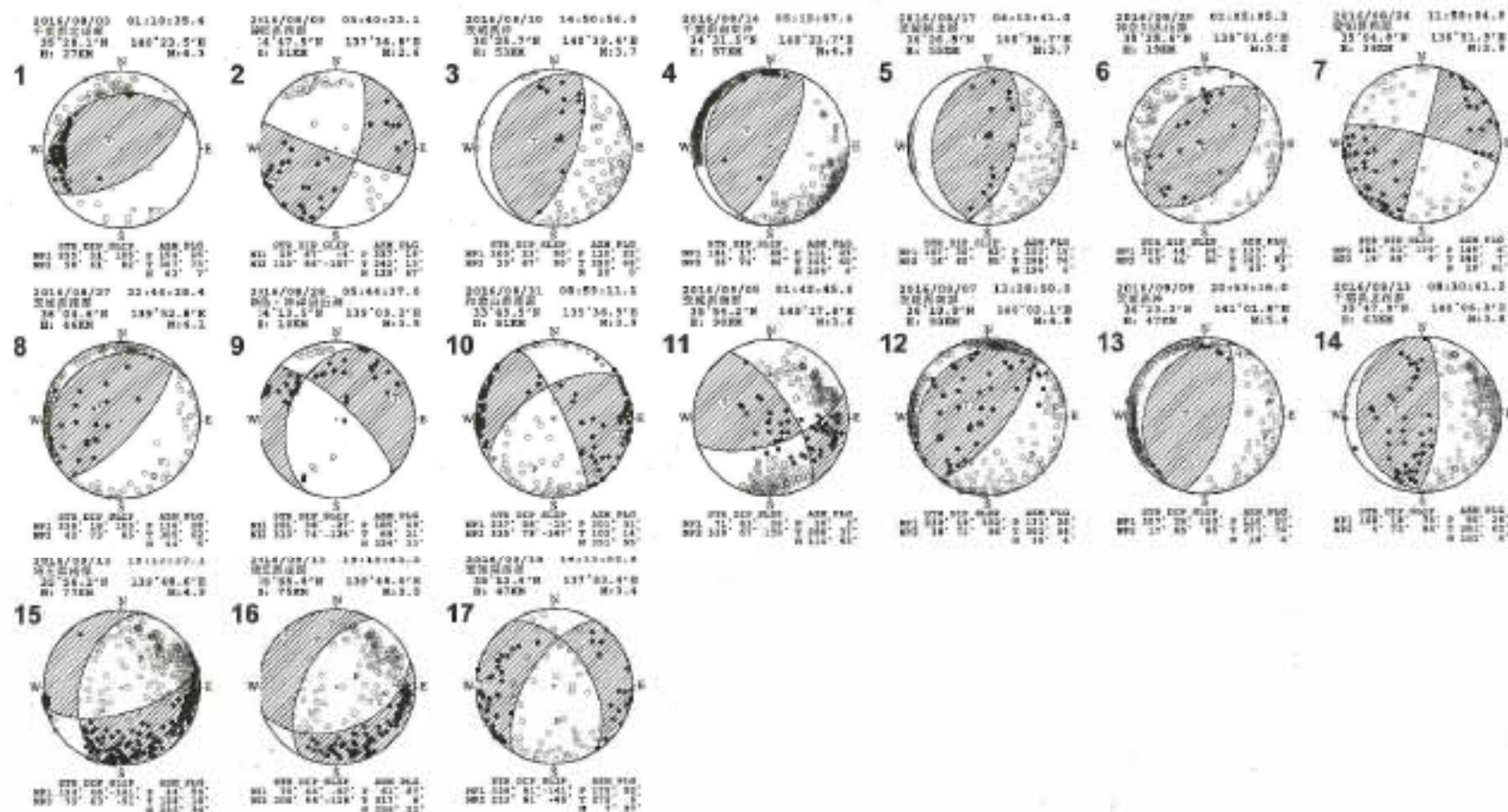


Depth(km)

(下半球投影)
[気象庁作成]



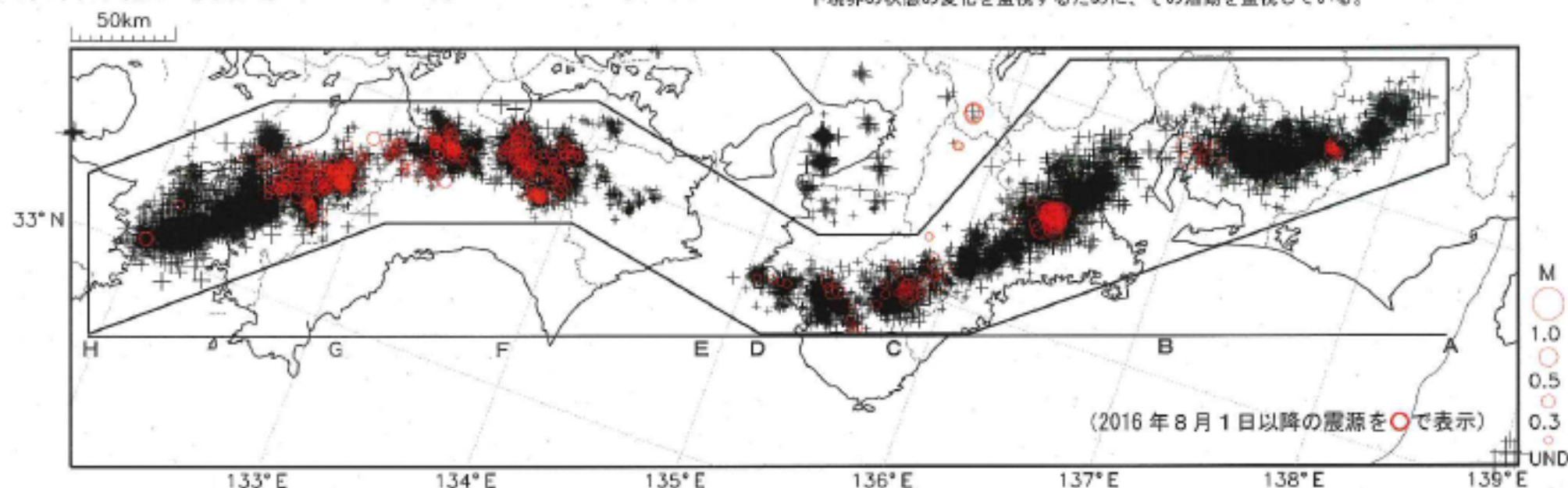
東海・南関東地域の発震機構解 (2)



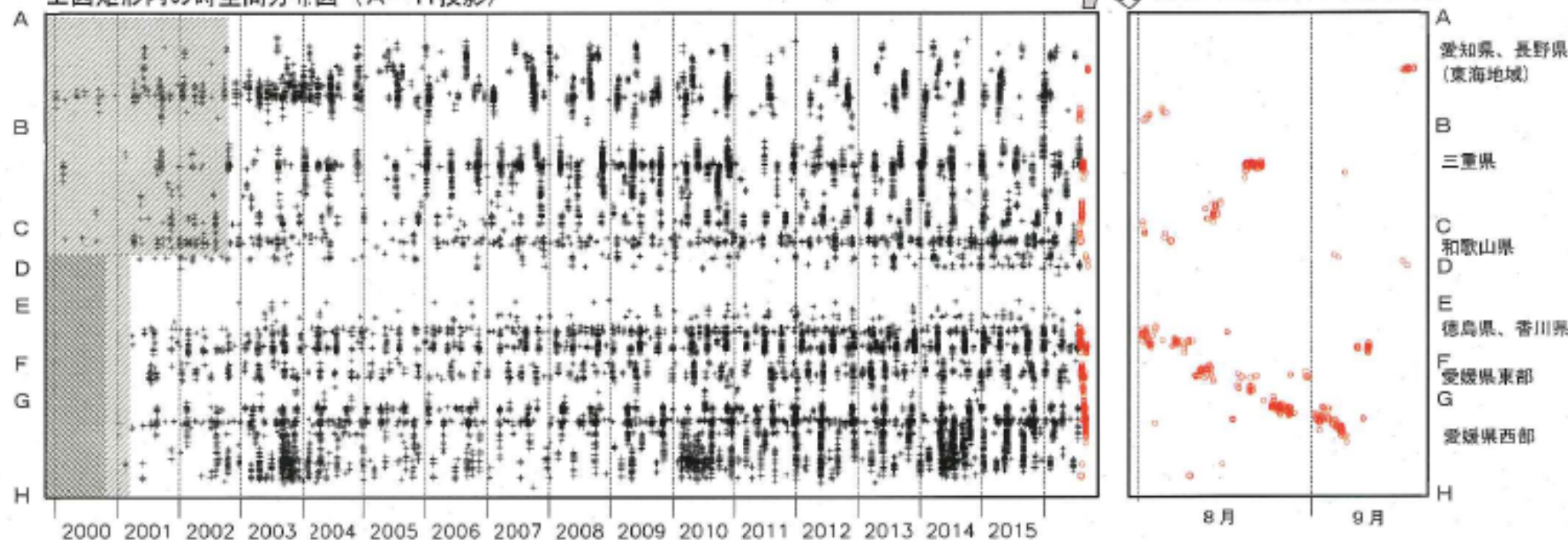
(下半球投影)
[気象庁作成]

深部低周波地震活動（2000年1月1日～2016年9月19日）

深部低周波地震は、「短期的ゆっくりすべり」に密接に関連する現象とみられており、プレート境界の状態の変化を監視するために、その活動を監視している。



上図矩形内の時空間分布図（A-H投影）

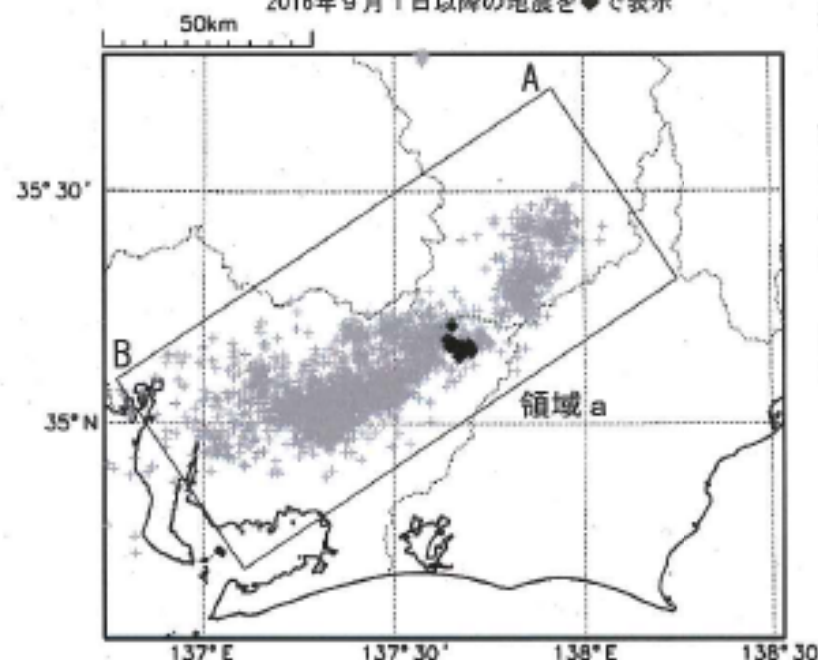


※時空間分布図中、網掛けした期間は現在と比較して十分な検知能力がなかったことを示す。

気象庁作成

愛知県東部における深部低周波地震活動 (9月17日～19日)

深部低周波地震の震央分布図
(2008年1月1日～2016年9月20日09時00分、
深さ0～60km、Mすべて)
2016年9月1日以降の地震を◆で表示



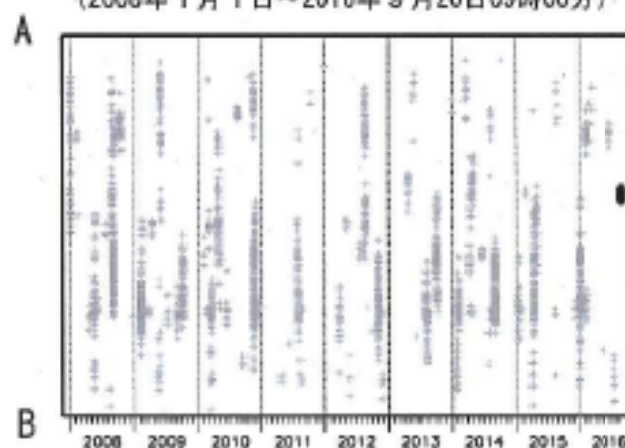
2016年9月17日から19日にかけて愛知県東部を震央とする深部低周波地震を観測している。

2008年以降の活動を見ると、今回の活動領域の周辺では、たびたび深部低周波地震のまとまった活動が発生している。今回の震央周辺でのまとまった活動は、2016年1月以来である。

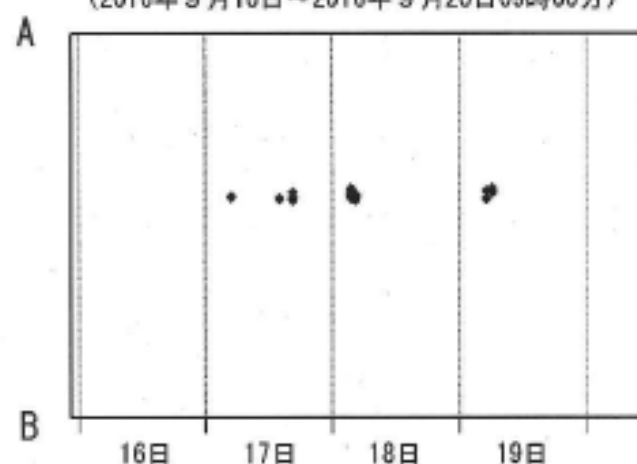
なお、周囲のひずみ計に今回の活動に対応するとみられる変化は観測されていない。

領域a内の時空間分布図 (A-B投影)

(2008年1月1日～2016年9月20日09時00分)

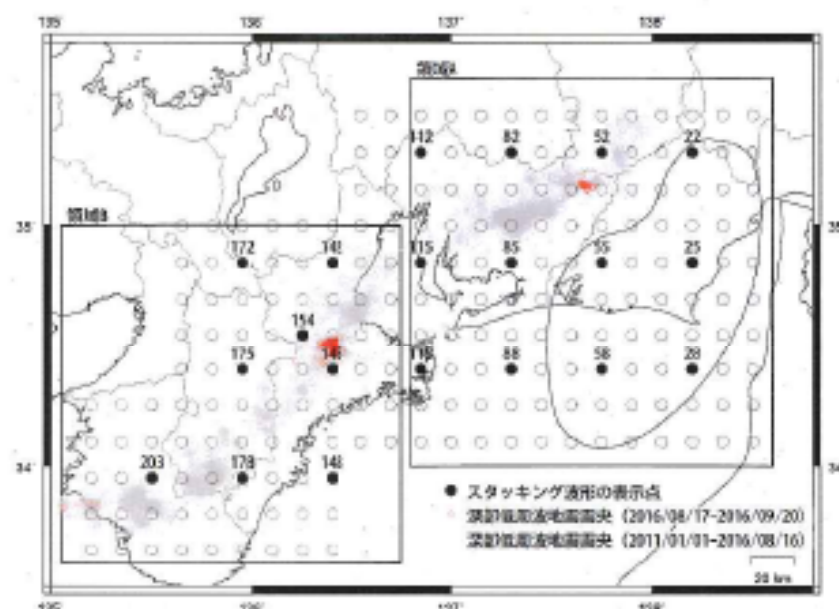


(2016年9月16日～2016年9月20日09時00分)



スタッキング波形によるプレート境界のすべりの監視

下図に示した監視点においてスタッキングデータを調べたところ、以下の点で短期的ゆっくりすべりによる有意な変化を検出した。
154番：8月20日～23日



スタッキング波形は、上図の各監視点について、宮岡・横田(2012)の手法により、気象庁、静岡県、国立研究開発法人産業技術総合研究所のひずみ計データを基に作成している。

スタッキングデータのS/N比と、基データの観測値と理論値の一致度から有意な変化を検出している。

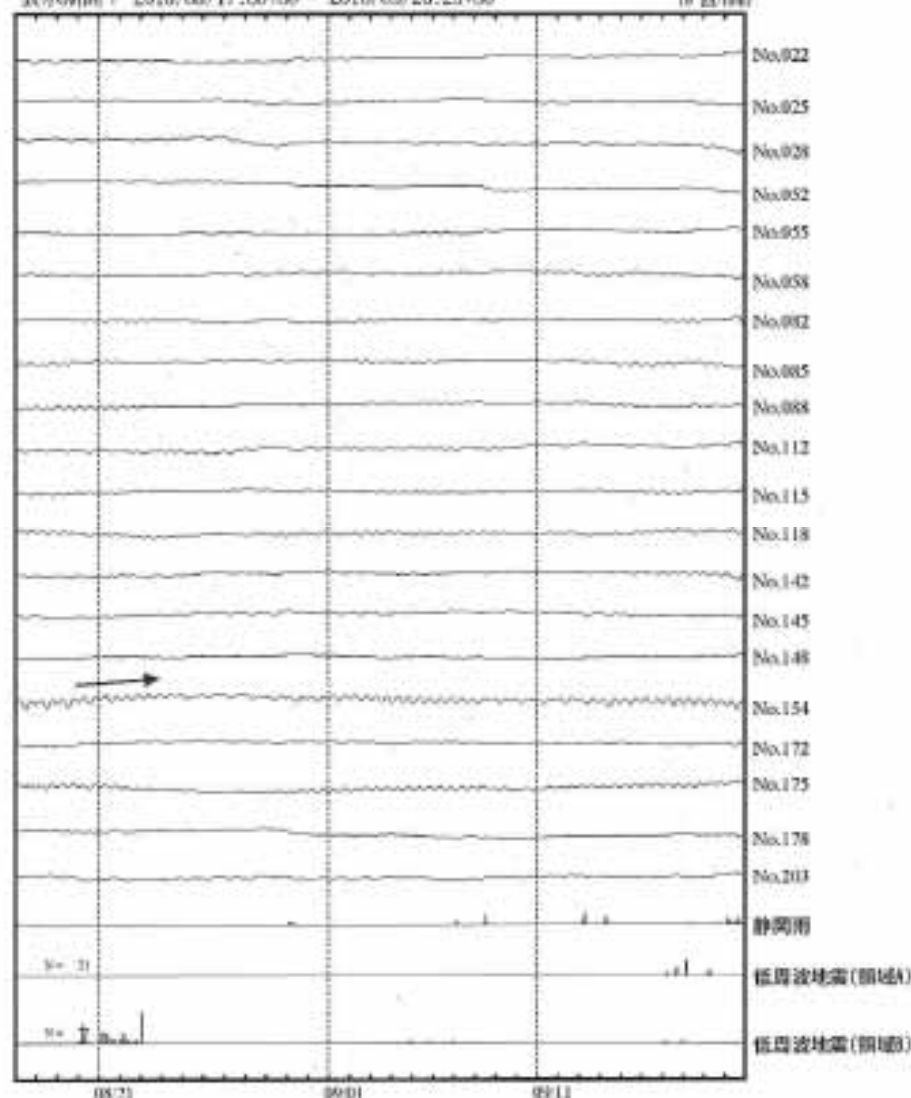
(参考)

・宮岡一樹・横田崇(2012): 地殻変動検出のためのスタッキング手法の開発, 地震, 2, 65, 205-218.

スタッキング波形

表示期間: 2016/08/17:00:00 - 2016/09/20:23:00

↑ 200 mm
50 mm/sec
10 sec

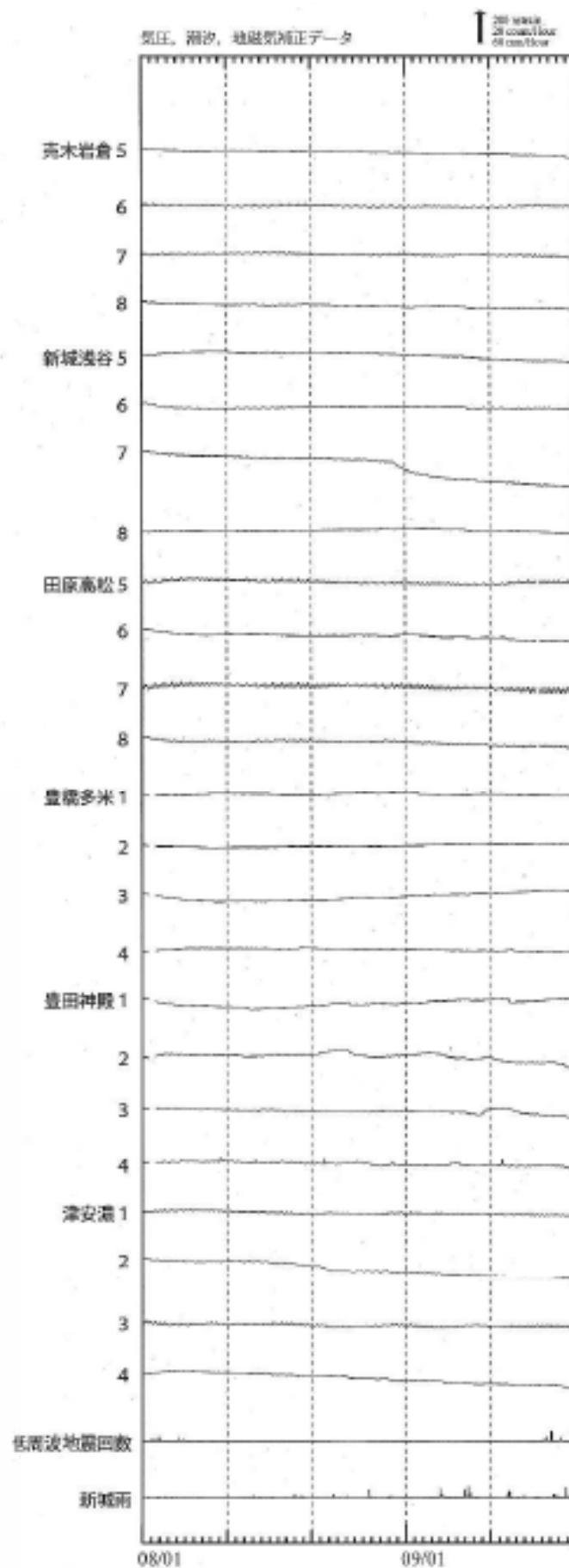
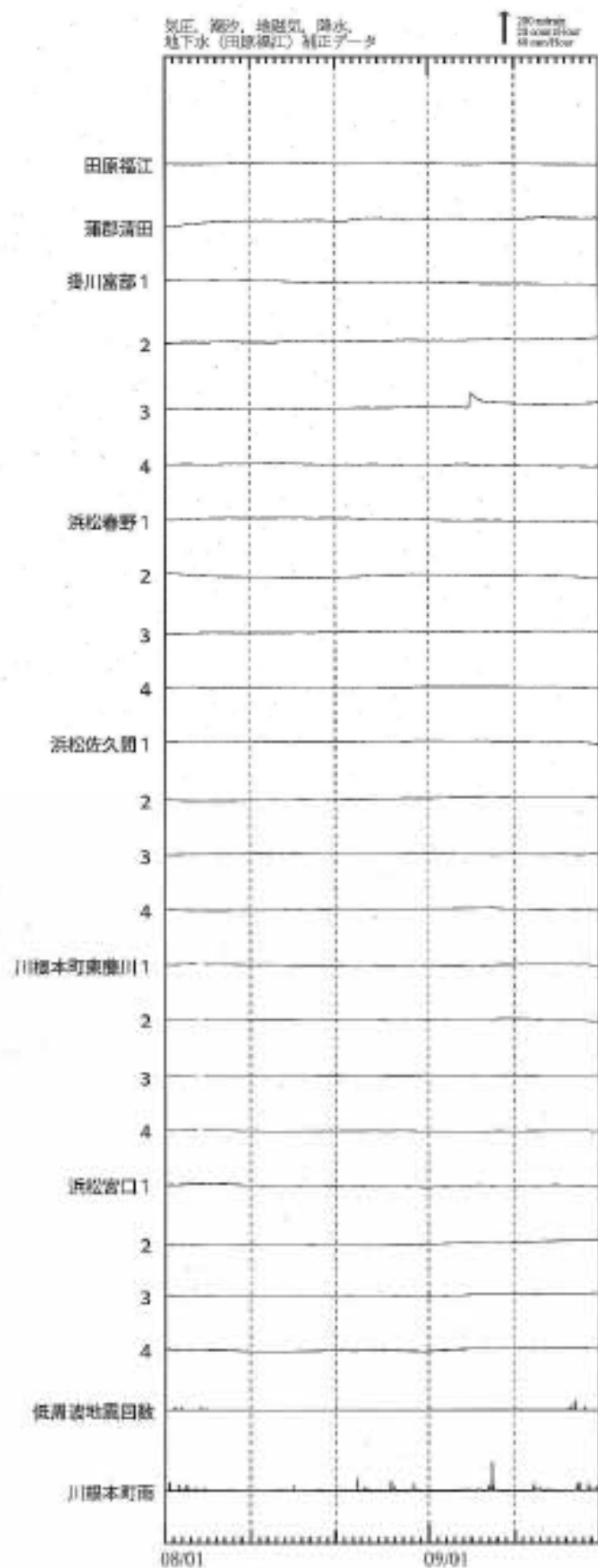


※ 赤線はデータが欠測であること示す。

気象庁作成

東海地域の短期的ゆっくりすべりの監視

2016. 08. 01 ~ 2016. 09. 20



※浜松春野、川根本町東麓川は静岡県、豊橋多米、豊田神殿、津安濃は産業技術総合研究所の観測点である。

気象庁作成

東海地域の地震活動指数

(クラスタを除いた地震回数による)

2016年9月19日現在

	① 静岡県中西部		② 愛知県		③ 浜名湖周辺			④ 駿河湾
	地殻内	フィリピン海プレート	地殻内	フィリピン海プレート	フィリピン海プレート内 全域	西側	東側	全域
短期活動指数	5	4	3	4	6	6	5	3
短期地震回数 (平均)	7 (5.29)	6 (7.00)	10 (13.16)	15 (14.15)	6 (3.72)	3 (1.43)	3 (2.28)	4 (6.06)
中期活動指数	6	1	0	4	4	6	4	5
中期地震回数 (平均)	20 (15.87)	12 (21.00)	24 (39.48)	41 (42.44)	8 (7.44)	5 (2.87)	3 (4.57)	15 (12.12)

* Mしきい値： 静岡県中西部、愛知県、浜名湖周辺：M $\geq$ 1.1、駿河湾：M $\geq$ 1.4

* クラスタ除去：震央距離が Δr 以内、発生時間差が Δt 以内の地震をグループ化し、最大地震で代表させる。

静岡県中西部、愛知県、浜名湖周辺： $\Delta r=3\text{km}$ 、 $\Delta t=7\text{日}$

駿河湾： $\Delta r=10\text{km}$ 、 $\Delta t=10\text{日}$

* 対象期間： 静岡県中西部、愛知県：短期30日間、中期90日間

浜名湖周辺、駿河湾：短期90日間、中期180日間

* 基準期間： おおむね長期的スロースリップ（ゆっくり滑り）発生前の地震活動を基準とする。

静岡県中西部、愛知県：1997年～2001年（5年間）、駿河湾：1991年～2000年（10年間）、

浜名湖周辺：1997年～2000年 および 2006年～2012年（11年間）

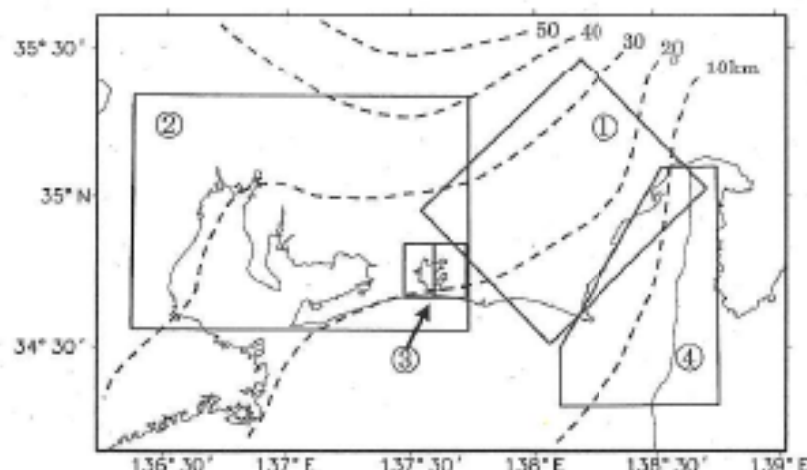
[各領域の説明] ①静岡県中西部：プレート間が強く「くっついている」と考えられている領域（固着域）。

②愛知県：フィリピン海プレートが沈み込んでいく先の領域。

③浜名湖周辺：固着域の縁。長期的スロースリップ（ゆっくり滑り）が発生する場所であり、同期して地震活動が変化すると考えられている領域。

④駿河湾：フィリピン海プレートが沈み込み始める領域。

2009年8月11日の駿河湾の地震（M6.5）と2011年8月1日の駿河湾の地震（M6.2）の余震域の活動を除いた場合での活動指数についても求めた（次ページ）。



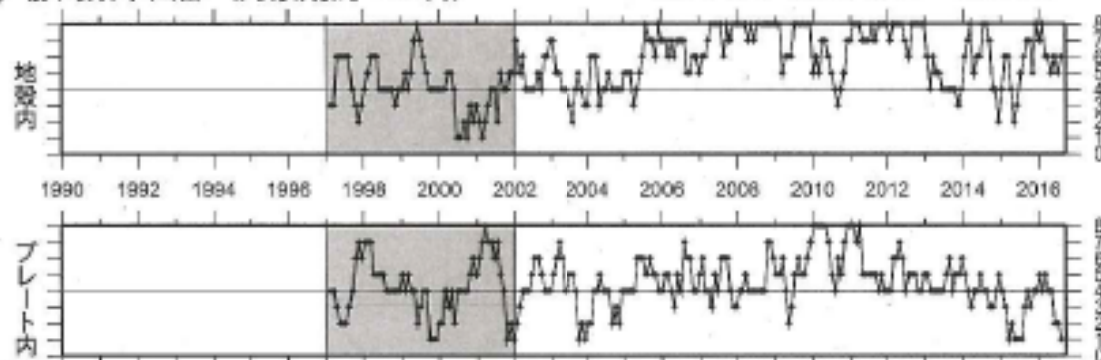
* Hirose et al (2008) によるプレート境界の等深線を破線で示す

地震回数の指数化		
指数	確率 (%)	地震数
8	1	多い
7	4	
6	10	
5	15	ほぼ平常
4	40	
3	15	
2	10	やや少ない
1	4	
0	1	少ない

地震活動指数の推移（中期活動指数）

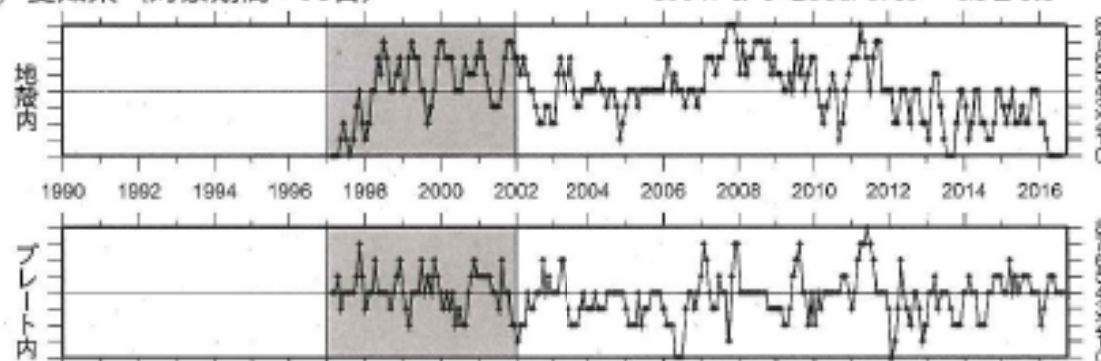
① 静岡県中西部（対象期間：90日）

1997/ 1/ 1~2016/ 9/19 M ≥ 1.1



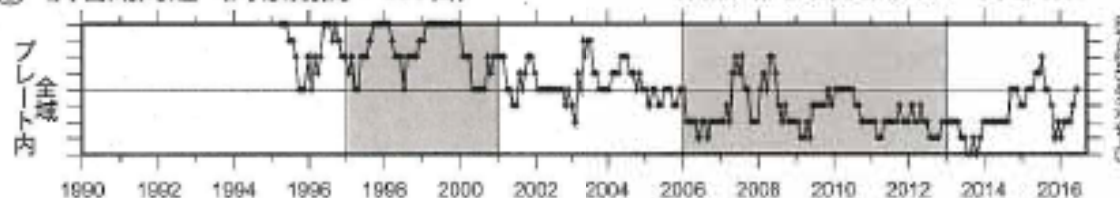
② 愛知県（対象期間：90日）

1997/ 1/ 1~2016/ 9/19 M ≥ 1.1



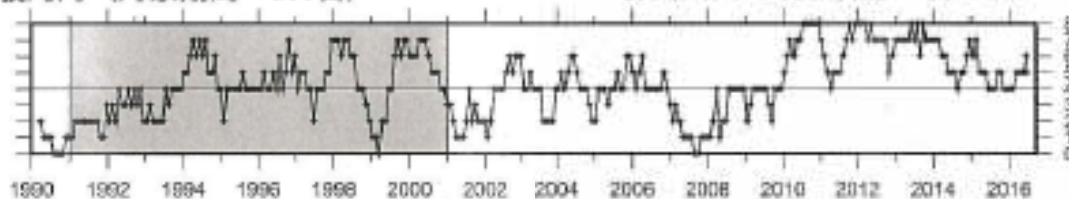
③ 浜名湖周辺（対象期間：180日）

1995/ 1/ 1~2016/ 9/19 M ≥ 1.1

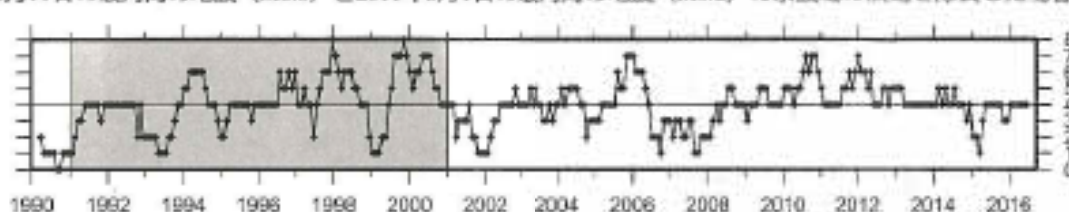


④ 駿河湾（対象期間：180日）

1990/ 1/ 1~2016/ 9/19 M ≥ 1.4



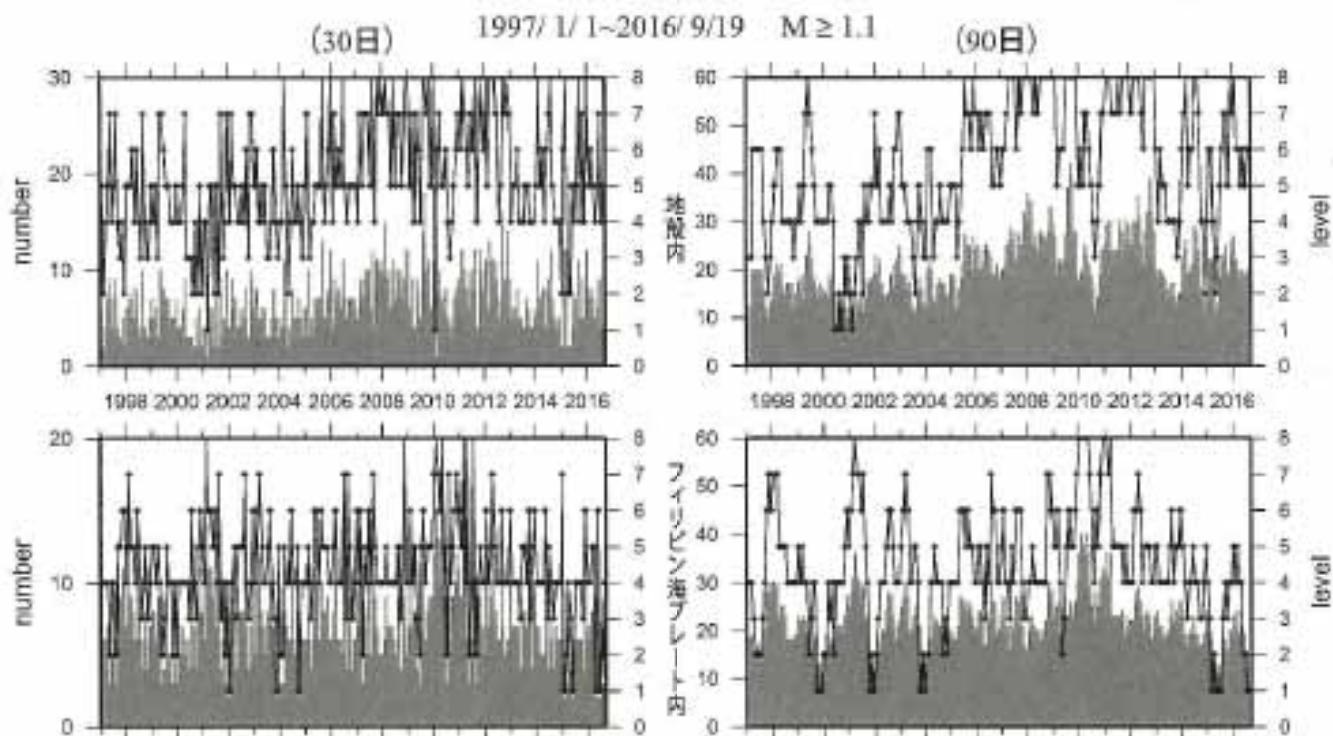
2009年8月11日の駿河湾の地震（M6.5）と2011年8月1日の駿河湾の地震（M6.2）の余震域の活動を除去した場合



