

最近の東海地域とその周辺の地殻活動

現在のところ、東海地震に直ちに結びつくと思われる変化は観測していません。

1. 地震の観測状況

3月27日から4月1日にかけて、伊勢湾から愛知県のプレート境界付近を震源とする深部低周波地震（微動）を観測しました。

2. 地殻変動の観測状況

G N S S 観測及び水準測量の結果では、御前崎の長期的な沈降傾向は継続しています。

平成25年はじめ頃から静岡県西部から愛知県東部にかけてのG N S S 観測及びひずみ観測にみられていた通常とは異なる変化は、ほぼ見られなくなっています。

また、3月28日から4月3日にかけて、三重県、愛知県及び静岡県の複数のひずみ観測点でわずかな地殻変動を観測しました。

3. 地殻活動の評価

平成25年はじめ頃から観測されている通常とは異なる地殻変動は、浜名湖付近のプレート境界において発生している「長期的ゆっくりすべり」に起因すると推定しており、現在は、「長期的ゆっくりすべり」は停滞しています。

そのほかに東海地震の想定震源域ではプレート境界の固着状況に特段の変化を示すようなデータは今のところ得られていません。

一方、上記の深部低周波地震（微動）及びひずみ観測点で観測した地殻変動は、想定震源域より西側の愛知県のプレート境界深部において発生した「短期的ゆっくりすべり」に起因すると推定しています。

以上のように、現在のところ、東海地震に直ちに結びつくと思われる変化は観測していません。

なお、G N S S 観測の結果によると「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」による余効変動が、小さくなりつつありますが東海地方においてもみられています。

添付の説明資料は、気象庁、国土地理院及び防災科学技術研究所の資料から作成。

気象庁資料の作成に当たっては、気象庁のほか防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、東京大学、名古屋大学等のデータを使用。

気象庁では、いつ発生してもおかしくない状態にある「東海地震」を予知すべく、東海地域の地震活動や地殻変動等の状況を監視しています。また、これらの状況を定期的に評価するため、地震防災対策強化地域判定会を毎月開催しています。本資料は本日開催した判定会で評価した、主に前回（平成29年3月27日）以降の調査結果を取りまとめたものです。

なお、上記調査結果は本日17時00分に「東海地震に関連する調査情報（定例）」として発表しています。

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)

2017年4月18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
					全域	西側	東側	
短期活動指数	6	4	4	4	3	4	4	5
短期地震回数 (平均)	8 (5.29)	5 (7.00)	14 (13.16)	12 (14.15)	2 (3.72)	1 (1.43)	1 (2.28)	7 (6.06)
中期活動指数	4	4	4	3	2	3	4	5
中期地震回数 (平均)	16 (15.87)	19 (21.00)	41 (39.48)	36 (42.44)	4 (7.44)	1 (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≥1.1、駿河湾：M≥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）

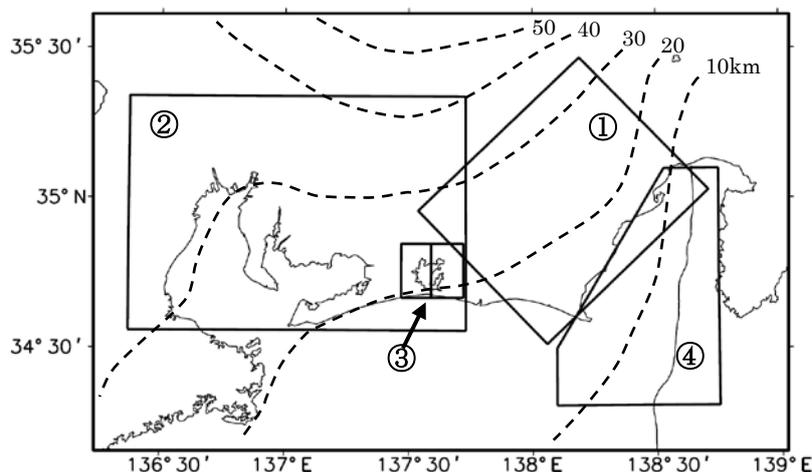
[各領域の説明] ① 静岡県中西部：プレート間が強く「くっついている」と考えられている領域（固着域）。

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）。

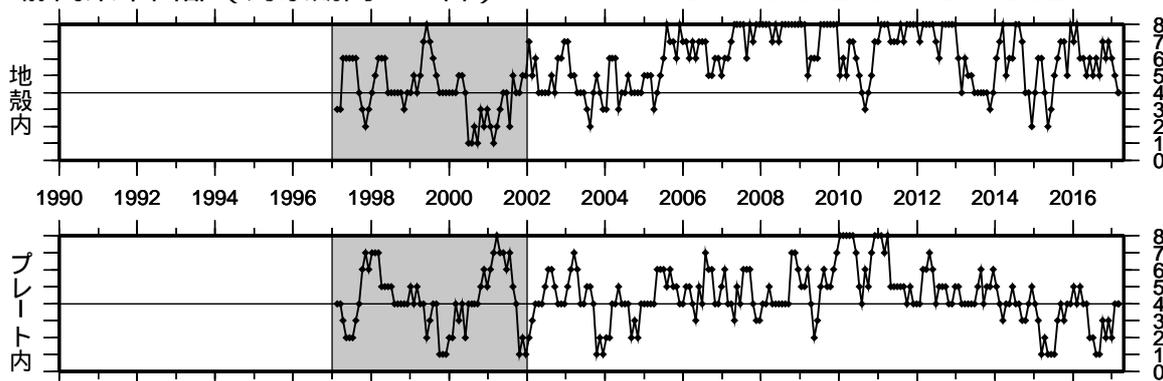


指数	確率 (%)	地震数
8	1	多い
7	4	
6	10	
5	15	ほぼ平常
4	40	
3	15	
2	10	やや少ない
1	4	
0	1	

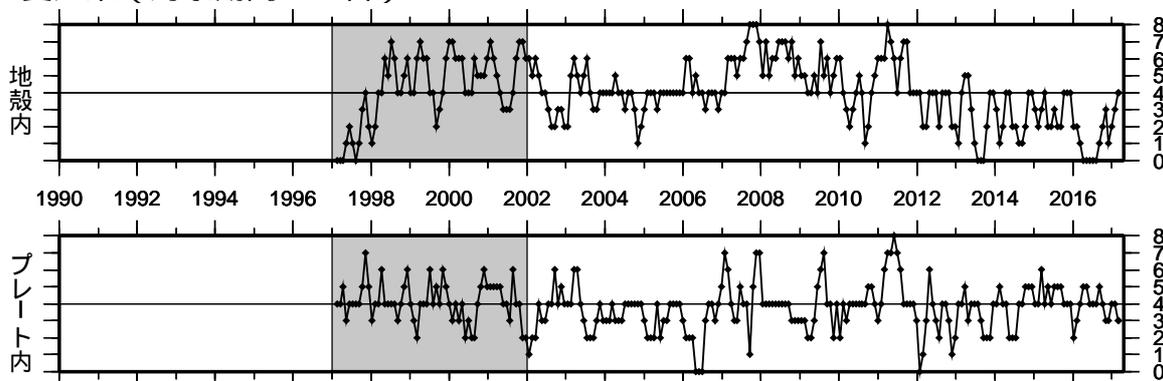
* Hirose et al. (2008) によるプレート境界の等深線を破線で示す

地震活動指数の推移 (中期活動指数)

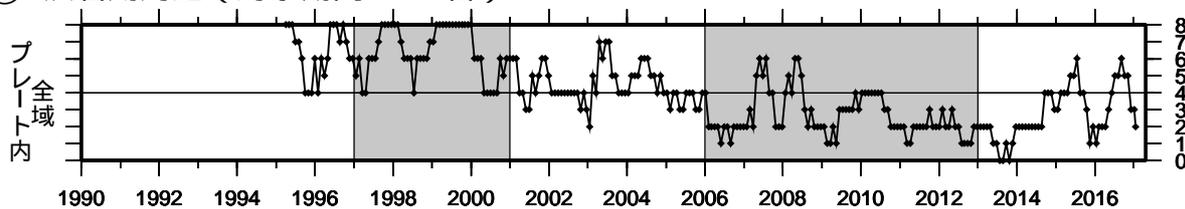
① 静岡県中西部 (対象期間: 90日) 1997/1/1~2017/4/18 M ≥ 1.1



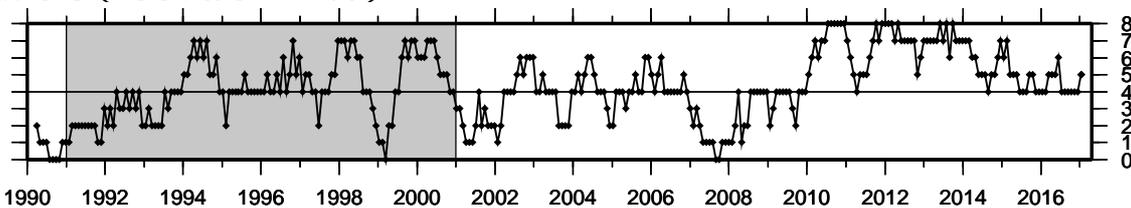
② 愛知県 (対象期間: 90日) 1997/1/1~2017/4/18 M ≥ 1.1



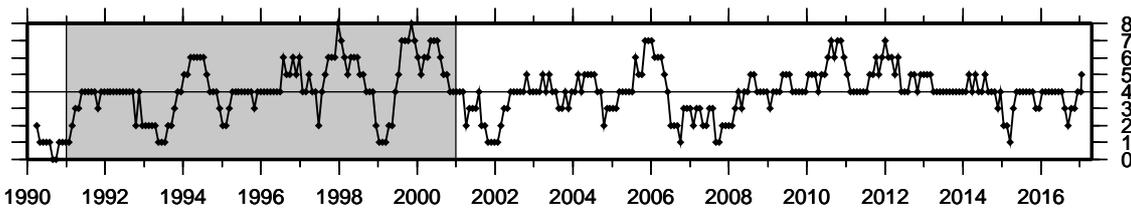
③ 浜名湖周辺 (対象期間: 180日) 1995/1/1~2017/4/18 M ≥ 1.1



