3-3 東北地方の地殻変動

Crustal Movements in the Tohoku District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

「水準測量 利府町~石巻市]

第1図は、宮城県利府町から石巻市に至る東西の路線の水準測量結果である. 利府町に対する石巻市側の隆起が見られる.

「GNSS 地震後の変動ベクトルおよび等変動量線図]

第2~6図は、東北地方太平洋沖地震後の期間における水平・上下の地殻変動について、全期間の累積および最近3ヶ月間の変動を、福江観測点を固定局として示したものである。第2~4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4月12日長野県北部の地震(M5.6、最大震度5弱、深さ約0km、横ずれ、地殻変動北東へ約2.6cm)、2011年4月12日千葉県東方沖の地震(M6.4、最大震度5弱、深さ約26km、右横ずれ、地殻変動約1cm)、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2図は地震後の全期間における水平変動の累積を示す。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。最大の変動量は、岩手川崎A観測点における約119cmである。

第3図および第4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、変動ベクトル図および等値線図で示したものである。岩手県三陸沿岸と奥羽脊梁山脈付近で沈降が見られる一方、宮城県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40cmの隆起のうちの約5cmは、2011年4月7日の宮城県沖の地震によるものである。

第5図の最近3ヶ月間の水平ベクトルには、東日本全体で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わかる.この期間における岩手川崎A観測点の変動量は2.4cmとなっている.

第6図に最近3_万月間の上下変動を示す.牡鹿半島周辺にわずかな隆起が見られるが,その他の地域では上下変動は小さくなってきており,3_万月間の変動ではノイズとの見分けがつきにくくなっている.

「GNSS 連続観測 地震前後]

第7~20図は,東北地方太平洋沖地震前後の東日本におけるGNSS連続観測時系列である.第7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8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,地震時および地震後の累積の変動量を表している.そのため,沈降した地盤が地震前の高さに戻るかどうかは、上下成分がゼロに回復するかどうかで判断できる.

第8~17図に示す太平洋岸の10観測点については、第7図に示した地震(余震や誘発地震)による跳びを自動で除去し、地震後1年間のデータを除外した期間について対数関数による近似を行った結果を示した。対数関数の適合処理においては、時定数相当の係数(以下、時定数)について、水平成分(東西成分と南北成分の二乗和平方根)を用いて推定し、これを3成分共通の値として、振幅とオフセットを推定した。時定数の単位は日である。対数曲線は地震後1400日目(約3ヶ月前)までのデータを用いて推定したものと、地震後1490日目までのデータを用いて推定したものとの2種類を示し、それぞれについて、その後のデータの対数関数による予測値からのずれを評価した。鉾田、銚子観測点の東西成分については、最近のデータに対数関数による予測よりもわずかに西向きに逸れる傾向が見られる。上下成分については、牡鹿半島周辺の観測点について、ばらつきの中心がわずかに予測よりも隆起側に逸れる傾向が見られる。原因として、プレート境界面上の滑りの減衰傾向に不均一が生じている可能性や、(対数関数のみでの近似のため)粘性緩和の影響を考慮していないことによる可能性が考えられる。

[GNSS 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動速度]

第21~24図は、三隅観測点に対する山田、矢本、相馬1、銚子観測点の変位と変動速度を時系列で示したものである。どの観測点についても、水平変動速度は徐々に減衰しつつあるが、地震前のレベルには戻っておらず、余効変動が継続していることがわかる。上下変動速度は、銚子観測点については元の速度に戻りつつあるが、その他の観測点については、地震後の隆起傾向が続いている。なお、第21図に示される三隅一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によるものである。また、第24図に示される三隅一銚子基線の変化のうち、南北成分の速度に2011年秋および2014年初頭に見られる一時的な変化は、2011年10月下旬頃から11月上旬頃までの期間および2014年上旬頃に発生したSSEに伴う地殻変動の影響、東西成分速度の2012年3月頃に見られる最近の増加傾向は、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。

[三陸沖の地震(2/17 M6.9) に伴う地殻変動]

