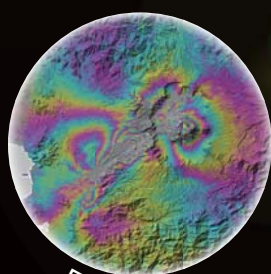


干渉 SAR

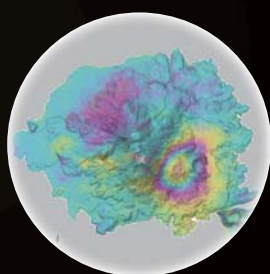
Interferometric Synthetic Aperture Radar

宇宙から、
地球の変動を見る

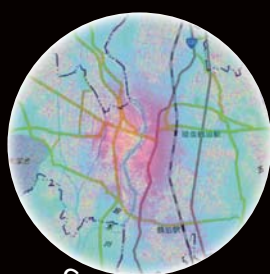
その眼が捉える先には
誰も気づかない
だいちの動きが
隠されているのです。



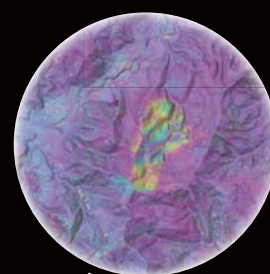
Earthquake



Volcano



Subsidence



Landslide

国土交通省国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

🔍 干渉 SAR とは何か？

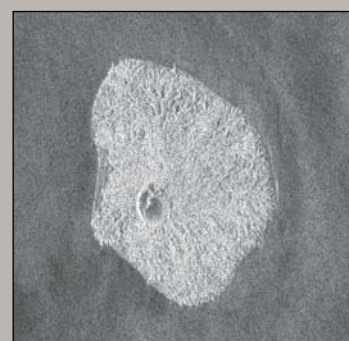
衛星画像を使って地面の動きを捉えます。

SAR (Synthetic Aperture Radar ; 合成開口レーダー) とは？

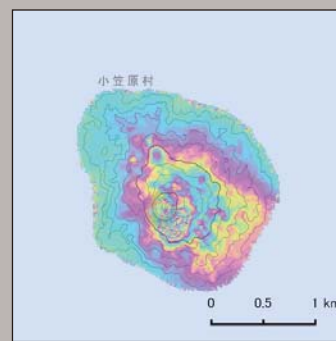
人工衛星などに搭載したアンテナから電波を地表に向けて照射し、地表からの反射波を捉えることで、地形や構造物の形状及び性質を画像化する技術です。

干渉 SAR とは？

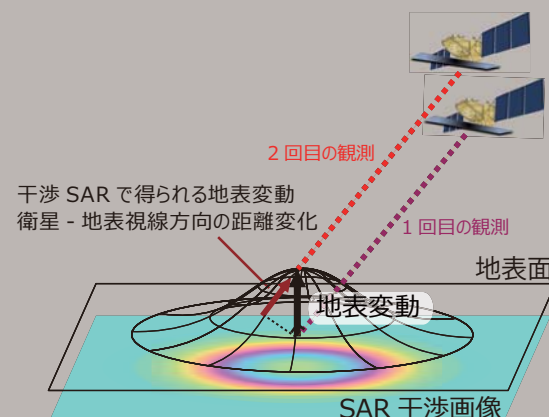
SAR 画像には、衛星と地表間の距離の情報が含まれています。干渉 SAR は、同じ地域を 2 回観測しそれらの画像を精密に比較することで、この期間に発生した地殻変動などの地表の動きを、衛星－地表間の距離の変化として捉える手法です。



SAR 画像



SAR 干渉画像



干渉 SAR で得られる地表変動
衛星 - 地表視線方向の距離変化

地表面

SAR 干渉画像

🔍 SAR 干渉画像の見かた

地表の変動を色の変化で表現します。



変化なし



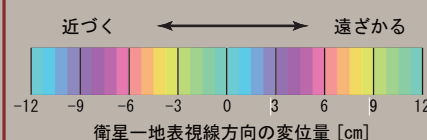
ゆるやかに変化



急激に変化

SAR 干渉画像は、地表の変動を色の変化で表現します。地表の変動がない場合は、色の変化はありません。地震等の影響により地表の変動がある場合は、その変動量に応じた色の変化で表現されます。