④ 駿河湾 (対象期間: 180日) 1990/1/1~2017/4/18 M ≥ 1.4



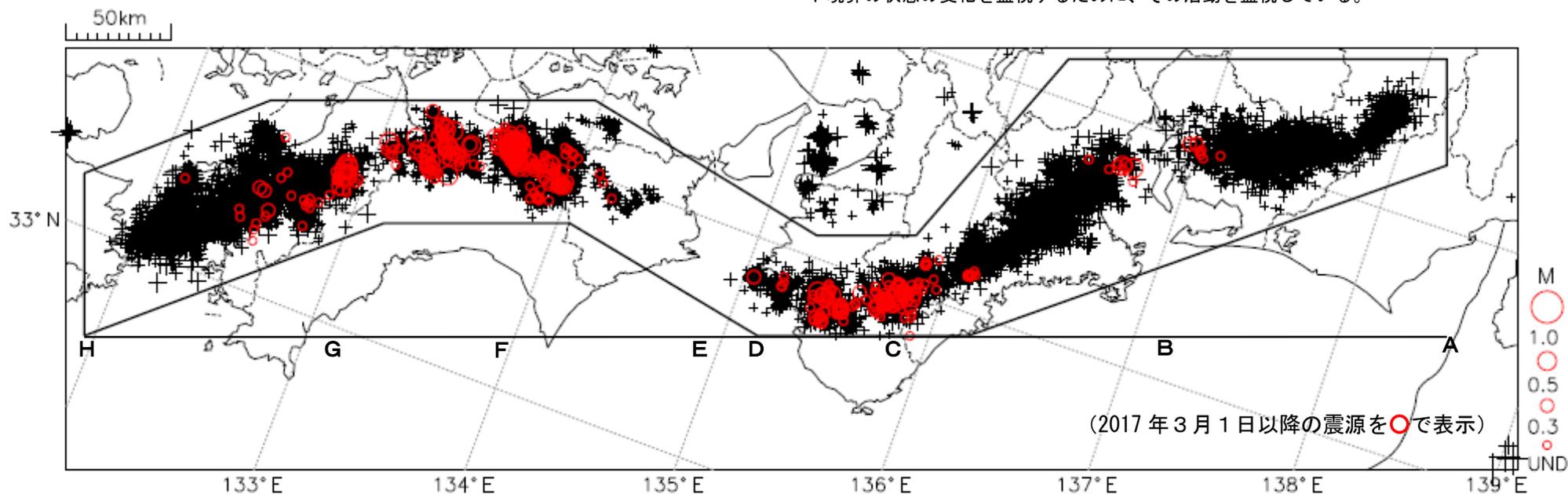
2009年8月11日の駿河湾の地震 (M6.5) と2011年8月1日の駿河湾の地震 (M6.2) の余震域の活動を除去した場合



■ : 基準期間 / : 地震活動指数 (0 - 8)

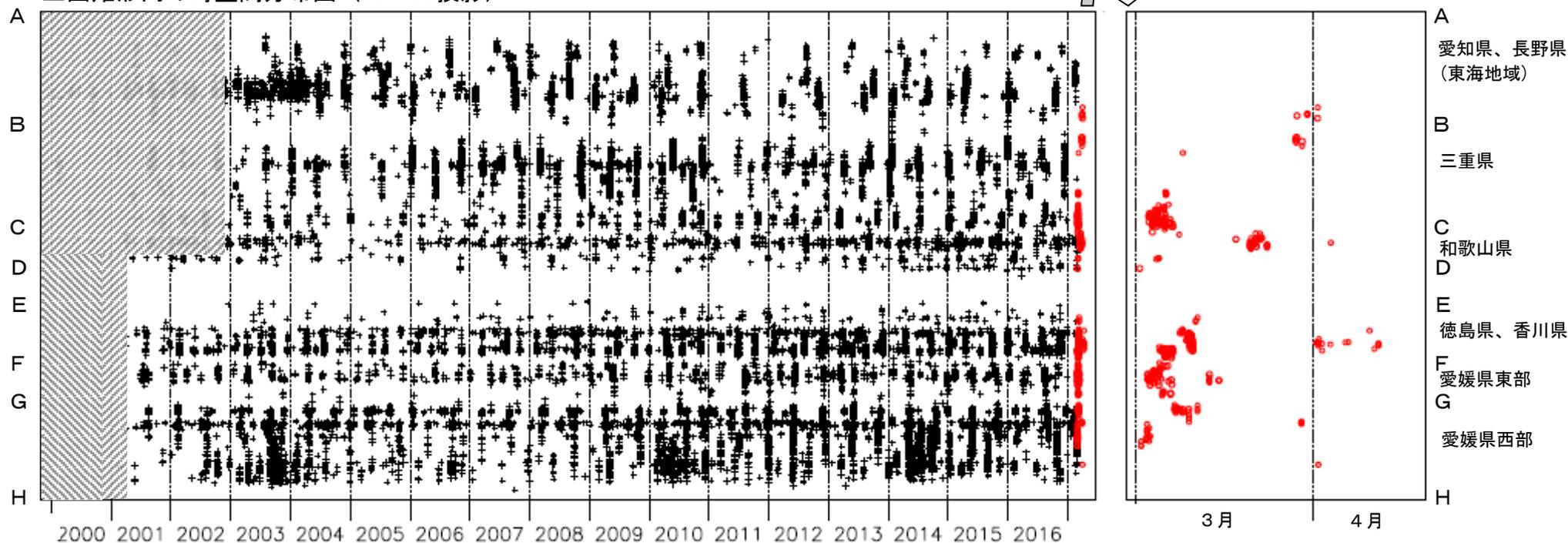
深部低周波地震活動 (2000年1月1日~2017年4月18日)

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)

(2017年3月1日~2017年4月18日)



※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

紀伊半島・東海地域の深部低周波微動活動状況 (2017年3～4月)

● 3月27日～4月1日頃に、東海地方から紀伊半島北部でやや活発な微動活動。

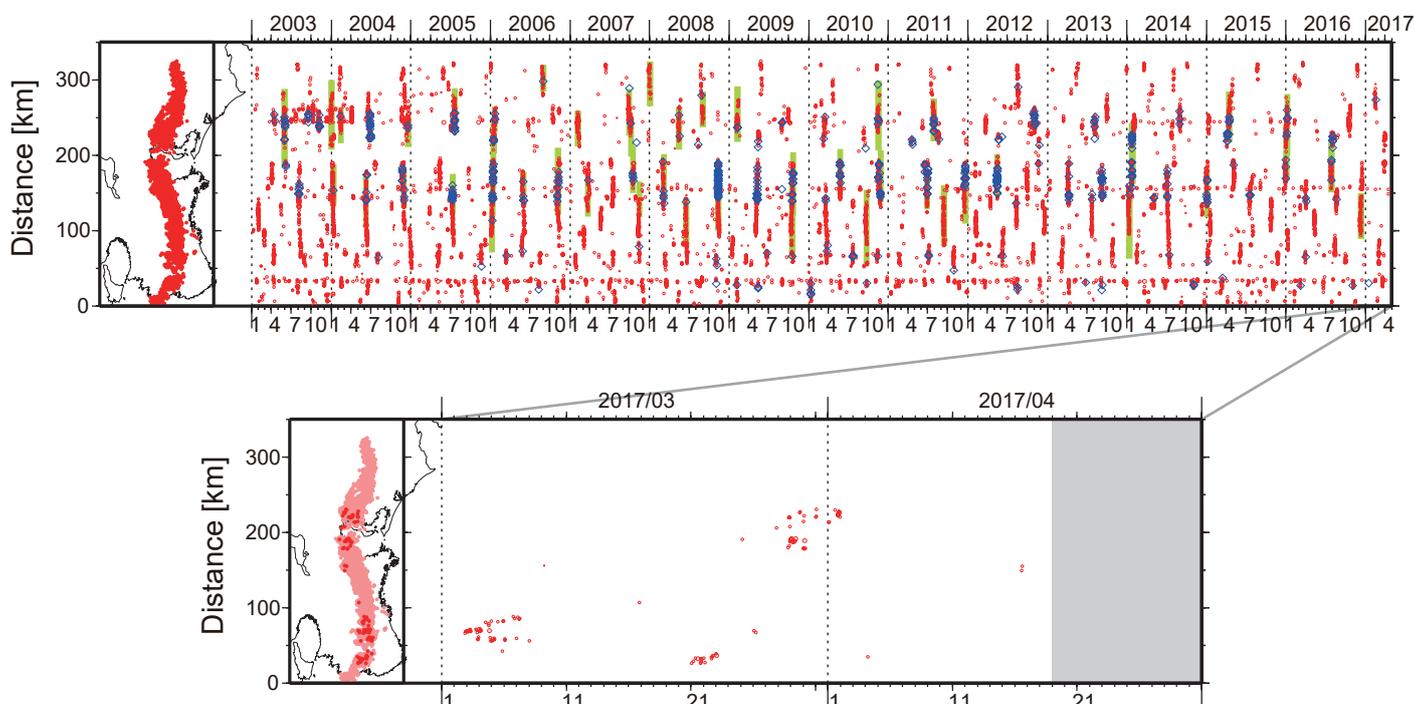


図1. 紀伊半島・東海地域における2003年1月～2017年4月18日までの深部低周波微動の時空間分布(上図). 赤丸はエンベロープ相関・振幅ハイブリッド法 (Maeda and Obara, 2009) およびクラスタ処理 (Obara et al., 2010) によって1時間毎に自動処理された微動分布の重心である. 青菱形は周期20秒に卓越する超低周波地震 (Ito et al., 2007) である. 黄緑色の太線はこれまでに検出された短期的スロースリップイベント (SSE) を示す. 下図は2017年3～4月の拡大図である. 3月下旬以降については, 3月27日～4月1日頃に, 愛知県西部から三重県北部の領域でやや活発な活動がみられた. この活動は, 開始後東西両方向に拡大し, 西側の活動は30日頃まで, 東側の活動は4月1日頃まで継続した. 3月21～23日頃には, 和歌山県中部で小規模な活動がみられた.

