

3-3 東北地方の地殻変動

Crustal Deformations in the Tohoku District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

《2021 年 5 月 1 日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動》

[地殻変動ベクトルと GNSS 連続観測時系列]

第 1～7 図は、2021 年 5 月 1 日に発生した宮城県沖の地震の地殻変動に関する資料である。

第 1 図上段は、GNSS 連続観測結果による水平変動ベクトル図である。固定局は大潟観測点（新潟県）である。下段は、震源近傍の 2 観測点の 3 成分時系列グラフである。この地震に伴い、S 石巻牧浜観測点で東南東に約 1cm 等、宮城県を中心に広い範囲で地殻変動が観測された。

第 2 図上段は、GNSS 連続観測結果による上下変動ベクトル図である。固定局は大潟観測点（新潟県）である。下段は、震源近傍の 2 観測点の 3 成分時系列グラフである。この地震に伴い、女川観測点で約 1cm の沈降等、牡鹿半島周辺で地殻変動が観測された。

[すべり分布図]

第 3 図は、電子基準点で得られた地殻変動に基づき、プレート境界面を 5km × 5km の小断層に分割して推定したすべり分布モデルに関する資料である。推定においては、すべりの空間分布にラプラスアン平滑化を適用し、そのハイパーパラメータは ABIC（赤池ベイズ情報量基準）を用いて決定した。本震から北側に広がる余震の分布と整合する場所にすべりが分布し、モーメントマグニチュードは 7.0（剛性率 60GPa を仮定）となった。地震に伴う地殻変動について、観測値とすべりモデルからの計算値を、それぞれ黒色と赤色のベクトルで表現することとし、第 3 図左には水平成分、第 3 図右には上下成分を示す。

第 4～5 図は、推定したすべり分布モデルについて、2005 年 8 月 16 日及び 2021 年 3 月 20 日に発生した宮城県沖の地震の場合と比較する資料である。推定においては、いずれも同一の解析条件を適用した。また、同一の凡例を用いてすべり量と地殻変動量を表し、地殻変動については第 4 図に水平成分、第 5 図に上下成分を示す。2005 年 8 月 16 日の地震については震央から西側に広がる余震の分布と整合する場所にすべりが分布している。それらすべり域に比べると、2021 年 3 月 20 日と 5 月 1 日に発生した地震のすべりの中心は、陸よりに推定されている。

[震源断層モデル]

第 6～7 図は、電子基準点で得られた地殻変動に基づき、半無限均質弾性体中の矩形断層一様すべりを仮定し、MCMC（マルコフ連鎖モンテカルロ）法を用いて推定した震源断層モデルに関する資料である。推定においては、断層の長さに対する幅の比を Strasser et al. (2010) による経験的スケールリング則で固定し、Strasser et al. (2010) による地震規模と断層面積に関する経験的スケールリング則に近づくよう拘束を加えた。

第 6 図は、計算の結果、北東-南西走向で北西に傾き下がる断層面上における逆断層運動として推定された震源断層モデルである。推定された断層面の水平位置は、震源分布と整合しており、断層面の上端は深さ約 46km に位置する。モーメントマグニチュードは 6.9（剛性率 60GPa を仮定）

となった。

第 7 図下段は、コーナープロットと呼ばれる、モデルの 2 つのパラメータ間の相関関係を示す 2 次元ヒストグラムである。ほとんどの組において、同心円状のガウス分布に近い分布を示し、パラメータはほぼ独立に推定されていることを示す。一部の組では相関が見られるが、与えられた拘束条件のもとで、各パラメータがよく推定されている。

《2021 年 10 月 6 日に発生した岩手県沖の地震》

[GNSS 連続観測時系列]

第 8 図は、2021 年 10 月 6 日に発生した岩手県沖の地震の地殻変動に関する資料である。

第 8 図上段は、GNSS 連続観測基線図である。固定局は大潟観測点（新潟県）である。下段は、震源近傍の 2 観測点の 3 成分時系列グラフである。この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない。

《東北地方太平洋沖地震後の地殻変動》

[地殻変動ベクトル]

第 9 ～ 13 図は、東北地方太平洋沖地震後における水平・上下の地殻変動について、全期間の累積及び最近 3 か月間の変動を、福江観測点を固定局として示したものである。第 9 ～ 11 図に示す地震後の累積の図には、2011 年 4 月 7 日宮城県沖の地震（M7.2, 最大震度 6 強, 深さ約 66km, 逆断層・スラブ内地震, 地殻変動 GNSS で水平約 3cm 西南西と約 5cm の隆起）、2011 年 4 月 11 日福島県浜通りの地震（M7.0, 最大震度 6 弱, 深さ約 6km, 正断層, 地殻変動 GNSS で約 30cm 水平と約 50cm の沈降, SAR で約 2m）、2011 年 6 月 23 日岩手県沖の地震（M6.9, 最大震度 5 弱, 地殻変動東方向に約 1.5cm）、2011 年 7 月 10 日三陸沖の地震（M7.3, 深さ 34km, 最大震度 4, 地殻変動西方向に約 5mm, 左横ずれ）、2011 年 9 月 17 日岩手県沖の地震（M6.6, 最大震度 4, プレート境界逆断層, 地殻変動東方向に数 mm）等の影響が震源近傍の観測点で見られる。

第 9 図は地震後の全期間における水平変動の累積を示している。東日本全体で東北地方太平洋沖地震の震源域に向かう余効変動が観測されている。岩手川崎 A 観測点における変動量は約 160cm である。

第 10 ～ 11 図は、地震後の全期間における上下変動の累積を、それぞれ、変動ベクトル図及び等値線図で示したものである。岩手県三陸北部沿岸と奥羽脊梁山脈付近で沈降が見られる一方、岩手県南部から千葉県の太平洋沿岸では隆起傾向が見られる。M 牡鹿観測点の約 71cm の隆起のうち、約 5cm と約 1cm の隆起及び約 1cm の沈降は、それぞれ 2011 年 4 月 7 日と 2021 年 3 月 20 日及び 2021 年 5 月 1 日の宮城県沖の地震によるものである。

第 12 図の最近 3 か月間の水平ベクトルには、東北地方を中心に東北地方太平洋沖地震の震源域に向かう変動が見られ、余効変動が継続していることが分かる。この期間における岩手川崎 A 観測点の変動量は 0.8cm となっている。

第 13 図に最近 3 か月間の上下変動を示す。ノイズレベルを超える変動は見られない。

[GNSS 連続観測時系列]

第 14 ～ 19 図は、東北地方太平洋沖地震後の東日本における GNSS 連続観測時系列である。第 14 図の地図に示した太平洋岸の観測点 10 点と、その西側の観測点 10 点の合計 20 観測点について、第 15 図以降に東北地方太平洋沖地震後の期間の時系列を示す。各成分の縦軸は、本震直前の値を

ゼロとしており、地震時及び地震後の累積の変動量を表している。

第 15 ～ 19 図の各観測点の時系列では、東北地方太平洋沖地震の余効変動が減衰しながらも継続している様子が見られる。また、第 14 図の地図に示した各地震の影響が、震源近傍の観測点で見られる。

第 15 ～ 17 図上段に示す太平洋岸の 10 観測点では、(2) 岩泉 2 観測点と (3) 山田観測点を除き、地震直後から隆起が継続している。なお、岩泉 2 観測点及び山田観測点についても、2013 年以降はそれまでの沈降傾向が反転し、隆起となっている。

第 17 図下段から第 19 図の西側の観測点 10 点では、地震直後からの沈降、又は隆起が減衰しながらも継続している。

[成分変位と速度グラフ]

第 20 ～ 25 図は、三隅観測点に対する宮古、山田、矢本、相馬 1、銚子、皆瀬観測点の変位と変動速度を時系列で示したものである。水平変動速度は、銚子観測点の東西成分では元の速度に戻りつつあるが、それ以外の観測点では、徐々に減衰しつつあるものの地震前の速度には戻っておらず、余効変動が継続していることが分かる。上下変動速度は、銚子観測点では元の速度に戻りつつあるが、そのほかの宮古、山田、矢本、相馬 1 観測点は隆起傾向、皆瀬観測点は沈降傾向が継続している。

第 20 図の三隅－宮古基線及び第 21 図の三隅－山田基線の東西成分の速度に 2015 年初頭に見られる一時的な変化は、2015 年 2 月 17 日に発生した三陸沖の地震及び 2015 年 5 月 13 日に発生した宮城県沖の地震によるものである。

第 22 図の三隅－矢本基線及び第 25 図の三隅－皆瀬基線の東西成分の速度に 2021 年初頭に見られる一時的な変化は、2021 年 3 月 20 日に発生した宮城県沖の地震によるものである。また、三隅－矢本基線の東西成分の速度に 2021 年春頃に見られる一時的な変化は、2021 年 5 月 1 日に発生した宮城県沖の地震によるものである。

第 23 図の三隅－相馬 1 基線の東西成分・南北成分の速度に 2016 年末頃に見られる一時的な変化は、2016 年 11 月 22 日に発生した福島県沖の地震によるものである。また、東西成分の速度に 2021 年初頭に見られる一時的な変化は、2021 年 3 月 20 日及び 2021 年 5 月 1 日に発生した宮城県沖の地震によるものである。

第 24 図に示される三隅－銚子基線の変化のうち、南北成分の速度に 2011 年秋、2014 年初頭及び 2018 年夏に見られる一時的な変化は、それぞれ 2011 年 10 月下旬頃から 11 月上旬頃まで、2014 年 1 月上旬頃及び 2018 年 6 月頃に発生した長期的 SSE に伴う地殻変動の影響である。また、東西成分の速度に 2012 年 3 月頃に見られる一時的な変化は、2012 年 3 月 14 日に発生した千葉県東方沖の地震 (M6.1) によるものである。

[変位速度のプレート収束方向に関する水平勾配 (北海道～関東地方)]

第 26 ～ 28 図は、GEONET の最終解 (F5) から得られる変位速度分布から、プレート収束方向に関する水平勾配を計算し、北海道地方から関東地方まで千島海溝と日本海溝の平均走向に沿った水平勾配の分布を示したものである。各観測点について最近 5 年間の時系列から年周・半年周成分と地震時等のオフセットを推定、除去し、最近 1 年間における水平、上下方向の変位の線形速度を求め、プレート収束方向に沿った帯状領域毎に、水平方向 (プレート収束方向) 及び上下方向の変位速度の空間分布から水平勾配を計算する。

この地域にある観測点は陸側プレート上だけに分布しているため、一般に、地震間でプレート間固着していると、海溝に近いほど陸向きの速度が大きくかつ沈降速度が大きくなる。

第 26 図は、最近 1 年間における帯状領域毎の水平勾配のプロファイルである。水平方向の勾配は、東北地方太平洋沖地震の震源に近いところでは海溝側ほど大きいですが、それ以外の場所では逆向きになっている。一方、上下方向では、東北地方から関東地方にかけた広い範囲で海溝側ほど隆起する傾向が見られる。

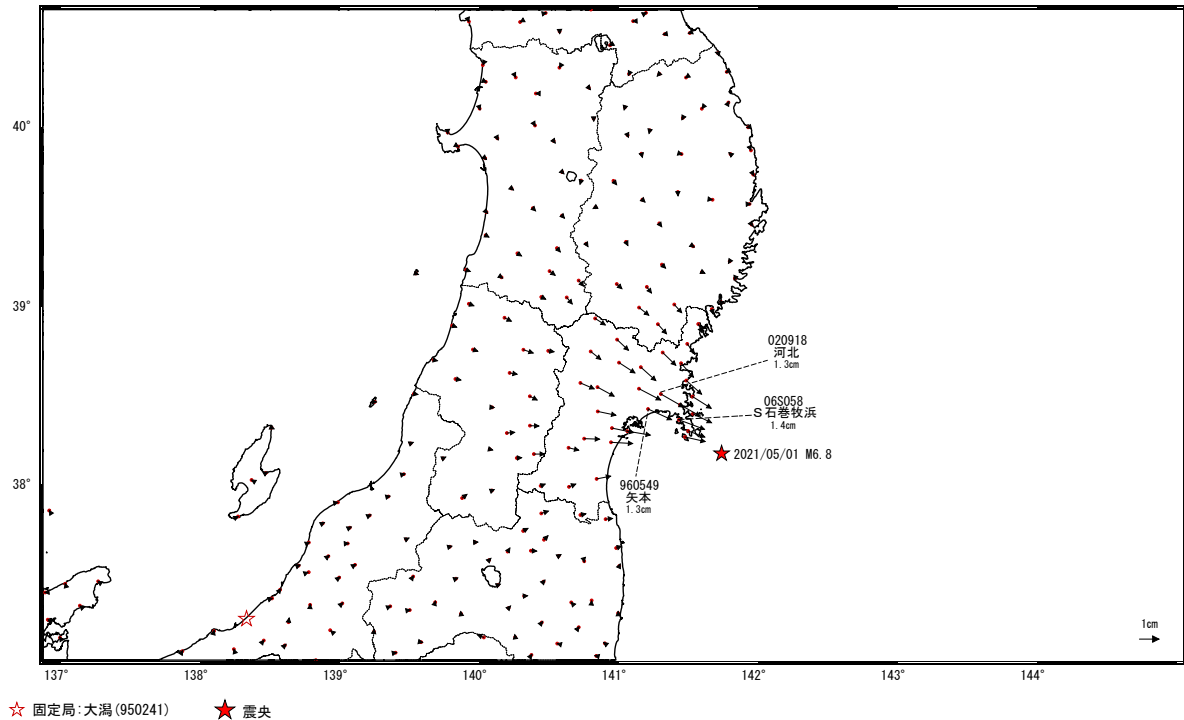
第 27 図は、水平勾配の時空間変化である。2011 年以降、水平方向は北緯 $38^{\circ} \sim 41^{\circ}$ 付近、上下方向は $37^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 付近で負から正に変化し、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響と考えられる。一方、北緯 $36^{\circ} \sim 38^{\circ}$ 付近の水平方向では、東北地方太平洋沖地震の後に一時正となった後、負に変化しており、余効変動（粘性緩和）の影響とともに固着の回復が重なって見えている可能性がある。

第 28 図の東北地方太平洋沖地震の前、及び直後の時期の結果と比較すると、第 26 図の最近の結果では、東北地方太平洋沖地震の余効変動は小さくなっているとしても、これらの図と比べ第 26 図の図では、広い範囲においていまだ地震前の状態には戻っていないことが分かる。

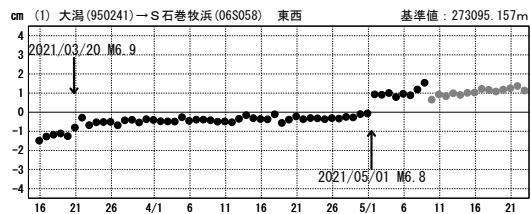
宮城県沖の地震(5月1日 M6.8)前後の観測データ

この地震に伴い小さな地殻変動が観測された。

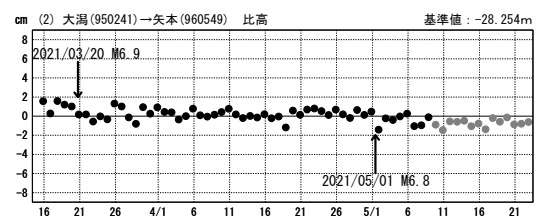
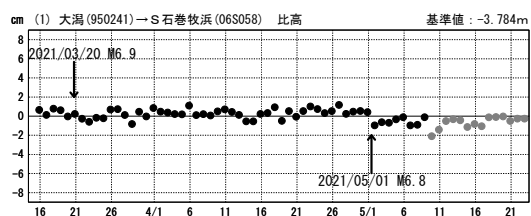
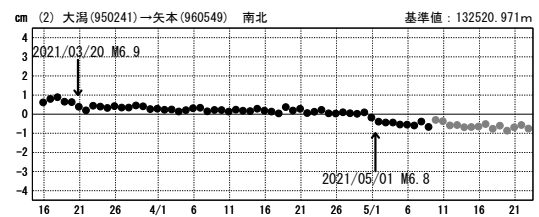
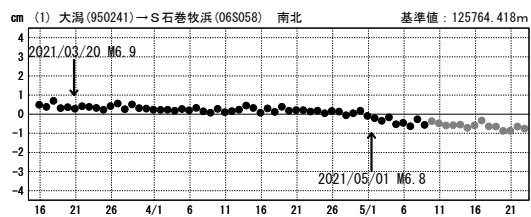
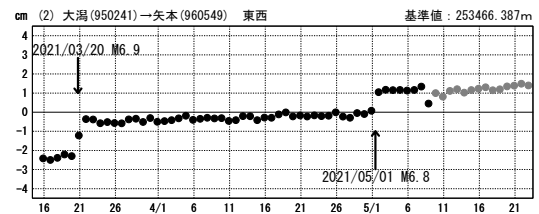
地殻変動(水平)

基準期間: 2021/04/24~2021/04/30 [F5: 最終解]
比較期間: 2021/05/02~2021/05/08 [F5: 最終解]