SAR 干渉画像の見かた



衛星から地表までの距離の変位量を表す数値の符号は、衛星から地表を見た場合、1 回目の観測に比べて 2 回目の観測で地表面が遠ざかる (伸びる) 場合をプラス、近づく (縮む) 場合をマイナスとしています。例えば、地表が隆起すると、衛星と地表の間は近づく (縮む) ので、色は青から黄色、紫へと変化します。

🔍 干渉 SAR の長所

広範囲を面的に観測します。

SAR は、数 10km ～数 100km の範囲を観測します。このため、数 100m ～数 10km の規模の範囲で生じる地表のわずかな動きを、一度に捉えることができます。

地上に観測機器を必要としません。

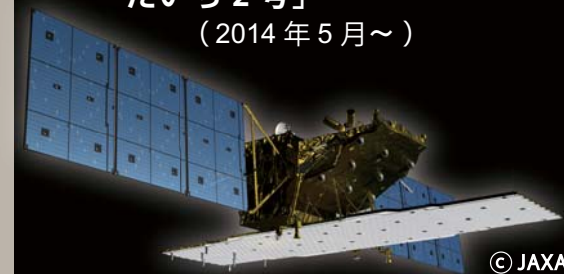
地上に観測機器を必要としないため、災害や険しい地形などにより人が立ち入ることができない場所でも観測することができます。

夜間・雨天でも観測が可能です。

SAR は、衛星から電波を照射し、地表面からの反射波を受信するため、太陽光を必要としません。このため、昼夜に関係なく観測できます。また、SAR が用いている電波は雲を透過する性質があるので、天候に左右されることもありません。

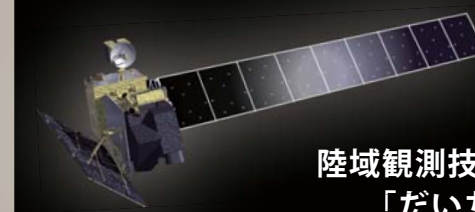
🔍 日本の SAR 衛星

陸域観測技術衛星 2 号
「だいち 2 号」
(2014 年 5 月～)



© JAXA

打ち上げ	2014 年 5 月 24 日
軌道高度	約 628km
重量	約 2 トン
回帰日数	14 日
アンテナサイズ	10m×3m (5 枚構成)
観測波長	L バンド (23.6cm～24.2cm)
分解能	1～100m
オフナディア角	8～70 度
走査幅	25～490km



© JAXA

陸域観測技術衛星
「だいち」
(2006 年 1 月～2011 年 5 月)



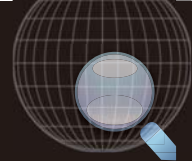
© JAXA

地球資源衛星
「ふよう 1 号」
(1992 年 2 月～1998 年 10 月)

L バンドの電波を使うメリット

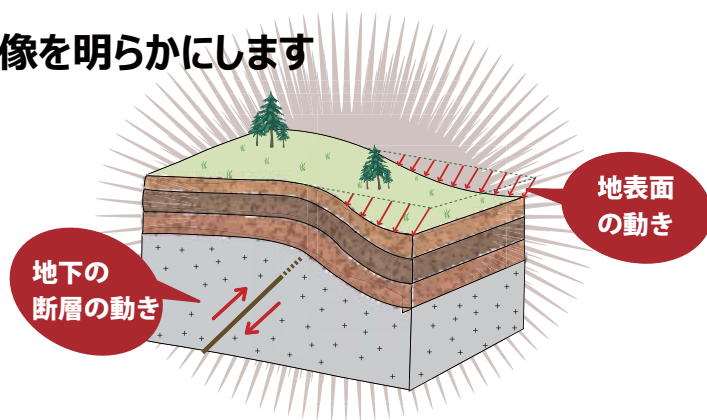
「だいち 2 号」など、日本の SAR 衛星では、波長の長い L バンドの電波を使用しているため、木の葉や枝を透過する性質があります。このため、森林など地表付近が植生に覆われた地域でも、地表の動きを捉えることができます。L バンドは、日本のように森林の多い地域で有効です。

