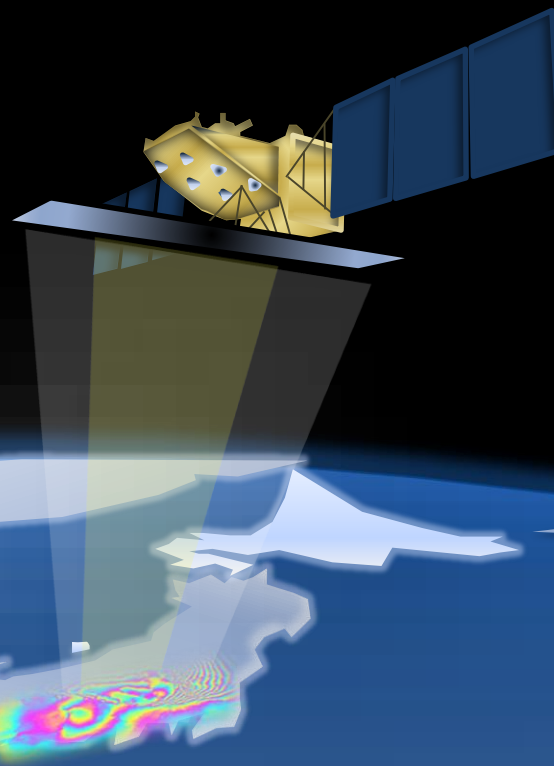


# 国土地理院によるだいち2号を用いた 地殻変動モニタリング

～ 宇宙の防災インフラがくまなく探る大地の動き～

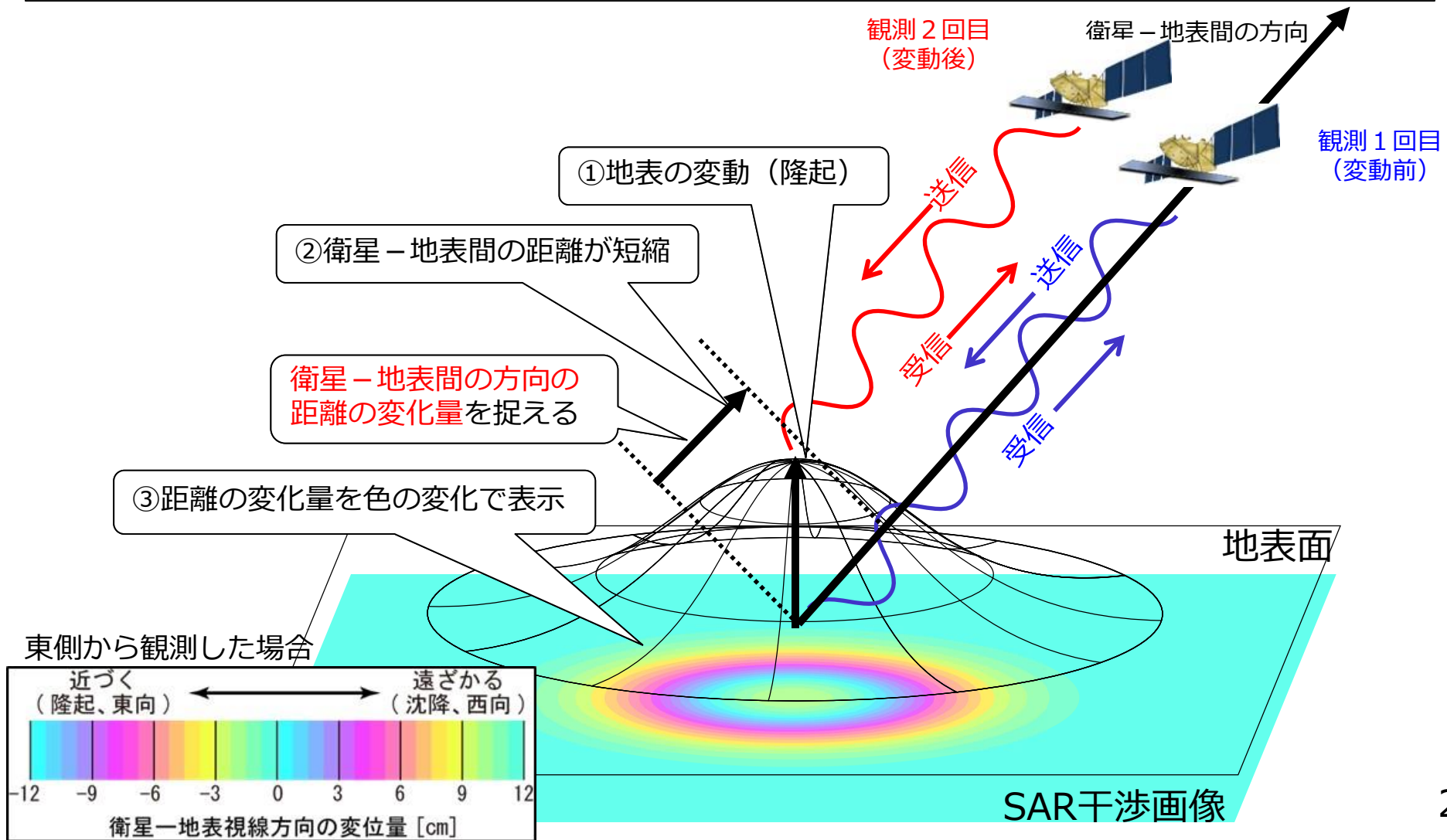
国土地理院 測地部 宇宙測地課  
宗包 浩志



©JAXA/GSI

2019/03/11 ALOS-2シンポジウム@ソラシティ

干渉SARとは、リモートセンシング技術の一種で、同じ場所を2回観測し、それらの画像を比較し解析処理することで、この期間に発生した地表の変動を捉える技術。国土地理院では「だいち2号」による干渉SARを用いた地殻変動監視を実施。





