

### 3-34 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]

第1図は、利府町から牡鹿（おしか）半島石巻市鮎川検潮所に至る路線の水準測量結果である。

上段は、2009年秋に対する2010年秋の上下変動である。鮎川検潮所付近でわずかな隆起が見られるが他にも同じ程度の隆起が2箇所で見られるため、テクトニックな変動とは思えない。鮎川検潮所周辺で前回の観測値を裏返したようなグラフであり、また、3段目と似たグラフにも見える。

#### [水準測量 牡鹿地区 時系列]

第2図は、利府町の水準点5665を固定点にとった2002年以降の各水準点の上下変動時系列である。2003年7月26日の宮城県北部の地震(M6.4)の震源付近の水準点で地震時に隆起が見られる。今回はわずかな隆起傾向であるが、プレート運動に伴う経年的な沈降は牡鹿半島先端が一番大きい。

#### [GPS 連続観測]

第3～6図は、飛鳥を固定局として東北地方太平洋沿岸の観測点における2005年宮城県沖の地震前後の地殻変動を示した時系列グラフである。1997年10月から2002年10月を定常的な期間として1次トレンド・半年周・年周成分を除いたグラフとしている。左列に2004年1月～2011年1月までの長期の時系列、右列に2008年1月以降の短期の時系列を示した。まず、左列の長期の時系列では、すべてのグラフに、2005年8月16日の宮城県沖の地震後に余効的な変動が見られる。2005年12月2日に発生した8月16日の宮城県沖の地震の最大余震に伴う変動と、その後の余効変動も、志津川、女川、牡鹿の観測点のグラフで見られる。2008年3月から数ヶ月間、すべての基線で、東向き成分がわずかに大きくなる傾向が見られるが、過去2年の同時期にも同様の傾向が見られた。また、2009年の3月以降も同様の傾向が見られる。2006年、2007年、2008年の時系列で、「3～8月は東南東向きの変動が進行し、9～2月は停止する」という年周成分が除去しきれていない可能性がある。余効変動は減衰しながらも完全には止まっていない可能性がある。

すべての基線で、2008年6月14日に平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震に伴う飛び数mm～約3cmが見られる。2008年7月19日に福島県沖の地震に伴う跳びが見られる。南側の(7)相馬1観測点では、2008年7月19日の福島県沖の地震後に、特に東西成分に、地震時の変動より大きな変動が見られたが、この傾向は減速気味である。なお、基線の始点である飛鳥観測点では、岩手・宮城内陸地震時に東南東方向に約6mm(東に6.3mm、南に1.5mm:岩崎固定)の変動が見られた。(4)牡鹿以南の基線で、2010年3月14日の福島県沖の地震に伴う跳びとその後の余効変動の終息の様子が見られる。2010年6月13日の福島県沖の地震(M6.2)の跳びは見られない。例えば(3)2010年3月の地震後6月の地震まで水平成分に傾きが目立つが、これは上記の余効変動に年周成分が加わって強調されたためとみている。第9～16図により詳細な分析がある。

#### [GPS 機動観測]

第7図は、牡鹿地区のGPS機動観測（繰り返し観測；キャンペーン観測）の結果である。特段の変動は見られない。今回は、2008年7月19日の福島県沖の地震（Mj6.9, 地殻変動最大1cm強）の影響と考えられる北北西-南南東方向の伸張傾向が見られた。

#### [福島県沖・茨城県沖の地震に関する宮城・福島・茨城県太平洋沿岸GPS連続観測結果]

第8図は、宮城県～茨城県の太平洋岸のGPS連続観測点による東西・南北の成分変化グラフである。これらの観測値には、2008年5月8日の茨城県沖の地震（M7.0）、2008年7月19日の福島県沖の地震（Mj6.9）、2008年岩手・宮城内陸地震（M7.2）に伴う地殻変動及び余効変動、2010年3月14日の福島県沖の地震（M6.7）の影響が見られる。楢葉（ならば）観測点（950208）では、2008年7月19日福島県沖の地震発生の半年ほど前から東西成分に変化が見られた。また、福島県、茨城県の電子基準点で、2008年の茨城県沖の地震、福島県沖の地震後の余効変動が観測された。日立（940042）、北茨城（950214）、いわき2（970800）観測点では、2008年5月9日の茨城県沖の地震以降2009年1月頃まで一時東向き成分が見られた。また、2009年1月以降、楢葉以南の観測点で一時南向き成分が見られた。2010年3月14日の福島県沖の地震（M6.7）時に東西成分の跳び最大約7mm、及びその後の余効変動が観測された。日立観測点の南方向への変位については、樹木の生長やピラーの傾斜約0.1°が影響している可能性がある。覆い被さっていた樹木を2011年1月22日に剪定した。

#### [宮城・福島県沖の非定常滑り] 2011年2月18日第189回地震予知連絡会で報告

第9～10図は、宮城県・福島県・茨城県のGPS連続観測点の非定常地殻変動3成分を示したものである。1997年1月～2002年1月のデータから定常成分、年周・半年周成分を推定し、元の時系列から取り除いている。ただし、上下成分に関しては2003年以降年周・半年周成分は取り除いていない。また、地震の影響は取り除いていない。縦の点線は、2005年8月16日宮城県沖の地震、2008年5月8日茨城県沖の地震、2008年7月19日福島県沖の地震、2010年3月14日福島県沖の地震、2010年6月13日福島県沖の地震の発生日である。(1)女川、(4)志津川、(19)牡鹿の観測点は、2005年宮城県沖の地震の地震時と地震後の変動が顕著に見える。また(3)相馬1、(10)浪江、(12)小高の観測点では、2008年福島県沖の地震、2010年福島県沖の地震の地震時および地震後の変動が顕著に見え、地震時の変動よりも地震後の変動が大きいのがよく分かる。(17)北茨城、(18)水戸、(20)いわき2の観測点では、2008年茨城県沖の地震の地震時および地震後の変動が顕著に見え、これらの観測点でも、地震時の変動よりも地震後の変動の方が大きく見えている。

これらの非定常地殻変動時系列から求めた地震時の変動ベクトルを第11図、地震後の変動ベクトルを第12図に示している。下段の2枚を両ページで比較すると、2008年福島県沖の地震、2010年福島県沖の地震いずれも地震時よりも地震後の変動が大きくなっている。ただし2008年福島県沖の地震後の変動には、2008年茨城県沖の地震後の変動も含まれているので注意が必要である。第12図左列の上下は期間を20ヶ月に揃えてあるが、宮城県沖の地震と2008年福島県沖の地震のそれぞれの余効変動の規模が同程度である。

これらの地殻変動から推定した地震時と地震後のプレート境界面上のすべり分布を、それぞれ第13図と第14図に示した。また第15図上段に、地震時のすべり分布と地震後のすべり分布を比較した図を、中段と下段にはそれぞれの地震毎に地震時と地震後のすべり分布を比較した図を

示す。中段右、2008年福島県沖の地震の地震時および地震後のすべり分布では、地震時よりも地震後のすべり分布の方が大きくなっている。ただしこれには2008年茨城県沖の地震後のすべりも含まれていることに注意が必要である。同じように下段の2010年福島県沖の地震の地震後のすべり分布も地震時よりも大きくなっている。中段、下段では地震時のすべりを黒、地震後のすべりを色つきのコンターで示しました。色つきのコンターつまり地震後のすべりの方が大きくなっています。上段はスケールを合わせてまとめて表示したものです。2010年の福島県沖の地震は青色ですが、小さくて見えません。

以上は、地震時および非定常地殻変動から推定したプレート境界面上のすべり分布であるが、第16図には、10年前（1997年1月～2000年1月）と最新（2007年1月～2010年1月）の3年間の平均変動速度から推定したすべり欠損速度分布を示す。最新の期間には、2008年茨城県沖、2008年福島県沖の地震の発生時を含むが、それぞれの地震時の変動は取り除いてすべり欠損を推定している。しかし余効変動は取り除いていない。10年前には、宮城県から福島県沖を中心に最大8cmを超えるすべり欠損が推定されているが、最新では、宮城県北部沖で最大6cmのすべり欠損にとどまり、特に福島県沖ではほとんどすべり欠損が推定されていない。

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

[平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震]

この資料は、2011年3月11日に発生した平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（M9.0、最大震度7）に関連した地殻変動・震源断層モデルに関する資料である。原則として、以下のサブテーマに沿って資料を分類するが、重複する場合には、前のサブテーマのみに掲載する。

1. 本震の滑り分布について（佐竹委員）
2. 前兆について（山岡委員）
3. M9になった理由について（松澤委員）
4. 余震と誘発地震について（遠田委員）
5. 余効変動について（今給黎委員）

1. 本震の滑り分布について

[GPS]

第17図は、GEONETによるGPS連続観測から求めた東北地方太平洋沖地震に伴う水平地殻変動である。固定局（☆の点）は長崎県五島列島の福江観測点である。GPSの（日本時間で午前9時からの）24時間分のデータを用いたF3最終解であるため地震後約1日程度分の余効変動（約1.25日の最大約10cm程度）を含む。牡鹿半島で、最大540cmの水平変動が観測されるなど、広域で地殻変動が観測されている。

第18図の上下変動では、岩手県から茨城県の太平洋沿岸地域で数10cmから最大1.1mの沈降が見られる。青森県から新潟県の日本海沿岸地域では小さな沈降が見られる。2011年3月12日に発生した長野県・新潟県県境付近の地震（M6.7暫定、最大震度6強）に伴う約23cmの隆起が見られる。

第 19～20 図には、前 2 図の数値が見やすいように、GEONET から推定した等変動量線が示してある。

#### [SAR]

第 21 図は、「だいち」(ALOS) PALSAR データの SAR 干渉画像である。西南西上空 (Ascending 軌道) からオフナディア角  $34.3^\circ$  で撮影された。色が衛星と地上を結ぶ視線方向の距離の変化を位相で表示したものである。飛田他 (2005) の方法で、GEONET データの融合を行っているため、軌道情報の精度が低いデータの場合でもパス間で位相の連続性が高い。それぞれ余効変動や余震に伴う地殻変動を含む。広い範囲で大きな地殻変動が見られる。牡鹿半島先端で最大約 4m の衛星-地表間の距離伸長が見られる。3 月 12 日の長野県・新潟県境付近の地震 (M6.7, 深さ約 8km) と 3 月 19 日の茨城県北部の地震 (M6.1, 深さ約 5km) による衛星に近づくフリッジと遠ざかるフリッジが見られる。

#### [震源断層モデル 矩形 2 枚 GPS F3]

第 22～24 図は、GEONET の F3 最終解を元に 2 枚の矩形断層を仮定してインバージョンにより断層パラメータを推定した結果である。逆断層で、すべり量は北側の断層 1 で約 25m、南の断層 2 で約 6m と推定された。余震の数を比べると北側の方が少ない。水平のフィッティングは良好であるが、牡鹿半島などで沈降の計算値が大き過ぎる。断層の総延長は約 400km (約 380km)、モーメントマグニチュードの合計は 8.9 である。

#### [震源断層モデル すべり分布 GPS F3]

第 25～27 図は、GEONET の F3 解を元に 2 枚のプレート境界面上のすべり分布推定した結果である。すべり量の最大は約 28m (27.6m) である。矩形 2 枚の断層モデルと比較して、上下のフィッティングが改善され、水平・上下ともに良好となった。断層の総延長は約 450km、モーメントマグニチュードの合計は 9.0 である。

第 27 図は、すべり分布モデルから計算した上下変動分布である。震源域で最大約 6m の隆起、福島県北部沖で 2m を超える沈降が想定される。

#### [震源断層モデル 矩形 2 枚 GPS キネマティック解析]

第 29～29 図は、3 月 11 日に起こった 2 つの余震 (岩手県沖 M7.4, 茨城県沖 M7.7) による影響を分離するため、GPS キネマティック解析により本震の直前と直後の比較から求めた地殻変動を元に、矩形 2 枚の断層モデルを推定した。F3 解析に基づく震源断層モデルと似ているが、断層 2 の南端が最大余震の分だけ北側になっている。

#### [海底地殻変動と GEONET による震源断層モデルからの計算値]

第 30 図は、海上保安庁による海底地殻変動結果と、GEONET による F3 解による震源断層モデルから計算される地殻変動との比較である。全体的に比較的良く一致しているが、宮城沖 2 の水平変動はモデルでは約半分には過ぎない。福島沖の上下のセンスは逆である。

海底地殻変動は、3 月中の余効変動も含んでいることから、その影響を定量的に推定したものが第 31 図である。海底地殻変動観測点で、約 30～50cm 程度の東南東方向、約 10～25cm 程度の隆起が想定される。

#### [震源断層モデル 海底地殻変動+GEONET F3 解]

第 32～33 図は、宮城沖 1・宮城沖 2・福島沖に釜石沖 1 と釜石沖 2 を追加した海底地殻変動と GEONET の F3 解を元に 2 枚のプレート境界面上のすべり分布推定した結果である。すべり量の最大は約 60m である。水平・上下のフィッティングは良好である。モーメントマグニチュードの合計は 9.0 である。

第 34 図は、すべり分布モデルから計算した上下変動分布である。海溝に近いところで 12m 以上の隆起、宮城県南北沖でそれぞれ 3m を超える沈降が計算される。

第 35 図で、海底地殻変動データが加わった効果を見るため、青で 5 観測点の海底地殻変動を加えたこのすべり分布、黒で GEONET のみのすべり分布を示した。

第 36 図で、黒で 5 観測点の海底地殻変動を加えたこのすべり分布、赤で地震後の滑り分布を示した。

#### [宮城県沖地震と太平洋沖地震の滑り分布の比較]

第 37～39 図は、1978 年・2005 年宮城県沖地震の滑り分布と、東北地方太平洋沖地震時の滑り分布 3 種類及び地震後の滑り分布の比較である。

#### [験潮]

第 41 図は、第 40 図で赤で示した国土地理院の 17 箇所の験潮場で観測された東北地方太平洋沖地震発生時の潮位記録である。地震時に観測を停止した相馬、油壺の験潮場を除いて、津波による潮位変化が観測された。目立った上下地殻変動は観測されなかった。

## 2. 前兆について

#### [20110309 三陸沖の地震 震源断層モデル]

第 42 図は、2011 年 3 月 9 日の三陸沖の地震 (M7.3, 深さ 8km, 最大震度 5 弱) の震源断層モデルと水平変動ベクトルの黒矢印の観測値と白矢印の計算値のフィッティングである。余震分布の位置に約 1.5m の逆断層すべりが推定された。

#### [巨大地震前の GPS 連続観測]

第 43～46 図は、飛鳥を固定局として東北地方太平洋沿岸の観測点における、東北地方太平洋沖地震前の時系列グラフである。1 次トレンド・半年周・年周成分除去を施していない生のデータである。左列に 2004 年 1 月～2011 年 1 月までの長期の時系列、右列に 2011 年 3 月 1 日以降の短期の時系列を示した。左列の長期の時系列では、東西短縮と沈降、及び 2005 年 8 月 16 日の宮城県沖の地震後に余効的な変動が見られる。

{2005 年 12 月 2 日に発生した 8 月 16 日の宮城県沖の地震の最大余震に伴う変動と、その後の余効変動も、志津川、女川、牡鹿の観測点のグラフに見られる。多くの基線で、毎年「3～8 月は東西短縮が鈍化する」傾向が見られる。すべての基線で、2008 年 6 月 14 日に平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震に伴う飛び数 mm～約 3cm が見られる。2008 年 7 月 19 日に福島県沖の地震に伴う跳びが見られる。南側の (7) 相馬 1 観測点では、2008 年 7 月 19 日の福島県沖の地震後に、特に東西成分に、地震時の変動より大きな変動が見られたが、この傾向は減速気味である。なお、基線の始点である飛鳥観測点では、岩手・宮城内陸地震時に東南東

方向に約 6mm（東に 6.3mm，南に 1.5mm: 岩崎固定）の変動が見られた。（4）牡鹿以南の基線で，2010 年 3 月 14 日の福島県沖の地震に伴う跳びとその後の余効変動の終息の様子が見られる。2010 年 6 月 13 日の福島県沖の地震（M6. 2）の跳びは見られない。例えば（3）2010 年 3 月の地震後 6 月の地震まで水平成分に傾きが目立つ。}

右側の短期の時系列では，2011 年 3 月 9 日の三陸沖の地震（M7.3，深さ 8km，最大震度 5 弱）の影響がみられるが，本震直前に顕著な変化は見られない。

#### [地震前の GPS キネマティック解析]

第 48 図は，第 47 図に示した 4 つの観測点で観測された東北地方太平洋沖地震前の時間分解能の高いキネマティック解析による時系列グラフである。地震前には，3 月 9 日の地震後の余効変動を除いて，ノイズレベルを超える変動は見られない。

#### [GEONET の検知能力]

第 49 図は，GEONET による太平洋プレート上の断層すべりの検知能力である。3 月 9 日と 11 日の地震の震源付近の検知能力は約 6.7 ～ 7.1 程度である。

#### [福島県沖・茨城県沖の地震に関する宮城・福島・茨城県太平洋沿岸 GPS 連続観測結果]

第 50 図は，宮城県～茨城県の太平洋岸の GPS 連続観測点による東西・南北の成分変化グラフである。東西線分で 2008 年以降に発生した各地震の余効変動は明瞭であり，本震による変動を超える場合もある。

{これらの観測値には，2008 年 5 月 8 日の茨城県沖の地震（M7.0），2008 年 7 月 19 日の福島県沖の地震（Mj6.9），2008 年岩手・宮城内陸地震（M7.2）に伴う地殻変動及び余効変動，2010 年 3 月 14 日の福島県沖の地震（M6.7）の影響が見られる。楢葉（ならは）観測点（950208）では，2008 年 7 月 19 日福島県沖の地震発生の半年ほど前から東西成分に変化が見られた。また，福島県，茨城県の電子基準点で，2008 年の茨城県沖の地震，福島県沖の地震後の余効変動が観測された。日立（940042），北茨城（950214），いわき 2（970800）観測点では，2008 年 5 月 9 日の茨城県沖の地震以降 2009 年 1 月頃まで一時東向き成分が見られた。また，2009 年 1 月以降，楢葉以南の観測点で一時南向き成分が見られた。2010 年 3 月 14 日の福島県沖の地震（M6.7）時に東西成分の跳び最大約 7mm，及びその後の余効変動が観測された。日立観測点の南方向への変位については，樹木の生長やピラーの傾斜約 0.1° が影響している可能性がある。覆い被さっていた樹木を 2011 年 1 月 22 日に剪定した。}

#### [宮城・福島・茨城県沖の非定常滑り]

第 51 ～ 52 図は，宮城県・福島県・茨城県の GPS 連続観測点の非定常地殻変動 3 成分を示したものである。1997 年 1 月～2002 年 1 月のデータから定常成分，年周・半年周成分を推定し，元の時系列から取り除いている。ただし，上下成分に関しては 2003 年以降年周・半年周成分は取り除いていない。また，地震の影響は取り除いていない。縦の点線は，2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震，2008 年 5 月 8 日茨城県沖の地震，2008 年 7 月 19 日福島県沖の地震，2010 年 3 月 14 日福島県沖の地震，2010 年 6 月 13 日福島県沖の地震の発生日である。（1）女川，（4）志津川，（19）牡鹿の観測点は，2005 年宮城県沖の地震の地震時と地震後の変動が顕著に見え

る。また(3)相馬1, (10)浪江, (12)小高の観測点では, 2008年福島県沖の地震, 2010年福島県沖の地震の地震時および地震後の変動が顕著に見え, 地震時の変動よりも地震後の変動が大きいのがよく分かる。(17)北茨城, (18)水戸, (20)いわき2の観測点では, 2008年茨城県沖の地震の地震時および地震後の変動が顕著に見え, これらの観測点でも, 地震時の変動よりも地震後の変動の方が大きく見えている。

[GPS 長期東西時系列]

第53図は, 1990年代前半の期間でトレンドのみを除去した長期の東西成分時系列である。(地殻変動コメントのとおり)

宮城・福島・茨城県沖の非定常地殻変動時系列から求めた地震時及び地震後の変動ベクトルを第54図に示した。地震後の期間の取り方が多少異なっているが, これを考慮すると, 地震時に対する地震後の変動の大きさの割合が大きくなる傾向があったようにも見える。

第55図に, これらの地殻変動から推定した地震時と地震後のプレート境界面上のすべり分布を示した。色つきのコンターつまり地震後のすべりの方がすべりの範囲が大きさも大きい。ただし左中段には2008年茨城県沖の地震後のすべりも含まれていることに注意が必要である。

第56図は, これらのスケールを合わせてまとめて表示し, また, 2011年3月9日の三陸沖の地震と11日の東北地方太平洋沖地震の震源域も追加して表示したものである。

[東北日本と西南日本のすべり欠損分布]

第57図には, 左に10年前(1997年1月~2000年1月)と右に最新(2007年1月~2010年1月)の3年間の平均変動速度から推定したすべり欠損速度分布を示す。最新の期間には, 2008年茨城県沖, 2008年福島県沖の地震の発生時を含むが, それぞれの地震時の変動は取り除いてすべり欠損を推定している。しかし余効変動は取り除いていない。10年前には, 宮城県から福島県沖を中心に最大8cmを超えるすべり欠損が推定されているが, 最新では, 宮城県北部沖で最大6cmのすべり欠損にとどまり, 特に福島県沖ではほとんどすべり欠損が推定されていない。

[GPS 歪み変化]

第58~59図は, GPSデータから推定した東北地方周辺の1997年以降の一年ごとの歪み変化図である。全体的に東西短縮と地震に伴う歪み変化が見える。福島県では, 2004年頃から東西短縮を示す歪みが小さくなったように見える。

### 3. M9になった理由について

[地震時・地震後の変動]

第60図は, 東北地方太平洋沖地震時と地震後の水平変動ベクトルである。地震時には, 牡鹿半島で最大の変動を観測したが, 地震後では, 岩手県沿岸部および銚子付近で, 周囲よりも相対的に大きな変動が見られる。右側の地震後の変動には, 余効変動, 余震, 誘発された地震に伴う変動が含まれる。

第61図は, 東北地方太平洋沖地震時と地震後の上下変動の比較である。(地殻変動コメントのとおり)

[ 験潮 海岸昇降検知センター ]

第 62 ～ 64 図は、海岸昇降検知センターに登録された験潮場の長期的な潮位変化時系列である。小名浜を除いて、長期的な沈降を示す潮位の上昇が見られる。

4. 余震と誘発地震について

第 65 ～ 66 図は、3 月 11 日に起こった 2 つの余震（岩手県沖 M7.4, 茨城県沖 M7.7）の断層モデルである。

第 67 図は、本震とこれら 2 つの余震の震源断層の位置の比較である。

第 68 ～ 82 図は、3 月 12 日に起こった 6 つ以上の余震と誘発地震の震源断層モデルとそれらを元に計算した（東北地方太平洋沖地震が各断層に与えた）クーロン応力変化  $\Delta CFF$  である。

第 83 図は、地震に伴う歪み変化である。断層運動に伴う顕著な伸張が見られる。

第 84 図は、地震に伴う面積歪み変化である。東北地方を中心に面積増加を示す歪み変化が見られる。

5. 余効変動について

第 85 ～ 91 図については、東北地方太平洋沖地震後の地殻変動時系列である。地殻変動コメントのとおりである。

[ GPS 地震後のベクトル 4 月まで ]

第 92 図は、福江を固定局とした東北地方太平洋沖地震後の水平と上下の地殻変動ベクトルである。2011 年 4 月 7 日宮城県沖の地震（M7.1, 最大震度 6 強, 深さ約 66km, 逆断層・スラブ内地震, 地殻変動 GPS で水平約 3cm 西南西と約 5cm の隆起）, 2011 年 4 月 11 日 17:16 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 GPS で約 30cm 水平と約 50cm の沈下, SAR で約 2m）, 2011 年 4 月 12 日 07:26 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 08:08 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）の影響が震源近傍の観測点で見られる。

[ 地震後の滑り分布モデル 4 月まで ]

第 93 図は、GEONET の地震後 2011 年 4 月 11 日までの地殻変動データを基に推定した滑り分布断層モデルである。宮城県沖から岩手県南部沖に 1.2m を超える滑りが見られる。銚子沖に 0.6m を超える滑りが見られる。

[ 観測値と滑り分布モデル計算値の比較 水平・上下 4 月まで ]

第 94 図は、水平・上下変動観測値と前ページの滑り分布断層モデルによる計算値の比較である。全体的に合っているが、一部合わないところもある。

[ 地震後の滑りの時間変化 ]

第 95 ～ 96 図は累積の推定滑り分布である。時間と共に減衰している。茨城県沖の滑りは相対的

に小さい。三隅固定，Q3 解を使用している。

[ 観測値と滑り分布の時間変化モデル計算値の比較 水平・上下 4月まで ]

第 97 ～ 100 図は，水平・上下変動観測値と滑り分布時間変化モデルによる計算値の比較である。

[ 地震後の滑りのモーメント時間変化 ]

第 101 図はモーメントマグニチュードの時間変化である。3月30日までに 8.3 を超えている。三隅固定，Q3 解を使用しているので地震直後のモーメント解放分も含まれている。最初の Q3 解は，3/11 15:00 ～ 21:00 のデータで，タイムタグは 3/11 18:00。

[ 地震後の滑り分布と地震時の滑り分布の比較 ]

第 102 図は，今回の地震後の累積の滑り分布と地震時の滑り分布を重ね合わせたものである。

第 103 図は，今回の地震後の累積の滑り分布と地震時の海上保安庁による 3 観測点での海底地殻変動データを含む滑り分布を重ね合わせたものである。

[GPS 連続観測 地震前後]

第 104 ～ 109 図は，青森県から千葉県に至る太平洋岸の地震前後の GPS 連続観測時系列である。第 104 図に示した 10 観測点について，第 105 図以降に左列に地震前後約 5 ヶ月間，右列に 3 月 11 日の地震後の時系列を示す。2011 年 4 月 7 日宮城県沖の地震 (M7.1, 最大震度 6 強, 深さ約 66km, 逆断層・スラブ内地震, 地殻変動 GPS で水平約 3cm 西南西と約 5cm の隆起), 2011 年 4 月 11 日 17:16 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 GPS で約 30cm 水平と約 50cm の沈下, SAR で約 2m), 2011 年 4 月 12 日 08:08 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) の影響が震源近傍の観測点で見られる。

上下成分では，第 105 図の岩泉 2 と第 106 図の山田観測点でわずかな沈降が見られる。岩泉 2 の上下の時系列中，5 月 8 日前後の跳びは F3 解では小さいため，ノイズと見ている。

第 106 図の (3) 山田観測点で 40cm を超える東南東の変動が観測された。

第 109 図の銚子観測点の南北成分は，地震時より地震後の方が大きい。また，地震時に沈降したが地震後は隆起している。

[GPS 地震後の変動 対数関数と指数関数によるフィッティング]

第 110 ～ 117 図は，第 104 図に示した 10 観測点の内，欠測のある (4) 志津川，(6) 牡鹿を除く 8 観測点について，地震後の 3 成分時系列の対数関数近似と指数関数近似を行った結果である。地震 (余震や誘発地震) による跳びは自動で除去しており，若干跳びが残っている場合もある。時定数相当の係数は，水平成分 (東西成分と南北成分の二乗和平方根) で係数を推定し，これを共通とした。時定数相当の係数の単位は day である。

現時点では，対数近似の方がフィッティングが良い。地震時に沈降し，地震後に隆起している (5) 河北以南の 5 観測点について，関数近似が継続する前提で元に戻るまでの時間を計算すると，(10) 銚子は約 4 年で地震時沈降 14.3cm を相殺できるが，(5) 河北では約 14 億年で 60.0cm，(7) 相馬 1 では約 16 億年で 31.5cm，(8) いわきでは約  $3 \times 10^{46}$  年で 49.1cm，(9) 日立では約  $5 \times 10^{125}$  年で 32.3cm の地震時沈降を相殺する計算となり，現実味はほとんどない。

参考: 対数近似では, 単調に増加または減少するので最終値はない. また, 指数関数の時定数(緩和時間, 減衰時間)に相当する第2係数は第1係数の値の約69.3% ( $=\ln 2$ )に成長するまでの年数であり, あまり意味はない.

指数近似で推定された係数の内, 第1係数は(漸近する)最終値を示す. また, 第3係数は時定数で最終値の約63.2% ( $=1-1/e$ )の値に成長するまでの年数を意味する. ただし, 指数関数の推定係数はデータが追加されるたびに大きく変化することに注意が必要である. 指数関数の場合, 既にほぼ最終値に近く, 地震時に沈降し, 地震後に隆起している(5)河北以南の5点共元に戻らない計算となる.(2)岩泉2と(3)山田は地震後も沈降である.(1)は地震時に1.1cm沈降で地震後の上下変動は小さい.

参考1: 対数近似は摩擦の状態・すべり速度依存則から期待される余効すべりの時間的変化を意味し, 指数近似は上部マントルの粘弾性的な応力緩和に起因する地殻変動の時間変化を意味すると考えられる.

参考2: 時定数相当の係数を東西・南北・上下の成分毎に推定した結果によれば, 上下の係数が大きく異なって推定される場合((1), (7), (8))があるが, 誤差がかなり大きくあまり信用できない.(2)岩泉2と(3)山田の沈降は減衰している.(5)河北と(10)銚子の隆起は減衰が見られ,(7)相馬1と(8)いわきの隆起の減衰は(時定数が大きく推定され)小さいように見える. 対数近似で,(5)河北では約3600万年で60.0cm,(10)銚子では約1.2年で14.3cmの地震時沈降を相殺する計算となる. これら2点では指数近似では元に戻らない計算となる.

#### [GPS 地震後のベクトル]

第118～119図は, 福江を固定局とした東北地方太平洋沖地震後の水平と上下の地殻変動ベクトルである. 2011年4月7日宮城県沖の地震(M7.1, 最大震度6強, 深さ約66km, 逆断層・スラブ内地震, 地殻変動GPSで水平約3cm西南西と約5cmの隆起), 2011年4月11日17:16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GPSで約30cm水平と約50cmの沈下, SARで約2m), 2011年4月12日07:26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08:08千葉県東方沖の地震(M6.4, 最大震度5弱, 深さ約26km, 右横ずれ, 地殻変動約1cm)の影響が震源近傍の観測点で見られる.

第118図の水平成分では, 東日本全体で震源域に向かうような余効変動が観測されている.

第119図の上下で, 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. ただし, 例えばM牡鹿では, 8cmの隆起となっているが, この内約5cmは4月7日の宮城県沖の地震による. 小千谷観測点は, 冬期積雪期に融雪のための地下水汲み上げによって沈下が見られ, 春から初積雪までに緩やかに回復(隆起)が見られることが知られている.

#### [GPS 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震後の地殻変動速度]

第120～123図は, 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の余効変動の終息を判断するため, 三隅観測点に対する山田, 河北, 相馬1, 銚子観測点の水平変位と変動速度を時系列で示したものである. どの観測点でも余効変動は継続している.

[地震後の滑り分布モデル 従来のモデル]

第124図は、GEONETの地震後2011年5月29日までの地殻変動データを基に推定した滑り分布断層モデルである。フィリピン海スラブの北東端を太い点線で示した。宮城県沖から岩手県南部沖に1.8mを超える滑りが見られる。銚子沖に0.8mを超える滑りが見られる。

[観測値と滑り分布モデル計算値の比較 水平]

第125図は、水平観測値と前ページの滑り分布断層モデルによる計算値の比較である。全体的に合っているが、一部合わないところもある。

[計算値 - 観測値 O-C 水平]

第126図は、水平のO-Cのベクトルを拡大表示したものである。震源断層モデルの誤差の他、局所的な地殻活動や地殻構造の不均質による地殻変動も含まれると考えられる。

[観測値と滑り分布モデル計算値の比較 上下]

第127図は、上下観測値と前ページの滑り分布断層モデルによる計算値の比較である。全体的に合っているが、岩手・銚子付近など合わないところもある。

[計算値 - 観測値 O-C 上下]

第128図は、上下のO-Cのベクトルを拡大表示したものである。GPSの上下成分の誤差は大きく、断層モデル計算時の重みも下げているため、残差は大きめであるが、一部、モデルでは説明しにくい局所的な上下変動が見られる。

[東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 時間発展インバージョン]

第129～135図は、東北地方太平洋沖地震後の地殻変動を基にプレート境界面上の滑りの1週間毎の時間変化を時間発展（時間依存）インバージョンによって求めた暫定結果である。前は累積でお見せしていたが、今回は期間毎でお見せしている。

[地震後の滑りの時間変化]

第129～130図は推定滑り分布である。時間と共に減衰している。茨城県沖の滑りは相対的に小さい。第130図中段右の図はグリッドと観測点を広げた結果で、推定結果は左隣とほぼ同じである。下段のモーメントマグニチュードは8.3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131図は、今回の時間発展インバージョンによる累積の滑り分布と地震時の海上保安庁による海底地殻変動データを含む滑り分布を重ね合わせたものである。地震後すべりの赤色コンターと地震時すべりの青色のコンターを比べると、地震後の滑りは地震時の滑りが比較的小さいところで起きていることがわかる。

[地震後 ベクトル 計算値と観測値]

第132～133図は、水平変動の観測値と計算値の比較であり、比較的合っている。

[地震後 時系列 計算値と観測値]

第134～135図は、時系列3成分の観測値と計算値であり、概ね合っている。一部の観測点で上下のフィッティングが良くない理由として、重みが低いことが挙げられる。

なお、暫定的な結果なので、誘発地震による地殻変動の除去など（取り過ぎ等）改善の余地が残っている。

[InSAR 2011年3月19日茨城県北部の地震 23日福島県浜通りの地震]

第136図は、2011年3月19日茨城県北部の地震（M6.1、最大震度5強、深さ約5km、正断層、地殻変動GPSで2.4cm、SARで約40cm）と2011年3月23日福島県浜通りの地震（M6.0、最大震度5強、深さ約8km、正断層、地殻変動GPSで約5.7cm水平、SARで約10cm）に伴う地殻変動をだいちの合成開口レーダーデータの干渉解析で捉えたものである。西傾斜の正断層運動と調和的な地表変位が観測された。4月7日までは、井戸沢断層および湯ノ岳断層沿いの位相の不連続は見られない。よって、これらの断層沿いの位相の不連続は、4月11日の福島県浜通りの地震で生じた可能性が高い。

[2011年4月11日福島県浜通りの地震]

第137～139図は、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、SARで約2m）に伴うGEONETによる水平変動ベクトル図及び基線変化グラフである。いわき4で約30cmの水平変動と約50cmの沈降が観測された。前回の本会議で、この地殻変動は、北西－南東走向の上端深さ約0.3km、南西傾斜の矩形断層の正断層すべり、約4.5mで説明されている。

第138～139図の時系列において、第139図下の（4）のいわき4観測点では4月11日以降3成分に変動が見られる。上下は地震時と同じセンスであるが、東西と南北は逆方向である。

[地震前の歪み]

第140～143図は、GEONETによる1年ごとの歪み変化である。

第143図、2009年と2010年、福島県とその周辺では、2000年前後と比較して東西短縮を示す歪みが小さい。

[面積歪み 地震時]

第144図は、東北地方太平洋沖地震の地殻変動の観測値から、GPSデータのみを用いて推定された地震時のすべり分布モデルによる観測値を差し引いた残差水平ベクトルを用いて計算した面積歪み分布である。この残差面積歪みには、モデルにおけるすべり分布の誤差、地殻変動の計算で均質半無限弾性体を仮定したことによる誤差（地殻の不均質構造による誤差）、局所的な地震・火山活動等が含まれていると考えられる。なお、観測値そのものから面積歪みを計算すると、東日本のほとんどで大きな伸張歪みとなりこの図で収縮歪みとなっている場所でも実際は伸張歪みで、その大きさがモデルから期待されるものより小さいことを表していることに注意する必要がある。新潟・山形・秋田県の日本海沿岸（日本海東縁ひずみ集中帯）では、2011年3月12日長野県・新潟県県境付近の地震の震源域付近（M6.7）を除いて、帯状の伸張歪みの領域が見られる。

#### [面積歪み 地震後]

第145図は、東北地方太平洋沖地震後の地殻変動の観測値から、地震後のすべり分布モデルによる観測値を差し引いた残差水平ベクトルを用いて計算した面積歪み分布である。岩手・宮城県の太平洋側で収縮歪みの領域が見られているほか、新潟県北部から群馬・長野県境にかけて伸張歪みの領域が見られる。

#### [ $\Delta$ CFF]

第146～149図は、東北地方太平洋沖地震と余効滑りが、主要活断層に与えたクーロン応力変化 $\Delta$  CFFである。例えば双葉断層では、0.6MPa (= 約6bar) 以上の増加となっている。

#### [VLBI]

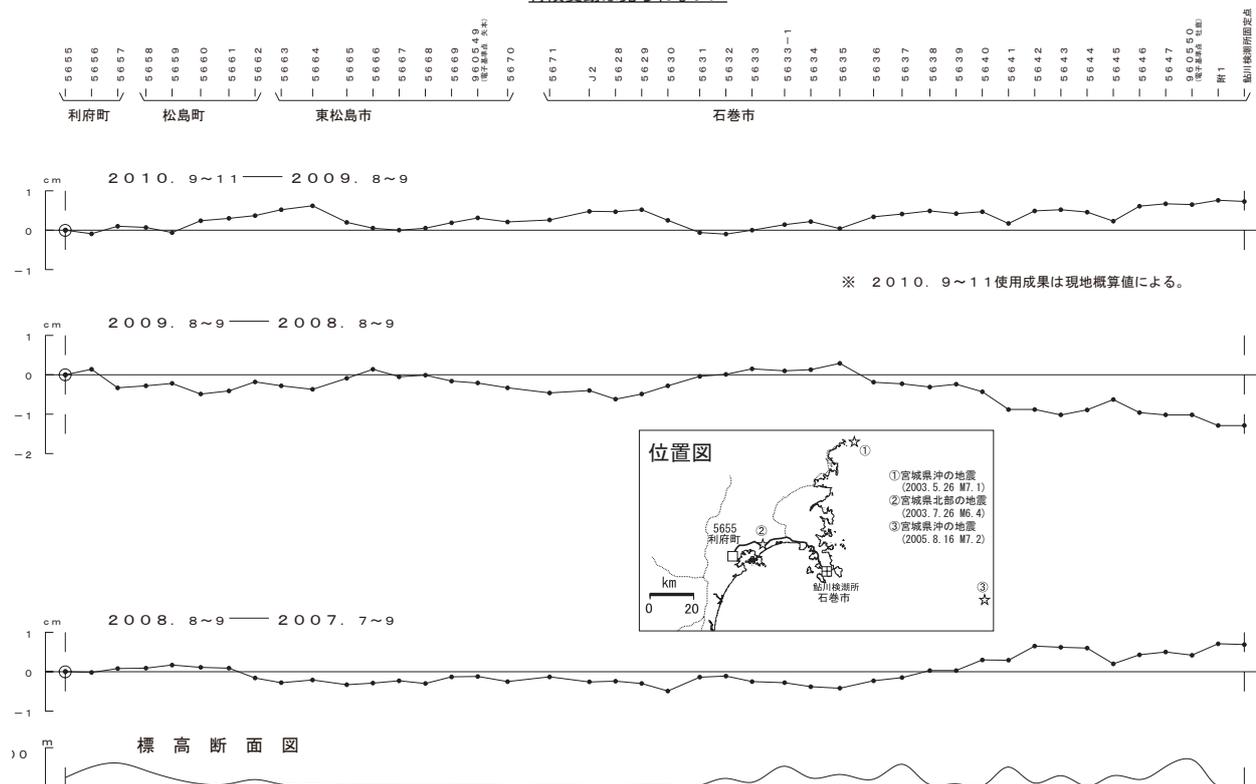
第150図は、VLBIつくば局で地震前後に実施した9回の国際VLBI観測結果である。ITRF2008基準座標系で求められた地殻変動では、東に64.2cmの地殻変動等が得られている。5月31日の電子基準点の測量成果改定では、5月10日のVLBI観測結果が用いられた。これらの観測結果は、GPSのIGS点TSKBの地殻変動とも良く整合している。

#### 参 考 文 献

- 1) 国土地理院, 2004, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 71, 279-329.
- 2) 国土地理院, 2004, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 72, 138-158.
- 3) 国土地理院, 2005, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 73, 85-88.
- 4) 国土地理院, 2006, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 75, 75-114.
- 5) 国土地理院, 2006, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 76, 107-129.
- 6) 国土地理院, 2007, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 77, 80-97.
- 7) 国土地理院, 2007, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 78, 127-137.
- 8) 国土地理院, 2008, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 79, 74-79.
- 9) 国土地理院, 2008, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 80, 75-79.
- 10) 国土地理院, 2009, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 81, 208-263.
- 11) 国土地理院, 2009, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 82, 106-117.
- 12) 国土地理院, 2010, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 83, 59-81.
- 13) 国土地理院, 2010, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 84, 85-92.
- 14) 国土地理院, 2011, 東北地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 85, 82-94.

# 利府町～石巻市間の上下変動

特段変動は見られない。

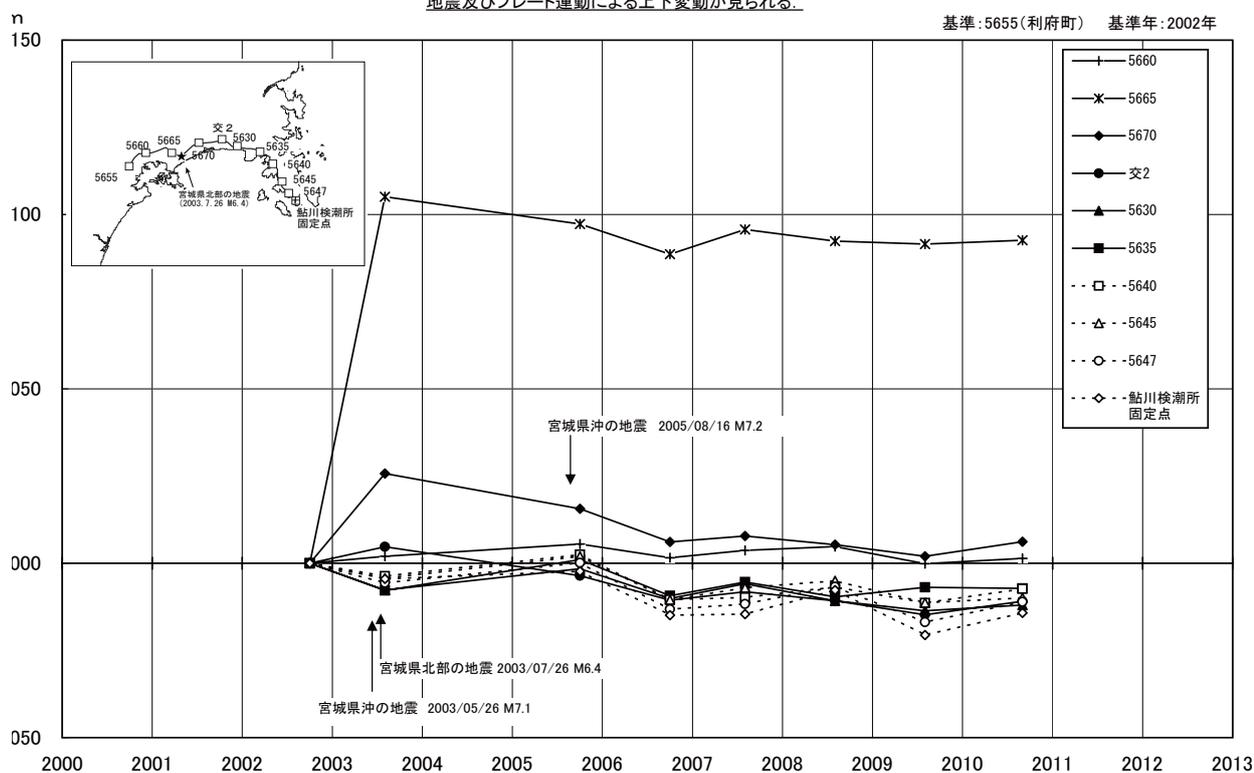


第1図 利府町～石巻市間の上下変動

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

# 牡鹿地区の各水準点の経年変化

地震及びプレート運動による上下変動が見られる。

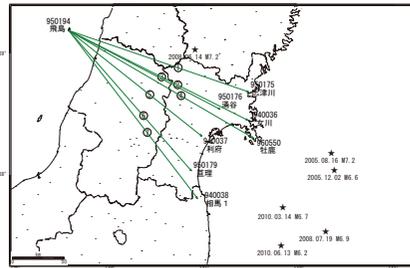


第2図 水準点 5655 (利府町) を基準とした利府～鮎川検潮所の各水準点の高さの経年変化

Fig. 2 Time series of height changes of benchmarks along the route between Rifu and Ayukawa tidal station as referred to BM5655.

東北地方太平洋岸 GPS連続観測時系列 (1)

2010年3月14日に発生した福島県沖の地震(M6.7)の影響が見られる。

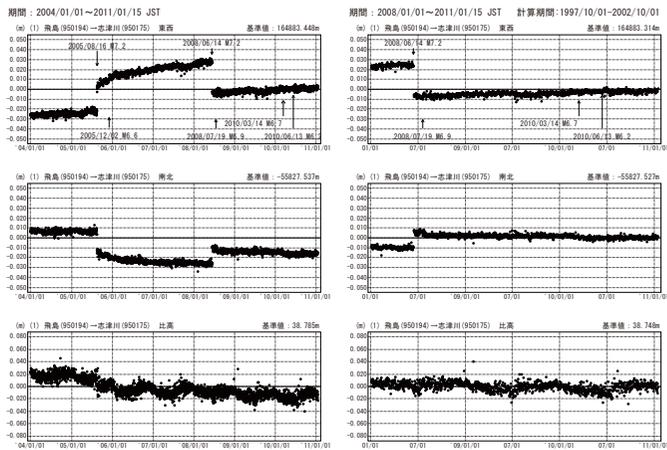


観測局情報

点番号	点名	アンテナ交換	アンテナ高調整	周辺伐採	レドーム開閉
950175	志津川	2003.07.17			
940036	女川	2001.11.28			
950176	涌谷	2003.07.17		2005.08.24	2010.03.04
960550	牡鹿	2002.12.16			
940037	利府	2002.12.13			
950179	亶理	2003.07.23			
940038	相馬1	2002.12.26		2007.09.26	

※ 2003年3月25日に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

1次トレンド・年周・半年周成分除去後

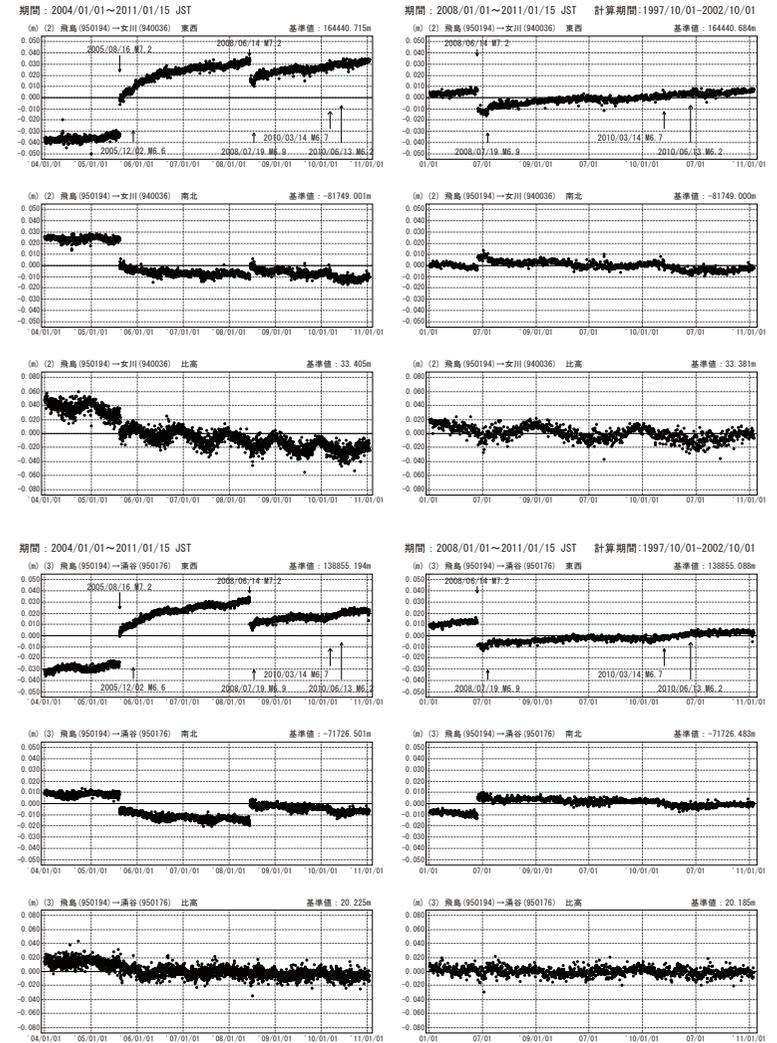


●—[F3-最終解]

第3図 a 宮城県周辺におけるGPS連続観測結果(基線図・観測点保守状況)  
 Fig. 3a Long term time series of GEONET F3 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (Baseline map and records of site maintenance).  
 第3図 b 宮城県周辺におけるGPS連続観測結果(トレンド・年周・半年周除去, 固定点飛鳥)  
 Fig. 3b Long term time series of GEONET F3 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima) (1/4).

東北地方太平洋岸 GPS連続観測時系列 (2)

1次トレンド・年周・半年周成分除去後

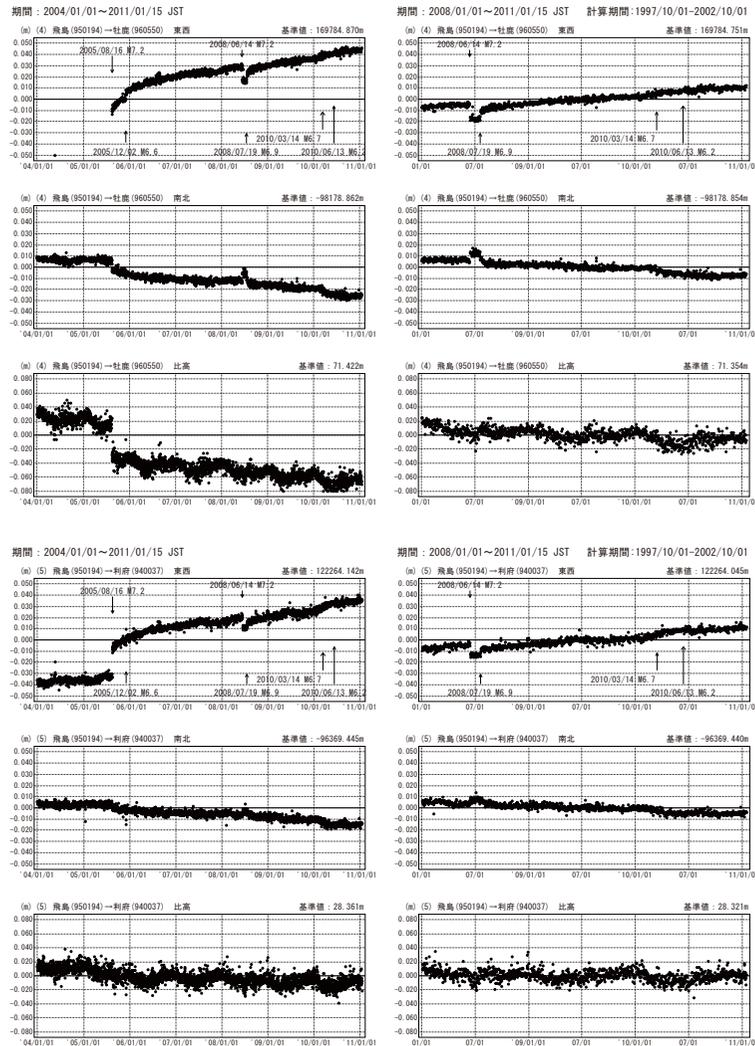


●—[F3-最終解]

第4図 宮城県周辺におけるGPS連続観測結果(トレンド・年周・半年周除去, 固定点飛鳥)  
 Fig. 4 Long term time series of GEONET F3 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima) (2/4).

東北地方太平洋岸 GPS連続観測時系列 (3)

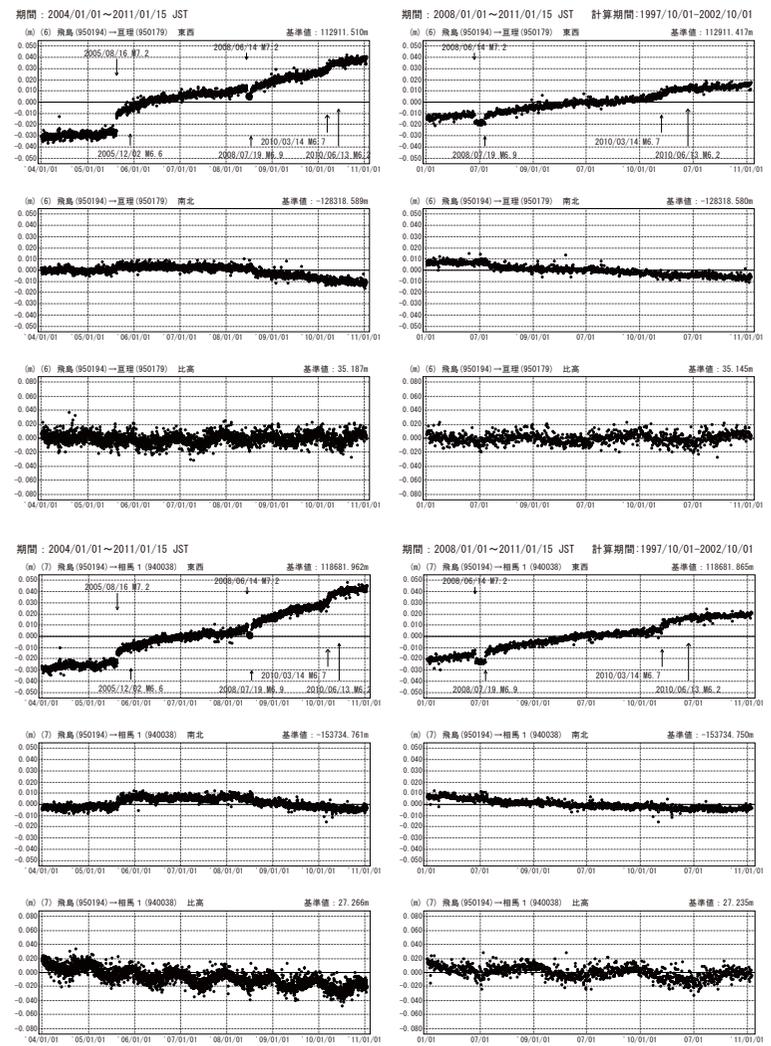
1次トレンド・年周・半年周成分除去後



第5図 宮城県周辺におけるGPS連続観測結果(トレンド・年周・半年周除去, 固定点飛島)  
 Fig. 5 Long term time series of GEONET F3 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima) (3/4).

東北地方太平洋岸 GPS連続観測時系列 (4)

1次トレンド・年周・半年周成分除去後

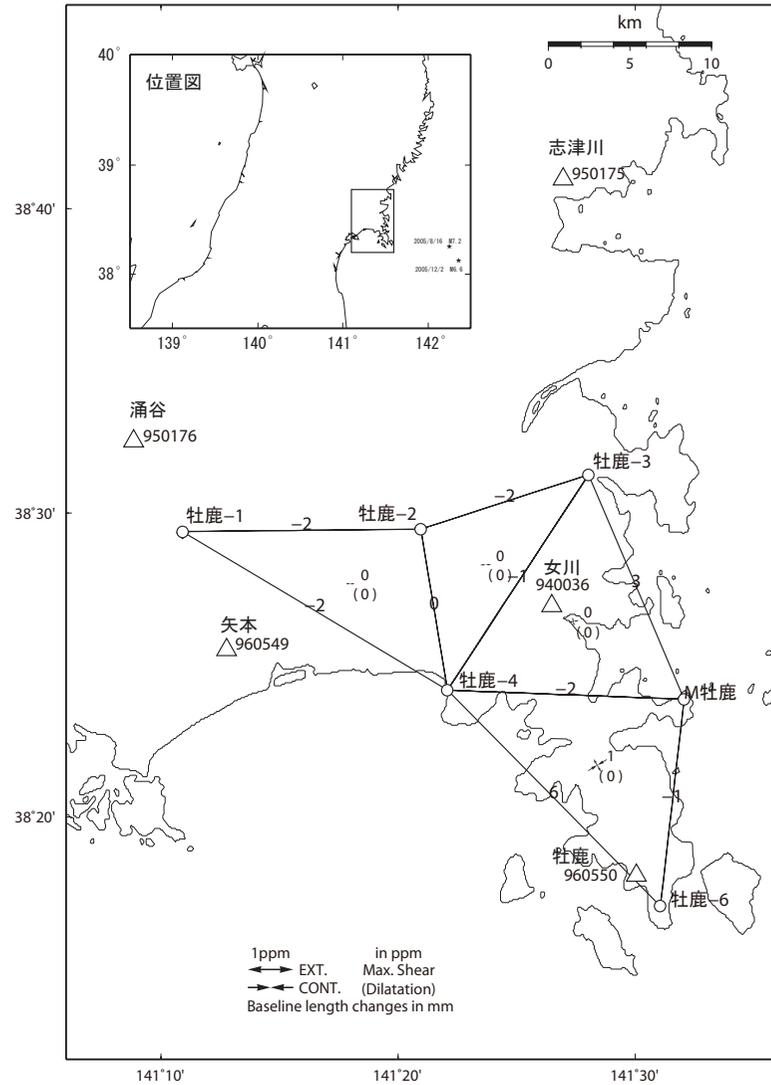


第6図 宮城県周辺におけるGPS連続観測結果(トレンド・年周・半年周除去, 固定点飛島)  
 Fig. 6 Long term time series of GEONET F3 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima) (4/4).

宮城県 牡鹿地区 GPS繰り返し観測 GPS機動観測

特段の変化は見られない。

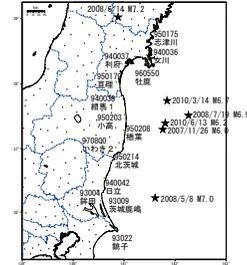
前回観測：2009年5月  
今回観測：2010年5月



第7図 牡鹿地区地殻変動観測点におけるGPS観測結果  
Fig. 7 Results of campaign GPS observation on the crustal deformation monitoring points in Oshika region.

