

資料32-2
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第32回) H29. 1. 10

平成29年1月10日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
先進レーダ衛星プロジェクトマネージャ 鈴木 新一

■ 宇宙開発利用部会におけるプロジェクト事前評価について

JAXAは、プロジェクトの企画立案と実施に責任を有する立場から、JAXA自らが評価実施主体となって評価を行うことを基本とする。これを踏まえ、宇宙開発利用部会では、JAXAが実施した評価の結果について、調査審議を行う。

「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について(改訂版)」(平成27年6月3日改訂)

- 当報告は、宇宙開発利用部会が実施フェーズ移行に際して実施する「事前評価」に資するものである。
- JAXAが実施した先進レーダ衛星に係るプロジェクト移行審査(平成28年11月24日)の結果について、審査における主たる項目を以下に示す。
 - ① プロジェクト目標(ミッション要求、成功基準の再確認を含む)が適切かつ明確に設定されているか【審査項目#1】
 - ② 実施体制、資金計画、スケジュールの妥当性【審査項目#2】
 - ③ リスク識別とその対応策の妥当性【審査項目#3】

なお、外部委員(外部専門家)による評価も頂いた。【参考3】

1. プロジェクト目標の設定【審査項目#1】
 1. 1 プロジェクト目標
 1. 2 ミッションに係る成功基準
 1. 3 アウトカム目標

2. 先進レーダ衛星の概要
 2. 1 衛星システム
 2. 2 SARセンサ
 2. 3 技術に係る成功基準【審査項目#1】
 2. 4 ベンチマーク

3. 先進レーダ衛星の開発計画
 3. 1 (1)実施体制、(2)資金計画、(3)スケジュール【審査項目#2】
 3. 2 リスクと対応策【審査項目#3】

4. プロジェクト移行審査のまとめ

参考資料

1. プロジェクト目標の設定

1.1 プロジェクト目標

先進レーダ衛星のミッション設定に当たっては、防災関連府省庁等利用機関で構成される「防災のための地球観測衛星等の利用に関する検討会」において、防災利用ニーズが整理されており、それを踏まえるとともに、運用中の陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)の利用成果・課題を反映した目標設定となっている。

先進レーダ衛星は、防災先進国*である日本が長年培ってきたLバンド合成開口レーダ(SAR)の強みである地殻・地盤変動観測を更に進化させるため、広域・高分解能観測に必要な技術開発を行い、高精度な変動監視(①「**地殻・地盤変動の監視**」)を実現する。また、ALOS-2のミッションである全天候型の災害観測(②「**災害状況把握**」)、森林観測、海水監視、船舶動静把握等の継続的かつより高度な活用を図るとともに、インフラ変位モニタのような新分野での利用を実用化させる(③「**防災以外の利用**」)。

*内閣府文書「国連防災世界会議」

また、海洋監視のニーズに対応するため、日本周辺の船舶過密域において自動船舶識別信号を受信するための装置(AISセンサ)を先進レーダ衛星に搭載する。(④「**衛星搭載AISによる海洋監視**」)

1.1 プロジェクト目標

①「地殻・地盤変動の監視」

- 事後把握から異変の早期発見へ(火山、地盤沈下、地すべり等)

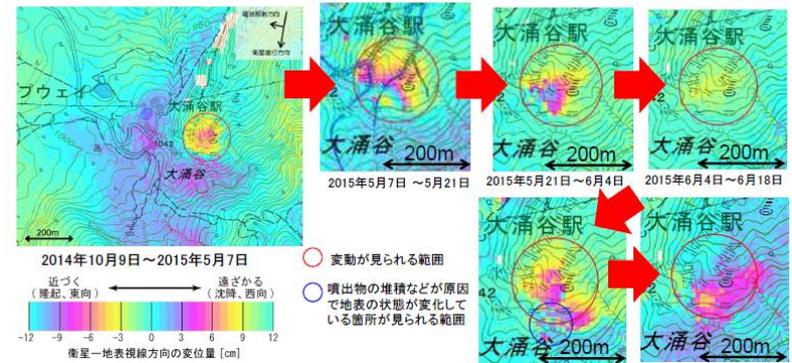
【現状】ALOS-2の干渉SAR観測による箱根山大涌谷の火山活動の観測(2015年5月から8月)や桜島の火山活動活発化に伴う地殻変動の観測(8月)では、警戒レベル判断や自治体の立ち入り規制判断に活用された。

【課題】ALOS-2では緊急観測により対象火山の観測を行うが、日本全土の活火山すべてを高頻度で観測することができず、活動が活発化した後にならざるを得ない。防災関係機関(気象庁等)は定常的に状況を把握し、異変を早期に発見することを希望。

【先進レーダ衛星による解決策】観測頻度を向上させる(年4回→2週に1回)ことで、地殻・地盤変動による異変(火山、地盤沈下、地すべり等)を防災関係機関が早期に発見、危険の判断を行い、国民・社会に注意喚起を行う体制を構築する。



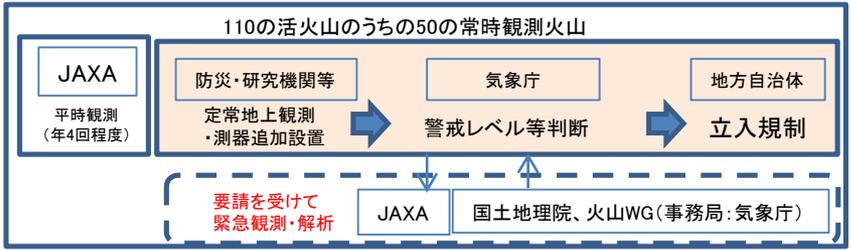
箱根山・大涌谷 - 高分解能になって見えた事象 国土地理院



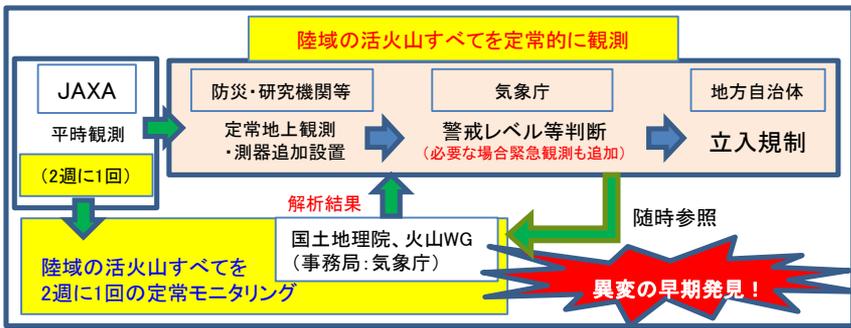
- 局所的な変動の検出と特定
- 高頻度に変動域の監視を継続
- 立ち入り規制の設定に活用

