２－７　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・年周・半年周を補正後の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を見ることができる．

［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，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．

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～ 16 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 10 ～ 13 図は，2004 年 12 月以降の推定すべり分布と観測値と計算値の比較を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すべりの領域が，次第に広がりながら小さくなり，第11図3段目（7）の2005年12～2006年2月頃には，釧路沖のすべりはほとんどなくなった．

第11図の3段目（7）の2005年12月～2006年2月や，下段（8）の2006年2～4月では，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12図の（9）以降最新の（14）まで十勝沖でのすべりが推定されており，現在も余効すべりが継続していると考えられる．ただし，最新の（14）の十勝沖のすべり量は小さい．

第14～16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．

［千島列島の地震の影響　北海道］

第17図は，2006年11月15日に発生した千島列島の地震の影響を補正する前と補正した後でどの程度結果に差があるかを示した図である．地震補正なしでは，深部領域に南東方向のすべりが推定されているが，地震時の補正を行うことで，深部領域でのすべりは推定されなくなった．なお，地震時の補正は水平変動のみで，上下変動は明瞭な変動が見られなかったため補正をしていない．

第18～19図は，2006年11月15日の千島列島の地震（または千島列島東方の地震）と2007年1月13日の千島列島の地震による地殻変動が，震源から500km以上離れた北海道で観測されたかどうかを確かめるための図である．

第18図の左列にGPSで観測された水平ベクトルを，右列に矩形断層モデルから計算した水平ベクトルを示した．上段の2006年の地震では，モデルと同様の変動が見られるが，下段の2007年の地震ではシグナルがノイズレベル以下のため見えない．

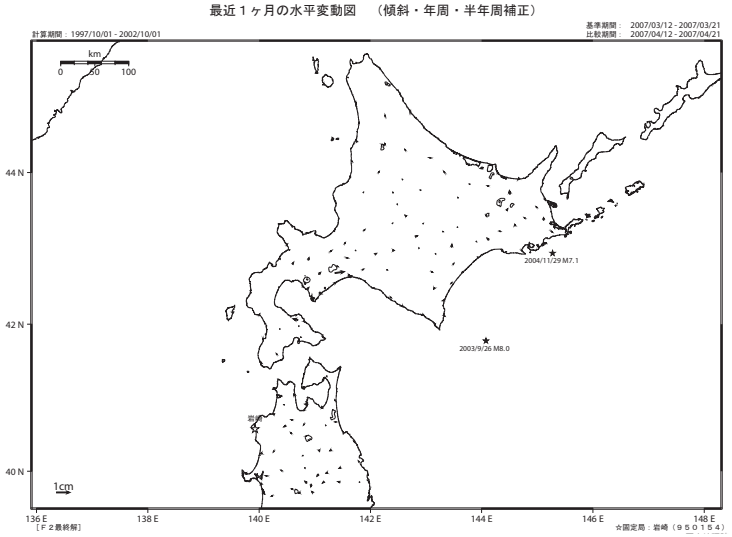
第19図のGPS基線成分変化時系列では，最上段の稚内３，興部（おこっぺ）の東西成分に2006年11月15日に飛びが見られるが，2007年1月13日には飛びは見られない．

第20図は，国土地理院の11箇所の験潮場で観測された2007年1月13日の千島列島の地震の潮位記録である．

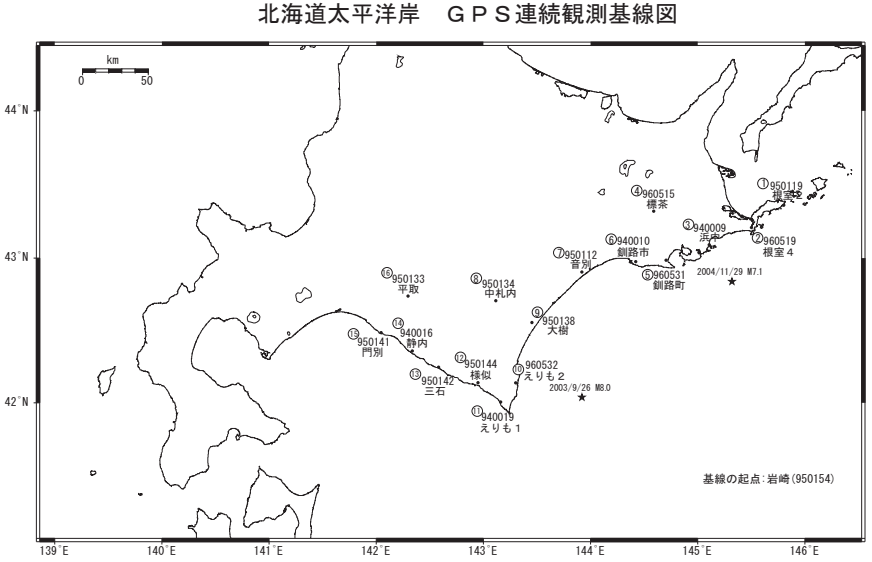
参　考　文　献

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.
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.

第１図 a　北海道地方の非定常地殻水平変動（2007 年 1 月～ 4 月）
Fig.1a　Horizontal crustal movement in Hokkaido after removing the linear trend and one year cycle and half-year cycle variation components. (January 2007 to April 2007)



第１図 b　北海道地方の非定常地殻水平変動（2007 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 2007 to April 2007)

