

## 2-6 北海道地方の地殻変動

### Crustal Movements in the Hokkaido District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

#### [平成30年北海道胆振東部地震 GNSS]

第1～2図は、GNSS連続観測により得られた平成30年北海道胆振東部地震に伴う地殻変動に関する資料である。

第1図上段は、地震に伴う地殻変動を示す水平変動ベクトル図である。固定局は湧別観測点（北海道）である。この地震に伴い、苫小牧観測点で東方向へ約4cm変位する等、震央周辺の観測点で地殻変動が観測された。なお、電子基準点「門別」及び「厚真」では、地震に伴いピラーが傾斜したことが分かっており、傾斜による変位は補正している。ただし、観測点付近での局所的な地盤の変動が含まれている可能性がある。

第1図下段、第2図は、顕著な地殻変動が観測された4観測点の3成分時系列グラフである。地震時に各成分でステップ的な変化が見られる。地震後の余効変動はほとんど見られない。

#### [平成30年北海道胆振東部地震 SAR]

第3～5図は、「だいち2号」（ALOS-2）PALSAR-2データの干渉解析結果に関する資料である。

第3図は、9月6日に発生したM6.7の地震前後のデータを解析して得られたSAR干渉画像である。今回の地震に関しては、北行、南行のそれぞれの軌道から観測が行われた。各ペアの諸元を第3図右上に掲載している。視線方向が異なるために位相変化の分布は異なるが、いずれも震央の南側を中心とした領域で衛星に近づく変動が見られる。そのほか、厚真町からむかわ町にかけての平野部で、局所的な変動が多数見られる。

第4図は、9月6日の地震後のみのデータを解析して得られたSAR干渉画像である。地震後にはノイズレベルを超える変動は見られない。

第5図は、第1図に示した北行軌道、南行軌道からの観測データの干渉解析結果を用いて、2.5次元解析により地震に伴う地殻変動の準東西成分と準上下成分の分布を求めた結果である。震央周辺で最大7cm程度の隆起、その隆起域の東側では最大4cm程度の東向きの変動が見られる。

#### [北海道胆振東部地震 震源断層モデル]

第6～8図は、GNSS連続観測により得られた地殻変動と、だいち2号のSAR干渉解析で得られた地殻変動に基づき推定した震源断層モデルに関する資料である。

第6～7図は、一様すべりの矩形断層を仮定して推定した震源断層モデルである。ほぼ南北走向で傾斜角が74度と高角の断層面での逆断層運動が推定された。長さ約14km、幅約16kmの断層ですべり量は約1.3mと推定され、計算されるモーメントマグニチュードは約6.6である。断層面の先端の深さは約16kmと推定され、陸域で発生した地震としてはやや深いという点が特徴的である。

第8図は、推定された震源断層モデルの概念図である。先端深さが断層の幅と同程度と深い

こと、また逆断層としてはかなり高角であることが見てとれる。なお、下段の図は地理院地図3Dで表示した震源断層モデルである。震源断層面と震源分布の位置関係を3次元で回転させ、見ることができる。

[GNSS 2003年9月26日の十勝沖地震以降の地殻変動時系列]

第9～12図は、根室から鹿部にかけての北海道太平洋側における2003年十勝沖地震（M8.0）後及び2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）後の余効変動の推移を示す時系列グラフである。第9図に観測点の配置と、アンテナ交換等の保守の履歴を示す。

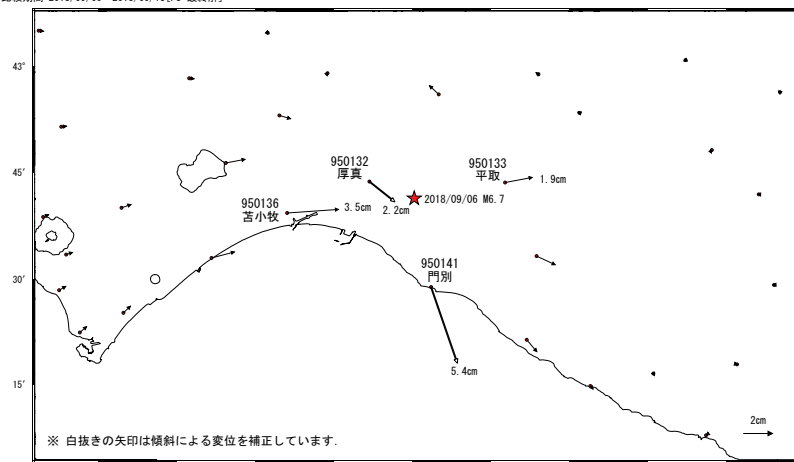
第10～12図は、北海道の猿払観測点を固定局として、定常状態にあると仮定した1997年10月～2002年10月の期間について推定された1次トレンド成分を、各基線の地殻変動時系列から除去した時系列グラフである。2003年9月26日の十勝沖地震と2004年11月29日の釧路沖の地震（M7.1）の余効変動が地震直後に始まり、減衰しながらも長期にわたって続いた様子を見ることができる。(7)～(10)の水平成分には、2008年9月11日の十勝沖の地震（M7.1）及び2009年6月5日の十勝沖の地震（M6.4）による地殻変動とその余効変動も見られる。2003年・2008年・2009年の地震の余効変動を見分けるのは難しいが、全体としては、余効変動は着実に減衰傾向にあった。ただし、十勝地方から釧路にかけての地域(5)～(8)の上下変動は、十勝沖地震以前の沈降に対する相対的な隆起傾向が、少なくとも、2011年の東北地方太平洋沖地震の直前まで継続していた。2011年以降は、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震による跳びとその後の余効変動が見られる。(7)～(12)では東北地方太平洋沖地震以後に地震前の変化に対する相対的な隆起傾向が見られていたが、最近では鈍化している。(9)では、2016年1月14日に発生した浦河沖の地震（M6.7）による地殻変動、(11)では2018年9月の北海道胆振東部地震による地殻変動が見られる。

