

4-2 関東甲信地方の地殻変動 Crustal Deformations in the Kanto District

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

[茨城県南部の地震 (3月21日 M5.3) GNSS]

第1図は、2024年3月21日に発生した茨城県南部の地震の地殻変動に関する資料である。第1図上段に示す震央周辺の2観測点の基線について、第1図下段に3成分時系列グラフを示している。この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない。

[関東周辺 GNSS 連続観測時系列]

第2～4図は、房総半島から三浦半島にかけての地域のGNSS連続観測時系列である。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3～4図は、房総半島から三浦半島にかけての4観測点について、岐阜県の白鳥観測点を固定局として、2019年1月～2021年1月の期間で推定された一次トレンド成分及び年周・半年周成分を、各基線の地殻変動時系列から除去した時系列グラフである。左列は2015年1月以降の約9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。

第3図の(1)白鳥-銚子基線と(2)白鳥-千葉大原基線では、2018年6月及び2024年2～3月に房総半島沖で発生したゆっくりすべり現象に伴う地殻変動が見られる。(1)白鳥-銚子基線では2023年5月26日に発生した千葉県東方沖の地震に伴う地殻変動も見られる。

第4図の(3)白鳥-丸山基線では、特段の変動は見られない。(4)白鳥-三浦2基線では、2023年7月頃から三浦2観測点周辺の樹木の生長に伴うと考えられる見かけ上の変動が見られる。

[房総半島の非定常的な地殻変動]

第5～17図は、房総半島で発生した非定常的な地殻変動に関する資料である。

第5図上段は、2024年2月11～17日に対する3月6～12日のGNSS連続観測による水平地殻変動ベクトルである。2020年2月1日～2021年2月1日で推定した一次トレンドを除去して得られた非定常的な地殻変動を示している。最大約2.4cmの南東向きの変動が見える。第5図下段～第7図は、地殻変動時系列である。2月末頃から3月上旬にかけて南東向きの変動が見られる。

第8～10図に、過去に房総半島で発生した非定常的な地殻変動の水平地殻変動ベクトル及び地殻変動時系列を示す。今回発生した非定常的な地殻変動が、過去にも繰り返し発生していたことが分かる。

第11～13図は、2024年2月4日～3月30日の非定常的な地殻変動から時間依存インバージョンでフィリピン海プレート上面のすべり分布を推定した結果である。2020年1月1日～2022年1月1日の期間で推定した一次トレンドを定常変動として観測値から除去している。

第11図は、推定されたすべり分布から計算される地殻変動と観測値の3成分の時系列グラフである。モデルは観測値をよく説明できていることが分かる。

第 12 図の左図は累積でのすべり量分布である。房総半島沖で最大 17 cm の南東方向のすべりが推定され、モーメントマグニチュードは 6.6 と求まった。中図は推定されたすべりから計算される地殻変動と観測値の比較で、観測値を良く説明できていることが分かる。右図は推定されたすべりから求めたモーメントの時系列グラフである。2 月末頃からモーメントが増大し、3 月上旬には増加が収まったように見える。この領域では 1996 年以降、ゆっくりすべりが 6 回発生しているが、今回のイベントはこれまでのゆっくりすべりとほぼ同規模である。

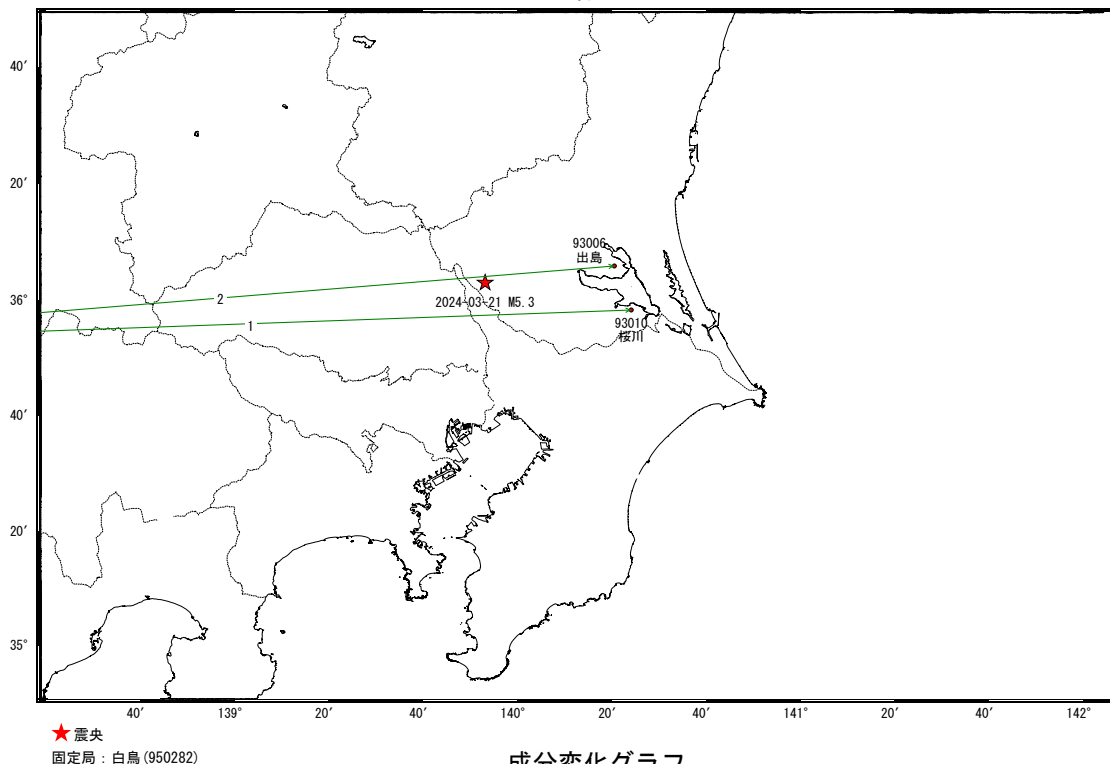
第 13 図は、2 月 22 日～3 月 5 日において、1 日ごとのすべりを図示したものである。すべり量は 2 月 29 日～3 月 1 日に最も大きかったことが分かる。

この期間、国土地理院では房総半島に小型 GNSS 観測点を設置して GNSS の連続観測を実施していた。参考として、第 14～17 図にこれらのデータを追加してフィリピン海プレート上面のすべり分布を推定した結果を示す。第 14 図に解析に使った観測点の配点図、第 15～17 図に解析結果を示す。小型 GNSS 観測点においても電子基準点と整合的な非定常地殻変動が捉えられていたことが分かる。