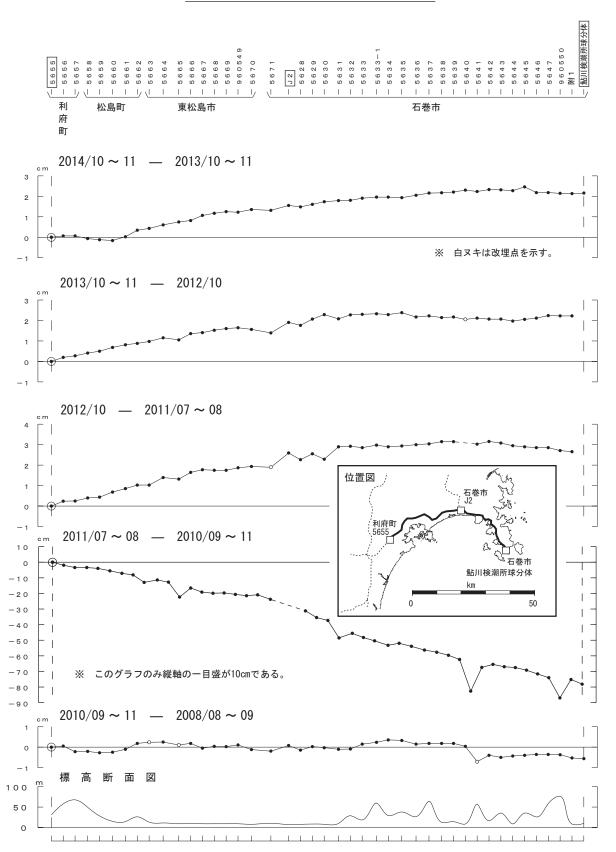
第25~26図は、2015年2月17日に発生した三陸沖の地震(M6.9、最大震度4)に伴うGNSS連続観測による水平変動ベクトル図および基線変化グラフである.この地震に伴い、東南東方向にわずかな地殻変動が観測された.

[宮城県沖の地震(5/13 M6.8)に伴う地殻変動]

第27図は、2015年5月13日に発生した三陸沖の地震(M6.8、最大震度 5 強)に伴うGNSS連続観測による水平変動ベクトル図および基線変化グラフである。この地震に伴い、大船渡観測点(岩手県)やS陸前高田観測点(宮城県)で東南東方向に約2cmなど、岩手県から宮城県の太平洋岸を中心に地殻変動が観測された。

利 府 町 ~ 石 巻 市 間 の 上 下 変 動

利府町に対する石巻市側の隆起が見られる.

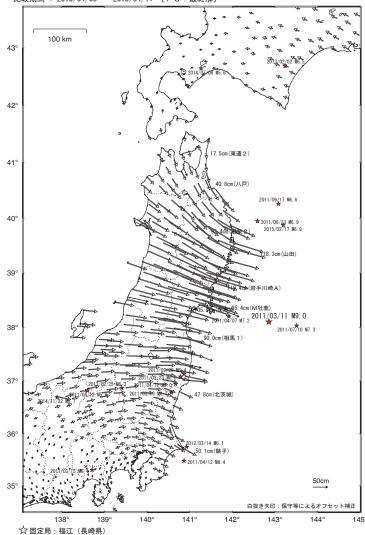


第1図 利府町~石巻市間の上下変動

Fig.1 Results of leveling survey from Rifu town to Ishinomaki city.

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 [F3: 最終解] 比較期間: 2015/04/05 -- 2015/04/11 [F3: 最終解]



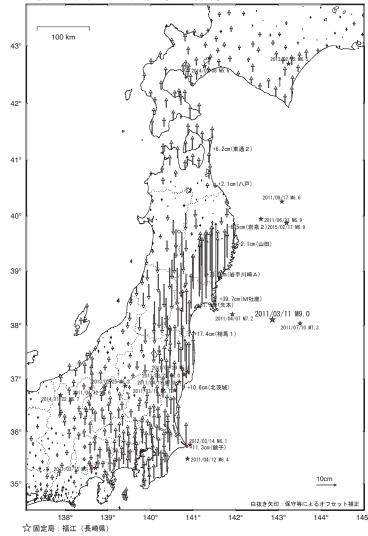
第2図 2011年東北地方太平洋沖地震後の累積地殻変動(水平)

Fig. 2 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)一累積一

宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸に隆起が、岩手県沿岸と奥羽背梁山脈付近に沈隆が見られる。 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 [F3: 最終解] 比較期間: 2015/04/05 — 2015/04/11 [F3: 最終解]



