

6－3 東海地方の地殻変動

Crustal Movements in the Tokai District

国土地理院
Geographical Survey Institute

[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。下から2段目で、2008年2月に焼津験潮場の井戸を補修した後、水位が落ち着いている。考えられるシナリオとして、井戸の補修により、漏水がなくなり、淡水化が進まず、水位が安定したとみている。このシナリオが正しいなら、井戸清掃では、従来2cm以上見られた潮位差の飛びが見られないはずである。2008年10月24日の導水管清掃では、飛びは見られなかった。その他、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2～5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図最上段は、最新の観測2009年4月下旬の結果を前回2009年1月の値と比較した各水準点の上下変動である。今回の変動量はわずかであり、森町に対して菊川市はわずかな隆起を示す結果となった。

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)の変動である。下のプロットが年周成分除去後のものである。年周除去後のプロットも、前回と比較しても、去年の春と比較してもわずかな沈降である。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年夏以前に戻っているが、今回のプロットは、2005年夏以降の最近のトレンド上にあるように見える。

第4図は、最新の変動がトレンド上に載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ピイベント(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つたが、その後、期間(3)に約-4mm/年と期間(1)の沈降速度にはほぼ戻っている。年周変動の振幅は、5.4mm, 3.8mm, 1.9mmと小さくなっている。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、最新のプロットは、標準偏差の範囲内であり、従来どおりの傾向とみられる。

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。グラフ上段のプロットにおいて、掛川が森に対してわずかに隆起気味である。グラフ下段のプロットにおいて、森に対する御前崎の先端側は、長期的な沈降傾向がわずかに鈍っているように見える。

[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。最新の結果は長期的なトレンド上にあるように見える。

[GPSと水準測量の比較 御前崎]

第7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。2005年1月の観測を除いて数mm以内の較差でよく一致している。2008年8月のGPSは隆起気味であったが、その後、従来の沈降のトレンドに戻っており、8月の隆起の原因は夏のGPS観測値に見られるバラツキであるとみている。GPSと水準測量の時系列から、御前崎側の沈降は、揺らぎを伴いながらも、従前どおりの傾向で続いているとみられる。

第8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。2005年1月を除いて、1ヶ月平均のGPSの観測値と水準測量の観測値とは良く一致している。GPSと水準測量の時系列からも、御前崎側の沈降は、揺らぎを伴いながらも、長期的な沈降の傾向に変化は見られない。

[GPS 上下 高精度比高観測 御前崎]

第9～13図は、掛川～御前崎間に於いて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9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ページ・次々ページである。

第10図は全点の1ヶ月毎の移動平均値、第11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值を調整した。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つたことによるものである。御前崎側の沈降は、揺らぎを伴いながらも、従前の傾向で続いているとみられる。

第12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、第13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。最新の最上段の図では、特段の変化は見られない。

[水準測量 御前崎先端部 每年2月に報告]

第14～15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。最近は概ね半年に1回の頻度で実施している。

第14図の上段は、今回2009年1月の最新の結果を前回2008年7月の結果と比較した結果で、御前崎先端側が沈降している。

第15図は、網平均を行った結果で、左上の短期的な傾向は、長期的な先端側沈降の傾向と調和的である。第15図の(4)における大きな隆起(5.8mm)の原因是、2007年夏に報告された水準点2593-1の上面舗装の傾斜の影響と考えられる。

[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。最新データは、2009年5月9日である。

第16図下段の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る。このような飛びは過去にほとんど例がない。一方、第2図の最上段の2009年4月下旬までの同一水準点の観測結果では目立った隆起は見られない。菊川地区水準測量の手簿によれば、往復観測差が通常より大きい。周辺のGPS、深井戸の歪み・傾斜、水管傾斜計での観測データには、これと整合する上下変動は見られていないことから、少なくとも注目すべき広域的な上下変動ではないとみている。

第17図上段のSF2129から2602-1に至る南北の路線（約100m）、及び中段のSF2129から2601に至る北北西－南南東方向の路線（約2km）の上下変動は、従来の南側沈降の傾向が長期的に鈍る傾向も見られる。2009年4月の南側隆起を除いて特段の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、従来からのトレンドの延長に沿った変動であるように見える。

[GPS 御前崎周辺]

第19～21図は御前崎周辺の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。それぞれ短い基線であるため紀伊半島南東沖の地震の影響は見られず、従来からの傾向に変わりはない。

[GPS 駿河湾]

第22～23図は、駿河湾周辺のGPS連続観測時系列である。第22図に観測点毎のアンテナ交換等による補正を行った時期を示している。なお、戸田（へだ）B観測点は、2005年11月に戸田A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。戸田Bに係わる基線(1)～(5)に2008年秋に一時揺らぎがあった。原因は不明である。最近の変動は、ゆらぎの範囲内におさまっており、顕著な傾向の変化は見られない。

第24図は、大竹前会長のご指導により、前ページの時間微分を取って作成した基線長変化率である。通常は、±2cm/年以内の変化率にとどまっているが、夏季には、基線によっては±3cmを越えることもある。最新の基線長変化率は、過去の平均値に近く、特段の傾向の変化は見られない。

[長距離水管傾斜計 御前崎]

第25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。上側□印の水準測量の今回の結果では、長期的な東側隆起の傾向が停滞気味に見える。

第26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。前回から坑内温度が追加されている。季節変動以外に特段の変化は見られない。

[深井戸 歪み・傾斜 御前崎]

第27～29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。第28図の時系列において、最近の機器不良の飛びが見られるが、他に特段の変化は見られない。

第29図には、連続観測結果から計算した歪みの主軸と傾斜計から見た傾斜ベクトルを示す。上段において、水平歪みは北西—南東圧縮であり、ほとんど変化がない。北東—南西伸張が最新の(4)で小さくなっている主な原因は、2008年10月9日頃の歪M成分の異常な圧縮変化によるものと考えられる。第29図下段は傾斜観測から計算した傾斜ベクトルの変化を2001年1月1日を基準にプロットしたもので、東南東方向へ傾き下がる方向への傾斜変動が継続している。

[非定常地殻変動 東海地方]

第30～45図は、GPS連続観測結果に基づいた東海地方の最近の地殻変動と非定常地殻変動の解析結果である。今回からすべてF3解を使用している。

[非定常地殻変動 東海地方 最近1年間の地殻変動]

第30～31図は、最近1年間の東海地方の地殻変動の水平成分と上下成分の図である。第30図の赤矢印は、定常的な地殻変動速度ベクトル（左下）との差が7mm以上の変動ベクトルを表示している。右下の図のように東海地方に赤い矢印がまとまって現れた場合に、要注意ということになる。水平成分、上下成分共に、スロースリップ開始以前の状態に戻っているように見える。東海地方で、静岡県西部にひとつだけ見えている赤矢印は、引佐観測点である。異常点とみている。

[非定常地殻変動 東海地方 非定常地殻変動]

以下の非定常地殻変動の資料（第32～39図）は、2004年9月5日の紀伊半島南東沖の地震の余効変動を取り除いた後の結果である。

第32～33図は、最近16ヶ月間の2ヶ月毎の非定常地殻変動の水平成分及び上下成分の図である。いずれの期間も特に目立った変動は見られない。第34～36図は、1年毎の非定常地殻変動を左に水平成分、右に上下成分を並べて示したものである。特に目立った変動は見られない。

[非定常地殻変動 東海地方 GPS時系列]

第37～39図は、東海の各観測点の非定常地殻変動3成分の時系列を示したものである。2003年に行われたGPS受信アンテナの交換・レドーム設置、2004年9月5日の紀伊半島南東沖の地震、2004年10月23日の新潟県中越地震、2007年3月25日の能登半島地震、2007年7月16日の新潟県中越沖地震の影響については、データの不連続が生じないよう補正を行っている。また、2004年9月5日の紀伊半島南東沖の地震の余効変動も取り除いている。第37図にはアンテナ交換、レドーム設置、その他の保守を行った日のリストを示してある。アンテナ交換等の保守の影響については問題なく補正されていると考えられる。

第38～39図の時系列において、多くの観測点で、2004年の紀伊半島南東沖の地震以降傾向が変化している。第38図の(7)竜洋、(8)掛川では、2000年～2005年に見られた南東方向および隆起の傾向は、2005年以降止まっており、スロースリップは停止したと判断している。一方、浜名湖北東に位置する(6)春野では2005年以降も隆起が継続していたが、2008年に入って隆起はほとんど見られなくなっている。

[非定常地殻変動 東海地方 推定すべり分布]

2000年秋頃から浜名湖周辺の地下でスロースリップが進行し、2005年夏頃に終息した。その後、

浜名湖北東部で部分的に継続し、また渥美半島、志摩半島周辺で、（2004年頃から始まった）わずかなすべりが残っていた可能性があったが、ほぼ終息しているように見える。第40～45図は、スロースリップのすべり分布の推定結果の図である。

第40図は、スロースリップのすべり分布とイベント開始からのモーメントの時系列グラフである。すべりの累積は浜名湖周辺で最大25cm程度である。また、解放されたモーメントはモーメントマグニチュード換算でMw7.0を超えた後2005年初頭に増加が止まった。2005年以降のゆっくりとした累積モーメントの上昇の原因は、浜名湖北東部ですべりが継続している影響だと考えられる。現在はモーメントの上昇はほとんど見られない。

第41図は推定されたプレート間のすべり量の分布で、2ヶ月毎のすべりベクトルを表示している。（1）には、浜名湖北東部にわずかにすべりが推定されているが、それ以降、ほとんどすべりは推定されていない。

第42～43図は1年毎に見た推定すべり分布である。（1）～（4）2001年1月～2005年1月では、大きな南東向きのすべりが推定されている。（5）2005年1月から2006年1月では、それ以前と比較して、南東向きのすべりが小さく、わずかなすべりが浜名湖の北側に見える程度である。（6）～（7）2006年1月から2008年1月では、浜名湖北東部にすべりが推定されている。（8）～（9）2008年1月以降最新までは、ほとんどすべりは推定されていない。

[非定常地殻変動 東海地方 推定すべり分布の時間比較]

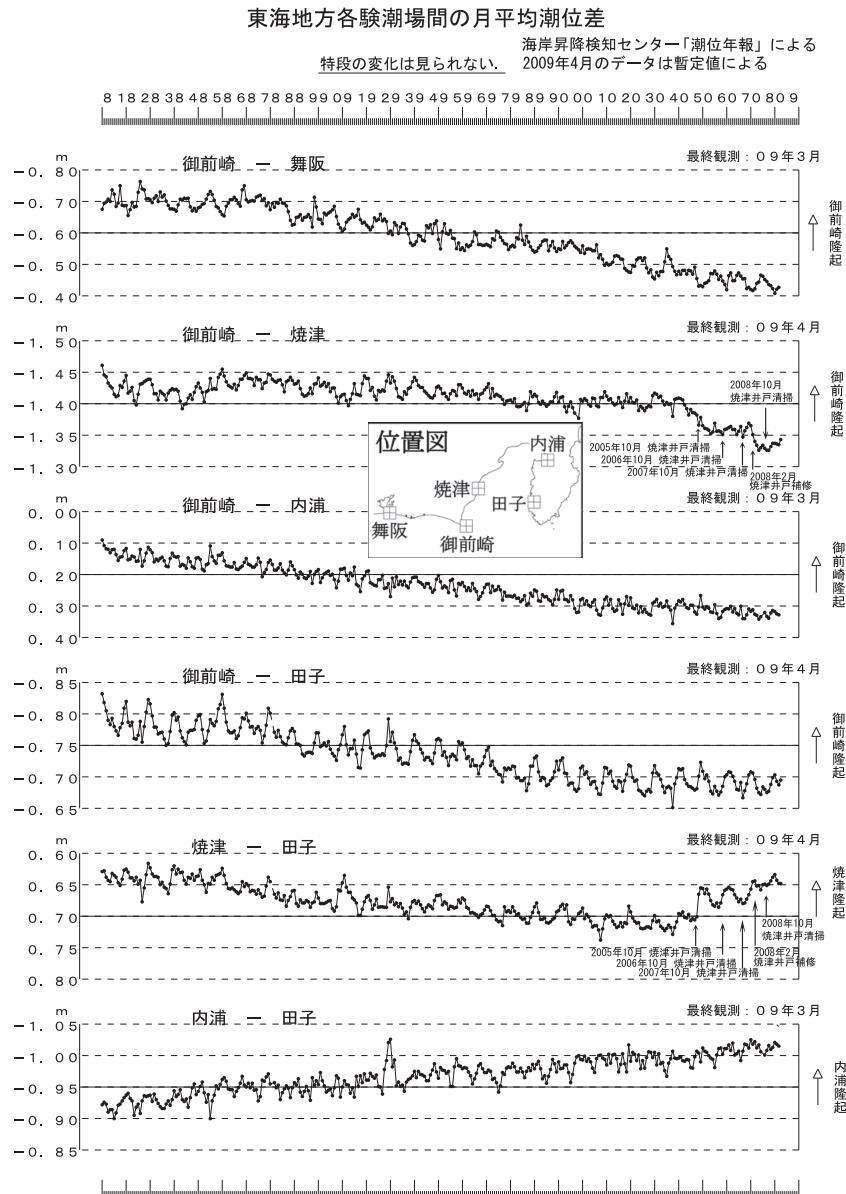
第44図は、2006年1月～2009年4月の最近のすべり分布をスロースリップ進行期と比較して示したもので、最近は、浜名湖のすべりの目玉は消えて、浜名湖北東部と伊勢湾周辺にすべりが分布している。上段の2枚の図では、ベクトルのスケールが5倍違うので注意が必要である。中・下段は、大きさも比較できるように速度に換算したもので、灰色の矢印で示した最近のすべり量は、スロースリップ進行期のすべり量よりかなり小さい。

第45図は、各グリッド上での推定すべりの時間変化を示したものである。浜名湖周辺の77, 78, 86番では、スロースリップ進行期（2001年～2005年）には、大きなすべりが推定されていたが、2005年夏以降ほとんど推定されていないのが分かる。一方で、伊勢湾周辺の69, 70番では、スロースリップ進行期にはほとんどすべりが推定されていなかったが、2004年ごろからすべりが推定されはじめているのがわかる。また浜名湖北東部の95, 96番では、スロースリップが停止したと考えられている2005年夏以降もすべりが推定されていたが、2008年以降はほとんど推定されていない。

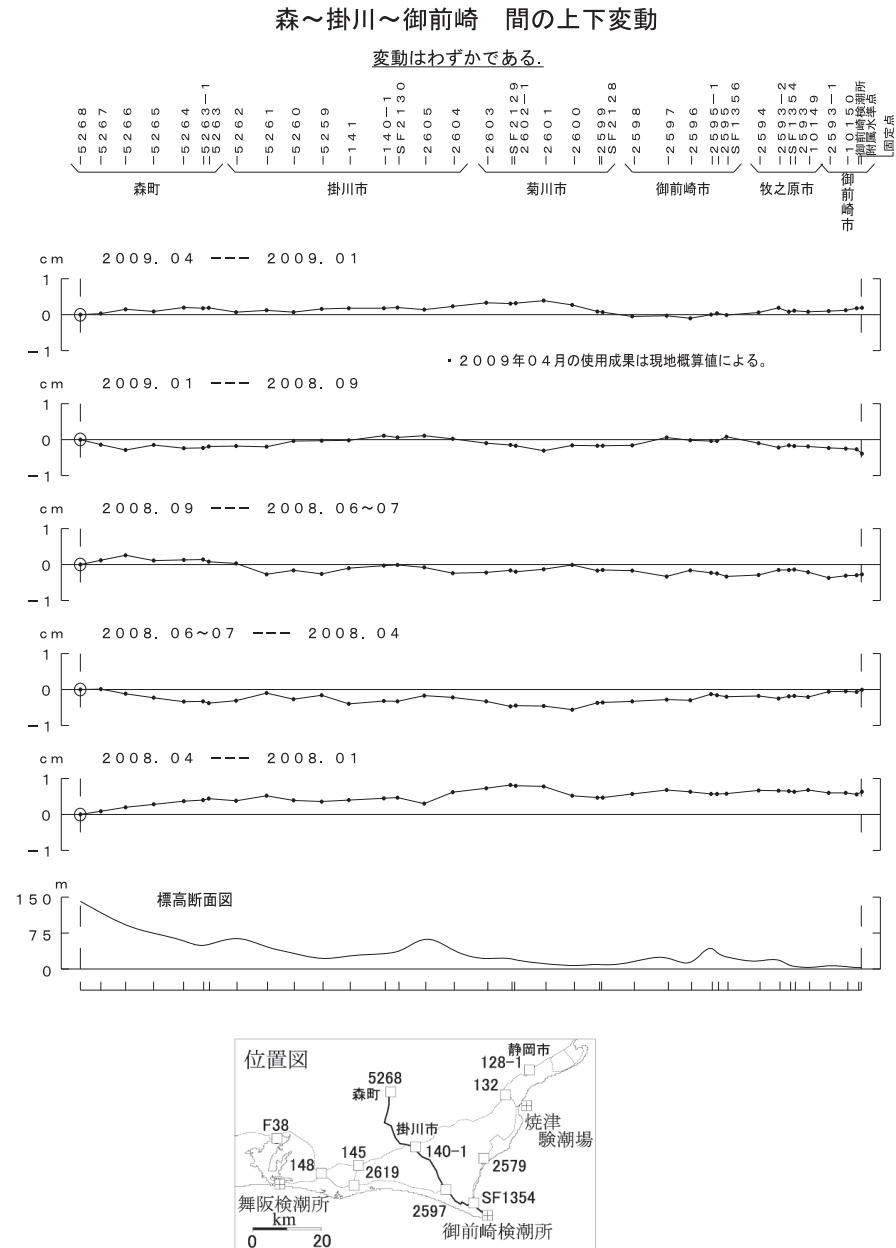
参考文献

- 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.



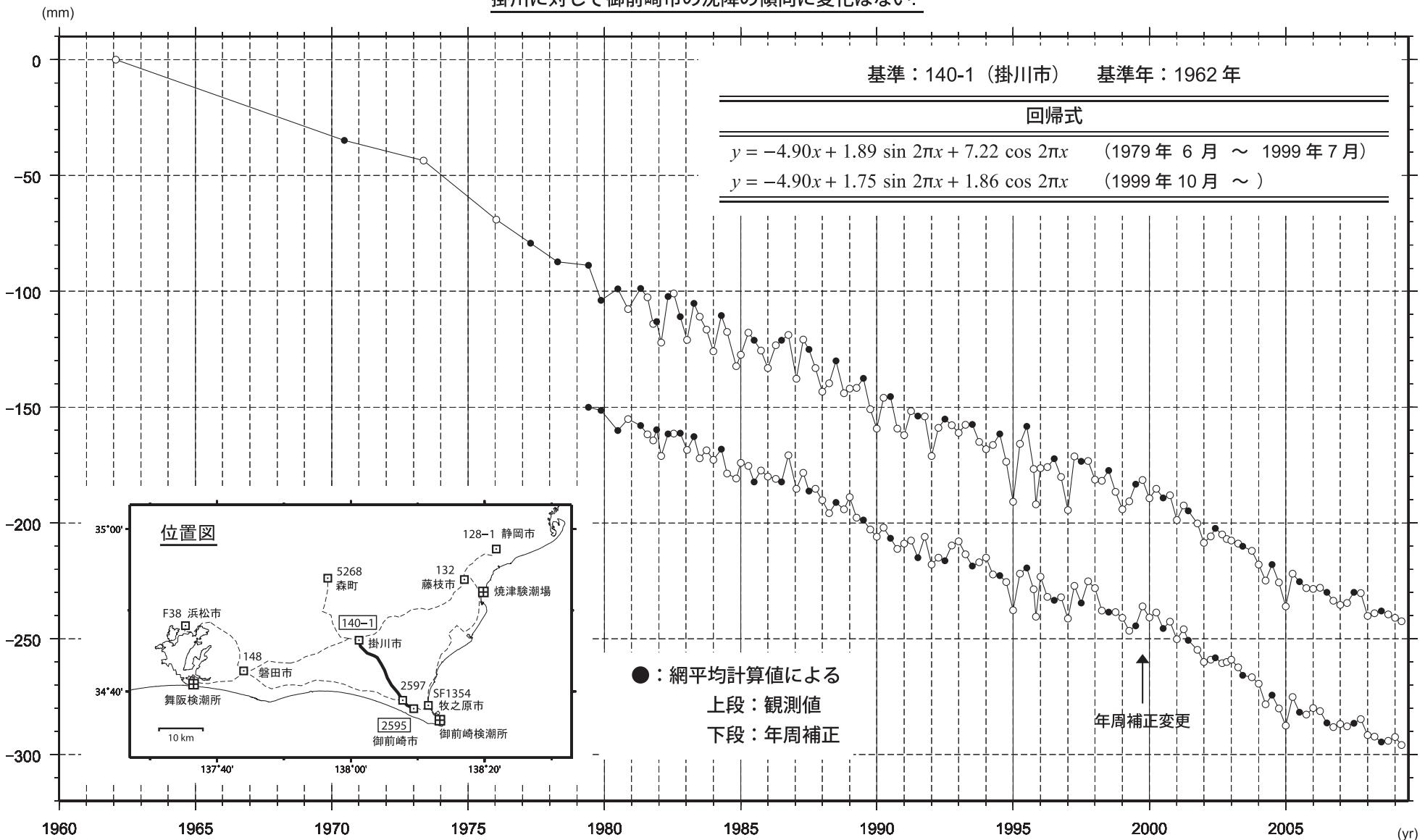
第1図 東海地方各駿潮場間の月平均潮位差
Fig. 1 Plots of differences between monthly mean values at tidal gauges in the Tokai region.



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 Omaezaki city via Kakegawa city.

水準点 2595 (御前崎市) の経年変化

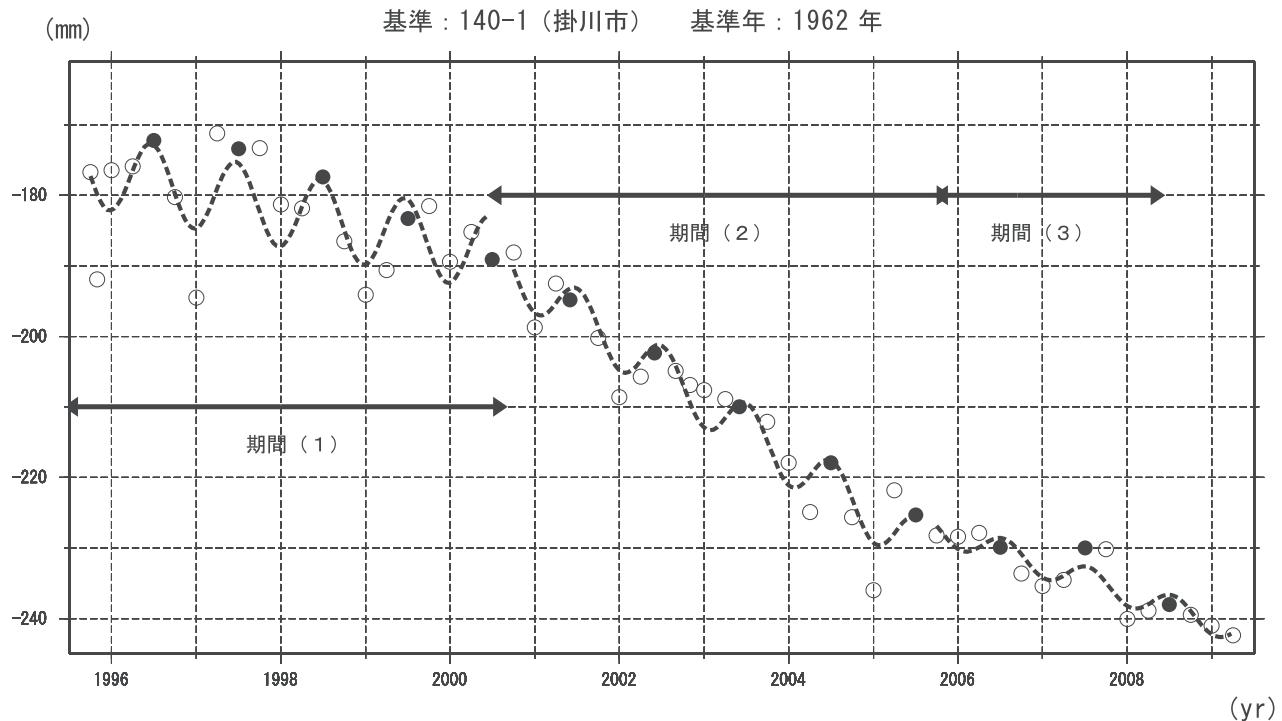
掛川に対して御前崎市の沈降の傾向に変化はない。



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
最新のプロットは標準偏差の範囲内であり、従来どおりの傾向と見られる。

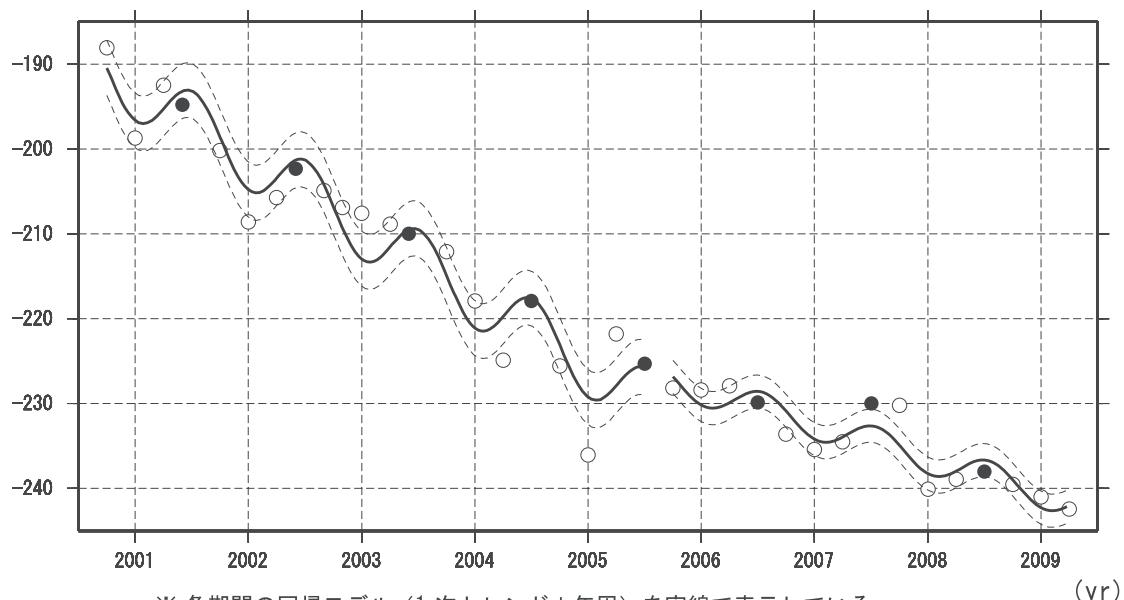


※スロースリップイベントの(1)開始以前、(2)進行期、(3)停止以後の3期間でそれぞれ回帰モデルを推定している。

※(1)～(3)の各期間の1次トレンド十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	-8.15	3.80	-95.7	3.24
期間 (3)	2005. 10 – 2009. 4	-4.03	1.87	-106.0	1.95