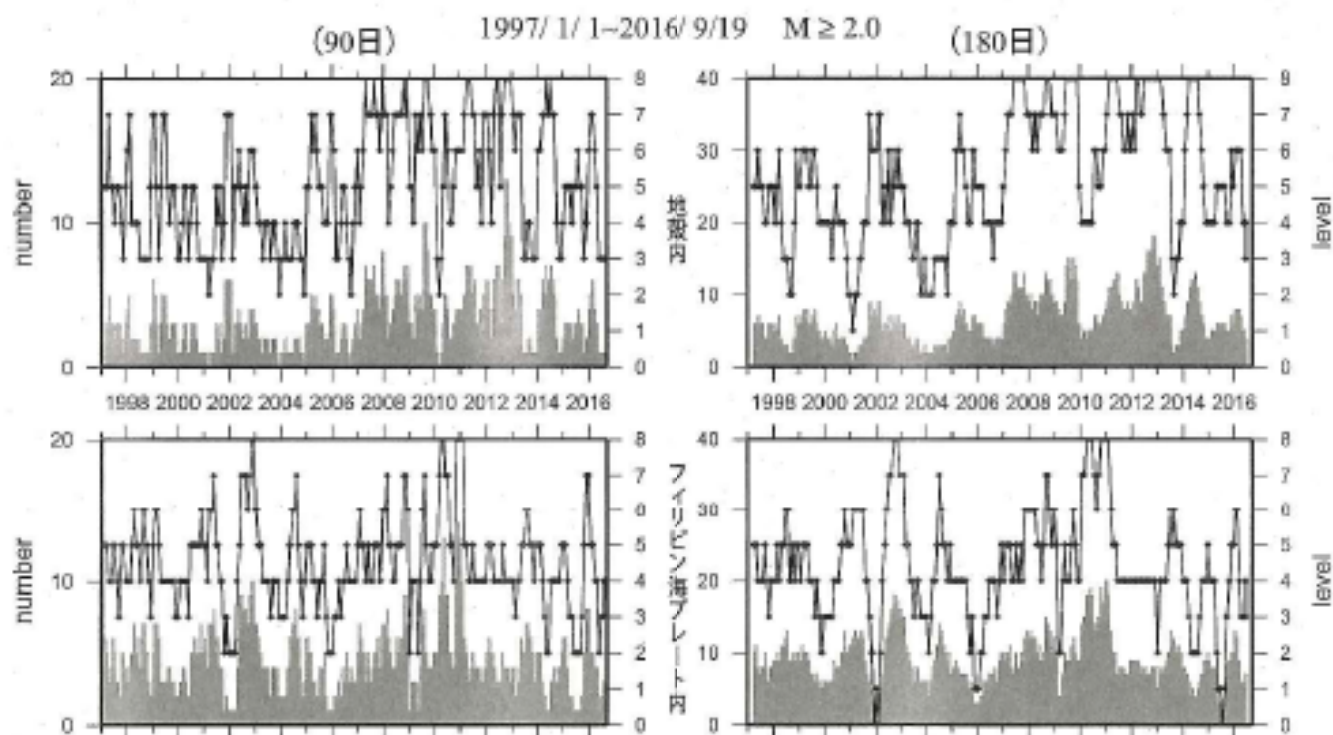
■：基準期間 /：地震活動指数（0～8）

地震活動指数の推移

① 静岡県中西部



地殻内はやや高い(6~5)。フィリピン海プレート内はやや低い(1~4)。

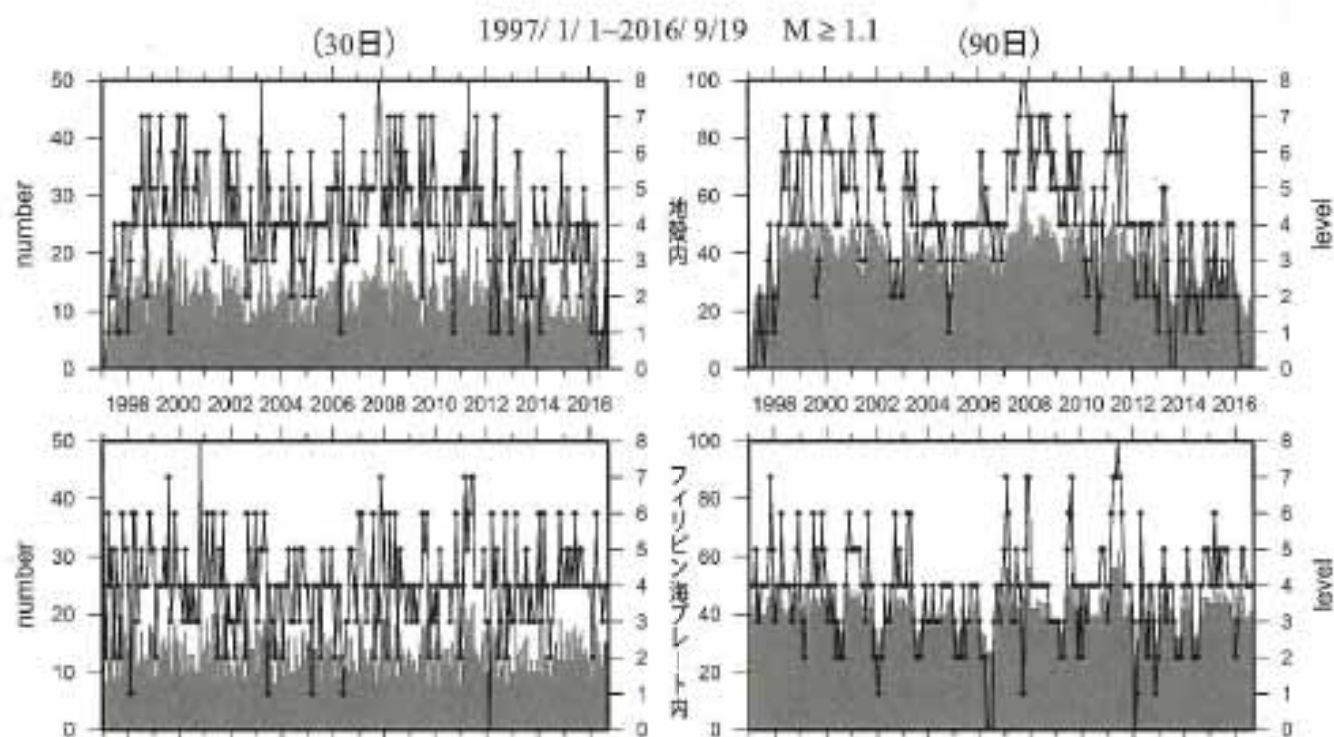


地殻内はほぼ平常(3)。
フィリピン海プレート内はほぼ平常(4)。

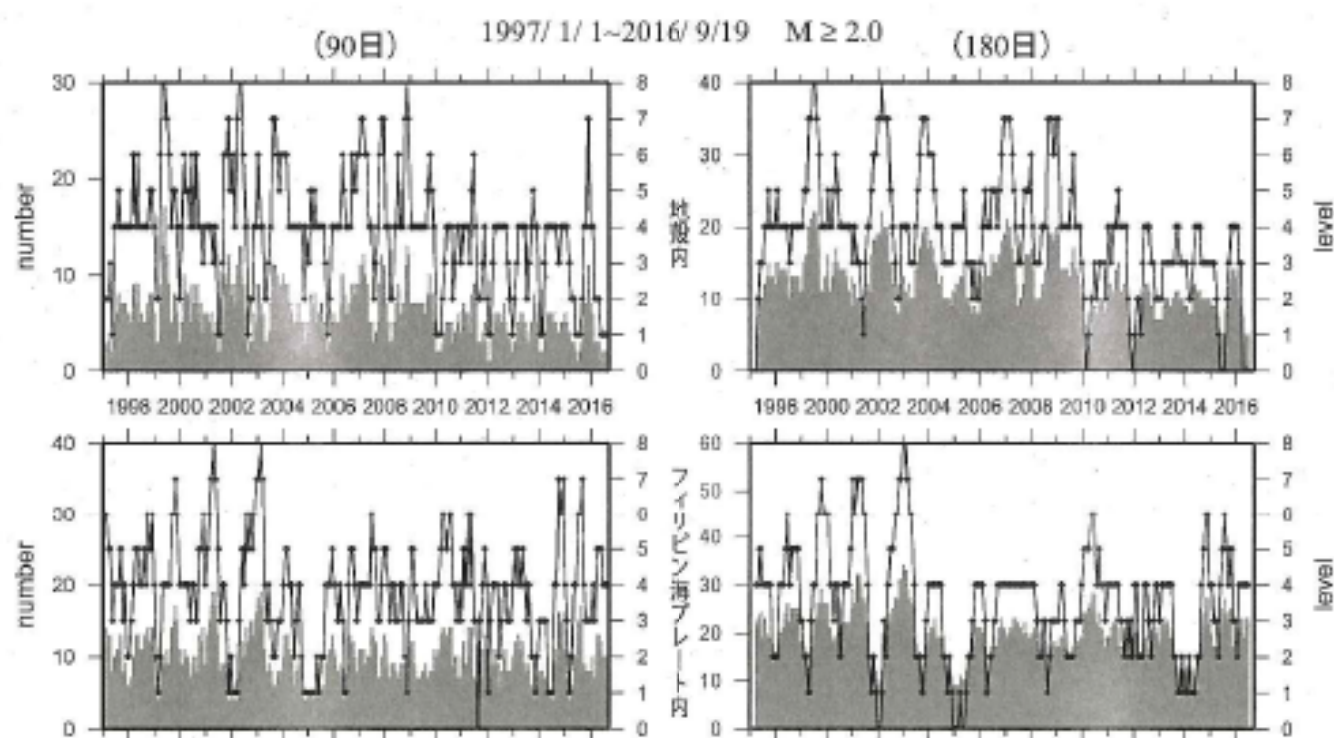
／：地震活動指数(0-8)
■：地震回数(クラスタを除く)

地震活動指数の推移

② 愛知県



地殻内は低い(0~3)。フィリピン海プレート内はほぼ平常(4)。



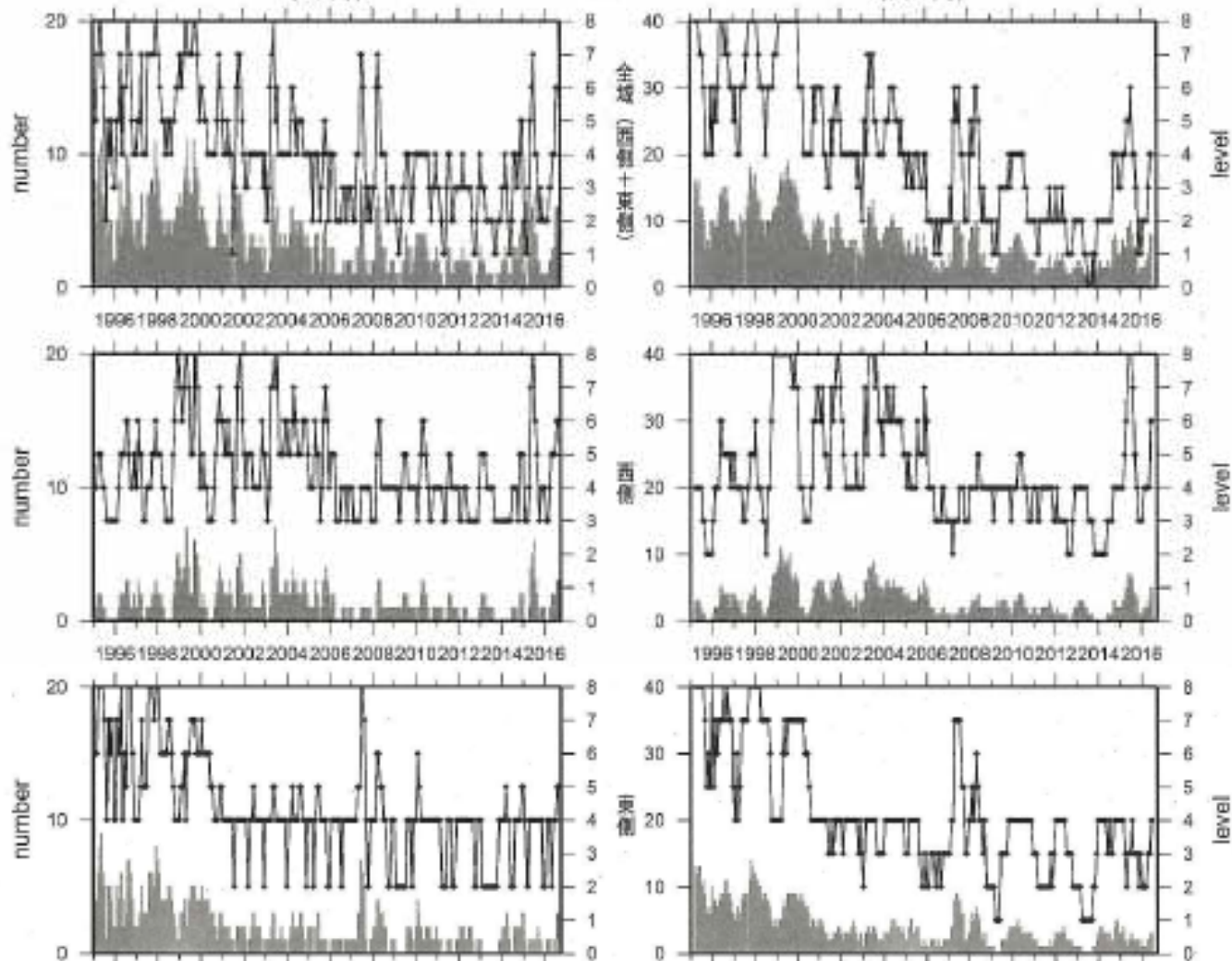
地殻内は低い(0~1)。
フィリピン海プレート内はほぼ平常(4)。

／：地震活動指数 (0-8)
■：地震回数 (クラスタを除く)

地震活動指数の推移

③ 浜名湖周辺（フィリピン海プレート内）

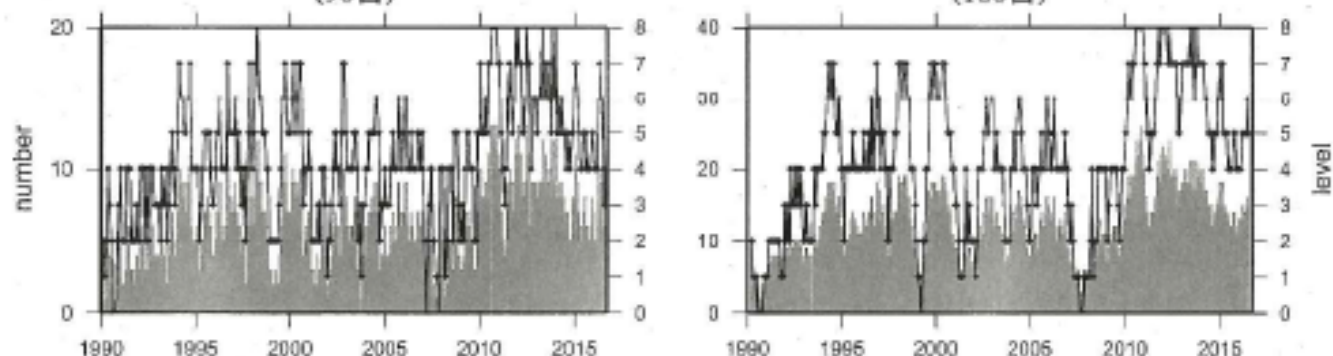
(90日) 1995/1/1~2016/9/19 M $\geq$ 1.1 (180日)



フィリピン海プレート内の地震活動はやや高い(6~4)。

④ 駿河湾

(90日) 1990/1/1~2016/9/19 M $\geq$ 1.4 (180日)

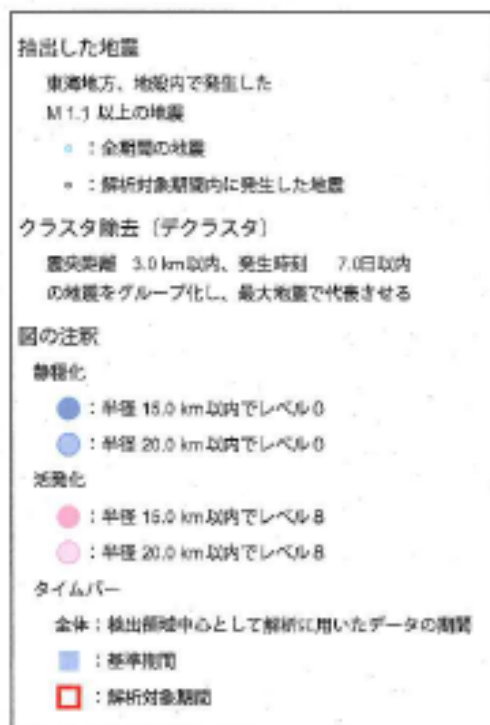


地震活動はほぼ平常(5~3)。

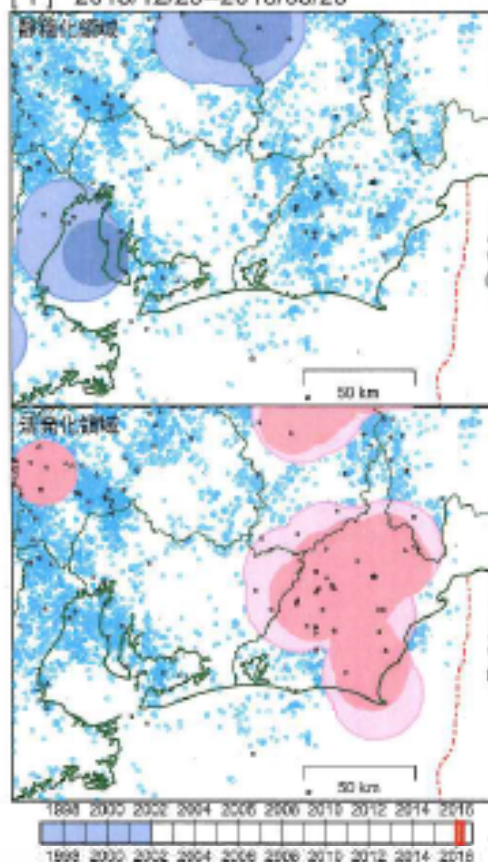
ただし、2009年8月11日 駿河湾の地震 (M6.5) と、2011年8月1日 駿河湾の地震 (M6.2) の余震活動の影響が残っている。

／：地震活動指数 (0-8)
■：地震回数 (クラスタを除く)

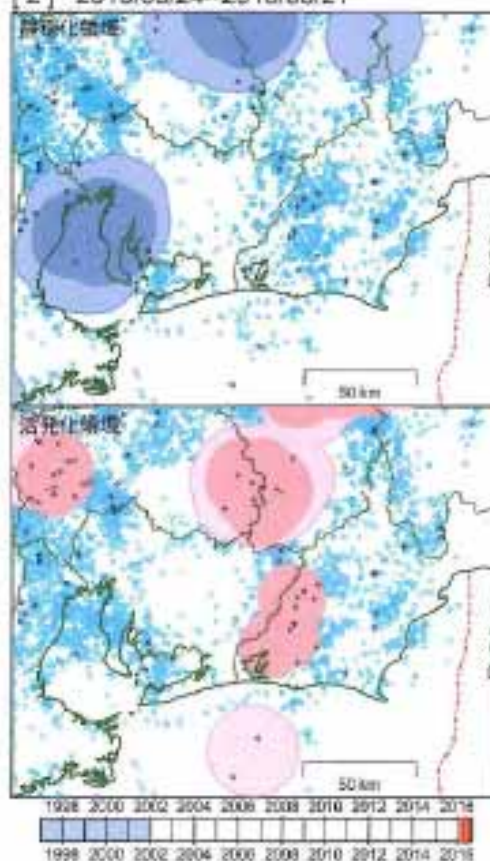
静穏化・活発化領域の検出（東海地方、地殻内）



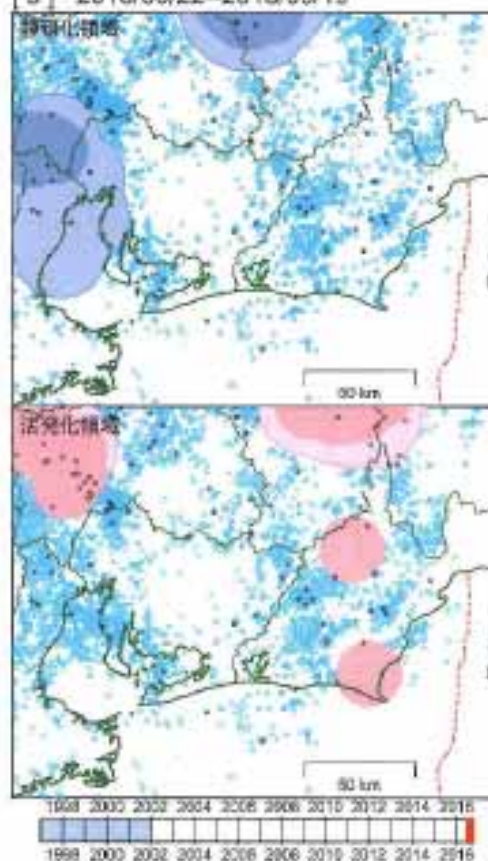
[1] 2015/12/25–2016/03/23



[2] 2016/03/24–2016/06/21



[3] 2016/06/22–2016/09/19



気象庁作成

静穏化・活発化領域の検出（東海地方、プレート内）

抽出した地震

東海地方、プレート内で発生した
M1.1以上の地震

- ：全期間の地震
- ：解析対象期間内に発生した地震

クラスター除去（デクラスター）

震央距離 5.0 km 以内、発生時刻 7.0 日以内
の地震をグループ化し、最大地震で代表させる

図の注釈

静穏化

- ：半径 15.0 km 以内でレベル D
- ：半径 20.0 km 以内でレベル D

活発化

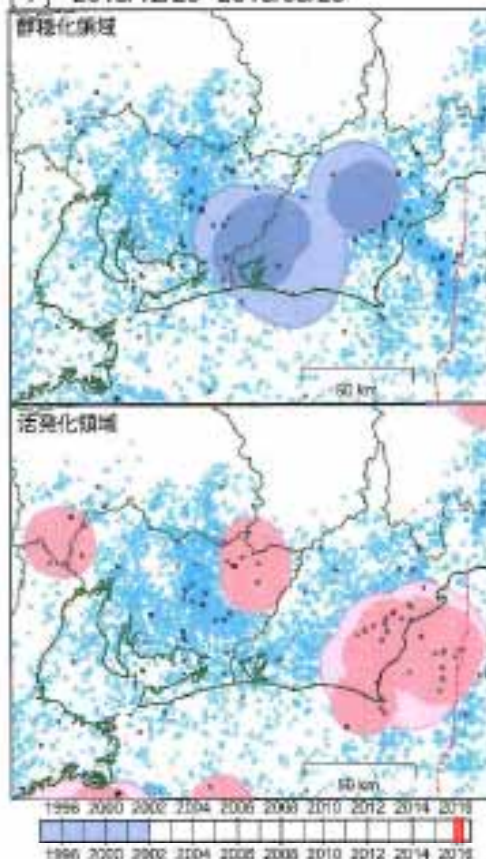
- ：半径 15.0 km 以内でレベル B
- ：半径 20.0 km 以内でレベル B

タイムバー

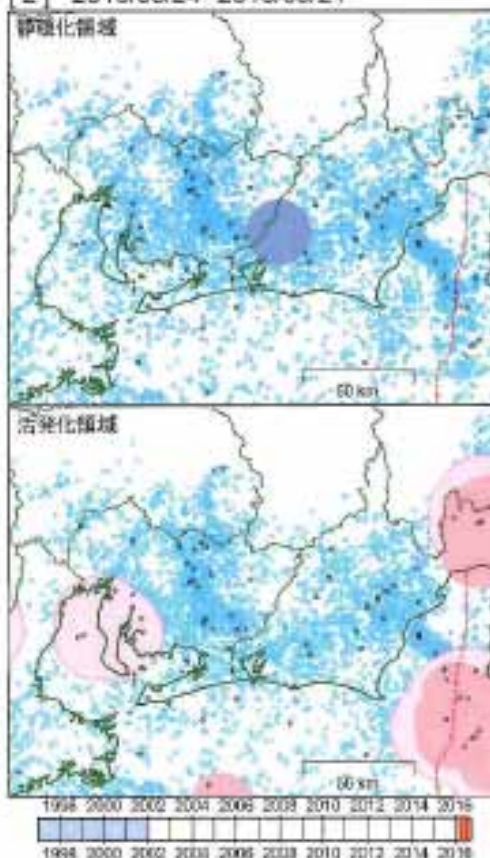
全体：検出領域中心として解析に用いたデータの範囲

- ：基準期間
- ：解析対象期間

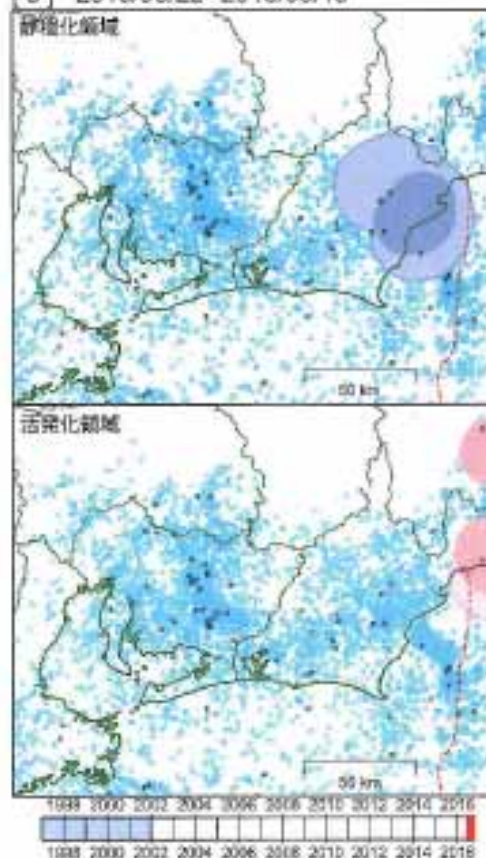
[1] 2015/12/25–2016/03/23



[2] 2016/03/24–2016/06/21



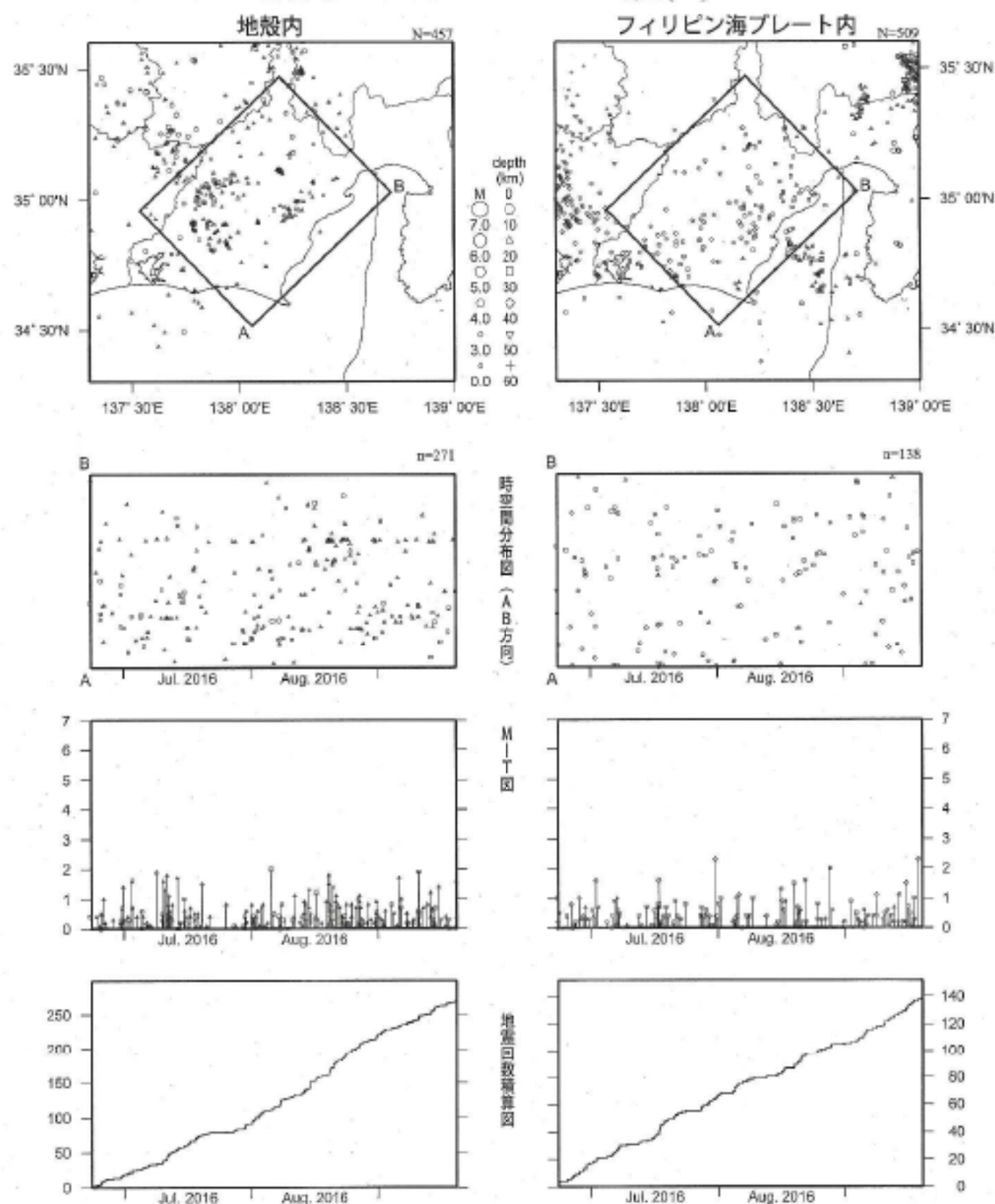
[3] 2016/06/22–2016/09/19



気象庁作成

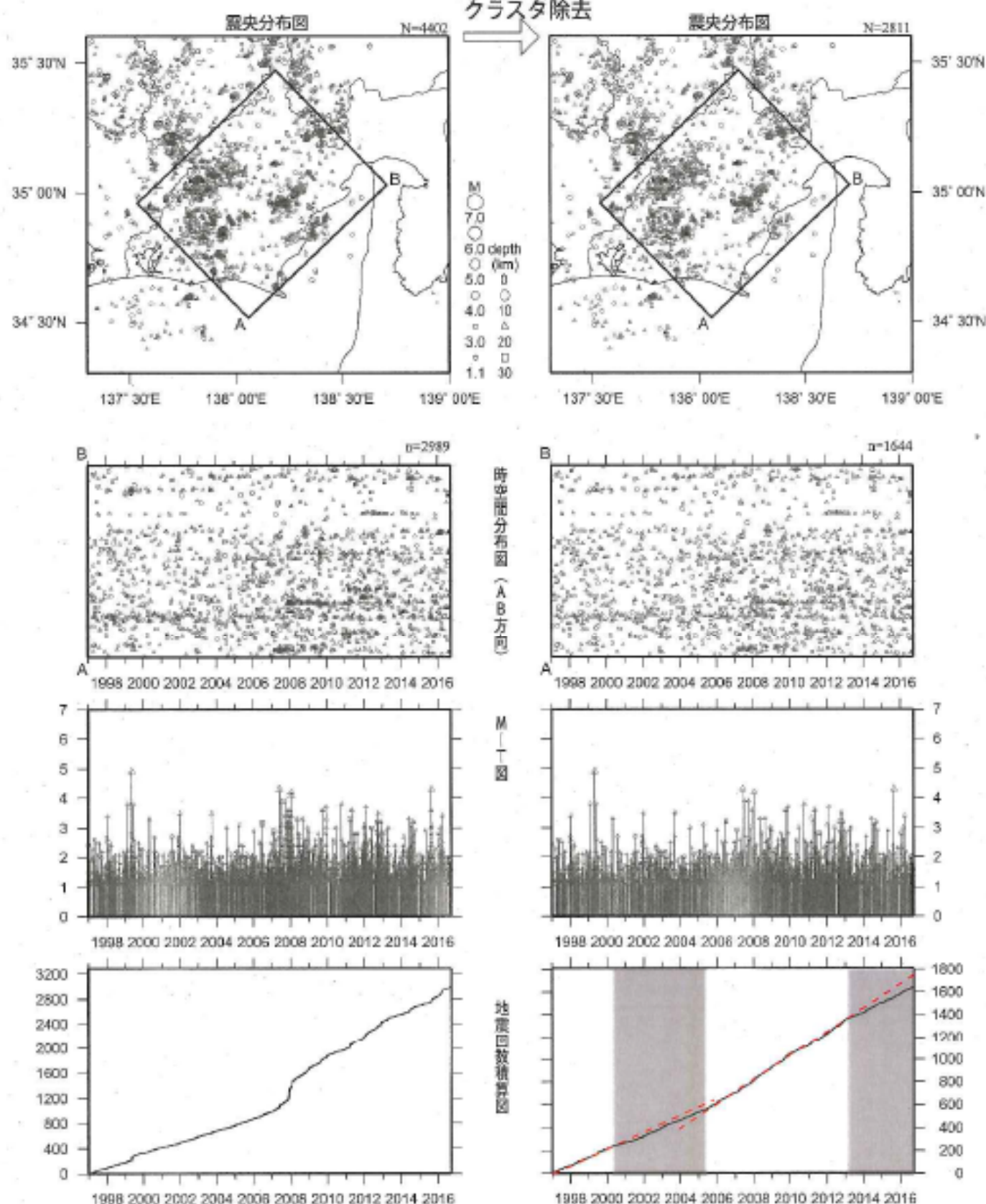
静岡県中西部 (最近90日)

2016/ 6/22-2016/ 9/19 M ≥ 0.0 0 ≤ 深さ(km) ≤ 60



静岡県中西部（地殻内） 1997/1/1~2016/9/19 M $\geq$ 1.1

クラスター除去



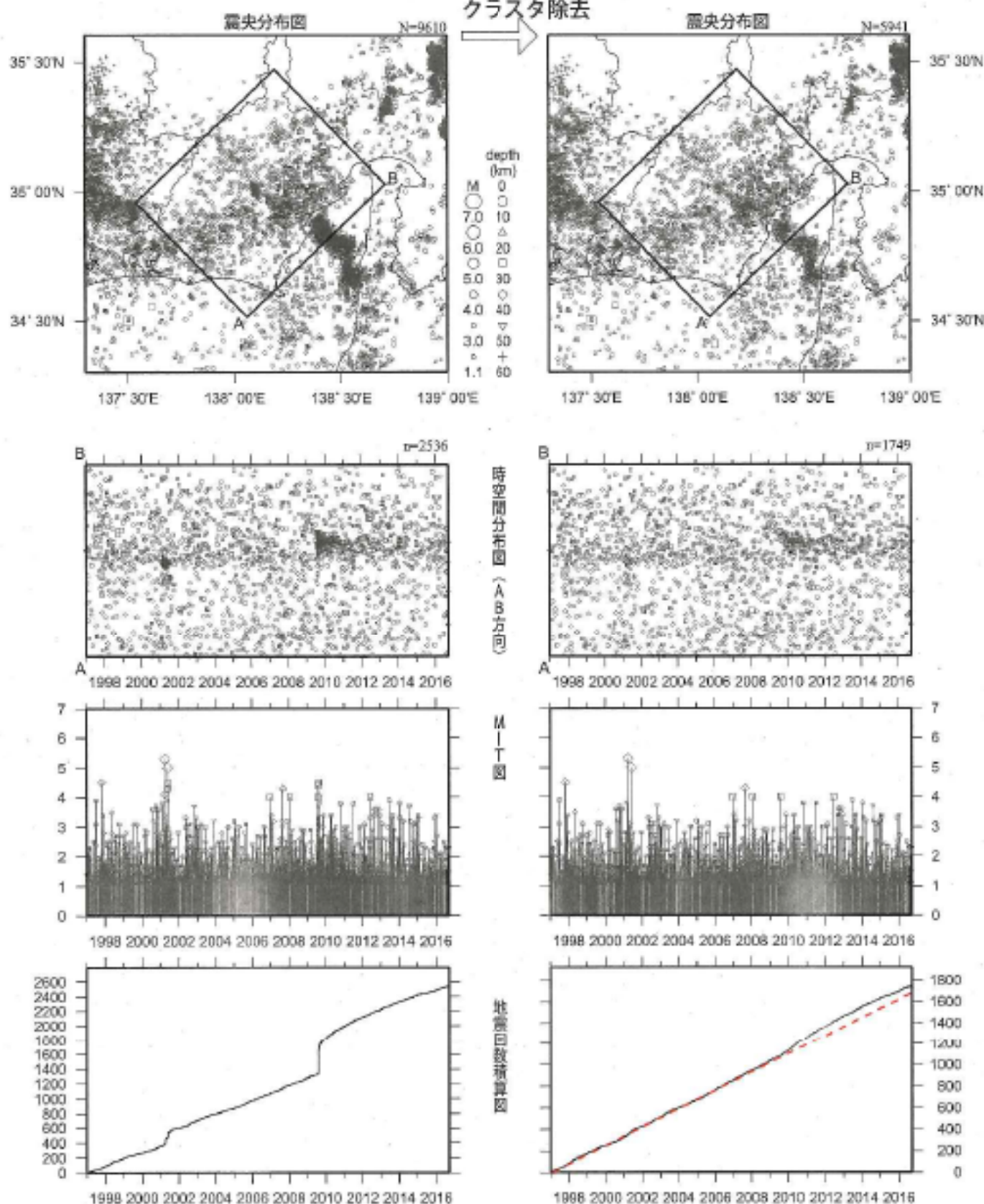
クラスター除去後の地震回数積算図（右下図）を見ると、長期的ゆっくりすべり発生の時期（右下図濃い網掛け領域）に対応して地震活動が変化している。

