



令和元年度 沖縄県管理河川の大規模氾濫に
関する減災対策協議会 第1回協議会
@沖縄県教職員共済会館八汐荘屋良ホール

防災分野における衛星利用

令和2年1月14日

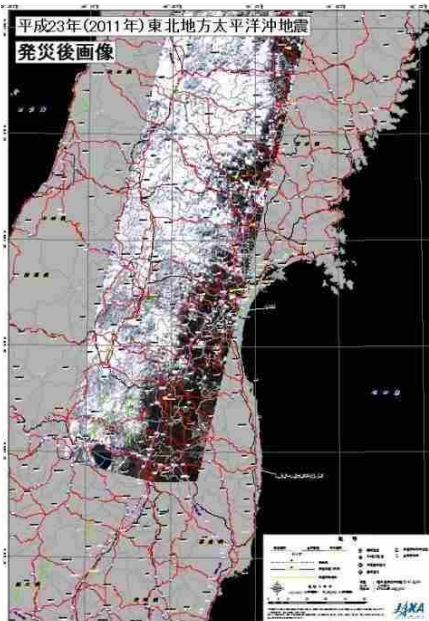
宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
第一宇宙技術部門
衛星利用運用センター
小野 清孝



【広域観測】 東日本大震災



発災直後
アーカイブデータを利用して災害前
の情報を提供
(2011/03/11作成・提供)



発災翌日(2011/03/12)
AVNIR-2で東北内陸部を観測。
(2011/03/12作成・提供)



発災3日後(2011/03/14)
AVNIR-2で東北沿岸部を観測。
(2011/03/14作成・提供)

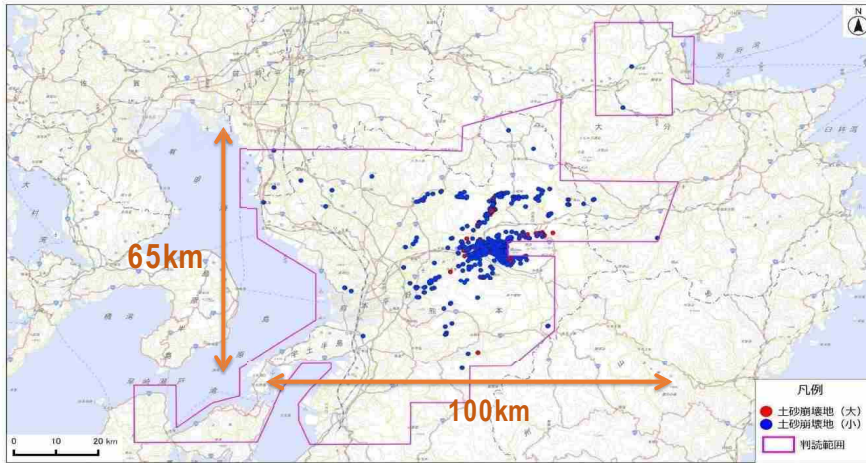
その後も2011/04/20まで観測を継続

【熊本地震対応(発災直後)での現状】

熊本地震での土砂災害域は広域(東西100km)に分布し、国交省は被害状況の全体把握に時間を要した。

- ・地整防災ヘリや地理院航空写真での調査範囲は限定的
- ・地理院航空写真での全域の調査に、16,19,20日と発災後5日間の航空機撮影を要した。
- ・TEC-FORCE等による危険箇所(1155か所)の現地調査に、27日までの10日間を要した。

平成28年熊本地震・空から見た(航空写真判読による)土砂崩壊地分布図



1. この地図は国土地理院が緊急に撮影した航空写真(4月16日、19日及び20日撮影)から、地図により生じた土砂崩壊地の分布を判読したものです。現地踏査は実施しておらず、実際に崩壊のあった箇所でも把握できていない部分があります。
2. 土砂崩壊地は、急傾斜地の崩壊、地すべり、土石流を1つの項目にまとめて表現しています。
3. 土砂崩壊地(大)はおおむね1ヘクタール(サッカー場)以上、土砂崩壊地(小)はおおむね0.1ヘクタール(50mプール)~1ヘクタールのものを表しています。
4. 土砂崩壊地の中心付近を丸で表しており、土砂崩壊地の形状を表現しているわけではありません。
5. 崩壊が連続的に発生しているものを複数箇所として示している場合があります。
6. 崩壊の発生を確認して、表記しているものであり、保全対象との関係などから土砂災害ではないものも含まれる場合があります。
7. 今後の地震活動、降雨等により、土砂崩壊地の箇所数が増加する可能性があります。
8. 正射画像の表示範囲外に土砂崩壊地が表示されることがありますが、当該地域の航空写真は、垂直写真から確認できます。

国土交通省 国土地理院
平成28年4月25日更新

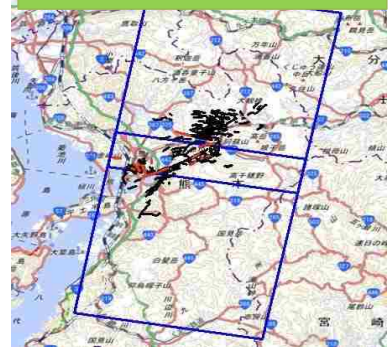
整備局ヘリ調査
(4/16:南阿蘇村の一部のみ)



地理院航空機撮影(4/16)



ALOS-2観測範囲



(国交省/国総研対応実績)

- ・4日のヘリ調査を試みるが悪天候で断念。
- ・5日午前1時30分に観測要求を確定し、TSX衛星で18時頃に観測し、データを入手。国総研を始めとする衛星画像判読チームは5日21時頃から判読を開始し、土砂崩壊地と河道閉塞箇所を翌朝までに抽出。
- ・6日の天気回復後にはヘリにて判読による抽出箇所を調査。
- ・3日~5日に河川氾濫が発生し、排水ポンプ車運用を実施。
- (レーダ衛星活用可能性)
- ・越流発生直後の3日夜、ヘリ調査断念時を含めた悪天候時に観測し、早期に浸水域、土砂崩壊地や河道閉塞箇所を確認可能