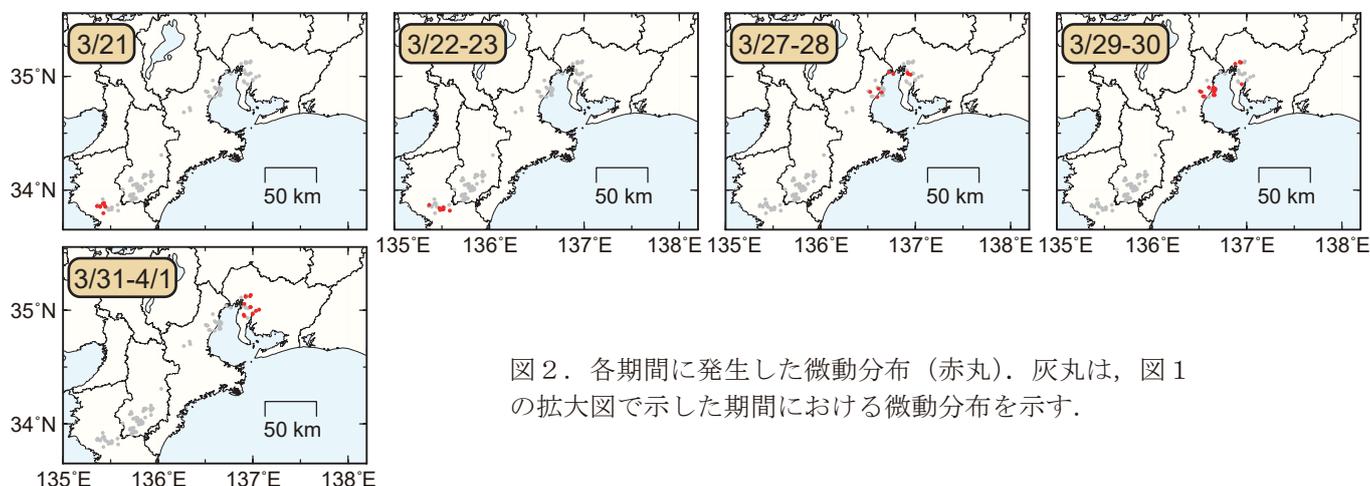
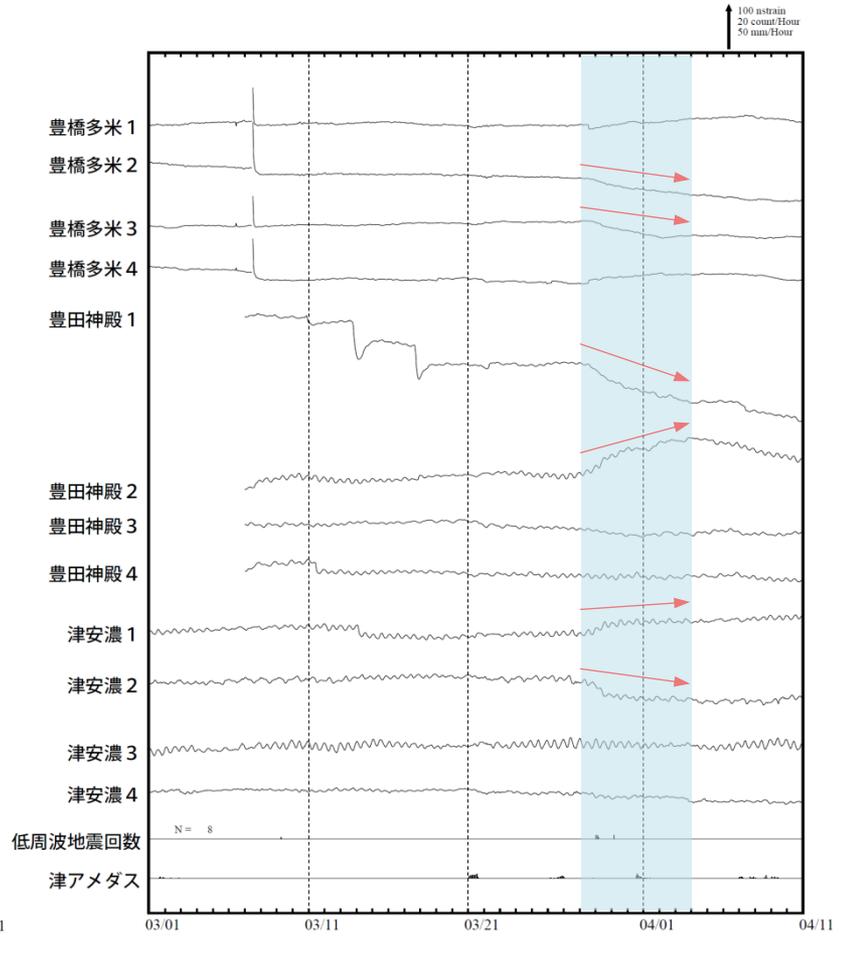
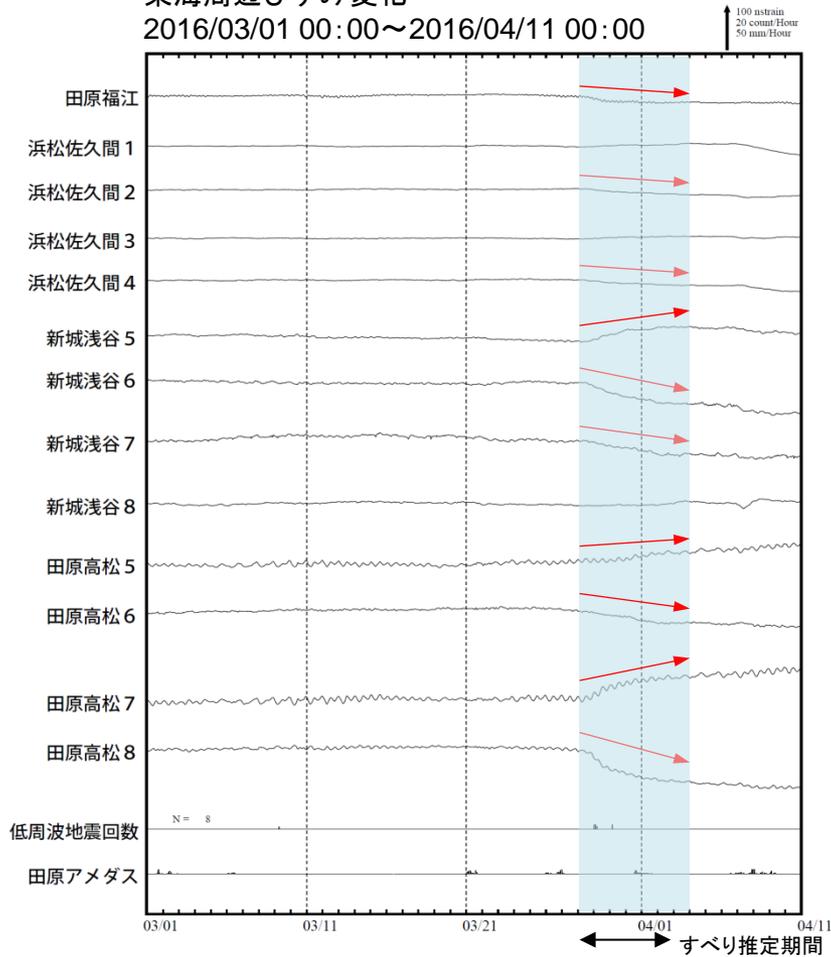


図2. 各期間に発生した微動分布 (赤丸). 灰丸は, 図1の拡大図で示した期間における微動分布を示す.

ひずみ変化を説明する断層モデル候補

東海周辺ひずみ変化

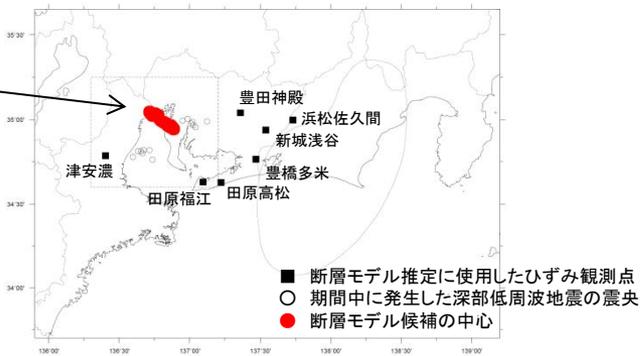
2016/03/01 00:00~2016/04/11 00:00



豊橋多米、豊田神殿、津安濃は産業技術総合研究所のひずみ計である。

ひずみ変化から推定されるすべり領域

3月28日00時~4月3日24時
Mw5.8~5.9



すべり候補領域は、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。

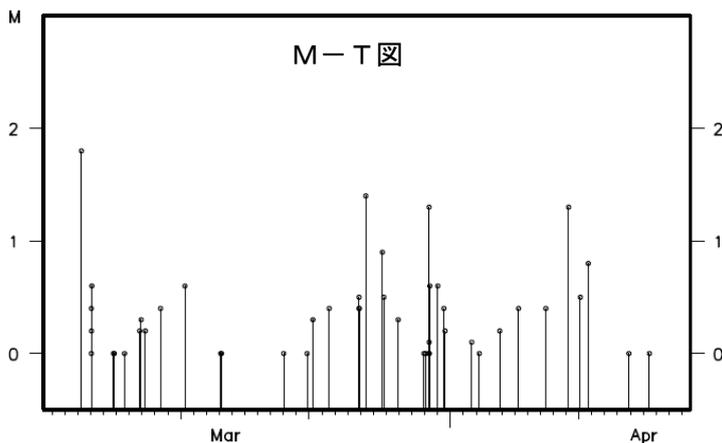
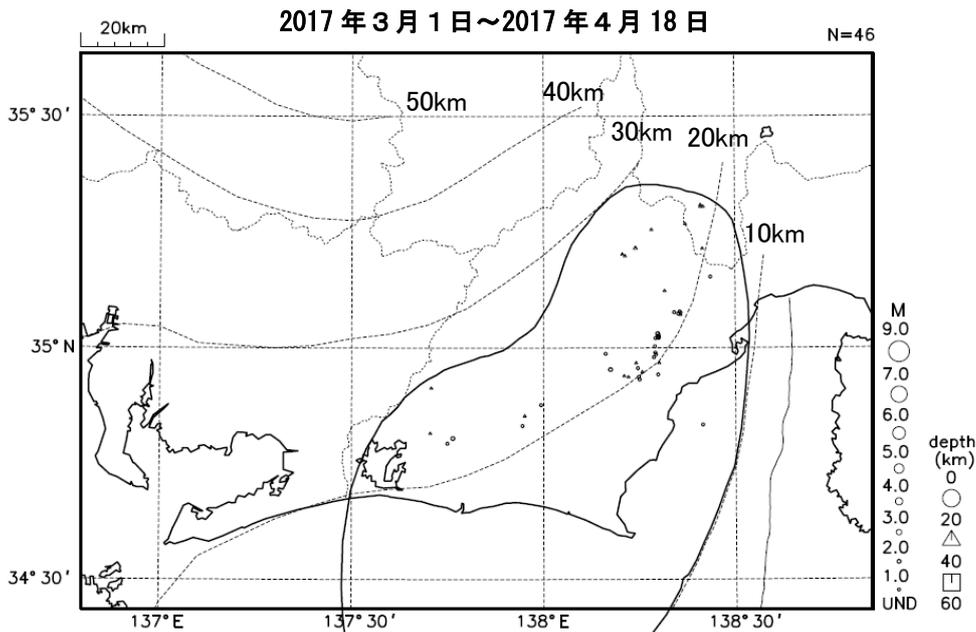
* すべり候補領域の位置とその規模(Mw)を、すべりがプレート境界面上でプレートの沈み込み方向と反対に発生したと仮定し、考え得る全ての解を前提として得られる理論値と観測値を比較し、合致するものを抽出する手法

1) 中村浩二・竹中潤, 東海地方のプレート間すべり推定ツールの開発, 験震時報, 68, 25-35, 2004
2) Hirose F., 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, B09315, doi:10.1029/2007JB005274, 2008

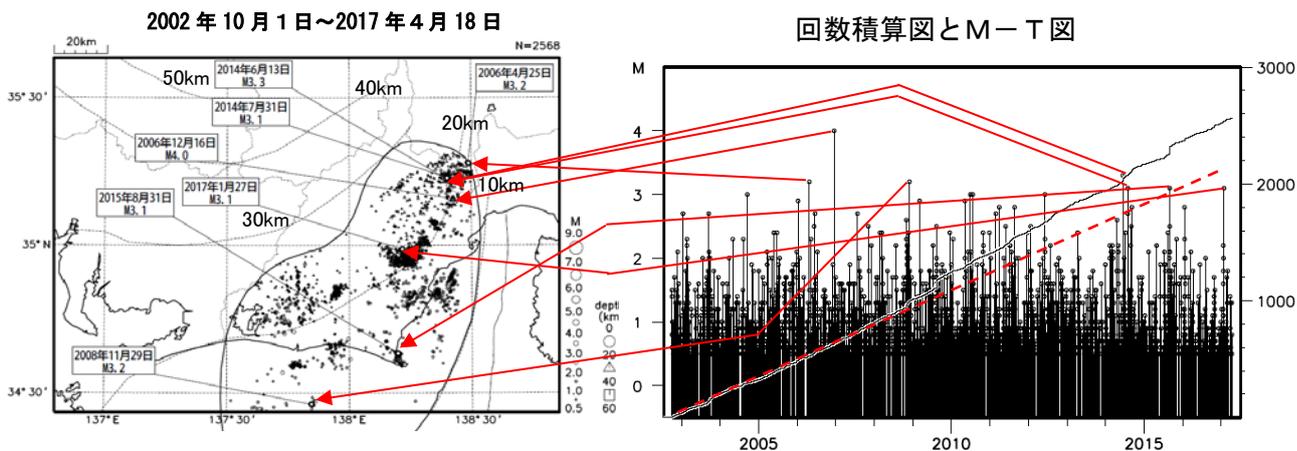
プレート境界とその周辺の地震活動(最近の活動状況)

