

6－2 東海地方の地殻変動

Crustal Movements in the Tokai District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[GNSSと水準測量の比較 御前崎]

第1図は、電子基準点間の比高変化について、水準測量（取付観測という）の結果とGNSS連続観測結果とを比較したものである。両者はほぼ同様の傾向を示しており、最新のデータは従来の長期的な沈降傾向に沿っている。

[GNSS 上下 高精度比高観測 御前崎]

第2～5図は、掛川～御前崎間における高精度比高観測（GNSS連続観測）の結果である。

第2図は、高精度比高観測点間の比高変化について、水準測量の結果とGNSS連続観測結果を比較したものである。両者はほぼ同様の傾向を示しており、最新のデータは従来の長期的な沈降傾向に沿っている。なお、(2)のH下板沢－H下朝比奈2の基線で2016年半ばに見られる隆起は、H下朝比奈2観測点周辺の樹木の繁茂による見かけ上のものである。

第3～5図は、掛川～御前崎間における高精度比高観測（GNSS連続観測）の結果である。

第3図下段の比高変化グラフには約2cmのばらつきが見られるが、H下板沢（98H023）観測点に対して御前崎側の観測点が長期的な沈降の傾向にあることが見てとれる。なお、(3)H下板沢－H下朝比奈2の基線で2016年半ばに見られる隆起は、H下朝比奈2観測点周辺の樹木の繁茂による見かけ上のものである。

第4図に、各高精度比高観測点のH下板沢観測点に対する比高変化について、1ヶ月ごと及び10日ごとの平均値を示す。各図の右に各点の上下変動速度（マイナスは沈降）が記されている。H下朝比奈2（98H010）観測点を除き、特段の傾向の変化は見られない。

第5図左は、H細谷（98H025）観測点に対する各点の比高について、1ヶ月平均値と3ヶ月前の1ヶ月平均値との差を、最近3年間について示したものである。H下朝比奈2観測点を除き、特段の傾向の変化は見られない。

第5図右は、同様にH細谷観測点に対する各点の比高の1ヶ月平均値の前月との差を、最近1年間について示したものである。特段の傾向の変化は見られない。

[水準測量 森～掛川～御前崎]

第6～10図は東海地方（森町～御前崎市間）の水準測量結果である。最新の観測は2017年7月である。

第6図の最上段は、最新の観測結果と1年前の同時期の観測結果の差による各水準点の上下変動である。御前崎側が沈降する従来の傾向に変化は見られない。

第7図は、掛川市（140-1）から見た御前崎市（2595）の上下変動時系列である。上のプロットが生観測値による時系列、下のプロットが年周成分を除去した後の時系列である。2000年夏以前のSSE開始よりも前の沈降の速度と比較して、SSE進行期にある2000年秋頃から2005年夏頃までは沈降速度が速かったが、2005年夏以降は、2000年夏よりも前の沈降速度にほぼ戻っ

たように見える。

第8図は、前の観測結果について、最新の変動が従来のトレンド（傾き）上に乗っているかどうか等を、できるだけ定量的に評価するための資料である。2000年秋～2005年夏のSSE進行期とその開始前及び停止後、さらに2013年春からのSSE再開期の4つの期間に分けて、トレンドを推定した後、年周成分を推定した。上段の時系列は、前の年周成分を除去していない時系列のうち1995年以降のものである。破線は、4期間に分けて推定した回帰曲線である。2段目の表に回帰モデルの数値を示した。期間（2）のSSE進行期は、傾きが約-8mm/年と沈降速度が速くなったが、その後の期間（3）については約-5mm/年と期間（1）の沈降速度に近くなっている。2013年春以降の期間（4）のSSE再開期は、傾きが約-6mm/年とやや沈降速度が速くなっている。なお、期間（3）及び（4）では年周変化の振幅は小さくなり、同時に、回帰の標準偏差も小さくなっている。

一番下の段に、期間（2）から期間（4）にかけての時系列の拡大図を示した。回帰モデルからの残差による標準偏差を細い破線で示してある。長期的な傾向に特段の変化は見られない。

第9図は、森町（5268）を基準とした掛川市（140-1）と御前崎市（2595）の変動時系列グラフである。森町に対する掛川市及び御前崎市の長期的な沈降傾向に特段の変化は見られない。

[水準測量 御前崎 時系列]

第10図は、掛川から御前崎検潮所に至る各水準点の時系列上下変化である。御前崎検潮所付属水準点は、2009年8月駿河湾の地震時に局所的に沈下したものと考えられる。2011年4月に御前崎先端付近でわずかな隆起の傾向が見られたが、その後は従来とほぼ同じトレンドで沈降している。

[水準測量 御前崎先端部]

第11～12図は、御前崎先端部の変動を見るために小さな環で行っている水準測量の結果である。最近では概ね半年に1回の頻度で実施している。

第11図の最上段は、今回2017年7月の最新の結果と前回2017年1月の結果の差による上下変動観測結果で、特段の変化は見られない。

第12図は、網平均を行った結果を最近の4つの期間について示したもので、1977年からの上下変動の累積を比較のために最下段に示す。（4）に示した最近の短期的な変動は、御前崎先端側がわずかに隆起傾向となっているが、その量はわずかであり、長期的には、従来の傾向と特段異なる変化は見られない。

[水準測量 静岡県菊川市]

第13～15図は静岡県が実施している菊川市付近の水準測量の結果である。平成26年度からは観測の頻度がこれまでの2週間に1度から1ヶ月に1度になっており、最新のデータは2017年10月期に行われた観測結果となっている。グラフの掲載順序は、第13図に東側の路線、第14図に西側の路線の結果を掲載し、各図の最上段に、一番長い路線の結果を示してある。

第13図、第14図の各図の中段にはSF2129から2602-1に至る南北の短い路線（約100m）のデータが掲載されているが、これらは独立な観測値による結果である。両者とも、2602-1で2009年8月11日の駿河湾の地震時に1mmを超える沈降を示した。また、第14図の最上段にも変化が見ら

れることから、10333も同時に沈降した可能性がある。これら、2602-1と10333を含むグラフの近似曲線は、2009年8月11日の駿河湾の地震前までのデータを用いて計算した。東北地方太平洋沖地震による影響や顕著な傾向の変化は見られない。

第15図に示した傾斜ベクトルの時間変化には、揺らぎを伴いながらも、全体としては長期的な南南東傾斜の傾向が見られる。

[GNSS 御前崎とその周辺]

第16～20図は御前崎とその周辺のGNSS連続観測結果である。三ヶ日観測点から榛原（はいばら）観測点に至る東西方向の基線もあわせて示している。

第17図の(4)、(5)において2009年の夏に見られる跳びは、2009年8月11日に発生した駿河湾の地震に伴う御前崎A観測点の局所的な地盤変動によるものである。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い、(5)に地震時と地震後の基線の短縮が見られる。

第18図の(8)において2009年8月頃から、掛川観測点が東向きに動いたような基線長の変化が見られた後、10月に戻った。同様の变化はピラーに内蔵された傾斜計にも見られるが、GNSSの上下成分には見られない。2010年夏にも同様の東向きの変化が見られた後、9月28日以降戻っている。2009年も2010年も大雨後に戻っているが、原因は不明のままである。2011年及び2012年にはこのような変化はなかったが、2013年以降、再び同様の変化が見られるようになった。なお、2017年1月30日に掛川Aへの移転を行った。その後は特段の変化は見られない。

第20図の(6)において2014年6月頃から隆起する向きの変化が見られたが、8月に観測点周辺の樹木を伐採した後に戻っており、観測点周辺の樹木の成長に伴う受信環境の悪化による誤差であった可能性がある。また、2016年6月頃から隆起する向きの変化が見られており、同様に樹木繁茂による影響の可能性がある。一部の観測点では2010年2～3月頃にレドームの開閉を行ったことによる見かけ上の変動が含まれている場合があるので、第16図下段の観測局情報を参照する必要がある。最近のデータには、特段の傾向の変化は見られない。

[GNSS 駿河湾]

第21～23図は、駿河湾とその周辺のGNSS連続観測時系列である。2016年11月に戸田B観測点で周辺樹木の伐採を行ったことによる変化が(1)、(3)、(4)及び(9)の基線で見られるが、その他には、傾向に特段の変化は見られない。

[水準測量 東海地方 毎年8月または11月に報告]

第24～31図は、東海地方で1年に1回行っている水準測量の結果である。ただし、2016年は観測した範囲が狭いため、最新の結果は2015年または2014年の観測と比較したものを示している。

第24図は浜松市舞阪検潮所から御前崎市までの遠州灘沿岸の路線と、そこから更に、駿河湾沿いに藤枝市まで北上し国道一号線沿いに静岡市J70-1に達する路線の結果である。2015年からの2年間では、浜松市付近に御前崎市付近に対するわずかな隆起が見られる。

第25図は、浜松市舞阪検潮所から国道一号線沿いに掛川市を通り、静岡市J70-1に至る路線の結果である。2014年からの3年間では、静岡市付近に対して浜松市側の隆起が見られる。

[水準測量 上下変動の空間分布 東海地方]

第26～29図は、水準測量による上下変動分布を空間的に示したものである。掛川市の水準点140-1を基準としている。第26～27図は1年間、第28～29図は2年間の変動を示している。全般的な傾向は、西側が隆起、東側が沈降であり、第29図の2年間での最新の結果も同様である。ただし、第27図の1年間の結果では最新の結果は逆の傾向を示しており、前回（2016年12月）の観測条件による誤差の影響の可能性がある。スロースリップ進行期（2000年秋頃～2005年夏頃）の図では、浜名湖付近で隆起が見られる。2013年以降にも浜名湖付近の隆起が見られ、2013年以降のスロースリップ発生と整合している。第26図の右下の2009年7月から2010年7月までの図には、焼津付近で、2009年8月駿河湾の地震に伴う小さな隆起が見られる。

[水準測量 東海地方 時系列]

第30図は、東海地方の各水準点の経年的変動を示したグラフである。上段は水準点140-1（掛川市）、下段は水準点2569（焼津市）を基準としている。長期的には掛川に対して西側では隆起傾向、南と東では沈降傾向にあることが確認できる。御前崎検潮所附属水準点で2010年に見られる1cmを超える沈降は2009年8月の駿河湾の地震時の局所的な沈降とみている。

第31図は東海地方における上下変動の長期的な傾向を見るために、1979年以降について、各水準点の経年的な上下変動の時系列を示したグラフである。固定点は、水準点J60（沼津市）である。145以西の水準点において、2000年以降のスロースリップイベントの時期の隆起速度がその前後に比べてやや大きめであることが見られる。2013年以降も程度は小さいものの同様の傾向が見られるが、最新の結果ではほぼ収まっているように見える。

[長距離水管傾斜計 御前崎・切山]

第32図は、御前崎長距離水管傾斜計の月平均結果と傾斜計端点間の水準測量結果である。長距離水管傾斜計のデータは、2012年8月14日から10月18日までの間の機器異常による欠測と2013年1月28日から2月1日までの間に行われた機器交換の前後で変化がないものと仮定してデータをつなげている。水準測量結果では、長期的な東側隆起の傾向が見られる。上側□印の水準測量のデータ、下側の○印の水管傾斜計のデータともに2009年8月11日の駿河湾の地震時の跳び等を補正して表示している。下側の○印の水管傾斜計のデータでは、2009年6月17日に西側局舎にエアコンを設置した効果により、最近のプロットの年周成分は小さめである。なお、東側局舎へのエアコン設置は1993年4月で、2002年の冬に行われた両局舎の建て替えによって密閉性が高まったとの記録がある。2014年の1月頃から3月頃にかけて、水管傾斜計によって測定される傾斜の値がやや小さめであったが、その後、ほぼ元のレベルに戻っている。

第33図は御前崎及び切山の長距離水管傾斜計観測値の日平均値データ及び時間平均値データである。特段の傾向の変化は見られない。

[深井戸 ひずみ 御前崎]

第34図は御前崎の深さ約800mの深井戸で実施している地殻変動（ひずみ）連続観測結果である。2017年7月15日～7月19日に電源障害のために修理を行った。修理前後で変化がないものと仮定してデータをつないでいる。特段の傾向の変化は見られない。

[絶対重力変化 御前崎]

第35図は、御前崎における絶対重力測定の結果である。最新の測定結果は、これまでの重力測定値に見られる長期的な増加傾向に概ね沿っている。変化は沈降速度から期待される重力変化率と調和的である。

[東海地方の地殻変動]

第36～40図は、白鳥（しろとり）観測点を固定局として示した、東海地方の地殻変動である。

第36図上段は最近の1年間の水平変動である。比較のために、東北地方太平洋沖地震前においてスロースリップのなかった2つの時期における変動速度を中段に、スロースリップが発生していた時期の変動速度を下段に示している。最近の東海地方の地殻変動には西向きの変動が広く見られ、スロースリップの発生していなかった時期のものに近い。

第37図は、上下成分について同様の比較を示すものである。水平よりもばらつきが大きい。

第38～39図は、東北地方太平洋沖地震前の2008年1月～2011年1月の期間の変動を定常変動と仮定し、それからの変動の差を非定常変動として示した図である。水平成分及び上下成分のそれぞれについて、最近の約1年間の図と3ヶ月ごとの図を示す。特段の変動は見られない。

第40図は、東海地方のGNSS連続観測点の非定常地殻変動の3成分時系列である。東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響は小さくなってきている。(7)の榛原観測点で2016年6月頃から上下成分に変化が見られていたが、2017年2月4日に周辺樹木の伐採を行った後は元に戻っている。

[東海地方 ゆっくり滑りによるプレート境界面上の滑り分布]

第41～49図は、東海地方の非定常地殻変動について、時間依存インバージョンにより、プレート境界での滑り分布を時間発展で推定した結果である。このモデルでは、東北地方太平洋沖地震の余効滑りとフィリピン海プレート上面での滑りを同時に推定している。なお、2016年熊本地震に伴い固定局の三隅観測点の変動したため、地震時の変動を補正している。

なお、この資料でいう非定常地殻変動とは、時系列データから定常的な変動と周期的な変動を除去したものである。周期的な変動については、2012年1月以降の全てのデータを用いて、多項式曲線と2013年1月以前と以後でそれぞれの周期成分（年周・半年周）を同時に推定した。定常的な変動については、2008年1月～2011年1月での平均変動速度を推定した。また、平滑化のために3日間の値の平均をとっている。

第41図は、東海地方の非定常地殻変動の最近の1年間とその3ヶ月ごとの水平変動の図である。図中に示す日付を中心として、前後4日間での9日間の平均値をとり、それぞれを比較している。東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。最近の1年間の図では、浜名湖の北西周辺でわずかに南向きの成分が見られるが、3ヶ月ごとの図ではかなり小さくなり、最近の3ヶ月間では南向きの成分はほぼ見られない。

第42図は、非定常地殻変動の三成分時系列をプロットしたものである。

第43図は、非定常地殻変動から東北地方太平洋沖地震の余効滑りを計算により除去した図である。2015年7月下旬以降について、6ヶ月間ごとの水平変動を示している。(A)の2016年1月下旬までは浜名湖の北西では南東方向の変動、浜名湖の東側では東方向への変動が見られるが、(B)の2016年1月以降は変動が小さくなり、(D)の2017年1月以降ではほぼ見られない。なお、この図を含め、第47図までのベクトル図では、2日毎にデータを抽出し、2日前及び2日後との3点での平均値を用

いている。

第44図は、推定された滑りの時間変化を示す資料である。上段は滑り分布、中段は誤差分布、下段はモーメントの時間変化グラフである。2013年半ばから一貫してモーメントの解放量が増加傾向にあったが、最近はその傾向が鈍化し、2017年1月以降はほぼ停滞しているように見える。なお、2016年1月頃に見られるモーメントの急激な増加は、2016年1月上旬に伊勢湾で発生した短期的SSEによる影響である。また、2016年夏頃に見られる増加は、年周成分が完全には除去できていない影響の可能性がある。

第45～46図は、6ヶ月間ごとの水平及び上下変動の計算値と観測値を比較したものである。水平変動は概ね説明できている。上下変動についてはばらつきが大きいため、判断できない。

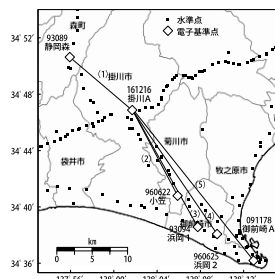
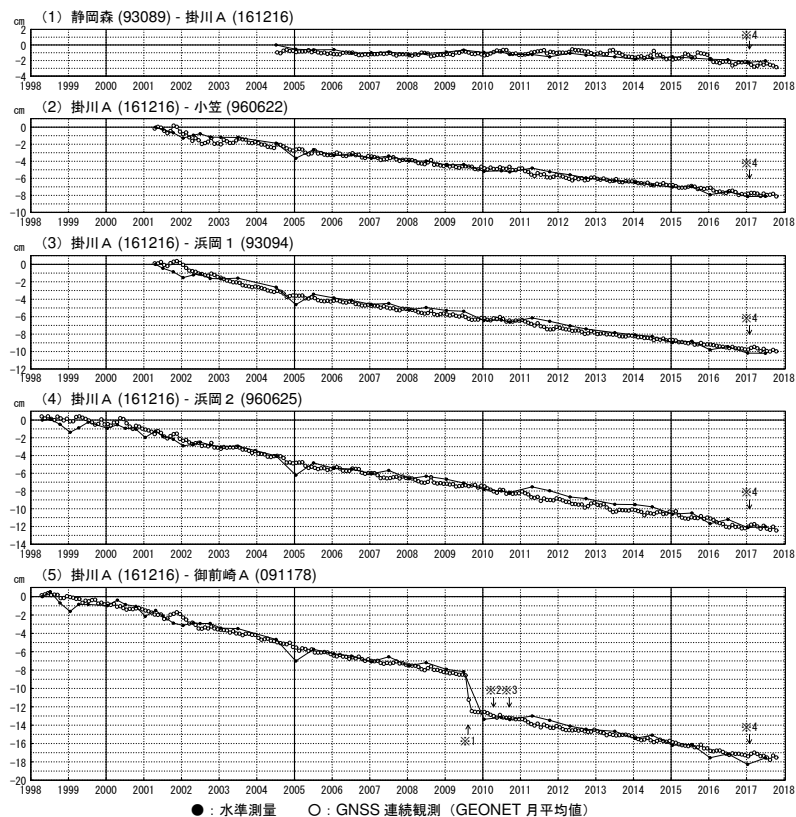
第47図は、滑り領域とモーメントの時間変化について、今回と前回（2001～2005年）とを比較したものである。今回の滑りは最大で7cm程度であり、滑りの中心は前回よりも南側に位置している。

第48図は、東北地方太平洋沖地震の余効変動を除去して得られた非定常変動とフィリピン海プレート上面の滑り分布を対応させて示した資料である。

第49図は、推定されたプレート境界面での滑り分布について、上段の図の黒枠内のモーメントの時間変化を下段の時間変化グラフに示している。2017年1月以降は停滞しているように見える。

御前崎 電子基準点の上下変動 水準測量と GNSS 連続観測

従来の傾向に変化は見られない。



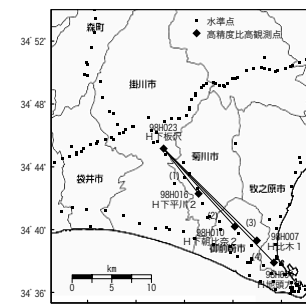
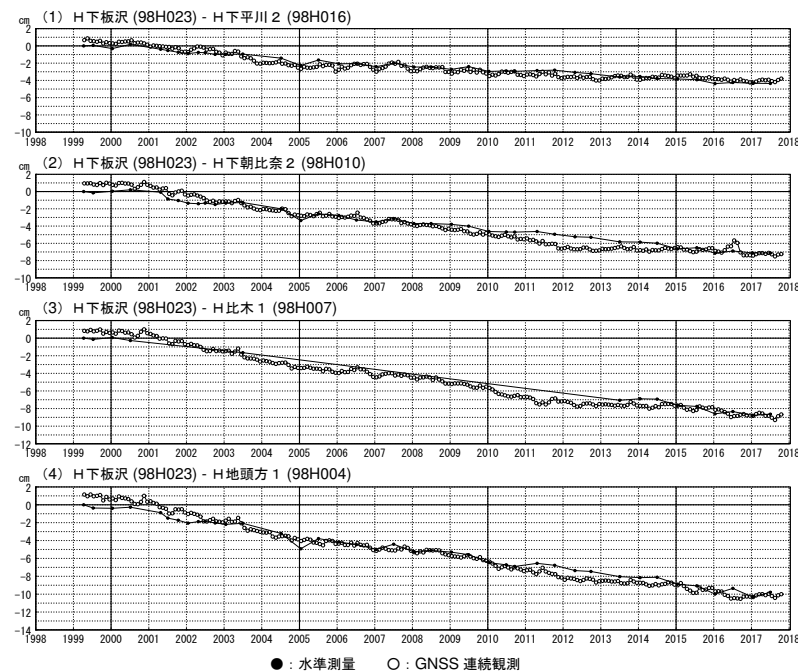
- ・水準測量による結果は、最初のプロット点の値を 0cm として描画している。
 - ・GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F3：最終解) から計算した値の月平均値。最新のプロット点は 10/01～10/21 の平均。
 - ・GNSS 連続観測による結果については、水準測量の全期間との差が最小となるように描画している。
- ※ 1 電子基準点「御前崎」は 2009 年 8 月 11 日の駿河湾の地震 (M6.5) に伴い、地表付近の局所的な変動の影響を受けた。
- ※ 2 2010 年 4 月以降は、電子基準点「御前崎」をより地盤の安定している場所に移転し、電子基準点「御前崎 A」とした。
- ※ 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。

第 1 図 御前崎 電子基準点の上下変動 (水準測量と GNSS)

Fig. 1 Vertical displacements of GEONET stations in Omaezaki region (leveling and GNSS measurements).

御前崎 高精度比高観測点の上下変動 水準測量と GNSS 連続観測

従来の傾向に変化は見られない。



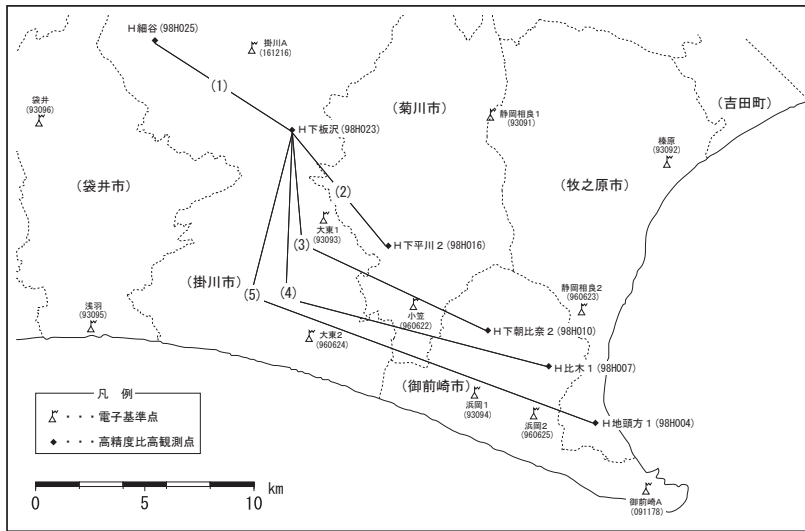
- ・水準測量による結果は、最初のプロット点の値を 0cm として描画している。
- ・GNSS 連続観測のプロット点は、日々の座標値 (HTI：最終解) から計算した値の月平均値。最新のプロット点は 10/01～10/21 の平均。
- ・GNSS 連続観測による結果については、水準測量の全期間との差が最小となるように描画している。

第 2 図 御前崎地域の高精度比高観測点の上下変動 (水準測量と GNSS)

Fig. 2 Vertical displacements of high precision vertical observation sites in Omaezaki region (leveling and high precision vertical GNSS measurements).