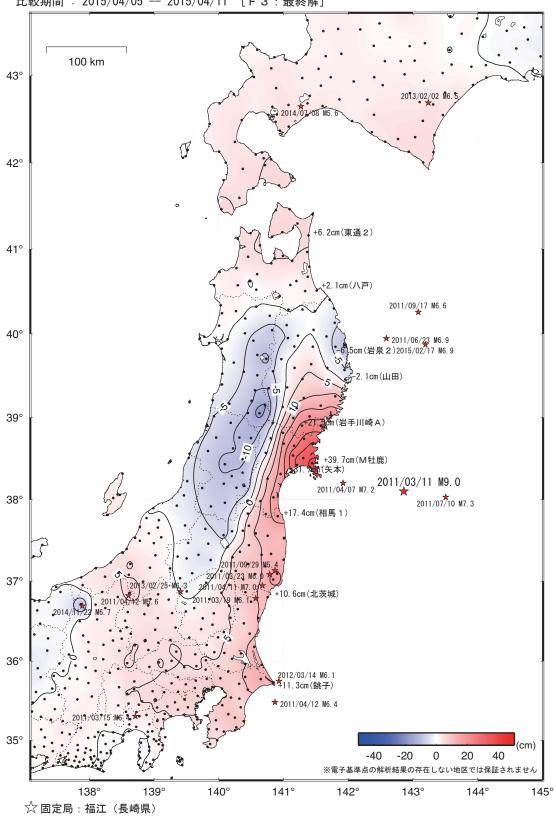
第3図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の累積地殻変動(上下)

Fig. 3 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-

宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸に隆起が、岩手県沿岸と奥羽背梁山脈付近に沈降が見られる。

基準期間 : 2011/03/12 -- 2011/03/12 [F3:最終解] 比較期間 : 2015/04/05 -- 2015/04/11 [F3:最終解]

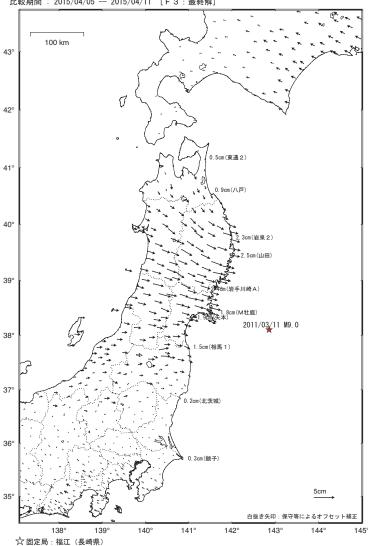


第4図 2011年東北地方太平洋沖地震後の累積地殻変動(上下、コンター)

Fig. 4 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)一3ヶ月一 東北地方を中心に東向きの変動が見られる。

基準期間: 2015/01/05 -- 2015/01/11 [F3:最終解] 比較期間: 2015/04/05 -- 2015/04/11 [F3:最終解]

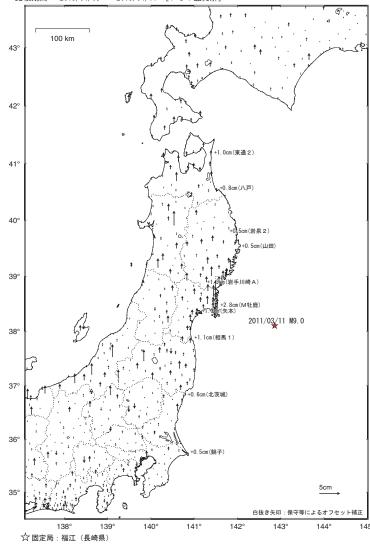


第5図 2011年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(最近3ヶ月、水平) Fig. 5 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

(three months, horizontal displacement).

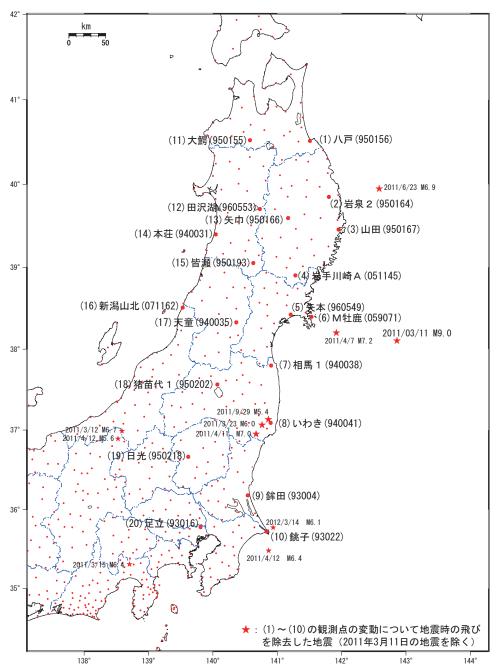
東北地方太平洋沖地震(M9.0)後の地殻変動(上下)一3ヶ月一 宮城県付近の一部観測局で降起傾向が見られるが、その大きさは小さくなってきている。

