

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、加藤・津村の方法による北海道太平洋岸の験潮場における上下変動である。十勝沖地震で釧路が隆起、浦河が沈降した。

第2～4図は北海道地方における水準測量結果である。今回観測の前は約10年前あるいはそれ以前である。十勝沖地震前約10年間、十勝沖地震自体の影響、十勝沖地震後の影響が重なっているはずであるが、震源域から離れているので、基本的には長期的なトレンドと見て良いと考えられる。第2図は岩見沢から旭川局までの路線である。局地的に沈下している場所があるが、ほとんど変化はないと見て良い。第3図は札幌から岩見沢に向かう路線の観測結果である。点の亡失が多いが、江別から岩見沢にかけて、沈降の領域があると見られる。第4図は小樽から札幌の路線である。札幌側が沈下の傾向にある。

第5～9図は2004年11月、12月の釧路沖地震の余効変動について、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。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っていくが、最近ではまだ釧路沖とえりも沖で滑りがつづいていることがみられる。第6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8図は時系列での比較である。第9図は推定された余効滑りのモーメントで、Mw7.3程度に相当している。

第10～16図は、2003年十勝沖地震後の北海道東部の地殻変動について検討したものである。第10図は十勝沖地震の余効変動の時間経過を見たものである。2004年夏頃からやや異なる傾向が見られる。第11図は11月29日に釧路沖の地震が発生する以前の2004年夏頃から、十勝沖地震の主要な断層破壊域の深部延長及び東側でゆっくりとしたプレート間滑りが示唆される地殻変動がみられていることを示す図である。第12図は当該地域の地震活動の状況で、十勝沖地震以降の活動度が根室沖では高くなっていることを示している。第13図では12月9日以降の地殻変動の様子から根室沖のプレート間滑りを推定したもので、釧路沖の地震以前よりも滑りが加速している可能性を示している。第14図は過去の釧路沖、根室沖地震の前後に地殻上下変動がどのようなであったかを験潮データから確認したものである。1973年根室沖地震の前には、緩やかな隆起が道東地方で起きていた可能性が示唆される。第15図は時間依存のインバージョンによって十勝沖地震の震源域以東のプレート間滑りを2004年12月8日以降について計算したもので、やはり釧路・根室沖に滑りの相対的に大きい領域が見られる。第16図は東大地震研のHPに示された千島海溝沿いの大地震のアスペリティとその周辺の余効滑り領域を示した図である。今回示された釧路・根室沖の余効滑りもこれにあたるものと理解できる。

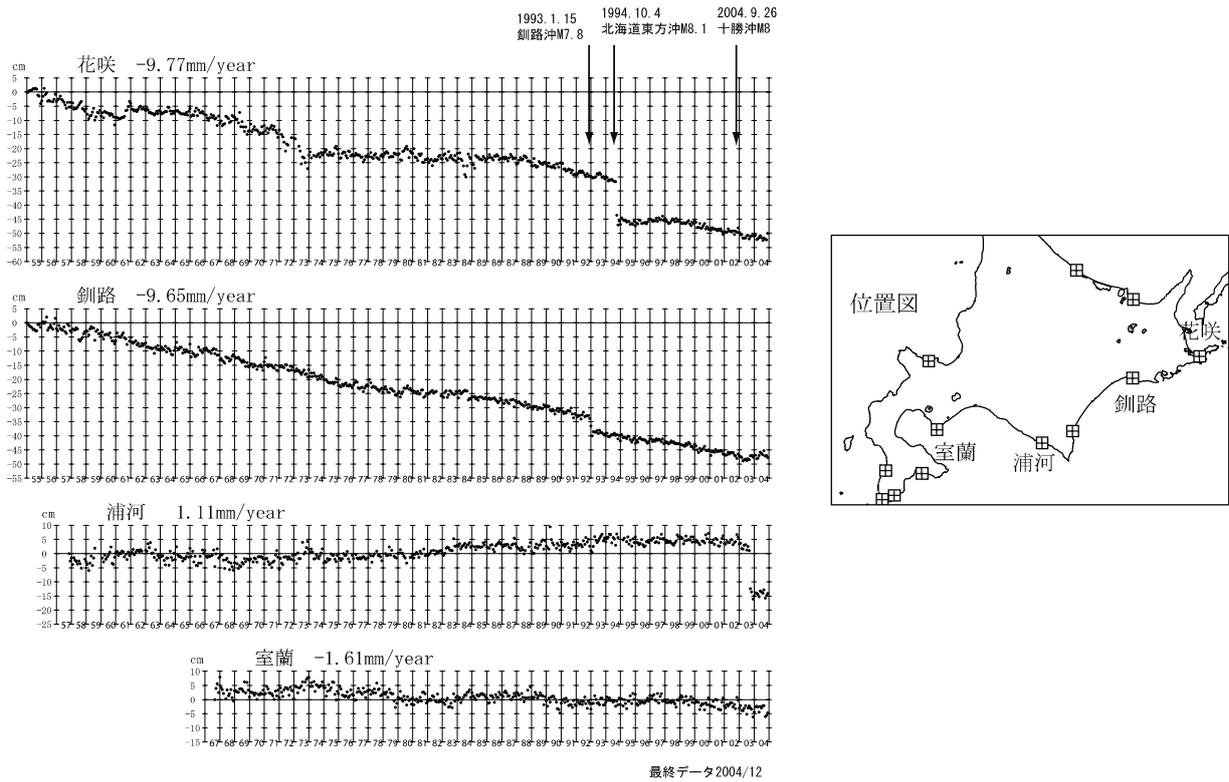
第17～18図は2004年12月14日の留萌支庁南部の地震に関連したGPS観測の時系列である。地震後わずかな余効変動らしきものが見える。第19～20図は断層モデルである。東西圧縮の逆断層であるが、傾斜の方向は余震分布を参考にして選択した。

第 21 図は十勝沖地震後に行われた北海道地方における水準測量結果からまとめた上下変動である。今回観測の前回が約 10 年前あるいはそれ以前であるため、十勝沖地震の影響と地震前約 10 年間の影響が重なっている。忍路験潮場を固定してみると、日高・十勝の海岸の沈降が大きいことがわかる。

釧路から花咲までの路線では北海道東方沖地震後との比較であるが、釧路側から見て花咲側が下がっている。

第 22 ～ 25 図は、十勝沖地震後の高度基準点測量改測結果による北海道南東部の水平歪みである。第 22 図の明治の観測との比較による歪みをみるとえりもから十勝周辺では 2 度の十勝沖地震で歪みが解消されているが、釧路・根室では北西－南東圧縮の歪みが残っていることがみられる。第 25 図の最新の比較結果は GEONET でみられる傾向と一致している

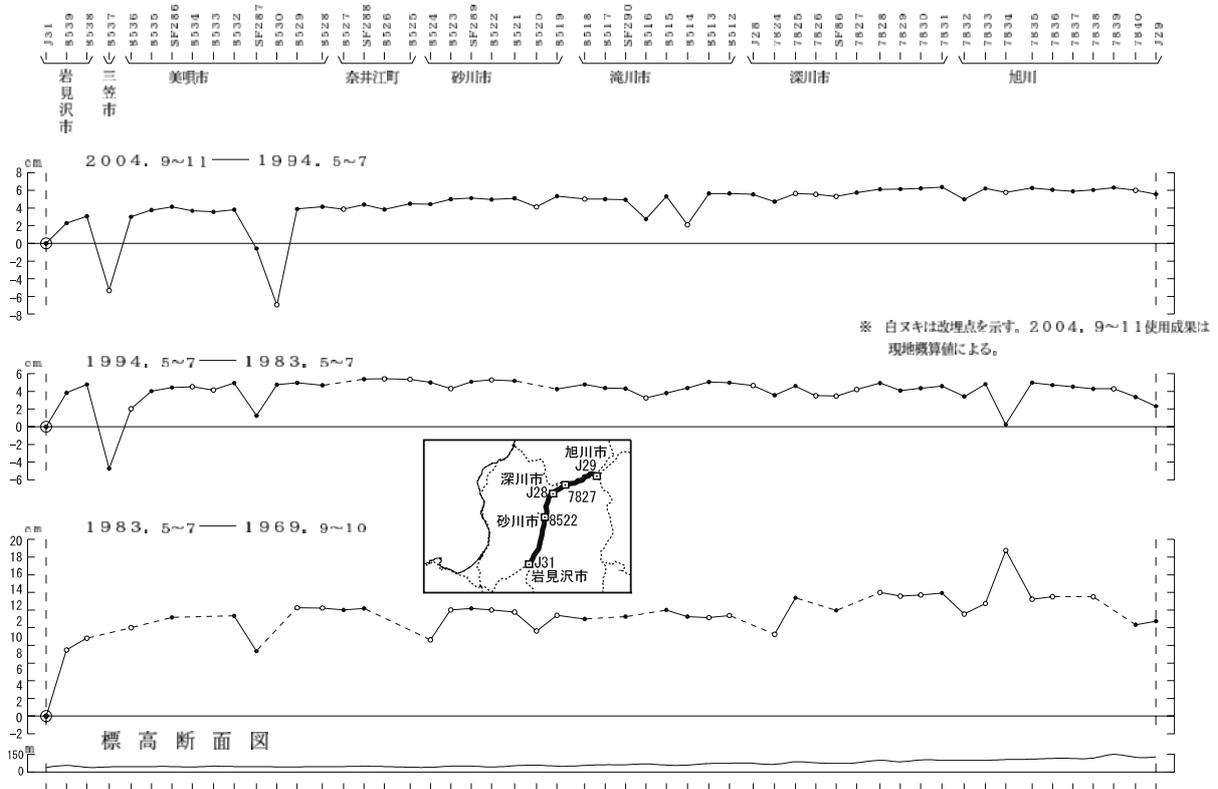
加藤&津村（1979）の解析方法による、各験潮場の上下変動



第1図 加藤・津村(1979)の方法による北海道太平洋岸の験潮場における上下変動

Fig.1 Vertical movements of the tide stations on the Pacific coast of Hokkaido derived with the method by Kato and Tsumura (1979)

