

3-5 東北地方の地殻変動

Crustal Movements in the Tohoku District

国土地理院
Geographical Survey Institute

第1～17図は東北地方の地殻変動である。2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震との関連を中心的に資料を作成した。

第1図はGEONETで観測した2005年8月16日の宮城県沖の地震(M7.2)以降の地殻変動である。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。牡鹿半島を中心とした東北地方で余効的な変動が観測されている。水平変動は震源に向かって南東から東北東方向に（最大は牡鹿観測点で東南東に約2.2cm）である。上下変動は全体に隆起傾向の変動となっているが、冬季の降雪の影響によるノイズなどがあると見られ、あまり有意であるとは思えない。

第2図は、2005年11月15日に発生した三陸沖の正断層型の地震(Mj=6.9)に伴う変動を見るために作成したGEONET観測による変動図である。水平変動、上下変動ともにノイズ以上のものは見られない。

第3～8図は、宮城県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。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。牡鹿、女川のグラフで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。

第9図は、本震時の変動と余効変動の比較（上段）、及び余効変動からプレート間の滑りを仮定して推定した余効滑り分布を本震時に推定された滑りと比較（下段）したものである。上段では、黒の矢印が本震時の変動、白の矢印が余効変動である。下段では黒の矢印が本震時の推定滑り、白の矢印が余効滑りである。同じ図に、地震観測から推定された1978年宮城県沖地震の滑り分布（山中による）も入れてある。

第10図上段は、余効変動からプレート間の滑りを仮定して推定した余効滑り分布と推定された滑り分布から計算された変動と観測値を比較を示したものである。黒の矢印が余効変動の観測値、白の矢印が計算値、赤の矢印は推定されたプレート間滑りである。下段には、余効滑りのモーメントの時系列を示した。余効滑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。全体領域の推定された余効滑りのモーメントはMw=7.0相当を超えた。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月から3月にかけて一時期加速するという経過をたどった。

第11～12図は、左列には本震後2ヶ月毎の滑り分布の変遷を、右列には余効変動の計算値と観測値を比較して示している。2005年8月16日の本震以降、2ヶ月程度余効滑りが続いた後、11月には一旦余効滑りが停滞したが、12月2日の余震以降また滑りが進展したことがこれでも分かる。また、第1

1図の滑り分布では、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滑りが生じていたが、10月以降の(2)、12月2日の余震以降の(3)では北側に北東方向の滑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、南側の滑りが拡がって第12図に示す2006年2月以降の図(4),(5)では、福島県沖に拡がった滑りが見えている。地震活動等との関連もあまりはつきりしないので、本当にこの領域でゆっくり滑りが起きているのかは更に検討の余地があると思われる。第13～17図は、このプレート間滑りを仮定した計算値と観測値の比較を示した時系列グラフである。天童、米沢などの観測点が冬の間大きく沈下して見えるのは、降雪による影響と見られる。

第18～21図は東北地方太平洋側でおこなった高度地域基準点測量（GPSキャンペーン観測による三角点の測量）結果である。前回のキャンペーン1995-96年との比較で作成した水平歪み図が第18図である。仙台湾・牡鹿半島周辺の大きな歪みは、2003年7月26日の宮城県北部に地震、及び2005年8月16日の宮城県沖の地震の影響と考えられる。一方、内陸部では、小さいながらも東西圧縮の歪みが見える。第19図は1986-91年、第20図は1979-81年に行われた測量時との比較である。ここでも牡鹿半島と仙台湾には同じ2003年7月、2005年8月の地震の影響が含まれる。累積した東西圧縮の歪みが見られる場所が多いが、北部ではその量は小さくなっている。第21図は明治以来の水平歪みである。南部に南北伸びが大きい領域、北部で北東一南西方向の伸びの領域がある。

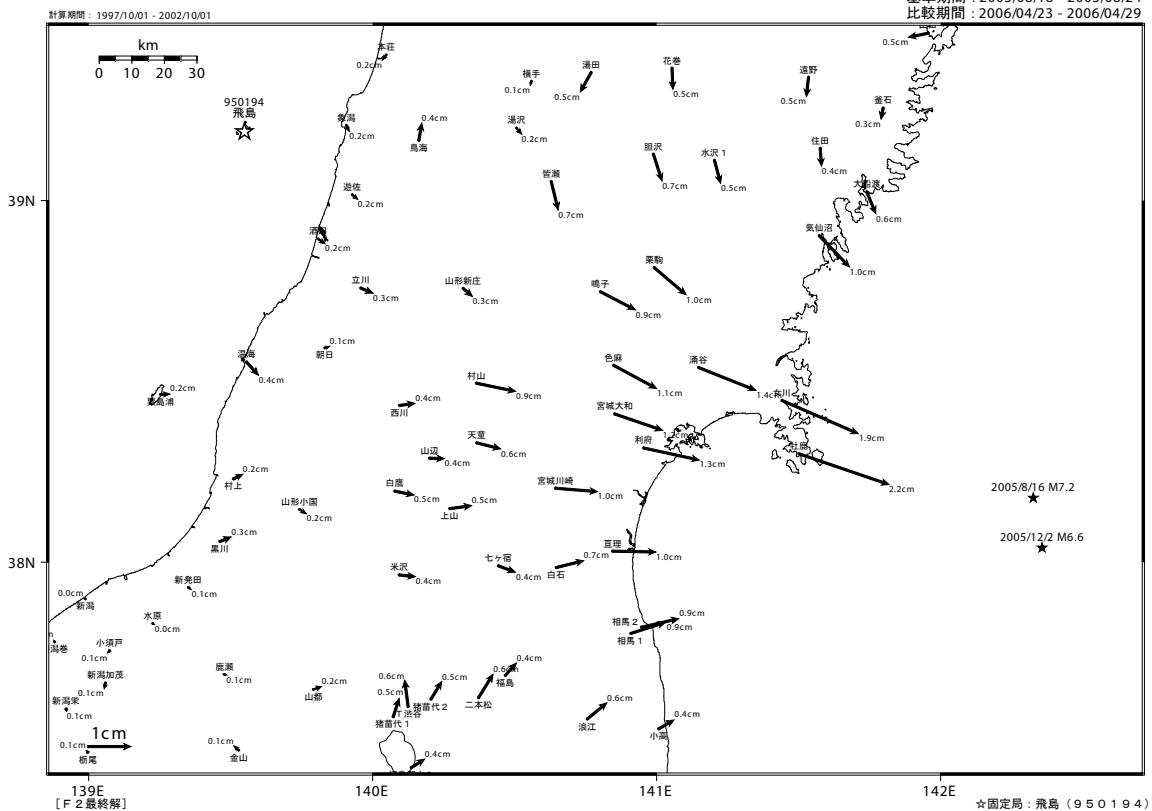
参考文献

- 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.