期間 (2)および期間 (3)の拡大図

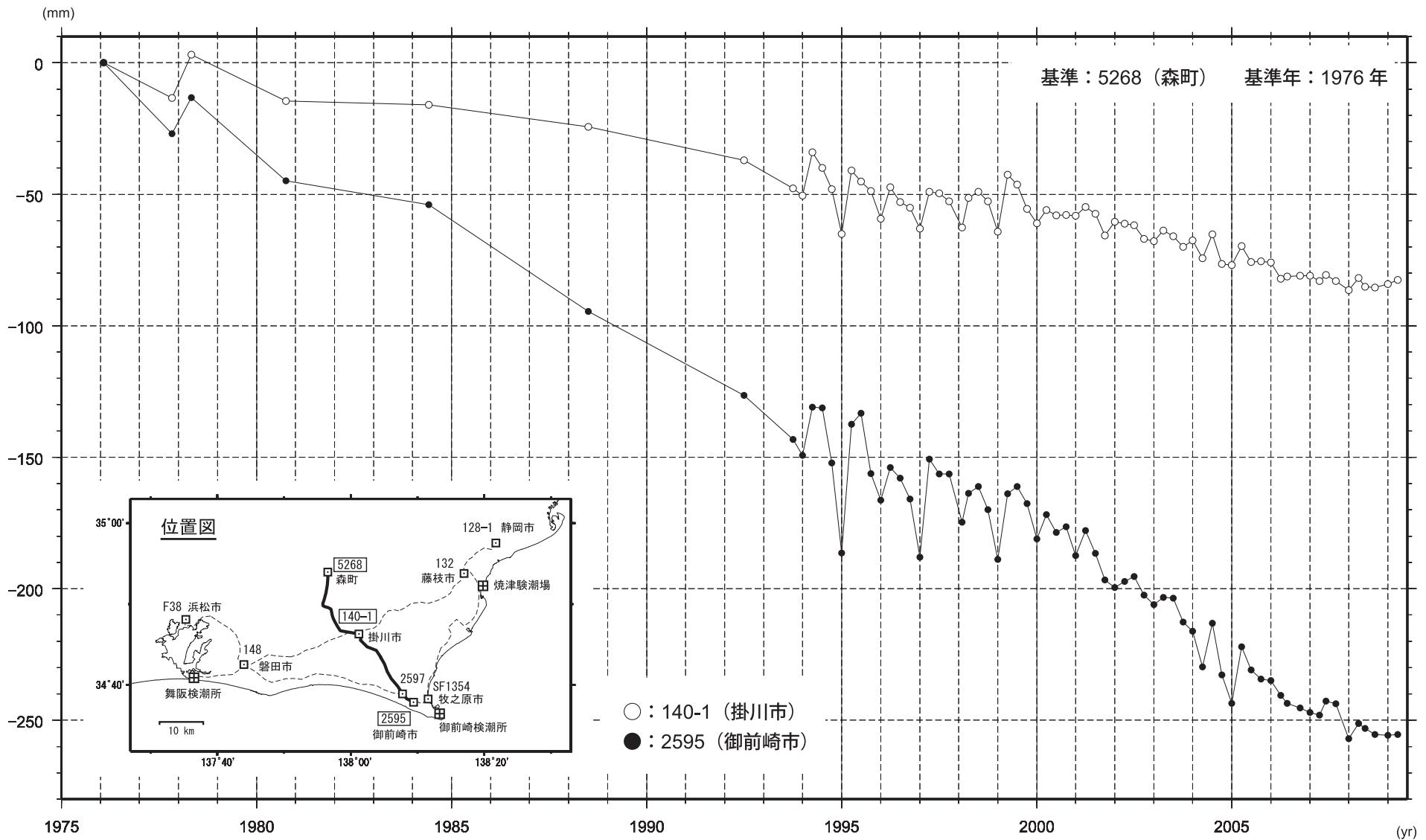


第4図 水準点2595（御前崎市）の経年変化 スロースリップイベント期間で分けた回帰モデル

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

森町に対する長期的な沈降傾向はわずかに鈍っている。

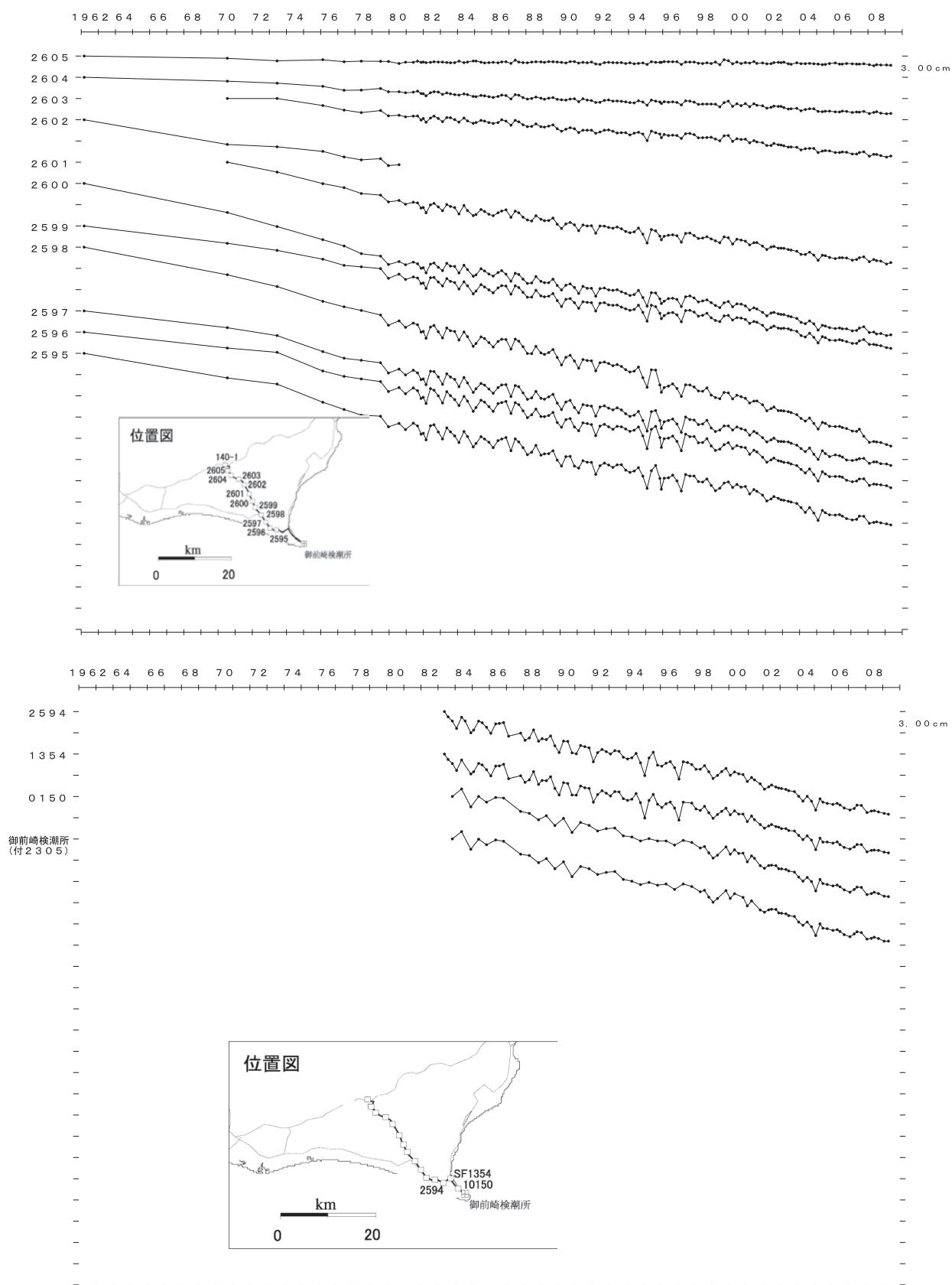


第5図 水準点5268(森)を基準とした140-1(掛川)と2595(御前崎市浜岡)の上下変動時系列
Fig. 5 Time series of height change from BM 5268 (Mori) to BM140-1 (Kakegawa) and BM2595 (Hamaoka).

掛川～御前崎間の各水準点の経年変化

基準：140-1 基準年：1962

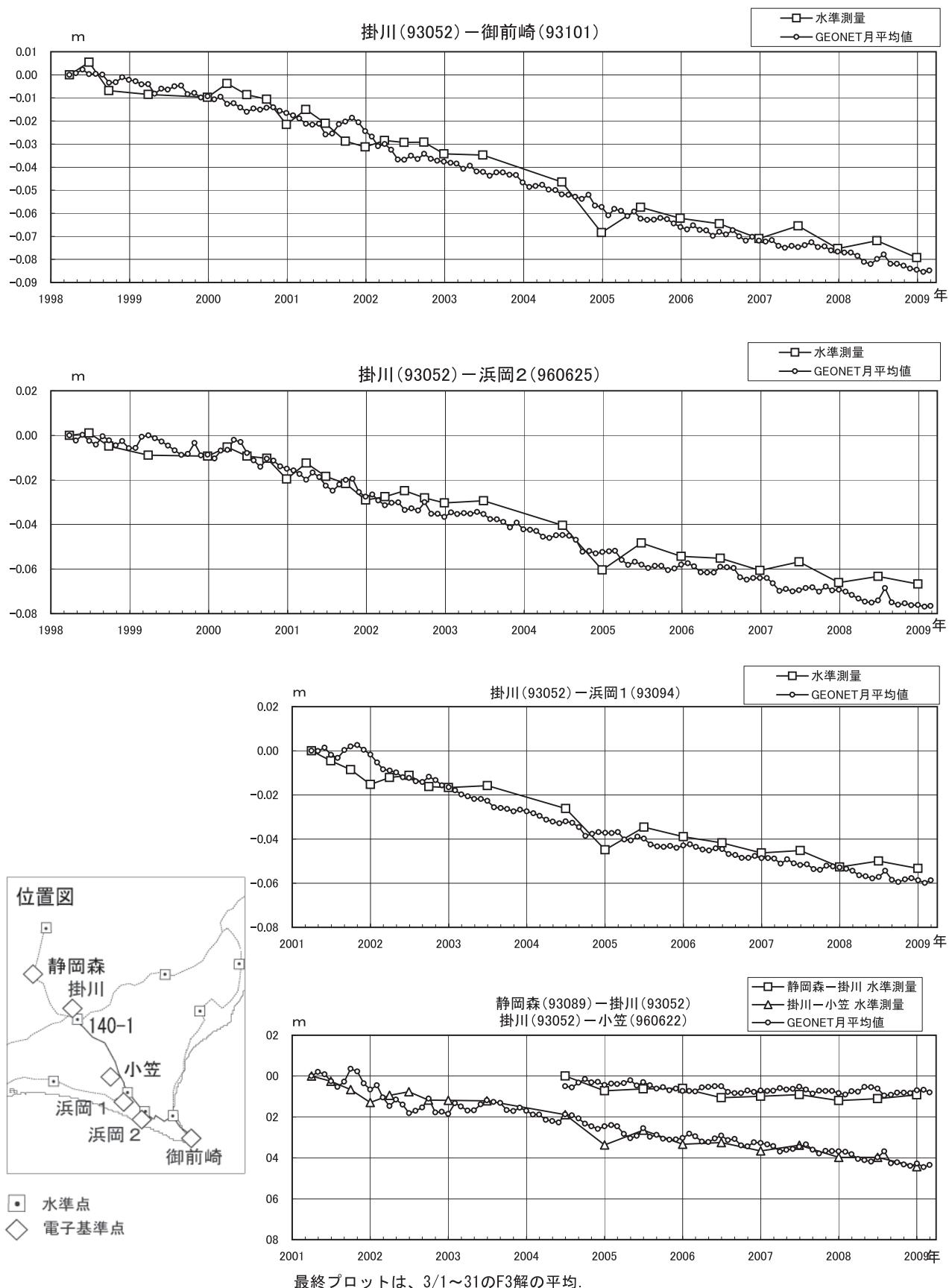
長期的な傾向に変化は見られない。



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 電子基準点の上下変動 水準測量とGPS観測の比較

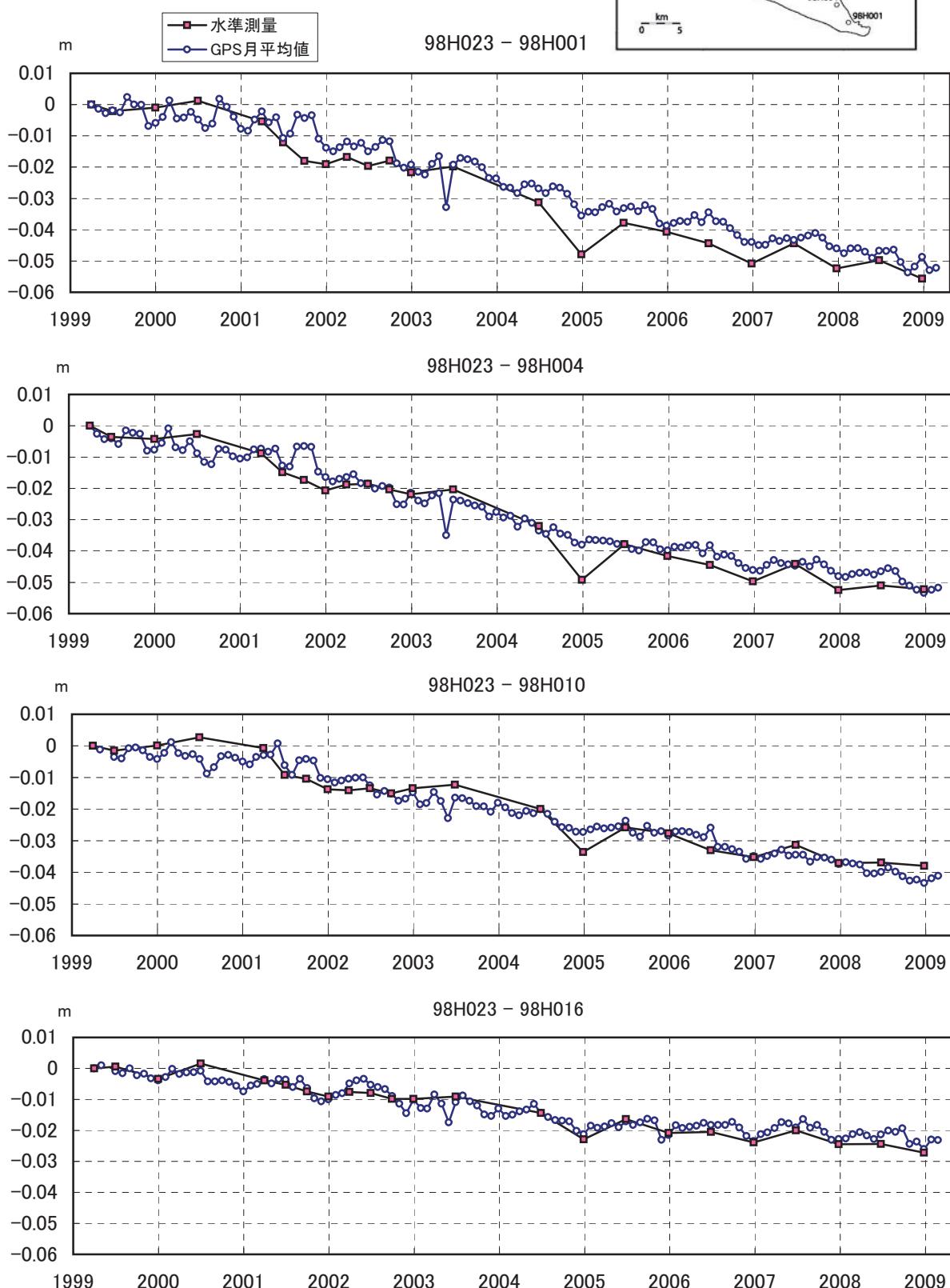
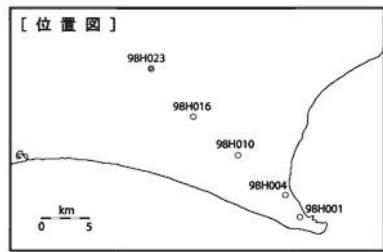
従来の傾向に変化は見られない。



第7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. 7 Comparison of heights between the Leveling Survey and GPS.

御前崎 高精度比高観測点の上下変動 水準測量とGPSの比較

沈降の傾向が続いている。

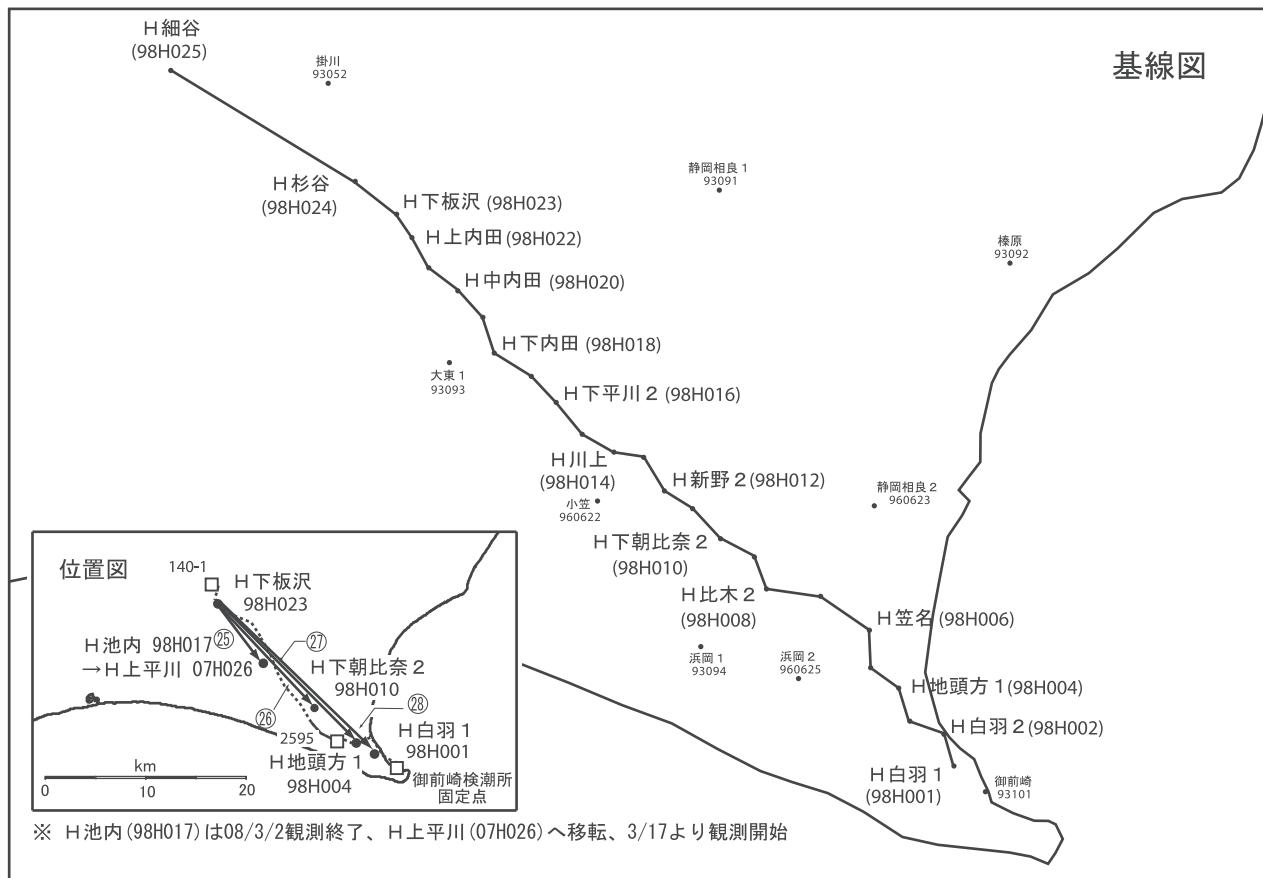


第8図 水準測量による取付観測と高精度比高観測点の比高変化

Fig. 8 Comparison between leveling and high precision vertical GPS measurements.

御前崎 高精度比高観測時系列

GPS

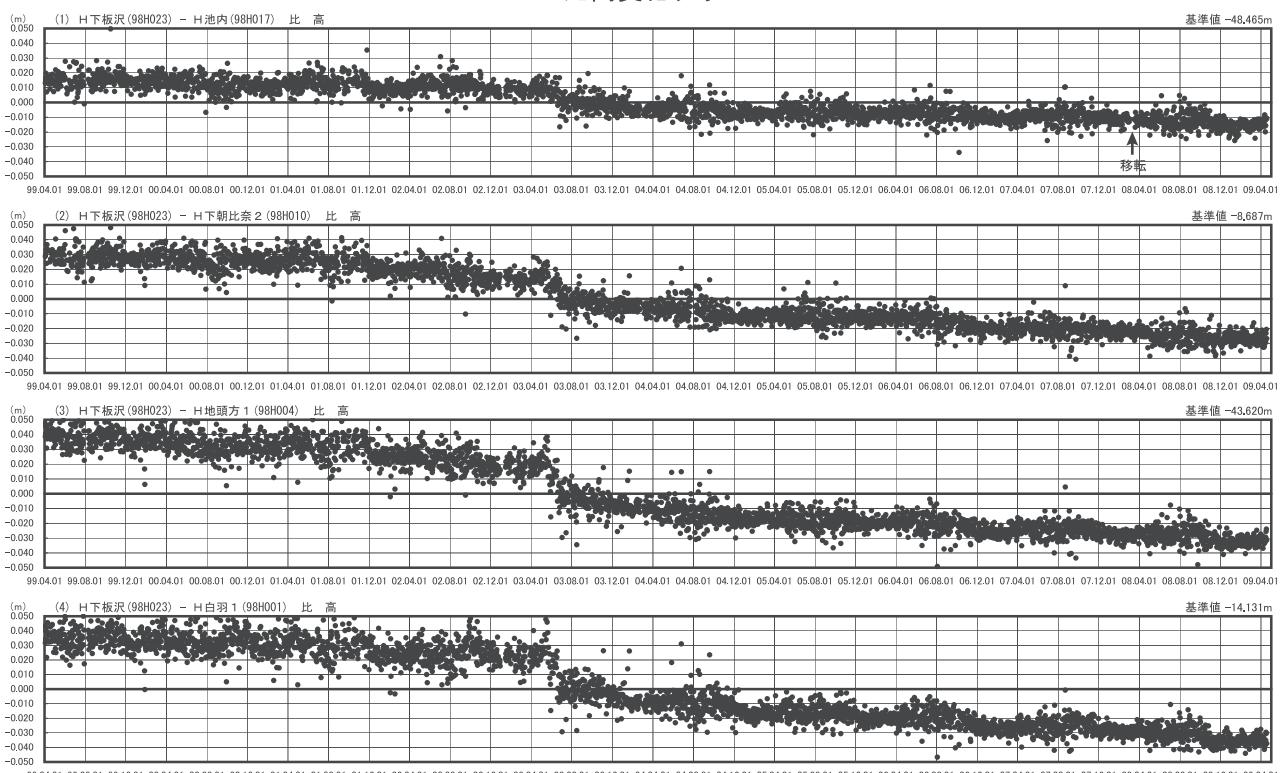


第9図a 御前崎地域の高精度比高観測GPS 観測結果（基線図）

Fig. 9a Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region (Baseline map).