期間: 2021/03/15~2021/05/22 JST



期間: 2021/03/15~2021/05/22 JST



●— [F5: 最終解] ●— [R5: 速報解]

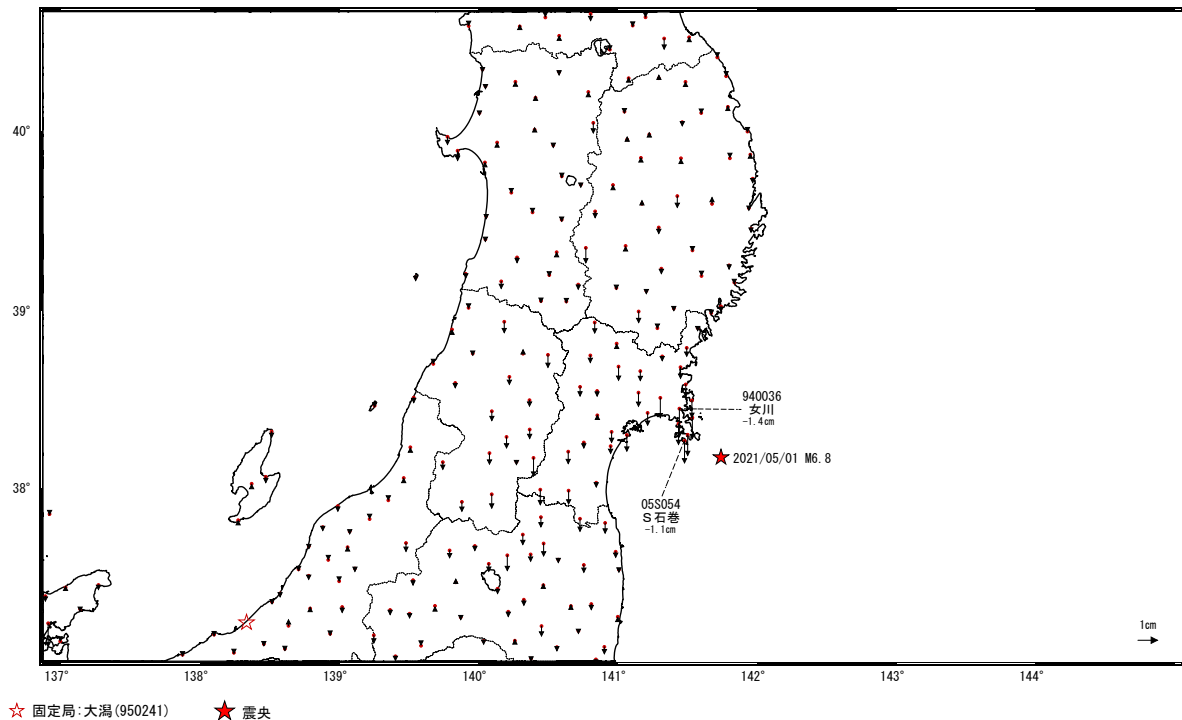
第 1 図 宮城県沖の地震 (2021 年 5 月 1 日, M6.8) に伴う地殻変動: (上図) 水平変動, (下図) 3 成分時系列グラフ

Fig. 1 Crustal deformation associated with the M6.8 earthquake off the coast of Miyagi Prefecture on May 1, 2021: horizontal displacement (upper) and 3 components time series (lower).

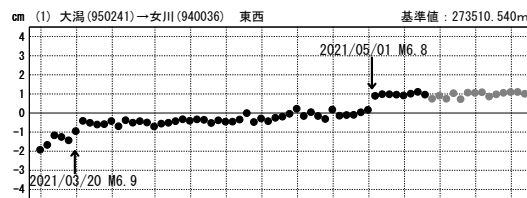
宮城県沖の地震(5月1日 M6.8)前後の観測データ

この地震に伴い小さな地殻変動が観測された。

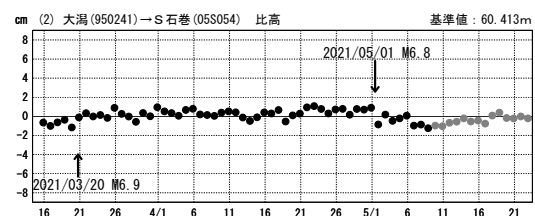
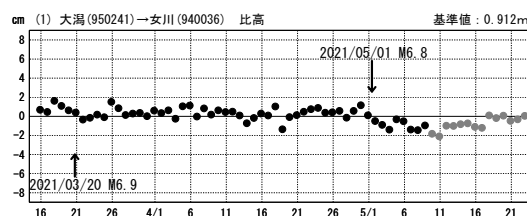
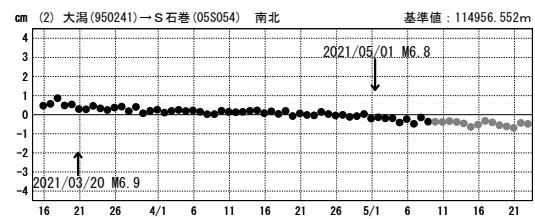
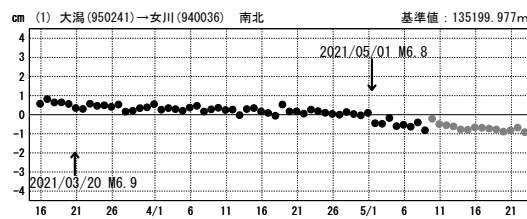
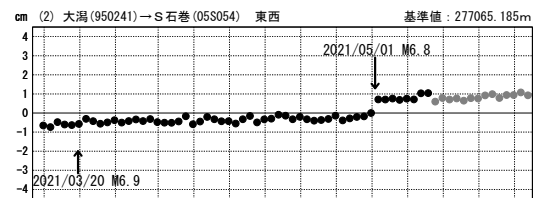
地殻変動(上下)

基準期間: 2021/04/24~2021/04/30[F5: 最終解]
比較期間: 2021/05/02~2021/05/08[F5: 最終解]

期間: 2021/03/15~2021/05/22 JST



期間: 2021/03/15~2021/05/22 JST



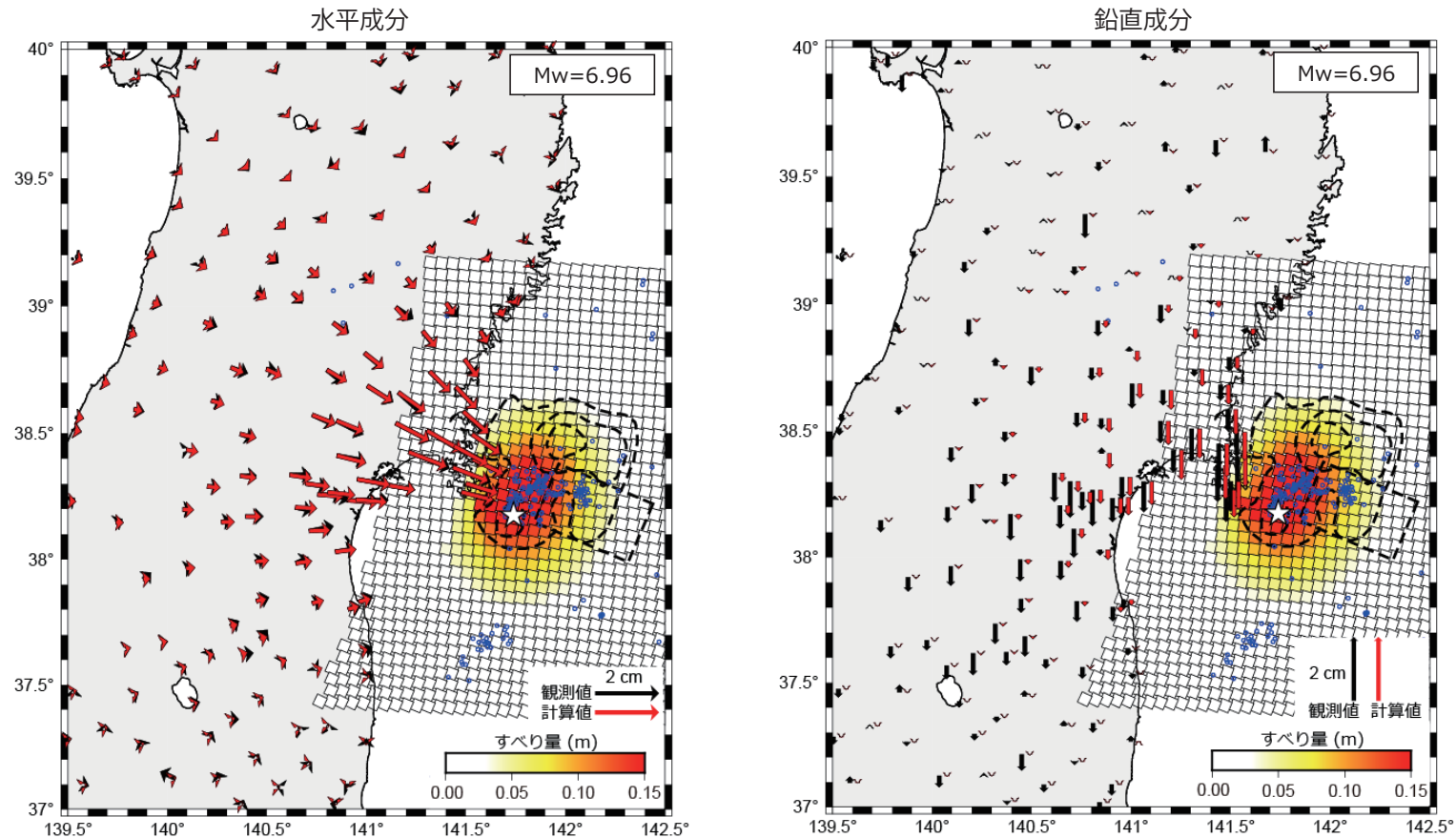
●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

第 2 図 宮城県沖の地震(2021 年 5 月 1 日, M6.8)に伴う地殻変動:(上図)上下変動,(下図)3 成分時系列グラフ

Fig. 2 Crustal deformation associated with the M6.8 earthquake off the coast of Miyagi Prefecture on May 1, 2021: vertical displacement (upper) and 3 components time series (lower).

2021 年 5 月 1 日宮城県沖の地震のすべり分布

基準期間:2021/04/21 09:00:00~2021/05/01 08:59:59[F5:速報解]JST
比較期間:2021/05/02 09:00:00~2021/05/08 08:59:59[F5:速報解]JST
固定局:大湯(950241)



等値線は 1978 年宮城県沖地震のすべり分布 (Yamanaka et al. 2004)。矩形破線は 2005 年 8 月 16 日 宮城県沖の地震の震源断層モデル (国土地理院)。

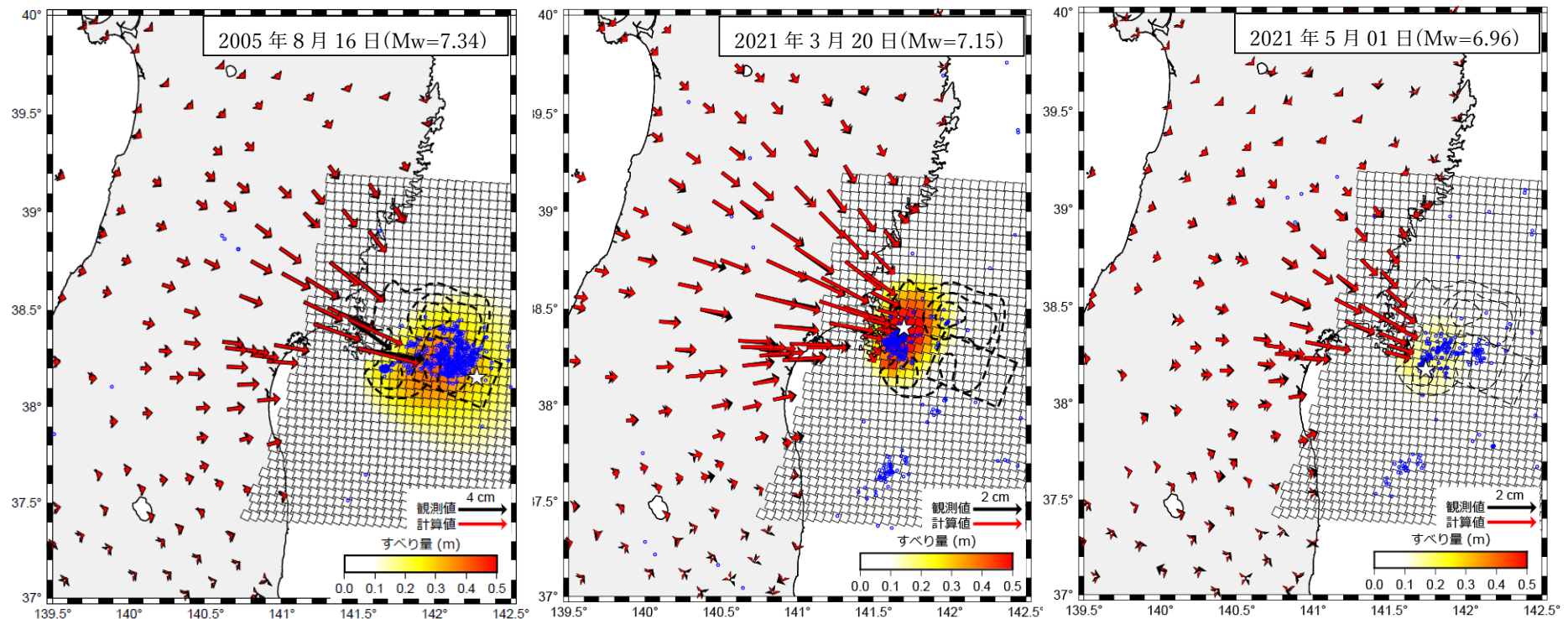
☆印は震央、青丸は本震発生 (5/1 10:27) から 5/1 24 時までに発生した震源を示す (気象庁一元化震源を使用)。

- ・ プレート面を 5kmx5km の小断層に分割してすべり分布を推定
- ・ プレート面は Kita et al. (2010, EPSL) および Nakajima and Hasegawa (2006, GRL) による
- ・ ラプラシアン平滑化を採用し、ハイパーパラメータは ABIC により決定
- ・ M_w の計算においては、剛性率を 60 GPa と仮定

第 3 図 宮城県沖の地震 (2021 年 5 月 1 日, $M_{6.8}$) すべり分布と地殻変動

Fig. 3 Slip distribution on the plate interface and crustal deformation of the $M_{6.8}$ earthquake off the coast of Miyagi Prefecture on May 1, 2021.

(参考) 2005 年 8 月 16 日及び 2021 年 3 月 20 日宮城県沖の地震のすべり分布との比較



等値線は 1978 年宮城県沖地震のすべり分布 (Yamanaka et al. 2004)。矩形破線は 2005 年 8 月 16 日 宮城県沖の地震の震源断層モデル (国土地理院)。

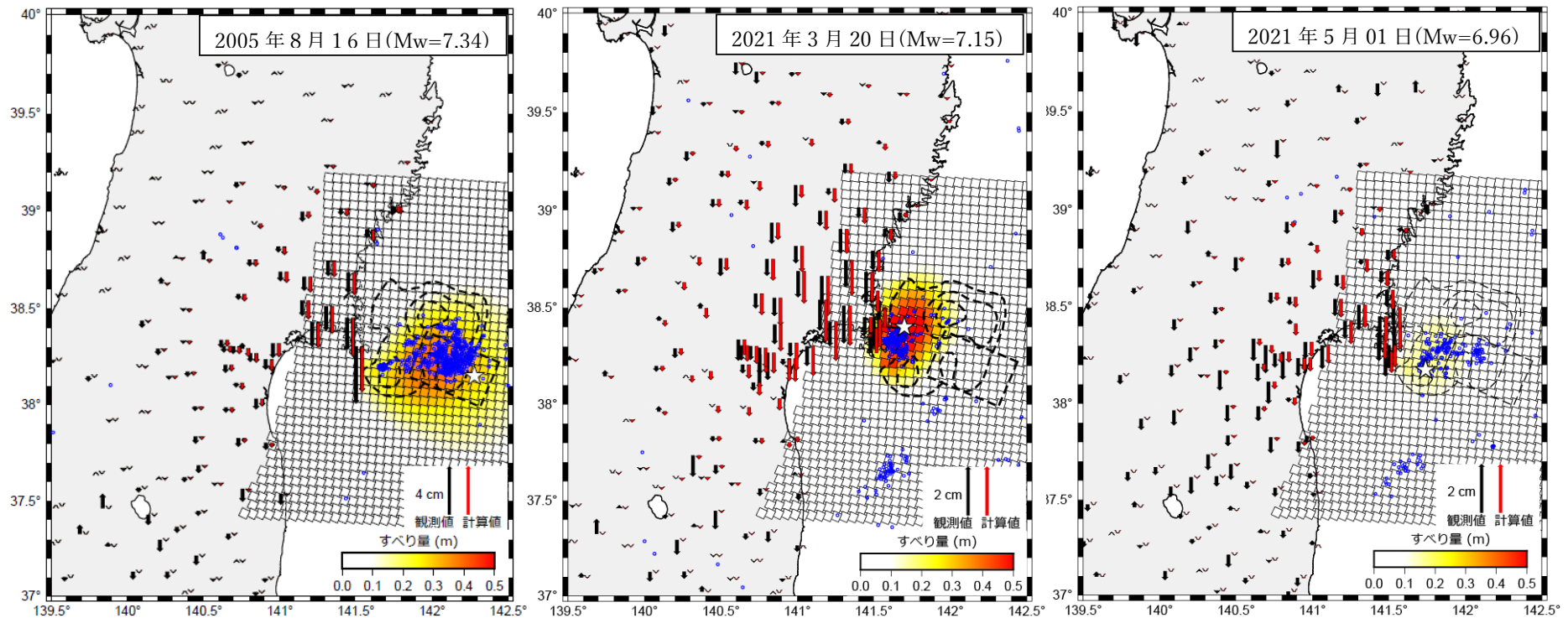
☆印は震央、青丸は本震発生 (5/1 10:27) から 5/1 24 時までに発生した震源を示す (気象庁一元化震源を使用)。

- ・ プレート面を 5kmx5km の小断層に分割してすべり分布を推定
- ・ プレート面は Kita et al. (2010, EPSL) 及び Nakajima and Hasegawa (2006, GRL) による
- ・ ラプラシアン平滑化を採用し、ハイパーパラメータは ABIC により決定
- ・ M_w の計算においては、剛性率を 60 GPa と仮定

第 4 図 宮城県沖の地震のすべり分布と地殻変動 (水平) の比較

Fig. 4 Comparison of slip distribution and horizontal deformation among three earthquakes off the coast of Miyagi Prefecture.