Slide 8

【現状 (ALOS-2)】



【先進レーダ衛星】



1.1 プロジェクト目標

①「地殻・地盤変動の監視」

■地震メカニズム解明からリスク評価・復興へ

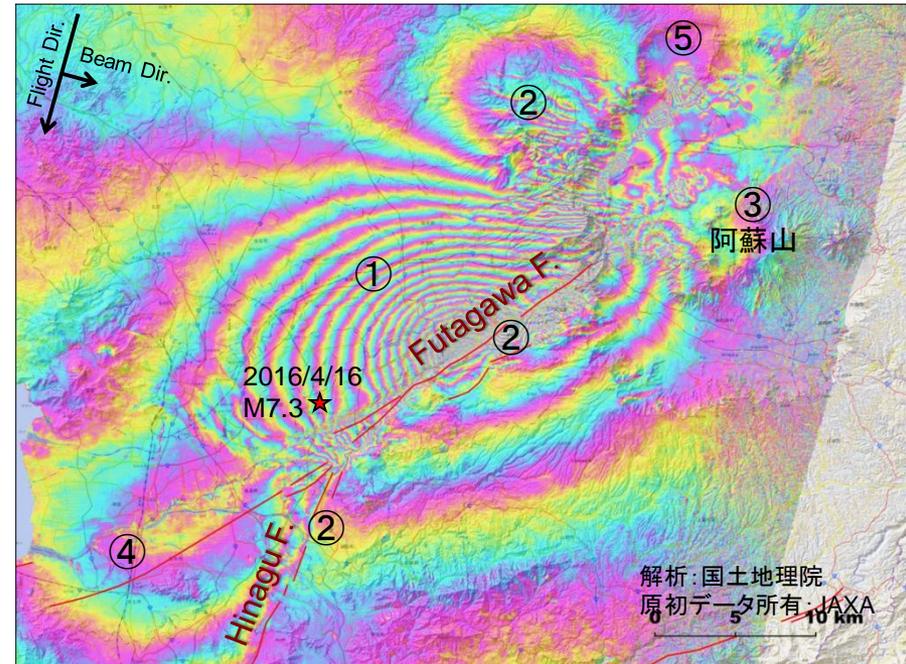
【現状】

- ・ALOS-2のSAR観測・解析により、図①地殻変動分布と図②多数の地表亀裂がマッピングされ、地震メカニズムの解明の他、次に示すリスク評価、復興に活用された。
- ・第135回火山噴火予知連絡会(2016年6月14日)において、図③地震が阿蘇山へ及ぼした影響について、ALOS-2結果に基づき、マグマ溜りの応力変化等、定量的な議論が行われた。
- ・既知の活断層のうち、地震は図②の区間で発生し、図④の区間には断層の破壊が及んでいないことが明らかにされた。その結果は、地震調査委員会において、地震発生の場所や規模の評価に活用された。
- ・熊本地震に伴い図⑤温泉街が北北西方向へ2m以上水平移動したとの3次元地殻変動図が、内牧温泉枯渇の原因究明と復旧(掘削場所選定)に主要な役割を果たした。
- ・衛星SARは、こうした科学的知見に基づく災害対応(「防災基本計画」より)に欠かせない情報収集手段となっている。

【課題】熊本地震においては、結果的に50kmの観測幅で上記の事象をとらえることができたが、観測対象選択の議論があった。さらに大規模な地震において、1回で地殻変動の全容をとらえることはできず、観測対象を選択するプロセスが必要であること、被災地全域観測に時間を要することが課題である。

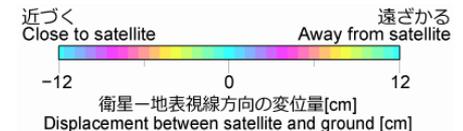
【先進レーダ衛星による解決策】高い分解能を維持しつつ、観測幅を飛躍的に拡大(50km→200km幅)することで、広範囲の被災地を迅速に観測することが可能になる。

ALOS-2干渉SAR画像と既知の活断層(熊本地震)
2016/04/15 - 2016/04/29 降交軌道(左観測)



— 主要な活断層

①から⑤は代表例



1.1 プロジェクト目標

②「災害状況把握」

■ 先進光学衛星・先進レーダ衛星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)

1.1 プロジェクト目標

③「防災以外の利用(森林管理)」

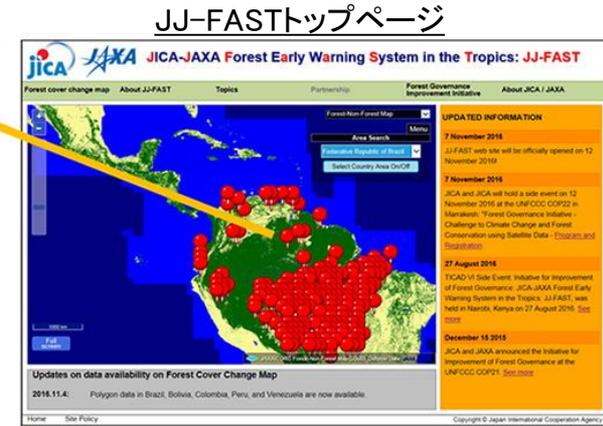
■ 気候変動緩和策としての持続的な森林管理への活用

【現状】全陸域面積の3割を占める世界の森林の減少は温室効果ガスの増加に深くかかわるため、COP(国連気候変動枠組条約締約国会議)において、気候変動対策としての森林保全や状況把握は重要な課題と位置づけられている。

JICAとJAXAが開発中の熱帯林早期警戒システム(JJ-FAST)では、ALOS-2観測データを用いて世界約60か国※における熱帯林変化を検出し、開発途上国等の利用機関へ情報を配信中。
 ※中南米から開始し、順次拡大予定。

【課題】JJ-FASTでは、高頻度観測が可能な広域観測モード(50m分解能)を用いて、数ヘクタール規模以上の伐採地を検出している。しかし、それ以下の面積の伐採地が全体の半分以上を占める国も多く、より高い分解能と高頻度の両立が、将来の課題となっている。

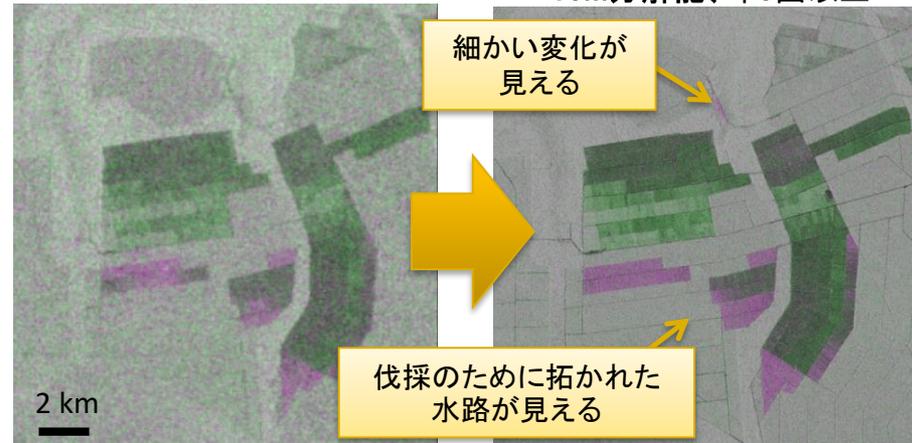
【先進レーダ衛星による解決策】10m分解能で高頻度観測を行うことで、小規模伐採地や伐採路の開拓を検出することが可能となり、森林資源管理の高度化に貢献する。



森林監視能力の向上イメージ

ALOS-2
50m分解能、年9回程度

先進レーダ衛星
10m分解能、年9回以上



インドネシアの伐採地

緑: 成長、赤: 伐採

1.1 プロジェクト目標

③「防災以外の利用(インフラ変位モニタ)」

■ 地上観測網の補完・補強による新たな価値創出

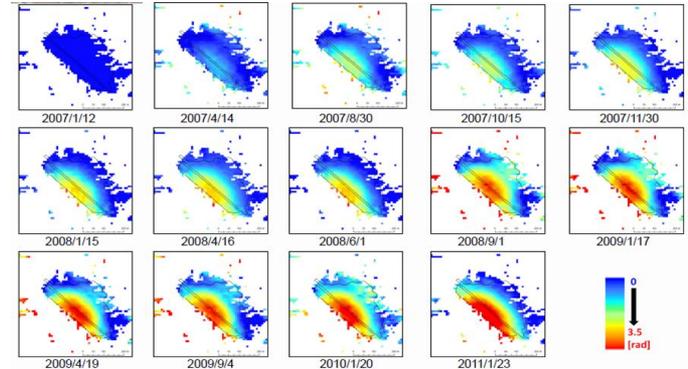
【現状】内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」において、ロックフィルダム、河川堤防、港湾施設等の老朽化に起因する変位量を干渉SAR観測により計測する研究を国土技術政策総合研究所やJAXA等が実施しており、20回程度の干渉観測の時系列解析により、年間5mm程度の変位をとらえる見込みを得ている。

