

2-2 北海道地方の地殻変動

Crustal Movements in the Hokkaido District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[GPS 2003 年 9 月 26 日の十勝沖地震以降の地殻変動時系列]

第 1～5 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十勝沖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 1 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。第 2～5 図は、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、1 次トレンド成分のみ除去したグラフである。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。(8)～(14)の水平成分には、2008 年 9 月 11 日の十勝沖の地震 (M7.1) 及び 2009 年 6 月 5 日の十勝沖の地震 (M6.4) による地殻変動が見られる。これらの観測点の南北成分には、余効変動も見られる。2003 年・2008 年・2009 年のどの地震の余効変動かを区別するのは難しいが、2003 年の地震の余効変動の影響範囲が狭くなり、終息しかけた時に、2008 年・2009 年の地震が発生し、余効変動が目に見える大きさになったように見える。今回新たに報告すべき傾向の変化は見られない。

[GPS 2003 年 9 月 26 日の十勝沖地震以降の地殻変動速度]

第 6～7 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 6 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、最近では地震前の変動速度に戻りつつあった。2008 年 9 月 11 日 (M7.1)・2009 年 6 月 5 日 (M6.4) の十勝沖の地震の影響が見られる。変動速度は 2003 年十勝沖地震前の速度に戻りつつあるものの完全に足りきつてはいない。

第 7 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、変動速度で見ると、根室 4 も、ほとんど地震前の状態に戻ったように見える。2008 年 9 月 11 日 (M7.1)・2009 年 6 月 5 日 (M6.4) の十勝沖の地震の影響は見られない。

[非定常地殻変動 北海道]

第 8～13 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。2008 年 9 月 11 日の十勝沖の地震 (M7.1) の地震時の地殻変動は補正を行ったが、2009 年 6 月 5 日の十勝沖の地震 (M6.4) の補正は行っていない。

第 8 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。釧路沖の地震以降の滑りのモーメントは範囲全体で 7.8 を超えた。モーメント増加速度が大きい理由の候補として、最新のデータに年周・半年周の影響が見られることが考えられるが、これについては年周・半年周成分の除去方法を含め現在検討中である。

第 9～10 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。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。最新の滑り分布には，2009年6月5日の十勝沖の地震(M6.4)の影響が見られる。

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14～19図は，北海道稚内地区・名寄地区・函館地区の三角点のGPS繰り返し観測の結果から求めた地殻水平ひずみである。

第14～15図にかけて，稚内地区の最近約5年，14年，24年，105年間の水平ひずみをみると，西北西－東南東方向の圧縮が見られる。

第16～17図にかけて，名寄地区の最近約6年，14年，24年，102年間の水平ひずみをみると，最初の3つは小さめであるが，約102年間のものには，西北西－東南東方向の圧縮が見られる。2004年12月14日の留萌支庁南部の地震(M6.1，最大震度5強，電子基準点「小平(おびら)」北西へ約4cm，逆断層)の影響は見られない。

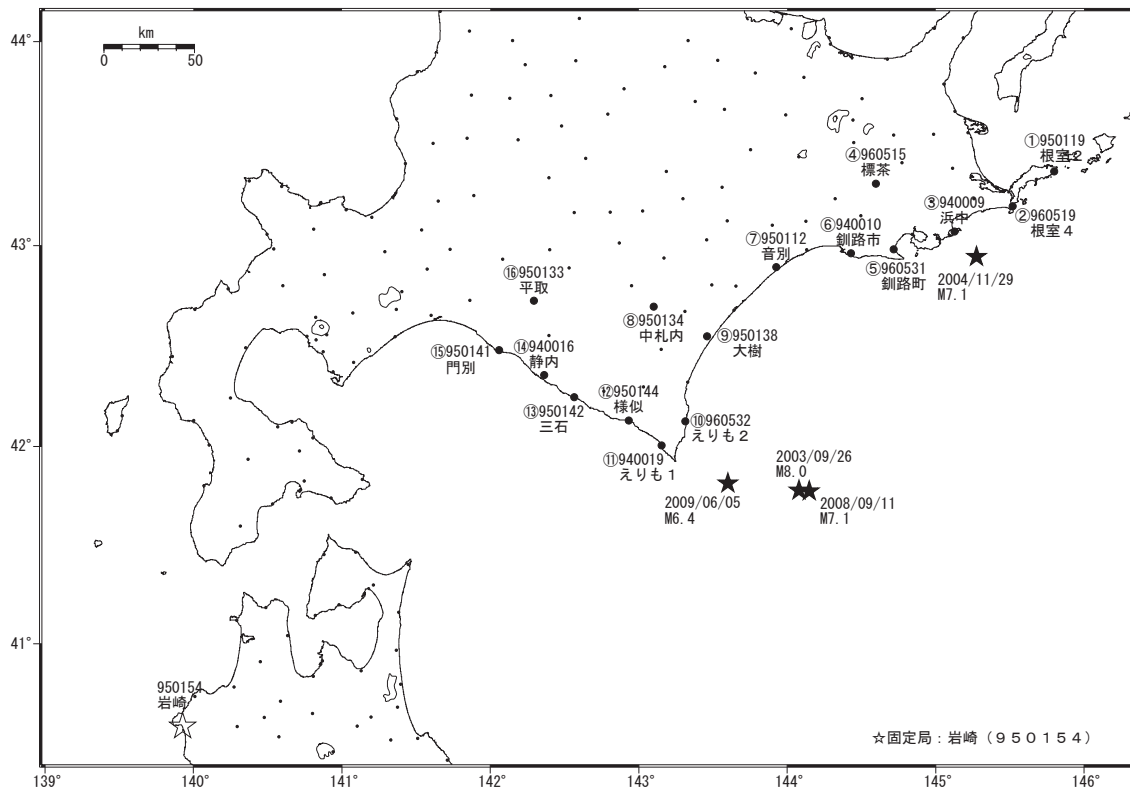
第18～19図にかけて，函館地区の最近約6年，17年，25年，111年間の水平ひずみをみると，2つめ以降の図に，1993年7月12日の北海道南西沖地震(M7.8，奥尻島が西に約2m移動)による影響である東西伸張が見られる。

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，79，41-61.
- 10) 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，80，39-54.
- 11) 国土地理院，2009，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，81，66-83.
- 12) 国土地理院，2009，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，82，58-71.
- 13) 国土地理院，2010，北海道地方の地殻変動，地震予知連絡会会報，83，36-49.

北海道太平洋岸 GPS 連続観測時系列 (1)

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	レドーム開閉
950119	根室2	2002/11/13			2002/4/1	
960515	標茶	2002/11/19	2003/7/21		2003/10/3	2009/12/23(未補正)
960519	根室4	2003/3/11			2002/4/1	2009/12/22(未補正)
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		2009/12/10(オフセット無し)
960532	えりも2	2003/3/7				2009/12/10(オフセット無し)
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				2009/12/11(オフセット無し)
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。

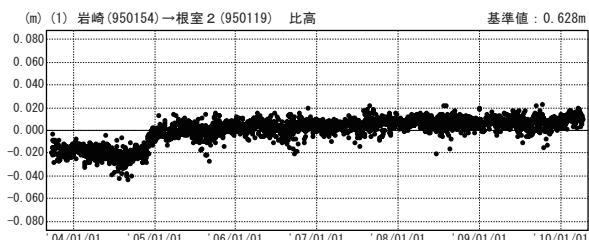
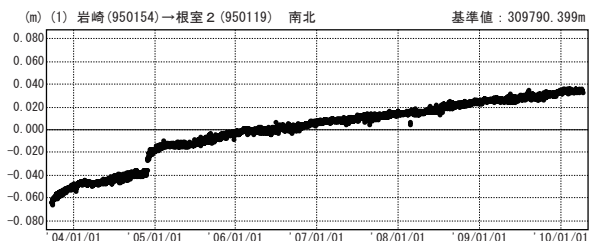
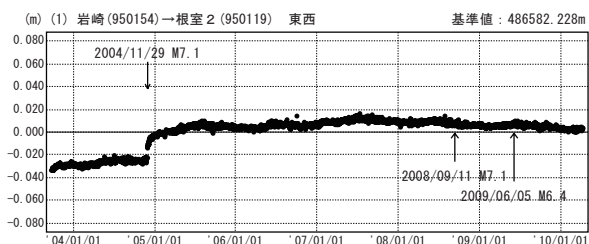
第1図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGPS連続観測結果(観測点配置図・保守状況)

Fig. 1 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.

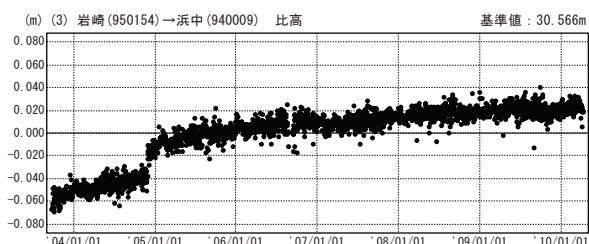
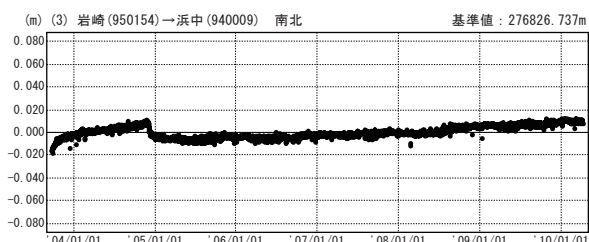
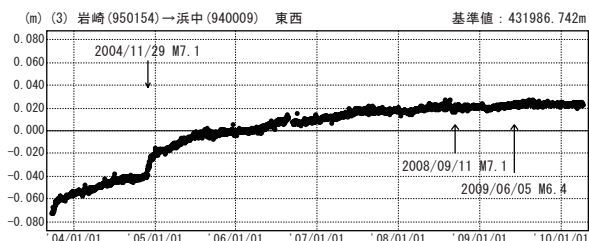
北海道太平洋岸 GPS 連続観測時系列 (2)

1 次トレンド除去後グラフ

期間：2003/09/27～2010/04/10 JST

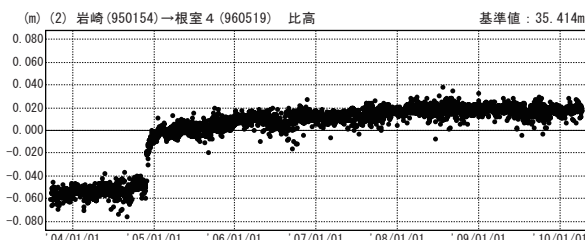
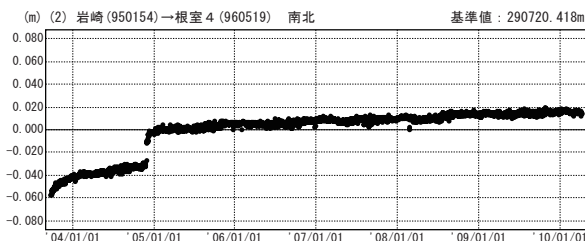
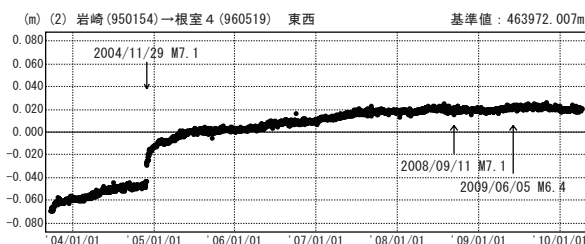


期間：2003/09/27～2010/04/10 JST

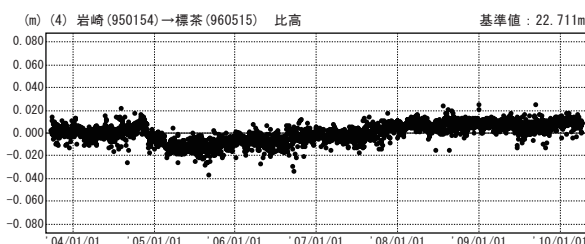
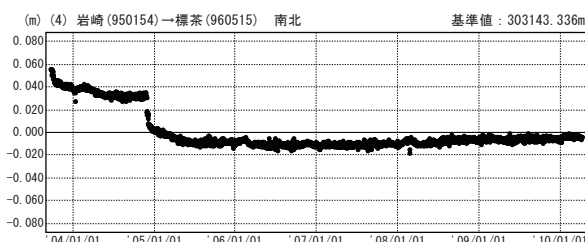
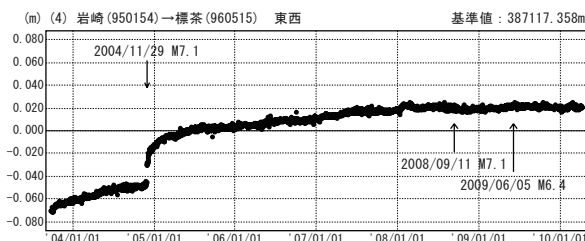


● — [F3:最終解]

期間：2003/09/27～2010/04/10 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



期間：2003/09/27～2010/04/10 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



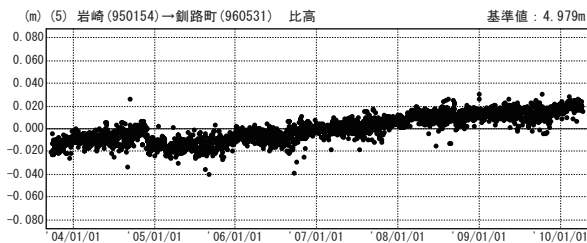
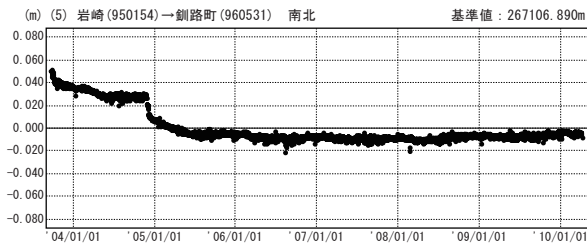
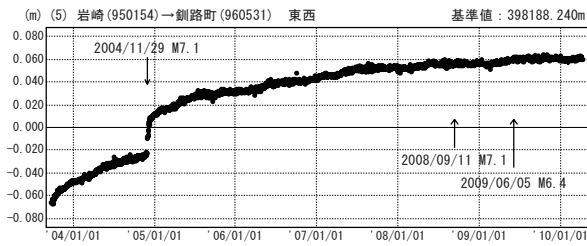
第2図 北海道地方東部・太平洋岸における GPS 連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド成分を除去した時系列

Fig. 2 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).

