

3-3 東北地方の地殻変動

Crustal Movements in the Tohoku District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[水準測量]

第1図は、仙台から岩沼市に至る路線の水準測量結果で、最上段が2年前との比較である。南側沈下が見られる。

[GPS 連続観測]

第2～5図は、飛島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～2010年10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に見られる。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跳び数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島観測点では、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。

[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6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（M6.9）、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。柵葉（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、柵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。

[GPS 平成 22 年 7 月 5 日の岩手県沖の地震]

第 7 図は、2010 年 7 月 5 日に発生した岩手県沖の地震 (M6.4) に伴う地殻変動が、GPS で観測されたかどうかを確かめるための図である。GPS 基線成分変化時系列では、飛びは見られない。また、地震前後に特に目立った地殻変動は見られない。

[GPS 平成 22 年 6 月 13 日の福島県沖の地震]

第 8 図は、2010 年 6 月 13 日の福島県沖の地震 (M6.2) に伴う GPS 連続観測による水平変動ベクトル図及び基線変化グラフである。この地震に伴う明瞭な地殻変動は見られない。

[GPS 平成 22 年 9 月 29 日の福島県中通りの地震]

第 9 図は、2010 年 9 月 29 日に発生した福島県中通りの地震 (M5.7) に伴う GPS 連続観測による水平変動ベクトル図及び基線変化グラフである。東西方向の短縮を示すごくわずかな地殻変動が観測された。

[SAR 平成 22 年 9 月 29 日の福島県中通りの地震]

第 10 図は、福島県中通りの地震の「だいち」(ALOS) の PALSAR データの干渉解析結果である。西側上空の Ascending 軌道から観測した干渉画像である。下の地形図に重ね合わせた拡大図では、震央近くの戸倉山 (とぐらやま) を中心に 12cm を超える衛星に近づく地殻変動が観測された。右上の図は、気象庁が観測点補正と DD 法によって再計算した震源位置と干渉画像を重ねたものである。フリッジの円が完全に閉じない理由は、戸倉山東側斜面の一部が東 and/or 下方向に変位したためとみている。

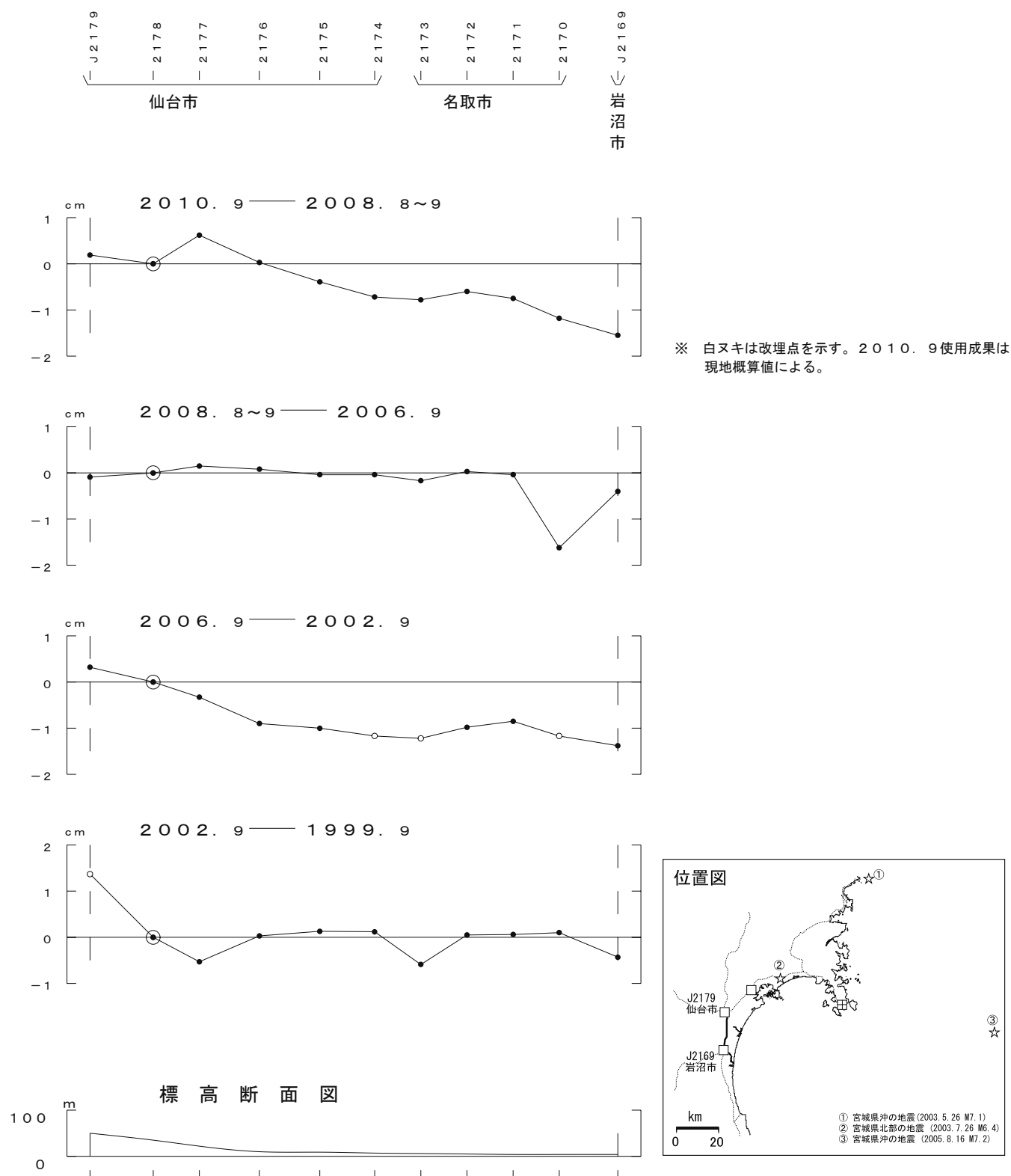
第 11 図は、SAR 干渉画像から震源断層の深さを推定するために気象庁の CMT 解を元に深さを変えて計算した位相変化量である。断層面の傾斜方向が西傾斜 (左列) でも東傾斜 (右列) でも位相変化量に大きな違いはない。断層中心位置の深さとして、2km, 5km, 8km の 3 パターンを計算したが、2km の場合に観測位相をもっともよく再現する。

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.

仙 台 市 ～ 岩 沼 市 間 の 上 下 変 動

岩沼市にかけて沈降が見られる。

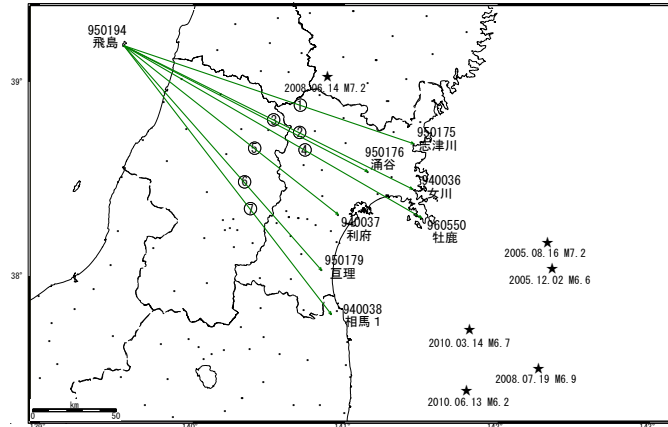


第1図 仙台市～岩沼市間の上下変動

Fig. 1 Results of leveling survey from Sendai city to Iwanuma city.