(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≥0.5)



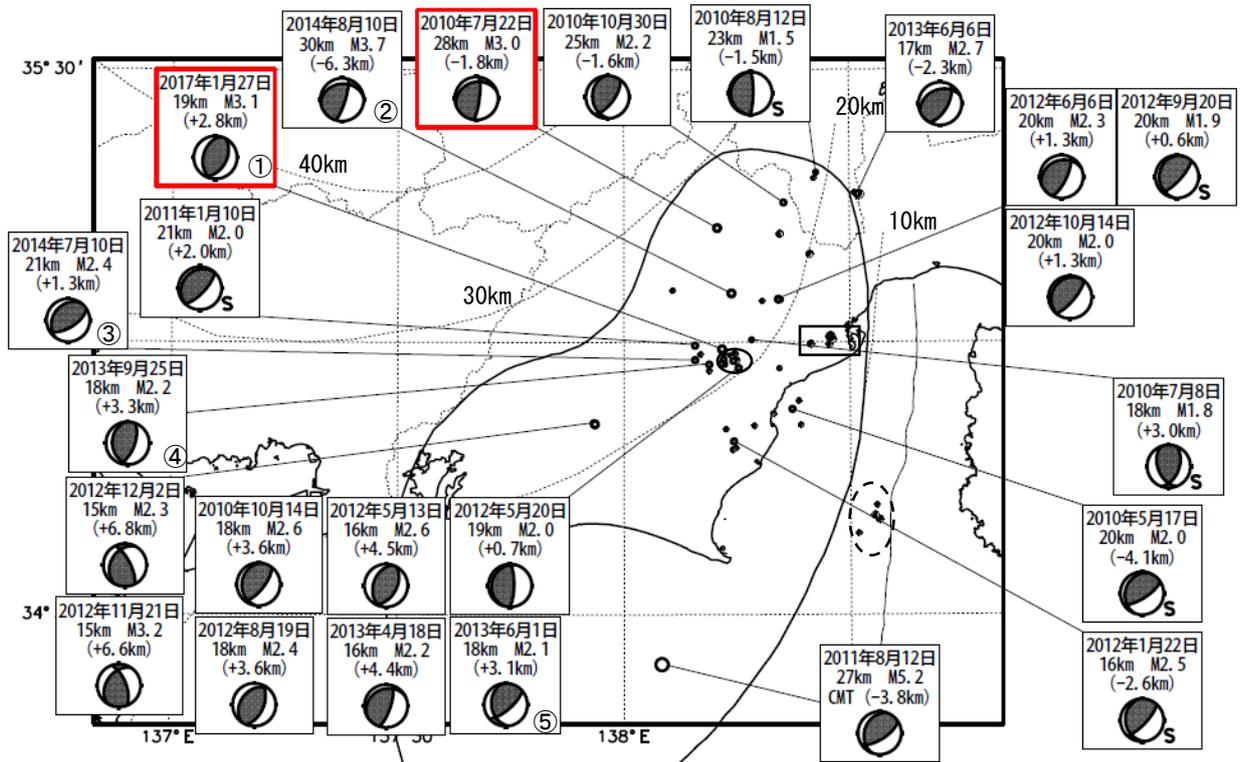
2002年10月以降 (M≥0.5) で見ると、東海地域のプレート境界とその周辺の地震活動は、2007年中頃あたりからやや活発に見える。なお、2009年8月11日以降は、駿河湾の地震(M6.5)の余震活動の一部を抽出している。M3を超える地震については、その震央を矢印で示しているが、これらの地震の発震機構解のうち、想定東海地震のものと類似の型に相当したものは2017年1月27日の地震である。

※震央分布図中の点線は、Hirose et al. (2008)によるフィリピン海プレート上面の深さを示す。

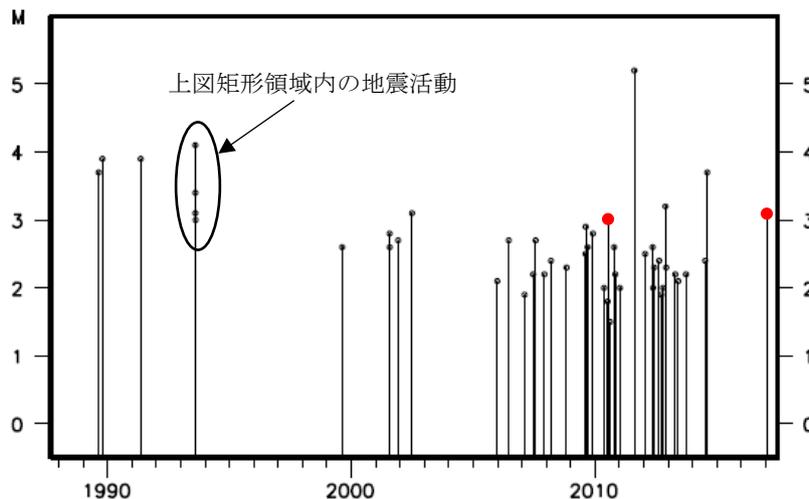
想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震

1987年9月1日～2017年4月18日

(2010年1月以降の地震に吹き出しを付けている)



上図イベントの、想定震源域内におけるM-T図



想定震源域内で発生した地震のうち、2010年1月以降に発生したM3.0以上かつプレート境界からの鉛直方向の距離が±3km以内の地震の枠を赤く表示

吹き出し内に () で記載した値は、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。

震央分布図中の点線は、Hirose et al. (2008)によるプレート境界を示す。

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。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、震源球右下隣りにSの表示があるものは、発震機構解に十分な精度がない。

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

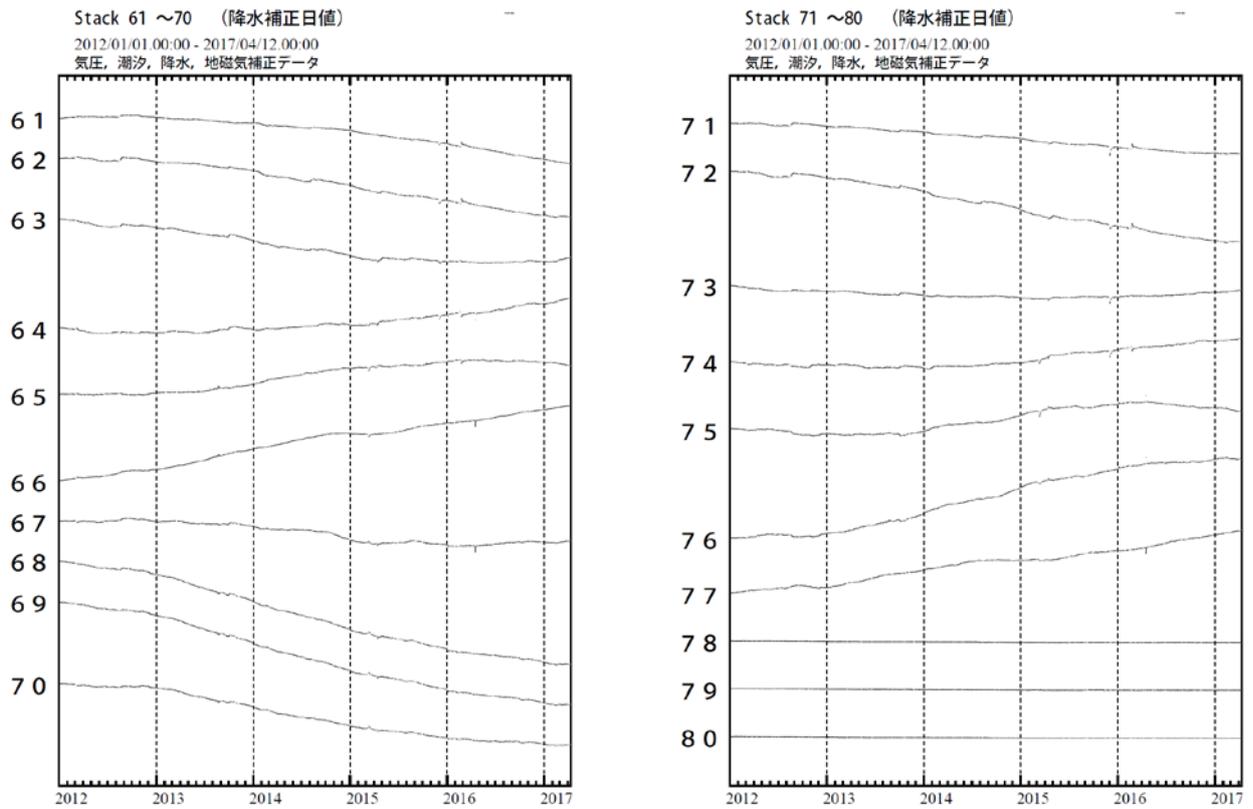


図1：日値スタッキング波形。番号は監視グリッド（図2参照）を示す。

- 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

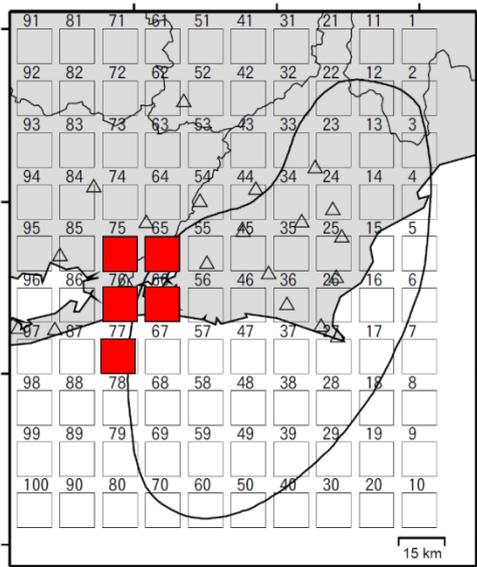


図2：グリッド配置およびすべり位置

□ スタッキンググリッド

グリッドNo.65, 66及び75～77に見られる変化が長期的ゆっくりすべりに対応していると考えられる。これらのグリッドがすべてしていると仮定し、グリッドサーチにより総すべり量を求めると Mw6.8 相当となる。そのモーメントの時間変化を見ると 2015 年後半から鈍化している。

