

5 - 1 東海地方の地殻変動 Crustal Deformations in the Tokai District

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

[GNSS 上下 御前崎]

第 1～4 図は、掛川～御前崎間における電子基準点の GNSS 連続観測による比高変化である。

第 1 図は、電子基準点間の比高変化である。日々の座標値から計算した月平均値をプロットしており、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、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の影響については、地震前後に電子基準点と周辺の水準点で行われていた水準測量の結果を用いて補正している。

第 2～3 図は、御前崎地域の GNSS 連続観測による比高変化時系列である。第 2 図に観測点の配置と、アンテナ交換等の保守の履歴を示す。

第 3 図の比高変化グラフは、左列が 1999 年 4 月以降の約 25 年間の長期、右列が最近約 2 年間の短期の時系列グラフである。(5)については、2009 年 8 月 11 日の駿河湾の地震に伴う御前崎 A 観測点の局所的な沈降量を水準測量の結果を用いて補正している。掛川 A 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。

第 4 図に、各電子基準点の掛川 A 観測点に対する比高変化について、1 か月ごと及び 10 日ごとの平均値を示している。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。特段の傾向の変化は見られない。

[GNSS 駿河湾]

第 5～6 図は、駿河湾とその周辺の水準測量による基線長変化時系列である。第 5 図に基線図と、アンテナ交換等の保守の履歴を示す。

第 6 図の基線長変化グラフは、左列が 2014 年 1 月以降の約 10 年間の長期、右列が最近約 2 年間の短期の時系列グラフである。傾向に特段の変化は見られない。

[東海地方の地殻変動]

第 7～9 図は、三隅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 7～8 図は、平成 23 年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 か月ごとの図を示す。最近の約 1 年間の図と 2023 年 10 月～2024 年 1 月、2024 年 1 月～4 月の図において令和 6 年能登半島地震の影響と思われる北向きの変動が見られる。

第 9 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。平成 23 年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。(1)の田原観測点で 2022 年頃から非定常的な地殻変動が見られる。(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。また、多くの観測点で南北成分に令和 6 年能登半島地震の影響が見られる。

[東海地域の非定常的な地殻変動（長期的ゆっくりすべり）]

第 10 ～ 12 図は、2022 年初頭から東海地域で見られている非定常的な地殻変動に関する資料である。非定常的な地殻変動を基に、時間依存インバージョンでプレート境界面上のすべり分布を推定した。固定局は三隅観測点（950388）である。気象庁のカタログを用いて短期的ゆっくりすべりによる変動を除去したほか、平成 23 年東北地方太平洋沖地震の粘性緩和による変動を補正している。それらの補正後、2020 年 1 月 1 日～2022 年 1 月 1 日の期間で推定したトレンドを除去している。また、固定局の三隅観測点（950388）に起因する誤差の影響を避けるため、非定常的な地殻変動から共通誤差成分を同時推定している。すべりの推定では、すべり方向をプレートの沈み込み方向と平行な方向に拘束している。

第 10 図は、下段に示した 6 観測点の観測値と計算値を比較した時系列図である。2022 年初頭から南東向きの変動が見られる。計算値は観測値をよく説明できていることが分かる。

第 11 図左の図は、2022 年 1 月 1 日～2024 年 11 月 1 日の期間で推定されたすべり分布を示している。渥美半島付近にすべりが推定された。推定されたすべりの最大値は 10cm、モーメントマグニチュードは 6.5 と求めた。

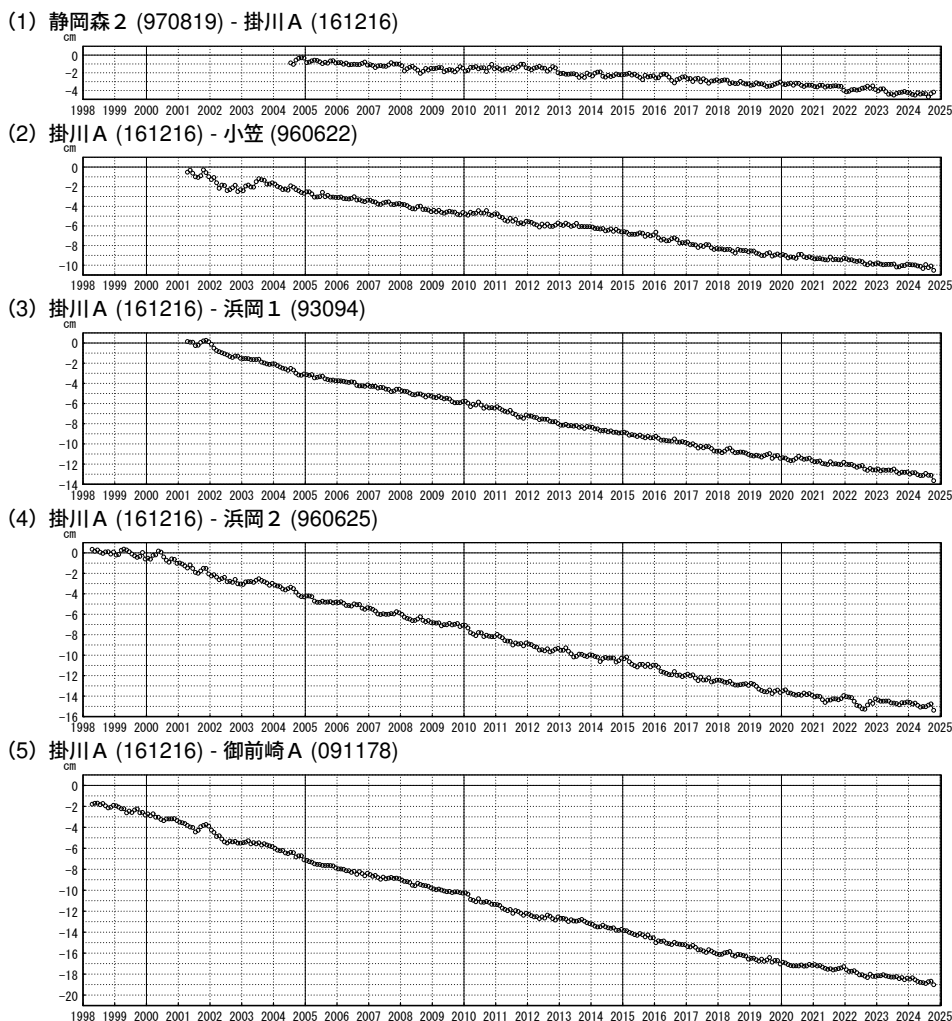
第 11 図中央の図は、観測値と計算値の比較の水平変動ベクトル図である。計算値は観測値をよく説明できていることが分かる。

第 11 図右の図は、推定すべり分布図中の太い実線で囲まれた領域に位置するグリッドのすべりから求めたモーメントの時系列グラフである。2022 年初頭からモーメントの増大が見られる。