御前崎 高精度比高観測時系列 (GNSS)

配点図 (基線図)



各観測局情報

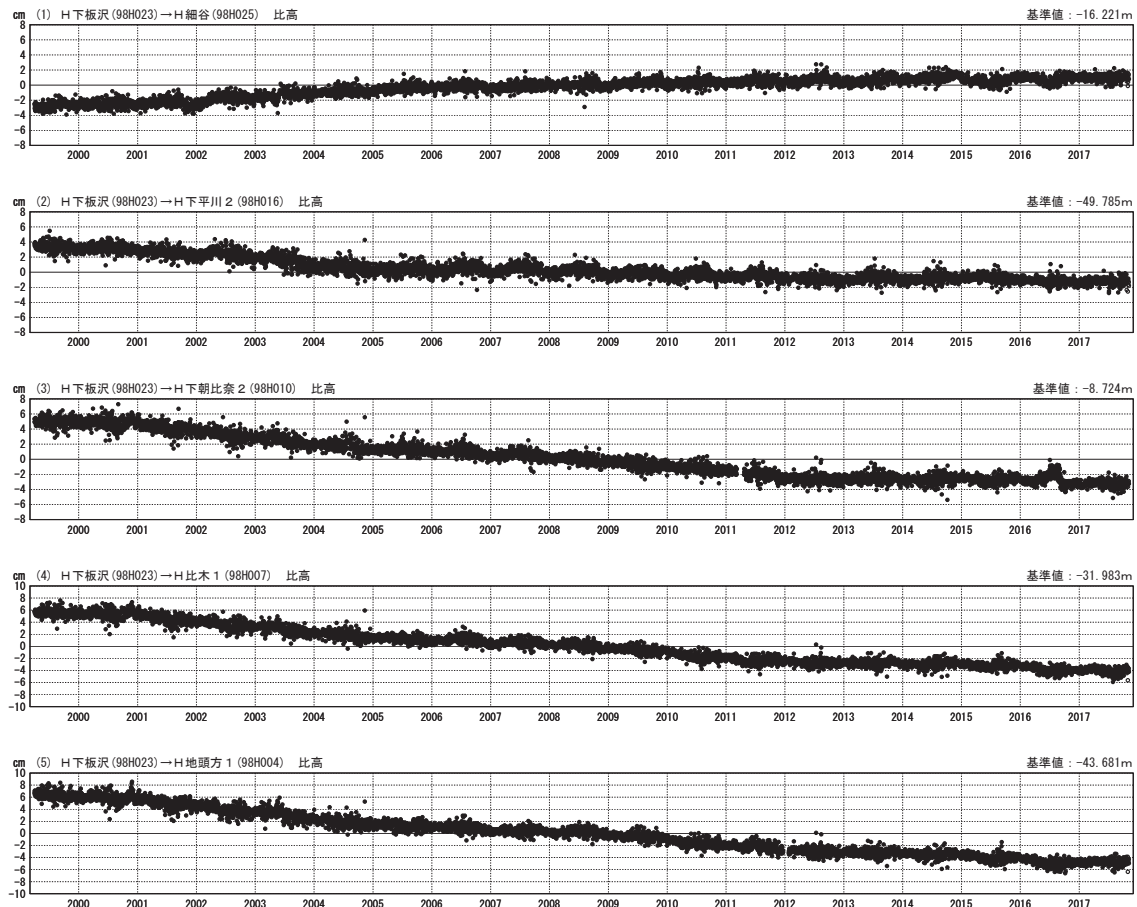
点番号	点 名	日付	保守内容
98H025	H細谷	2008/01/11	受信機交換
		2008/01/29	アンテナ交換
		2014/05/28	アンテナ交換・レドーム交換
98H023	H下板沢	2008/06/17	受信機交換
		2014/05/27	アンテナ交換・レドーム交換
		2016/07/26	周辺伐採
		2016/09/07	周辺伐採
98H016	H下平川2	2017/08/26	受信機交換
		2014/05/27	アンテナ交換・レドーム交換
			受信機交換
98H010	H下朝比奈2	2014/05/27	アンテナ交換・レドーム交換
		2016/07/26	受信機交換
		2016/09/06	周辺伐採
			周辺伐採
98H007	H比木1	2008/03/15	レドーム開閉
		2014/05/26	アンテナ交換・レドーム交換
98H004	H地頭方1	2004/02/19	周辺伐採
		2007/01/10	レドーム開閉
		2011/08/24	周辺伐採
		2014/05/26	アンテナ交換・レドーム交換

第3図(a) 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果 (基線図)

Fig. 3a Baseline map of high precision vertical GNSS measurements in Omaezaki region.

比高変化グラフ

期間: 1999/04/01~2017/11/04 JST



●---[HTI:最終解] ○---[HTR:速報解]

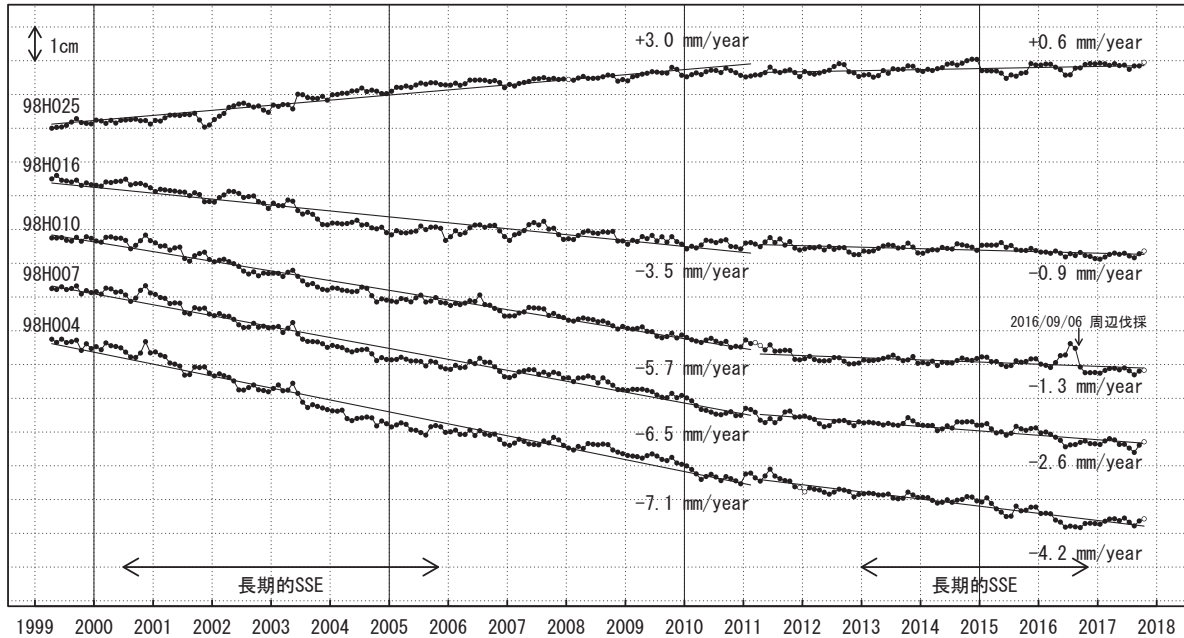
第3図(b) 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果

Fig. 3b Time series of the height changes at precision vertical GNSS measurements sites in the Omaezaki region.

高精度比高観測による比高変化 月平均値・10日間平均値

月平均値

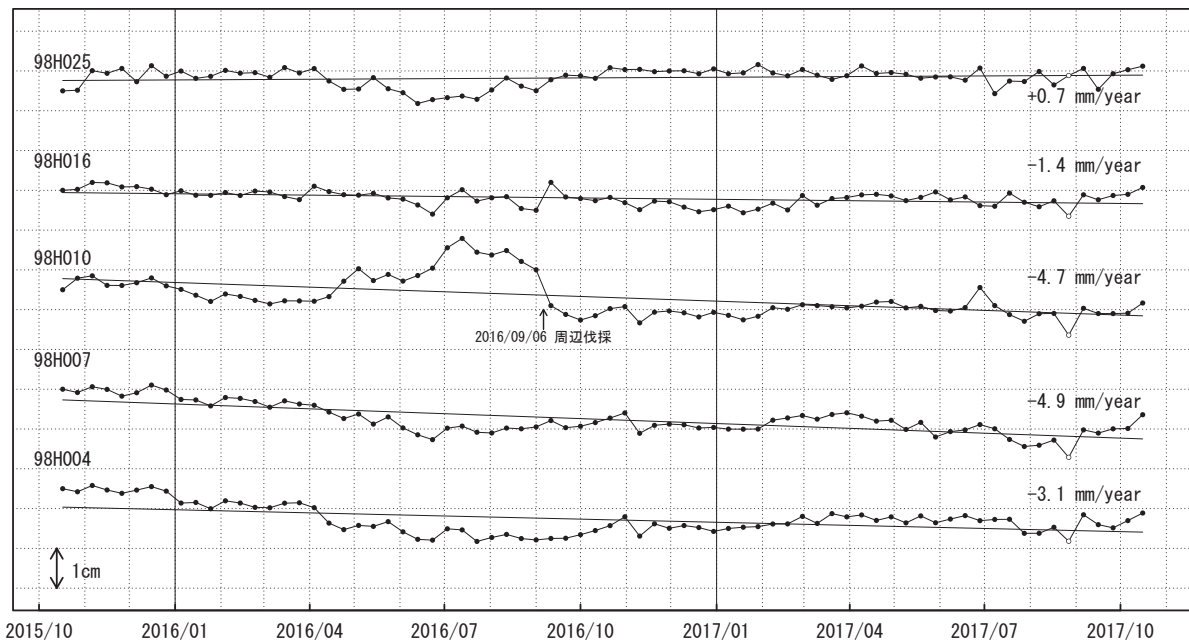
期間：1999/04/01 – 2017/10/21 [HTI：最終解]



固定局：98H023

10日間平均値

期間：2015/10/13 – 2017/10/21 [HTI：最終解]



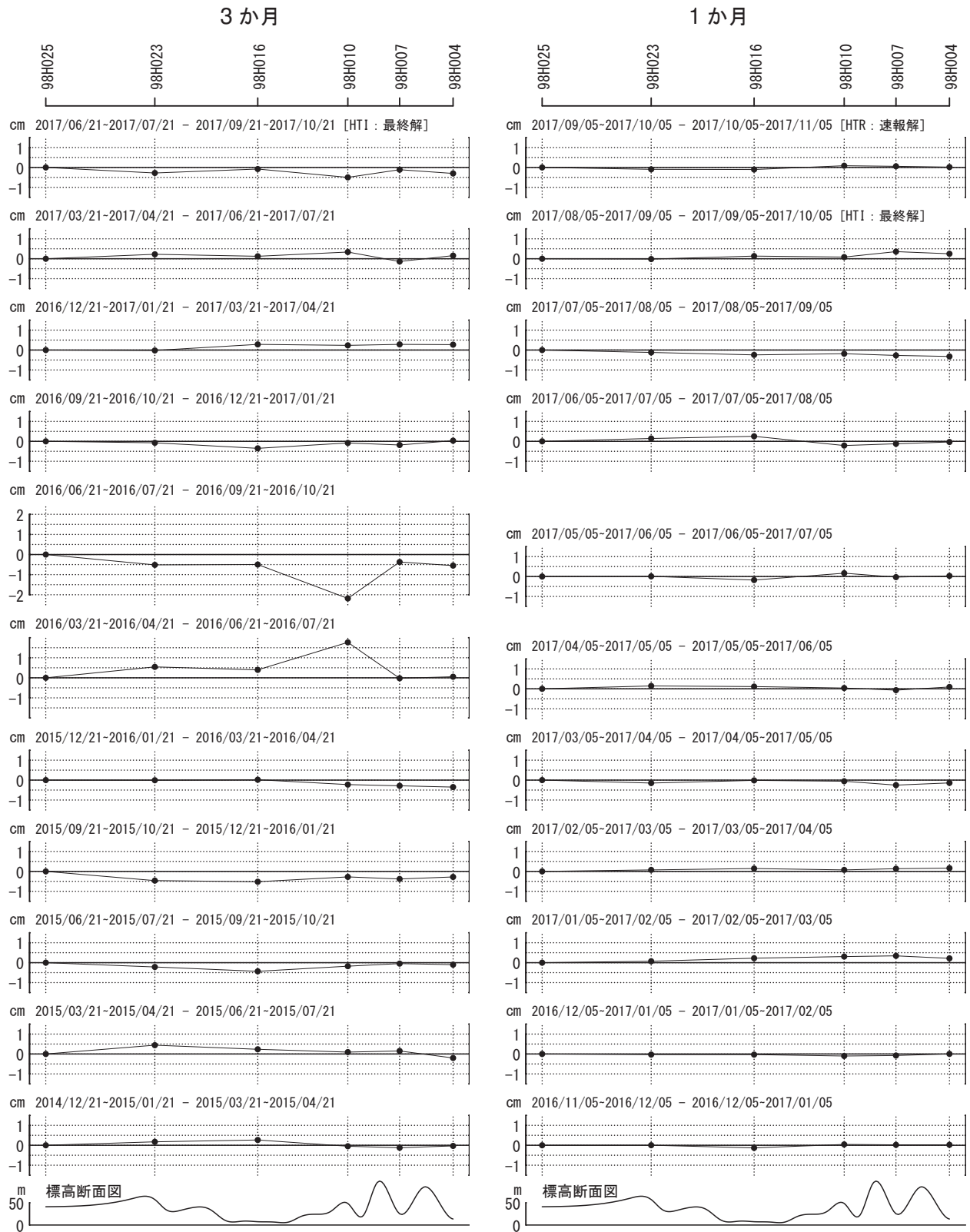
固定局：98H023

- ・ プロット位置は平均を求めた期間の中央.
- ・ 最新のプロット点は、月平均値は 10/01～10/21、10日間平均値は 10/12～10/21 の平均.
- ・ 平均に用いたデータ数が少ない場合（月平均：25 未満、10 日平均：8 未満）は白抜き.
- ・ 月平均値は、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震前後で期間を分けて回帰モデルを作成.

第 4 図 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果（1 ヶ月間及び 10 日間移動平均・時系列）
Fig. 4 Results of high precision vertical GNSS measurements in the Omaezaki region (Time series of 1 month and 10 days running mean).

高精度比高観測点の上下変動 3 か月・1 か月

傾向の変化は見られない。

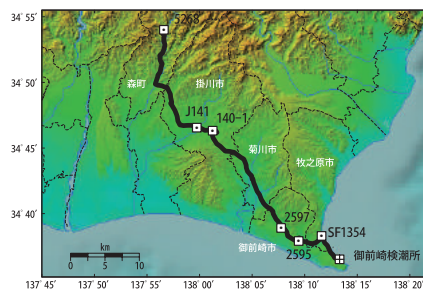
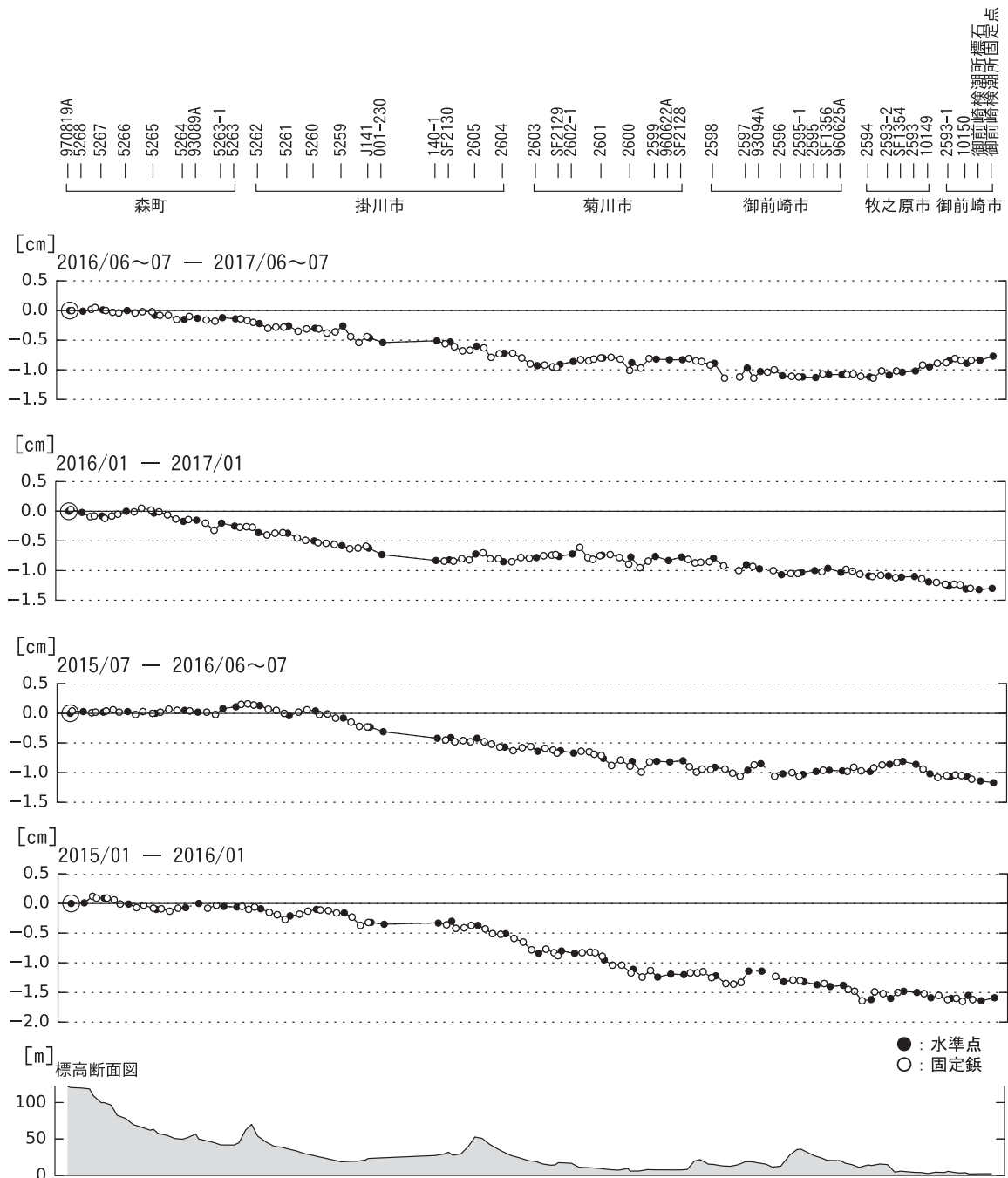


固定局：98H025

第 5 図 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果（点毎の 3 ヶ月間及び 1 ヶ月間の変動量）
Fig. 5 Results of high precision vertical GNSS measurements in the Omaezaki region (Height change every three months and 1 month at each site).

森～掛川～御前崎間の上下変動

傾向に変化は見られない。

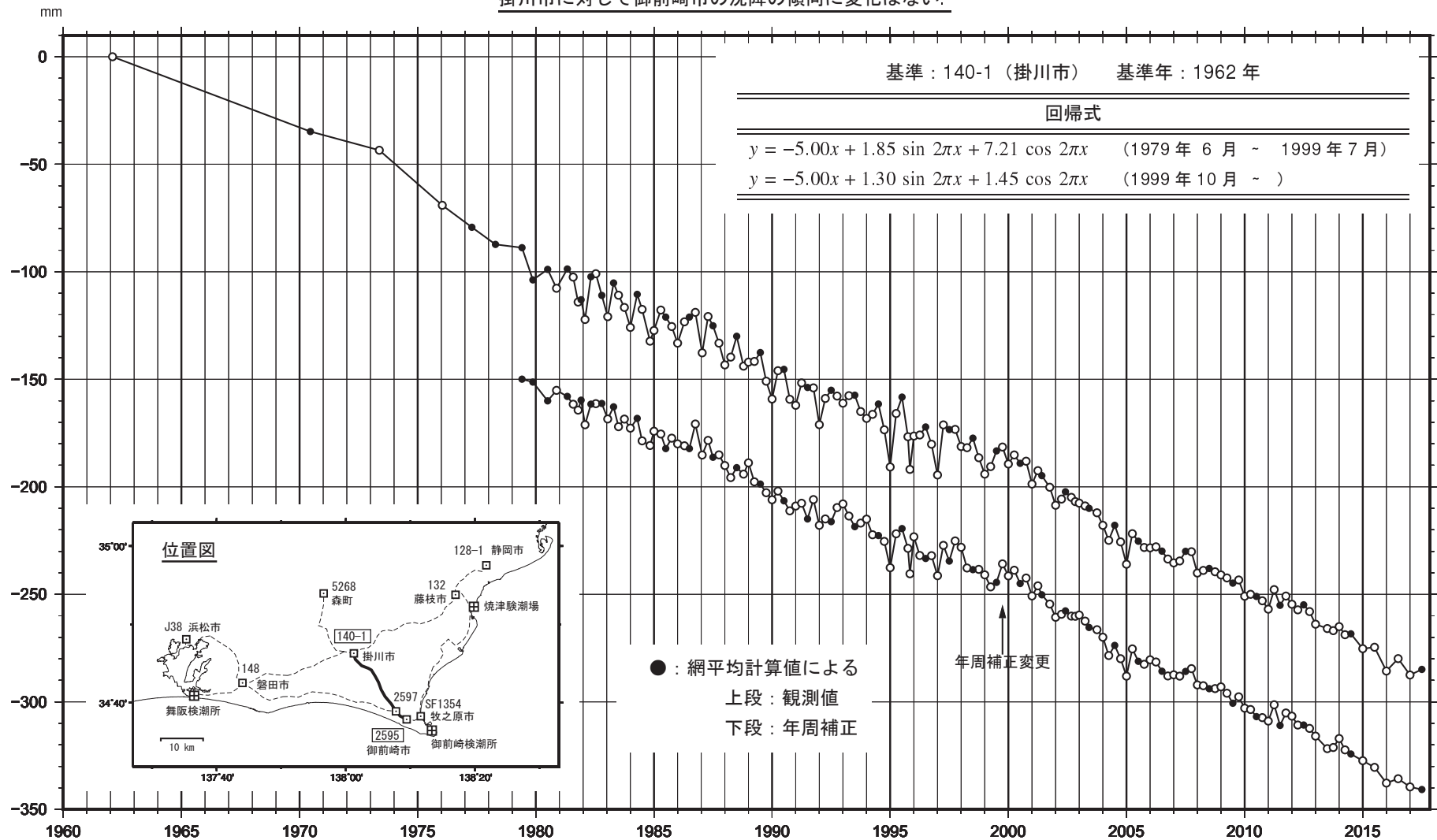


※ 本図は地理院地図を使用して作成している。なお、海域部は海上保安庁海洋情報部の資料を使用している。

第 6 図 水準測量による森町～掛川市～御前崎市間における上下変動
Fig. 6 Vertical displacements from Mori town to Omaezaki city via Kakegawa city.

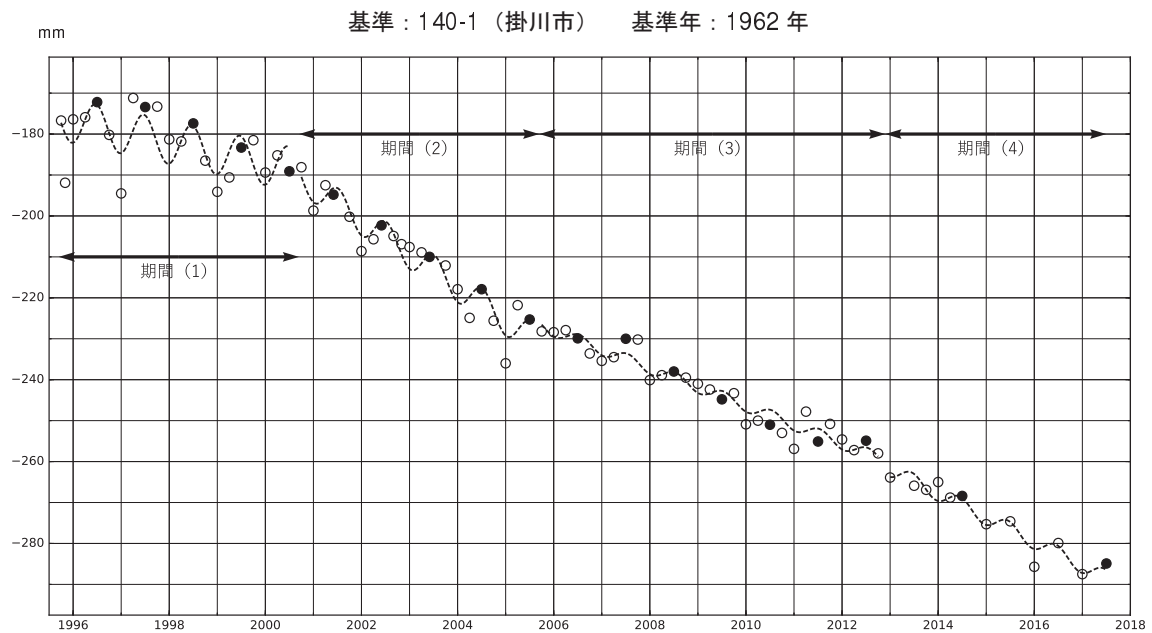
水準点 2595（御前崎市）の経年変化

掛川市に対して御前崎市の沈降の傾向に変化はない。



第 7 図 水準点 140-1 (掛川市) を基準とした 2595 (御前崎市浜岡) の高さの経年変化
Fig. 7 Time series of height change of BM2595 (Hamaoka) as referred to BM140-1 (Kakegawa).