茨城県南部の地震 (3月21日 M5.3) 前後の観測データ

この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない。

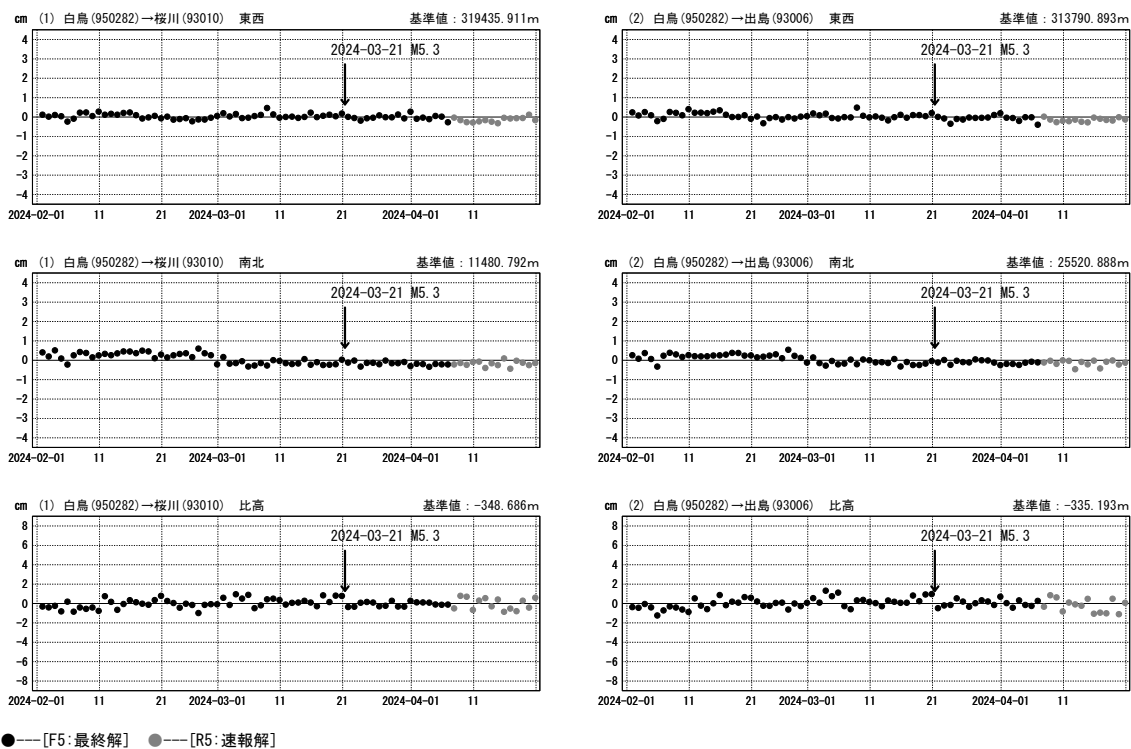
基線図



成分変化グラフ

期間：2024-02-01～2024-04-20 JST

期間：2024-02-01～2024-04-20 JST

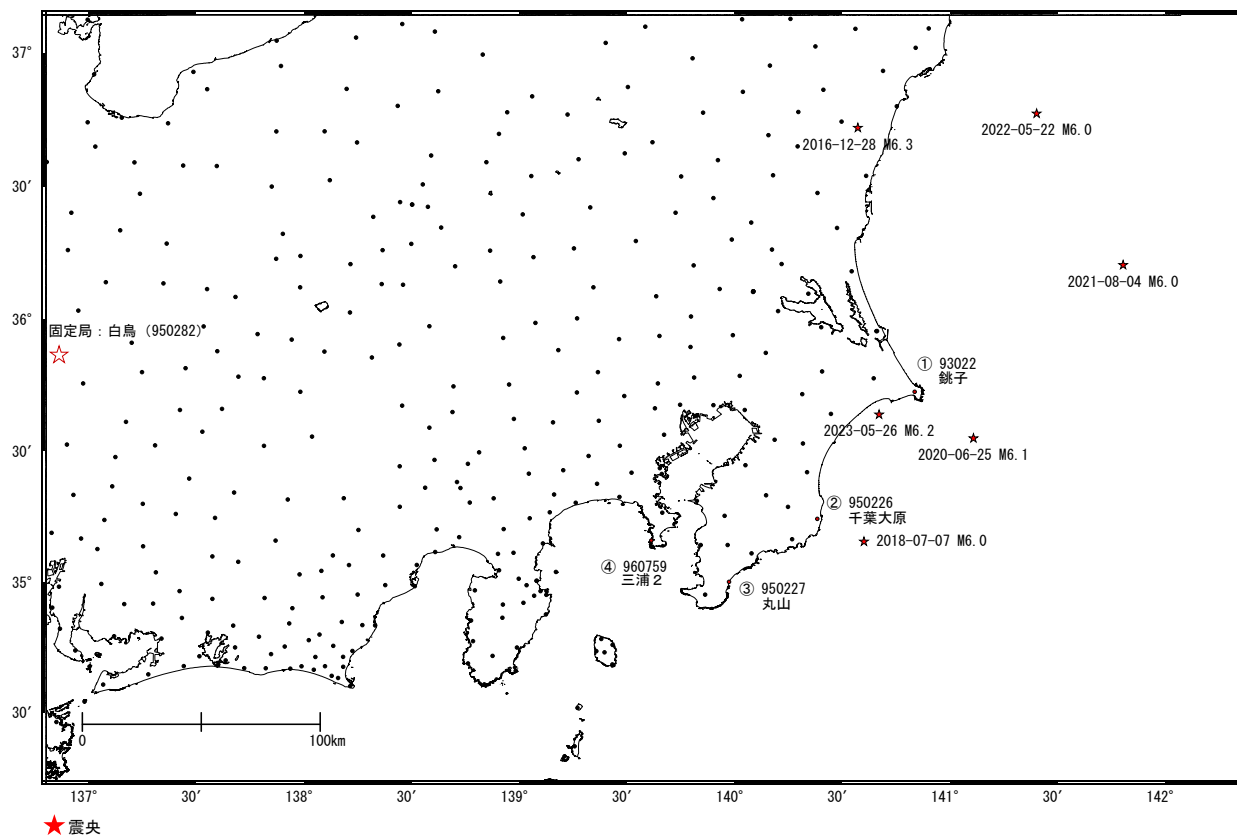


第 1 図 茨城県南部の地震 (2024 年 3 月 21 日, M5.3) 前後の観測データ : (上図) 基線図, (下図) 3 成分時系列グラフ

Fig. 1 GNSS timeseries of continuous GNSS stations before and after the M5.3 earthquake in the southern Ibaraki Prefecture on March 21, 2024: (top) baseline map (bottom) three components time series.

関東周辺 GNSS 連続観測時系列 (1)

配点図



各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
93022	銚子	2020-01-30	受信機更新
950226	千葉大原	2020-01-29	受信機更新
950227	丸山	2018-08-06	受信機交換
		2019-01-28	受信機更新
960759	三浦2	2017-01-24	アンテナ交換
		2020-02-06	受信機更新
		2020-06-08	周辺伐採
		2022-06-29	受信機交換
		2023-11-08	受信機交換
950282	白鳥	2024-03-05	周辺伐採
		2019-10-09	受信機更新

第 2 図 関東周辺における GNSS 連続観測結果 (観測点配置図・保守状況)

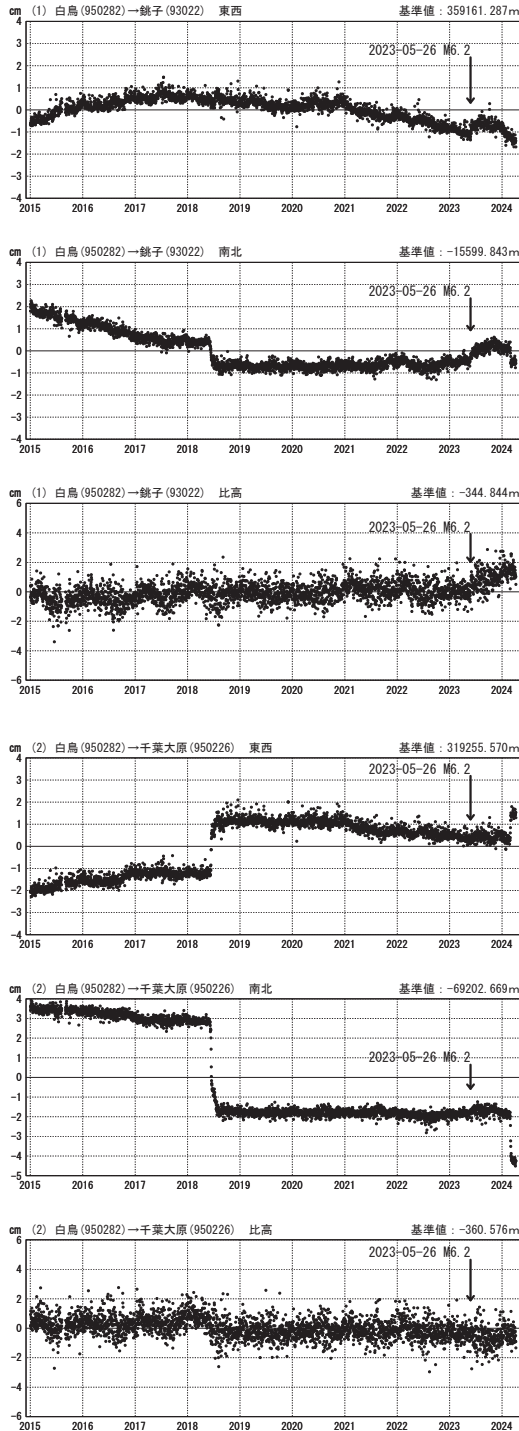
Fig. 2 GNSS timeseries of continuous GNSS stations along the Kanto (site location map and history of the site maintenance).

関東周辺 GNSS 連続観測時系列 (2)

計算期間: 2019-01-01~2021-01-01

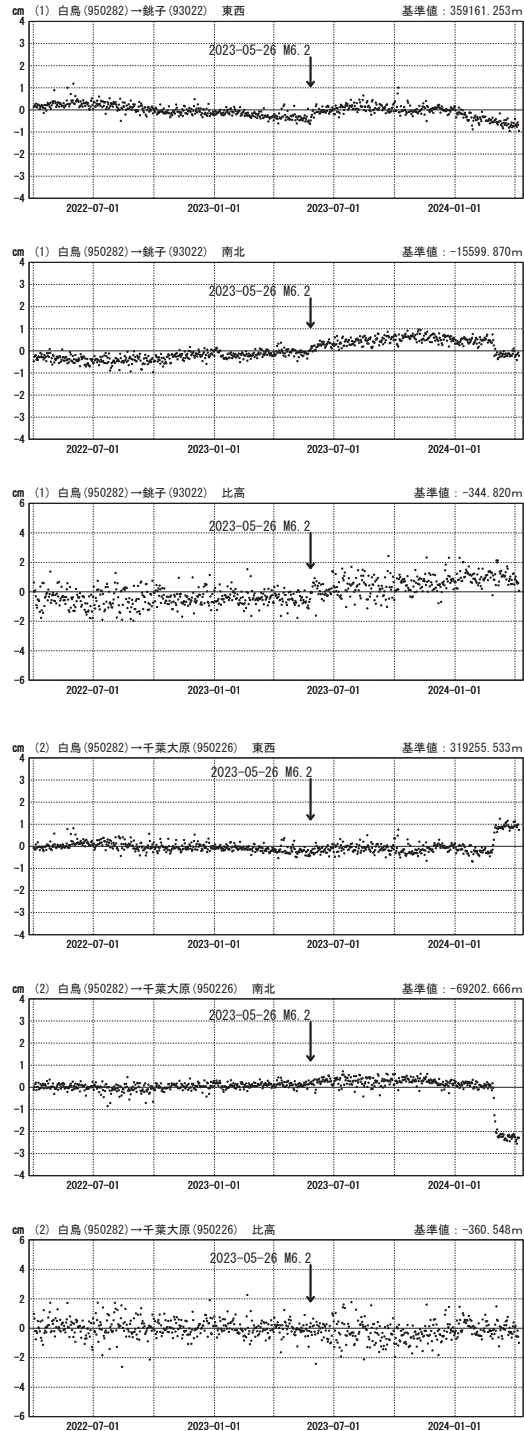
1 次トレンド除去後グラフ (長期)

期間: 2015-01-01~2024-04-06 JST



1 次トレンド除去後グラフ (短期)

期間: 2022-04-01~2024-04-06 JST



●— [F5:最終解]

第 3 図 関東周辺における GNSS 連続観測結果: 1 次トレンド及び年周・半年周成分を除去した時系列 (固定局: 白鳥)

Fig. 3 GNSS timeseries of continuous GNSS stations along the Kanto with respect to the Shiratori station (detrended time series with seasonal terms removed).

関東周辺 GNSS 連続観測時系列 (3)