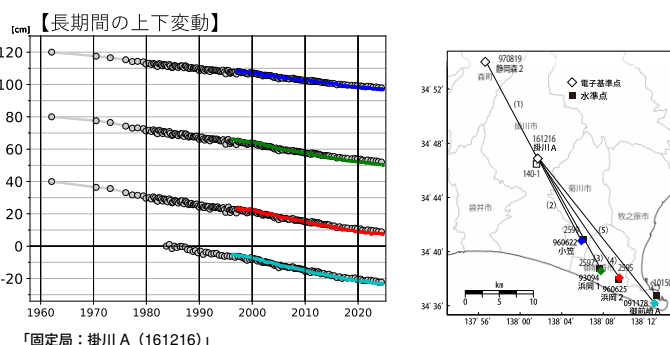
第 12 図は、渥美半島付近と志摩半島付近に位置するグリッドのすべりの時間変化を示した図である。2022 年初頭からすべりが見られる。

御前崎 電子基準点の上下変動

御前崎周辺の長期的な沈降傾向に変化は見られない。



○ : GNSS 連続観測 (GEONET 月平均値)



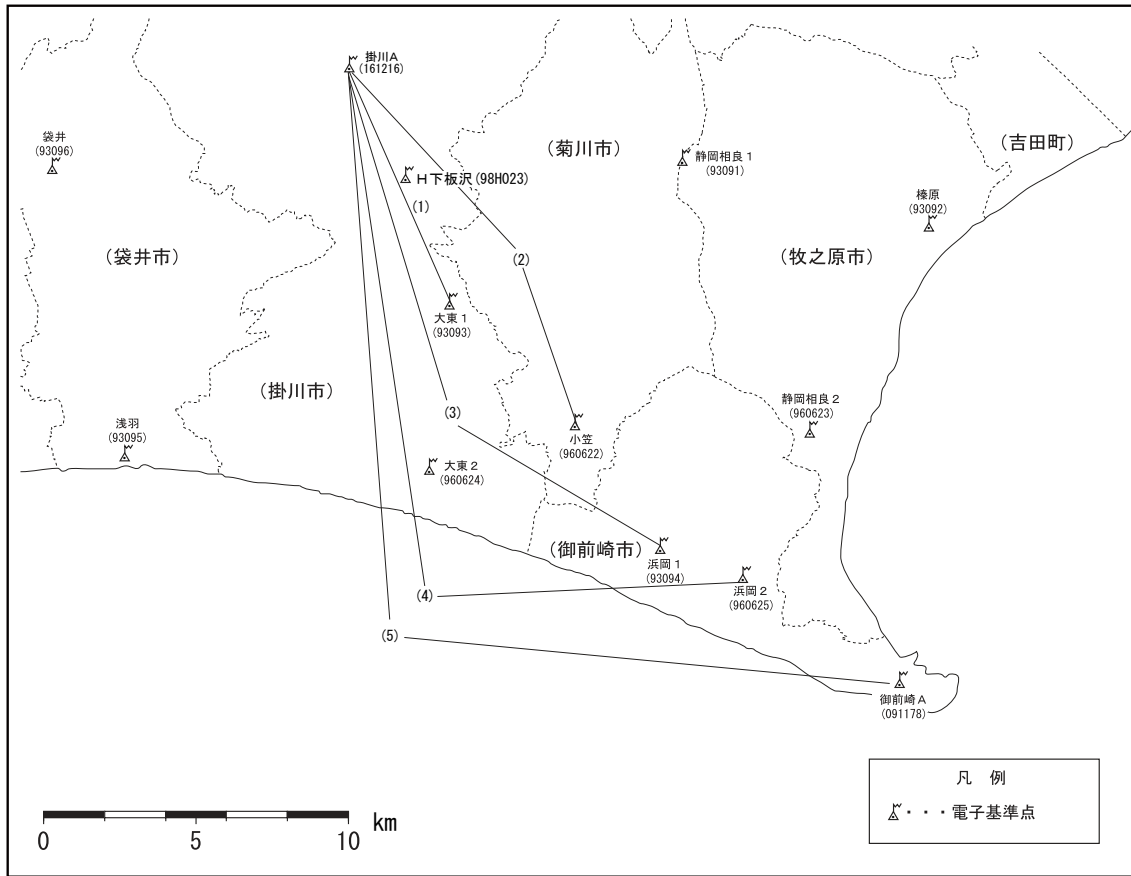
- GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値 (F5: 最終解) から計算した値の月平均値。最新のプロット点は 10 月 1 日～10 月 19 日の平均。
- 各プロットの色は配色図の電子基準点の色と対応する。
- 灰色のプロットは電子基準点の最寄りの水準点「2599」「2597」「2595」「10150」の水準測量結果を示している (固定: 140-1)。
- ※ 1 2009 年 8 月 11 日の駿河湾の地震に伴う電子基準点「御前崎」の局所的な変動について、地震前後の水準測量で得られた「御前崎」周辺の水準点との比高の差を用いて補正を行った。
- ※ 2 電子基準点「御前崎 A」については、2010 年 3 月 23 日まで電子基準点「御前崎」のデータを使用。
- ※ 3 電子基準点「掛川 A」については、2017 年 1 月 29 日まで電子基準点「掛川」のデータを使用。
- ※ 4 電子基準点「静岡森 2」については、2024 年 10 月 4 日にレドーム開閉作業を実施。
- ※ 5 電子基準点「掛川 A」については、2024 年 10 月 5 日にレドーム開閉作業を実施。

第 1 図 御前崎 電子基準点の上下変動

Fig. 1 Vertical displacements of GEONET stations in the Omaezaki region.

御前崎 GNSS 連続観測時系列 (1)

基線図



各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容	点番号	点名	日付	保守内容			
161216	掛川A	2003-02-12	レドーム設置	93094	濱岡1	2003-02-10	レドーム設置			
		2003-05-12	アンテナ更新・受信機更新			2003-05-16	アンテナ更新・受信機更新			
		2008-07-25	受信機交換			2010-02-23	レドーム開閉・受信機更新			
		2010-02-24	レドーム開閉・受信機更新			2012-11-22	アンテナ更新			
		2010-10-08	周辺伐採			2012-12-21	周辺伐採			
		2010-11-12	周辺伐採			2017-11-08	受信機更新			
		2012-11-20	アンテナ更新			2024-10-06	レドーム開閉			
		2017-01-25	データ切替(掛川→掛川A)※			960625	濱岡2	2001-03-15	受信機更新	
		2021-11-13	受信機更新			2003-06-19		アンテナ更新		
		2023-02-26	アンテナ更新			2008-01-29		レドーム開閉・受信機更新		
		2024-10-05	レドーム開閉			2012-11-28		アンテナ更新・受信機更新		
		93093	大東1			2003-02-10		レドーム設置	2014-08-11	周辺伐採
		2003-03-04				アンテナ更新・受信機更新		2016-05-20	アンテナ交換	
2006-06-19	周辺伐採	2019-11-19		受信機更新						
2010-02-24	レドーム開閉・受信機更新	2022-02-07		周辺伐採						
2010-10-12	周辺伐採	2023-03-03		周辺伐採						
2012-11-20	アンテナ更新	2024-10-06		レドーム開閉						
2017-11-09	受信機更新	091178		御前崎A	2003-02-11	レドーム設置				
2024-10-05	レドーム開閉	2003-02-28			アンテナ更新					
960622	小笠	2003-05-27	アンテナ更新		2010-03-17	データ切替(御前崎→御前崎A)※				
2010-02-23		レドーム開閉・受信機更新	2012-11-28		アンテナ更新・受信機更新					
2012-11-28		アンテナ更新	2019-10-09		受信機交換					
2017-11-08		受信機更新	2020-12-16		受信機更新					
2024-10-06		レドーム開閉	2024-10-07		レドーム開閉					

※移転に伴う使用データの切替

第 2 図 御前崎における GNSS 連続観測結果 (観測点配置図・保守状況)

Fig. 2 GNSS timeseries of continuous GNSS stations in the Omaezaki region (site location map and history of the site maintenance).

