



先進レーダ衛星(ALOS-4)の開発状況と利用推進 ～ALOS-2利用シンポジウムを踏まえて～

2019年5月15日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

第一宇宙技術部門

ALOS-4プロジェクトマネージャ

鈴木 新一

- ① 地殻・地盤変動の監視:「事後把握」から「異変の早期発見」へ

LバンドSARの強み: 植生を透過、高い干渉SAR能力

- ② 災害状況把握: ALOS-3(詳細把握が可能な光学)とALOS-4(全天候観測が可能なレーダ)の連携

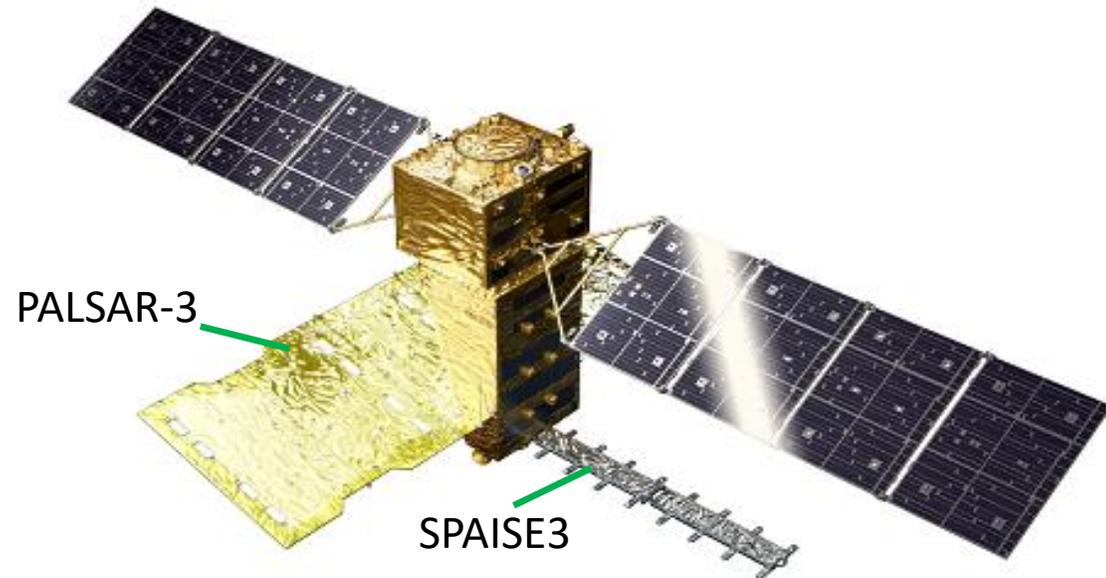
深夜の情報空白時間帯の観測

- ③ 防災以外の利用: インフラ変位モニタ等

ALOS-2からの継続性・ヘリテージ

- ④ 海洋監視: SARによる広域観測とAIS(船舶自動識別装置)の組み合わせ

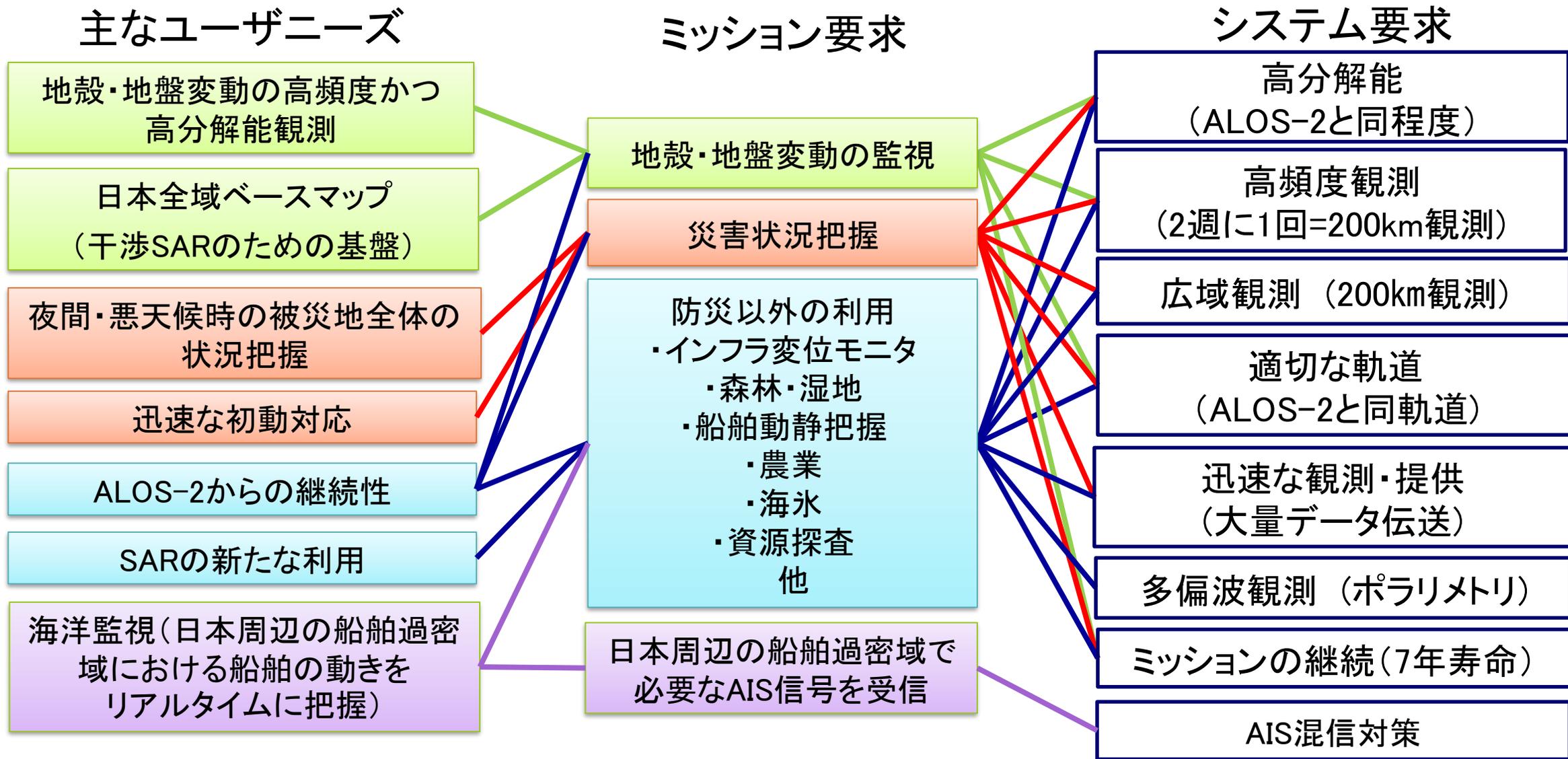
SAR・AIS同時観測



- 打上げ年度: 2020年度予定
- 衛星システム
 - ー 軌道: 14日回帰、高度628km
12:00@赤道上
ALOS-2データと干渉可
 - ー 設計寿命: 7年以上
- 観測機器
 - ー Lバンド合成開口レーダ(PALSAR-3)
 - ー AIS受信機(SPAISE3)
- データ伝送速度: 3.6Gbps/1.8Gbps

プライム企業(主契約者): 三菱電機株式会社

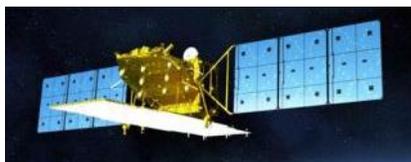
ユーザーニーズを元にしたミッション要求とシステム要求の設定