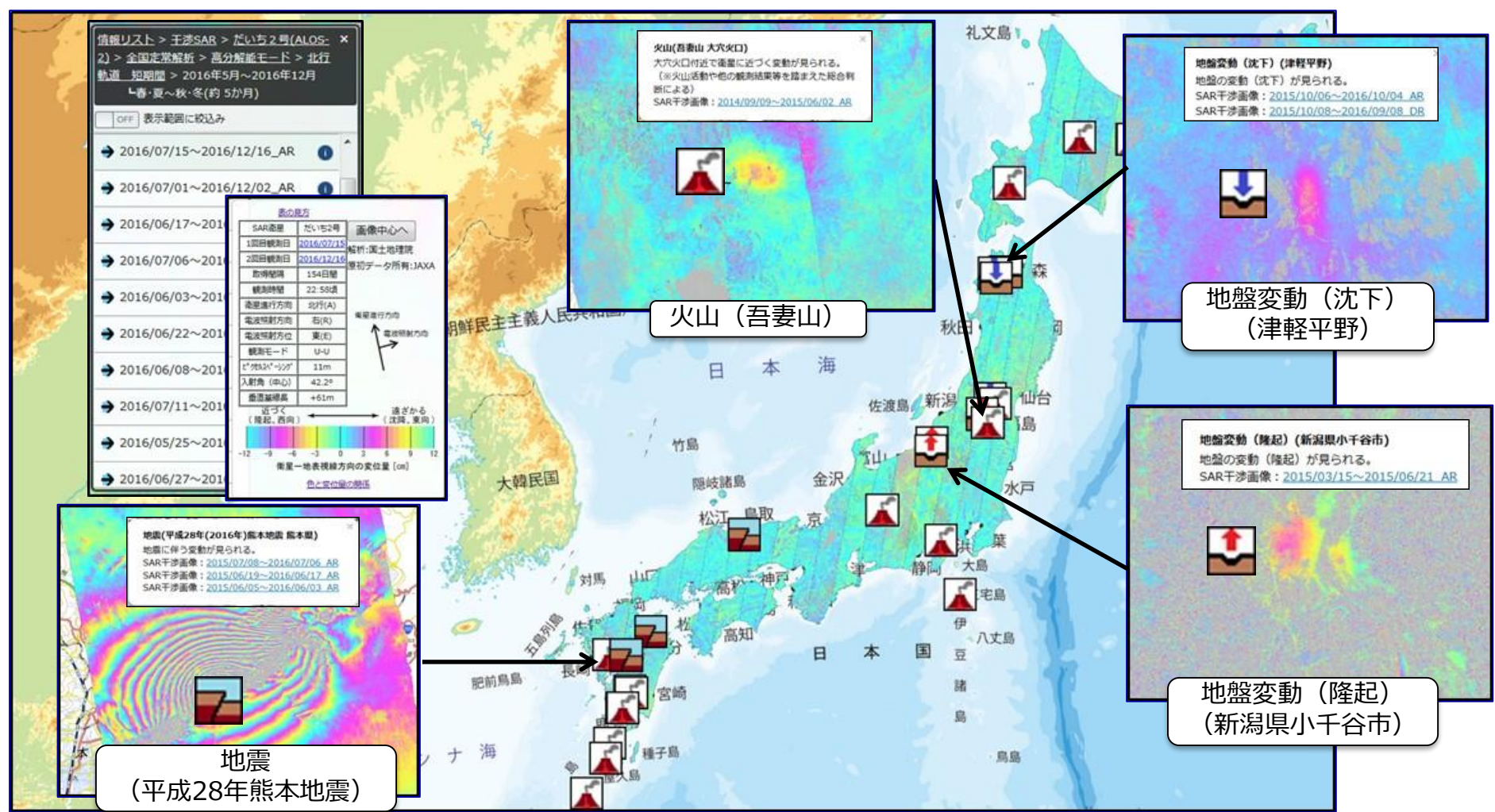
## ● 国土全域の定常的な地殻変動監視

- ・ だいち2号のデータを定常的にSAR干渉解析（全国定常解析）
- ・ SAR干渉画像をもとに、国土全域の地殻変動・地盤変動を面的に監視
- ・ 解析結果を火山噴火予知連絡会、地震予知連絡会、地震調査委員会、気象庁との合同記者会見、岩手県の火山活動に関する検討会に提出
- ・ 「地理院SARマップ」の運用→国・自治体向けに画像を公開

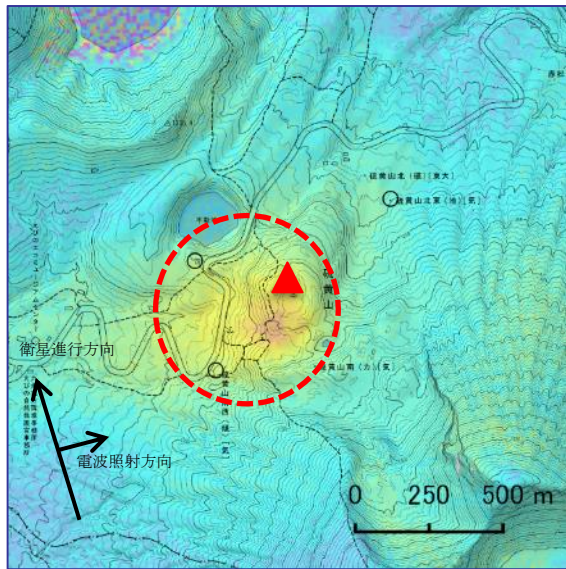
## ● 緊急時の地殻変動把握

- ・ 地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループ（地震SAR解析WG）の事務局を運営
- ・ 国内外で大きな地震が発生した際は、意見をまとめて観測要求を提出
- ・ 緊急観測データを解析し（緊急解析）、火山噴火予知連絡会、地震調査委員会、地震予知連絡会、国内外の機関に情報を提供

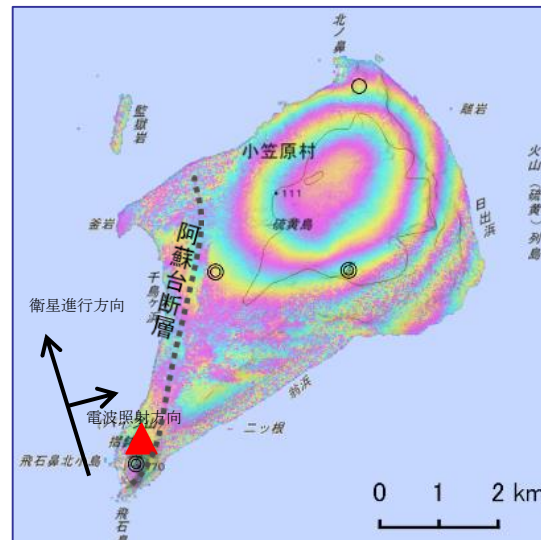
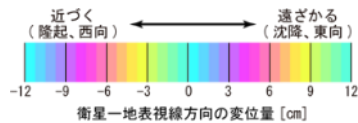
# 国土全域の定常的な 地殻変動監視



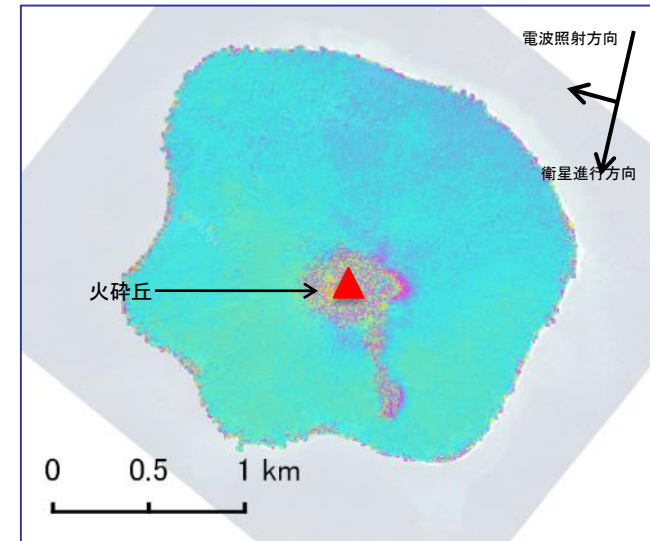
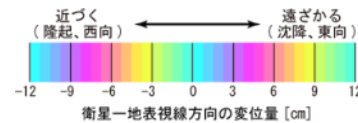
- 国土全域をカバーするSARデータを定期的にSAR干渉解析(全国定期監視)
- 地震・火山活動による地殻変動、地盤沈下などの地盤変動を抽出



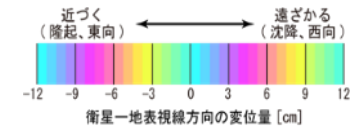
霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺)  
2018年2月14日～2018年4月11日



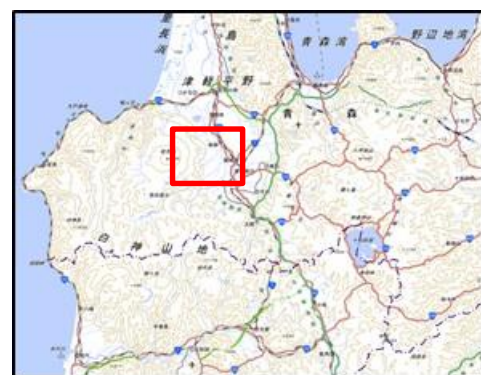
硫黄島  
2018年5月6日～2018年9月9日



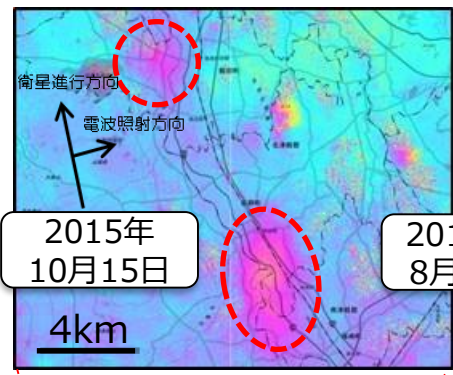
西之島  
2018年7月6日～2018年7月20日



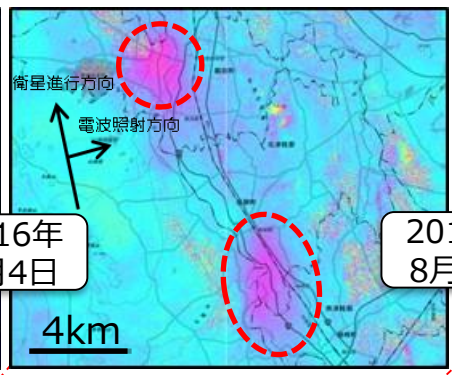
・全国の活火山地域の解析結果は火山噴火予知連絡会に提出され、火山活動の評価に活用されている。