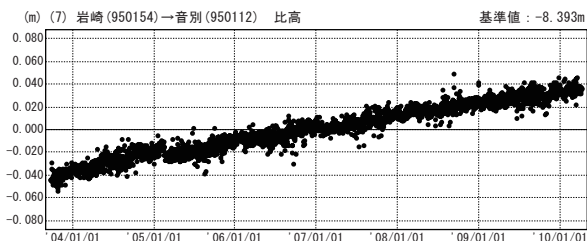
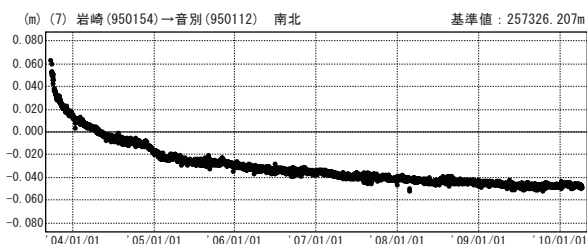
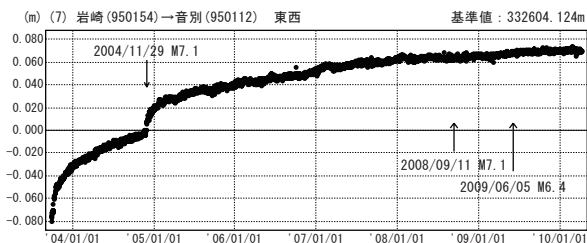
北海道太平洋岸 GPS 連続観測時系列 (3)

1 次トレンド除去後グラフ

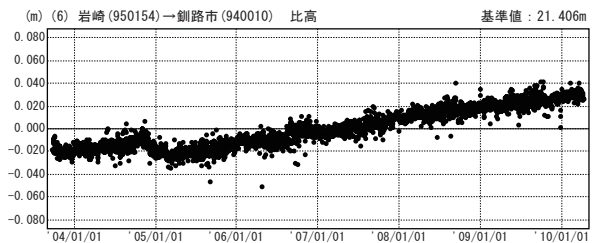
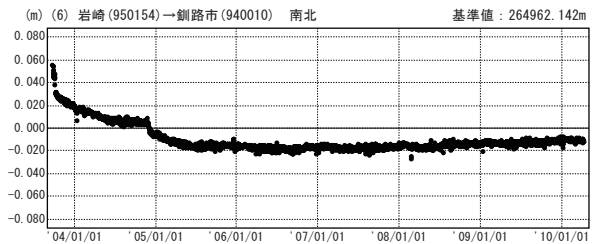
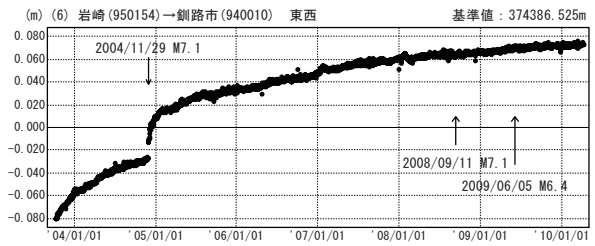
期間：2003/09/27～2010/04/10 JST



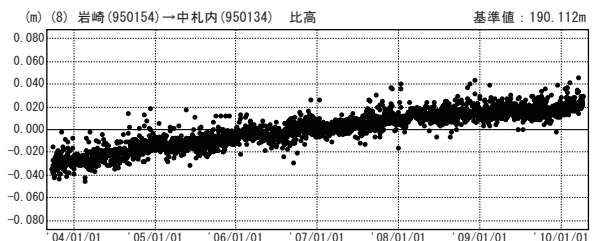
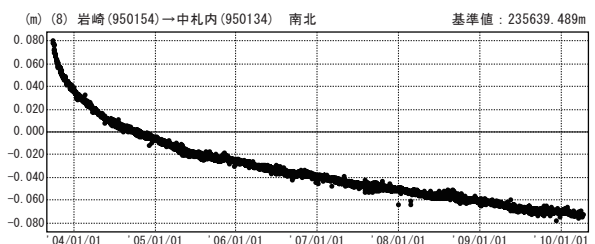
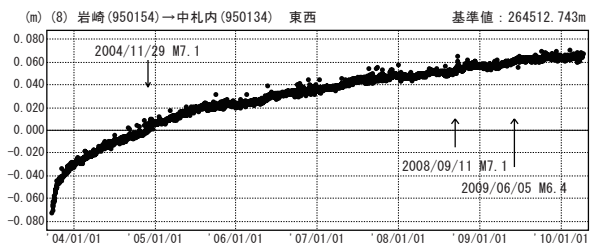
期間：2003/09/27～2010/04/10 JST



期間：2003/09/27～2010/04/10 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



期間：2003/09/27～2010/04/10 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



● — [F3:最終解]

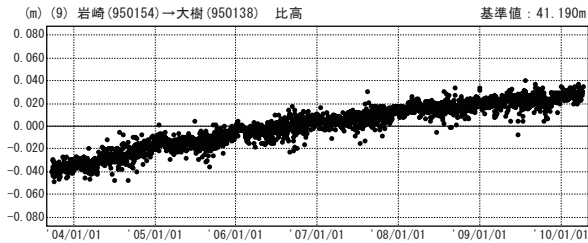
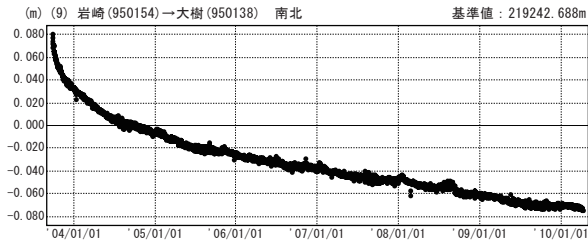
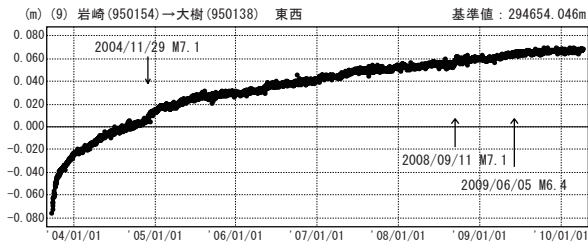
第3図 北海道地方東部・太平洋岸における GPS 連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド成分を除去した時系列

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) (2/4).

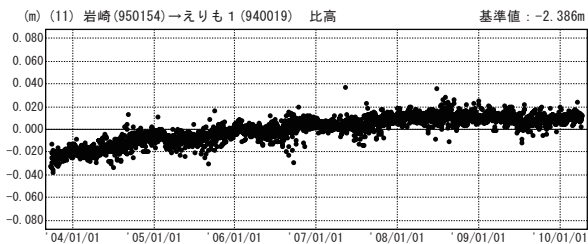
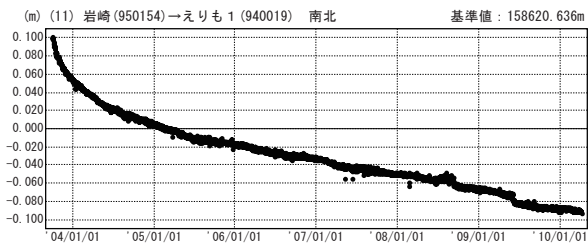
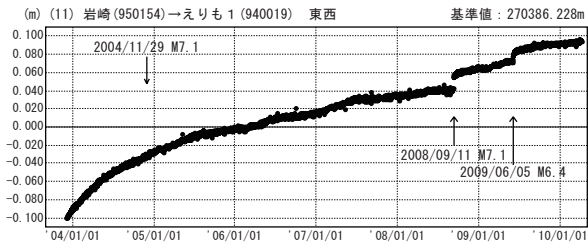
北海道太平洋岸 GPS 連続観測時系列 (4)

1 次トレンド除去後グラフ

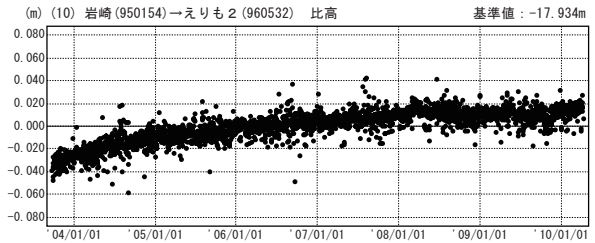
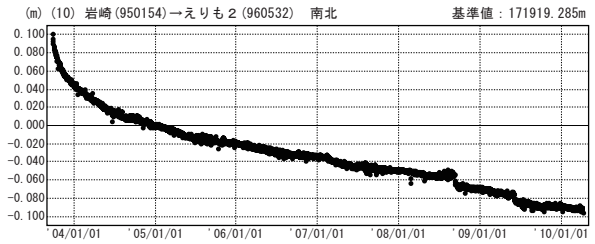
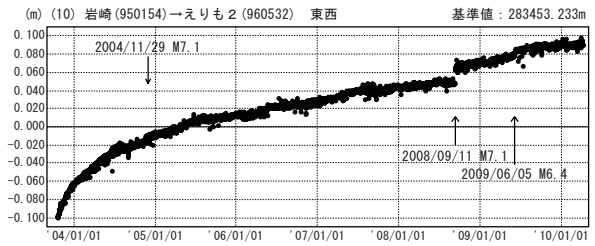
期間：2003/09/27～2010/04/10 JST



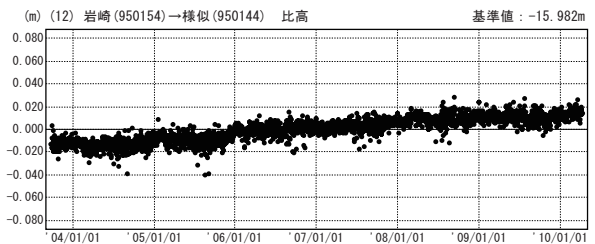
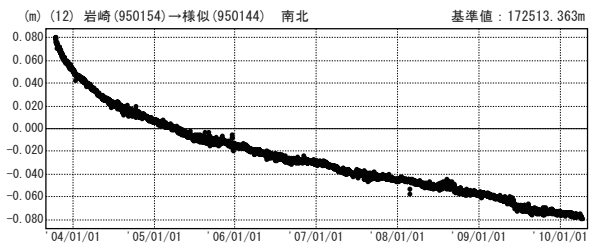
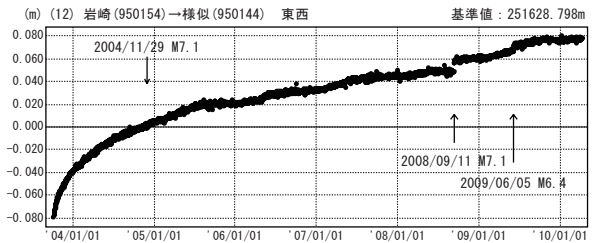
期間：2003/09/27～2010/04/10 JST



期間：2003/09/27～2010/04/10 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



期間：2003/09/27～2010/04/10 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



● — [F3:最終解]

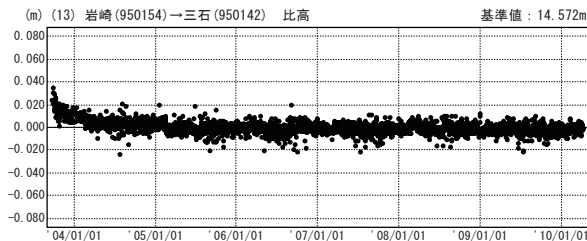
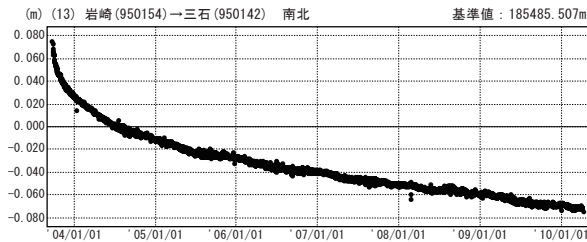
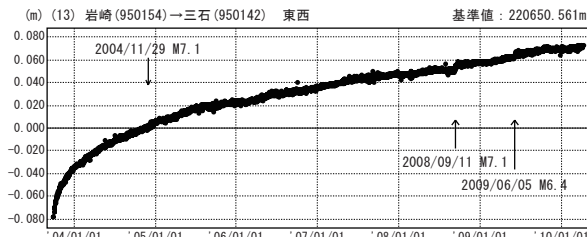
第4図 北海道地方東部・太平洋岸における GPS 連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド成分を除去した時系列

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) (3/4).