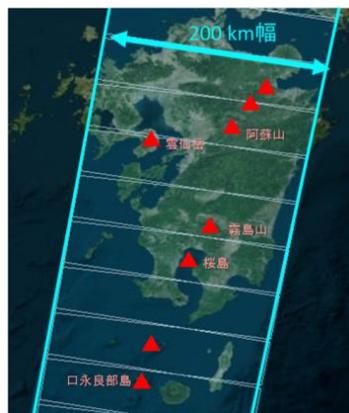
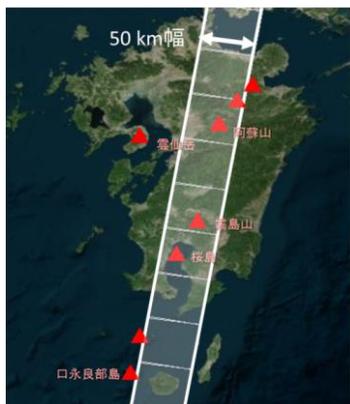
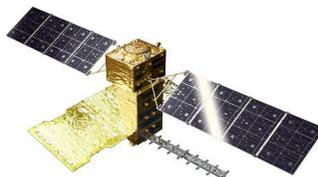
ALOS-2からの継続・発展



だいち2号(2014~)



ALOS-4



主な向上点
 高分解能モードと
 広域観測モードの
 観測幅が大幅に拡大

SAR観測幅

高分解能モード
 (分解能 3m, 6m, 10m)

50km~70km

200km

広域観測モード
 (分解能 25m)

350km~490km

700km

スポットライトモード
 (分解能 1m x 3m)

25km x 25km

35km x 35m

観測頻度(国内)

分解能3m

4回/年

20回/年(1回/2週間)

デジタルビームフォーミング(DBF)技術等を開発し、高い分解能と広い観測幅を両立

SARアンテナ



新たな技術
 デジタルビーム
 フォーミング(DBF)

最大で4つの受信ビームを同時に形成

観測幅 200 km

従来方式

1送信/1受信のため、観測幅は受信ゲート(パルス送信の間隔)によって制約される。

DBF-SAR

複数同時の受信により、受信時間を長くとることができ、観測幅を拡大できる。

ALOS-2からの継続・発展

■ SAR: ALOS-2と同一の軌道面

- ALOS-2・ALOS-4データ間で干渉SAR解析が可能

全世界のアーカイブデータ蓄積の強み

■ SAR: 軌道決定精度の向上

- GPS信号の受信率向上やレーザーリフレクタ搭載
 - ・ オンボード軌道決定 3 m以内(RMS)
 - ・ オフライン軌道決定 0.1 m以内(RMS)