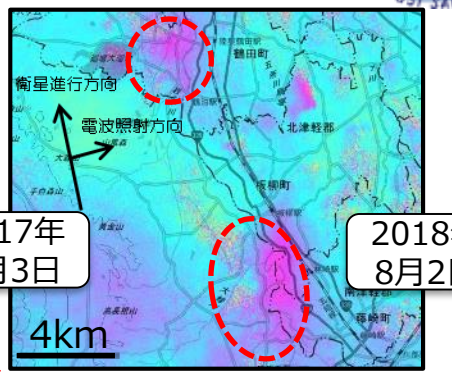
津軽平野



2015年  
10月15日



2016年  
8月4日

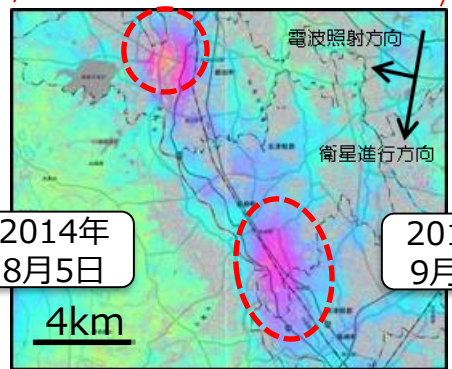


2017年  
8月3日

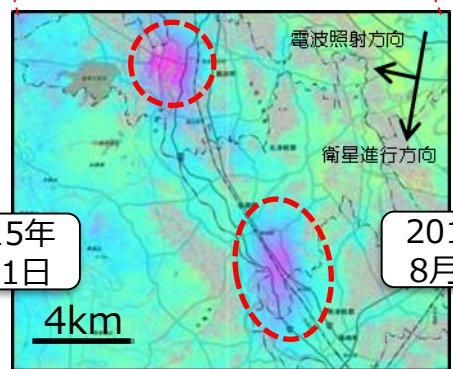


2018年  
8月2日

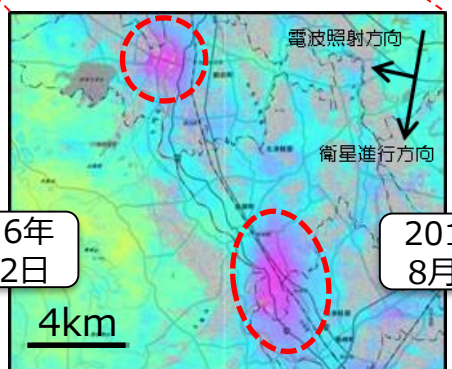
北行軌道



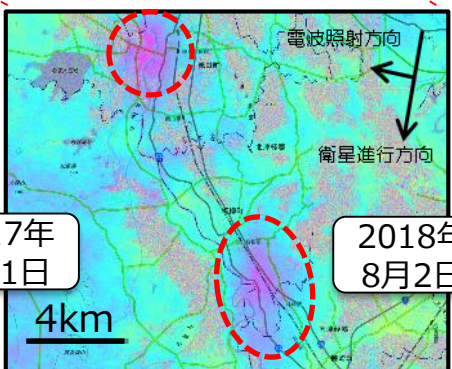
2014年  
8月5日



2015年  
9月1日



2016年  
8月2日



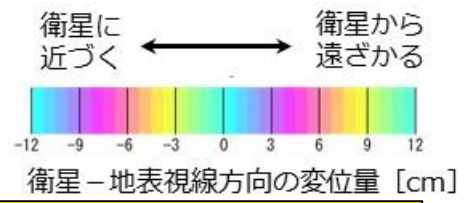
2017年  
8月1日



2018年  
8月2日

南行軌道

○ 地盤沈下が見られる地域

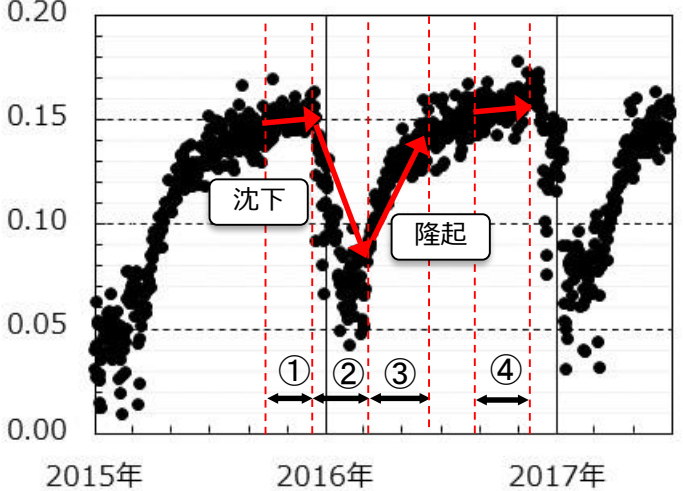


- ・ 津軽平野の2つの地域において、毎年約5~6cm程度の継続的な地盤沈下を検出
- ・ 当該自治体に情報を提供

## 新潟県小千谷市



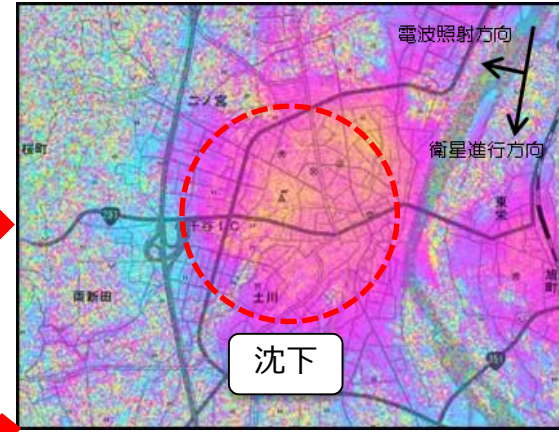
[m]



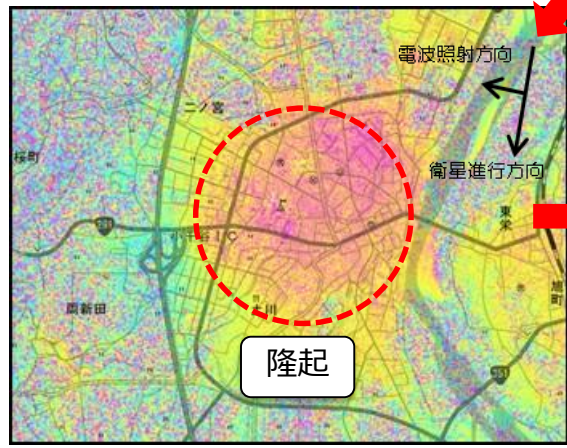
電子基準点「小千谷」の上下変動



① 2015年9月15日～2015年11月24日



② 2015年11月24日～2016年3月1日

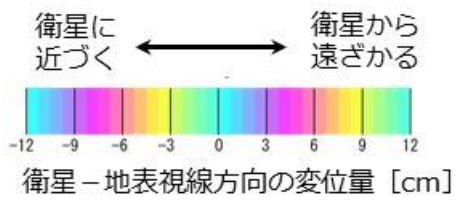


③ 2016年3月1日～2016年6月7日



④ 2016年8月16日～2016年11月8日

- ・ 消雪期に沈下しその後に隆起する季節的な地盤変動を検出
- ・ SAR干渉画像で見られる季節変動は、電子基準点「小千谷」の観測結果と整合





地理院SARマップとは、「だいち2号」が観測したSARデータを干渉解析して得られた画像（SAR干渉画像）及び国土に関する地理空間情報をウェブ地図「地理院地図」で閲覧できる国・自治体等向けサービス。

### 表示イメージ

情報リスト > 干渉SAR > だいち2号(ALOS-2) > 全国定常観測 > 高分解能モード > 北行軌道 短期間 > 2016年5月~2016年12月  
 ↳春・夏~秋・冬(約5か月)

OFF 表示範囲に絞込み

- ➔ 2016/07/15~2016/12/16\_AR ①
- ➔ 2016/07/01~2016/12/02\_AR ①
- ➔ 2016/06/17~2016/11/18\_AR ①
- ➔ 2016/07/06~2016/12/07\_AR ①
- ➔ 2016/06/03~2016/11/04\_AR ①
- ➔ 2016/06/22~2016/11/23\_AR ①
- ➔ 2016/06/08~2016/11/09\_AR ①
- ➔ 2016/07/11~2016/12/12\_AR ①
- ➔ 2016/05/25~2016/10/26\_AR ①
- ➔ 2016/06/27~2016/11/28\_AR ①

表示の仕方

|          |            |               |
|----------|------------|---------------|
| SAR衛星    | だいち2号      | 画像中心へ         |
| 1回目観測日   | 2016/07/15 | 提供: 国土地理院     |
| 2回目観測日   | 2016/12/16 | 原始データ所有: JAXA |
| 取得期間     | 154日       |               |
| 観測時間     | 22:50頃     |               |
| 衛星進行方向   | 北行(A)      | 衛星進行方向        |
| 電波照射方向   | 右(R)       | 電波照射方向        |
| 電波照射方位   | 東(E)       |               |
| 観測モード    | U-U        |               |
| ビーム幅(ラジ) | 11m        |               |
| 入射角(中心)  | 42.2°      |               |
| 衛星基線長    | +61m       |               |

色と変位量の関係

色: -12 ~ -9 ~ -6 ~ -3 ~ 0 ~ 3 ~ 6 ~ 9 ~ 12 (cm)