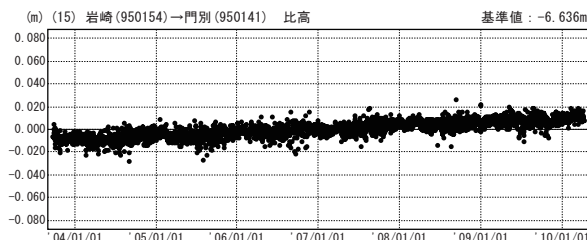
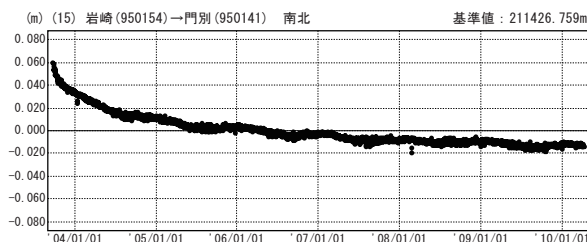
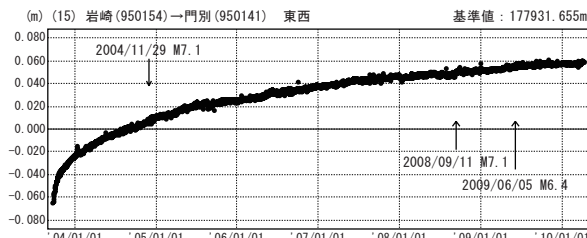
北海道太平洋岸 GPS 連続観測時系列 (5)

1 次トレンド除去後グラフ

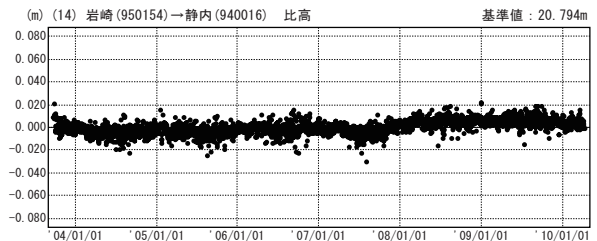
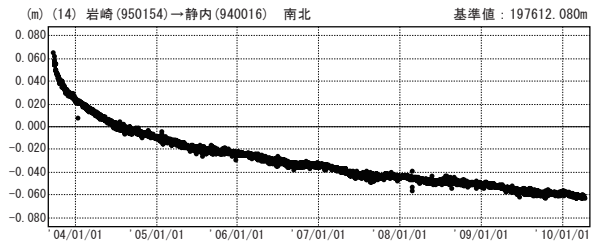
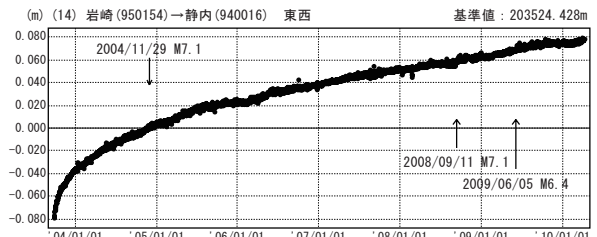
期間：2003/09/27～2010/04/10 JST



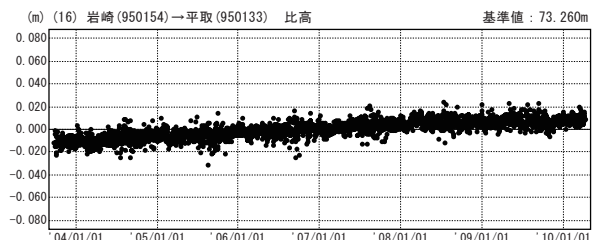
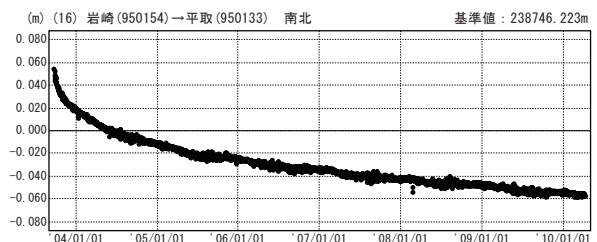
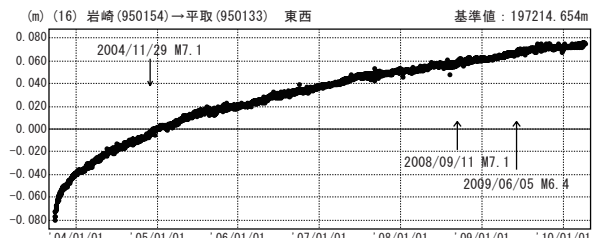
期間：2003/09/27～2010/04/10 JST



期間：2003/09/27～2010/04/10 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



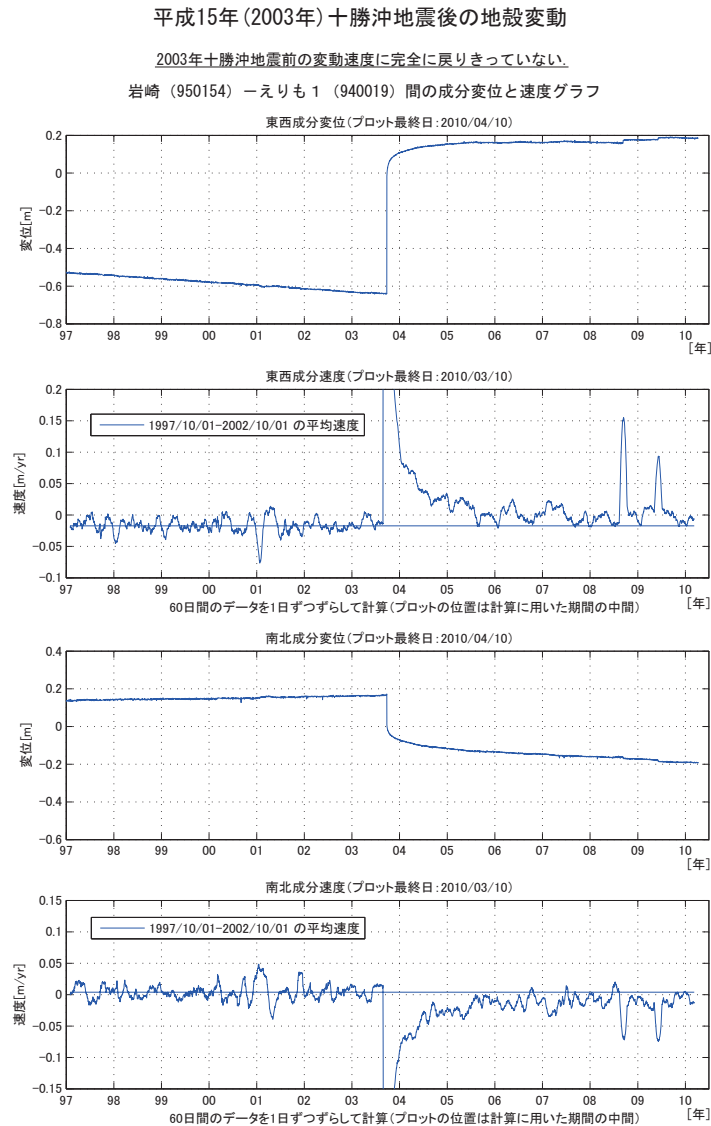
期間：2003/09/27～2010/04/10 JST 計算期間：1997/10/01～2002/10/01



● — [F3:最終解]

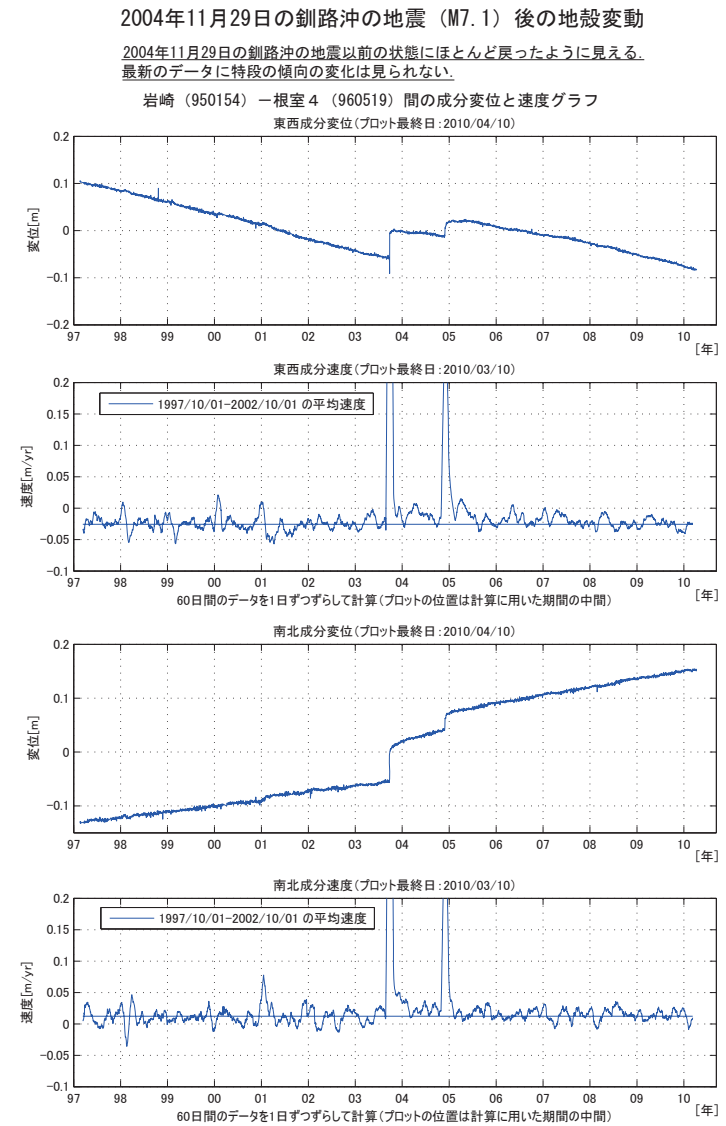
第5図 北海道地方東部・太平洋岸における GPS 連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド成分を除去した時系列

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) (4/4).



第6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)

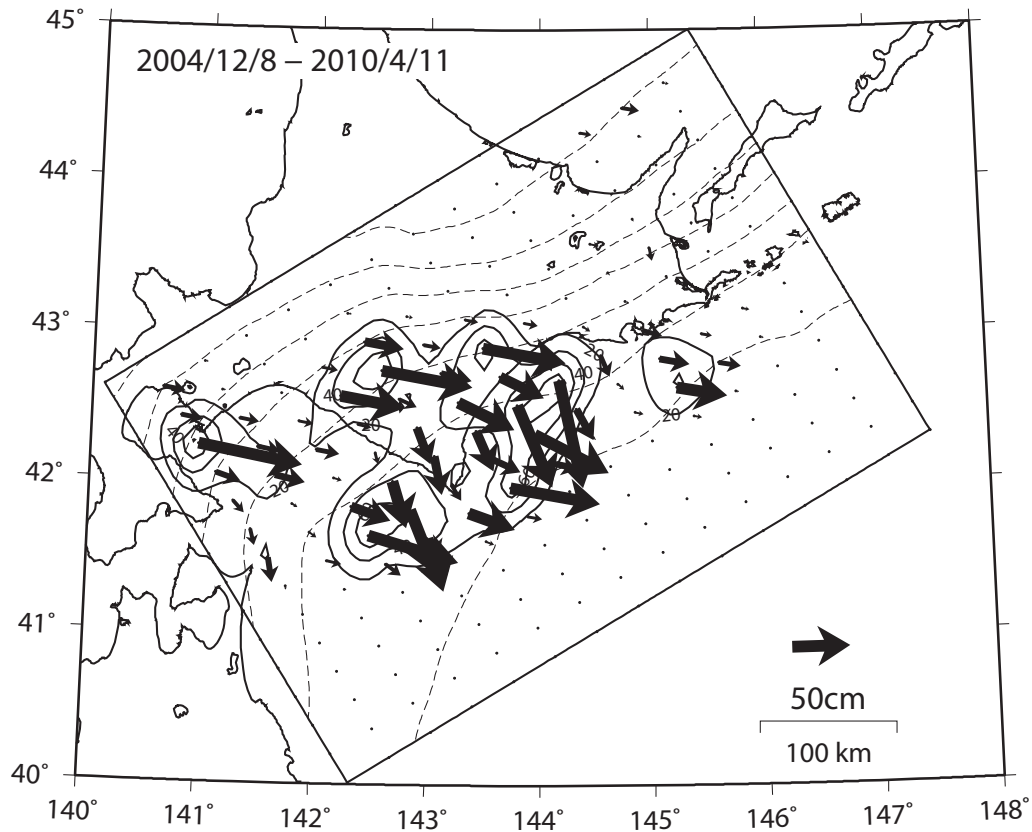
Fig. 6 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Time series at Erimo-1 site).



