

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

第1図は十勝沖地震後2年間の余効的変動の累積を北海道広域で見たものである。左図は水平変動の累積で、地震時の変動と類似した傾向の分布であるが、南東向きのベクトルが見られる範囲が本震時よりは東に広がっている。余効変動の領域が東に広がったことによると考えられる。右図は上下変動であり、十勝地方周辺で、地震時には沈降した領域に隆起が見られる。これは、余効すべりがプレート境界の深い部分すなわち北側に広がっていったことによると考えられる。上下成分の時系列については、第2図に地震前の傾向を含めて示してある。左列が1996年以来の長期的な時系列で、帯広、豊頃、音別では地震前にやや沈降、えりも2、広尾、大樹ではほぼ一定であったものが、地震時に大きく沈降し、それ以降は隆起が続いていることがわかる。右列では、地震後の時系列を示しているが、余効的隆起が減衰しながら続くのではなく、早くなったり遅くなったりしながらも続いていることが見られる。

第3図は、北海道地方の地殻変動について、2006年1月から4月までの3ヶ月3月から4月までの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日高、十勝を中心とした南東-南南東向きのベクトルがいまだに見られる。また、根室半島周辺では北西から西向きのベクトルがわずかに見られる。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。ゆっくり滑りのパターンが変化していることをうかがわせる。

第4～10図までは、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4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。岩崎観測点（青森県）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・半年周成分除去したグラフを作成した。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が見て取れる。釧路付近からそれより東の観測点においては、2004年11月29日及び12月6日の地震の影響およびその余効変動がみられる。根室半島の根室2、根室4観測点では、東西成分が頭打ちになり、地震後見られていた北東向きの変動が地震前の北西向きの成分に戻っている様子がみえる。

第11～15図はえりも1、根室4、釧路町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12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13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。上段でも平常時の楕円にまでは収まっていない状況が見られ、下段でも、変化率が0（平常状態）のレベルにまだ収まっていない様子が分かる。なお、2005年8月から9月頃にかけて、変化率が一次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14図の釧路町、第15図の根室4では、2004年11月29日、12月8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ではほとんど地震前の状態に戻り、釧路町でもその状態に近いように見える。

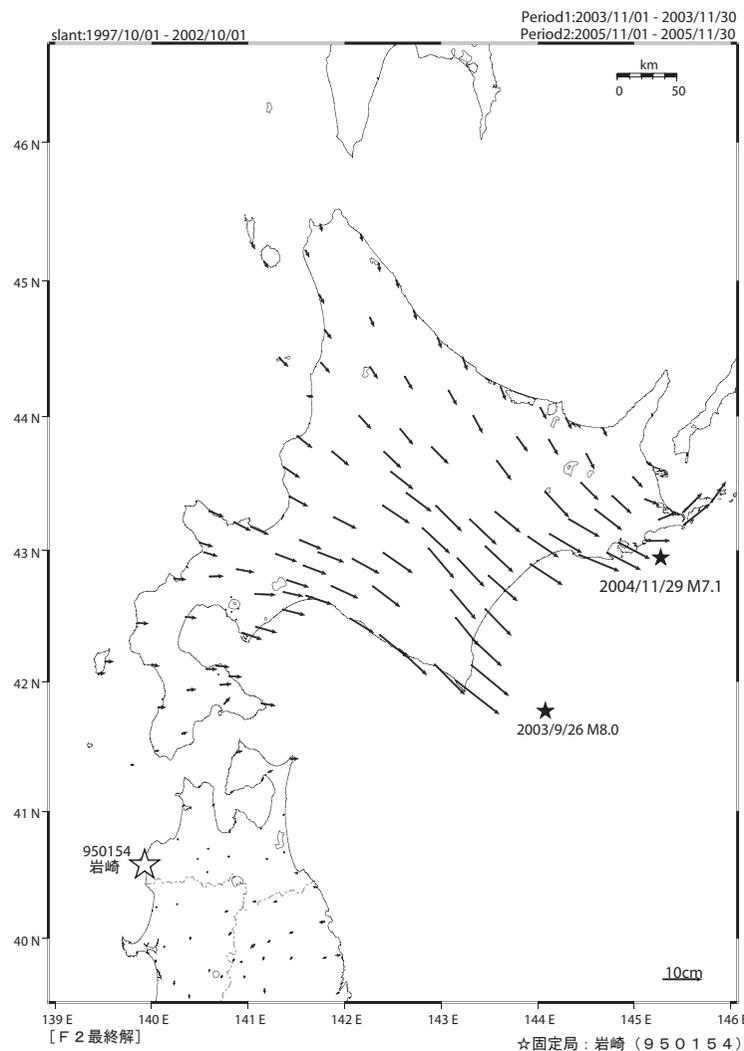
第16～21図は2004年11月、12月の釧路沖地震以降の非定常地殻変動について、プレート境界面の滑りを想定してその分布を推定したものである。第16図は計算に使用したグリッドと2004年12月8日以降の累積のプレート間滑り分布である。十勝沖地震の本震震源域を含む領域と、その東西の領域とで3分割してすべりのモーメントを計算して下段に示した。釧路沖の地震以降の滑りのモーメントは範囲全体でMw=7.5相当を超えている。領域全体を3つに分けた場合、釧路・根室周辺の東側の領域では、2006年以降はほとんどモーメント解放は止まっているように見える。中央の領域でもモーメント解放の速度は緩やかになってきている一方、西側の領域ではモーメントの推定値の増加が以前と同じような速度で続いているように見える。

第17～18図は、2004年12月以降の推定滑り分布を2ヶ月毎に見たものである。釧路沖にあった大きな滑りの領域が、次第に広がりながら小さくなり、十勝沖以外ではほとんどなくなったのち、2005年8月から10月では十勝沖も小さくなって、その後再び十勝周辺の滑りが大きくなった様子がわかる。第18図の上段左の2005年12月から2006年2月(7)や、上段右の2006年2月～4月(8)では、相対的に西側の浦河沖に滑りが残っている様子が見て取れる。第19～21図はモデルによる計算値と観測値のベクトルでの比較、第22～26図は時系列での比較である。

参 考 文 献

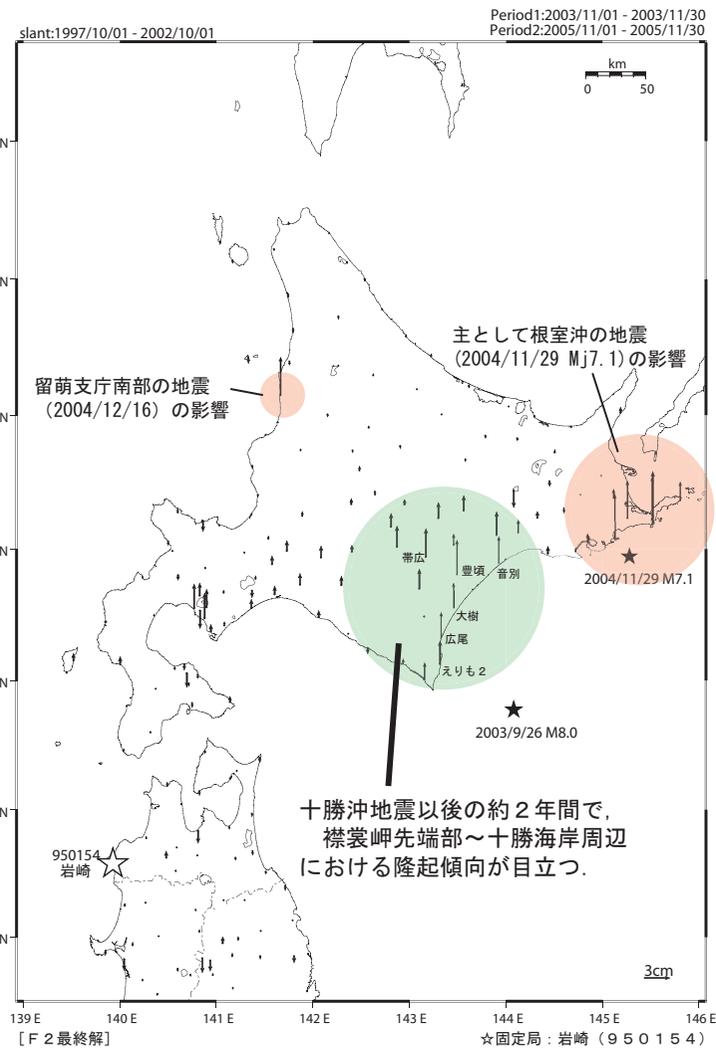
- 1) 国土地理院, 2004, 北海道地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 71, 135-187.
- 2) 国土地理院, 2004, 北海道地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 72, 61-95.
- 3) 国土地理院, 2005, 北海道地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 73, 35-60.
- 4) 国土地理院, 2005, 北海道地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 74, 53-68.
- 5) 国土地理院, 2006, 北海道地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 75, 30-58.

最近2年間の水平変動（傾斜・年周・半年周補正）



第1図a 北海道地方の非正常地殻水平変動（2003年11月～2005年11月）
Fig.1a Horizontal crustal movement after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components (November 2003 to November 2005)

最近2年間の上下変動（傾斜・年周・半年周補正）

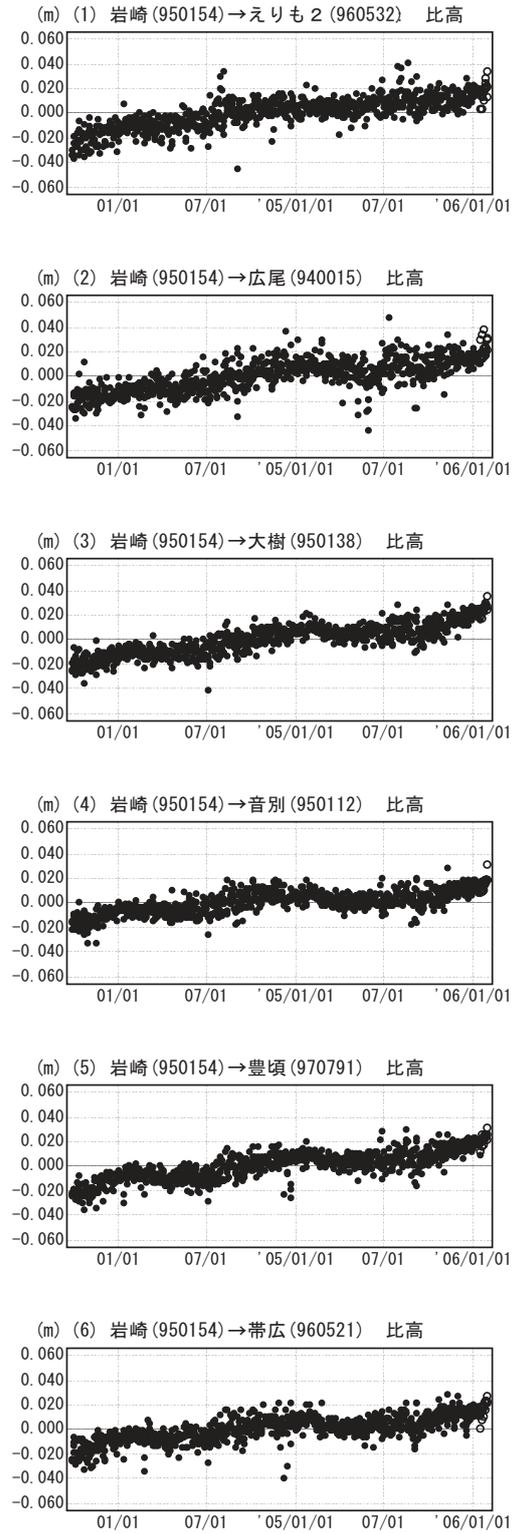
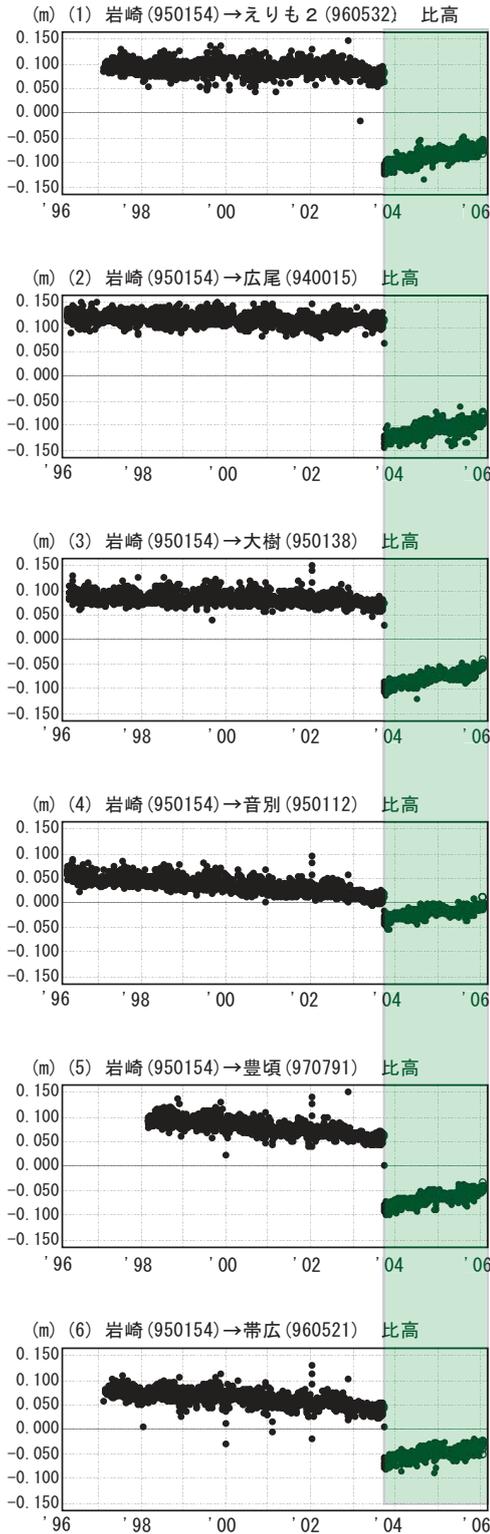


第1図b 北海道地方の非正常地殻上下変動（2003年11月～2005年11月）
Fig.1b Vertical crustal movement after removing the trend and correcting annual and half-annual cycle variation (November 2003 to November 2005)

