

6-5 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

[験潮 東海地方]

第1図は東海地方各験潮場間の月平均潮位差である。最近、目立った傾向の変化は見られない。

[水準測量 森～掛川～御前崎]

第2～6図は年4回の繰り返しによる東海地方（森町～御前崎間）の水準測量結果である。

第2図の最上段は、最新の観測結果を前回と比較した各水準点の上下変動である。特に目立った上下変動は見られない。水準点間に平均間隔約500mごとに設置されている固定鋺の上下変動データも表示している。一般的に、固定鋺は水準点より基準点としての安定性には欠けるが、この地区の固定鋺は設置されてから時間が経過して安定しており、より高密度に上下変動を監視したり、表層の沈下を区別するために有効である。

第3図は、御前崎地区水準測量の代表的データとされている掛川（140-1）からみた御前崎市浜岡（2595）の上下変動時系列である。下のプロットが年周成分除去後の時系列である。2000年夏以前のスロースリップ開始前の沈下の速度と比較して、スロースリップ進行期である2000年秋頃から2005年夏頃までは沈下速度が速かった。2005年夏以降の沈降速度は、2000年夏以前にほぼ戻っていた。2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震で若干の影響を受けた可能性もあるが、長期的な沈降傾向の延長上にあるように見える。なお、震源断層モデルからは約3mmの掛川に対する御前崎の沈降が計算される。また、GEONETでもごくわずかな沈降が観測されている。

第4図は、最新の変動がトレンド上に乗っているかどうか等を、できるだけ定量的に判断するための資料である。2000年秋～2005年夏のスロースリップイベント（SSE）進行期とその前後の期間の3つの期間に分けて、トレンド（傾き）を推定した後、年周を推定した。上段の時系列は、前図の年周成分除去前の1995年以降のものである。破線が、3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、期間（3）に約-5mm/年と期間（1）の沈降速度に近づいている。年周変動の振幅は、小さくなっている。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、最近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。これを見ると、長期的な傾向に顕著な変化は見られない。

第5図は、森町（5268）を基準とした掛川（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の長期的な沈降傾向に顕著な変化は見られない。

[水準測量 御前崎 時系列]

第6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。御前崎先端側のわずかな隆起の傾向が見られる。御前崎験潮所附属水準点は、2009年8月駿河湾の地震時に局所的に沈下したとみている。

[水準測量 御前崎先端部 毎年8月（一部は2月）に報告]

第7～8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。顕著な上下変動は見えない。最近は概ね半年に1回の頻度で実施している。4段目は、今回2010年1月の最新の結果を前回2009年7月の結果と比較した結果で、2009年8月11日の駿河湾の地震を挟んだ期間であり、地震動の影響と見られる局所的な沈下が2593-2、御前崎験潮所附属水準点、長距離水管傾斜計Wで見られる。

第8図は、網平均を行った結果で、最新の上下変動は小さめである。

[GPSと水準測量の比較 御前崎]

第9図は、6ヶ月毎に行われる電子基準点の水準測量（取付観測という）を用いて、電子基準点間の比高変化について、水準測量と、GPS連続観測結果を比較したものである。2011年春、水準測量結果は隆起の傾向が見られる一方、GPS観測では沈降が見られる。2010年秋から水準測量時期を冬と夏から秋と春に変更した。

第10図は、GPS高精度比高観測点間の比高変化について、水準測量と、GPS連続観測結果を比較したものである。電子基準点間の比高変化について、水準測量と、GPS連続観測結果を比較したものである。2011年のデータを詳しく比較すると、水準測量結果は上下変動が小さい一方、GPS観測では約1cm程度の変化が見られるが原因は不明である。2010年秋から観測時期を冬と夏から秋と春に変更した。

因みに、地震予知連絡会会報第86巻において、2011年4月の水準測量のプロットが若干隆起気味になっているのは、グラフ作成時の数値の取扱ミスであり、お詫びして今回の表示に訂正したい。

[GPS 上下 高精度比高観測 御前崎]

第11～15図は、掛川－御前崎間において1999年4月から観測を開始した高精度比高観測（GPS連続観測）の結果である。第11図上段に示した観測点配置でGPS連続観測を実施している。約2cmのばらつきが見られるが、長期的な沈降の傾向が見られる。これらを1ヶ月・10日間平均したものが次図・次々図である。

第12図は全点の1ヶ月毎の移動平均値、第13図は全点の10日間毎の移動平均値を表示したものである。図の右に各点の上下変動速度（マイナスは沈降）が表示されている。高精度比高観測点のデータを解析する際に、電離層遅延の影響を周辺の電子基準点の2周波データにより推定している。アンテナ交換により位相特性が変わってしまったために生じた計算値のギャップは、トレンドを連続したものとなるように補正値を調整した。2003年5～6月でのグラフの乱れは、アンテナ交換等の時期が観測点により違うため、補正を十分行えなかったことによるものである。3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う御前崎側の沈降とその後の隆起が見られる。震源断層モデルからは約3mmの掛川に対する御前崎の沈降が計算されるがこれより大きい。

第14図は最近3年間の比高の3ヶ月平均の変化を前3ヶ月との比較で示したもので、特段の傾向の変化は見られない。3段目の図には、東北地方太平洋沖地震に伴うものと考えられる御前崎側沈降が見られる。震源断層モデルからは約3mmの先端側沈降が計算されるがこれより大きい。

第15図は最近1年間の比高の1ヶ月平均の変化を前月との比較で示したものである。

[水準測量 2週間毎 静岡県菊川市]

第16～17図は静岡県が2週間毎に実施している菊川市、掛川市付近の水準測量の結果である。グラフの掲載順序は、最初の図に東側の路線を、次の図に西側の路線をまとめた。各図の最上段には、一番長い路線を示し、次に路線の各部分を北側から掲載した。

第16図上段のSF2129から2601に至る北北西－南南東方向の路線（約2km）では、2009年4月10日に約2.5mmの南側隆起が見られたが、その後戻った。

第16図、第17図それぞれ中段のSF2129から2602-1に至る南北の短い路線（約100m）のそれぞれ独立の観測値は、2602-1で2009年8月11日の駿河湾の地震時に1mmを超える沈下を示した。第17図の最上段を見ると、10333も同時に沈下した可能性がある。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18図の傾斜ベクトルの時間変化では、全体としては、揺らぎを伴いながらも、長期的に南南東傾斜の傾向が見られる。

[水準測量 東海地方 毎年8月または11月に報告]

第19～22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。第19図は国道1号線沿いの一等水準路線で、静岡市128-1から掛川市140-1までの区間における結果である。今回の結果は、長波長の隆起沈降傾向は明瞭ではない。SSE進行期には、藤枝市の134-1に対して、掛川の140-1が隆起する傾向が見られたが、最新の結果ではこの傾向とは異なる。

第20図は、同じ国道1号線沿いの路線中、掛川以西の浜松市の水準点148までと、浜名湖の北東側を浜松市（旧三ヶ日町）の基38まで至る区間における測量結果である。掛川から見ると、2003年6月から2005年7月までは浜松側が全面的に隆起していたが、今回は目立った隆起、沈降の傾向はない。

第21図は、藤枝市から駿河湾沿いに牧之原市（旧相良町）の準基1354に至る路線の水準測量結果である。前々回は、藤枝市側が少し隆起していたが、前回の上下変動は小さい。2段目のグラフに2009年8月11日の駿河湾の地震に伴う隆起が見られる。今回は目立った隆起、沈降の傾向は見られない。

第22図は、浜松市（旧舞阪町）舞阪験潮場から御前崎市2597までの遠州灘沿岸沿いの路線における水準測量結果である。長期的な傾向と同じ、東側沈降が見られる。

第23図は渥美半島における水準測量結果である。浜松市から田原（たはら）市にかけて、小さな西側沈降が見られる。

[水準測量 東海地方 網平均計算結果 毎年8月または11月に報告]

第24～27図は東海地方の水準測量の網平均計算結果を、連続した長い路線として昨年の観測結果と比較したものである。第24図の国道1号線から御前崎に至る路線では、特に目立った上下変動は見られない。2段目では2009年8月11日の駿河湾の地震時の地震動の影響と見られる局所的な沈降が牧之原市2593-2、御前崎験潮所附属水準点などで見られる。

第25図の海岸沿いの路線では、特に目立った上下変動は見られない。前回の2段目では、焼津市の水準点2572を中心に、2009年8月11日の駿河湾の地震時の断層運動に伴う最大1cm超の隆起が見られる一方、盛土等の軟弱地盤上に位置する水準点2593-2、2591、2589、2573、2684等では、地震動による局所的な沈下が観測された。

また、第 26 図、第 27 図の国道 1 号沿いと浜名湖北東側の路線の連結で見ると、特に目立った上下変動は見られない。

[水準測量 上下変動の空間分布 東海地方 毎年 8 月または 11 月に報告]

第 28 ～ 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。固定点は、1 年前と同じ藤沢市の水準点 134-1 である。全般的な傾向は、西が隆起、東が沈降である。スロースリップ進行期（2000 年秋頃～2005 年夏頃）の図には、縦の等変動量線が中央部に 2 本以上入っていて、西側の隆起が目立って大きかったが、最新の図では西側輪隆起はかなり小さい。最後から 1 つ前の 2009 年 7 月から 2010 年 7 月までの図では、変動は小さめであるが、焼津付近で、2009 年 8 月駿河湾の地震に伴う隆起が見られる。

第 30 図は非定常地殻上下変動の分布を水準測量データにより描いたもので、第 30 図右下の最新の結果には、1cm を超える目立った非定常上下変動は見られない。最後から 1 つ前の図では、2009 年 8 月駿河湾の地震に伴う断層運動による隆起と地震動による局所的な沈下が見られる（局所的な沈下を示す水準点も含まれている）。

[水準測量 東海地方 時系列]

第 31 図は、掛川の水準点 140-1 を基準とした東海地方各水準点の経年的変動を示したグラフである。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。御前崎験潮所附属水準点で見られる 1cm を超える沈下は 2009 年 8 月の駿河湾の地震時の局所的な沈下とみている。

第 32 ～ 33 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作成した各水準点の経年的変化のグラフである。時間を横軸にとって 1901 年および 1979 年以降の上下変動を水準点毎に見たものである。固定点は藤枝市の 134-1 に取ってある。最新の状況は 1994 の状況と似ている。146-1 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に隆起が加速していることが見られるほか、第 32 図の古い期間を含む図では、1970 年前後にも隆起速度の大きい時期があるのが確認できる。第 33 図の最下段の 2 つの水準点 132 と 129 について 2008 ～ 2010 年のプロットがそれぞれ隆起傾向と沈降傾向を示しているが、これら 2 つの水準点の間に位置する 2 つの水準点 131-1, 130-1 では目立った変動は見られないことから、テクトニックな変動ではないとみられる。

[東海地方 電子基準点上下 GPS と水準測量の比較 毎年 8 月または 11 月に報告]

第 34 図は、東海地方の電子基準点の上下変動について、水準測量と GPS 観測の時系列を比較したものである。掛川を基準とした変動の傾向は、GPS と水準でほぼ整合している。

[GPS 御前崎とその周辺]

第 35 ～ 37 図は御前崎とその周辺の GPS 連続観測結果である。三ヶ日から榛原（はいばら）に至る東西方向の基線も併せて示している。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、GPS の上下には見られない。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

には起こらなかった。御前崎A観測点で、2009年8月11日に発生した駿河湾の地震時の飛びが見られる。なお、御前崎A観測点は、2010年3月に御前崎観測点から移転したもので、時系列グラフはその前後の観測値を接続したものである。第36図の(5)に東北地方太平洋沖地震時と地震後の基線短縮、第37図の(5)にわずかな沈降が見られる。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35図下段の観測局情報を参照する必要がある。

[GPS 駿河湾]

第38～39図は、駿河湾とその周辺のGPS連続観測時系列である。東北地方太平洋沖地震の震源域方向である北東方向に近い(4)等の基線では伸び、これに直交する(2)等の基線では縮みが地震時と地震後に観測されている。

第40図は、前図の時間微分を取って作成した基線長変化率である。どの基線でも平常時の変化速度は短縮を意味するマイナスである。通常は、 $\pm 2\text{cm/年}$ の範囲に収まっているが、夏季には、基線によっては $\pm 3\text{cm}$ を越えることもある。2009年8月11日の駿河湾の地震時に基線長変化速度が大きく変化した直後にほぼ通常範囲内に戻ったが、(3)と(4)の北東-南西方向の基線で東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響が続いている。(9)には季節変動も含まれるので注意が必要である。

[長距離水管傾斜計 御前崎・切山]

第41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。長期的な東側隆起の傾向が継続している。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おり、地震前後のデータに連続性はない。下側の○印の水管傾斜計のデータでは、2009年6月17日に西側局舎にも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、東側局舎へエアコンが設置されたのは1993年4月で、2002年の冬に両局舎の建て替えを行って密閉性が高まったとの記録がある。

第42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および時間平均値データである。2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震時に変化が見られる。

第43図は、切山水管傾斜計に平行な切山基線の光波測距結果である。基線長は約900mであるが、長さの変化は1mm以内で非常に安定しており、特段の変化は見られない。

[深井戸 歪み・傾斜 御前崎]

第44～46図は御前崎の地下約800mの深井戸で実施している地殻変動（歪み及び傾斜）連続観測結果である。特段の傾向の変化は見られない。

[東海地方の地殻変動の地震前の状況]

第47図は、白鳥（しろとり）観測点固定の平常時の地殻変動速度である。

[東海地方の地殻変動の地震後の状況]

第48図上段は、白鳥固定の最近1ヶ月の水平変動で、下段が1年前同時期の水平変動である。

通常の監視は1年または3ヶ月のデータで行っているのに対し、1ヶ月のデータではばらつきが大きい。しかし、余効変動の影響は小さくなってきたため、徐々に監視が可能になってきた。

第49図は、同様の上下の比較であり、水平よりもばらつきが大きい。数センチの異常は監視が可能になってきた。

第50～51図は、白鳥固定の1ヶ月ごとの水平・上下変動で、ばらつきは大きいものの、余効変動の影響が小さくなってきている。

第52図は、白鳥固定の3ヶ月ごとの水平・上下変動で、余効変動の影響が次第に小さくなってきている。

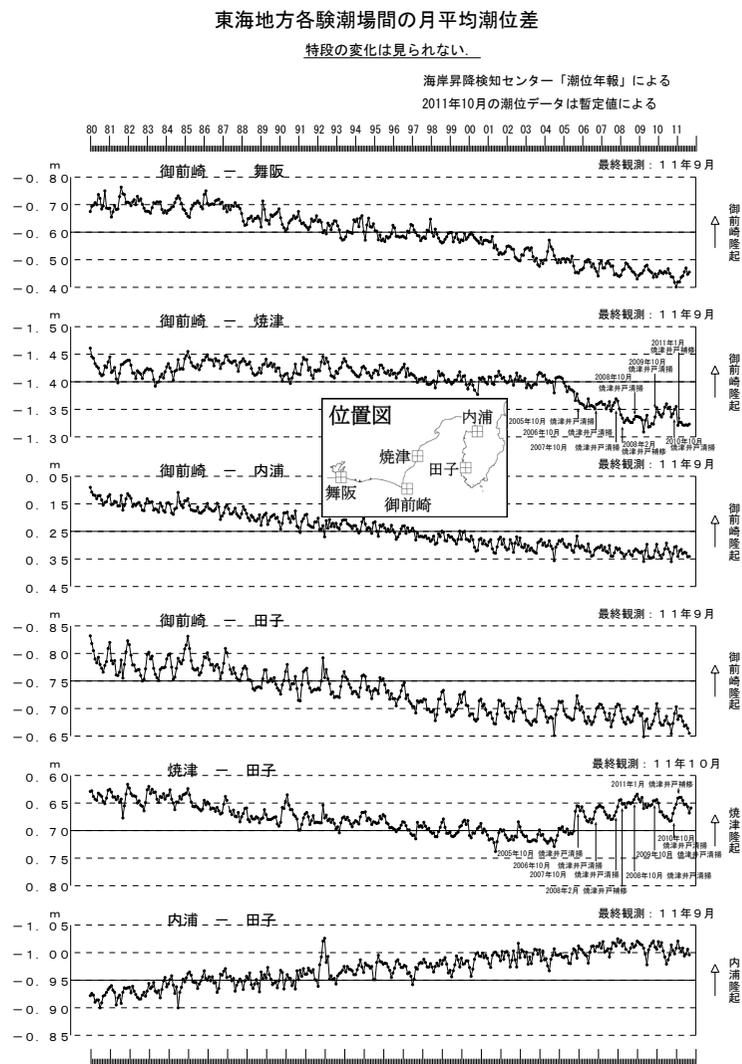
第53～54図は、東海地方のGPS連続観測点の白鳥固定の3成分時系列である。まだ、地震前の傾向には戻っていない。

[絶対重力変化 御前崎]

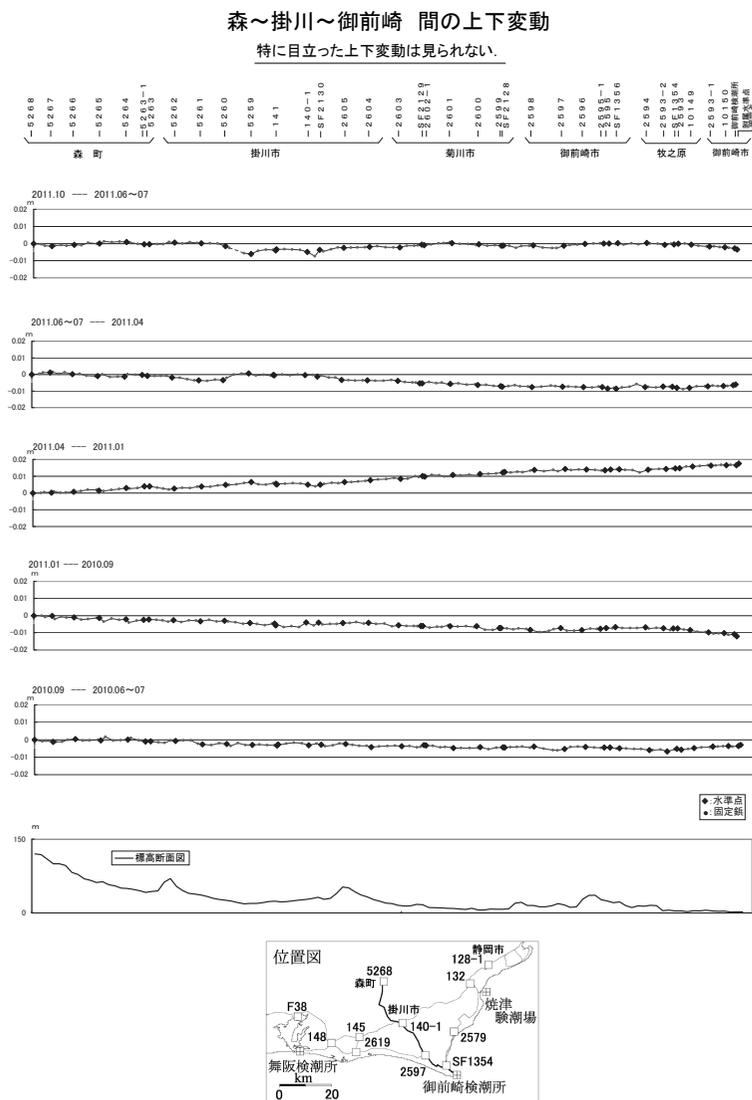
第55図は、御前崎における絶対重力測定の結果である。最新の測定結果では、重力値は増加傾向である。東北地方太平洋沖地震により、GPS観測では掛川に対し小さな沈降が観測されている。また、震源断層モデルからは約29mmの沈降（絶対値）が予想される。

参 考 文 献

- 1) 国土地理院, 2004, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 71, 481-583.
- 2) 国土地理院, 2004, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 72, 311-412.
- 3) 国土地理院, 2005, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 73, 166-227.
- 4) 国土地理院, 2005, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 74, 227-283.
- 5) 国土地理院, 2006, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 75, 288-374.
- 6) 国土地理院, 2006, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 76, 306-382.
- 7) 国土地理院, 2007, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 77, 229-312.
- 8) 国土地理院, 2007, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 78, 247-303.
- 9) 国土地理院, 2008, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 79, 244-323.
- 10) 国土地理院, 2008, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 80, 283-342.
- 11) 国土地理院, 2009, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 81, 392-453.
- 12) 国土地理院, 2009, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 82, 262-309.
- 13) 国土地理院, 2010, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 83, 273-349.
- 14) 国土地理院, 2010, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 84, 255-305.
- 15) 国土地理院, 2011, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 85, 188-242.
- 16) 国土地理院, 2011, 東海地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 86, 427-450.



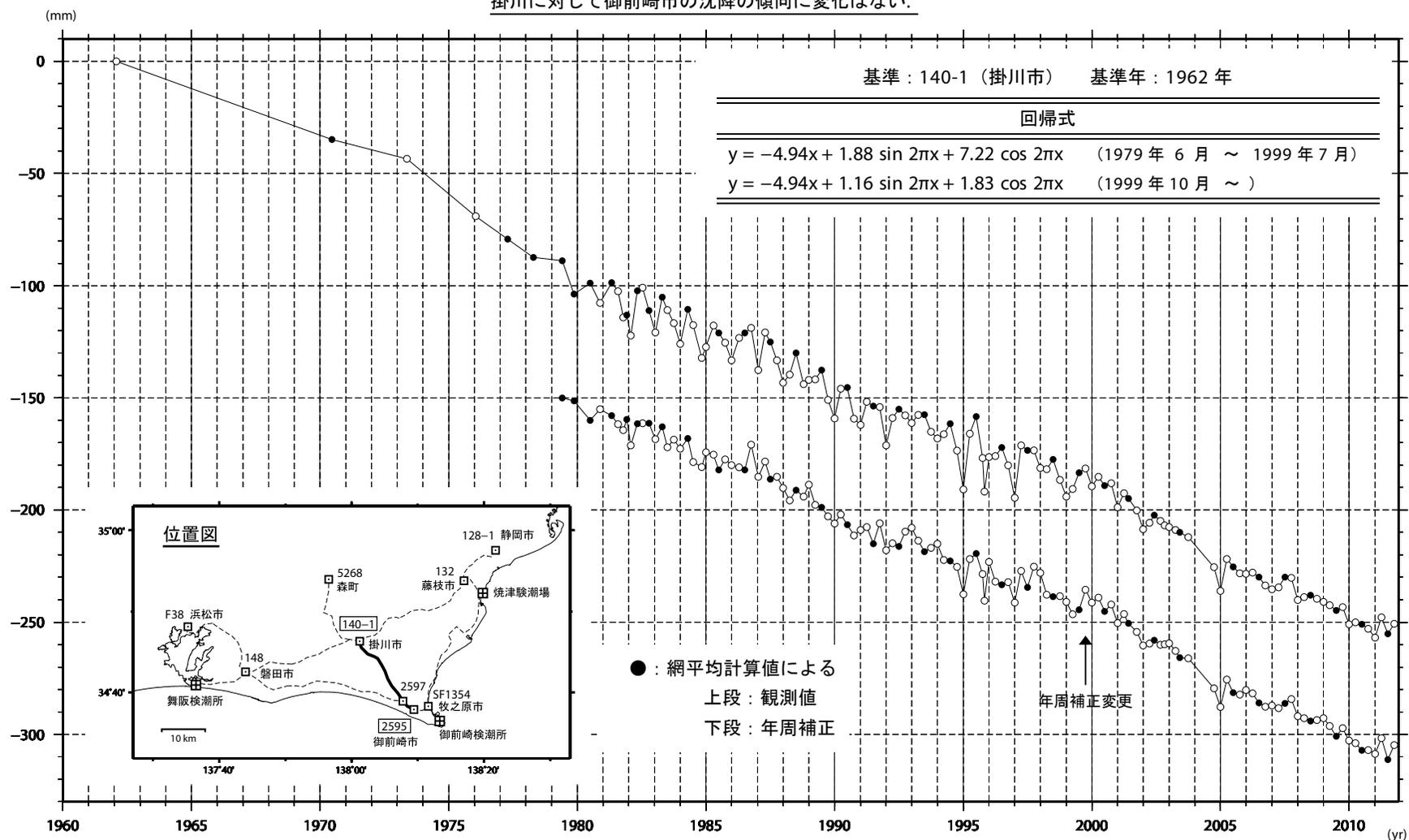
第1図 東海地方各験潮場間の月平均潮位差
Fig. 1 Plots of differences between monthly mean values at tidal gauges in the Tokai region.



第2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. 2 Vertical crustal movement from Mori town to Omazaki city via Kakegawa city.

水準点 2595（御前崎市）の経年変化

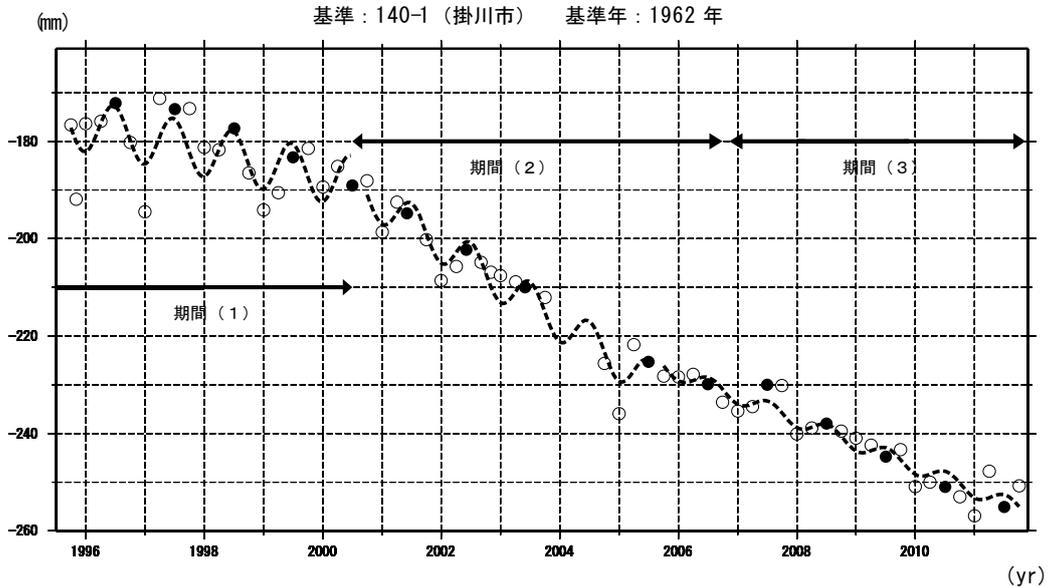
掛川に対して御前崎市の沈降の傾向に変化はない。



第 3 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. 3 Time series of height change of BM2595 (Hamaoka) as referred to BM1401 (Kakegawa).