2005年8月16日 宮城県沖の地震後の水平変動（傾斜・年周・半年周補正）

基準期間：2005/08/18 - 2005/08/24

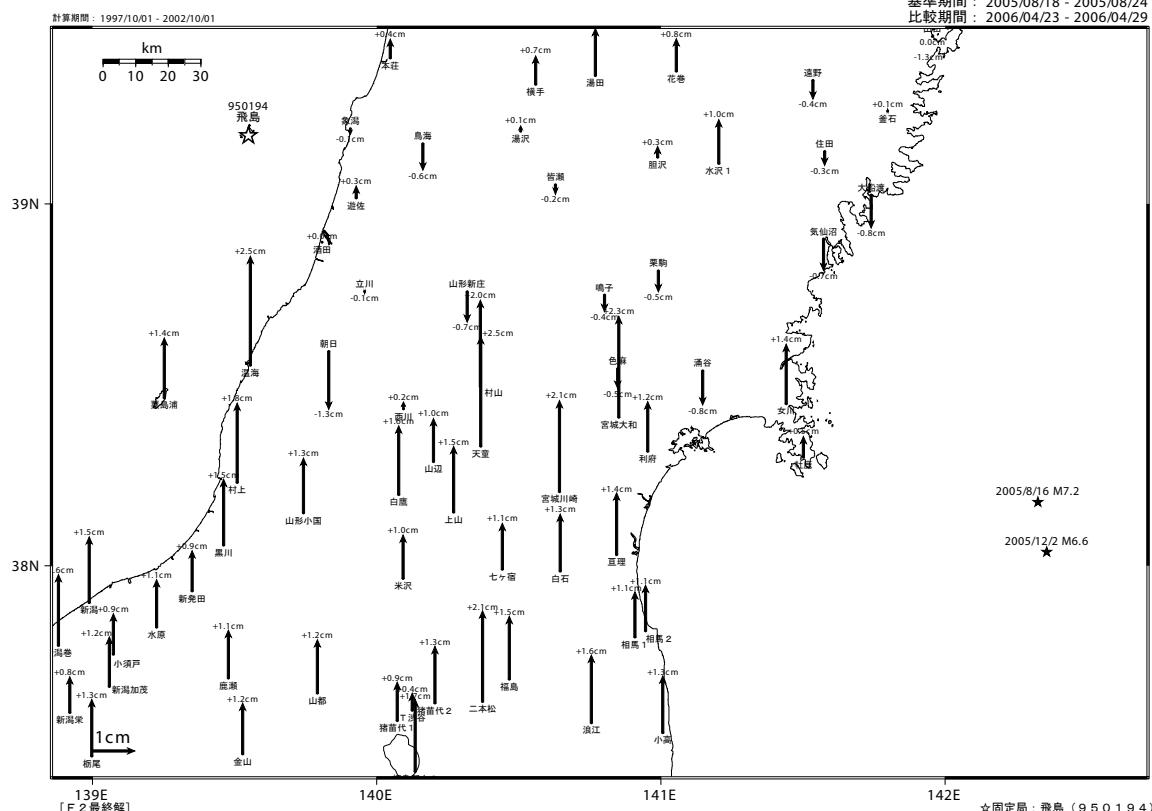
比較期間：2006/04/23 - 2006/04/29



2006年8月16日 宮城県沖の地震後の上下変動（傾斜・年周・半年周補正）

基準期間：2005/08/18 - 2005/08/24

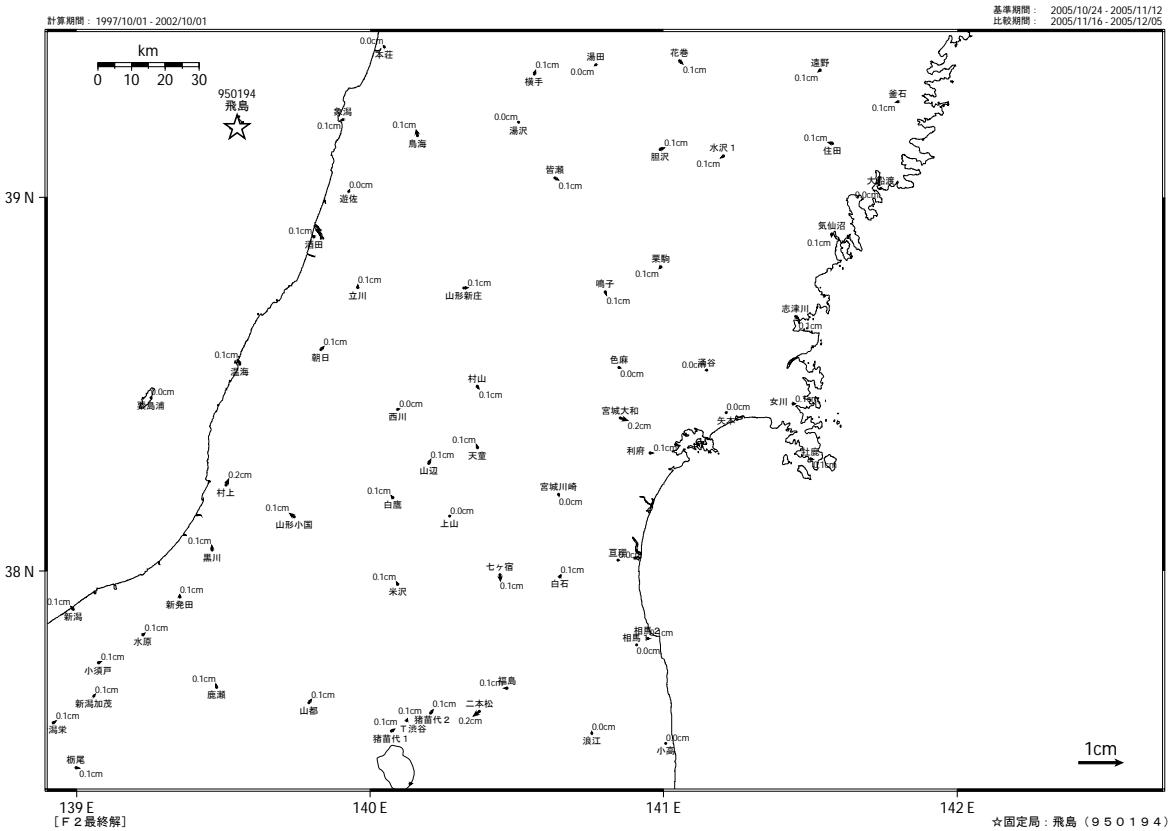
比較期間：2006/04/23 - 2006/04/29



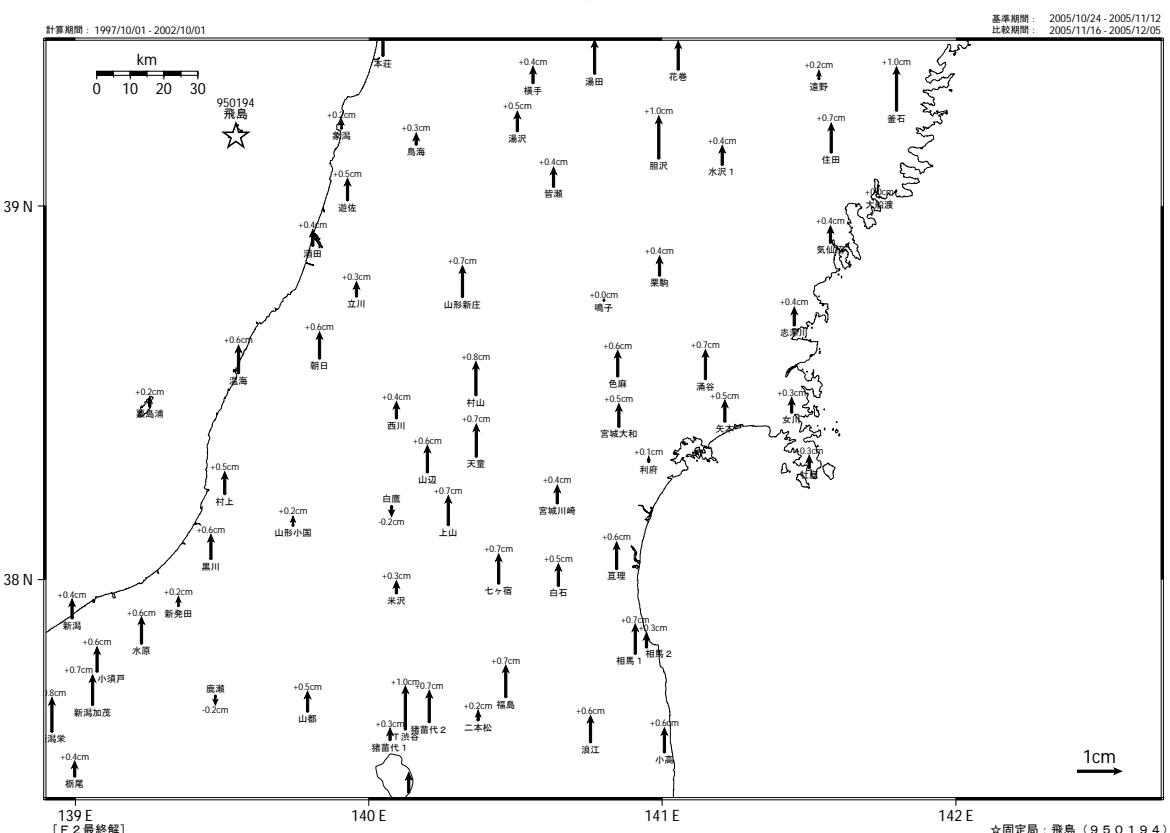
第1図 2005年8月16日の宮城県沖の地震 ($M_j=7.2$) 以降の地殻変動（トレンド・年周・半年周除去、固定点飛島）（上段・水平変動）（下段・上下変動）

Fig.1 Post-seismic crustal movement after the off-Miyagi earthquake of Aug. 16, 2005 ($M_j=7.2$) after the removal of linear trend, one year cycle and half year cycle variation (upper, horizontal) (lower, vertical)

2005年11月15日 三陸沖の地震 水平変動（傾斜・年周・半年周補正）



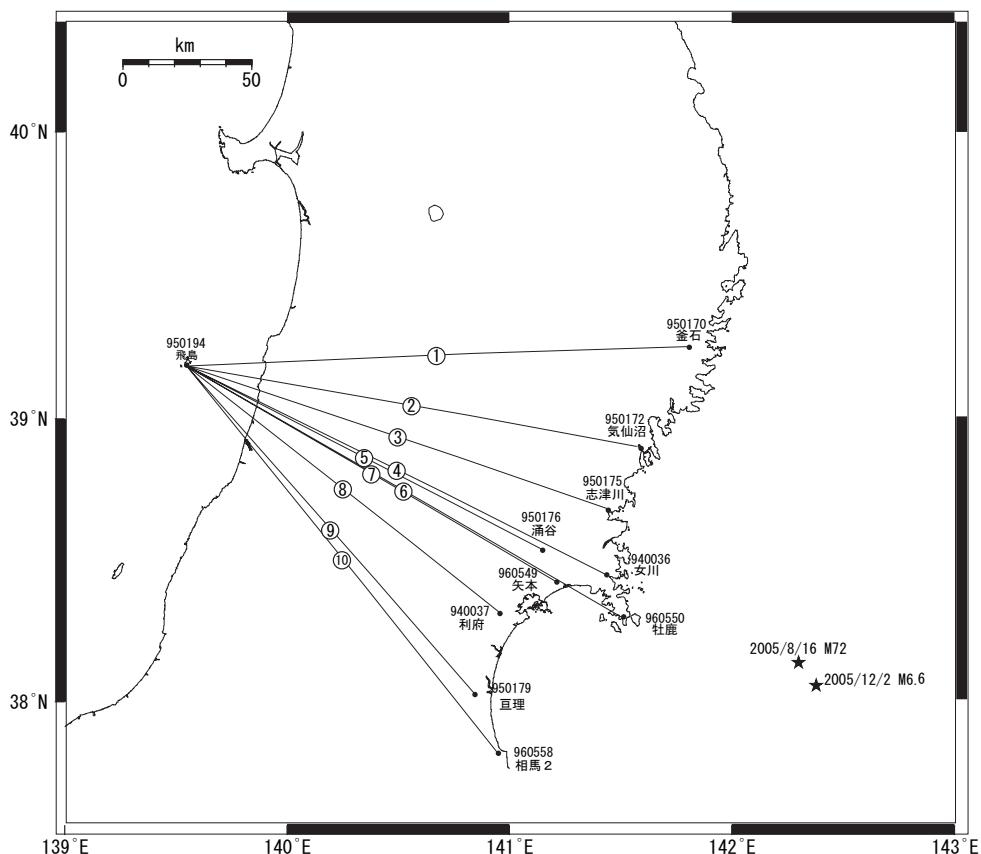
2005年11月15日 三陸沖の地震 上下変動（傾斜・年周・半年周補正）



第2図 2005年11月15日の三陸沖の地震時の地殻変動（トレンド・年周・半年周除去、固定点飛島）
(上段・水平変動) (下段・上下変動)

Fig.2 Co-seismic crustal movement by the off-Sanriku earthquake of November 15, 2005 ($M_j=7.1$)
(upper, horizontal)(lower, vertical)

東北地方太平洋岸地区 GPS連続観測基線図



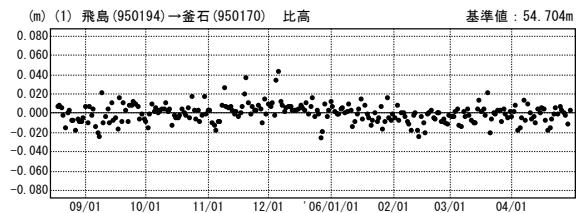
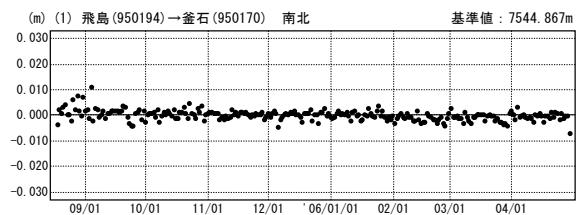
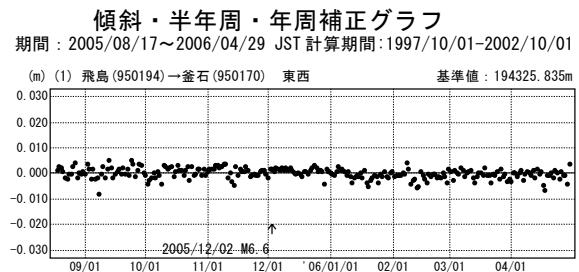
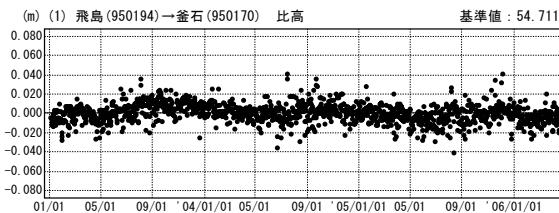
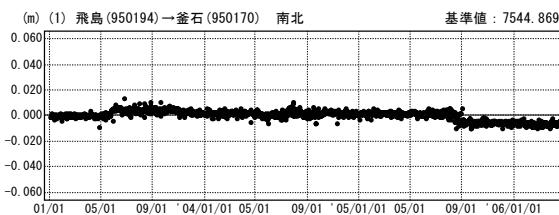
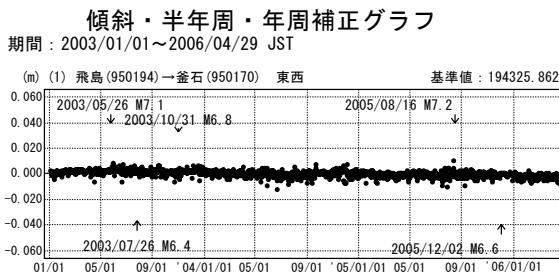
東北地方太平洋岸の各観測局情報

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	2002/12/18	
950176	湧谷		2003/7/17	
960550	牡鹿		2002/12/16	
960549	矢本		2002/12/16	
940037	利府		2002/12/13	
950179	亘理		2003/7/23	
960558	相馬2		2002/12/13	
950194	飛島		2003/6/9	