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			
		2002.12.18		2005.08.24	
950176	涌谷	2003.07.17			2010.03.04
960550	牡鹿	2002.12.16			
940037	利府	2002.12.13			
950179	亘理	2003.07.23			
940038	相馬1	2002.12.26		2007.09.26	

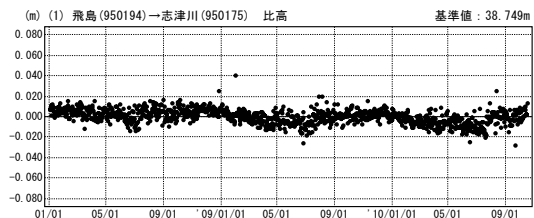
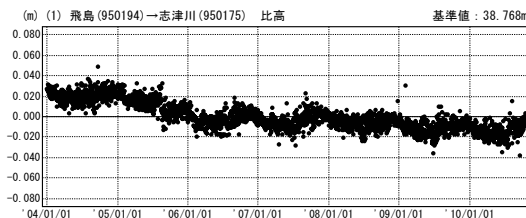
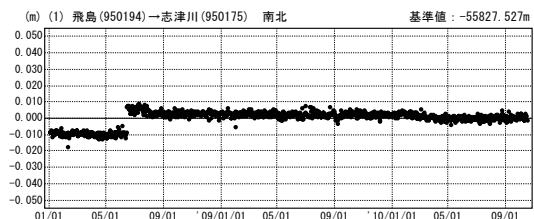
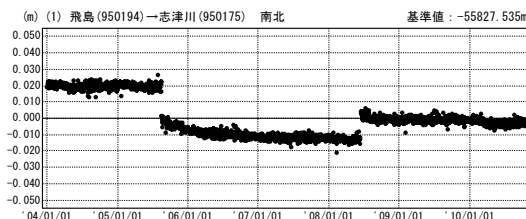
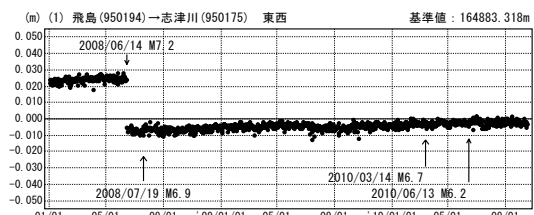
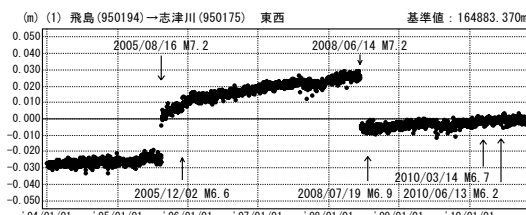
※ 2003年3月25日に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

(基線図・観測点保守状況) (Baseline map and records of site maintenance)

1次トレンド・年周・半年周成分除去後

期間：2004/01/01～2010/10/16 JST

期間：2008/01/01～2010/10/16 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



● — [F3:最終解]

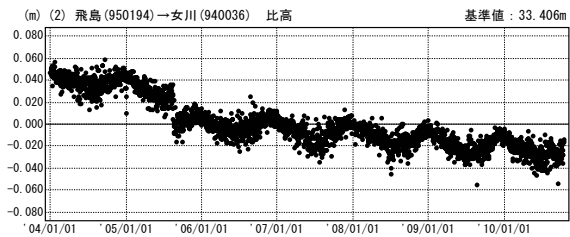
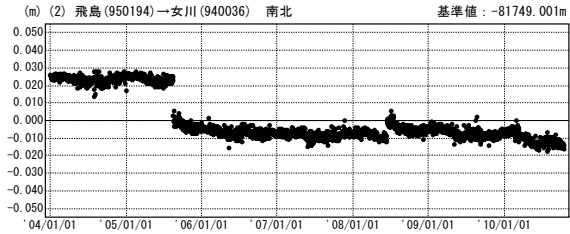
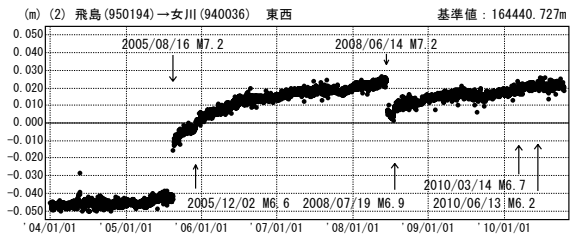
第2図 宮城県周辺におけるGPS連続観測結果(トレンド・年周・半年周除去, 固定点飛島)

Fig. 2 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).

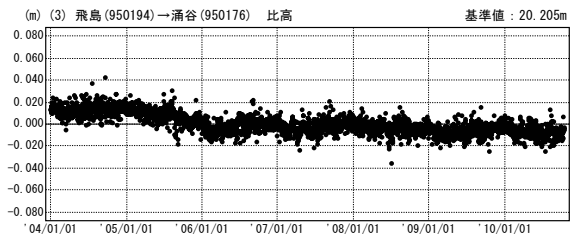
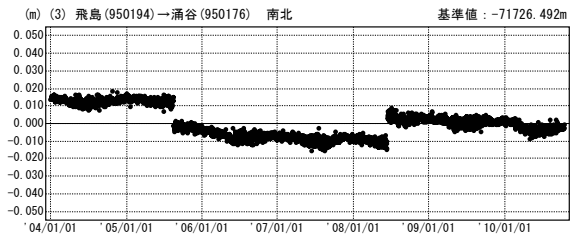
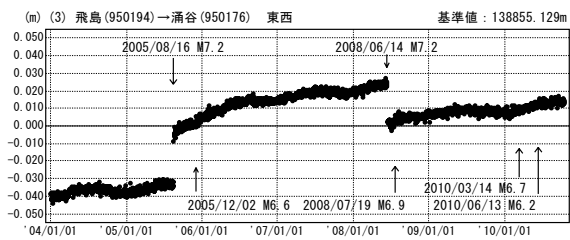
東北地方太平洋岸 G P S 連続観測時系列 (2)

1次トレンド・年周・半年周成分除去後

期間：2004/01/01～2010/10/16 JST

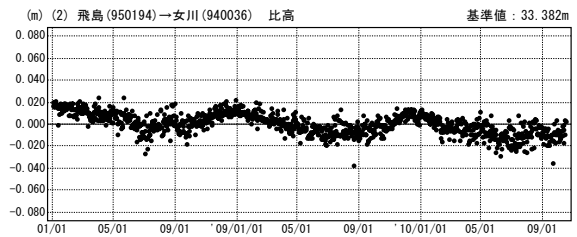
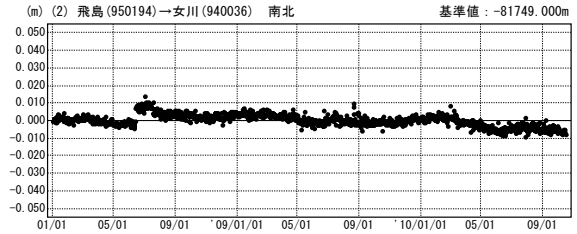
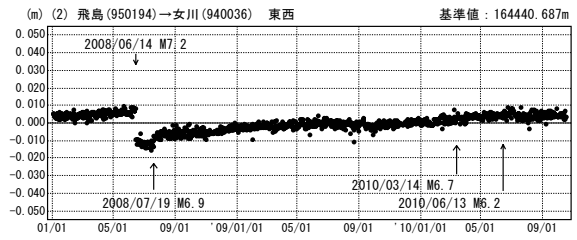