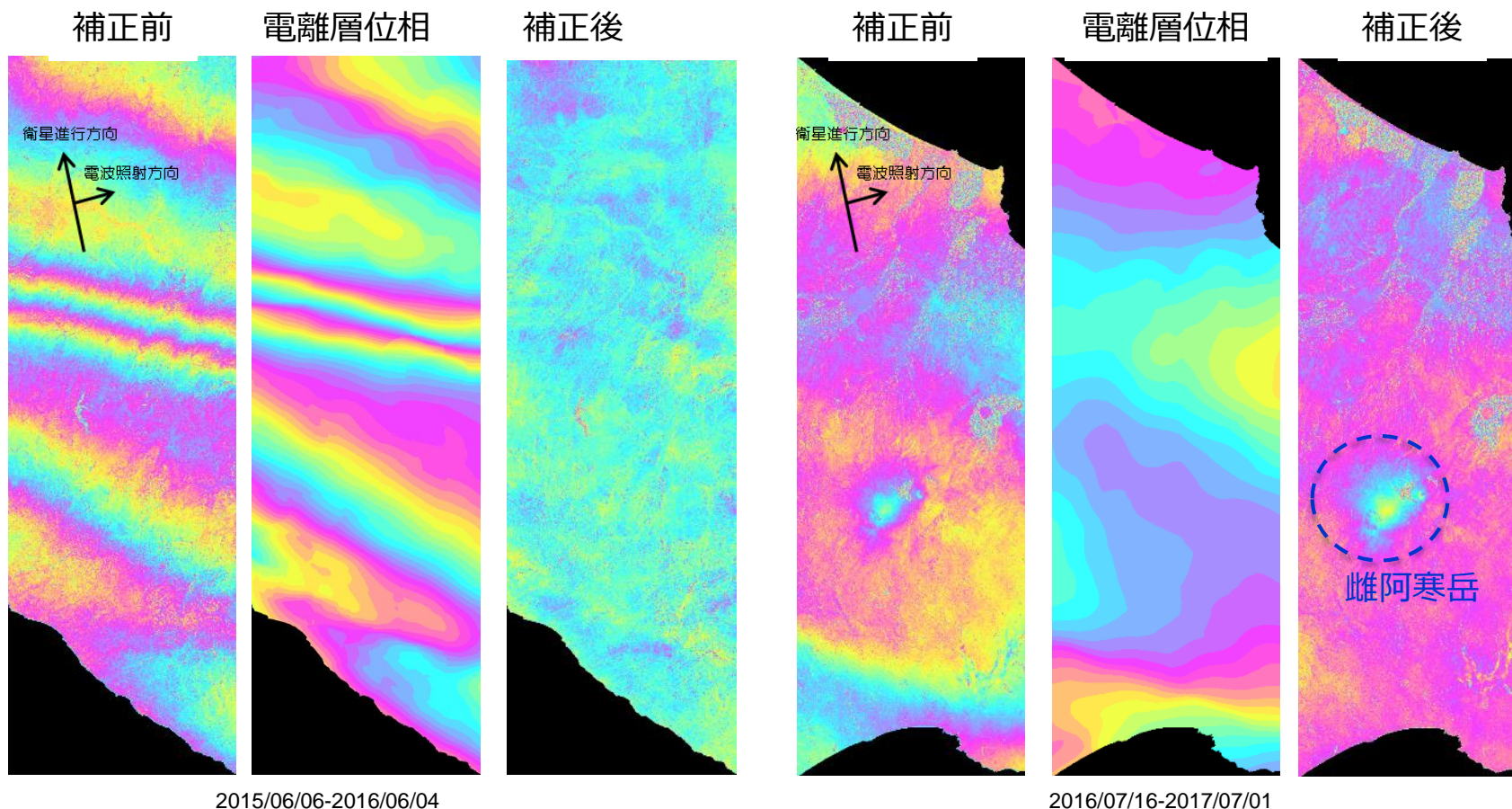
↑ 遠ざかる (沈下, 南向)  
 ↓ 近づく (隆起, 北向)



- 諸元
- SAR衛星: だいち2号
  - だいち
  - 対象範囲: 日本全国
  - 観測頻度: 年6回程度
  - 提供情報:
    - 地震
    - 火山
    - 地盤変動(沈下)
    - 地盤変動(隆起)

- ・ 国・自治体等に、監視箇所への絞り込み、現地調査の実施、地上観測の見直しにSAR干渉画像を活用してもらうことを目的に運用しているサービス。
- ・ 検出された地震、火山、地盤沈下/隆起による変動はアイコンを付けて情報提供。

電離層補正を解析ソフトウェアに導入。全国定常解析でのルーチン化に向け、検証中。



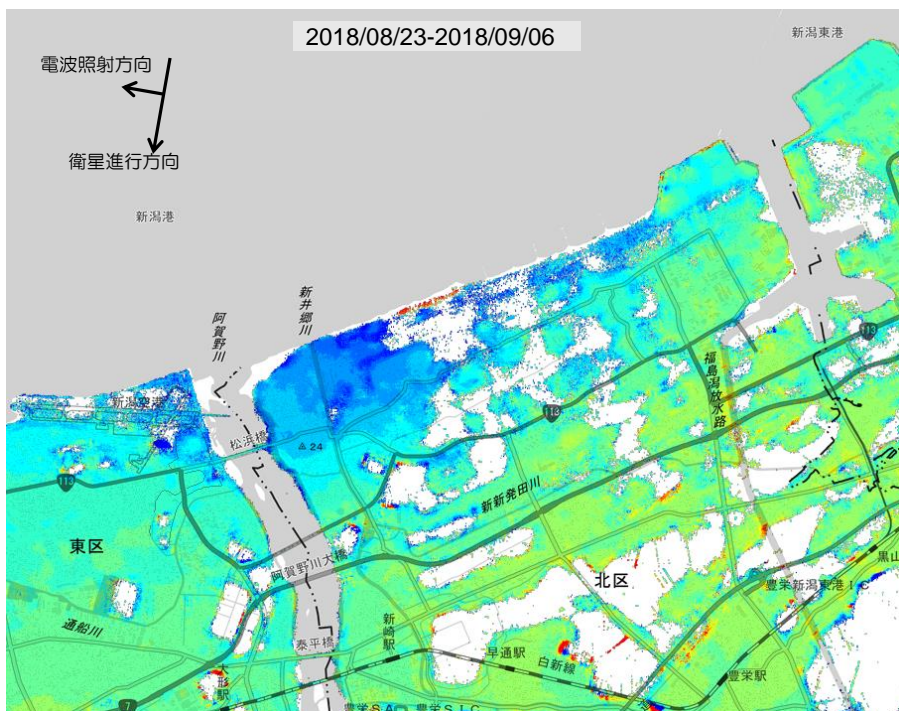
2015/06/06-2016/06/04

2016/07/16-2017/07/01

- 電離層補正をルーチン化し、より高精度に変動を検出。

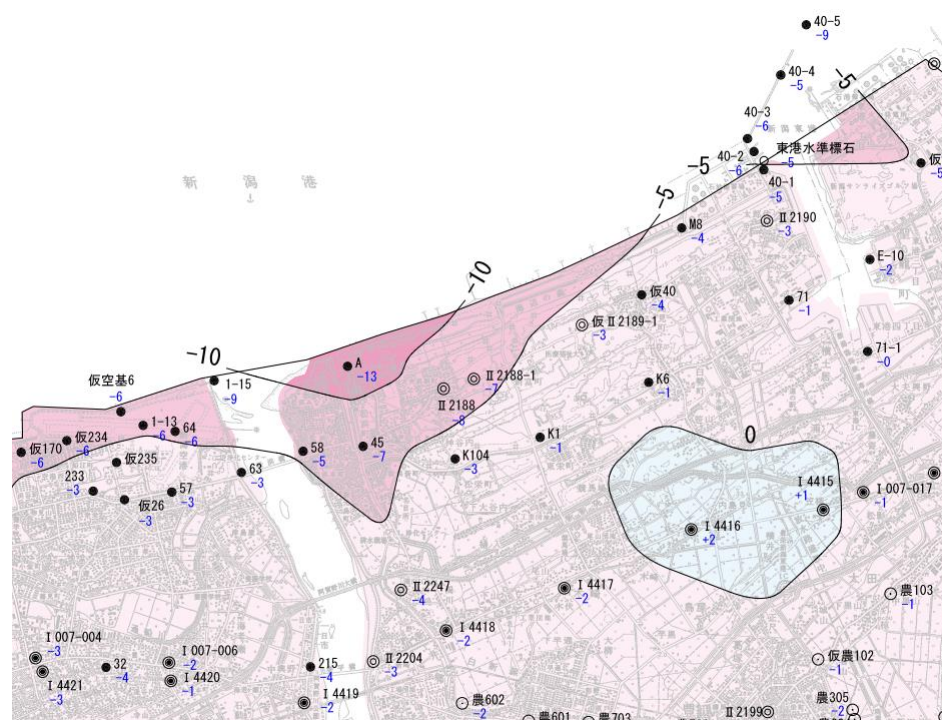
## 干渉SAR時系列解析\*のシステム構築にむけて試験解析・検証を実施中

干渉SAR時系列解析による距離変化  
(単位mm/year)