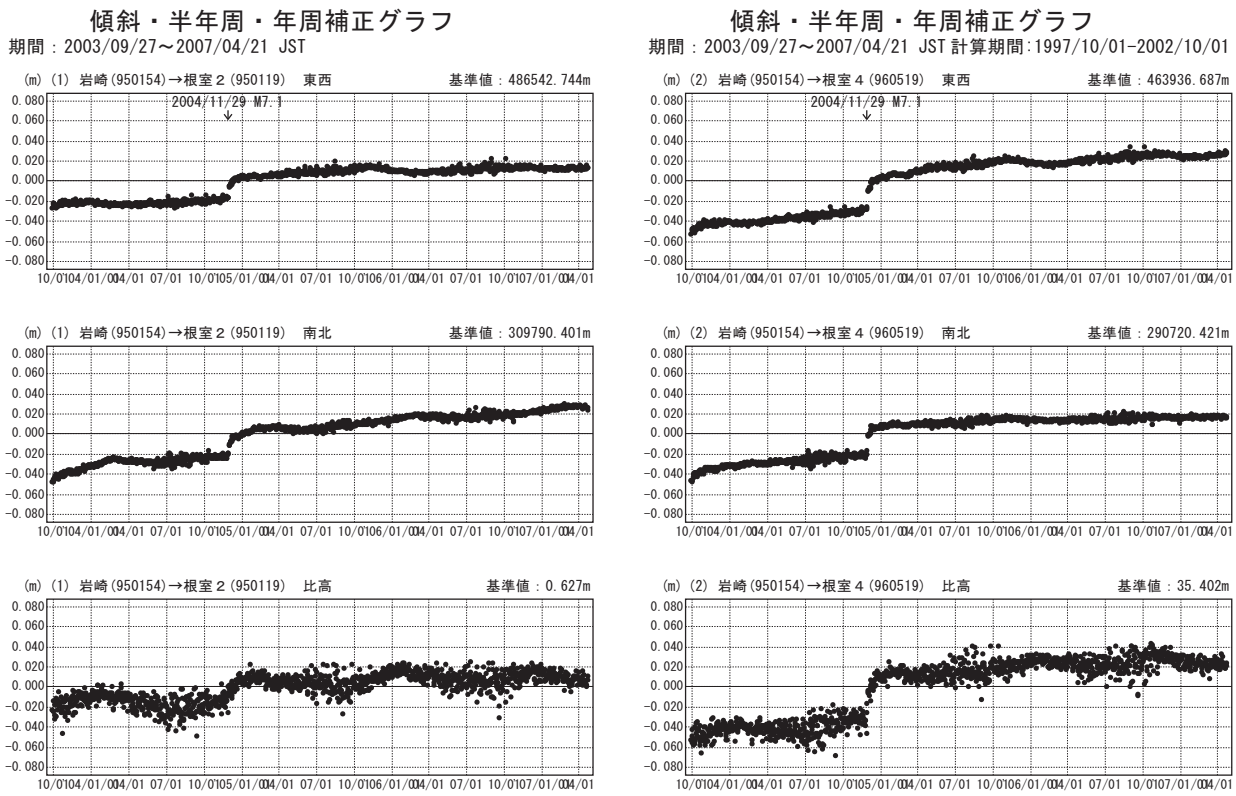


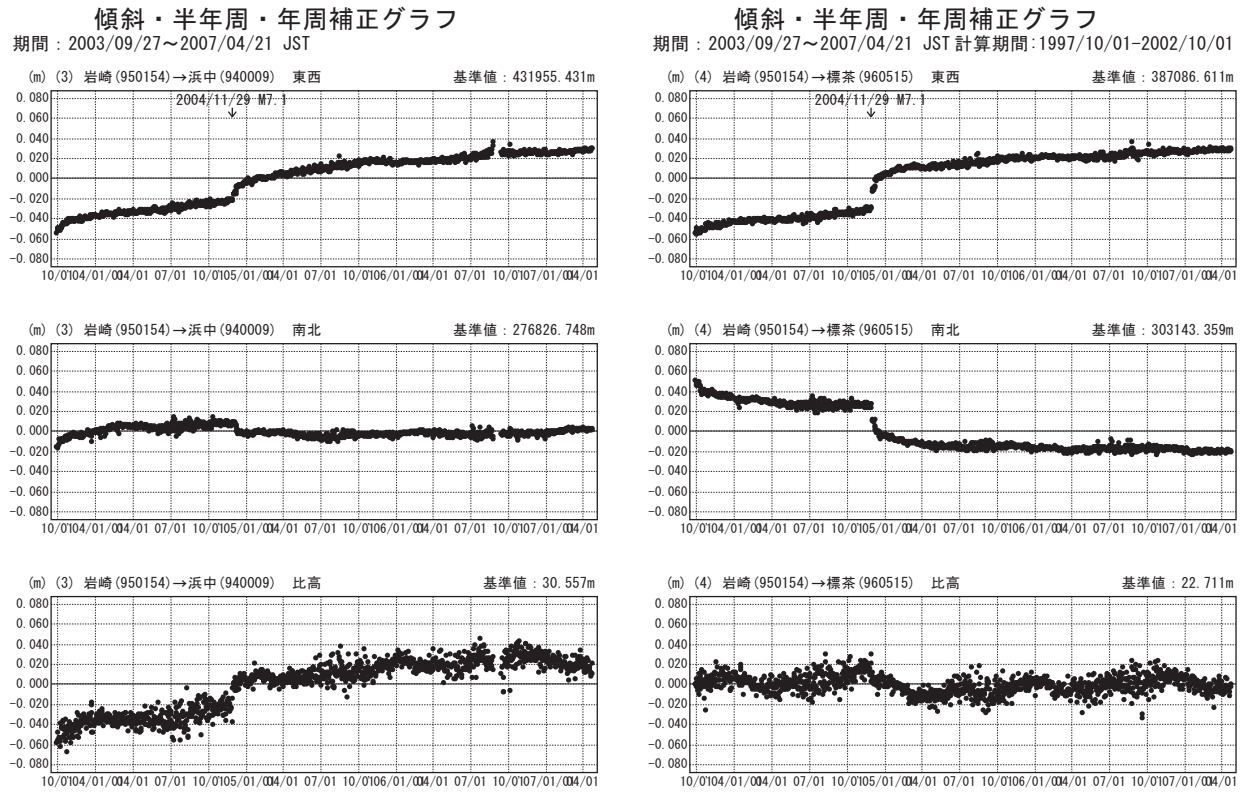
観測局情報

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。

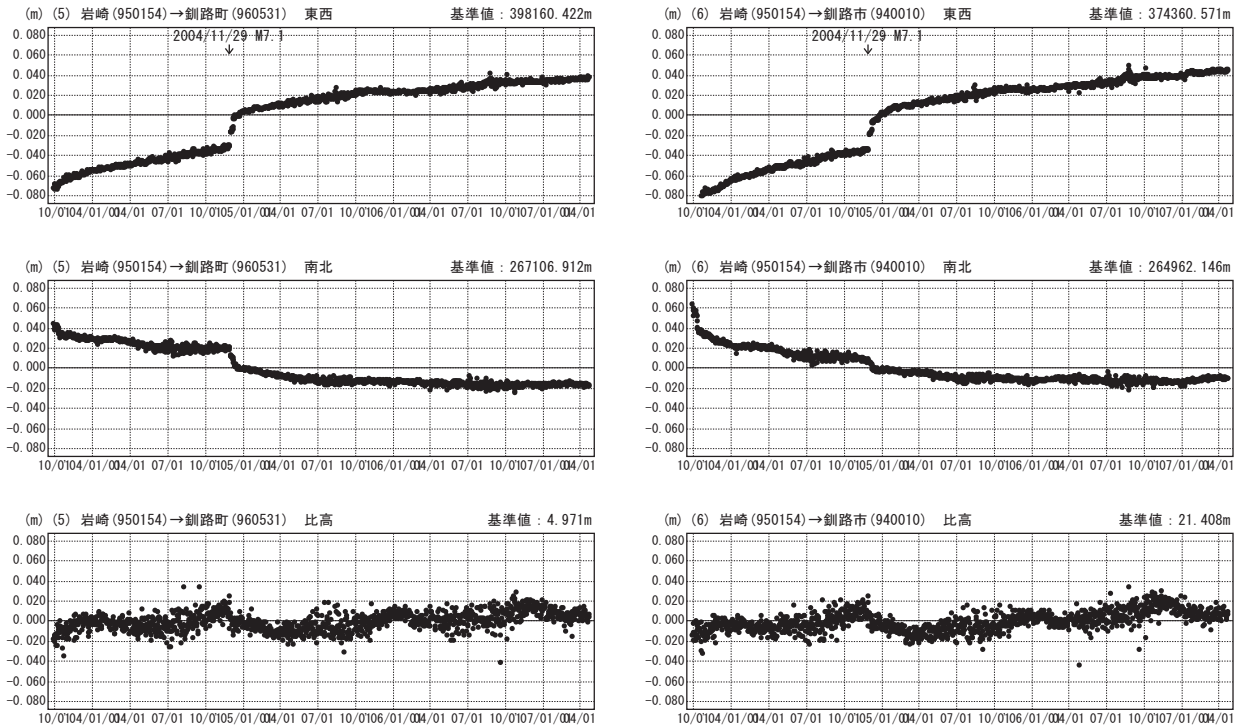
第２図　北海道地方東部・太平洋岸における GPS 連続観測結果：（観測点配置図・保守状況）
Fig. 2　Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: Site location map and records of the maintenance of those sites



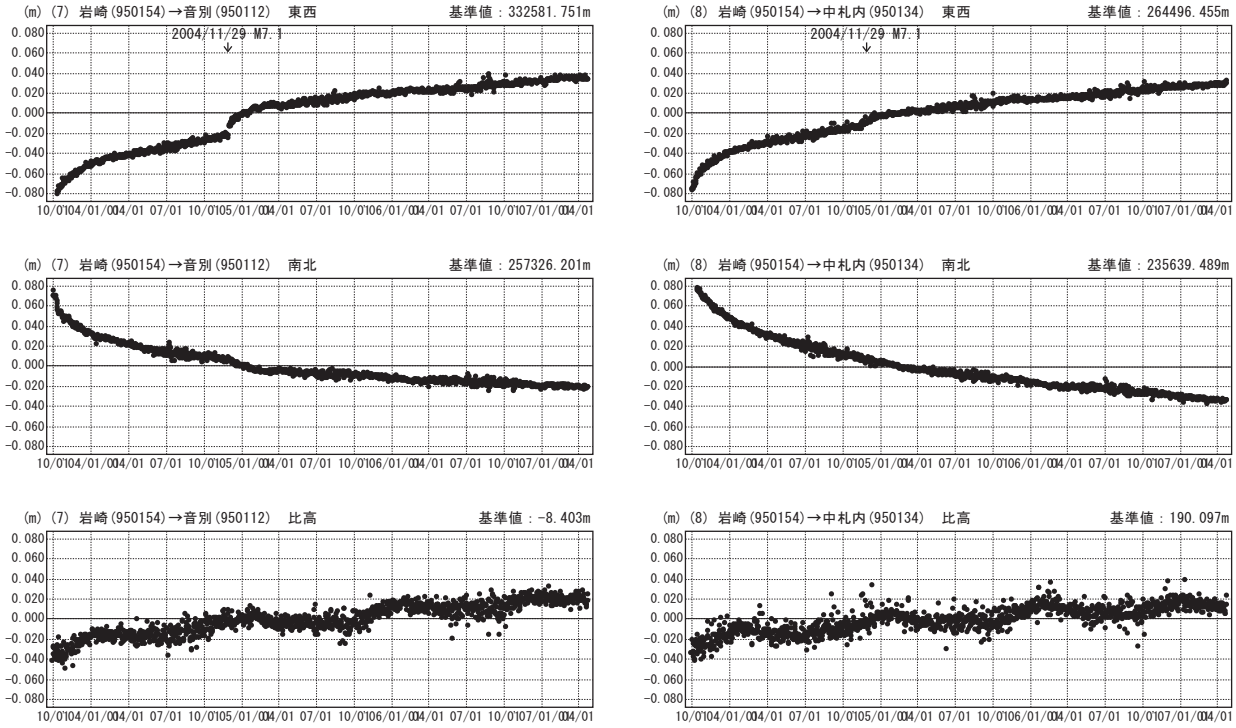


第３図　北海道地方東部・太平洋岸における GPS 連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド・年周・半年周成分を除去した時系列

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)



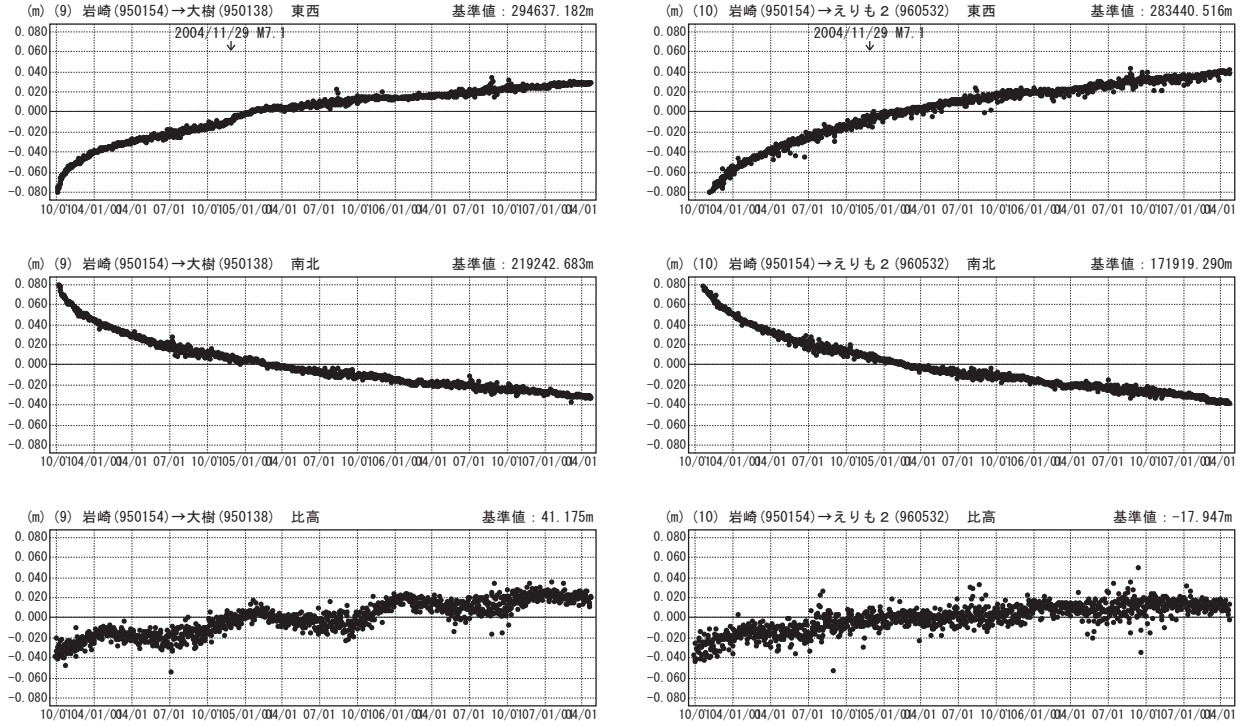
●---[F2:最終解]



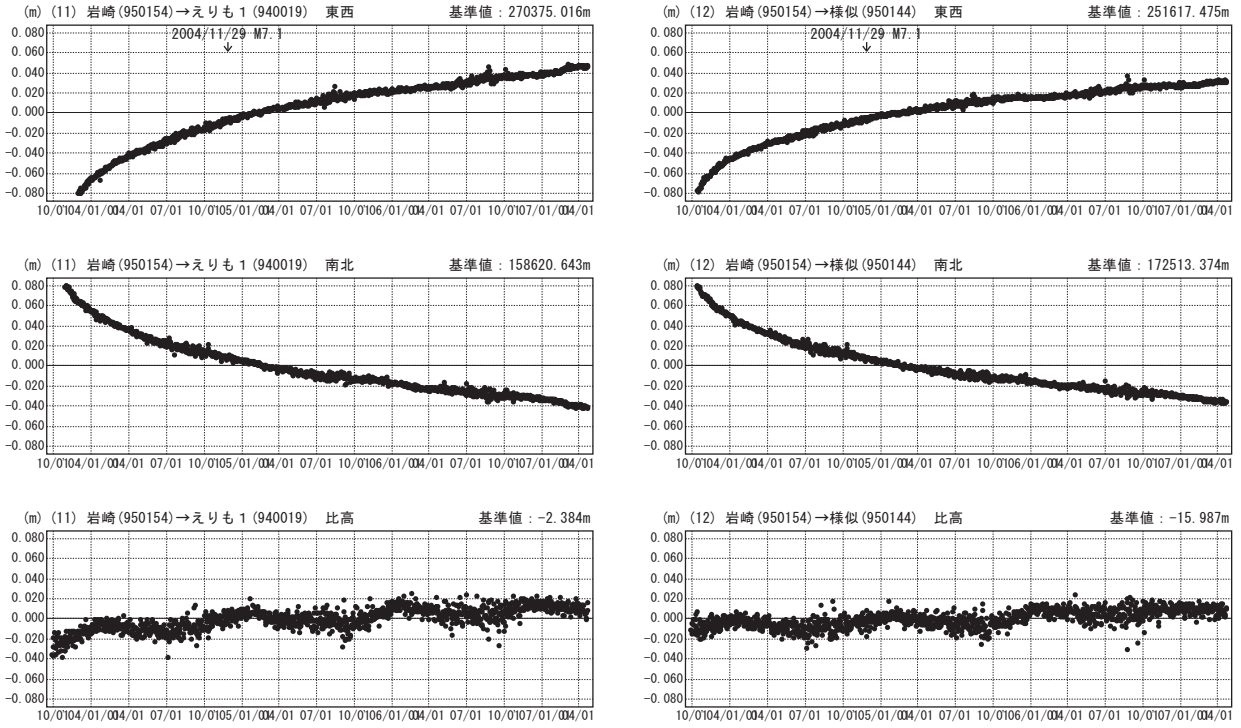
●---[F2:最終解]

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・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)