(参考) 2005 年 8 月 16 日及び 2021 年 3 月 20 日宮城県沖の地震のすべり分布との比較



等値線は 1978 年宮城県沖地震のすべり分布 (Yamanaka et al. 2004)。矩形破線は 2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震の震源断層モデル (国土地理院)。

☆印は震央、青丸は本震発生 (5/1 10:27) から 5/1 24 時までに発生した震源を示す (気象庁一元化震源を使用)。

- ・ プレート面を 5kmx5km の小断層に分割してすべり分布を推定
- ・ プレート面は Kita et al. (2010, EPSL) 及び Nakajima and Hasegawa (2006, GRL) による
- ・ ラプラシアン平滑化を採用し、ハイパーパラメータは ABIC により決定
- ・ M_w の計算においては、剛性率を 60 GPa と仮定

第 5 図 宮城県沖の地震のすべり分布と地殻変動 (上下) の比較

Fig. 5 Comparison of slip distributions and vertical deformation among three earthquakes off the coast of Miyagi Prefecture.

2021 年 5 月 1 日宮城県沖の地震の震源断層モデル

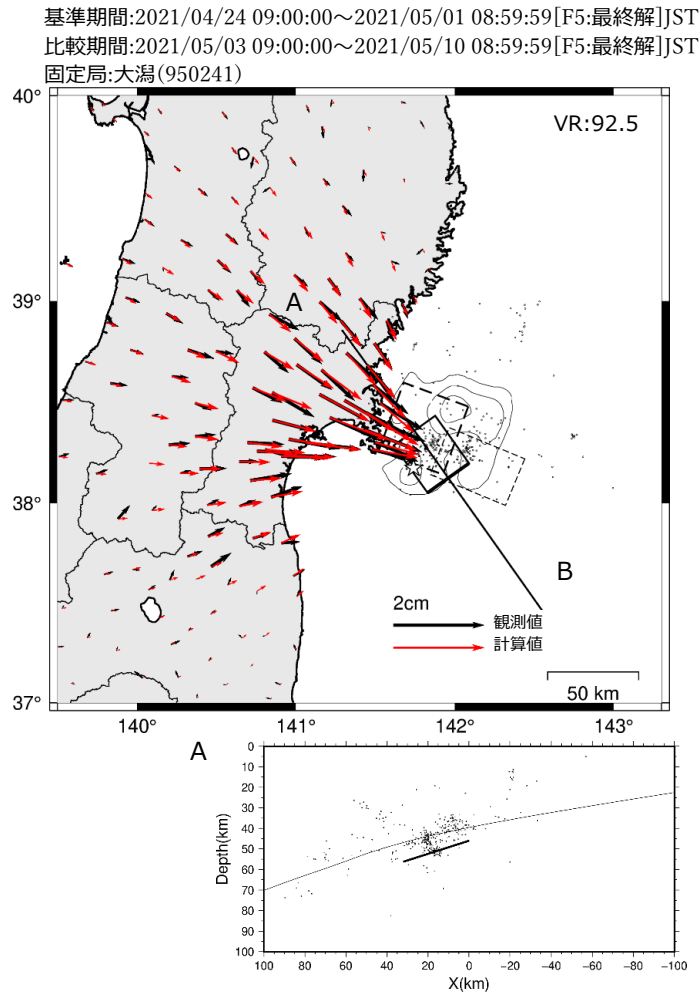


図 1 推定された震源断層モデル。

- (上) 矩形実線は震源断層モデルを地表に投影した位置で、太い実線が断層上端。矢印は観測値（黒）及び計算値（赤）の水平成分。等値線は 1978 年宮城県沖地震のすべり分布 (Yamanaka et al. 2004)。矩形破線(細字)は 2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震の震源断層モデル (国土地理院)。矩形破線(太字)は 2021 年 3 月 20 日宮城県沖の地震の震源断層モデル (国土地理院)。
- (下) 傾斜方向(A-B)に射影した断層面(太線)及び震源分布(点)。傾き下がる方向を正にとっている。実線はプレート境界面 (Nakajima and Hasegawa 2006, Kita et al. 2010)。
- ☆印は震央、点は本震発生(5/1 10:27)から 5/6 8 時まで発生した震源(気象庁一元化震源を使用)。

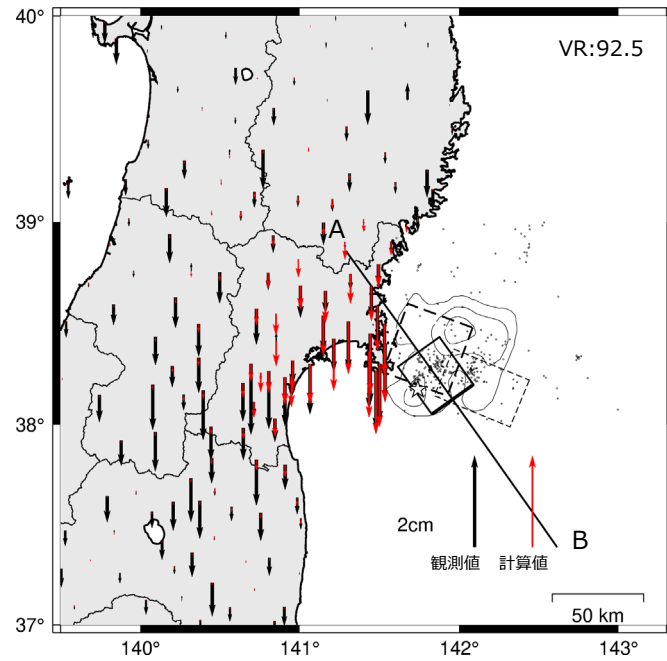
表 1 推定された震源断層モデルパラメータ

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [km]	長さ [km]	幅 [km]	走向 [°]	傾斜 [°]	すべり角 [°]	すべり量 [m]	M_w
142.089 (0.031)	38.198 (0.047)	46.0 (3.6)	28.1 (2.7)	33.7 (3.3)	234.6 (14.7)	17.8 (2.4)	132.4 (18.6)	0.58 (0.11)	6.93 (0.02)

- ・ マルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) 法を用いてモデルパラメータを推定した。
- ・ 位置は断層の左上端を示す。括弧内は誤差 (1σ) を示す。
- ・ M_w と断層面積がスケーリング則 (Strasser et al. 2010) に近づくよう拘束
- ・ 断層長さ と断層幅の比はスケーリング則 (Strasser et al. 2010) で固定
- ・ M_w の計算においては、剛性率を 60 GPa と仮定

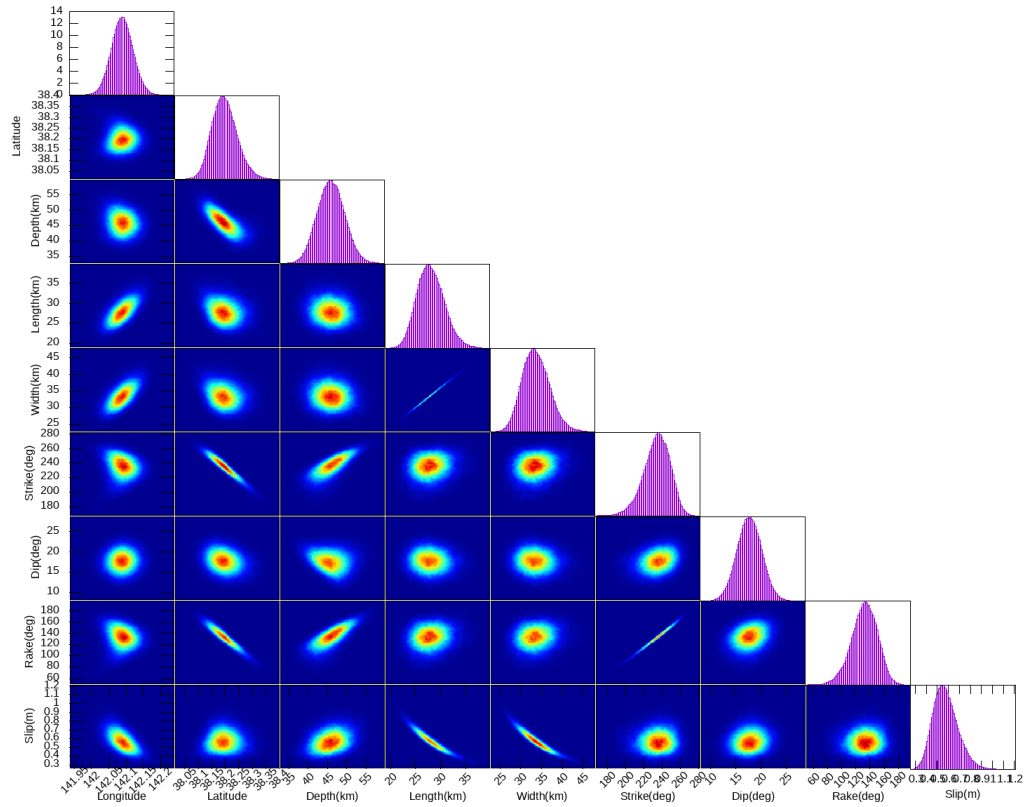
第 6 図 宮城県沖の地震 (2021 年 5 月 1 日, $M_{6.8}$) の震源断層モデルFig. 6 Rectangular fault model of the $M_{6.8}$ earthquake off the coast of Miyagi Prefecture on May 1, 2021.

【参考】鉛直成分



矢印は観測値（黒）及び計算値（赤）の鉛直成分。

【参考】事後確率分布（コーナープロット）



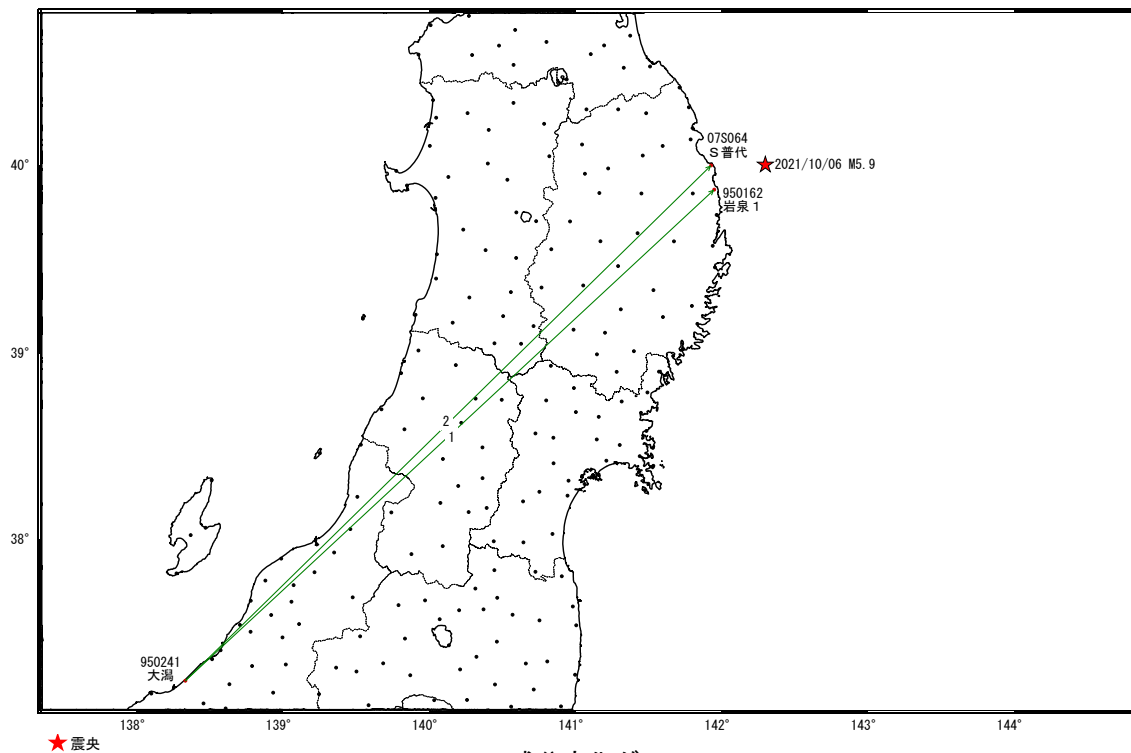
第 7 図 宮城県沖の地震（2021 年 5 月 1 日，M6.8）の震源断層モデル モデルパラメータのコーナープロット

Fig. 7 Corner plot of estimated parameters for the MCMC rectangular fault modeling in Fig.6.

岩手県沖の地震(10月6日 M5.9)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

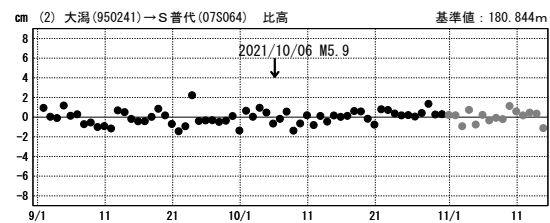
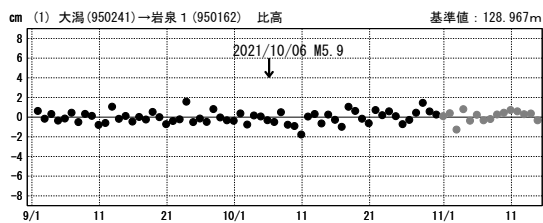
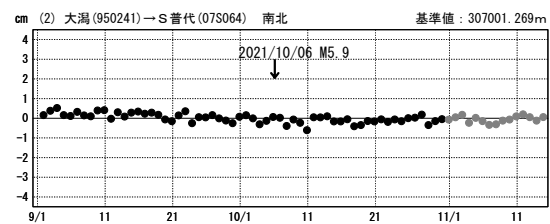
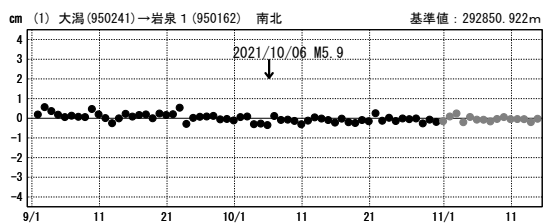
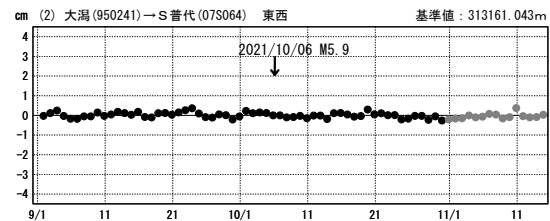
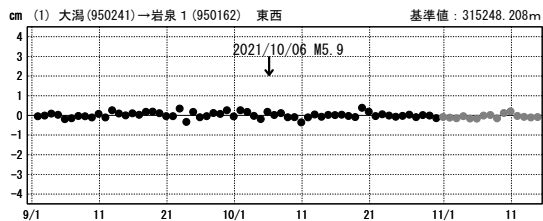
基線図



成分変化グラフ

期間: 2021/09/01~2021/11/14 JST

期間: 2021/09/01~2021/11/14 JST



●—[F5:最終解] ●—[R5:速報解]