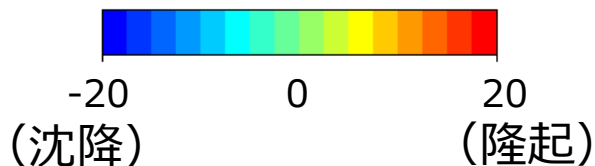


Analysis by GSI from ALOS-2 raw data of JAXA

水準測量による沈下等量線図  
(単位mm/year)



<http://npdas.pref.niigata.lg.jp/kankyotaisaku/5aab5b9aac51b.pdf>



**\*干渉SAR時系列解析**  
多時点の多数のSAR干渉画像を統計的に処理し、  
大気などによる誤差を低減する解析方法

# 緊急時の地殻変動把握

## 防災利用実証実験

- 火山WG
- 土砂WG
- 水害WG
- 大規模災害WG
- 地震WG

地震予知連絡会

成果報告

地震予知連絡会  
SAR解析ワーキンググループ  
(地震SAR解析WG)

緊急観測  
要求

成果報告

事務局  
国土地理院  
測地部  
宇宙測地課

緊急観測  
提案

成果報告

実験協力者

国土地理院  
防災科研  
気象庁  
京都大学  
北海道大学  
鹿児島大学  
JAXA  
産総研  
東北大学

JAXA

観測データ  
アップロード

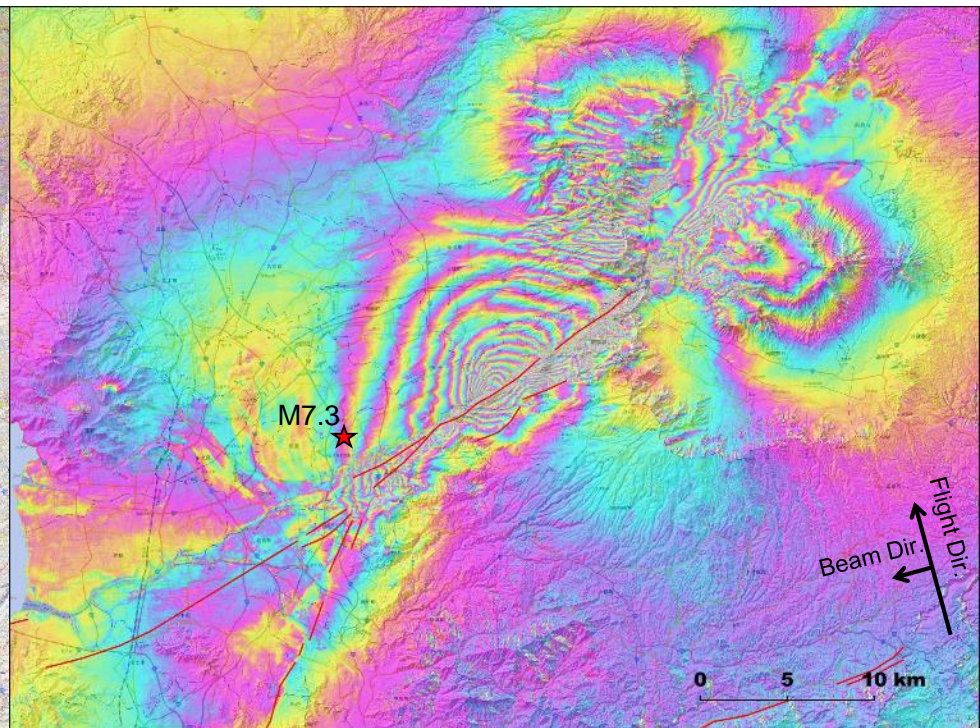
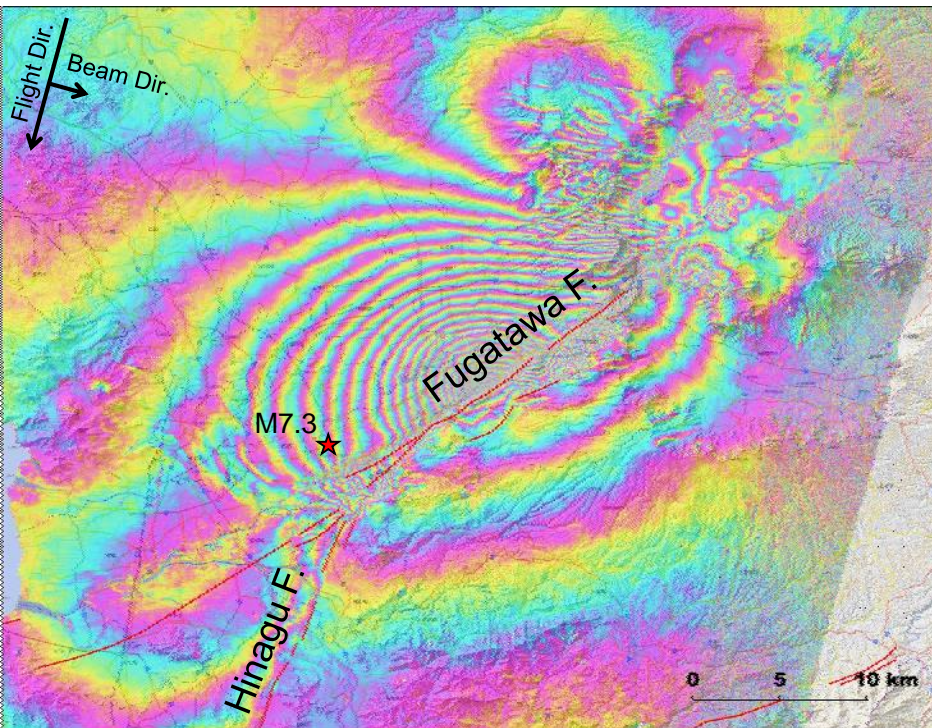
だいち防災WEB


AUIG2

データ提供

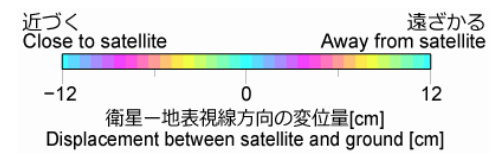
2016/04/15 - 2016/04/29 南行左

2016/04/15 - 2016/04/29 北行左



 major active faults

- 地震直後から様々な方向の観測が実施
- 地震に伴う地殻変動が迅速に詳細に捉えられた
  - 活断層帯の活動範囲の把握（布田川断層帯布田川区間、日奈久断層帯高野－白旗区間）
  - 布田川断層帯、日奈久断層帯での右横ずれを示唆する変動