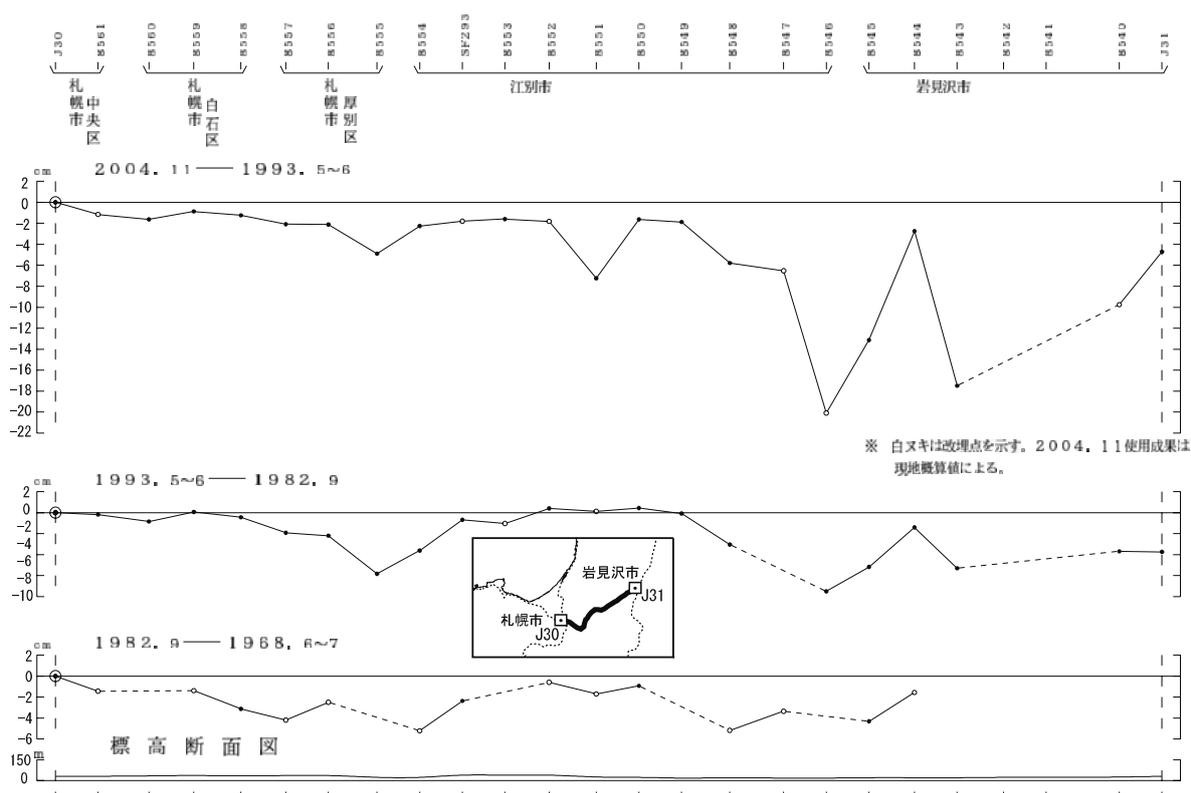
岩見沢市～旭川市間の上下変動



第2図 岩見沢市～旭川市間における上下変動

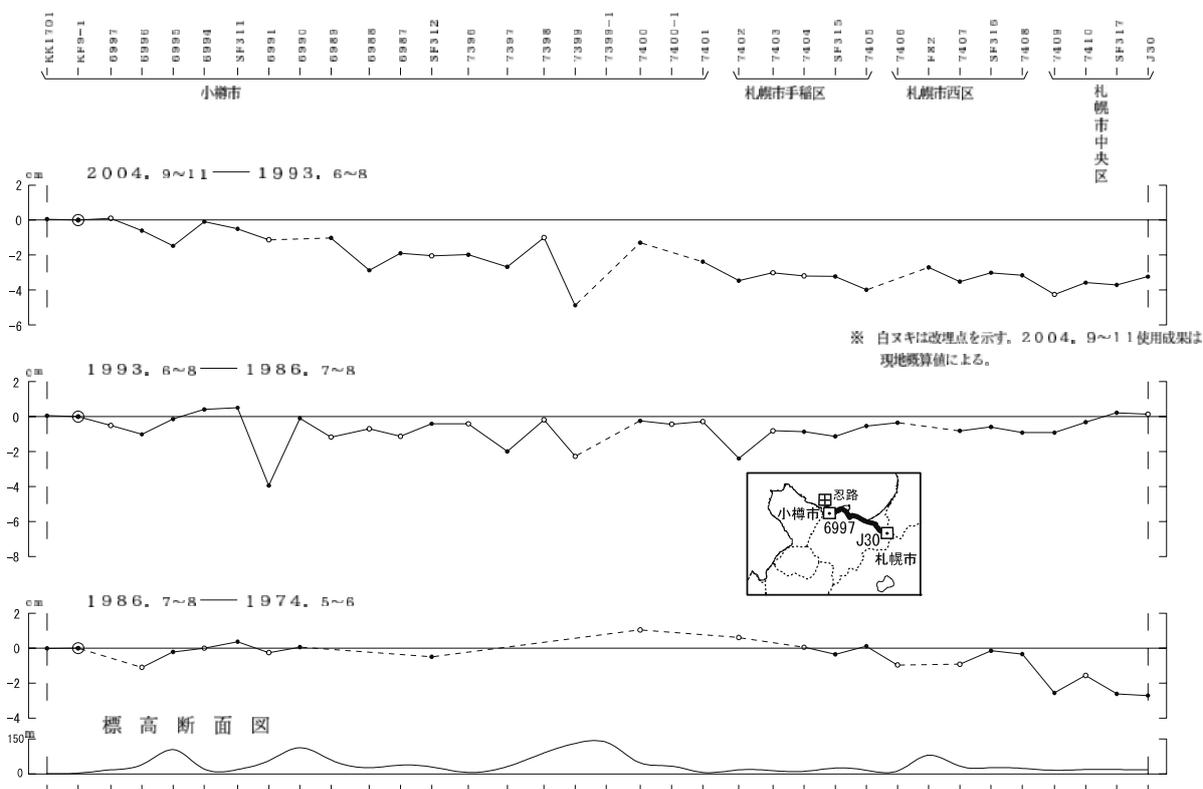
Fig.2 Vertical Crustal Movement between Iwamizawa city and Asahikawa city

札幌市中央区～岩見沢市間の上下変動



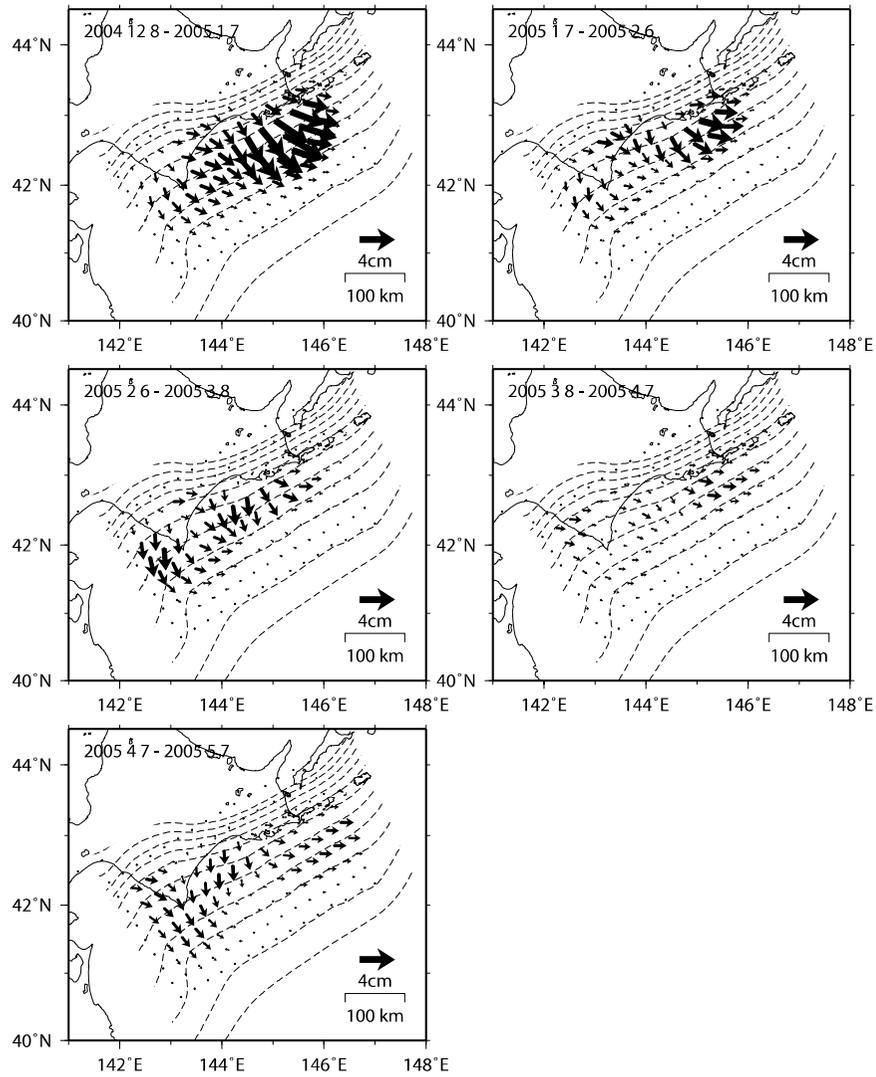
第3図 札幌市中央区～岩見沢市間における上下変動
Fig.3 Vertical Crustal Movement between Sapporo city Chuo and Iwamizawa city