また、2013年に入ってから、再び活動が低調になってきており、今回の長期的ゆっくりすべり発生が示唆されている期間と概ね対応する。

静岡県中西部（フィリピン海プレート内）

1997/1/1-2016/9/19 M $\geq$ 1.1

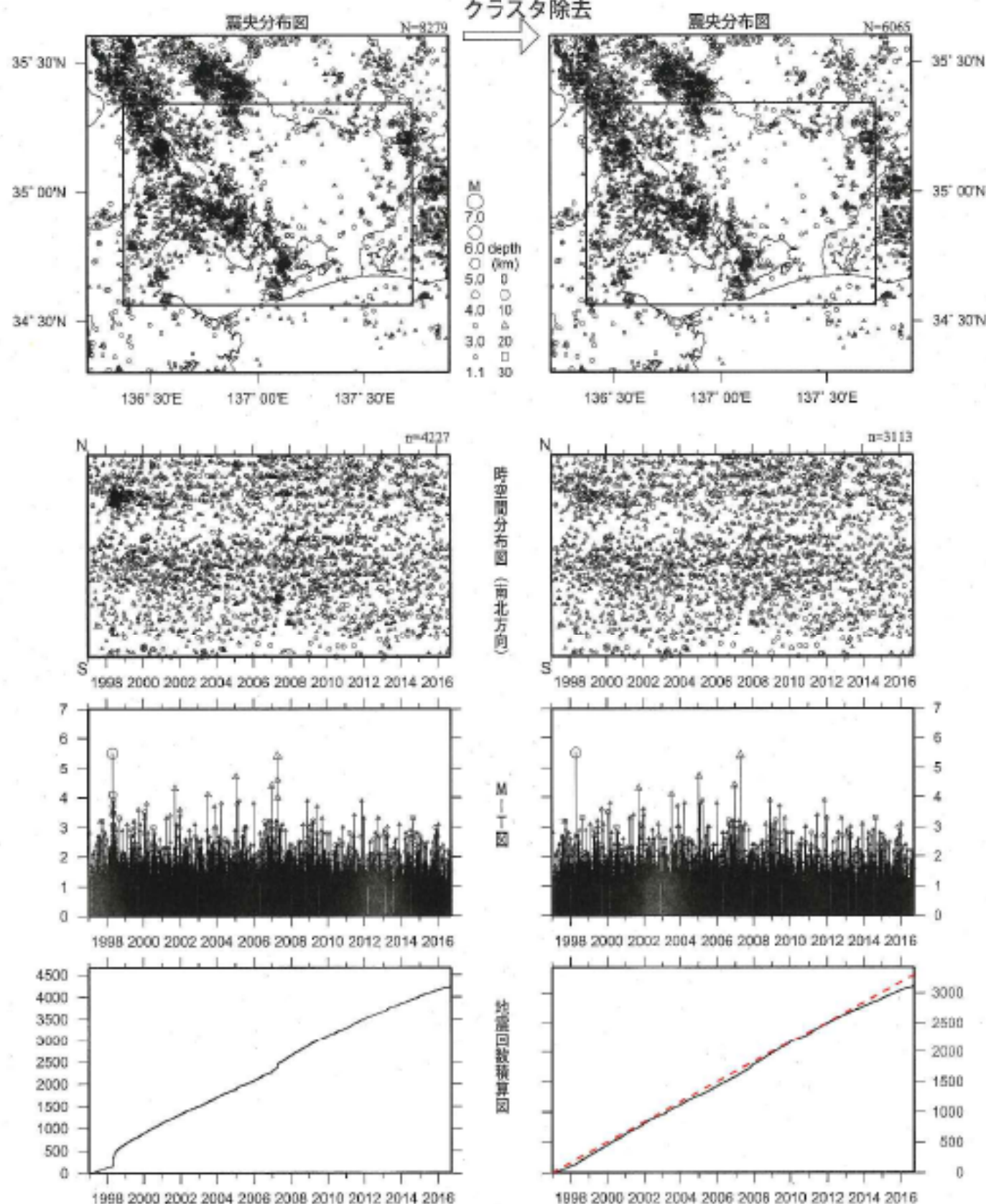
クラスタ除去



2009年末から2011年初めまで、地震活動指数はやや高い状態を示しており、クラスタ除去後の地震回数積算図(右下図)からも同様な傾向が見られていた。これは2009年8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)の余震活動が適切にデクラスタできていないためである。現在の地震活動指数は低下する傾向で推移している。

愛知県 (地殻内)
1997/ 1/ 1-2016/ 9/19 M ≥ 1.1

クラスタ除去

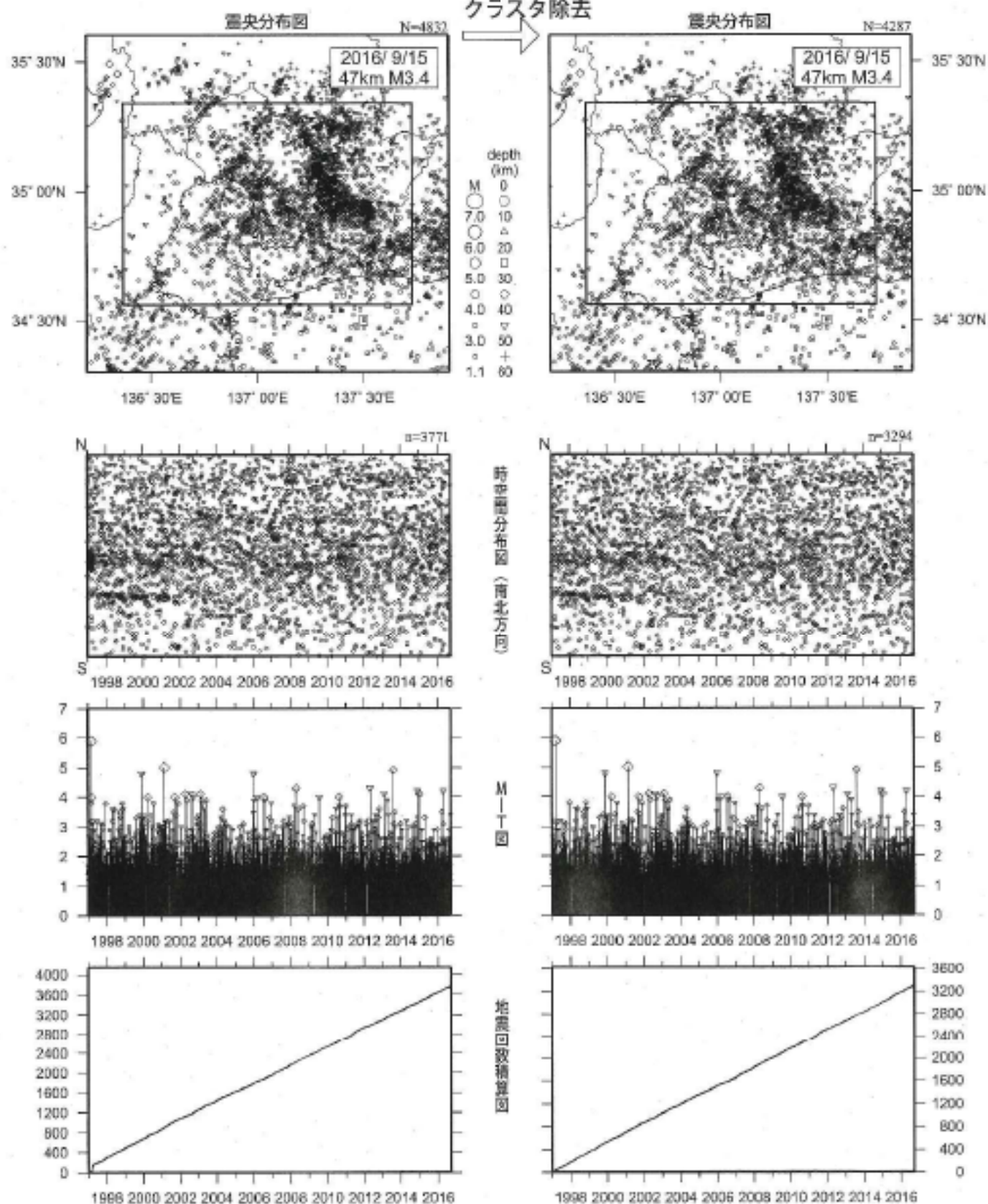


地震活動指数は2013年以降やや少ない状態を示しており、クラスタ除去後の地震回数積算図(右下図)も、2013年以降はやや低調で推移している。

愛知県 (フィリピン海プレート内)

1997/ 1/ 1~2016/ 9/19 M ≥ 1.1

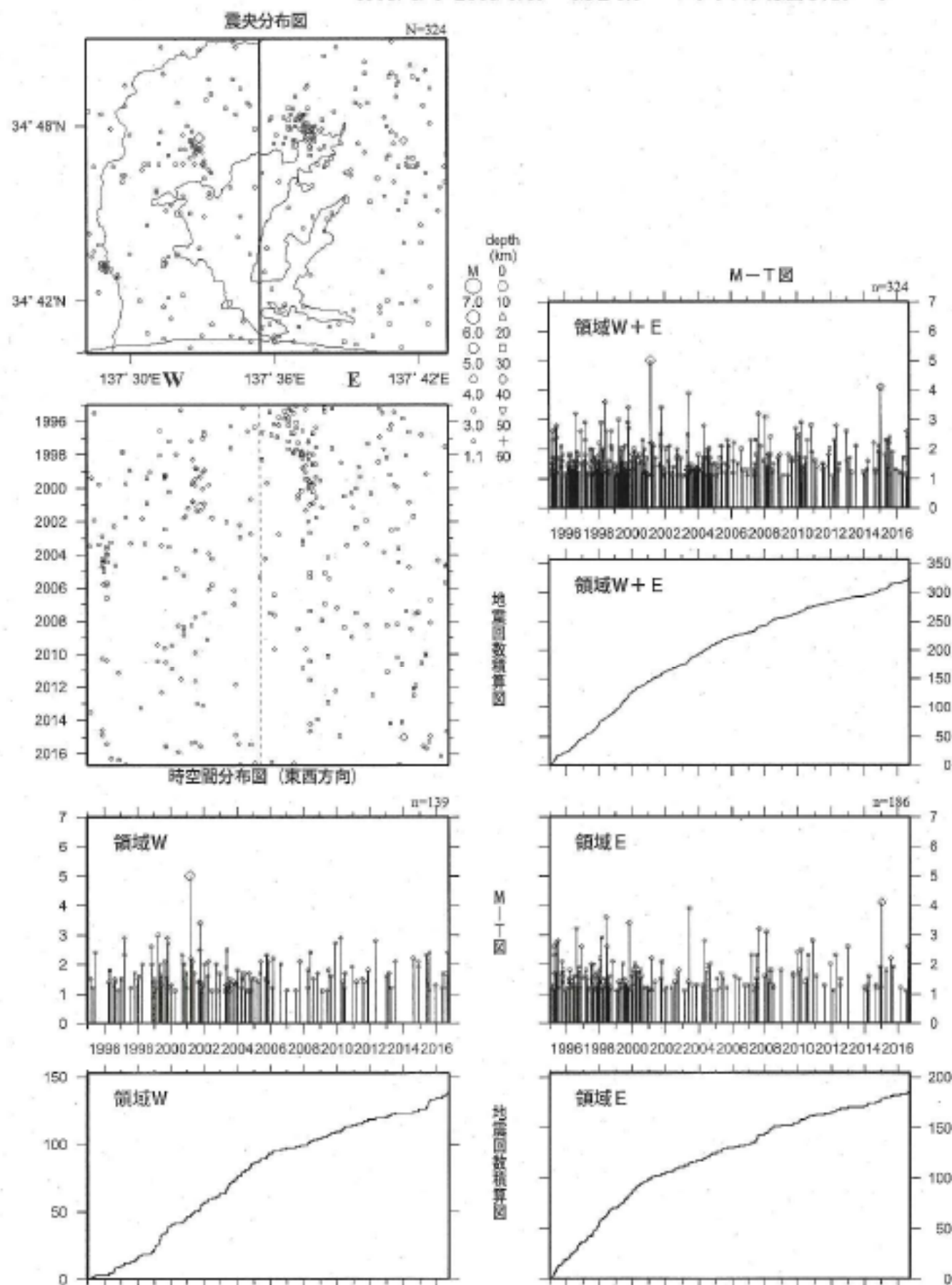
クラスター除去



クラスター除去後の地震回数積算図(右下図)に、特段の変化は見られない。

浜名湖周辺（フィリピン海プレート内）

1995/ 1/ 1~2016/ 9/19 M $\geq$ 1.1 *クラスタ除去したデータ



〔東側〕地震回数積算図（右下図）を見ると、地震活動は2000年から傾きに変化。

〔西側〕地震回数積算図（左下図）を見ると、2006年から傾きに変化

駿河湾

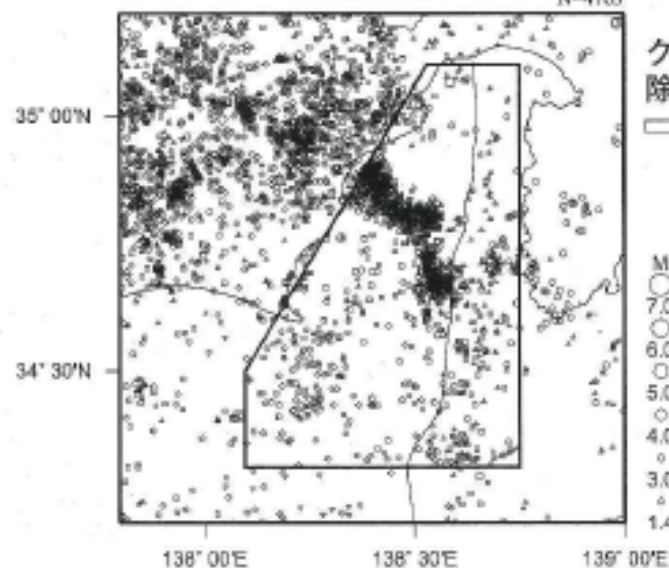
1990/1/1-2016/9/19 M $\geq$ 1.4

震央分布図

N=4763

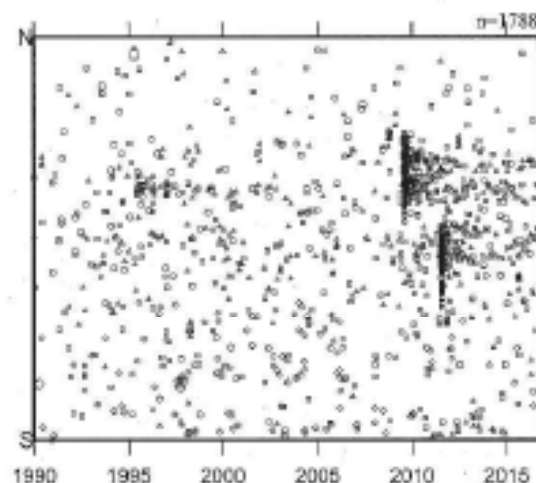
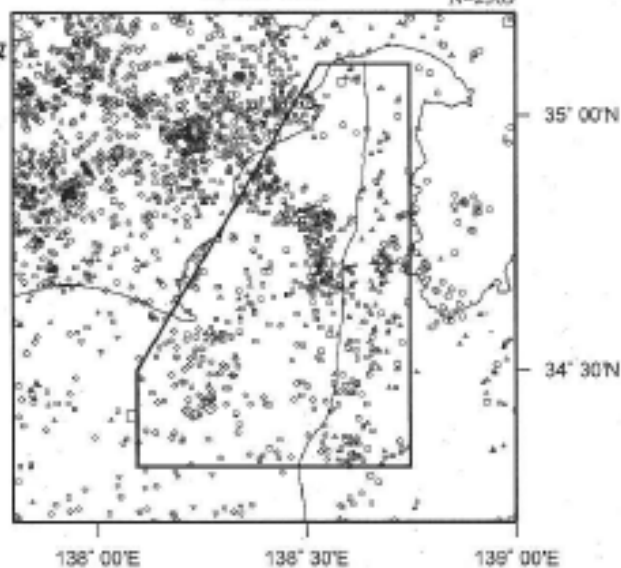
震央分布図

N=2365

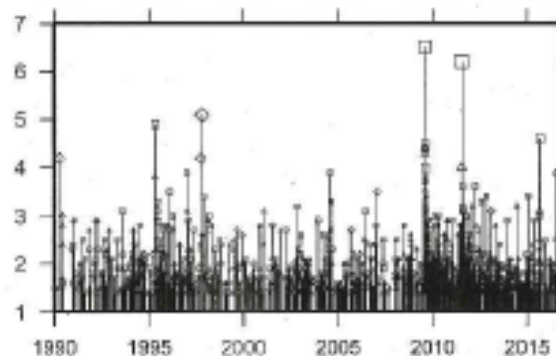
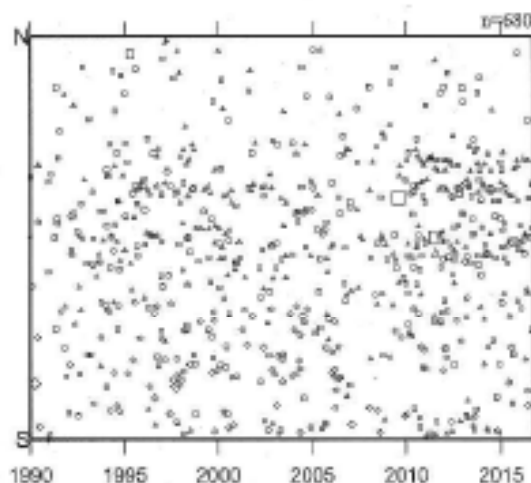


クラスター
除去
→

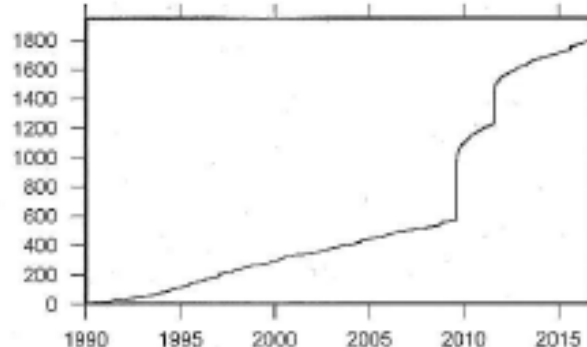
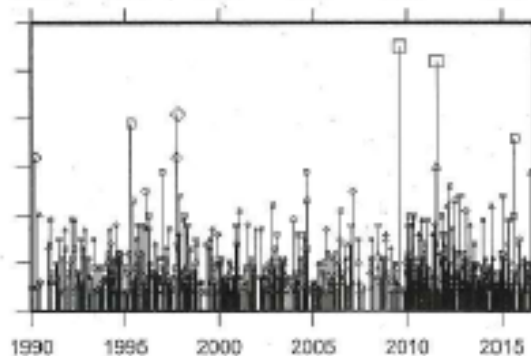
depth
(km)
M
7.0
6.0
5.0
4.0
3.0
1.4



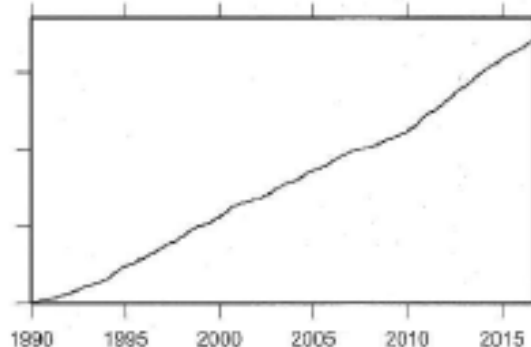
時空間分布図 (南北方向)



M—T図



地震回数積算図



2010年頃から2015年末頃まで、地震活動指数はやや高い状態で推移しており、クラスター除去後の地震回数積算図(右下図)からも同様の傾向が見られる。これは、2009年8月の駿河湾の地震(M6.5)と、2011年8月の駿河湾の地震(M6.2)余震活動が適切にデクラスターされていないためである。

気象庁作成

駿河湾

1990/1/1~2016/9/19 M $\geq$ 1.4

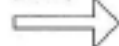
震央分布図

N=4763

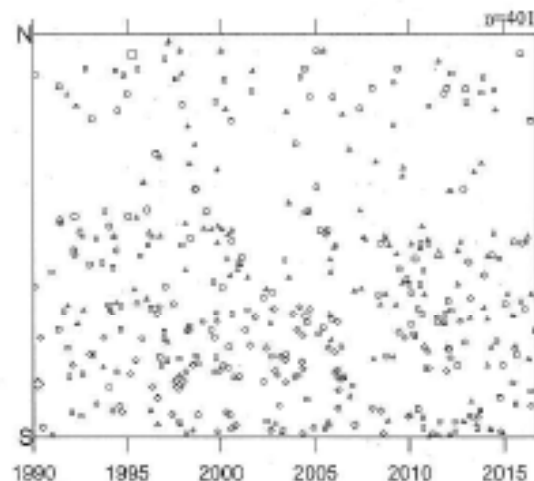
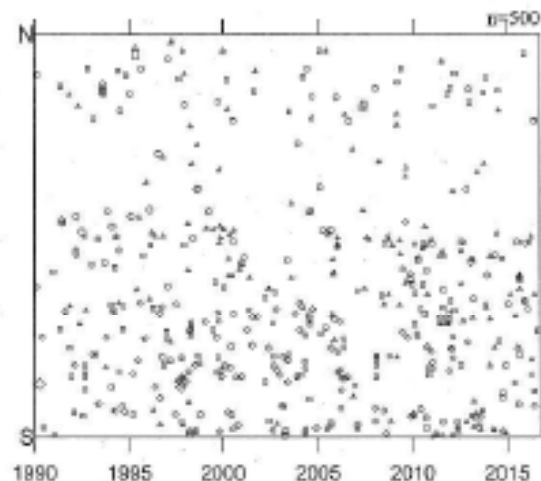
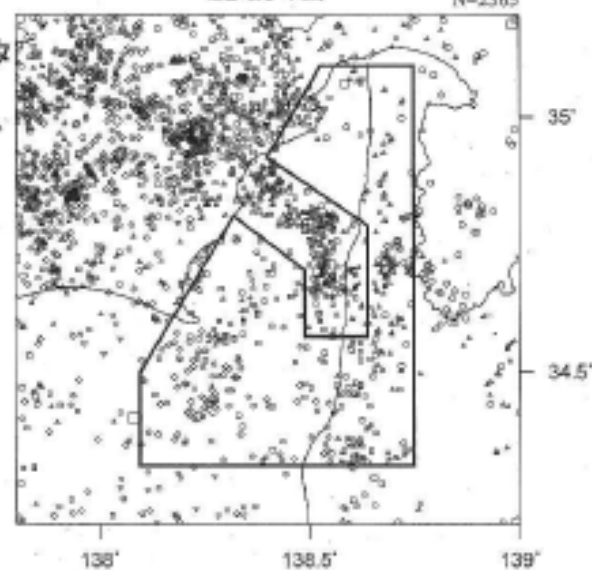
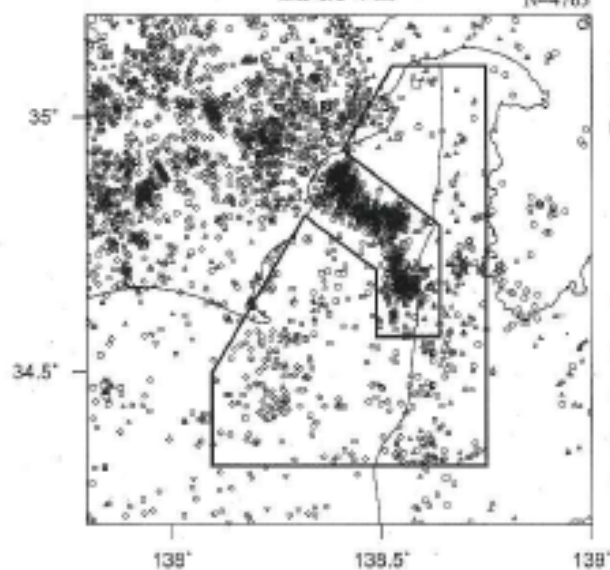
震央分布図

N=2365

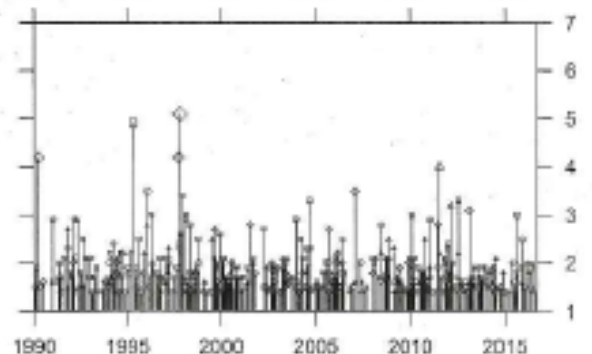
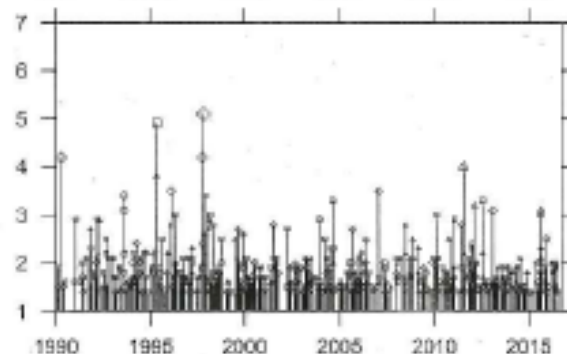
クラスター
除去



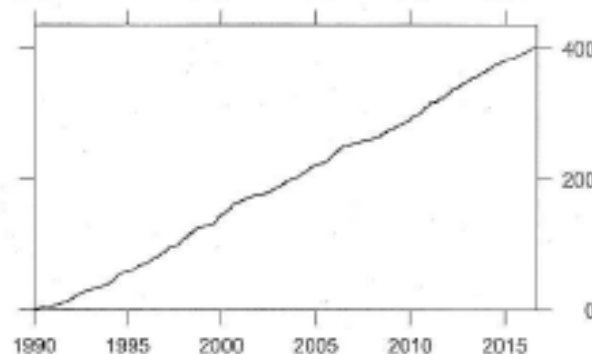
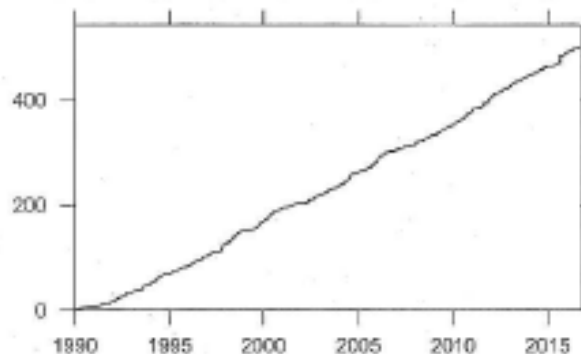
depth (km)
M
7.0 0
6.0 10
5.0 20
4.0 30
3.0 40
1.4 50
60



時空間分布図 (南北方向)



地震活動経緯図 (北緯経緯)



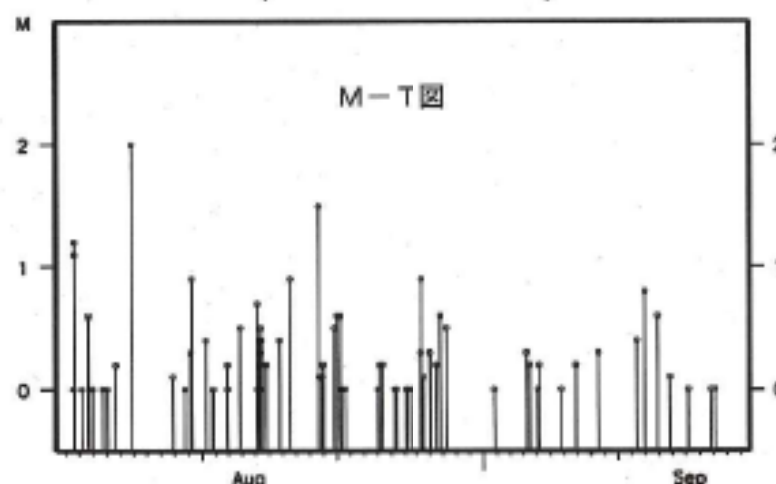
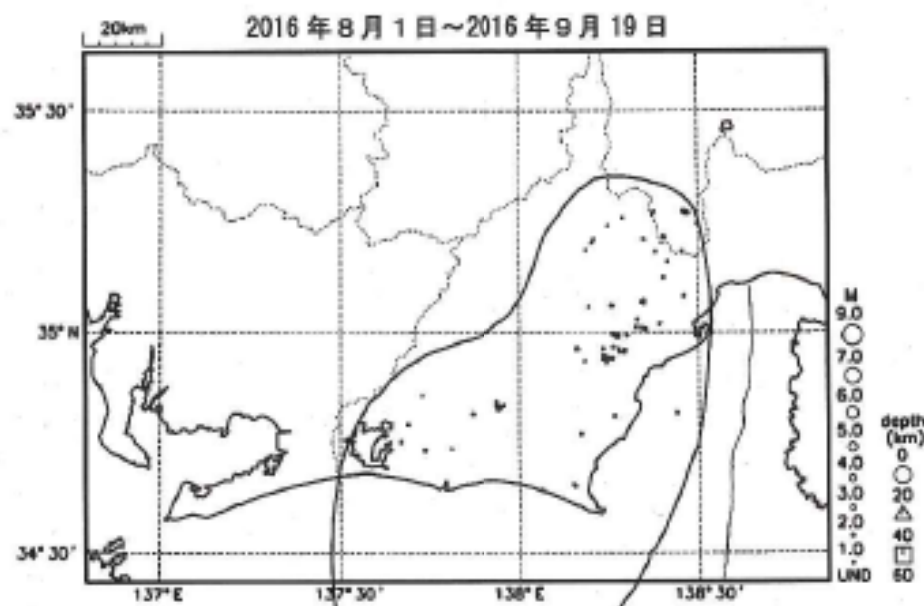
地震回数経緯図

2009年8月の駿河湾の地震(M6.5)と、2011年8月の駿河湾の地震(M6.2)の余震活動域を除外した。

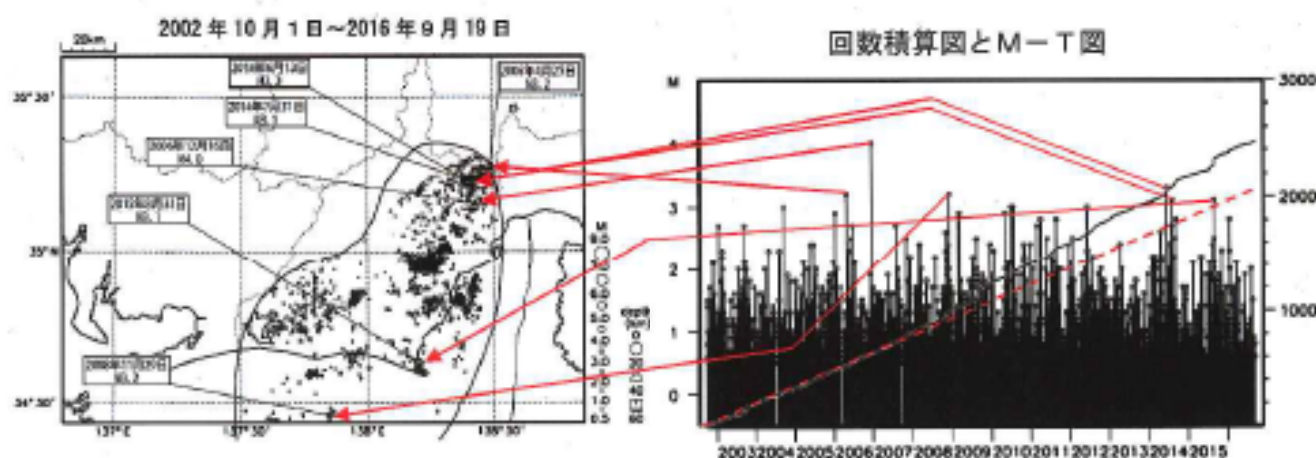
プレート境界とその周辺の地震活動(最近の活動状況)

(Hirose et al. (2008)によるフィリピン海プレート上面深さの±3kmの地震を抽出)

プレート境界とその周辺の地震の震央分布(最近約1ヶ月半、Mすべて)



プレート境界とその周辺の地震の震央分布(2002年10月以降、 $M \geq 0.5$)

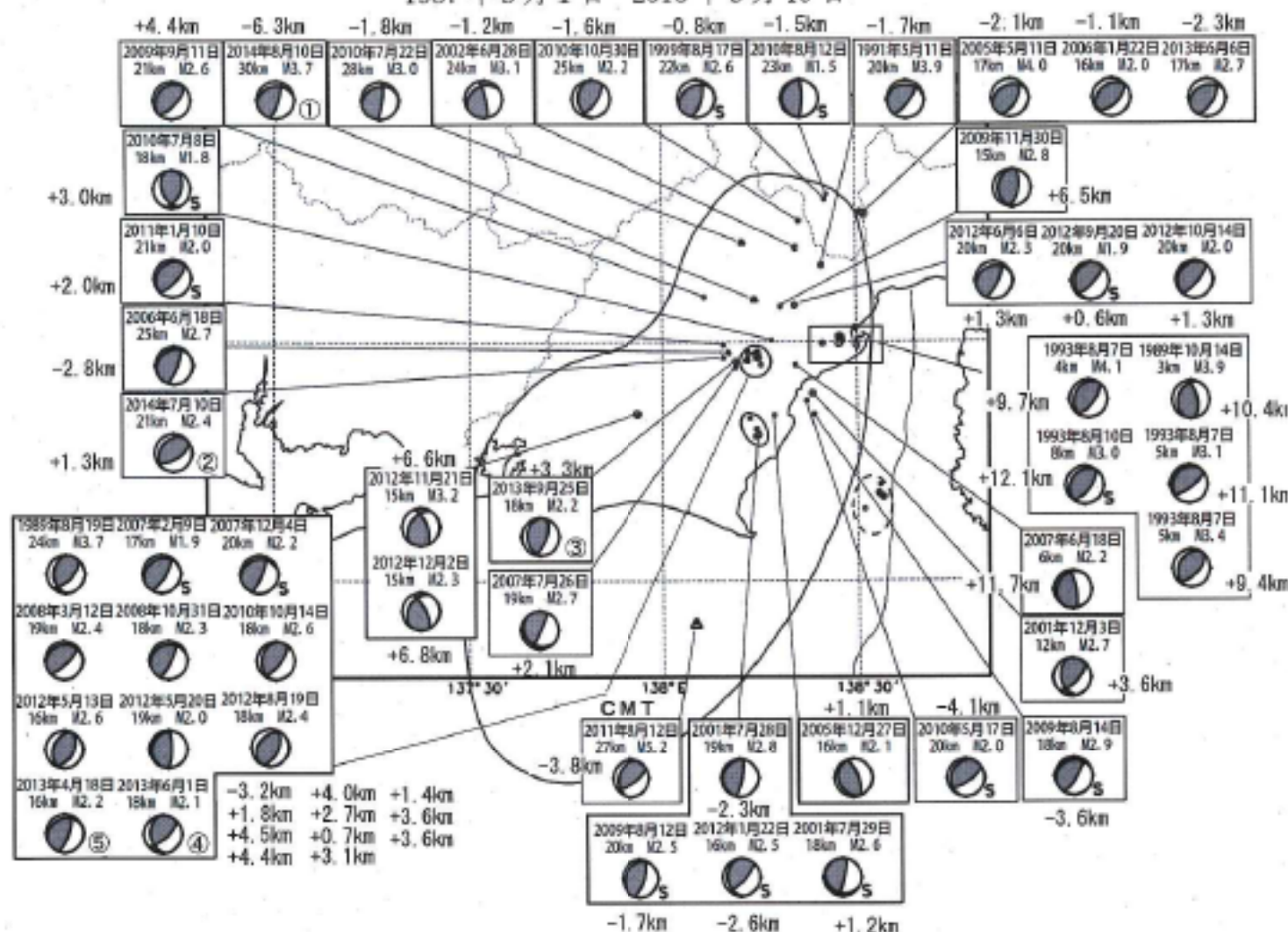


2002年10月以降($M \geq 0.5$)で見ると、東海地域のプレート境界とその周辺の地震活動は、2007年中頃あたりからやや活発に見える。なお、2009年8月11日以降は、駿河湾の地震($M6.5$)の余震活動の一部を抽出している。 $M3$ を超える地震については、その震央を矢印で示しているが、これらの地震の発震機構解は想定東海地震のものとは類似の型ではない。

気象庁作成

想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震

1987年9月1日～2016年9月19日



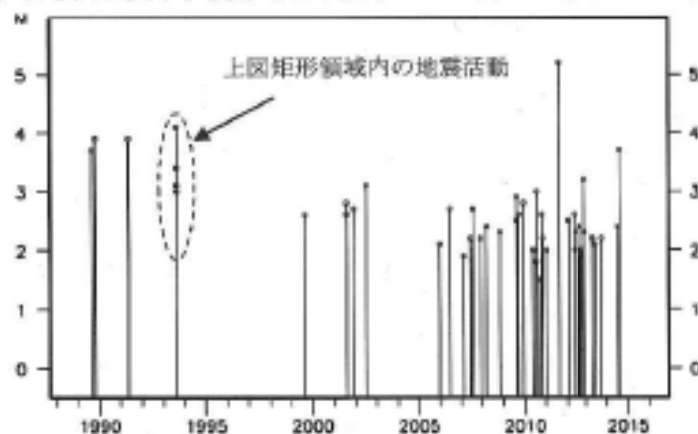
吹き出しの傍に書かれた値は、Hirose et al. (2008)によるプレート境界からの鉛直方向の距離。+はプレート境界より浅く、-は深いことを示す。

最近発生した5つの地震については、丸数字で順番を示す。

想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震を抽出した。抽出条件は、P軸の傾斜角が45度以下、かつP軸の方位角が65度以上145度以下、かつT軸の傾斜角が45度以上、かつN軸の傾斜角が30度以下とした。

プレート境界で発生したと疑われる地震の他、明らかに地殻内またはフィリピン海プレート内で発生したと推定される地震も含まれている。また、2009年までに発生した地震については、Nakamura et al. (2008)の3次元速度構造で震源とメカニズム解を再精査し、いくつかの地震は候補から削除されている。点線楕円で囲まれた地震は、2011年8月1日に発生したM6.2の地震の余震で、フィリピン海プレート内の地震である。

