3-4 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 浪江町~相馬市]

第1図は,福島県浪江町から相馬市に至る南北の路線の水準測量結果である.今回新たに 得られた観測結果は浪江町の区間のみであるが,既出の南相馬市から相馬市にかけての区 間の結果もあわせて示す.相馬市に対する浪江町側の沈降が見られる.変動の大部分は2013 年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴うものと考えられるが,その後の余効変動の影響も 含まれる可能性がある.

[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3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、山田観測点における 約104cm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31cm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観測点の変動は2.9cmとなっており、その前の3ヶ月間における値(3.6cm)よりもやや 小さい.

第6図に最近3ヶ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ヶ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、地震(余震や誘発地震)による跳びを自動で除去し、対数関数による近似を行 った結果についても示す。時定数相当の係数(以下,時定数)は,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. 第90巻までは,対数関数近似において,本震後の30日間のデータを除外し て近似を行っていたが、震源域付近の岩手県から福島県にかけての観測点の上下成分が近似曲線か ら隆起側にずれ、対数関数の適合が悪いため、今回は、地震後1年間のデータを除外し、それ以降の データを近似対象とした.対数曲線は地震後860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940日目までのデータを用いて推定したものの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.水平成分については対数関数近似の 適合がよく、予測から大きく逸れる傾向は見られない.上下成分についても、地震後1年間のデータ を近似対象から除外したことにより、予測部分についてもよく適合するようになったが、(6)M牡鹿 観測点については、依然、わずかに予測よりも隆起側に逸れる傾向が見られる.これは、プレート 境界面上の滑りの減衰傾向に不均一がある可能性を示唆している.

[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.上下変動速度については、 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24図に示される三隅-銚子基線に見られる一時的な変化のうち、南北 成分速度に2011年秋に見られる一時的な変化は、2011年10月26日頃から11月8日頃までのスロース リップイベント (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.

[東北地方太平洋沖地震 滑り分布モデル一覧]

第25図は、以降の図で紹介する東北地方太平洋沖地震後の滑り分布モデルの一覧である.

[モデル1:東北地方太平洋沖地震 滑り分布モデル 時間依存インバージョン F3]

第26~28図は、東北地方太平洋沖地震後のF3解による地殻変動を基にプレート境界面上の滑りの3ヶ月ごとの時間変化を時間依存インバージョンによって求めた結果である.

第26~27図は3ヶ月ごとの推定滑り分布である.滑りの大きさは時間と共に減衰しているが,例 えば深部延長で滑りが加速するなどの滑りの場所の顕著な移動はないようである.銚子沖の滑り は三陸沖に比べて小さい. 第28図の上段に地震後の全期間における累積の滑りの分布を,下段に地震モーメントの累積解 放量の時間変化を示す.余効変動による地震モーメントの累積解放量は,モーメントマグニチュ ードにして8.6を超えている.なお,この数値には地震直後の約30時間分のモーメント解放分は含 まれていない.

第29図は、地殻変動ベクトルの観測値と計算値の比較である.比較しやすいように、段ごとに ベクトルのスケールを変えている.観測値と計算値は概ね合っている.

第30~31図は,地殻変動時系列3成分の観測値と計算値の比較例である.両者は概ね合っている. ただし,一部の観測点で上下成分のフィッティングが良くないものもあり,その理由の一つとして,上下成分のデータの重みが低いことが挙げられる.

[モデル2:東北地方太平洋沖地震後 海底地殻変動データを用いたインバージョン F3]

第32図は,海上保安庁による2013年9月までの海底地殻変動観測データとGEONETのデータとあわ せて解析することによって得られた地震後の滑り分布(アフタースリップ)モデルである.滑り分 布の平滑化パラメータは,これまで(会報第90巻)と同じ値を用いている.上段は海溝におけるス リップをゼロに制約した場合,下段は制約しない場合の結果,各段の左の図はアフタースリップの 推定結果,右の図は観測値と計算値の比較図である.いずれの場合も,陸域の観測データおよび海 底地殻変動の観測データは,モデルによって概ね説明できることがわかる.2012年12月までの結果 (会報第90巻)と比較すると,滑り分布の空間的なパターンはほぼ同様であるが,三陸沿岸に近い 海域下の余効滑りの増加が見られる.