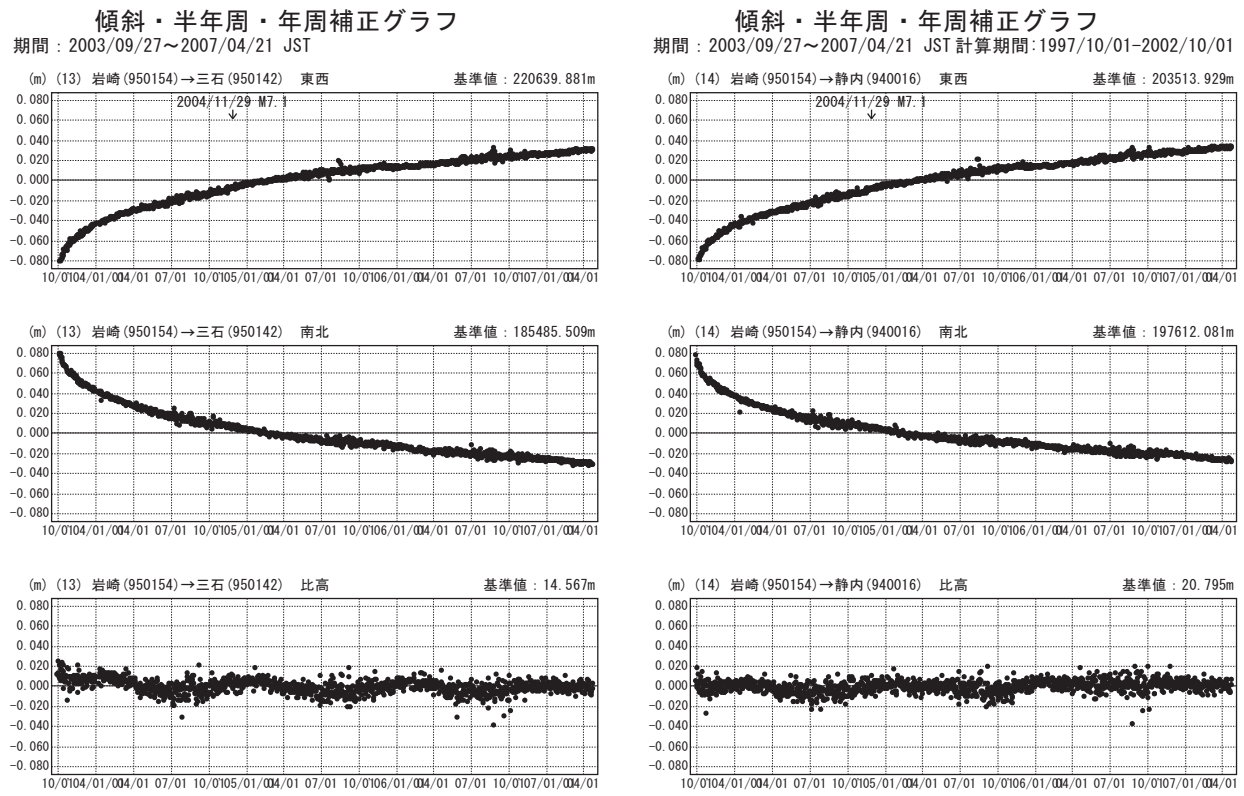
●---[F2:最終解]

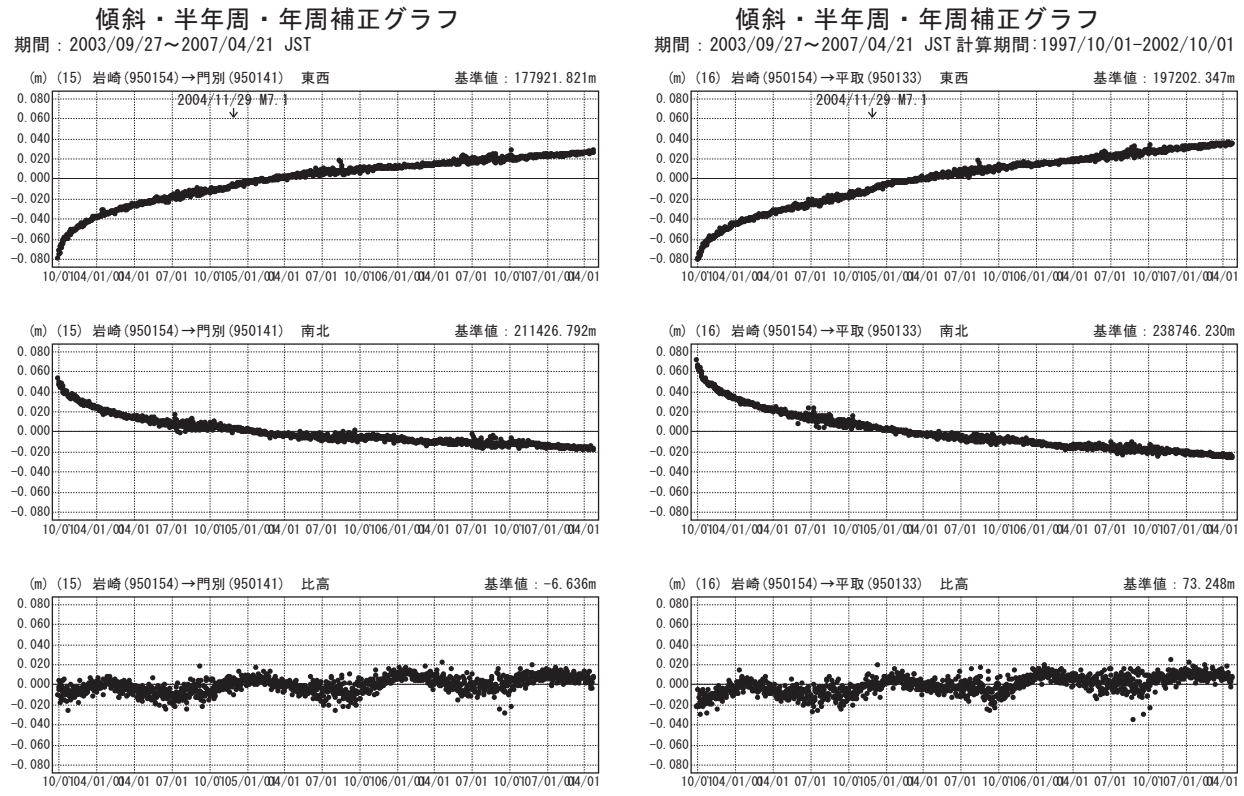


●---[F2:最終解]

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・年周・半年周成分を除去した時系列

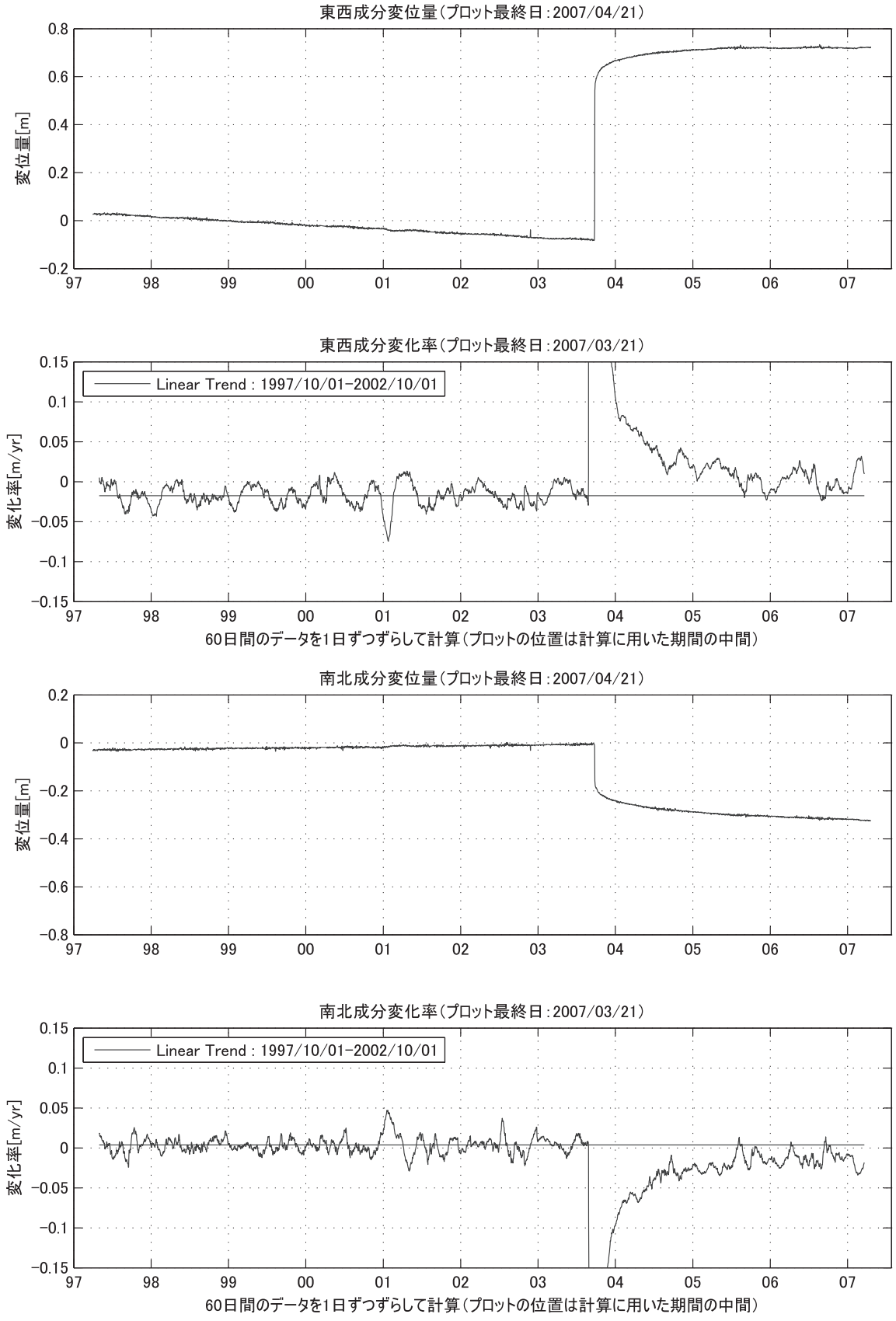
Fig.5　Results of Continuous GPS Measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend and one year cycle and half year cycle components referred to Iwasaki) (3/4)





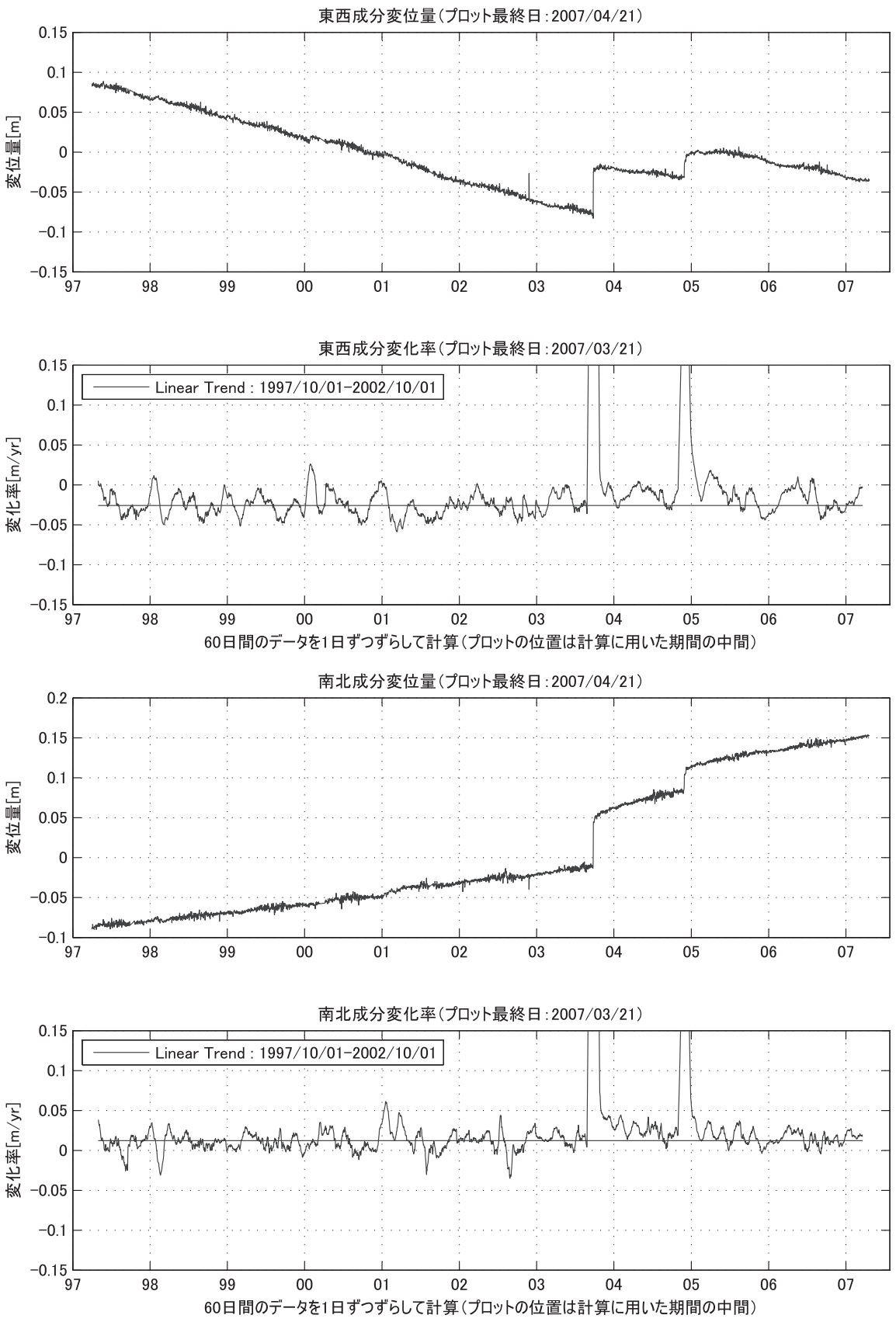
第6図　北海道地方東部・太平洋岸における GPS 連続観測結果：固定点岩崎に対するトレンド・年周・半年周成分を除去した時系列