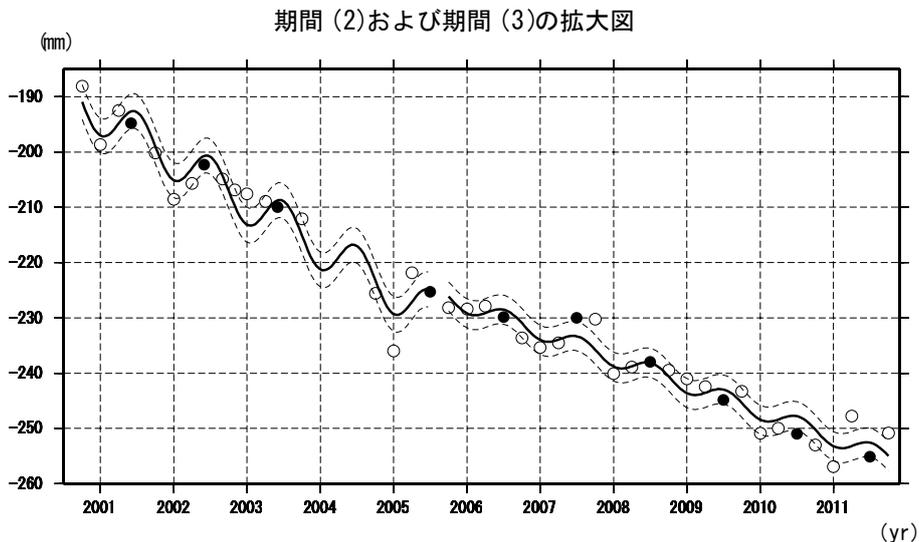
水準点 2595（御前崎市）の経年変化 スロースリップイベント期間で分けた回帰モデル

長期的な傾向に顕著な変化は見られない。



※ スロースリップイベントの (1) 開始以前、(2) 進行期、(3) 停止以後の 3 期間でそれぞれ回帰モデルを推定している。
 ※ (1)~(3)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)	1995.10 - 2000.7	-2.57	5.37	-79.0	5.39
期間 (2)	2000.10 - 2005.7	-8.07	4.14	-88.9	3.15
期間 (3)	2005.10 - 2011.10	-4.81	1.56	-100.8	2.63

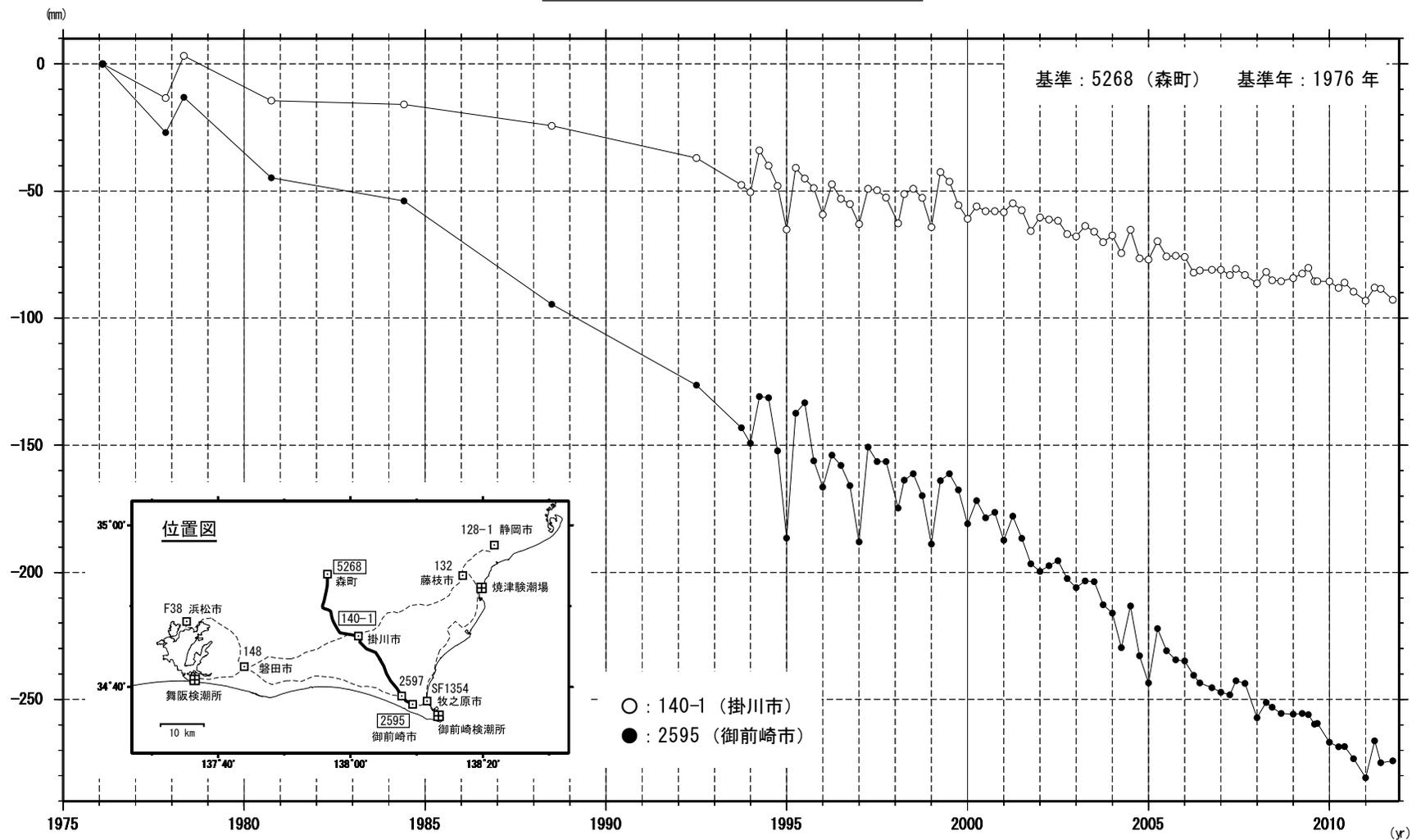


※ 各期間の回帰モデル (1 次トレンド+年周) を実線で表示している。
 ※ 回帰モデルからの残差による標準偏差を破線で示している。

第4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. 4 Regression model before, during and after the slow slip event between 2000 autumn and 2005 summer.
 Time series of height change from BM 5268 (Mori) to BM140-1 (Kakegawa) and BM2595 (Hamaoka).

水準点 (140-1・2595) の経年変化

長期的な傾向に顕著な変化は見られない。

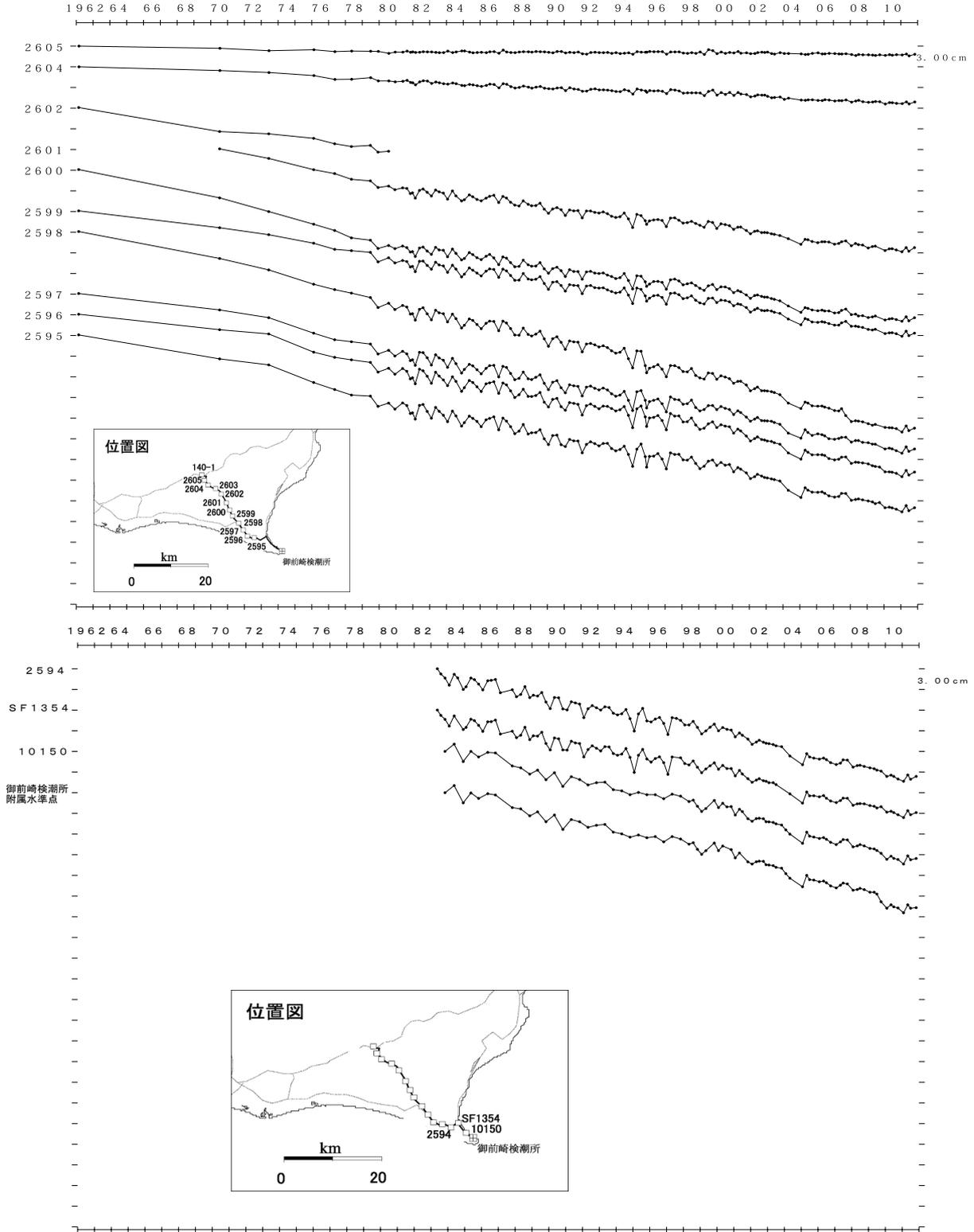


第5図 水準点 5268 (森) を基準とした 140-1 (掛川) と 2595 (御前崎市浜岡) の上下変動時系列
 Fig. 5 Time series of height change from BM 5268 (Mori) to BM140-1 (Kakegawa) and BM2595 (Hamaoka).

掛川～御前崎間の各水準点の経年変化

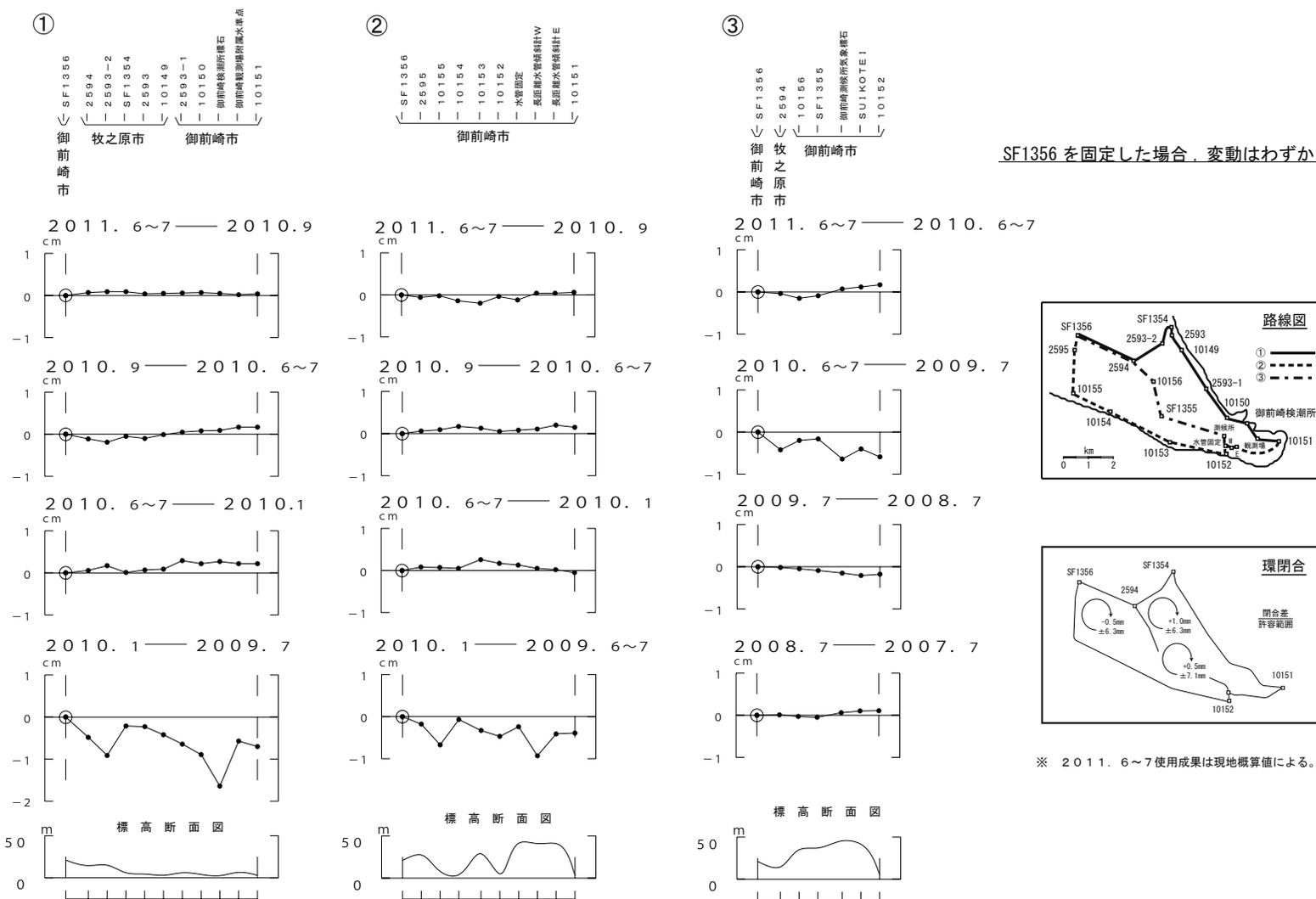
長期的な傾向に顕著な変化は見られない。

基準：140-1 基準年：1962



第6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. 6 Time series of height changes of benchmarks along the route between Kakegawa and Omaezaki as referred to BM1401 (Kakegawa).

御前崎の上下変動(1)

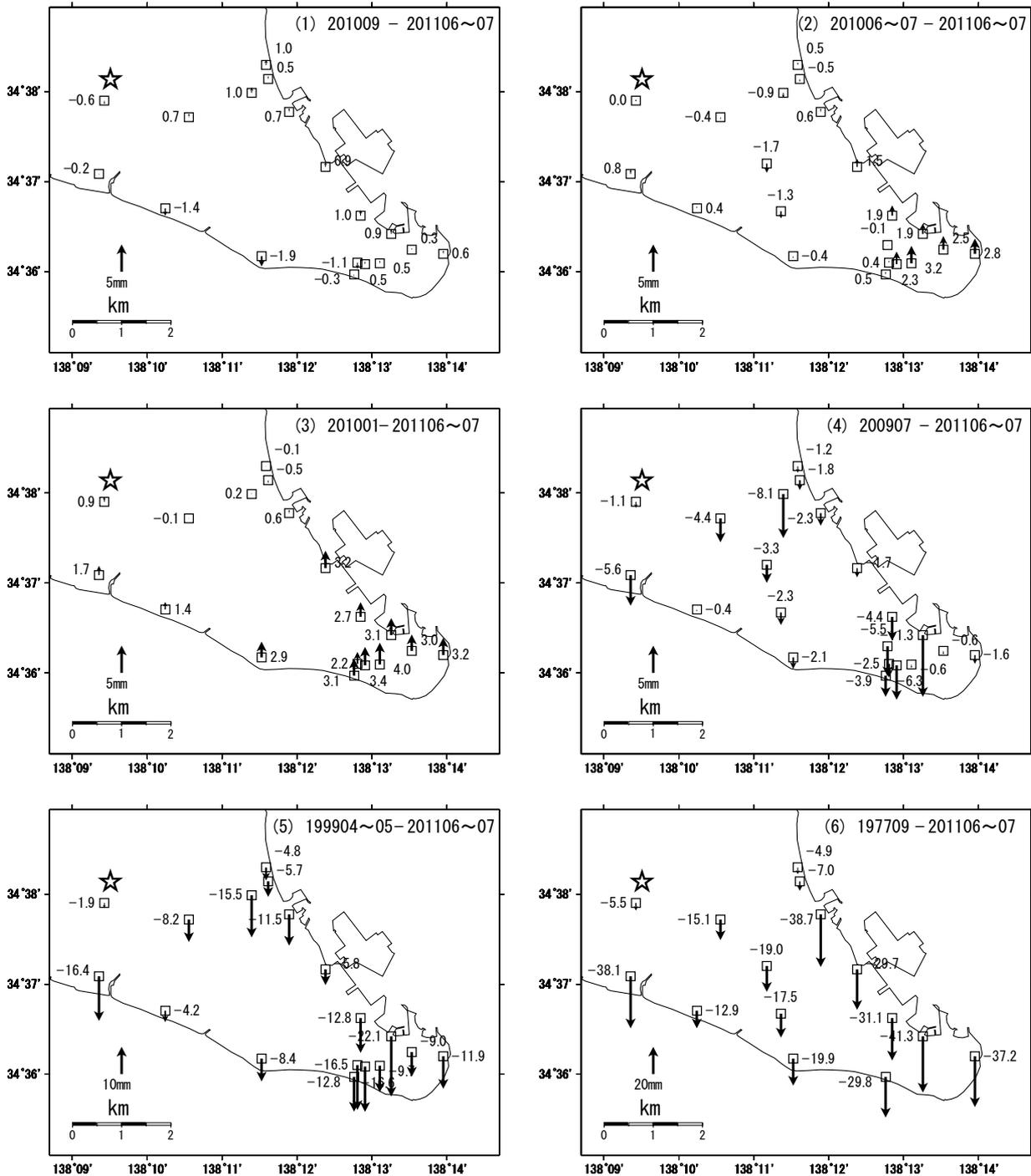


SF1356 を固定した場合、変動はわずかである。

第7図 水準測量による御前崎先端部の上下変動(1)
 Fig. 7 Vertical crustal deformation by the precise leveling survey around Omazaki (1/2).

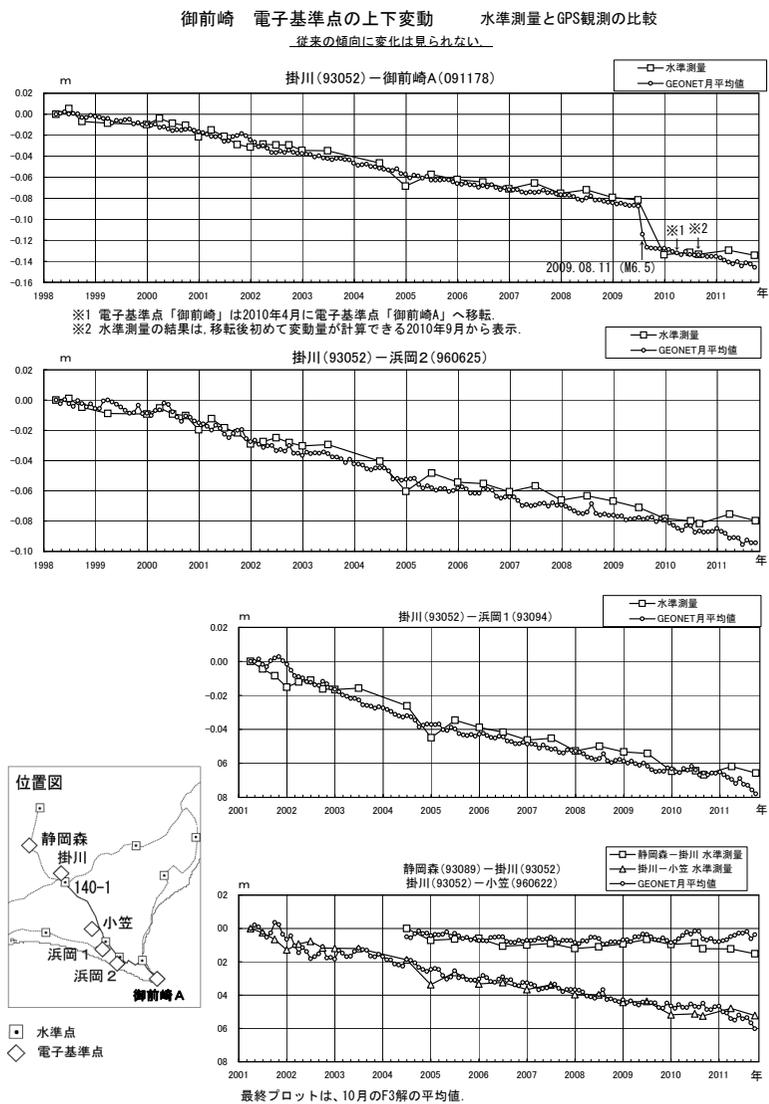
御前崎地方の上下変動(2)

最新の上下変動は小さめである。

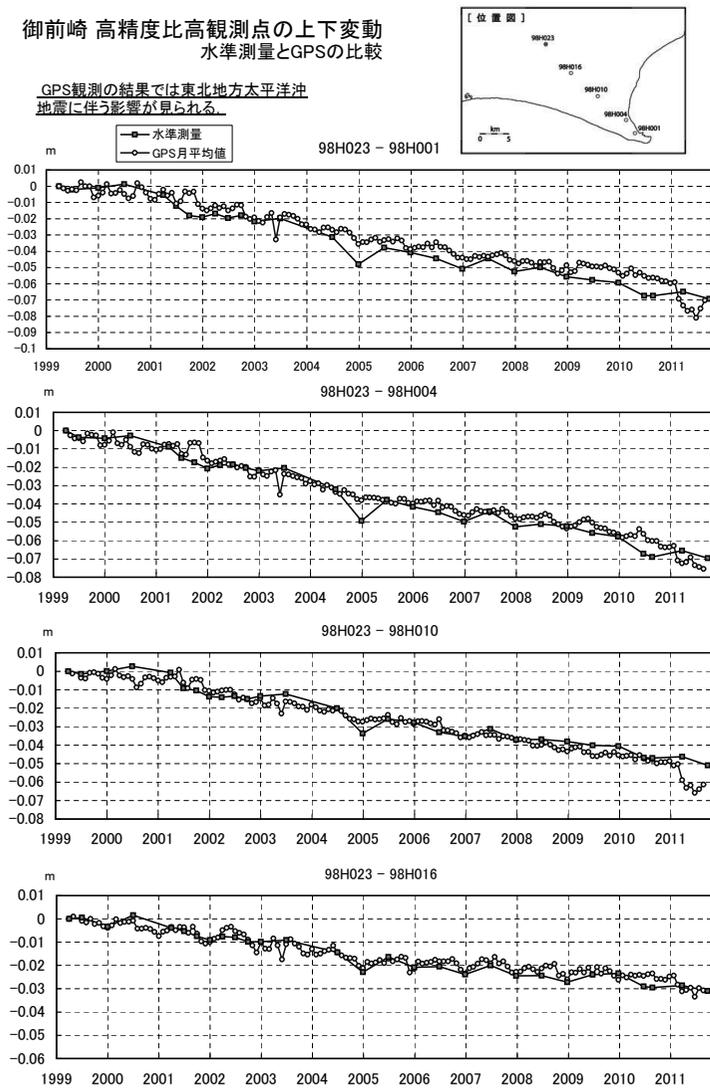


第8図 水準測量による御前崎先端部の上下変動 (2)

Fig. 8 Vertical crustal deformation by the precise leveling survey around Omaezaki (2/2).

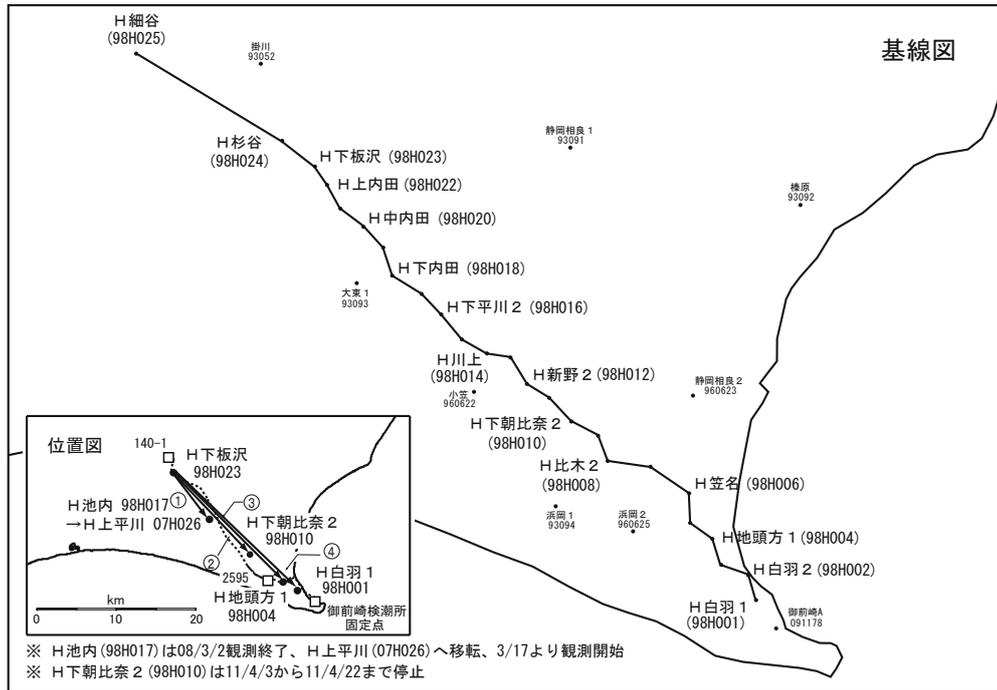


第9図 御前崎電子基準点の水準測量とGPSによる上下運動の比較
Fig. 9 Comparison of heights between the Leveling Survey and GPS.