小樽市～札幌市中央区間の上下変動



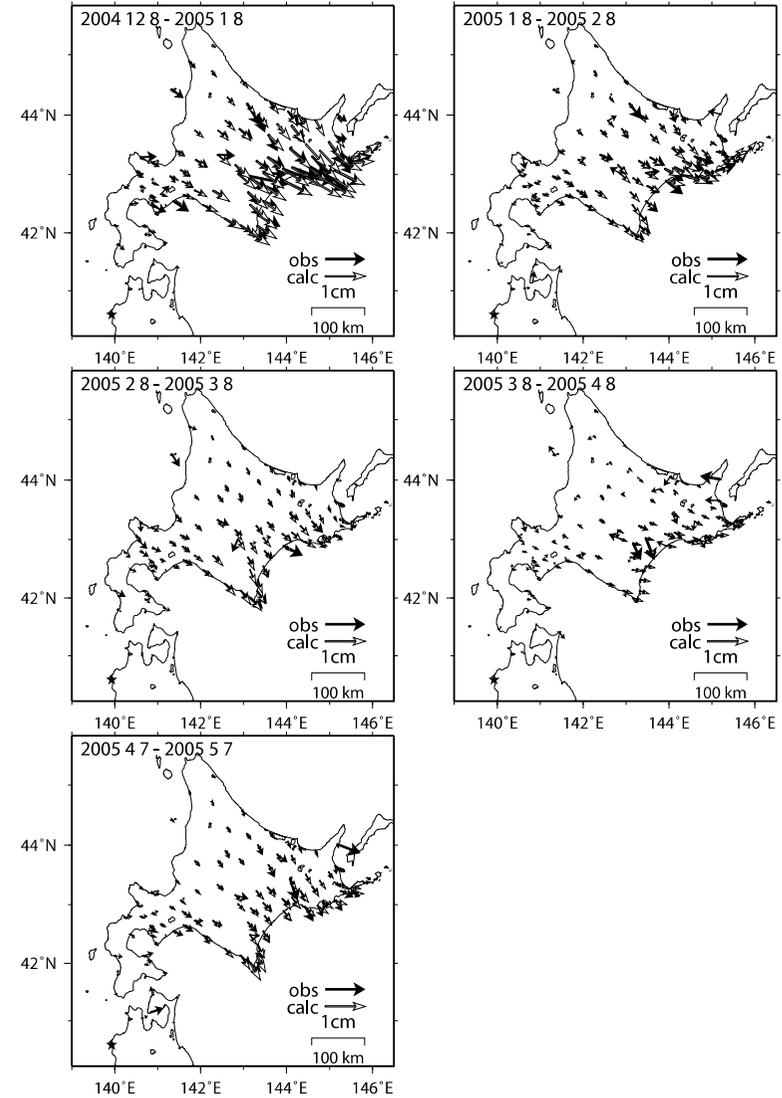
第4図 小樽市～札幌市中央区間における上下変動
Fig.4 Vertical Crustal Movement between Otaru city and Sapporo city Chuo

プレート境界面の推定すべり分布



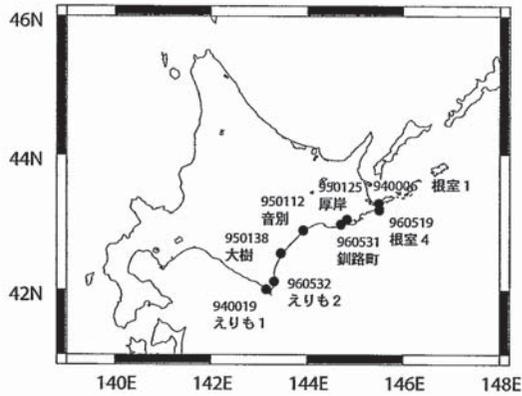
第5図 GEONET観測データから推定された北海道東部におけるプレート間滑り
Fig.5 Slip distribution on plate boundary around eastern Hokkaido estimated from GEONET data

観測値と計算値の比較



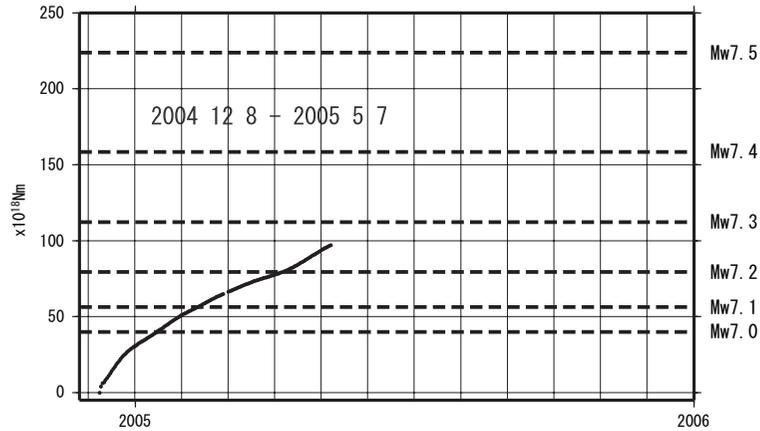
第6図 水平地殻変動観測値と推定されたプレート間滑りからの計算値の比較
Fig.6 Comparison of observed horizontal deformation vectors and calculated vectors from estimated slip on plate boundary

電子基準点配置図



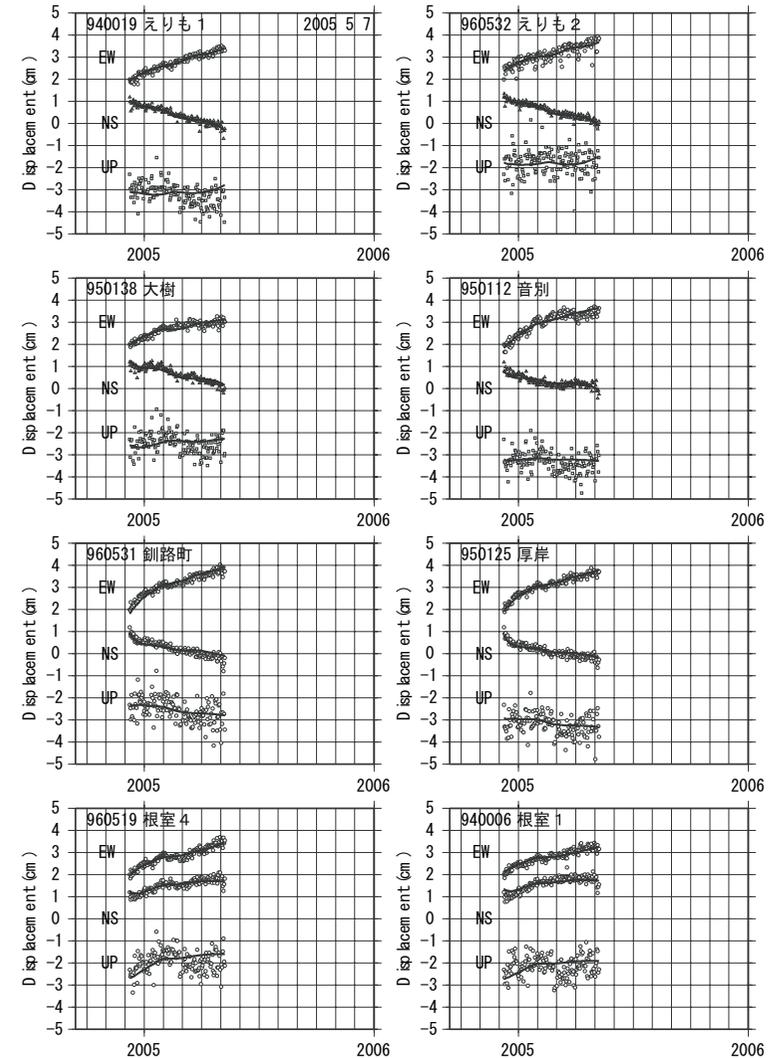
第7図 観測された異常地殻変動とモデルによる計算値とを比較した時系列
Fig.7 Time Series of Observed Crustal Movement Compared with Estimated Movement by the Slow Slip Model

推定モーメントの時間変化



第9図 推定モーメントの時間変化
Fig.9 Development of Estimated Moment along the Slip on Plate Boundary

観測値と計算値の比較



第8図 観測された異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.8 Time Series of Observed Crustal Movement Compared with Estimated Movement by the Slow Slip Model

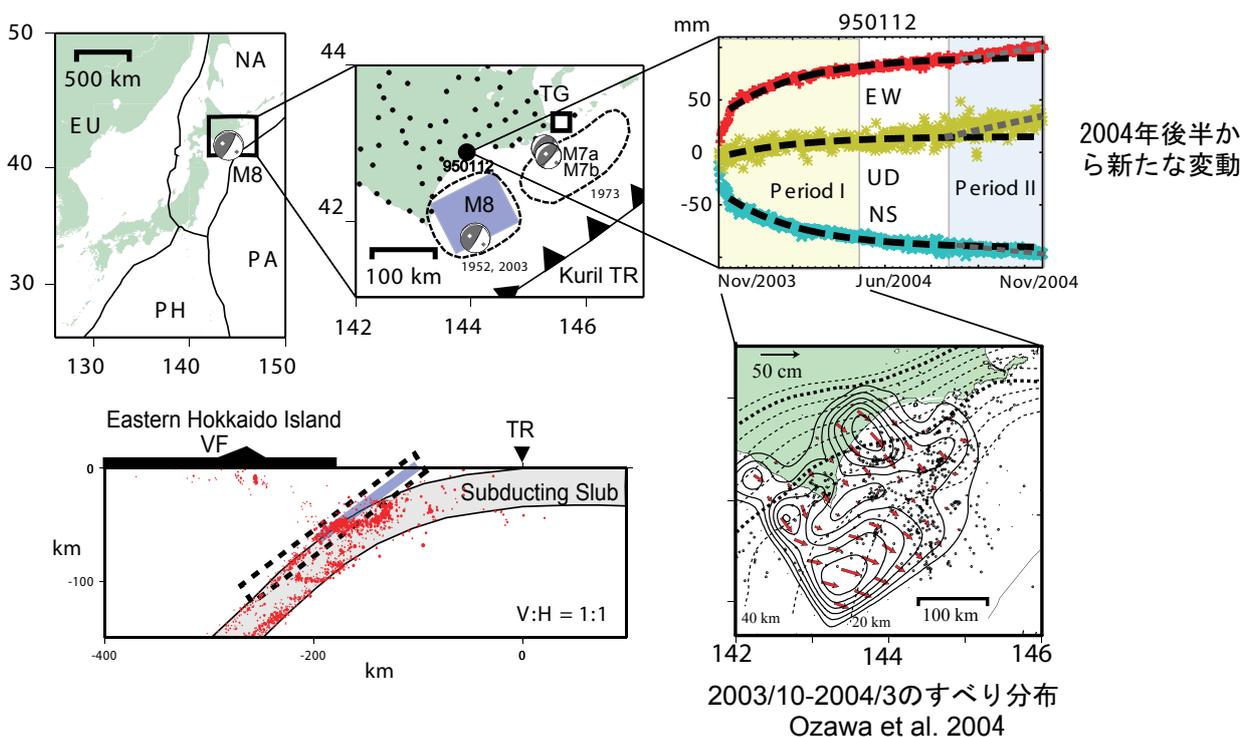
印刷版の地震予知連絡会会報第74巻に掲載された本図では、縦軸のモーメント値の目盛り表示及び相当するモーメントマグニチュードの数値に誤りがありましたので差し替えました。

As the figure on the printed "Report of CCEP, Vol.74" had an error in the vertical axis scale for moment and moment magnitude, it was replaced by this corrected figure for the pdf version.

