



人工衛星の防災活用について

第5回 国と地方・民間の「災害情報ハブ」推進チーム

2018年6月8日
宇宙航空研究開発機構
衛星利用運用センター
内藤 一郎



1. 人工衛星について

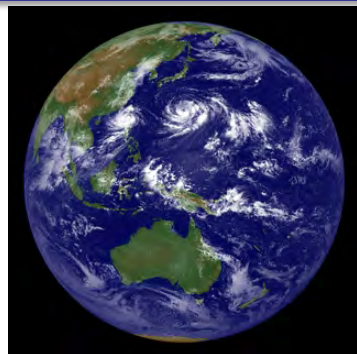


人工衛星について

人工衛星は大きく、地球に自転に合わせて周回する軌道(静止軌道)を飛行する衛星と、地球を南北に周回する軌道(地球周回軌道)を飛行する衛星の2つに分けることができます。防災活動にて利用されている主な衛星は、地球周回軌道を飛行する地球観測衛星です。

■ 静止軌道

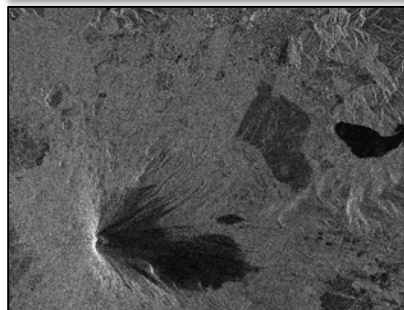
- ✓ 地球の自転と同期して移動する軌道
- ✓ 地上から、いつでも同じ位置に見える
- ✓ 高度約36,000km
- ✓ 通信・放送、気象衛星など



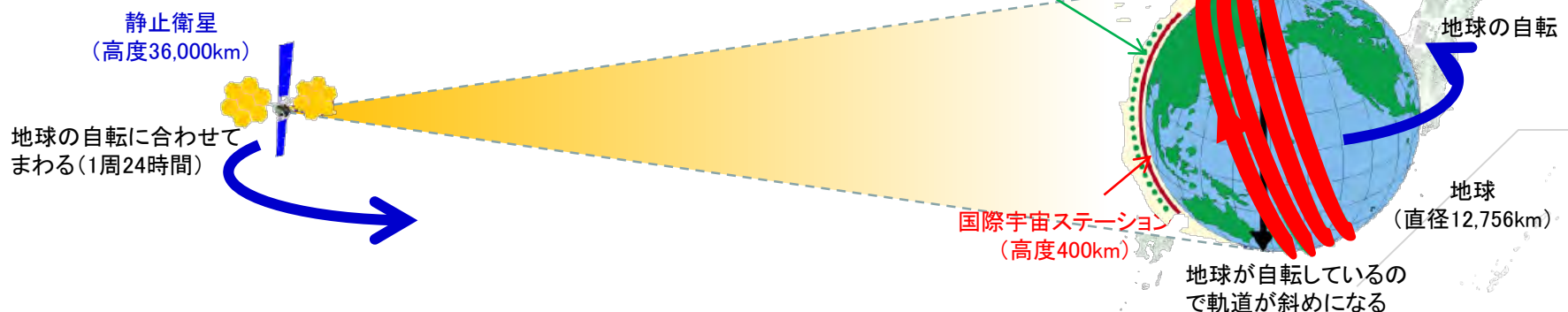
- ・N-STAR(ワイドスター)
(通信衛星, 米)
- ・BSAT-3
(放送衛星, 日)
- ・ひまわり
(気象衛星, 日)

■ 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

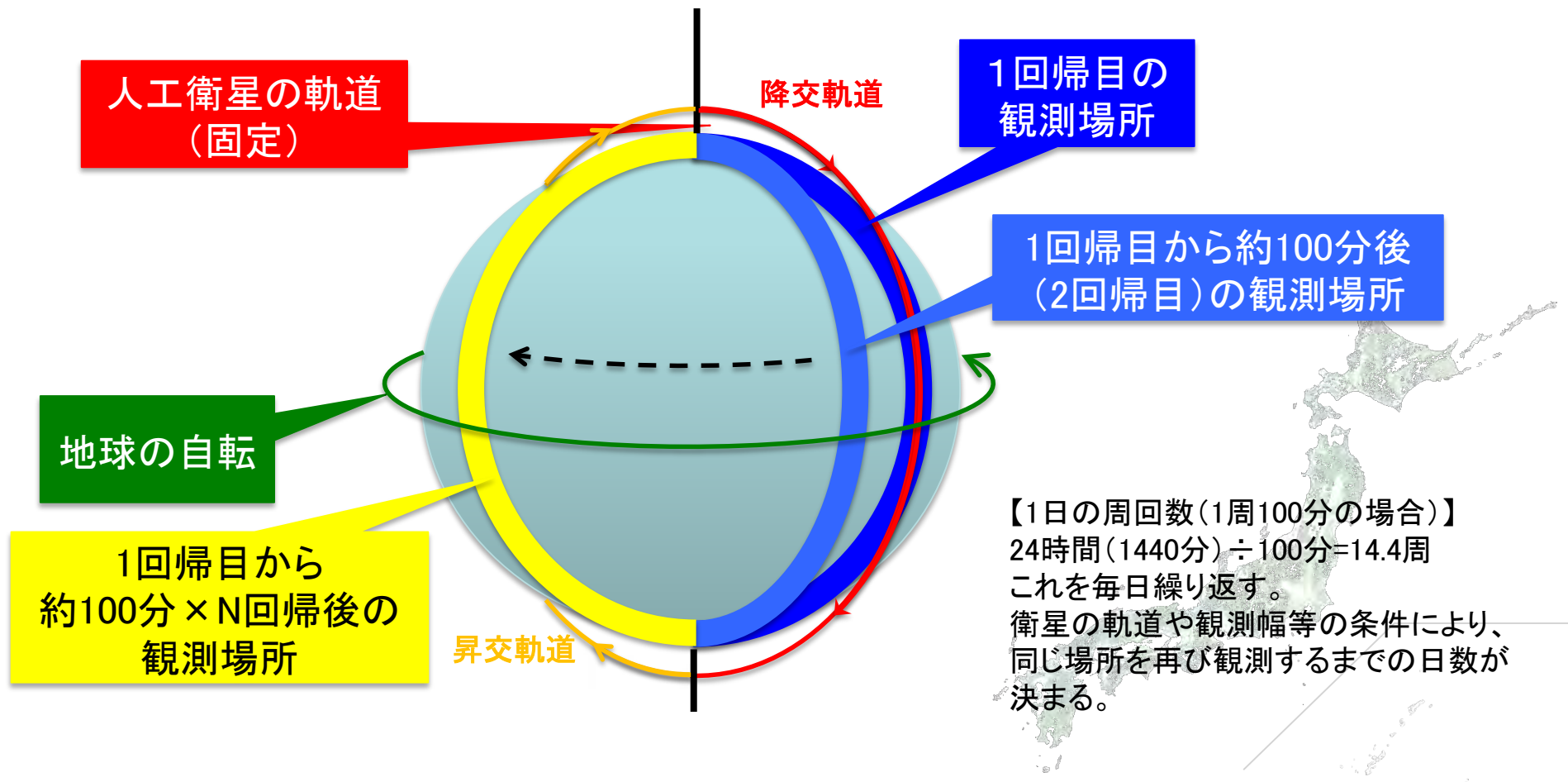


- ・ALOS-2(だいち2号)(日)
- ・WorldView-4(米)
- ・SPOT6(仏)
- ・Landsat8(米)
- ・COSMO-SkyMed(伊)



