

3-2 東北地方の地殻変動

Crustal Movements in the Tohoku District

国土地理院
Geographical Survey Institute

第1・2図はGEONETで観測した最近3ヶ月及び1ヶ月の地殻変動のベクトルである。固定点は飛島観測点に取っている。上段は水平変動、下段は上下変動である。系統的な変動の分布は認められず、2005年8月16日の宮城県沖の地震(M7.2)の余効変動が終息したと考えられる。

第3～9図は、飛島を固定点として東北地方太平洋沿岸の観測点における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トレンド、年周、半年周を除いたグラフとしている。右が2005年8月16日の宮城県沖の地震後の短期的な時系列、左が長期的な時系列で、2002年11月3日の宮城県沖、2003年5月26日の宮城県沖、2003年7月26日の宮城県北部の地震、さらに2003年10月31日の福島県沖の地震の影響などが見られる。女川、牡鹿のグラフで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。涌谷、矢本などでもそれらしいものが多少見て取れる。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、その後の余効的な変動も、志津川、女川、牡鹿の観測点のグラフに見られる。最近2ヶ月間については、どの時系列グラフにも余効変動による地殻変動は見られない。また、2006年10月11日(M6.0)の福島県沖の地震に伴う地殻変動も見られない。

第10図aは、余効変動からプレート間のすべりを仮定して推定した余効すべり分布である。赤の矢印が推定されたプレート間すべりで、黒の矢印が余効変動の観測値、白の矢印が推定されたすべり分布から計算された余効変動である。茨城県沖のすべりは、2005年10月19日の茨城県沖の地震(M6.3)に関連するものである。第10図bには、余効すべりのモーメントの時系列を示した。余効すべりの推定された領域を本震震源断層周辺と、その南側に分割して、時系列を別に示した。宮城県沖の(赤線で囲った)領域の推定された余効すべりのモーメントはほぼ $M_w=7.05$ 相当である。モーメント解放は本震後2ヶ月程度進み、11月頃に一旦終息しかけたが、12月2日の余震後再開し、一旦減衰しかけて、2006年2～3月にかけてまた加速した。2006年8月～9月のGPSデータのバラツキに起因すると思われる山は見えるが、現在は水平でモーメント解放は止まっているように見える。第11図は、本震後2ヶ月毎のすべり分布の変遷を赤矢印で、余効変動の計算値(白矢印)と観測値(黒矢印)の比較を一緒に示した図である。2005年8月16日の本震以降、最初の2ヶ月は本震の震源域よりやや南側を中心に余効すべりが生じていた。2005年12月2日の余震以降の上段右の図では岩手県沿岸に北西方向のすべりが推定されていて、この現象は解釈が難しい。観測のノイズに起因する可能性もある。それ以降は、南側にすべりが拵がって中段左の2006年2月～4月の図では、福島県沖に拵がったすべりが見えている。下段左の9～11月の図では、全領域でほぼすべりは収まったように見える。

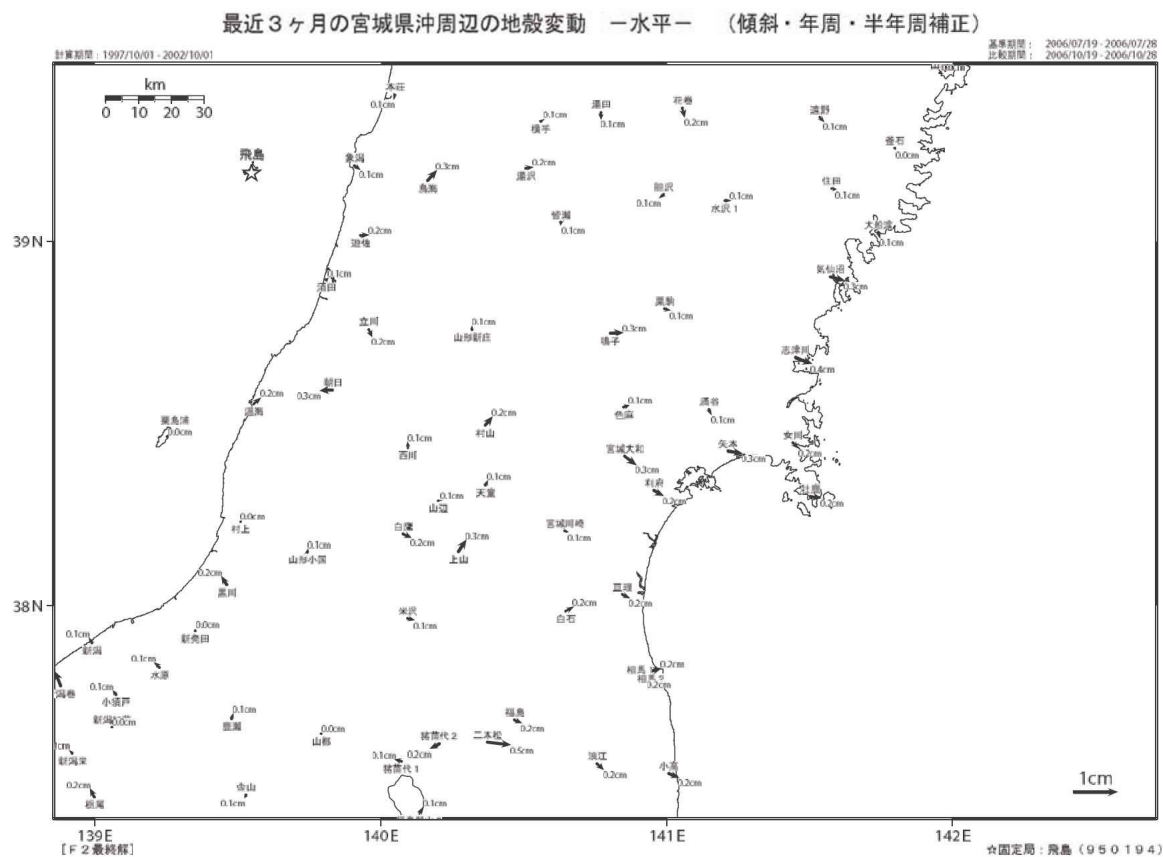
第11・12図は推定されたすべりによる非定常変動の計算値と観測値を比較した時系列グラフである。第12図に観測点の配置を示した。第12図下段の水戸、北茨城などでは、2005年10月19日の茨城県沖の地震の影響が確認できるが、最近2ヶ月はどの点でも時系列が水平になっている。

第14・15図は、1994年（平成6年）12月28日の三陸はるか沖地震後のプレート間カップリングの回復を地殻変動の推移から推定したものである。第14図はトレンドを除かないデータから推定したバックスリップ分布で、2000-2003年は岩手県沖での滑り欠損が小さかったものが、2003-2006年の期間では大きくなっていることがわかる。第15図はトレンドを除去して推定した滑り欠損分布で、三陸はるか沖地震の震源域南西側の領域で固着が回復したことが推定された。

第16図は、牡鹿地区のGPS機動観測（キャンペーン観測）の結果である。前回、地震発生直後の2005年8月17,18日に観測した結果と今回2006年5月に観測した結果の比較である。全体的に南東方向への水平変動と沈降が確認され、これは地震後の余効変動を捉えていると考えられる。

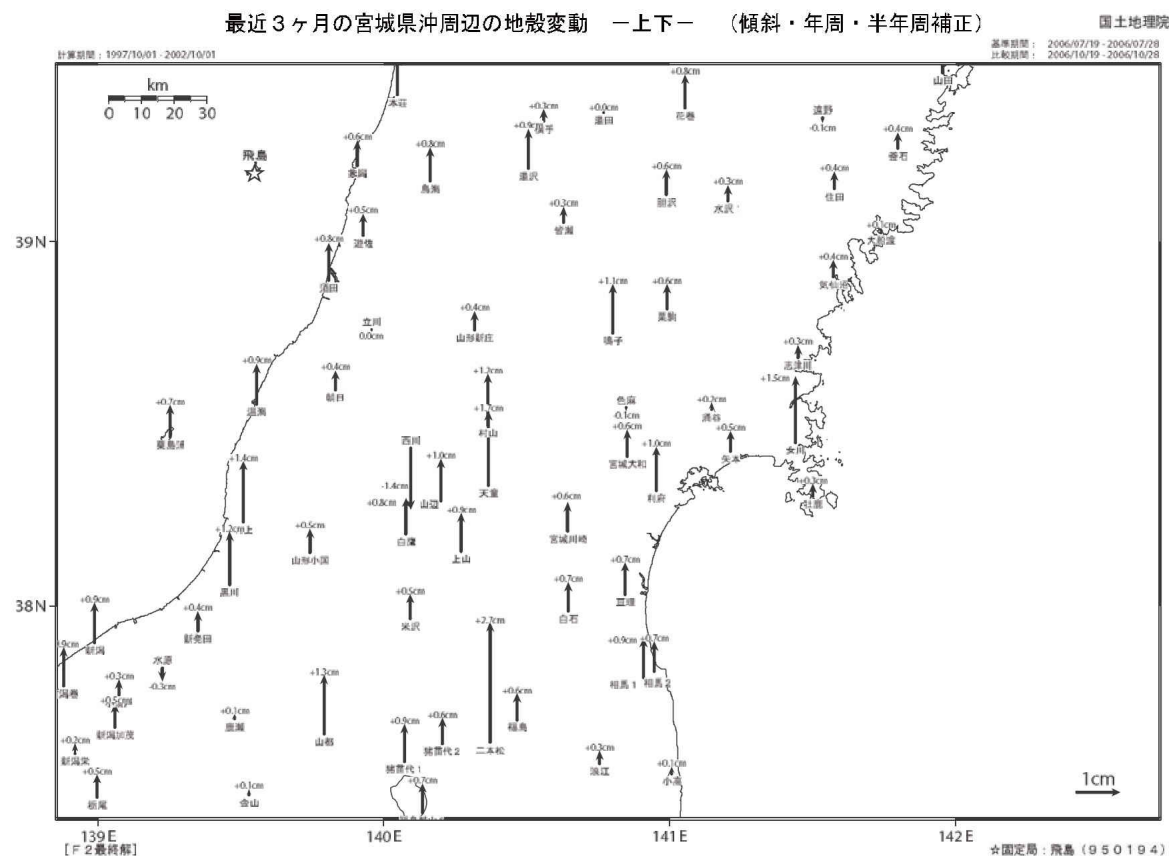
参 考 文 献

- 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.



