

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

[有珠山周辺の水準測量]

第1図は、長万部町から室蘭市に至る路線の水準測量結果で、洞爺湖町から室蘭市にかけて沈降が見られる。これは、太平洋プレートの沈み込みに伴う地震間の変動とみられる。

第2図の洞爺湖町から留寿都村に至る路線の水準測量結果では、6年間の変動としては小さめである。

[GPS 2003年9月26日の十勝沖地震以降の地殻変動時系列]

第3～7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3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4～7図は、北海道の猿払観測点（従来は岩崎観測点）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。これらの観測点の水平成分には、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見える。2003年・2008年・2009年の地震の余効変動は着実に減衰傾向にあったが、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震による跳びが見られる。

[GPS 2003年9月26日の十勝沖地震以降の地殻変動速度]

第8～9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。従来、岩崎観測点を始点にしていたが、東北地方太平洋沖地震で変動したため猿払観測点に替えた。第8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。東北地方太平洋沖地震発生時点で、2003年十勝沖地震前の速度に戻りつつあったものの完全に戻りきってはいなかった。東北地方太平洋沖地震の余効変動がしばらく続くと予想される。

第9図の根室4では、2段目、4段目の変動速度で見ると、東北地方太平洋沖地震発生時点で、ほとんど地震前の状態に戻ったとみていたが、東北地方太平洋沖地震とその余効変動の影響が見られる。

[非定常地殻変動 北海道 東北地方太平洋沖地震前まで]

第10～15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、プレート境界面上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)の補正是行っていない。

第10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境界面上の滑り分布である。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。

第11～12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。第12図(5)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13～15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。

[猿払固定による最近の地殻変動]

第16～17図は、固定局を猿払観測点にした場合の地殻変動である（固定局を北海道外の遠方に選ぶ選択肢もあるが、距離が長くなると共通の誤差が消えず誤差が増えたり、プレート運動の効果が混入するなど問題があるので、近場で変動の少ない点の方が固定局としてふさわしい）。上段の図のとおり、ベクトルは小さく、北海道の監視を行うのに適している。

第18図の1ヶ月毎の水平変動で、当面はこの形で北海道の地殻変動の監視を行う予定である。

[GPS 太平洋岸の時系列]

第19図は、北海道太平洋側における十勝沖地震以降の時系列グラフである。固定局は猿払観測点とした。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、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。一部の観測点の水平成分には、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)による地殻変動と余効変動が見られる。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。その後、2003年・2008年・2009年の地震の余効変動は着実に減衰傾向にあるように見える。2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震による地震時および地震後の変動の影響はどの点でも見られる。鹿部が最も大きい。

[GPS 高度地域基準点測量（繰り返し観測） 北海道]

第20～21図は、知床地区の三角点のGPS繰り返し観測の結果である。期間により表示する歪みのスケールを変えて作図している。GEONETの歪み図にも見られる定的な北西－南東方向の縮みに2003年9月26日の十勝沖地震(M8.0)及び2004年11月29日の釧路沖の地震(M7.1)による影響が含まれている。

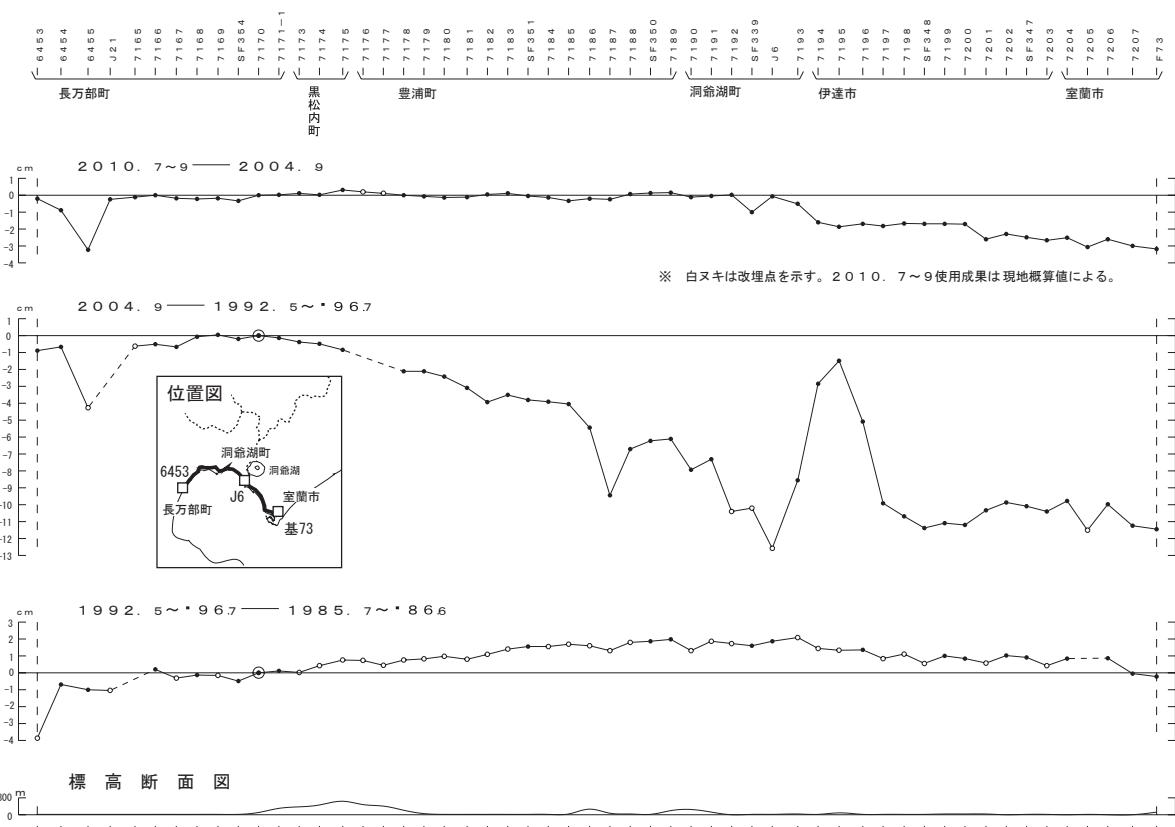
第22～23図は、道東地区の三角点のGPS繰り返し観測の結果である。GEONETの歪み図にも見られる定的な北西－南東方向の縮みが目立つが、第22図の上段では、2004年11月29日の釧路沖の地震(M7.1)による北西－南東方向の伸びが卓越している。

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.
- 14) 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, 84, 44-63.
- 15) 国土地理院, 2011, 北海道地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 85, 48-61.

長万部町～洞爺湖町～室蘭市間の上下変動

洞爺湖町から室蘭市にかけて沈降が見られる。

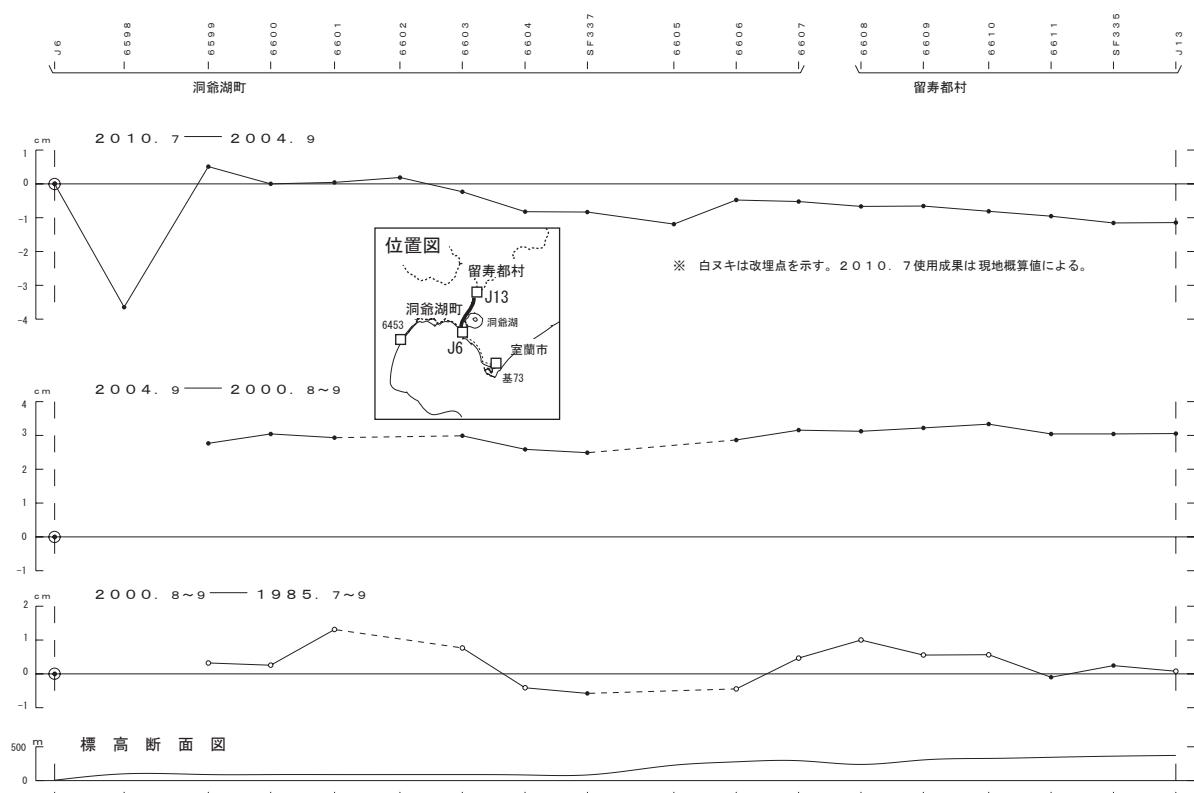


第1図 長万部町～洞爺湖町～室蘭市間の上下変動

Fig. 1 Results of leveling survey from Osamanbe town to Muroran city via Touyako town.