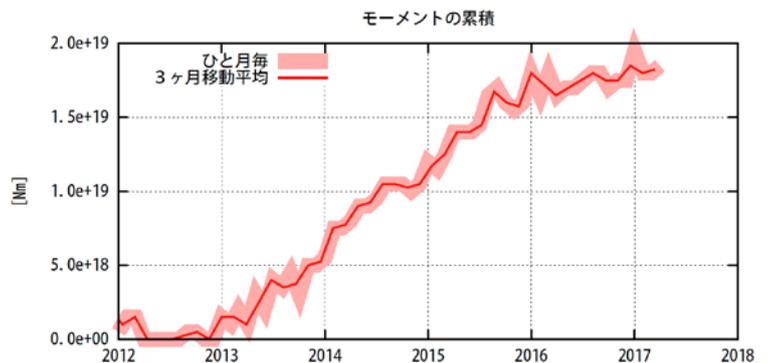


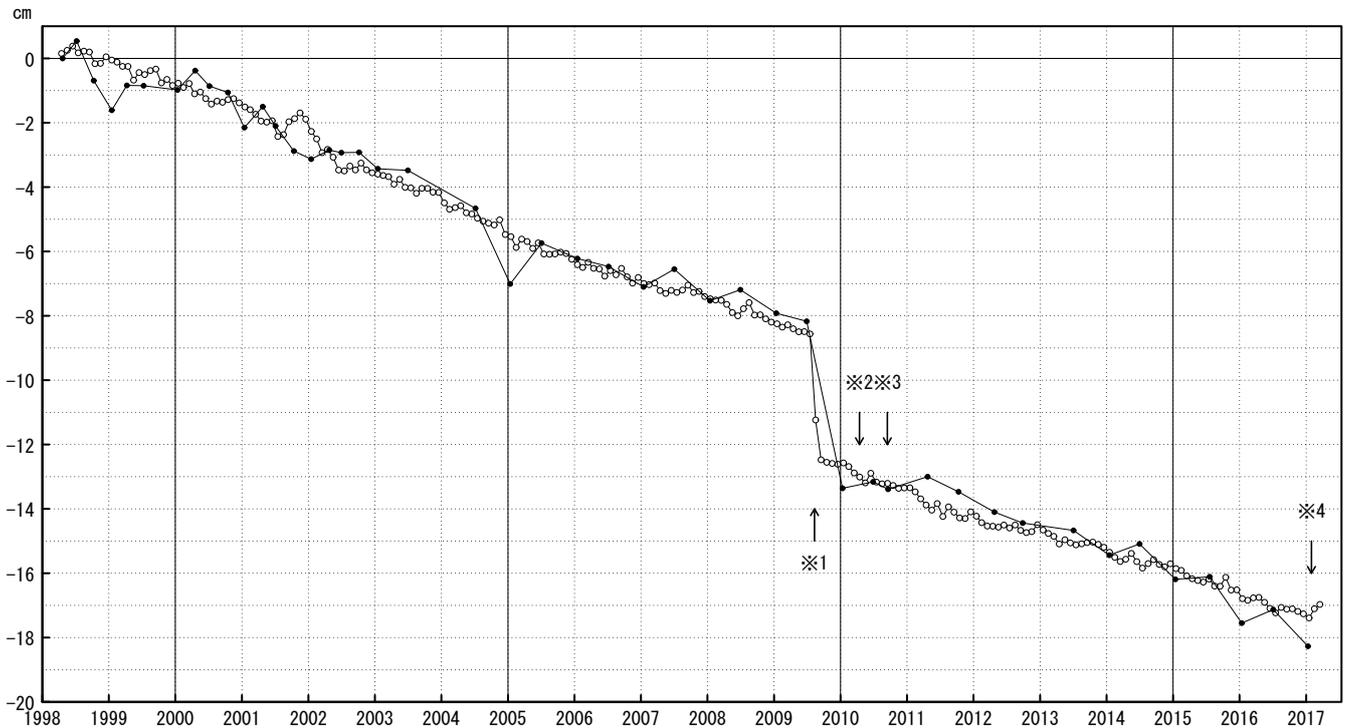
図3：グリッドサーチで求めたモーメント開放量

御前崎 電子基準点の上下変動

水準測量と GNSS 連続観測

掛川に対して、御前崎が沈降する長期的な傾向が続いている。

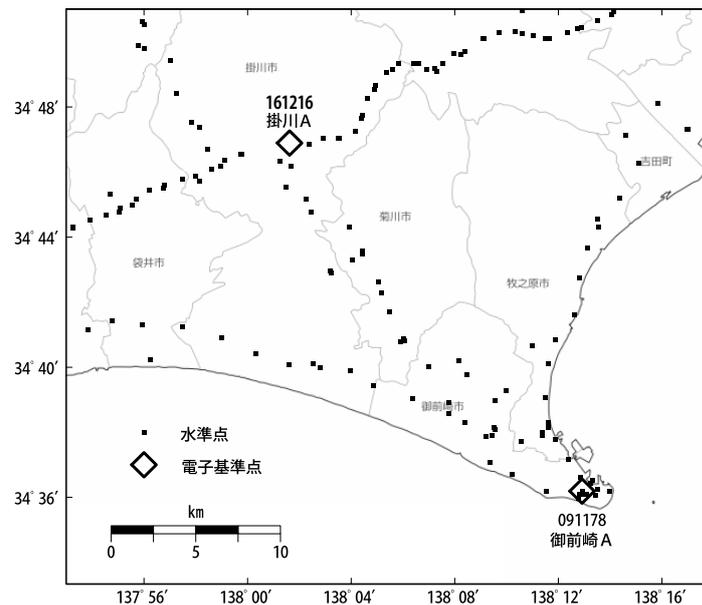
掛川 A (161216) - 御前崎 A (091178)



● : 水準測量 ○ : GNSS 連続観測 (GEONET 月平均値)

・ 最新のプロット点は 03/01~03/31 の平均。

- ※1 電子基準点「御前崎」は 2009 年 8 月 11 日の駿河湾の地震 (M6.5) に伴い、地表付近の局所的な変動の影響を受けた。
- ※2 2010 年 4 月以降は、電子基準点「御前崎」をより地盤の安定している場所に移転し、電子基準点「御前崎 A」とした。上記グラフは電子基準点「御前崎」と電子基準点「御前崎 A」のデータを接続して表示している。
- ※3 水準測量の結果は移転後初めて変動量が計算できる 2010 年 9 月から表示している。
- ※4 2017 年 1 月 30 日以降は、電子基準点「掛川」は移転し、電子基準点「掛川 A」とした。上記グラフは電子基準点「掛川」と電子基準点「掛川 A」のデータを接続して表示している。

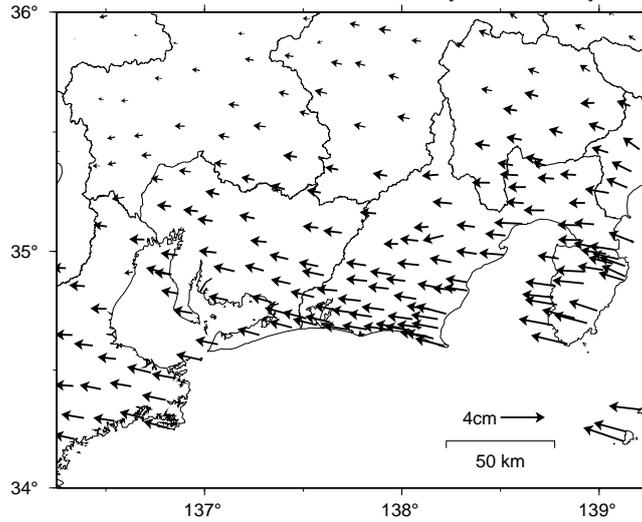


東海地方の水平地殻変動【固定局：三隅】

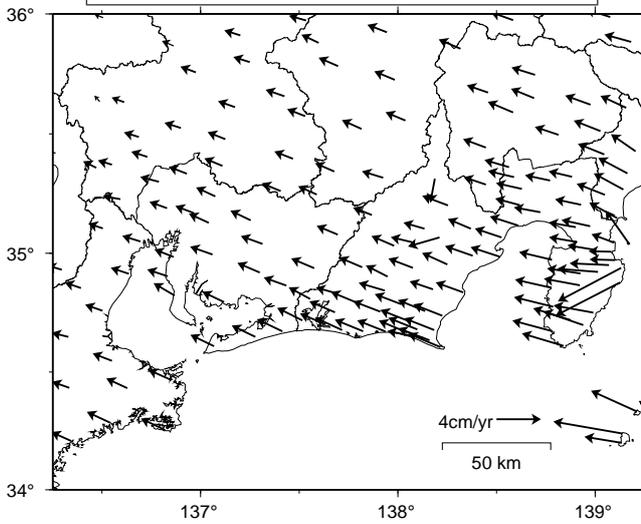
(2016 年 4 月 ~ 2017 年 4 月)

基準期間：2016/4/8 - 2016/4/15 [F3：最終解]

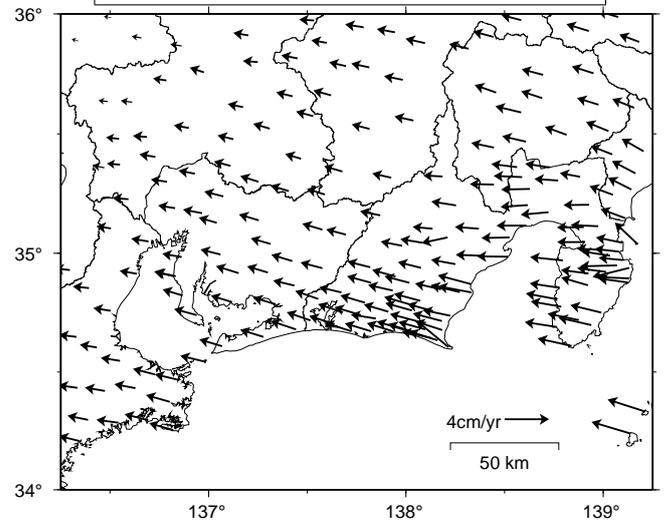
比較期間：2017/4/8 - 2017/4/15 [R3：速報解]



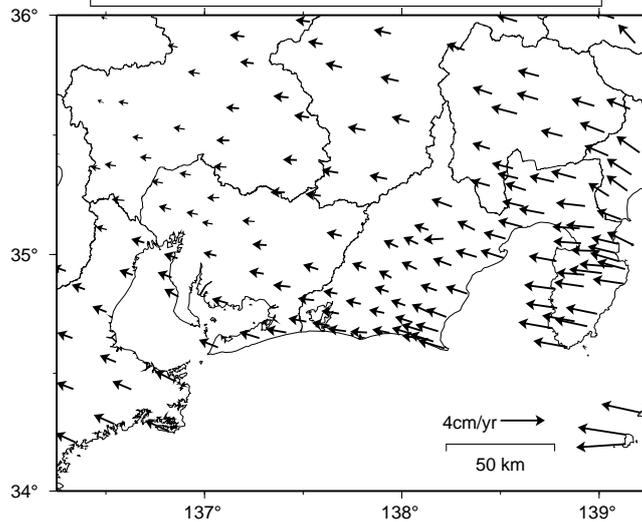
スロースリップ発生前の水平地殻変動速度
(1997年1月~2000年1月)



スロースリップ終息後の水平地殻変動速度
(2008年1月~2011年1月)



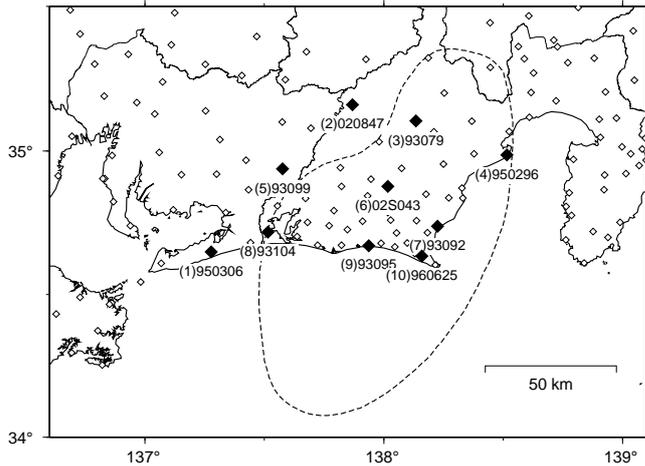
スロースリップ進行期の水平地殻変動速度
(2001年1月~2004年1月)



