

2-3 北海道地方の地殻変動

Crustal Movements in the Hokkaido District

国土地理院

Geographical Survey Institute

[GPS 3ヶ月・1年間]

第1図は、北海道地方の地殻変動について、最近3ヶ月および1ヶ月の水平変動を、トレンドを補正後のベクトル図で示したものである。(前回までは、トレンドだけでなく、年周・半年周の補正も行われていた。)上段の3ヶ月の図では、十勝沖地震の余効変動によると見られる変動が日高、十勝を中心とした地域に見られる。

[GPS 2003年9月26日の十勝沖地震以降]

第2～6図までは、日高から根室にかけての北海道太平洋側における地震発生後の余効変動の推移を見るための時系列グラフである。第2図に観測点の配置と、アンテナ交換等保守の履歴を示してある。青森県の岩崎観測点を固定局として、1997年10月～2002年10月を定常状態とし、傾斜(トレンド)のみ補正したグラフである。前回までは、傾斜だけでなく年周・半年周成分も除去したグラフであったが、年周・半年周の傾向が一定でないためこれらの補正の効果が小さいことが最近確認されたこと、及び年周・半年周の振幅が大きくないことの2つの理由により、年周・半年周の補正を行わないことにした。2003年9月26日の十勝沖地震と2004年11月29日の釧路沖の地震の余効変動が地震直後に始まり、指数関数的に減衰しながらも長期的に続いた様子を見ることができる。(11)えりも1、(12)様似(さまに)の南北成分では、余効変動が継続している一方、(8)中札内(なかさつない)では2008年になって止まったようにも見え、余効変動の影響範囲が狭くなっているようである。

[GPS 余効変動]

第7～8図は、2003年9月26日の十勝沖地震と2004年11月29日・12月6日の釧路沖の地震の余効変動の終息を判断するため、えりも1、根室4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。第7図のえりも1では、2003年9月26日以降余効変動がゆっくり続いて、地震前の変動速度に戻りつつあるがまだ完全には収まっていない。

第8図の根室4では、2004年11月29日、12月6日以降の余効変動が重なっている様子も見られる。しかし、変化率で見ると、根室4も、ほとんど地震前の状態に戻ったように見える。

[非定常地殻変動 北海道]

第9～13図は2004年11月29日，12月6日の釧路沖の地震以降の非定常地殻変動について，プレート境界面の滑りを想定してその分布を推定したものである．第9図は計算に使用したグリッドと2004年12月8日以降の累積のプレート間滑り分布である．十勝沖地震の本震震源域を含む領域と，その東西の領域とで3分割して滑りのモーメントを計算して下段に示した．釧路沖の地震以降の滑りのモーメントは範囲全体で $M_w=7.7$ 相当を超えている．領域全体を3つに分けた場合，釧路・根室周辺の東側の領域(4)のモーメント解放量が小さい．西側の領域(2)ではわずかなモーメントの増加が続いている．東側の領域(4)や中央の領域(3)では，2006年8月頃と同様，2007年8月頃には加速を見せた．

第10図は，2004年12月以降の推定滑り分布と観測値と計算値の比較を1年毎に見たものである．前巻までは，2ヶ月毎の図であったが，時系列上のばらつきが推定滑り分布に反映されやすかったために，今回から1年毎に変更する．左列が推定滑り，中央列が水平変動の観測値と計算値，右列が上下変動の観測値と計算値である．釧路沖にあった大きな滑りの領域が，小さくなり，最近はほとんど見えない．十勝沖での滑りは，時間とともに減衰してきたが，現在も余効滑りが継続していると考えられる．

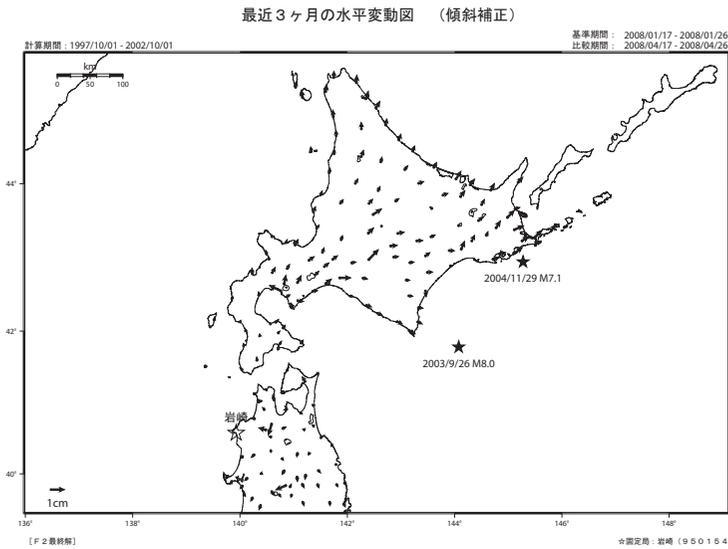
第11～13図はモデルによる計算値と観測値の時系列での比較である．

[GPS 高度地域基準点測量（繰り返し観測） 北海道]

第14～15図は，札幌・旭川地区の三角点のGPS繰り返し観測の結果である．基準となる測量は，第14図左：2001～02年の高度基準点測量1回目，第14図右：1992～93年の精密測地網一次基準点測量（一次網）2回目，第15図左：1983年の精密測地網一次基準点測量（一次網）1回目，第15図右：1909～16年の明治時代の測量である．表示する歪みのスケールを変えて作図している．第14図左の図に表示している測地網の東部で，2003年9月26日の十勝沖地震($M8.0$)による影響と考えられる北西-南東方向の伸びが見られる．第14図右の図と第15図左の図の測地網の西端に1993年7月12日の北海道南西沖地震($M7.8$)による影響である東西伸張が見られる．第14図左の図の西端にも見られる東西伸張は，北海道南西沖地震の余効変動の影響と考えられる．

参 考 文 献

- 1) 国土地理院，2004，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，71，135-187．
- 2) 国土地理院，2004，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，72，61-95．
- 3) 国土地理院，2005，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，73，35-60．
- 4) 国土地理院，2005，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，74，53-68．
- 5) 国土地理院，2006，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，75，30-58．
- 6) 国土地理院，2006，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，76，55-82．
- 7) 国土地理院，2007，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，77，44-64．
- 8) 国土地理院，2007，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，78，91-111．
- 9) 国土地理院，2008，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，79，41-44．

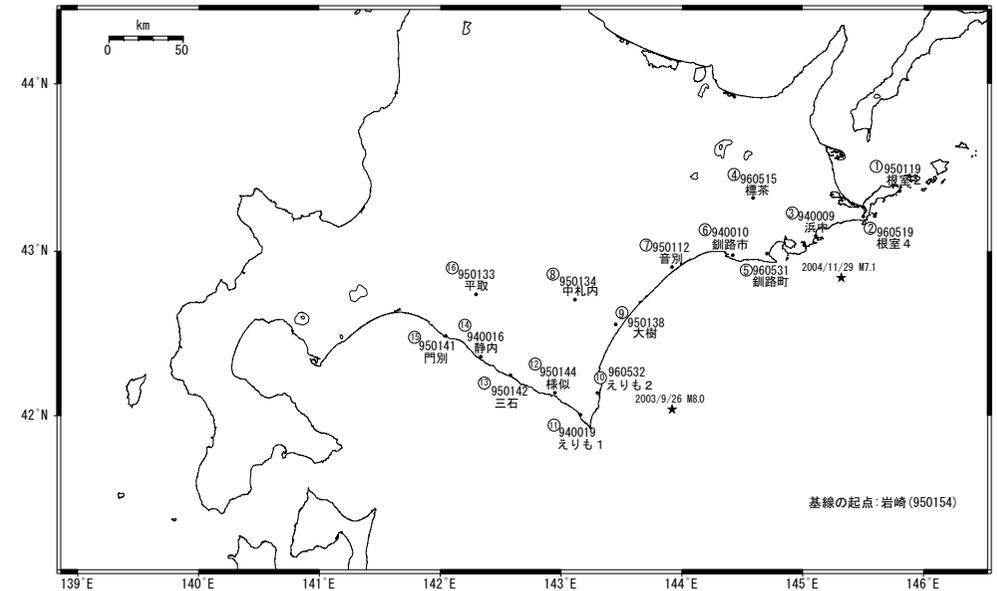


第1図a 北海道地方の非正常地殻水平変動（2008年1月～3月）
 Fig.1a Horizontal crustal movement in Hokkaido after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components. (January 2008 to April 2008)



第1図b 北海道地方の非正常地殻水平変動（2008年3月～4月）
 Fig.1b Horizontal crustal movement in Hokkaido after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components. (March 2008 to April 2008)