基線ベクトル 比高成分の変位量

期間：1996/04/01～2006/01/31 JST

期間：2003/09/26～2006/01/31 JST

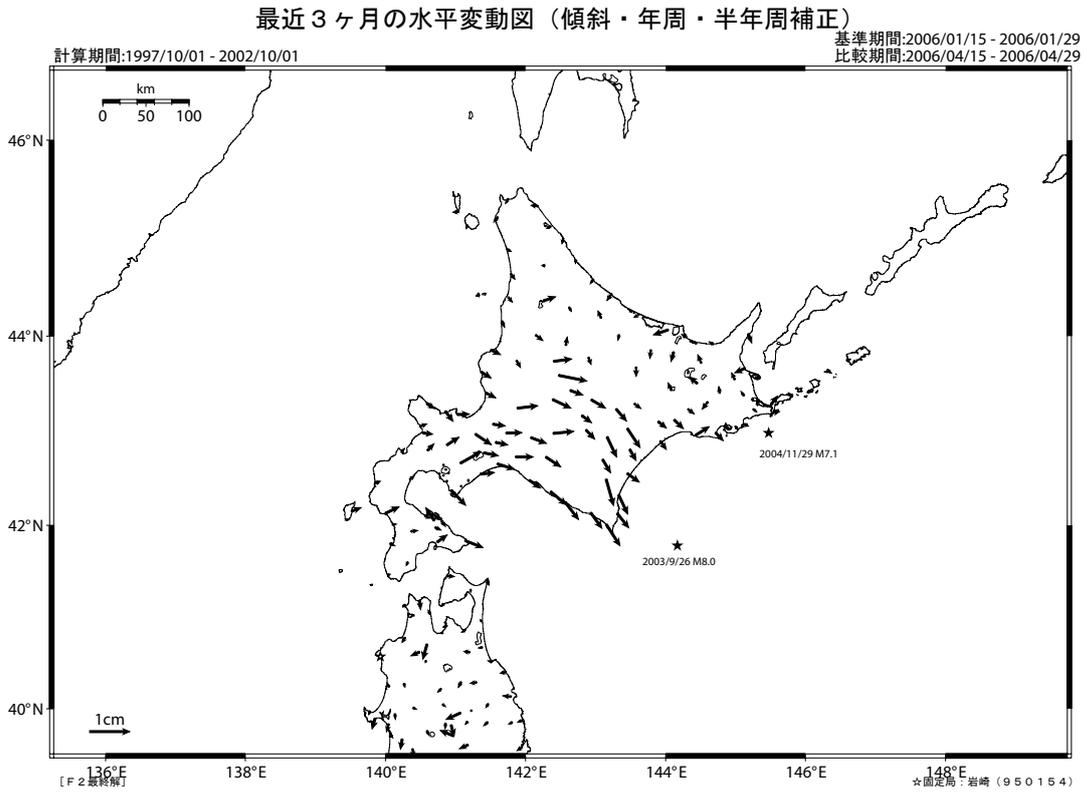


●---[F2:最終解] ○---[R2:速報解]

十勝沖地震後、襟裳岬先端部～十勝海岸周辺では、一貫した隆起傾向が見られる。なお、同領域ではGEONET観測開始以降、地震前の比高成分のトレンドは横ばいなし、やや沈降の傾向を示し、十勝沖地震では比高成分は沈降していた。

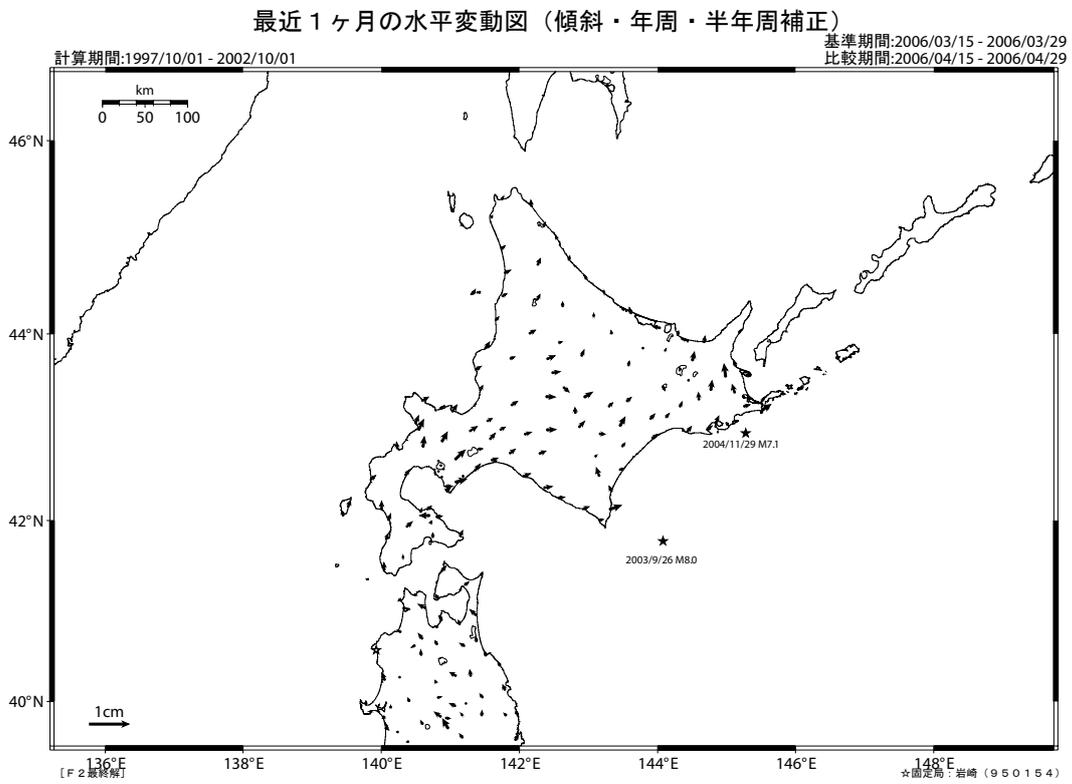
第2図 北海道太平洋岸のGEONET観測点における上下変動の時系列

Fig.2 Time series of vertical component at the GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido



第3図a 北海道地方の非定常地殻水平変動（2006年1月～4月）

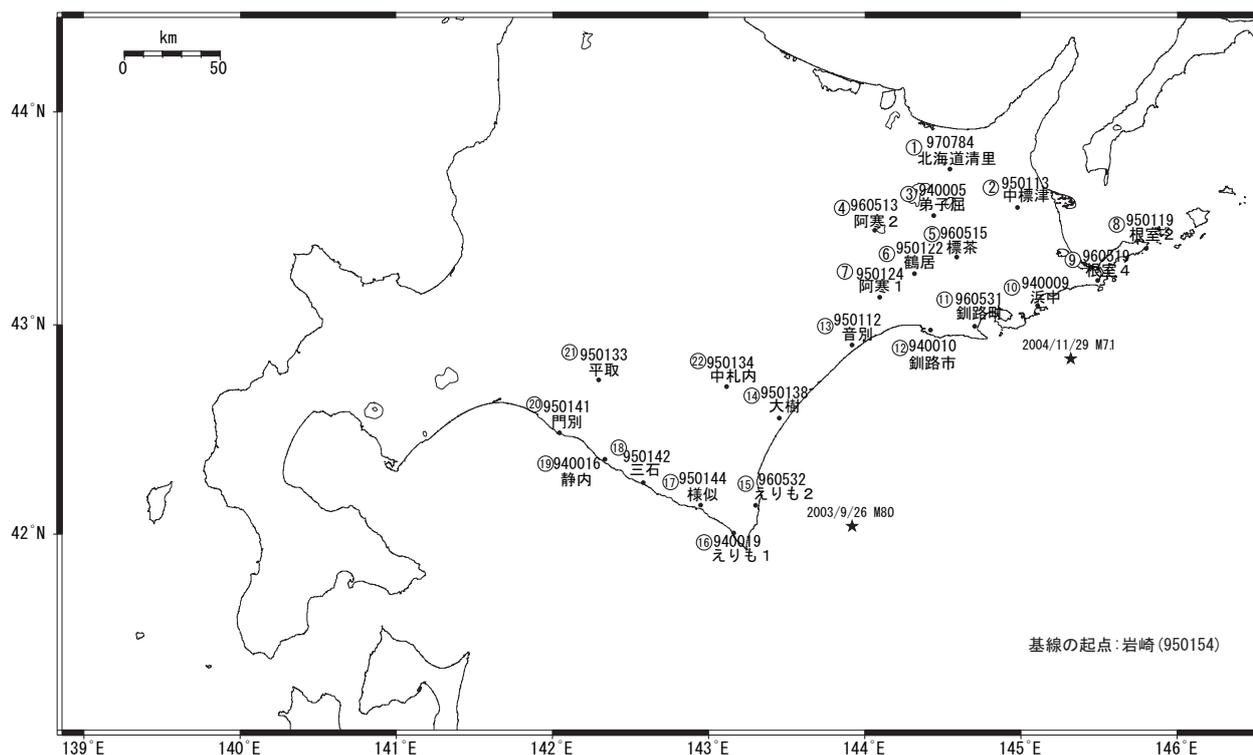
Fig.3a Horizontal crustal movement after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation componets (January 2006 to April 2006)



第3図b 北海道地方の非定常地殻水平変動（2006年3月～4月）

Fig.3b Horizontal crustal movement after removing the trend and correcting annual and half-annual cycle variation (March 2006 to April 2006)

北海道太平洋岸地区 GPS 連続観測基線図



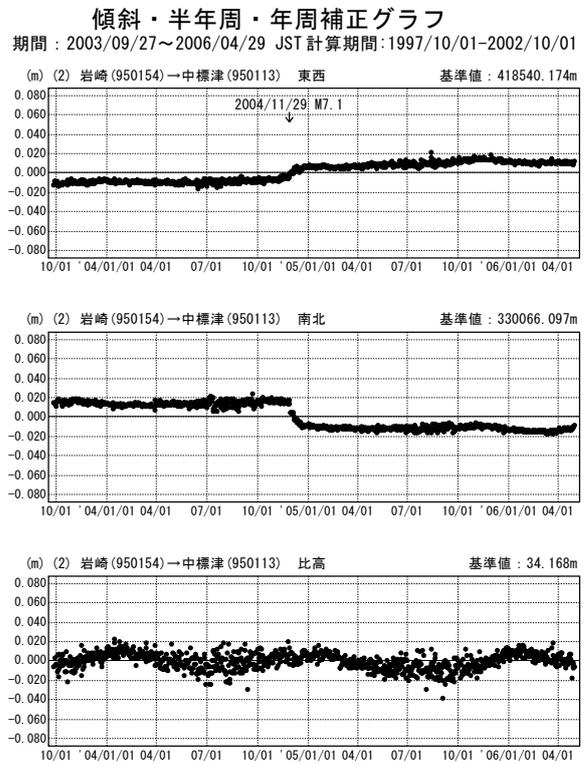
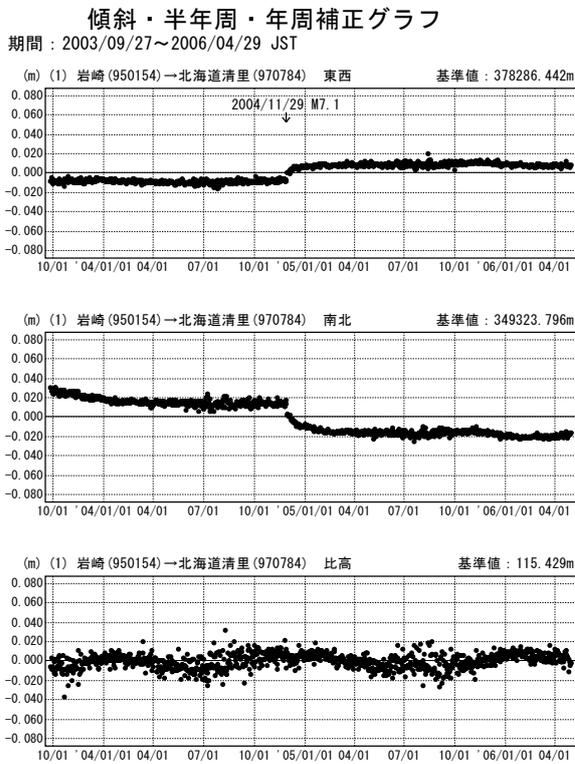
北海道太平洋岸の各観測局情報

点番号	点名	アンテナ交換	アンテナ高調整	周辺伐木	凍上対策
970784	北海道清里	2003/3/12			
950113	中標津	2003/5/28			
940005	弟子屈	2002/11/11		2004/7/23	
960513	阿寒 2	2001/11/19 2002/11/15			2003/11/8
950119	根室 2	2002/11/13			2002/4/1
960515	標茶	2002/11/19			2003/7/21
950122	鶴居	2002/11/14	2003/7/21		
960519	根室 4	2003/3/11			2002/4/1
950124	阿寒 1	2002/11/14	2003/7/19		
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4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）

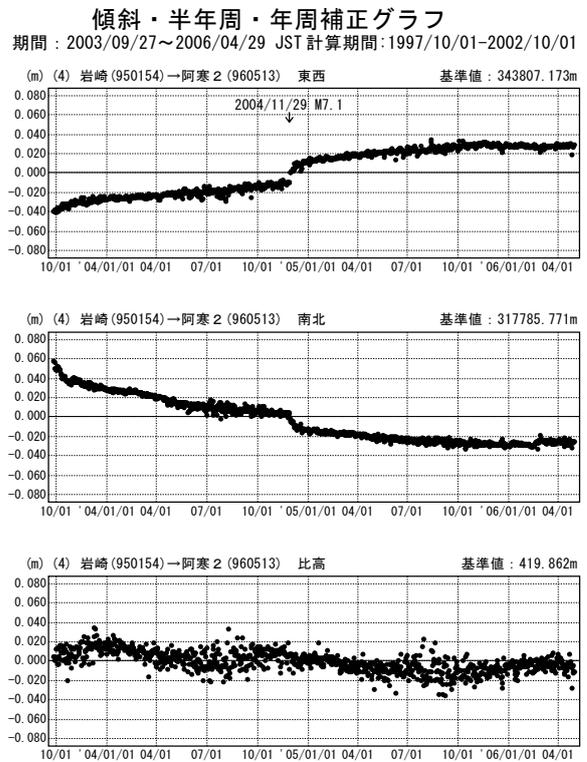
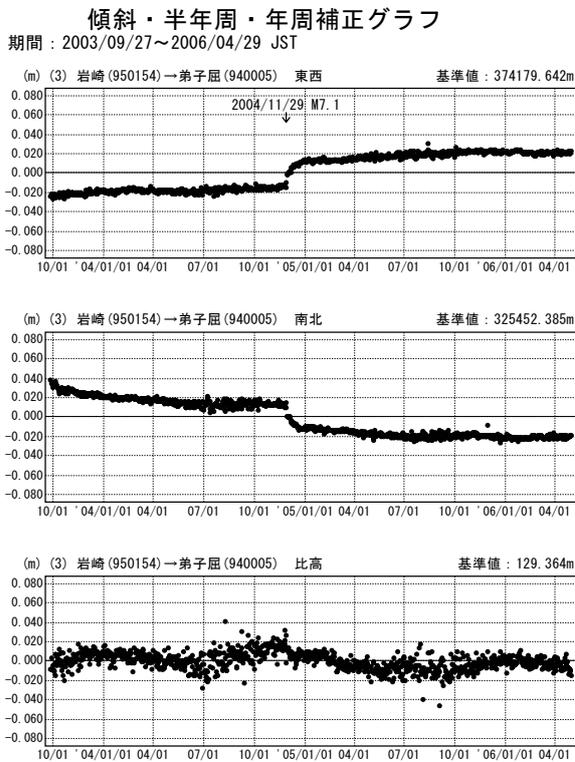
Fig.4 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: Site location map and records of the maintenance of those sites



● ---[F2:最終解]