なお、吹き出し図中、震源球右下降りにSの表示があるものは、発震機構解に十分な精度がない。



上図イベントの、想定震源域内におけるM-T図。

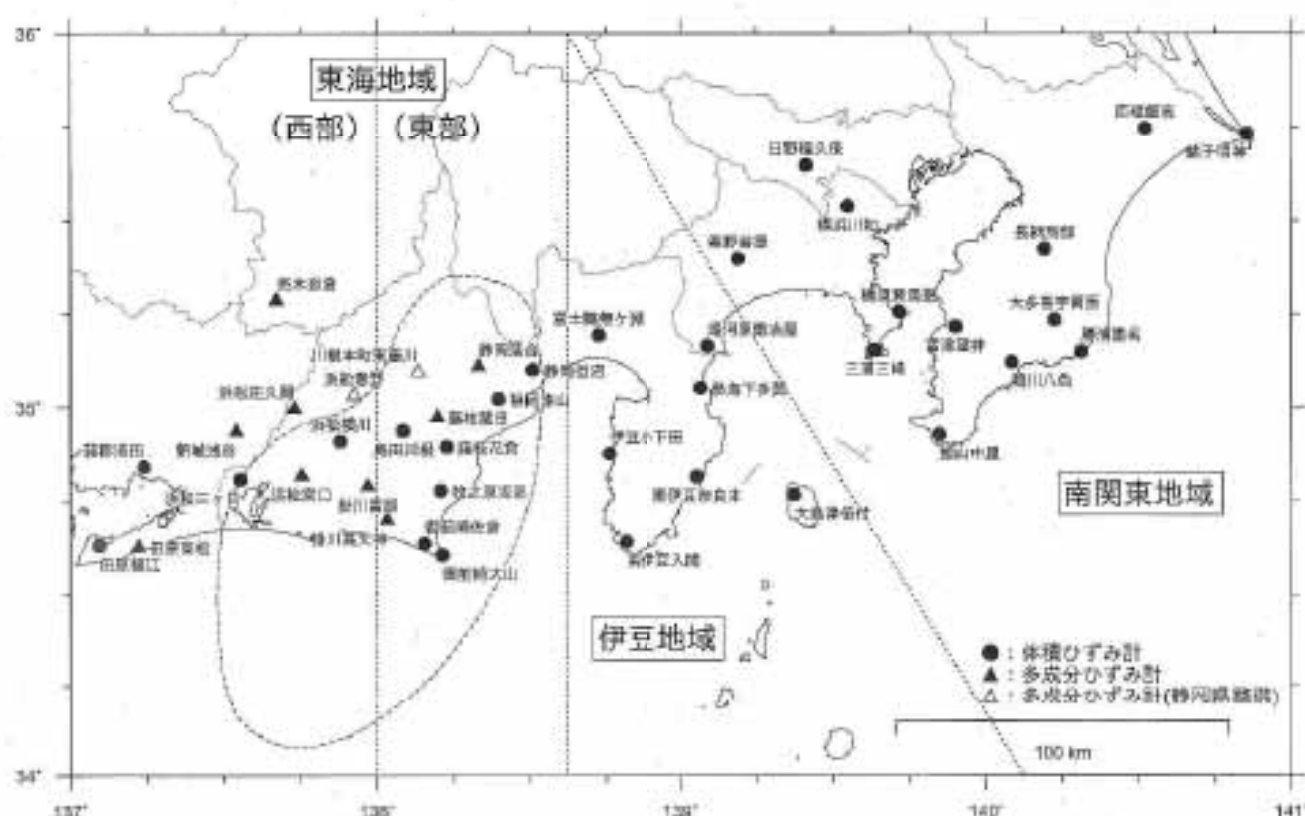
気象庁作成

ひずみ計による観測結果（2016年3月1日～2016年9月20日）

短期的ゆっくりすべりに起因すると見られる次の地殻変動がひずみ計で観測された。

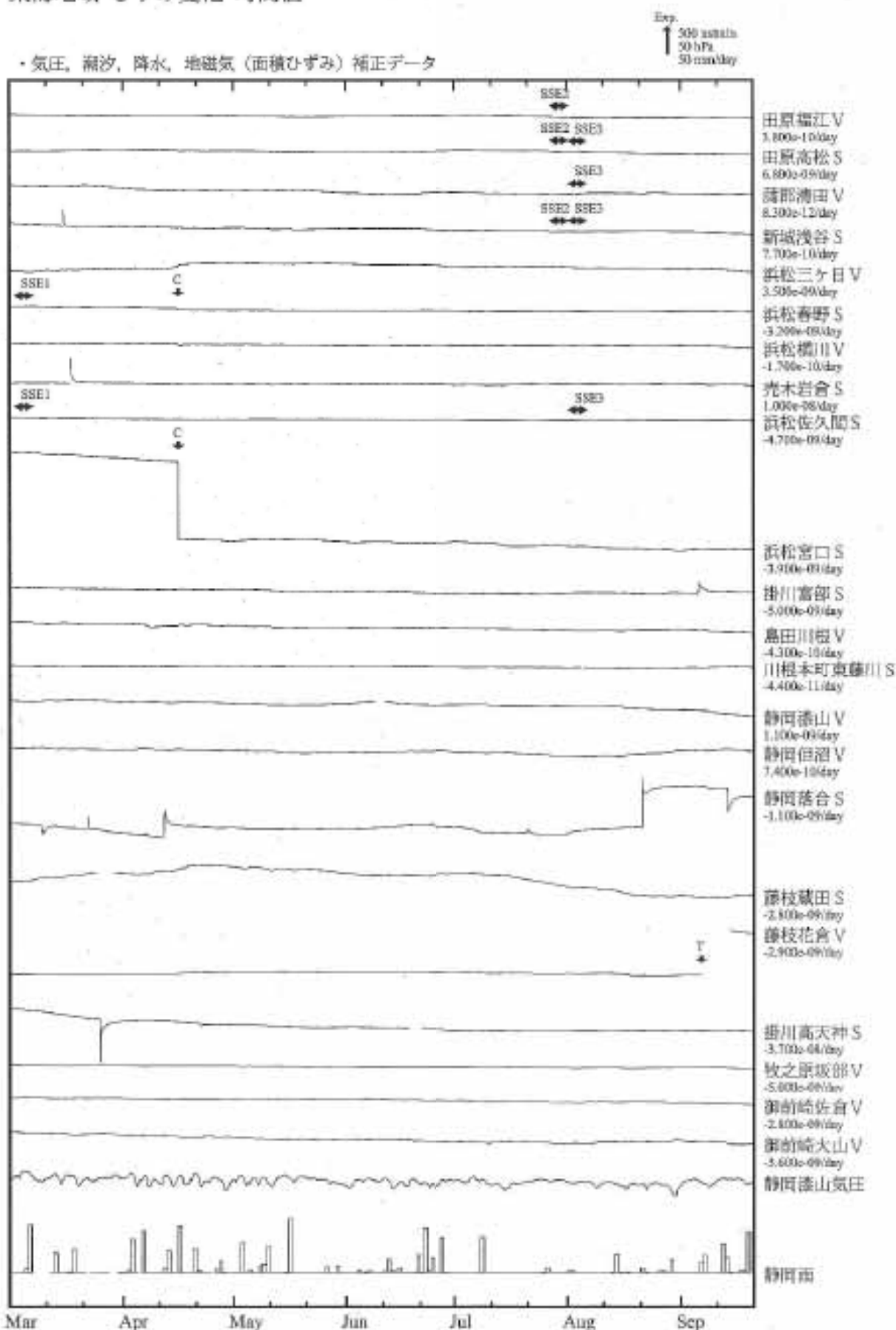
- SSE1：2016年3月2日から4日にかけて観測された。（第359回判定会資料参照）
 SSE2：2016年7月26日から31日にかけて観測された。（第364回判定会資料参照）
 SSE3：2016年8月1日から7日にかけて観測された。（第364回判定会資料参照）

ひずみ計の配置図



※観測点名の記号Vは体積ひずみを、Sは多成分ひずみ計で観測した線ひずみより計算した面積ひずみを示す。
 ※観測点名、観測成分名右側の数値は、平常時における34時間隔差の99.9%タイム値を示す。
 ※多成分ひずみ計成分名の() 内は測定方位、[] 内は面積ひずみ計算に用いた成分を示す。
 ※多成分ひずみ計の最大剪断ひずみ、面積ひずみ及び主断方位は、広域のひずみに換算して算出している。

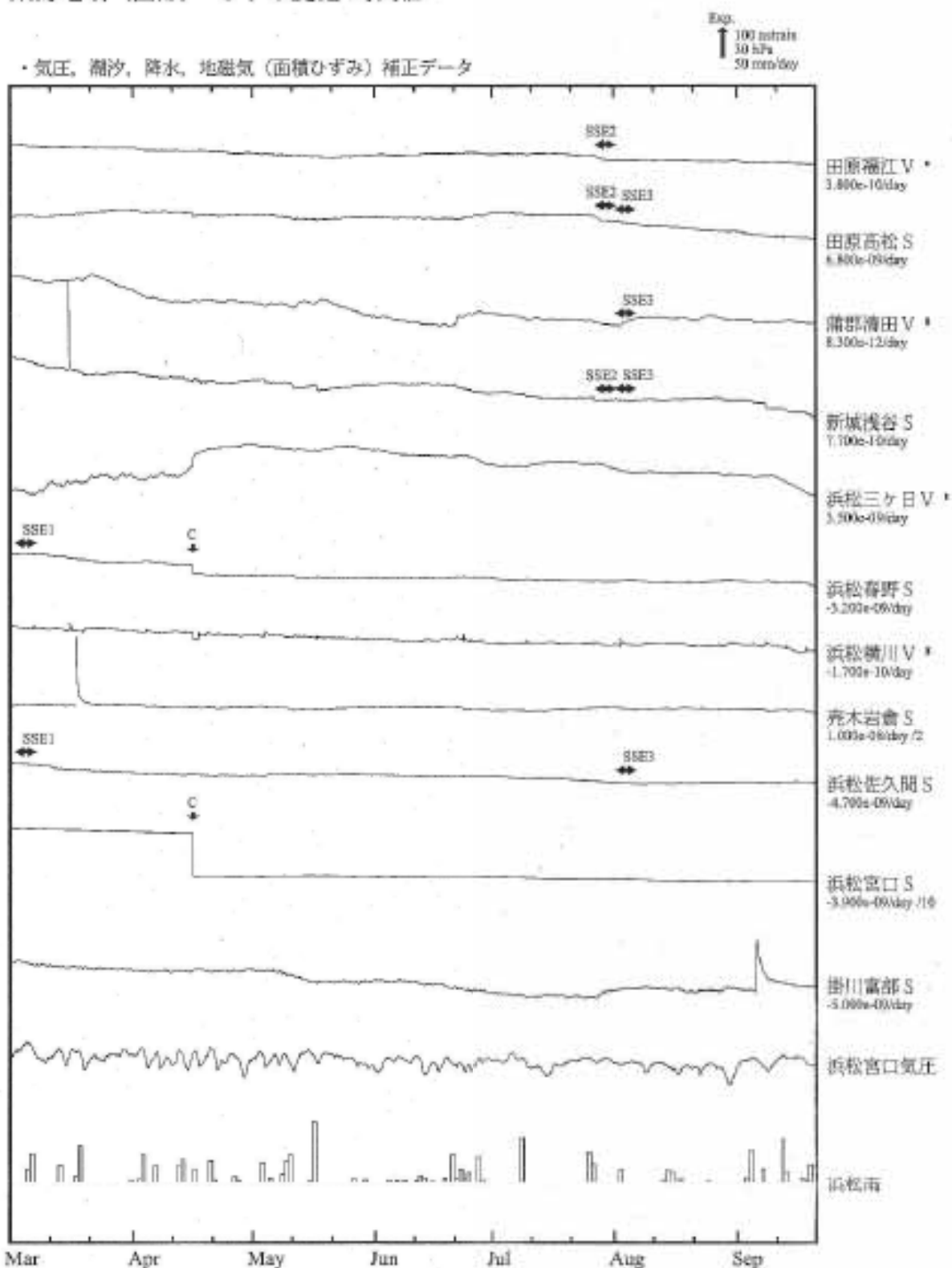
東海地域 ひずみ変化 時間値



※田原高松、新城浅谷、壳木岩倉、掛川高天神、藤枝蔵田、静岡落合は、降水に伴うひずみ変化を補正していない。
※田原福江は、地下水の汲み上げに伴うひずみ変化を補正している。

気象庁作成

東海地域（西部） ひずみ変化 時間値



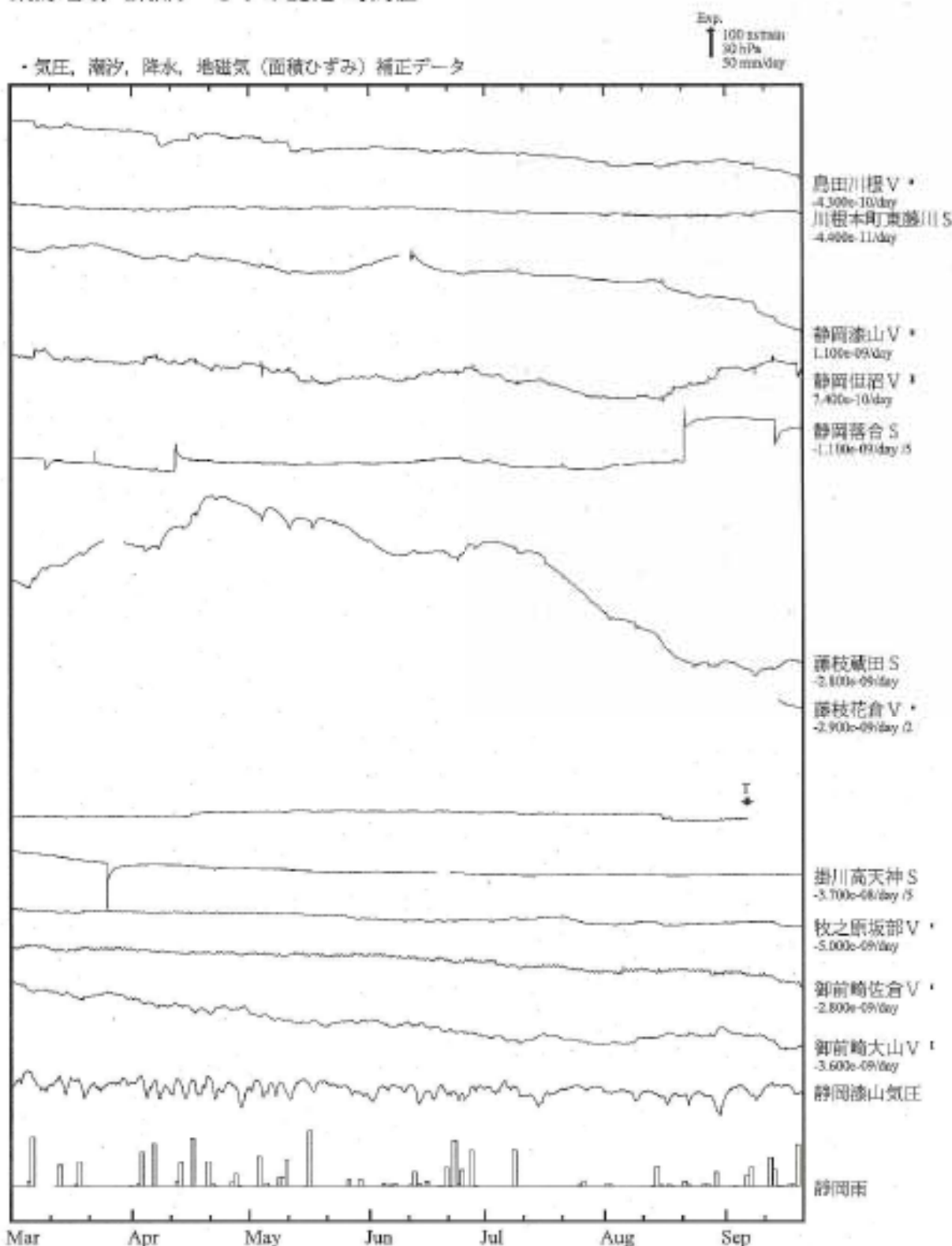
※田原高松、新城浅谷、荒木岩倉は、降水に伴うひずみ変化を補正していない。
※田原福江は、地下水の汲み上げに伴うひずみ変化を補正している。

SSE1 : 短期的ゆっくりすべり 2016.03.02-03.04
SSE2 : 短期的ゆっくりすべり 2016.07.26-07.31
SSE3 : 短期的ゆっくりすべり 2016.08.01-08.07

C : 地震に伴うステップ状の変化
L : 局所的な変化
S : 例年見られる変化
M : 調整
T : 障害

気象庁作成

東海地域（東部） ひずみ変化 時間値



※掛川高天神、藤枝蔵田、静岡落合は、降水に伴うひずみ変化を補正していない。

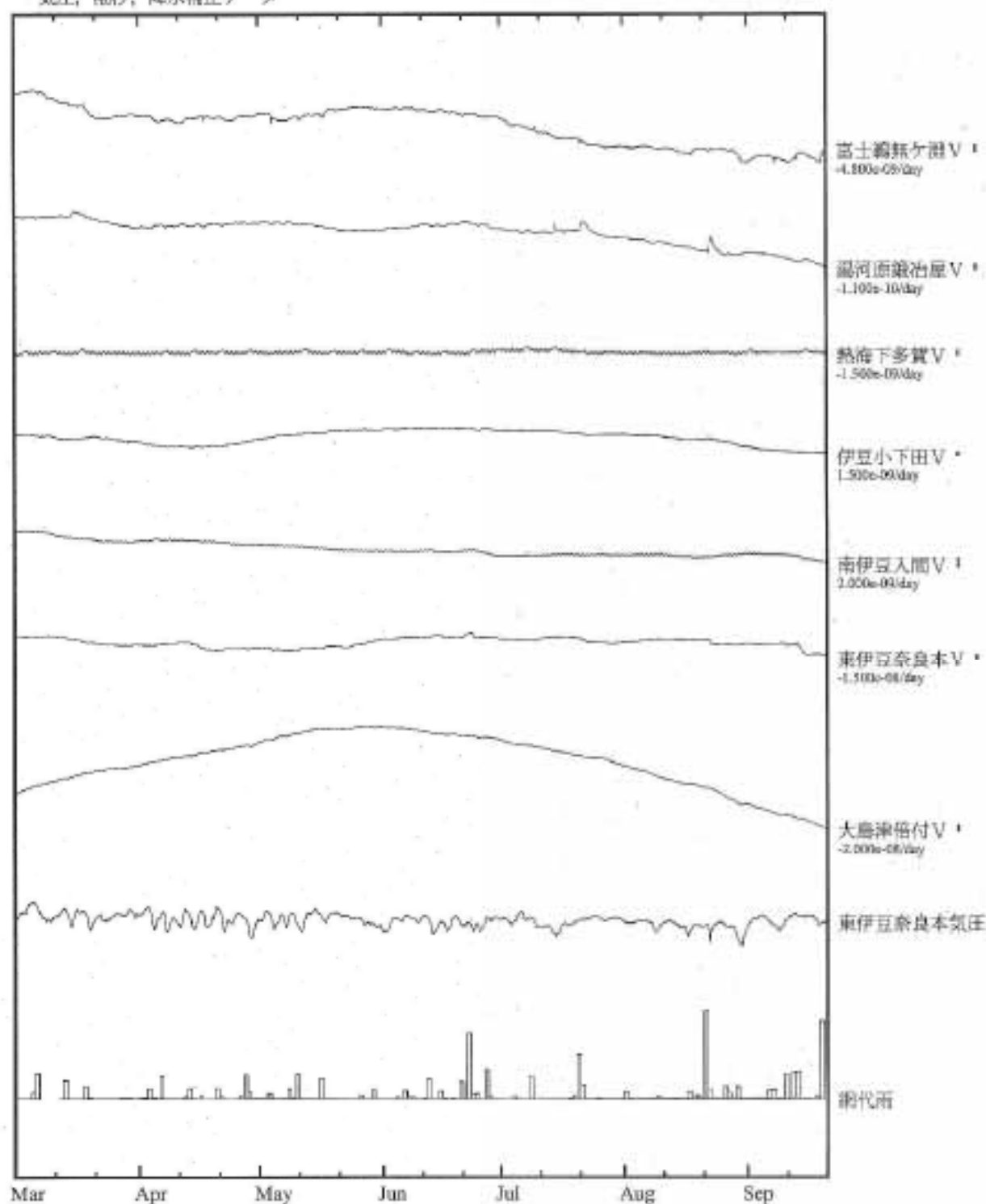
・特記事項なし。

- C : 地磁気に伴うステップ状の変化
- L : 局所的な変化
- S : 例年見られる変化
- H : 調整
- T : 障害

伊豆地域 ひずみ変化 時間値

・気圧、潮汐、降水補正データ

Exp.
↑ 250 strains
30 kPa
50 mm/day

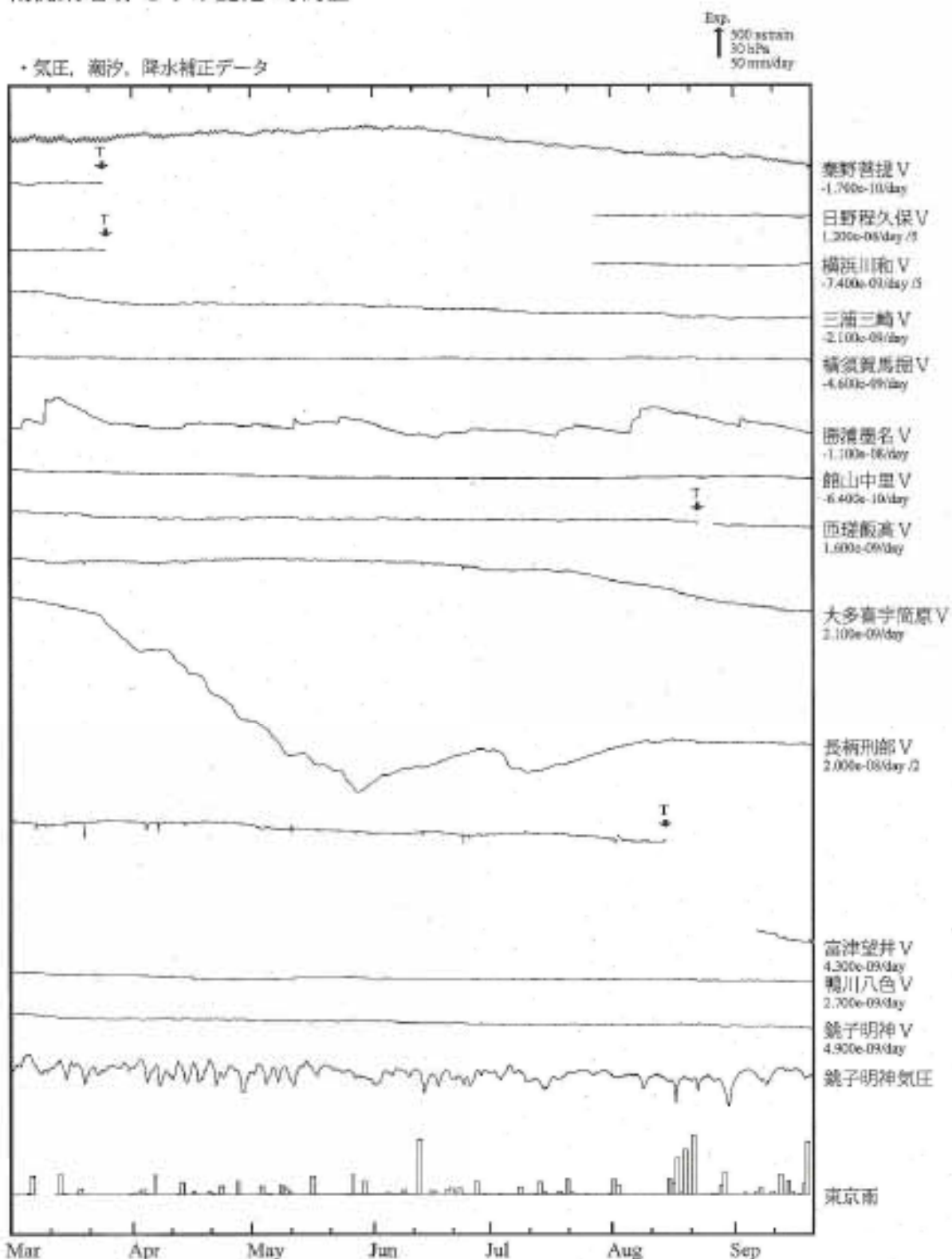


・特記事項なし。

- C : 地震に伴うステップ状の変化
- L : 同所的な変化
- S : 例年見られる変化
- M : 調整
- T : 障害

気象庁作成

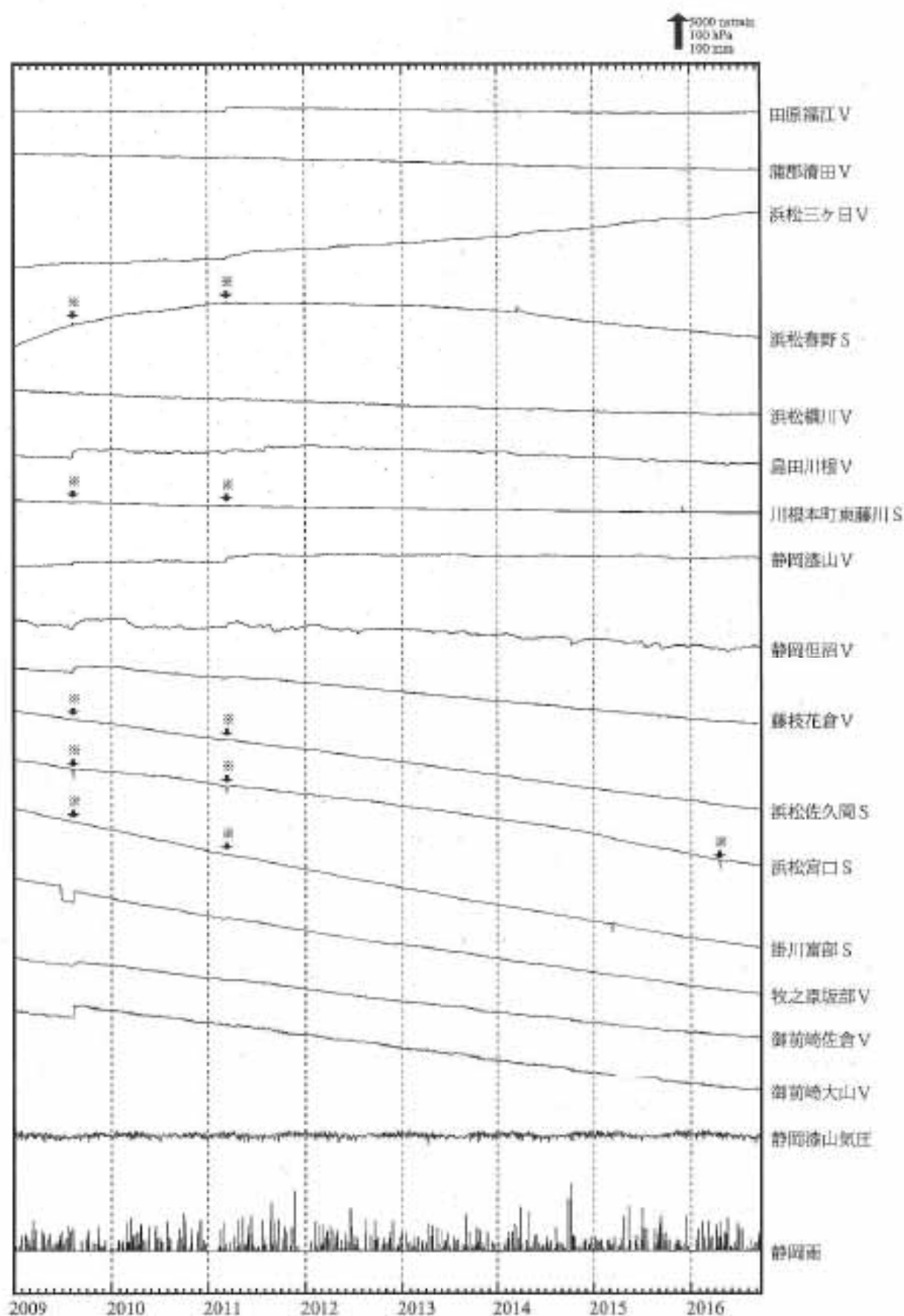
南関東地域 ひずみ変化 時間値



・特記事項なし

- C : 地震に伴うステップ状の変化
- L : 同所的な変化
- S : 偶年見られる変化
- M : 調整
- T : 障害

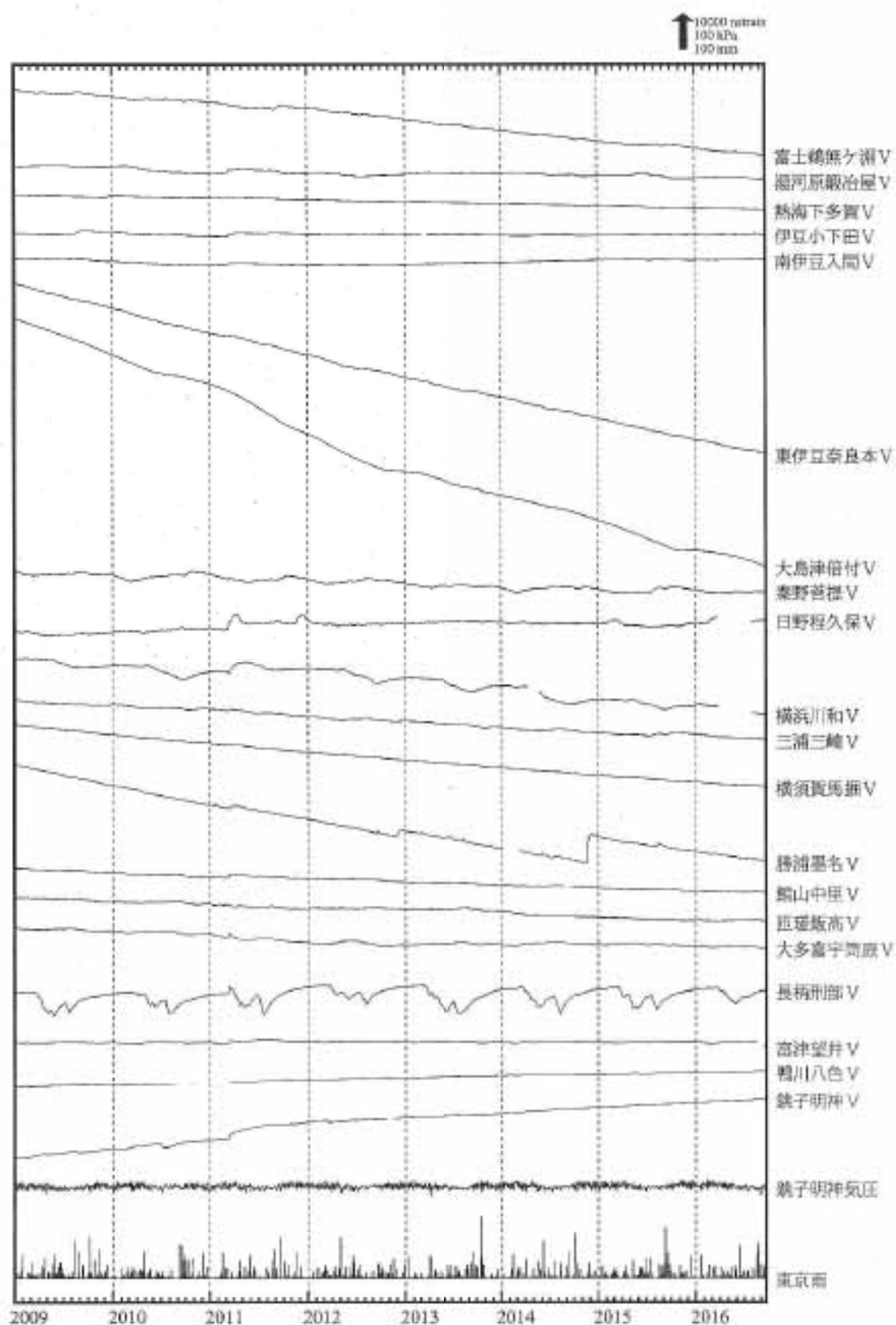
東海地域 ひずみ変化 日平均値



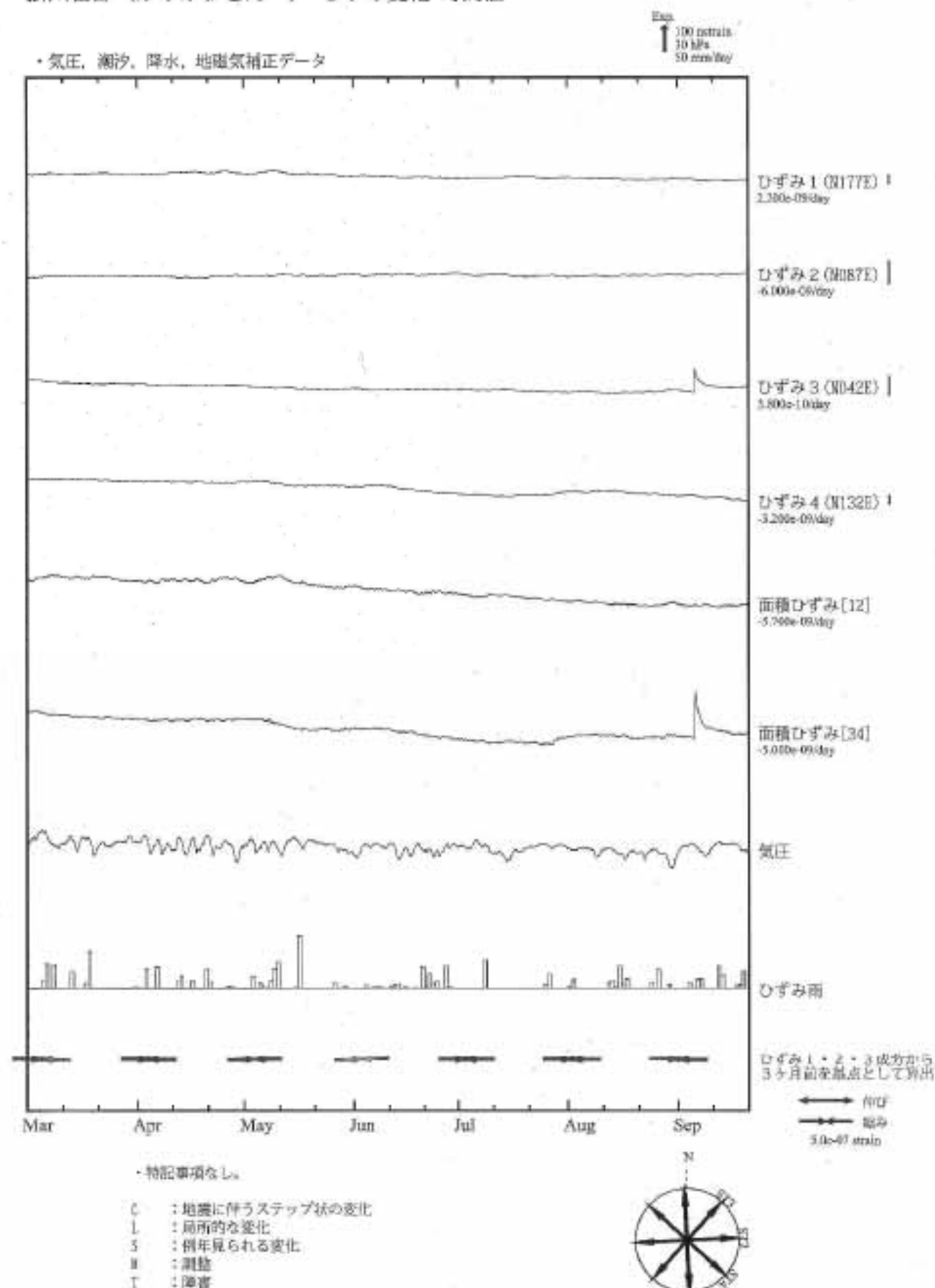
※面積ひずみは、駿河湾の地震および東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除去して計算している。

気象庁作成

伊豆・南関東地域 ひずみ変化 日平均値



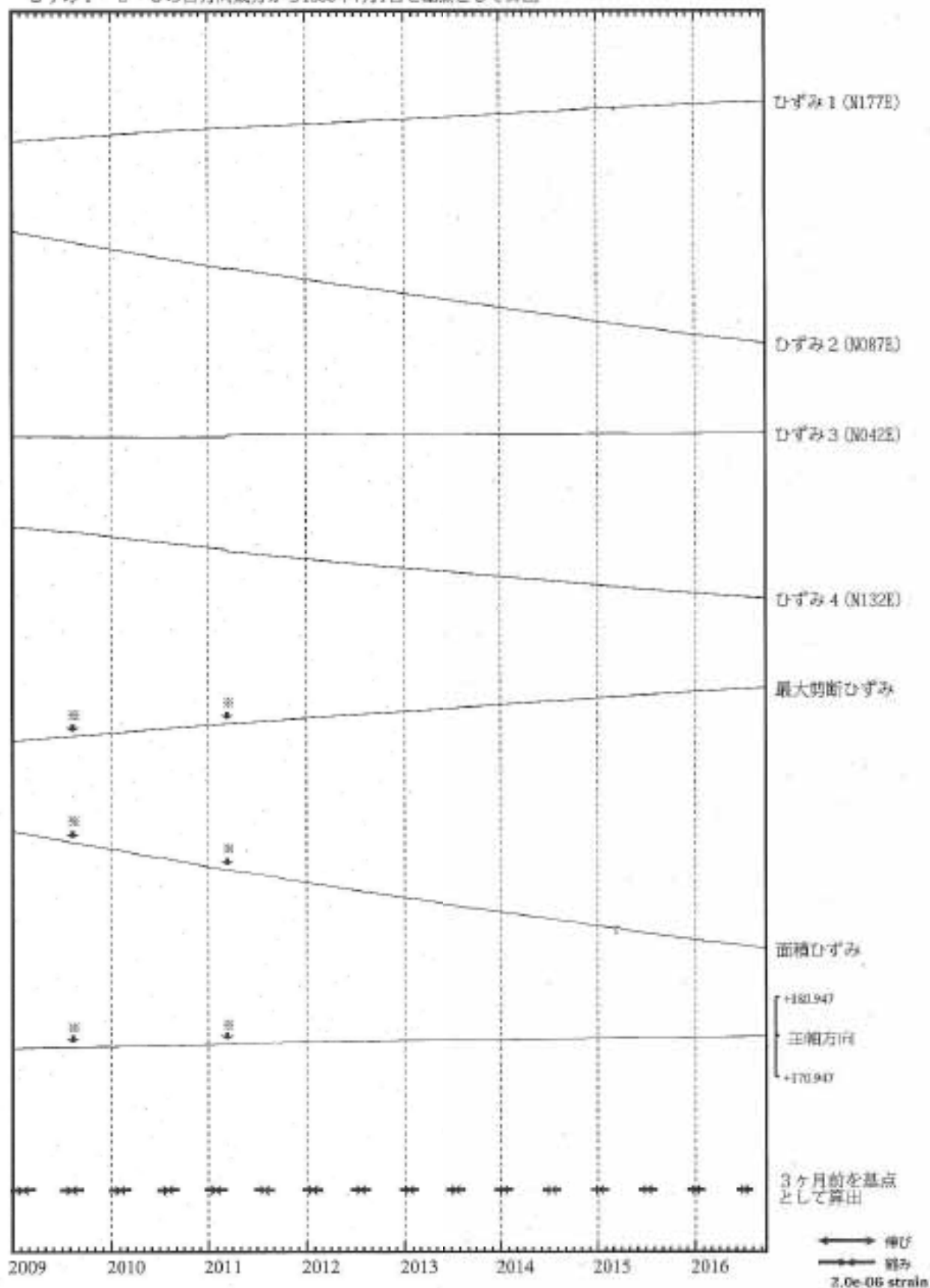
掛川富部（かけがわとんべ） ひずみ変化 時間値



掛川富部 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ 1・2・3 の各方向成分から1989年7月1日を基点として算出