干渉SAR解析の精度向上

- ・ 誤差/ノイズを排除し、より確実に異変を検出
- ・ 広範囲に及ぶ微小な変位(断層の歪み蓄積など)を計測できる可能性

■ SAR: 緊急観測性能

- 国内観測後60分以内で標準プロダクト作成
- ALOS-2と連携した観測待ち時間の短縮

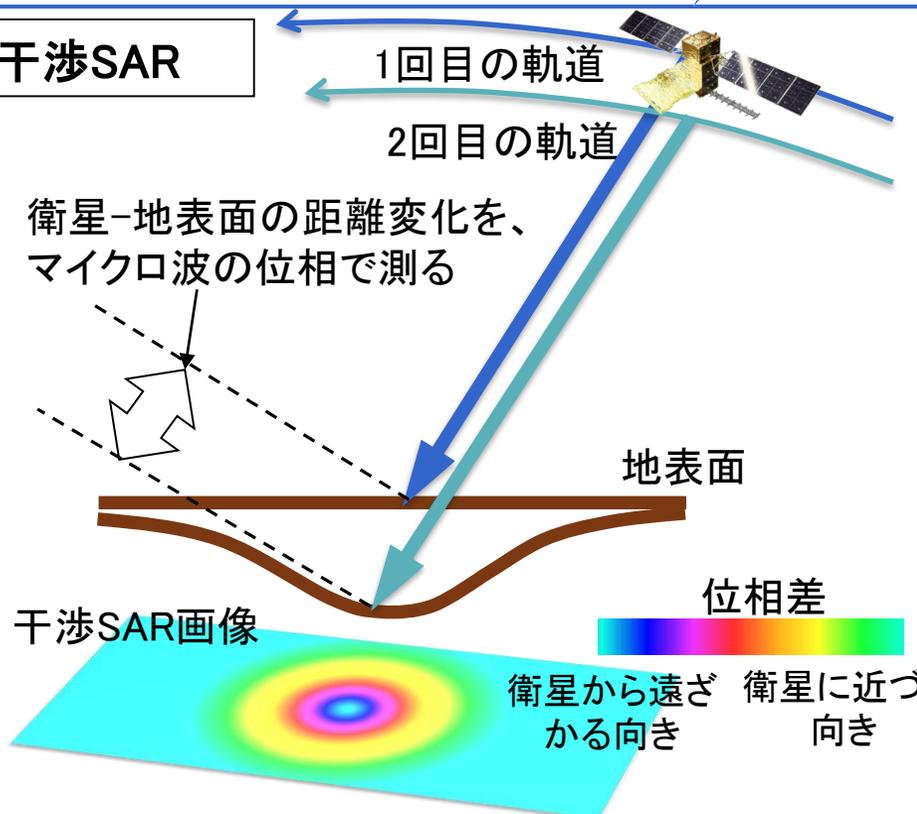
迅速な対応

■ AIS: 船舶過密域での混信に対応

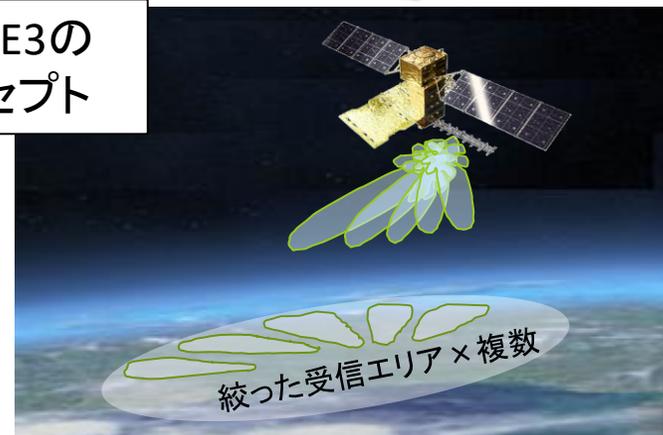
- 1ビーム当たりの受信エリアを狭めることで、船舶信号衝突を低減し、船舶検出率を向上
- 複数エリアの同時受信、地上DBF処理により、衛星の利点である広域観測性を維持

船舶過密域での検出率向上

干渉SAR



SPAISE3のコンセプト

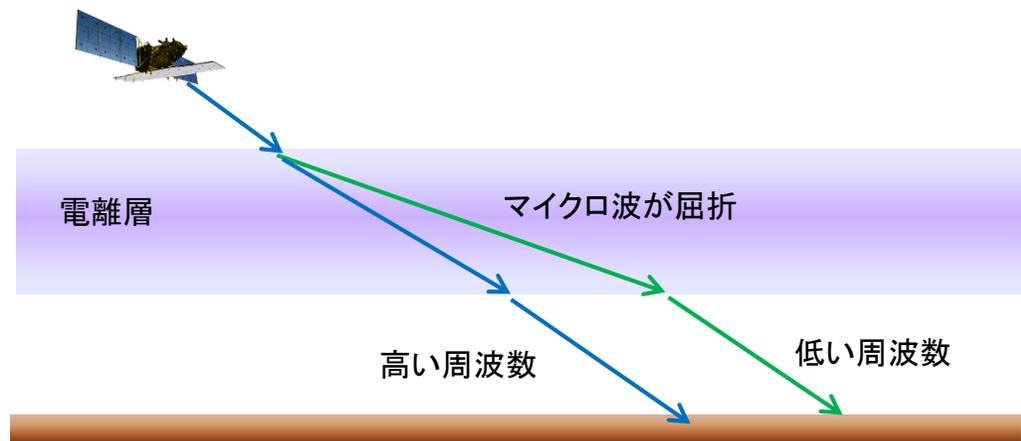


ALOS-2からの継続・発展

- DBF-SARや電離層補正モードなどの新方式への対応、ALOS-2/PALSAR-2との相互校正による整合性担保、電離層ノイズや外来干渉波ノイズの影響評価に重点的に取り組む。

電離層補正

- 通常の観測帯域に加えてもう一つの別の帯域を用いることで、地殻変動検出の大きな課題の一つである電離層ノイズを補正



- ✓ マイクロ波が電離層の中を通過するとき、伝搬遅延(屈折)が生じる。
- ✓ 低い周波数ほど、大きく変化する。
- ✓ 異なる2つの周波数帯域を使うことで、電離層による変化量(ノイズ)を求めることができる。

電離層補正の例

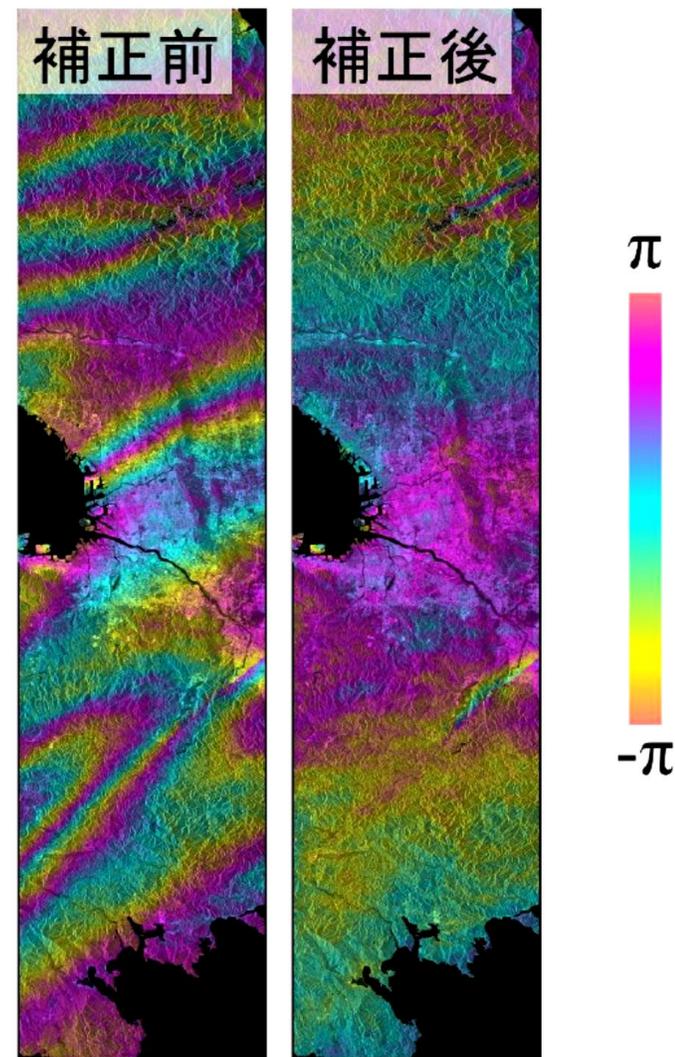
PALSAR-2

高分解能[3m]
モード (ビーム
U2-6)