基準期間: 2015/01/05 -- 2015/01/11 [F3:最終解] 比較期間: 2015/04/05 -- 2015/04/11 [F3:最終解]



第6図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(最近 3 ヶ月、上下) Fig. 6 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (three months , vertical displacement).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動(対数関数近似・時系列) 配点図



各観測局情報

点番号	点 名	日 付	保守内容
950101	八戸	2012/09/25	アンテナ更新
950164	岩泉2	2012/02/09	アンテナ更新
950167	山田	2012/02/04	アンテナ更新
051145	岩手川崎A	2012/01/25	アンテナ更新
960549	矢本	2011/12/16	アンテナ更新
940038	相馬1	2012/01/12	アンテナ更新
		2014/11/20	受信機交換
940041	いわき	2011/12/13	アンテナ更新
		2013/12/05	レドーム開閉
93004	鉾田	2012/02/16	アンテナ更新
93022	銚子	2012/02/21	アンテナ更新
950462	福江	2012/11/07	アンテナ更新

点番号	点 名	日 付	保守内容
950155	大鰐	2012/10/02	アンテナ更新
960553	田沢湖	2012/09/14	アンテナ更新
950166	矢巾	2012/01/26	アンテナ更新
940031	本荘	2012/02/04	アンテナ更新
950193	皆瀬	2012/03/10	アンテナ更新
071162	新潟山北	2012/09/05	アンテナ更新
940035	天童	2012/08/21	アンテナ更新
950202	猪苗代1	2012/01/13	アンテナ更新
950218	日光	2012/11/13	アンテナ更新
93016	足立	2012/12/11	アンテナ更新

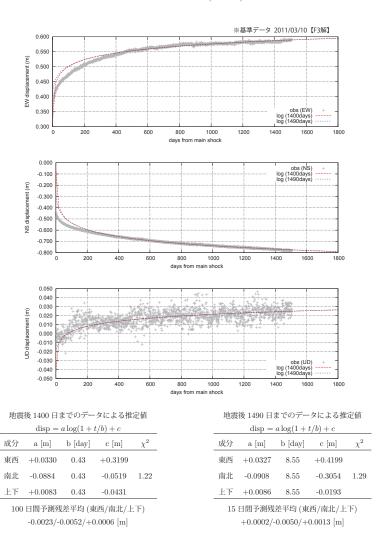
第7図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動(時系列) 配点図

Fig. 7 Time series of crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Site location map).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似 (1) 地震後 366 日間のデータを除外して推定

表示期間 $2011/03/12 \sim 2015/04/25$ 【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - 八戸 (950156)



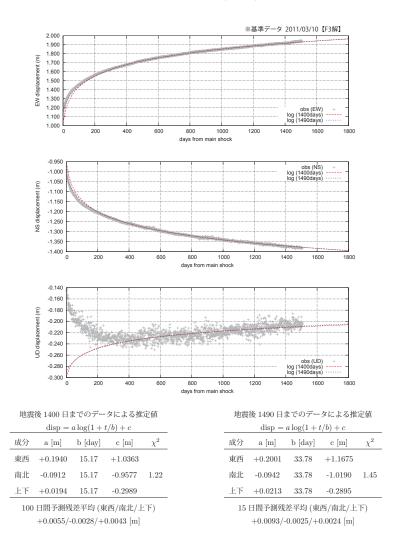
第8図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 8 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (1/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似 (2) 地震後 366 日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - 岩泉 2 (950164)