地震を理解する



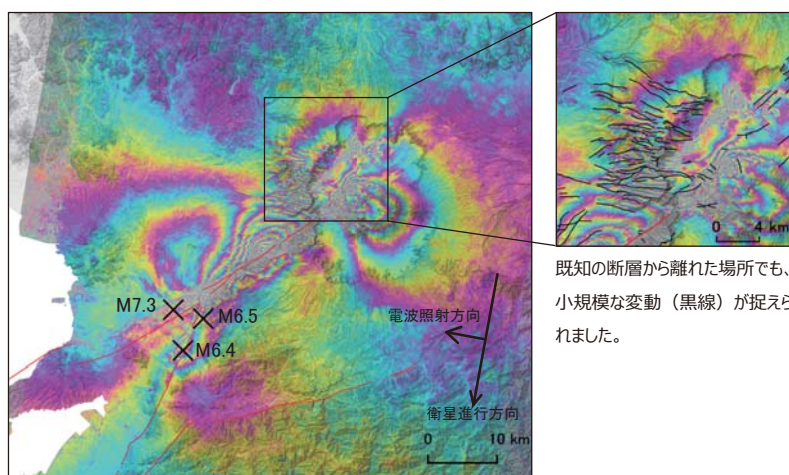
地下の地震断層をとらえ、地震の全体像を明らかにします

地震は、地下に蓄えられたひずみを解消するために、岩盤が断層面に沿ってずれ動く現象です。地震が発生した場合、その周辺の地表面は、地下の断層の動きに引きずられて変形します。



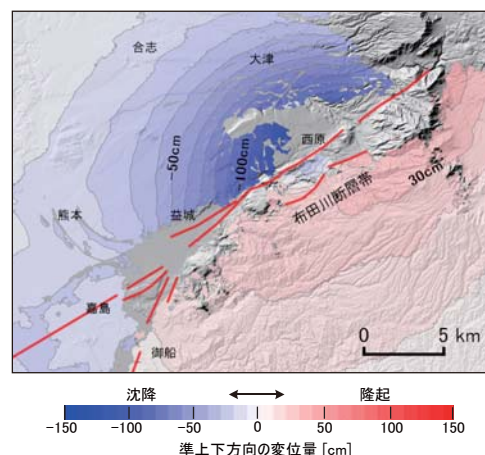
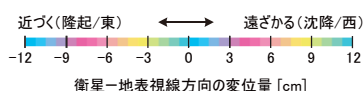
地殻変動を迅速に捉えます

大規模な地震が発生した際には対象地域のデータを速やかに解析し、変動を把握しています。平成 28 年熊本地震では、地殻変動の及んだ範囲とその詳細な様子を明らかにしました。得られた結果は、地震調査委員会において地震活動の評価に活用されたほか、三角点など基準点の位置を更新するための資料としても活用されています。