【課題】20回の時系列データはALOS-2では5年分の継続した観測が必要となり、年次の変位をとらえることが難しく、実証にとどまる。

【先進レーダ衛星による解決策】観測頻度の向上により1年間で揃えることが可能となり、年間変位をとらえることができ、実用化につなげられる。

日本全土の網羅的な観測により、現業機関による地上観測等他の観測手段の補完・補強、インフラ管理者による異変の見逃し防止や点検の効率化等新たな価値創出ができることを目指す。

ALOSによるロックフィルダムの面的変位計測例(4年間)



出典: 国立研究開発法人土木研究所 国際航業(株)

現状



先進レーダ衛星



1.1 プロジェクト目標

政策的な要求からのフローダウン

防災関係府省庁から提示された政策的な要求をもとに、ミッション要求を設定した。

○国土強靱化基本計画(平成26年6月3日閣議決定)

各プログラムの推進方針

7. 制御不能な二次災害を発生させない
7-3) 沿線・沿道の建物倒壊による直接的な被害及び交通麻痺

- ・ 地球観測衛星による高精度な観測を行うこと等により、被害状況の早期把握、復旧計画の速やかな立案など、災害情報の収集体制の強化を図る。

8. 大規模自然災害発生後であっても、地域社会・経済が迅速に再建・回復できる条件を整備する

8-5) 広域地盤沈下等による広域・長期にわたる浸水被害の発生により復旧・復興が大幅に遅れる事態

- ・ 平時から衛星等による観測データを活用し、基本的な地理空間情報を整備するとともに、内水ハザードマップの作成・公表を促進する。



○宇宙基本計画(平成28年4月1日閣議決定)

2. 我が国の宇宙政策の目標

(2) 民生分野における宇宙利用の推進

① 宇宙を活用した地球規模課題の解決と安全・安心で豊かな社会の実現

我が国が保有する測位衛星、通信・放送衛星、リモートセンシング衛星等の各種の宇宙システムを活用し、(中略) 地震・津波・火山噴火・台風・竜巻・集中豪雨等の大規模災害及び大事故等への対応等に役立てることにより国土強靱化を推進し、我が国の国民生活の向上に貢献する。

4. 我が国の宇宙政策に関する具体的アプローチ

(2)① 先進レーダ衛星については平成28年度をめどに開発に着手し、平成32年度をめどに運用を開始する。



○科学技術イノベーション総合戦略2016(平成28年5月24日閣議決定)

Ⅱ 自然災害に対する強靱な社会の実現

[C] 重きを置くべき取組

2) 「予測力」関連技術

大規模災害時における被災状況の広域高分解能観測のために、地球観測衛星(先進光学衛星、先進レーダ衛星)の研究開発(一部抜粋)

4) 社会実装に向けた主な取組(SIPを含む)

合成開口レーダの利活用について、技術開発を進める(一部抜粋)

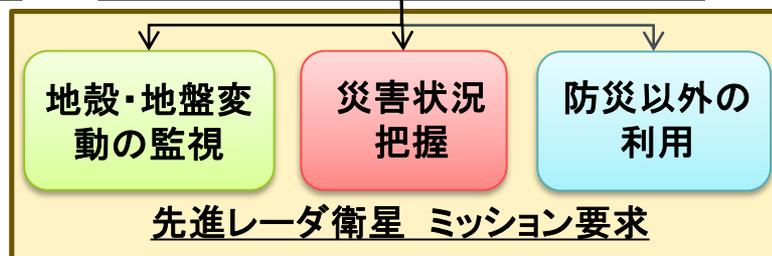


○南海トラフ地震防災対策推進基本計画(中央防災会議)

第2章南海トラフ地震に係る地震防災対策の推進に関する基本的方針

第3節超広域にわたる被害への対応
発災直後、超広域にわたる被害の全体像を速やかに把握し、的確な応急活動を展開するため、国は航空写真や衛星写真から概略の被災状況を把握する。

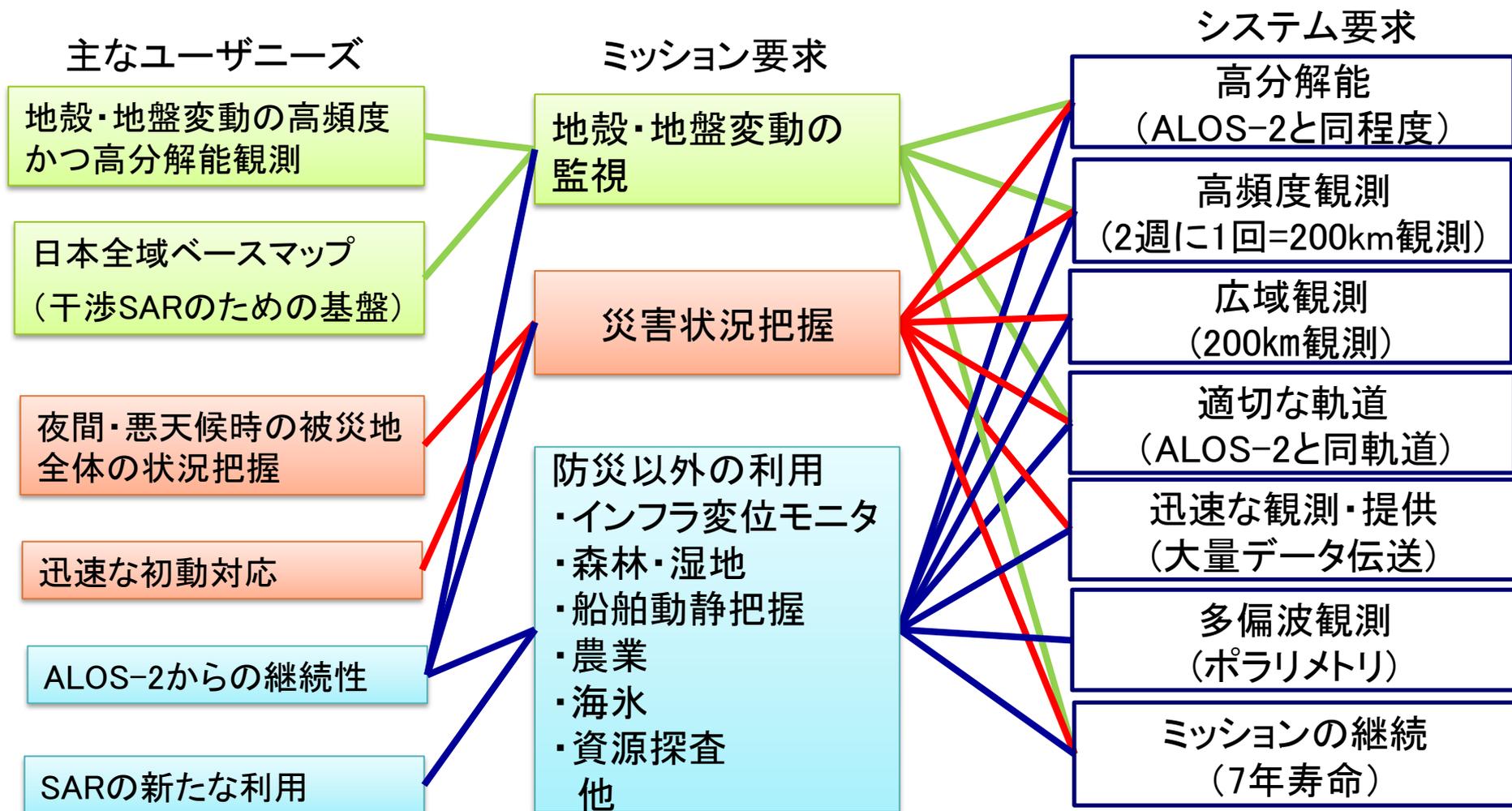
【ユーザ要求; 防災関連府省庁】
防災のための地球観測衛星システム等の構築及び運用の進め方について(改訂版)