北海道太平洋岸 GPS連続観測基線図

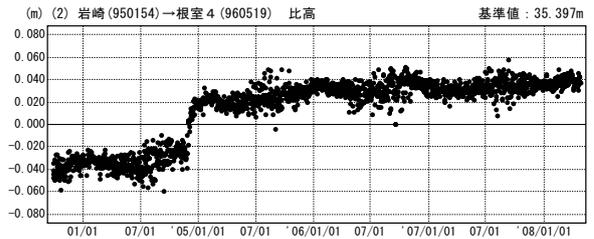
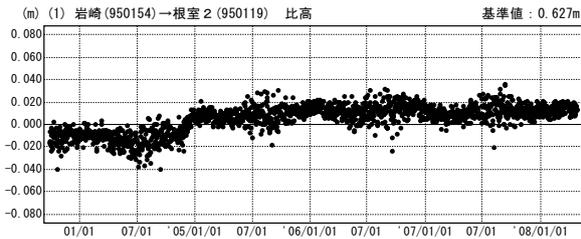
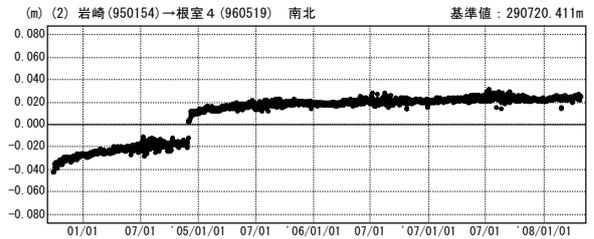
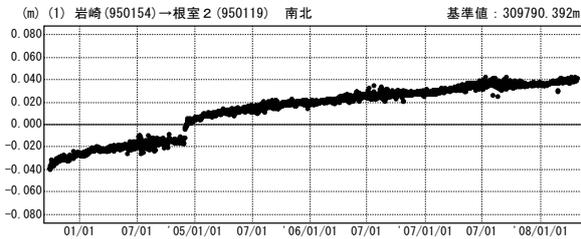
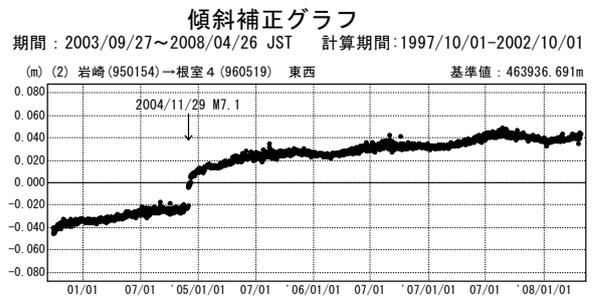
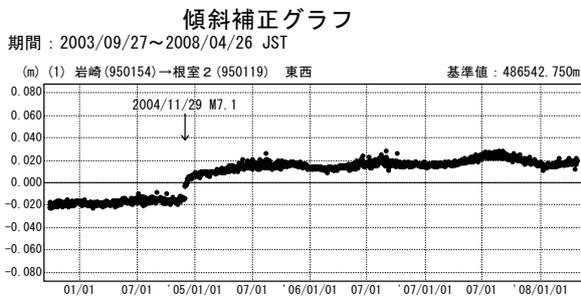


観測局情報

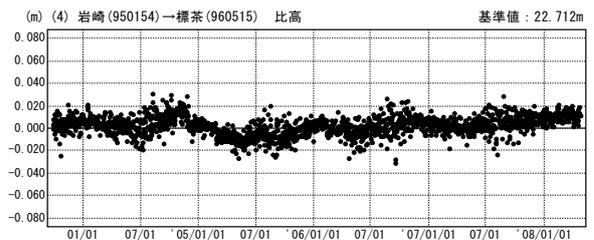
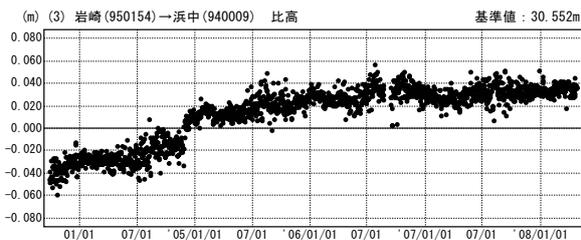
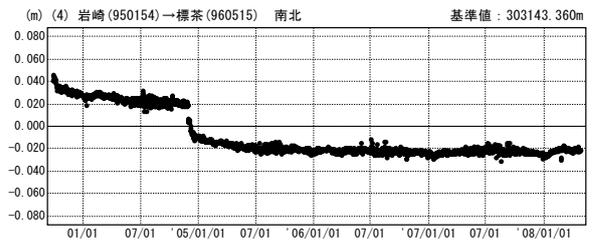
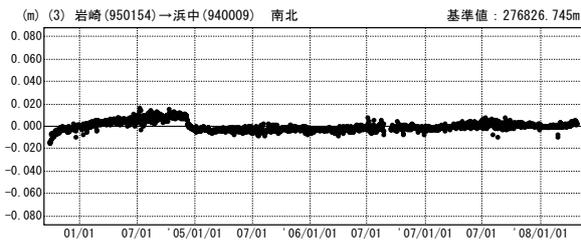
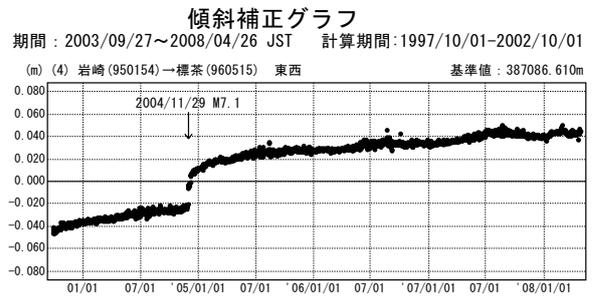
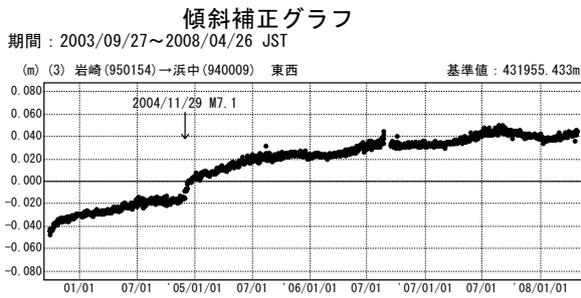
点番号	点名	アンテナ交換	アンテナ高調整	周辺伐木	凍上対策
950119	根室2	2002/11/13			2002/4/1
960515	標茶	2002/11/19	2003/7/21		2003/10/3
960519	根室4	2003/3/11			2002/4/1
940009	浜中	2002/11/18			2001/4/1
960531	釧路町	2003/5/29			2003/10/1
940010	釧路市	2001/11/1 2002/11/19			1999/12/1 2003/11/7
950112	音別	2002/11/20	2003/7/18		
950138	大樹	2003/3/15			
950142	三石	2002/11/19	2003/7/10		
950144	様似	2002/11/21	2003/7/10	2005/12/1	
960532	えりも2	2003/3/7			
940019	えりも1	2001/12/7 2002/11/20			
950133	平取	2002/11/14	2003/7/9		
950141	門別	2002/11/25	2003/7/9		
940016	静内	2002/11/13			
950134	中札内	2002/11/9	2003/7/17		

※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2図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGPS連続観測結果（観測点配置図・保守状況）
 Fig.2 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: Site location map and records of the maintenance of those sites.



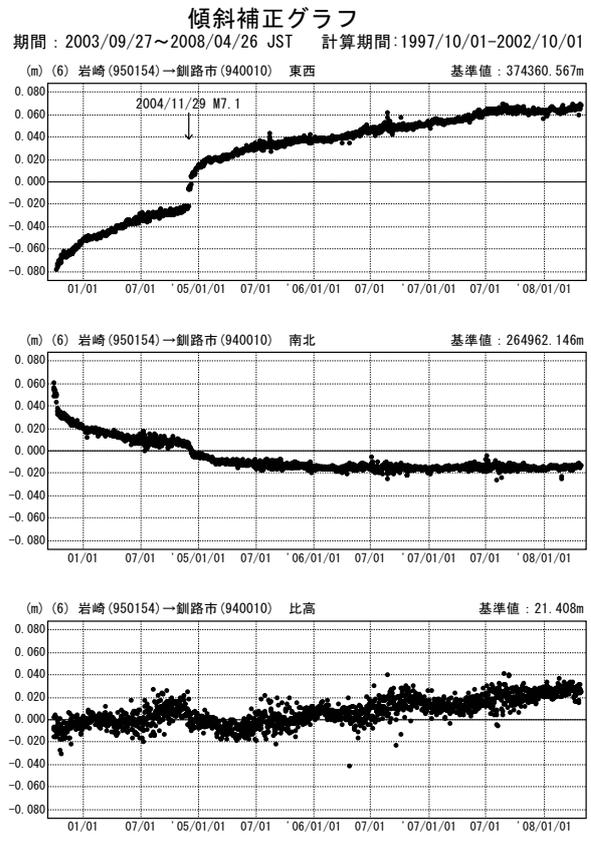
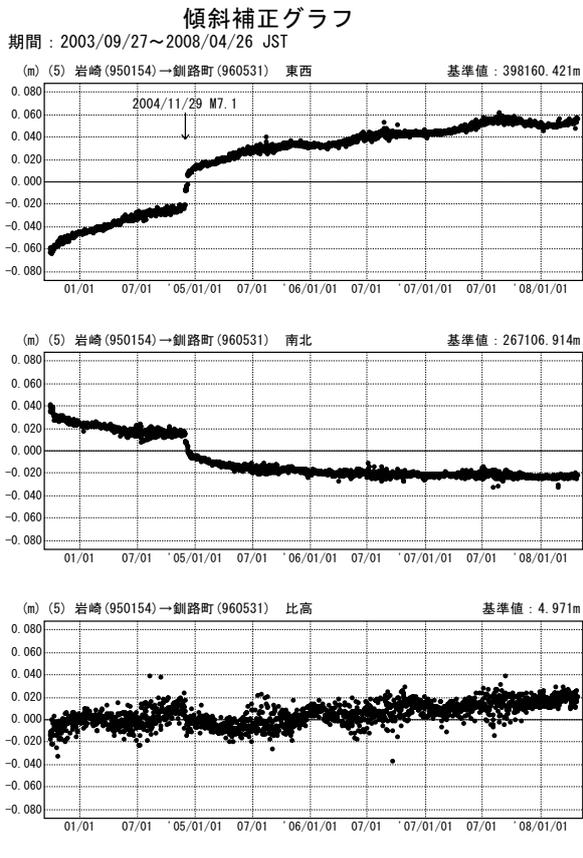
● ---[F2:最終解]