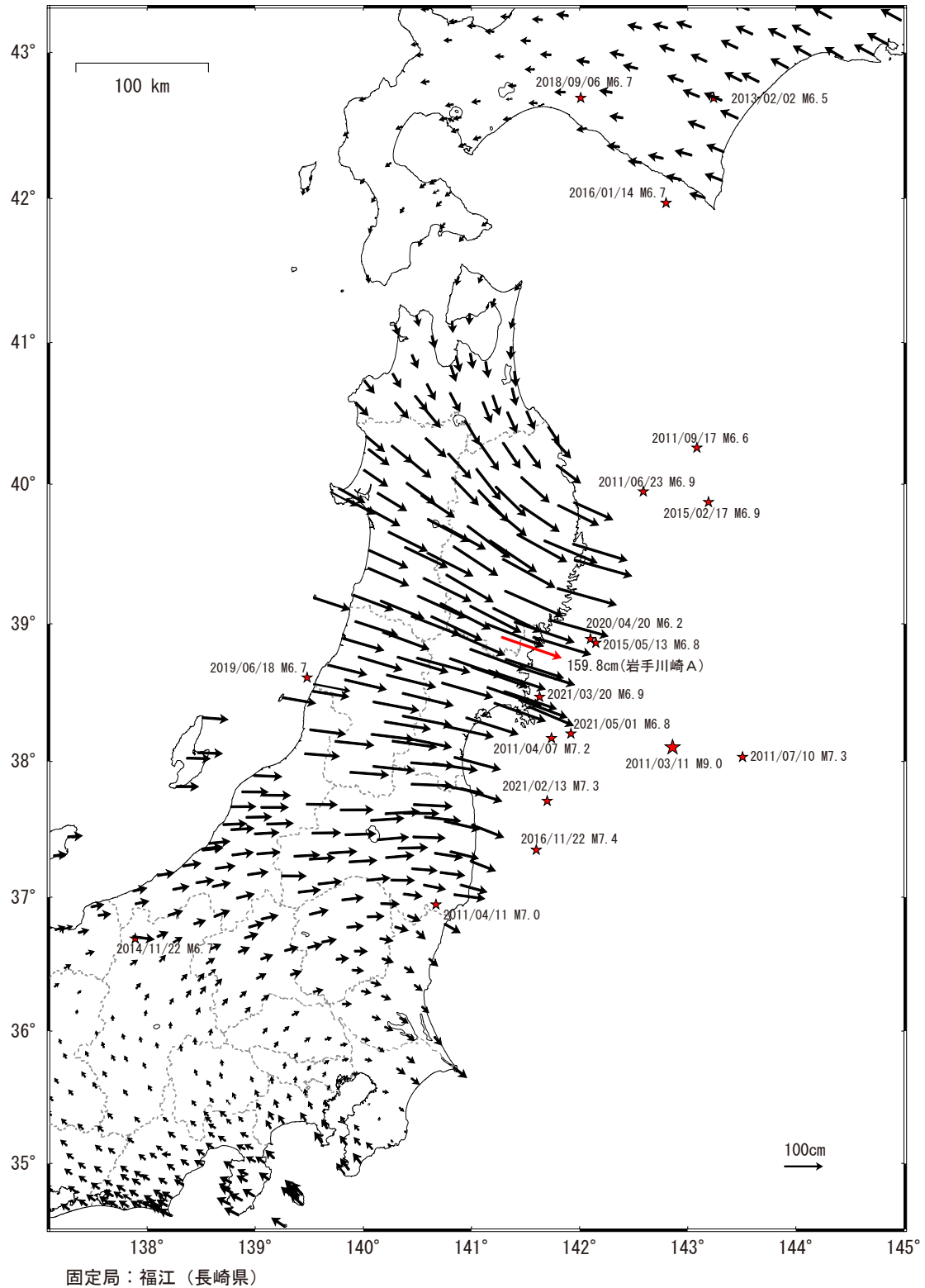
第 8 図 岩手県沖の地震(2021 年 10 月 6 日, M5.9)前後の観測データ:(上図)基線図,(下図)3 成分時系列グラフ

Fig. 8 Results of continuous GNSS measurements before and after the M5.9 earthquake off the coast of Iwate Prefecture on October 6, 2021: baseline map (upper) and 3 components time series (lower).

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (水平) — 累積 —
東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られる。

基準期間 : 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F 5 : 最終解]

比較期間 : 2021/10/03 -- 2021/10/09 [F 5 : 最終解]



第 9 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の累積地殻変動 (水平)

Fig. 9 Accumulated crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (horizontal).

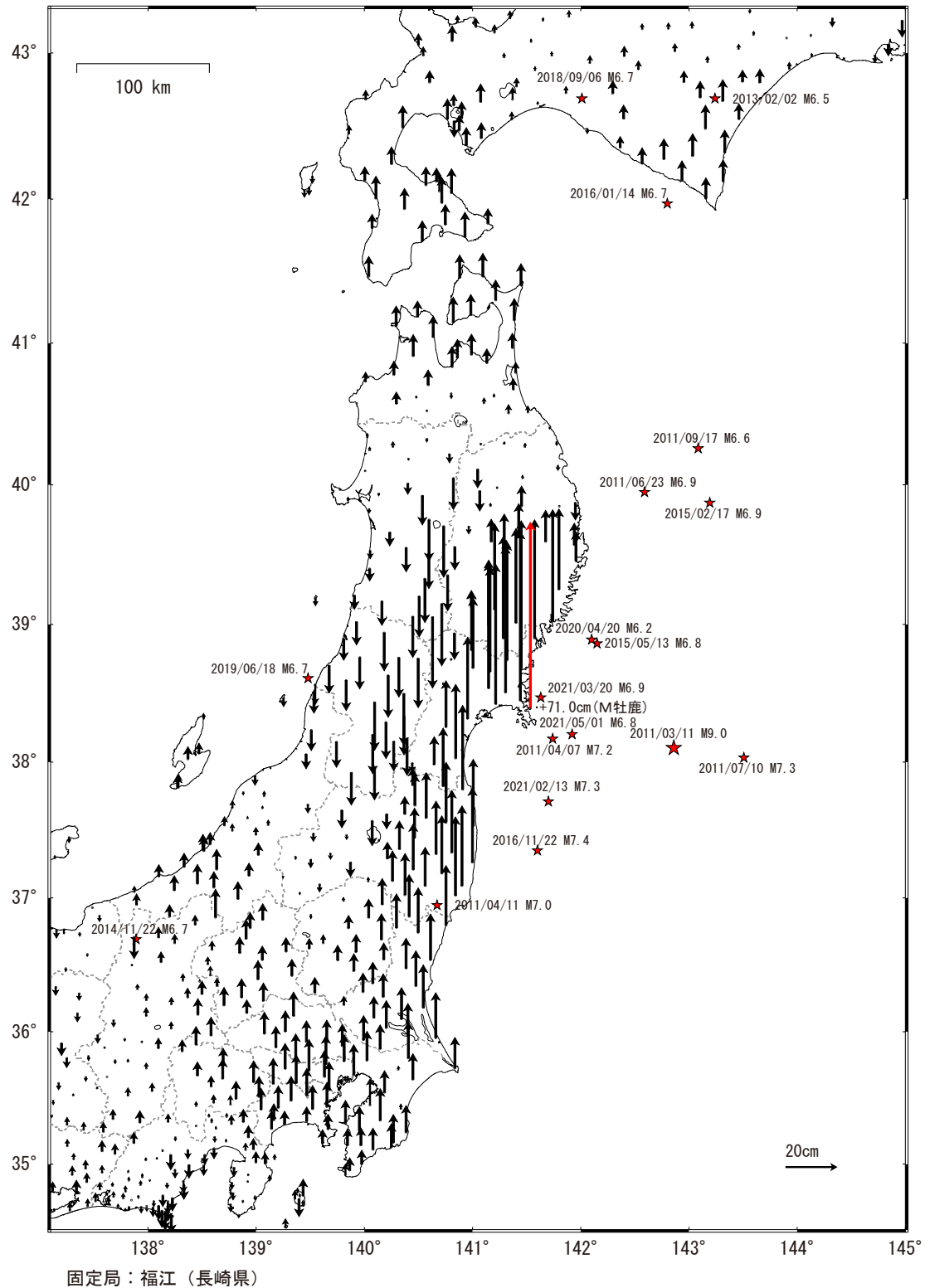
東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (上下) — 累積 —

岩手県南部から千葉県にかけての太平洋沿岸に隆起が、岩手県沿岸北部と奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られる。

関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が見られる。

基準期間 : 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F 5 : 最終解]

比較期間 : 2021/10/03 -- 2021/10/09 [F 5 : 最終解]



第 10 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の累積地殻変動 (上下)

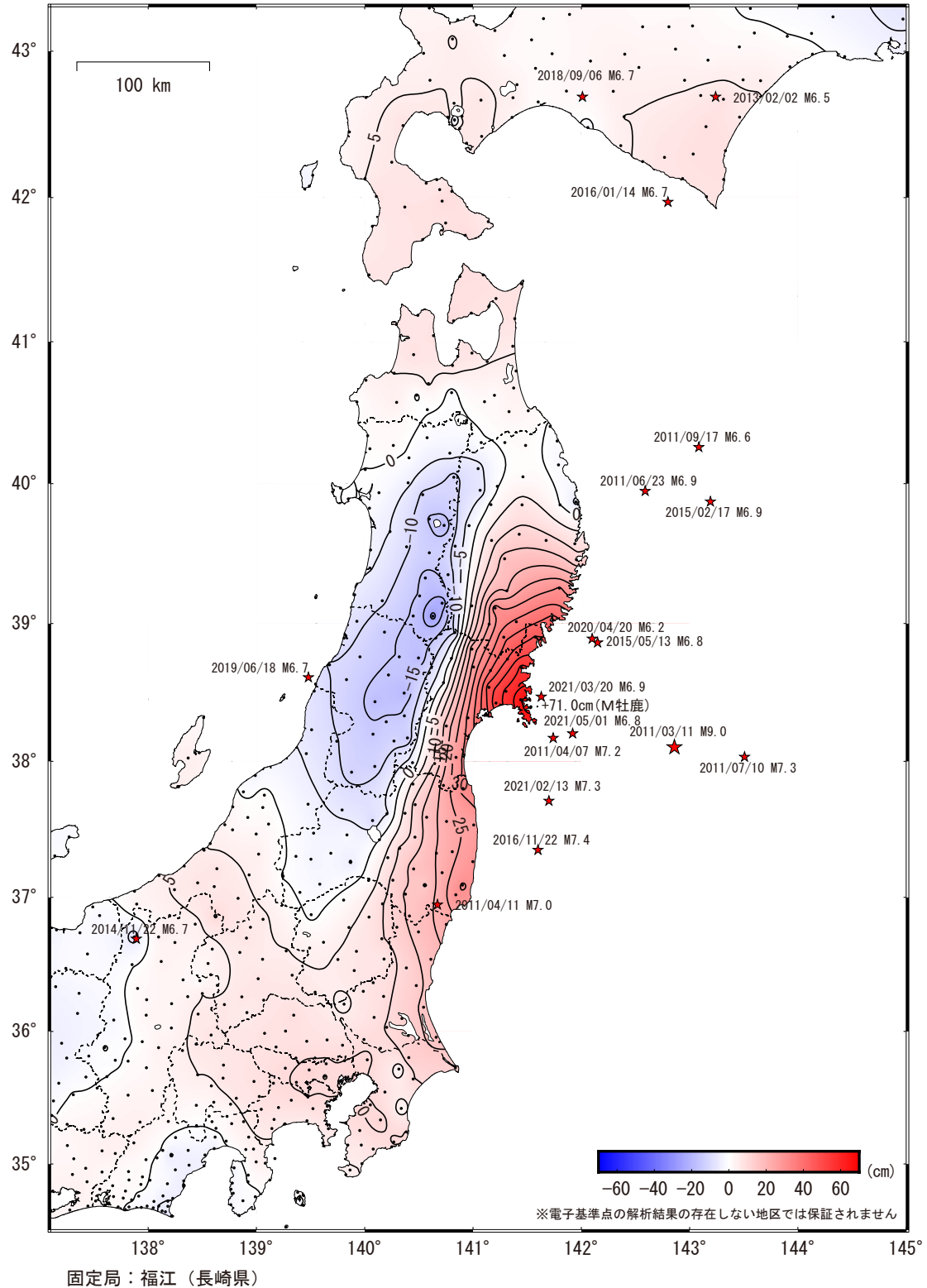
Fig. 10 Accumulated crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (vertical).

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (上下) 一累積一

岩手県南部から千葉県にかけての太平洋沿岸に隆起が、岩手県沿岸北部と奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られる。
 関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が見られる。

基準期間：2011/03/12 -- 2011/03/12 [F 5：最終解]

比較期間：2021/10/03 -- 2021/10/09 [F 5：最終解]



第 11 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の累積地殻変動 (上下、コンター)

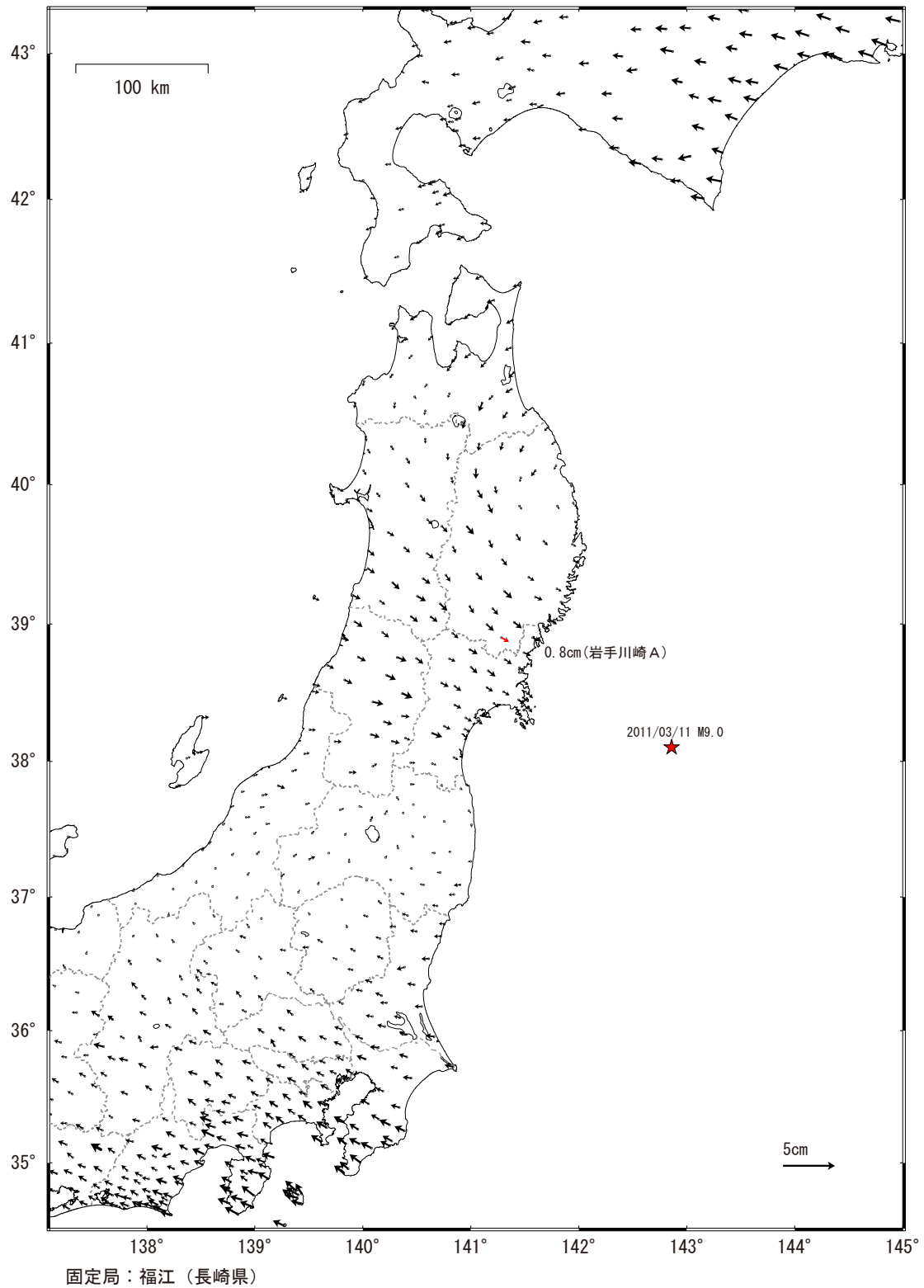
Fig. 11 Accumulated crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (vertical, contour).