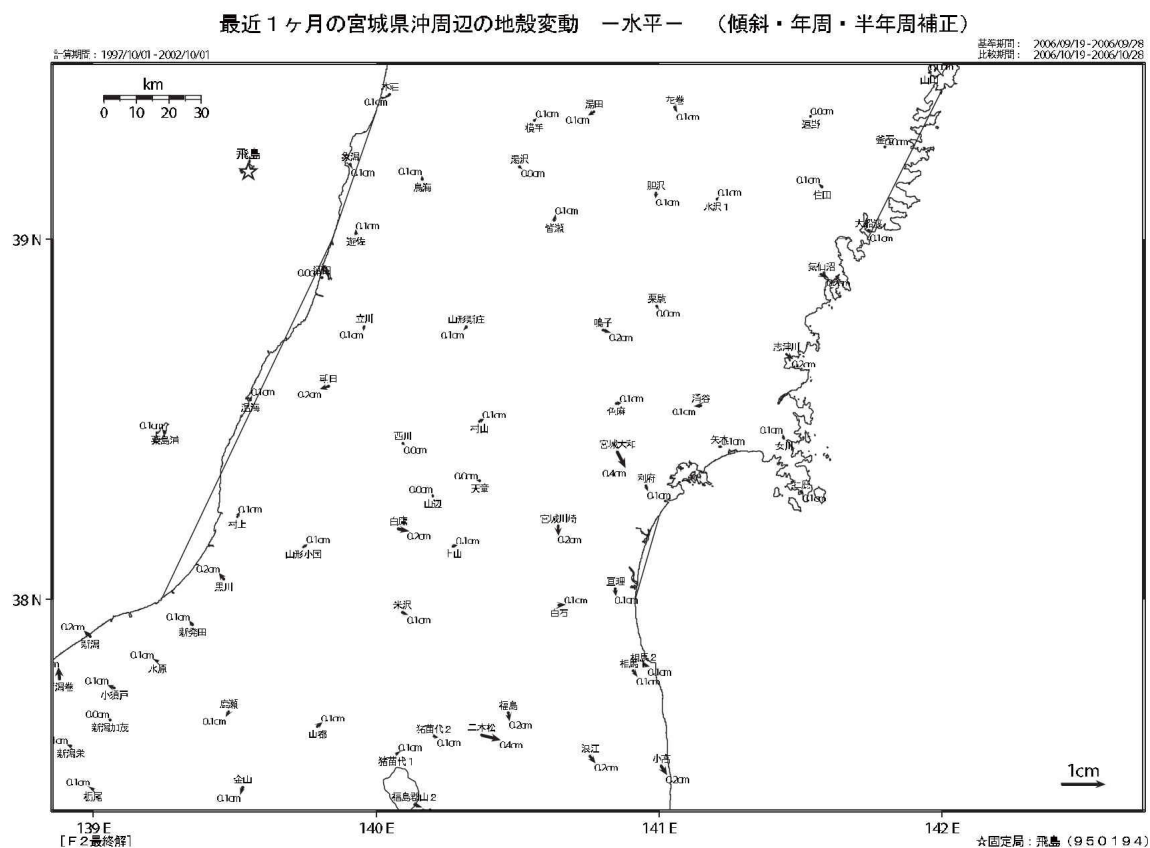
第1図 a 宮城沖周辺の非定常地殻水平変動 (2006年7月～10月)

Fig.1a Horizontal crustal movement off Miyagi after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components. (July 2006 to October 2006)



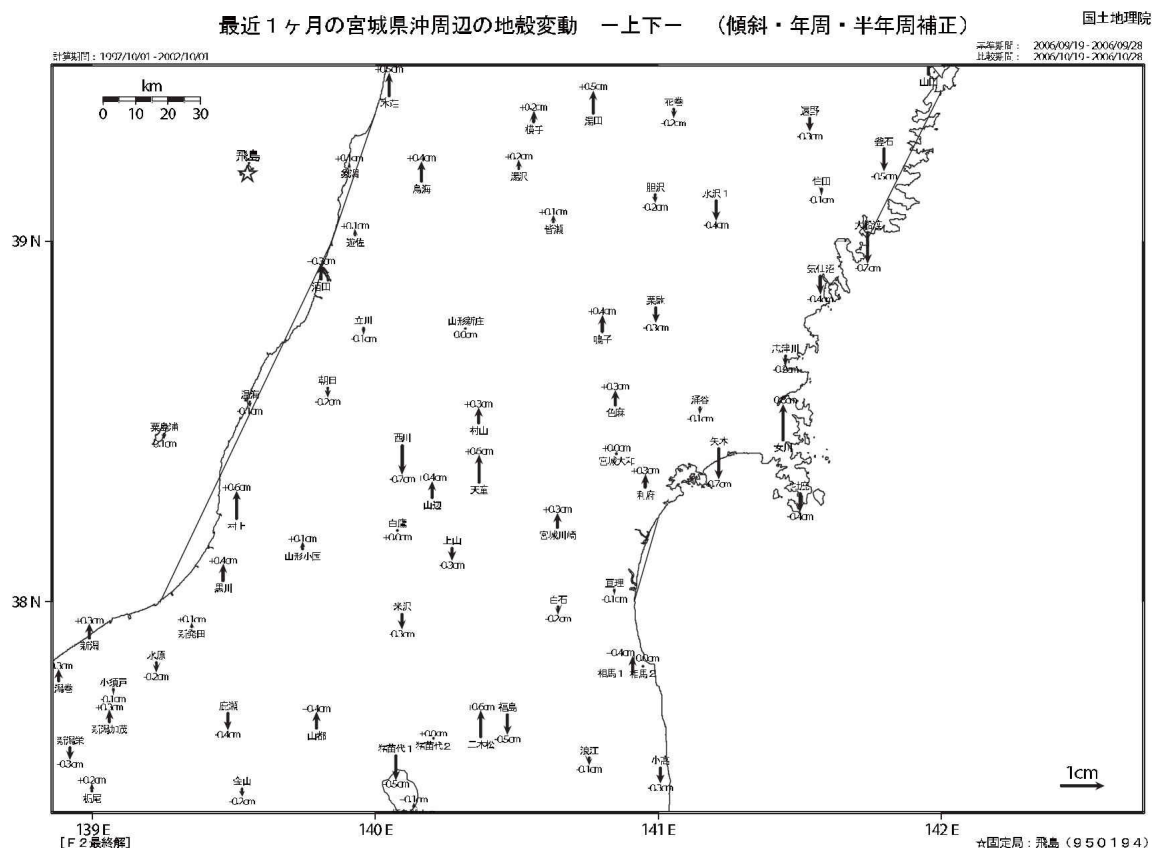
第1図 b 宮城沖周辺の非定常地殻上下変動 (2006年7月～10月)

Fig.1b Vertical crustal movement off Miyagi after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components. (July 2006 to October 2006)



第 2 図 a 宮城沖周辺の非定常地殻水平変動（2006 年 9 月～10 月）

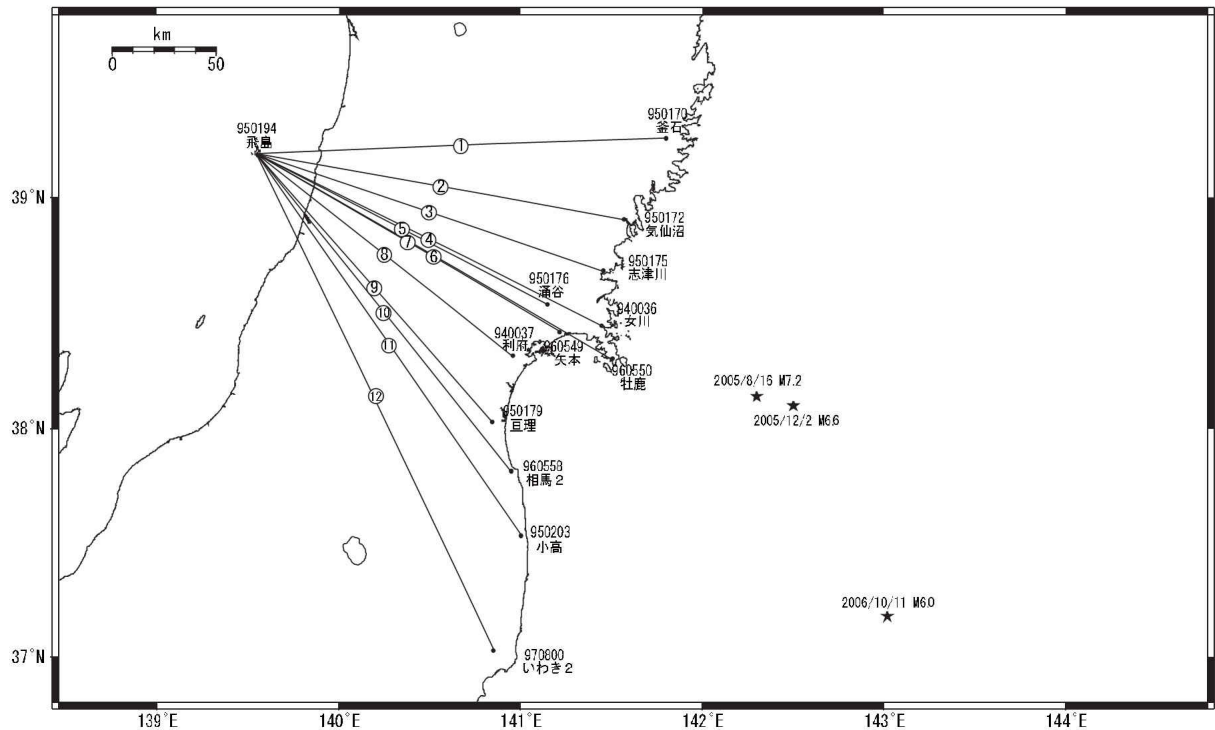
Fig.2a Horizontal crustal movement off Miyagi after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components. (September 2006 to October 2006)



第 2 図 b 宮城沖周辺の非定常地殻上下変動（2006 年 9 月～10 月）

Fig.2b Vertical crustal movement off Miyagi after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components. (September 2006 to October 2006)