1.1 プロジェクト目標



ユーザ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



1.1 プロジェクト目標

④衛星搭載AISによる海洋監視(SARとの協調観測)

■ 船舶過密域における船舶監視

【現状】衛星搭載AIS(自動船舶識別装置)は、広大な海域に分布する船舶をモニタするのに有効な手段であることがSDS-4搭載SPAISE1、ALOS-2搭載SPAISE2で実証された。

【課題】しかし、日本周辺の船舶が密集する海域ではAIS信号が混信し、SPAISE1,2ともAIS信号受信が困難であった。今後、海外のAIS受信機搭載衛星は多数機コンステレーションによる高頻度・高速サービス化に向かうが、船舶過密域における混信課題は解決される見通しが無い。

【解決策】先進レーダ搭載のSPAISE3は他国の衛星搭載AISにはない船舶過密域での高い受信能力を有する。

■ SAR及びAISの協調観測による効果

- SARによる700km幅の広域観測とAISを同時に運用することで、SARによるAIS非発出船・未検出船の検出を可能とし、SARの「船舶動静把握」ミッションを高度化する。

SPAISE3により、日本周辺での船舶検出率が向上

船舶の動きを観測することが可能であり、行政機関の業務に資する情報が得られる。



SPAISE3のコンセプト概要

- 受信エリア狭域化により船舶検出率を向上。
- 複数エリアの同時受信、処理により、広域観測性を維持。

1. プロジェクト目標の設定

1.2 ミッションに係る成功基準

先進レーダ衛星の成功基準は、主要な3つのミッションに対して、設計寿命(打上げ後7年間)にわたって下記が達成されること。

ミッション	アウトプット目標
地殻・地盤変動の監視	打上げ後7年間にわたって*、平時における日本全土を2週間に1回程度の干渉観測(JAXA)及び干渉SAR解析・変動情報の提供(国土地理院)を行う。
災害状況把握	打上げ後7年間にわたって*、防災機関の要求に基づき、国内及び海外の災害観測及びプロダクト提供を行う。
防災以外の利用	打上げ後7年間にわたって*、ユーザ要求**に沿った観測及びプロダクト提供を行う。

* 打上げ後7年間のうち、初期チェックアウト及び初期校正検証の期間を除く。

** 森林・海洋等の利用機関の要求

なお、プロダクト仕様は「先進レーダ衛星総合システム要求仕様書」(FTR-160003)において、定義されている。標準プロダクトの画質要求はALOS-2と同様である。災害状況把握や防災以外の利用に関しては、以下のようなプロダクトを想定している。

- 災害速報図(緊急観測時は観測後1時間以内に標準プロダクトを作成し、更に1時間程度で変化部分の識別を行った結果を防災関係機関に提供)
- 熱帯林伐採検出速報(森林伐採監視対象域を、年9回以上観測し、開発途上国等の利用機関に情報を配信)
- インフラ変位モニタ(日本全土を年20回観測し、標準プロダクトを用いて民間の解析業者等が時系列干渉解析可能とする)

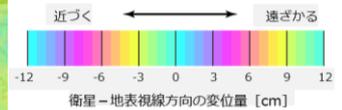
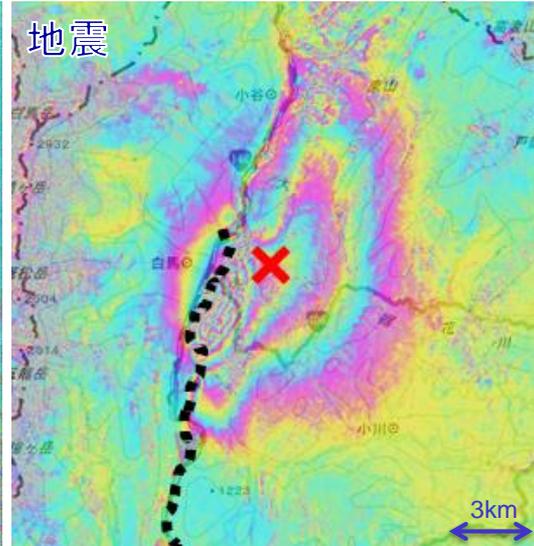
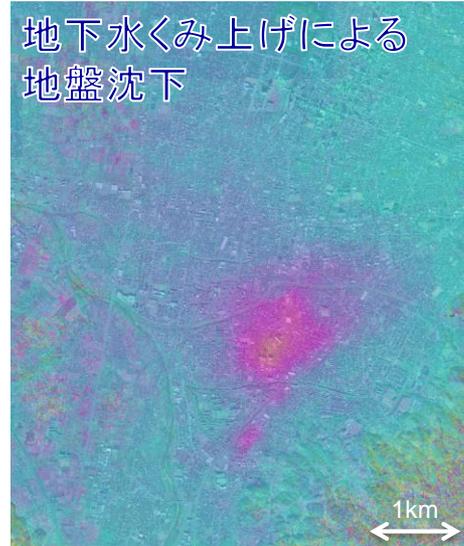
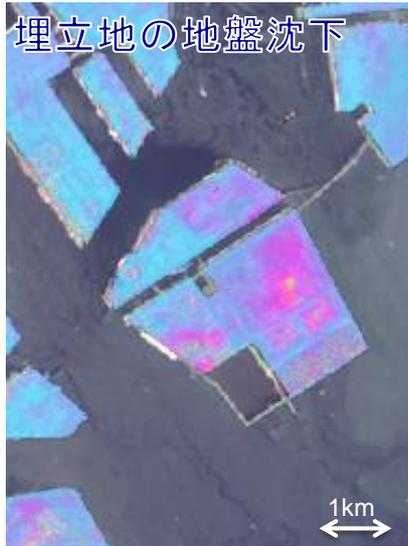
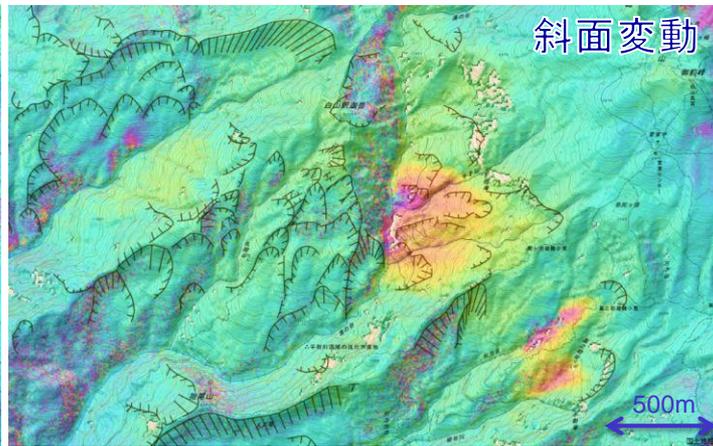
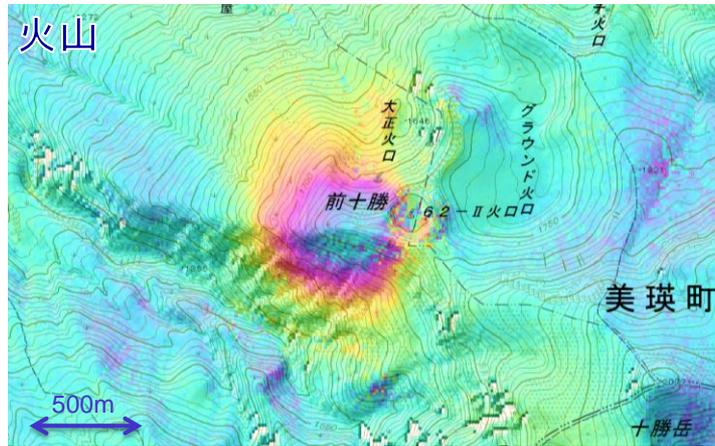
また、衛星搭載AISによる海洋監視は、「利用実証期間全体(初期校正後2年間)にわたって、日本周辺の船舶過密域で必要なAIS信号の受信を行い、ユーザと合意した配信時間内で提供する(ただし、SAR緊急観測の割り込み時を除く。)」をアウトプット目標とする。