宮城・福島・茨城県太平洋岸 GPS連続観測時系列

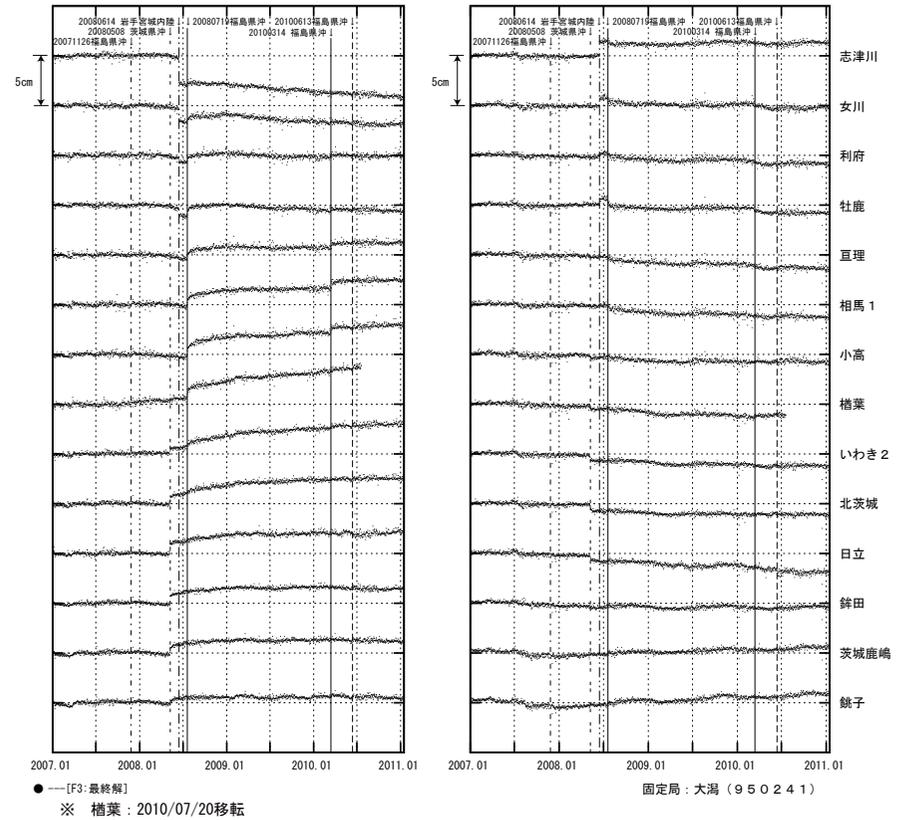
配置図



2010年3月14日の福島県沖の地震(M6.7)時の  
跳びとその後の余効変動が観測された。

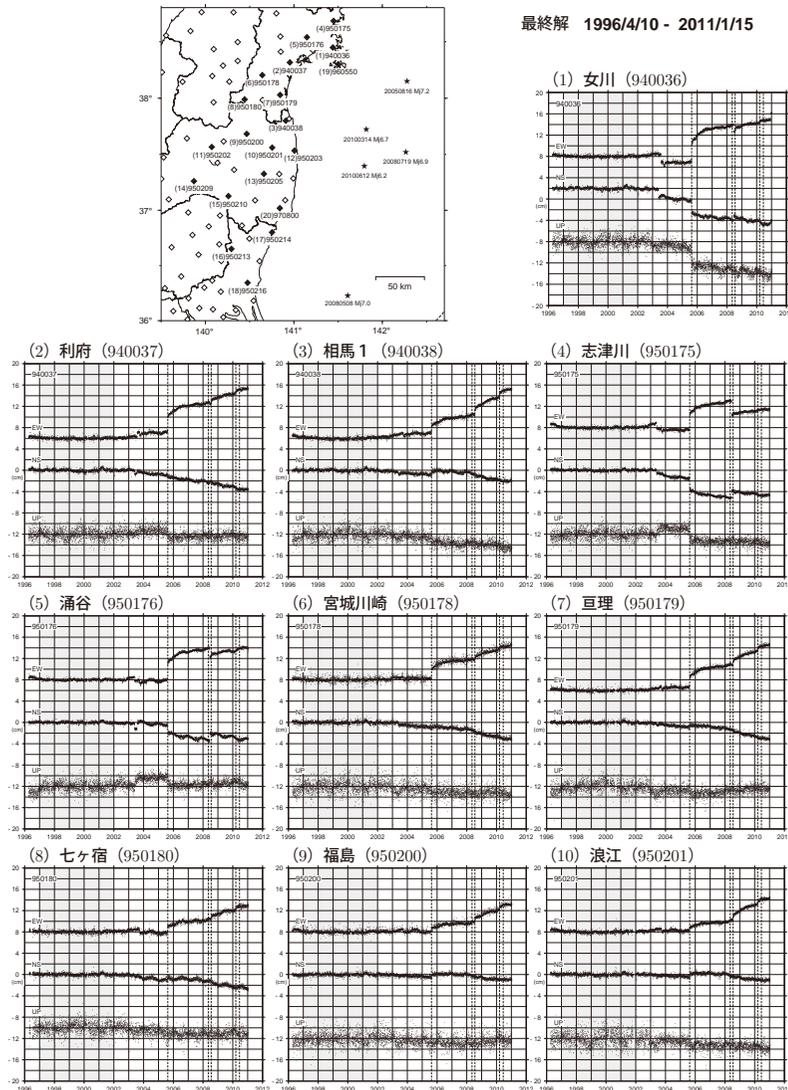
1次トレンド・年周・半年周成分除去後 (東西成分)  
期間：2007.01.01~2011.01.15 計算期間：2006.01.01~2008.01.01

1次トレンド・年周・半年周成分除去後 (南北成分)  
期間：2007.01.01~2011.01.15 計算期間：2006.01.01~2008.01.01



第8図 宮城・福島・茨城県太平洋岸 GPS連続観測時系列  
Fig. 8 Results of continuous GPS measurements on the Pacific coast of Miyagi, Fukushima and Ibaraki.

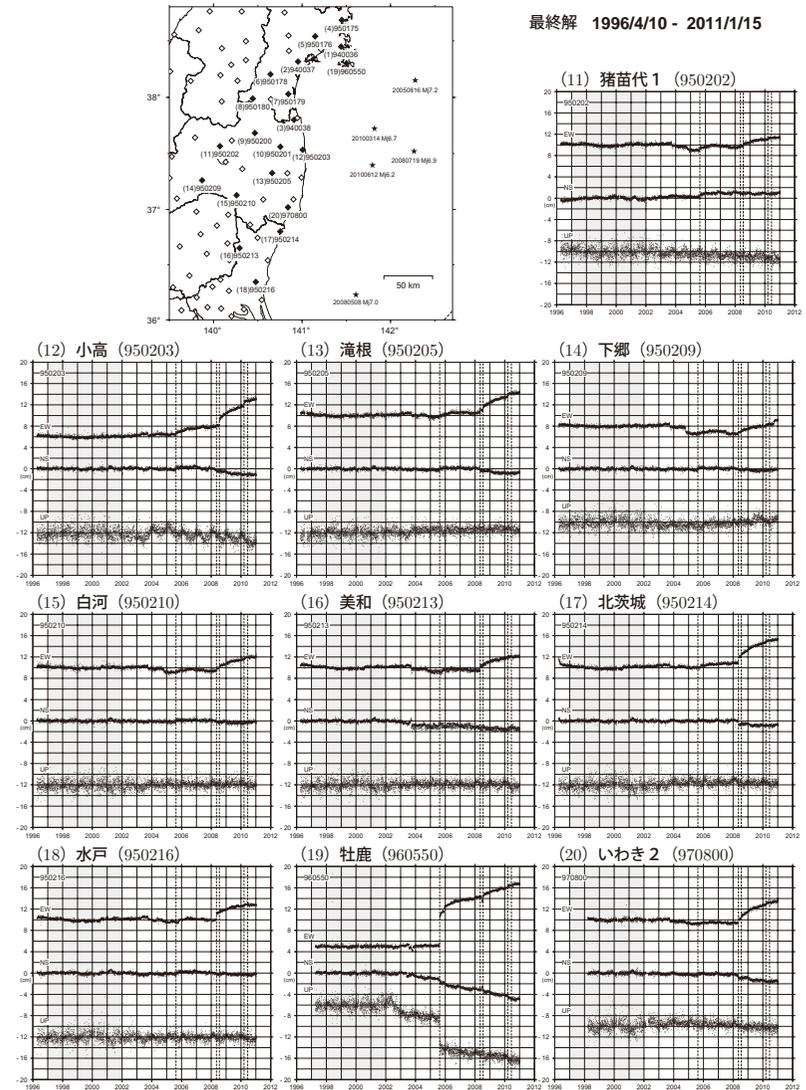
宮城県・福島県周辺の非正常地殻変動時系列（1）【岩崎固定】



- ・ 1997年1月～2002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ている。
- ・ 上下成分に関しては、2003年以降、年周/半年周成分は除去していない。
- ・ 点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震、2008年5月8日茨城県沖の地震、2008年7月19日福島県沖の地震、2010年3月14日福島県沖の地震、2010年6月13日福島県沖の地震の発生日。
- ・ 地震による変動の影響は取り除いていない。

第9図 宮城県・福島県周辺の非正常地殻変動の時間変化時系列  
Fig. 9 Time series of transient deformation at selected stations around the Miyagi and Fukushima prefecture (1/2).

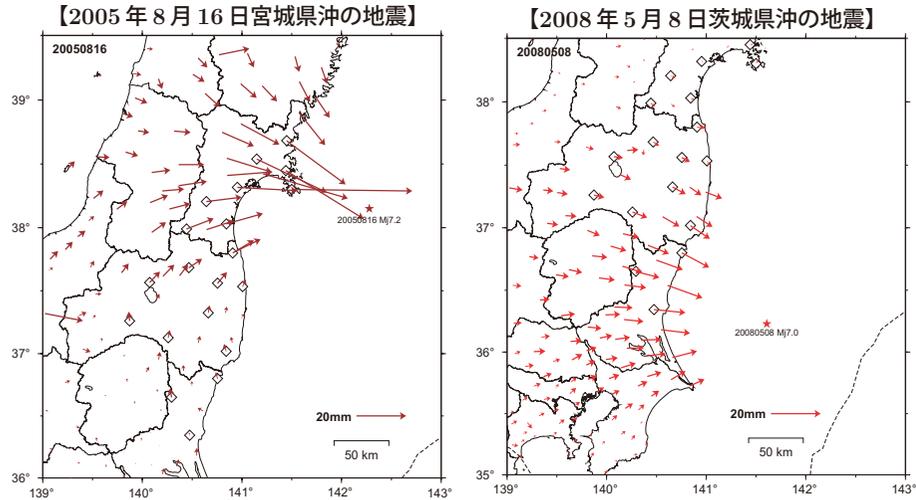
宮城県・福島県周辺の非正常地殻変動時系列（2）【岩崎固定】



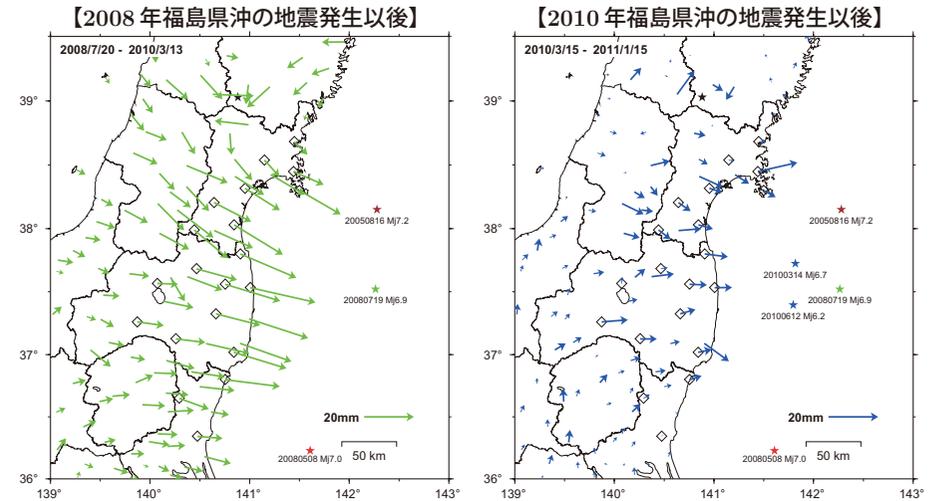
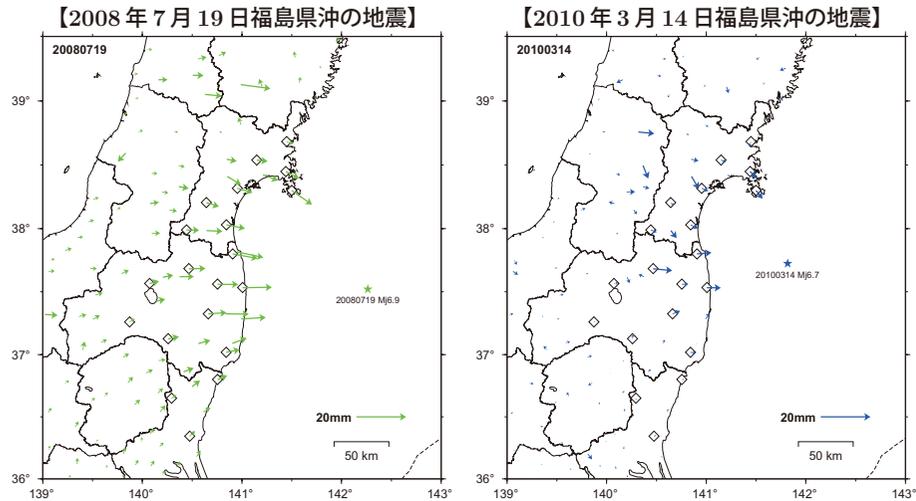
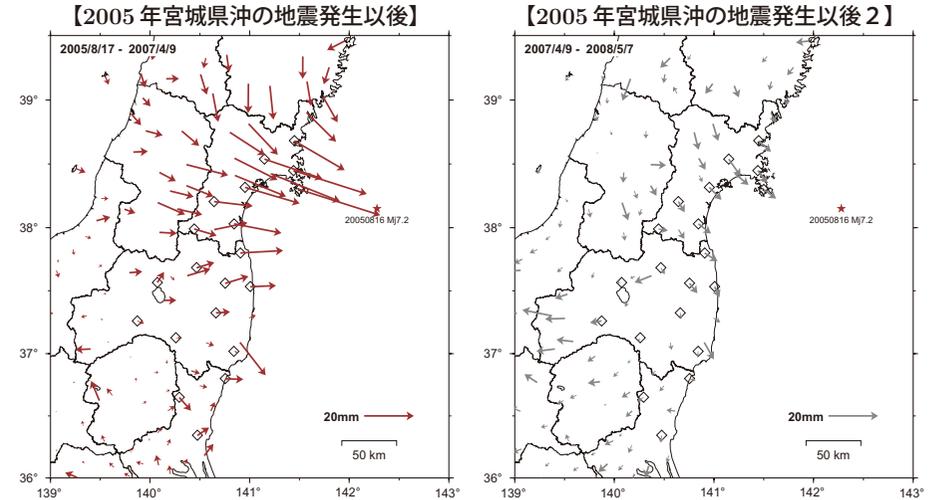
- ・ 1997年1月～2002年1月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- ・ 上下成分に関しては、2003年以降、年周/半年周成分は除去していない。
- ・ 点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震、2008年5月8日茨城県沖の地震、2008年7月19日福島県沖の地震、2010年3月14日福島県沖の地震、2010年6月13日福島県沖の地震の発生日。
- ・ 地震による変動の影響は取り除いていない。

第10図 宮城県・福島県周辺の非正常地殻変動の時間変化時系列  
Fig. 10 Time series of transient deformation at selected stations around the Miyagi and Fukushima prefecture (2/2).

宮城県・福島県周辺で発生した地震の地震時の地殻変動【岩崎固定】



宮城県・福島県周辺の非正常地殻変動【岩崎固定】



◇印は、時系列を表示している観測点。

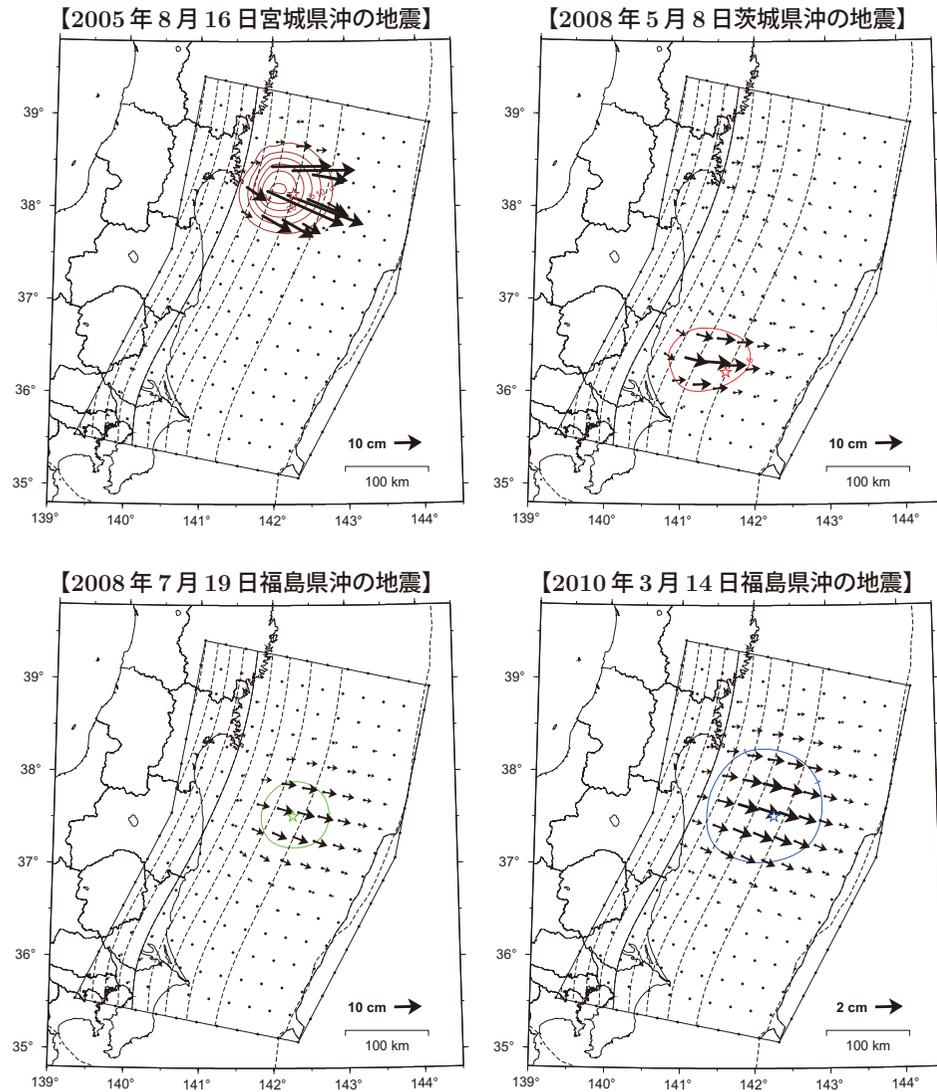
・非常地殻変動時系列から、それぞれの期間の累積の変動量を表示している。  
 ・それぞれに期間は異っている。  
 ◇印は、時系列を表示している観測点。

※非常地殻変動時系列：  
 1997年1月～2002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 11 図 宮城県・福島県周辺で発生した地震時の地殻変動  
 Fig. 11 Coseismic deformation caused by the earthquakes occurred in Miyagi-oki and Fukushima-oki.

第 12 図 宮城県・福島県周辺の非正常地殻変動  
 Fig. 12 Transient crustal deformation in Miyagi and Fukushima prefecture.

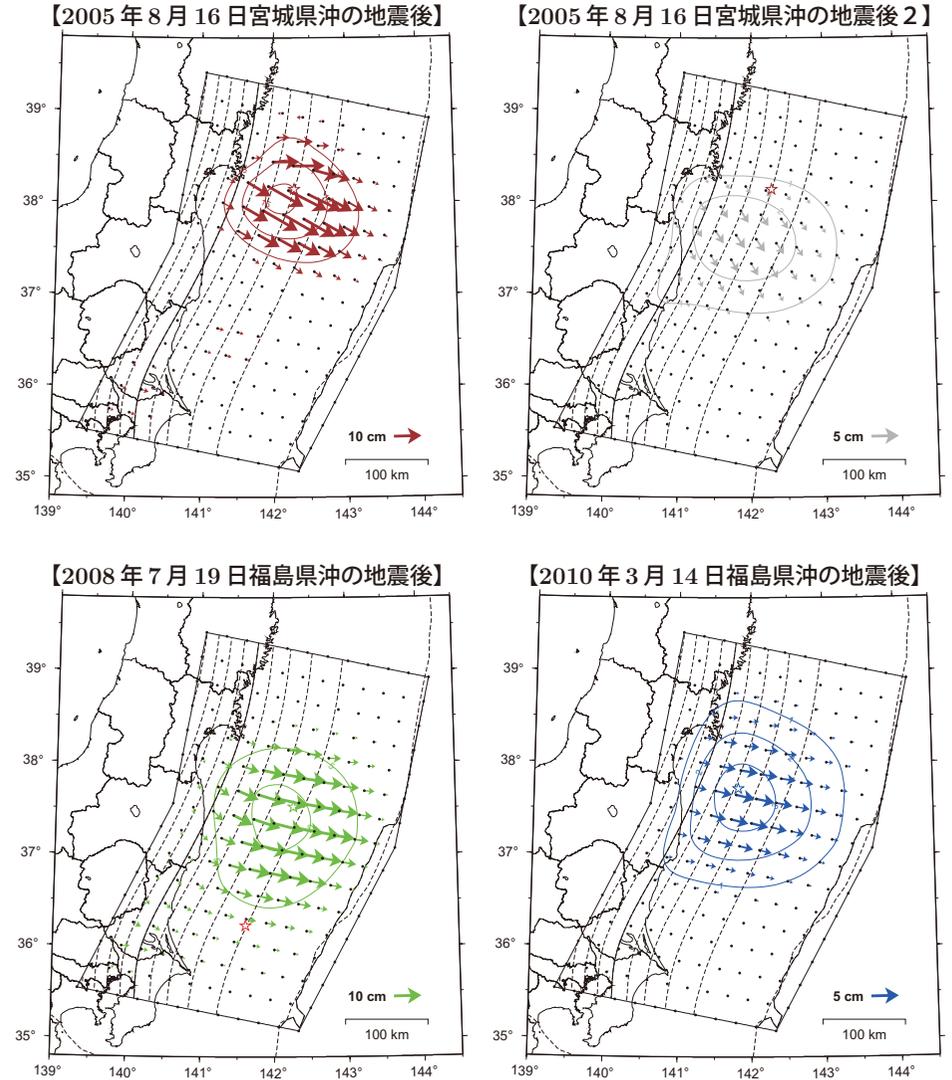
宮城県・福島県周辺で発生した地震のすべり分布【暫定】



・2010年3月14日福島県沖の地震のみスケールとコンタが異っている。星印はそれぞれの地震の震央。

第13図 宮城県・福島県周辺で発生した地震のすべり分布（暫定）  
Fig. 13 Coseismic slip distribution of the earthquakes occurred in Miyagi-oki and Fukushima-oki (preliminary result).

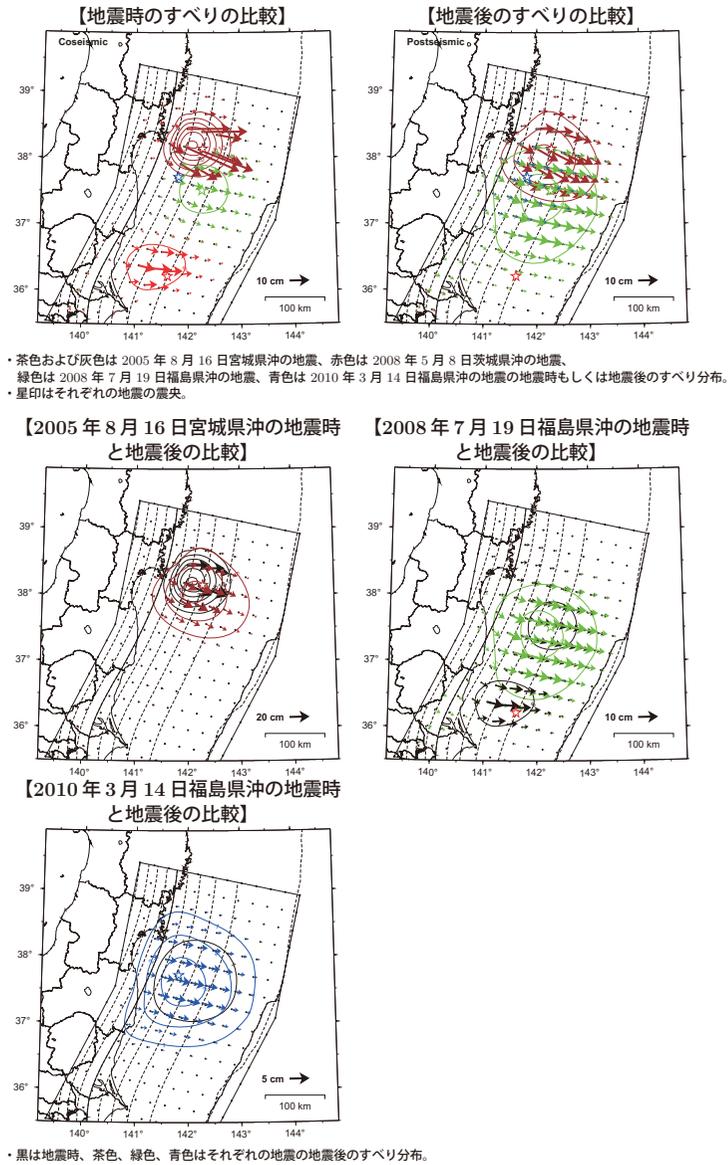
宮城県・福島県周辺で発生した地震後のすべり分布【暫定】



・それぞれにスケール、コンタ、期間は異っている。  
・期間は、宮城県・福島県沖の非常地震変動に示されている期間と同じ。

第14図 宮城県・福島県周辺で発生した地震後のすべり分布（暫定）  
Fig. 14 Postseismic slip distribution following the earthquakes occurred in Miyagi-oki and Fukushima-oki (preliminary result).

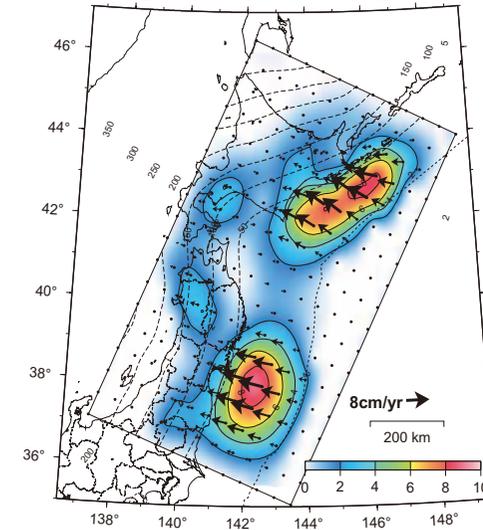
宮城県・福島県沖で発生した地震の地震時と地震後のすべり分布の比較【暫定】



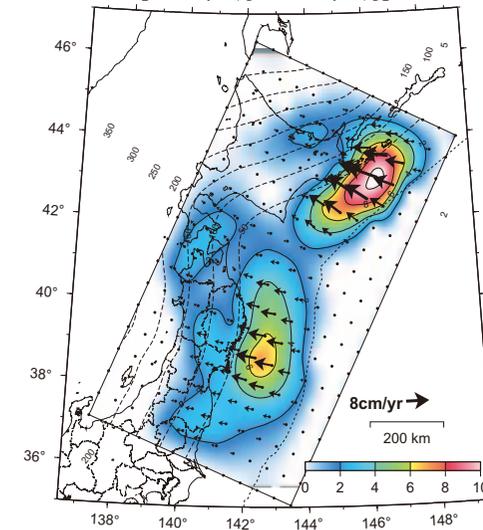
第 15 図 宮城県・福島県周辺で発生した地震時と地震後のすべり分布比較（暫定）  
 Fig. 15 Comparison between coseismic and postseismic slip distribution of the earthquakes occurred in Miyagi-oki and Fukushima-oki (preliminary result).

東北日本のすべり欠損分布

【1997 年 1 月～2000 年 1 月】



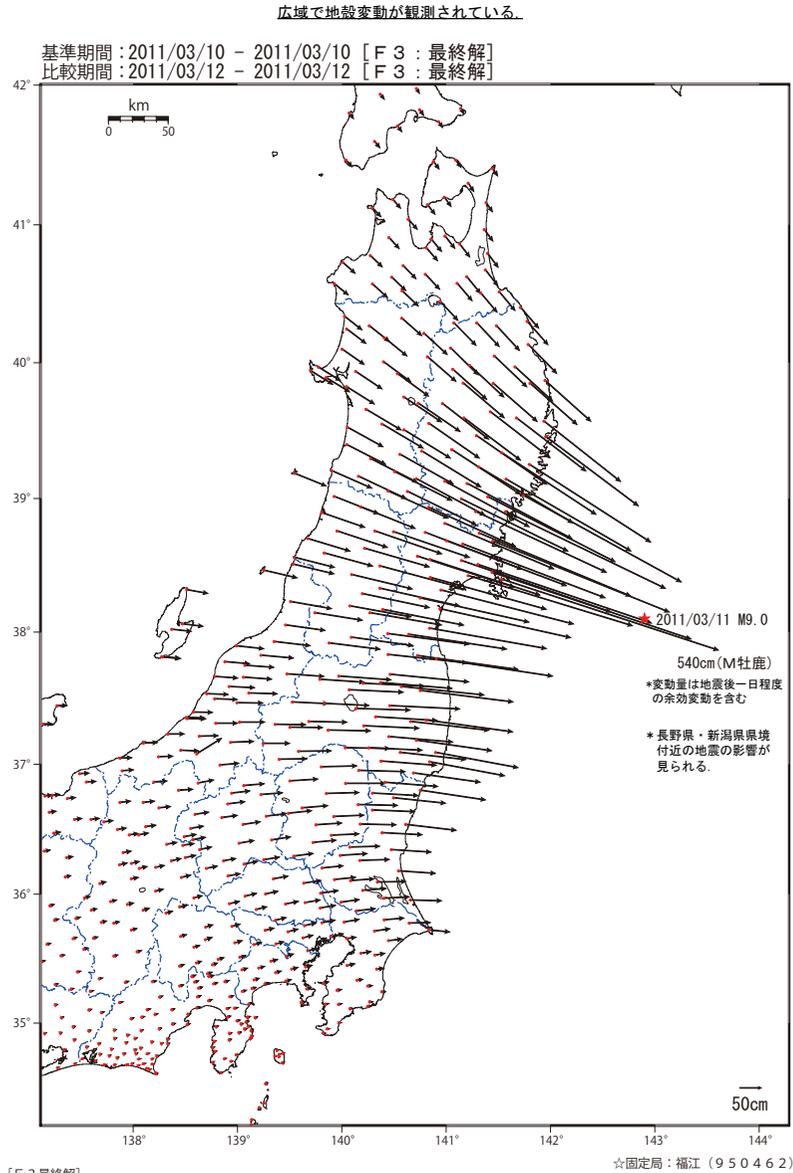
【2007 年 1 月～2010 年 1 月】



・それぞれの期間の 3 年間の平均変動速度からすべり欠損を推定している。  
 ・2007 年 1 月～2010 年 1 月は、この期間内に発生した 2008 年 5 月 9 日茨城県沖の地震、2008 年 7 月 19 日福島県沖の地震の影響は取り除いてすべり欠損を推定している。ただし余効変動の影響は取り除いていない。

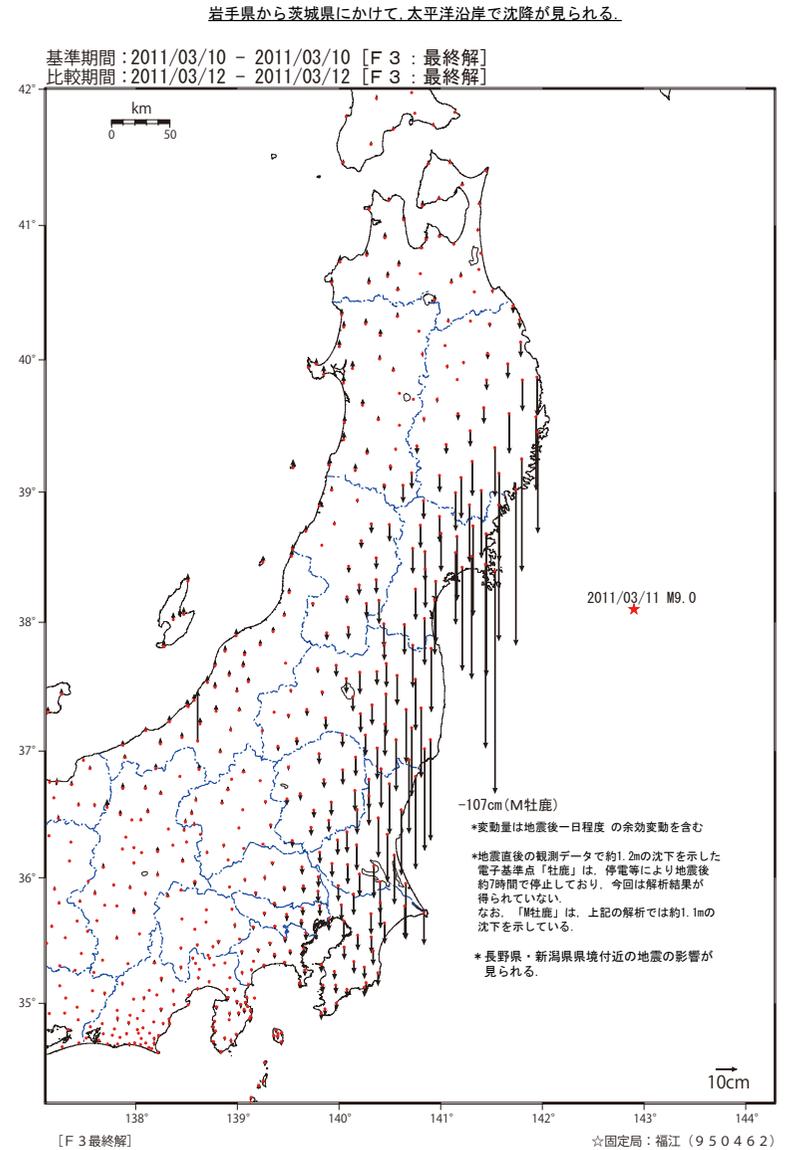
第 16 図 東北日本のすべり欠損分布  
 Fig. 16 Estimated slip deficit in northeast Japan.

東北地方太平洋沖地震(3月11日, M9.0)に伴う地殻変動(水平)



第 17 図 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (水平)  
Fig. 17 Crustal deformation associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on March 11, 2011 (horizontal).

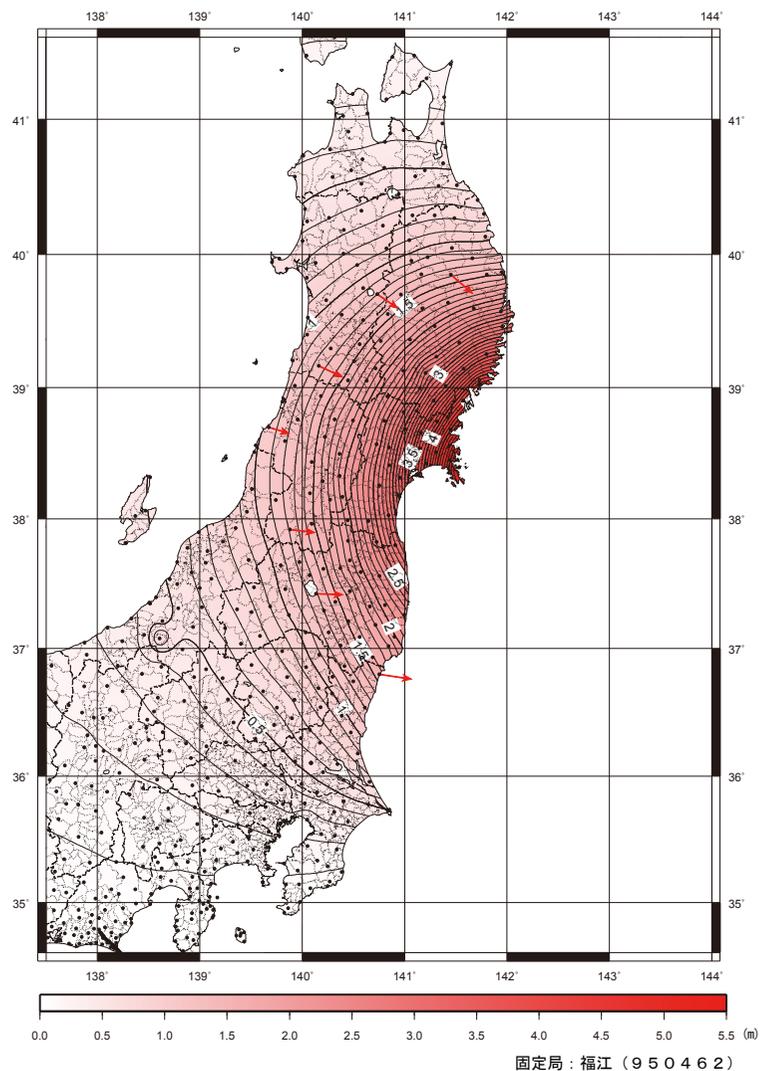
東北地方太平洋沖地震(3月11日, M9.0)に伴う地殻変動(上下)



第 18 図 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (上下)  
Fig. 18 Crustal deformation associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on March 11, 2011 (vertical).

本震 (M9.0) に伴う地殻変動等変動量線図 (水平変動量)

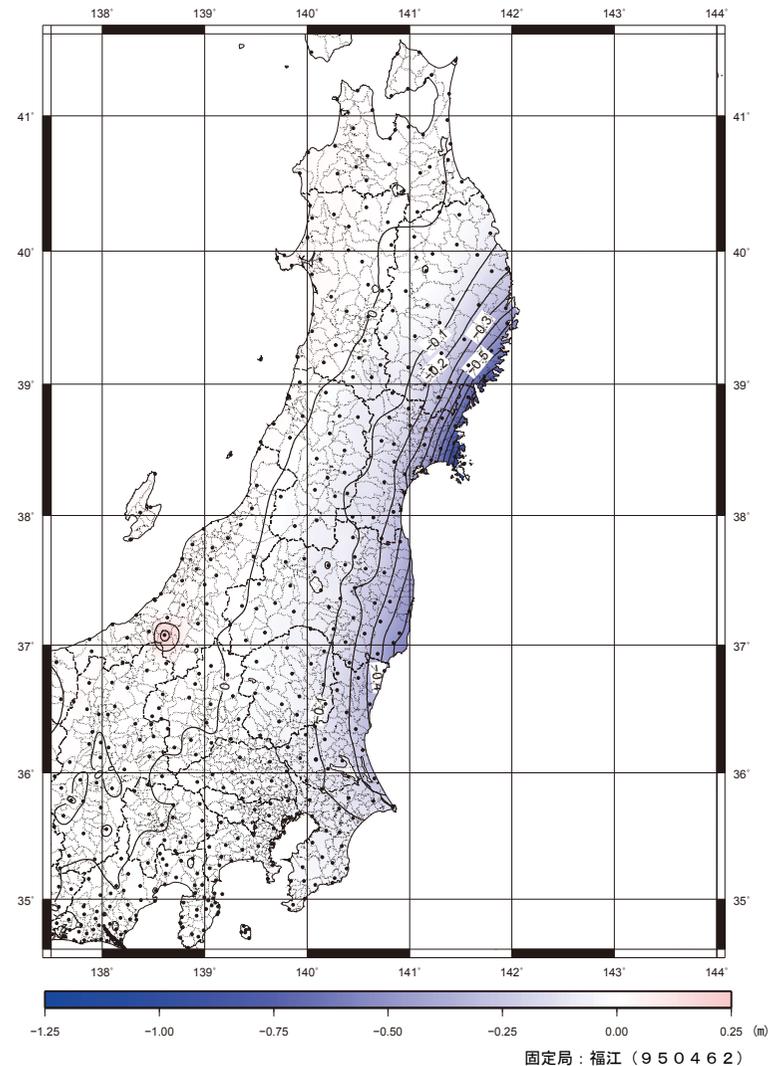
基準期間：2011/03/10 F3最終解  
 比較期間：2011/03/12 F3最終解  
 ※電子基準点の解析結果の存在しない地区では保証されません



第 19 図 本震 (M9.0) に伴う地殻変動等変動量線図 (水平変動量)  
 Fig. 19 Contour map of crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (horizontal).

本震 (M9.0) に伴う地殻変動等変動量線図 (上下変動量)

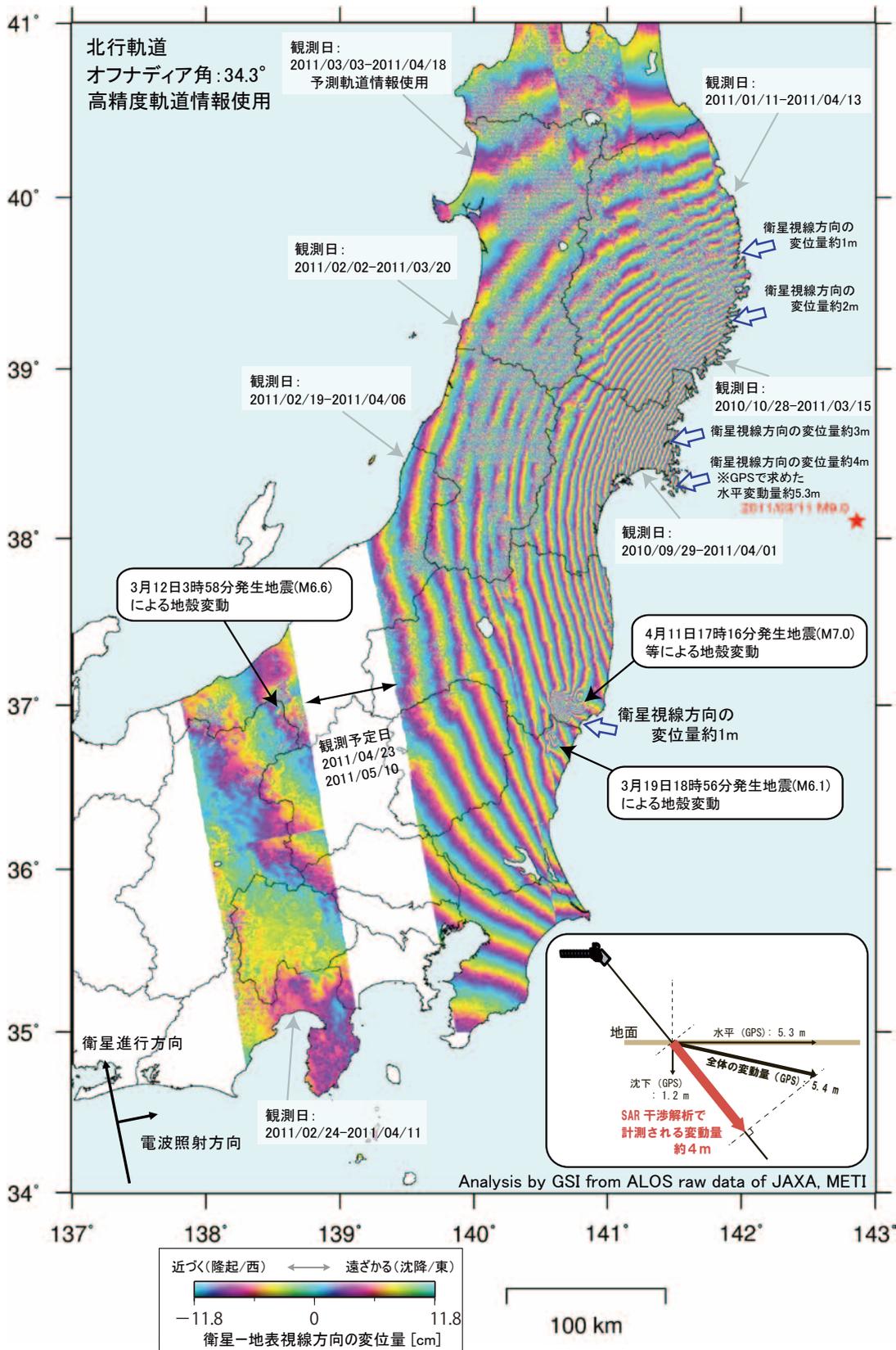
基準期間：2011/03/10 F3最終解  
 比較期間：2011/03/12 F3最終解  
 ※電子基準点の解析結果の存在しない地区では保証されません



第 20 図 本震 (M9.0) に伴う地殻変動等変動量線図 (上下変動量)  
 Fig. 20 Contour map of crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (vertical).

合成開口レーダー (SAR) と電子基準点 (GPS連続観測点) の融合解析による地殻変動 (暫定)

・ 牡鹿半島先端で最大約4mの衛星-地表間の距離伸長が見られる。



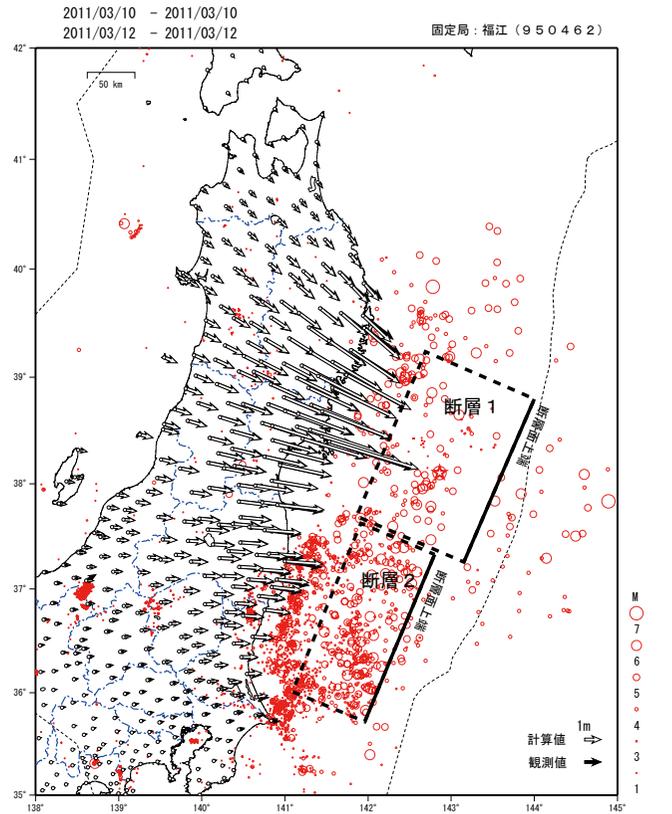
※この図は観測地点の西側上空を飛行する人工衛星と地表面の距離の変化量を示しています。なお、GPS連続観測による地殻変動は、牡鹿半島で本震発生時に東南東方向に約5.3mの移動、約1.2mの沈下でした。

第 21 図 合成開口レーダー (SAR) と電子基準点 (GPS 連続観測点) の融合解析による地殻変動 (暫定)  
Fig. 21 Crustal deformation detected by interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) analysis combined with GPS data (preliminary result).

東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日）の震源断層モデル

北側の矩形断層で2.5mの大きなすべり、南側の断層で6m程のすべりが推定された。断層1の領域では、余震があまり発生していない。

1. 水平変動



星印は気象庁の震央 (142.861°, 38.104°)。  
 矩形断層二枚での推定結果。  
 西側に傾き下がる逆断層。モーメントマグニチュードは北側が8.8、南側が8.3。2つ合わせて8.9。  
 断層の長さは南北に約190kmの断層1と約190kmの断層2で合計約380km。  
 赤丸は気象庁一元化震源 (3/11-3/15)。

	緯度	経度	上端深さ km	長さ km	幅 km	走向	傾斜角	すべり角	すべり量 m	Mw
断層1	38.80°	144.00°	5.1	186	129	203	16	101	24.7	8.8
断層2	37.33°	142.80°	17.0	194	88	203	15	83	6.1	8.3

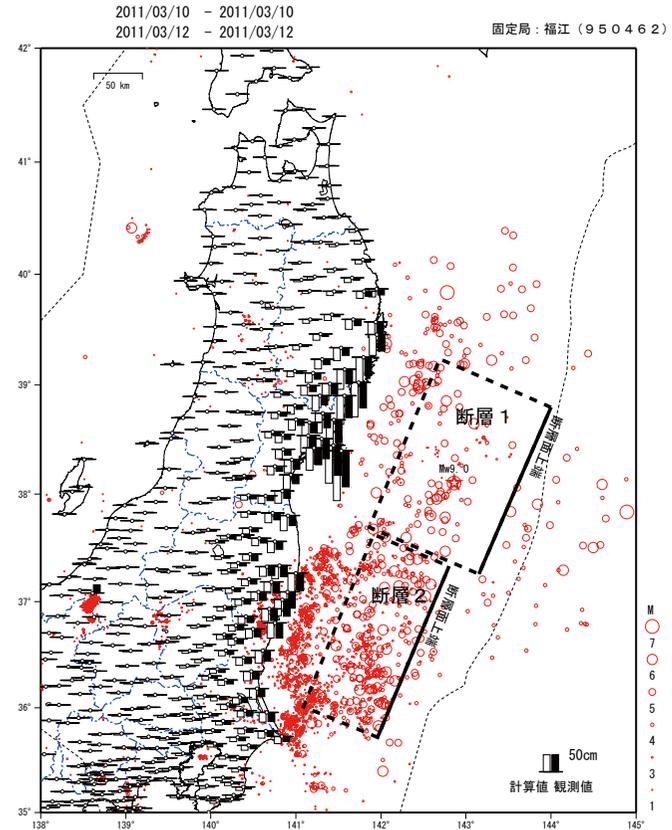
Lat=38.80 Lon=144.00 D=5.1km L=186.2km W=128.5km Strike=203deg Dip=16deg Rake=101deg Slip=24.69m Open=0.0m Mw=8.8  
 Lat=37.33 Lon=142.80 D=17.0km L=193.9km W=87.9km Strike=203deg Dip=15deg Rake=83deg Slip=6.12m Open=0.0m Mw=8.3

第 22 図 東北地方太平洋沖地震の震源断層モデル（水平変動）  
 Fig. 22 Earthquake source fault model of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (horizontal displacements).

東北地方太平洋沖地震（2011年3月11日）の震源断層モデル

北側の矩形断層で2.5mの大きなすべり、南側の断層で6m程のすべりが推定された。断層1の領域では、余震があまり発生していない。

2. 上下変動



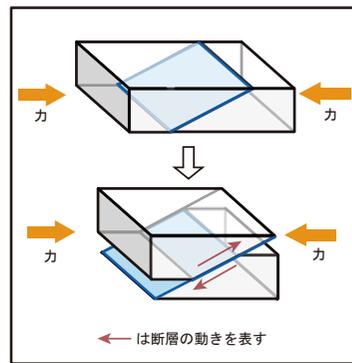
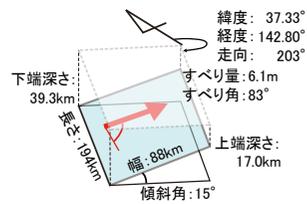
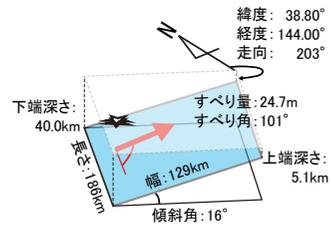
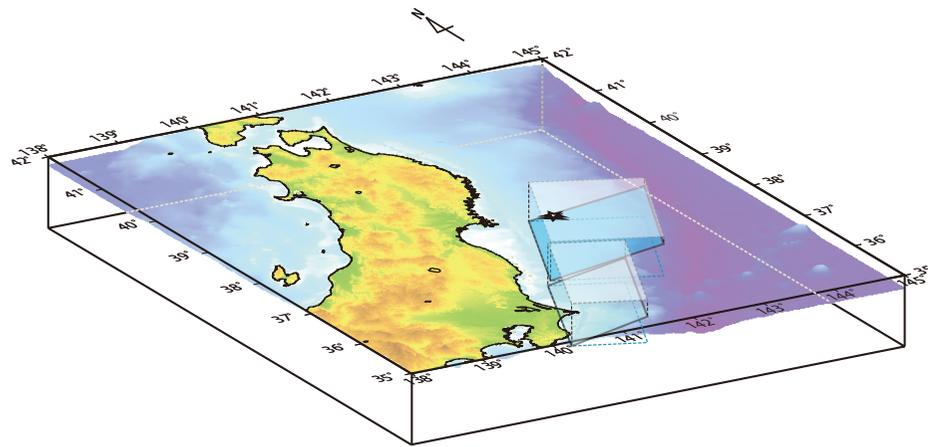
星印は気象庁の震央 (142.861°, 38.104°)。  
 矩形断層二枚での推定結果。  
 西側に傾き下がる逆断層。モーメントマグニチュードは北側が8.8、南側が8.3。2つ合わせて8.9。  
 断層の長さは南北に約190kmの断層1と約190kmの断層2で合計約380km。  
 赤丸は気象庁一元化震源 (3/11-3/15)。

	緯度	経度	上端深さ km	長さ km	幅 km	走向	傾斜角	すべり角	すべり量 m	Mw
断層1	38.80°	144.00°	5.1	186	129	203	16	101	24.7	8.8
断層2	37.33°	142.80°	17.0	194	88	203	15	83	6.1	8.3

Lat=38.80 Lon=144.00 D=5.1km L=186.2km W=128.5km Strike=203deg Dip=16deg Rake=101deg Slip=24.69m Open=0.0m Mw=8.8  
 Lat=37.33 Lon=142.80 D=17.0km L=193.9km W=87.9km Strike=203deg Dip=15deg Rake=83deg Slip=6.12m Open=0.0m Mw=8.3

第 23 図 東北地方太平洋沖地震の震源断層モデル（上下変動）  
 Fig. 23 Earthquake source fault model of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (vertical displacement).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震  
震源断層モデルの概念図



断層パラメータ

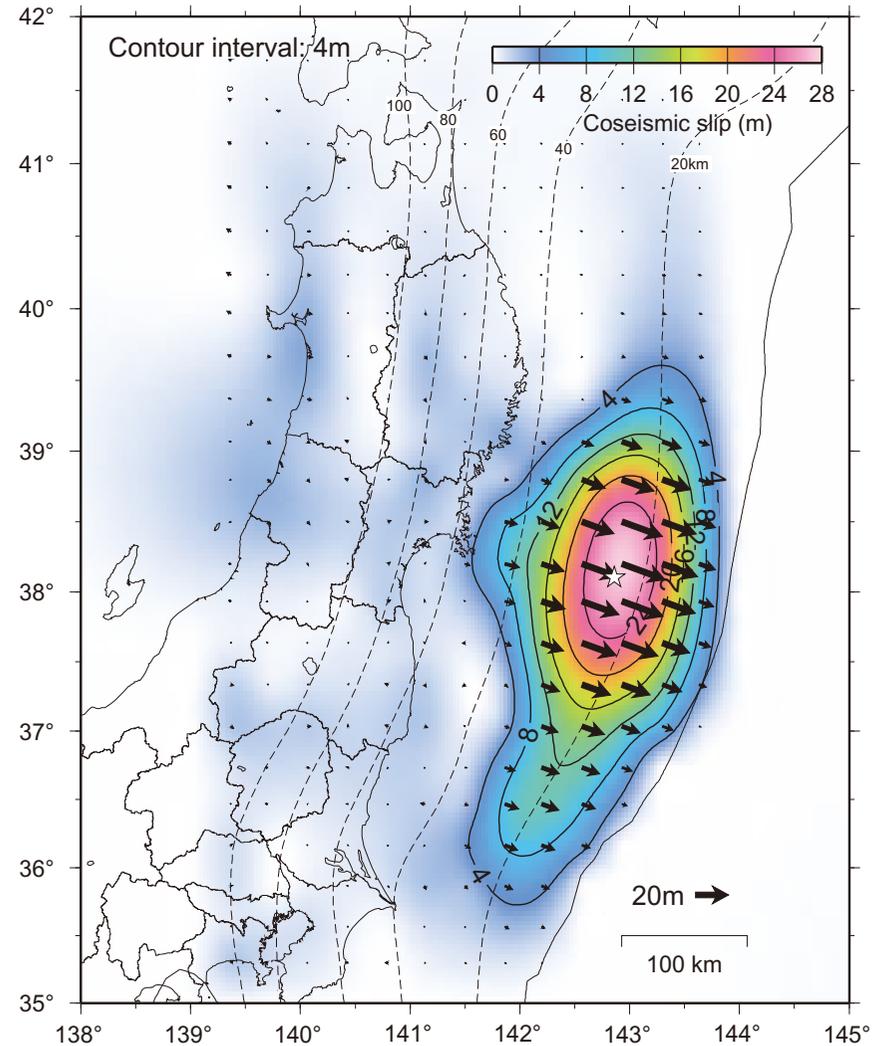
緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	すべり角	すべり量	モーメントマグニチュード
38.80°	144.00°	5.1km	186km	129km	203°	16°	101°	24.7m	8.8
37.33°	142.80°	17.0km	194km	88km	203°	15°	83°	6.1m	8.3

※断層パラメータは、基準期間2011/03/10および比較期間2011/03/12を使用。

第24図 2011年東北地方太平洋沖地震 震源断層モデルの概念図と断層パラメータ  
Fig. 24 Schematic diagram and fault parameters of the earthquake source fault model of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震  
プレート境界面上の地震時のすべり分布モデル

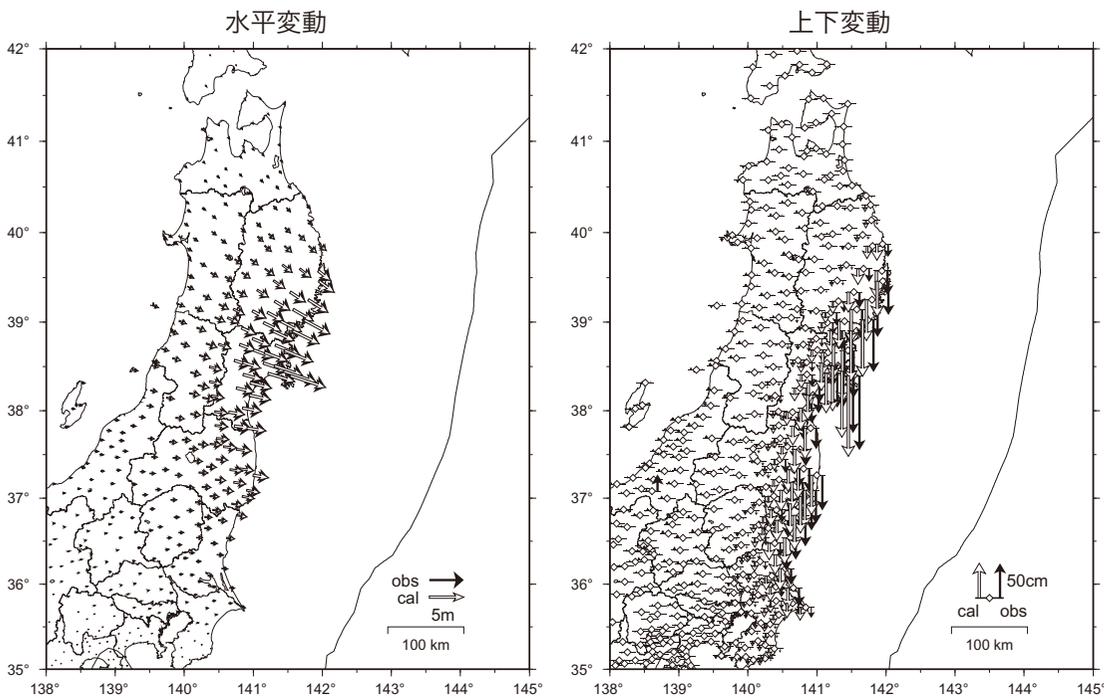
データ期間 20110310 - 20110312 (F3解) 固定局: 福江 (950462)



星印は本震の震央  
地震時の滑りのモーメントマグニチュードは 9.0 (剛性率 40GPa)

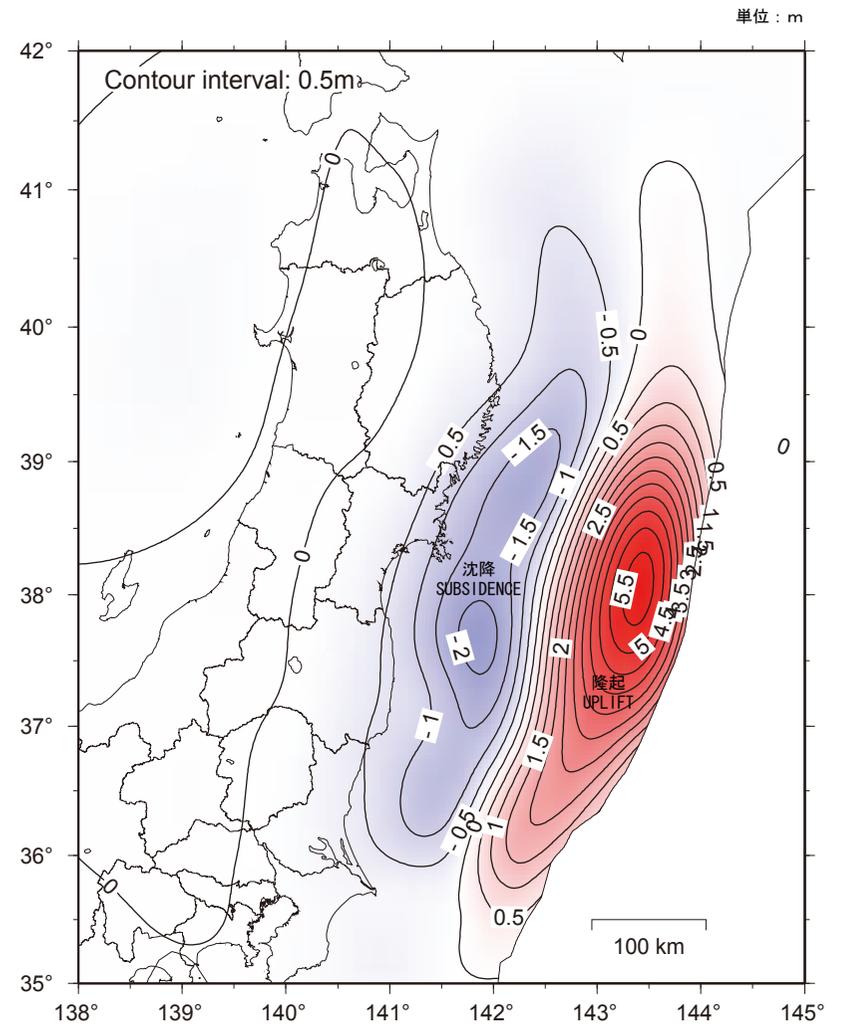
第25図 2011年東北地方太平洋沖地震時 地震時の滑り分布モデル  
Fig. 25 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Slip distribution on the plate interface of the mainshock.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震  
地震時の地殻変動の観測値と計算値の比較  
データ期間 20110310 - 20110312 (F3解) 固定局: 福江(950462)



第26図 2011年東北地方太平洋沖地震 地殻変動の観測値と計算値の比較  
Fig. 26 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Observed and calculated displacements of the mainshock.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震  
地震時のすべり分布モデルから計算される上下変動

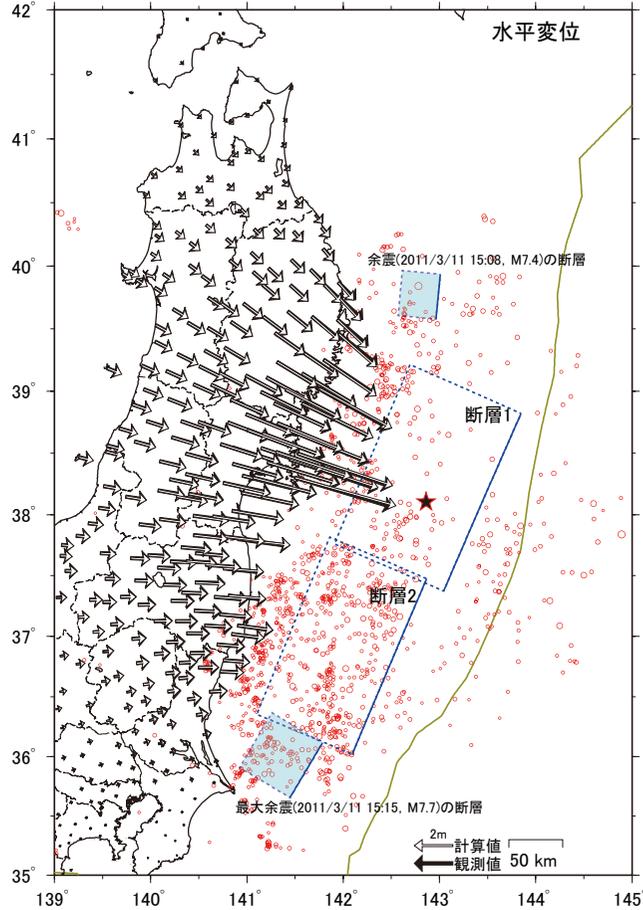


※この上下変動図は電子基準点(GPS連続観測点)のデータからプレート境界面上のすべり分布モデルを推定し、そのモデルから計算される上下変動の計算値を图示したものです。従って実際の変動量とは必ずしも一致するものではありません。

第27図 2011年東北地方太平洋沖地震 滑り分布モデルから計算される上下運動  
Fig. 27 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Vertical deformation calculated from coseismic slip distribution model.