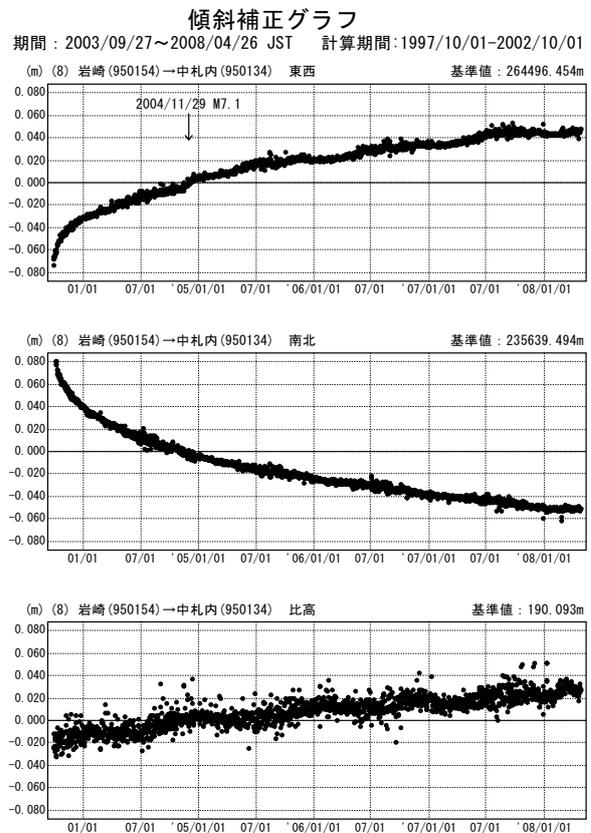
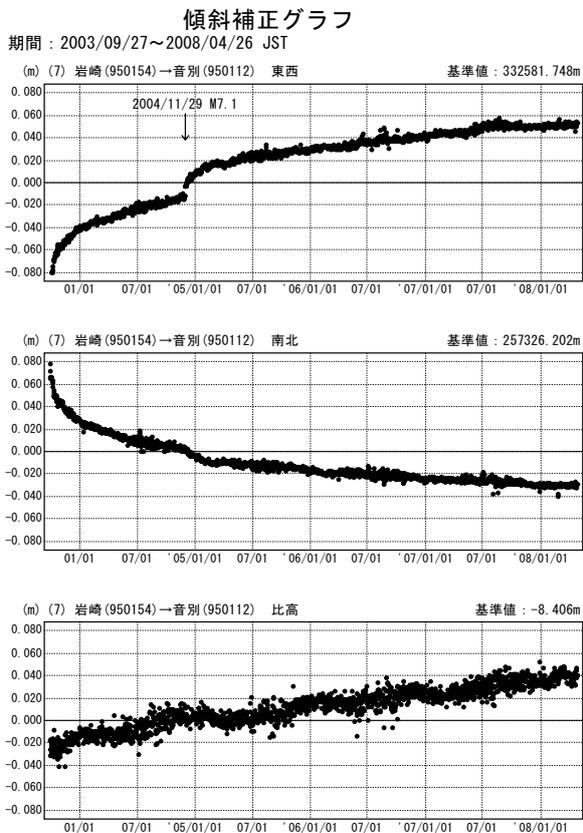
● ---[F2:最終解]

第3図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGPS連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド成分を除去した時系列

Fig. 3 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend referred to Iwasaki) (1/4)



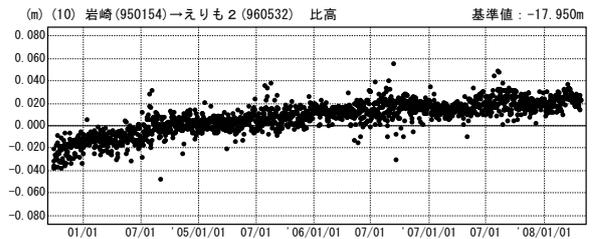
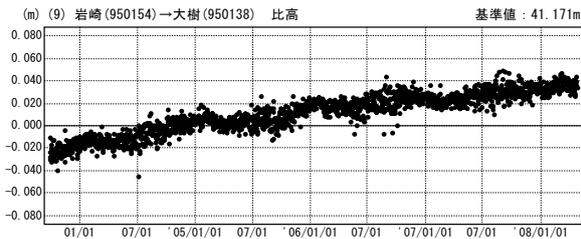
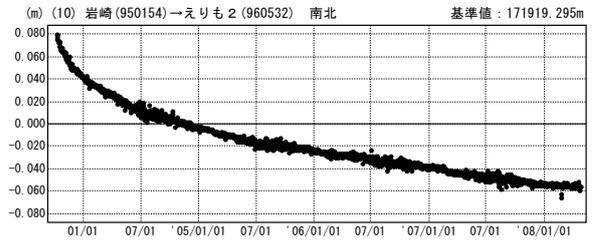
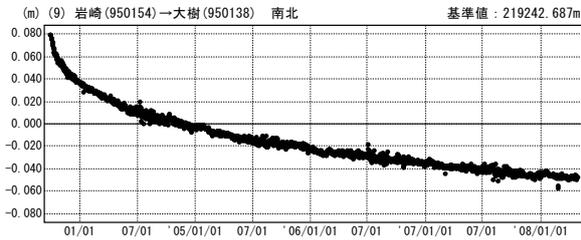
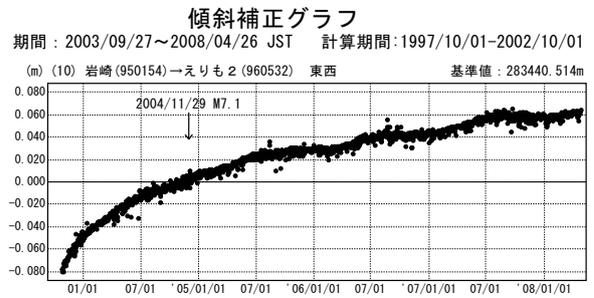
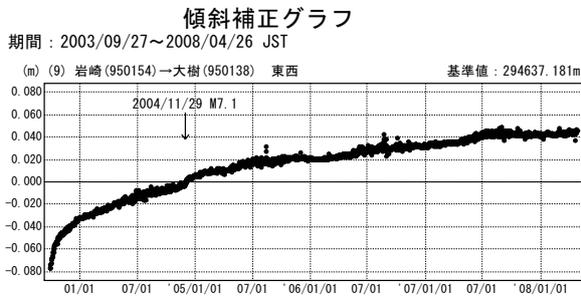
● ---[F2:最終解]



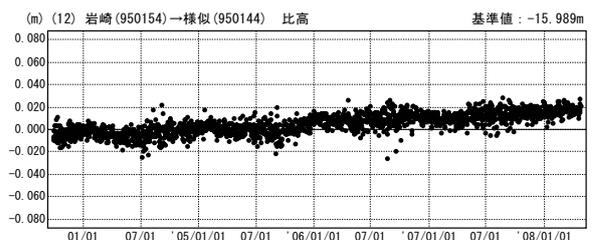
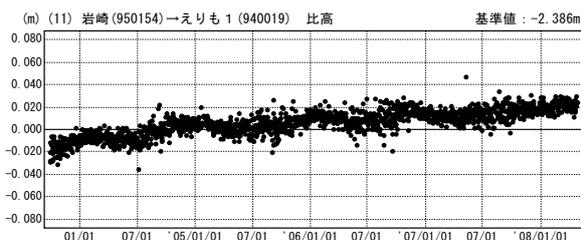
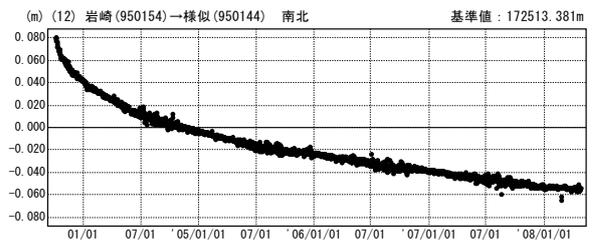
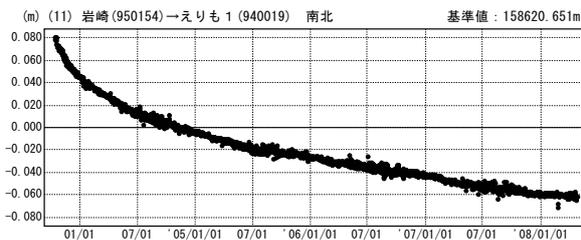
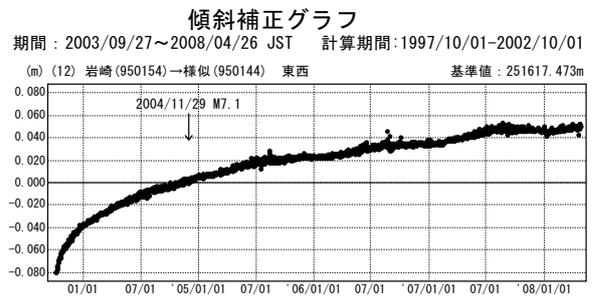
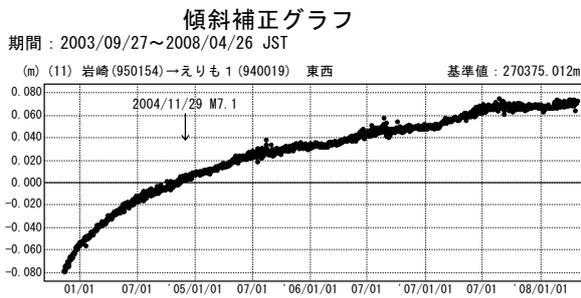
● ---[F2:最終解]

第4図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGPS連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド成分を除去した時系列

Fig. 4 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend referred to Iwasaki) (2/4)