1. プロジェクト目標の設定

1.2 ミッションに係る成功基準

■ 国土地理院による解析結果例

国土全域の解析により検出できる様々な事象



1. プロジェクト目標の設定

1.3 アウトカム目標

先進レーダ衛星が、JAXA内外のパートナーとの協力体制の下で目指すアウトカム目標は以下の通りであり、社会インフラとして定着することを目指して、関係機関と連携を進める。

アウトカム目標		関連するプロジェクト目標
【目標1】 事後把握から異変の早期発見へ（火山、地盤沈下、地すべり等）	ALOS-2では地震発生後や火山活動活発化後に、状況把握のための緊急観測を実施してきている。先進レーダ衛星では、ALOS-2の対応を継続するとともに、観測頻度を向上させることで、地殻・地盤変動による異変（火山、地盤沈下、地すべり等）を防災関係機関が早期に発見、危険の判断を行い、国民・社会に注意喚起を行う体制を構築する。	①地殻・地盤変動の監視 ②災害状況把握
【目標2】 地上観測網の補完・補強による新たな価値創出（インフラ変位モニタ等）	地上では観測が不可能な場所や、点でしか観測できない場所があり、必要な場所の全てを観測できているわけではない。衛星では面で観測できるため、日本全土網羅的な観測が可能となる。 ALOS-2では3ヶ月に一度の観測頻度であるが、先進レーダ衛星では観測頻度を向上させることで、現業機関による地上観測等他の観測手段の補完・補強、インフラ変位モニタ（インフラ管理者による異変の見逃し防止や点検の効率化）等新たな価値創出ができることを目指す。	①地殻・地盤変動の監視 ③防災以外の利用

2. 先進レーダ衛星の概要



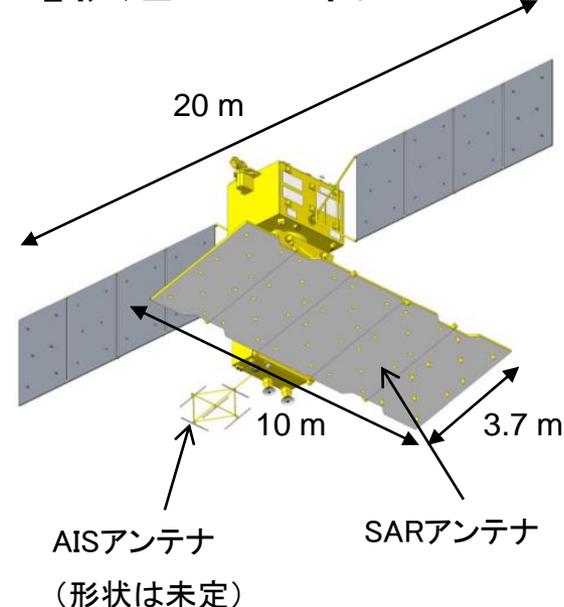
2.1 衛星システム

【主要諸元】

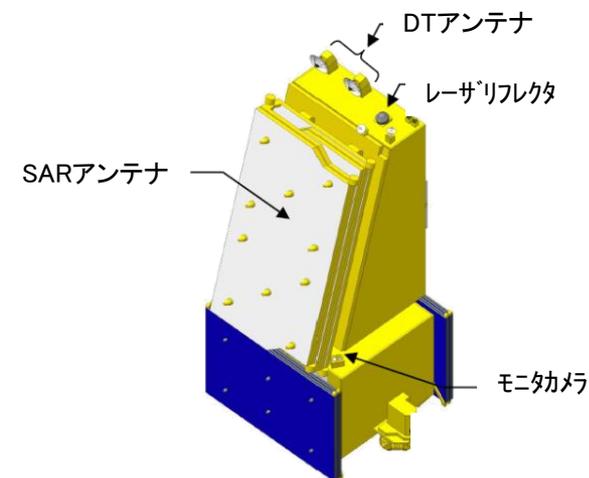
項目		諸元
打上げ	時期	平成32年度
	ロケット	H3ロケット 試験機1号機
運用軌道	軌道種別	太陽同期準回帰軌道
	軌道高度	628 km(赤道上)
	LSDN	12 時00 分
	回帰日数	14 日 (1日の周回数 15-3/14周回)
	軌道傾斜角	97.9 度
センサシステム		Lバンド合成開口レーダ (PALSAR-3) 船舶自動識別信号受信機 (SPAISE3)
衛星形状 (PALSAR-3展開後)		10.0m x 20.0m x 6.4m(X軸 x Y軸 x Z軸)
質量		2,990 kg 以下
発生電力	太陽電池パドル	7,200 W以上 (7年EOL、1アレイ故障時)
	バッテリー	380 AH
データ伝送速度		3.6Gbps/1.8Gbps
設計寿命		打上げ後7年
プライム企業(主契約者)		三菱電機株式会社

ALOS-2と相互干渉可能な同一軌道

【軌道上コンフィギュレーション】



【フェアリング収納状態】

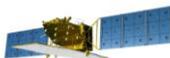
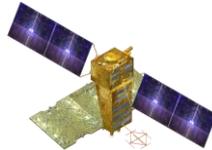


2. 先進レーダ衛星の概要

2.2 SARセンサ



我が国のLバンドSAR技術の発展

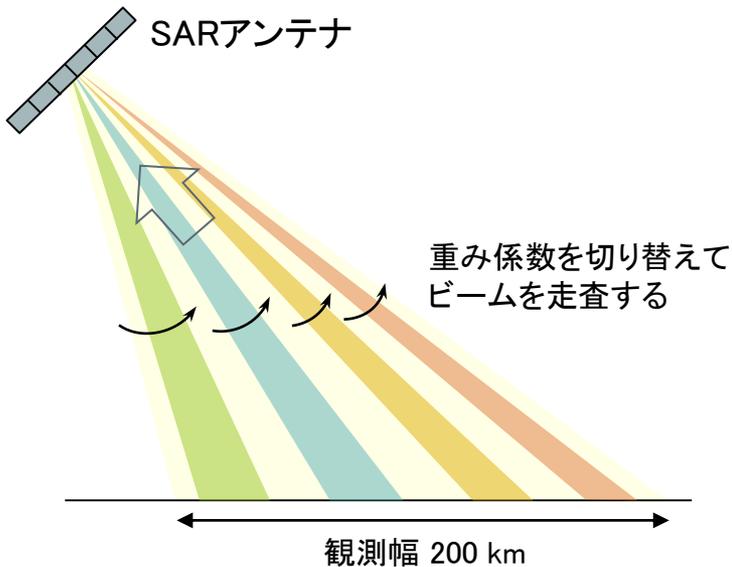
	<u>JERS-1</u> 1992-1998 	<u>ALOS</u> 2006-2011 	<u>ALOS-2</u> 2014- 	<u>先進レーダ衛星</u> 2020- 
SAR性能				
分解能／観測幅	18m／75km	10m/70km	3m/50km	3m/ <u>200km</u>
アンテナ方式 サイズ	アレイアンテナ 2.5m × 12m	アクティブ・フェーズド・アレイアンテナ 3m × 9m	アクティブ・フェーズド・アレイアンテナ 3m × 10m	アクティブ・フェーズド・アレイアンテナ <u>3.6m</u> × 10m
送受信モジュール 台数／増幅器	非搭載 -	搭載 80台／シリコン(Si)	搭載 180台／窒化ガリウム(GaN)	搭載 <u>232台</u> ／窒化ガリウム(GaN)
送信電力	1300W	2000W	6120W	<u>7888W</u>
受信方式	シングルビーム	シングルビーム	デュアルビーム 広域／高分解能の両立	<u>デジタルビームフォーミング</u> 超広域／高分解能の両立
電離層補正機能	無	無	無	有
観測方向	右観測のみ		姿勢変更による左右観測可能	
軌道制御	±7.5km以内@赤道上	±2.5km以内@赤道上	±500mチューブ保持 干渉精度向上	±500mチューブ保持 + <u>レーザリフレクタ</u> 干渉精度向上 軌道の絶対精度評価
AISとの同時観測	非搭載	非搭載	搭載 混信域対策なし	搭載 <u>混信域対策あり</u>