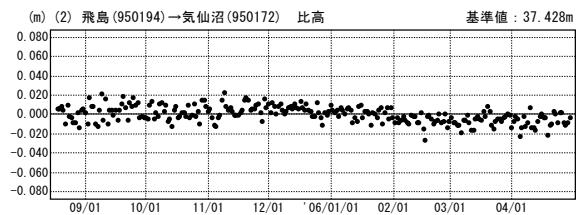
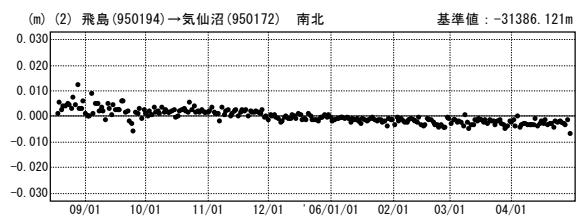
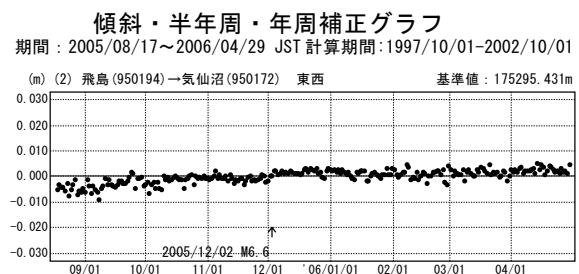
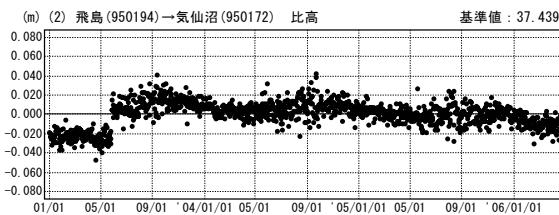
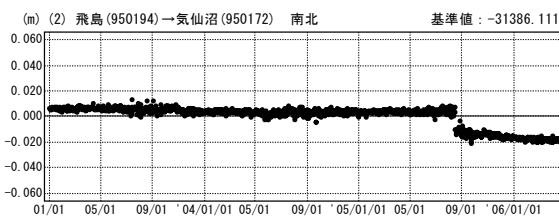
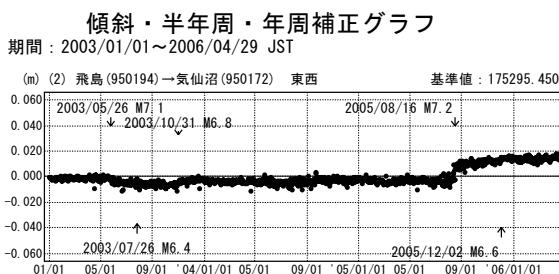
※2003/3/5に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

第3図 GEONET最終解による宮城県沖の地震発生前後の宮城県周辺における長期間の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]

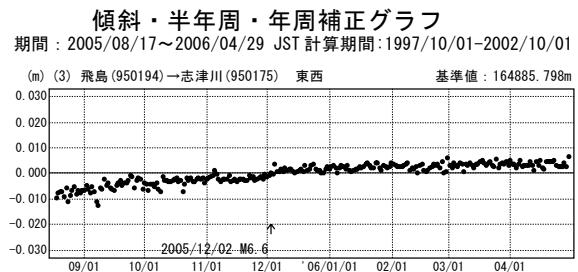
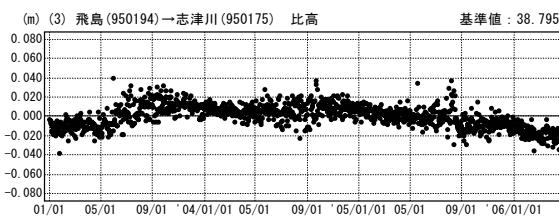
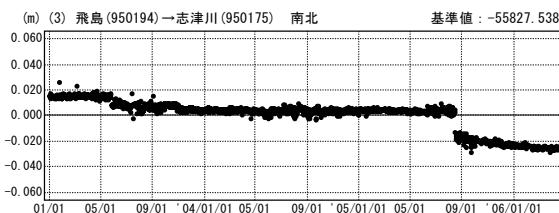
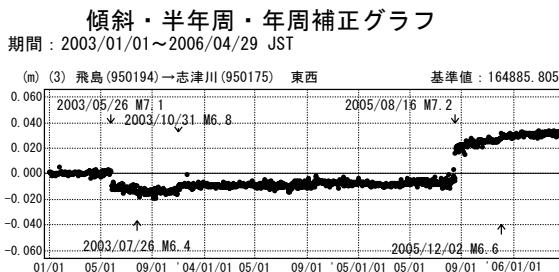


● ---[F2:最終解]

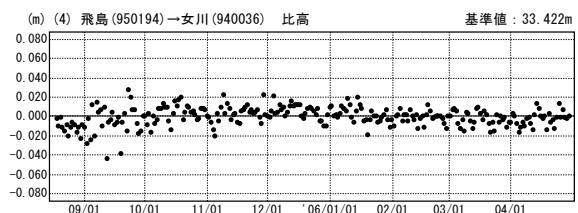
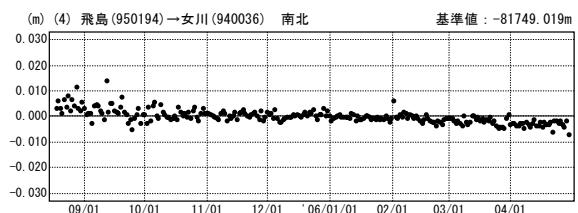
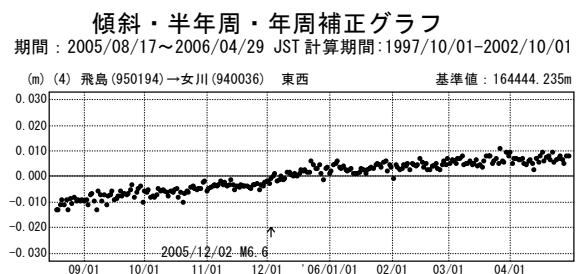
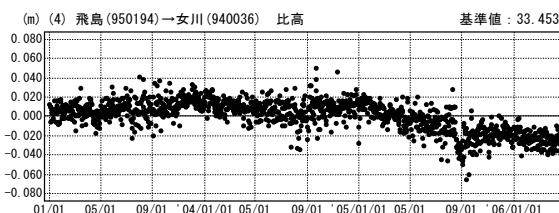
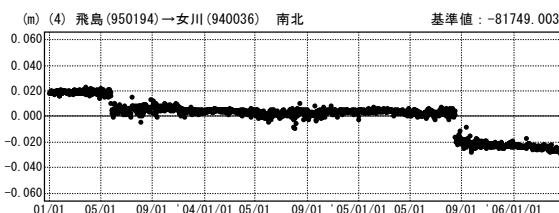
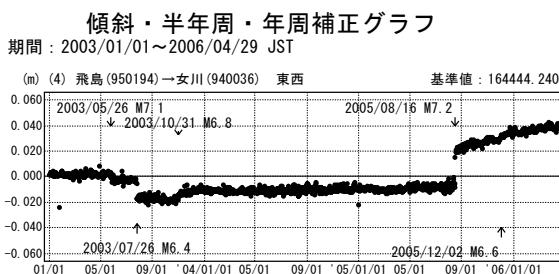
第4図～第8図 GEONET最終解による宮城県沖の地震発生前後の宮城県周辺における長期間のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去、固定点飛島）

Fig.4-8

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)



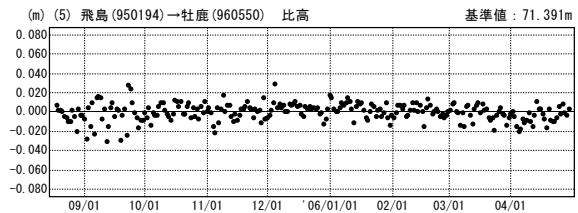
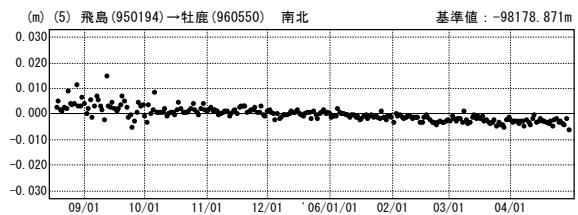
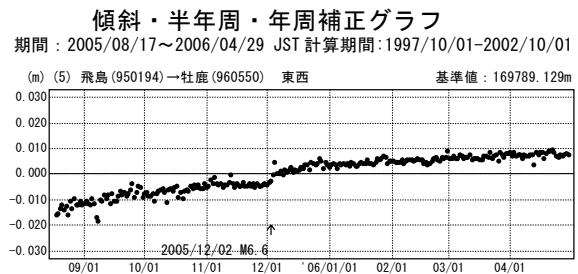
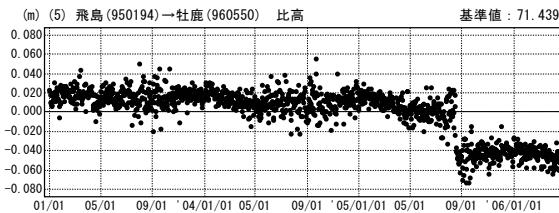
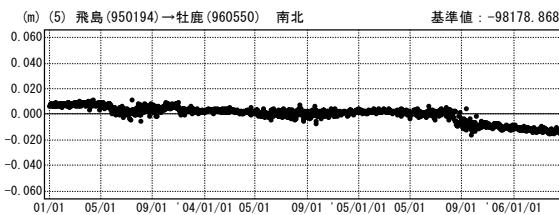
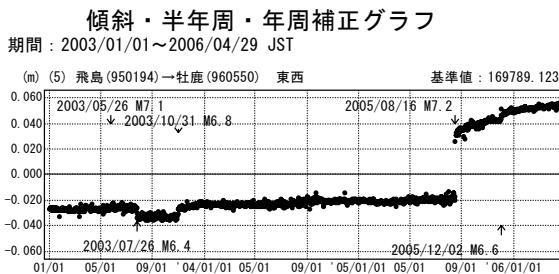
● ---[F2:最終解]



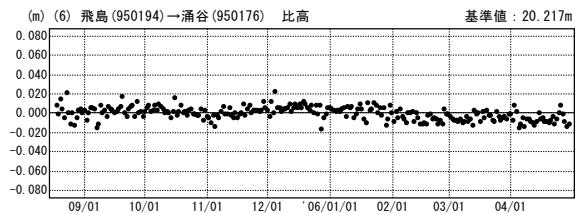
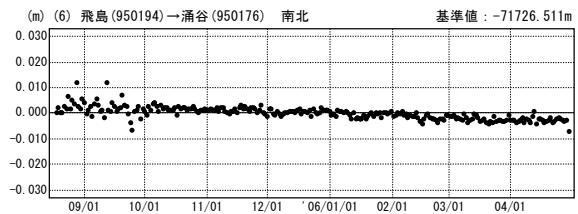
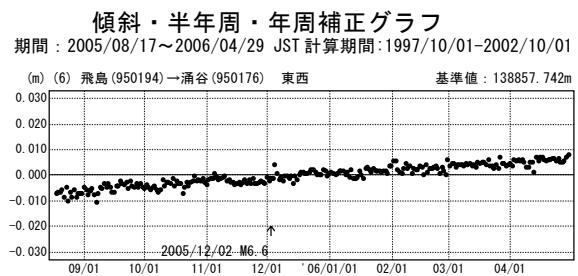
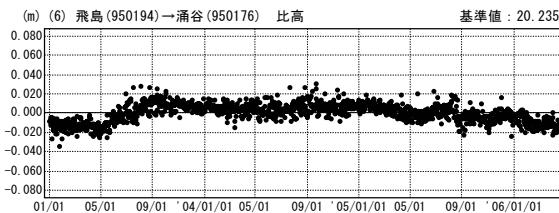
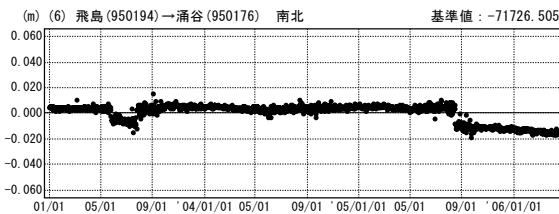
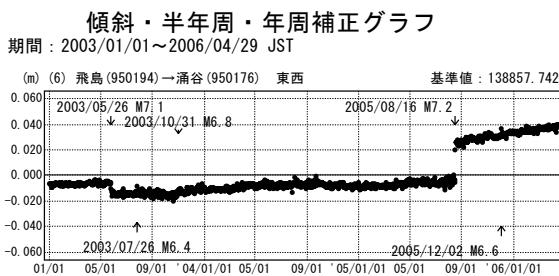
● ---[F2:最終解]

第4図～第8図 GEONET最終解による宮城県沖の地震発生前後の宮城県周辺における長期間のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去、固定点飛島）

Fig.4-8 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)



● ---[F2:最終解]