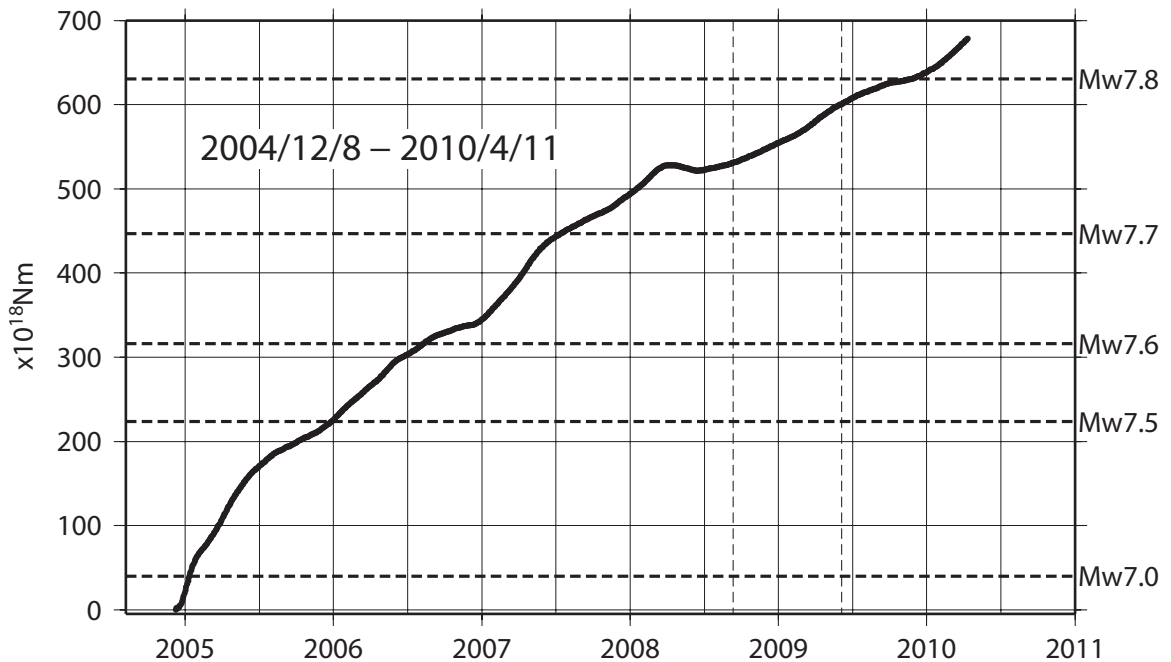
第7図 北海道太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化(根室4観測点・時系列)

Fig. 7 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】



2004年釧路沖の地震以降の推定モーメント

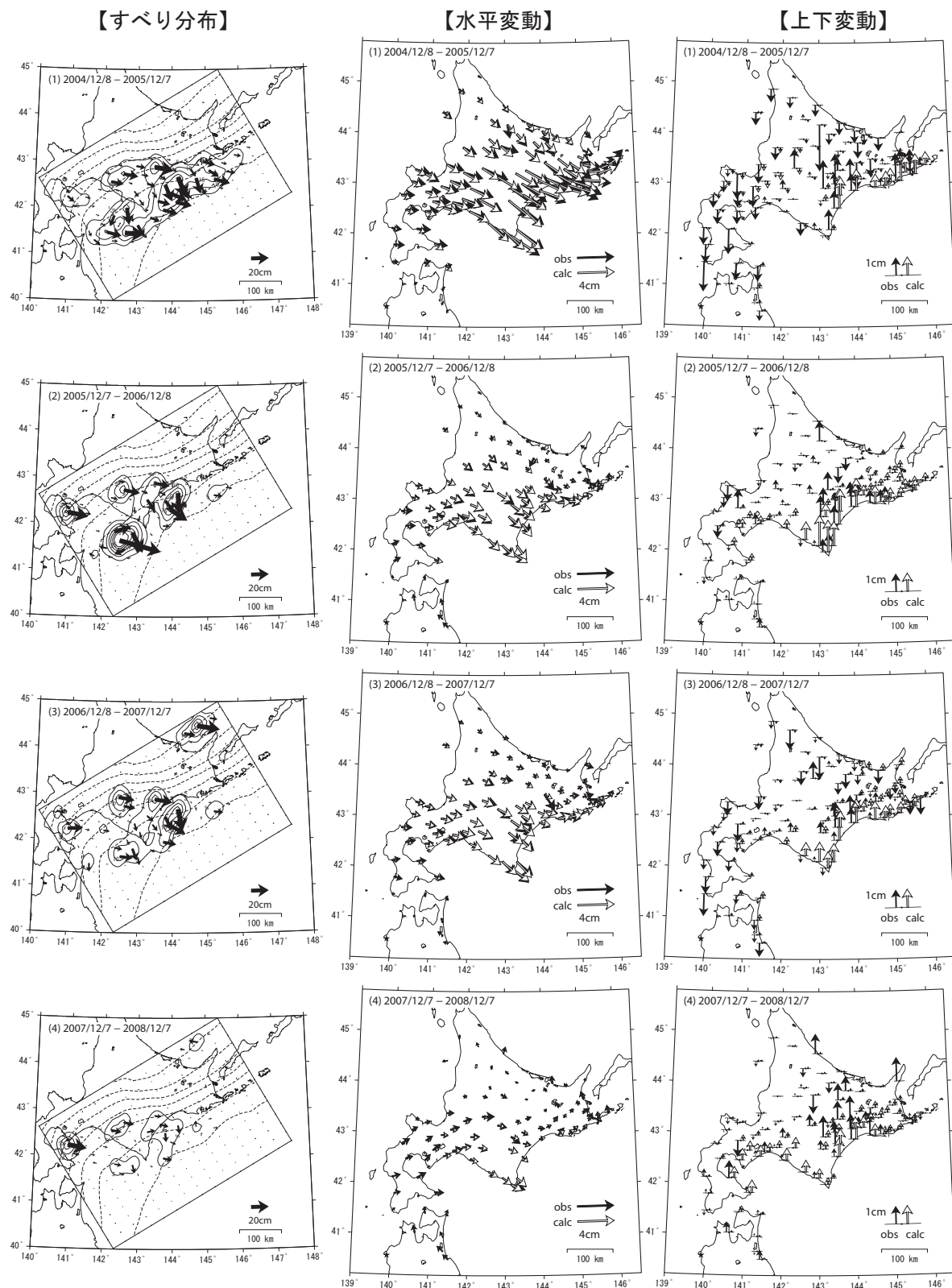


- ・1998年1月～2000年1月のデータから平均速度および年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- ・2003年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
- ・2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震による固定点岩崎の地殻変動の影響は取り除いている。
- ・2006年11月15日に発生した千島列島の地震による地殻変動の影響は取り除いている。
- ・2008年9月11日に発生した十勝沖の地震による地殻変動の影響は取り除いている。
- ・2009年6月5日に発生した十勝沖の地震による地殻変動の影響は取り除いていない。

第8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. 8a 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 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】

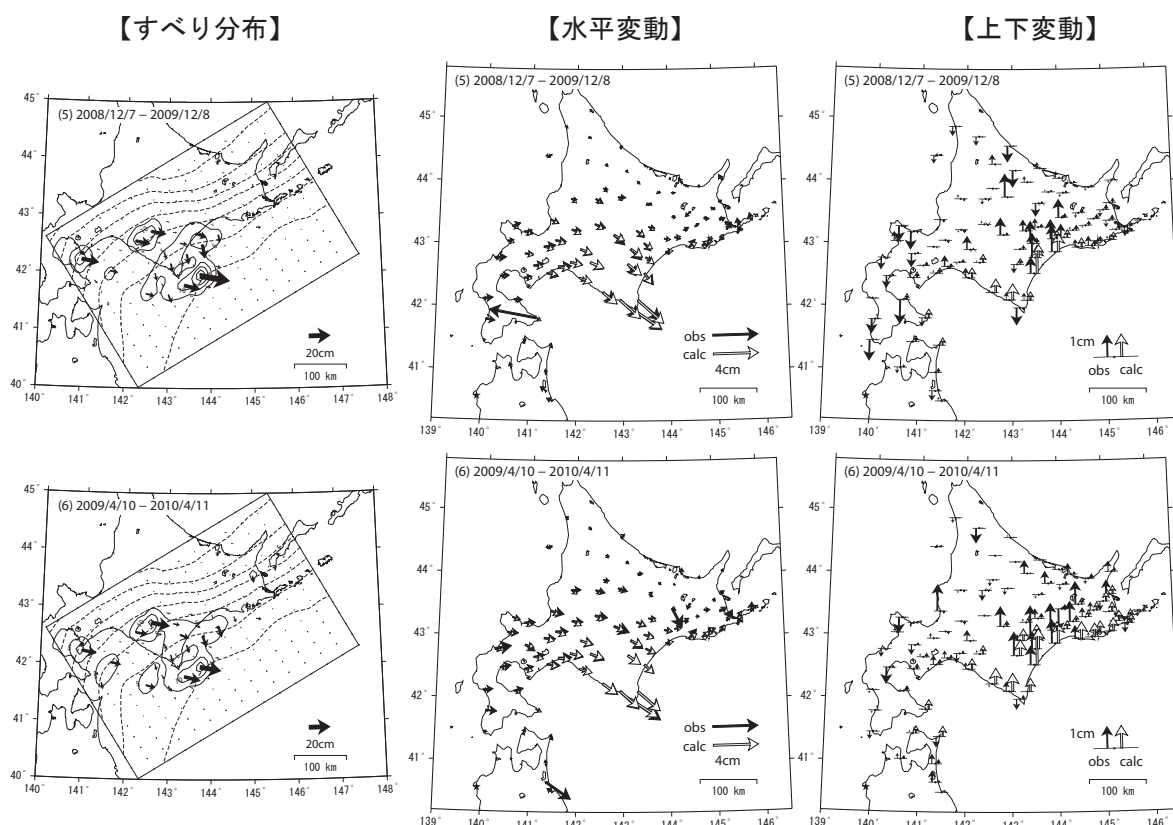


- ・ (1) は、2005 年 8 月 16 日に発生した宮城県沖の地震による固定点岩崎の地殻変動の影響を取り除いている。
- ・ (2) は、2006 年 11 月 15 日に発生した千島列島の地震による地殻変動は取り除いている。
- ・ (4) は、2008 年 9 月 11 日に発生した十勝沖の地震による地殻変動は取り除いている。

第 9 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. 9 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 (1/2).

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（2）【岩崎固定】



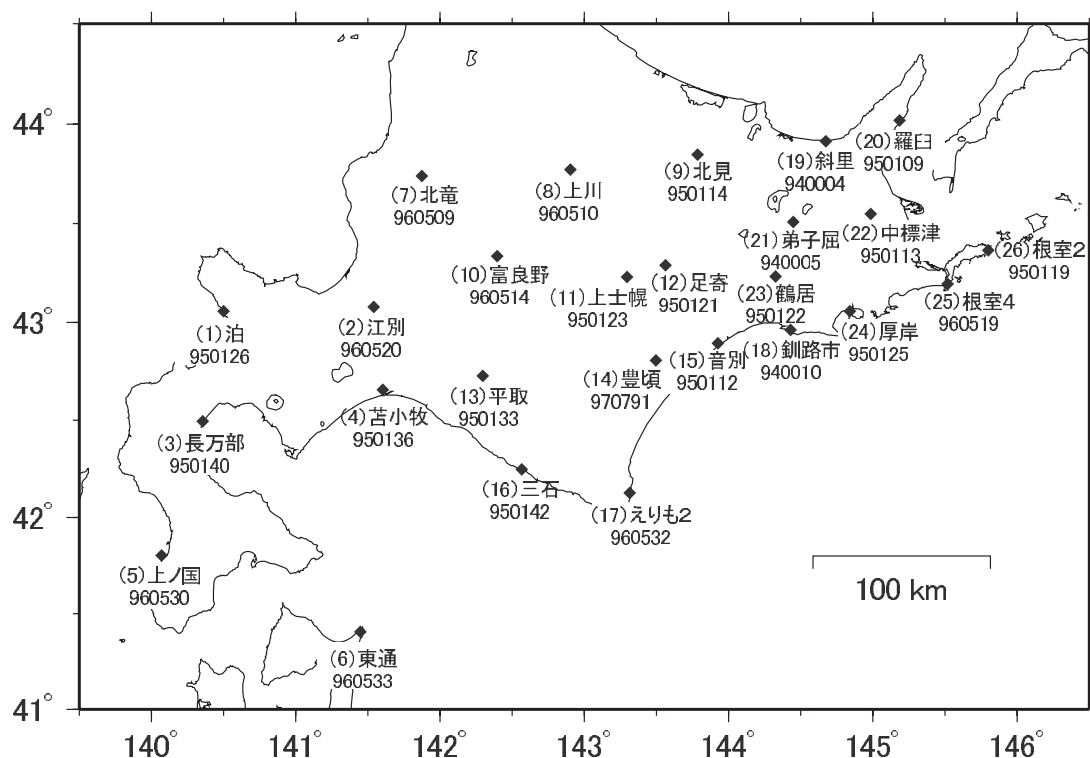
- ・（５）は、２００９年６月５日に発生した十勝沖の地震による地殻変動の影響は取り除いていない。
- ・（６）は、２００９年６月５日に発生した十勝沖の地震による地殻変動の影響は取り除いていない。