洞爺湖町～留寿都村間の上下変動

特段の変動は見られない。

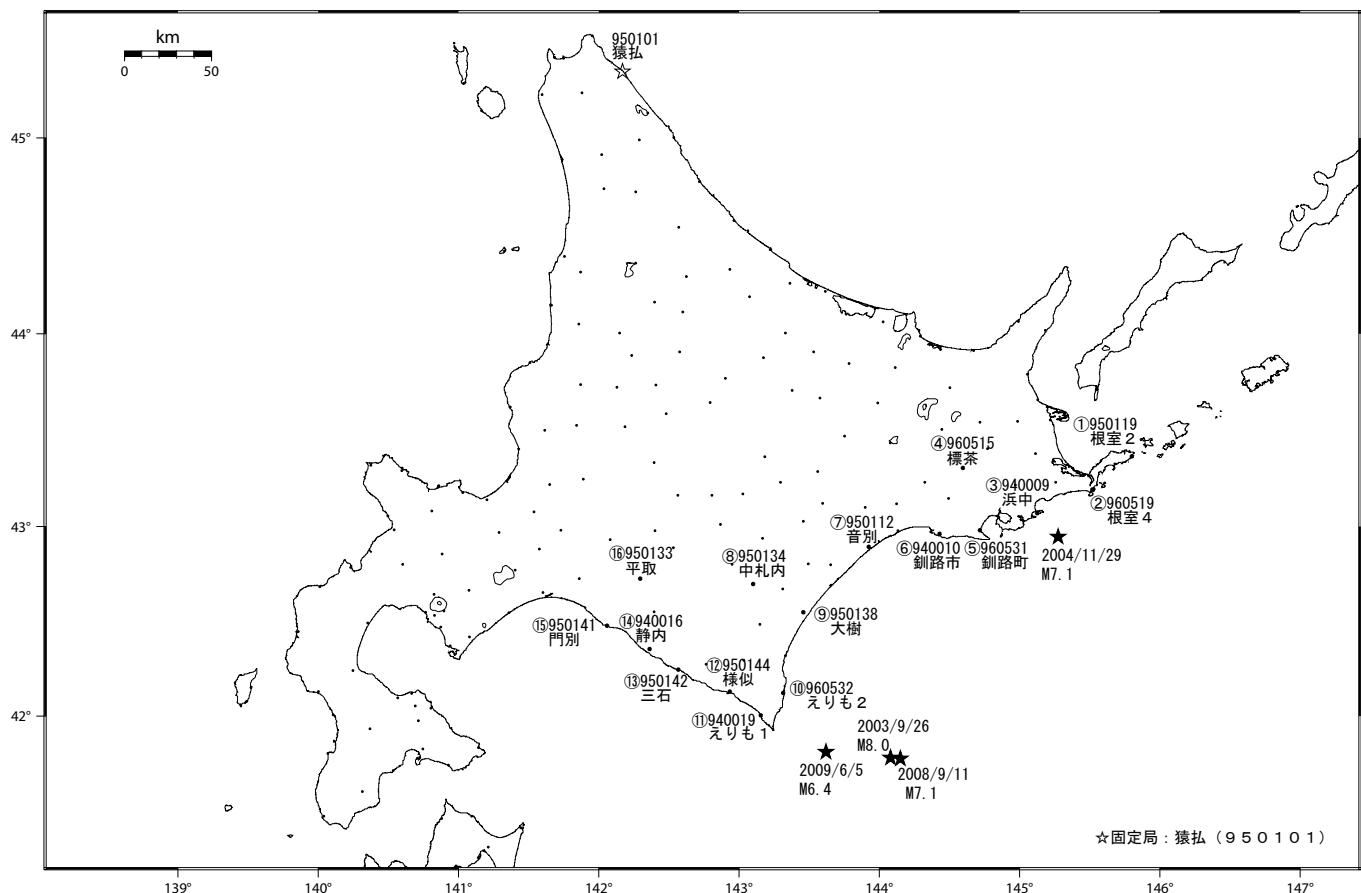


第2図 洞爺湖町～留寿都村間の上下変動

Fig. 2 Results of leveling survey from Touyako town to Rusutsu village.

北海道太平洋岸 GPS連続観測時系列(1)

基線図



観測局情報

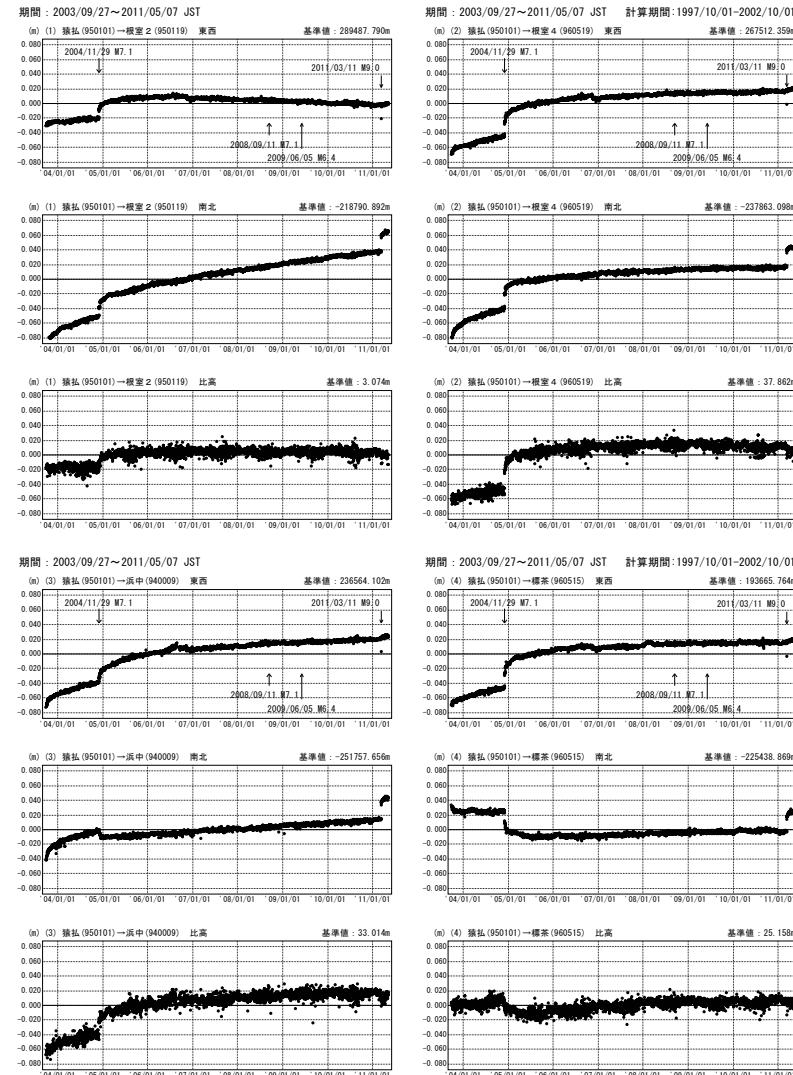
点番号	点名	日付	保守内容
950119	根室2	2002/4/1	凍上対策
960515	標茶	2003/10/3	凍上対策
		2009/12/23	レドーム開閉
960519	根室4	2002/4/1	凍上対策
		2009/12/22	レドーム開閉
940009	浜中	2001/4/1	凍上対策
960531	釧路町	2003/10/1	凍上対策
940010	釧路市	1999/12/1	凍上対策
		2003/11/7	凍上対策
		2010/12/14	レドーム開閉
950144	様似	2005/12/1	周辺伐採
		2009/12/10	レドーム開閉
960532	えりも2	2009/12/10	レドーム開閉
940019	えりも1	2010/12/16	レドーム開閉
950141	門別	2010/12/6	レドーム開閉
940016	静内	2009/12/11	レドーム開閉
950134	中札内	2009/11/8	周辺伐採
		2010/6/8	周辺伐採
		2010/12/5	レドーム開閉