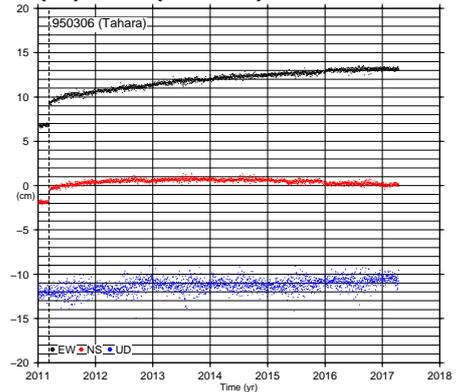
・2016年4月に発生した熊本地震による固定局三隅の地殻変動は補正している。

東海地方の非定常地殻変動時系列【固定局：三隅】

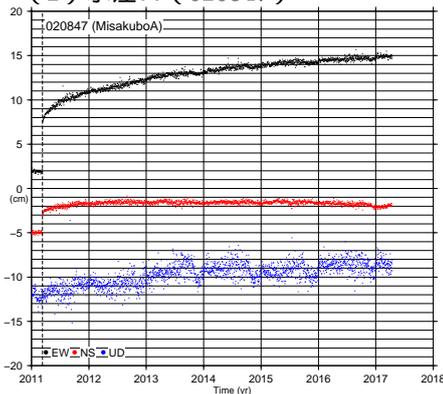
速報解合む 2011/1/1 - 2017/4/15



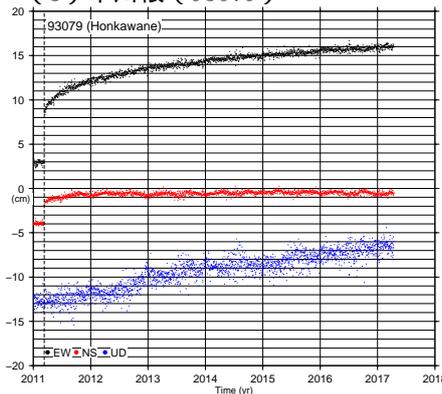
(1) 田原 (950306)



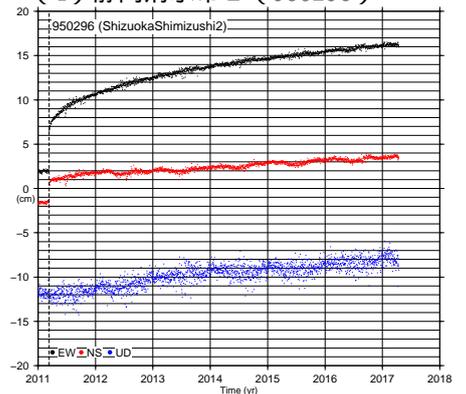
(2) 水窪 A (020847)



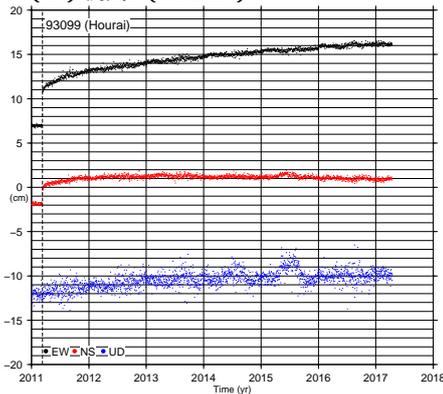
(3) 本川根 (93079)



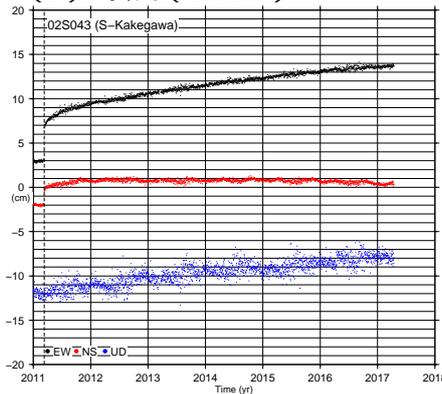
(4) 静岡清水市 2 (950296)



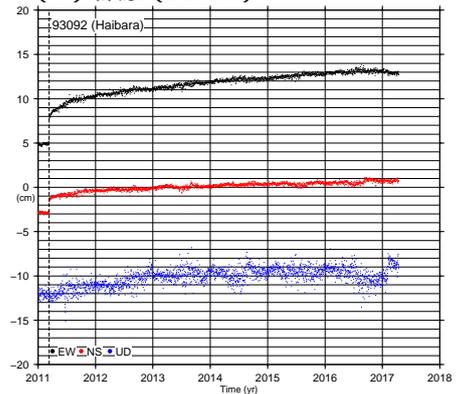
(5) 鳳来 (93099)



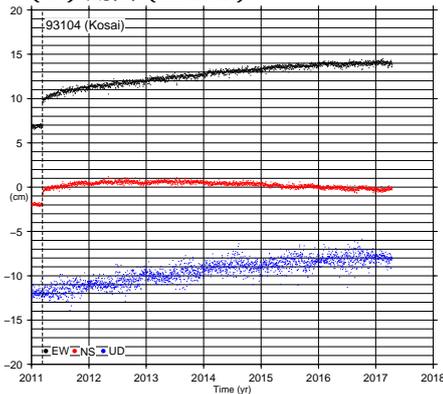
(6) S 掛川 (02S043)



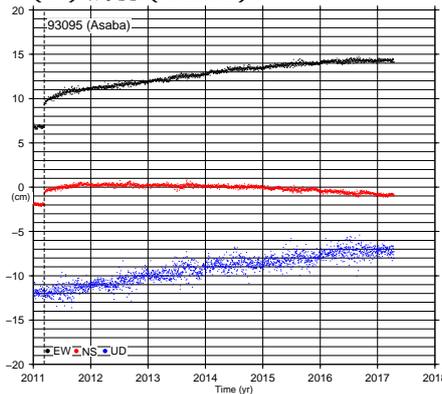
(7) 榛原 (93092)



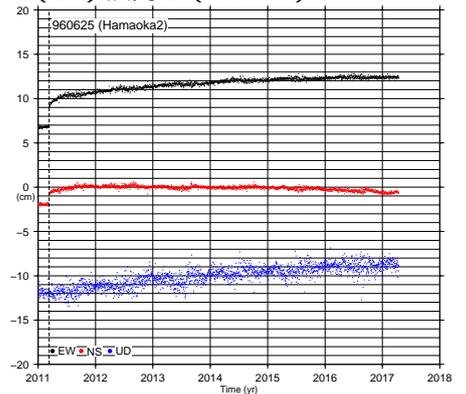
(8) 湖西 (93104)



(9) 浅羽 (93095)

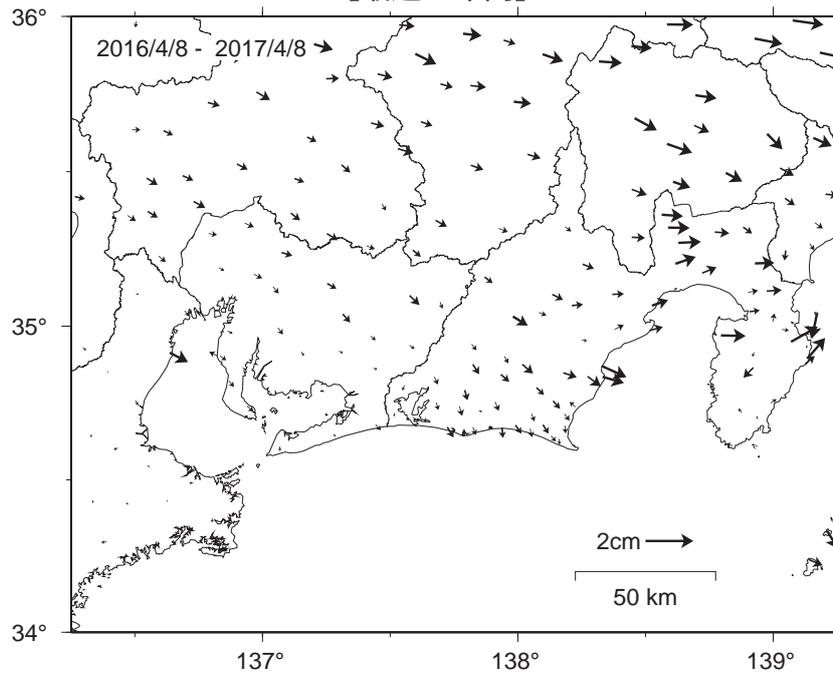


(10) 浜岡 2 (960625)

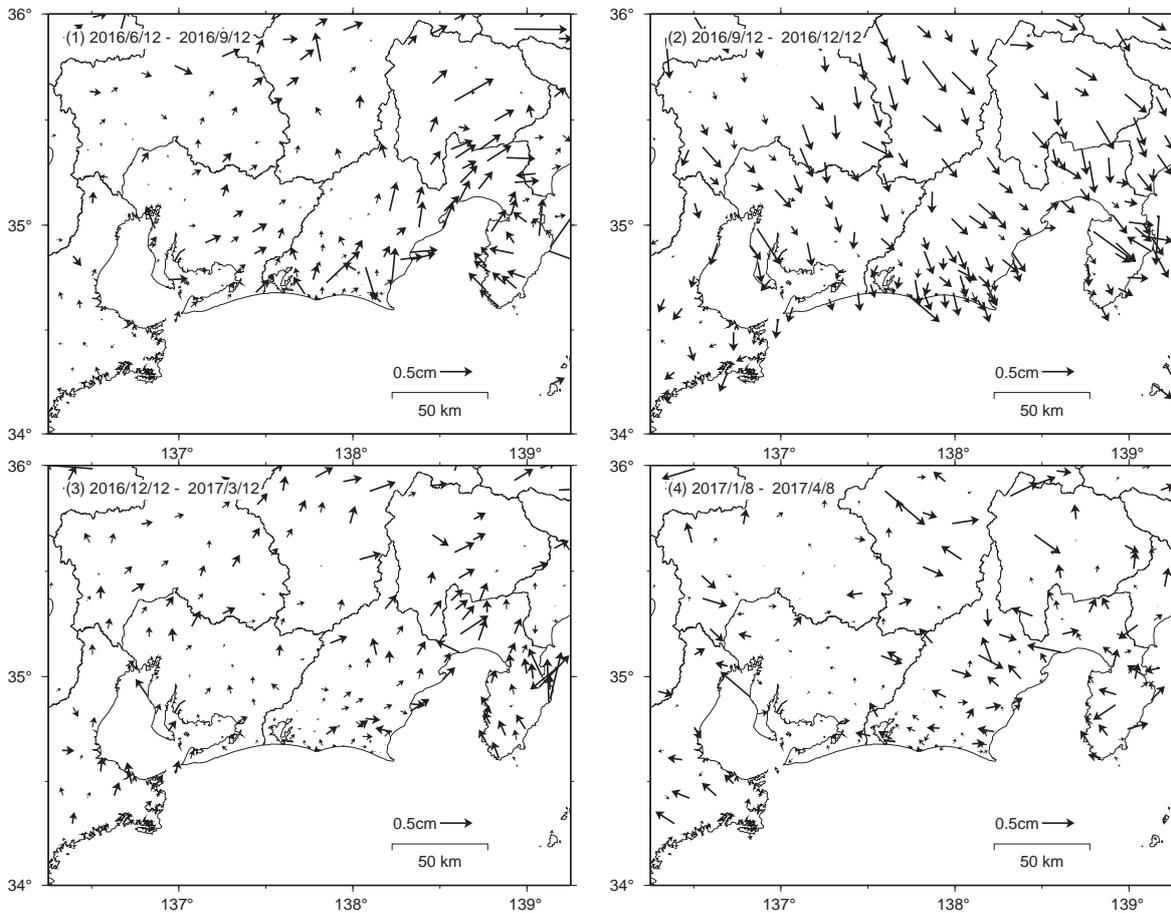


- ・ 2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動の影響は取り除いていない。
- ・ 2008 年 1 月 1 日 ~ 2011 年 1 月 1 日のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- ・ 2016 年 4 月に発生した熊本地震による固定局三隅の地殻変動は補正している。