[3つの期間における上下変動と滑りの分布]

第33図は、東北地方太平洋沖地震後からの約3ヶ月間、その後の1年間、最近の1年間の3つの期 間に分けて、余効変動の上下成分を上段に、プレート境界面上の滑り分布を下段に表示した図で ある.上図には、火山および各期間に発生した低周波地震(気象庁一元化震源による)の位置も 示した.最初の約3ヶ月間は、岩手県北部の海岸線付近や奥羽脊梁山脈を中心とする沈降が明瞭で あるが、残りの2つの期間においては、牡鹿半島付近を中心とする隆起が相対的により卓越してい る.プレート境界面上の滑りは、三陸地方の沖合いにその中心がある点はいずれの期間において も同じであるが、その減衰は陸域直下の滑りに比べてやや早く、始めの約3ヶ月間に比べて残りの 期間では、陸域直下の滑りが取り残される形で相対的に目立ってきていることがわかる.このよ うな滑り分布の変化が、上下変動の沈降から隆起への変化や時系列の対数曲線からのずれの原因 となっている可能性がある.ただし、以上はあくまでも上下変動分布の変化の原因が全てプレー ト境界面上の滑りによるものとした場合の解釈であり、実際には粘弾性緩和が影響している可能 性も考えられるため、注意が必要である.

[東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動の見積り]

第34図は、粘弾性緩和による変動の計算の概要、計算に使用した三次元有限要素メッシュと地 震時の変動の試験的計算結果である.有限要素法による計算は、三次元有限要素法ソフトGeoFEM を使用し(Iizuka et al., 2002,奥田・中島, 2004),地震時の断層運動は、スプリットノード法(Melosh and Raefsky, 1981)を用いて計算した.日本列島周辺の1400×1500kmの領域を深さ500kmまでモデ ル化し、境界条件は、地表面は自由表面とし、その他の5つの面は面に平行方向にのみ変位を許す ローラーコンディションとした(上段図). 沈み込む太平洋プレートを二次元構造として考慮し たが、フィリピン海プレートは考慮していない. 上部マントルはマクスウェル粘弾性体, 地殻お よびプレートは完全弾性体とした(上段表). 東北地方太平洋沖地震の地震時の断層モデルは、 場所によっては滑りが50mを超す滑り分布モデルも提唱されているが、ここでは陸域のGEONET データのみから推定された矩形断層2枚(水藤・他, 2011)でモデル化した. 有限要素法により計 算した地震時の変位(赤もしくは白抜きの赤矢印)と観測値(黒もしくは白抜きの黒矢印)との 比較を下段図に示している.

第35図は、地震発生から2年間の累積の変動量で粘性率が1.0×10¹⁹、5.0×10¹⁸、1.0×10¹⁸、1.0×10¹⁷Pa・sの場合の結果である.想定する粘性率によって、粘弾性緩和による変動は大きく異なる.

第36図は、粘性率が1.0×10¹⁸Pa・sの場合の地震発生から5年、10年、20年、50年後の1年あたりの変動速度である.地震発生から数十年経っても東北日本では年間数cmの変動が粘弾性緩和によって生じ続ける.

第37図は、宮城県沖の海底地殻変動観測点で観測されている地震発生からおよそ1年間の西向きの変動が粘弾性緩和によって説明可能かを検討した結果である.粘弾性緩和による変動は陸域では東向きだが、宮城県沖の海域では西向きの変動が生じる.粘性率を1.0×10¹⁸Pa・sとすると、宮城県沖の西向きの変動を定量的にもおおよそ説明することが可能である.