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（観測点配置図・保守状況）

Fig.3 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

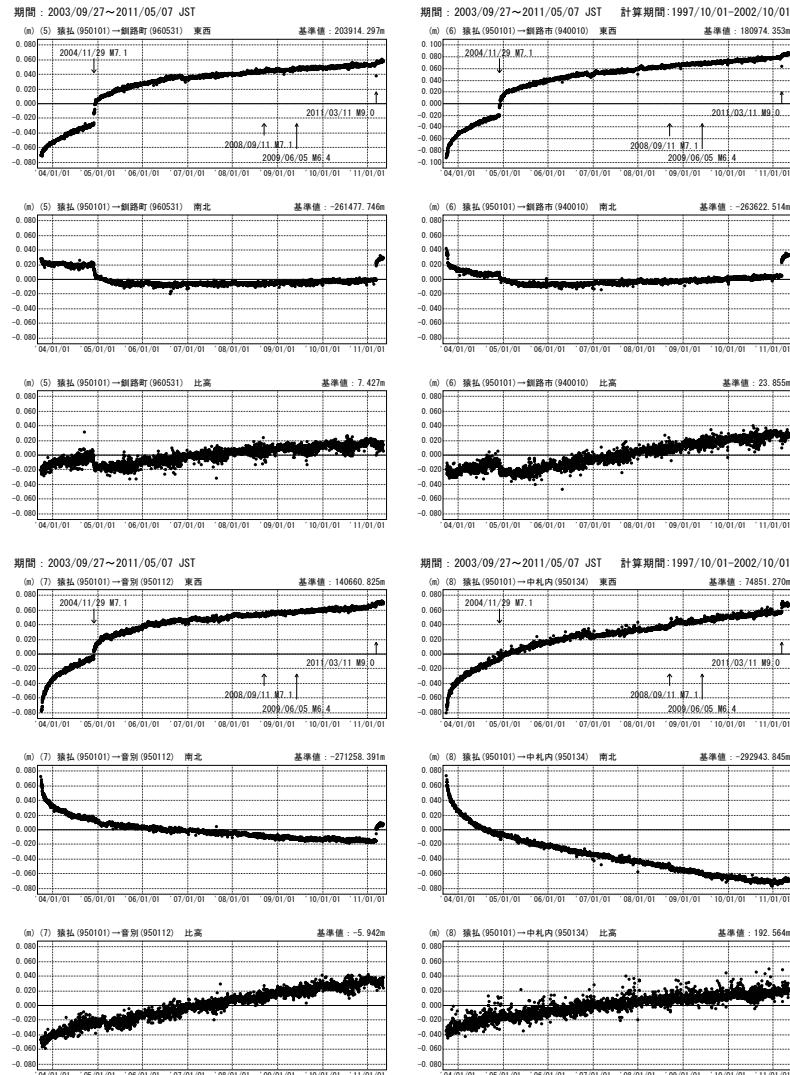


● ---[F3:最終解]

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) (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

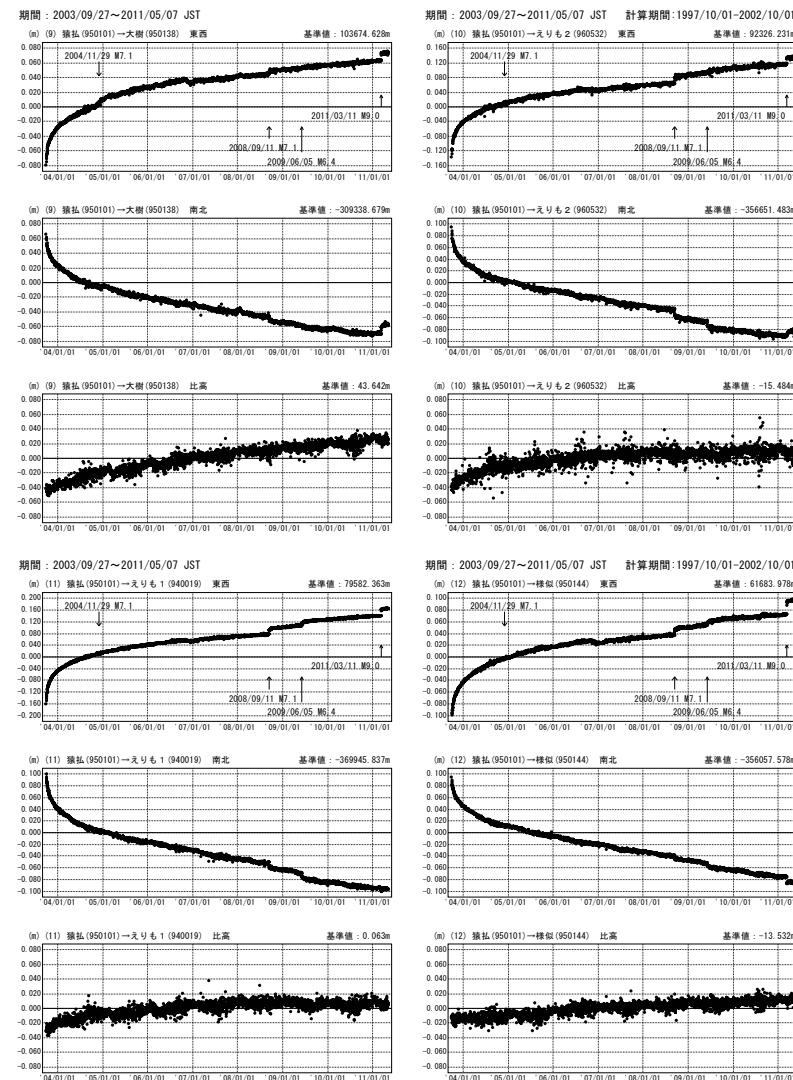


● ---[F3:最終解]

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) (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

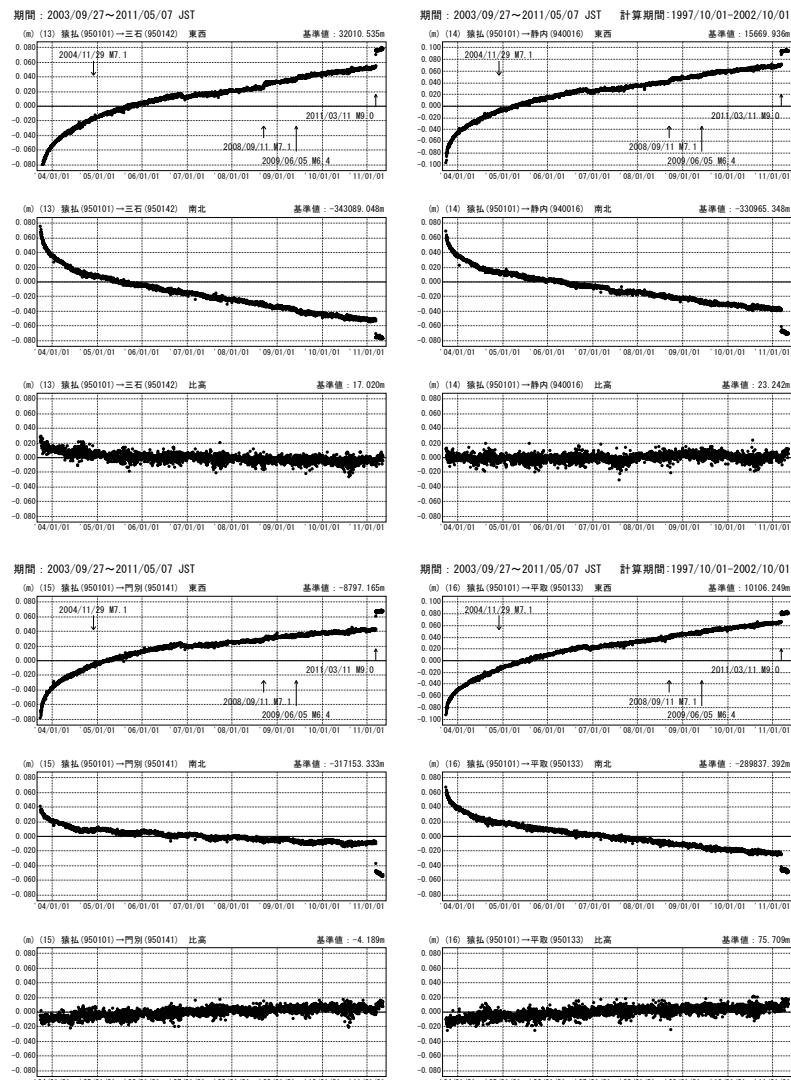


● ---[F3:最終解]

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) (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