参照
2011年紀伊半島大水害 国土交通省近畿地方整備局 災害対応の記録
平成23年(2011年) 紀伊半島台風12号土砂災害調査報告

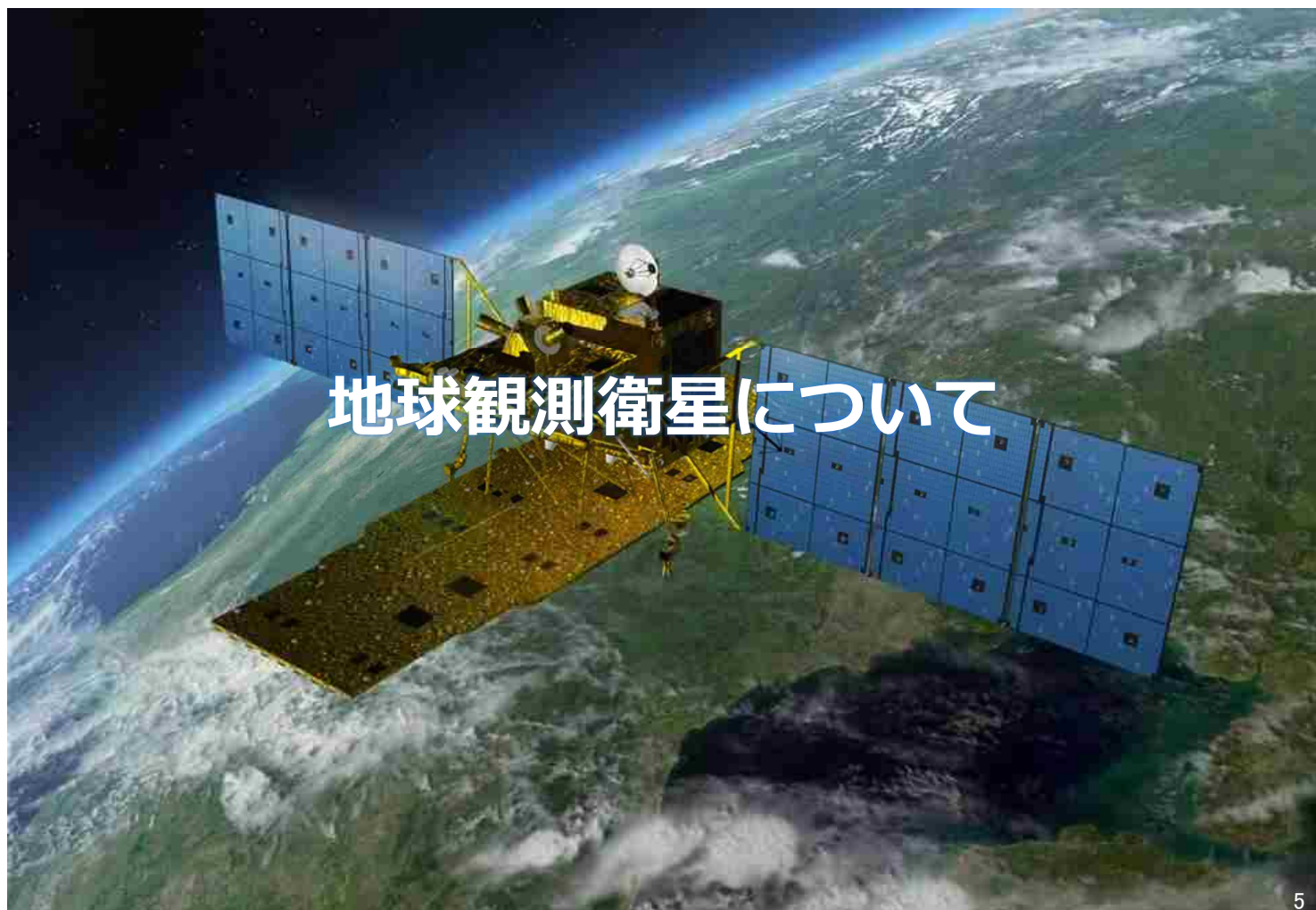


FORMOSAT-2 2011/9/6

RADARSAT-2 2011/9/7

	9月3日(土)	9月4日(日)	9月5日(月)	9月6日(火)	9月7日(水)	9月8日(木)
天気	長く多量な降雨量による土砂災害の恐れ(情報が不足)					
河川氾らん	内水(9/2~)	越流(熊野川、相野谷川)	相野谷川・高岡輪中堤特殊堤の倒壊			
国交省(ヘリ等観測機器)	排水ポンプ車及び照明車の出動	悪天候によりヘリ調査は断念	14:00~ 一部を観測(雲に覆われた大部分は調査不可)	10:00~ 天気回復により調査実施	その後、各地整や地理院及び民間の防災ヘリによる調査を実施	
海外衛星(TerraSAR-X等)		緊急観測依頼(省庁⇒バスコ)	判読(河道閉塞推定箇所を推定)	観測(FS2:センチ)被雲	観測(FS2:センチ)	観測(FS2:センチ)
				観測(TSX)	観測(RD2:チャータ)	
					【報道発表】土砂災害調査実施	【土砂災害緊急情報の発表】五條市、十津川村避難指示

- 地球観測衛星について
- 災害対応事例
- 地球観測衛星を用いた防災に関するJAXAの取り組み



■ 静止軌道

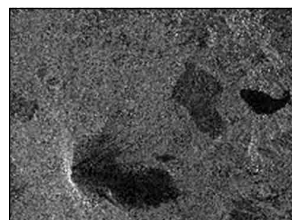
- ✓ 地球の自転と同期して移動する軌道
- ✓ 地上から、いつでも同じ位置に見える
- ✓ 高度約36,000km
- ✓ 通信・放送、気象衛星など



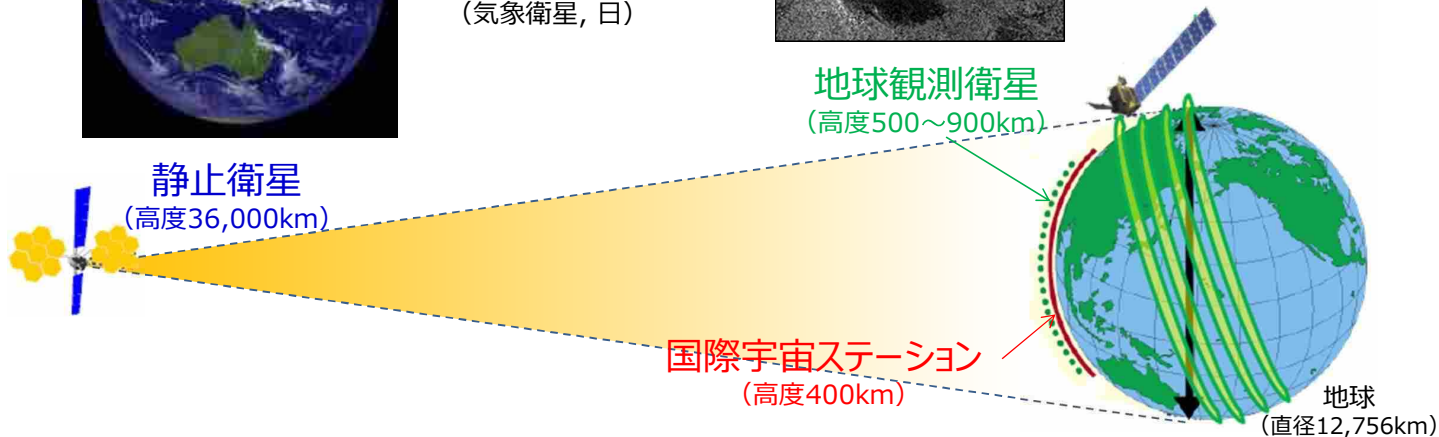
- ・イリジウム (通信衛星, 米)
- ・BSAT-3 (放送衛星, 日)
- ・ひまわり (気象衛星, 日)

■ 地球周回軌道 (極軌道)

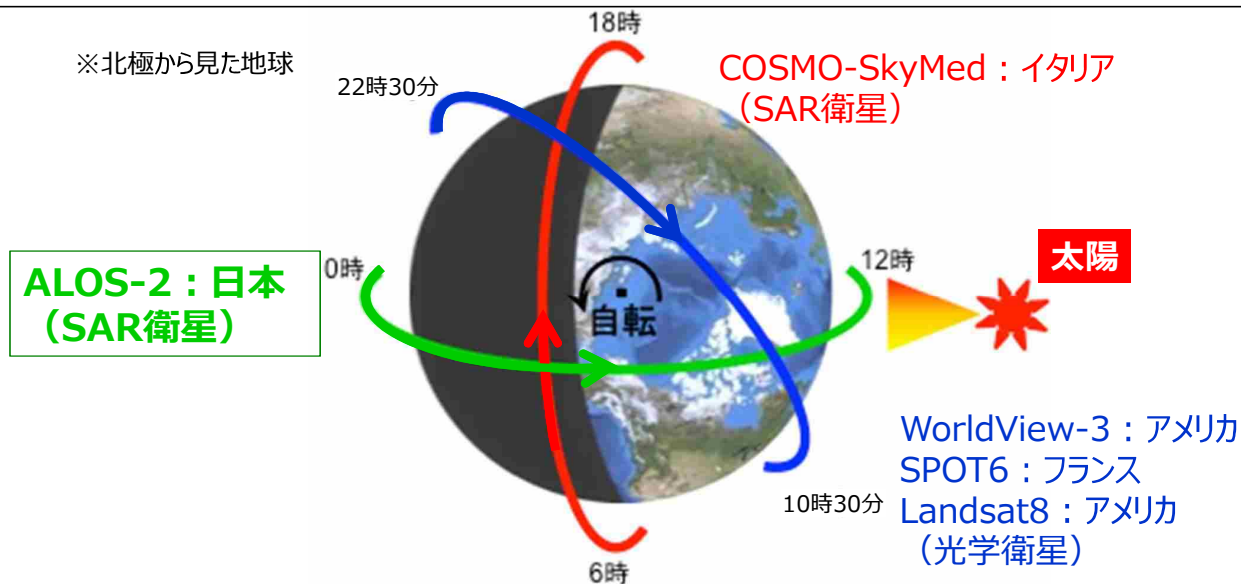
- ✓ 地球の周りを周回する軌道
- ✓ 地上のあらゆる場所を通る
- ✓ 地表からの距離が短い (高度数百km)
- ✓ **地球観測衛星**など