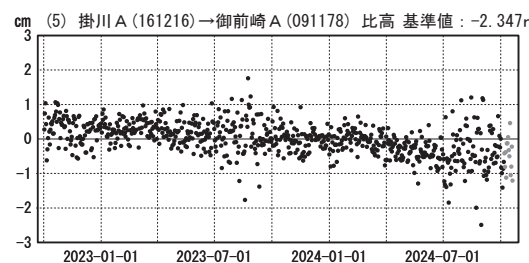
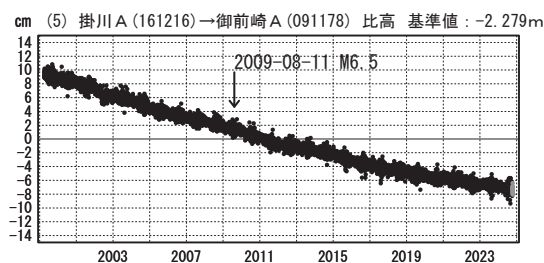
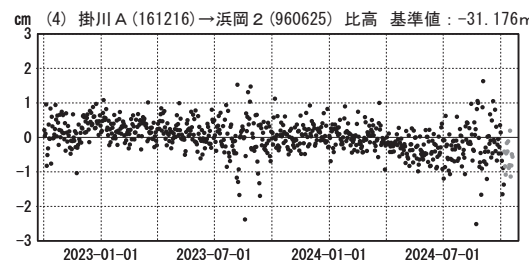
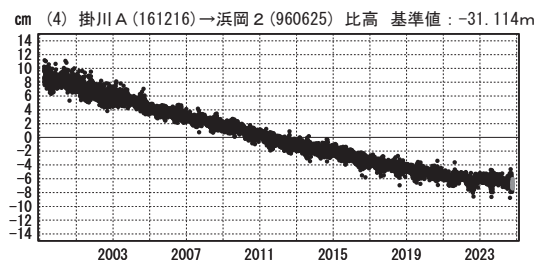
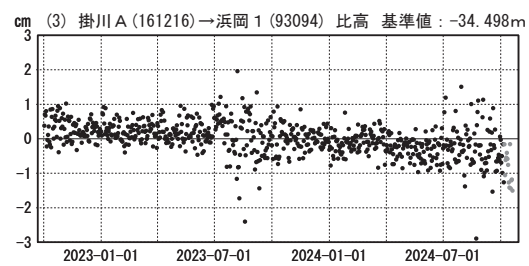
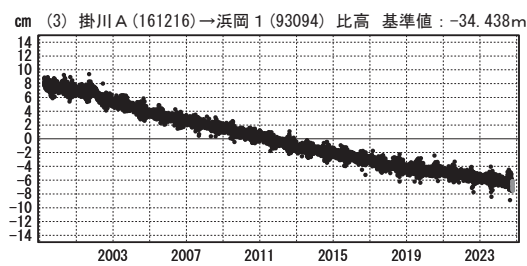
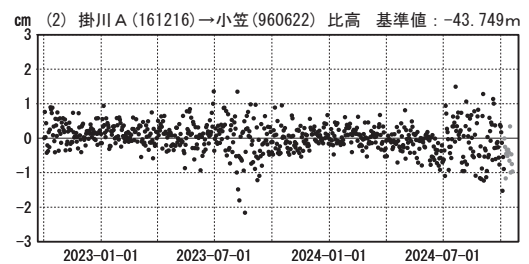
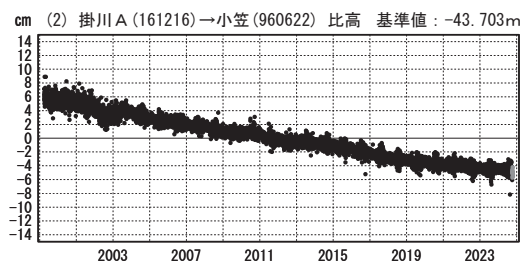
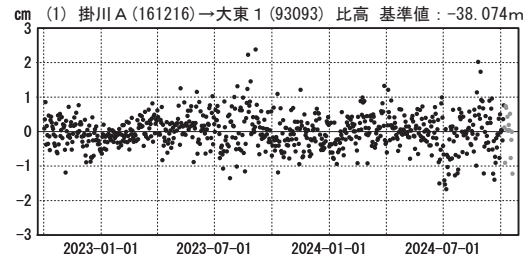
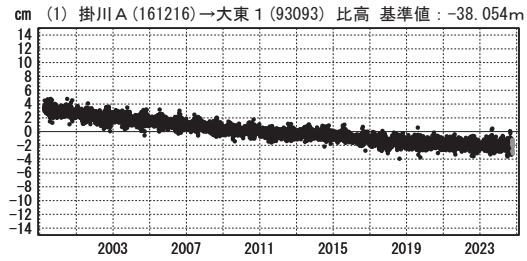
御前崎 G N S S 連続観測時系列 (2)

比高変化グラフ (長期)

比高変化グラフ (短期)