観測1: 2015/2/25

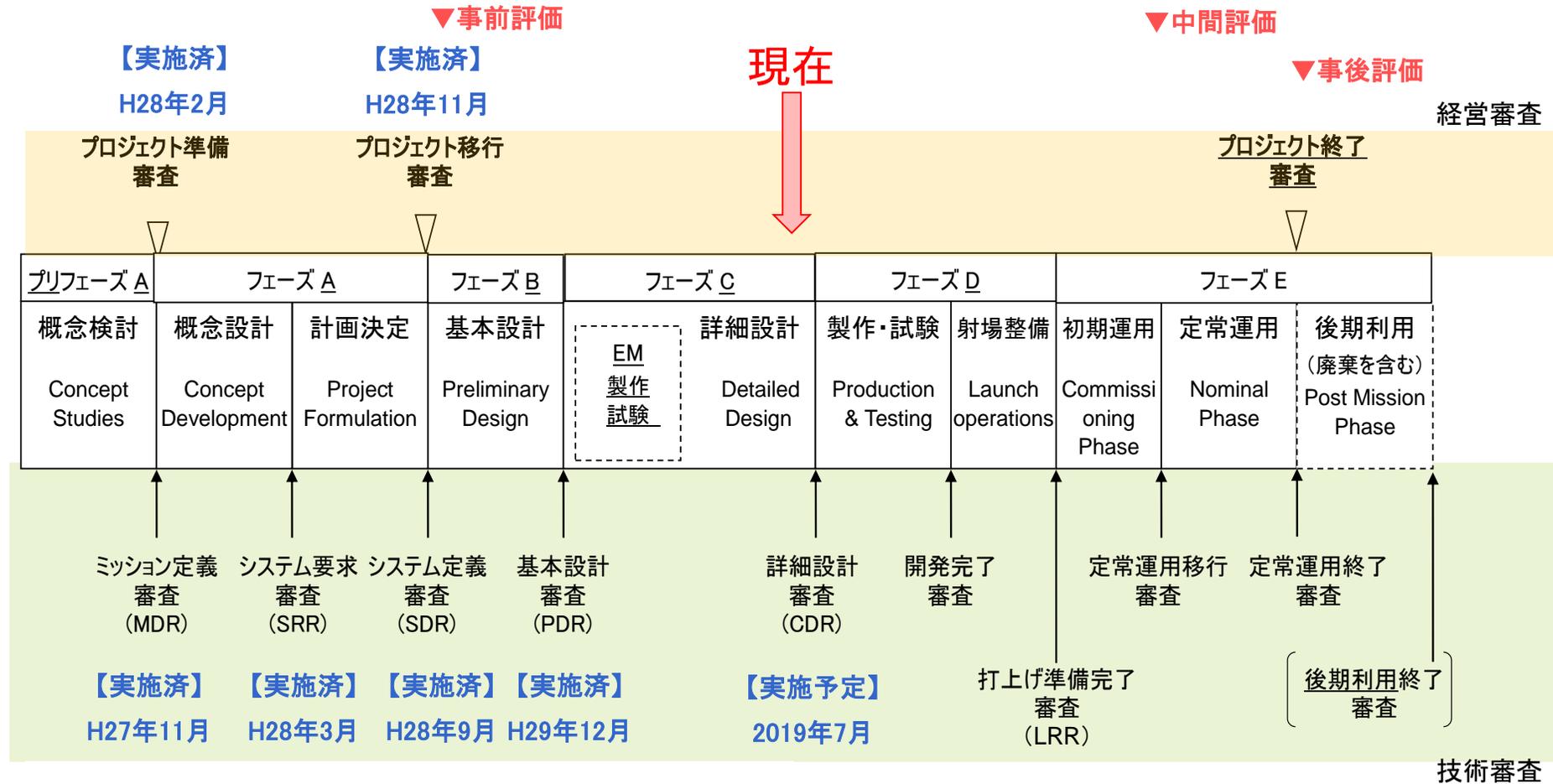
観測2: 2016/6/1

和歌山～若狭湾



ALOS-4の開発状況

- JAXAが実施する宇宙に関する開発プロジェクトのフェーズとJAXAプロジェクトマネジメント規程に基づいて実施した審査会の受審実績



PALSAR-3 観測計画及びデータ提供



■観測計画

➤ベースマップ整備および国内定常観測

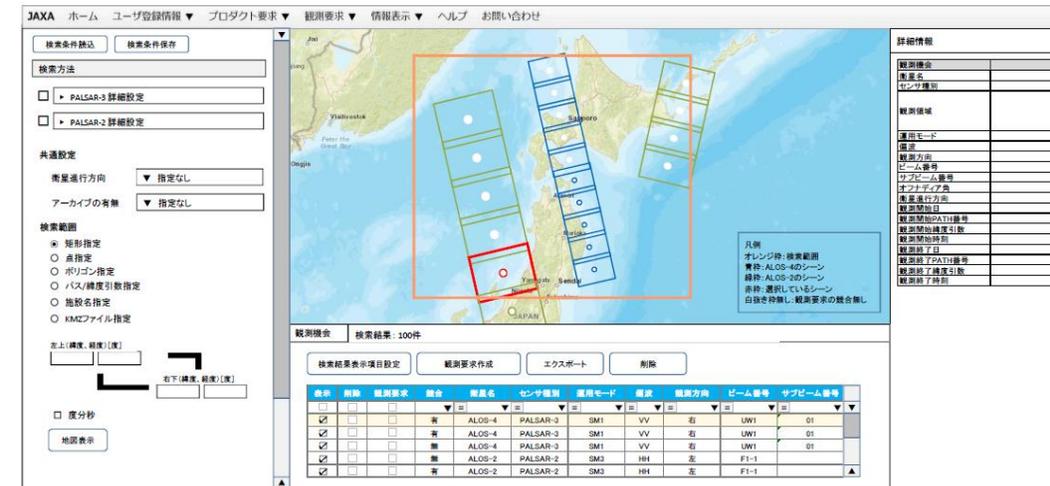
- ① 国内ベースマップ整備: 高分解能(3m)・右/左方向視・2偏波観測にて打上げ後6か月以内に整備
- ② 国内定常観測: ベースマップ整備後に2週間に1回の頻度で高分解能(3m)観測
- ③ 全球ベースマップ整備: 陸域及び沿岸域を年1回以上、10m分解能観測

