

4－3 関東甲信地方の地殻変動

Crustal Movements in the Kanto District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[水準測量]

第1図は、水準原点からさいたま市にかけての水準測量結果である。最新の観測結果には特段の変動は見られない。

第2図は、藤沢市から水準原点までの水準測量結果である。特段の変動は見られない。

第3～4図は、三浦半島で実施された水準測量の結果である。第3図は半島東側、第4図は半島西側の路線の水準測量の結果である。いずれも、最近約1年間では特段の変化は見られない。

第5図は水準原点に対する三浦半島の上下変動時系列である。1960年代以降東北地方太平洋沖地震前まで、半島の先端側が長期的かつ継続的に沈降していた。また、三浦半島の付け根のF25（横浜市）、J35-7（横浜市）も最近30年間は継続的に沈下の傾向であった。東北地方太平洋沖地震を挟む期間においては、震源側の沈降により水準原点に対する各点の隆起傾向が見られた。

[長野県北部の地震 GNSS]

第6～9図は、2014年11月22日に長野県北部で発生した地震（M6.7）について、GNSS連続観測により得られた地殻変動に関する資料である。

第6図は、地震を挟む期間で作成した地殻変動ベクトル図で、上段に水平変動、下段に上下変動ベクトルが示されている。F3解を用いて作成した。固定局は岐阜県の白鳥観測点である。この地震に伴い、震源に最も近い白馬観測点では、東南東方向へ約29cmの水平変位と約13cmの沈降が観測された。その他、震源域南東側の更埴観測点で北西方向へ約2cm、震源域北西側の宇奈月観測点で南東方向へ約2cmなど、震源域を挟んで東西（西北西－東南東方向）に短縮するような地殻変動が観測された。

第7～8図は、震源域周辺の観測点の基線変化グラフである。白鳥観測点を基準としている。地震時に明瞭な変位が見られる。

第9図は、第6図の水平変動ベクトル図のスケールを拡大して表示した図である。震央から離れた地域でも地震の断層運動を反映した系統的な変位が見られる。

[長野県北部の地震 合成開口レーダー（SAR）]

第10図は、「だいち2号」（ALOS-2）SARデータの干渉解析結果である。前巻の報告（国土地理院，2014）以降、新たに観測されたデータを用いて解析を行った。

西南西上空を飛行する人工衛星から、地震前後の2014年9月19日と11月28日にオフナディア角約35°で飛行方向からみて右方向を観測したSARデータを干渉処理した結果である。衛星と地上を結ぶ視線方向の距離の変化を位相で表示している。前巻で報告した西北西上空からの観測ペア（国土地理院，2014，第5図）と同様の特徴を示している。震央西側の神城断層に隣接する領域で特に大きな地殻変動が見られ、西向・上方に最大1m程度の変位が観測された。

[長野県北部の地震 震源断層モデル]

第11～13図は、前回報告した「だいち2号」SARデータの干渉画像と、GNSS連続観測により得られた地殻変動から、断層面上の滑り分布を推定した結果である。

干渉画像に見られる位相変化分布の特徴に基づく検討から、単一の傾斜角を持つ断層面での滑りで説明することは困難で、断層面の傾斜角は深い部分では高角、浅い部分ではやや低角と考えられる。断層の水平位置、断層の傾斜角が変化する深さについては、試行錯誤的に最も観測結果を説明できる組み合わせを求めた。その結果、深さ2kmを境として、深部では高角(60°)、浅部でやや低角(40°)の断層面を仮定し、この断層面上での滑り分布を推定した。

全体としては左横ずれ成分を含む逆断層性の滑りが推定された。浅部セグメント南部では1mを超える大きな滑りが推定された。地表に近いほど大きな滑りが推定されており、この付近で地表地震断層が確認されたことと整合する。深部セグメントでは、本震の震源付近を中心として1m程度の滑りが推定された。滑り域は浅部セグメントで大きく滑った領域よりも北に広がっている。これらとは対照的に、浅部セグメントの北部では顕著な滑りは見られない。

なお、本資料は初期的な結果であり、今後、詳細な解析を進める予定である。

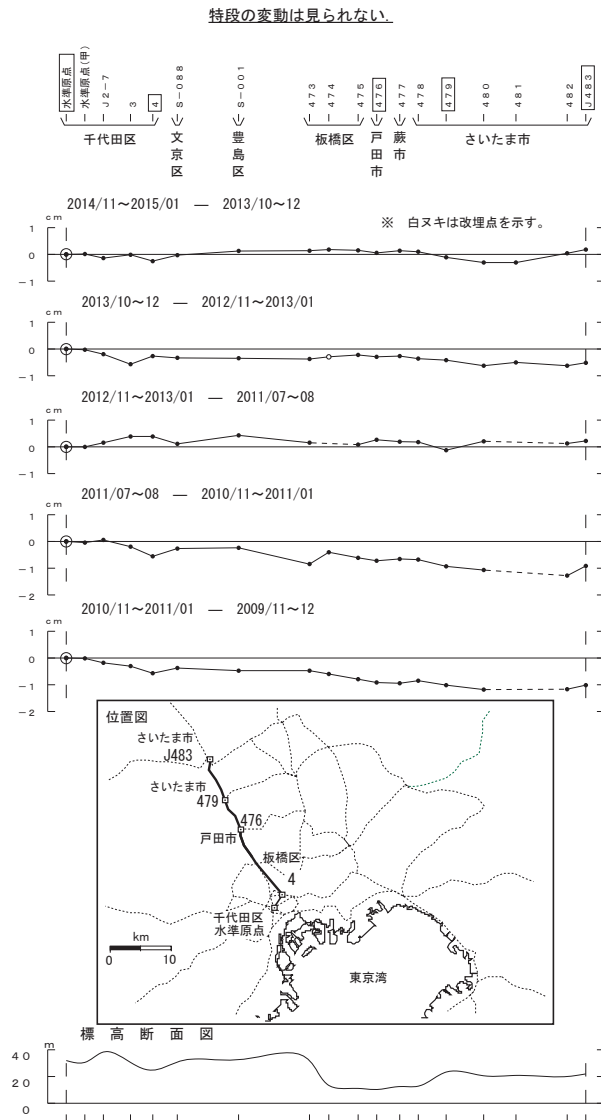
[長野県北部の地震に伴う地表変形 現地調査結果]

第14～21図は、「だいち2号」SARデータの干渉解析結果に基づく地表変形に関する現地調査結果である。2014年12月2日と3日に、白馬村と小谷村において、SAR干渉画像中で位相が急激に変化する境界線付近を中心に調査した結果、白馬村においては、短縮変形、東側隆起、左横ずれ変位、開口亀裂等、数cmから数十cmの明瞭な地表地震断層と関連した地表変形が確認された。また、小谷村では、数mmから10cm程度と小さいながら、東側隆起等の同様の地表変形が見つかった。これらの地表変形は震源断層の一部である可能性もあり、近くの姫川断層が活動した可能性もある。

