

# JAXA地球観測衛星プログラムと 地理空間情報分野での利用

2018年2月2日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)  
第一宇宙技術部門 地球観測研究センター (EORC)

田殿 武雄

## 1. はじめに

## 2. 地球観測衛星によるリモートセンシング

- ✓ 主に「だいち」(ALOS)シリーズ衛星: ALOS, ALOS-2

## 3. 地理空間情報を活用した防災分野における衛星利用

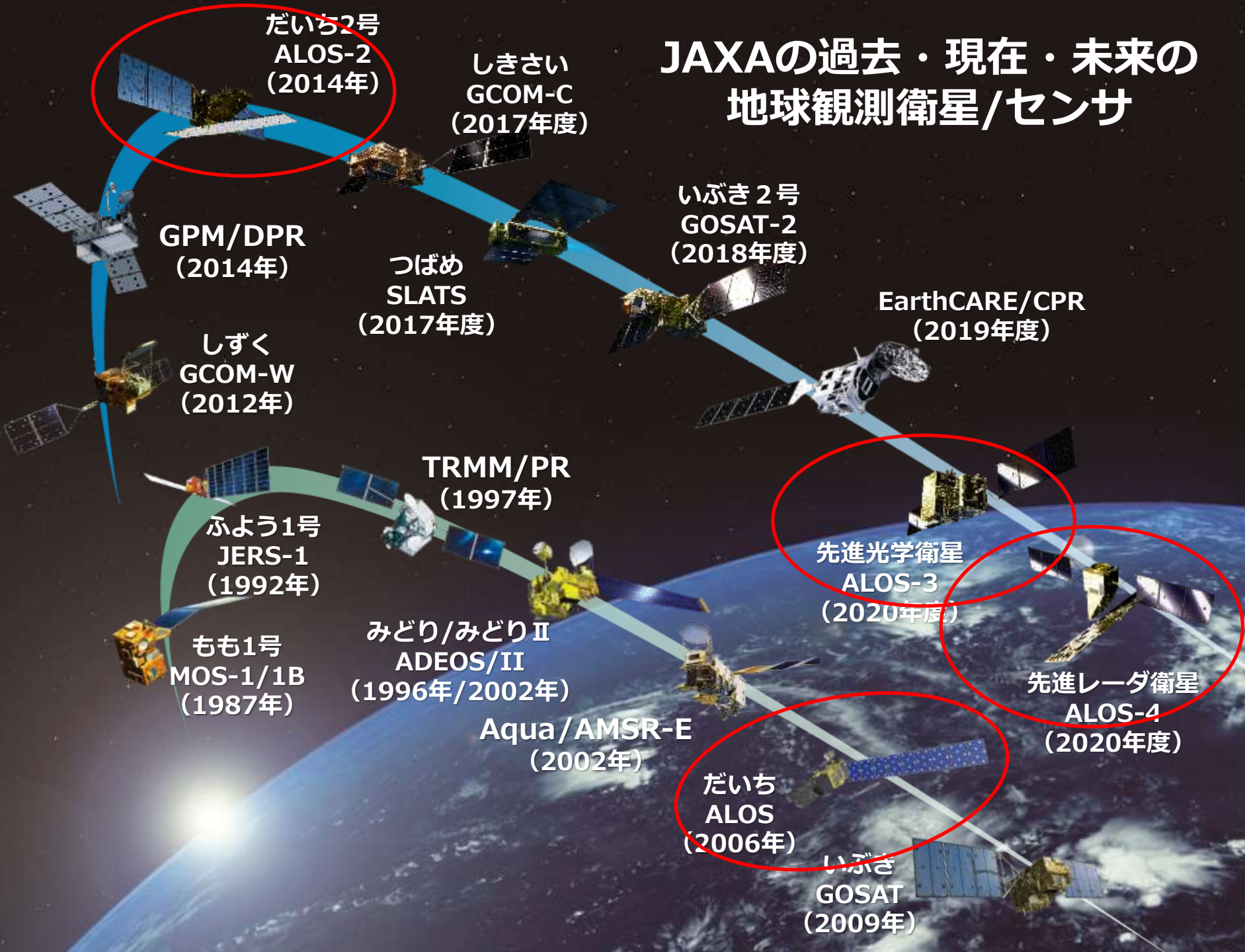
- ✓ 自然災害への備え: 平時・減災
- ✓ 災害状況把握: 緊急観測対応
  - 2014年西ノ島の火山活動
  - 2015年9月10日関東・東北豪雨に伴う河川氾濫
  - 2016年4月14日熊本地震
- ✓ 衛星情報とビッグデータ解析を用いた災害状況把握

## 4. 更なる利用の定着に向けて

- ✓ ALOS-3, ALOS-4
- ✓ 衛星データのオープン&フリー化

## 5. まとめ

# JAXAの過去・現在・未来の地球観測衛星/センサ



# JAXA 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)



## GCOM-C: Global Change Observation Mission-Climate

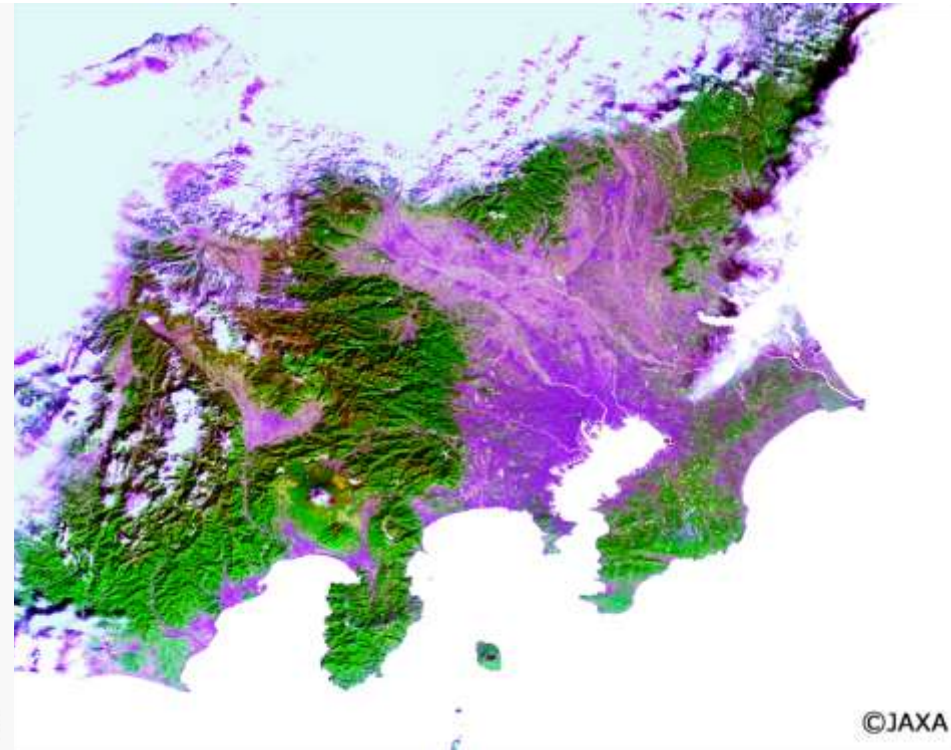


### GCOM-C SGLI characteristics

Orbit	Sun-synchronous (descending local time: 10:30), Altitude: 798km, Inclination: 98.6deg
Launch Date	<b>Dec. 23, 2017</b>
Mission Life	5 years
Scan	Push-broom electric scan (VNR: VN & P) Wisk-broom mechanical scan (IRS: SW & T)
Scan width	<b>1150km</b> cross track (VNR: VN & P) <b>1400km</b> cross track (IRS: SW & T)
Spatial resolution	<b>250m</b> (land and coastal areas), 500m, 1km
Polarization	<b>3 polarization angles for POL</b>
Along track tilt	Nadir for VN, SW and TIR, & +/-45 deg for P



GCOM-C Satellite PFM @ JAXA Tsukuba Space Center



図は、気候変動観測衛星「しきさい」搭載のSGLIが2018年1月6日午前10時30分頃(日本時間)に関東上空で取得した250m分解能の観測画像で、左に人間の肉眼での見た目に近い色で合成したトゥルーカラー画像\*、右に近赤外域の波長を使用して合成したナチュラルカラー画像\*\*です。静岡県や関東山地東側に広がる常緑針葉樹はトゥルーカラーでは暗く写り落葉性樹木との区別がはっきりしませんが、植生に感度が高い近赤外域を用いるナチュラルカラーでは鮮やかな緑色で表されています。一方、房総半島等に点在するゴルフ場は、芝生が色褪せる時期のため、緑色ではなく薄黄色の斑点状に見えています。

\*: 赤, 緑, 青にSGLIのVN8, VN5, VN3の各チャンネル反射率を割り当てたRGB合成画像

\*\* : 赤, 緑, 青にSGLIのVN8, VN11, VN3の各チャンネル反射率を割り当てたRGB合成画像

# 陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)

## Advanced Land Observing Satellite (ALOS)

- 2006年1月24日打上げ  
2011年5月12日運用終了  
(2011年4月22日低負荷モード移行)
- 高度約700kmから3つのセンサーで地表を観測
- 地図作成, 土地利用観測, **災害状況把握**, 資源探査等に利用

**PRISM**(パングロマティック立体視センサ)



**AVNIR-2**(高性能可視近赤外放射計2型)

**PALSAR**(フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ)

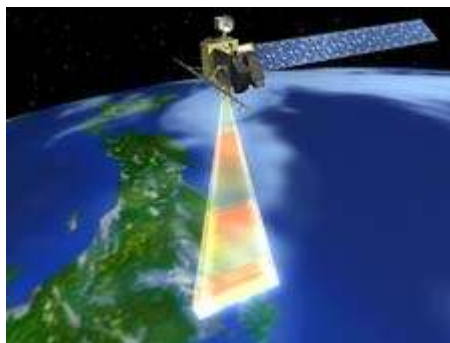
*PRISM*



衛星の進行方向に沿って  
3方向を同時観測

**2.5mの分解能**で地上の  
建物などを観測可能

*AVNIR-2*



**10mの分解能**で地上を  
**カラー観測**

左右44度の首振り機能  
を持ち, 災害発生時  
には2日以内に観測できる

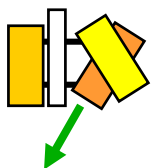
*PALSAR*



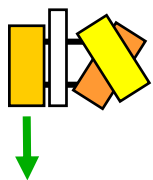
地上が**曇り**や**雨の天候**時  
また**夜**であっても電波レー  
ダによって**観測可能**

ミッション		PRISM		AVNIR-2		PALSAR	
地図作成	機能性能	2.5m 3方向視	◎	マルチスペクトル 10m	○	10m 高S/N	○
	用途	標高抽出 地物判読		土地被覆		標高/土地被覆 (雲の多い地域)	
地域観測	機能性能	70km 2.5m	◎	マルチスペクトル 70km	◎	Lバンド、広観測幅、 多偏波	◎
	用途	地物判読		土地被覆		土地被覆、海氷	
災害状況把握	機能性能	2.5m	○	ポインティング マルチスペクトル	◎	ポインティング	◎
	用途	地物判読		土地被覆		土地変化、洪水、海洋 汚染	
資源探査	機能性能	70km 2.5m	○	マルチスペクトル 70km、10m	○	Lバンド 70km、10m	◎
	用途	地形判読		土地被覆		地形判読、土地被覆	

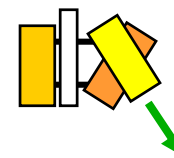
# 異なる方向から撮影された画像の例



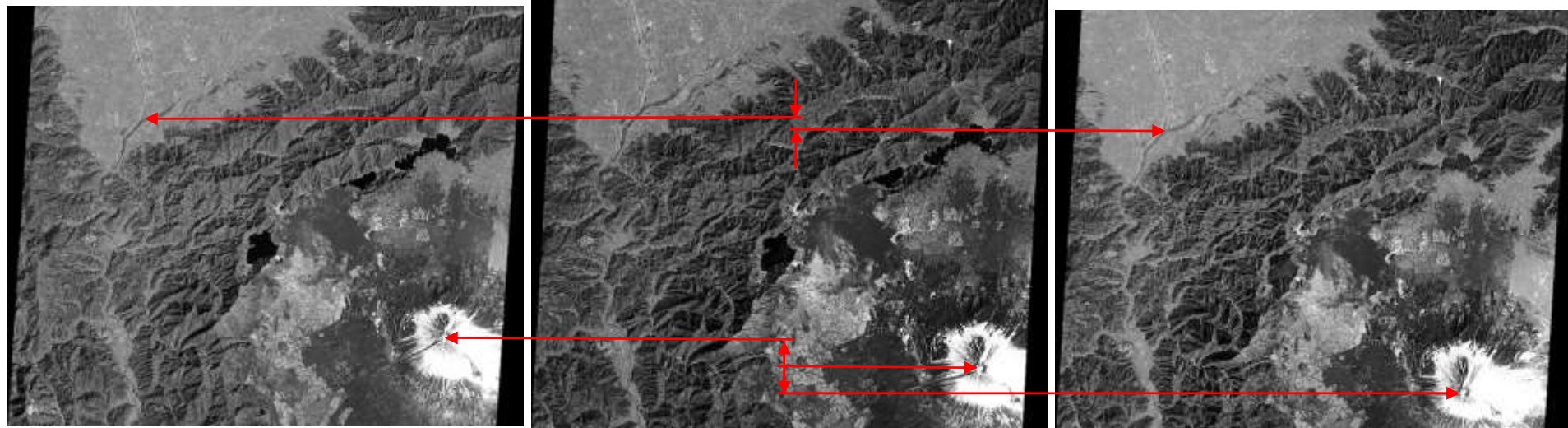
後方視



直下視



前方視



衛星進行方向  
↓

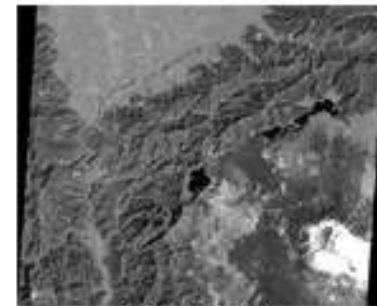
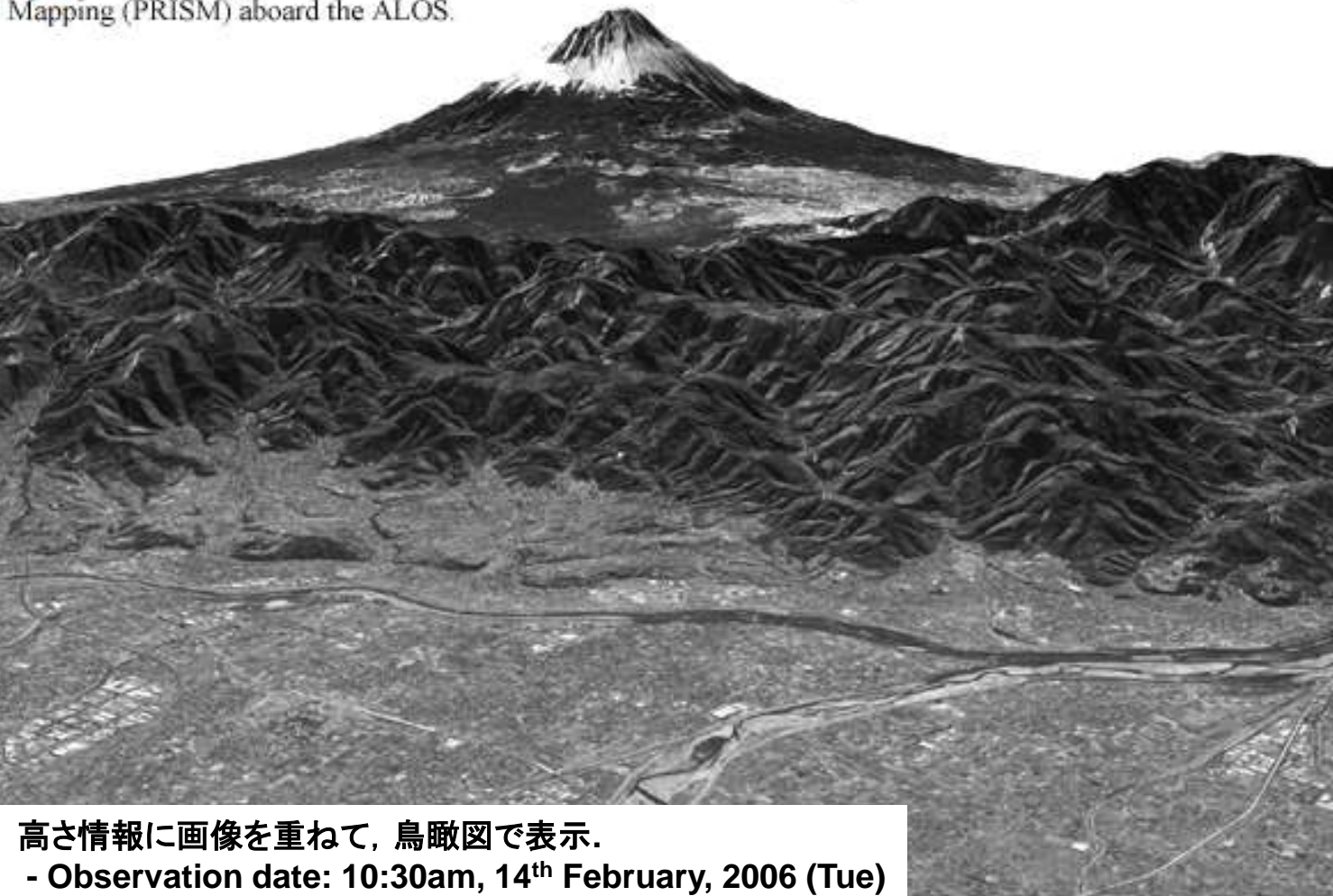
異なる方向から観測された画像  
 =ステレオペア(三方向視の場合はトリプレット)画像  
 地上の高さ(標高, 地形)によって観測される位置にずれが生ずる  
 =「視差」(parallax)  
 これを合成すると...



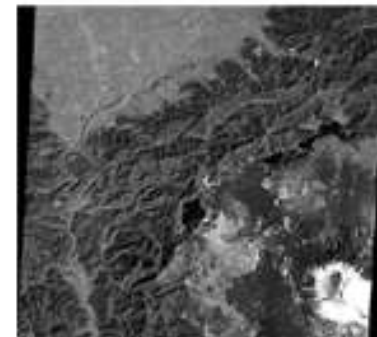


## 陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)パナクロマチック立体視センサ(PRISM)が観測した富士山

View of Mt. Fuji, Japan observed by the Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM) aboard the ALOS.