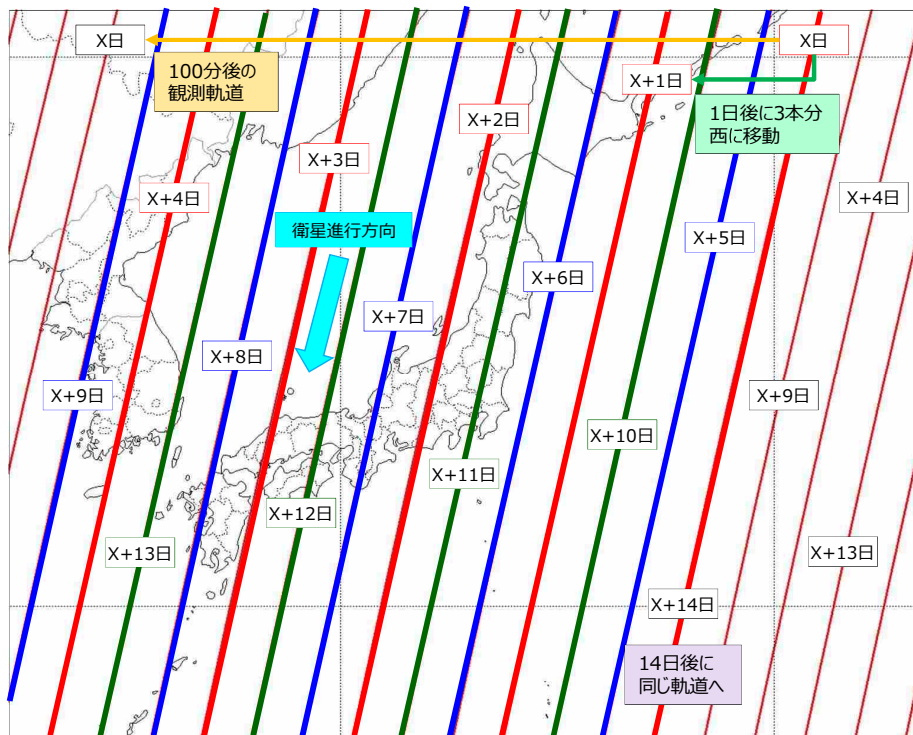
- ・ALOS-2 (日)
- ・WorldView-3 (米)
- ・SPOT6 (仏)
- ・Landsat8 (米)
- ・COSMO-SkyMed (伊)



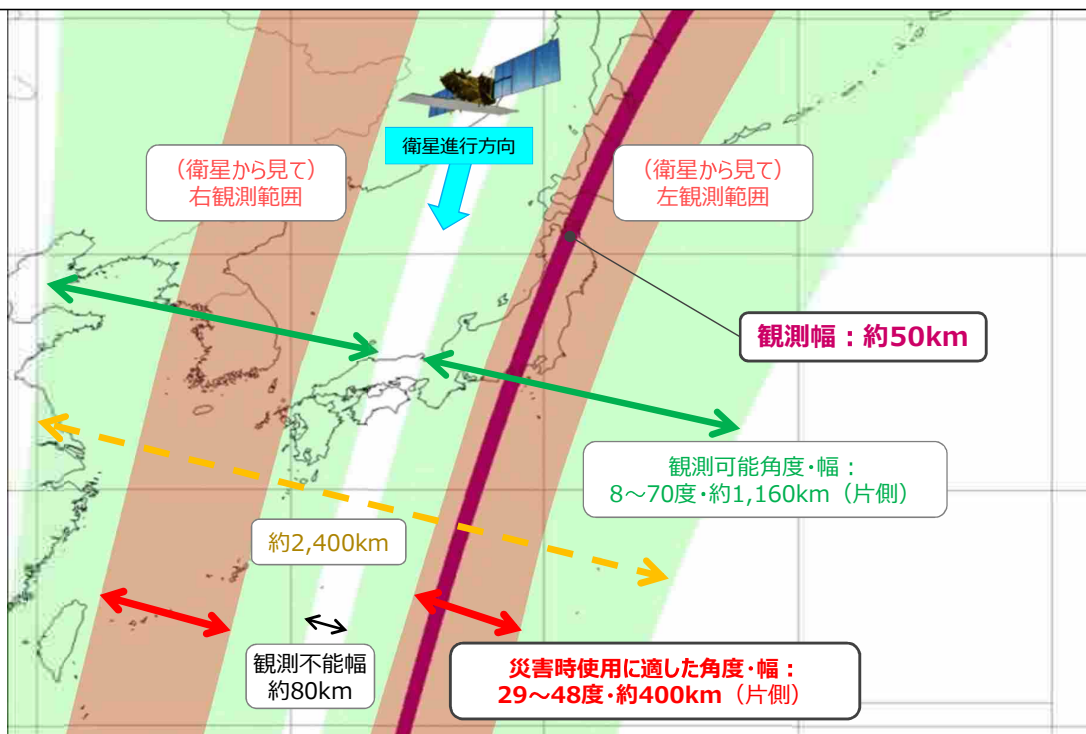
- 地球上のどの地域も午前、午後に1度ずつ観測
- ALOS-2の場合、観測する地域の上空を、(その地域の現地時間の) 昼12時頃と夜0時頃に上空を飛ぶように設計
- ALOS-2の場合、昼12時頃には北から南へ通過 (降交軌道)、夜0時頃には南から北へ通過 (昇交軌道)



- 日本全域をくまなく観測するために、毎日の通過軌跡を少しずつずらして観測
- ALOS-2は、14日後に同じ場所に帰ってくるように設計



- 災害判読に適した観測幅は左右それぞれ約400km
- うち、一度の観測で観測できる幅は約50km（一度の観測では設定パス（角度）を変更できない）
- 衛星の真下の幅約80kmの部分は観測不可



○地球観測衛星には、**光学センサ**を利用するものや**レーダセンサ (SAR)** を利用するものがある。

光学センサ

自然の放射光や反射光を観測

- ⇒ 夜間観測不可
- ⇒ 雲に遮られる
- ⇒ 一般の写真と同様な解釈が可能

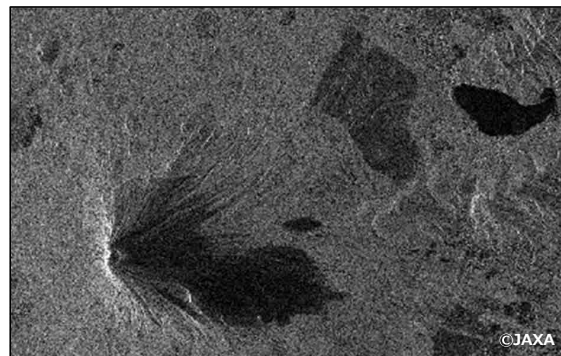
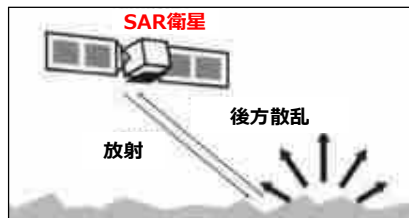


光学センサによる観測例 (富士山周辺)

レーダセンサ (SAR)

自ら電波 (マイクロ波) を出し、その反射波 (後方散乱) を観測
マイクロ波の特性上、雲 (小さな水滴) を透過する

- ⇒ 昼夜関係なく観測可能
- ⇒ 天候に関わらず観測可能
- ⇒ 画像解釈には専門知識が必要



レーダセンサによる観測例 (富士山周辺)

空間分解能は、ある二つの対象物が二つに見えるか否かの能力(限界値)です。分解能に応じて見えるものが異なりますので、利用目的や対象に応じて異なる分解能の画像を使い分ける必要があります。