東北地方太平洋沖地震（M9.0）後の地殻変動（水平）－3 か月－

東北地方を中心に東向きの変動が見られる。

基準期間：2021/07/03 ― 2021/07/09 [F 5：最終解]

比較期間：2021/10/03 ― 2021/10/09 [F 5：最終解]



第 12 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（最近 3 か月、水平）

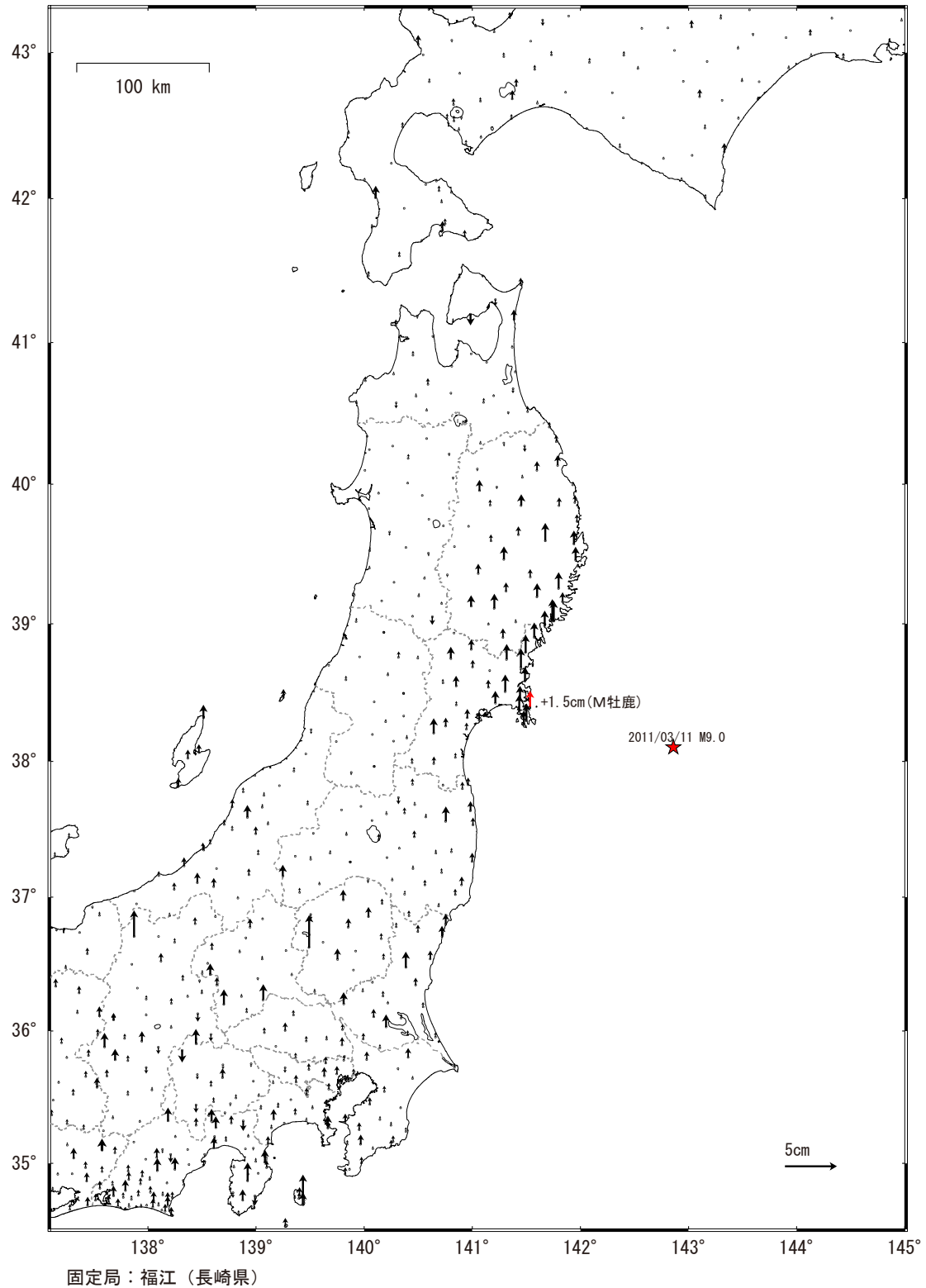
Fig. 12 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake for recent three months (horizontal).

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (上下) — 3 か月 —

ノイズレベルを超える変動は見られない。

基準期間 : 2021/07/03 — 2021/07/09 [F 5 : 最終解]

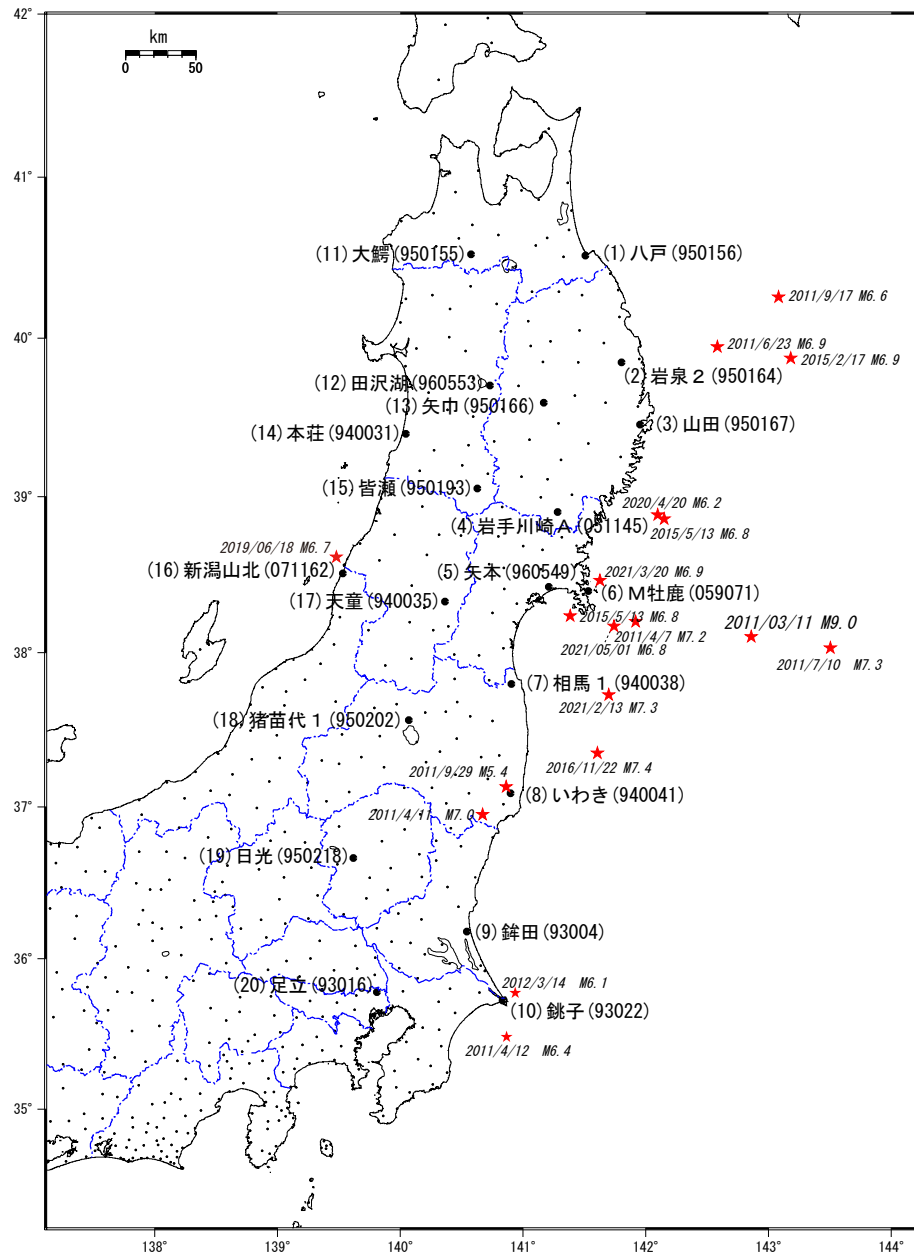
比較期間 : 2021/10/03 — 2021/10/09 [F 5 : 最終解]



第 13 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 (最近 3 か月、上下)

Fig. 13 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake for recent three months (vertical).

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（時系列） 配点図



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	点番号	点名	日付	保守内容
950156	八戸	2012/09/25	アンテナ更新	93022	銚子	2012/02/21	アンテナ更新	071162	新潟山北	2012/09/05	アンテナ更新
		2018/01/20	アンテナ交換			2020/01/30	受信機交換			2016/12/01	受信機交換
		2020/10/06	アンテナ更新	950155	大鰐	2012/10/02	アンテナ更新	940035	天童	2012/08/21	アンテナ更新
		2021/10/14	受信機交換			2017/12/04	受信機交換			2020/11/18	受信機交換
950164	岩泉2	2012/02/09	アンテナ更新	960553	田沢湖	2012/09/14	アンテナ更新			2020/11/18	受信機交換
950167	山田	2012/02/04	アンテナ更新	950166	矢巾	2012/01/26	アンテナ更新			2020/11/30	アンテナ更新
		2018/11/28	受信機交換			2019/02/15	受信機交換	950202	猪苗代1	2012/01/13	アンテナ更新
051145	岩手川崎A	2012/01/25	アンテナ更新			2019/12/10	アンテナ交換			2015/04/06	アンテナ交換
		2019/02/14	受信機交換	940031	本荘	2012/02/04	アンテナ更新			2019/11/22	周辺伐採
960549	矢本	2011/12/16	アンテナ更新			2018/11/29	受信機交換			2020/11/25	受信機交換
		2016/12/02	受信機交換	950193	皆瀬	2012/03/10	アンテナ更新	950218	日光	2012/11/13	アンテナ更新
		2019/11/13	周辺伐採			2016/11/17	周辺伐採	93016	足立	2012/12/11	アンテナ更新
940038	相馬1	2012/01/12	アンテナ更新			2019/02/21	受信機交換			2016/12/28	アンテナ交換
		2012/01/12	受信機交換	059071	M牡鹿	2016/02/18	受信機交換			2018/03/19	受信機交換
		2019/02/01	受信機交換			2019/10/16	受信機交換	950462	福江	2012/11/07	アンテナ更新
940041	いわき	2011/12/13	アンテナ更新			2018/10/31	周辺伐採			2016/02/17	受信機交換
		2013/12/05	レドーム開閉			2020/11/17	アンテナ更新			2021/02/04	受信機交換
		2017/11/01	受信機交換			2020/11/17	レドーム交換				
93004	銚田	2012/02/16	アンテナ更新								
		2019/05/09	受信機交換								
		2021/01/07	アンテナ交換								

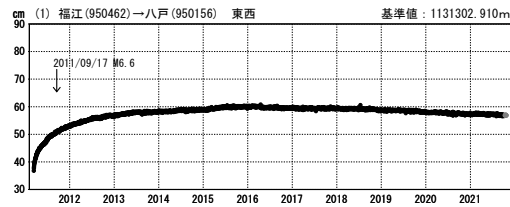
第 14 図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動（時系列） 配点図及び保守状況

Fig. 14 Time series of crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Site location map and history of maintenance).

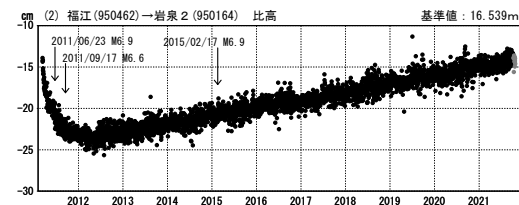
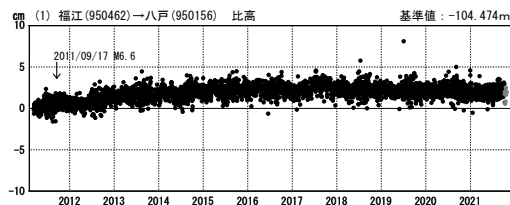
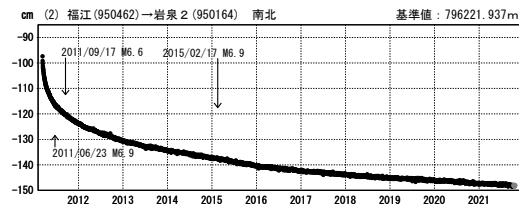
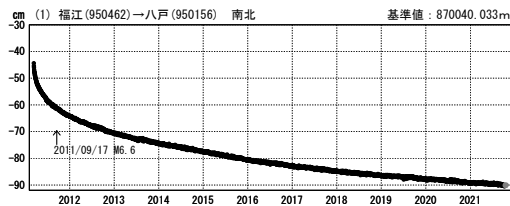
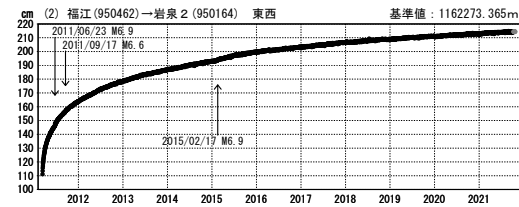
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（1）

成分変化グラフ

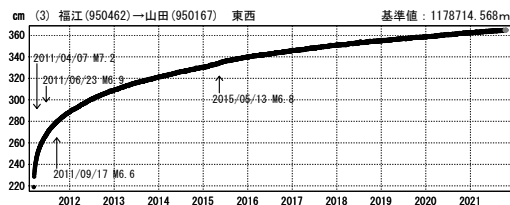
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



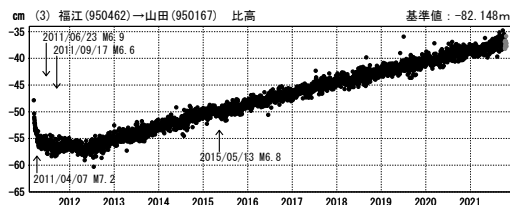
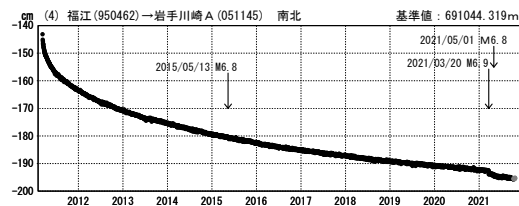
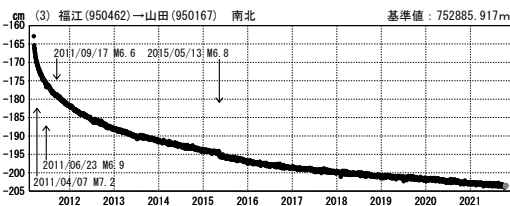
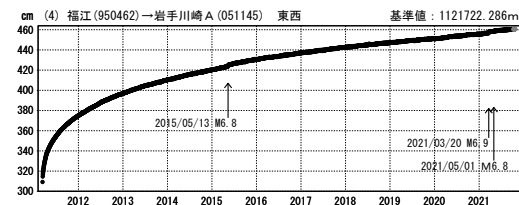
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



● — [F5:最終解] ● — [R5:速報解]

※グラフの縦軸は2011/03/10の値を0cmとした。

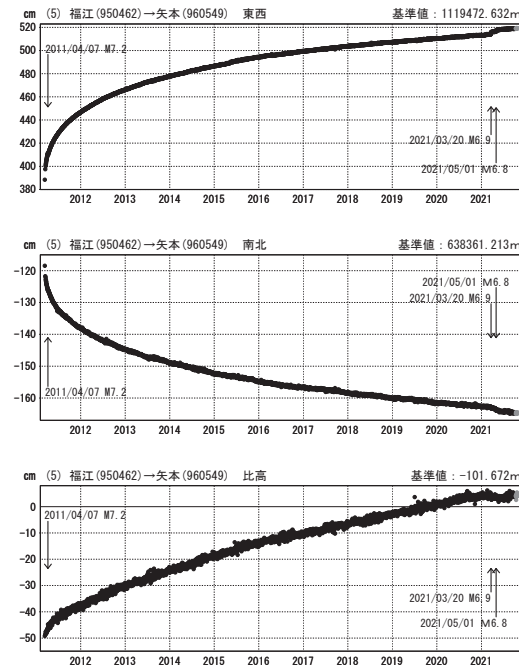
第 15 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（1/5）

Fig. 15 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (1/5).