2016 年 3 月 7 日～2016 年 4 月 18 日の解析結果
×：主な地震の震央 —：活断層（地震調査委員会）

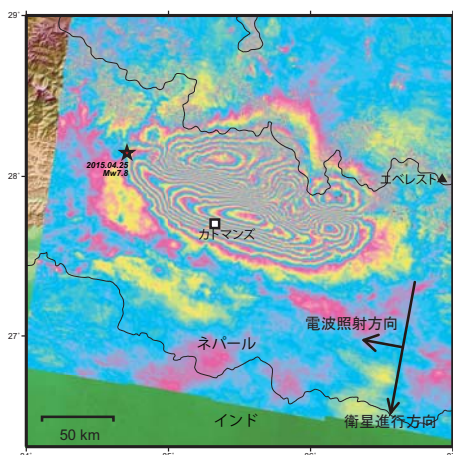
平成 28 年熊本地震では、断層帯に沿った複雑な変動が捉えられました。



干渉 SAR が捉えた上下方向の変動（青：沈降、赤：隆起）

複数の画像を組み合わせて解析することにより、布田川断層帯の北側では最大 1m 以上の沈降、南側では最大 30cm 以上の隆起が生じたことが明らかになりました。

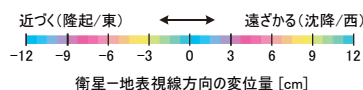
海外で発生した地震の地殻変動を把握します



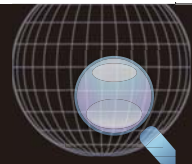
2015 年 4 月 5 日～2015 年 5 月 17 日の解析結果

「だいち 2 号」は世界中を観測しています。国内だけでなく、海外で発生した地震に伴う地殻変動を把握することができます。海外で発生した地震についても SAR 干渉解析を実施し、地殻変動の把握と地震のメカニズム解明に貢献しています。

2015 年 4 月 25 日に発生したネパールの地震（Mw7.8, USGS）では、地震に伴う地殻変動を面的に捉えました。

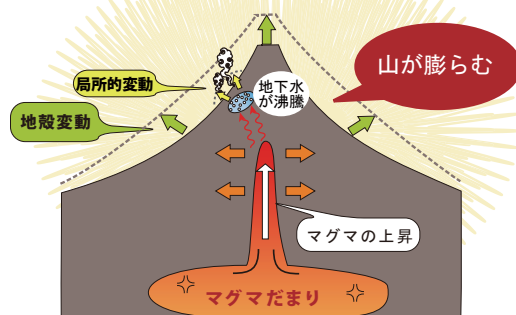


火山活動を監視する



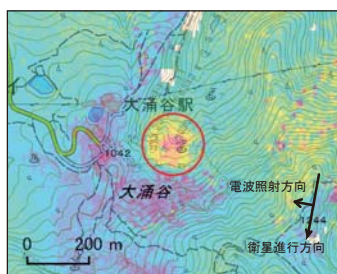
地下のマグマの動きを探り、火山活動の推移を監視します

火山の噴火は、地下のマグマや熱せられた水蒸気が地表付近まで上昇して起こります。マグマが上昇すると、火山の山体は内側から押されて膨らみます。この膨らみで生じた地表の動きを捉えることで、マグマがどこにどれくらい蓄積し、どのように上昇したのかを見積もることができます。



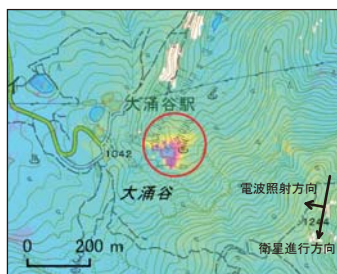
狭い範囲の変動を捉え、火山活動の推移を監視します

火山が活発化した際には対象地域のデータを迅速に継続して解析し、地殻変動の推移を把握しています。平成 27 年 4 月下旬から火山活動が活発化した箱根山（大涌谷）では、地上の観測機器で捉えることの難しい非常に狭い範囲での地殻変動が、干渉 SAR により明らかになりました。解析の結果は、火山活動の推移を監視し、災害対応を判断するための重要な資料として活用されました。