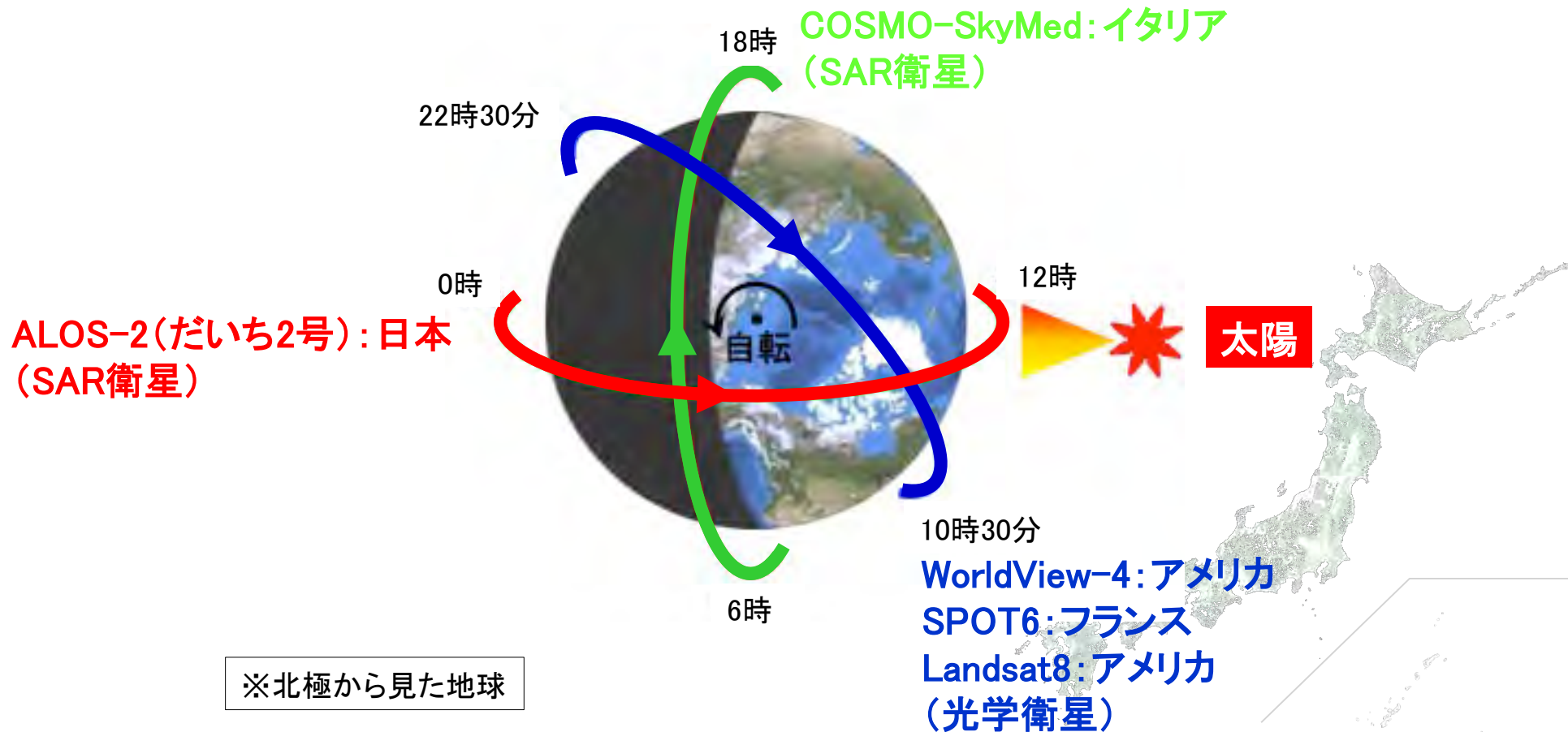
地球観測衛星について

地球観測衛星は、地表から500km～700km上空を南北に周回します。地球を約100分で1周し、その間に地球が自転するため、観測場所が毎回変わり、世界中を観測することができます。



地球観測衛星の観測時間について

地球観測衛星は、地球上のどの地域も午前、午後に1度ずつ観測することができます。JAXAの運用するALOS-2(だいち2号)は、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時頃に飛行するように設計しています。



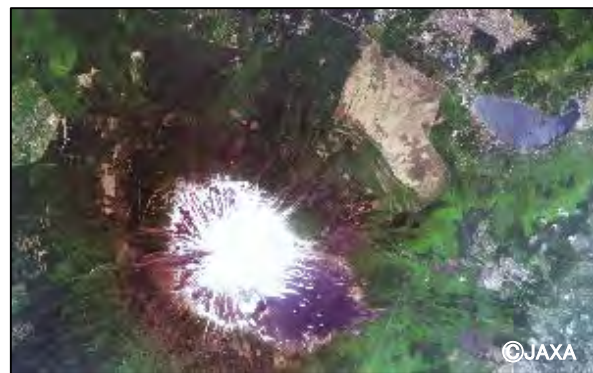
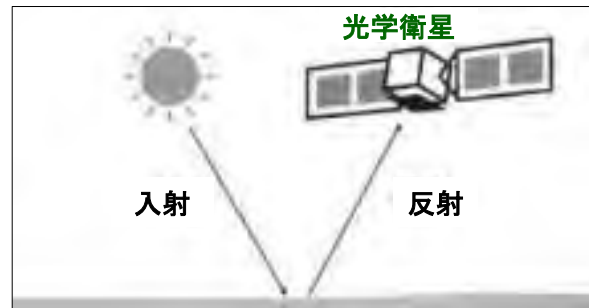
地球観測衛星に搭載しているセンサについて

地球観測衛星に搭載しているセンサは、大きく光学センサとレーダセンサ(SAR:合成開口レーダ)の2つに分けることができます。

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

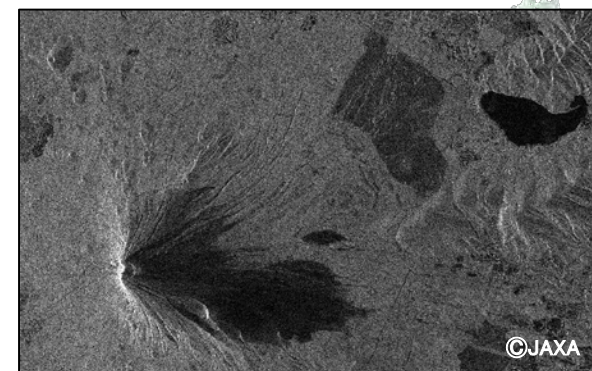
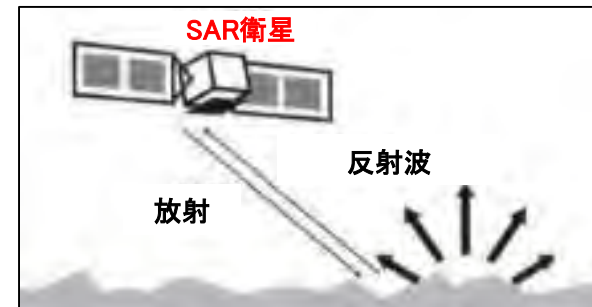


光学センサによる観測例(富士山周辺)

レーダセンサ(SAR:合成開口レーダ)

自ら電波(マイクロ波)を出し、その反射波を観測

- 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)

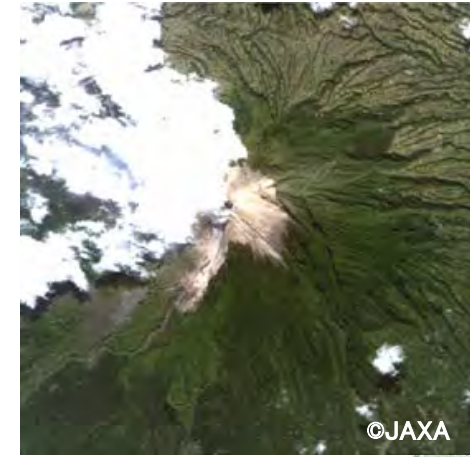
光学画像とレーダ（合成開口レーダ：SAR）画像との比較

光学画像は雲があると、その下の状況を把握できませんが、レーダ画像であれば、雲を透過し、その下の状況を把握できます。

光学画像

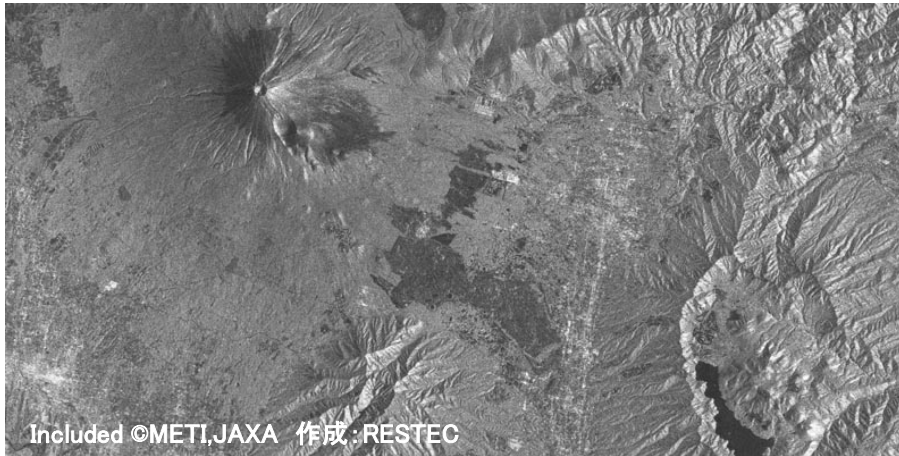


オルソ補正済みAVNIR-2 画像(トゥルーカラー) 2006/12/30 10:15(JST)