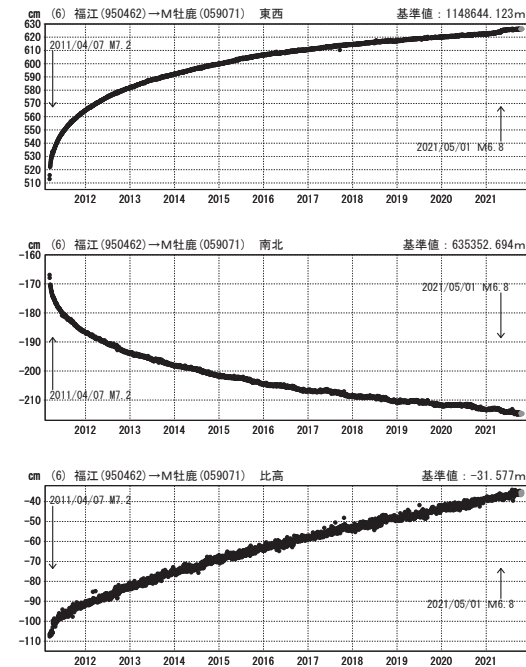
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（2）

成分変化グラフ

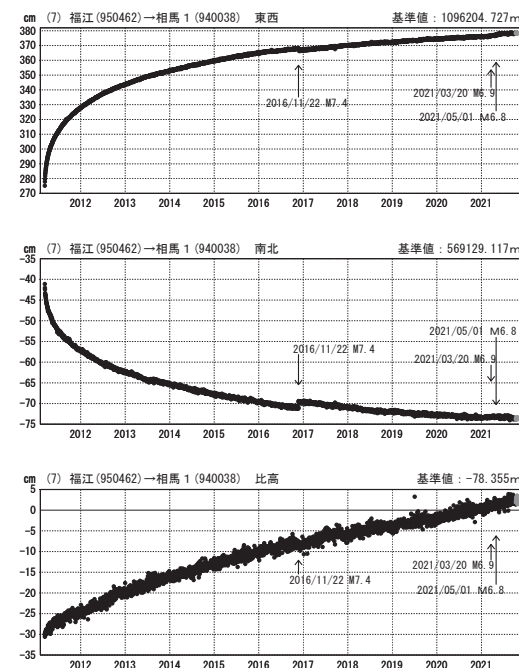
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



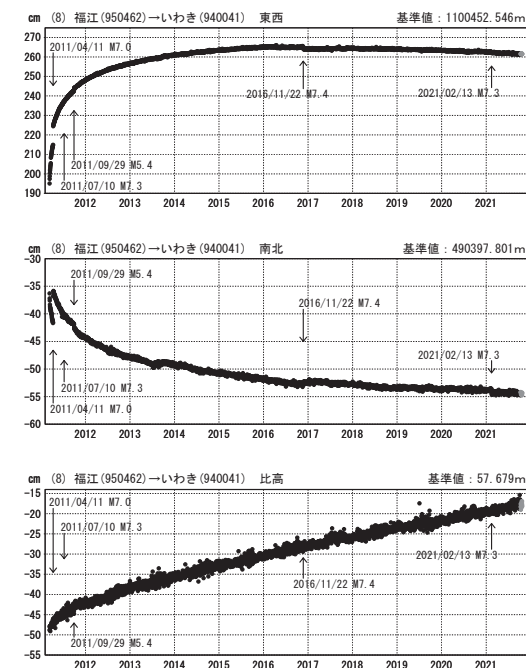
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



● — [F5:最終解] ● — [R5:速報解]

※グラフの縦軸は2011/03/10の値を0cmとした。

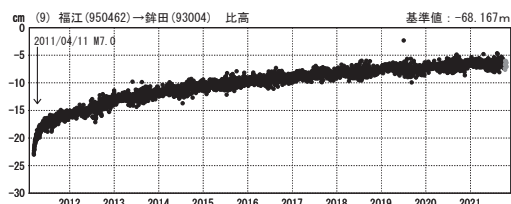
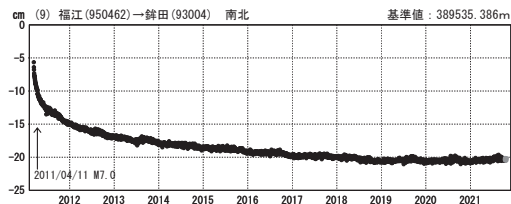
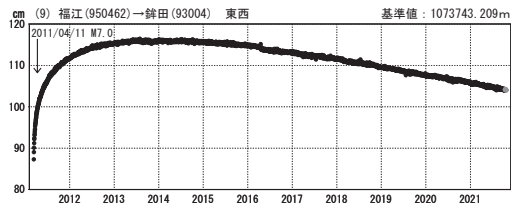
第 16 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（2/5）

Fig. 16 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/5).

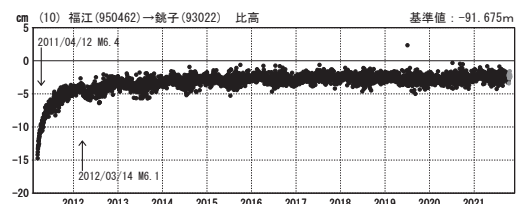
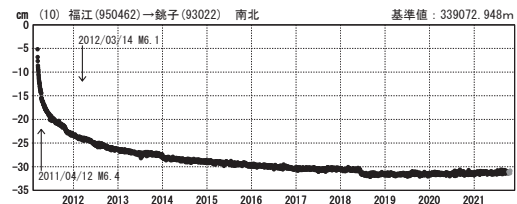
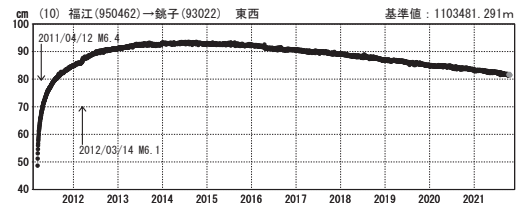
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（3）

成分変化グラフ

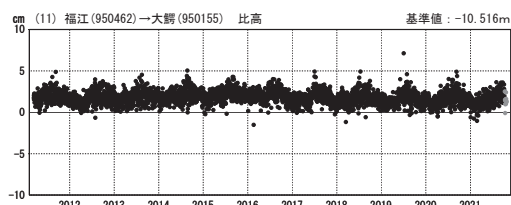
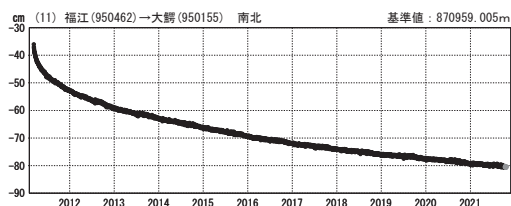
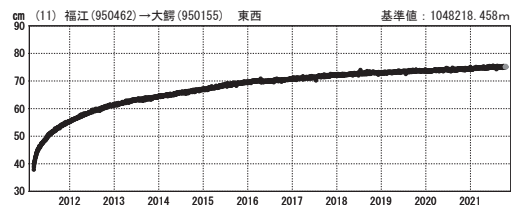
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



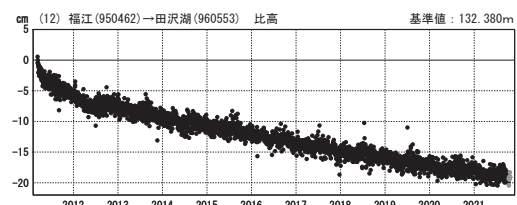
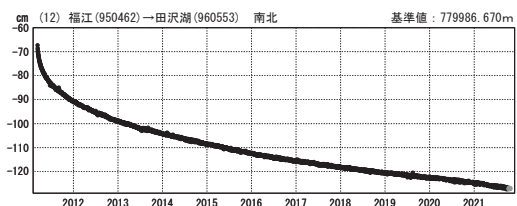
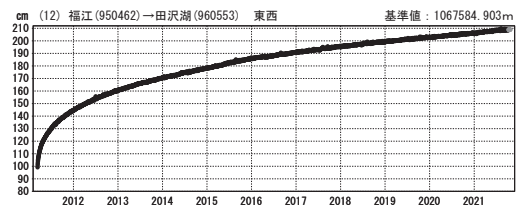
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



● — [F5:最終解] ● — [R5:速報解]

※グラフの縦軸は2011/03/10の値を0cmとした。

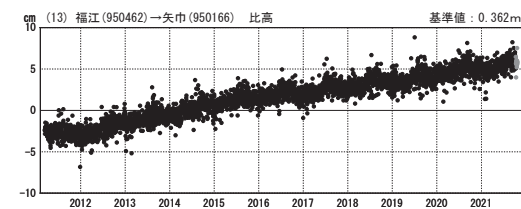
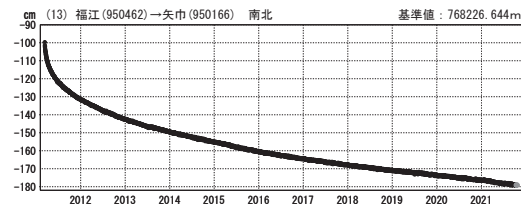
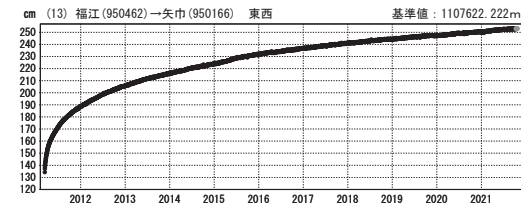
第 17 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（3/5）

Fig. 17 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (3/5).

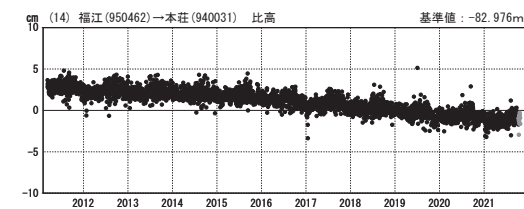
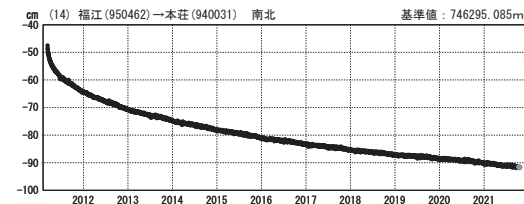
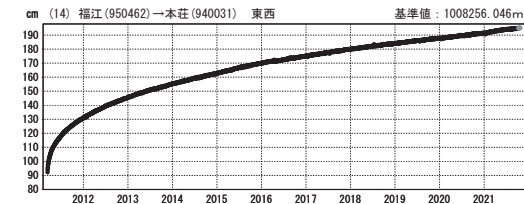
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（4）

成分変化グラフ

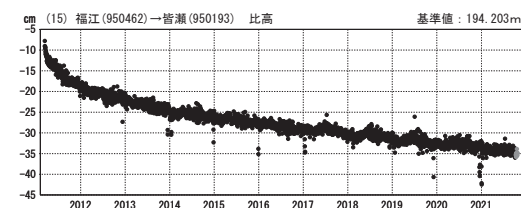
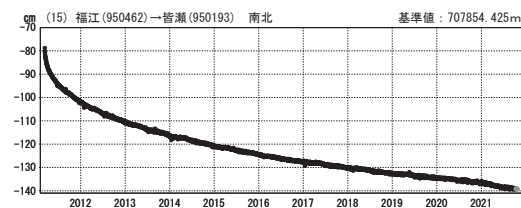
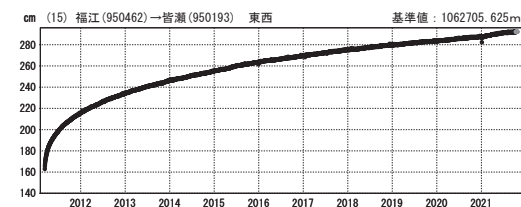
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



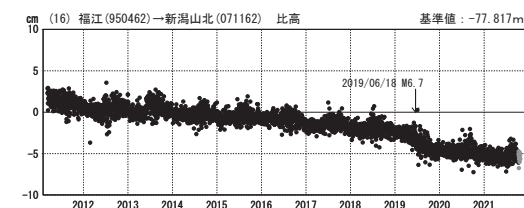
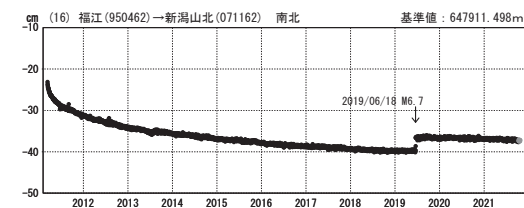
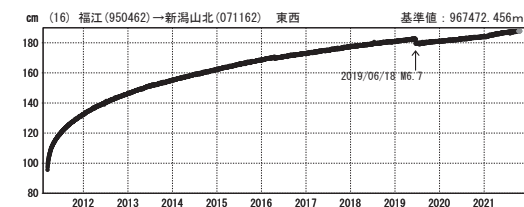
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



● — [F5:最終解] ● — [R5:速報解]

※グラフの縦軸は2011/03/10の値を0cmとした。

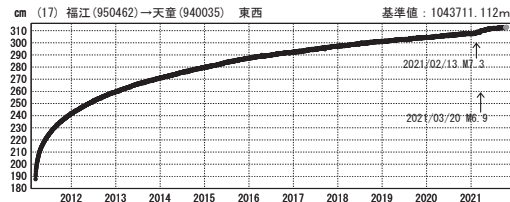
第 18 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（4/5）

Fig. 18 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (4/5).

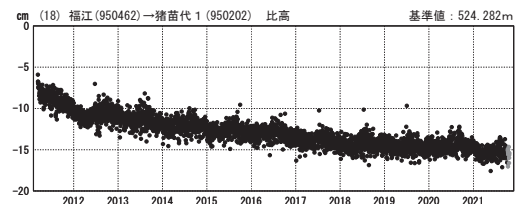
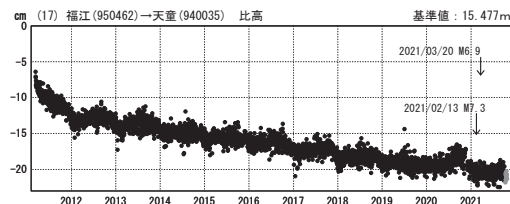
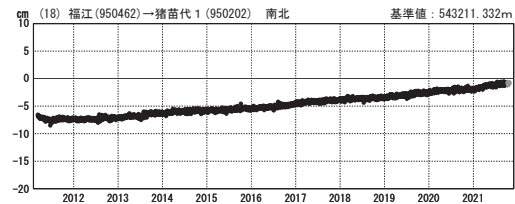
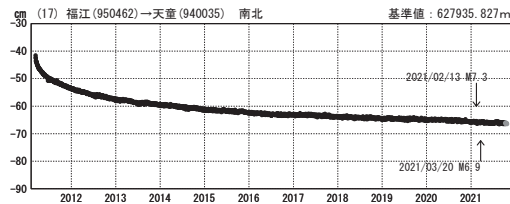
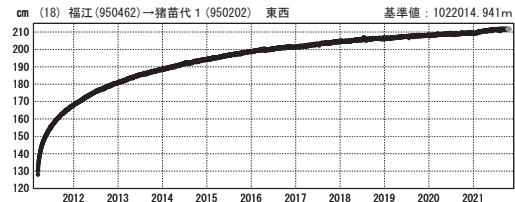
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（5）

成分変化グラフ

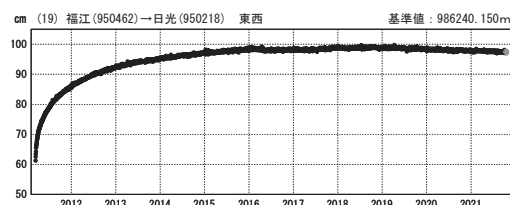
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



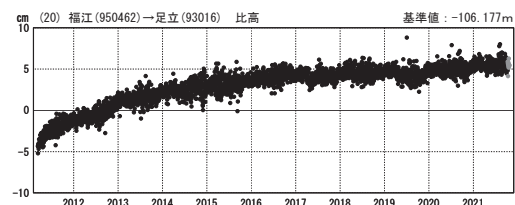
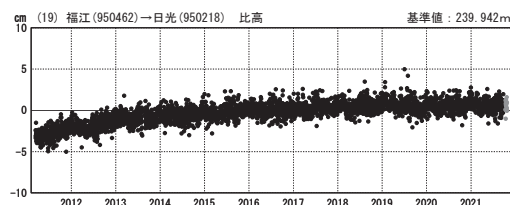
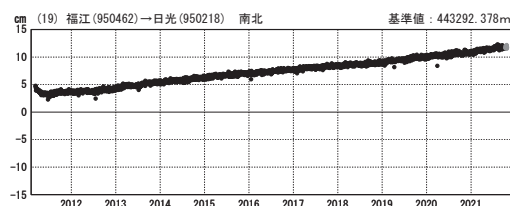
期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



期間：2011/03/12～2021/10/23 JST



● — [F5:最終解] ● — [R5:速報解]

