

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1～38図までは北海道地方の地殻変動である。十勝沖地震との関連を中心に図表を作成した。

第1～3図は、北海道地方の水平変動ベクトルである。第1図は定常状態と考えられる1998年～2000年（有珠山噴火以前）の2年間の変動で、千島海溝沿いに太平洋プレートの沈み込みに伴う北西向きの変動ベクトルが見えている。第2図は、2003年9月26日の平成15年(2003年)十勝沖地震に伴う地殻変動で、変動ベクトルのスケールが前図とは異なることに注意されたい。十勝・日高地域では南東向きの大きな水平変動が見られ、また、釧路・根室地域では北東向きのベクトルが見られるが、これはプレート境界の逆断層が沈み込みの方向と反対に滑ったモデルと符合する。右側は上下変動であるが、十勝・日高周辺に沈降の領域が見られる。第3図は、地震後の余効的地殻変動を見たもので、地震後3ヶ月経過しても、まだ本震に伴う変動パターンと似た余効変動がゆっくりと進行している様子が観測されている。

第4～14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十勝沖地震前、1996年4月以来の長期的な地殻変動時系列を示したものである。第4図には、関連する観測点におけるアンテナ交換等の日付を示してある。一部の観測点で上下変動にグラフの曲がりが見られるが、時期的に見るとアンテナ交換の補正が疑わしい。その他では長期的な変動傾向にはあまり変化がないと思われるが、類似観測点の東西成分を見るとここ1年ほど変化が停滞していたようにも見える。第15図～第19図は、地震発生後の余効変動の推移を詳しく見るための時系列グラフである。音別から三石にかけての各点で、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1ヶ月以上続いている様子が見て取れる。第20図は余効変動が最も大きいえりも1観測点の東西成分を拡大したものである。長期的に見ると、現在も余効変動がゆっくり続いているように見える。

第21図は矢吹・松浦の方法で推定した余効滑りで、左から地震後約1ヶ月、約2ヶ月、約3ヶ月の余効変動の状況を示した図である。滑りの領域が本震の滑りが大きかった領域よりも東西に広がっていることが見て取れる。第22図～第23図は、地殻変動から推定した地震時及び地震後のプレート間滑りの状況である。プレートの形状を考慮してプレート境界における滑り量を推定している。

第22図に示した地震時の滑りでは、襟裳岬の東方海上で大きく滑っている領域があることが見て取れる。これは、地震波の解析により示されているアスペリティの位置と一致している。余効滑りは本震時の滑りの大きかった領域よりも東西に広がっていることが見て取れる。また、第22図右下には、余効滑りによるモーメント解放の時系列グラフを示している。既にMw7.7を超え、Mw7.8に迫るモーメント解放量となっている。第23図は、推定されたプレート間滑りから計算される変動ベクトルと観測値を比較したものである。実際の観測値が良く再現できている。第24図は余効変動の時系列モデルである。えりも1観測点の東西成分、南北成分について指数関数と対数関数による減衰のフィットを行った結果、東西成分はほとんど対数関数で説明できるのに対し、南北成分は地震後70-80日前後までは指数関数の一致がよいものの、それ以降は予想される量を超えて滑りが進行しているように見える。これを解釈するには、滑り領域が移動したあるいは滑りの向きが変化したと

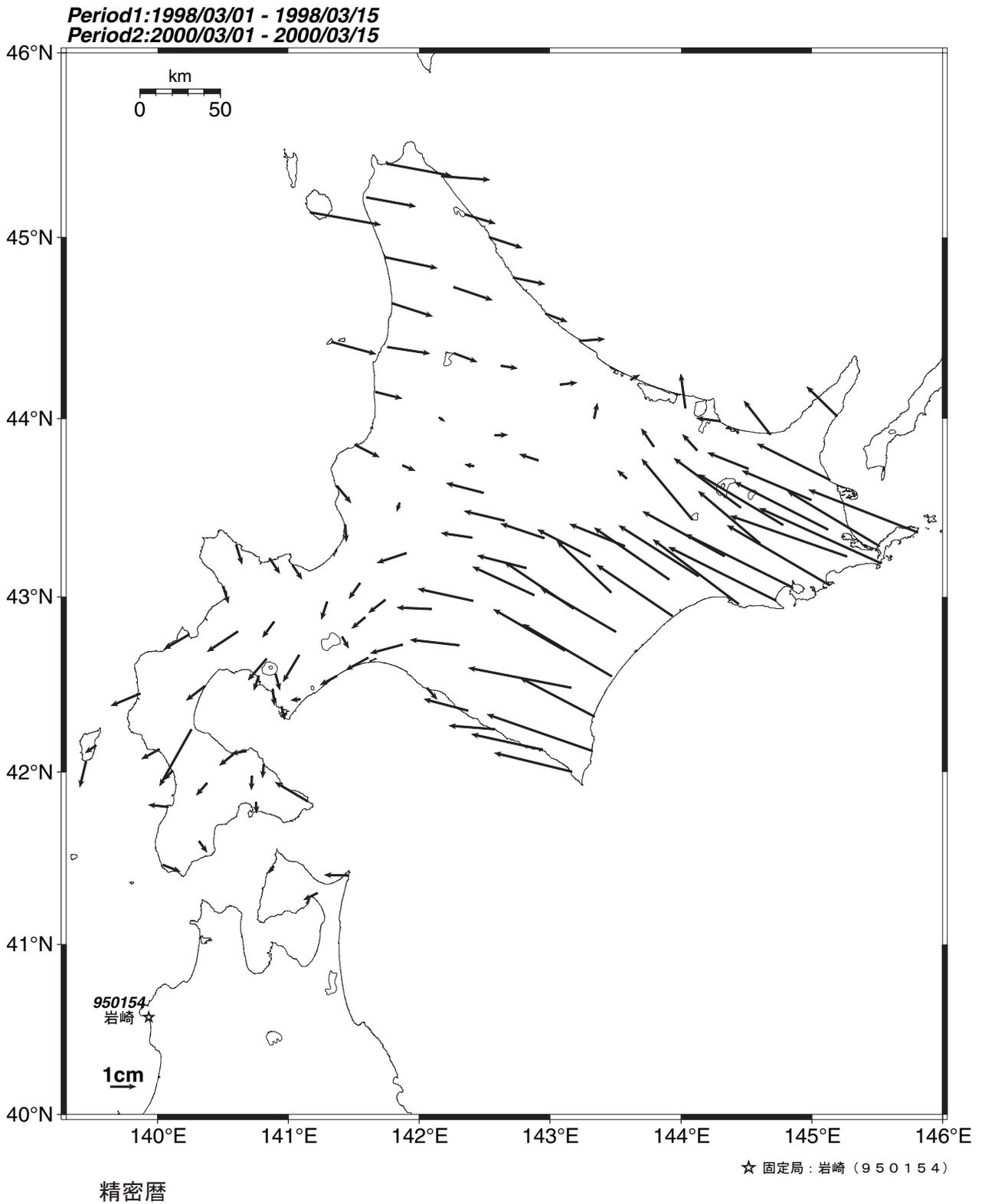
考える必要がある。

第25図は花咲・釧路・浦河・室蘭の験潮場の潮位差時系列である。釧路の隆起、浦河の沈降が確認できる。この傾向は、加藤・津村の方法による解析でも確認できる。北海道地方の験潮場に関する加藤・津村の方法による上下変動時系列は、全国の第19図に掲載されているので参照されたい。第26図はGPS観測による上下変動と、潮位の解析による上下変動の様子を海岸沿いにプロットしたものである。浦河験潮場の沈降量、釧路験潮場の隆起量、ともに周囲のGPS観測結果と整合的である。

第27図～第32図は釧路から十勝・日高地方にかけての水準測量の結果である。第28図は釧路から広尾までの変動で、1990年代初めの前回観測と比較して釧路に対して西側の大樹・広尾が沈降している。第29図は広尾からえりもを通過して紋別に至る区間である。えりも町の区間で、やや沈降量が小さい部分がある。これについては、断層モデルによる計算値と比較したものを第29図に示した。沈降量の絶対値がモデルの方が大きめに出ているが、路線の向きが変わるこのあたりで沈降量が停滞する傾向は計算と観測で一致がみられる。水準測量が地震前の変動も含んでいること、単純な矩形断層でモデルを与えたことなどが沈降量の違いになっている可能性がある。第30図～第31図は豊頃から清水町までと池田町までの内陸の路線での観測結果である。局所的に大きな沈下が見られるのは、泥炭地等における地盤沈下の影響と見られる。第32図は襟裳岬周辺の2等水準路線の観測結果である。前回観測が約30年前のもので、地震間の変動と地震時の変動の分離ができないが、先端部で相対的に隆起しているように見える。

第33図～第35図には今年度観測が行われた北海道北部地方の高度基準点測量の結果から求めた地殻水平歪みを示した。観測は全て十勝沖地震発生前（9月26日以前）に行われたので、今回の地震に伴う歪みは現れていない。10年前の前回観測、20年前の前々回観測と比較すると、非常に歪みは小さい。第35図は明治からの約100年間の歪みであるが、東部に北西－南東の圧縮が目立つほか、北部で東西の圧縮が見られる。第36図～第38図は昨年度までの観測地域も含めた北海道全体にわたる水平歪みの状況である。第36図の約10年の歪みでは、根室周辺の東西伸張と渡島半島西部の東西伸張がやや大きい。これはそれぞれ北海道東方沖地震と北海道南西沖地震の影響である。第38図の明治から約100年の水平歪みでは、太平洋プレートの沈み込みの影響で太平洋岸に北西－南東の圧縮がみられるが、あまり大きいとは言えない。

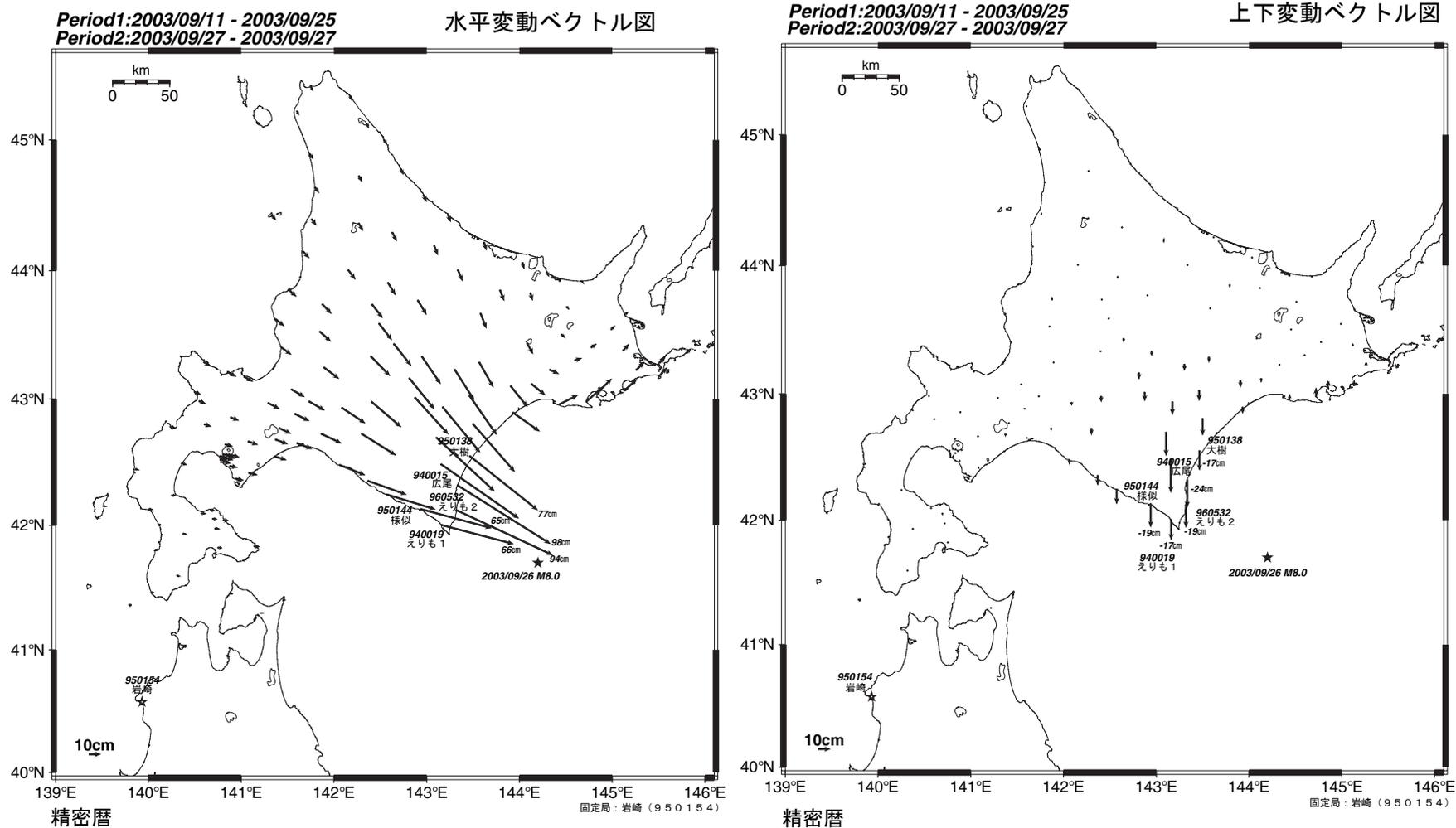
定常的な地殻変動（1998-2000）



第1図 定常的な北海道地方の地殻変動(1998~2000)

Fig.1 Horizontal Crustal Deformation in Hokkaido for stable stage(1998-2000).

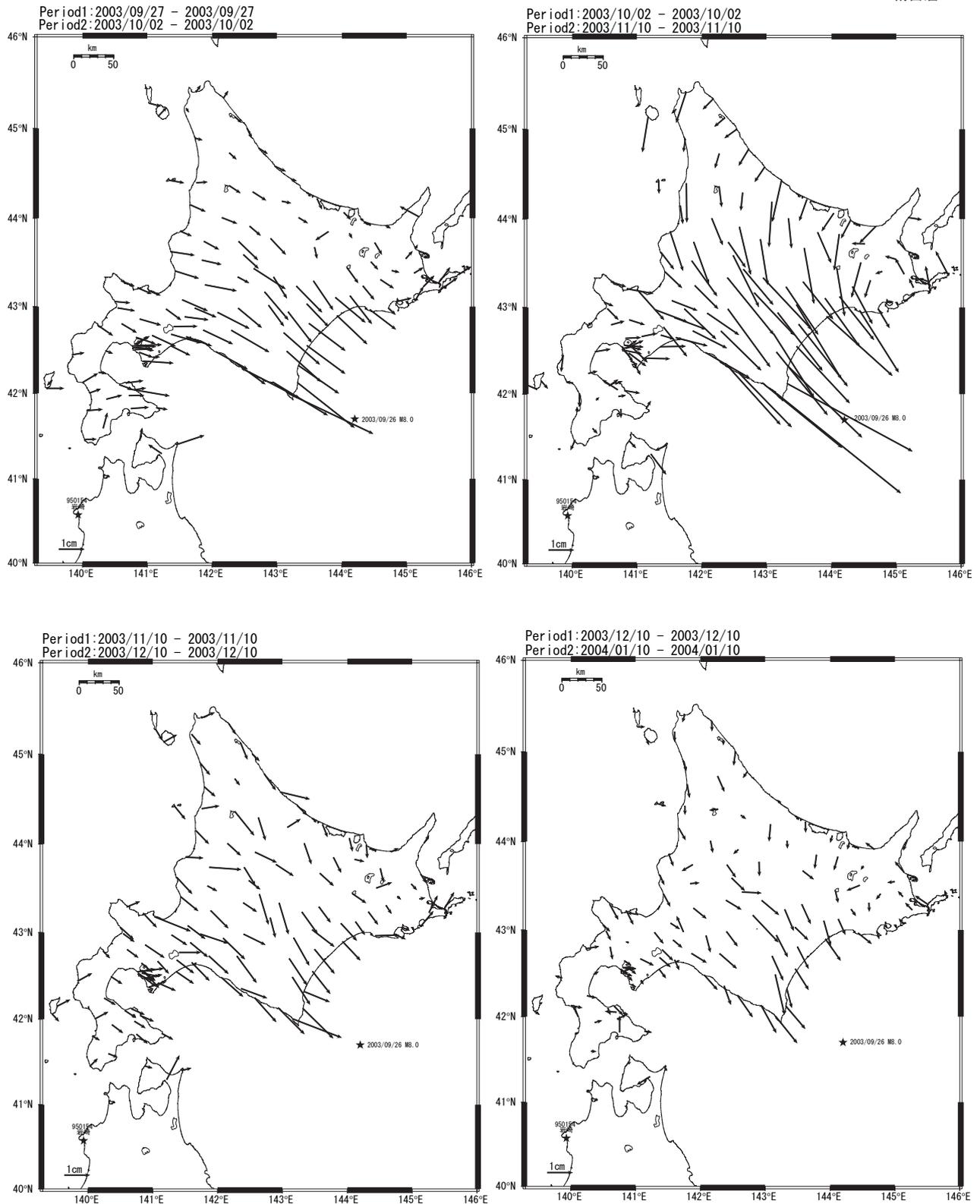
平成15年(2003年)十勝沖地震に伴う地殻変動図



第2図 成15年(2003年)十勝沖地震に伴う地殻水平変動および上下変動
 Fig.2 Co-seismic Horizontal and Vertical Crustal Deformation by Off Tokachi Earthquake 2003.