後方視画像



直下視画像



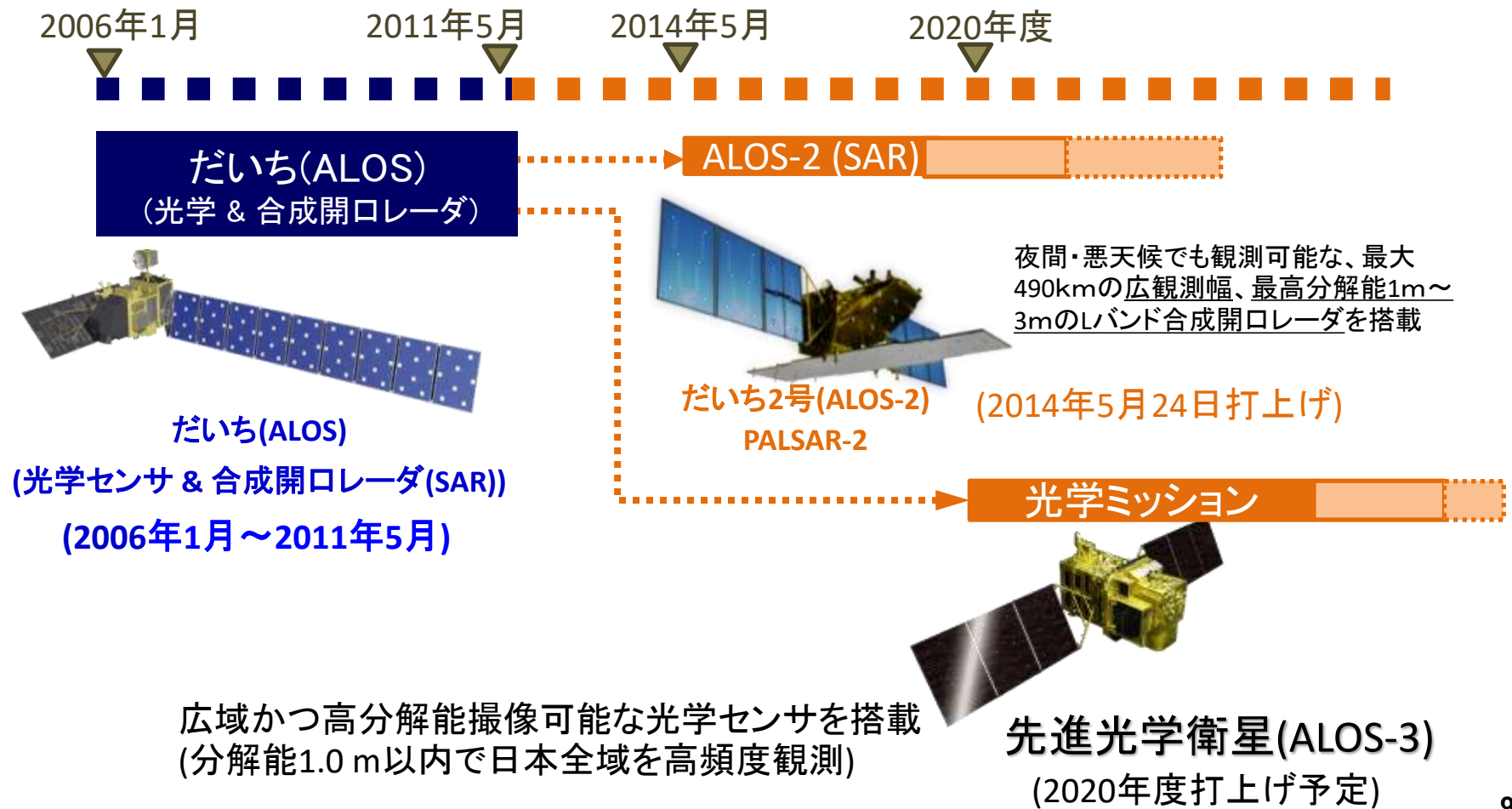
前方視画像

高さ情報に画像を重ねて、鳥瞰図で表示.

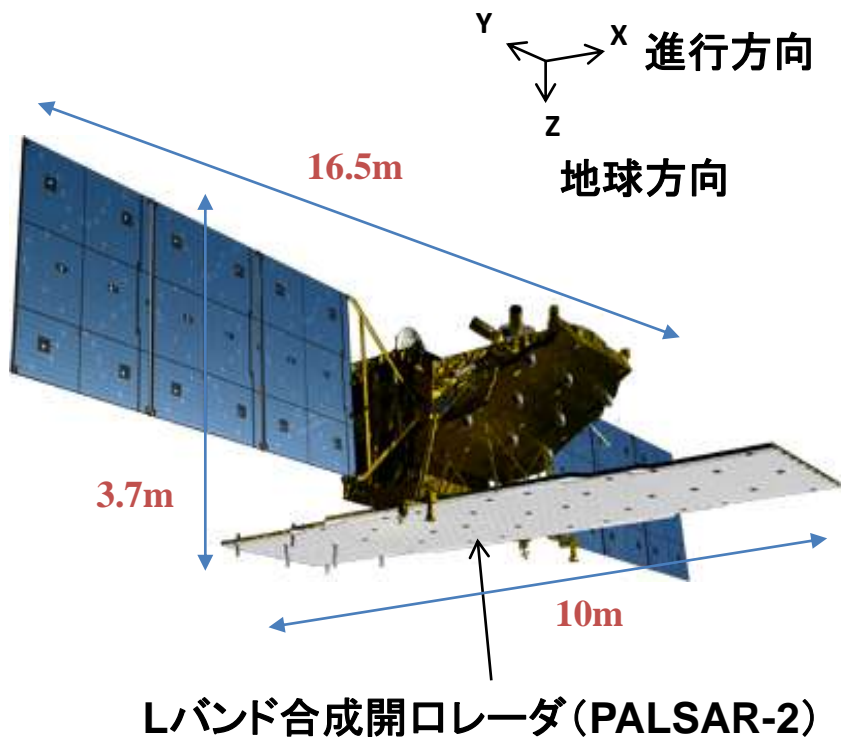
- Observation date: 10:30am, 14<sup>th</sup> February, 2006 (Tue)
- Data dawn/link to EOC: 11:00pm, 14<sup>th</sup> February, 2006

## ■ 陸域観測技術衛星 (ALOS) の継続性確保

- ALOSシリーズの取得する広域・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、社会インフラとして継続性を確保。



# 「だいち2号」(ALOS-2)

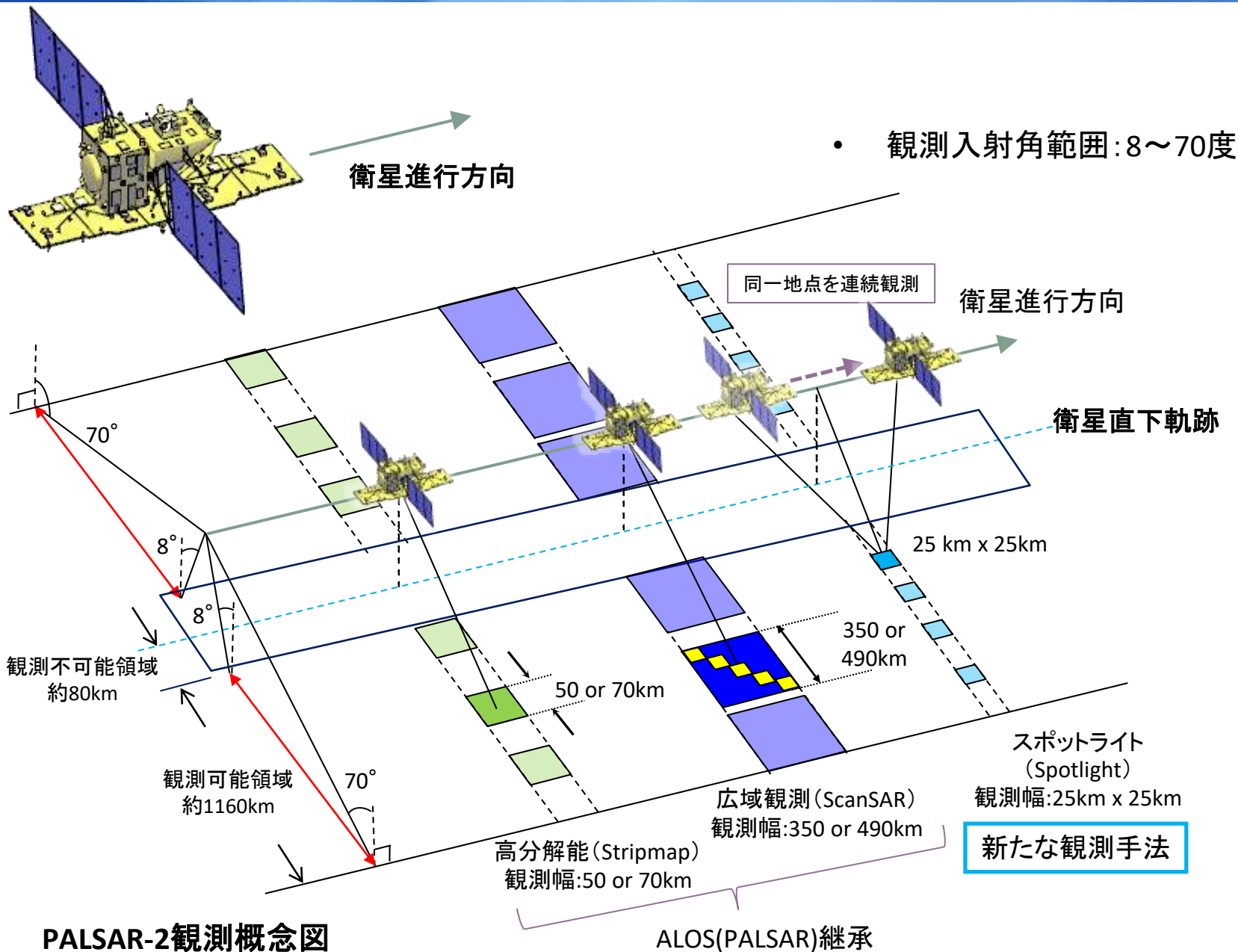


**ALOS-2 軌道上概観図**

運用軌道	種類	太陽同期準回帰軌道(14日回帰)
	高度	628km(赤道上)
	通過時刻	12:00(正午)@赤道上(降交軌道)
設計寿命		5年(目標7年)
打上	時期	平成26年(2014年)5月24日
	ロケット	H-IIA 24号機
衛星	質量	約2トン
	パドル	2翼パネル
ミッションデータ伝送		直接伝送およびデータ中継衛星経由
合成開口レーダ周波数		Lバンド(1.2GHz帯)
観測性能	スポットライト	分解能:1~3m 観測幅:25km
	高分解能	分解能:3/6/10m 観測幅:50/50/70km
	広域観測	分解能:100/60m 観測幅:350/490km

技術実証ミッションとして小型赤外カメラ(CIRC)、船舶自動識別(AIS)信号受信機(SPAISE2)を搭載

# ALOS-2 PALSAR-2



# 日本のL-band SAR衛星

## JERS-1 SAR 1992 - 1998



## ALOS PALSAR 2006 - 2011



## ALOS-2 PALSAR-2 2014 -



Transmit power: ~1.5 kW

~2 kW

~6.1 kW

Resolution: 18 m

10 m / 100 m

3 m / 100 m

Swath width: 75 km

70 km / 350 km

50 km / 490 km

Polarization: Single

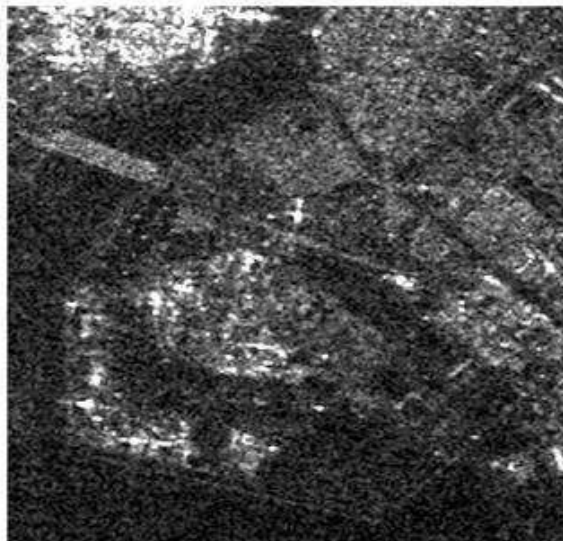
Single, Dual, Quad

Single, Dual, Quad

Obs. direction: Right

Right

Right or Left



「ふよう1号」 SAR  
1992年4月21日  
(分解能約18m)



「だいち」 PALSAR  
2006年4月27日  
(分解能約10m)



「だいち2号」 PALSAR-2  
2014年6月19日  
(分解能約3m)

# 「だいち2号」主な利用用途とユーザ

ミッション	利用用途	ユーザ	頻度	
暮らしの安全の確保	地震災害	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国内防災機関、自治体</li> <li>・センチネルアジア</li> <li>・国際災害チャータ</li> </ul>	内閣府防災担当	発災時
	水害・土砂災害		国土交通省	発災時
	火山災害		気象庁 (火山噴火予知連)	対象火山について高頻度で
	海上・沿岸災害		海上保安庁、環境省	発災時
	地殻変動の予測・監視	国土地理院(地震予知連)		年4回以上
	その他	行政機関		要請時
	基本データ収集	行政機関、民間事業者		年4回以上
	海氷調査	海上保安庁		毎年12月から5月にかけて、オホーツク海の観測を可能な限り毎日
地球規模の環境問題への対応	森林観測	REDD+関係機関		雨季、乾季
	湿地観測	環境省(ラムサール条約関連)		年8回程度
	森林伐採監視	IBAMA		2週間に1回程度
	極域海氷モニタリング	気象庁、気象サービス会社、極地研究所		
経済・社会への貢献	水稲作付面積把握	農林水産省		年1回以上
	資源探査	経済産業省		
	船舶動静管理	海上保安庁		月1回以上

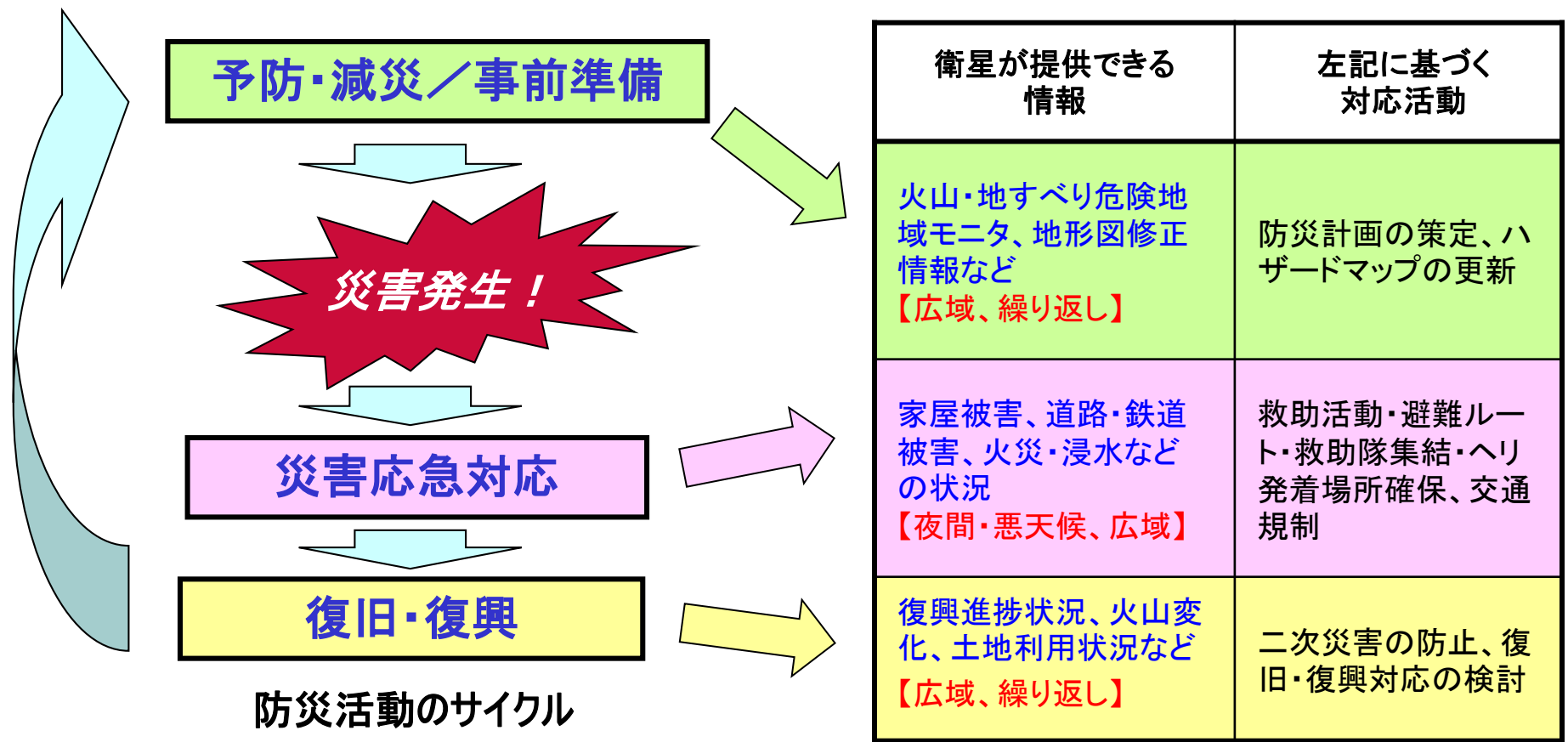
例えば，災害監視を目的とした場合

- ・ **広域性**  
-高い位置から広範囲が見渡せる
- ・ **同報性**  
-高い位置から多数の人に同時に伝達できる
- ・ **対災害性**  
-地表から離れている  
-メンテナンスフリーで数年に亘って宇宙空間に滞在



衛星観測の特長を活かした「**夜間・悪天候時の観測**」、「**広域の観測**」、「**繰り返しの観測**」により得られた情報を防災活動に提供する。

航空機やヘリコプタ等による情報収集を補い、防災活動に貢献

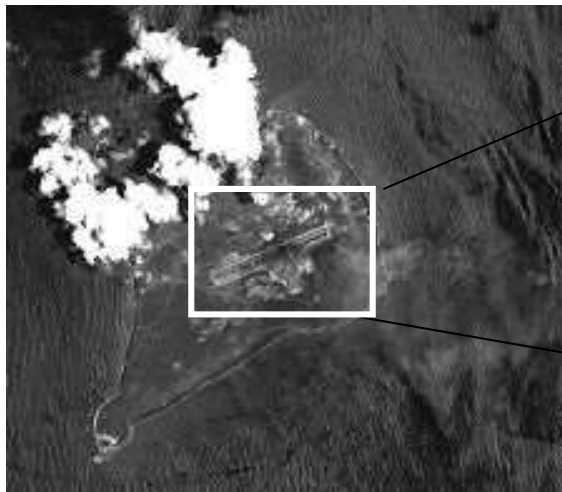




## ■ 例：ALOS-2による取組み(現状)

分類	利用用途	主要利用機関	利用フェーズ	具体的な利用事例
火山	・活火山の地殻変動の監視	気象庁 (火山噴火予知連)	◎ 定常利用 実利用相当	・箱根山(箱根町入山規制) ・桜島(噴火レベル判断) ・重点活火山の定期監視
	・噴火時の状況把握 -降灰、火砕流範囲の特定 ・活火山火口底形状変化把握	国交省、気象庁	○ 利用実証	・口永良部島 ・桜島(定期観測)
地震	・地殻変動、地形変化の把握	国土地理院 (地震予知連)	◎ 定常利用 実利用相当	・熊本地震(断層・地割れ)
	・建物崩壊状況把握 (被害域の面的情報)	内閣府、自治体	△ 利用研究	
風水害	・大規模地すべり崩落把握 ・河道閉塞の状況把握 ・浸水域(被害範囲)の把握 ・大雨時の土砂災害域の点検	国交省、自治体	○ 利用実証	・平成28年台風10号  ・平成27年関東・東北豪雨 平成28年台風9号, 10号
	・地すべり地域の定期監視	国交省、自治体	△ 利用研究	