期間: 1999-04-01~2024-10-19 JST

期間: 2022-10-01~2024-10-19 JST

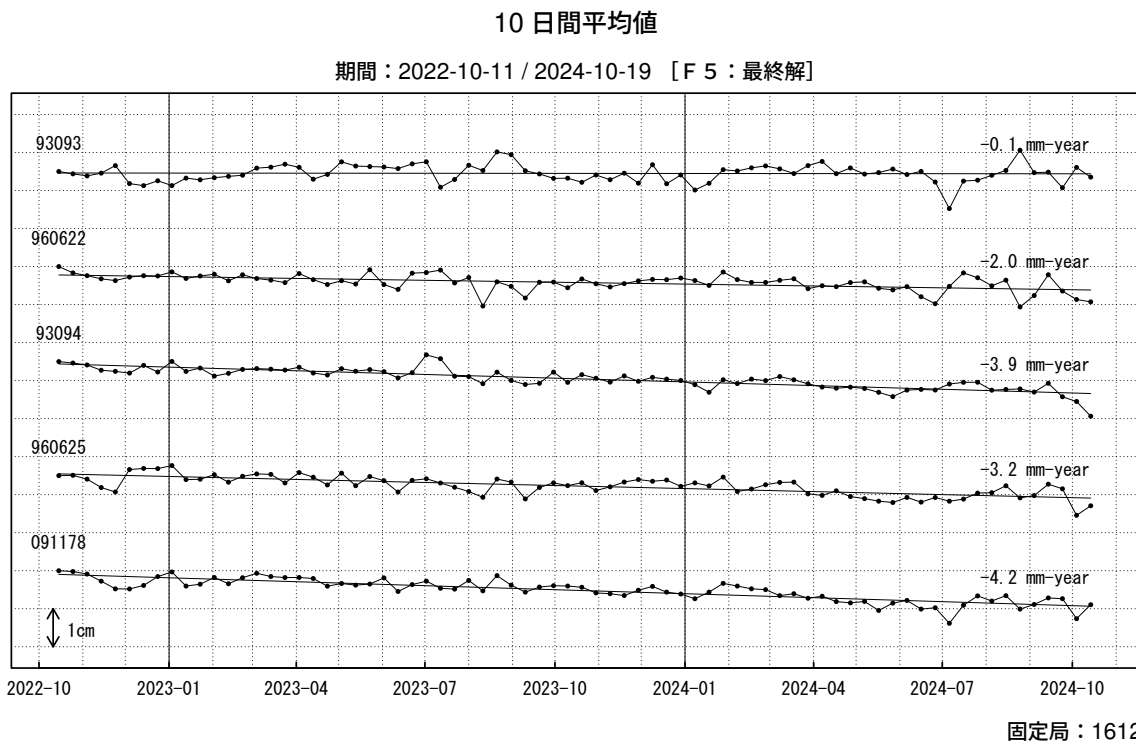
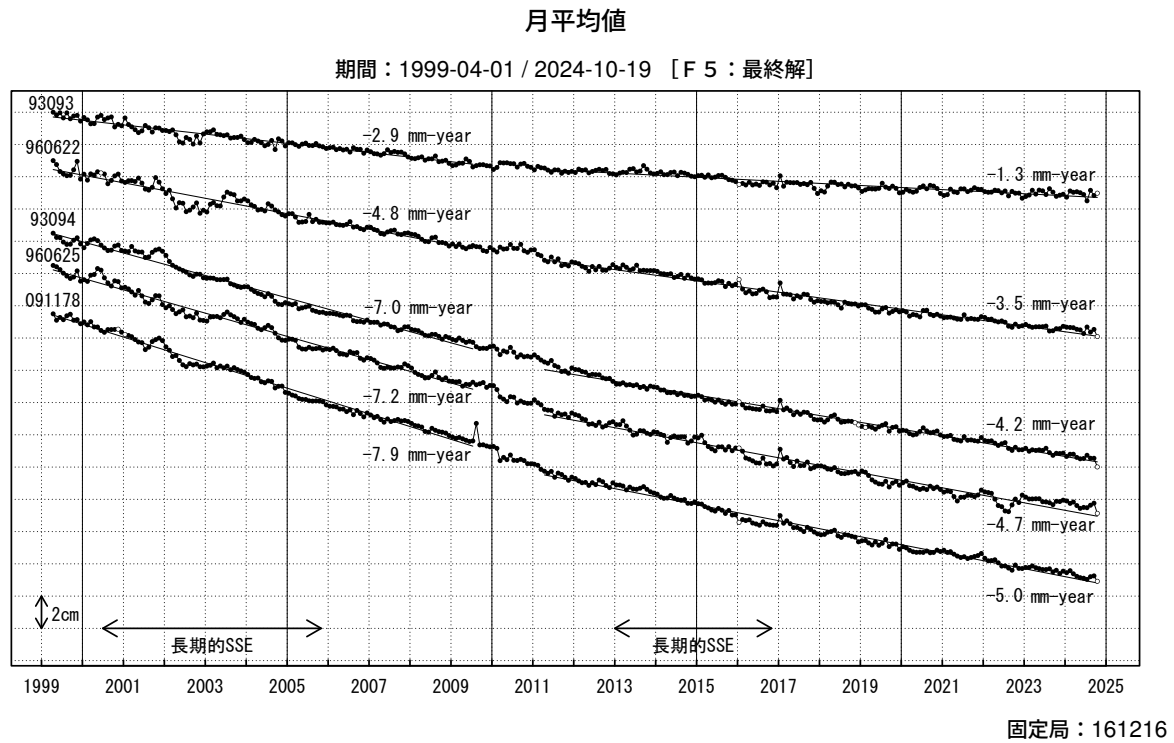


●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

第 3 図 御前崎地域の GNSS 連続観測結果 (比高)

Fig. 3 GNSS timeseries of continuous GNSS stations in the Omaezaki region (relative height).

電子基準点による比高変化 月平均値・10 日間平均値 F5 解版



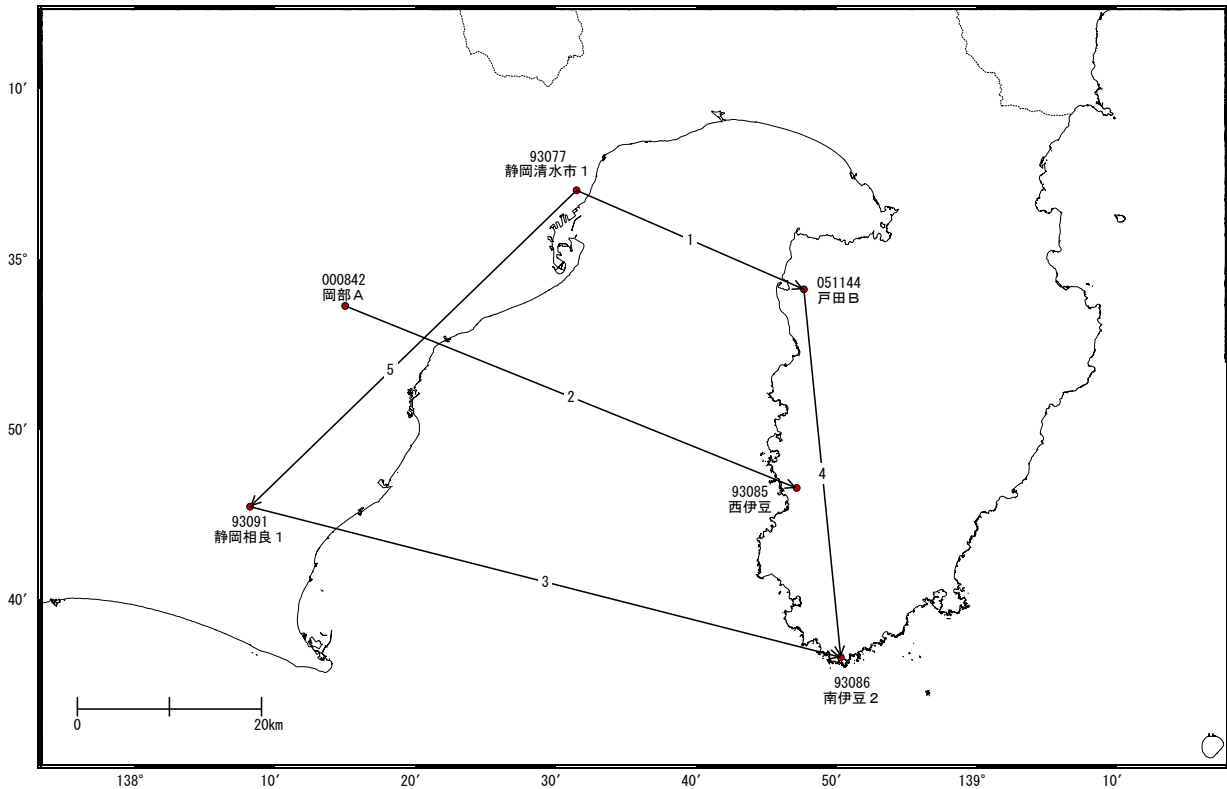
- ・プロット位置は平均を求めた期間の中央。
- ・最新のプロット点は月平均値は 10 月 01 日～10 月 19 日、10 日間平均値は 10 月 10 日～10 月 19 日の平均。
- ・平均に用いたデータ数が少ない場合（月平均：25 未満、10 日平均：8 未満）は白抜き。
- ・月平均値の回帰モデルは、2009 年 8 月 11 日に発生した駿河湾の地震前、および、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震後の各期間について作成。
- ・電子基準点「掛川 A」（161216）および「大東 1」（93093）については、2024 年 10 月 5 日にレドーム開閉作業を実施。

第 4 図 電子基準点 比高観測 GNSS 観測結果（1 か月間及び 10 日間移動平均・時系列）

Fig. 4 GNSS timeseries of continuous GNSS stations in the Omazaki region (moving average of 1 month and 10 days).