## 平成30年北海道胆振東部地震(9月6日 M6.7)前後の観測データ

この地震に伴い地殻変動が観測された。

### 地殻変動(水平)

基準期間: 2018/08/29~2018/09/05 [F3: 最終解]  
比較期間: 2018/09/06~2018/09/13 [F3: 最終解]

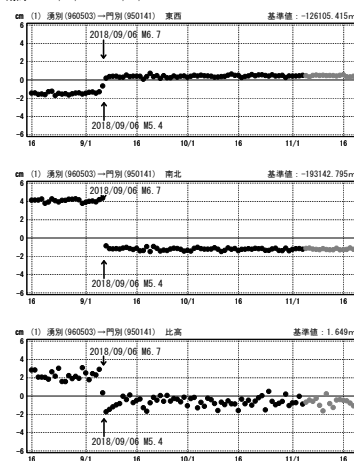


固定局: 湧別(960503) ★ 震央

※ 電子基準点「門別」, 「厚真」の傾斜による変位は補正していますが、電子基準点周辺の局所的な地盤の変動が含まれている可能性があります。

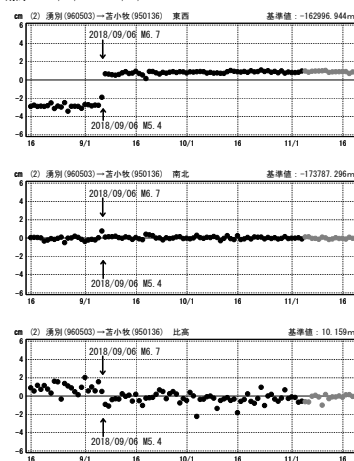
### 成分変化グラフ

期間: 2018/08/15~2018/11/18 JST



●---[F3: 最終解] ●---[R3: 速報解]

期間: 2018/08/15~2018/11/18 JST

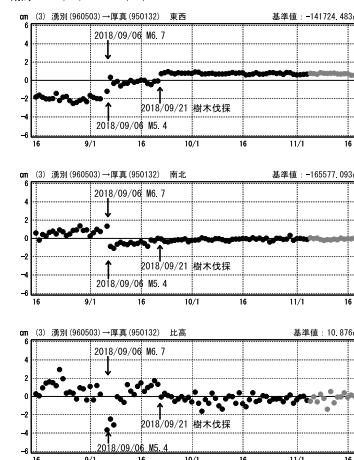


第1図 平成30年北海道胆振東部地震(2018年9月6日、M6.7)に伴う地殻変動: 水平変動・3成分時系列グラフ(1/2)

Fig. 1 Crustal deformation associated with the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake (2018/9/6, M6.7): horizontal displacement and 3 components time series.(1/2)

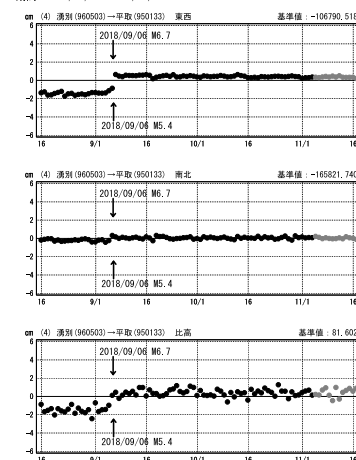
### 成分変化グラフ

期間: 2018/08/15~2018/11/18 JST



●---[F3: 最終解] ●---[R3: 速報解]