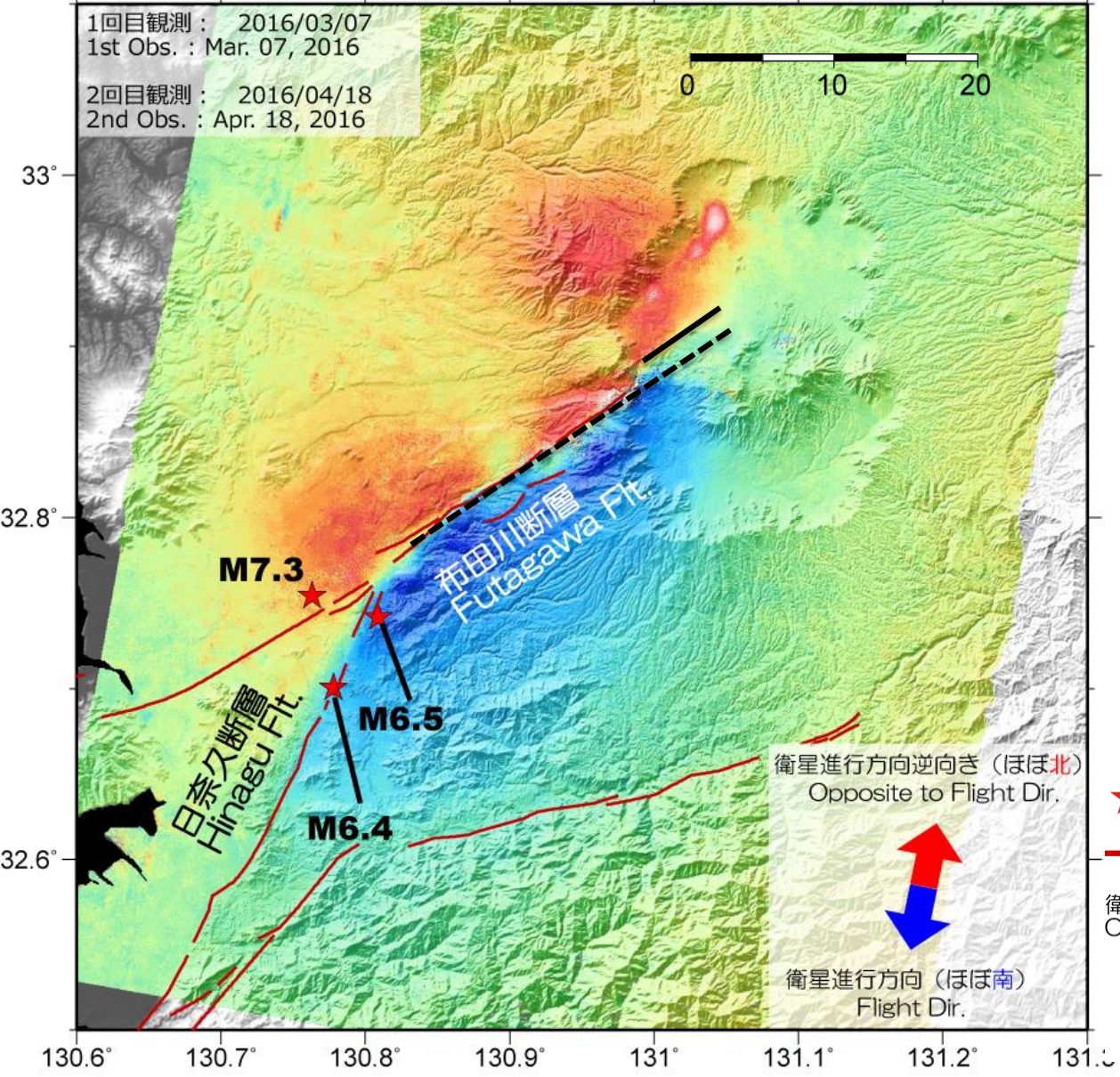
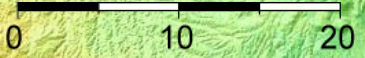




## Multiple Aperture Interferometry (MAI)法

1回目観測： 2016/03/07  
1st Obs. : Mar. 07, 2016

2回目観測： 2016/04/18  
2nd Obs. : Apr. 18, 2016



- 衛星進行方向成分の変動を抽出する手法
  - 準南北方向
- 断層帯のごく近傍の変動も明瞭に
  - 干渉SARに比べて、大きな変位勾配でも把握可能
  - だいち2号で信号強度が上がり、検出精度が向上
- 断層帯の北側で北向き、南側で南向き
- 布田川断層帯の東側延長部はやや北にステップして延長？

★ 震央 (気象庁)

— 活断層

衛星進行方向逆向き (ほぼ北)  
Opposite to Flight Dir.

衛星進行方向 (ほぼ南)  
Flight Dir.

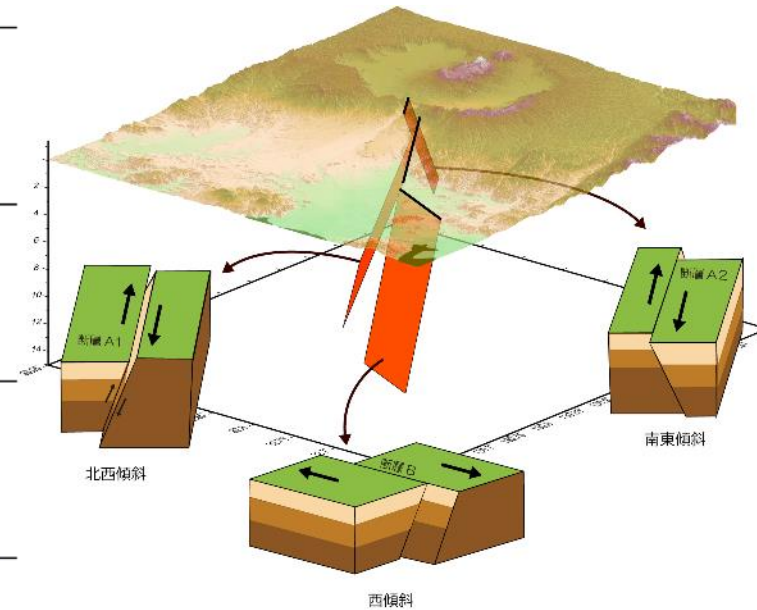
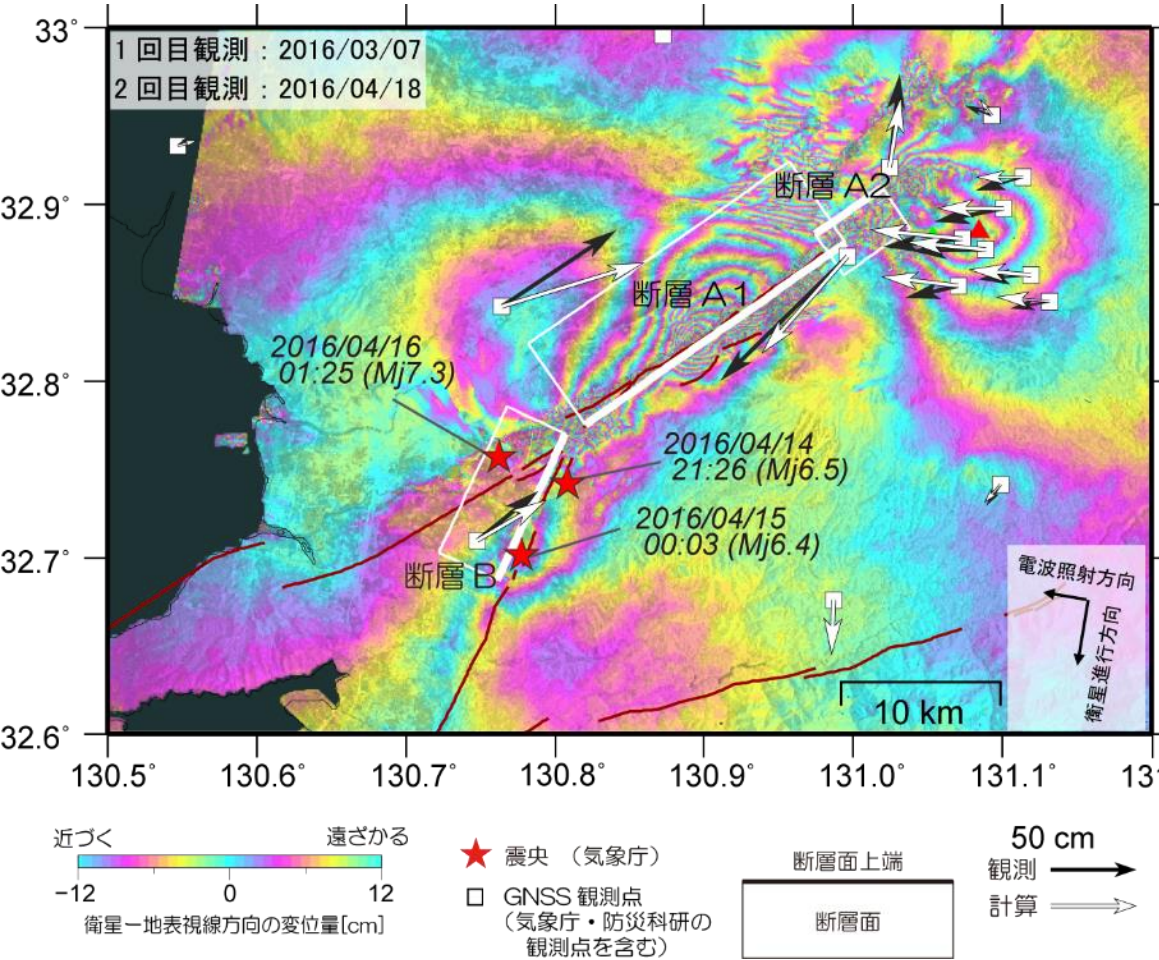
衛星進行方向逆向き  
Opposite to Flight Dir.

衛星進行方向  
Flight Dir.