駿河湾周辺 GNSS 連続観測時系列 (1)

基線図



各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
93077	静岡清水市1	2015-10-10	アンテナ交換
		2020-12-15	受信機更新
		2022-04-25	受信機交換
		2022-04-28	受信機交換
		2023-01-25	アンテナ更新
		2024-10-09	レドーム開閉
051144	戸田B	2016-11-05	周辺伐採
		2016-11-21	受信機更新
		2024-10-10	レドーム開閉
000842	岡部A	2016-11-22	受信機更新
93085	西伊豆	2021-11-14	受信機更新
		2024-10-11	レドーム開閉
93091	静岡相良1	2019-11-19	受信機更新
		2023-03-07	周辺伐採
		2024-10-07	レドーム開閉
93086	南伊豆2	2019-11-22	受信機更新
		2024-10-11	レドーム開閉

第 5 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. 5 GNSS timeseries of continuous GNSS stations around the Suruga Bay (baseline map and history of the site maintenance).

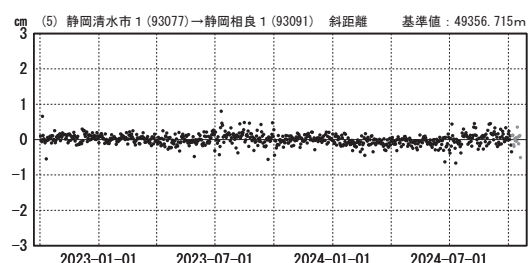
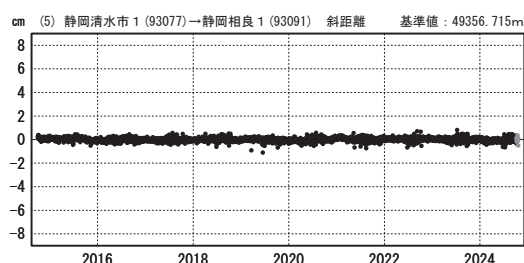
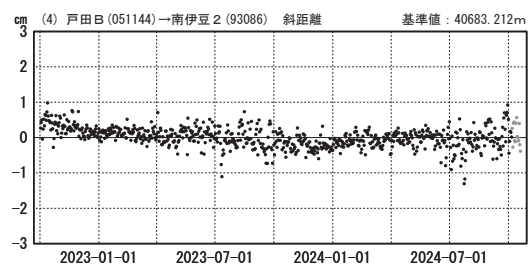
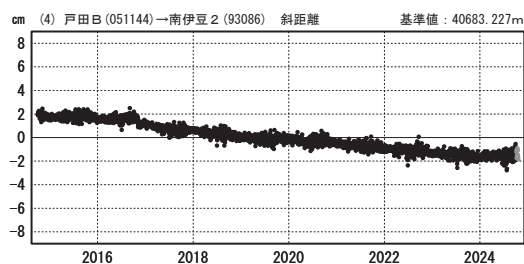
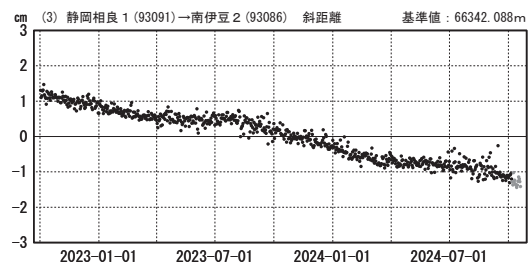
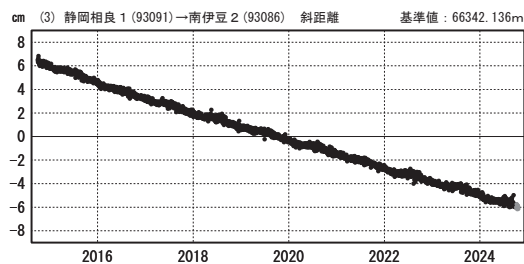
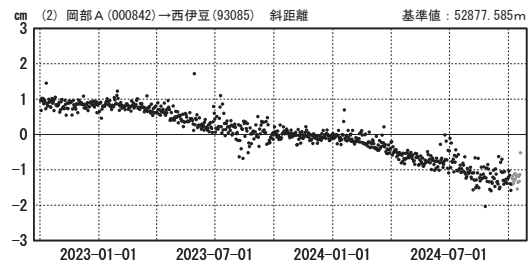
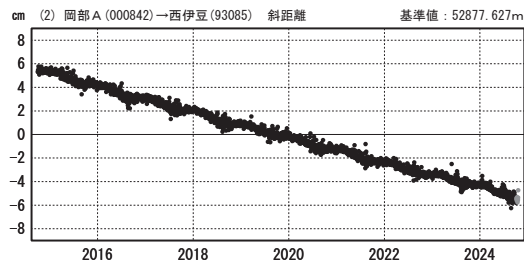
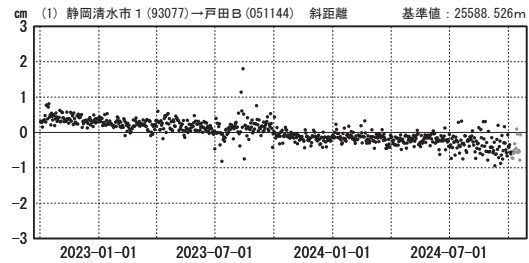
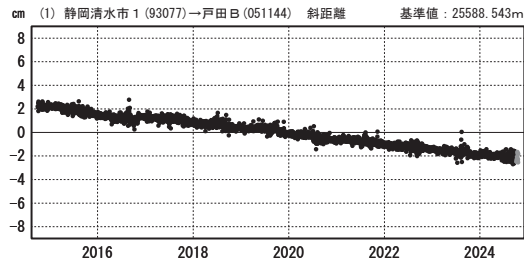
駿河湾周辺 GNSS 連続観測時系列 (2)

基線変化グラフ (長期)

期間: 2014-10-01~2024-10-19 JST

基線変化グラフ (短期)