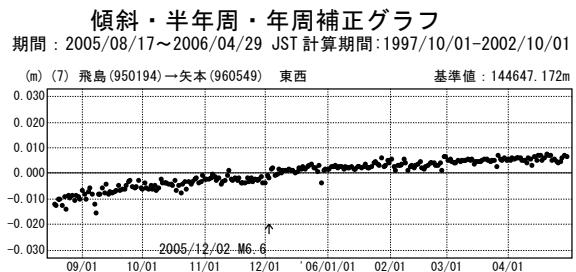
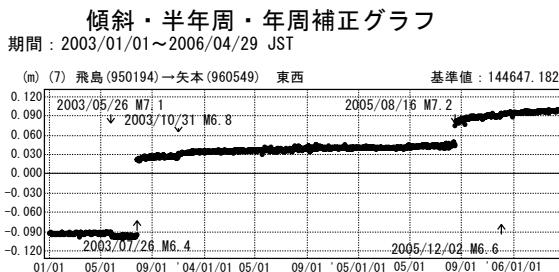


● ---[F2:最終解]

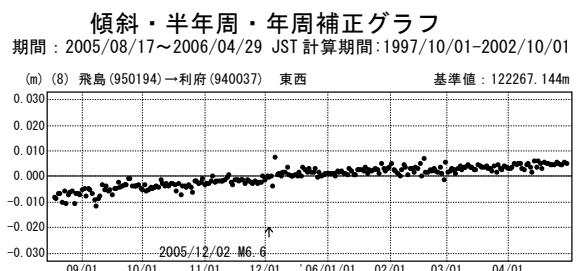
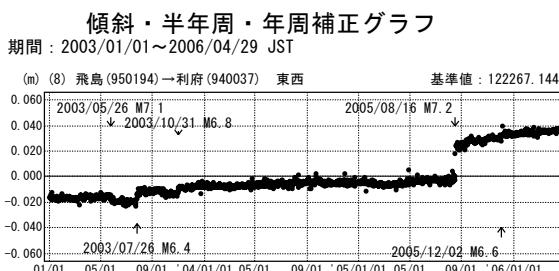
第4図～第8図 GEONET最終解による宮城県沖の地震発生前後の宮城県周辺における長期間のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去、固定点飛島）

Fig.4-8

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)



● ---[F2:最終解]

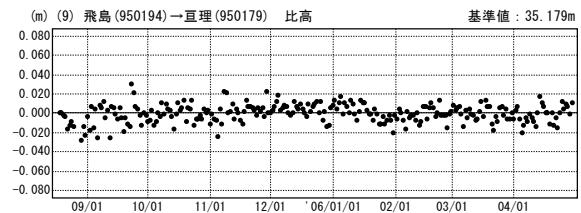
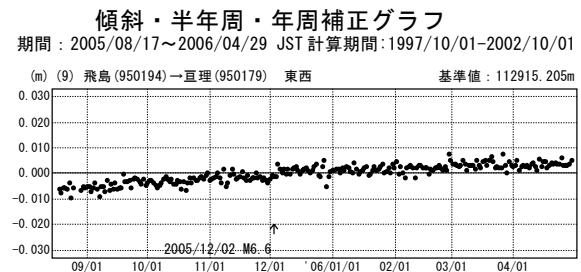
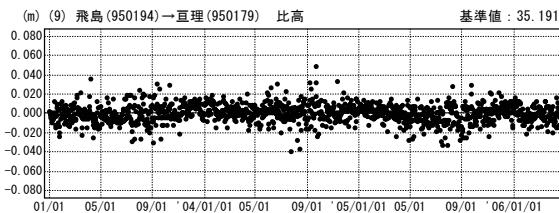
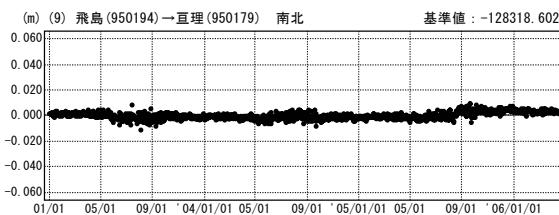
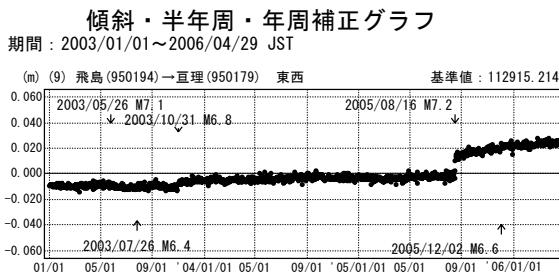


● ---[F2:最終解]

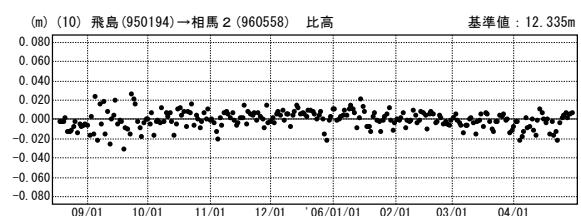
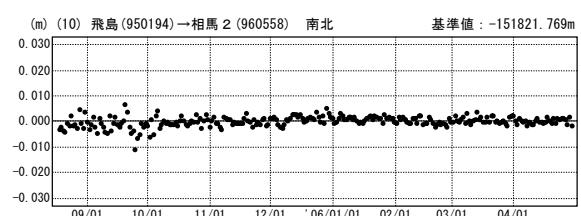
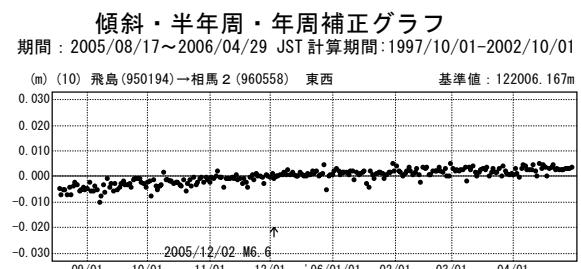
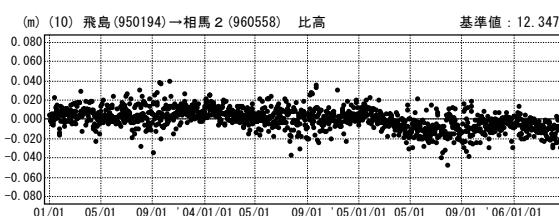
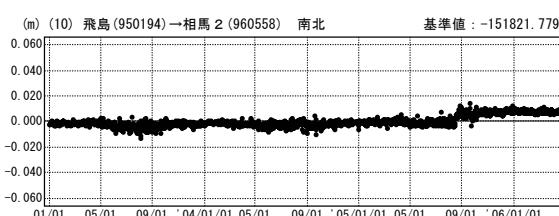
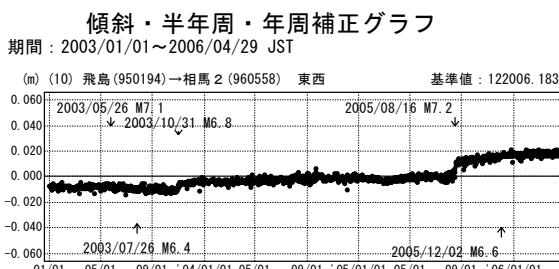
第4図～第8図 GEONET最終解による宮城県沖の地震発生前後の宮城県周辺における長期間のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去、固定点飛島）

Fig.4-8

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)



● ---[F2:最終解]

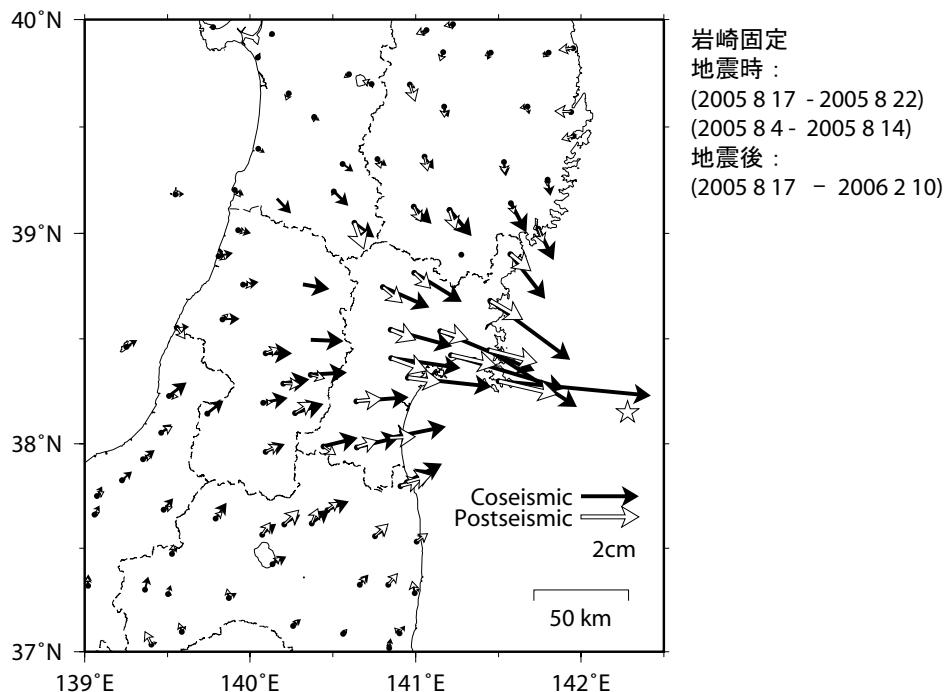


● ---[F2:最終解]

第4図～第8図 GEONET最終解による宮城県沖の地震発生前後の宮城県周辺における長期間のGPS連続観測結果（トレンド・年周・半年周除去、固定点飛島）

Fig.4-8 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)

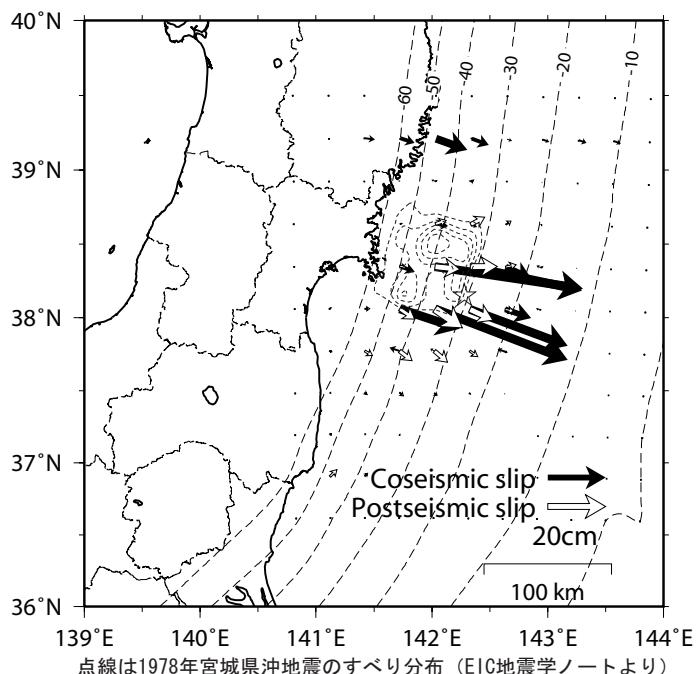
2005年8月16日宮城県沖の地震 (M7.2) に伴う
地震時と地震後の地殻変動の比較



第9図a 2005年8月16日の宮城県沖の地震(Mj=7.2)に伴う地震時と地震後の地殻変動の比較

Fig.9a Comparison of coseismic and post-seismic crustal movement for off-Miyagi earthquake ($M_j=7.2$) (referred to Iwasaki)