10 cm分解能写真



25 cm分解能写真



50 cm分解能写真

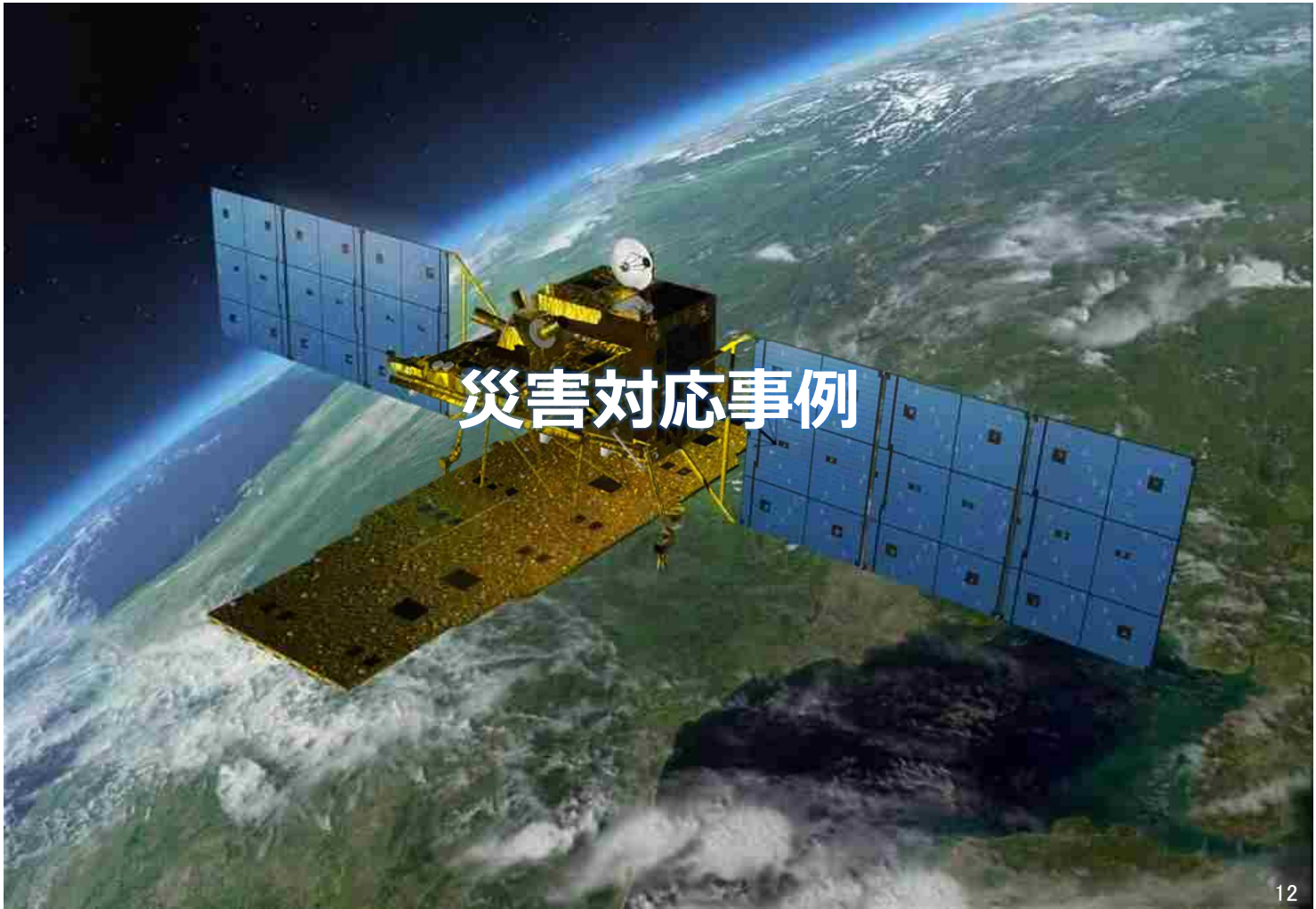


1m分解能写真



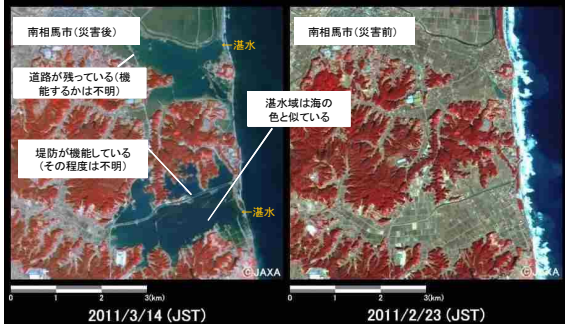
(出展: FAS IMINT 101-Introduction to Image Intelligence home page より)

10cm分解能画像: 一つ一つの車について説明ができます
 25cm分解能画像: 車の種類について区別が可能です
 50cm分解能画像: 車の種類についてどうにか区別ができる程度です
 1m分解能画像: 車であることは判るが、車の種類までは判りません

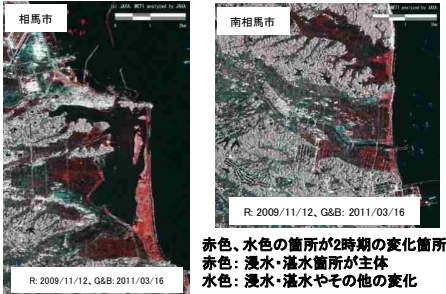


JAXA 災害時における活用事例 (平成23年3月 東日本大震災)

2011年3月11日、14時46分に東北地方の太平洋沖でマグニチュード9の地震が発生し、東北から関東にかけて大規模な津波が発生し、沿岸地域に甚大な被害を与えた。翌日の3月12日以降、4月20日まで総計643シーンの観測を行った。



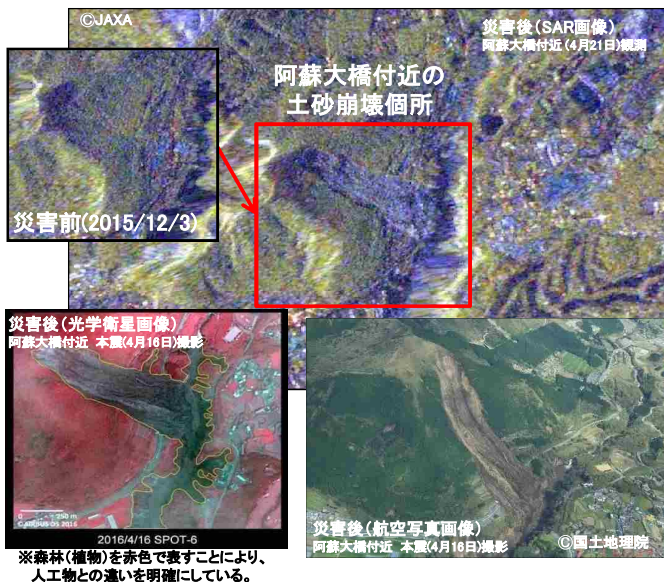
※森林(植物)を赤色で表すことにより、人工物との違いを明確にしている。



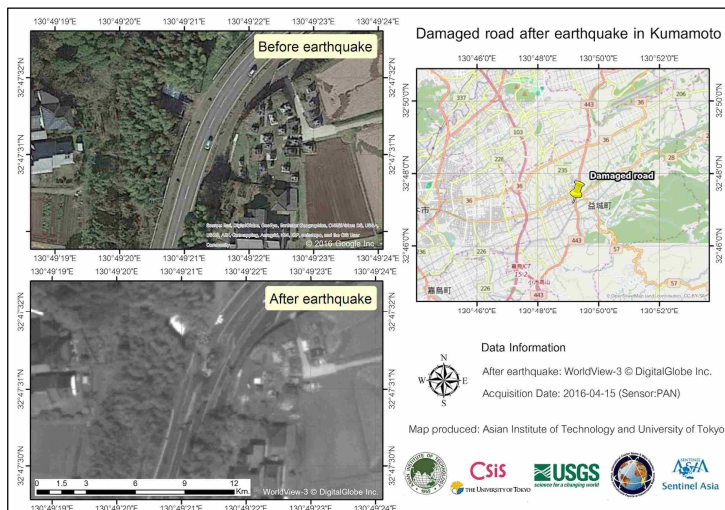
※森林(植物)を赤色で表すことにより、人工物との違いを明確にしている。

2016年4月21日21時26分に熊本県にてマグニチュード6.5の地震が発生したことをトリガーに、地震WGからの要請により緊急観測を実施し、取得したデータを提供。SAR干渉解析結果から地殻変動が認められ、国土地理院HPへの公開及び地震調査委員会(臨時会)(平成28年4月17日)に報告された。また、内閣府から国際災害チャータを発動。ALOS-2、商用光学衛星、国際災害チャータ等での観測データから、南阿蘇村周辺の土砂崩落箇所や益城町の建物倒壊を抽出した結果等を関連防災機関に提供した。

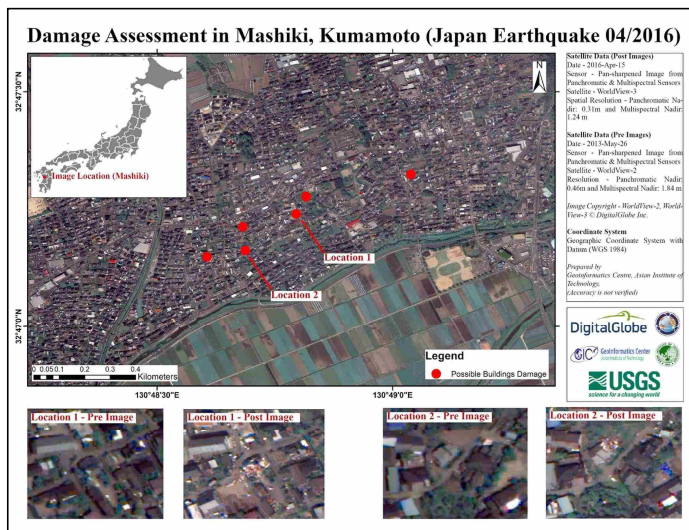
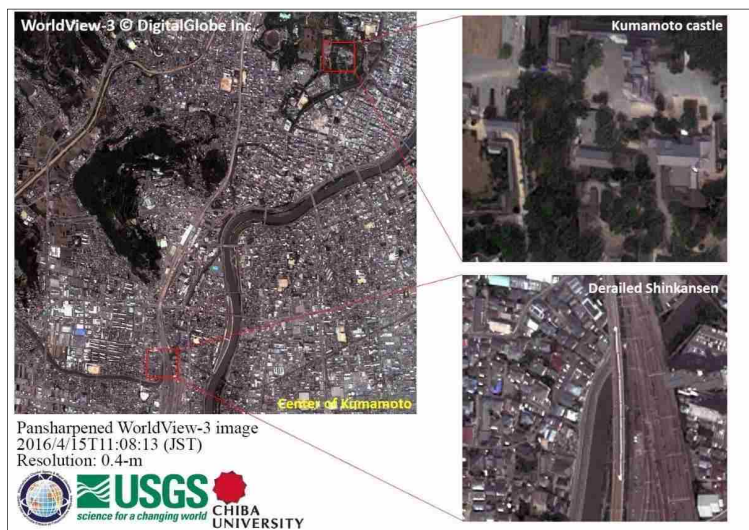
土砂崩壊域の抽出