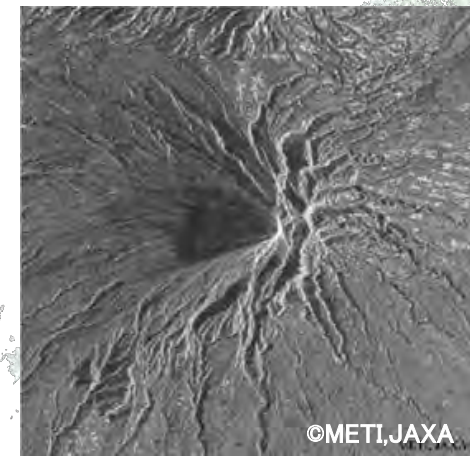


2006/5/16: 観測角 30.1度

SAR画像



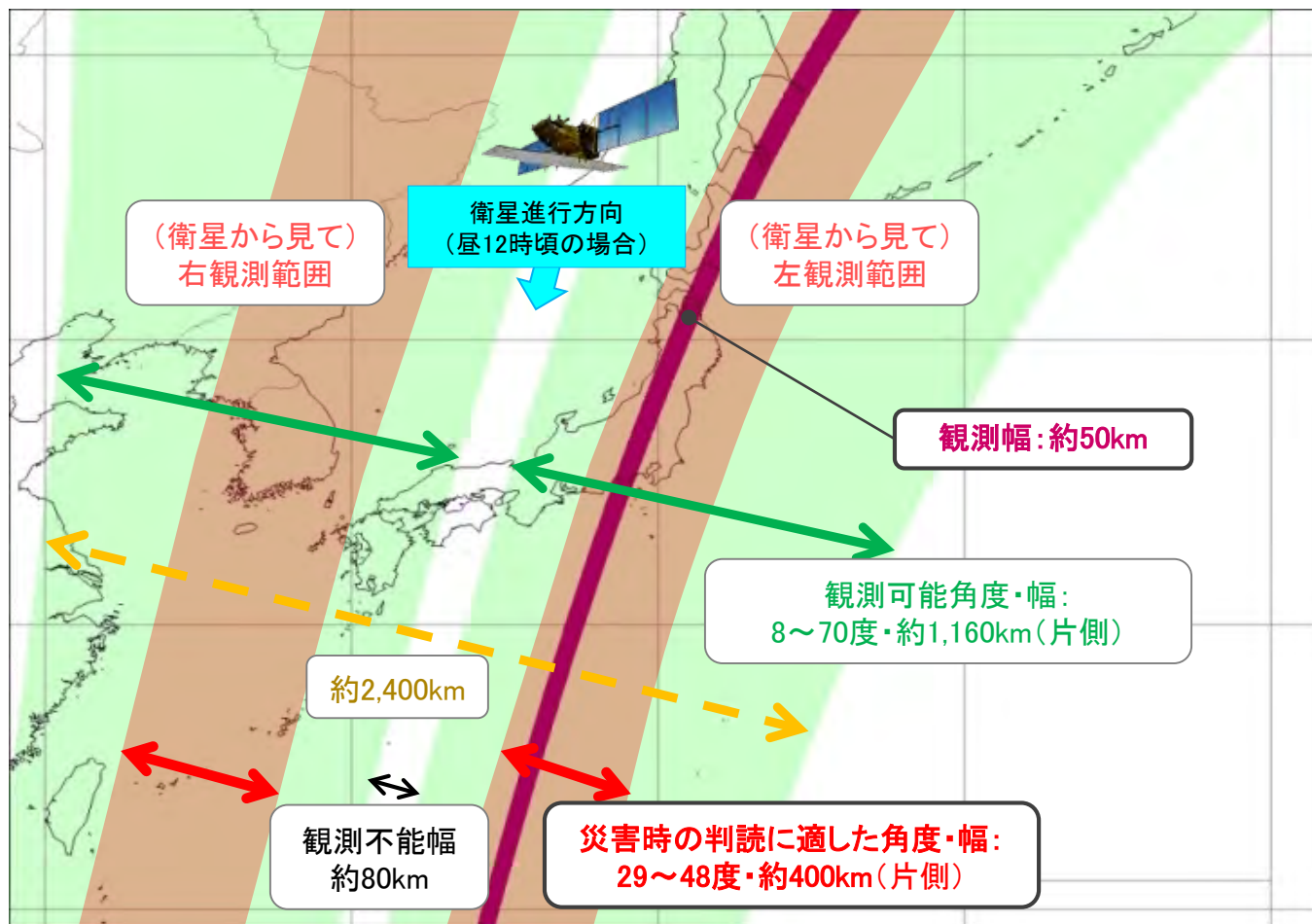
オルソ補正(フォアショートニング補正)済みPALSAR 画像 2006/12/30 10:15(JST)



2006/5/16: 観測角 30.8度

地球観測衛星の観測幅について

JAXAの運用するALOS-2(だいち2号)の災害発生時の観測に使用される観測幅は、50kmとなります。ALOS-2(だいち2号)は衛星を左右に傾けることによって、最大幅約2400kmの範囲のデータを取得できます。



空間分解能と識別能力について

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



2. JAXAの実施する防災利用実証活動



防災実証活動で使用する地球観測衛星について

- 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 平成32年度

注: 打上げ時期は宇宙基本計画工程表 (H29.12.12 宇宙開発戦略本部決定)による



ALOS「だいち」の機能

PRISM

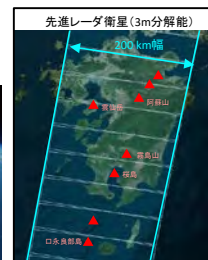
2.5mの分解能で地上の建物などを白黒観測(3方向立体視)

AVNIR-2

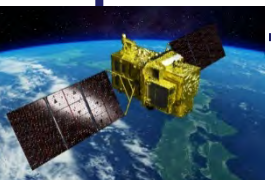
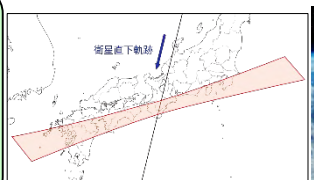
10mの分解能で地上をカラー観測(衛星直下以外の首振り観測)

PALSAR

10mの分解能で地上を電波レーダ観測(悪天候・夜間観測可能)