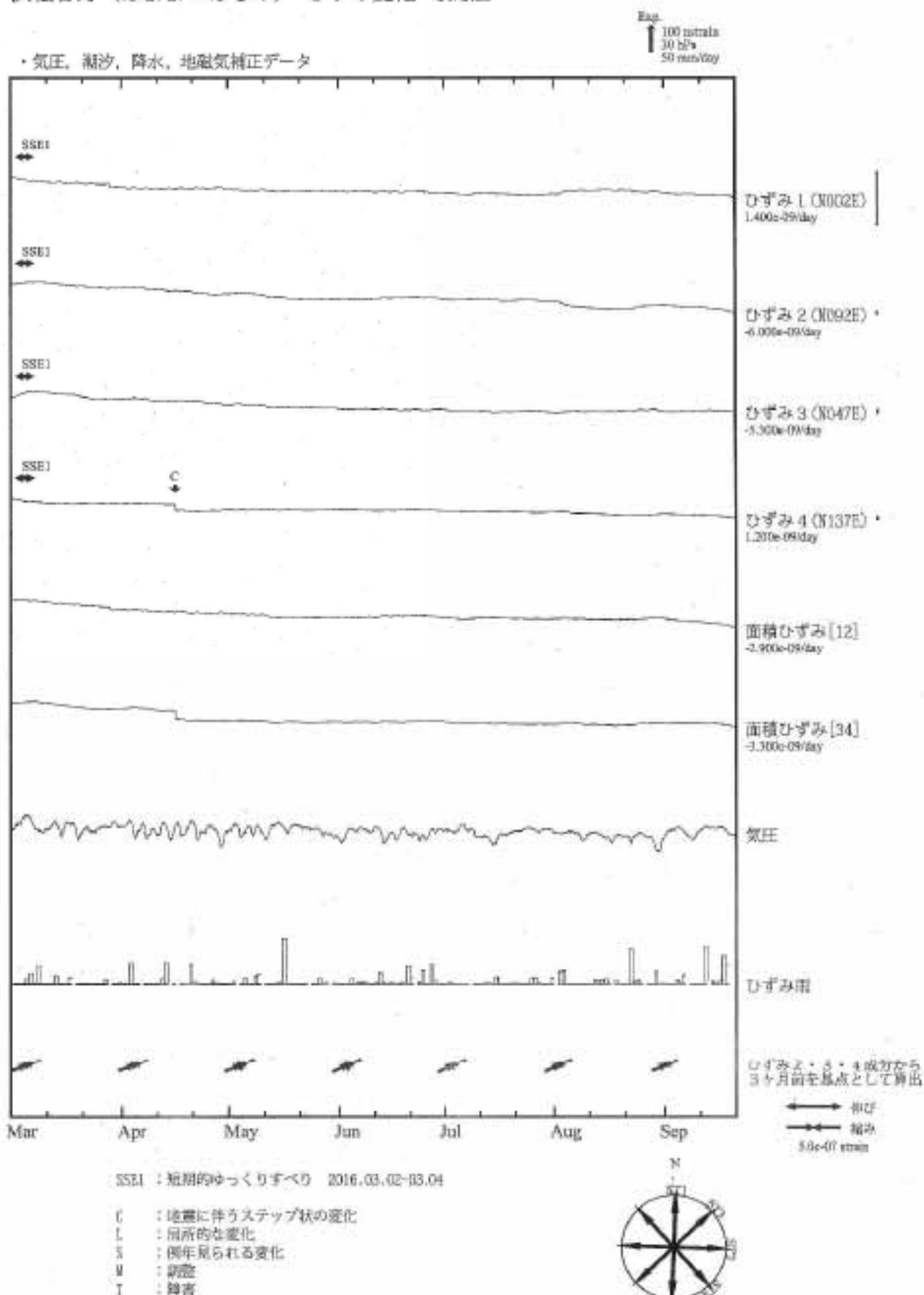
Exp.
↑ 5000 nstrain



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、駿河湾の地震および東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除去して計算している。

気象庁作成

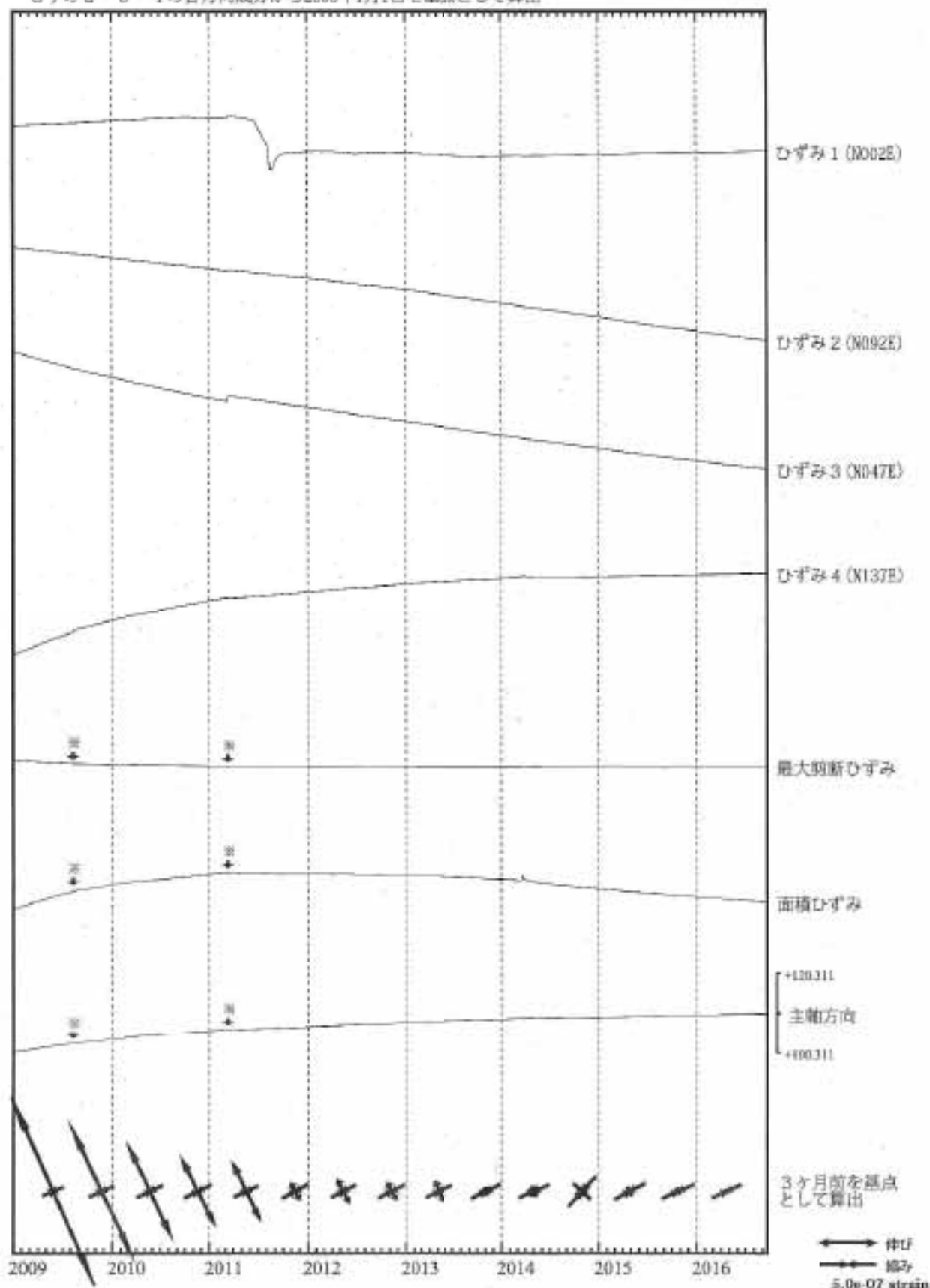
浜松春野（はまつはるの） ひずみ変化 時間値



浜松春野 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ2・3・4の各方向成分から2003年1月1日を基点として算出

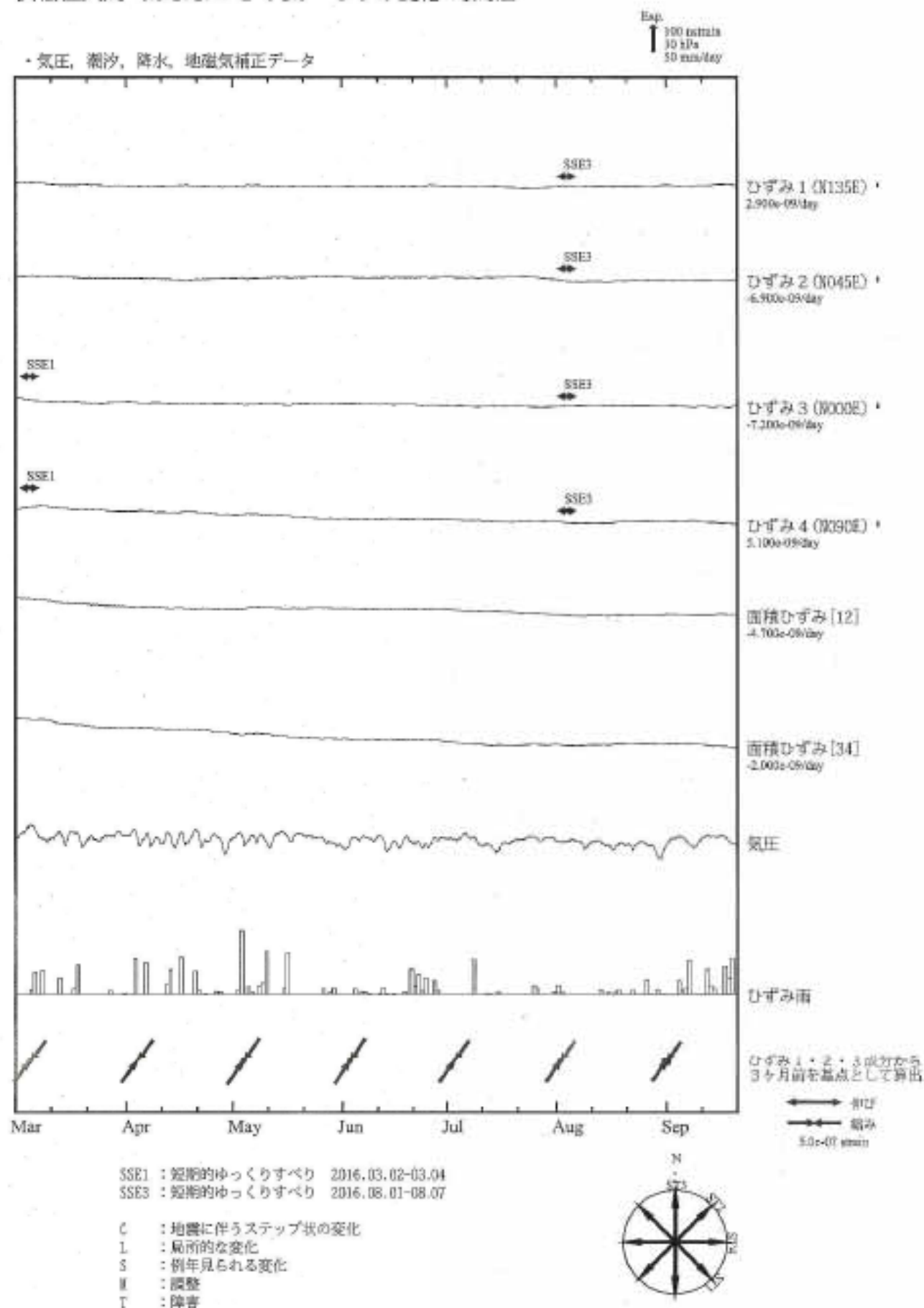
Exp.
↑
5000 nstrain



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、駿河湾の地震および東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除き計算している。

気象庁作成

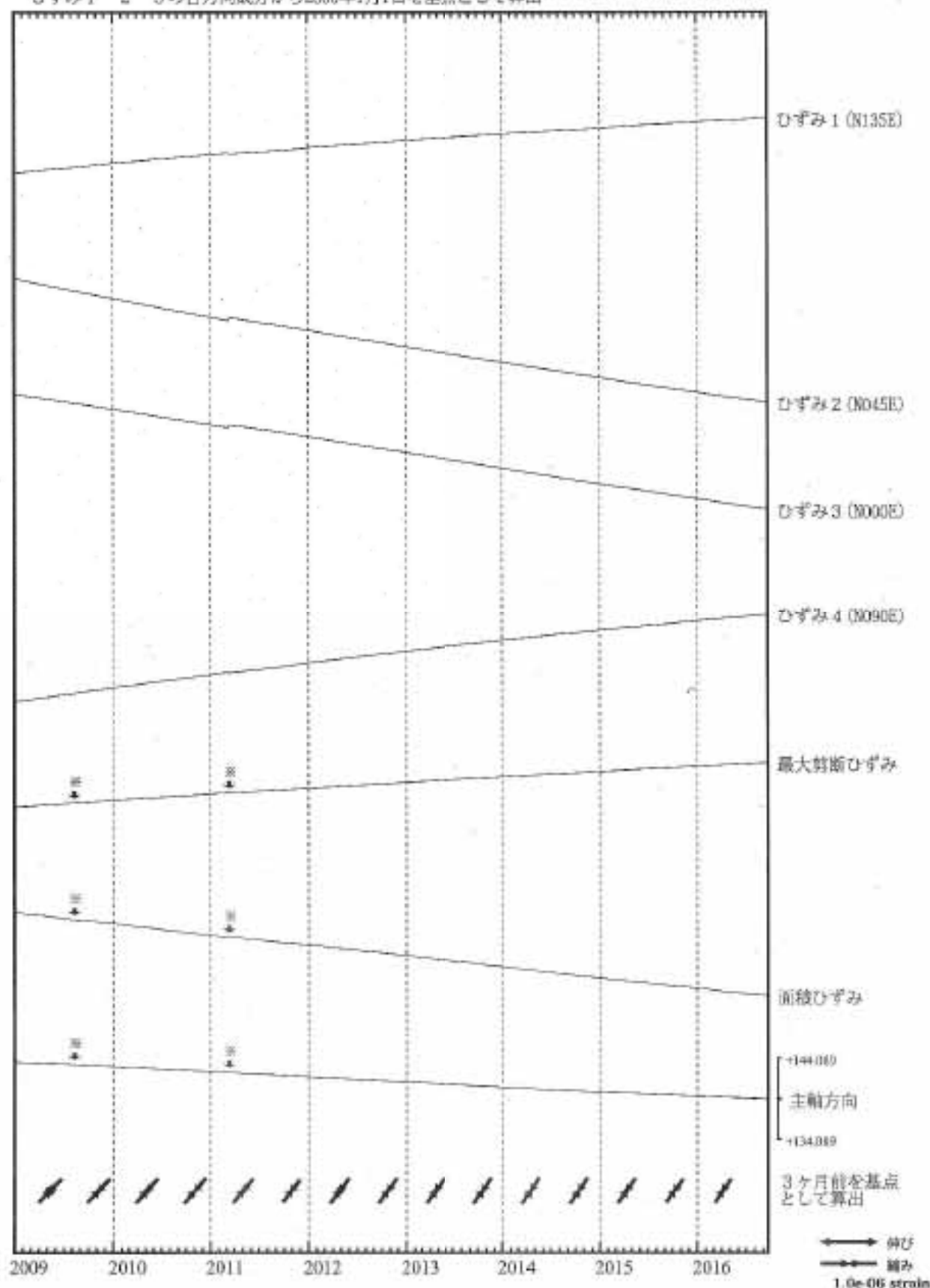
浜松佐久間（はまつさくま） ひずみ変化 時間値



浜松佐久間 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ1・2・3の各方向成分から2000年1月1日を基点として算出

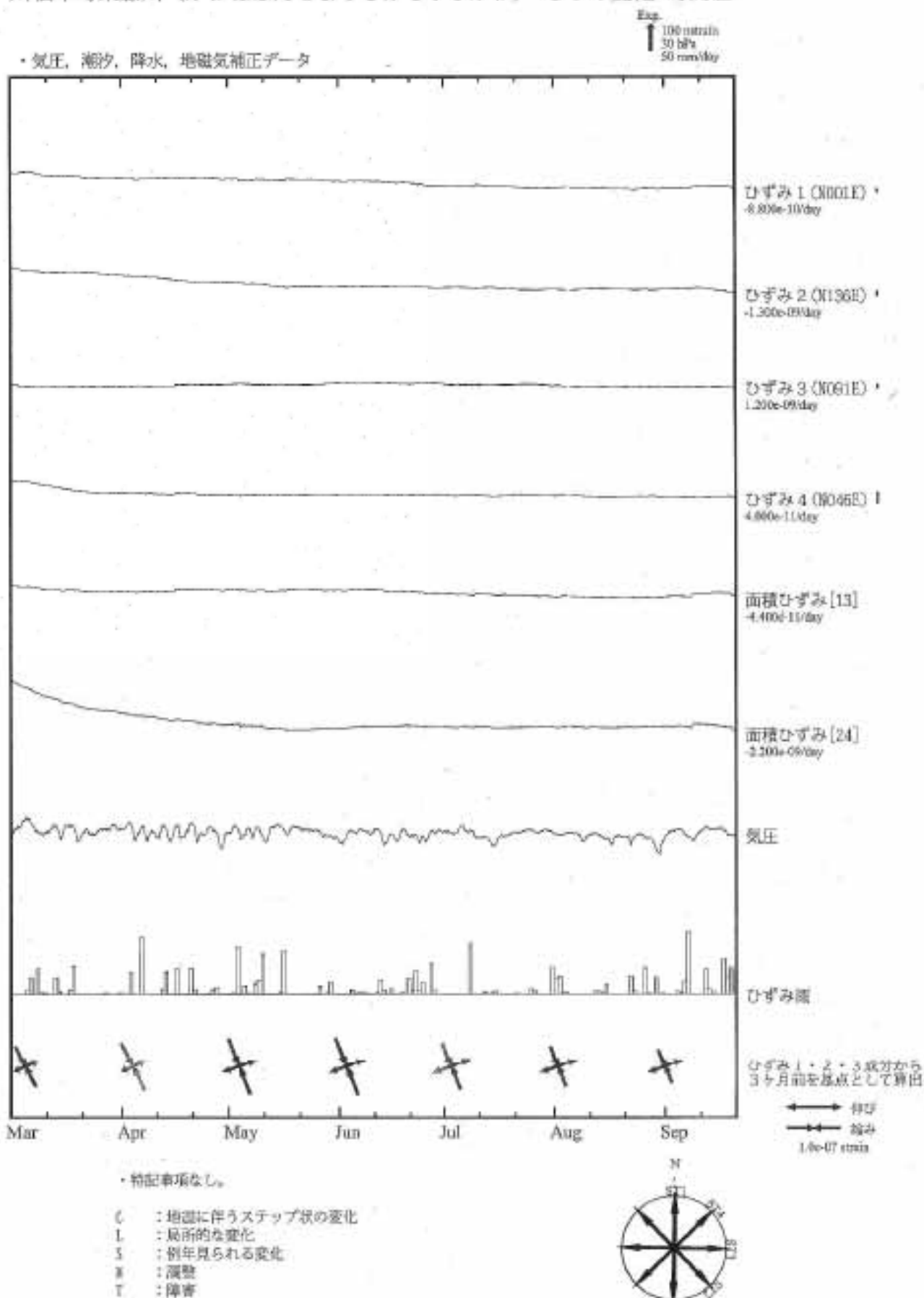
Exp.
↑ 5000 μ strain



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、駿河湾の地震および東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除去して計算している。

気象庁作成

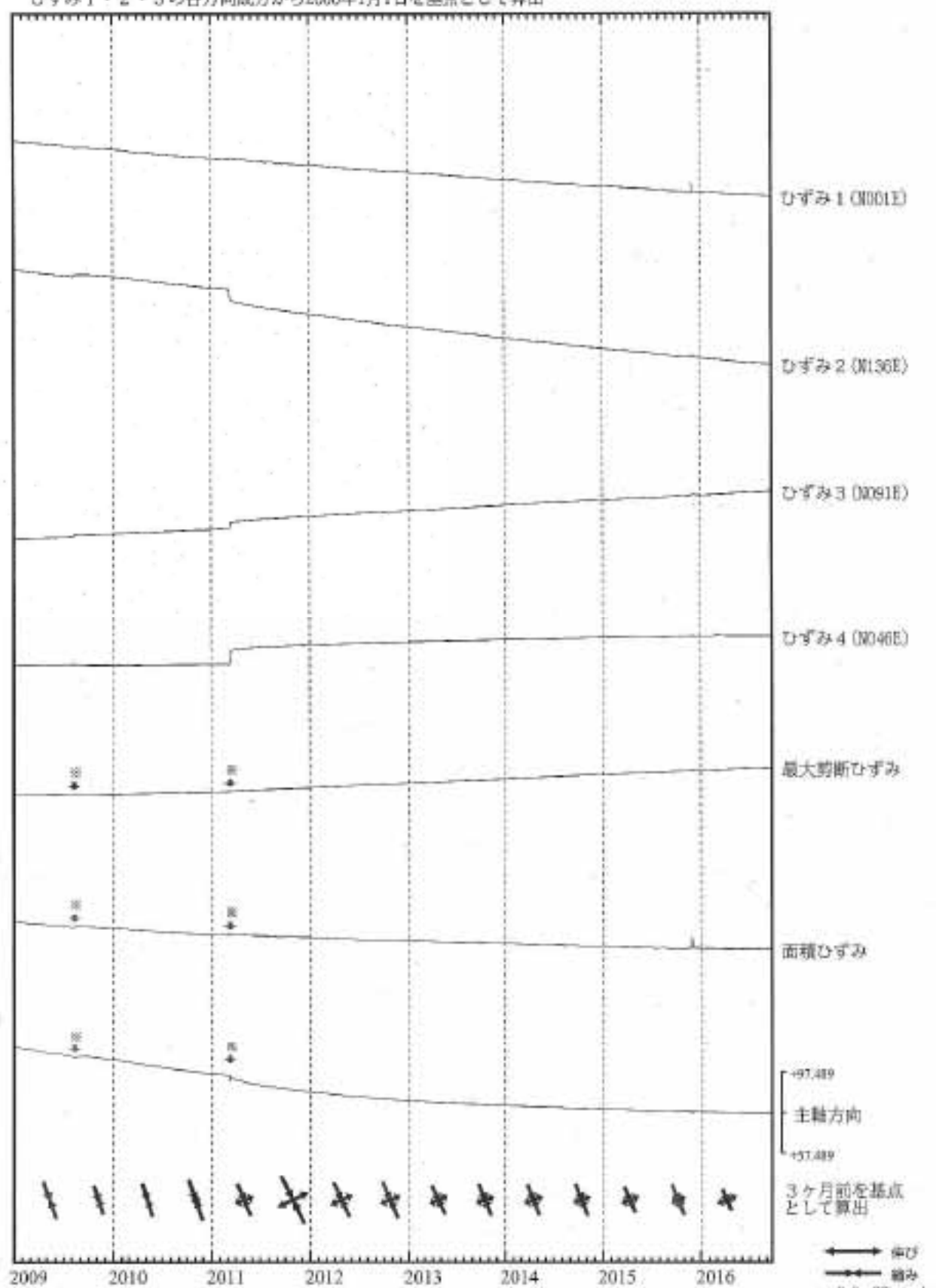
川根本町東藤川（かわねほんちょうひがしふじかわ） ひずみ変化 時間値



川根本町東藤川 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ1・2・3の各方向成分から2000年1月1日を基点として算出

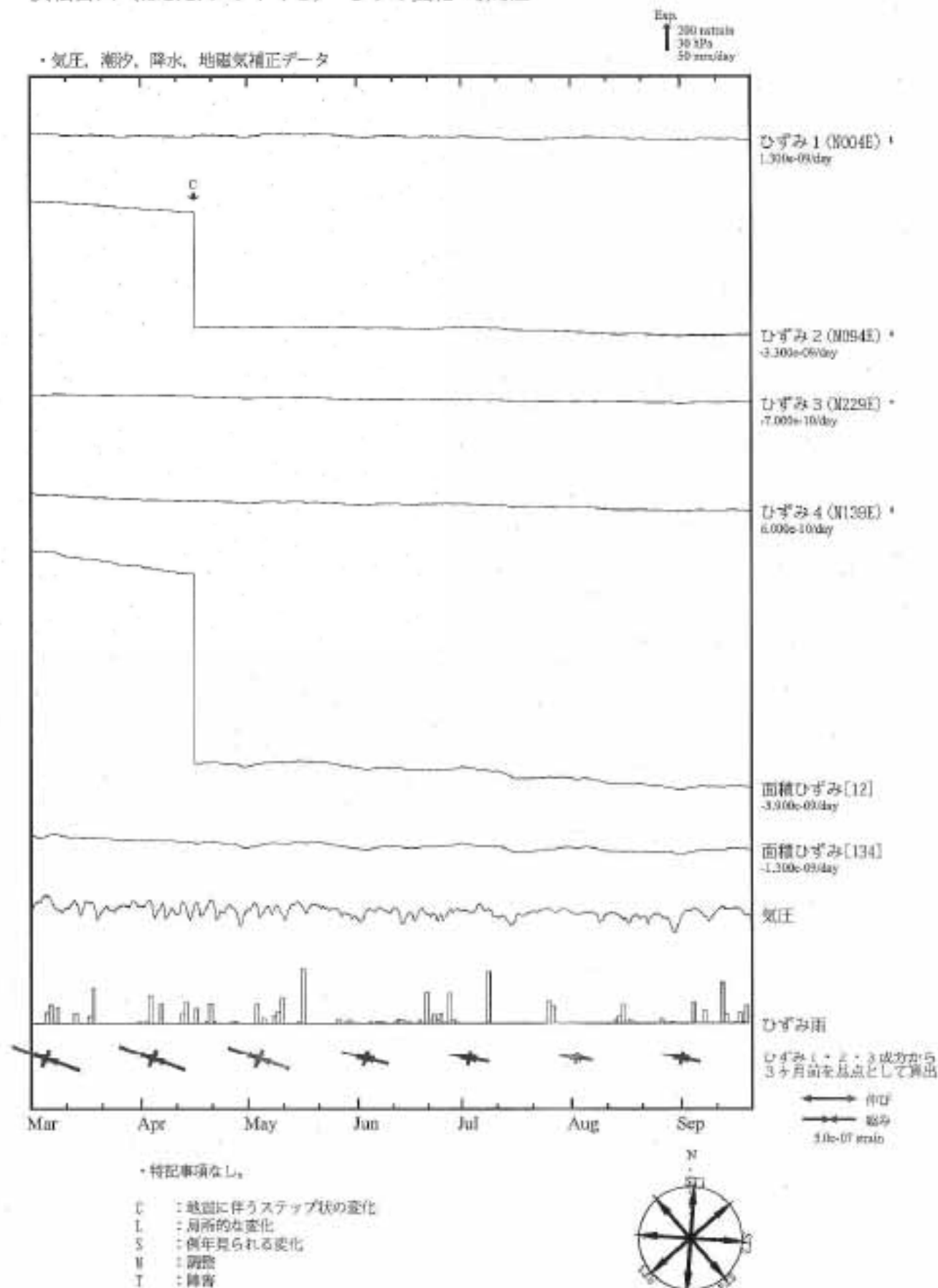
Exp.
↑
2000 nstrain



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、駿河湾の地震および東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除き計算している。

気象庁作成

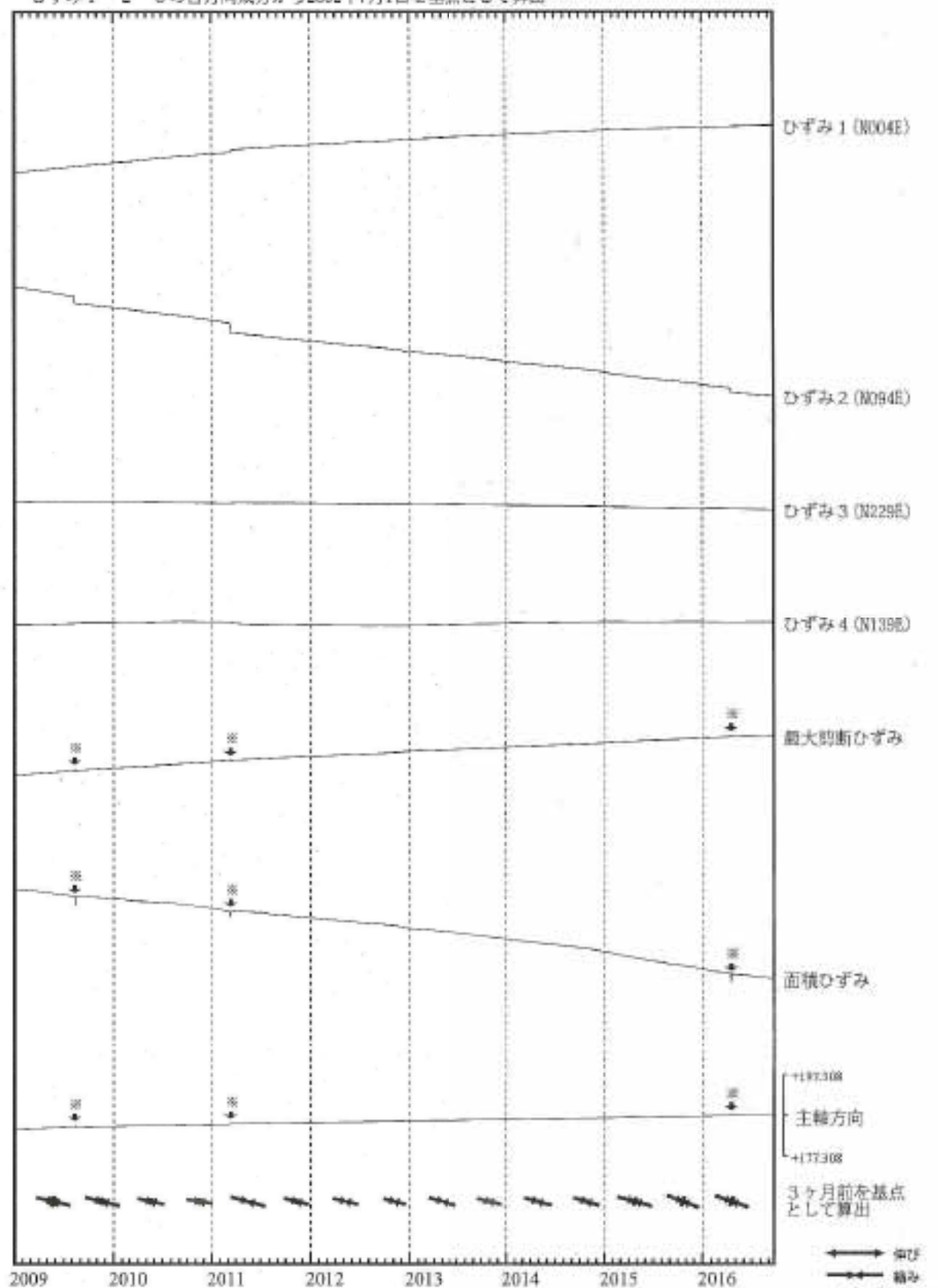
浜松宮口（はまつみやぐち） ひずみ変化 時間値



浜松宮口 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ1・2・3の各方向成分から2002年7月1日を基点として算出

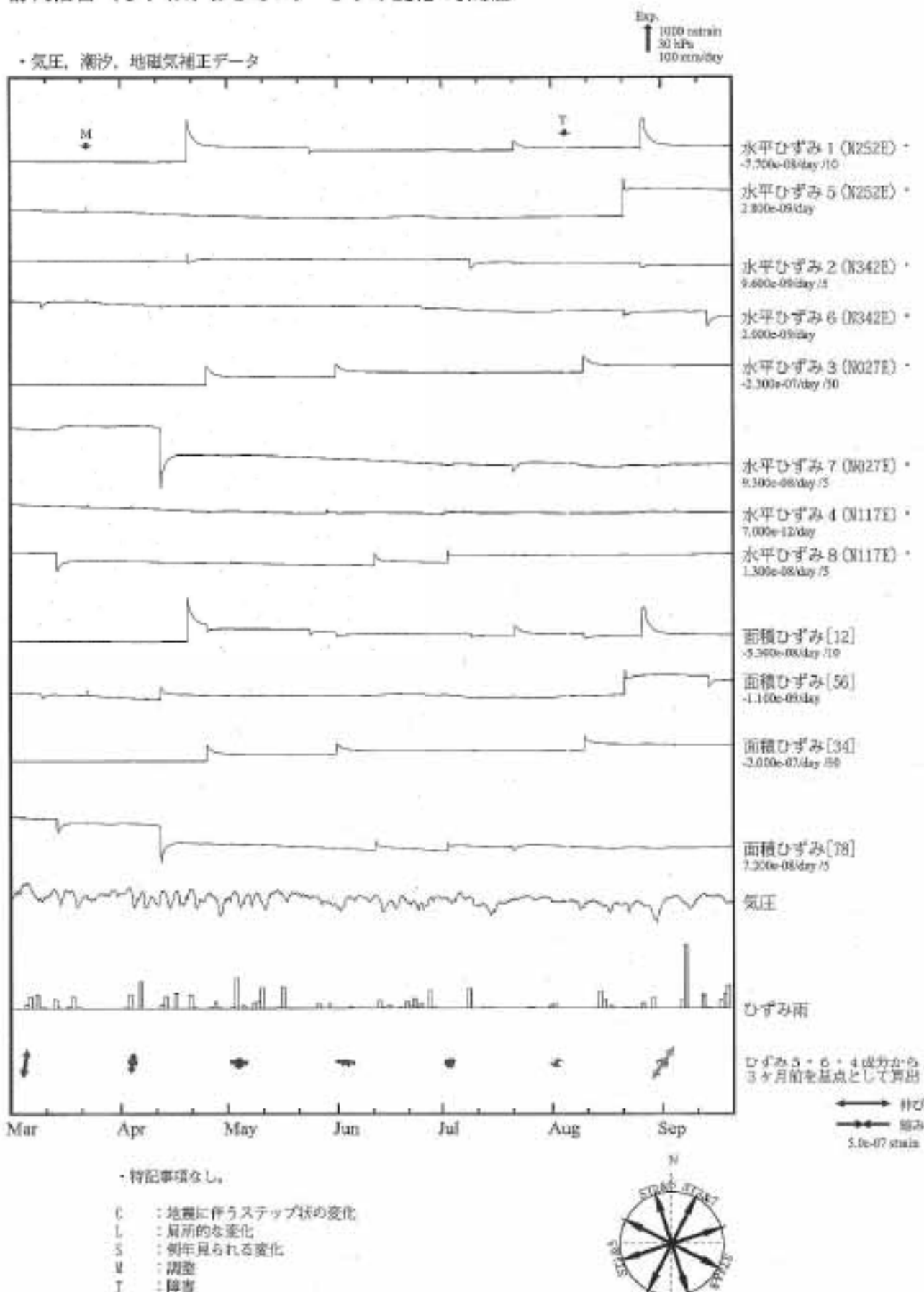
Exp.
↑ 5000 mstrain



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、駿河湾の地震、東北地方太平洋沖地震および熊本地震に伴うステップ状の変化を除去して計算している。

気象庁作成

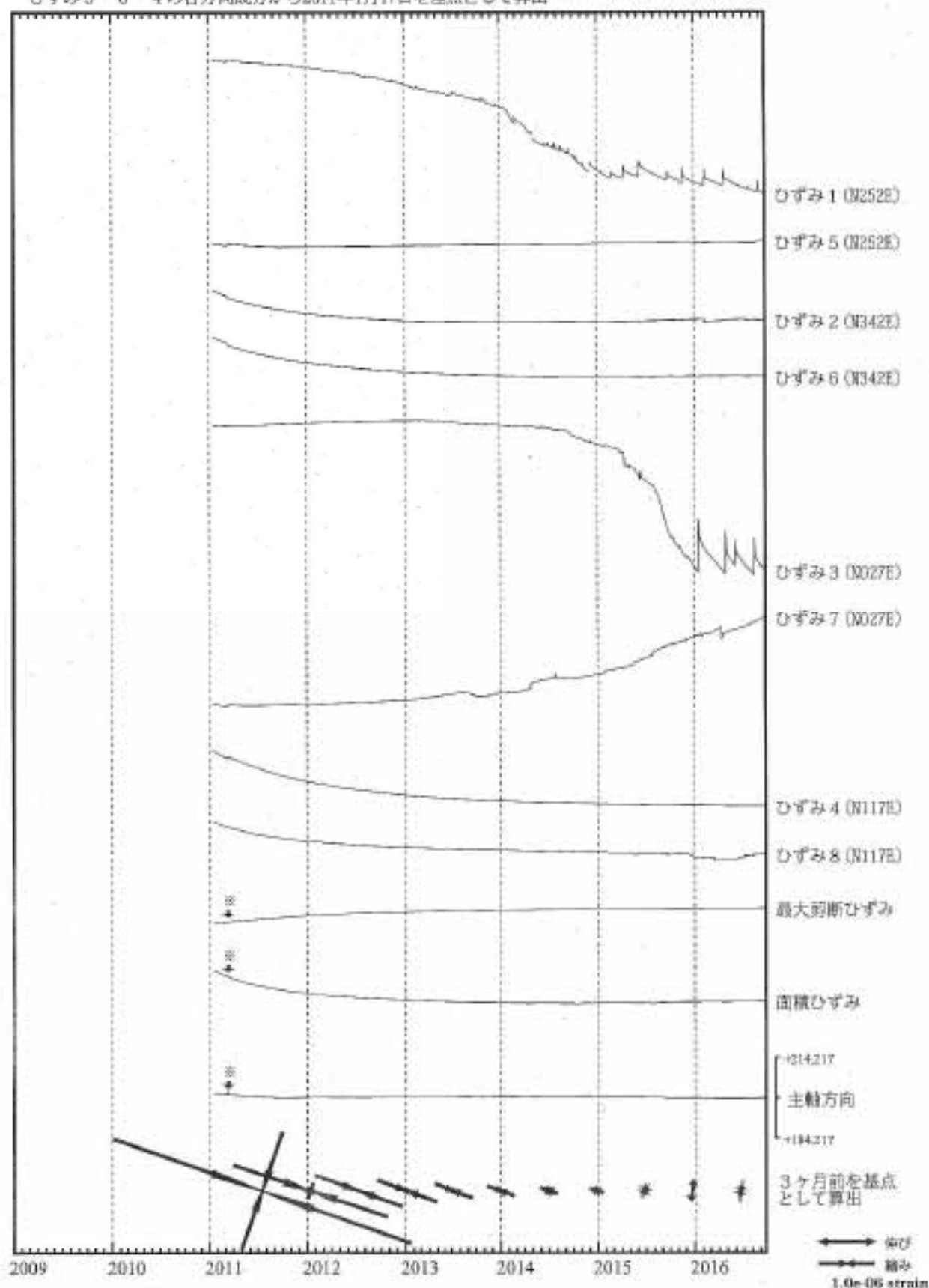
静岡落合（しずおかおちあい） ひずみ変化 時間値



静岡落合 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ 5・6・4 の各方向成分から2011年1月17日を基点として算出