水準点 2595（御前崎市）の経年変化 スロースリップイベント期間で分けた回帰モデル



- ・ スロースリップイベントの (1) 開始以前, (2) 進行期, (3) 停止期, (4) 再開期の 4 期間でそれぞれ回帰モデルを推定している.
- ・ (1)~ (4) の各期間の 1 次トレンド+年周を破線で表示している.

No.	期間	傾き (mm/yr)	振幅 (mm)	位相 (deg)	標準偏差 (mm)
期間 (1)	1995 年 10 月 - 2000 年 7 月	-2.57	5.37	-79.0	5.39
期間 (2)	2000 年 10 月 - 2005 年 7 月	-8.15	3.80	-95.7	3.24
期間 (3)	2005 年 10 月 - 2012 年 10 月	-4.60	1.45	-103.6	2.53
期間 (4)	2013 年 1 月 - 2017 年 7 月	-5.86	1.91	-74.3	2.08

期間 (2)~ 期間 (4) の拡大図

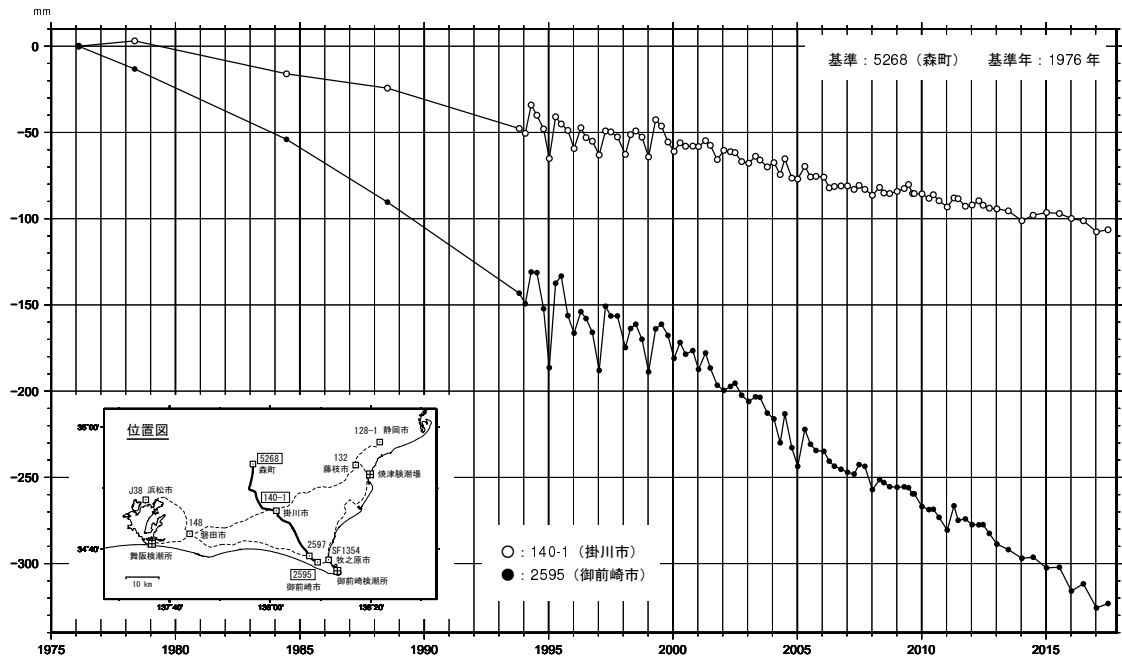


- ・ 各期間の回帰モデル（1 次トレンド+年周）を実線で表示している.
- ・ 回帰モデルからの残差による標準偏差を破線で示している.

第 8 図 水準点 2595（御前崎市）の経年変化 スロースリップイベント期間で分けた回帰モデル
Fig. 8 Regression model for the period before, during and after the slow slip event.

水準点 (140-1・2595) の経年変化

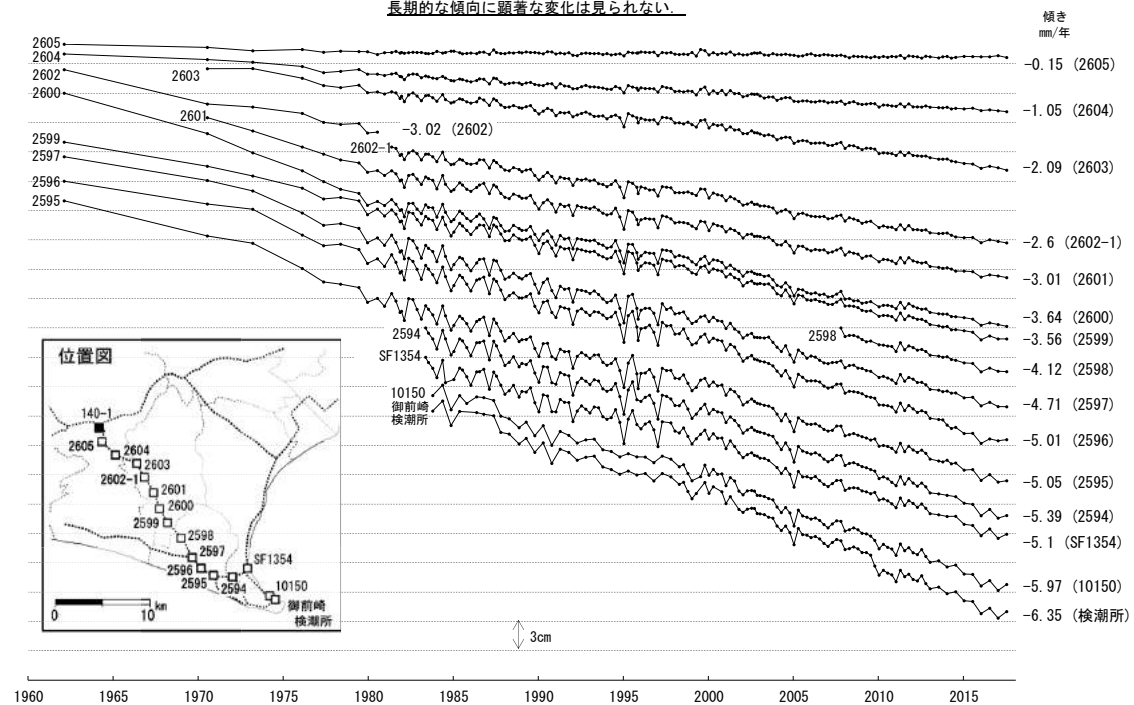
長期的な傾向に変化は見られない。



第 9 図 水準点 5268 (森) を基準とした 140-1 (掛川) と 2595 (御前崎市浜岡) の上下変動時系列
Fig. 9 Time series of height change from BM 5268 (Mori) to BM140-1 (Kakegawa) and BM2595 (Hamaoka).

1962年を基準とした掛川～御前崎間の各水準点の経年変化

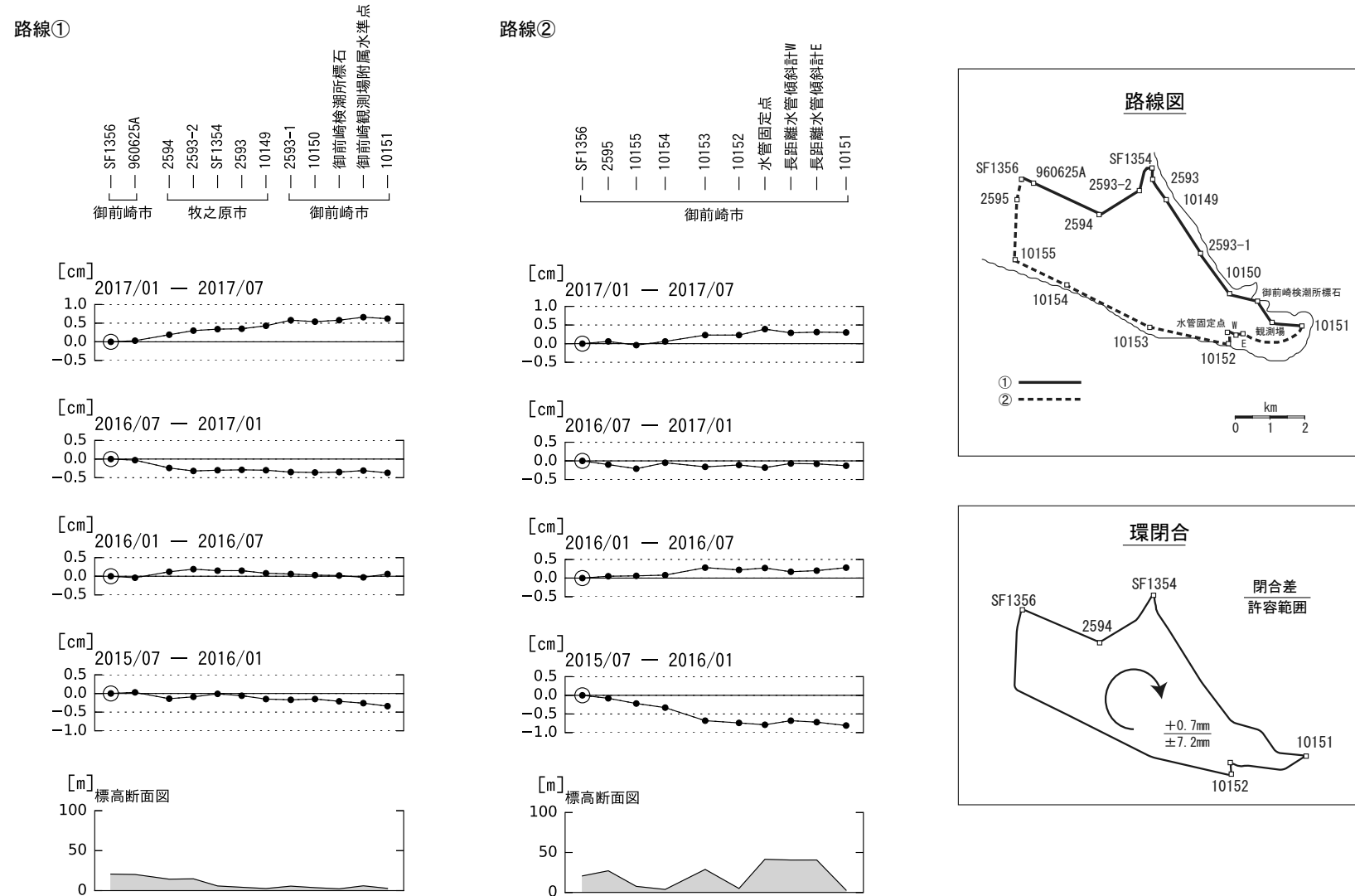
長期的な傾向に顕著な変化は見られない。



第 10 図 水準点 140-1 (掛川市) を基準とした掛川～御前崎間の各水準点の高さの経年変化
Fig. 10 Time series of height changes of benchmarks between Kakegawa and Omaezaki as referred to BM140-1 (Kakegawa).

御前崎地方の上下変動(1)

傾向に変化は見られない

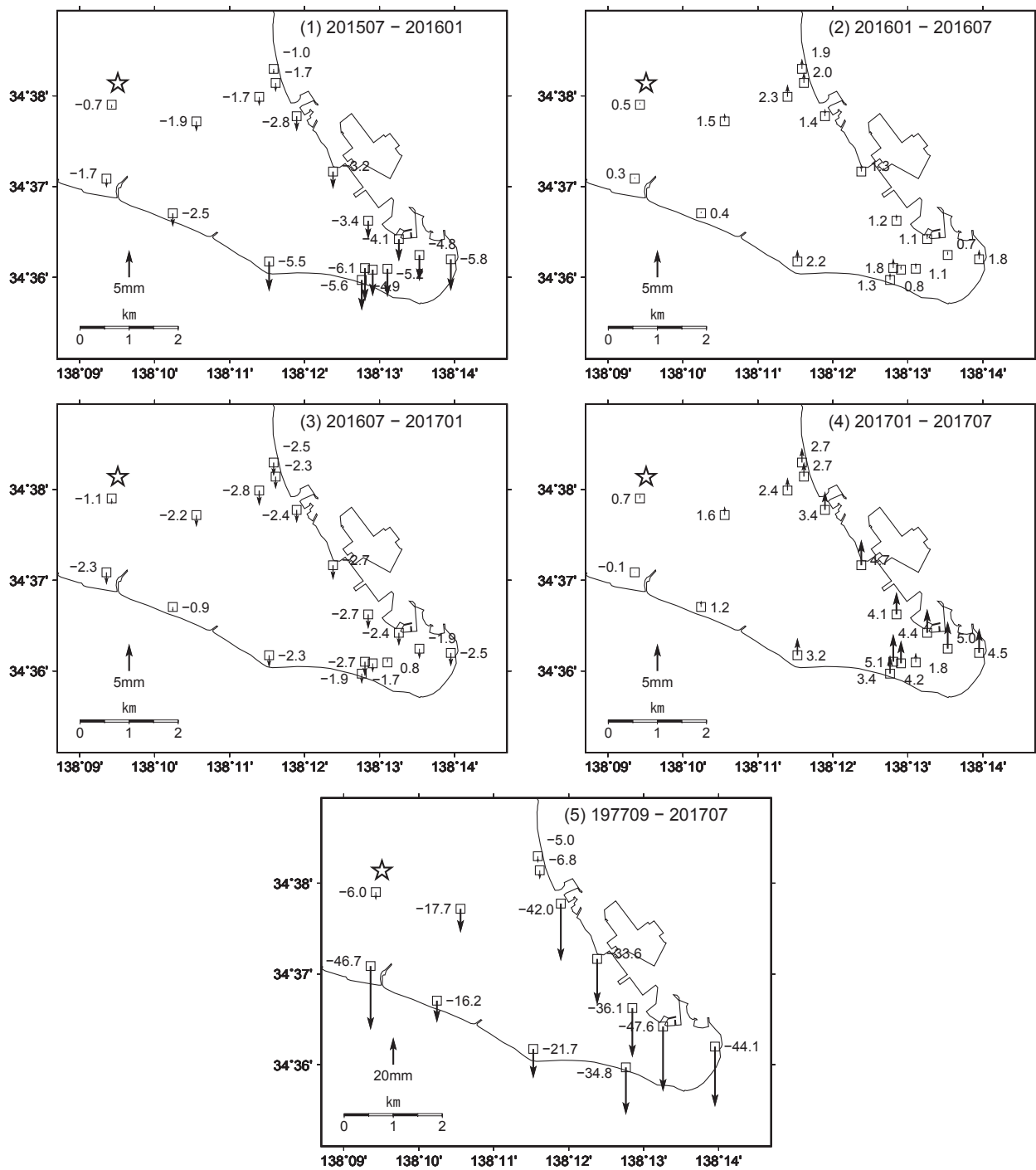


第 11 図 水準測量による御前崎先端部の上下変動 (1)

Fig. 11 Vertical crustal deformation from the precision leveling survey around Omaezaki (1/2).

御前崎地方の上下変動 (2)

傾向に変化は見られない。



☆基準：SF1356（御前崎市）

第 12 図 水準測量による御前崎先端部の上下変動 (2)

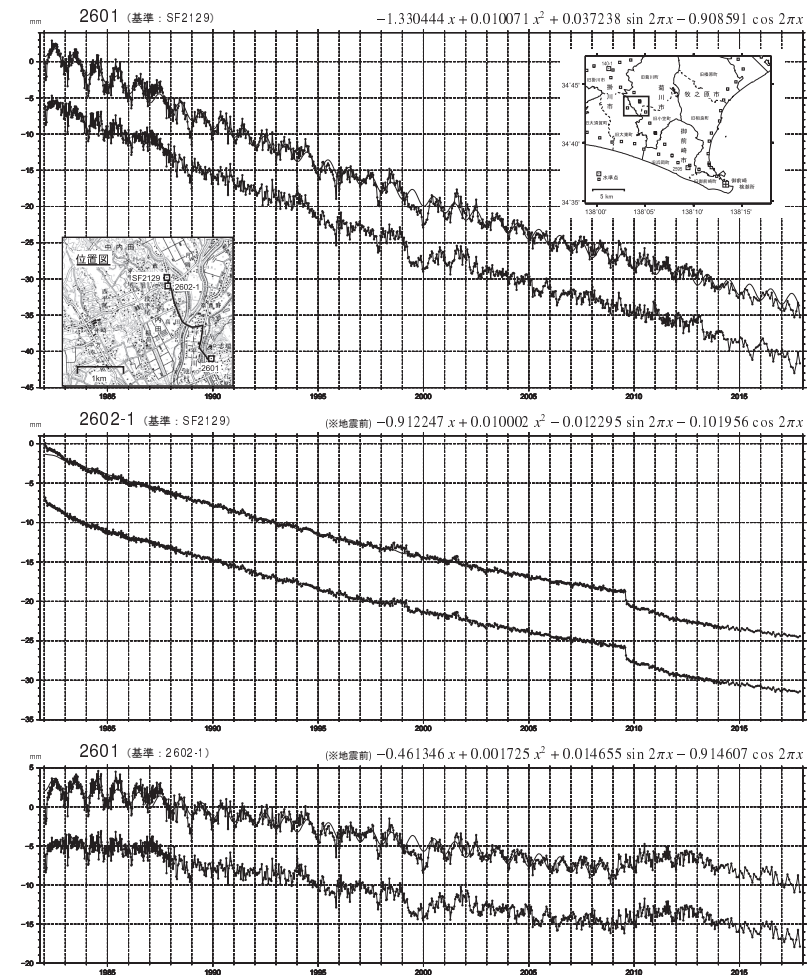
Fig. 12 Vertical crustal deformation from the precision leveling survey around Omaezaki (2/2).

菊川市付近の水準測量結果 (1)

水準点 2602-1 と 2601 の経年変化

上段：観測値および近似曲線 下段：年周補正後

最新データ：2017 年 11 月 14 日



- ・水準点 2602-1 を含むグラフは、2009/08/11 駿河湾の地震でステップが生じたため、地震前までのデータについて近似曲線を計算し年周成分を補正している。地震後のデータは年周成分を補正していない。
- ・水準点 SF2129 は 2016 年 7 月に移転した。

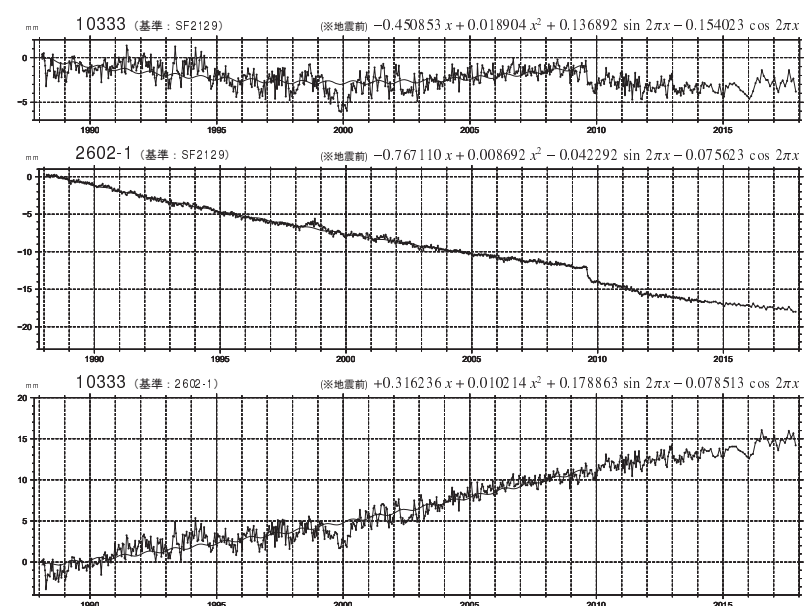
第 13 図 静岡県による短距離水準測量結果 (1) : 準基 2129 を基準とした 2602-1 及び 2601 の高さの経年変化

Fig. 13 Results of short distance leveling (1): Time series of height changes of benchmarks of BM2602-1 and BM2601 as referred to SF2129. Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

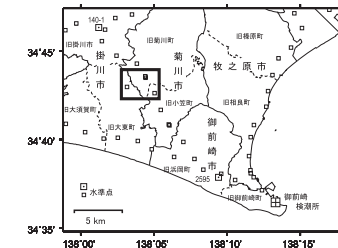
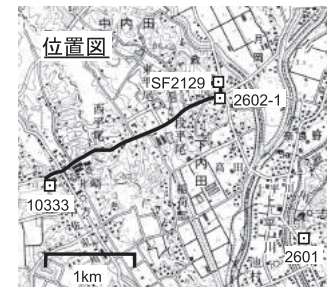
菊川市付近の水準測量結果 (2)

水準点 2602-1 と 10333 の経年変化

最新データ：2017 年 11 月 14 日



- ・2009/08/11 駿河湾の地震でステップが生じたため、地震前までのデータについて近似曲線を計算している。
- ・水準点 SF2129 は 2016 年 7 月に移転した。



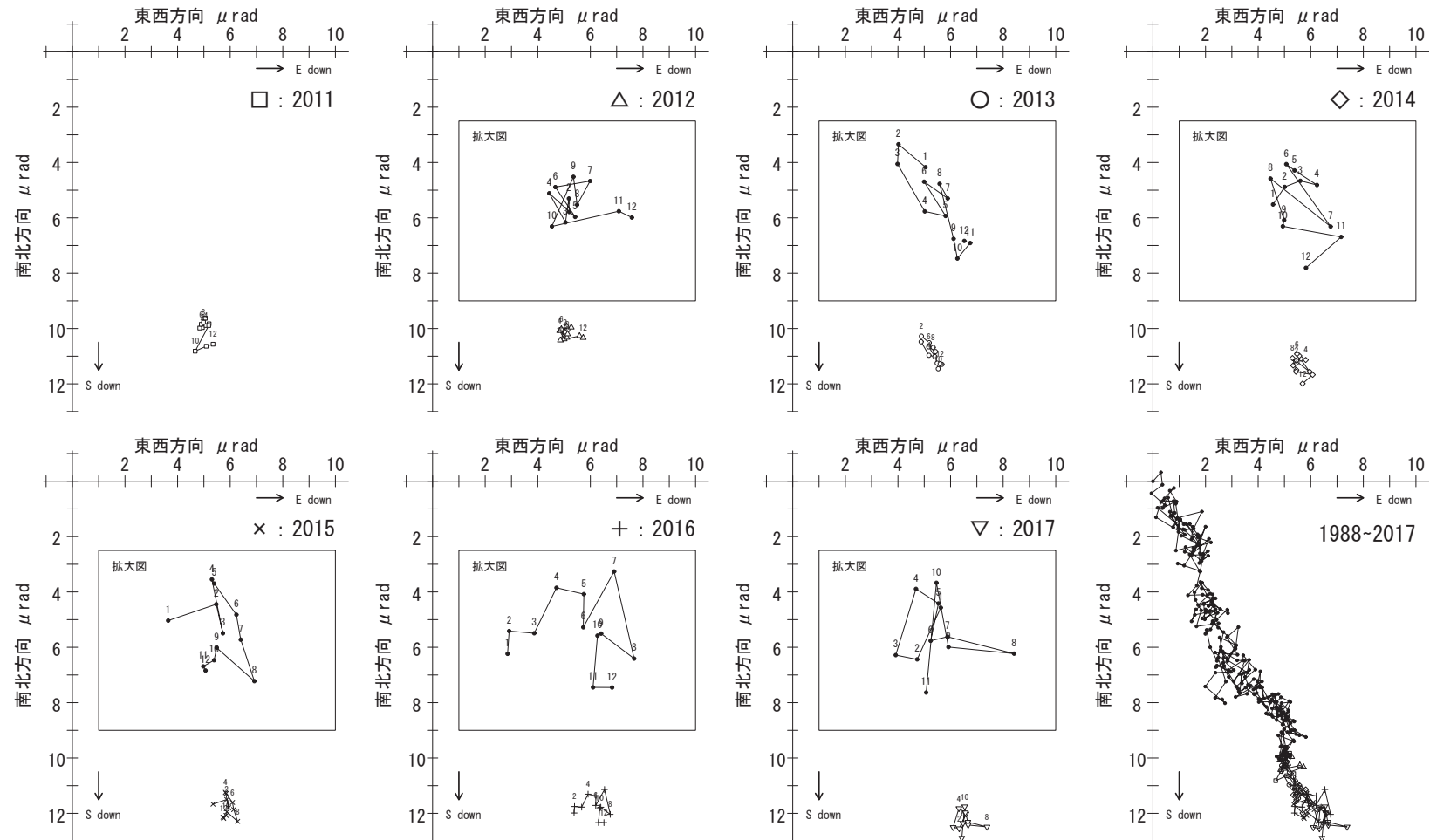
第 14 図 静岡県による短距離水準測量結果 (2) : 準基 2129 を基準とした 2602-1 及び 10333 の高さの経年変化