参 考 文 献

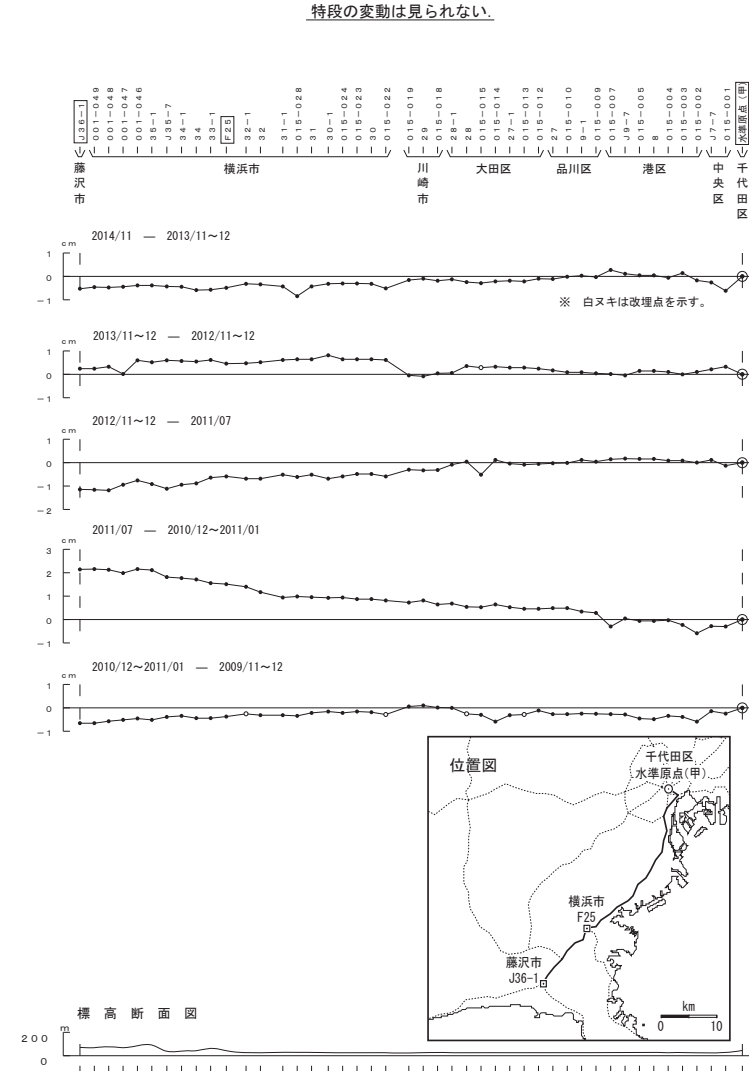
- 1) 国土地理院, 2014, 関東甲信地方の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 第93巻, 118-124.

水準原点～さいたま市間の上下変動



第1図 水準測量による水準原点～さいたま市の上下変動
Fig. 1 Results of leveling survey from Vertical Datum to Saitama city.

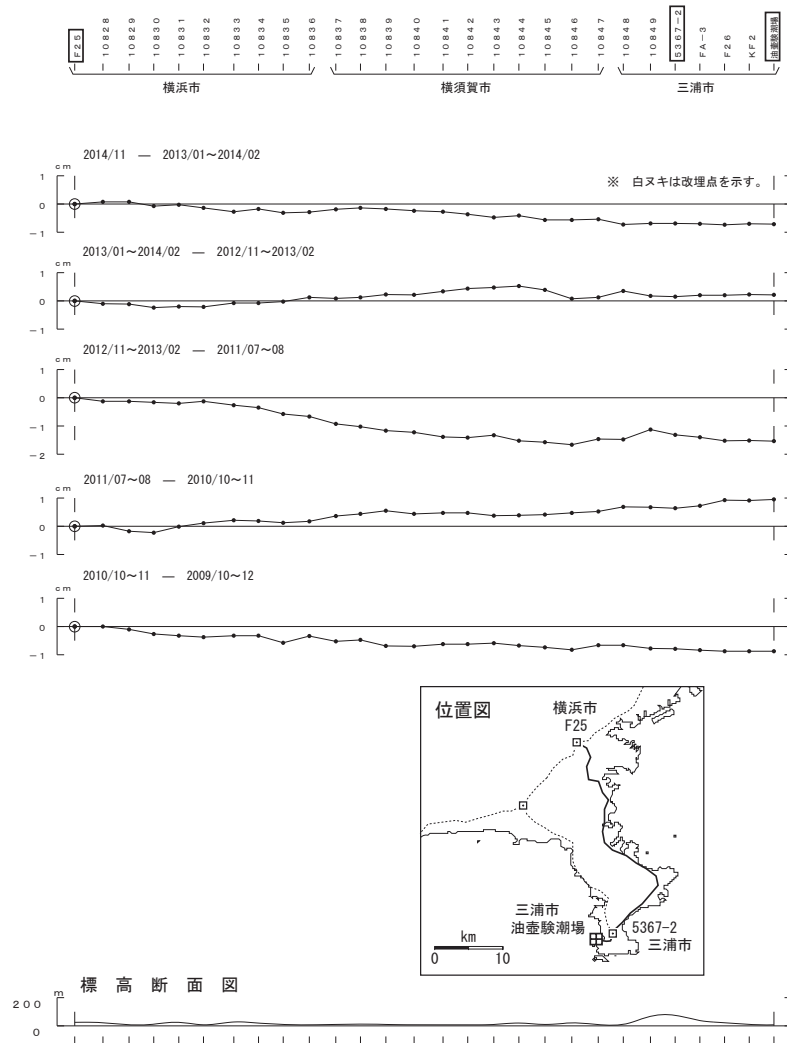
藤沢市～水準原点（甲）間の上下変動



第2図 水準測量による藤沢市～水準原点（甲）の上下変動
Fig. 2 Results of leveling survey from Fujisawa city to Vertical Datum (KO).

三浦半島東側の上下変動

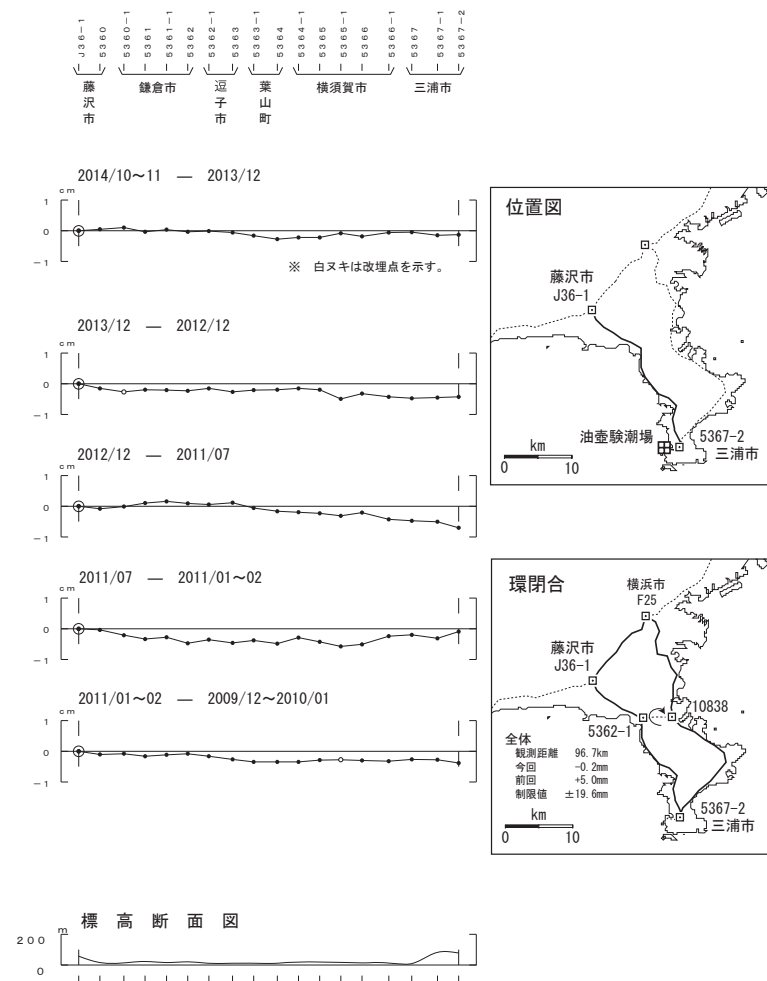
特段の変動は見られない。



第3図 三浦半島における水準測量結果
Fig. 3 Results of leveling survey in Miura peninsula.