期間：2004/01/01～2010/10/16 JST

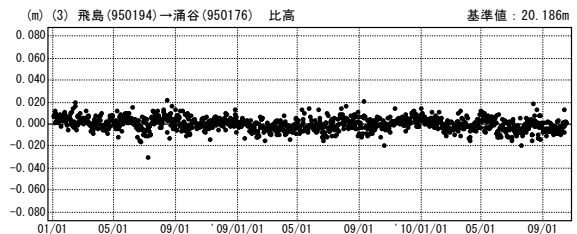
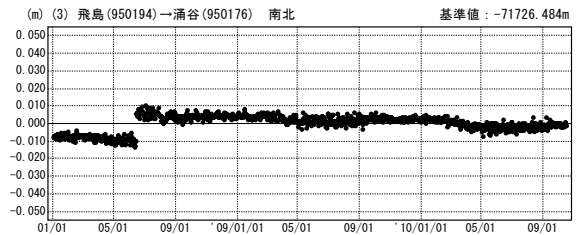
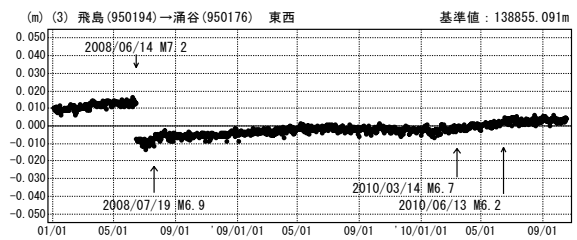


● ----[F3:最終解]

期間：2008/01/01～2010/10/16 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



期間：2008/01/01～2010/10/16 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



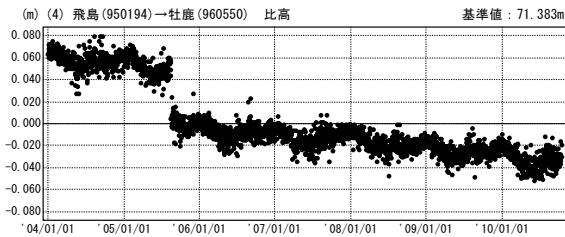
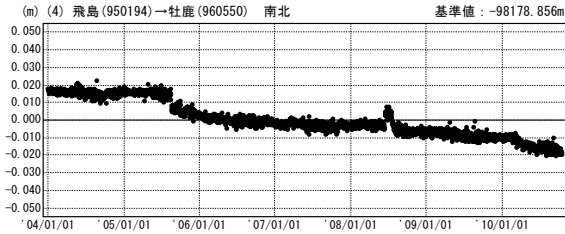
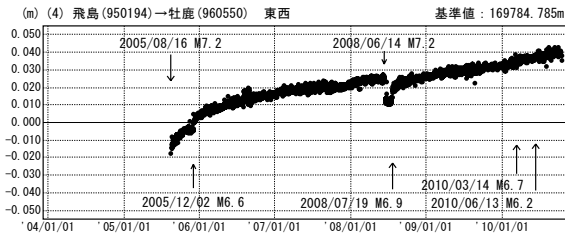
第3図 宮城県周辺における GPS 連続観測結果 (トレンド・年周・半年周除去, 固定点飛鳥)

Fig. 3 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).

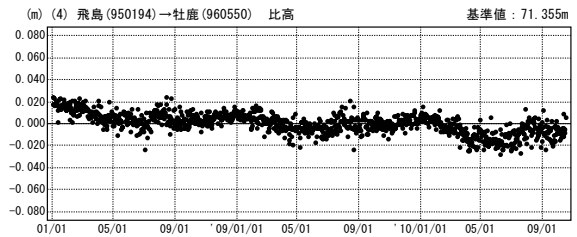
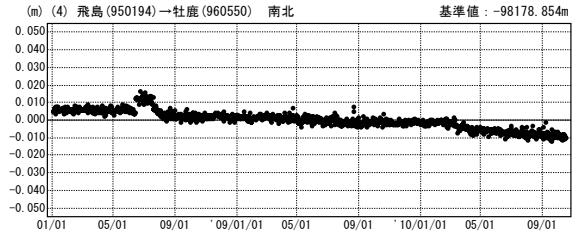
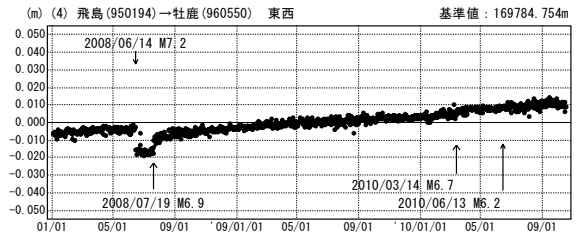
東北地方太平洋岸 G P S 連続観測時系列 (3)

1次トレンド・年周・半年周成分除去後

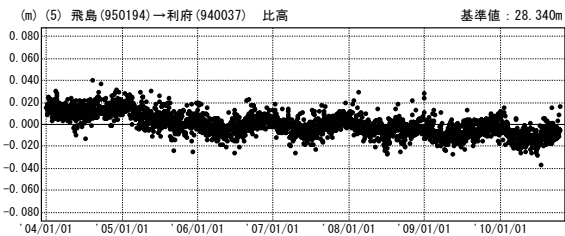
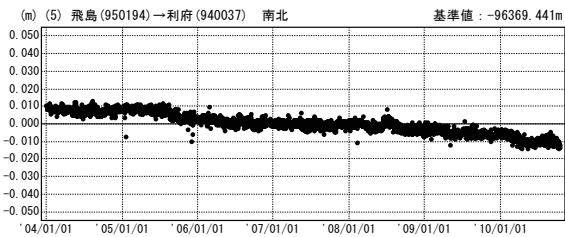
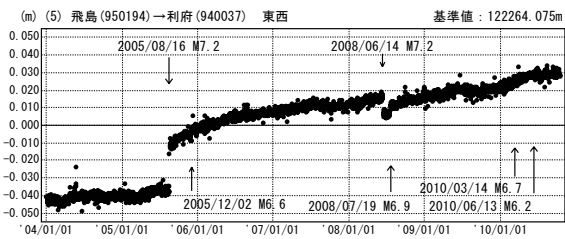
期間：2004/01/01～2010/10/16 JST



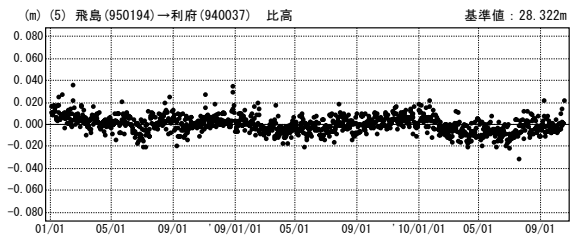
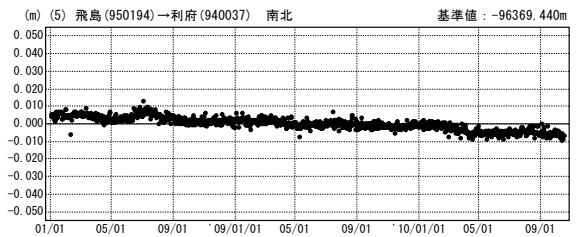
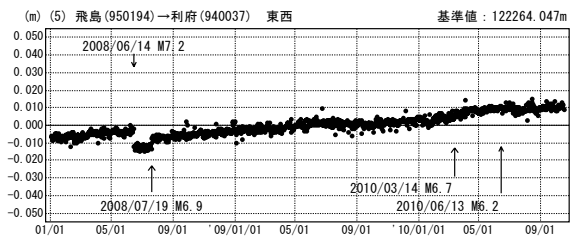
期間：2008/01/01～2010/10/16 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



期間：2004/01/01～2010/10/16 JST



期間：2008/01/01～2010/10/16 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



● ---[F3:最終解]