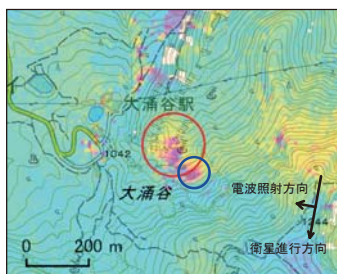
2014年10月9日～2015年5月7日の解析結果

大涌谷内の直径 200m 程度の非常に狭い範囲で、最大 6cm 程度の衛星に近づく地殻変動（赤枠）が見られました。



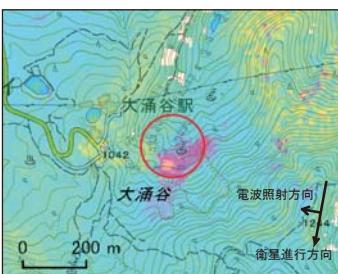
2015年5月21日～2015年6月4日の解析結果

2週間で最大 10cm 程度の衛星に近づく地殻変動（赤枠）が見られました。



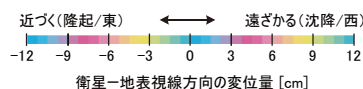
2015年6月18日～2015年7月2日の解析結果

変動の範囲（赤枠）の南東側（青枠）にも最大 7cm 程度の地殻変動が見られました。6月29日にはごく小規模な噴火が発生しました。



2015年7月2日～2015年8月27日の解析結果

変動の範囲（赤枠）で、最大 7cm 程度の衛星から遠ざかる地殻変動が見られました。

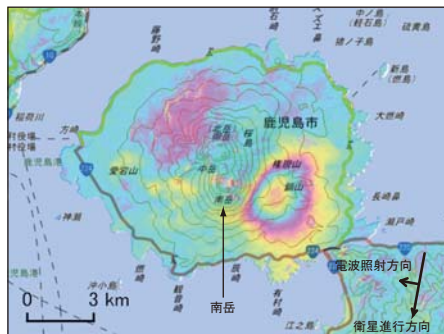


全国の火山をくまなく監視します

干渉 SAR の解析結果を用いて、国内の陸域にある全ての活火山について、火山活動による地殻変動を定常的に監視しています。得られた結果は、火山噴火予知連絡会において火山活動の評価に活用されています。

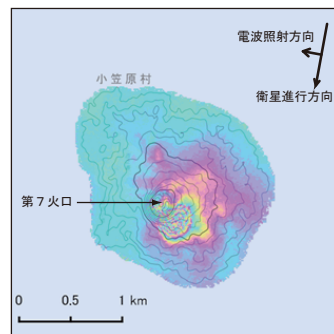


国内 110 の活火山のうち、陸域にある火山を監視しています。



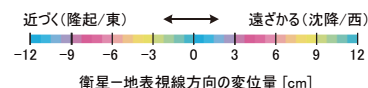
桜島の 2015 年 8 月 10 日～2015 年 8 月 24 日の解析結果

桜島では、2015 年 8 月の解析で南岳山頂火口の東側の広い範囲で最大 16cm 程度の衛星に近づく地殻変動が見られました。

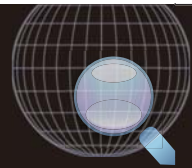


西之島の 2016 年 4 月 11 日～2016 年 7 月 4 日の解析結果

西之島では、2016 年 4 月から 7 月の解析で、第 7 火口付近において地下収縮（地下にあった溶岩のドレインバックの可能性）と考えられる衛星から遠ざかる変動が見られました。