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)



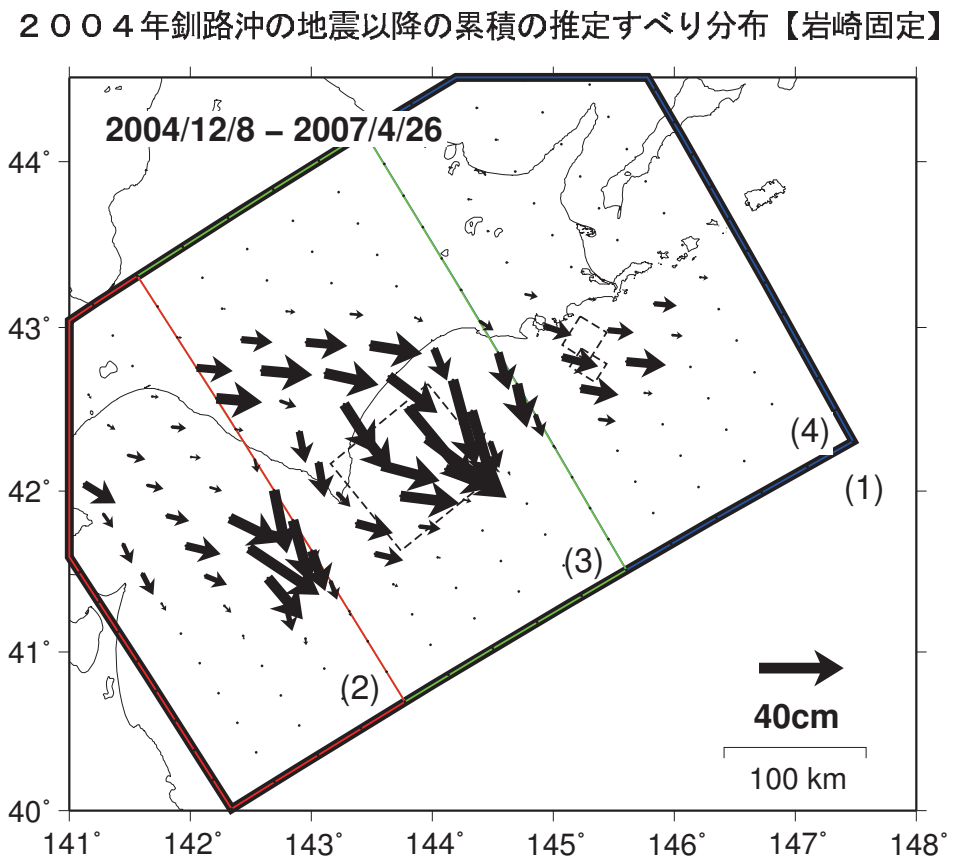
変化率グラフの補助直線は［linear trend］で与えられた期間のデータから推定される傾斜・年周・半年周成分のうち傾斜成分値を示す。

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）



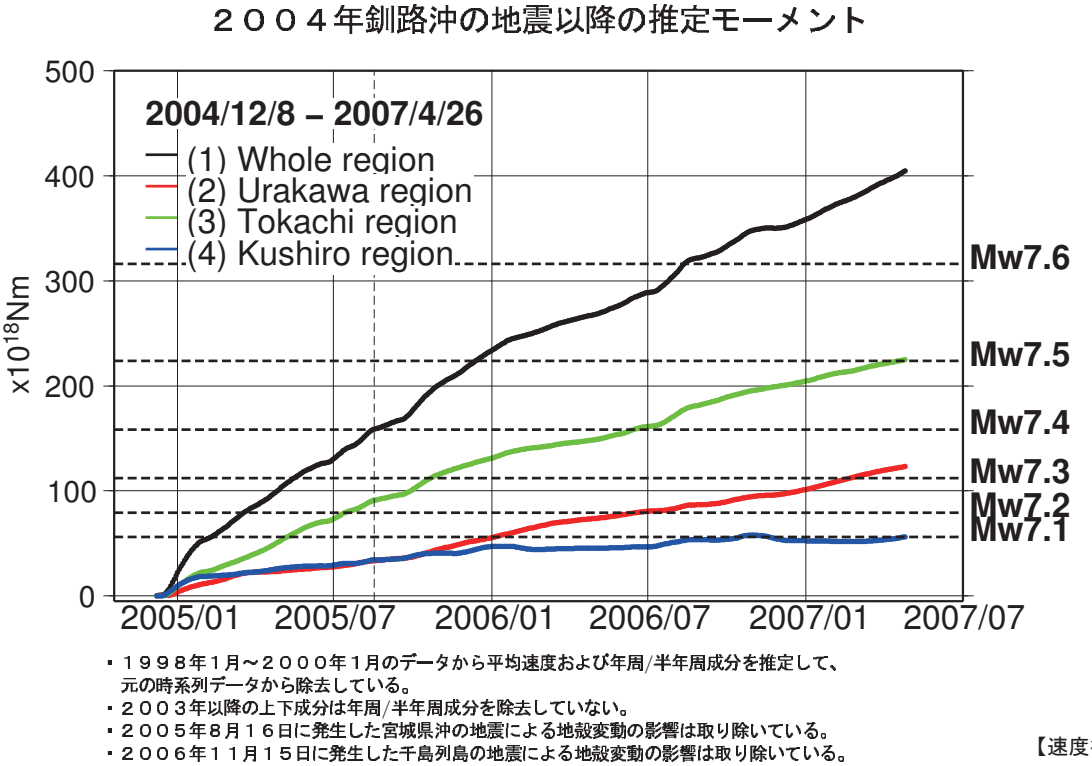
変化率グラフの補助直線は［linear trend］で与えられた期間のデータから推定される傾斜・年周・半年周成分のうち傾斜成分値を示す。

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）



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)



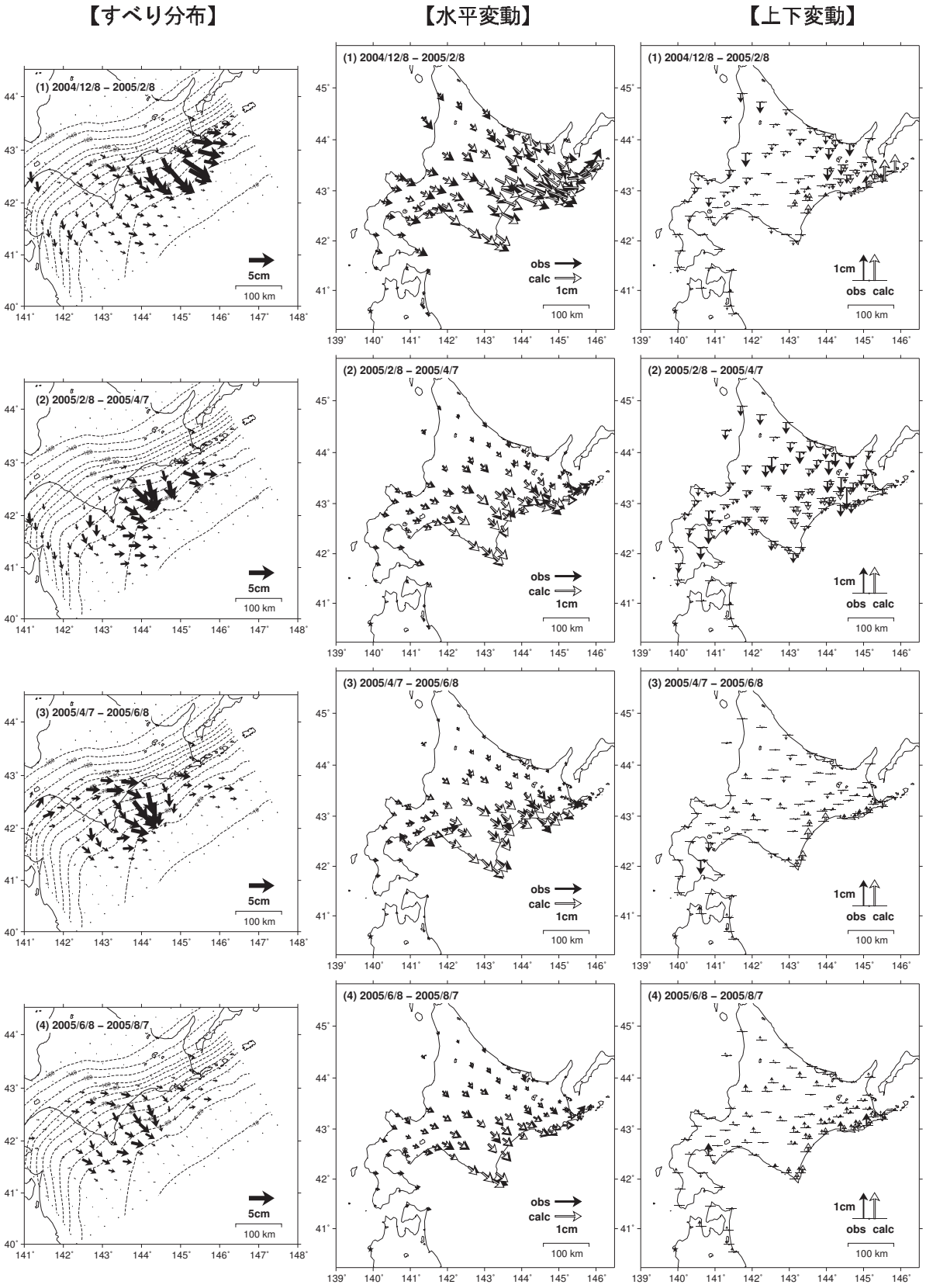
・１９９８年１月～２０００年１月のデータから平均速度および年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去している。
・２００３年以降の上下成分は年周/半年周成分を除去していない。
・２００５年８月１６日に発生した宮城県沖の地震による地殻変動の影響は取り除いている。
・２００６年１１月１５日に発生した千島列島の地震による地殻変動の影響は取り除いている。

【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)