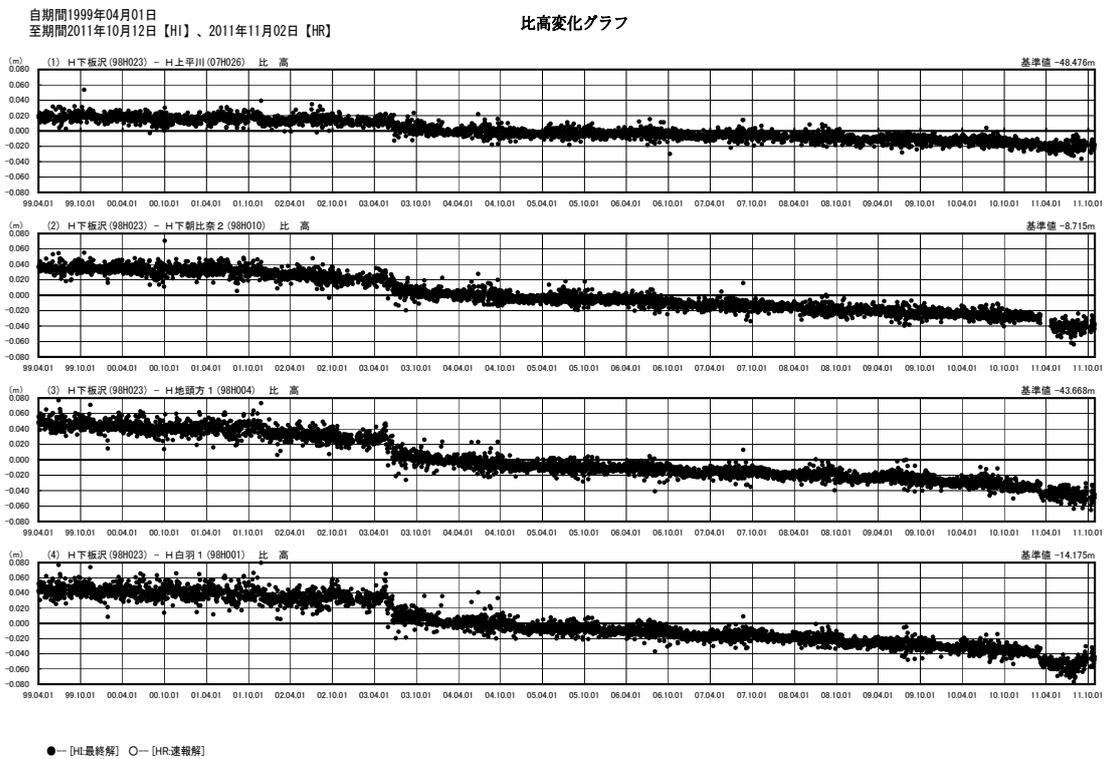


第10図 水準測量による取付観測と高精度比高観測点の比高変化
Fig. 10 Comparison between leveling and high precision vertical GPS measurements.

御前崎 高精度比高観測時系列 GPS

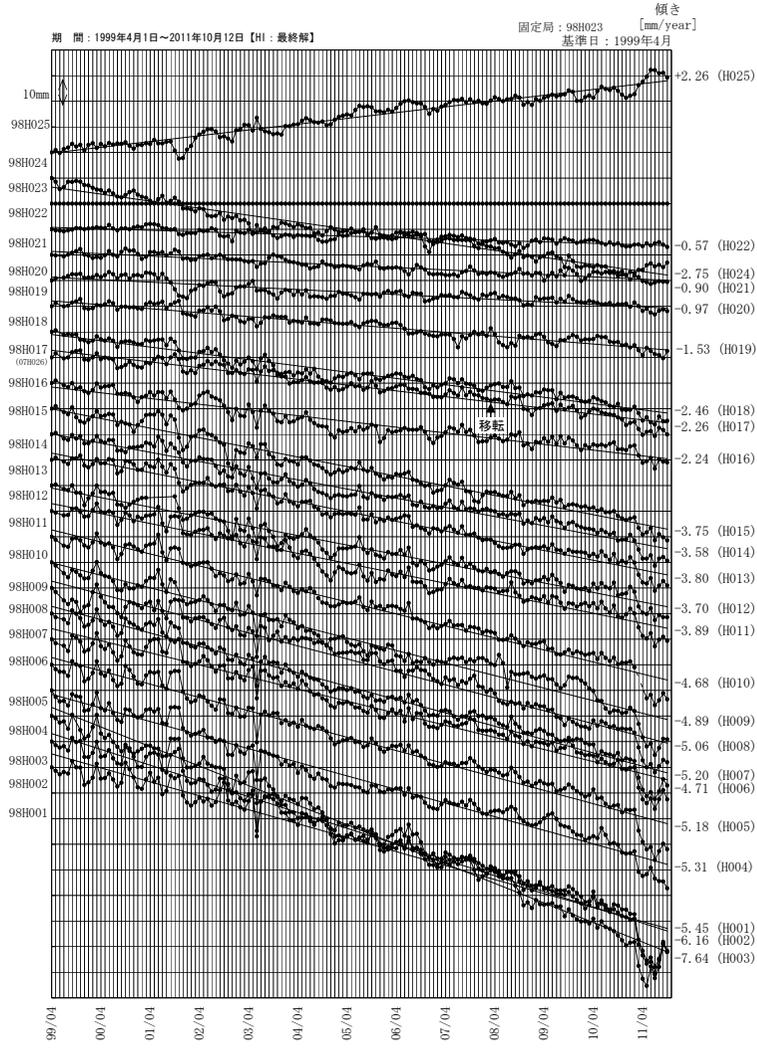


第 11 図 a 御前崎地域の高精度比高観測 GPS 観測結果 (基線図)
 Fig. 11a Results of high precision vertical GPS measurements in Omazaki region (Baseline map).



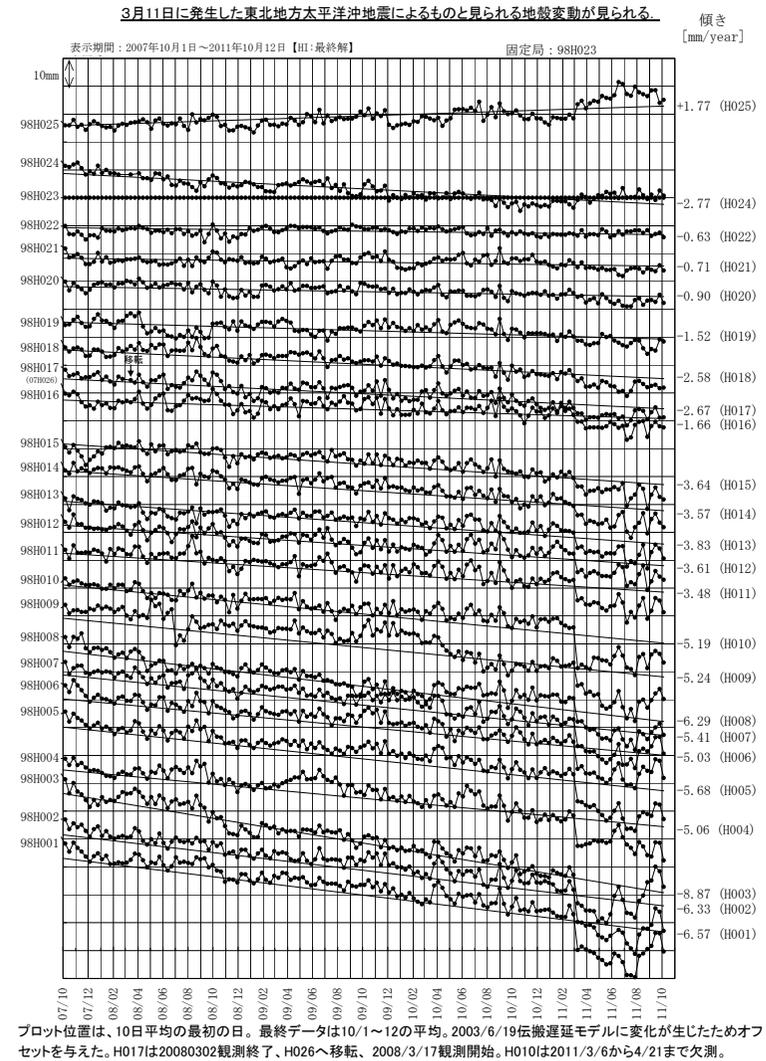
第 11 図 b 御前崎地域の高精度比高観測 GPS 観測結果
 Fig. 11b Time series of the height change in precision vertical GPS measurements sites in Omazaki region.

高精度比高観測による比高変化グラフ 月平均値
 3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の地殻変動の影響が見られる

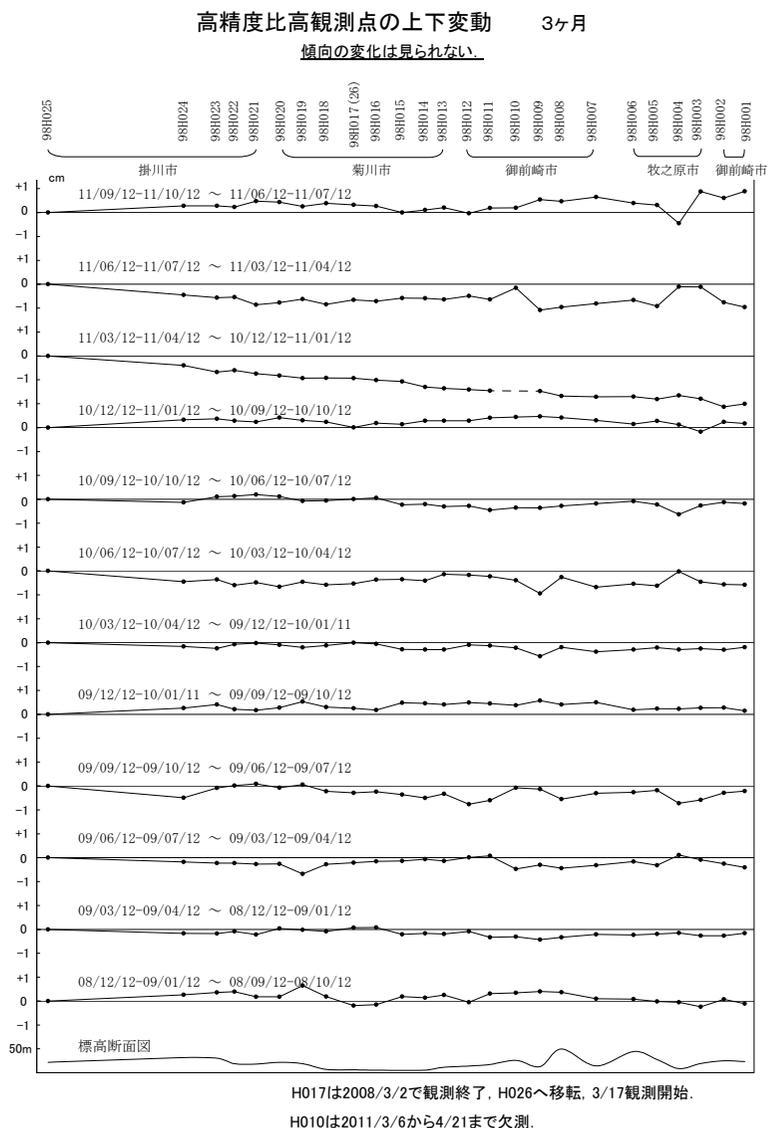


第 12 図 御前崎地域の高精度比高観測 GPS 観測結果 (1ヶ月間移動平均・時系列)
 Fig. 12 Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region (Time series of 1 month running mean).

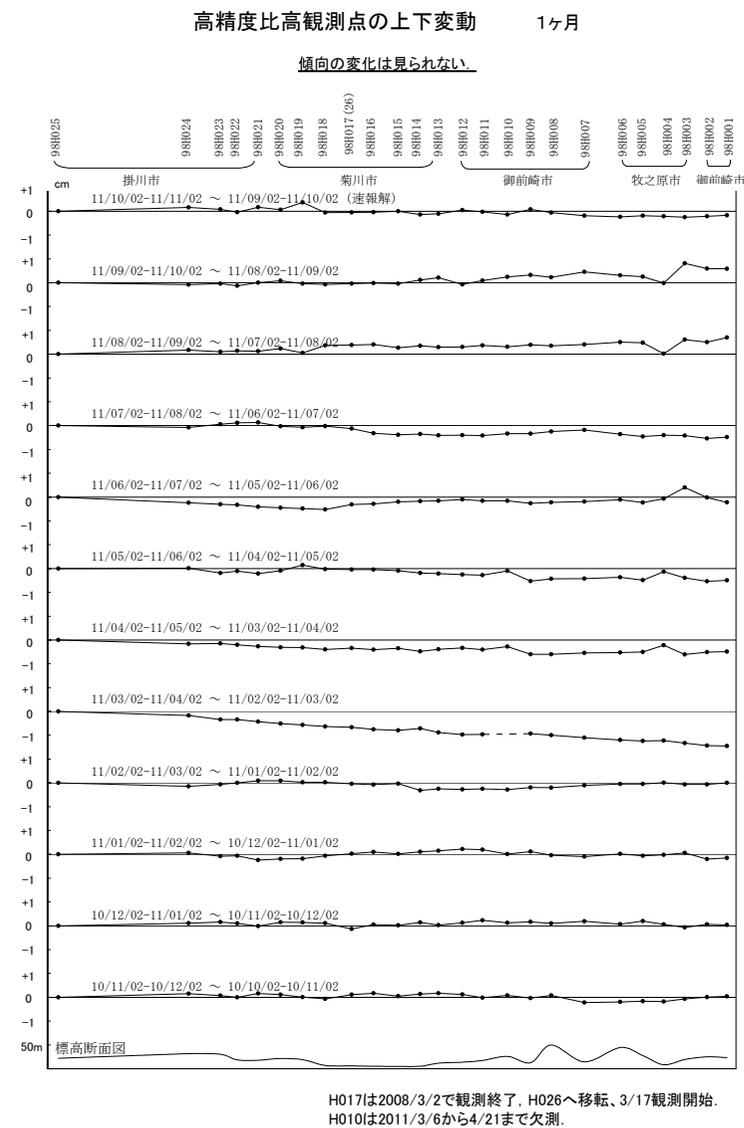
高精度比高観測による比高変化グラフ (10日間平均)



第 13 図 御前崎地域の高精度比高観測 GPS 観測結果 (10日間移動平均・時系列)
 Fig. 13 Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region (Time series of 10 days running mean).



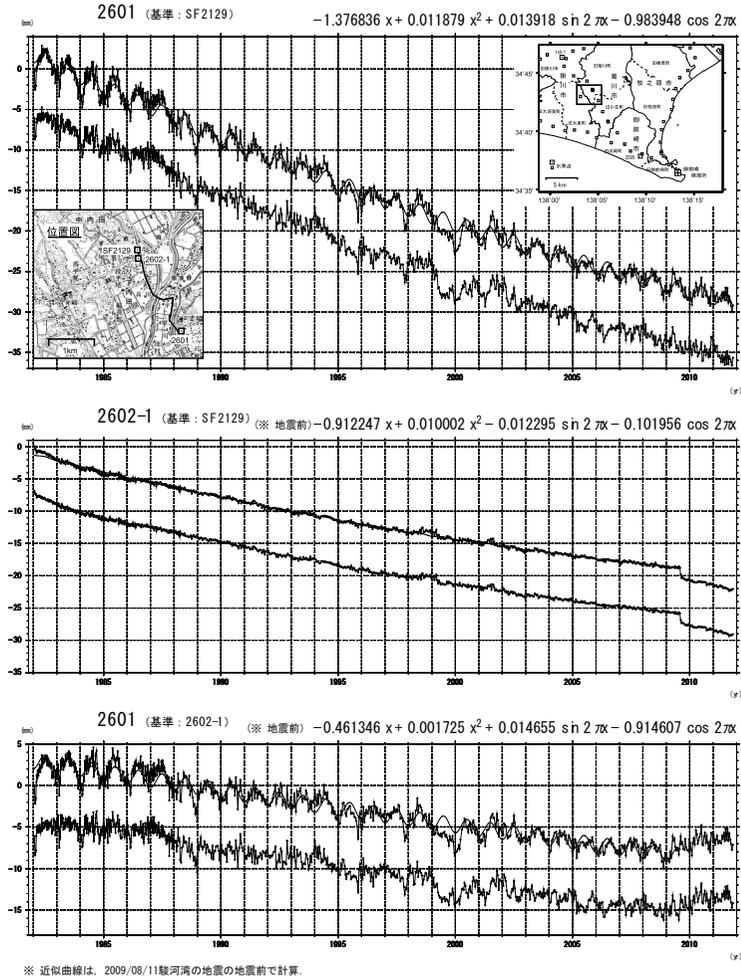
第 14 図 御前崎地域の高精度比高観測 GPS 観測結果 (点毎の 3 ヶ月間の変動量)
Fig. 14 Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region (Height change every 3 months at each site).



第 15 図 御前崎地域の高精度比高観測 GPS 観測結果 (点毎の 1 ヶ月間の変動量)
Fig. 15 Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region (Height change per month at each site).

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

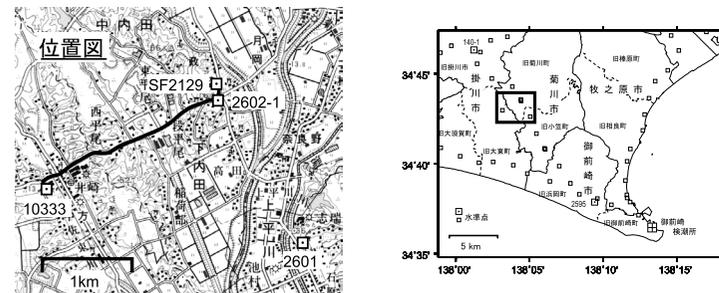
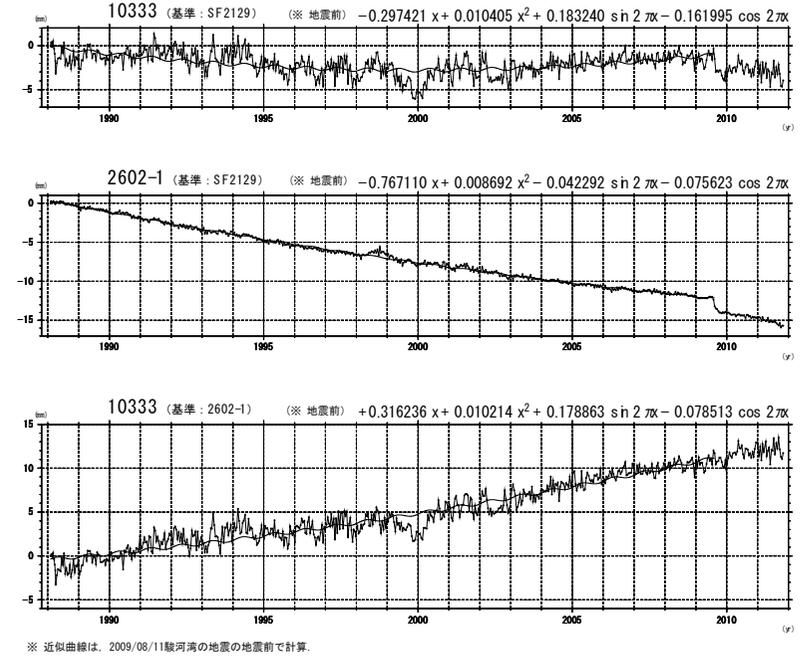
上段：観測値および近似曲線 下段：年周補正後 最新データ：2011年11月2日 静岡県



第 16 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、10333 及び 2601 の高さの経年変化
Fig. 16 Results of short distance leveling (1): Time series of height changes of BM2602-1, BM10333 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 及び 2601 の経年変化

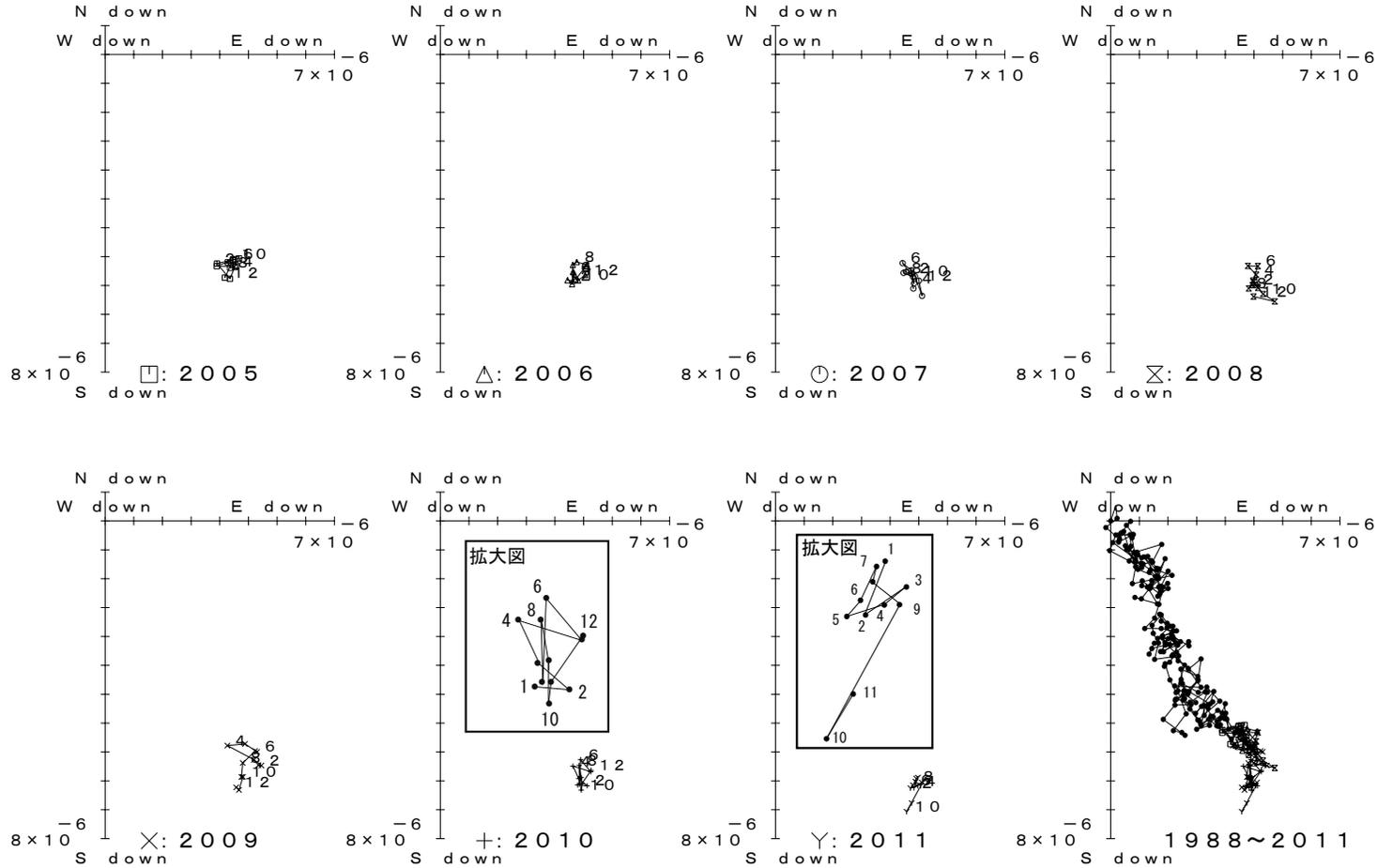
最新データ：2011年11月2日 静岡県



第 17 図 静岡県による短距離水準測量結果 (2)：準基 2129、2602-1 及び 2601 間の比高変化の経年変化
Fig. 17 Results of short distance leveling (2): Time series of height changes of benchmarks, SF2129, 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 (3)
 水準測量 (10333 及び 2601) による傾斜ベクトル (月平均値)