期間: 2018/08/15~2018/11/18 JST



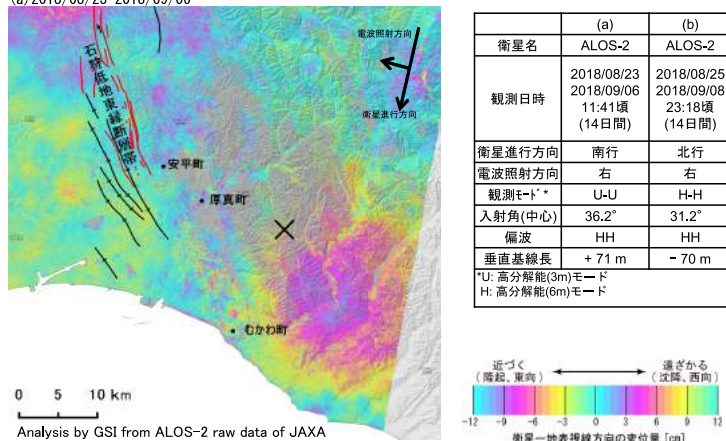
第2図 平成30年北海道胆振東部地震(2018年9月6日、M6.7)に伴う地殻変動: 水平変動・3成分時系列グラフ(2/2)

Fig. 2 Crustal deformation associated with the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake (2018/9/6, M6.7): horizontal displacement and 3 components time series.(2/2)

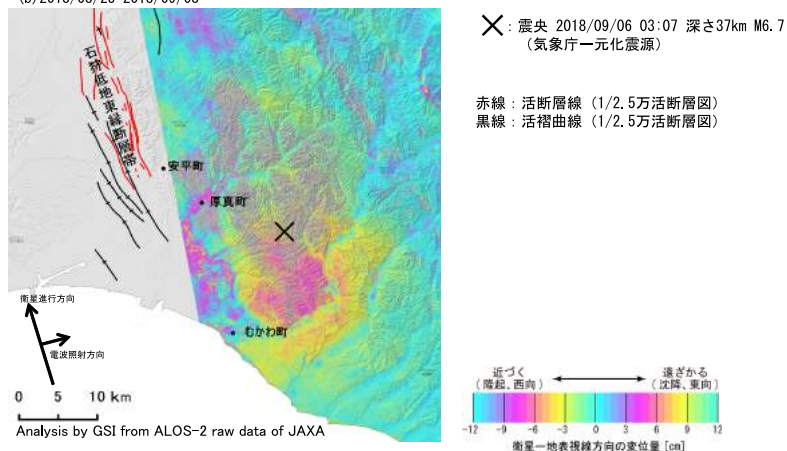
平成30年北海道胆振東部地震  
「だいち2号」によるSAR干渉解析結果

震央の南を中心として最大で5cmを超える衛星に近づく変動が見られます。  
また、厚真町からむかわ町にかけての平野部で局所的な変動が多数見られます。

(a) 2018/08/23-2018/09/06



(b) 2018/08/25-2018/09/08



本成果は、地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループの活動を通して得られたものである。

第3図 北海道胆振東部地震 SAR干渉解析結果

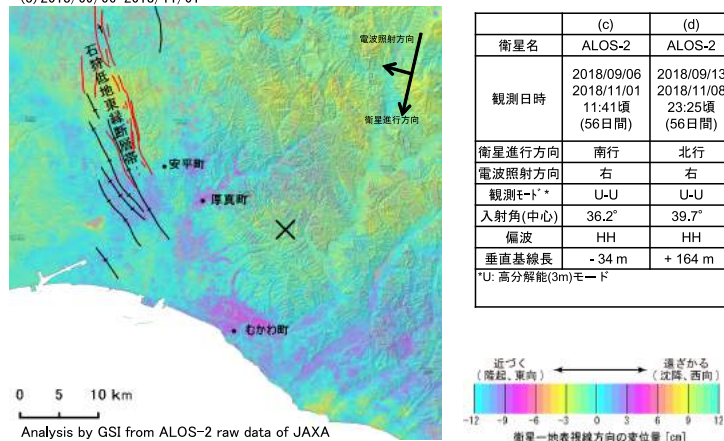
Fig. 3 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferograms result of the 2018 Hokkaido Eastern Iwajima Earthquake.

平成30年北海道胆振東部地震

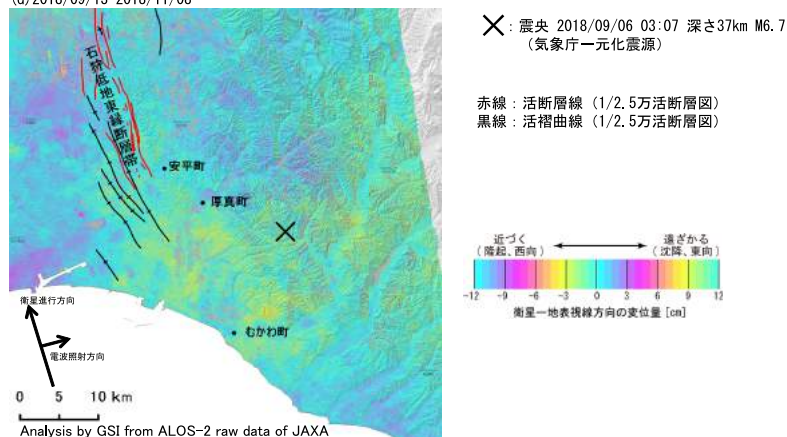
「だいち2号」によるSAR干渉解析結果 (9月6日 M6.7の地震後)