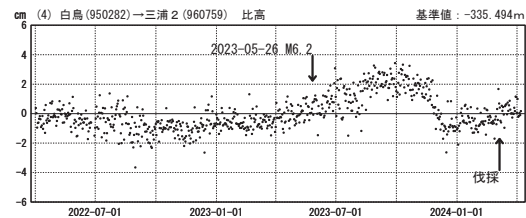
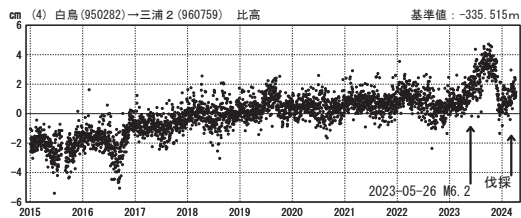
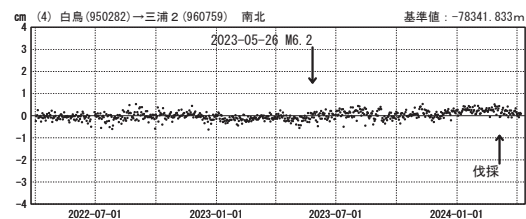
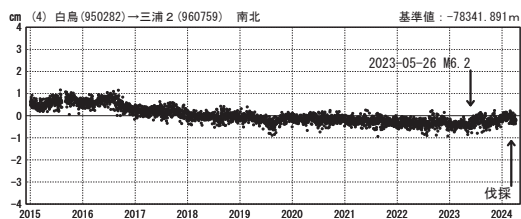
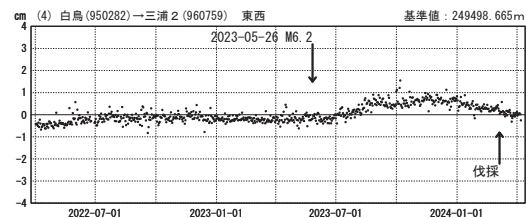
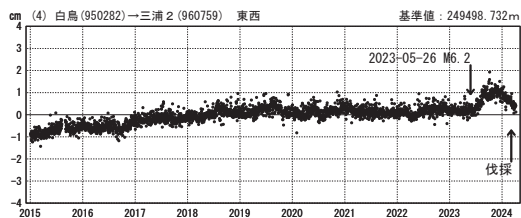
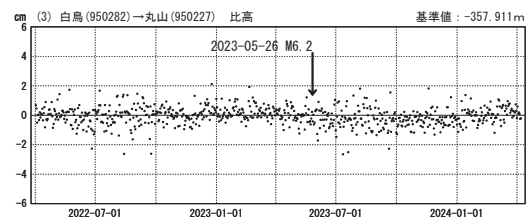
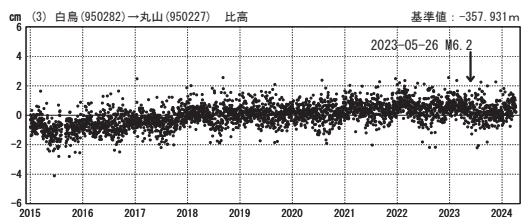
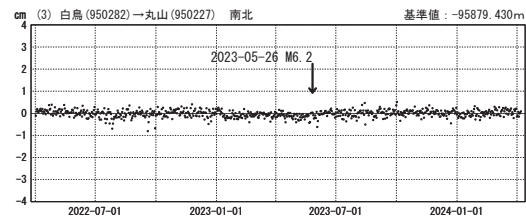
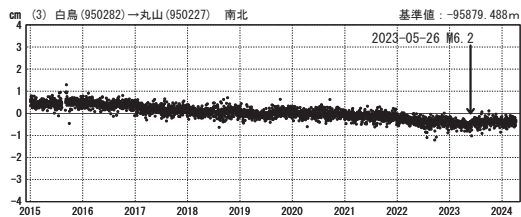
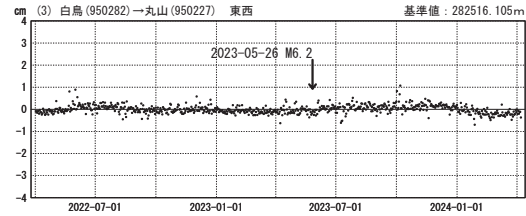
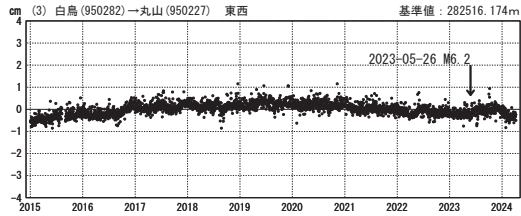
計算期間：2019-01-01～2021-01-01

1 次トレンド除去後グラフ (長期)

1 次トレンド除去後グラフ (短期)

期間：2015-01-01～2024-04-06 JST

期間：2022-04-01～2024-04-06 JST



●— [F5:最終解]

第 4 図 関東周辺における GNSS 連続観測結果：1 次トレンド及び年周・半年周成分を除去した時系列（固定局：白鳥）（つづき）

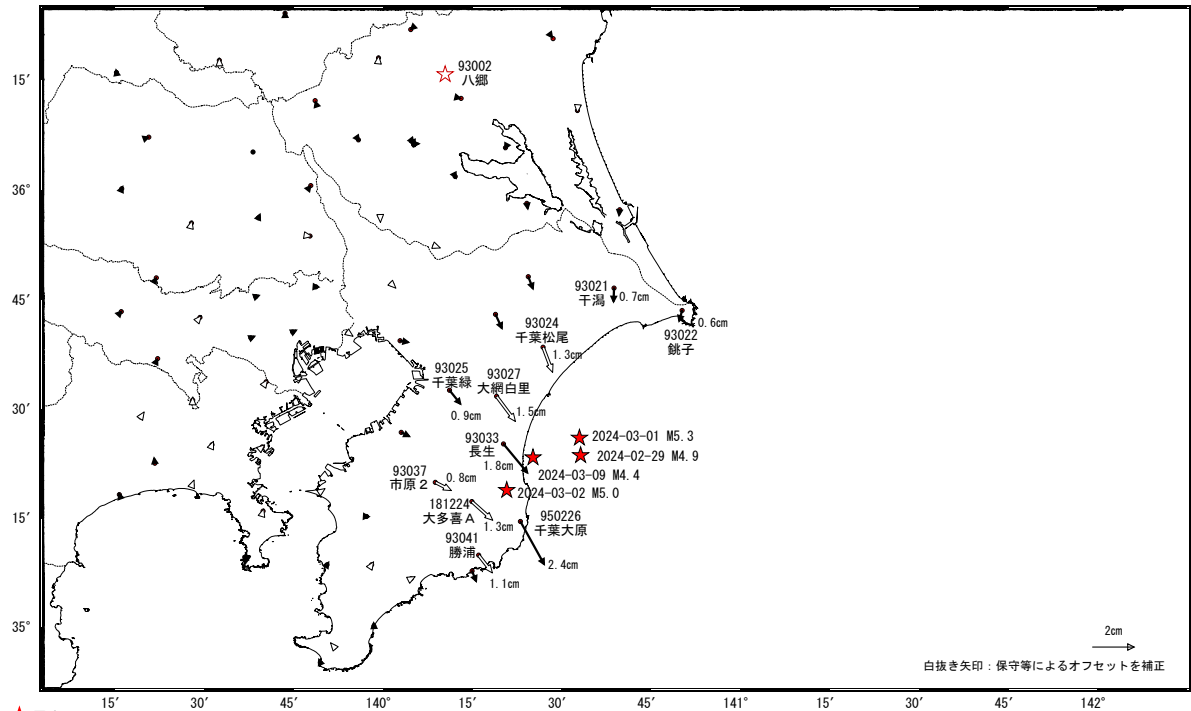
Fig. 4 GNSS timeseries of continuous GNSS stations along the Kanto with respect to the Shiratori station (detrended time series with seasonal terms removed) (continued).

房総半島での非定常的な地殻変動（暫定）

地殻変動（水平）（一次トレンド除去後）

基準期間: 2024-02-11~2024-02-17 [F5:最終解]
 比較期間: 2024-03-06~2024-03-12 [F5:最終解]

計算期間: 2020-02-01~2021-02-01

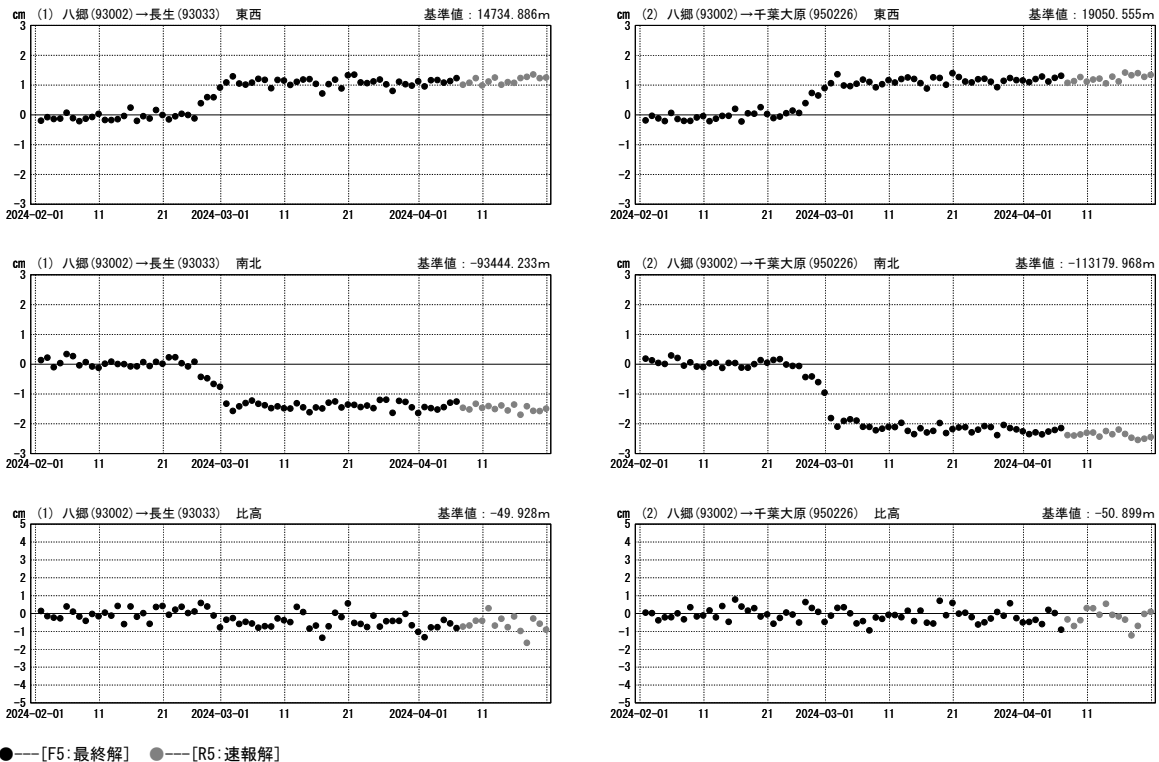


★ 震央
 ☆ 固定局: 八郷(93002)