平成15年(2003年)十勝沖地震後の地殻変動図

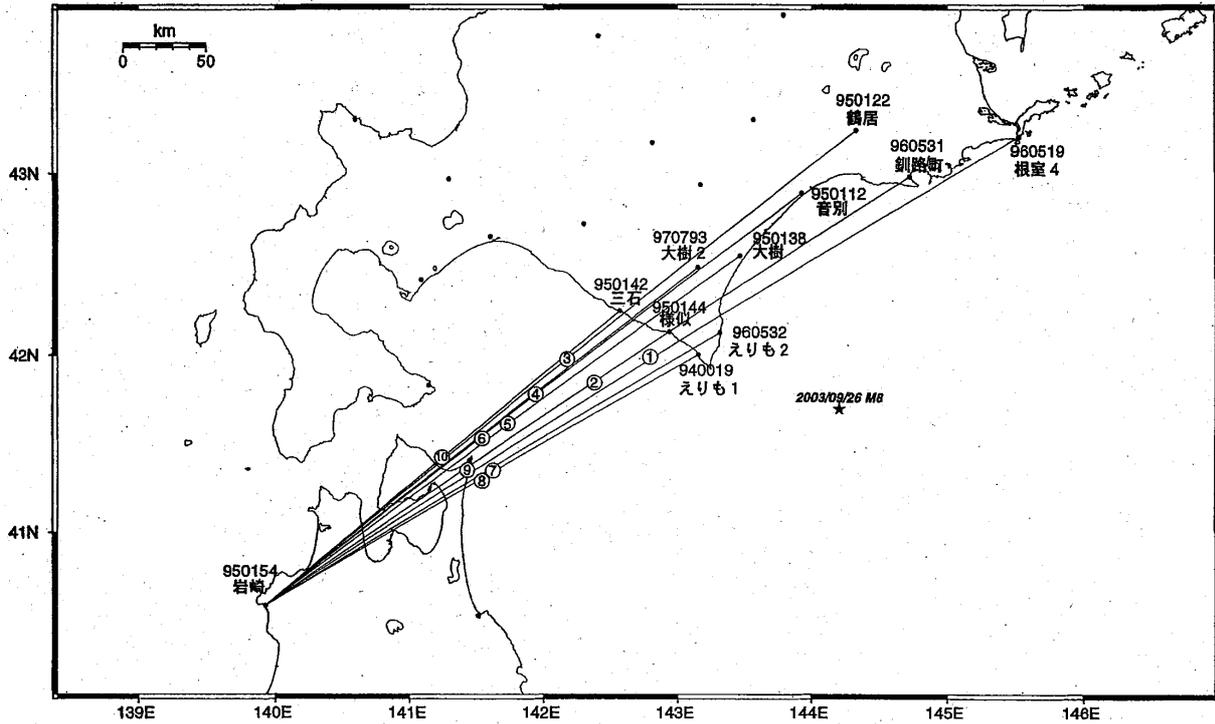
精密暦



固定局：岩崎(950154)

第3図 平成15年(2003年)十勝沖地震後に見られる余効的地殻変動水平ベクトル
 Fig.3 Post Seismic Horizontal Crustal Deformation after the Off Tokachi Earthquake 2003.

十勝沖周辺 GPS連続観測基線図



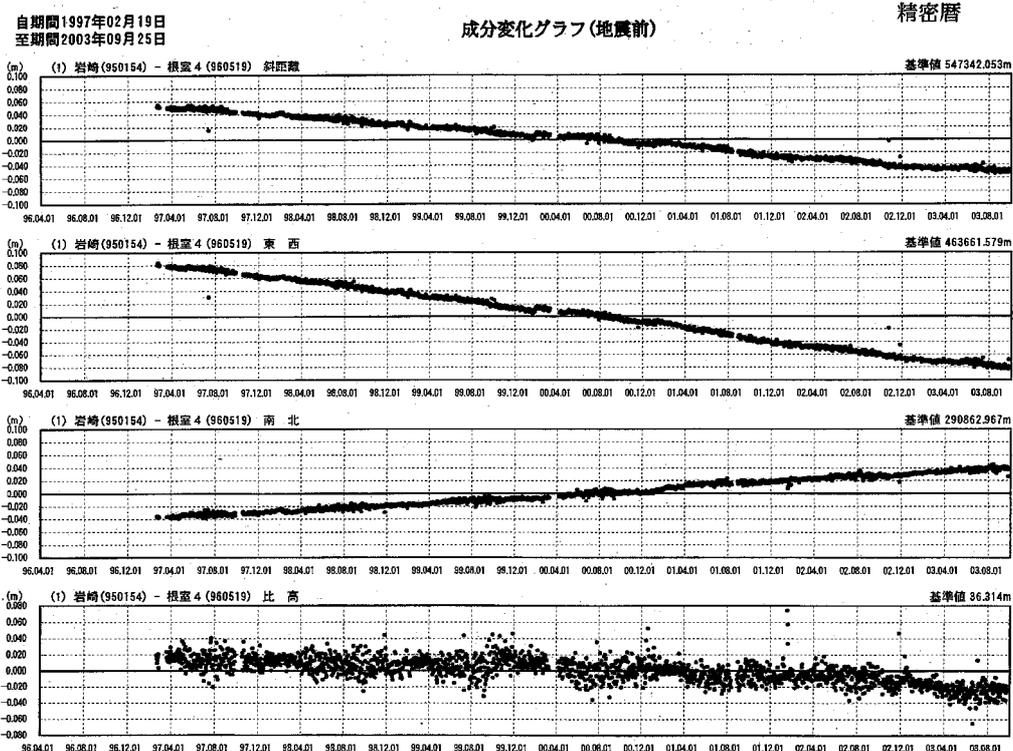
十勝沖周辺の各観測局情報

点番号	点名	アンテナ交換	仰角マスク変更	アンテナ高調整実施日
		交換日		
950154	岩崎	2002/12/18	2002/12/18	
950112	音別	2002/11/20	2002/11/20	2003/7/18
950122	鶴居	2002/11/14	2002/11/14	2003/7/21
950138	大樹	2003/3/15	2003/3/15	
950142	三石	2002/11/19	2002/11/19	2003/7/10
950144	様似	2002/11/21	2002/11/21	2003/7/10
960519	根室4	2003/3/11	2003/3/11	
960531	釧路町	2003/5/29	2003/5/29	
940019	えりも1	2002/11/20	2002/11/20	
960532	えりも2	2003/3/7	2003/3/7	
970793	大樹2	2003/3/28	2003/3/11	

※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。

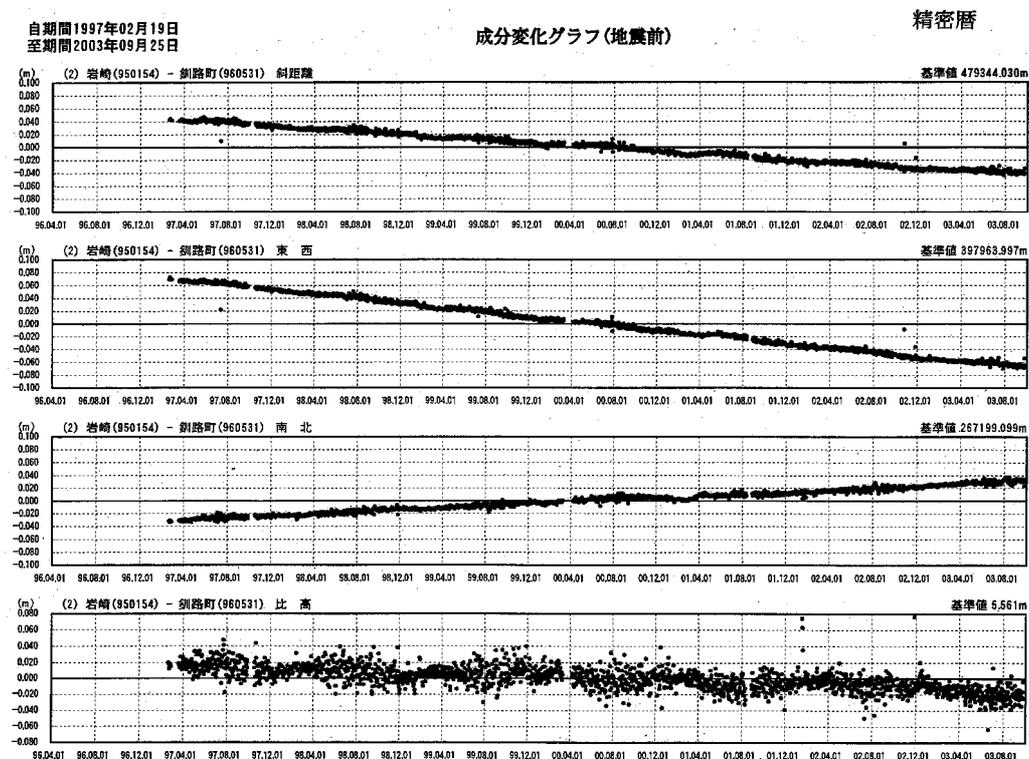
第4図 北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果(基線図)

Fig.4 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District (baseline map).



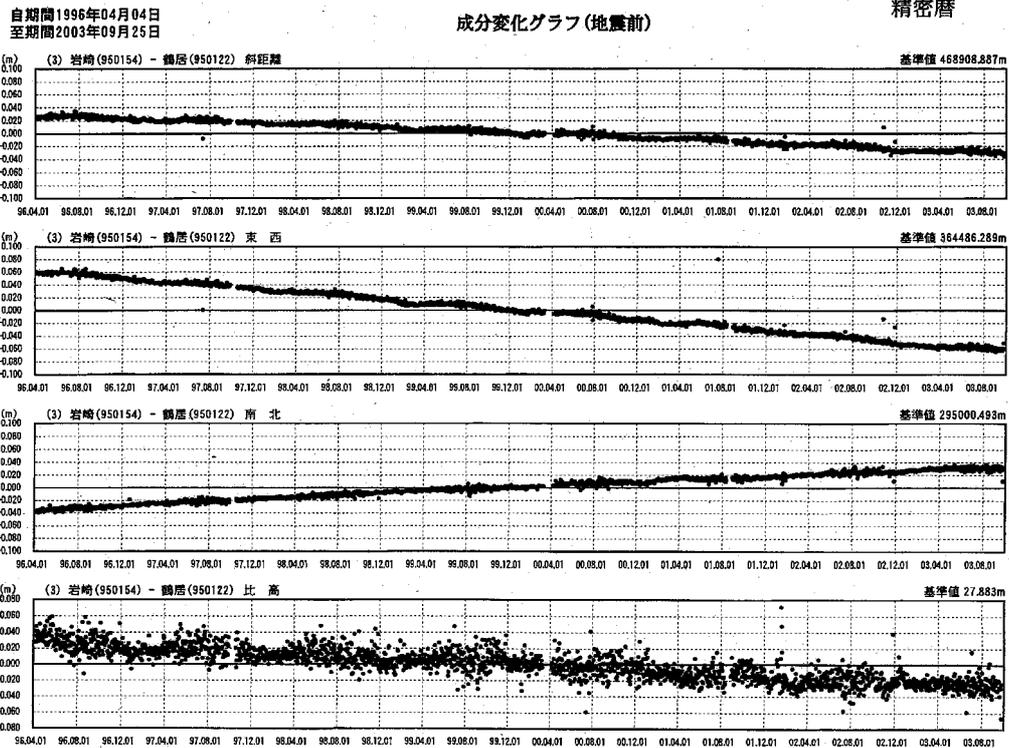
第5図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果
(固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.5 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District
before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



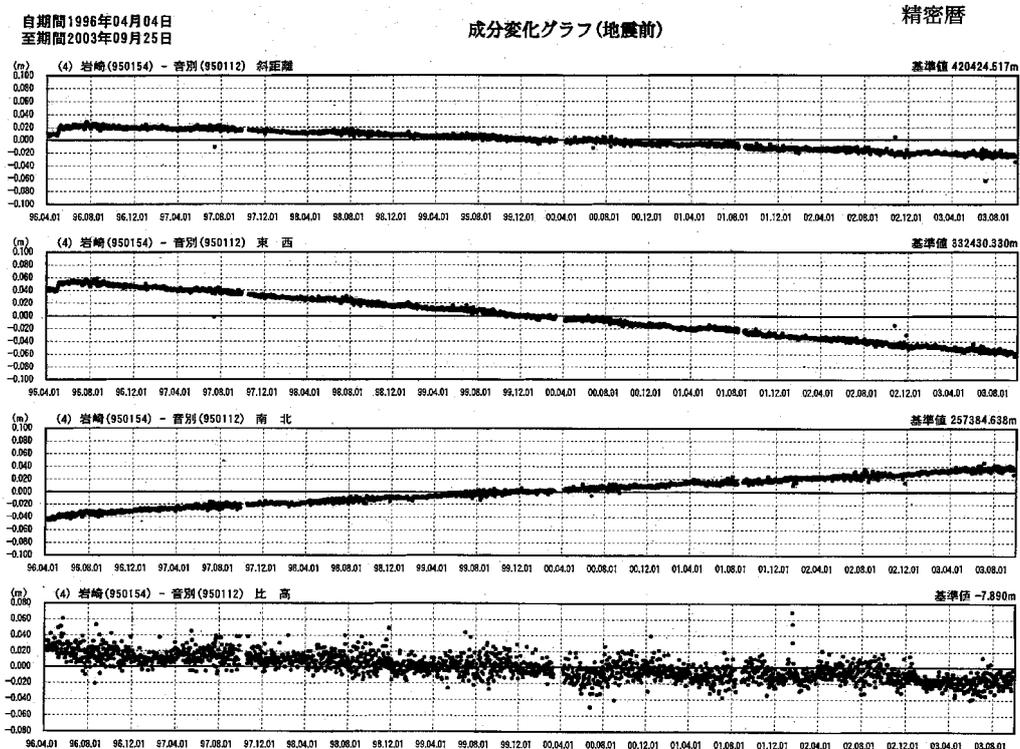
第6図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果
(固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.6 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District
before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



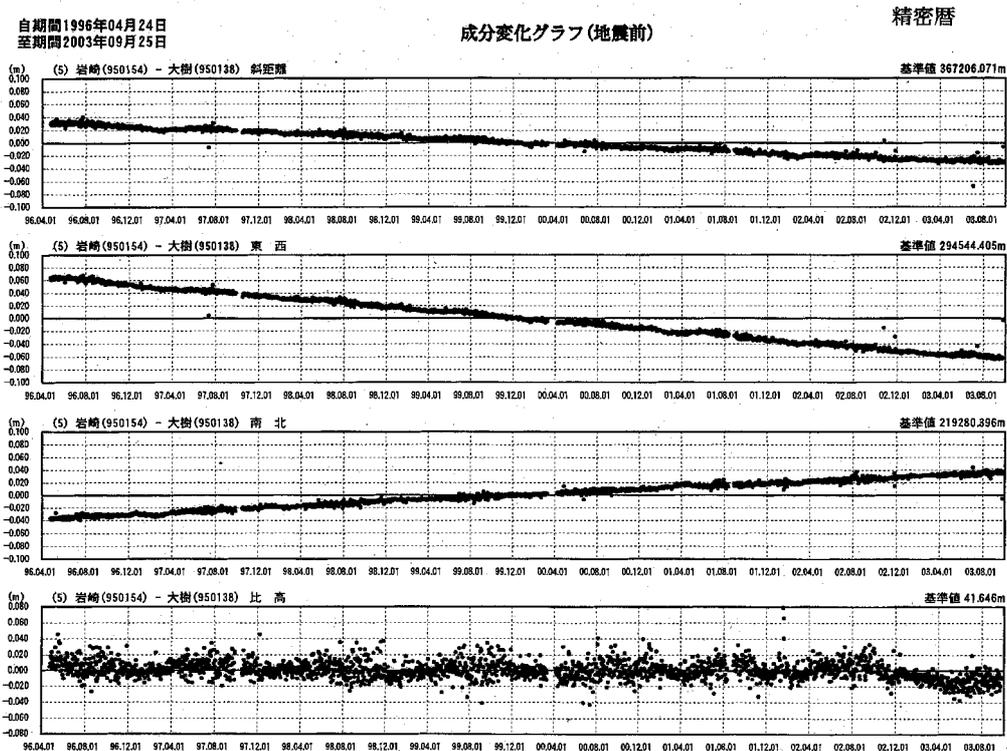
第7図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.7 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



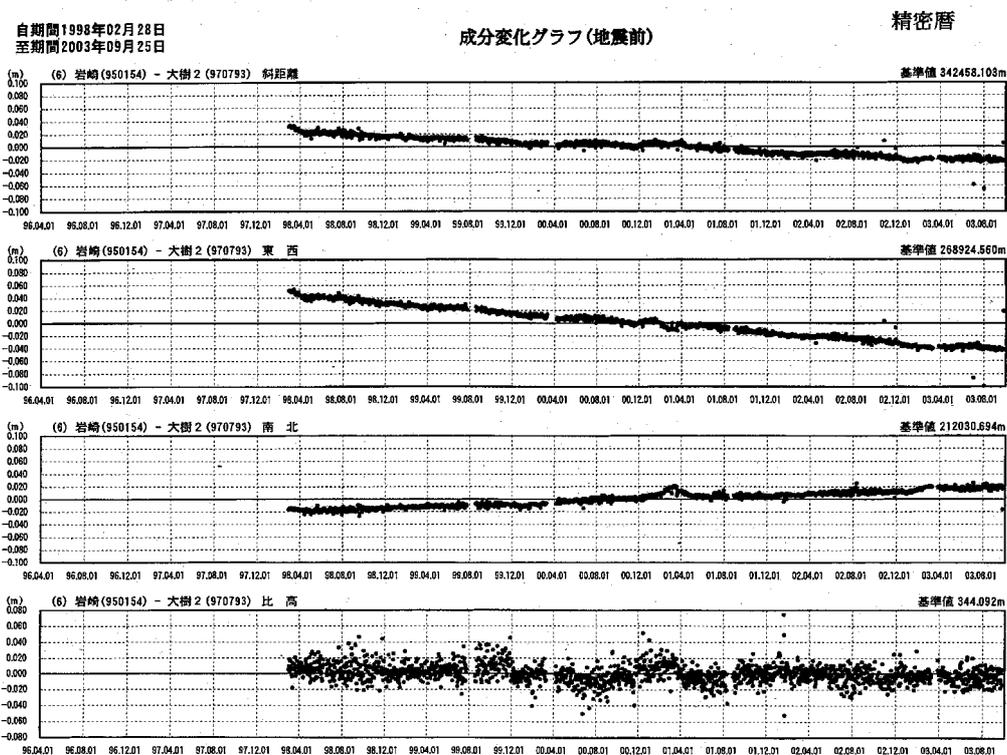
第8図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.8 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



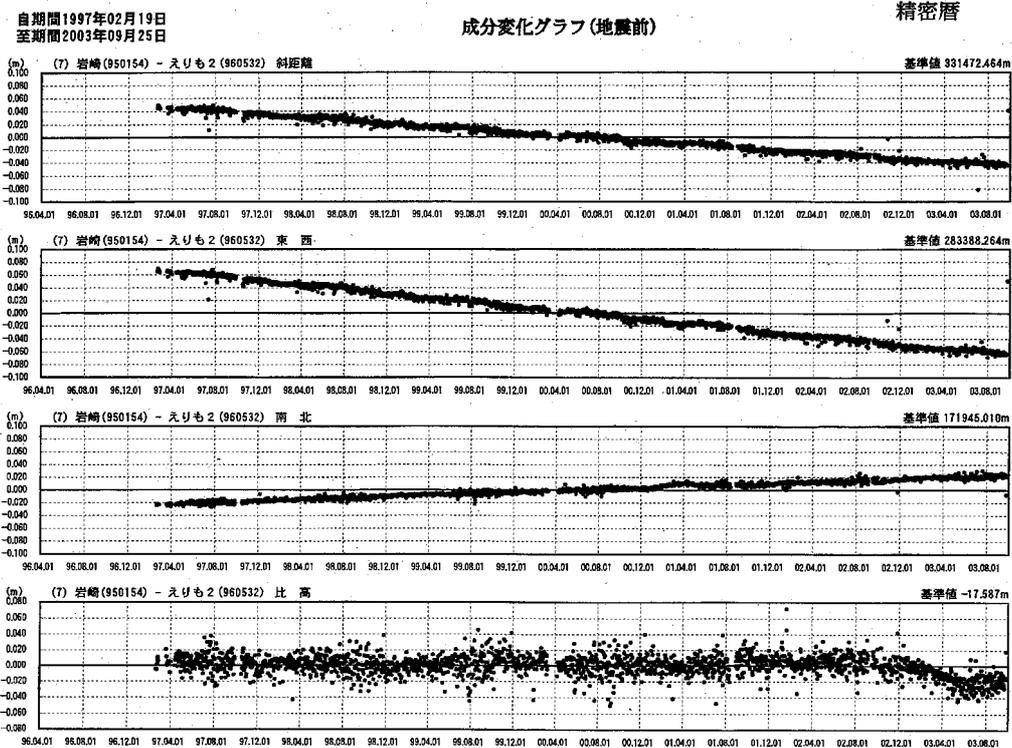
第 9 図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.9 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