## 「だいち」で見た硫黄島

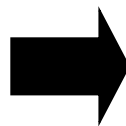


拡大画像



旧

© 国土地理院



新(2007年8月更新)

© 国土地理院

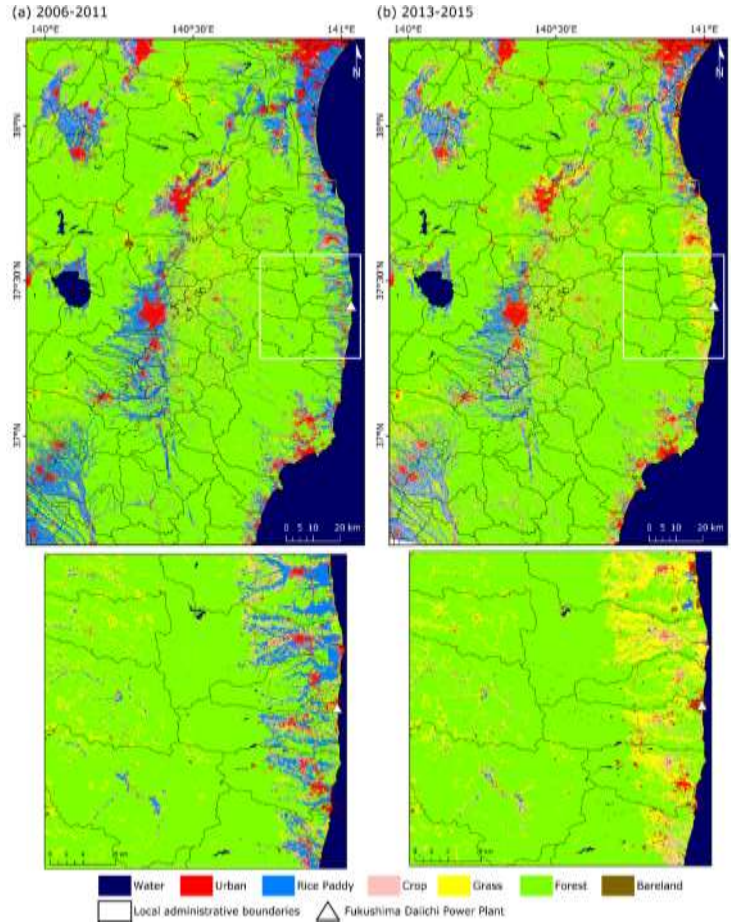
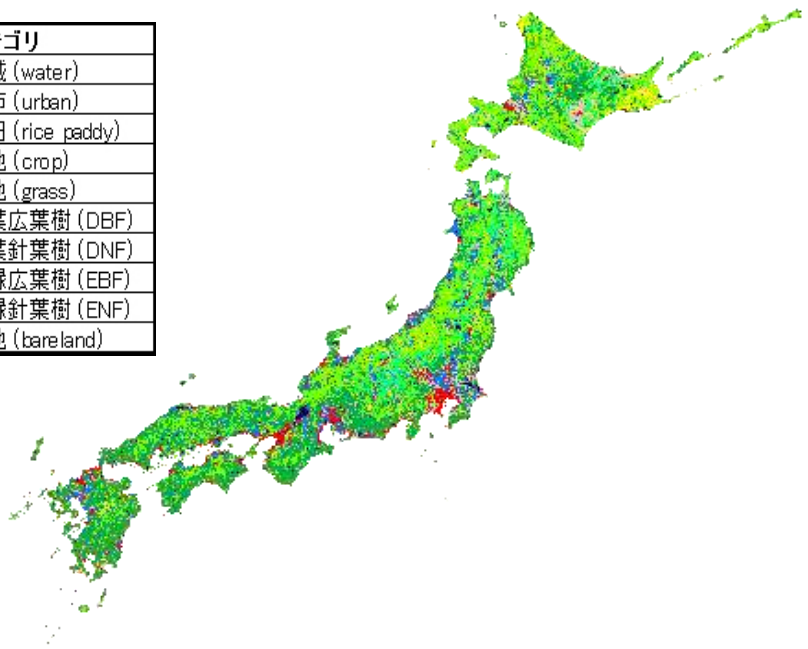


・離島や南極の地形図作成, 更新は衛星データの利用が有効

## ■ 日本域のHRLULCマップ(v16.09)を公開, v17.03を内部公開

- ✓ 2006-2011観測: AVNIR-2 10m解像度(2016年9月リリース, v16.09)
- ✓ 2013-2015観測: Landsat-8 30m解像度(v17.03内部リリース, 検証中)
- ✓ 教師情報は観測年に合わせ, 分類アルゴリズムは同じ(saclass)

色	コード	カテゴリ
■	1	水域 (water)
■	2	都市 (urban)
■	3	水田 (rice paddy)
■	4	畑地 (crop)
■	5	草地 (grass)
■	6	落葉広葉樹 (DBF)
■	7	落葉針葉樹 (DNF)
■	8	常緑広葉樹 (EBF)
■	9	常緑針葉樹 (ENF)
■	10	裸地 (bareland)

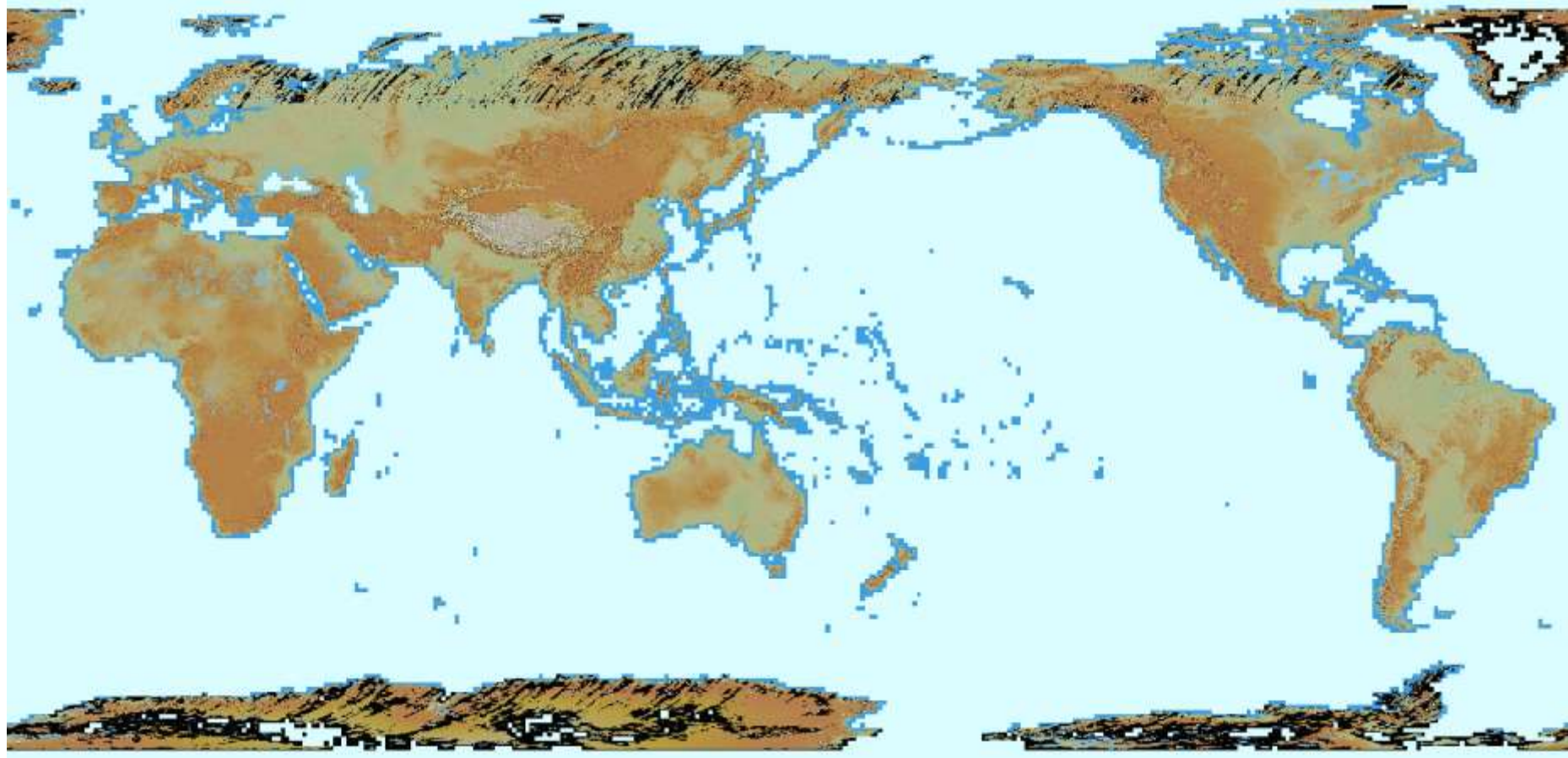


**■ 精度検証結果**  
 v16.09: 全体精度78.0%,  $\kappa$ 係数0.745  
 (参考) v16.02: 全体精度76.9%,  $\kappa$ 係数0.733

日本域を対象とした領域スケール土地被覆図の比較例

左: ALOS/AVNIR-2による2006~2011年, 右: Landsat-8による2013~2015年。下段の拡大図を比較すると、震災前に水田(水色)であった場所が、震災後に草地(黄色)に変化していることが分かる

・奈佐原2016; 片木2016  
 ・Ishihara and Tadono, Scientific Report, 2017



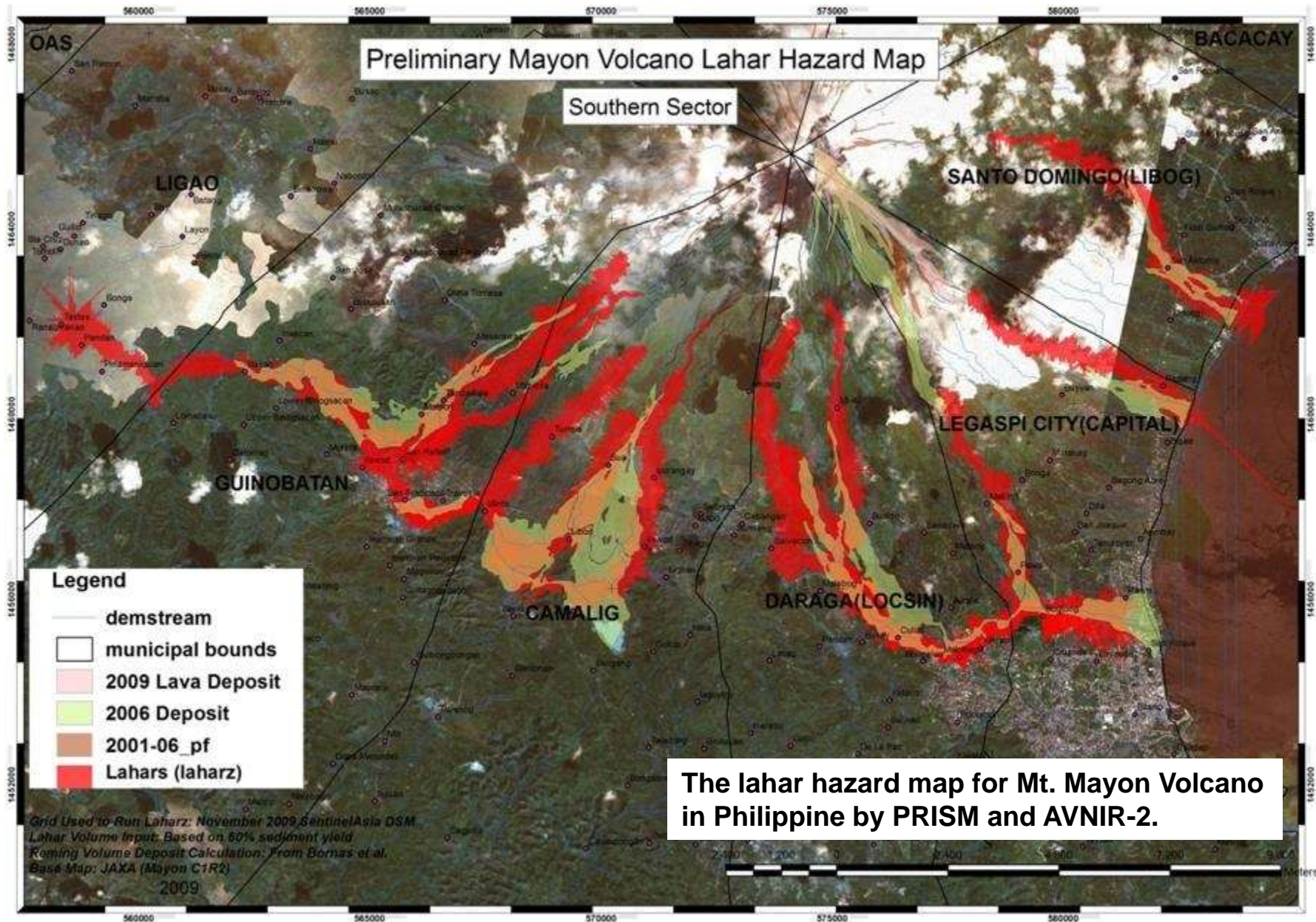
ALOS/PRISMによる全世界デジタル3D地図”ALOS World 3D-30m” (AW3D30) Ver.1.1.

©JAXA, NTT DATA, RESTEC

- 5m解像度標高データ & 2.5m正射投影(オルソ補正)画像
- 30m解像度標高データ(AW3D30)の無償公開

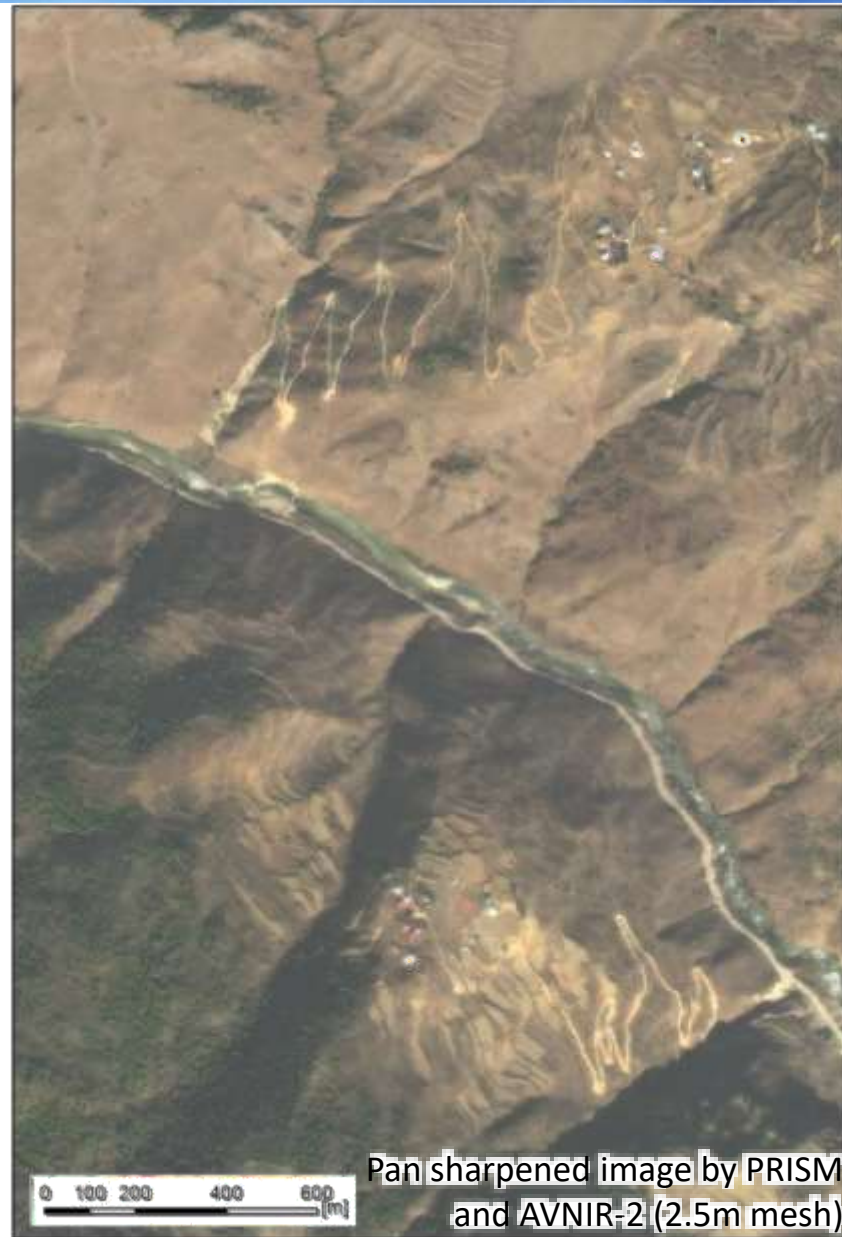
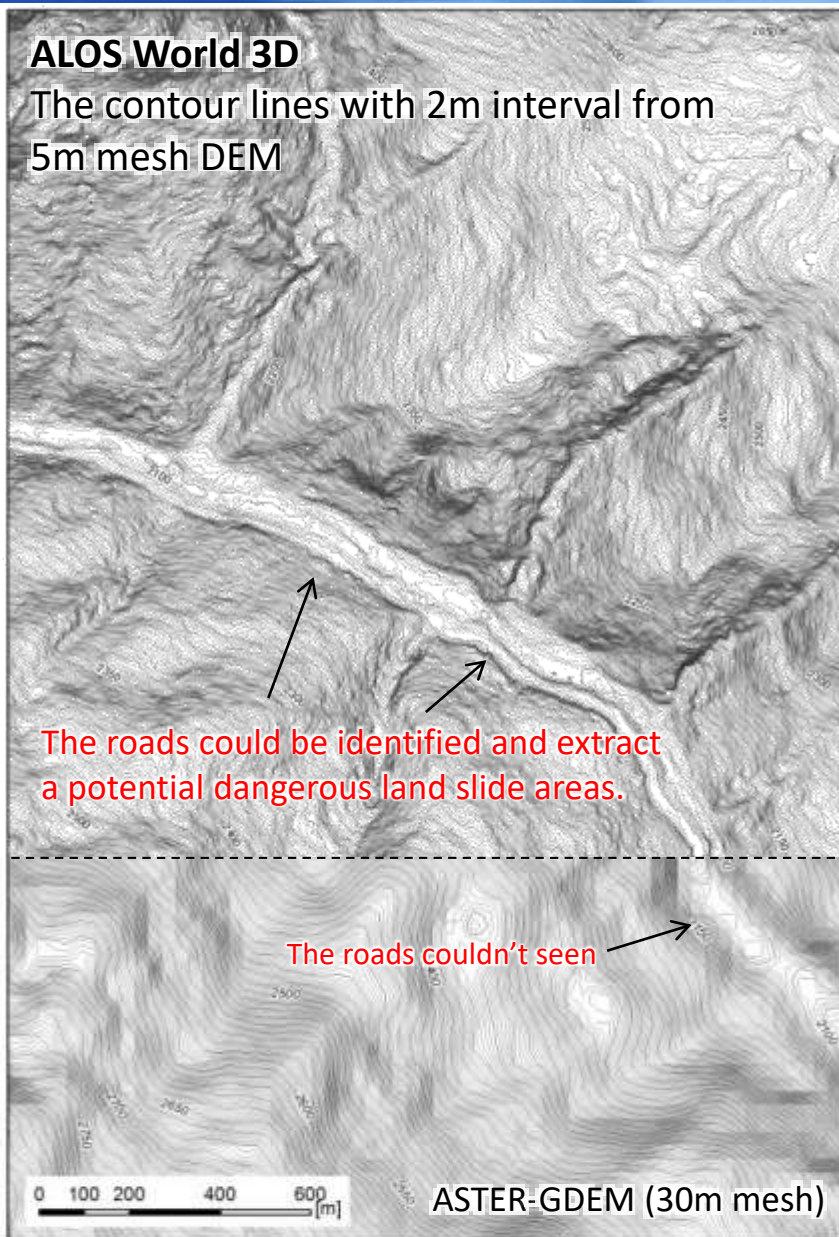
<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index.htm>