ノイズレベルを超える変動は見られません。

(c) 2018/09/06-2018/11/01



(d) 2018/09/13-2018/11/08



本成果は、地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループの活動を通して得られたものである。

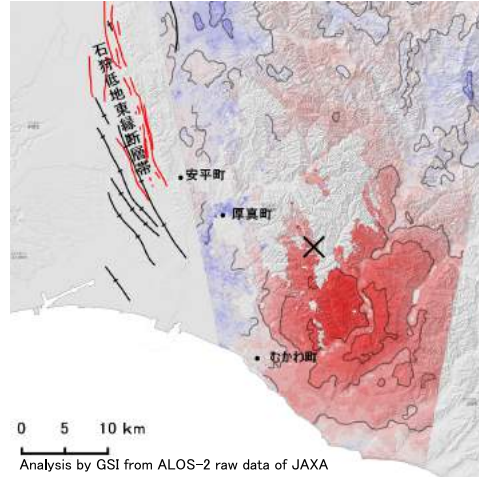
第4図 北海道胆振東部地震 SAR干渉解析結果 (地震後)

Fig. 4 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferograms result of the 2018 Hokkaido Eastern Iwajima Earthquake. (post-seismic)

# 平成30年北海道胆振東部地震 「だいち2号」による地殻変動分布図（2.5次元解析）

震央周辺で最大7cm程度の隆起が見られます。  
隆起域の東側で最大4cm程度の東向きの変動が見られます。

準上下成分



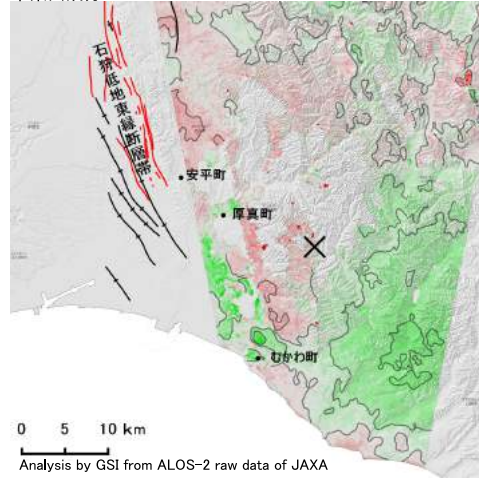
2.5次元解析に使用したデータ  
(a) 2018/08/23-2018/09/06 南行右観測  
(b) 2018/08/25-2018/09/08 北行右観測  
×：震央 2018/09/06 03:07 深さ37km M6.7  
(気象庁一元化震源)

赤線：活断層線（1/2.5万活断層図）  
黒線：活褶曲線（1/2.5万活断層図）

図中の彩色がない部分の変動量は不明である。

沈降 隆起  
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10  
準上下成分の変動量[cm]  
等量線間隔 2[cm]

準東西成分



西向き 東向き  
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10  
準東西成分の変動量[cm]  
等量線間隔 2[cm]

本成果は、地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループの活動を通して得られたものである。

第5図 北海道胆振東部地震 2.5次元解析結果

Fig. 5 2.5D analysis results from ALOS-2 SAR interferograms of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake.

## 平成 30 年北海道胆振東部地震の震源断層モデル（暫定）

SAR（だいち2号）及びGNSSで観測された地殻変動を基に推定された震源断層モデル（矩形断層一様すべり）の特徴は以下の通りである。

- 1）ほぼ南北走向の高角な断層面上における逆断層運動が推定される。
- 2）断層の上端は、深さ約16km（断層下端：約31km）に位置する。
- 3）推定された地震モーメントは $8.68 \times 10^{18}$  Nm（モーメントマグニチュード：6.56）である。