夜間・悪天候でも観測可能
最大約700kmの超広域観測
最高分解能1m～3mのLバンド合成開口レーダを搭載

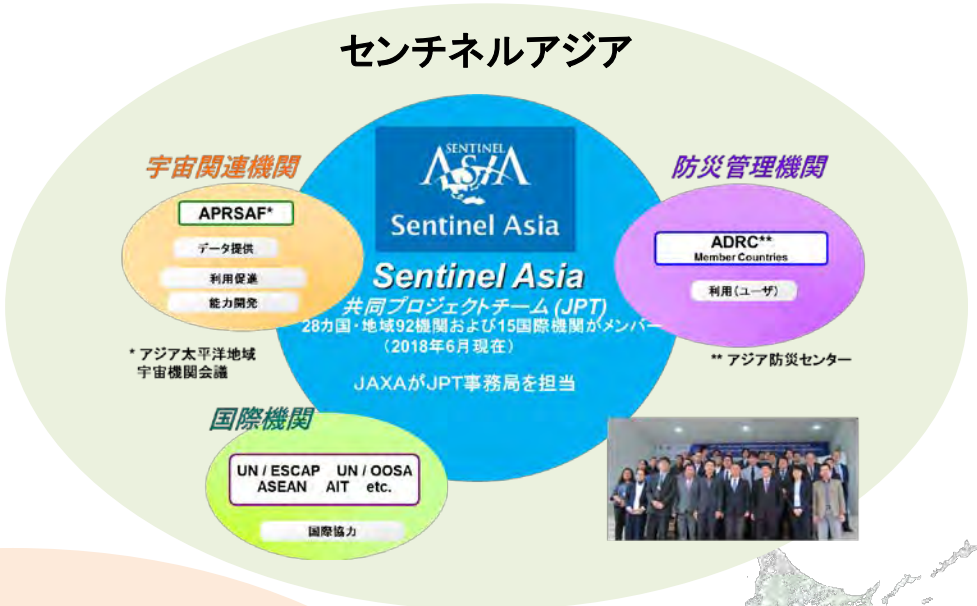


先進光学衛星 (ALOS-3) (開発中・平成32年度打上げ予定)

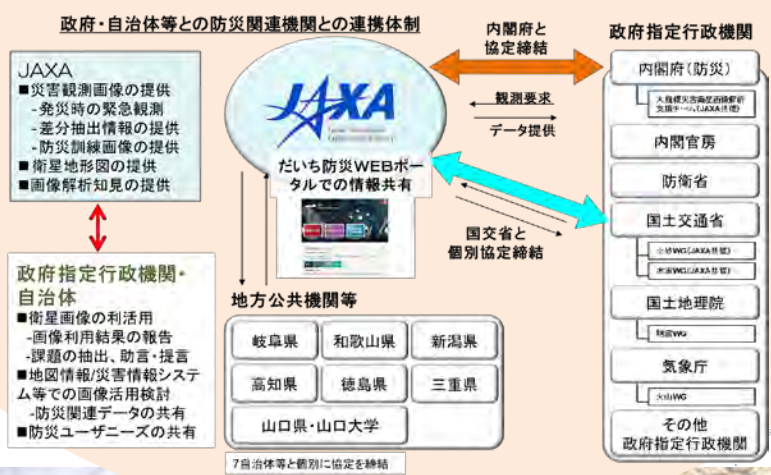
先進光学衛星 後継機① (平成38年度打上げ予定)

先進レーダ衛星 後継機① (平成39年度打上げ予定)

国内外の宇宙機関や防災機関との連携



内閣府をはじめとする国内防災機関との連携



- 1) 国内災害におけるJAXA衛星、海外衛星での緊急観測
- 2) 海外災害におけるJAXA衛星での緊急観測
- 3) アジア防災プロジェクトへの協力・貢献 等

政府・自治体の防災関連機関との連携体制

政府・自治体等との防災関連機関との連携体制

JAXA

- 災害観測画像の提供
 - 発災時の緊急観測
 - 差分抽出情報の提供
 - 防災訓練画像の提供
- 衛星地形図の提供
- 画像解析知見の提供



政府指定行政機関・自治体

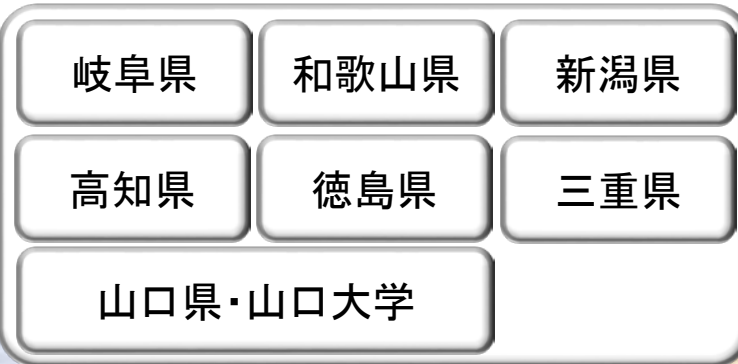
- 衛星画像の利活用
 - 画像利用結果の報告
 - 課題の抽出、助言・提言
- 地図情報/災害情報システム等での画像活用検討
 - 防災関連データの共有
- 防災ユーザーニーズの共有



だいち防災WEBポータルでの情報共有



地方公共機関等



7自治体等と個別に協定を締結

内閣府と
協定締結

観測要求

データ提供

国交省と
個別協定締結

政府指定行政機関

内閣府(防災)

大規模災害衛星画像解析
支援チーム(JAXA共催)

内閣官房

防衛省

国土交通省

土砂WG(JAXA共催)

水害WG(JAXA共催)

国土地理院

地震WG

気象庁

火山WG

その他
政府指定行政機関

ALOS-2防災利用実証実験計画

ALOS-2防災利用実証実験計画

防災省庁間連絡会“防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会”（2014年9月、文科省及び内閣府主催）にて、「だいち」アーカイブデータ及び「だいち2号」の防災分野の利用をより一層促進させるとともに、今後の防災のための地球観測衛星システム等の開発・運用等に向け、防災関連業務における地球観測衛星利用の実効性・有効性向上の検証等を実施することを目的として、以下のALOS-2防災利用実証実験計画が確認された。