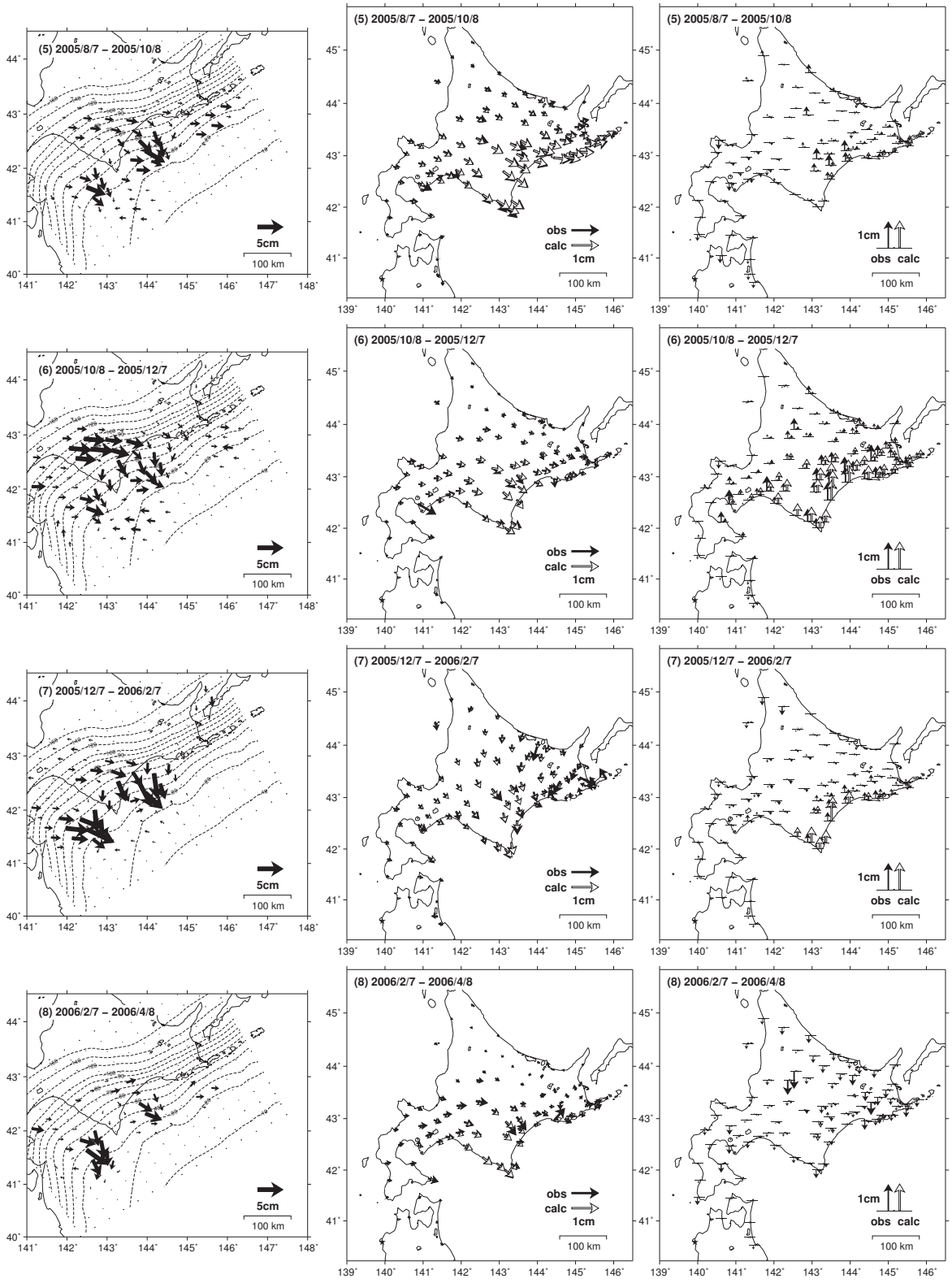
２００４年釧路沖の地震以降の２ヶ月ごとの推定すべり分布および観測値と計算値の比較（１）【岩崎固定】



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 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.10　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. (1/4)

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】

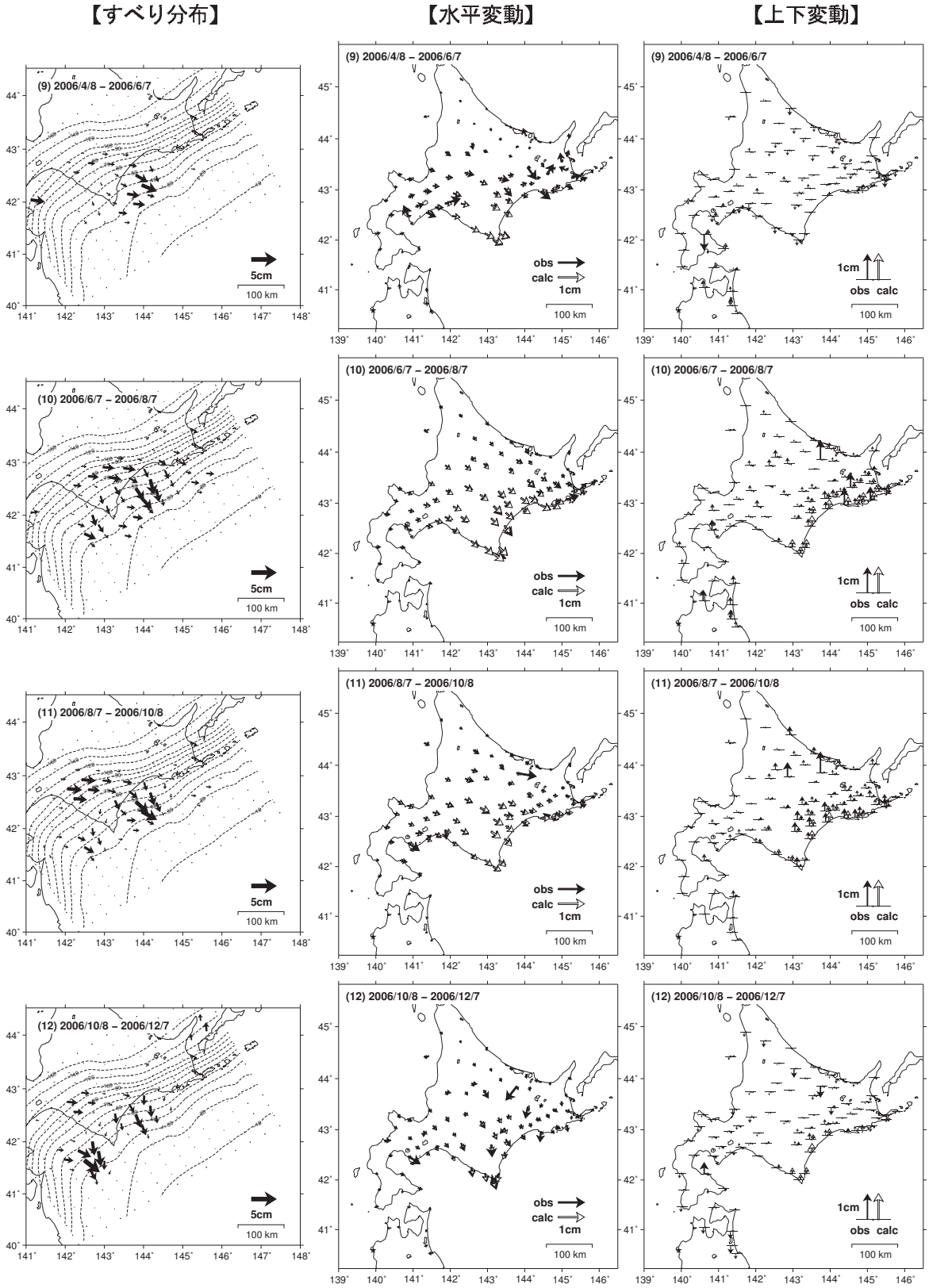


・（５）は、２００５年８月１６日に発生した宮城県沖の地震による地殻変動の影響は取り除いている。　【速度拘束】

第 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 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.11　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. (2/4)

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】



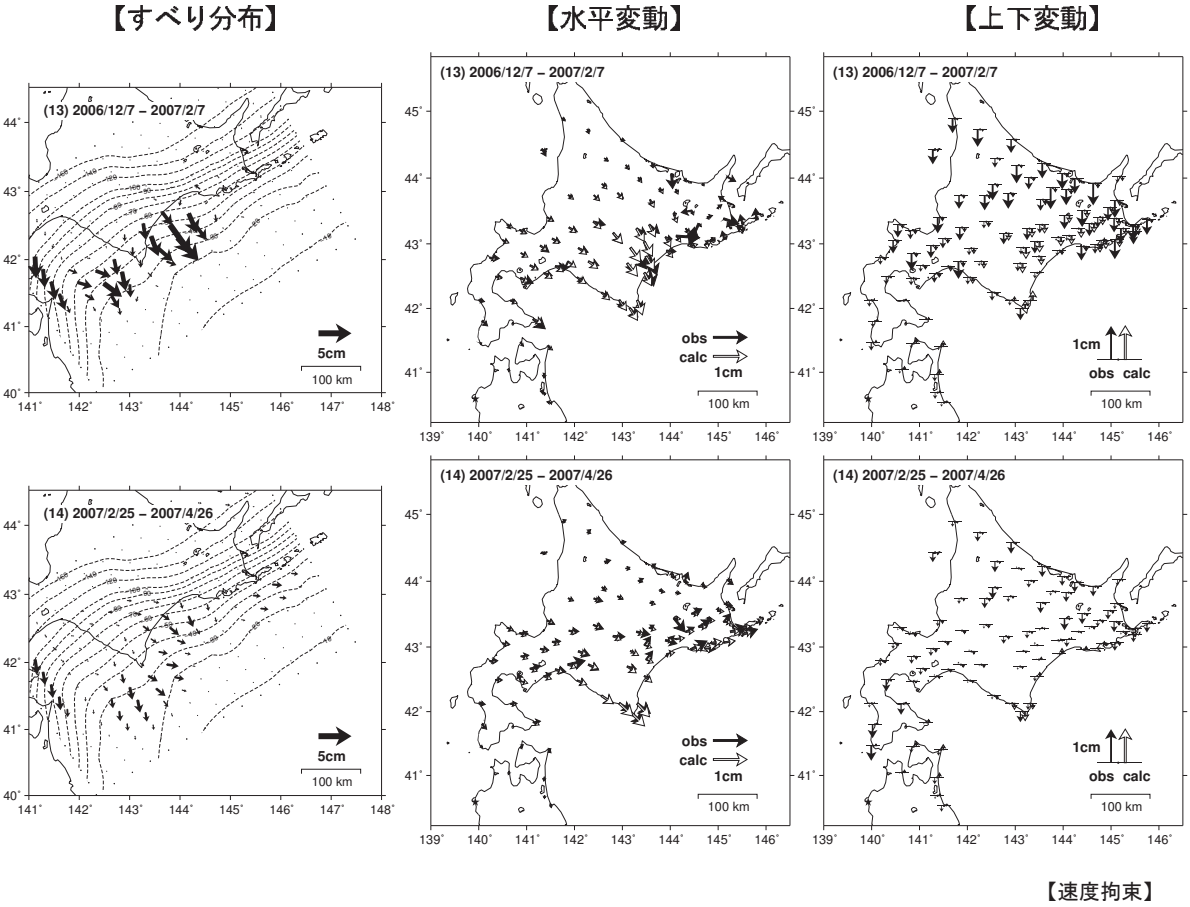
▪（１２）は、２００６年１１月１５日に発生した千島列島の地震による地殻変動の影響は取り除いている。

【速度拘束】

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 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.12　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. (3/4)