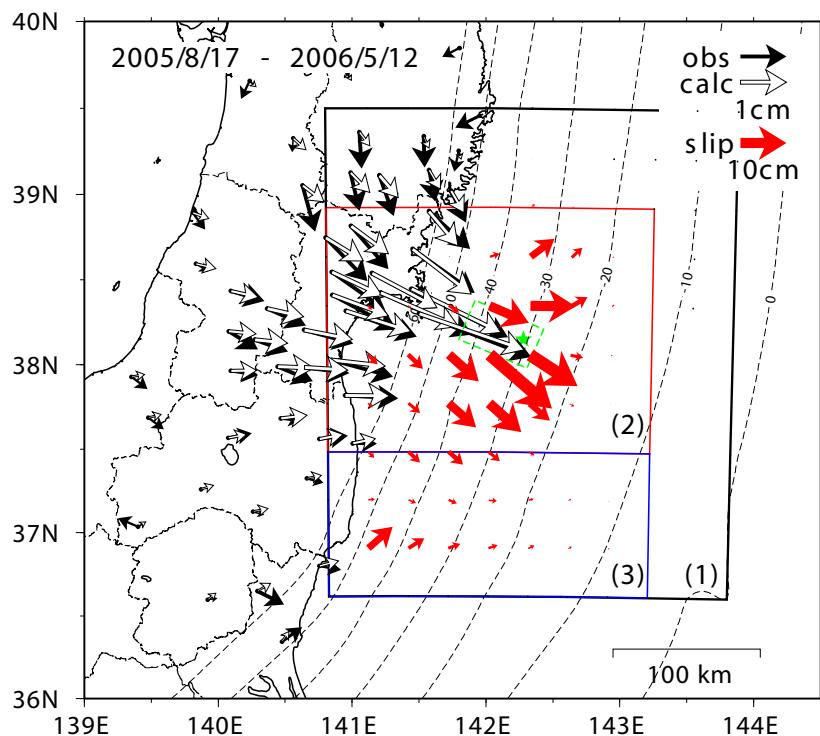
2005年8月16日宮城県沖の地震 (M7.2) に伴う
地震時と地震後の推定すべり分布の比較



第9図b 2005年8月16日の宮城県沖の地震(Mj=7.2)に伴う地震時と地震後の推定滑り分布の比較

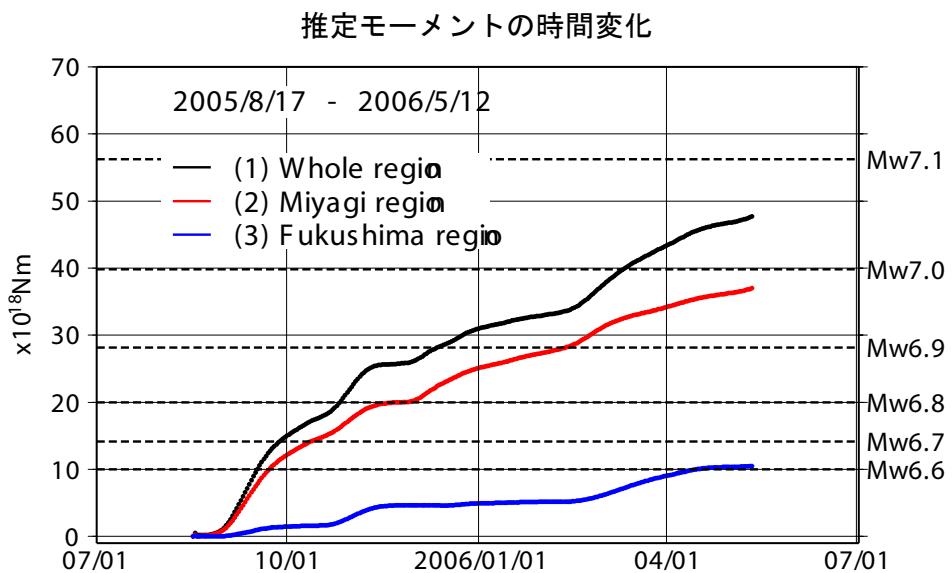
Fig.9b Comparison of coseismic and post-seismic slip vectors on the plate boundary for off-Miyagi earthquake ($M_j=7.2$)

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



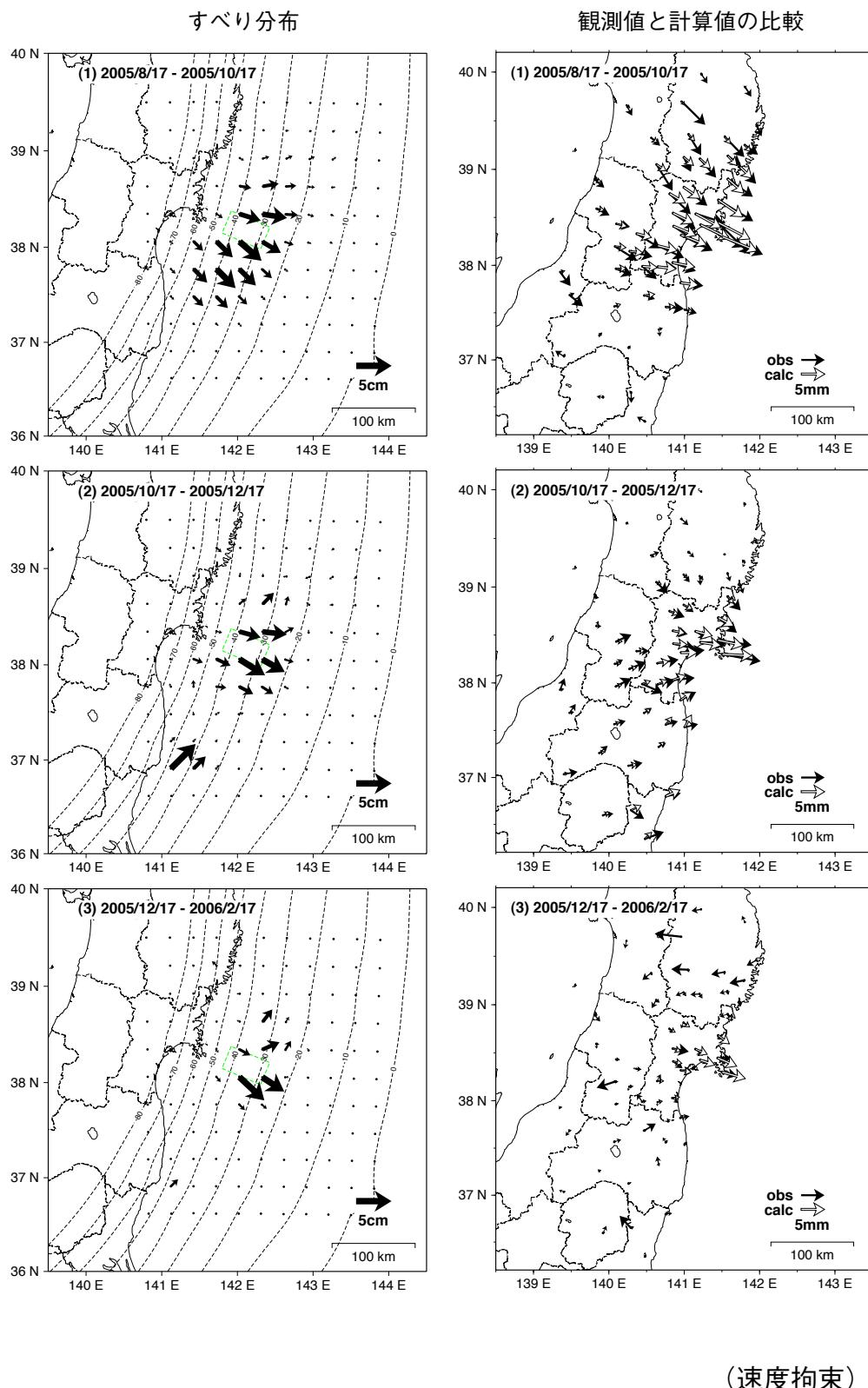
○1998年1月～2000年1月までのデータからトレンドおよび年周・半年周成分を推定し、時系列データから除去している。ただし、上下成分は年周・半年周成分の補正を行っていない。

(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(1)【暫定】岩崎固定

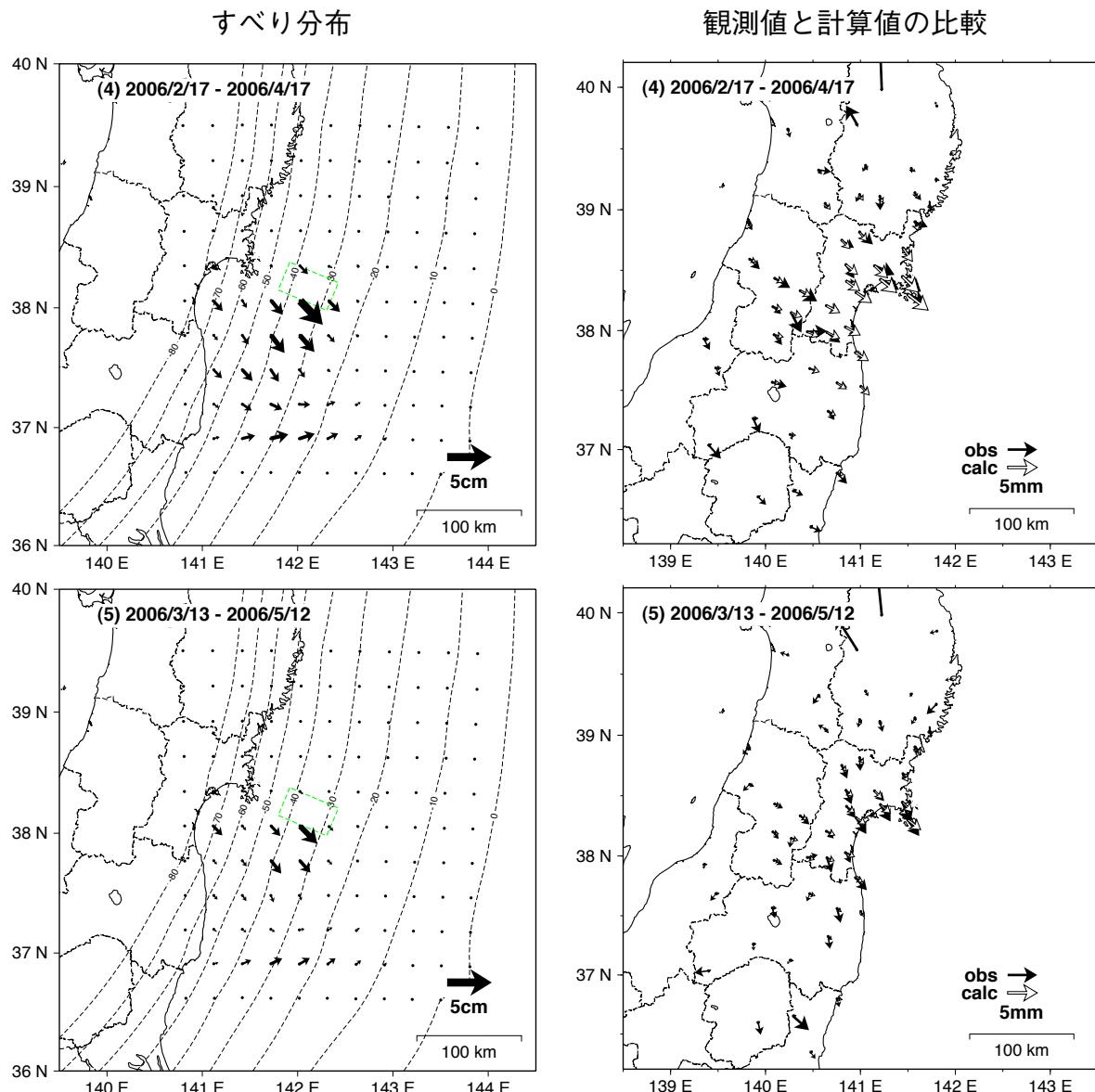


(速度拘束)

第11図～第12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.11-12 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)