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

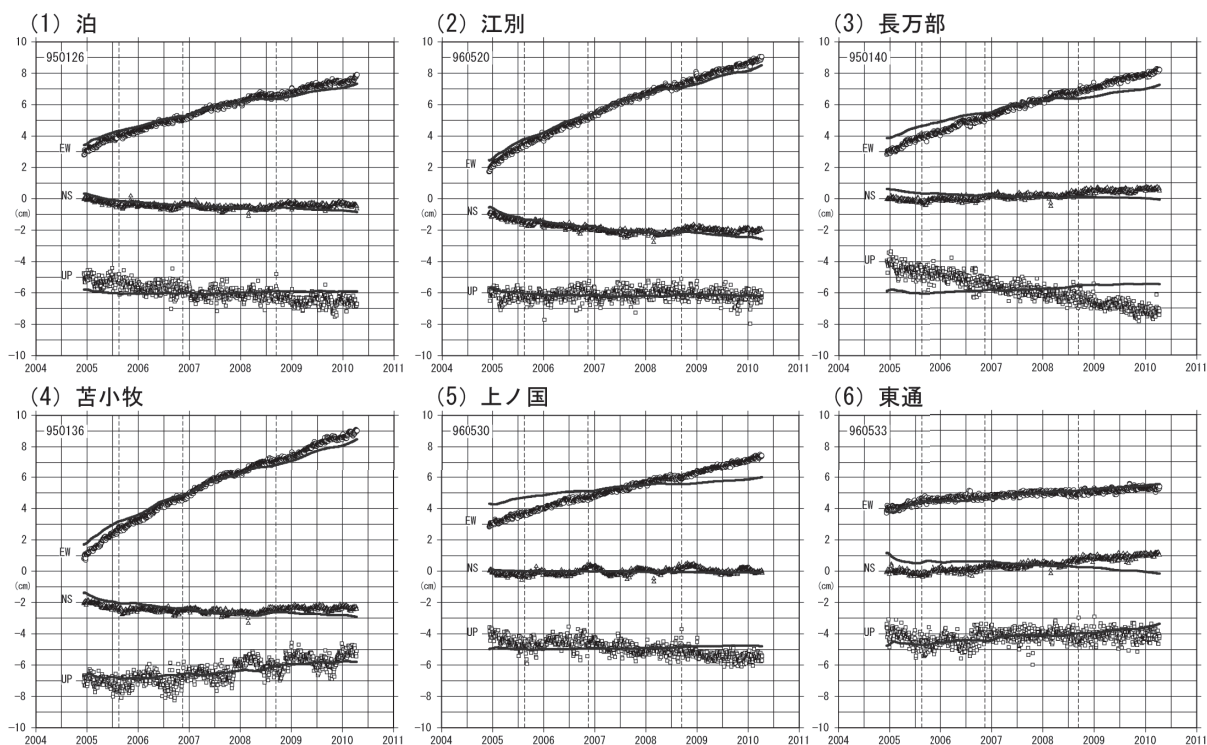
Fig. 10 Slip on the plate boundary in eastern Hokkaido estimated by time dependent inversion by every years after the Off-Kushiro earthquake on December 6, 2004, and comparison of horizontal and vertical components between observation and the calculation (2/2).

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 – 2010/4/11



・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、2008年9月11日十勝沖の地震の発生日で、地震時の地殻変動は取り除いている。

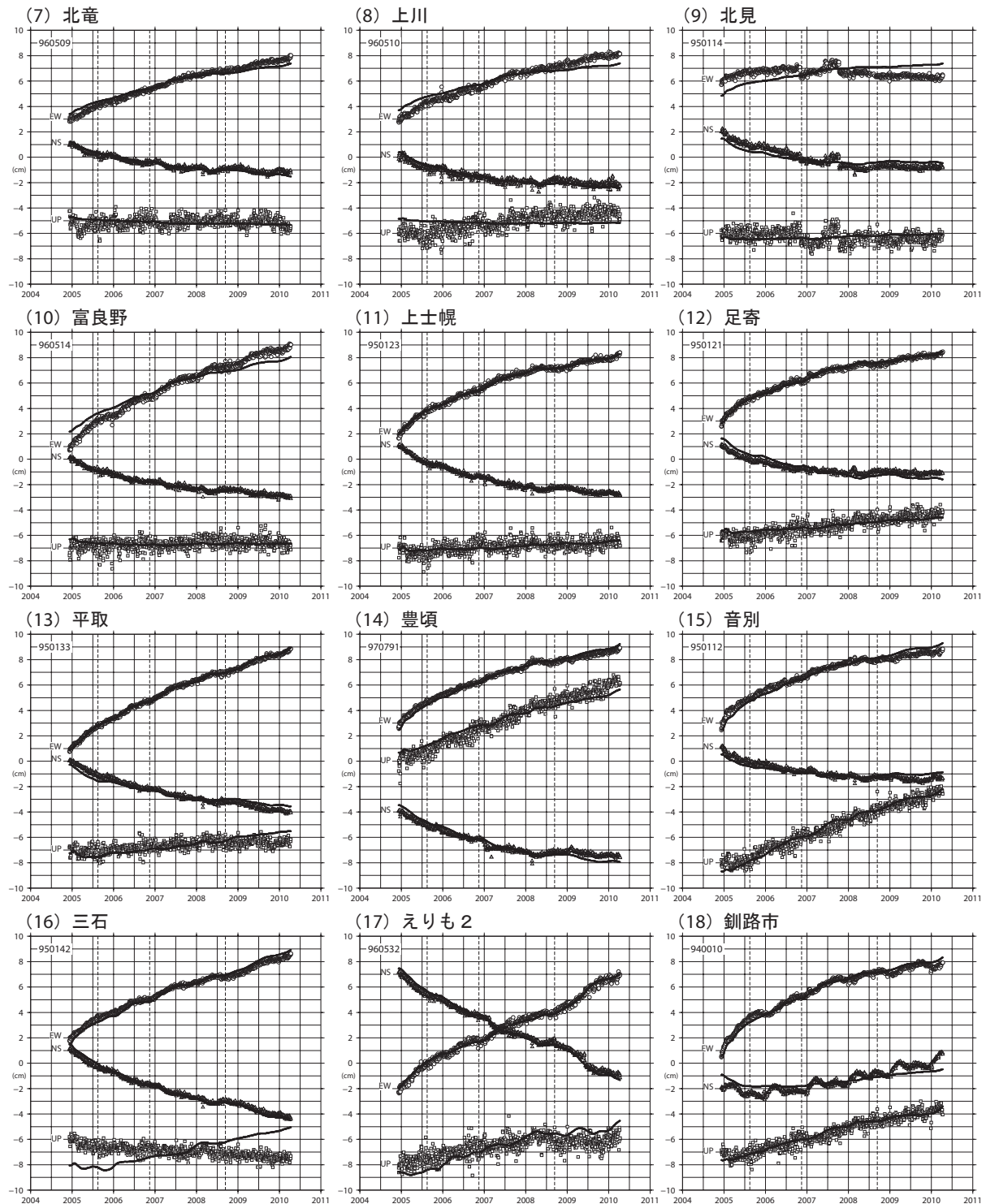
第 11 図 2004 年釧路沖の地震以降における観測された非定常地殻変動とモデルによる計算値とを比較した時系列

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 – 2010/4/11



・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、2008年9月11日十勝沖の地震の発生日で、地震時の地殻変動は取り除いている。

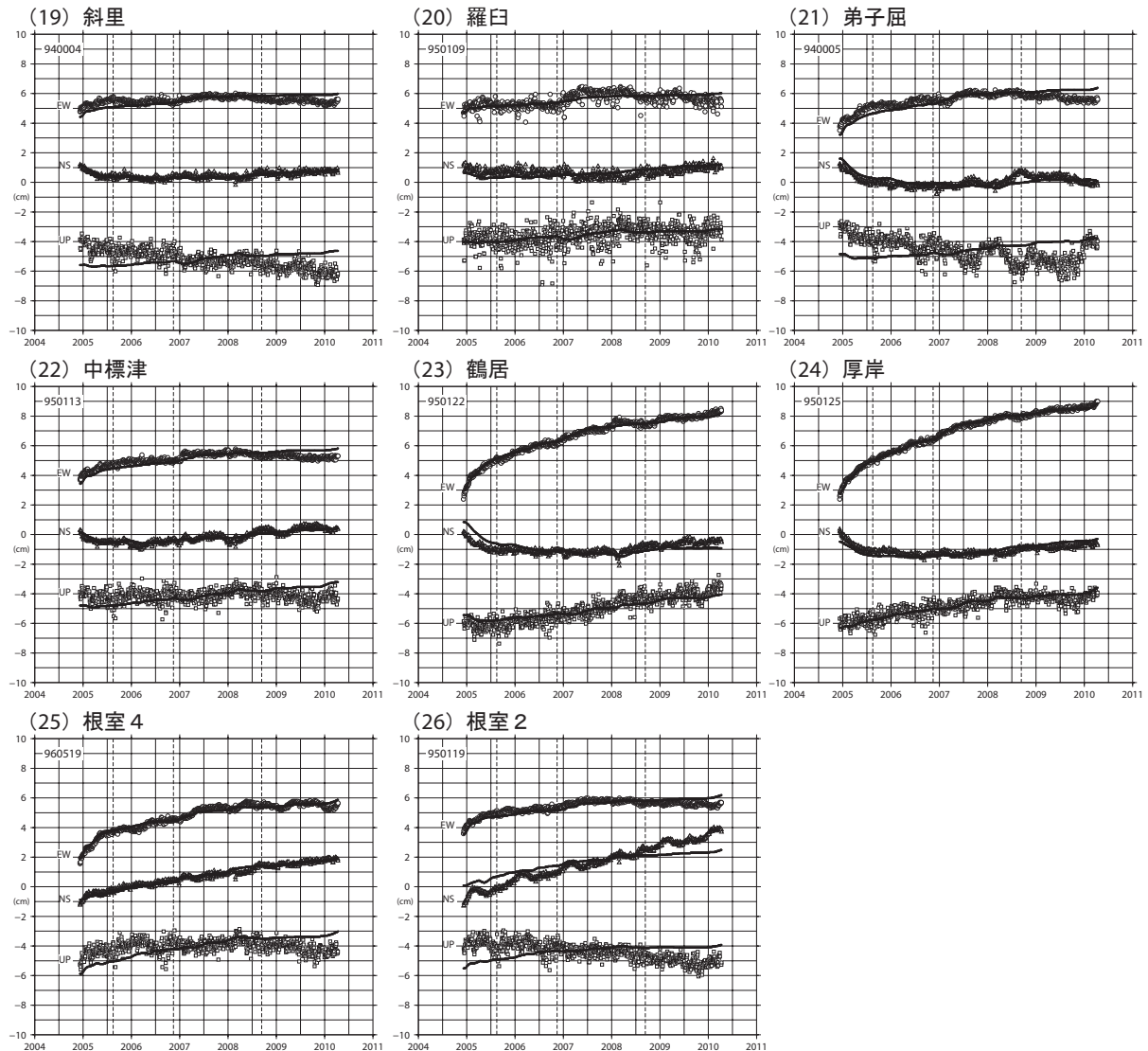
第12図 2004年釧路沖の地震以降における観測された非正常地殻変動とモデルによる計算値とを比較した時系列