成分変化グラフ（一次トレンド除去後）

期間: 2024-02-01~2024-04-20

計算期間: 2020-02-01~2021-02-01



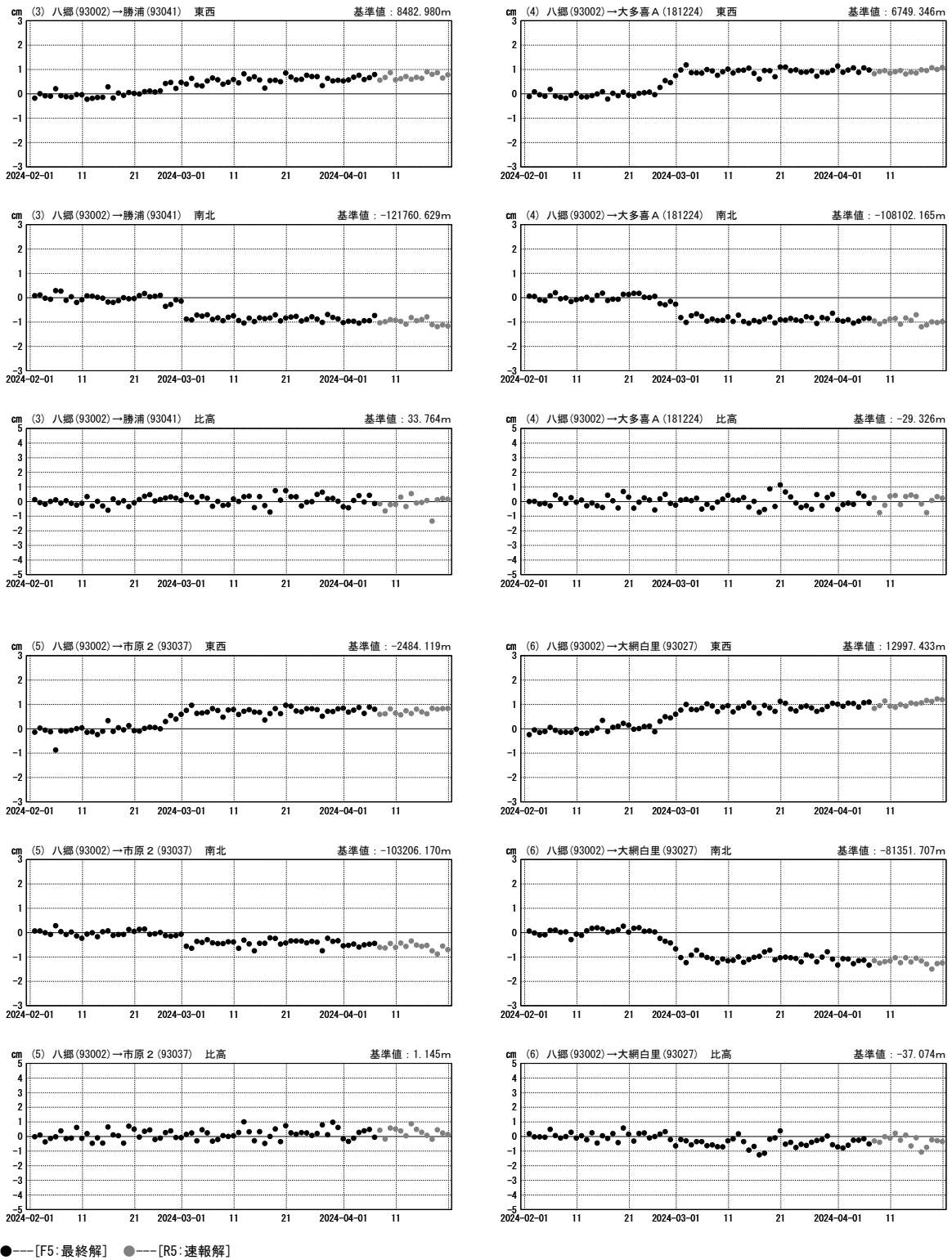
第 5 図 房総半島での非定常的な地殻変動：(上図) 水平変動, (下図) 3 成分時系列グラフ

Fig. 5 Transient displacement on the Boso Peninsula: (top) horizontal displacement (bottom) time series of transient displacement.

房総半島での非定常的な地殻変動（暫定）

成分変化グラフ（一次トレンド除去後）

期間：2024-02-01～2024-04-20 計算期間：2020-02-01～2021-02-01



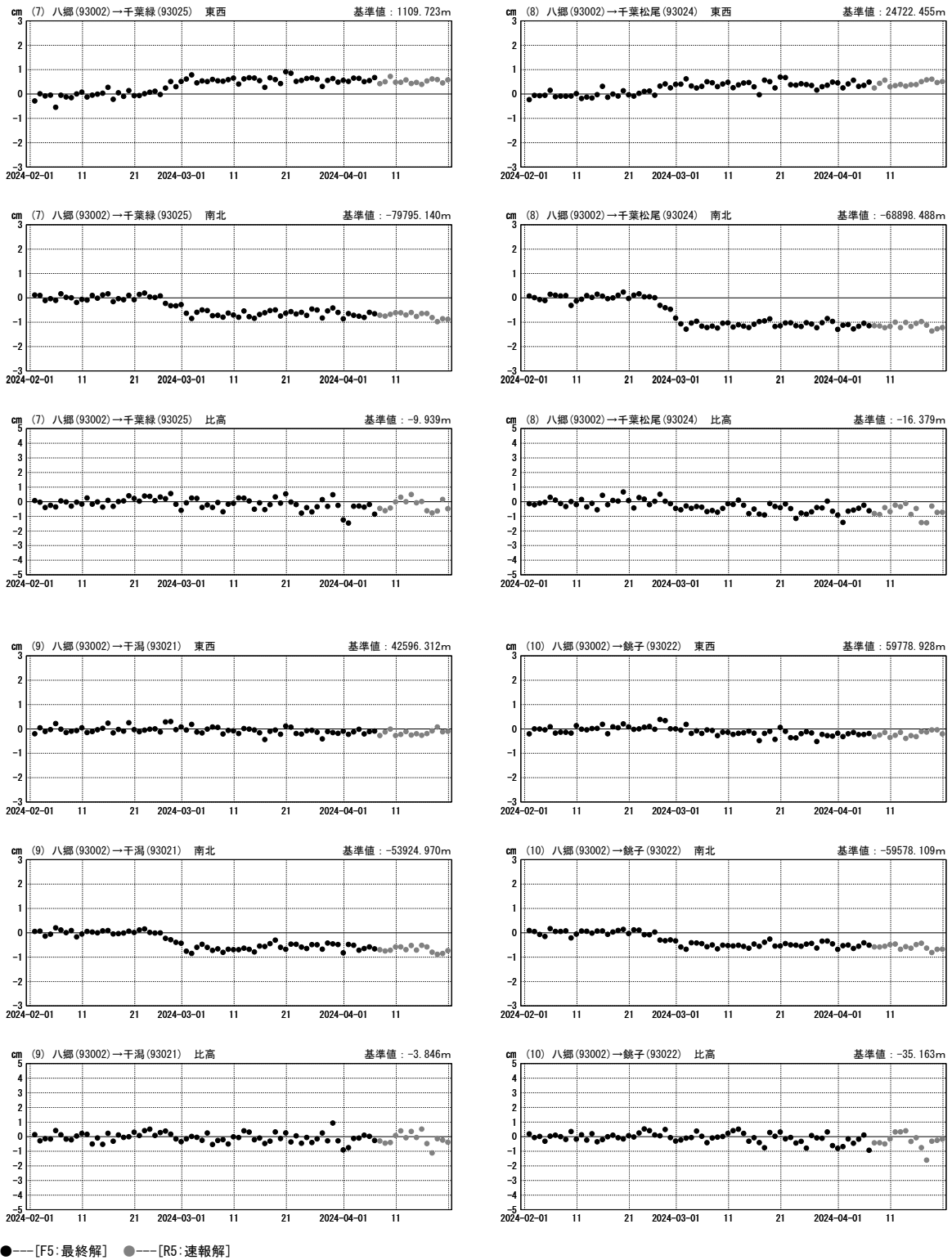
第 6 図 房総半島の非定常的な地殻変動：3 成分時系列グラフ

Fig. 6 Transient displacement on the Boso Peninsula : three-components time series.

房総半島での非定常的な地殻変動（暫定）

成分変化グラフ（一次トレンド除去後）

期間：2024-02-01～2024-04-20 計算期間：2020-02-01～2021-02-01

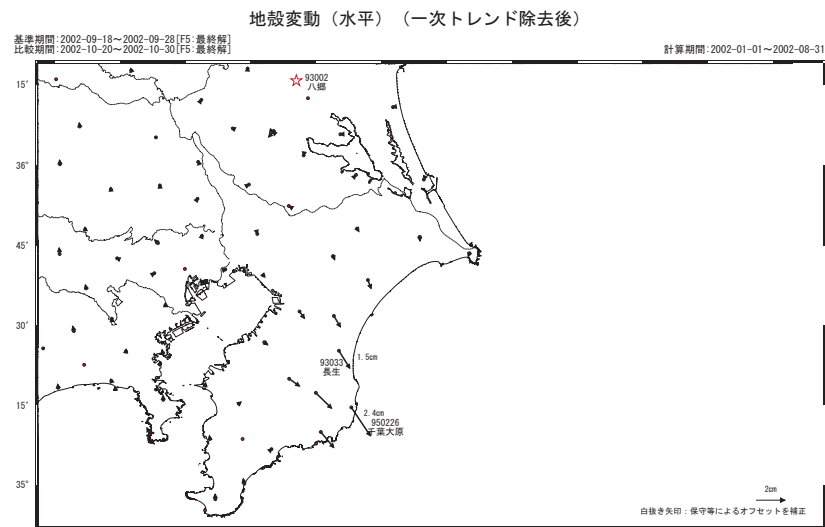
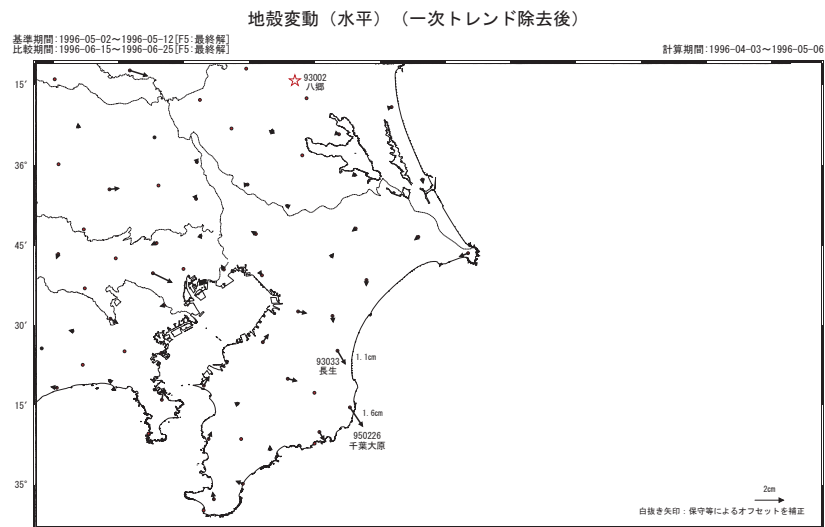


第 7 図 房総半島での非定常的な地殻変動：3 成分時系列グラフ（つづき）

Fig. 7 Transient displacement on the Boso Peninsula : three-components time series(continued).