Fig. 14 Results of short distance leveling (2): Time series of height changes of benchmarks of BM2602-1 and BM10333 as referred to SF2129. Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

菊川市付近の水準測量結果 (3)

水準測量 (10333 及び 2601) による傾斜ベクトル

基準 : SF2129 基準年 : 1988 年 05 月

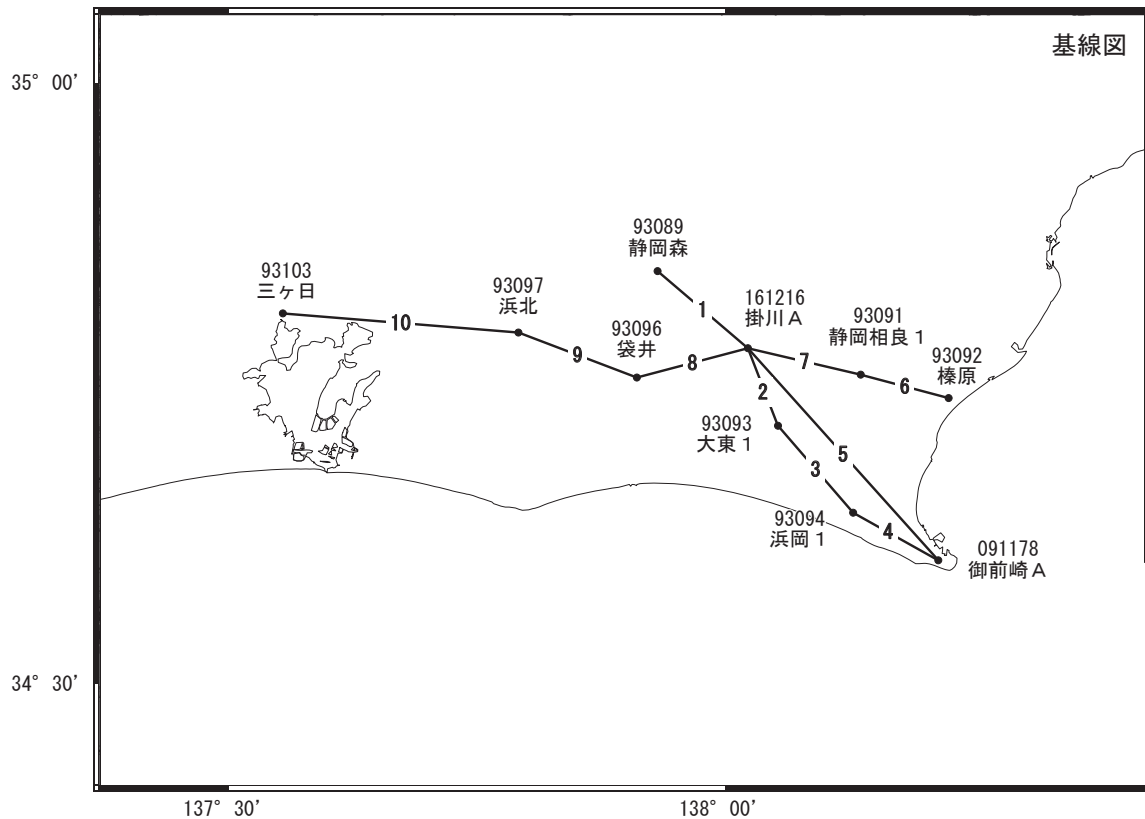


・ 2014 年 3 月までのプロット点は月平均値による。

第 15 図 静岡県による短距離水準測量結果 (3)

Fig. 15 Results of short distance leveling (3): Vector representations of tilt derived from leveling data in (1) and (2). Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (1)



御前崎周辺の各観測局情報

点番号	点 名	日 付	保 守 内 容
161216	掛川 A	2003/02/12	レドーム設置
		2003/05/12	アンテナ交換
		2008/07/25	受信機交換
		2010/02/24	レドーム開閉
		2012/11/20	アンテナ更新
		2017/01/30	移転(掛川→掛川 A)
93089	静岡森	2003/02/13	レドーム設置
		2003/05/15	アンテナ交換
		2003/09/09	周辺伐採
		2012/11/19	アンテナ更新
		2016/01/21	周辺伐採
93093	大東 1	2003/02/10	レドーム設置
		2003/03/04	アンテナ交換
		2010/02/24	レドーム開閉
		2012/11/20	アンテナ更新
		2012/11/22	アンテナ更新
93094	浜岡 1	2003/02/10	レドーム設置
		2003/05/16	アンテナ交換
		2010/02/23	レドーム開閉
		2012/11/22	アンテナ更新
091178	御前崎 A	2003/02/11	レドーム設置
		2003/02/28	アンテナ交換
		2010/03/24	移転(御前崎→御前崎 A)
		2012/11/28	アンテナ更新
93091	静岡相良 1	2001/03/20	アンテナ交換
		2003/02/12	レドーム設置
		2003/03/07	アンテナ交換
		2008/01/30	受信機交換
		2012/11/22	アンテナ更新
93092	榛原	2001/03/21	アンテナ交換
		2002/10/07	周辺伐採
		2003/02/11	レドーム設置
		2003/03/03	アンテナ交換
		2003/09/09	周辺伐採
		2012/11/21	アンテナ更新
		2014/08/11	周辺伐採
93096	袋井	2003/02/15	レドーム設置
		2003/03/03	アンテナ交換
		2003/05/20	アンテナ高変更
		2003/11/21	レドーム開閉
		2011/01/12	レドーム開閉
93097	浜北	2012/11/19	アンテナ更新
		2016/03/05	アンテナ交換
		2003/02/14	レドーム設置
		2003/02/28	アンテナ交換
		2010/02/25	レドーム開閉
93103	三ヶ日	2012/11/15	アンテナ更新
		2003/02/15	レドーム設置
		2003/05/19	アンテナ交換
		2010/03/04	レドーム開閉
		2012/11/13	アンテナ更新
		2016/11/23	受信機交換

※2003年3月5日に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

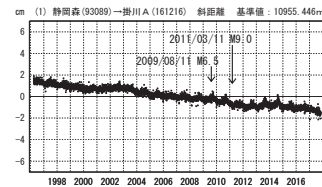
第 16 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (基線図及び保守状況)

Fig. 16 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline map and history of the site maintenance).

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (2)

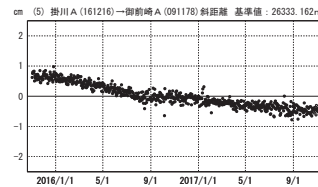
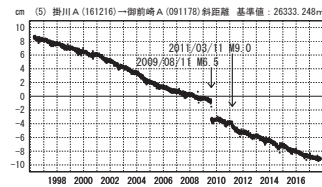
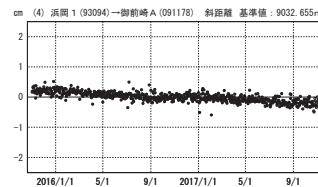
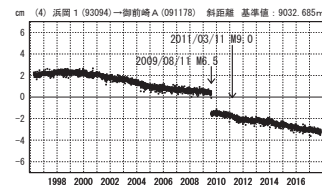
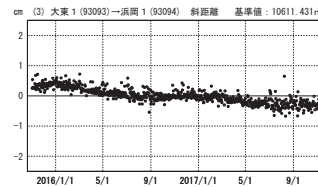
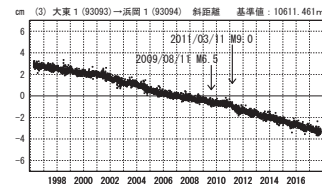
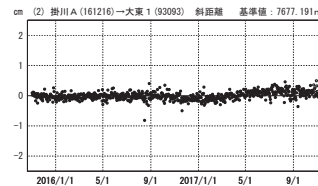
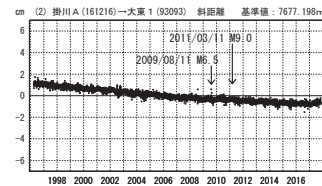
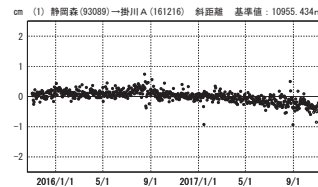
基線変化グラフ

期間: 1996/04/01~2017/11/04 JST



基線変化グラフ

期間: 2015/11/01~2017/11/04 JST

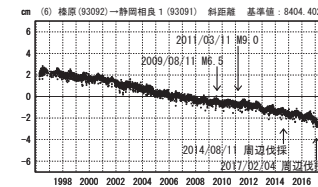


●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (3)

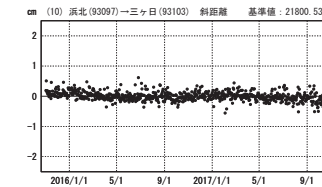
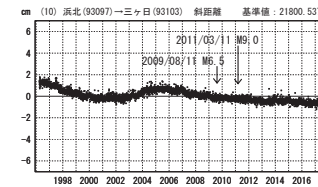
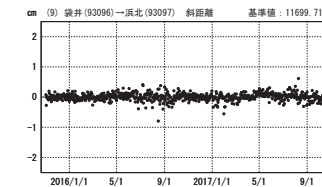
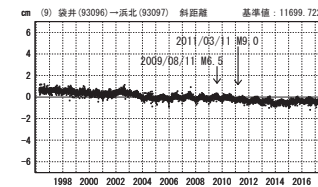
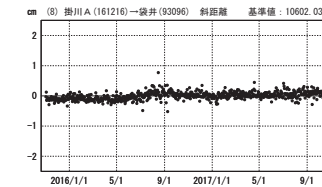
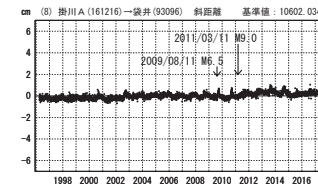
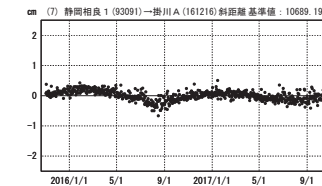
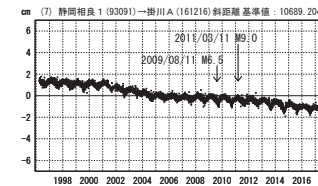
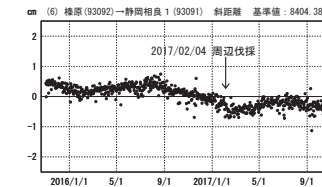
基線変化グラフ

期間: 1996/04/01~2017/11/04 JST



基線変化グラフ

期間: 2015/11/01~2017/11/04 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

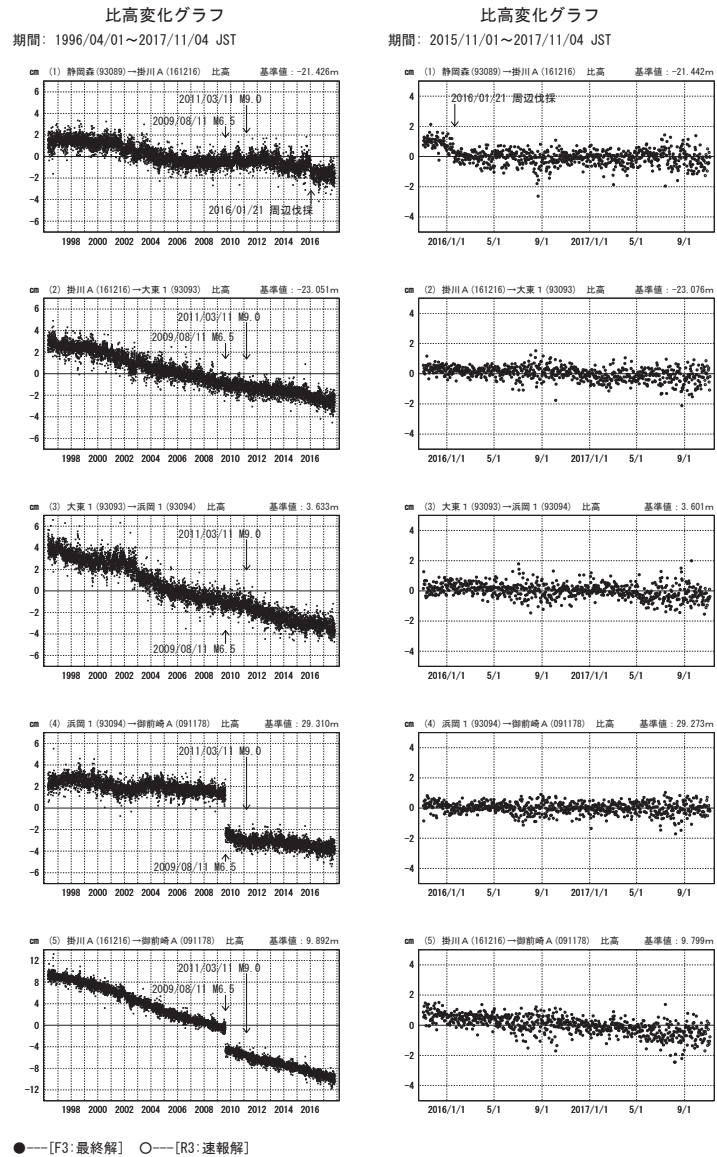
第 17 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (斜距離)

Fig. 17 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline length) (1/2).

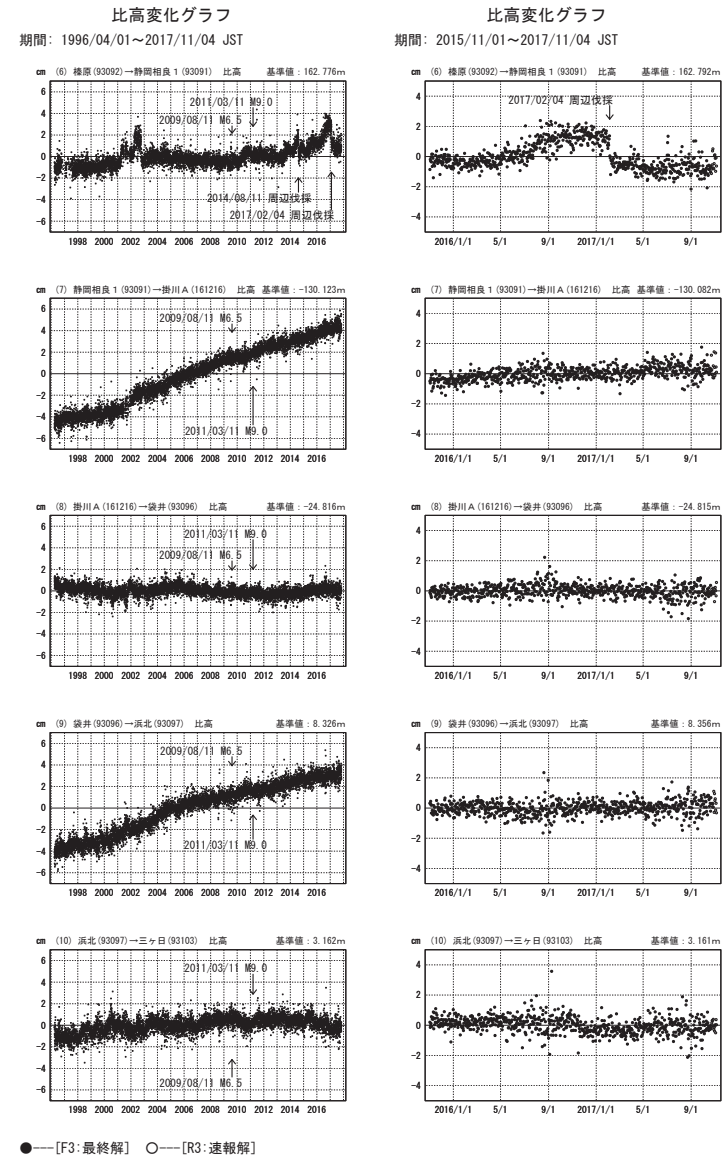
第 18 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (斜距離)

Fig. 18 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline length) (2/2).

御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (4)



御前崎周辺 GNSS 連続観測時系列 (5)



第 19 図 御前崎周辺GNSS 連続観測点観測結果 (比高)

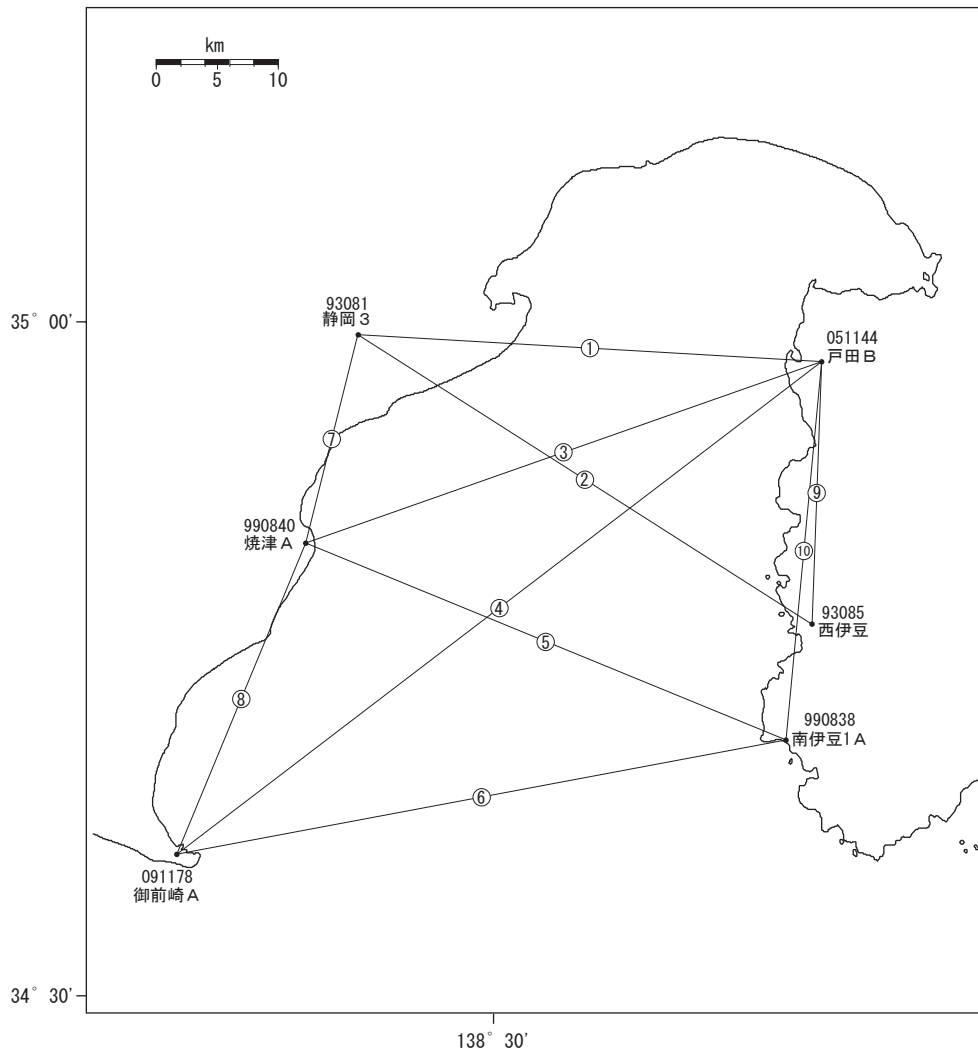
Fig. 19 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (relative height) (1/2).

第 20 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (比高)

Fig. 20 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (relative height) (2/2).

駿河湾周辺 GNSS 連続観測時系列 (1)

基線図



駿河湾周辺の各観測局情報

点番号	点 名	日 付	保 守 内 容
051144	戸 田 B	2016/11/05	周辺伐採
		2016/11/21	受信機交換

第 21 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (基線図及び保守状況)

Fig.21 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (Baseline map and history of the site maintenance).