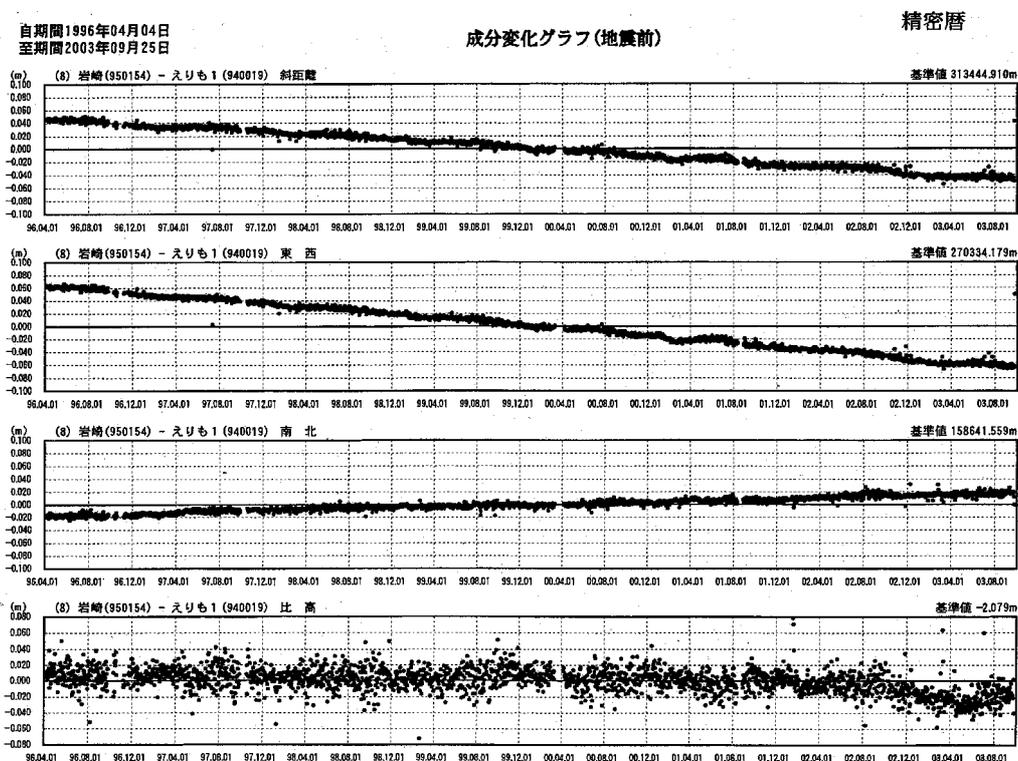
第 1 0 図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.10 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



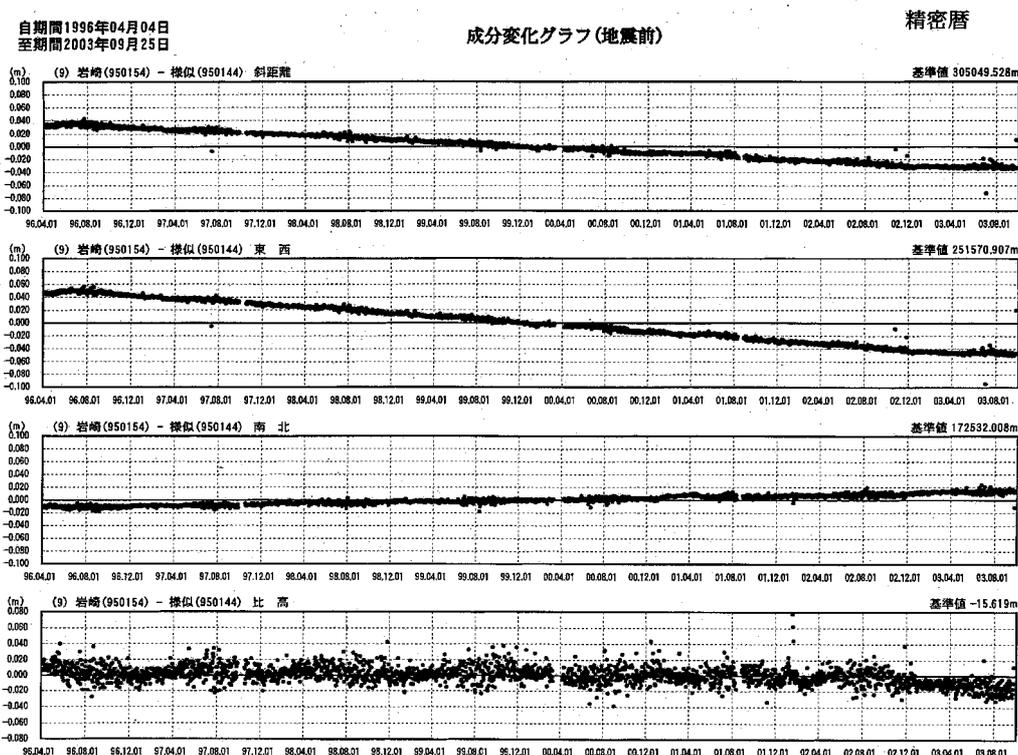
第 1 1 図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.11 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



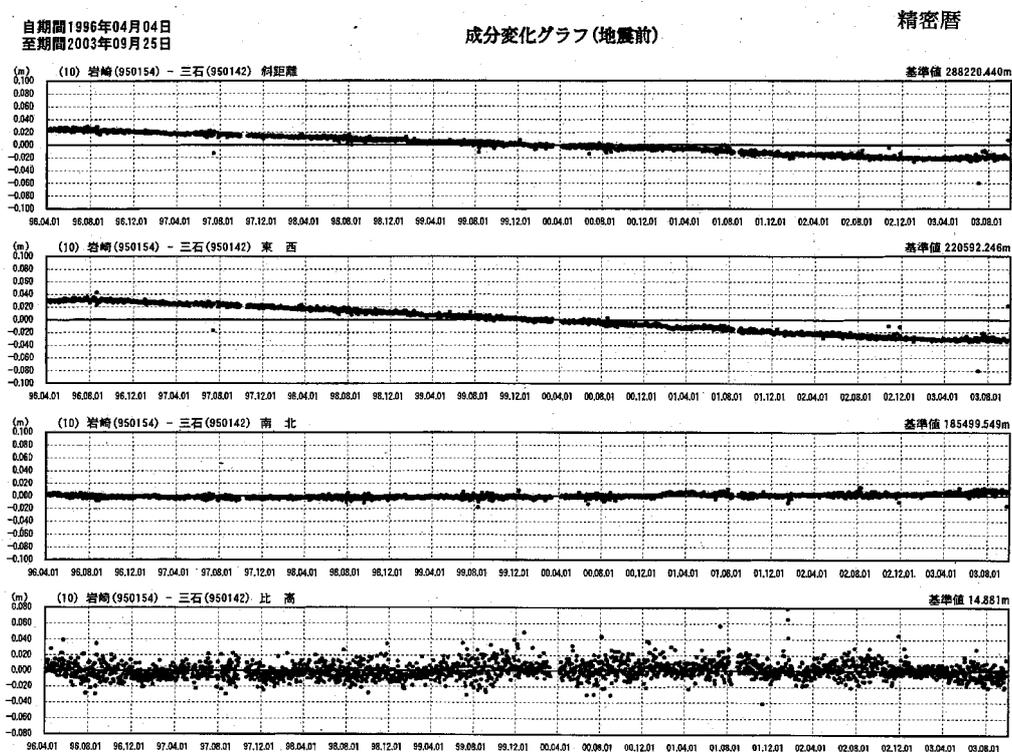
第 1 2 図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.12 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



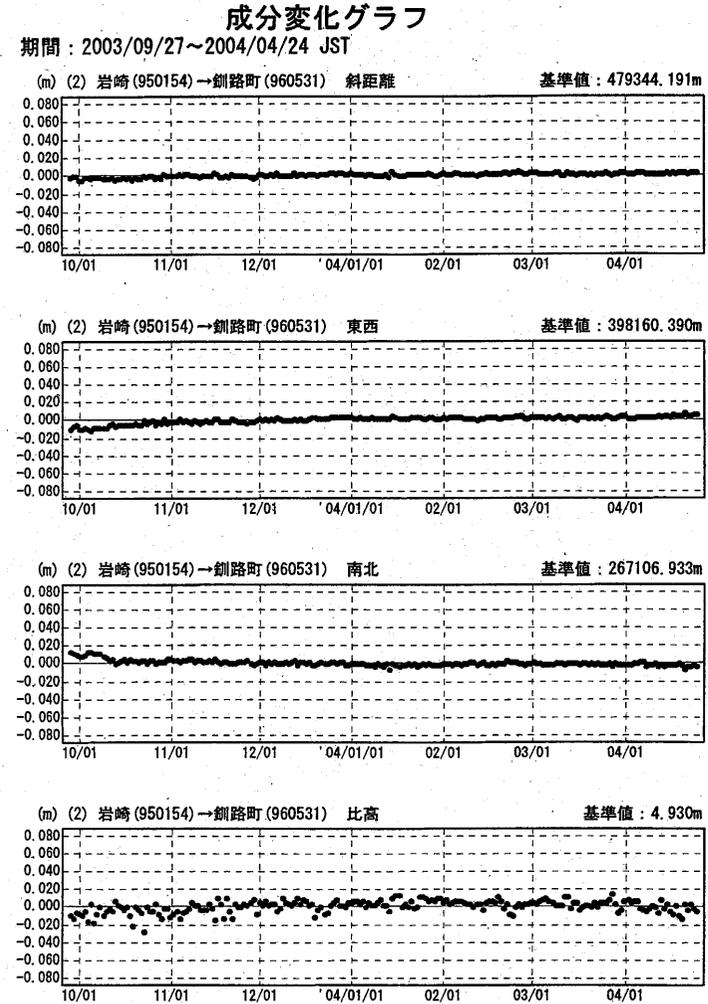
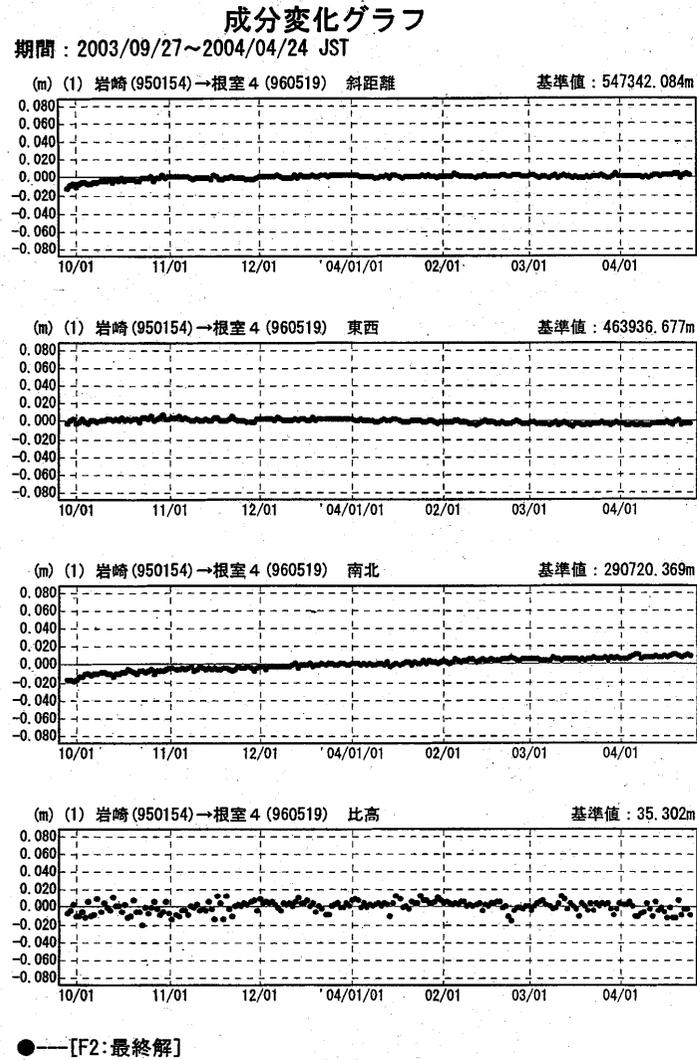
第 1 3 図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.13 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).

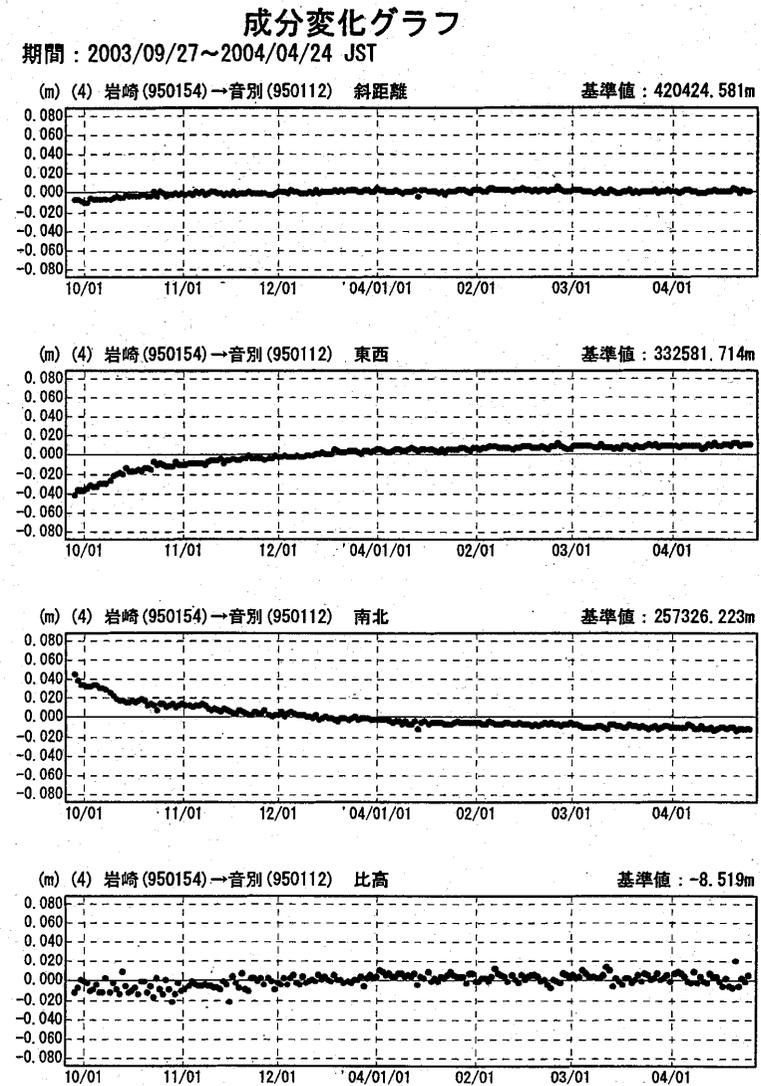
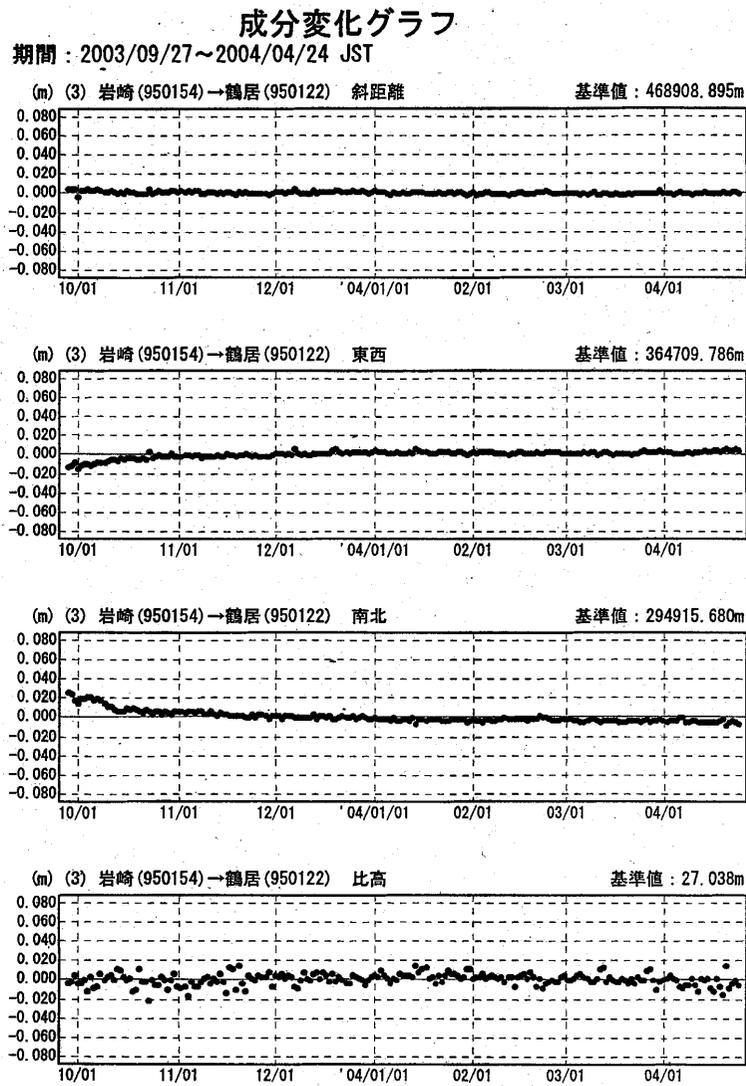


第 1 4 図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生前の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

Fig.14 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District before the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).