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（2）【暫定】岩崎固定

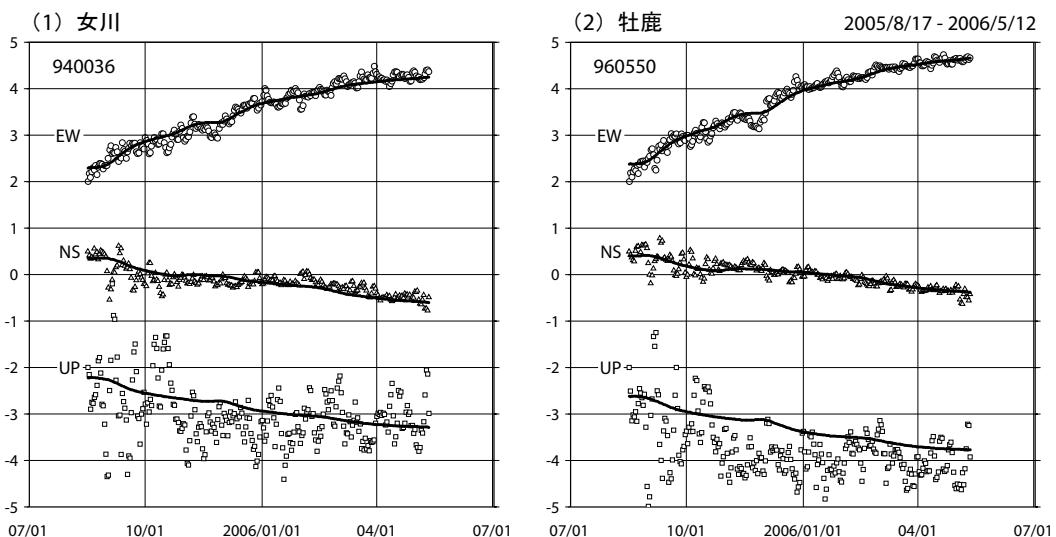
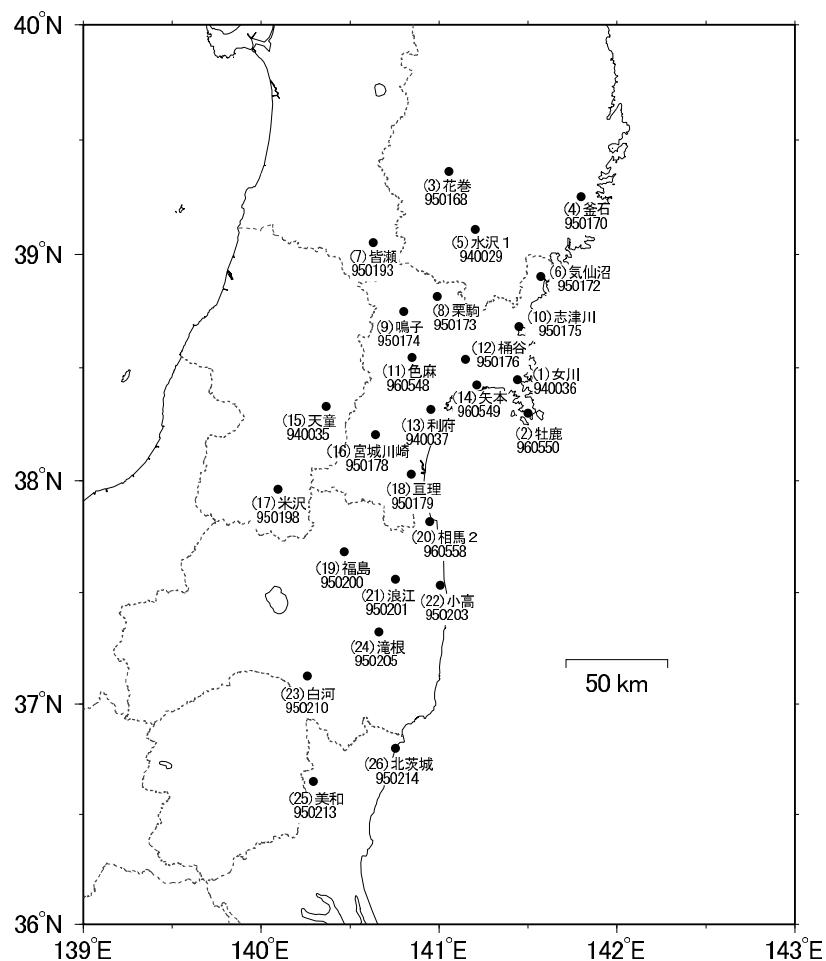


(速度拘束)

第11図～第12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.11-12 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

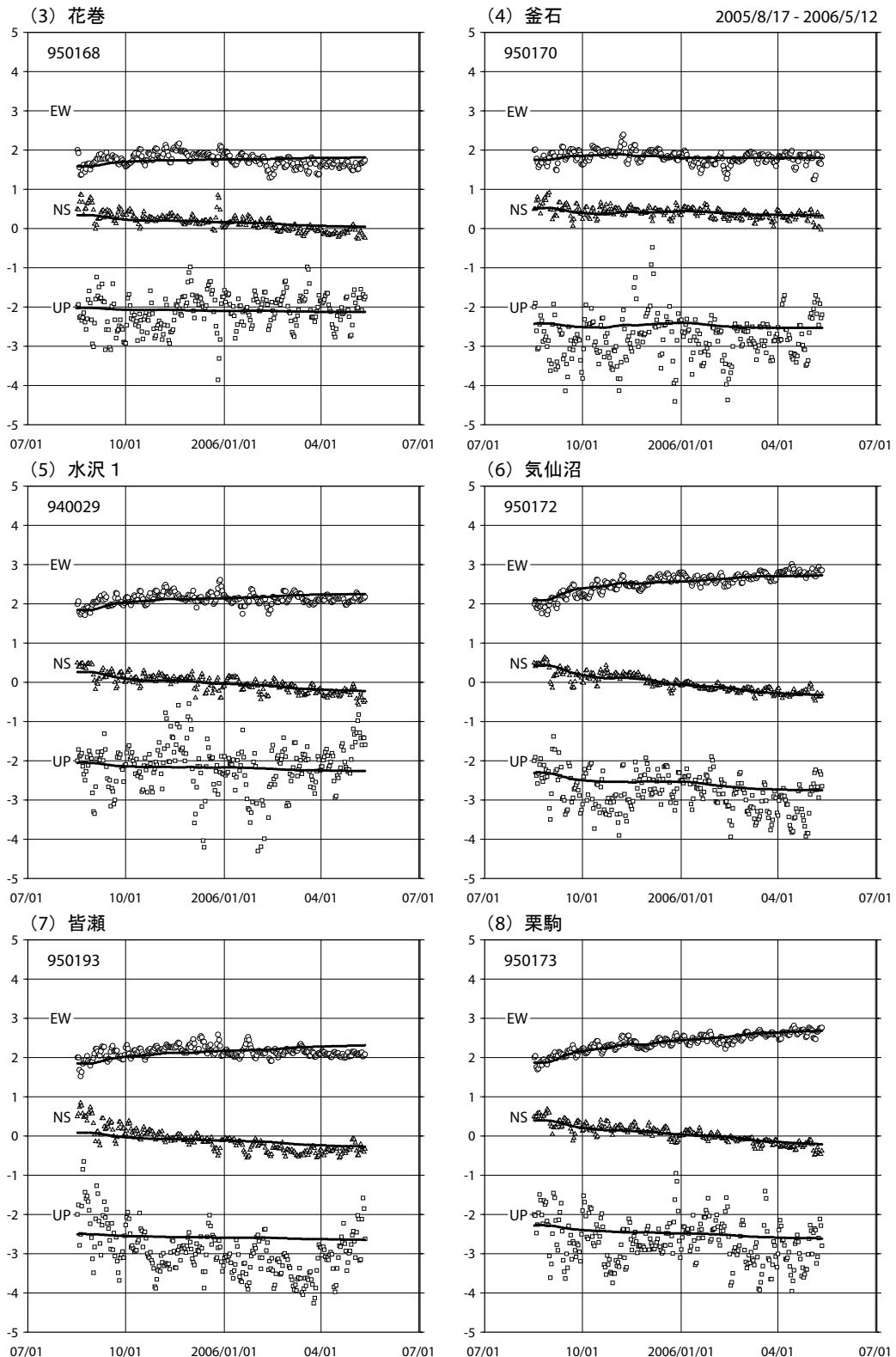


(速度拘束)

第13図～第17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.13-17 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005

観測値と計算値の比較 時系列（2）岩崎固定

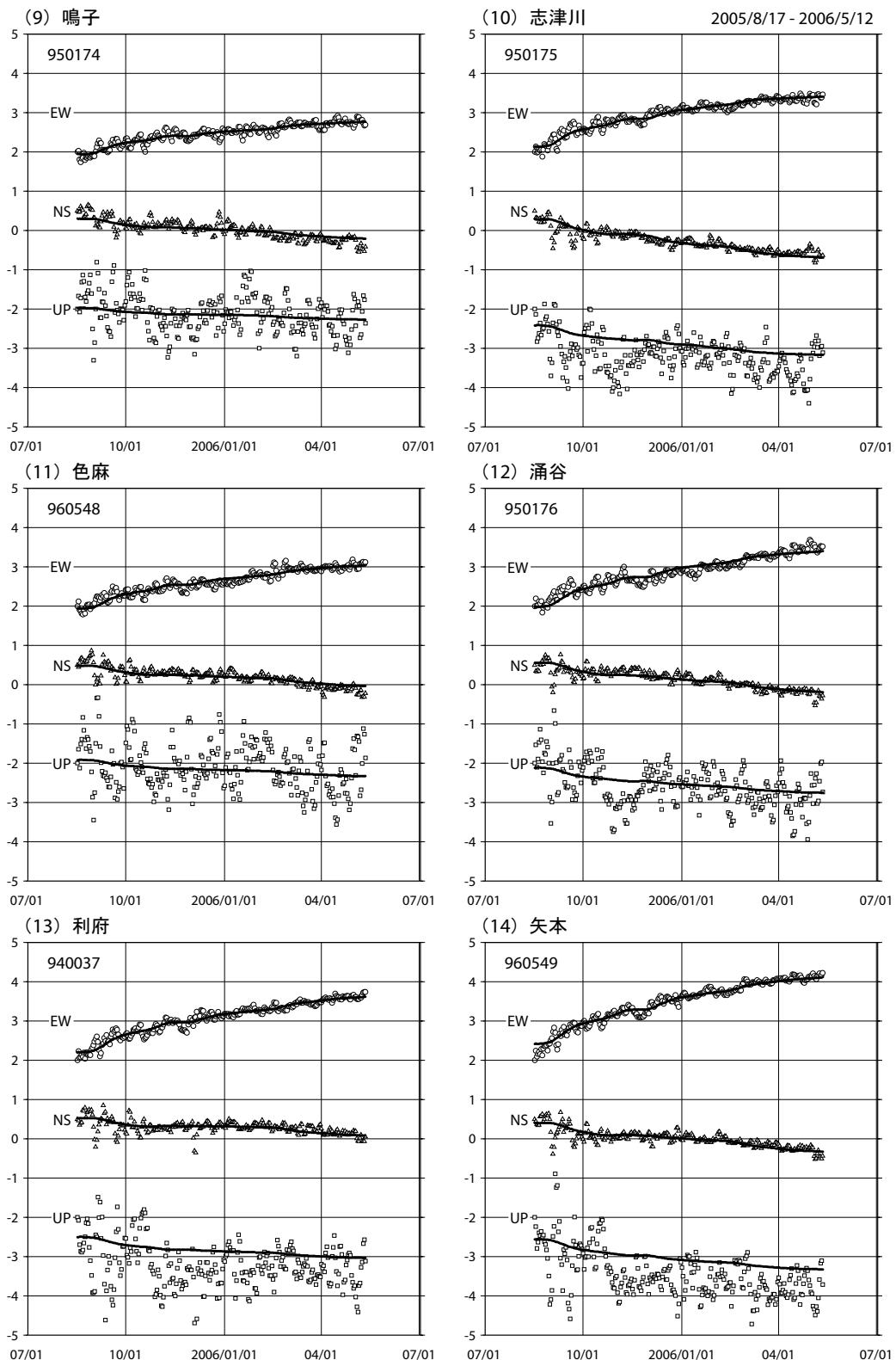


(速度拘束)

第13図～第17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.13-17 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005