自期間1999年04月01日
至期間2009年04月18日

比高変化グラフ

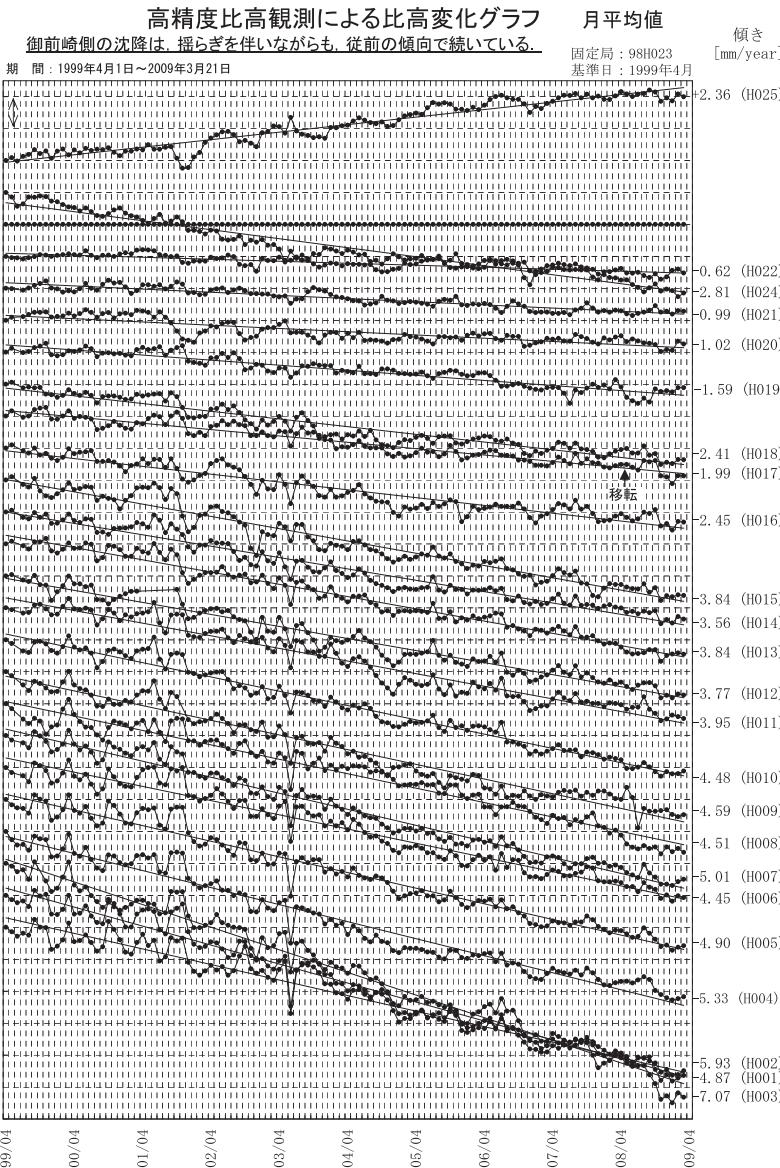


●— [H最終解] ○— [HR速報解]

2003年6月のギャップは伝搬位相モデルの変化による。H017は3/2まで観測、H026へ移転、3/17より観測。

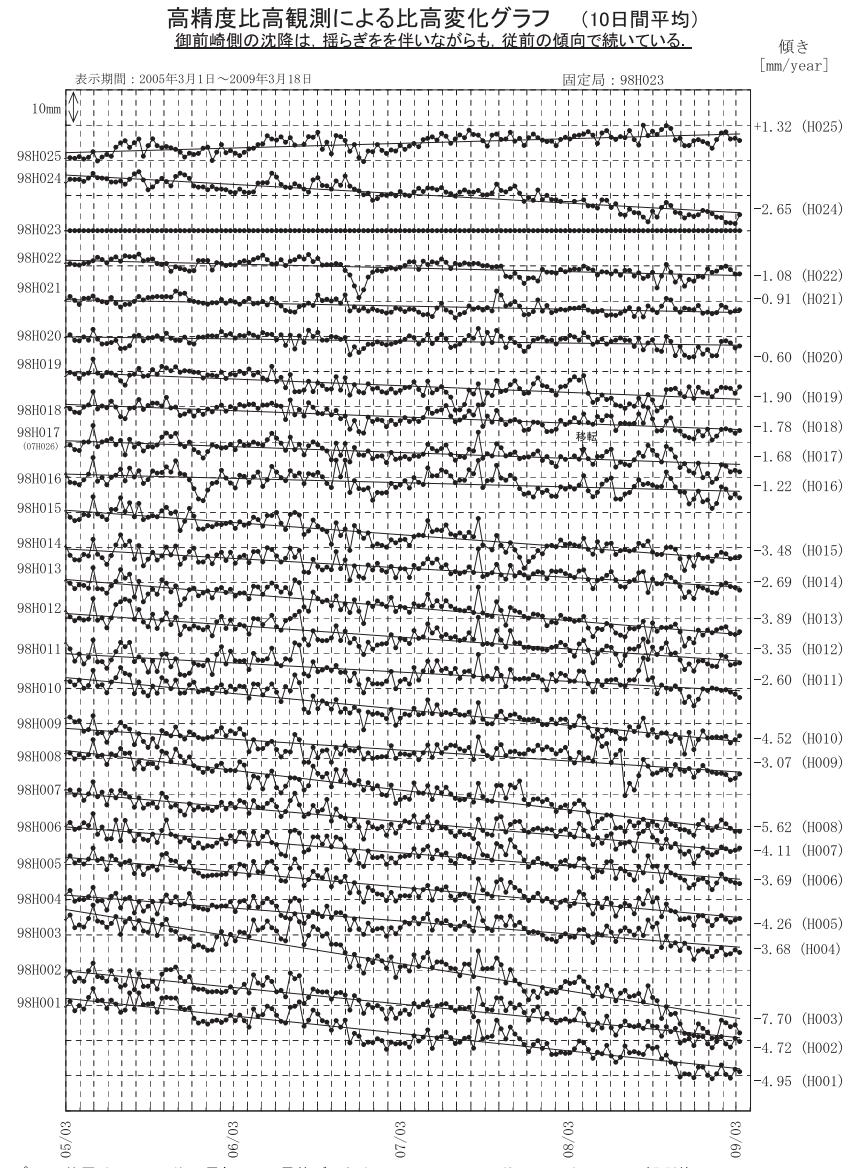
第9図b 御前崎地域の高精度比高観測GPS 観測結果

Fig. 9b Time series of the height change in precision vertical GPS measurement sites in Omaezaki region.



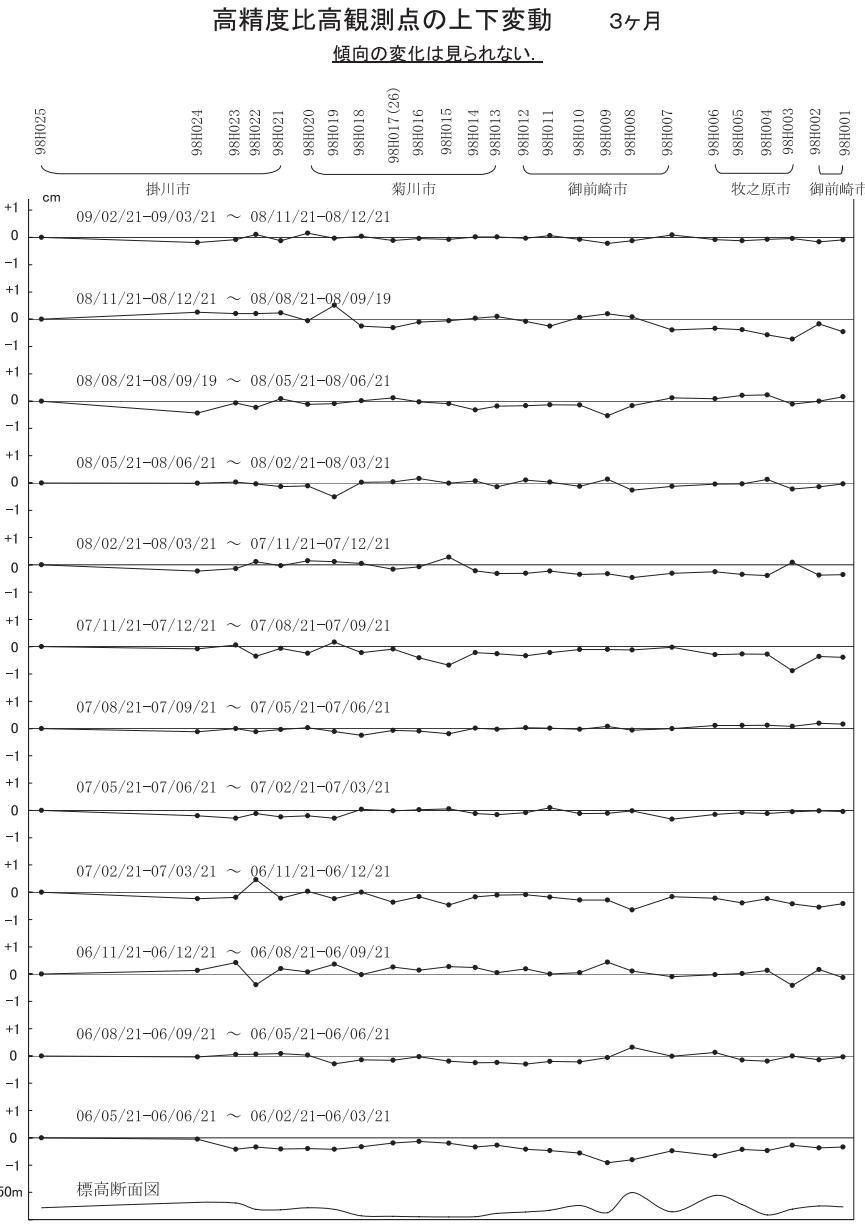
プロット位置は、月平均の最初の日。最終データは3/1～21の平均。2003/6/19 伝搬遅延モデルに変化が生じたためオフセットを与えた。H017は3/2観測終了、H026へ移転、3/17観測開始。

第10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. 10 Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region (Time series of 1 month running mean).

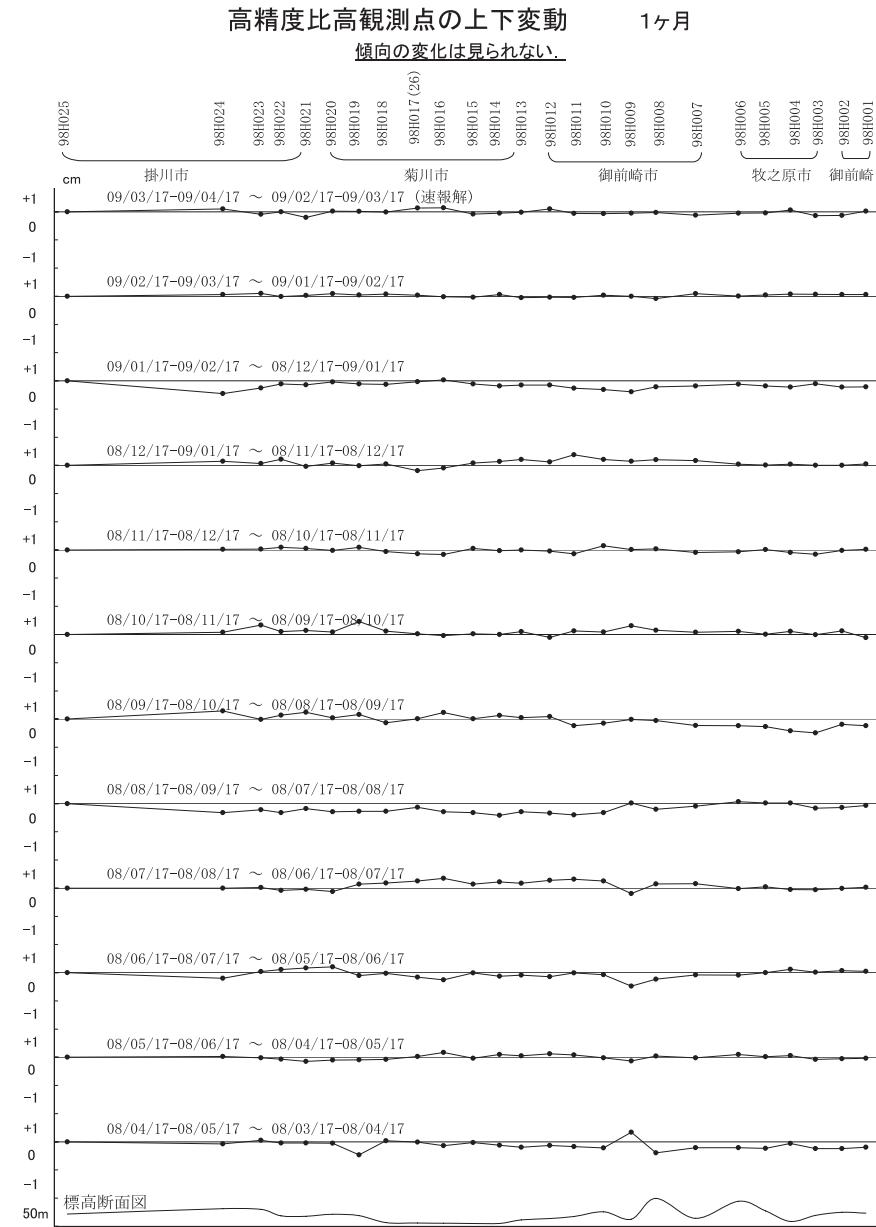


プロット位置は、10日平均の最初の日。最終データは09/03/09～18の平均。H017は20080302観測終了、H026へ移転(2008/3/17～)。

第11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. 11 Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region (Time series of 10 days running mean).



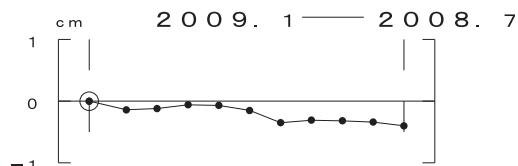
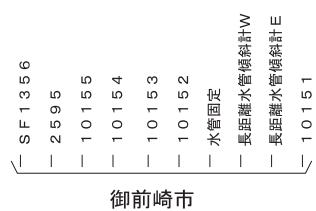
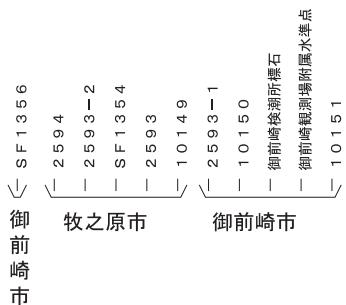
第12図 御前崎地域の高精度比高観測GPS 観測結果（点毎の3ヶ月間の変動量）
Fig. 12 Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region
(Height change every 3 months at each site.).



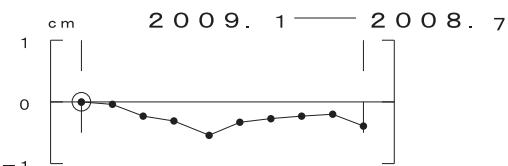
第13図 御前崎地域の高精度比高観測GPS 観測結果（点毎の1ヶ月間の変動量）
Fig. 13 Results of high precision vertical GPS measurements in Omaezaki region
(Height change per month at each site.).

御前崎の上下変動(1)

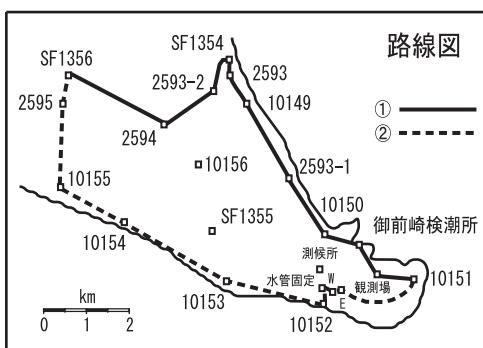
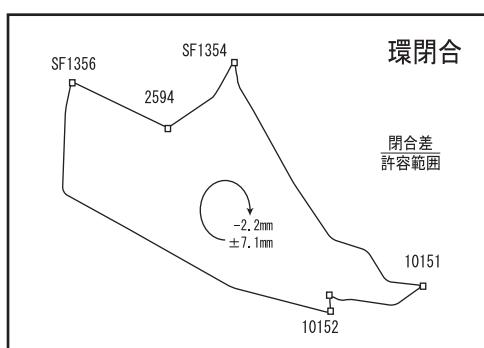
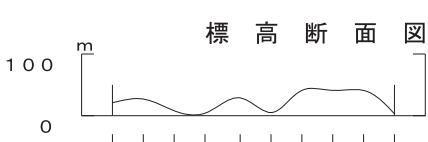
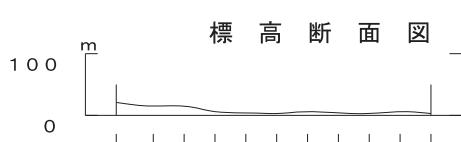
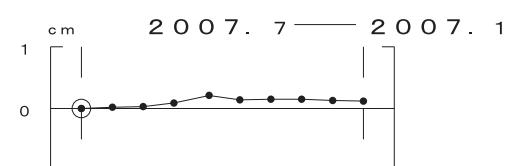
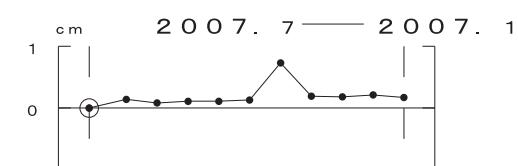
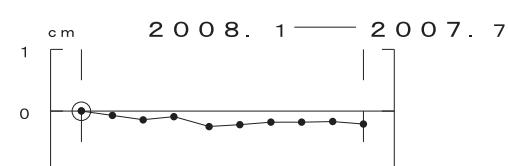
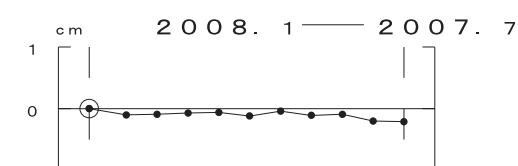
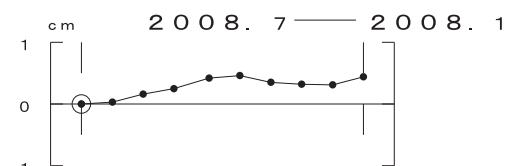
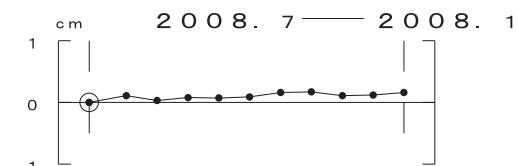
SF1356を固定した場合、御前崎先端部は沈下傾向にある。



※白ヌキは改埋点を示す。2009. 1使用成果は現地概算値による。



※白ヌキは改埋点を示す。2009. 1使用成果は現地概算値による。

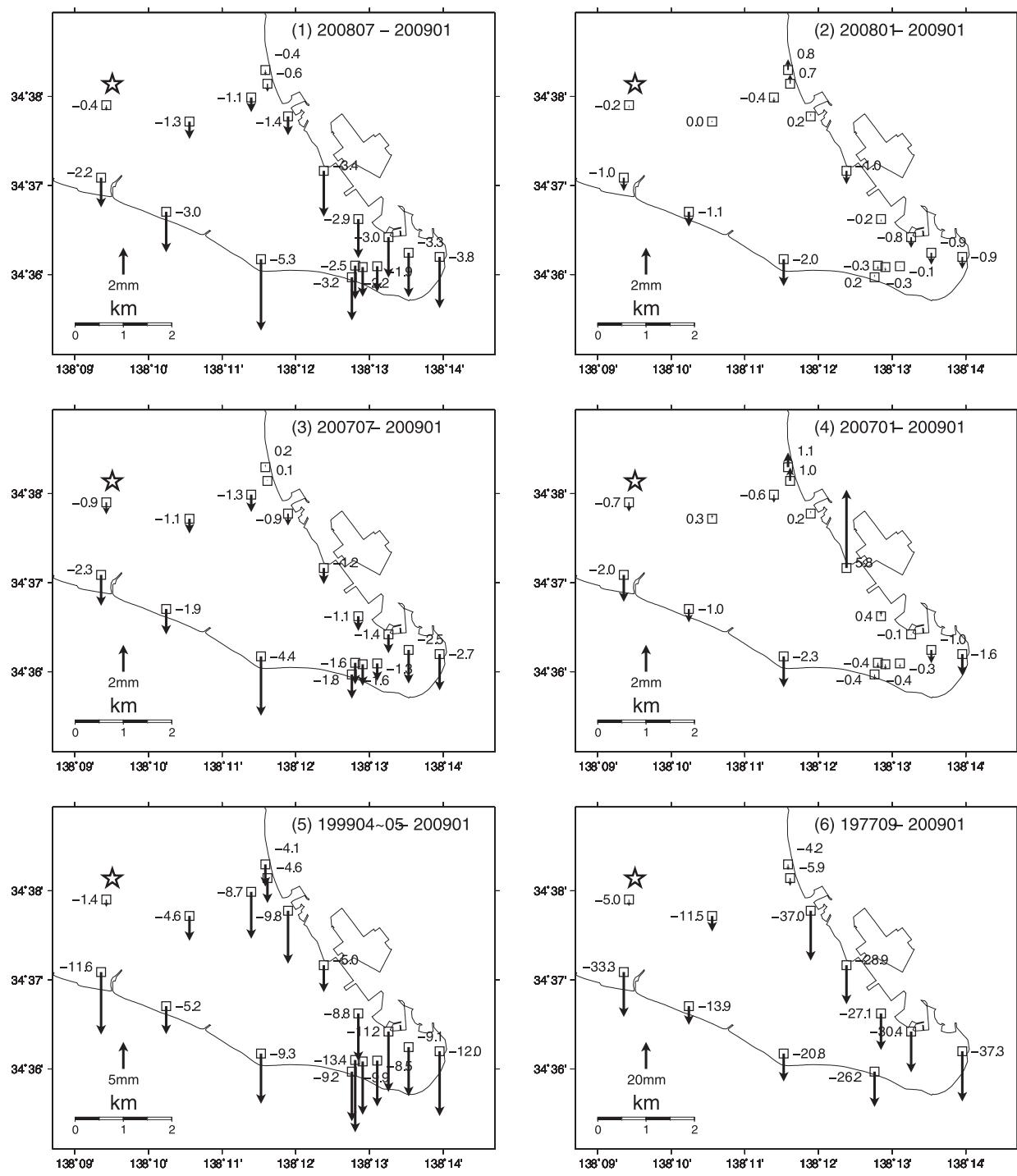


第14図 水準測量による御前崎先端部の上下変動 (1)

Fig. 14 Vertical crustal deformation by the precise leveling survey around Omaezaki (1/2).

御前崎の上下変動（2）

先端側が沈降の傾向にある。



* : 固定点

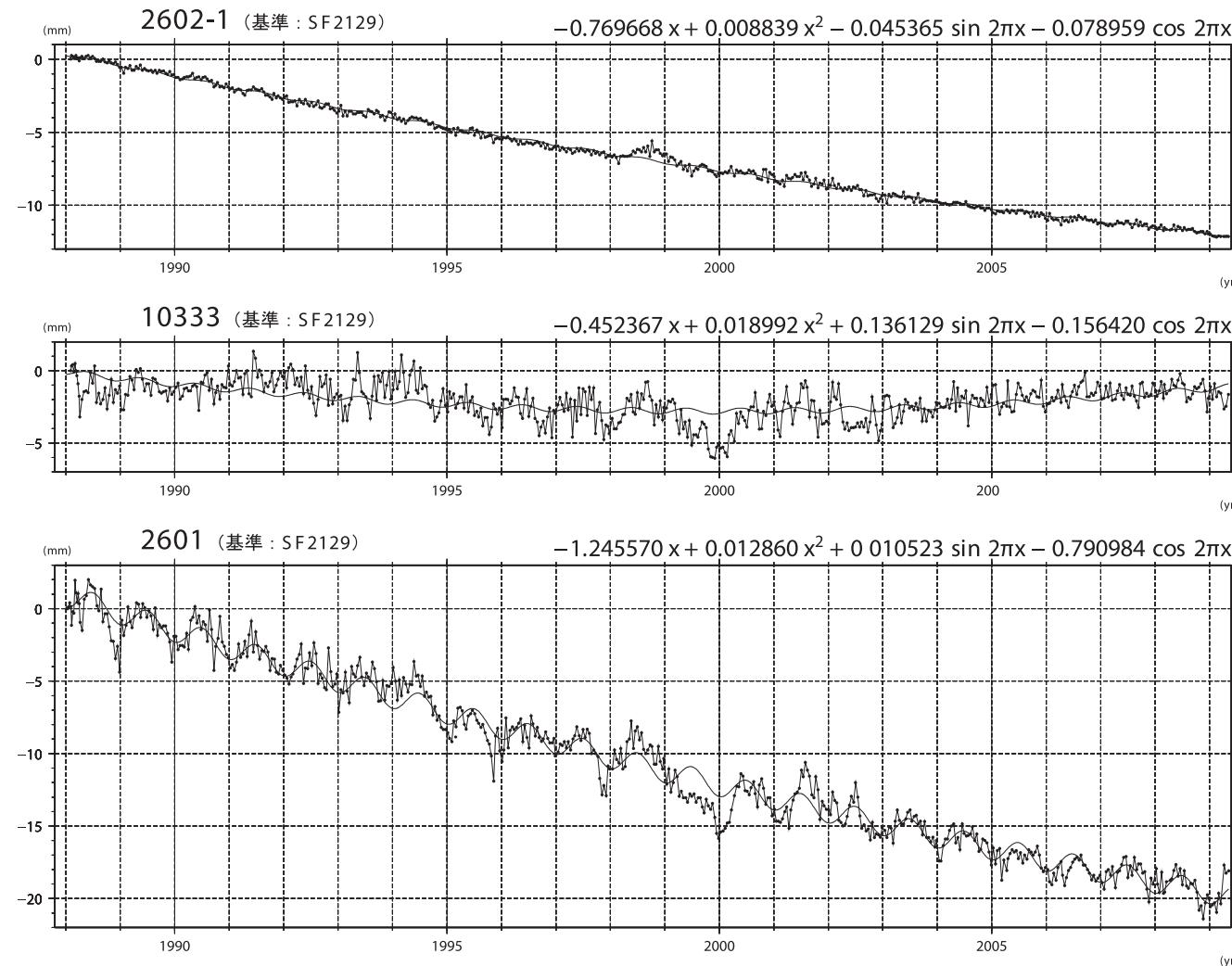
- 固定点は水準点 SF1356 (御前崎市)。

第15図 水準測量による御前崎先端部の上下変動（2）

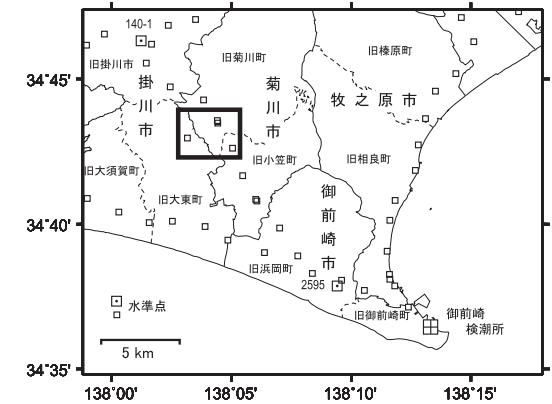
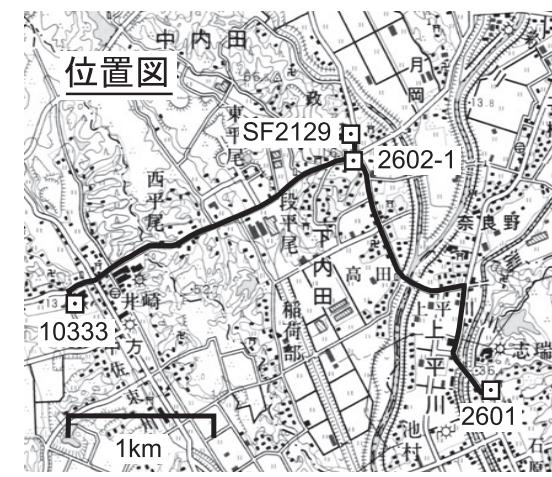
Fig. 15 Vertical crustal deformation by the precise leveling survey around Omaezaki (2/2).