2003年十勝沖地震後の北海道東部の地殻変動

- 2004年夏頃から釧路根室周辺の隆起を伴う新しいゆっくりすべりが活動を開始し、現在も継続している（第10, 11図）
- 2003年十勝沖(M8.0)の震源域の東側ではプレート境界付近で発生する地震数が増加しておりプレート境界面の状態変化が示唆される（第12図）
- 2004年11月29日釧路沖(M7.1)および12月6日釧路沖(M6.9)は、ゆっくりすべりにより誘発された（第10, 11, 12図）
- 根室沖周辺では2004年12月以降ゆっくりすべりの速度が加速している可能性が高い（第13図）
- 前回の地震サイクルの経過については験潮データからはよくわからないがゆるやかな隆起が発生していた可能性もある（第14図）

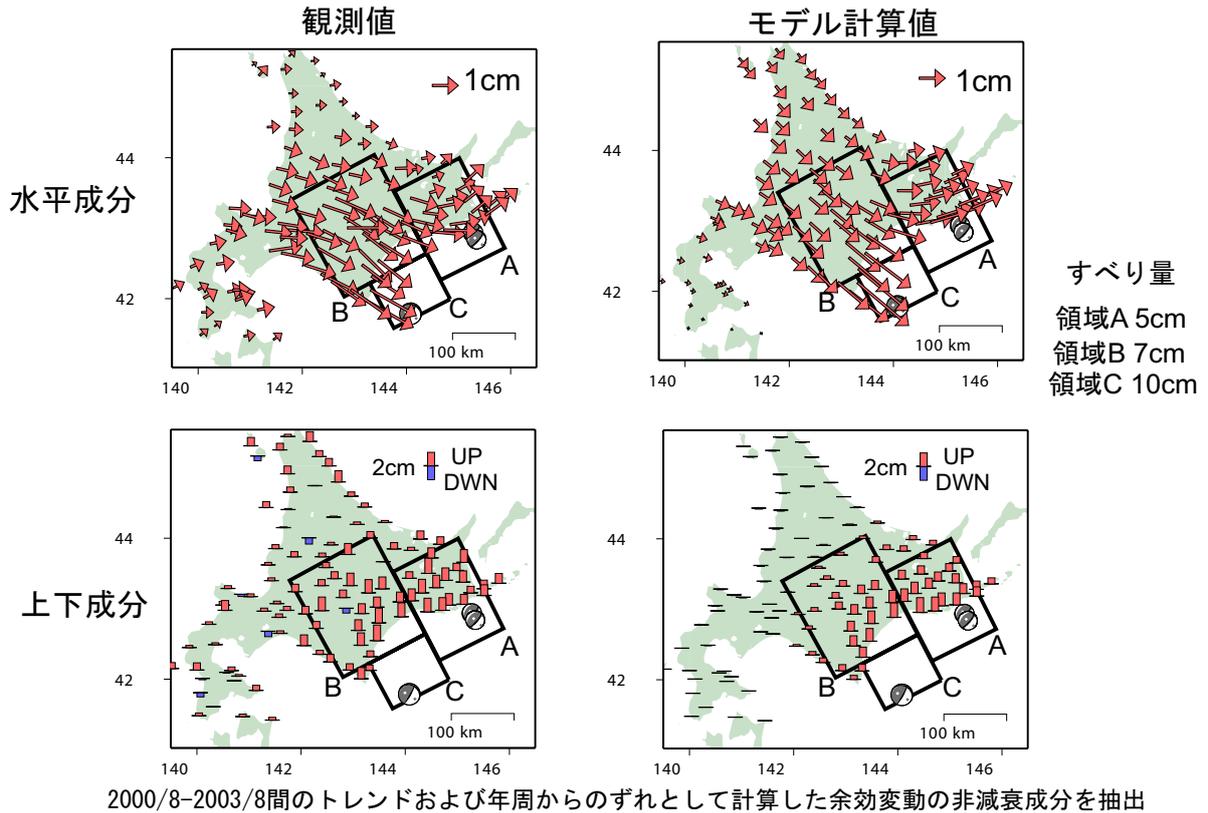
2003年十勝沖地震後の北海道東部の地殻変動



第 10 図 2003 年十勝沖地震後の北海道東部の地殻変動

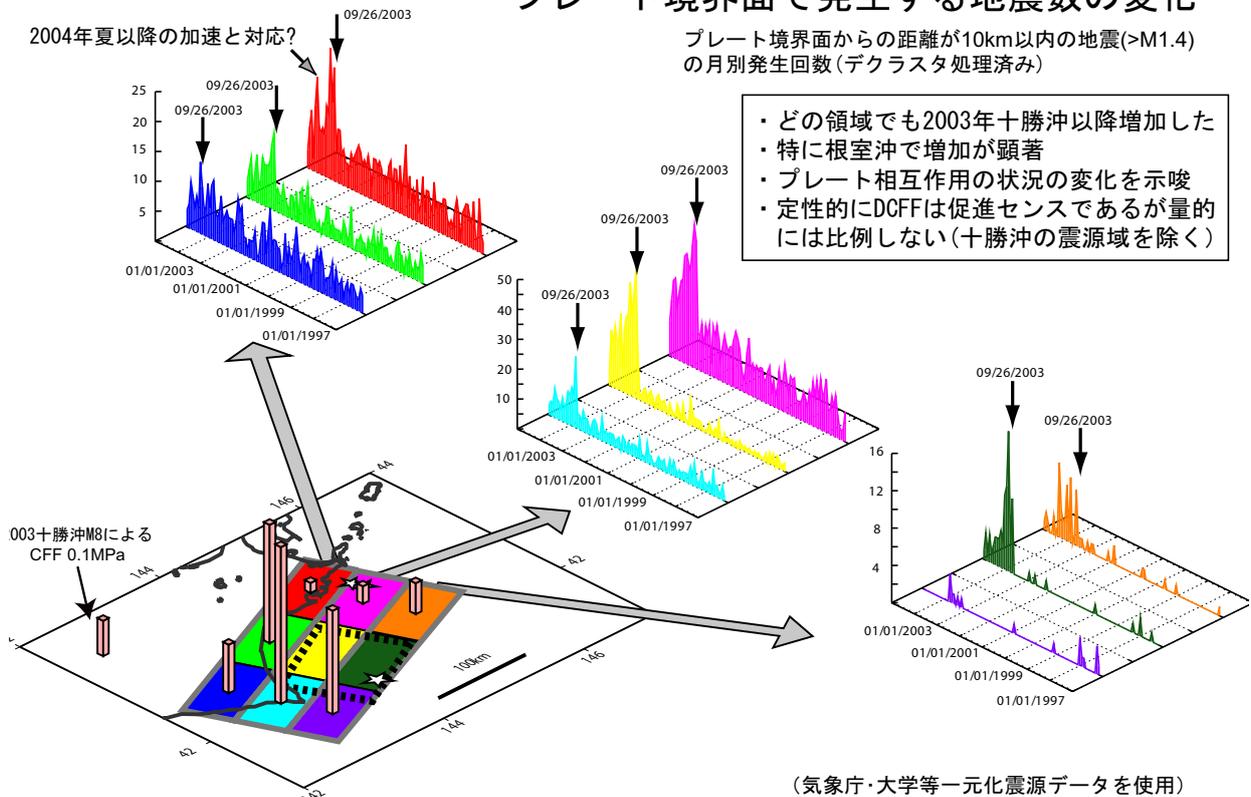
Fig.10 Crustal deformation in eastern Hokkaido after Off-Tokachi Earthquake(2003)

11月29日・12月6日釧路沖地震前の地殻変動(2004/05 - 2004/11間)



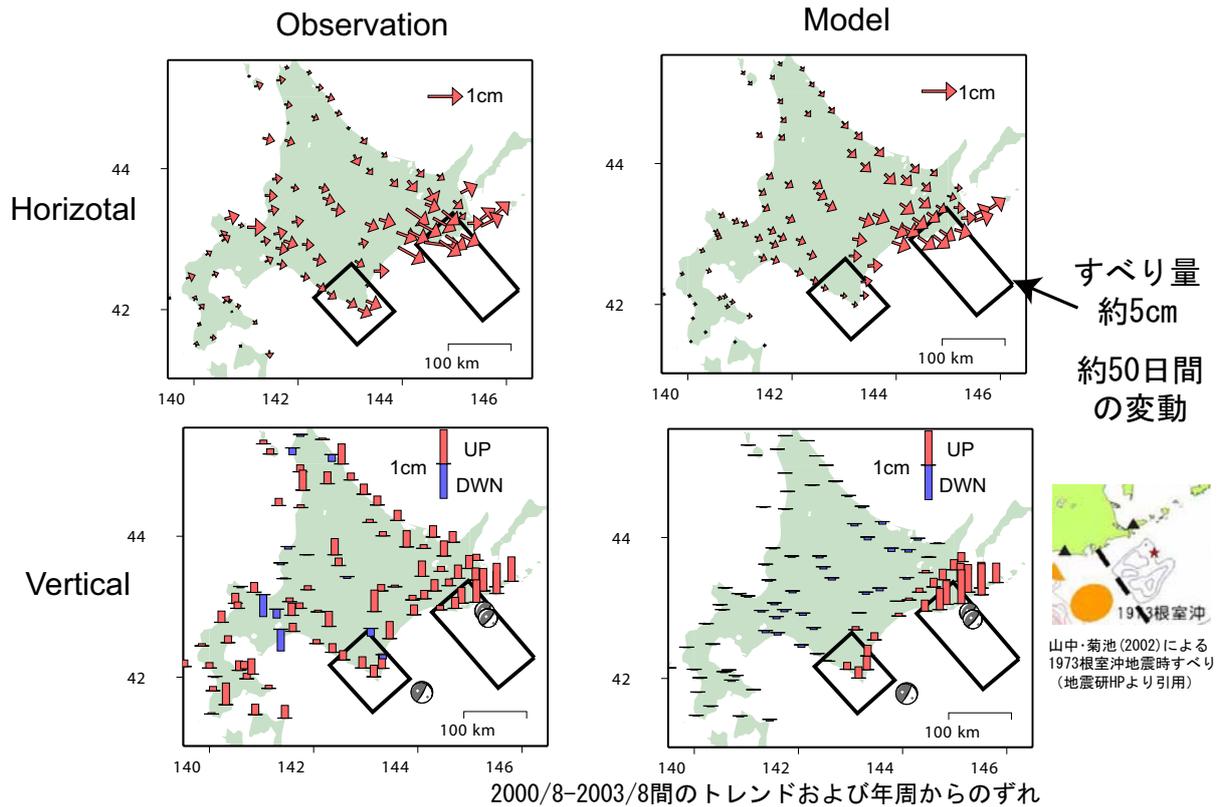
第 11 図 2004 年 11 月 29 日, 12 月 6 日の釧路沖の地震前における北海道地方の地殻変動
Fig.11 Crustal deformation in eastern Hokkaido before the off-Kushiro earthquakes on November 29, and December 6, 2004