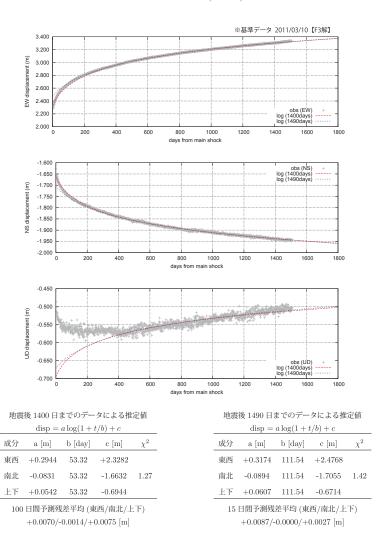
第9図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 9 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似 (3) 地震後 366 日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3解/R3解】

福江 (950462) - 山田 (950167)



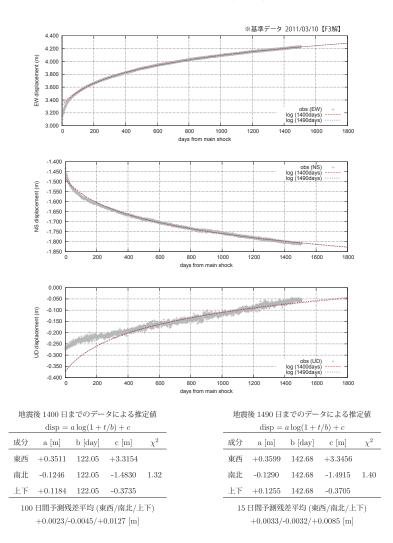
第10図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 10 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (3/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似(4) 地震後366日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - 岩手川崎A (051145)



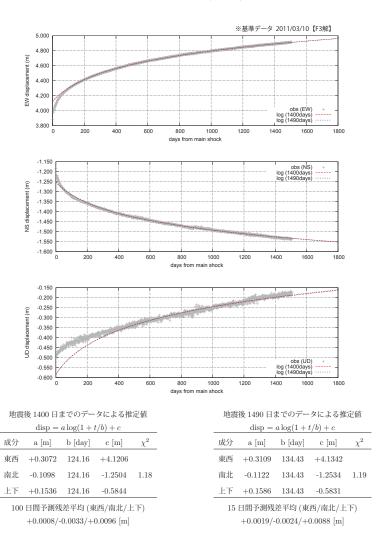
第11図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 11 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (4/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似(5) 地震後366日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - 矢本 (960549)



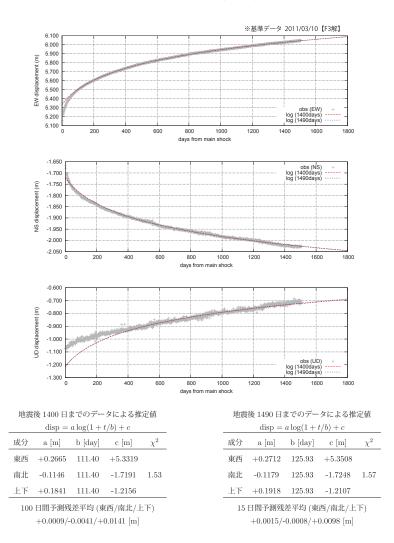
第12図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 12 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (5/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似(6) 地震後366日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - M牡鹿 (059071)



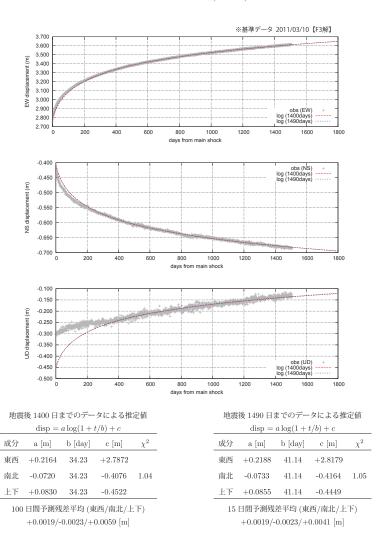
第13図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 13 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (6/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似 (7) 地震後 366 日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - 相馬1 (940038)



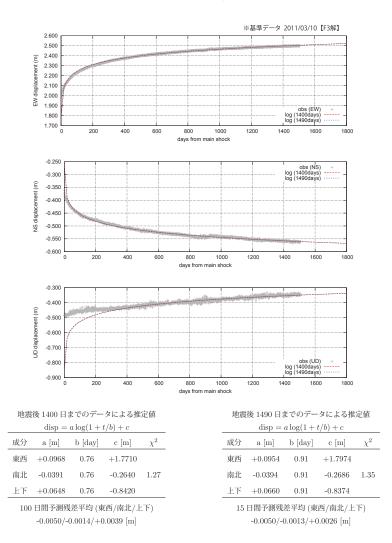
第14図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 14 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (7/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似(8) 地震後366日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - いわき (940041)