房総半島での非定常的な地殻変動（1996年5月の活動）

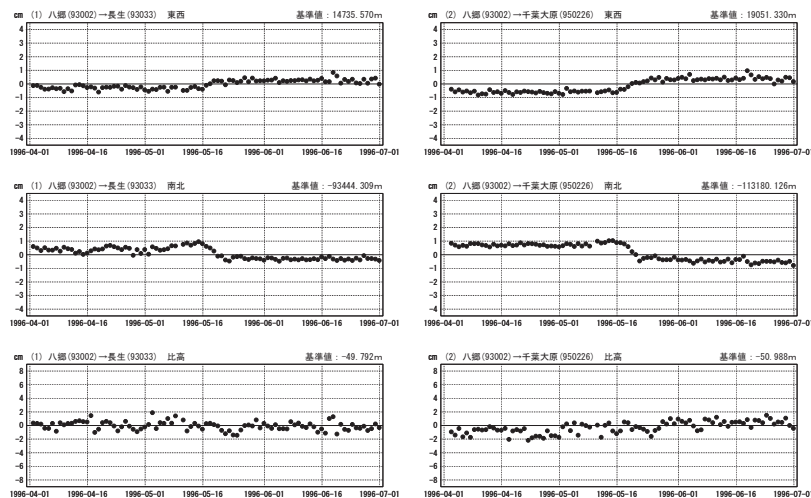
房総半島での非定常的な地殻変動（2002年10月の活動）



★ 固定局：八郷 (93002)

成分変化グラフ（一次トレンド除去後）

期間：1996-04-01~1996-07-01 計算期間：1996-04-03~1996-05-06

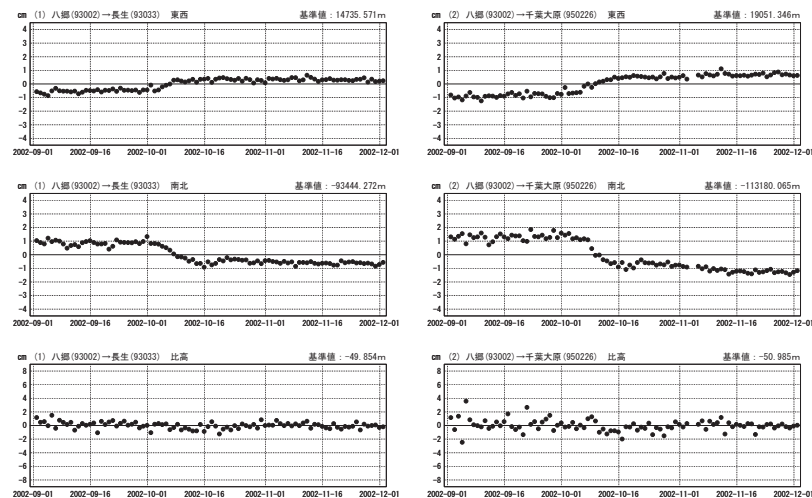


●— [F5:最終解]

★ 固定局：八郷 (93002)

成分変化グラフ（一次トレンド除去後）

期間：2002-09-01~2002-12-01 計算期間：2002-01-01~2002-08-31



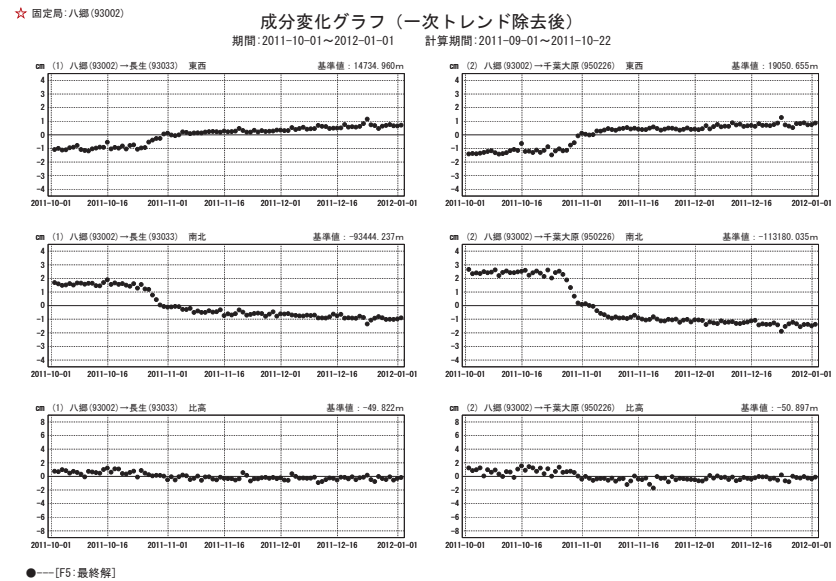
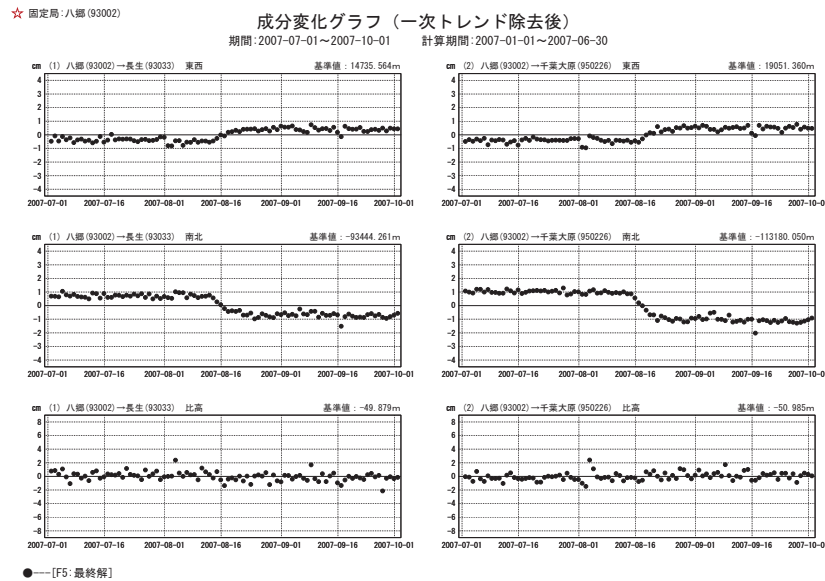
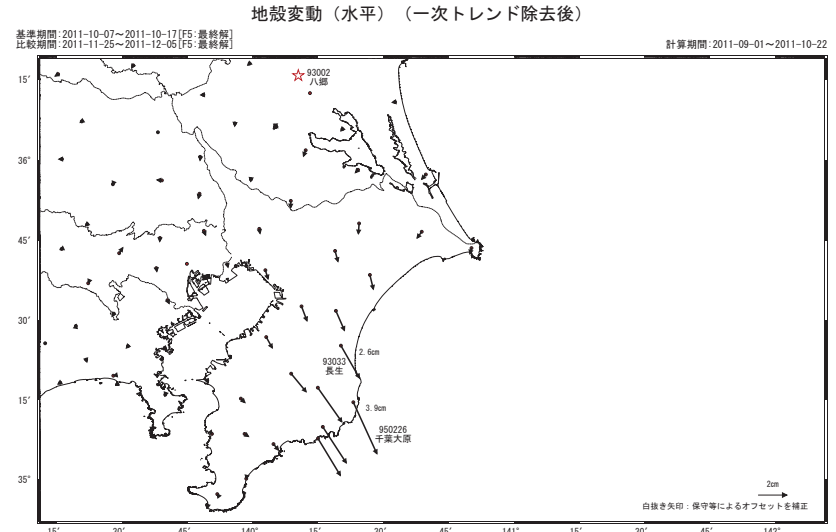
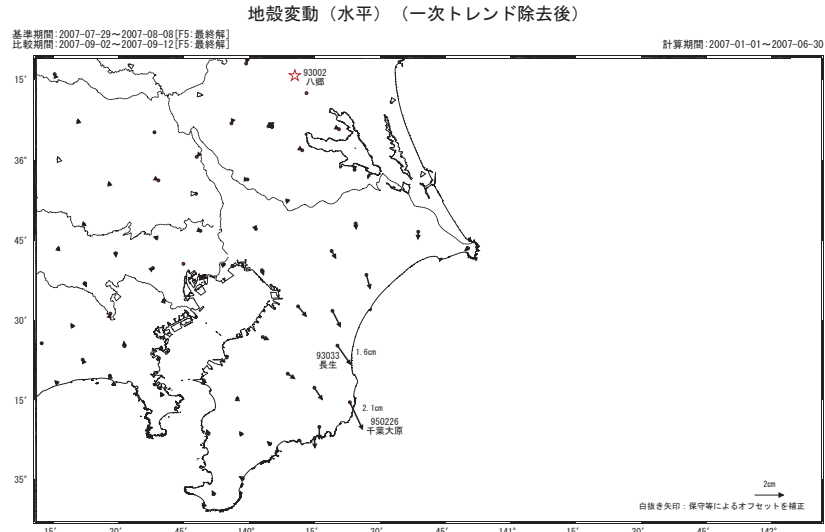
●— [F5:最終解]

第 8 図 過去に発生した房総半島での非定常的な地殻変動：（上図）水平変動，（下図）3 成分時系列グラフ

Fig. 8 Transient displacement on the Boso Peninsula in the past : (top) horizontal displacement (bottom) time series of transient displacement.