菊川市付近の水準測量結果（1）
水準点 2602-1 と 10333 及び 2601 の経年変化

最新データ：2009 年 5 月 9 日
静岡県



4 月から 2601 に隆起が見られる。



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

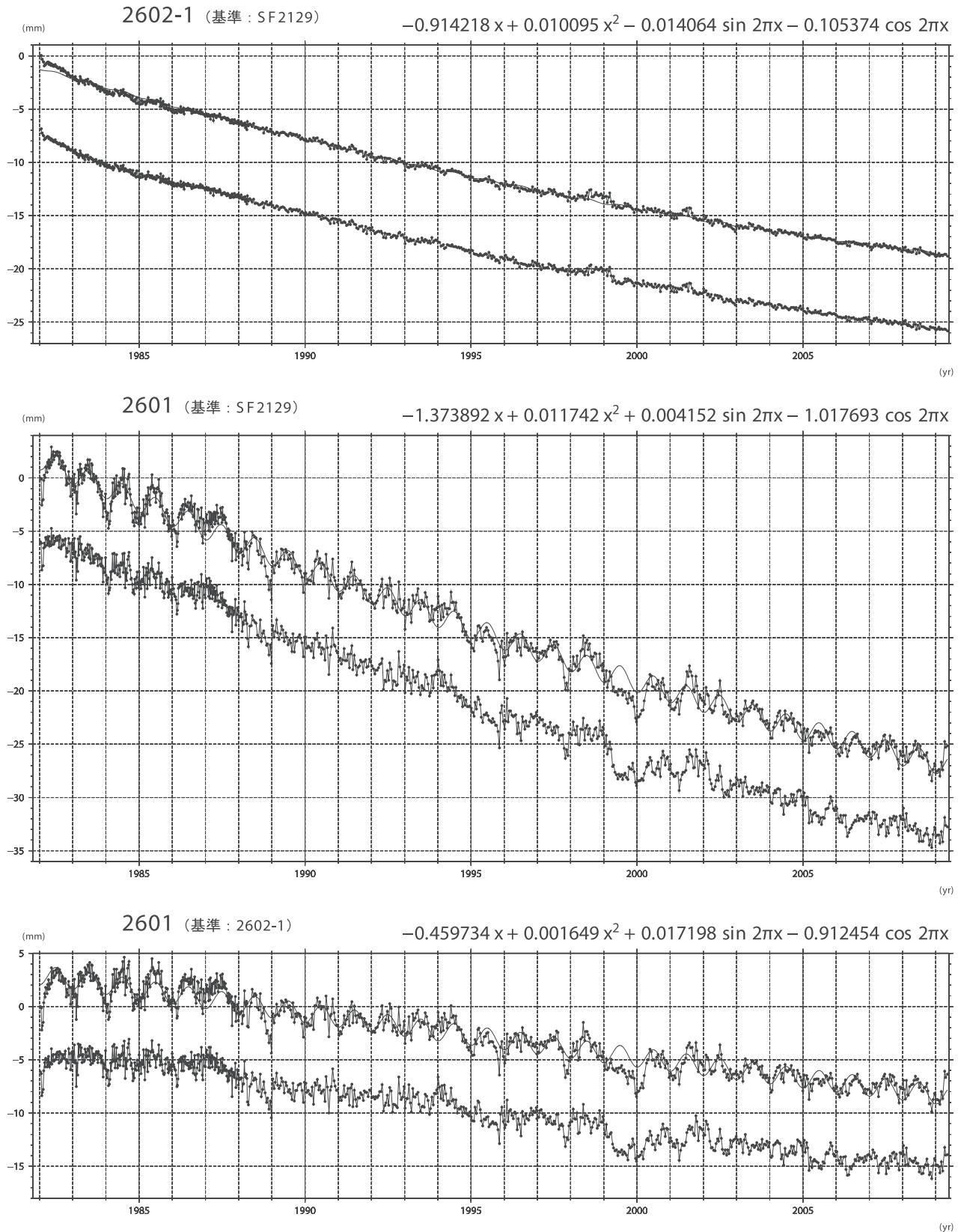
Fig. 16 Results of short distance leveling (1): Time series of height changes of BM2602-1, BM10333 and BM2601 as referred to SF2129. Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

菊川市付近の水準測量結果 (2)
水準点 2601-1 と 2601 の経年変化

静岡県

上段：観測値および近似曲線 下段：年周補正後

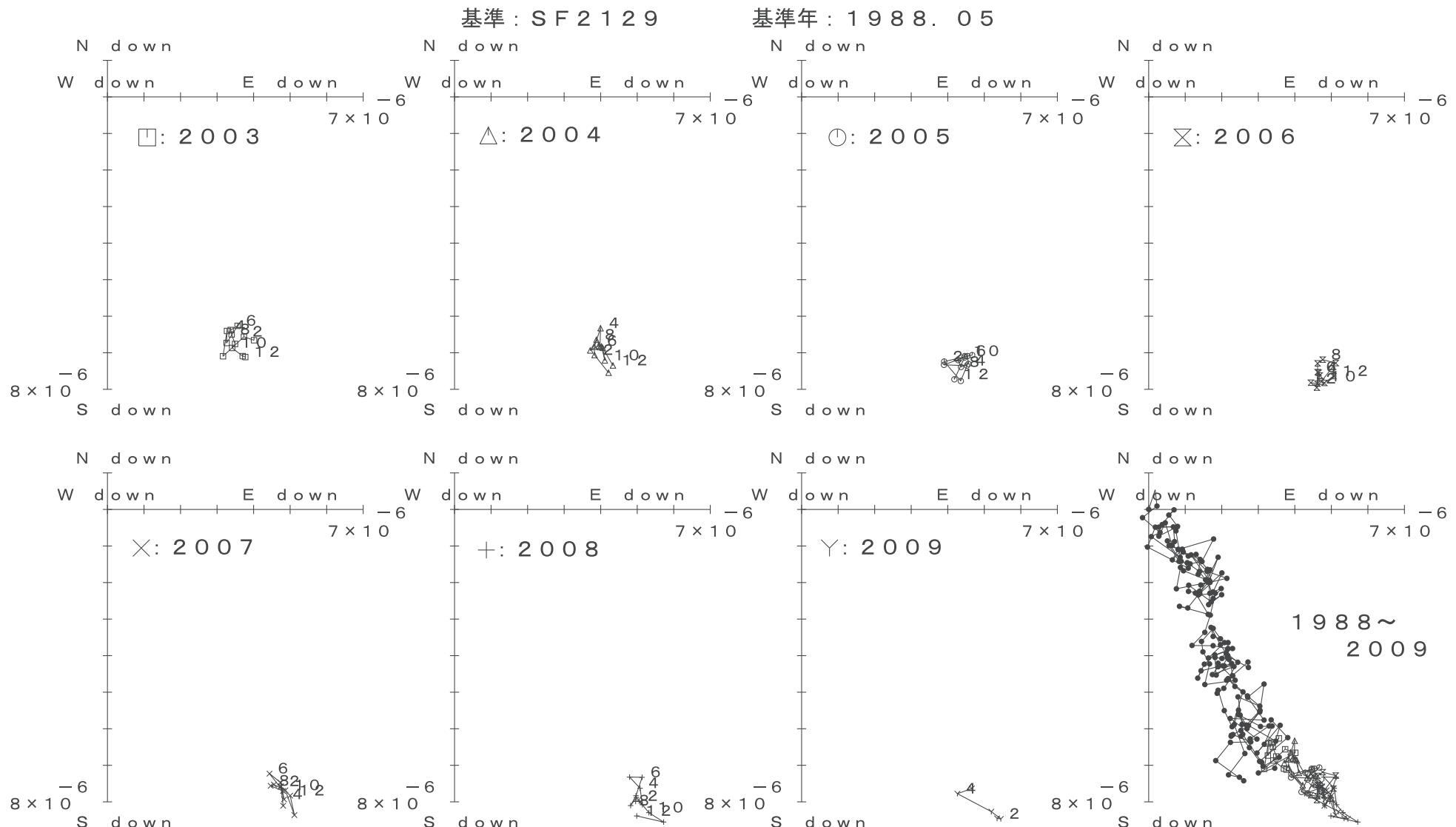
最新データ：2009年5月9日



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, BM26021 and BM2601 as referred to SF2129. Original data are provided by the Prefectural Government of Shizuoka.

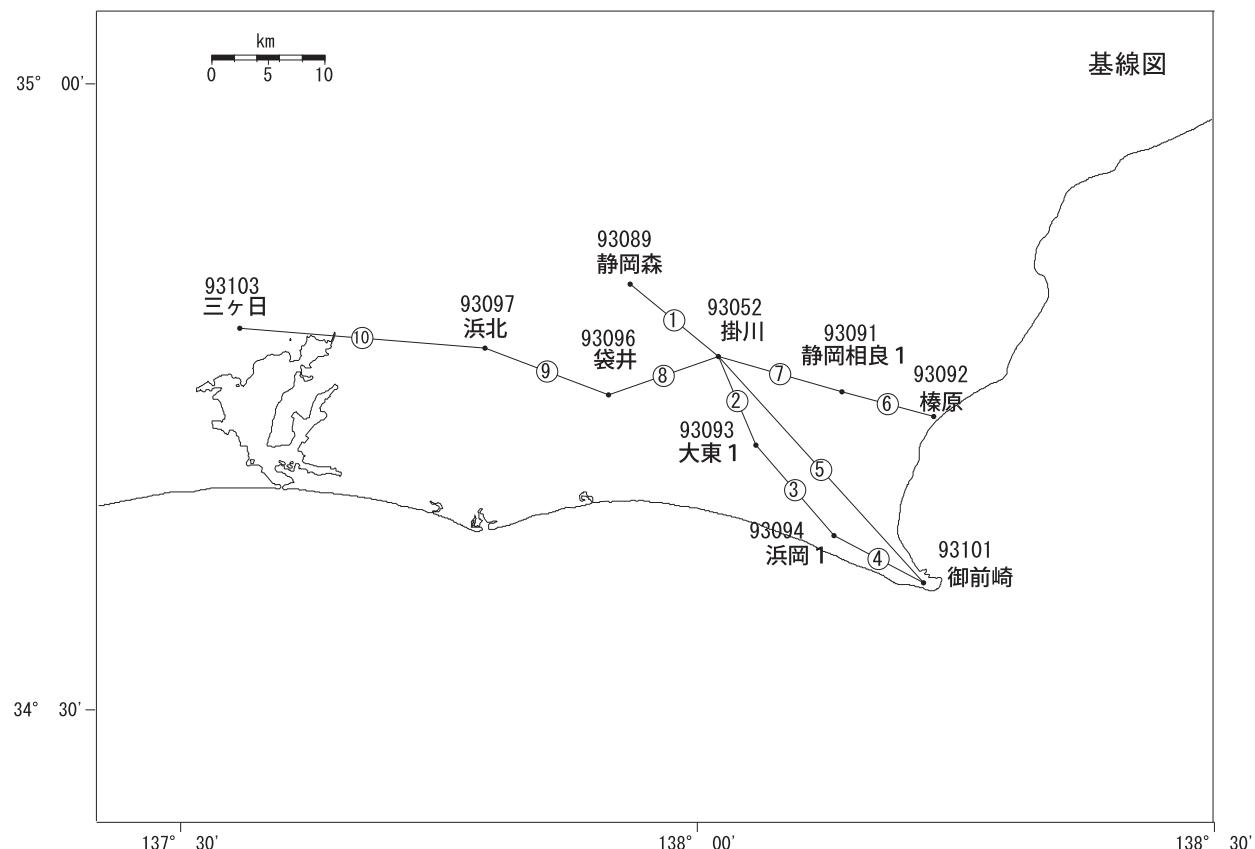
菊川市付近の水準測量結果 (3)
水準測量 (10333及び2601) による傾斜ベクトル (月平均値)



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.

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	20030212	レドーム設置
		20030512	アンテナ交換
		20080725	受信機交換
93089	静岡森	20030213	レドーム設置
		20030515	アンテナ交換
		20030909	周辺伐採
93091	静岡相良1	20010321	アンテナ交換
		20030212	レドーム設置
		20030306	アンテナ交換
		20080130	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	20010321	アンテナ交換
		20030211	レドーム設置
		20030303	アンテナ交換
		20030909	周辺伐採

点番号	点名	日付	保守内容
93093	大東1	20030210	レドーム設置
		20030304	アンテナ交換
93094	浜岡1	20030210	レドーム設置
		20030516	アンテナ交換
93096	袋井	20030215	レドーム設置
		20030303	アンテナ交換
		20030520	アンテナ高変更
		20031121	周辺伐採
		20030214	レドーム設置
93097	浜北	20030228	アンテナ交換
		20030211	レドーム設置
93101	御前崎	20030228	アンテナ交換
		20030215	レドーム設置
93103	三ヶ日	20030519	アンテナ交換
		20030515	レドーム設置

※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。

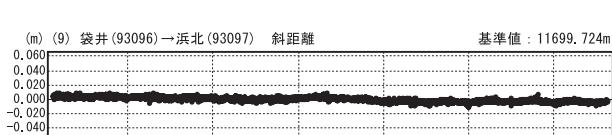
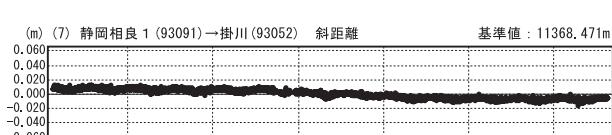
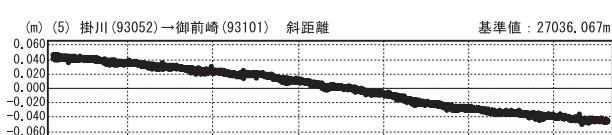
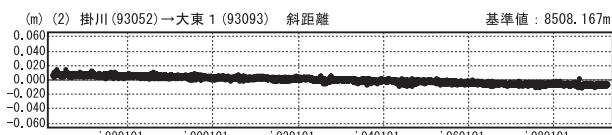
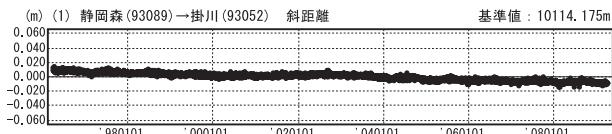
第19図 御前崎周辺GPS連続観測点観測結果(基線図及び保守状況)

Fig. 19 Results of continuous GPS measurements in the Omaezaki region (Baseline map and history of maintenance).

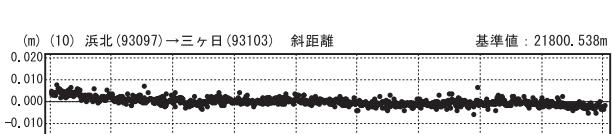
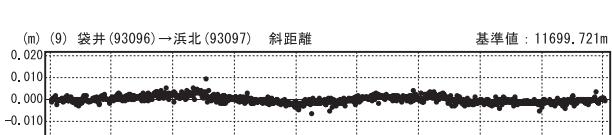
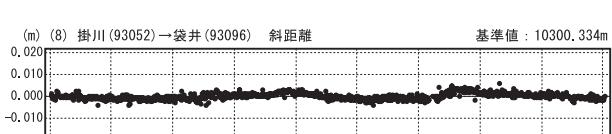
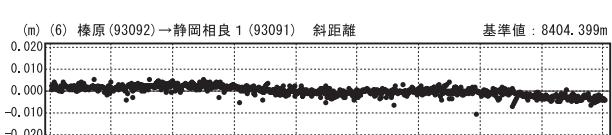
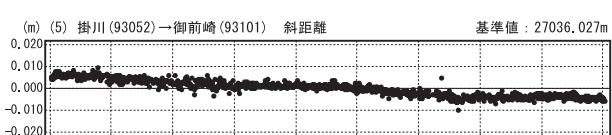
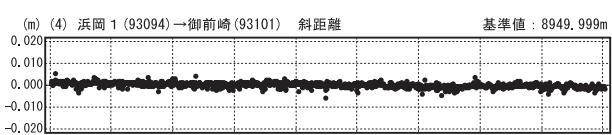
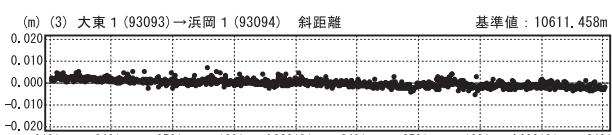
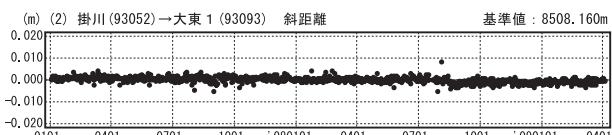
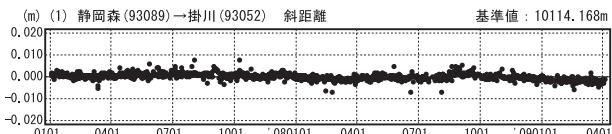
御前崎周辺 GPS 連続観測時系列 (2)

基線変化グラフ

期間 : 1996 04 01 ~ 2009 04 04 JST



期間 : 2007 01 01 ~ 2009 04 04 JST



● ---[F3:最終解]

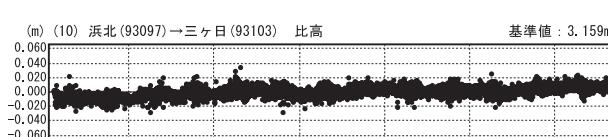
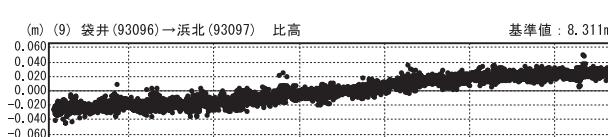
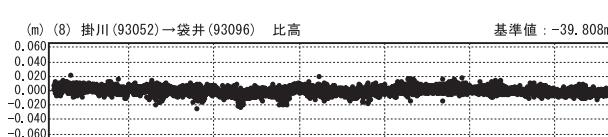
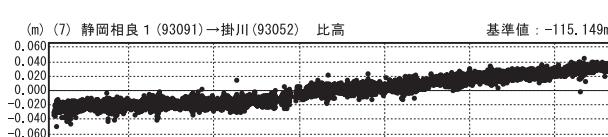
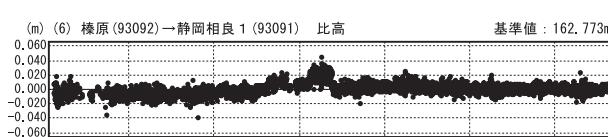
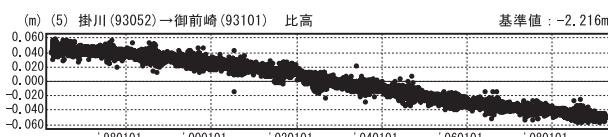
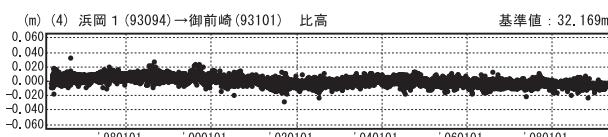
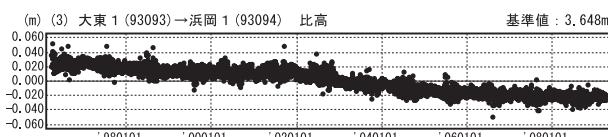
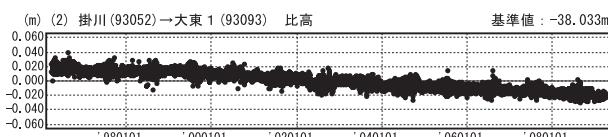
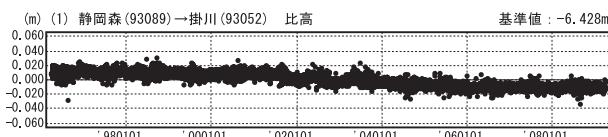
第20図 御前崎周辺GPS連続観測点観測結果(斜距離)

Fig. 20 Results of continuous GPS measurements in the Omazaki region (distance).

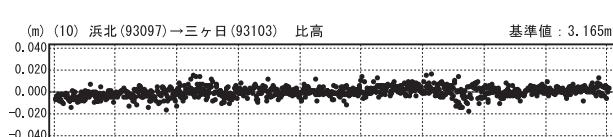
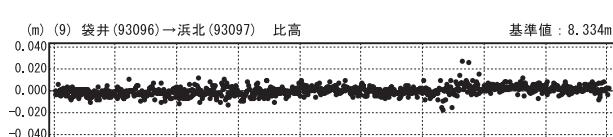
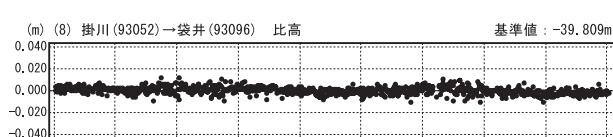
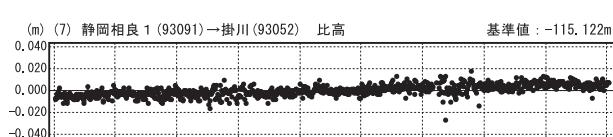
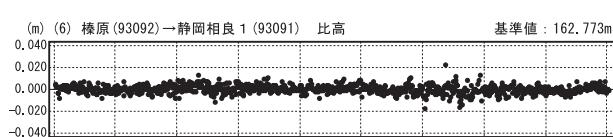
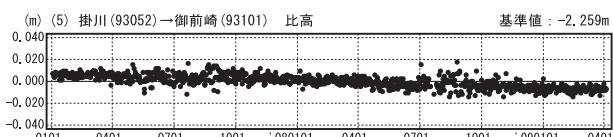
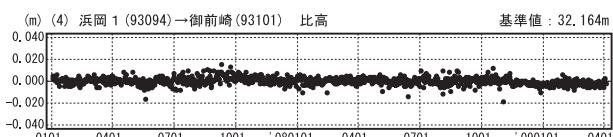
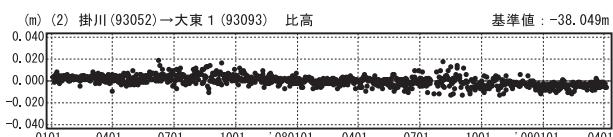
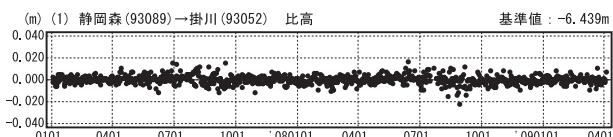
御前崎周辺 GPS連続観測時系列（3）

比高変化グラフ

期間：1996.04.01～2009.04.04 JST



期間：2007.01.01～2009.04.04 JST



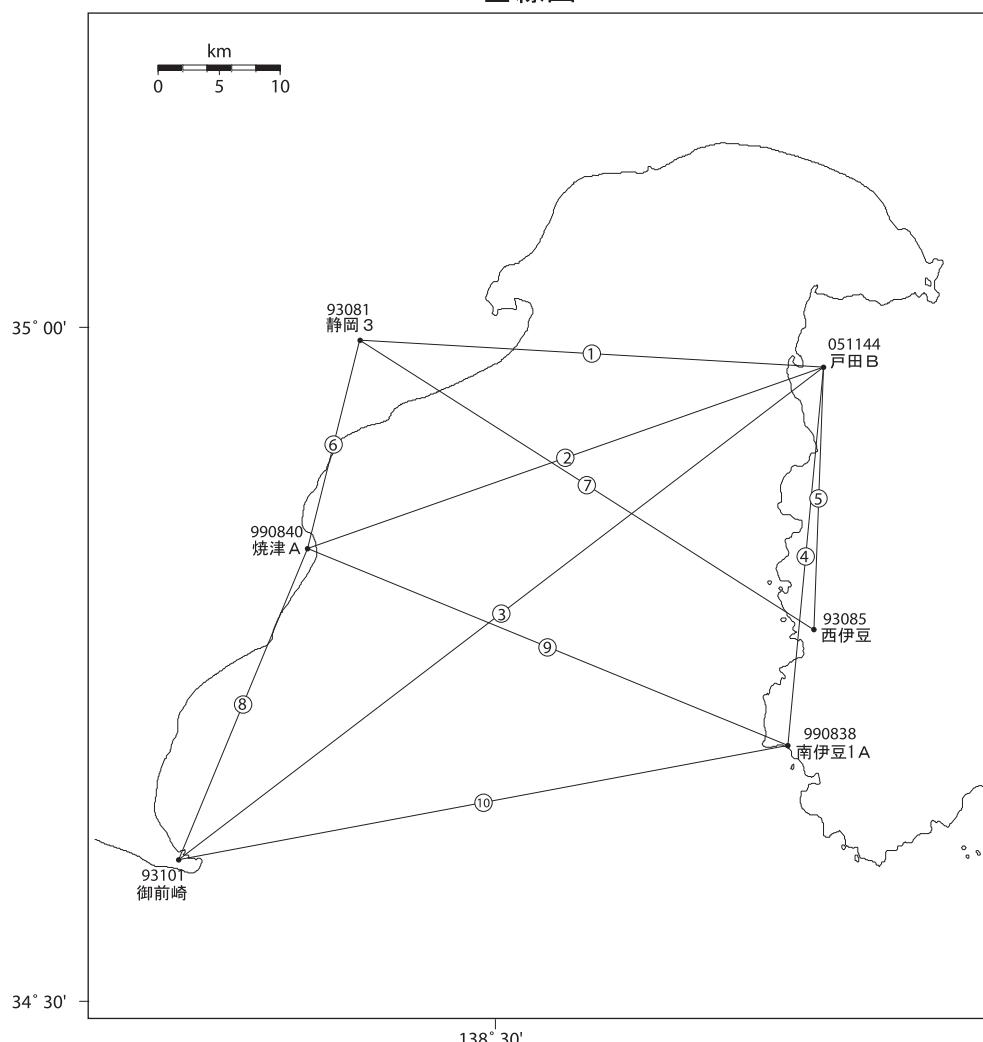
● ---[F3:最終解]

第21図 御前崎周辺GPS連続観測点観測結果(比高)

Fig. 21 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
93081	静岡3	20010320	アンテナ交換
		20020621	周辺伐採
		20030313	レドーム設置
		20030320	アンテナ交換
		20031024	周辺伐採
93085	西伊豆	20010319	アンテナ交換
		20030226	レドーム設置・アンテナ交換
		20030522	周辺伐採

点番号	点名	日付	保守内容
93101	御前崎	20030211	レドーム設置
		20030228	アンテナ交換
990838	南伊豆1A	20030312	アンテナ交換
990840	焼津A	20030618	アンテナ交換