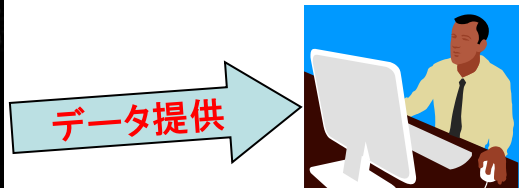
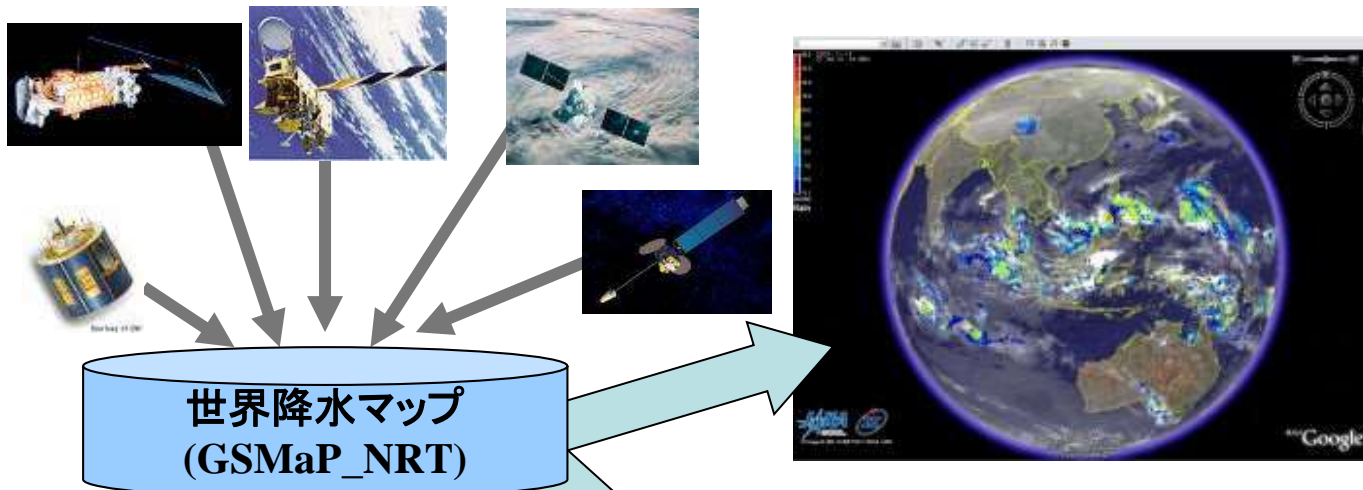
全世界の3次元基盤地図



## ALOS World 3D

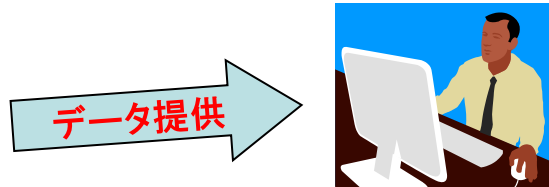
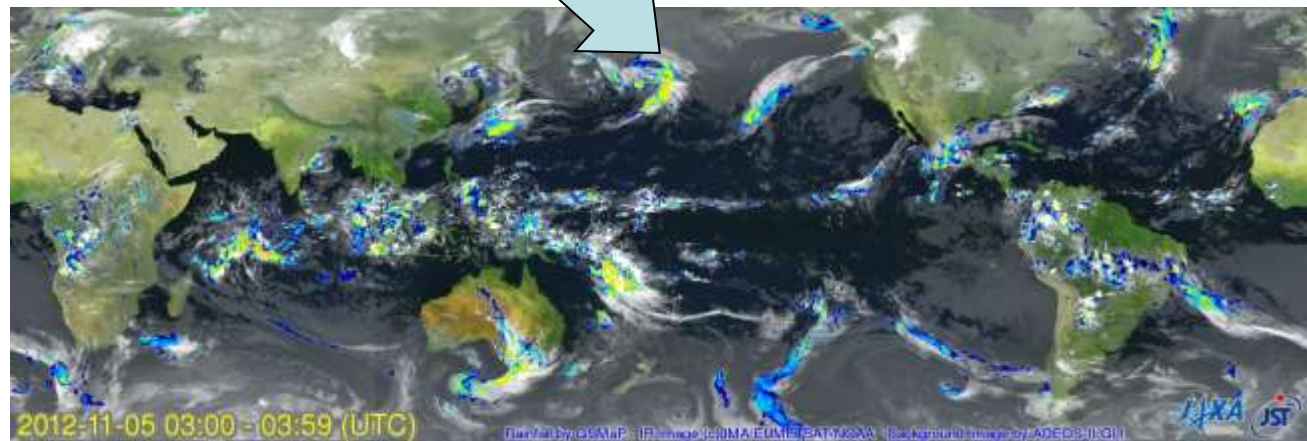
The contour lines with 2m interval from 5m mesh DEM





**データ提供**

観測から約4時間後に4時間後の予測値まで提供, 毎時間更新  
緯度経度0.1度グリッド



**データ提供**

インターネット経由

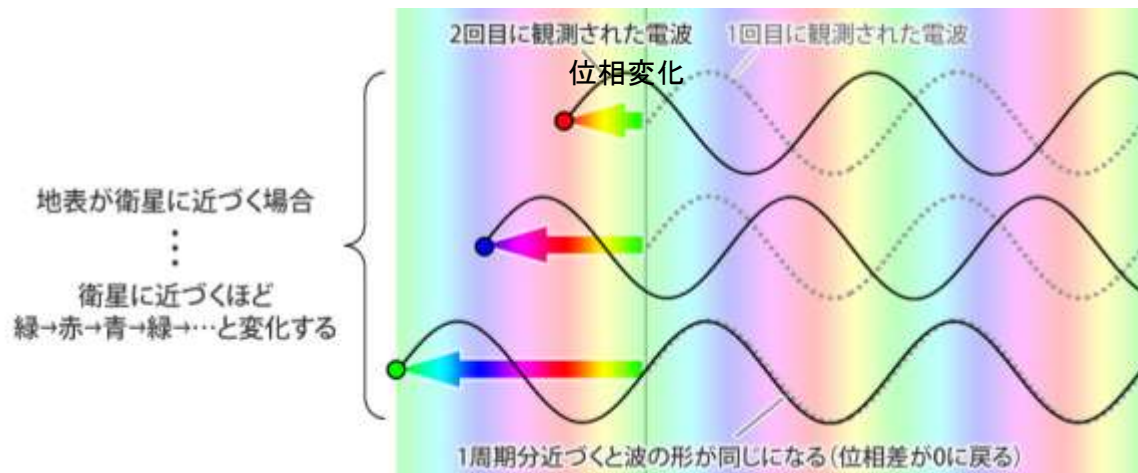
- 画像, ムービー
- グーグルアース形式ファイル
- データ

- ・「世界の雨分布速報(GSMaP)」の利用により, 雨量計が存在しない途上国等においても準リアルタイム(観測から約4時間後)で雨量を把握することが可能である。
- ・2015年11月からリアルタイムデータ(GSMaP\_Now)の公開開始
- ・洪水予測などの防災分野, 気象予報, 水資源管理, 農業等の実利用分野にも貢献することが可能

[http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index\\_j.htm](http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm)

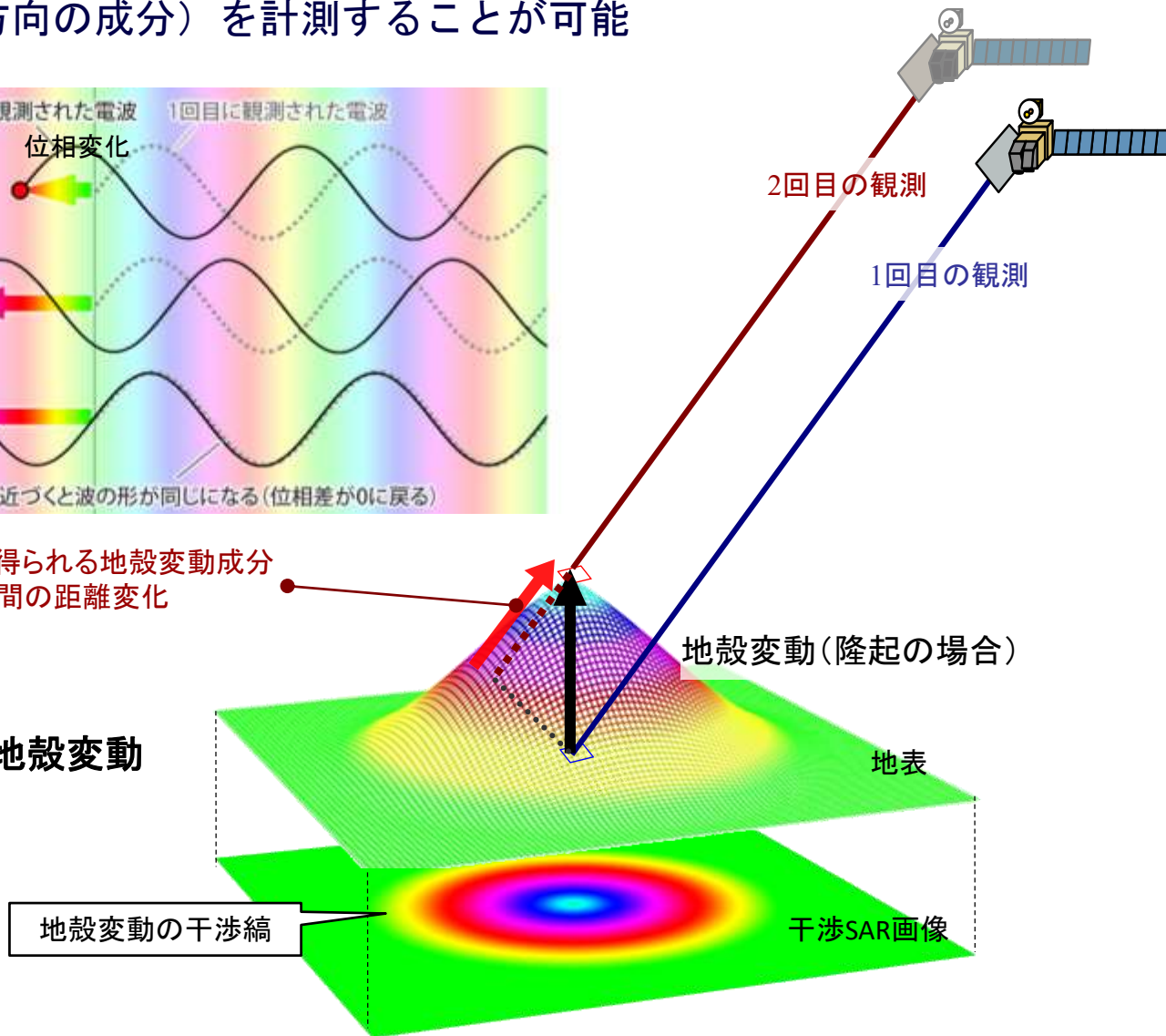
# 差分干渉SAR処理 (Differential SAR Interferometry, DInSAR)

- ◆ 地表面に変位が起きた場合、衛星⇔地表間の距離の変化により、電波の位相が変わる
- ◆ 地表面変位（衛星視線方向の成分）を計測することが可能



SAR干渉解析により得られる地殻変動成分  
衛星⇔地表間の距離変化

干渉SAR解析により得られる地殻変動





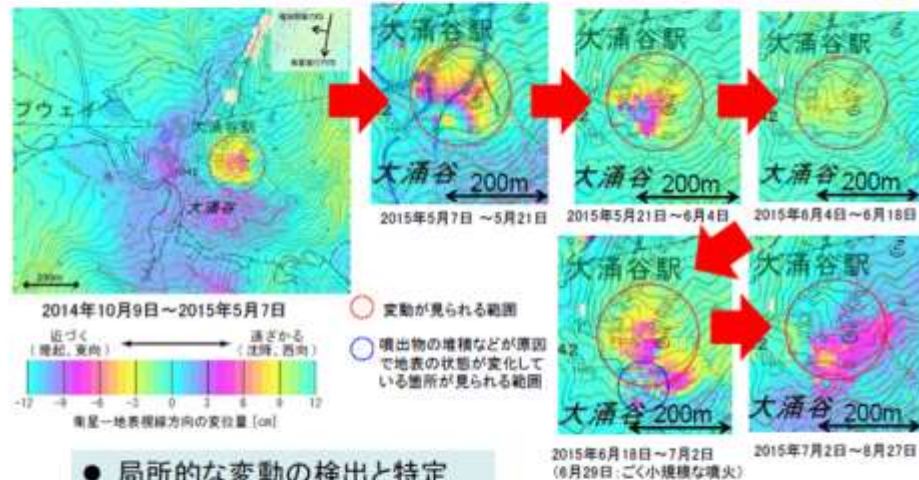
## 箱根山火山活動による地殻変動の監視

規制区域への立入再開及び安全対策の判断材料として活用

## 桜島での地下のマグマだまりの状況を推定

単に発災後の利用だけではなく、発災前の対応への利用

### 箱根山・大涌谷 - 高分解能になって見えた事象 国土地理院



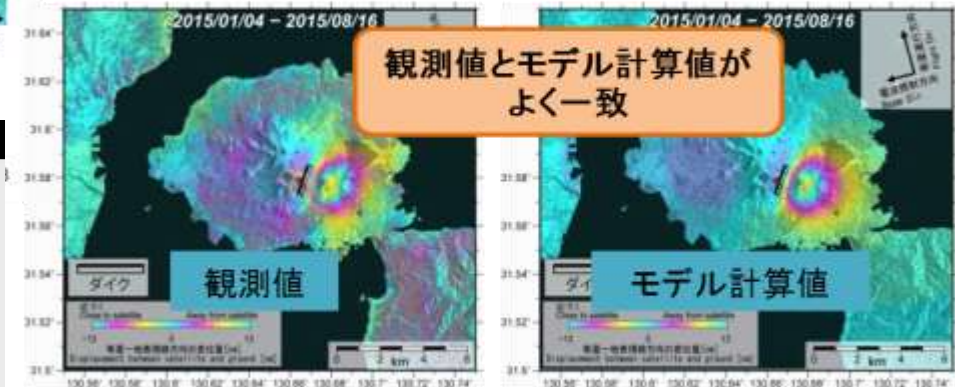
- 局所的な変動の検出と特定
- 高頻度に変動域の監視を継続
- 立ち入り規制の設定に活用

地盤隆起と「だいち」干渉画像の関係

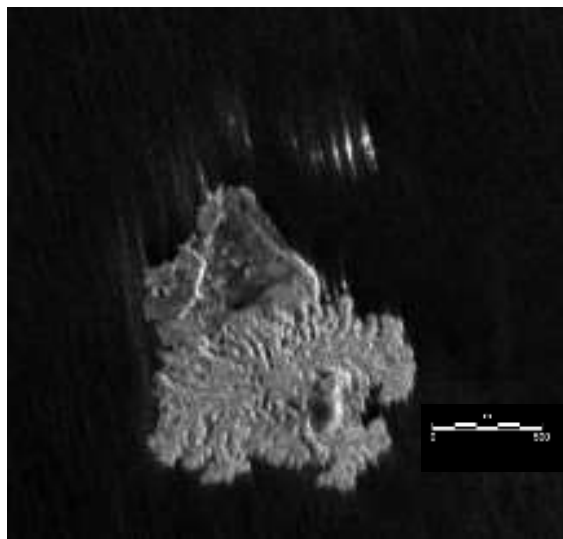
画像提供：国土地理院

### ～地殻変動モデリング(火山)～

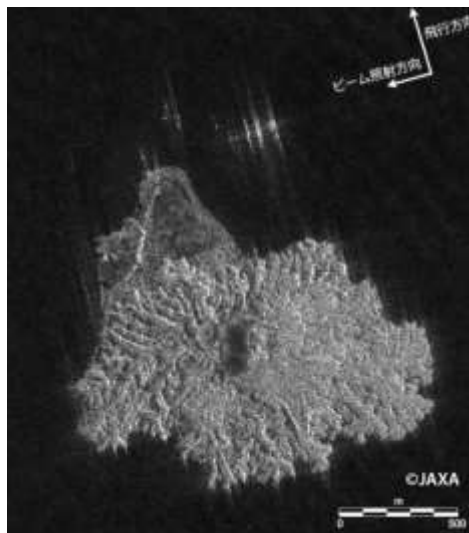
地表の地殻変動は、地下の火山活動や断層運動を伝えていることから、地下のマグマだまりの状況や断層運動を推定することが可能。