観測値と計算値の比較 時系列（3）岩崎固定

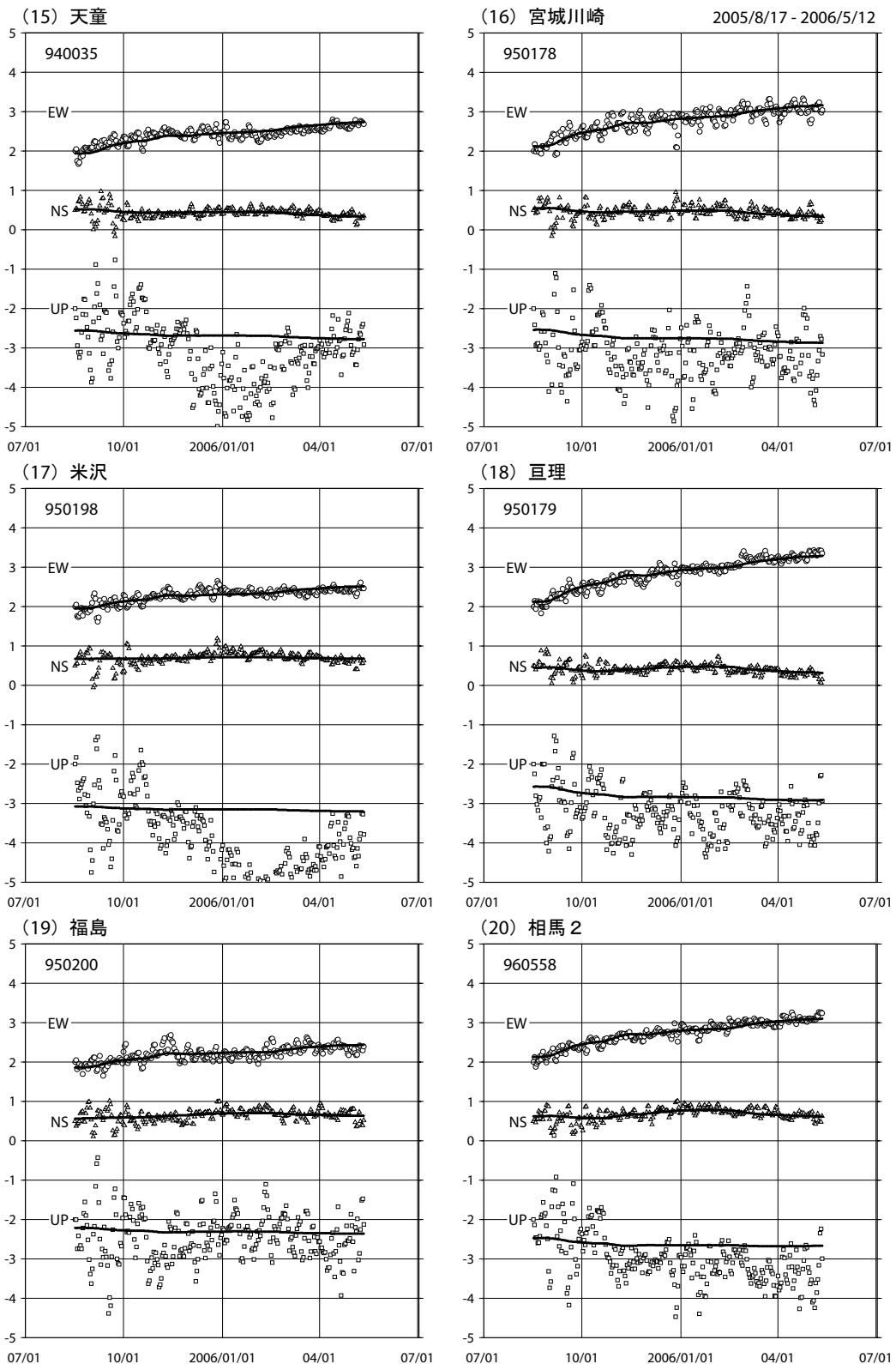


(速度拘束)

第13図～第17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.13-17 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005

観測値と計算値の比較 時系列（4）岩崎固定

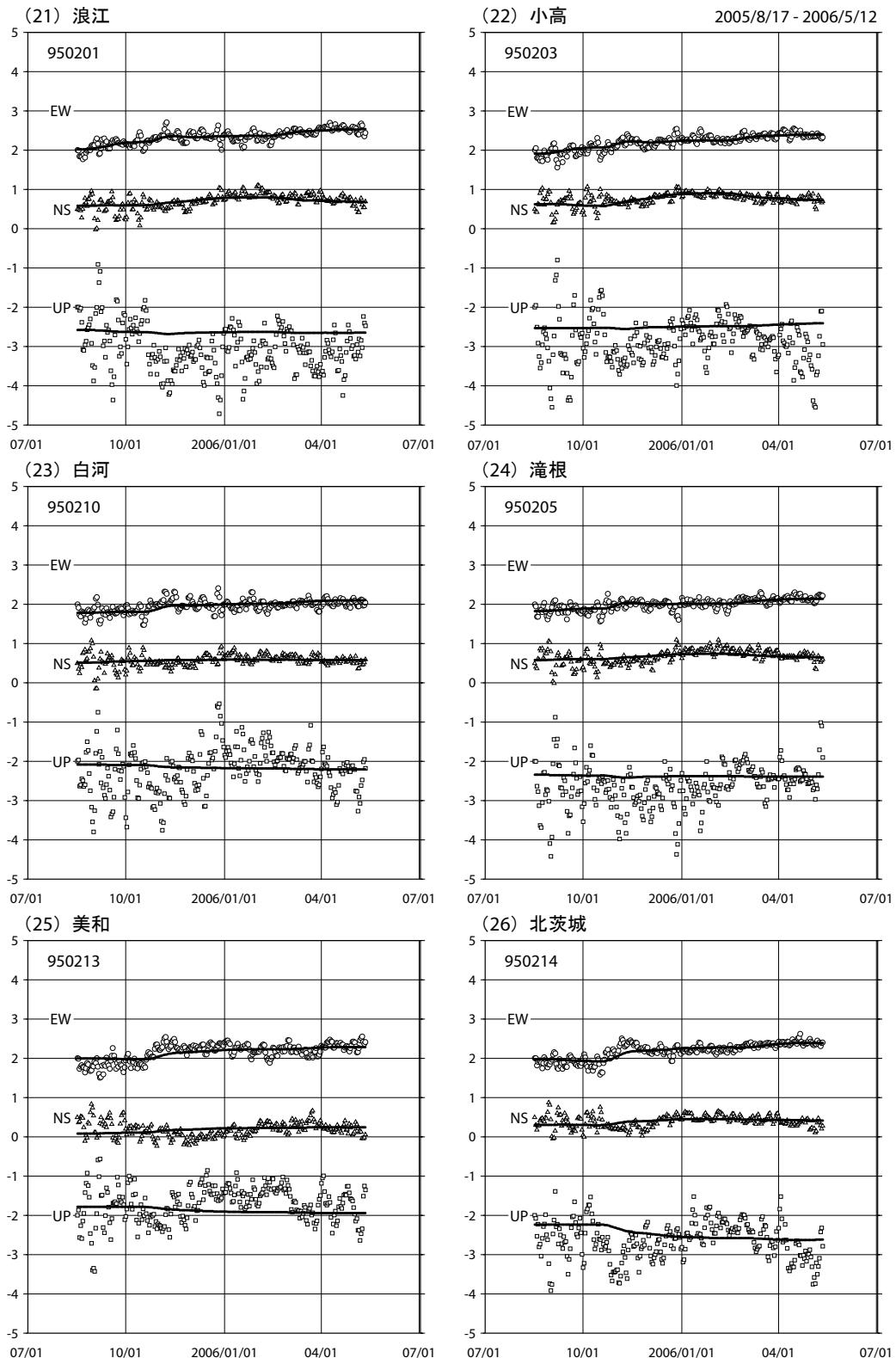


(速度拘束)

第13図～第17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.13-17 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005

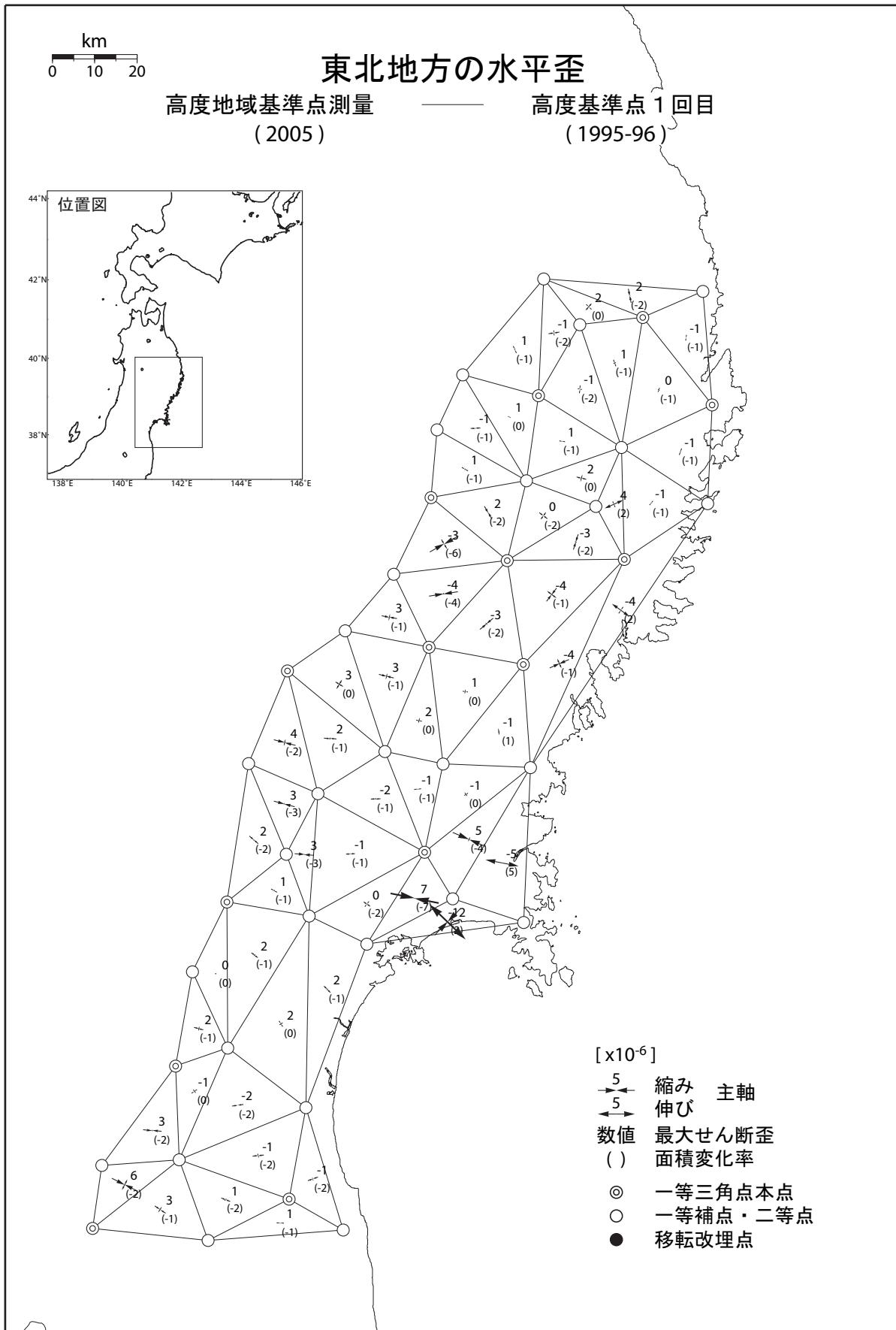
観測値と計算値の比較 時系列（5）岩崎固定



(速度拘束)