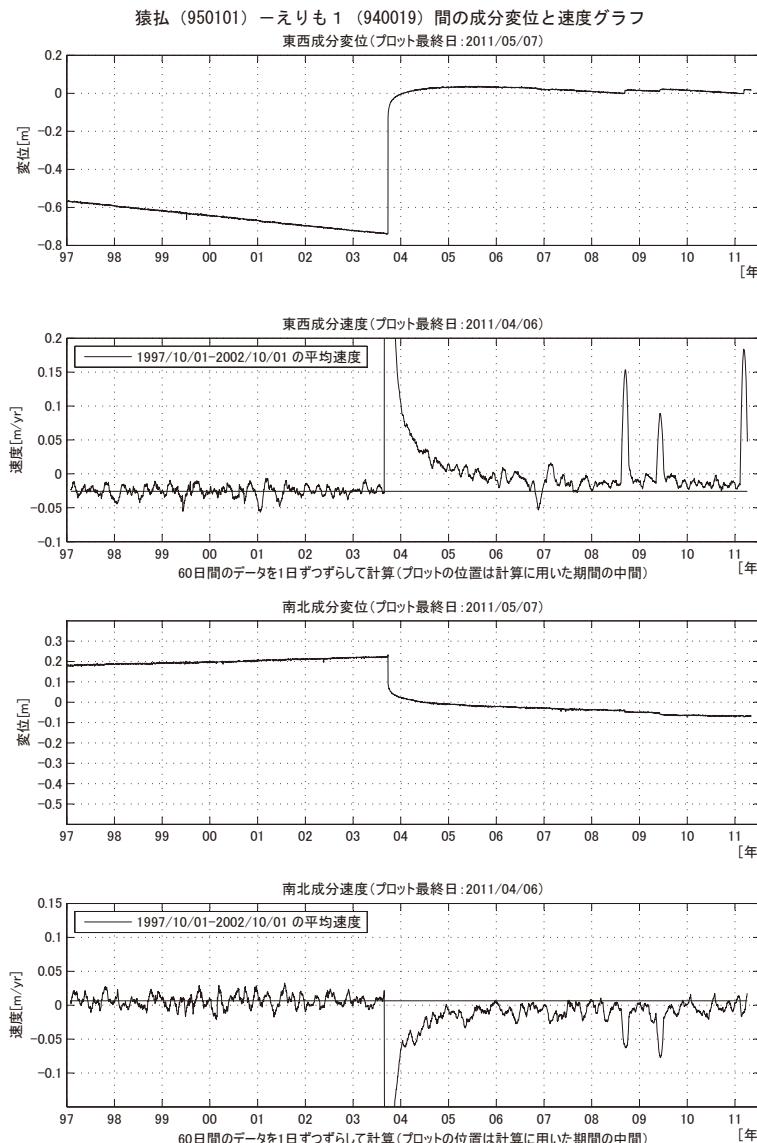


● ---[F3:最終解]

第7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. 7 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).

平成15年(2003年)十勝沖地震後の地殻変動

- ・東北地方太平洋沖地震発生時点では、2003年十勝沖地震前の変動速度に完全に戻りきていなかった。
- ・最新のデータに東北地方太平洋沖地震の影響が見られる。

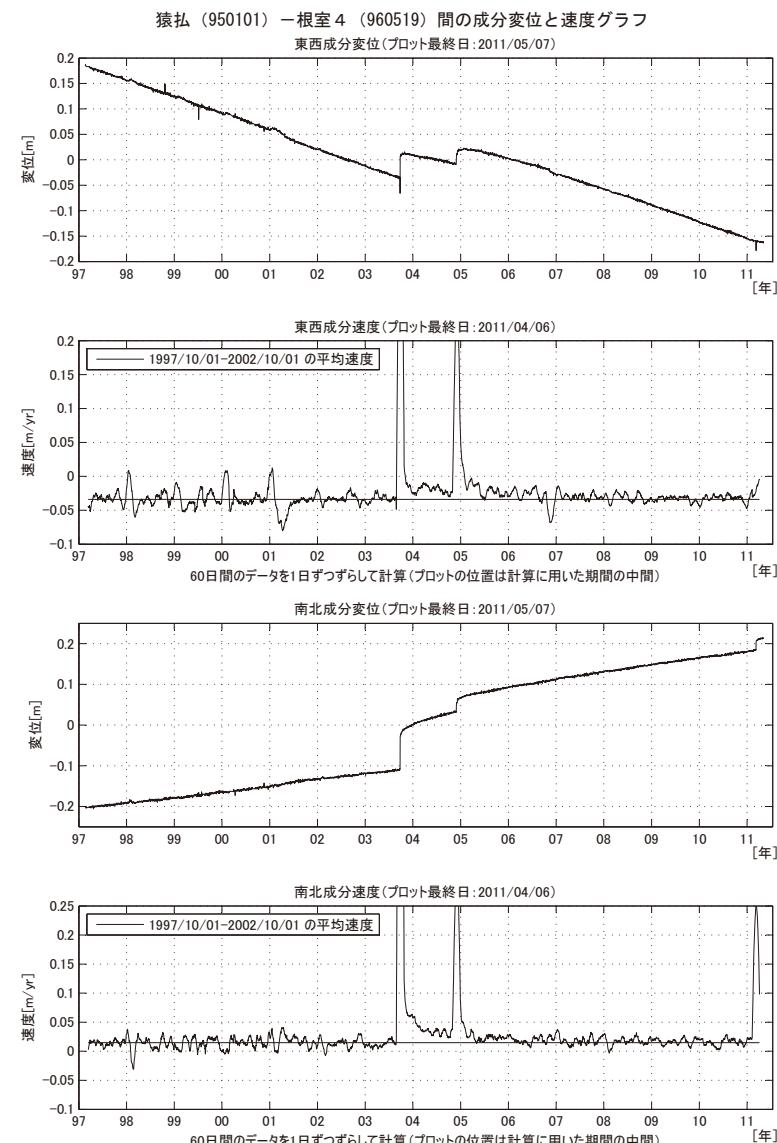


第8図 北海道太平洋岸のGEONET観測点における地殻変動速度の変化（えりも1観測点・時系列）

Fig. 8 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Time series at Erimo-1 site).

2004年11月29日の釧路沖の地震(M7.1)後の地殻変動

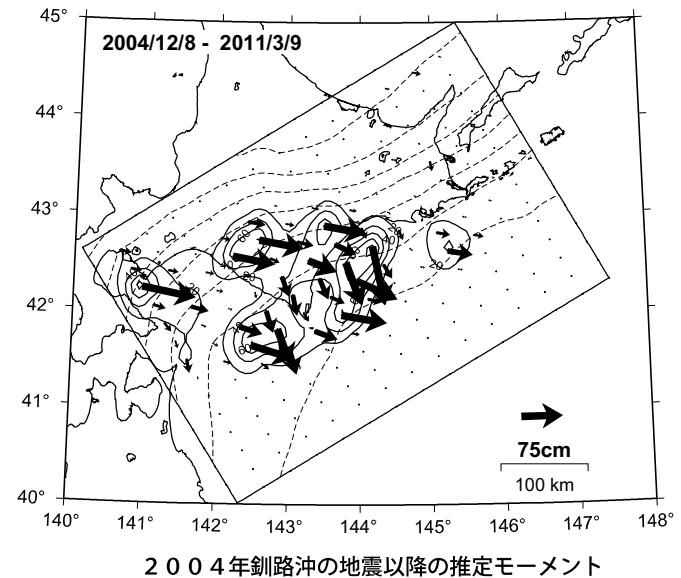
- ・東北地方太平洋沖地震発生時点では、2004年11月29日の釧路沖の地震以前の状態にほとんど戻っていた。
- ・最新のデータに東北地方太平洋沖地震の影響が見られる。



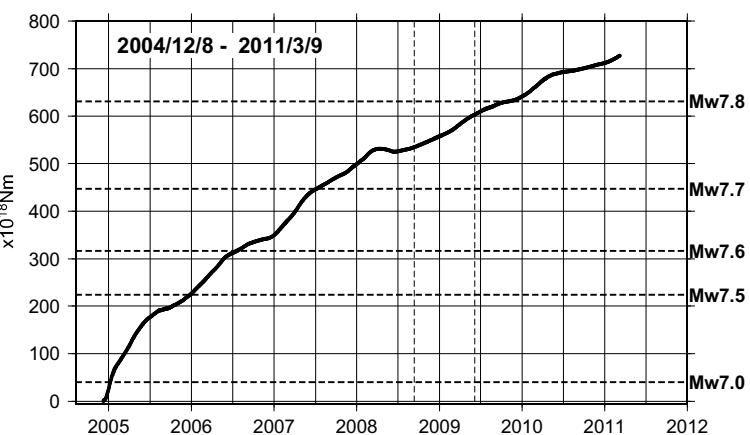
第9図 北海道太平洋岸のGEONET観測点における地殻変動速度の変化（根室4観測点・時系列）