プレート境界面で発生する地震数の変化



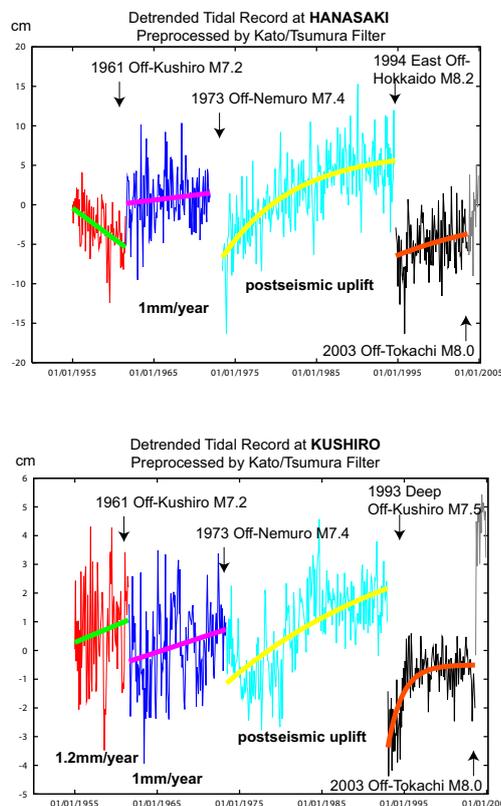
第 12 図 北海道東部のプレート境界で発生する地震数の変化
Fig.12 Variation of the numbers of earthquakes occurring on the plate boundary at eastern Hokkaido

最近約50日間(2004年12月9日-2005年1月29日)の地殻変動

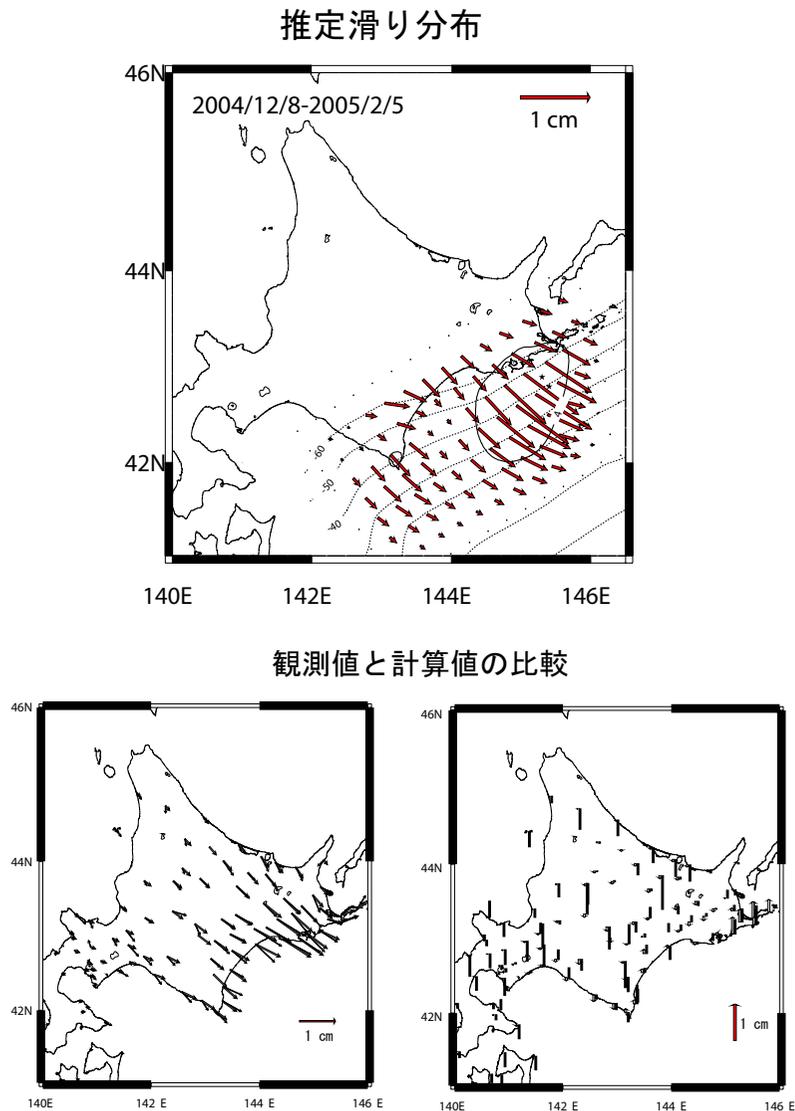


第 13 図 2004 年 12 月 6 日の釧路沖の地震以降における北海道地方の地殻変動
 Fig.13 Crustal deformation in Hokkaido region after the off-Kushiro earthquake on December 6

釧路および花咲における験潮結果
 加藤・津村のフィルタ処理結果をデトレンドした時系列

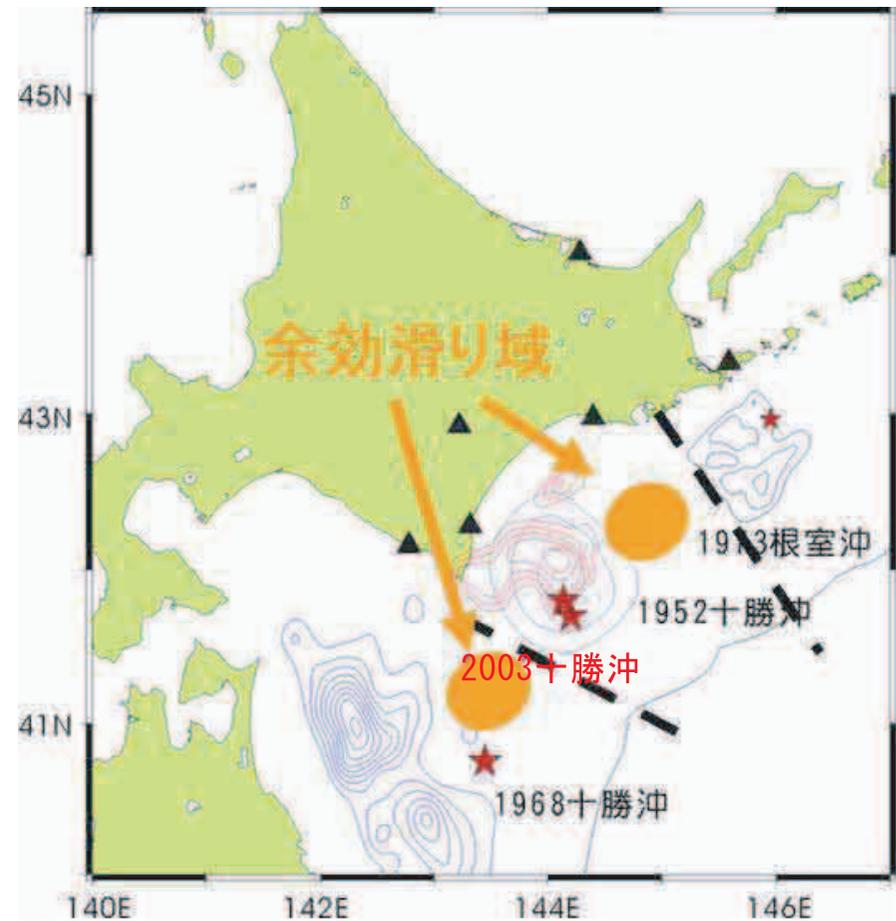


第 14 図 釧路および花咲における験潮結果のデトレンドした時系列
 Fig.14 De-trended tidal data on Kushiro and Hanasaki tidal observatory



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北海道東部のプレート間滑り

Fig.15 Slip on the plate boundary in eastern Hokkaido estimated by time dependent inversion after the off-Kushiro earthquake on December 6, 2004

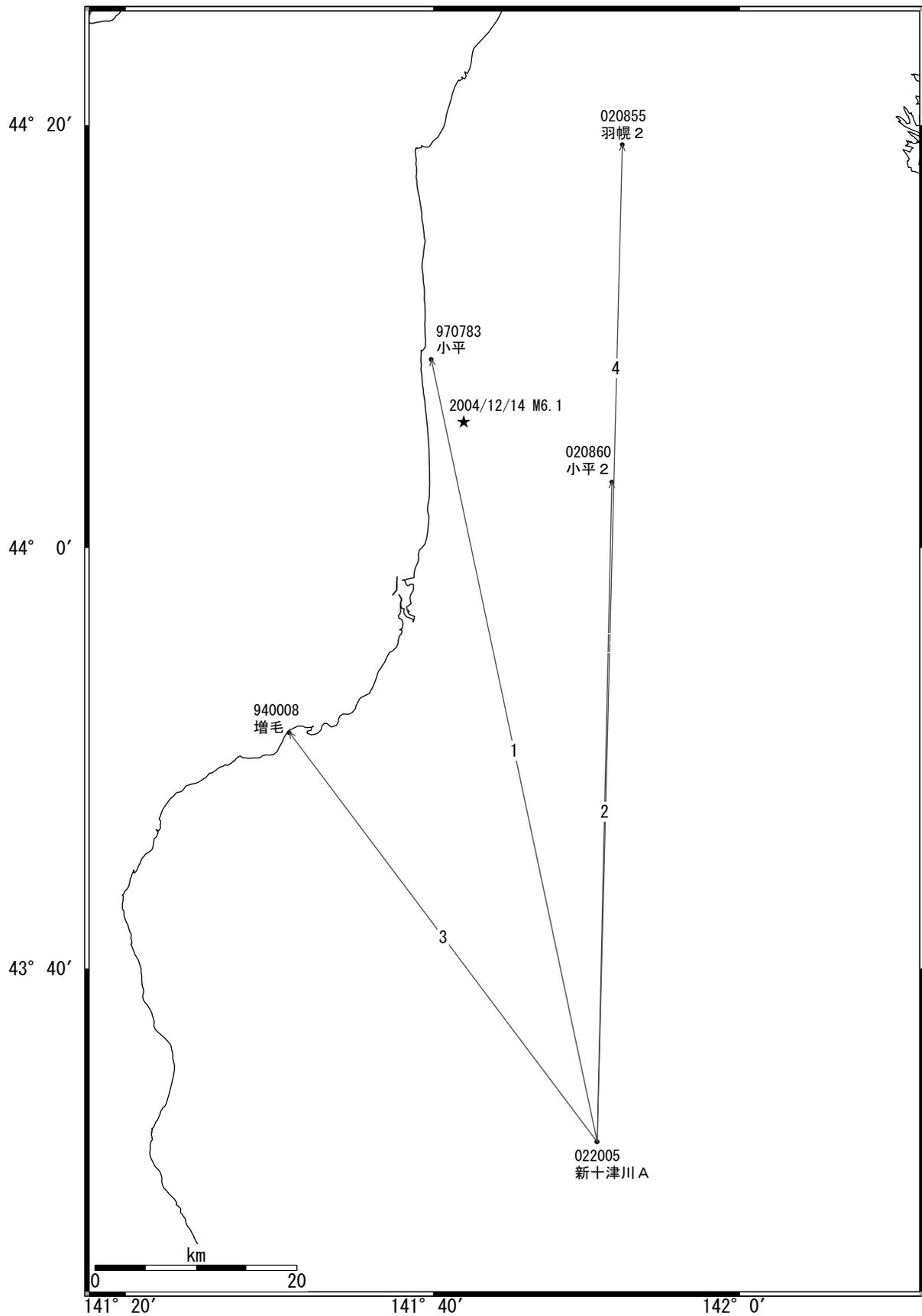


東京大学地震研究所HPより

第16図 千島海溝沿いの大地震の滑りと余効滑りの関係：コンターは山中佳子・菊池正幸(2002)による1968年、2003年十勝沖、1973年根室沖地震の滑り量でコンター間隔は1m