東海地方の非定常水平地殻変動【固定局：三隅】
 (2016年4月～2017年4月)
 【最近1年間】



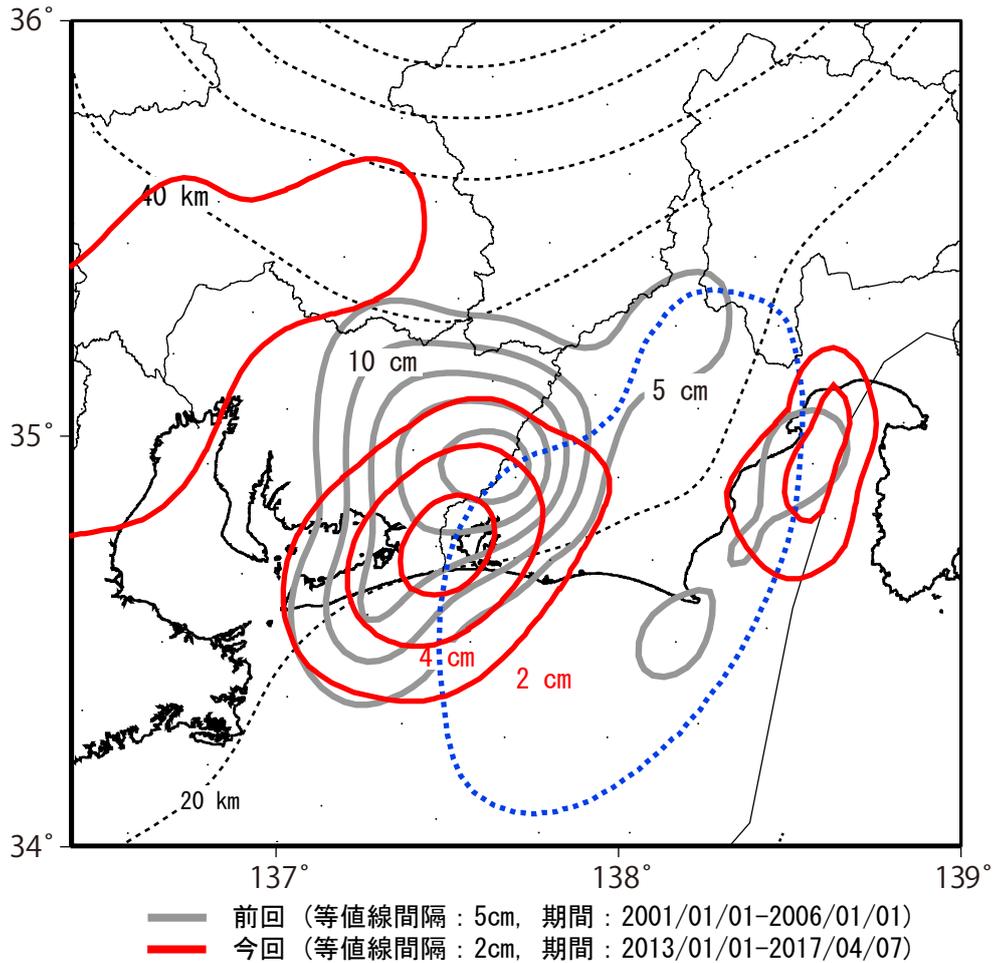
【最近1年間 3ヶ月ごと】



- ・非定常地殻変動時系列から、1年間と3ヶ月間の変動量を表示している。
- ※非定常地殻変動時系列：
 - 2008年1月～2011年1月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。
 - ・2016年4月に発生した熊本地震による固定局三隅の地殻変動は補正している。

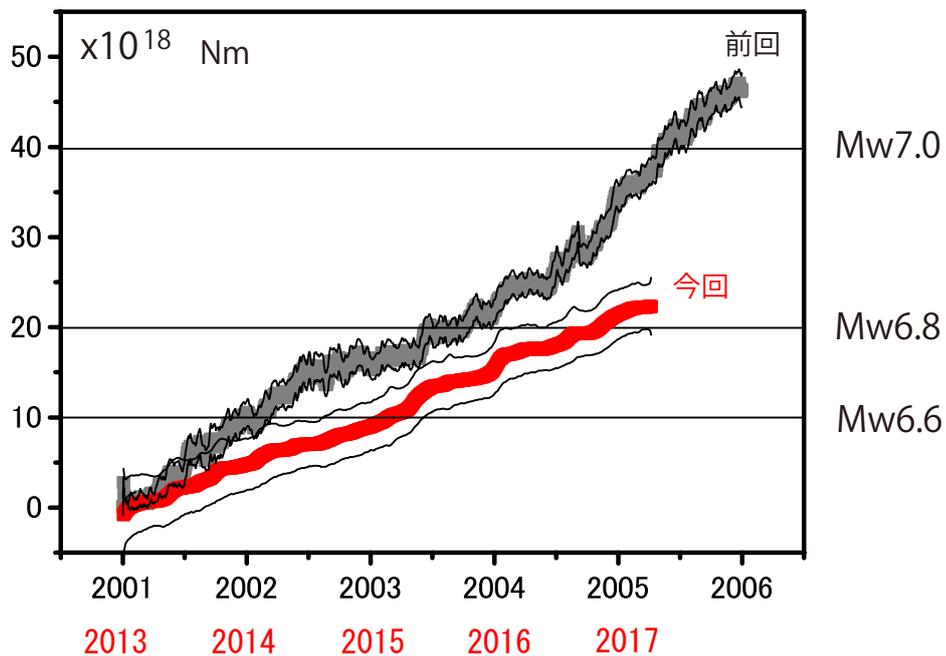
非正常地殻変動から推定される累積すべり分布及びモーメントの時間変化（暫定）

累積すべり分布



- ・それぞれの期間の、累積のすべり量を等値線で示している。
- ・黒破線は、沈み込む海側プレート上面の等深線。
- ・青破線は、東海地震の想定震源域。

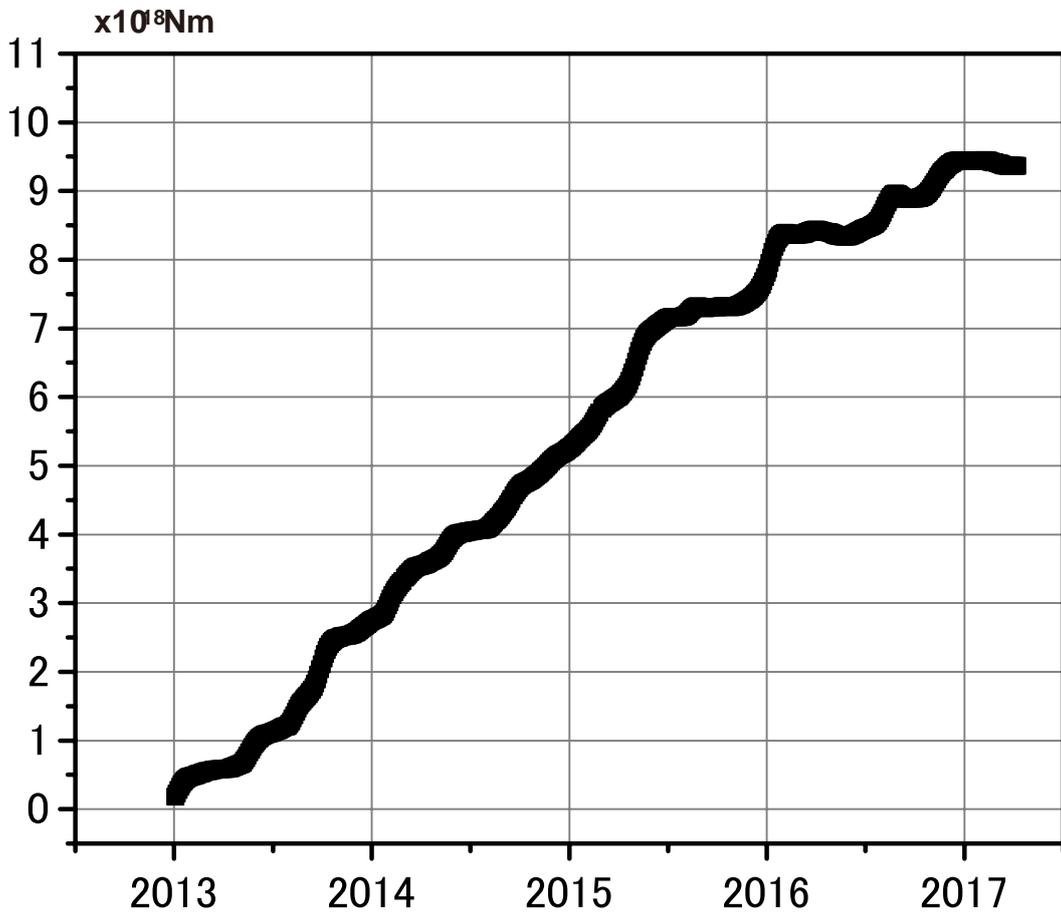
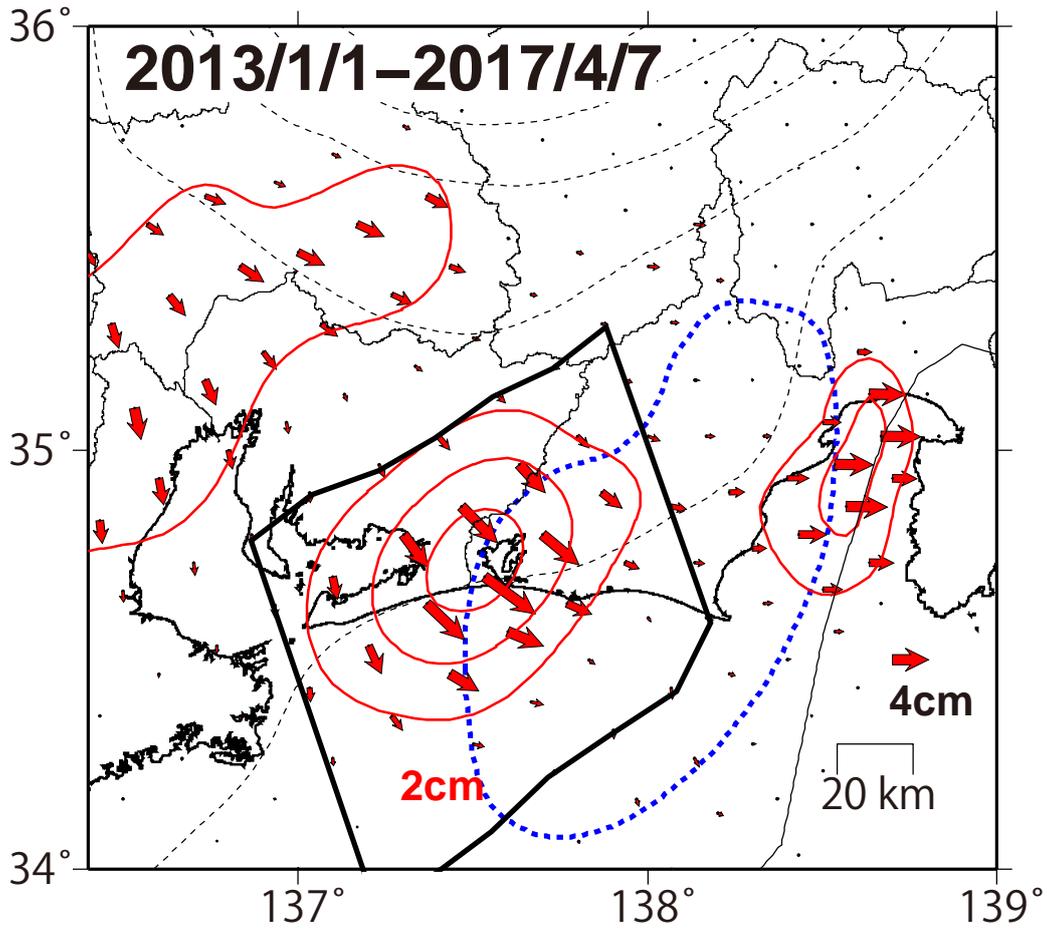
モーメントの時間変化