房総半島での非定常的な地殻変動（2007年8月の活動）

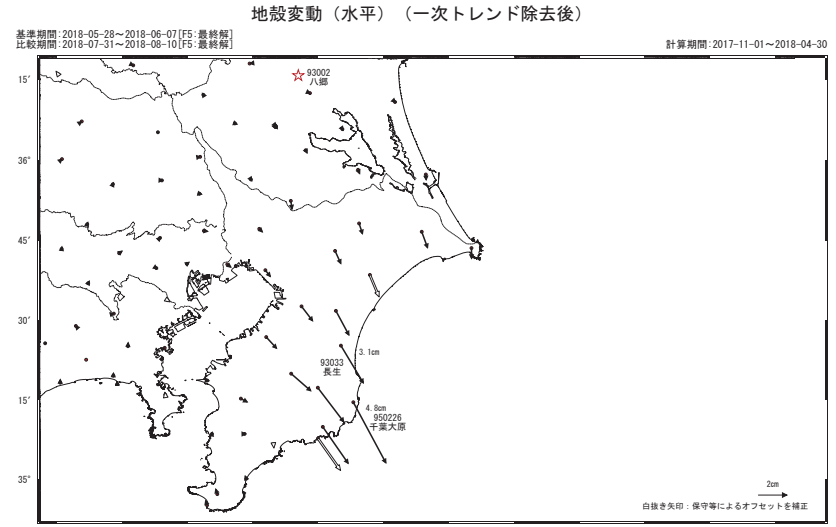
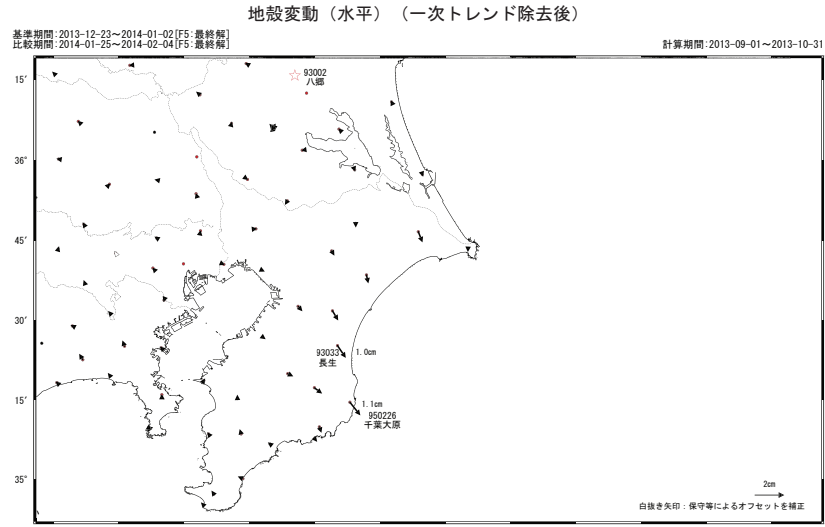
房総半島での非定常的な地殻変動（2011年10月の活動）



第9図 過去に発生した房総半島での非定常的な地殻変動（つづき）
Fig. 9 Transient displacement on the Boso Peninsula in the past (continued).

房総半島での非定常的な地殻変動（2014年1月の活動）

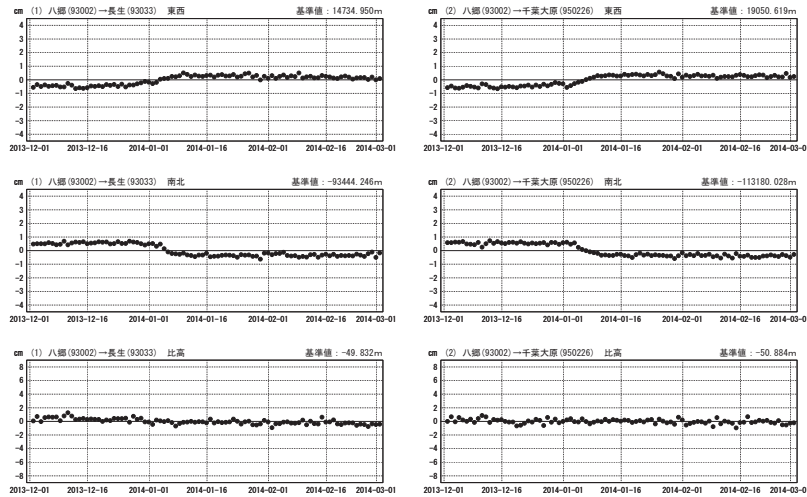
房総半島での非定常的な地殻変動（2018年6月の活動）



☆ 固定局: 八郷 (93002)

成分変化グラフ（一次トレンド除去後）

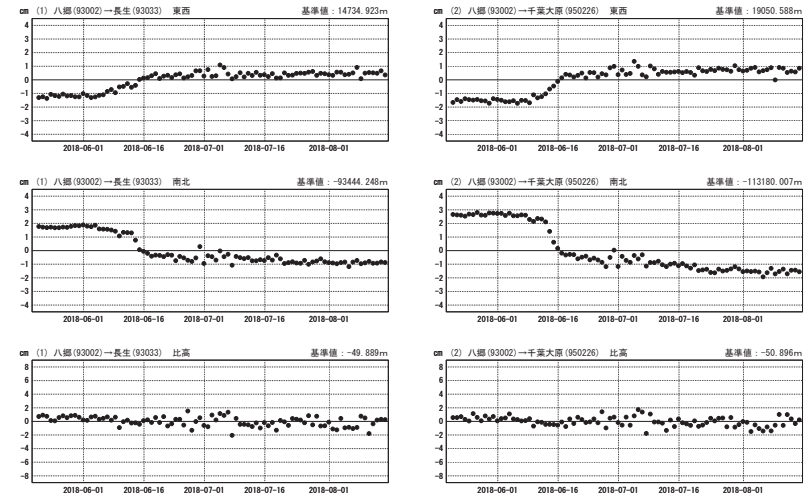
期間: 2013-12-01~2014-03-01 計算期間: 2013-09-01~2013-10-31



●—[F5:最終解]

成分変化グラフ（一次トレンド除去後）

期間: 2018-05-20~2018-08-14 計算期間: 2017-11-01~2018-04-30

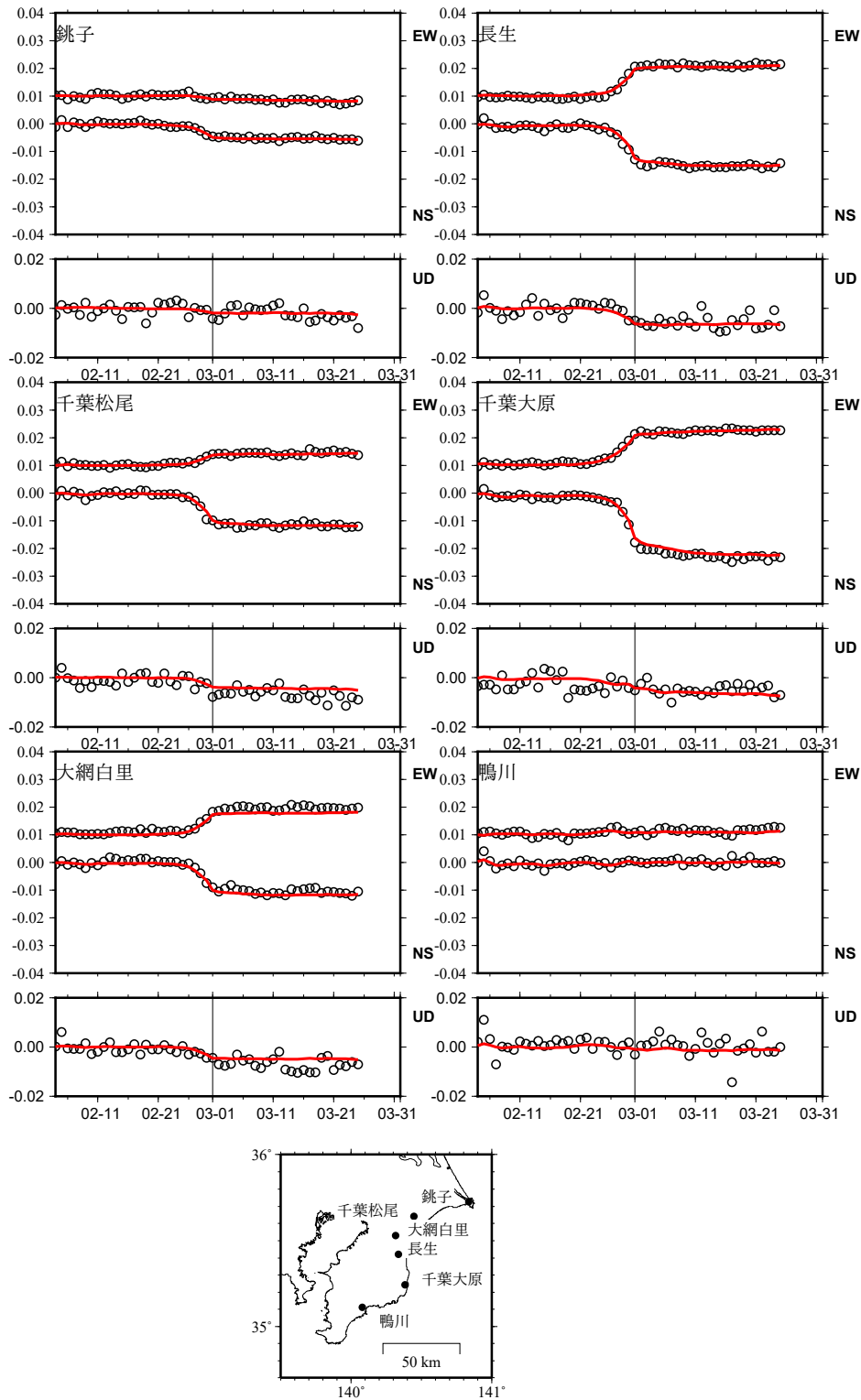


●—[F5:最終解]

第 10 図 過去に発生した房総半島での非定常的な地殻変動（つづき）

Fig. 10 Transient displacement on the Boso Peninsula in the past (continued).

房総半島観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)
時間依存のインバージョン



第 11 図 房総半島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. 11 Observed (black dots) and calculated (red line) time series of transient crustal deformations at the GNSS stations in the Boso Peninsula.