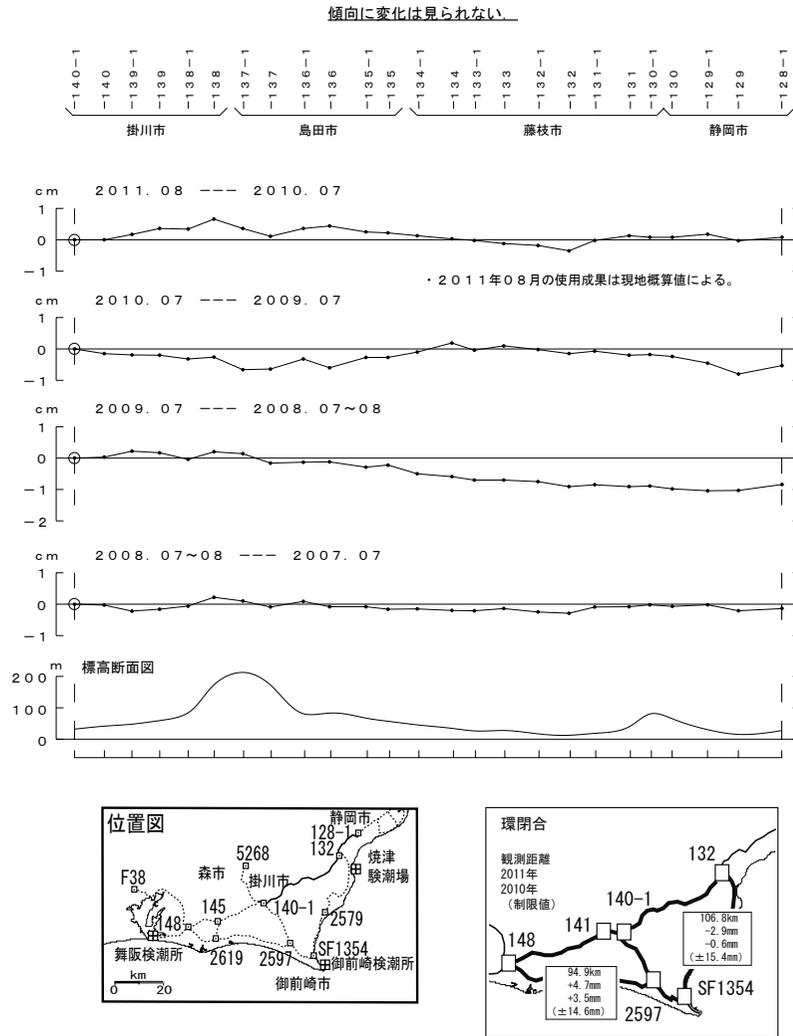
基準: SF2129 基準年: 1988.05



第 18 図 静岡県による短距離水準測量結果 (3): 月平均傾斜ベクトル

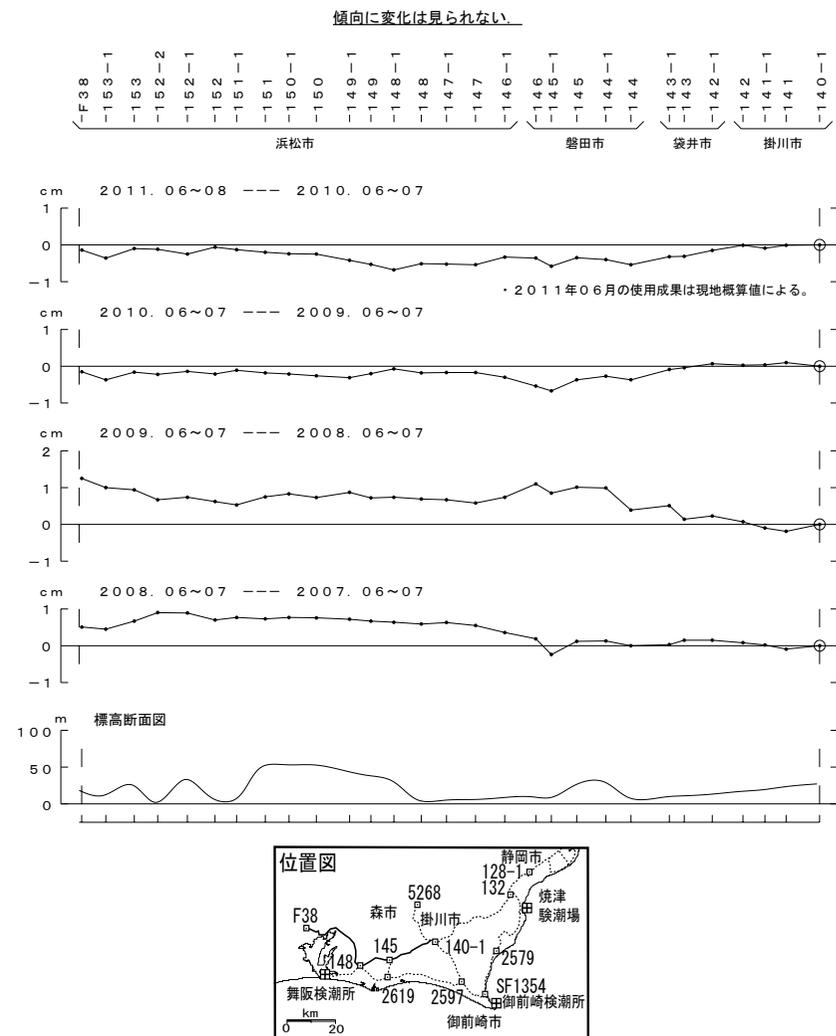
Fig. 18 Results of short distance leveling (3): Vector representations of time series of monthly means of tilt derived from leveling data in (1) and (2). Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

静岡～掛川 間の上下変動



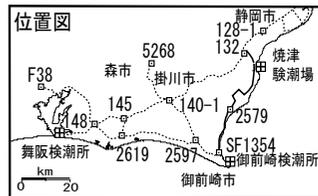
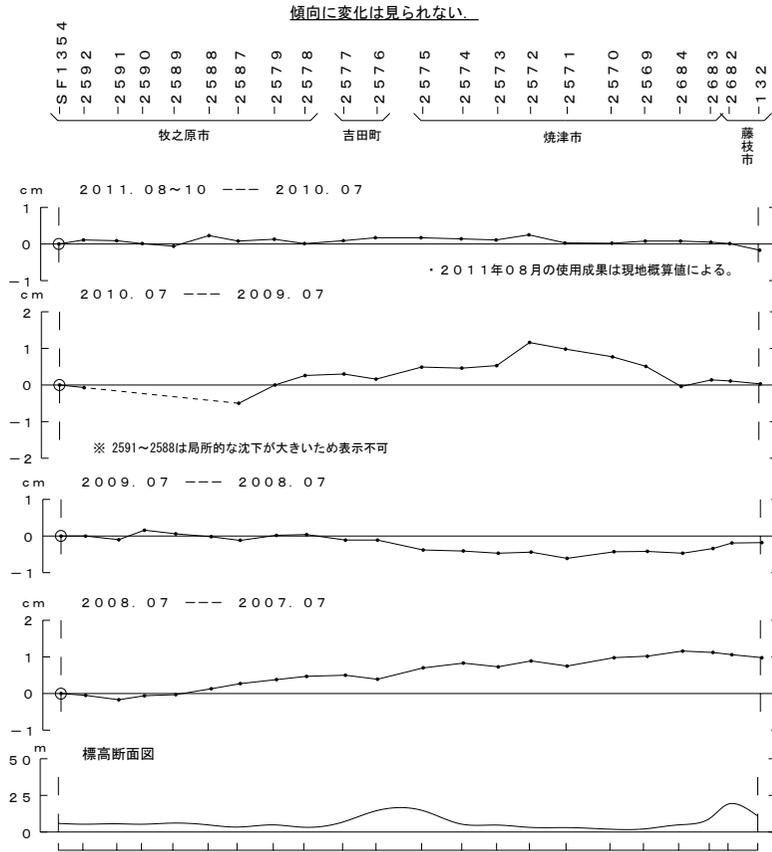
第19図 静岡～掛川における上下変動
Fig. 19 Vertical crustal movement between Shizuoka city and Kakegawa city.

浜松～掛川 間の上下変動

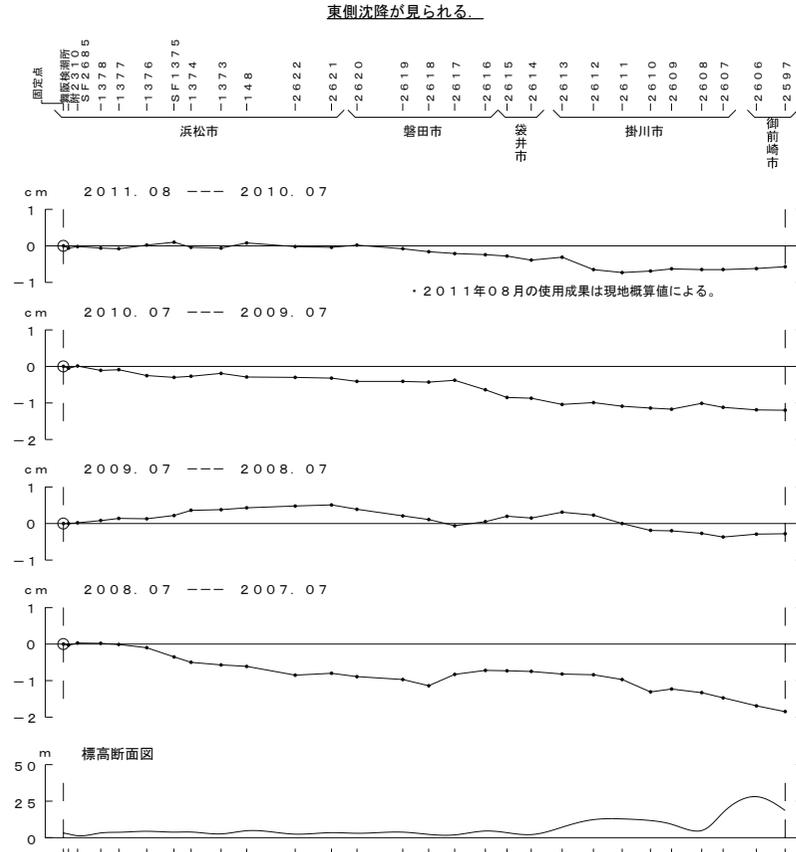


第20図 浜松～掛川における上下変動
Fig. 20 Vertical crustal movement between Hamamatsu city and Kakegawa city.

牧ノ原～藤枝 間の上下変動



舞阪～御前崎 間の上下変動

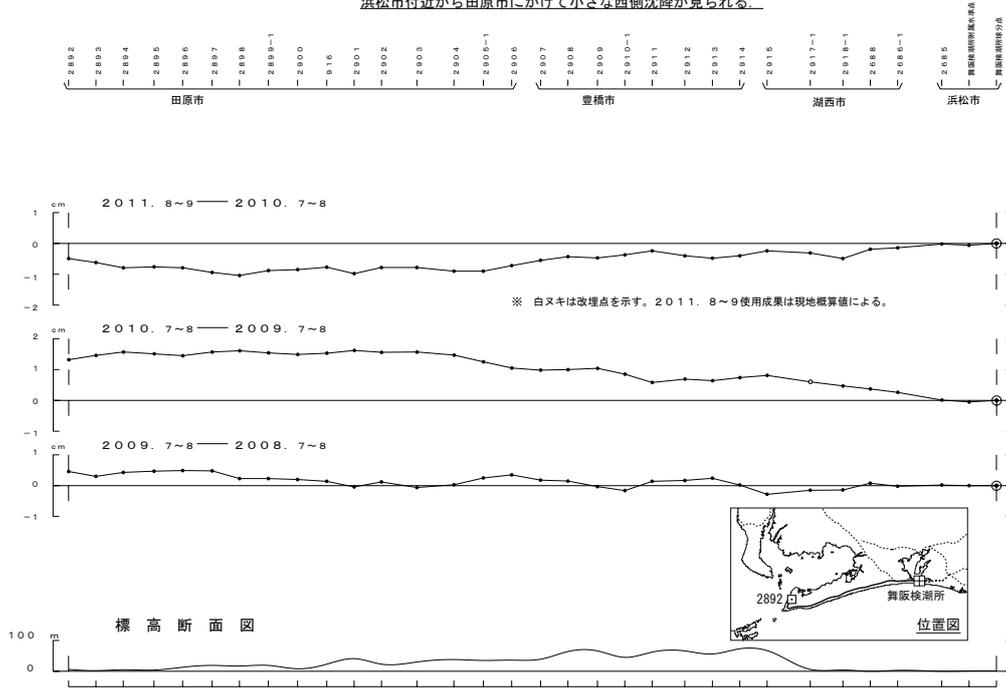


第 21 図 牧ノ原～藤枝における上下変動
Fig. 21 Vertical crustal movement between Makinohara city and Fujieda city.

第 22 図 舞阪～御前崎における上下変動
Fig. 22 Vertical crustal movement between Maisaka town to Omaezaki city.

渥美半島の上下変動

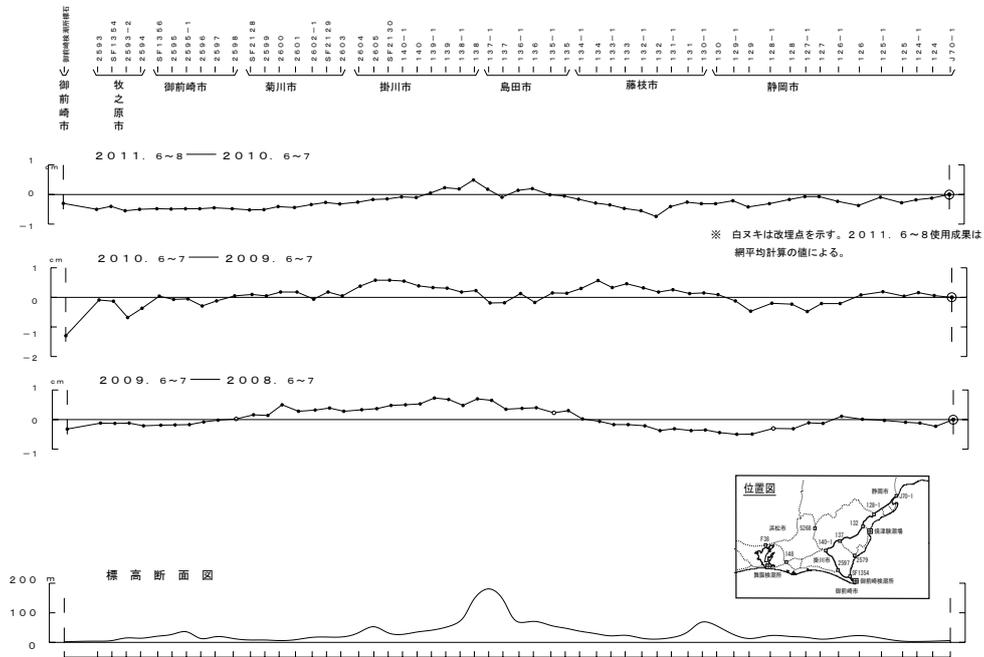
浜松市付近から田原市にかけて小さな西側沈降が見られる。



第 23 図 渥美半島の上下変動
Fig. 23 Vertical crustal movement in Atsumi Peninsula.

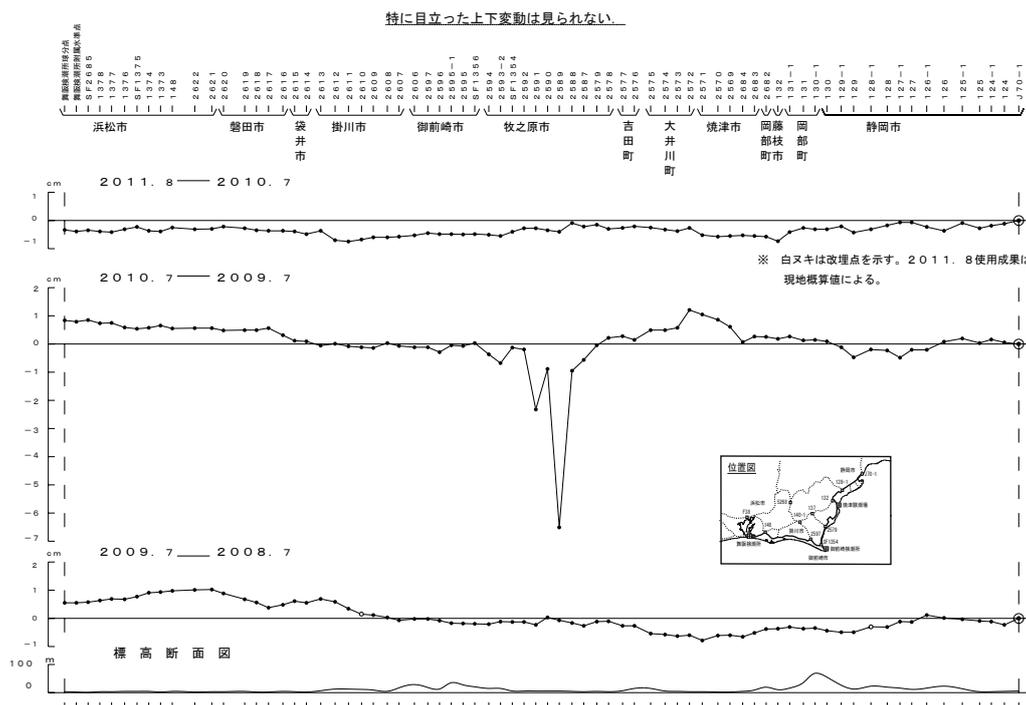
御前崎～掛川～静岡間の上下変動

特に目立った上下変動は見られない。



第 24 図 御前崎～掛川～静岡の上下変動
Fig. 24 Vertical crustal movement from Omaezaki city to Shizuoka city via Kakegawa city.

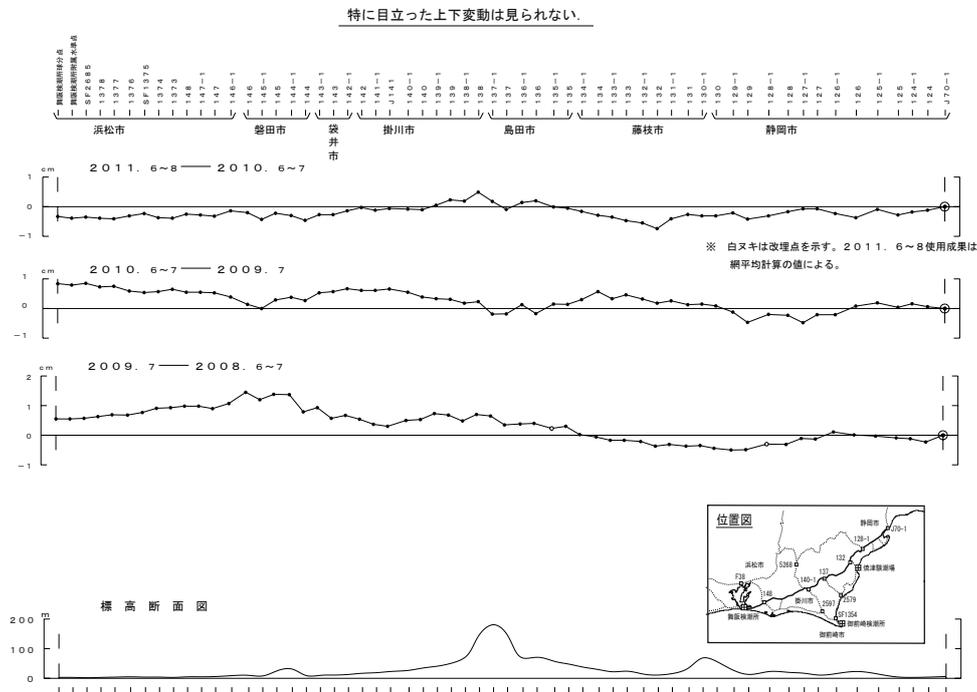
舞 阪 ～ 御 前 崎 ～ 静 岡 間 の 上 下 変 動



第 25 図 舞阪～御前崎～静岡の上下変動

Fig. 25 Vertical crustal movement from Maisaka town to Shizuoka city via Omaezaki city.

舞 阪 ～ 掛 川 ～ 静 岡 間 の 上 下 変 動

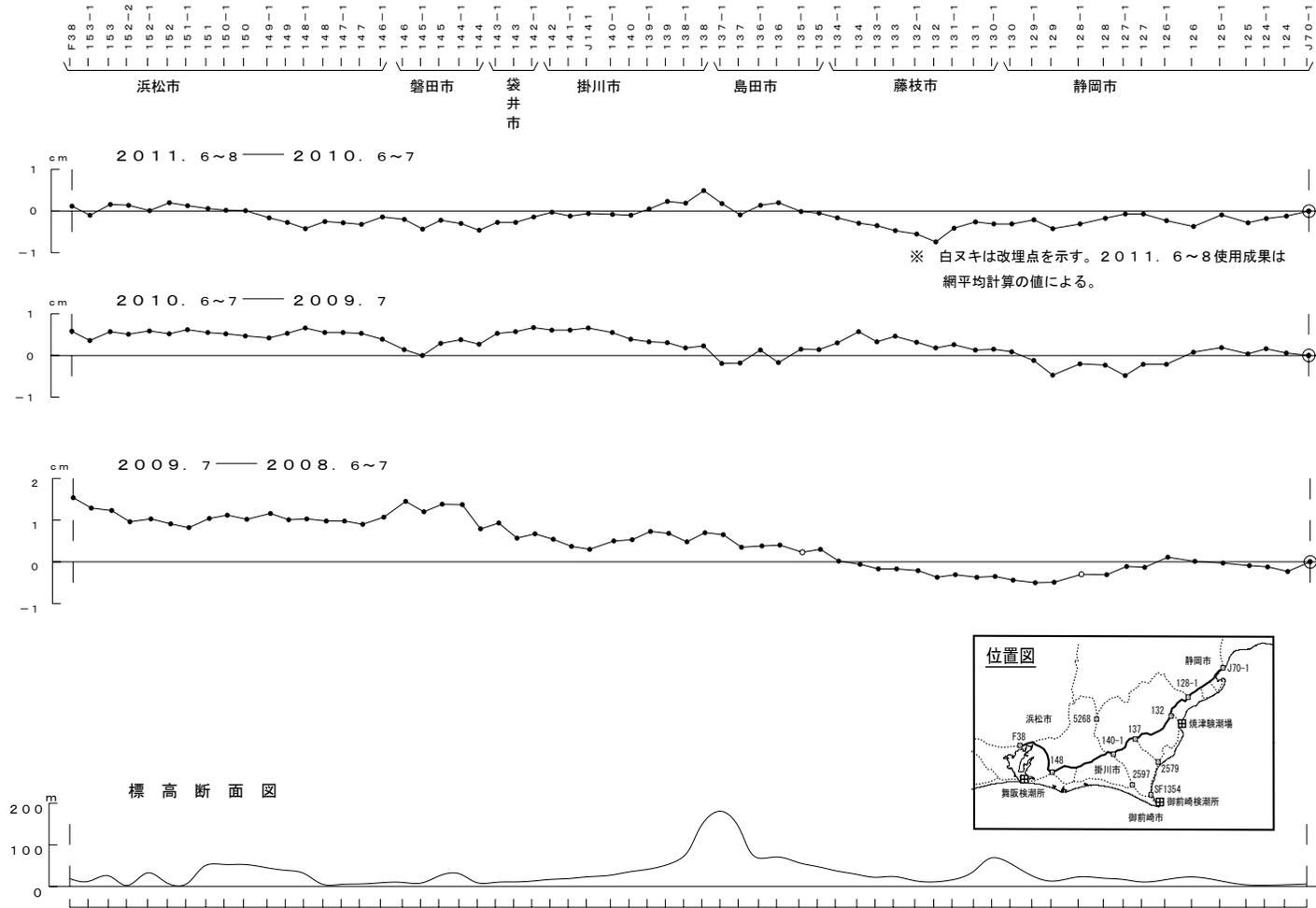


第 26 図 舞阪～掛川～静岡の上下変動

Fig. 26 Vertical crustal movement from Maisaka town to Shizuoka city via Kakegawa town.

浜松～掛川～静岡間の上下変動

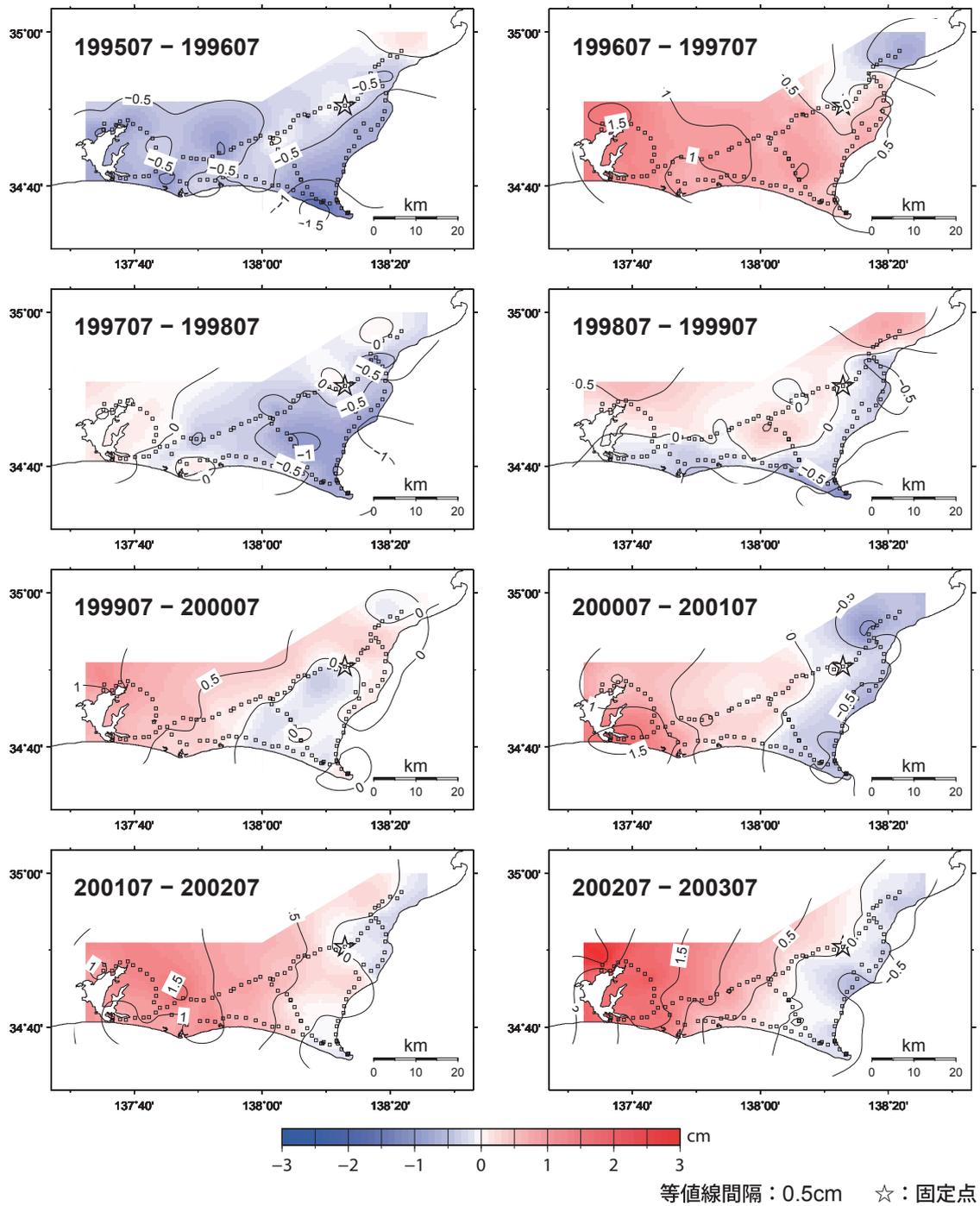
特に目立った上下変動は見られない。



第 27 図 浜松～掛川～静岡の上下変動

Fig. 27 Vertical crustal movement from Hamamatsu city to Shizuoka city via Kakegawa city.