※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。

※戸田Bは2005/11/15移転（戸田A→戸田B）。戸田Aアンテナ交換：2003/5/20

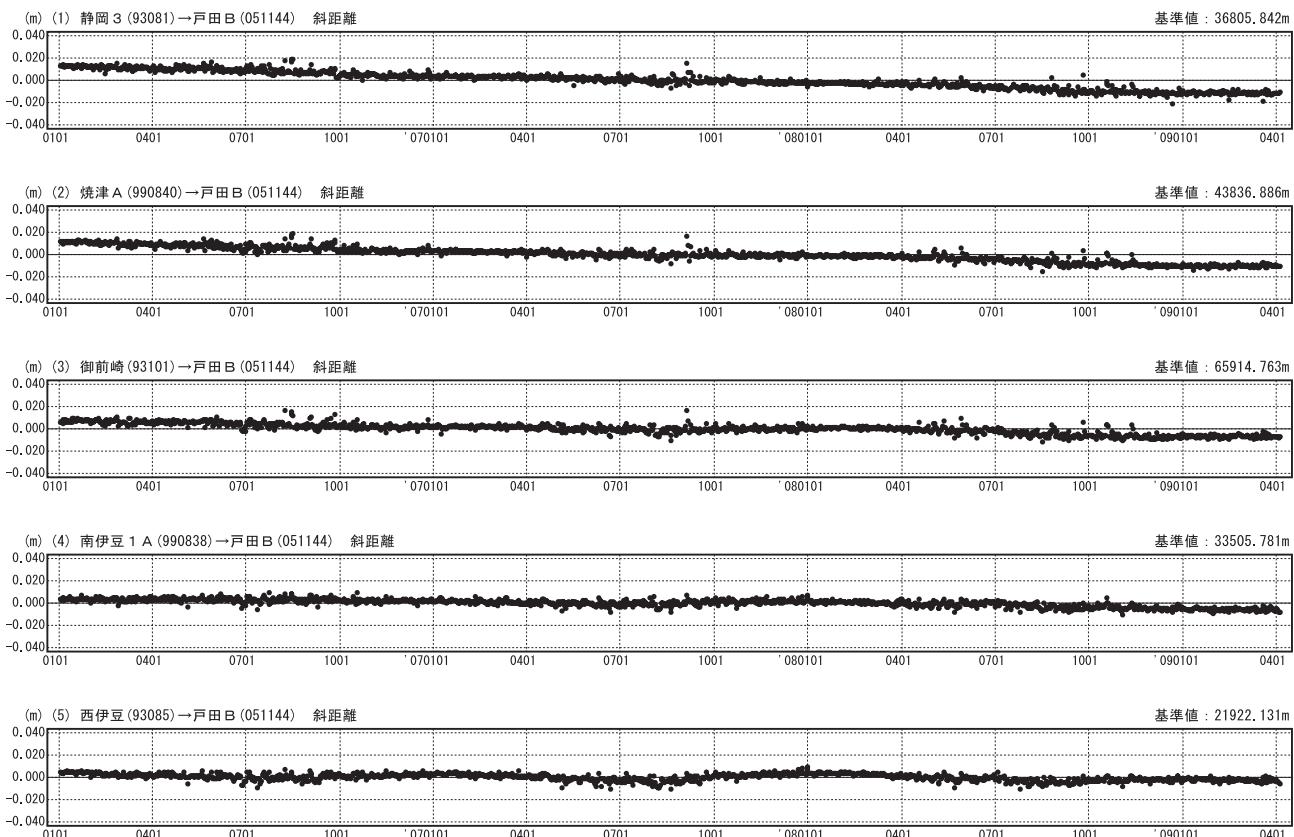
第22図 駿河湾周辺GPS連続観測点観測結果(基線図及び保守状況)

Fig. 22 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)

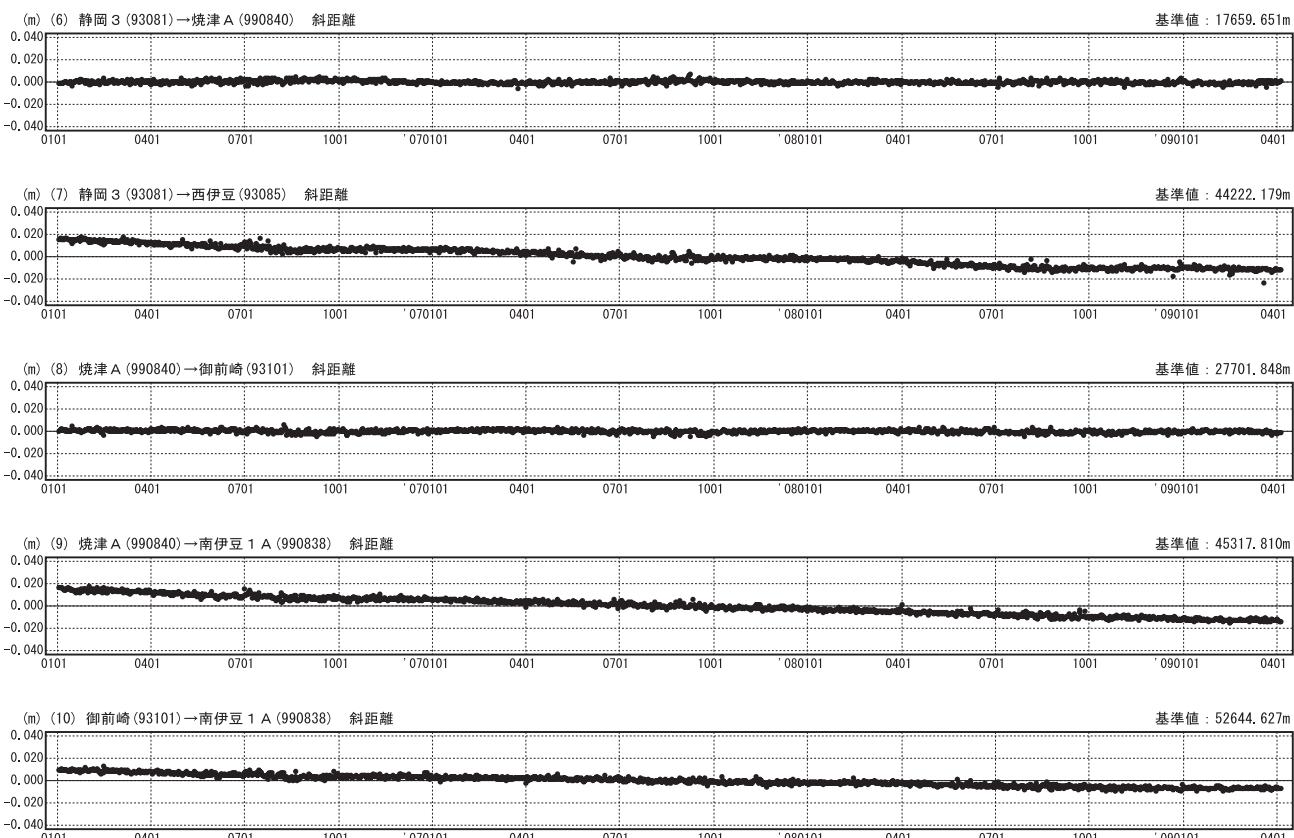
基線変化グラフ

期間：20060101～20090404 JST



基線変化グラフ

期間：20060101～20090404 JST

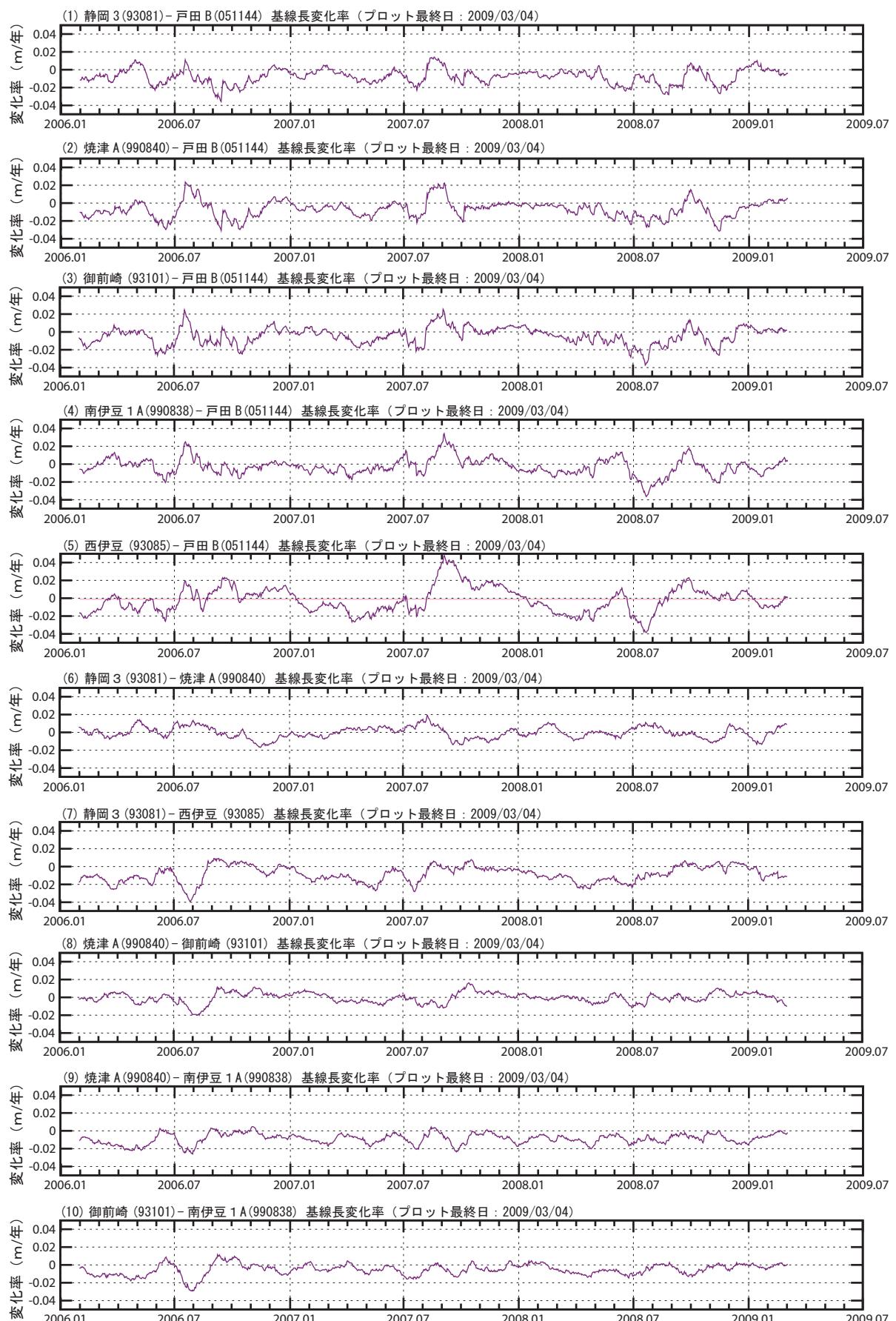


● — [F3:最終解]

第23図 駿河湾周辺GPS連続観測点観測結果

Fig. 23 Results of continuous GPS measurements around the Suruga Bay.

駿河湾周辺 GPS 基線長変化率



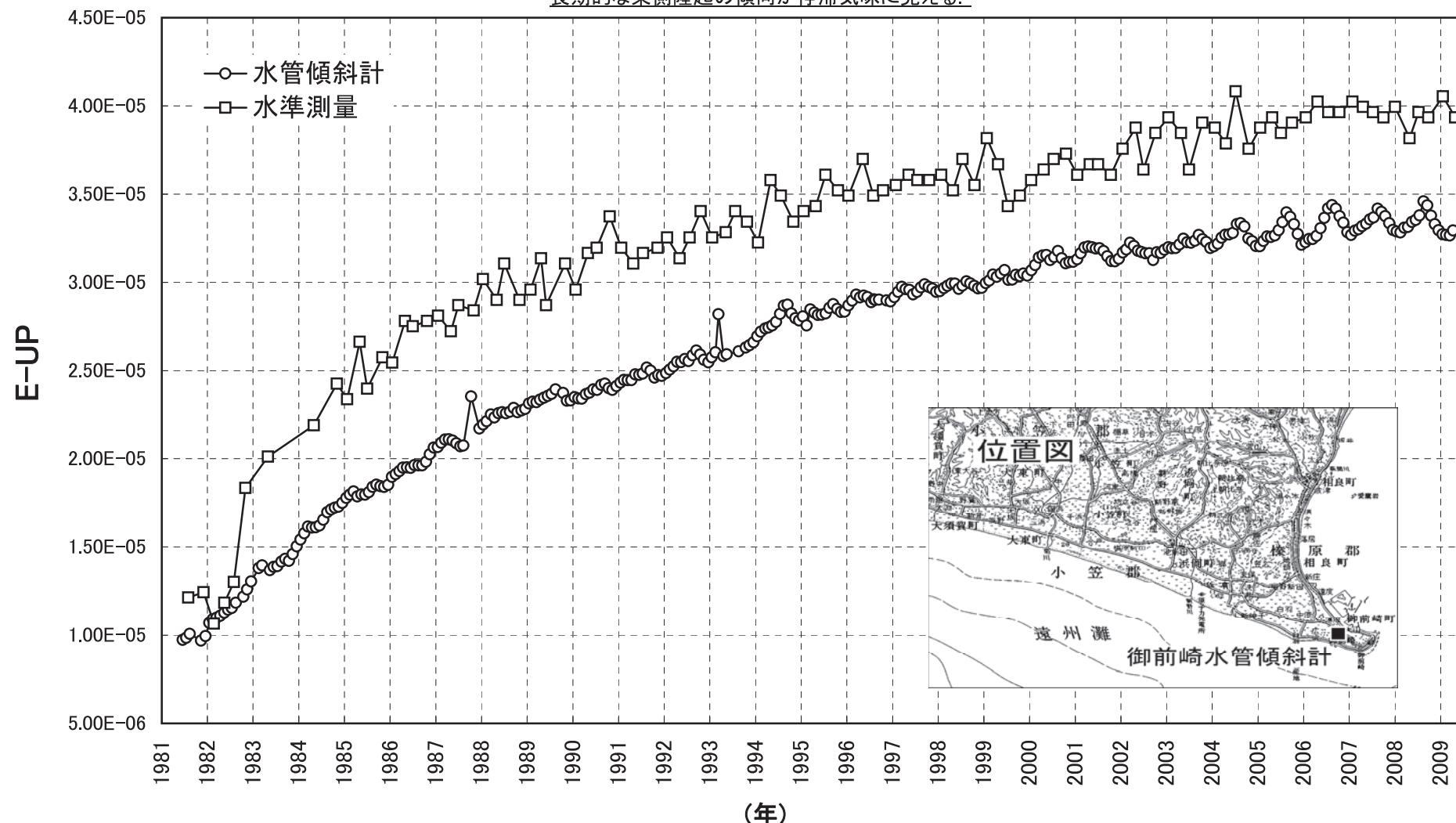
60 日間のデータを 1 日ずつずらして計算 (プロットの位置は計算に用いた期間の中間)

第24図 駿河湾周辺GPS基線長変化率

Fig. 24 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。

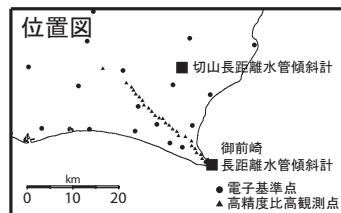


第25図 御前崎長距離水管傾斜計による傾斜観測結果

Fig. 25 Results of tilt observation by long water tube tiltmeter at Omaezaki.

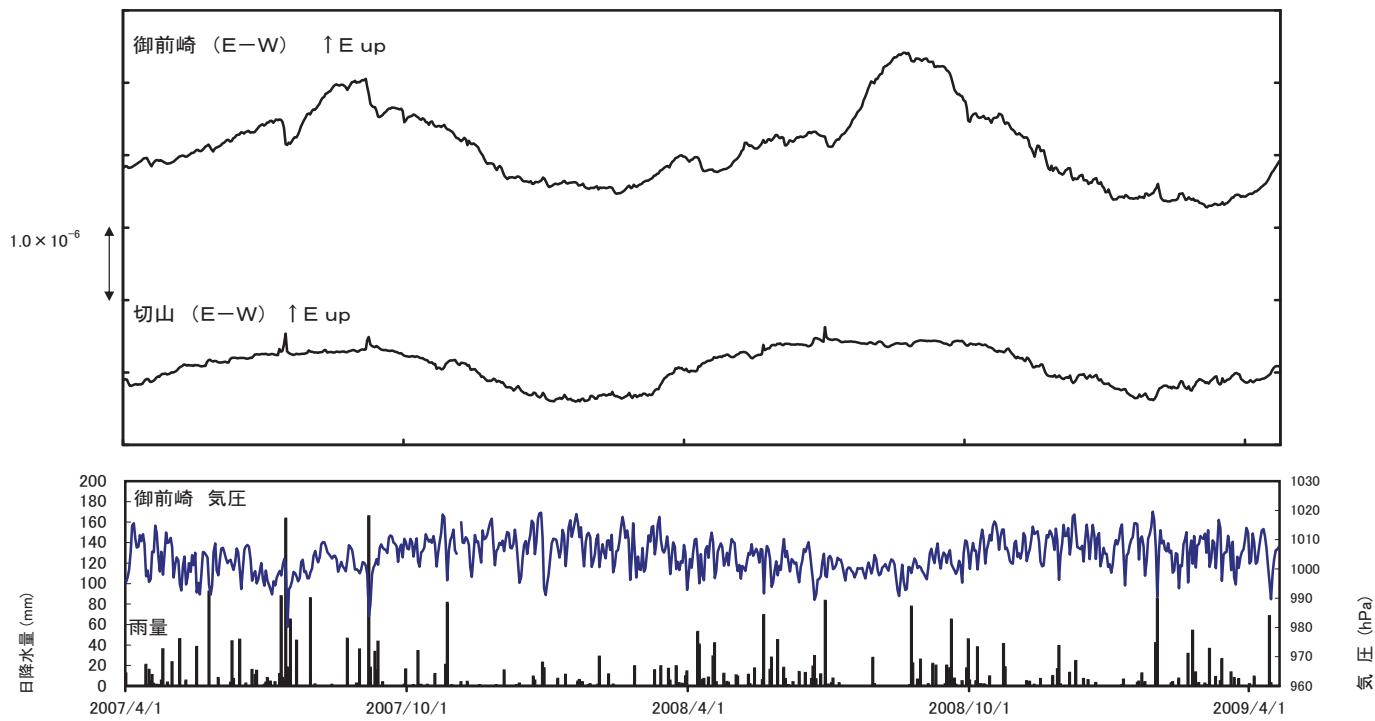
長距離水管傾斜計による傾斜変化

季節変動による変化以外に特段の変化は見られない。



日平均値

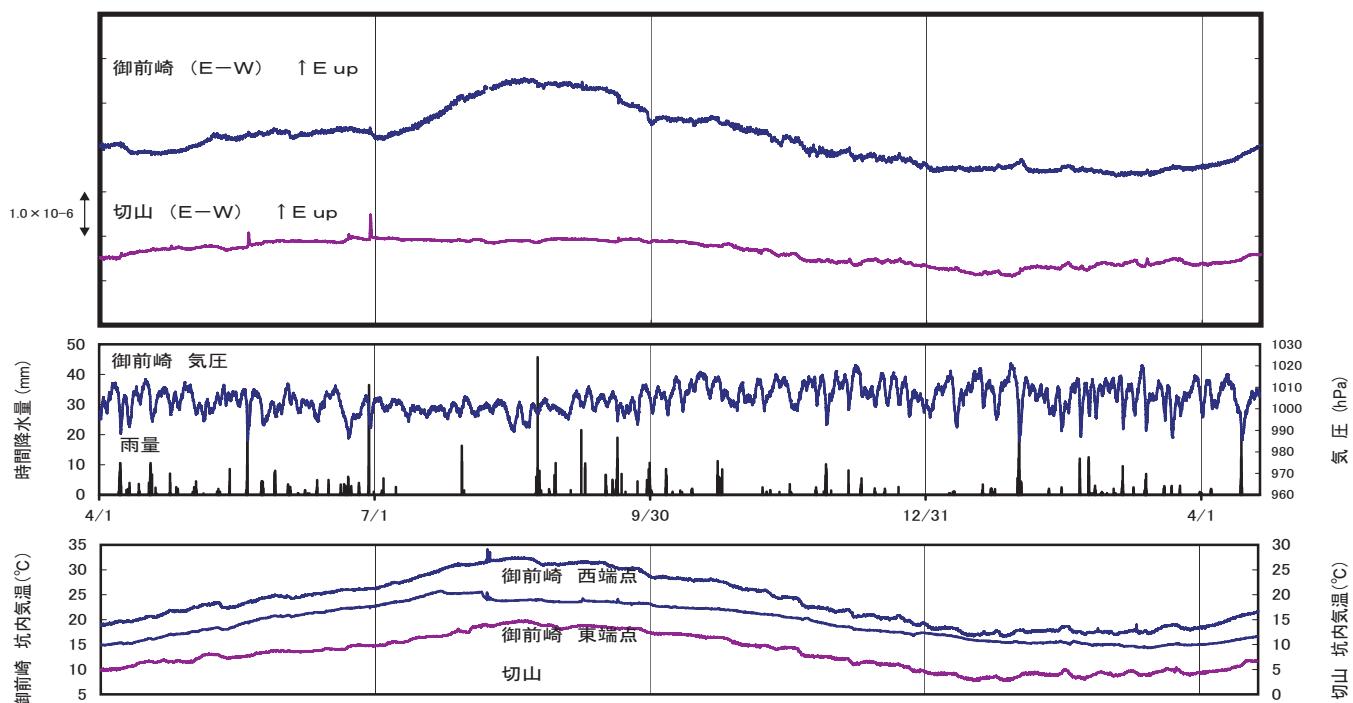
2007年4月1日～2009年4月20日



時間平均値

Baytap-GIにより解析

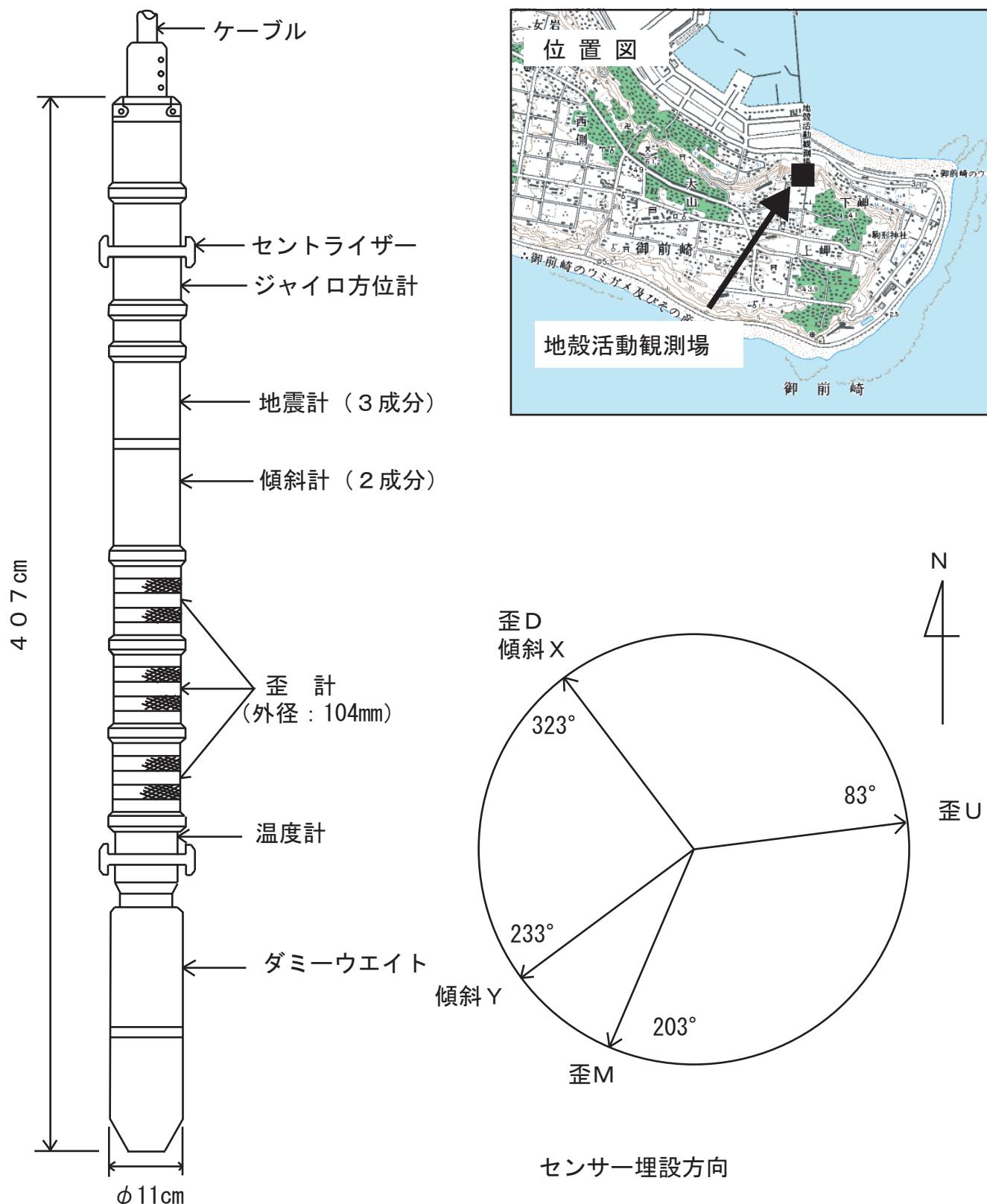
2008年4月1日～2009年4月20日



第26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. 26 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

観測装置



第27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. 27 Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omaezaki deep borehole
(General view of observation site and sensor).