第5図～第10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

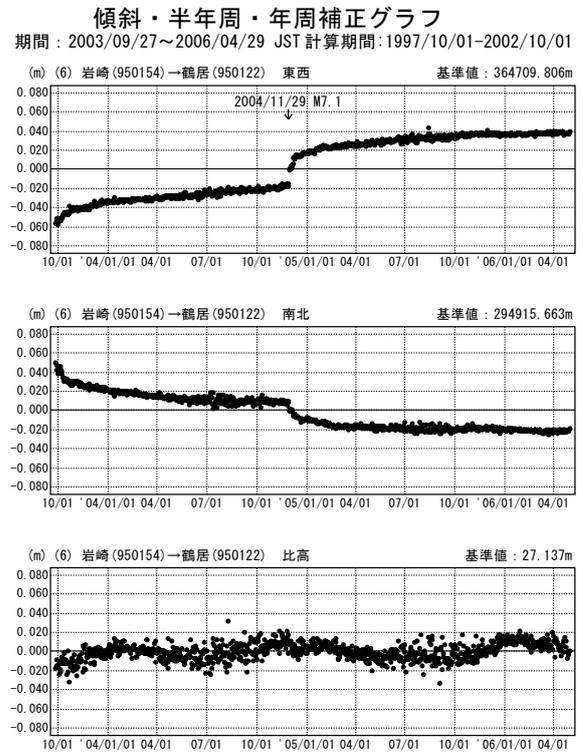
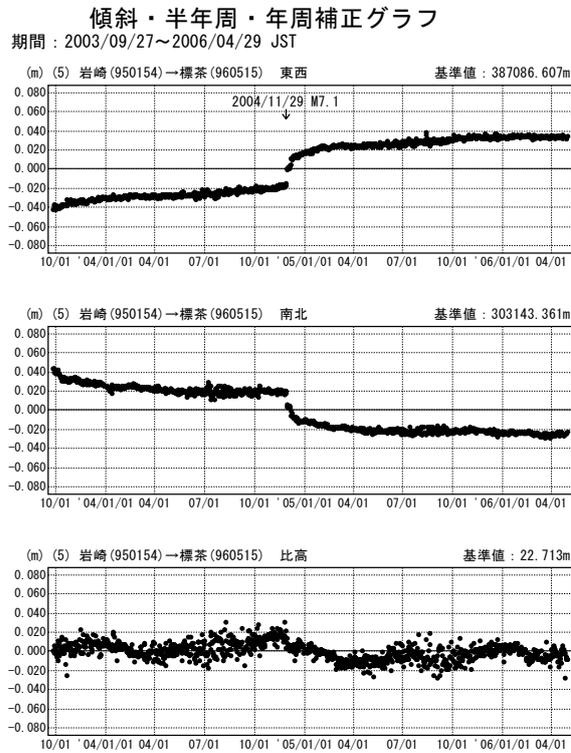
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● ---[F2:最終解]

第5図～第10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

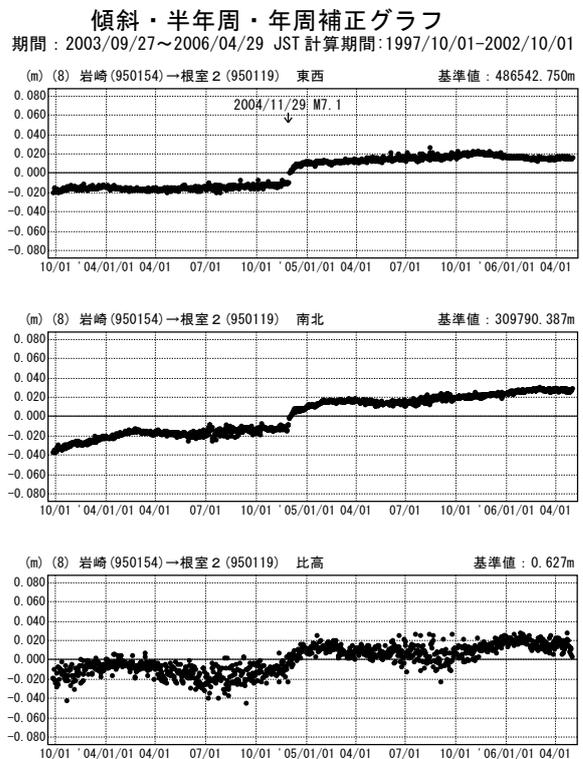
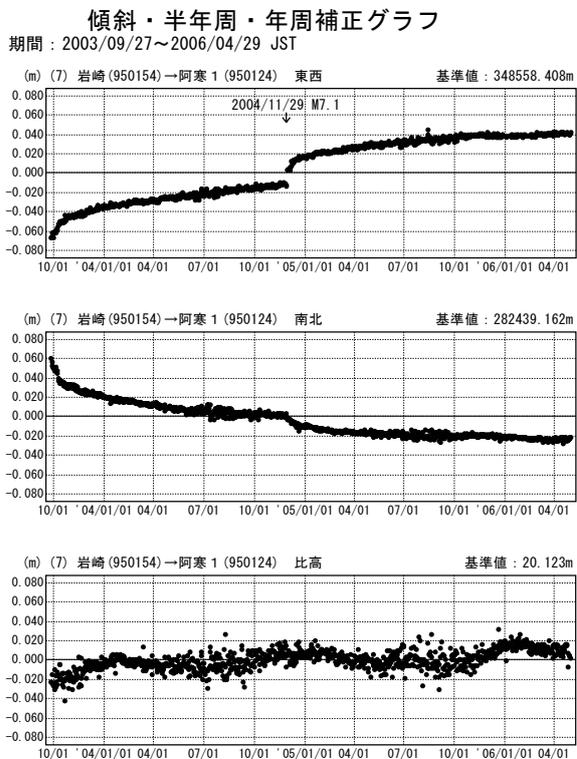
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● ---[F2:最終解]

第5図～第10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

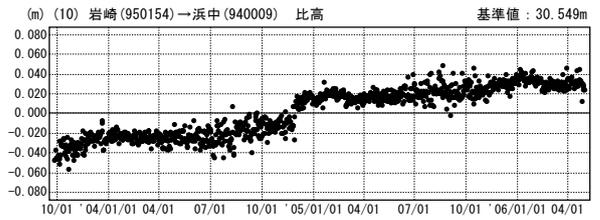
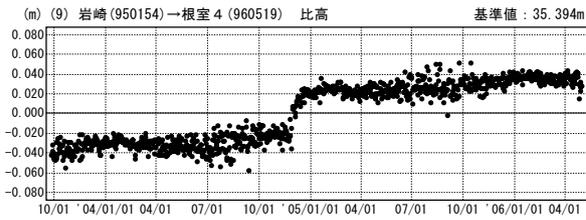
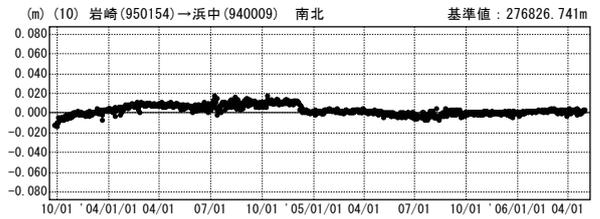
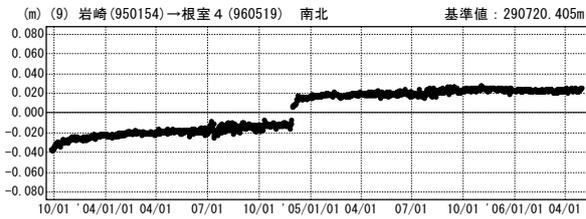
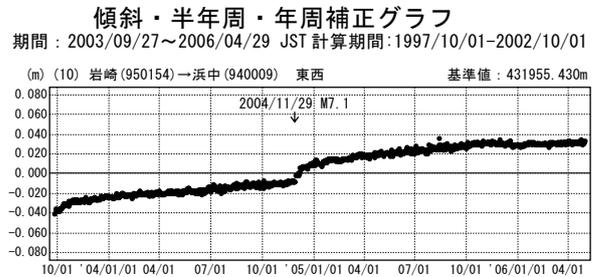
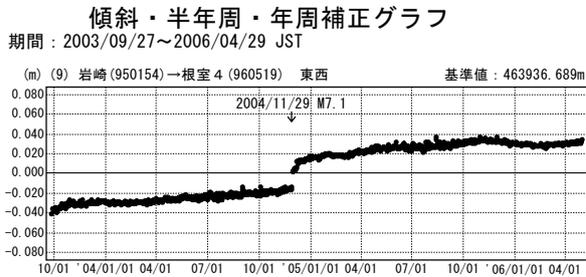
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● ---[F2:最終解]

第5図～第10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

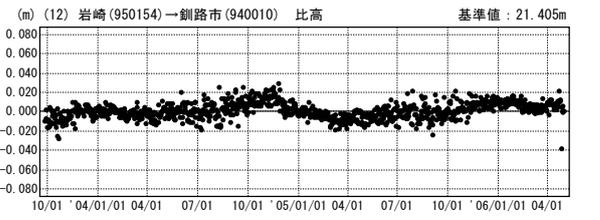
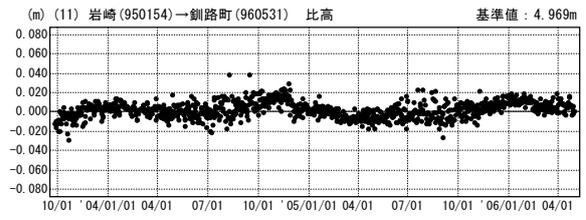
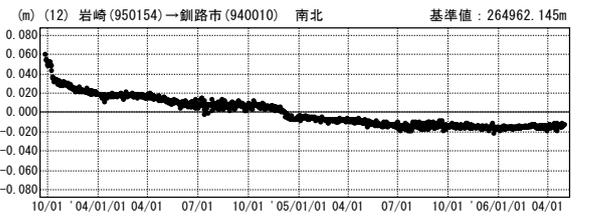
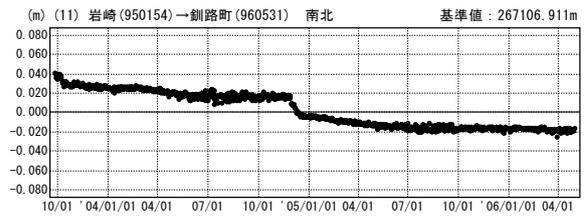
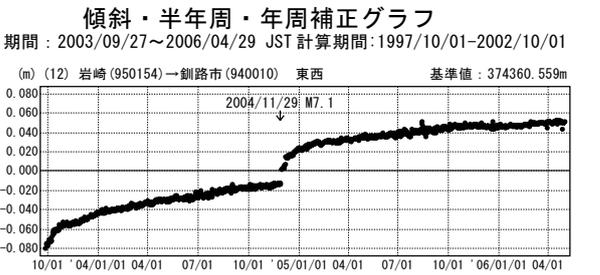
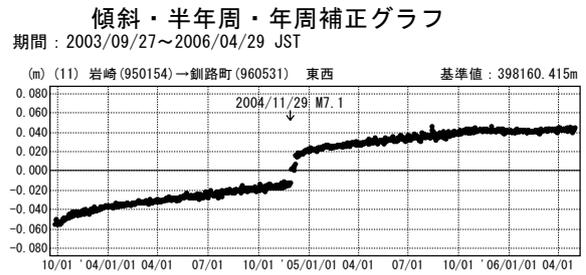
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● — [F2:最終解]

第5図～第10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

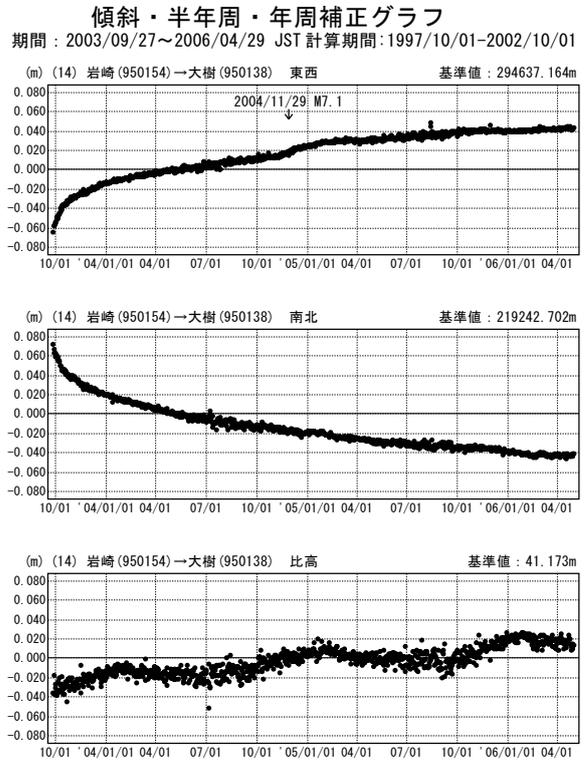
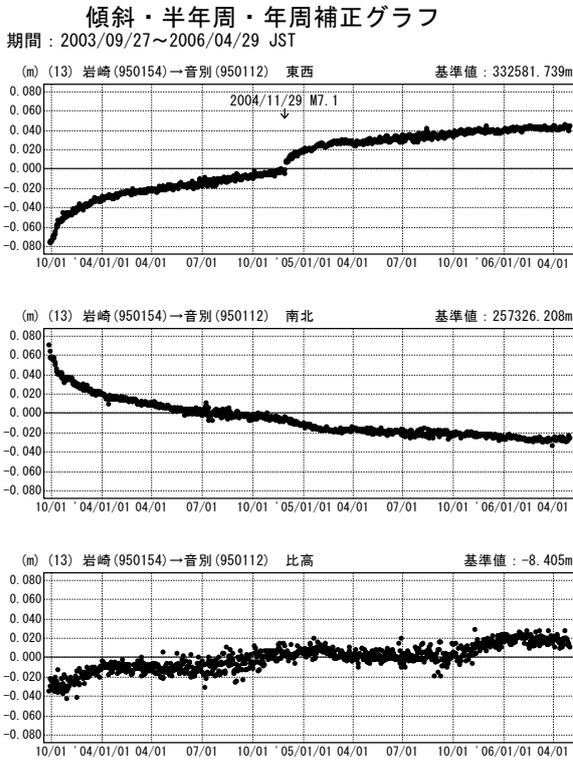
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● — [F2:最終解]

第5図～第10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

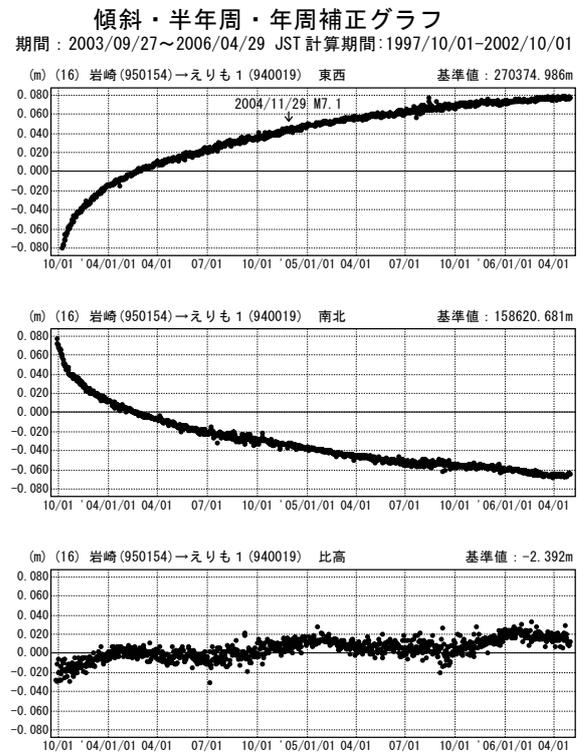
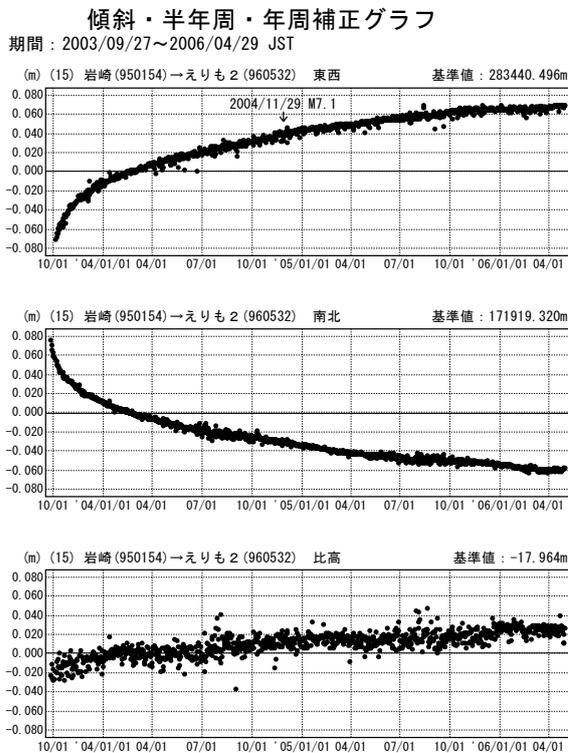
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● ---[F2:最終解]