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 – 2010/4/11

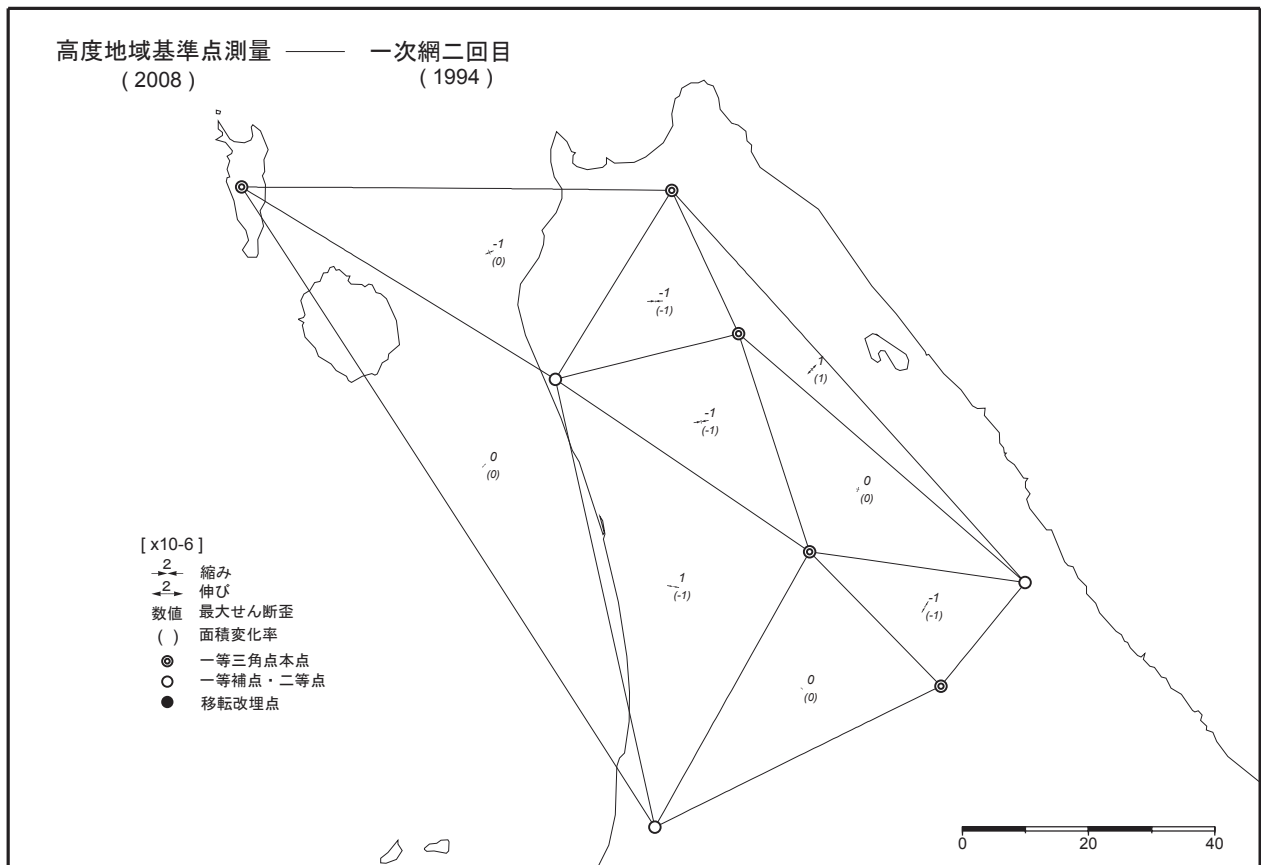
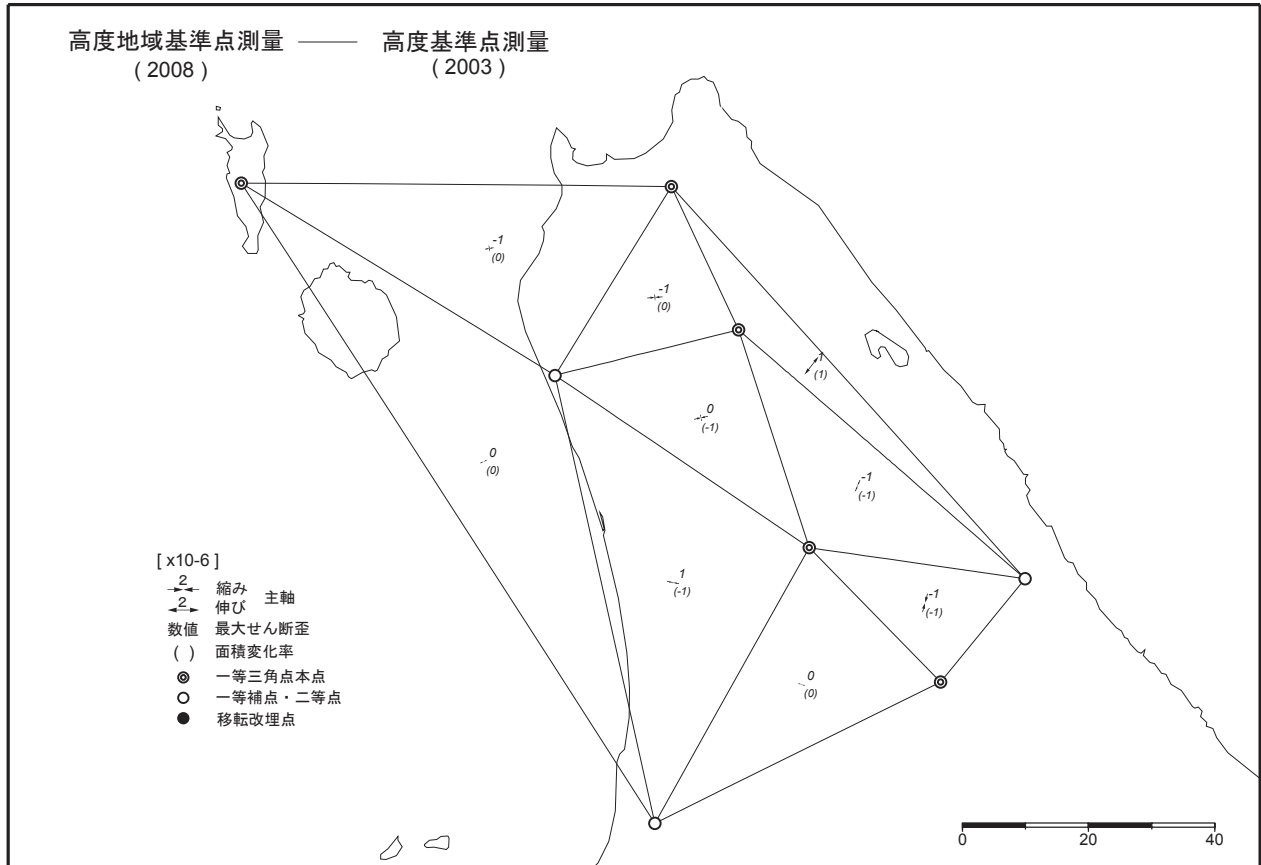


・点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震、2006年11月15日千島列島の地震、2008年9月11日十勝沖の地震の発生日で、地震時の地殻変動は取り除いている。

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).

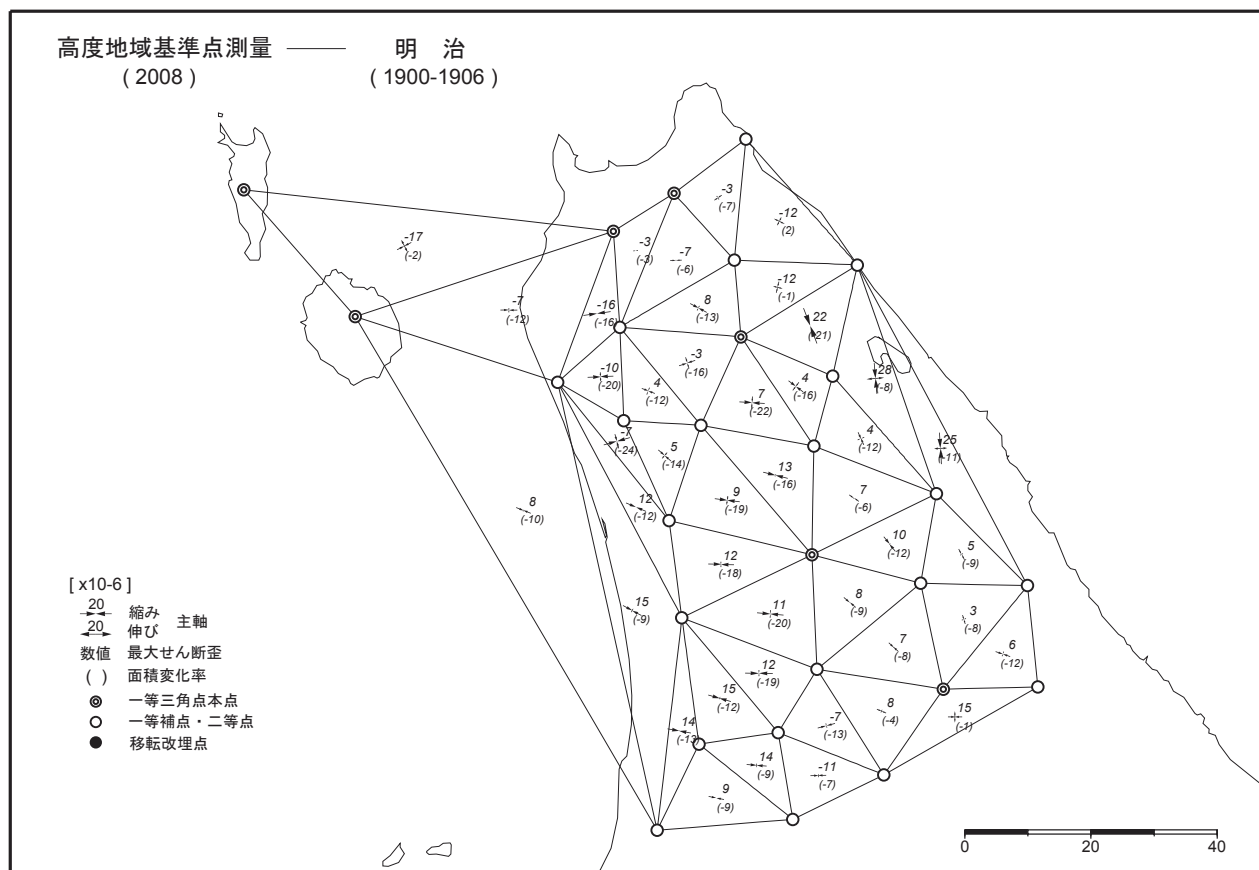
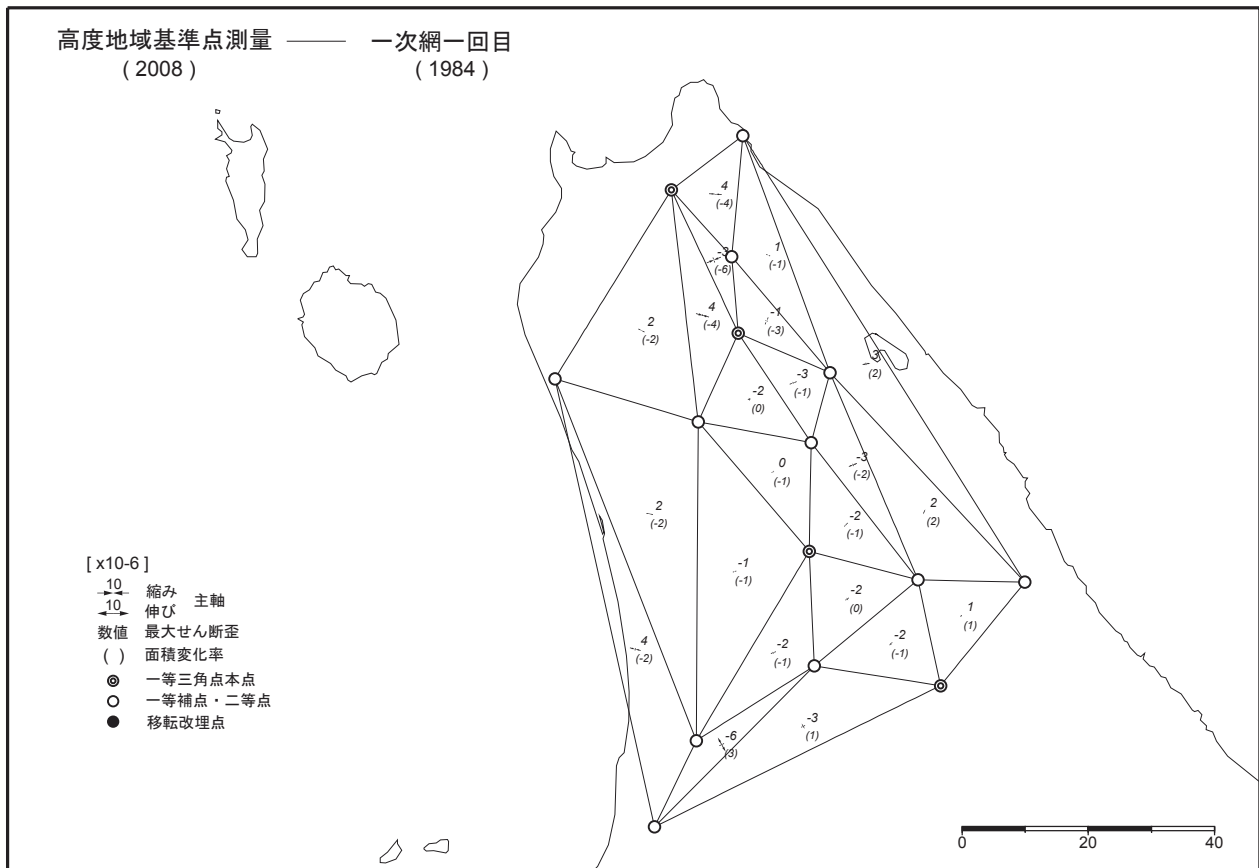
高度地域基準点測量による稚内地方の水平歪



第 14 図 測地測量結果による稚内地区の水平歪

Fig. 14 Crustal horizontal strain of Wakkanai districts calculated from geodetic survey results.