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(M9.0)の震源断層モデル  
 F3解析に基づく震源断層モデルと似通っているが、最大余震等の変動を含まないため断層2の南端が、より北に位置している。

基準期間: 2011/03/11 14:41-14:46 (精密単独測位法, キネマティック解析30秒解)  
 比較期間: 2011/03/11 14:55-15:01 (精密単独測位法, キネマティック解析30秒解)



矩形断層一様すべりを仮定した断層パラメータ

	緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	滑り角	滑り量
断層1	38.820°	143.847°	7km	175km	114km	204°	17°	102°	25.0m
断層2	37.475°	142.867°	8km	176km	101km	204°	16°	73°	5.5 m

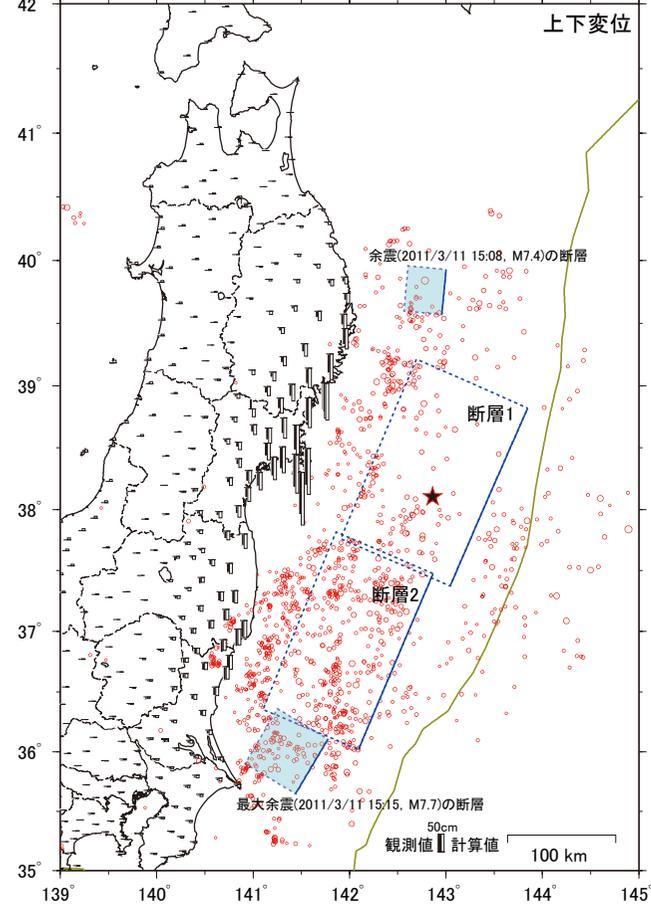
モーメントマグニチュード(M<sub>w</sub>) 8.85 (剛性率は40GPaを仮定)

・星印と赤丸は、それぞれ気象庁一元化震源による東北地方太平洋沖地震の震央と震源分布(M≥4, 3/27まで)

第 28 図 東北地方太平洋沖地震の震源断層モデル (水平変動)  
 Fig. 28 Earthquake source fault model of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (horizontal displacements).

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(M9.0)の震源断層モデル  
 F3解析に基づく震源断層モデルと似通っているが、最大余震等の変動を含まないため断層2の南端が、より北に位置している。

基準期間: 2011/03/11 14:41-14:46 (精密単独測位法, キネマティック解析30秒解)  
 比較期間: 2011/03/11 14:55-15:01 (精密単独測位法, キネマティック解析30秒解)



矩形断層一様すべりを仮定した断層パラメータ

	緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	滑り角	滑り量
断層1	38.820°	143.847°	7km	175km	114km	204°	17°	102°	25.0m
断層2	37.475°	142.867°	8km	176km	101km	204°	16°	73°	5.5 m

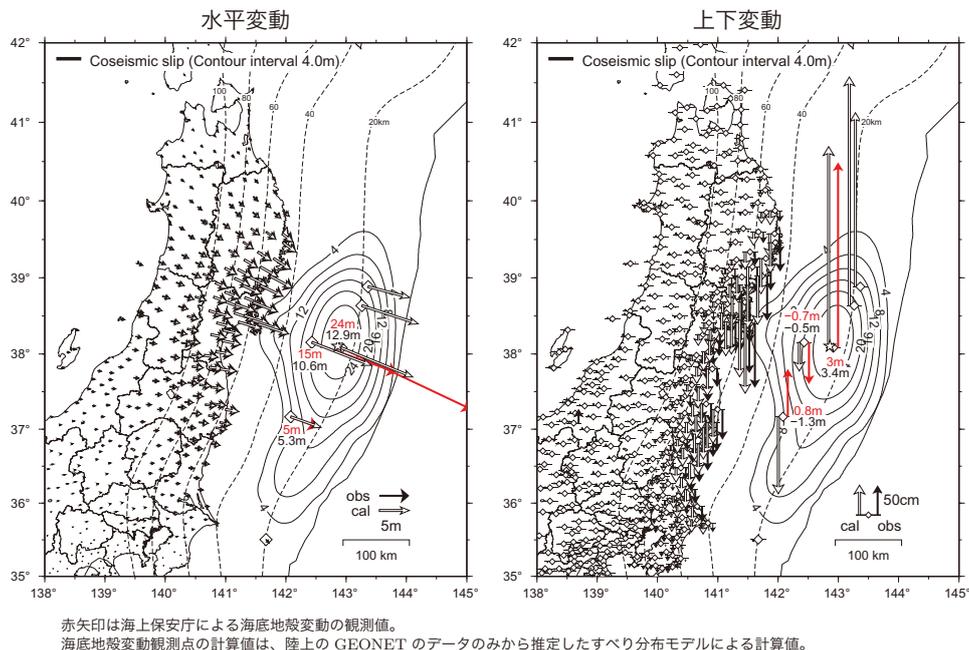
モーメントマグニチュード(M<sub>w</sub>) 8.85 (剛性率は40GPaを仮定)

・星印と赤丸は、それぞれ気象庁一元化震源による東北地方太平洋沖地震の震央と震源分布(M≥4, 3/27まで)

第 29 図 東北地方太平洋沖地震の震源断層モデル (上下変動)  
 Fig. 29 Earthquake source fault model of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (vertical displacements).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
地震時のすべり分布モデルから計算される  
海上保安庁の海底地殻変動観測点での地殻変動

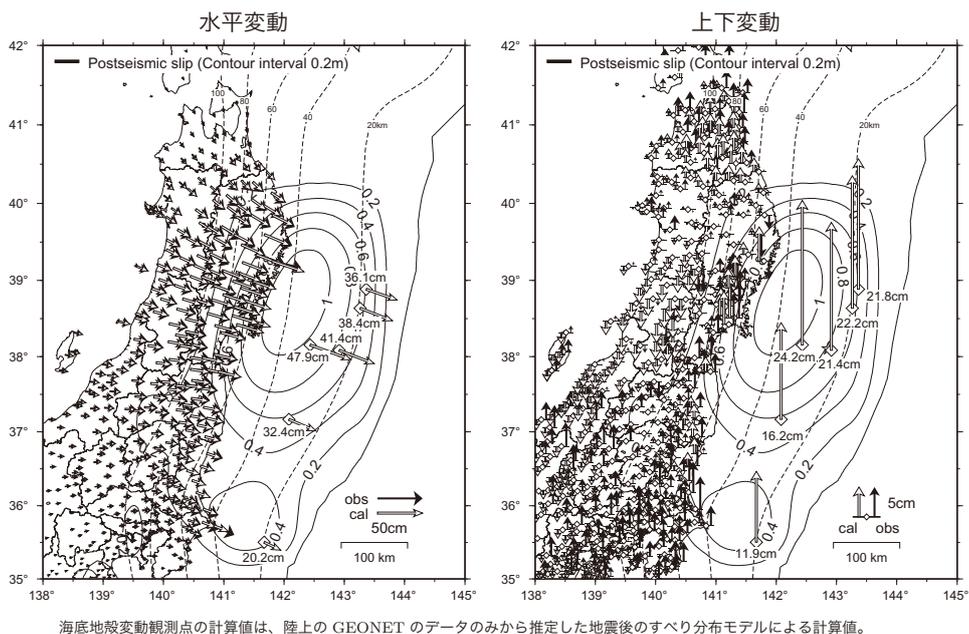
データ期間 20110310 - 20110312 (F3 解) 固定局: 福江 (950462)



第 30 図 地震時の滑り分布モデルから計算される海上保安庁の海底地殻変動観測点での地殻変動  
Fig. 30 Crustal deformation at seafloor reference points operated by JCG calculated from coseismic slip distribution model.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
地震後のすべり分布モデルから計算される  
海上保安庁の海底地殻変動観測点での地殻変動

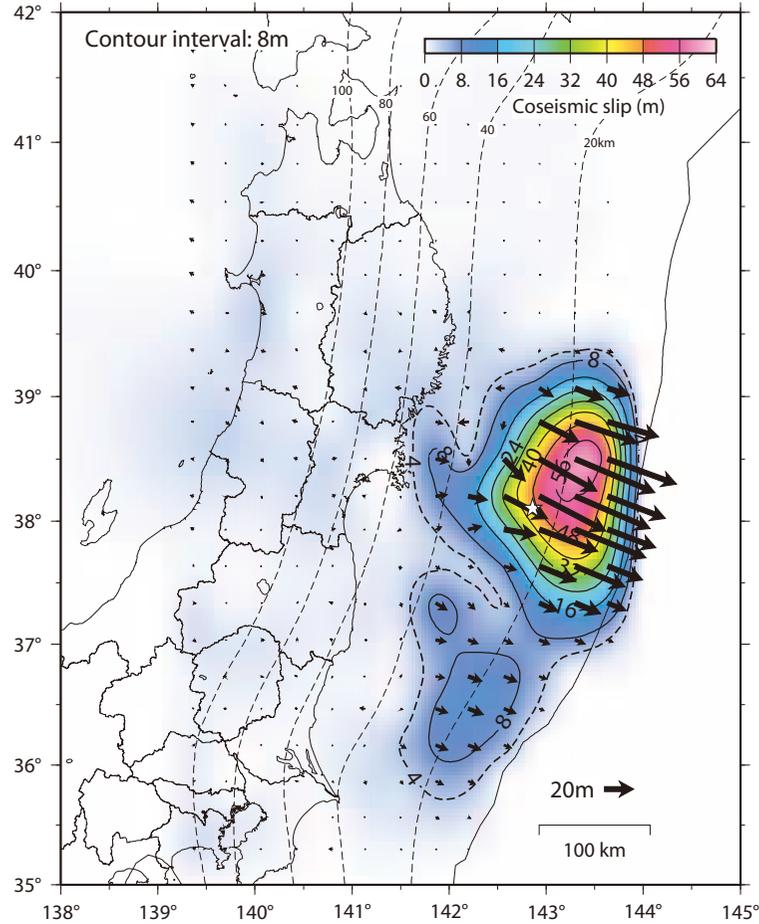
データ期間 20110311 18:00 - 20110331 3:00 (日本時間) Q3 解 固定局: 三隅 (950388)



第 31 図 地震時の滑り分布モデルから計算される海上保安庁の海底地殻変動観測点での地殻変動  
Fig. 31 Crustal deformation at seafloor reference points operated by JCG calculated from postseismic slip distribution model.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
陸域GPS観測と海底地殻変動観測の両結果に基づく  
プレート境界面上の地震時のすべり分布モデル

データ期間 20110310-20110312 (F3解) 固定局: 福江 (950462) + SGO by JCG5



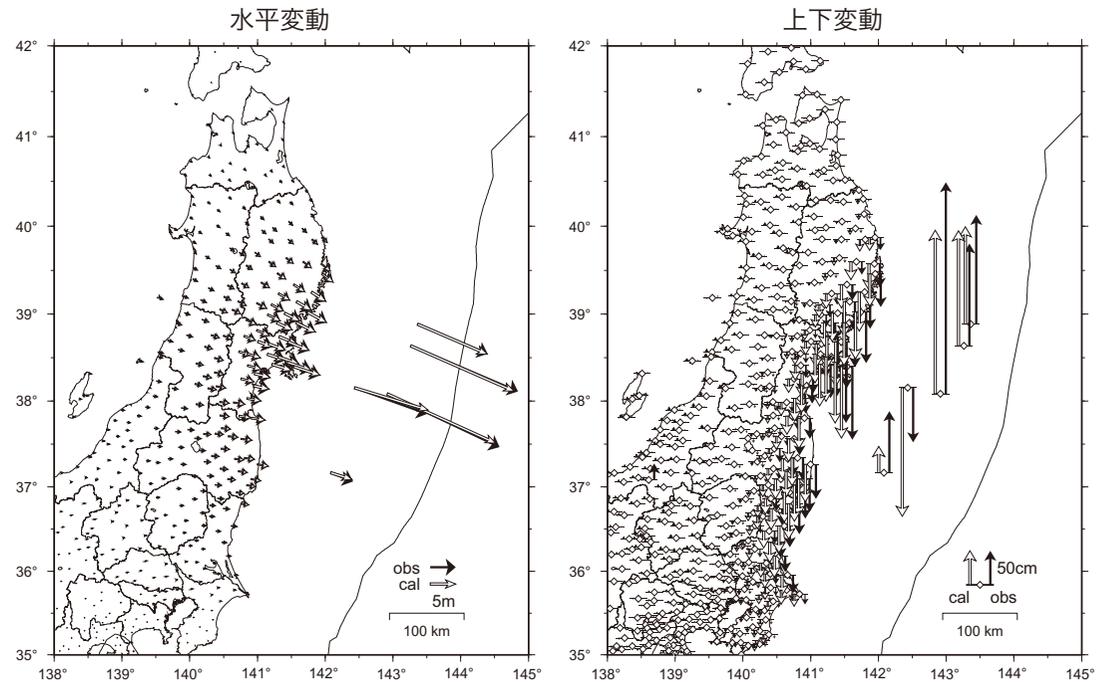
星印は本震の震央。  
地震時の滑りのモーメントマグニチュードは 9.0 (剛性率 40GPa)  
点線はプレート境界面の深さを示す

※図のベクトル (矢印) は、地表や海底の変動ではなく、  
計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示したものです。

第 32 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 海底地殻変動観測の解析結果を加えて推定したプレート境界面上の地震時の滑り分布モデル  
Fig. 32 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Slip distribution on the plate interface of the mainshock based on land and seafloor GPS observations.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
海底地殻変動観測の解析結果を加えて推定したすべり分布による  
地震時の地殻変動の観測値と計算値の比較

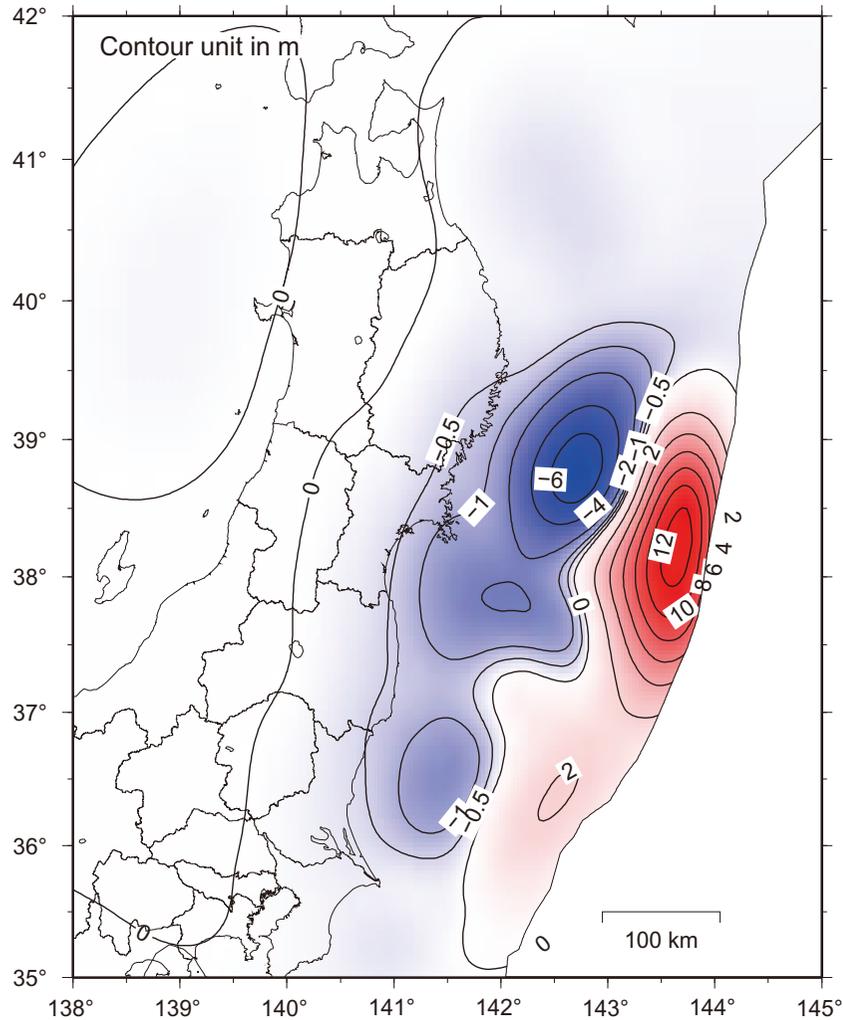
データ期間 20110310 - 20110312 (F3解) 固定局: 福江 (950462) + SGObyJCG5



第 33 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 海底地殻変動観測の解析結果を加えて推定したすべり分布による地震時の地殻変動の観測値と計算値の比較  
Fig. 33 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Observed and calculated horizontal displacements of the mainshock based on land and seafloor GPS observations.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震

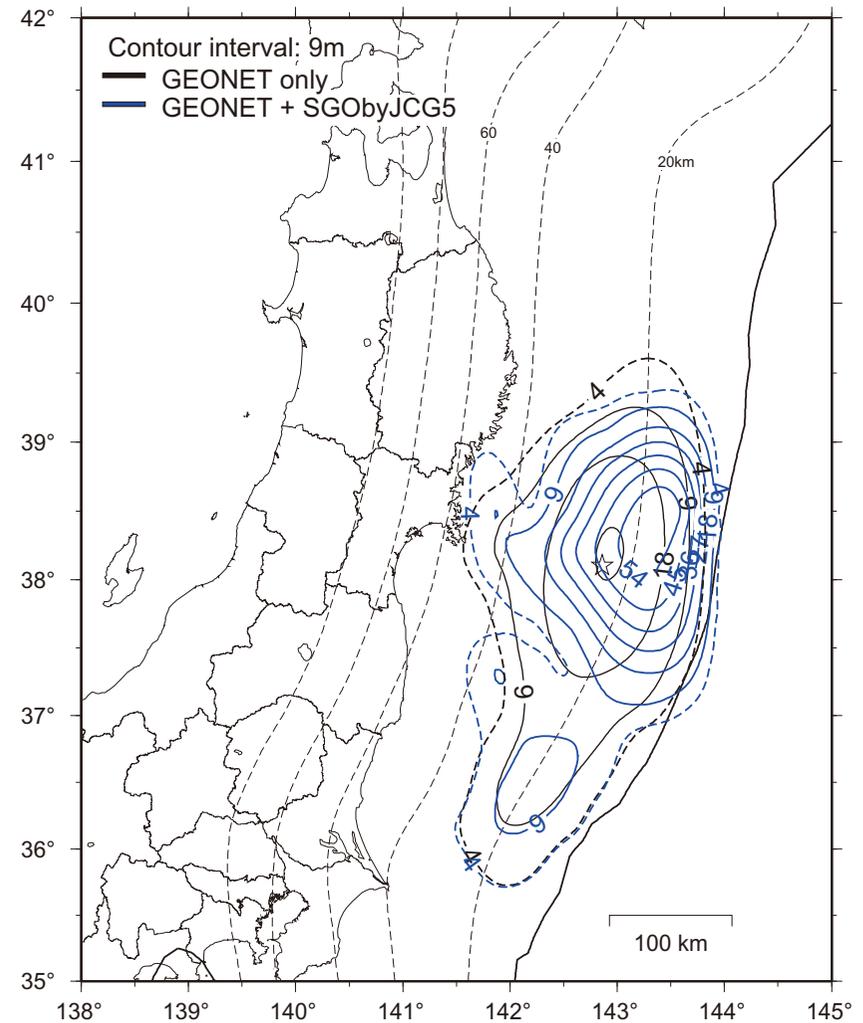
海底地殻変動観測の解析結果を加えて推定したすべり分布モデルから計算される地震時の上下変動



※この上下変動図は電子基準点 (GPS 連続観測点) および海上保安庁による海底地殻変動観測点のデータからプレート境界面上のすべり分布モデルを推定し、そのモデルから計算される上下変動の計算値を図示したものです。従って実際の変動量とは必ずしも一致するものではありません。

第 34 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 海底地殻変動観測点での解析結果を加えて推定したすべり分布モデルから計算される地震時の上下運動  
Fig. 34 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Vertical deformation calculated from slip distribution model based on land and seafloor GPS observations.

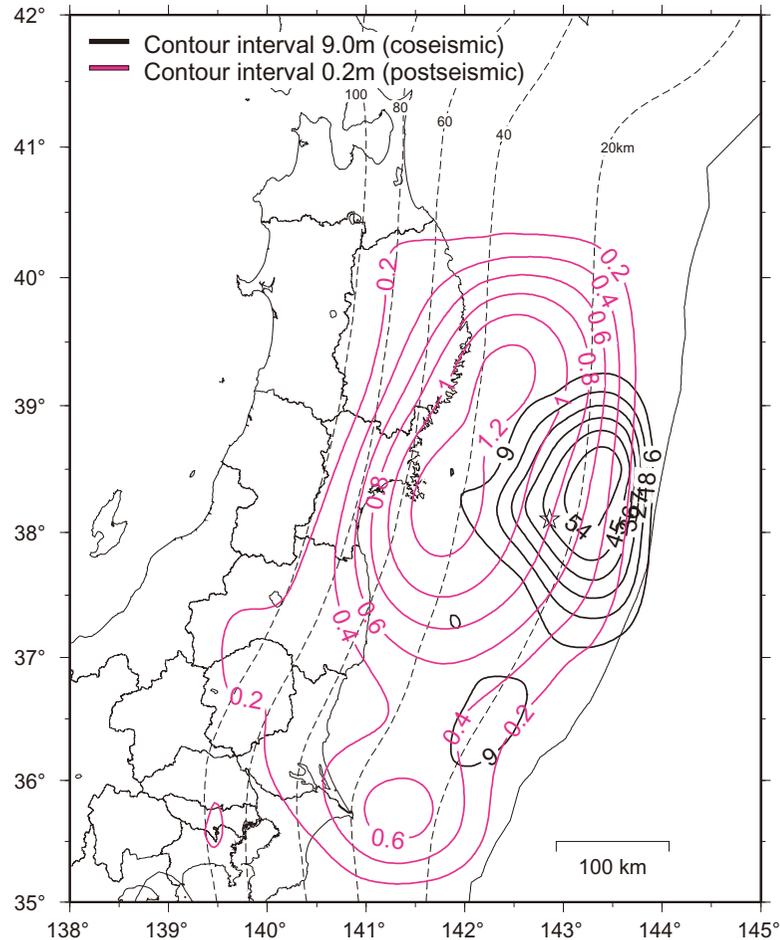
平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
地震時のすべり分布モデルの比較



第 35 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震時のすべり分布モデルの比較  
Fig. 35 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Comparison of coseismic slip distribution between the model based on land GPS and the model based on land and seafloor GPS.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
地震時と地震後のプレート境界面上のすべり分布の比較

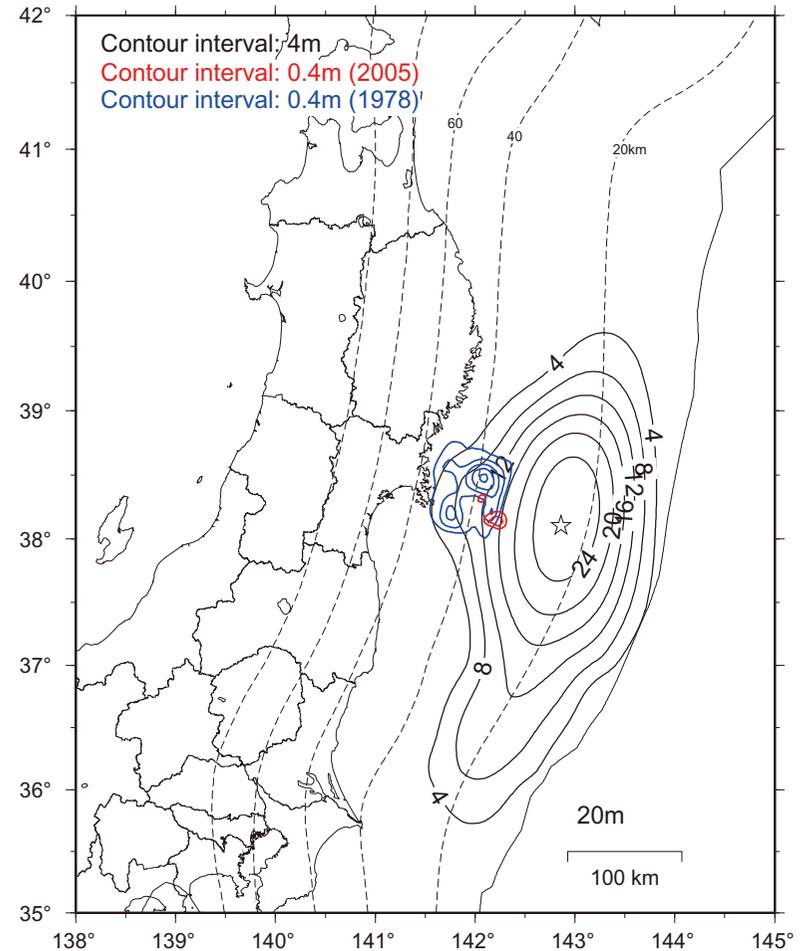
地震時: データ期間 20110310 - 20110312 (F3 解) + SGObyJCG5  
固定局: 福江 (950462)  
地震後: データ期間 20110311 18:00 - 20110411 3:00 (日本時間) Q3 解  
固定局: 三隅 (950388)



第 36 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震時と地震後の滑り分布の比較  
Fig. 36 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Comparison between coseismic and postseismic slip distribution.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
プレート境界面上の地震時のすべり分布モデルと  
1978 年、2005 年宮城県沖地震のすべり分布の比較

データ期間 20110310 - 20110312 (F3 解) 固定局: 福江 (950462)

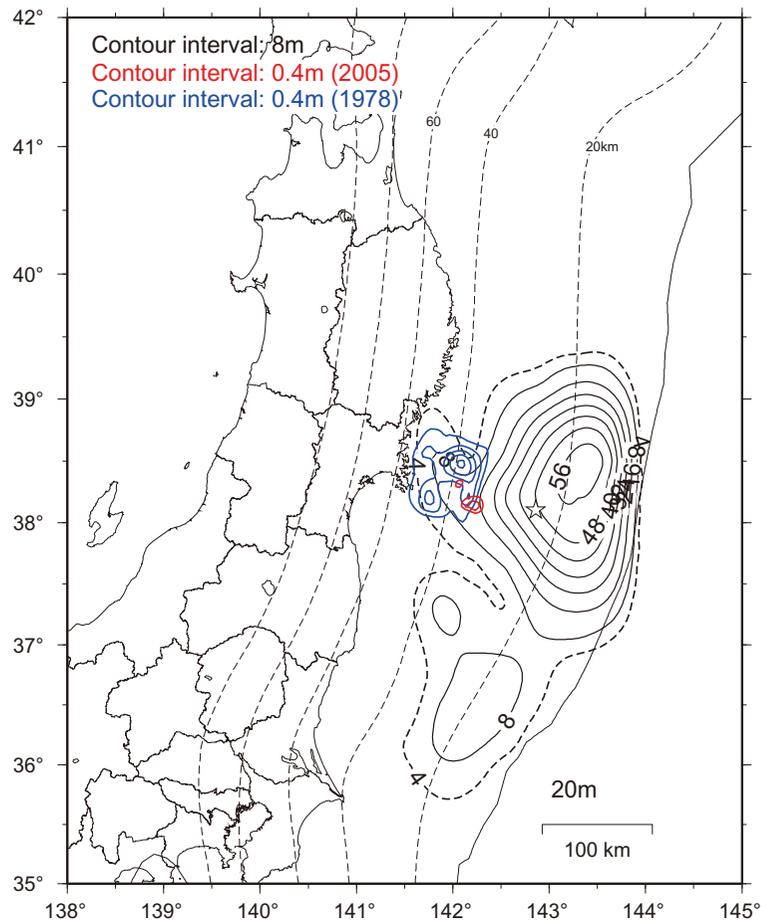


星印は本震の震央。  
2005 年宮城県沖の地震のすべり分布は EIC 地震学ノート No.168 より、  
([http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note/2005/EIC168.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2005/EIC168.html))  
1978 年宮城県沖地震のすべり分布は、Yamanaka and Kikuchi, 2004 より、  
(Yamanaka, Y. and M. Kikuchi, JGR, 109, B07307, 2004.)

第 37 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 プレート境界面上の地震時の滑り分布モデルと、1978 年、2005 年宮城県沖地震の滑り分布の比較  
Fig. 37 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Comparison between coseismic slip distribution based on land GPS and 1978, 2005 Miyagi-oki earthquakes.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
 海底地殻変動観測の解析結果を加えて推定した  
 プレート境界面上の地震時のすべり分布モデルと  
 1978 年、2005 年宮城県沖地震のすべり分布の比較

データ期間 20110310 - 20110312 (F3 解) 固定局: 福江 (950462) + SGObyJCG5



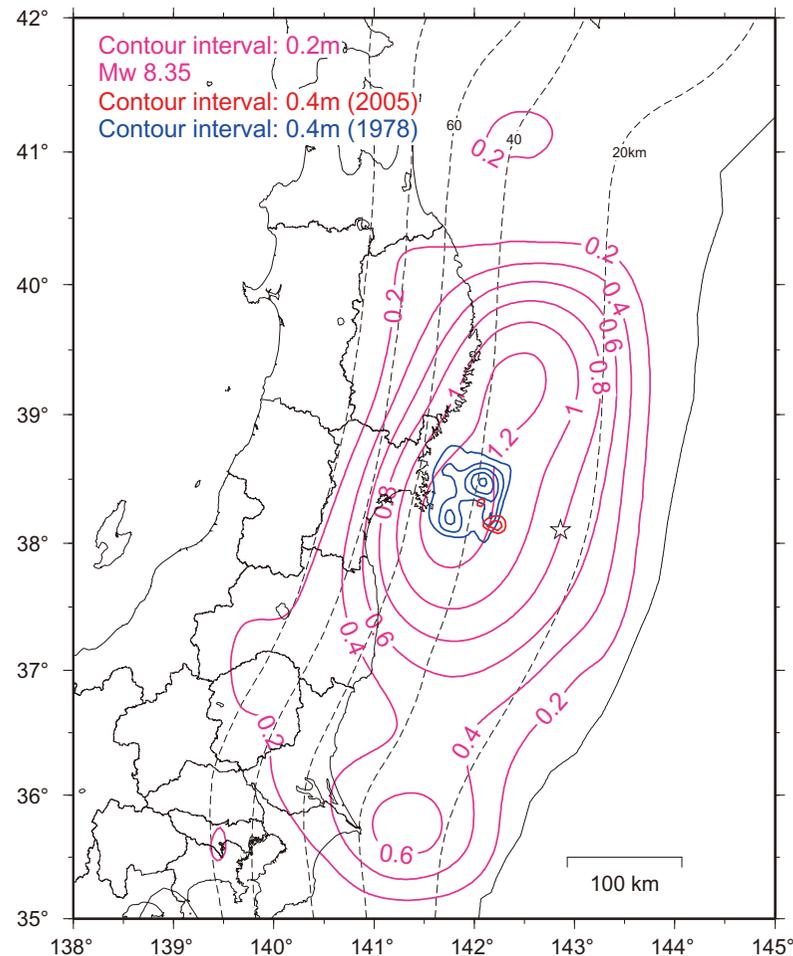
星印は本震の震央。  
 2005 年宮城県沖の地震のすべり分布は EIC 地震学ノート No.168 より、  
 ([http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note/2005/EIC168.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2005/EIC168.html))  
 1978 年宮城県沖地震のすべり分布は、Yamanaka and Kikuchi, 2004 より、  
 (Yamanaka, Y.andM.Kikuchi, JGR, 109, B07307, 2004.)

第 38 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 海底地殻変動観測の解析結果を加えて推定したプレート境界面上の地震時のすべり分布モデルと 1978 年、2005 年宮城県沖地震のすべり分布の比較

Fig. 38 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Comparison between coseismic slip distribution based on land and seafloor GPS and 1978, 2005 Miyagi-oki earthquakes.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
 プレート境界面上の地震後のすべり分布モデルと  
 1978 年、2005 年宮城県沖地震のすべり分布の比較

データ期間 20110311 18:00 - 20110411 3:00 (日本時間) Q3 解  
 固定局: 三隅 (950388)

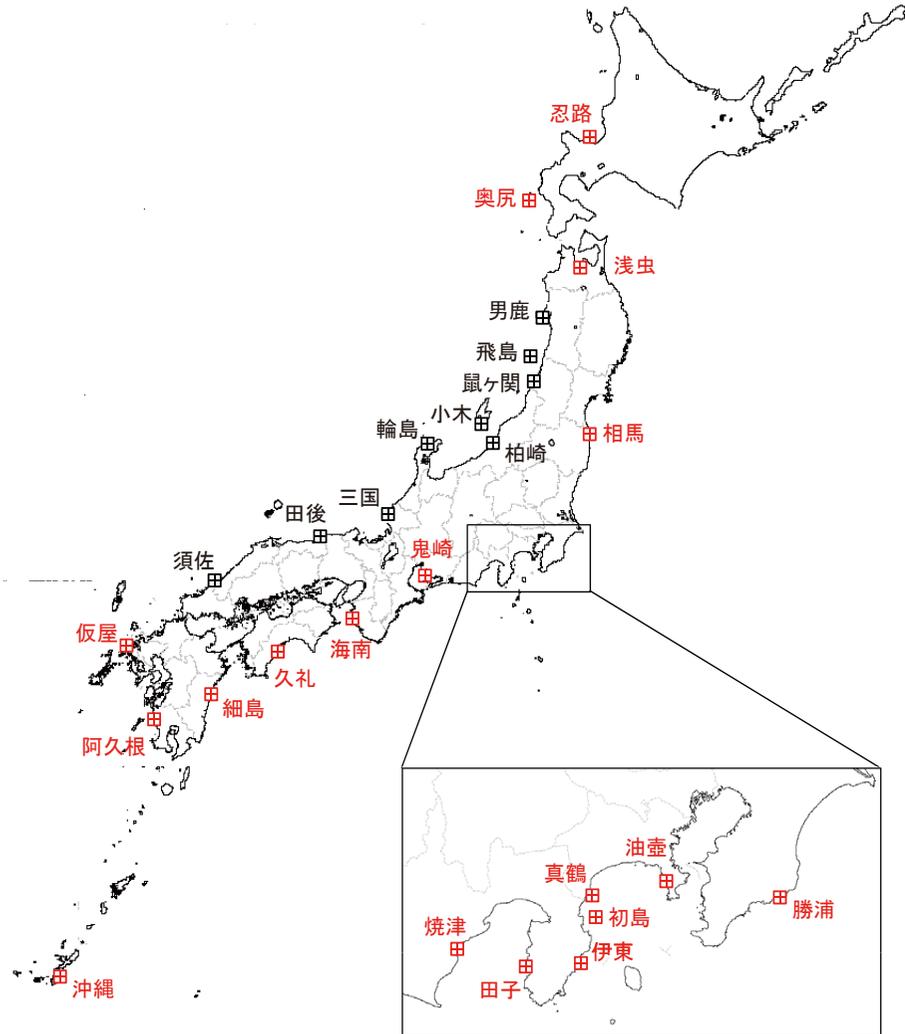


星印は本震の震央。  
 2005 年宮城県沖の地震のすべり分布は EIC 地震学ノート No.168 より、  
 ([http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo\\_Note/2005/EIC168.html](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2005/EIC168.html))  
 1978 年宮城県沖地震のすべり分布は、Yamanaka and Kikuchi, 2004 より、  
 (Yamanaka, Y.andM.Kikuchi, JGR, 109, B07307, 2004.)

第 39 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 プレート境界面上の地震後のすべり分布モデルと、1978 年、2005 年宮城県沖地震のすべり分布の比較

Fig. 39 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Comparison between postseismic slip distribution and 1978, 2005 Miyagi-oki earthquakes.

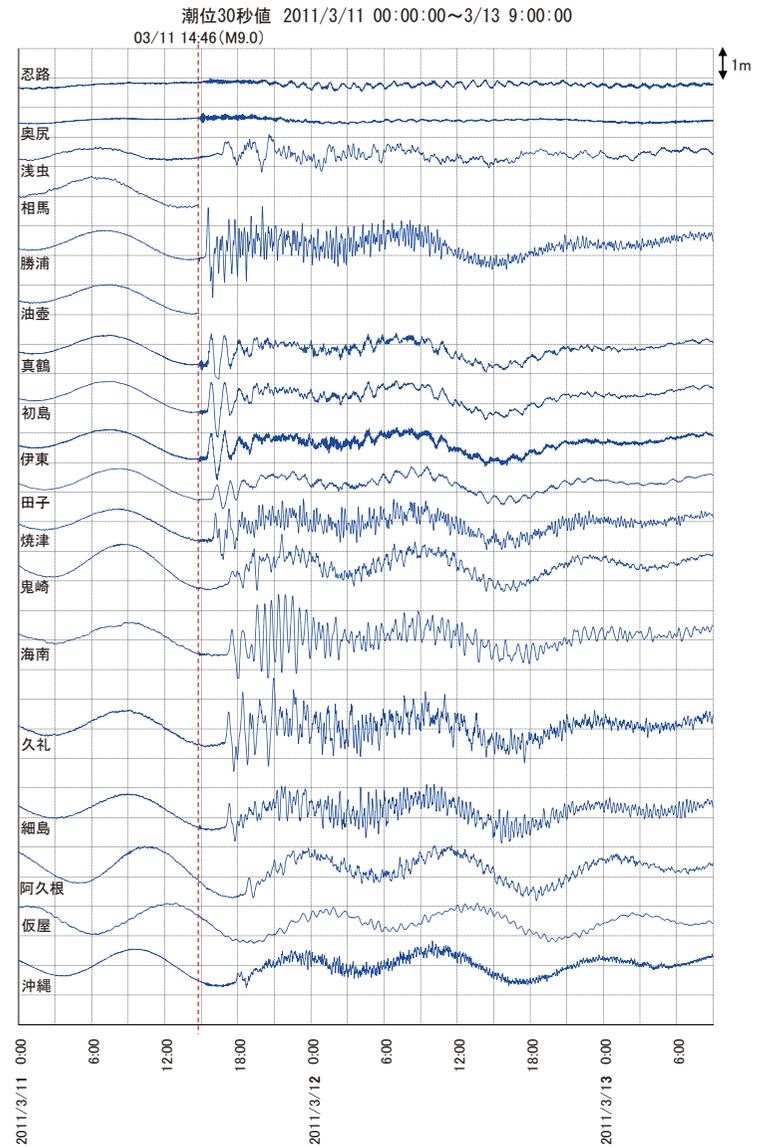
# 験潮場位置図



第40図 験潮場位置図  
 Fig. 40 Locations of the tidal stations of the Geospatial Information Authority of Japan.

# 東北地方太平洋沖地震に伴う潮位データ

津波による潮位変化が観測されている。



第41図 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う潮位変化  
 Fig. 41 Tide level changes associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

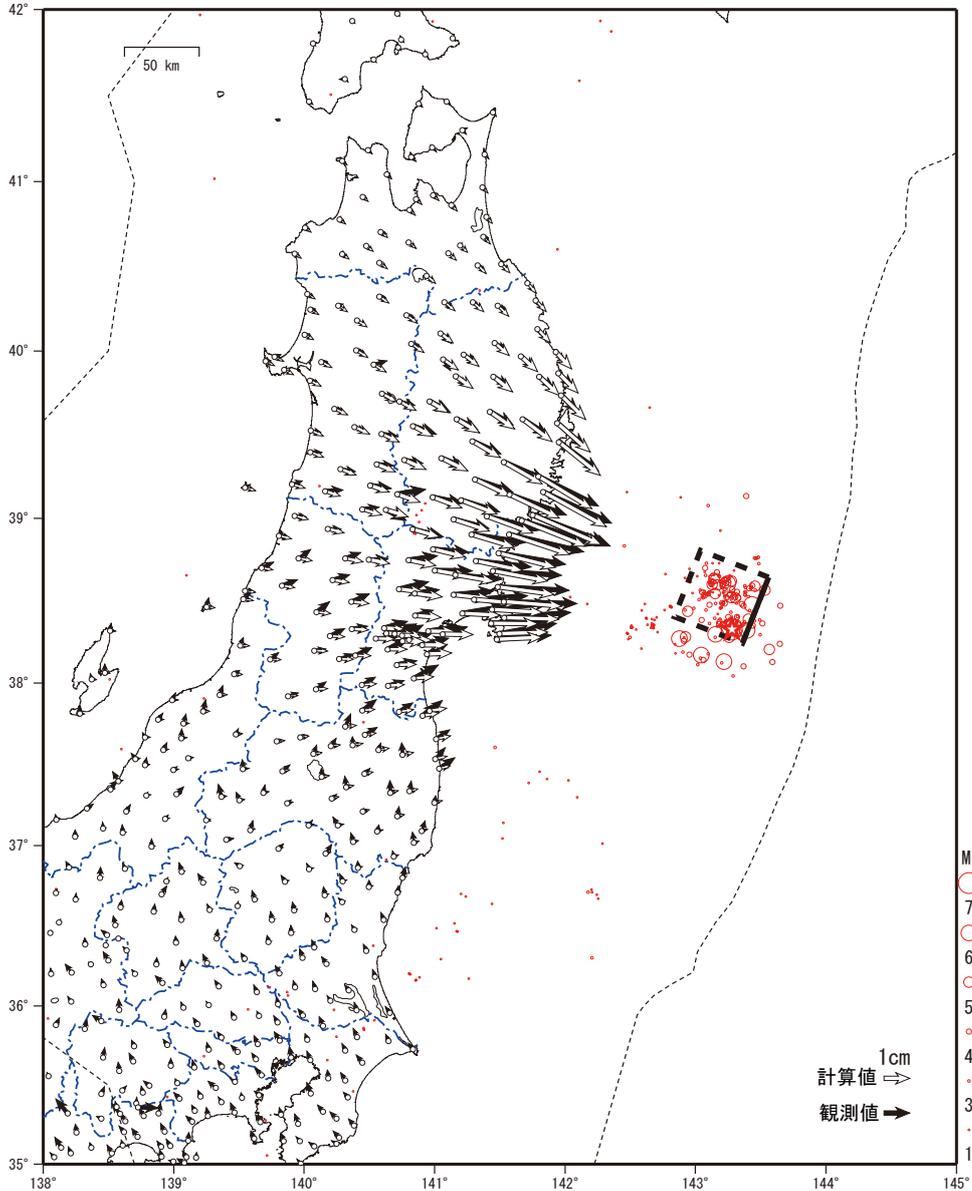
# 三陸沖の地震（2011年3月9日）の震源断層モデル（暫定）

三陸地域の東方向への変動から、低角逆断層のモデルが震源域に推定された。

## 1. 水平変動

2011/03/04 - 2011/03/08  
2011/03/10 - 2011/03/10

固定局：福江（950462）



星印は気象庁の震央（143.28°，38.33°）。  
 矩形断層一枚での推定結果。  
 西側に傾き下がる逆断層。モーメントマグニチュードは7.3（暫定）。  
 赤丸は気象庁一元化震源（3/9-3/10）。

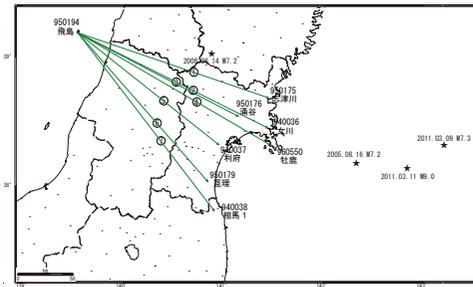
	緯度	経度	上端深さ km	長さ km	幅 km	走向	傾斜角	すべり角	すべり量 m	Mw
断層	38.64°	143.56°	10.1	48	51	202	16	91	1.5	7.3

Lat=38.64 Lon=143.56 D=10.1km L=47.8km W=51.0km Strike=202deg Dip=16deg Rake=91deg Slip=1.45m Open=0.0m Mw=7.3

第 42 図 三陸沖地震の震源断層モデル（水平変動）（暫定）  
 Fig. 42 Earthquake source fault model of the 2011 off the Sanriku Earthquake (horizontal displacements) (preliminary result).

東北地方太平洋岸 GPS 連続観測時系列 (1)

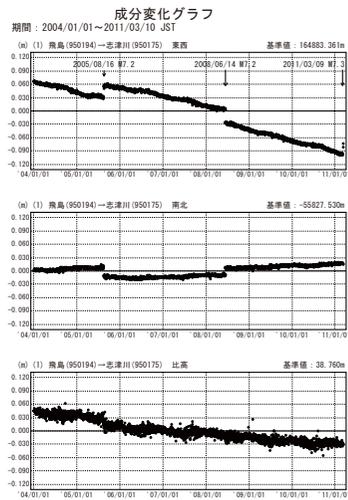
2011年3月9日に発生した三陸沖の地震(M7.3)の影響が見られるが、本震直前に顕著な変化は見られない。



観測局情報

点番号	点名	アンテナ交換	アンテナ高調整	周辺伐採	レドーム閉閉
950175	志津川	2003.07.17			
940036	女川	2001.11.28			
950176	涌谷	2002.12.18	2005.08.24		2010.12.15
950176	涌谷	2003.07.17			2010.03.04
960550	牡鹿	2002.12.16			
940037	利府	2002.12.13			
950179	亶理	2003.07.23			
940038	相馬1	2002.12.26		2007.09.26	

※ 2003年3月25日に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。



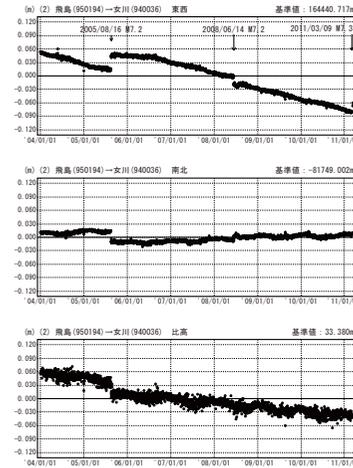
●—[F3:最終解] × —[03:迅速解]

第 43 図 a 東北地方太平洋岸における GPS 連続観測結果 (基線図)  
Fig. 39a Results of continuous GPS measurements along the Pacific coast of Tohoku District (baseline map).

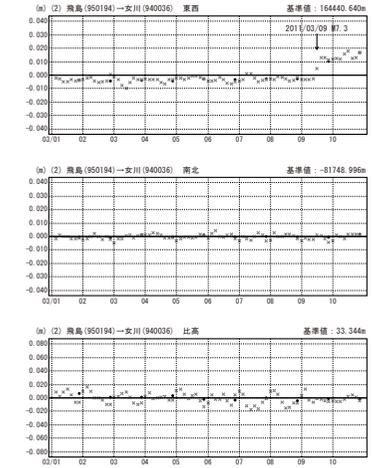
第 43 図 b 東北地方太平洋岸における GPS 連続観測結果 (2004 年 1 月以降・3 成分)  
Fig. 39b Results of continuous GPS measurements along the Pacific coast of Tohoku District from January 2004 (3 components) (1/4).

東北地方太平洋岸 GPS 連続観測時系列 (2)

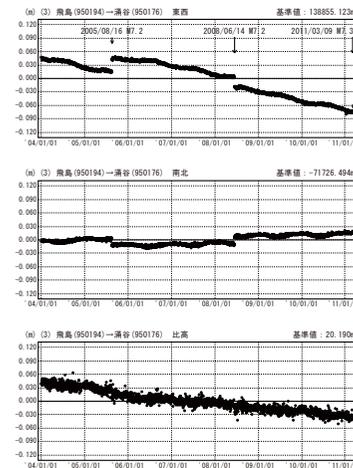
成分変化グラフ



成分変化グラフ

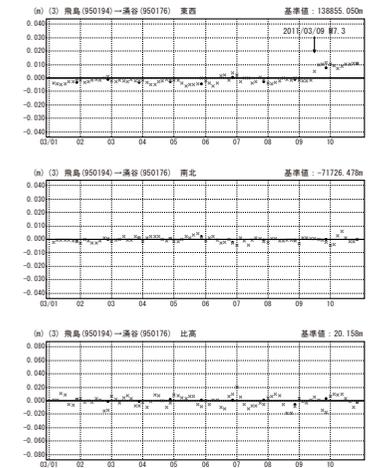


成分変化グラフ



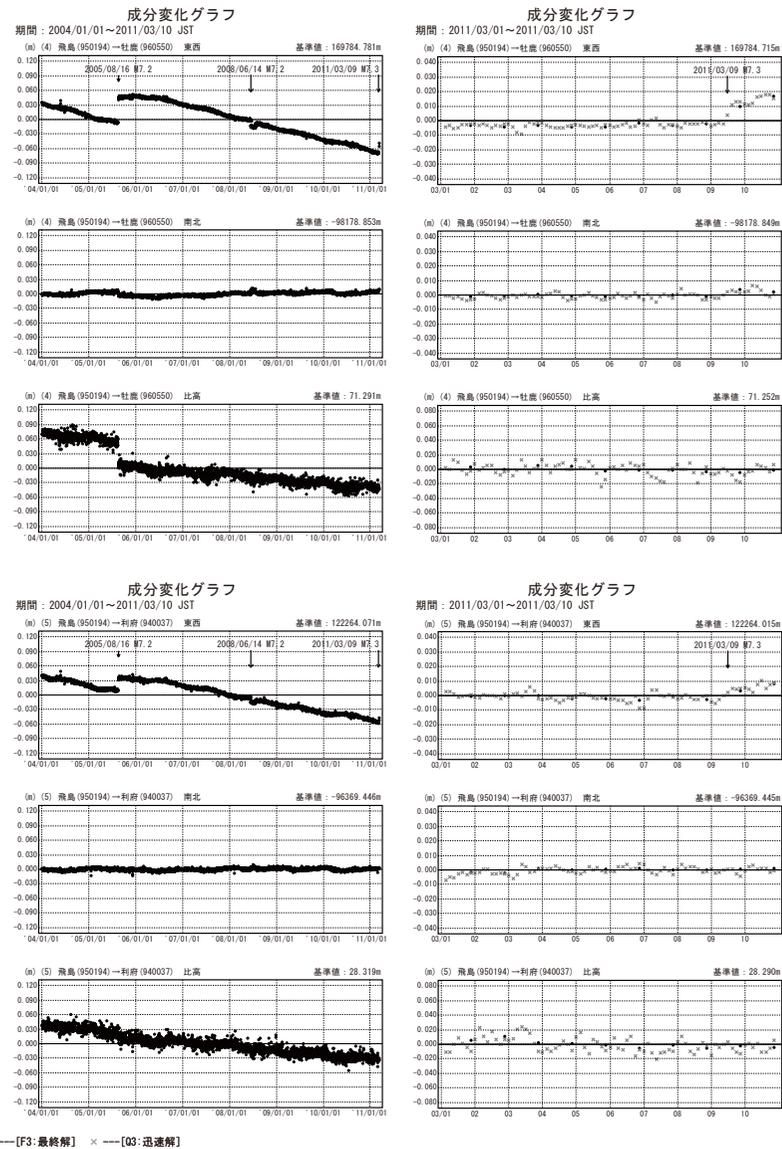
●—[F3:最終解] × —[03:迅速解]

成分変化グラフ



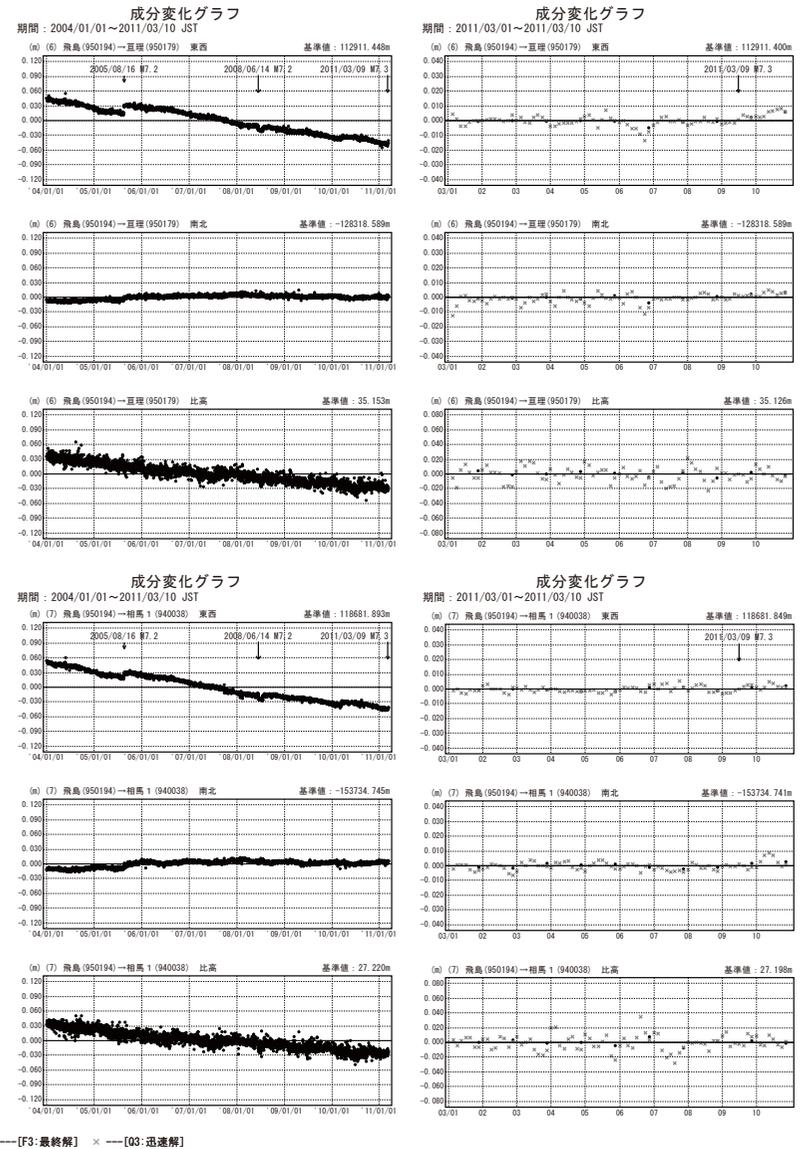
第 44 図 東北地方太平洋岸における GPS 連続観測結果 (2004 年 1 月以降・3 成分)  
Fig. 44 Results of continuous GPS measurements along the Pacific coast of Tohoku District from January 2004 (3 components) (2/4).

東北地方太平洋岸 GPS連続観測時系列 (3)



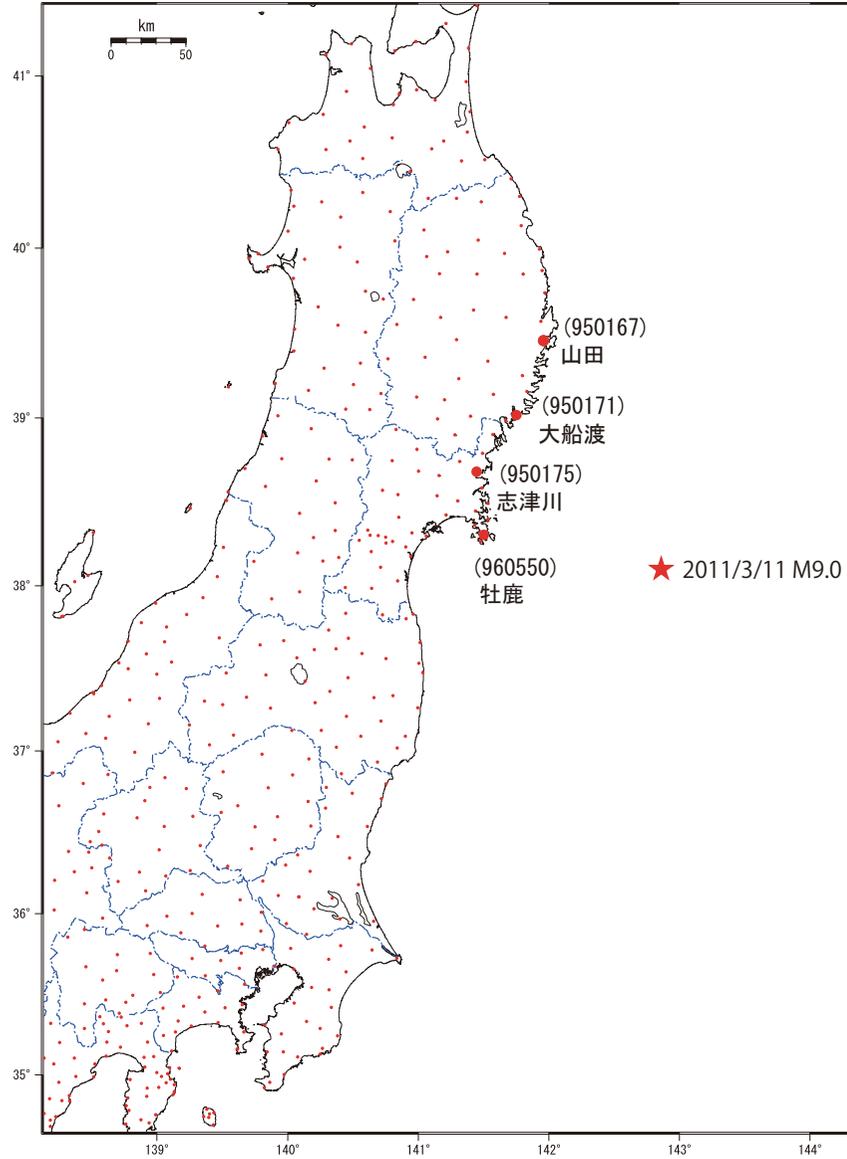
第 45 図 東北地方太平洋岸における GPS 連続観測結果 (2004 年 1 月以降・3 成分)  
 Fig. 45 Results of continuous GPS measurements along the Pacific coast of Tohoku District from January 2004 (3 components) (3/4).