期間: 2022-10-01~2024-10-19 JST

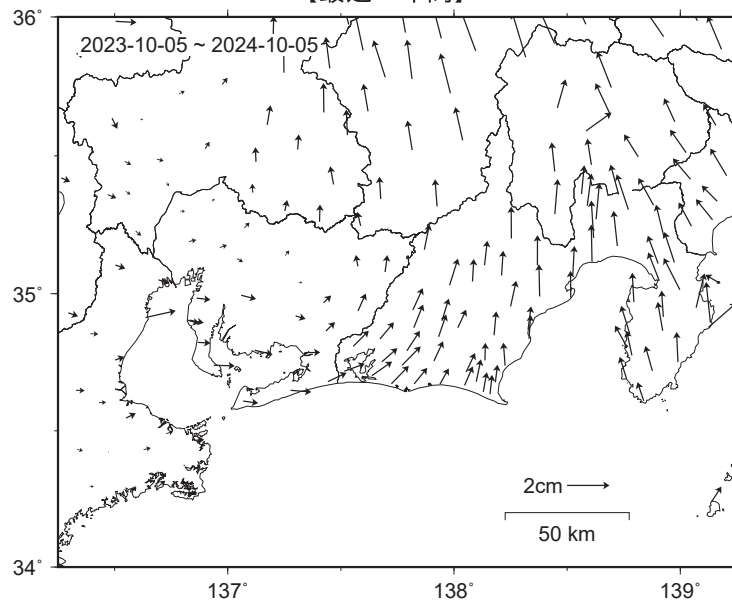


●—[F5:最終解] ●---[R5:速報解]

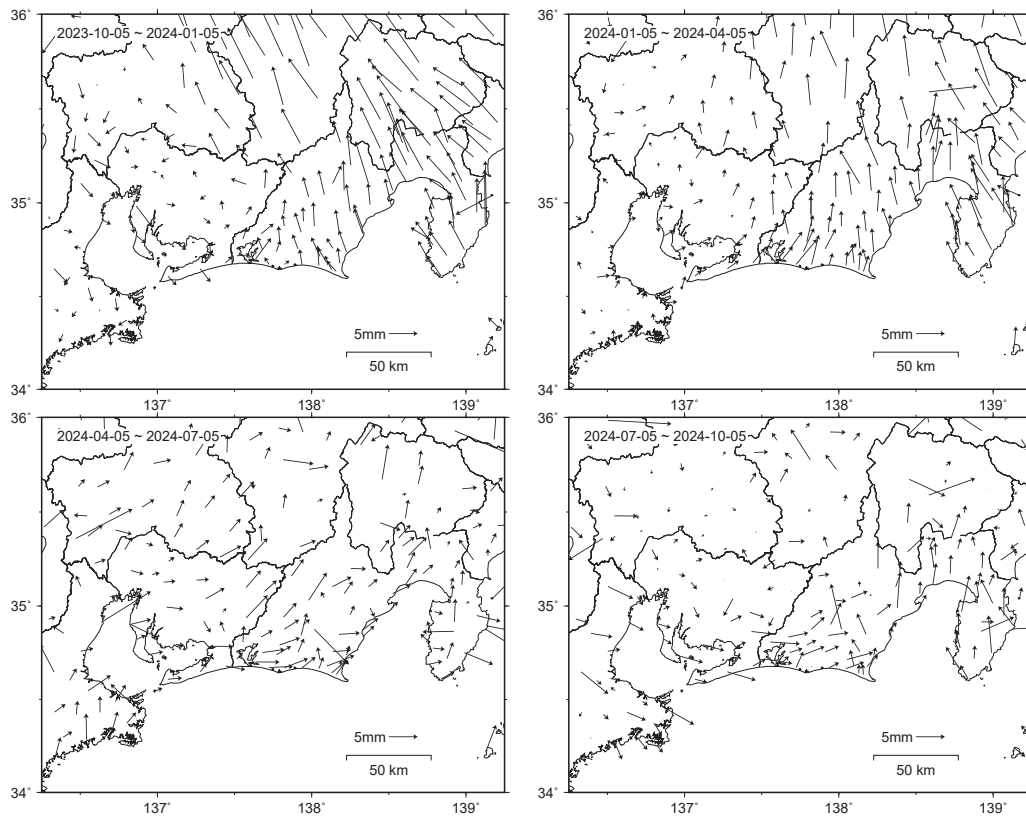
第 6 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果 (斜距離)

Fig. 6 GNSS timeseries of continuous GNSS stations around the Suruga Bay (baseline length).

東海地方の非定常水平地殻変動【固定局：三隅】
 (2023 年 10 月～2024 年 10 月)
 【最近 1 年間】



【最近 1 年間 3 か月ごと】

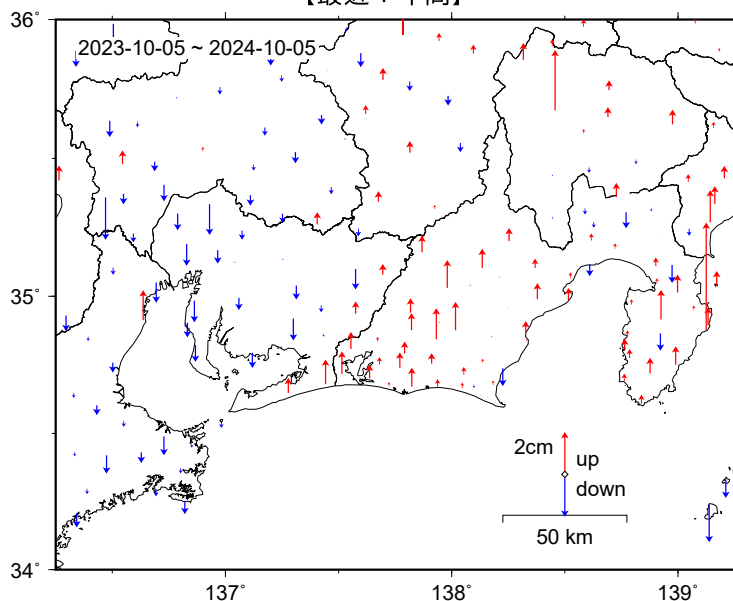


・GEONET による日々の座標値 (F5 解、R5 解) を使用している。
 ・非定常地殻変動時系列のうち、各日付 ± 6 日の計 13 日間の変動量の中央値をとり、その差から 1 年間と 3 か月間の変動量を表示している。
 ※非定常地殻変動時系列：
 2008 年 1 月から 2011 年 1 月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。