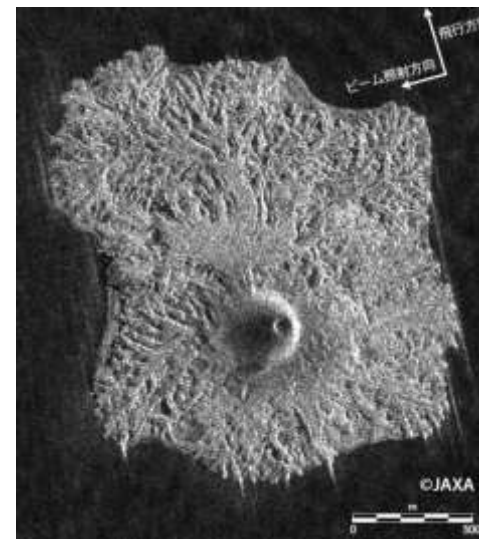
(例) 2015年8月15日 桜島の火山活動



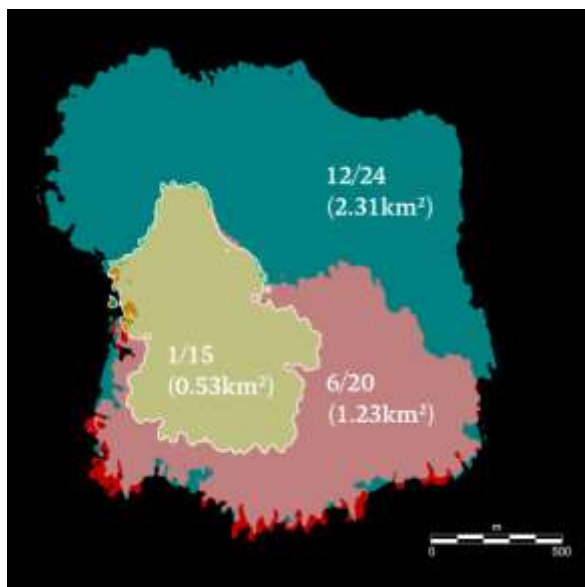
2014年2月4日  
(航空機搭載合成開口レーダ)



2014年6月20日  
だいち2号



2014年12月24日  
だいち2号



西ノ島の火山活動にと  
もなう島の面積変化

## ■ 台風18号(温帯低気圧)に伴う豪雨(平成27年関東・東北豪雨)

- 2015年9月10日、台風18号およびそこから変わった温帯低気圧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

## ■ JAXAの対応

- 国土交通省からの要請によりALOS-2による緊急観測を実施
- 画像および初期解析結果をWeb掲載
- 浸水域抽出等の解析プロダクトを防災関連機関(国交省・東京消防庁)に提供

## ■ データの活用例

- 国交省では、光学衛星画像、航空機撮影画像、ALOS-2画像を参考にして、鬼怒川の堤防決壊に伴う浸水域の把握、排水ポンプ車の配置及び運用を実施
- 防災関連機関等が運用する防災GISシステムに対し、緊急観測の解析プロダクトをオンライン提供し、GIS利用ユーザに情報共有
- 国土交通省内の統合災害情報システム(DiMAPS)に登録され、地理院推定浸水範囲等他の災害情報や地図情報と組合せ、省内及び地方整備局に情報共有

## 全球降水観測計画(GPM)による2015年9月の秋雨前線に伴う大雨の観測

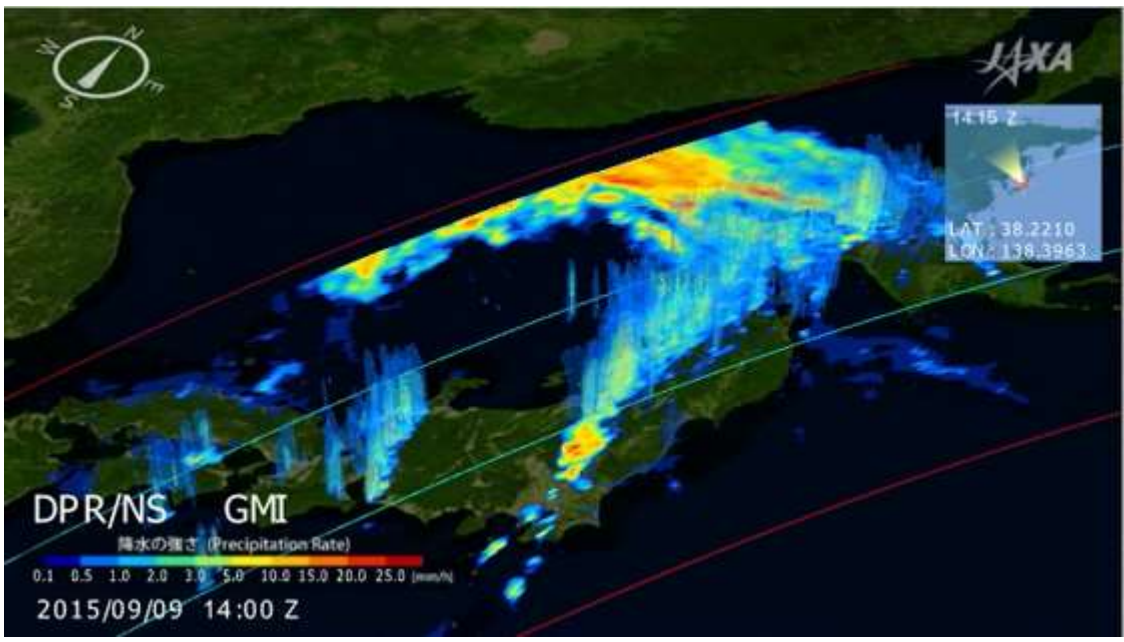
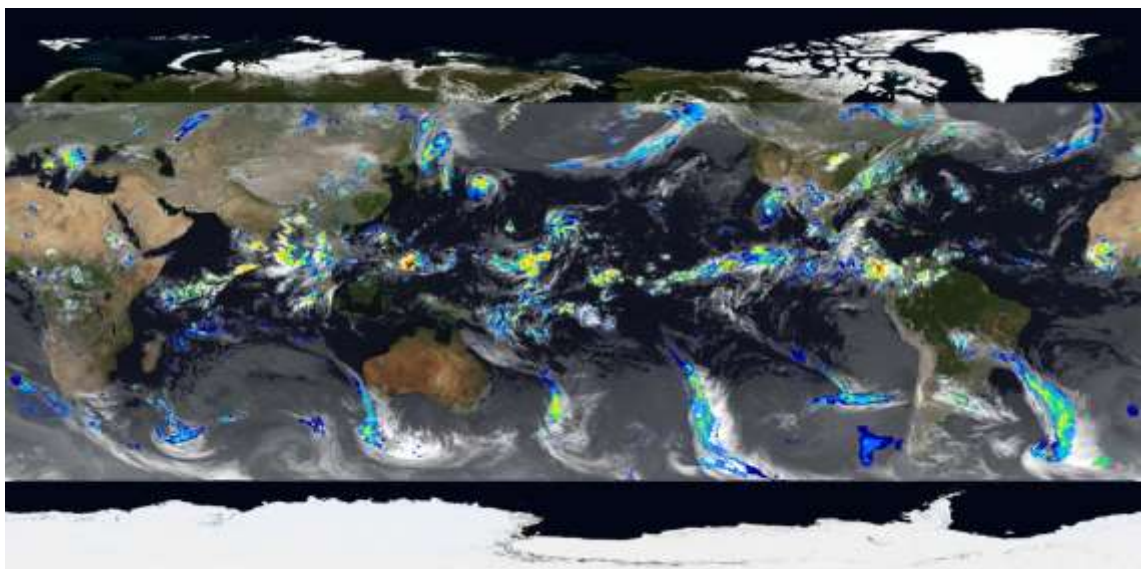


図1: 全球降水観測計画(GPM)主衛星による、2015年9月9日23時(日本時間)に観測した秋雨前線の観測結果

- 米国NASA/日本の共同ミッション
- 2014年2月28日H-IIA FY23で打上げ
- 熱帯降雨観測衛星(TRMM)の後継
- 二周波降水レーダ(DPR): Ka/Ku-band
  - 降雨の三次元構造を観測
- GPMマイクロ波放射計(GMI)

図2: 2015年9月10日9時(日本時間)の全球合成降水マップ(GSMaP)

- GPM主衛星データと複数のコンステレーション衛星群(GPM計画に参加する各国・機関の人工衛星群)データから作成している全球の降水分布
- 2015年11月から、ほぼリアルタイムプロダクト(GSMaP\_Now)を公開
- 特にアジア地域の洪水予報等に利用



## 災害状況把握：各衛星による観測タイムライン

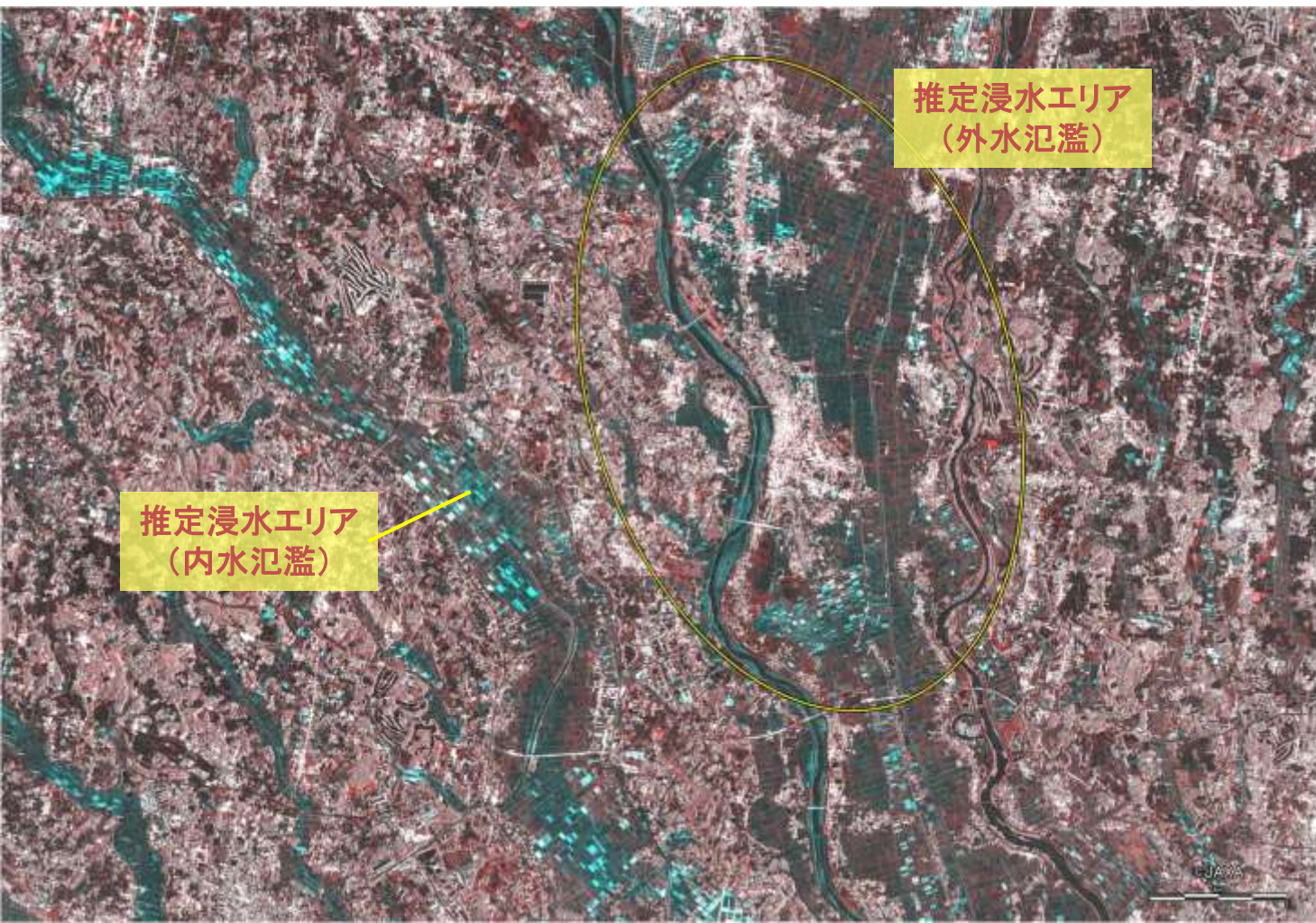
- 「だいち2号」の日本域観測時間は12:00頃と0:00頃(JST)
- 緊急観測要求は、最短で観測用コマンドアップリンクの1時間半前まで受付
- 本災害では、破堤前の9/10正午から9/19まで、ほぼ毎日2回観測を実施しデータ提供
- 光学衛星等と比較し、即応性・観測頻度に優れる

	9月10日(木)				9月11日(金)				9月12日(土)				9月13日(日)				9月14日(月)				9月15日(火)				9月16日(水)				9月17日(木)				9月18日(金)				9月19日(土)			
	0-6	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24				
国土交通省 洪水推定範囲				破堤																																				
ALOS-2 (シ)																																								
FORMOSAT-2 (光) センチネルアジア																																								
WorldView-3 (光)																																								
WorldView-2 (光)																																								
SPOT6 (光)																																								
COSMOSky-Med (シ) バイ協定																																								
TerraSAR-X (シ)																																								

備考：ALOS-2, FORMASAT-2以外の衛星に関しては公開情報に基づく

# AXA 応急対応：2015年9月10日関東・東北豪雨に伴う河川氾濫

- アーカイブ画像を用いた災害前後RGB色合成画像 (R: 2015/09/10, GB: 2015/08/13)
- 観測時刻: 2015/09/10 11:42(JST)
- オフナディア角:  $35.4^\circ$ 、偏波: HH
- 目視判読により浸水箇所を大まかに図示し、当日17:20 EORC Webページに掲載



## 平成27年9月関東・東北豪雨による洪水（茨城県常総市）

### 鬼怒川の堤防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に活用

2015年9月10日 11時42分  
(決壊直前、北部の越水のみ)



2015年9月11日 22時56分  
(決壊後、1日半経過)



2015年9月13日 23時37分  
(決壊後、3日半経過)



浸水域が拡大

浸水域が南に移動しながら縮小

# AXA 応急対応：2015年9月10日関東・東北豪雨に伴う河川氾濫

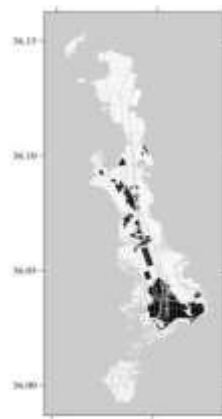
- ALOS-2強度画像・コヒーレンス差解析により浸水域の時間変化推定
- 浸水域を把握、排水ポンプ車の配置及び運用の準備情報として活用
- 夜間や悪天候時でも観測可能な特性により、他の観測手段の補完が可能



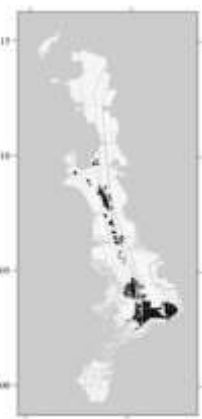
9/13 10:40  
11.94km<sup>2</sup>



9/14 09:30  
8.00km<sup>2</sup>



9/15 10:30  
3.52km<sup>2</sup>



9/16 10:20  
2.06km<sup>2</sup>

国土地理院UAV画像  
による洪水域推定  
・毎日10時頃

「だいち2号」による  
浸水域推定  
・0時・12時頃



9/13 23:37  
8.70km<sup>2</sup>



9/14 11:28  
7.14km<sup>2</sup>



9/15 22:42  
3.69km<sup>2</sup>



9/16 12:10  
1.80km<sup>2</sup>



9/16 23:03  
1.49km<sup>2</sup>

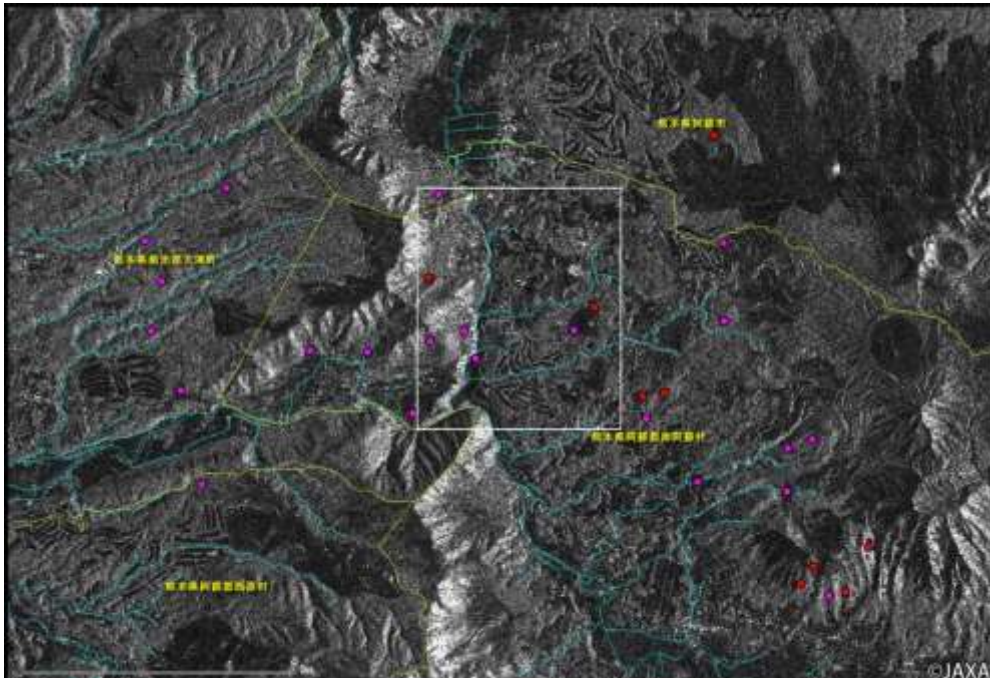


# 応急対応：2016年4月14日熊本地震

- 2016年4月14日熊本県を中心に震度7を観測する強い地震が発生、国土地理院等の要請により継続的に観測
- データおよび解析結果を国土交通省等の防災関係機関に提供、地震予知連(衛星解析WG)でも提示

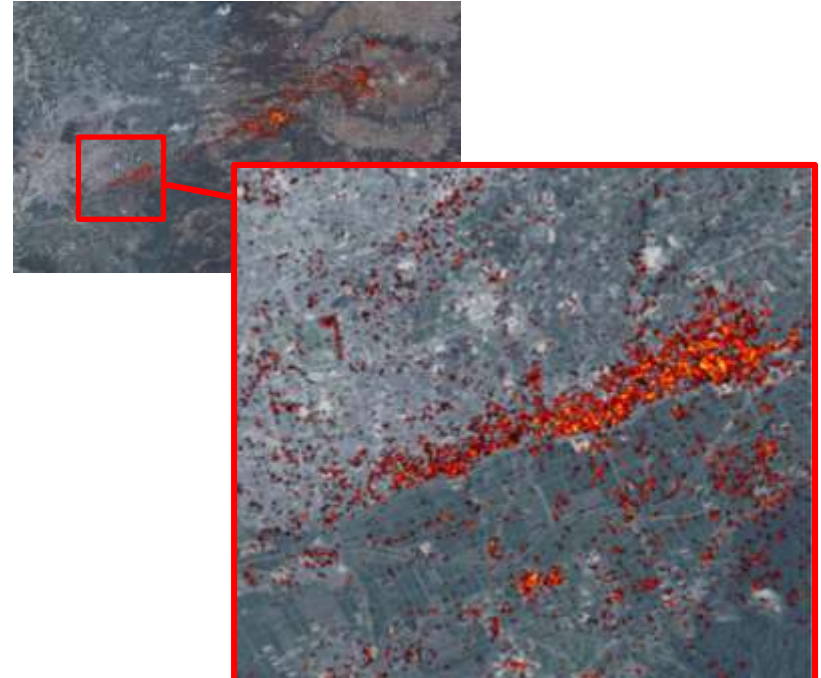
## <解析・提供したデータ>

- 強度画像の比較(目視判読)からの土砂災害域抽出**: 4月16日(降交軌道・右観測)と4月17日(降交軌道・左観測)はそれぞれ逆方向からの観測のため異なる向きの斜面の土砂災害域が抽出できた
- 干渉SAR処理を利用した抽出**: 4月18日(降交・右)は干渉可能なデータのため干渉SARコヒーレンス差解析(差が大きいほど地表面の状態が変化)を実施。建物被害(益城町など)や土砂災害(南阿蘇村など)が抽出された。地震に起因しない土地被覆変化も含まれる点が課題