東北地方太平洋岸 GPS連続観測時系列 (4)



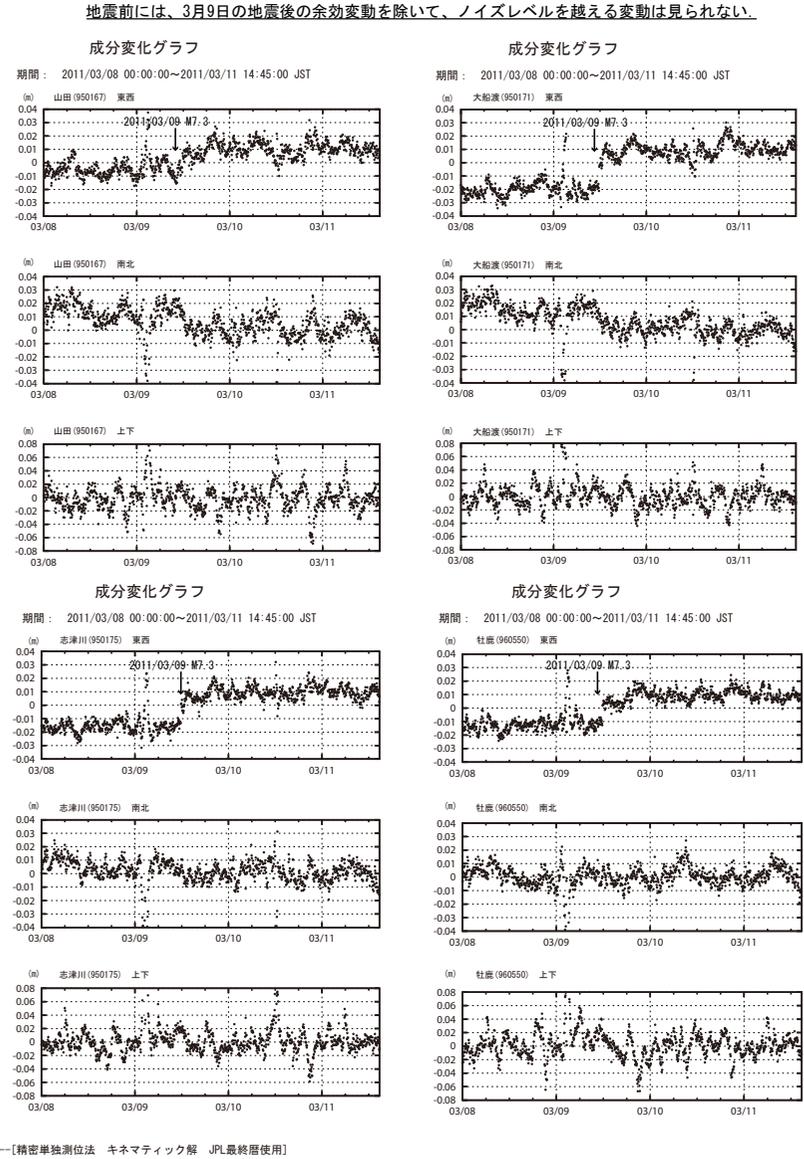
第 46 図 東北地方太平洋岸における GPS 連続観測結果 (2004 年 1 月以降・3 成分)  
 Fig. 46 Results of continuous GPS measurements along the Pacific coast of Tohoku District from January 2004 (3 components) (4/4).

東北地方太平洋沖地震前の地殻変動（時系列） 配点図



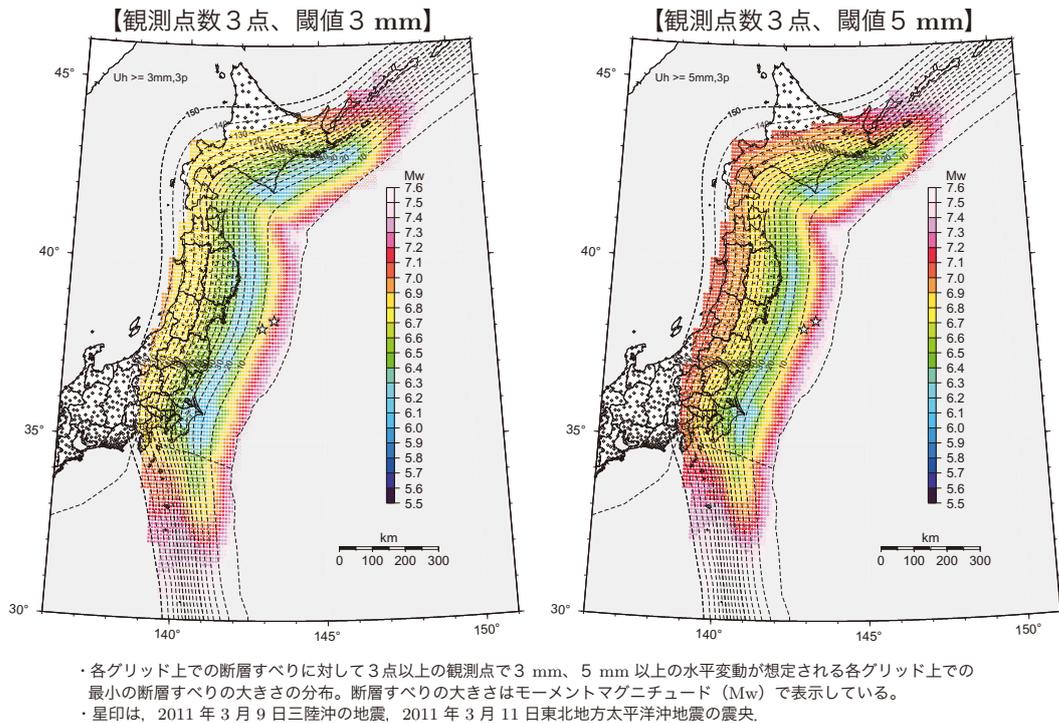
第 47 図 東北地方太平洋沖地震前の地殻変動（時系列） 配点図  
 Fig. 47 Locations of the time series of crustal deformation before the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Site location map).

東北地方太平洋沖地震前GPSキネマティック時系列



第 48 図 東北地方太平洋沖地震前 GPS キネマティック時系列  
 Fig. 48 Kinematic GPS time series before the 2011 Tohoku Earthquake.

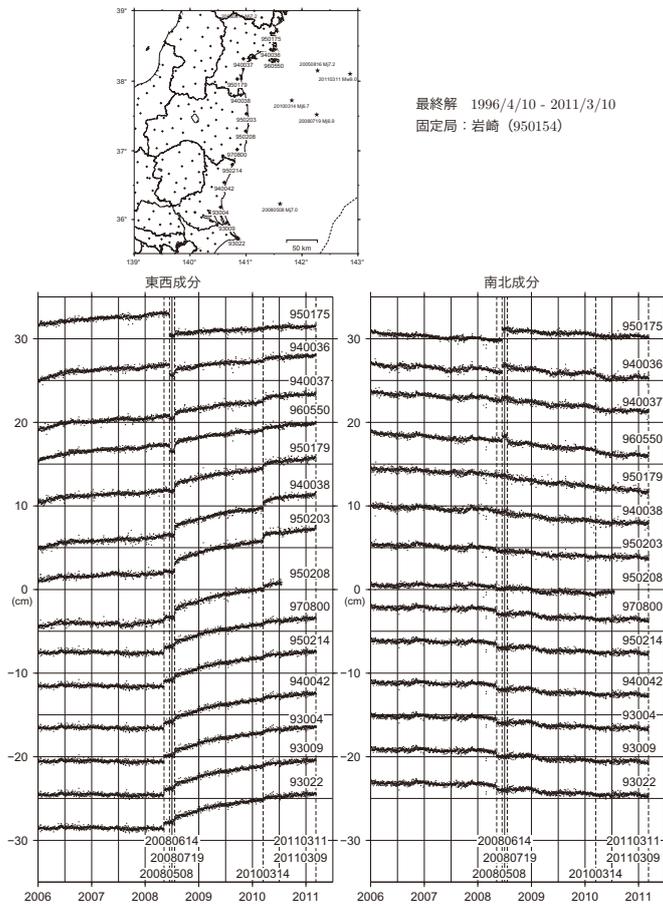
# GEONETによる太平洋プレート上の断層すべりの検知能力



第 49 図 GEONET による太平洋プレート上の断層すべりの検知能力  
 Fig. 49 Detect ability of interplate fault slip on the Pacific plate based on GEONET.

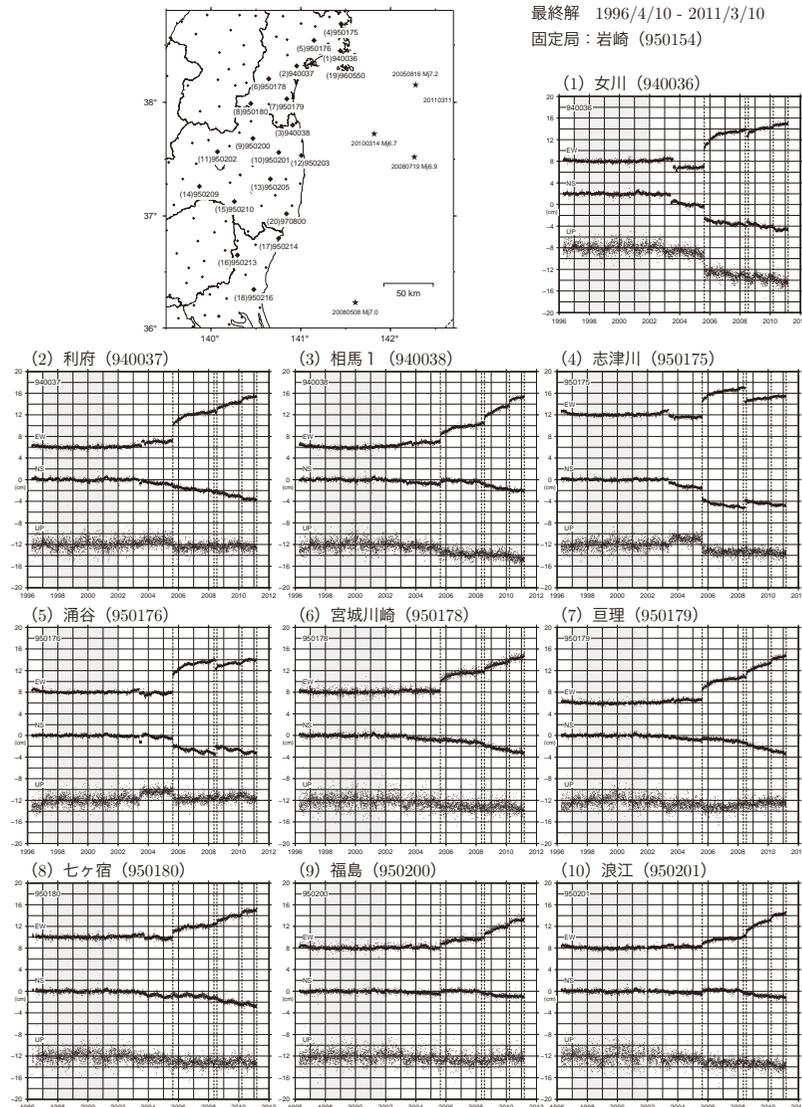
## 宮城県・福島県・茨城県・千葉県のパシフィック岸の非正常地殻変動時系列

東西成分で 2008 年、2010 年の地震後の変動が顕著



第 50 図 宮城県・福島県・茨城県・千葉県のパシフィック岸の非正常地殻変動時系列  
 Fig. 50 Time series of transient crustal deformation at the Pacific coast in Miyagi, Fukushima, Ibaraki and Chiba prefecture.

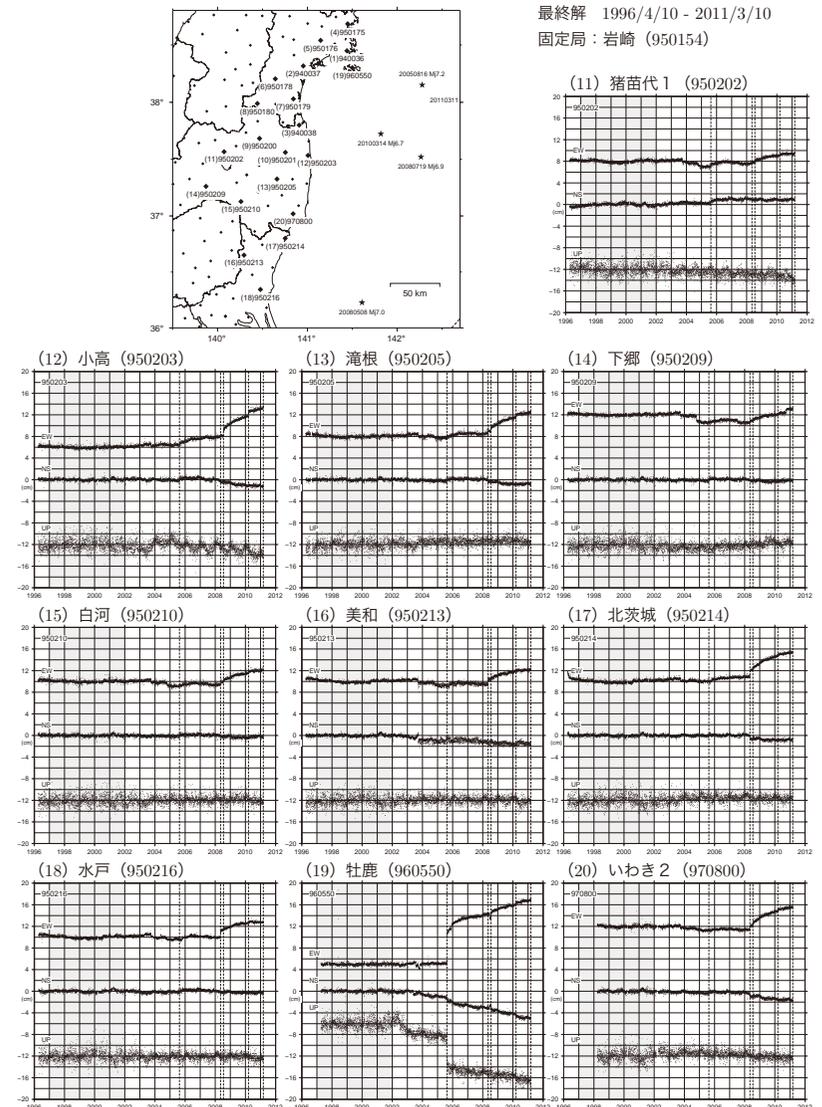
宮城県・福島県・茨城県の非正常地殻変動時系列 (1)



- ・ 1997年1月～2002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ている。
- ・ 上下成分に関しては、2003年以降、年周/半年周成分は除去していない。
- ・ 点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震、2008年7月19日福島県沖の地震、2010年3月14日福島県沖の地震、2011年3月9日三陸沖の地震の発生日。
- ・ 地震による変動の影響は取り除いていない。

第51図 宮城・福島・茨城県の非正常地殻変動  
Fig. 51 Transient horizontal and vertical deformation around the Miyagi, Fukushima and Ibaraki prefecture every 1 year (1/2).

宮城県・福島県・茨城県の非正常地殻変動時系列 (2)

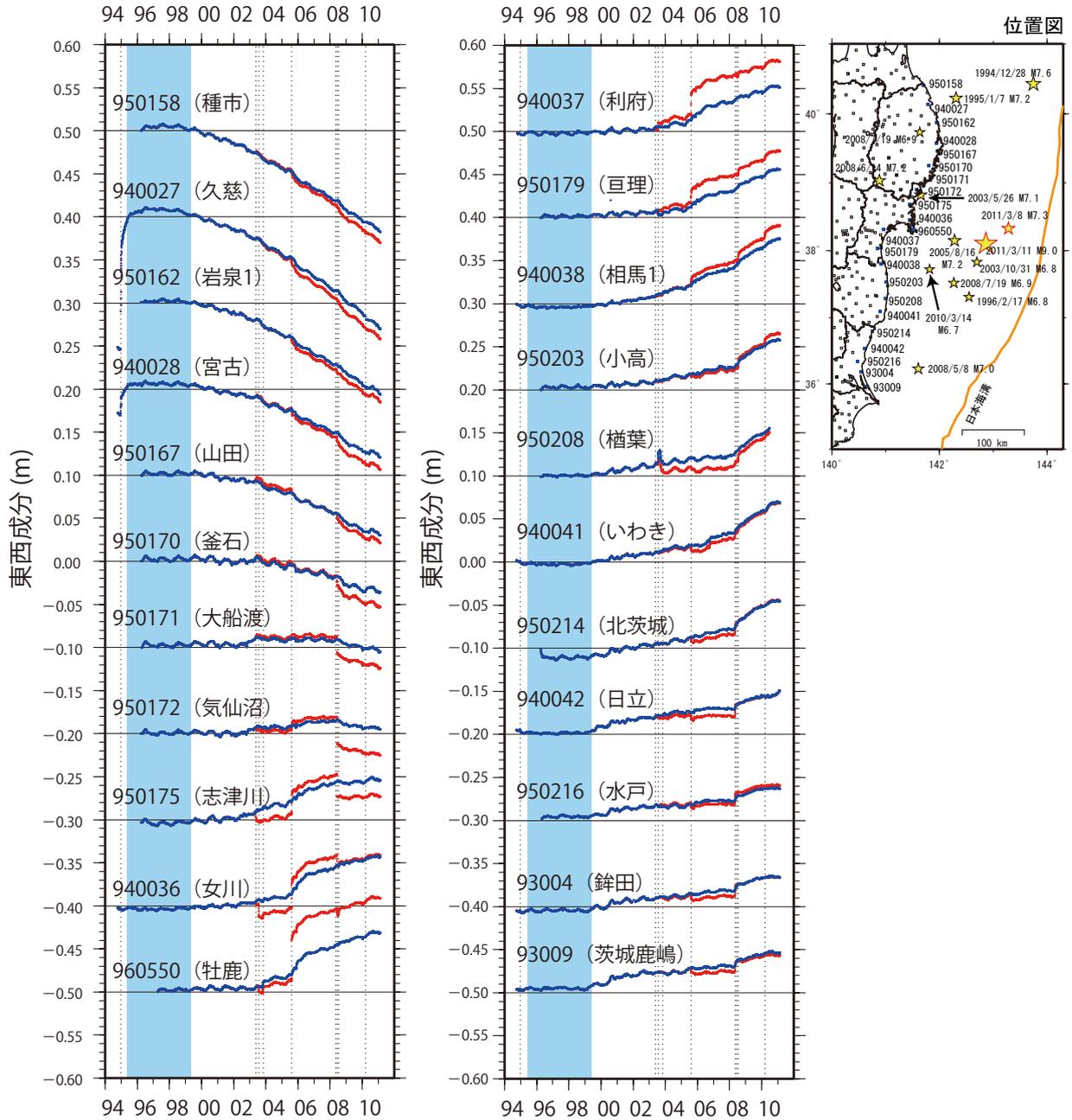


- ・ 1997年1月～2002年1月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- ・ 上下成分に関しては、2003年以降、年周/半年周成分は除去していない。
- ・ 点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震、2008年7月19日福島県沖の地震、2010年3月14日福島県沖の地震、2011年3月9日三陸沖の地震の発生日。
- ・ 地震による変動の影響は取り除いていない。

第52図 宮城・福島・茨城県の非正常地殻変動  
Fig. 52 Transient horizontal and vertical deformation around the Miyagi, Fukushima and Ibaraki prefecture every 1 year (2/2).

## 太平洋岸のGEONET観測点のGPS連続観測時系列（東西成分）

2000年前後から福島県・茨城県の観測点において東向きの変位成分の増加が見られ、  
2003年頃からは宮城県でも東向き変位成分の増加が見られる。一方、岩手県の観測点では、  
三陸はるか沖地震の余効変動が小さくなったことにより、西向き成分の増加が見られる。

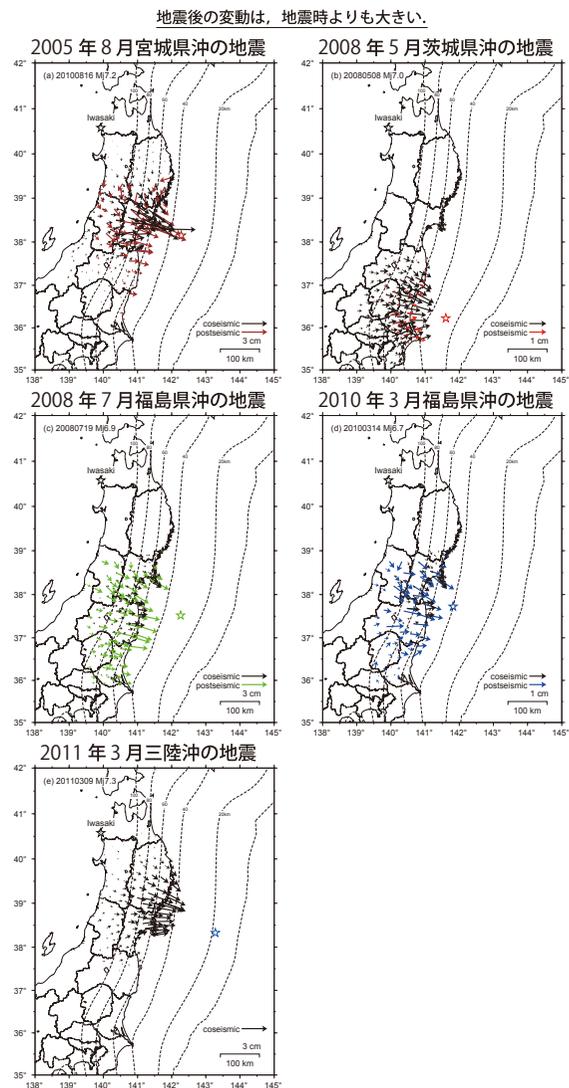


- ・ 固定局は、940049（村上）。
- ・ 水色の期間（1995/4-1999/3）でトレンド（1次成分のみ）を推定し、除去している。
- ・ 赤はトレンドのみ除去した時系列。青は地震に伴うオフセット（2003年5月26日宮城県沖，2003年7月26日宮城県北部，2003年10月31日宮城県沖，2005年8月16日宮城県沖，2008年5月8日茨城県沖，平成20年岩手・宮城内陸（2008年6月14日），2008年7月19日福島県沖，2010年3月14日福島県沖の各地震）も除去した系列。時系列は30日間の移動中央値（メジアン）をとって平滑化している。
- ・ 点線はオフセットを除去した上記の地震と平成6年三陸はるか沖地震（1994年12月28日）の発生日を示す。

第 53 図 太平洋岸の GEONET 観測点の GPS 連続観測時系列（東西成分）

Fig. 53 Time-series of GEONET GPS continuous sites along the Pacific coast (East-west component).

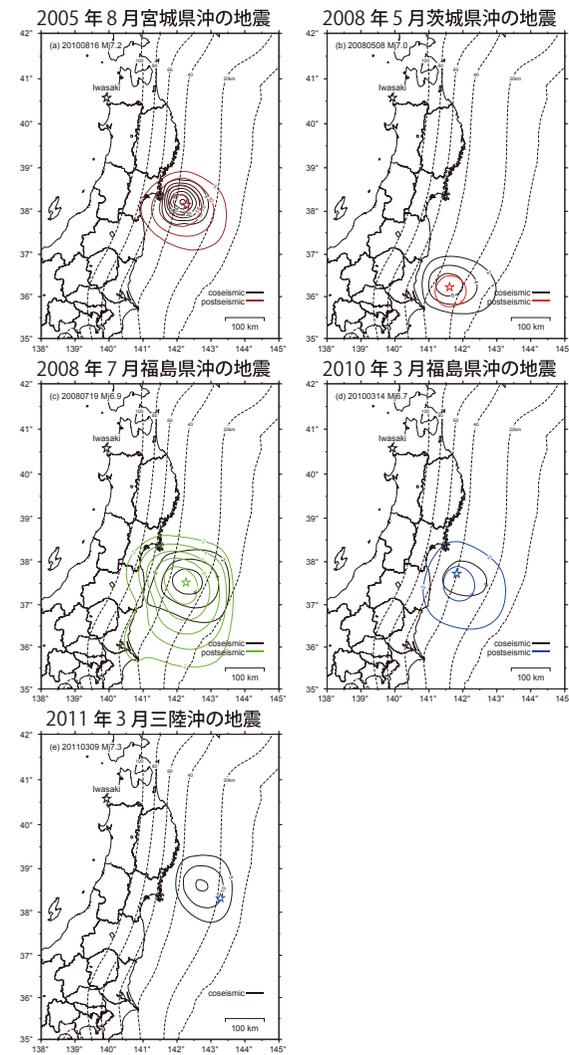
宮城・福島・茨城県沖で発生した地震の地震時及び地震後の地殻変動



- ・星印はそれぞれの地震の震央。固定局は岩崎 (950154) 観測点。
- ・それぞれに地震後の変動の期間は異っている。2005年8月宮城県沖の地震後：20050817-20080507、2008年5月茨城県沖の地震後：20080509-20080718、2008年7月福島県沖の地震後：20080720-2010313、2010年3月福島県沖の地震後：20100315-20110308。
- ・2011年3月三陸沖の地震の図には、地震時の変動のみ表示。

第54図 宮城・福島・茨城県沖で発生した地震の地震時及び地震後の地殻変動  
Fig. 54 Coseismic and postseismic deformation caused by the Miyagi-oki, Fukushima-oki and Ibaraki-oki earthquake.

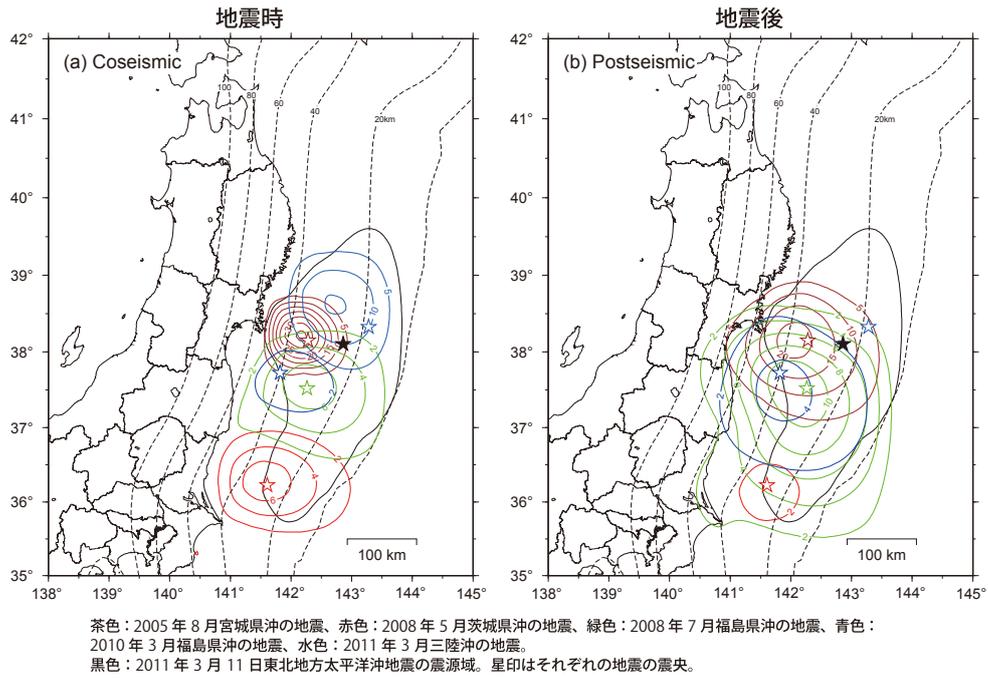
宮城・福島・茨城県沖で発生した地震の地震時及び地震後のすべり分布



- ・星印はそれぞれの地震の震央。
- ・コンタ間隔は2005年8月宮城県沖の地震と2011年3月三陸沖の地震は5cm、それ以外は2cm。
- ・それぞれに地震後のすべりの推定期間は異っている。2005年8月宮城県沖の地震後：20050817-20080507、2008年5月茨城県沖の地震後：20080509-20080718、2008年7月福島県沖の地震後：20080720-2010313、2010年3月福島県沖の地震後：20100315-20110308。
- ・2011年3月三陸沖の地震の図には、地震時の変動のみ表示。

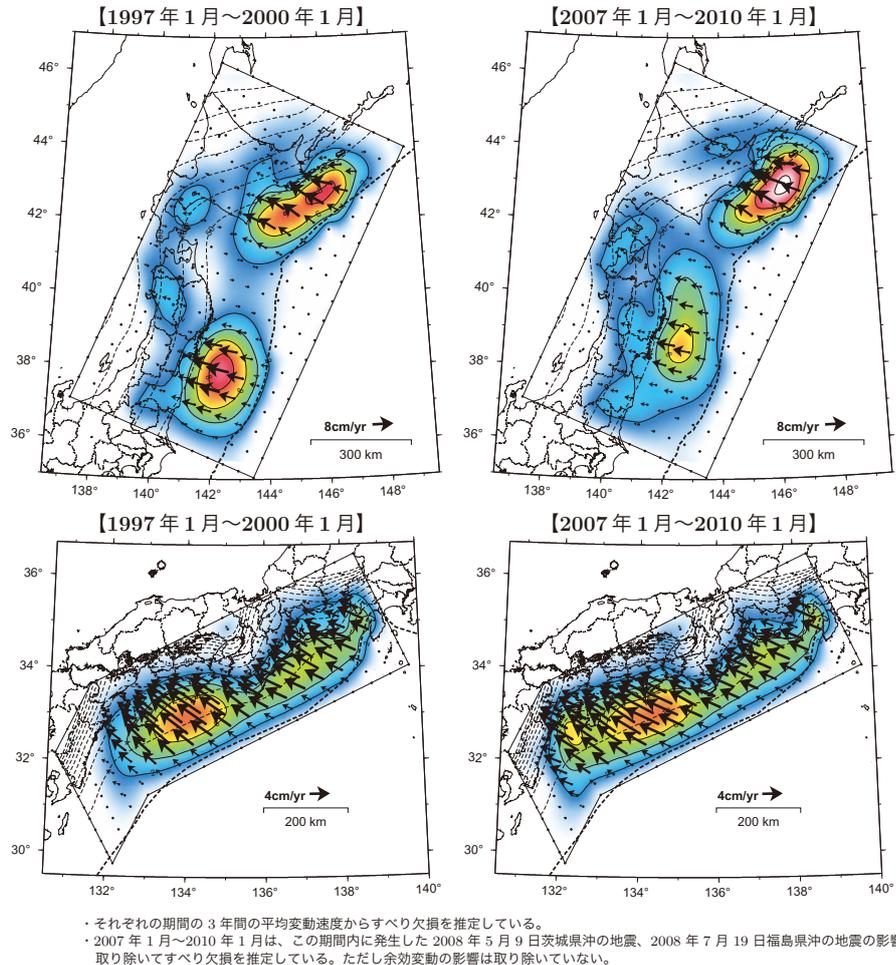
第55図 宮城・福島・茨城県沖で発生した地震の地震時及び地震後のすべり分布  
Fig. 55 Coseismic and postseismic slip distribution of the Miyagi-oki, Fukushima-oki and Ibaraki-oki earthquake.

宮城・福島・茨城県沖で発生した地震の地震時及び地震後のすべり分布の比較



第56図 宮城・福島・茨城県沖で発生した地震の地震時及び地震後のすべり分布の比較  
 Fig. 56 Comparison between coseismic and postseismic slip distribution of the Miyagi-oki, Fukushima-oki and Ibaraki-oki earthquake.

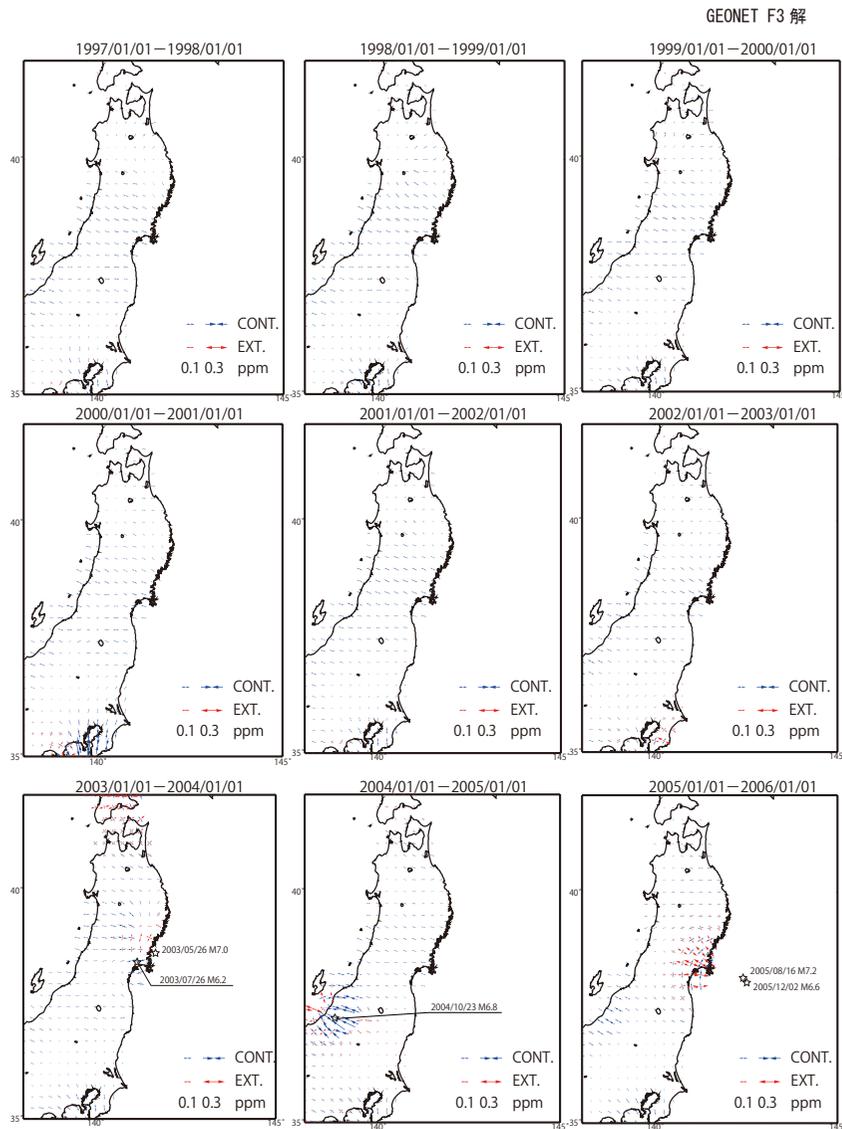
東北日本および西南日本のすべり欠損分布



第57図 東北日本および西南日本のすべり欠損分布  
 Fig. 57 Estimated slip deficit distribution in northeast and southwest Japan.

GPS連続観測データから推定した東北地方の歪み変化 (1)

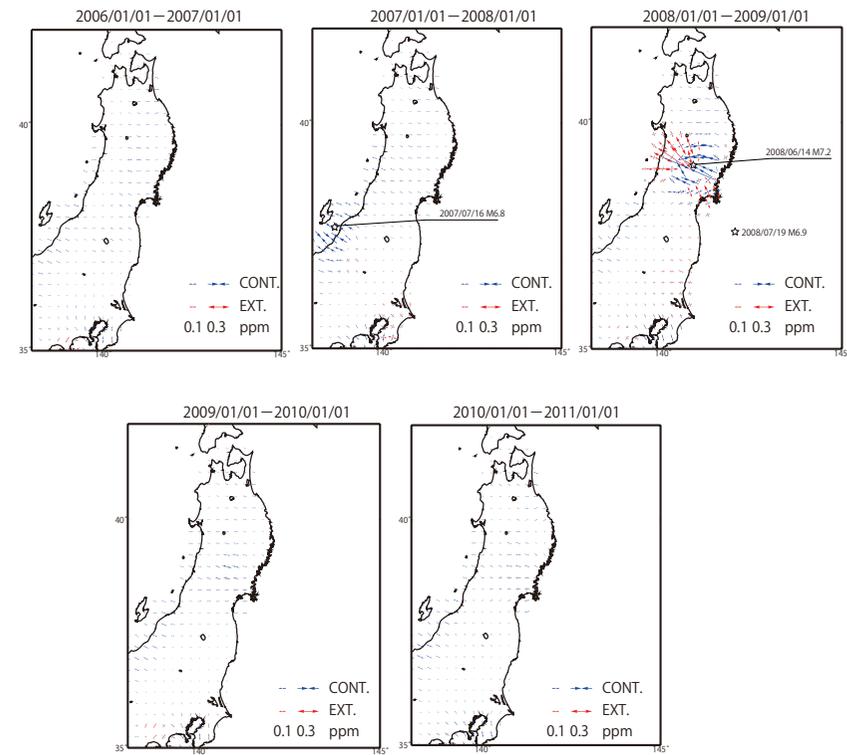
福島県付近では2004年頃から東西短縮を示す歪みが小さくなったように見える。



第 58 図 GEONET 観測データによる東北地方の地殻水平歪み  
Fig. 58 Crustal horizontal strain in Tohoku region calculated from GEONET observation (1/2).

GPS連続観測データから推定した東北地方の歪み変化 (2)

GEONET F3 解



GPS 座標値データに基づいて 1 年間毎の歪み変化図を作成した。座標値の 15 日分の平均値から 1 年間の変位ベクトルを算出し、それに基づいて歪み計算をしている。

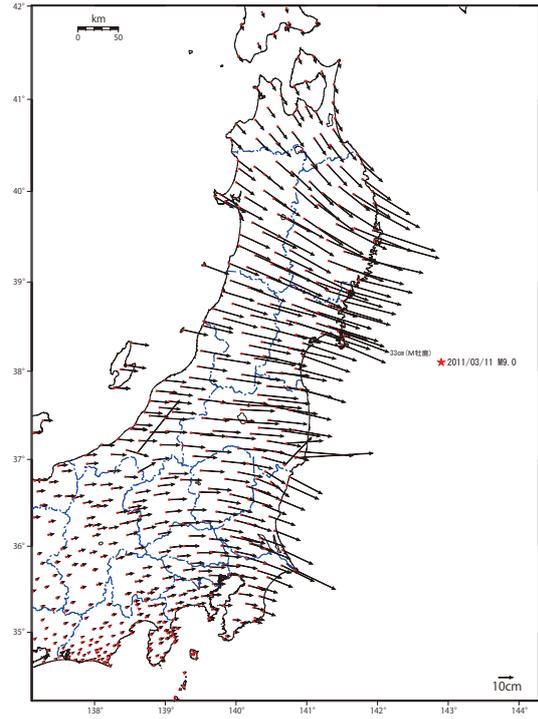
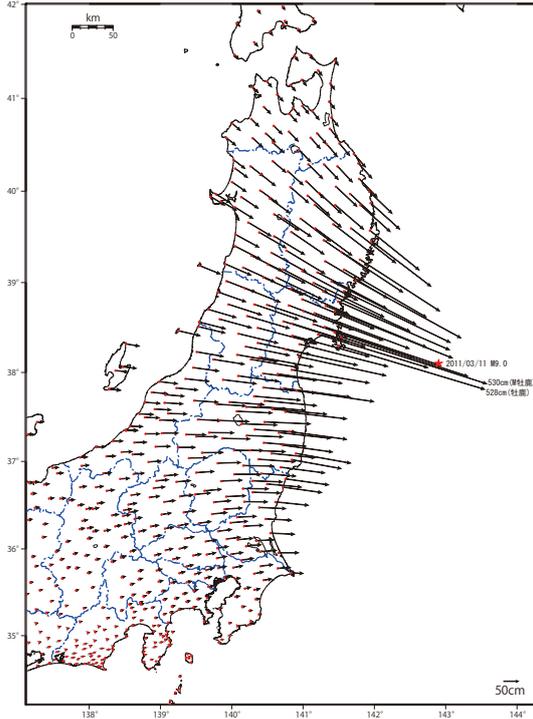
第 59 図 GEONET 観測データによる東北地方の地殻水平歪み  
Fig. 59 Crustal horizontal strain in Tohoku region calculated from GEONET observation (2/2).

東北地方太平洋沖地震(3月11日, M9.0)に伴う地震時および地震後の地殻変動(水平) 暫定

・岩手県沿岸部および銚子付近では、地震後、周囲と比べて比較的大きな変動が見られる。

基準期間：2011/03/10 21:00 - 2011/03/10 21:00 [F 3 : 最終解]  
比較期間：2011/03/11 18:00 - 2011/03/11 18:00 [Q 3 : 迅速解]

基準期間：2011/03/11 18:00 - 2011/03/11 18:00 [Q 3 : 迅速解]  
比較期間：2011/04/17 21:00 - 2011/04/18 21:00 [R 3 : 速報解]



[基準：F 3 最終解 比較：Q 3 迅速解] ※固定地：福江(950462)

[基準：Q 3 迅速解 比較：R 3 速報解] ※固定地：福江(950462)

※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1(92110)が変動したため、2011/3/11以降のQ3, R3解析においては固定点を与論(950495)へ変更している。

※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1(92110)が変動したため、2011/3/11以降のQ3, R3解析においては固定点を与論(950495)へ変更している。

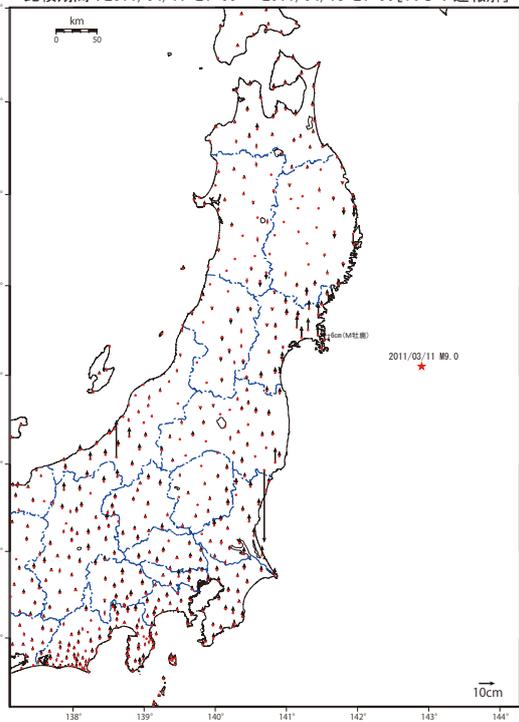
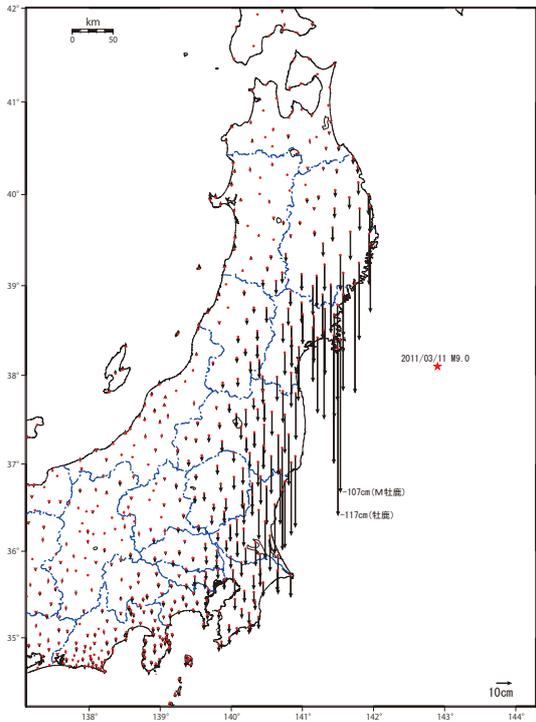
第 60 図 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地震時及び地震後の地殻変動(水平)(暫定)  
Fig. 60 Co-seismic and postseismic crustal deformation associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on March 11, 2011 (horizontal) (preliminary result).

東北地方太平洋沖地震(3月11日, M9.0)に伴う地震時および地震後の地殻変動(上下) 暫定

地震時に沈降が観測された太平洋沿岸部の一部観測点で隆起傾向が見られるが、岩手県沿岸部では沈降が継続している。

基準期間：2011/03/10 21:00 - 2011/03/10 21:00 [F 3 : 最終解]  
比較期間：2011/03/11 18:00 - 2011/03/11 18:00 [Q 3 : 迅速解]

基準期間：2011/03/11 18:00 - 2011/03/11 18:00 [Q 3 : 迅速解]  
比較期間：2011/04/17 21:00 - 2011/04/18 21:00 [R 3 : 速報解]



[基準：F 3 最終解 比較：Q 3 迅速解] ※固定地：福江(950462)

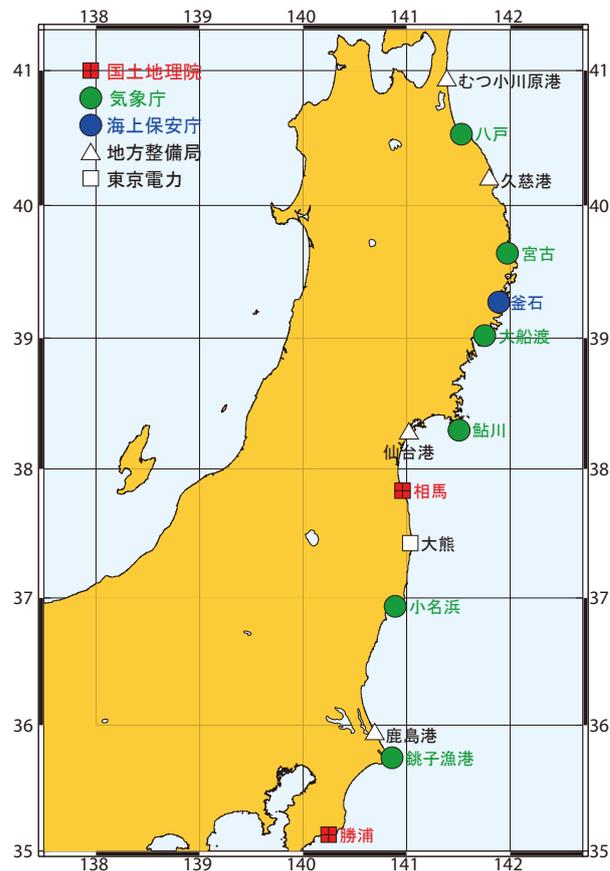
[基準：Q 3 迅速解 比較：R 3 速報解] ※固定地：福江(950462)

※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1(92110)が変動したため、2011/3/11以降のQ3, R3解析においては固定点を与論(950495)へ変更している。

※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1(92110)が変動したため、2011/3/11以降のQ3, R3解析においては固定点を与論(950495)へ変更している。

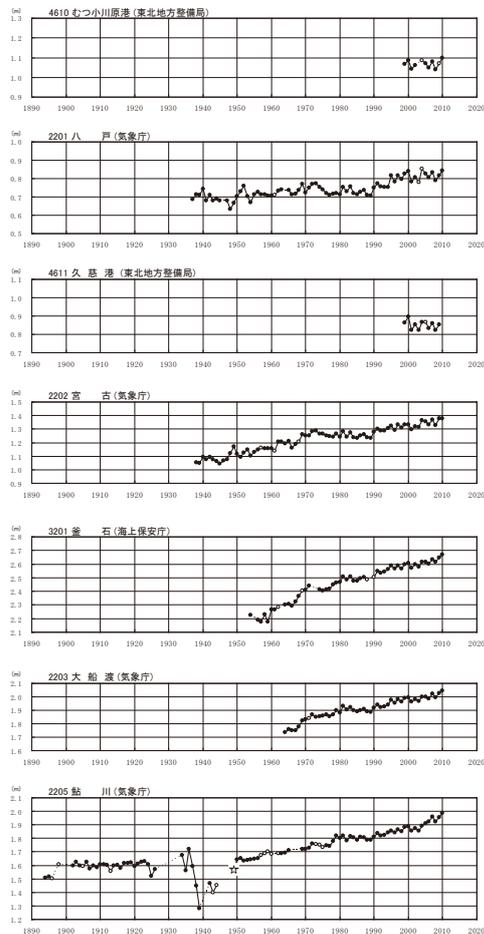
第 61 図 2011 年東北地方太平洋沖地震に伴う地震時及び地震後の地殻変動(上下)(暫定)  
Fig. 61 Co-seismic and postseismic crustal deformation associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake on March 11, 2011 (vertical) (preliminary result).

第Ⅱ海域における海岸昇降検知センター登録験潮場配置図



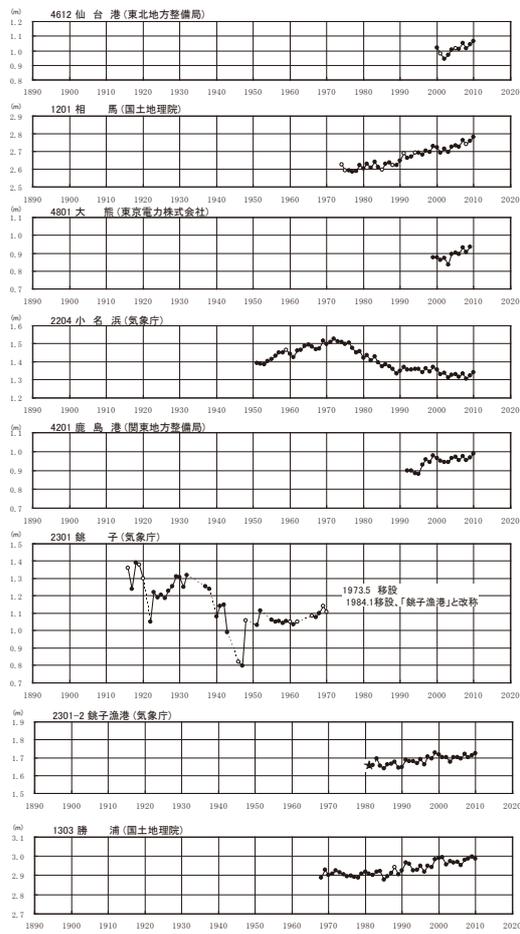
第 62 図 第Ⅱ海域における海岸昇降検知センター登録験潮場配置図  
Fig. 62 Locations of the tidal stations along the coast II registered with the Coastal Movements Data Center.

第Ⅱ海域における年平均潮位とそのグラフ-1 (1894 ~ 2010)



第 63 図 第Ⅱ海域における年平均潮位とそのグラフ  
Fig. 63 Annual mean sea level along the coast II (1/2).

第Ⅱ海域における年平均潮位とそのグラフ-2 (1894 ~ 2010)

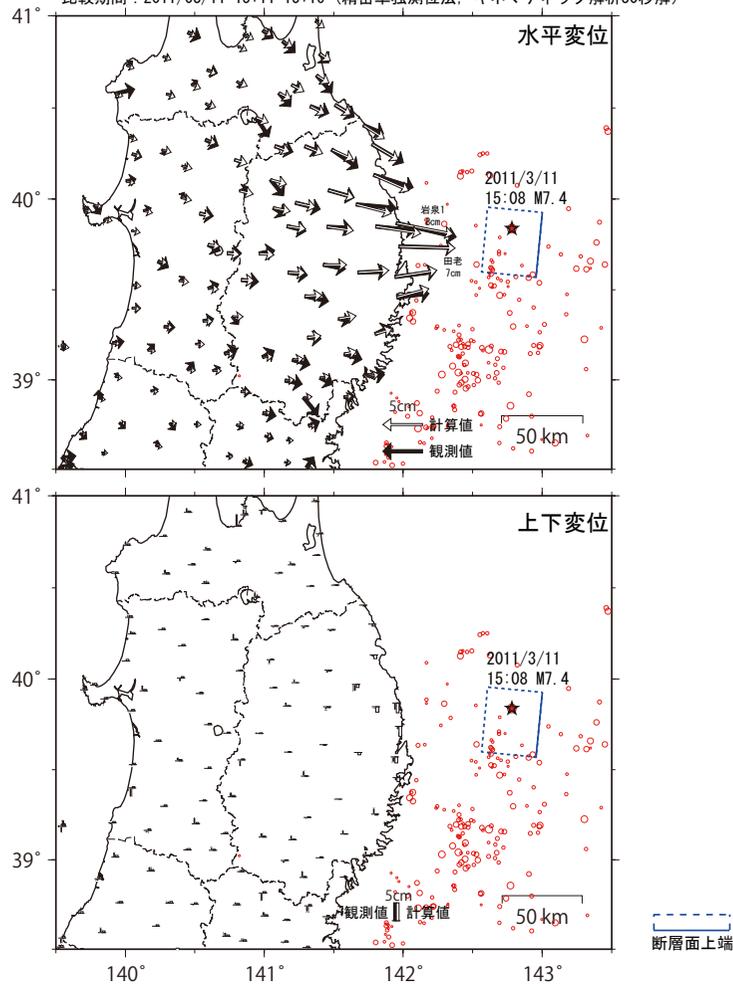


第 64 図 第Ⅱ海域における年平均潮位とそのグラフ  
Fig. 64 Annual mean sea level along the coast II (2/2).

2011年3月11日岩手県沖の地震(M7.4)の震源断層モデル

南北走向の逆断層滑りが推定され、岩手県沖のプレート境界での滑りと考えられる。

基準期間：2011/03/11 15:01-15:06 (精密単独測位法, キネマティック解析30秒解)  
比較期間：2011/03/11 15:11-15:16 (精密単独測位法, キネマティック解析30秒解)



矩形断層一様すべりを仮定した断層パラメータ

緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	滑り角	滑り量
39.927°	143.002°	31km	40km	35km	186°	12°	73°	1.67m

モーメントマグニチュード(M<sub>w</sub>) 7.24 (剛性率は40GPaを仮定)

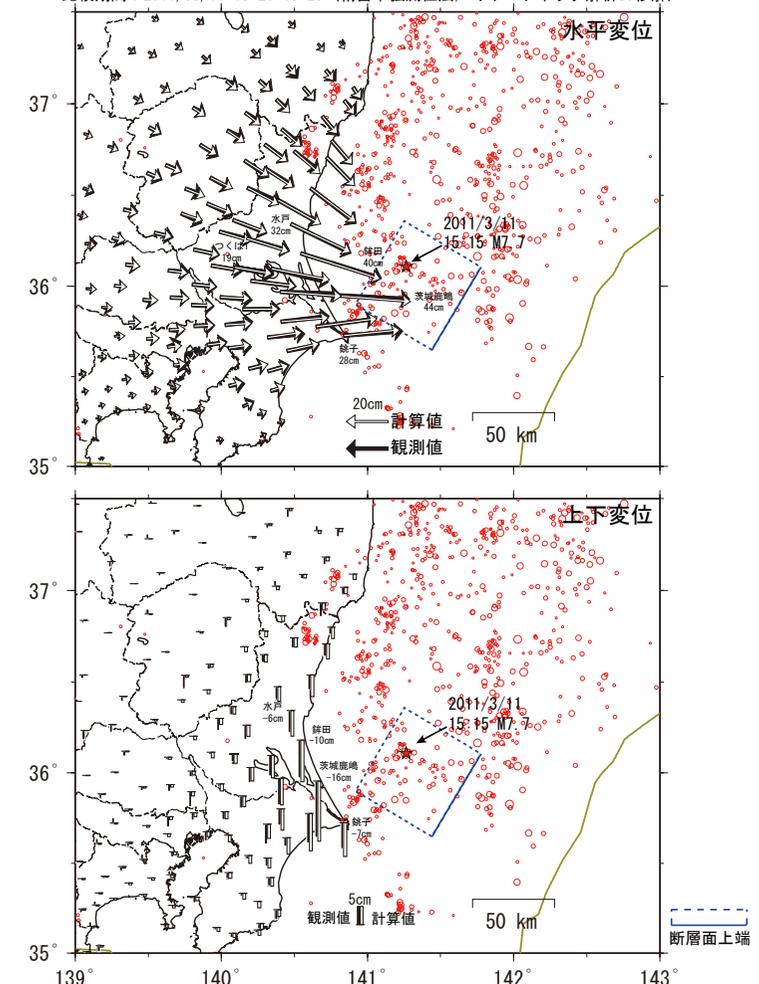
・星印と赤丸は、それぞれ気象庁一元化震源による岩手県沖の地震の震央と震源分布(M≥4, 3/27まで)

第 65 図 2011 年 3 月 11 日岩手県沖の地震 (M7.4) の震源断層モデル  
Fig. 65 Fault model of the M7.4 off Iwate prefecture earthquake on March 11, 2011.

2011年3月11日茨城県沖の地震(M7.7)の震源断層モデル

北北東-南南西走向の逆断層滑りが推定され、茨城県沖のプレート境界での滑りと考えられる。

基準期間：2011/03/11 15:10-15:15 (精密単独測位法, キネマティック解析30秒解)  
比較期間：2011/03/11 15:20-15:25 (精密単独測位法, キネマティック解析30秒解)



矩形断層一様すべりを仮定した断層パラメータ

緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	滑り角	滑り量
36.106°	141.777°	9km	59km	61km	211°	26°	104°	3.76m

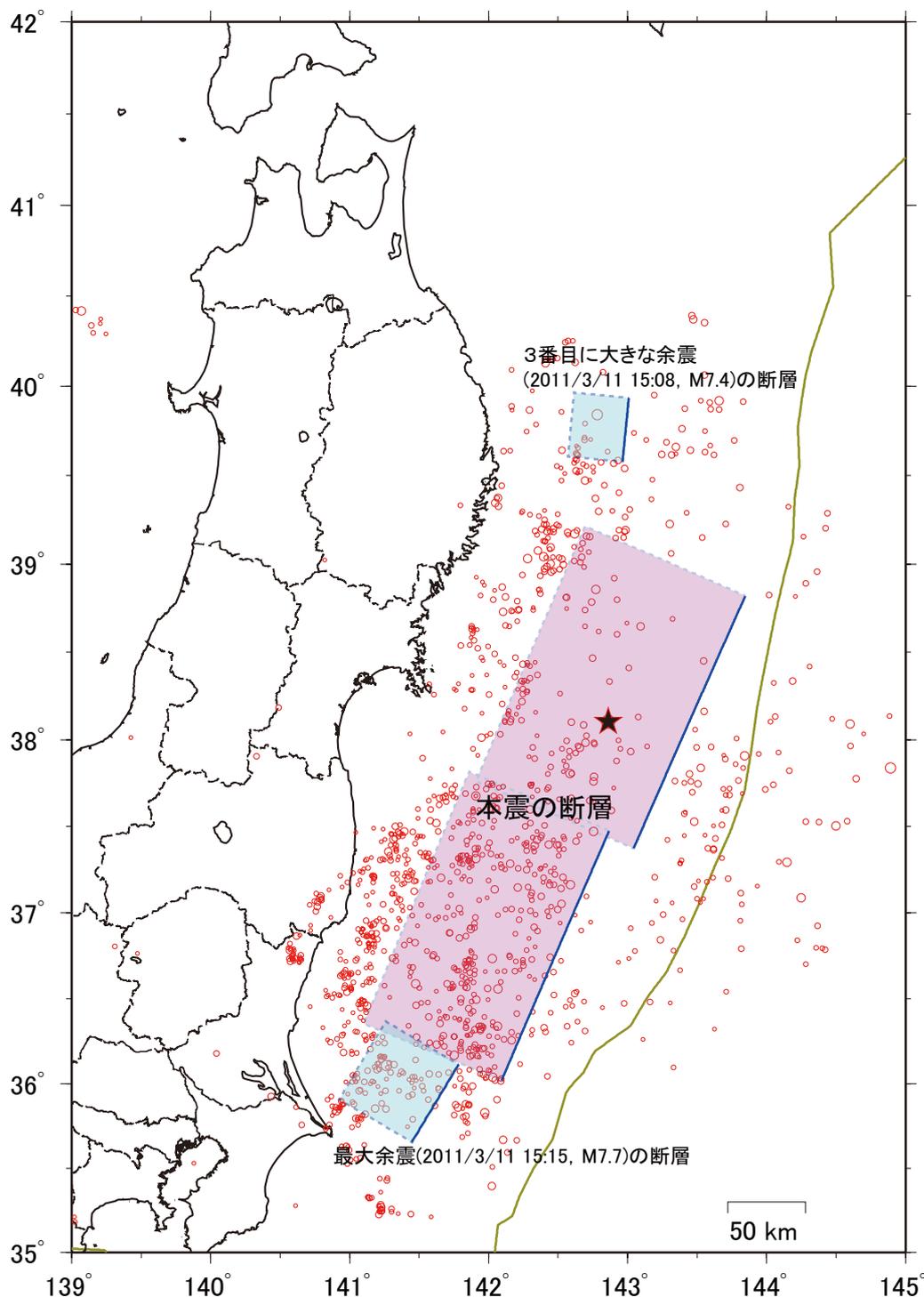
モーメントマグニチュード(M<sub>w</sub>) 7.76 (剛性率は40GPaを仮定)

・星印と赤丸は、それぞれ気象庁一元化震源による茨城県沖の地震の震央と震源分布(M≥4, 3/27まで)

第 66 図 2011 年 3 月 11 日茨城県沖の地震 (M7.7) の震源断層モデル  
Fig. 66 Fault model of the M7.7 off Ibaraki prefecture earthquake on March 11, 2011.