第 5 図～第 10 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

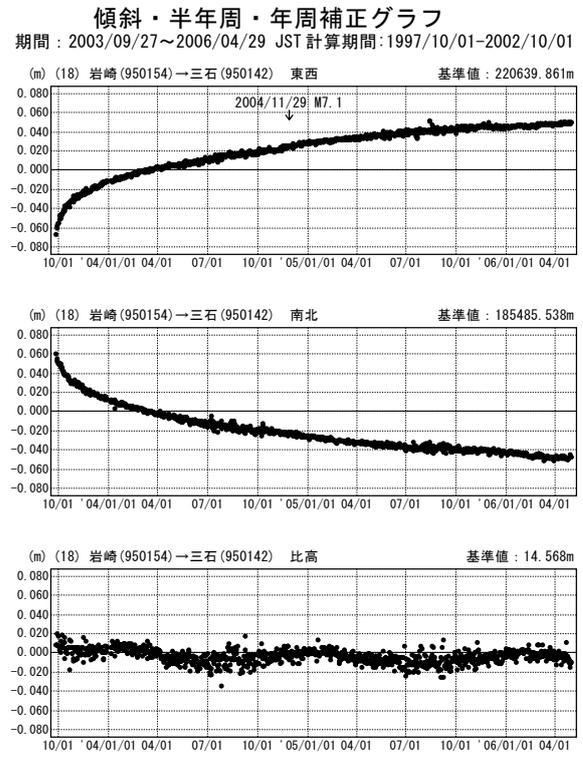
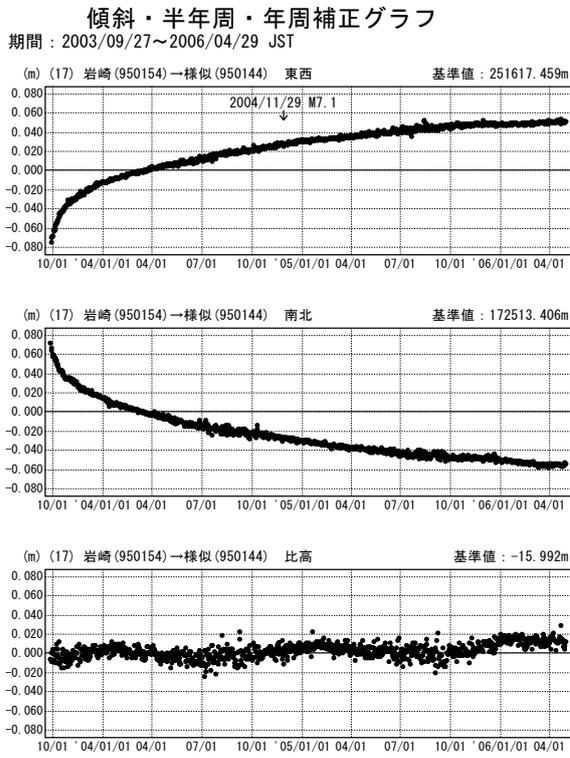
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● ---[F2:最終解]

第 5 図～第 10 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

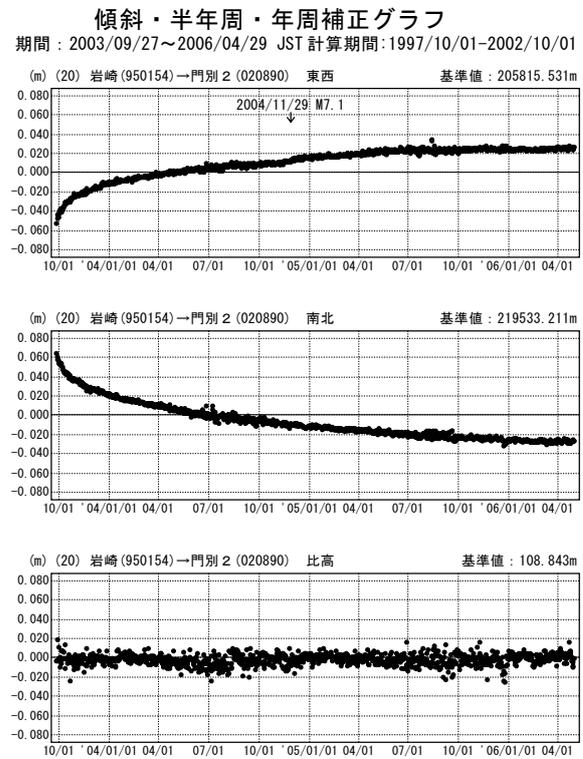
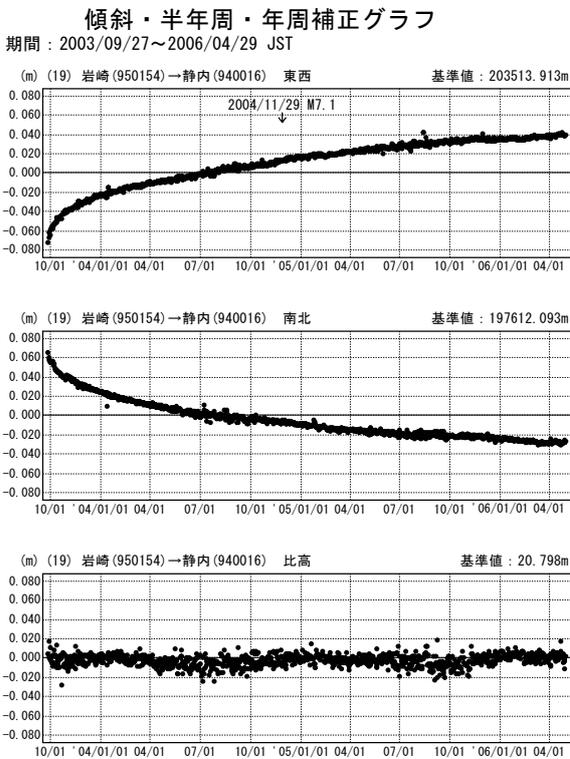
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● — [F2:最終解]

第 5 図～第 10 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

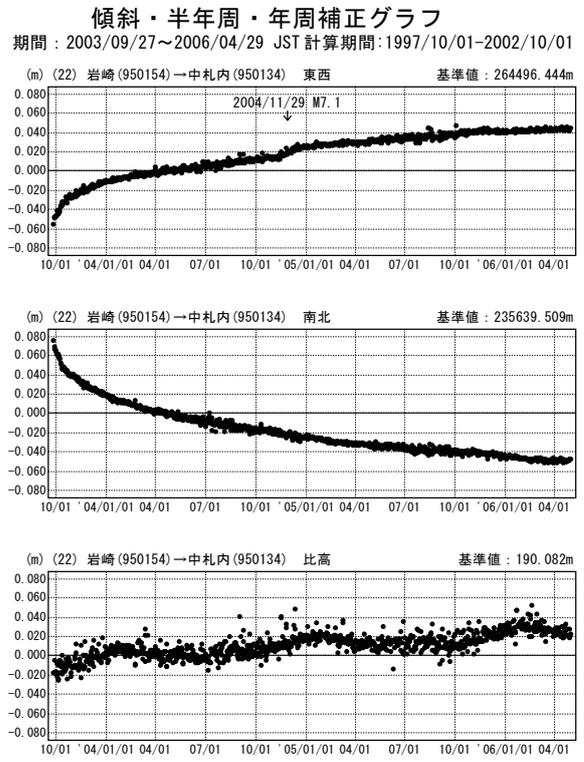
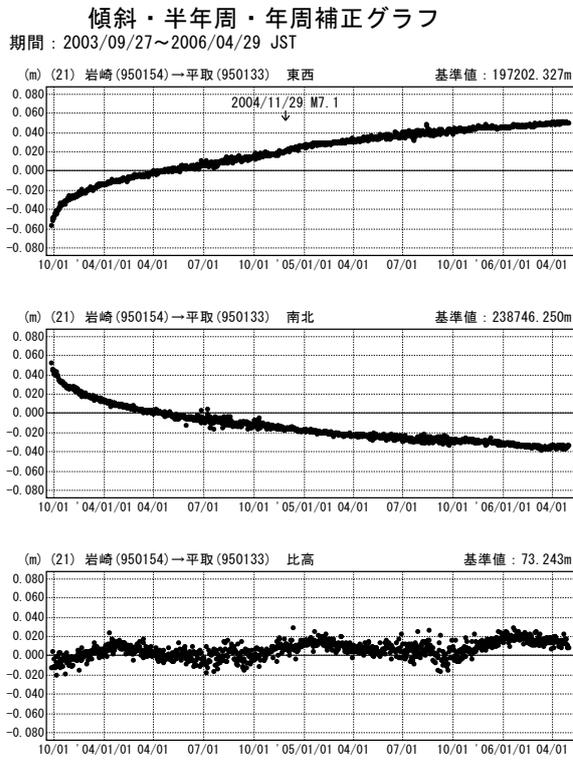
Fig.5-Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki)



● — [F2:最終解]

第 5 図～第 10 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-Fig.10 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)

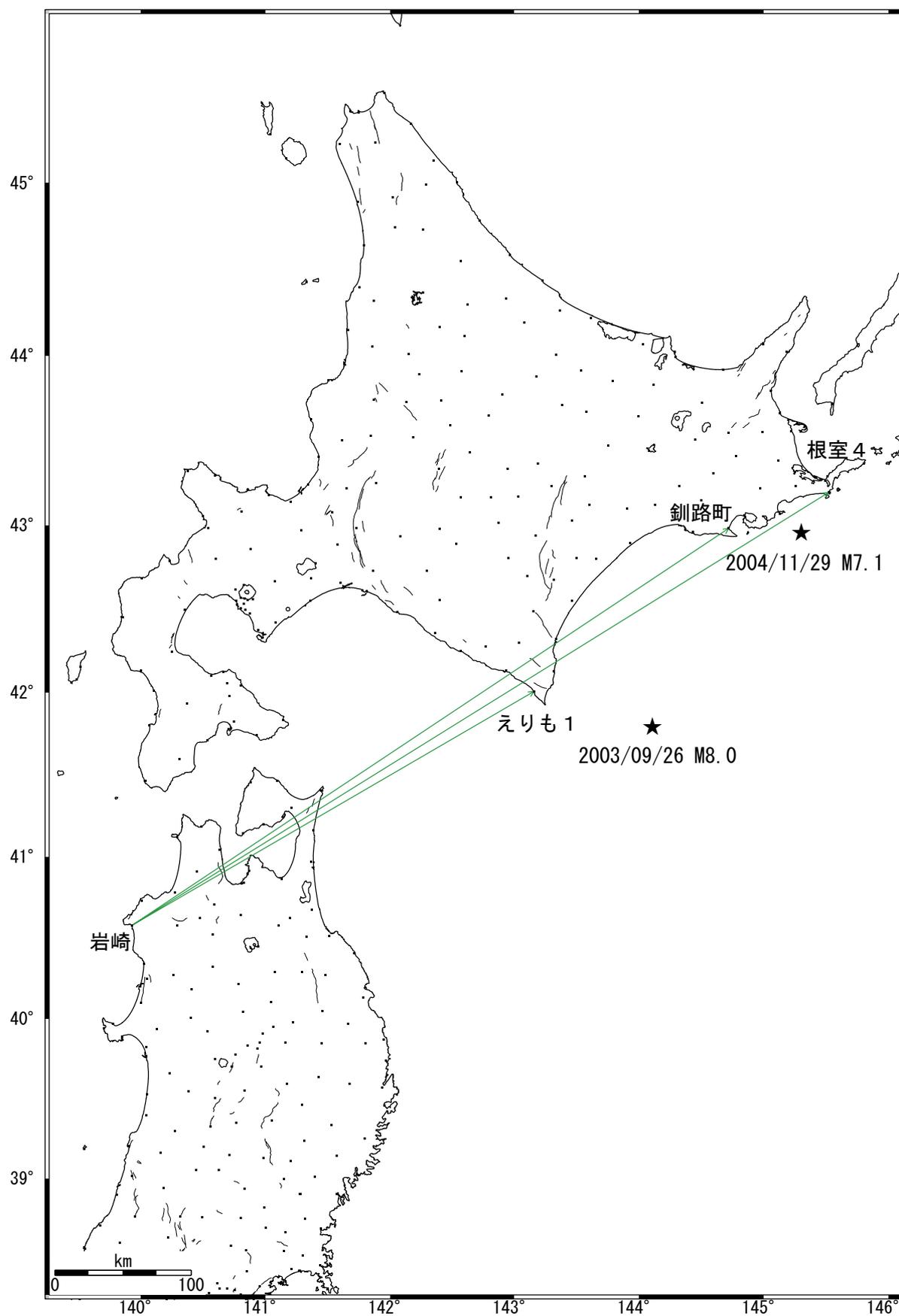


● — [F2:最終解]

第 5 図～第 10 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-Fig.10 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)

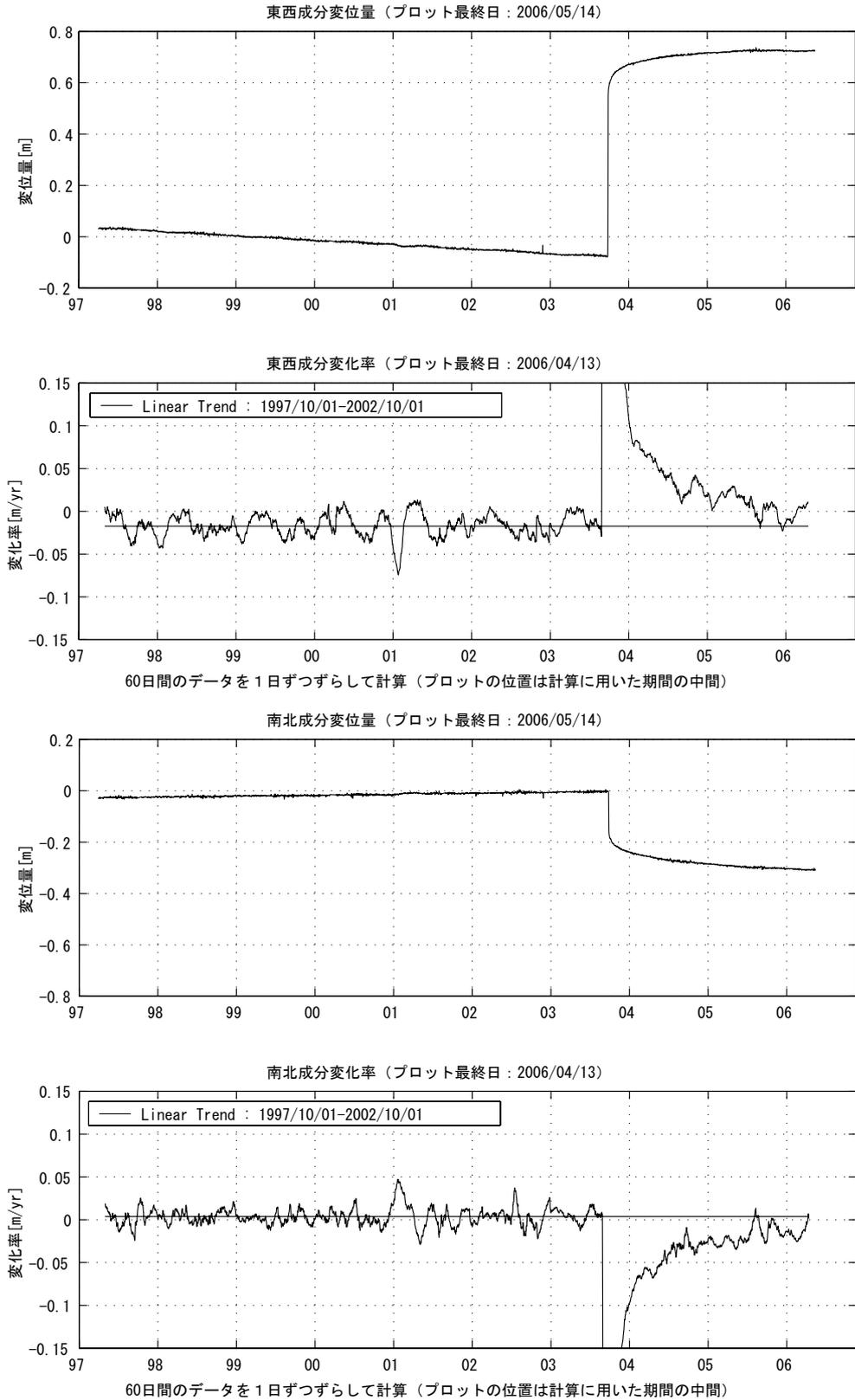
基線ベクトル成分の変位量と変化率



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（基線図）

Fig.11 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Baseline map)

