

2-2 北海道地方の地殻変動

Crustal Movements in the Hokkaido District

国土地理院

Geographical Survey Institute

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・年周・半年周を補正したベクトル図で示したものである。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、十勝に見られるが、その東南東向きのベクトルは従来の南東-南南東向きのベクトルとは向きが異なる。下段の1ヶ月の図では、これらのパターンは不明瞭である。

第2～6図は、日高から根室にかけての北海道太平洋岸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点として、1997年10月～2002年10月を定常状態とし、トレンド・年周・半年周成分を除去したグラフを作成した。2003年9月26日の十勝沖地震と2004年11月29日の釧路沖の地震について、それぞれの地震直後に余効変動が始まり、指数関数的に減衰しながらも長期的に続いた様子が見て取れる。

第7～11図は、えりも1、釧路町、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8図のえりも1では、余効変動がゆっくり続いて、最近も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。余効変動が終息したかどうかを判断するために、トレンドから外れた水平変動の速度を南北、東西両成分について変化をプロットしたものが、第9図である。青い★印のところが、地震以前の平均的な変動速度に相当するところで、そこに戻れば、定常状態とした1997年10月から2002年10月のトレンドに戻ったことになる。その周辺の細かいピンクの点は、地震前の変動速度が分布しているところで、定常状態とした時期にも変動速度の揺らぎがあるため、それを中央部の点線の楕円で示しており、これが70%の確率範囲である。地震直後の余効変動の方向であるN130E（南東方向、図中の長い黒線方向）と、それに直交する方向で変動速度の時間変化を見たものが下段である。2006年9月には、上段の平常時の楕円に収まり、下段でも、変化率が0（平常状態）のレベルに収まったが、一時的な現象のように見えるので安定するかどうか推移を見る必要がある。なお、2005年8～9月頃にかけて、変化率が一時的に小さくなっている期間は、2005年8月16日の宮城県沖の地震の影響が、固定点とした岩崎観測点に及んだ影響もある可能性がある。第10図の釧路町、第11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、釧路町も根室4も、ほとんど地震前の状態に戻ったように見える。

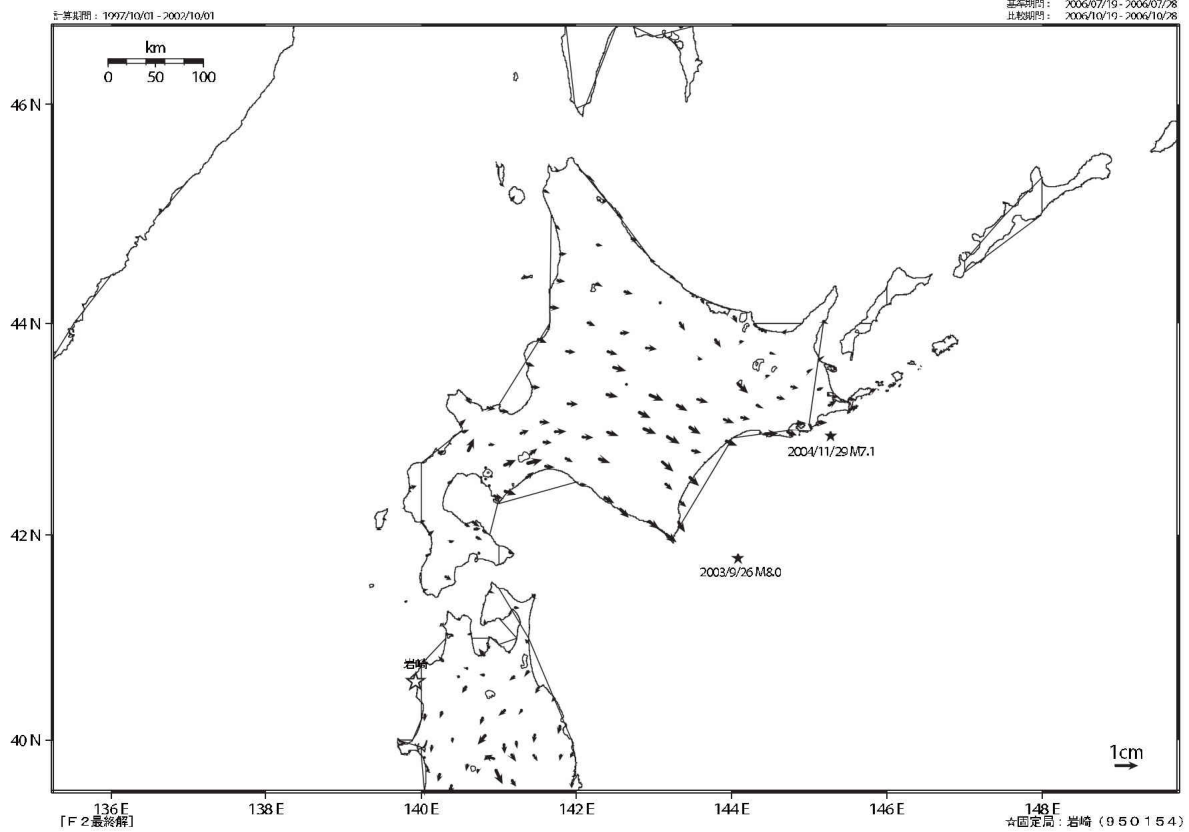
第12～18図は2004年11月29日、12月6日の釧路沖の地震以降の非定常地殻変動について、プレート境界面のすべりを想定してその分布を推定したものである。第12図は計算に使用したグリッドと2004年12月8日以降の累積のプレート間すべり分布である。十勝沖地震の本震震源域を含む領域と、その東西の領域とで3分割してすべりのモーメントを計算して下段に示した。釧路沖の地震以降のすべりのモーメントは範囲全体でMw=7.6相当を超えている。領域全体を3つに分けた場合、釧路・根室周辺の東側の領域(4)では、2006年以降はほとんどモーメント解放は止まっているように見える。西側の領域(2)ではわずかなモーメントの増加が続いている。中央の領域(3)でのモーメント解放の速度は他の2つの領域より大きく、2006年8月には加速を見せたがその後

従来のレートでの解放が続いている。第 13～15 図は、2004 年 12 月以降の推定すべり分布を 2 ヶ月毎に見たものである。左列が推定すべり、中央列が水平の非定常変動観測値と計算値、右列が上下の非定常変動と計算値である。釧路沖にあった大きなすべりの領域が、次第に広がりながら小さくなり、第 14 図 2 段目(6)の 2005 年 10～12 月頃には、十勝沖以外ではほとんどなくなった。第 14 図の 3 段目の 2005 年 12 月～2006 年 2 月(7)や、下段の 2006 年 2～4 月(8)では、相対的に西側の浦河沖にすべりが残っていた様子が見て取れる。第 15 図の(9),(10), (11)の 2006 年 4～6 月, 6～8 月, 8～10 月では、十勝沖の領域のすべりが再び大きくなっているが、(12)の 2006 年 9～11 月では小さくなった。第 16～18 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。第 19 図は、浦河地区の GPS 機動観測の結果であるが、目立った変化は見られない。

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.

最近 3 ヶ月の水平変動図 (傾斜・年周・半年周補正)

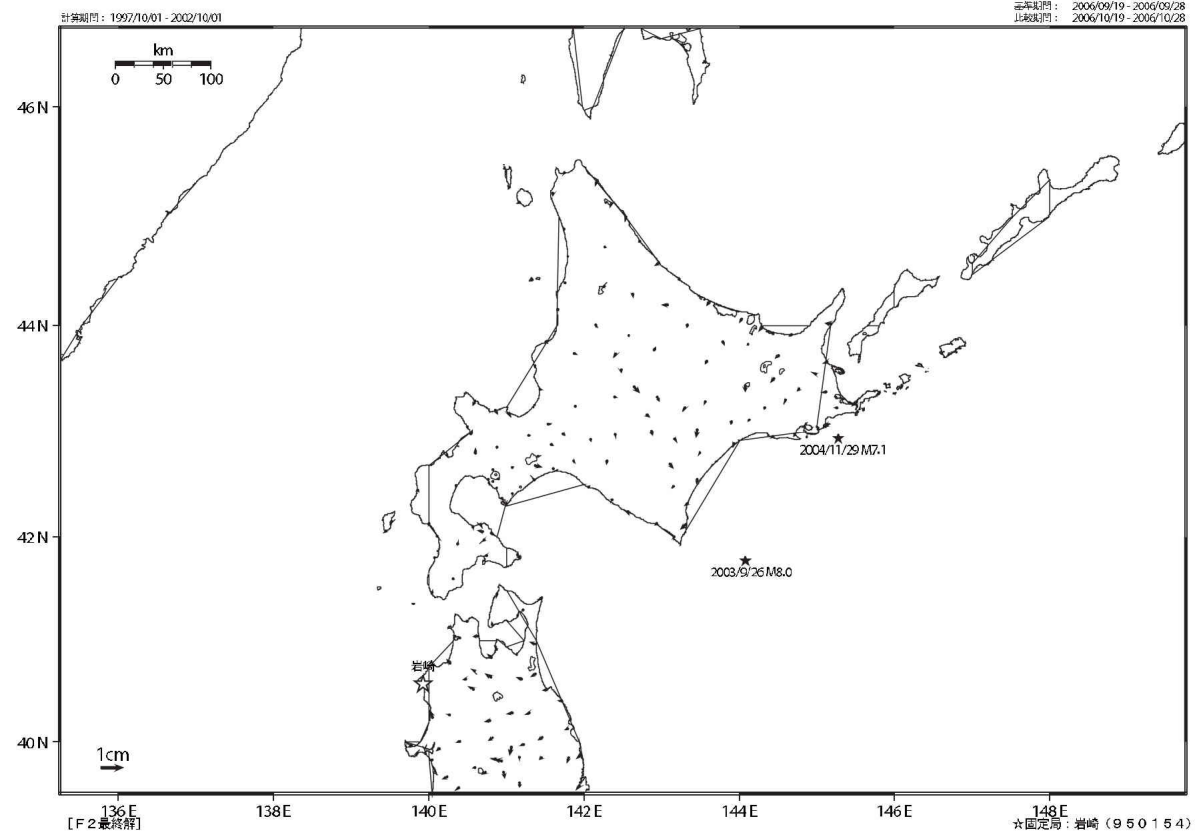


第 1 図 a 北海道地方の非定常地殻水平変動 (2006 年 7 月 ~ 10 月)

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

最近 1 ヶ月の水平変動図 (傾斜・年周・半年周補正)