## キネマティック解析に基づく震源断層モデルの位置比較

・最大余震と3番目に大きな余震は、本震破壊域の南隣と北側延長において発生した。



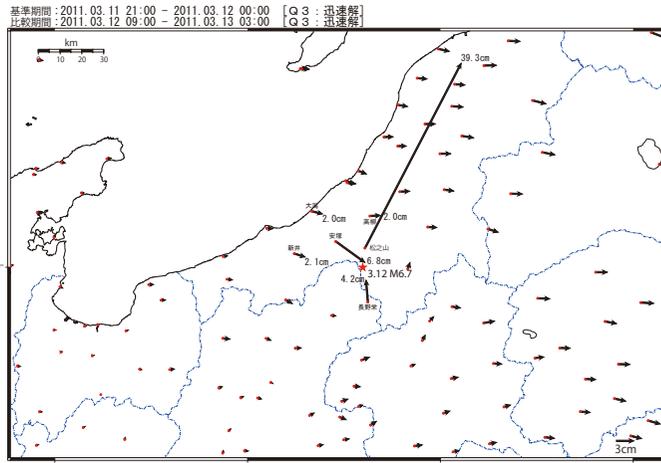
- ・表示した震源断層モデルは、精密単独測位法キネマティック解析によって得られた地殻変動から推定されたもの。
- ・星印と赤丸は、それぞれ気象庁一元化震源による東北地方太平洋沖地震の震央と余震分布 (M $\geq$ 4, 3/27まで)

第 67 図 キネマティック GPS 解析に基づく震源断層モデルの位置比較

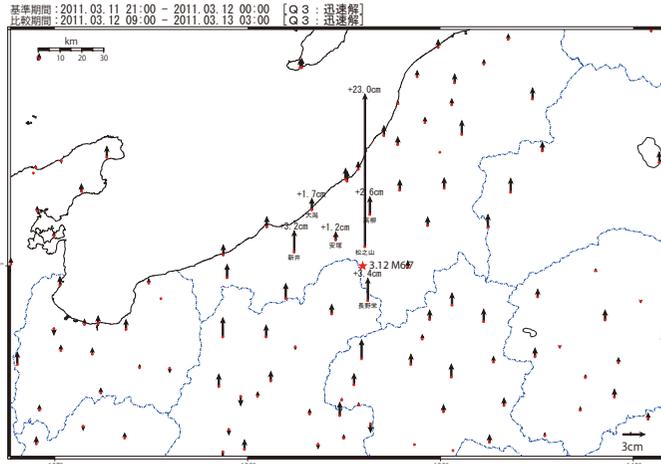
Fig. 67 Comparison of the location of the earthquake fault models derived by kinematics GPS analysis.

長野県・新潟県境付近の地震(3月12日, M6.7)に伴う地殻変動 暫定

電子基準点(松之山)では大きな変動が見られるが、その他の点では大きな変動は見られない。  
変動ベクトル図(水平)



変動ベクトル図(上下)



※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1(92110)が変動したため、2011/3/11以降のQ3, R3解析においては固定点と与論(950495)へ変更している。

第 68 図 a 2011 年 3 月 12 日長野県・新潟県境付近の地震による地殻変動(水平) (暫定)

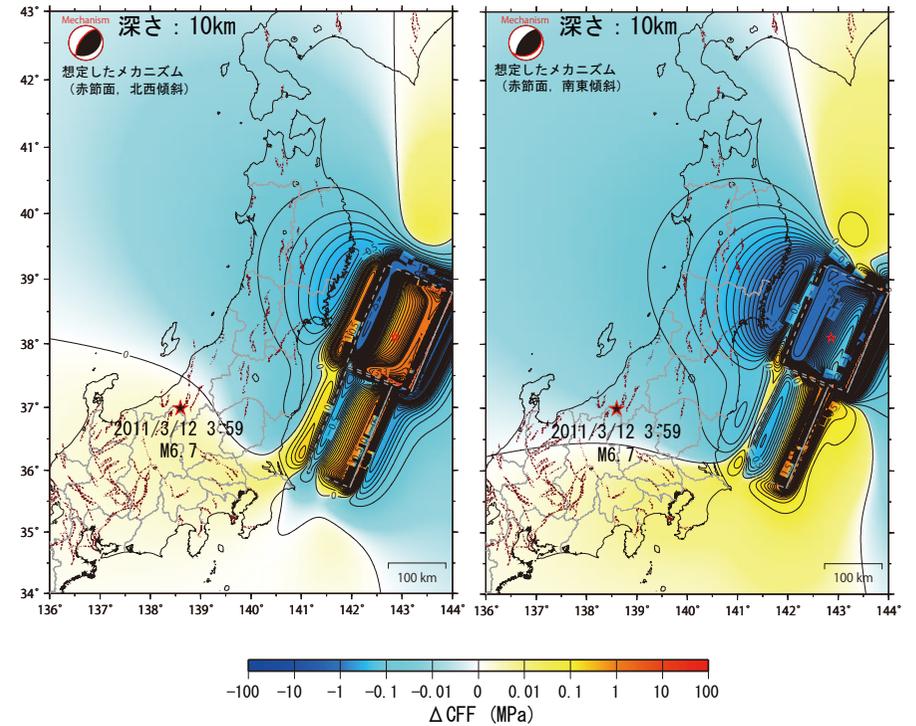
Fig. 68a Crustal deformation associated with M6.7 near the border between Nagano and Niigata prefectures earthquakes in 2011 (horizontal) (preliminary result).

第 68 図 b 2011 年 3 月 12 日長野県・新潟県境付近の地震による地殻変動(上下) (暫定)

Fig. 68b Crustal deformation associated with M6.7 near the border between Nagano and Niigata prefectures earthquakes in 2011 (vertical) (preliminary result).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による応力変化(ΔCFF)分布

長野県・新潟県境付近の地震(3/12, M6.7)に対する影響



・長野県・新潟県境付近の地震の震源では、北西傾斜の高角の断層面の場合は、CFFが0.004MPa程度増加、南東傾斜の低角の断層面の場合は、CFFが0.01MPa程度減少したと考えられる。

- ・東北地方太平洋沖地震は2枚の矩形断層モデル(国土地理院)を使用。
- ・想定した受け手の断層(図中に震源球を表示)は、気象庁による2011年3月12日長野県・新潟県境付近の地震(M6.7)のCMT解(南東傾斜断層面:走向60°, 傾斜31°, 滑り角110°, 北西傾斜断層面:走向216°, 傾斜61°, 滑り角78°)を使用した。
- ・深さ10km, 摩擦係数0.4, 剛性率30GPaを仮定。
- ・星印は、気象庁による震央。活断層分布(赤い点線)は、地震調査研究推進本部による。

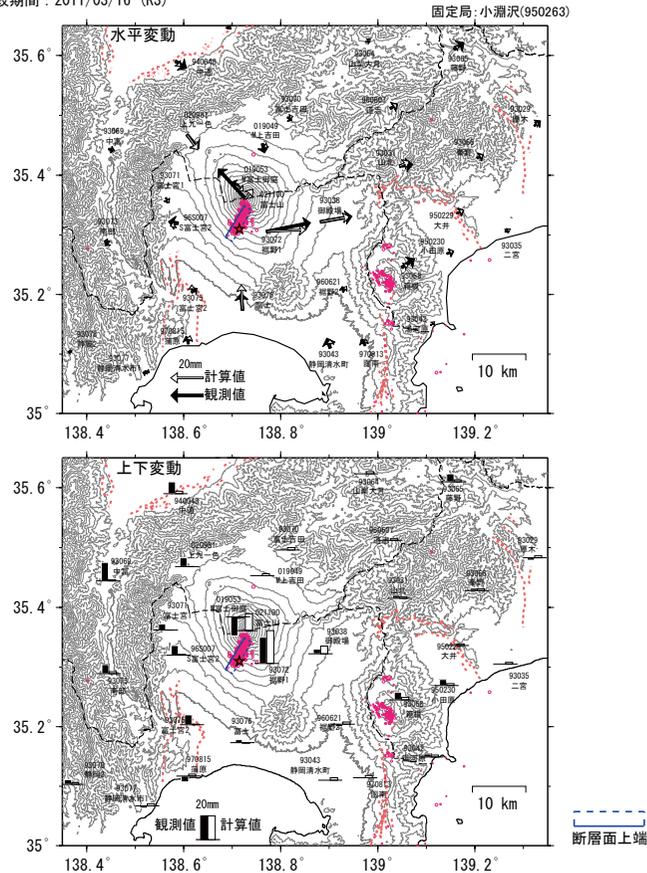
第 69 図 2011 年東北地方太平洋沖地震による応力変化分布 長野県・新潟県境付近の地震に対する影響

Fig. 69 Stress change due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Effect on the earthquake near the boundary between Nagano and Niigata prefectures.

2011年3月15日静岡県東部の地震(M6.4)の震源断層モデル(暫定)

北北東-南南西走向の逆断層成分を含む左横ずれの滑りが推定される。

基準期間: 2011/03/13 - 2011/03/14 (R3)  
比較期間: 2011/03/16 (R3)



矩形断層一様すべりを仮定した断層パラメータ

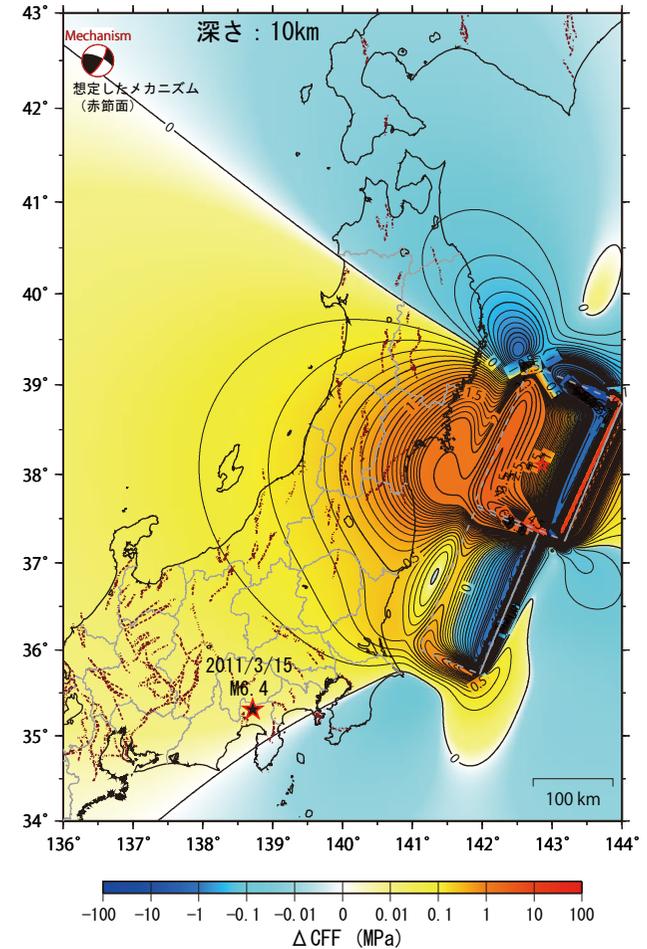
緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	すべり角	すべり量
35.296°	138.686°	3.8km	6.9km	5.1km	31°	72°	22°	0.73m

モーメントマグニチュード(Mw) 5.85 (剛性率は30GPaを仮定)

- ・走向, 傾斜角, すべり角はGlobal CMT Projectのメカニズム解の北北東-南南西の節面に強く拘束している。
- ・電子基準点富士山(021100)のデータの重みを軽めている。
- ・観測点標高を簡易補正しているため, 上端深さは海水面を基準としている。
- ・星印と赤丸は, それぞれ気象庁一元化震源による本震の震央と余震分布。
- ・活断層分布(赤い点線)は, 地震調査研究推進本部による。

第70図 2011年3月15日静岡県東部の地震(M6.4)の震源断層モデル(暫定)  
Fig. 70 Fault model of the M6.4 eastern Shizuoka prefecture earthquake on March 15, 2011 (preliminary result).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による応力変化( $\Delta CFF$ )分布  
静岡県東部の地震(3/15, M6.4)に対する影響

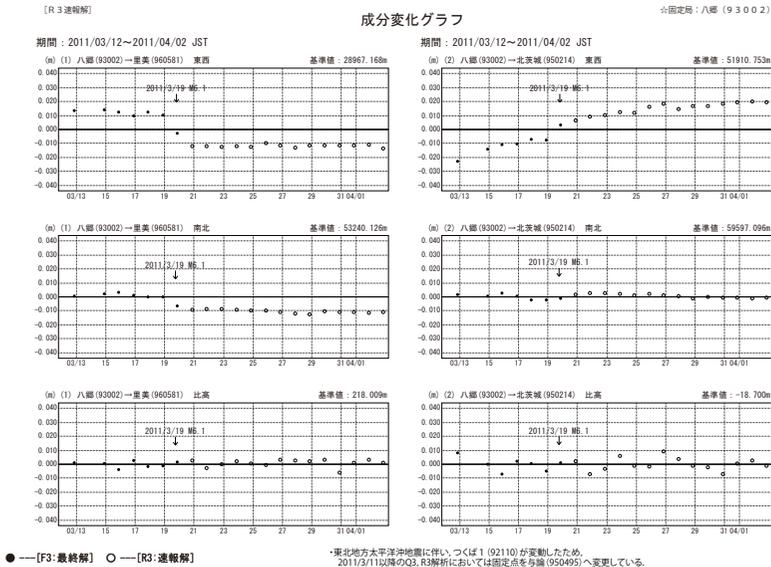
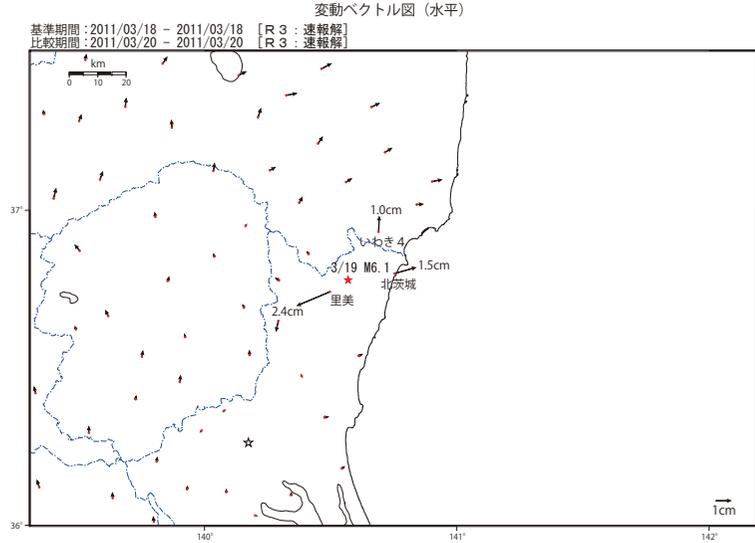


- ・静岡県東部の地震の震源では,  $\Delta CFF$ が0.01MPa程度増加したと考えられる。
- ・東北地方太平洋沖地震は2枚の矩形断層モデル(国土地理院)を使用。
- ・想定した受け手の断層は, 2011年3月15日静岡県東部の地震(M6.4)の震源断層モデル(国土地理院)を使用。
- ・深さ10km, 摩擦係数0.4, 剛性率30GPaを仮定。
- ・星印は, 気象庁による震央, 活断層分布(赤い点線)は, 地震調査研究推進本部による。

第71図 2011年東北地方太平洋沖地震による応力変化分布 静岡県東部の地震に対する影響  
Fig. 71 Stress change due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Effect on the eastern Shizuoka prefecture earthquake.

茨城県北部の地震(3月19日, M6.1)に伴う地殻変動

地震時には電子基準点(里美)で、東西方向に最大2.4cmの変動が観測された。



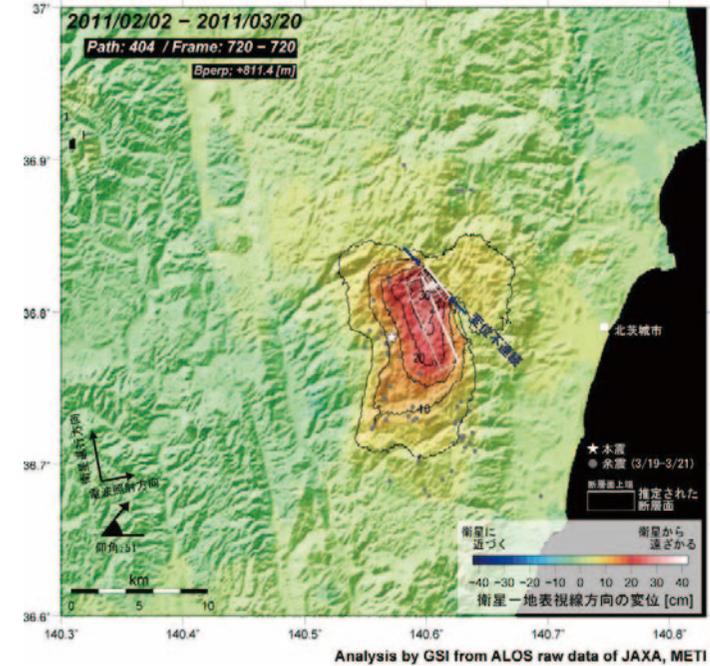
第72図 2011年3月19日茨城県北部の地震(M6.1)に伴う地殻変動  
Fig. 72 Crustal deformation associated with M6.1 the northern Ibaraki prefecture Earthquake on March 19, 2011 (horizontal).

平成23年(2011年)3月19日茨城県北部の地震(M6.1)に関する合成開口レーダー解析結果

平成23年(2011年)3月19日18時56分、茨城県北部で発生した地震(M6.1)に関する、「だいち」PALSARデータの解析結果を示す。

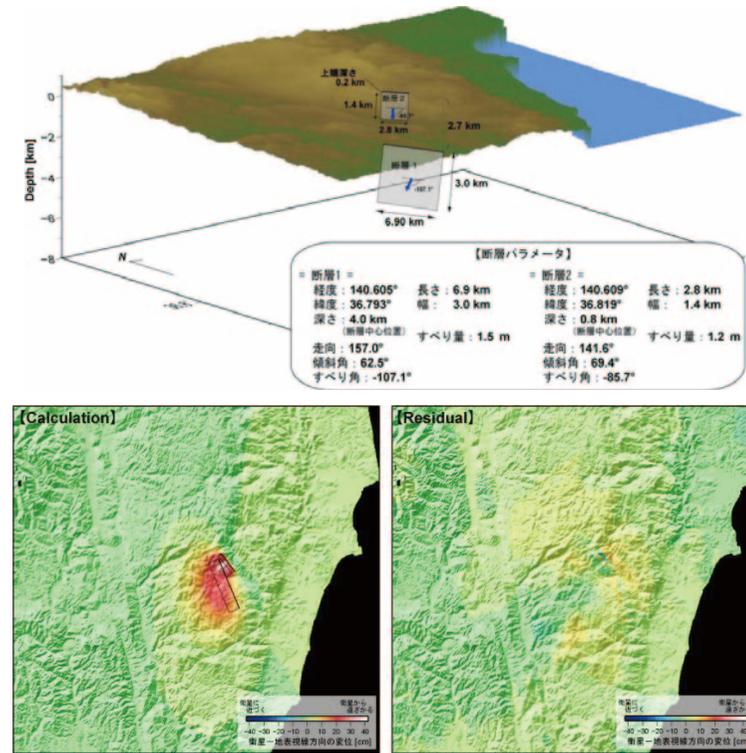
■ 地殻変動の特徴

- 1) 地殻変動は北茨城市から西十数kmの領域に集中しており、最大約40cmの衛星-地表間の距離伸張が観測された。
- 2) 最大の地殻変動が観測される領域では、変位の不連続が認められる。
- 3) 干渉画像をもとに矩形断層一様すべりの震源断層モデル(2枚のセグメントを仮定)を構築した。主な特徴として、①南西傾斜の断層面(傾斜角60~70°)、②北北西(北西)-南南東(南東)方向の走向、③正断層型の断層運動、④最大変位域の直下のごく浅部に局所的な滑り、等が挙げられる。



第73図 2011年3月19日茨城県北部の地震(M6.1)に関する合成開口レーダー解析結果  
Fig. 73 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferogram of the northern Ibaraki prefecture Earthquake on March 19, 2011.

**震源断層モデル**

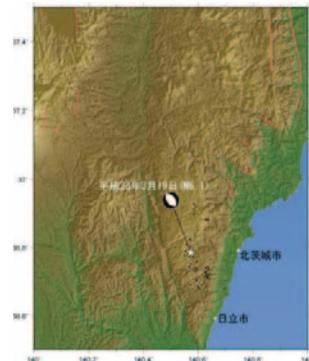


地震の概要 (気象庁発表: 3月28日現在)

発生日時	平成23年3月19日 18時56分
地震規模	M6.1
震源位置	北緯36.783度 東経140.570度
震源深さ	5 km

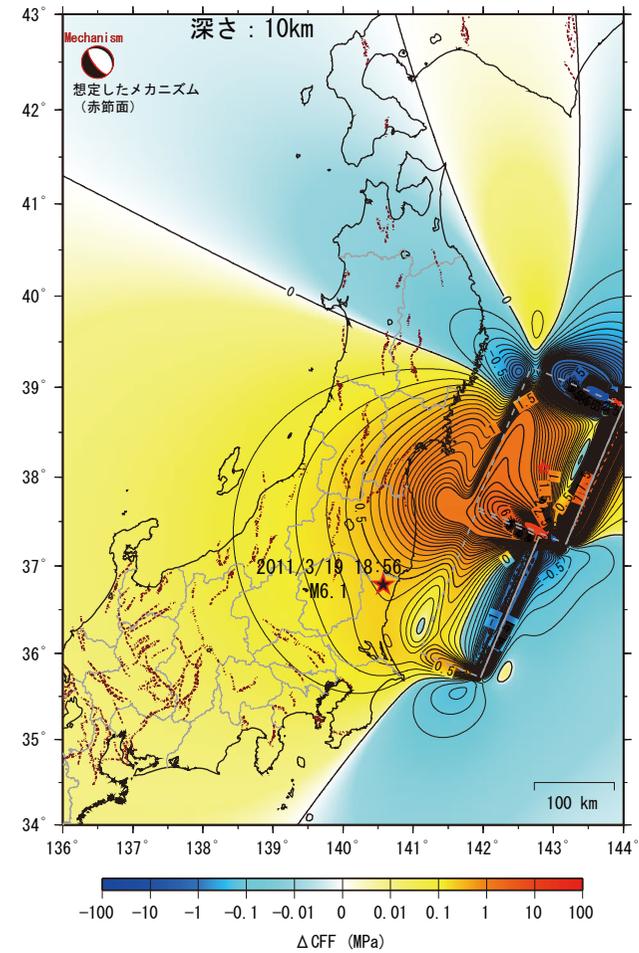
■ SAR データ諸元等

Path 404 (北行軌道) Frame720 [高精度軌道情報]  
 新観測日: 2011/03/20 (FBD)  
 旧観測日: 2011/02/02 (FBS)  
 垂直軌道間距離= +811 m



第74図 2011年3月19日茨城県北部の地震(M6.1)の震源断層モデル  
 Fig. 74 Fault model of the M6.1 northern Ibaraki prefecture Earthquake on March 19, 2011.

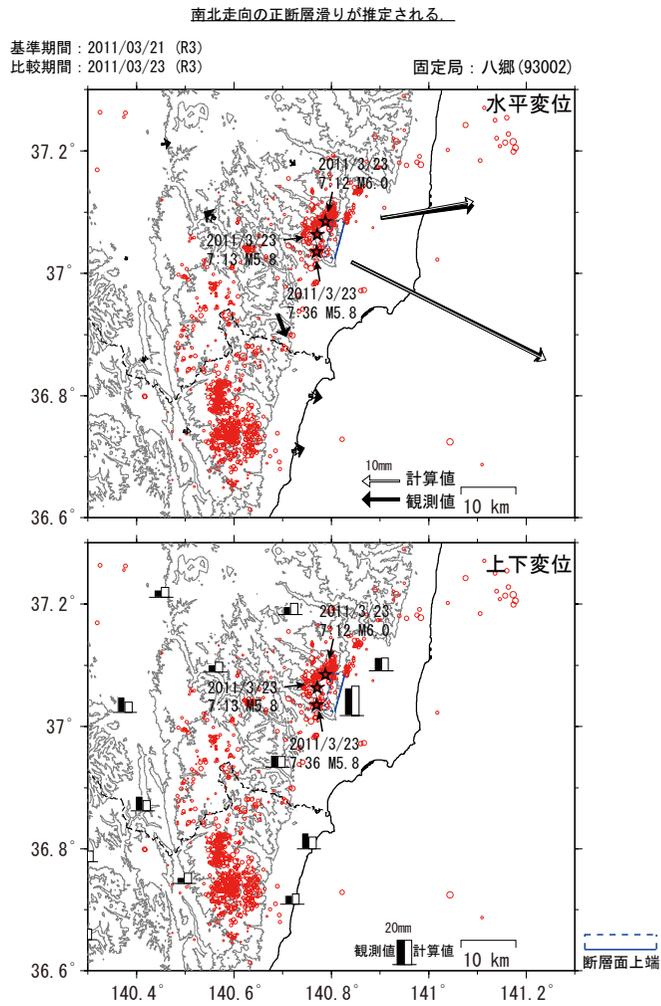
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による応力変化 ( $\Delta CFF$ ) 分布  
 茨城県北部の地震(3/19, M6.1)に対する影響



- ・茨城県北部の地震の震源では、 $CFF$ が0.4MPa程度増加したと考えられる。
- ・東北地方太平洋沖地震は2枚の矩形断層モデル(国土地理院)を使用。
- ・想定した受け手の断層(図中に震源球を表示)は、2011年3月19日茨城県北部の地震(M6.1)の矩形断層モデル(国土地理院)の断層1を使用。
- ・深さ10km、摩擦係数0.4、剛性率30GPaを仮定。
- ・星印は、気象庁による震央、活断層分布(赤い点線)は、地震調査推進本部による。

第75図 2011年東北地方太平洋沖地震による応力変化分布 茨城県北部の地震に対する影響  
 Fig. 75 Stress change due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Effect on the northern Ibaraki prefecture earthquake.

2011年3月23日福島県浜通りの地震(M6.0)の震源断層モデル(暫定)



矩形断層一様すべりを仮定した断層パラメータ

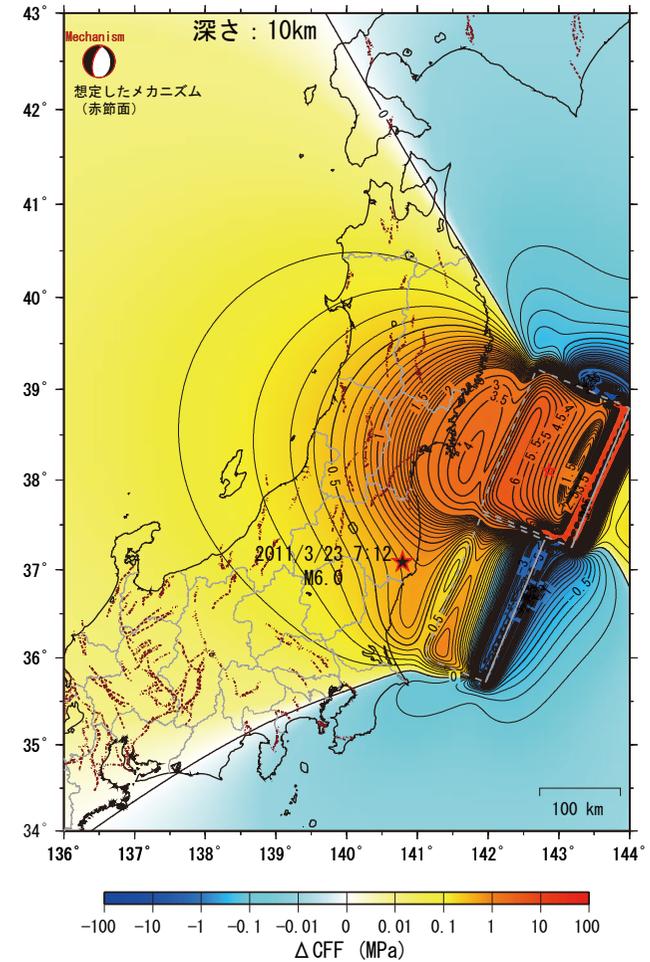
緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	滑り角	滑り量
37.083°	140.780°	0.1km	6.9km	4.1km	195°	59°	-79°	0.48m

モーメントマグニチュード(M<sub>w</sub>) 5.67 (剛性率は30GPaを仮定)

・星印と赤丸は、それぞれ気象庁一元化震源による福島県浜通りの地震の震央と震源分布(M≥1.3/11-28)

第76図 2011年3月23日福島県浜通りの地震(M6.0)の震源断層モデル(暫定)  
Fig. 76 Fault model of the M6.0 Fukushima prefecture Hamadori earthquake on March 23, 2011 (preliminary result).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による応力変化(ΔCFF)分布  
福島県浜通りの地震(3/23, M6.0)に対する影響



・福島県浜通りの地震の震源では、CFFが0.7MPa程度増加したと考えられる。

- ・東北地方太平洋沖地震は2枚の矩形断層モデル(国土院)を使用。
- ・想定した受け手の断層(図中に震源球を表示)は、2011年3月23日福島県浜通りの地震(M6.0)の震源断層モデル(国土院)を使用。
- ・深さ10km、摩擦係数0.4、剛性率30GPaを仮定。
- ・星印は、気象庁による震央。活断層分布(赤い点線)は、地震調査研究推進本部による。

第77図 2011年東北地方太平洋沖地震による応力変化分布 福島県浜通りの地震に対する影響  
Fig. 77 Fault model of the M6.0 Fukushima prefecture Hamadori earthquake on March 23, 2011 (preliminary result).

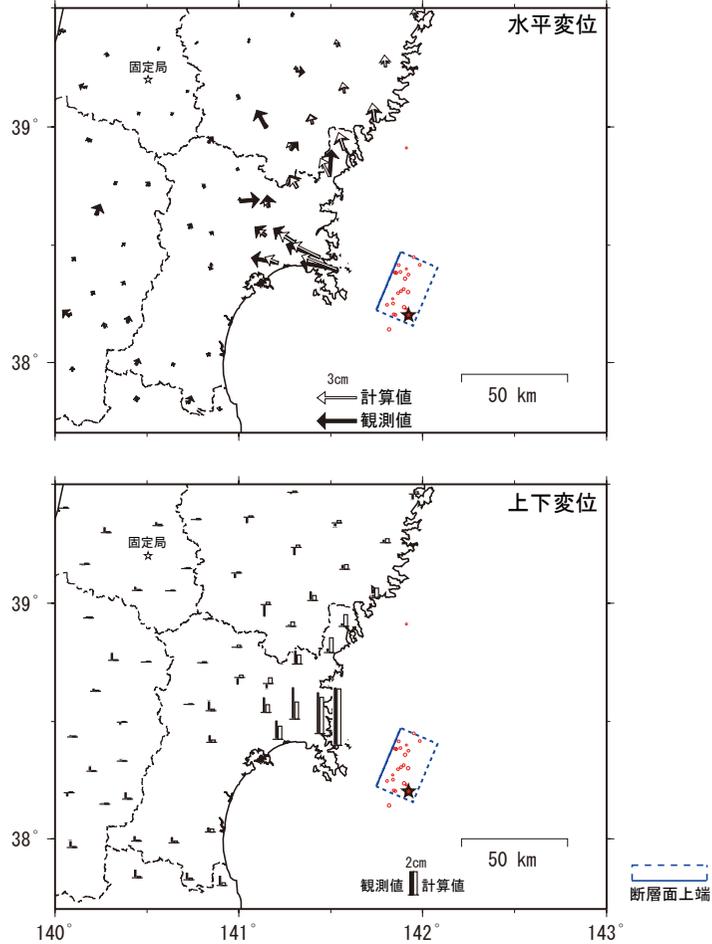
2011年4月7日宮城県沖の地震(M7.1)の震源断層モデル(暫定)

北北東-南南西走向で東に傾き下がる逆断層が推定され、スラブ内地震と考えられる。

基準期間：2011/04/06 (R3)

比較期間：2011/04/08 (R3)

固定局：湯沢(960554)



矩形断層一様すべりを仮定した断層パラメータ

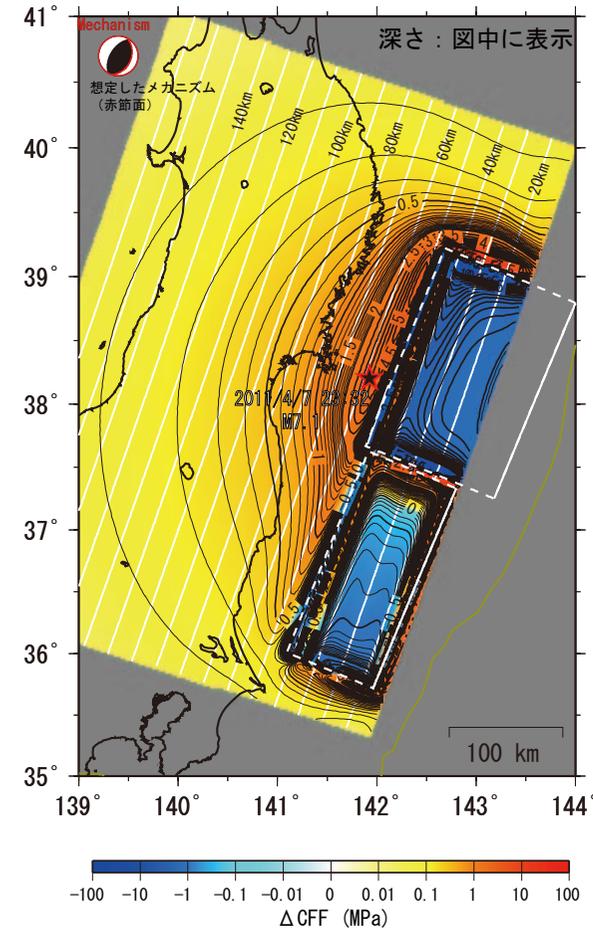
緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	滑り角	滑り量
38.224°	141.748°	48.7km	29.9km	23.4km	23°	36°	82°	1.77m

モーメントマグニチュード(Mw) 7.06 (剛性率は40GPaを仮定)

・星印と赤丸は、それぞれ気象庁一元化震源による宮城県沖の地震の震央と震源分布(M≥4, 深さ:40-60km, 4/7-8)

第78図 2011年4月7日宮城県沖の地震(M7.1)の震源断層モデル(暫定)  
Fig. 78 Fault model of the M7.1 off Miyagi prefecture earthquake on April 7, 2011 (preliminary result).

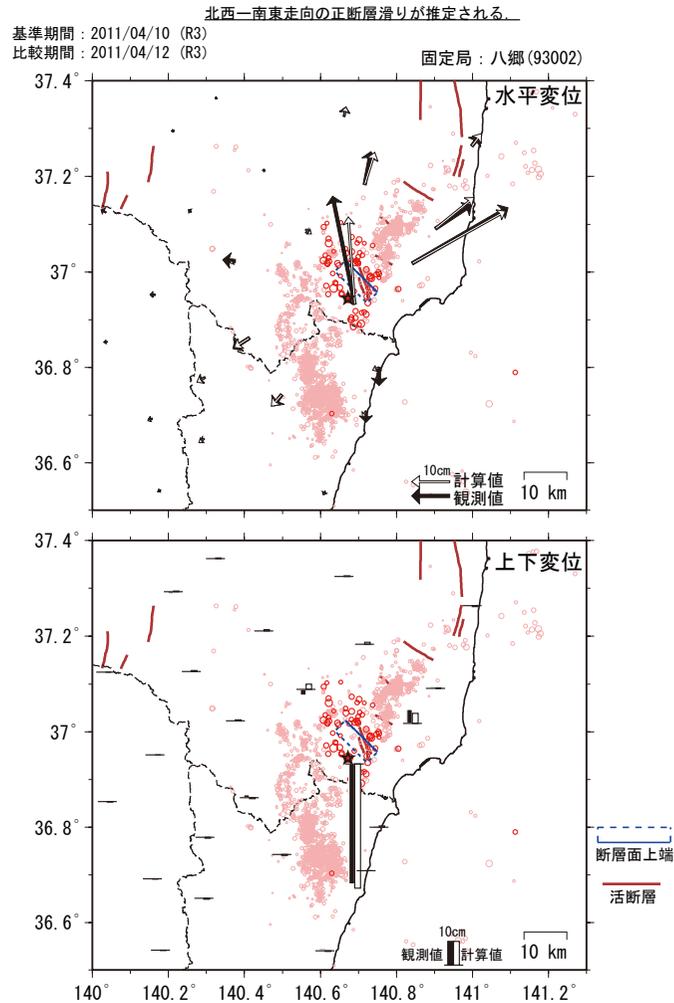
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による応力変化(ΔCFF)分布  
宮城県沖の地震(4/7, M7.1)に対する影響



- ・宮城県沖の地震(4/7, M7.1)の震源付近では、CFFが3MPa程度増加したと考えられる。
- ・東北地方太平洋沖地震は2枚の矩形断層モデル(国土地理院)を使用。
- ・想定した受け手の断層(図中に震源球を表示)は、2011年4月7日宮城県沖の地震(M7.1)の震源断層モデル(国土地理院)を使用。
- ・深発地震面を近似した西に傾き下がる平面(深さを図中に表示)でのCFFを計算した。摩擦係数0.4, 剛性率40GPaを仮定。
- ・星印は、気象庁による震央。

第79図 2011年東北地方太平洋沖地震による応力変化分布 宮城県沖の地震に対する影響  
Fig. 79 Stress change due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Effect on the off Miyagi prefecture earthquake.

2011年4月11日福島県浜通りの地震(M7.0)の震源断層モデル(暫定)



矩形断層一様すべりを仮定した断層パラメータ

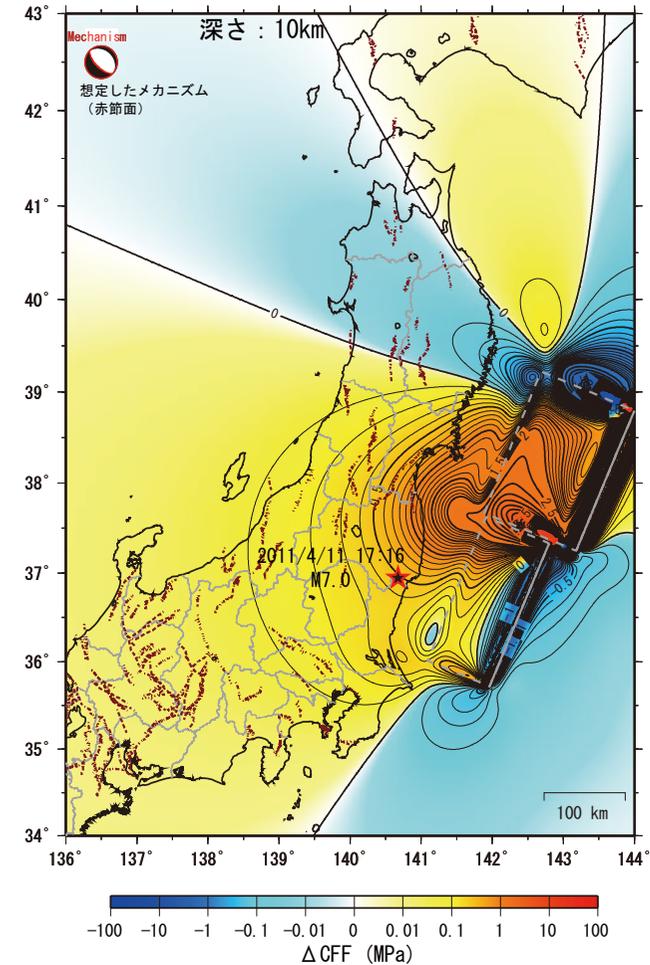
緯度	経度	上端深さ	長さ	幅	走向	傾斜角	滑り角	滑り量
37.024°	140.665°	0.3km	10.5km	7.4km	134°	62°	-90°	4.51m

モーメントマグニチュード(M<sub>w</sub>) 6.61 (剛性率は30GPaを仮定)

星印と赤丸は、それぞれ気象庁一元化震源による福島県浜通りの地震の震央と余震分布(4/11のみ)、薄い赤は、3/11からM7.0の地震発生までの震源分布(M≥1, 深さ15km未満)。活断層分布は、新編日本の活断層(1991)による。

第80図 2011年4月11日福島県浜通りの地震(M7.0)の震源断層モデル(暫定)  
Fig. 80 Fault model of the M7.0 Fukushima prefecture Hamadori earthquake on April 11, 2011 (preliminary result).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による応力変化(ΔCFF)分布  
福島県浜通りの地震(4/11, M7.0)に対する影響

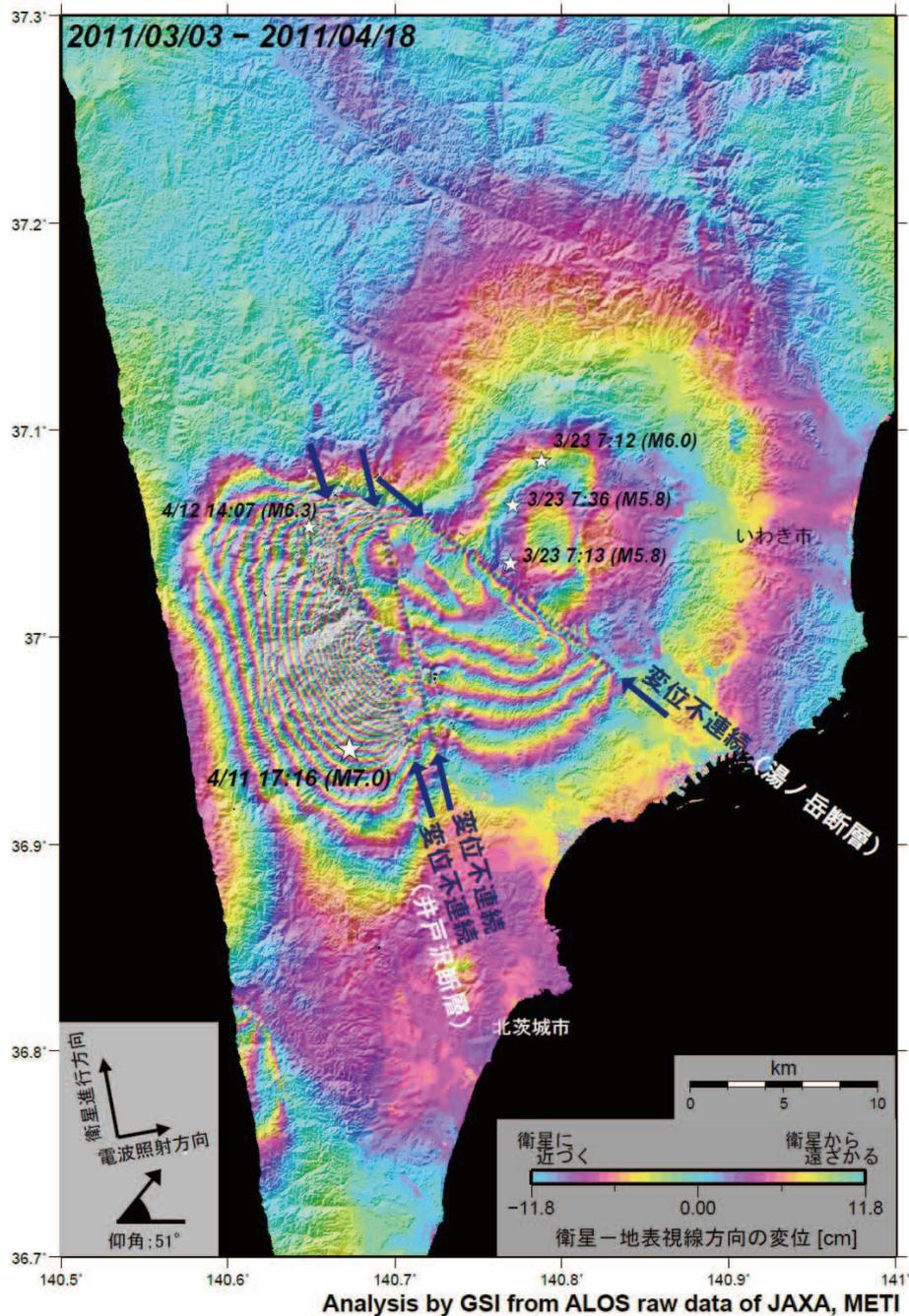


- ・福島県浜通りの地震(4/11, M7.0)の震源では、CFFが0.5MPa程度増加したと考えられる。
- ・東北地方太平洋沖地震は2枚の矩形断層モデル(国土地理院)を使用。
- ・想定した受け手の断層(図中に震源球を表示)は、2011年4月1日福島県浜通りの地震(M7.0)の震源断層モデル(国土地理院)を使用。
- ・深さ10km, 摩擦係数0.4, 剛性率30GPaを仮定。
- ・星印は、気象庁による震央、活断層分布(赤い点線)は、地震調査研究推進本部による。

第81図 2011年東北地方太平洋沖地震による応力変化分布 福島県浜通りの地震に対する影響  
Fig. 81 Stress change due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Effect on the Fukushima prefecture Hamadori earthquake.

平成 23 年 (2011 年) 4 月 11 日福島県浜通りの地震 (M7.0) に関する  
合成開口レーダー解析結果

井戸沢断層および湯ノ岳断層に沿って変位の不連続が見られる。



※2011/4/18 のデータは予測軌道情報使用

【謝辞：本研究で用いたPALSARデータは地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループ（地震WG）を通じて提供を受けた。PALSARデータの所有権は経済産業省及び宇宙航空研究開発機構（JAXA）にある。】

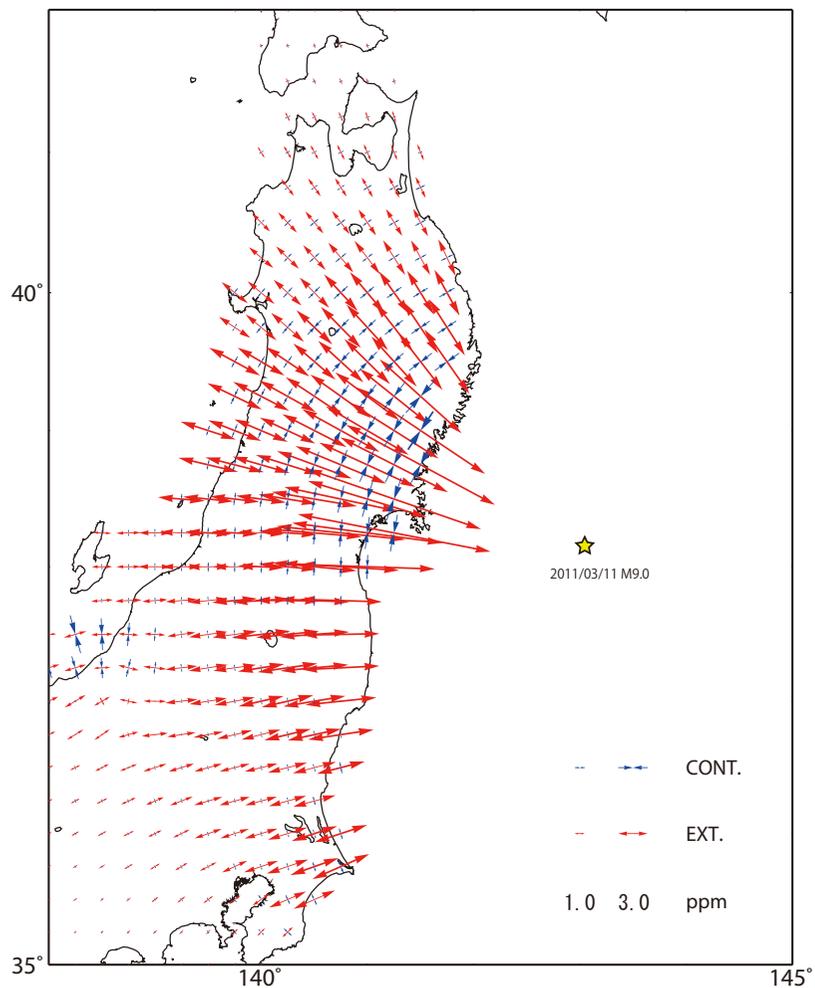
第 82 図 2011 年 4 月 11 日福島県浜通りの地震 (M7.0) に関する合成開口レーダー解析結果  
Fig. 82 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferogram of the M7.0 Fukushima prefecture Hamadori earthquake on April 11, 2011.

GPS連続観測データから推定した  
「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」に伴う歪み変化

GEONET F3 解

断層運動に伴う顕著な伸張が見られる。

2011/03/10-2011/03/12



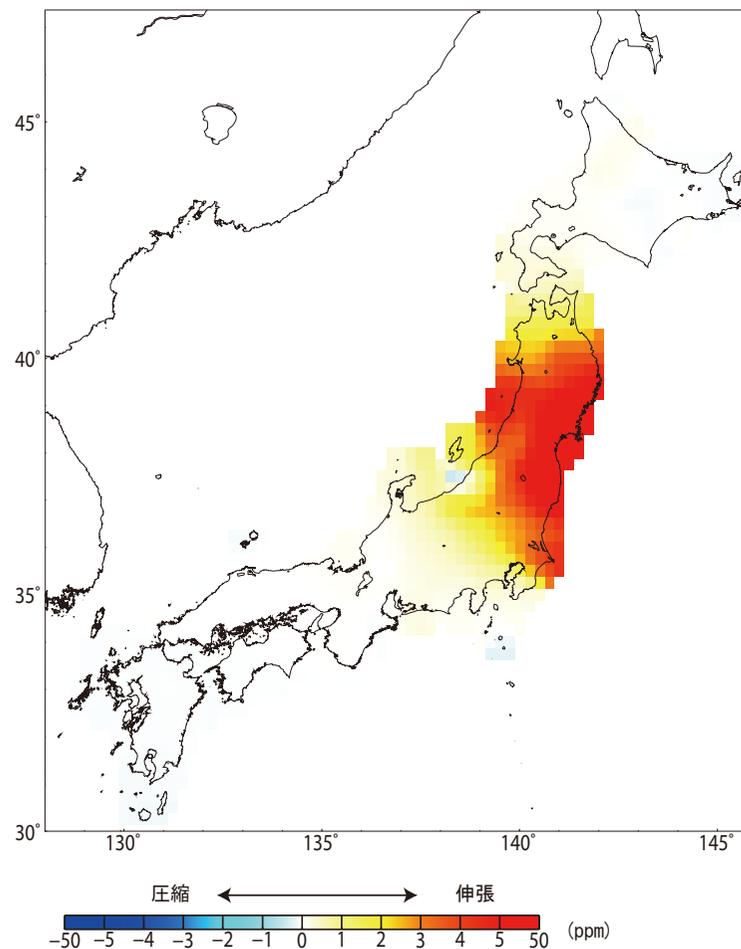
第 83 図 GPS 連続観測データから推定した「2011 年東北地方太平洋沖地震」に伴う歪み変化  
Fig. 83 Strain change associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake from GPS observation.

GPS連続観測データから推定した  
「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」に伴う面積歪み変化

GEONET F3 解

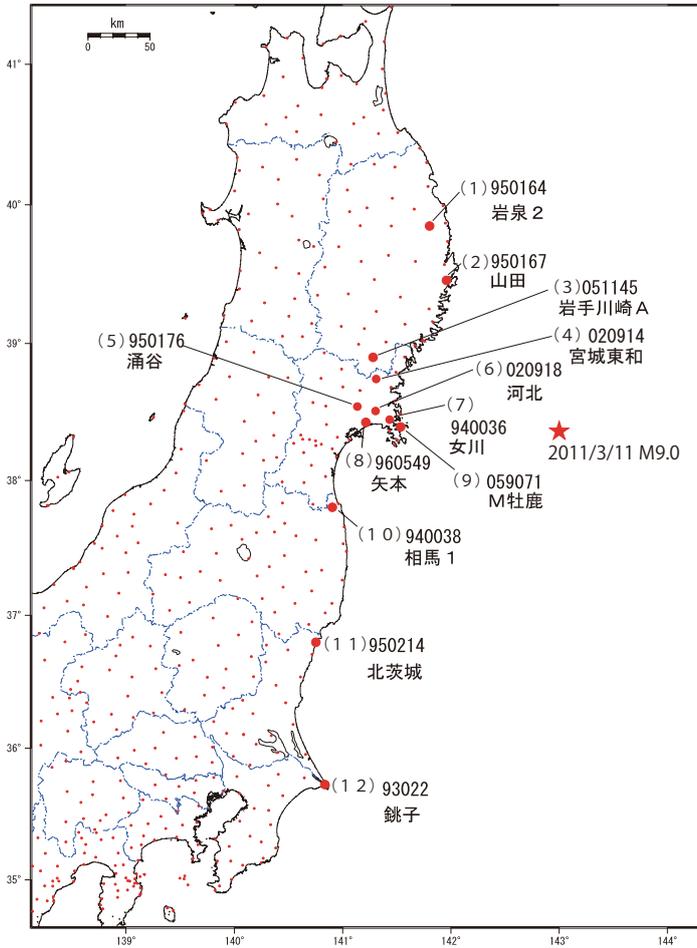
東北地方を中心に面積増加の歪変化が見られる。

2011/03/10-2011/03/12

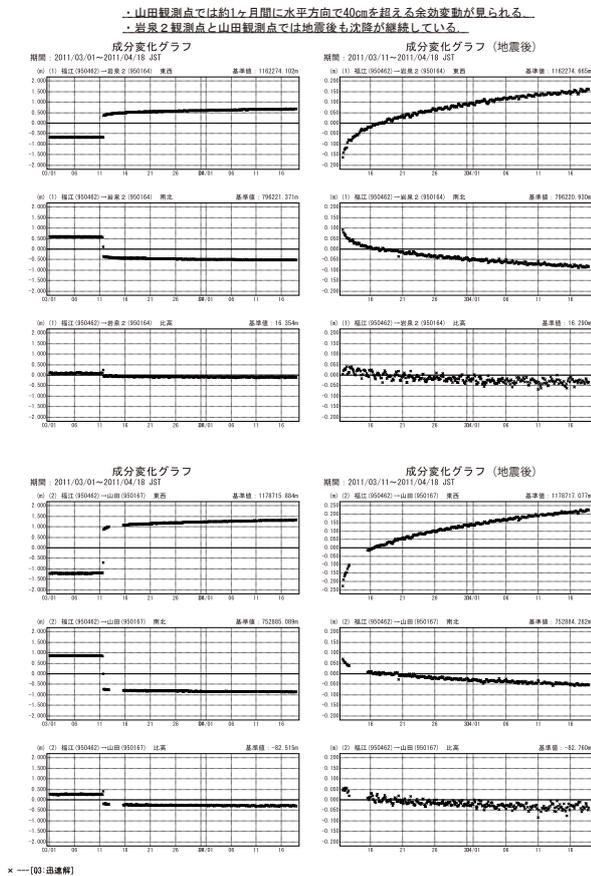


第 84 図 GPS 連続観測データから推定した「2011 年東北地方太平洋沖地震」に伴う面積歪み変化  
Fig. 84 Dilatation change associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake from GPS observation.

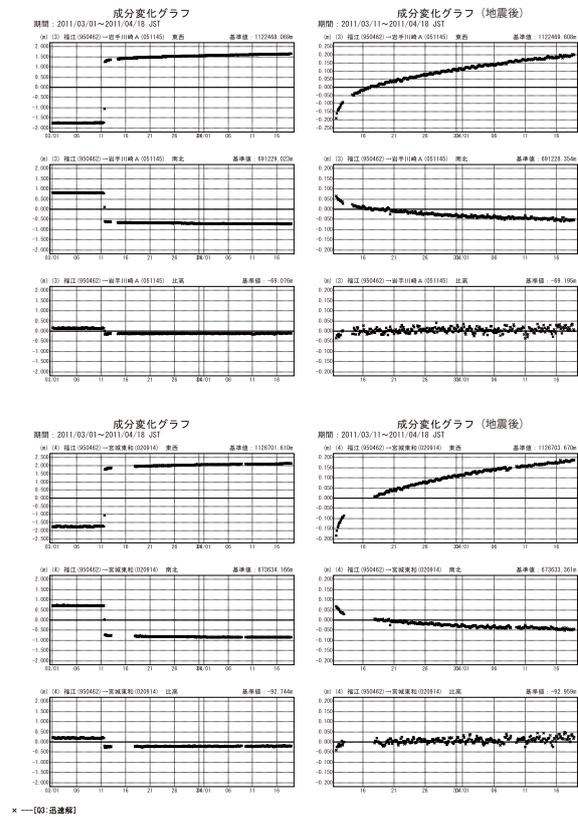
東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（時系列） 配点図



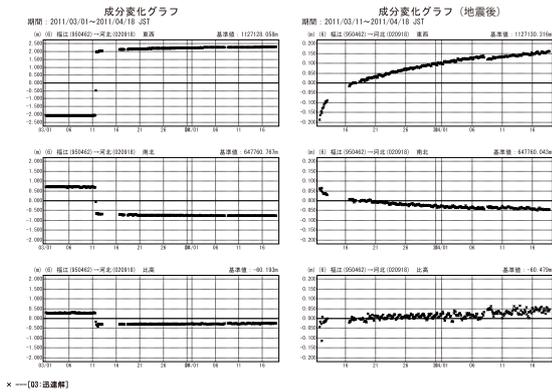
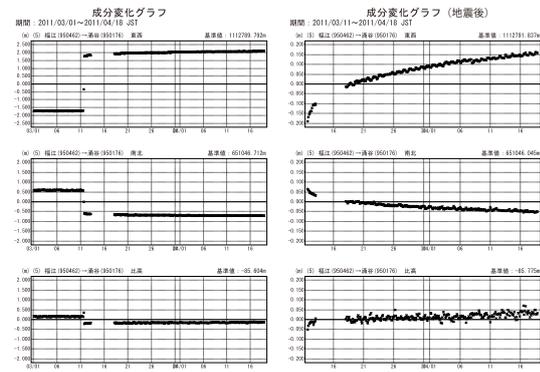
第 85 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（時系列）配点図  
Fig. 85 Time series of crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Site location map).



第 86 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（時系列）  
Fig. 86 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (1/6).

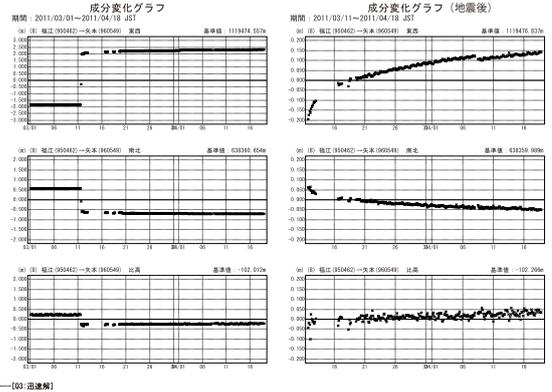
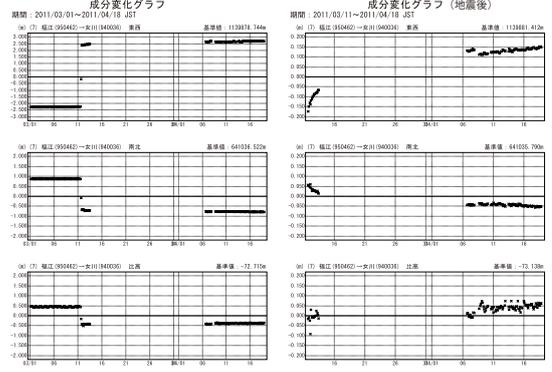


第 87 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動（時系列）  
Fig. 87 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/6).



× — [03] 迅速解

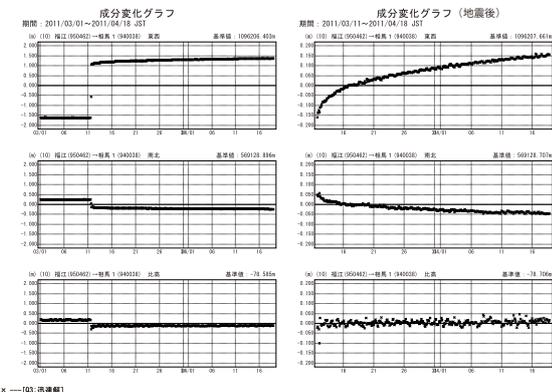
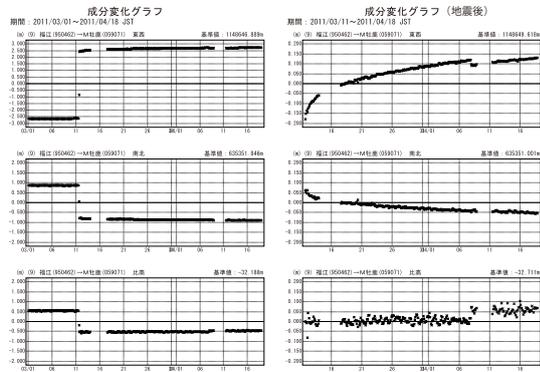
第 88 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 (時系列)  
Fig. 88 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (3/6).