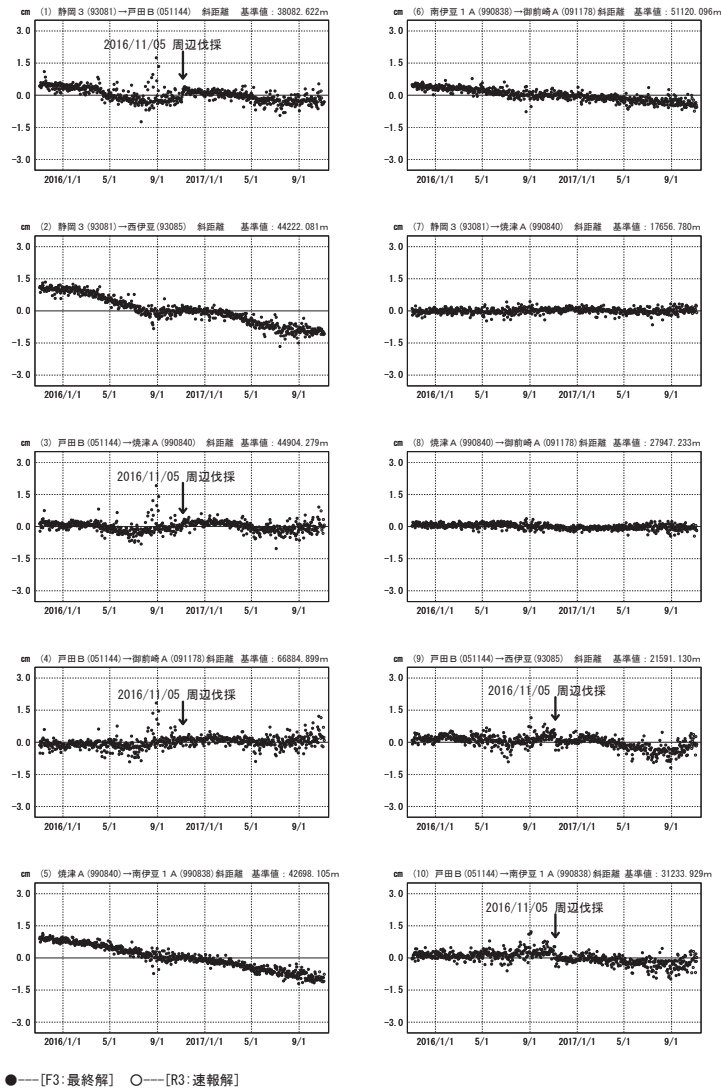
駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列 (2)

特段の変化は見られない。

基線変化グラフ

期間: 2015/11/01~2017/11/04 JST

期間: 2015/11/01~2017/11/04 JST



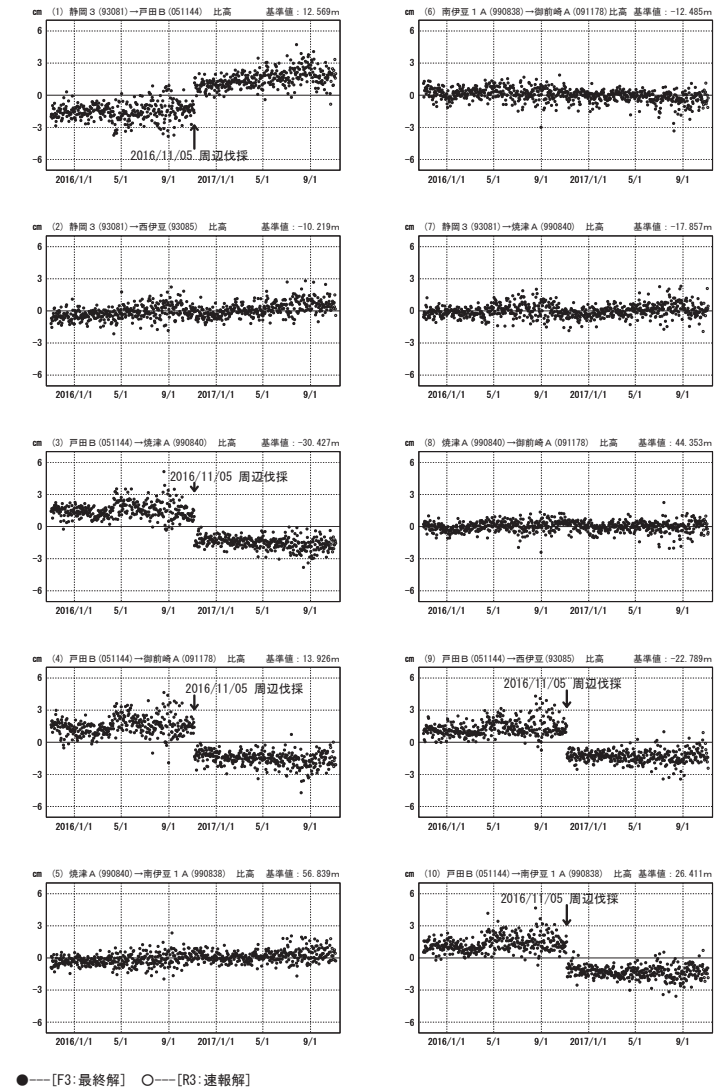
第 22 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (斜距離)
Fig. 22 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (baseline length).

駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列 (3)

比高変化グラフ

期間: 2015/11/01~2017/11/04 JST

期間: 2015/11/01~2017/11/04 JST



第 23 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (比高)
Fig. 23 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (relative height).

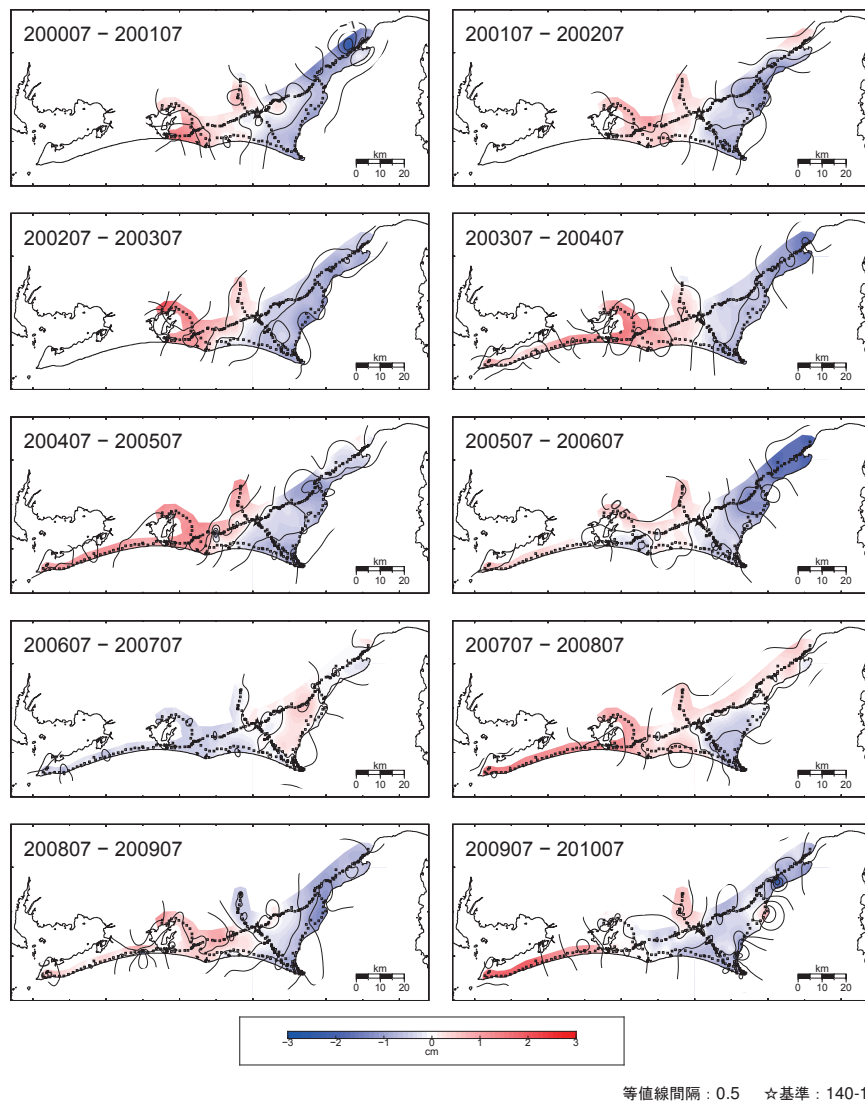
浜松市付近でわずかに隆起が見られる。



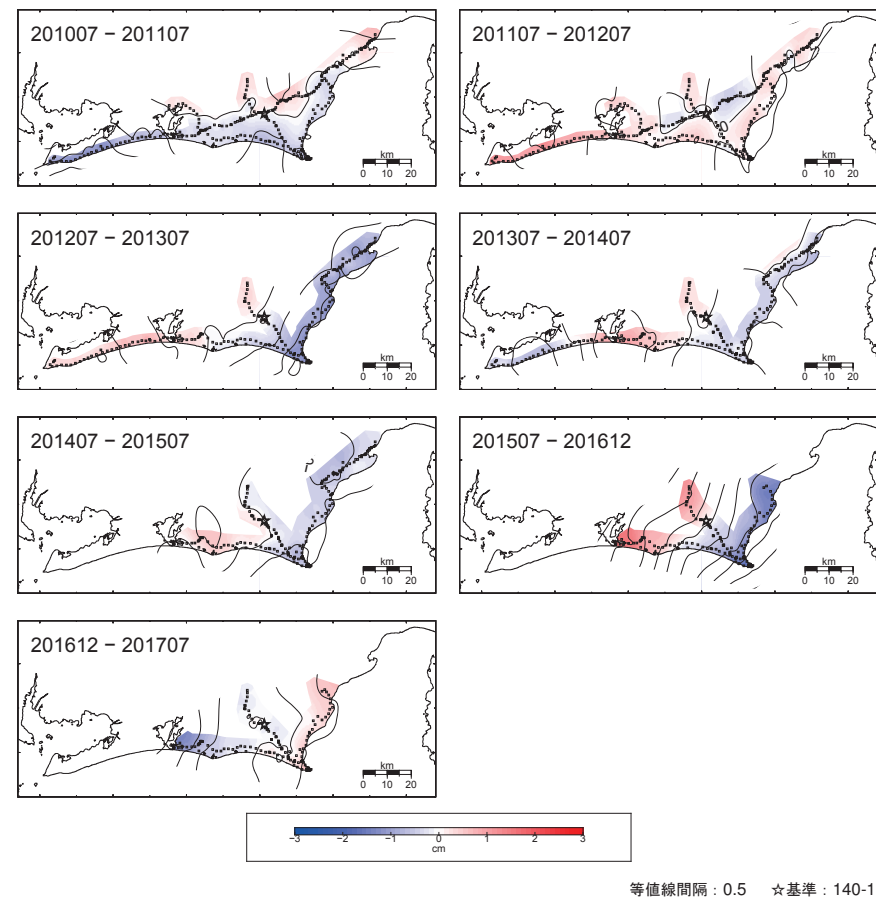
静岡市に対する浜松市側の隆起が見られる。



水準測量による東海地方の上下変動 1 年間 (1)



水準測量による東海地方の上下変動 1 年間 (2)



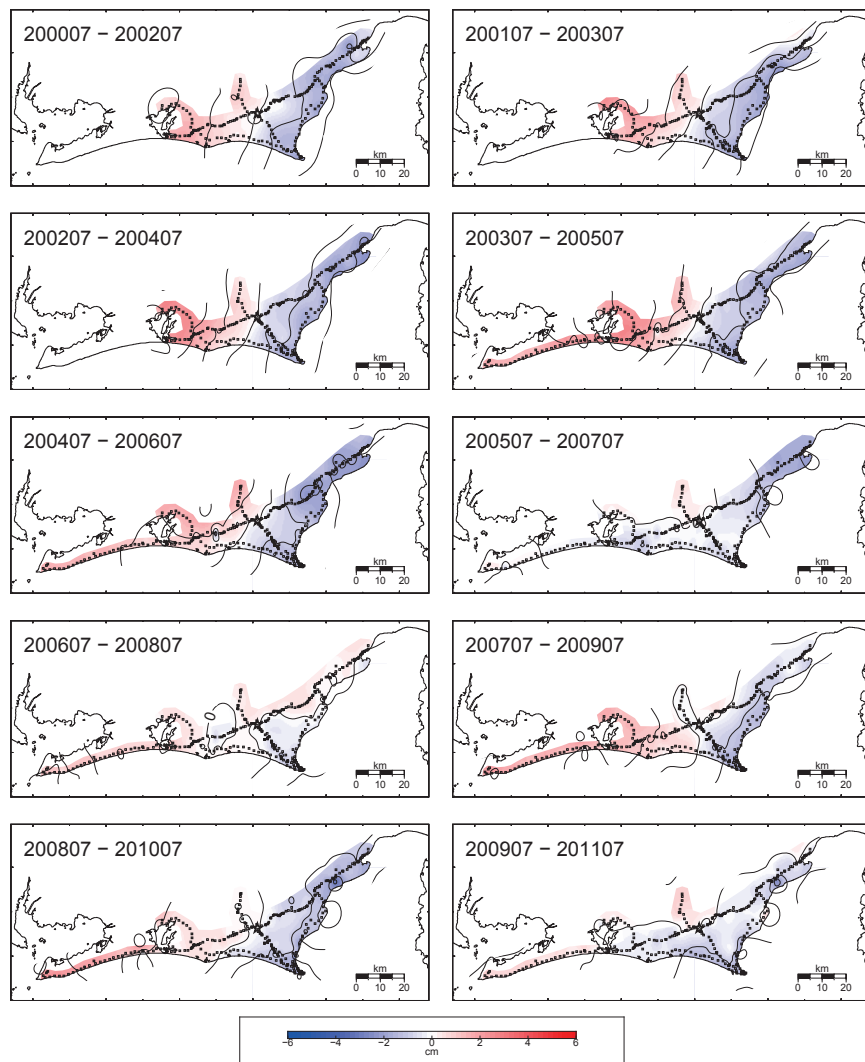
第 26 図 水準測量による東海地方の上下変動 (1 年間) (1)

Fig. 26 Yearly vertical deformation from the precise leveling survey in Tokai region (1/2).

第 27 図 水準測量による東海地方の上下変動 (1 年間) (2)

Fig. 27 Yearly vertical deformation from the precise leveling survey in Tokai region (2/2).

水準測量による東海地方の上下変動 2年間 (1)

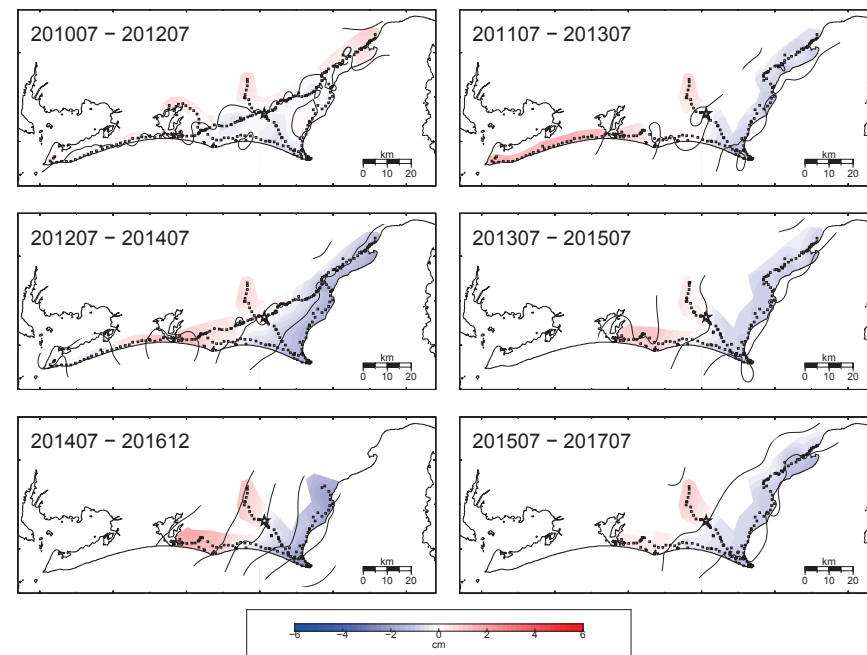


等値線間隔：1.0 ☆基準：140-1

第 28 図 水準測量による東海地方の上下変動 (2年間) (1)

Fig. 28 Vertical deformation as for every two years from the precise leveling survey in Tokai region (1/2).

水準測量による東海地方の上下変動 2年間 (2)



等値線間隔：1.0 ☆基準：140-1

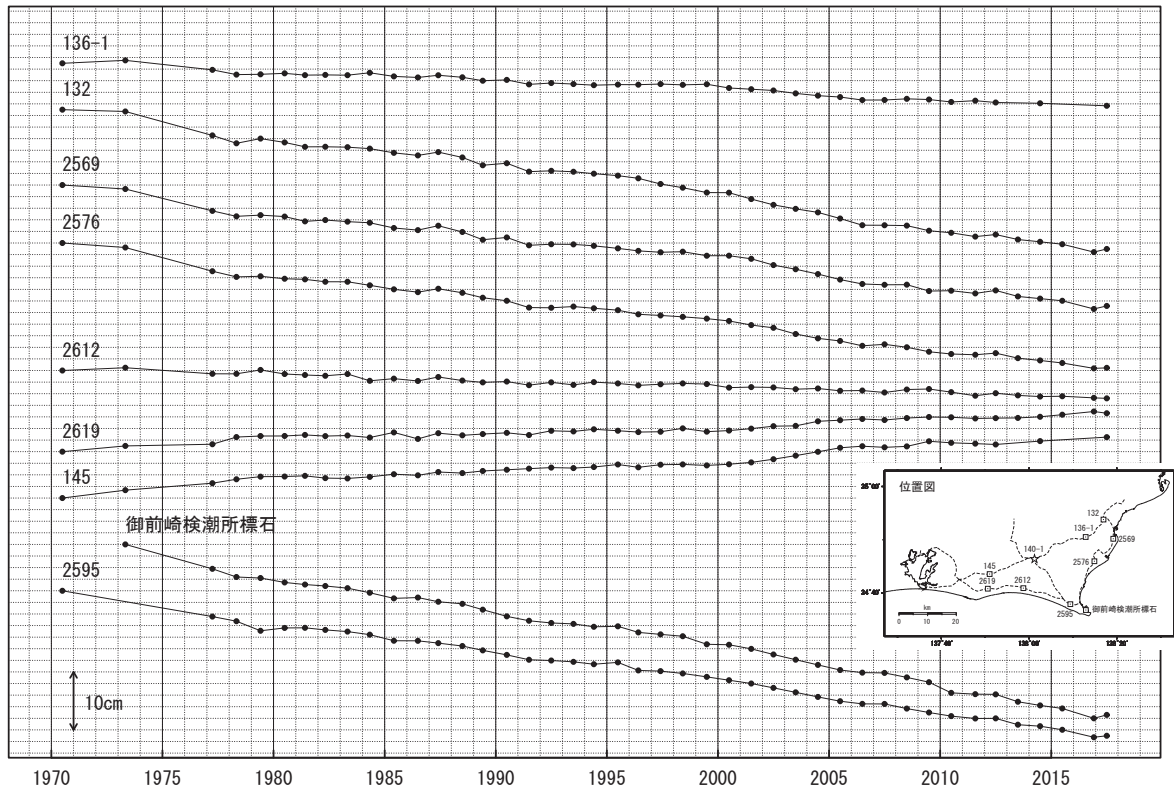
第 29 図 水準測量による東海地方の上下変動 (2年間) (2)

Fig. 29 Vertical deformation as for every two years from the precise leveling survey in Tokai region (2/2).

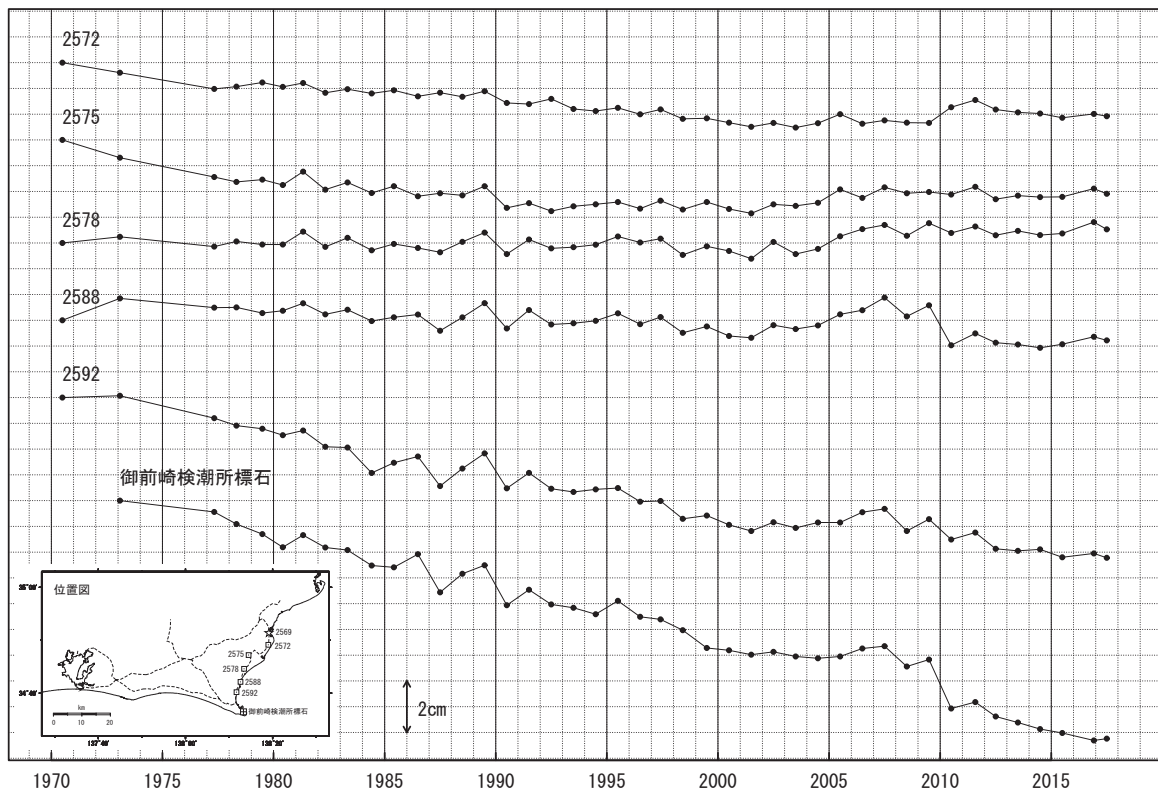
東海地方の各水準点の経年変化

傾向に変化は見られない。

基準：140-1

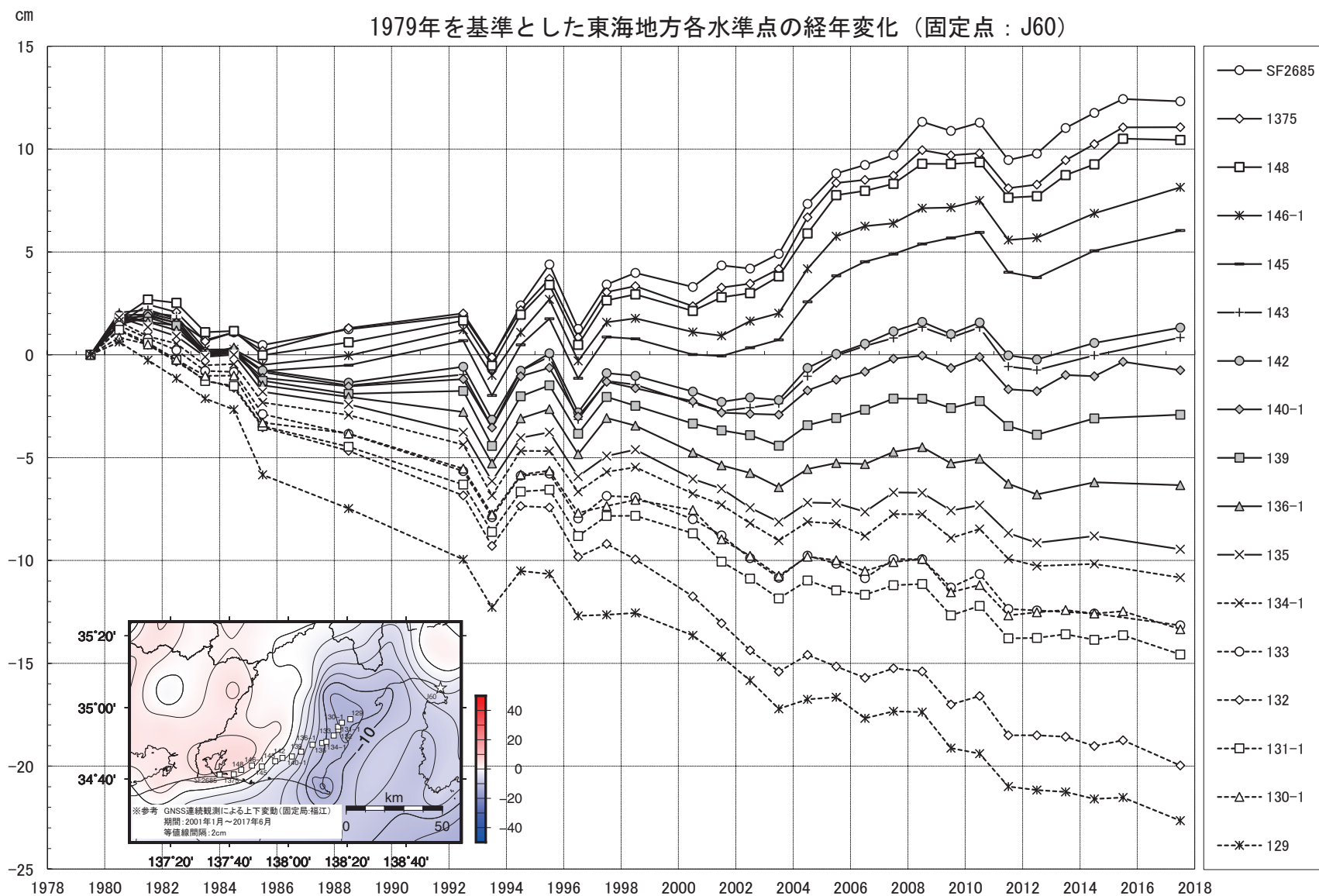


基準：2569



第 30 図 水準点 140-1 (掛川市) 及び水準点 2569 (焼津市) を基準とした東海地方の各水準点の高さの経年変化

Fig. 30 Time series of height changes of benchmarks in Tokai region referred to BM 140-1 (Kakegawa) and BM 2569 (Yaizu).