➤上記以外の観測は個別観測要求を含めてユーザと調整し、打上げ1年前目途に基本観測計画を決定。打上げ後は一定期間毎に主要ユーザの承認を得ながら維持改訂

■データ提供

➤防災ユーザには防災インタフェースシステム(別途整備中)から提供

➤その他のユーザにはAUIG4(観測要求受付及びデータ検索・注文・提供をPALSAR-2/-3で統合)から提供予定



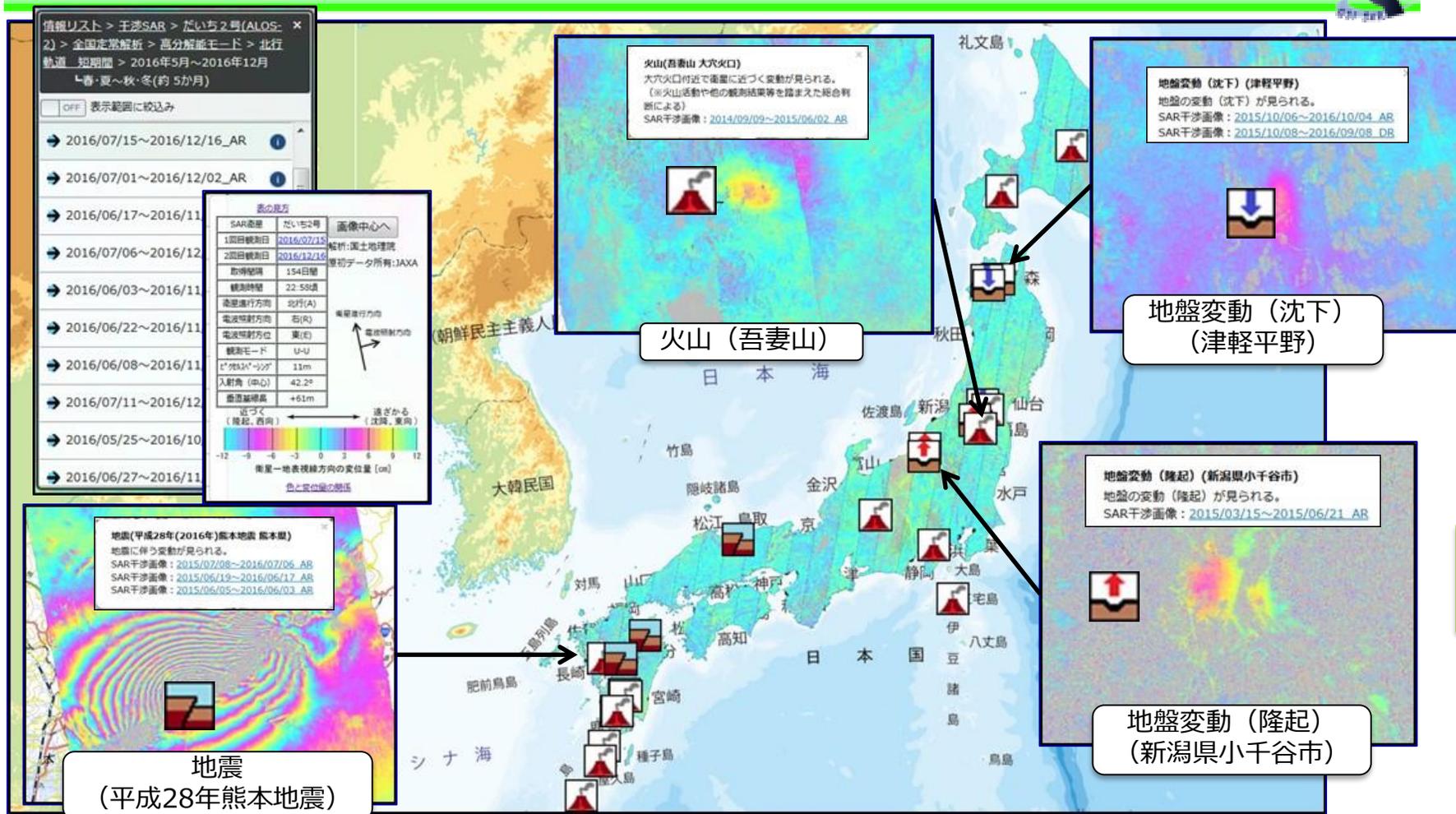
<AUIG4画面案>

ALOS-2利用シンポジウム(平成31年3月11日開催) 発表プログラム



ALOS-2の運用状況	JAXA ALOS-2プロジェクト プロジェクトマネージャ 祖父江 真一
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	国土地理院測地部宇宙測地課課長 宗包 浩志
ALOS-2により開かれた土砂災害調査への衛星の活用	国土交通省水管理・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 松下一樹
火山WGにおけるALOS-2の利活用の現状	気象庁 火山課調査官 木村 一洋
「地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル」等について	環境省 水・大気環境局 土壤環境課 地下水・地盤環境室 室長補佐 伊藤 和彦
海氷情報センターの紹介	海上保安庁 第一管区 海上保安本部 海洋情報部 海洋調査課長 高梨 泰宏
だいち2号をダムおよび貯水池周辺斜面の維持管理へ活用するための技術開発と活用事例	国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 大規模河川構造物研究室 主任研究官 佐藤 弘行
ODAにおけるALOS-2データの活用について	独立行政法人 国際協力機構 企画部 参事役 折田 朋美
だいち2号ALOS-2データ利活用の広がり (一般配布の傾向から)	株式会社パスコ 衛星事業部 事業推進部 事業推進課 課長 座間 創
ALOS-2活用事例の紹介	一般財団法人リモート・センシング技術センター 坂口 英志
ALOS-2 for Operational InSAR Monitoring in Vegetated Areas “Monitoring”	3vGEOMATICS, Business Development, Senior Director, Brian Dracup
国外での災害分野における利活用事例の紹介 (中国)	株式会社パスコ 課長 座間 創
衛星データプラットフォーム「Tellus(テルース)」について	インターネット 執行役員 上田 晋司
パネルディスカッション: ALOS-6 (SAR) にむけて	東京大学 航空宇宙工学専攻 教授 中須賀真一
国土地理院測地部宇宙測地課 課長 宗浩志、株式会社パスコ 衛星事業部 事業推進部 部長 石塚高也、株式会社 Synspective ビジネス開発部 ジェネラルマネージャ 浅田正一郎、JAXA第一宇宙技術部門 宇宙利用統括 松浦直人	