※グラフの縦軸は2011/03/10の値を0cmとした。

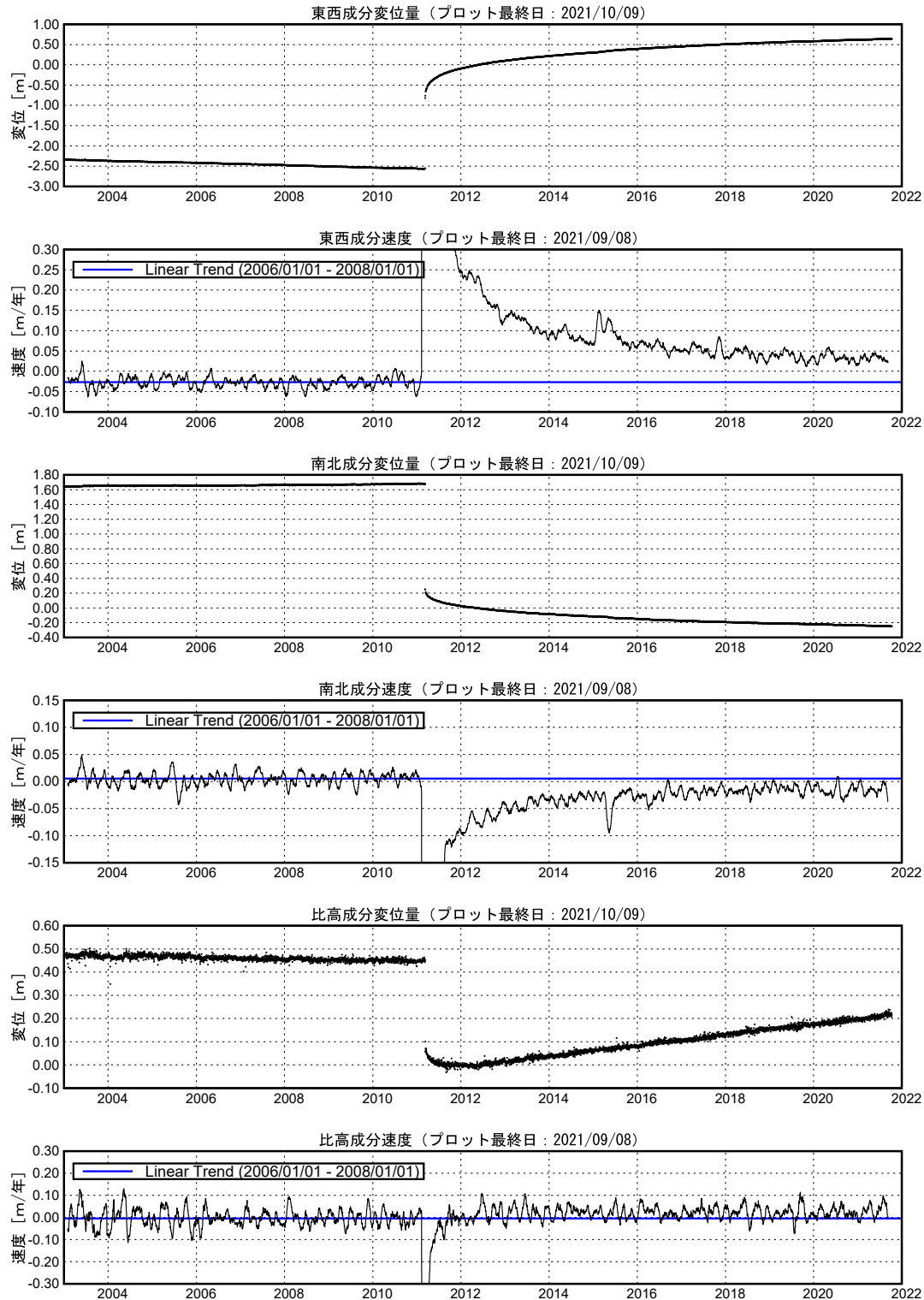
第 19 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（5/5）

Fig. 19 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (5/5).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動

東北地方太平洋沖地震後に沈降し、その後隆起に転じた。
 2015年2月17日に発生した三陸沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。
 2015年5月13日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。

三隅 (950388) -- 宮古 (940028) 間の成分変位と速度グラフ (F5版)



※成分変化率は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)

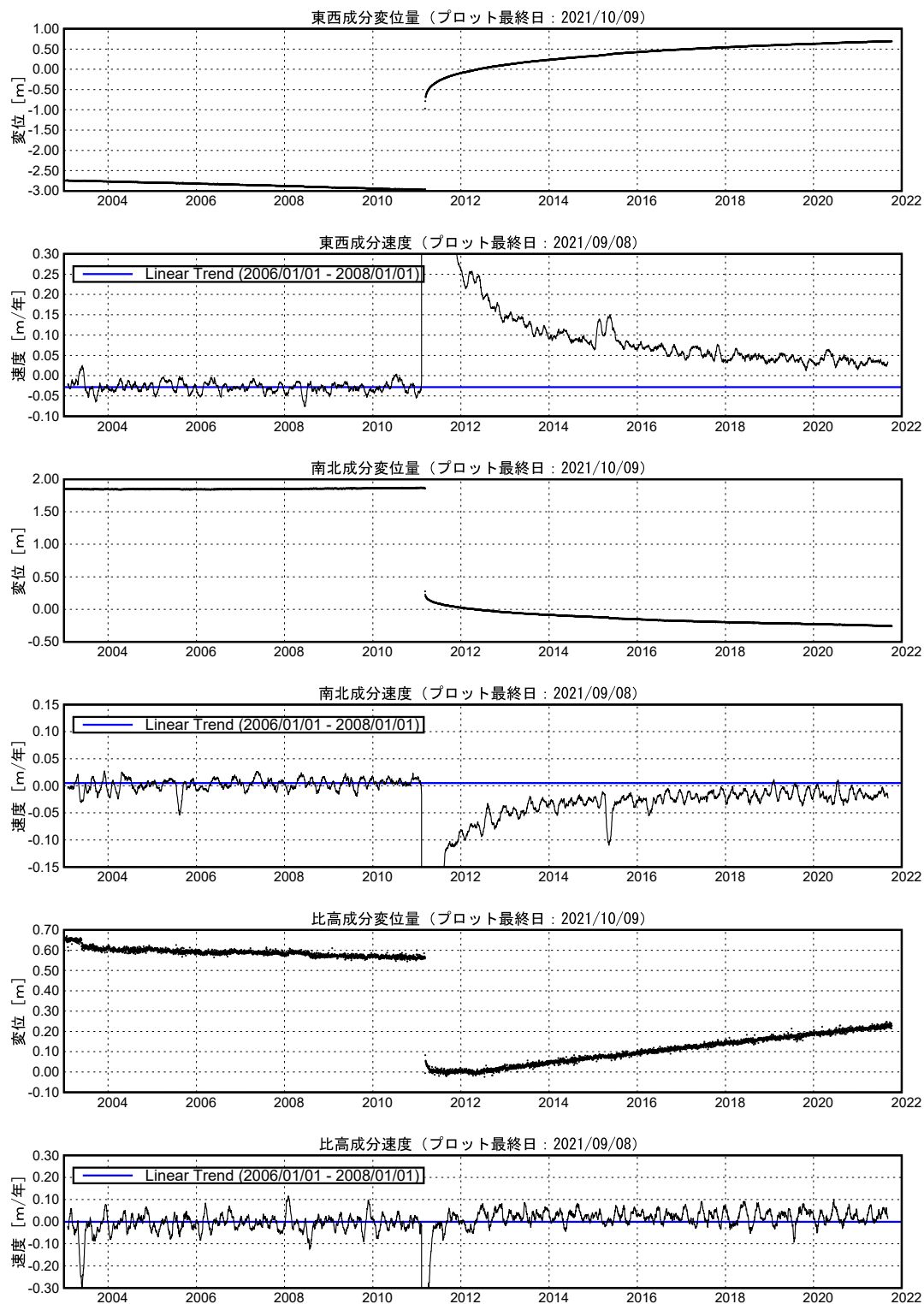
第 20 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (宮古観測点・時系列)

Fig. 20 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Miyako station.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動

東北地方太平洋沖地震後に沈降し、その後隆起に転じた。
 2015年2月17日に発生した三陸沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。
 2015年5月13日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。

三隅 (950388) -- 山田 (950167) 間の成分変位と速度グラフ (F5版)



※成分変化率は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)

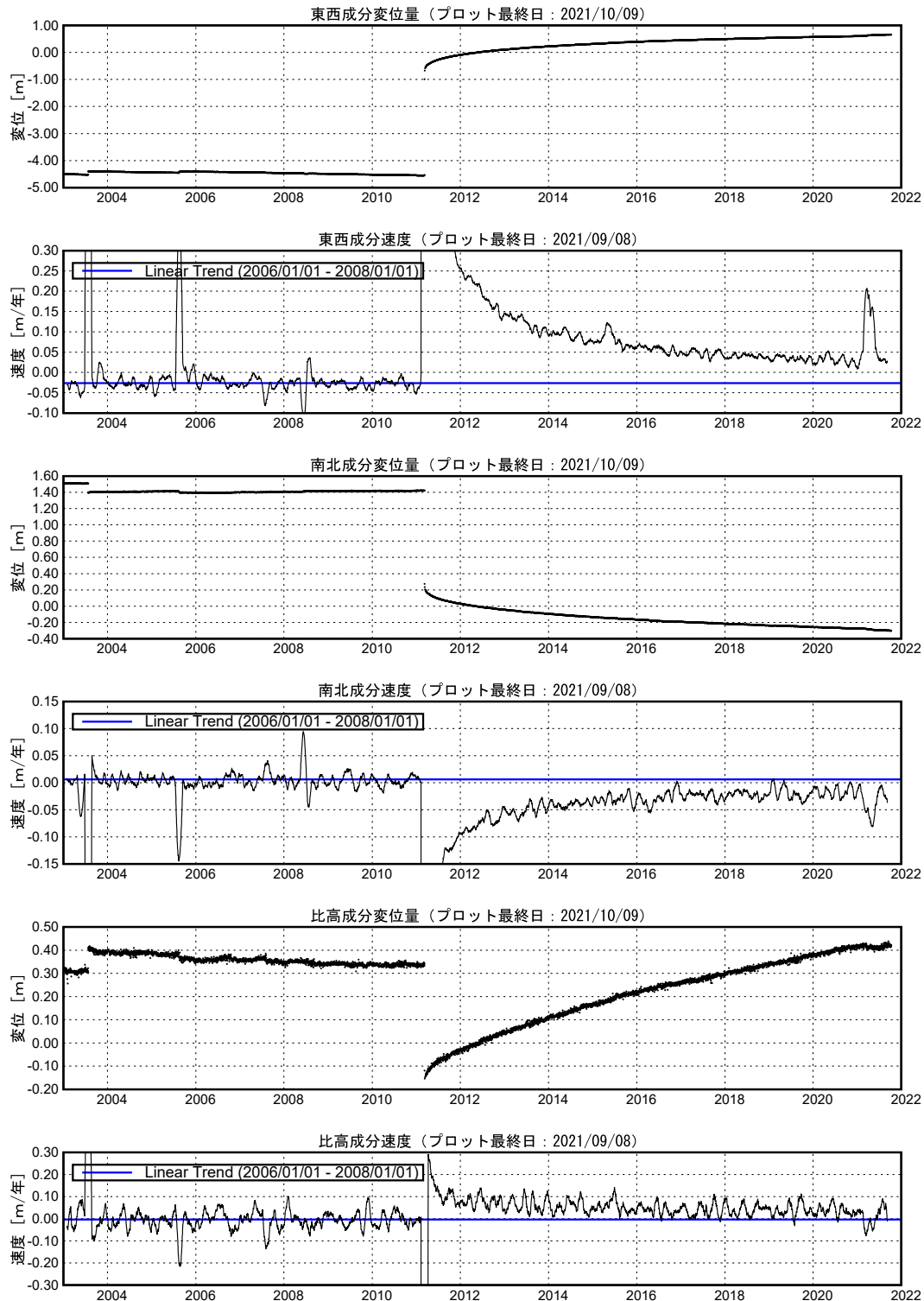
第 21 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (山田観測点・時系列)

Fig. 21 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Yamada station.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動

東北地方太平洋沖地震発生前の変動速度には戻っていない。
 2015年5月13日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。
 2021年3月20日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。
 2021年5月1日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。

三隅 (950388) -- 矢本 (960549) 間の成分変位と速度グラフ (F5版)



※成分変化率は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 22 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (矢本観測点・時系列)

Fig. 22 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Yamoto station.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動

東北地方太平洋沖地震発生前の変動速度には戻っていない

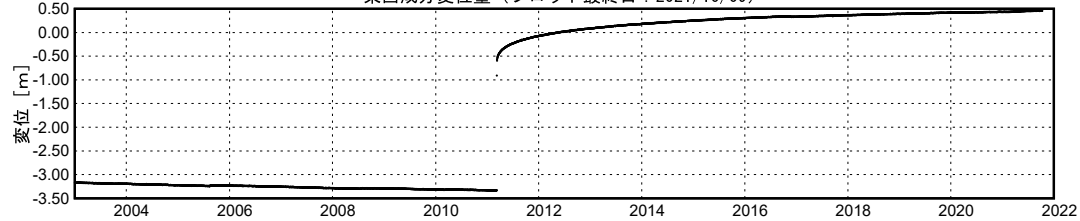
2016年11月22日に発生した福島県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる

2021年3月20日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる

2021年5月1日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる

三隅(950388) -- 相馬1(940038) 間の成分変位と速度グラフ (F5版)

東西成分変位量 (プロット最終日: 2021/10/09)



東西成分速度 (プロット最終日: 2021/09/08)



南北成分変位量 (プロット最終日: 2021/10/09)



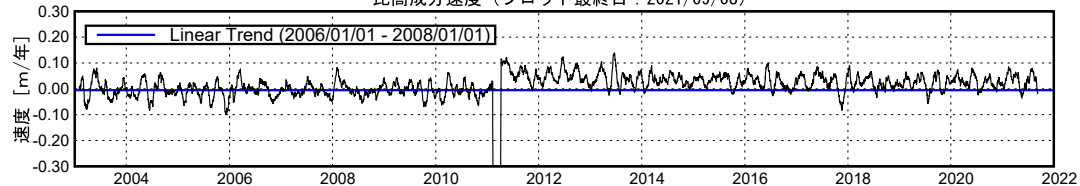
南北成分速度 (プロット最終日: 2021/09/08)



比高成分変位量 (プロット最終日: 2021/10/09)



比高成分速度 (プロット最終日: 2021/09/08)



※成分変化率は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)

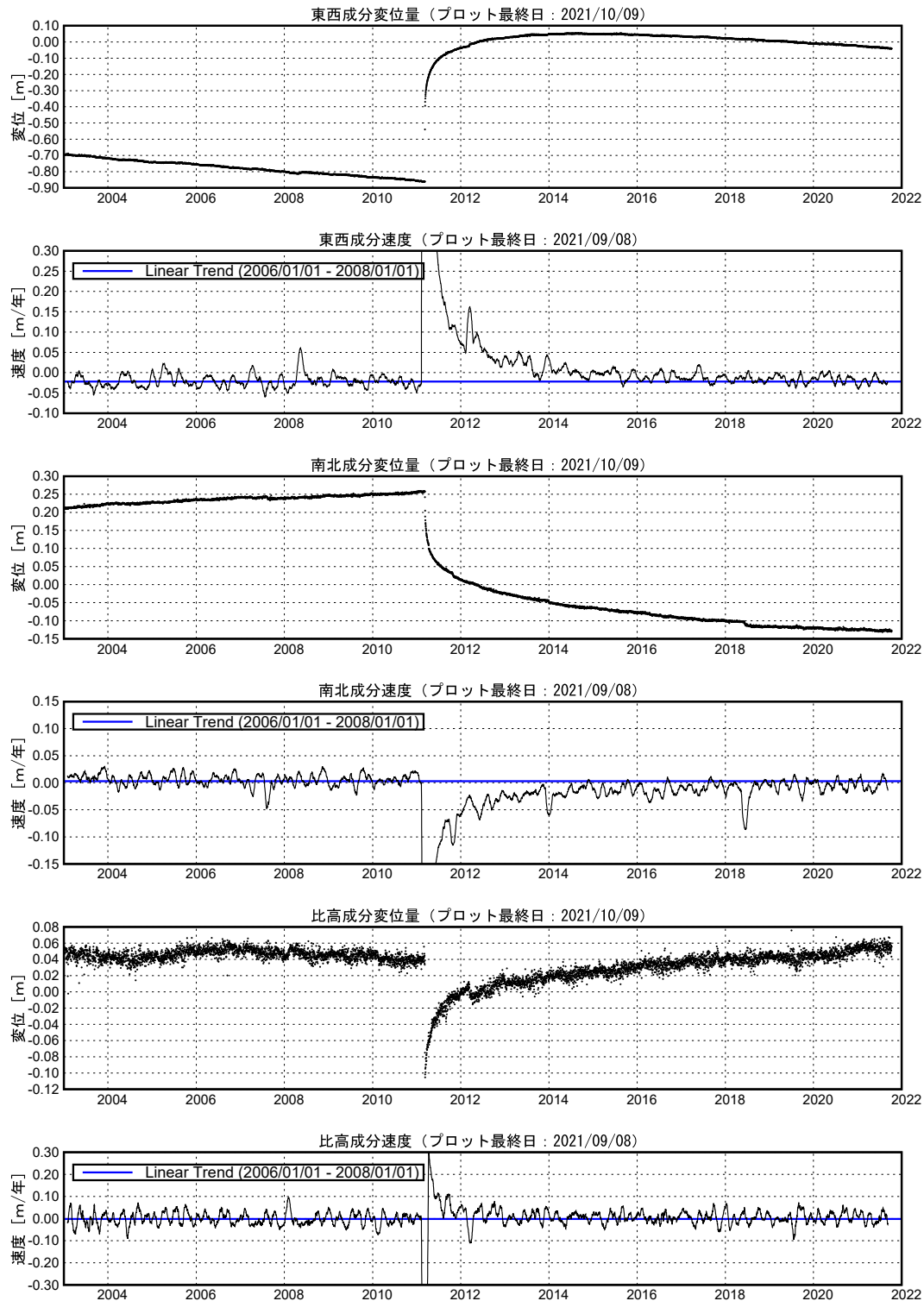
第 23 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (相馬1 観測点・時系列)

Fig. 23 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Souma-1 station.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動

東西成分及び上下成分については東北地方太平洋沖地震発生前の変動速度に戻りつつあるが、南北成分については戻っていない。
 2011年10月下旬、2014年1月上旬頃、2018年6月上旬頃に房総半島で発生したスロースリップ現象に伴う地殻変動の影響が見られる。
 2012年3月14日に発生した千葉県東方沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。