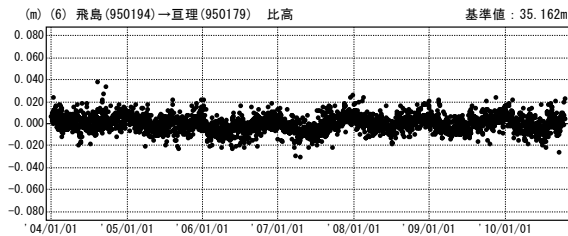
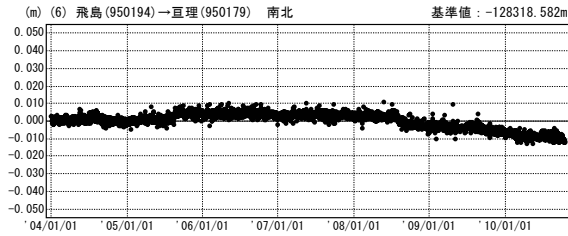
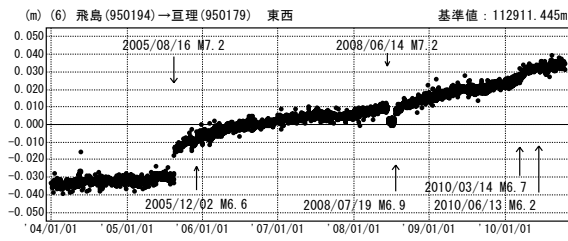
第4図 宮城県周辺における GPS 連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去，固定点飛島）

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) (3/4).

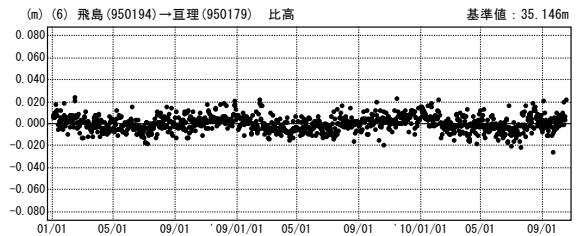
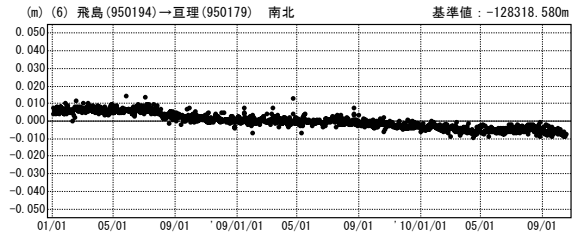
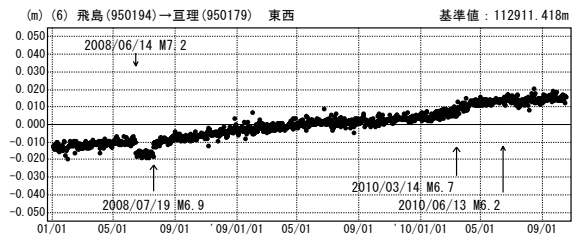
東北地方太平洋岸 G P S 連続観測時系列 (4)

1次トレンド・年周・半年周成分除去後

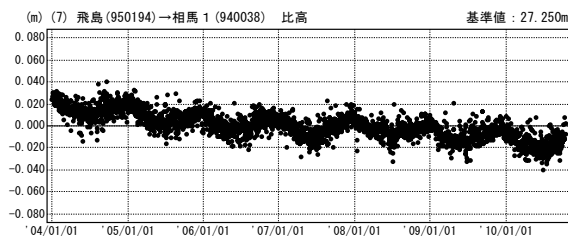
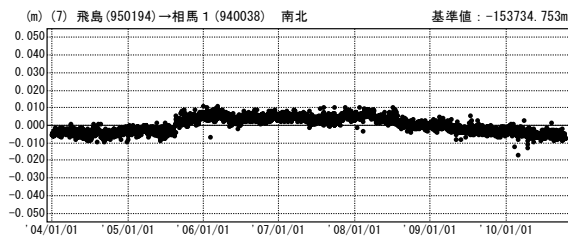
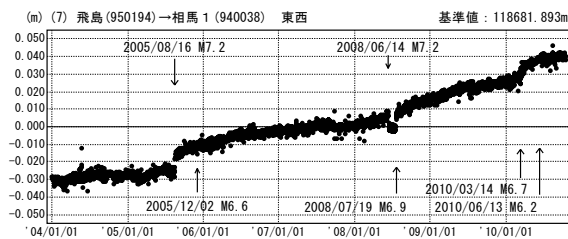
期間：2004/01/01～2010/10/16 JST



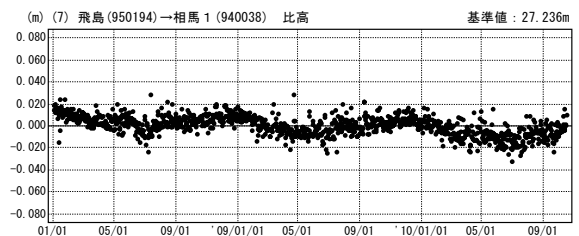
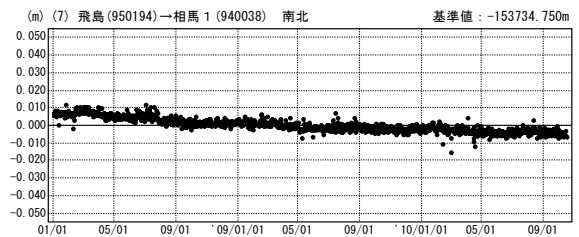
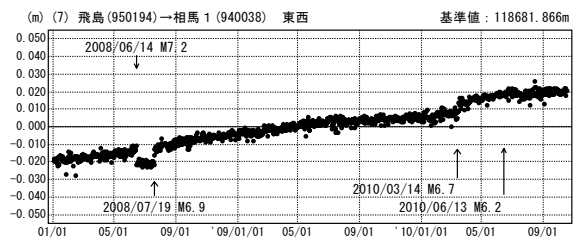
期間：2008/01/01～2010/10/16 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



期間：2004/01/01～2010/10/16 JST



期間：2008/01/01～2010/10/16 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



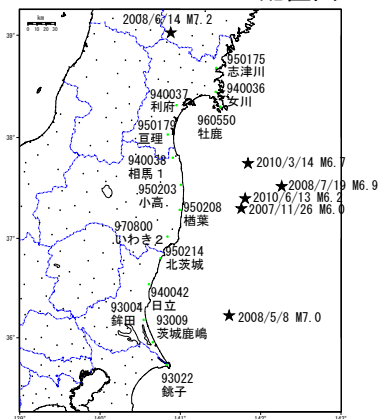
● ---[F3:最終解]

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) (4/4).

宮城・福島・茨城県太平洋岸 GPS連続観測時系列

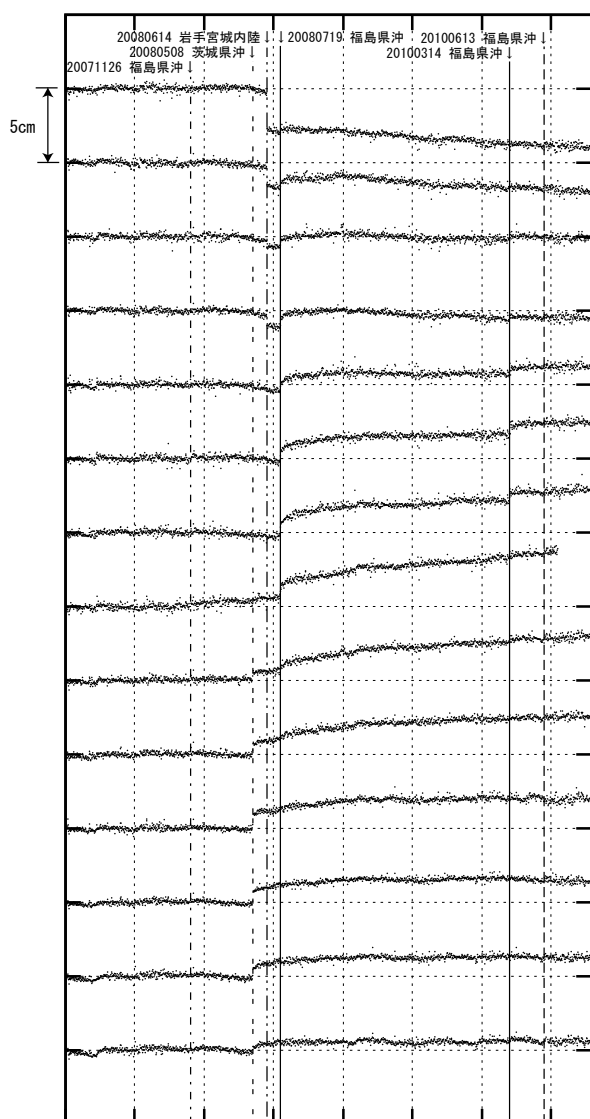
配置図



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：2007.01.01～2010.10.16 計算期間：2006.01.01～2008.01.01