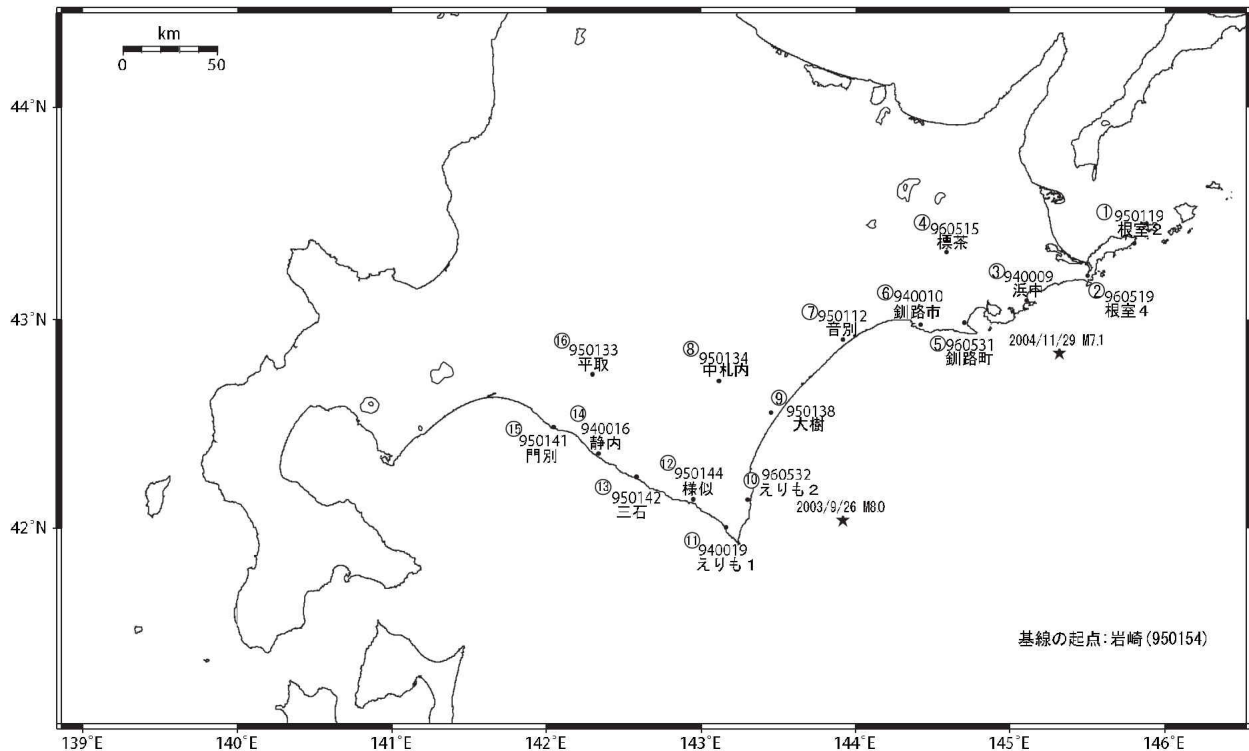
国土地理院



第 1 図 b 北海道地方の非定常地殻水平変動 (2006 年 9 月 ~ 10 月)

Fig. 1b Horizontal crustal movement in Hokkaido after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components. (September 2006 to October 2006)

北海道太平洋岸 GPS 連続観測基線図

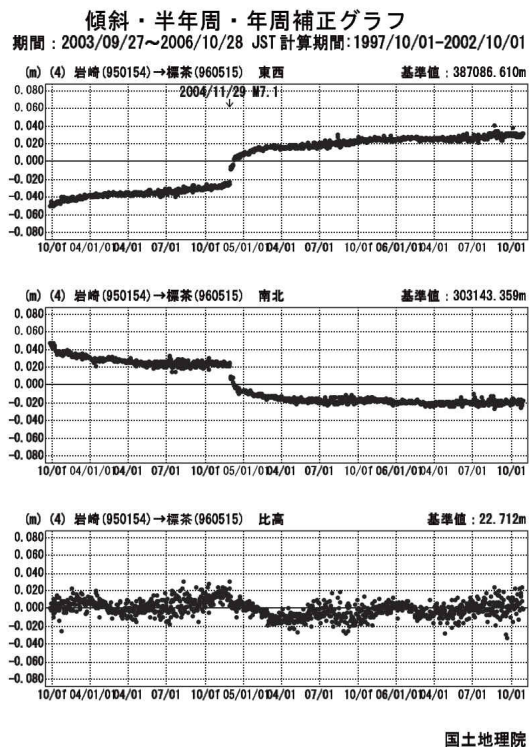
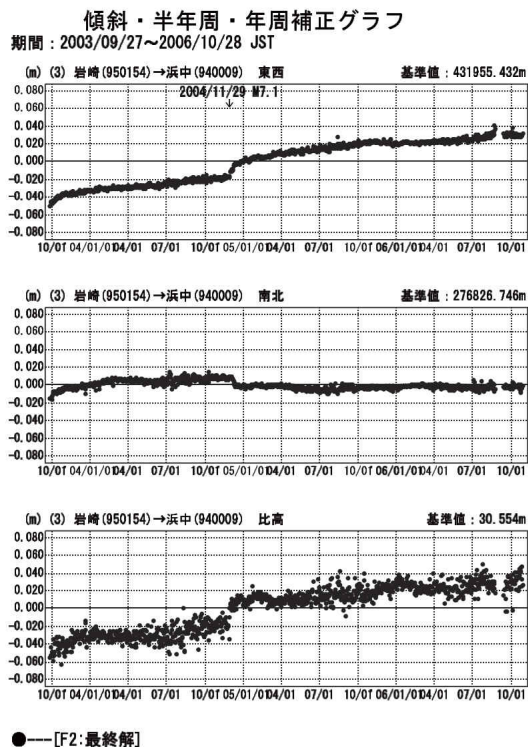
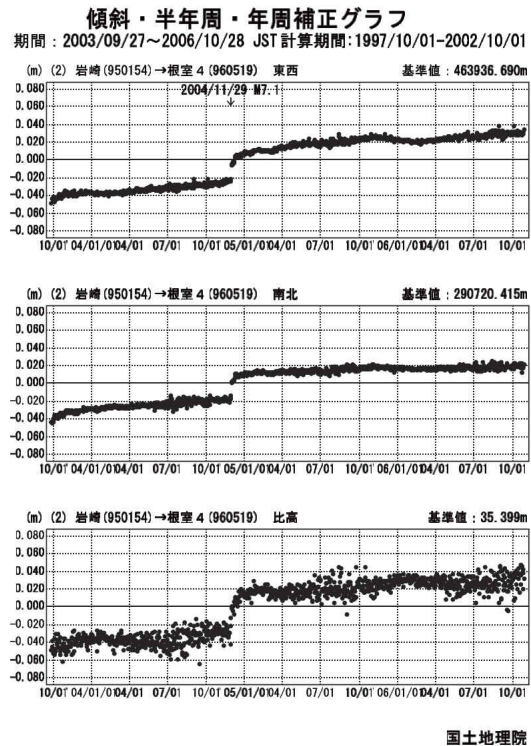
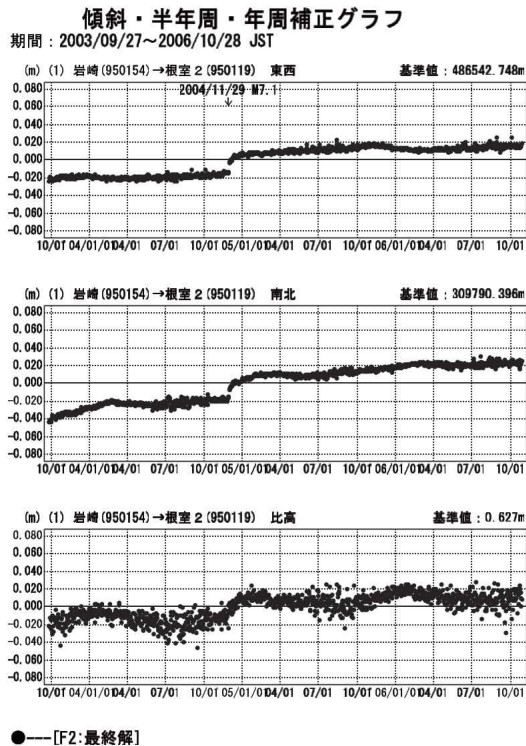


観測局情報

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		

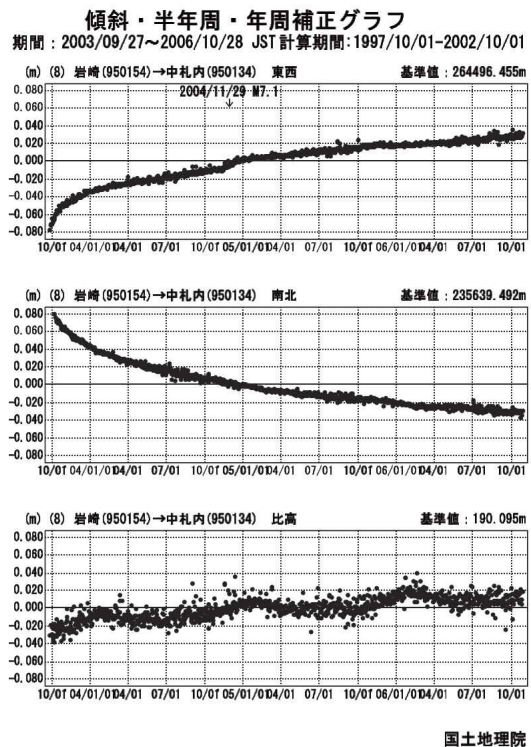
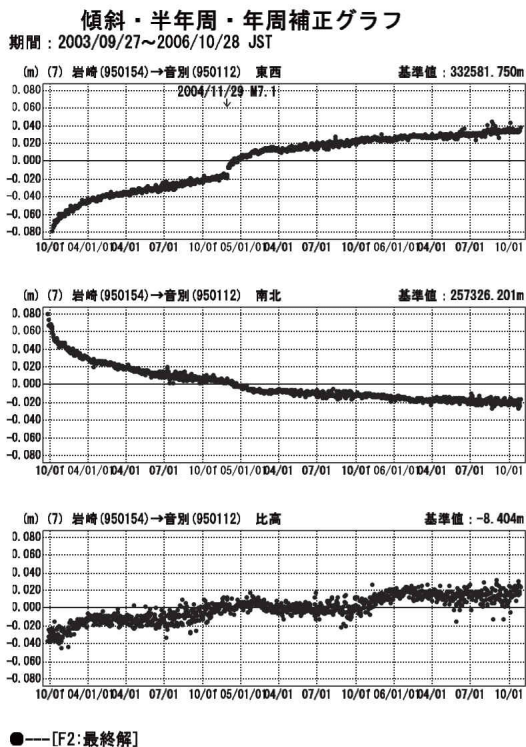
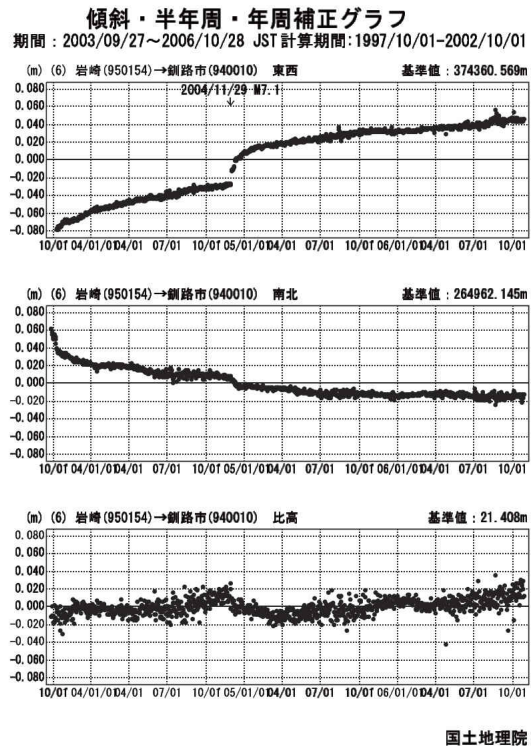
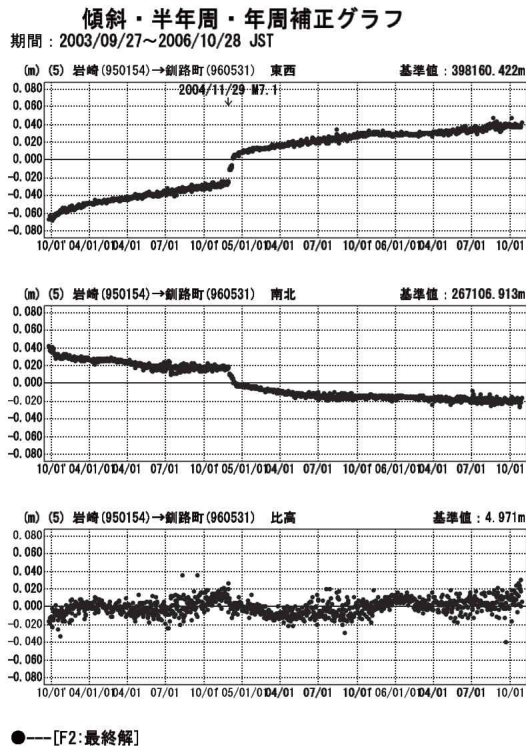
※ 2003/3/5 に基準局 92110 (つくば 1) のアンテナおよび
レドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