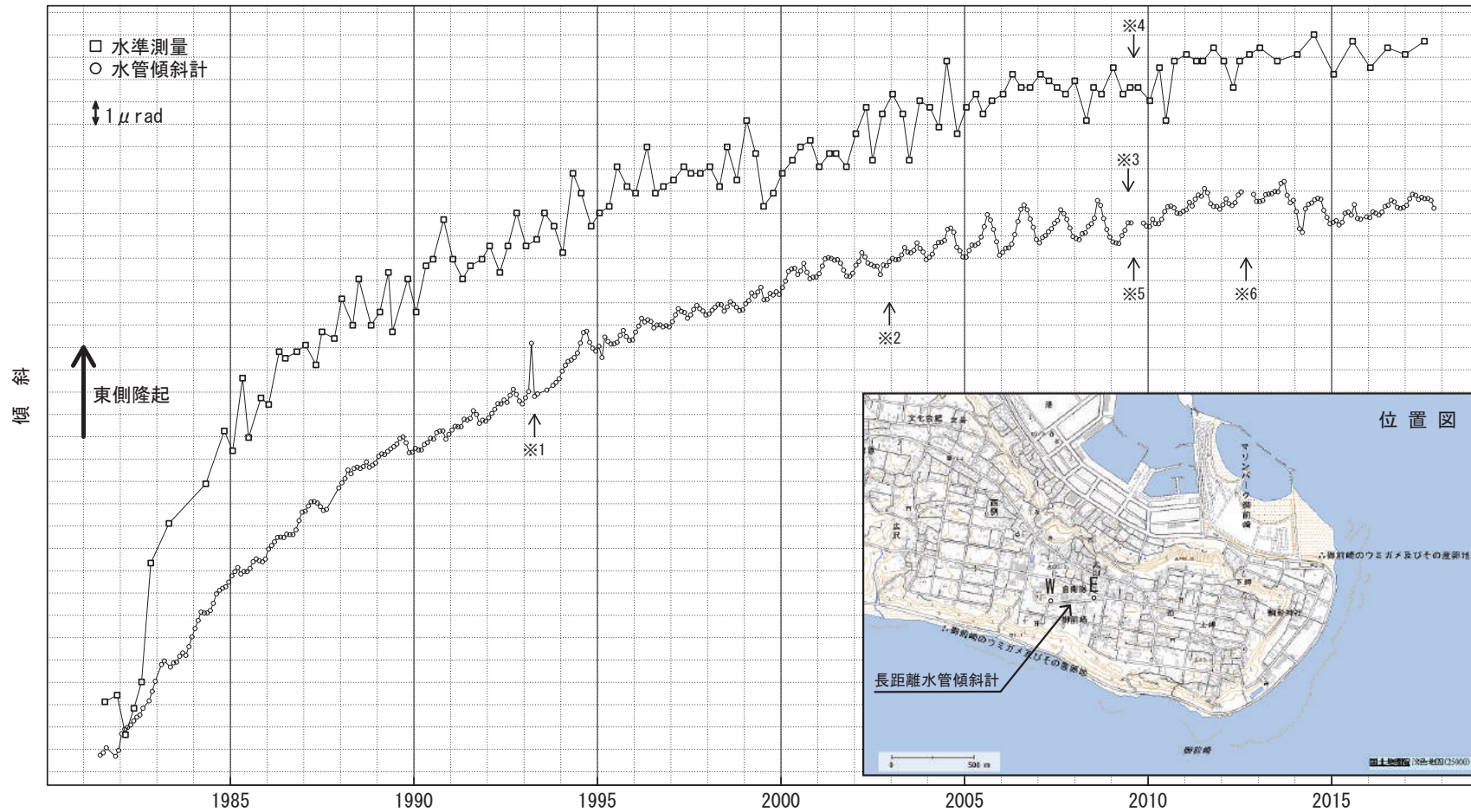


第 31 図 東海地方の水準点の上下変動経年変化（1979 年度基準・J60 固定）

Fig. 31 Time series of vertical displacements since 1979 at benchmarks along the leveling route in Tokai region referred to BM J60.

御前崎長距離水管傾斜計月平均 (E-W)

長期的な東側隆起の傾向が見える。



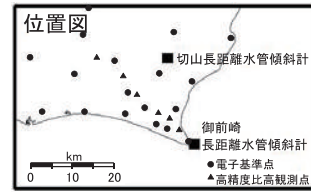
- ※ 1 1993 年 4 月 東側局舎にエアコンを設置.
- ※ 2 2002 年 12 月 両局舎の建て替え.
- ※ 3 2009 年 6 月 西側局舎にエアコンを設置.
- ※ 4 2009 年 8 月 11 日 駿河湾の地震による跳びを補正.
- ※ 5 2009 年 8~10 月 センサー感度不良のため欠測. 2009 年 8 月 11 日に発生した駿河湾の地震前後のデータに連続性は無い.
- ※ 6 2012 年 8 月 14~10 月 18 日 機器異常のため欠測. 期間前後のデータに連続性は無い.

第 32 図 御前崎長距離水管傾斜計による傾斜観測結果
Fig. 32 Results of tilt observation by long water tube tiltmeter at Omaezaki.

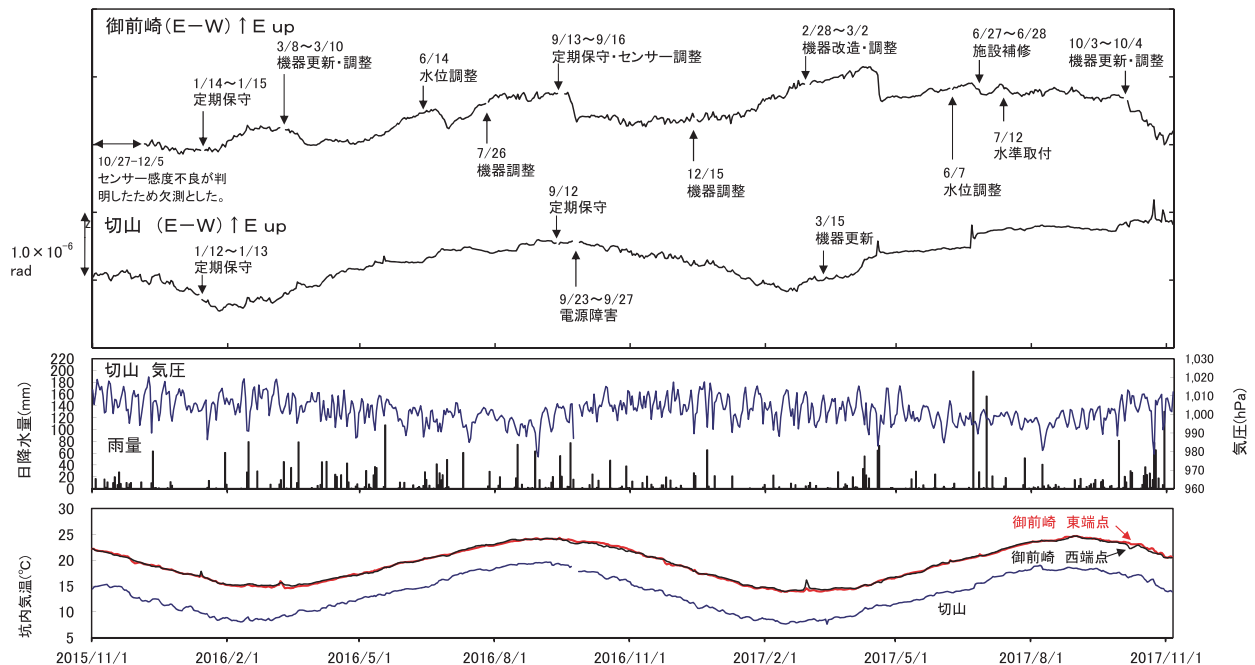
長距離水管傾斜計による傾斜変化

特段の変化は見られない

(日平均値)



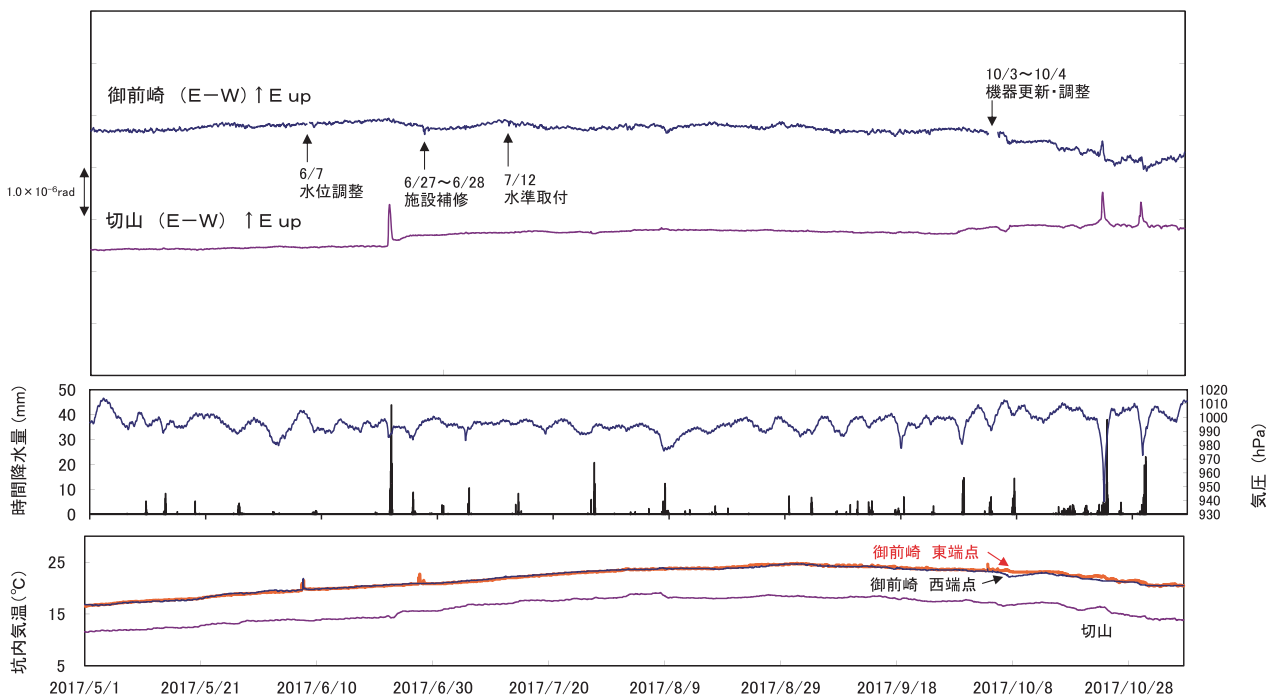
2015年11月1日 ~ 2017年11月5日



(時間平均値)

Baytap-GIにより解析

2017年5月1日 ~ 2017年11月6日10時

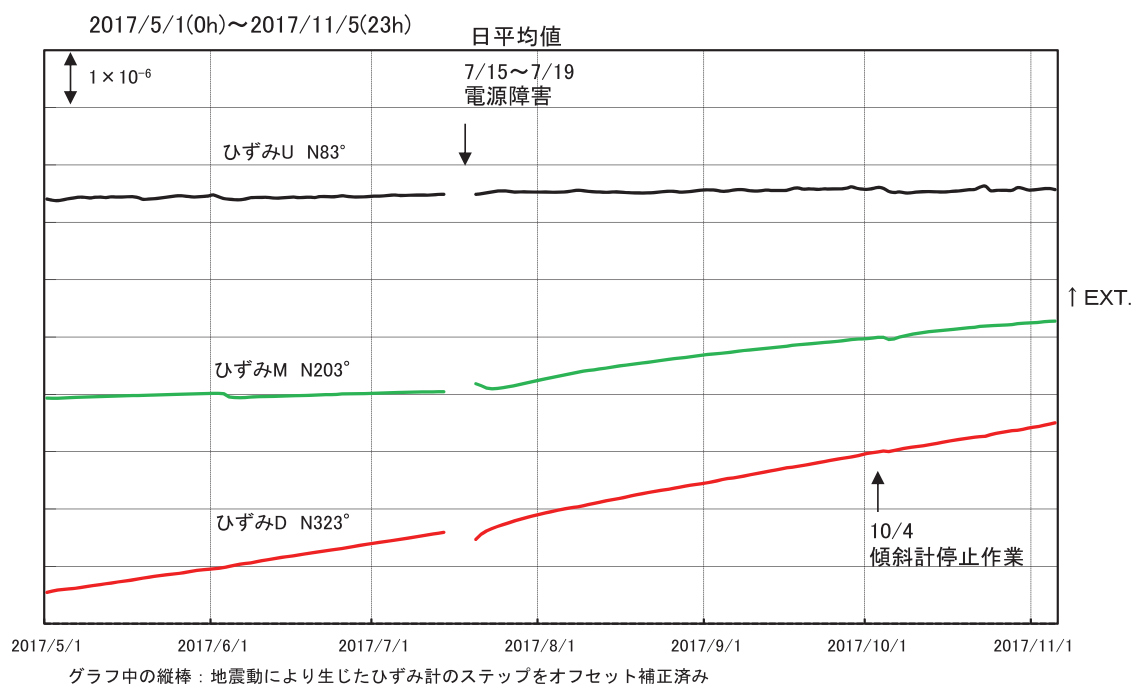


第 33 図 御前崎長距離水管傾斜計及び切山長距離水管傾斜計による傾斜観測結果
Fig. 33 Results of tilt observation by long water tube tiltmeter at Omaezaki and Kiriyama.

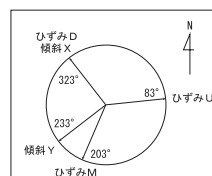
御前崎地中地殻活動観測施設 ひずみ

(観測点名: 御前崎下岬)

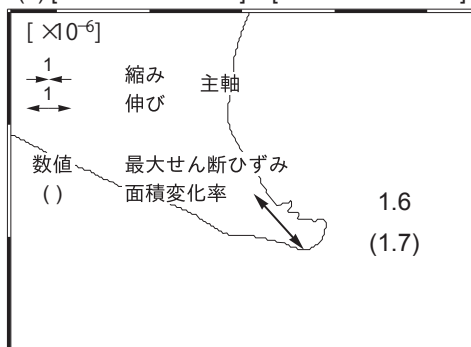
特段の変化は見られない



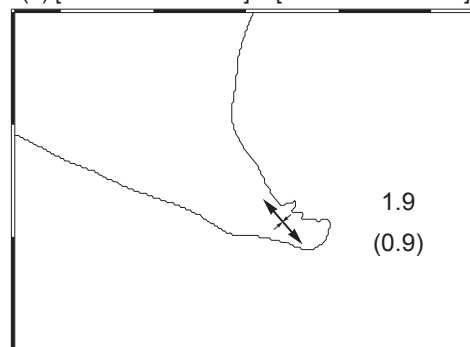
御前崎地中地殻活動観測施設による水平ひずみ



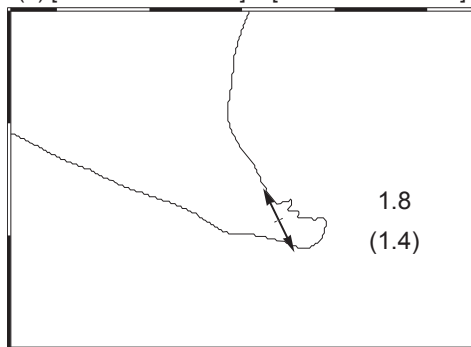
(1) [2016/07/01-07/05] - [2016/11/01-11/05]



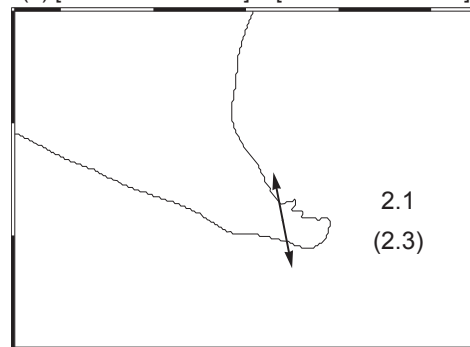
(2) [2016/11/01-11/05] - [2017/03/01-03/05]



(3) [2017/03/01-03/05] - [2017/07/01-07/05]



(4) [2017/07/01-07/05] - [2017/11/01-11/05]

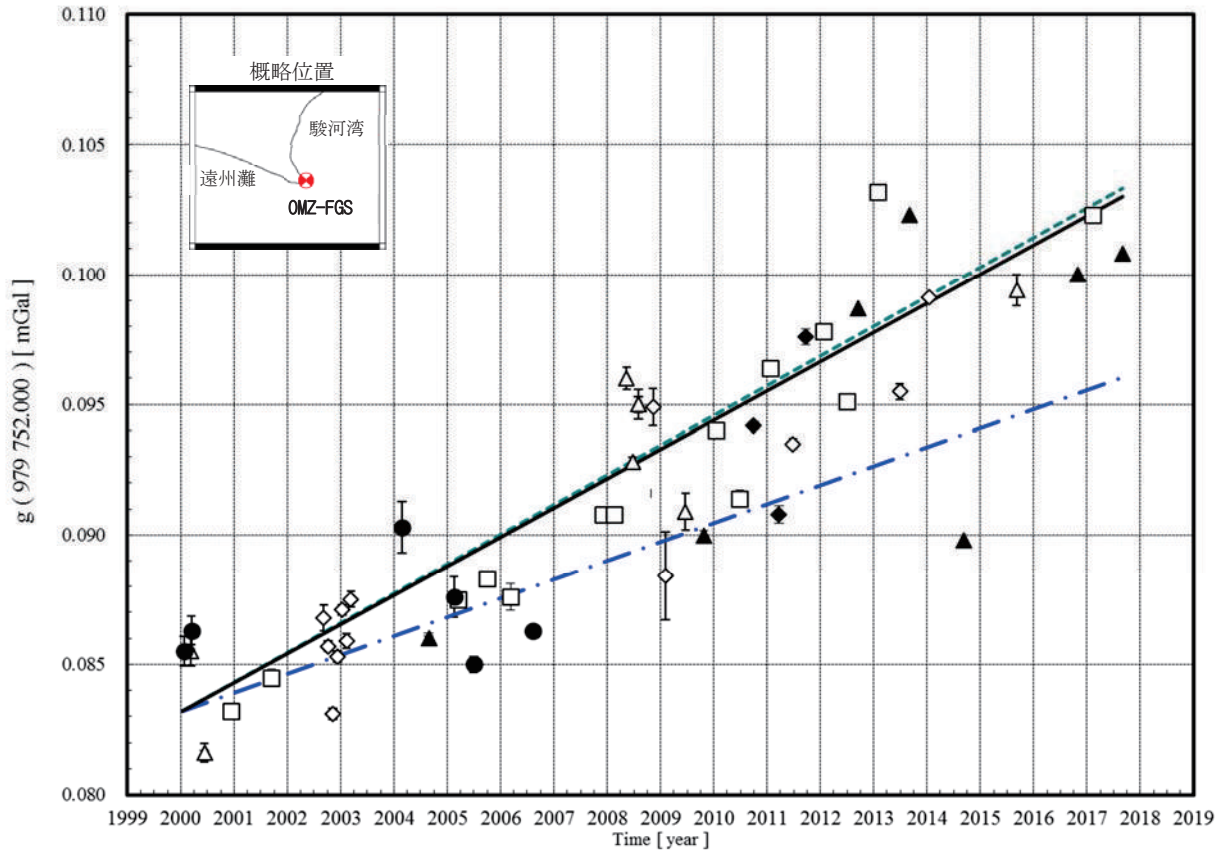


第 34 図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果 (ひずみ日平均値および水平ひずみ)
Fig. 34 Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omaezaki deep borehole (daily mean value and horizontal strain).

御前崎における絶対重力変化

観測値のばらつきが大きいものの、御前崎基準重力点の重力値は増加傾向にあり、その変化率はフリーエア勾配を仮定した場合の重力変化率と調和的である。

期間：2000年1月～2017年9月



(凡例)

絶対重力計による観測値

国土地理院 観測	東大地震研究所 観測	全観測値の回帰直線
◇ 器械番号 #104	● 器械番号 #109	
□ #201	▲ #212	
△ #109	◆ #241	

御前崎基準重力点の沈降速度 (0.37cm/年) ※から期待される重力変化

— — — — —	フリーエア勾配 (-3.086 μ Gal/cm) を仮定
- . - . - . -	ブーゲー勾配 (-1.967 μ Gal/cm) を仮定

※ 御前崎基準重力点の沈降速度は、GEONET F3 解から求めた御前崎周辺の電子基準点の楕円体高の変化と、水準測量の観測結果から算出した。

観測地点：御前崎基準重力点 (OMZ-FGS) (国土地理院・御前崎地殻活動観測場内)

実施機関：国土地理院、東大地震研究所

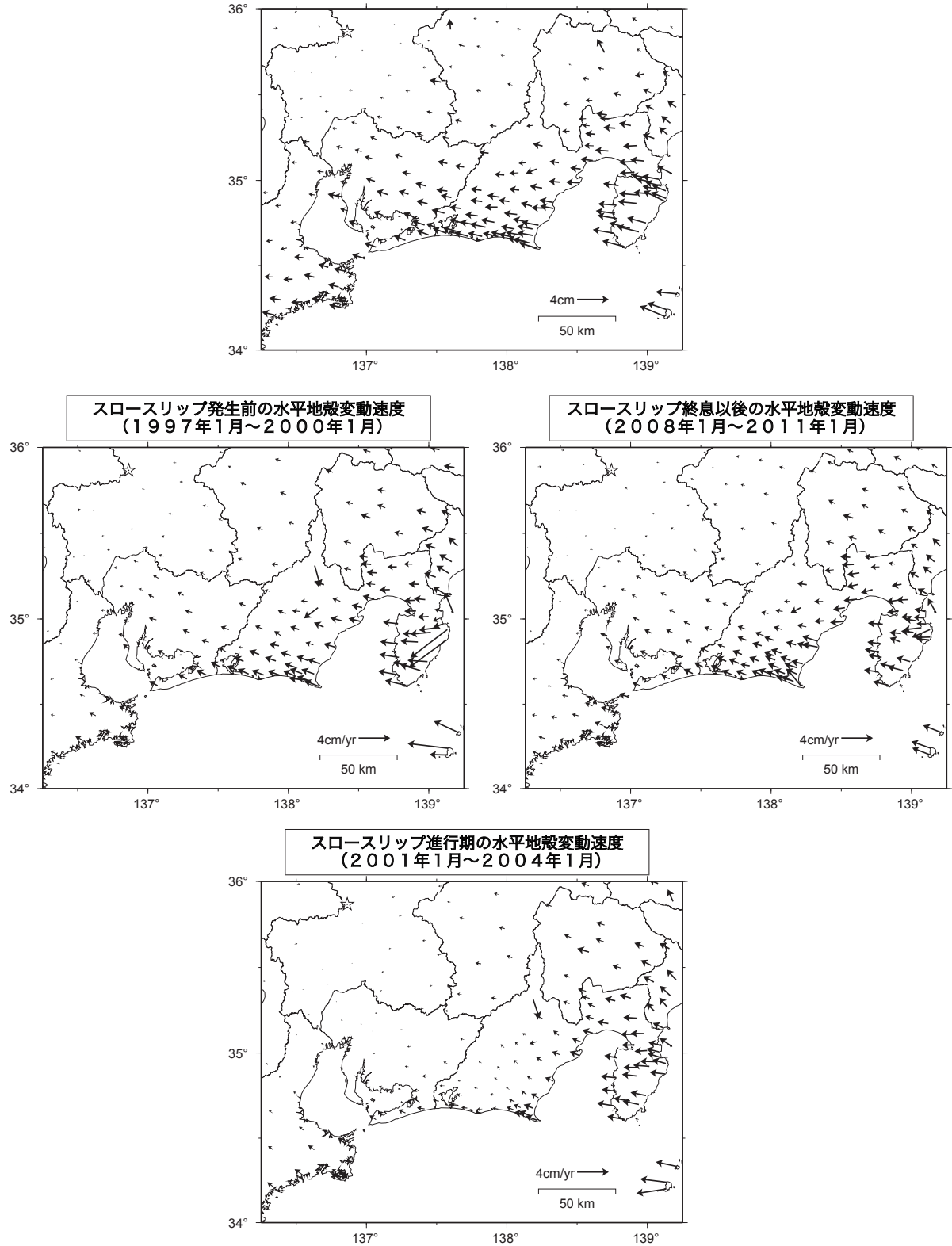
使用機器：Micro-g LaCoste 社製 FG5

第 35 図 御前崎における絶対重力変化

Fig. 35 Absolute Gravity Change at Omaezaki.