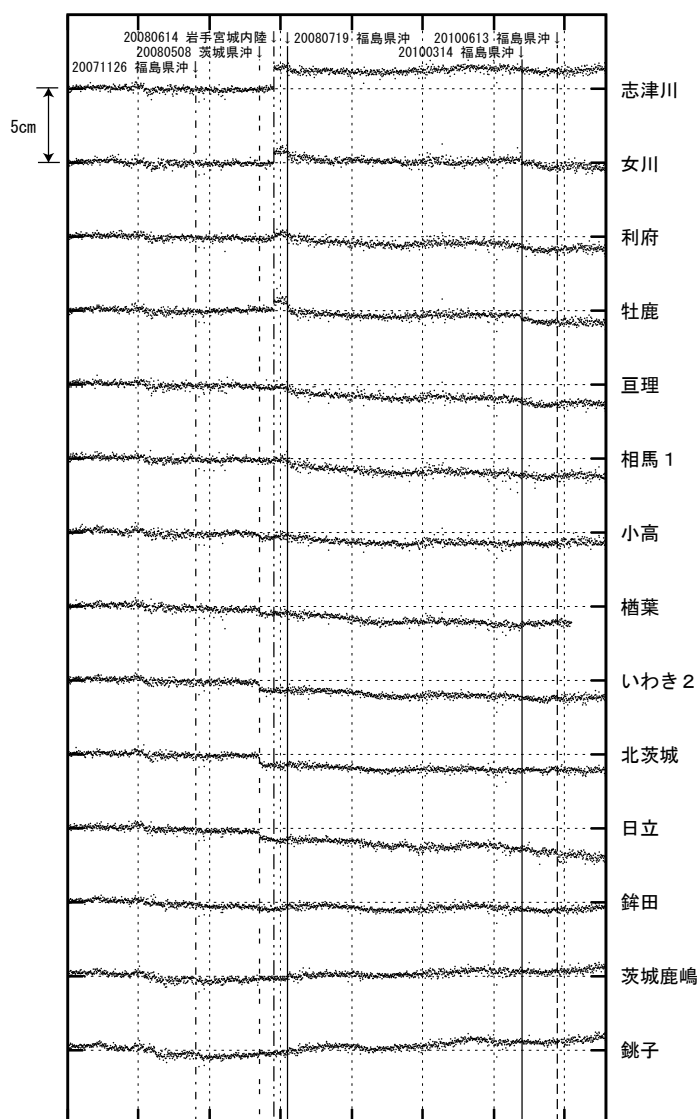
2007.01 2007.07 2008.01 2008.07 2009.01 2009.07 2010.01 2010.07

● — [F3:最終解]

※ 柢葉:2010/07/20移転

1次トレンド・年周・半年周成分除去後（南北成分）

期間：2007.01.01～2010.10.16 計算期間：2006.01.01～2008.01.01



2007.01 2007.07 2008.01 2008.07 2009.01 2009.07 2010.01 2010.07

固定局：大湊（950241）

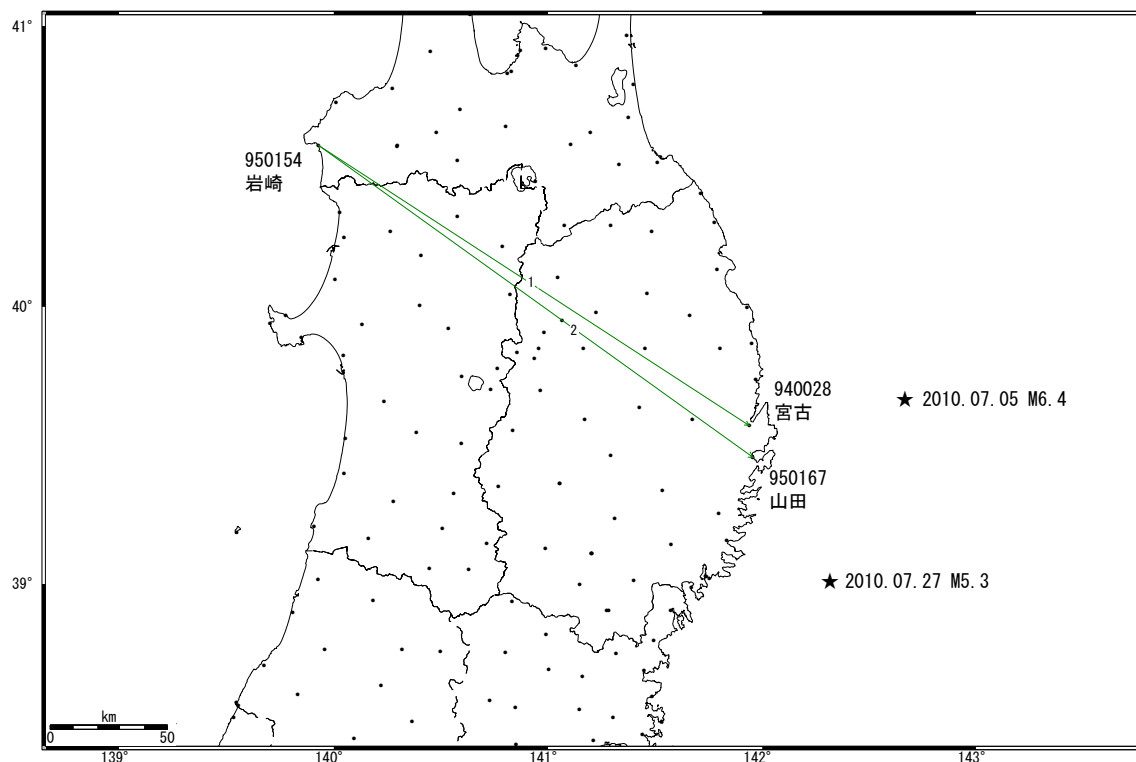
第6図 宮城・福島・茨城県太平洋岸 GPS 連続観測時系列

Fig. 6 Results of continuous GPS measurements on the Pacific coast of Miyagi, Fukushima and Ibaraki.