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



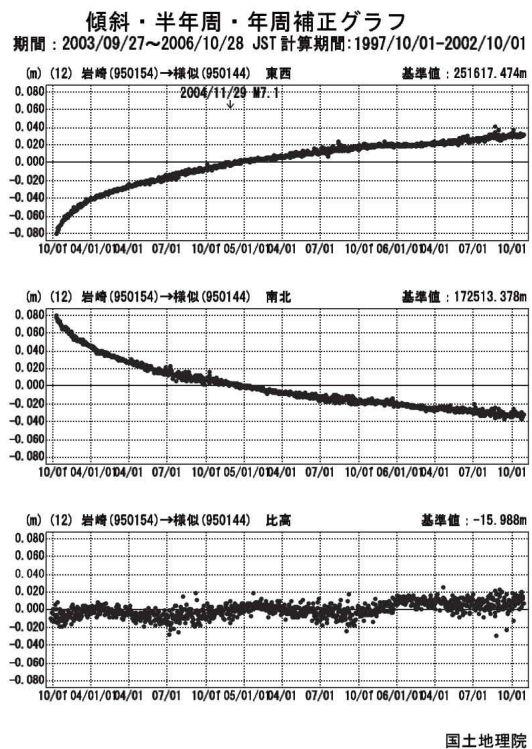
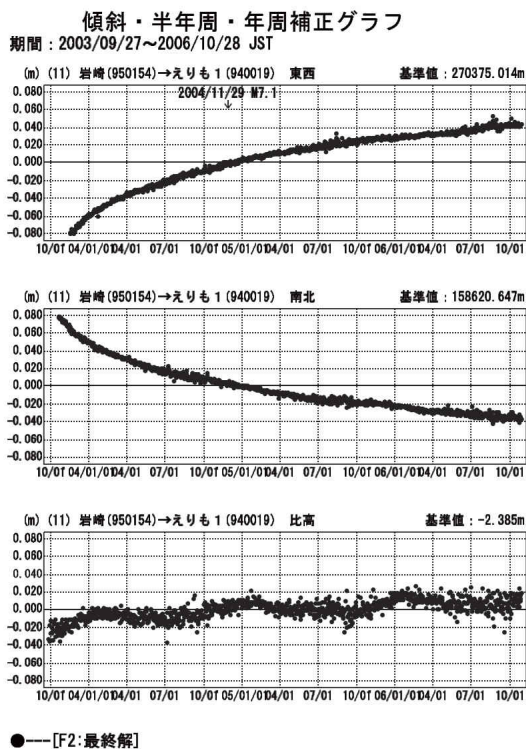
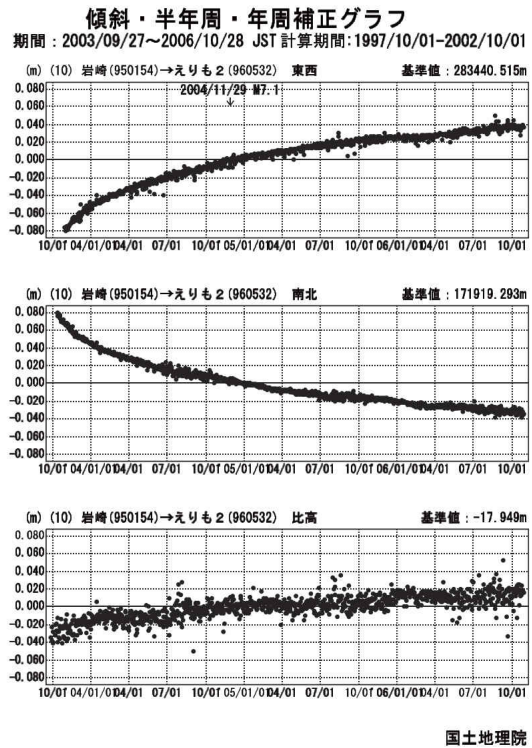
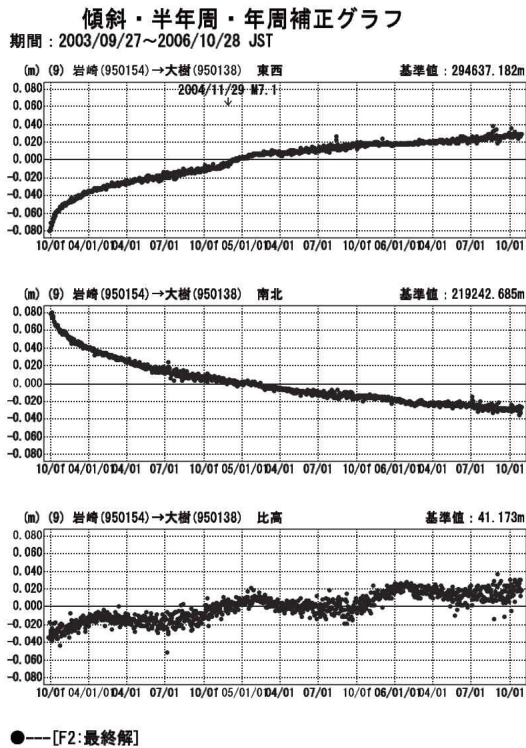
第3図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGPS連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド・年周・半年周成分を除去した時系列

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



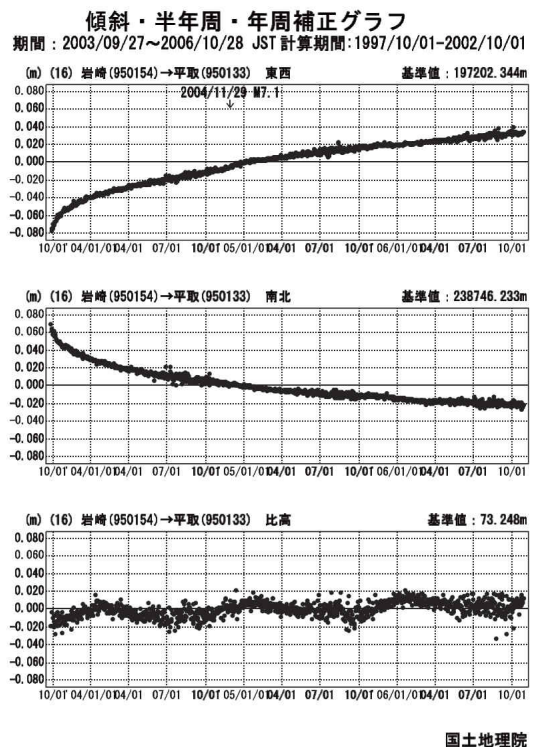
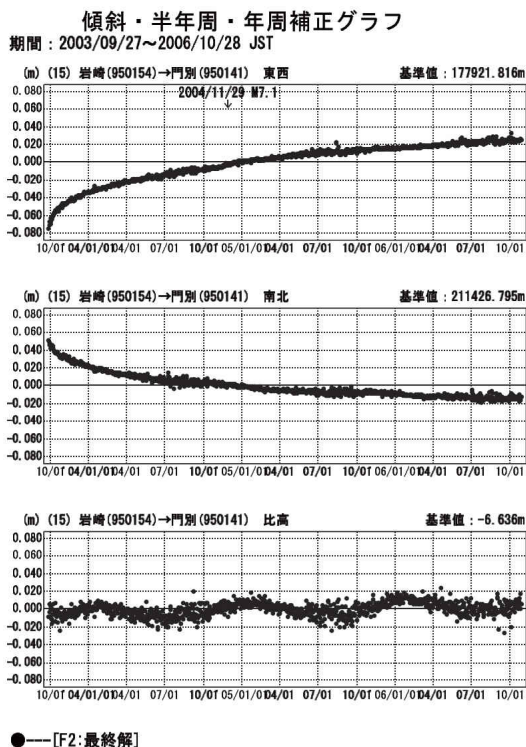
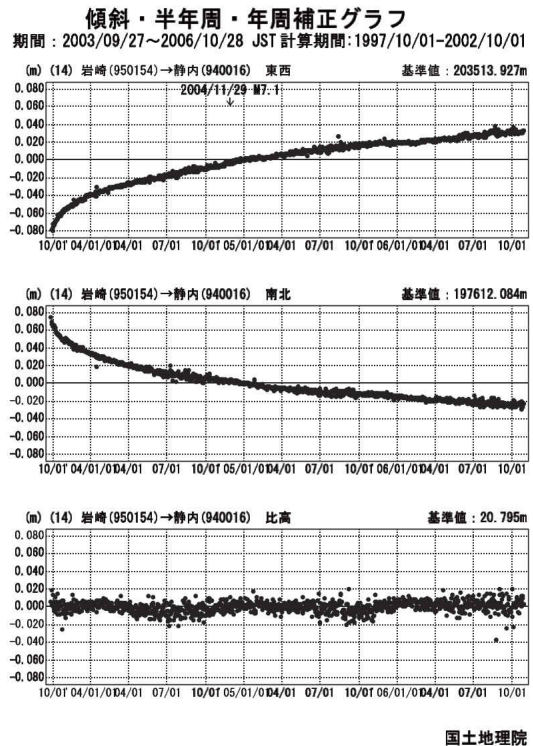
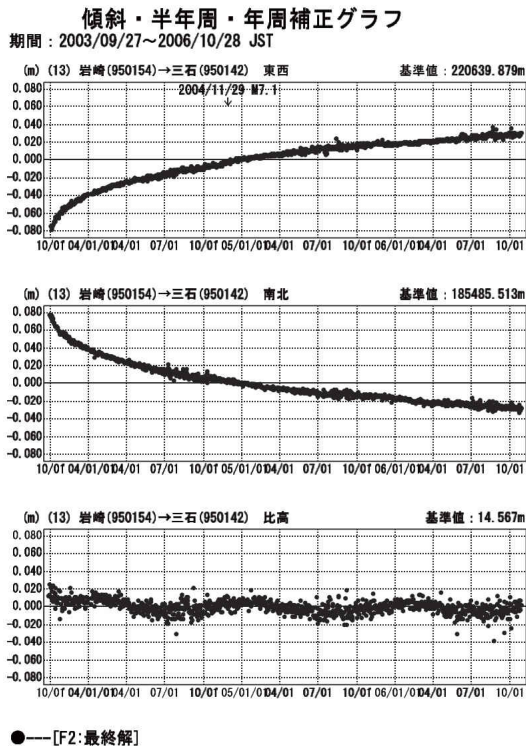
第4図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGPS連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド・年周・半年周成分を除去した時系列