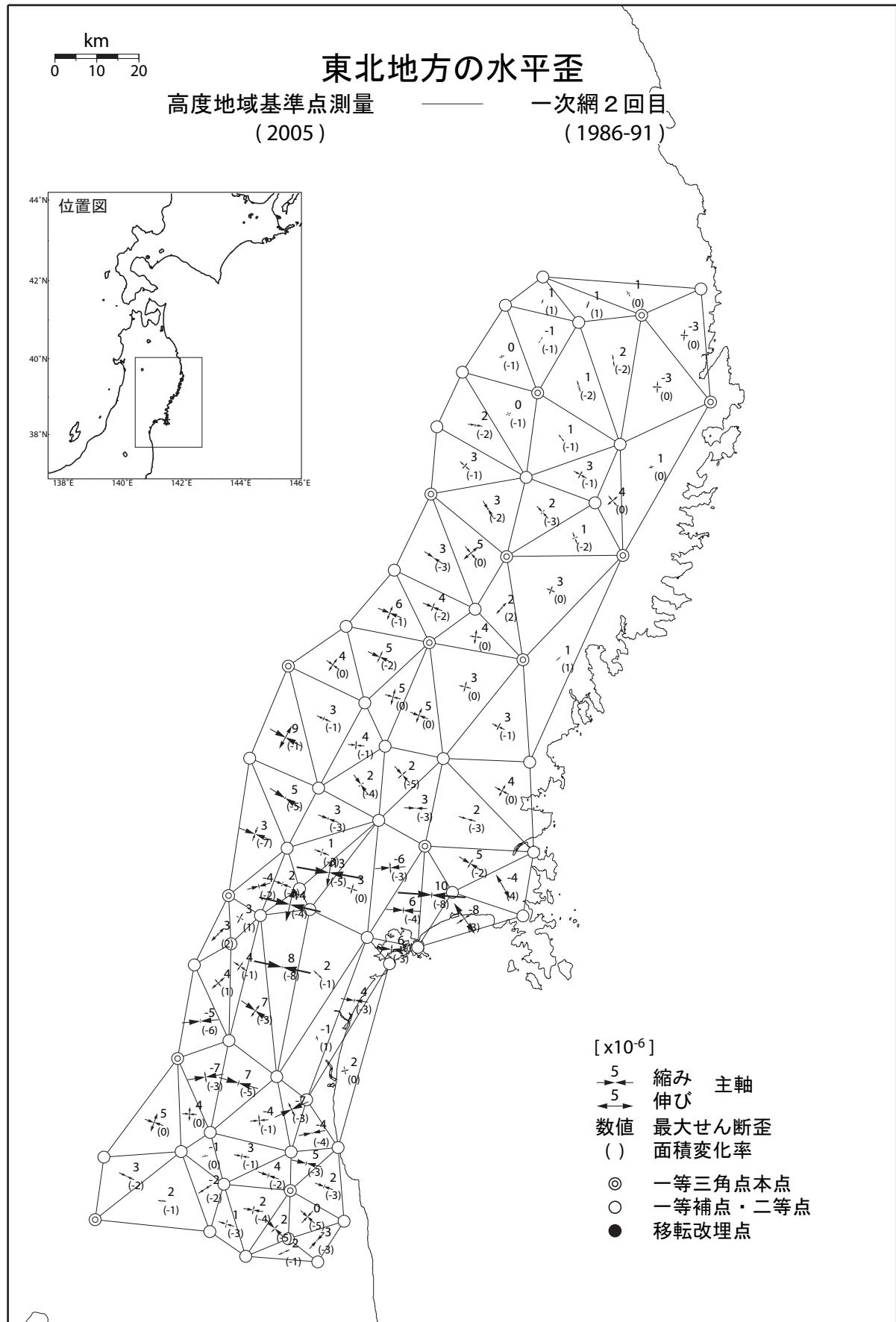
第13図～第17図 2005年8月16日宮城県沖の地震以降の観測された非定常地殻変動とモデルによる計算値とを比較した時系列

Fig.13-17 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the off-Miyagi earthquake on Aug. 16, 2005



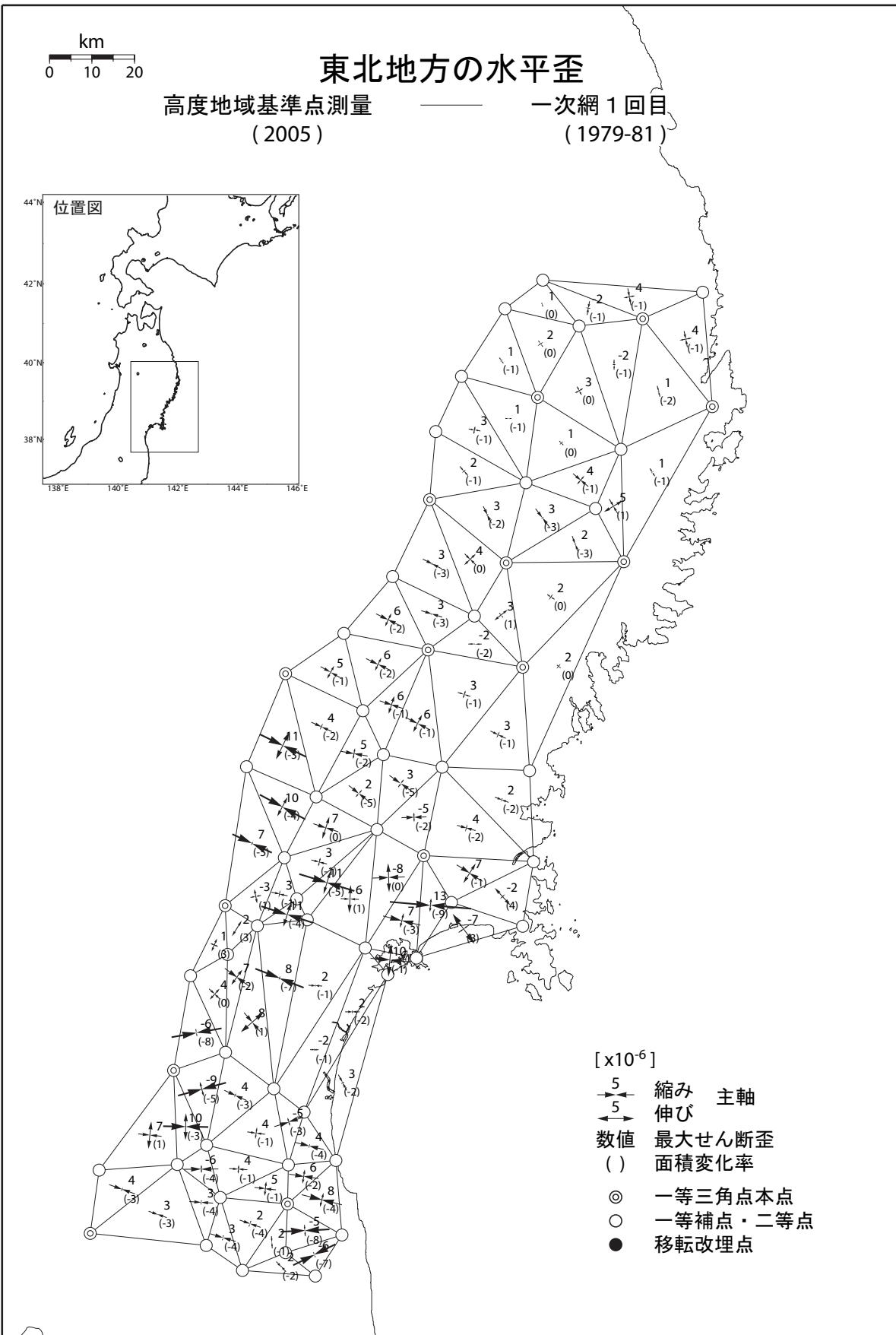
第18図～第21図 測地測量結果による東北地方太平洋岸の地殻水平歪み

Fig.18-21 Crustal horizontal strain in the Pacific coast region of Tohoku district calculated from geodetic survey results



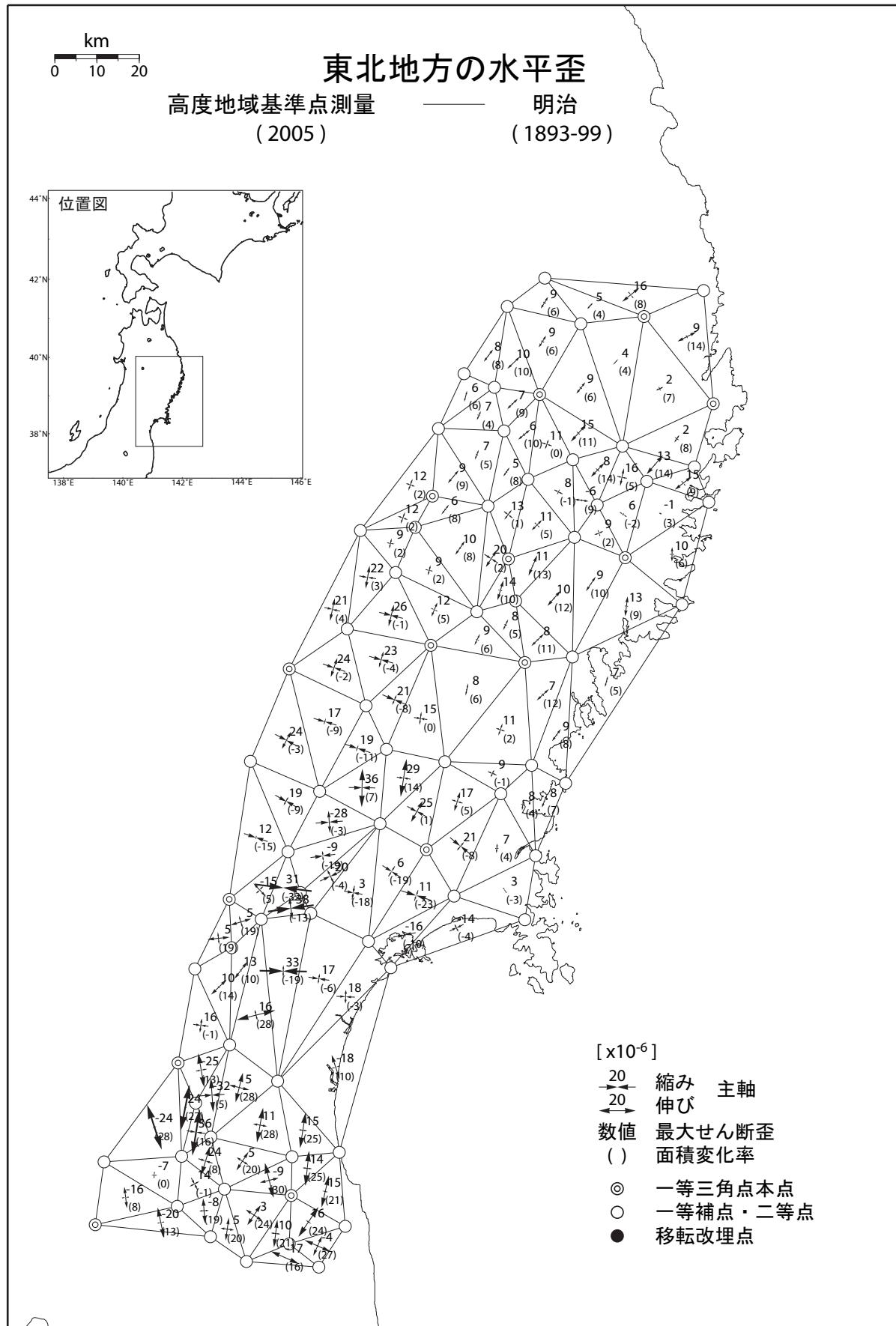
第18図～第21図 測地測量結果による東北地方太平洋岸の地殻水平歪み

Fig.18-21 Crustal horizontal strain in the Pacific coast region of Tohoku district calculated from geodetic survey results



第18図～第21図 測地測量結果による東北地方太平洋岸の地殻水平歪み

Fig.18-21 Crustal horizontal strain in the Pacific coast region of Tohoku district calculated from geodetic survey results



第18図～第21図 測地測量結果による東北地方太平洋岸の地殻水平歪み

Fig.18-21 Crustal horizontal strain in the Pacific coast region of Tohoku district calculated from geodetic survey results