東北地方太平洋岸 GPS連続観測基線図



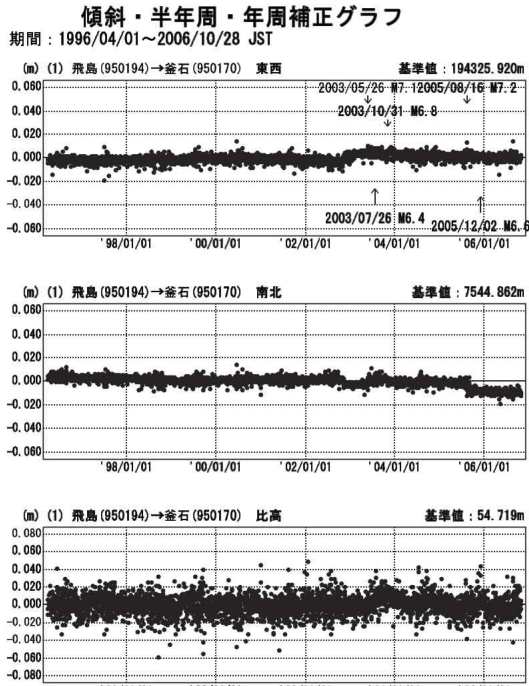
観測局情報

点番号	点 名	アンテナ交換	アンテナ高調整	周辺伐採
950170	釜石	2003/3/13		2003/12/11
950172	気仙沼	2002/12/12		
950175	志津川	2003/7/17		
940036	女川	2001/11/28		2005/8/24
		2002/12/18		
950176	涌谷	2003/7/17		
960550	牡鹿	2002/12/16		
960549	矢本	2002/12/16		
940037	利府	2002/12/13		
950179	亶理	2003/7/23		
960558	相馬2	2002/12/13		
950203	小高	2003/7/22		2003/10/30
970800	いわき2	2003/5/27		
950194	飛島	2003/6/9		

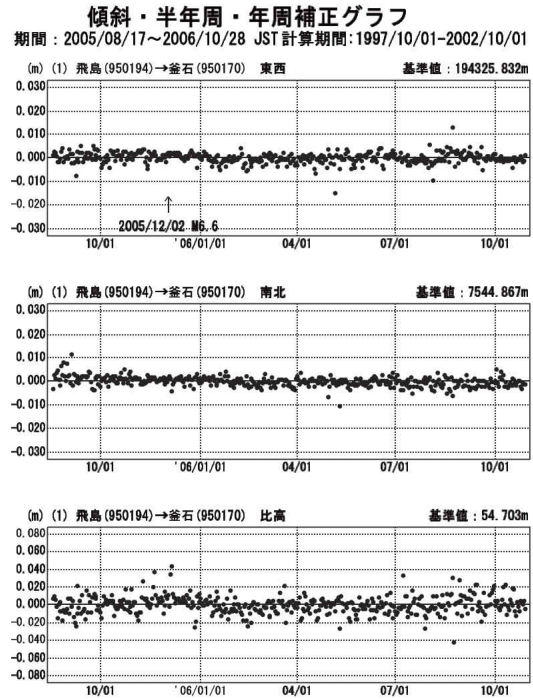
※2003/3/5に基準局92110（つくば1）のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

第3図 GEONET 最終解による宮城県周辺における長期間と宮城県沖の地震（2005年8月16日）後のGPS連続観測結果（基線図・観測点保守状況）

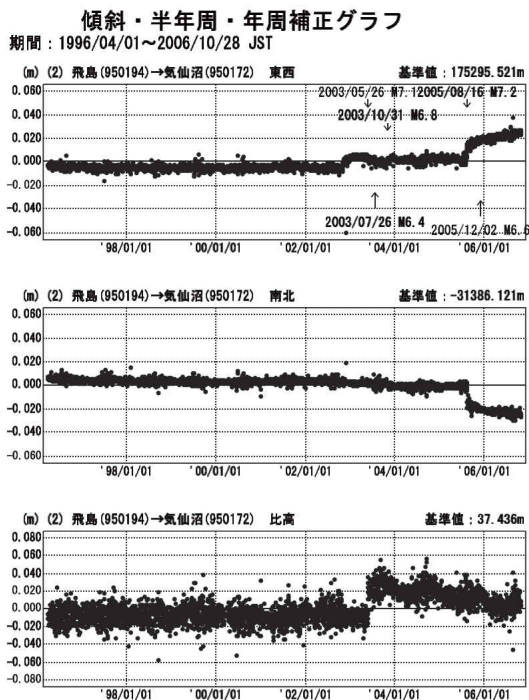
Fig.3 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (Baseline map and records of site maintenance).



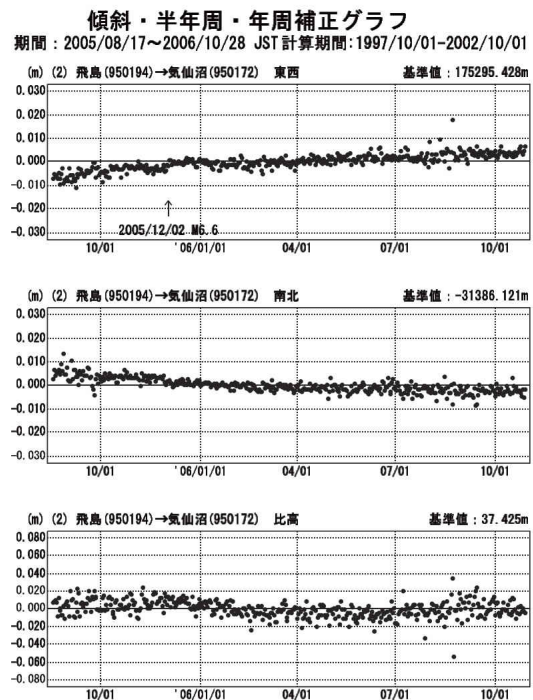
● — [F2:最終解]



国土地理院

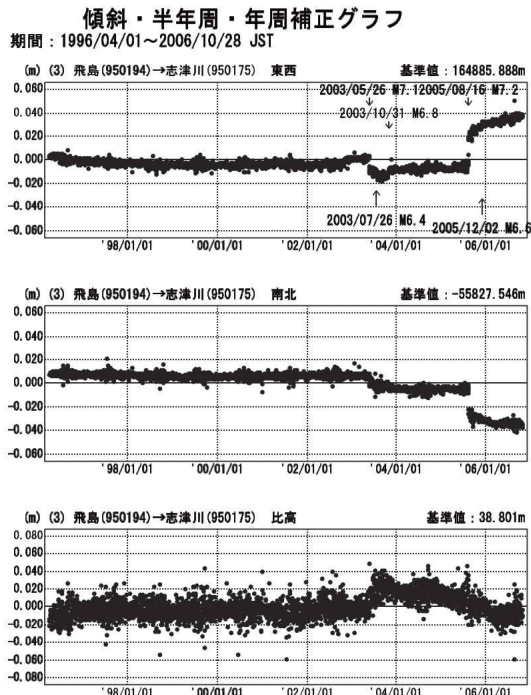


● — [F2:最終解]

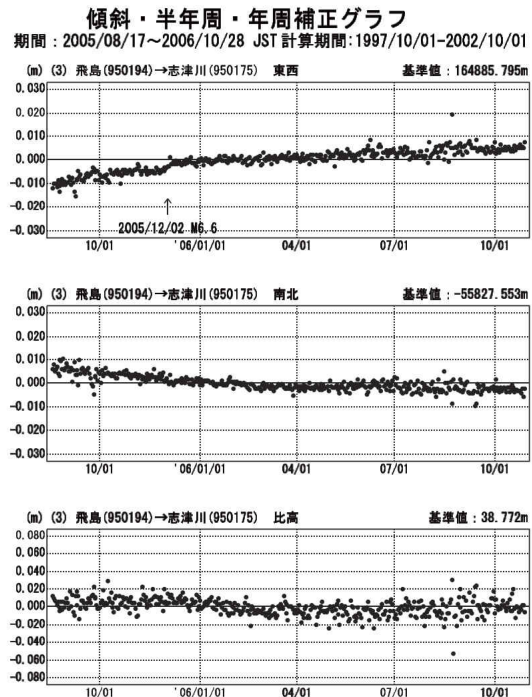


国土地理院

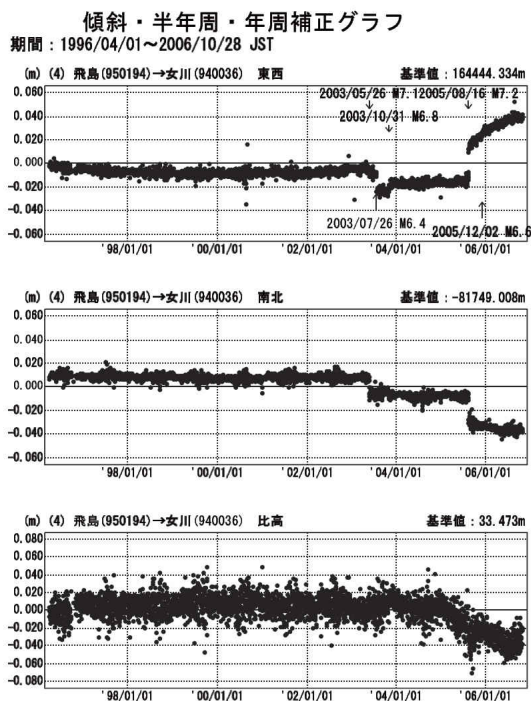
第4図 GEONET 最終解による宮城県周辺における長期間と宮城県沖の地震（2005年8月16日）後のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去，固定点飛鳥）
 Fig.4 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima). (1/6)



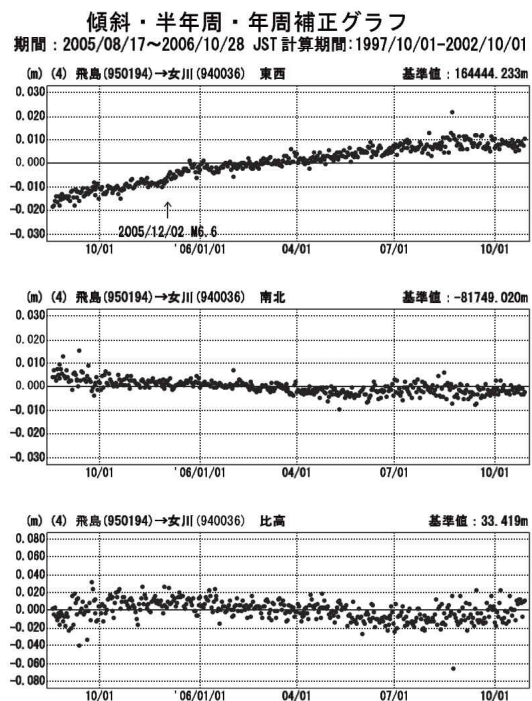
● —[F2:最終解]