東海地方の水平地殻変動【固定局：白鳥】 (2016 年 11 月～ 2017 年 11 月)

基準期間：2016/11/4 - 2016/11/11 [F3：最終解]
比較期間：2017/11/4 - 2017/11/11 [R3：速報解]

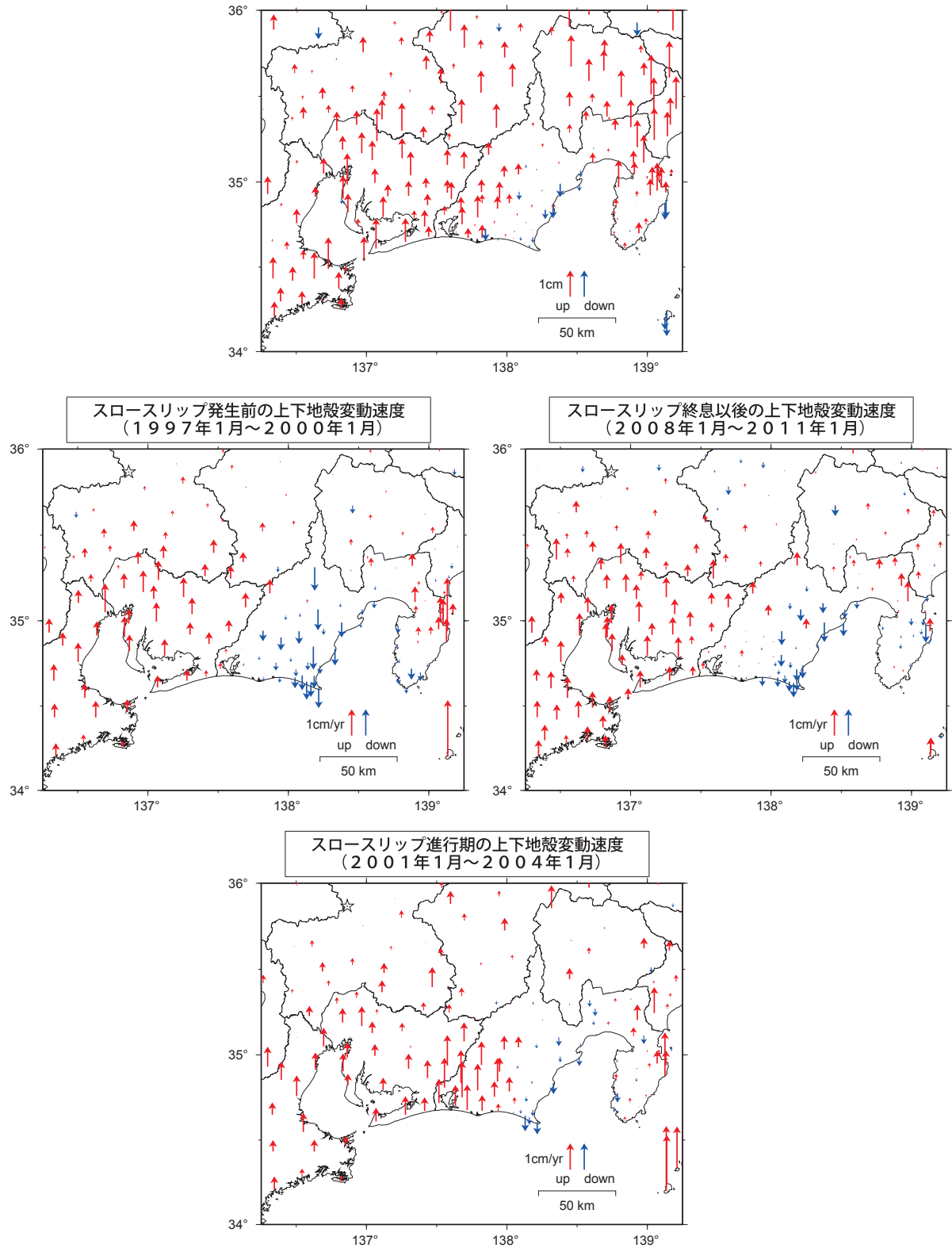


第 36 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間の水平変動及びスロースリップ開始前・進行期・終息後の水平変動速度（白鳥固定）

Fig. 36 Horizontal deformation of recent 1 year in the Tokai district based on GNSS measurements and horizontal deformation rates before (middle left), during (lower) and after (middle right) the Tokai slow slip (fixed Shirotori).

東海地方の上下地殻変動【固定局：白鳥】 (2016 年 11 月～ 2017 年 11 月)

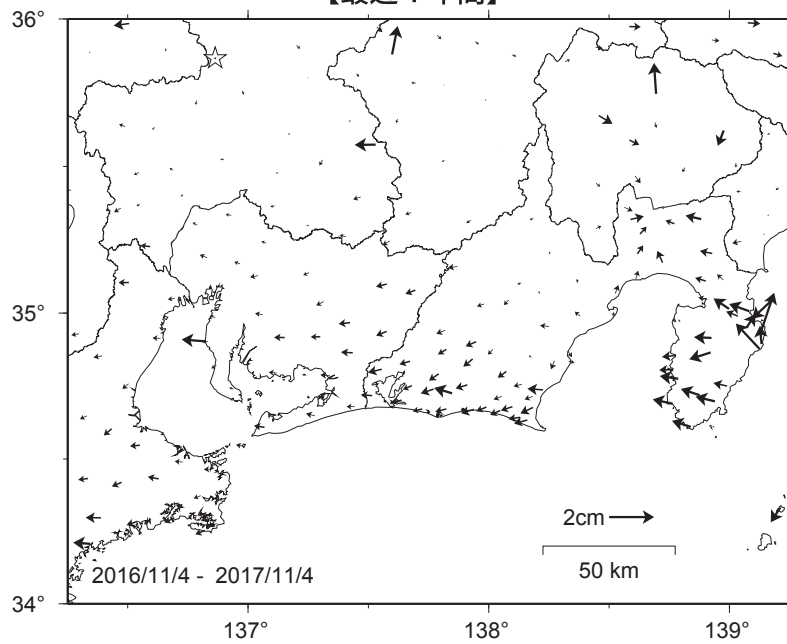
基準期間：2016/11/4 - 2016/11/11 [F3：最終解]
比較期間：2017/11/4 - 2017/11/11 [R3：速報解]



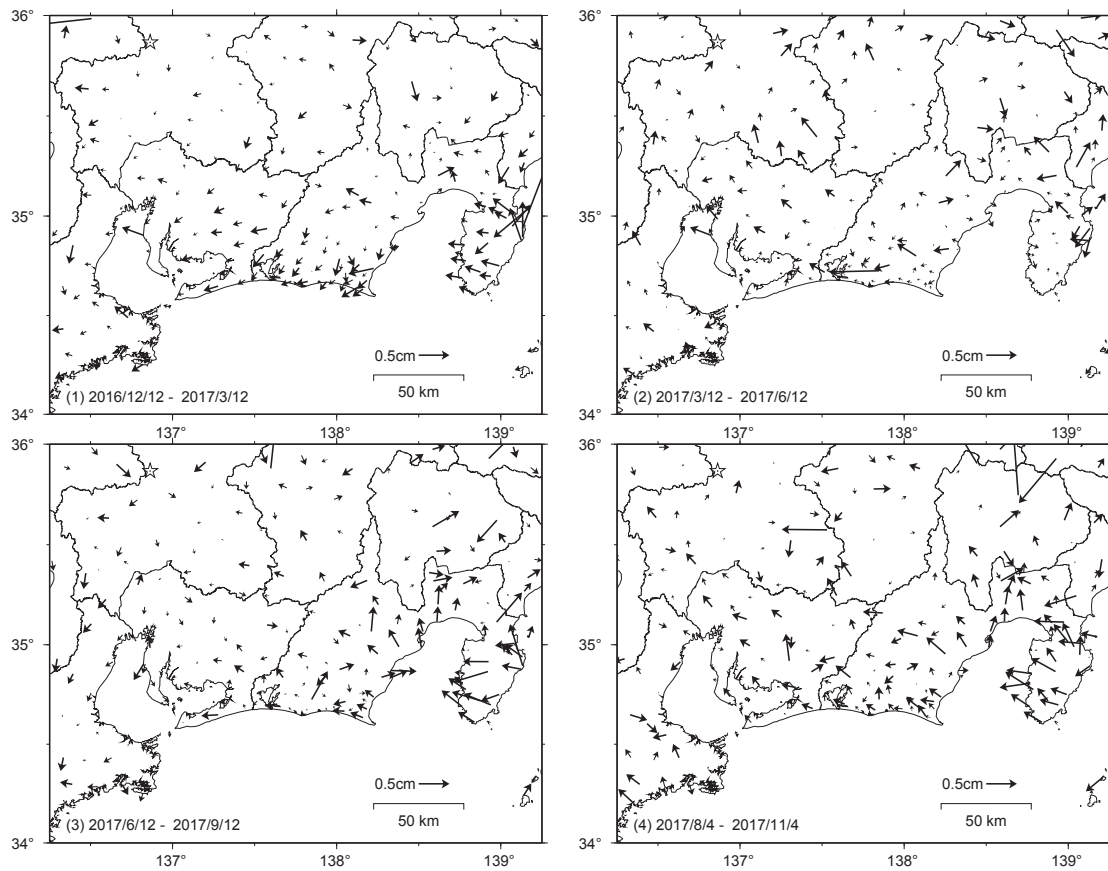
第 37 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間の水平変動及びスロースリップ開始前・進行期・終息後の上下変動速度（白鳥固定）

Fig. 37 Vertical deformation of recent 1 year in the Tokai district based on GNSS measurements and vertical deformation rates before (middle left), during (lower) and after (middle right) the Tokai slow slip (fixed Shirotori).

東海地方の非定常水平地殻変動【固定局：白鳥】
 (2016年11月～2017年11月)
 【最近1年間】



【最近1年間 3ヶ月ごと】



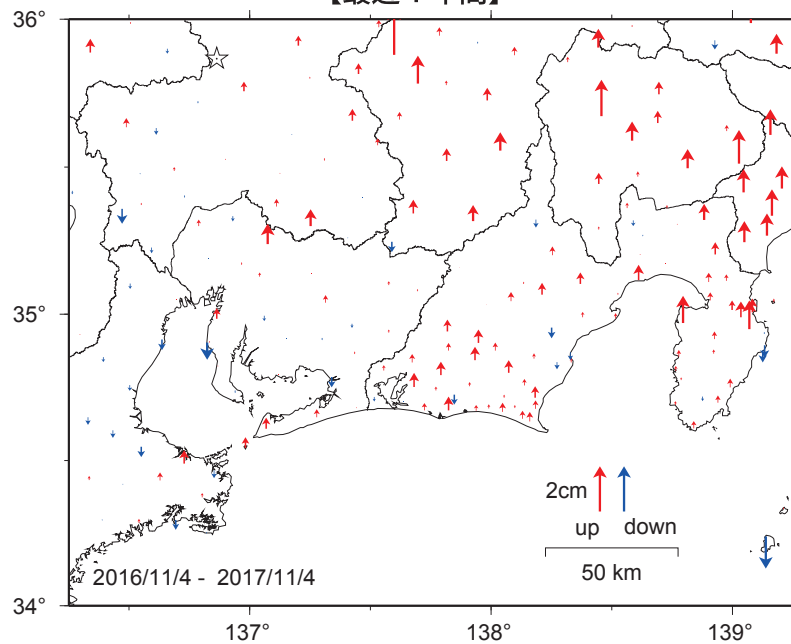
・非定常地殻変動時系列から、1年間と3ヶ月間の変動量を表示している。

※非定常地殻変動時系列：

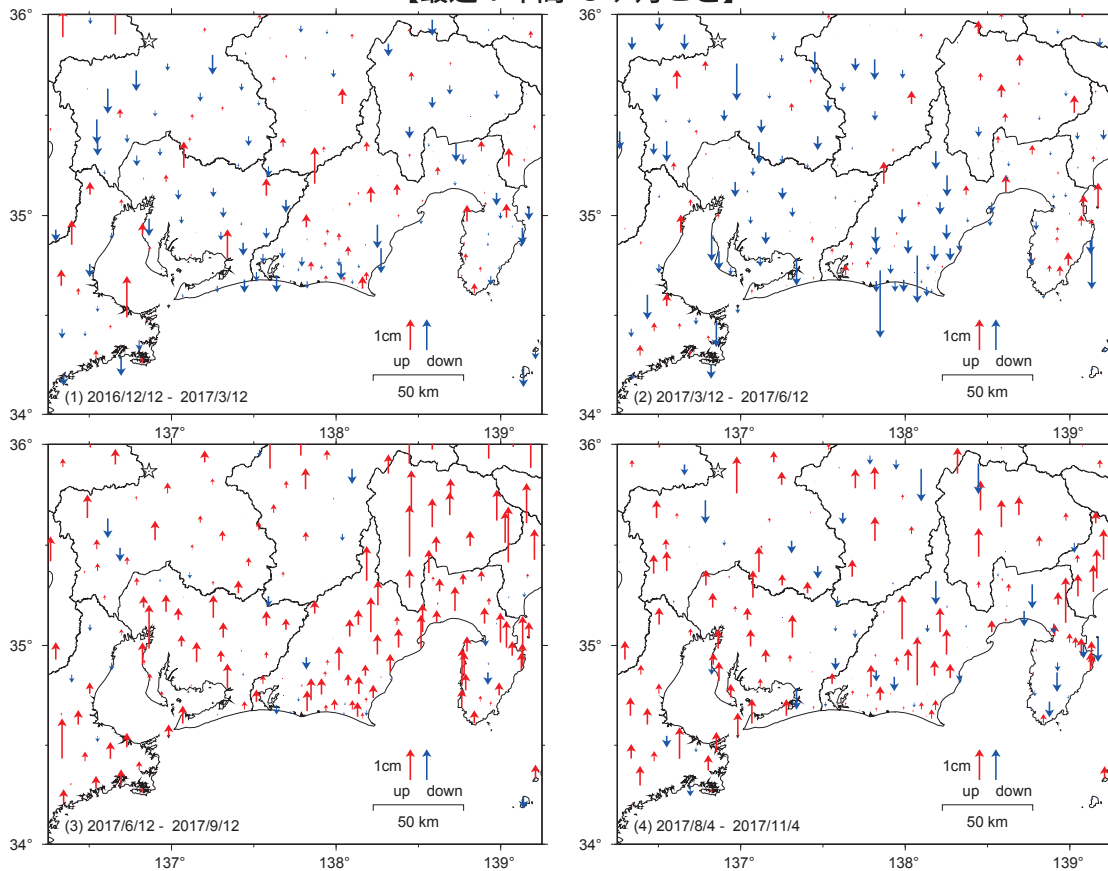
2008年1月～2011年1月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。

第38図 GNSS観測による東海地方の最近1年間と3ヶ月ごとの非定常地殻変動（水平変動）
 Fig. 38 Transient horizontal deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai district.

東海地方の非定常上下地殻変動【固定局：白鳥】
 (2016 年 11 月～ 2017 年 11 月)
 【最近 1 年間】



【最近 1 年間 3 ヶ月ごと】

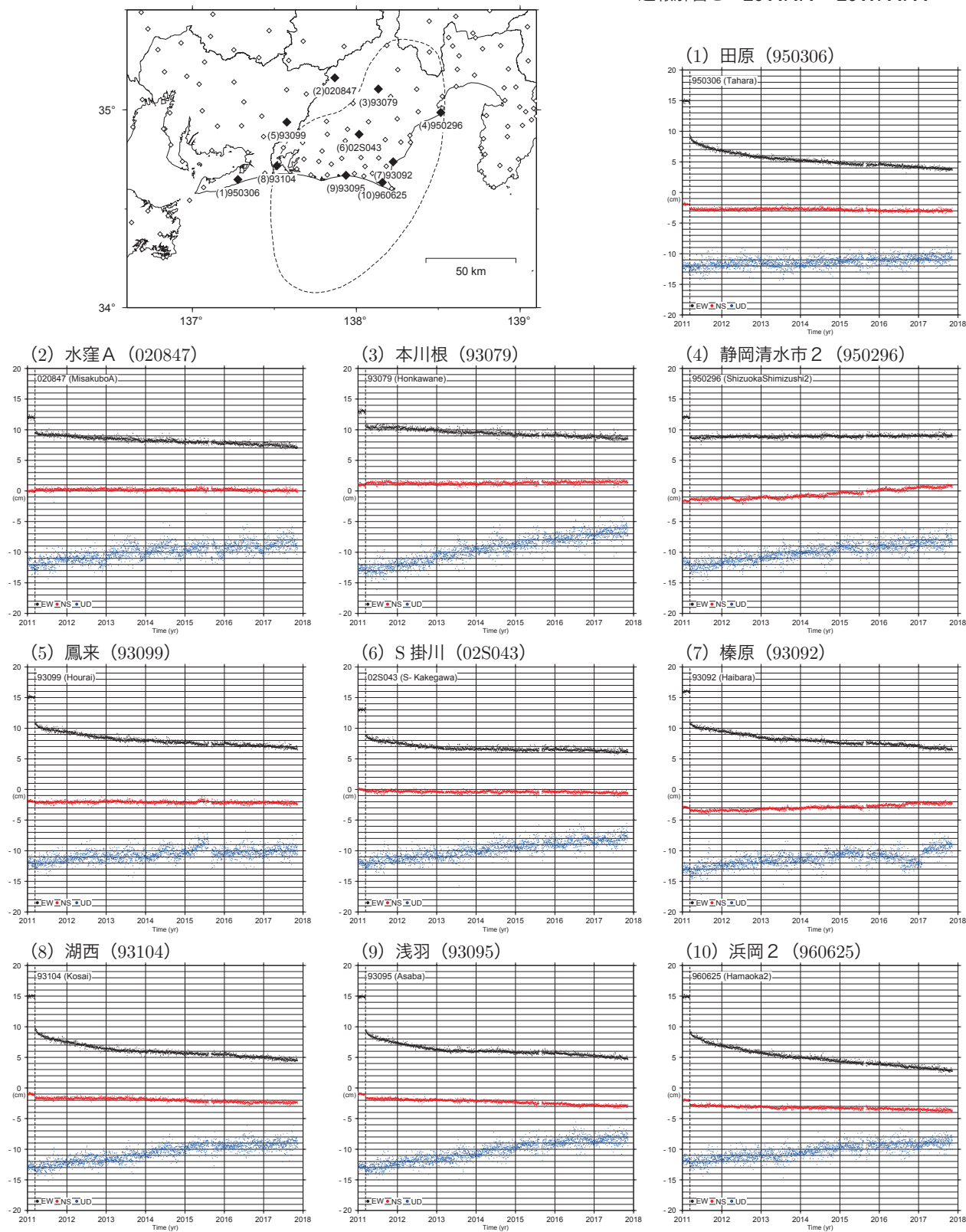


・非定常地殻変動時系列から、1 年間と 3 ヶ月間の変動量を表示している。
 ※非定常地殻変動時系列：
 2008 年 1 月～2011 年 1 月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。

第 39 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間と 3 ヶ月ごとの非定常地殻変動（上下変動）
 Fig. 39 Transient vertical deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai district.

東海地方の非定常地殻変動時系列【固定局：白鳥】

速報解含む 2011/1/1 - 2017/11/11

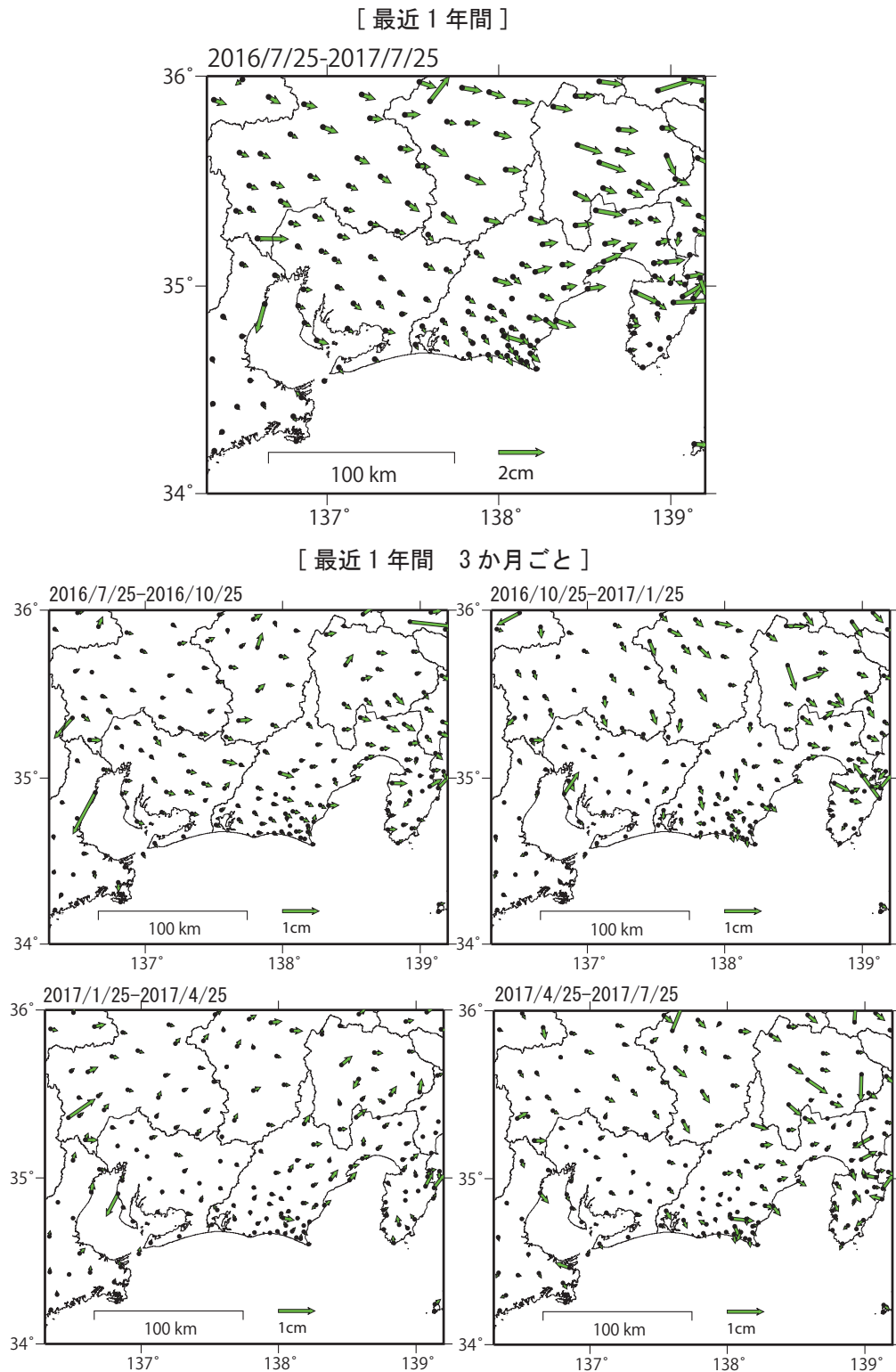


- ・平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による地殻変動の影響は取り除いていない。
- ・2008 年 1 月 1 日～2011 年 1 月 1 日のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- ・2015 年 8 月 9 日～9 月 2 日固定局とした白鳥観測点の機器の電源障害により欠測、期間前後のデータに連続性はある。

第 40 図 東海地方の非定常地殻変動時系列

Fig. 40 Time series of transient deformation at selected stations in the Tokai district.