GNSSデータから推定された房総半島沖のゆっくりすべり（暫定）

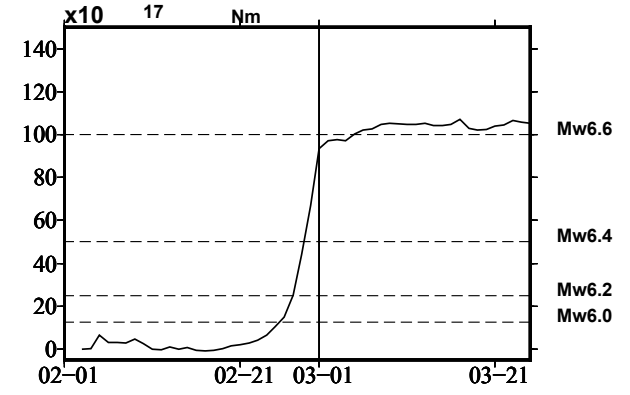
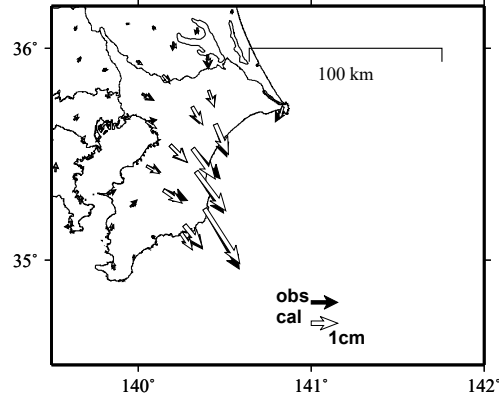
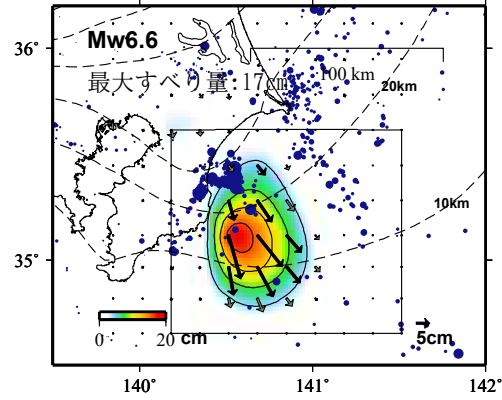
推定すべり分布

(2024-02-04/2024-03-30)

観測値（黒）と計算値（白）の比較

(2024-02-04/2024-03-30)

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(2023-09-01/2024-03-09)+R5解(2024-03-10/2024-03-30)

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: 黒枠内

観測値: 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: 気象庁一元化震源(深さ: 0-40km)(期間: 2024-02-24/2024-03-13)

固定局: 八郷

*電子基準点の保守等による変動は補正している。

*共通誤差を推定している

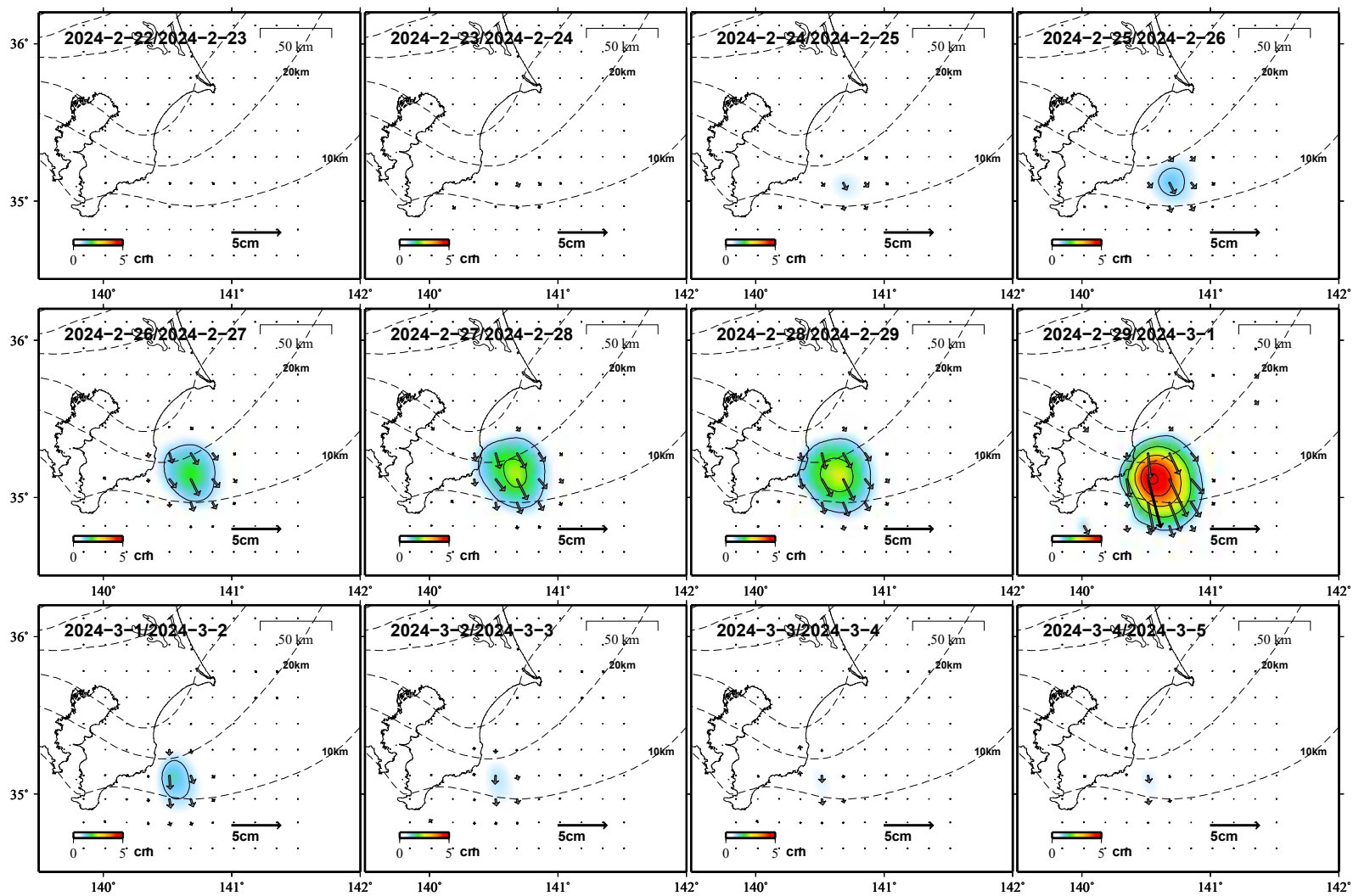
*令和6年能登半島地震に伴う地殻変動は補正している。

*モーメント: 断層運動のエネルギーの目安となる量。

第12図 房総半島沖において推定されるゆっくりすべり（暫定）

Fig. 12 Estimated slip distribution on the plate interface off the coast of Boso peninsula (preliminary).

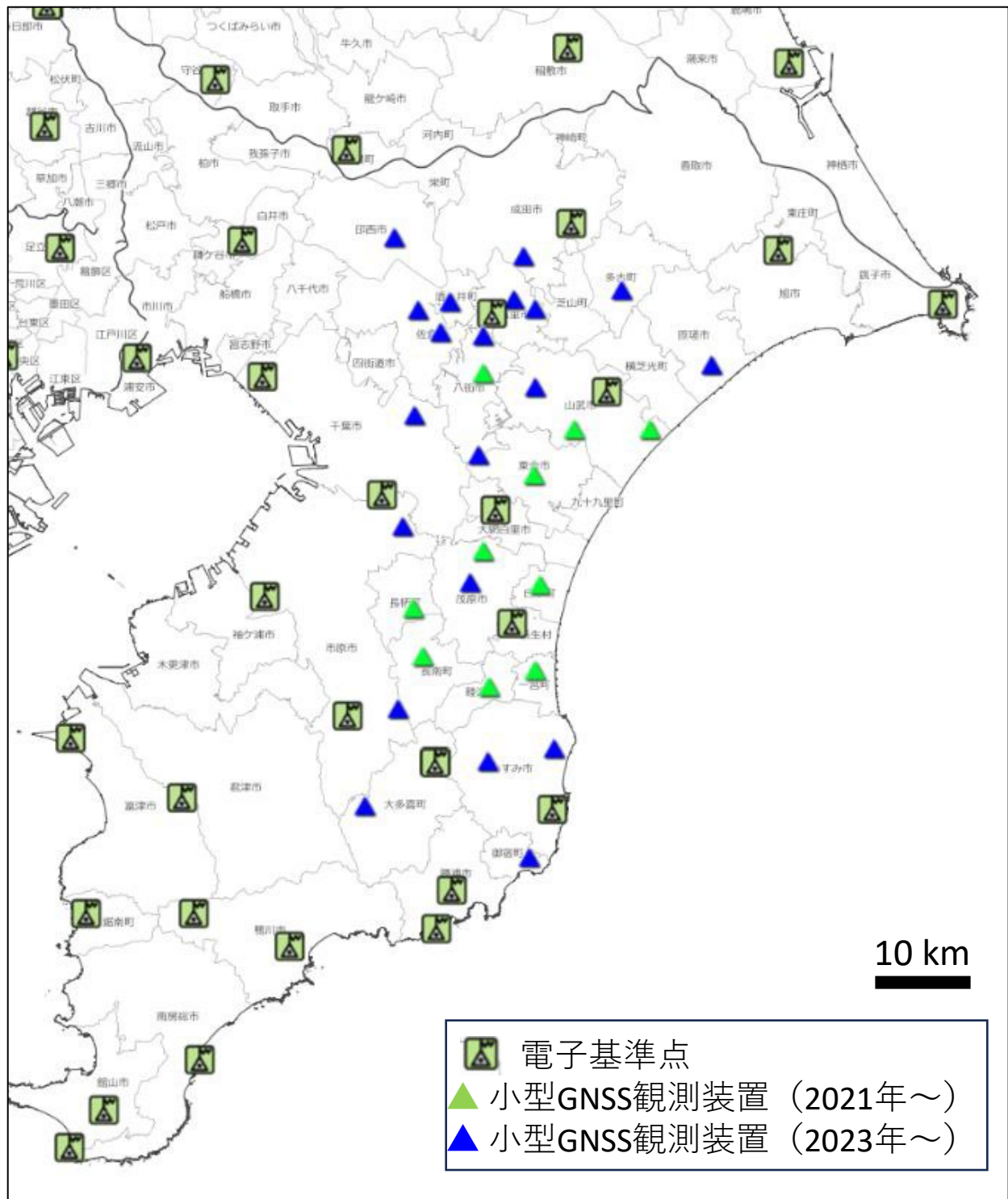
GNSSデータから推定された房総半島沖のゆっくりすべり（暫定）



第 13 図 房総半島沖において推定されるゆっくりすべり（暫定）（つづき）

Fig. 13 Estimated slip distribution on the plate interface off the coast of Boso peninsula (continued).