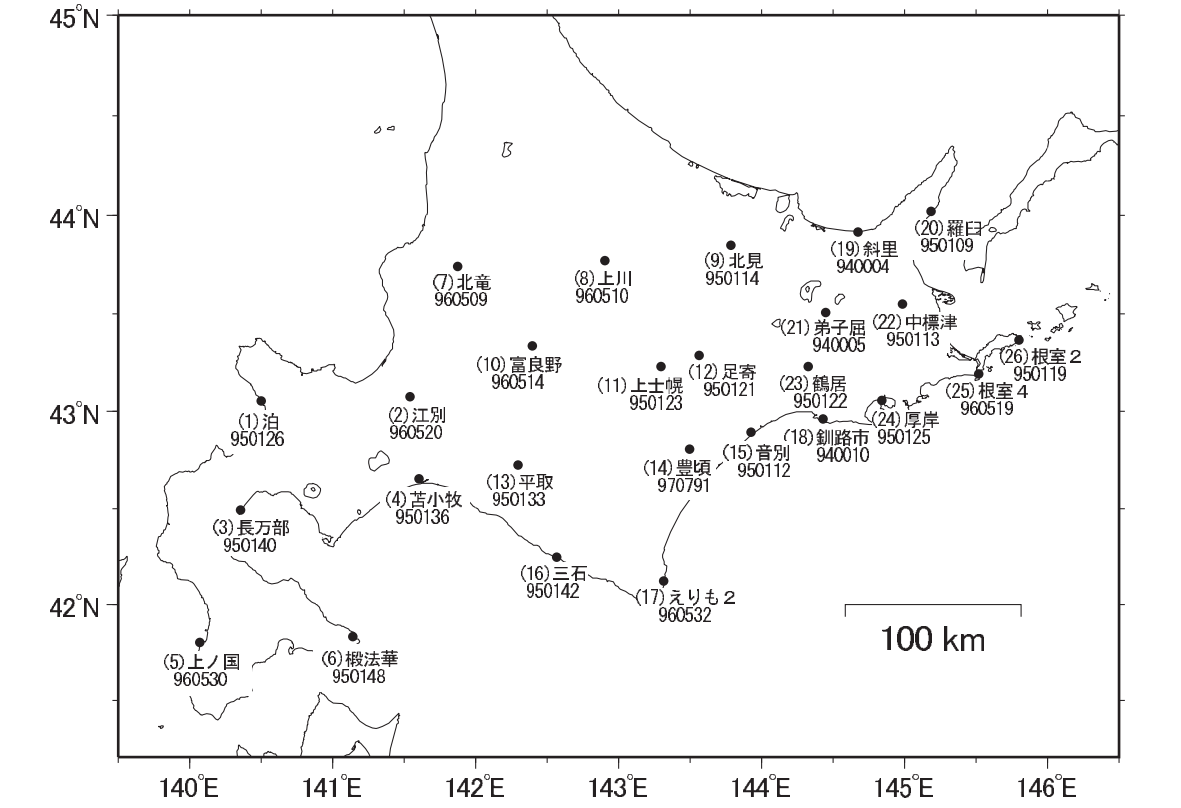
２００４年釧路沖の地震以降の２ヶ月ごとの推定すべり分布および観測値と計算値の比較（４）【岩崎固定】



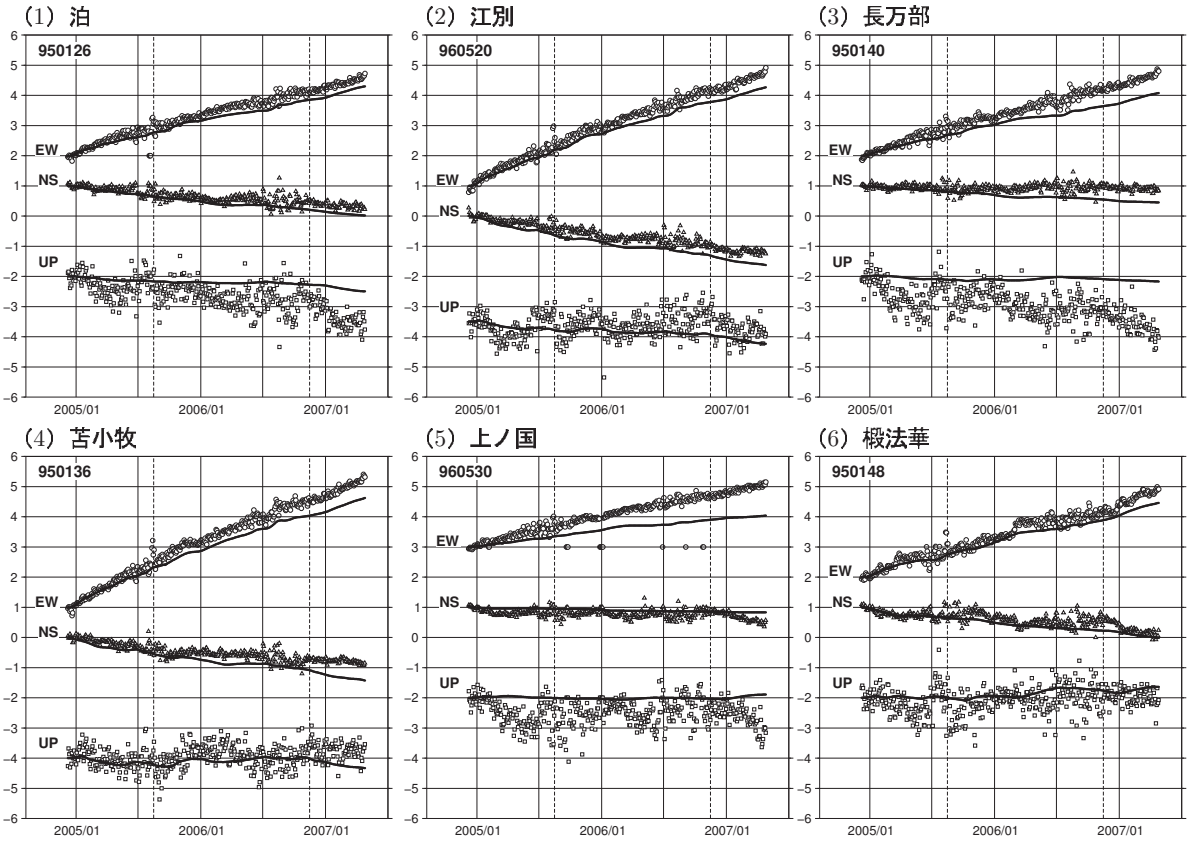
第 13 図　時間発展インバージョンにより推定した 2004 年 12 月 6 日の釧路沖地震以降における 2 ヶ月毎の北海道東部におけるプレート間滑り分布および観測値と計算値の比較

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. (4/4)

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 – 2007/4/26



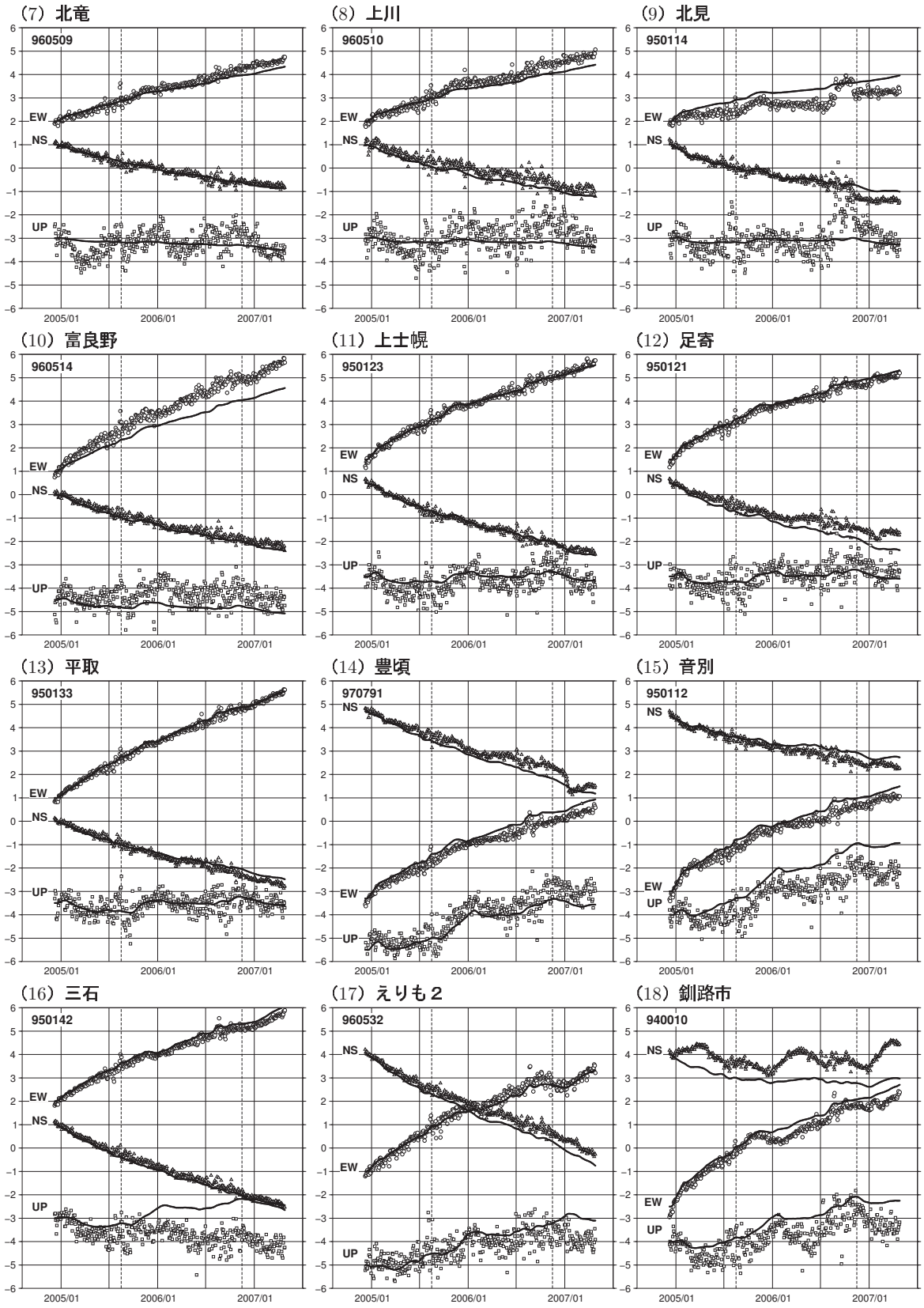
・点線はそれぞれ２００５年８月１６日宮城県沖の地震、２００６年１１月１５日千島列島の地震の発生日で、
地震時の地殻変動は取り除いている。

【速度拘束】

第 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. (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 – 2007/4/26



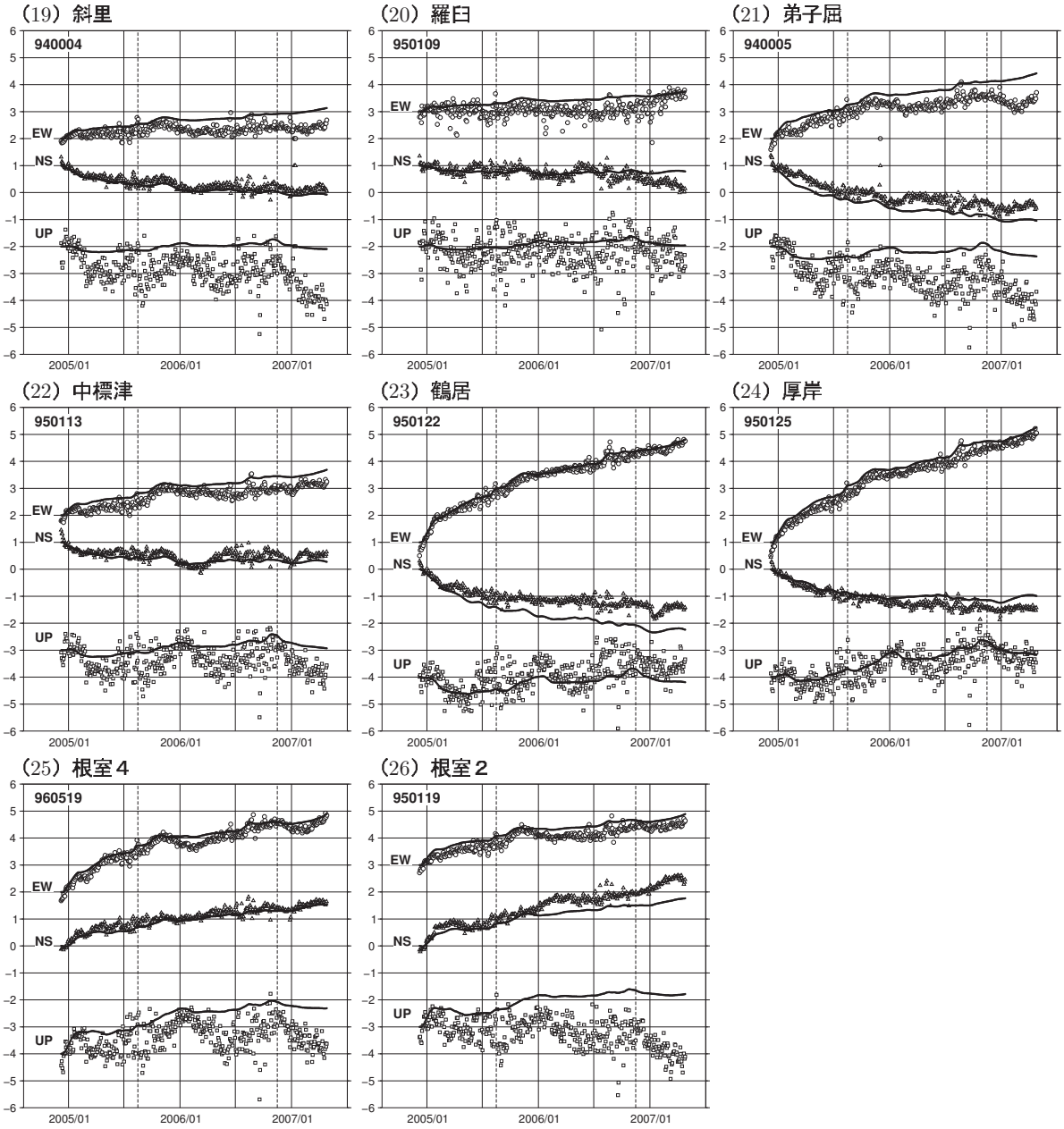
・点線はそれぞれ２００５年８月１６日宮城県沖の地震、２００６年１１月１５日千島列島の地震の発生日で、地震時の地殻変動は取り除いている。