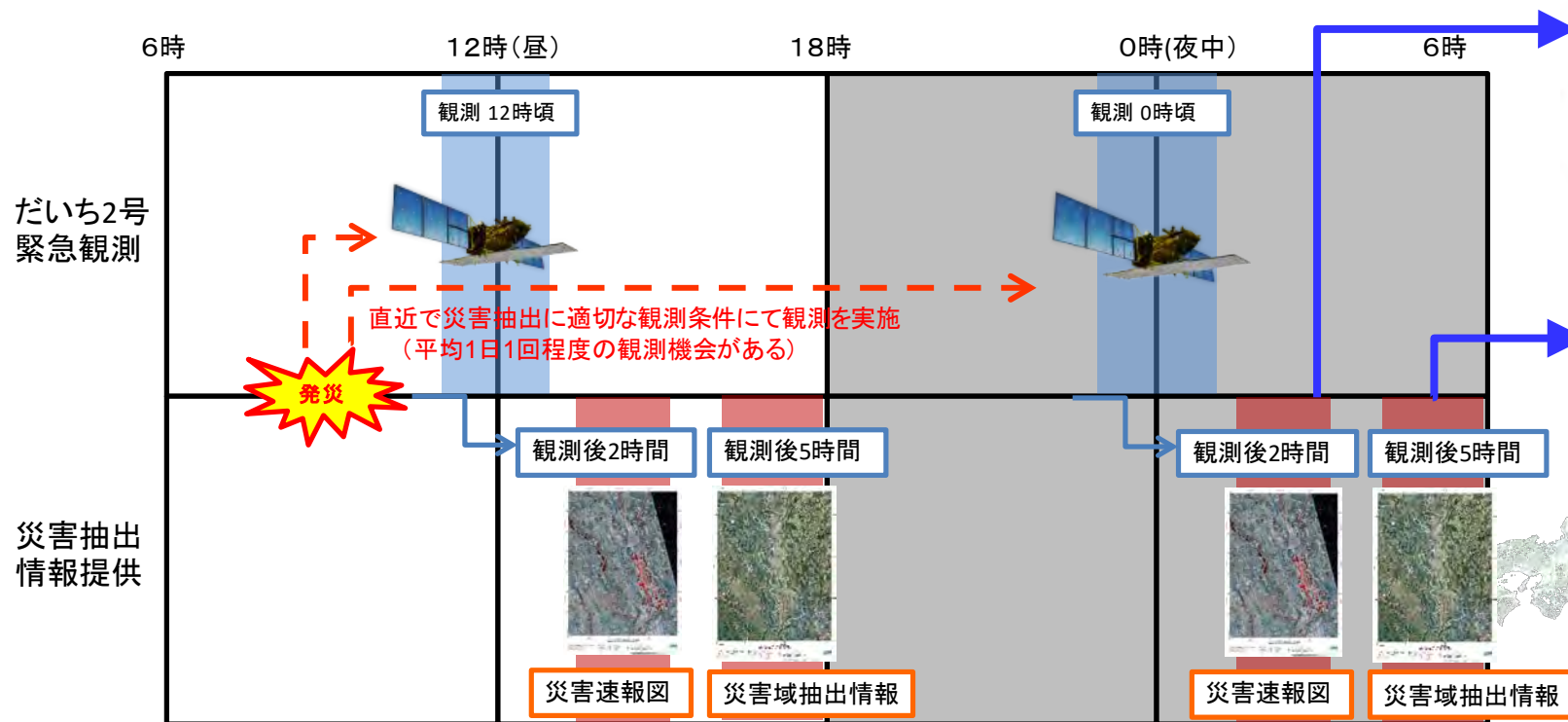
活動内容	防災利用実証実験計画	参加機関 (○:取纏め機関)
【防災利用実証(防災関連機関)】 防災関連機関等での、ALOS-2の防災利用の定着 ALOS-2以降の防災利用に向けた災害情報提供	①災害時(訓練時)の緊急観測の実施及び衛星画像プロダクト提供 ②衛星画像プロダクトやだいち防災マップ等の被災状況把握や災害予防等への利活用と有効性評価 ③防災面における衛星画像利用の拡大に向けた、防災利用実証活動へのフィードバック ④「先進光学衛星」を含む「だいち」後継機に対する防災利用ニーズの把握と反映	内閣府、内閣官房、警察庁、防衛省、消防庁、農林水産省、国土交通省、国土地理院、気象庁、海上保安庁他
【土砂WG】 (土砂災害への活用検討ワーキンググループ)	①防災担当者向けの情報提供タイムラインの検討 ②解析データの効率的な活用方法の検討 ③社会実装にむけた検討 ④観測オペレーション体制の検討 ⑤精度向上のための検証	○国土交通省、○JAXA、国土技術総合政策研究所、国土地理院、土木研究所、九州地方整備局、静岡大学、日本大学、北海道大学、九州大学他
【水害WG】 (水害への活用検討ワーキンググループ)	①防災担当者向けの情報提供タイムラインの検討 ②解析データの効率的な活用方法の検討 ③社会実装にむけた検討 ④観測オペレーション体制の検討 ⑤精度向上のための検証	○国土交通省、○JAXA、国土技術政策総合研究所、国土地理院、関東地方整備局、河川情報センター、日本大学、東北大学、東京工業大学他
【火山WG】	①日本列島・領海内の主要活火山の定常的観測等による火山活動の監視及び異常検出手法の検討 ②噴火時の緊急観測による、地形変化や降灰・溶岩流等噴出物範囲の解析手法の検討。	○火山噴火予知連絡会(事務局:気象庁、実験参加機関:気象庁、国土地理院、海上保安庁、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、土木研究所、北海道大学等)

ALOS-2防災利用実証実験計画

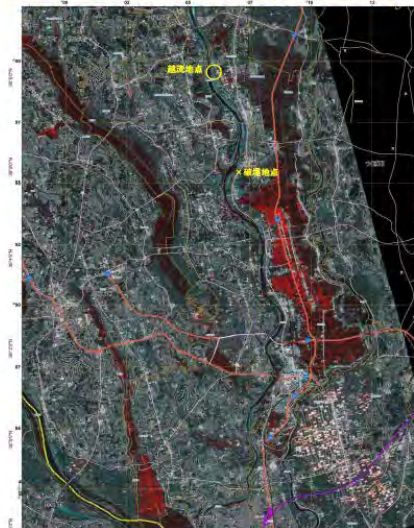
活動内容		防災利用実証実験計画	参加機関 (○:取纏め機関)
	【地震WG】	①東海、東南海、南海地方等の地殻変動の定常的監視等による地殻変動等の異常検出の手法の検討 ②地震発生時の緊急観測による、被害状況の早期把握の解析手法の検討。	○地震予知連絡会(事務局:国土地理院、実験参加機関:国土地理院、気象庁、産業技術総合研究所、防災科学技術研究所、京都大学、東北大学等)
	【大規模災害衛星画像解析チーム】	①大規模災害時における、画像解析等でのJAXA支援、緊急地図作成等での政府支援、周辺自治体等への対応。 ②大規模災害に備え、実災害対応等での実働訓練、災害抽出や緊急地図作成等の高度化、政府等防災関連機関との情報共有の高度化等の取組み及び研究の実施。 ③大規模災害時の衛星活用計画案(観測シナリオ、提供情報)の策定。	○内閣府、○JAXA、山口大学、大阪市立大学、東北大学、広島工業大学、筑波大学、日本大学、中部大学、東京工業大学、九州大学、千葉大学、東京電機大学、防災科学技術研究所 他
	【防災利用実証(自治体)】 自治体等での、災害利用に向けた実証の促進	①災害時(訓練時)の緊急観測の実施及び衛星画像プロダクト提供 ②衛星画像プロダクトやだいち防災マップ等の被災状況把握や災害予防等への利活用と有効性評価 ③自治体固有の防災活動との連携(例えば、地図情報/災害情報システムへの衛星プロダクトの重畳、災害記録との照合等)の推進 ④防災面における衛星画像利用の拡大に向けた、防災利用実証活動へのフィードバック	新潟県、三重県、岐阜県、和歌山県、徳島県、高知県、山口県

災害時における「だいち2号」の観測とデータ提供

- 「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、最短でコマ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



SAR衛星(ALOS-2)による浸水域の把握 9月11日(金)22:56観測



災害速報図の例



災害域抽出情報の例

- 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
 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
 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

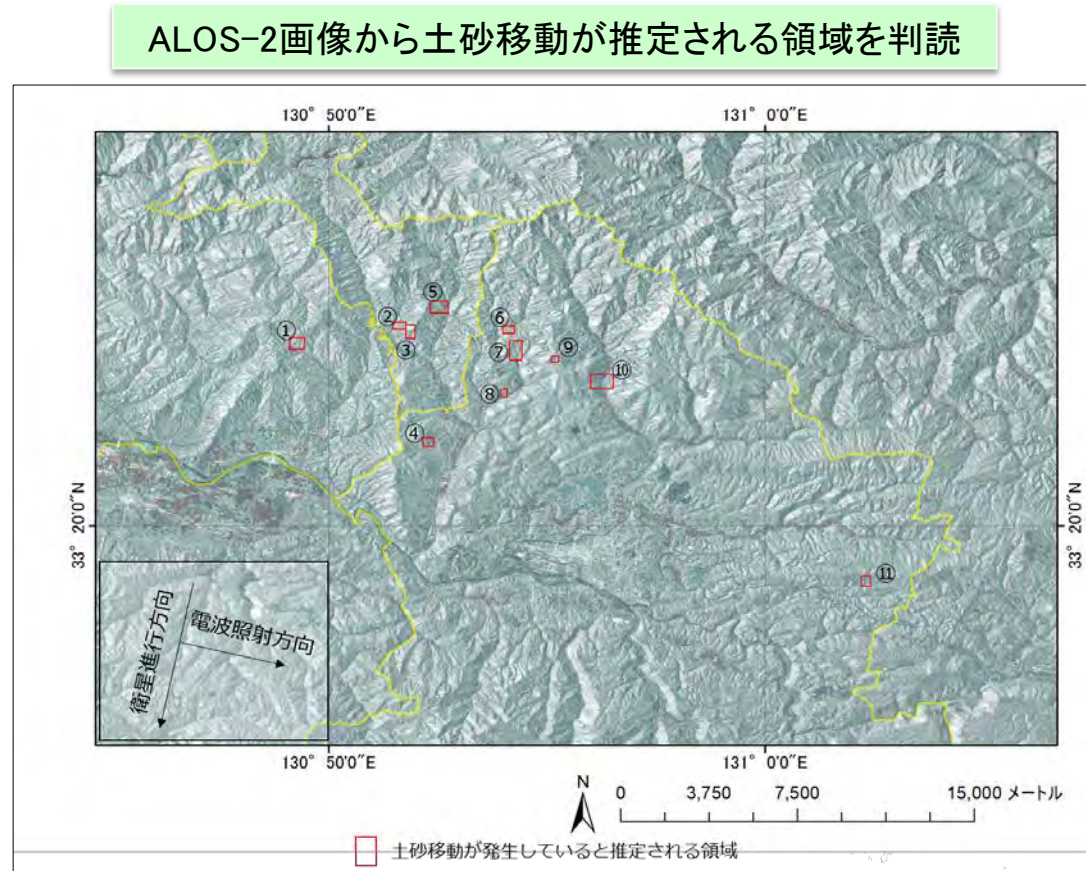
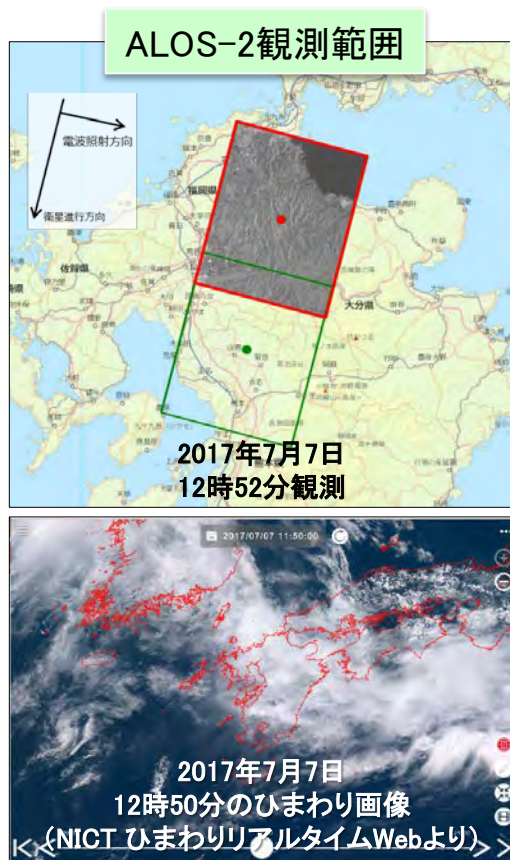