国土全域の地殻変動、地盤変動の監視



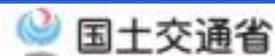
地殻・地盤変動の監視

国土地理院
 測地部 宇宙測地課課長
 宗包 浩志

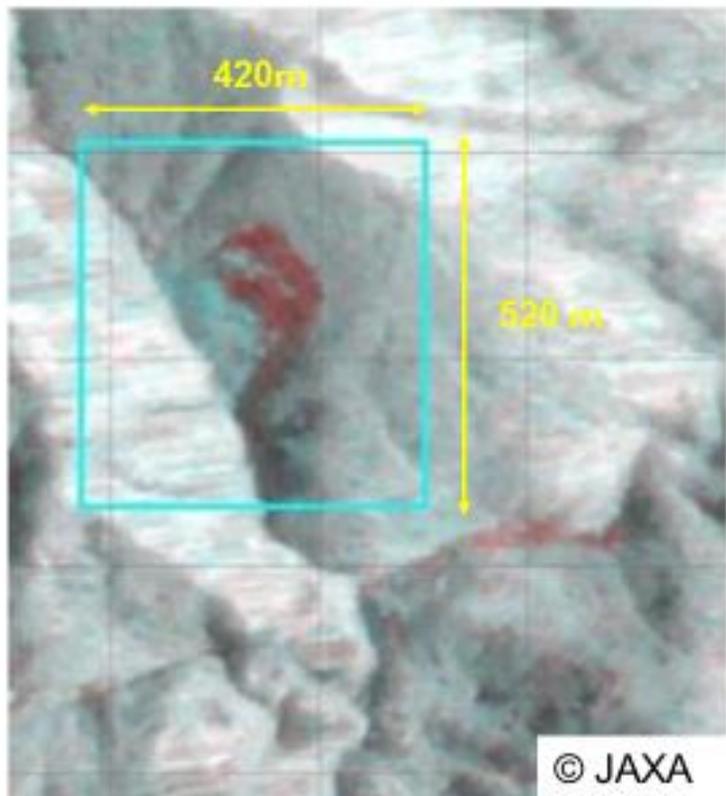
- ・ 国土全域をカバーするSARデータを定期的にSAR干渉解析(全国定常監視)
- ・ 地震・火山活動による地殻変動、地盤沈下などの地盤変動を抽出

ALOS-2により開かれた土砂災害調査への衛星の活用

初動期の土砂災害調査計画策定に活用



- 2回のSAR衛星観測成果をJAXAと国総研で判読し、岡山県・広島県・香川県・徳島県・愛媛県・高知県の6県で41箇所土砂移動推定箇所を抽出
- 41箇所を中心に、ヘリ等による詳細調査実施。【的中率は、33箇所/41箇所】
- 地方整備局職員は、初動期の調査計画策定に役立つと評価



© JAXA



提供：四国地方整備局

災害状況把握

発表時：国土交通省水管理・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
現：高知県土木部参事兼防災砂防課長
松下一樹

ALOS-2利用シンポジウム発表資料より

火山WGにおけるALOS-2の利活用の現状

霧島山 新燃岳

2018年3月1日～ 断続的に噴火開始。火口周辺警報の警戒範囲を2kmから3kmに拡大
(2017年からの火山活動活発化に伴い、3/5及び3/8の観測計画あり。)

2018年3月6日～ 火口内で溶岩流出開始
火山WGメンバーの防災科学技術研究所より、スポットライトモードでの緊急観測の提案
(3/6と3/7のスポットライトモードでの緊急観測を実施。)

2018年3月7日 防災科学技術研究所よりHP等を通じて速報的な解析結果の共有。
国土地理院からもHPを通じて解析結果の共有(以降も継続)。

2018年3月8日 3/8の観測を緊急観測に切り替え。
3/9～15まで毎日の緊急観測提案内容(特に解像度の議論)を火山WGのMLにて議論し、緊急観測を要求。

特に、この3月7日から8日にかけては、悪天で監視カメラによる火口の監視ができない状況だったが、ALOS-2による観測で火口から溶岩が溢れていない状況を確認できていた。