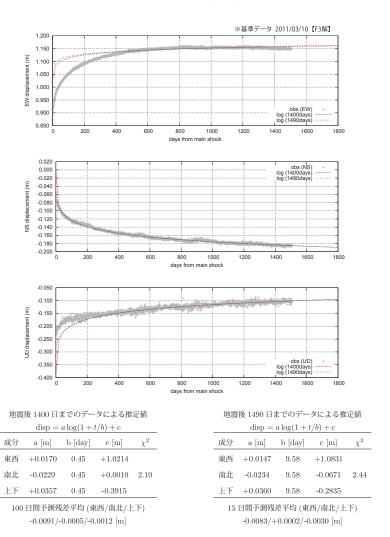
第15図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 15 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (8/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似 (9) 地震後 366 日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - 鉾田 (93004)



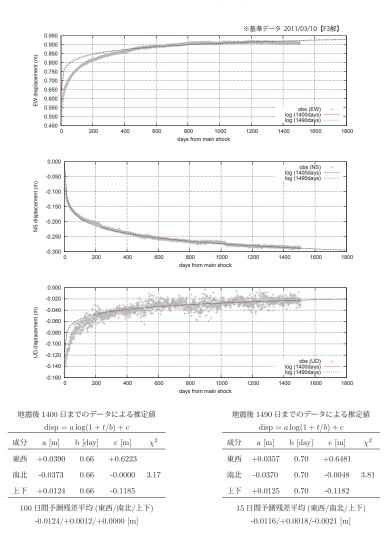
第16図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 16 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (9/10).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 対数関数近似 (10) 地震後 366 日間のデータを除外して推定

表示期間 2011/03/12 ~ 2015/04/25【F3 解/R3 解】

福江 (950462) - 銚子 (93022)

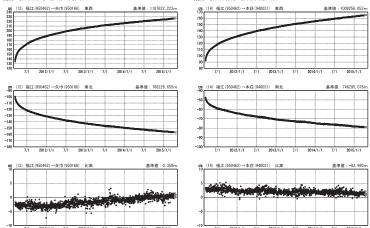


第17図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 17 Logarithmic function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (10/10).

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: 2011/03/12~2015/04/25 JST 期間: 2011/03/12~2015/04/25 JST cm (12) 福江(950462) →田沢湖(960553) 東西 1) 福江(950462)→大髒(950155) 東西 基準値: 1067584, 912n (11) 福江(950462)→大幅(950155) 比高 基準值:-10.520m 1 (12) 福江(950462)→田沢湖(960553) 比高 基準値: 132 372m 7/1 2013/1/1 7/1 2014/1/1 7/1 2015/1/1 期間: 2011/03/12~2015/04/25 JST 期間: 2011/03/12~2015/04/25 JST 基準值:1107622,223m 14) 福江(950462)→本荘(940031) 東西 基準値: 1008256,053r



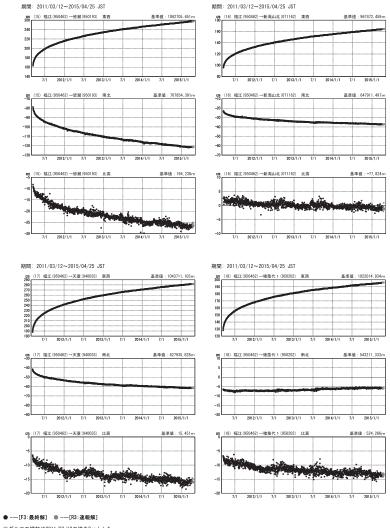
● ---[F3:最終解] ● ---[R3:速報解] ※グラフの縦軸は2011/03/10の値を0cmとした.

第18図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

Fig. 18 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (1/3).