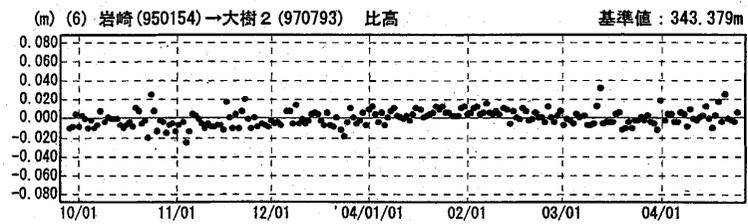
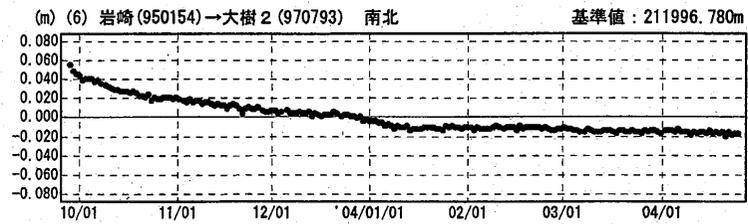
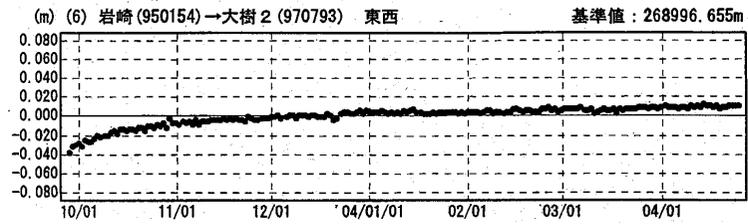
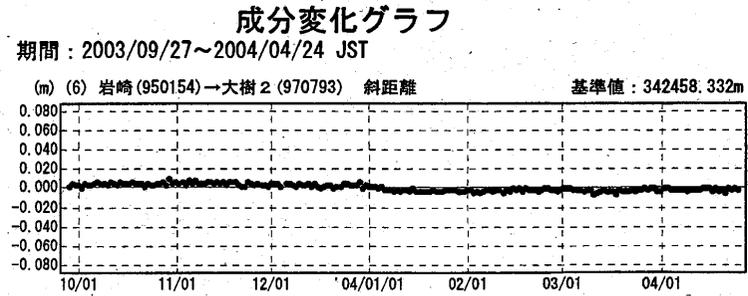
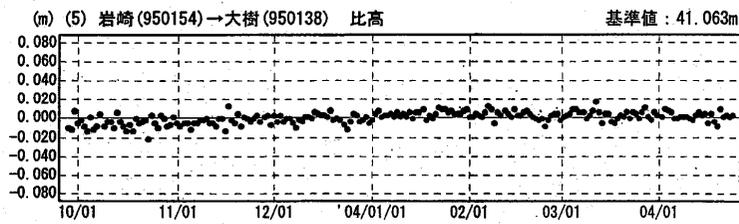
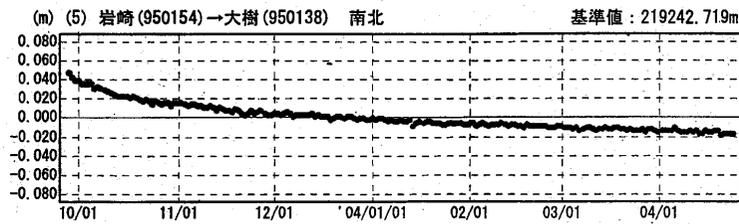
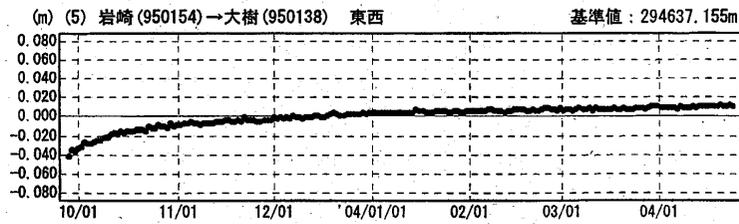
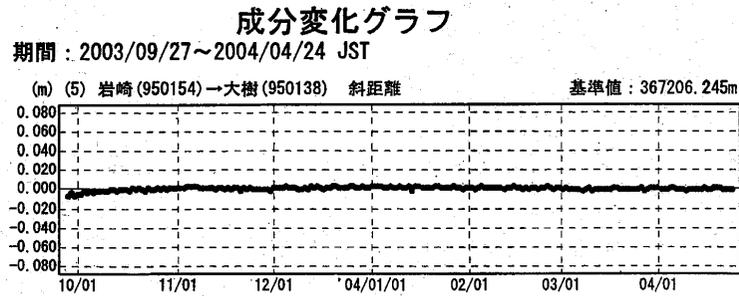


第15図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生後の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果(固定点岩崎に対する成分毎の時系列)
 Fig.15 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District after the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).



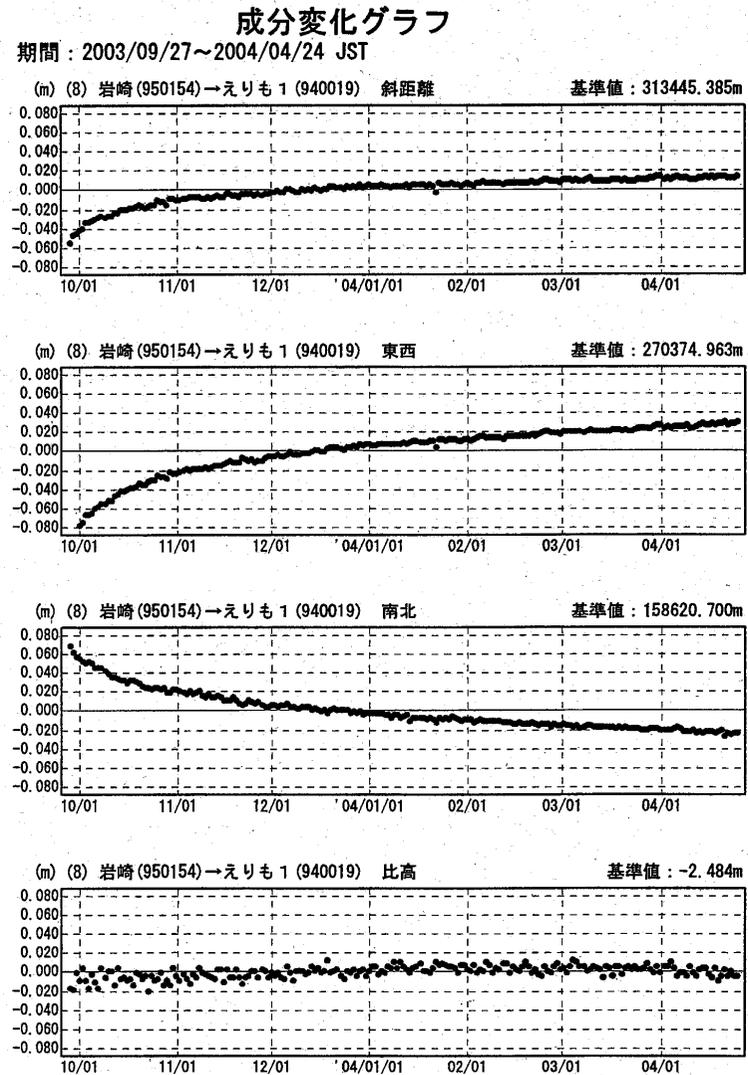
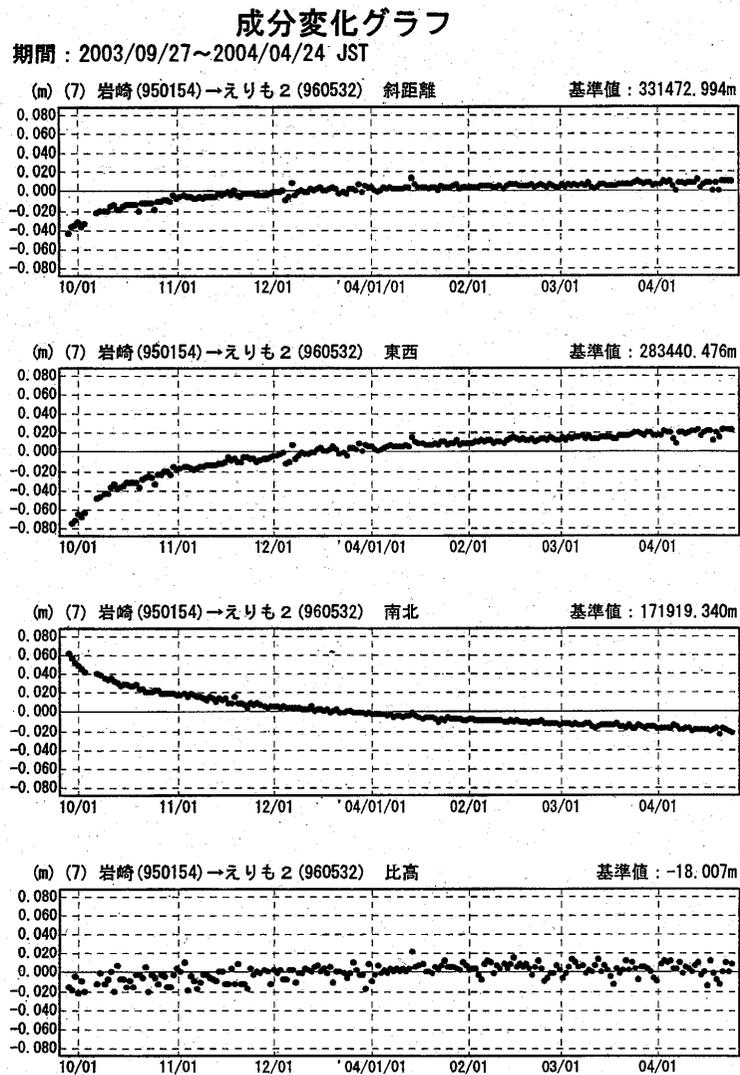
●—[F2:最終解]

第16図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生後の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)
 Fig.16 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District after the Off Tokachi Earthquake 2003 (raw components referred to Iwasaki).



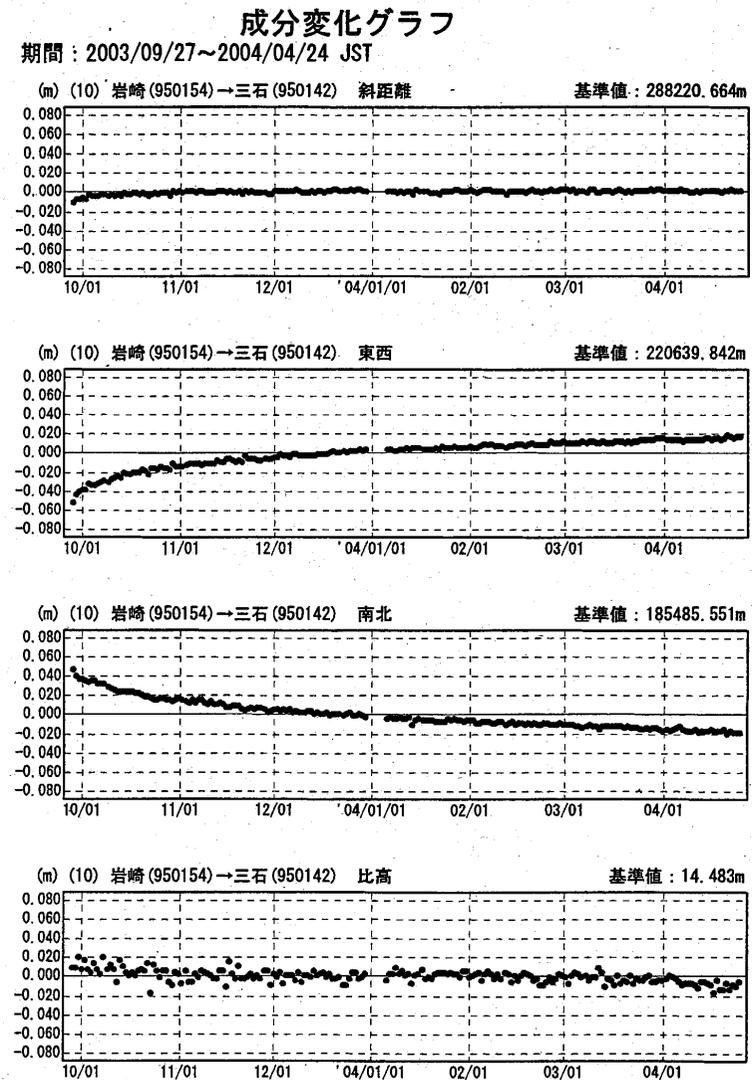
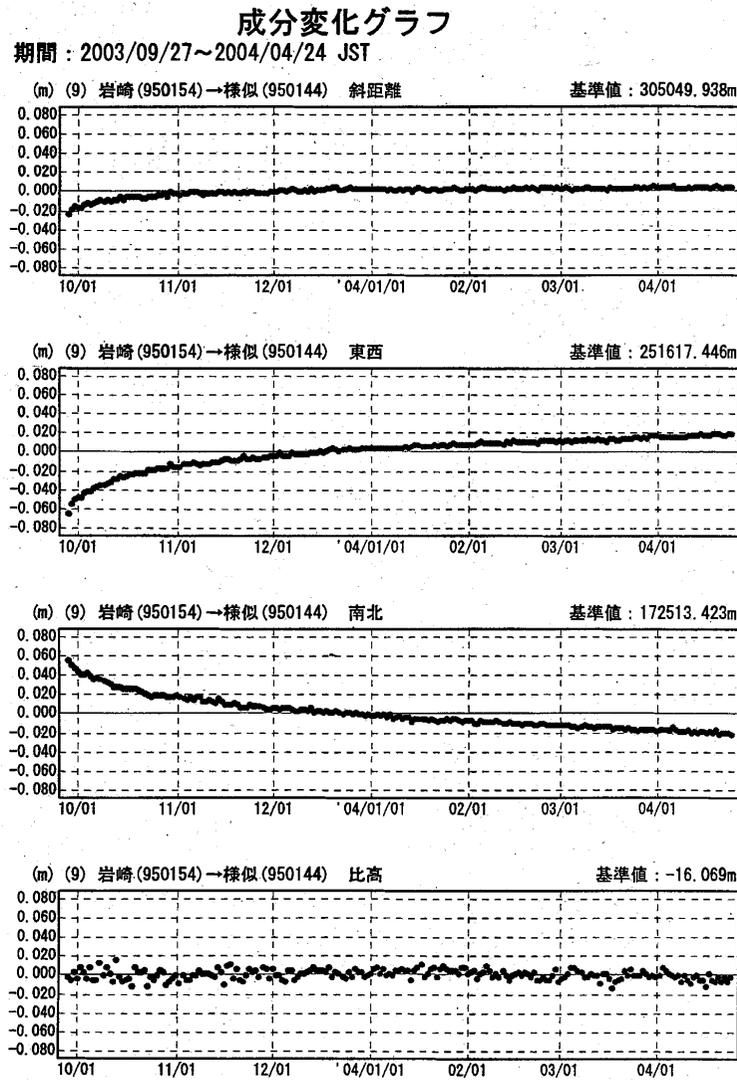
●—[F2:最終解]

第17図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生後の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)
 Fig.17 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District after the Off Tokachi Earthquake 2003 (raw components referred to Iwasaki).



●—[F2:最終解]

第18図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生後の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)
 Fig.18 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District after the Off Tokachi Earthquake
 2003(raw components referred to Iwasaki).



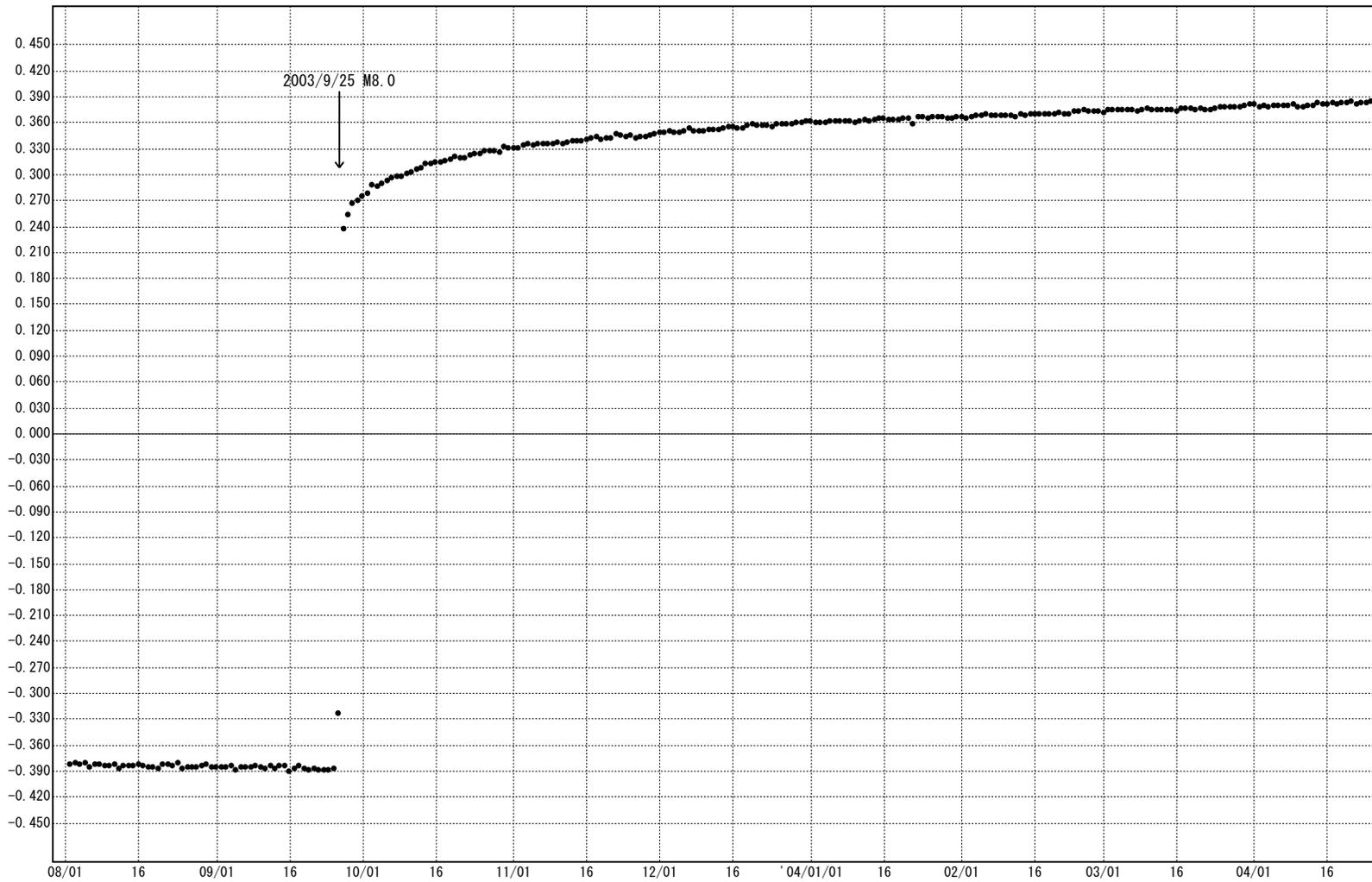
第19図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生後の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果 (固定点岩崎に対する成分毎の時系列)
 Fig.19 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District after the Off Tokachi Earthquake 2003 (raw components referred to Iwasaki).