2. 先進レーダ衛星の概要

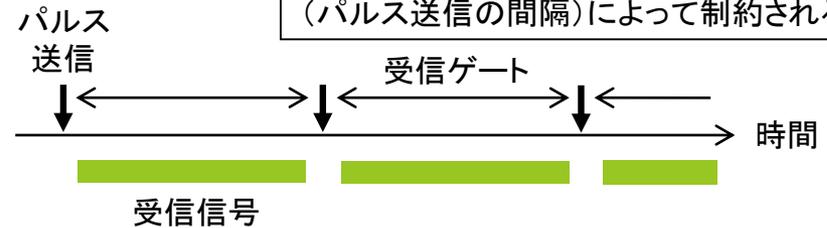
2.2 SARセンサ

■ デジタルビームフォーミング (DBF) SARの観測原理

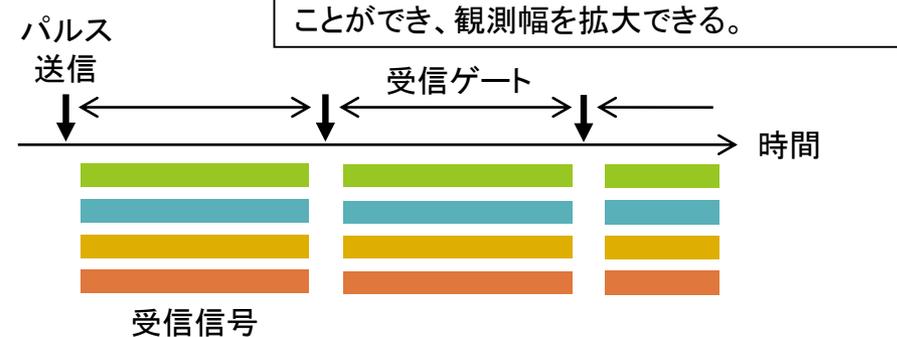
- 送信時は、観測領域全体に一度にビームを照射する。
- 受信時は、複数のサブアレイで受信した信号をA/D変換した後、重み付け加算を行い、最大で4つの受信ビームを同時に形成する。それにより、観測幅をALOS-2から大幅に拡大する。
- 重み係数を切り替えることで、地上散乱波の到来方向に対して高い利得を示す受信ビームを形成し、高感度の観測を実現する。



従来方式



DBF-SAR



2. 先進レーダ衛星の概要

2.3 技術に係る成功基準

技術達成目標(成功基準)

デジタルビームフォーミングSAR(分解能3m以内/観測幅200km以上)による観測技術が獲得できること。評価時期: 打上げ1年後

- DBF技術等を採用することで、ALOS-2 PALSAR-2の**高い分解能や画質を維持しつつ観測幅を飛躍的に拡大し**、観測頻度の向上等のミッションに必要な性能を実現する。

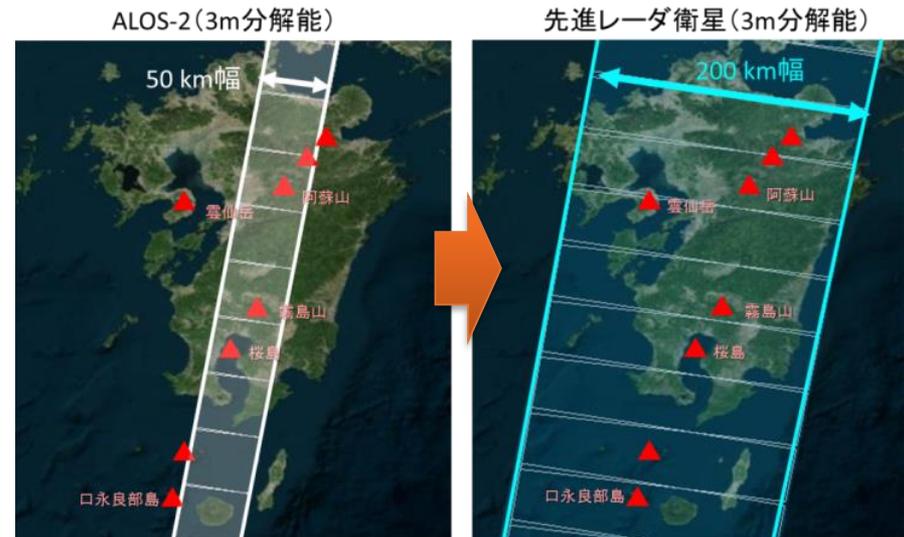
■ 観測幅の比較

	ALOS-2	先進レーダ衛星
高分解能モード (分解能 3m, 6m, 10m)	50 km, 70 km	200 km
広域観測モード (分解能 25m)	350 km, 490 km	700 km
スポットライト モード (分解能 1m × 3m)	25 km × 25 km	35 km × 35 km

■ 日本の観測頻度*の比較

	ALOS-2	先進レーダ衛星
高分解能モード (分解能 3m)	年4回	年20回 (2週に1回)