御前崎観測井 歪・傾斜(日平均)

特段の変化はみられない。

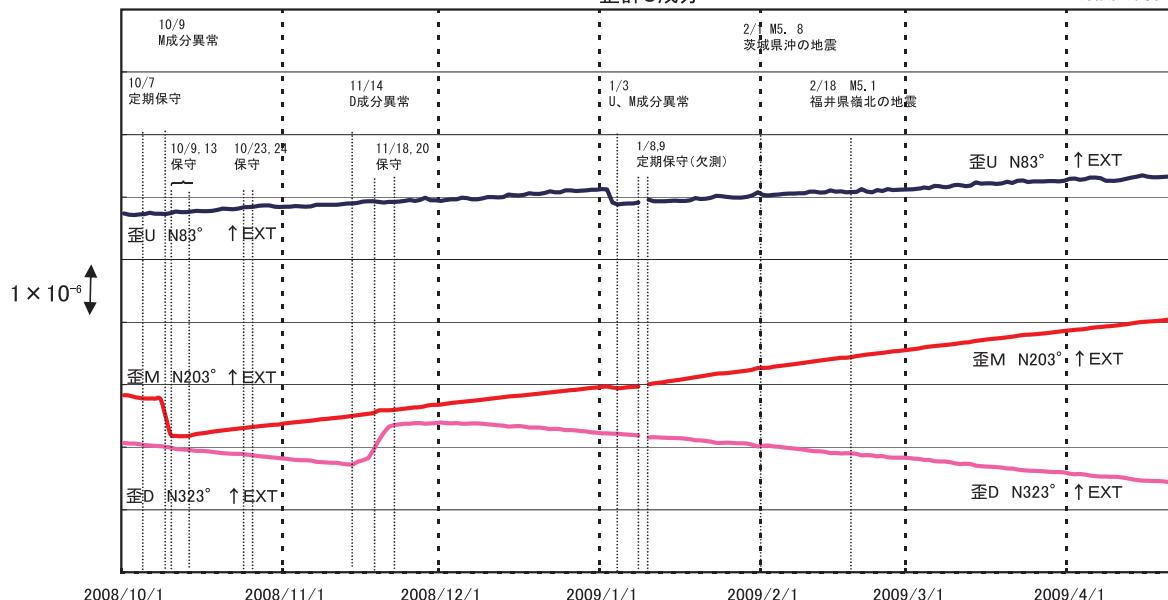


N

センサー埋設方向
センサー下部設置深度797m

2008/10/01～2009/04/20

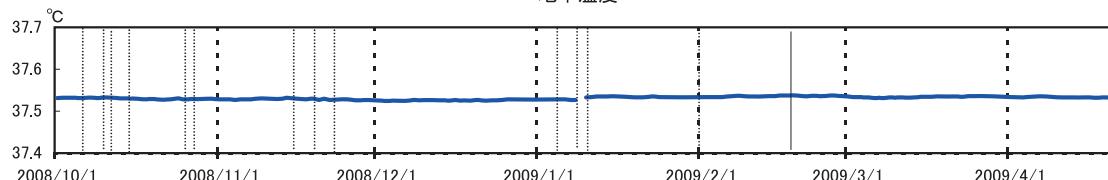
歪計3成分



傾斜計2成分



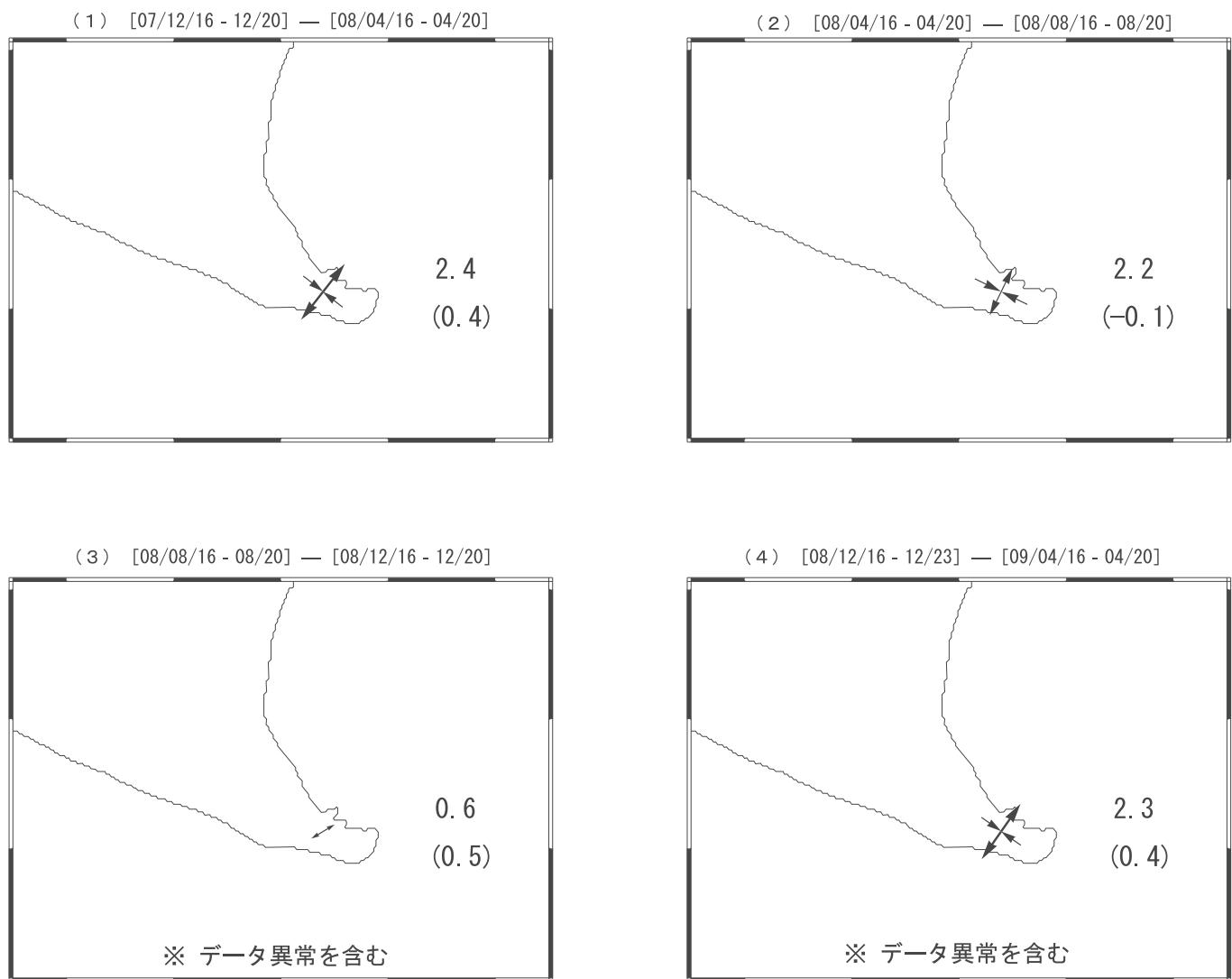
地中温度



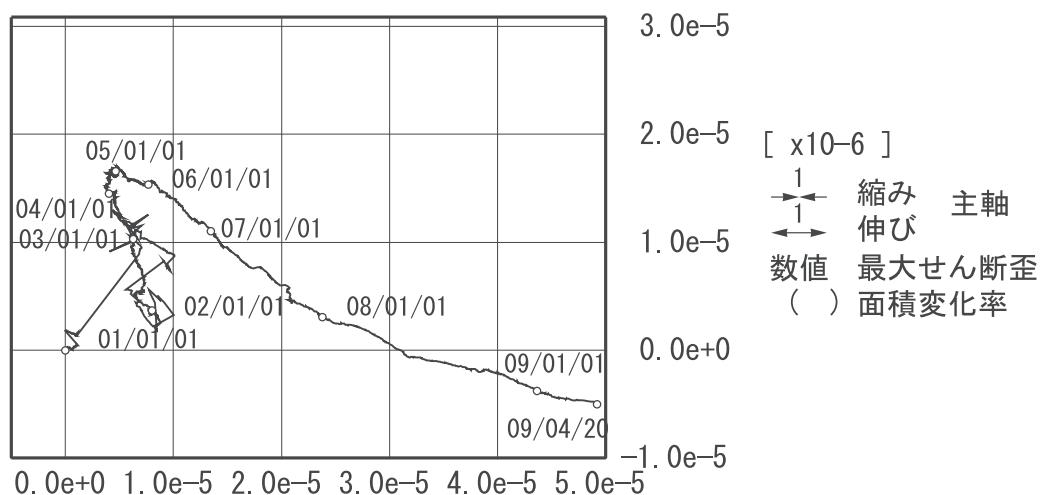
第28図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果(日平均値)

Fig.28 Results of continuous measurements of tilt and strain the Omaezaki deep borehole (Daily mean value).

御前崎地中地殻観測施設による水平歪および傾斜ベクトル



傾斜ベクトル（最終データ：09/04/20）



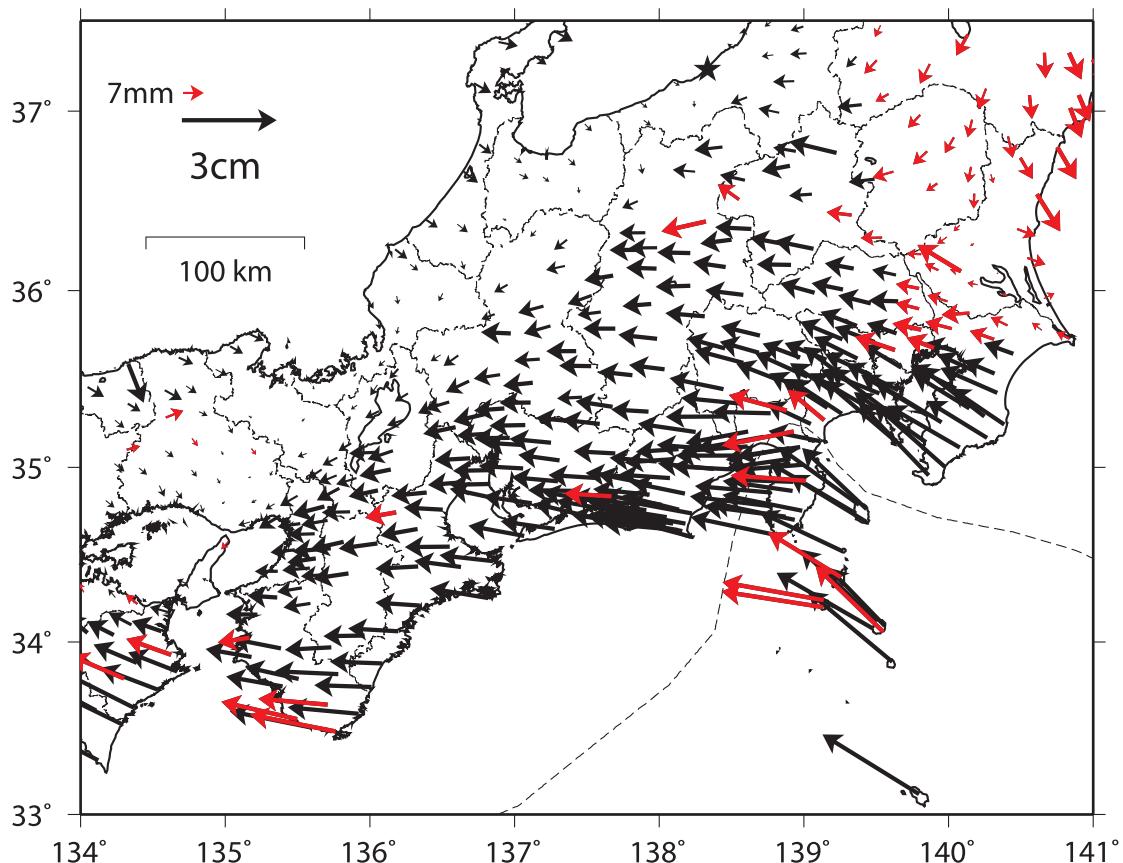
第29図 御前崎地中地殻活動監視装置による連続観測結果(水平歪および傾斜ベクトル)
Fig.29 Results of continuous measurements of tilt and strain in the Omaezaki deep borehole
(Horizontal strain and tilt vector).

東海地方の最近の地殻変動（水平変動）【大潟固定】

(2008 年 4 月～ 2009 年 4 月)

基準期間：2008/4/2 – 2008/4/11 [F3 : 最終解]

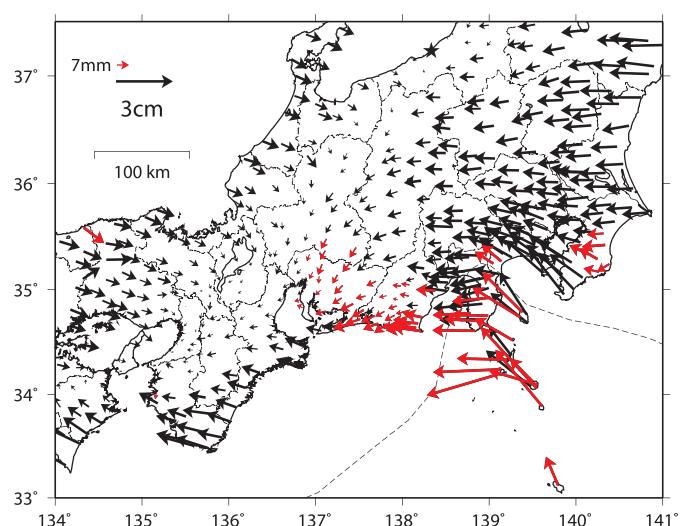
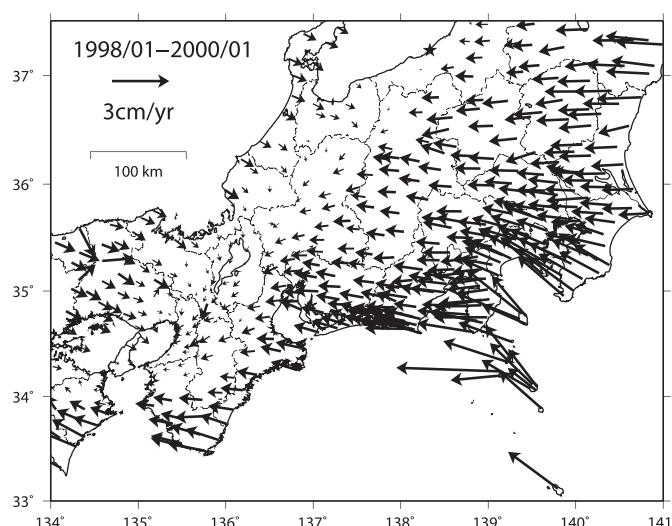
比較期間：2009/4/2 – 2009/4/11 [F3 : 最終解]



・スロースリップ開始前の変動速度ベクトル（左下図）との差の絶対値が 7 mm 以上の変動ベクトルを赤矢印で表示している。

スロースリップ開始以前の地殻変動速度
(1998 年 1 月～ 2000 年 1 月)

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



第30図 GPS 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・進行期との比較(大潟固定)

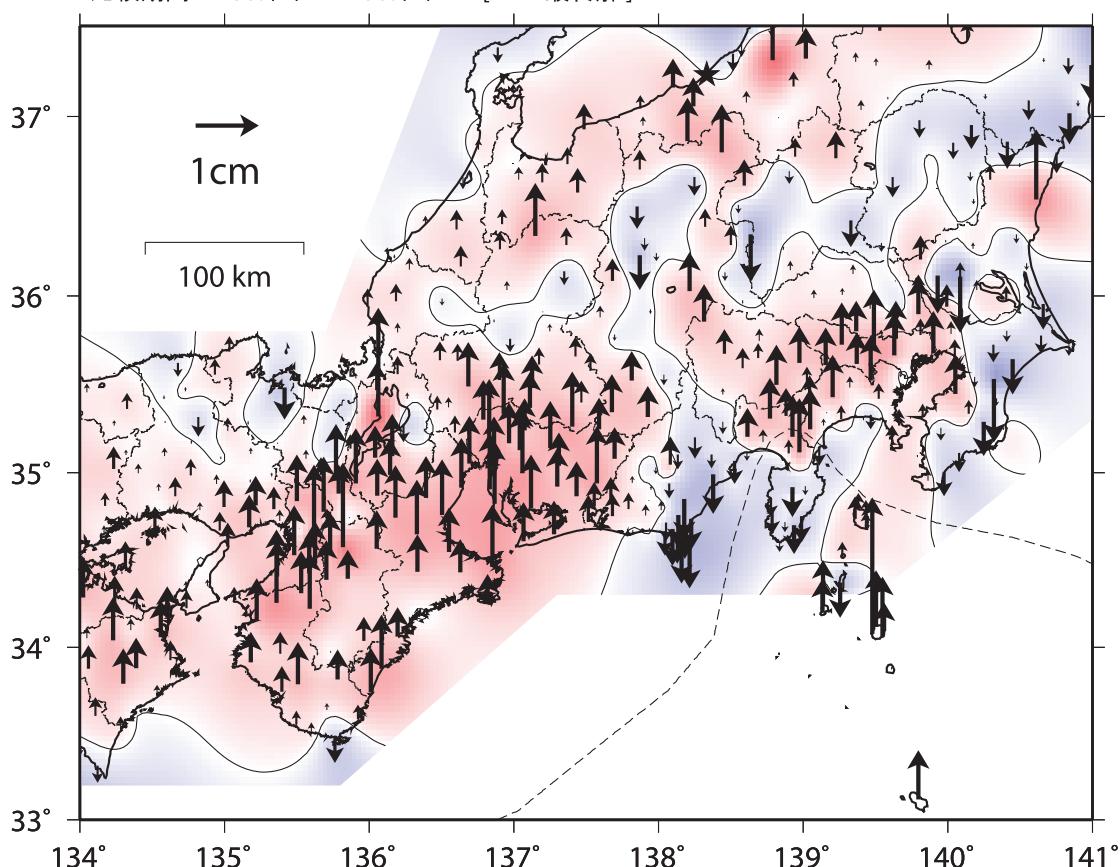
Fig. 30 Horizontal Movements of Tokai Region by GPS Continuous Measurements (1 year) with the comparison of before (lower left) and during (lower right) the slow slip (Ohgata fixed).

東海地方の最近の地殻変動（上下変動）【大潟固定】

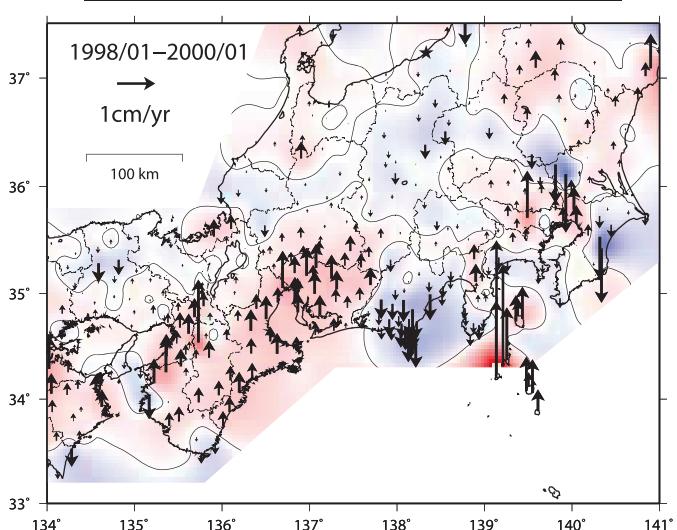
(2008 年 4 月～ 2009 年 4 月)

基準期間：2008/4/2～2008/4/11 [F3：最終解]

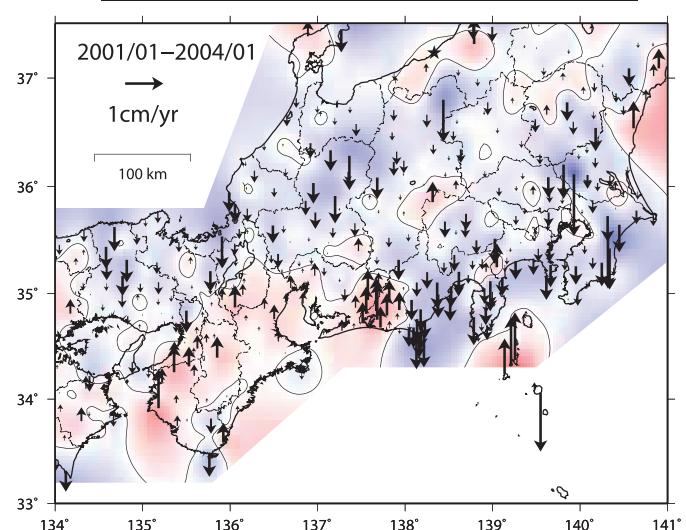
比較期間：2009/4/2～2009/4/11 [F3：最終解]



スロースリップ開始以前の地殻変動速度
(1998年1月～2000年1月)



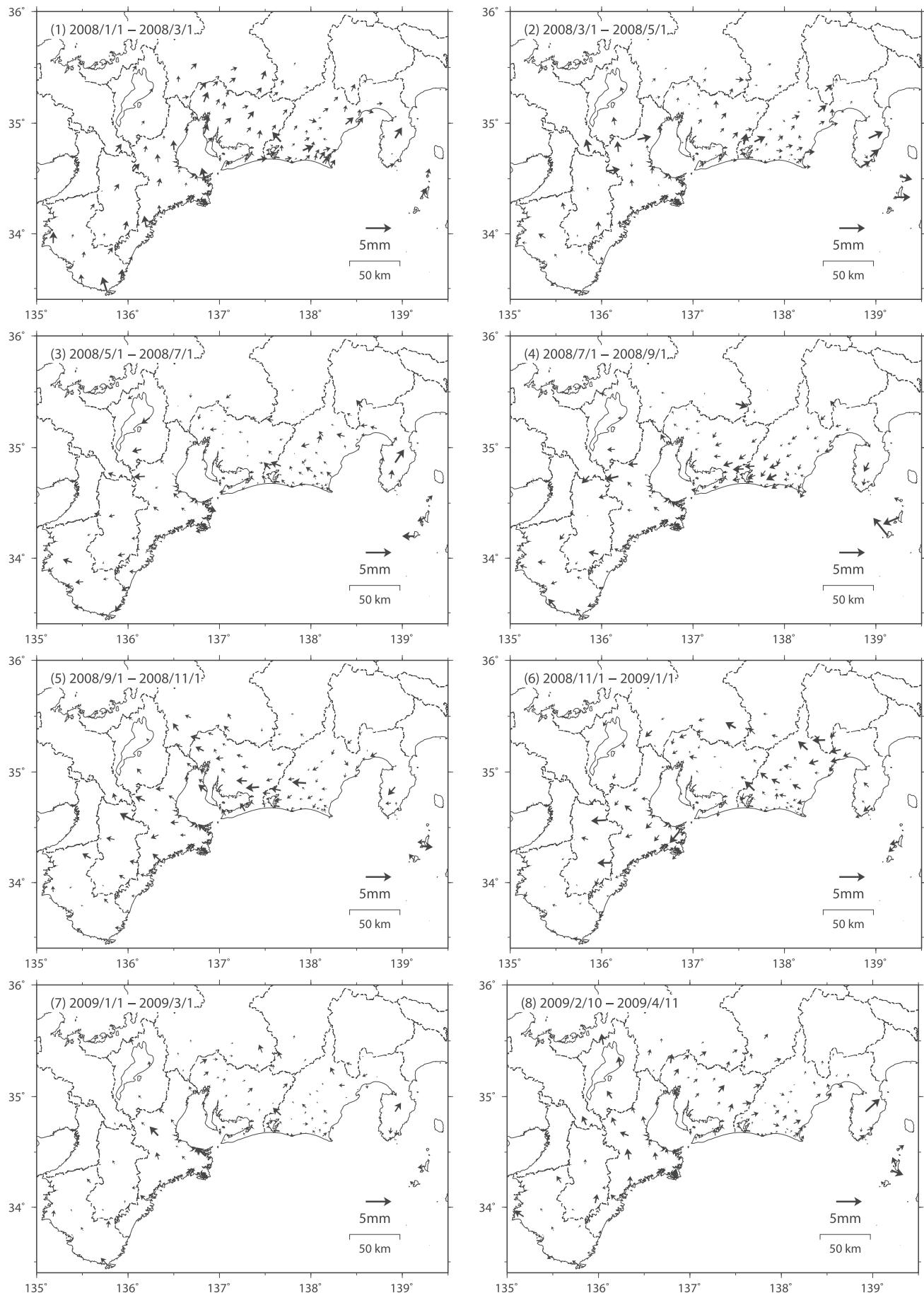
スロースリップ進行期の地殻変動速度
(2001年1月～2004年1月)



第31図 GPS 観測による東海地方の最近1年間の上下変動及びスロースリップ開始前・進行期との比較(大潟固定)

Fig. 31 Vertical Movements of Tokai Region by GPS Continuous Measurements (1 year) with the comparison of before (lower left) and during (lower right) the slow slip (Ohgata fixed).

2ヶ月ごとの東海非定常地殻変動（水平変動）【大湯固定】（余効変動除去後）

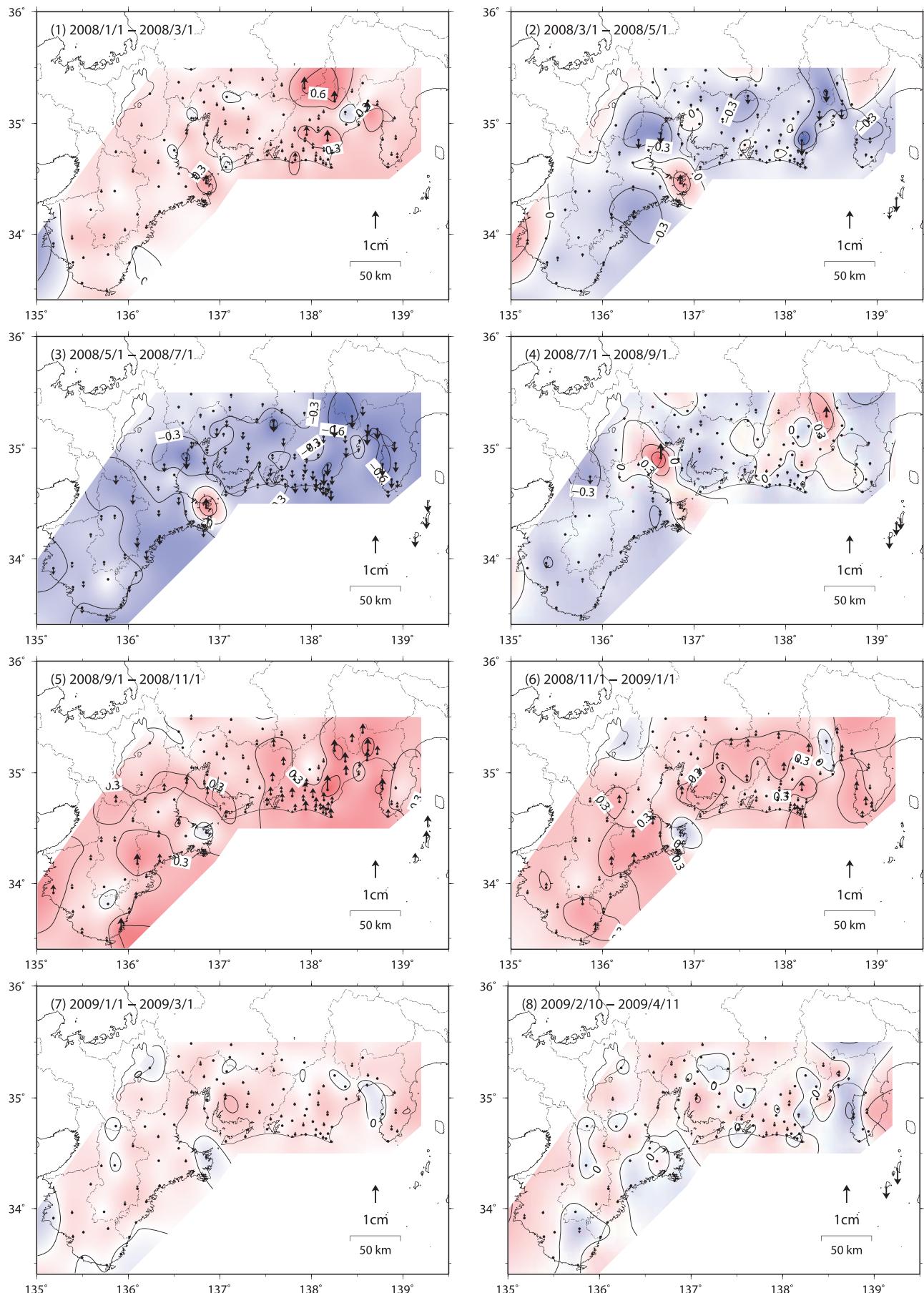


- 平滑化した非定常地殻変動について、2ヶ月ごとの変動量を表示している。
- 2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による余効変動の影響は取り除いている。

第32図 最近2ヶ月ごとの東海地方非定常地殻変動（水平変動）

Fig. 32 Horizontal movements by the slow slip in Tokai Region for every two months.