水準測量による東海地方の上下変動 1年毎 (1)



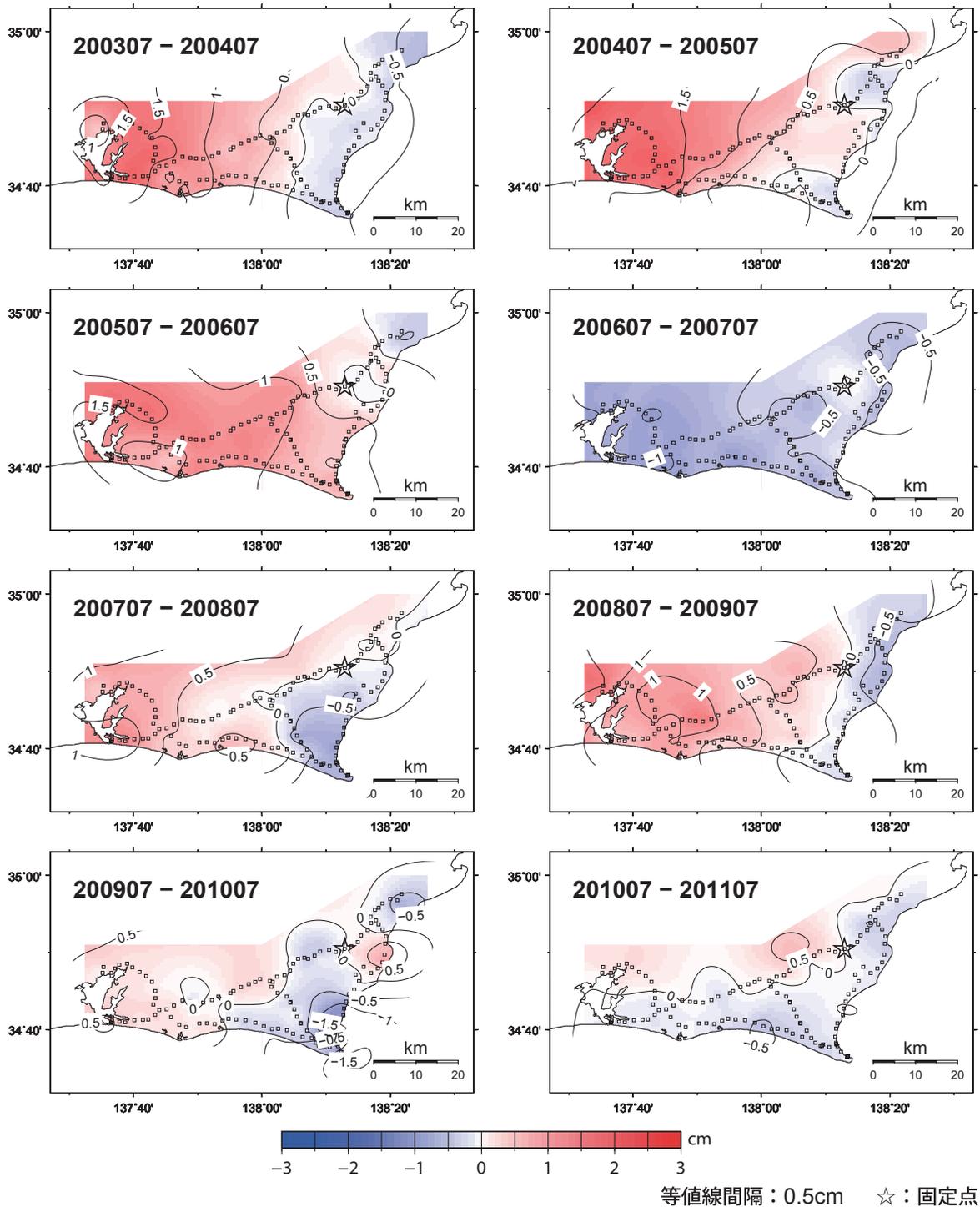
- 固定点は水準点 134-1 (藤枝市).
- 網平均計算値による.

第 28 図 水準測量による東海地方の上下運動 (1 年毎) (1)

Fig. 28 Crustal deformation by the precise leveling survey in Tokai region for every one year (1/2).

水準測量による東海地方の上下変動 1年毎 (2)

SSE 進行期 (2000 秋~2005 夏) には縦の等値線が 2 本以上見られる。



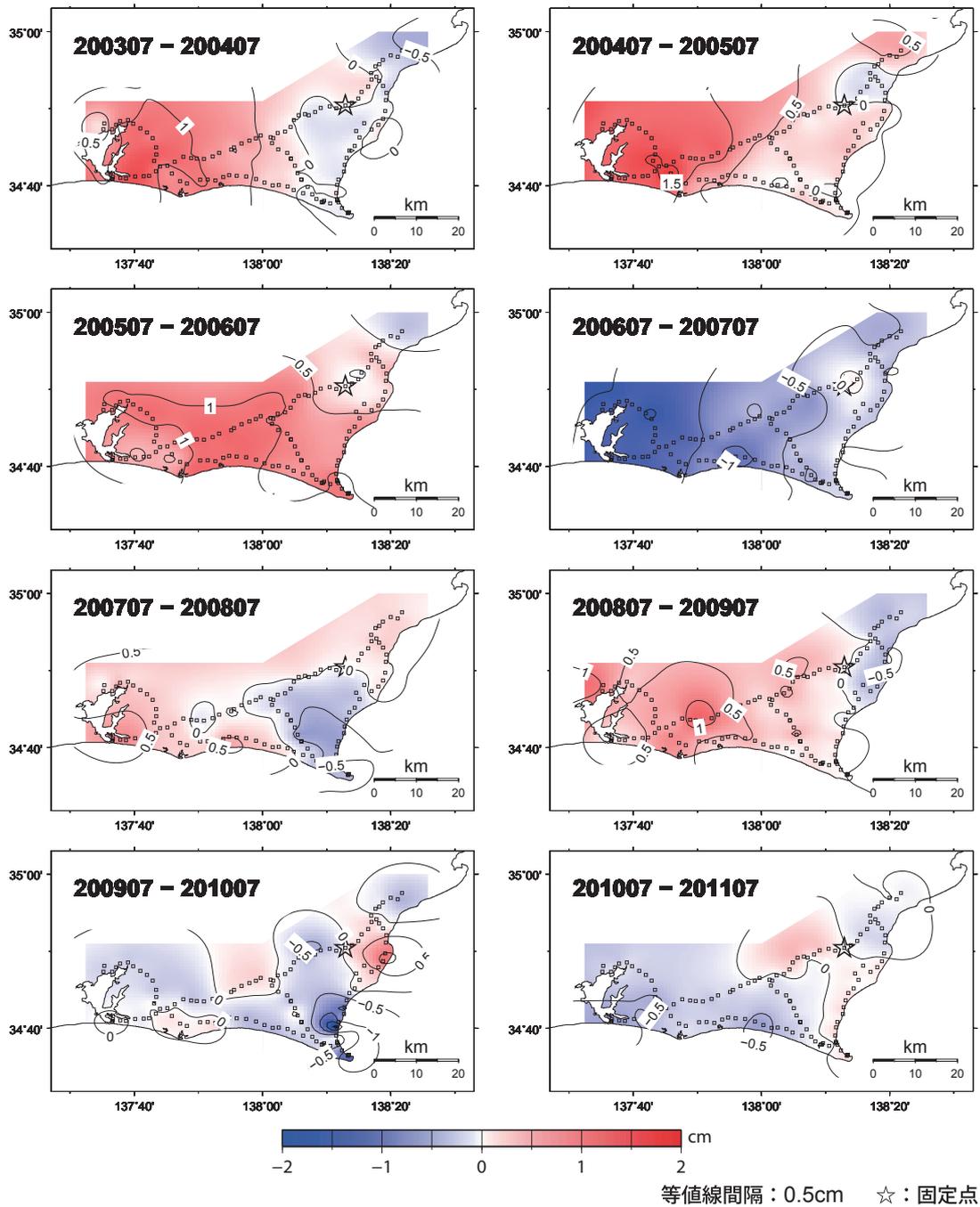
- ・ 固定点は水準点 134-1 (藤枝市)。

第 29 図 水準測量による東海地方の上下運動 (1 年毎) (2)

Fig. 29 Crustal deformation by the precise leveling survey in Tokai region for every one year (2/2).

水準測量による東海非定常地殻変動 1年毎

SSE 進行期には浜名湖付近で隆起が見られる。



- ・ 固定点は水準点 134-1 (藤枝市)。
- ・ 網平均計算値による。
- ・ 1992 年 7 月 ~ 1999 年 7 月のデータから平均的な地殻変動を求め、それを元に時系列データから除去している。

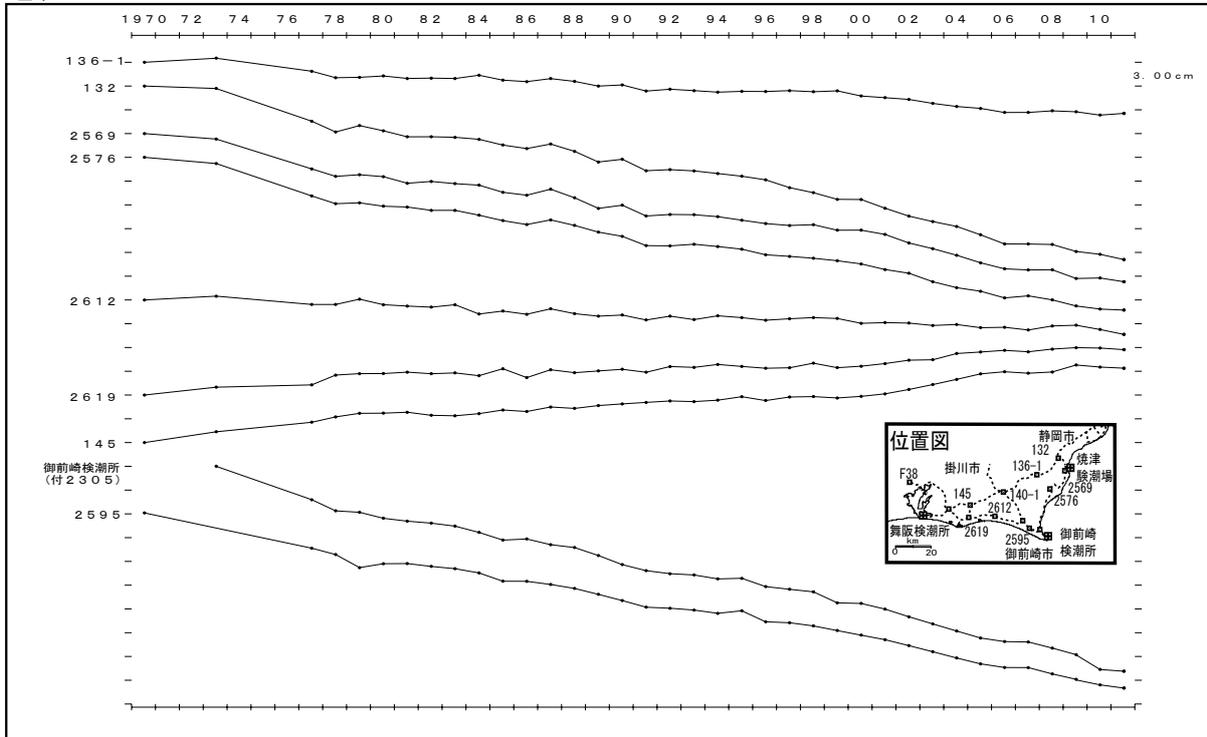
第 30 図 水準測量による東海非定常地殻変動

Fig. 30 Transient crustal deformation by the precise leveling survey in Tokai region.

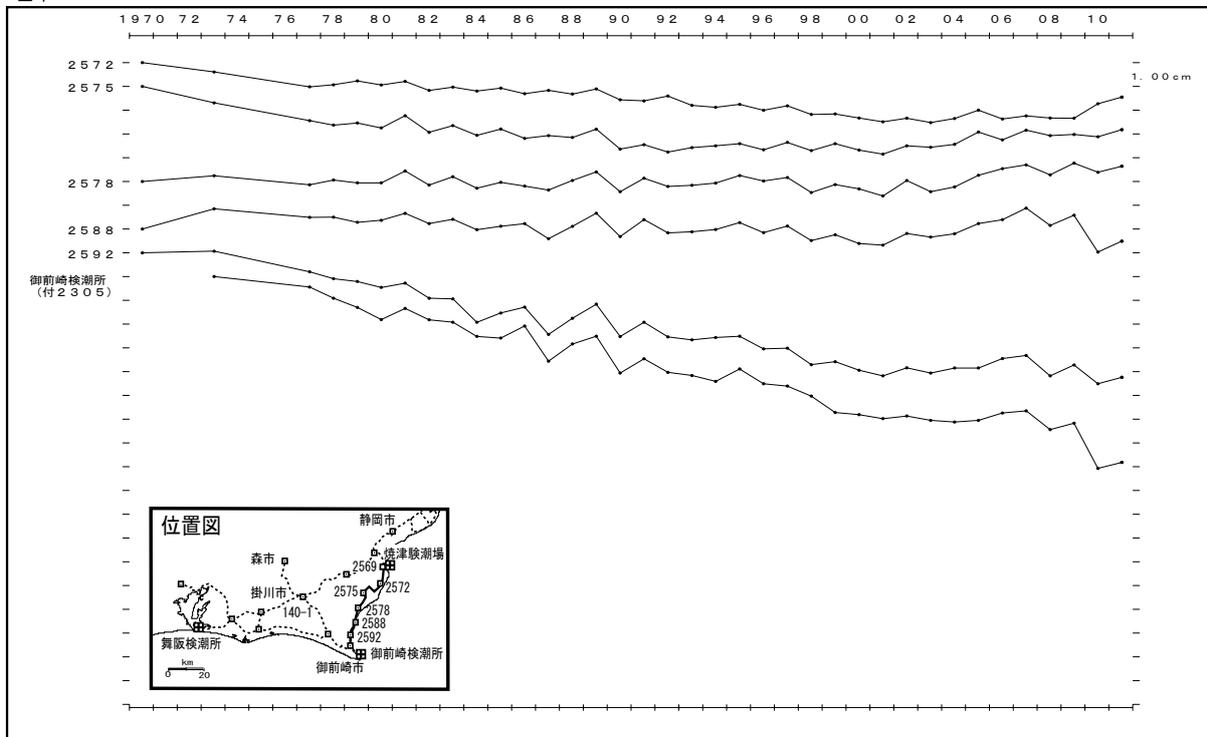
東海地方の各水準点の経年変化（7月期）

掛川に対し西側の点では隆起傾向、南と東では沈降傾向にある。

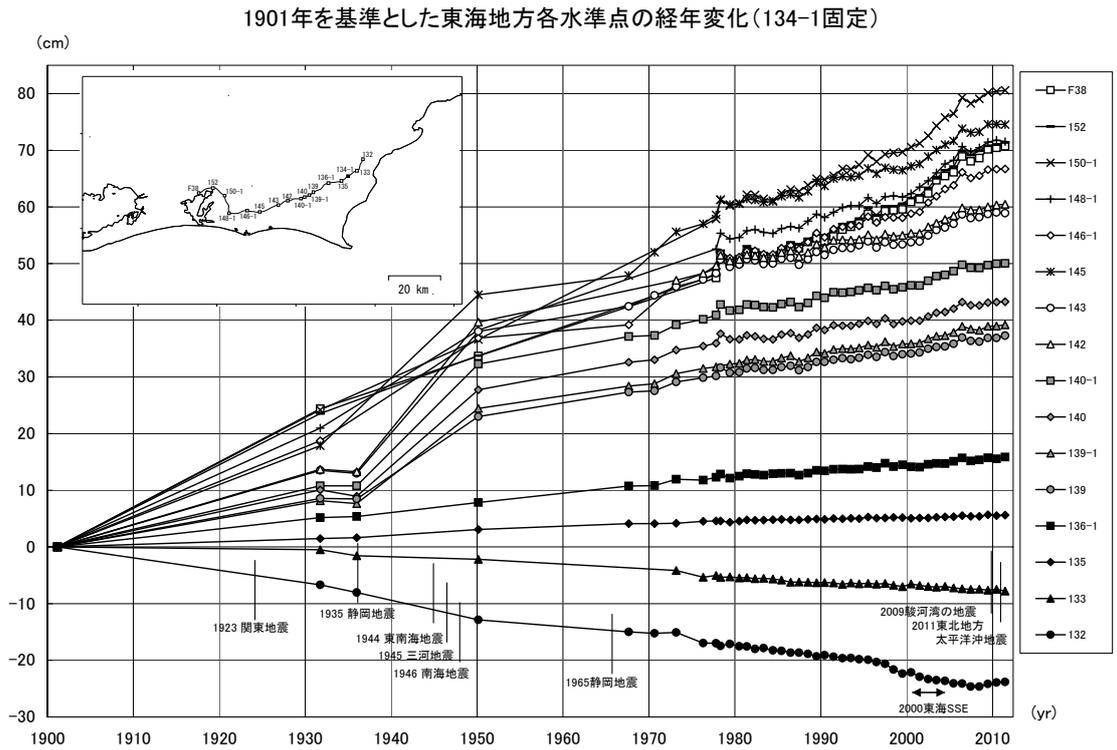
基準：140-1



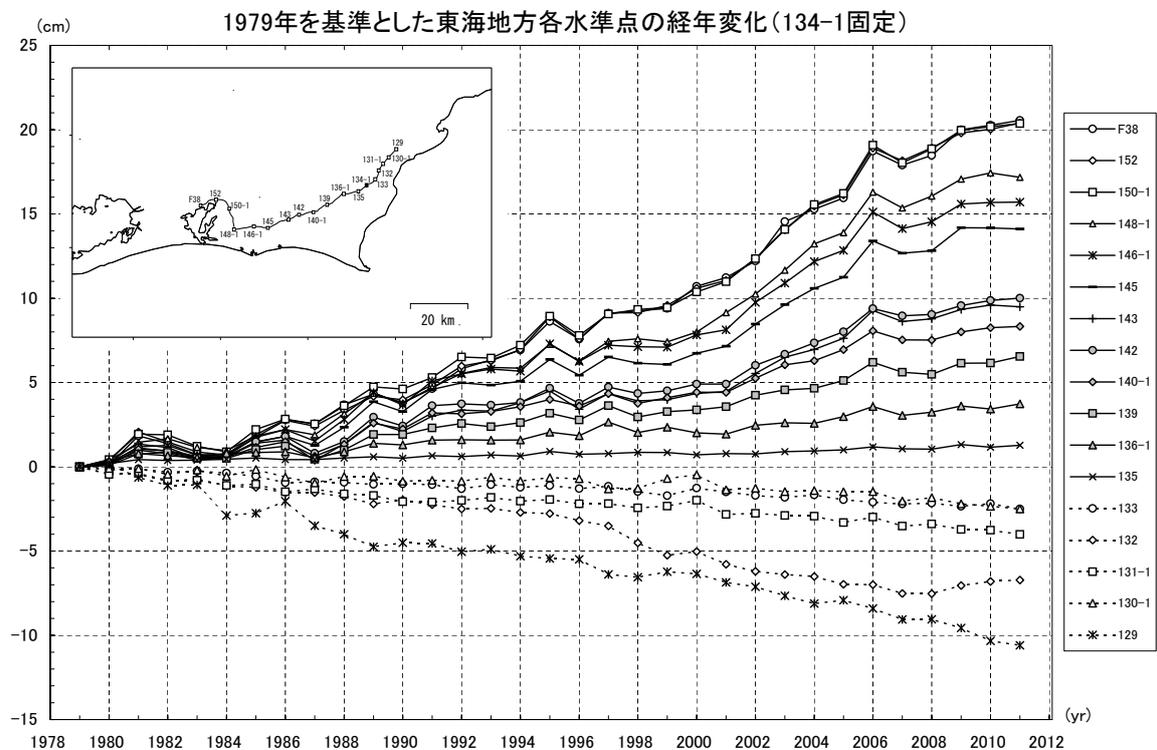
基準：2569



第 31 図 水準点 140-1 (掛川市) を基準とした焼津～御前崎の路線における各水準点の高さの経年変化
 Fig. 31 Time series of height changes of benchmarks along the leveling routes in Tokai region referred to BM 140-1 (Kakegawa).



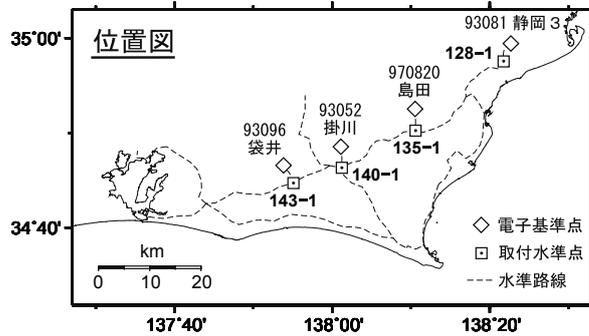
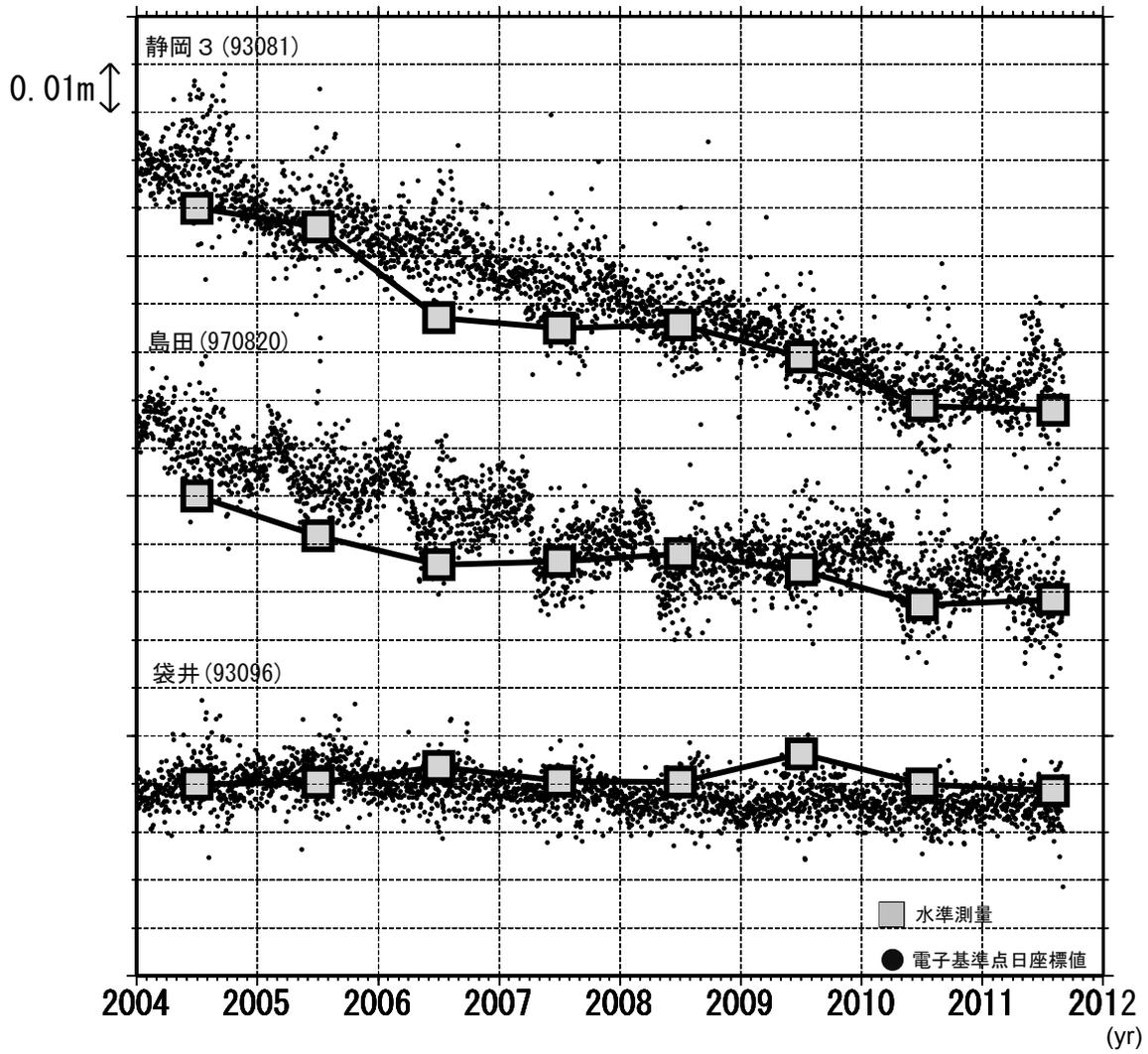
第 32 図 東海地方の水準点の上下変動経年変化 (1901 年度基準・134-1 固定)
 Fig. 32 Time series of vertical movement from 1901 on the benchmarks along the leveling route in Tokai region referred to BM 134-1.



第 33 図 東海地方の水準点の上下変動経年変化 (1979 年度基準・134-1 固定)
 Fig. 33 Time series of vertical movement from 1979 on the benchmarks along the leveling route in Tokai region referred to BM 134-1.

東海地方 電子基準点の上下変動 水準測量と GPS 観測の比較

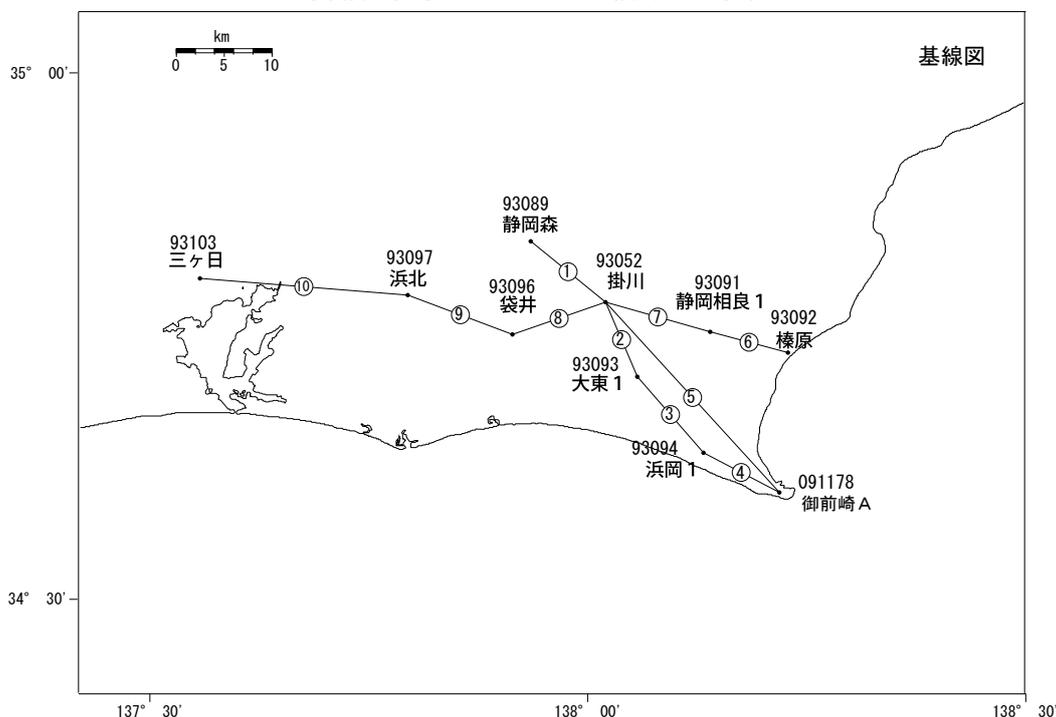
掛川を基準とした変動の傾向は、GPSと水準測量でほぼ整合している。



・固定点は電子基準点「93052 掛川」

第 34 図 東海地方電子基準点の水準測量と電子基準点による上下変動の比較
Fig. 34 Comparison of heights between the leveling survey and GPS.