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



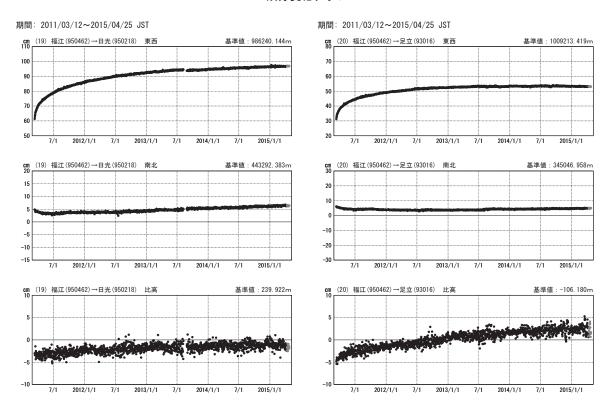
※グラフの縦軸は2011/03/10の値を0cmとした.

第19図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

Fig. 19 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/3).

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



● ---[F3:最終解] ● ---[R3:速報解]

※グラフの縦軸は2011/03/10の値を0cmとした.

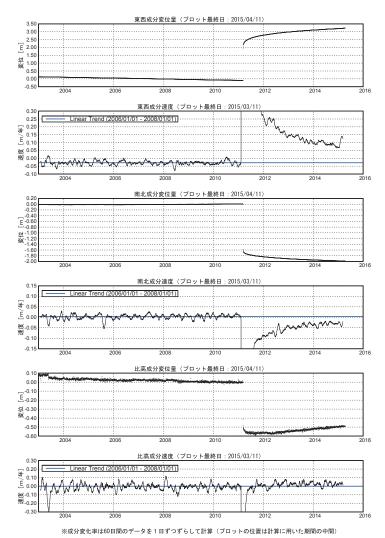
第20図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

Fig. 20 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (3/3).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

東北地方太平洋沖地震後に沈降し、その後降起に転じた。 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.

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

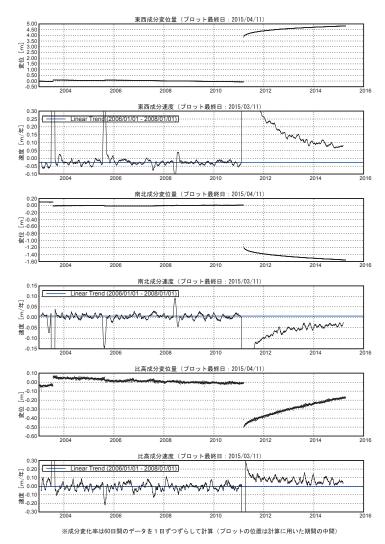


第21図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (山田観測点・時系列)

Fig. 21 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area (Time series at Yamada site) (1/4).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 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。

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

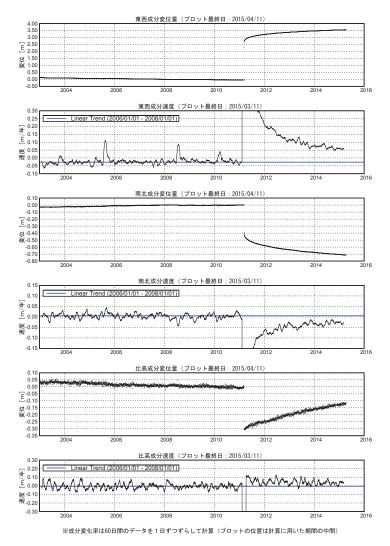


第22図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (矢本観測点・時系列)

Fig. 22 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area (Time series at Yamoto site) (2/4).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 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。

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



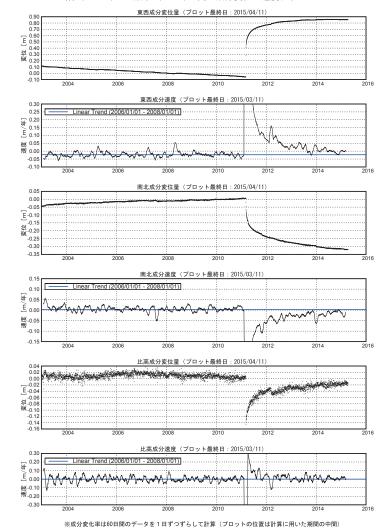
第 23 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (相馬 1 観測点・時系列)

Fig. 23 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area (Time series at Souma 1 site) (3/4).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

ト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ってきたが、水平成分については戻っていない 2011年10月下旬頃から11月上旬頃、2014年1月上旬頃に発生したスロースリップ現象に伴う非定常な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