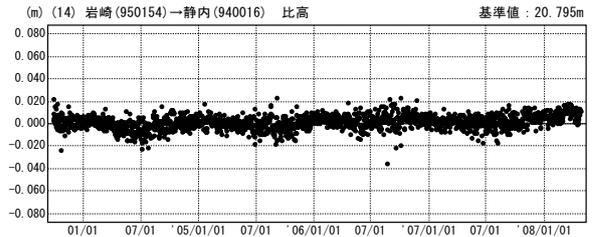
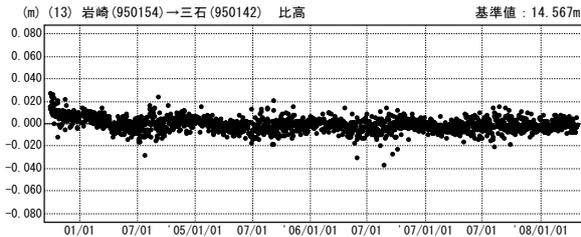
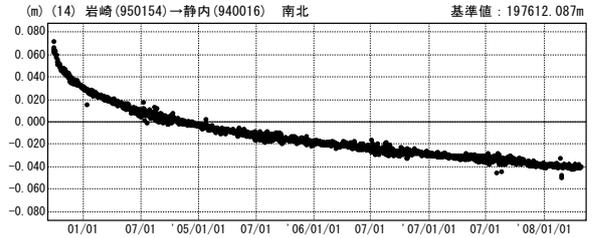
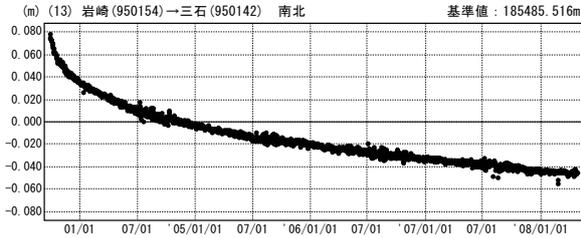
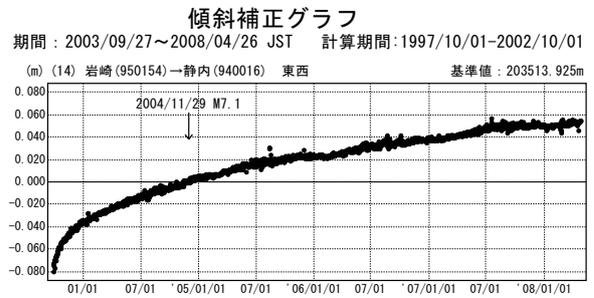
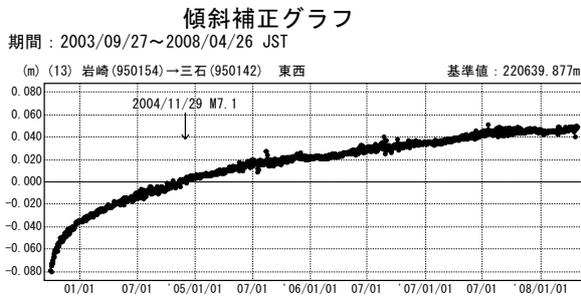
● ---[F2:最終解]



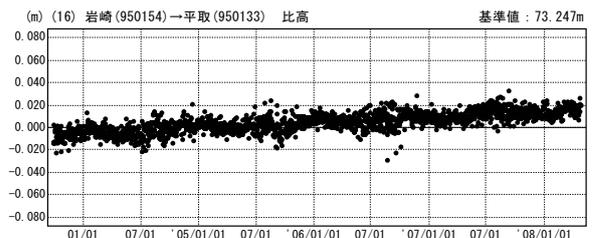
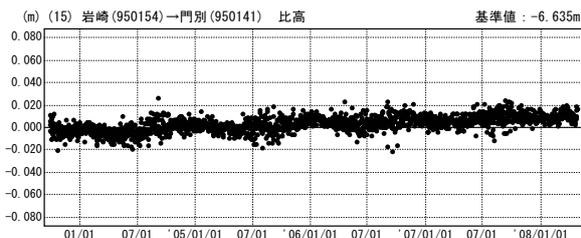
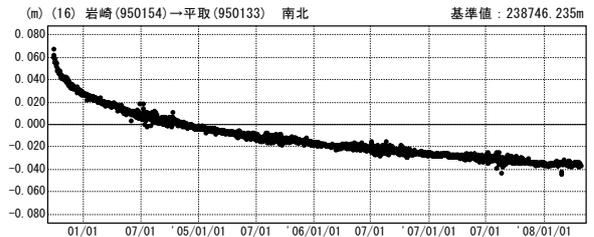
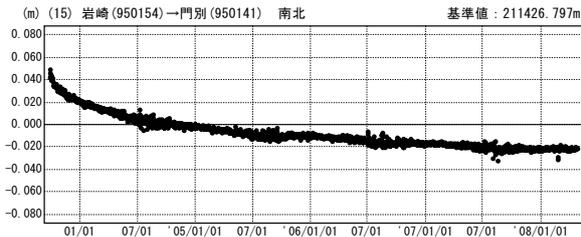
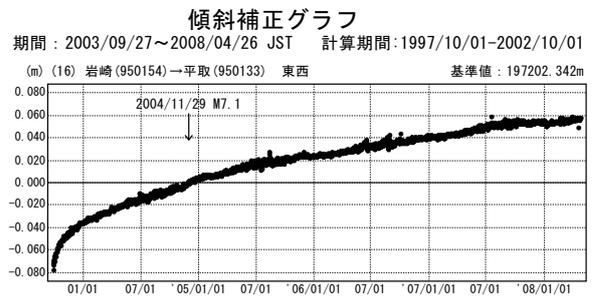
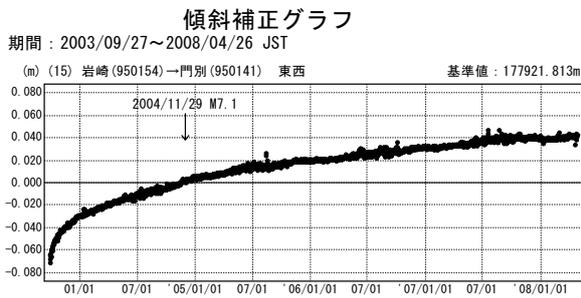
● ---[F2:最終解]

第5図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGPS連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド成分を除去した時系列

Fig. 5 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend referred to Iwasaki) (3/4)



● ---[F2:最終解]



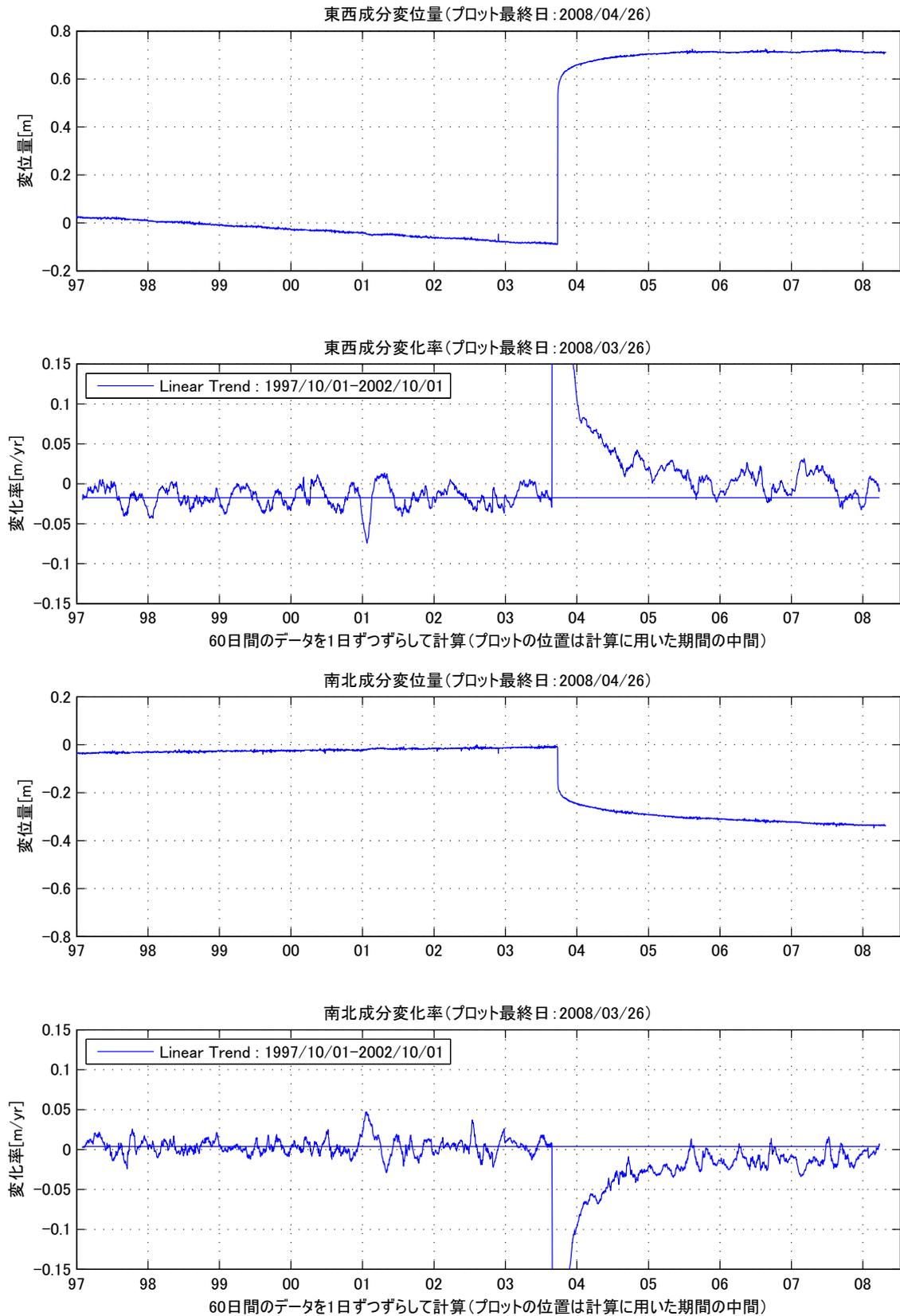
● ---[F2:最終解]