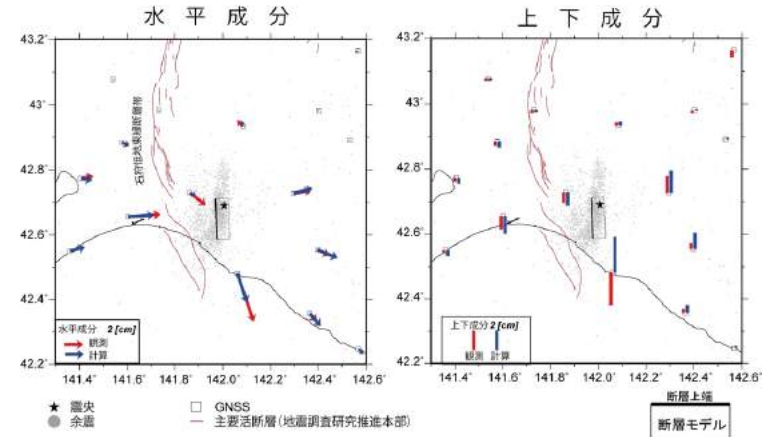


図1 GNSSデータの観測値と計算値。

（左）水平成分、（右）上下成分。★印は震央、灰色の点は余震分布（気象庁一元化震源を使用）。  
矩形は震源断層モデルを地表に投影した位置で、太い実線が断層上端。

表1 震源断層モデルパラメータ

| 経度      | 緯度      | 上端深さ  | 長さ    | 幅     | 走向    | 傾斜    | 滑り角   | 滑り量   | M <sub>w</sub> |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| [°]     | [°]     | [km]  | [km]  | [km]  | [°]   | [°]   | [°]   | [m]   |                |
| 141.976 | 42.586  | 16.2  | 14.0  | 15.9  | 358   | 74    | 113   | 1.3   | 6.56           |
| (0.021) | (0.017) | (1.7) | (3.9) | (3.5) | (3.5) | (4.4) | (7.2) | (0.4) |                |

※矩形断層1枚での推定結果。位置は断層の左上端を示す。（）内は誤差を示す（1 $\sigma$ ）。  
剛性率：30 GPa

第6図 北海道胆振東部地震 震源断層モデル(暫定)

Fig. 6 Rectangular fault model of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake. (preliminary results) (1/2)



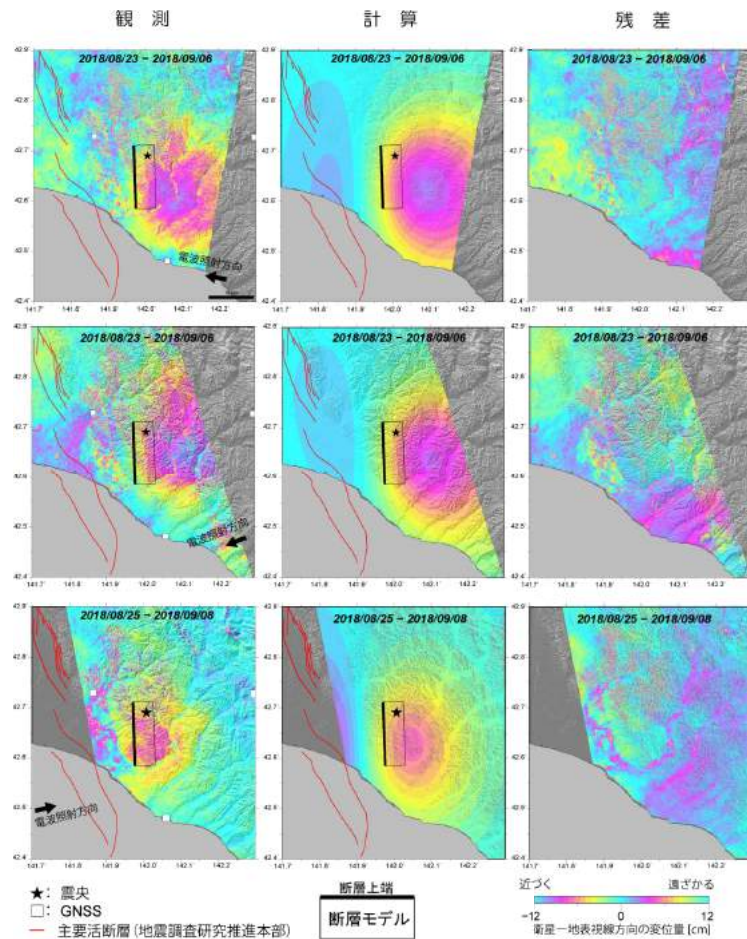


図2 干渉 SAR 画像の (左) 観測値、(中) 計算値、(右) 残差。

本研究で用いた ALOS-2 データは、地震予知連絡会 SAR 解析ワーキンググループを通じて、(国研) 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) から提供を受けました。原初データの所有権は JAXA にあります。

第7図 震源断層モデルによる計算値と観測値の比較  
Fig. 7 Rectangular fault model of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate Earthquake. (preliminary results) (2/2)