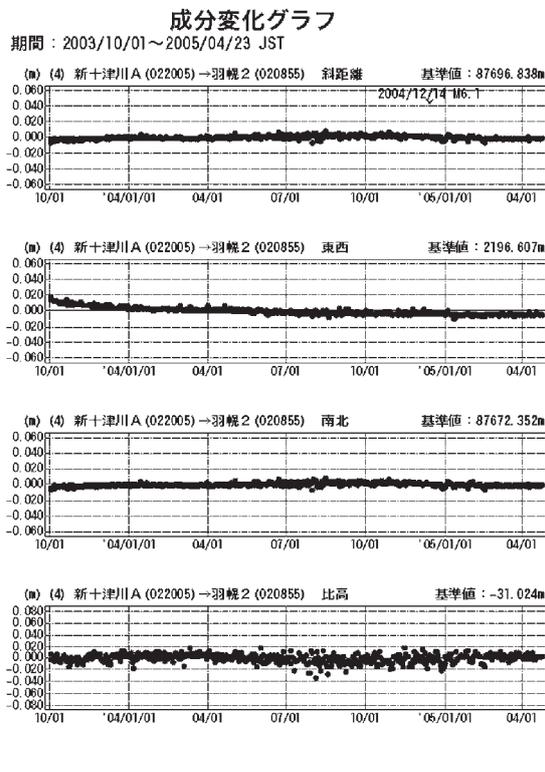
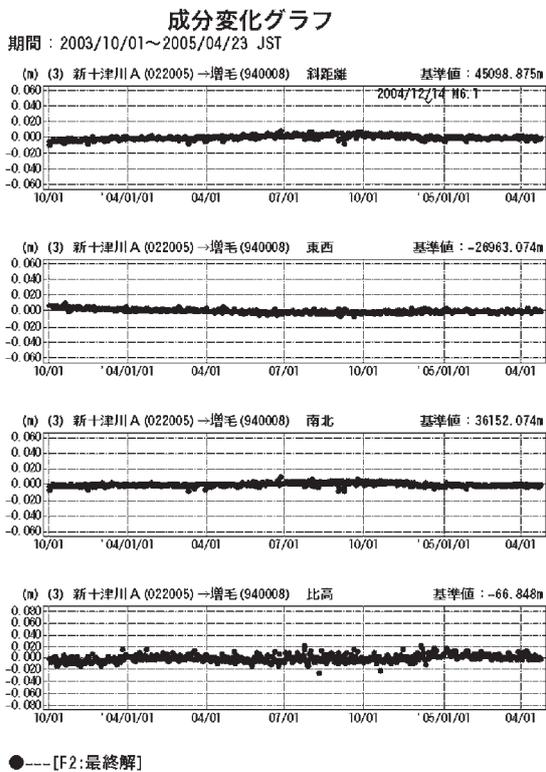
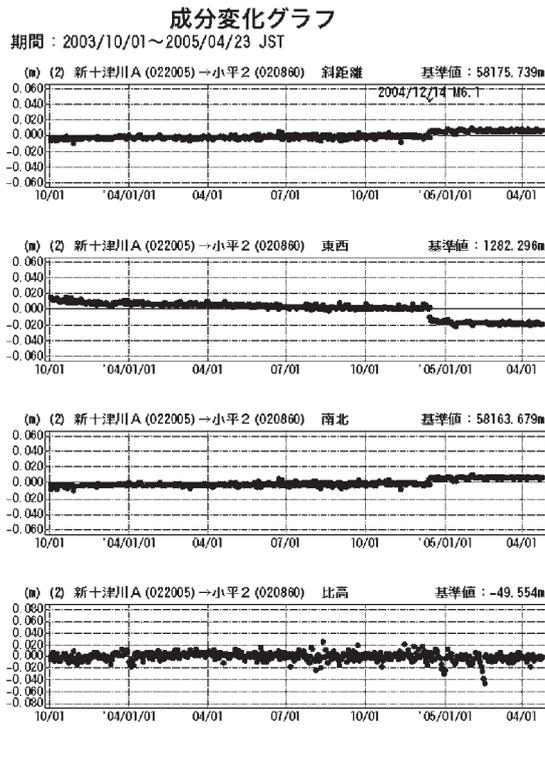
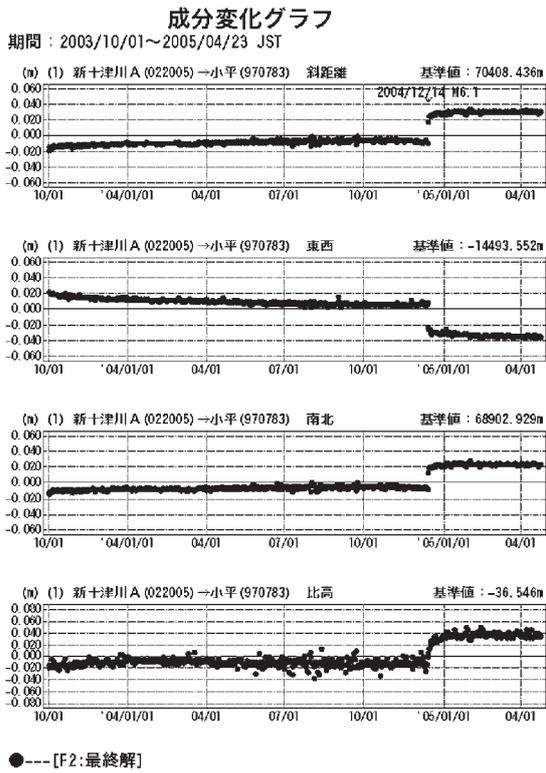
Fig.16 The relationship between co-seismic slip and after slip by the thrust type great earthquakes along the Chishima trench; Contours on the figure are the slip of Off-Tokachi earthquake(1968 and 2003) and Off-Nemuro earthquake(1973), drawn by Yamanaka and Kikuchi(2002). The unit of contour is 1m :(original figure is on ERI web site)

2004年12月14日留萌支庁南部の地震 GPS連続観測基線図



第 17 図 2004 年 12 月 14 日留萌支庁南部の地震発生直前直後の震源域周辺の基線における GPS 連続観測結果 (基線長および三成分)

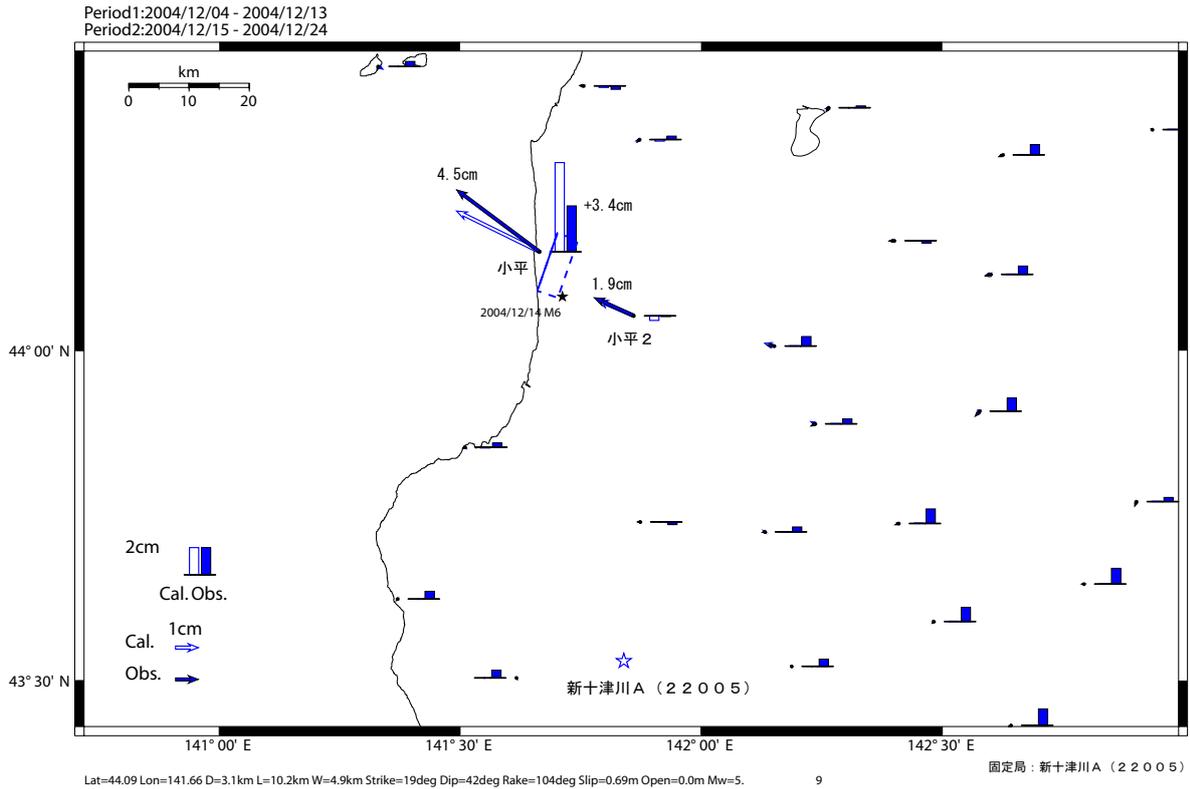
Fig.17 Time series continuous GPS measurements of the baselines around the epicentric area of southern Rumoi earthquake on December 14, 2004 (three components and baseline length)