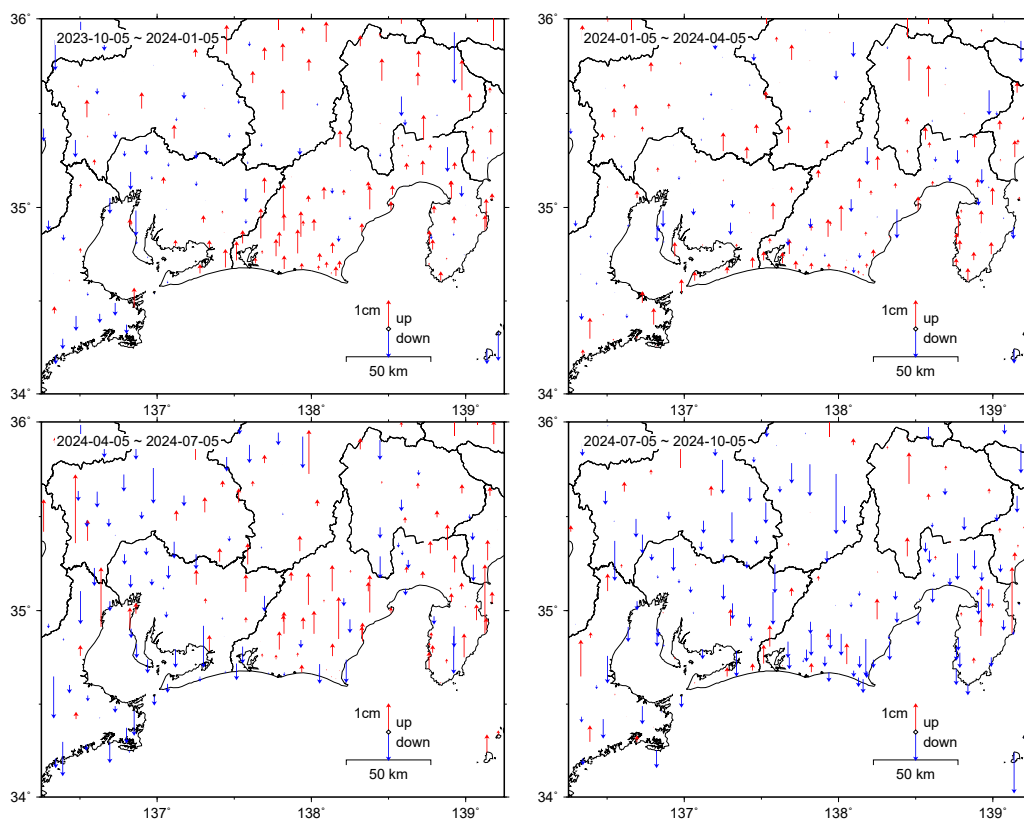
第 7 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間と 3 か月ごとの非定常地殻変動 (水平変動)

Fig. 7 Transient horizontal deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai region.

東海地方の非定常上下地殻変動【固定局：三隅】
 (2023 年 10 月～2024 年 10 月)
 【最近 1 年間】



【最近 1 年間 3 か月ごと】

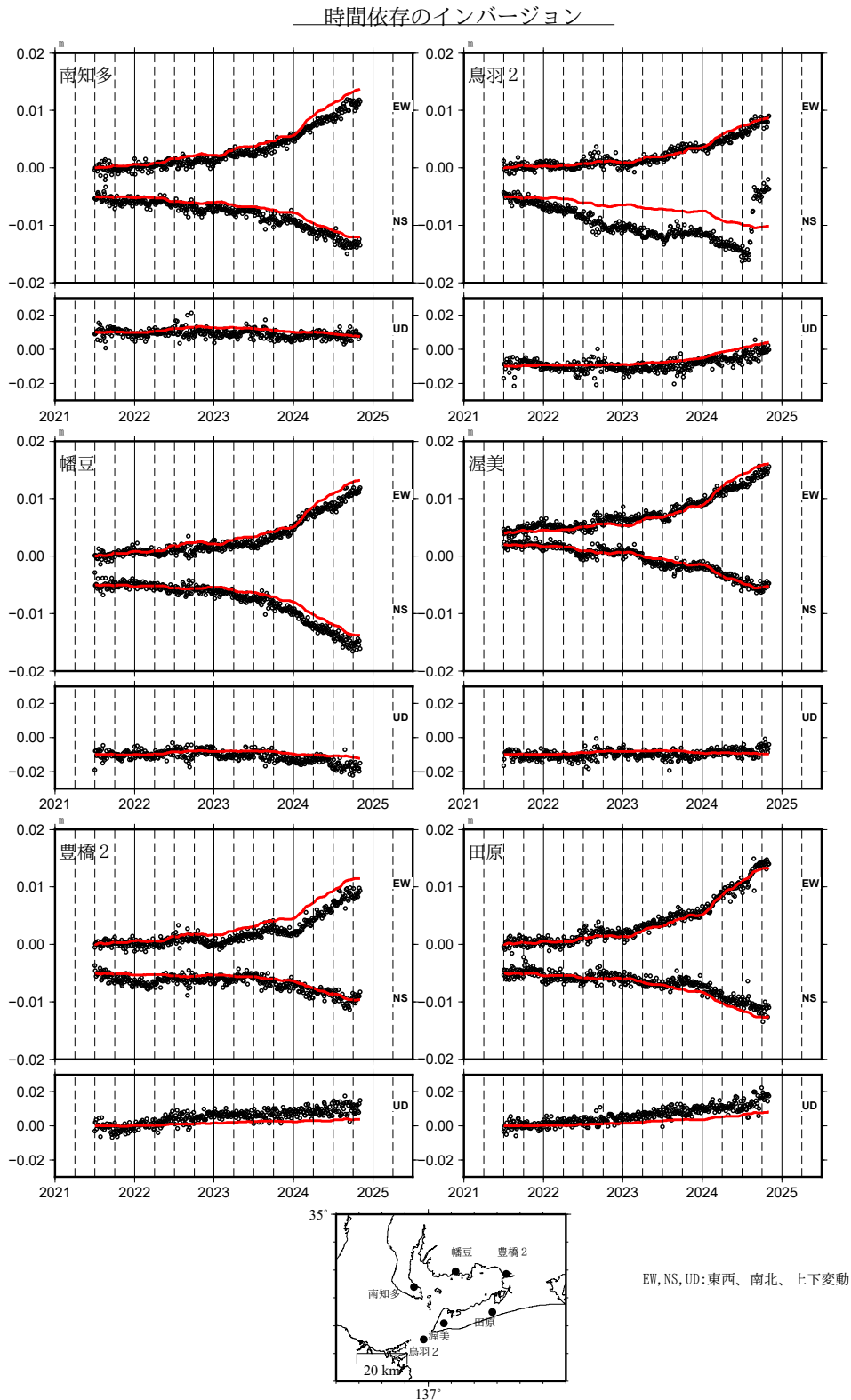


・GEONET による日々の座標値 (F5 解、R5 解) を使用している。
 ・非定常地殻変動時系列のうち、各日付 ± 6 日の計 13 日間の変動量の中央値をとり、その差から 1 年間と 3 か月間の変動量を表示している。
 ※非定常地殻変動時系列：
 2008 年 1 月から 2011 年 1 月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。

第 8 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間と 3 か月ごとの非定常地殻変動 (上下変動)

Fig. 8 Transient vertical deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai region.

東海地域の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)



第 10 図 東海地域の観測点の非定常地殻変動時系列: 観測値(黒丸)と時間依存インバージョンによる計算値(赤線)