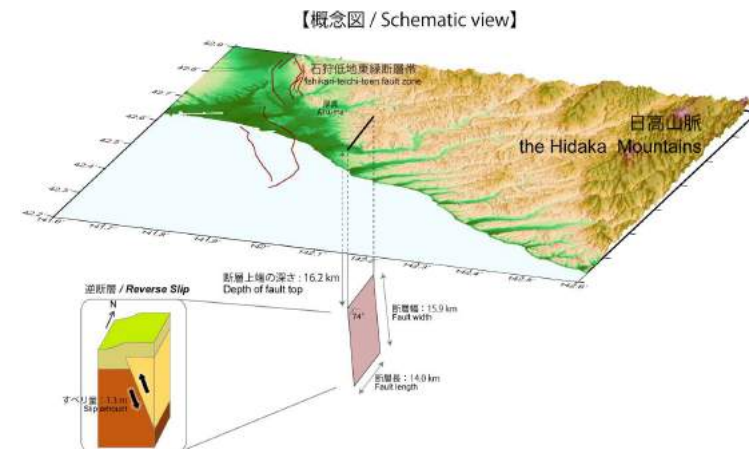


図3 推定された震源断層の概念図。

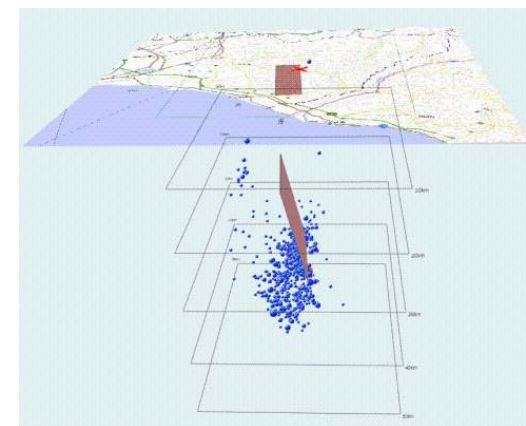


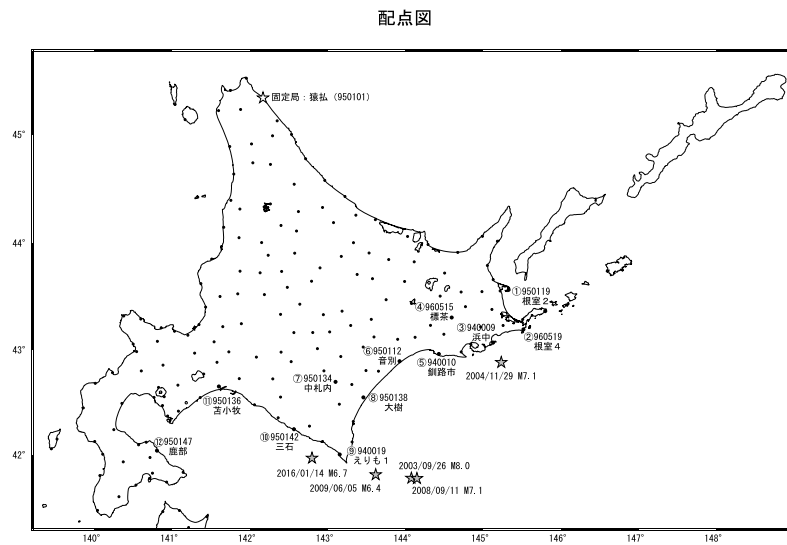
図4 地理院地図 3D による震源断層面の表示。

地理院地図 3D で震源断層面と震源分布の位置関係を 3 次元で見ることが可能。

(<http://www.gsi.go.jp/cais/topic180912-index.html>)

第8図 (上) 震源断層の概念図、(下) 地理院地図 3D による震源断層面の表示。  
Fig. 8 A diagram of estimated rectangular fault model.

# 北海道太平洋岸 GNSS連続観測時系列 (1)



各観測局情報

| 点番号    | 点名  | 日付         | 保守内容   |
|--------|-----|------------|--------|
| 950119 | 根室2 | 2012/01/26 | アンテナ更新 |
| 960519 | 根室4 | 2009/12/22 | レドーム開閉 |
|        |     | 2012/10/03 | アンテナ更新 |
| 940009 | 浜中  | 2012/10/04 | アンテナ更新 |
| 960515 | 標茶  | 2003/10/03 | 凍上対策   |
|        |     | 2009/12/23 | レドーム開閉 |
|        |     | 2012/11/13 | アンテナ更新 |
| 940010 | 釧路市 | 2003/11/07 | 凍上対策   |
|        |     | 2010/12/14 | レドーム開閉 |
|        |     | 2012/09/26 | アンテナ更新 |
| 950112 | 音別  | 2012/02/14 | アンテナ更新 |
|        |     | 2017/06/07 | アンテナ交換 |
| 950134 | 中札内 | 2009/11/08 | 周辺伐採   |
|        |     | 2010/06/08 | 周辺伐採   |
|        |     | 2010/12/05 | レドーム開閉 |
|        |     | 2012/11/07 | アンテナ更新 |