- 土砂崩れ等の変状が起きているとみられる地点(4月16日観測分)
- 土砂崩れ等の変状と起きているとみられる地点(4月17日観測分)
- 行政界 — 主要な道路 — 主要な河川

強度画像の比較からの土砂災害域抽出(4月16日~17日)

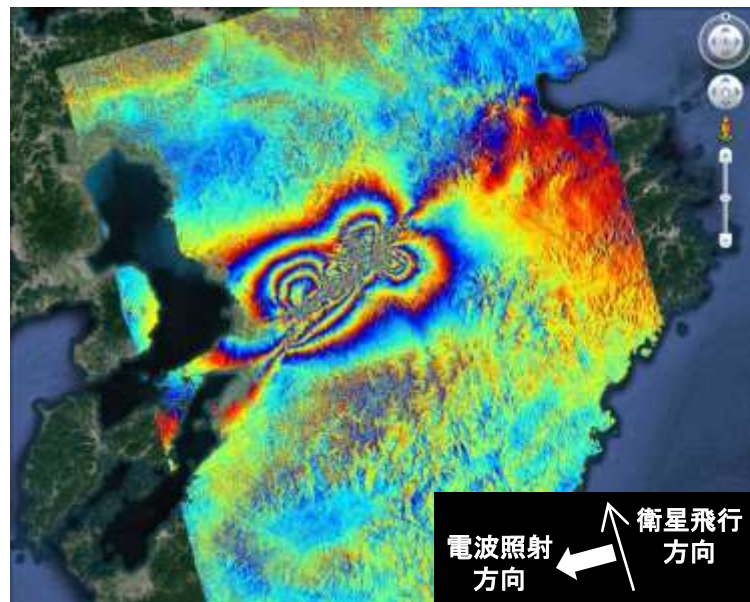
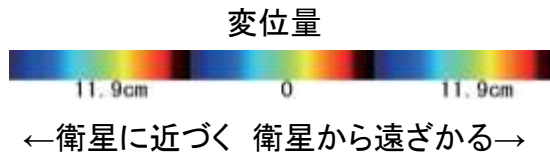


- 変化小 [blue to red] 変化大
- 2016/04/18、2016/03/07、2015/11/30の3時期データ使用  
(背景はALOSパナシャープン画像)

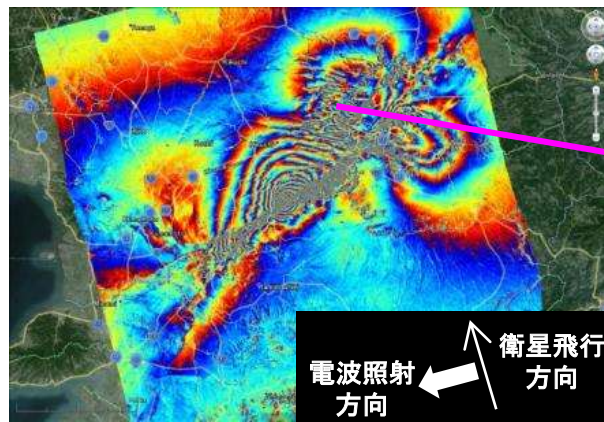
コヒーレンス差解析による被害箇所抽出(4月18日)

## <解析・提供したデータ(続き)>

- **ScanSARモードデータ(観測幅350km、分解能100m)の干渉SAR解析**: 熊本県～大分県を横断する約80kmの幅で最大1.5mの変位(地表面のずれ)を検出。最大震度を観測した益城町や西原村などで大きな地殻変動が起きているほか、阿蘇山外輪山や熊本市内などでも地震によるとみられる局所的な変位が確認された
- **高分解能モードデータ(観測幅50km、分解能3m)の干渉SAR解析**: 干渉縞に位相の不連続線(筋状に色が断絶した部分)が多く見られ、これらは航空機等では検知できない山中の亀裂が検知していると考えられる



ScanSAR干渉SAR結果  
(2016/04/19、2016/01/26のデータによる)



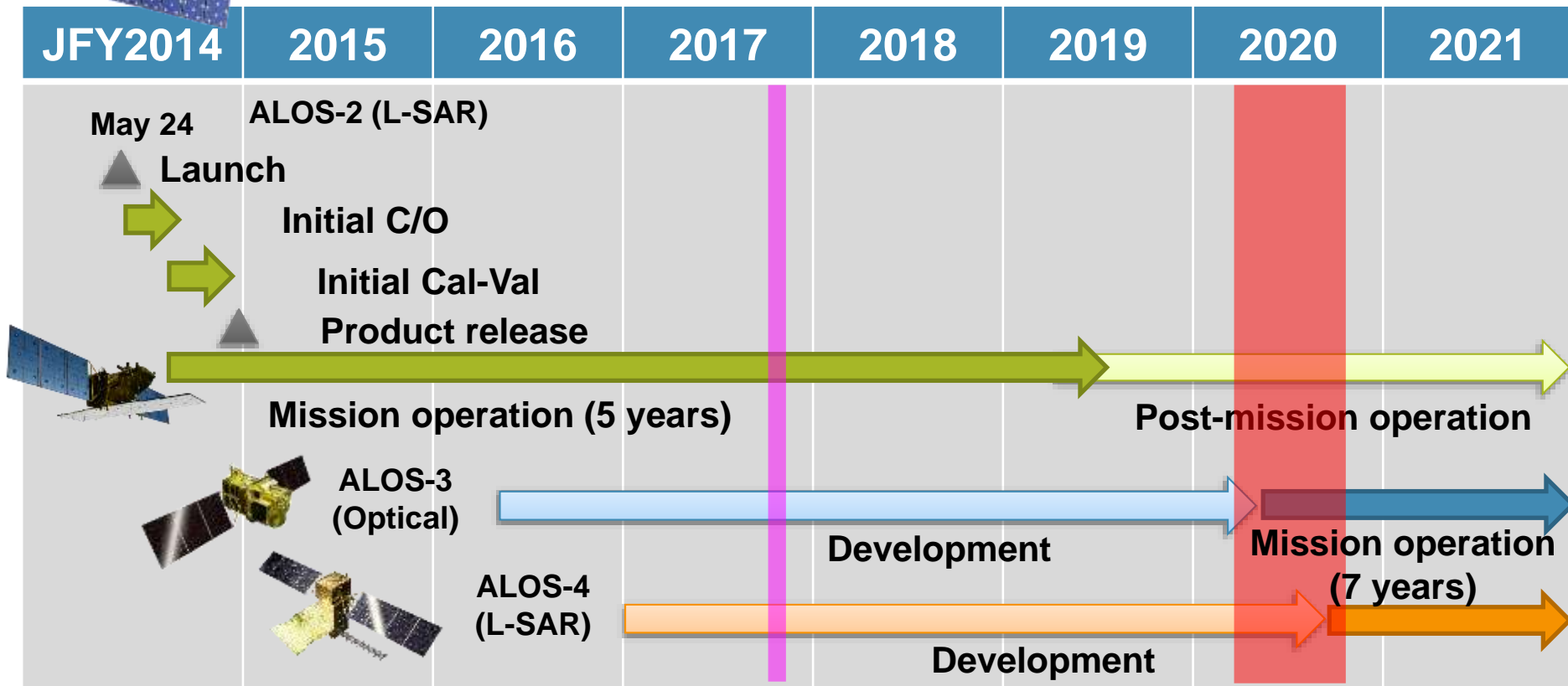
高分解能モード干渉SAR結果(上)と、この結果から読み取った不連続線の箇所(下)(2016/04/29、2016/04/15のデータによる)



現地状況(2016年5月)

# 更なる利用の定着を目指して

- Continuous observations successor “*Daichi*” (ALOS) from 2006 to 2011
  - Contribute to ensure the safety and security of citizens, *i.e.* disasters monitoring and management, land deformation monitoring, national developing management, foods and natural resources, environmental issues in global etc. as common issues.
  - Contribute to industrial development based on Earth observation data *i.e.* National Spatial Data infrastructure (NSDI) and new applications.



項目		諸元
運用軌道	軌道種別	太陽同期準回帰軌道
	軌道高度	669 km (赤道上)
	降交点通過 地方太陽時	<b>10時30分</b> ± 15分
	回帰日数	<b>35日</b> (1日の周回数 15-12/35周回)
センサシステム		広域・高分解能センサ 衛星搭載型2波長赤外線センサ(相乗りミッション)
地上分解能(GSD)		<b>パンクロ:0.8m / マルチ:3.2m</b> (直下)
観測幅		<b>70 km</b>
画像圧縮方式および圧縮率		CCSDS拡張方式、Pa 1/4 Mu 1/3 (基本設定) *可逆圧縮、または非圧縮で出力する機能も有す
ミッションデータ発生レート		<b>約4Gbps</b> (Pa 1/4、Mu 1/3圧縮時)
データ伝送		直接伝送(Ka帯:1.6 Gbps以上 X帯:0.8Gbps以上)、 光データ中継
質量		2,700 kg (打上時)
衛星寸法		5 m × 14 m × 3.5 m (太陽電池パドル展開時)
観測時間		1周回あたり10分
設計寿命		<b>7年以上</b> (打上げ後10年の運用目標)



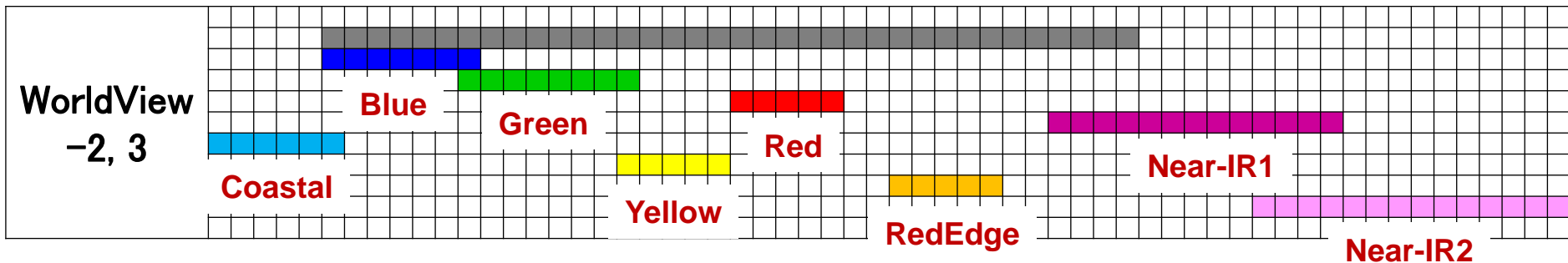
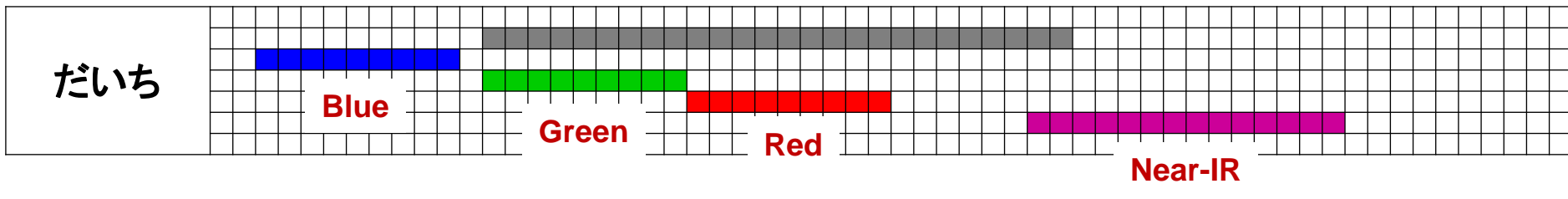
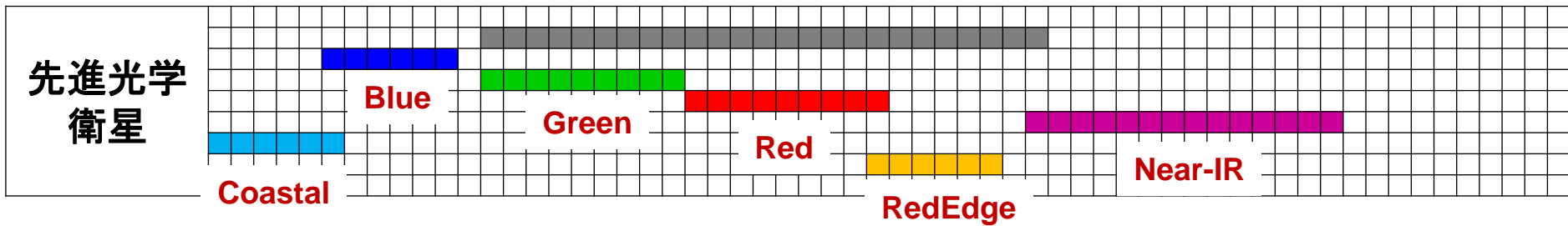
↑  
広域・高分解能センサ

■ 現在, 詳細設計(CDR)フェーズ実施中

項目	性能	備考
光学系	軸外し4枚鏡タイプ	「だいち」搭載PRISMと基本的に同形式
観測波長帯	<p><u>パングロ</u> 0.52～0.76 μm</p> <p><u>マルチ</u></p> <p><b>バンド1</b> 0.40～0.45 μm (Coastal)</p> <p><b>バンド2</b> 0.45～0.50 μm (Blue)</p> <p><b>バンド3</b> 0.52～0.60 μm (Green)</p> <p><b>バンド4</b> 0.61～0.69 μm (Red)</p> <p><b>バンド5</b> 0.69～0.74 μm (RedEdge)</p> <p><b>バンド6</b> 0.76～0.89 μm (NIR-1)</p>	<p>多種・多様なニーズへの対応のため、バンド1とバンド5の搭載を新たに仕様化した。</p> <p>Coastal : 海洋(沿岸部)観測用途</p> <p>RedEdge : 植生観測用途</p>
地上分解能(GSD)	パングロ : 0.8m / マルチ : 3.2m	軌道高度669kmにおける直下撮像
観測幅	70 km	同上
MTF(変調伝達関数)* @ナイキスト周波数	パングロ : 0.1 / マルチ : 0.2	視野全域および下記S/Nを満たす条件において
S/N(信号ノイズ比)	パングロ : 200 / マルチ : 200	規定輝度は、北緯35°、春秋分、アルベド30%相当とする
量子化ビット数	11 bit	「だいち」8bitから向上

\*ストリップマップ撮像および異なる2パスを用いた立体視観測時。その他の観測におけるMTFの仕様化については調整中。

波長	400 nm									500 nm									600 nm									700 nm									800 nm									900 nm													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8



Coastalの採用に伴い、観測波長帯が重ならないようBlueバンドの短波長側を変更した。

## ①防災・災害対策等を含む広義の安全保障

先進光学衛星は、「だいち」の活動を発展的に継承し、発災直後の対応のみならず、防災サイクルのあらゆる段階において、無くてはならない一つ的手段となる(社会インフラ化する)ことを目指す。



火砕流跡

発災前 AVNIR-2画像  
2004年5月17日

発災後 AVNIR-2画像  
2011年3月14日



被害状況の把握

例：東日本大震災後、輸送拠点となる  
仙台空港周辺の発災前後比較

国際貢献  
例：「だいち」による災害  
観測(インドネシア・  
ムラピ火山噴火)

- 災害拠点病院
- 避難所
- 避難場所



災害への備え  
Preparedness

応急対応  
Response/Relief

事前対策

事後対策

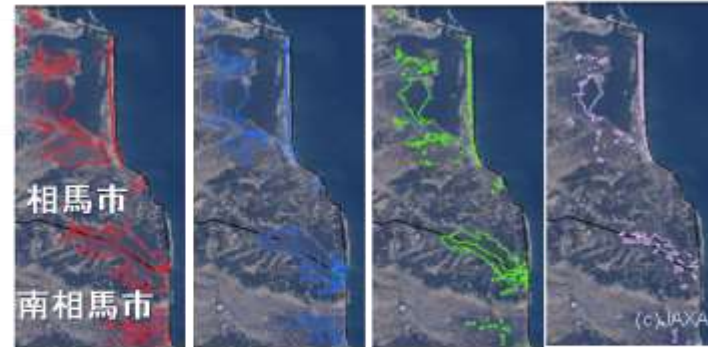
防災の  
サイクル

被害抑止  
Mitigation

復旧・復興  
Recovery

復旧関連の地理情報プロダクト

例：東日本大震災時の津波による湛水域と  
排水開始(4/5)後の時間的変化の把握



3月14日  
観測

4月5日  
観測

4月10日  
観測

4月17日  
観測

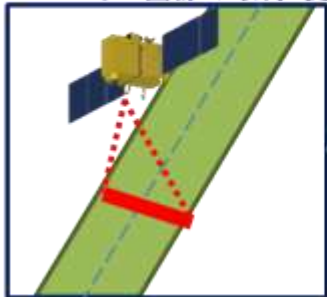


例：だいち防災マップ

ハザードマップの作成

防災訓練/防災教育  
における活用

防災・災害対策の基礎となる  
ベースマップ画像の取得・更新



## ②地理空間情報の整備・更新

### 【ニーズ】

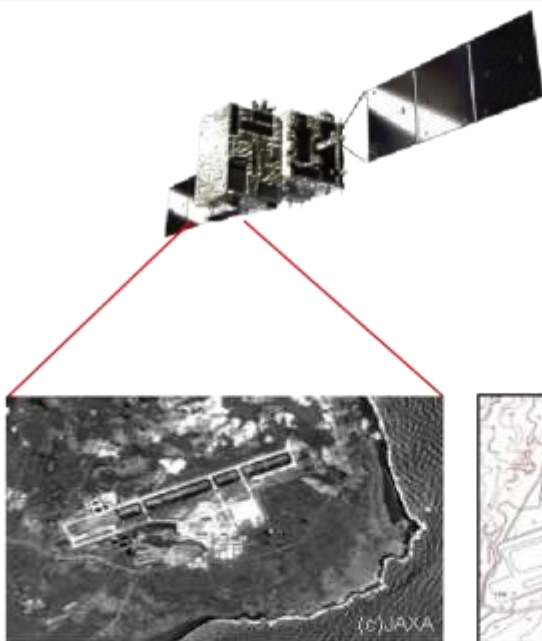
・地理空間情報が、国民により身近なものになっており、当該分野のユーザから精確で鮮度の高い地理空間情報を適切に整備・更新することが求められている。