- ・それぞれの期間のモーメントの時間変化を、横軸を重ねて示している。

浜名湖周辺のモーメントの時間変化

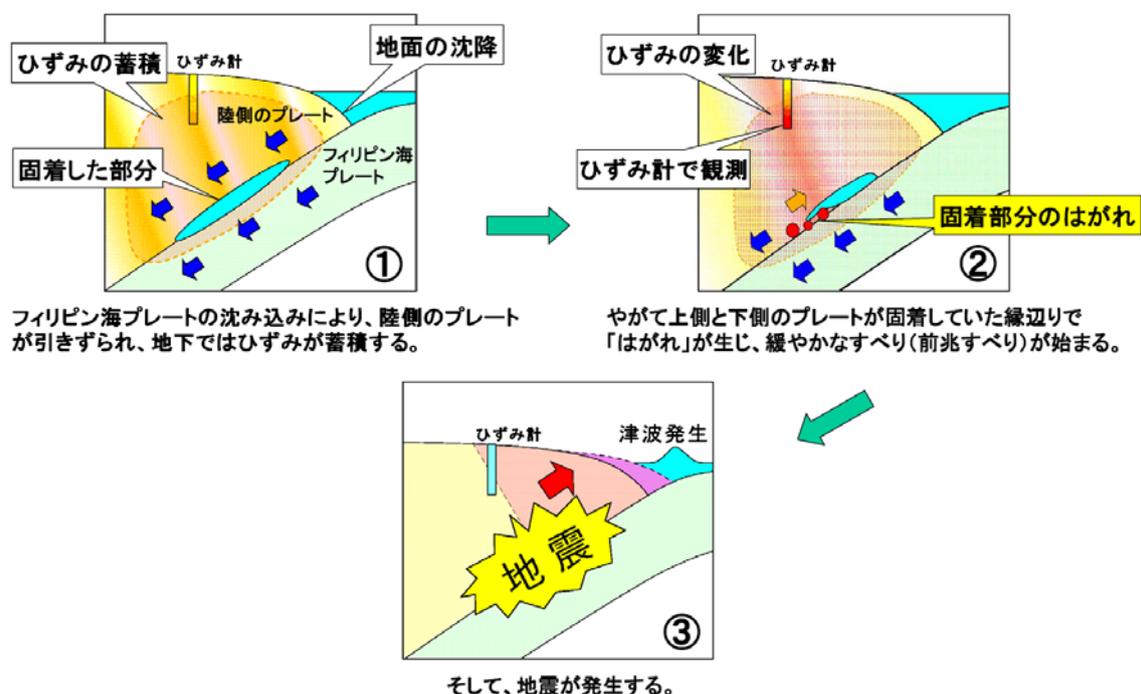
浜名湖周辺（下図矩形内）のモーメント増加は最近4か月程は停滞している。



「東海地震の予知」及び用語解説

現在最も有力とされる前兆現象発現のメカニズムは、「前兆すべり（プレスリップ）」が発生するというものである。地震は地下の断層が急激にずれる現象であり、ずれた領域を震源域と呼ぶ。最近の研究により、震源域全体が急激にずれる前に、その一部が徐々にゆっくりとすべり始める場合があると考えられるようになった。この前兆すべりと呼ばれる現象を、ひずみ計による精密な地殻変動観測等で捉えようというのが、気象庁の短期直前予知の戦術である。

なお、想定震源域の一部で発生した前兆すべりによって地殻がどのように変形するかは理論的に計算することができる。よって、ひずみ計などに異常な地殻変動データが観測された場合に、それが前兆すべりによるものかどうかは科学的に判断できる。



東海地震発生シナリオ

東海地震は、①ひずみの蓄積、②前兆すべりを経て、③地震発生へと至ると考えられている（前兆すべりモデル）。

詳しくは気象庁ホームページの以下のページをご参照ください。

東海地震に関する基礎知識

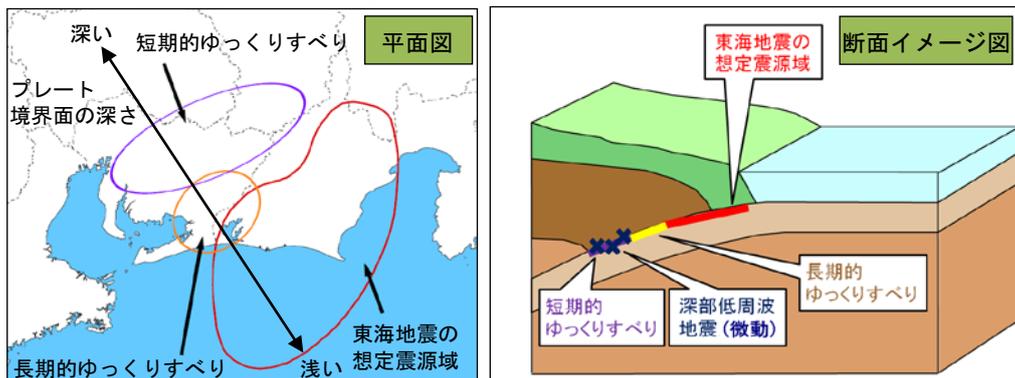
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tokai/index.html>

「長期的ゆっくりすべり」、「短期的ゆっくりすべり」、「深部低周波地震（微動）」

「長期的ゆっくりすべり」は、東海地震の想定震源域より少し西側の領域で、沈み込むフィリピン海プレートと陸のプレートとの境界が5年程度かけて継続的にゆっくりとすべる現象で、十数年程度の間隔で繰り返し発生している。これによって生じたとみられる地殻変動が、周辺のGNSS等で観測される。

「短期的ゆっくりすべり」は、「長期的ゆっくりすべり」が発生する領域のさらに西側や北側の深さ約30～40 kmのプレート境界が、2～10日程度かけてゆっくりとすべる現象で、数カ月から1年程度の間隔で繰り返し発生している。これによって生じたとみなされる地殻変動が、東海地域に設置されたひずみ計等によって観測される。また、「短期的ゆっくりすべり」の発生とほぼ同じ時期に、そのすべり領域とほぼ同じ場所を震源とする「深部低周波地震（微動）」と呼ばれる、通常地震より卓越周波数の低い地震が観測され（P波やS波が明瞭でなく震動が継続するものは「微動」と呼ばれる）、これは「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いる。なお、同じ「短期的ゆっくりすべり」を反映した現象でも、地殻変動と地震（微動）では観測・解析の手法や検知能力が異なるため、観測される期間は完全には一致しない場合がある。

これらの現象は、これまでの経験から、いずれも東海地震に直ちに結び付く現象ではないと考えられている。しかし、プレート境界の固着状況の変化を示す現象と考えられることから、気象庁では前兆すべりにつながる可能性についても考慮に入れ、関係機関の協力も得ながら注意深く監視している。



東海地震想定震源域、並びに長期的ゆっくりすべり及び短期的ゆっくりすべりの発生領域

「活動レベル」

M1.1 又は M1.4 以上の地震について、1990 年代頃の 3～10 年の一定期間における地震活動レベルを基準とし、最近 3 か月～半年の地震活動の静穏・活発な状態を統計的手法によって指数化したもの。指数は 0～8 の 9 段階。4 が平均的な状況、1 以下は比較的稀な静穏化を、7 以上は比較的稀な活発化をそれぞれ示唆する。

なお、地震は時間空間的に群（クラスタ：cluster）をなして起きることが多くある（「本震とその後に起きる余震」、「群発地震」などが典型的なクラスタ）ことから、地震活動の推移を見るためには、余震活動等の影響を取り除いてまとまった地震活動を 1 回の地震活動として評価している。（具体的には、相互の震央間の距離が 3 km 以内で、相互の発生時間差が 7 日以内の地震群をクラスタとして扱い、その中の最大の地震をクラスタに含まれる地震の代表とし、地震が 1 つ発生したと扱っている。）

気象庁が発表する「東海地震に関連する情報」

情報名

主な防災対応等

東海地震 予知情報

東海地震が発生するおそれがあると認められ、「警戒宣言」が発せられた場合に発表される情報

(カラーレベル 赤)

「警戒宣言」に伴って発表



- 警戒宣言が発せられると
 - 地震災害警戒本部が設置されます
 - 津波や崖崩れの危険地域からの住民避難や交通規制の実施、百貨店等の営業中止などの対策が実施されます

住民の方は、テレビ・ラジオ等の情報に注意し、東海地震の発生に十分警戒して、「警戒宣言」および自治体等の防災計画に従って行動して下さい

東海地震 注意情報

観測された現象が東海地震の前兆現象である可能性が高まった場合に発表される情報

(カラーレベル 黄)

東海地震の前兆現象である可能性が高まった場合に発表

- 東海地震に対処するため、以下のような防災の「準備行動」がとられます
 - 必要に応じ、児童・生徒の帰宅等の安全確保対策が行われます
 - 救助部隊、救急部隊、消火部隊、医療関係者等の派遣準備が行われます



住民の方は、テレビ・ラジオ等の情報に注意し、政府や自治体などからの呼びかけや、自治体等の防災計画に従って行動して下さい

東海地震 に関連する 調査情報

東海地震に関連する現象について調査が行われた場合に発表される情報

(カラーレベル 青)

臨時

観測データに通常とは異なる変化が観測された場合、その変化の原因についての調査の状況を発表

- 防災対応は特にありません
- 国や自治体等では情報収集連絡体制がとられます

住民の方は、テレビ・ラジオ等の最新の情報に注意して、平常通りお過ごしください

定例

毎月の定例の判定会で評価した調査結果を発表

- 防災対応は特にありません

日頃から、東海地震への備えをしておくことが大切です