国土地理院



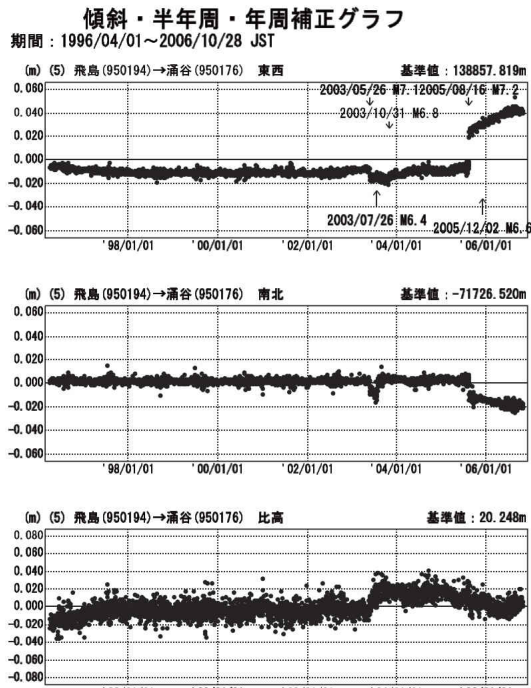
● —[F2:最終解]



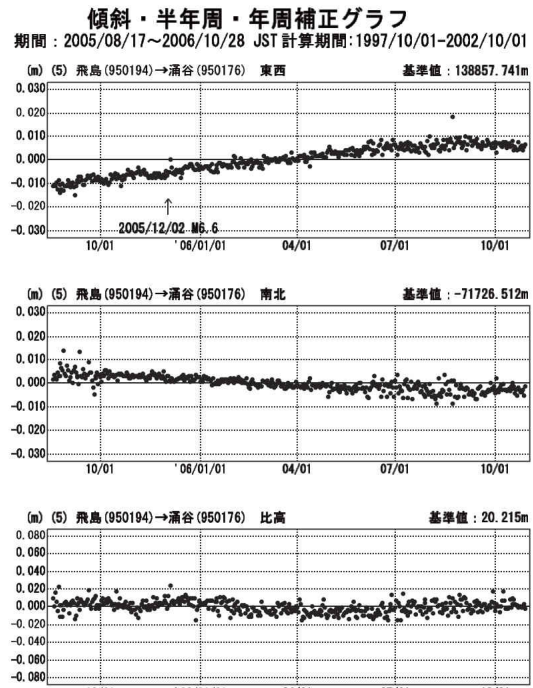
国土地理院

第5図 GEONET 最終解による宮城県周辺における長期間と宮城県沖の地震（2005年8月16日）後のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去，固定点飛島）

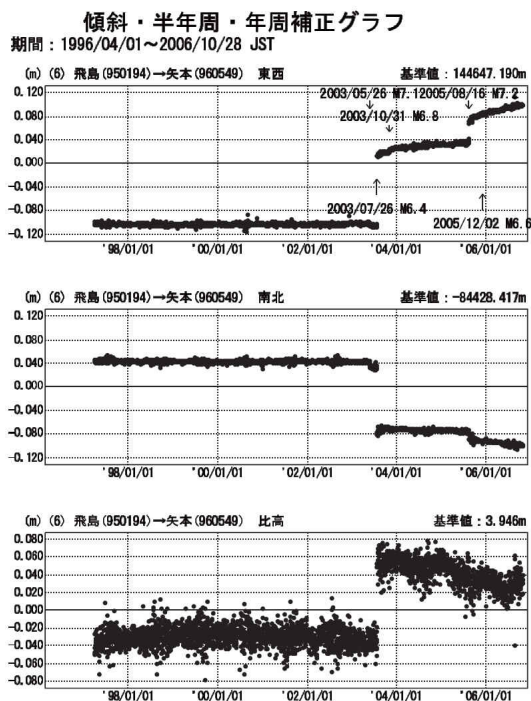
Fig.5 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima). (2/6)



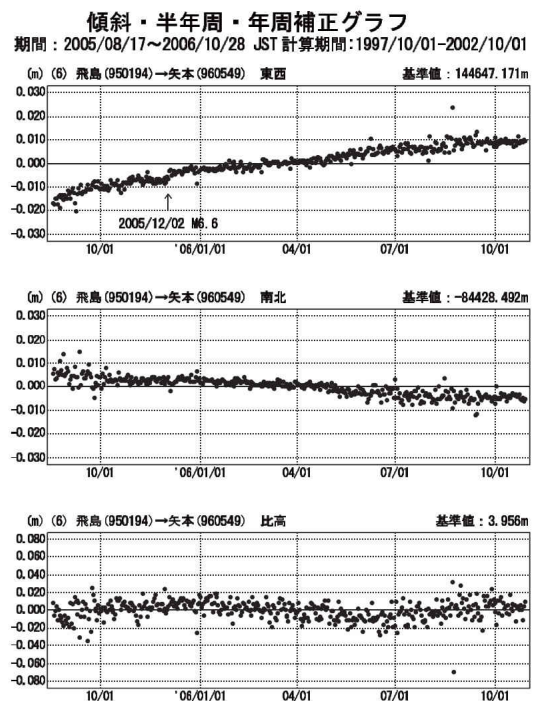
● — [F2:最終解]



国土地理院



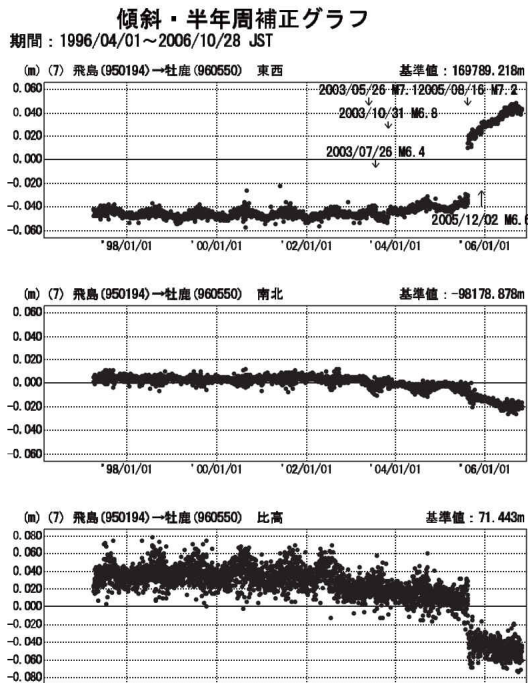
● — [F2:最終解]



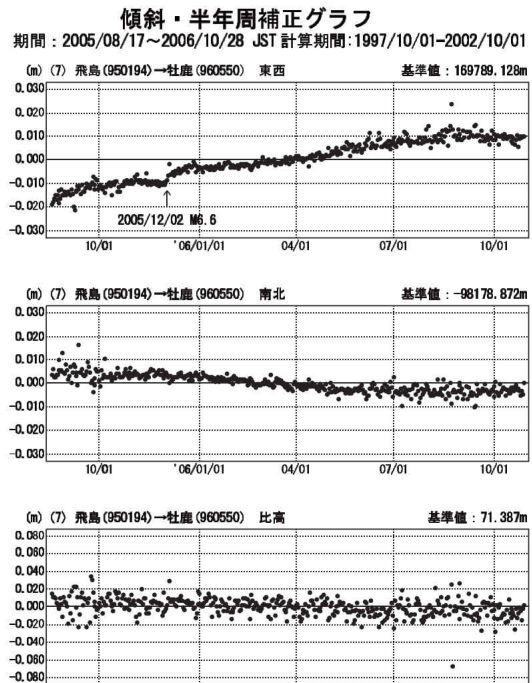
国土地理院

第6図 GEONET 最終解による宮城県周辺における長期間と宮城県沖の地震（2005年8月16日）後のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去，固定点飛島）

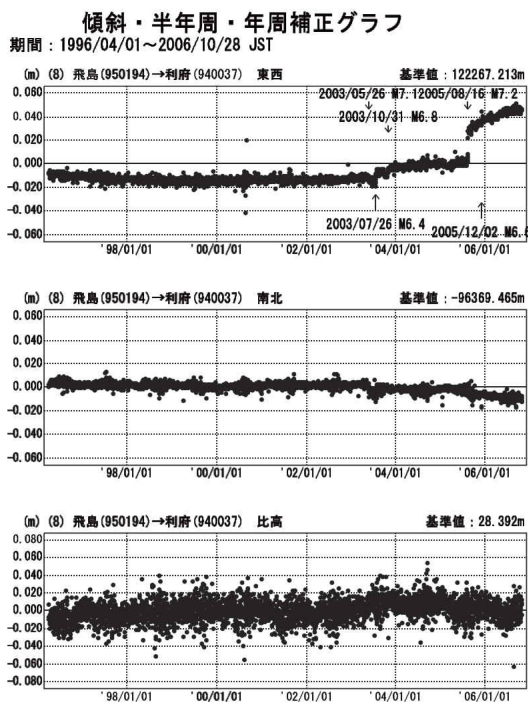
Fig.6 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima). (3/6)



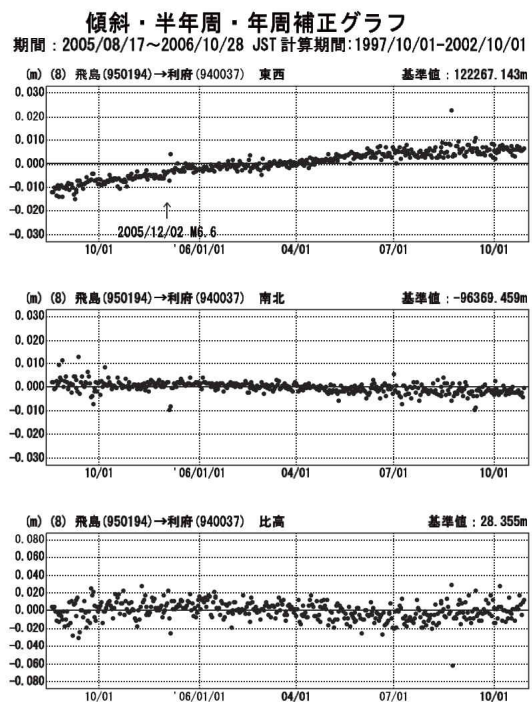
● — [F2:最終解]