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



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・年周・半年周成分を除去した時系列

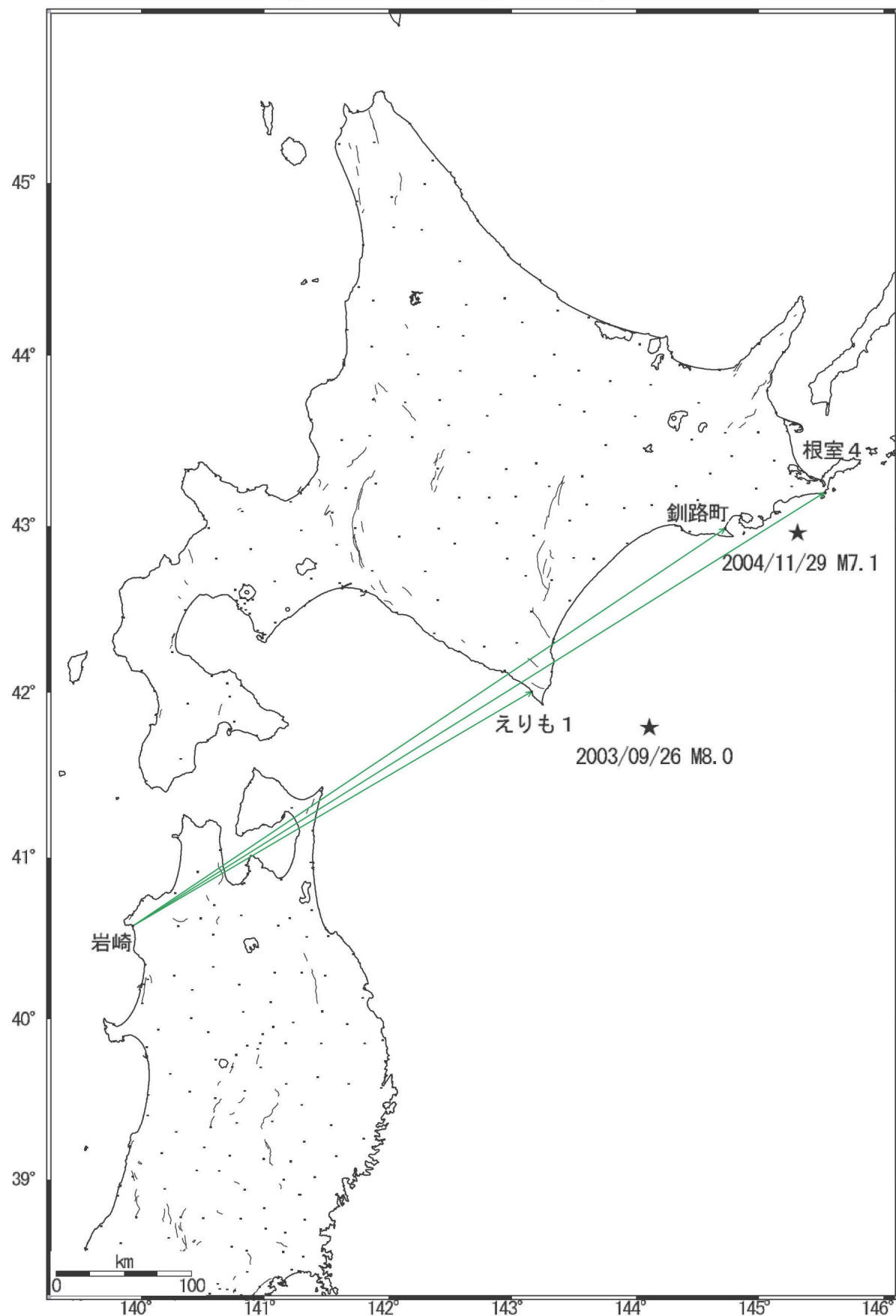
Fig.5 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki) (3/4)



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・年周・半年周成分を除去した時系列

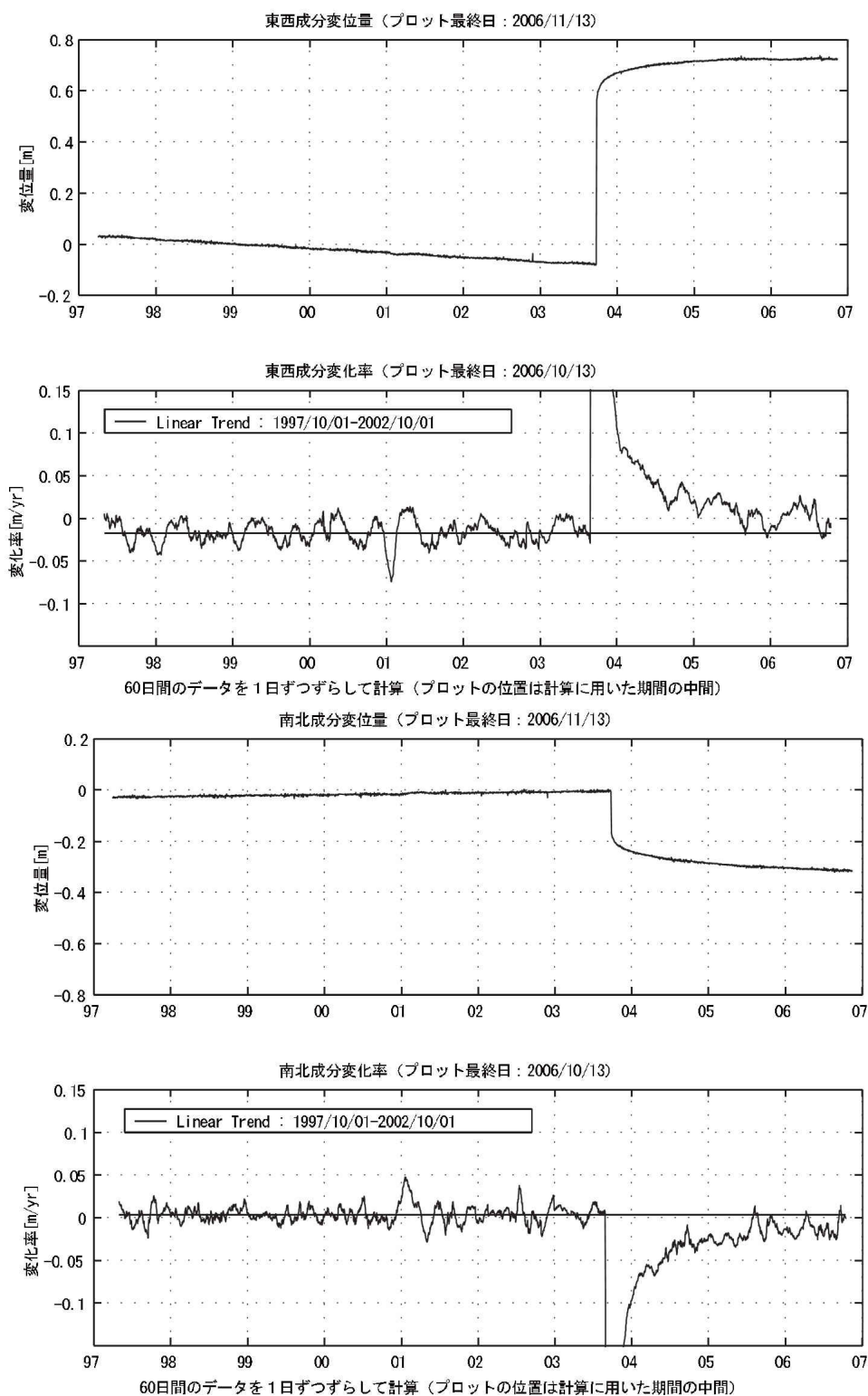
Fig.6 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki) (4/4)

基線ベクトル成分の変位量と変化率



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 (基線図)
 Fig.7 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Baseline map)

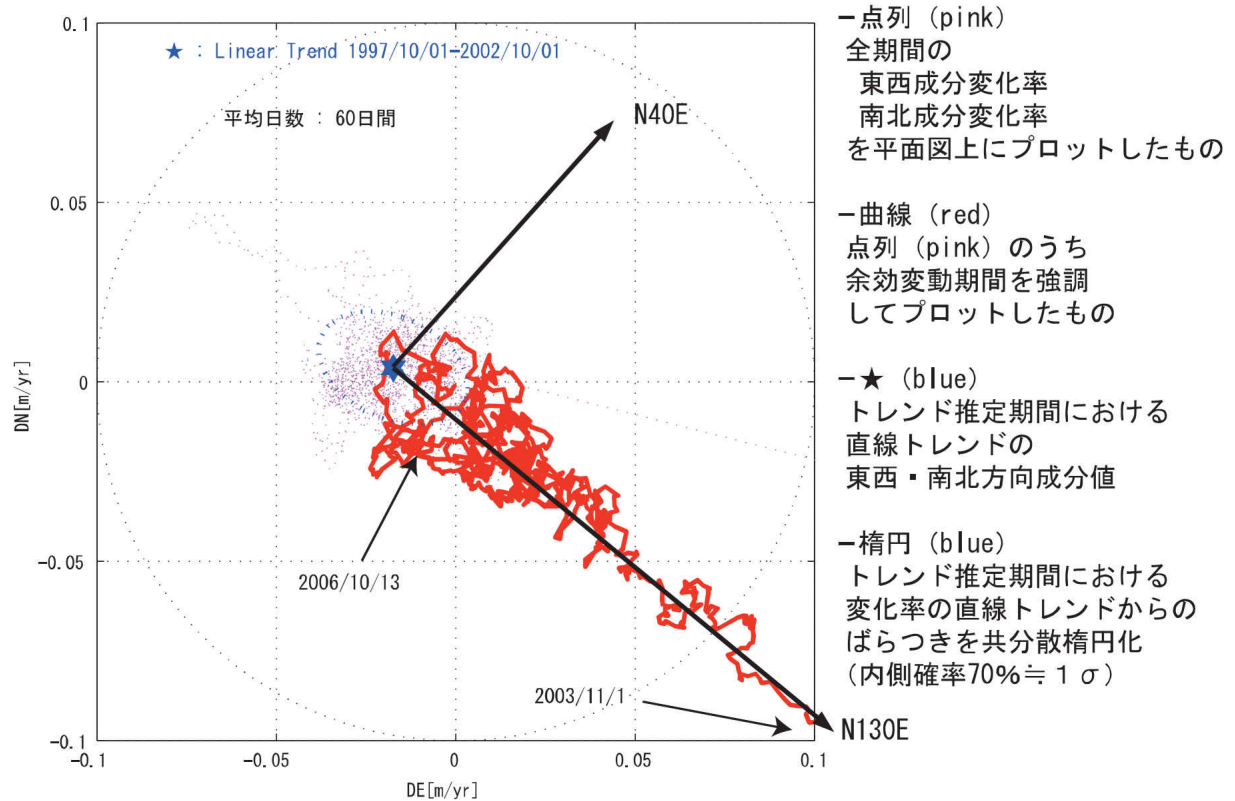
基線ベクトル成分の変位量と変化率：岩崎（950154）→えりも1（940019）