三浦半島西側の上下変動

特段の変動は見られない。

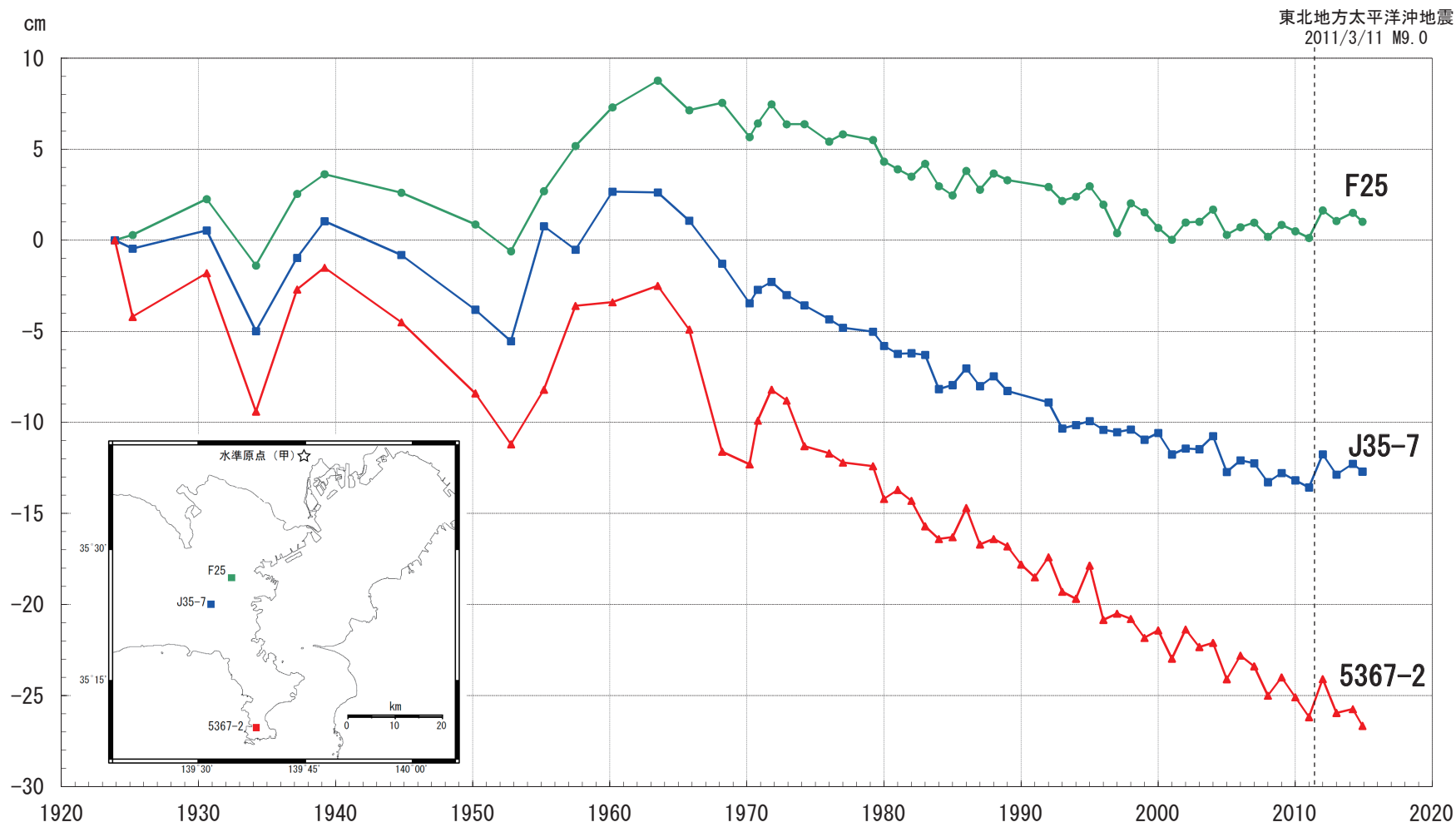


第4図 三浦半島における水準測量結果
Fig. 4 Results of leveling survey in Miura peninsula.

1923年を基準とした三浦半島（一等水準点）の経年変化 （固定点：水準原点（甲）（千代田区））

水準原点（甲）に対して三浦半島先端側の長期的な沈降が見られる。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響が見られる。



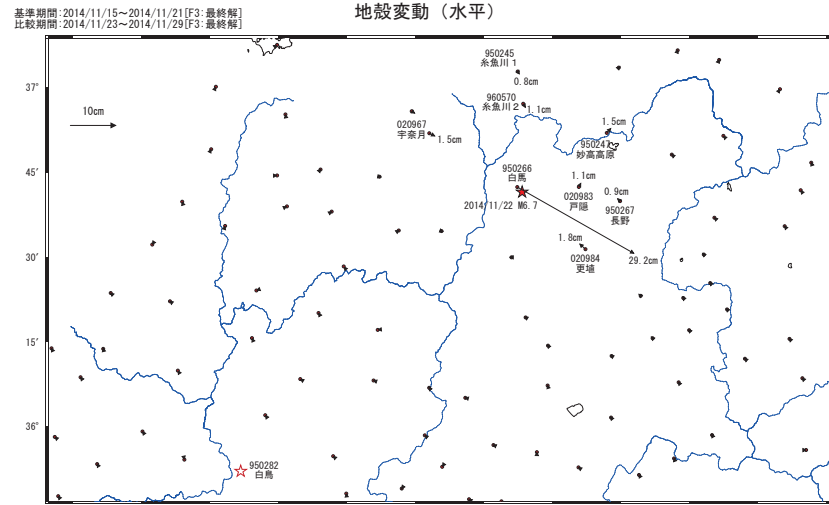
・水準点5367-2は網平均計算値による。

第5図 水準原点から見た三浦半島周辺の水準点の上下変動時系列

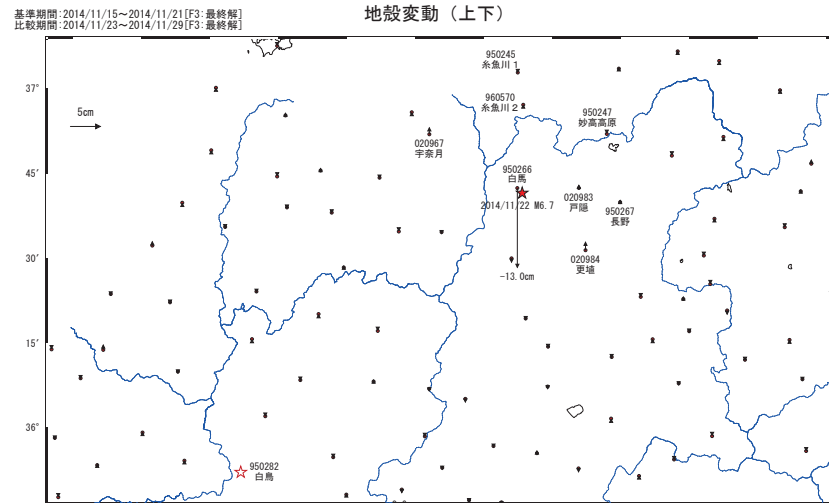
Fig. 5 Time series of height change on benchmarks around Miura peninsula referred to the Vertical Datum (KO) of leveling.