× — [03] 迅速解

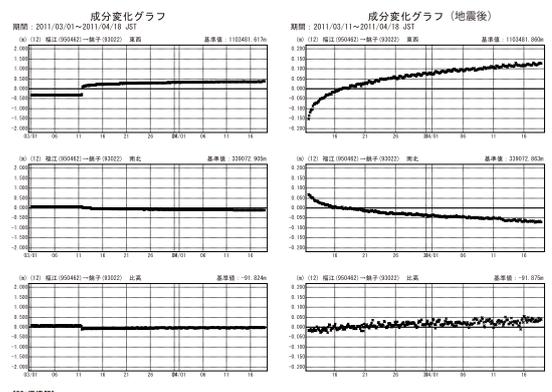
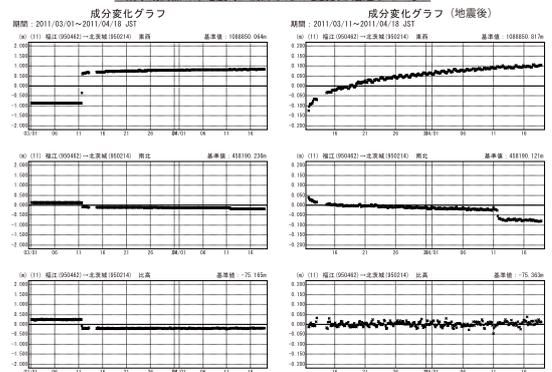
第 89 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 (時系列)  
Fig. 89 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (4/6).

・観測点の南北成分は地震前よりも地震後の変動が大き  
・観測点では地震前に沈降したが地震後は隆起している



× — [03] 迅速解

第 90 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 (時系列)  
Fig. 90 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (5/6).



× — [03] 迅速解

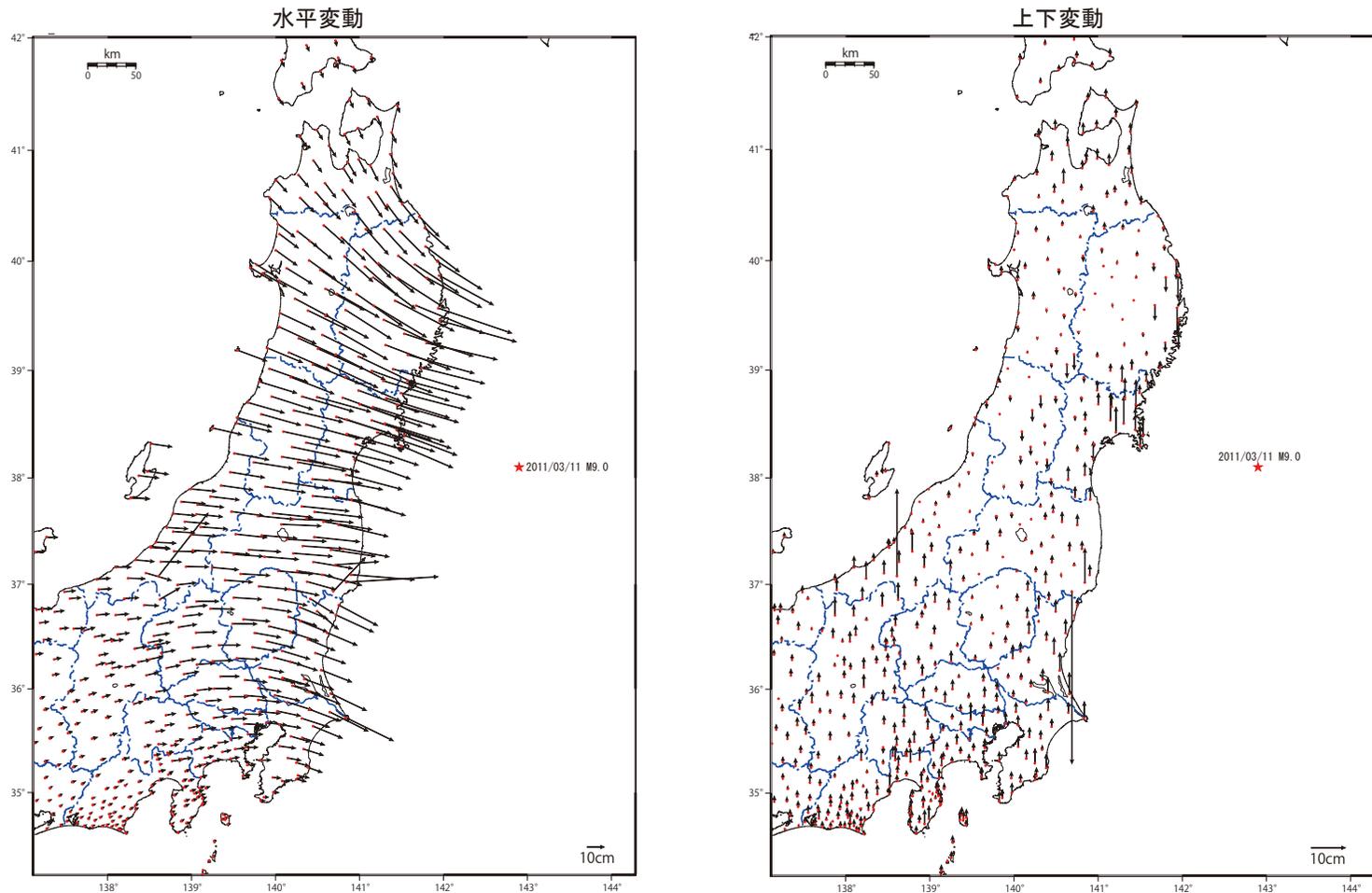
第 91 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 (時系列)  
Fig. 91 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (6/6).

# 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 地震後の地殻変動

- ・青森県から千葉県までの太平洋側で東向きの変動が見られる.
- ・太平洋沿岸部の一部観測点で隆起傾向が見られるが,岩手県沿岸部では沈降が継続している.

データ期間 基準期間 : 2011/03/11 18:00 - 2011/03/11 18:00 [Q3: 迅速解]

比較期間 : 2011/04/17 21:00 - 2011/04/18 21:00 [R3: 速報解] 固定局 : 福江 (950462)



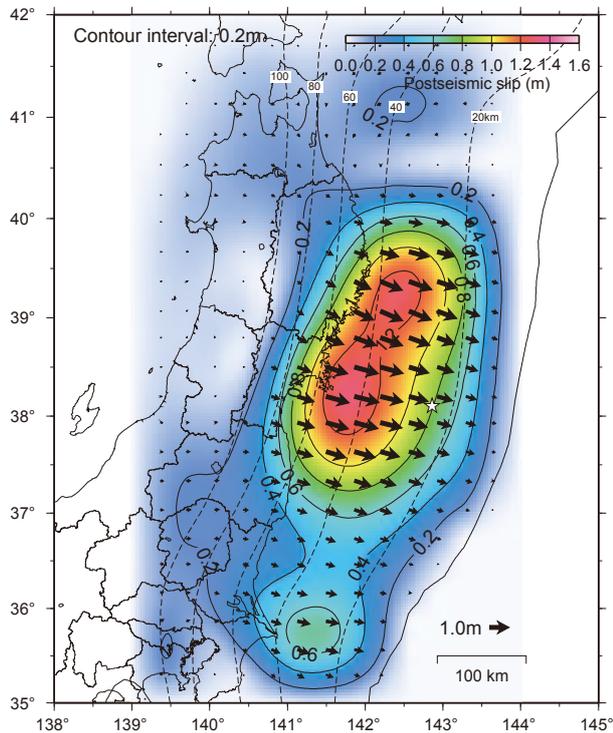
第 92 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震後の地殻変動

Fig. 92 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震  
プレート境界面上の地震後のすべり分布モデル

- ・宮城県沖～岩手県南部沖に1.2mを超えるすべりが見られる。
- ・鏡子沖に60cmを超える比較的大きなすべりが見られる。

データ期間 20110311 18:00 - 20110411 3:00 (日本時間) Q3 解  
固定局: 三隅 (950388)

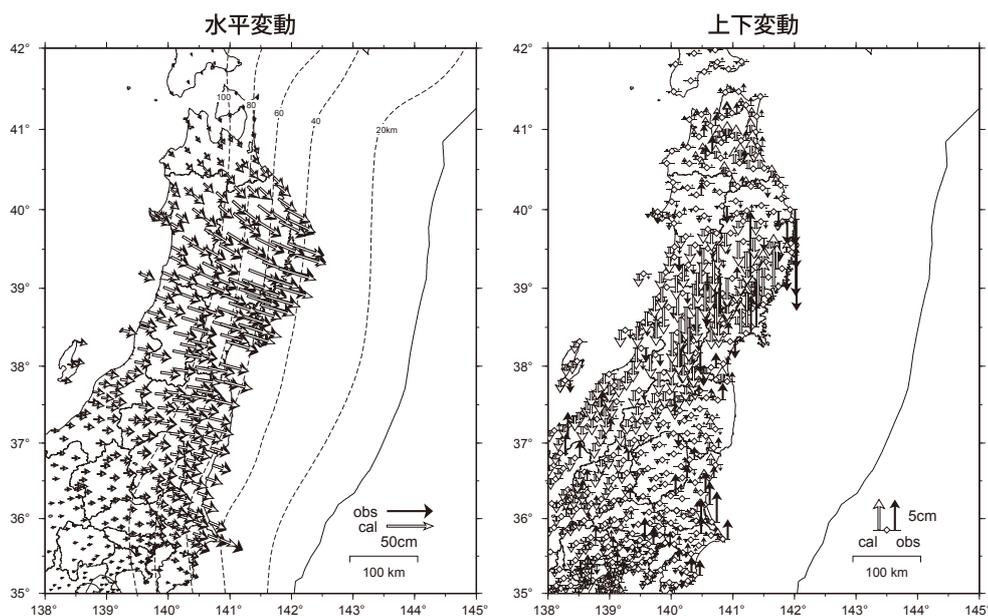


第93図 2011年東北地方太平洋沖地震 地震後の滑り分布モデル  
Fig. 93 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Slip distribution on the plate interface after the mainshock.

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震  
地震後の地殻変動の観測値と計算値の比較

- ・滑り分布モデルは水平変動の観測値を良く説明する。

データ期間 20110311 18:00 - 20110411 3:00 (日本時間) Q3 解  
固定局: 三隅 (950388)

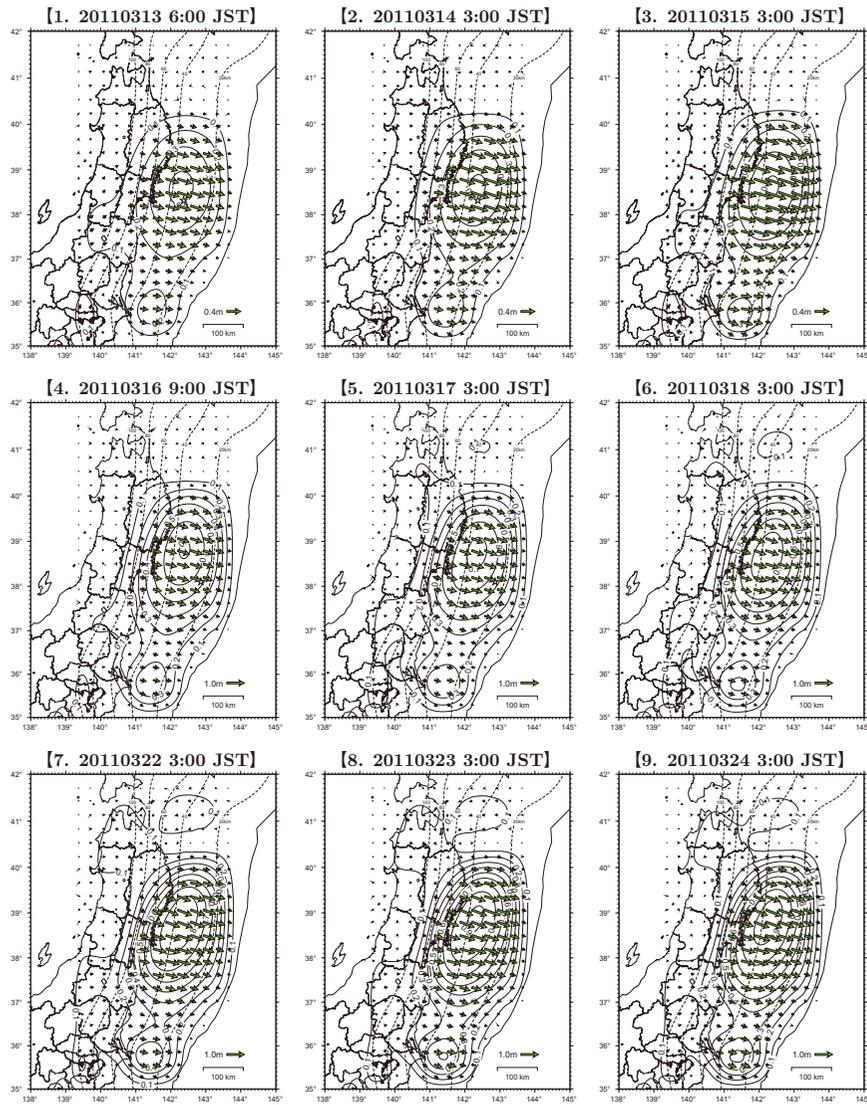


第94図 2011年東北地方太平洋沖地震 地震後の地殻変動の観測値と計算値の比較  
Fig. 94 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Observed and calculated displacements after the mainshock.

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震地震後のすべり分布

基準期間：20110311 18:00 (日本時間)

固定局：三隅 (950388)



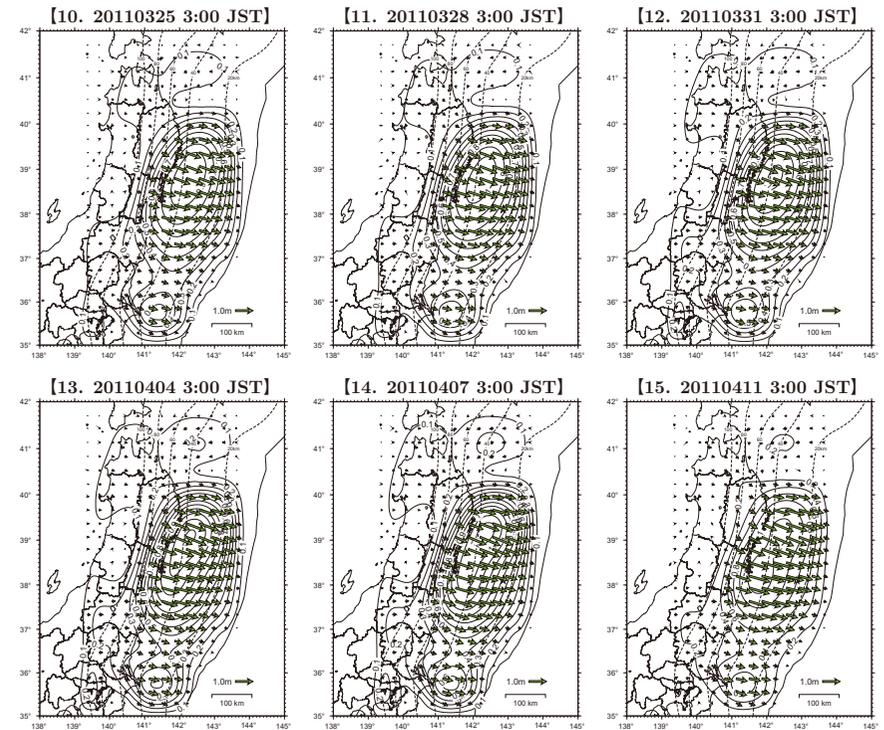
☆：本震の震央

第 95 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震後のすべり分布  
Fig. 95 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Postseismic slip distribution (1/2).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震地震後のすべり分布 2

基準期間：20110311 18:00 (日本時間)

固定局：三隅 (950388)



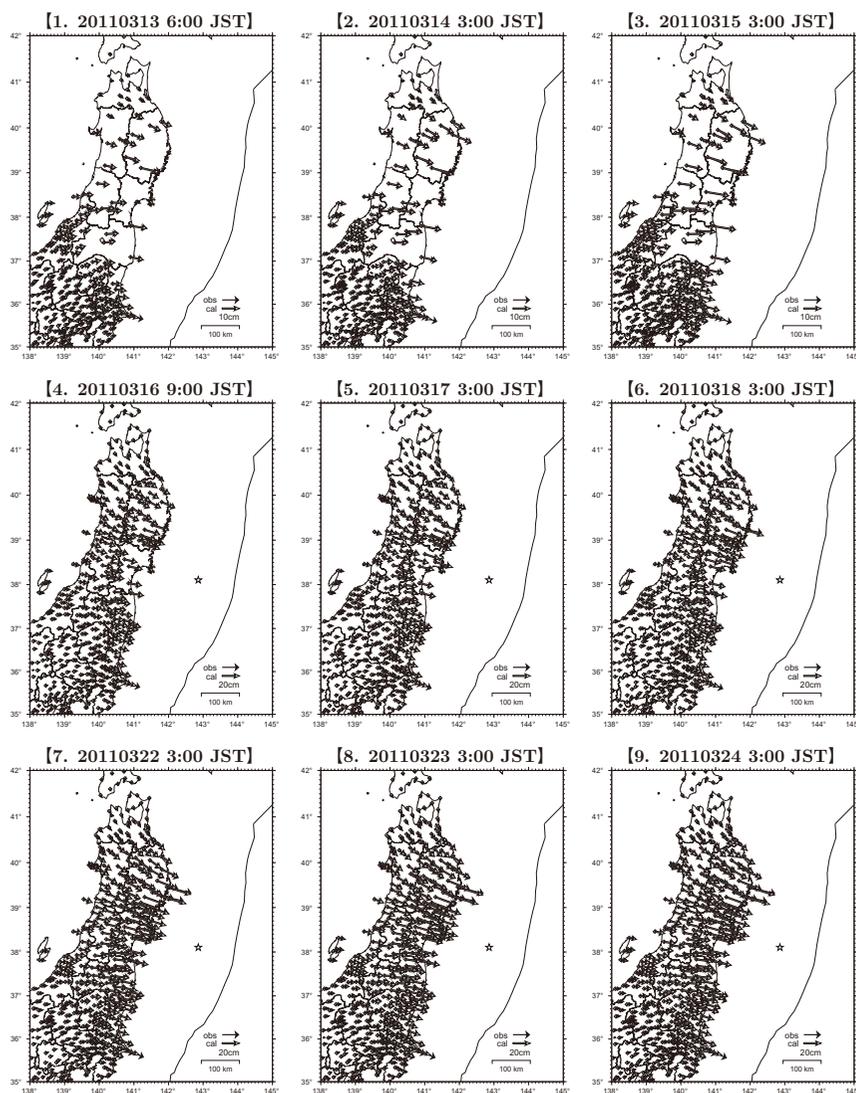
☆：本震の震央

第 96 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震後のすべり分布 2  
Fig. 96 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Postseismic slip distribution (2/2).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
地震後の水平地殻変動の観測値と計算値の比較

基準期間：20110311 18:00 (日本時間)

固定局：三隅 (950388)



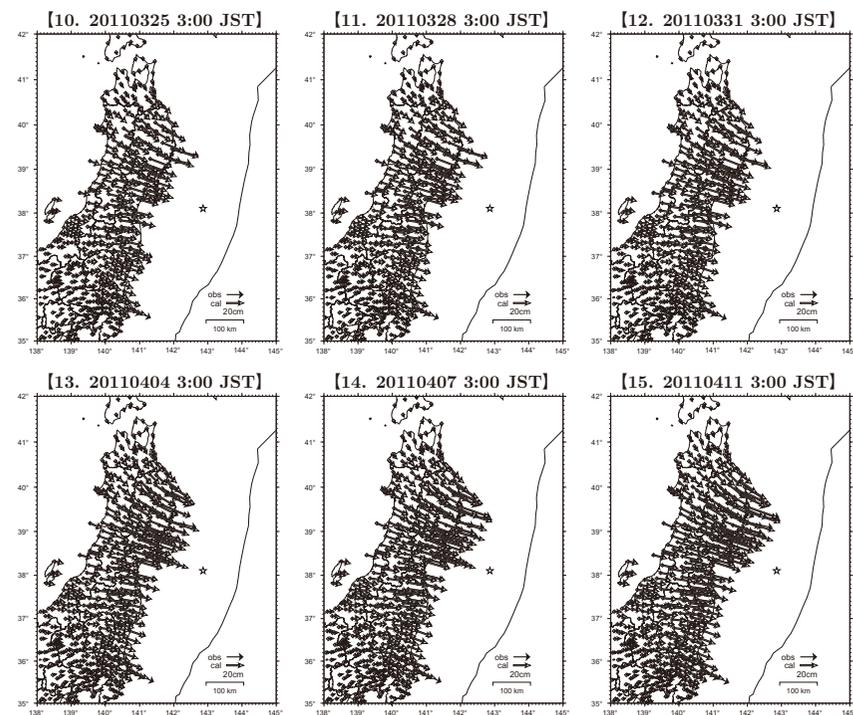
☆：本震の震央

第 97 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震後の水平地殻変動の観測値と計算値の比較  
Fig. 97 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Observed and calculated horizontal displacements after the mainshock (1/2).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
地震後の水平地殻変動の観測値と計算値の比較 2

基準期間：20110311 18:00 (日本時間)

固定局：三隅 (950388)



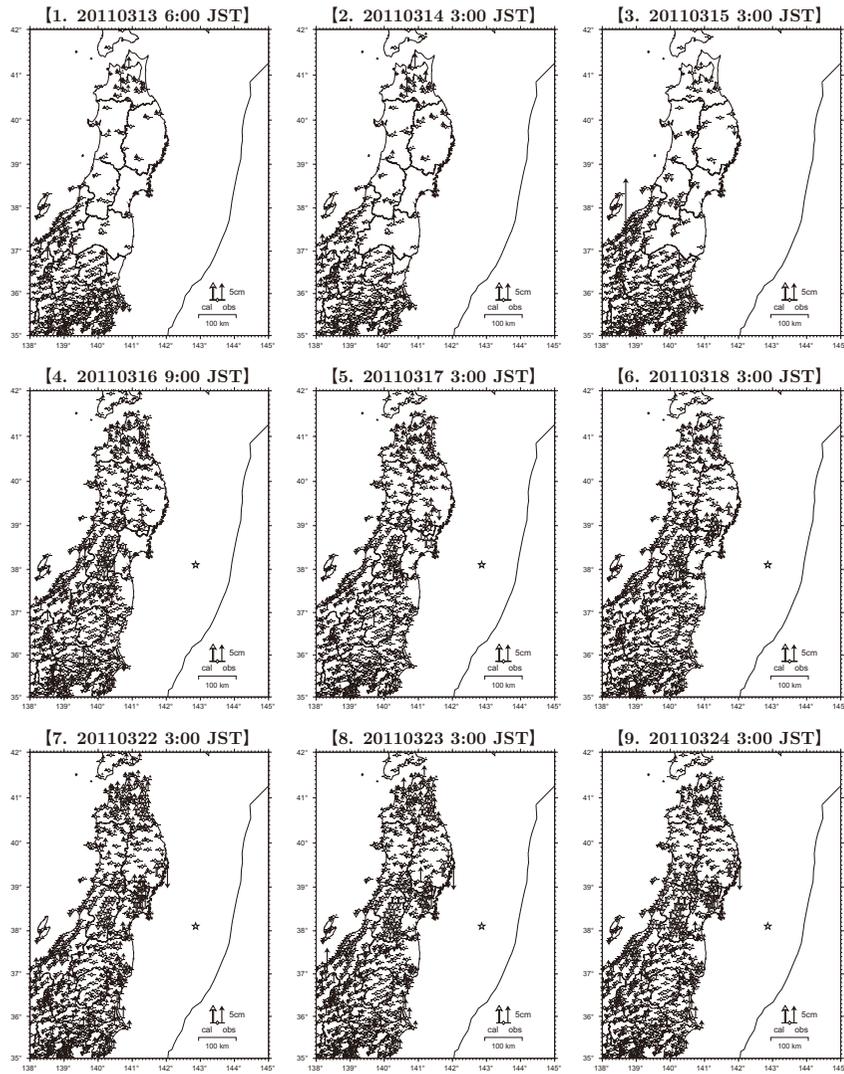
☆：本震の震央

第 98 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震後の水平地殻変動の観測値と計算値の比較 2  
Fig. 98 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Observed and calculated horizontal displacements after the mainshock (2/2).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
地震後の上下地殻変動の観測値と計算値の比較

基準期間：20110311 18:00 (日本時間)

固定局：三隅 (950388)



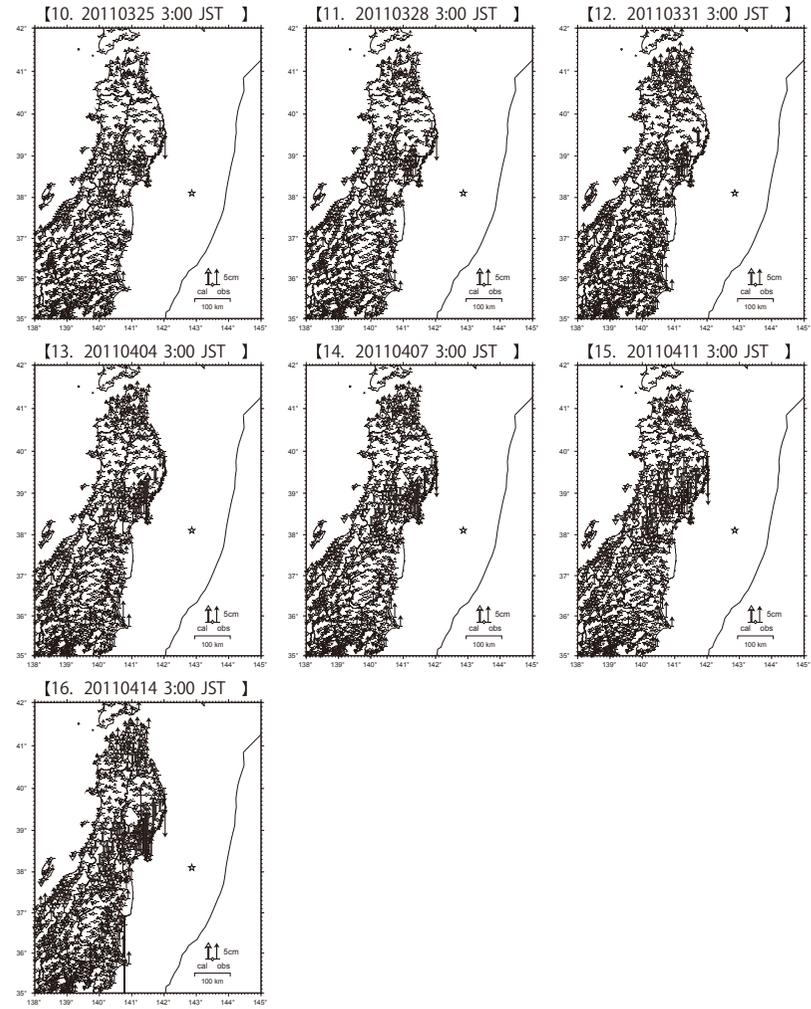
☆：本震の震央

第 99 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震後の上下地殻変動の観測値と計算値の比較 (暫定)  
Fig. 99 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Observed and calculated vertical displacements after the mainshock (1/2).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake  
地震後の上下地殻変動の観測値と計算値の比較 2 (暫定)  
Observed and calculated vertical displacements  
after the mainshock 2 (preliminary result)

基準期間：20110311 18:00 (日本時間)  
Period from 20110311 18:00 JST

固定局：三隅 (950388)  
Reference Site: 950388



☆：本震の震央 (気象庁, 142.860 ° E, 38.103 ° N)  
☆：Epicenter of the mainshock (JMA, 142.860 ° E, 38.103 ° N)

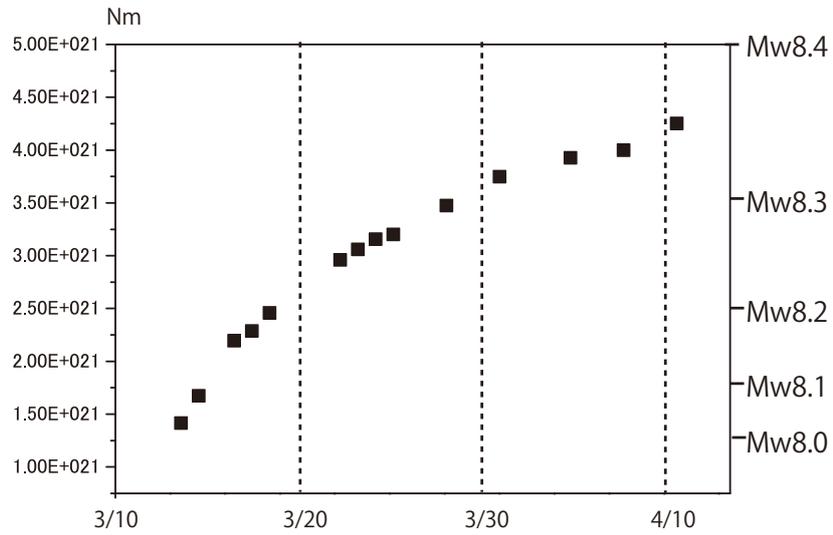
第 100 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震後の上下地殻変動の観測値と計算値の比較 2 (暫定)  
Fig. 100 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Observed and calculated vertical displacements after the mainshock (2/2).

Geospatial Information Authority of Japan

# 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 地震後に解放されたモーメントの時間変化

減速しながらもモーメント解放は継続している。

固定局:三隅(950388)

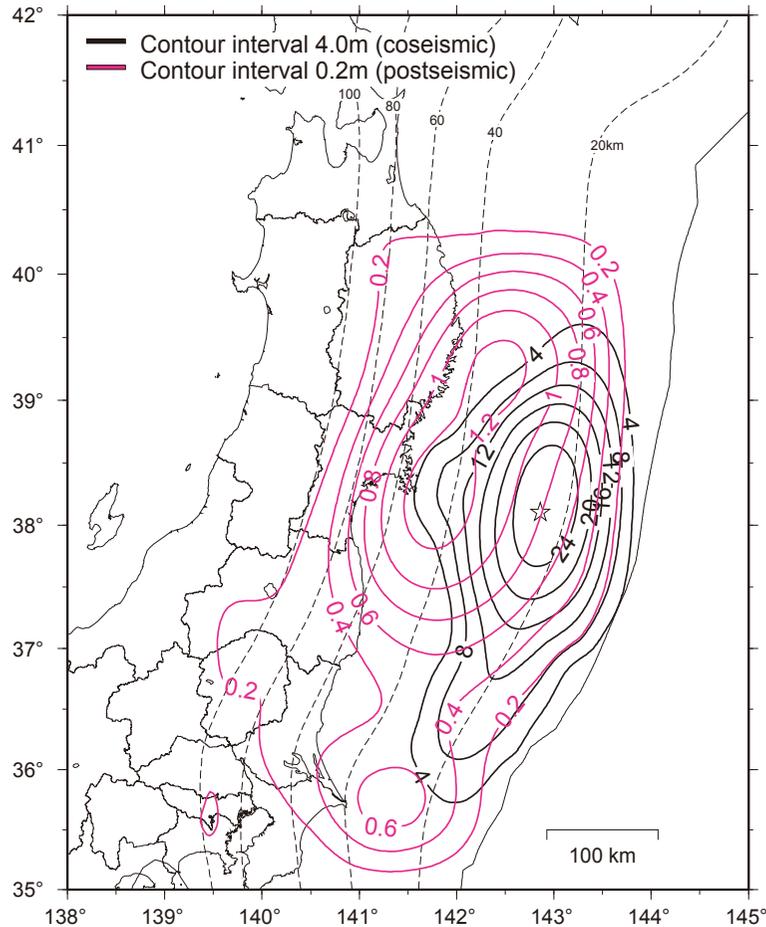


第 101 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後に解放されたモーメントの時間変化  
Fig. 101 Time evolution of the estimated moment released by afterslip.

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震  
地震時と地震後のプレート境界面上のすべり分布の比較

- ・地震後の滑りは、本震時の滑りの周辺域まで広がっている。
- ・本震時の滑り域の北西側（宮城県沖～岩手県南部沖）と南側（銚子沖）で比較的大きな滑りが見られる。

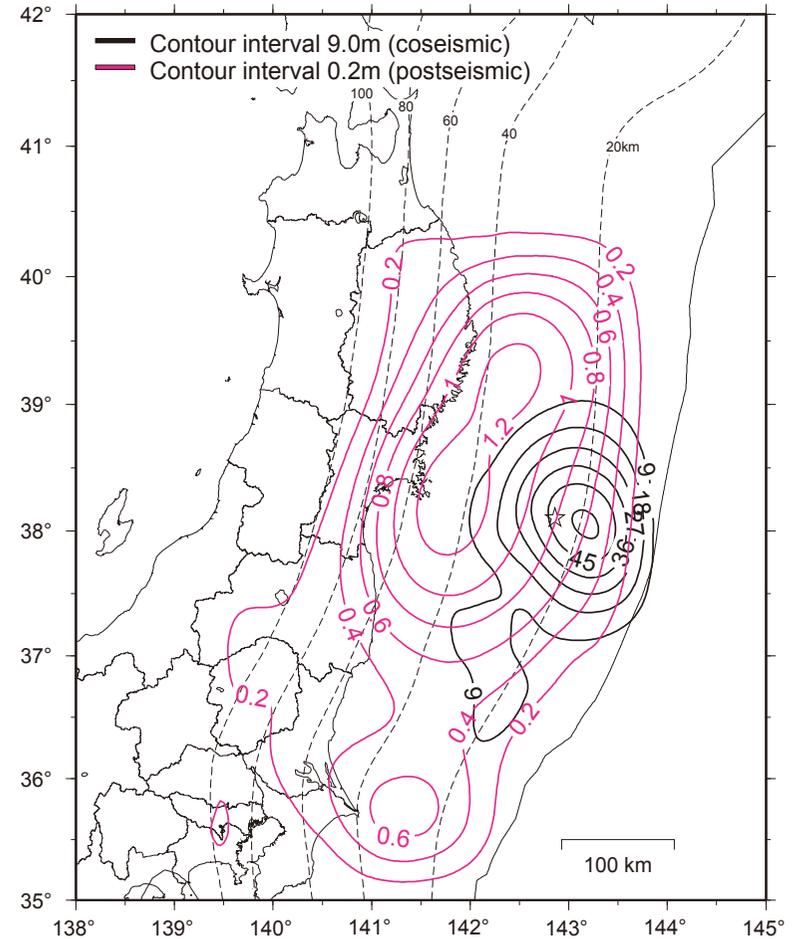
地震時： データ期間 20110310 - 20110312 (F3 解)  
固定局：福江 (950462)  
地震後： データ期間 20110311 18:00 - 20110411 3:00 (日本時間) Q3 解  
固定局：三隅 (950388)



第102図 2011年東北地方太平洋沖地震 地震時と地震後の滑り分布の比較  
Fig. 102 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Comparison between coseismic and postseismic slip distribution on the plate interface (1/2).

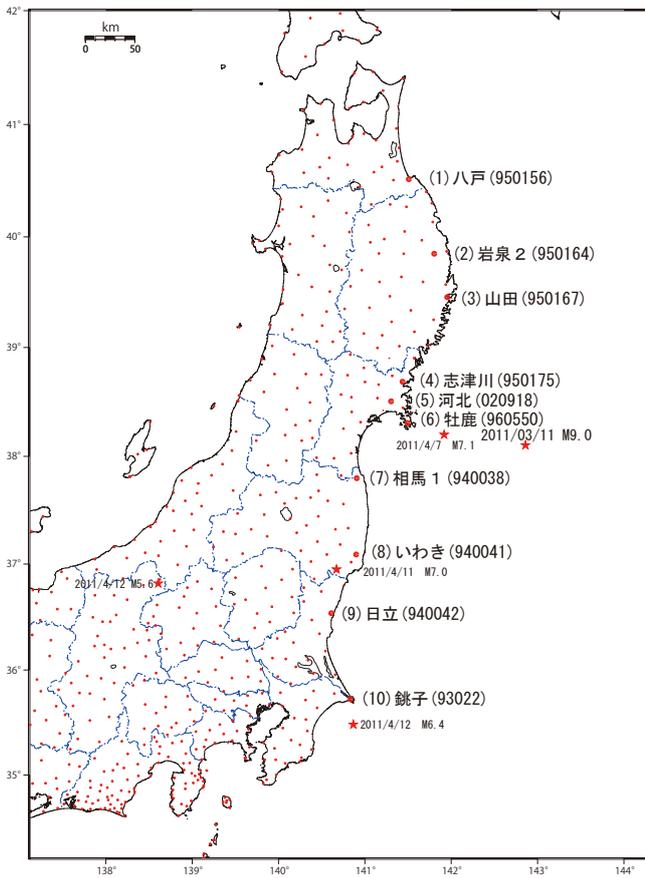
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震  
地震時と地震後のプレート境界面上のすべり分布の比較

地震時： データ期間 20110310 - 20110312 (F3 解) + SGObyJCG  
固定局：福江 (950462)  
地震後： データ期間 20110311 18:00 - 20110411 3:00 (日本時間) Q3 解  
固定局：三隅 (950388)



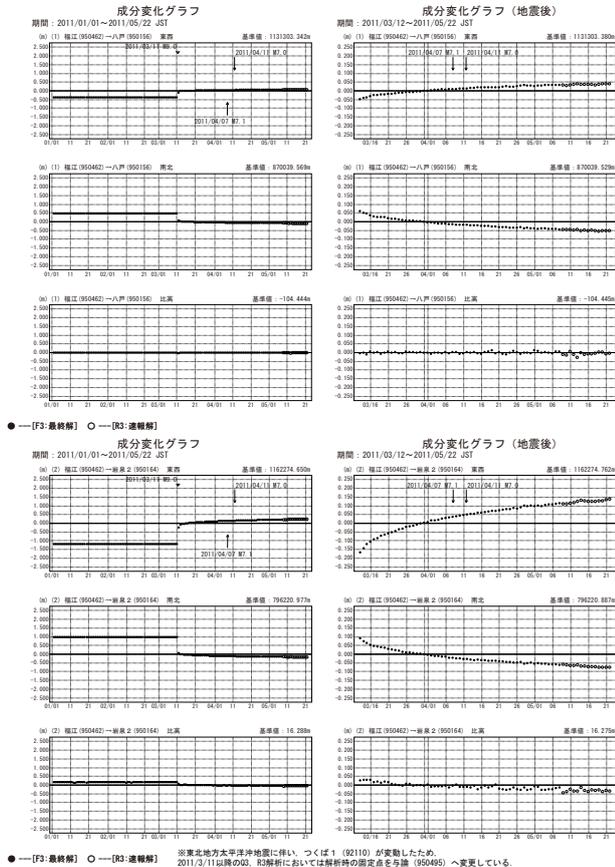
第103図 2011年東北地方太平洋沖地震 地震時と地震後のプレート境界面上の滑り分布の比較  
Fig. 103 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Comparison between coseismic and postseismic slip distribution on the plate interface (2/2).

東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動（時系列） 配点図



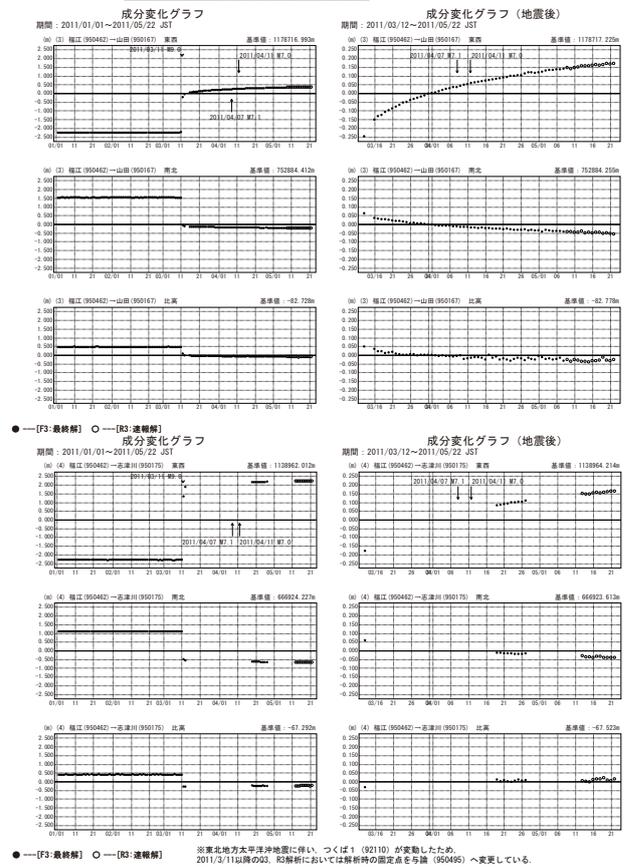
第104図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動（時系列）配点図  
Fig. 104 Time series of crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Site location map).

東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動（1）  
岩泉2観測点では地震後も沈降が継続している。



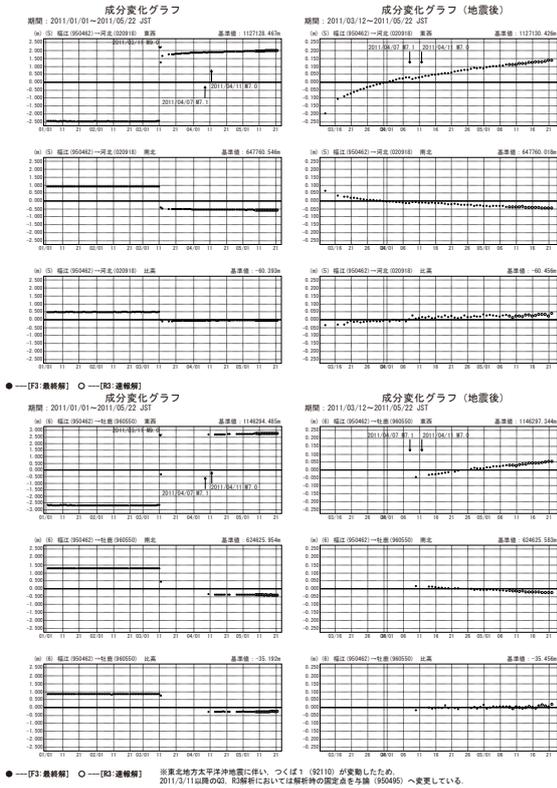
第105図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動  
Fig. 105 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (1/5).

東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動（2）  
山田観測点では約1ヶ月間に水平方向で40cmを超える余効変動が見られる。  
山田観測点では地震後も沈降が継続している。



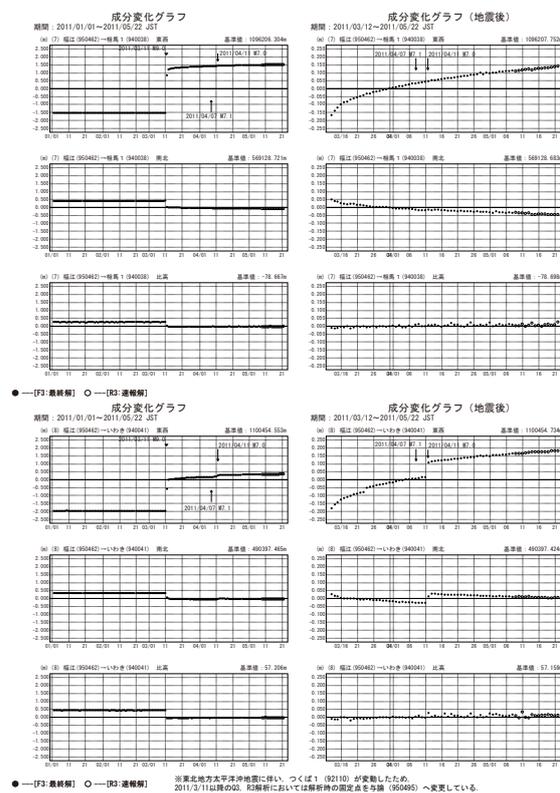
第106図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動  
Fig. 106 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/5).

東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動 (3)



第107図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動  
Fig. 107 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (3/5).

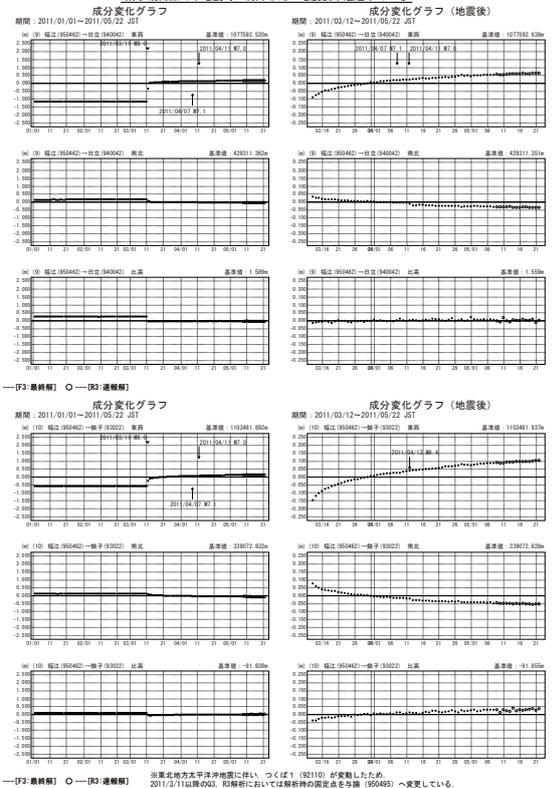
東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動 (4)



第108図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動  
Fig. 108 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (4/5).

東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動 (5)

観測点の南北成分は地震時よりも地震後の変動が大きい。  
観測点では地震時に沈降したが地震後は隆起している。



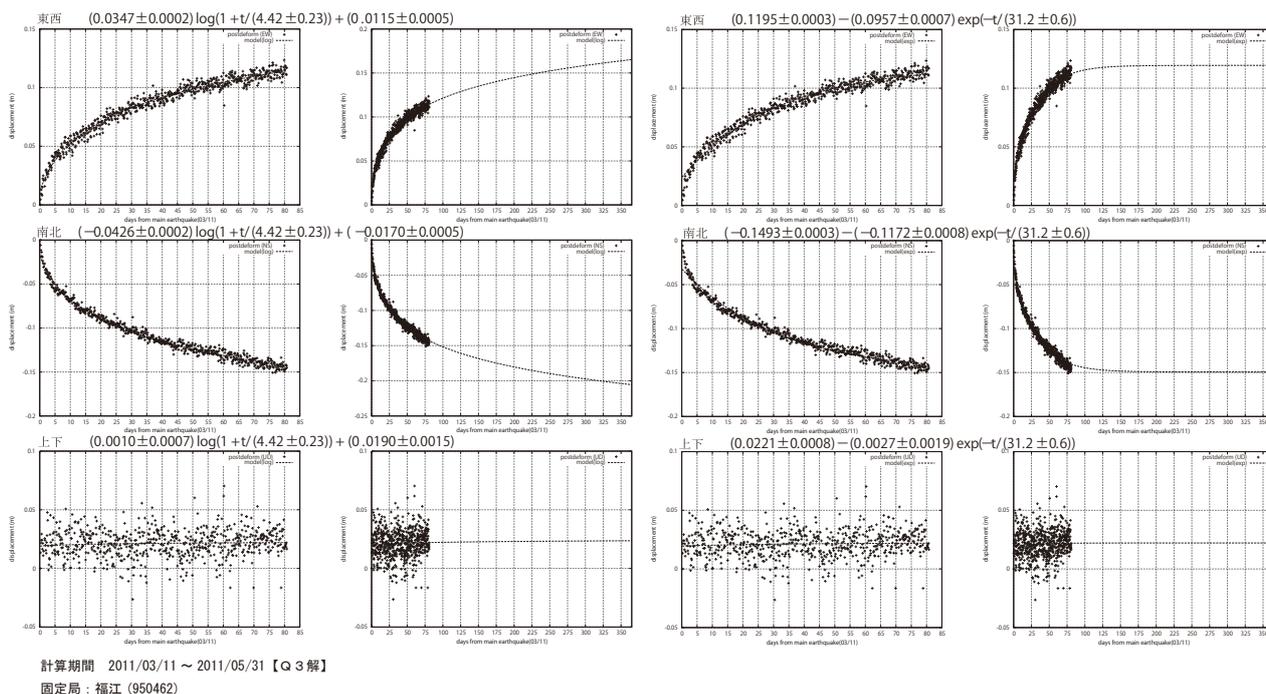
第109図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動  
Fig. 109 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (5/5).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

(1) 八戸 (950156)

対数関数近似

指数関数近似



第 110 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

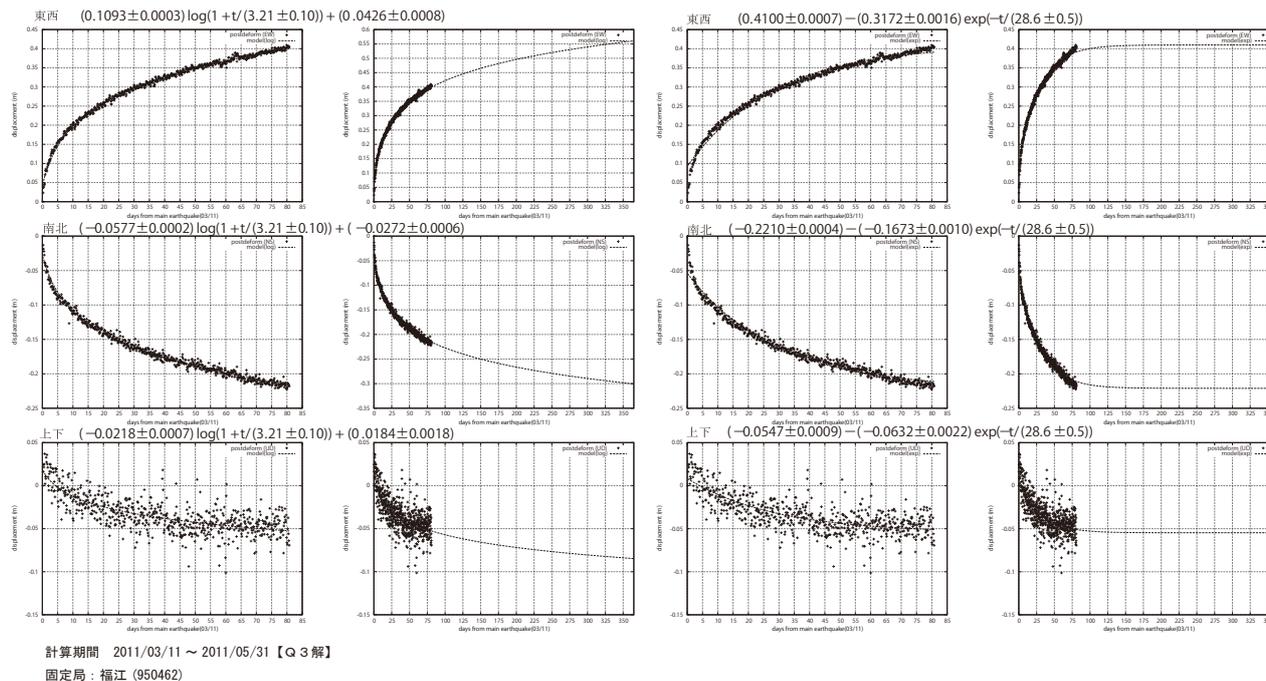
Fig. 110 Logarithmic and exponential function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (1/8).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

(2) 岩泉2 (950164)

対数関数近似

指数関数近似

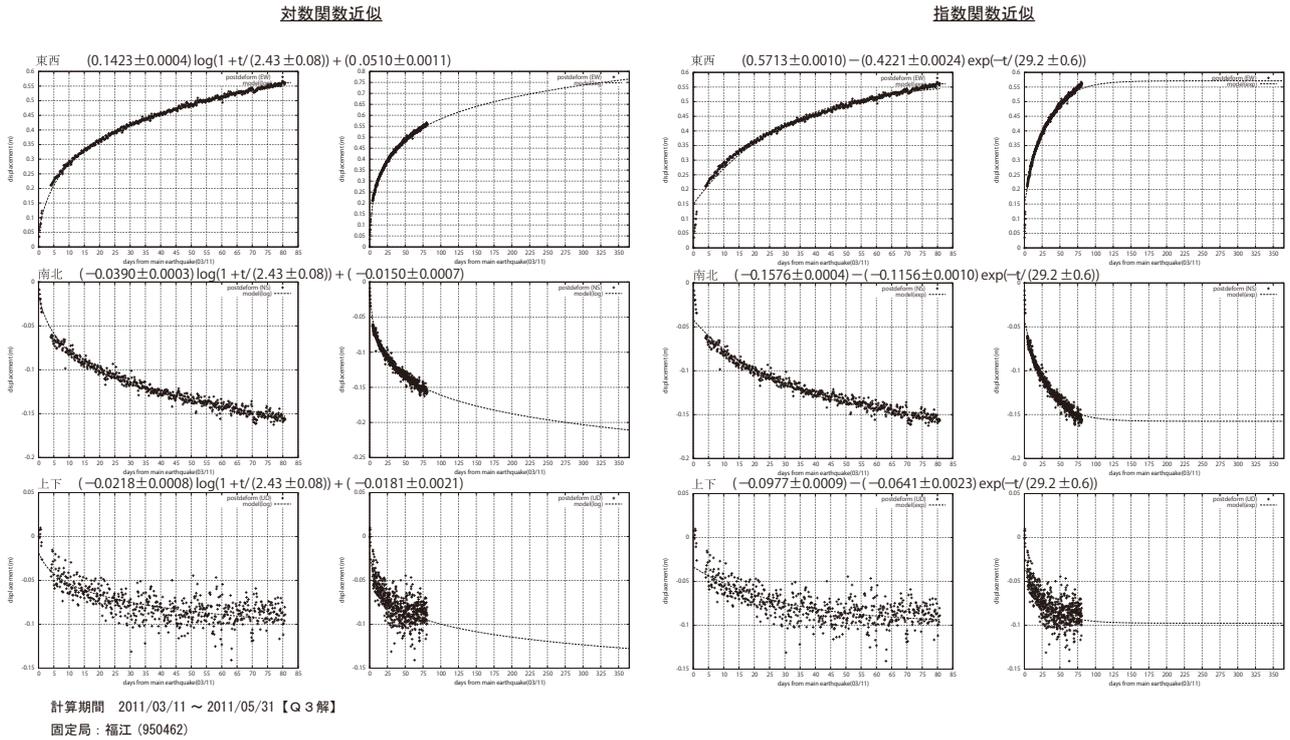


第 111 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 111 Logarithmic and exponential function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (2/8).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

(3) 山田 (950167)

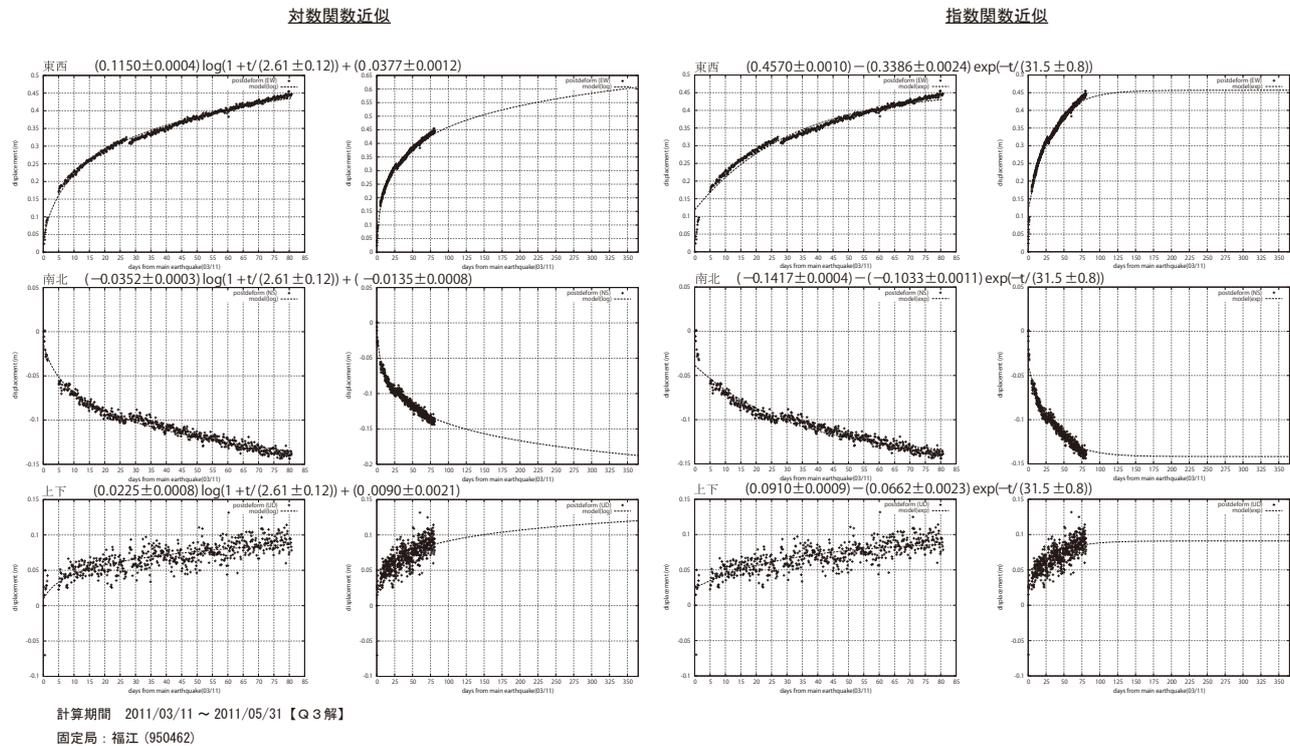


第 112 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 112 Logarithmic and exponential function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (3/8).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

(5) 河北 (020918)

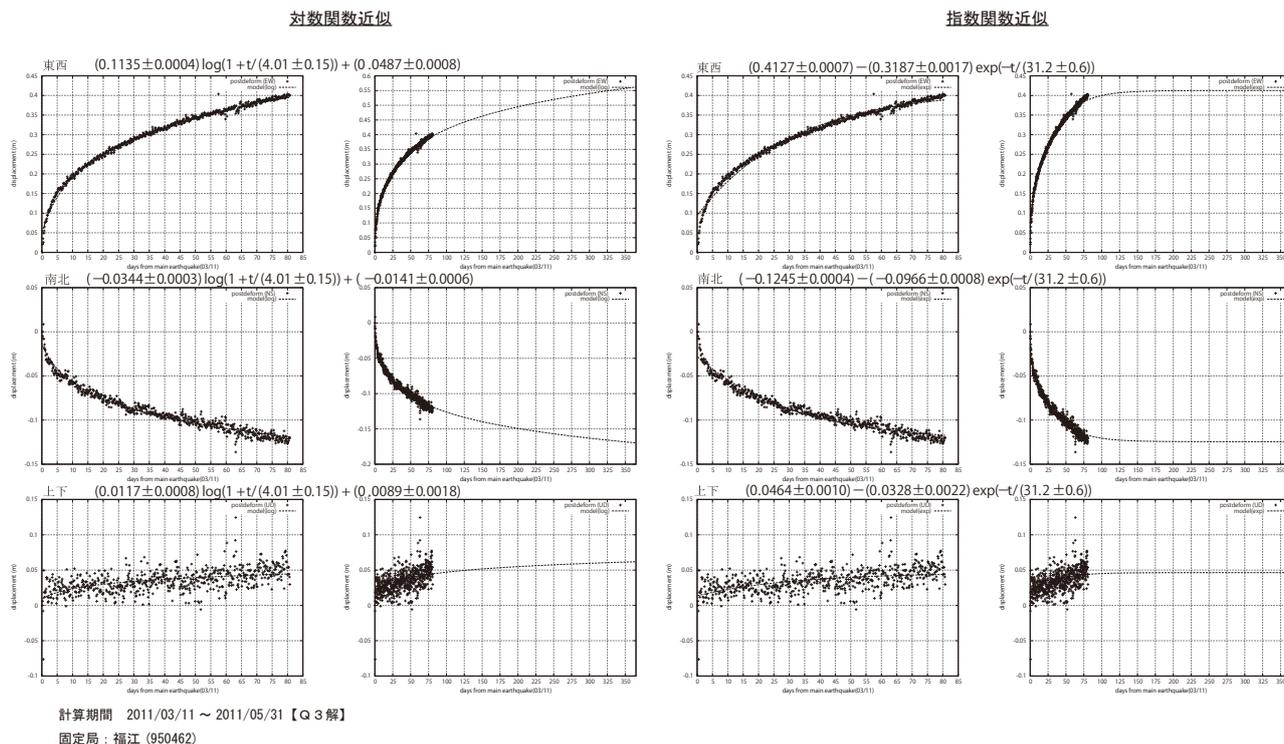


第 113 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 113 Logarithmic and exponential function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (4/8).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