平成15年(2003年)十勝沖地震 東西成分変化グラフ

期間：2003/08/01～2004/04/24 JST

(m) (1) 岩崎(950154)→えりも1(940019) 東西

基準値：270374.605m

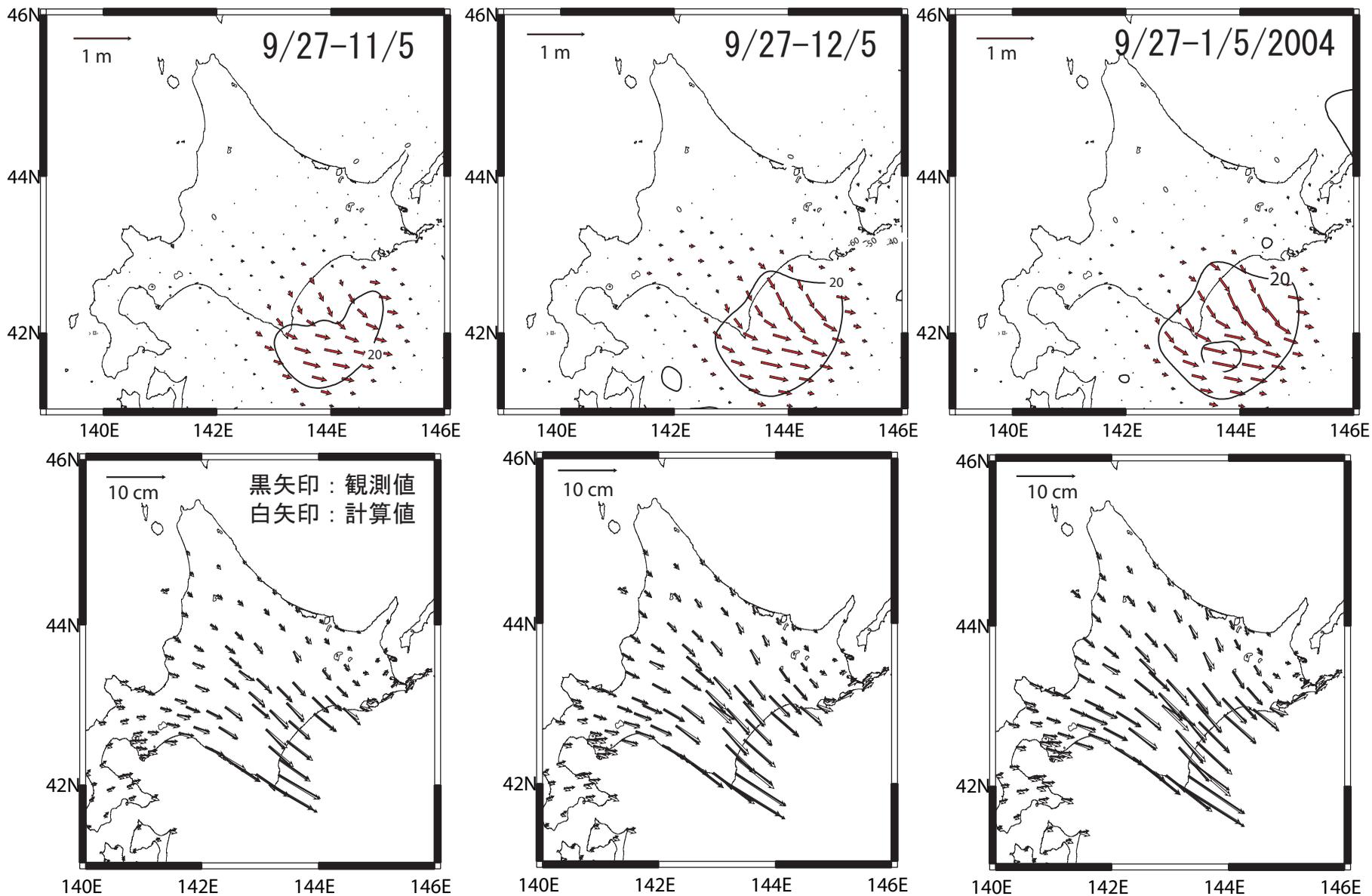


●---[F2:最終解]

第20図 平成15年(2003年)十勝沖地震発生後の北海道地方太平洋岸におけるGPS連続観測結果(固定点岩崎に対する成分毎の時系列)

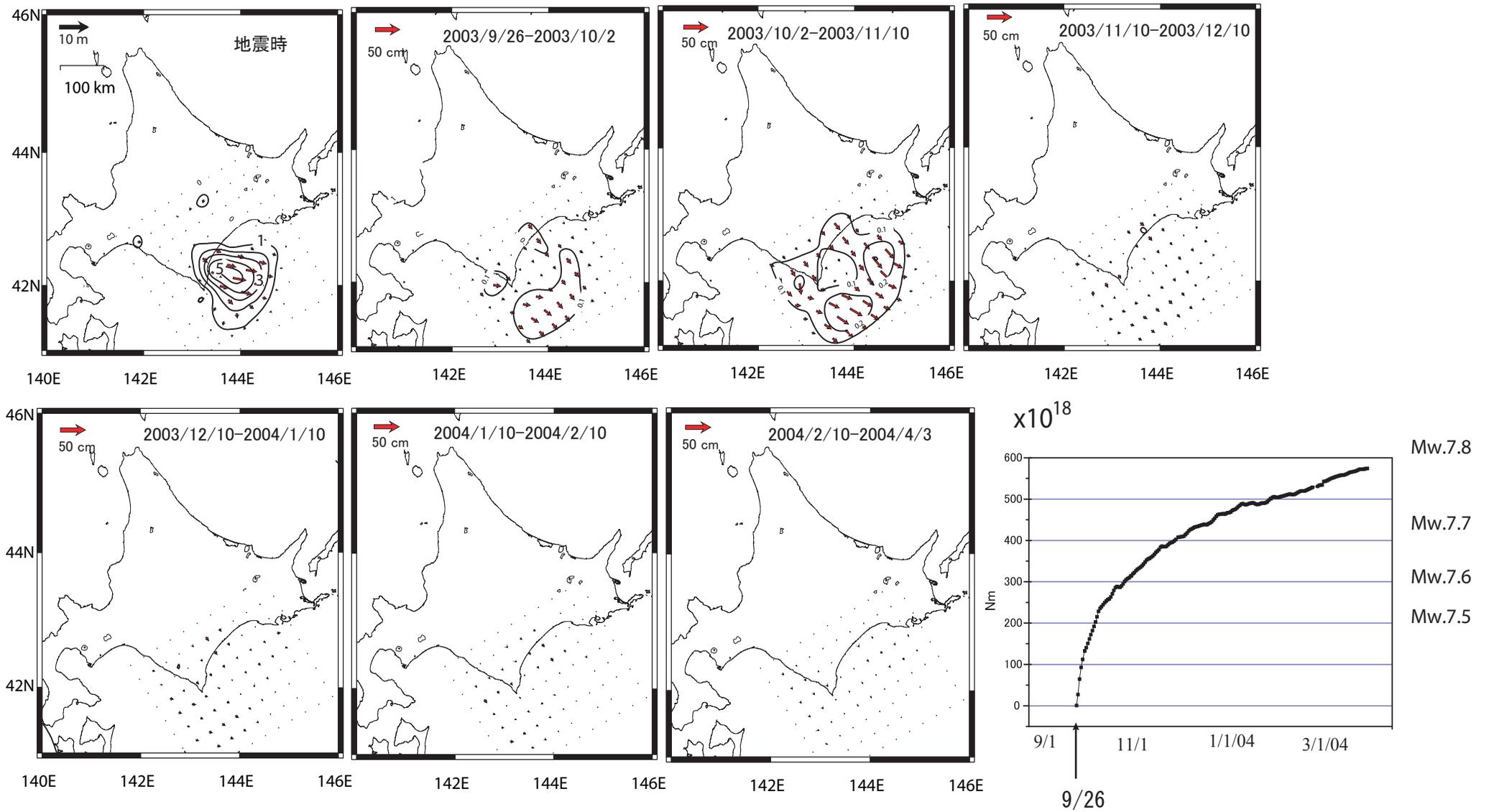
Fig.20 Results of Continuous GPS Measurements along the Pacific Coast of Hokkaido District after the Off Tokachi Earthquake 2003(raw components referred to Iwasaki).

十勝沖地震の推定余効滑り (矢吹&松浦の手法)



第21図 矢吹・松浦の手法による十勝沖地震の推定余効滑り
 Fig.21 Post Seismic slip of the Off Tokachi Earthquake 2003 by Yabuki & Matsuura method.

カルマンフィルターで推定した十勝沖地震の余効滑り（暫定）

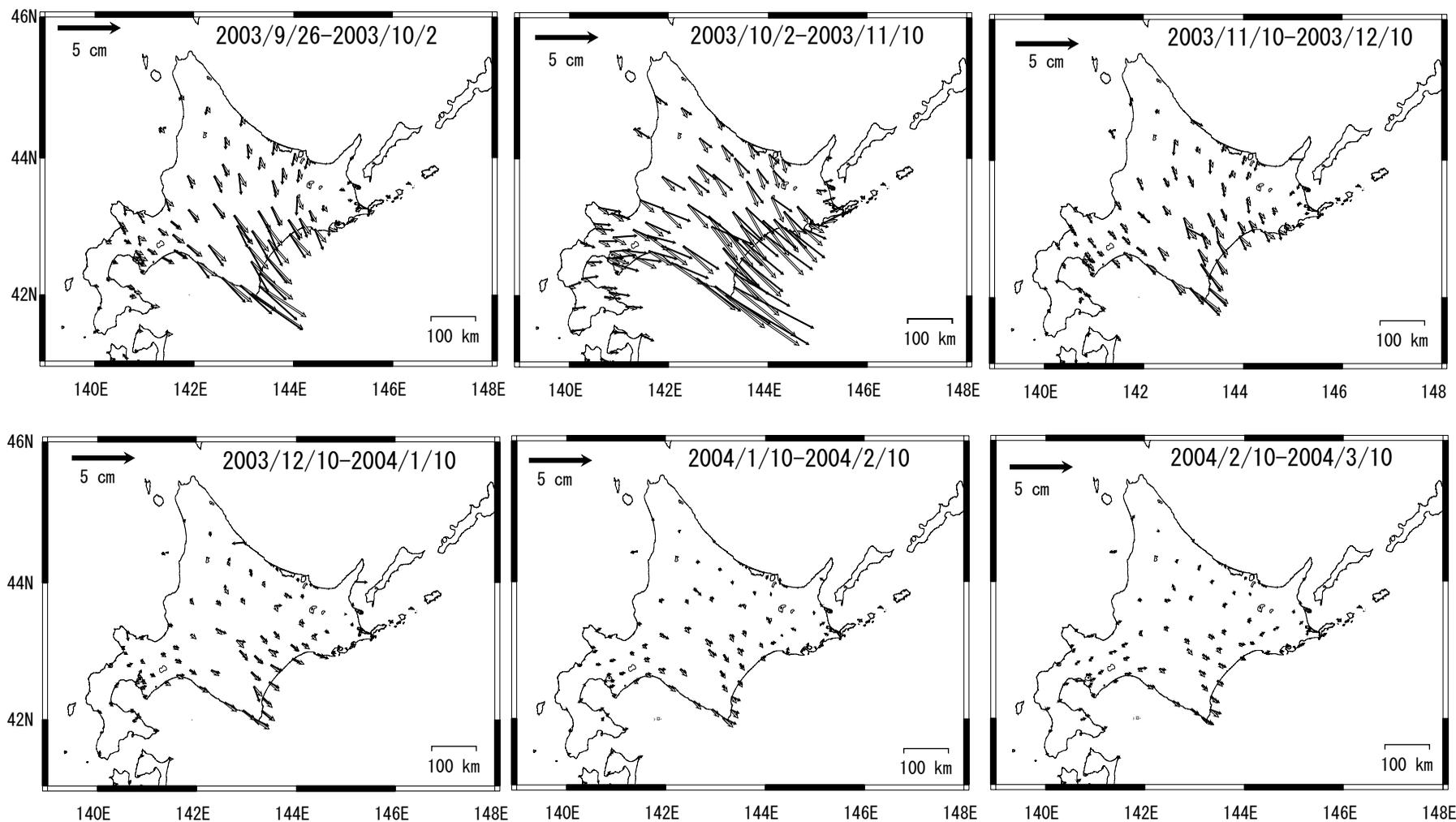


第22図 時間発展のインバージョンで求めた十勝沖地震の余効滑りの進行

Fig.22 Post Seismic Slip of the Off Tokachi Earthquake 2003 Estimated by the Time Dependent Inversion Method.

観測値と計算値の比較

白矢印：計算値
黒矢印：観測値

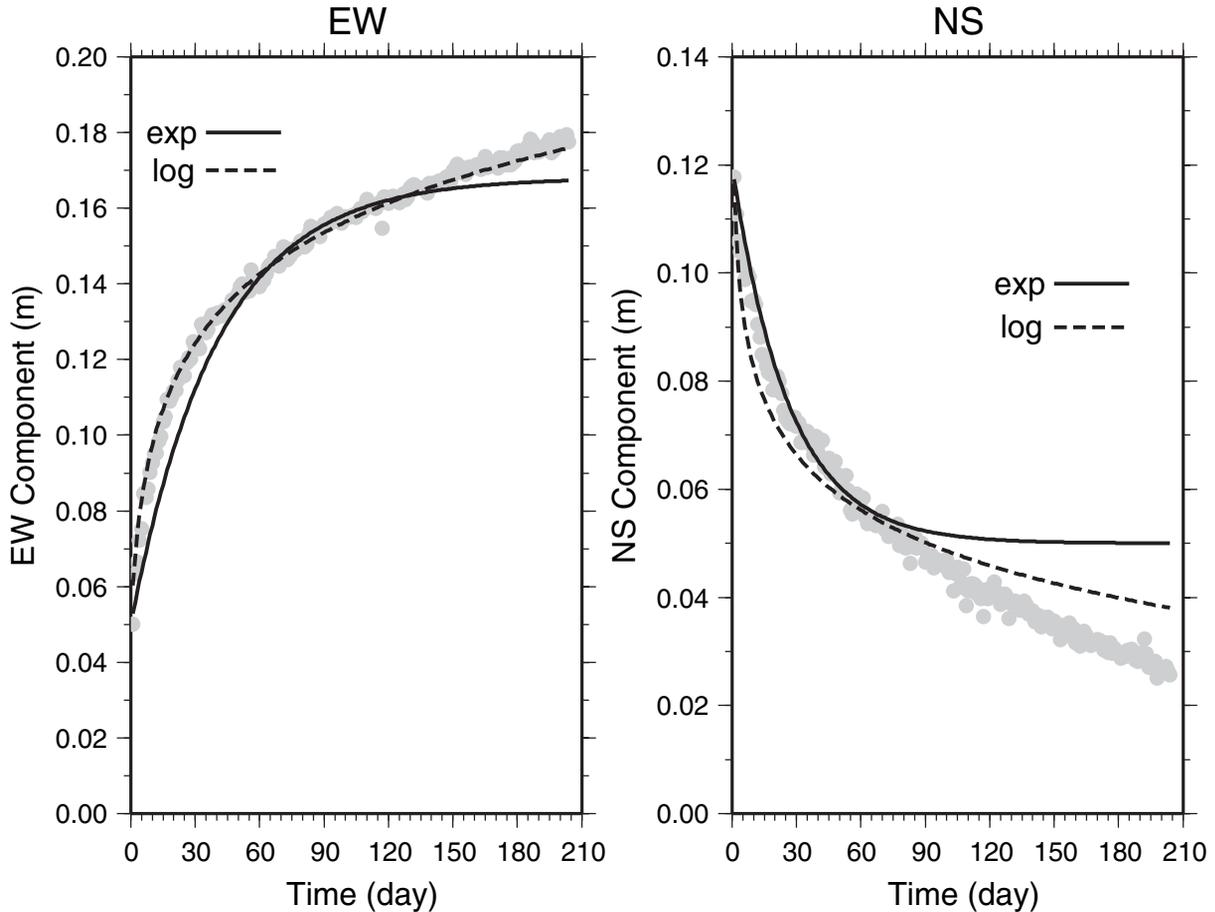


第23図 時間発展のインバージョンで求めた十勝沖地震の余効滑りの進行

Fig.23 Post Seismic Slip of the Off Tokachi Earthquake 2003 Estimated by the Time Dependent Inversion Method.