三隅 (950388) — 銚子 (93022) 間の成分変位と速度グラフ (F5版)



※成分変化率は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)

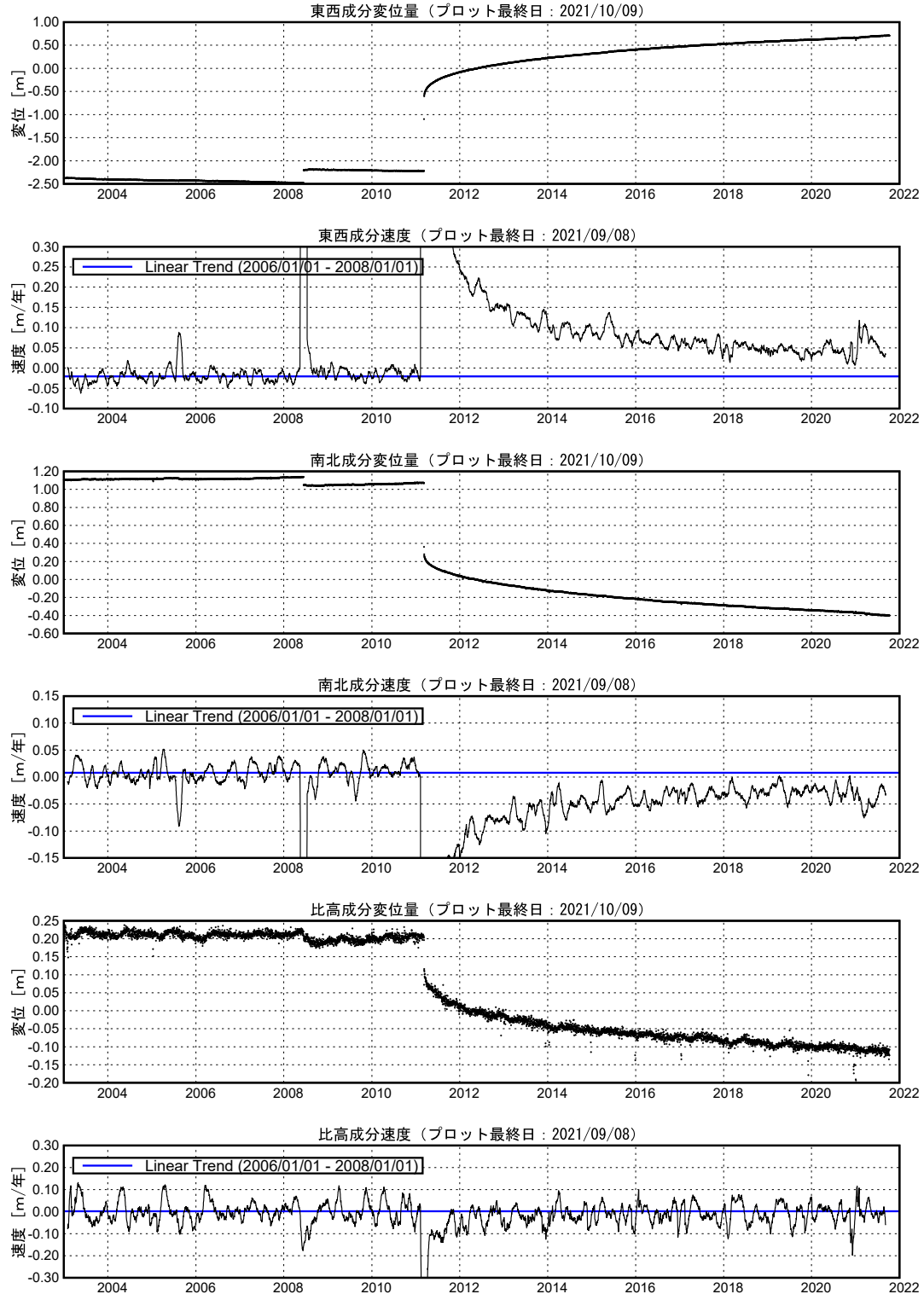
第 24 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (銚子観測点・時系列)

Fig. 24 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Choshi station.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動

東北地方太平洋沖地震発生前の変動速度には戻っていない。
 2015年5月13日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。
 2021年3月20日に発生した宮城県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。

三隅(950388) -- 皆瀬(950193) 間の成分変位と速度グラフ (F5版)



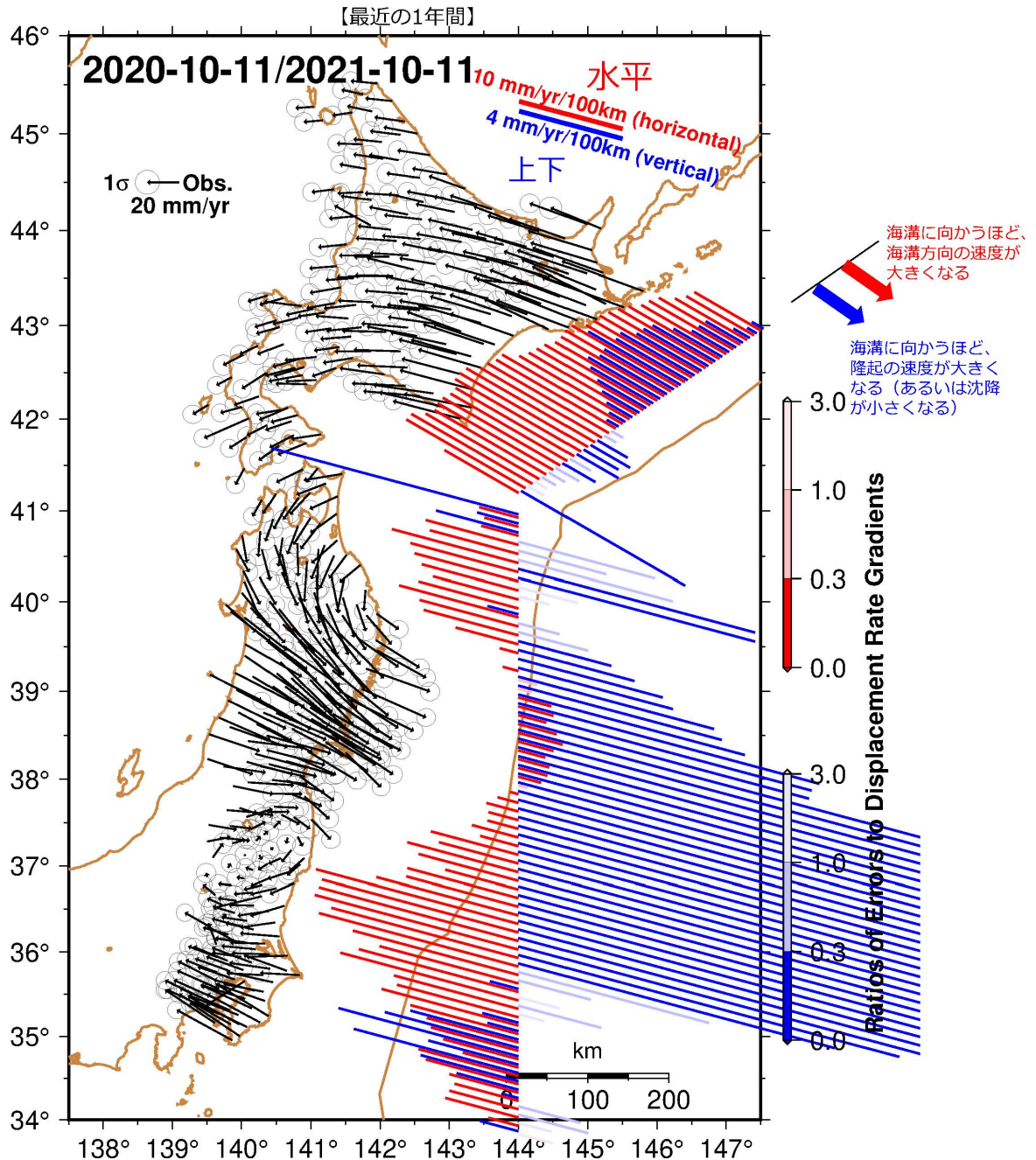
※成分変化率は60日間のデータを1日ずつずらして計算 (プロットの位置は計算に用いた期間の中間)

第 25 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (皆瀬観測点・時系列)

Fig. 25 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Minase station.

変位速度のプレート収束方向に関する水平勾配 (北海道～関東地方)

- 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる

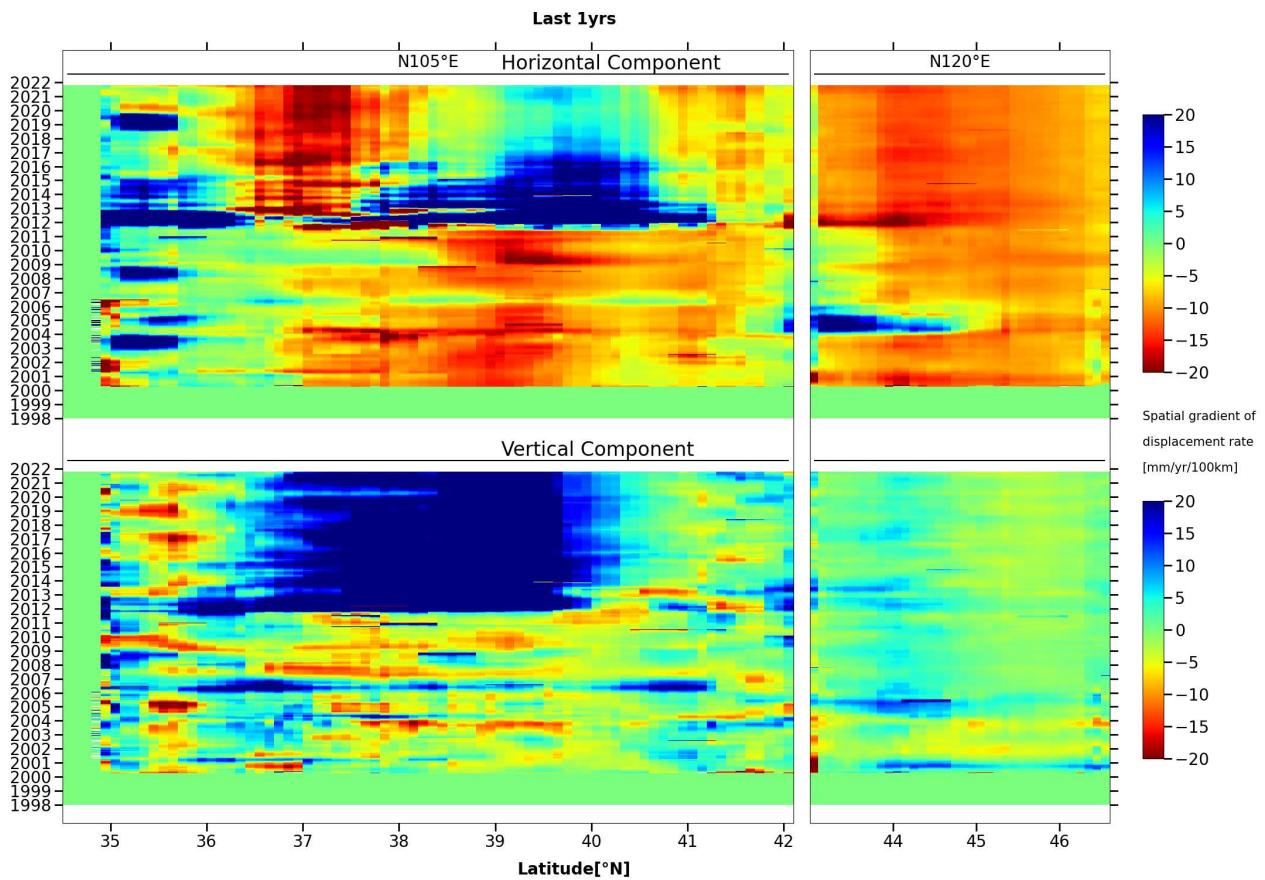


- 最近の5年間のデータから年周/半年周成分を推定して元の時系列から除去した上で、最近の1年間の変位速度を計算している。
- データ期間内に発生した地震や保守作業によるオフセットは除去している。
- 幅±30kmの各帯状領域内の観測点から変位速度の空間勾配を計算している（速度の基準は三隅）。水平成分は、プレート収束方向（北海道：N120°E、東北～関東地方：N105°E）の速度から計算している。
- 速度勾配は、海溝側ほど海溝方向、隆起の速度が大きくなる場合を正（海側）にとっている。
- 本解析は、海洋研究開発機構 飯沼卓史氏から提供頂いたプログラム(Inuma 2018)を使用している。

第 26 図 変位速度のプレート収束方向に関する水平勾配

Fig. 26 Spatial (trench-parallel) variations of the displacement rate gradients in the direction of plate convergence: horizontal and vertical rate components are shown with bars in red and blue, respectively.

変位速度のプレート収束方向に関する水平勾配の時系列 (北海道～関東地方)



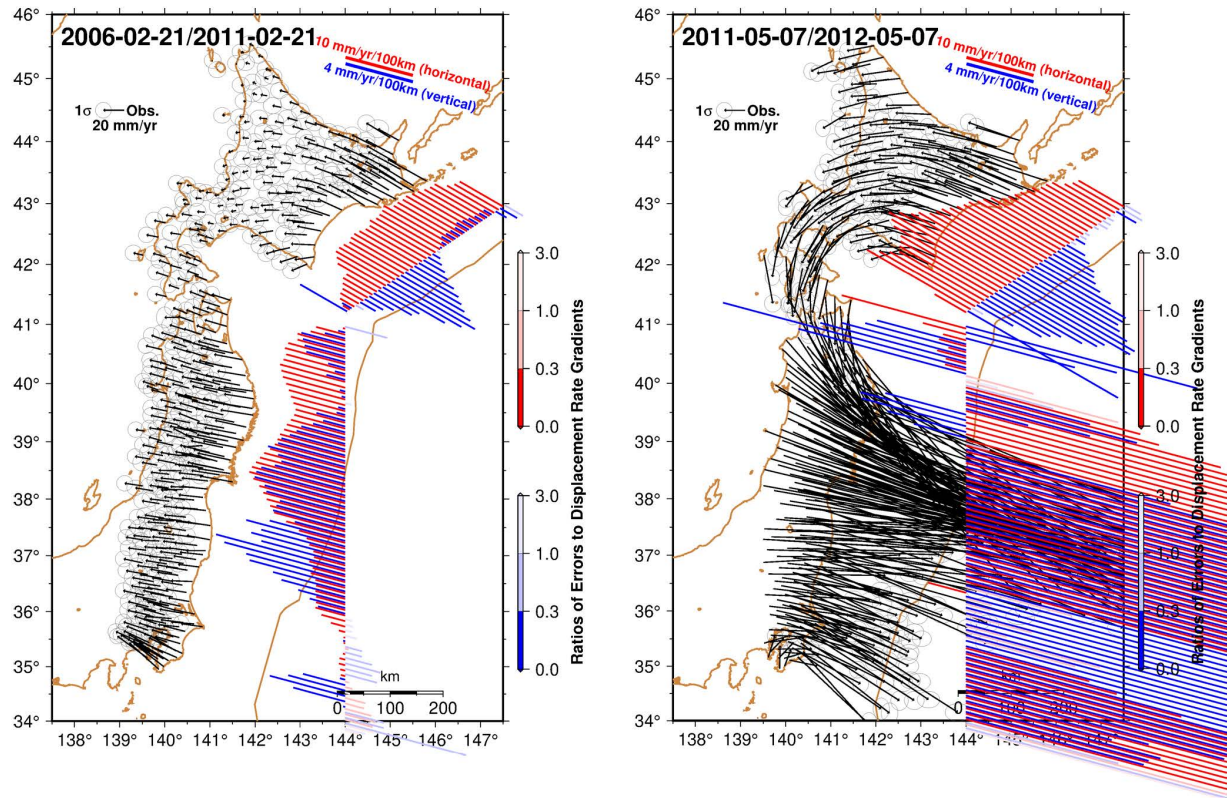
- 各帯状領域の中心線が経度140°と交わる点の緯度を、横軸にとっている
- 海溝側ほど海溝方向、隆起の速度が大きくなる場合を正にとっている。

第 27 図 変位速度のプレート収束方向に関する水平勾配（時系列）

Fig. 27 Spatio-temporal variations of the displacement rate gradients in the direction of plate convergence: horizontal (vertical) rate components are shown on top (bottom) panel.

変位速度のプレート収束方向に関する水平勾配 (北海道～関東地方) 比較用

【平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震前5年間】 【平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後1年間】



- 左の図は、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震前の5年間の期間で推定した変位速度の空間勾配を表す。
- 右の図は、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震直後の1年間の期間で推定した変位速度の空間勾配を表す。

第 28 図 変位速度のプレート収束方向に関する水平勾配（比較用）

Fig. 28 Spatial (trench-parallel) variations of the displacement rate gradients in the direction of plate convergence: (left) for five-year period of time before, and (right) for one year right after, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.