【速度拘束】

第 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. (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 – 2007/4/26



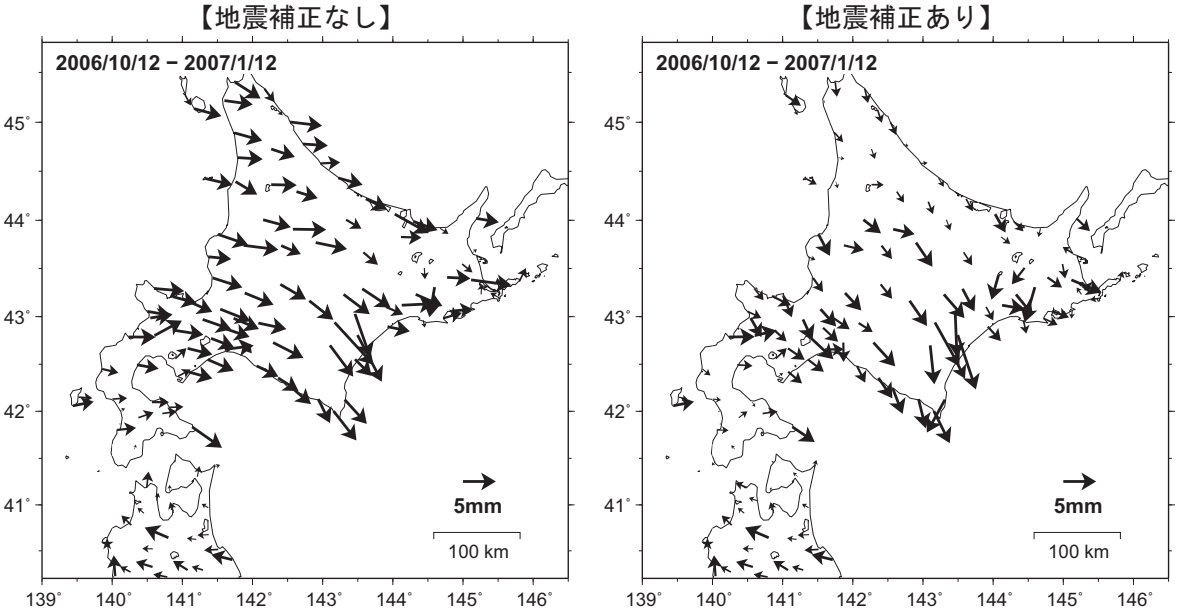
・点線はそれぞれ２００５年８月１６日宮城県沖の地震、２００６年１１月１５日千島列島の地震の発生日で、
地震時の地殻変動は取り除いている。

【速度拘束】

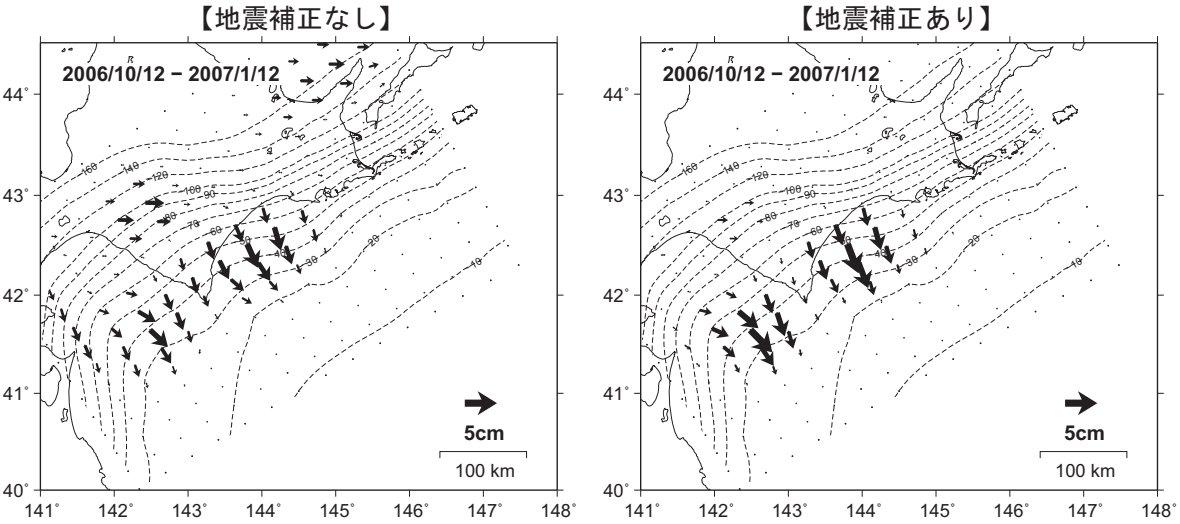
第 16 図　2004 年釧路沖の地震以降における観測された非定常地殻変動とモデルによる計算値とを比較した時系列
Fig.16　Time series of observed crustal movement compared with estimated movement by the slow slip model after the 2004 off-Kushiro earthquake. (3/3)

２００４釧路沖の地震以降の推定すべり分布における
２００６年１１月１５日千島列島の地震の影響について

１.非定常地殻変動



２.推定すべり分布

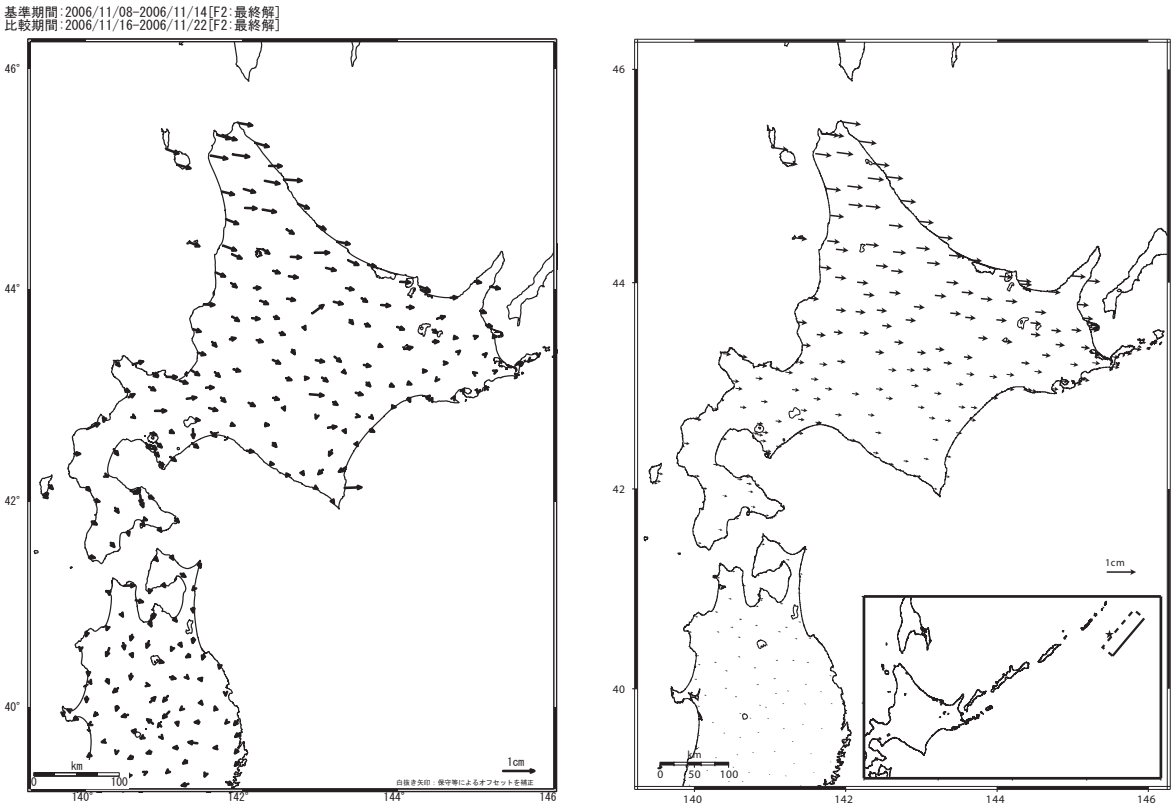


【岩崎固定】【速度拘束】

第 17 図　2004 年 12 月 6 日の釧路沖の地震以降の推定すべり分布における 2006 年 11 月 15 日千島列島の地震の影響について

Fig.17　The effect of the Kuril Islands earthquake of 15 November 2006 on slip distribution after the off-Kushiro earthquake of 6 December 2004.

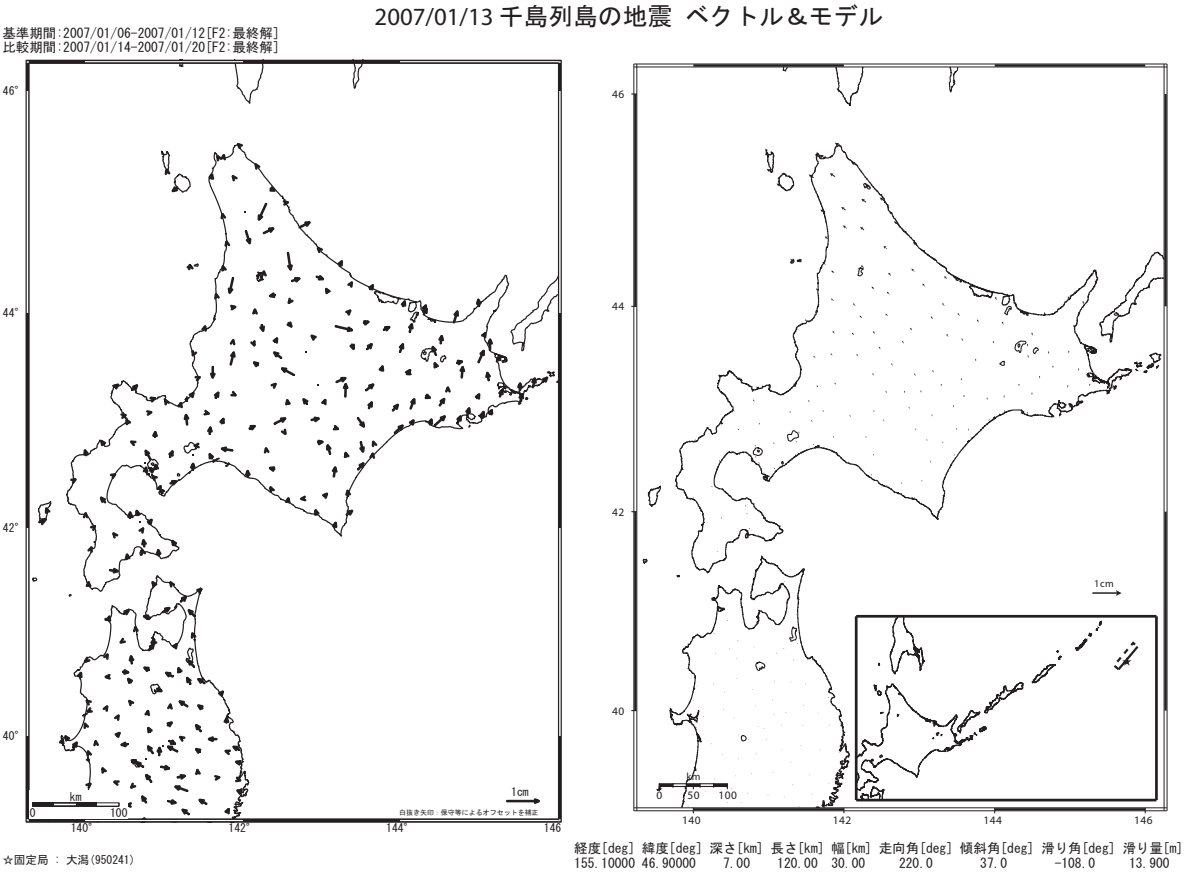
2006/11/15 千島列島の地震 ベクトル＆モデル



経度[deg]	緯度[deg]	深さ[km]	長さ[km]	幅[km]	走向角[deg]	傾斜角[deg]	滑り角[deg]	滑り量[m]	Mw
155.10000	47.20000	30.00	200.00	60.00	220.0	25.0	96.0	6.000	8.3