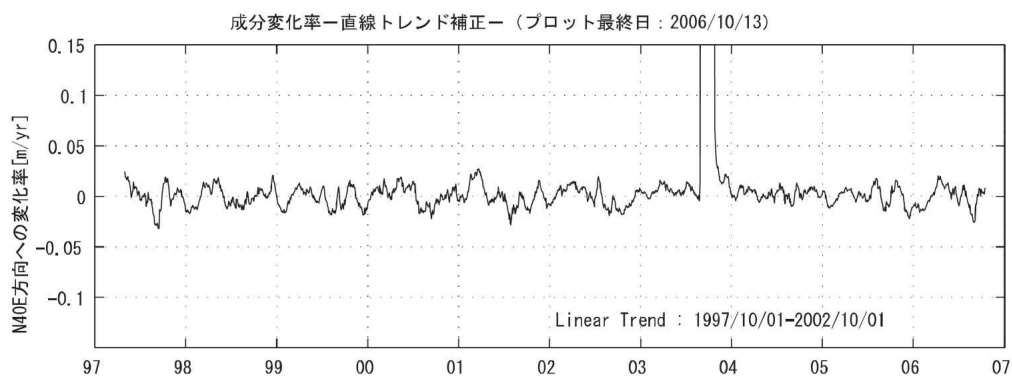
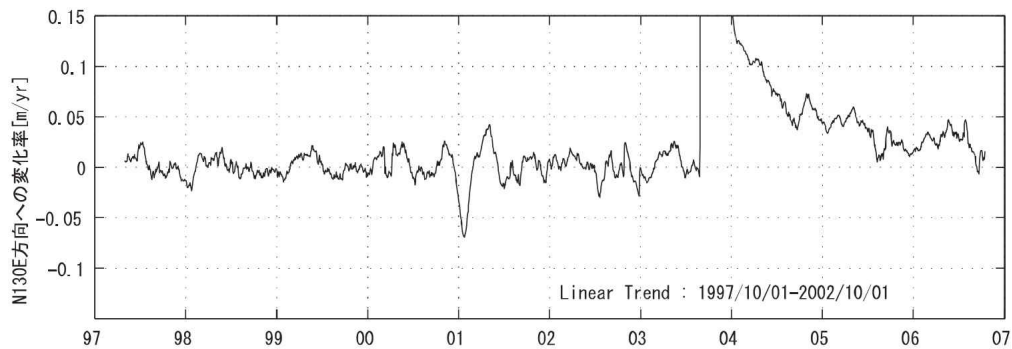
変化率グラフの補助直線は[linear trend]で与えられた期間のデータから推定される傾斜・年周・半年周成分のうちの傾斜成分値を示す。

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（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)

水平変化率：岩崎（950154）→えりも1（940019）



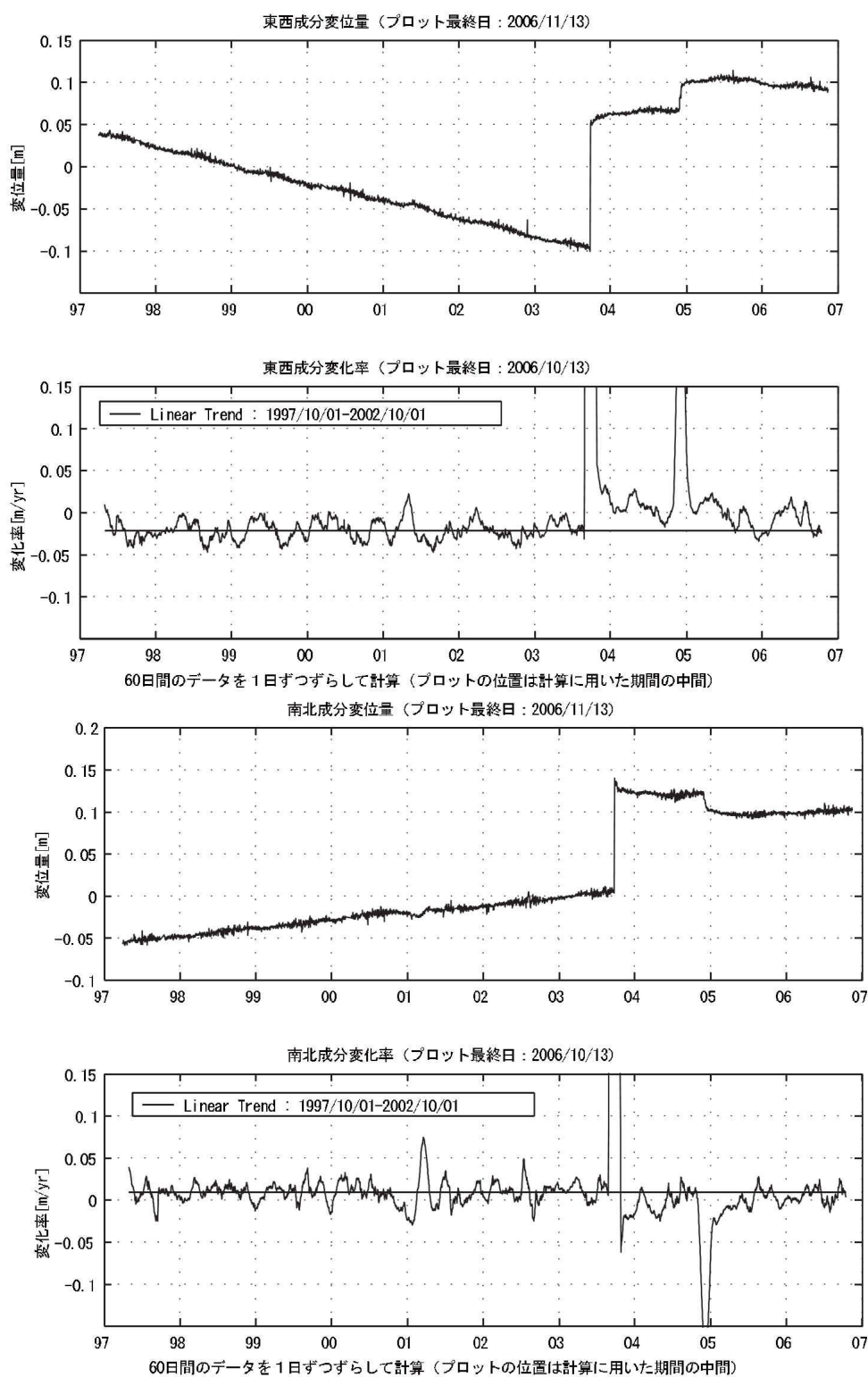
成分変化率—直線トレンド補正—（プロット最終日：2006/10/13）



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（えりも1観測点・水平変動速度変化図）

Fig.9 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Horizontal velocity vector chart at Erimo-1 site)

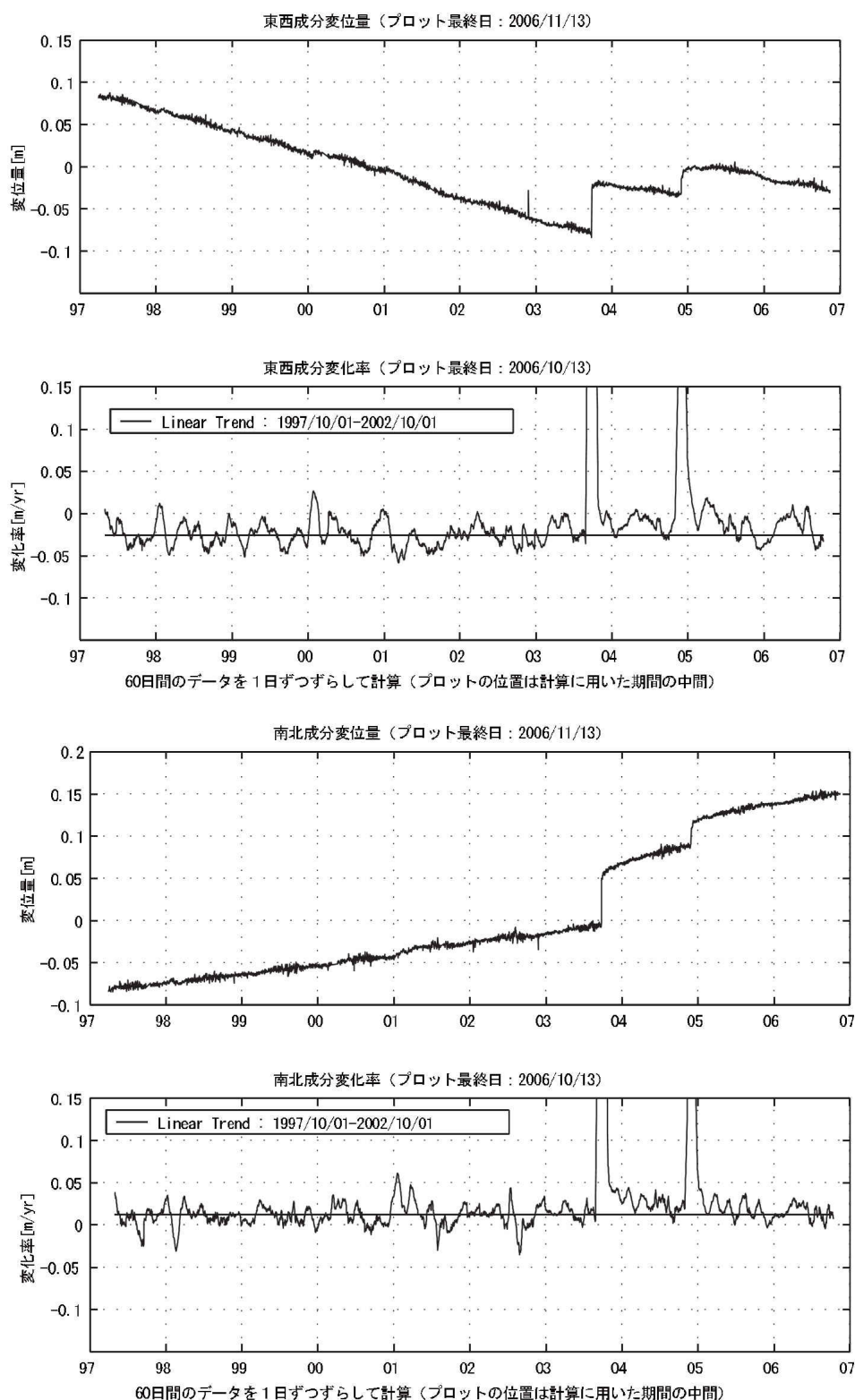
基線ベクトル成分の変位量と変化率：岩崎（950154）→釧路町（960531）



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・年周・半年周成分のうちの傾斜成分値を示す。

第 10 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 (釧路町・時系列)
Fig.10 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Time series at Kushiro-cho site)