余効変動の時系列モデル

えりも 1 (940019)



固定点：岩崎 (950154)

EW	A	B	C
$A\{1-\exp(Bt)\}+C$	0.118	0.025	0.9
$A\log(1+Bt)+C$	0.064	0.45	0.9

NS	A	B	C
$A\exp(Bt)+C$	0.07	-0.038	1
$A\log(Bt)+C$	-0.034	0.011	1

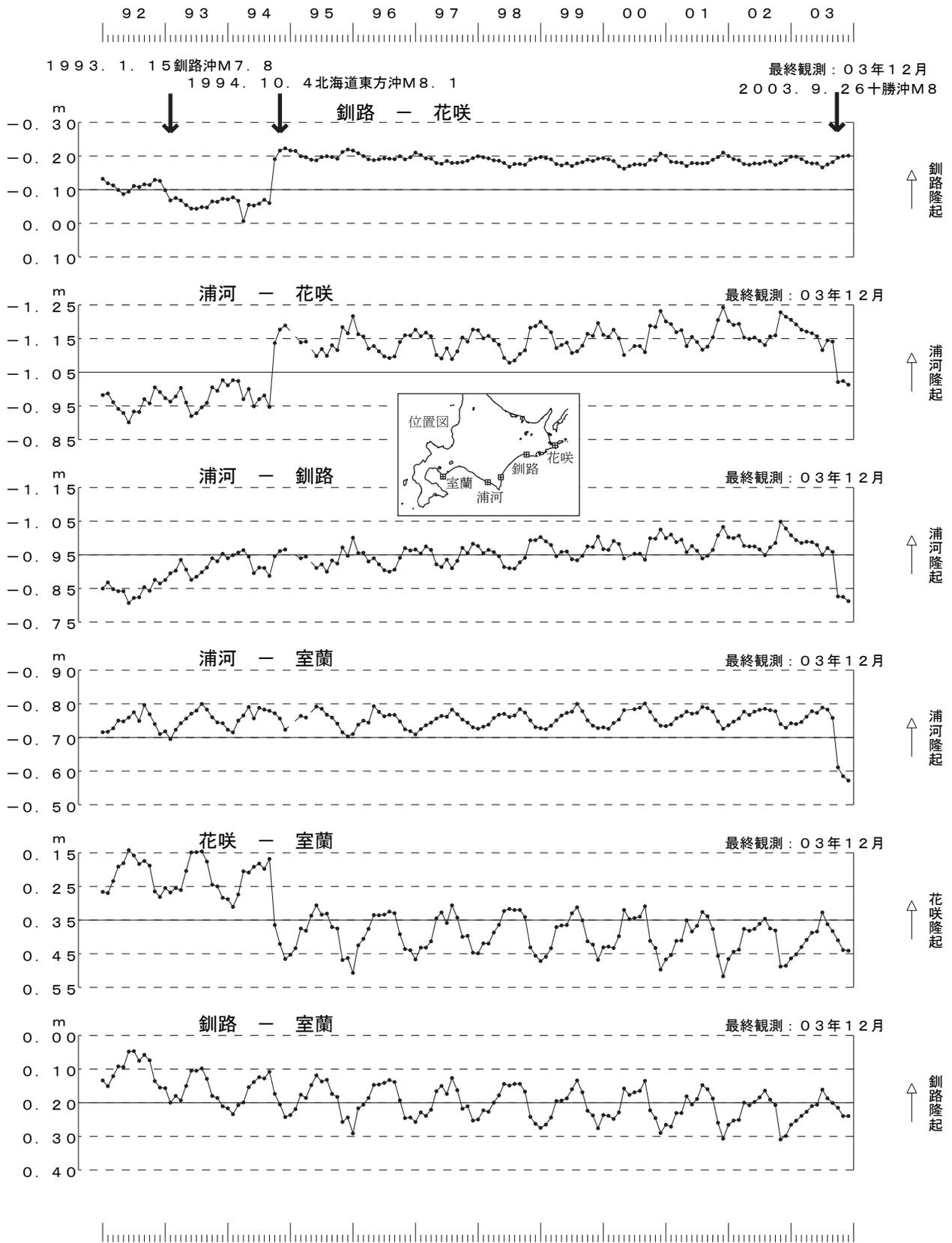
東西成分はほぼlogでfittingされるのに対して
南北成分は70-80日前後までexponentialでfittingされるが、
それ以降も南方向への変位は続く

- ・ すべり領域が移動しない
北西-南東向きのすべりから南北向きのすべりに変化
- ・ すべり領域が移動
すべり領域が東から、西へ移動
もしくはすべり領域東側のみすべりが小さくなった

第24図 勝沖地震の余効変動の時系列モデル

Fig.24 Modeling for the time series of post seismic slip of the Off Tokachi Earthquake 2003.

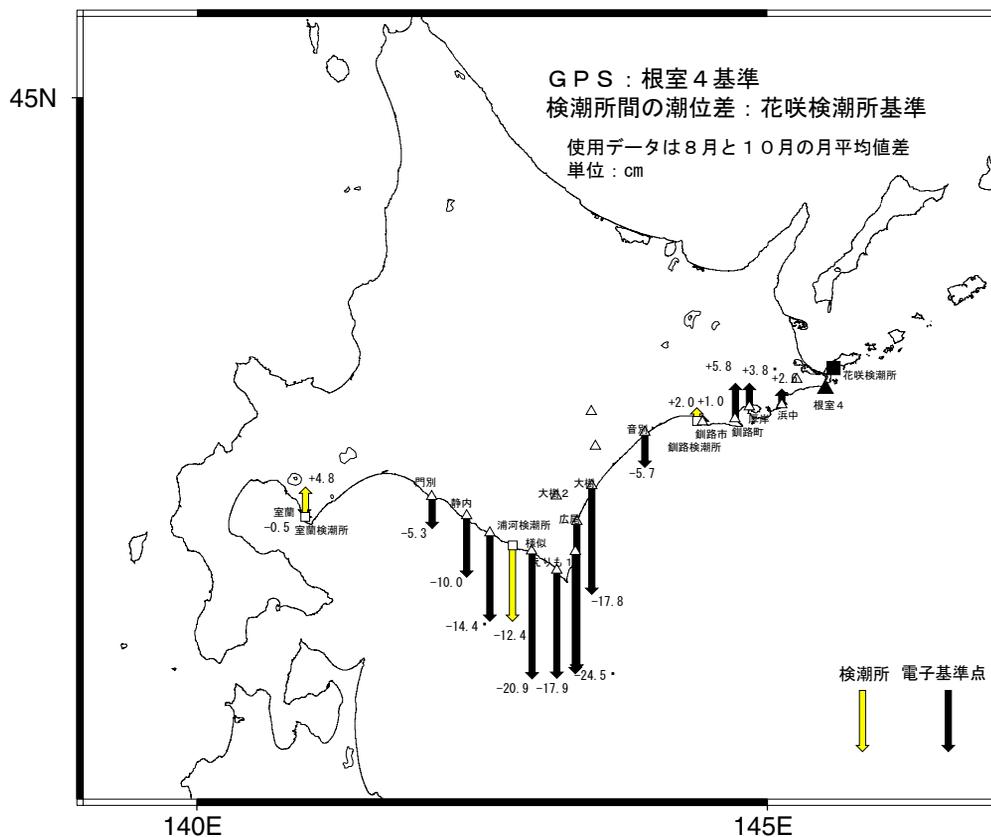
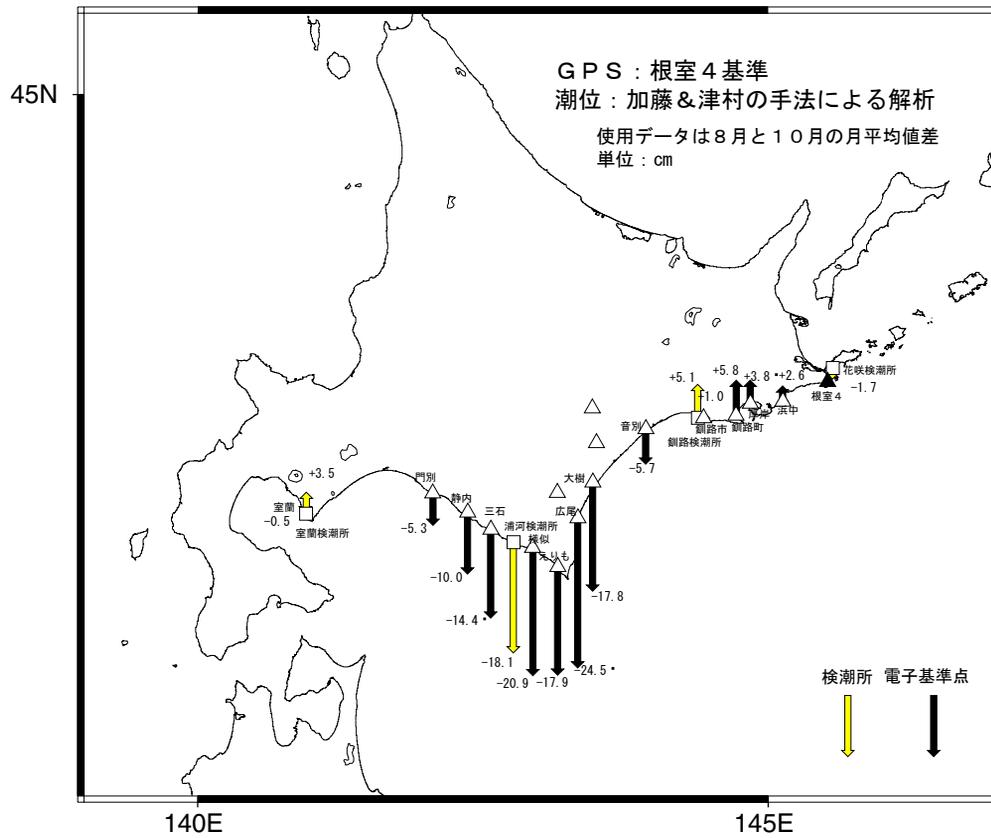
花咲、釧路、浦河、室蘭間の月平均潮位差



第25図 海道太平洋岸各験潮場間の月平均潮位差

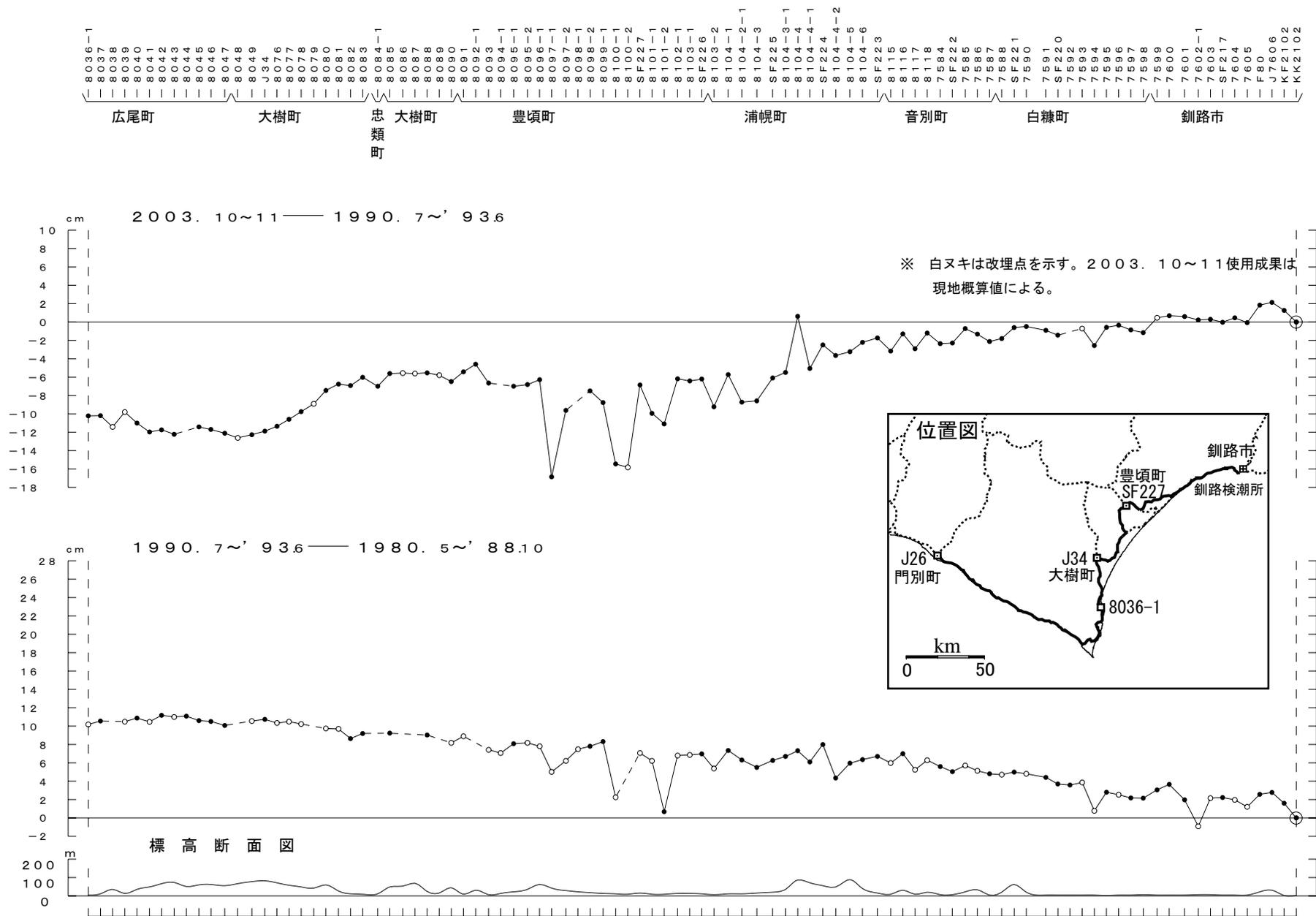
Fig.25 The Difference of Monthly Mean Tide Level, between Tidal Stations on the Pacific Coast of Hokkaido District.

GPS連続観測と潮位観測による比高変化



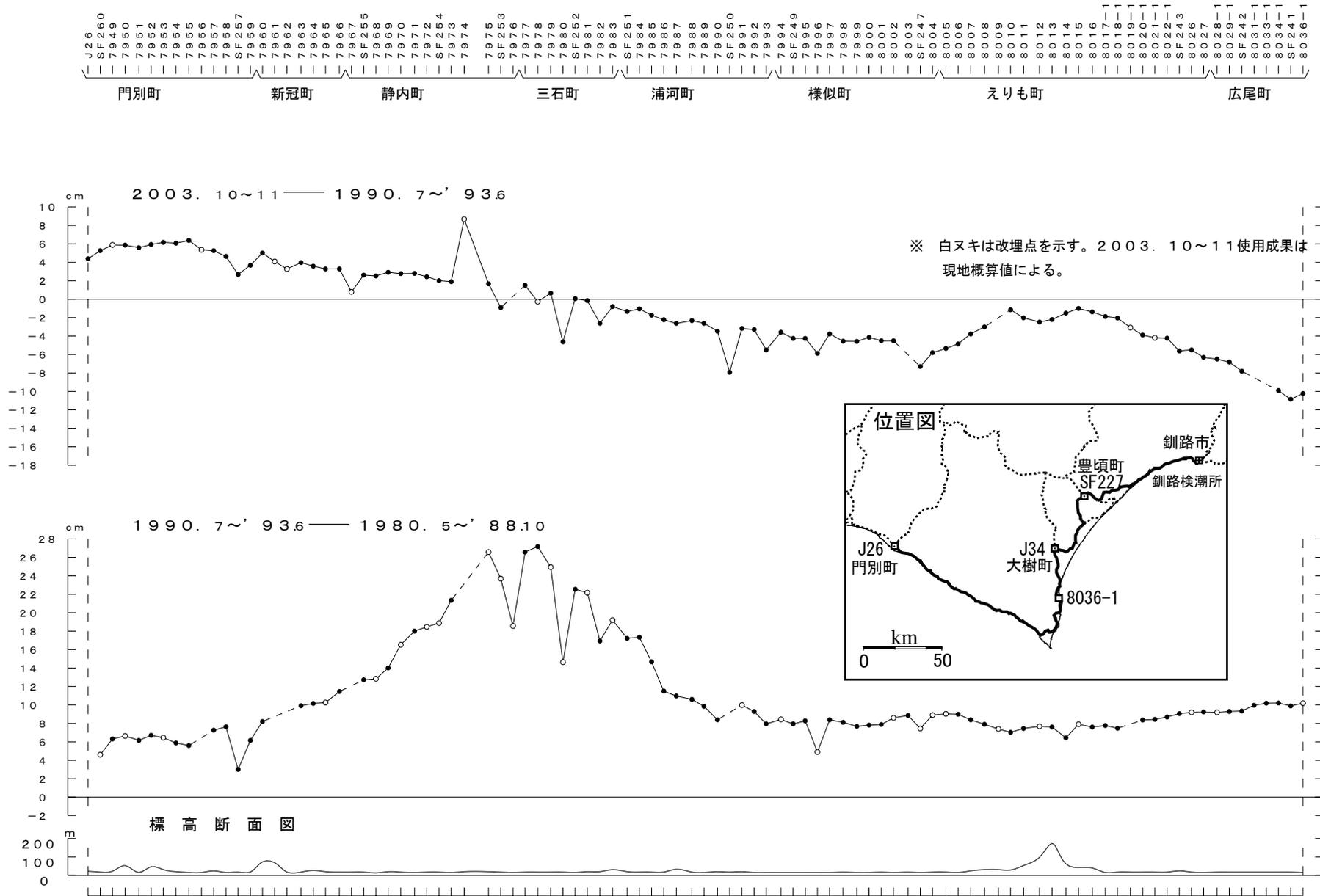
第26図 PS連続観測と潮位観測による十勝沖地震に伴う地殻上下変動の比較
 Fig.26 Vertical Crustal Deformation for the Off Tokachi Earthquake 2003 observed by GEONET and tidal observation .

門別町～釧路市間の上下変動(1)



第27図 勝沖地震の余効変動の時系列モデル
 Fig.27 Modeling for the time series of post seismic slip of the Off Tokachi Earthquake 2003.

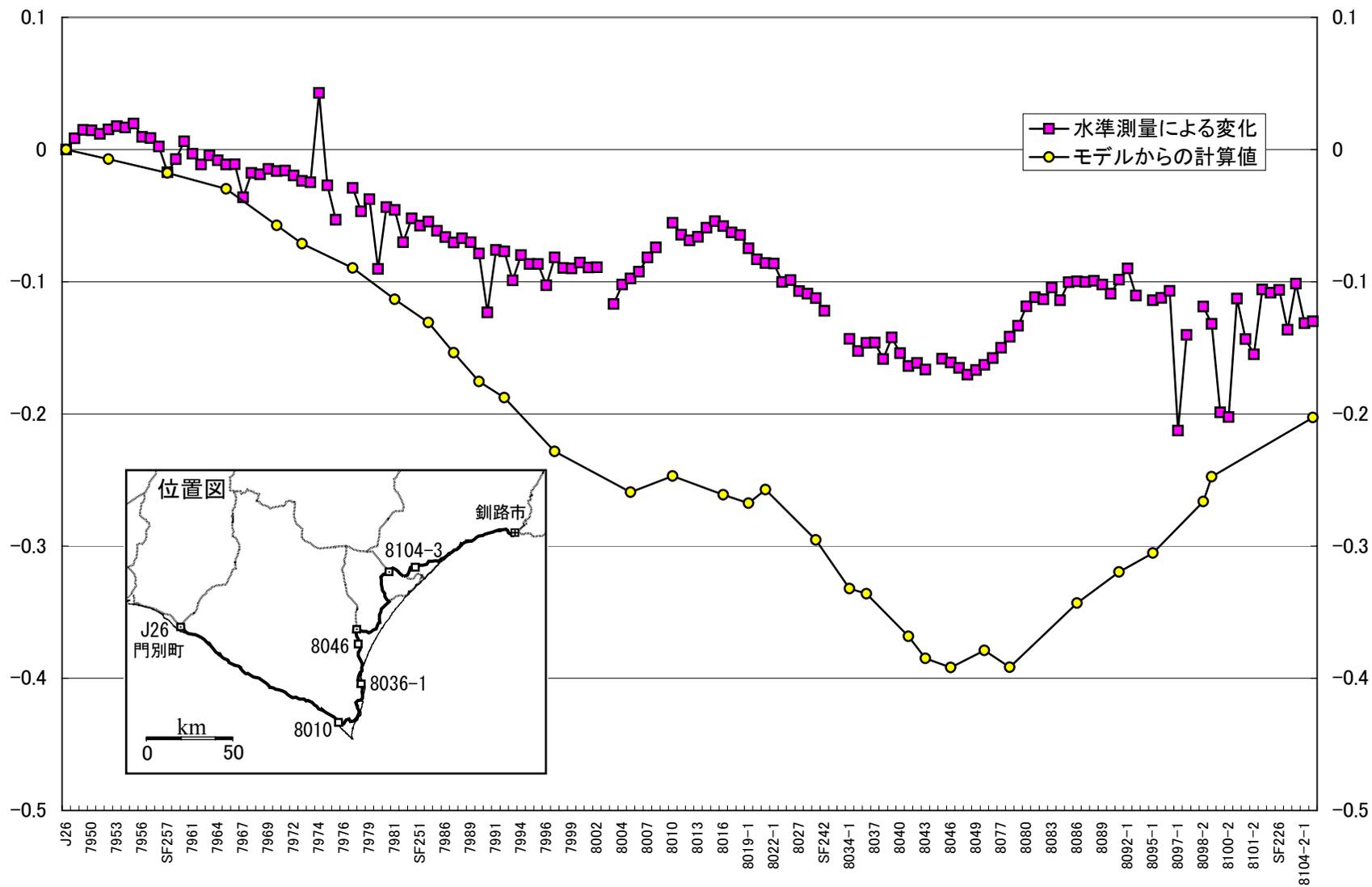
門別町～釧路市間の上下変動(2)



第28図 十勝沖地震の余効変動の時系列モデル

Fig.28 Modeling for the time series of post seismic slip of the Off Tokachi Earthquake 2003.