3. 災害時における活用事例



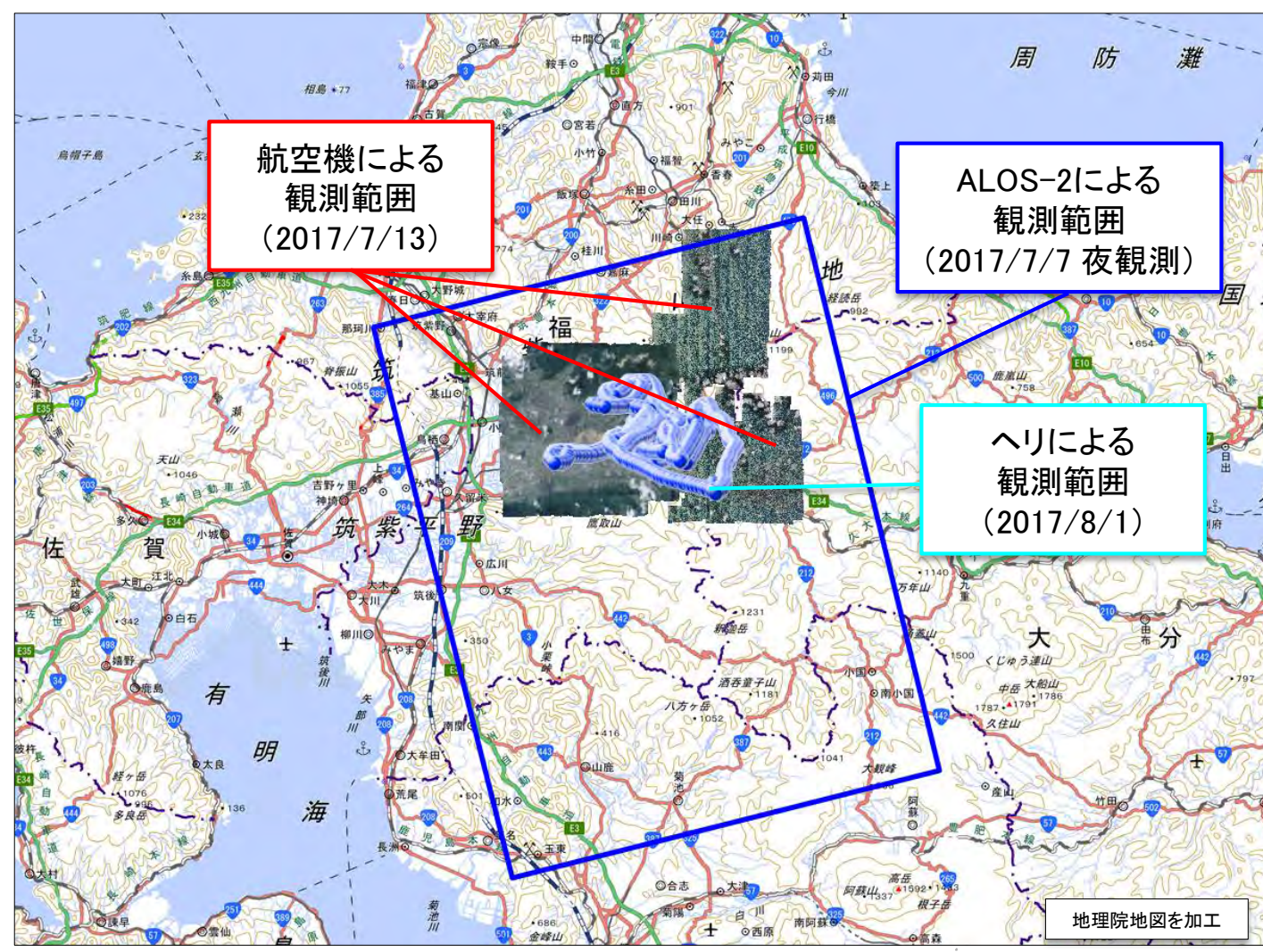
災害時における活用事例（平成29年7月 九州北部豪雨）

- ・2017年7月5日 18時頃の福岡県大雨特別警報をトリガに、国交省からALOS-2による緊急観測要請。直近の観測パスは6日夜パス、7日昼パスであったが、福岡県朝倉市・東峰村、大分県日田市等での被害が拡大し、悪天候でヘリ等による調査が困難とのことから、6日夜パス以降、5回の緊急観測を実施し、画像プロダクトを提供。
- ・マニュアル判読による土砂移動推定箇所を情報提供し、九州地方整備局では、災害初期段階において防災ヘリが飛ばない中、概略的な地すべり推定箇所の迅速な把握に有効と評価された。