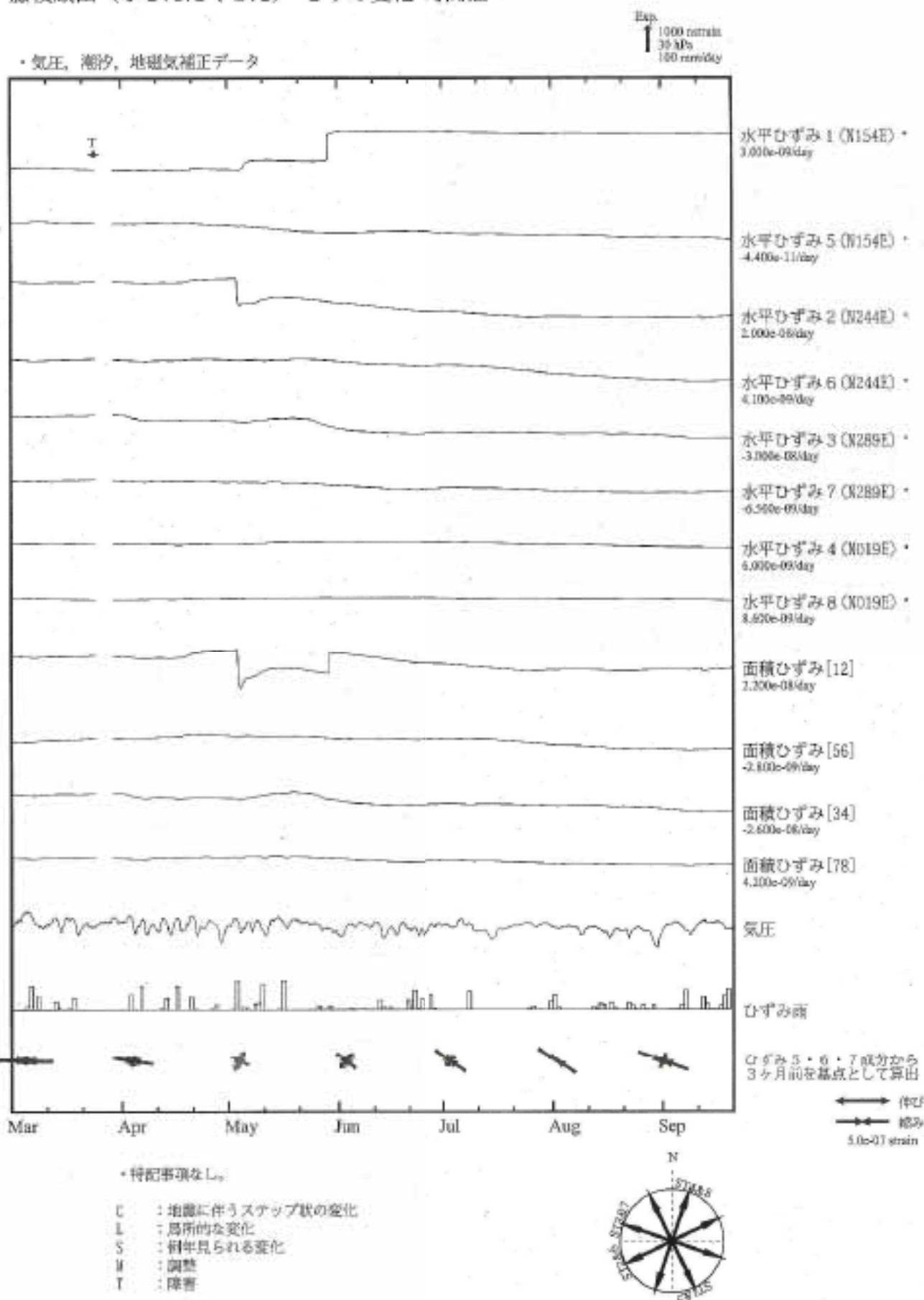
Exp.
↑ 20000 nstrain



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除去して計算している。

気象庁作成

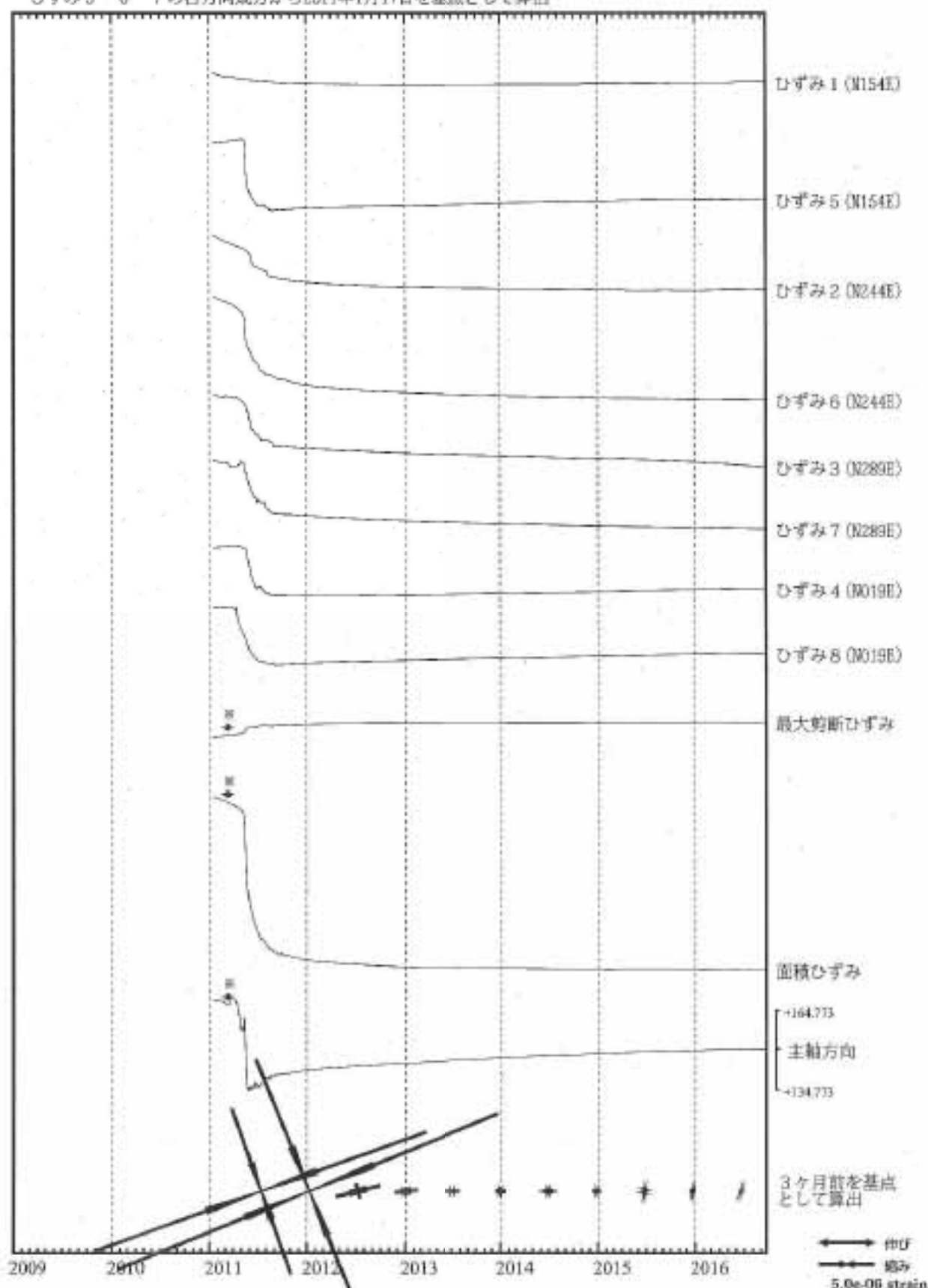
藤枝蔵田（ふじえだくらた） ひずみ変化 時間値



藤枝蔵田 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ5・6・7の各方向成分から2011年1月17日を基点として算出

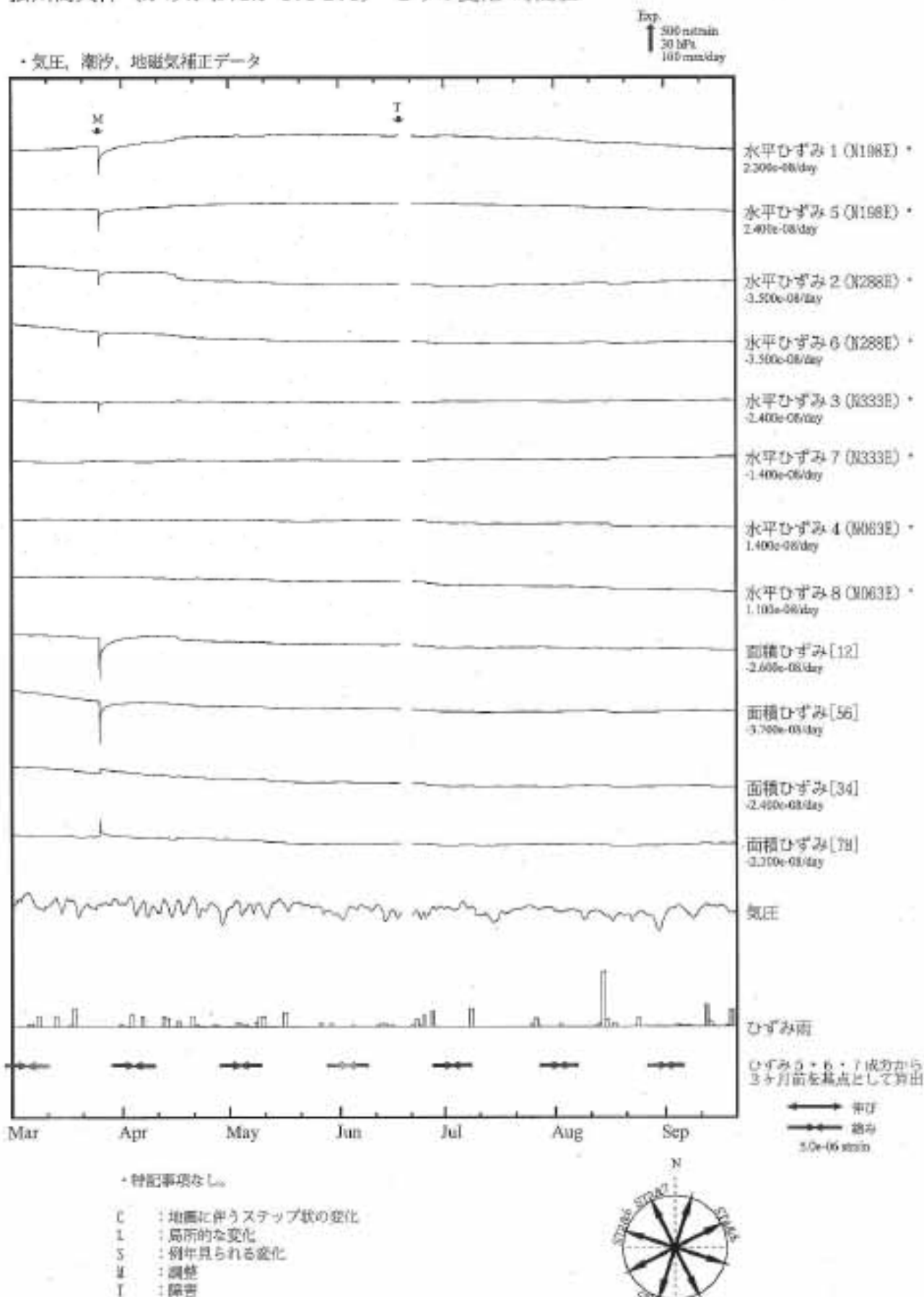
Exp.
↑
50000 nstrain



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除去して計算している。

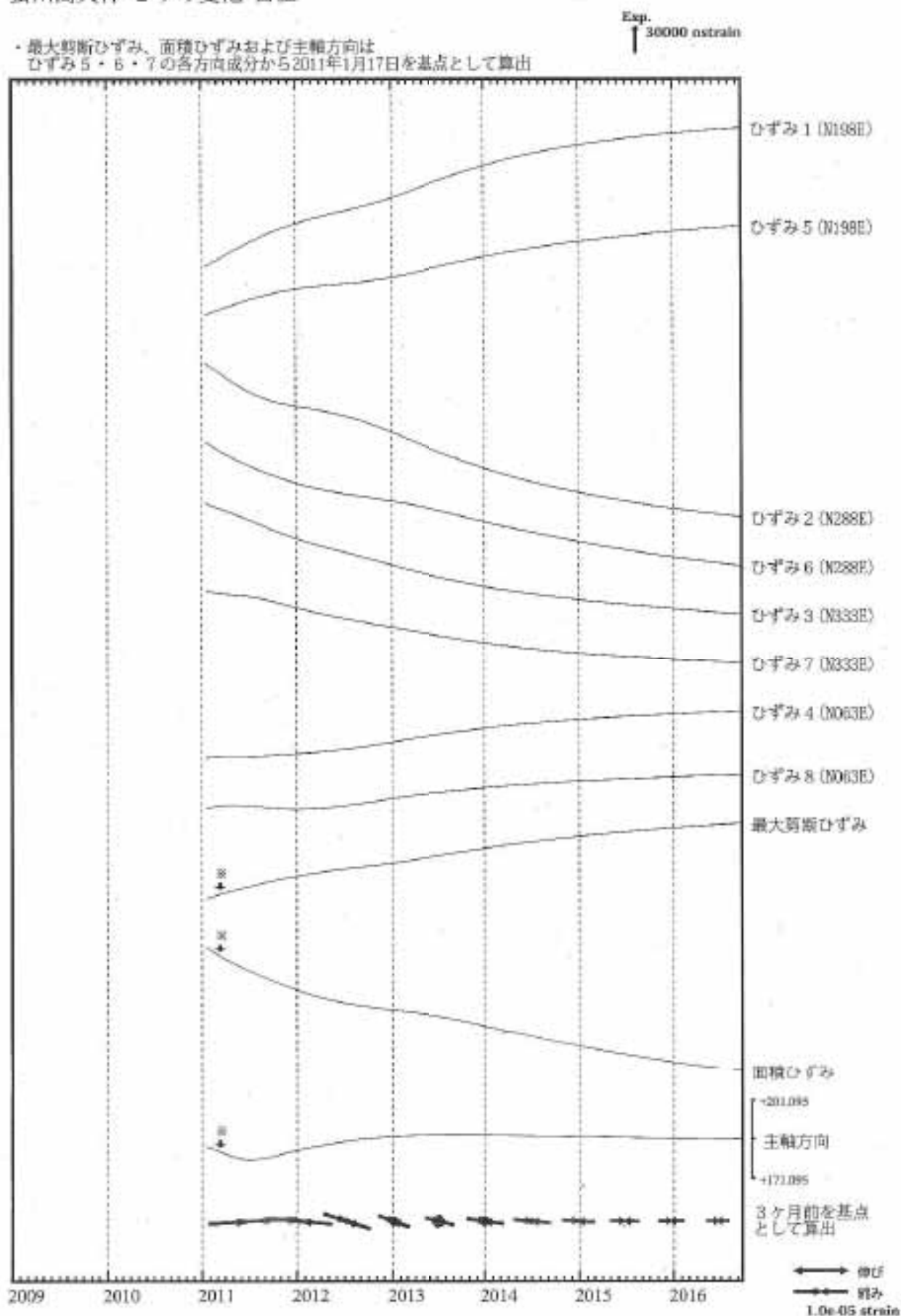
気象庁作成

掛川高天神（かけがわたかてんじん） ひずみ変化 時間値



掛川高天神 ひずみ変化 日値

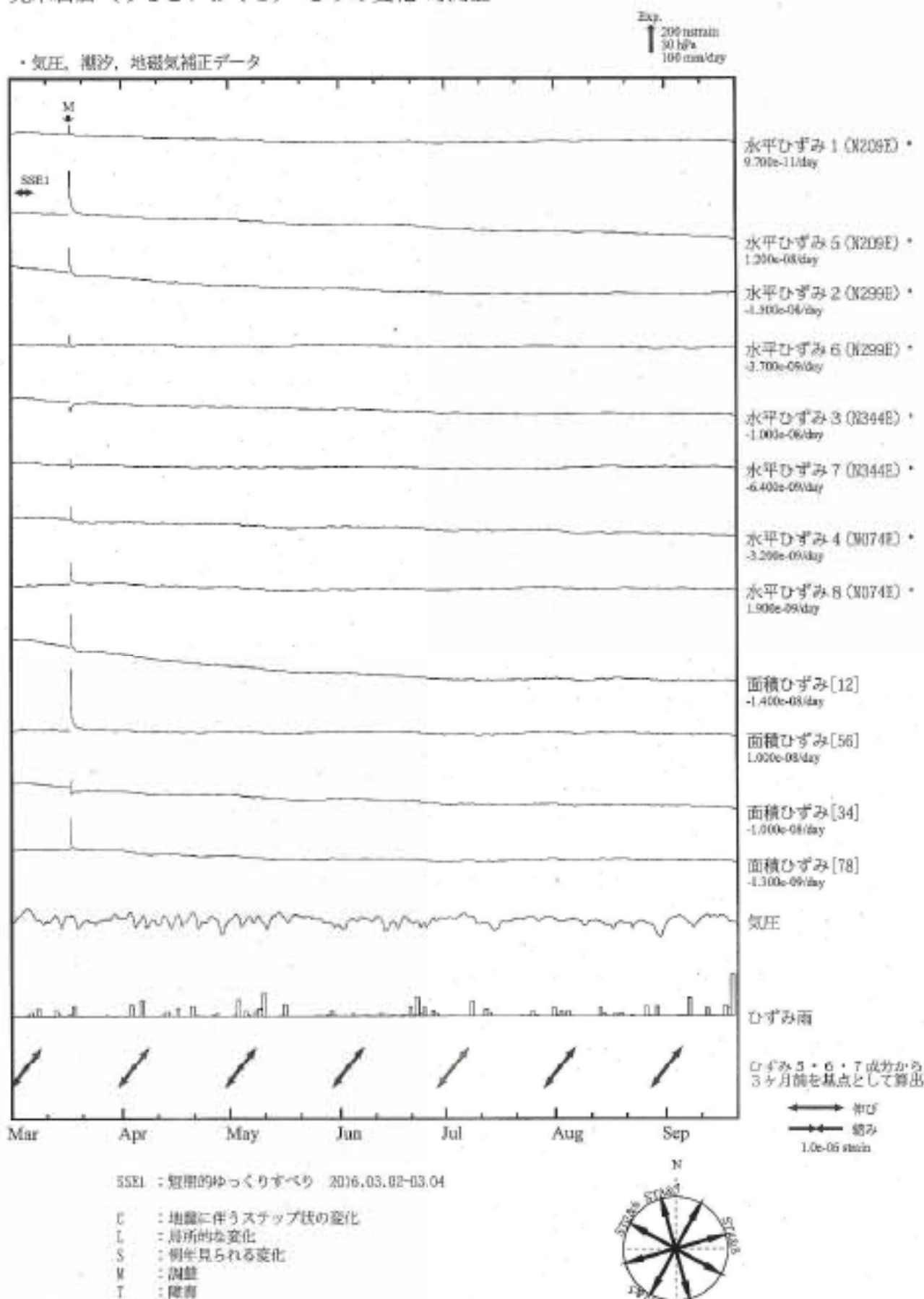
・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ5・6・7の各方向成分から2011年1月17日を基点として算出



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除去して計算している。

気象庁作成

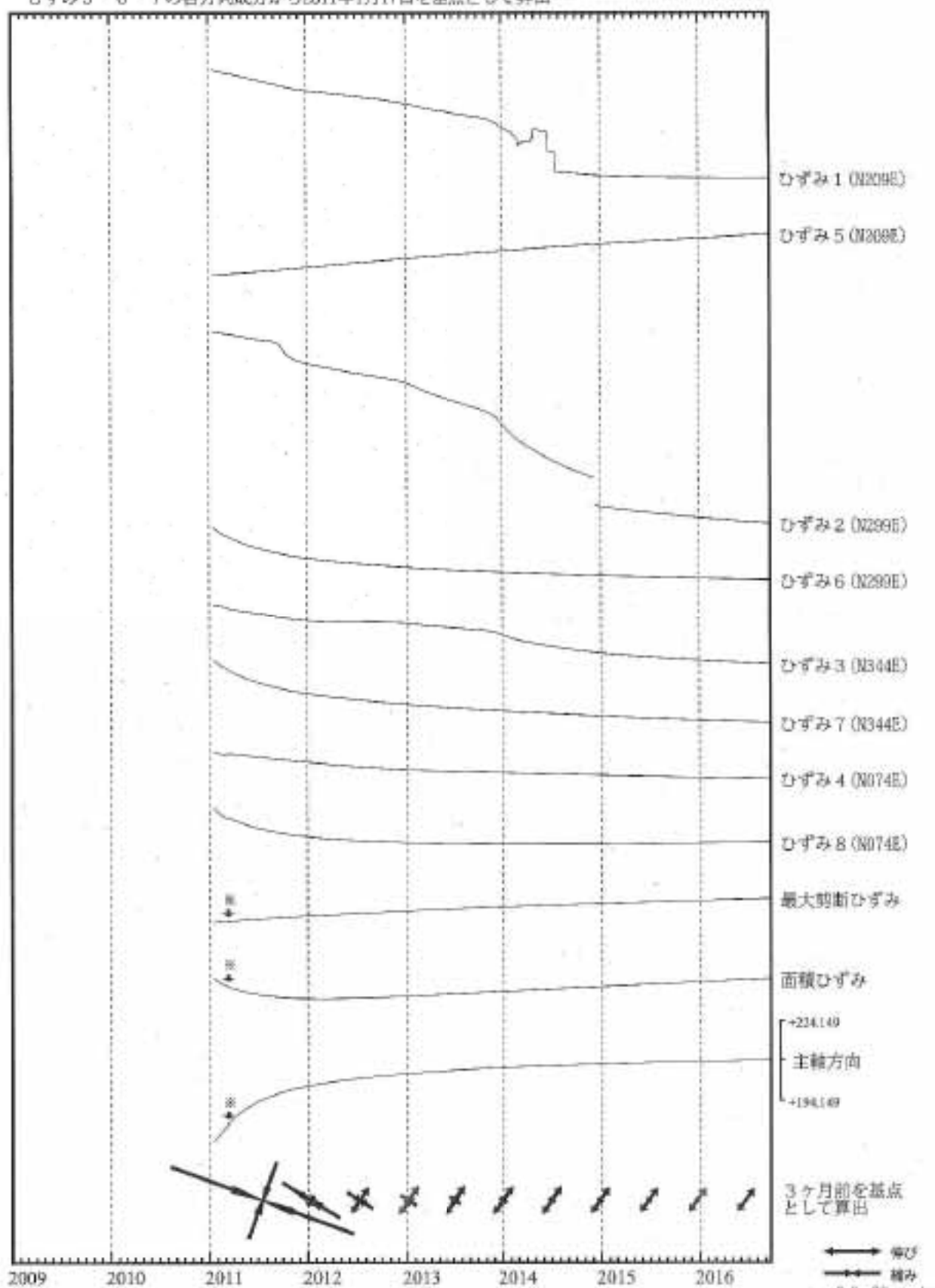
売木岩倉（うるぎいわくら） ひずみ変化 時間値



売木岩倉 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ5・6・7の各方向成分から2011年1月17日を基点として算出

Exp.
↑
20000 nstrain



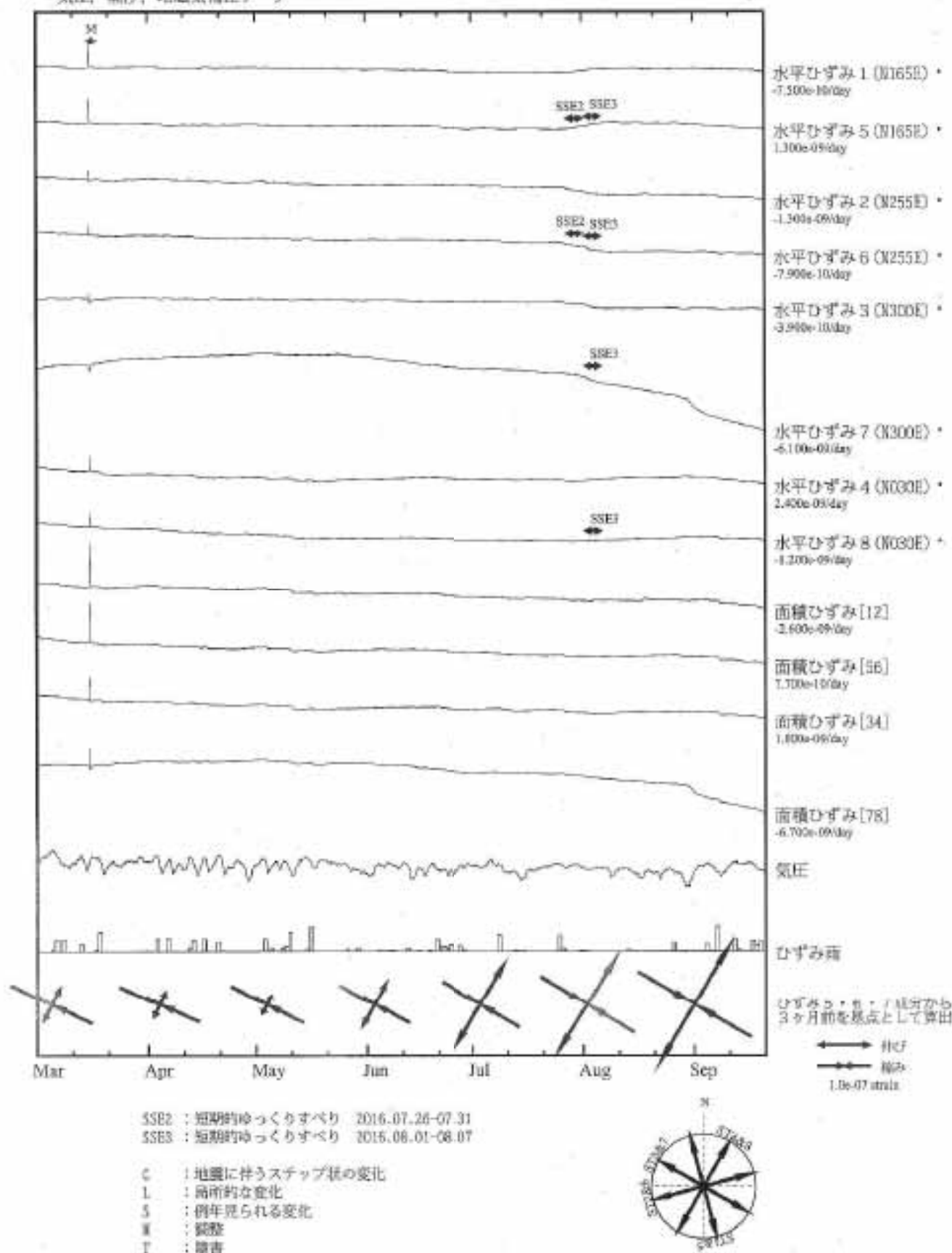
※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除去して計算している。

気象庁作成

新城浅谷 (しんしろあさや) ひずみ変化 時間値

・気圧、潮汐、地磁気補正データ

Exp.
↑ 200 restrain
30 kPa
100 rpm/day

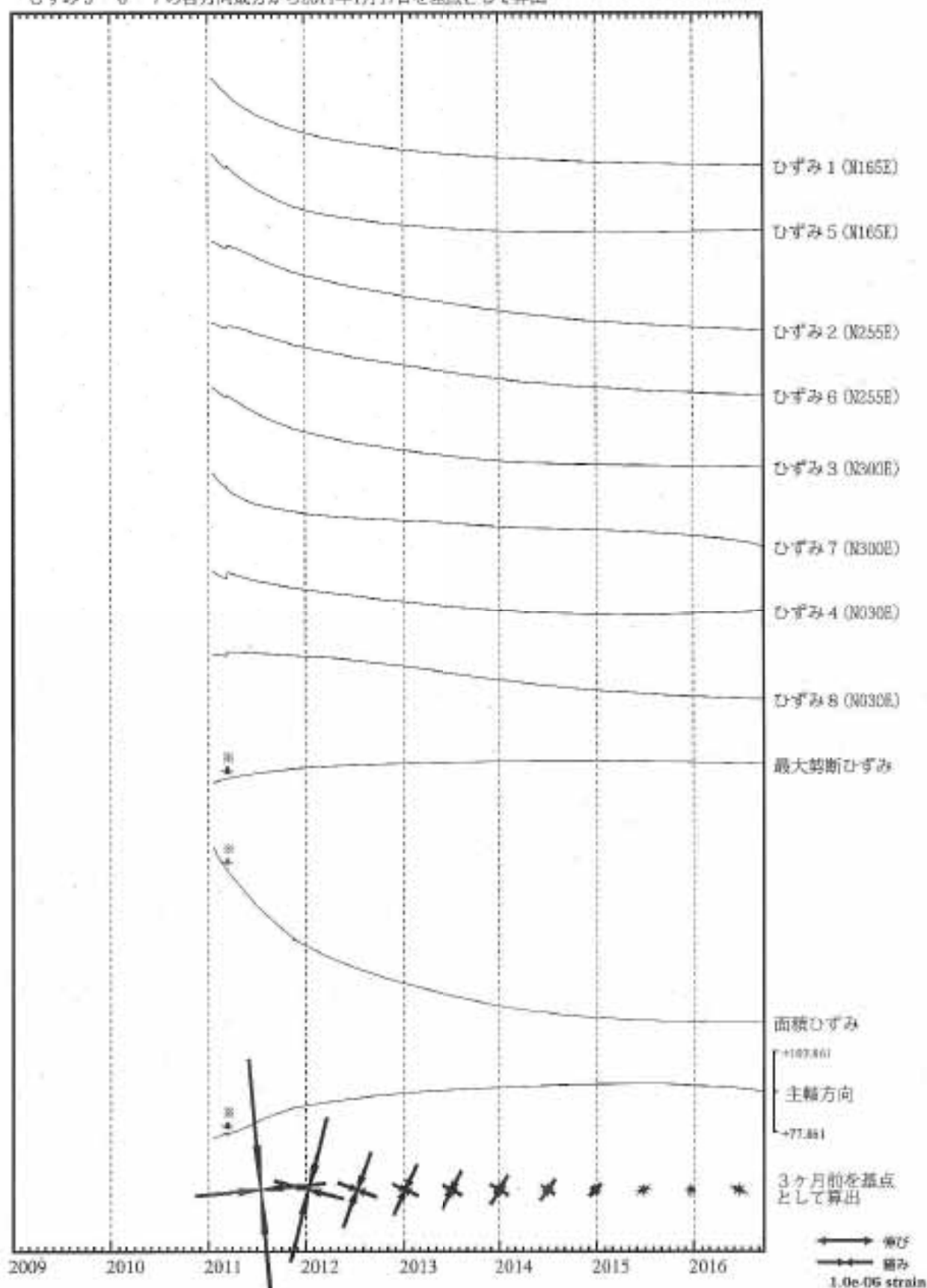


氮素庁作成

新城浅谷 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ 5・6・7 の各方向成分から2011年1月17日を基点として算出

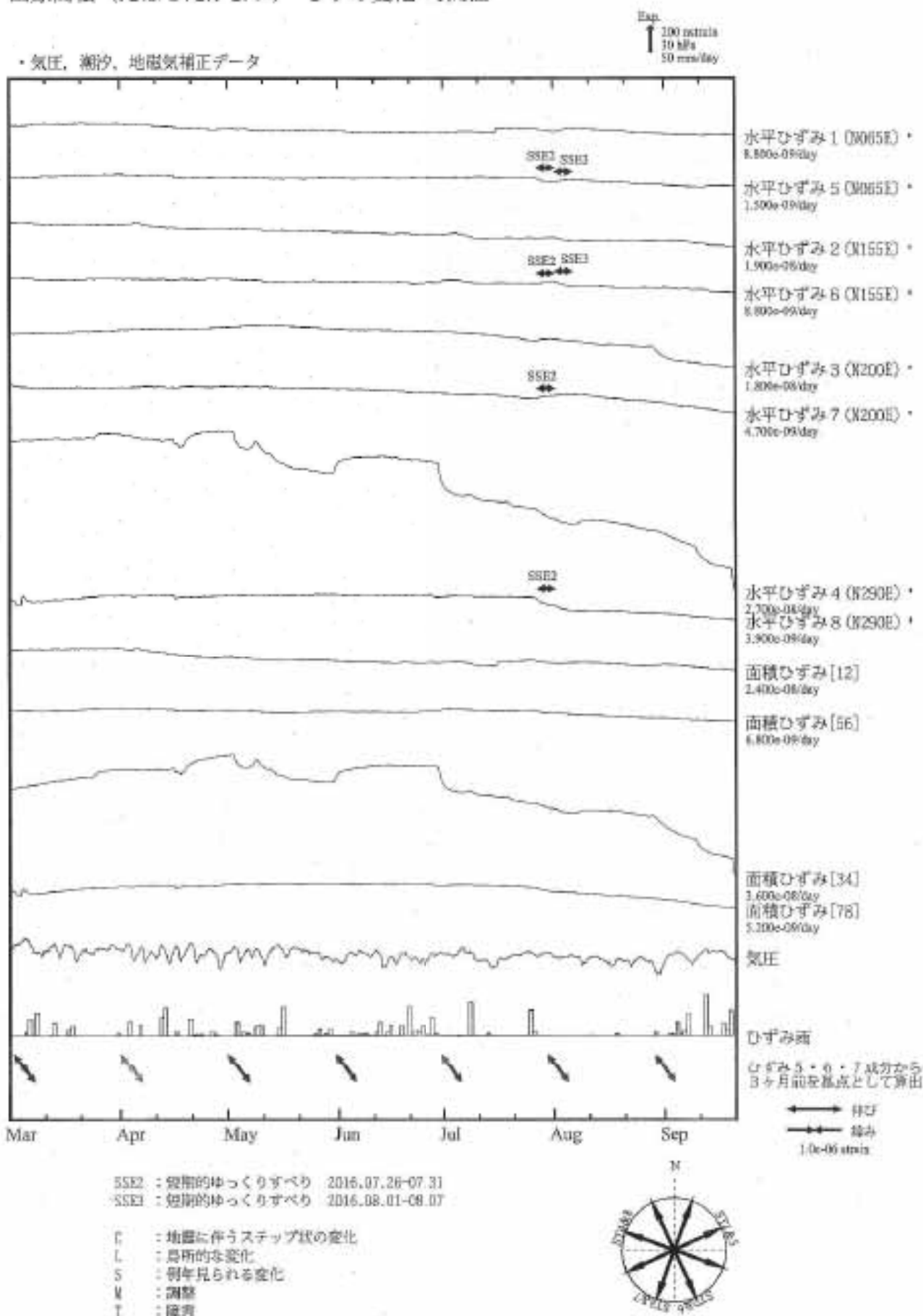
Exp.
↑
5000 nstrain



※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除き算出している。

気象庁作成

田原高松（たはらたかまつ） ひずみ変化 時間値

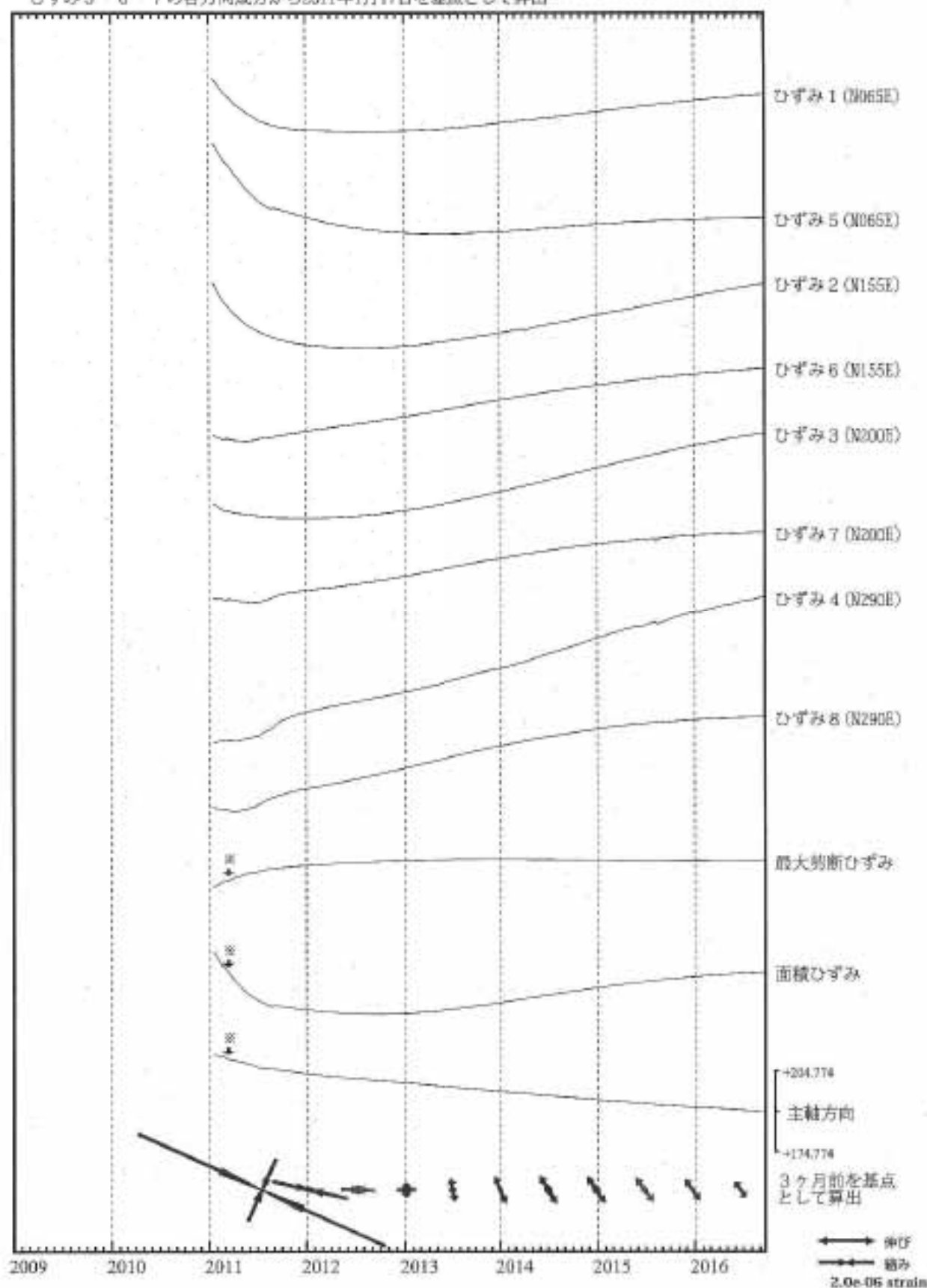


気象庁作成

田原高松 ひずみ変化 日値

・最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は
ひずみ5・6・7の各方向成分から2011年1月17日を基点として算出