2ヶ月ごとの東海非定常地殻変動（上下変動）【大潟固定】（余効変動除去後）



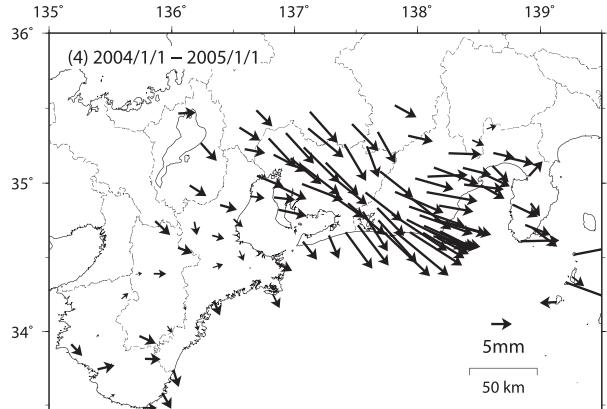
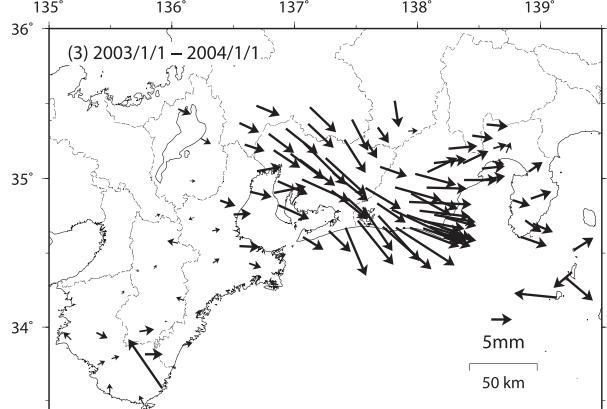
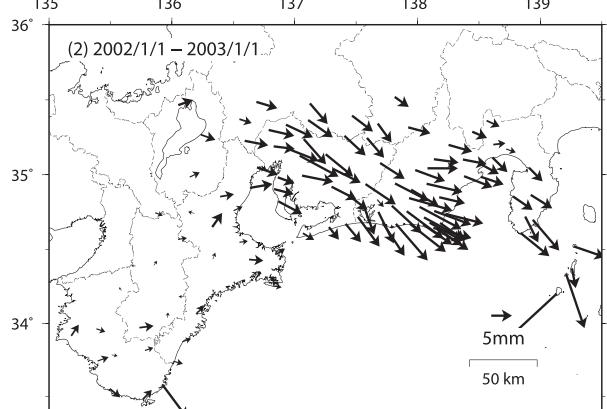
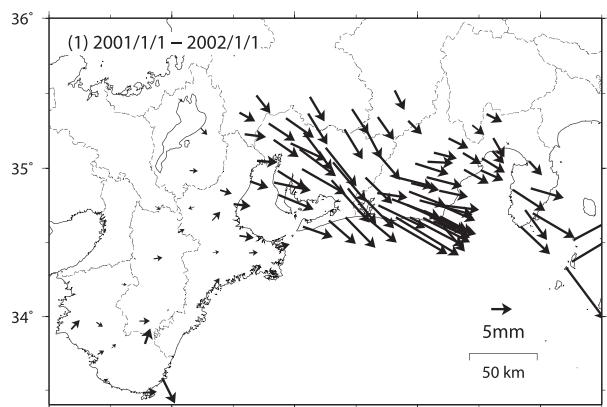
- 平滑化した非定常地殻変動について、2ヶ月ごとの変動量を表示している。
- 年周/半年周成分は除去していない。
- 2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による余効変動の影響は取り除いている。

第33図 最近2ヶ月ごとの東海地方非定常地殻変動（上下変動）

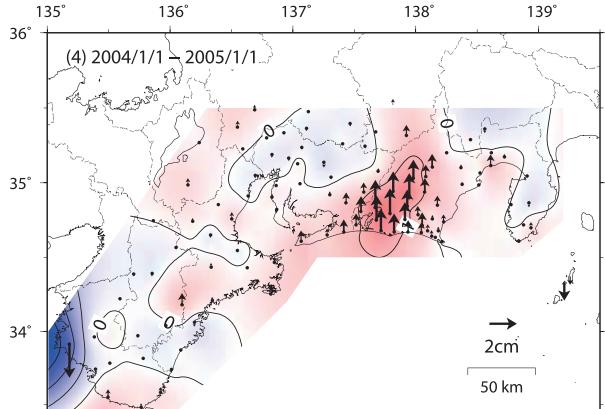
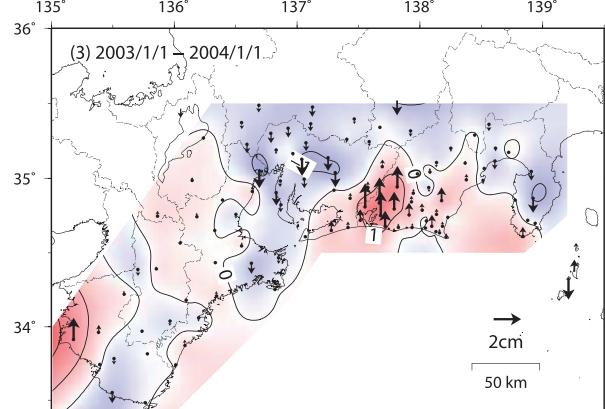
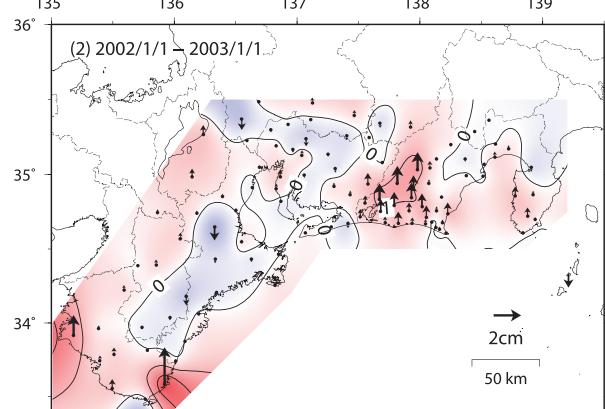
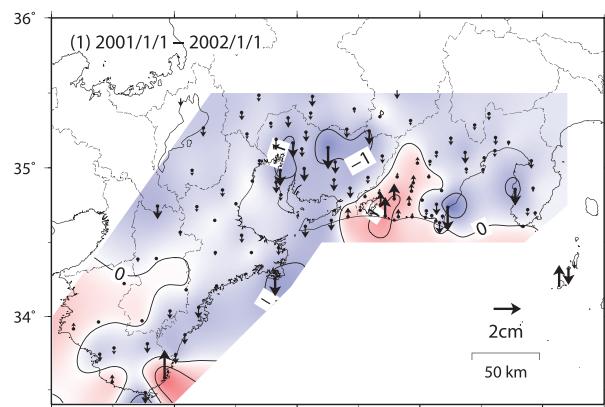
Fig. 33 Vertical movements by the slow slip in Tokai Region for every two months.

1年間で見た東海非定常地殻変動（1）【大渦固定】（余効変動除去後）

【水平変動】



【上下変動】

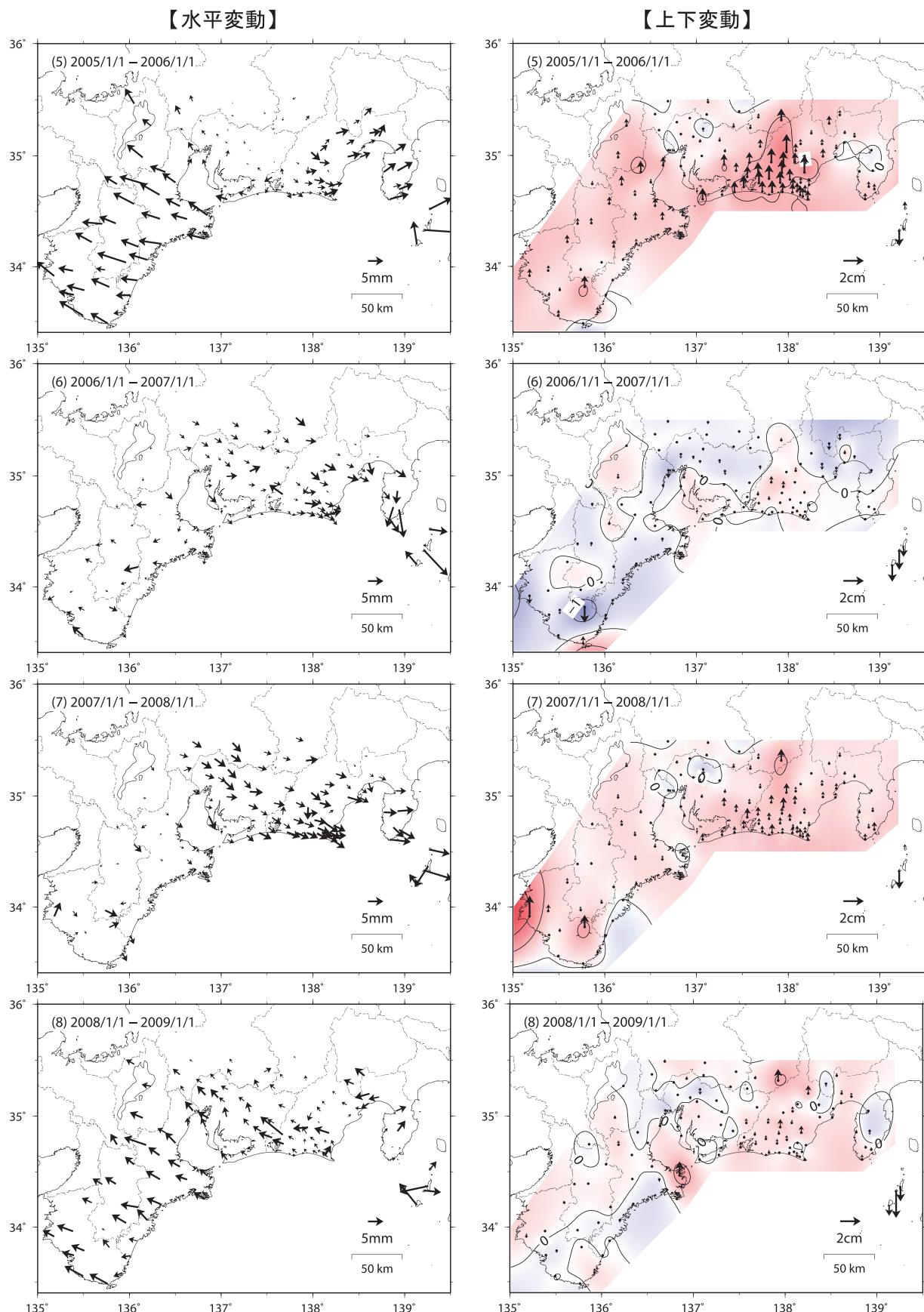


- 平滑化した非定常地殻変動について、1年間の変動量を表示している。
- 2003年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
- (4)は、2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による地殻変動の影響を取り除いている。
- (4)は、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震による固定点大渦の地殻変動の影響を取り除いている。
- 2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による余効変動の影響は取り除いている。

第34図 1年間で見た東海地方非定常地殻変動(1)

Fig. 34 Horizontal and vertical movements by the slow slip in Tokai Region for every year (1/3).

1年間で見た東海非定常地殻変動（2）【大潟固定】（余効変動除去後）

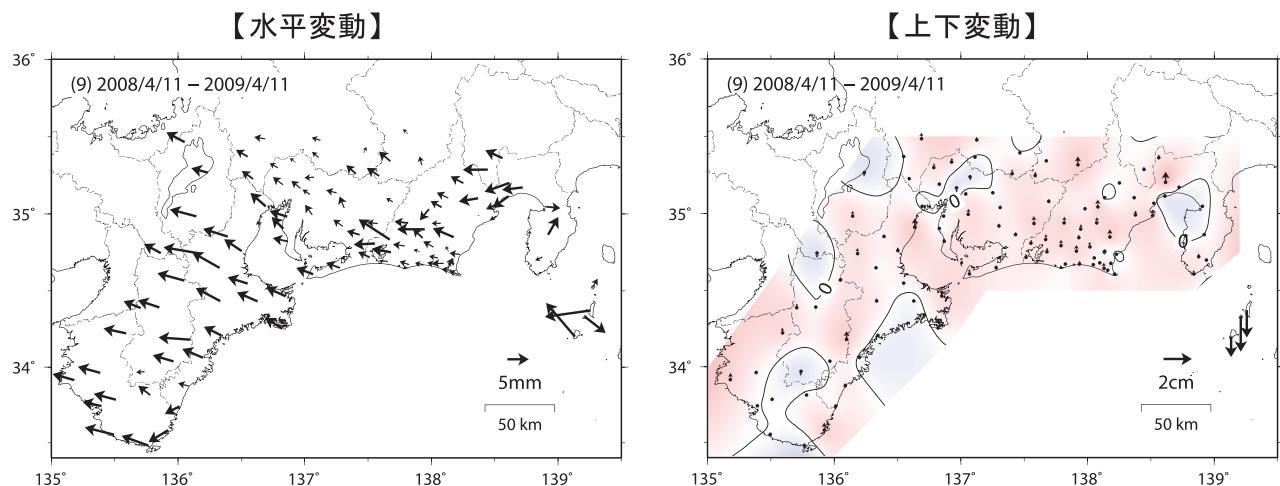


- 平滑化した非定常地殻変動について、1年間の変動量を表示している。
- 2003年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
- 2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による余効変動の影響は取り除いている。
- (7)は、2007年3月25日に発生した能登半島地震および2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震による固定点大潟の地殻変動の影響を取り除いている（水平成分のみ）。

第35図 1年間で見た東海地方非定常地殻変動(2)

Fig. 35 Horizontal and vertical Movements by the slow slip in Tokai Region for every year (2/3).

1年間で見た東海非定常地殻変動（3）【大潟固定】（余効変動除去後）

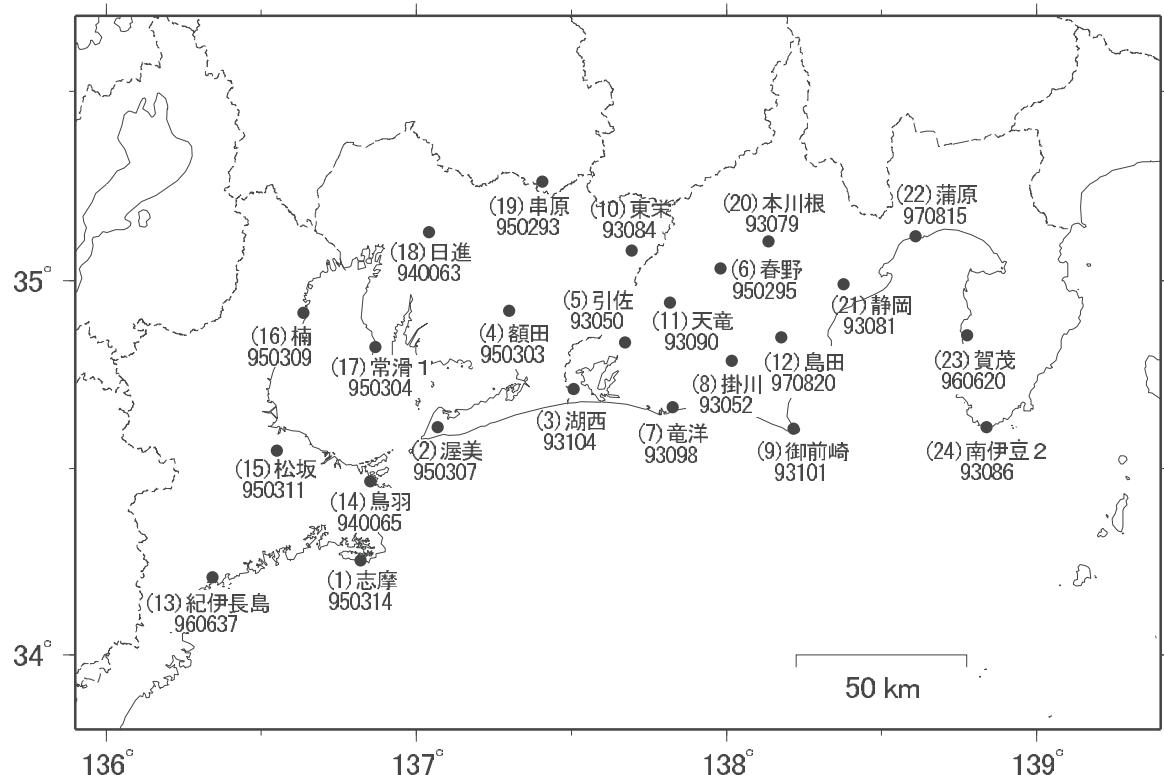


- 平滑化した非定常地殻変動について、1年間の変動量を表示している。
- 2003年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
- 2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による余効変動の影響は取り除いている。

第36図 1年間で見た東海地方非定常地殻変動(3)

Fig. 36 Horizontal and vertical Movements by the slow slip in Tokai Region for every year (3/3).

GP S 連続観測基線図



各観測局情報

点番号	点名	アンテナ交換	レドーム設置	アンテナ高変更	周辺伐採	備考
93050	引佐	2003/5/19	2003/2/15			
93052	掛川	2003/5/12	2003/2/12			
93079	本川根	2001/3/20	2003/5/20		2004/1/22	
		2003/5/20				
93081	静岡 3	2001/3/20	2003/3/13		2002/6/21	
		2003/3/20			2003/10/24	
93084	東栄	2003/3/6	2003/2/16	2003/5/19		
93086	南伊豆 2	2003/2/25	2003/2/25	2003/5/15		
93090	天竜	2003/5/15	2003/2/17			
93097	浜北	2003/2/28	2003/2/14			
93098	竜洋	2003/2/27	2003/2/14			
93101	御前崎	2003/2/28	2003/2/11			
93104	湖西	2003/2/27	2003/2/8		2002/12/18	
					2003/9/10	
					2008/6/9	
940063	日進	2002/3/15				
		2003/3/6				
940065	鳥羽	2003/2/14			2008/12/24	
		2007/12/28				
		2008/2/5				
950293	串原	2003/3/14				
950295	春野	2003/5/28				
950303	額田	2003/2/20				
950304	常滑 1	2003/3/5				
950307	渥美	2003/3/7				
950309	楠	2003/2/17			2004/10/27	
950311	松坂	2003/2/17				
950314	志摩	2003/2/13				
960620	賀茂	2003/6/18				
960637	紀伊長島	2003/2/13				
970815	蒲原	2003/6/18				
970820	島田	2003/2/25				

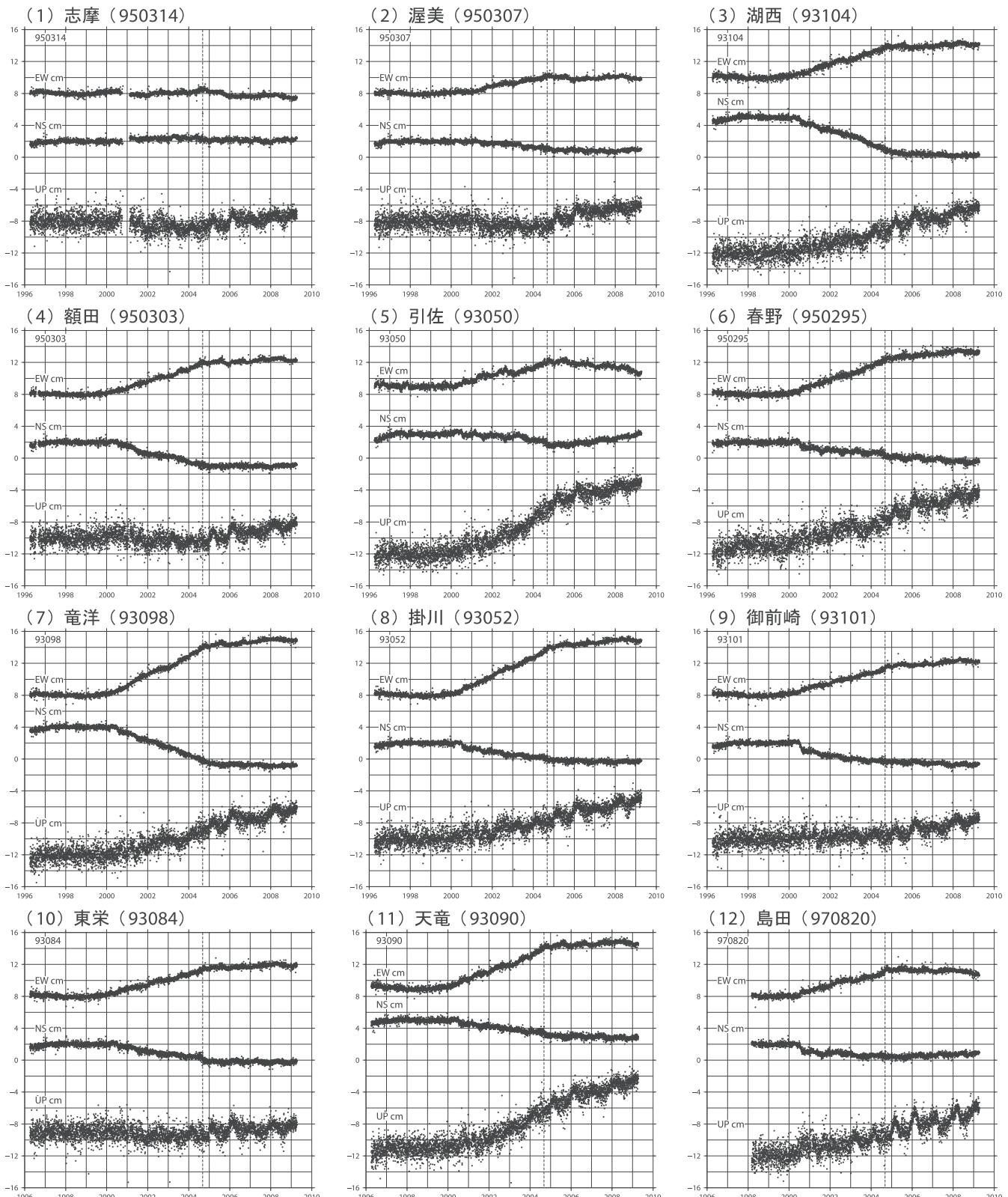
*2003/3/5に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドーム交換を実施し、解析値に補正をしています。

第37図 東海地方の非定常地殻変動の時間変化(配点図)

Fig. 37 Time series plots of GPS displacement associated with the slow slip from 2001 to 2009 in the Tokai Region (Site location map).

東海非定常地殻変動 時系列（1）【大潟固定】（余効変動除去後）

最終解 1996/4/10 – 2009/4/11



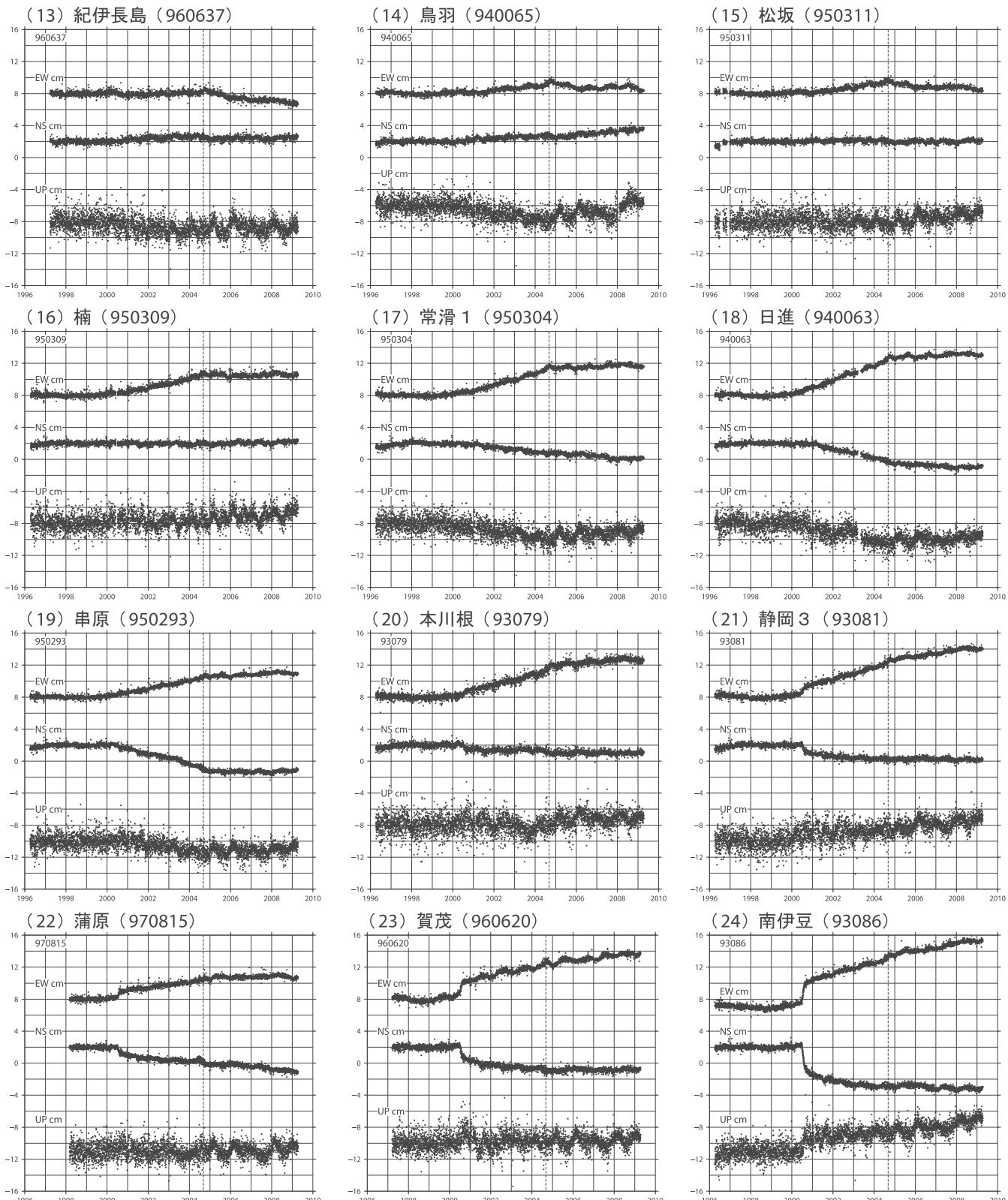
- 1997年1月～2000年1月のデータから平均速度を推定して、元の時系列データから除去している。
- 1998年1月～2000年1月のデータから年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- 2003年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
- 2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による地殻変動および余効変動の影響は取り除いている。
- 2004年10月23日に発生した新潟県中越地震による固定点大潟の地殻変動の影響は取り除いている。
- 2007年3月25日に発生した能登半島地震による固定点大潟の地殻変動の影響は取り除いている。（水平成分のみ）
- 2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震による固定点大潟の地殻変動の影響を取り除いている（水平成分のみ）。

第38図 東海地方の非定常地殻変動の時間変化(1)

Fig. 38 Time series plots of GPS displacement associated with the slow slip from 2001 to 2009 in the Tokai Region (1/2).