災害時における活用事例（平成29年7月 九州北部豪雨）

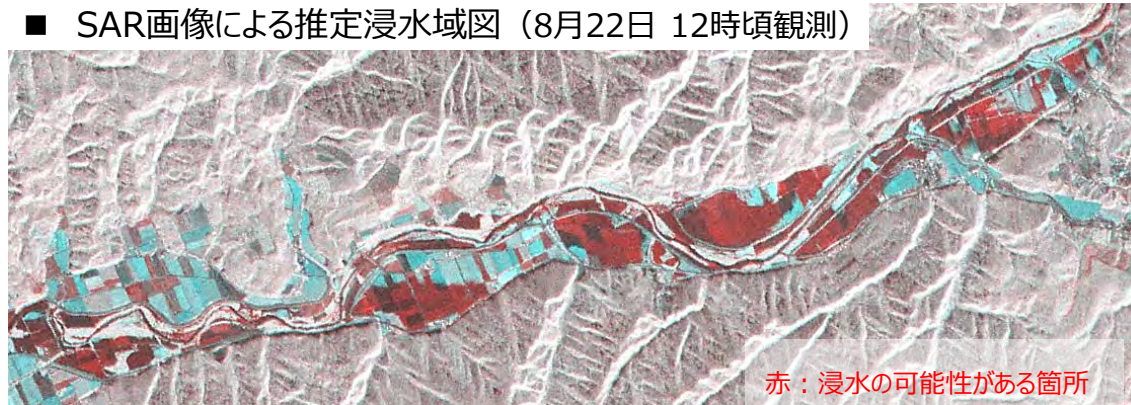
観測範囲の比較



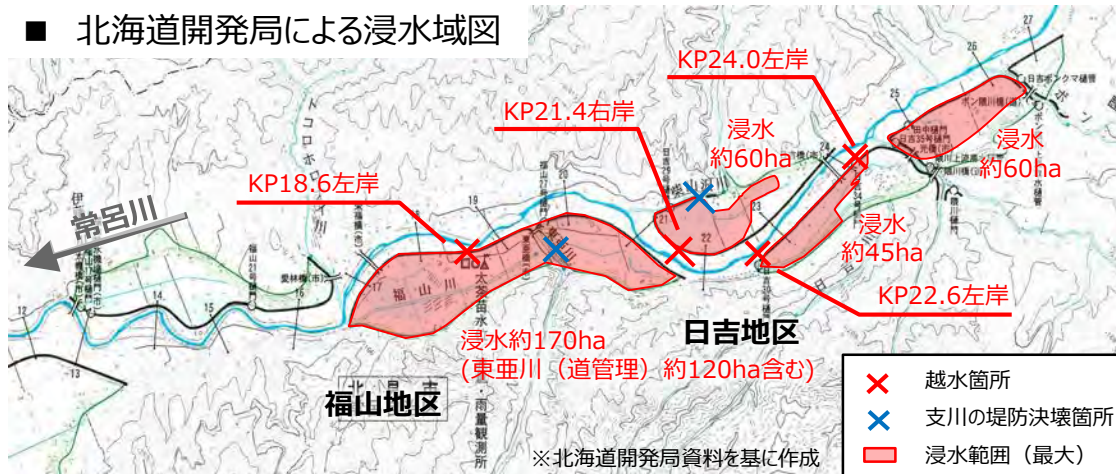
災害時における活用事例（平成28年8月 台風11号北海道豪雨）

北海道常呂川での越水（2016年8月21日0時40分）をトリガに、国交省河川計画課からALOS-2の緊急観測要請。昼・夜パスとも観測条件が合わず21日観測を見送る。22日も同河川で洪水が拡大し、悪天候でヘリ等による調査が困難とこのことから、22日昼・夜パスの観測要請を受け観測し、画像プロダクトを提供。8月21日16時時点の北海道開発局公開の浸水域情報に比べ、翌日12時のALOS-2観測から浸水域（右図中の赤色）が変化している様子が確認できる。