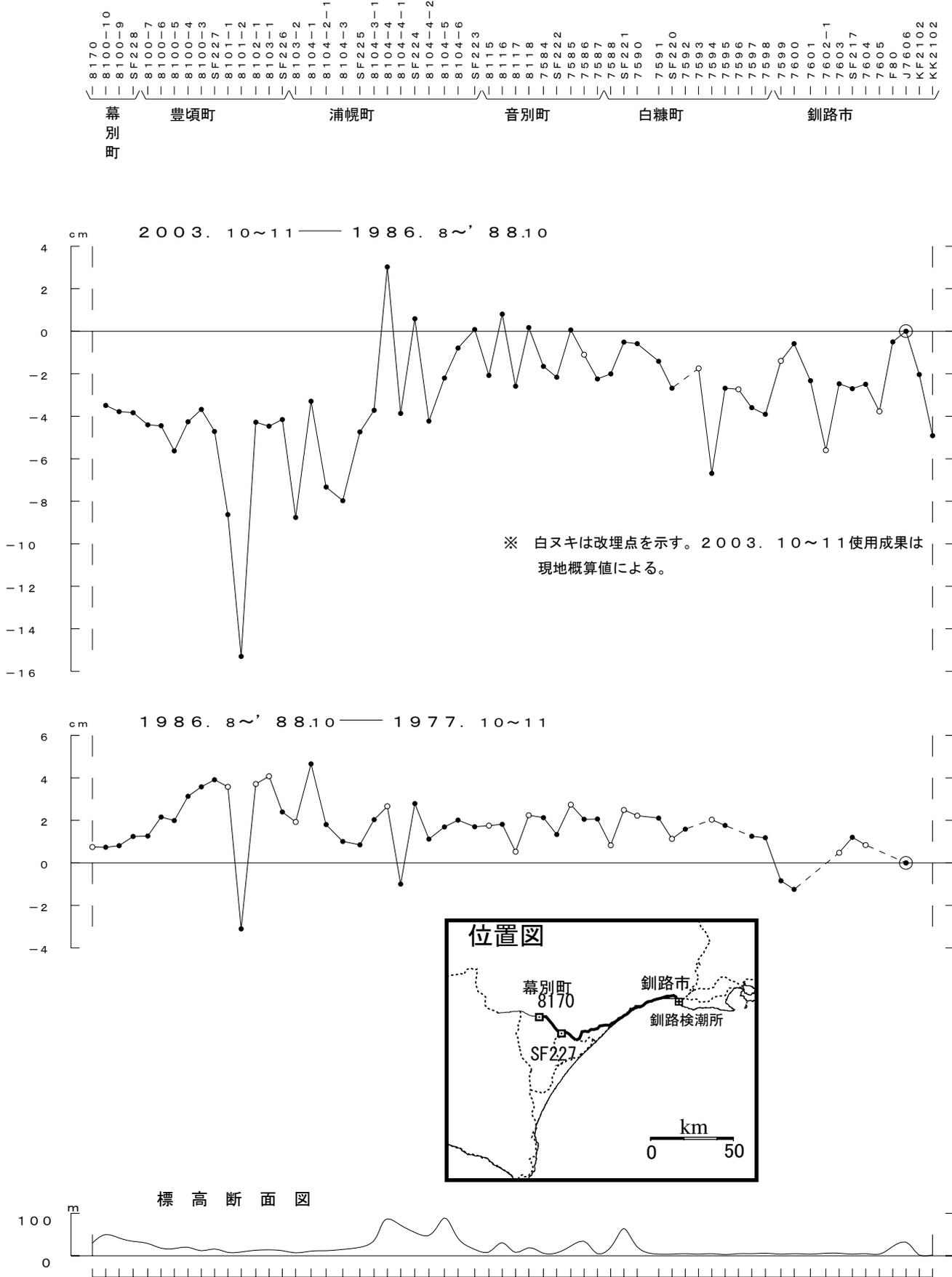
断層モデルからの計算値と水準測量より求めた襟裳地方の比高変化



第29図 勝沖地震の余効変動の時系列モデル

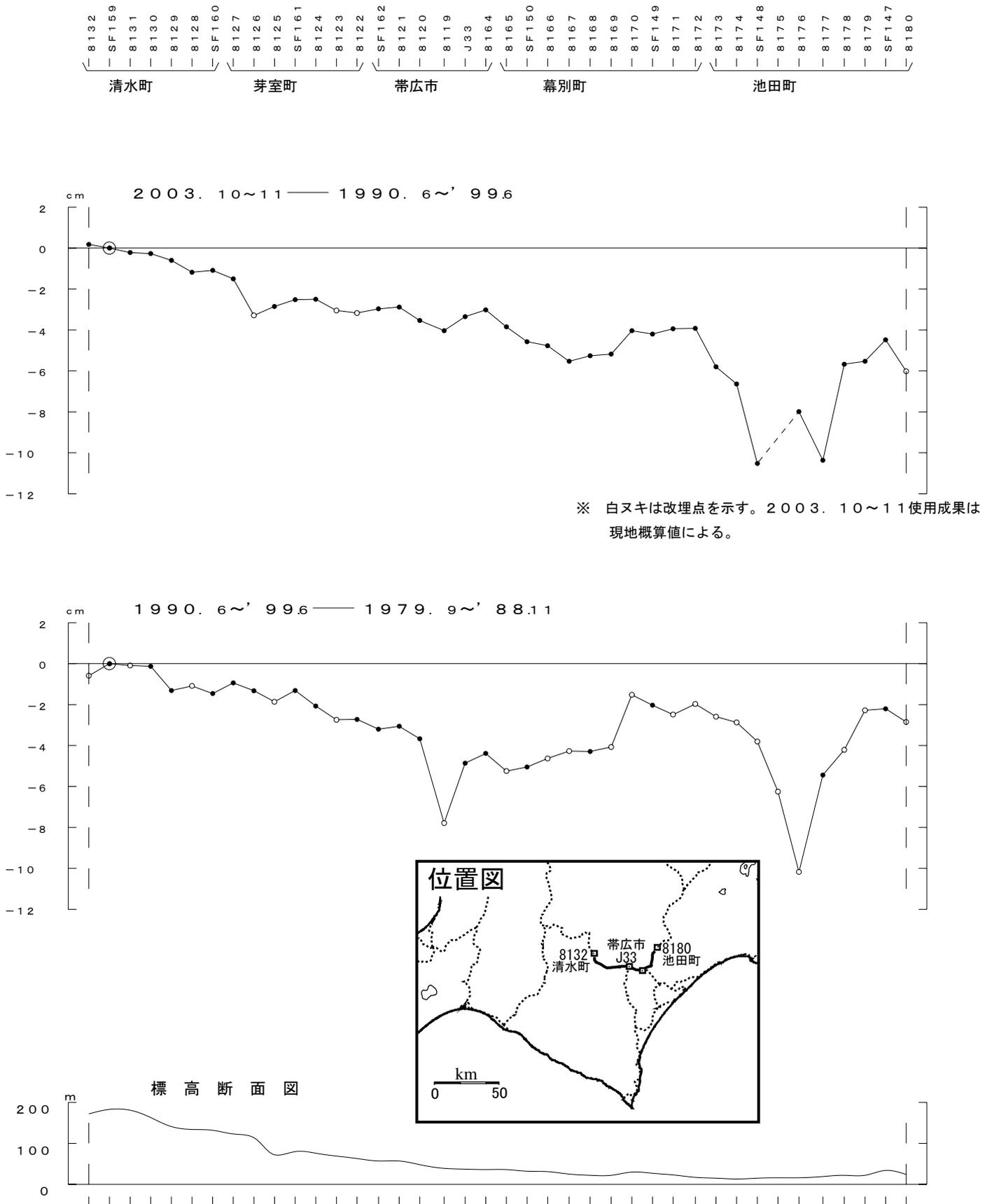
Fig.29 Modeling for the time series of post seismic slip of the Off Tokachi Earthquake 2003.

幕別町～釧路市間の上下変動



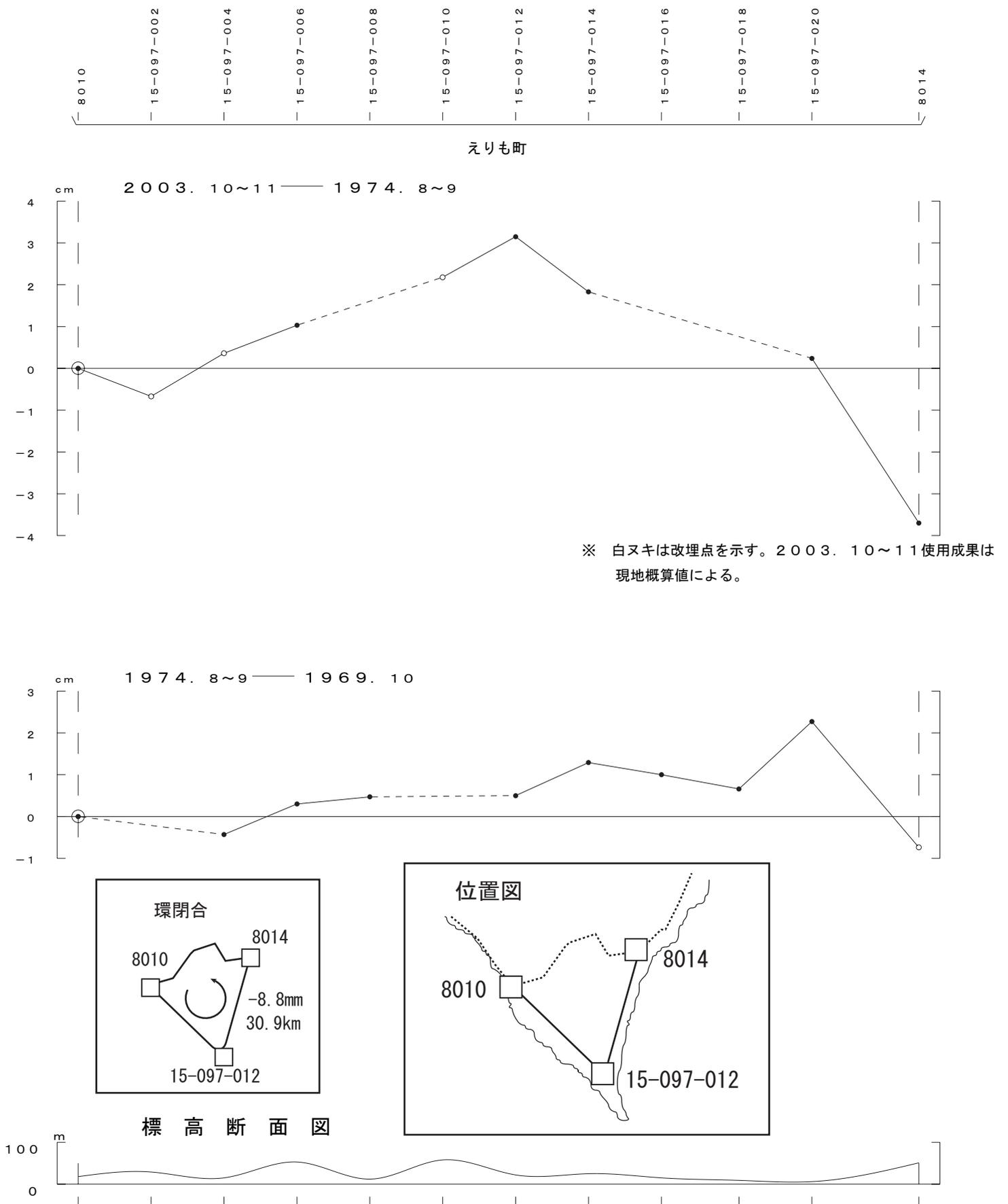
第30図 十勝沖地震の余効変動の時系列モデル
 Fig.30 Modeling for the time series of post seismic slip of the Off Tokachi Earthquake 2003.

清水町～池田町間の上下変動

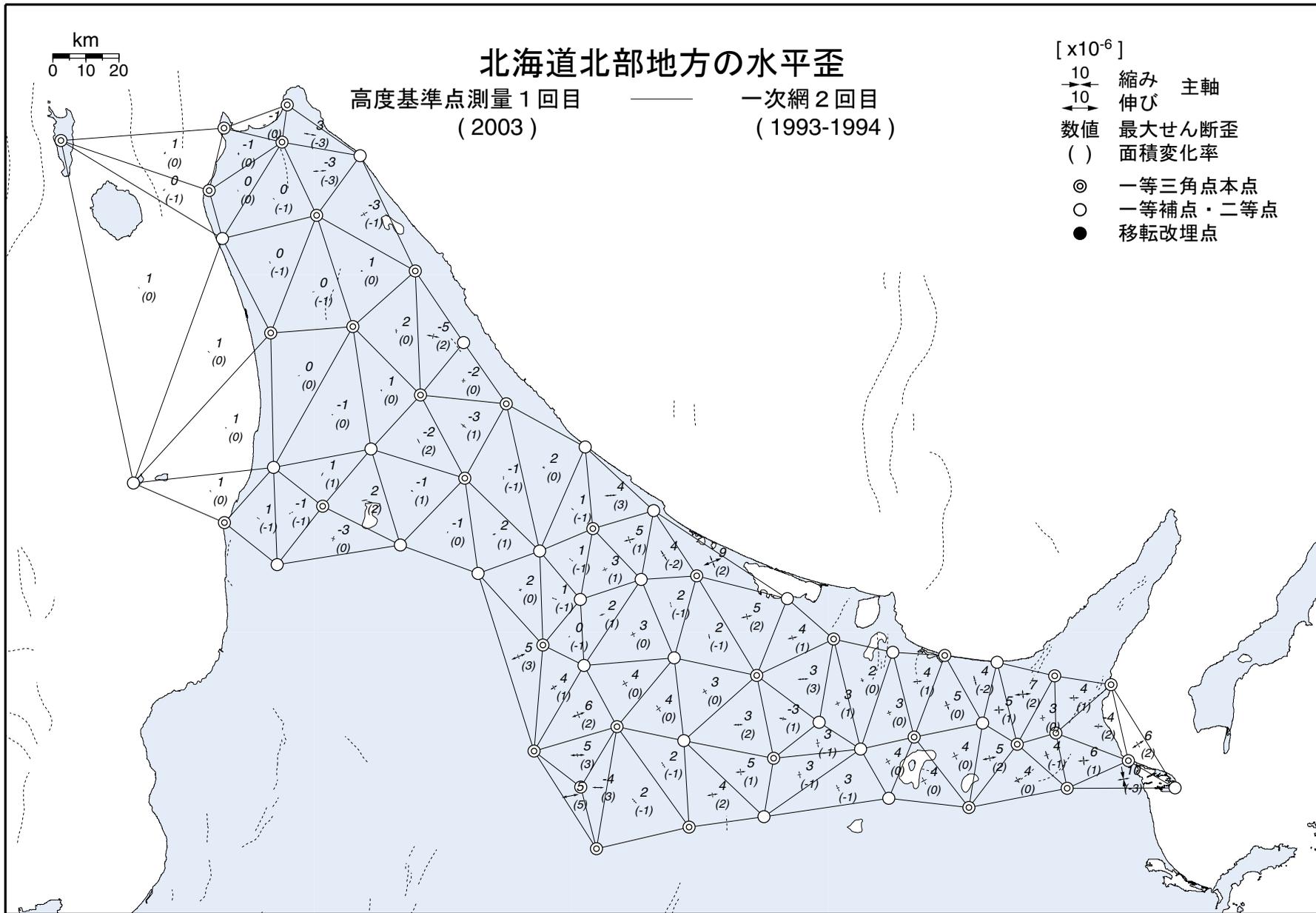


第31図 十勝沖地震の余効変動の時系列モデル
 Fig.31 Modeling for the time series of post seismic slip of the Off Tokachi Earthquake 2003.