東海地方の非定常水平地殻変動 [固定局：三隅]

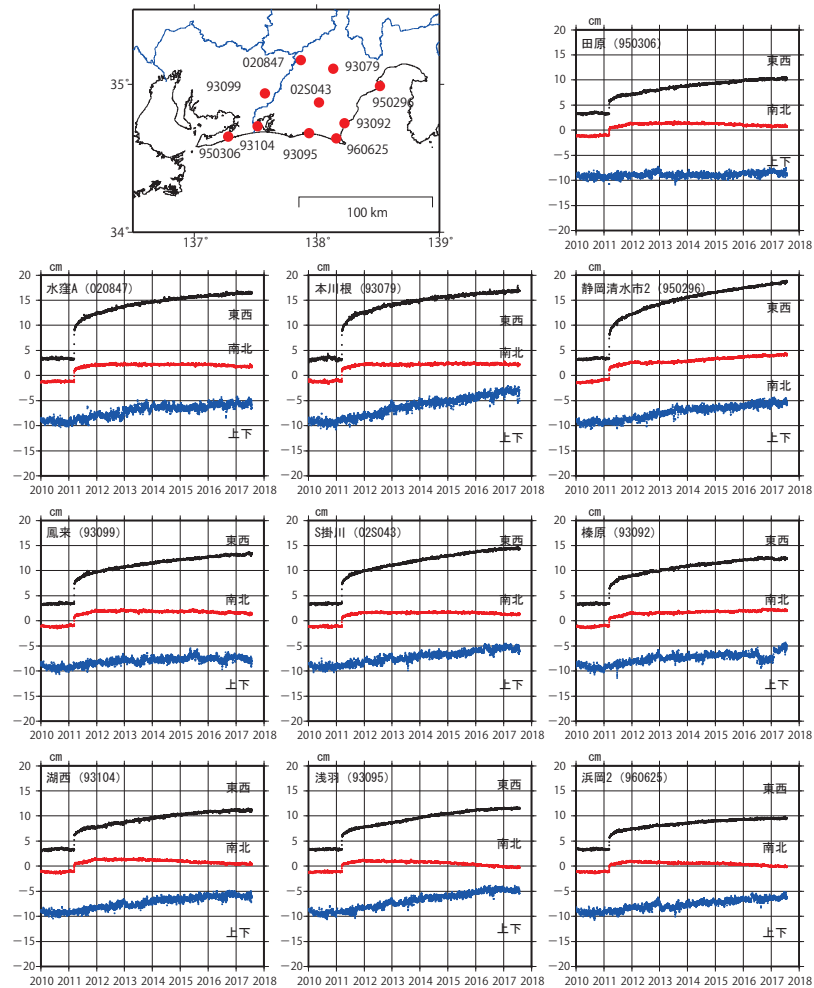


- ・ 非定常地殻変動とは、時系列データから周期成分と一次トレンドを除去したもの。2012年以降のデータに対して、多項式曲線と2013年1月以前と以後でそれぞれ周期成分（年周・半年周）を同時に推定している。一次トレンドは、2008年1月～2011年1月のデータから推定している。
- ・ カルマンフィルターで平滑化した値を示している。
- ・ 三隅には2016年4月の熊本地震に伴う地殻変動の補正を行った。

第41図 東海地方の非定常水平地殻変動（三隅固定）

Fig. 41 Transient horizontal deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai district (fixed Misumi).

東海地方の非正常地殻変動時系列 [固定局：三隅]

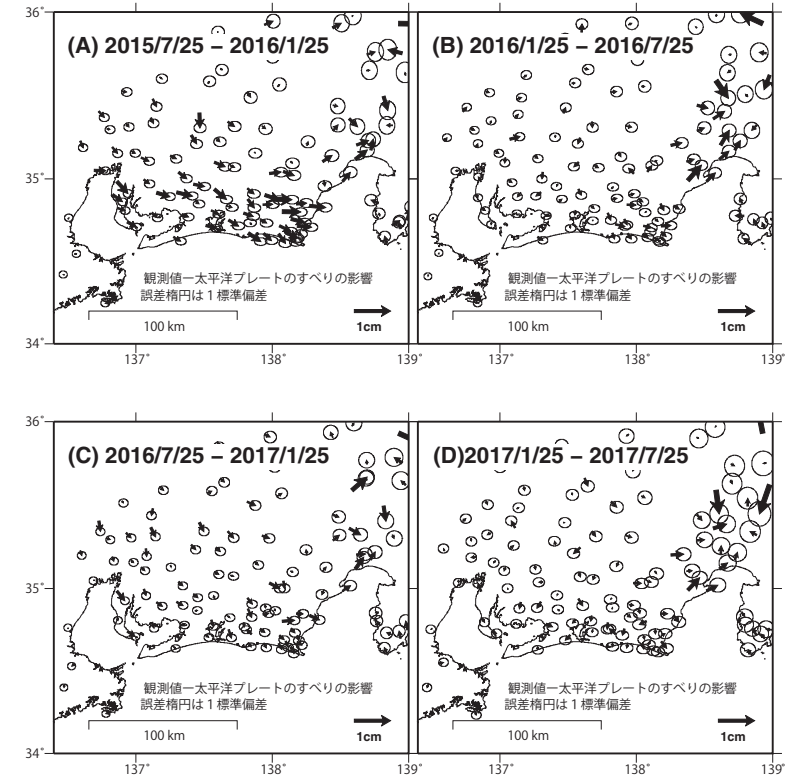


- ・非正常地殻変動とは、時系列データから周期成分と一次トレンドを除去したものの、2012年以降のデータに対して、多項式曲線と2013年1月以前と以後でそれぞれ周期成分（年周・半年周）を同時に推定している。一次トレンドは、2008年1月～2011年1月のデータから推定している。
- ・3日移動平均の値を示している。
- ・三隅には2016年4月の熊本地震に伴う地殻変動の補正を行った。

第42図 東海地方の非正常地殻変動時系列（三隅固定）

Fig. 42 Time series of transient displacement in the Tokai district (fixed Misumi).

東海地方の非正常的な地殻変動（余効変動除去後）



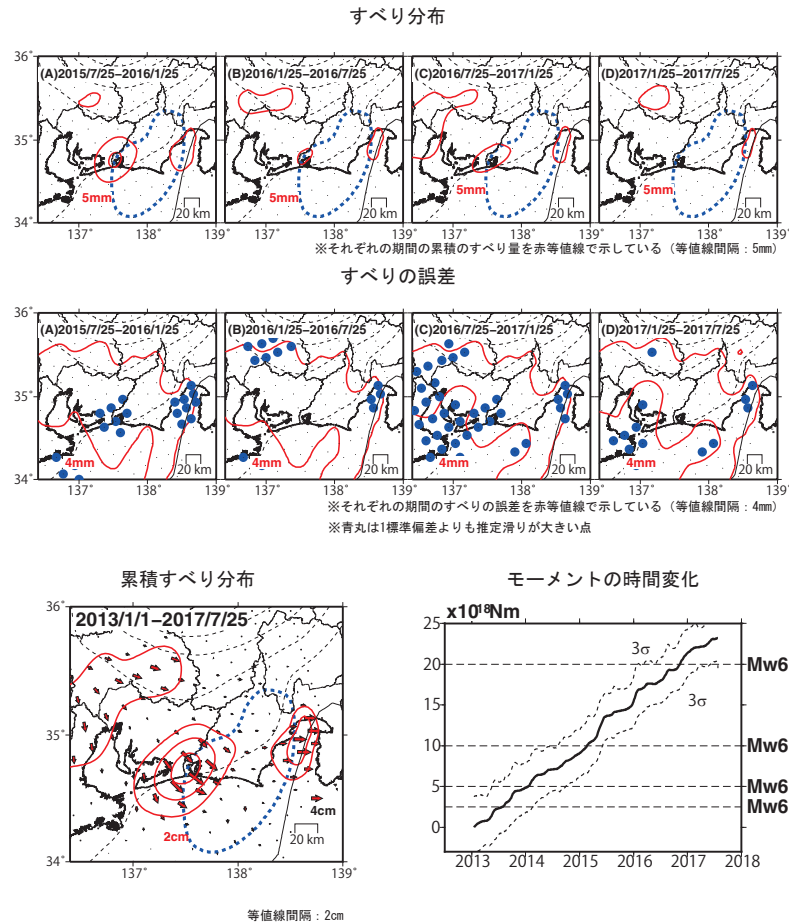
固定局：三隅 (950388)

- ・GNSS 連続観測の結果から非正常地殻変動の時系列データを作成し、それをカルマンフィルターで平滑化したデータから、推定された東北地方太平洋沖地震後の太平洋プレート上面における余効すべりの影響を取り除いたものを示している。
- ・非正常地殻変動とは、時系列データから周期成分と一次トレンドを除去したもの。2012年以降のデータに対して、多項式曲線と2013年1月以前と以後でそれぞれ周期成分（年周・半年周）を同時に推定している。一次トレンドは、2008年1月～2011年1月のデータから推定している。
- ・誤差楕円は、非正常地殻変動の時系列をカルマンフィルターで平滑化してそれから推定される誤差と東北地方太平洋沖地震後の太平洋プレート上面における余効すべりのモデルから計算される地殻変動の誤差から計算している。

第43図 東海地方の非正常的な地殻変動（余効変動除去後）

Fig. 43 Transient deformation in the Tokai district. Postseismic deformation is removed.

時間依存インバージョンによるすべり分布モデルとモーメントの時間変化

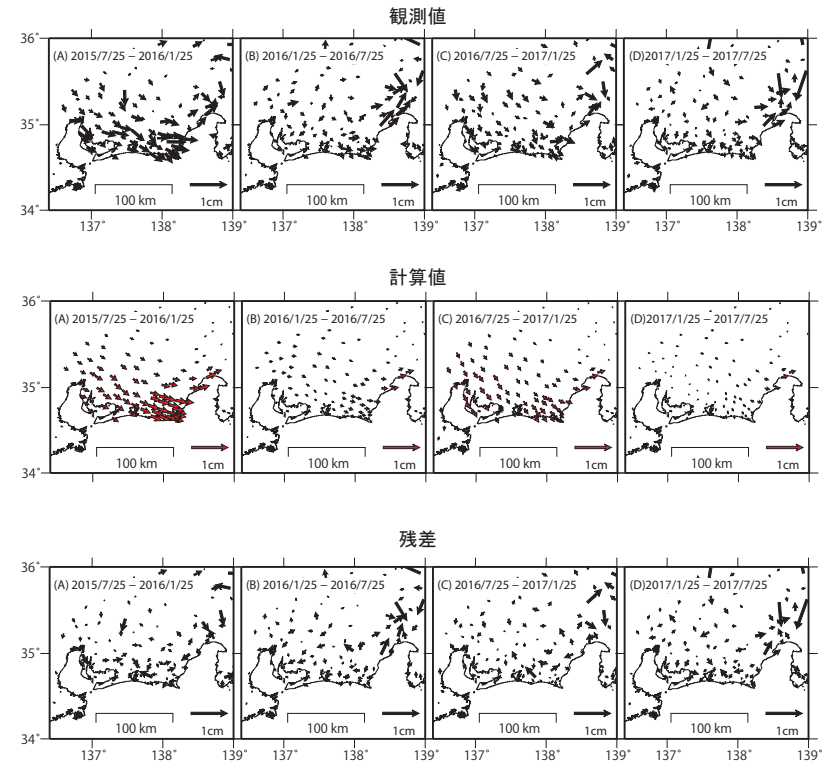


- ・GNSS 連続観測の結果から非定常地殻変動の時系列データを作成し、時間依存のインバージョンでフィリピン海プレート及び太平洋プレート上面のすべりを同時に推定している。
- ・非定常地殻変動とは、時系列データから周期成分と一次トレンドを除去したもの。2012年以降のデータに対して、多項式曲線と2013年1月以前と以後でそれぞれ周期成分（年周・半年周）を同時に推定している。一次トレンドは、2008年1月～2011年1月のデータから推定している。
- ・推定されたフィリピン海プレート上面のすべり量とその誤差を、上段と中段にそれぞれ期間ごとに示している。

第44図 時間依存インバージョンによるすべり分布モデルとモーメントの時間変化

Fig. 44 Time evolution of the estimated slip distribution and moment by the time dependent inversion method. Slip distribution (top), slip error (middle), accumulated slip distribution (lower left), time series of estimated moment (lower right).

東海地方の地殻変動の観測値と計算値の比較（水平変動）

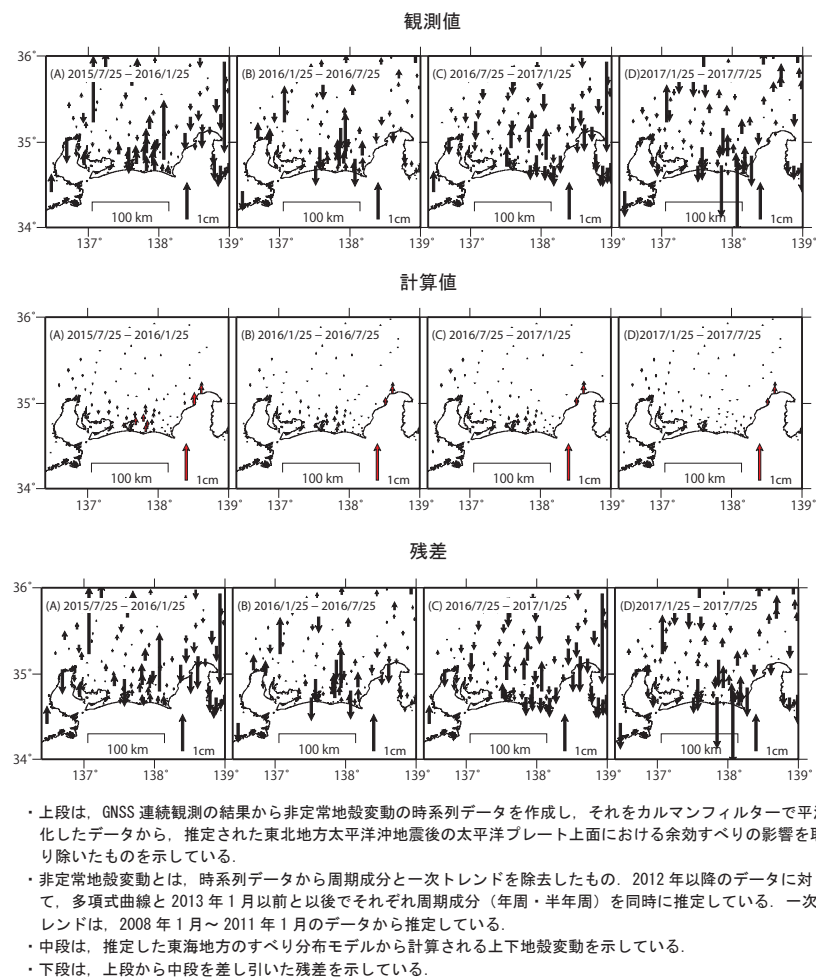


- ・上段は、GNSS 連続観測の結果から非定常地殻変動の時系列データを作成し、それをカルマンフィルターで平滑化したデータから、推定された東北地方太平洋沖地震後の太平洋プレート上面における余効すべりの影響を取り除いたものを示している。
- ・非定常地殻変動とは、時系列データから周期成分と一次トレンドを除去したもの。2012年以降のデータに対して、多項式曲線と2013年1月以前と以後でそれぞれ周期成分（年周・半年周）を同時に推定している。一次トレンドは、2008年1月～2011年1月のデータから推定している。
- ・中段は、推定した東海地方のすべり分布モデルから計算される水平地殻変動を示している。
- ・下段は、上段から中段を差し引いた残差を示している。

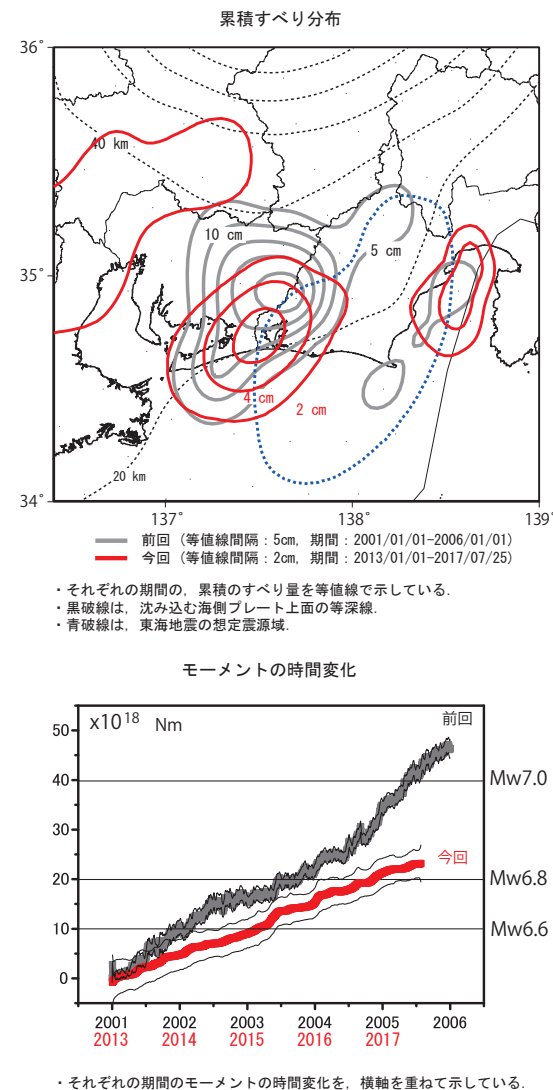
第45図 東海地方の地殻変動の観測値と計算値の比較（水平変動）

Fig. 45 Comparisons between observed and calculated horizontal displacements in the Tokai district. Observation (top), calculation (middle), residual (bottom).

東海地方の地殻変動の観測値と計算値の比較（上下変動）



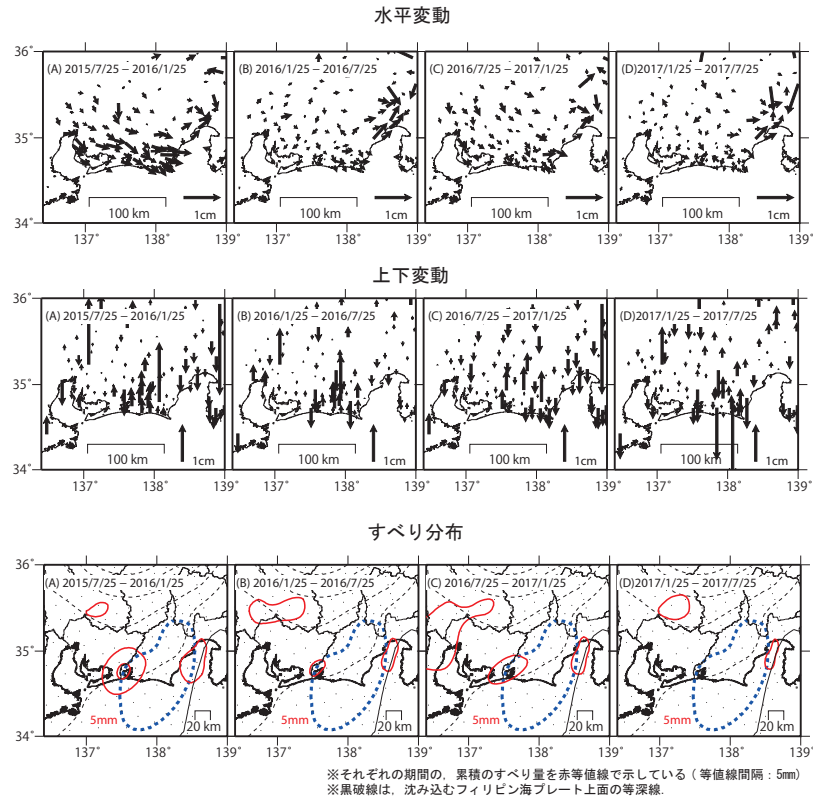
非定常地殻変動から推定される累積すべり分布及びモーメントの時間変化（暫定）



第 46 図 東海地方の地殻変動の観測値と計算値の比較（上下変動）
Fig. 46 Comparisons between observed and calculated vertical displacements in the Tokai district. Observation (top), calculation (middle), residual (bottom).

第47図 非定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）
Fig. 47 Comparisons of accumulated slip distribution and time series of estimated moment between the 2014-2015 event and the last event (2001-2005) (preliminary result). Slip distribution (top), time series of estimated moment (bottom).

東海地方の非定常地殻変動及びすべり分布の時間変化



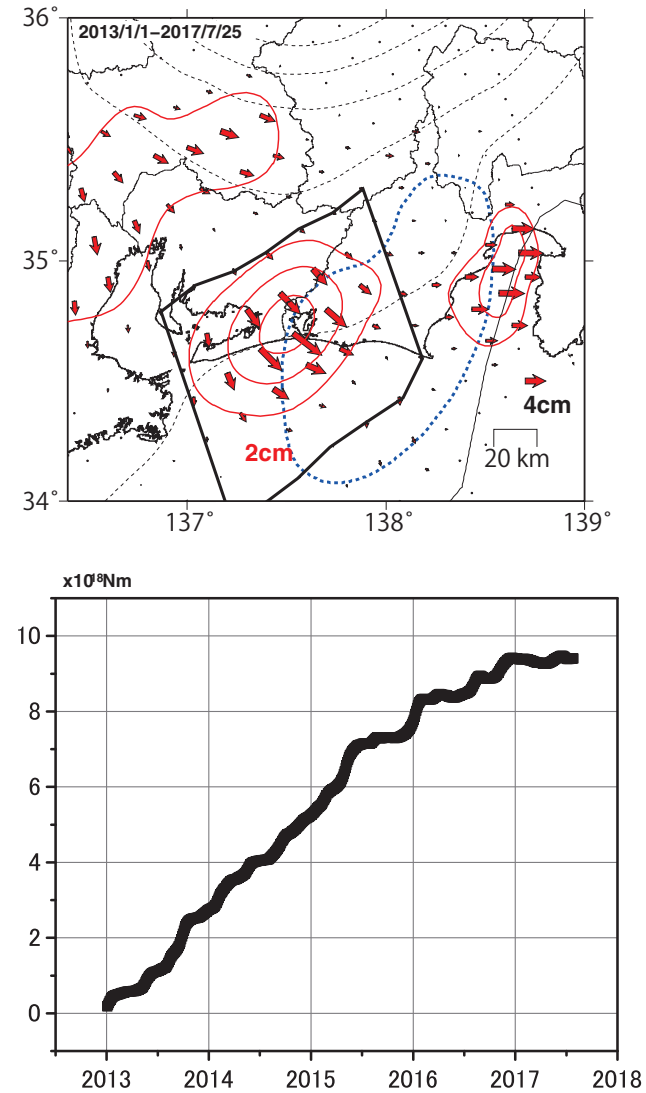
- ・上段及び中段は、GNSS 連続観測の結果から非定常地殻変動の時系列データを作成し、それをカルマンフィルタで平滑化したデータから、推定された東北地方太平洋沖地震後の太平洋プレート上面における余効すべりの影響を取り除いたものを示している。
- ・非定常地殻変動とは、時系列データから周期成分と一次トレンドを除去したもの。2012 年以降のデータに対して、多項式曲線と 2013 年 1 月以前と以後でそれぞれ周期成分（年周・半年周）を同時に推定している。一次トレンドは、2008 年 1 月～2011 年 1 月のデータから推定している。
- ・時間依存のインバージョンでフィリピン海プレート及び太平洋プレート上面のすべりを同時に推定した。推定されたフィリピン海プレート上面のすべり量を下段に示している。

第48図 東海地方の非定常地殻変動及びすべり分布の時間変化

Fig.48 Time evolution of transient displacement and slip distribution in the Tokai district.
Horizontal deformation (top), vertical deformation (middle), slip distribution (bottom).

浜名湖周辺のモーメントの時間変化

浜名湖周辺（下図黒線枠内）のモーメント増加は2016年12月以降は停滞している。



第49図 浜名湖周辺のモーメントの時間変化

Fig. 49 Time series of estimated moment around Lake Hamana.