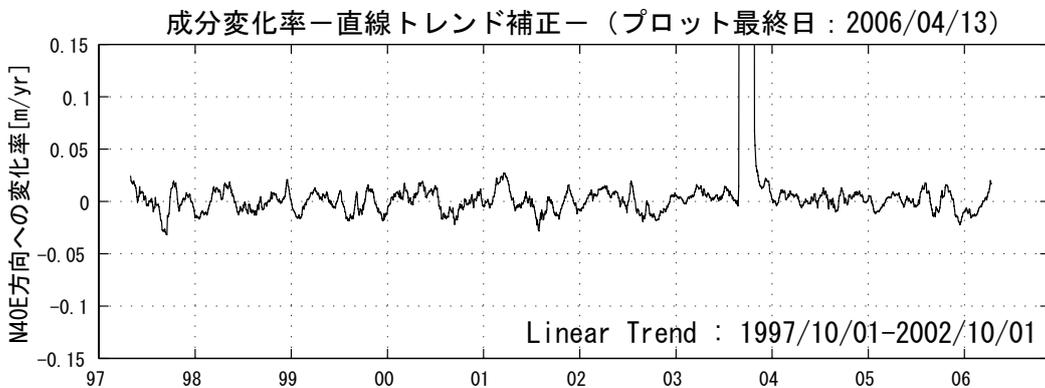
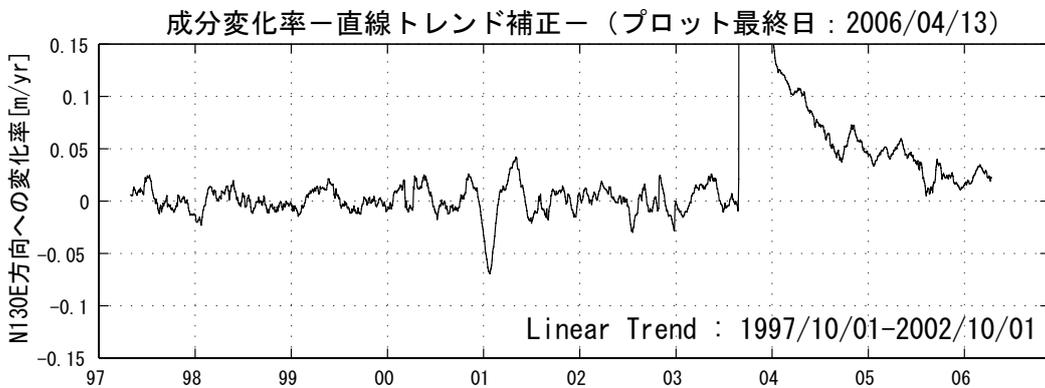
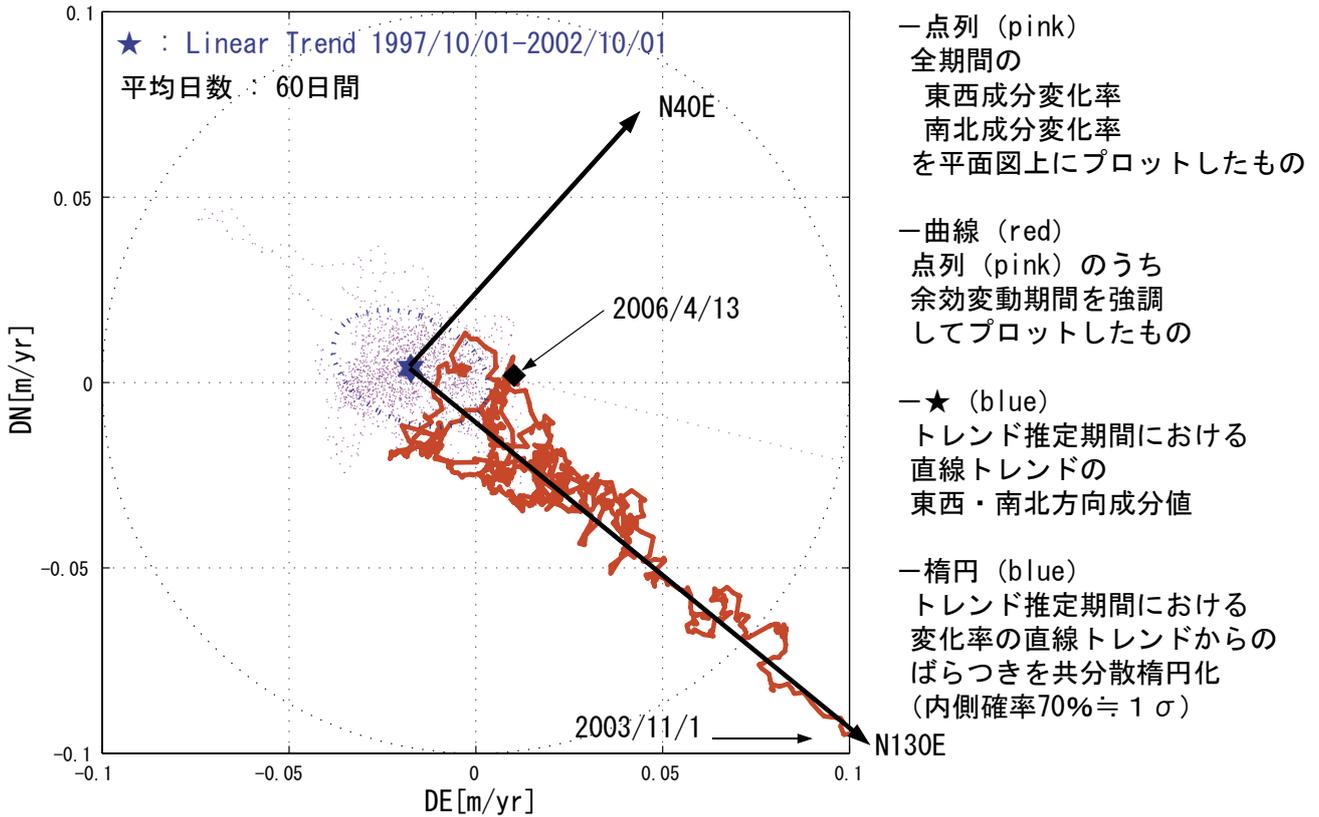
基線ベクトル成分の変位量と変化率：岩崎（950154）→えりも1（940019）



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12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.12 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido
 (Time series at Erimo-1 site)

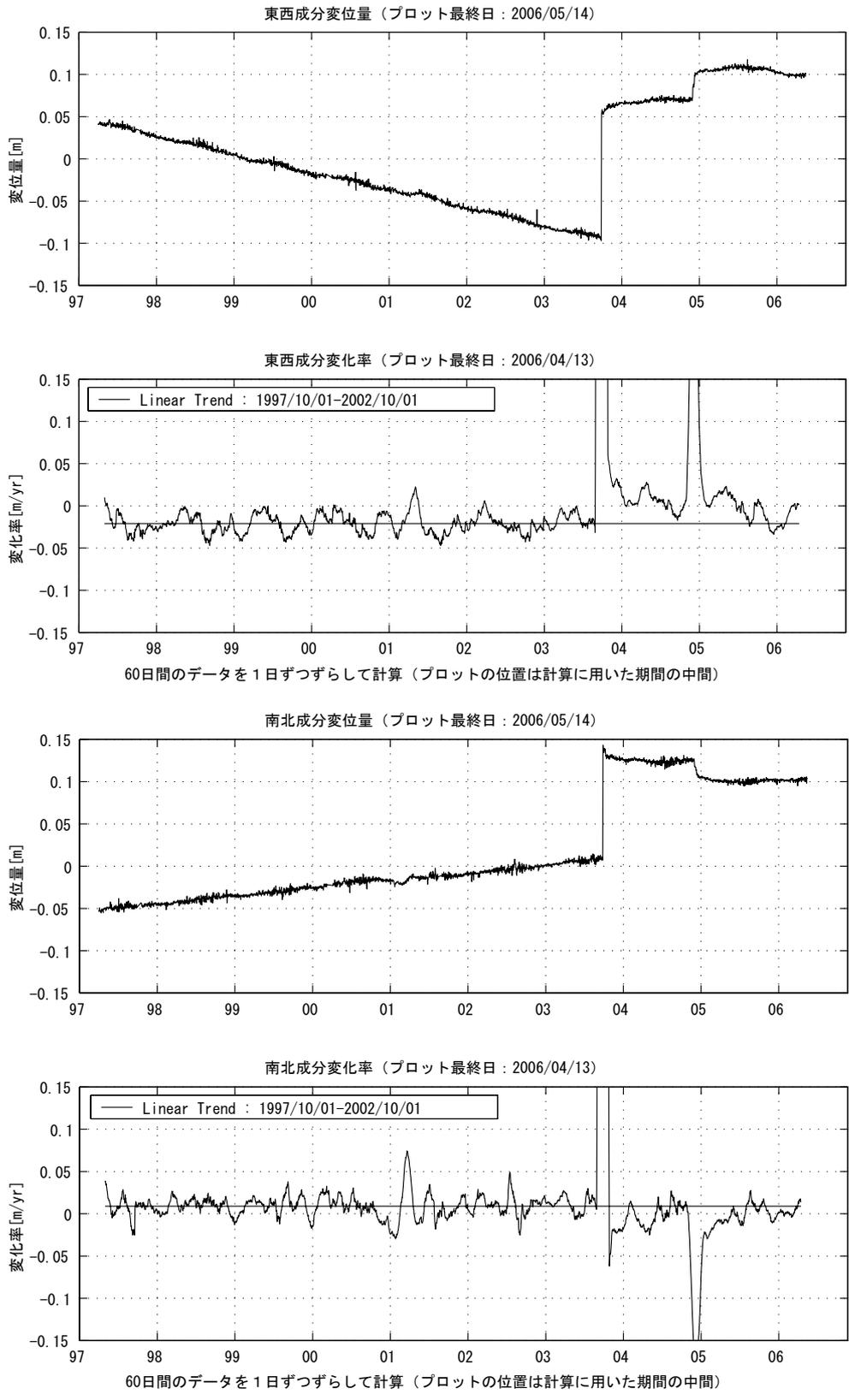
水平変化率：岩崎（950154）→えりも1（940019）



第13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.13 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Horizontal velocity vector chart at Erimo-1 site)

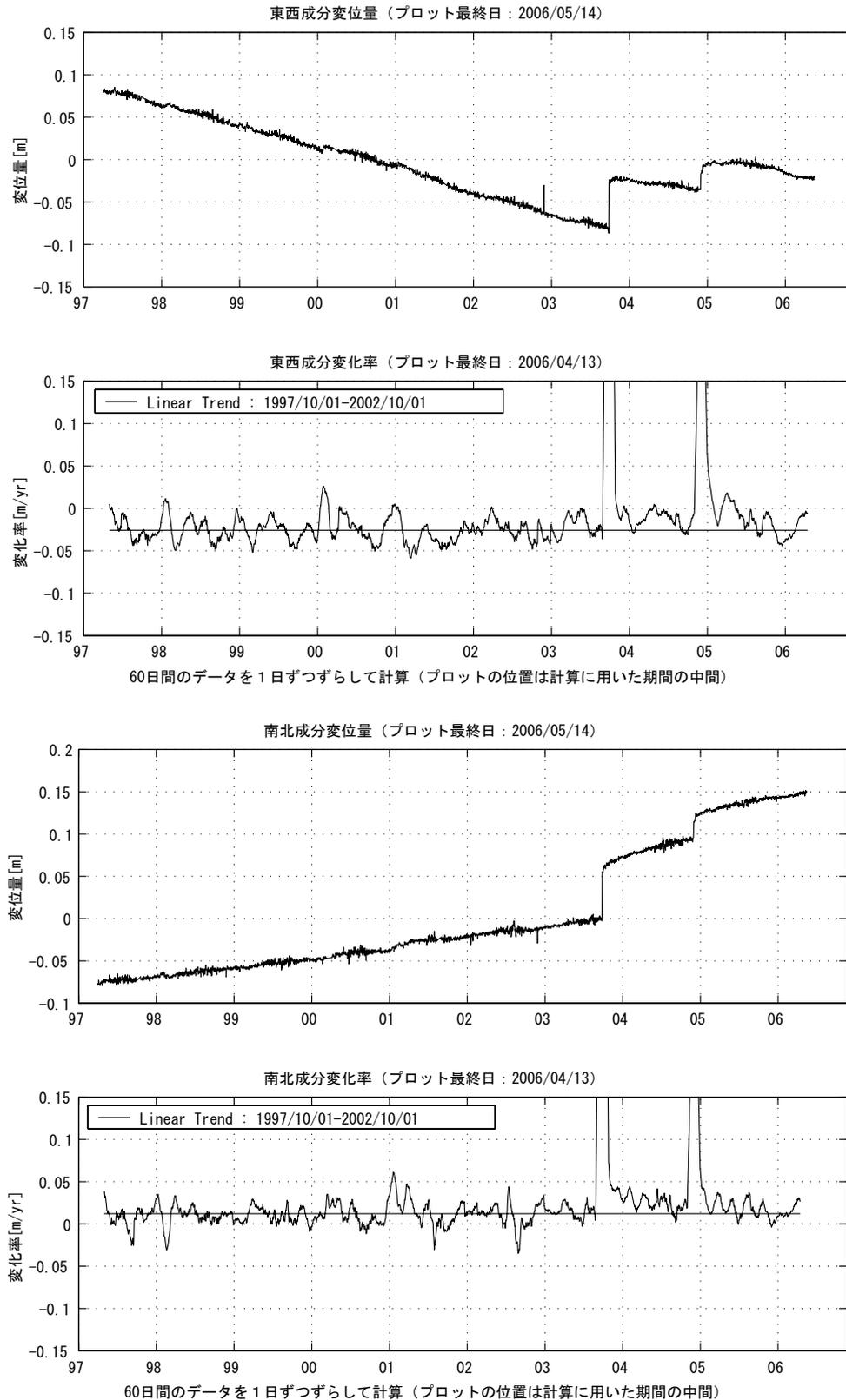
基線ベクトル成分の変位量と変化率：岩崎（950154）→釧路町（960531）



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14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.14 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido (Time series at Kushiro-cho site)