■ 高分解能モードの1回の観測によるカバー範囲

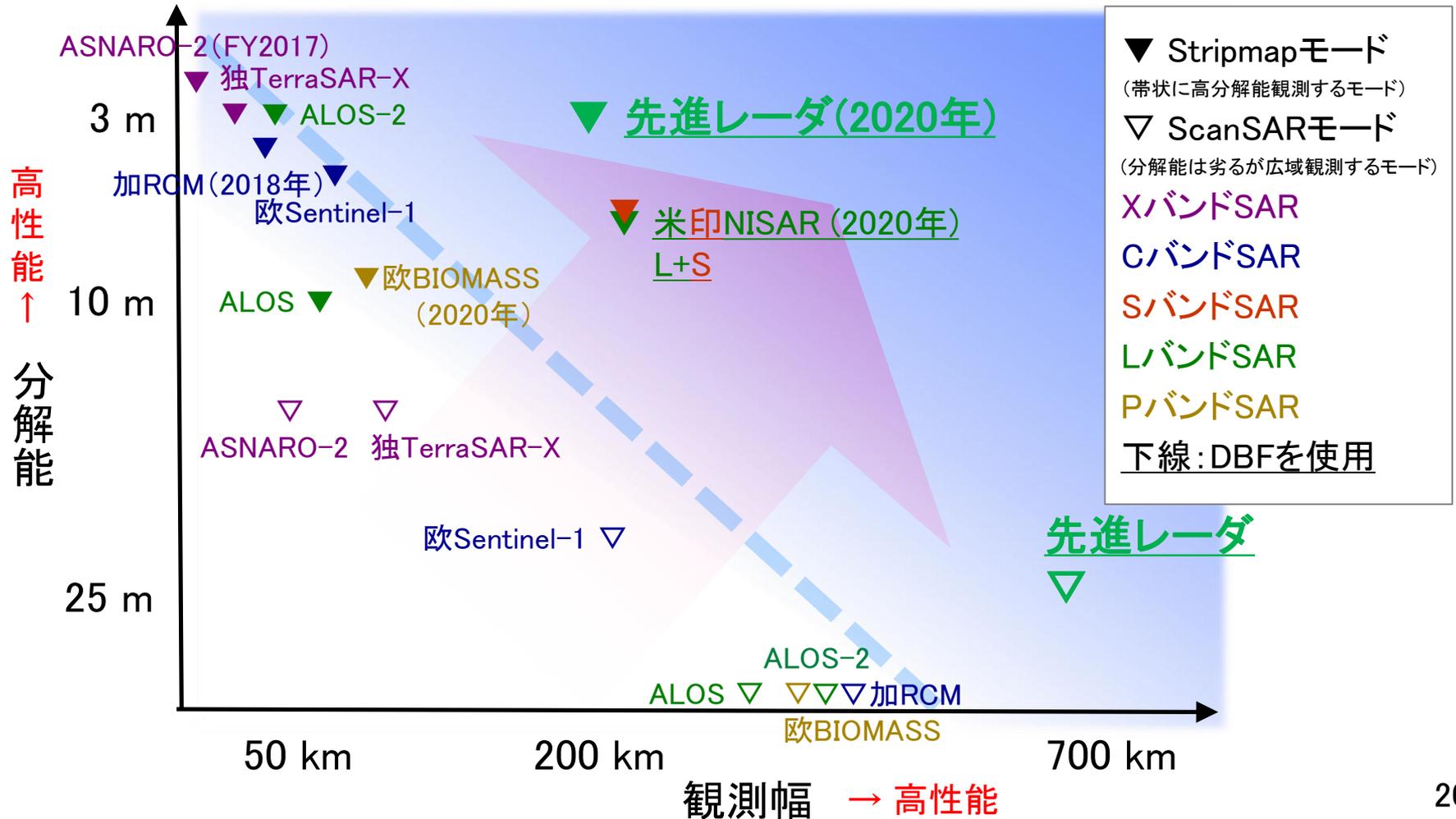


*日本域の初度のベースマップが揃った後の、定常的な観測頻度を指す。

2. 先進レーダ衛星の概要

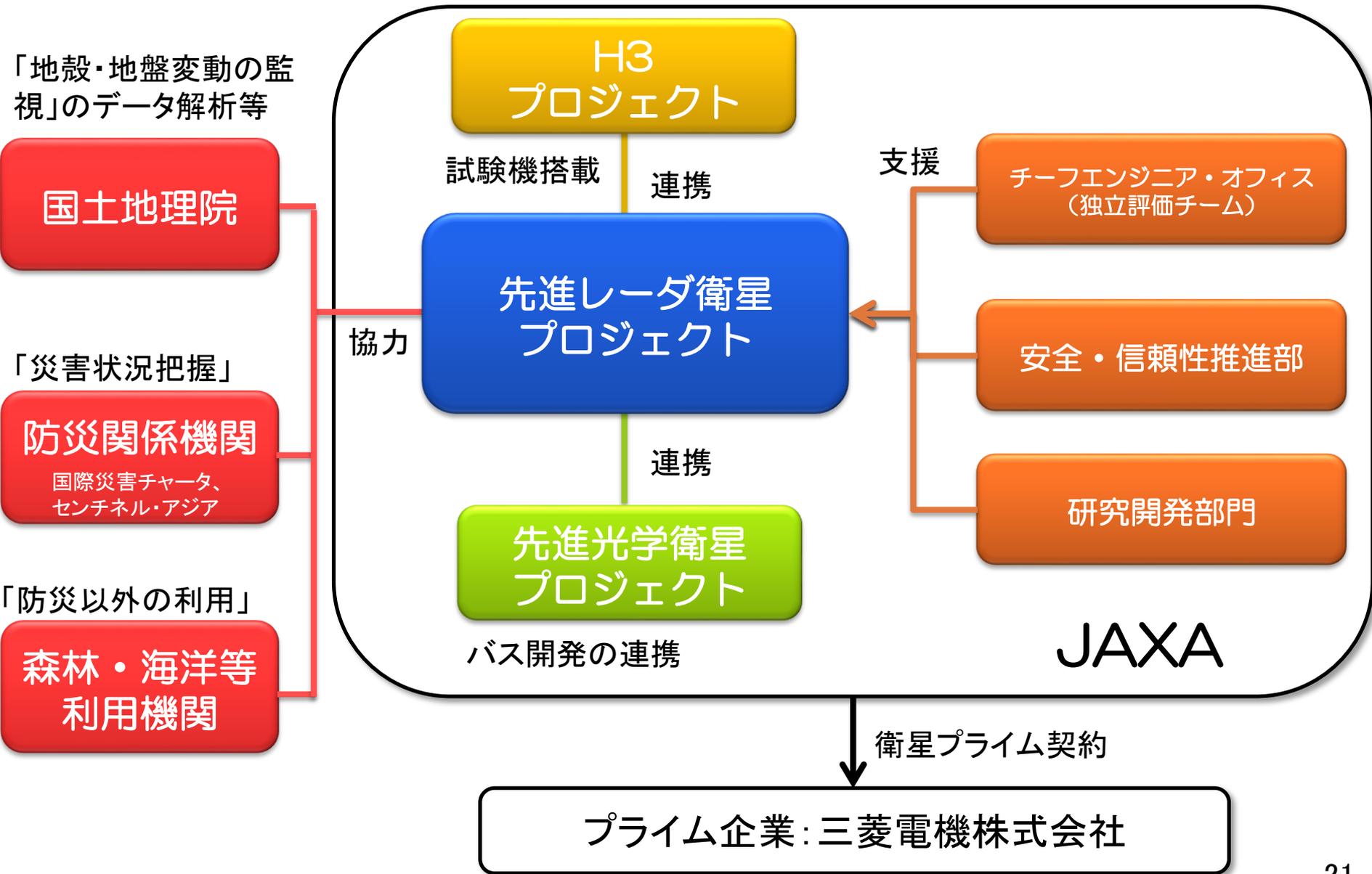
2.4 ベンチマーク

- 以下に各国で検討されているSAR衛星との比較を示す。図で示される通り、世界最高性能(高分解能、広域観測)を目指している。
- LバンドSARを継続し、ALOS-2と相互に干渉を可能とすることで、長期の地殻・地盤変動の状況把握やmmオーダの高精度な分析に寄与し、他国の衛星に対する強みとなる。