第38図は、北海道と関東甲信越地方で観測されている地震発生から2年間の隆起が粘弾性緩和に よって説明可能かを検討した結果である.粘性率を5.0×10¹⁷Pa・s以下とすると、粘弾性緩和によ って北海道と関東甲信越で隆起を再現することができる.ただし、この場合には、水平変動の計 算値は観測値よりも大きくなる.

参考文献

- 1) 国土地理院, 2013, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 90, 109-138.
- 2) Iizuka et al., 2002, Pract. Exper., 14, 499-519,.
- 3) 奥田・中島, 2004, 並列有限要素解析 [I] クラスタコンピューティング, 培風館, 205pp.
- 4) Melosh and Raefsky, 1981, Bull. Seism. Soc. Am. 71, 1391-1400.
- 5) 水藤・他, 2011, 国土地理院時報, 122, 29-37,

浪江町~相馬市間の上下変動

<u>_2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震等に伴い、相馬市に対する浪江町側の沈降が見られる.</u>





※5595 ~ 附27間は地震予知連絡会会報(第90巻)にて既報

第1図 浪江町~相馬市間の上下変動

Fig. 1 Results of leveling survey from Namie town to Souma city.





Fig. 2 Accumulated crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (horizontal).



- 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).



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).



- 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).



- 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).



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
950156	八戸	2012/09/25	アンテナ更新	950155	大鰐	2012/10/02	アンテナ更新
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
950167	山田	2012/02/04	アンテナ更新	950166	矢巾	2012/01/26	アンテナ更新
051145	岩手川崎A	2012/01/25	アンテナ更新	940031	本荘	2012/02/04	アンテナ更新
960549	矢本	2011/12/16	アンテナ更新	950193	皆瀬	2012/03/10	アンテナ更新
940038	相馬1	2012/01/12	アンテナ更新	071162	新潟山北	2012/09/05	アンテナ更新
940041	いわき	2011/12/13	アンテナ更新	940035	天童	2012/08/21	アンテナ更新
93004	鉾田	2012/02/16	アンテナ更新	950202	猪苗代1	2012/01/13	アンテナ更新
93022	銚子	2012/02/21	アンテナ更新	950218	日光	2012/11/13	アンテナ更新
950462	福江	2012/11/07	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 ~ 2013/10/19 【F3 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 ~ 2013/10/19 【F3 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 ~ 2013/10/19 【F3 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 ~ 2013/10/19 【F3 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 ~ 2013/10/19 【F3 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 ~ 2013/10/19 【F3 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 ~ 2013/10/19 【F3 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 ~ 2013/10/19 【F3 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 ~ 2013/10/19【F3 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 ~ 2013/10/19 【F3 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)

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



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).

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

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





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 <u>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</u>

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



※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 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 <u>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</u>

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





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



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

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の プレート境界面上の滑り分布モデル一覧

	破垢古注	破垢期閂	データ	重みの逆数(誤差)
	所们刀刀	所午1717年71日]) — >	水平:上下:海底
モデル1	時間依存	20110312 - 20131012	F3解(R3解を含む)	1 : 3
モデル2	矢吹&松浦	20110330 - 20130910	F3解+海底地殻変動	1:3:1

モデル一覧

モデル領域



※点線は沈み込む太平洋プレート上面の等深線(Nakajima and Hasegawa, 2006).
 ※太点線はプレート境界 (Bird, 2003).

第25図 2011年東北地方太平洋沖地震 地震後の滑り分布モデル一覧

Fig. 25 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, list of models of slip distribution on the plate interface.

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震後の プレート境界面上の滑りの時間変化(1)(暫定)【モデル 1】

<u>顕著な滑りの移動は見られない.</u>



第26図 2011年東北地方太平洋沖地震後のプレート境界面上の滑りの時間変化 (暫定)【モデル1】

Fig. 26 Spatial and temporal evolution of afterslip (preliminary results) (1/3) [model 12].