(7) 相馬1 (940038)

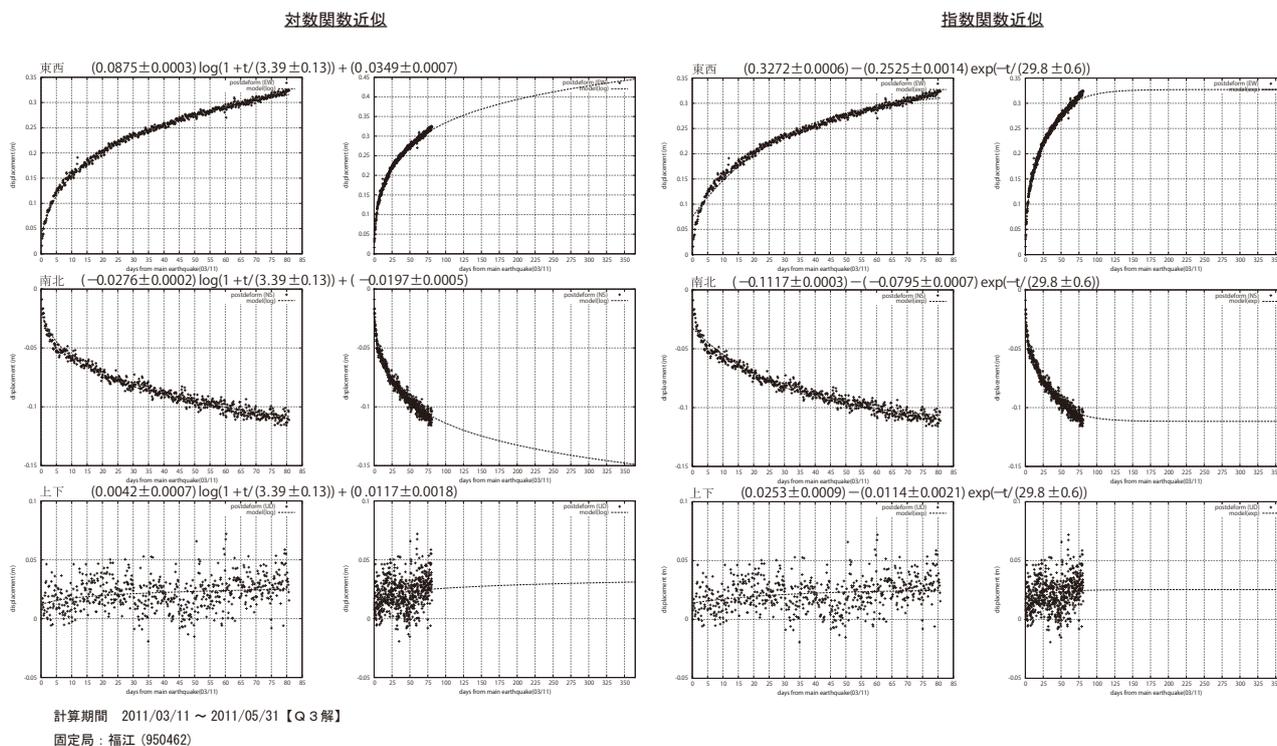


第 114 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 114 Logarithmic and exponential function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (5/8).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

(8) いわき (940041)

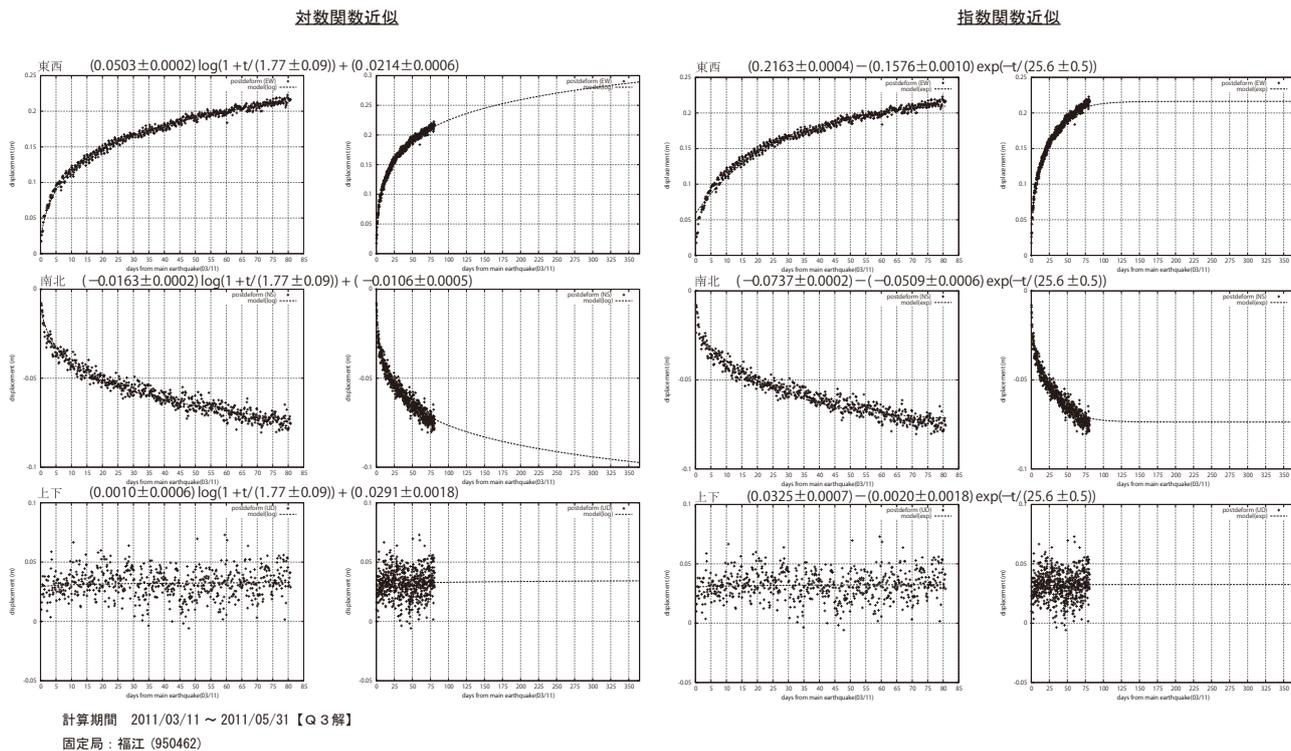


第 115 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

Fig. 115 Logarithmic and exponential function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (6/8).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

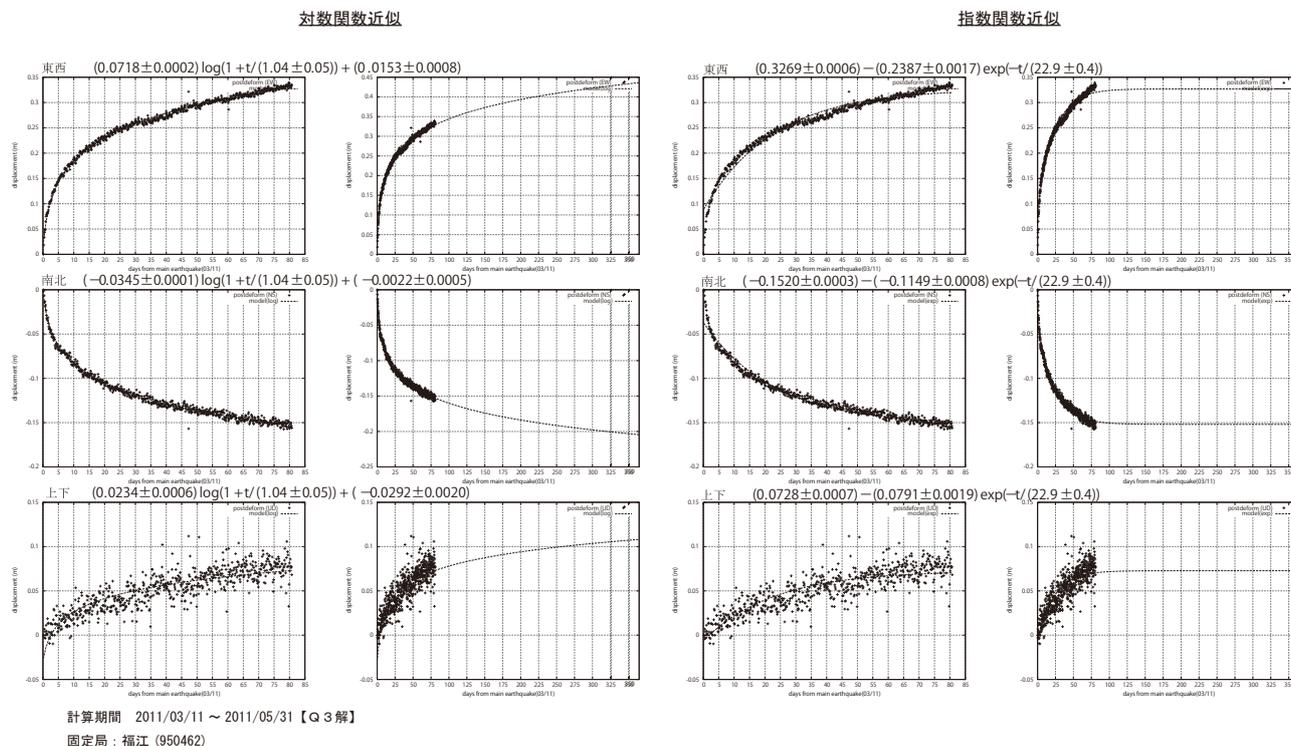
(9) 日立(940042)



第 116 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似  
Fig. 116 Logarithmic and exponential function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (7/8).

東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似

(10) 銚子(93022)

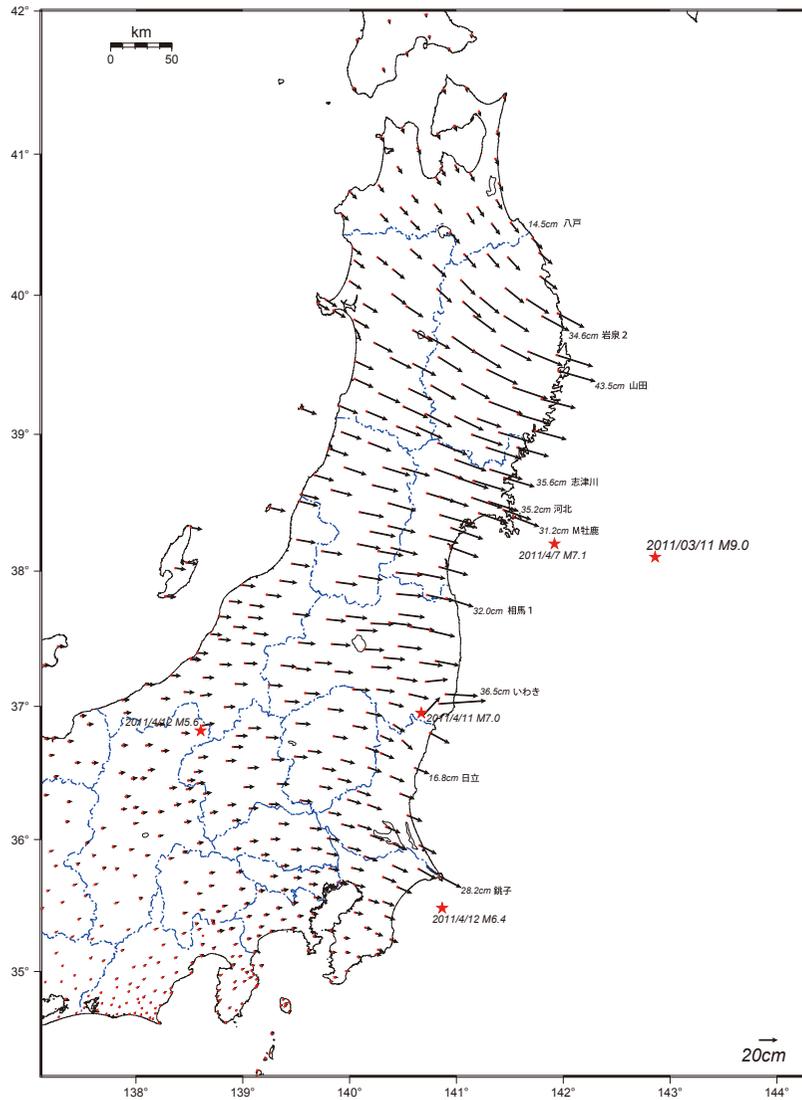


第 117 図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 関数近似  
Fig. 117 Logarithmic and exponential function fit to postseismic crustal deformation of the 2011 Tohoku Earthquake (8/8).

東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後の地殻変動 (水平)

・青森県から千葉県までの太平洋側で東向きの変動が見られる。

基準期間 : 2011/03/12 - 2011/03/12 [ F 3 : 最終解 ]  
 比較期間 : 2011/05/20 - 2011/05/21 [ R 3 : 速報解 ]



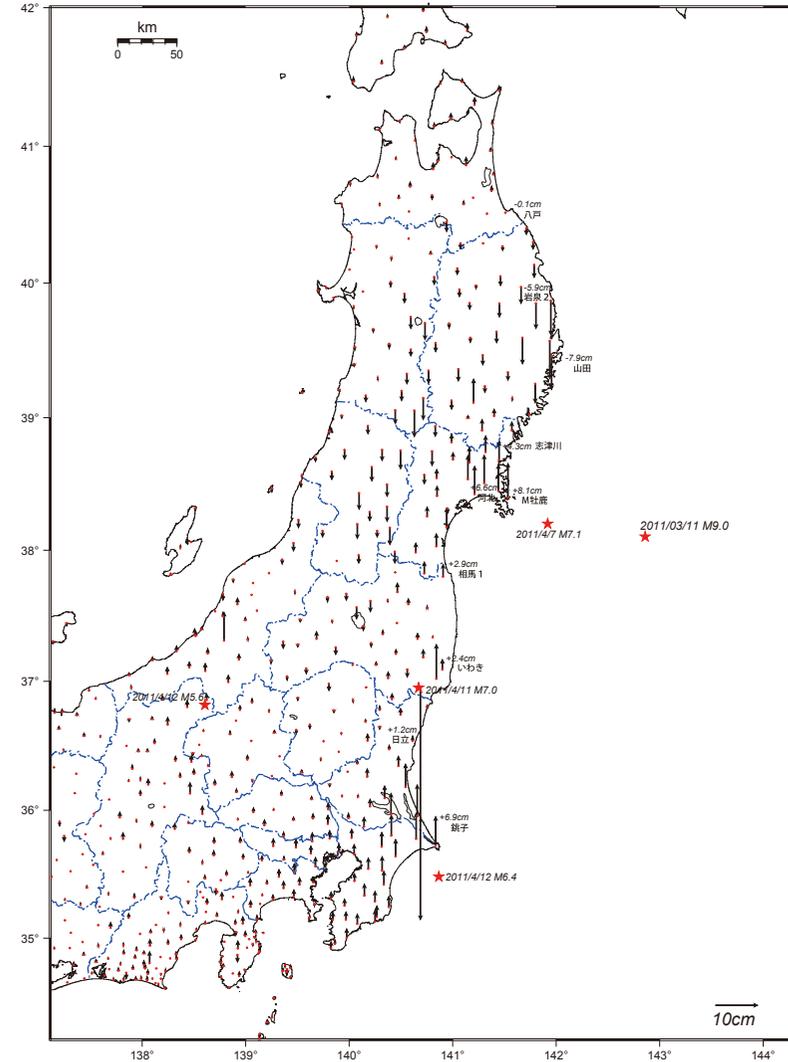
[基準 : F 3 最終解 比較 : R 3 速報解] ☆固定局 : 福江 (950462)  
 ※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1 (92110) が変動したため、2011/3/11以降の03、R3解析においては解析時の固定点を与論 (950495) へ変更している。

第118図 2011年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 (水平)  
 Fig. 118 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)

・太平洋沿岸の一部観測点で隆起傾向が見られるが、岩手県沿岸部では沈降が継続している。

基準期間 : 2011/03/12 - 2011/03/12 [ F 3 : 最終解 ]  
 比較期間 : 2011/05/20 - 2011/05/21 [ R 3 : 速報解 ]



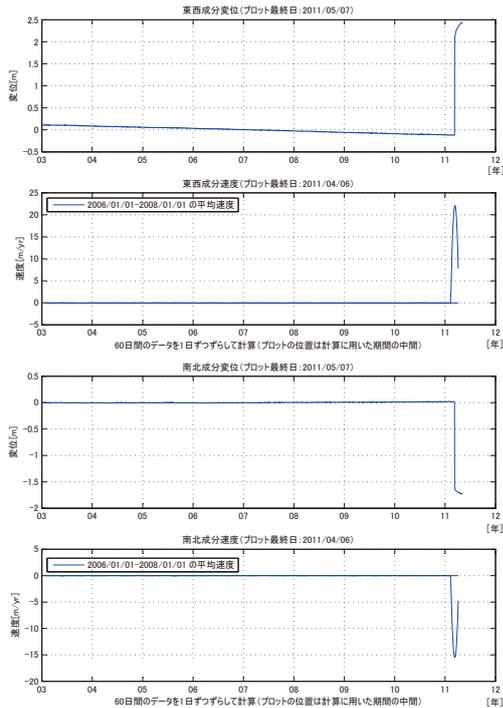
[基準 : F 3 最終解 比較 : R 3 速報解] ☆固定局 : 福江 (950462)  
 ※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1 (92110) が変動したため、2011/3/11以降の03、R3解析においては解析時の固定点を与論 (950495) へ変更している。

第119図 2011年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 (上下)  
 Fig. 119 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (vertical).

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戻っていない

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

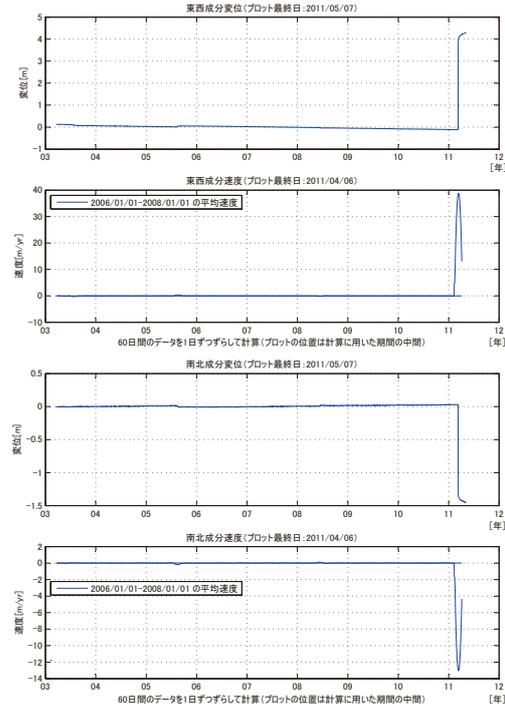


第 120 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (山田観測点・時系列)  
Fig. 120 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area (Time series at Yamada site) (1/4).

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戻っていない

三隅 (950388) - 河北 (020918) 間の成分変位と速度グラフ

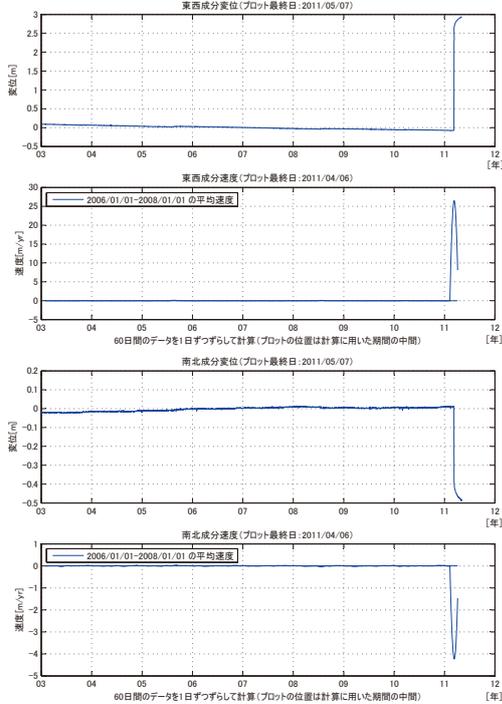


第 121 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (河北観測点・時系列)  
Fig. 121 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area (Time series at Kahoku site) (2/4).

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

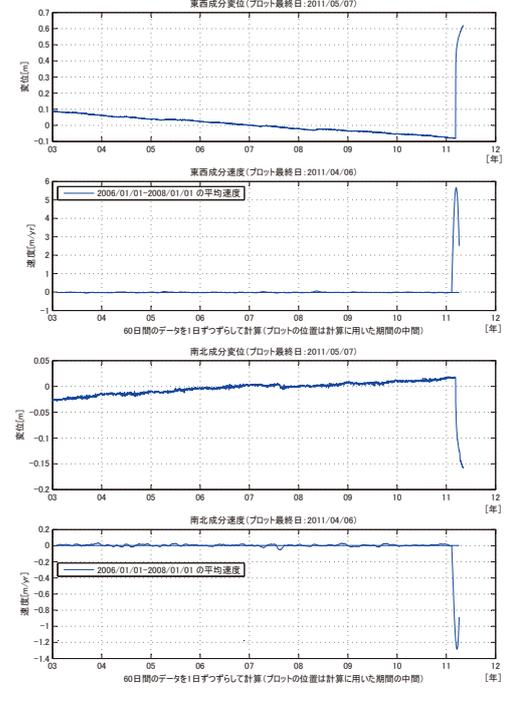


第 122 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (相馬 1 観測点・時系列)  
Fig. 122 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area (Time series at Souma 1 site) (3/4).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動

・東北地方太平洋沖地震発生前の変動速度に戻っていない

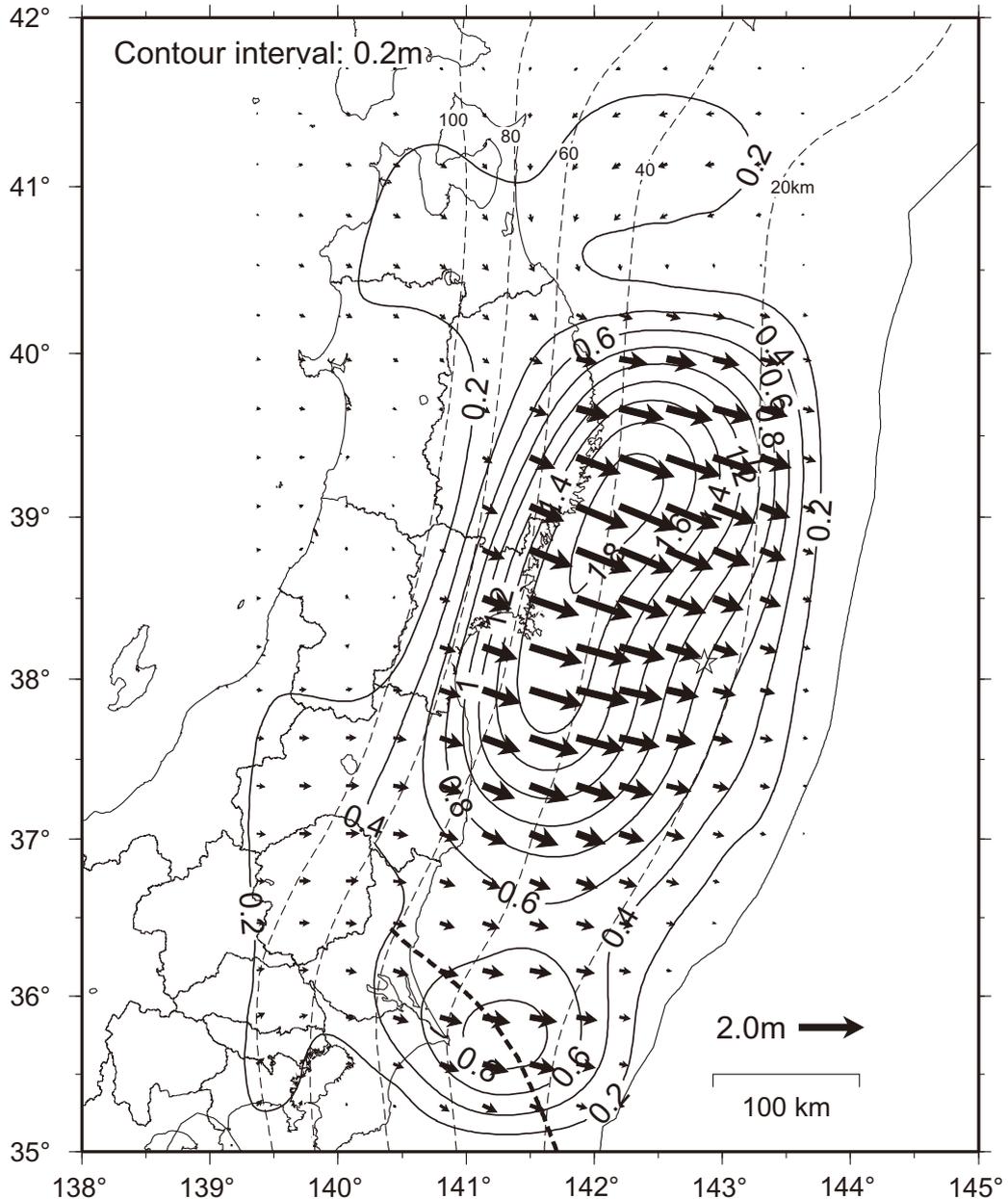
三隅 (950388) - 銚子 (93022) 間の成分変位と速度グラフ



第 123 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. 123 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  
プレート境界面上の地震後のすべり分布モデル (暫定)

データ期間 20110311 18:00 - 20110529 18:00 (日本時間) 固定局 : 三隅



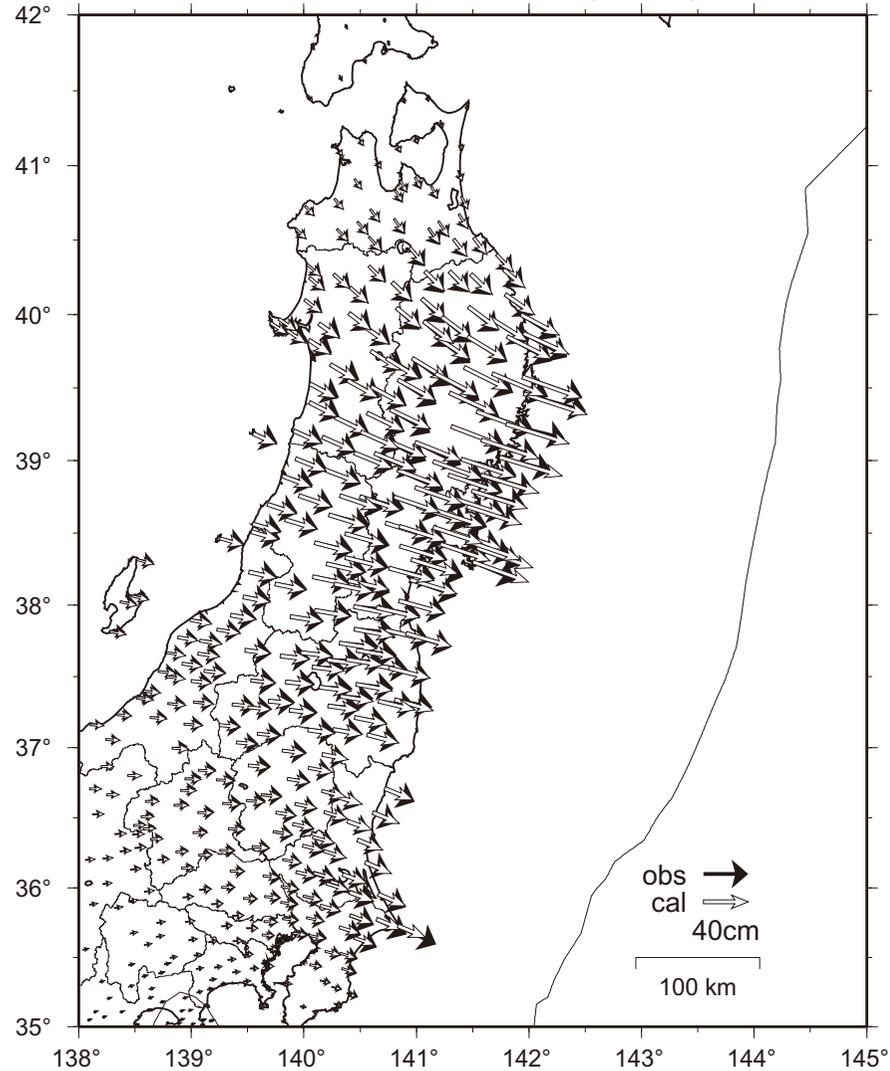
☆ : 本震の震央 (気象庁).  
・ 太点線はフィリピン海スラブの北東端 (Uchida et al., 2010, JGR)

第 124 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 プレート境界面上の地震後の滑り分布モデル (暫定)

Fig. 124 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Slip distribution on the plate interface after the mainshock (preliminary result).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後の  
水平地殻変動の観測値とモデル計算値の比較 (暫定)

データ期間 20110311 18:00 - 20110529 18:00 (日本時間) 固定局：三隅

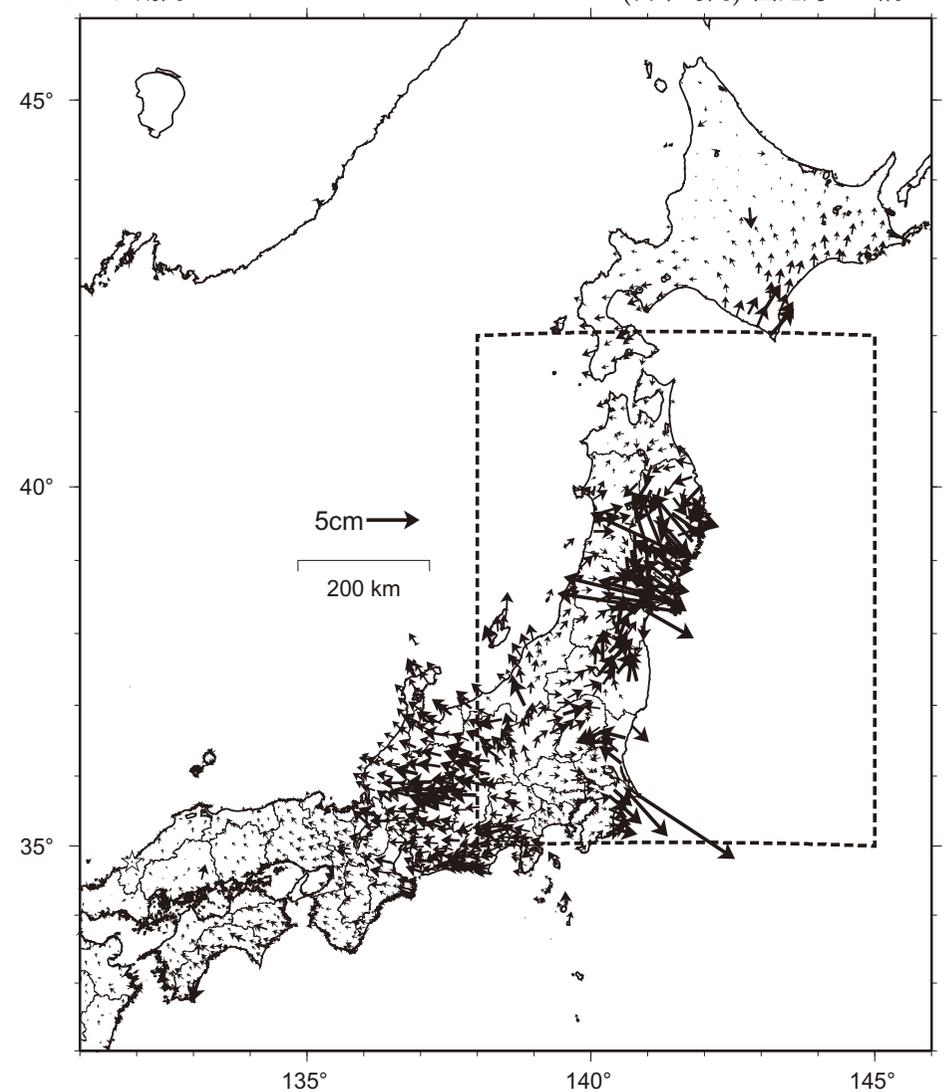


第 125 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の水平地殻変動の観測値と計算値の比較 (暫定)

Fig. 125 Observed and calculated horizontal displacements after the mainshock of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後の  
水平地殻変動の観測値とモデル計算値の差 (暫定)

データ期間 20110311 18:00 - 20110529 18:00 (日本時間) 固定局：三隅

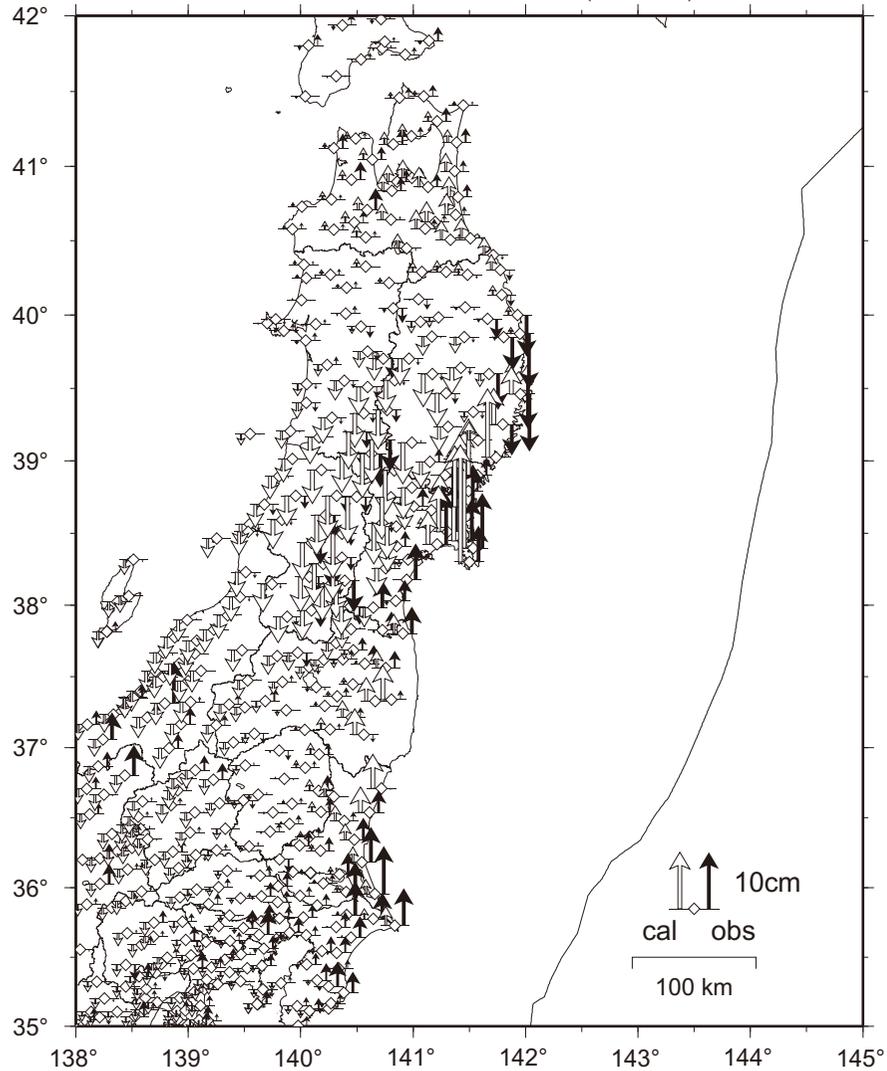


第 126 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の水平地殻変動の観測値とモデル計算値の差 (暫定)

Fig. 126 Difference of observed and calculated horizontal displacements after the mainshock of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後の  
上下地殻変動の観測値とモデル計算値の比較 (暫定)

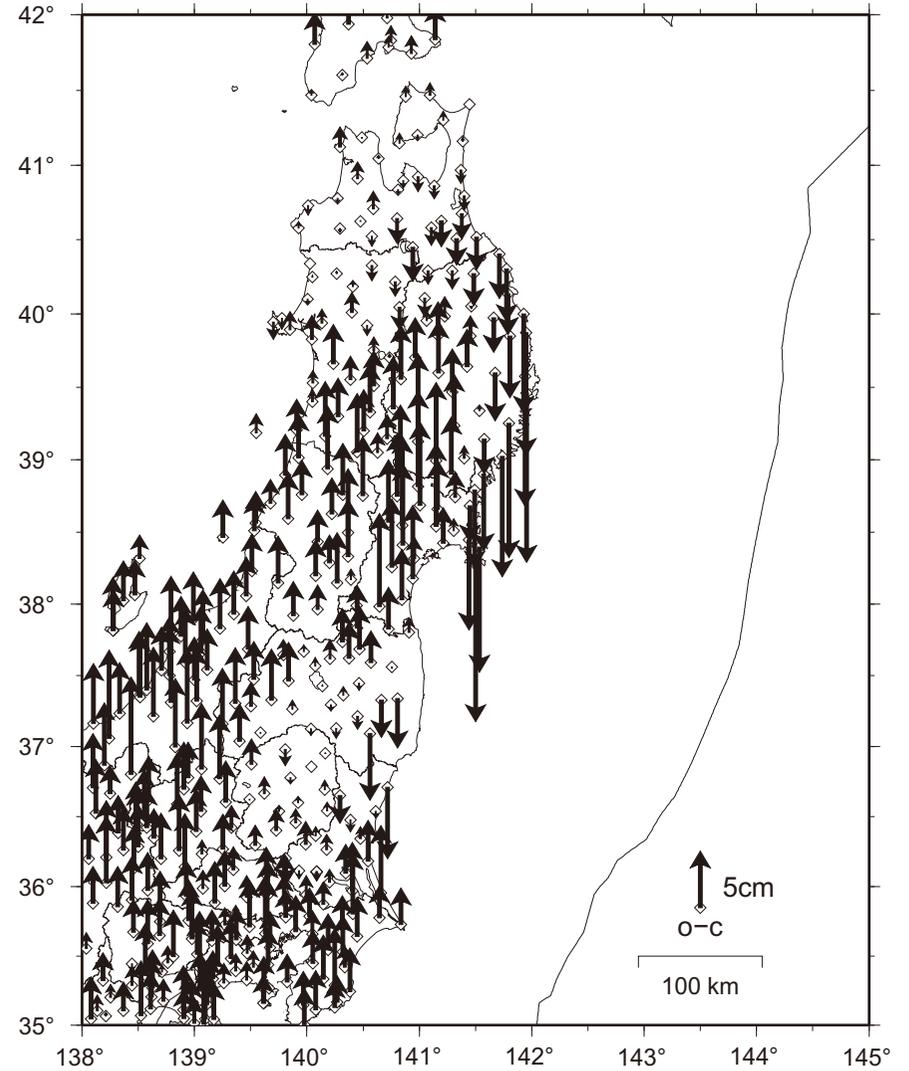
データ期間 20110311 18:00 - 20110529 18:00 (日本時間) 固定局：三隅



第 127 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の上下地殻変動の観測値とモデル計算値の比較 (暫定)  
Fig. 127 Observed and calculated vertical displacements after the mainshock of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result).

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震後の  
上下地殻変動の観測値とモデル計算値の差 (暫定)

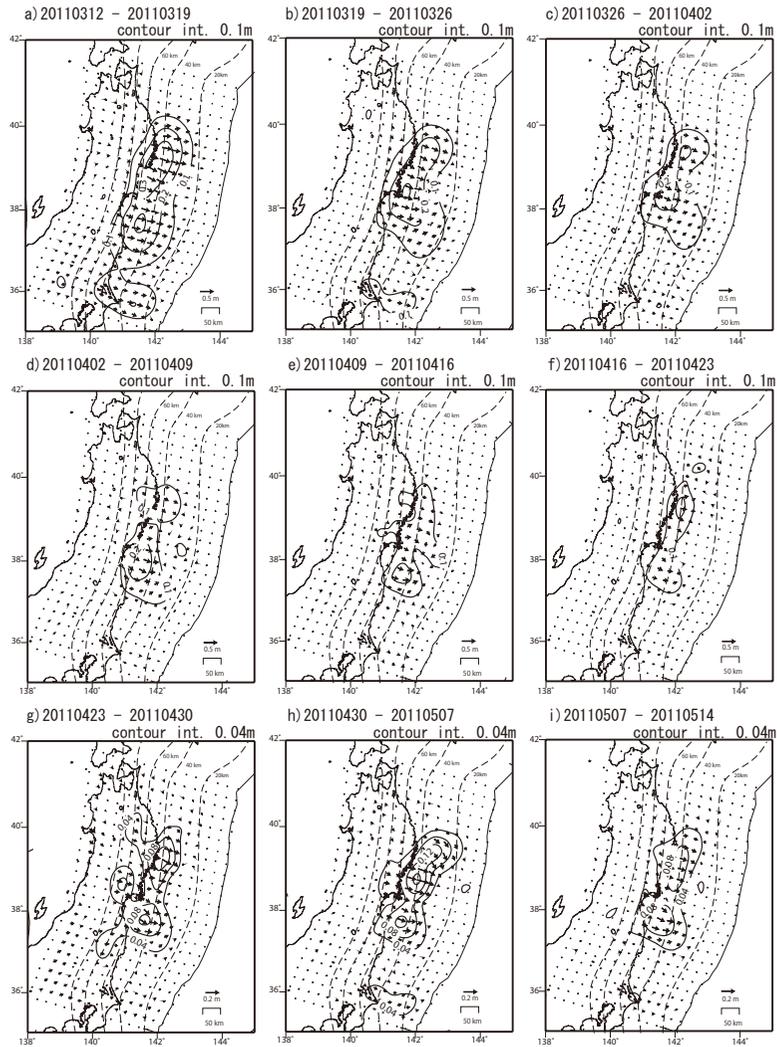
データ期間 20110311 18:00 - 20110529 18:00 (日本時間) 固定局：三隅



第 128 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の上下地殻変動の観測値とモデル計算値の差 (暫定)  
Fig. 128 Difference of observed and calculated vertical displacements after the mainshock of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result).

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すべりの時間変化（1）（暫定）

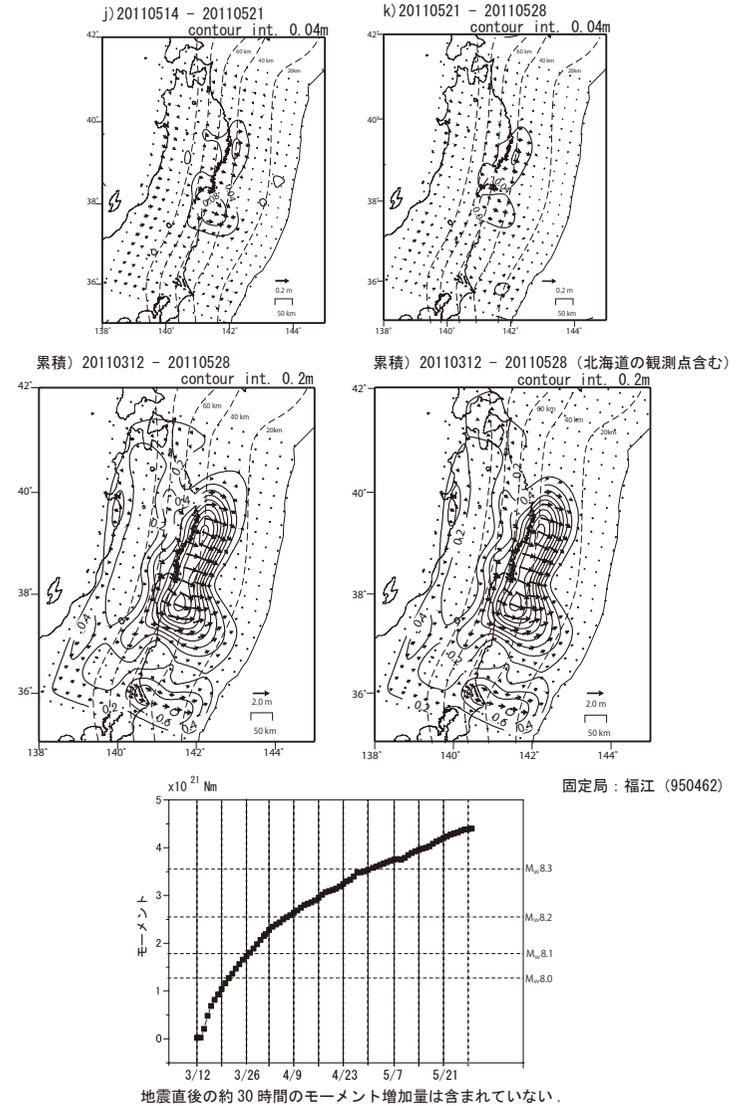
時間と共に減衰している。



固定局：福江（950462）

第 129 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時間変化（暫定）  
Fig. 129 Spatial and temporal evolution of afterslip (preliminary result) (1/2).

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すべりの時間変化（2）（暫定）



第 130 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時間変化（暫定）  
Fig. 130 Spatial and temporal evolution of afterslip (preliminary result) (2/2).

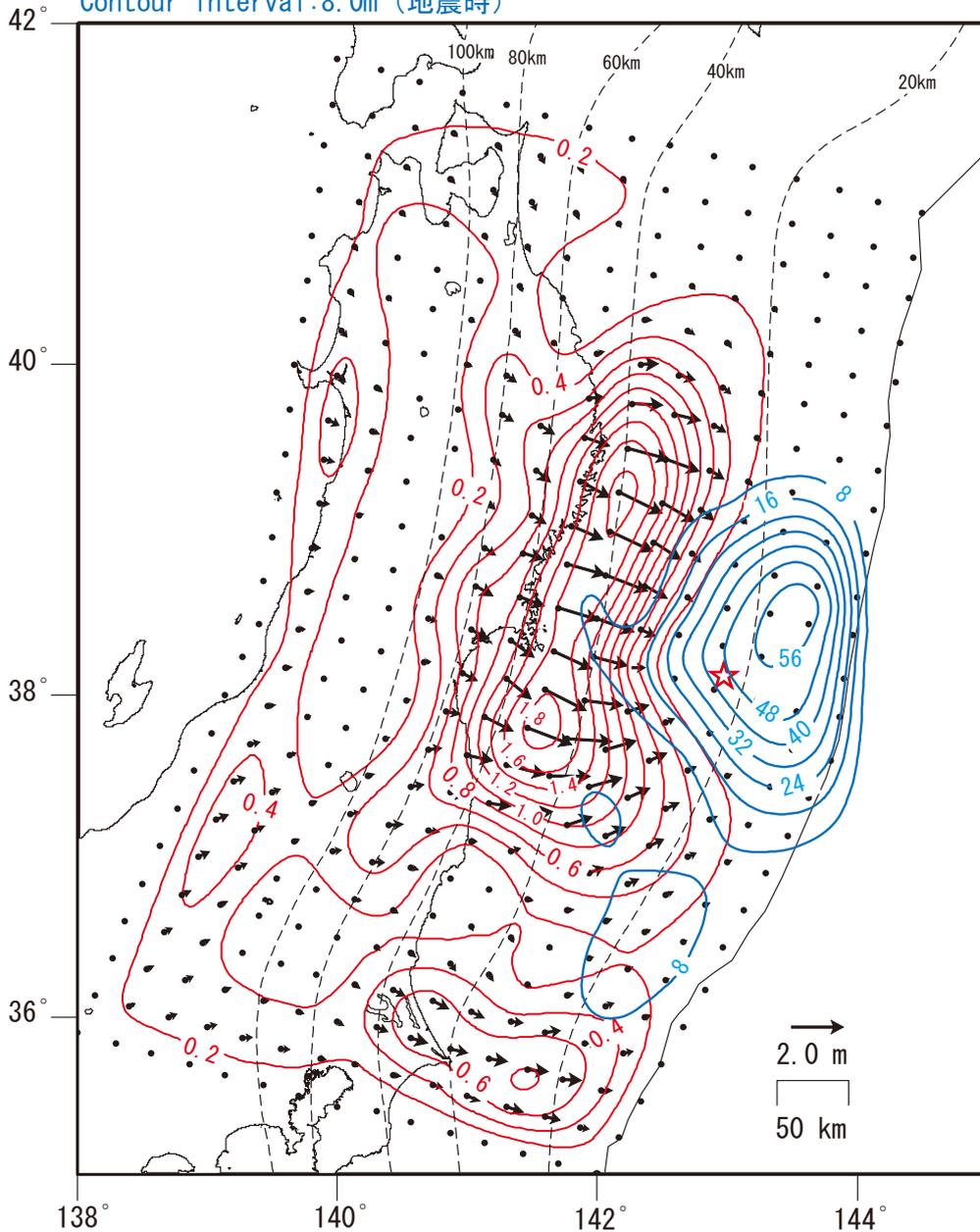
平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震  
地震時と地震後のプレート境界面上のすべり分布の比較 (暫定)

地震後のすべりは地震時のすべりの小さいところで起きている。

データ期間 20110312 - 20110528 【F3 最終解 (R3 速報解も含む)】 固定局 : 福江

Contour interval: 0.2m (地震後)

Contour interval: 8.0m (地震時)

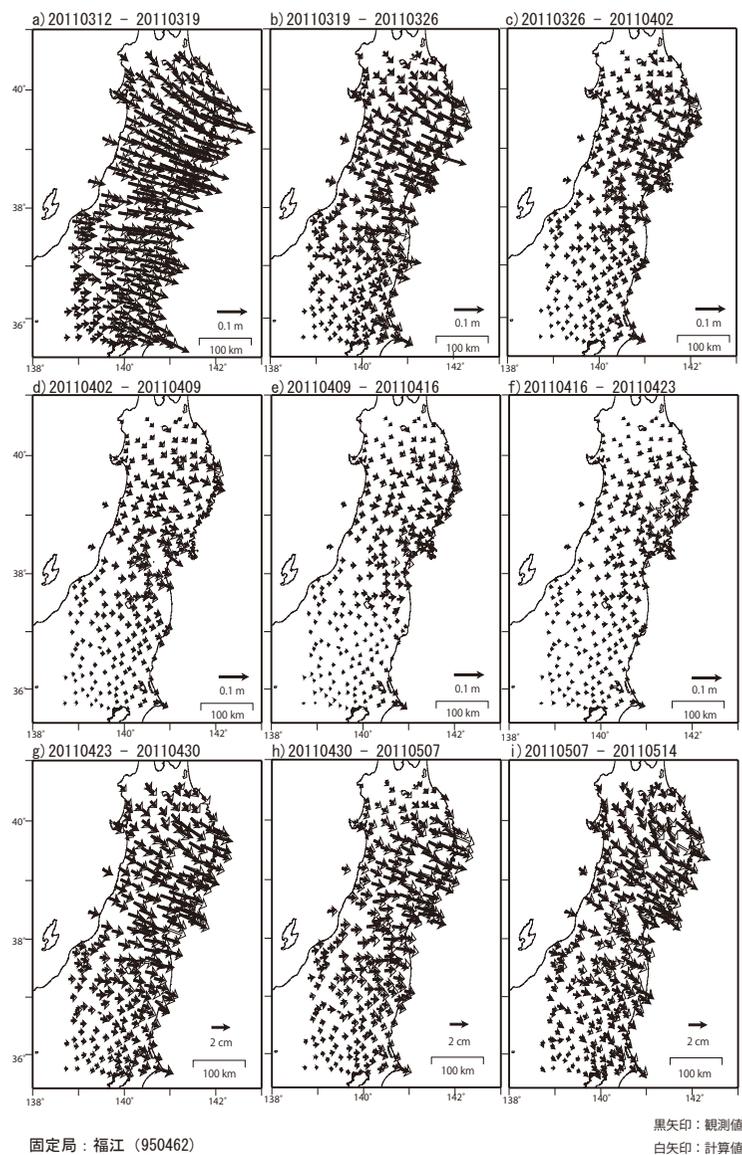


☆: 本震の震央 (気象庁) .

第 131 図 2011 年東北地方太平洋沖地震 地震時と地震後のプレート境界面上の滑り分布の比較 (暫定)

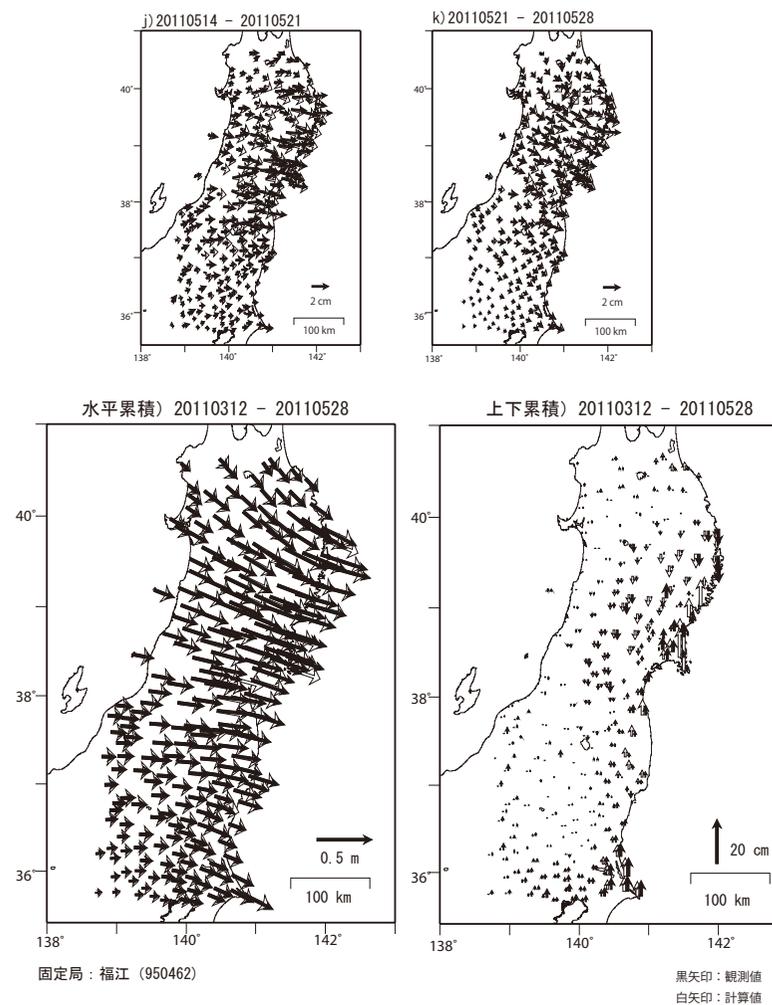
Fig. 131 The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake Coseismic and postseismic slip distribution on the plate interface (preliminary result).

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後の地殻変動  
観測値と計算値の比較（1）（暫定）



第 132 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 観測値と計算値の比較（暫定）  
Fig. 132 Observed and calculated crustal deformation after the mainshock of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result) (1/2).

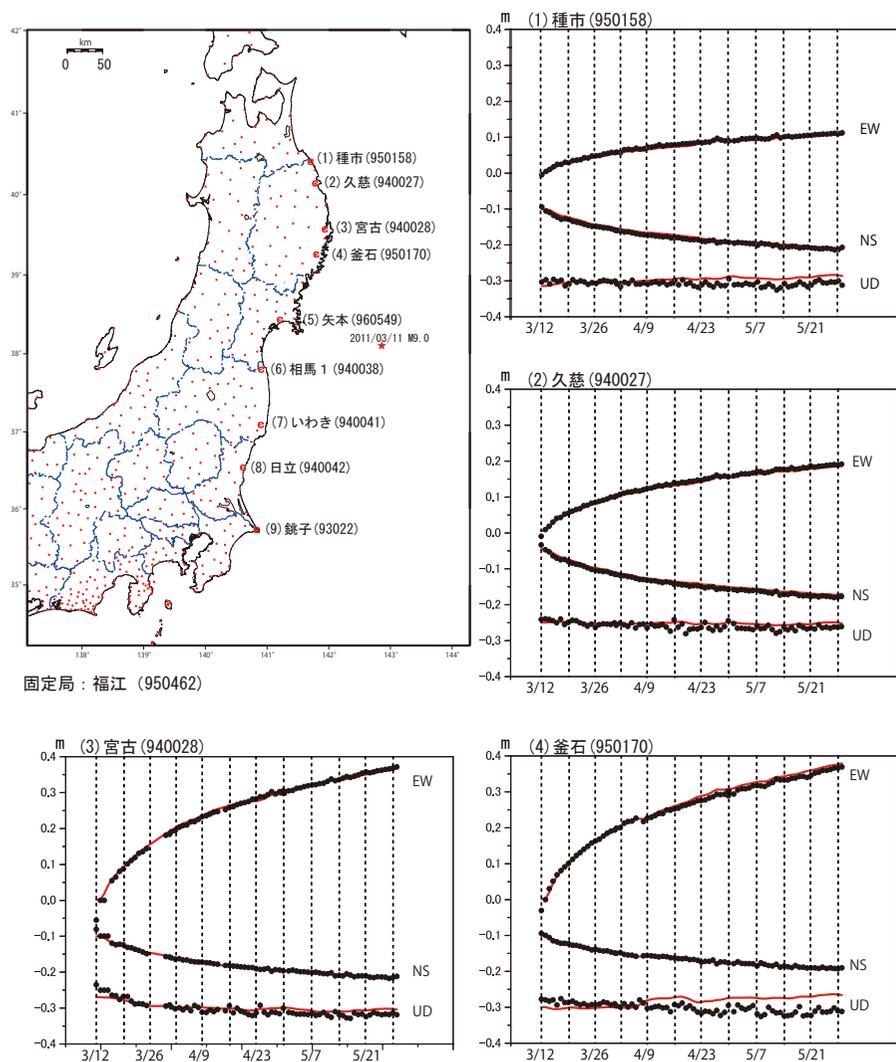
平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震後の地殻変動  
観測値と計算値の比較（2）（暫定）



第 133 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 観測値と計算値の比較（暫定）  
Fig. 133 Observed and calculated crustal deformation after the mainshock of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (preliminary result) (2/2).

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

観測値（黒丸）と計算値（赤線）（1）（暫定）

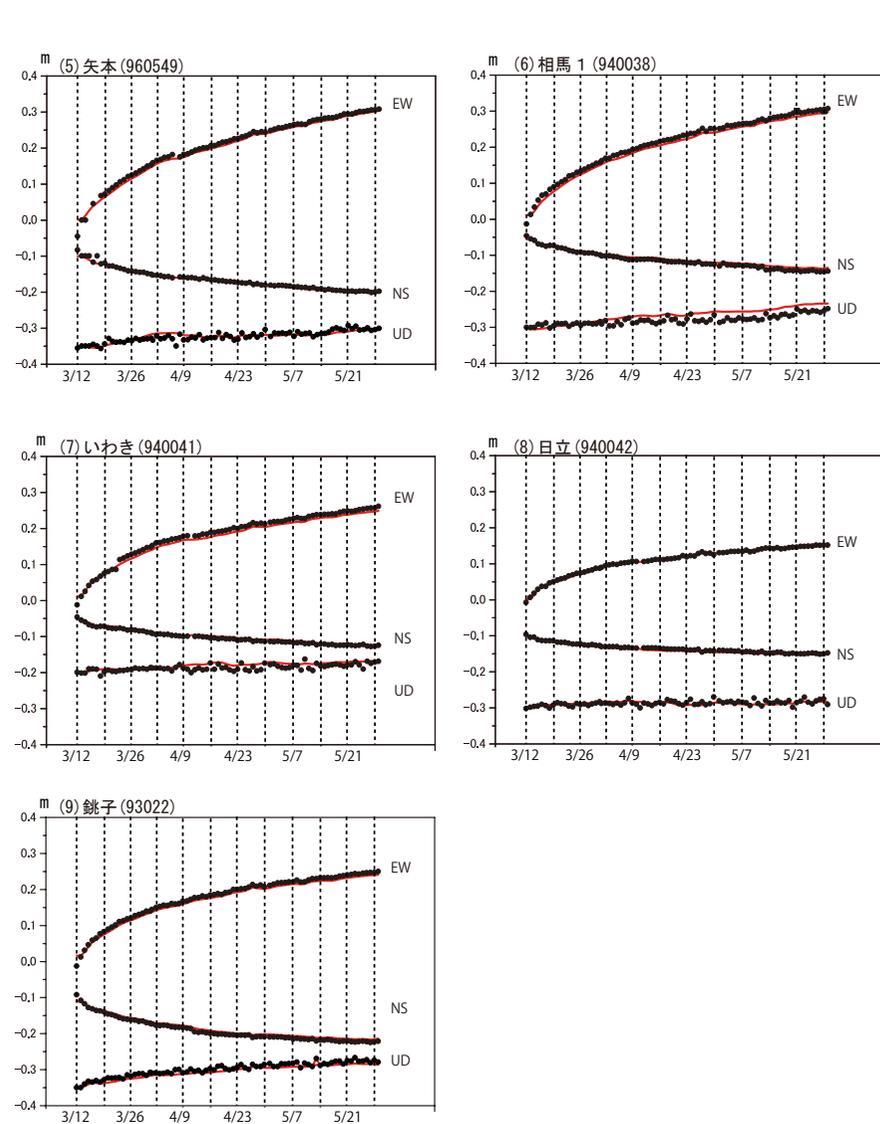


固定局：福江 (950462)

第 134 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. 134 Observed and computed ground displacements (preliminary result) (1/2).