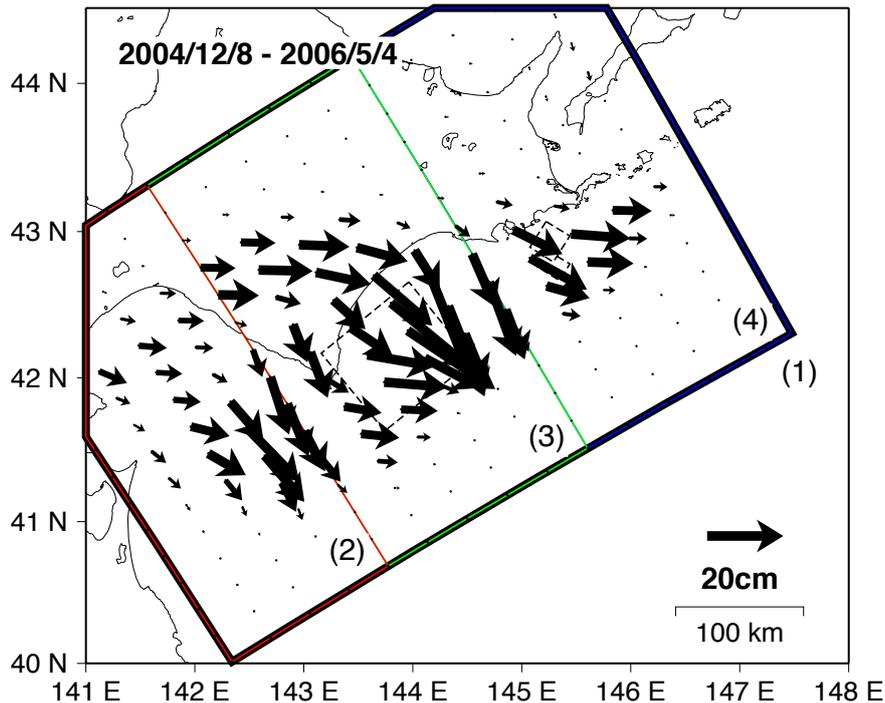
基線ベクトル成分の変位量と変化率：岩崎（950154）→根室4（960519）



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。

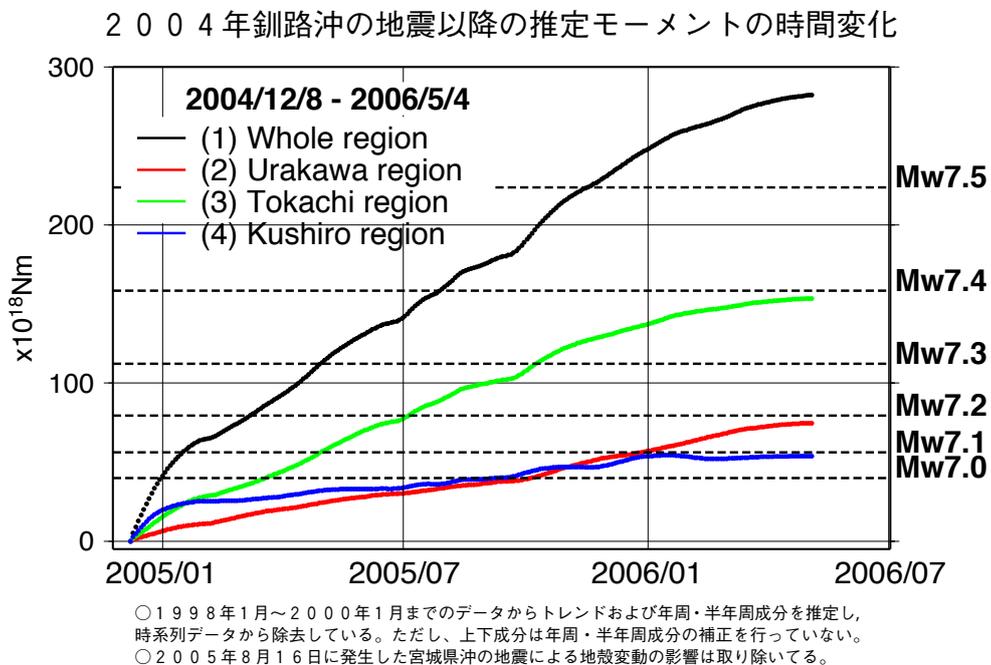
第15図 北海道太平洋岸のGEONET観測点における地殻変動速度の変化 (根室4観測点・時系列)
 Fig.15 Crustal movement velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Hokkaido
 (Time series at Nemuro-4 site)

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16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.16a 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)

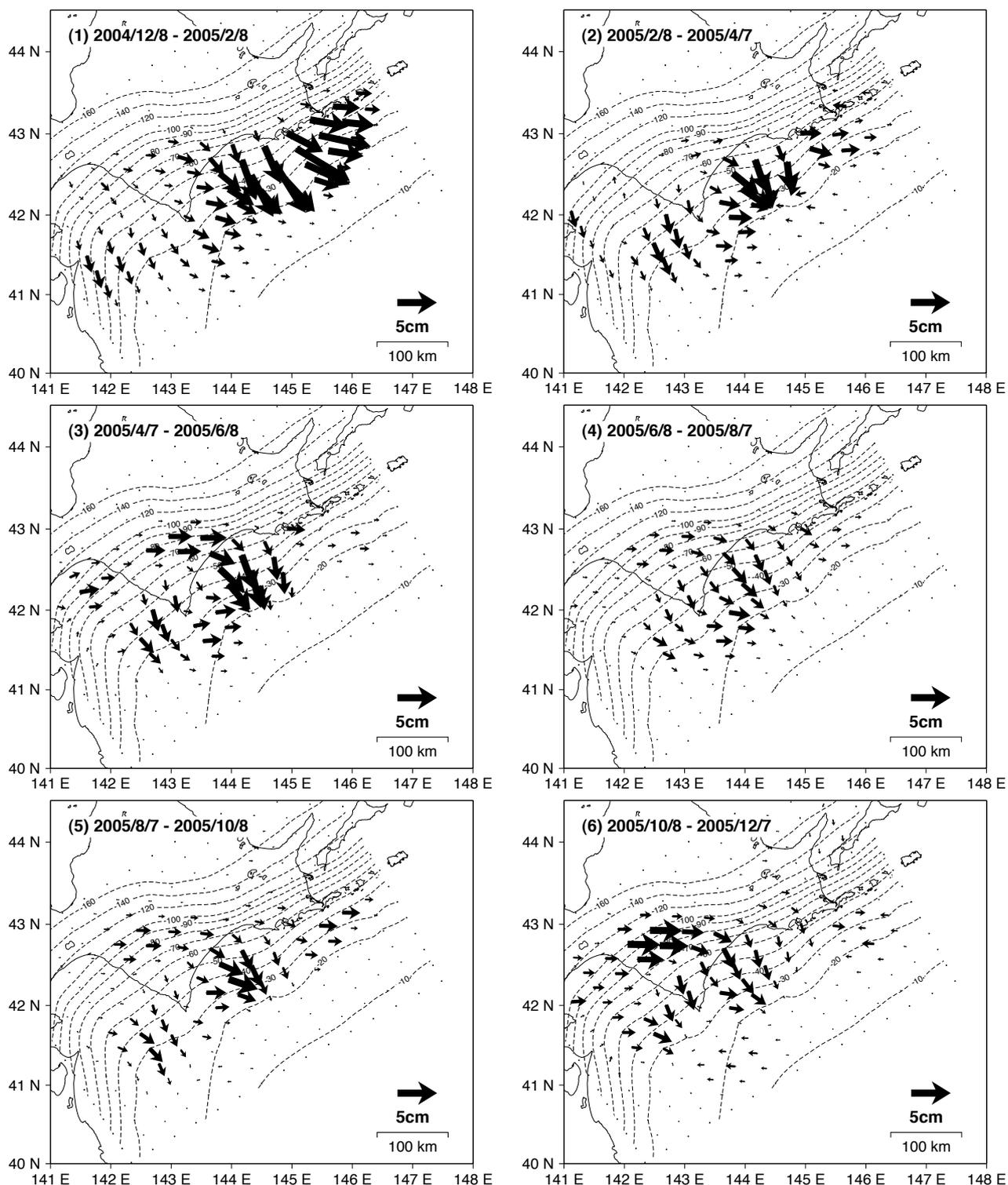


(速度拘束)

第16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.16b 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(1)【暫定】岩崎固定

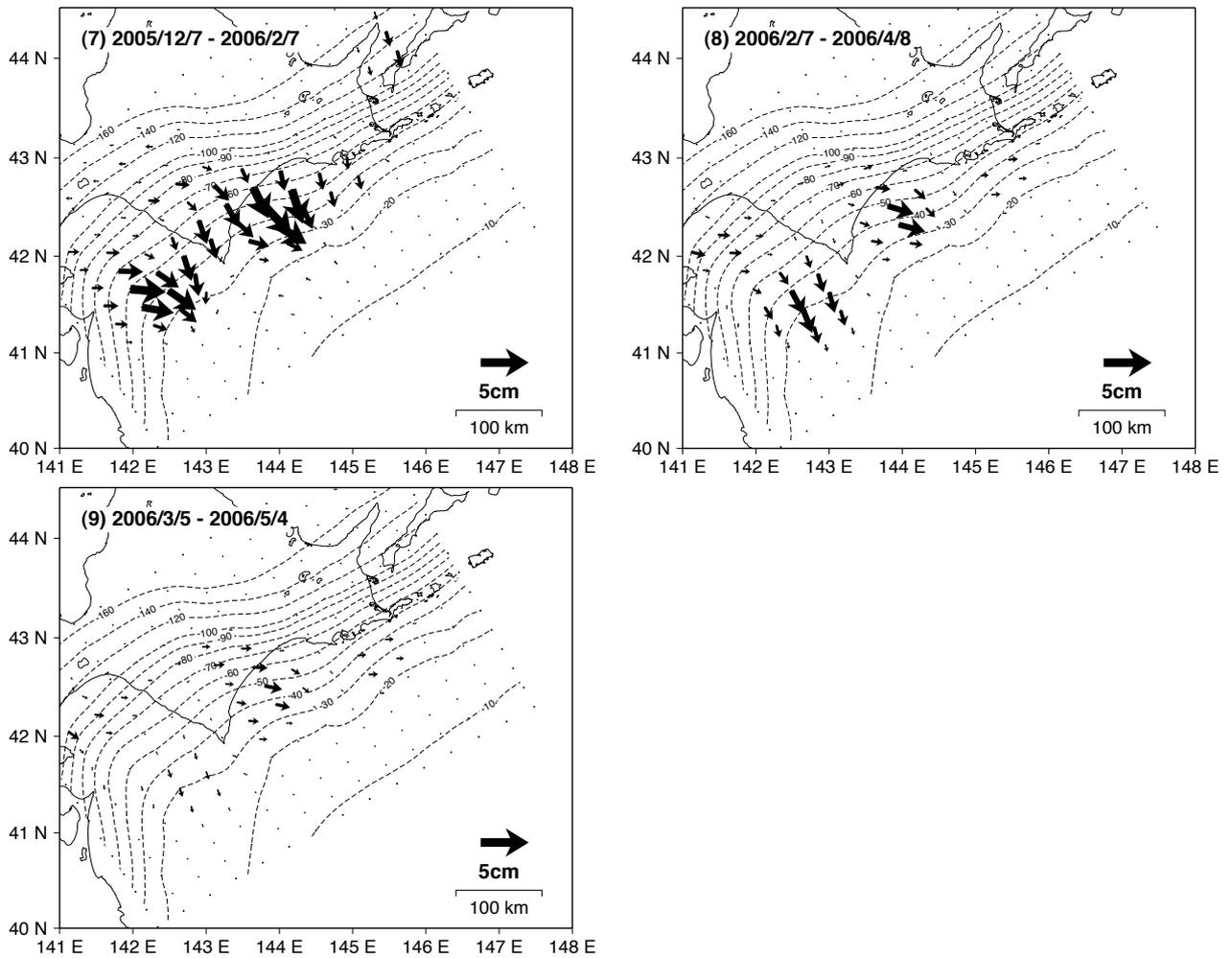


(速度拘束)

第17図～第18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

Fig.17-Fig.18 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

2004年釧路沖の地震以降の2ヶ月ごとの推定すべり分布(2)【暫定】岩崎固定

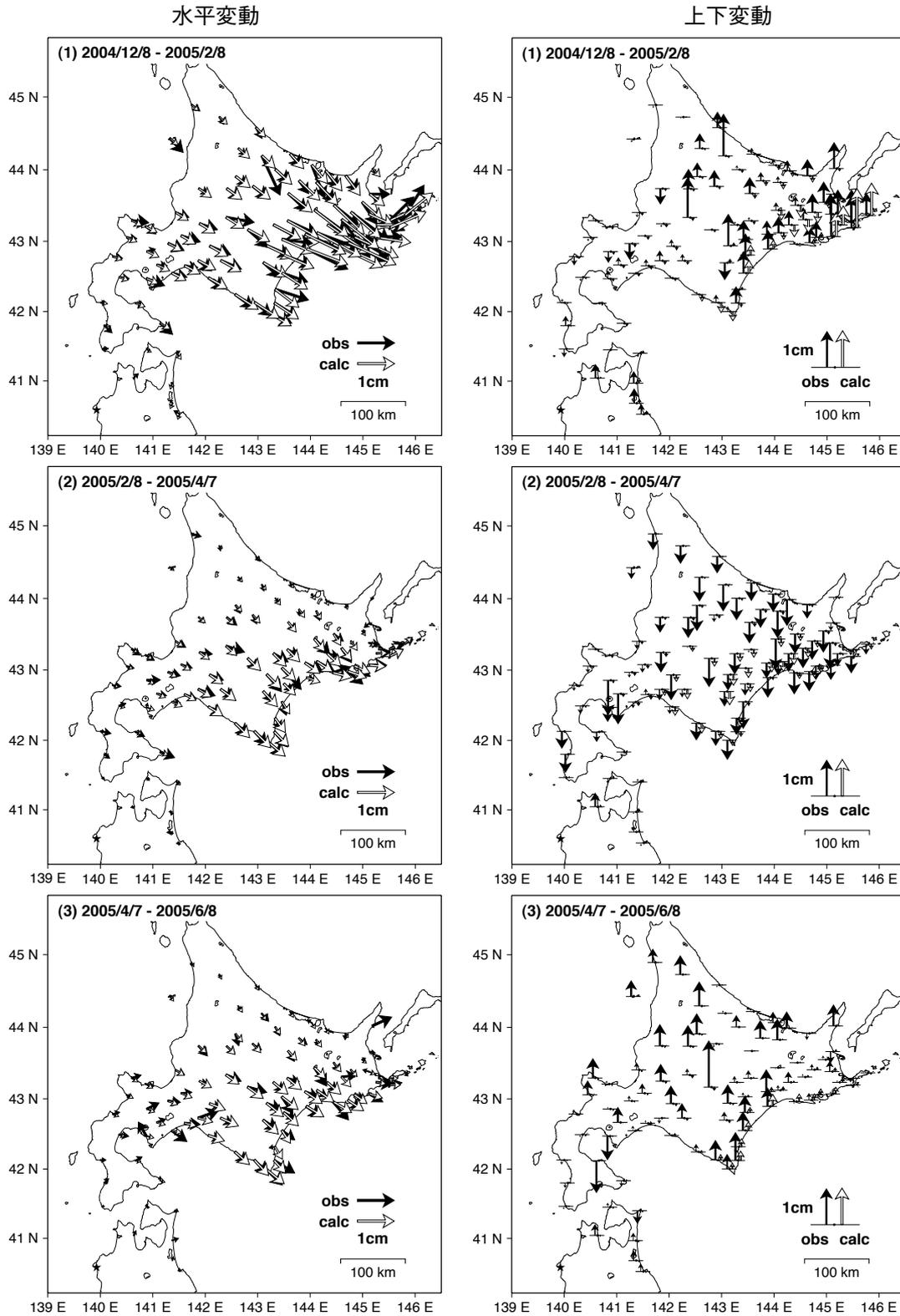


(速度拘束)