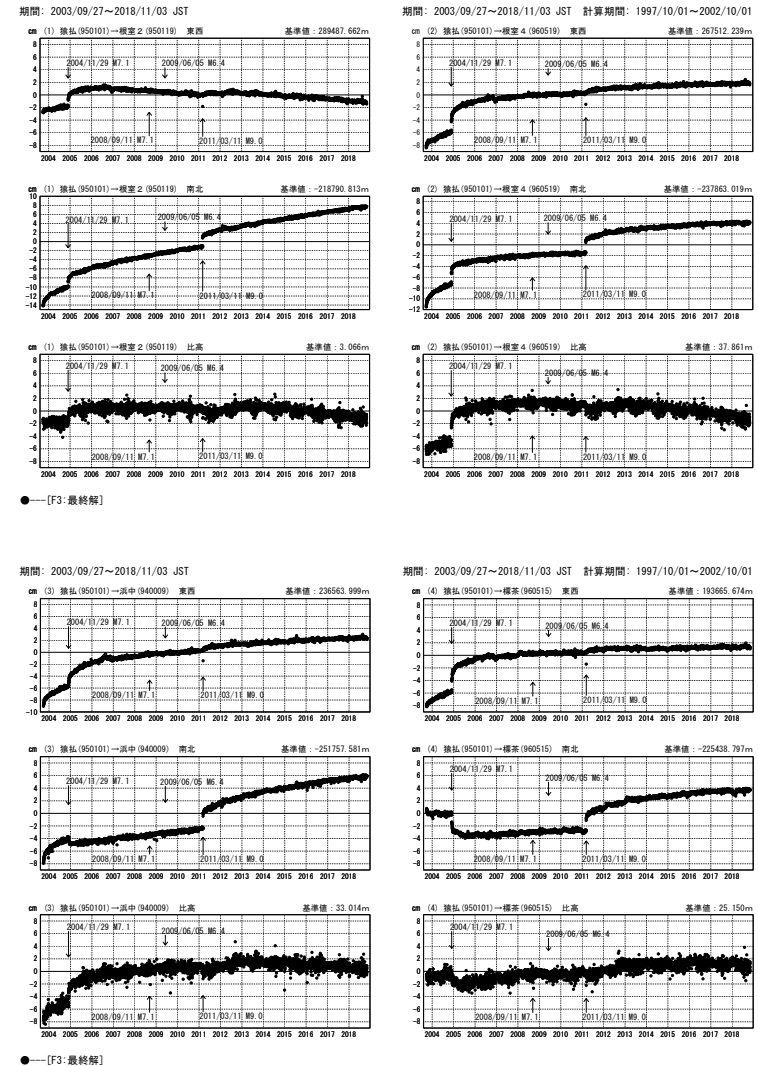
| 点番号    | 点名   | 日付         | 保守内容   |
|--------|------|------------|--------|
| 950138 | 大樹   | 2012/01/17 | アンテナ更新 |
|        |      | 2016/02/17 | アンテナ交換 |
|        |      | 2018/02/19 | 受信機交換  |
| 940019 | えりも1 | 2010/12/16 | レドーム開閉 |
|        |      | 2012/11/08 | アンテナ更新 |
|        |      | 2017/01/27 | アンテナ交換 |
| 950142 | 三石   | 2012/02/17 | アンテナ更新 |
| 950136 | 苫小牧  | 2012/08/22 | アンテナ更新 |
|        |      | 2014/11/12 | アンテナ交換 |
|        |      | 2015/06/16 | 周辺伐採   |
| 950147 | 鹿部   | 2012/08/28 | アンテナ更新 |
|        |      | 2017/11/22 | 受信機交換  |
| 950101 | 猿払   | 2012/02/10 | アンテナ更新 |

第9図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGNSS連続観測結果  
(観測点配置図・保守状況)

Fig. 9 Results of continuous GNSS measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido (Site location map and maintenance history).