第 6 図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGPS連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド成分を除去した時系列

Fig. 6 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend referred to Iwasaki) (4/4)

基線ベクトル成分の変位量と変化率: 岩崎 (950154) → えりも 1 (940019)

えりも 1 では、着実に地震前の変化率に戻りつつあるものの、完全に戻りきっていないので、十勝沖地震の余効変動は、まだ終息していないとみられる。

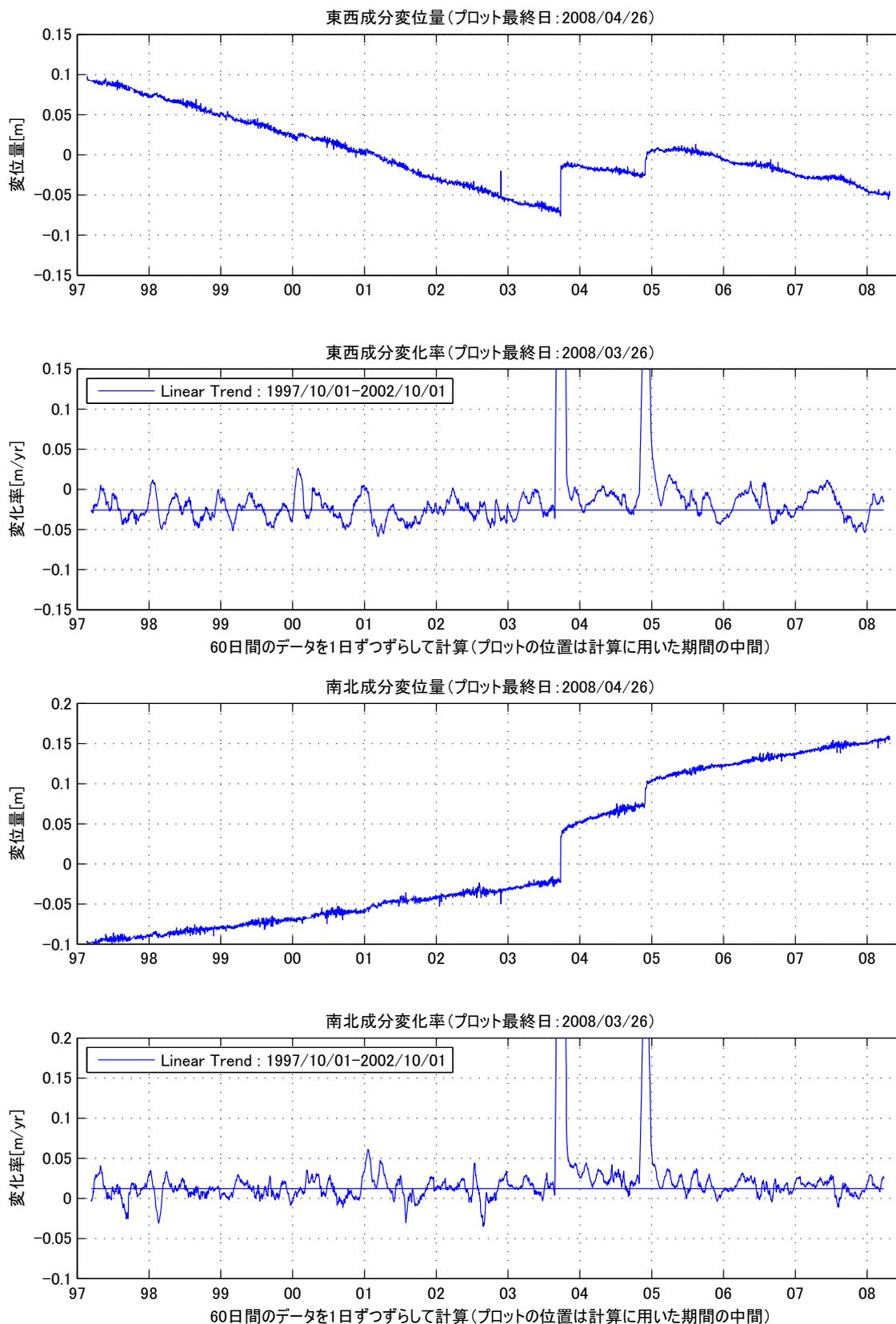


変化率グラフの補助直線は[linear trend]で与えられた期間のデータから推定される傾斜成分値を示す。

第7図 北海道太平洋岸のGEONET観測点における地殻変動速度の変化(えりも1観測点・時系列)
 Fig. 7 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Time series at Erimo-1 site).

基線ベクトル成分の変位量と変化率: 岩崎 (950154) → 根室 4 (960519)

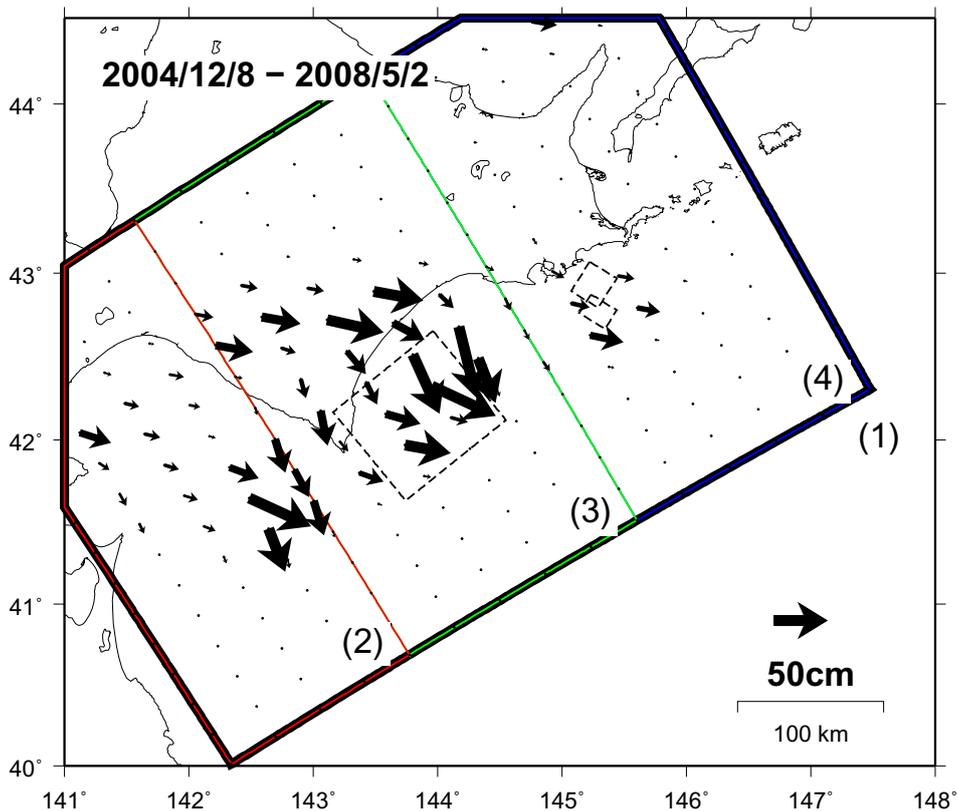
根室 4 の変化率は、ほぼ地震前の状態に戻っているため、
十勝沖地震及び釧路沖の地震の余効変動は、ほぼ終息したとみられる。



変化率グラフの補助直線は[linear trend]で与えられた期間のデータから推定される傾斜成分値を示す。

第 8 図 北海道太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化 (根室 4 観測点・時系列)
Fig. 8 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Time series at Nemuro-4 site).

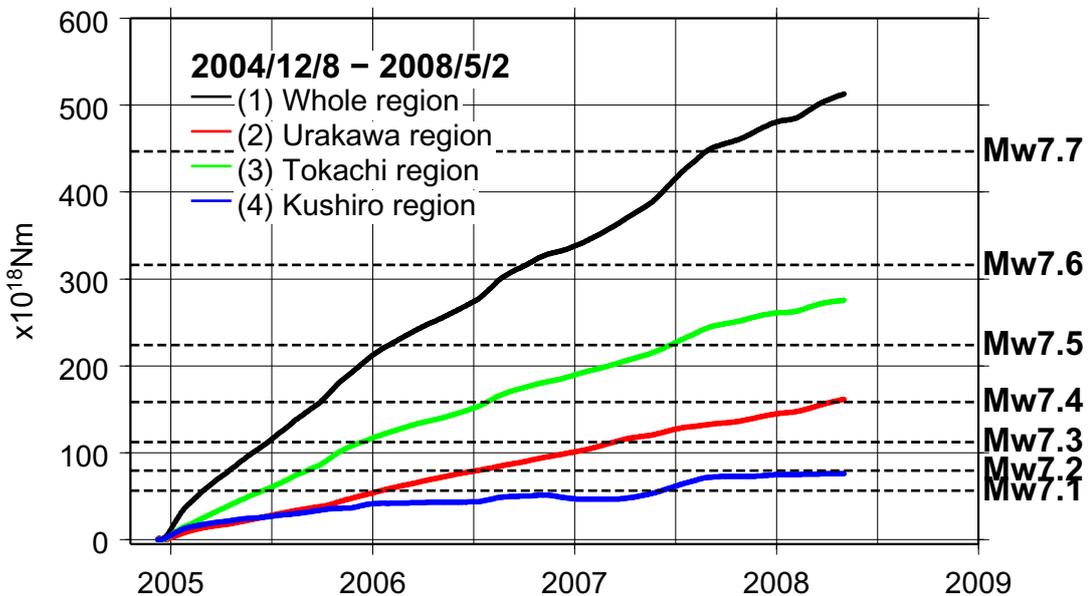
2004年釧路沖の地震以降の累積の推定すべり分布【岩崎固定】



第9図a 時間発展インバージョンにより推定した2004年12月6日の釧路沖地震以降における北海道東部のプレート間滑り（滑り分布）

Fig. 9a Slip on the plate boundary in eastern Hokkaido estimated by time dependent inversion after the Off-Kushiro earthquake on December 6, 2004 (Slip vector map).