第17図～第18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

Fig.17-Fig.18 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

2004年釧路沖の地震以降の2ヶ月ごとの観測値と計算値の比較 (1)
【暫定】岩崎固定

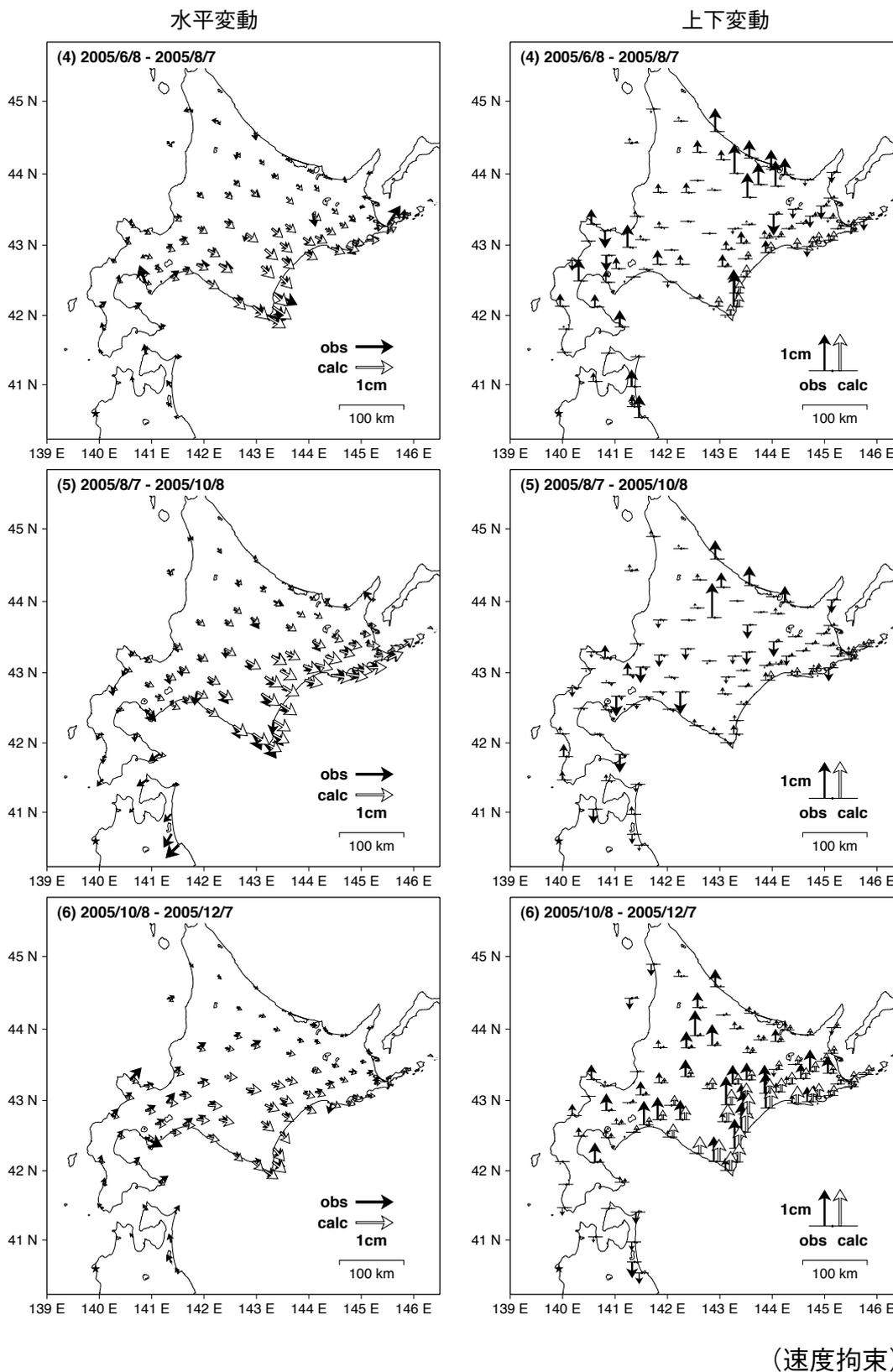


(速度拘束)

第19図～第21図 2004年12月6日の釧路沖地震以降における2ヶ月毎の水平地殻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.19-Fig.21 Comparison of observed horizontal deformation vectors and calculated vectors from estimated slip on the plate boundary by every two months after the off-Kushiro earthquake on December 6, 2004

2004年釧路沖の地震以降の2ヶ月ごとの観測値と計算値の比較(2)
【暫定】岩崎固定

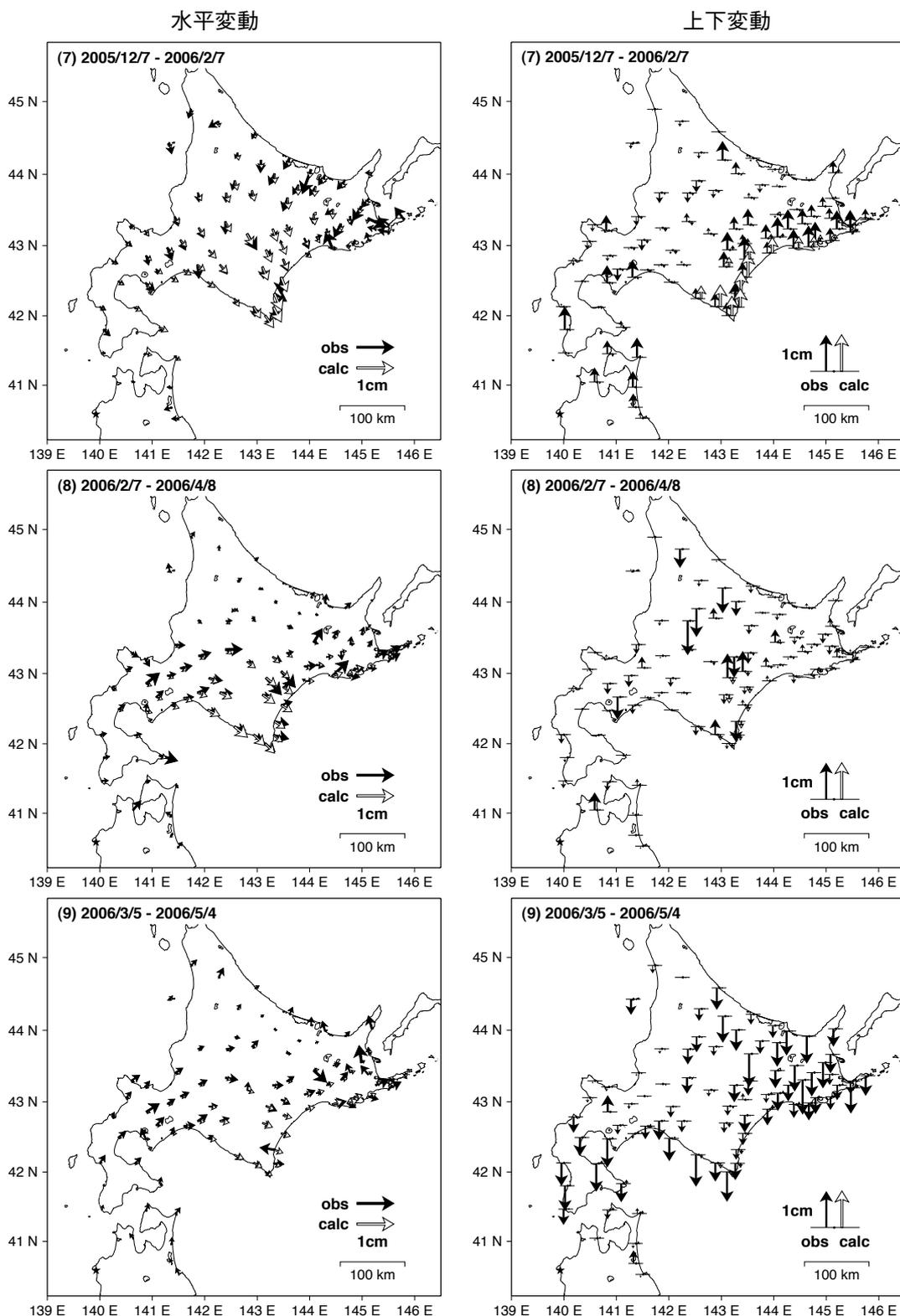


(速度拘束)

第19図～第21図 2004年12月6日の釧路沖地震以降における2ヶ月毎の水平地殻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.19-Fig.21 Comparison of observed horizontal deformation vectors and calculated vectors from estimated slip on the plate boundary by every two months after the off-Kushiro earthquake on December 6, 2004

2004年釧路沖の地震以降の2ヶ月ごとの観測値と計算値の比較(3)
【暫定】岩崎固定



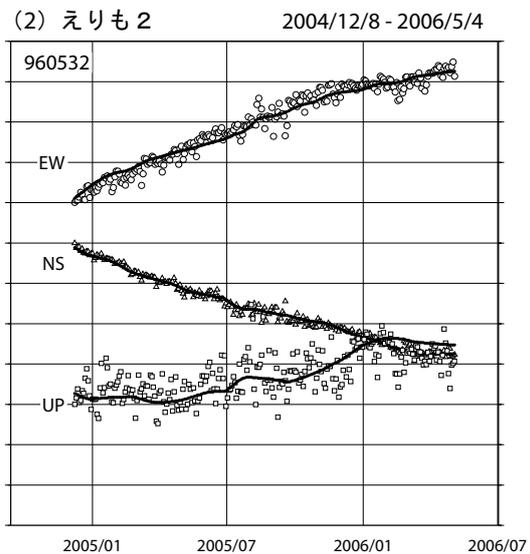
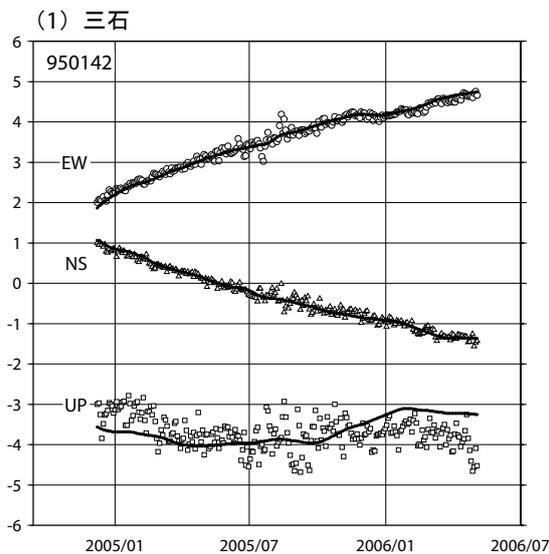
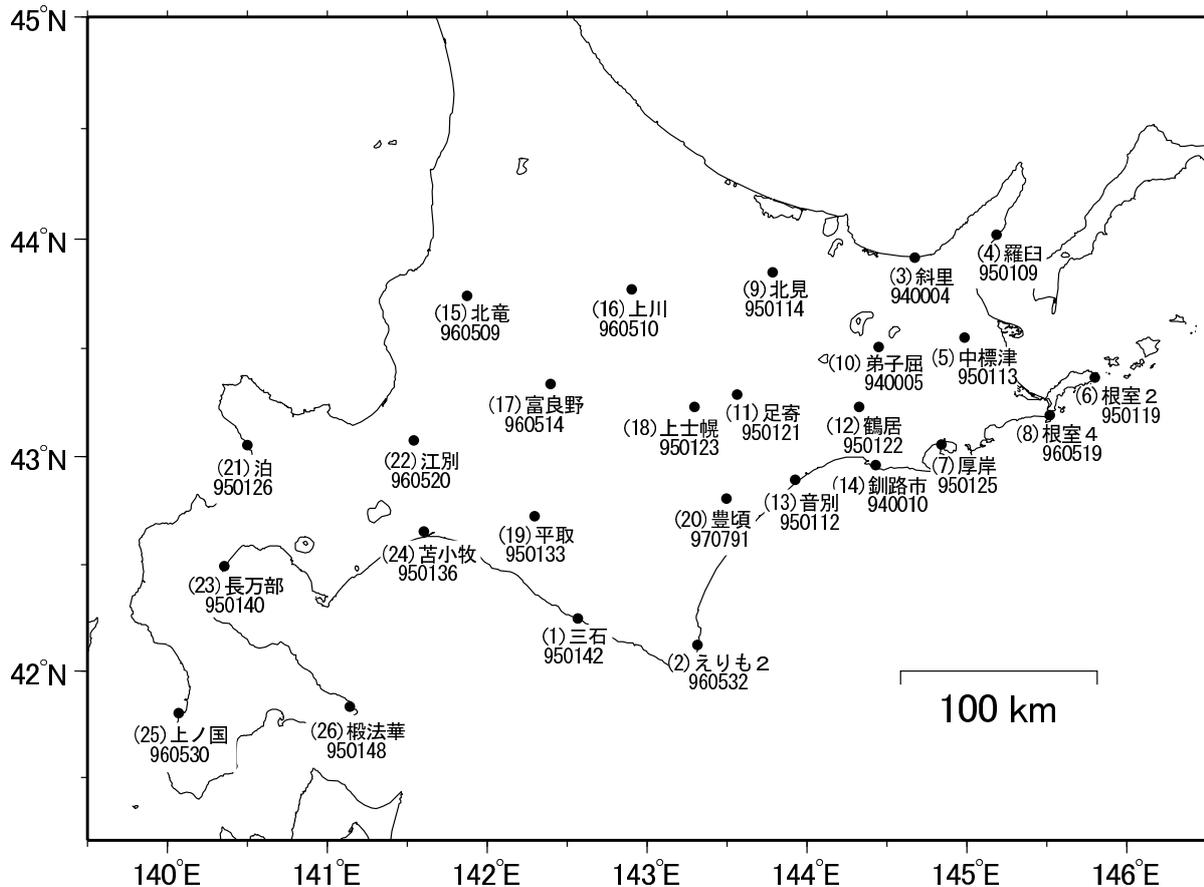
(速度拘束)

第19図～第21図 2004年12月6日の釧路沖地震以降における2ヶ月毎の水平地殻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.19-Fig.21 Comparison of observed horizontal deformation vectors and calculated vectors from estimated slip on the plate boundary by every two months after the off-Kushiro earthquake on December 6, 2004