Fig. 9 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

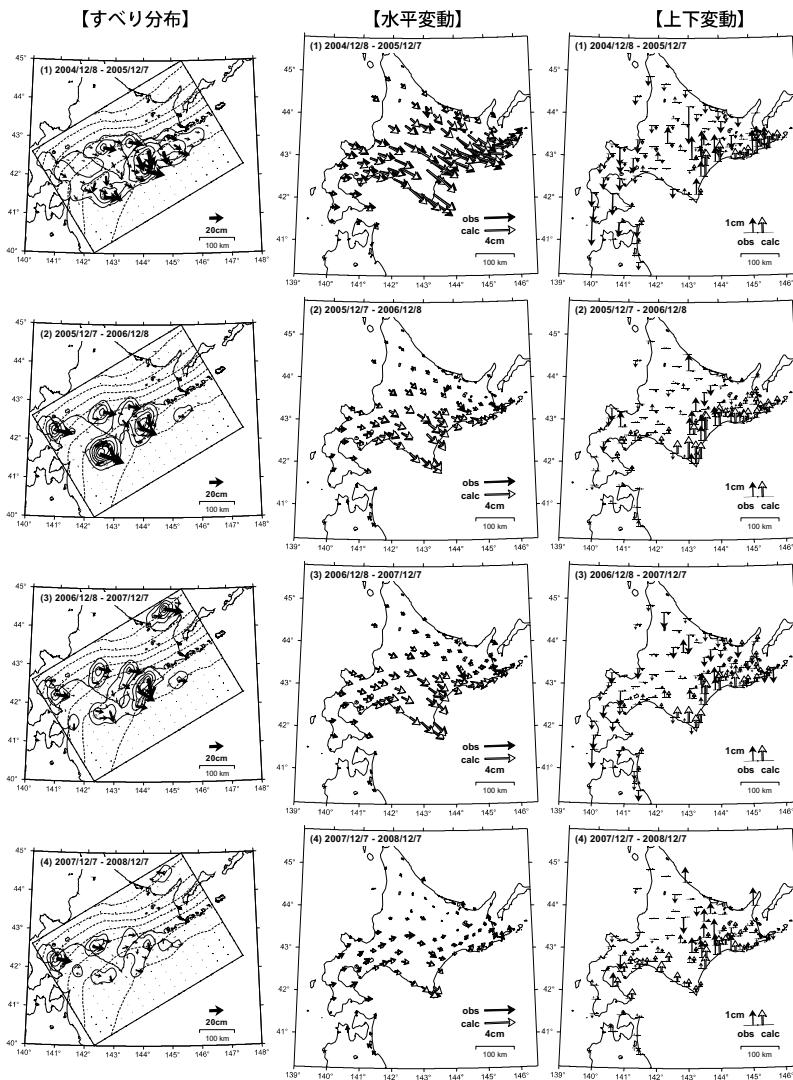


- ・1998年1月～2000年1月のデータから平均速度および年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
- ・2003年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
- ・2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震による固定点岩崎の地盤変動の影響は取り除いている。
- ・2006年11月15日に発生した千島列島の地震による地盤変動の影響は取り除いている。
- ・2008年9月11日に発生した十勝沖の地震による地盤変動の影響は取り除いている。
- ・2009年6月5日に発生した十勝沖の地震による地盤変動の影響は取り除いていない。

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北海道東部のプレート間滑り（上）滑り分布（下）モーメント時間変化

Fig. 10 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 (top) Time series of released moment (Bottom)

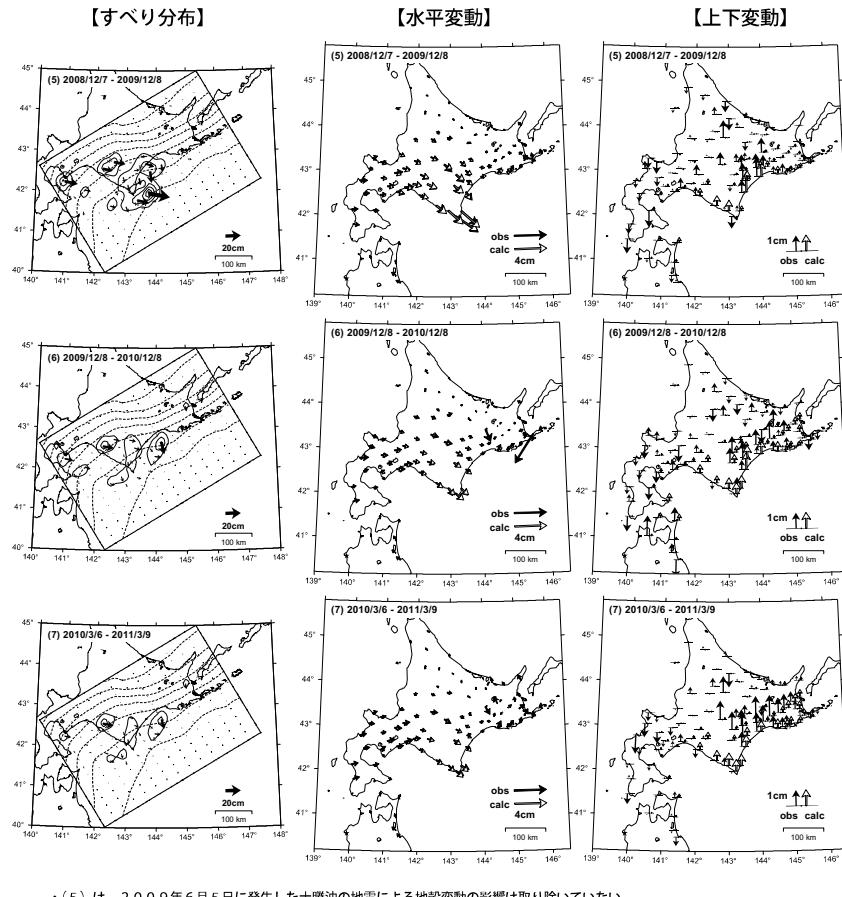
2004年釧路沖の地震以降の1年ごとの推定すべり分布および観測値と計算値の比較（1）【岩崎固定】



第11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. 11 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).

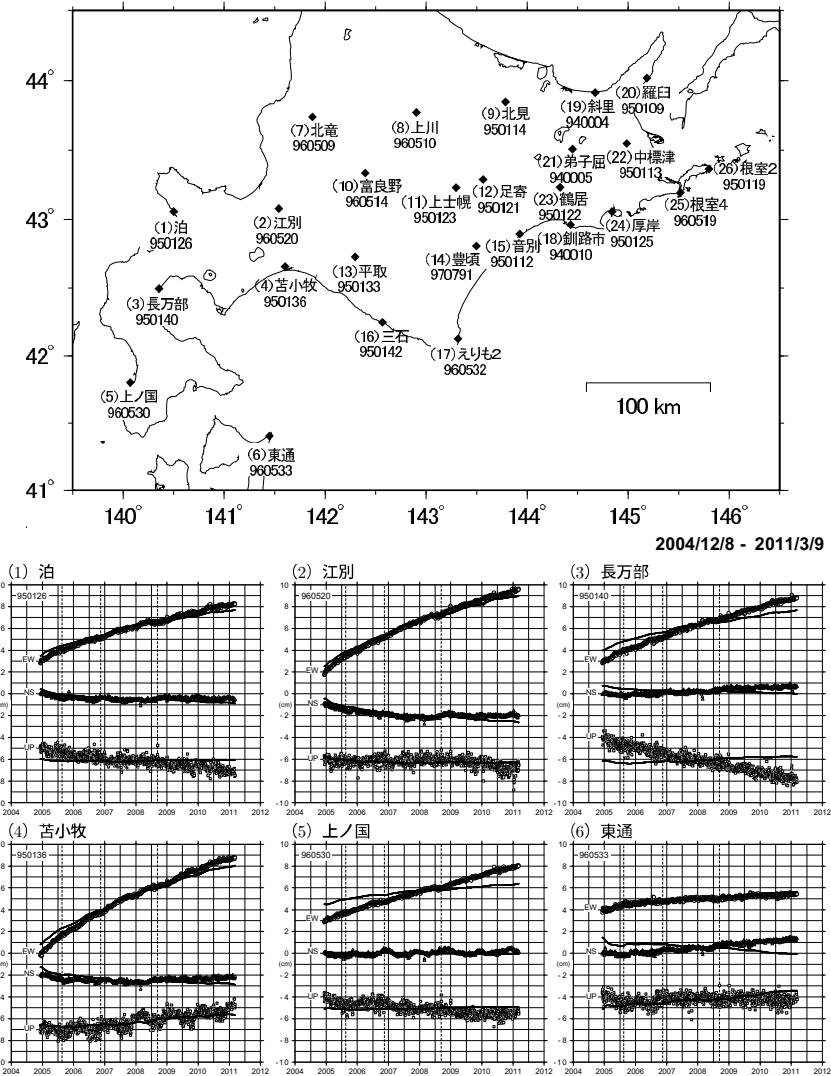
2004年釧路沖の地震以降の1年ごとの推定すべり分布
および観測値と計算値の比較（2）【岩崎固定】



第12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. 12 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】