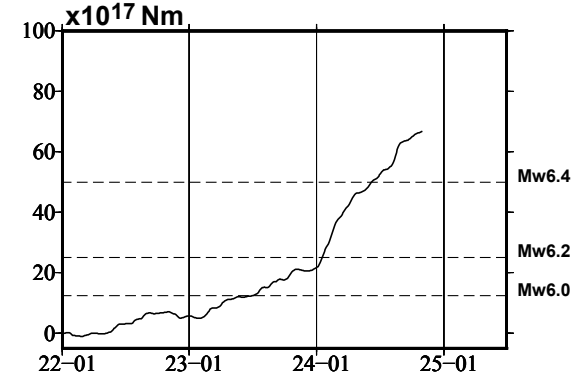
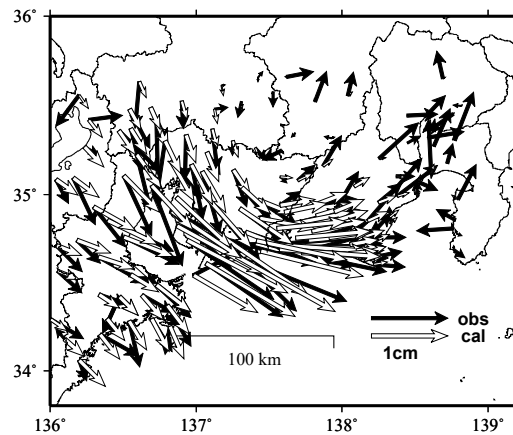
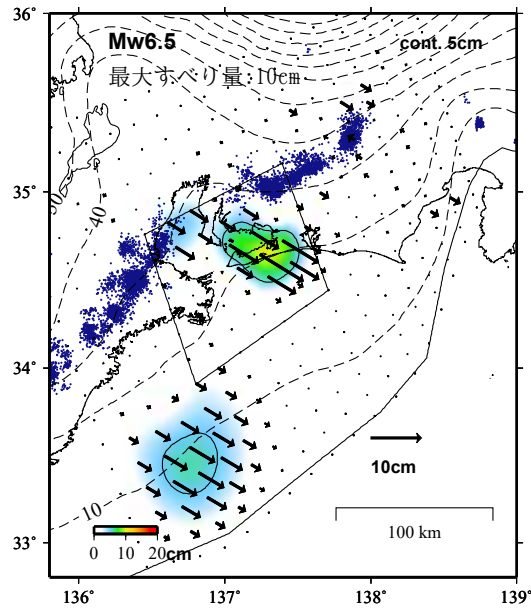
Fig. 10 Observed (black dots) and calculated (red line) time series of transient crustal deformations at the GNSS stations in the Tokai region.

GNSSデータから推定された東海地域の長期的ゆっくりすべり（暫定）

推定すべり分布
(2022-01-01/2024-11-01)

観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2022-01-01/2024-11-01)

モーメント* 時系列（試算）



Mw及び最大すべり量はプレート面に沿って評価した値を記載。
すべり量（カラー）及びすべりベクトルは水平面に投影したものを示す。
推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色で表示している。

使用データ: GEONETによる日々の座標値 (F5解、R5解)
F5解 (2021-07-01/2024-10-19) + R5解 (2024-10-20/2024-11-01)
トレンド期間: 2020-01-01/2022-01-01 (年周・半年周成分は補正なし)
モーメント計算範囲: 左図の黒枠内側
観測値: 3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値
黒破線: フィリピン海プレート上面の等深線 (Hirose et al., 2008)
すべり方向: プレートの沈み込み方向に拘束
青丸: 低周波地震 (気象庁一元化震源) (期間: 2022-01-01/2024-11-01)
固定局: 三隅

* 電子基準点の保守等による変動は補正している。
* 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の粘弾性変形は補正している (Suito 2017)
* 気象庁カタログ(2017年以降)の短期的ゆっくりすべりを補正している。
* 共通誤差成分を推定している。
* 令和6年能登半島地震に伴う地殻変動は補正している。
* モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

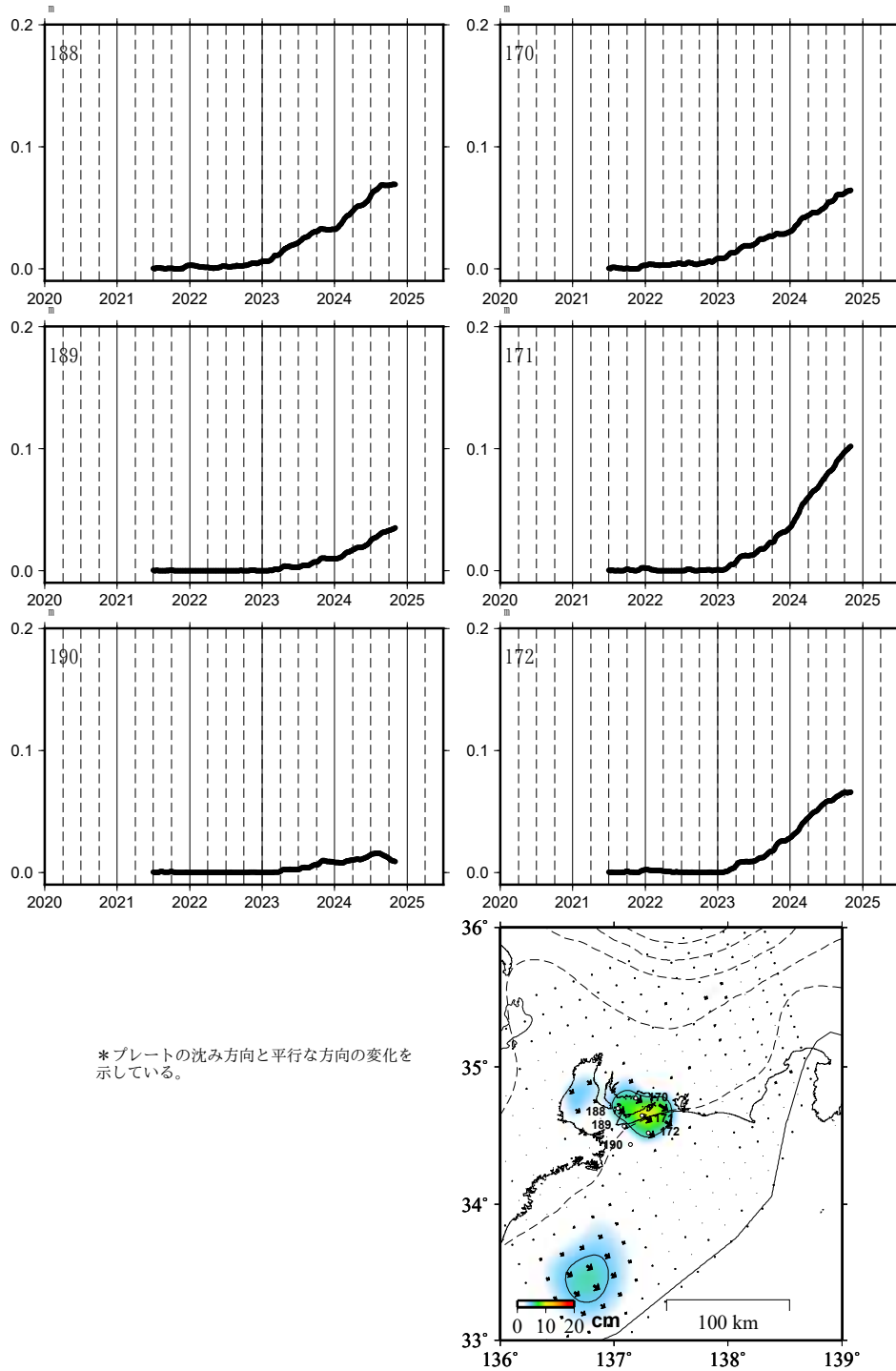
第 11 図 東海地域において推定される長期的ゆっくりすべり（暫定）

Fig. 11 Estimated slip distribution on the plate interface beneath the Tokai region (preliminary).

東海地域の長期的ゆっくりすべり

各グリッドにおけるすべりの時間変化

時間依存のインバージョン



第 12 図 東海地域において推定される長期的ゆっくりすべり (暫定) (つづき)

Fig. 12 Estimated slip distribution on the plate interface beneath the Tokai region (continued).