国土地理院



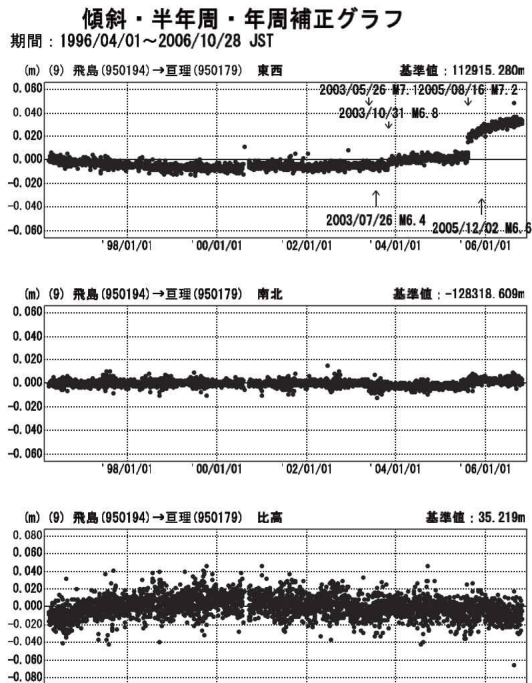
● — [F2:最終解]



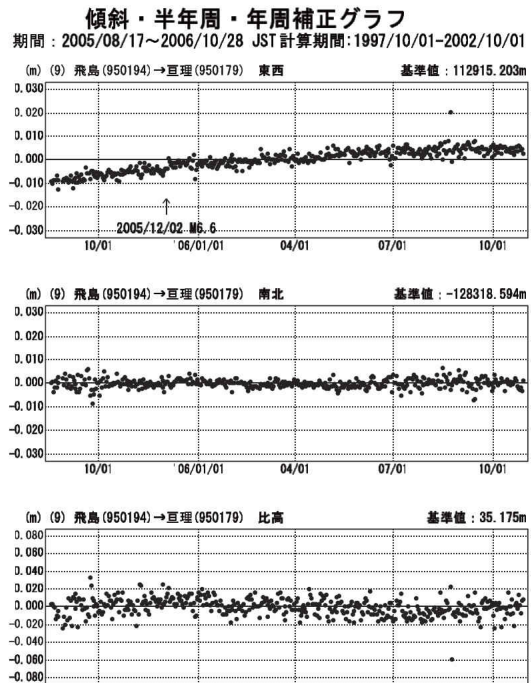
国土地理院

第7図 GEONET 最終解による宮城県周辺における長期間と宮城県沖の地震（2005年8月16日）後のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去，固定点飛島）

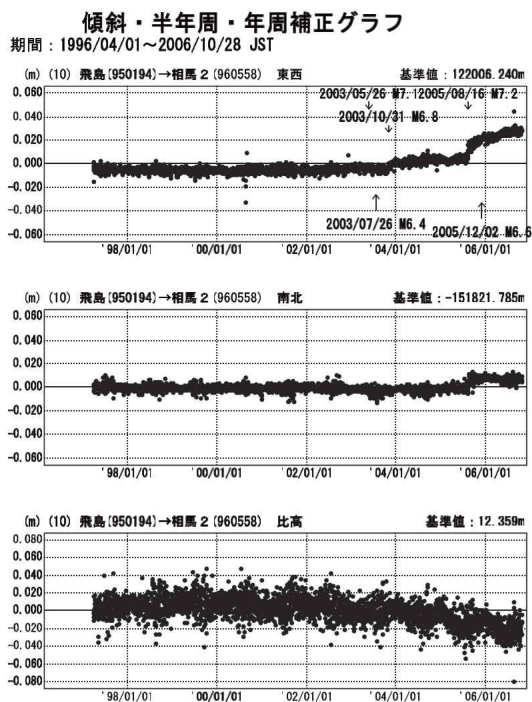
Fig.7 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima). (4/6)



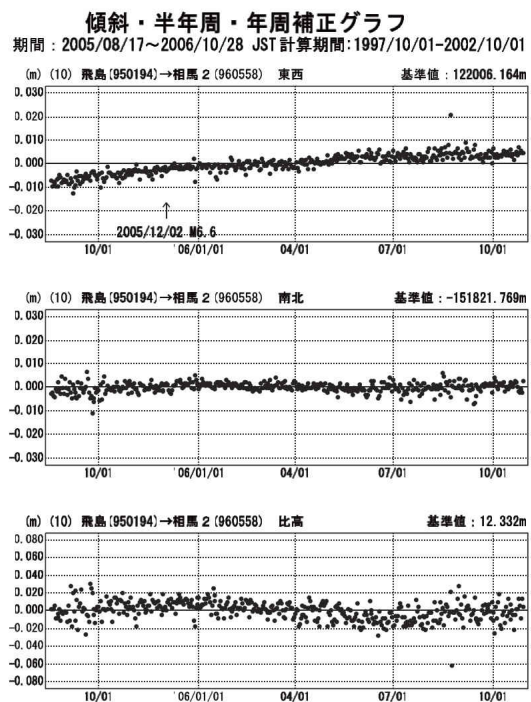
● — [F2:最終解]



国土地理院



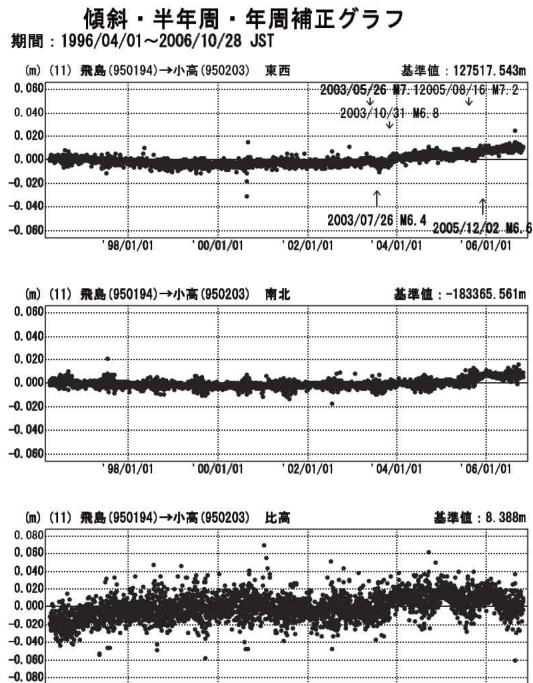
● — [F2:最終解]



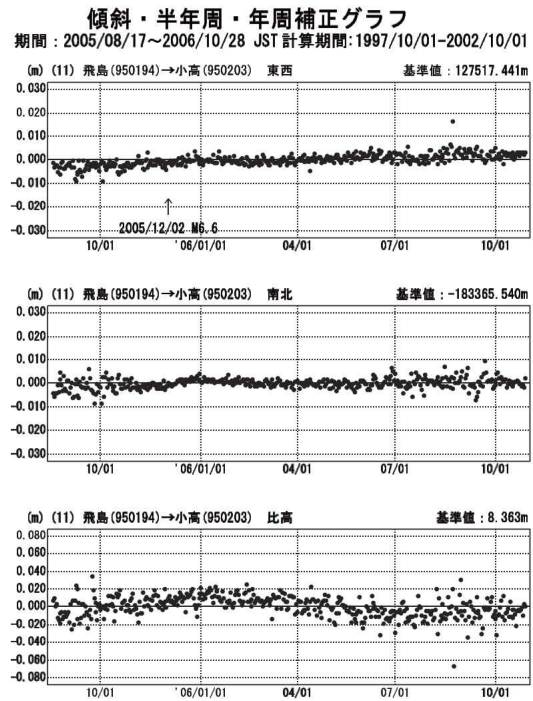
国土地理院

第 8 図 GEONET 最終解による宮城県周辺における長期間と宮城県沖の地震（2005 年 8 月 16 日）後の GPS 連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去，固定点飛島）

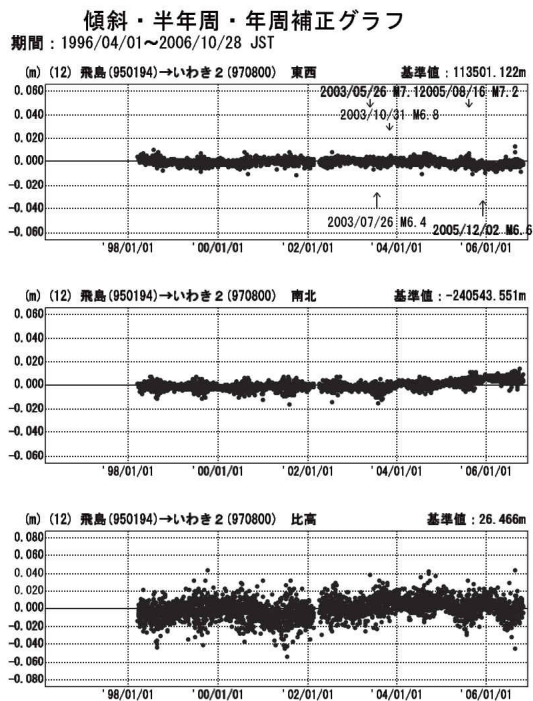
Fig.8 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima). (5/6)



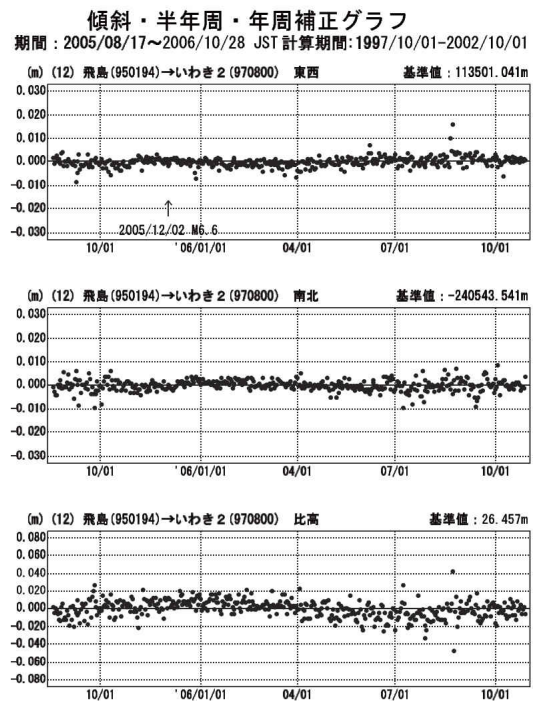
● — [F2:最終解]