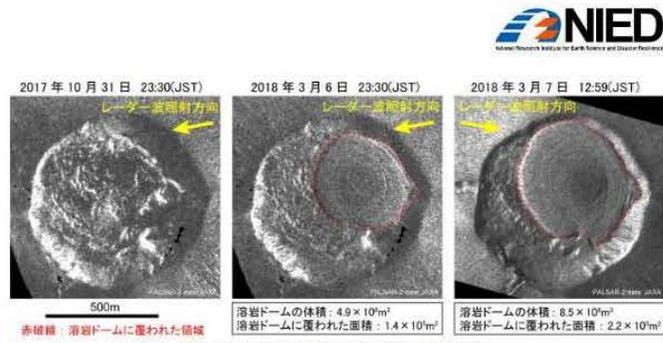


図1. だいち2号による新燃岳火口周辺の SAR 画像

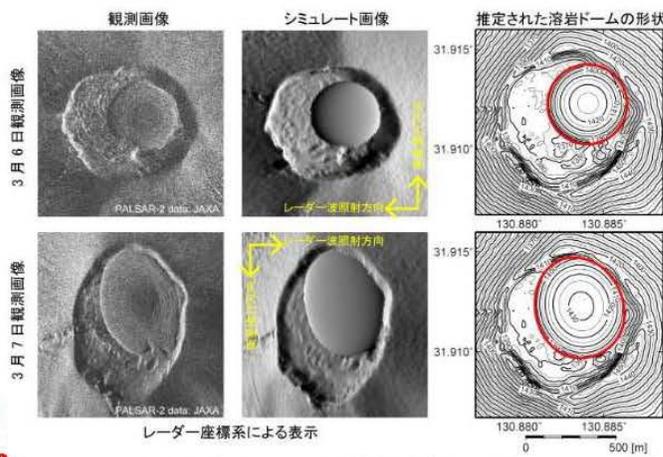


図2. だいち2号による SAR 画像から推定した溶岩ドームの形状

災害状況把握

気象庁
火山課調査官
木村 一洋

防災科学技術研究所HPより

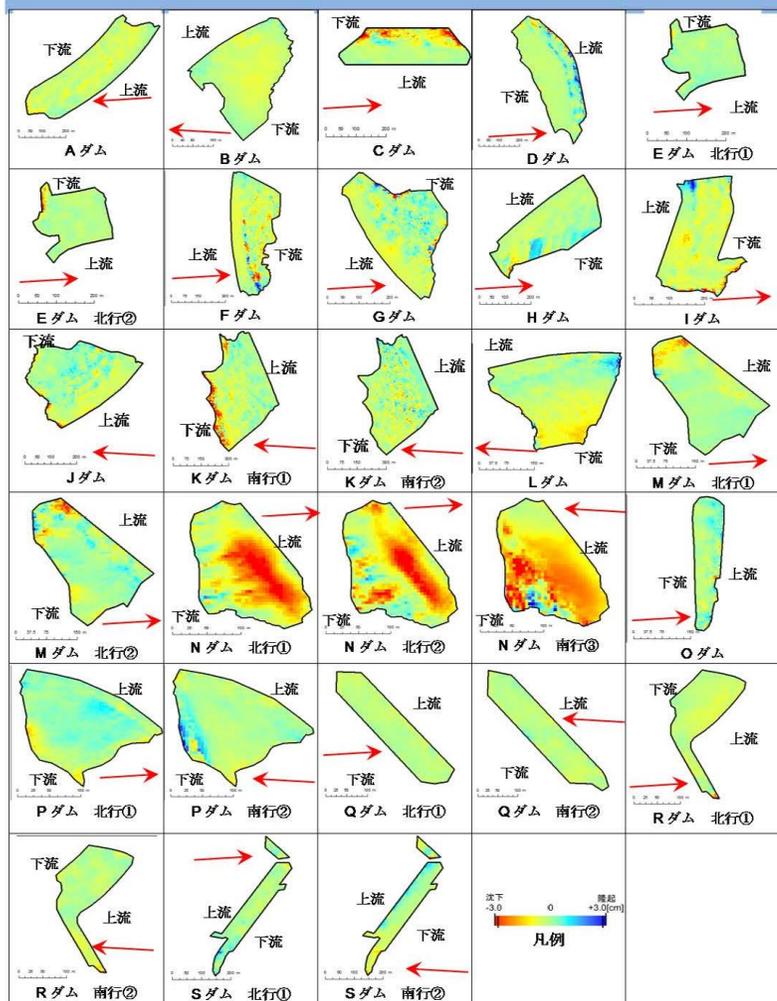
ALOS-2利用シンポジウム発表資料より

だいち2号をダムおよび貯水池周辺斜面の維持管理へ活用するための技術開発と活用事例

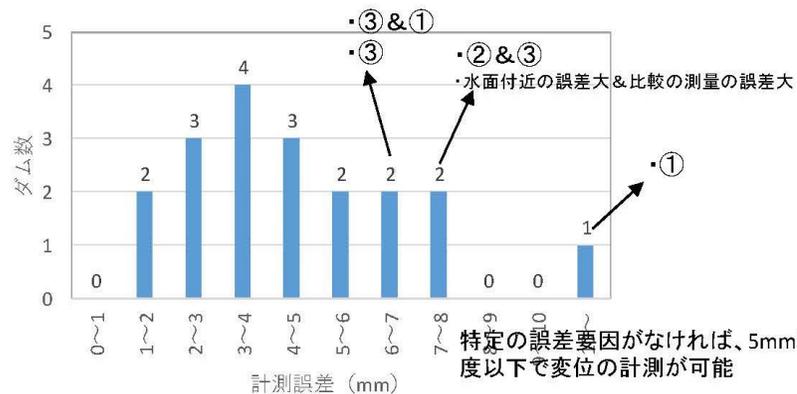
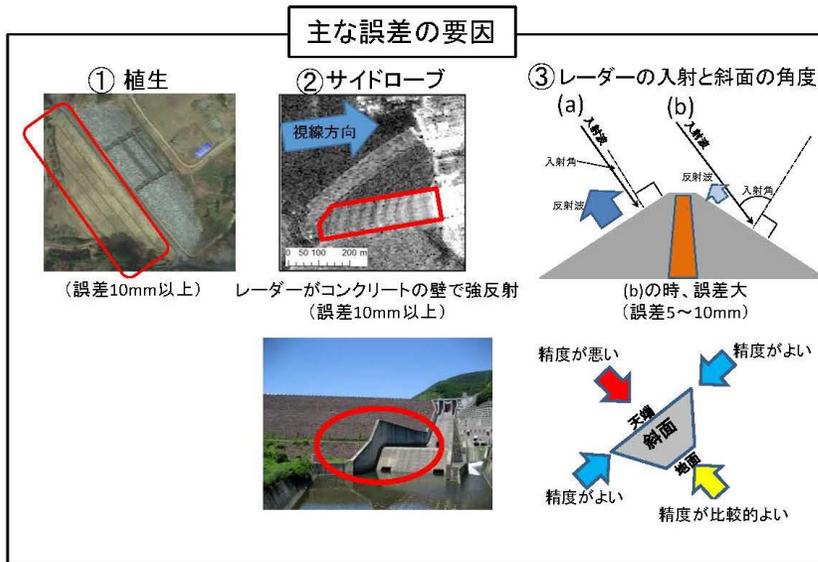
【1】ダムへ活用するための技術開発と活用事例 19基のロックフィルダムの変位計測 時系列解析



- ・マルチルック2×2、Goldsteinフィルタ32×32
- ・既存の測量やGPSとの比較、誤差(RMSE)の評価



19基のロックフィルダムの時系列干渉SARによる変位解析結果
(2014末～2016半ば)