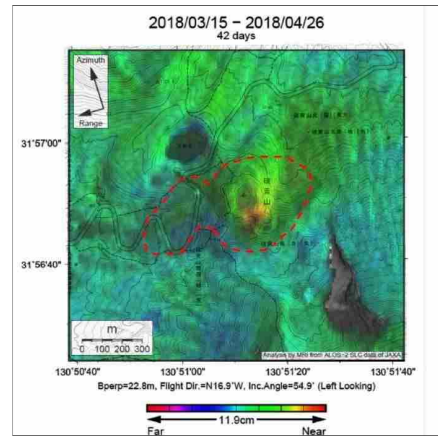
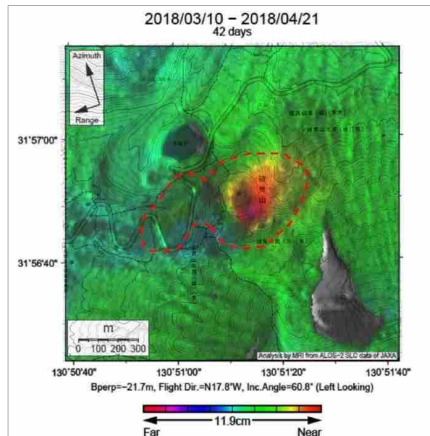
国際災害チャータの枠組みにて撮影した画像を用いた解析



国際災害チャータの枠組みにて撮影した画像を用いた解析



- 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺)にて、平成30年4月19日15時39分頃に噴火が発生し、更に活動が活発になる可能性があることから、同日15時55分に噴火警戒レベルが3に引き上げられたことをトリガーとして、火山WGからの要請により19日の夜パス以降、計7回(19日夜、20日昼、21日昼・夜、22日夜、26日夜、30日昼)の緊急観測を実施。
- これらのデータは気象研究所、国土地理院にて解析され、地殻変動の状況把握に利用されるとともに、平成30年5月1日14時00分に発表された火山活動解説資料に掲載され、噴火警戒レベル引き下げ(3→2)判断の材料の1つとして利用された。

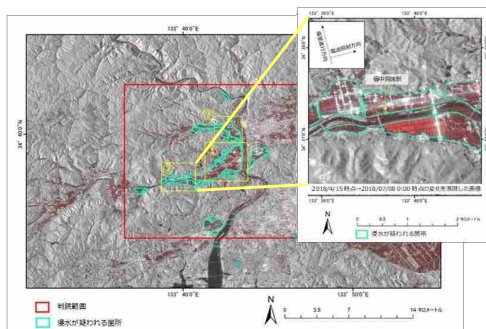


霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) だいち2号干渉SARによる変動
(右:2018年3月10日~4月21日、左:2018年3月15日~4月26日)

だいち2号のSARデータを使用した解析では、硫黄山付近及びその西側にみられていた隆起は、鈍化しています(赤破線)。

平成30年5月1日14時00分 気象庁、福岡管区気象台地域火山監視・警報センター及び鹿児島地方気象台発表「火山活動解説資料」より抜粋

- 平成30年6月29日に発生した台風7号が7月5日以降、西日本から東日本の地域に大量の雨をもたらすことが予測されたことから、国土交通省、徳島県、高知県からの要請にて、崩壊発生箇所把握及び、浸水域把握を目的として5日の夜パス以降、計9回の緊急観測を実施。
- 7月8日の0時に観測されたデータから浸水域を判読し、7月8日の早朝に国土交通省へ提供。岡山県倉敷市高梁川及び小田川流域における浸水被害の概要把握に利用された。
- 中国地方整備局では提供されたデータを用いて、防災ヘリコプターによる被災状況調査計画を立案し、9日以降のヘリコプター調査実施に活用された。判読結果より土砂移動の可能性が指摘されていた箇所においては、集中的な土石流が確認され、衛星SAR画像を用いた被災状況把握の有効性が示された。また、TEC-FORCE高度技術指導班(土砂災害専門家)による調査では、自治体等からの情報とともにルート作成に活用され、迅速かつ的確な調査計画の立案や調査が行われた(「平成30年7月豪雨~中国地方整備局 災害対応の記録~」より抜粋)。

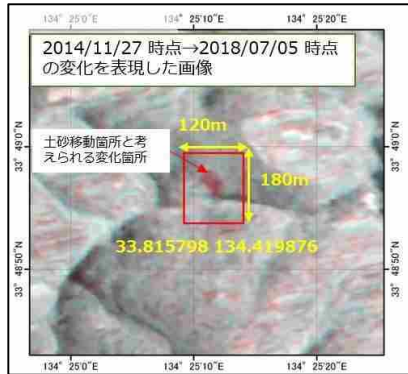


岡山県倉敷市高梁川及び小田川流域の浸水推定域判読結果
(2018年4月15日0時及び2018年7月8日0時の観測データを使用)



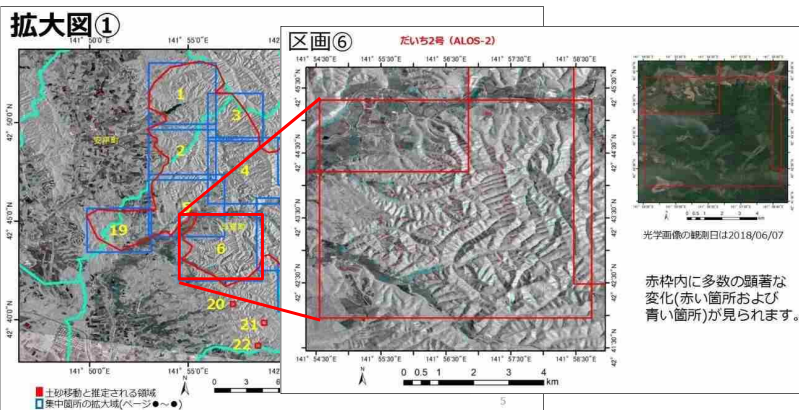
崩壊発生箇所抽出例(広島県呉市周辺)

- 平成30年6月29日に発生した台風7号が7月5日以降、西日本から東日本の地域に大量の雨をもたらすことが予測されたことから、国土交通省、徳島県、高知県からの要請にて、崩壊発生箇所把握及び、浸水域把握を目的として5日の夜パス以降、計9回の緊急観測を実施。これらのうち、徳島県へは、7月5,6日,23日に実施した緊急観測データの判読結果を提供した。
- 判読結果は、県土整備部(道路部門)や農林水産部等へ提供された。特に、7月5日の夜に観測され、6日の早朝に提供した判読結果(那珂町清ノ谷)をもとに**県土整備部にて現場調査が行われ、実際に土砂災害が発生しており土砂が道路まで覆っていたことが確認され、必要な措置がとられた。**また、7月23日の夜に観測され、24日に提供した判読結果をもとに後日現地調査が行われ、三好市で6箇所抽出した判読結果の内、5箇所土砂災害が発生していたことが確認された。

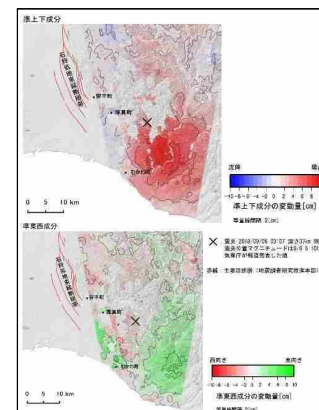


ALOS-2(7月5日観測)による土砂崩壊判読結果(左上)と徳島県による現地調査(7月6日調査)写真(右上)

- 平成30年9月6日 03時07分に北海道胆振地方中東部を震源としたマグニチュード(M)6.7の地震が発生したことをトリガーとし、国土交通省砂防計画課等からの要請のもと、初動期の土砂災害の概況把握等を目的に緊急観測を実施。6日の昼パス以降、計3回(6日夜パス、8日夜パス)の緊急観測を実施。判読結果は、北海道開発局及び北海道に共有された。
- 緊急観測データは国土技術政策総合研究所へも提供され、**厚真町での大規模崩壊や集中的な崩壊の把握が迅速に行われ、北海道開発局、北海道、関係自治体への警戒避難の助言が行われた。**
- 緊急観測データは地震WGへも提供され、国土地理院による解析結果(2.5次元解析)が、9月11日に地震調査研究推進本部地震調査委員会から発表された「平成30年北海道胆振東部地震の評価」に掲載された。