電子基準点及び小型GNSS観測点の配点図



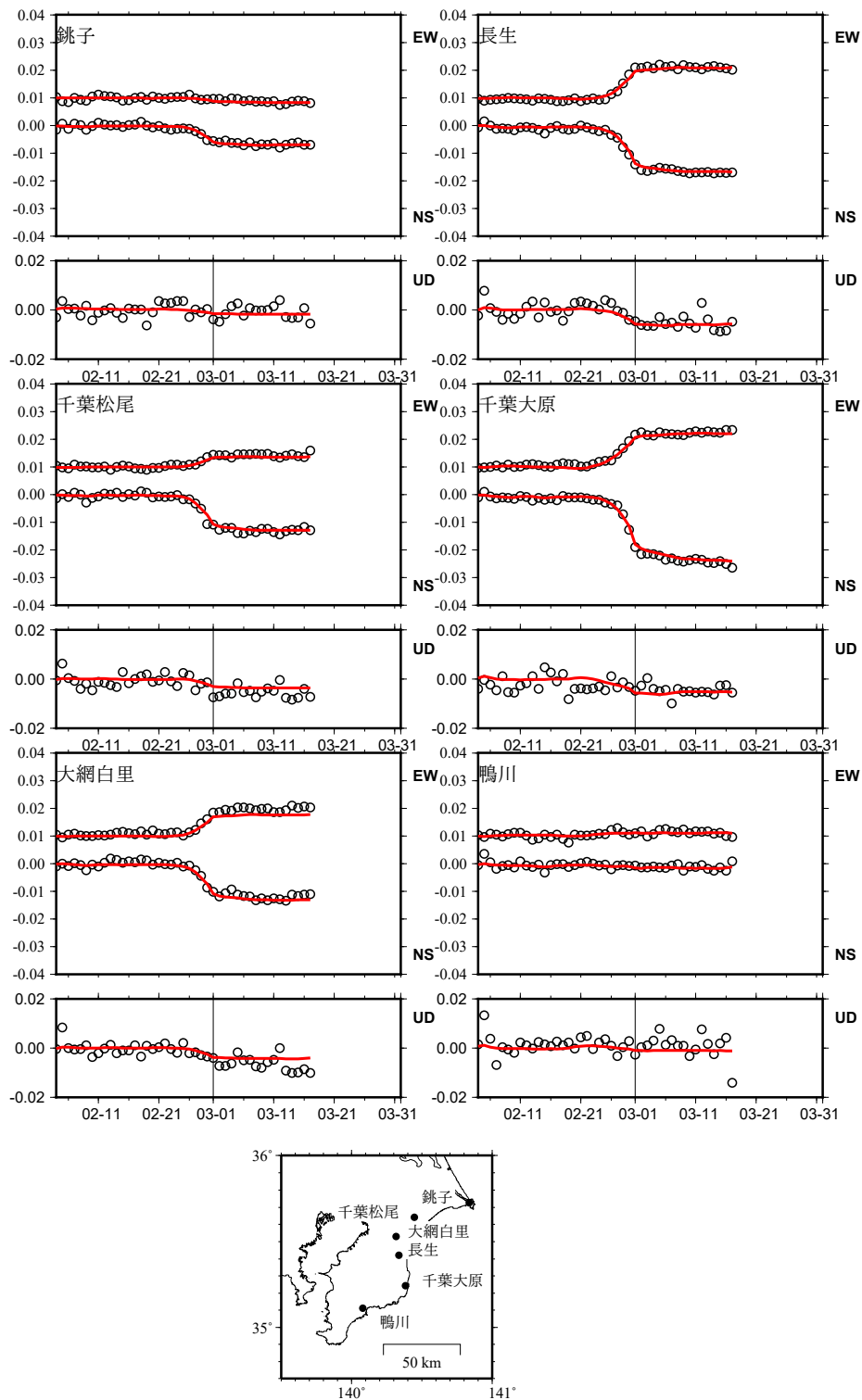
第 14 図 電子基準点及び小型 GNSS 観測点の配点図

Fig. 14 Site location map of GEONET stations and mobile GNSS stations.

【参考資料】

房総半島観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

時間依存のインバージョン



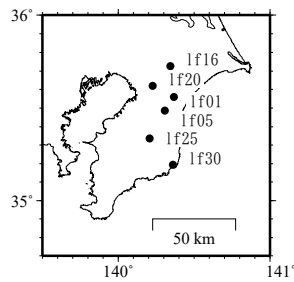
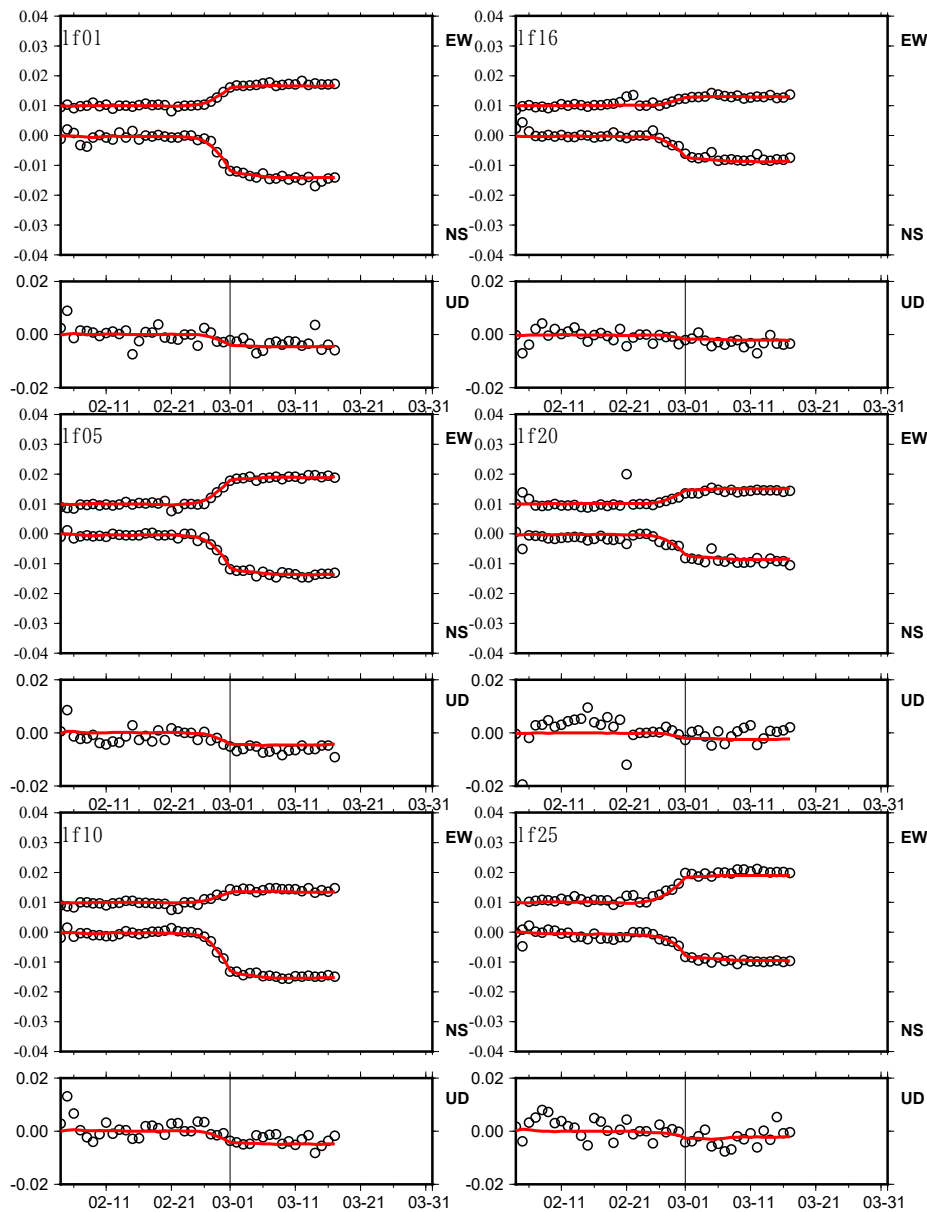
第 15 図 房総半島の観測点の非定常地殻変動時系列：観測値（黒丸）と時間依存インバージョンによる計算値（赤線）（参考資料）

Fig. 15 Observed (black dots) and calculated (red line) time series of transient crustal deformations at the GEONET/mobile GNSS stations in the Boso Peninsula.

【参考資料】

房総半島観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

時間依存のインバージョン

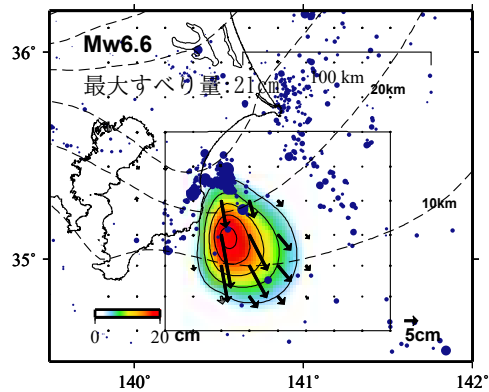


第 16 図 房総半島の観測点の非定常地殻変動時系列：観測値（黒丸）と時間依存インバージョンによる計算値（赤線）（参考資料）（つづき）

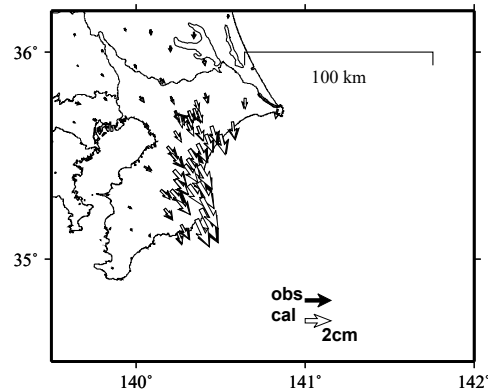
Fig. 16 Observed (black dots) and calculated (red line) time series of transient crustal deformations at the GEONET/mobile GNSS stations in the Boso Peninsula (continued).

GNSSデータから推定された房総半島沖のゆっくりすべり（暫定）

推定すべり分布
(2024-02-04/2024-03-17)

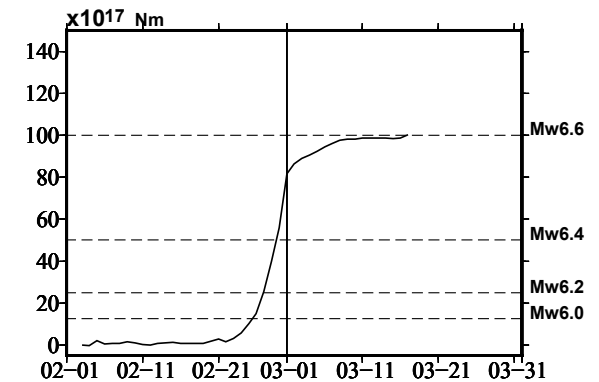


観測値（黒）と計算値（白）の比較
(2024-02-04/2024-03-17)



【参考資料】

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(2023-09-01/2024-03-09) + R5解(2024-03-10/2024-03-17)

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: 黒枠内

観測値: 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: 気象庁一元化震源(深さ: 0-40km) (期間: 2024-02-24/2024-03-13)

固定局: 日光

* 電子基準点の保守等による変動は補正している。

* 共通誤差を推定している

* 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 17 図 房総半島沖において推定されるゆっくりすべり（参考資料）

Fig. 17 Estimated slip distribution on the plate interface off the coast of Boso peninsula using data from GEONET/mobile GNSS stations.