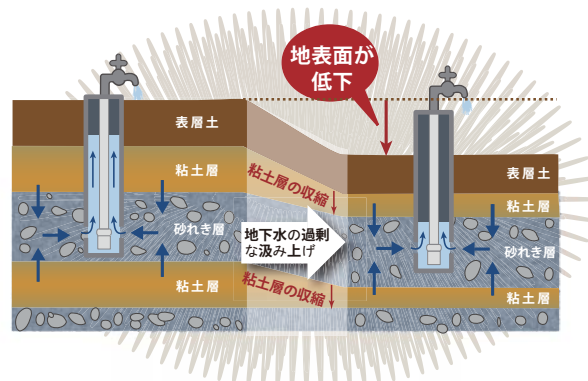


地盤沈下を監視する



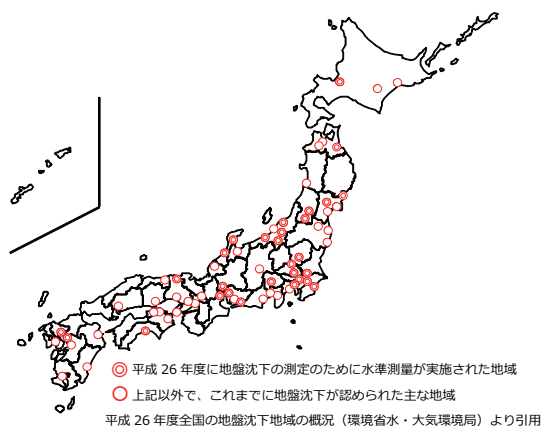
面的な監視で、地盤沈下を捉えます

地盤沈下は、地下水の過剰なくみ上げや天然ガスの採取など、人為的な原因で生じることが多く、対策を講じると回復することもあります。一度沈下してしまうと戻らないこともあります。地盤沈下は、地点ごとに標高を測定する水準測量を用いて監視されています。水準測量では非常に精度の高い測定を行えるものの、測定する地点が限られるなどの制約があります。

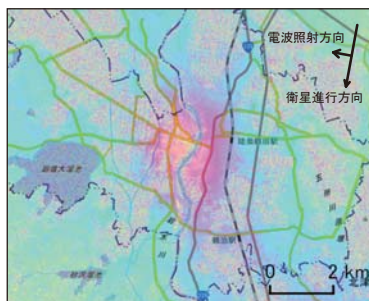


全国の地盤沈下を継続的に監視します

干渉 SAR の解析結果を用いて、全国の地盤沈下を監視しています。干渉 SAR を使うと、地盤沈下の面的な広がりを効率よく捉えることができます。また、「だいち 2 号」は同じ地域を年に数回観測するので、季節的な変動を捉えることが可能です。これらの情報は、地方公共団体等による効率的な地上監視・観測計画の策定に役立ちます。