襟裳岬の上下変動

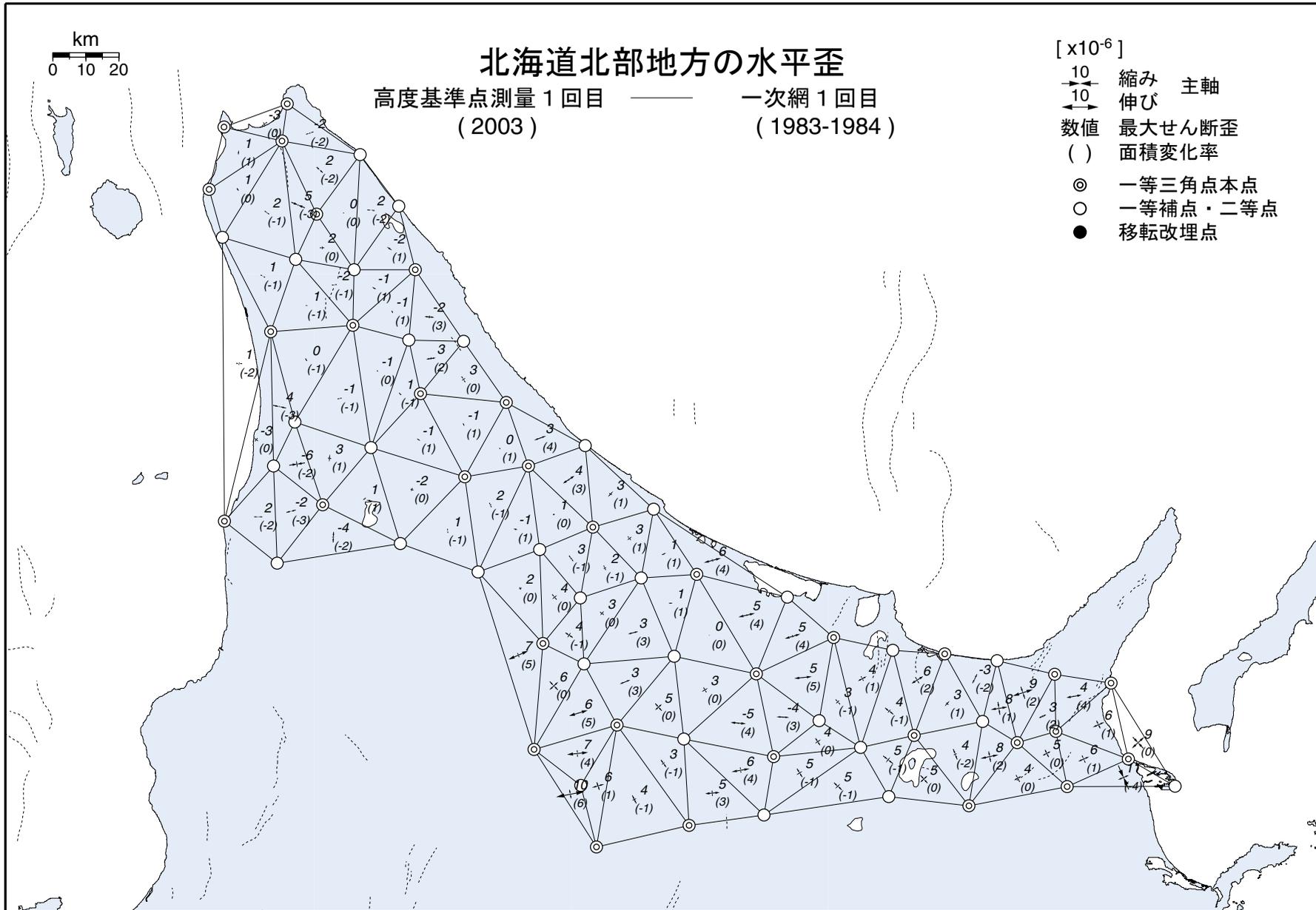


第32図 勝沖地震の余効変動の時系列モデル
 Fig.32 modeling for the time series of post seismic slip of the Off Tokachi Earthquake 2003.

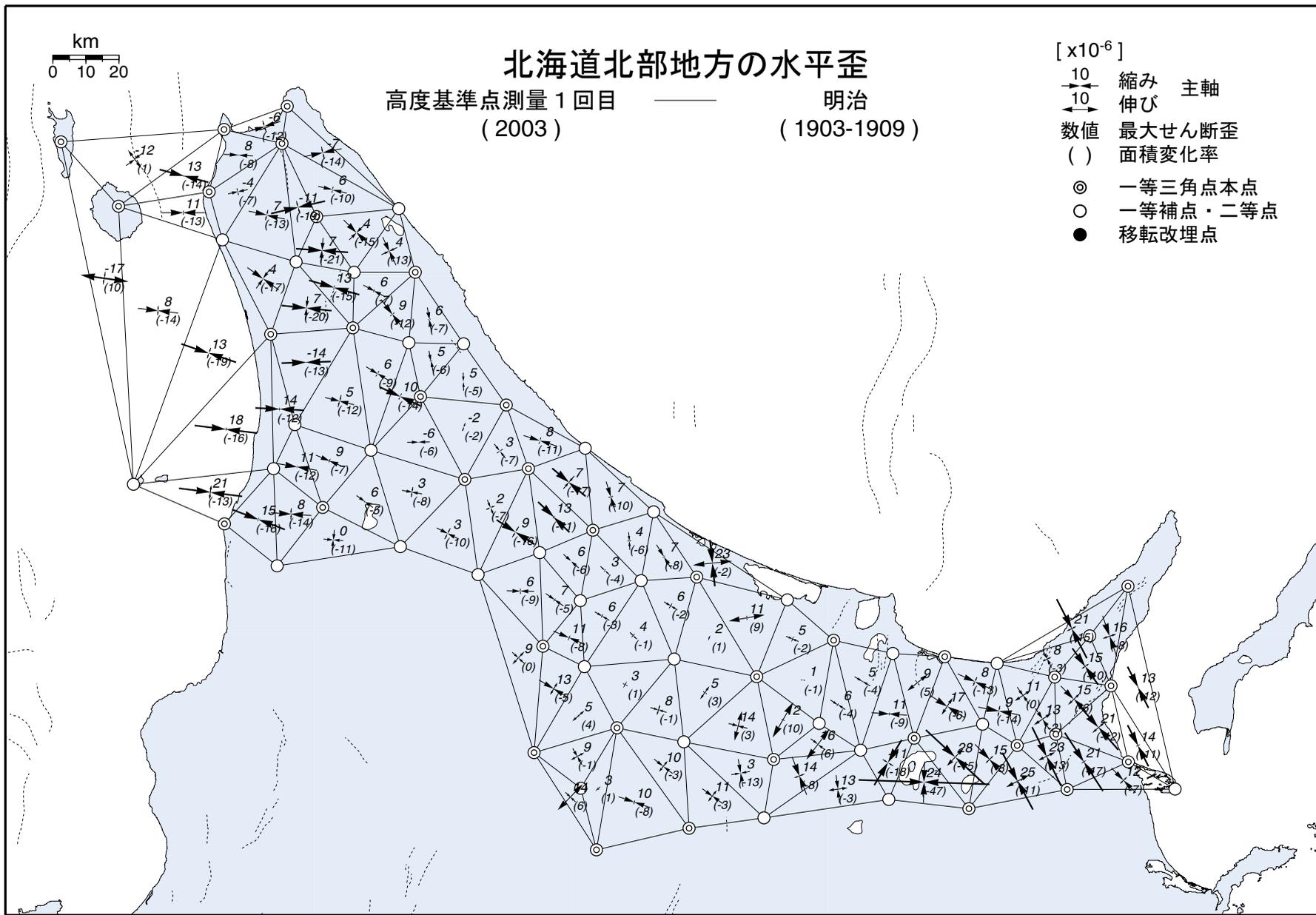


第33図 北海道北部地方の水平歪

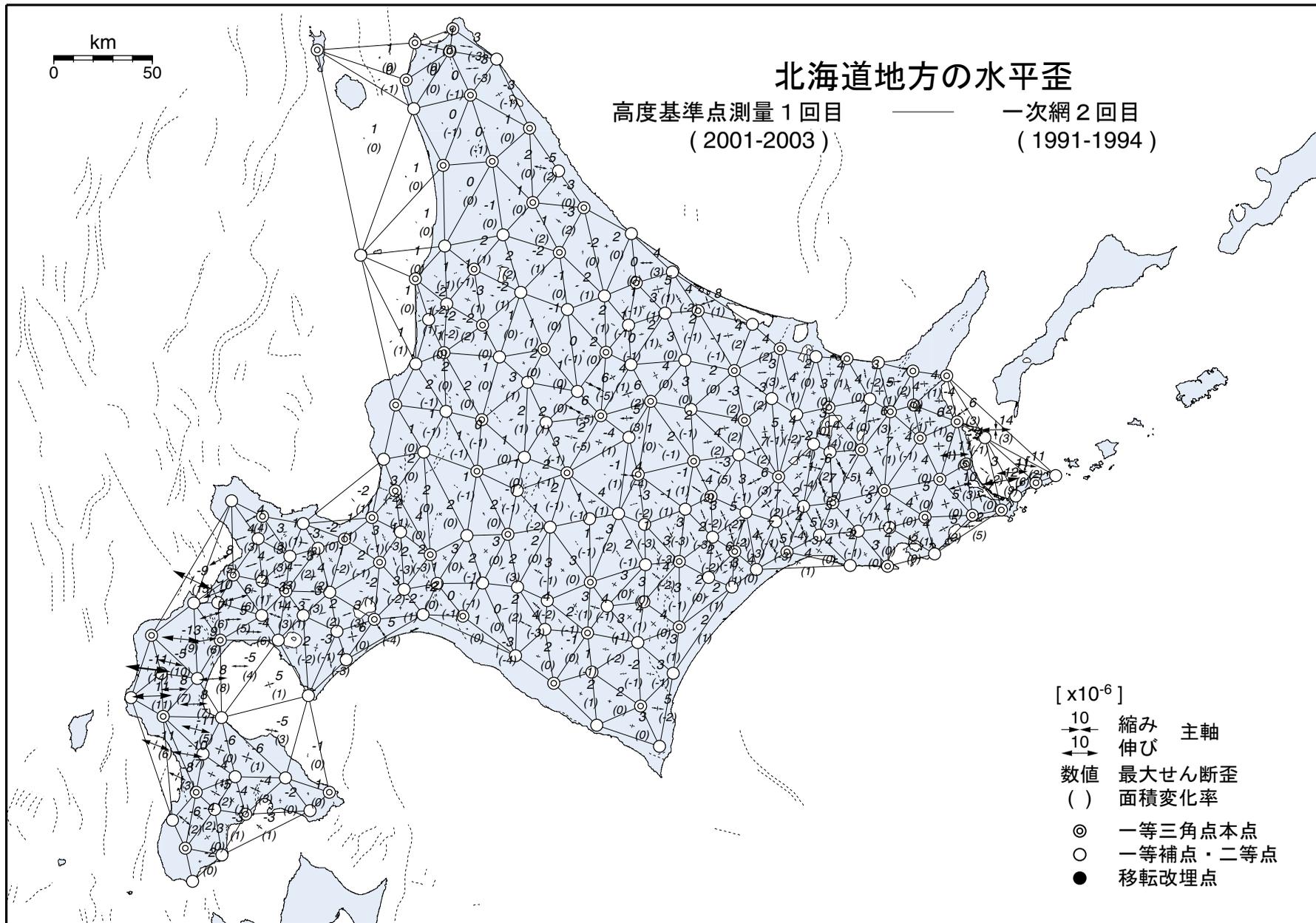
Fig.33 Horizontal Strain Field of Northern Hokkaido Derived from Geodetic Surveys.



第34図 北海道北部地方の水平歪
 Fig.34 Horizontal Strain Field of Northern Hokkaido Derived from Geodetic Surveys.

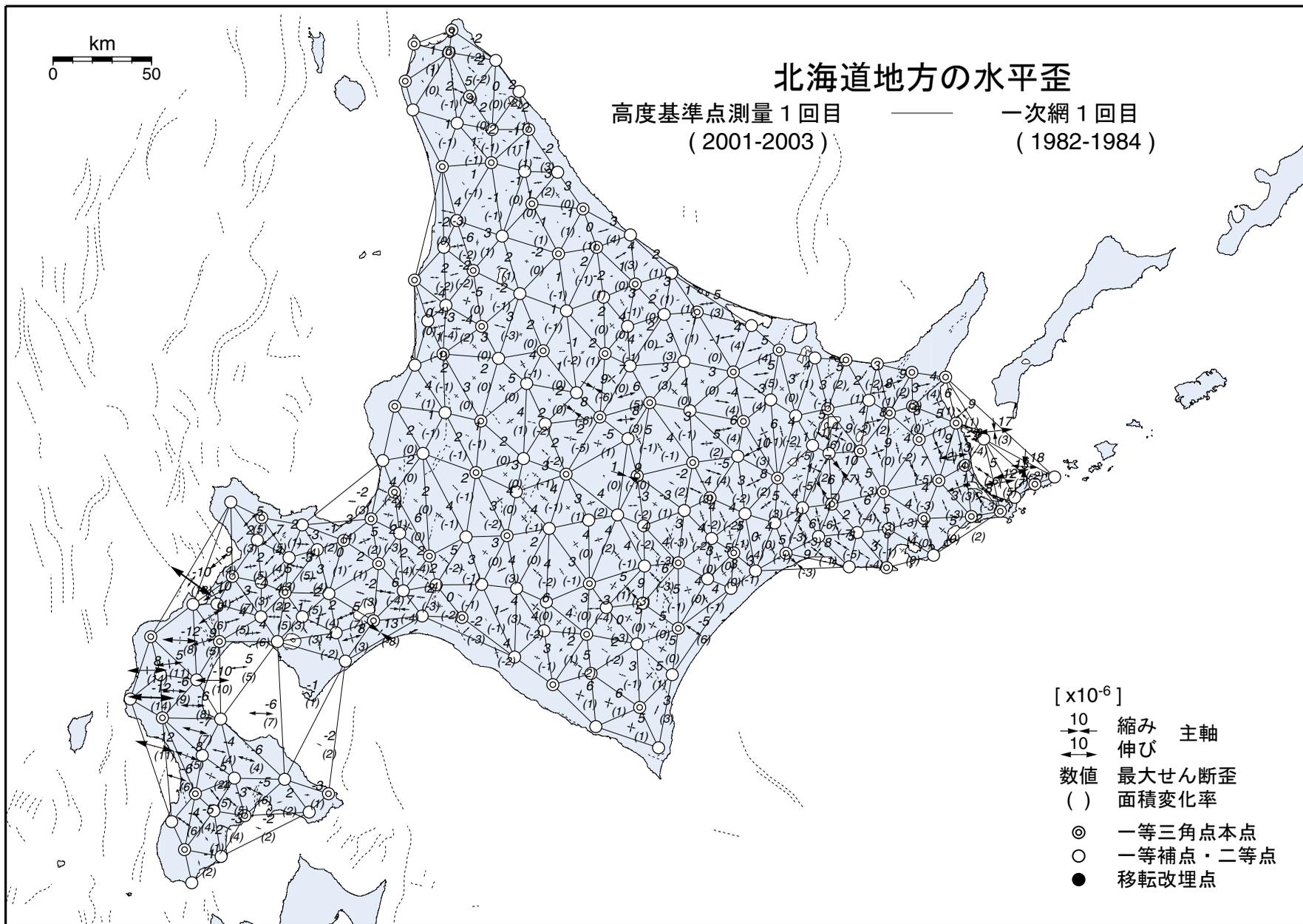


第35図 北海道北部地方の水平歪
 Fig.35 Horizontal Strain Field of Northern Hokkaido Derived from Geodetic Surveys.

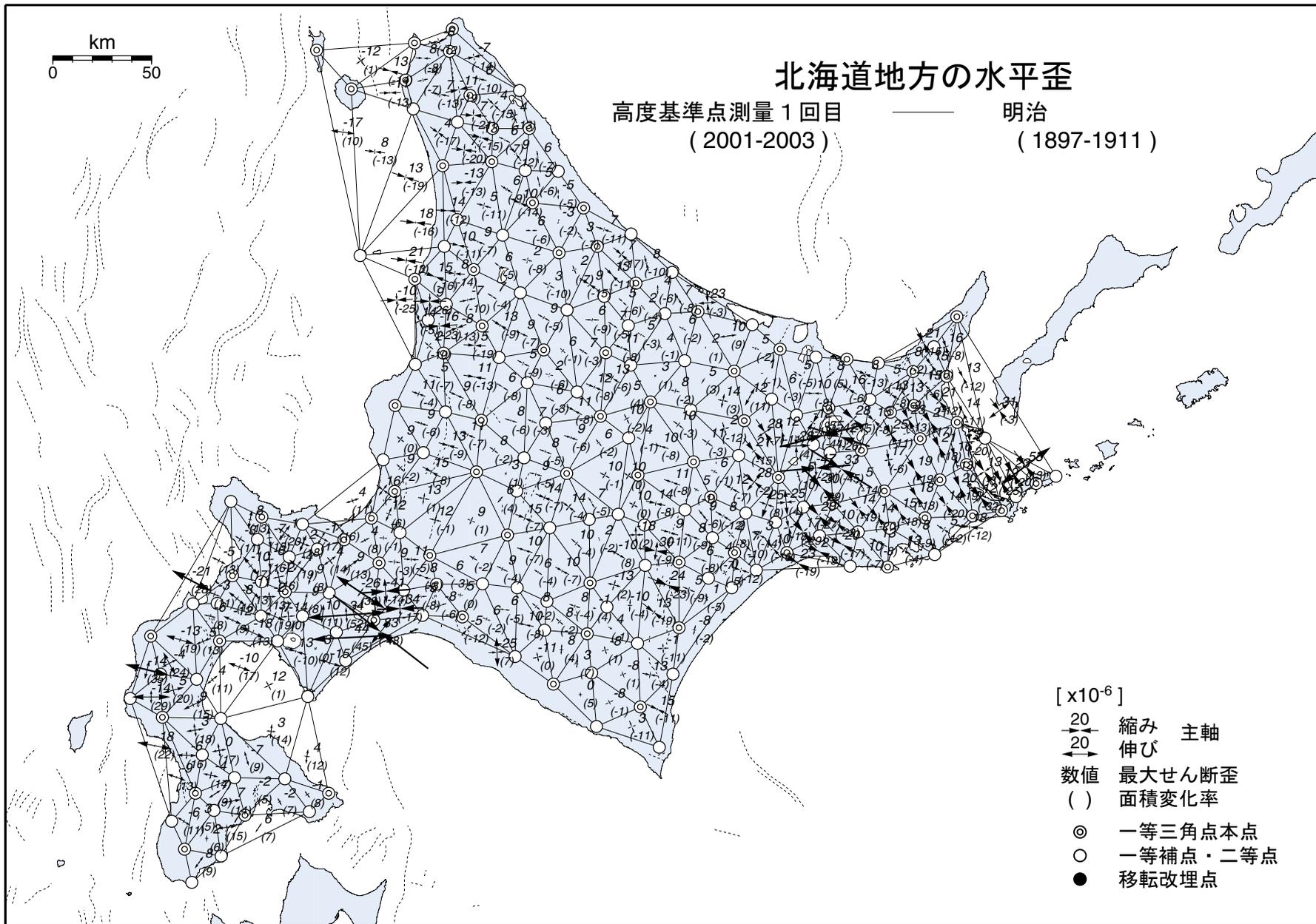


第36図 北海道地方の水平歪

Fig.36 Horizontal Strain Field of Hokkaido District Derived from Geodetic Surveys.



第37図 北海道地方の水平歪
 Fig.37 Horizontal Strain Field of Hokkaido District Derived from Geodetic Surveys.



第38図 北海道地方の水平歪

Fig.38 Horizontal Strain Field of Hokkaido District Derived from Geodetic Surveys.