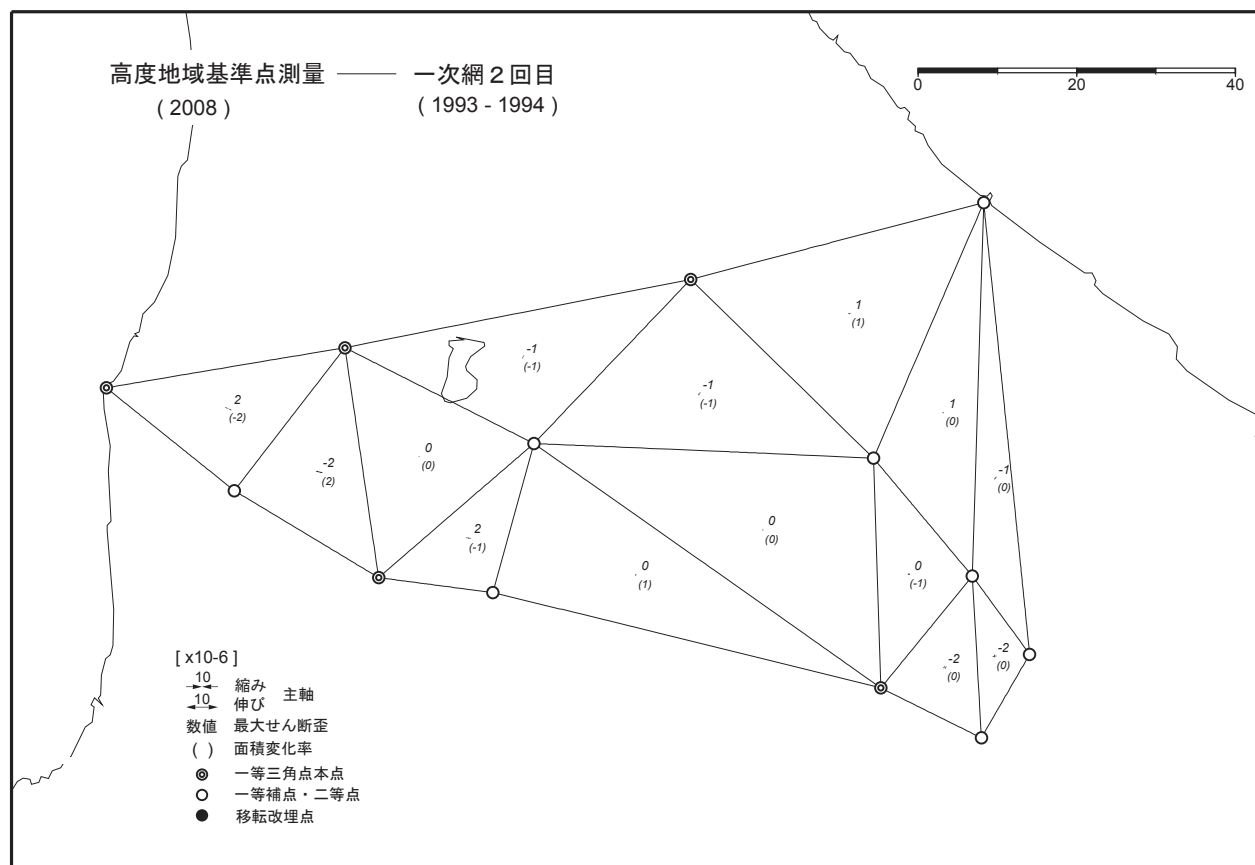
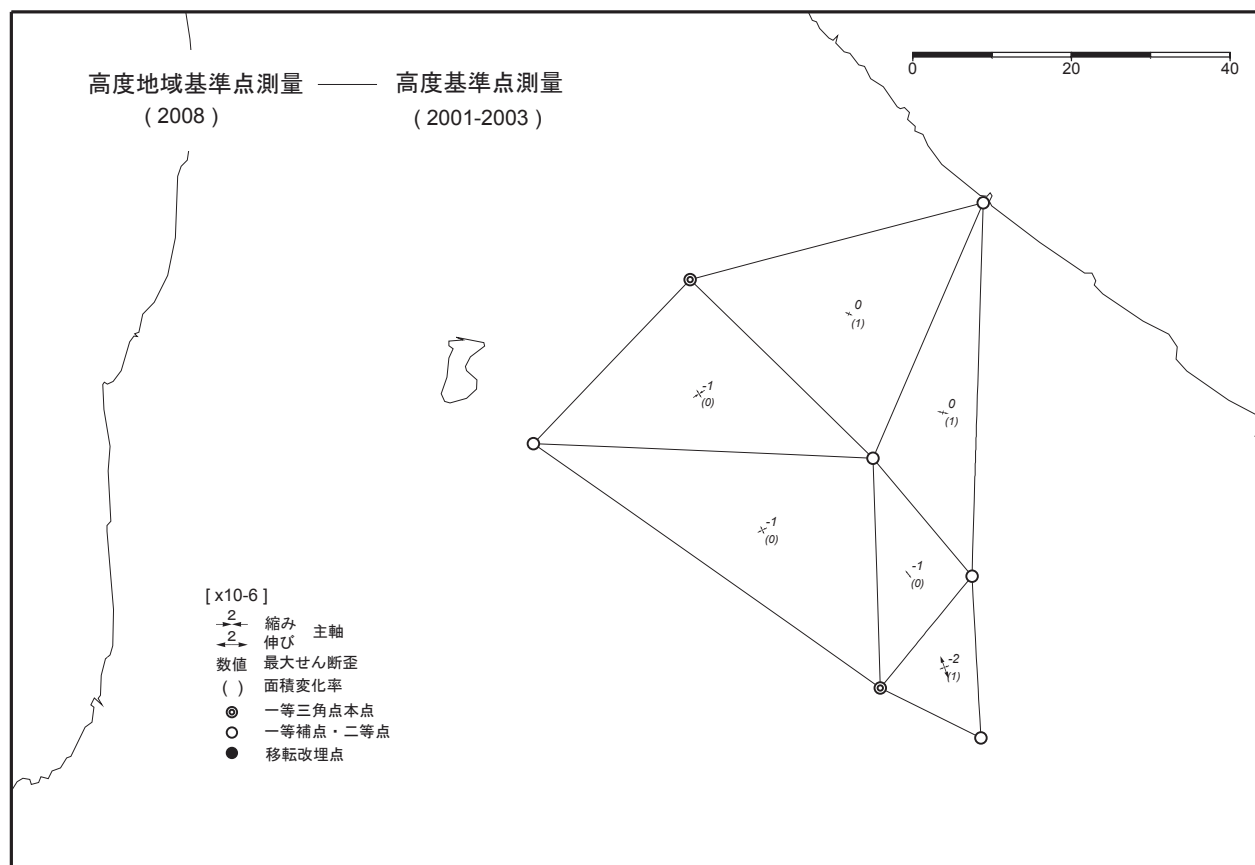
高度地域基準点測量による稚内地区の水平歪



第 15 図 測地測量結果による稚内地区の水平歪

Fig. 15 Crustal horizontal strain of Wakkanai districts calculated from geodetic survey results.

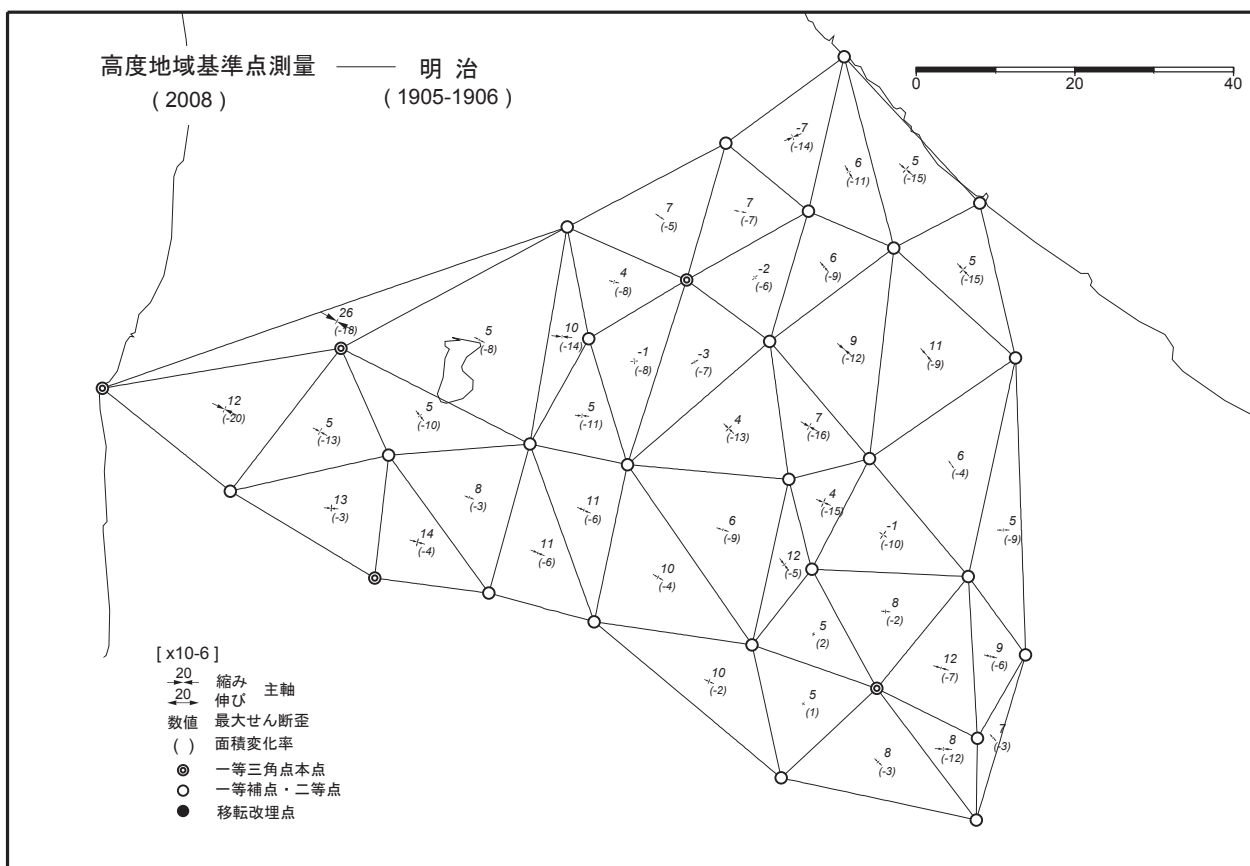
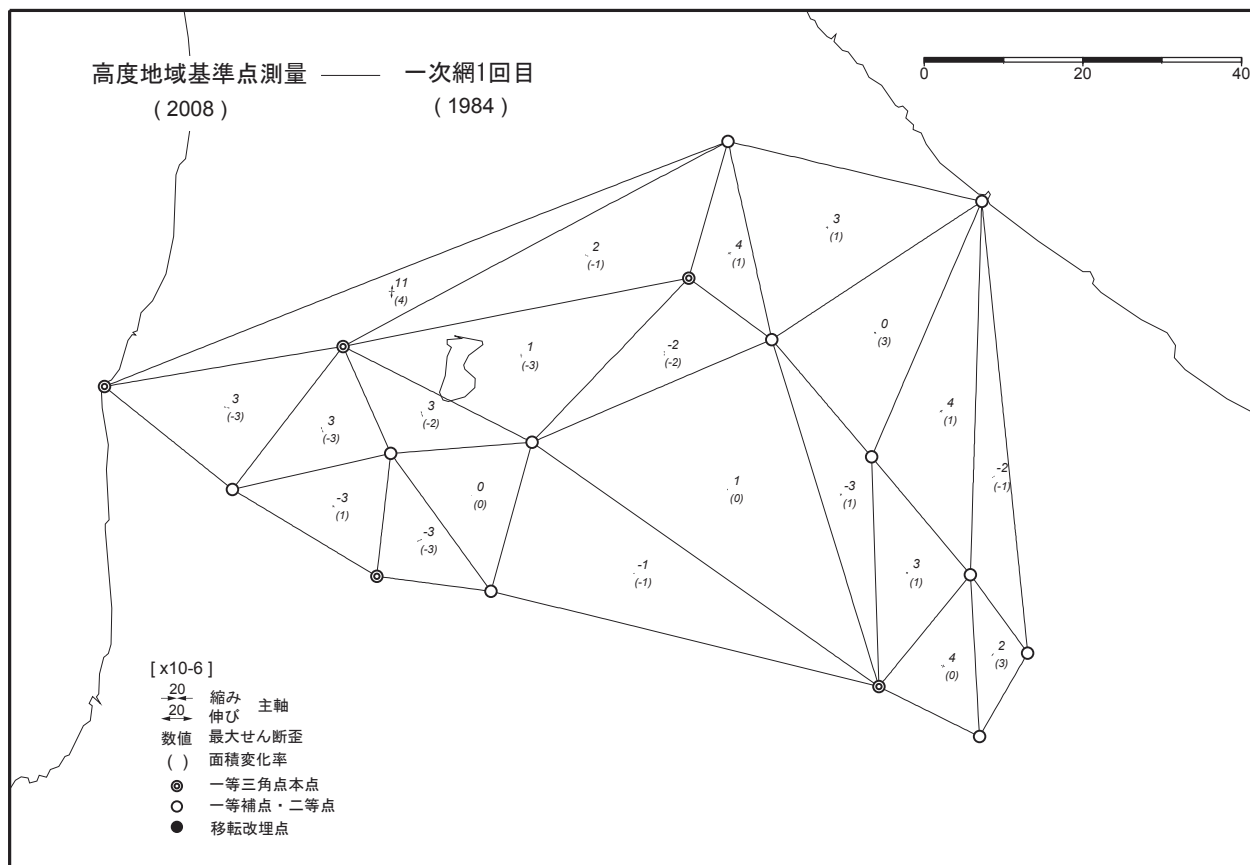
高度地域基準点測量による名寄地方の水平歪



第 16 図 測地測量結果による名寄地区の水平歪

Fig. 16 Crustal horizontal strain of Nayoro districts calculated from geodetic survey results.