御前崎周辺 GPS 連続観測時系列 (1)



御前崎周辺地区の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
93052	掛川	2003/2/12	レドーム設置
		2003/5/12	アンテナ交換
		2008/7/25	受信機交換
		2010/2/24	レドーム開閉
93089	静岡森	2003/2/13	レドーム設置
		2003/5/15	アンテナ交換
		2003/9/9	周辺伐採
93091	静岡相良 1	2001/3/21	アンテナ交換
		2003/2/12	レドーム設置
		2003/3/6	アンテナ交換
		2008/1/30	アンテナの北方向の再設定 アンテナ固定ボルト締め直し 受信機交換
93092	榛原	2001/3/21	アンテナ交換
		2003/2/11	レドーム設置
		2003/3/3	アンテナ交換
		2003/9/9	周辺伐採
93093	大東 1	2003/2/10	レドーム設置
		2003/3/4	アンテナ交換
		2010/2/24	レドーム開閉
		2010/2/23	レドーム開閉
93094	浜岡 1	2003/2/10	レドーム設置
		2003/5/16	アンテナ交換
		2010/2/23	レドーム開閉
93096	袋井	2003/2/15	レドーム設置
		2003/3/3	アンテナ交換
		2003/5/20	アンテナ高変更
		2003/11/21	レドーム開閉
93097	浜北	2011/1/12	レドーム開閉
		2003/2/14	レドーム設置
		2003/2/28	アンテナ交換
93103	三ヶ日	2010/2/25	レドーム開閉
		2003/2/15	レドーム設置
		2003/5/19	アンテナ交換
		2010/3/4	レドーム開閉
091178 (93101)	御前崎 A (御前崎)	2003/2/11	レドーム設置
		2003/2/28	アンテナ交換
		2010/3/24	移転(御前崎→御前崎 A)

※2003/3/5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。

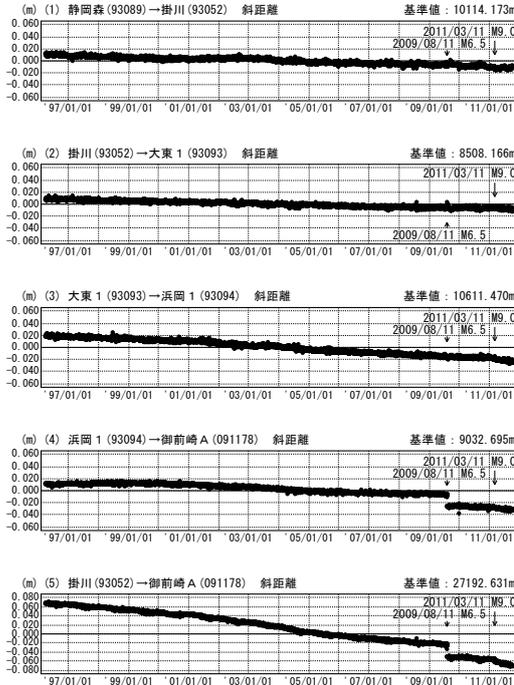
第 35 図 御前崎周辺 GPS 連続観測点観測結果 (基線図及び保守状況)
 Fig. 35 Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki region (Baseline map and history of maintenance).

御前崎周辺 G P S 連続観測時系列 (2)

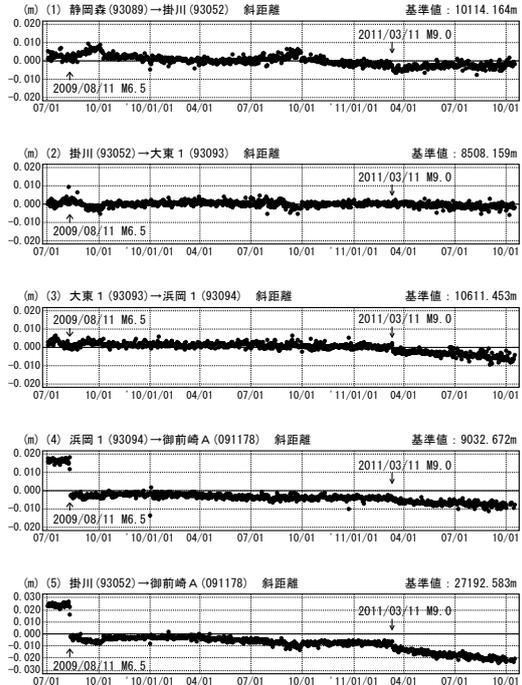
(5)の基線に2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震時と地震後の基線短縮が見られる。

基線変化グラフ

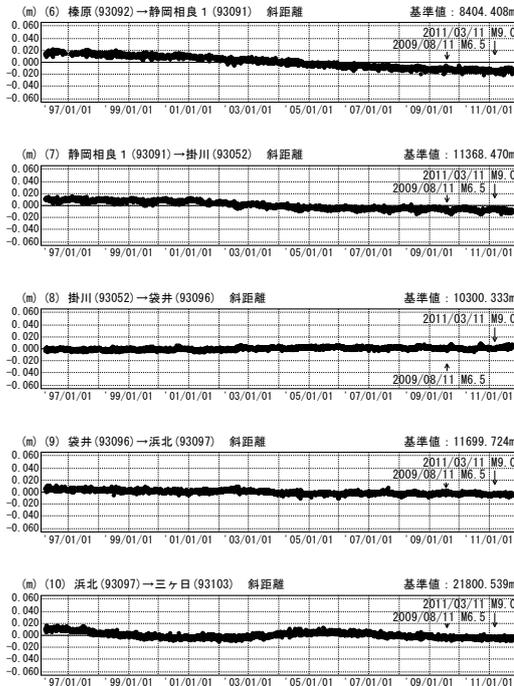
期間：1996/04/01～2011/10/15 JST



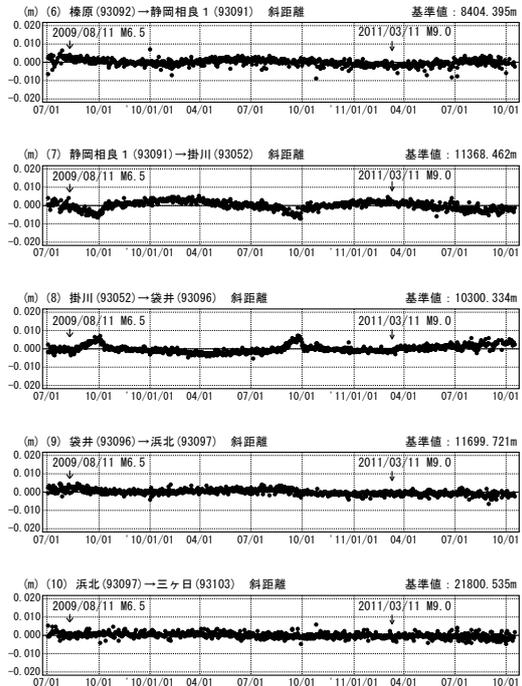
期間：2009/07/01～2011/10/15 JST



期間：1996/04/01～2011/10/15 JST



期間：2009/07/01～2011/10/15 JST



● — [F3:最終解]

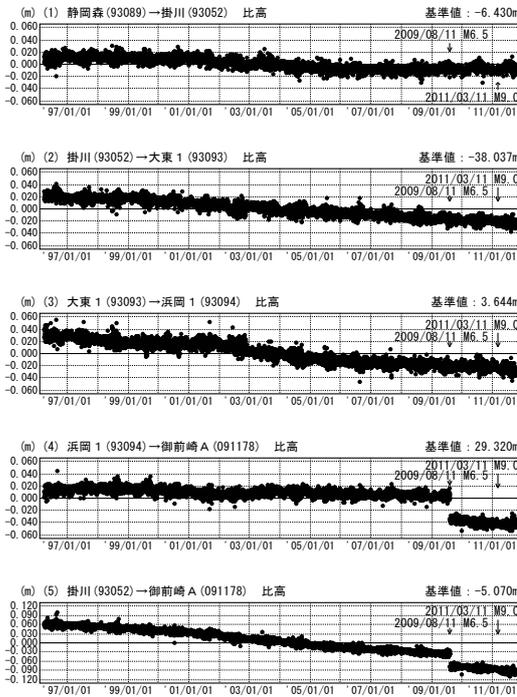
第 36 図 御前崎周辺 GPS 連続観測点観測結果 (斜距離)

Fig. 36 Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki region (distance).

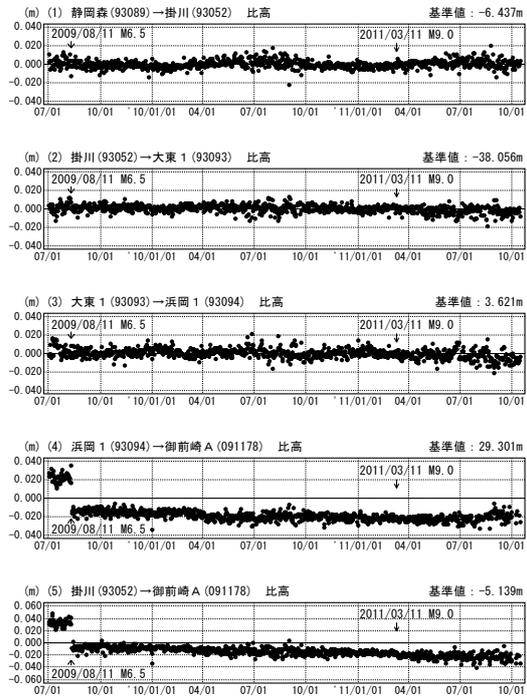
御前崎周辺GPS連続観測時系列 (3)

比高変化グラフ

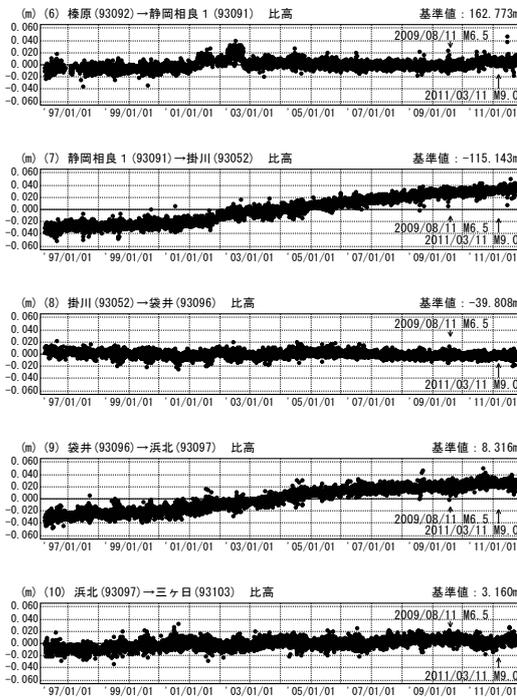
期間：1996/04/01～2011/10/15 JST



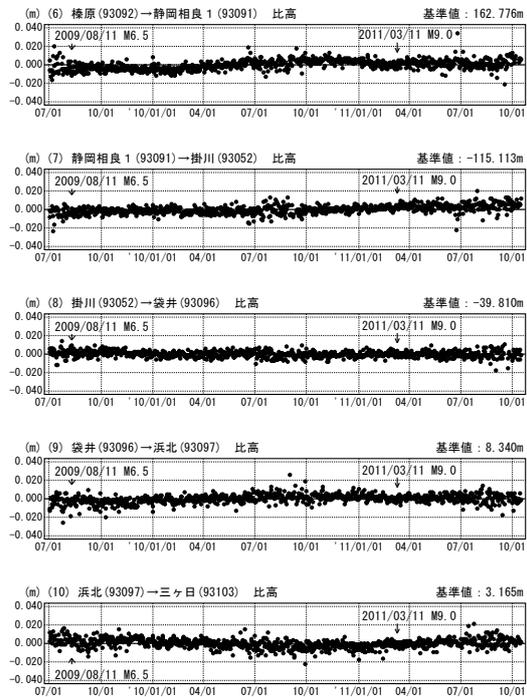
期間：2009/07/01～2011/10/15 JST



期間：1996/04/01～2011/10/15 JST



期間：2009/07/01～2011/10/15 JST



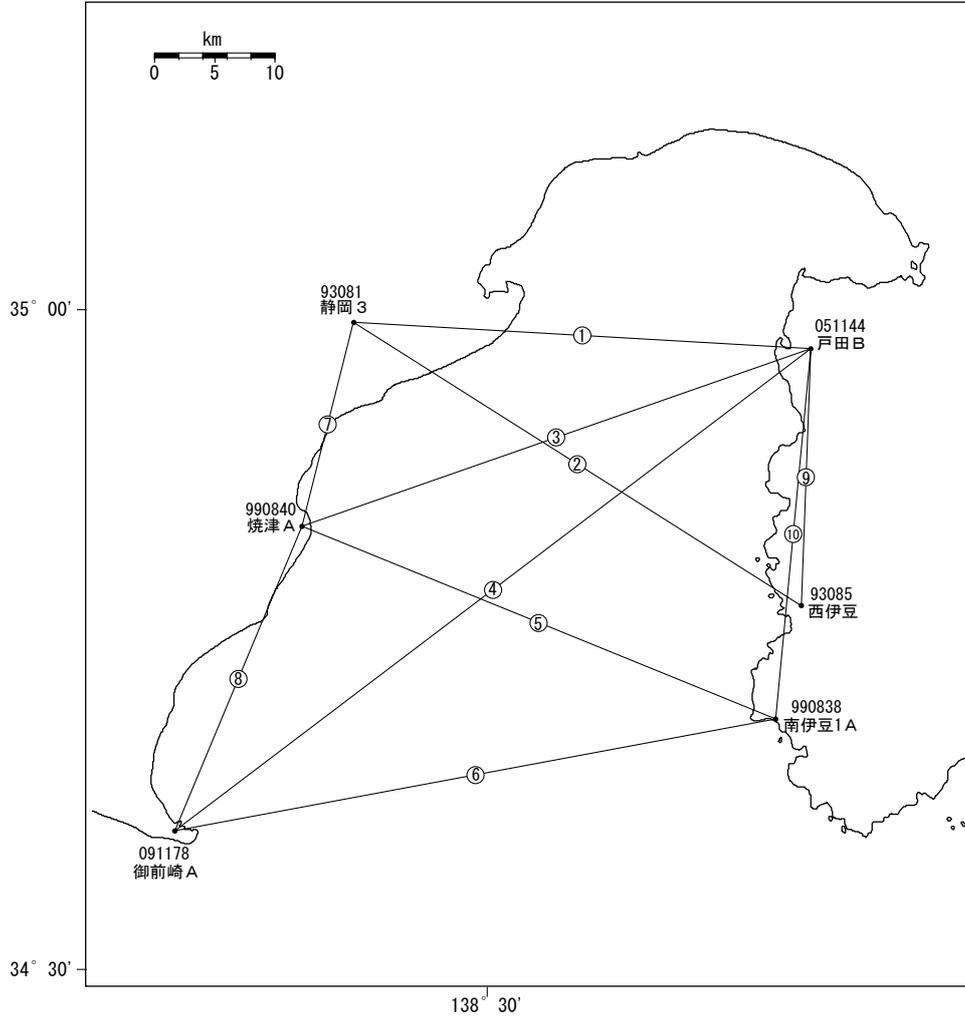
● — [F3:最終解]

第 37 図 御前崎周辺 GPS 連続観測点観測結果 (比高)

Fig. 37 Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki region (relative height).

駿河湾周辺 GPS 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
990838	南伊豆1A	2010/1/20	レドーム開閉
051144	戸田B	2010/1/19	レドーム開閉
091178 (93101)	御前崎A (御前崎)	2010/3/24	移転(御前崎→御前崎A)

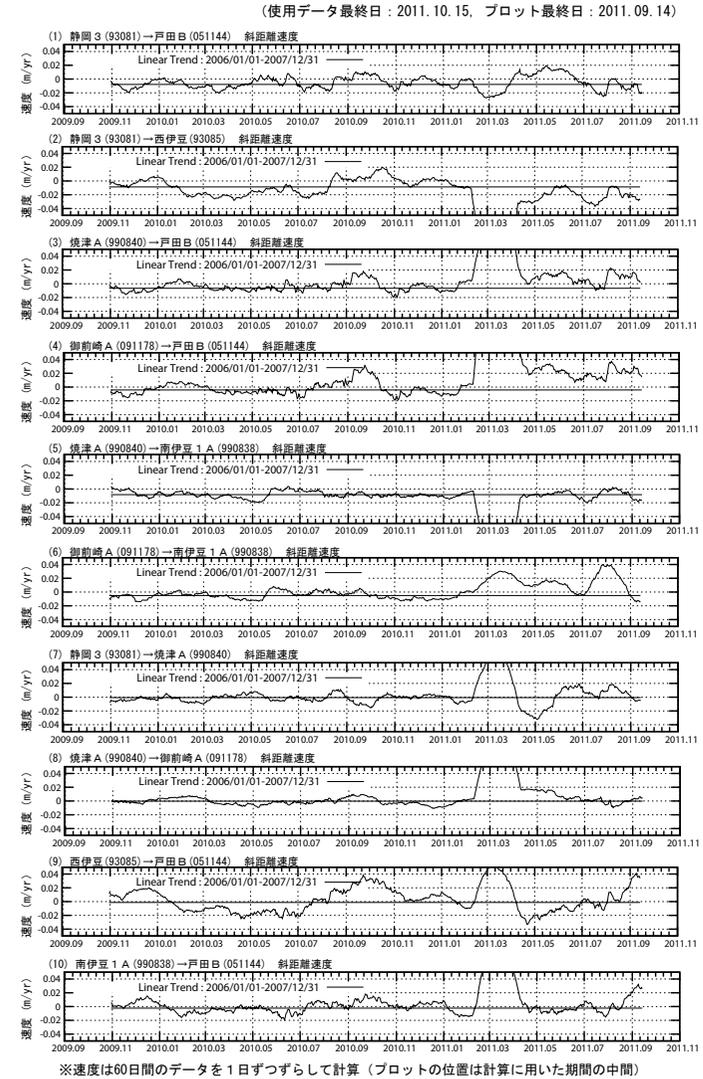
第 38 図 駿河湾周辺 GPS 連続観測点観測結果 (基線図及び保守状況)
 Fig. 38 Results of continuous GPS measurements around the Suruga Bay (Baseline map and history of maintenance).

駿河湾周辺GPS連続観測時系列(2)



第39図 駿河湾周辺GPS連続観測点観測結果
Fig. 39 Results of continuous GPS measurements around the Suruga Bay.

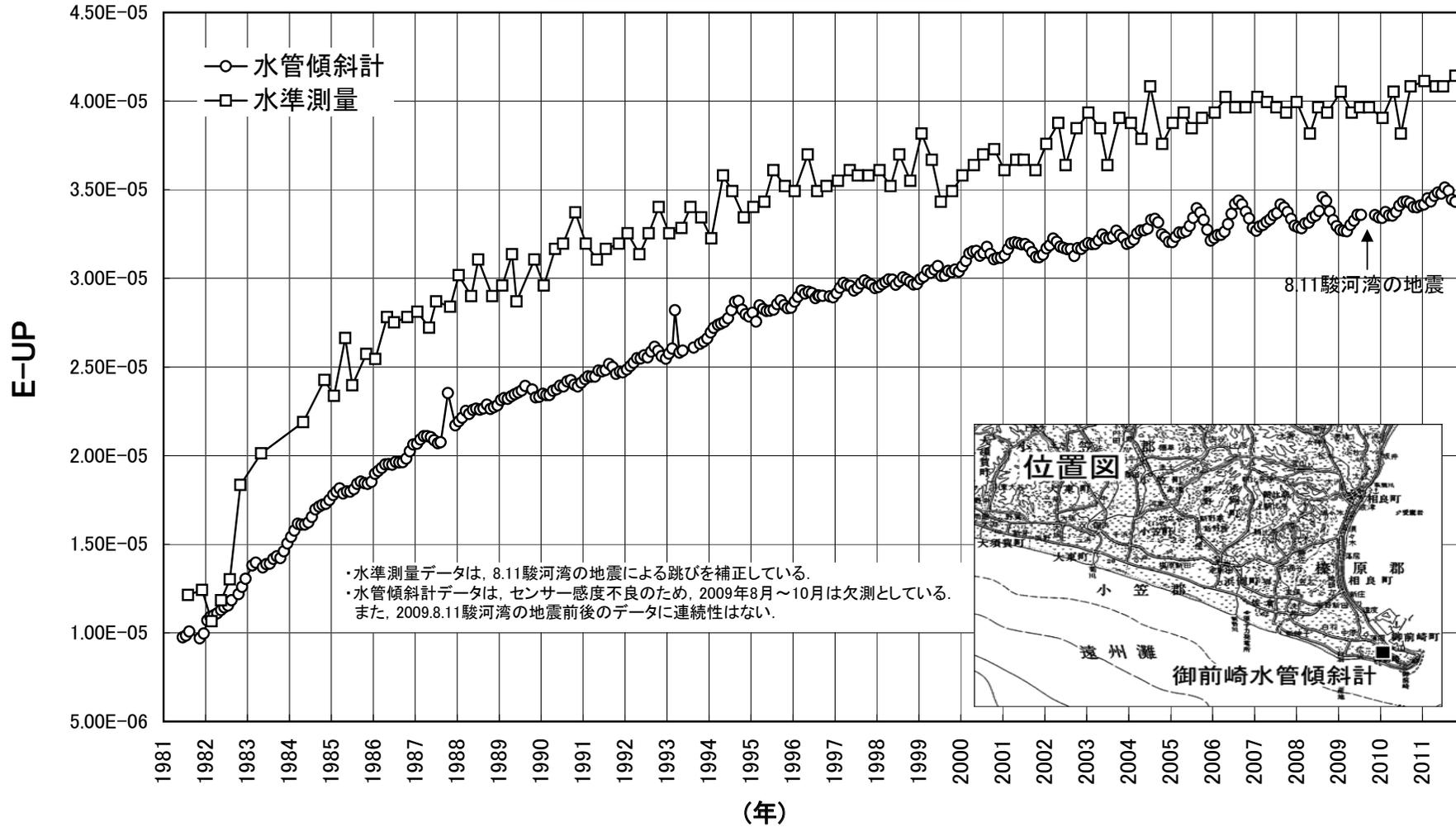
駿河湾周辺GPS基線長変化率



第40図 駿河湾周辺GPS基線長変化率
Fig. 40 Change rates of the GPS baselines around the Suruga Bay.

御前崎長距離水管傾斜計月平均 (E-W)

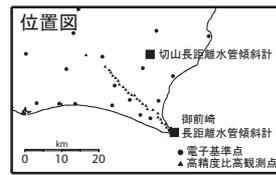
長期的な東側隆起の傾向が停滞気味に見える。



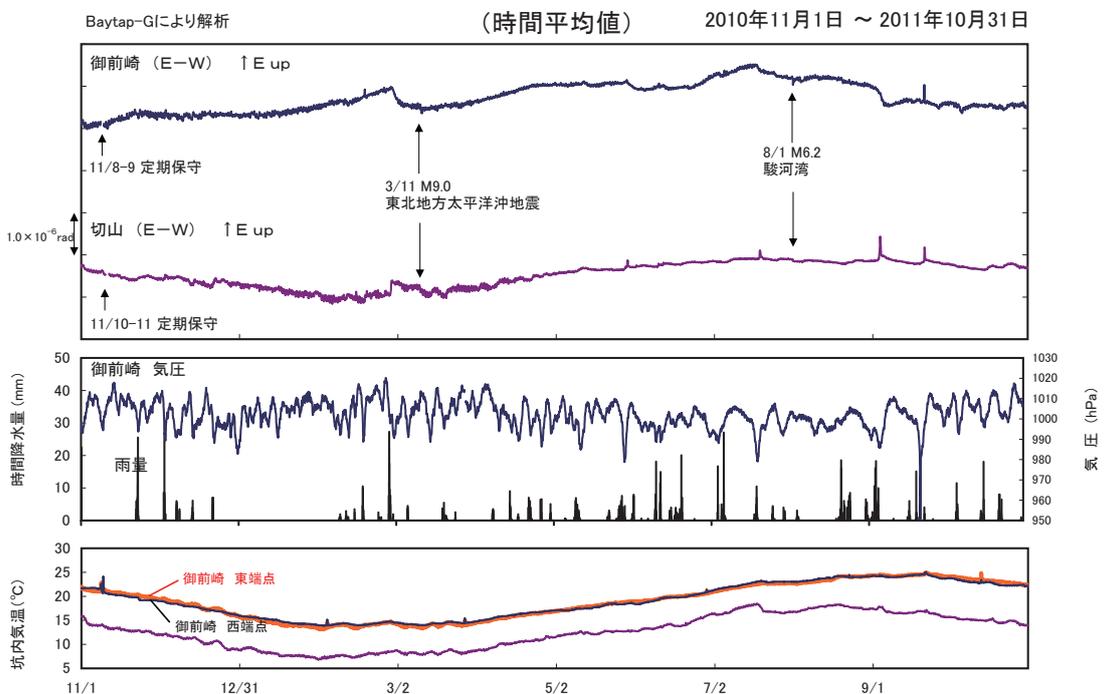
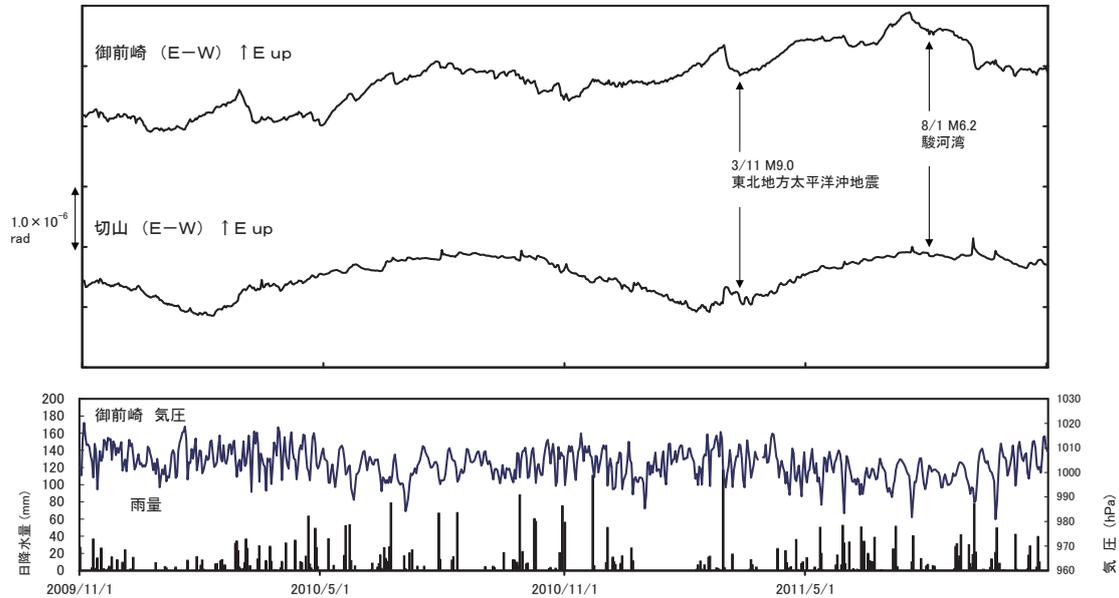
第 41 図 御前崎長距離水管傾斜計による傾斜観測結果
Fig. 41 Results of tilt observation by long water tube tiltmeter at Omazaki.