長野県北部の地震(11月22日 M6.7)前後の観測データ (1)

この地震に伴い大きな地殻変動が観測された。



★ 固定局: 白鳥 (950282)

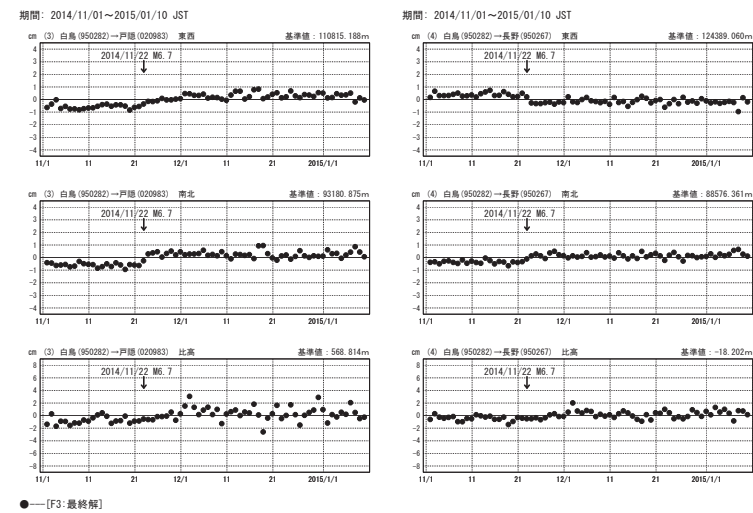
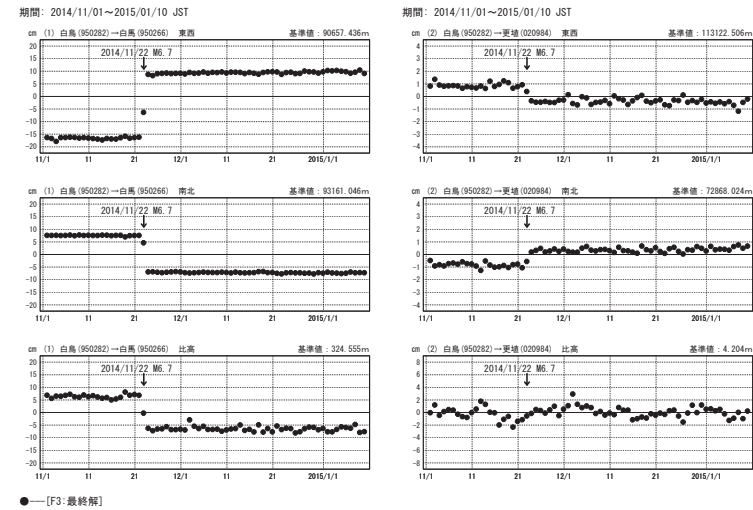


★ 固定局: 白鳥 (950282)

第6図 2014年11月22日長野県北部の地震 (M6.7) に伴う地殻変動 (1/4): 水平・上下変動図
Fig. 6 Crustal deformation associated with the M6.7 northern Nagano prefecture earthquake on November 22, 2014 (1/4): horizontal and vertical displacements.

長野県北部の地震(11月22日 M6.7)前後の観測データ (2)

成分変化グラフ

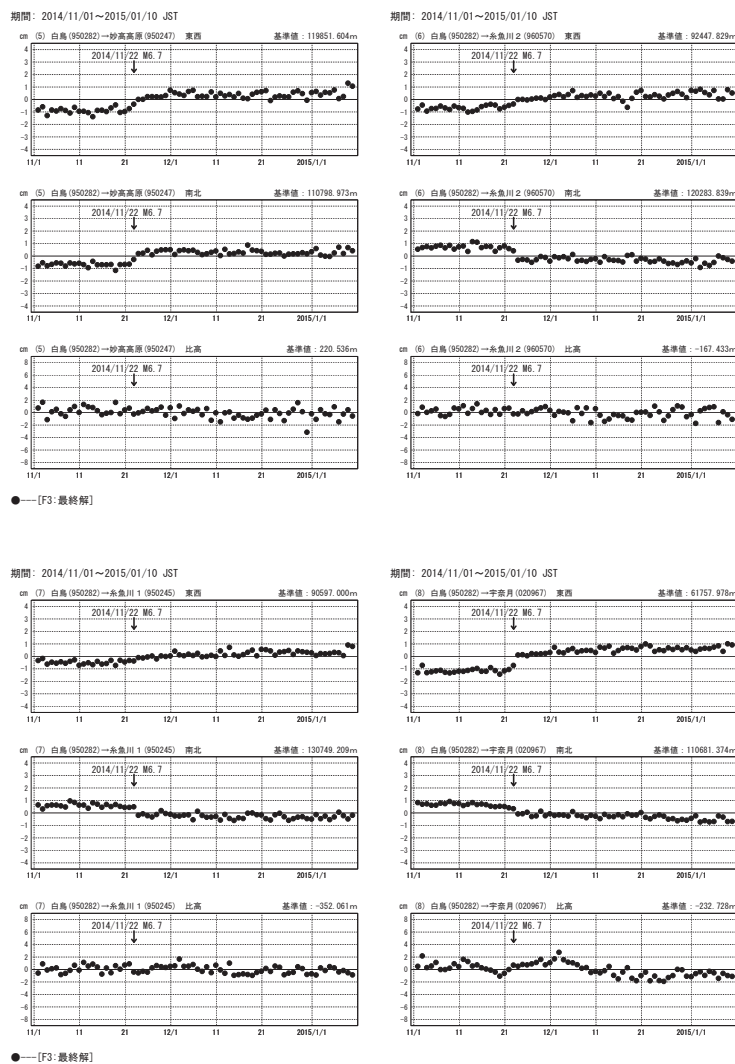


第7図 2014年11月22日長野県北部の地震 (M6.7) に伴う地殻変動 (2/4): 3成分時系列グラフ

Fig. 7 Crustal deformation associated with the M6.7 northern Nagano prefecture earthquake on November 22, 2014 (2/4): 3 components time series.

長野県北部の地震(11月22日 M6.7)前後の観測データ (3)

成分変化グラフ

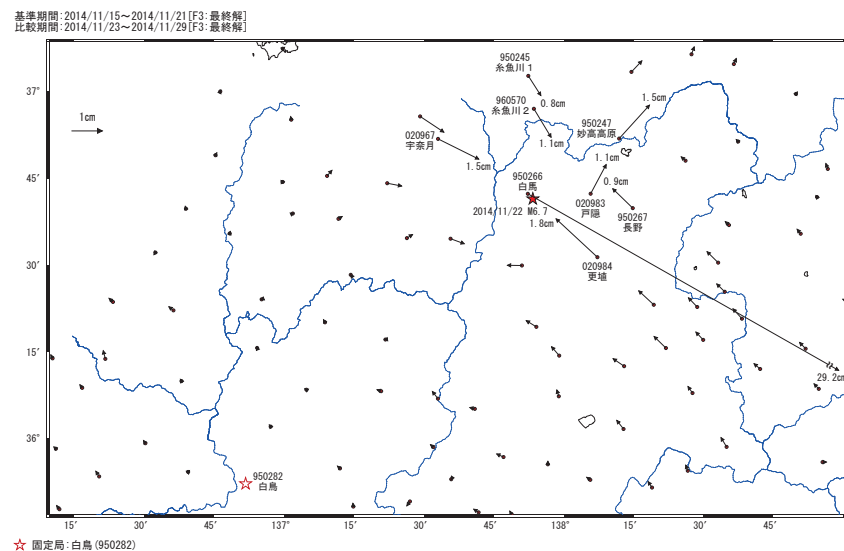


第8図 2014年11月22日長野県北部の地震(M6.7)に伴う地殻変動(3/4): 3成分時系列グラフ

Fig. 8 Crustal deformation associated with the M6.7 northern Nagano prefecture earthquake on November 22, 2014 (3/4): 3 components time series.