平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震後の プレート境界面上の滑りの時間変化(2)(暫定)【モデル1】

<u>顕著な滑りの移動は見られない.</u>



- 第27図 2011年東北地方太平洋沖地震後のプレート境界面上の滑りの時間変化 (暫定)【モデル1】
- Fig. 27 Spatial and temporal evolution of afterslip (preliminary results) (2/3) [model 12].

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の プレート境界面上の滑りの時間変化(3)(暫定)【モデル1】



<u>顕著な滑りの移動は見られない.</u>

第 28 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後のプレート境界面上の滑りの時間変化(暫定)【モデル1】 Fig. 28 Spatial and temporal evolution of afterslip (preliminary results) (3/3) 【model 12】.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の 地殻変動ベクトルの観測値と計算値の比較(暫定)【モデル1】



データ期間 20110312-20131012 [F3:最終解(R3:速報解も含む)] 固定局:福江(950462)

第29図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動ベクトルの観測値と計算値(暫定)【モデル1】 Fig. 29 Comparison of observed and calculated crustal deformation displacement and residual after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary results) 【model 1】.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の 地殻変動時系列の観測値(黒丸)と計算値(赤線)(1)(暫定)【モデル1】

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の 地殻変動時系列の観測値(黒丸)と計算値(赤線)(2)(暫定)【モデル1】







第31図 2011年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動時系列 観測値と計算値(暫定) Fig. 31 Time-series of observed and calculated ground displacements (preliminary results) (2/2).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の プレート境界面上の滑り分布モデル及び観測値と計算値の比較(暫定)【モデル2】



プレートの浅部で西向きの滑りが現れる.

※点線は沈み込む太平洋プレート上面の等深線(Nakajima and Hasegawa, 2006).
※等値線は+は東向き,一は西向きの滑りを示す.

- 第32図 2011 年東北地方太平洋沖地震後のプレート境界面上の滑り分布および観測値と計算値の 比較(暫定)【モデル2】(2013 年9月まで)
- Fig. 32 Slip distribution on the plate interface and observed and calculated displacement of crustal deformation after the mainshock of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result) [model 23] (until 2013/9).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の 3つの期間における上下変動と滑り分布

上下変動





第33図 2011年東北地方太平洋沖地震後の3つの期間における上下変動と滑り分布

Fig. 33 Vertical deformation and slip distribution for the three periods after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動の見積り1(暫定) 解析方法の概要と地震時の変動の再現



- 第34図 2011 年東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動の見積り:解析方法の概要と地震時の変動の再現
- Fig. 34 Evaluation of deformation by viscoelastic relaxation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake: summary of analysis method and reproduction of coseismic deformation (1/5).

東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動の見積り2(暫定) 地震発生から2年間の累積の変動量



粘性率の値によって変動量は大きく異なる。

東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動の見積り3(暫定) 地震発生から5年、10年、20年、50年後の変動速度

地震発生から数十年後であっても年間数 cm の変動が残る。



第35図 地震発生から2年間の累積の変動量

- Fig. 35 Accumulated displacement for 2 years after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/5).
- 第36図 地震発生から5年、10年、20年、50年後の変動速度
- Fig. 36 Velocity at 5 years, 10 years, 20 years, 50 years after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (3/5).

東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動の見積り4 (暫定) 海底地殻変動観測点の西向きの変動



定性的には、西向きの変動は説明可能。

東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動の見積り5(暫定) 関東甲信越、北海道の隆起



・粘性率 5.0×10¹⁷ Pa·s での計算結果。
 ・地震発生から2年間の観測値と計算値。

第38図 関東甲信越、北海道の隆起

Fig. 38 Uplifts in the Kanto-Koshinetsu and Hokkaido region (5/5).

第37図 海底地殻変動観測点の西向きの変動

Fig. 37 Westward displacement of Seafloor Geodetic Observation points (4/5).

145°