# 北海道太平洋岸 GNSS連続観測時系列 (2)

## 1次トレンド除去後グラフ

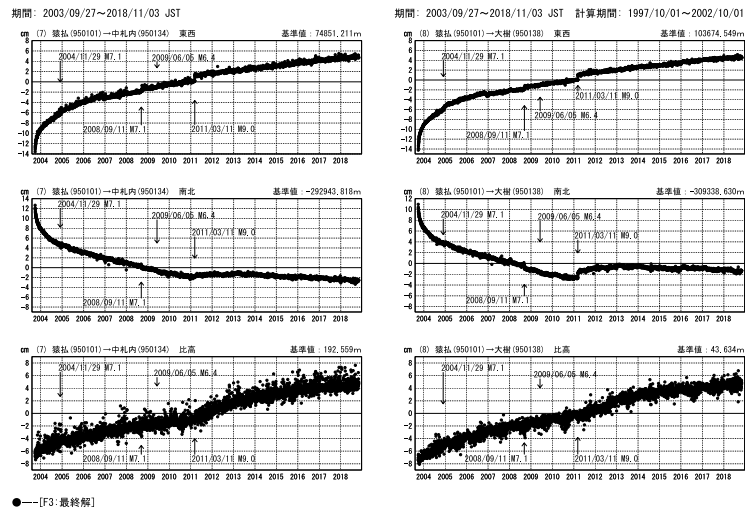
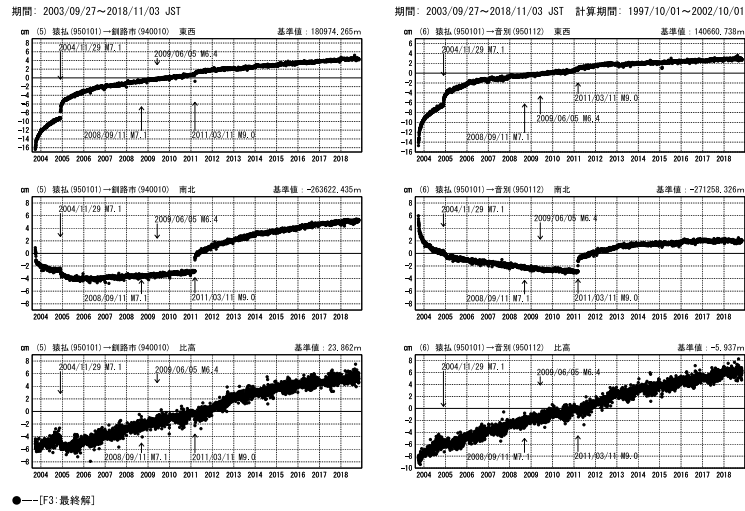


第10図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGNSS連続観測結果:  
固定点猿払に対するトレンド成分を除去した時系列

Fig. 10 Results of continuous GNSS measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend referred to Sarufutsu) (1/3).

# 北海道太平洋岸 GNSS連続観測時系列 (3)

1次トレンド除去後グラフ

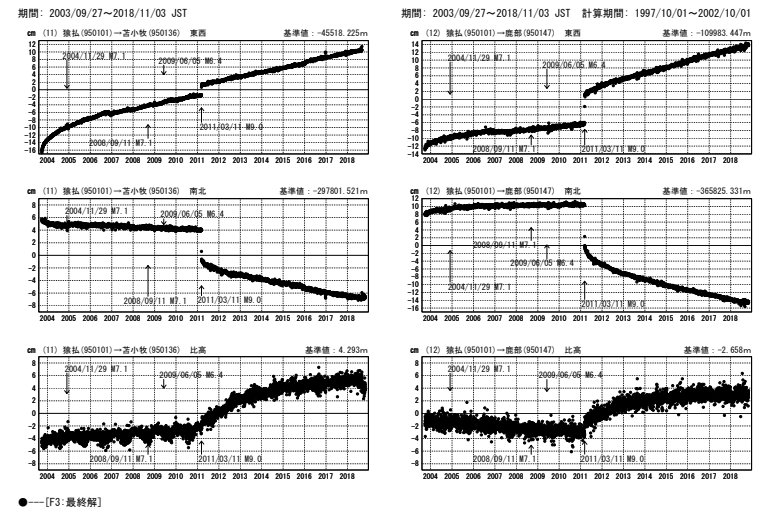
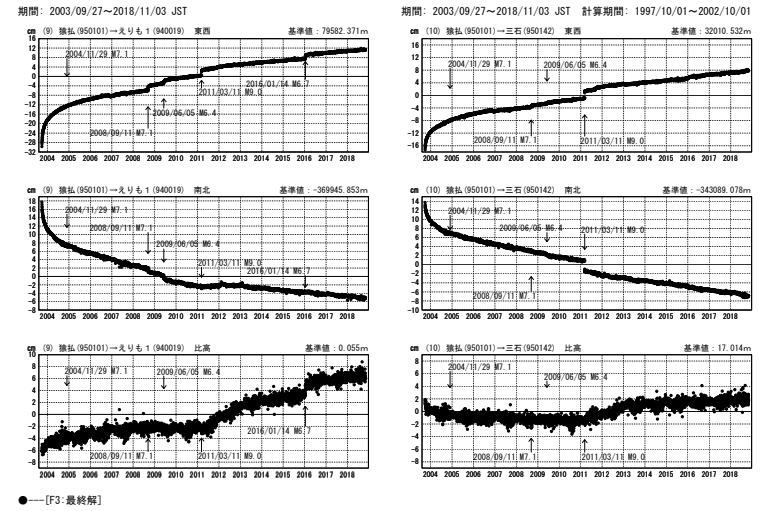


第11図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGNSS連続観測結果:  
固定点猿払に対するトレンド成分を除去した時系列

Fig. 11 Results of continuous GNSS measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend referred to Sarufutsu) (2/3).

# 北海道太平洋岸 GNSS連続観測時系列 (4)

1次トレンド除去後グラフ



第12図 北海道地方東部・太平洋岸におけるGNSS連続観測結果:  
固定点猿払に対するトレンド成分を除去した時系列

Fig. 12 Results of continuous GNSS measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (corrected time series data removing linear trend referred to Sarufutsu) (3/3).