Exp.
↑
10000 nstrain

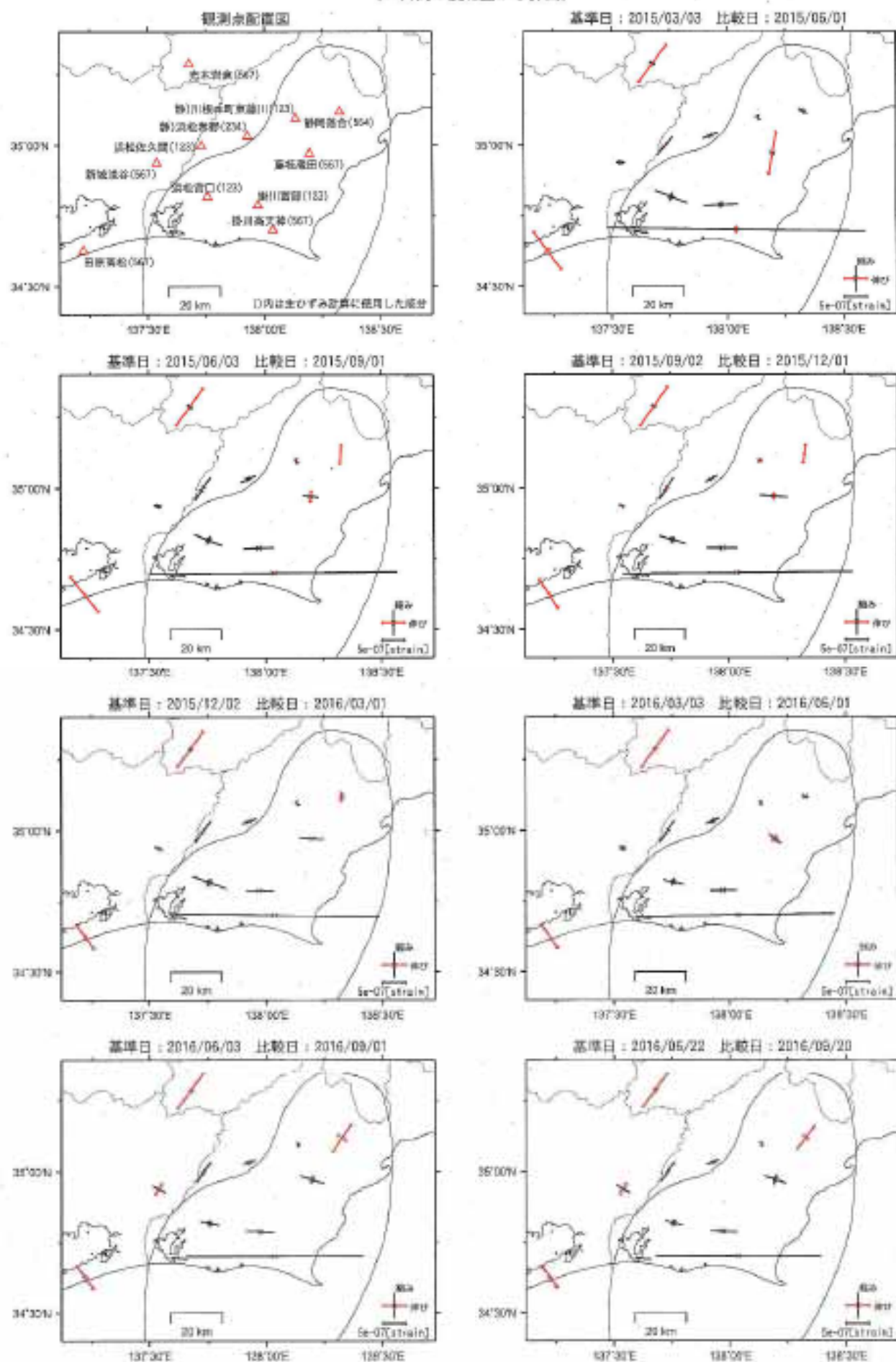


※最大剪断ひずみ、面積ひずみおよび主軸方向は、東北地方太平洋沖地震に伴うステップ状の変化を除き計算している。

気象庁作成

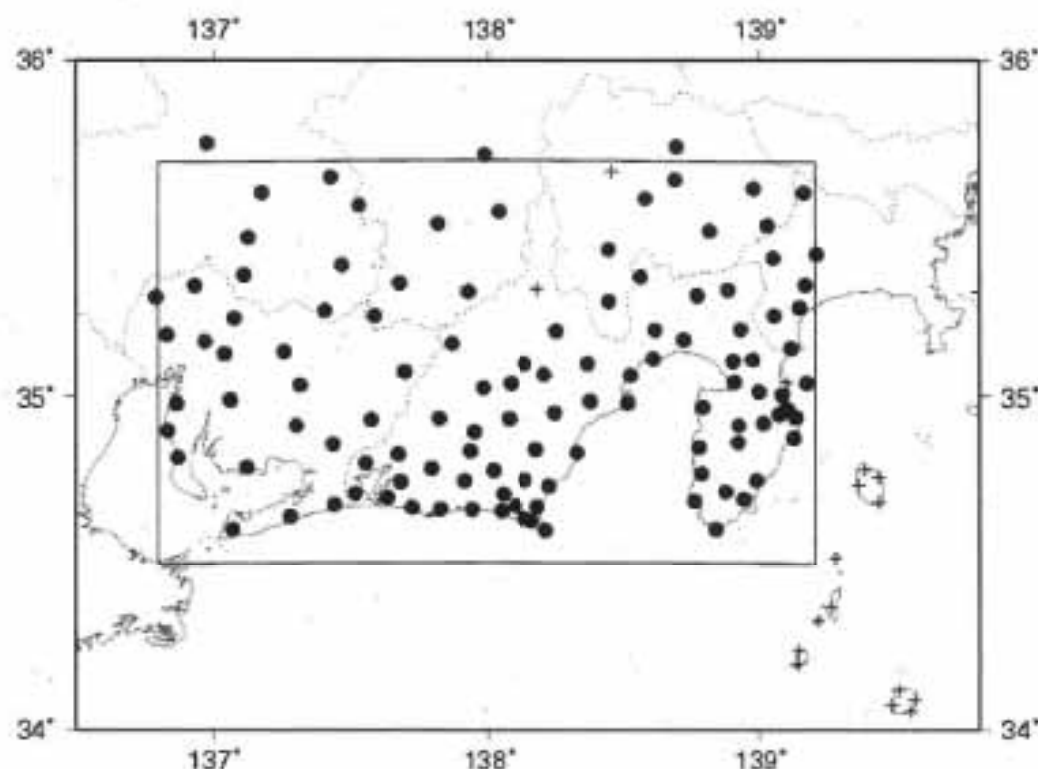
多成分ひずみ計日値による主ひずみ解析結果

(90日間の変化量から算出)



気象庁

GNSS 6時間値による面的監視



対象範囲(内側の矩形内)と使用観測点(●印)。+印の観測点はデータ不安定などにより今回の解析に使用していない。

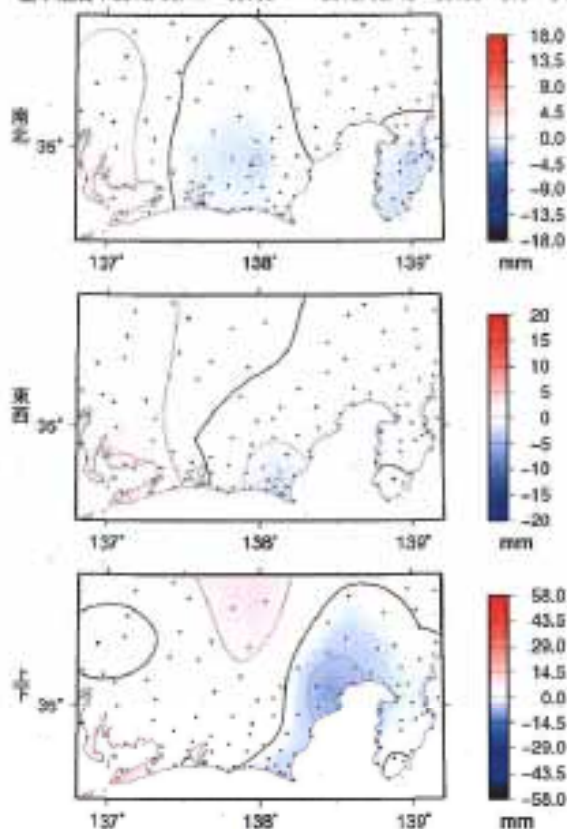
東海地域におけるGNSS6時間値(国土地理院)を用いて、最近1日間及び1週間の中央値を過去と比較した。異常検知の閾値(ノイズレベル)は、2006年1月～2007年12月の2年間分のデータを元に、1年に1回出現する最大値・最小値を把握できる値を求め設定。

夏季に解析値のばらつきが見られるほかは特に目立った変位は見られない。

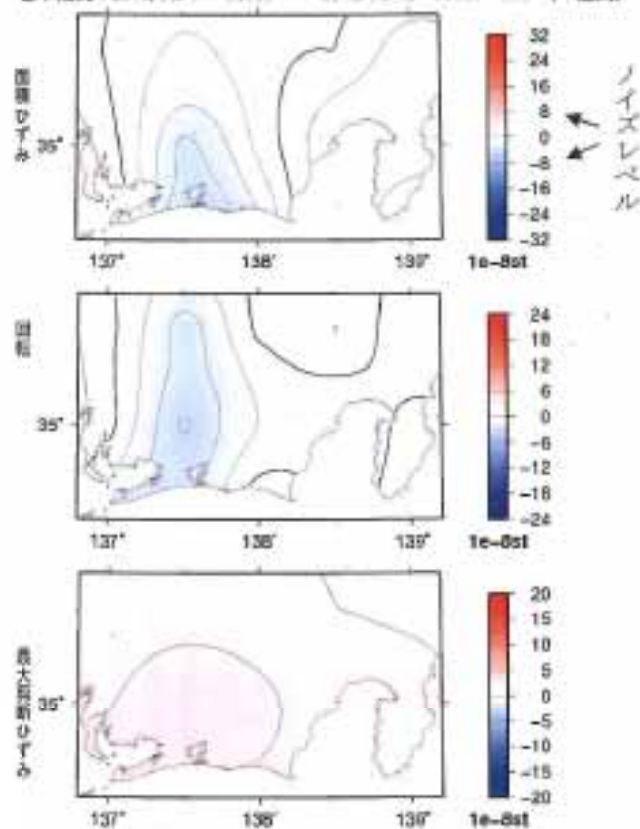
※GNSS(Global Navigation Satellite System)とは、GPSをはじめとする衛星測位システム全般をしめす呼称。

最近1日間とその前1週間との比較

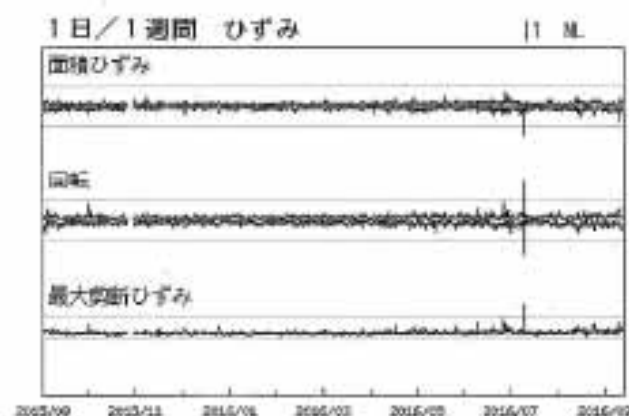
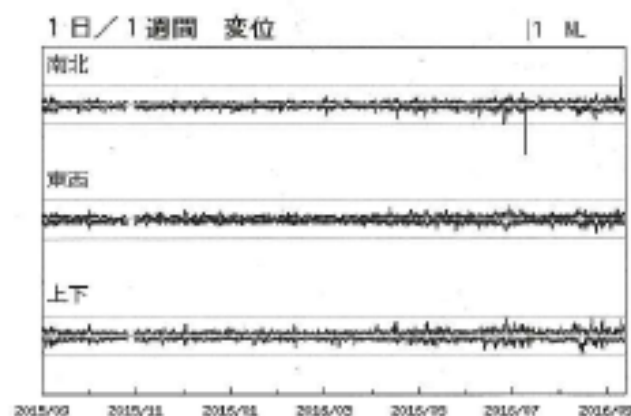
対象期間：2016/09/18 00:00 - 2016/09/19 00:00 UTC (1日)
 基準期間：2016/09/11 00:00 - 2016/09/18 00:00 UTC (1週間)



対象期間：2016/09/18 00:00 - 2016/09/19 00:00 UTC (1日)
 基準期間：2016/09/11 00:00 - 2016/09/18 00:00 UTC (1週間)



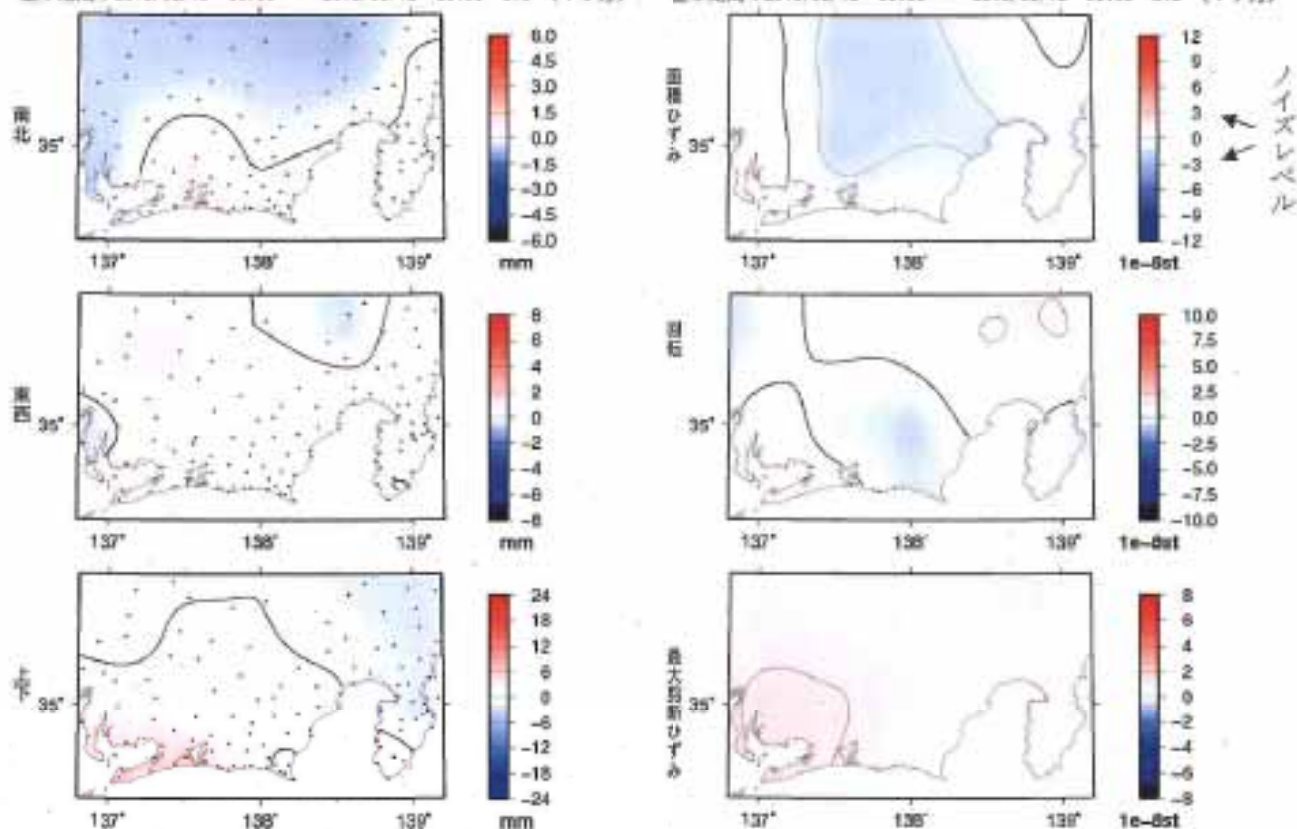
最近1年間(2015年9月1日00:00~2016年9月19日00:00)の 面的監視による対象範囲内の最大値の経過



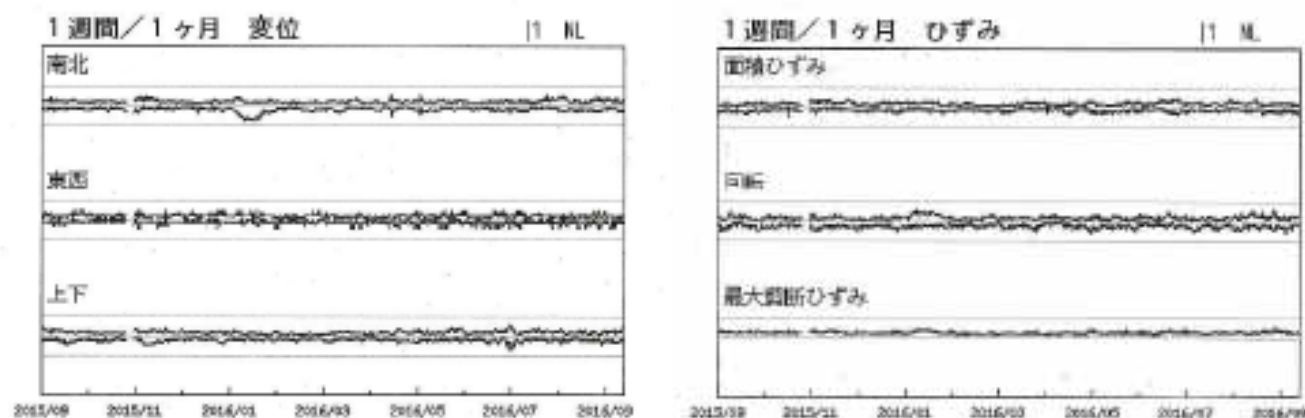
最近1週間とその前1ヶ月間との比較

対象期間：2016/09/12 00:00 - 2016/09/19 00:00 UTC (1週間)
基準期間：2016/08/13 00:00 - 2016/09/12 00:00 UTC (1ヶ月)

対象期間：2016/09/12 00:00 - 2016/09/19 00:00 UTC (1週間)
基準期間：2016/08/13 00:00 - 2016/09/12 00:00 UTC (1ヶ月)



最近1年間(2015年9月1日00:00~2016年9月19日00:00)の 面的監視による対象範囲内の最大値の経過



GNSS 日値による面的監視

今期間の解析結果には、特に目立った変位は見られない。

南海トラフ沿いの地域について東海地域・紀伊半島・四国地域の三つに分け、GNSS日値(国土地理院)を用いて、以下の通り面的監視手法で見た。

- ① 最近1ヶ月間とその前の3ヶ月間との座標変化と水平ひずみ(R3解)
- ② 最近1ヶ月間と1年前の1ヶ月間との座標変化と水平ひずみ(R3解)
- ③ 各対象範囲内の最大値の経過(F3解)

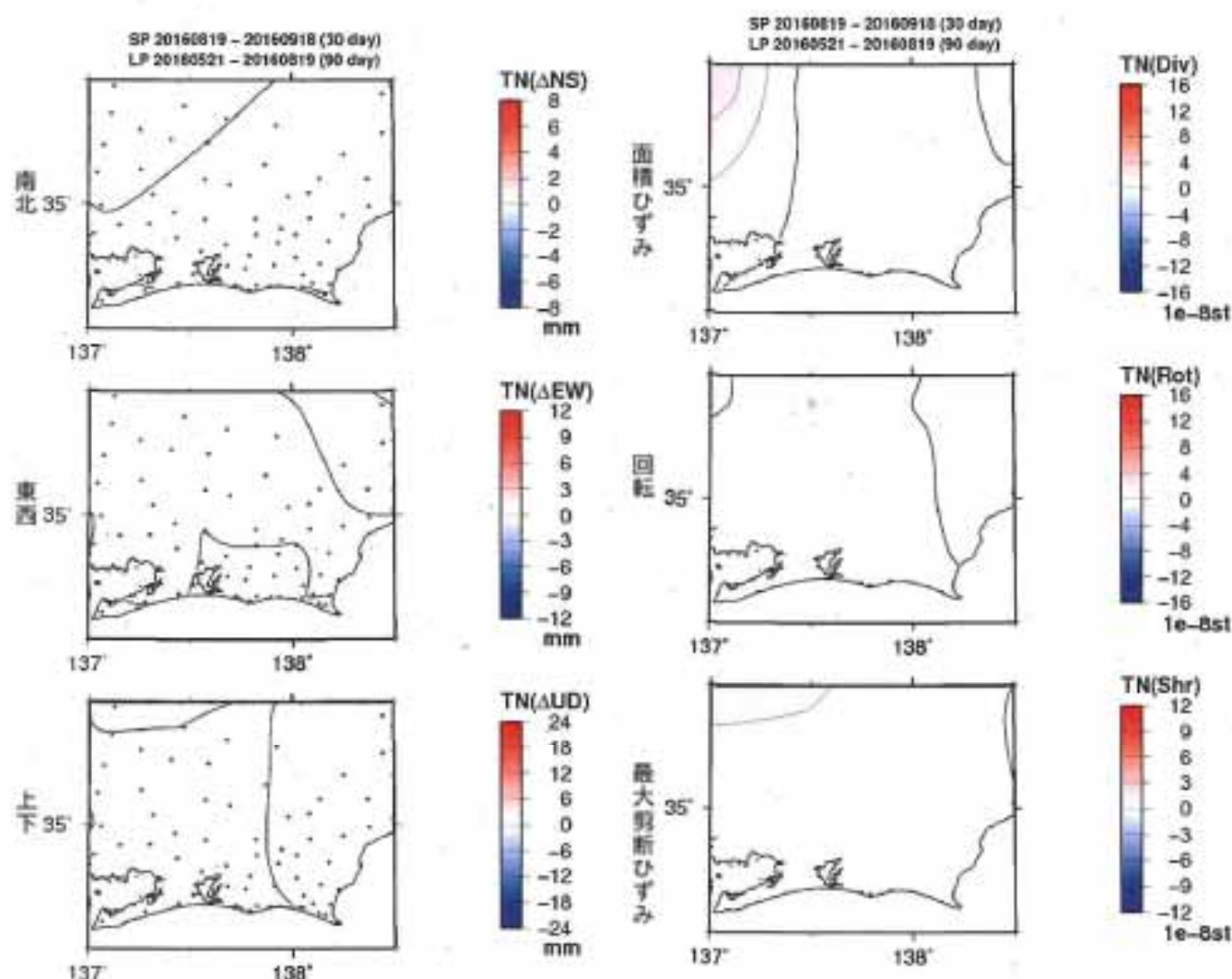
面的監視手法(小林, 2005¹⁾)とは、GNSSデータを用いて以下の手順で解析したものである。

1. 観測点ごとに定常変位と見なされる期間の直線トレンドを除去
2. 主な地震に伴うオフセットを除去
3. 各期間中の中央値から、観測点ごとの座標変化を計算
4. 各領域内の座標変化の中央値を固定値として各観測点の変化量を計算
5. 各領域の外周を変化なしと仮定
6. 緯度経度0.5度ごとに変化量の中央値を求め、スプライン関数で平滑化する
7. 平滑化した格子点データからノイズレベルを算出する
8. 格子点データから水平ひずみを計算
9. 得られた格子点データから等値線図を作成
10. 格子点データの最大値・最小値から時系列グラフを作成

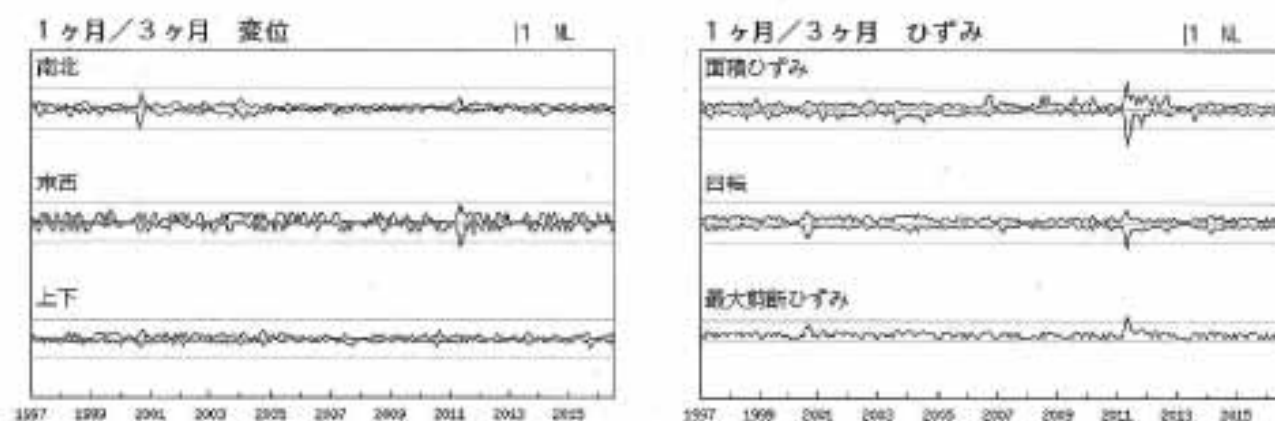
1) 小林昭夫(2005): GPS東海地域3時間解析値の面的監視, 地震時報第68巻第3~4号 P99~104

※GNSS(Global Navigation Satellite System)とは、GPSをはじめとする衛星測位システム全般をしめす呼称。

最近2ヶ月間の変位とひずみ ―東海地域―

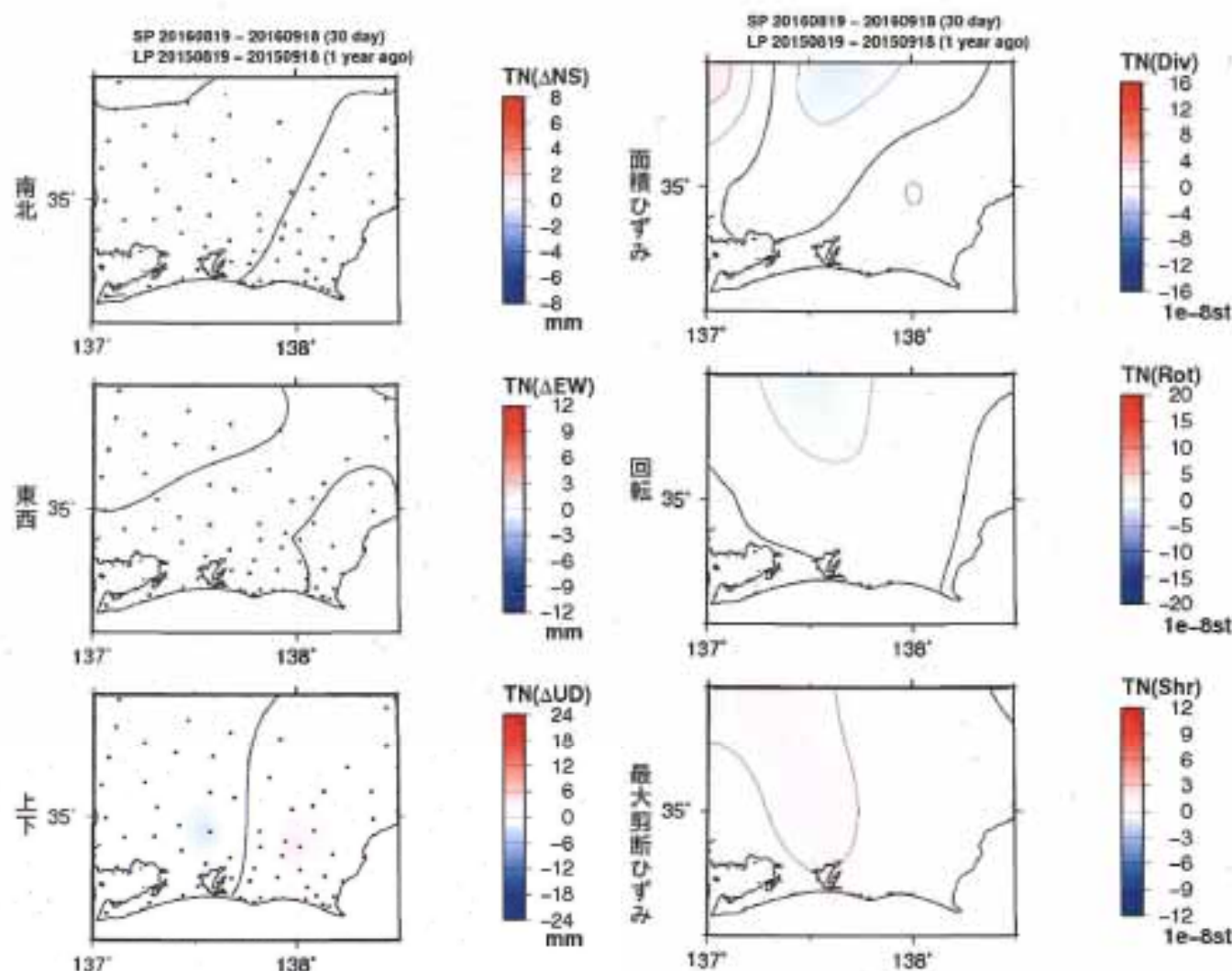


対象範囲内の最大値の経過(1997年1月～2016年9月)

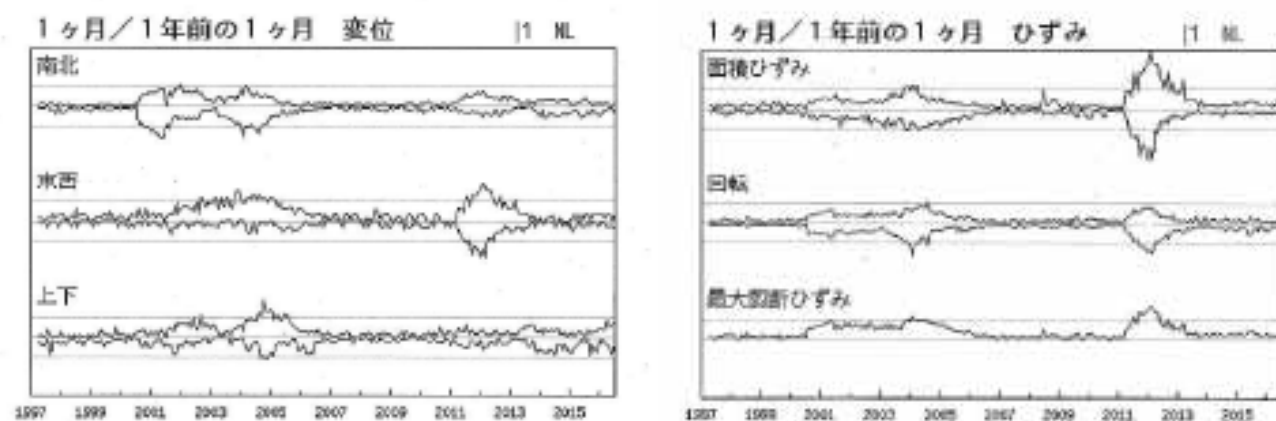


気象庁・気象研究所作成

最近1年間の変位とひずみ ―東海地域―

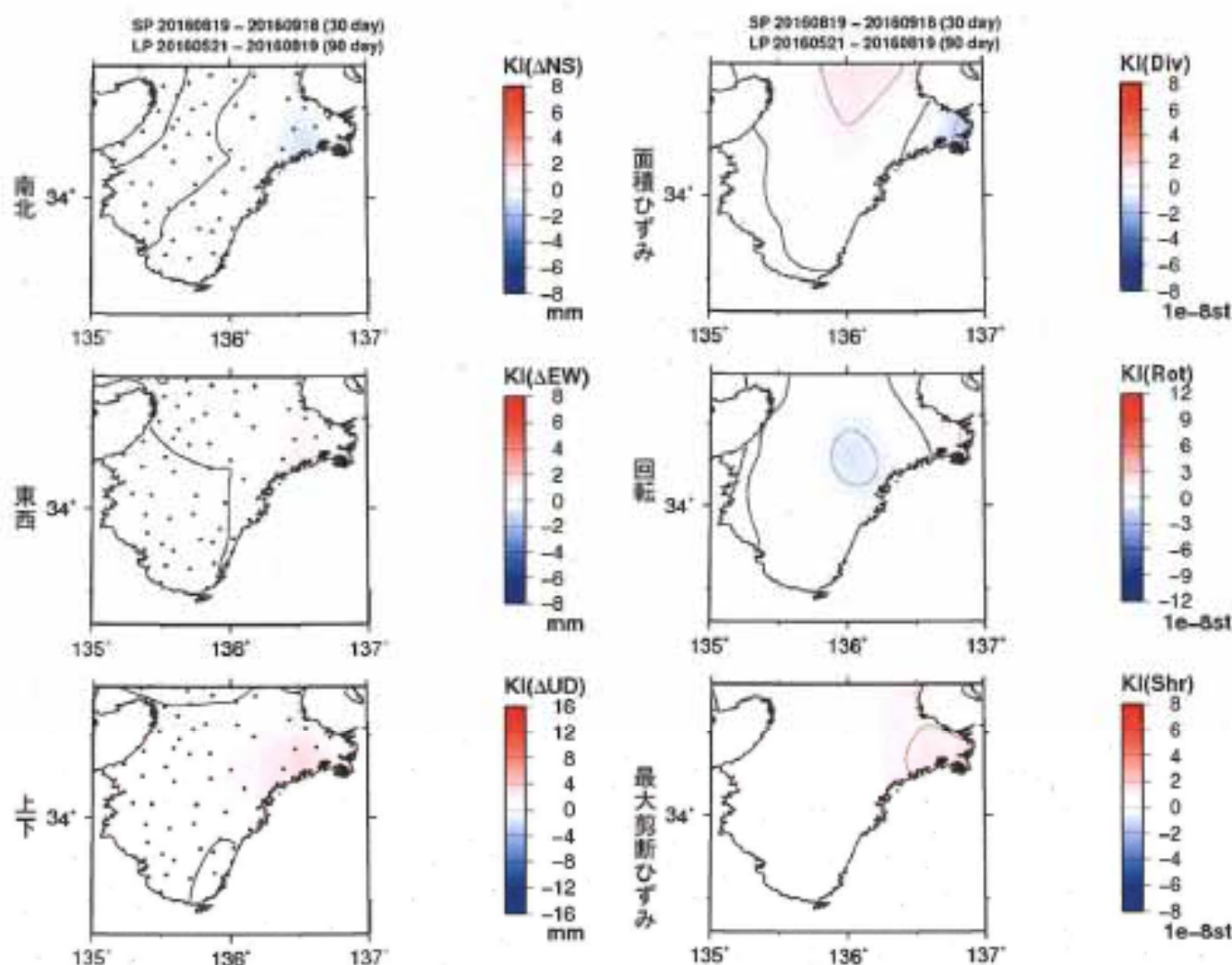


対象範囲内の最大値の経過(1997年1月～2016年9月)

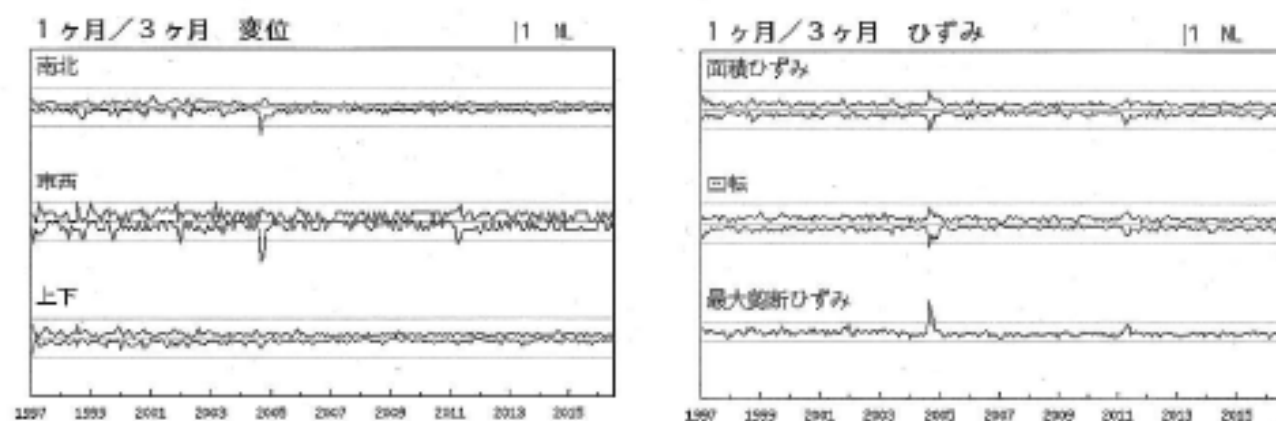


気象庁・気象研究所作成

最近2ヶ月間の変位とひずみ ―紀伊半島―

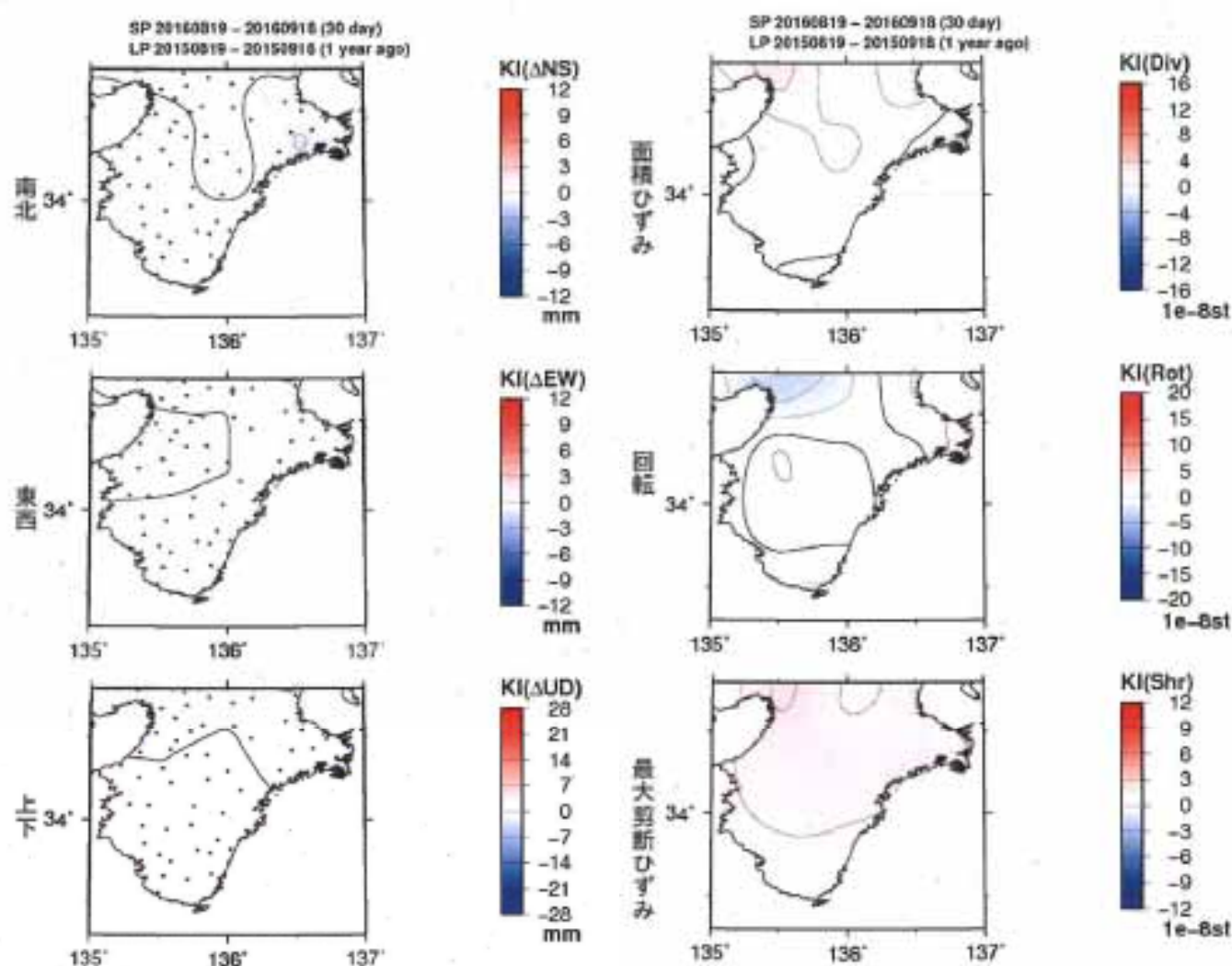


対象範囲内の最大値の経過(1997年1月～2016年9月)