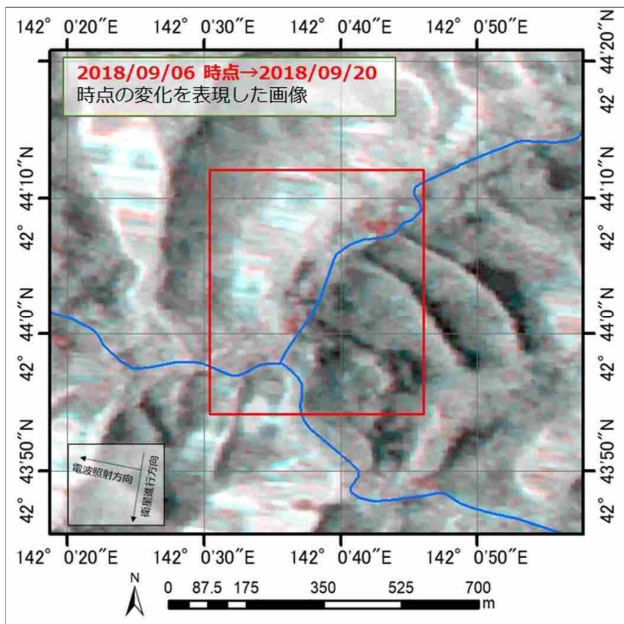


大規模土砂移動のおそれのある箇所の判読結果
(平成30年9月6日11時40分及び平成30年8月23日11時40分の観測データを使用)

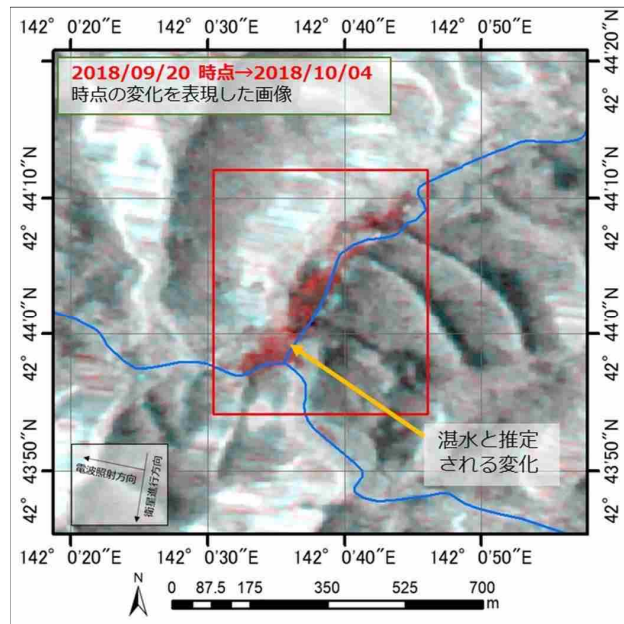


平成30北海道胆振東部地震「だいち2号」による地殻変動分布図(2.5次元解析)(暫定)
平成30年9月11日地震調査研究推進本部地震調査委員会発表資料「平成30年北海道胆振東部地震の評価」より抜粋

- 国土交通省砂防計画課からの要請のもと、余震や降雨による新たな土砂崩壊及び河道閉塞による湛水の有無を把握することを目的に、ALOS-2による継続的な観測を実施(積雪前の12月初旬まで観測を実施)。

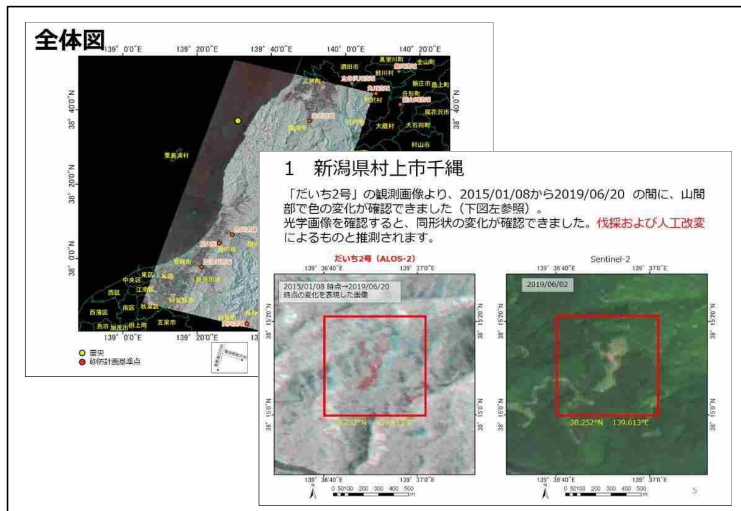


平成30年9月6日(発災日)及び平成30年9月20日(発災から2週間後)のデータを比較したところ、大きな変化は確認されていない。

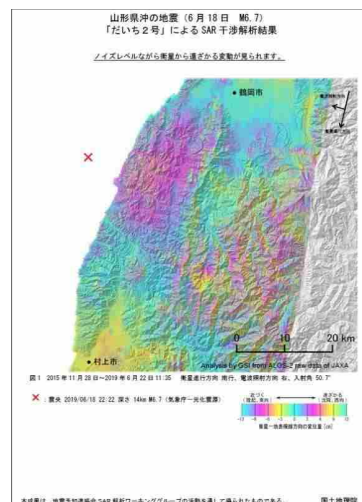


平成30年9月20日(発災から2週間後)及び平成30年10月4日(発災から4週間後)のデータを比較したところ、河道閉塞による湛水と推定される変化を抽出。

- 令和元年6月18日 22時22分に山形県沖を震源としたマグニチュード(M)6.7の地震が発生したことをトリガーとし、国土交通省砂防計画課等からの要請のもと、初動期の土砂災害の概況把握等を目的に20日の昼パス以降、計4回(21日夜パス、22日昼パス、23日夜パス)の緊急観測を実施。判読結果は、東北地方整備局に共有された。
- 緊急観測データは地震WGへも提供され、国土地理院による解析結果が、7月9日に地震調査研究推進本部地震調査委員会から発表された「2019年6月18日山形県沖の地震の評価」に掲載された。

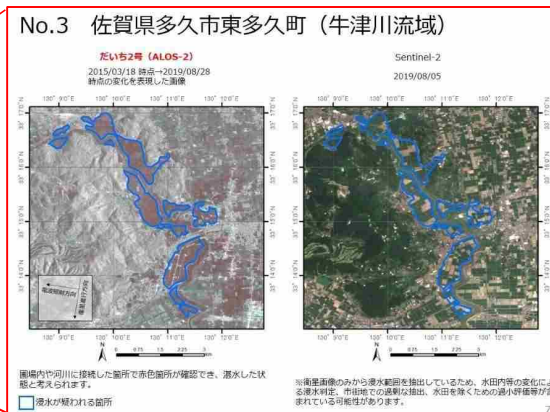
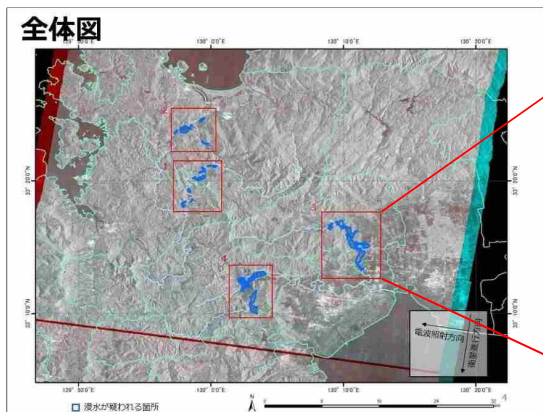


大規模土砂移動のおそれのある箇所の評読結果
(2015年1月8日12時30分及び2019年6月20日12時30分の観測データを使用)



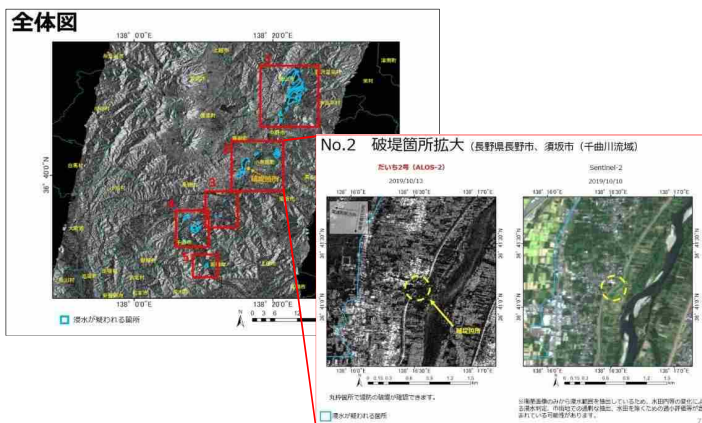
山形県沖の地震(6月18日 M6.7)「だいち2号」によるSAR干渉解析結果
令和元年6月18日地震調査研究推進本部地震調査委員会発表資料「2019年6月18日山形県沖の地震の評価」より抜粋