衛星進行方向の水平変位 [m]  
Azimuth Offset [m]

## 震源断層モデルの推定

震源断層の概念図



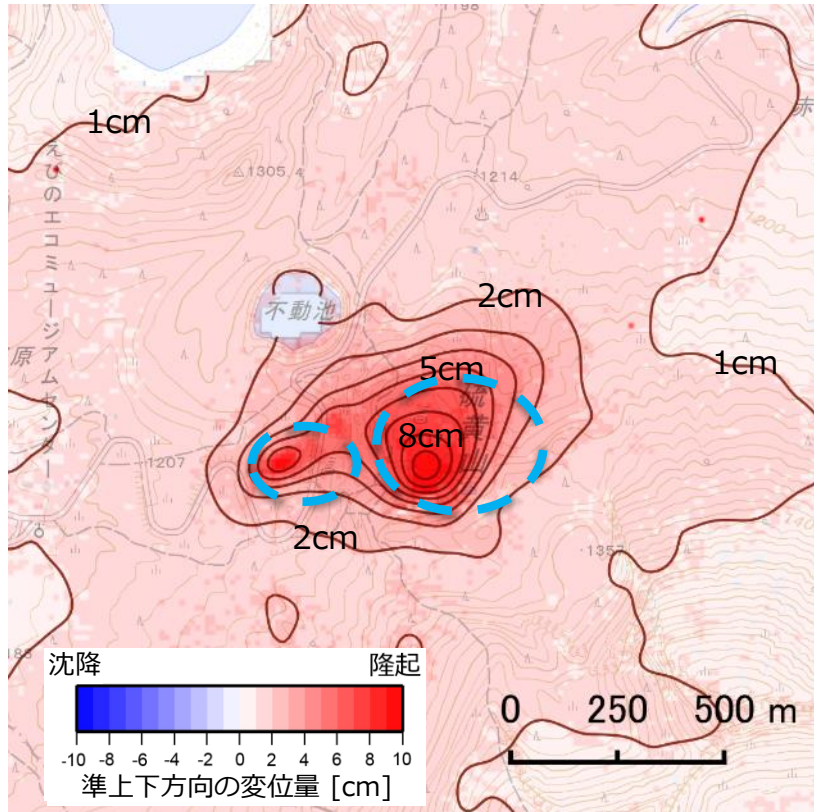
- 布田川断層帯、日奈久断層帯に沿った断層面
- いずれも右横ずれ（布田川断層帯では正断層成分を含む）
- 布田川断層帯の東側延長にも断層面が推定

地殻変動データ（GNSS、だいち2号の干渉SAR）を用いて震源断層を推定

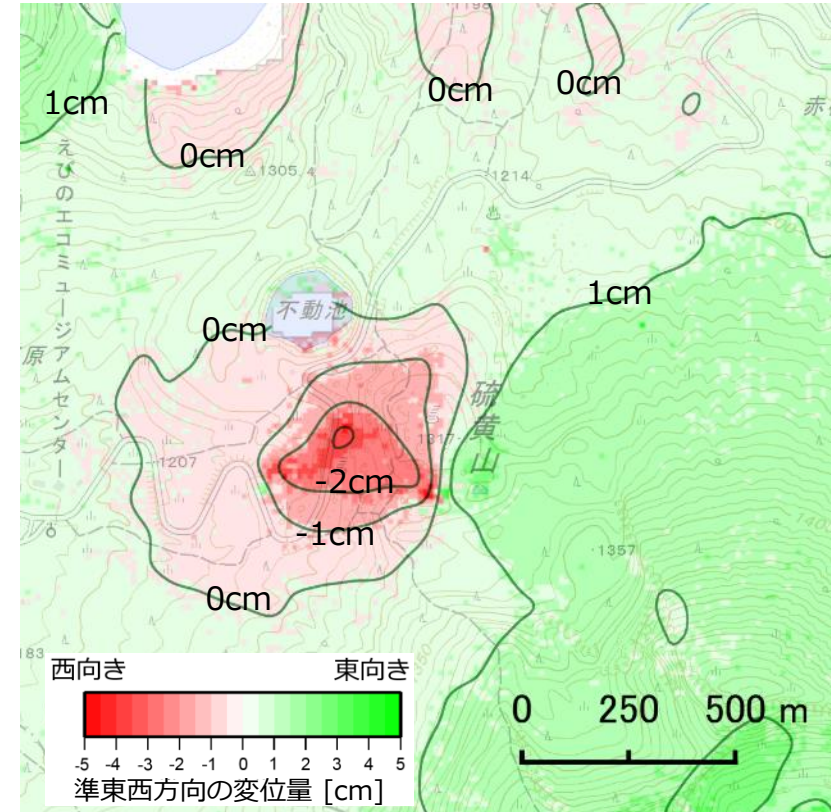
この結果は、地震活動の評価に活用された



上下方向



東西方向

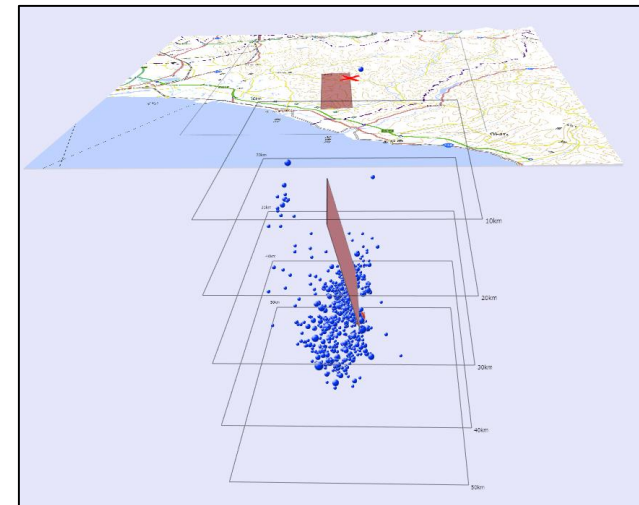
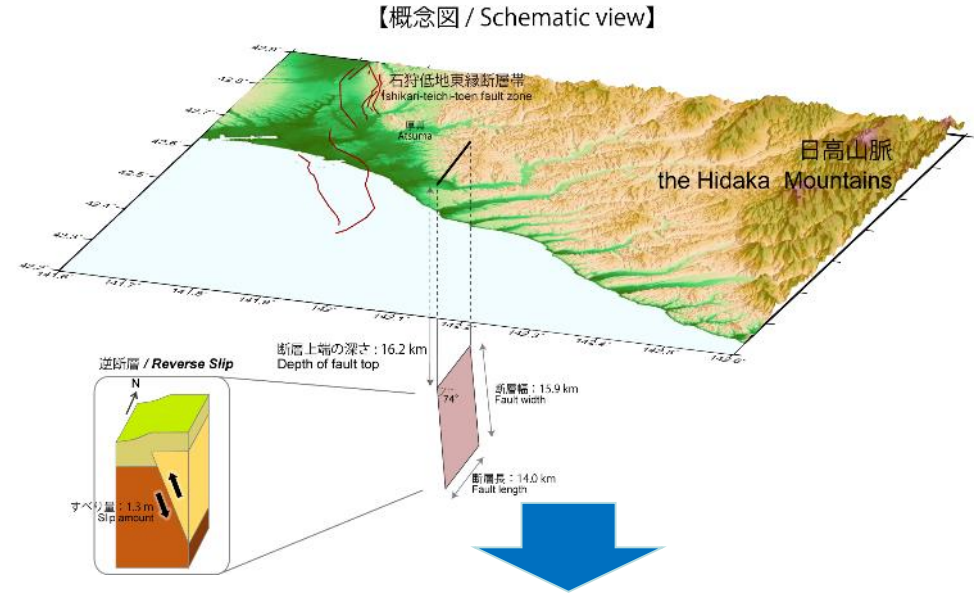
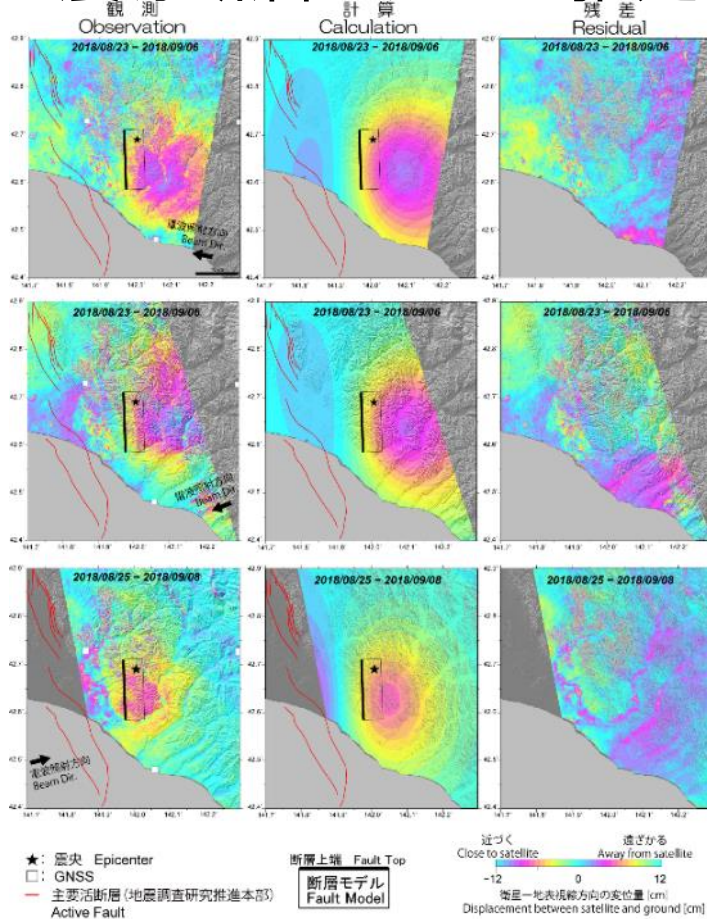