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

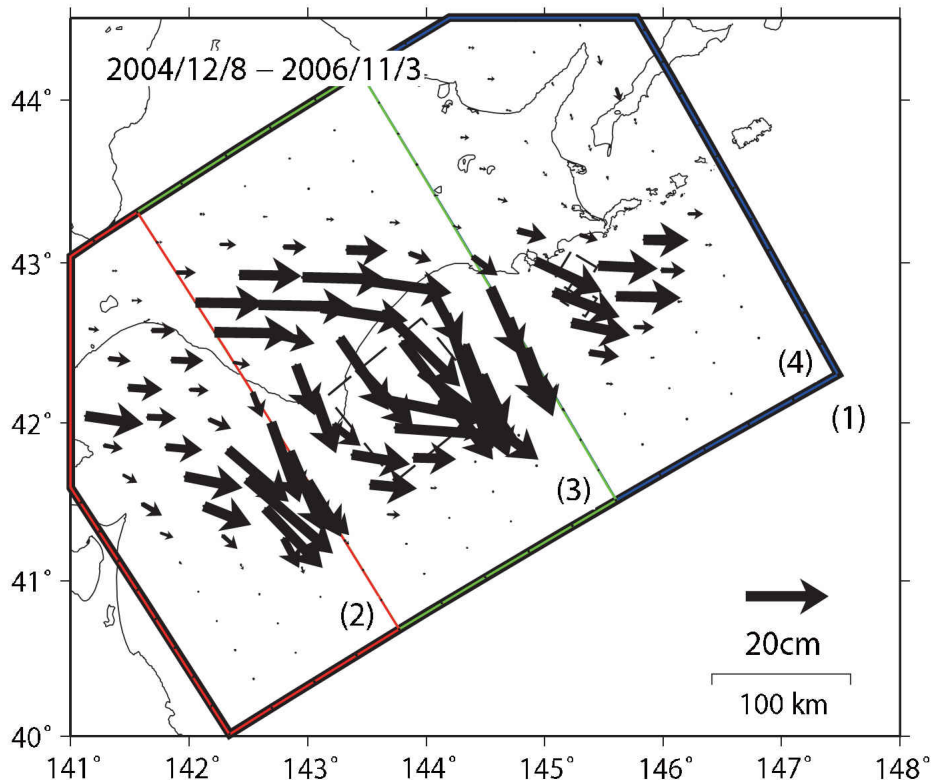


変化率グラフの補助直線は[linear trend]で与えられた期間のデータから推定される傾斜・年周・半年周成分のうちの傾斜成分値を示す。

第 11 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.11 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Time series at Nemuro-4 site)

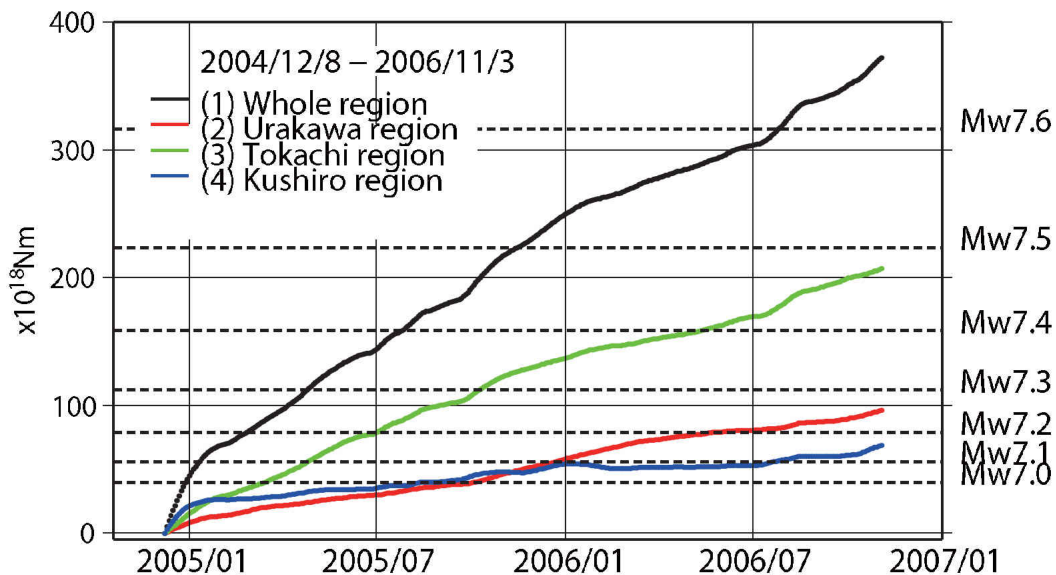
2004年釧路沖の地震以降の累積推定すべり分布【暫定】岩崎固定



第12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.12a 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



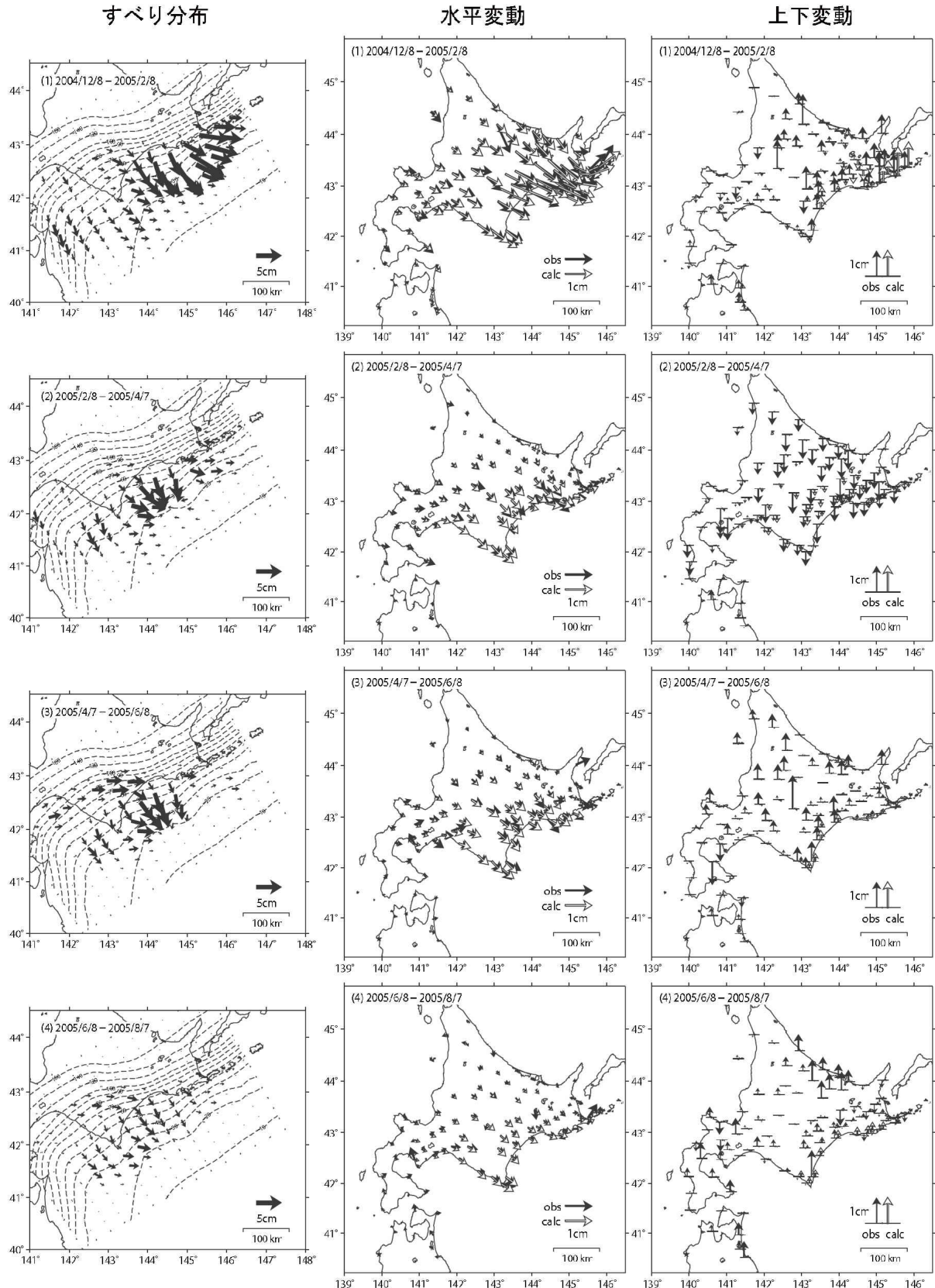
○1998年1月～2000年1月までのデータからトレンドおよび年周・半年周成分を推定し、時系列データから除去している。ただし、上下成分は年周・半年周成分の補正を行っていない。
○2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震による地殻変動の影響は取り除いている。

（速度拘束）

第12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.12b 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)

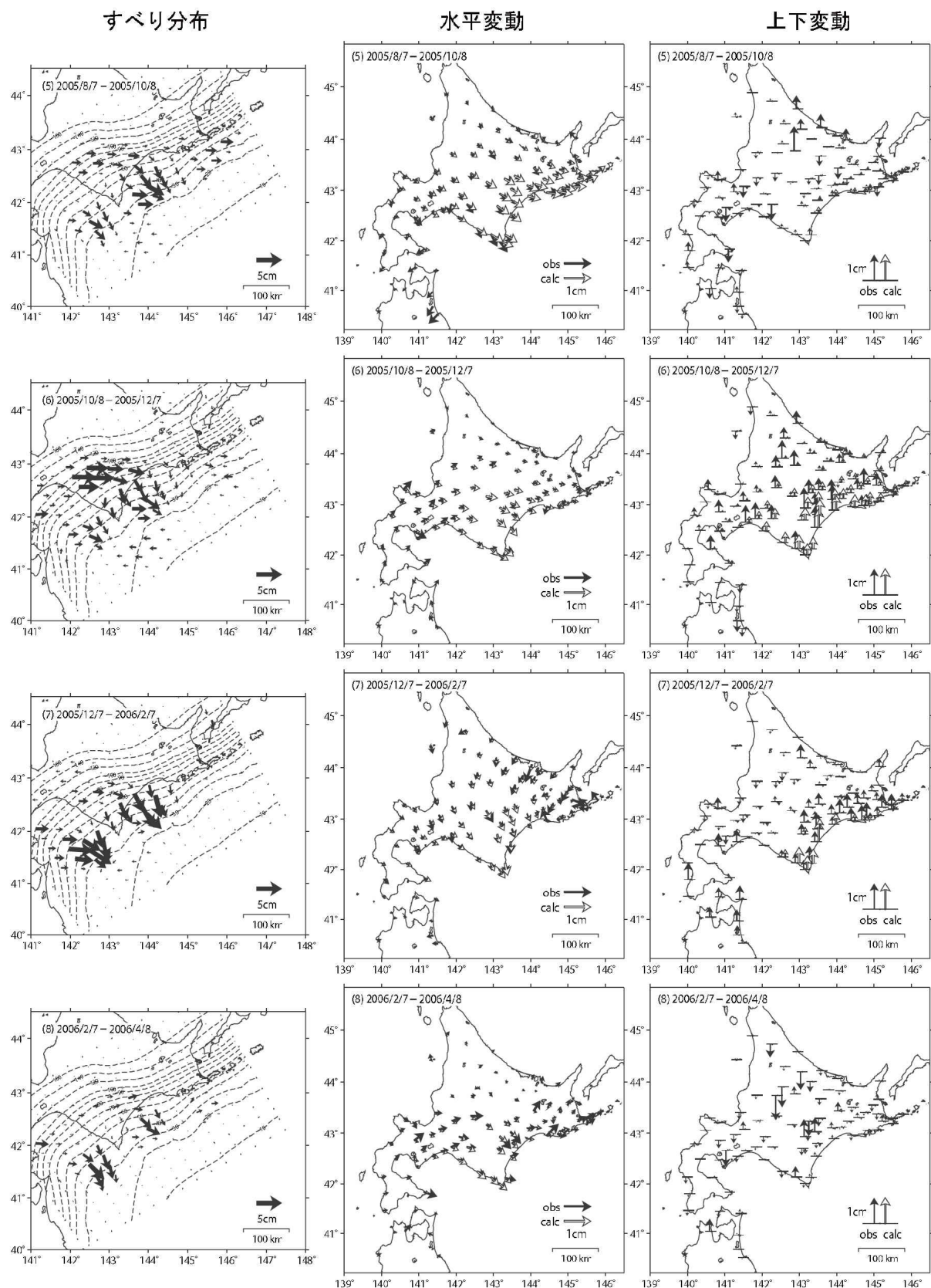
2004年釧路沖の地震以降の2ヶ月ごとの推定すべり分布
および観測値と計算値の比較（1）岩崎固定【暫定】