第 18 図 2004 年 12 月 14 日留萌支庁南部の地震発生直前直後の震源域周辺の基線における GPS 連続観測結果 (基線長および三成分)

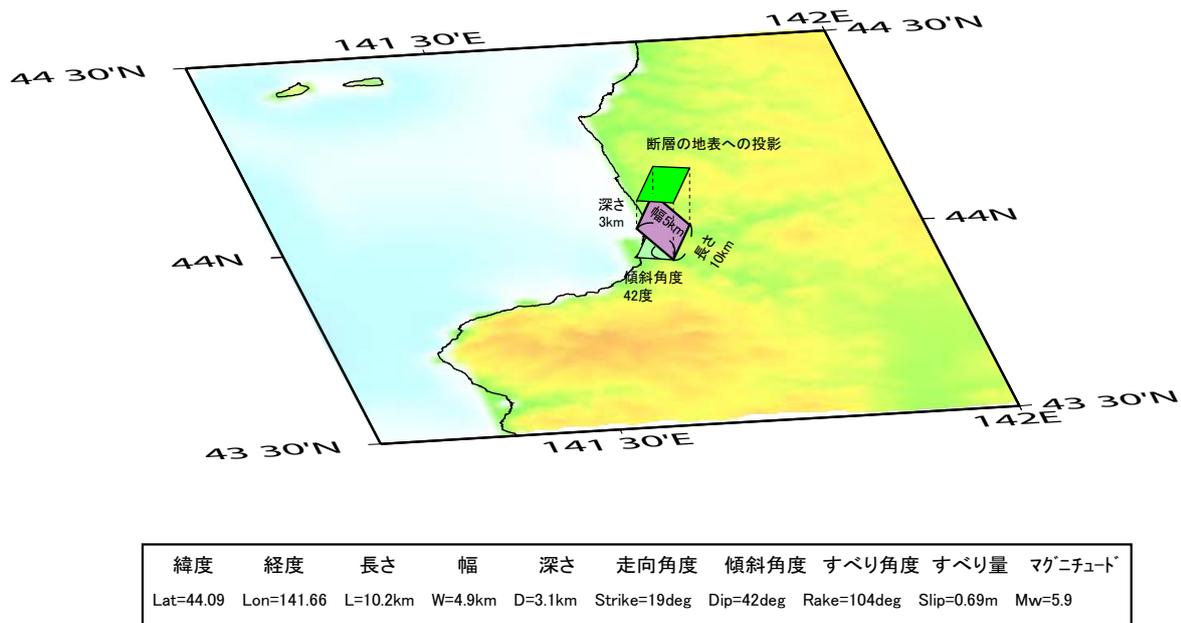
Fig.18 Time series continuous GPS measurements of the baselines around the epicentric area of southern Rumoi earthquake on December 14, 2004 (three components and baseline length)

留萌支庁南部の地震（2004年12月14日）断層モデル

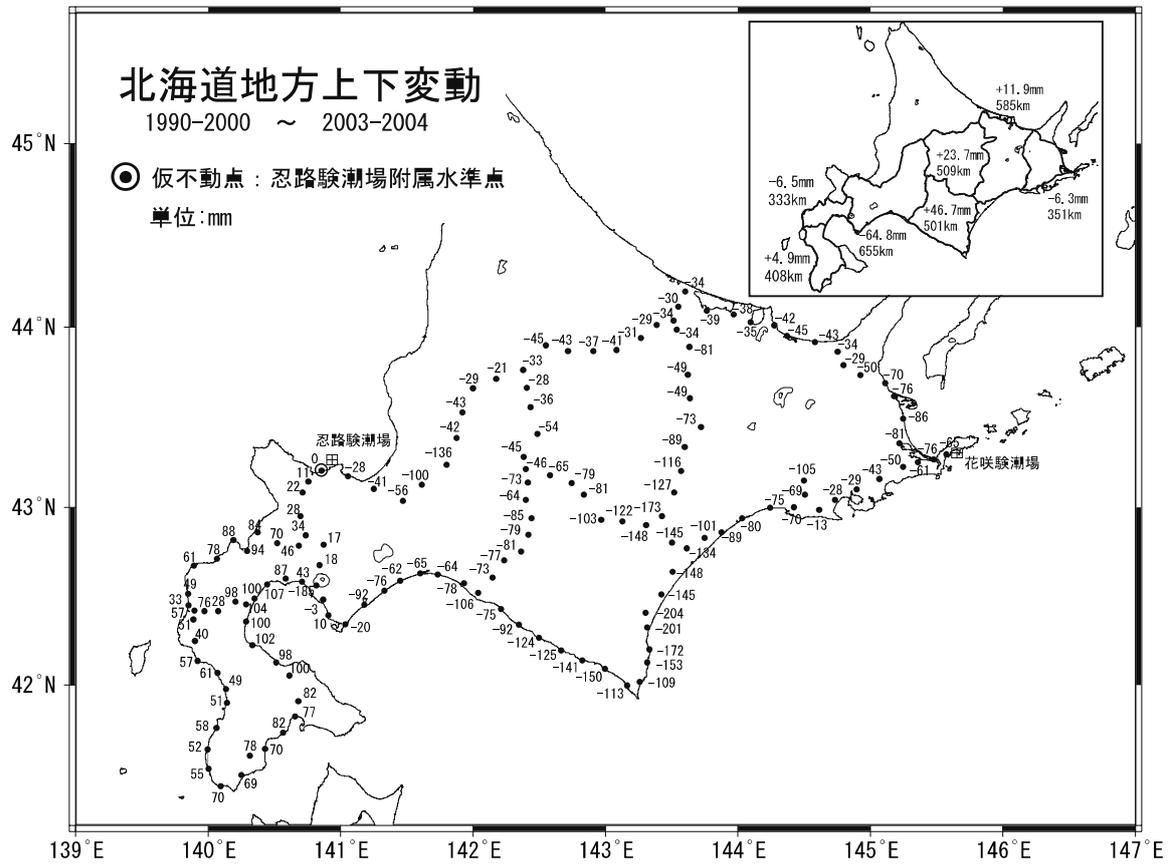


第 19 図 2004 年 12 月 19 日留萌支庁南部の地震の GEONET 地殻変動データによる断層モデル
Fig.19 Fault model for southern Rumoi earthquake estimated by crustal deformation by GEONET observation