東海非定常地殻変動 時系列(2)【大潟固定】(余効変動除去後)

最終解 1996/4/10 – 2009/4/11

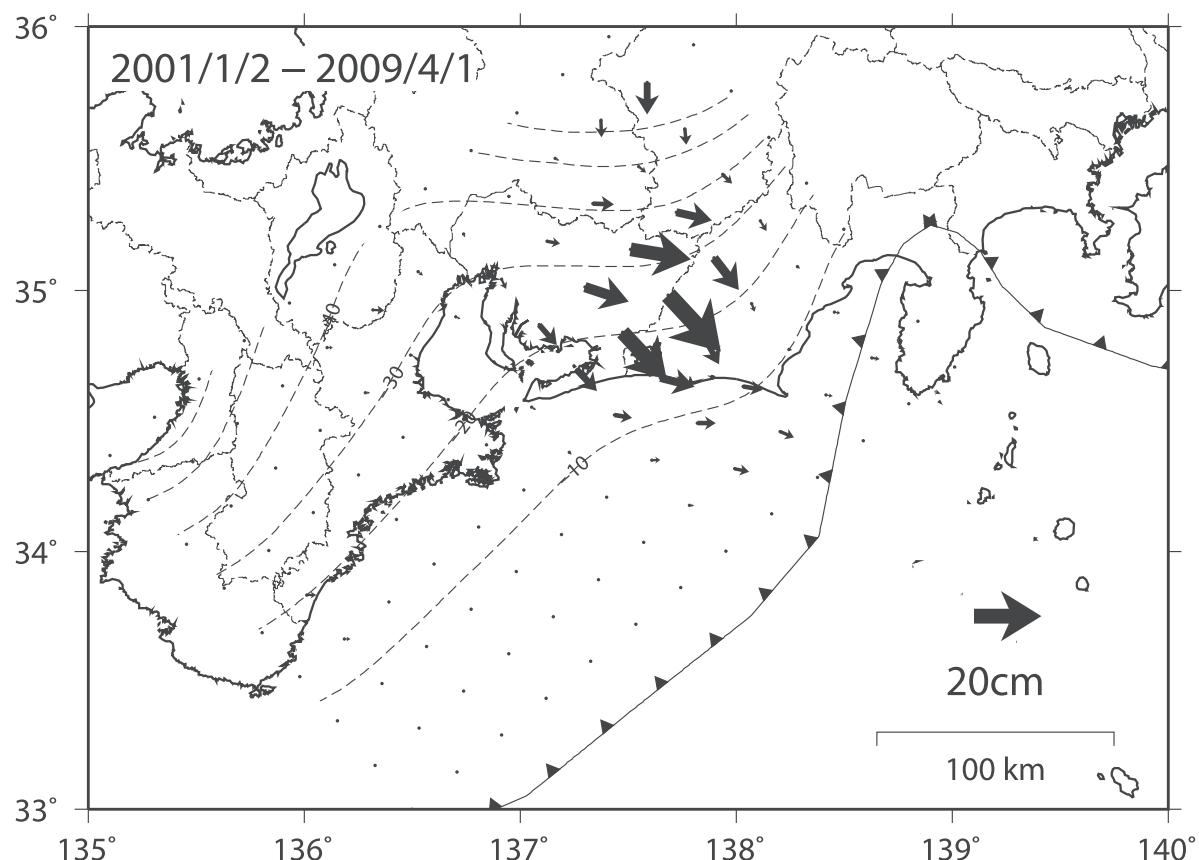


- 1997年1月～2000年1月のデータから平均速度を推定して、元の時系列データから除去している。
- 1998年1月～2000年1月のデータから年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- 2003年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
- 2004年9月5日に発生した紀伊半島南東沖の地震による地殻変動および余効変動の影響は取り除いている。
- 2004年10月23日に発生した新潟県中越地震による固定点大潟の地殻変動の影響は取り除いている。
- 2007年3月25日に発生した能登半島地震による固定点大潟の地殻変動の影響は取り除いている（水平成分のみ）。
- 2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震による固定点大潟の地殻変動の影響を取り除いている（水平成分のみ）。

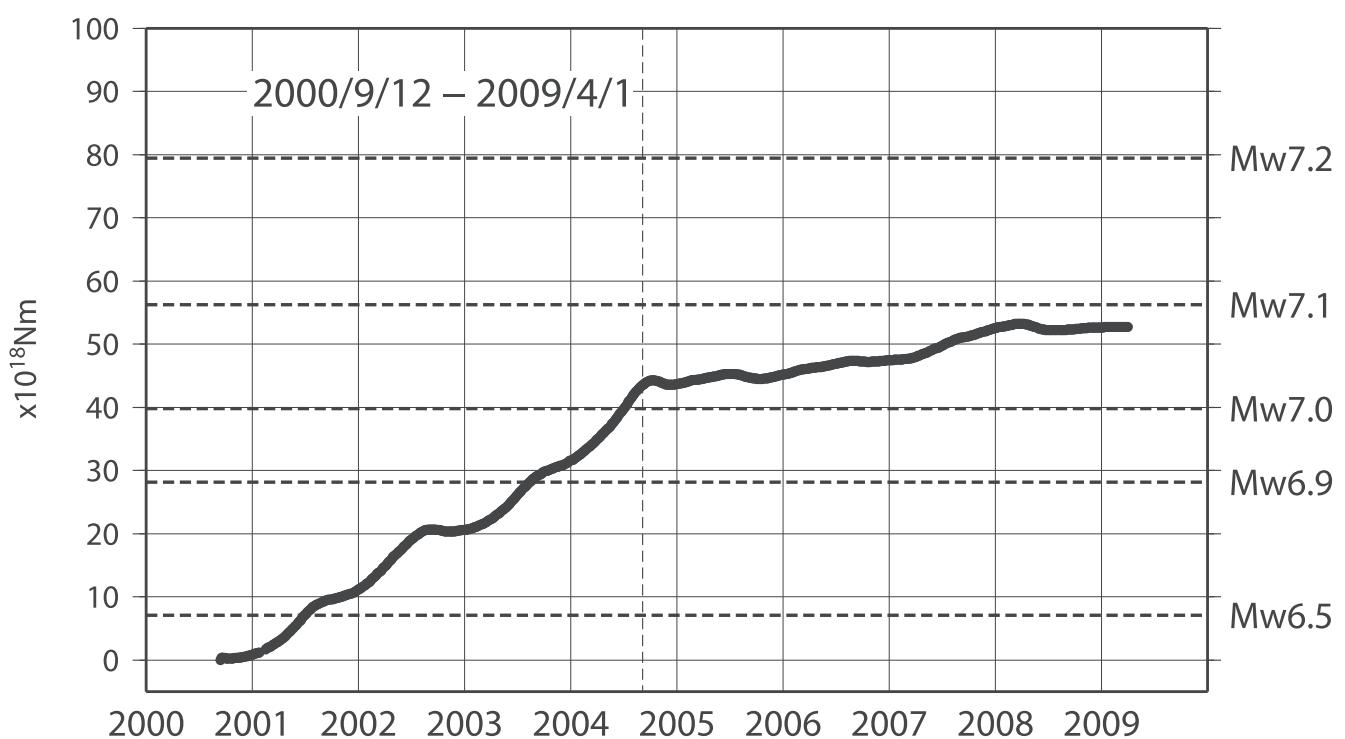
第39図 東海地方の非定常地殻変動の時間変化(2)

Fig. 39 Time series plots of GPS displacement associated with the slow slip from 2001 to 2009 in the Tokai Region (2/2).

累積の推定すべり分布【大潟固定】(余効変動除去後)



推定モーメントの時間変化【大潟固定】

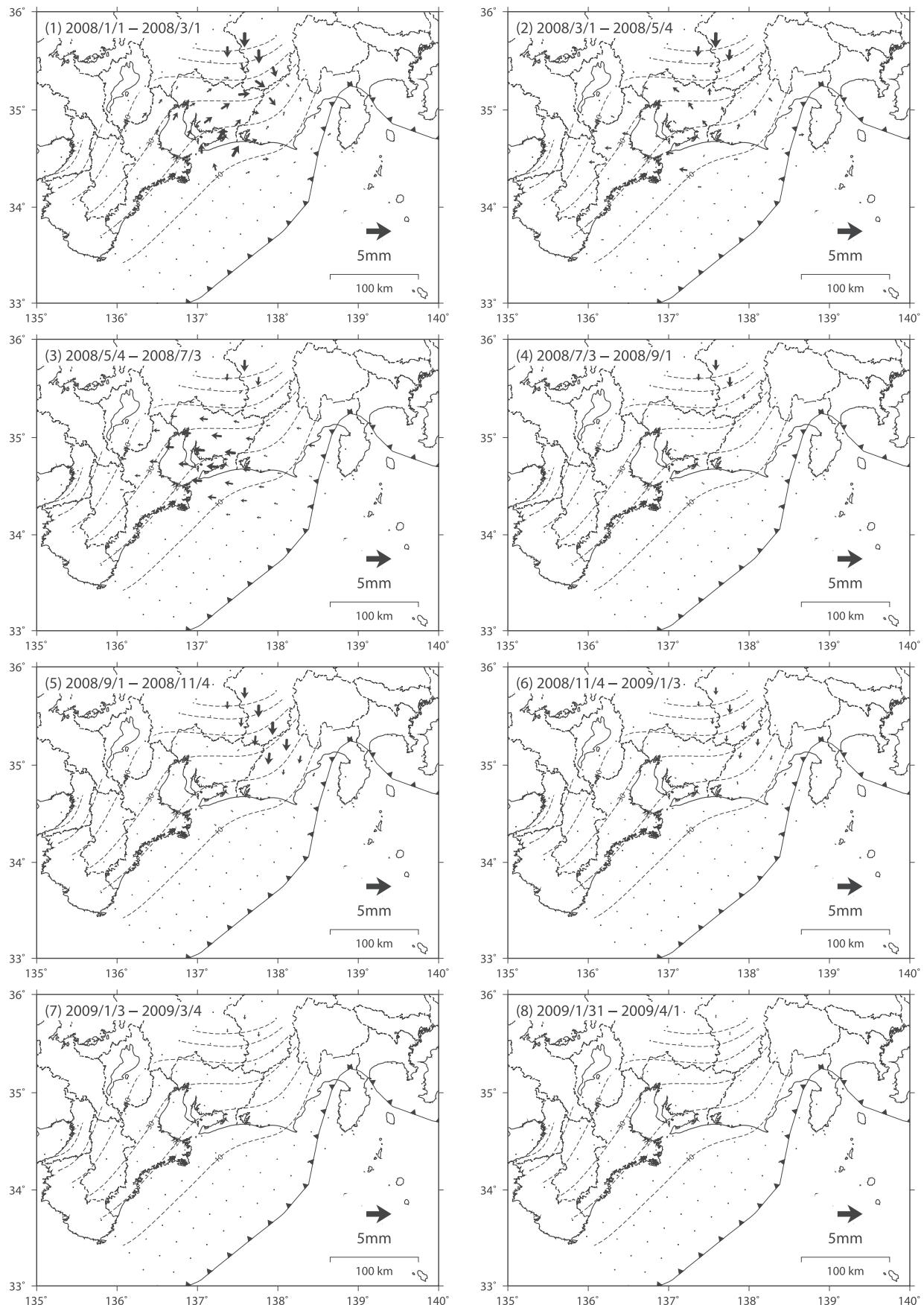


・2004年9月5日発生した紀伊半島南東沖の地震の余効変動（粘性緩和および余効すべり）の影響は取り除いている。

【F3】

第40図 東海地方スロースリップの滑り分布(上段)と推定モーメントの時間変化(下段)
Fig. 40 (Upper) Slip distribution on the plate boundary for the slow slip event in Tokai region.
(lower) Development of estimated moment along the slow slip.

2ヶ月ごとの推定すべり分布【大渦固定】(余効変動除去後)

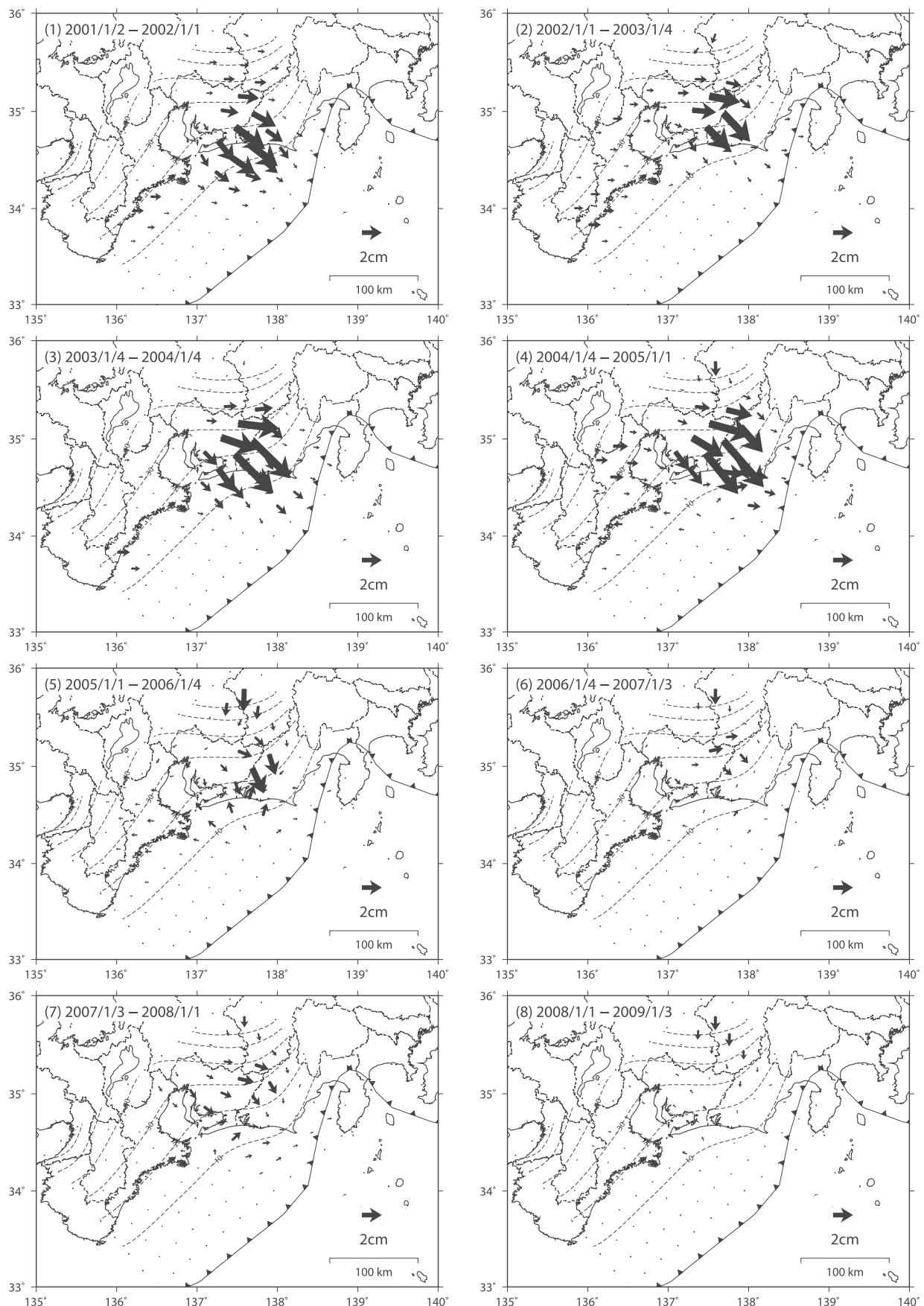


・2004年9月5日発生した紀伊半島南東沖の地震の余効変動（粘性緩和および余効すべり）の影響は取り除いている。

【F3】

第41図 時間発展インバージョン解析による最近2ヶ月ごとの東海地方スロースリップの滑り分布
Fig. 41 Slip on the plate boundary every 2 months recently estimated by time dependent inversion for the slow slip event in Tokai region.

1年ごとの推定すべり分布（1）【大潟固定】（余効変動除去後）

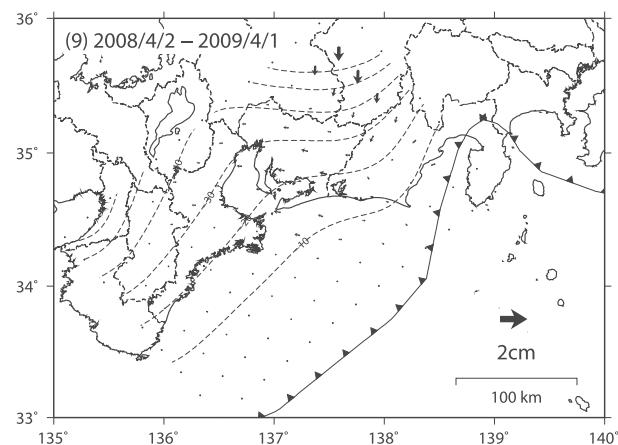


・2004年9月5日発生した紀伊半島南東沖の地震の余効変動（粘性緩和および余効すべり）の影響は取り除いている。

【F3】

第42図 時間発展インバージョン解析による1年ごとの東海地方スロースリップの滑り分布（1）
Fig. 42 Slip on the plate boundary for every year from 2001 to 2009 estimated by time dependent inversion for the slow slip event in Tokai region (1/2).

1年ごとの推定すべり分布（2）【大潟固定】（余効変動除去後）



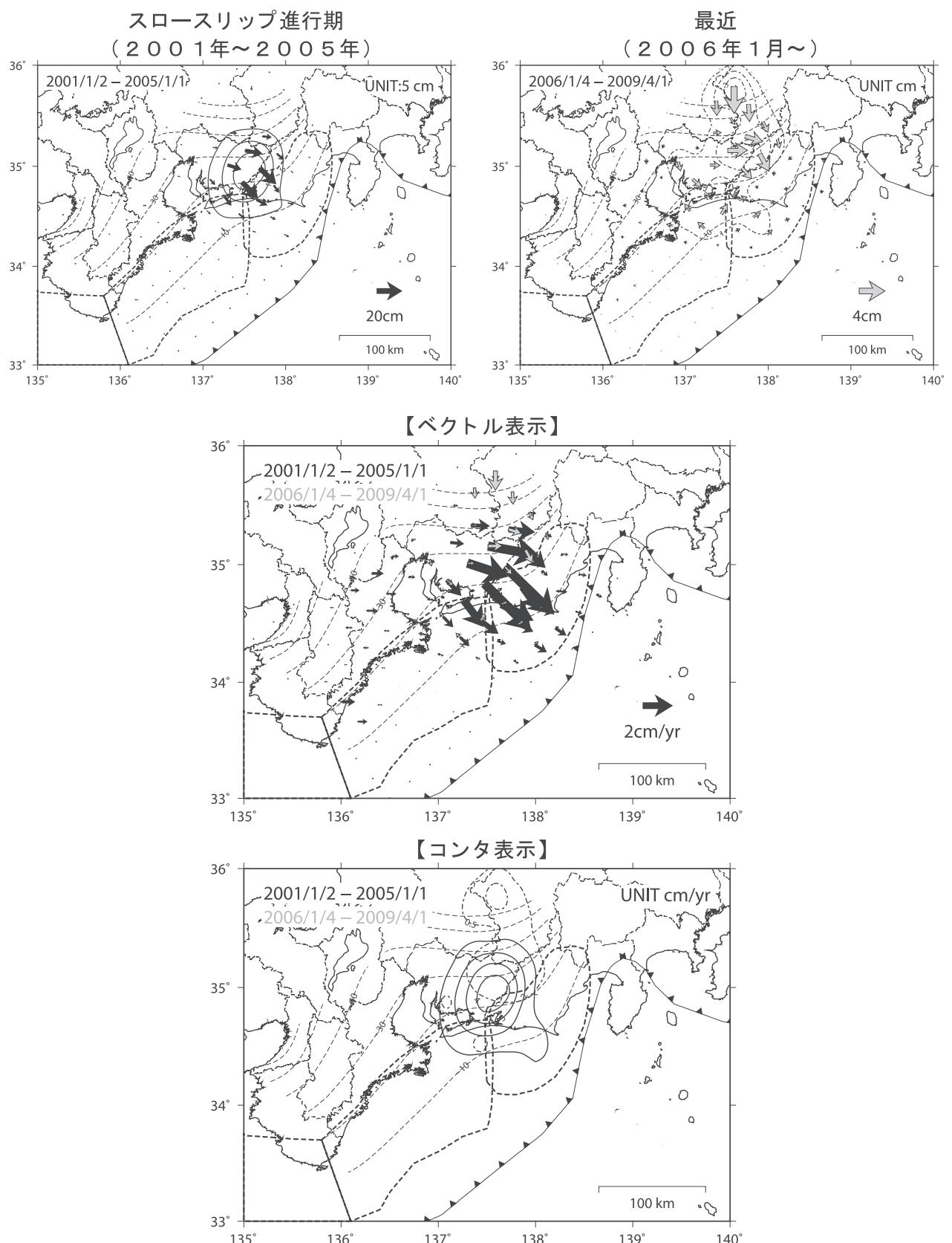
・2004年9月5日発生した紀伊半島南東沖の地震の余効変動（粘性緩和および余効すべり）の影響は取り除いている。

【F3】

第43図 時間発展インバージョン解析による1年ごとの東海地方スロースリップの滑り分布（2）

Fig. 43 Slip on the plate boundary for every year from 2001 to 2009 estimated by time dependent inversion for the slow slip event in Tokai region (2/2).

スロースリップ進行期と最近のすべり分布の比較（余効変動除去後）



黒矢印および黒線：スロースリップ進行期（2001年～2005年）

灰色矢印および灰色一重鎖線：最近（2006年1月～）

それぞれ速度（cm/yr）に換算して表示している。

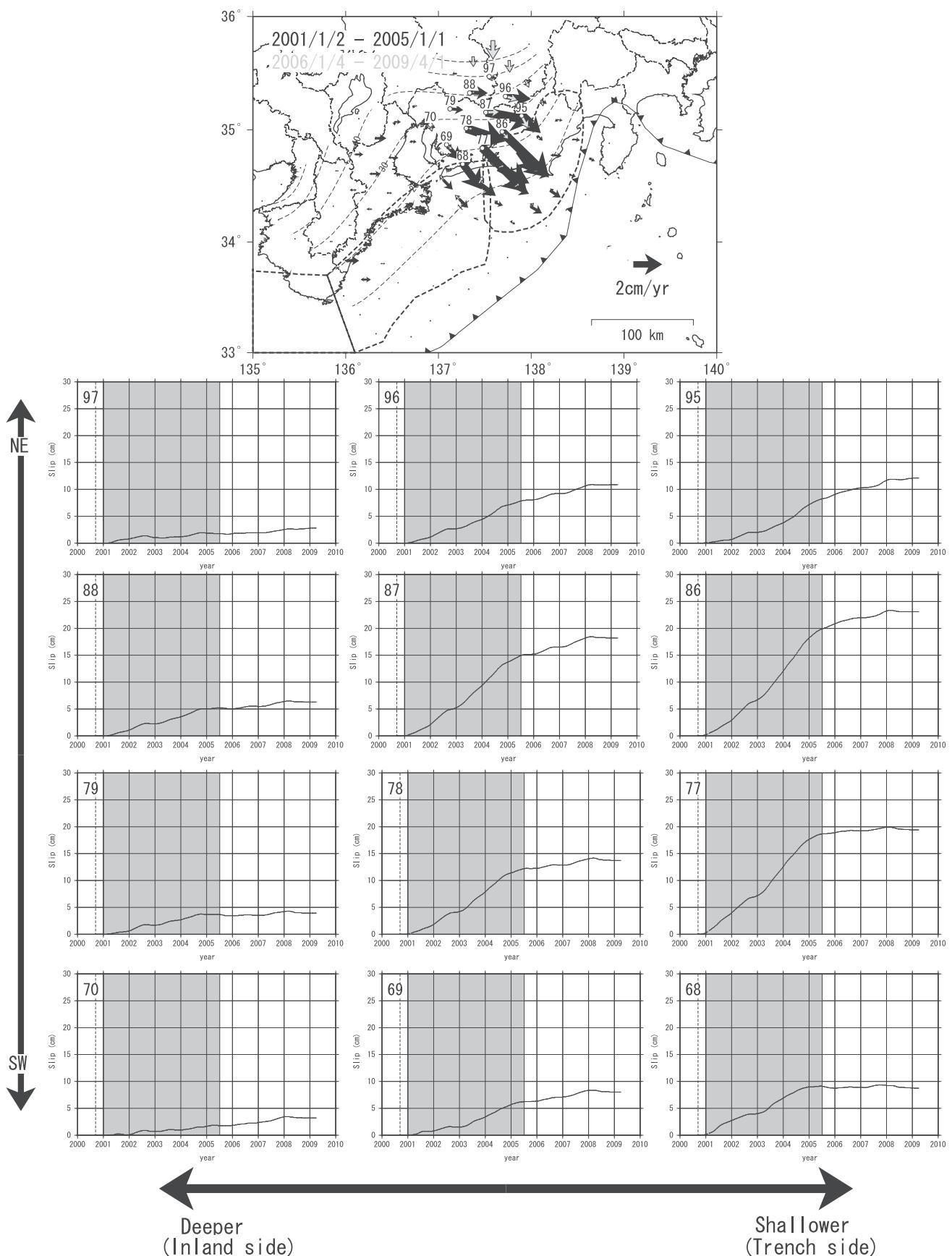
- ・2004年9月5日発生した紀伊半島南東沖の地震の余効変動（粘性緩和および余効すべり）の影響は取り除いている。

【F3】

第44図 スロースリップ進行期と最近のすべり分布の比較

Fig. 44 Comparison of slip distribution on the plate boundary in between slow slip phase and after the slow slip (recent).

すべりの解放履歴【大潟固定】(余効変動除去後)



- ・グリッドにおけるすべりの解放の履歴。各グリッドの位置は上図の丸。横軸は時間。縦軸はすべり量。
- ・2004年9月5日発生した紀伊半島南東沖の地震の余効変動（粘性緩和および余効すべり）の影響は取り除いている。

【F3】

第45図 すべりの解放量と蓄積、解放の履歴(大潟固定)

Fig. 45 (Upper) Slip release, (lower) records of accumulation and release of slip.