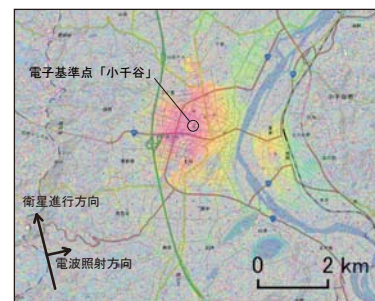


水準測量が実施されている地域以外も、くまなく地盤沈下を監視しています。



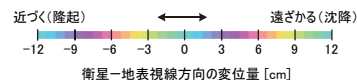
2014 年 8 月 5 日～2015 年 9 月 1 日の解析結果

津軽平野では 2014 年 8 月から 2015 年 9 月にかけての解析結果から、地盤沈下が捉えられました。



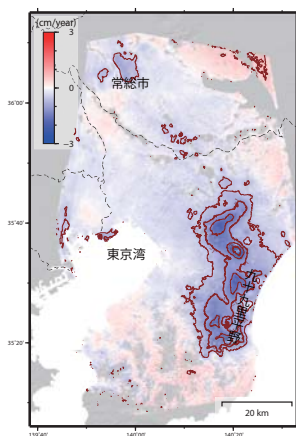
2015 年 3 月 15 日～2015 年 6 月 21 日の解析結果

新潟県小千谷市では、季節変動による地盤の回復が捉えられました。この変動は、変動域の中央付近にある電子基準点「小千谷」の変動と整合しています。

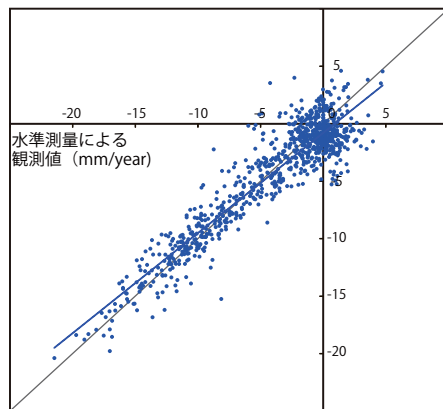


微小な変動を正確に把握します

多数の SAR 画像を用いて解析すると、長期間にわたり継続する微小な変動を検出することができます。

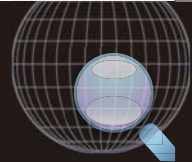


九十九里平野では、2006 年から 2011 年の SAR 画像を使った解析から、最大で年間 2cm 以上の沈降が検出されました。



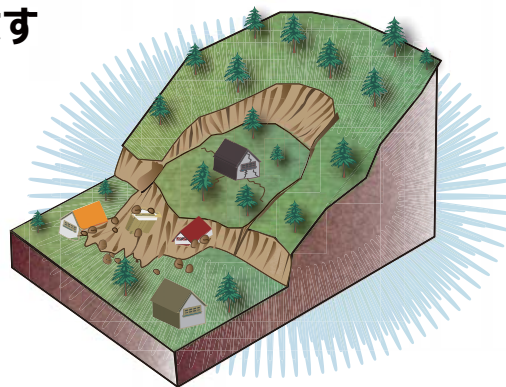
得られた九十九里平野の地盤沈下の速度は、水準測量により求めた速度とよく一致しています。

斜面変動（地すべり）を把握する



目に見えない斜面変動（地すべり）を捉えます

斜面変動（地すべり）は、大雨による地下水の変化の影響などを受けて土地の一部がすべり落ちる現象です。干渉 SAR では、数 cm のわずかな地表の変動を捉えることができるため、人間の目では捉えられない、ゆっくりとした速度の斜面変動を捉えることが可能です。これにより斜面変動が大きな被害をもたらす前に、その範囲や状況を把握できる可能性があります。



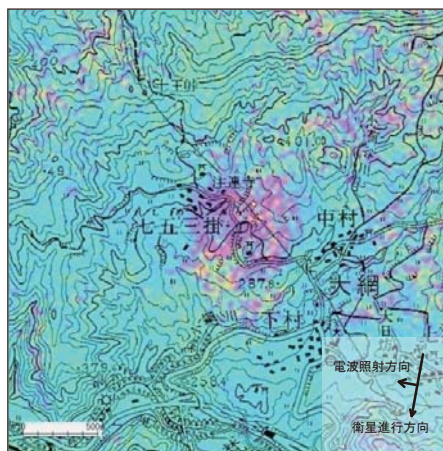
地すべり地域を見つけます

干渉 SAR の解析結果から、全国の地すべり地域における変動を抽出しています。抽出した結果は、必要に応じて関係機関に提供しています。

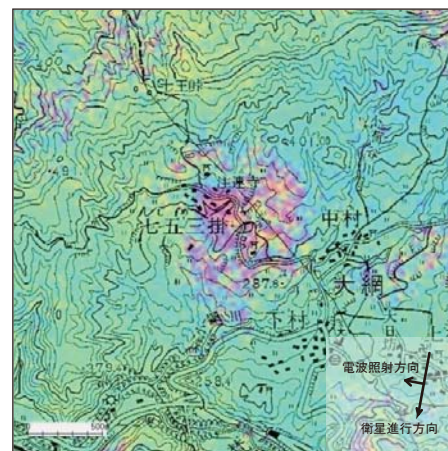


しめかけ
山形県鶴岡市七五三掛地区では、2009 年 5 月に地すべりの進行により被害が発生しました。

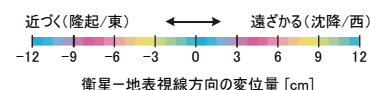
干渉 SAR により、この地区で 2006 年から地すべりが発生していることが明らかになりました。干渉 SAR の解析結果は、観測点の設置場所の判断材料として活用されました。