長距離水管傾斜計による傾斜変化

東北地方太平洋沖地震時に変化が見られる。



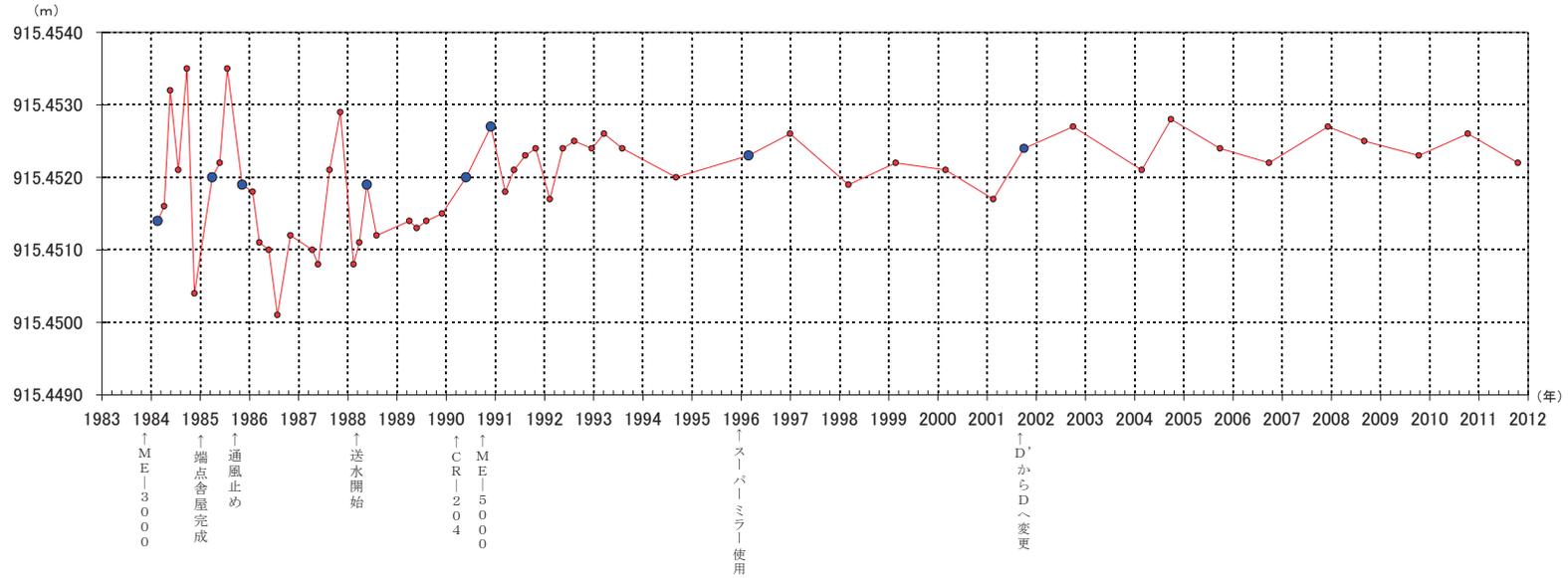
(日平均値) 2009年11月1日 ~ 2011年10月30日



第 42 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. 42 Results of tilt observation by long water tube tiltmeter at Omaezaki and Kiriyama.

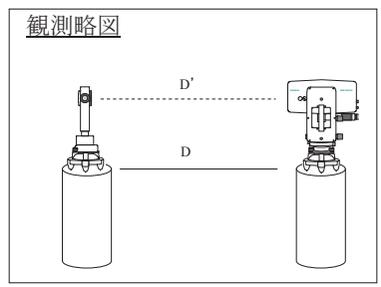
切山基線精密辺長測量結果

特段の変化は見られない。



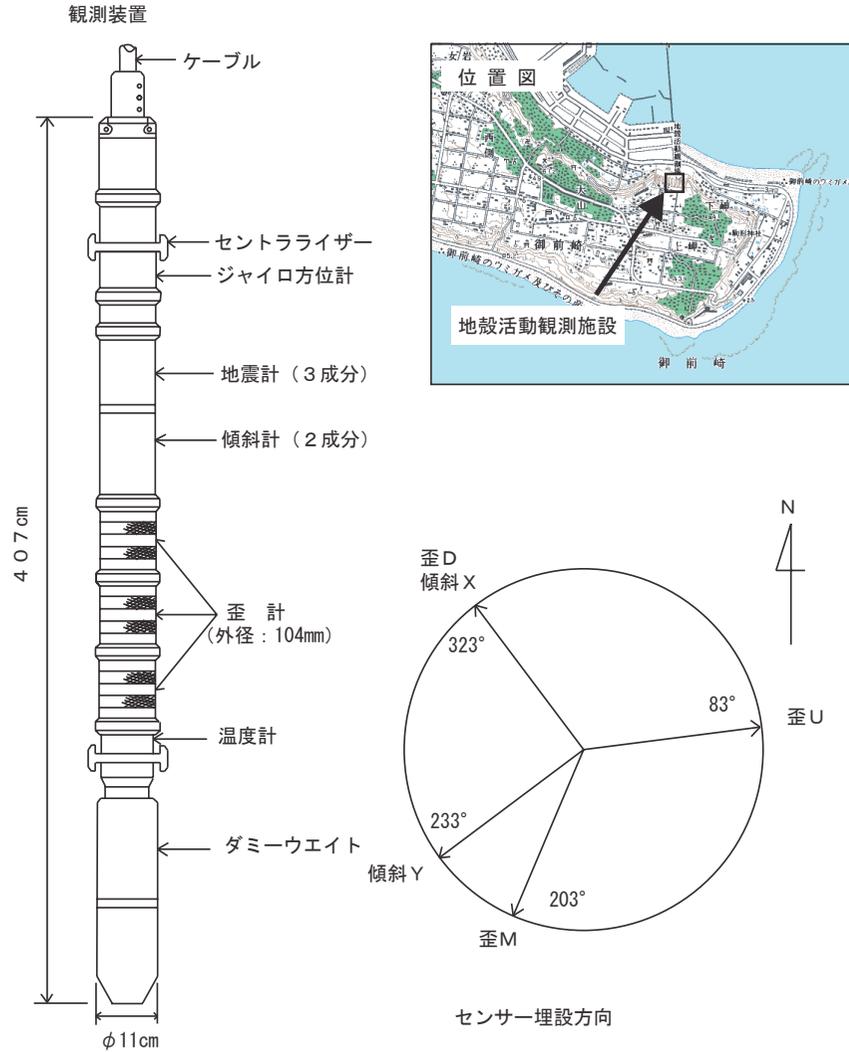
使用器材

- メコメーター ME-3000 (1984. 1~1989. 11)
- ジオメンサー CR-204 (1990. 4)
- メコメーター ME-5000 (1990. 10~現在)



第 43 図 光波測距による切山基線精密辺長測量結果
 Fig. 43 Results of repeated precise measurements of baseline distance by EDM at Kiriyama.

御前崎地中地殻活動観測施設

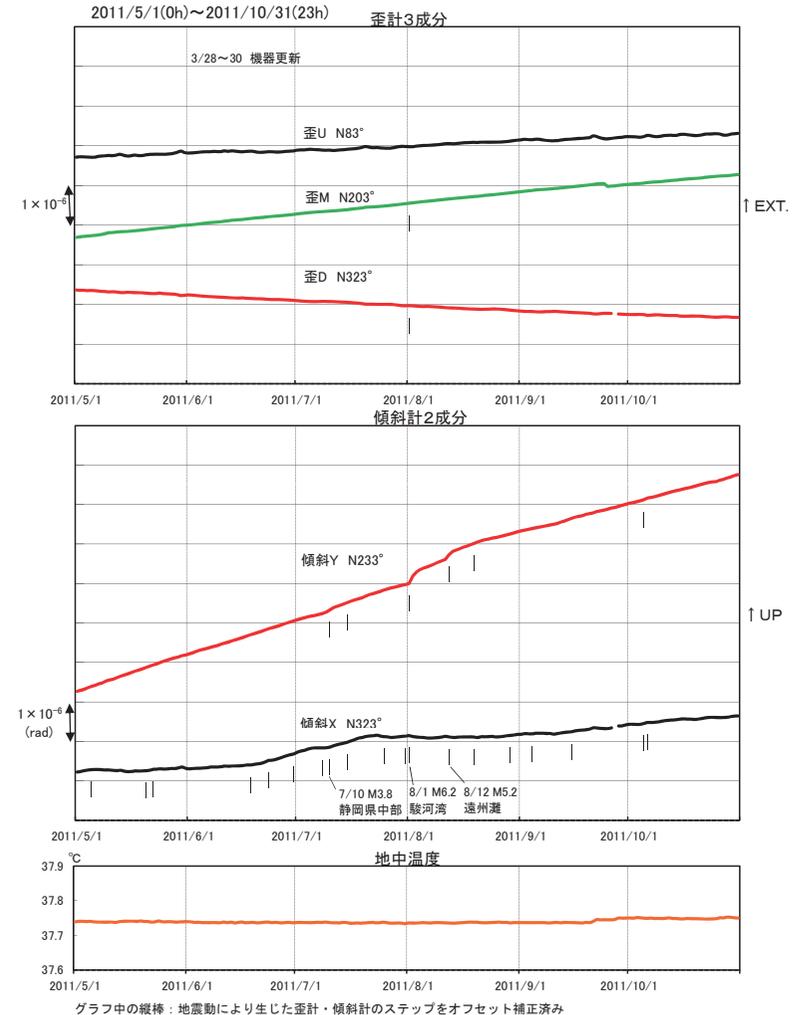


第 44 図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果 (観測点概観)
Fig. 44 Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omaezaki deep borehole (General view of observation site and sensor).

御前崎地中地殻活動観測施設 歪・傾斜 (日平均値)

(観測点名: 御前崎下岬)

特段傾向の変化は見られない

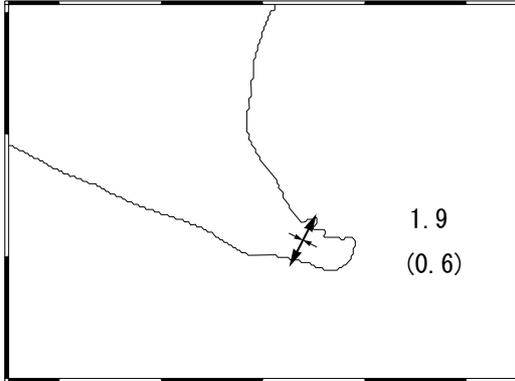


第 45 図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果 (日平均値)
Fig. 45 Results of continuous measurements of tilt and strain the Omaezaki deep borehole (Daily mean value).

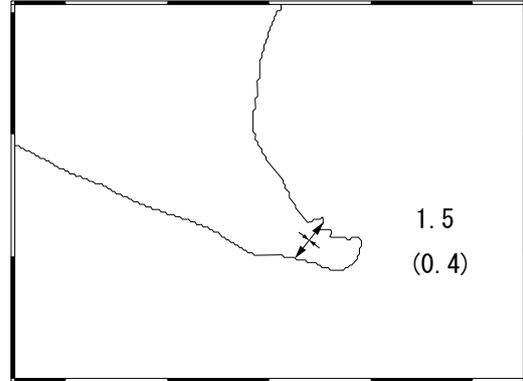
御前崎地中地殻活動観測施設による水平歪および傾斜ベクトル

(観測点名：御前崎下岬)

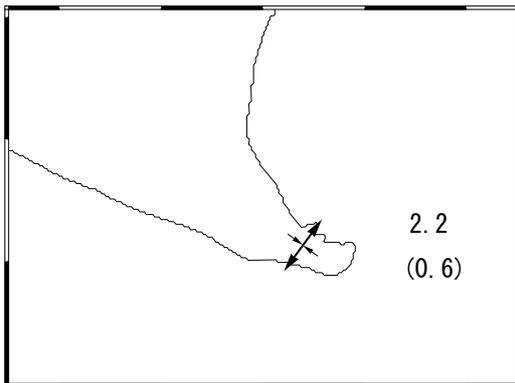
(1) [10/06/27-07/01]—[10/10/27-10/31]



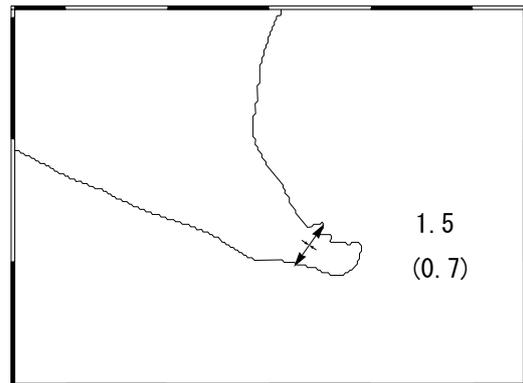
(2) [10/10/27-10/31]—[11/02/27-03/03]



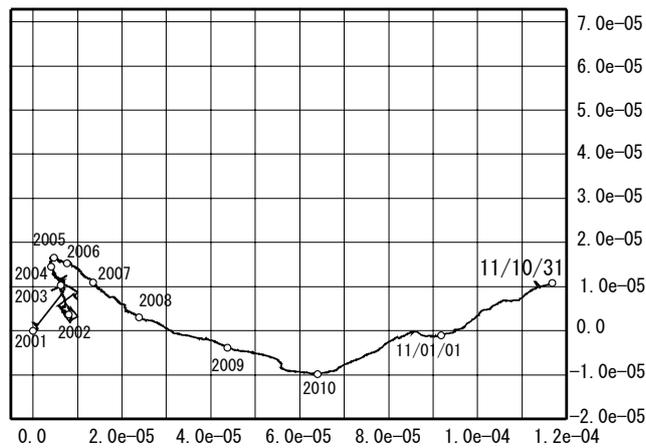
(3) [11/02/27-03/03]—[11/06/27-07/01]



(4) [11/06/27-07/01]—[11/10/27-10/31]



傾斜ベクトル (最終データ：11/10/31)

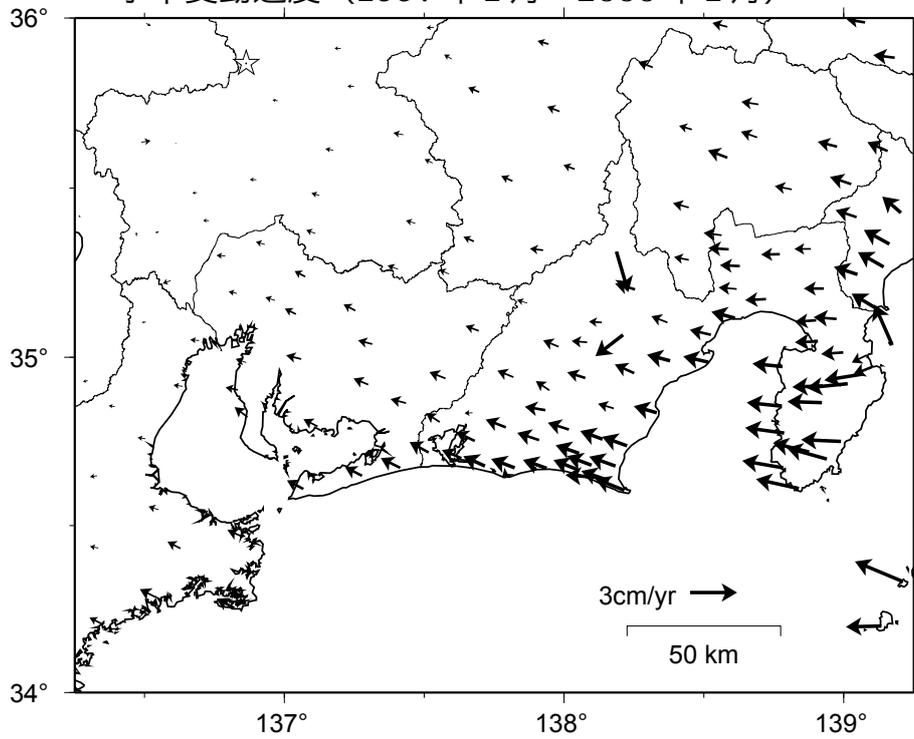


[x10⁻⁶]

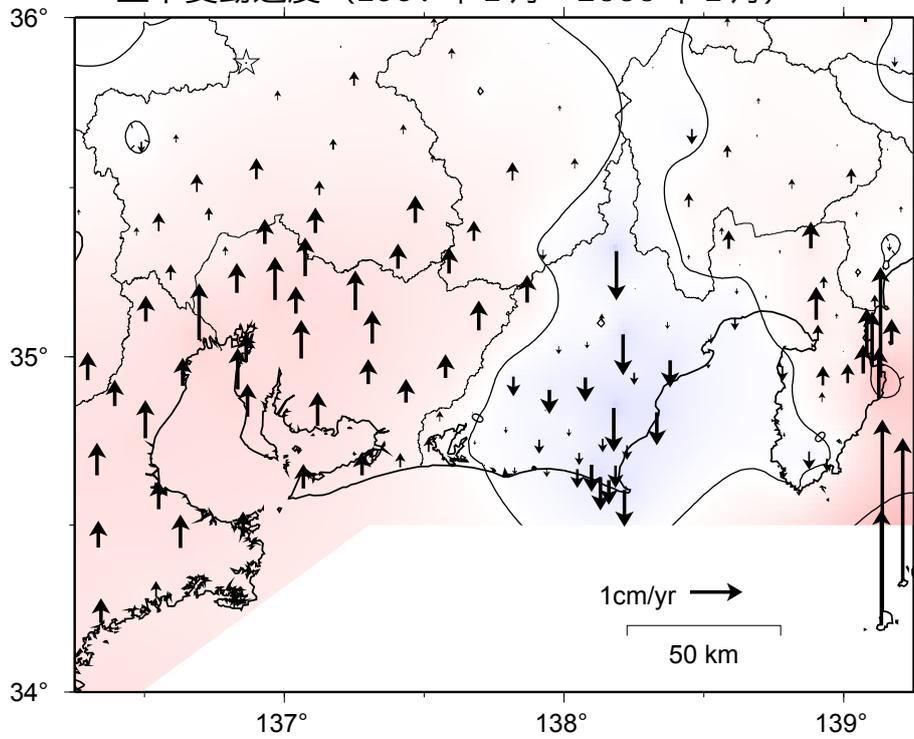
$\begin{matrix} \leftarrow 1 \\ \leftarrow 1 \\ \leftarrow 1 \end{matrix}$ 縮み 主軸
 $\begin{matrix} \rightarrow 1 \\ \rightarrow 1 \\ \rightarrow 1 \end{matrix}$ 伸び 主軸
 数値 最大せん断歪
 () 面積変化率

第 46 図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果 (水平歪および傾斜ベクトル)
 Fig. 46 Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omaezaki deep borehole (Horizontal strain and tilt vector).

東海地方の地殻変動速度【白鳥固定】最終解
 水平変動速度 (1997年1月～2000年1月)

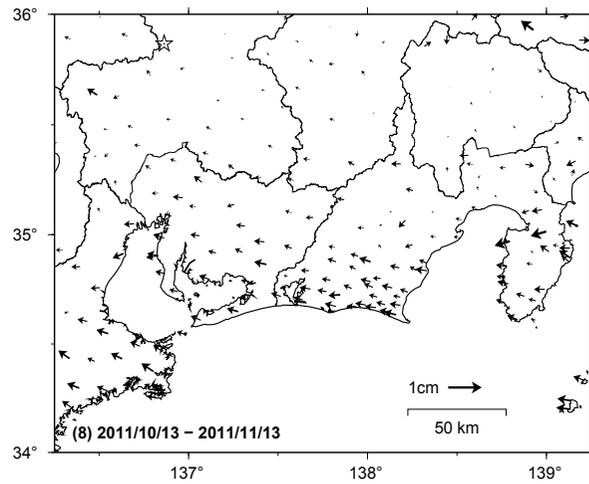


上下変動速度 (1997年1月～2000年1月)

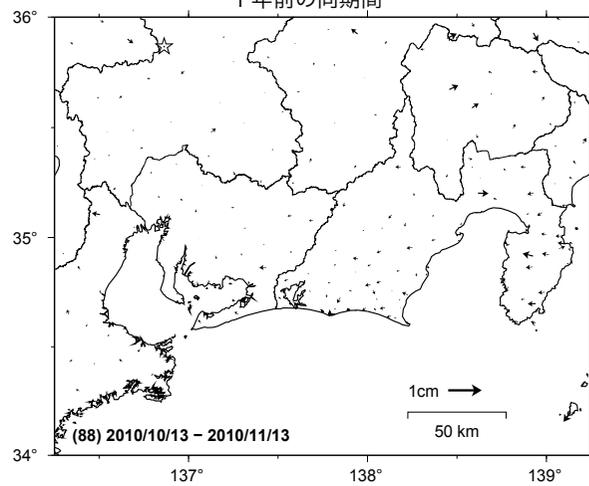


第 47 図 東海地方の水平地殻変動速度
 Fig. 47 Horizontal crustal deformation velocity in the Tokai region.