長野県北部の地震(11月22日 M6.7)前後の観測データ (4)

地殻変動(水平)(拡大図)



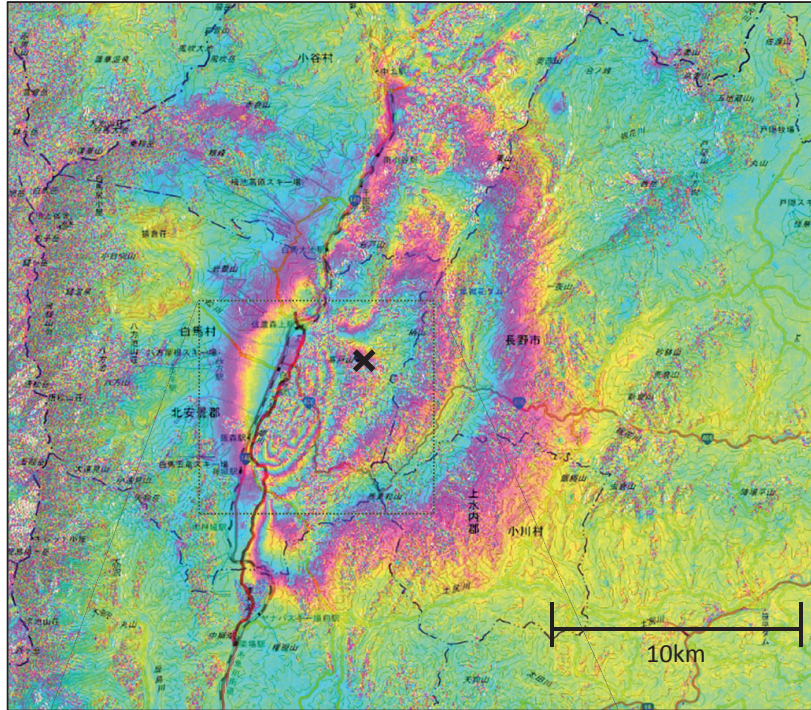
☆ 固定局: 白鳥(950282)

第9図 2014年11月22日長野県北部の地震(M6.7)に伴う地殻変動(4/4): 水平変動図(拡大図)

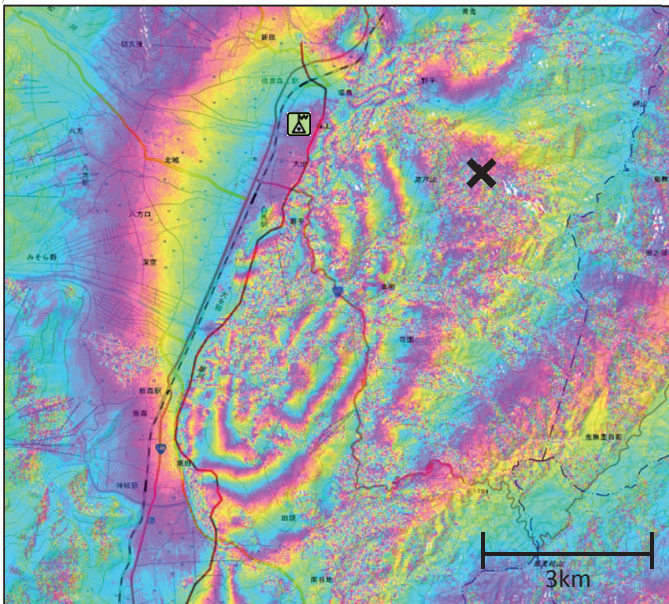
Fig. 9 Crustal deformation associated with the M6.7 northern Nagano prefecture earthquake on November 22, 2014 (4/4): horizontal displacement, expansion.

「だいち2号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図

震央付近で地殻変動による位相変化が見られる。
震央西側の地表地震断層付近では、特に大きな地殻変動が生じたとみられる。



地震前観測日	2014/09/19
地震後観測日	2014/11/28
観測時間(JST)	23:44頃
観測モード	高分解能 (3m)
偏波	HH
衛星進行方向	北行
電波照射方向	右
入射角	38.9°
垂直基線長	-111m
使用DEM	GSI10mDEH MJapan(飛田、 2009)



近づく(隆起/西) ← → 遠ざかる(沈降/東)
-12 -9 -6 -3 0 3 6 9 12
衛星—地表視線方向の変位量 [cm]

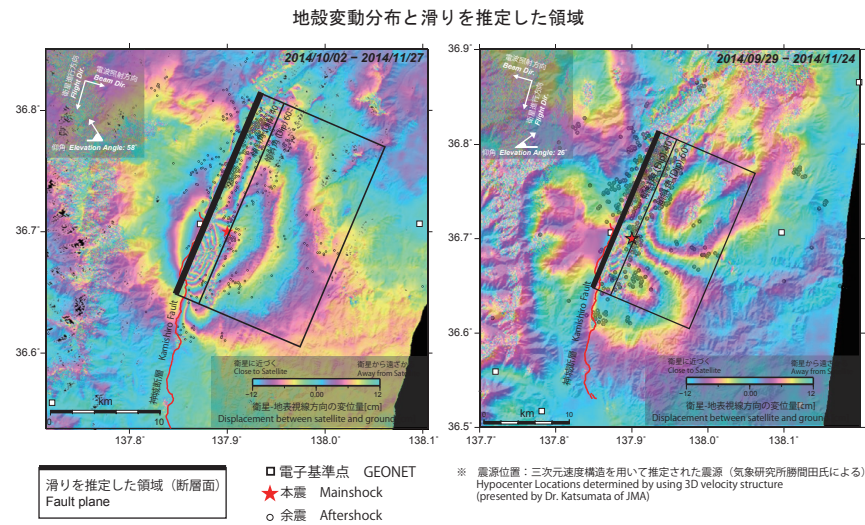
電波照射方向
衛星進行方向

- × 本震震央(深さ5km, M6.7)
- △ 電子基準点「白馬」
- 神城断層(都市圏活断層図)
- 拡大図範囲

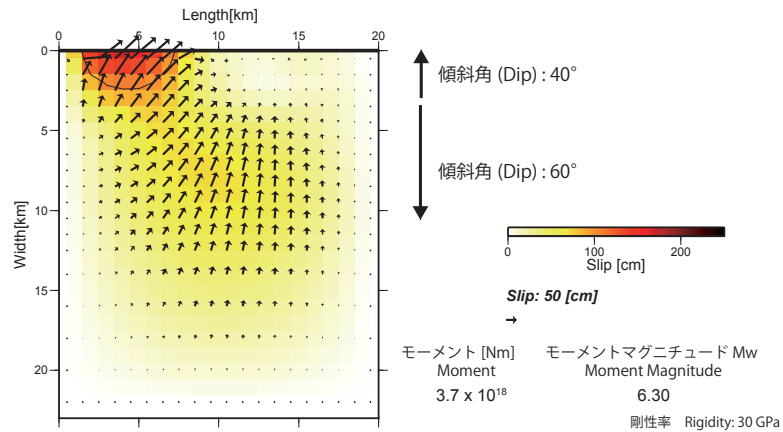
解析:国土地理院 原初データ所有:JAXA
地震予知連絡会SAR解析WGの活動により地震後の緊急観測要求を実施した。
データはだいち2号に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供された。

第10図 2014年11月22日長野県北部の地震 (M6.7) 合成開口レーダーによる地殻変動分布図
Fig. 10 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferogram obtained from ALOS-2 data of the M6.7 northern Nagano prefecture earthquake on November 22, 2014.