（速度拘束）

第 13 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 2 ヶ月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.13 Slip on the plate boundary in eastern Hokkaido estimated by time dependent inversion by every two months after the off-Kushiro earthquake on December 6, 2004, and comparison of horizontal and vertical components between observation and the calculation. (1/3)

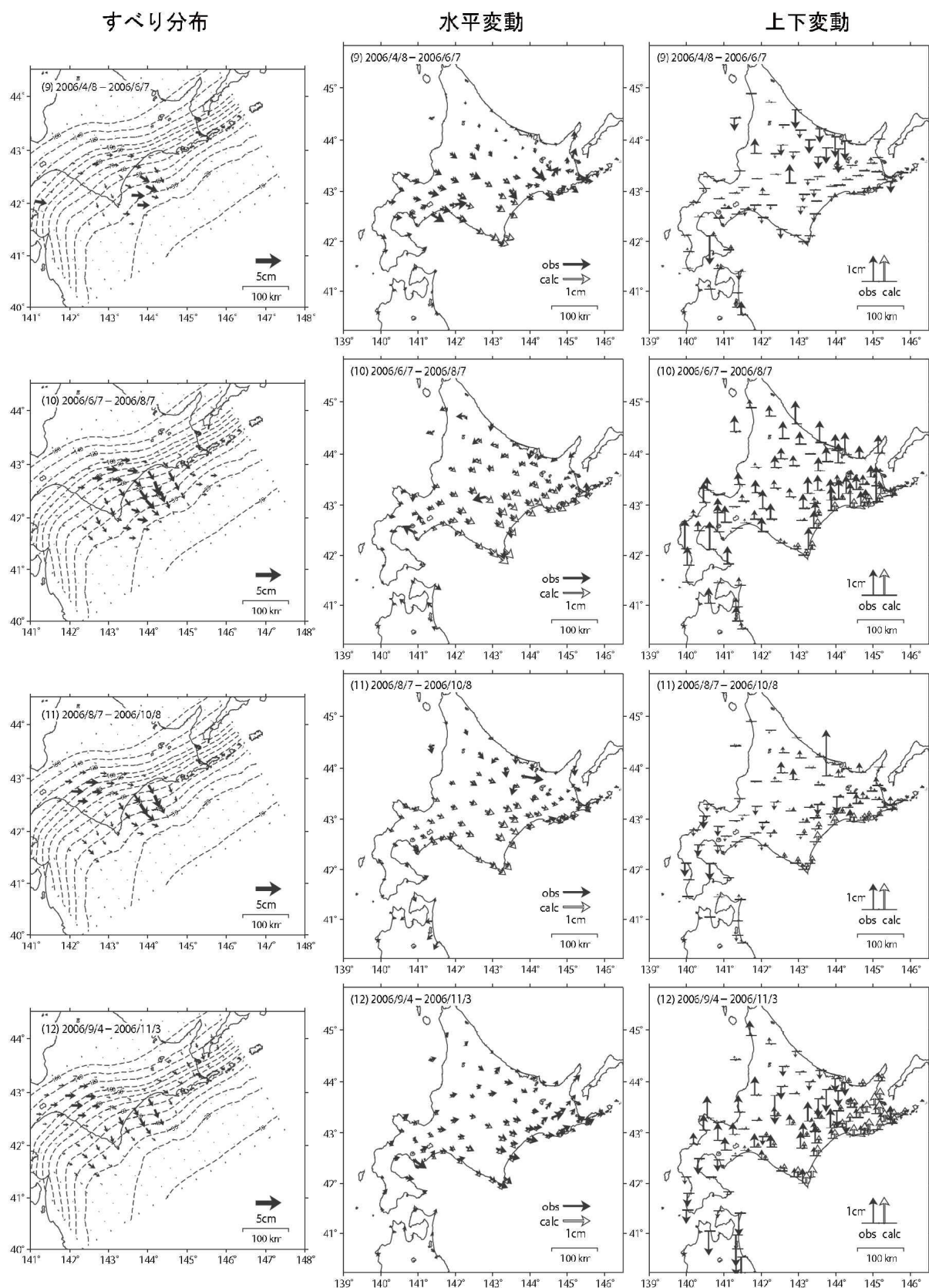
2004年釧路沖の地震以降の2ヶ月ごとの推定すべり分布 および観測値と計算値の比較（2）岩崎固定【暫定】



（速度拘束）

第 14 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 2 ヶ月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.14 Slip on the plate boundary in eastern Hokkaido estimated by time dependent inversion by every two months after the off-Kushiro earthquake on December 6, 2004, and comparison of horizontal and vertical components between observation and the calculation. (2/3)

2004年釧路沖の地震以降の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（3）岩崎固定【暫定】

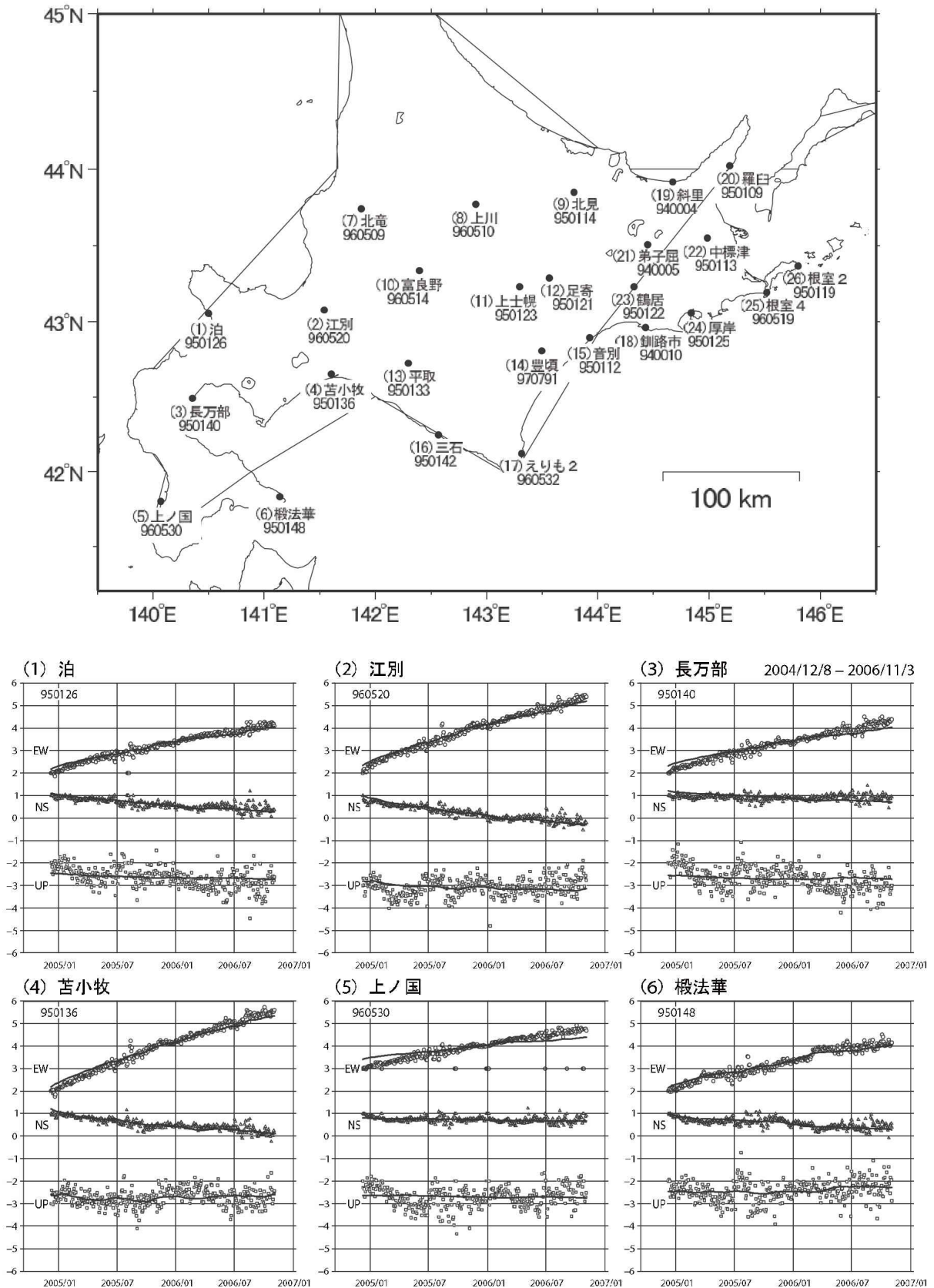


（速度拘束）

第15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2ヶ月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.15 Slip on the plate boundary in eastern Hokkaido estimated by time dependent inversion by every two months after the off-Kushiro earthquake on December 6, 2004, and comparison of horizontal and vertical components between observation and the calculation. (3/3)