2004年釧路沖の地震以降の推定モーメント



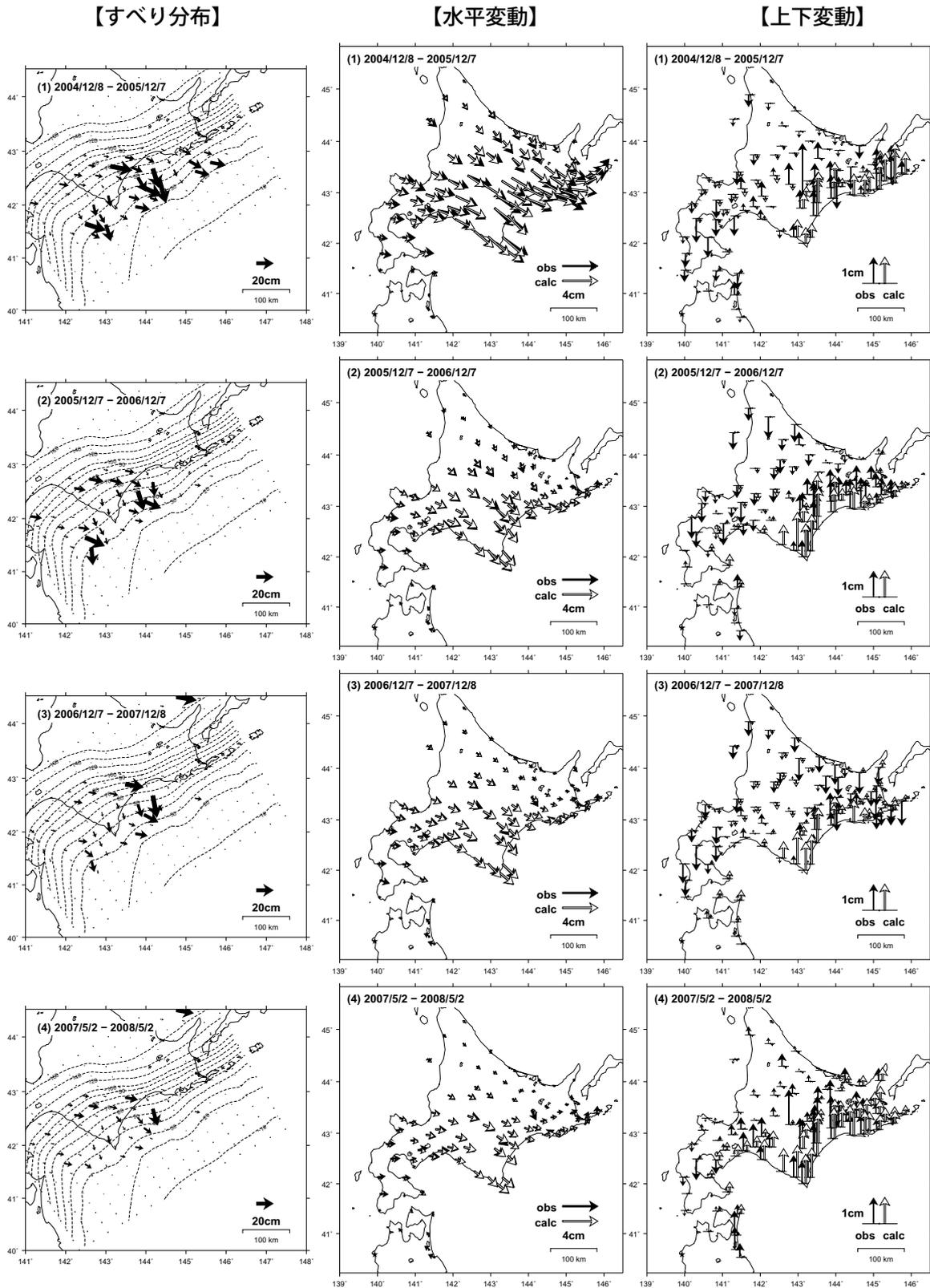
- ・1998年1月～2000年1月のデータから平均速度および年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- ・2003年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
- ・2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震による固定点岩崎の地殻変動の影響は取り除いている。
- ・2006年11月15日に発生した千島列島の地震による地殻変動の影響は取り除いている。

【速度拘束】

第9図b 時間発展インバージョンにより推定した2004年12月6日の釧路沖地震以降における北海道東部のプレート間滑り（モーメント時間変化）

Fig. 9b Slip on the plate boundary in eastern Hokkaido estimated by time dependent inversion after the Off-Kushiro earthquake on December 6, 2004 (Time series of released moment).

2004年釧路沖の地震以降の1年ごとの推定すべり分布
および観測値と計算値の比較 (1) 【岩崎固定】

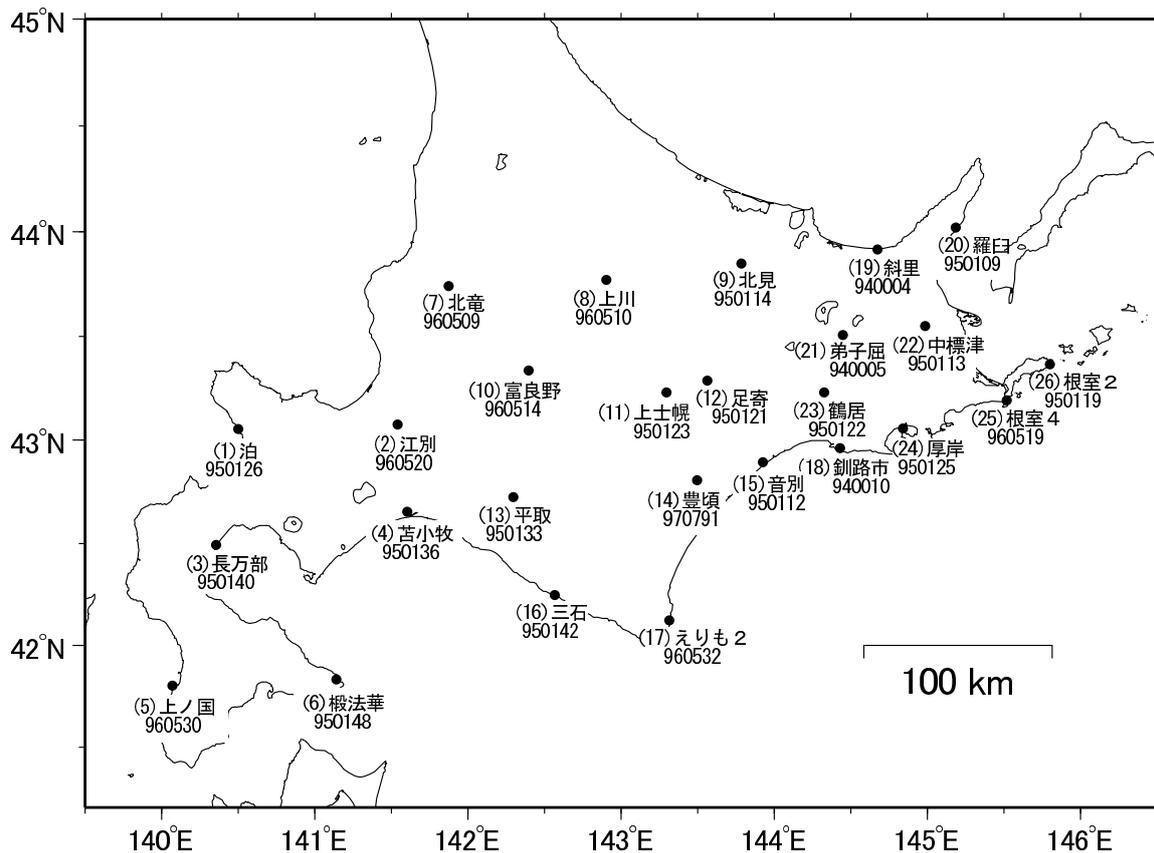


- ・ (1) は、2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震による固定点岩崎の地殻変動の影響を取り除いている。
- ・ (2) は、2006年11月15日に発生した千島列島の地震による地殻変動は取り除いている。