「だいち 2 号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図と滑り分布モデル（1）（暫定）



断層面上の滑り分布

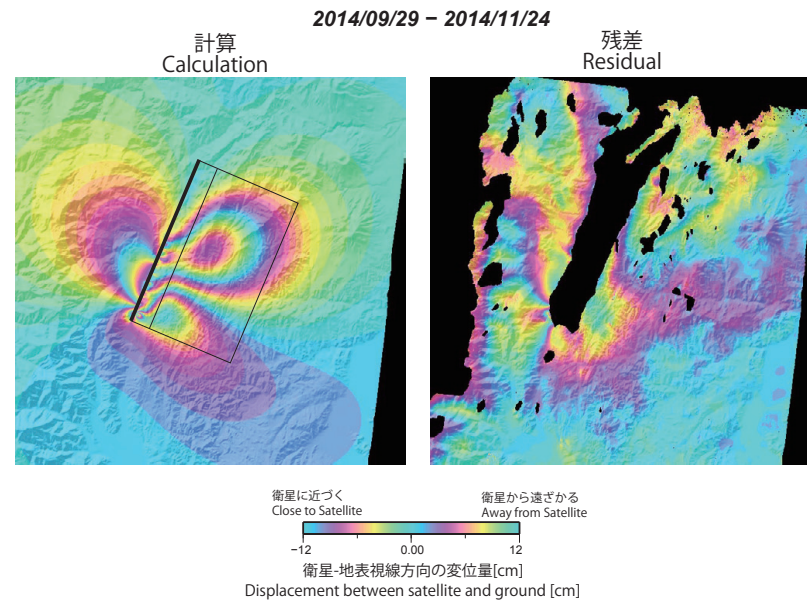
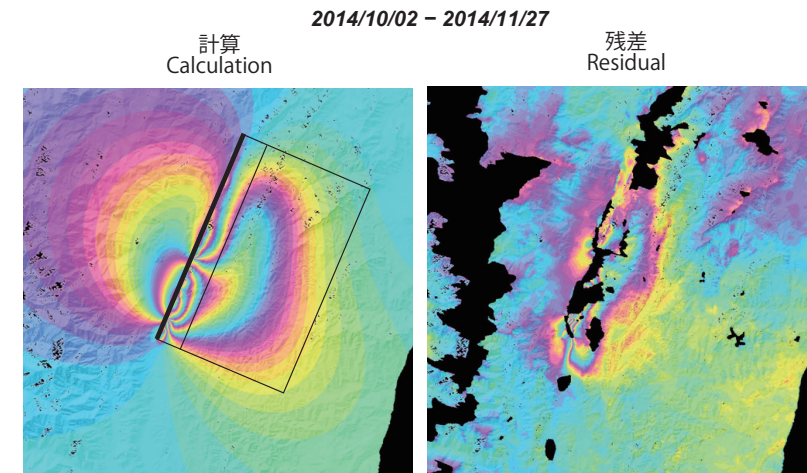


解析：国土地理院（Analysis: GSI） / 原初データ：JAXA（Data: JAXA）
データはだいち 2 号に関する国土地理院と JAXA の間の協定に基づき提供された。
The SAR data obtained by the ALOS-2 were provided by the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) through the Agreement between GSI and JAXA.

第11図 合成開口レーダーによる地殻変動分布図と滑り分布モデル（1）（暫定）
Fig. 11 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferogram obtained from ALOS-2 data of the M6.7 northern Nagano prefecture earthquake on November 22, 2014 and the slip distribution model (1) (preliminary result).

「だいち 2 号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図と滑り分布モデル（2）（暫定）

滑り分布モデルから計算される位相変化と干渉画像との残差



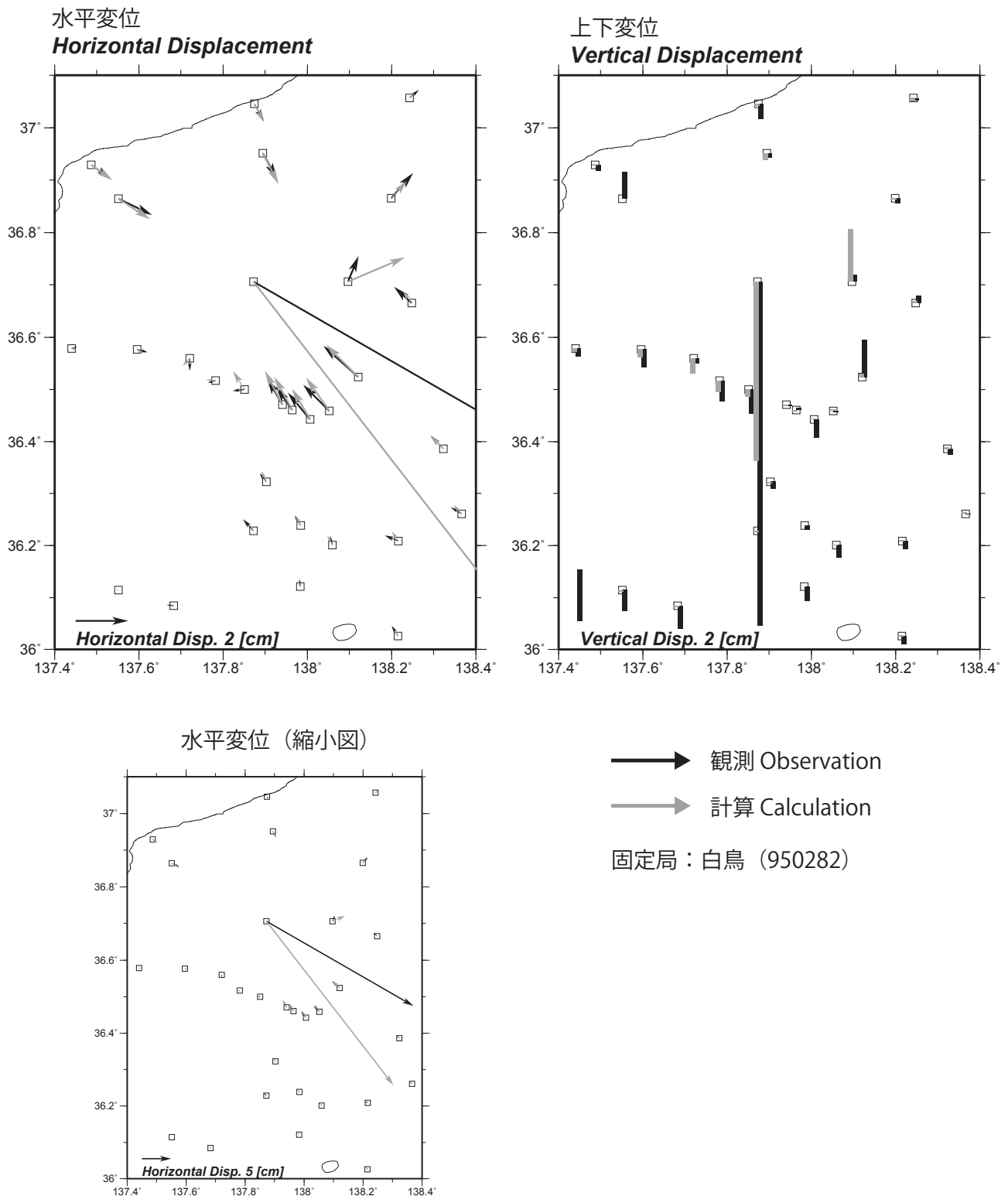
第12図 合成開口レーダーによる地殻変動分布図と滑り分布モデル（2）（暫定）
Fig. 12 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferogram obtained from ALOS-2 data of the M6.7 northern Nagano prefecture earthquake on November 22, 2014 and the slip distribution model (2) (preliminary result).

「だいち2号」合成開口レーダーによる地殻変動分布図と滑り分布モデル（3）（暫定）

電子基準点による地殻変動ベクトルと滑り分布による計算値との比較

基準期間：2014/11/15 — 2014/11/21 [R3：速報解]

比較期間：2014/11/23 — 2014/11/24 [R3：速報解]

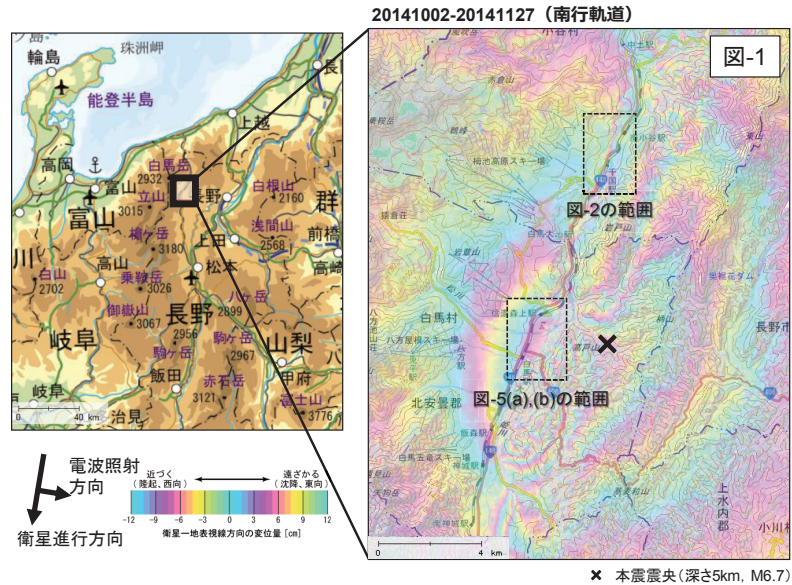


第13図 合成開口レーダーによる地殻変動分布図と滑り分布モデル（3）（暫定）

Fig. 13 Synthetic Aperture Radar (SAR) interferogram obtained from ALOS-2 data of the M6.7 northern Nagano prefecture earthquake on November 22, 2014 and the slip distribution model (3) (preliminary result).