2018年3月12日～2018年4月23日と2018年3月11日～2018年4月22日のペアを組み合わせた2.5次元解析の結果

- 硫黄山の南側及びその西側に隆起のピークを検出
- 解析結果を火山噴火予知連絡会に提供し、火山活動の評価に活用

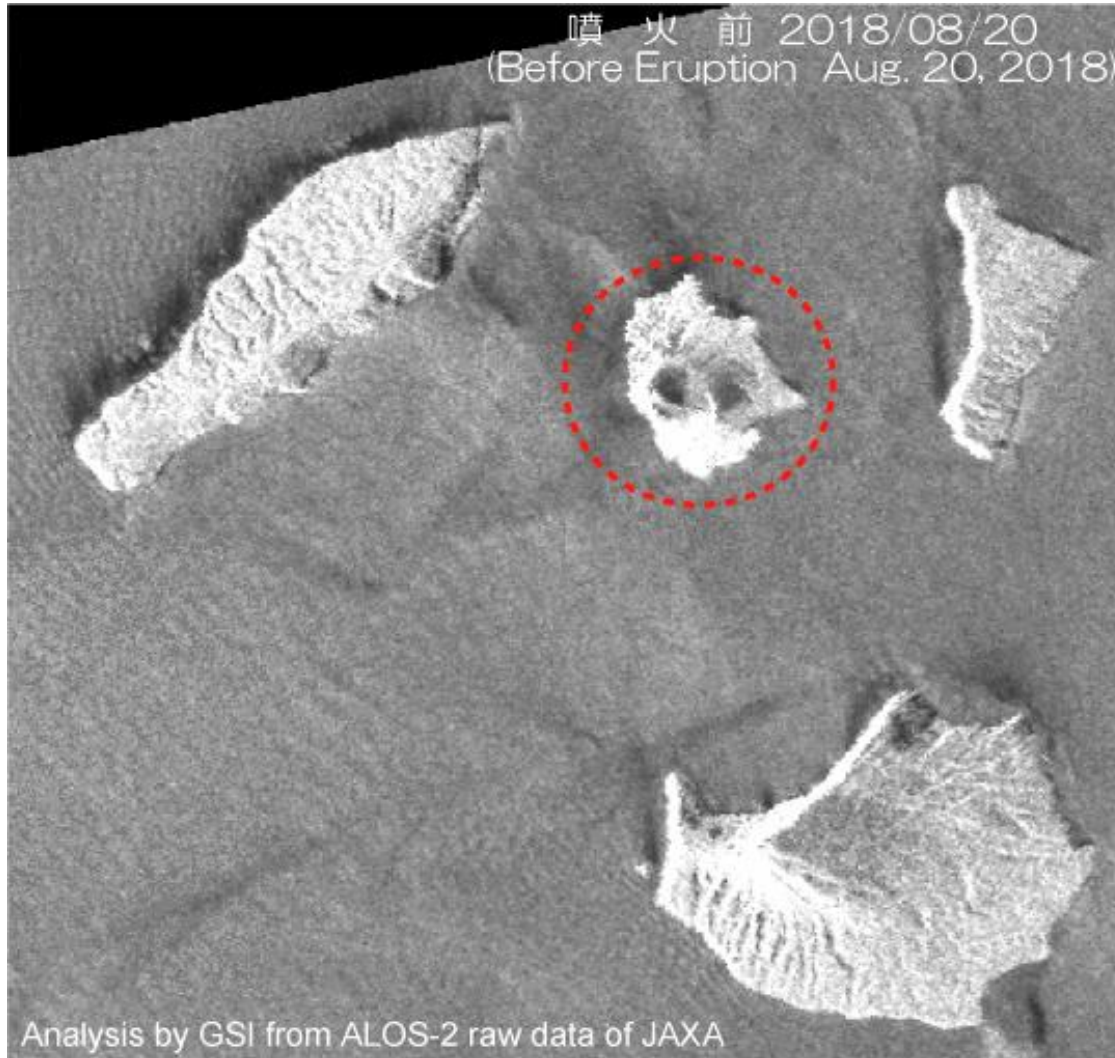
地殻変動

震源断層モデルの推定

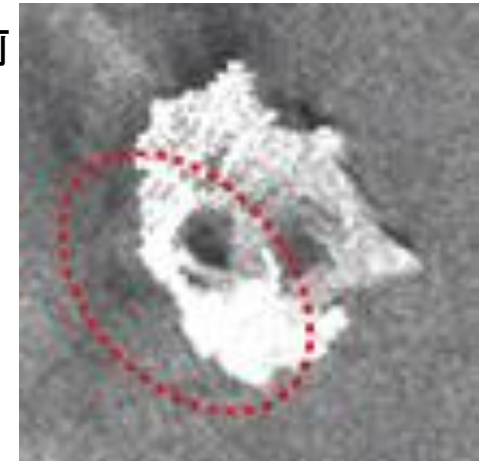


地理院地図3Dによる3次元表示

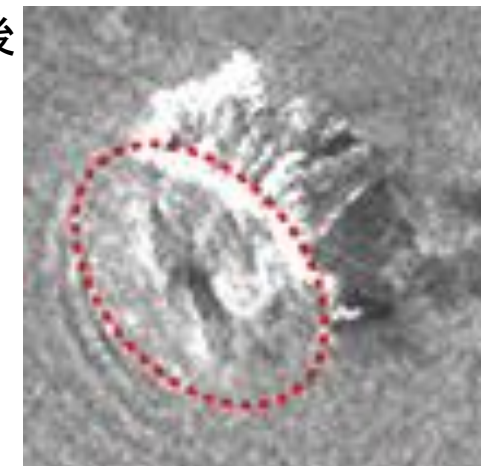
- GNSSに加え**SAR**による結果を用いることでより正しい震源断層モデルが推定された
- これらの結果は地震予知連絡会や地震調査委員会に報告 →地震活動の評価に活用



噴火前



噴火後



- 噴火前後のSAR強度画像を比較し、**山体南西部の崩壊**を確認
- **噴火発生** (12/22) → **観測・解析・公表** (12/25)
- **インドネシア地理空間情報庁 (BIG)** および**現地大使館、JICA等**に情報提供



- だいち2号SARデータの定常的な解析
  - 得られた地殻変動情報を気象庁との合同記者会見等に提供
    - 地震活動・火山活動の活動評価・解説で活用
  - 地盤沈下等が起きている可能性のある箇所を多数検出
    - 関係機関へ情報提供
  - 地理院SARマップの運用
    - 国・自治体等向けに干渉SAR画像の閲覧サービスを実施
- 国内外で発生した地震・火山活動に対応した臨時解析
  - 地震・火山活動に伴う様々なスケールの地殻変動・地盤変動を検出し、関係機関に情報提供
    - 地殻変動の現況把握、災害対応、メカニズムの解明に活用

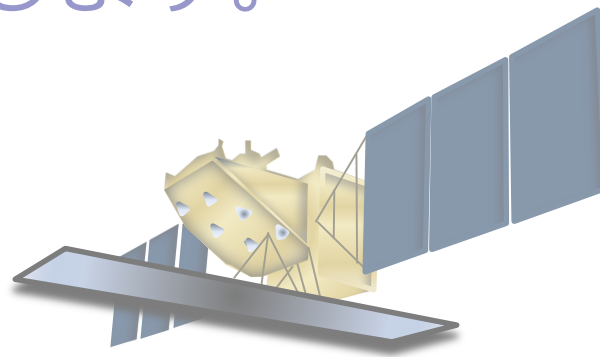
今後も引き続き、

- ・ 解析技術の更なる高度化、精度の向上
- ・ SAR解析結果の利用拡大
- ・ 効率的な監視手法の検討

を図る



だいち2号（ALOS-2）の運用に携わる  
JAXA並びに多くの関係者の方々のご尽力に  
感謝の意を表します。



## だいち2号（ALOS-2）：原初データ所有 JAXA

データは、「陸域観測技術衛星2号に関する国土地理院と宇宙航空研究開発機構の間の協定」に基づいて提供されたものです。

- ※ 火山：火山噴火予知連絡会衛星解析グループを通して、JAXAから提供されたものが含まれております。
- ※ 地震：地震予知連絡会SAR解析ワーキンググループを通して、JAXAから提供されたものが含まれております。