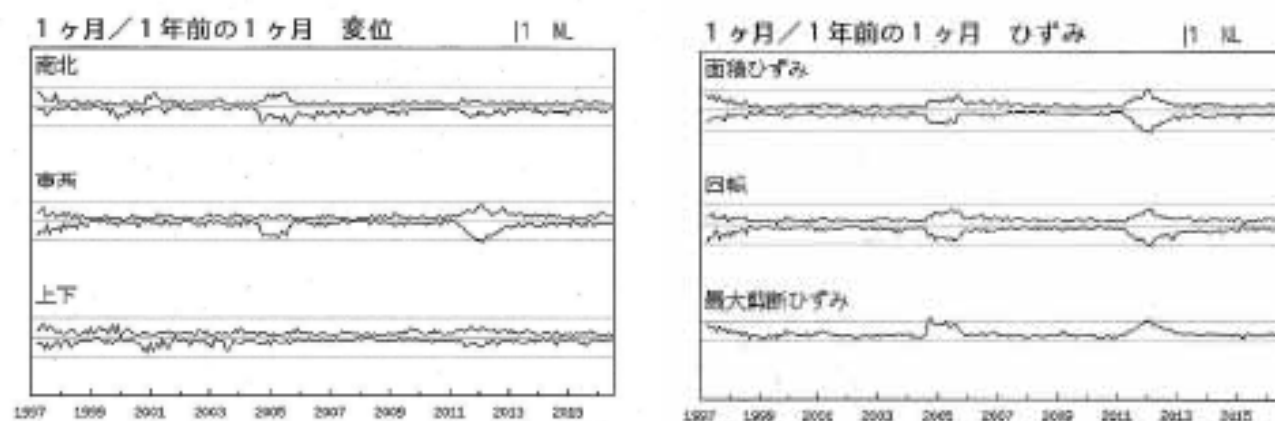


気象庁・気象研究所作成

最近1年間の変位とひずみ ―紀伊半島―

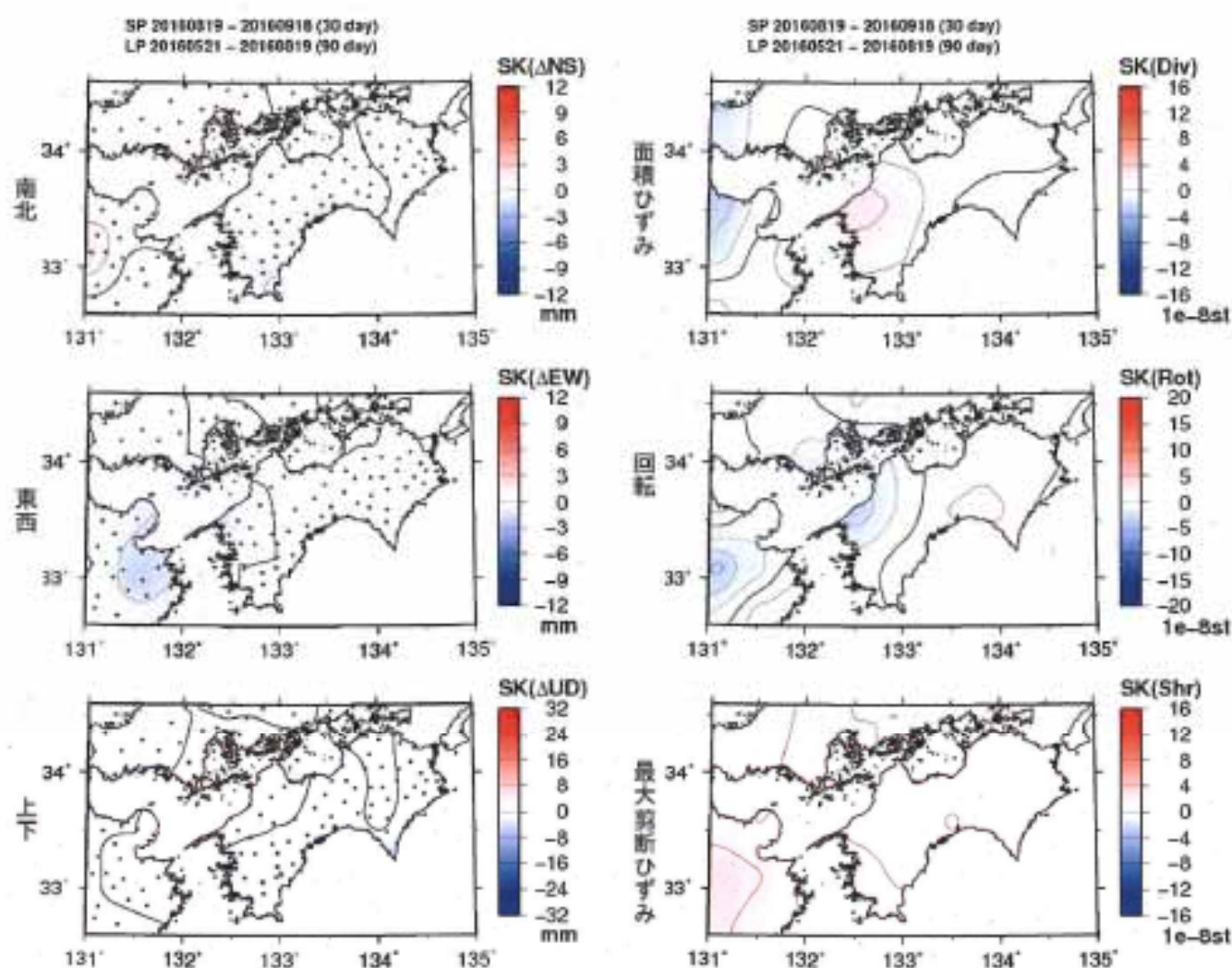


対象範囲内の最大値の経過(1997年1月～2016年9月)

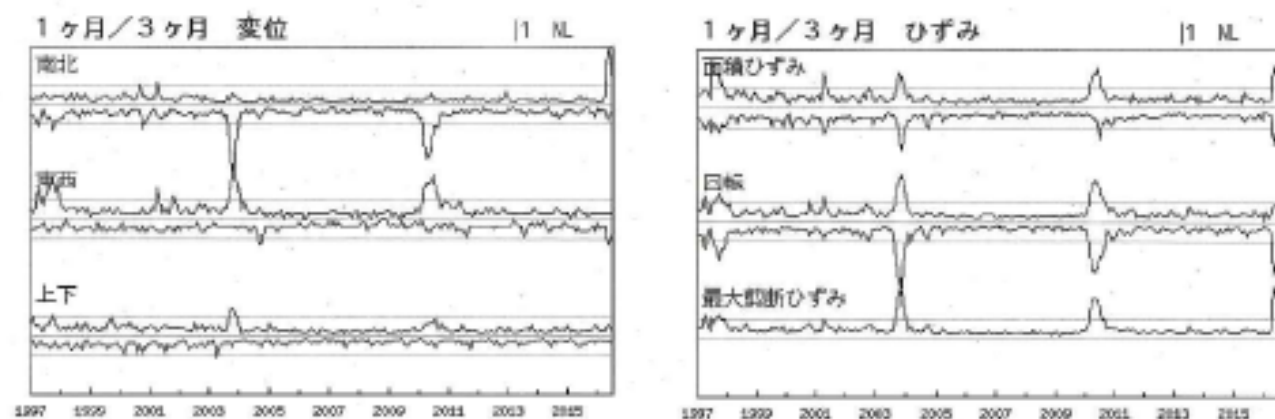


気象庁・気象研究所作成

最近2ヶ月間の変位とひずみ ー四国地域ー

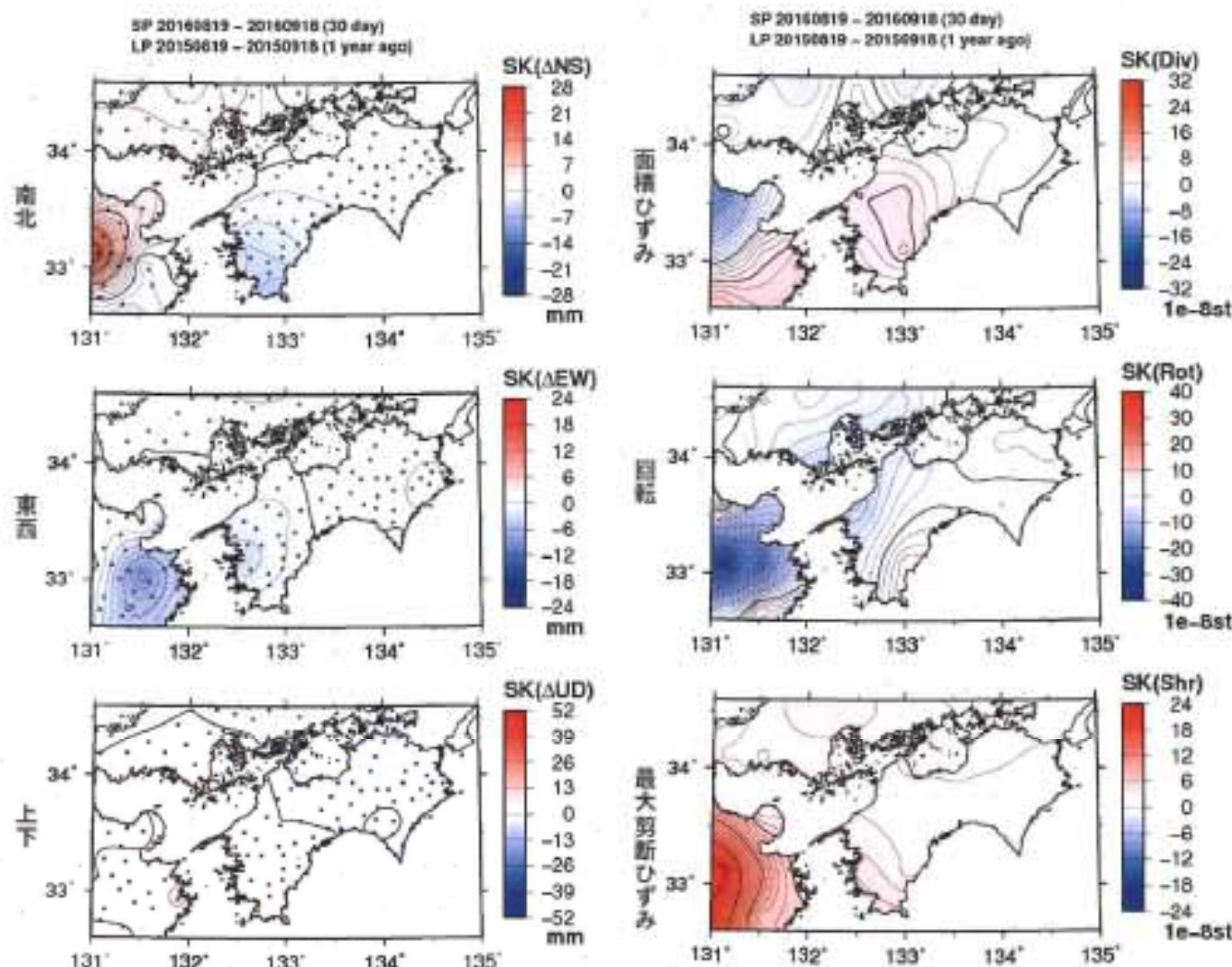


対象範囲内の最大値の経過(1997年1月～2016年9月)

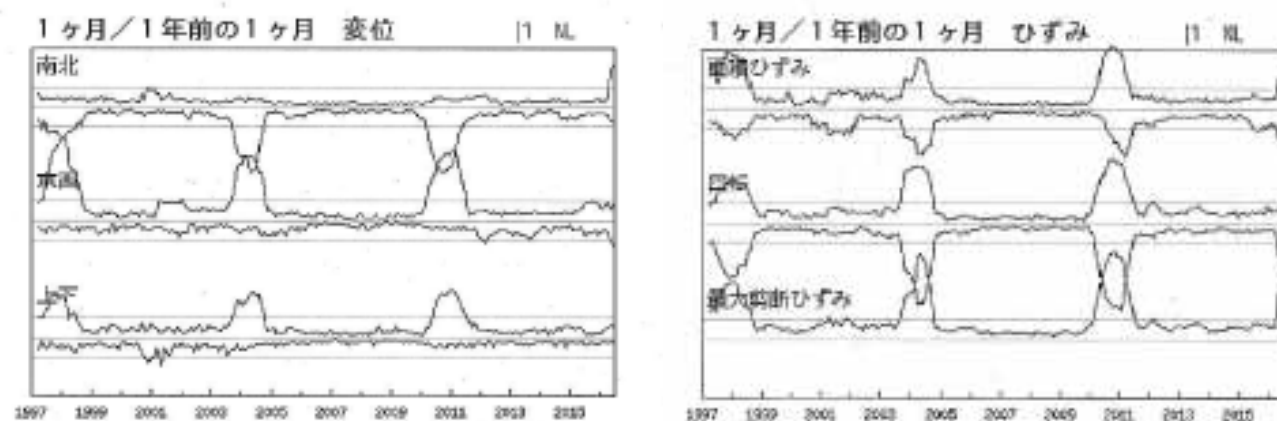


気象庁・気象研究所作成

最近1年間の変位とひずみ ー四国地域ー

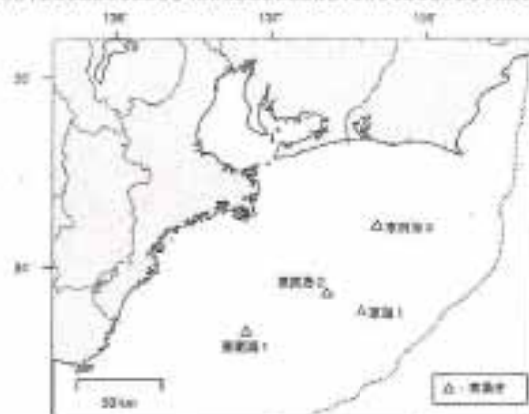
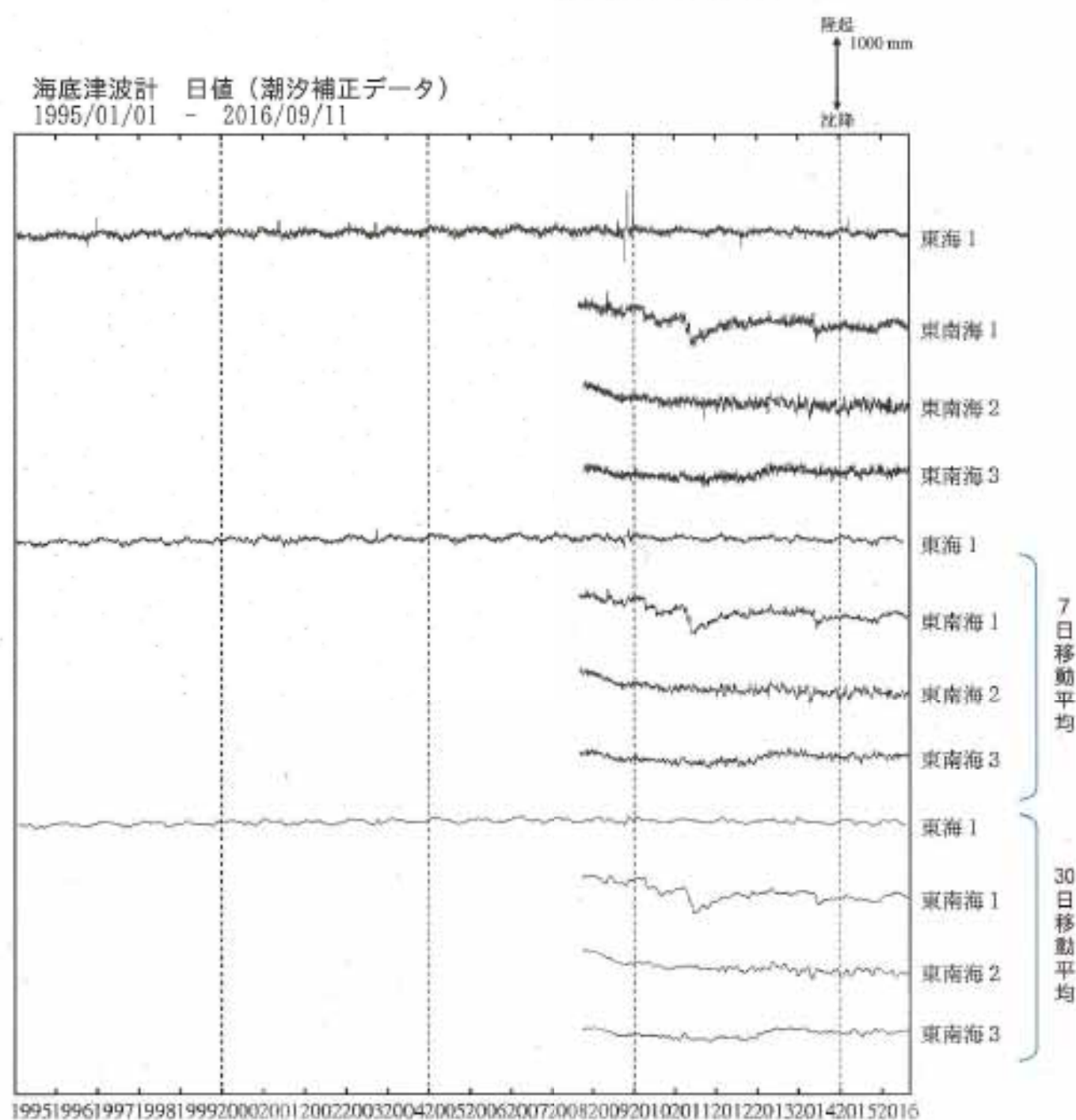


対象範囲内の最大値の経過(1997年1月～2016年9月)



気象庁・気象研究所作成

東海・東南海地域の海底津波計記録の長期変化



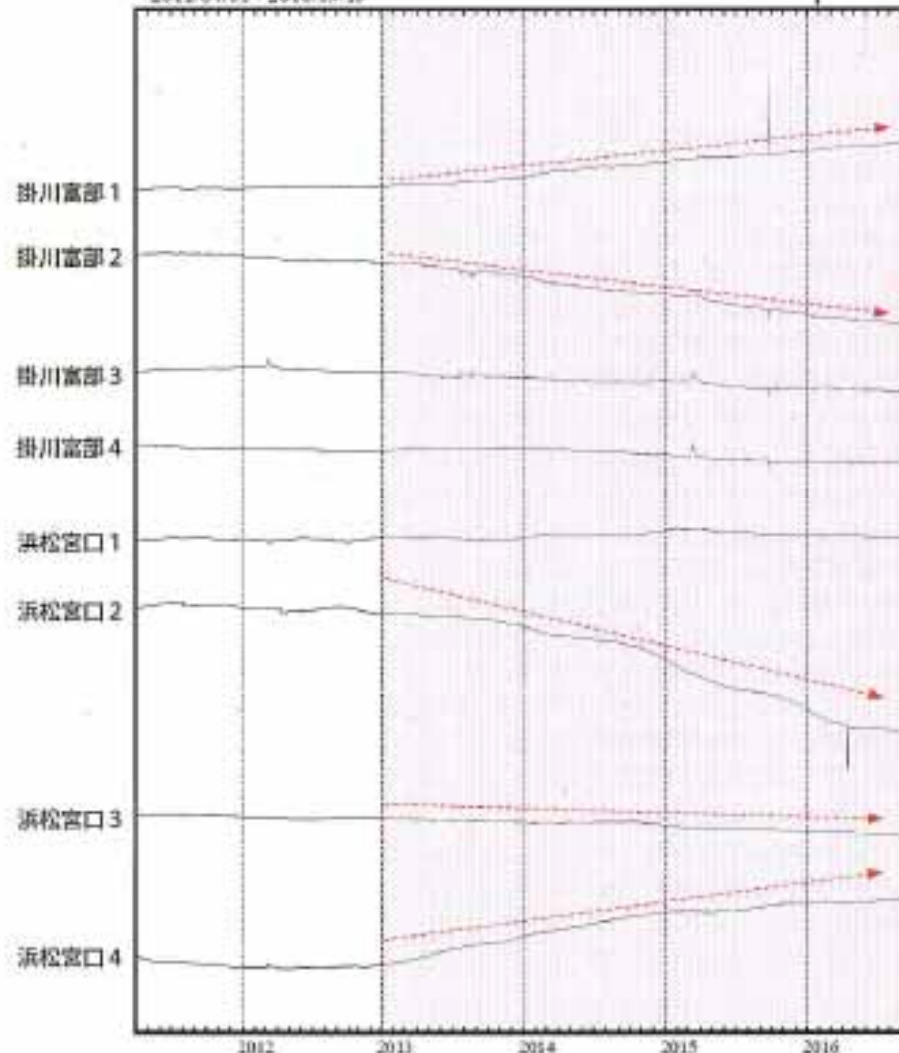
気象庁作成

ひずみ変化と長期的ゆっくりすべりのすべり推定

ひずみ計 補正日値 (指数関数補正済)

2011/04/01 - 2016/09/10

1000 mm



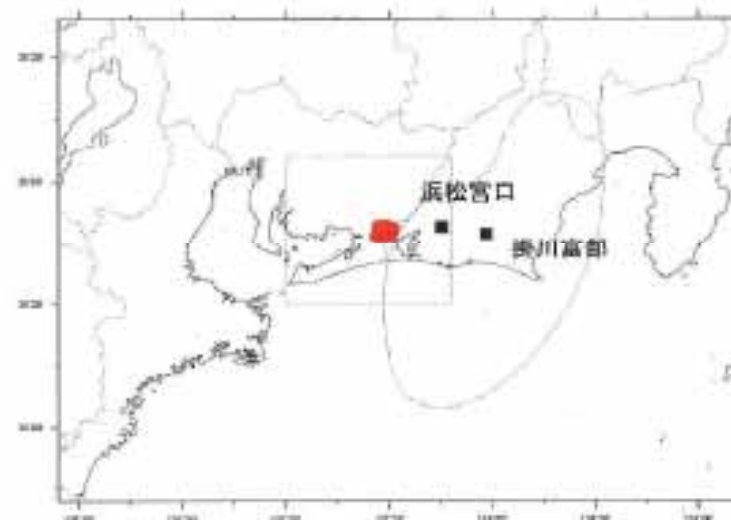
トレンド算出期間

すべり推定期間

ひずみ計の観測結果から、長期的ゆっくりすべりに対応すると思われる変化を読み取り、グリッドサーチの手法で、変動源の断層モデルを推定した。その推定方法は、短期的ゆっくりすべりの解析で行っているものと同じであり、仮定している断層のスケールが、ターゲットとしている長期的ゆっくりすべりに当てはまらない可能性がある。また、解析に使用できた観測点は2点のみであり、この結果の精度はあまり高くない。

ひずみ変化を説明する断層モデル候補

Mw6.6~6.9



■ 断層モデル推定に使用したひずみ観測点(多成分ひずみ計)
● 断層モデル候補の中心

断層モデル候補は、中村・竹中(2004)¹⁾によるグリッドサーチの手法※により求めた。プレート境界と断層面の形状はHirose et al.(2008)²⁾による。
※ 断層モデル候補の中心とその規模(Mw)を、すべりがプレート境界面上でプレートの沈み込み方向と反対に発生したと仮定し、考え得る全ての解を前提として得られる理論値と観測値を比較し、合致するものを抽出する手法

1) 中村 浩二・竹中 義典 東海地方のプレート間すべり推定モデルの開発. 地震情報. 65, 25-35, 2004.
2) Hirose, T., J. Nakajima, A. Hasegawa, Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography. J. Geophys. Res., 113, B09311, doi:10.1029/2007JB005274, 2008

ひずみ日値のスタッキングによる長期的ゆっくりすべりの検出について

○各グリッドでの時系列変化

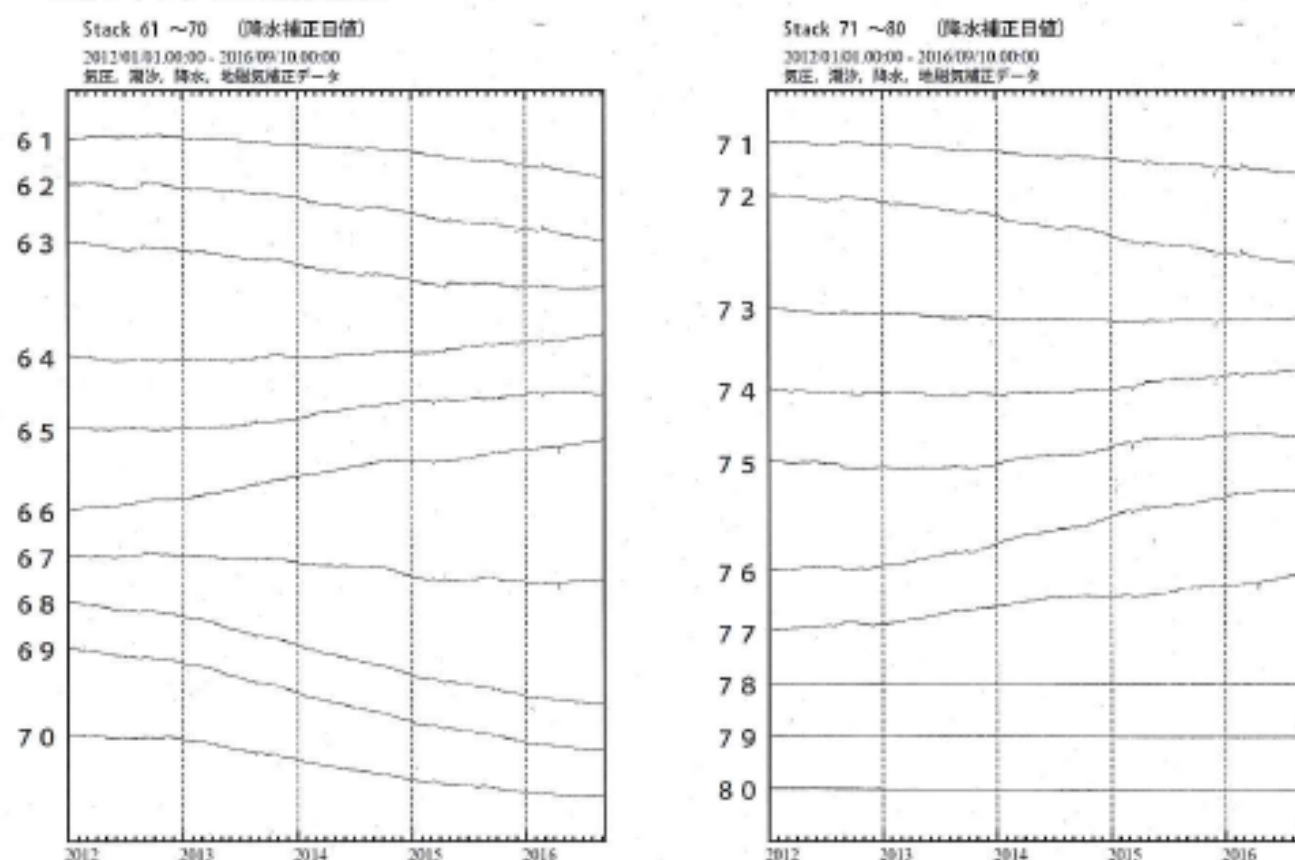


図1：日値スタッキング波形。番号は監視グリッド（図2参照）を示す。

- データ：補正日値（体積ひずみ計と1998年から2002年整備の多成分ひずみ計）
 主な地震および短期的SSEによる変化をオフセットとして除去
 ひずみ計の長期変化について、指数関数で近似して補正
- ノイズレベル：2011年6月～2012年12月の、60日階差（単純な階差）の標準偏差
- 理論値計算：0.15°ごとの各グリッドを中心とする、20×20kmの断層
- トレンド：2012年7月～12月の期間のトレンドを除去している

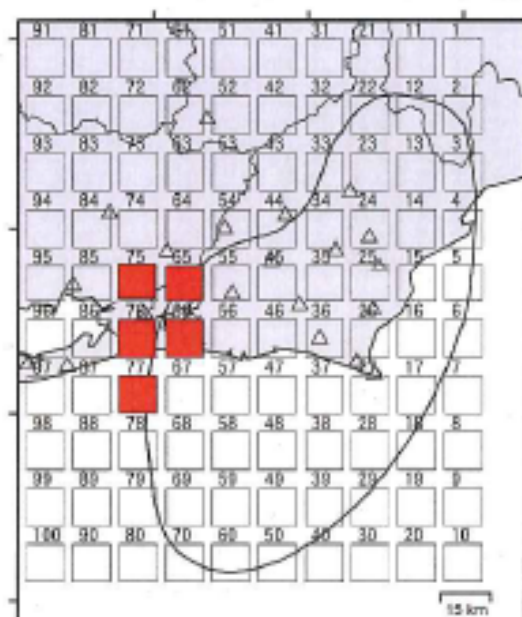


図2：グリッド配置およびすべり位置

グリッドNo.65, 66及び75～77に明瞭な変化が見られている。総すべり量はMw6.7相当となる。

□ スタッキンググリッド

* スタッキング手法は、複数のひずみ計のデータを重ね合わせることによって、微小な地殻変動のシグナルを強調させて、検知能力を向上させる解析方法である。

参考文献

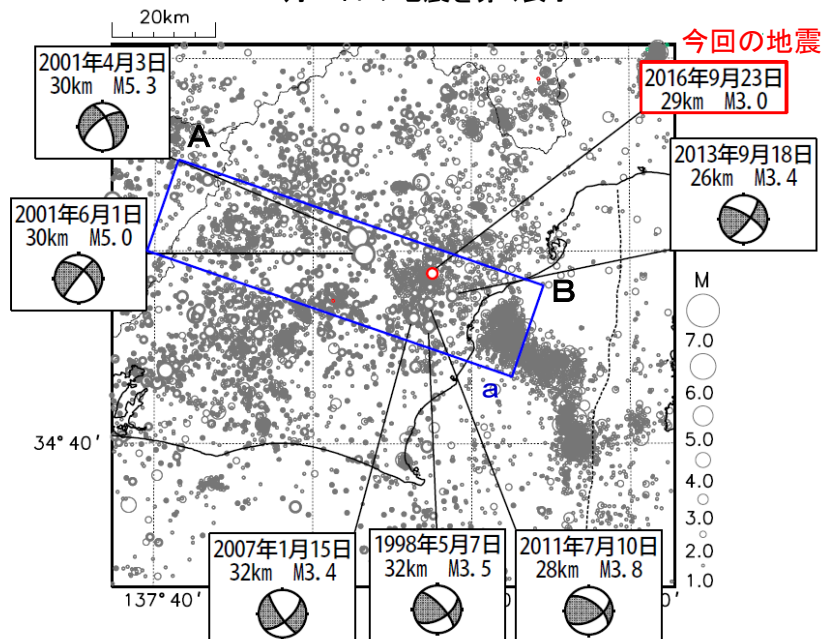
宮岡一樹, 横田 崇 (2012): 地殻変動検出のためのスタッキング手法の開発—東海地殻のひずみ計データによるプレート境界すべり早期検知への適用—. 2012, 地震, 2, 65, 205-218.

9月23日 静岡県中部の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2016年9月23日18時、 $M \geq 1.0$ 、深さ0～60km)

9月23日の地震を赤く表示

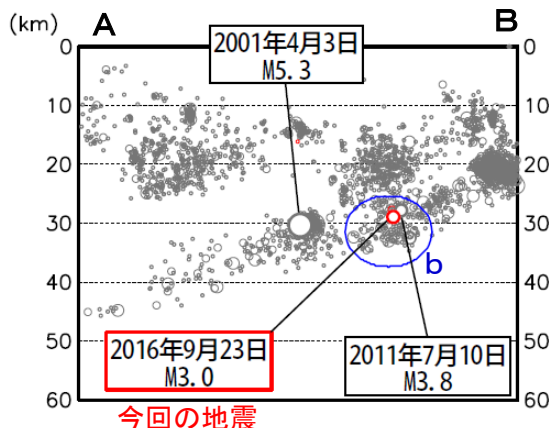


9月23日15時40分に静岡県中部の深さ29kmでM3.0の地震(震度1以上を観測した地点はなし)が発生した。この地震は、発震機構(速報)が西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、フィリピン海プレート内部で発生した。

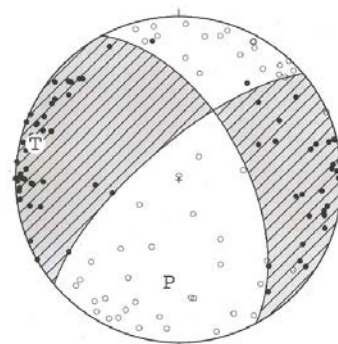
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)は、定常的に地震活動の見られる場所で、M3.0以上の地震は時々発生している。また、領域bより西北西に約15km離れた場所では、2001年4月3日にM5.3の地震(最大震度5強)が発生した。

ひずみ計には特段の変化は現れていない。

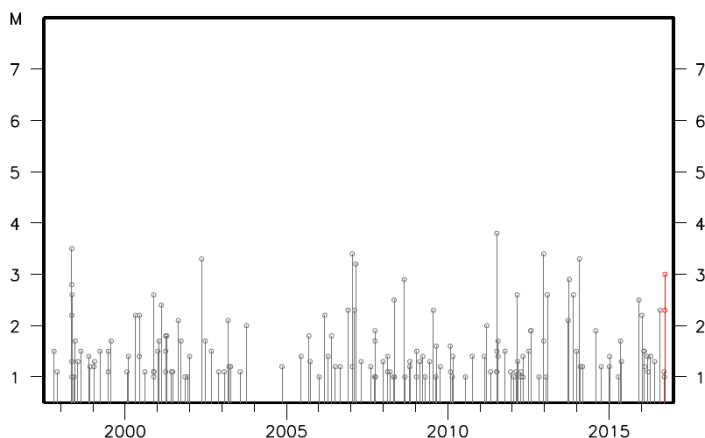
領域a内の断面図(A-B投影)



今回の地震の発震機構解(速報)



領域b内MT図



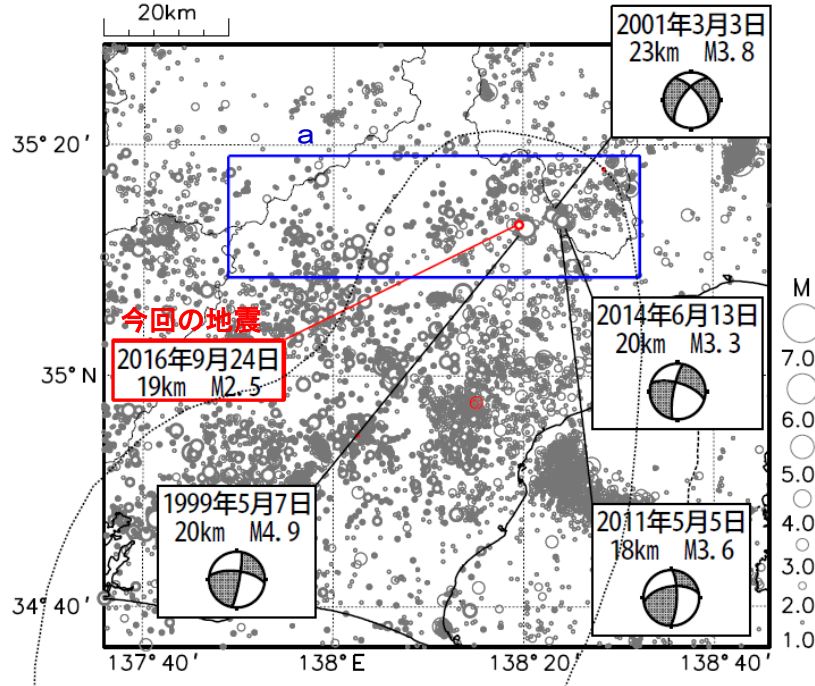
9月24日 静岡県中部の地震

震央分布図

(1997年10月1日～2016年9月26日07時、M $\geq$ 1.0、深さ0～60km)

9月23日の地震を赤く表示

破線は東海地震の想定震源域

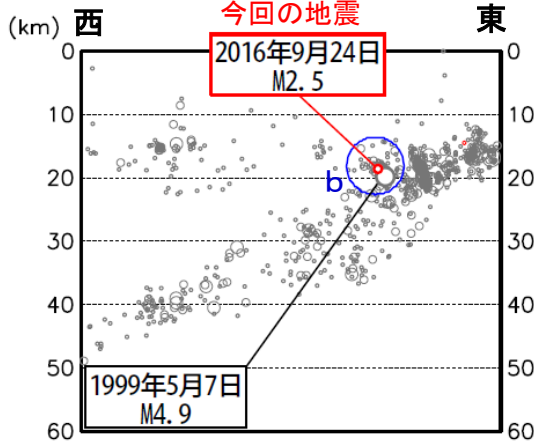


9月24日04時28分に静岡県中部の深さ19kmでM2.5の地震(最大震度1)が発生した。今回の地震の深さは、Hirose et al(2008)によるフィリピン海プレート上面の深さより約5km浅い。この地震の発震機構(自動解)は北西-南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。深さは、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界付近であるが、発震機構から、今回の地震はプレート境界で発生した地震ではない。

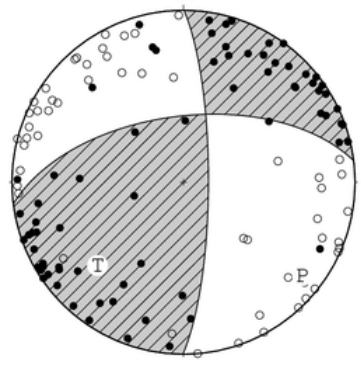
1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M2.0以上の地震は時々発生している。1999年5月7日にはM4.9の地震(最大震度3)が発生した。

ひずみ計には特段の変化は現れていない。

領域a内の断面図(東西投影)



今回の地震の発震機構解(自動解)



領域b内MT図