「だいち2号」SAR干渉画像に基づく
2014年長野県北部の地震に伴う地表変形の現地調査結果（1）

2014年12月2日、3日にSAR干渉画像中の色（位相）が急激に変化する境界線を現地で調査し、
地表地震断層の可能性がある地表の短縮変形を確認した。



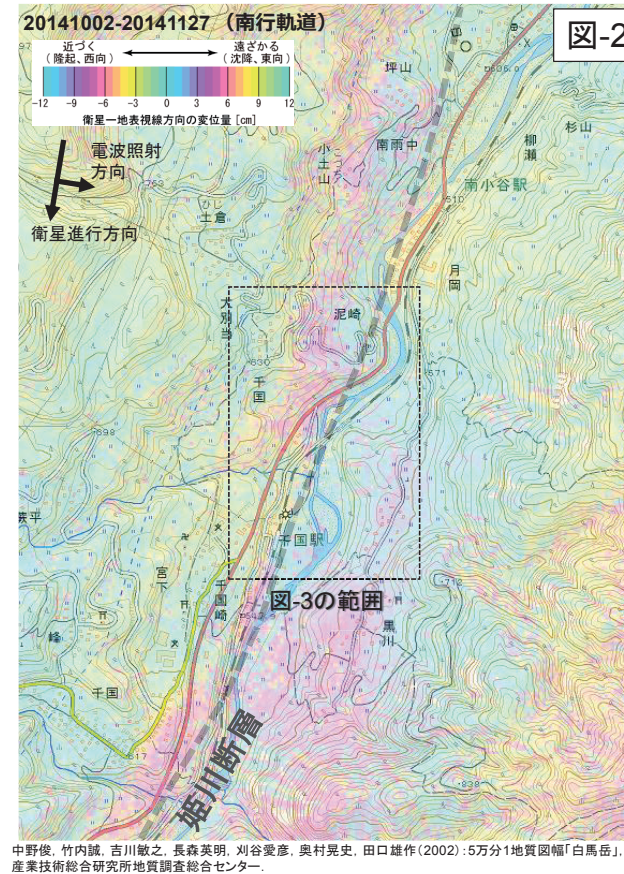
解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA
地震予知連絡会SAR解析WGの活動により地震後の緊急観測要求を実施した。
データはだいち2号に関する国土地理院とJAXAの協定に基づき提供された。

第14図 SAR干渉画像に基づく地表変形の現地調査結果（1）
Fig. 14 Results of the field survey about surface deformation associated with the northern Nagano Prefecture earthquake based on ALOS-2 SAR interferogram (1).

「だいち2号」SAR干渉画像に基づく
2014年長野県北部の地震に伴う地表変形の現地調査結果（2）

小谷村南部のSAR干渉画像

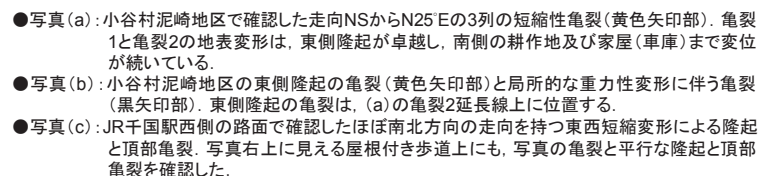
小谷村南部では、干渉領域の中に色（干渉位相）の不連続線が見られる。
当該地域には、姫川断層（図-2中の太破線）が存在しており（中野ほか、2002）、
それが活動した可能性もある。



解析：国土地理院 原初データ所有：JAXA
地震予知連絡会SAR解析WGの活動により地震後の緊急観測要求を実施した。
データはだいち2号に関する国土地理院とJAXAの協定に基づき提供された。

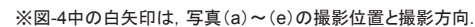
第15図 SAR干渉画像に基づく地表変形の現地調査結果（2）
Fig. 15 Results of the field survey about surface deformation associated with the northern Nagano Prefecture earthquake based on ALOS-2 SAR interferogram (2).

小谷村泥崎地区、千国地区周辺のSAR干渉画像と
地すべり地形分布図※1の重ね合わせ及び現地調査結果



第16図 SAR干渉画像に基づく地表変形の現地調査結果 (3)
Fig. 16 Results of the field survey about surface deformation associated with the northern Nagano Prefecture earthquake based on ALOS-2 SAR interferogram (3).

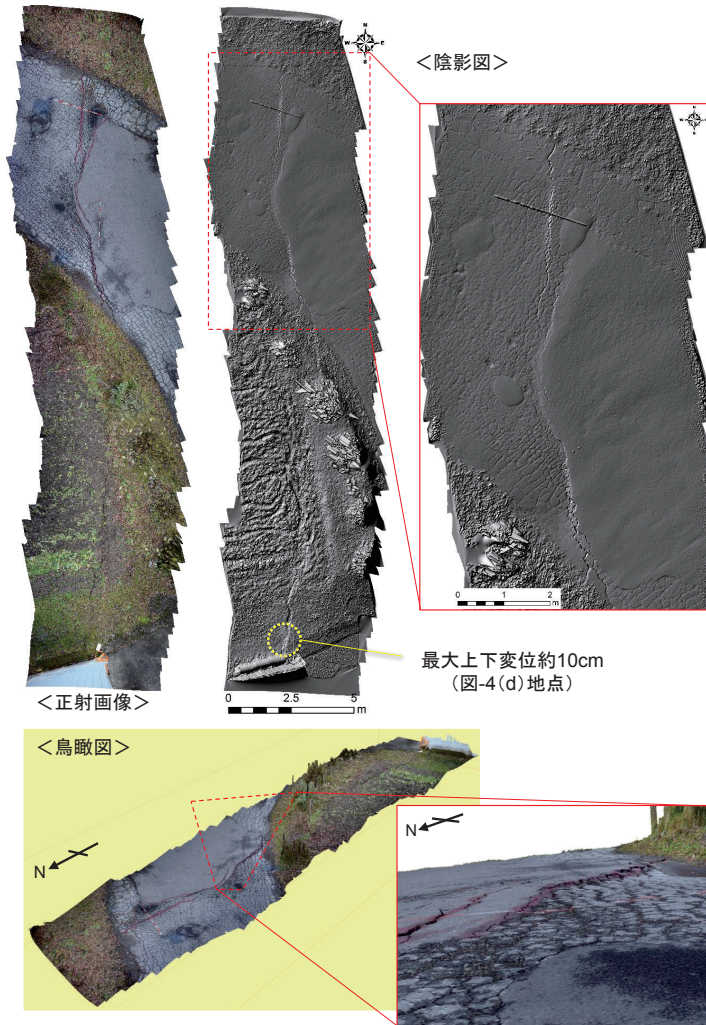
小谷村泥崎地区の地表変形の詳細図



- 第17図 SAR干渉画像に基づく地表変形の現地調査結果(4)
Fig. 17 Results of the field survey about surface deformation associated with the northern Nagano Prefecture earthquake based on ALOS-2 SAR interferogram (4).