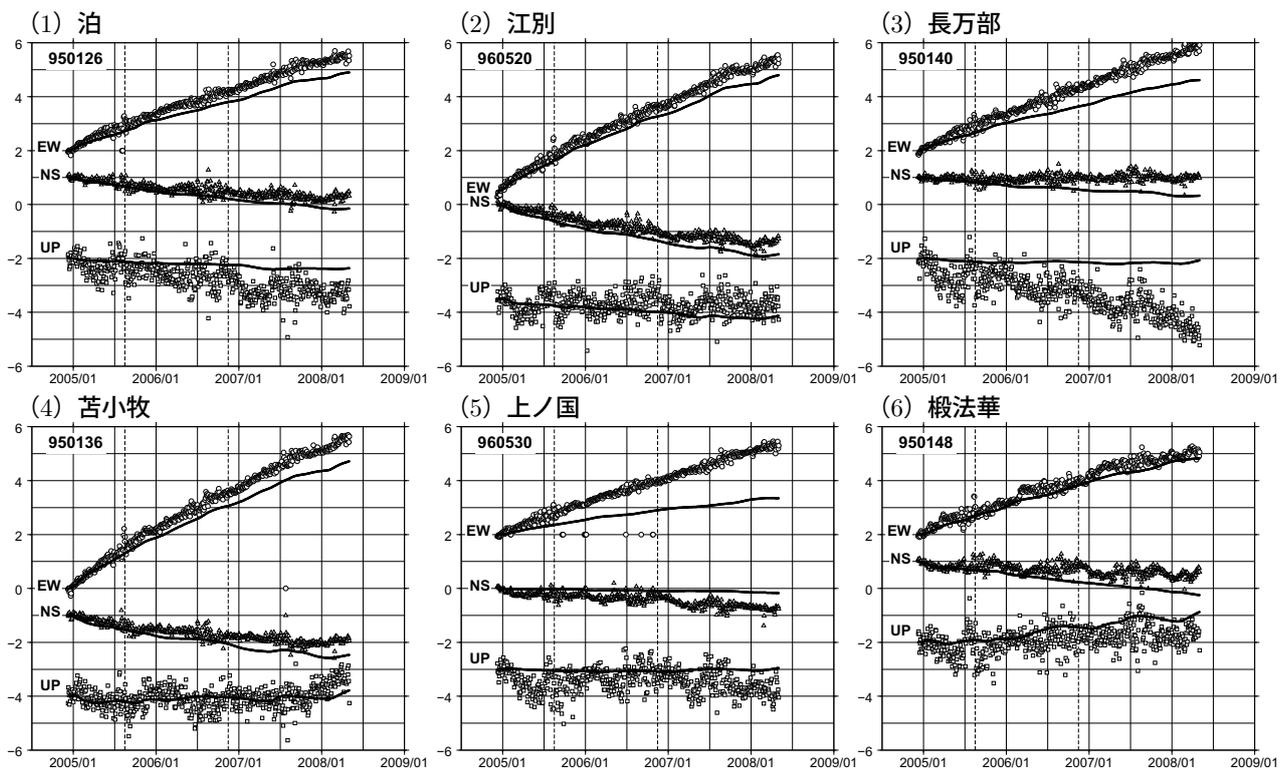
【速度拘束】

第10図 時間発展インバージョンにより推定した2004年12月6日の釧路沖地震以降における1年毎の北海道東部におけるプレート間滑り分布および観測値と計算値の比較
Fig. 10 Slip on the plate boundary in eastern Hokkaido estimated by time dependent inversion by every years after the Off-Kushiro earthquake on December 6, 2004, and comparison of horizontal and vertical components between observation and the calculation.

2004年釧路沖の地震以降の観測値と計算値の比較時系列（1）【岩崎固定】



2004/12/8 - 2008/5/2



・点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震、2006年11月15日千島列島の地震の発生日で、地震時の地殻変動は取り除いている。

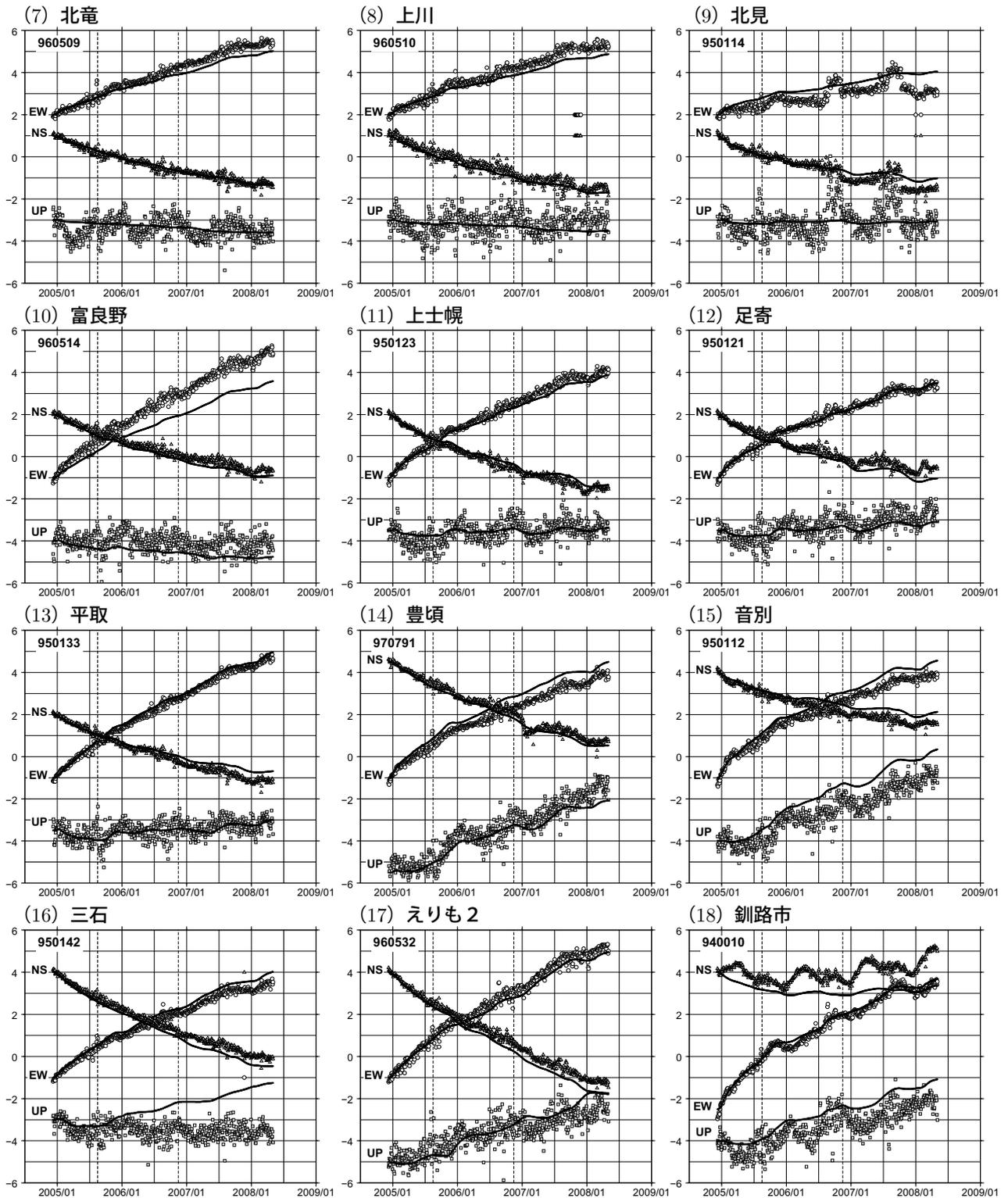
【速度拘束】

第11図 2004年釧路沖の地震以降における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. 11 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the 2004 Off-Kushiro earthquake. (1/3)

2004年釧路沖の地震以降の観測値と計算値の比較時系列（2）【岩崎固定】

2004/12/8 - 2008/5/2



・点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震，2006年11月15日千島列島の地震の発生日で，地震時の地殻変動は取り除いている。

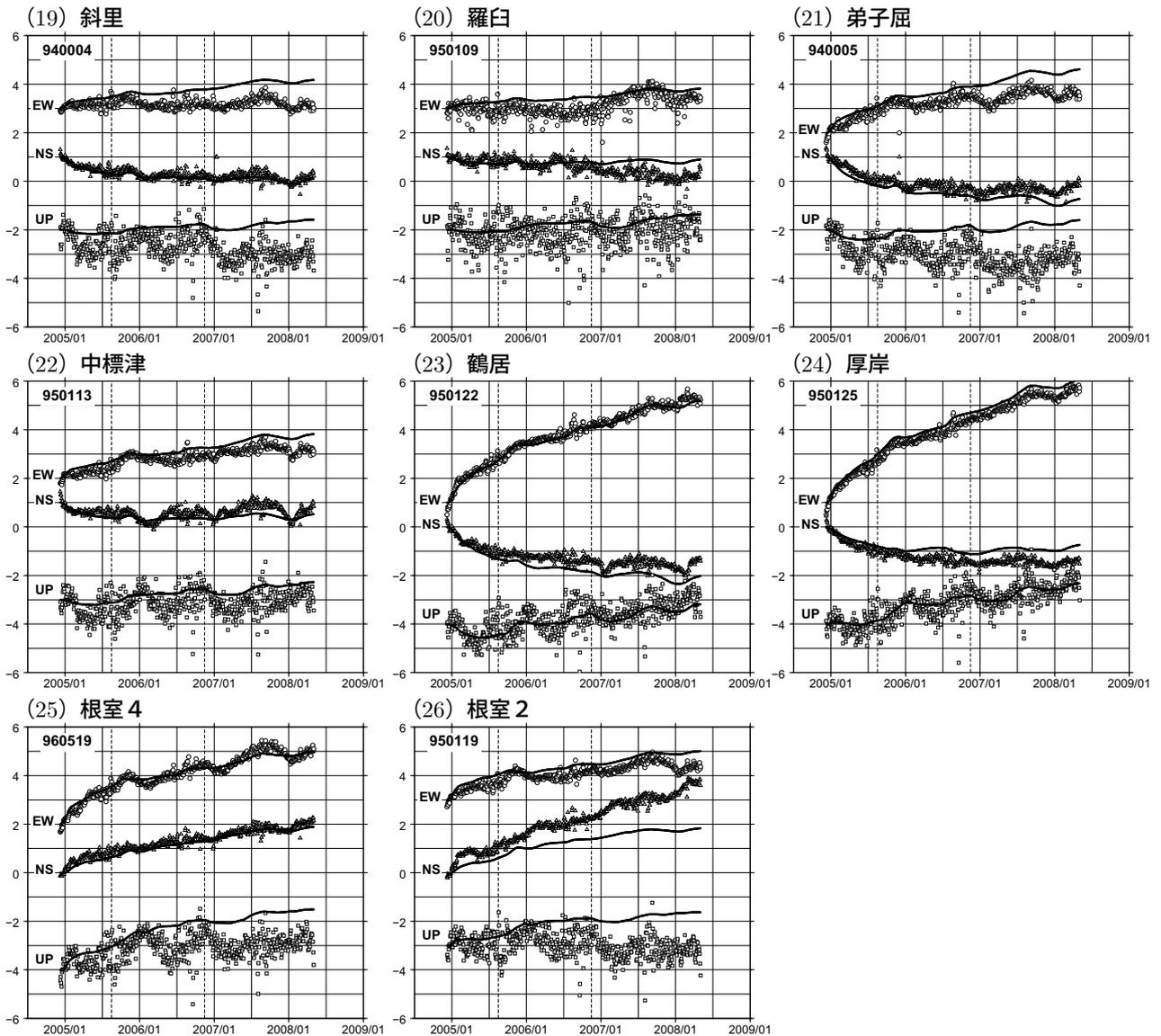
【速度拘束】

第12図 2004年釧路沖の地震以降における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. 12 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the 2004 Off-Kushiro earthquake. (2/3)