東海地方の水平地殻変動【白鳥固定】速報解
平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後最新 1 ヶ月



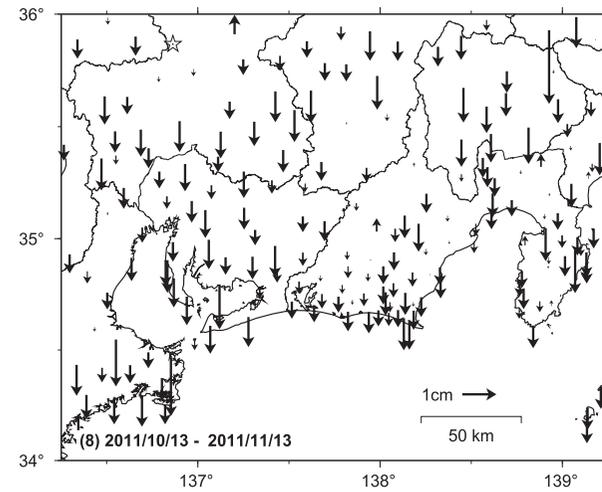
1 年前の同期間



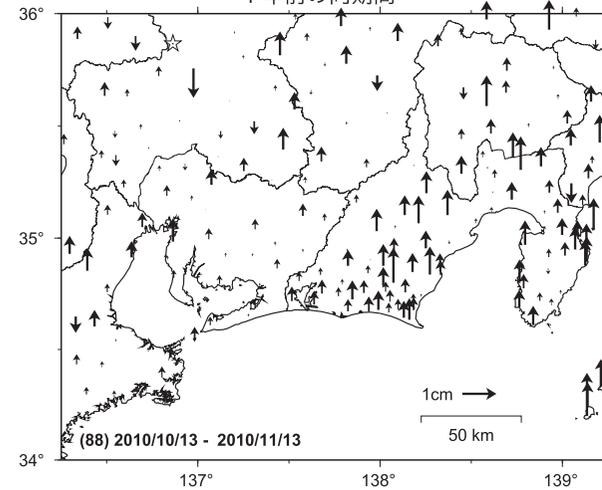
第 48 図 東海地方の地殻変動 東北地方太平洋沖地震後の水平変動最新 1 ヶ月

Fig. 48 Horizontal crustal deformation for latest one month in the Tokai region after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

東海地方の上下地殻変動【白鳥固定】速報解
平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後最新 1 ヶ月



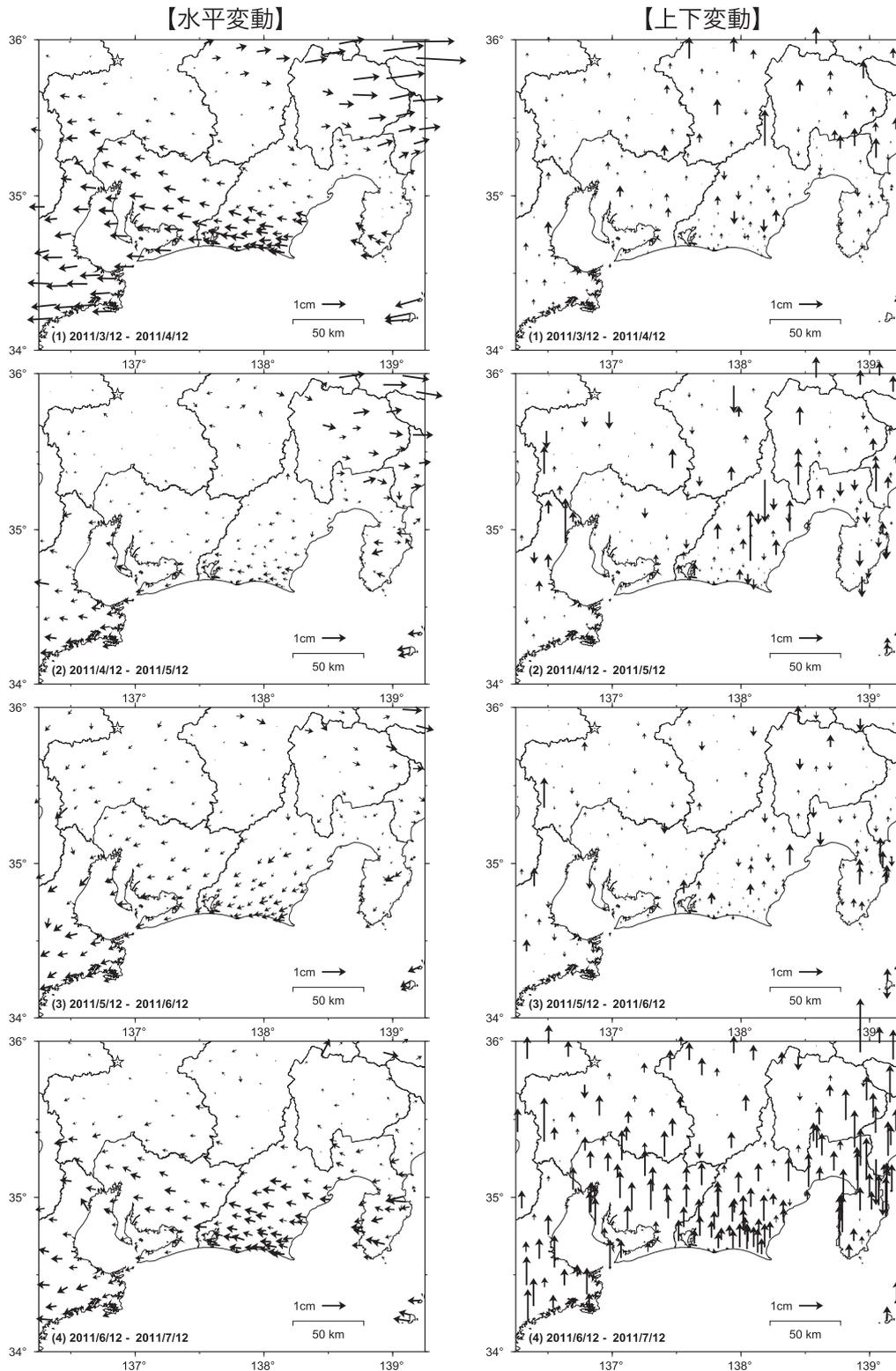
1 年前の同期間



第 49 図 東海地方の地殻変動 東北地方太平洋沖地震後の上下変動最新 1 ヶ月

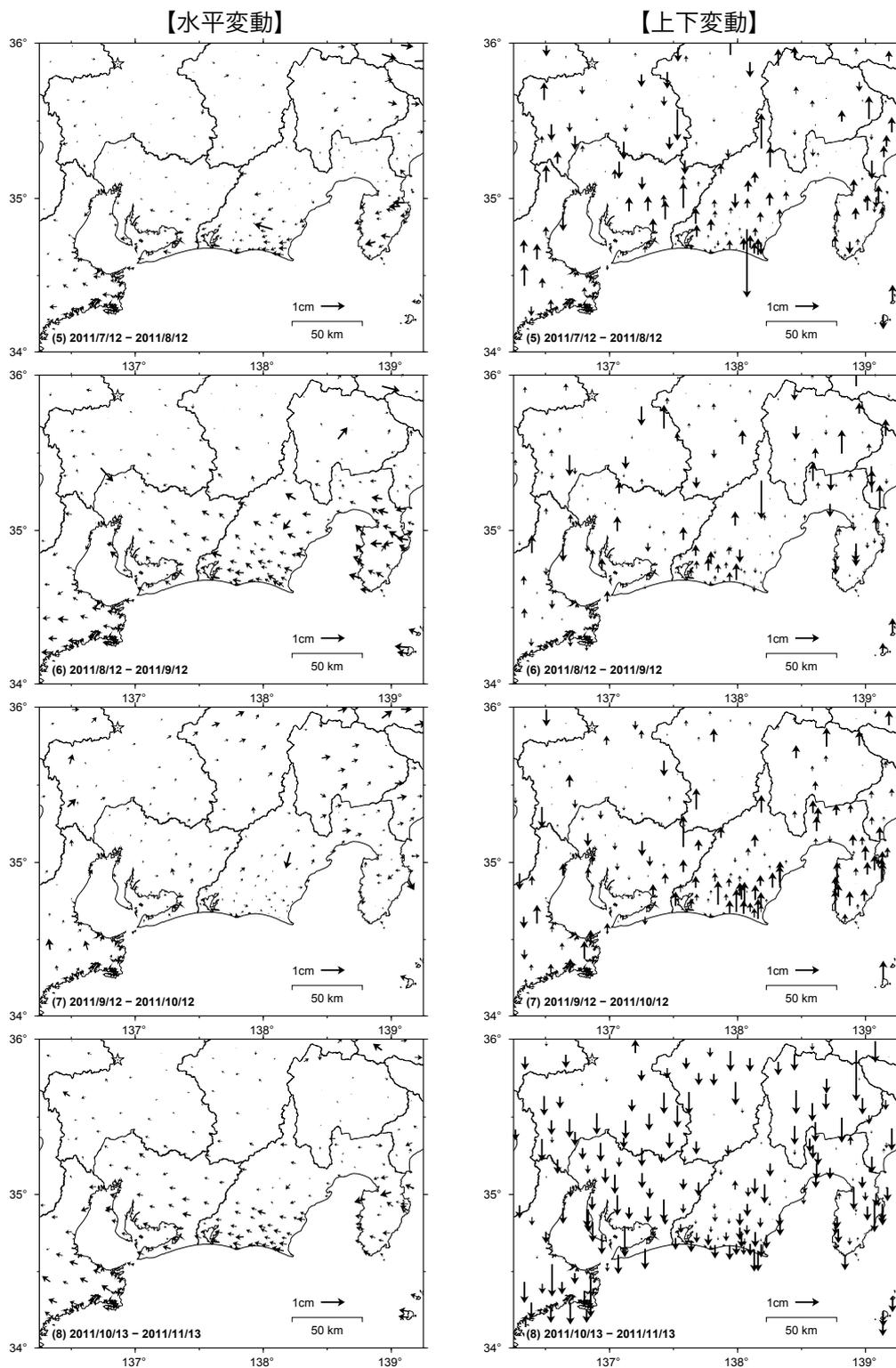
Fig. 49 Vertical crustal deformation for latest one month in the Tokai region after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

東海地方の地殻変動【白鳥固定】速報解
 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後1ヶ月ごと(1)



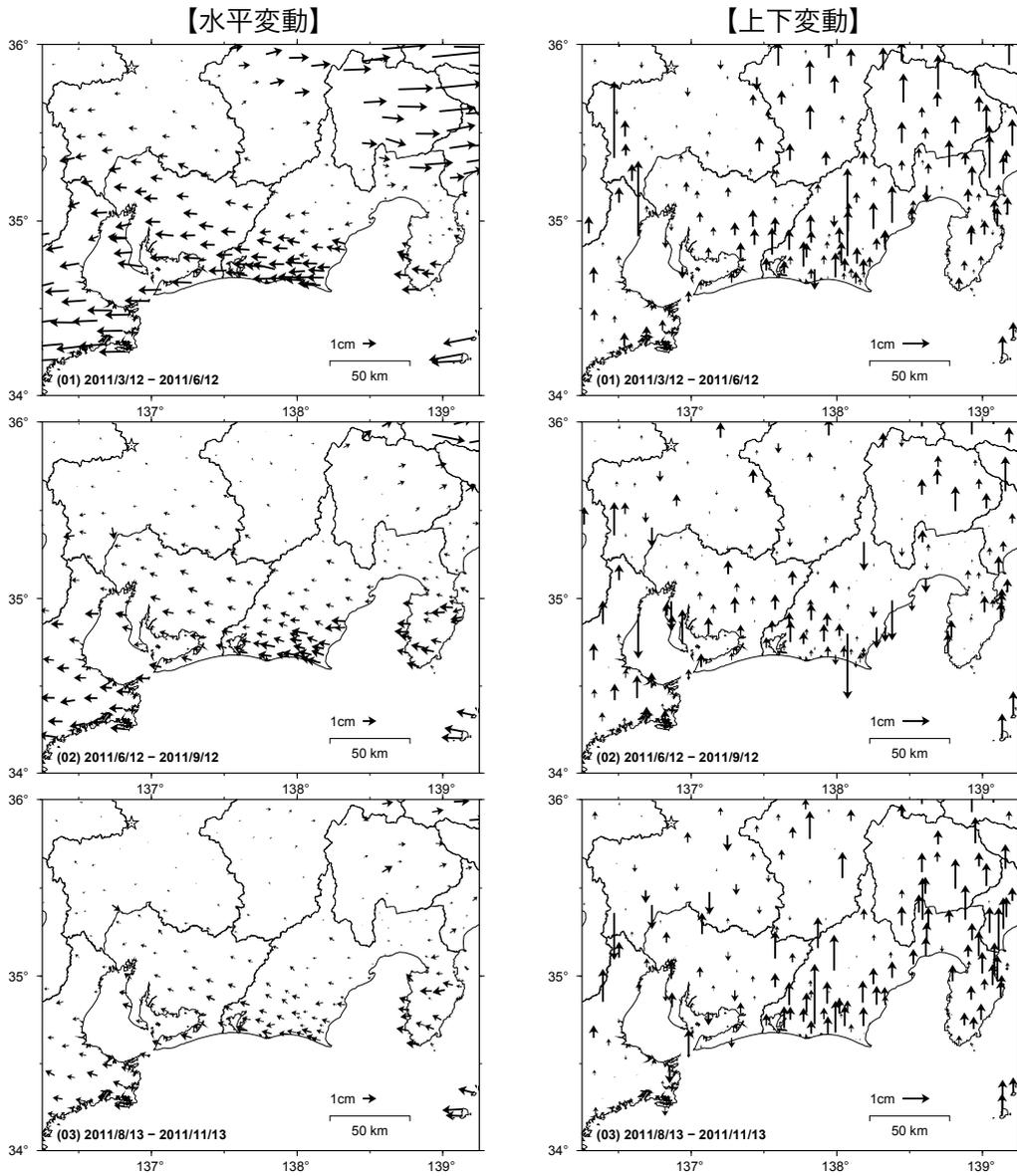
第50図 東海地方の地殻変動 東北地方太平洋沖地震後1ヶ月ごとの水平・上下変動
 Fig. 50 Horizontal and vertical crustal deformation for every one month in the Tokai region after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (1/2).

東海地方の地殻変動【白鳥固定】速報解
 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後1ヶ月ごと（2）



第 51 図 東海地方の地殻変動 東北地方太平洋沖地震後1ヶ月ごとの水平・上下変動
 Fig. 51 Horizontal and vertical crustal deformation for every one month in the Tokai region after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/2).

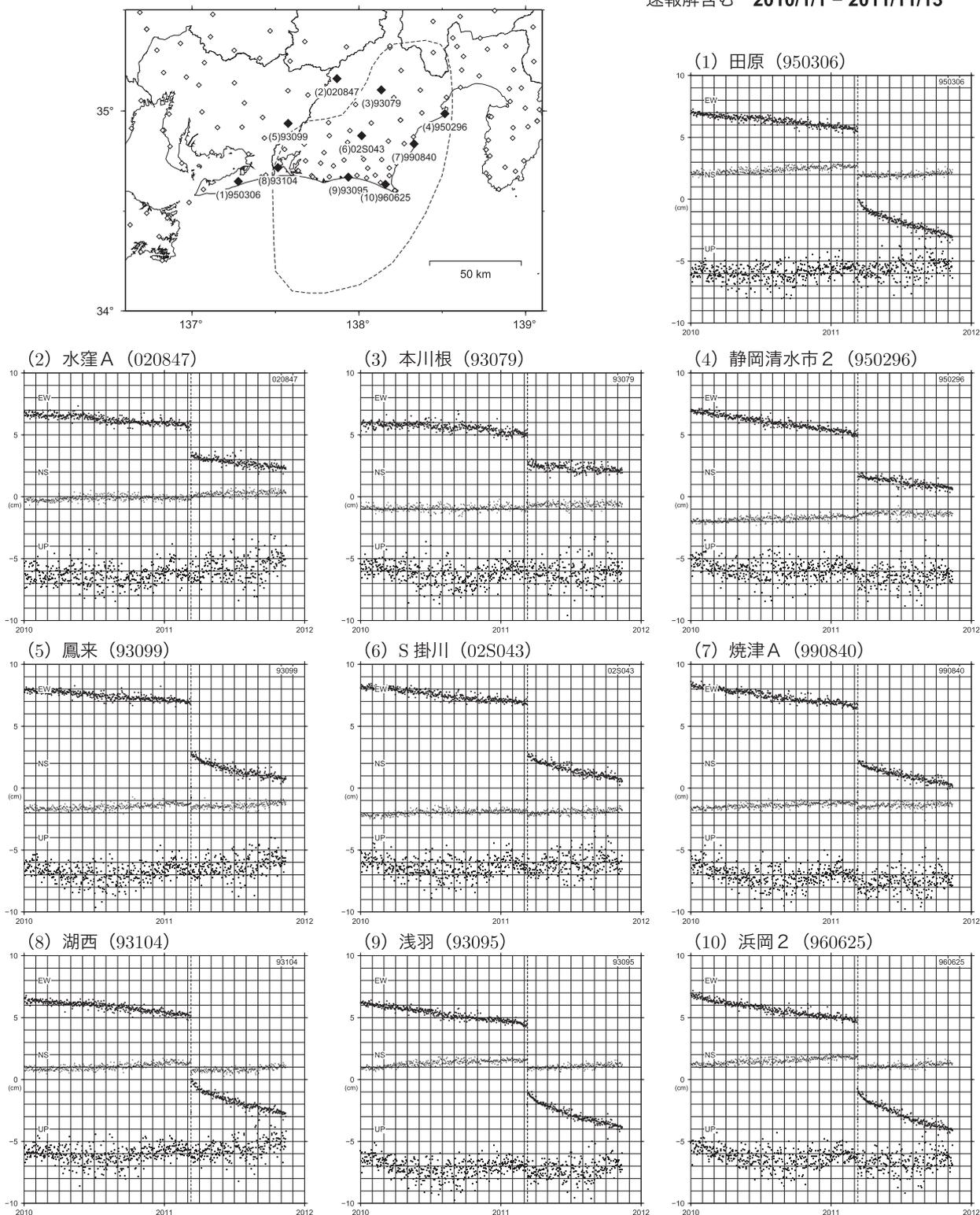
東海地方の地殻変動【白鳥固定】速報解
 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後3ヶ月ごと



第 52 図 東海地方の地殻変動 東北地方太平洋沖地震後 3 ヶ月ごとの水平・上下変動
 Fig. 21 Horizontal and vertical crustal deformation for every three months in the Tokai region after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake .

東海地方の地殻変動時系列【白鳥固定】

速報解含む 2010/1/1 - 2011/11/13



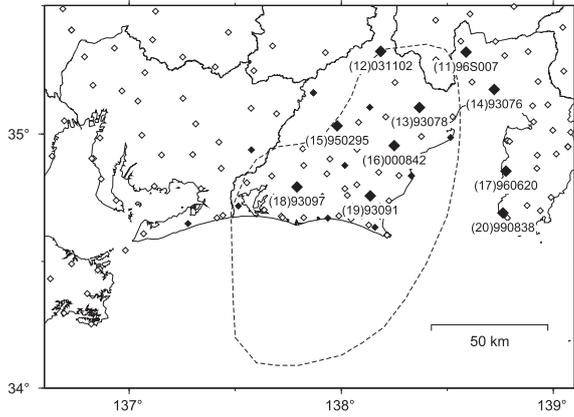
・2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動の影響は取り除いていない。

第 53 図 東海地方の地殻変動時系列

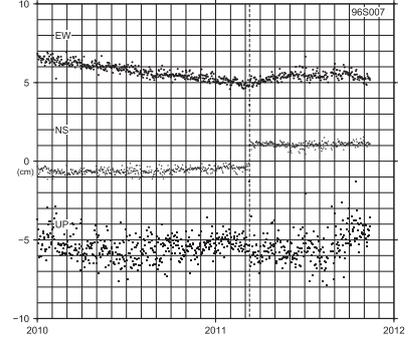
Fig. 53 Time series of observed crustal deformation in the Tokai district (1/2).

東海地方の地殻変動時系列 (2) 【白鳥固定】

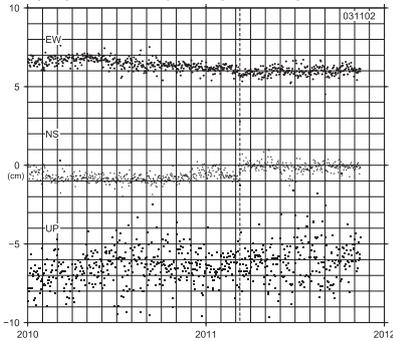
速報解含む 2010/1/1 - 2011/11/13



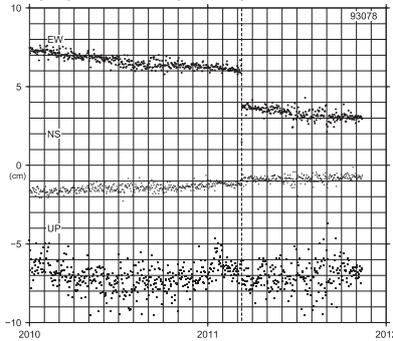
(11) S 富士宮 2 (96S007)



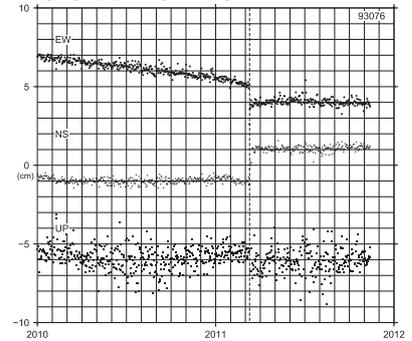
(12) 静岡畑薙 A (031102)



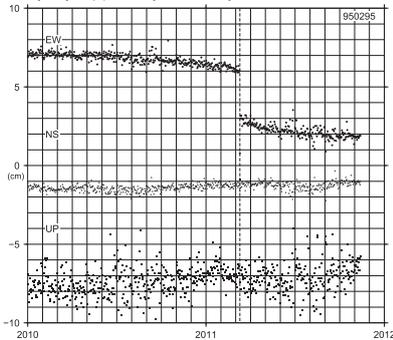
(13) 静岡 2 (93078)



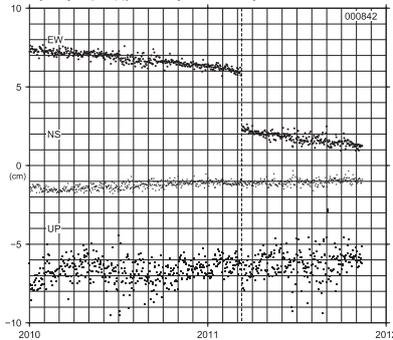
(14) 富士 (93076)



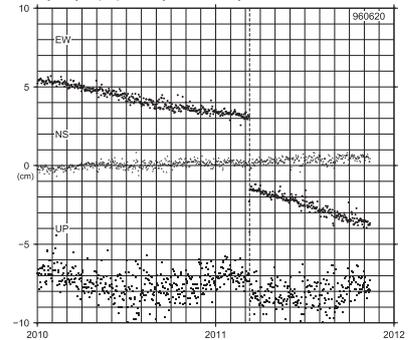
(15) 春野 (950295)



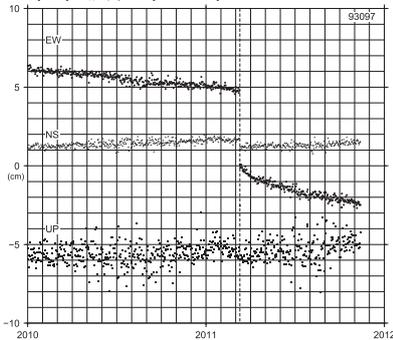
(16) 岡部 A (000842)



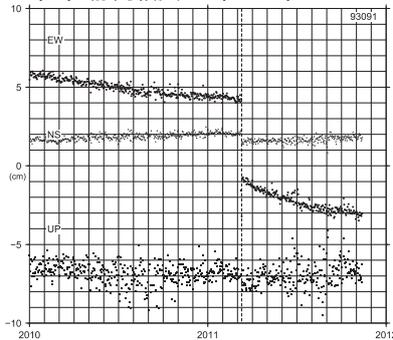
(17) 賀茂 (960620)



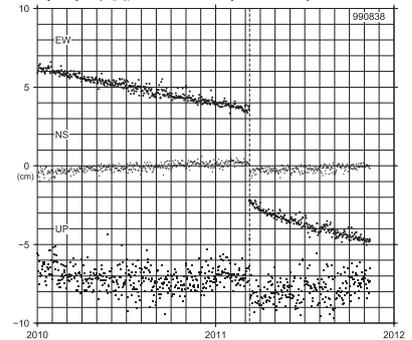
(18) 浜北 (93097)



(19) 静岡相良 1 (93091)



(20) 南伊豆 1 A (990838)



・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。

第 54 図 東海地方の地殻変動時系列

Fig. 54 Time series of observed crustal deformation in the Tokai district (2/2).

御前崎における絶対重力変化 Absolute Gravity Change at Omaezaki

国土地理院・東京大学地震研究所
Geospatial Information Authority of Japan (GSI)・
Earthquake Research Institute, University of Tokyo (ERI)

[1] はじめに

駿河湾地域の重力変化の監視を目的として、国土地理院(GSI)と東京大学地震研究所(ERI)は、御前崎市下岬において繰り返し絶対重力測定を実施している。今回は1996年7月から2011年9月までに行った測定について報告する。最新の観測は9月26日～9月28日である。

[2] 測定について

測定地は、国土地理院・御前崎下岬地殻活動観測場内にある御前崎基準重力点(OMZ-FGS)である。絶対重力計は、Micro-g LaCoste社製FG5(GSI:#104, #201, #203, ERI:#109, #212, #241)である。図1に測定結果を示す。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**である。加藤&津村(1979)の手法で国土地理院が求めた御前崎検潮所の沈降速度は、7.8mm/年である。この沈降速度から期待される重力変化率に比べ、実測値から推定した重力変化率は、約半分程度である。

沈降速度から期待される重力変化率と、実測値から推定した重力変化率

フリーエア勾配(0.003mGal/cm)を仮定した重力変化率：約0.0023mGal/年
ブーゲー勾配(0.002mGal/cm)を仮定した重力変化率：約0.0016mGal/年
実測値から推定した重力変化率(土砂崩れ前)：約0.0012mGal/年
実測値から推定した重力変化率(土砂崩れ後)：約0.0010mGal/年

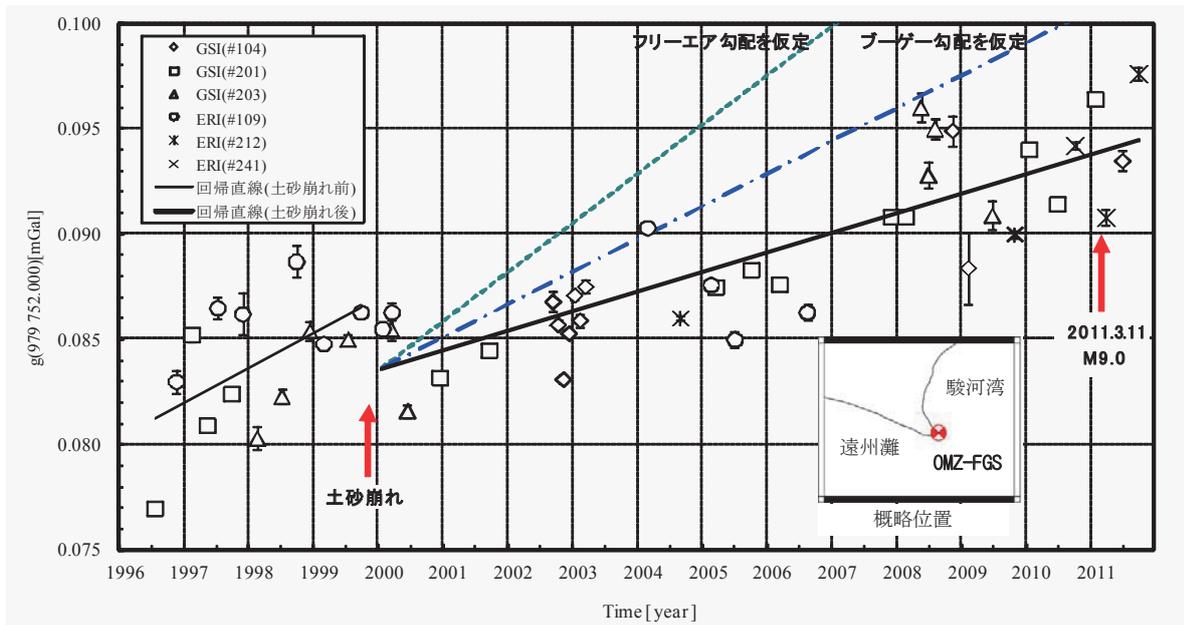


図1 御前崎基準重力点における重力変化
Fig.1 Absolute Gravity Change at OMZ-FGS

説明：1999年10月27日、豪雨により観測地点から20m離れた場所で、高さ10m幅5mの土砂が崩落した。この影響をモデル計算から0.005mGalの重力増大効果と推定した。図中の土砂崩れ以降の重力値にはこの影響を補正している。また、重力値はすべて御前崎基準重力点金属標上1.3m地点でのものである。

第55図 御前崎における絶対重力変化
Fig.53 Absolute gravity change at Omaezaki.