「だいち2号」SAR干渉画像に基づく
2014年長野県北部の地震に伴う地表変形の現地調査結果（５）

小谷村泥崎地区の地表変形（亀裂１）の正射画像，陰影図，鳥瞰画像

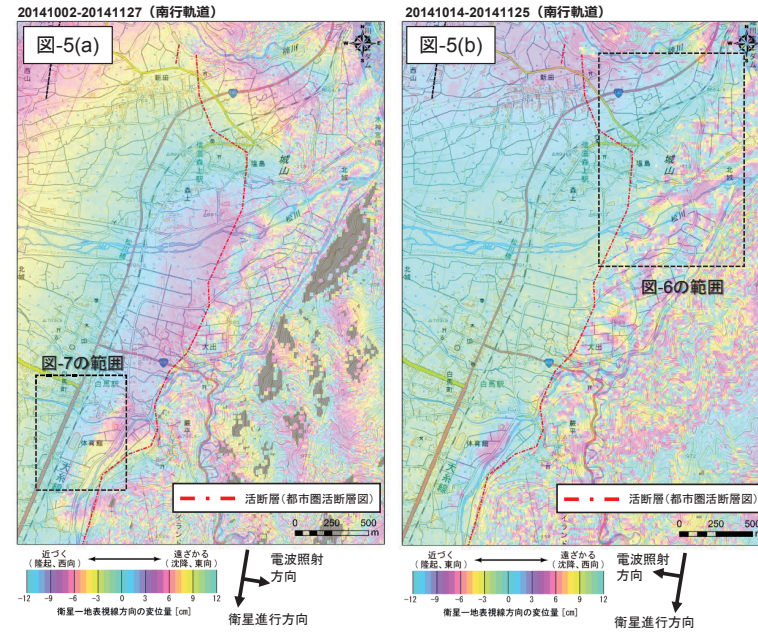


第18図 SAR干渉画像に基づく地表変形の現地調査結果（５）
Fig. 18 Results of the field survey about surface deformation associated with the northern Nagano Prefecture earthquake based on ALOS-2 SAR interferogram (5).

「だいち2号」SAR干渉画像に基づく
2014年長野県北部の地震に伴う地表変形の現地調査結果（６）

白馬村北部のSAR干渉画像（2ペア）

白馬村では、干渉領域と非干渉領域の境界線が都市圏活断層図の活断層（神城断層）線に近接する。



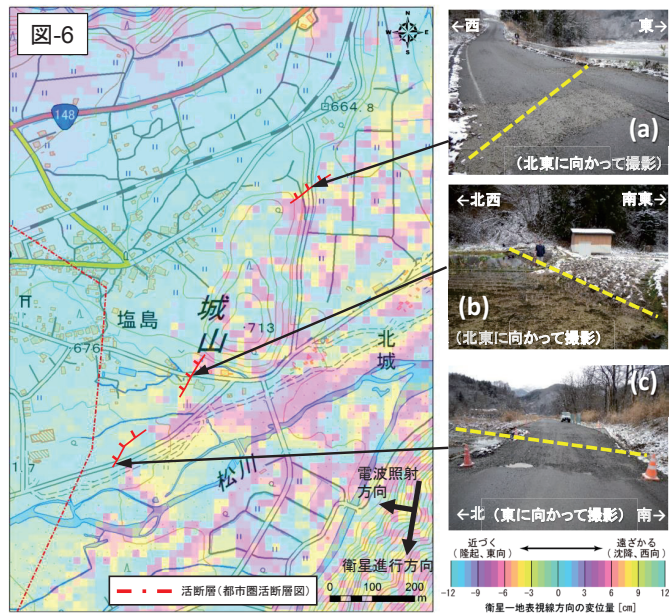
解析:国土地理院 原初データ所有:JAXA
地震予知連絡会SAR解析WGの活動により地震後の緊急観測要求を実施した。
データはだいち2号に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供された。

第19図 SAR干渉画像に基づく地表変形の現地調査結果（６）
Fig. 19 Results of the field survey about surface deformation associated with the northern Nagano Prefecture earthquake based on ALOS-2 SAR interferogram (6).

「だいち2号」SAR干渉画像に基づく
2014年長野県北部の地震に伴う地表変形の現地調査結果（7）

白馬村北城地区塩島付近のSAR干渉画像と現地調査結果

20141014-20141125（南行軌道）



- 写真(a): 道路に南東側隆起の上下変位(走向N55°E)
- 写真(b): 城山の南側の農耕地(写真)から道路及びその南側の空地にかけて、南東側隆起の上下変位(走向N30°E)
- 写真(c): 道路及びその北側の空地に南東側隆起の上下変位(走向N32°E、左横ずれ成分約40cm)。空地内で屈曲し、走向が東西方向に近づく。

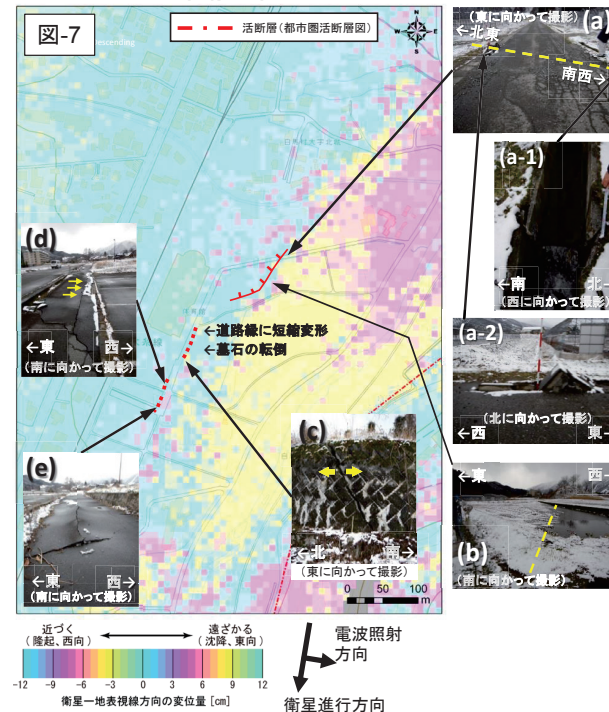
解析:国土地理院 原初データ所有:JAXA
地震予知連絡会SAR解析WGの活動により地震後の緊急観測要求を実施した。
データはだいち2号に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供された。

第20図 SAR干渉画像に基づく地表変形の現地調査結果（7）
Fig. 20 Results of the field survey about surface deformation associated with the northern Nagano Prefecture earthquake based on ALOS-2 SAR interferogram (7).

「だいち2号」SAR干渉画像に基づく
2014年長野県北部の地震に伴う地表変形の現地調査結果（8）

白馬村北城地区の白馬村社会体育館付近のSAR干渉画像と現地調査結果

20141002-20141127（南行軌道）



- 写真(a): アスファルト道路の短縮変形(走向N35°E、南東側隆起)。道路両脇の側溝(a-1、a-2)の圧縮量は約15cm。
- 写真(b): 水田内の南東側隆起の上下変位。(a)の地点から南に向かって撮影。途中で屈曲して走向がN85°Eに変化。
- 写真(c): 擁壁の開口亀裂(開口幅5cm、南側が南西方向に5cmはらみ出し)。
- 写真(d): アスファルト面の短縮変形(東側が西側に約20cm乗り上げ)。
- 写真(e): アスファルト面の短縮変形に伴う隆起亀裂。

解析:国土地理院 原初データ所有:JAXA
地震予知連絡会SAR解析WGの活動により地震後の緊急観測要求を実施した。
データはだいち2号に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供された。

第21図 SAR干渉画像に基づく地表変形の現地調査結果（8）
Fig. 21 Results of the field survey about surface deformation associated with the northern Nagano Prefecture earthquake based on ALOS-2 SAR interferogram (8).