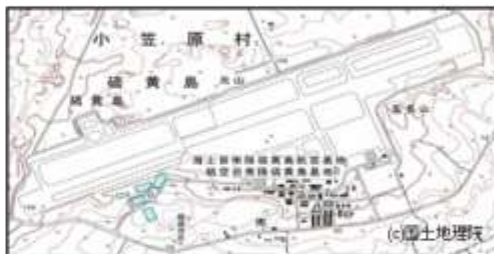
### 【先進光学衛星実現後】

・先進光学衛星で標定精度\*1を満たす衛星画像データを取得し、都市計画区域外の基盤地図情報の更新に利用\*2。

\*2 航空機による写真測量を補完するものとして活用



衛星データ(ALOS)



1/25,000地形図の作成  
(国土地理院)



都市計画区域内(黄色)／都市計画区域外(白色)  
(国土地理院)

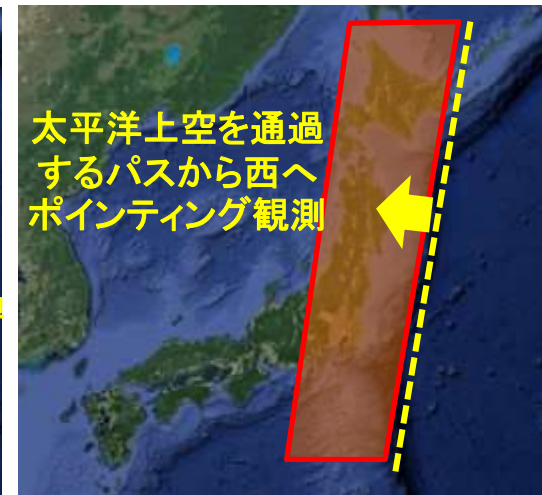
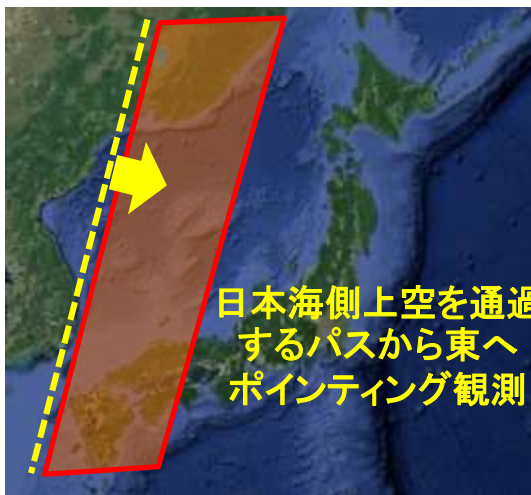
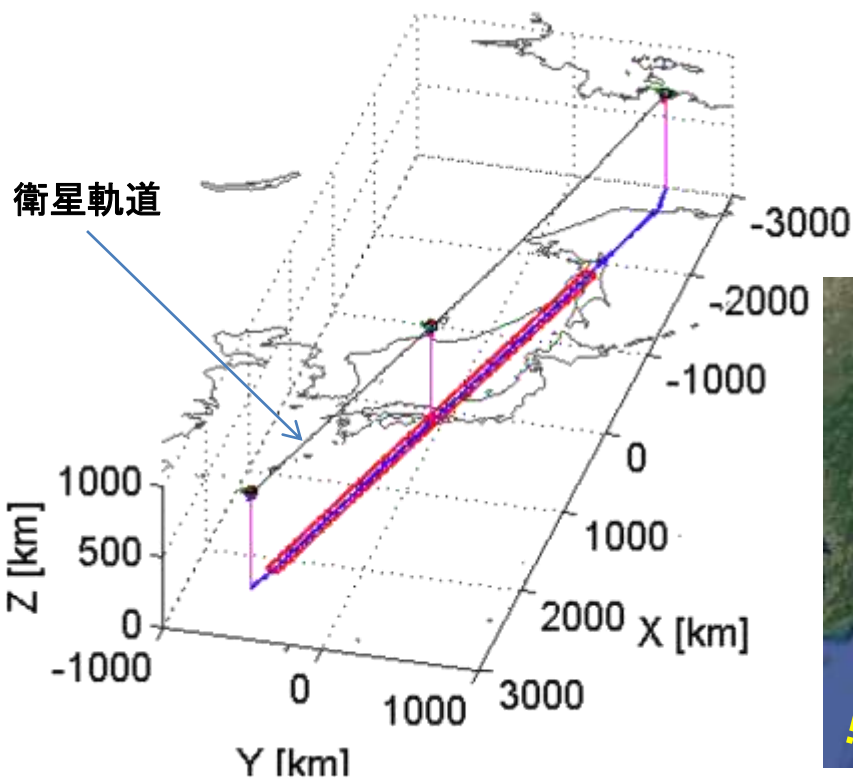
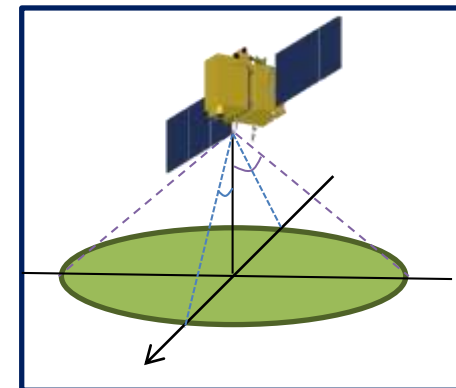
\*1 都市計画区域外(25000レベル)の基盤地図情報の標定精度  
(基本図測量作業規程(案))  
平面位置の標準偏差7.5m以内、標高の標準偏差2.5m以内



1	ストリップマップ観測	衛星直下軌跡と平行に連続的な観測を行う(1周回あたり連続最大10分間(約4,000km))。観測中の観測姿勢は一定で、直下姿勢を基本とし、必要に応じ分解能1.0m以内(パンクロ)となる範囲での姿勢(ポインティング角約25°以下)での観測も行う。
2	地点観測	指定地点が観測中心となるよう全方角60°の範囲で衛星をポインティングさせ、3シーン※以下の観測を行う。なお、分解能は観測姿勢に応じた値となる。※1シーン 70km × 70km
3	方向変更観測	衛星直下軌跡と異なる方向へ連続的な観測を行う(衛星直下軌跡に対し最大50度をなす方向(観測中は固定)へ1100km以上)。この時、観測姿勢は連続的に変化し、それに応じ分解能も変化する。
4	広域観測	1度の衛星通過(パス)中に同一エリアを複数回走査(ストリップマップ観測)することにより、一度に200km × 200km以上の地表面の観測を行う。分解能は各走査毎に異なる。
5	立体視観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>1度のパスで2つの異なる観測方向から、1シーン以上の同一地点のステレオペア画像(B/H比は1.7程度)を取得する。</li> <li>異なる2つのパスを利用して、連続最大10分間、B/H比0.5程度で直下視/後方視のステレオペア画像を取得する。</li> </ul>

赤字が平時の基本観測方式

## ストリップマップ観測



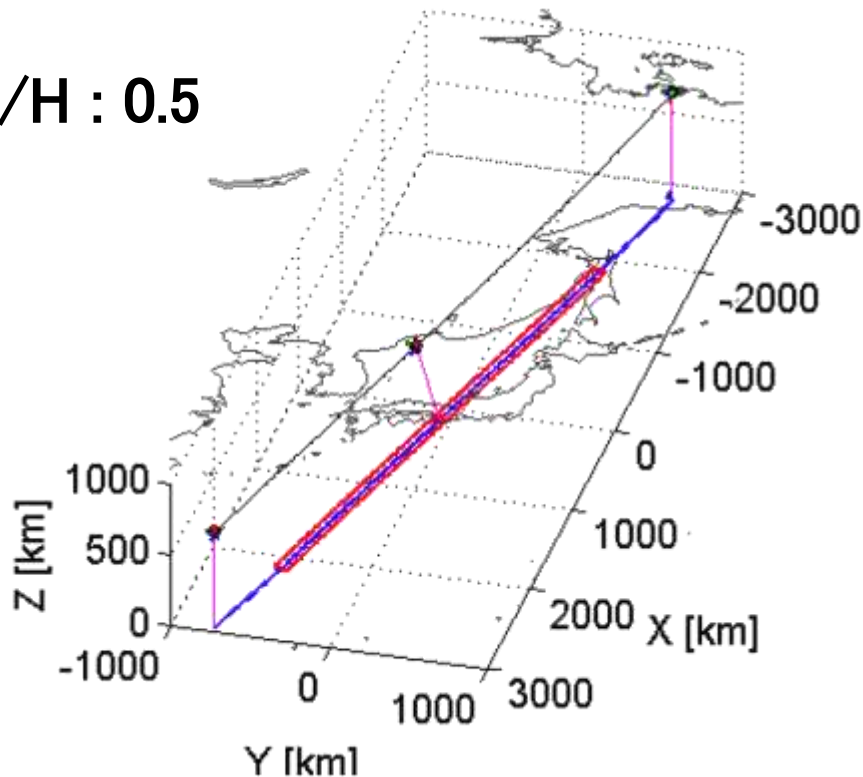
直下観測の例  
70km × 4000km (連続10分間)

直下観測に加えて、海上上空を通るパスから  $\sim 25^\circ$  程度のポインティング観測を加えることにより、GSD  $\sim 1.0\text{m}$ 程度で1回帰に2回観測することも可能 (一部エリアを除く)

## 立体視観測

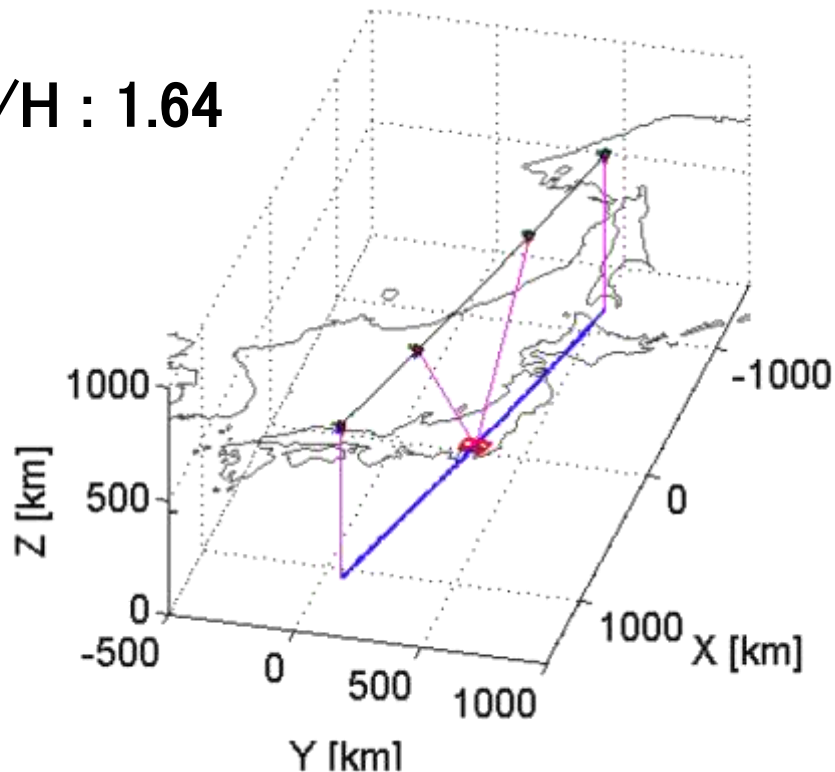
異なる2パスによる立体視観測

B/H : 0.5



同一パスによる立体視観測(参考)

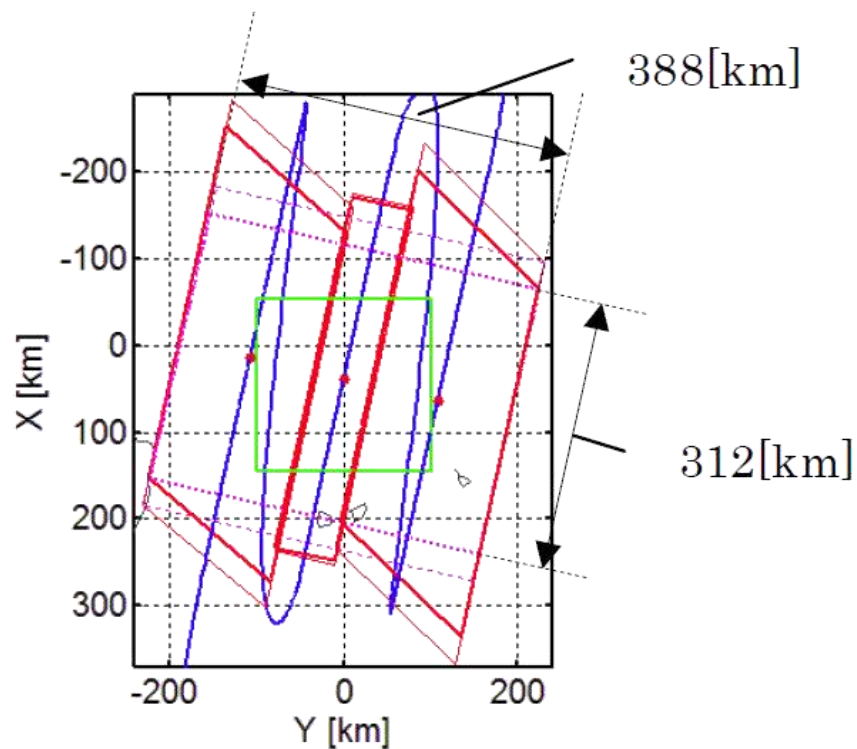
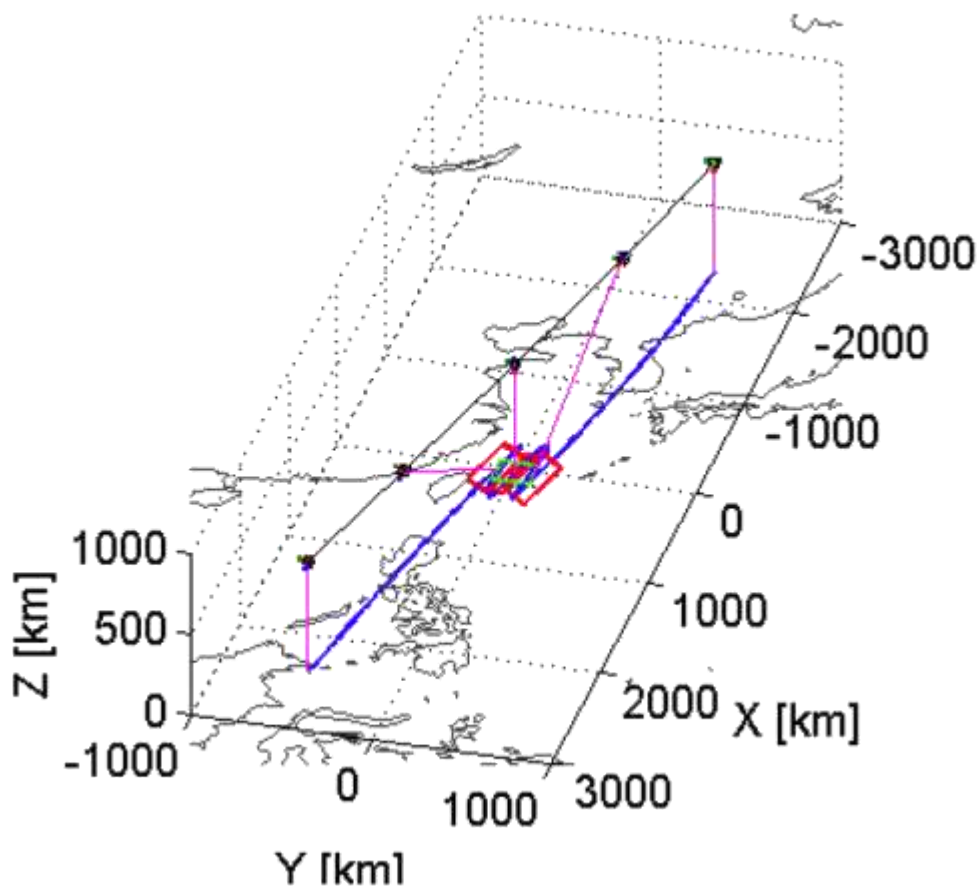
B/H : 1.64



直下撮像の3日後に、隣接するパスから後方  
ピッチポインティング(+ロール)による  
B/H=0.5(任意)の立体視撮像が可能

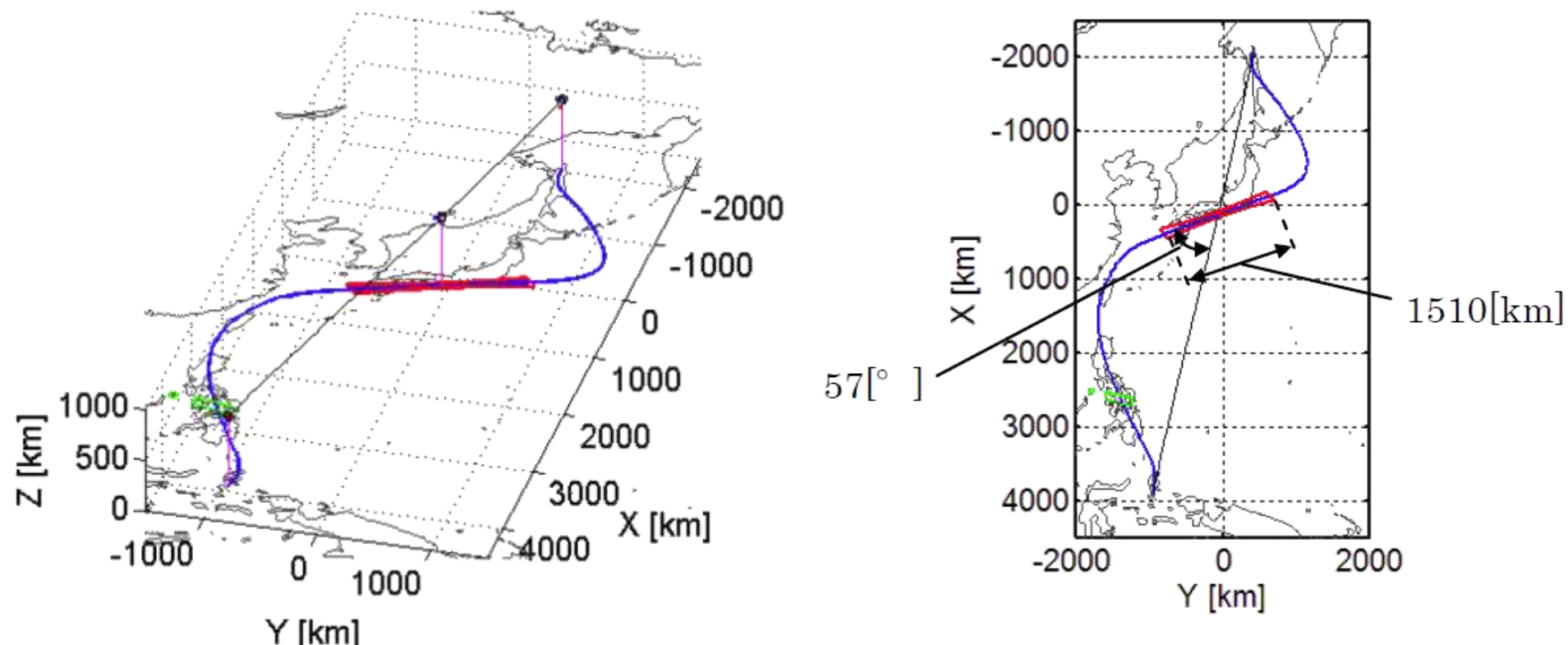
B/H(ベースハイト比): 立体視を行う上での、各視線方向間の距離(B)とその基線高度(H)との比。  
“だいち”ではB/H=1.0(前方視・後方視間)