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

観測値（黒丸）と計算値（赤線）（2）（暫定）

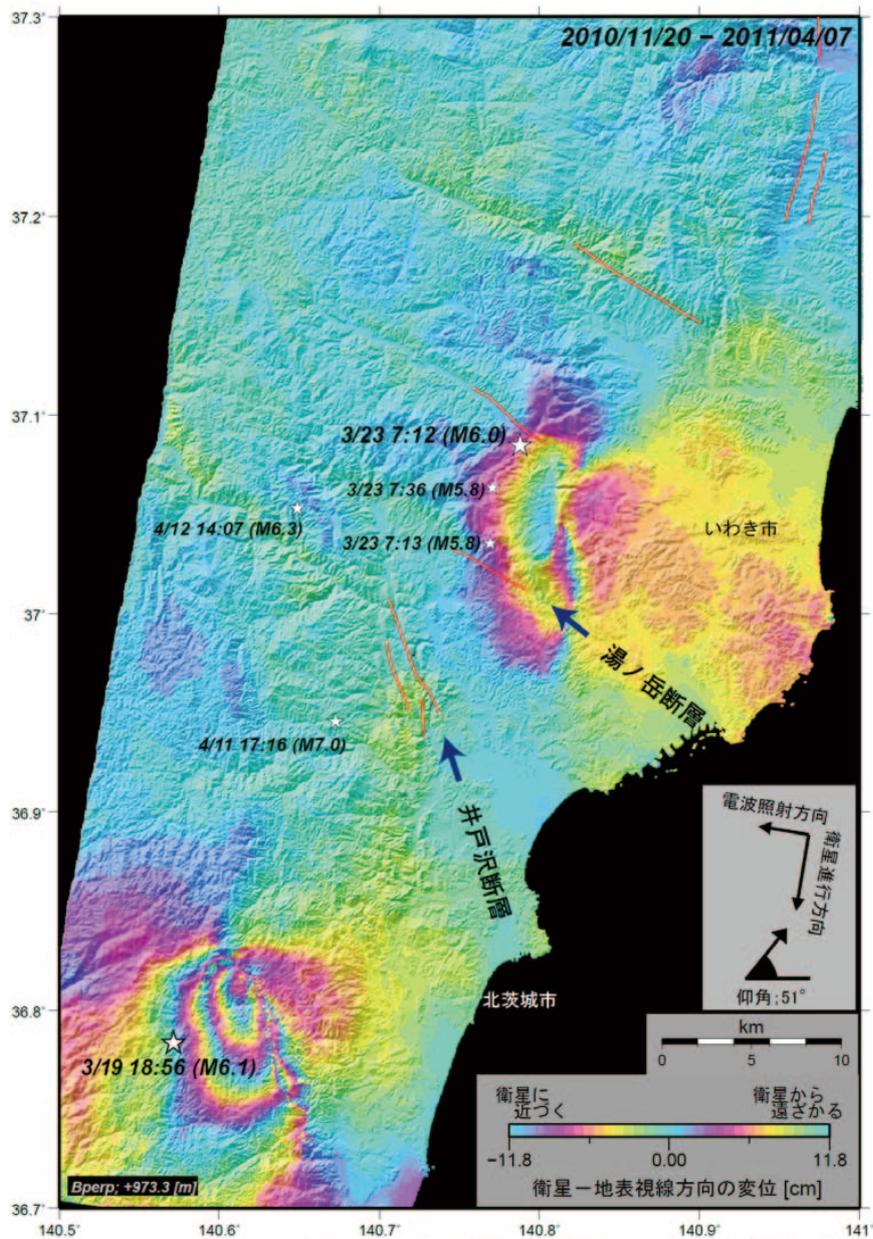


第 135 図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動時系列 観測値と計算値（暫定）  
Fig. 135 Observed and computed ground displacements (preliminary result) (2/2).

平成 23 年 (2011 年) 3 月 19 日茨城県北部の地震 (M6.1)・3 月 23 日福島県浜通りの地震 (M6.0)  
 に関する合成開口レーダー解析結果

西傾斜の正断層運動と調和的な地表変位が観測された。  
 井戸沢断層および湯ノ岳断層沿いに変位の不連続 (地表地震断層) は見られない。

(第 190 回地震予知連絡会 国土地理院資料 4-18 参照)



Analysis by GSI from ALOS raw data of JAXA, METI

※2011/3/11 (M9.0) の地震に伴う長波長の地殻変動を除去

謝辞：本研究で用いたPALSARデータは地震・地盤変動データ流通及び解析ワーキンググループ (地震WG) を通じて提供を受けた。PALSARデータの所有権は経済産業省及び宇宙航空研究開発機構 (JAXA) にある。

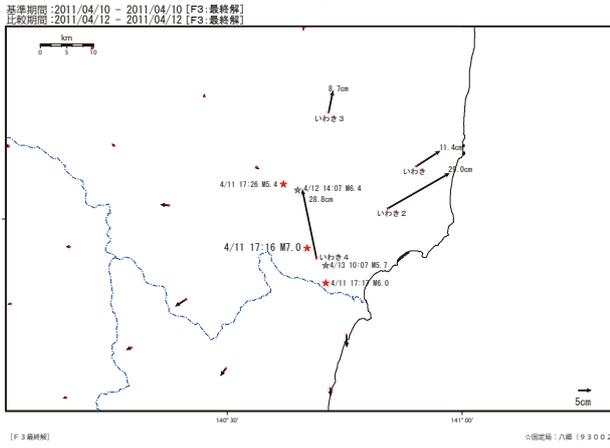
第 136 図 2011 年 3 月 19 日茨城県北部の地震 (M6.1)・福島県浜通りの地震 (M6.0) に関する合成開口レーダー解析結果

Fig. 136 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferogram of the M6.1 northern Ibaraki prefecture and the M6.0 Fukushima prefecture Hamadori area of earthquakes on March 19, 2011.

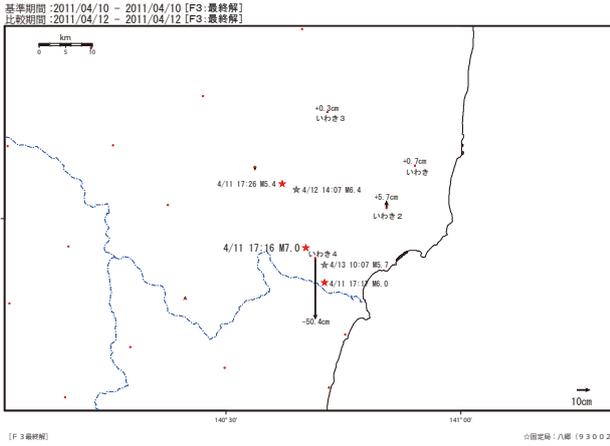
福島県浜通りの地震（4月11日、M7.0）に伴う地殻変動

この地震に伴う地殻変動が見られる。

変動ベクトル図（水平）



変動ベクトル図（上下）

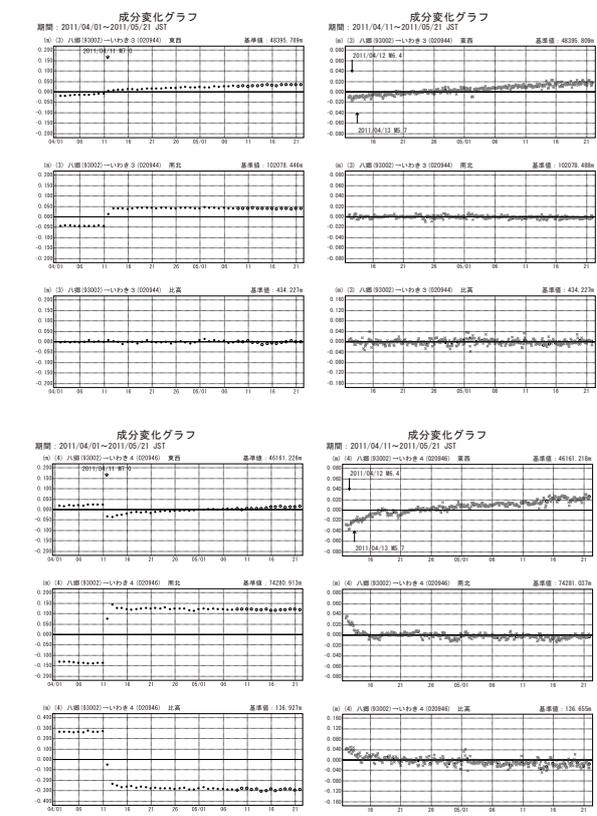


第 137 図 a 2011 年 4 月 11 日福島県浜通りの地震 (M6.1) に伴う地殻変動 (水平)  
Fig. 137a Crustal deformation associated with the M6.1 Fukushima prefecture Hamadori earthquake on April,11 2011 (horizontal).

第 137 図 b 2011 年 4 月 11 日福島県浜通りの地震 (M6.1) に伴う地殻変動 (上下)  
Fig. 137b Crustal deformation associated with the M6.1 Fukushima prefecture Hamadori earthquake on April,11 2011 (vertical).

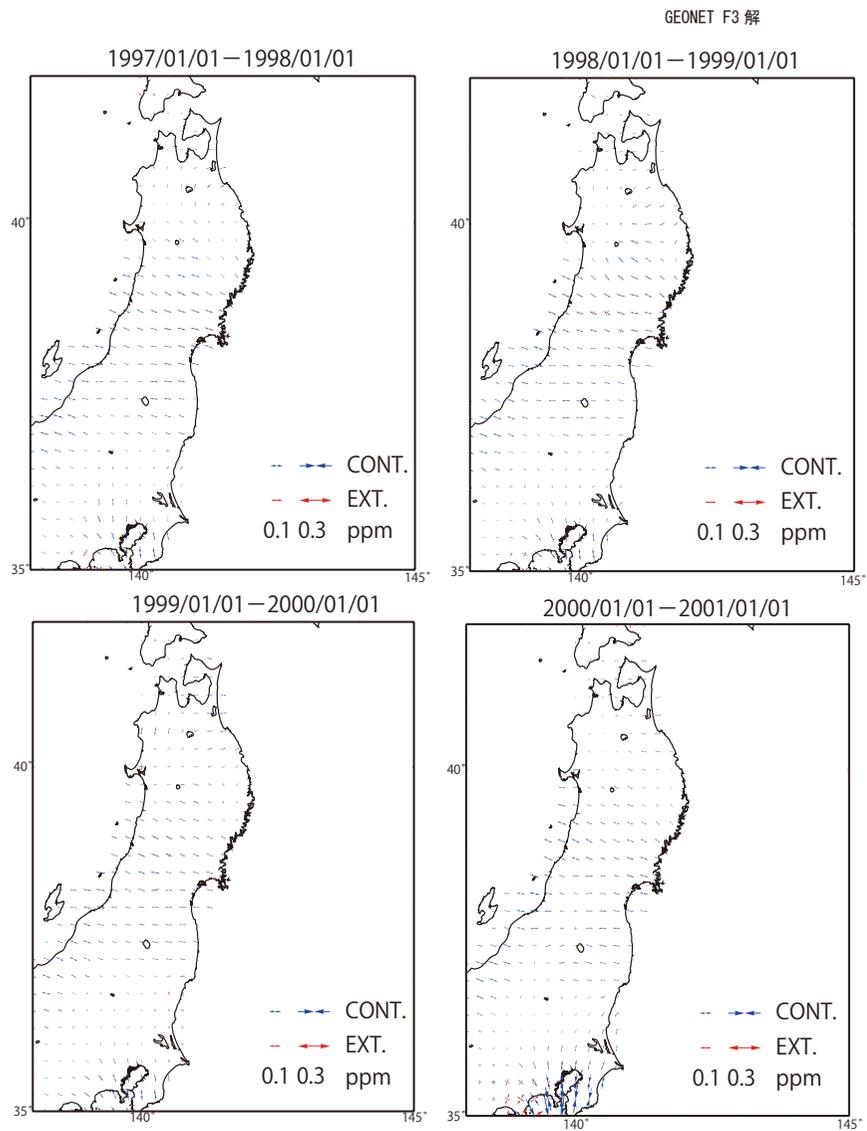


第 138 図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動  
Fig. 138 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (1/2).



第 139 図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動  
Fig. 139 Crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/2).

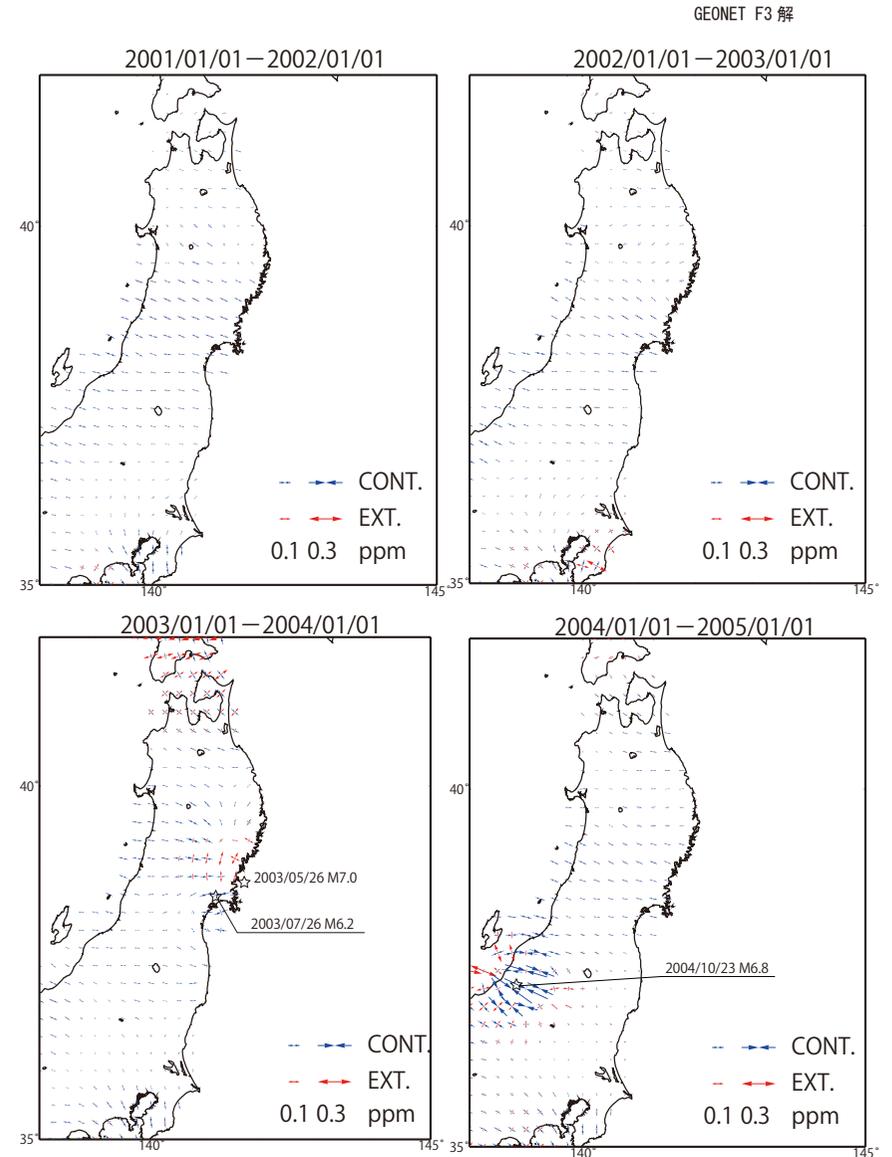
GPS連続観測データから推定した東北地方の歪み変化（1）



第 140 図 GEONET 観測データによる東北地方の地殻水平歪み  
Fig. 140 Crustal horizontal strain in Tohoku region calculated from GEONET observation (1/4).

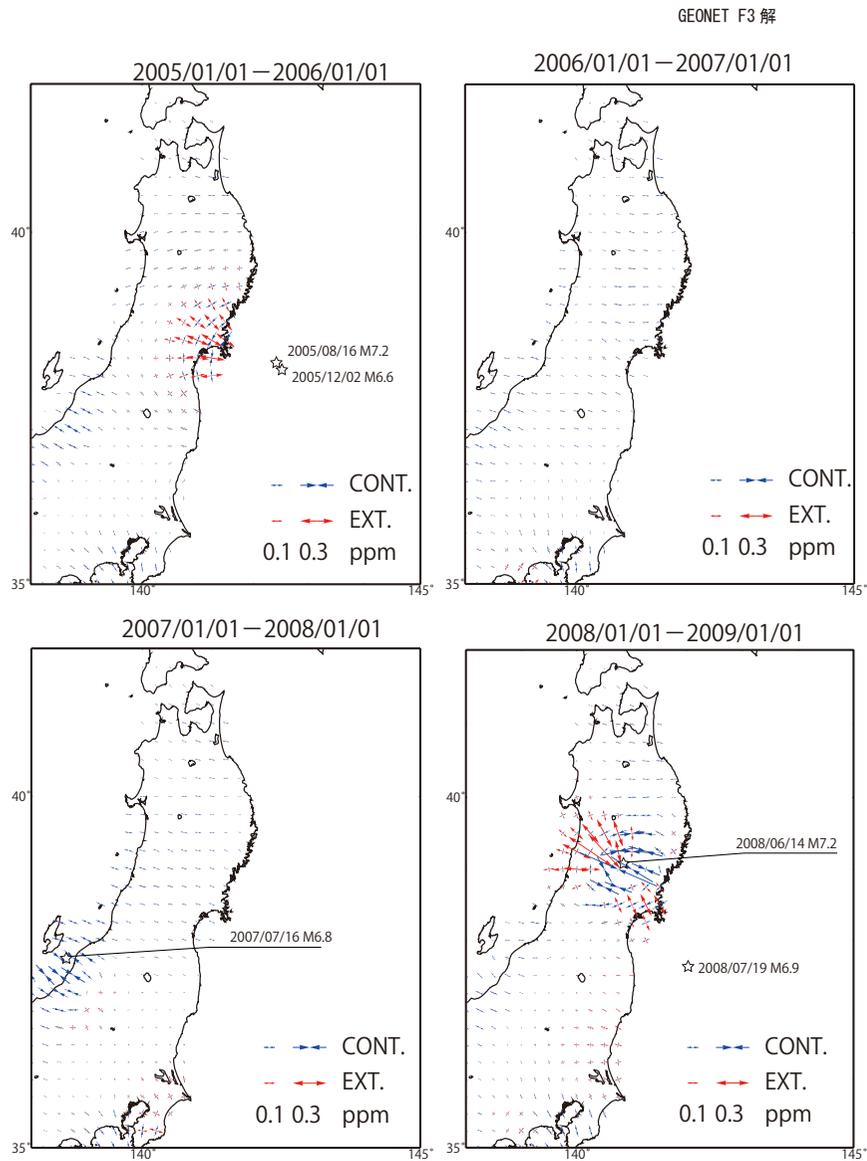
GPS連続観測データから推定した東北地方の歪み変化（2）

福島県付近では2004年頃から東西短縮を示す歪みが小さくなったように見える。



第 141 図 GEONET 観測データによる東北地方の地殻水平歪み  
Fig. 141 Crustal horizontal strain in Tohoku region calculated from GEONET observation (2/4).

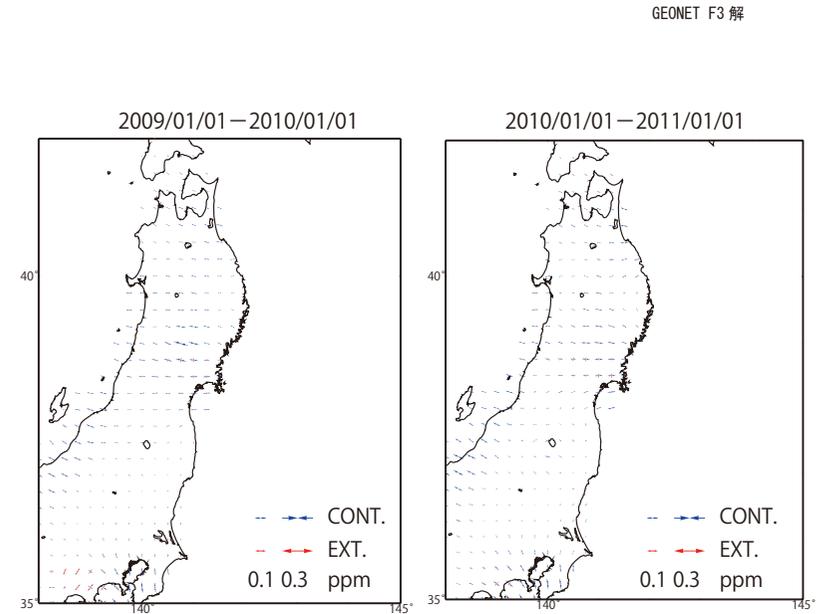
GPS連続観測データから推定した東北地方の歪み変化（3）



第 142 図 GEONET 観測データによる東北地方の地殻水平歪み  
Fig. 142 Crustal horizontal strain in Tohoku region calculated from GEONET observation (3/4).

GPS連続観測データから推定した東北地方の歪み変化（4）

福島県周辺では2000年前後と比較して東西短縮を示す歪みが小さい。

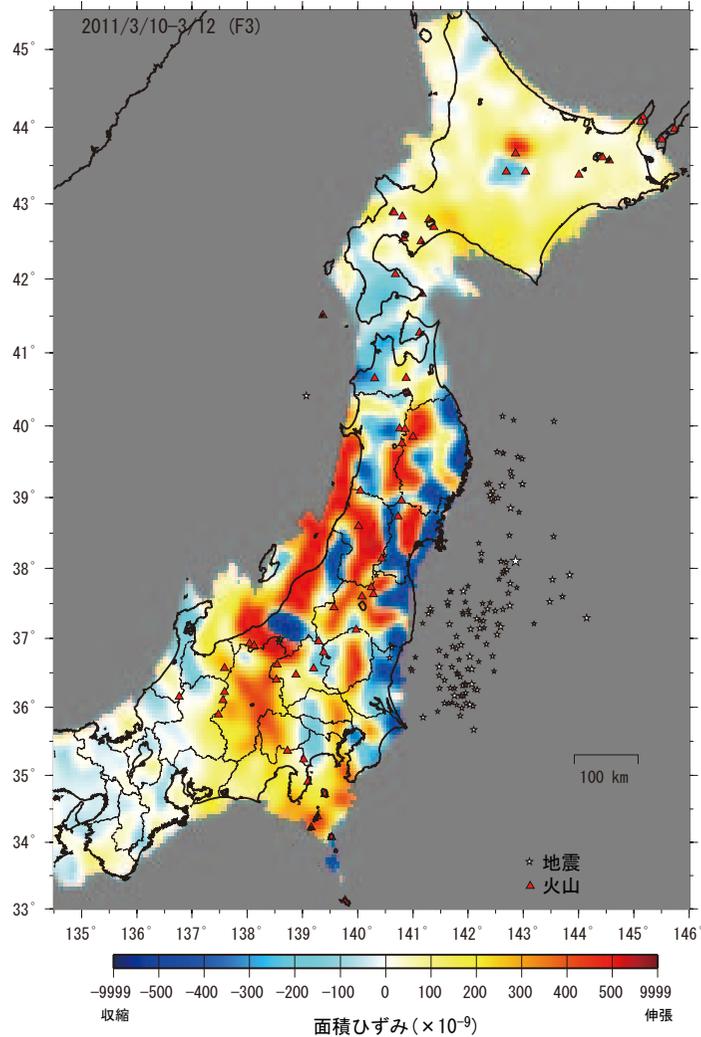


GPS 座標値データに基づいて 1 年間毎の歪み変化図を作成した。座標値の 15 日分の平均値から 1 年間の変位ベクトルを算出し、それに基づいて歪み計算をしている。

第 143 図 GEONET 観測データによる東北地方の地殻水平歪み  
Fig. 143 Crustal horizontal strain in Tohoku region calculated from GEONET observation (4/4).

残差水平ベクトルから計算した面積ひずみ分布（地震時）

新潟・山形・秋田県の日本海側（日本海東縁ひずみ集中帯）において、帯状に伸びの領域が見られる。

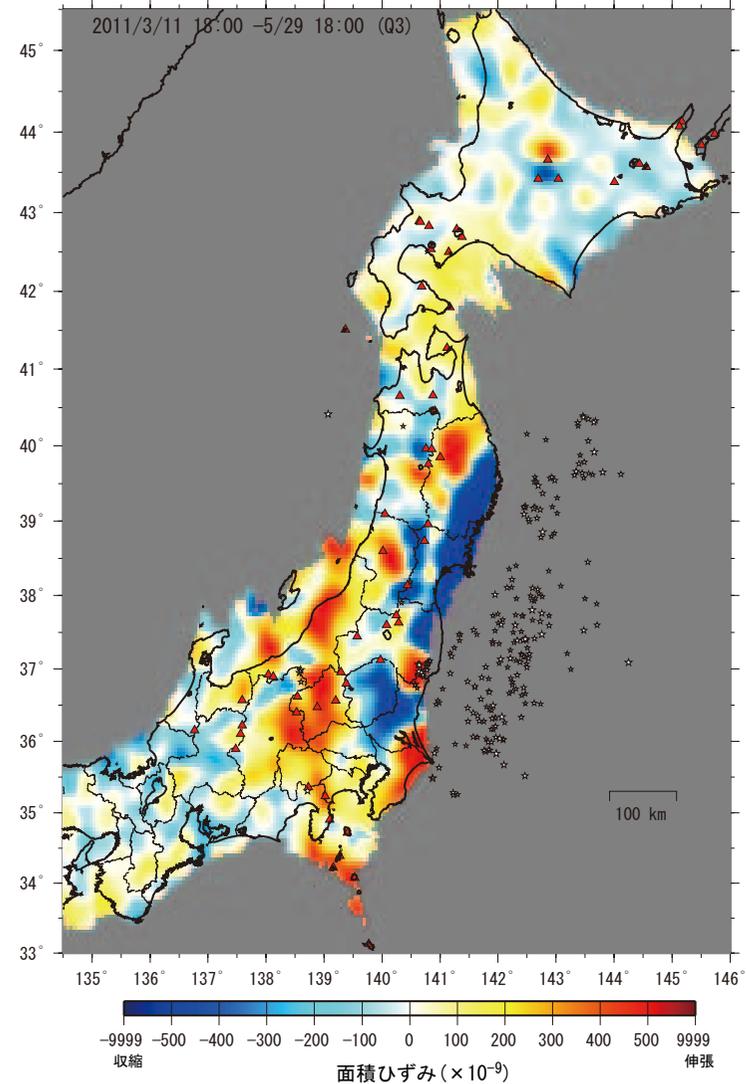


地震前後に観測された変位量から地震時の震源断層モデル(GPSのみ, 国土地理院, 2011)による計算値を差し引いた残差を用いて面積ひずみの計算を行っている(距離減衰定数DDC=20km). 星印は, 気象庁一元化震源による震央(M>5, 深さ<30km, 2011/3/11 14:46 - 2011/3/12 21:00).

第144図 残差水平ベクトルから計算した面積ひずみ分布（地震時）  
Fig. 144 Areal strain based on coseismic residual horizontal displacement.

残差水平ベクトルから計算した面積ひずみ分布（地震後）

新潟県北部から群馬・長野県境にかけて帯状の伸びの領域が見られる。



地震後に観測された変位量から地震後の断層モデル(GPSのみ, 国土地理院, 2011)による計算値を差し引いた残差を用いて面積ひずみの計算を行っている(距離減衰定数DDC=20km). 星印は, 気象庁一元化震源による震央(M>5, 深さ<30km, 2011/3/11 18:00 - 2011/5/31).

第145図 残差水平ベクトルから計算した面積ひずみ分布（地震後）  
Fig. 145 Areal strain based on postseismic residual horizontal displacement.

### 東北地方太平洋沖地震による主要活断層帯での静的クーロン応力変化 (暫定)

東北地方太平洋沖地震はM9.0と非常に規模が大きいことから、内陸の地震活動への影響も広域に及ぶことが予想される。また、地震後から顕著な余効変動が見られており、推定されたプレート境界面上での余効すべりは既にMw8を超える大きさとなっている。

そこで、本震および余効すべりによる内陸活断層帯への影響について検討した。

東北地方太平洋沖地震の断層モデルとして、陸上のGPSの観測結果から推定されたすべり分布モデル及び海上保安庁による海底の地震変動観測結果を含めて推定されたすべり分布モデルを用いた。また、地震後の余効すべり分布モデルを用いて、余効すべりによるdCFFも計算した。

内陸活断層として、地震調査研究推進本部の主要活断層帯を対象とした。主要活断層帯の断層パラメータは、強震動計算で用いられたものを用いた。剛性率を33GPa、摩擦係数を0.4とし、断層面の中央部でのdCFFを求めた。

解析結果を図1及び表1に示す。東北、関東、中部地方では他の地域に比べて影響が大きい。

東北地方の逆断層は概ねdCFFが大きく減少(0.05MPa以上)しているが、高角の横ずれ断層である双葉断層では大きな増加(0.6MPa以上)となっている。

関東地方では、立川断層帯で0.05MPa以上の増加となっている。ただし、今回の計算では立川断層帯の傾斜角を90°としているが、この傾斜角を小さくするとdCFFが急激に小さくなる傾向が見られ、実際には本結果よりも小さい可能性がある。

中部地方では、北西-南東走向の左横ずれ断層で概ね増加となっている。その中でも、牛伏寺断層では、余効すべりの影響を含めると増加量が0.05MPaを超えている。

余効すべりによるdCFFは、本震によるdCFFに比べて小さいが、断層によっては本震の1/3程度に達している。余効すべりは当分の間継続すると考えられ、今後も継続的な監視が必要である。

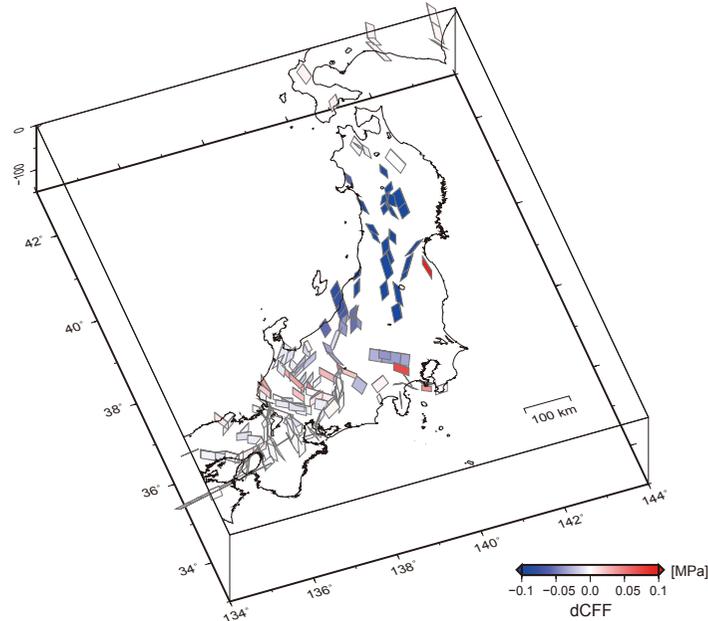


図1. 東北地方太平洋沖地震と余効すべりによる主要活断層帯での静的クーロン応力変化 (合計)。  
東北地方太平洋沖地震の断層モデルはGEONETと海底地震変動観測結果から推定されたすべり分布モデル、余効すべりは3月11日18時~5月12日3時のQ3解から推定されたすべり分布モデルによる。

第146図 東北地方太平洋沖地震による主要活断層帯での静的クーロン応力変化 (暫定)  
Fig. 146 Coulomb stress change of major active faults by the 2011 Tohoku Earthquake (preliminary result)(1/4).

表1. 東北地方太平洋沖地震および余効すべりによる主要活断層帯での静的クーロン応力変化量。  
変化量が+0.1MPa以上を赤、+0.05MPa以上を橙、+0.03MPa以上を黄で示す。また、-0.05MPa以下を青で示す。

ID	断層帯名	起原断層名	dCFF(MPa)		dCFF(余効)		dCFF(本震+余効)	
			GPS	本震	GPS	本震	GPS	本震+余効
101	津波断層帯	主部	0.00199	0.00216	0.00042	0.00241	0.00241	0.00257
210	十勝平野断層帯	主部 (滝別川区間)	0.00394	0.00402	0.00060	0.00454	0.00454	0.00462
		(土幌川区間)	0.00320	0.00329	0.00061	0.00381	0.00381	0.00390
202	十勝平野断層帯	北地断層帯	0.00217	0.00296	-0.00255	-0.00038	0.00041	0.00049
301	高良野断層帯	西部	0.00294	0.00354	0.00074	0.00368	0.00368	0.00429
302	高良野断層帯	東部	0.00258	0.00302	0.00070	0.00328	0.00328	0.00372
401	増毛山地東縁断層帯-沼田-砂川付近の断層帯	(北側)	0.00211	0.00243	0.00059	0.00302	0.00302	0.00349
		(南側)	0.00240	0.00279	0.00068	0.00308	0.00308	0.00347
402	増毛山地東縁断層帯-沼田-砂川付近の断層帯	沼田-砂川付近の断層帯	0.00232	0.00254	0.00057	0.00289	0.00289	0.00312
501	当別断層帯		0.00304	0.00346	0.00063	0.00387	0.00387	0.00429
601	石狩低地東縁断層帯	主部 (北側)	0.00366	0.00448	0.00100	0.00467	0.00467	0.00548
		主部 (南側)	0.00294	0.00318	0.00068	0.00363	0.00363	0.00386
602	石狩低地東縁断層帯	西部	0.00325	0.00347	0.00072	0.00397	0.00397	0.00419
701	黒松内低地断層帯		0.00272	0.00370	0.00149	0.00422	0.00422	0.00519
801	函館平野西縁断層帯		-0.00088	0.00297	0.00288	0.00200	0.00588	0.00585
901	サロベツ断層帯		0.00080	0.00077	0.00014	0.00094	0.00094	0.00091
901	青森湾西岸断層帯		0.00263	-0.00196	-0.00146	0.00117	-0.00342	-0.00342
1001	津軽山地西縁断層帯	北側	0.00890	0.01819	0.00628	0.01518	0.02247	0.02247
1002	津軽山地西縁断層帯	南側	-0.01473	-0.00331	-0.00402	-0.01875	-0.00734	-0.00734
1101	折爪断層帯		0.00094	0.00285	-0.00408	-0.00314	-0.00122	-0.00122
1201	能代断層帯		-0.04886	-0.04581	-0.01584	-0.06471	-0.06165	-0.06165
1301	北下低地西縁断層帯	(北側)	-0.29611	-0.25700	-0.04602	-0.30213	-0.30302	-0.30302
		(南側)	-0.28745	-0.40171	-0.04548	-0.42436	-0.42185	-0.42185
1401	磐石盆地西縁-真壁山地東縁断層帯	磐石盆地西縁断層帯	-0.17479	-0.17992	-0.03863	-0.21342	-0.21855	-0.21855
1402	磐石盆地西縁-真壁山地東縁断層帯	真壁山地東縁断層帯	-0.27916	-0.28499	-0.04725	-0.32641	-0.32244	-0.32244
1403	磐石盆地西縁-真壁山地東縁断層帯	真壁山地東縁断層帯	-0.22895	-0.24070	-0.03705	-0.26600	-0.27776	-0.27776
1501	横手盆地東縁断層帯	北側	-0.27317	-0.28120	-0.04264	-0.31581	-0.32384	-0.32384
1502	横手盆地東縁断層帯	南側	-0.17063	-0.17847	-0.03716	-0.21589	-0.21654	-0.21654
1601	北由利断層帯		-0.10456	-0.09287	-0.02830	-0.13286	-0.12117	-0.12117
1701	新庄盆地断層帯		-0.31885	-0.32296	-0.03747	-0.35632	-0.36043	-0.36043
1801	山形盆地断層帯	北側	-0.33044	-0.33732	-0.03325	-0.36389	-0.37057	-0.37057
1802	山形盆地断層帯	南側	-0.32280	-0.32940	-0.03214	-0.35494	-0.36154	-0.36154
1901	庄内平野東縁断層帯(北側)		-0.10800	-0.20482	-0.03475	-0.14357	-0.23857	-0.23857
1902	庄内平野東縁断層帯(南側)		-0.21653	-0.20649	-0.03620	-0.25273	-0.24289	-0.24289
2001	長町-利府断層帯		-0.40625	-0.40240	-0.02268	-0.42894	-0.42509	-0.42509
2101	福島盆地西縁断層帯	(北側)	-0.35395	-0.35106	-0.02669	-0.38064	-0.37775	-0.37775
		(南側)	-0.25399	-0.26049	-0.02467	-0.27866	-0.28517	-0.28517
2201	長井盆地西縁断層帯		-0.28270	-0.29521	-0.03147	-0.31416	-0.31868	-0.31868
2301	双葉断層帯		0.60844	0.62281	0.13234	0.74078	0.74078	0.74078
2401	会津盆地西縁-東縁断層帯	会津盆地西縁断層帯	-0.17557	-0.17682	-0.02522	-0.20079	-0.20205	-0.20205
2402	会津盆地西縁-東縁断層帯	会津盆地東縁断層帯	-0.15857	-0.15820	-0.02372	-0.18229	-0.18192	-0.18192
10101	花輪東断層帯		-0.06355	-0.06414	-0.02912	-0.09267	-0.09326	-0.09326
2501	福島山脈断層帯		-0.12851	-0.12107	-0.02721	-0.14972	-0.14228	-0.14228
2601	月岡断層帯		-0.09590	-0.09228	-0.01374	-0.09594	-0.09601	-0.09601
2701	長岡平野西縁断層帯	(筑波区間北側)	-0.07232	-0.06970	-0.01276	-0.08508	-0.08246	-0.08246
		(筑波区間南側)	-0.06588	-0.06512	-0.01162	-0.07750	-0.07674	-0.07674
		(鳥越区間)	-0.05865	-0.06009	-0.01056	-0.06921	-0.07065	-0.07065
		(片貝区間)	-0.05832	-0.05581	-0.00976	-0.06508	-0.06537	-0.06537
2901	隅川低地断層帯		-0.05059	0.00188	0.00350	-0.04619	0.00118	0.00118
3001	関谷断層帯		-0.12888	-0.13004	-0.02085	-0.14973	-0.15090	-0.15090
3101	関東平野北西縁断層帯	主部 (高崎区間)	0.03165	-0.02927	0.00273	-0.03438	-0.02899	-0.02899
		主部 (深谷区間)	0.03200	-0.03283	0.00346	-0.03546	-0.03629	-0.03629
		主部 (緑川区間)	-0.02956	-0.02949	-0.00377	-0.03373	-0.03325	-0.03325
3102	関東平野北西縁断層帯	平井-龜巻断層帯	-0.02992	-0.02510	-0.01472	-0.04363	-0.03892	-0.03892
3401	立川断層帯		0.08353	0.05466	0.01778	0.08141	0.07244	0.07244
3501	伊勢原断層帯		-0.00636	-0.00449	-0.00143	-0.00779	-0.00592	-0.00592
3601	神郷-園府津-松田断層帯	(神郷断層)	-0.01964	-0.01948	-0.00167	-0.02130	-0.02115	-0.02115
		(園府津-松田断層)-海城	-0.02483	-0.02298	-0.00731	-0.03214	-0.03028	-0.03028
3701	三浦半島断層帯	主部 衣笠-北武断層帯	0.02271	0.02217	0.02001	0.04278	0.04278	0.04278
3702	三浦半島断層帯	主部 武山断層帯	0.02356	0.02324	0.01880	0.04237	0.04204	0.04204
3703	三浦半島断層帯	南側	0.01654	0.02118	0.01994	0.03648	0.04112	0.04112
3801	北伊豆断層帯		0.00904	0.00525	0.01119	0.02023	0.01643	0.01643
3901	十日町断層帯	西部	-0.03037	-0.03176	-0.00702	-0.03739	-0.03878	-0.03878
3902	十日町断層帯	東部	-0.03272	-0.03435	-0.00817	-0.04090	-0.04252	-0.04252
4001	長野盆地西縁断層帯		-0.00947	-0.01011	-0.00338	-0.01285	-0.01349	-0.01349
4101	糸魚川-静岡構造線	北側・中部	-0.02420	-0.02597	-0.00852	-0.03272	-0.03449	-0.03449
		(北側2)	-0.02670	-0.02842	-0.00895	-0.03565	-0.03737	-0.03737
		(中部1)	0.04297	0.04602	0.01030	0.05327	0.05632	0.05632
		(中部2)	0.01689	0.01986	0.00149	0.01818	0.02134	0.02134
4201	糸魚川-静岡構造線	南側	-0.01761	-0.01883	-0.00640	-0.02391	-0.02523	-0.02523
4301	富士川河口断層帯		-0.00035	0.00028	-0.00214	-0.00249	-0.00186	-0.00186
4501	木曾山脈西縁断層帯	主部北側	-0.00118	-0.00134	-0.00203	-0.00321	-0.00337	-0.00337
		主部南側	-0.01235	-0.01131	-0.00579	-0.01814	-0.01710	-0.01710
4502	木曾山脈西縁断層帯	南側	-0.02211	-0.02370	-0.00582	-0.02788	-0.02853	-0.02853
4503	木曾山脈西縁断層帯	清内路峠断層帯	0.02378	0.02226	0.00683	0.03041	0.02889	0.02889
4601	嶺峠-神谷断層帯	主部	0.02124	0.02252	0.00403	0.02527	0.02654	0.02654
4602	嶺峠-神谷断層帯	藤原山-奈良井断層帯	-0.01667	-0.01589	-0.00746	-0.02413	-0.02335	-0.02335
4701	碓氷川断層帯	(北東側)	-0.01219	-0.01427	-0.00653	-0.01873	-0.02080	-0.02080
		(南西側)	-0.03842	-0.00977	-0.00471	-0.04313	-0.04146	-0.04146
4801	高山-大原断層帯	国府断層帯	-0.01401	-0.01467	-0.00589	-0.02000	-0.02066	-0.02066
4802	高山-大原断層帯	高山断層帯	-0.01274	-0.01313	-0.00564	-0.01837	-0.01876	-0.01876
4803	高山-大原断層帯	埴之鼻断層帯	-0.00231	-0.00233	-0.00289	-0.00520	-0.00522	-0.00522
4901	牛首断層帯		-0.01680	-0.01825	-0.00704	-0.02384	-0.02529	-0.02529
5001	庄川断層帯	(北西側)	0.02576	0.02415	0.00656	0.03232	0.03071	0.03071
		(南東側)	0.02697	0.02803	0.00749	0.03445	0.03352	0.03352
5101	伊那谷断層帯	主部(レシビ通り)	-0.00097	-0.00207	-0.00026	-0.00123	-0.00233	-0.00233
		(南側)	-0.00016	-0.00028	-0.00019	-0.00035	-0.00048	-0.00048
5102	伊那谷断層帯	南東部	0.00027	-0.00004	-0.00069	-0.00042	-0.00073	-0.00073
5201	阿寺断層帯	主部北側	0.03476	0.03429	0.01089	0.04565	0.04518	0.04518
5202	阿寺断層帯	主部南側	0.00319	0.00297	-0.00074	0.00242	0.00227	0.00227
		(北側)	0.00638	0.00631	0.00004	0.00642	0.00635	0.00635
5203	阿寺断層帯	佐賀断層帯	0.00417	0.00387	-0.00034	0.00383	0.00353	0.00353
5204	阿寺断層帯	白川断層帯	0.00900	0.00853	0.00132	0.01032	0.00985	0.00985

第147図 東北地方太平洋沖地震による主要活断層帯での静的クーロン応力変化 (暫定)  
Fig. 147 Coulomb stress change of major active faults by the 2011 Tohoku Earthquake (preliminary result)(2/4).

ID	断層帯名	起震断層名	dCFF(MPa) 本震		dCFF(余効)		dCFF(本震+余効)	
			GPS	海産地殻変動	GPS	海産地殻変動	GPS	海産地殻変動
5301	屏風山・恵那山断層帯	屏風山断層帯	0.00072	0.00054	0.00031	0.00103	0.00084	0.00033
5302	屏風山・恵那山断層帯	赤川断層帯	-0.00515	-0.00512	-0.00182	-0.00687	-0.00684	-0.00688
5303	屏風山・恵那山断層帯	葛藤山-狭谷山北断層帯	-0.00506	-0.00540	-0.00297	-0.00803	-0.00838	-0.00838
5304	屏風山・恵那山断層帯	狭谷山断層帯	0.00321	0.00292	0.00086	0.00406	0.00378	0.00378
5305	屏風山・恵那山断層帯	狭谷山断層帯	0.00042	0.00040	-0.00008	0.00035	0.00032	0.00032
10401	曾根丘陵断層帯	(モーメント調整)	-0.00167	-0.00163	-0.00080	-0.00247	-0.00243	-0.00243
10501	津波断層帯	(モーメント調整)	-0.00274	-0.00271	-0.00129	-0.00403	-0.00399	-0.00399
5501	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00422	-0.00422	-0.00485	-0.00907	-0.00920	-0.00920
5601	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.00340	0.00251	0.00155	0.00486	0.00406	0.00406
5602	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00973	-0.01034	-0.00435	-0.01408	-0.01469	-0.01469
5603	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.00388	0.00425	0.00084	0.00482	0.00519	0.00519
5604	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00559	-0.00588	-0.00273	-0.00832	-0.00861	-0.00861
5605	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00318	-0.00333	-0.00174	-0.00491	-0.00508	-0.00508
5606	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00418	-0.00427	-0.00221	-0.00639	-0.00647	-0.00647
5607	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00772	-0.00812	-0.00339	-0.01111	-0.01151	-0.01151
5608	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00550	-0.00560	-0.00248	-0.00788	-0.00808	-0.00808
5609	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.02786	0.02827	0.00837	0.03623	0.03464	0.03464
5610	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.01640	0.01465	0.00422	0.02063	0.01887	0.01887
5611	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.01899	0.01799	0.00565	0.02404	0.02303	0.02303
6001	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.00295	0.00183	-0.00012	0.00284	0.00172	0.00172
6002	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00937	-0.00975	-0.00390	-0.01326	-0.01365	-0.01365
6003	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.00556	0.00485	0.00213	0.01169	0.01058	0.01058
6004	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00183	-0.00237	-0.00173	-0.00356	-0.00410	-0.00410
6005	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00094	-0.00154	-0.00139	-0.00233	-0.00293	-0.00293
6006	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00519	-0.00582	-0.00268	-0.00778	-0.00841	-0.00841
6007	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00814	-0.00844	-0.00359	-0.01173	-0.01202	-0.01202
6101	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00930	-0.00888	-0.00294	-0.01224	-0.01163	-0.01163
6102	湯浅断層帯	湯浅断層帯	-0.00375	-0.00379	-0.00163	-0.00538	-0.00542	-0.00542
6103	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.02242	0.02115	0.00712	0.02954	0.02827	0.02827
6104	湯浅断層帯	湯浅断層帯	0.00338	0.00240	0.00030	0.00366	0.00276	0.00276
6301	野坂-集福寺断層帯	野坂断層帯	0.00564	0.00447	0.00105	0.00669	0.00552	0.00552
6302	野坂-集福寺断層帯	野坂断層帯	0.00217	0.00109	-0.00001	0.00217	0.00108	0.00108
6401	湖北山地断層帯	湖北断層帯	0.00601	0.00486	0.00124	0.00725	0.00610	0.00610
6402	湖北山地断層帯	湖北断層帯	-0.01267	-0.01244	-0.00414	-0.01681	-0.01659	-0.01659
6501	琵琶湖西岸断層帯(北部)	琵琶湖西岸断層帯	-0.01054	-0.01062	-0.00370	-0.01424	-0.01432	-0.01432
6502	琵琶湖西岸断層帯(南部)	琵琶湖西岸断層帯	-0.00489	-0.00482	-0.00167	-0.00636	-0.00662	-0.00662
6701	養老-桑名-四日市断層帯	(レンジ通り)	-0.00180	-0.00188	-0.00078	-0.00238	-0.00246	-0.00246
6801	鈴鹿東縁断層帯	鈴鹿東縁断層帯	-0.00798	-0.00769	-0.00297	-0.01095	-0.01066	-0.01066
6802	鈴鹿東縁断層帯	鈴鹿東縁断層帯	-0.00031	-0.00044	-0.00047	-0.00078	-0.00092	-0.00092
6901	鈴鹿西縁断層帯	鈴鹿西縁断層帯	-0.00137	-0.00138	-0.00071	-0.00208	-0.00209	-0.00209
7001	鈴鹿西縁断層帯	鈴鹿西縁断層帯	-0.00491	-0.00488	-0.00207	-0.00689	-0.00695	-0.00695
7101	布引山地東縁断層帯	布引山地東縁断層帯	-0.00258	-0.00256	-0.00111	-0.00369	-0.00367	-0.00367
7102	布引山地東縁断層帯	布引山地東縁断層帯	-0.00054	-0.00063	-0.00048	-0.00102	-0.00111	-0.00111
7201	三芳断層帯	三芳断層帯	0.00080	0.00091	0.00025	0.00105	0.00116	0.00116
7301	三芳断層帯	三芳断層帯	-0.00220	-0.00217	-0.00077	-0.00297	-0.00294	-0.00294
7302	三芳断層帯	三芳断層帯	-0.01081	-0.01029	-0.00428	-0.01456	-0.01454	-0.01454
7303	三芳断層帯	三芳断層帯	-0.01019	-0.00988	-0.00323	-0.01348	-0.01311	-0.01311
7401	山田断層帯	山田断層帯	-0.00330	-0.00328	-0.00122	-0.00452	-0.00450	-0.00450
7402	山田断層帯	山田断層帯	-0.00563	-0.00599	-0.00200	-0.00763	-0.00799	-0.00799
7501	奈良盆地東縁断層帯	奈良盆地東縁断層帯	0.00843	0.00715	0.00222	0.01065	0.00937	0.00937
7601	有馬-高根断層帯	有馬-高根断層帯	-0.00195	-0.00196	-0.00072	-0.00268	-0.00268	-0.00268
7701	生駒断層帯	生駒断層帯	0.00659	0.00575	0.00189	0.00848	0.00764	0.00764
7801	三峠-京都西断層帯	三峠断層帯	-0.00191	-0.00197	-0.00080	-0.00271	-0.00277	-0.00277
7802	三峠-京都西断層帯	三峠断層帯	-0.00278	-0.00338	-0.00120	-0.00388	-0.00459	-0.00459
7803	三峠-京都西断層帯	三峠断層帯	-0.00867	-0.00858	-0.00279	-0.01147	-0.01138	-0.01138
7901	六甲-淡路島断層帯	六甲-淡路島断層帯	-0.00422	-0.00466	-0.00160	-0.00626	-0.00627	-0.00627
7902	六甲-淡路島断層帯	六甲-淡路島断層帯	-0.00327	-0.00325	-0.00123	-0.00449	-0.00447	-0.00447
7903	六甲-淡路島断層帯	六甲-淡路島断層帯	-0.00110	-0.00157	-0.00052	-0.00162	-0.00209	-0.00209
7904	六甲-淡路島断層帯	六甲-淡路島断層帯	-0.00088	-0.00130	-0.00038	-0.00126	-0.00167	-0.00167
7905	六甲-淡路島断層帯	六甲-淡路島断層帯	-0.00007	-0.00058	-0.00014	-0.00022	-0.00072	-0.00072
8001	上野断層帯	上野断層帯	0.00028	0.00022	0.00003	0.00031	0.00025	0.00025
8002	上野断層帯	上野断層帯	-0.00043	-0.00041	-0.00019	-0.00062	-0.00060	-0.00060
8003	上野断層帯	上野断層帯	0.00075	0.00071	0.00030	0.00104	0.00100	0.00100
8004	上野断層帯	上野断層帯	0.00019	0.00018	0.00011	0.00030	0.00029	0.00029
8005	上野断層帯	上野断層帯	-0.00052	-0.00052	-0.00010	-0.00062	-0.00063	-0.00063
8006	上野断層帯	上野断層帯	-0.00585	-0.00553	-0.00214	-0.00800	-0.00787	-0.00787
8007	上野断層帯	上野断層帯	-0.00033	-0.00021	-0.00008	-0.00041	-0.00029	-0.00029
8008	上野断層帯	上野断層帯	-0.00011	-0.00009	-0.00005	-0.00017	-0.00015	-0.00015
8101	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯	0.00487	0.00439	0.00149	0.00635	0.00587	0.00587
8102	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯	0.00312	0.00283	0.00095	0.00407	0.00377	0.00377
8103	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯	0.00288	0.00255	0.00085	0.00370	0.00339	0.00339
case1-2	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯	0.00288	0.00299	0.00076	0.00344	0.00305	0.00305
			0.00235	0.00208	0.00068	0.00303	0.00277	0.00277
			0.00213	0.00188	0.00061	0.00274	0.00250	0.00250
			0.00192	0.00170	0.00055	0.00247	0.00225	0.00225
			0.00279	0.00249	0.00083	0.00362	0.00331	0.00331
			0.00254	0.00228	0.00074	0.00328	0.00297	0.00297
			0.00232	0.00205	0.00067	0.00298	0.00273	0.00273
			0.00210	0.00186	0.00061	0.00270	0.00246	0.00246
			0.00188	0.00167	0.00054	0.00242	0.00221	0.00221
8104	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯	0.00210	0.00175	0.00059	0.00269	0.00235	0.00235
8105	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯	0.00042	0.00015	0.00011	0.00053	0.00026	0.00026
case1-2	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯	0.00034	0.00012	0.00010	0.00045	0.00022	0.00022
			0.00030	0.00010	0.00008	0.00038	0.00019	0.00019
			0.00026	0.00008	0.00008	0.00034	0.00016	0.00016
			0.00042	0.00015	0.00012	0.00053	0.00027	0.00027
case3-4	中央構造線断層帯	中央構造線断層帯	0.00034	0.00012	0.00010	0.00045	0.00022	0.00022
			0.00029	0.00010	0.00009	0.00038	0.00021	0.00021
			0.00028	0.00008	0.00008	0.00034	0.00016	0.00016
8201	山崎断層帯	山崎断層帯	0.00020	0.00030	0.00007	0.00027	0.00037	0.00037

第 148 図 東北地方太平洋沖地震による主要活断層帯での静的クーロン応力変化 (暫定)  
Fig. 148 Coulomb stress change of major active faults by the 2011 Tohoku Earthquake (preliminary result)(3/4).

ID	断層帯名	起震断層名	dCFF(MPa) 本震		dCFF(余効)		dCFF(本震+余効)	
			GPS	海産地殻変動	GPS	海産地殻変動	GPS	海産地殻変動
8202	山崎断層帯	山崎断層帯	-0.00230	-0.00270	-0.00083	-0.00313	-0.00353	-0.00353
8203	山崎断層帯	山崎断層帯	0.00013	-0.00045	-0.00013	0.00000	-0.00058	-0.00058
8204	山崎断層帯	山崎断層帯	0.00013	-0.00045	-0.00013	0.00000	-0.00058	-0.00058
8205	山崎断層帯	山崎断層帯	-0.00013	-0.00071	-0.00022	-0.00035	-0.00094	-0.00094
8206	山崎断層帯	山崎断層帯	-0.00346	-0.00375	-0.00115	-0.00462	-0.00490	-0.00490
8207	山崎断層帯	山崎断層帯	-0.00679	-0.00667	-0.00208	-0.00887	-0.00875	-0.00875
8208	山崎断層帯	山崎断層帯	0.00013	-0.00045	-0.00013	0.00000	-0.00058	-0.00058
8401	長良断層帯	長良断層帯	-0.00015	-0.00071	-0.00020	-0.00038	-0.00091	-0.00091
8701	五日市断層帯	五日市断層帯	-0.00003	0.00005	-0.00001	0.00004	0.00008	0.00008
8702	五日市断層帯	五日市断層帯	-0.00320	-0.00300	-0.00088	-0.00408	-0.00388	-0.00388
8801	若狭断層帯	若狭断層帯	-0.00327	-0.00306	-0.00090	-0.00417	-0.00396	-0.00396
8802	若狭断層帯	若狭断層帯	0.00003	-0.00017	0.00001	0.00003	-0.00016	-0.00016

# VLBI 観測から得られた東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

国土地理院では、東北地方太平洋沖地震前後の国際 VLBI 観測データを解析し、地震に伴うつくば VLBI 観測局の変動量を求めた。図 1 に地震前後のつくば VLBI 観測局の水平・上下成分、図 2 に地震前後のつくば VLBI 観測局の変動ベクトルを示す。VLBI データの解析条件は表 1 の通り。

表 1 VLBI データの解析条件

使用データ	地震前後 (2/22~5/10) に実施した国際 VLBI 観測データ
アプリオリ	ITRF2008 (局位置・速度)、ICRF2 (電波源位置)
拘束条件	位置が正確に求められている観測局の位置 (日本国内の観測局以外) を地球全体で回転・平行移動がないように拘束 (No Net Rotation/ No Net Translation)

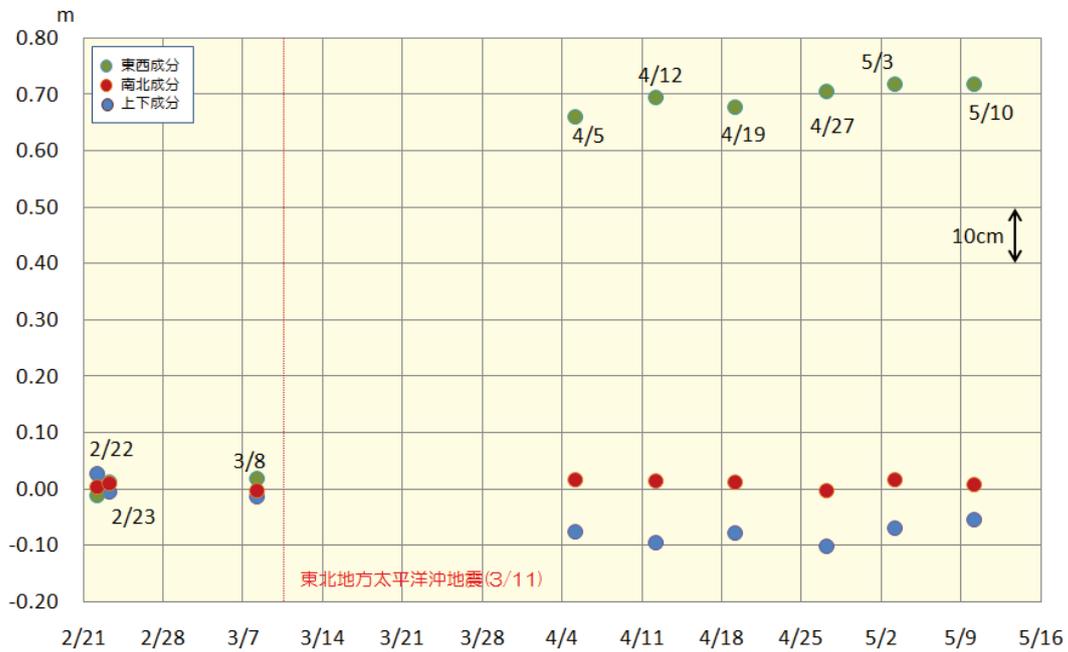


図 1 地震前後のつくば VLBI 観測局の水平・上下成分

地震前 (3/8) と地震後 (4/5) の観測局位置を比較すると、東へ 64.2cm、北へ 2.0cm、下へ 6.4cm 変動していることがわかった。この変動量は、経度で 0.0256 秒、緯度で 0.0006 秒に相当する。

5/31 の電子基準点の測量成果改定では、5/10 の VLBI 観測で求められた観測局位置が用いられた。

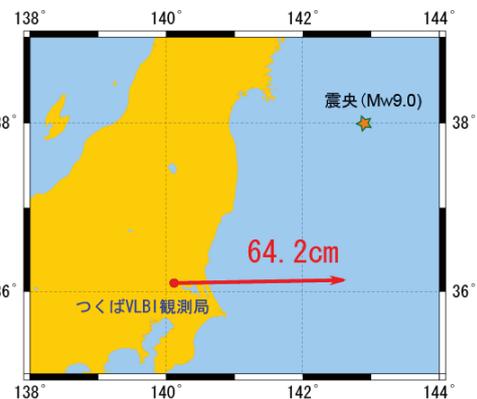


図 2 地震前後の変動ベクトル

第 150 図 VLBI 観測から得られた東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動

Fig. 150 Results of VLBI measurements of crustal deformation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.