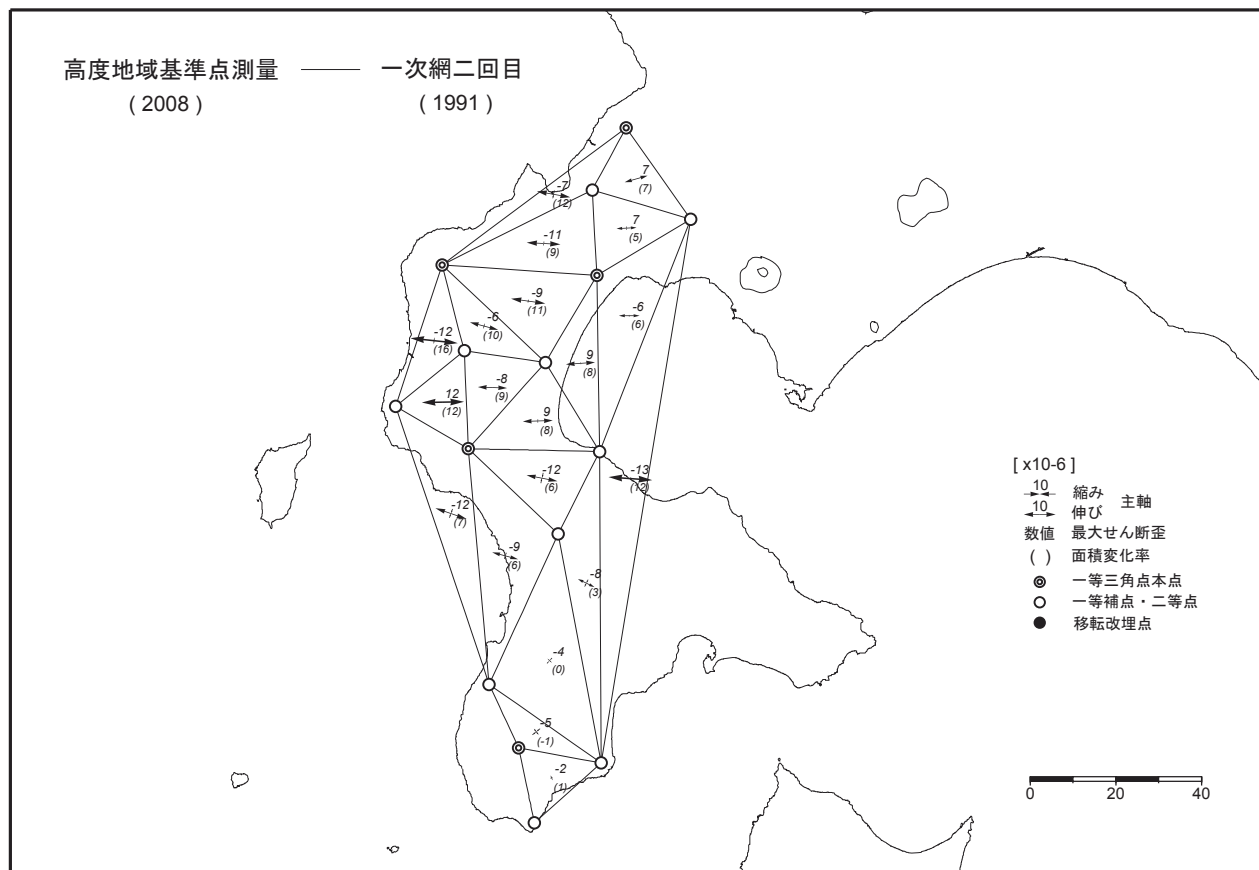
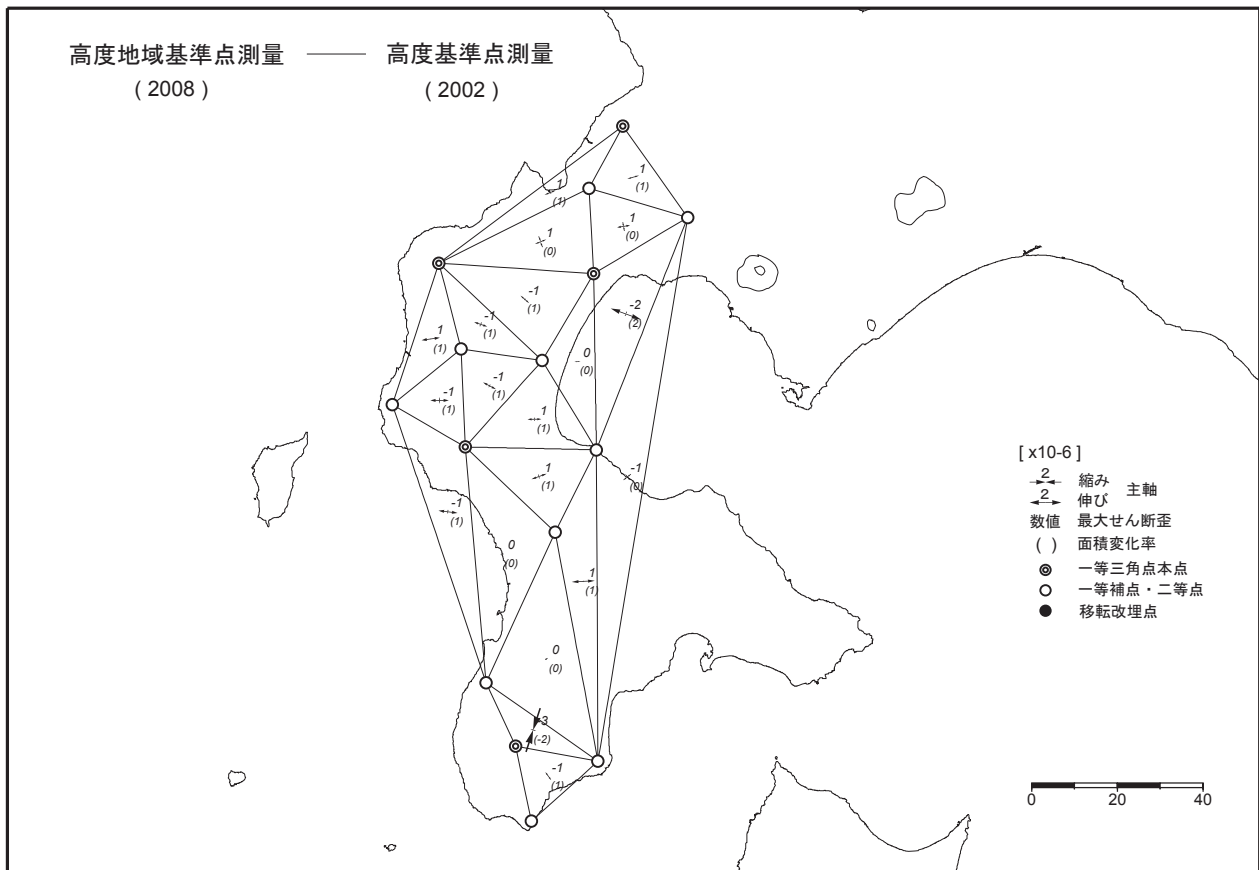
高度地域基準点測量による名寄地区の水平歪



第 17 図 測地測量結果による名寄地区の水平歪

Fig. 17 Crustal horizontal strain of Nayoro districts calculated from geodetic survey results.

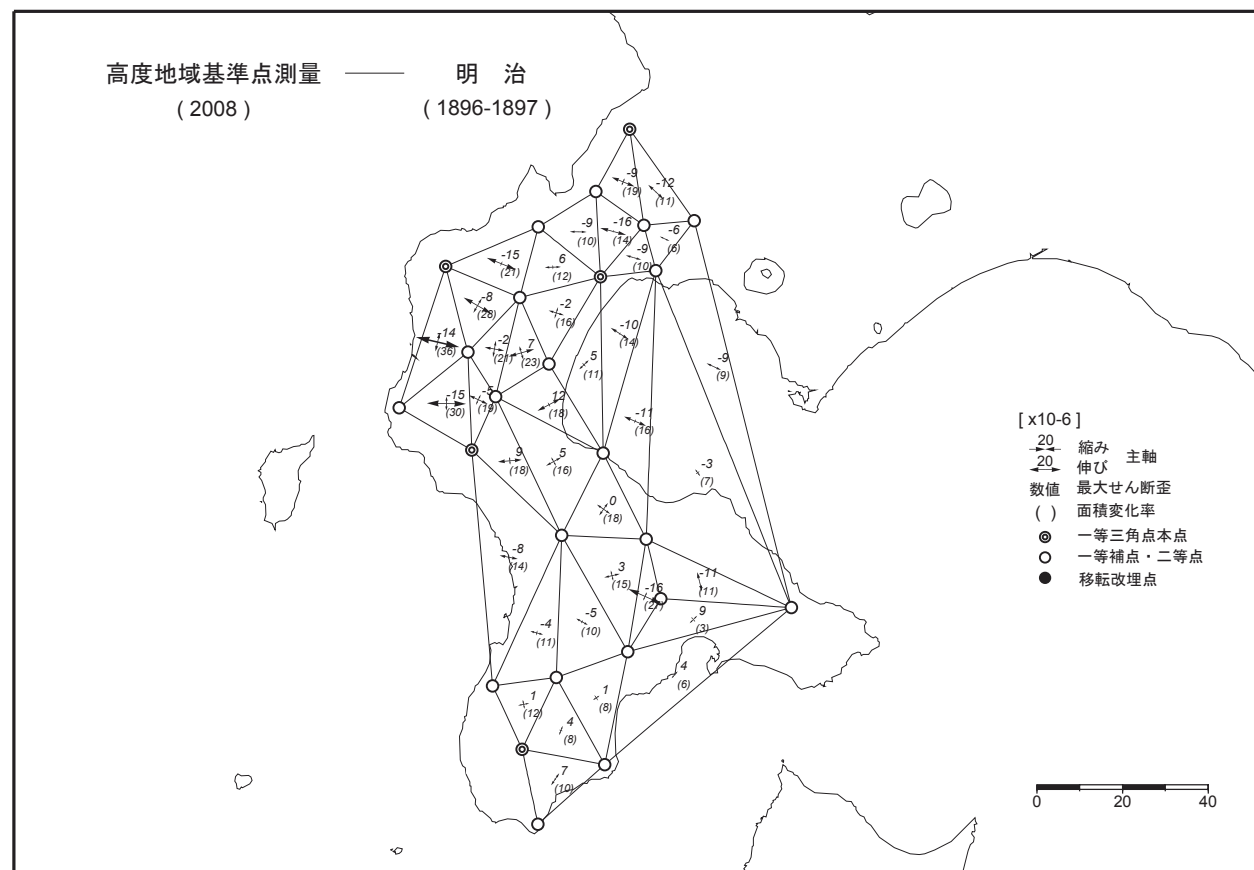
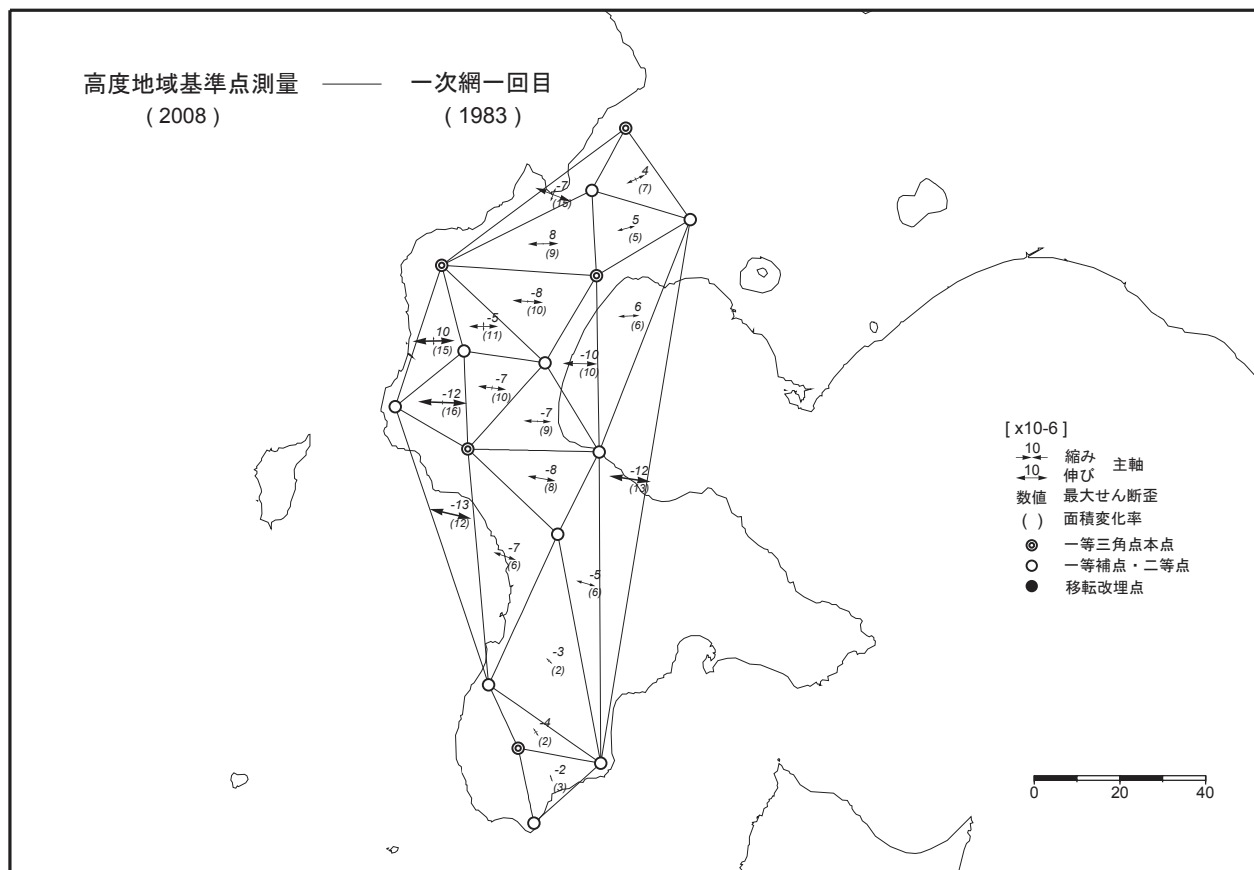
高度地域基準点測量による函館地方の水平歪



第 18 図 測地測量結果による函館地区の水平歪

Fig. 18 Crustal horizontal strain of Hakodate districts calculated from geodetic survey results.

高度地域基準点測量による函館地方の水平歪



第 19 図 測地測量結果による函館地区の水平歪

Fig. 19 Crustal horizontal strain of Hakodate districts calculated from geodetic survey results.