2004年釧路沖の地震以降の観測値と計算値の比較時系列（3）【岩崎固定】

2004/12/8 - 2008/5/2



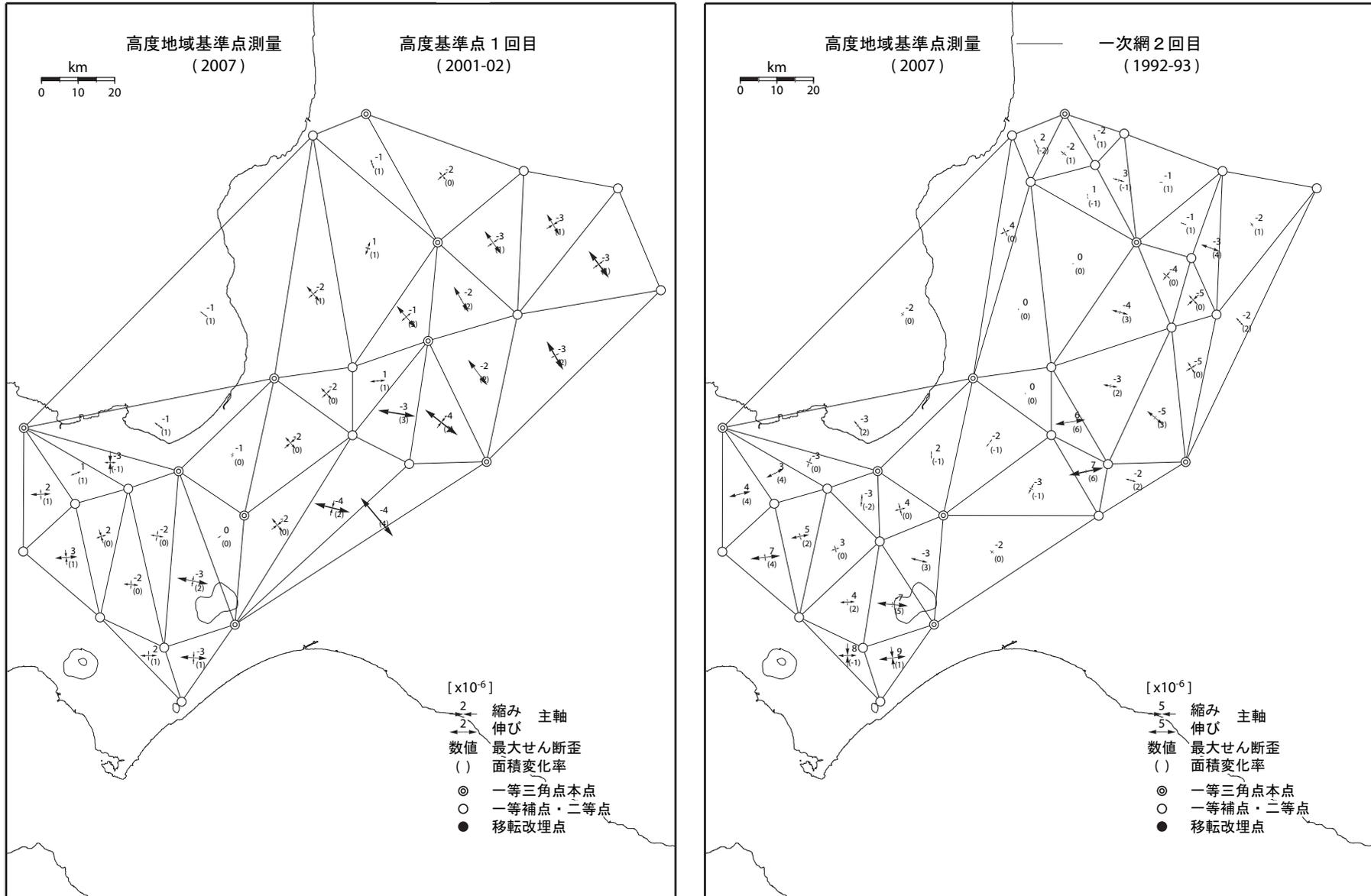
・点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震，2006年11月15日千島列島の地震の発生日で，地震時の地殻変動は取り除いている。

【速度拘束】

第13図 2004年釧路沖の地震以降における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

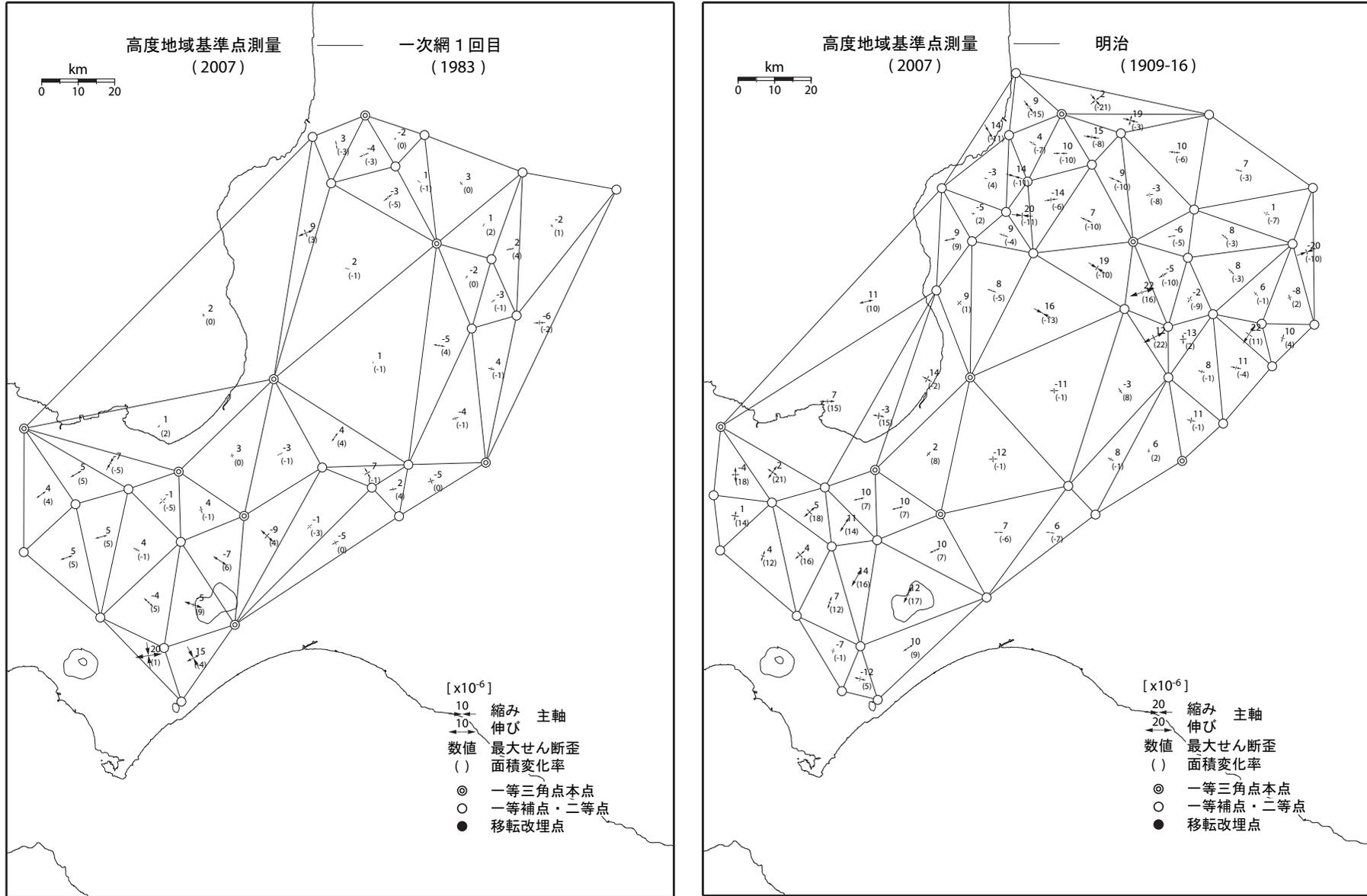
Fig. 13 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the 2004 Off-Kushiro earthquake. (3/3)

高度地域基準点測量による札幌・旭川地区の水平歪



第14図 測地測量結果による北海道札幌・旭川地方の地殻水平歪み
 Fig. 14 Crustal horizontal strain of Sapporo and Asahikawa district calculated from geodetic survey results. (1/2)

高度地域基準点測量による札幌・旭川地区の水平歪



第15図 測地測量結果による北海道札幌・旭川地方の地殻水平歪み
 Fig. 15 Crustal horizontal strain of Sapporo and Asahikawa district calculated from geodetic survey results. (2/2)