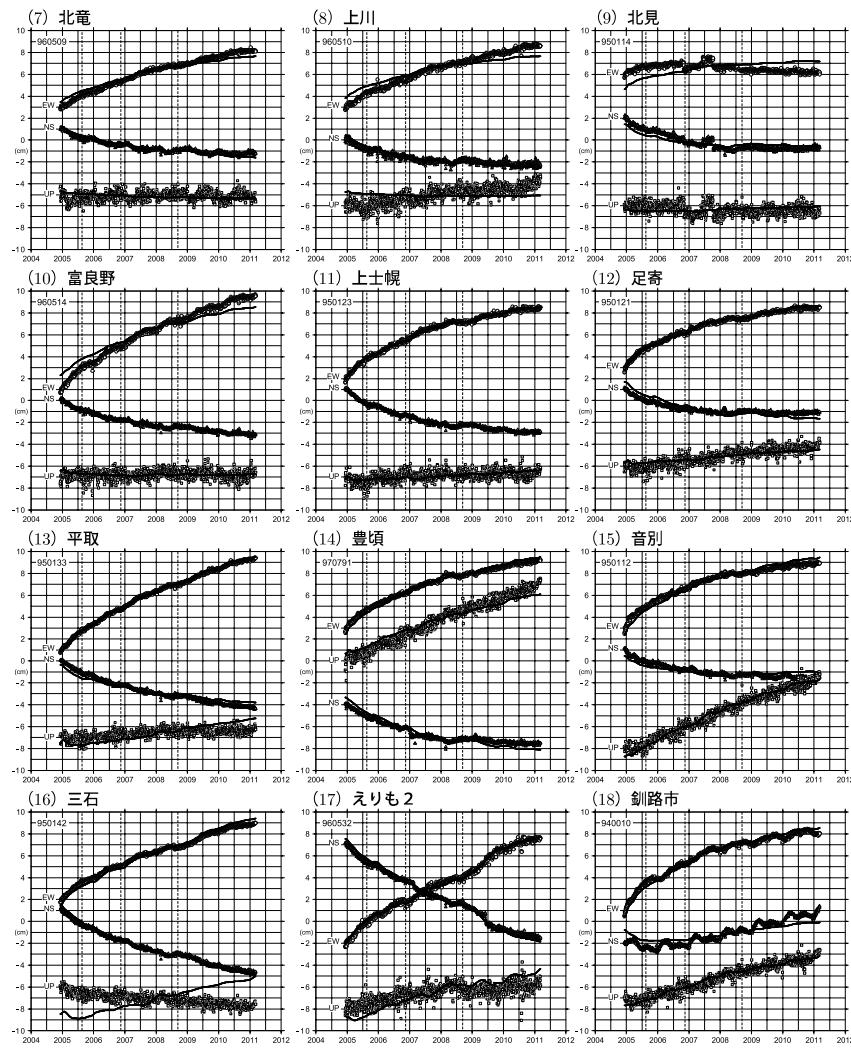


・点線はそれぞれ2005年8月16日宮城県沖の地震、2006年11月15日千島列島の地震、2008年9月11日十勝沖の地震の発生日で、地震時の地殻変動は取り除いている。

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 (1/3).

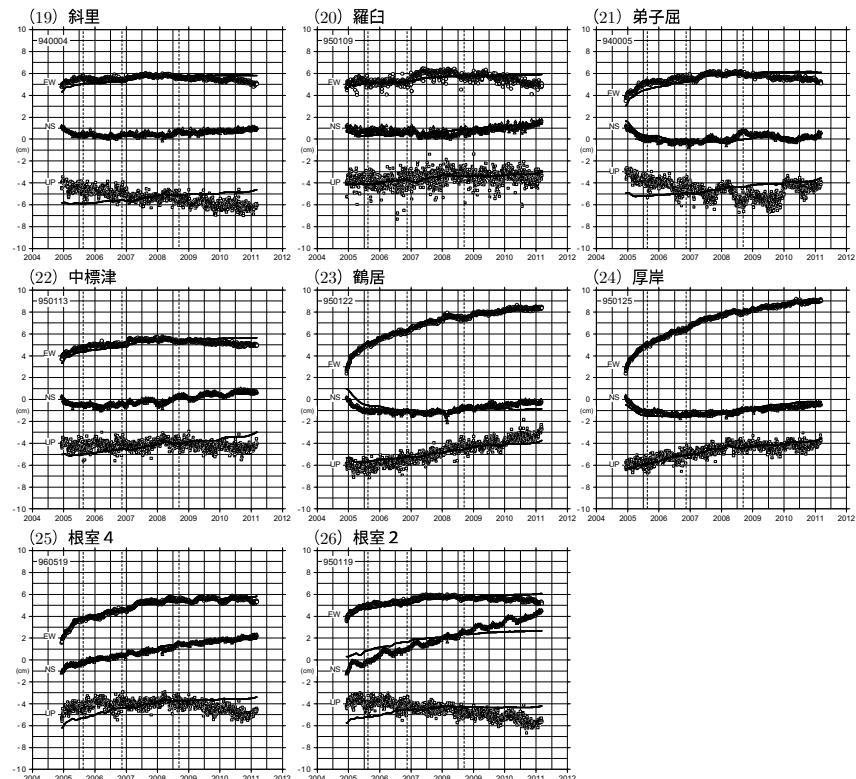
2004年釧路沖の地震以降の観測値と計算値の比較時系列（2）【岩崎固定】
2004/12/8 - 2011/3/9



第14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. 14 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the 2004 Off-Kushiro earthquake (2/3).

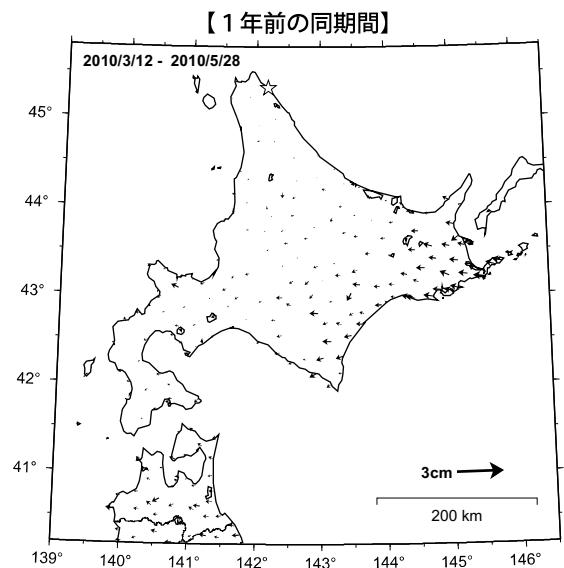
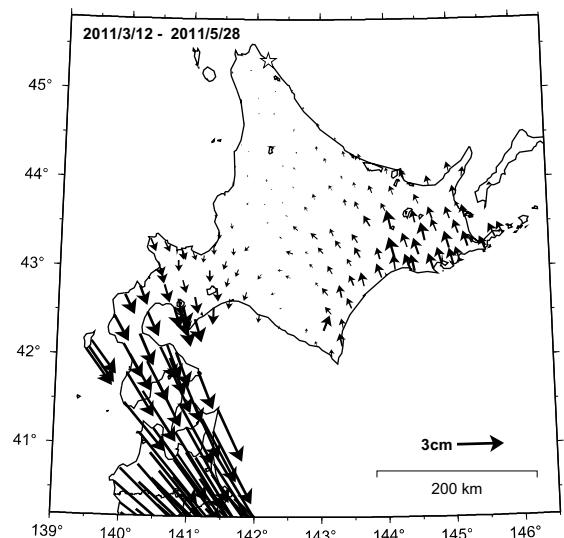
2004年釧路沖の地震以降の観測値と計算値の比較時系列（3）【岩崎固定】
2004/12/8 - 2011/3/9



第15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

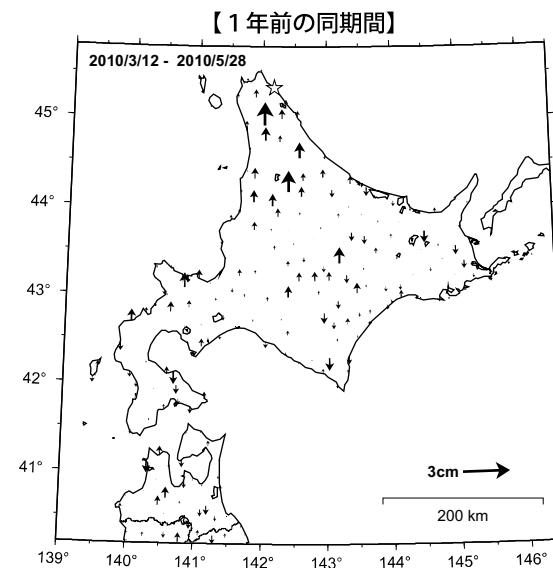
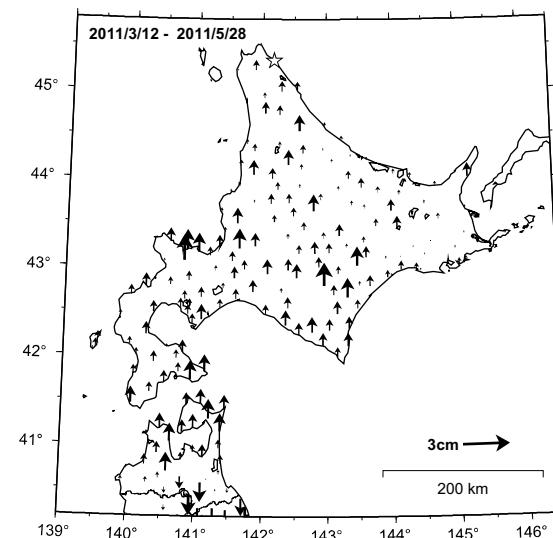
Fig. 15 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the 2004 Off-Kushiro earthquake (3/3).