国土地理院



● — [F2:最終解]

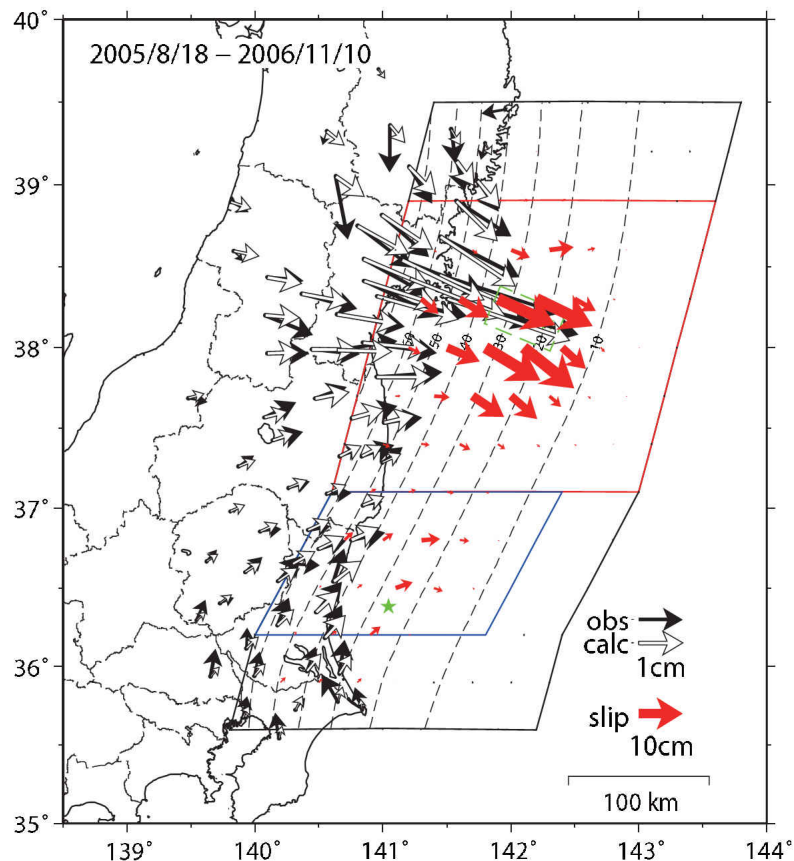


国土地理院

第9図 GEONET 最終解による宮城県周辺における長期間と宮城県沖の地震（2005年8月16日）後のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去，固定点飛島）

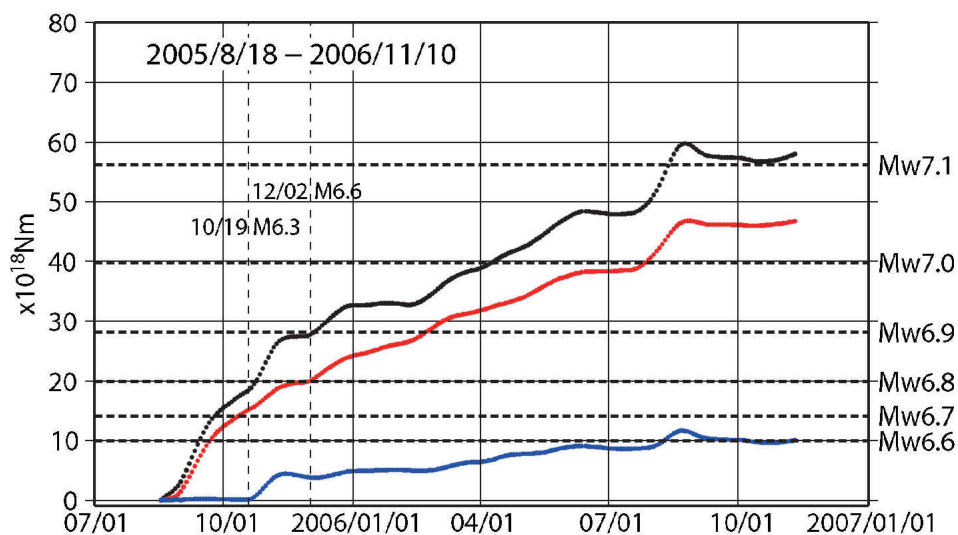
Fig.9 Long term time series of GEONET F2 solution results of continuous GPS measurements around Miyagi Prefecture (corrected data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Tobishima). (6/6)

2005年8月16日宮城県沖の地震（M7.2）以降の
累積推定すべり分布および観測値と計算値の比較【暫定】岩崎固定



第10図a 2005年8月16日の宮城県沖の地震以降の累積の推定滑り分布
Fig.10a Estimated slip on the plate boundary after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005

推定モーメントの時間変化

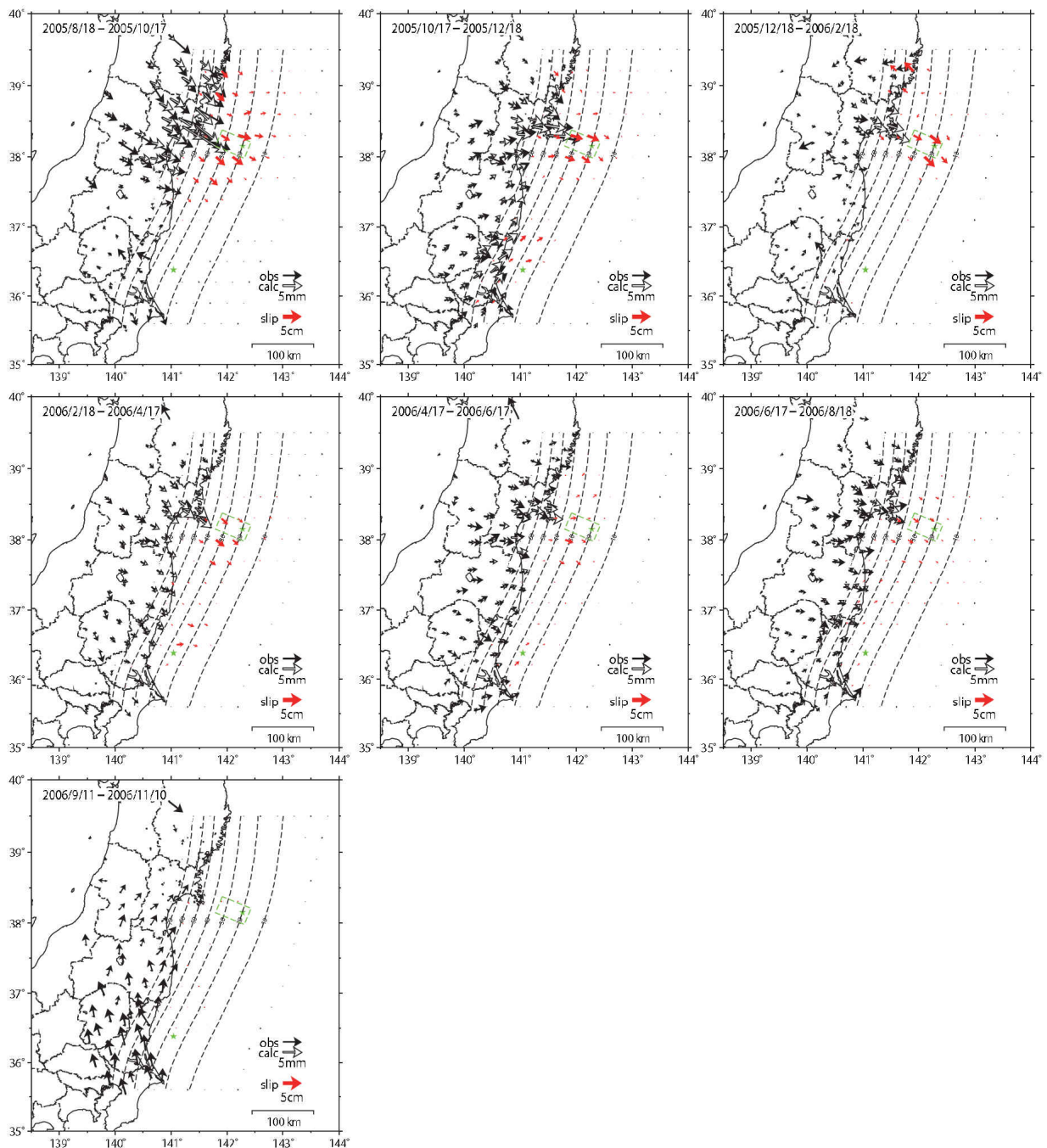


○1998年1月～2000年1月までのデータからトレンドおよび年周・半年周成分を推定し、
時系列データから除去している。ただし、上下成分は年周・半年周成分の補正を行っていない。

（速度拘束）

第10図b 2005年8月16日の宮城県沖の地震以降のプレート間滑りにより解放されたモーメント
Fig.10b Time series of released moment calculated from estimated slip on the plate boundary after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005