2004年釧路沖の地震以降の観測値と計算値の比較 時系列（1）岩崎固定

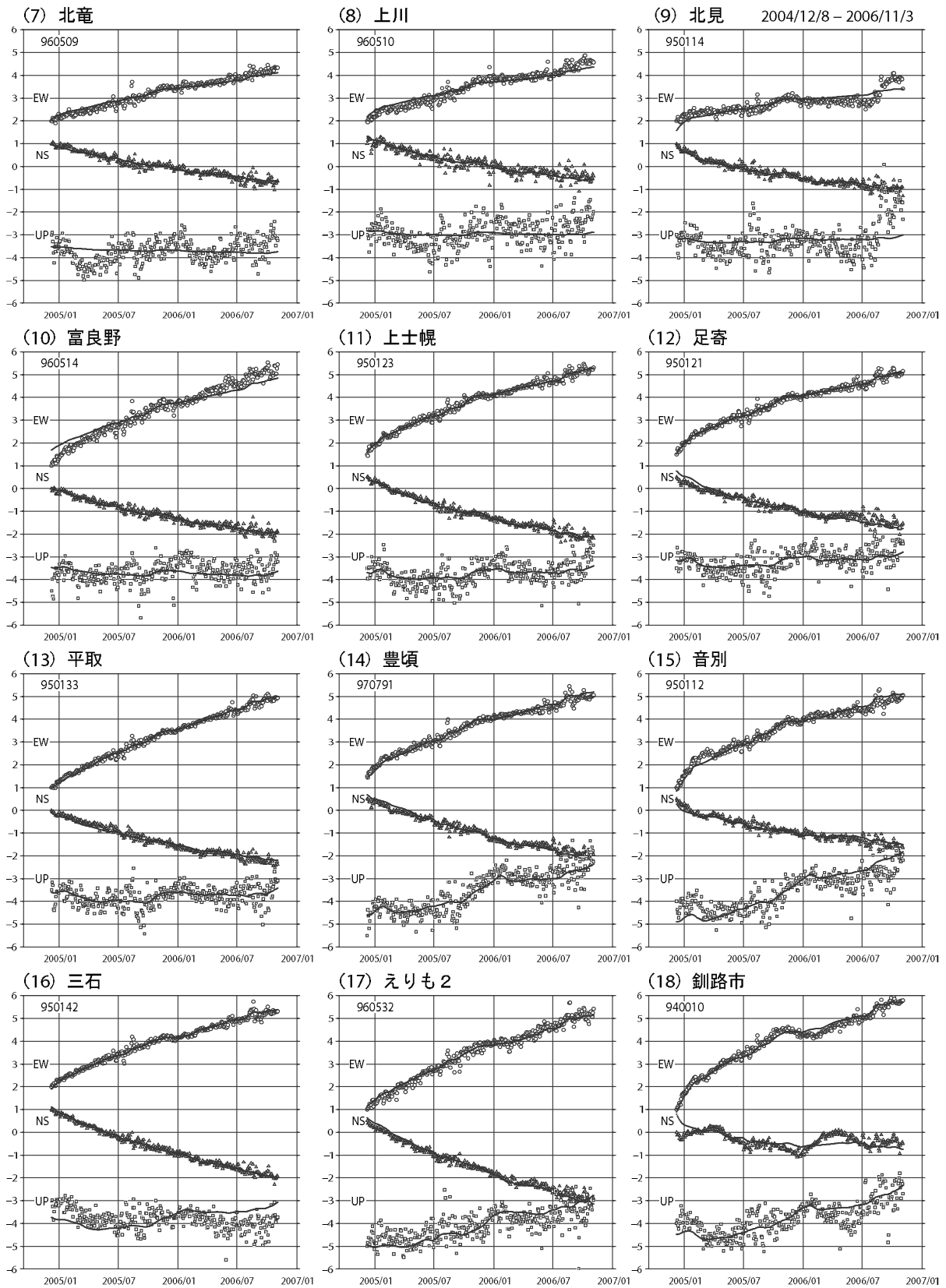


(速度拘束)

第 16 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.16 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

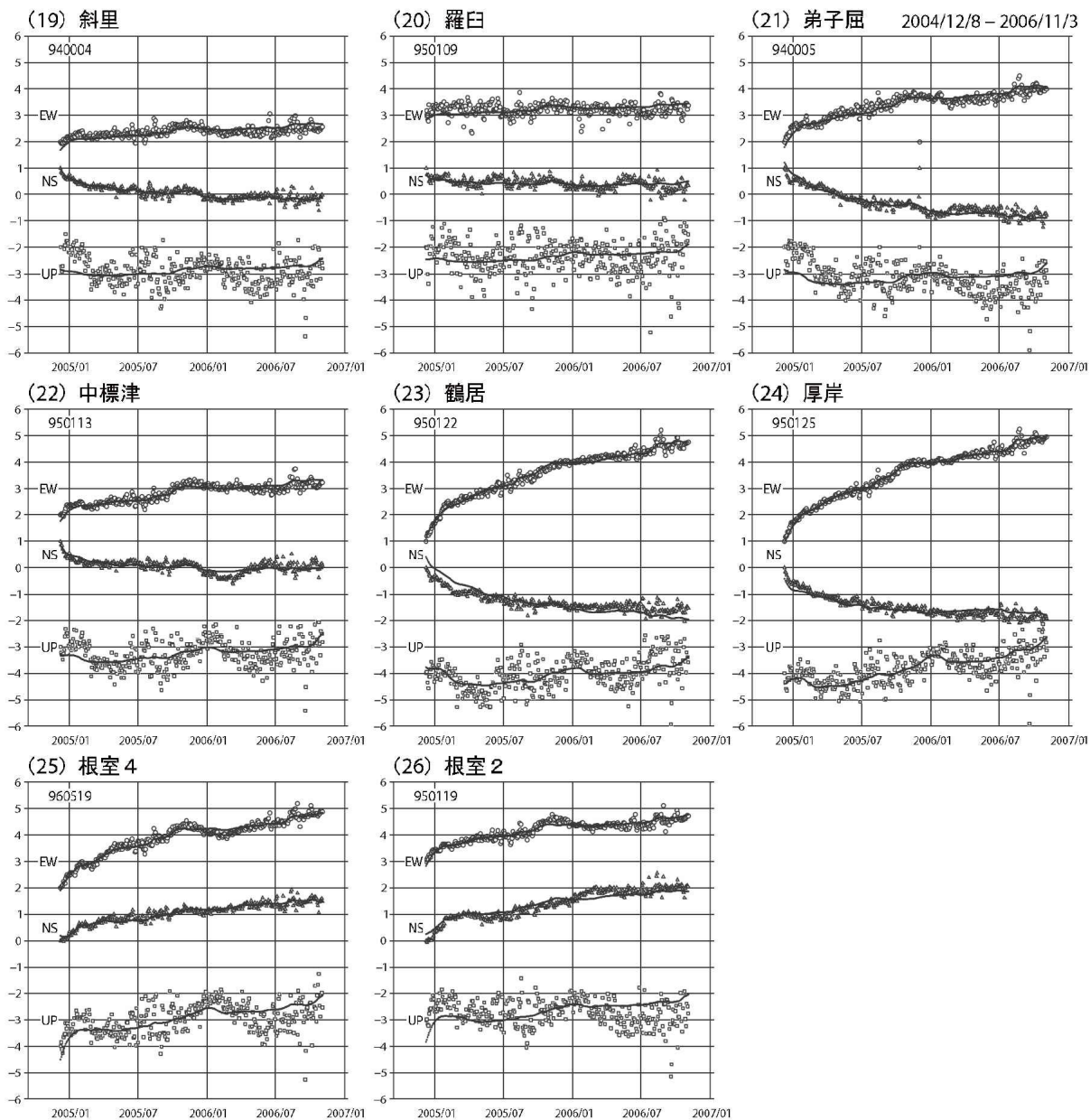


（速度拘束）

第 17 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.17 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



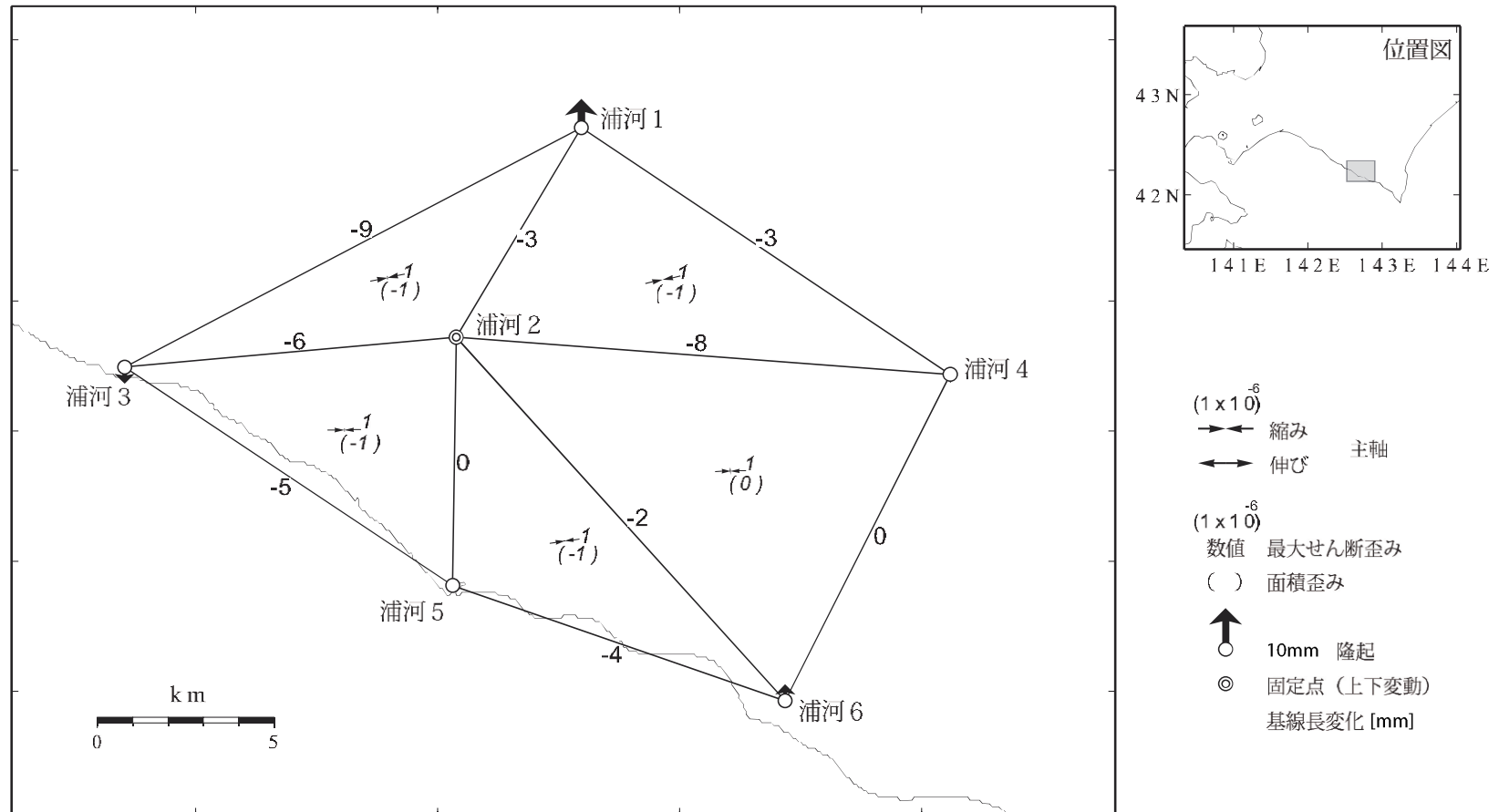
(速度拘束)

第 18 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.18 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the 2004 off-Kushiro earthquake. (3/3)

浦河地区機動観測結果

2006.9 - 2004.8



第 19 図 浦河地区地殻変動観測点における GPS 観測結果

Fig.19 Results of campaign GPS observation on the crustal deformation monitoring points in Urakawa region.