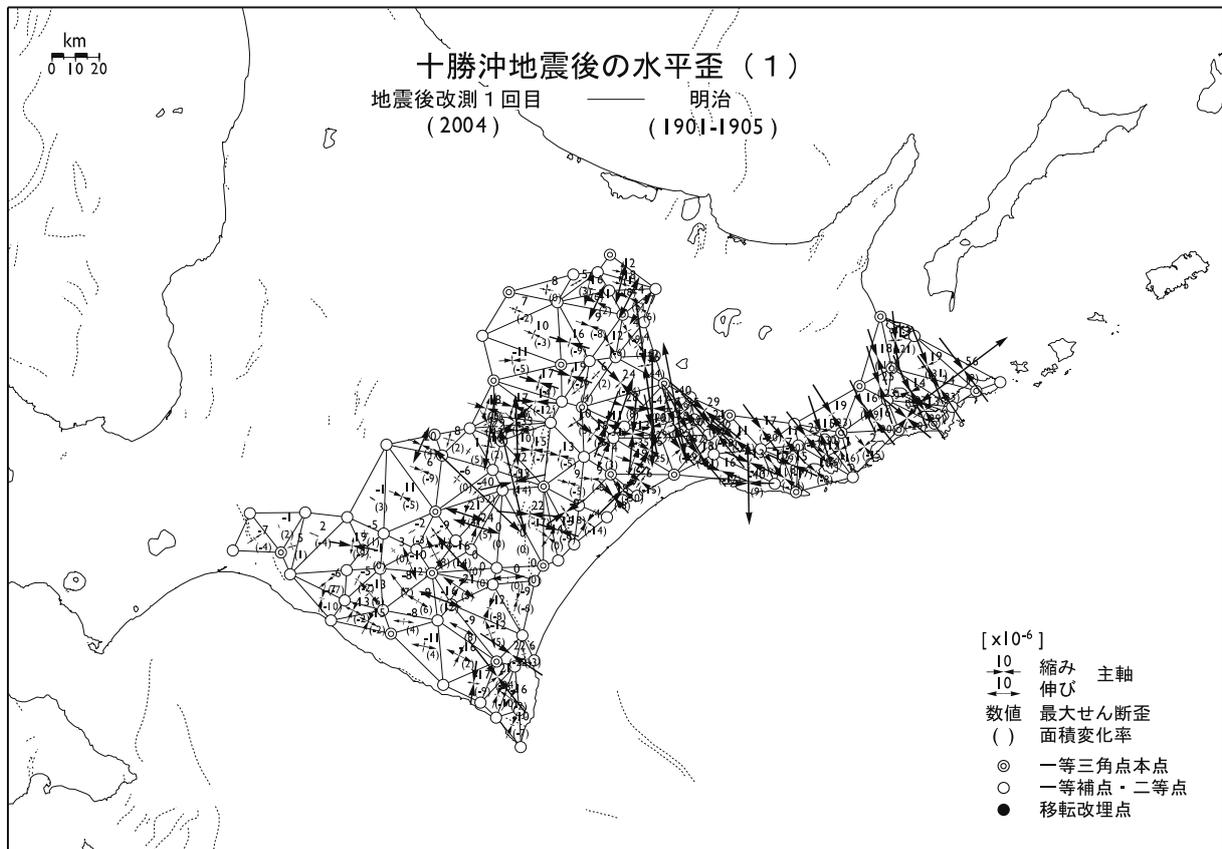
2004年12月14日 留萌支庁南部の地震 断層モデルの概念図



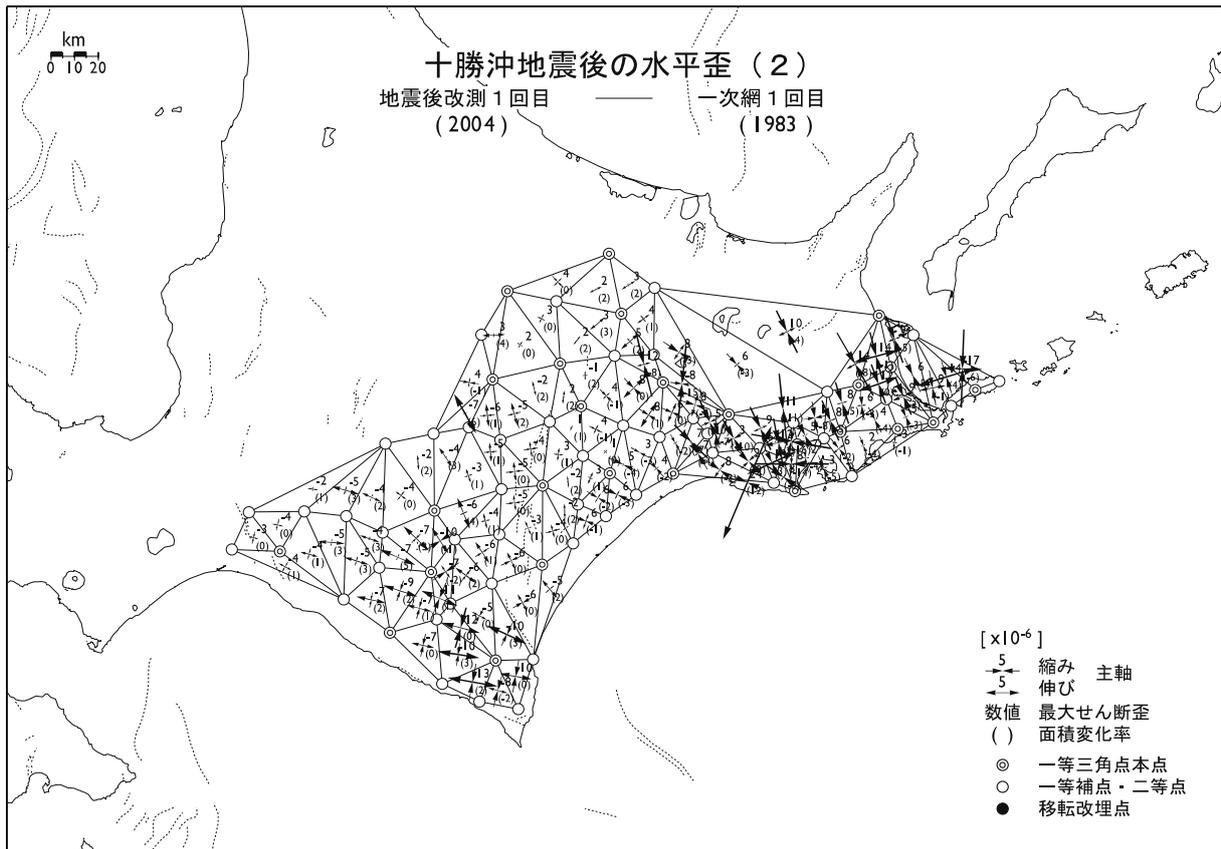
第 20 図 2004 年 12 月 19 日留萌支庁南部の地震の GEONET 地殻変動データによる断層モデル
Fig.20 Fault model for southern Rumoi earthquake estimated by crustal deformation by GEONET observation



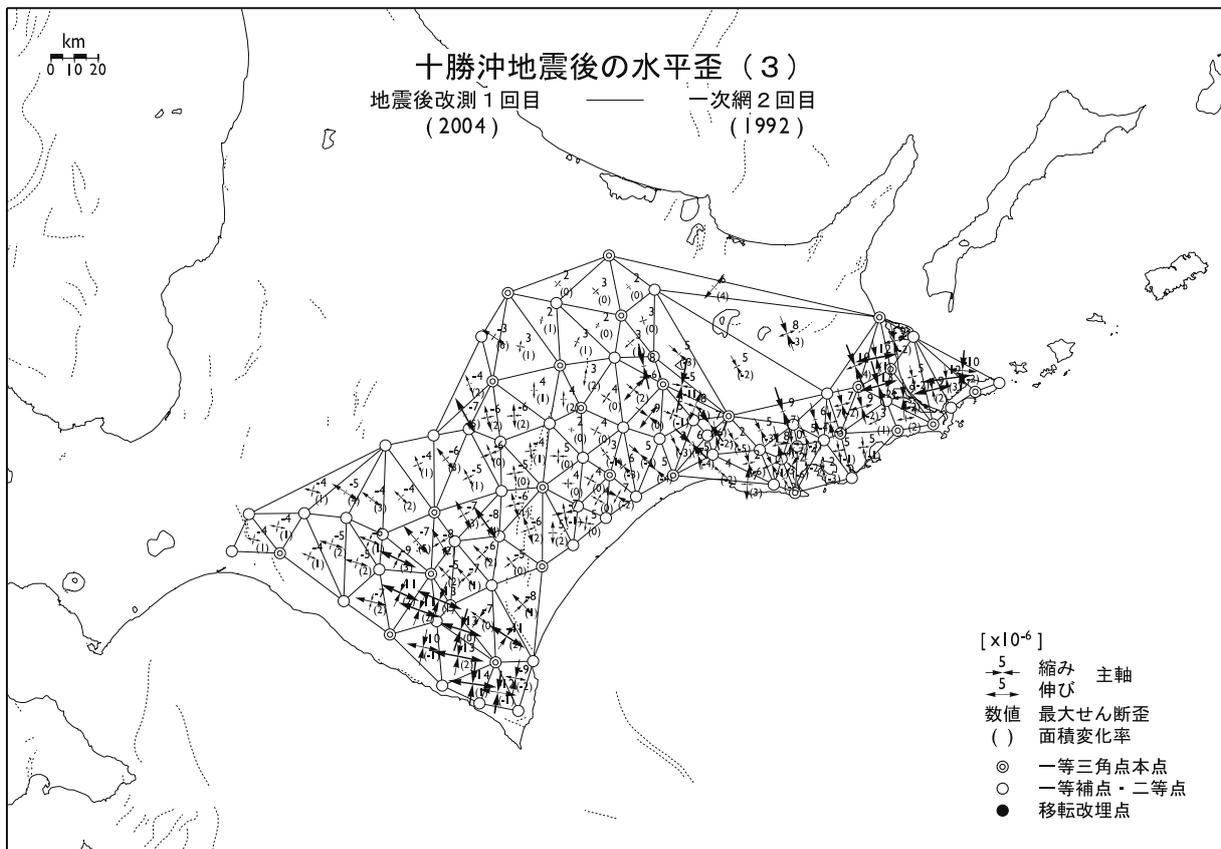
第 21 図 水準測量による北海道地方の上下変動
Fig.21 Vertical Crustal Movement by Leveling Surveys in Hokkaido



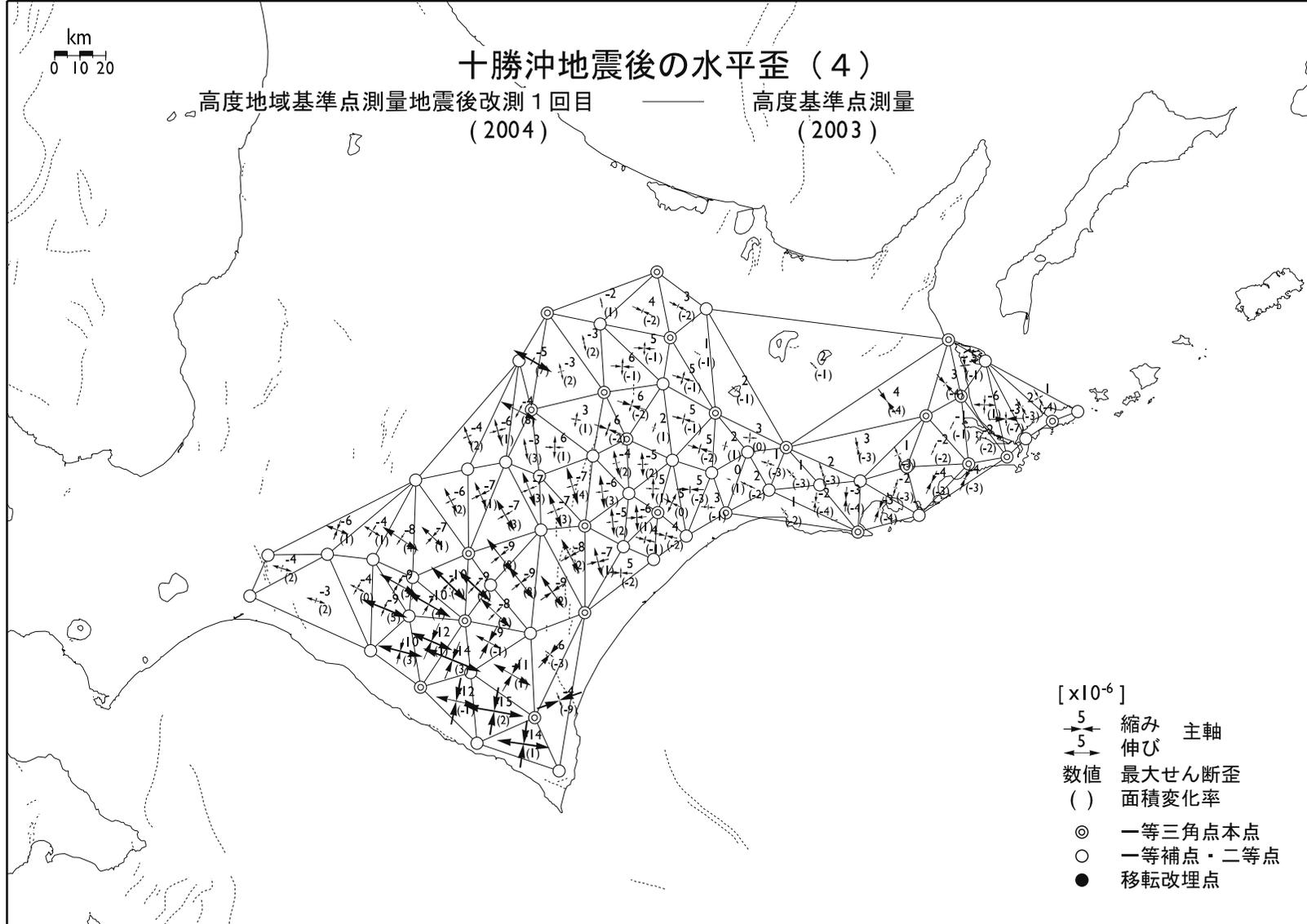
第 22 図 北海道地方の水平歪
Fig.22 Horizontal Strain Field of Hokkaido District Derived from Geodetic Surveys



第 23 図 北海道地方の水平歪
Fig.23 Horizontal Strain Field of Hokkaido District Derived from Geodetic Surveys



第 24 図 北海道地方の水平歪
Fig.24 Horizontal Strain Field of Hokkaido District Derived from Geodetic Surveys



第25図 北海道地方の水平歪
 Fig.25 Horizontal Strain Field of Hokkaido District Derived from Geodetic Surveys