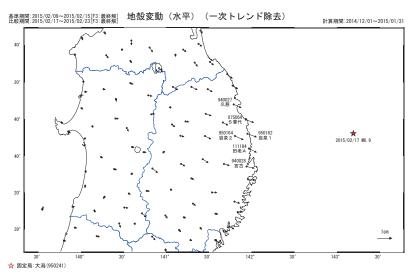


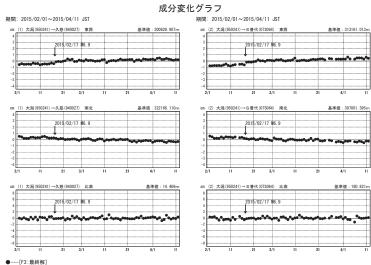
第 24 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (銚子観測点・時系列)

Fig. 24 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area (Time series at Choshi site) (4/4).

三陸沖の地震(2月17日 M6.9)前後の観測データ (1)

この地震に伴いわずかな地殻変動が観測された...



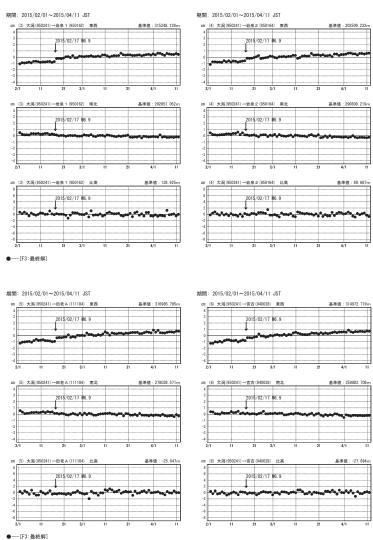


第 25 図 2015 年 2 月 17 日三陸沖の地震 (M6.9) に伴う地殻変動: 水平・3 成分 時系列グラフ

Fig. 25 Crustal deformation associated with the M6.9 off the Sanriku earthquake on February 17, 2015 (1/2): horizontal and 3 components time series.

三陸沖の地震(2月17日 M6.9)前後の観測データ (2)

成分変化グラフ

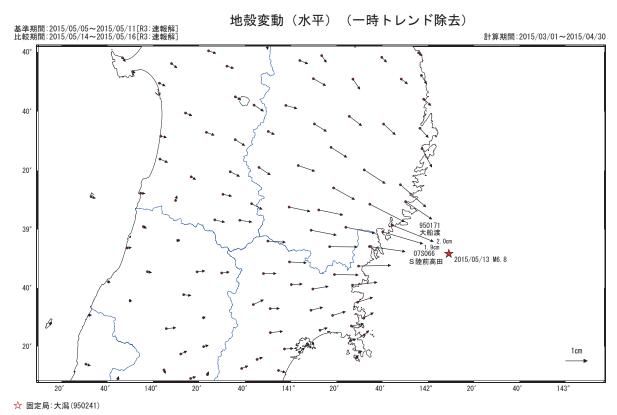


第 26 図 2015 年 2 月 17 日三陸沖の地震 (M6.9) に伴う地殻変動: 3 成分 時系列グラフ

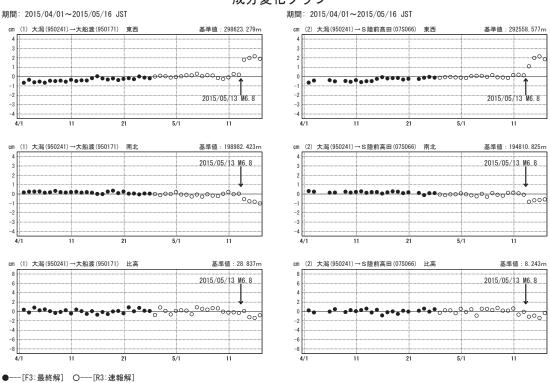
Fig. 26 Crustal deformation associated with the M6.9 off the Sanriku earthquake on February 17, 2015 (2/2): 3 components time series.

宮城県沖の地震(5月13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.



成分変化グラフ



第 27 図 2015 年 5 月 13 日宮城県沖の地震(M6.8)に伴う地殻変動:水平・3 成分時系列グラフ Fig. 27 Crustal deformation associated with the M6.8 off the Miyagi prefecture earthquake on May 13, 2015: horizontal and 3 components time series.