- 九州北部地方を中心に令和元年8月26日からの総降水量が600ミリを超えたところがあるなど記録的な大雨が記録され、8月28日以降も継続的な降雨が予測されたことから、国土交通省からの要請にて、浸水域把握及び崩壊発生箇所把握を目的として27日の夜パス以降、計3回の緊急観測を実施。
- 8月28日の12時11分に観測されたデータから浸水域を判読し、8月28日の夕方に国土交通省へ提供。佐賀県の六角川及び牛津川流域における浸水被害の概要把握に利用された。

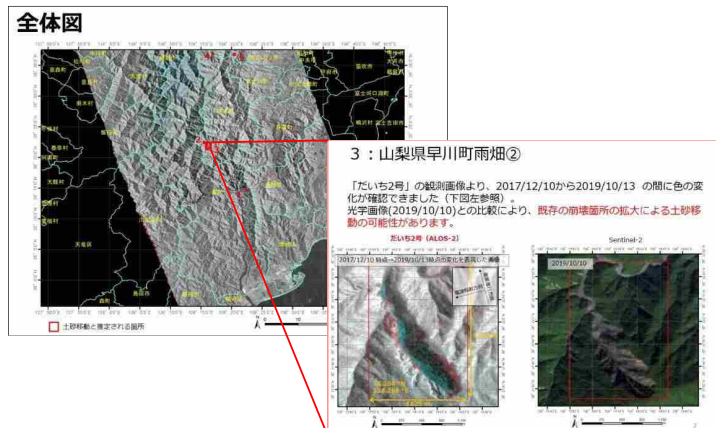


佐賀県多久市牛津川流域の浸水推定域判読結果
(2015年3月18日12時11分及び2019年8月28日12時11分の観測データを使用)

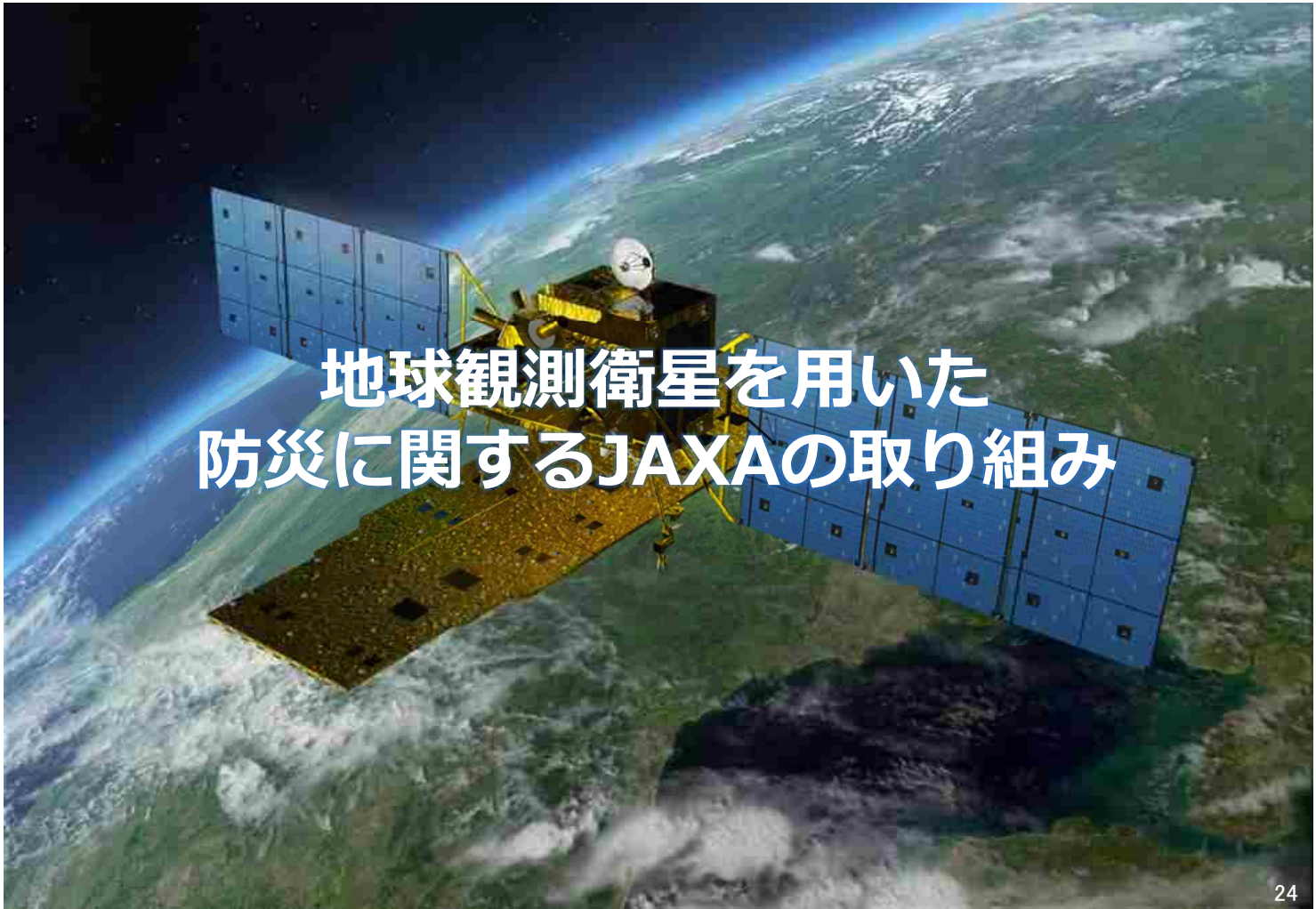
- 令和元年10月6日に発生した台風19号が10月12日以降、北陸から東北の地域に大量の雨をもたらすことが予測されたことから、国土交通省からの要請にて、崩壊発生箇所把握及び、浸水域把握を目的として12日の夜パス以降、計6回の緊急観測を実施。
- 10月13日の11時56分に観測されたデータから浸水域を判読し、10月13日の夕方に国土交通省へ提供。長野県の千曲川流域における浸水被害の概要把握に利用された。
- 10月13日の22時49分に観測されたデータから土砂移動推定域を判読し、10月14日の早朝に国土交通省へ提供。



長野県千曲川流域の浸水推定域判読結果
(2019年10月13日11時56分観測データを使用)



山梨県早川町周辺における土砂移動推定域判読結果
(2017年12月10日22時49分及び2019年10月13日22時49分の観測データを使用)