2005年8月16日 宮城県沖の地震（M7.2）以降の2ヶ月ごとの
推定すべり分布および観測値と計算値の比較【暫定】岩崎固定

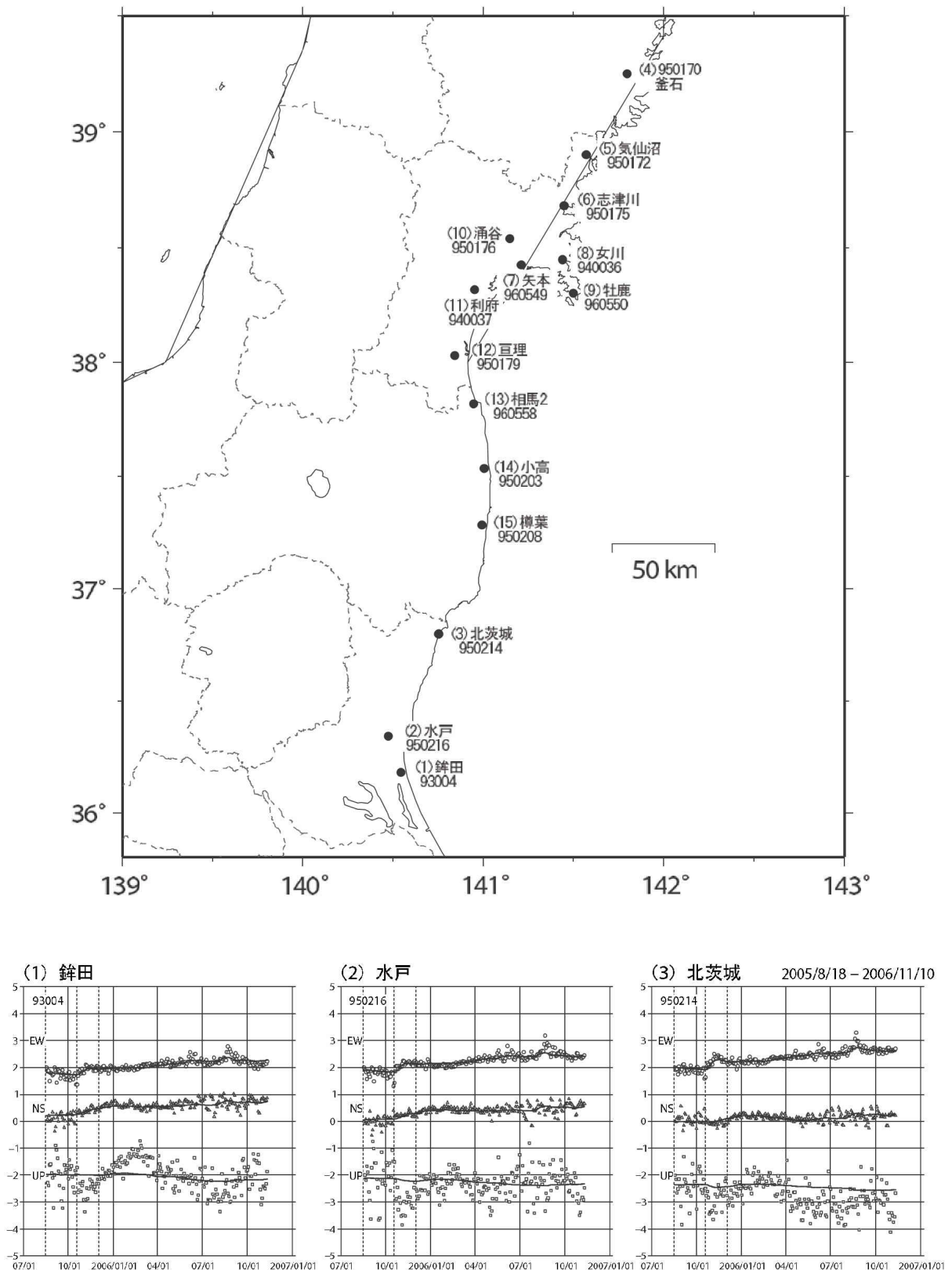


(速度拘束)

第 11 図 2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震以降 2 ヶ月毎の余効変動観測値と推定されたプレート間滑りからの計算値の比較

Fig. 11 Comparison of observed post-seismic crustal deformation and calculated values from estimated slip on plate boundary by every two months after Off-Miyagi earthquake (Aug. 16 2005)

観測値と計算値の比較 時系列（１）岩崎固定

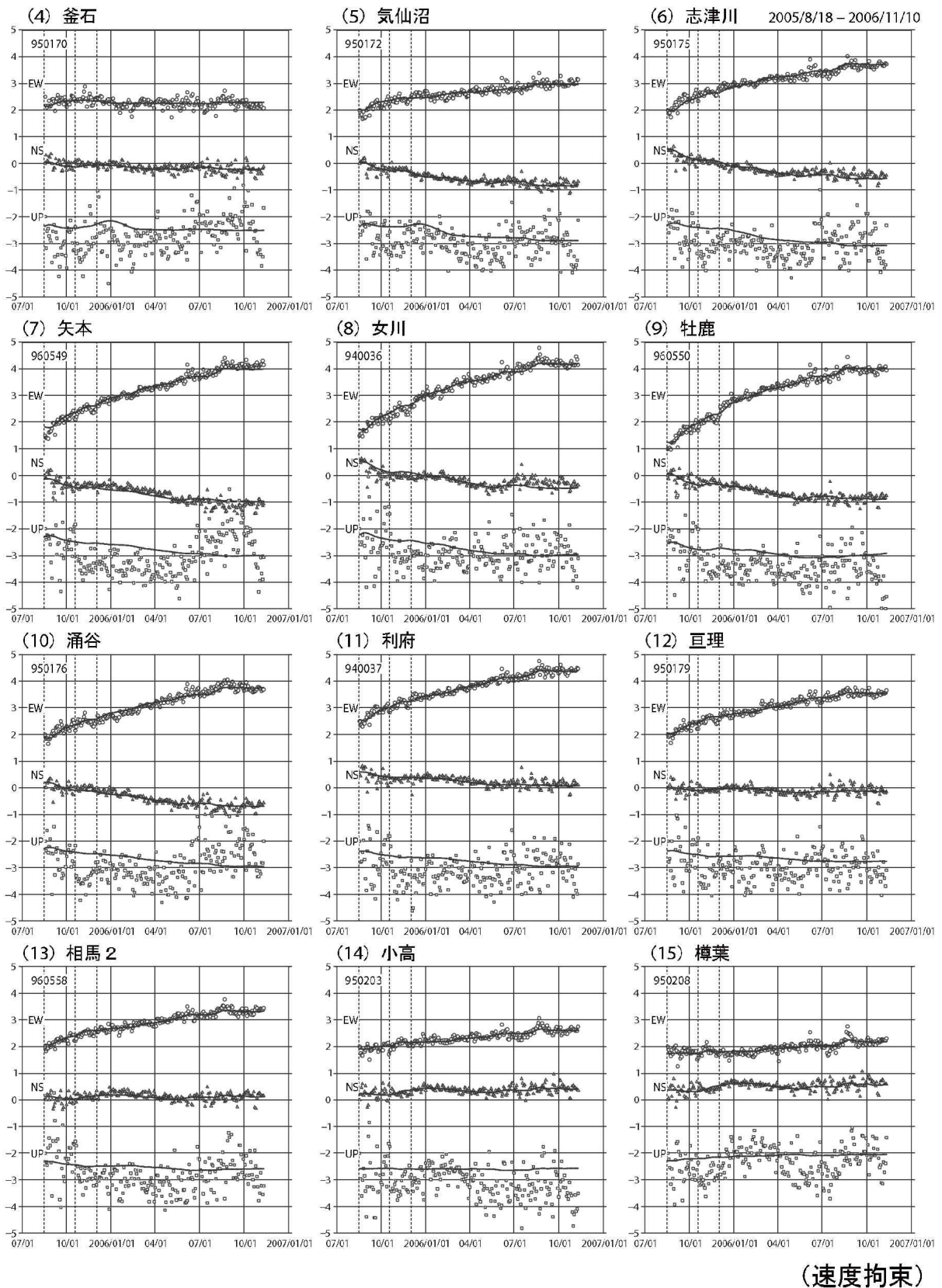


(速度拘束)

第 12 図 2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震以降の観測された非定常地殻変動とモデルによる計算値とを比較した時系列（上段は観測点配置図）

Fig 12 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005. (1/2)

観測値と計算値の比較 時系列（2）岩崎固定



第 13 図 2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震以降の観測された非定常地殻変動とモデルによる計算値とを比較した時系列

Fig.13 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005. (2/2)

GPSデータを用いて推定した、東北地方の暫定的なバックスリップ分布

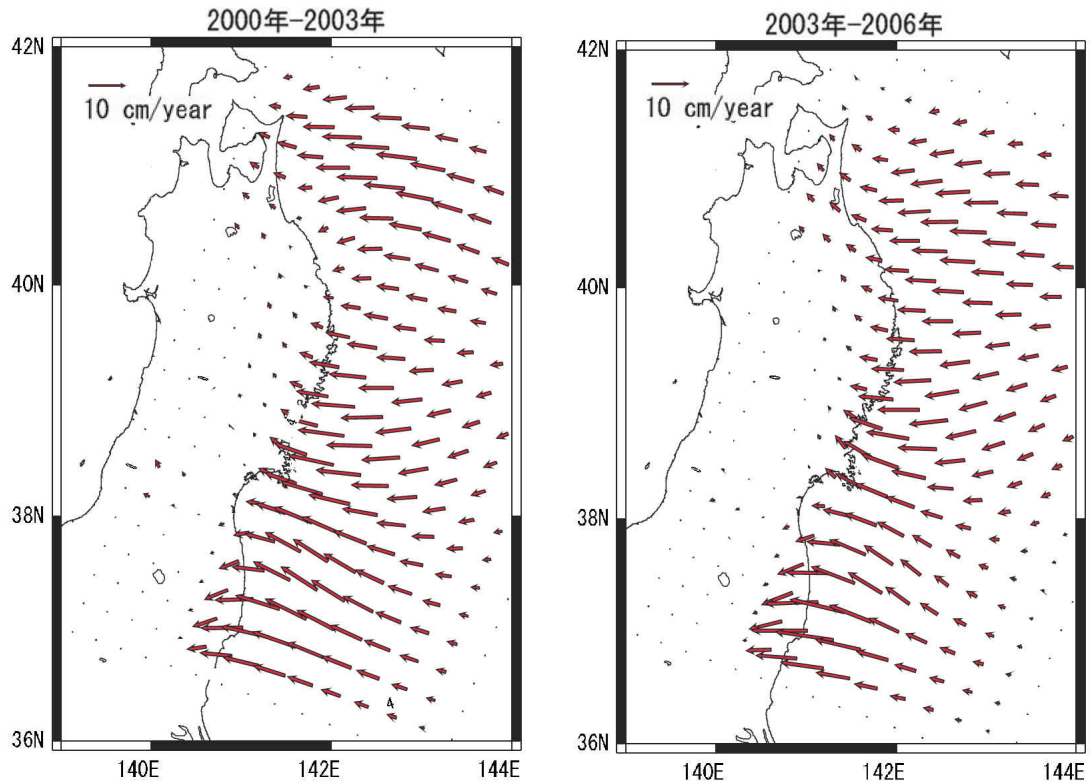


図1. トレンドを除いていないデータから推定したバックスリップ分布（暫定） 固定：栗島浦 (950231)
2003年以降岩手付近でスリップ欠損が 大きくなる結果が得られている。