岩手県沖の地震(7月5日, M6.4)前後の地殻変動

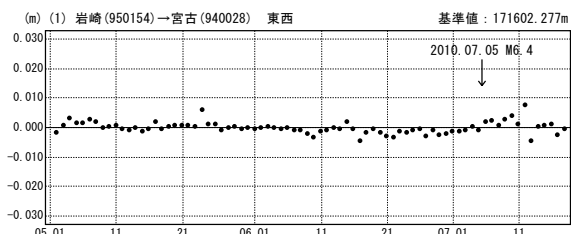
この地震に伴う明確な地殻変動は見られない。

基線図

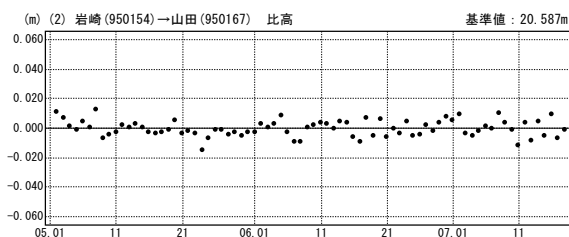
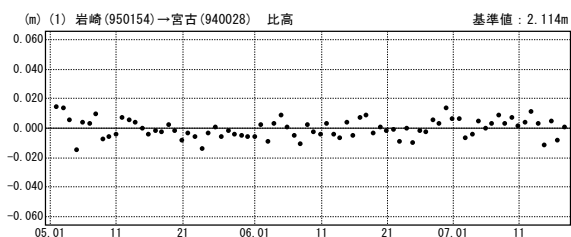
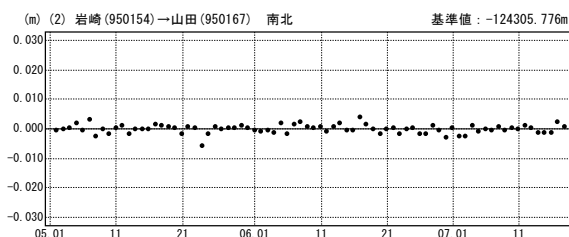
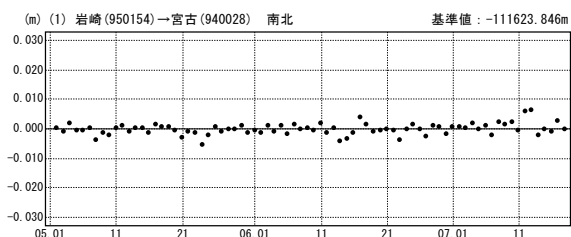
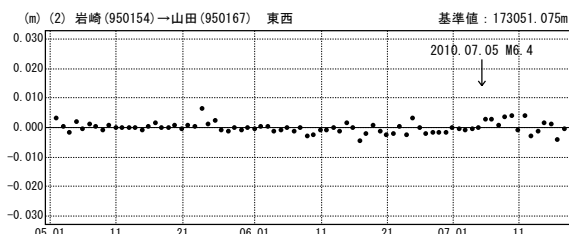


成分変化グラフ

期間：2010.05.01～2010.07.17 JST



期間：2010.05.01～2010.07.17 JST



● — [F3:最終解]

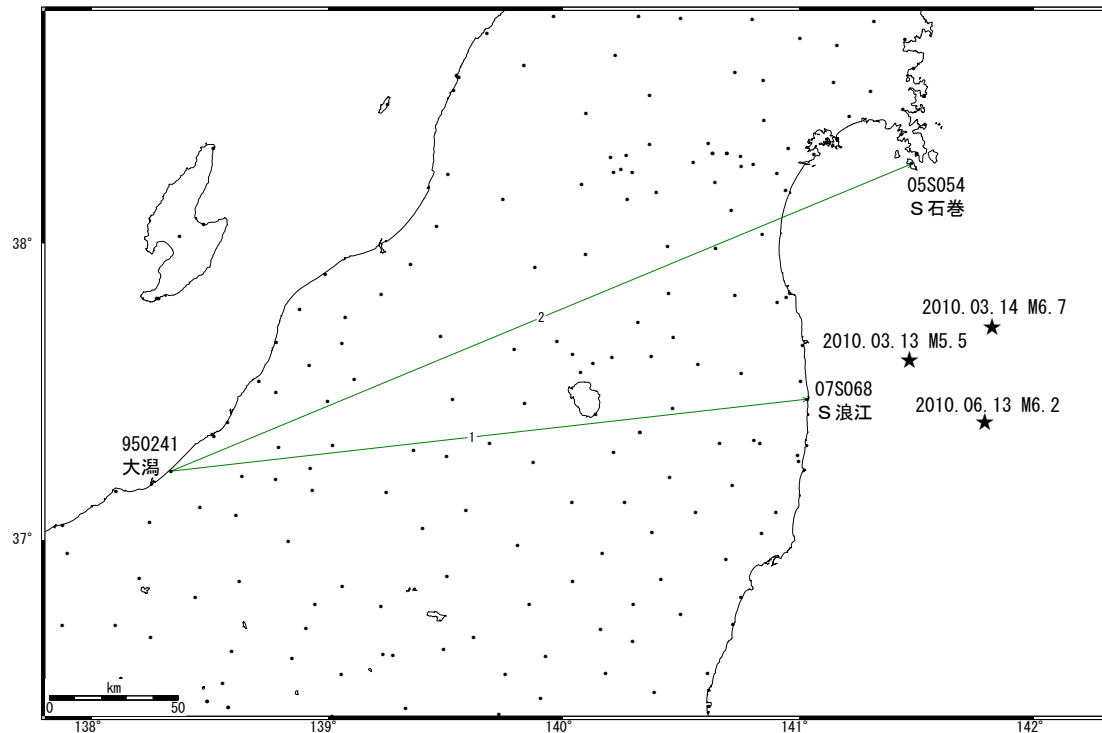
第7図 岩手県沖の地震前後の地殻変動

Fig. 7 Crustal deformation before and after the off-Iwate earthquake in 2010.

福島県沖の地震(6月13日, M6.2)前後の地殻変動

この地震に伴う明確な地殻変動は見られない。

基線図

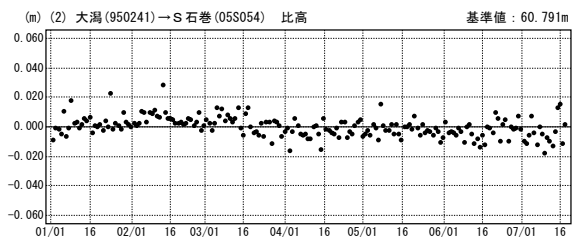
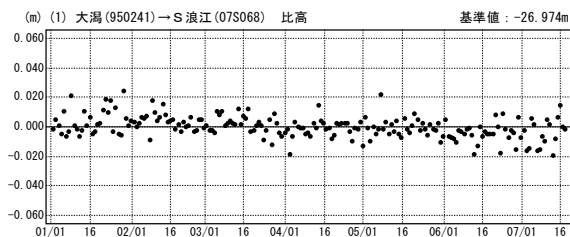
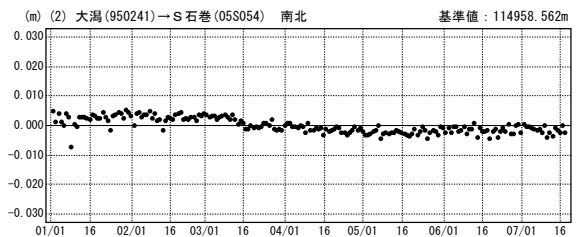
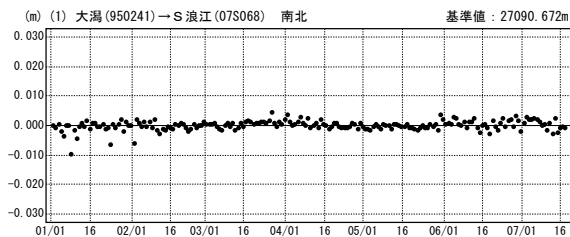
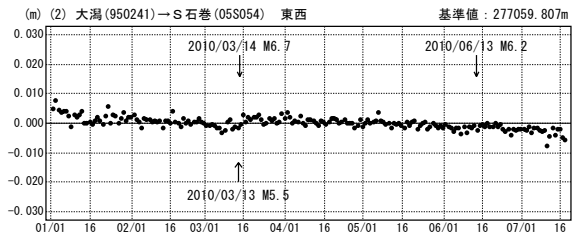