北海道の地殻変動【猿払固定】速報解
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の水平変動



第16図 北海道の地殻変動 東北地方太平洋沖地震後の水平変動
Fig. 16 Horizontal crustal deformation in Hokkaido after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

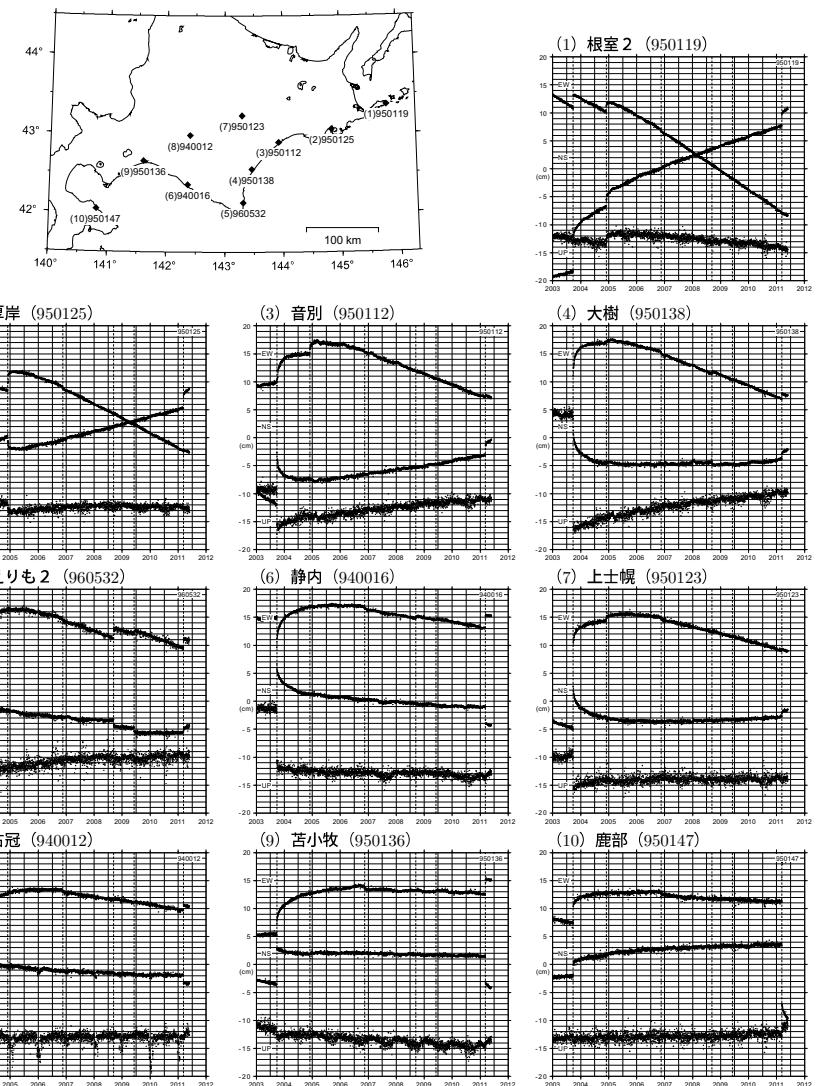
北海道の地殻変動【猿払固定】速報解
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の上下変動



第17図 北海道の地殻変動 東北地方太平洋沖地震後の上下変動
Fig. 17 Vertical crustal deformation in Hokkaido after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

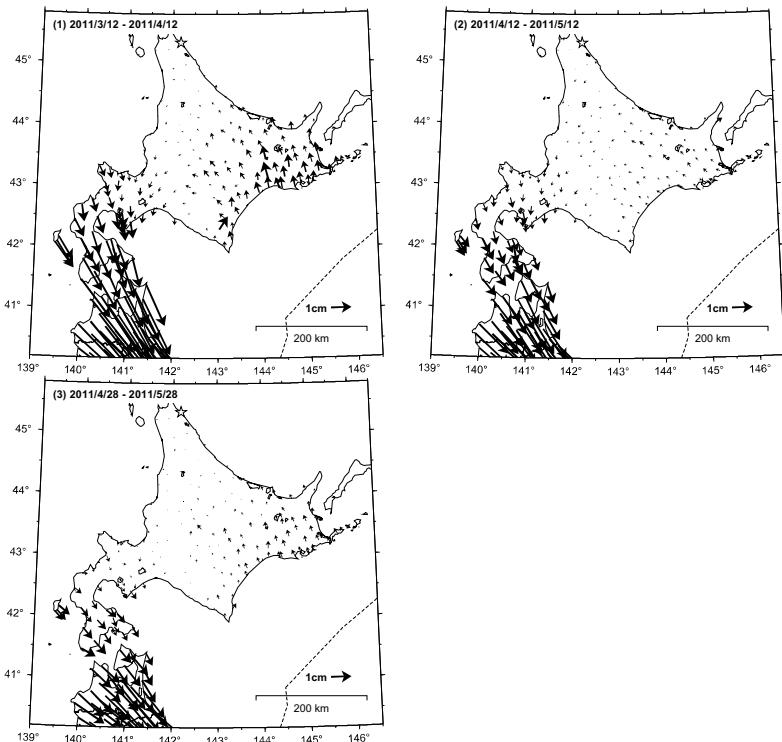
北海道の地殻変動時系列【猿払固定】

速報解含む 2003/1/1 - 2011/5/28



・点線は地震の発生日で、2003年9月26日十勝沖地震、2004年11月29日釧路沖の地震、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、2009年6月5日十勝沖の地震、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震、
それぞれの地震による地殻変動の影響は取り除いていない。

北海道の地殻変動【猿払固定】速報解
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後1ヶ月ごとの水平変動

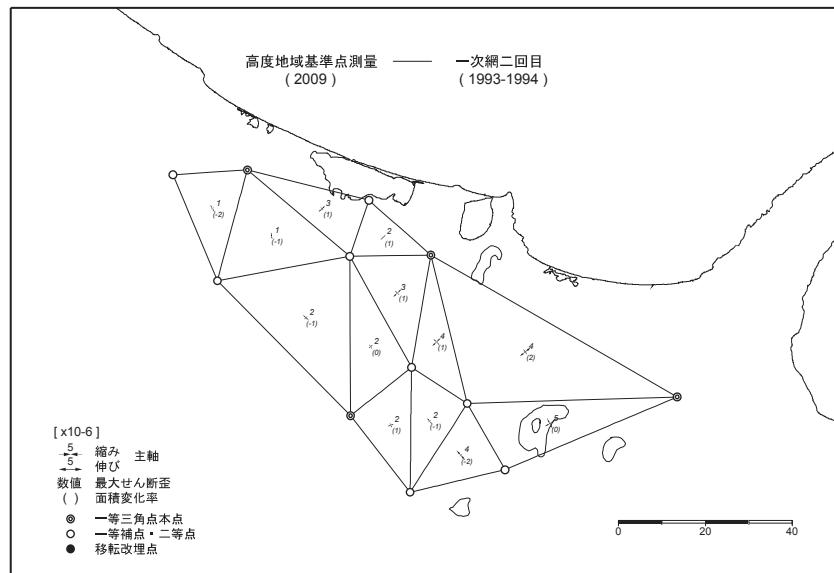
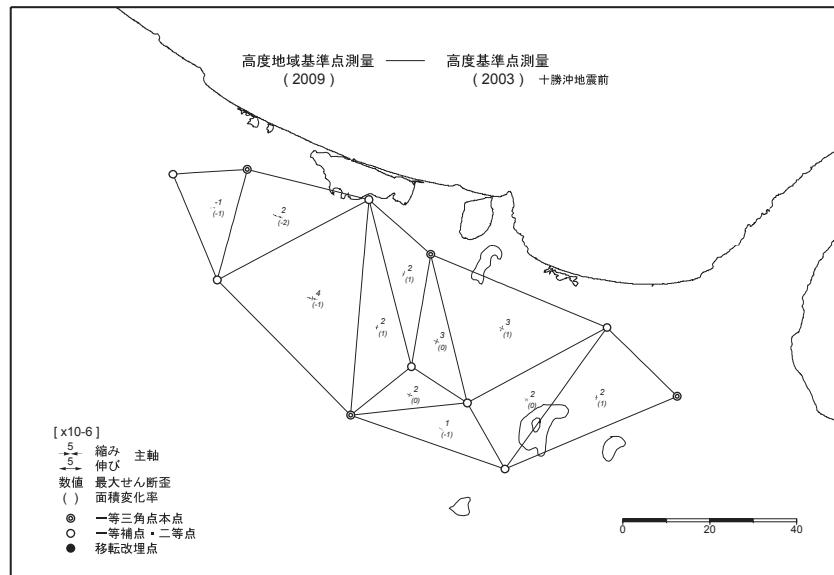


第18図 北海道の地殻変動 東北地方太平洋沖地震後1ヶ月ごとの水平変動
Fig. 18 Horizontal crustal deformation for every one month in Hokkaido after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake.

第19図 北海道の地殻変動時系列

Fig. 19 Time series of observed crustal deformation in Hokkaido.