■ SAR画像による推定浸水域図（8月22日 12時頃観測）



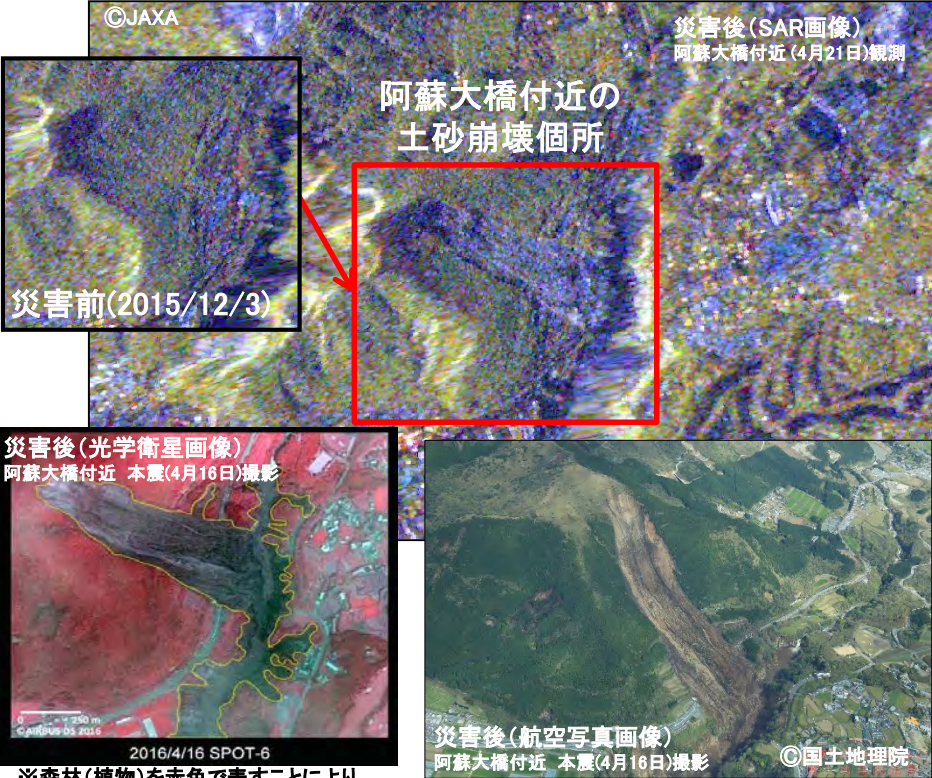
■ 北海道開発局による浸水域図



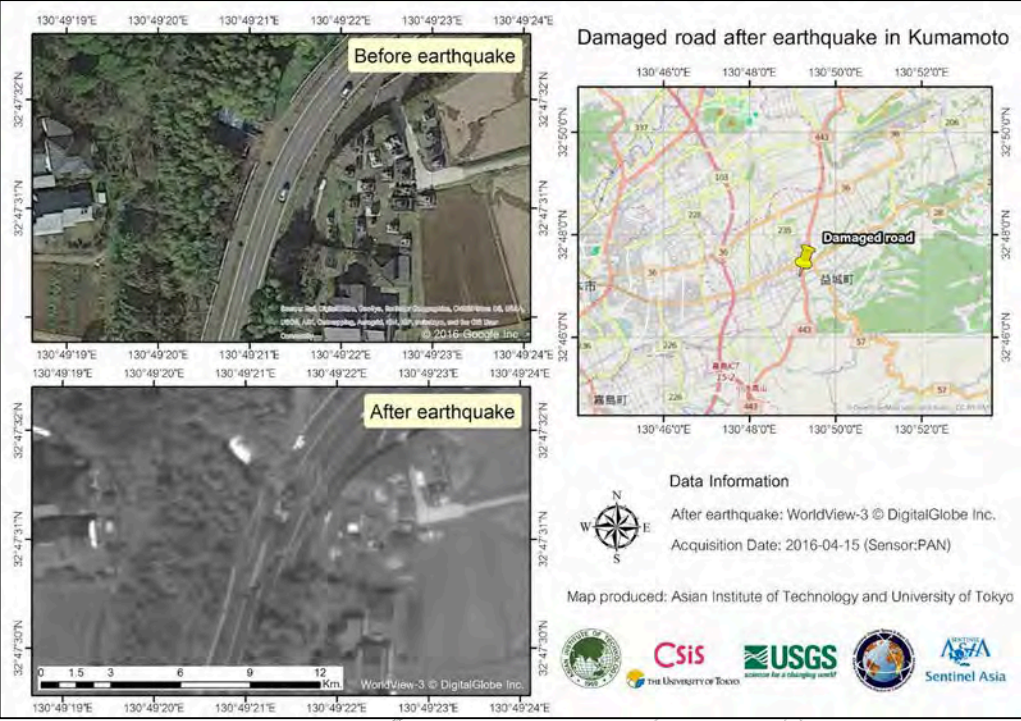
災害時における活用事例（平成28年4月 熊本地震）

2016年4月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

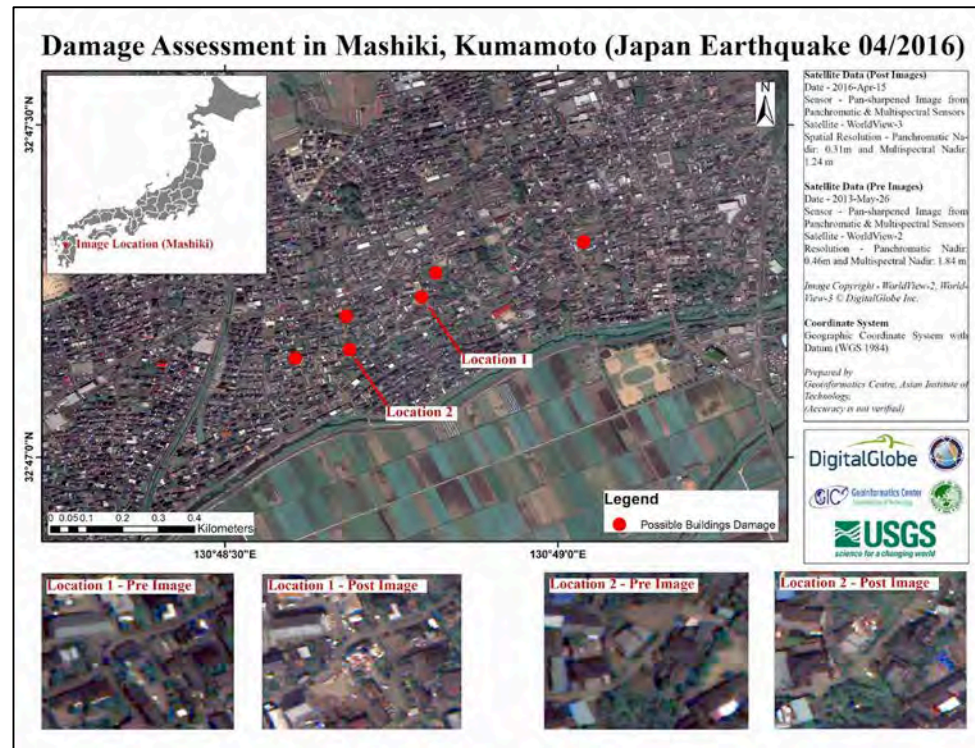


国際災害チャータの枠組みにて撮影した画像を用いた解析



災害時における活用事例（平成28年4月 熊本地震）

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



災害時における活用事例（平成27年9月 関東・東北豪雨）

2015年9月10日に台風18号等による豪雨の影響で鬼怒川流域で越水及び破堤による洪水災害が発生。国土交通省からの要請により緊急観測を実施し、浸水域抽出などの解析プロダクトを国交省などの防災関連機関に提供。国交省では、光学衛星画像、航空機撮影画像などに加え、ALOS-2観測画像も参考にして、鬼怒川の堤防の決壊に伴う浸水域の把握並びに排水ポンプ車の配置及び運用を実施した。

2時期RGBカラー合成画像
(ALOS-2データ)

国土地理院
判読浸水範囲

光学衛星画像

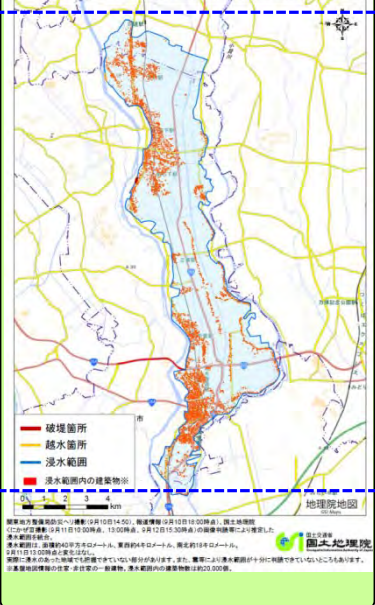
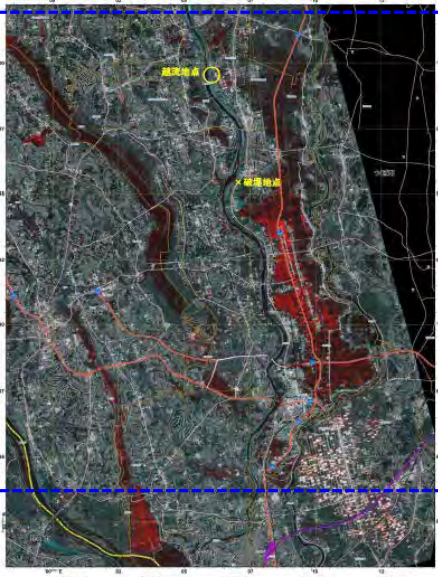
SAR衛星(ALOS-2)による浸水域の把握 9月10日(木)11:42観測

SAR衛星(ALOS-2)による浸水域の把握 9月11日(金)22:56観測

SAR衛星(ALOS-2)による浸水域の把握 9月13日(日)23:37観測

平成27年9月関東・東北豪雨に係る茨城県常総地区推定浸水範囲
(9月12日15:30時点までに浸水した範囲)

@Airbus DS 2015

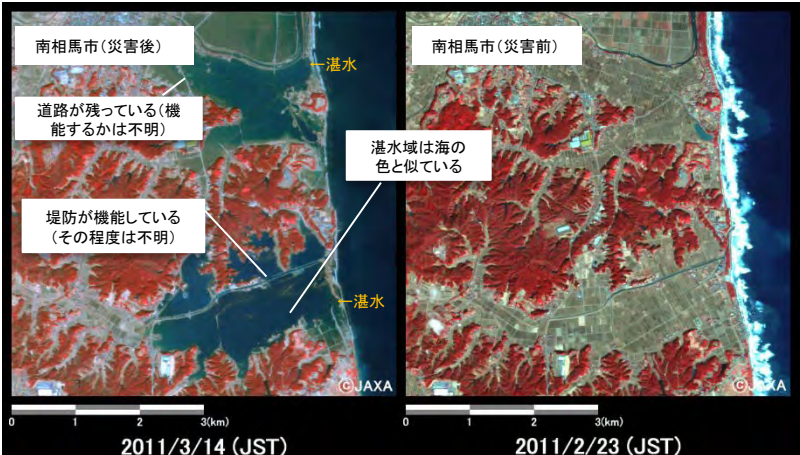


SPOT-6
(2015/09/11 10:11)

堤防決壊前の9/10 11:42観測に比較し、決壊後の9/11 22:56観測では決壊地点の東南側に赤色範囲(浸水域と推定)が拡大。9/13 23:37観測では赤色範囲が縮小しているのが確認できる。

災害時における活用事例（平成23年3月 東日本大震災）

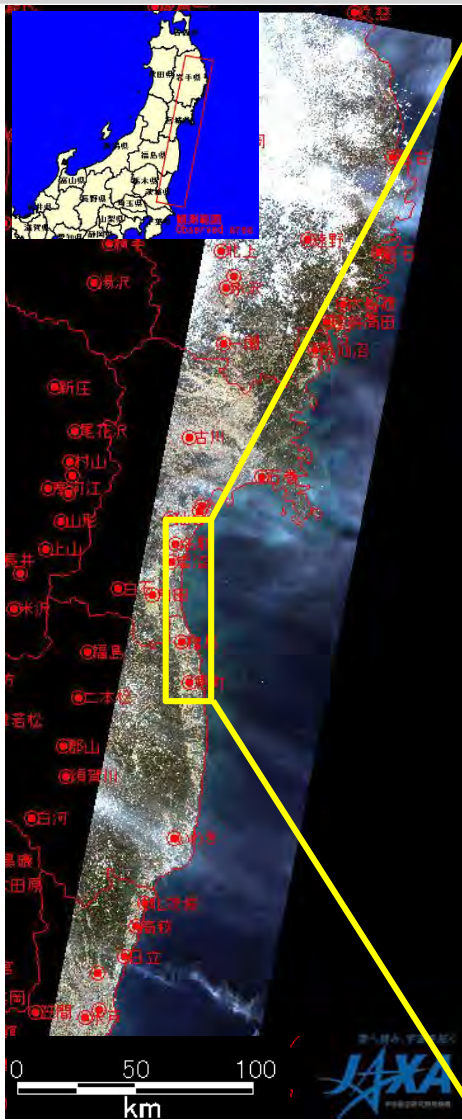
2011年3月11日、14時46分に東北地方の太平洋沖でマグニチュード9の地震が発生し、東北から関東にかけて大規模な津波が発生し、沿岸地域に甚大な被害を与えた。翌日の3月12日以降、4月20日まで総計643シーンの観測を行った。



※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。



赤色、水色の箇所が2時期の変化箇所
赤色：浸水・湛水域が主体
水色：浸水・湛水やその他の変化



※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。