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



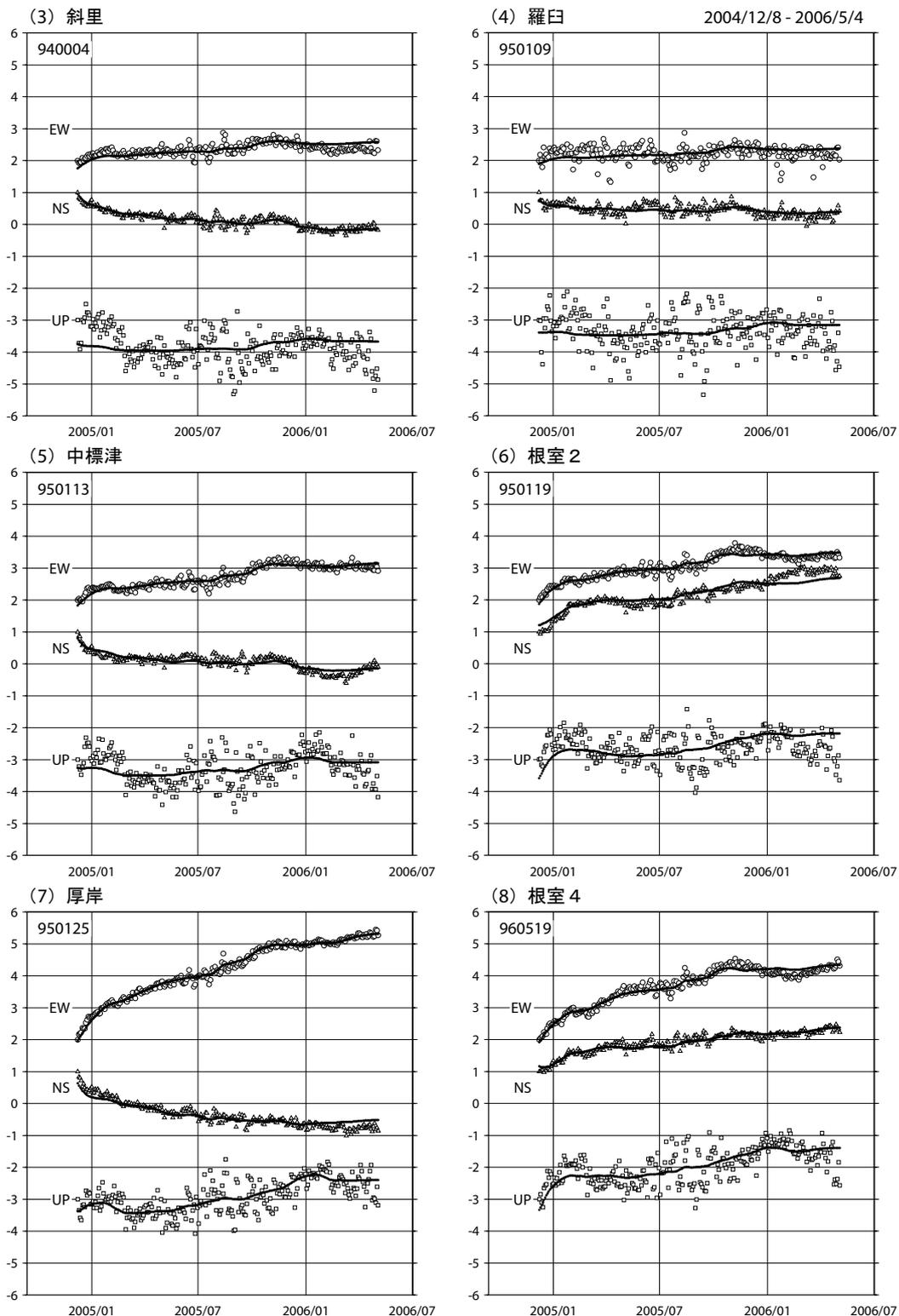
(速度拘束)

第22図～第26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.22-Fig.26 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the of-Kushiro earthquake (2004)

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



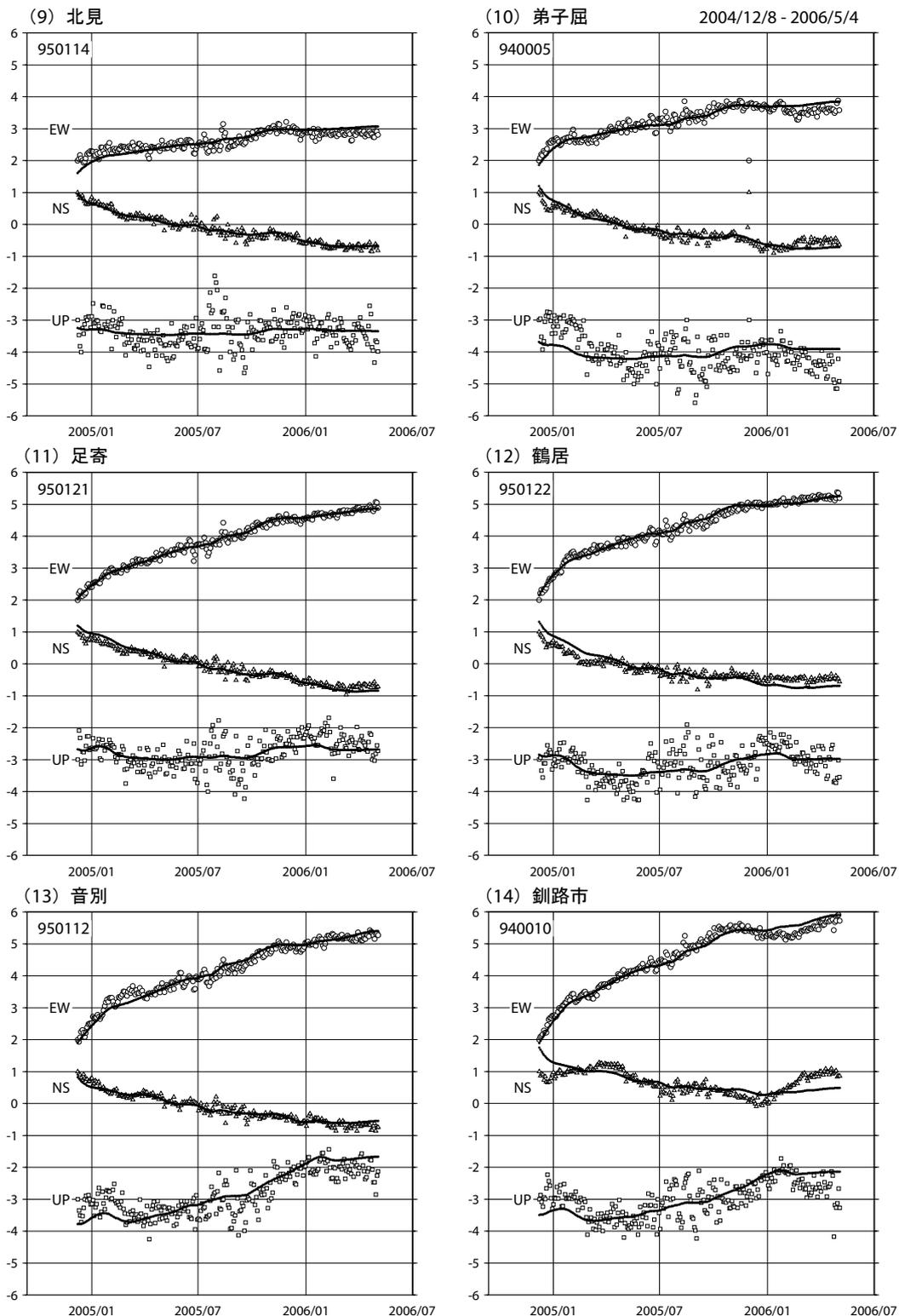
(速度拘束)

第22図～第26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.22-Fig.26 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the of-Kushiro earthquake (2004)

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



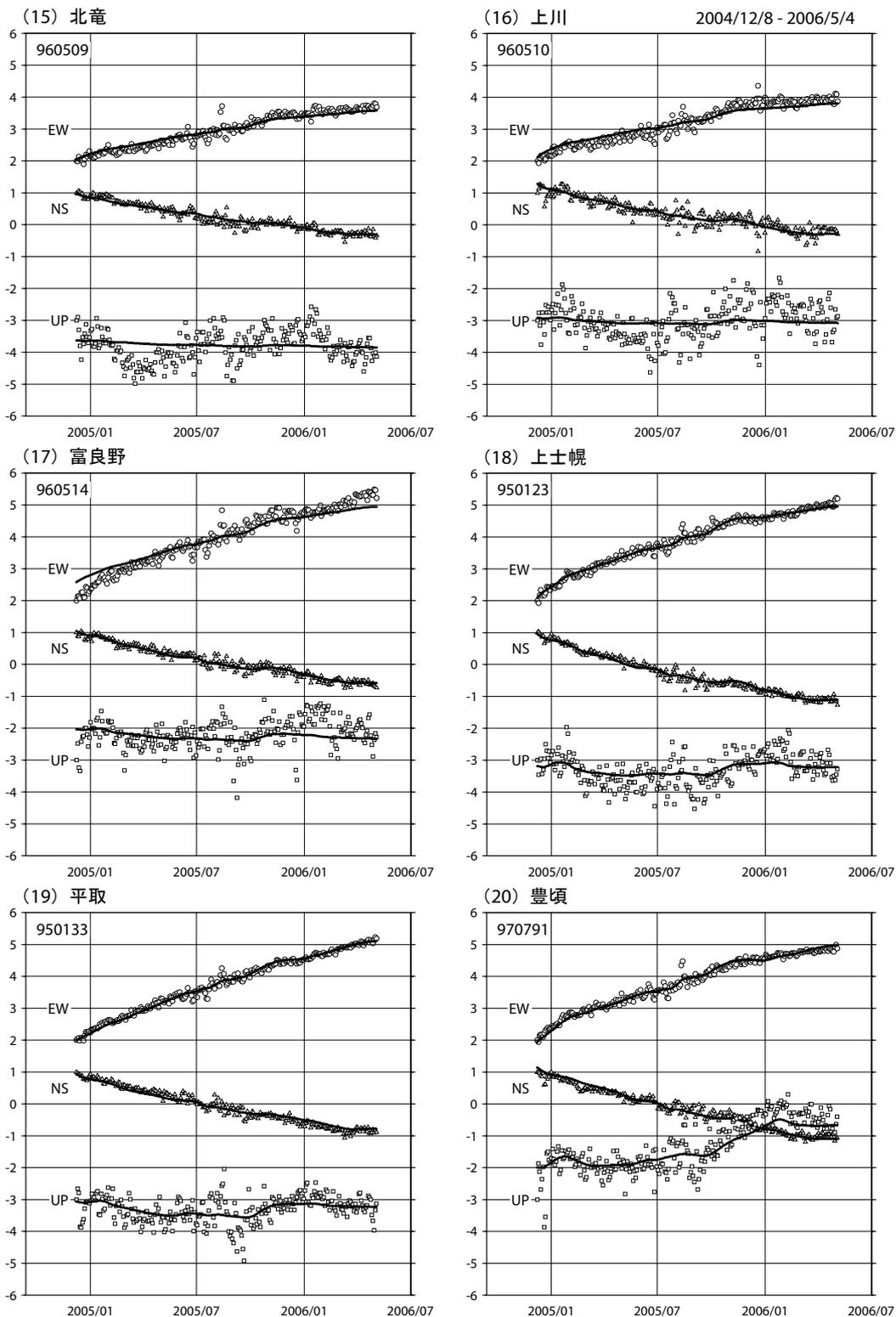
(速度拘束)

第22図～第26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.22-Fig.26 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the of-Kushiro earthquake (2004)

2004年釧路沖の地震以降の観測値と計算値の比較 時系列 (4)

岩崎固定

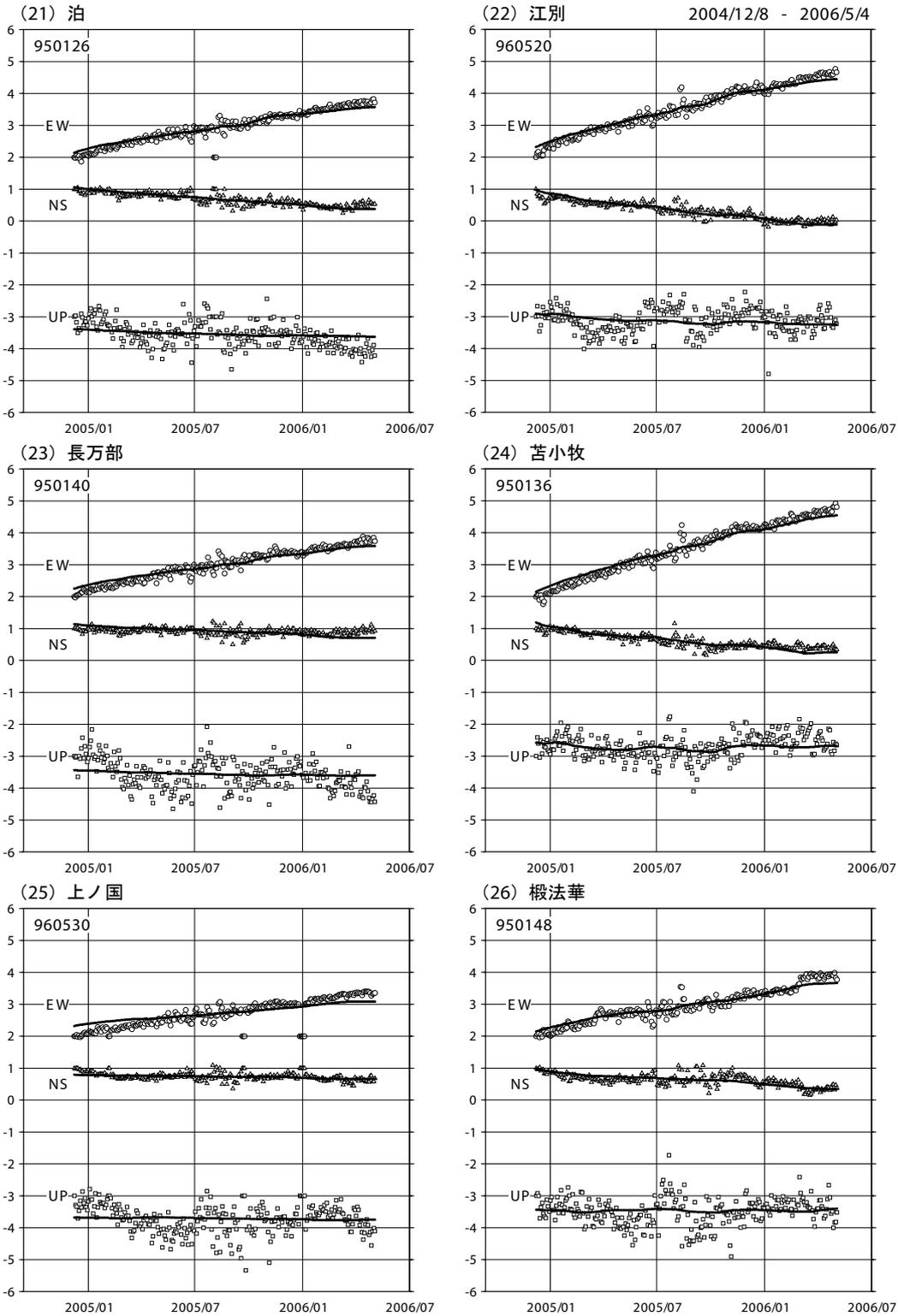


(速度拘束)

第22図～第26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.22-Fig.26 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the of-Kushiro earthquake (2004)

2004年釧路沖の地震以降の観測値と計算値の比較 時系列 (5)
岩崎固定



(速度拘束)

第22図～第26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.22-Fig.26 Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the of-Kushiro earthquake (2004)