## 広域観測



3回の走査で広域観測を実現(一例)

## 方向変更観測



南海トラフ地震を想定し、湾岸部に沿った方向変更観測(一例)が可能

それぞれの観測方式を模擬したシミュレーション画像も準備中

**目標：災害時の初動の判断に欠かせない片道1車線道路の判別を可能にする**



## 1987年観測(MOS-1)

衛星高度：909km  
 分解能：50m  
 有効開口径：43mm  
 焦点距離：256mm  
 CCD検出器：14 $\mu$ m



## 2007年観測(ALOS)

衛星高度：691km  
 分解能：10m (Pan\*:2.5m)  
 有効開口径：240mm  
 焦点距離：800mm  
 CCD検出器：11.5 $\mu$ m



## 2020年予定(先進光学)

衛星高度：669km  
 分解能：3.2m (Pan\*:0.8m)  
 有効開口径：550mm  
 焦点距離：6800mm  
 CCD検出器：8 $\mu$ m

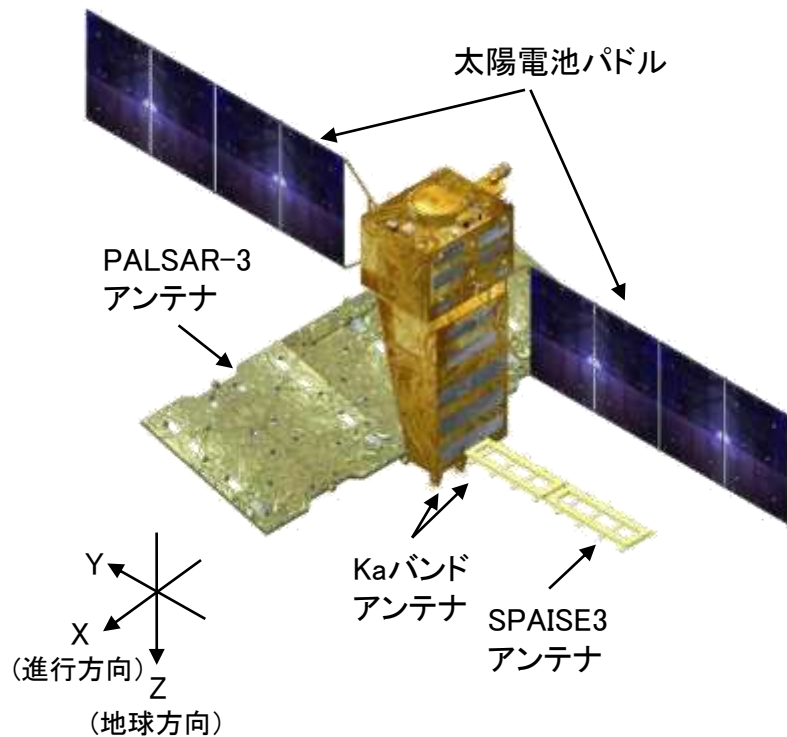
時間遅延積分型(TDI)高感度CCD採用

\* Pan: パンクロバンドの分解能

- ◆ 有効開口径の大型化⇒ 大口径鏡の研磨技術の向上、支持構造の高安定化(低熱歪、低膨潤変形)、焦点調整機構の高精度機構技術
- ◆ 長焦点距離化 ⇒ 光学素子支持構造の大型化
- ◆ CCDピッチサイズの小型化 ⇒ 集積回路の高密度化技術の向上

# JAXA 先進レーダ衛星(ALOS-4) : 更なる利用の定着を目指して

- ミッションセンサとして、Lバンド合成開口レーダ(PALSAR-3)および衛星搭載自動船舶識別装置実験3(SPAISE3)を搭載する。
- PALSAR-3は、新たに採用するデジタル・ビーム・フォーミング技術により、ALOS-2の高い空間分解能(3m)を維持しつつ、観測幅を4倍(200km)に拡大し、平時における地殻・地盤変動などの観測頻度を向上させ、発災後の状況把握のみならず、火山活動、地盤沈下、地すべり等の異変の早期発見など、減災への取組において重要な役割を担う。



項目		仕様
打上	時期	平成32年度
	ロケット	H3ロケット試験機1号機
軌道	種別	太陽同期準回帰軌道
	高度	628km
	LSDN	12:00 ± 15分
	回帰日数	14日 (1日の周回数 15-3/14周回)
	軌道傾斜角	約97.9度
		ALOS-2と相互干渉可能な同一軌道
データ伝送速度		3.6Gbps/1.8Gbps
質量		2 990kg 以下
寸法		X 10 m × Y 20 m × Z 6.4 m
発生電力		7200W以上 (BAT: 380AH)
設計寿命		7年
プライム企業		三菱電機株式会社

■ 現在, 基本設計(PDR)フェーズ実施中

## 主なユーザニーズ

地殻・地盤変動の高頻度かつ高分解能観測

日本全域ベースマップ  
(干渉SARのための基盤)

夜間・悪天候時の被災地全体の状況把握

迅速な初動対応

ALOS-2からの継続性

SARの新たな利用

## ミッション要求

地殻・地盤変動の監視

災害状況把握

防災以外の利用  
 ・インフラ変位モニタ  
 ・森林・湿地  
 ・船舶動静把握  
 ・農業  
 ・海水  
 ・資源探査  
 他

## システム要求

高分解能  
(ALOS-2と同程度)

高頻度観測  
(2週に1回=200km観測)

広域観測  
(200km観測)

適切な軌道  
(ALOS-2と同軌道)

迅速な観測・提供  
(大量データ伝送)

多偏波観測  
(ポラリメトリ)

ミッションの継続  
(7年寿命)



1回帰14日間のカバー範囲  
(降交軌道のみ)

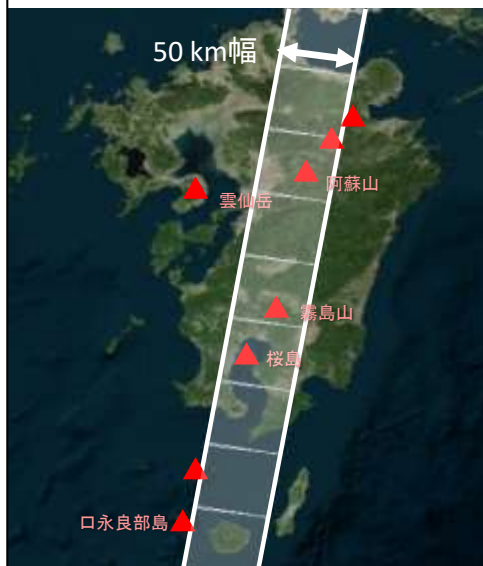
ALOS-2 (3m分解能)



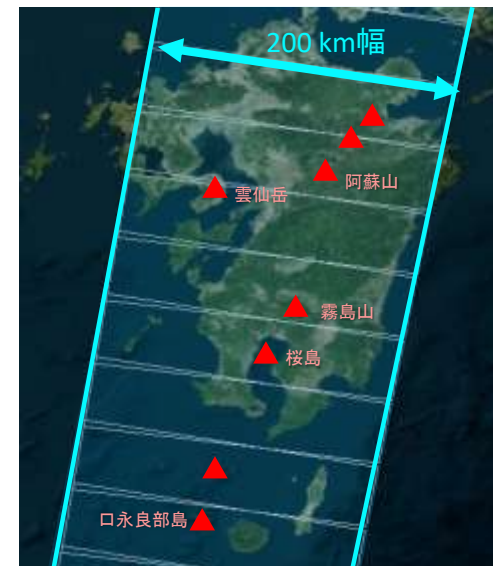
先進レーダ衛星 (3m分解能)



ALOS-2 (3m分解能)



先進レーダ衛星 (3m分解能)



## ベースマップの更新頻度目標

分類	更新頻度	観測幅(※)
現状 (ALOS-2)	年4回程度	50 km
将来 (先進レーダ衛星)	年20回程度	200 km (予定)

※ 3 x 3m分解能モードの値

	<u>ALOS</u> 2006-2011	<u>ALOS-2</u> 2014-	<u>ALOS-4</u> 2020-
Antenna size	3 m × 9 m	3 m × 10 m	<b><u>3.6 m</u> × 10 m</b>
Number of T/R module	80 (Si)	180 (GaN)	<b><u>232 (GaN)</u></b>
Transmit power	2,000 W	6,120 W	<b><u>7,888 W</u></b>
Receive beam	Single beam	Dual beam (azimuth)	<b><u>DBF (range)</u></b> + Dual beam (azimuth)
Ionospheric correction	N/A	N/A	<b><u>Split-band mode</u></b>
Pointing	Right	Right and Left	Right and Left
Orbit control	< +/- 2.5 km (at equator)	< +/- 500 m (all latitude)	< +/- 500 m (all latitude) <b><u>Laser reflector for calibration</u></b>
Data recorder	90 GB	128 GB	<b><u>1 TB</u></b>
Data transmission	120 / 240 Mbps	800 Mbps	<b><u>3.6 / 1.8 Gbps</u></b>

## ■ 先進光学衛星(ALOS-3)・先進レーダ衛星(ALOS-4)を組み合わせた災害状況把握

【現状・課題】(ア)レーダ画像だけでは被災状況の詳細把握に限界がある。

(イ)ALOS-2では、台風による危険個所の観測要請に対して、50km幅(1列分:下図参照)の観測であったため、観測域の調整を必要とした。

【先進光学衛星・先進レーダ衛星による解決策】

(ア)(レーダ)夜間や悪天候時の情報空白期間に観測を行い、明け方までに提供することで日中の活動計画に反映することが可能。(光学)レーダにより絞りこまれた箇所を、より判読しやすい詳細画像で提供できる。

(イ)(レーダ)200km幅(4列分)を一度にカバーでき、観測対象を選択する必要がなくなり、迅速な意思決定につながる。

全天候観測が可能なレーダと詳細把握が可能な光学の組み合わせで、より効果的な情報を提供し、発災から救援活動開始までの時間を短縮。

### <夜間のレーダ活用例>

#### 対応時系列～平成28年台風10号～

- 8月29日
  - 18:00 JAXAから観測可能域の情報提供
- 8月30日
  - 14:00～ 岩手県(沿岸)にて大雨
  - JAXAと観測域の調整
  - 19:00 JAXAへSAR緊急観測依頼
  - 22:40 観測(岩手県沿岸)
- 8月31日
  - 05:00 JAXAからSAR画像判読結果の提供
  - 地整へり調査のルート検討
  - 11:40～ 地整へり調査(岩手北部)
  - 15:20～ 地整へり調査(岩手南部)
  - 16:30 へり調査速報
- 9月1日
  - 10:20～ 地整へり調査(岩手北部)
  - 17:15 へり調査報告

国土交通省提供



### <台風10号における東北地方のレーダ観測要請>



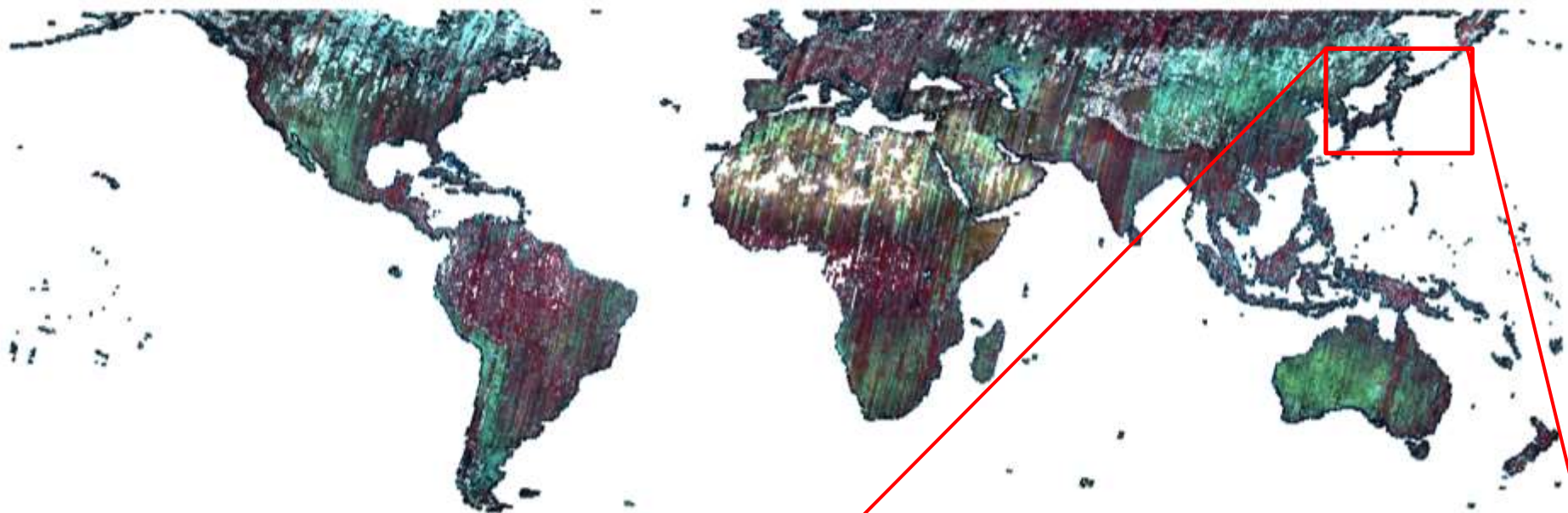
防災関係機関等による被災地での迅速な初動対応で、二次被害の防止に繋げる。  
(例:土砂ダムの早期発見の可能性を高め、決壊による二次被害の防止する等)

衛星/センサー		無償データ：現状	無償データ：今後
MOS, JERS-1, ADEOS, ADEOS-2, AMSR-E, TRMM		○	○
GOSAT		○	○
GCOM-W, GCOM-C		○	○
GPM		○	○
ALOS (2006- 2011)	AVNIR-2オルソ(10m)	—	○
	PALSAR (10m)	—	○
	PRISM標高データ (30m)	○	○
	森林マップ (25m)	○	○
ALOS-2 (2014-)	ScanSAR (100m)	—	○
	Stripmap (10m)	—	—

# JAXA衛星データのオープン&フリー化

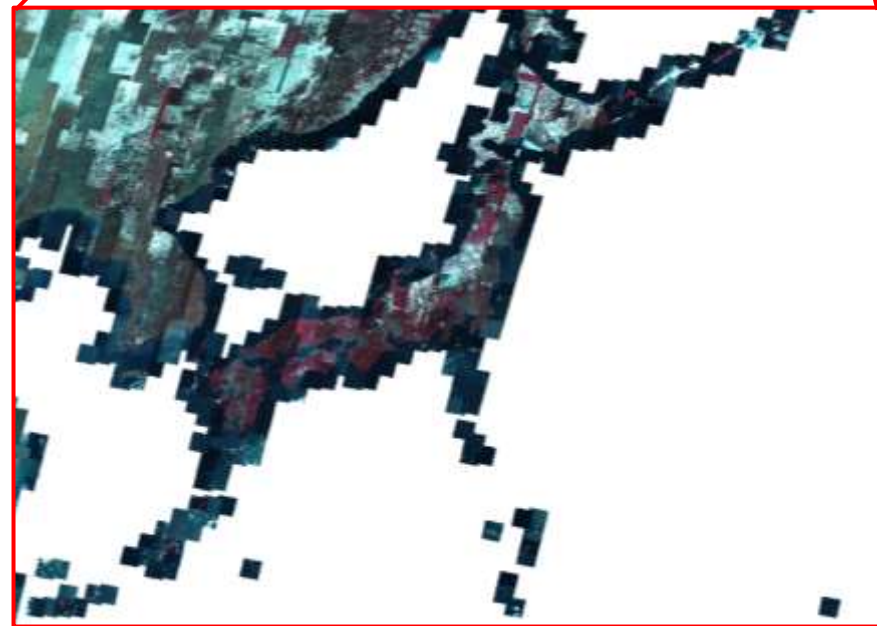
		2017				2018			
		1Q Jan Mar	2Q Apr Jun	3Q Jul Sept	4Q Oct Dec	1Q Jan Mar	2Q Apr Jun	3Q Jul Sept	4Q Oct Dec
 ALOS	AVNIR-2 (10m)					▲ ±60 Degree Area Data O/F	国内から 順次公開		▲ Global Data O/F
	PALSAR (10m)								▲ O/F
 ALOS-2	ScanSAR (100m)				▲ Asia Region Data O/F			▲ Global Tropical Region Data O/F	

Global Data Processing (indicated by blue arrows spanning from 2017 Q1 to 2018 Q4 for AVNIR-2 and PALSAR)



## AVNIR-2オルソ補正画像の整備状況(全球)

- ⇒ PRISM DSM/オルソ補正画像を基準に自動処理.
- 緯度60度以内の整備を優先.
- 2018年度に大半の処理が終了見込み.
- シーン単位オルソ補正画像として整備.
- 2006~2011年観測:Landsat-7の補完としても利用可能.



本講演では、主に地球観測衛星による地理空間情報の防災分野における利用事例と更なる利用の定着に向けた取組みについてご紹介しました。

- ✓ 一部は実用にいたっている分野や技術があるものの、更なる研究開発を通じて、社会インフラとして認知される必要がある(=認識されなくなる)
- ✓ 行政やユーザにとって情報収集ツールは問わない。より早く、より正確な情報：観測機器の連携—衛星[中型・小型・超小型]，航空機，UAV，MMS...
- ✓ 公共データ・オープンデータ・SNSとの連携：アラート，状況把握機能の強化
- ✓ 水災害，風災害は予測につなげるべき：地球システム科学の高度化，気象予報の高精度化[気象衛星，環境衛星]
- ✓ 宇宙だけでは実現できず，行政やユーザ，民間企業と一体となって，安全・安心な社会の実現に取り組む必要あり
- ✓ この先数年間，衛星データは増え続ける予定である一方，解析する人は減少する見込み。機械学習や深層学習等の取込み等による新たな価値を見出すことも必要。
- ✓ 新たな価値・新たな利用を創出するためにやるべきことは？