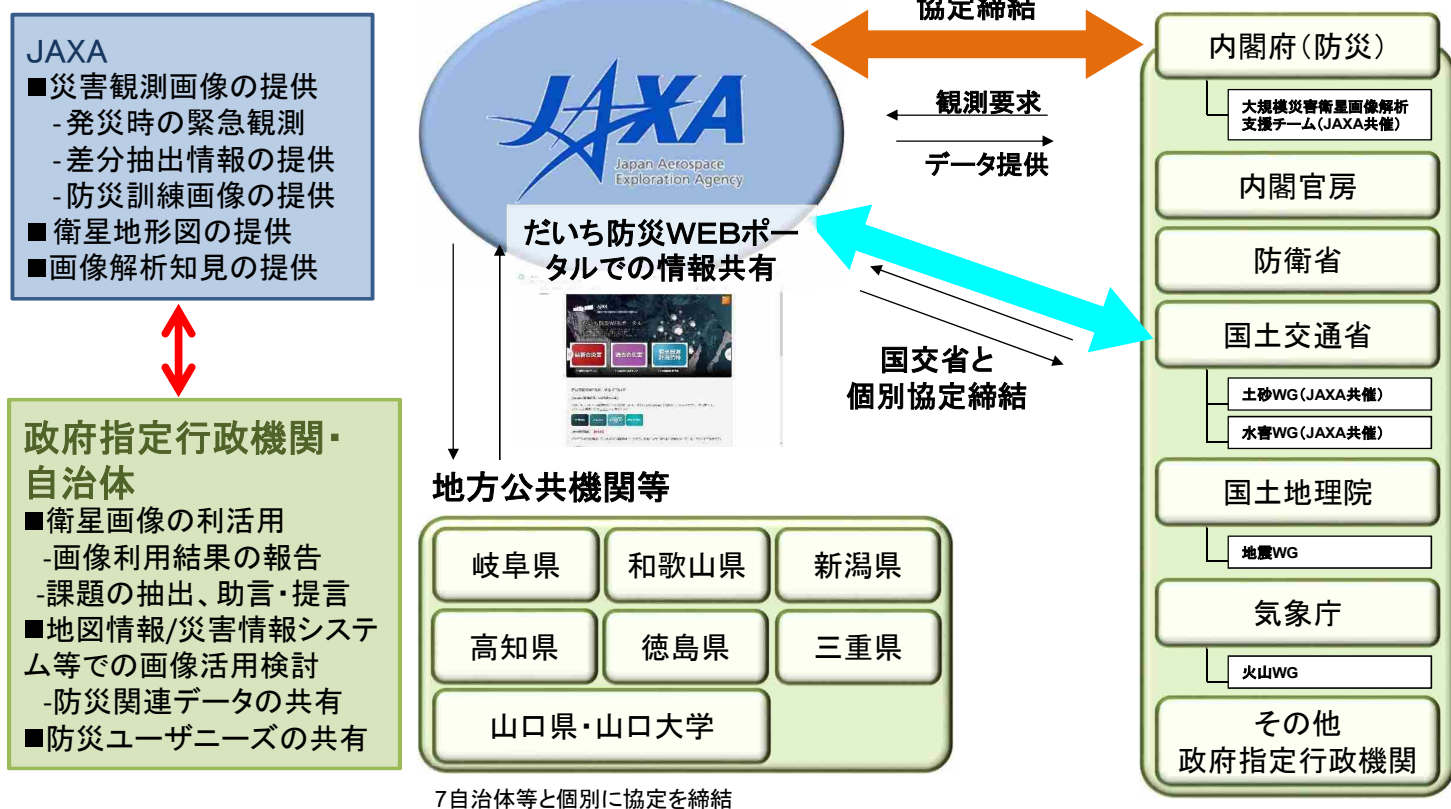
JAXA だいち (ALOS) シリーズ

- ALOSシリーズが取得する広域・高分解能データは、公共の安全の確保、国土保全・管理、食糧・資源・エネルギーの確保、地球規模の環境問題(低炭素社会の実現)の解決等、様々な分野で汎用的に活用可能。高い社会利益価値を有する、共通の観測基盤。
- 観測データの商業的価値を生かして官民連携を推進するとともに、社会インフラとして継続性を確保。

平成18年1月 平成23年5月 平成26年5月 令和2年度 注： 打上げ時期は宇宙基本計画工程表(令和元年12月13日 宇宙開発戦略本部決定)による

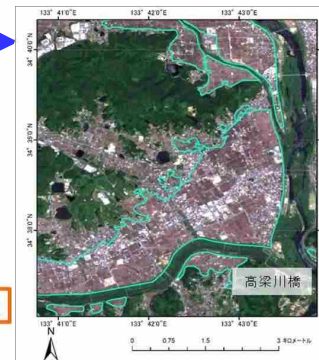
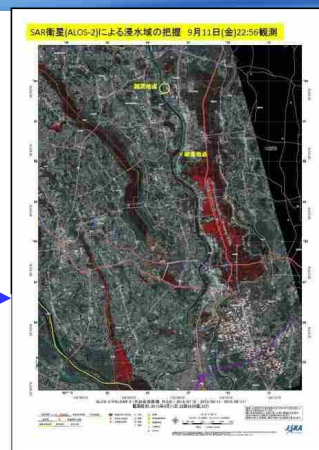
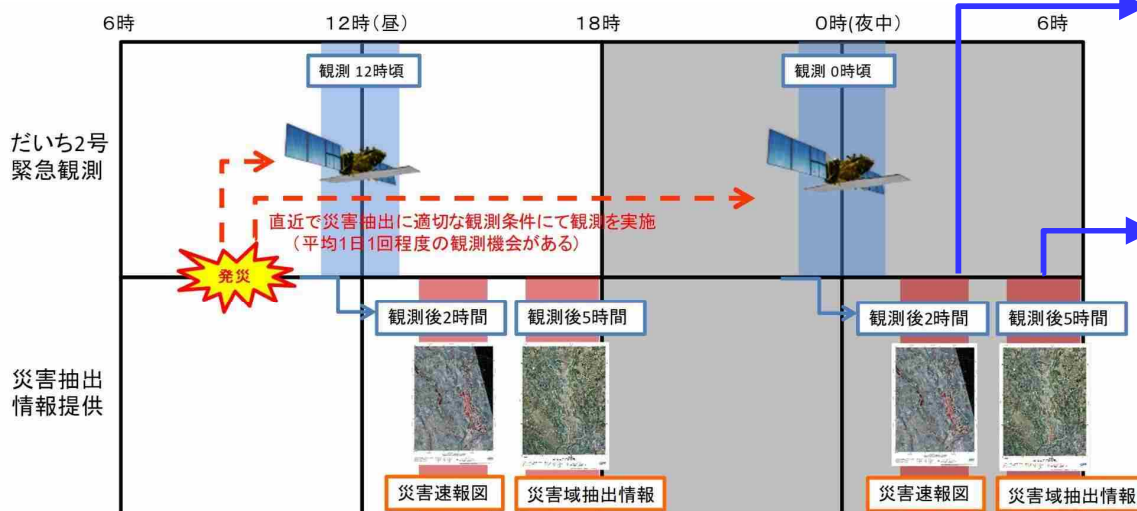


政府・自治体等との防災関連機関との連携体制



7自治体等と個別に協定を締結

- 「だいち2号」は、12時頃と0時頃に日本上空を通過*1
- 緊急観測要求は、最短でコメントアップリンクの1時間前まで受付*2
- 緊急観測後数時間で情報提供*3
 (約2時間後に災害速報図、必要に応じ約5時間後に災害域抽出情報)
 →夜間・悪天候時、広域災害時など、航空機等での調査が困難な場合に、衛星の災害域抽出情報が有効



注1) 日本観測時刻は日により前後1.5時間程度の幅がある
 注2) 防災ユーザと観測調整し、観測場所・条件等を確定するタイミング
 注3) 軌道位置や観測条件等により観測や情報提供できないケースがある

・国土交通省は、災害時の人工衛星画像の活用を促進するため、JAXAと共同で「災害時の人工衛星活用ガイドブック」を作成(平成30年3月国交省HP公開)。

国交省水管理・国土保全局 指針・ガイドライン等で規定
http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/index.html

災害時の人工衛星活用ガイドブック

水害版・衛星基礎編

<http://www.mlit.go.jp/common/001227724.pdf>

水害版・浸水編

<http://www.mlit.go.jp/common/001227723.pdf>

土砂災害版


<http://www.mlit.go.jp/common/001227722.pdf>

・地方整備局を含む防災担当職員の教育資料として利用され、災害時の被害の迅速な概略把握や初動対応の迅速化に期待。

国土交通省の防災業務計画（各災害に共通する対策編）に、災害発生直後の情報の収集として人工衛星の活用が追記された（平成30年9月修正）

国土交通省

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

JAXA 同時発表 

Press Release

平成30年3月27日
 水管理・国土保全局

災害時における衛星画像等の活用を促進
 ～災害時の衛星画像活用のためのガイドブックを作成～

国土交通省は、災害時の人工衛星画像の活用を促進するため、JAXA（国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構）と共同で「災害時の人工衛星活用ガイドブック」を作成しました。

人工衛星は昼夜・天候に関わらず観測が可能であることから、この衛星画像の活用促進により、災害時の被害の迅速な概略把握や初動対応の迅速化を図ってまいります。



ALOS-2（陸域観測技術衛星） 衛星画像を用いた浸水域判読図 衛星画像を用いた土砂災害判読図

国土交通省とJAXAは、平成29年5月に「人工衛星等を用いた災害に関する情報提供協力に係る協定」を締結しました。この協定に基づき、水害及び土砂災害を対象としたワーキンググループを設置し、衛星画像の活用促進のための検討を行っております。

このたび、国土交通省とJAXAは、このワーキンググループでの検討も踏まえ、水害と土砂災害対応のための「災害時の人工衛星活用ガイドブック」を作成しました。このガイドブックにより、防災担当職員の人工衛星や衛星画像の基礎的な情報等の把握及び災害時の衛星活用を促進し、災害時の被害の迅速な概略把握や初動対応の迅速化を図ってまいります。

ガイドブックは以下の内容で構成されています（別添参照）。

水害版 「衛星基礎編」：人工衛星、センサ、ALOS-2（陸域観測技術衛星2号）、SAR（合成開口レーダ）画像解析の概要 等

「浸水編」：SAR画像の活用、浸水解析・判読、判読精度の違い、判読事例
 土砂災害版 衛星の特徴と仕組み、衛星画像の主な解析手法、土砂災害対応初期における活用、活用時の留意事項、過去の活用事例

<問い合わせ先>

- 水害版について
 水管理・国土保全局 河川計画課河川情報企画室 企画専門官 佐藤、係長 村上
 代表電話:03-5253-8111（内線 35-375、35-394） 直通電話:03-5253-8446
- 土砂災害版について
 水管理・国土保全局 砂防部砂防計画課地震・火山砂防室 企画専門官 山本、係長 沼尾
 代表電話:03-5253-8111（内線 36-152、36-155） 直通電話:03-5253-8468