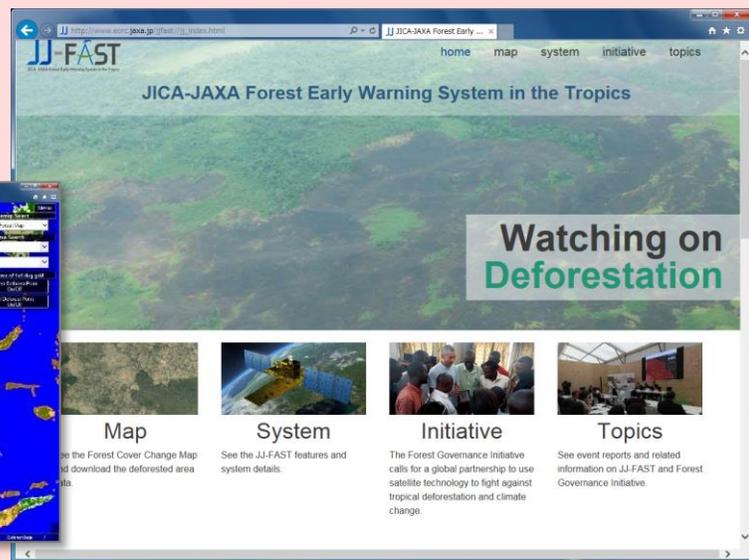


インフラ変位モニタ

国土交通省
国土技術政策総合研究所
河川研究部
大規模河川構造物研究室
主任研究官
佐藤 弘行

その他の多様なALOS-2データ利用事例

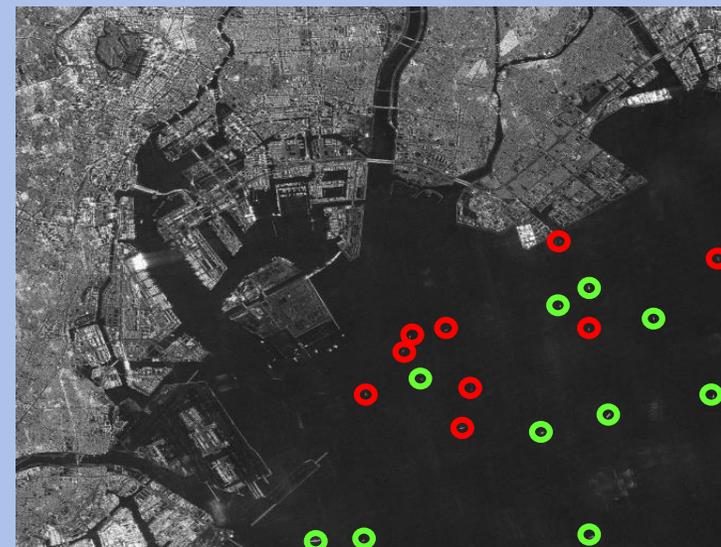
気候変動 (森林管理)



海洋監視

AIS受信情報だけでは分からないAIS非発出船(漁船と思われる)の位置、分布を把握できる。

- AIS信号非発出船 (SAR画像で認識)
- AIS信号発出船



気候変動(農業: 稲作生育状況把握)

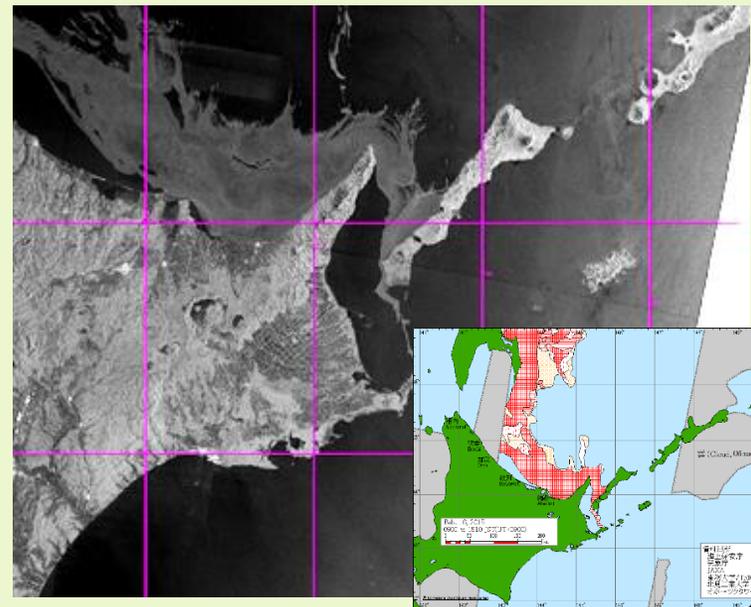
インドネシア/ジャワ島の稲作地域の把握。
作付けからの期間の把握による水稻の生育状況を把握(雨季の継続観測)



海洋監視

オホーツク海の流氷監視
(海上保安庁)

平成27年2月16日
左: ALOS-2画像
右: 海水速報



ALOS-4への期待や今後に向けた活動

ALOS-2利用シンポジウム(本年3月11日開催)より

- **国土地理院**:「**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**」を今後も引き続き図る。
- **国土交通省**:土砂災害対応を行う地方整備局職員の衛星の基礎的な仕組みの理解、災害対応への積極的な活用を促すために、「**災害時の人工衛星活用ガイドブック(土砂災害版)**」を作成し、国交省ホームページ上に公開。
- **気象庁**:ALOS-2では火山活動の異常時に緊急観測をし、状況を確認する流れだが、**ALOS-4では高頻度観測の実現により定常観測の中で火山活動の異常を早期に検出**できる流れへとシフトしていくことを期待したい。
- **環境省**:衛星データ活用による解析事例等を盛り込んだマニュアル策定・普及により、メリットを活かした**地盤沈下監視体制の充実**を目指す。
- **国土技術政策総合研究所**:専門知識がない人でも、**干渉SAR解析を自動で簡単に実施可能な機能**の開発。
- **国際協力機構**:これまで農業分野、森林保全分野、防災分野等、様々な分野においてJAXAとの連携を推進してきた。今後、**持続可能な開発目標(SDGs)**の達成には伝統的な開発協力のみならず、宇宙技術を含むSTI(Science, Technology and Innovation)の活用が必須。**開発協力における宇宙利用のデファクトスタンダード化**の可能性も見据え、JAXAとの連携を強化し、違法漁船対策、保健等、他の様々な分野における衛星データの更なる活用を模索・推進。

ALOS-4の性能

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)

複数アンテナでのAIS信号
受信及び地上DBF処理