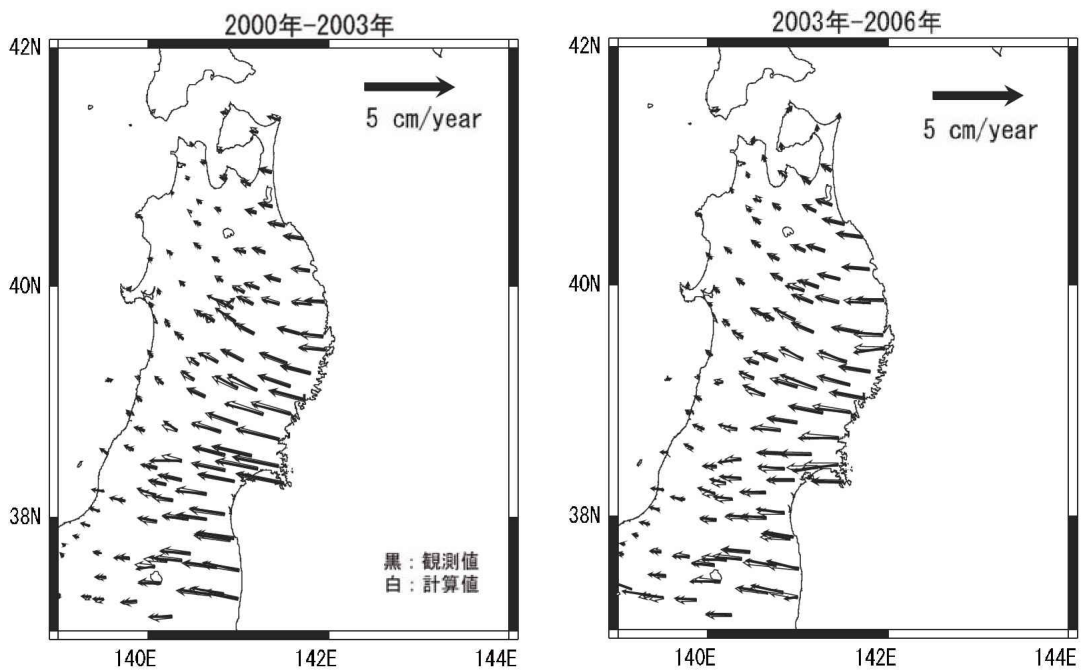
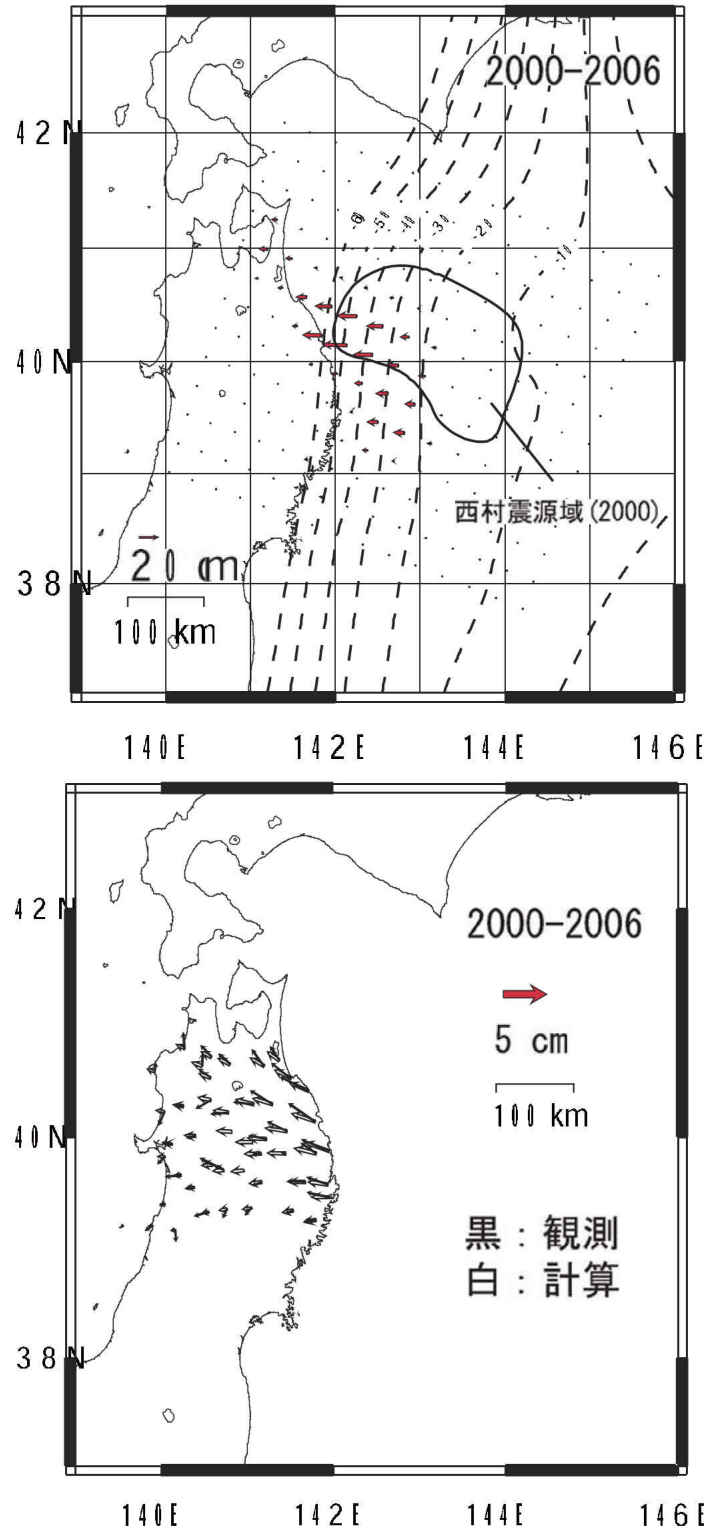


図2. 観測値（黒）と計算値（白）の比較 固定：栗島浦 (950231)
計算値は図1の推定したバックスリップ分布より求めている。

第 14 図 GPS データを用いて推定した東北地方の暫定的なバックスリップ分布（トレンド除去なし）

Fig.14 Backslip distribution in Tohoku region provisionally estimated from GPS data. (not detrended)

1997-2000年のトレンドを除去したデータから推定された
プレート間滑り欠損分布（暫定）

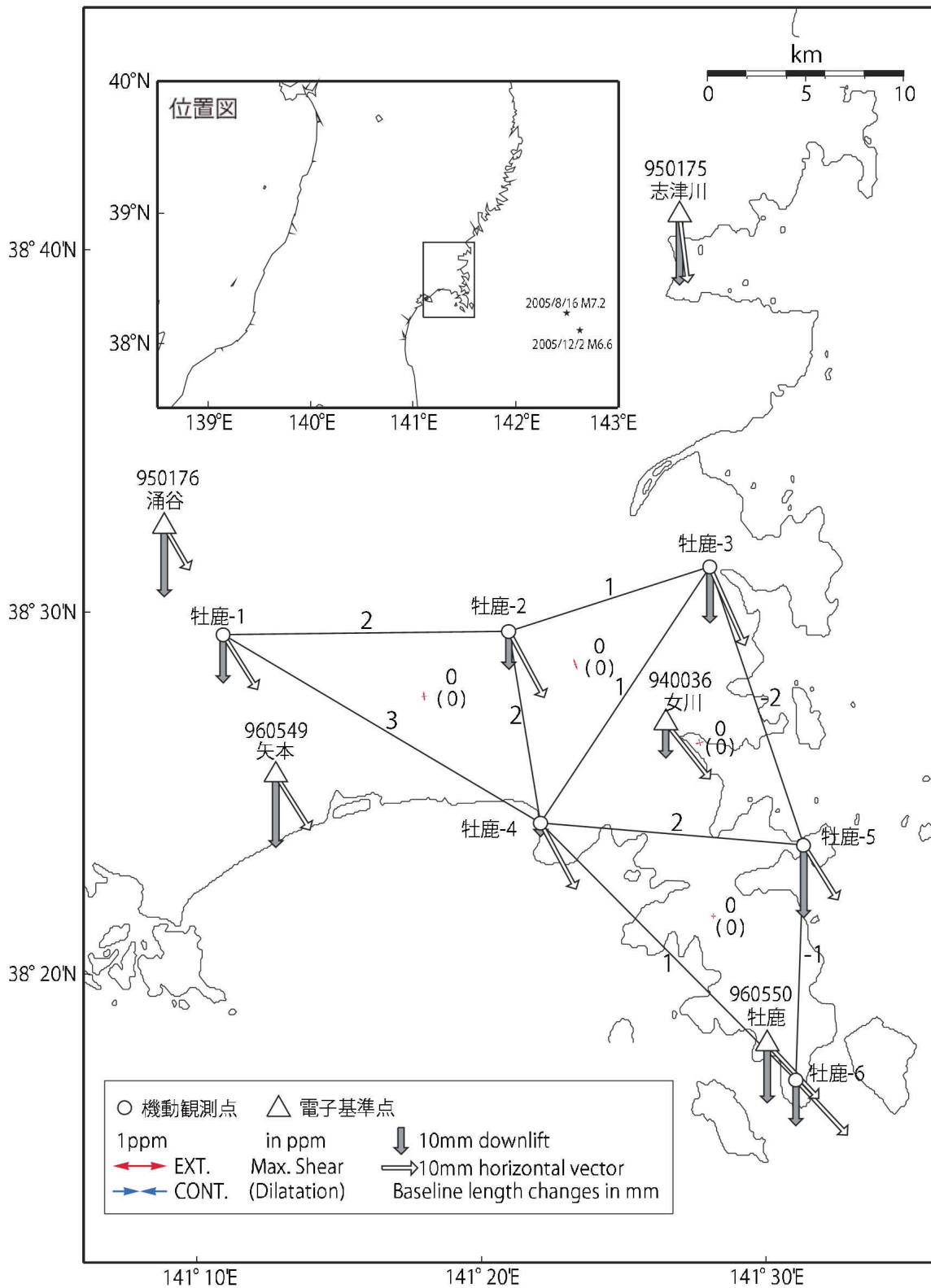


第 15 図 GPS データを用いて推定した東北地方の暫定的なバックスリップ分布（ト
レンド除去後）
Fig.15 Backslip distribution in Tohoku region provisionally estimated from GPS data.
(detrended)

宮城県 牡鹿地方 G P S 機動観測結果

前回観測: 2005年8月17日~18日

今回観測: 2006年5月12日~13日



第 16 図 牡鹿地区地殻変動観測点における G P S 観測結果

Fig. 16 Results of campaign GPS observation on the crustal deformation monitoring points in Osika region.