断層モデルのパラメータはEIC地震学ノートNo.183、位置は同資料の読み取りによる。

2007/01/13 千島列島の地震 ベクトル＆モデル



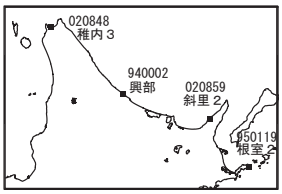
経度[deg]	緯度[deg]	深さ[km]	長さ[km]	幅[km]	走向角[deg]	傾斜角[deg]	滑り角[deg]	滑り量[m]	Mw
155.10000	46.90000	7.00	120.00	30.00	220.0	37.0	-108.0	13.900	8.2

断層モデルのパラメータはEIC地震学ノートNo.184、位置は同資料の読み取りによる。

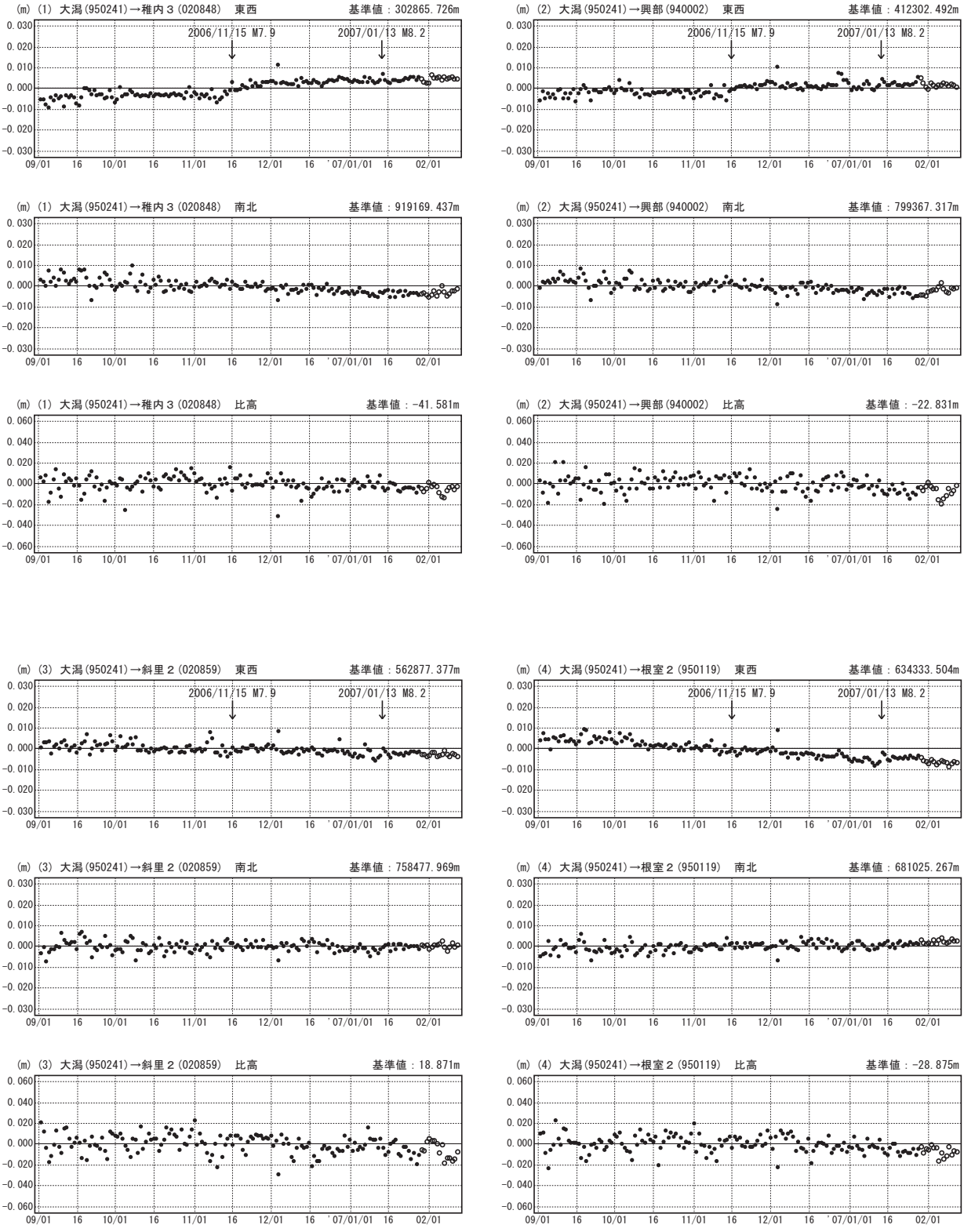
第 18 図　2006 年 11 月 15 日の千島列島の地震と 2007 年 1 月 13 日の千島列島の地震に伴う地殻変動ベクトル水平成分の観測値とモデル計算値の比較

Fig.18　Comparison of horizontal displacement vectors between GPS measurement and calculation from fault model in the Kuril Islands earthquake of 15 November 2006 and the Kuril Islands earthquake of 13 January 2007.

千島列島の地震 基線成分変化グラフ



期間：2006/09/01～2007/02/11 JST

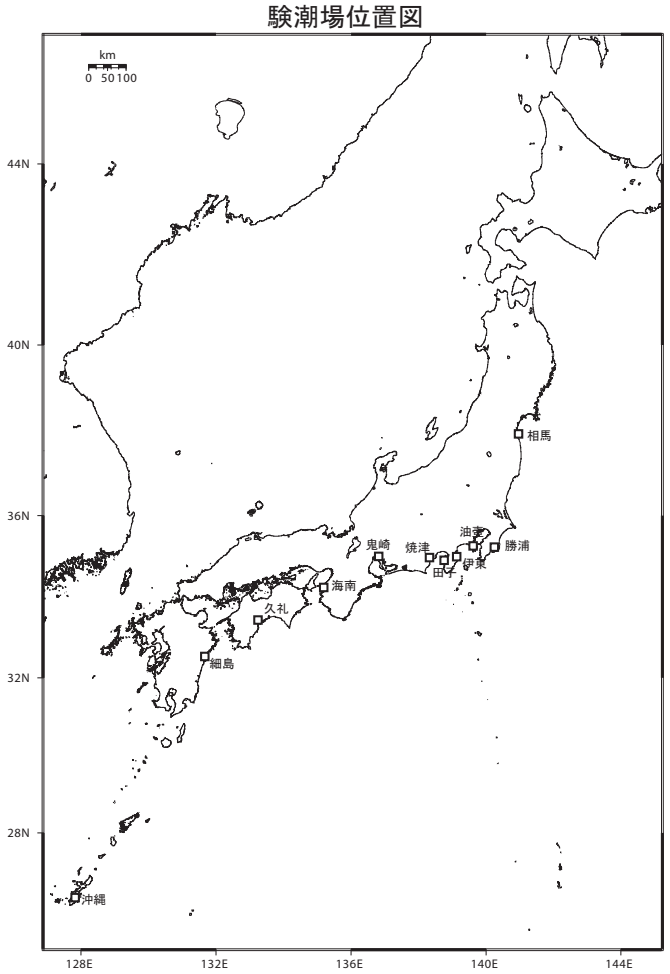


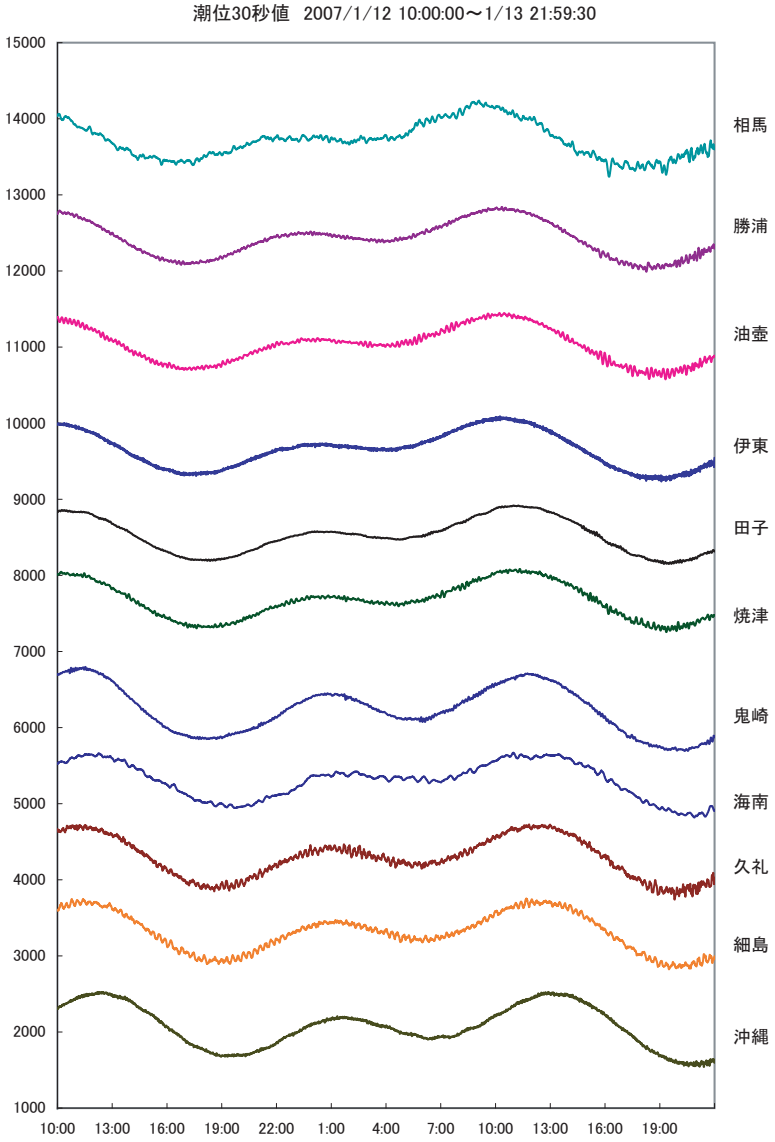
● ---[F2:最終解] ○ ---[R2:速報解]

第19図 2006年11月15日の千島列島の地震と2007年1月13日の千島列島の地震前後のGPS連続観測基線成分変化グラフ

Fig.19 GPS time series before and after the Kuril Islands earthquake of 15 November 2006 and the Kuril Islands earthquake of 13 January 2007.

国土地理院験潮場で観測された
2007年1月13日13時24頃の千島列島の地震(M8.2)後の潮位記録





第 20 図　国土地理院験潮場で観測された 2007 年 1 月 13 日 13 時 24 頃の千島列島の地震 (M8.2) 後の潮位記録
Fig.20　Tide level records at GSI's tidal stations before and after the Kuril Islands earthquake of 13 January 2007.