成分変化グラフ

期間：2010/01/01～2010/07/17 JST



期間：2010/01/01～2010/07/17 JST



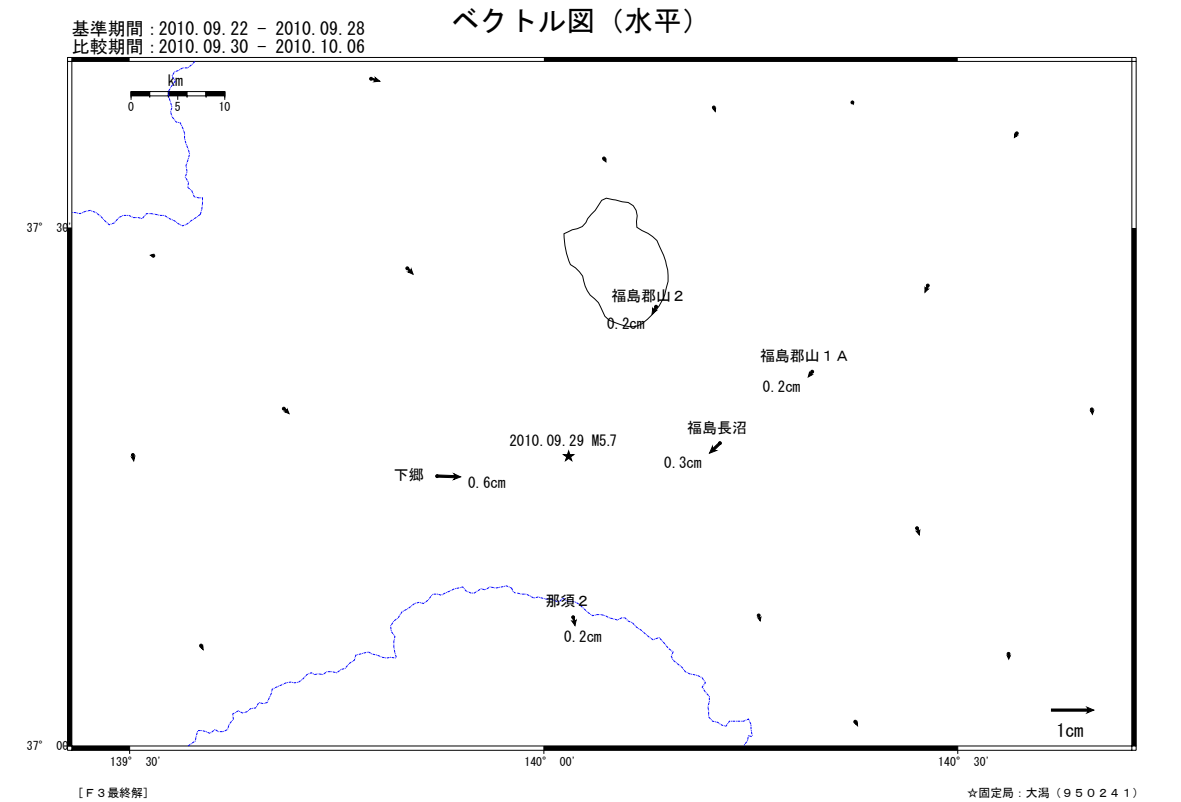
● ---[F3:最終解]

第8図 福島県沖の地震前後の地殻変動

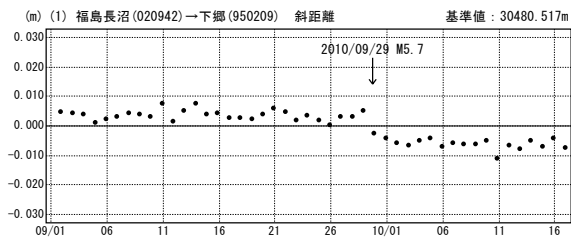
Fig. 8 Crustal deformation before and after the off-Fukushima earthquake in 2010.

福島県中通りの地震(9月29日, M5.7)前後の地殻変動

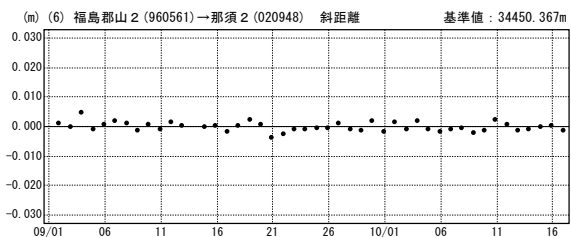
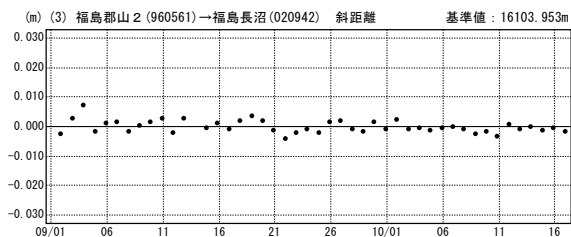
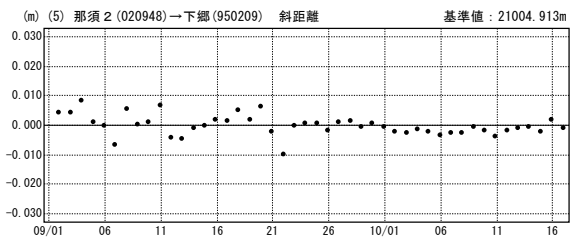
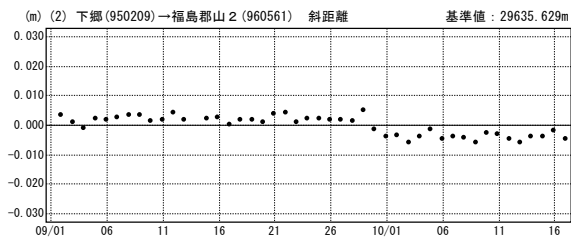
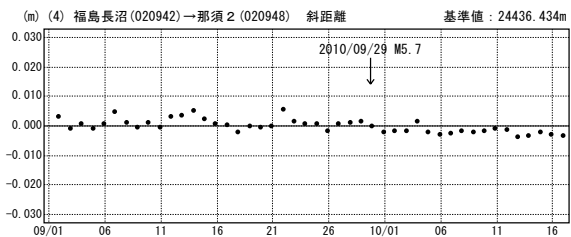
この地震に伴うごくわずかな地殻変動が見られる。