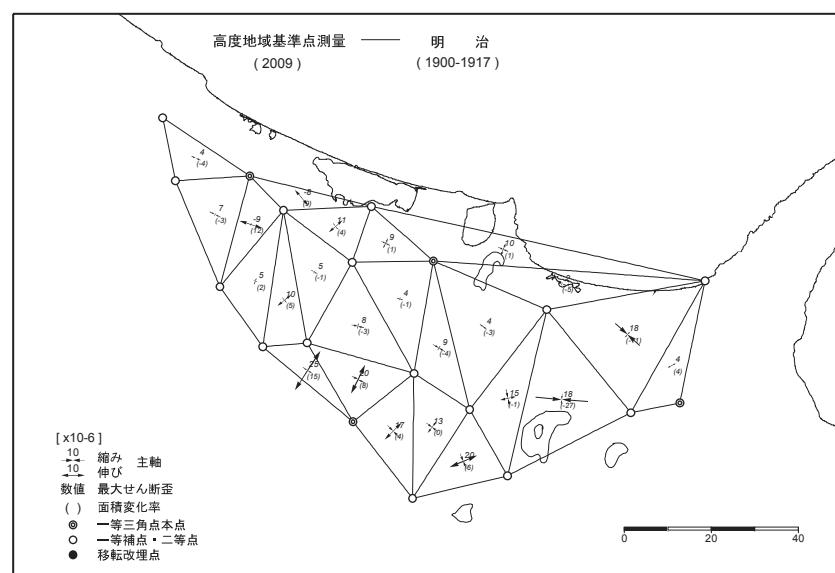
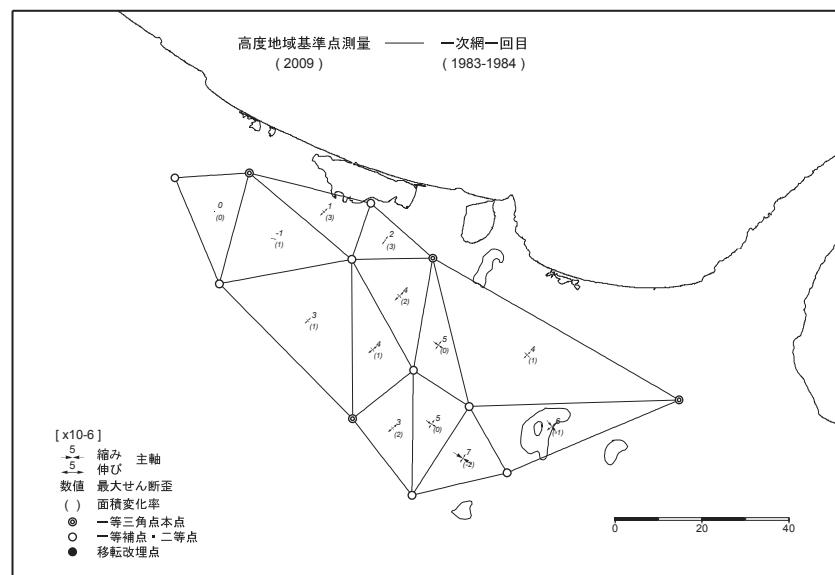
高度地域基準点測量による知床地区の水平歪



第20図 測地測量結果による知床地区の水平歪

Fig. 20 Crustal horizontal strain of Shiretoko districts calculated from geodetic survey results.

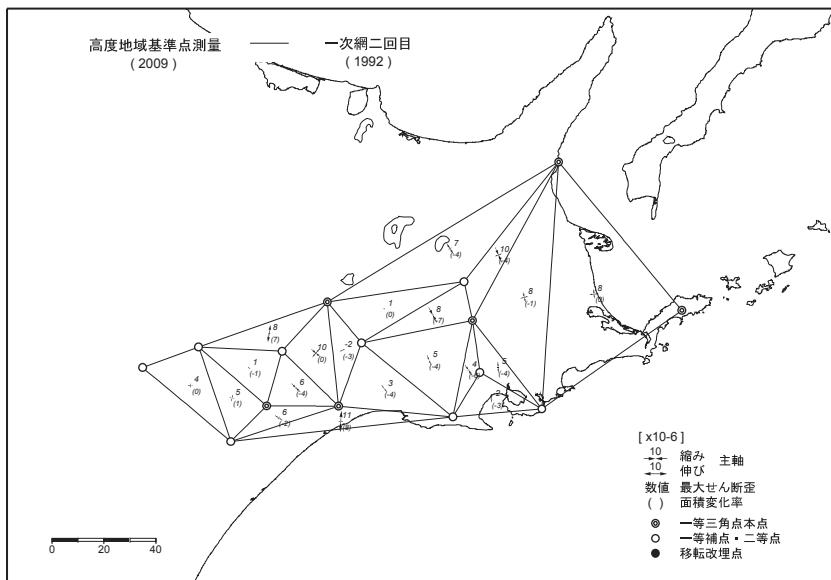
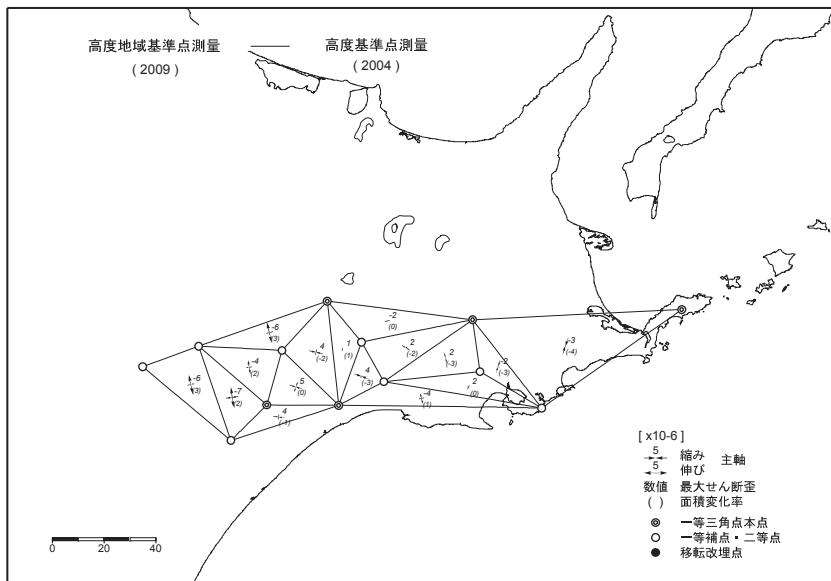
高度地域基準点測量による知床地区の水平歪



第21図 測地測量結果による知床地区の水平歪

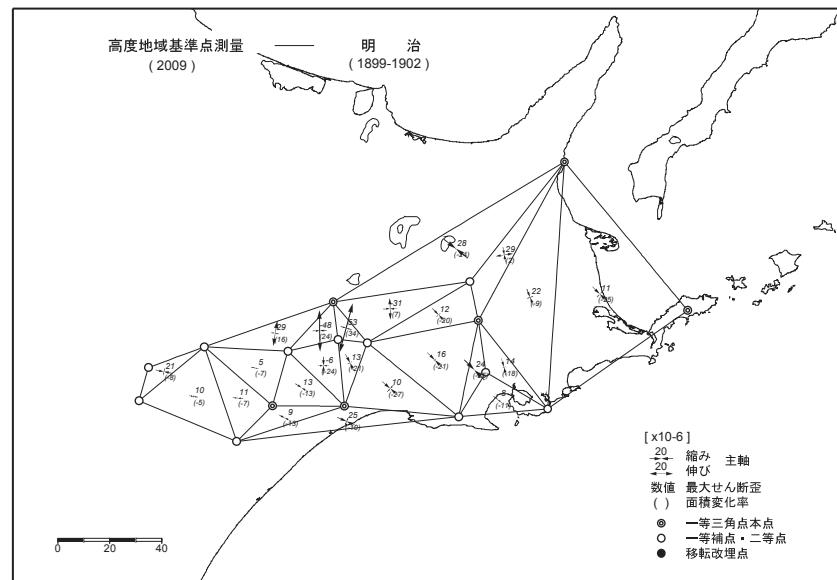
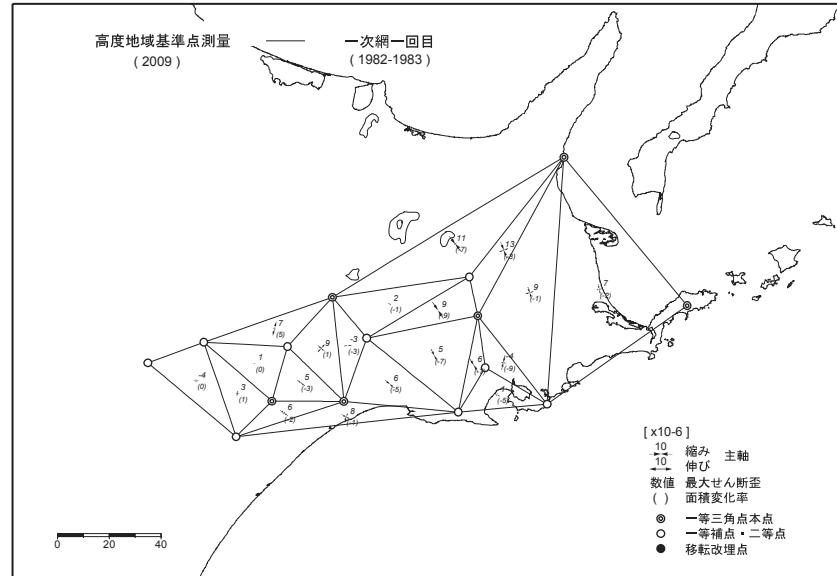
Fig. 21 Crustal horizontal strain of Shiretoko districts calculated from geodetic survey results.

高度地域基準点測量による道東地区の水平歪



第22図 測地測量結果による道東地区の水平歪
Fig. 22 Crustal horizontal strain of eastern Hokkaido calculated from geodetic survey results.

高度地域基準点測量における道東地区の水平歪



第23図 測地測量結果による道東地区の水平歪
Fig. 23 Crustal horizontal strain of eastern Hokkaido calculated from geodetic survey results.