2006 年 4 月 27 日～2007 年 4 月 30 日の解析結果



2006 年 9 月 12 日～2008 年 9 月 17 日の解析結果



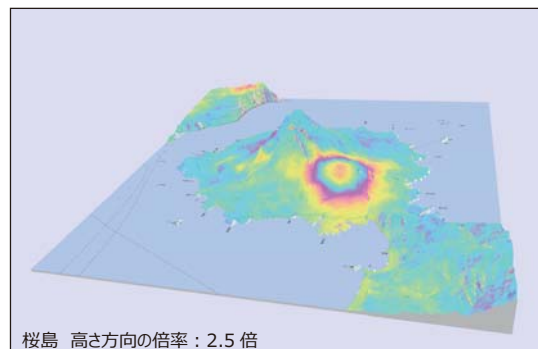
「地理院地図」で干渉 SAR を活用！

干渉 SAR の解析結果は、国土地理院が提供するウェブ地図「地理院地図」に掲載しています。「地理院地図」の各種機能を使うことで、干渉 SAR の解析結果をより便利に活用することができます。

<http://maps.gsi.go.jp>



「標準地図」、「土地条件図」などの主題図、その他様々な地理空間情報と重ね合わせることができます。上の図では「都市圏活断層図」と SAR 干渉画像を重ね合わせています。



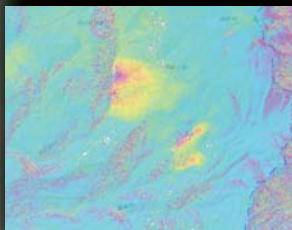
干渉 SAR 画像に地形を重ね合わせて立体的に見ることができます。

「だいち 2 号」を利用した全国の地表変動の監視

国土地理院では、宇宙航空研究開発機構（JAXA）と協力し、「だいち 2 号」のデータを用いた地理空間情報の整備及び高度利用を連携して推進し、「だいち 2 号」の利用実証及び有用性の検証を行っています。

この観点から「だいち 2 号」の SAR データを使用して、日本全国を対象に網羅的に SAR 干渉解析を実施し、地表面の変動を監視します。これにより、地震、火山活動、地盤沈下、斜面変動などによる地表変動をくまなく捉え、潜在的なリスクを可視化することが期待できます。

斜面変動（白山）

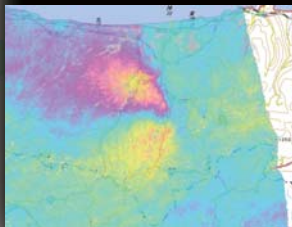


地盤沈下（津軽平野）

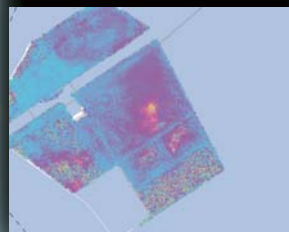


地震

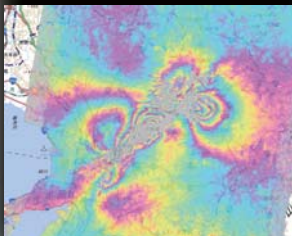
（平成 28 年 鳥取県中部の地震）



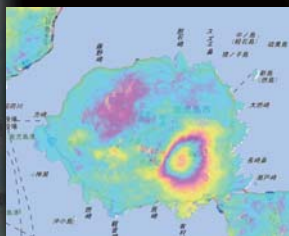
造成地の沈降



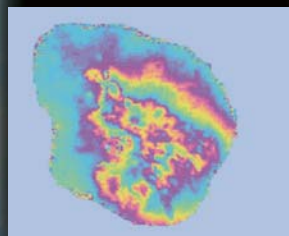
地震（平成 28 年熊本地震）



火山活動（桜島）



火山活動（西之島）



お問い合わせ 国土地理院 測地部 宇宙測地課

〒305-0811 つくば市北郷 1 Tel. 029-864-4801（直通）
E-mail. gsi-insar-info@ml.mlit.go.jp

国土地理院干渉 SAR ホームページ

<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/sar/>