期間 : 2010/09/01~2010/10/16 JST



期間 : 2010/09/01~2010/10/16 JST



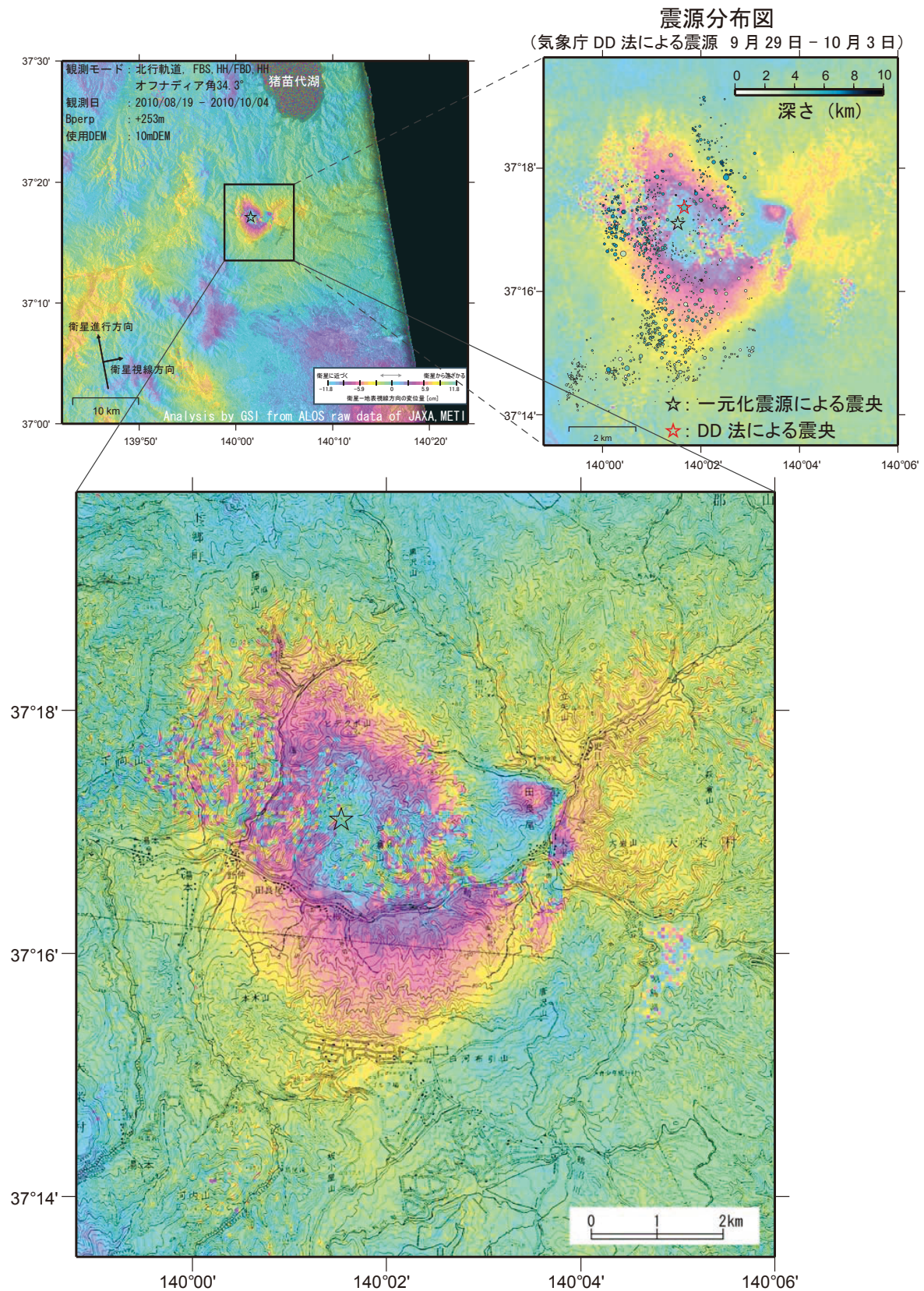
● — [F3:最終解]

第9図 福島県中通りの地震前後の地殻変動

Fig. 9 Crustal deformation before and after the earthquake at the Nakadori area of Fukushima prefecture in 2010.

福島県中通りの地震（2010 年 9 月 29 日 M5.7） 「だいち」合成開口レーダー干渉画像

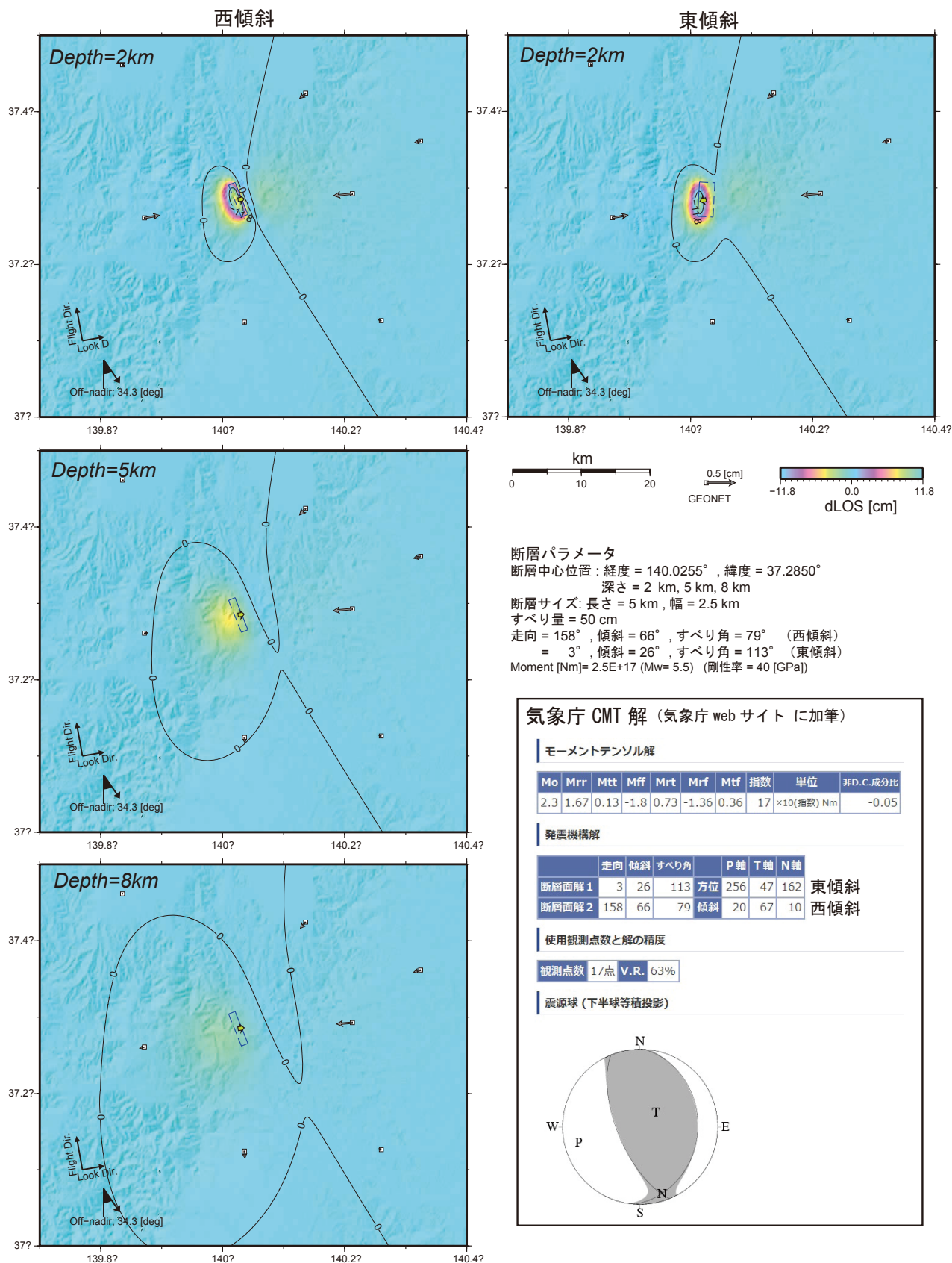
震央付近で 12cm を超える衛星に近づく地殻変動が見られる



第 10 図 福島県中通りの地震

Fig. 10 SAR interferogram of the earthquake at the Nakadori area of Fukushima prefecture in 2010, obtained from ALOS/PALSAR data.

福島県中通りの地震（2010年9月29日 M5.7）
 モデル（JMA CMT 解）から計算した位相変化量（ALOS/PALSAR Ascending）
 断層の傾斜方向にかかわらず、断層中心位置の深さ2kmが観測位相に近い。



第 11 図 福島県中通りの地震 モデルから計算した位相変化量

Fig. 11 Calculated interferograms using CMT solutions released by JMA, for the earthquake at the Nakadori area of Fukushima prefecture in 2010.