3. 先進レーダ衛星の開発計画

3.1(1) 実施体制

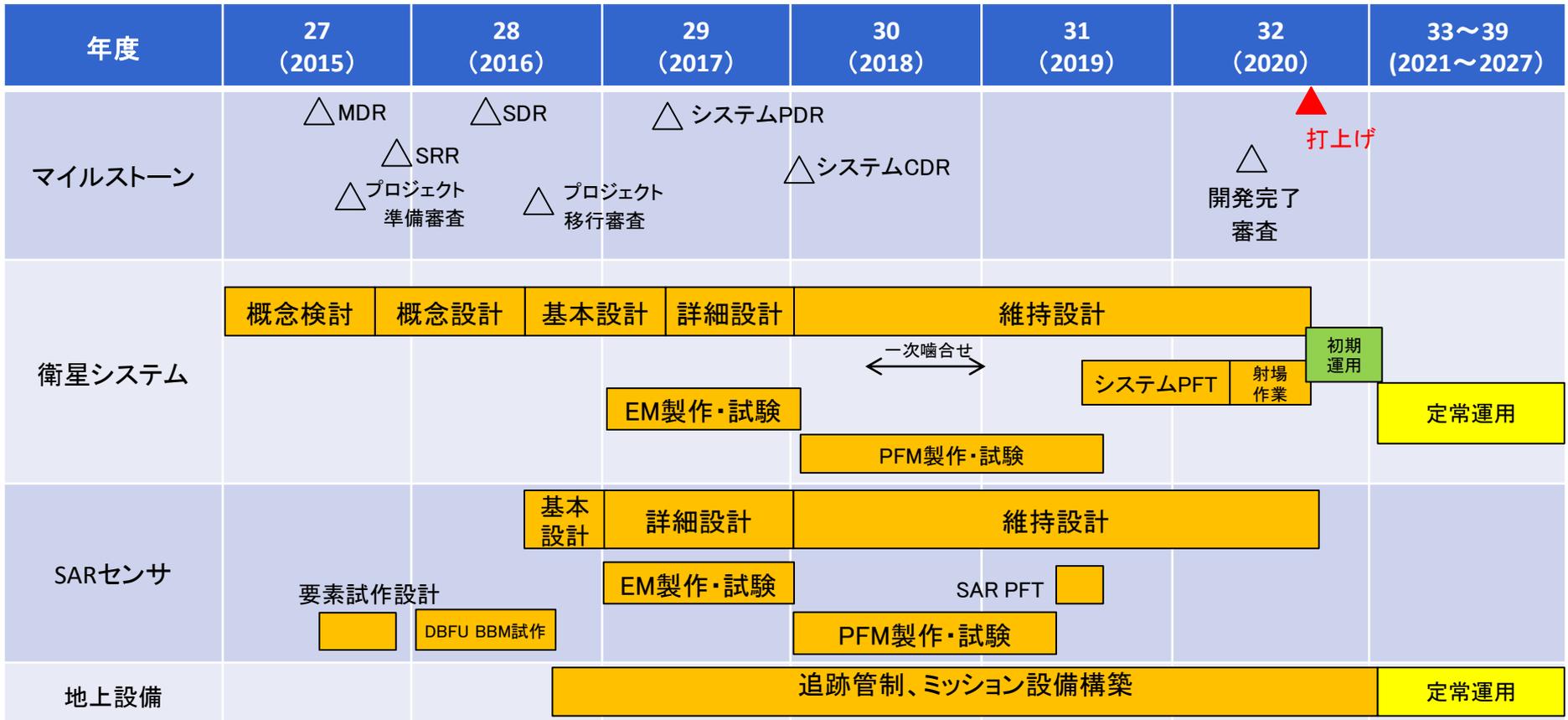


3. 先進レーダ衛星の開発計画

(2) 資金計画

先進レーダ衛星に関する総開発費は316億円である。

(3) スケジュール



3. 先進レーダ衛星の開発計画

3.2 リスクと対応策

■ リスク識別レベルの定義

	発生の可能性 大	発生の可能性 中	発生の可能性 小
発生の影響度 大	大	大	中
発生の影響度 中	大	中	小
発生の影響度 小	中	小	小

■ 発生の影響度 (技術、スケジュール、コストはor)

レベル	技術	スケジュール	コスト
小	軽微	軽微	軽微
中	許容可能、次善の策あり	1ヶ月以下の遅延	数千万円
大	許容不可能	6ヶ月以上の遅延	1億円以上

■ 発生の可能性

レベル	定義
小	発生の可能性は低く、このリスクは避けられる。
中	発生の可能性があり、リスクを避けるための処置が必要である。
大	発生の可能性は高く、代替手段が無い可能性がある。

■ 主要なリスクと対応方針 (抜粋)

No.	リスク項目	リスクの内容	発生 の 可能性	発生 の 影響 度	リスク レベル	処置方針・処置状況
1	DBFの開発遅延	DBFサブシステムの開発が遅延することにより衛星開発スケジュールが遅れる。	小	大	中	開発移行前に早期にフロントローディングによる先行設計に着手することとしていたが、衛星メーカの自主開発、及び既存技術を活用することが可能となった。このため、要素試作の範囲を絞り、必要な部分のフロントローディングを実施することで、開発リスクを低減し、発生の可能性を「小」とした。
2	先進光学衛星とのスケジュール競合	先進光学衛星の開発が並行して進むことから、ベースとなる機器開発のスケジュール競合が発生する。	中	中	中	先進光学衛星と競合するEMや試験装置については、先進レーダ衛星用に新規製作することで競合回避を行い、開発スケジュールを遵守する。

4. プロジェクト移行審査のまとめ



(1) プロジェクト移行審査判定

先進レーダ衛星においては、デジタルビームフォーミング(DBF)等の新規技術を採用することで、ALOS-2搭載SARセンサの高い分解能や画質を維持しつつ、観測幅を50kmから200kmへ拡大するとともに、観測頻度を年4回から年20回へ向上する(分解能3mの高分解モードの場合)。これにより、衛星観測が有する“面での把握”という優位性が強化され、**地殻・地盤変動の監視や災害状況把握などの防災分野に加え、インフラ変位モニタなどの新たな利用や森林監視等の継続利用に供することが期待されている。**

本プロジェクトの目標・技術要求(成功基準を含む)について審査し、政策要求と利用ユーザからの要求に対応する適切な内容となっていること、また将来的な優位性が確保できる技術仕様となっていること確認した。また、開発スケジュール、資金計画、人員計画などを審査し、先進レーダ衛星の開発を担う三菱電機(株)をプライム企業とするプロジェクト計画全体が妥当であることを確認した。

よって、本審査に先立ち実施した外部評価での意見、及び本審査で設定した要処置事項を確実に処置することを条件に、プロジェクトへ移行してよいと判断する。

以上

平成28年11月24日

審査委員長 山浦 雄一

4. プロジェクト移行審査のまとめ

(2) 主な審査結果



審査項目	主な審査結果	本資料
(1) プロジェクト移行にあたって、プロジェクト目標(ミッション要求、成功基準の再確認を含む)、プロジェクト範囲が適切かつ明確に設定されているか	<ul style="list-style-type: none"> ● 先進レーダ衛星の目標・技術仕様については、関係府省庁の政策文書・関連文書に基づく政策要求や、各分野の利用ユーザとの調整・合意に基づくユーザ要求に対して設定されており、明確かつ適切である。 ● 先進レーダ衛星の技術仕様については、デジタルビームフォーミング(DBF)等の新規技術を使用することで、分解能を維持しつつ観測幅を大きく改善する計画となっている。ALOS-2の課題解決を図るとともに、将来的な優位性の確保が性能ベンチマークにより明確化されており、適切である。 	1.1-1.3項 2.1-2.4項
(2) プロジェクトの実施体制は妥当か	<ul style="list-style-type: none"> ● ALOS-2の実績と先行する先進光学衛星との共通要素を踏まえ、先進レーダ衛星の総合システムの主体部分である衛星本体、SARセンサ、衛星管制・ミッション運用システムの開発を一括で企業に任せ、その他のシステムとのインターフェース設定をJAXAの責任とした分担は適切である。 	3.1(1)項
(3) 資金計画は妥当か	<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点の資金設定額として妥当であるが、利用及び運用に関する資金については暫定値として設定し、別途審査を受ける。 	3.1(2)項
(4) 人員計画は妥当か	<ul style="list-style-type: none"> ● プロジェクト人員計画は、プロジェクト要員の要件(経験等)と役割が明確化され、また、人員の一部を先進光学衛星プロジェクトとの兼務とすることにより効率的な人員プロファイルとなっており、妥当である。 	略
(5) 開発スケジュールは妥当か	<ul style="list-style-type: none"> ● H3初号機による打上げという通常より厳しい制約を考慮すると、SAR開発に対して1ヶ月間というマージン設定には懸念があるため、今後のSAR開発には十分注意をして進めること。 	3.1(3)項
(6) プロジェクトのリスク・課題が識別され、その対応策が妥当か	<ul style="list-style-type: none"> ● リスク・課題は、マネジメント・総合システム・搭載センサ・インターフェースなど、網羅的に識別されており、対応策も概ね妥当である。 	3.2項
(7) プロジェクトの技術要求が適切に設定されているか	<ul style="list-style-type: none"> ● 衛星システム及び衛星管制・ミッション運用システムについてはミッション要求からのトレーサビリティが取れた技術要求が設定できており妥当である。 	略
(8) プロジェクトの管理計画、企業への管理要求が適切に設定されているか	<ul style="list-style-type: none"> ● プロジェクト計画書にて、各管理項目の目的や管理方法が適切に規定されている。また、企業への管理要求が調達仕様書に明記されており、その内容は適切である。 	略

参考資料

【参考2】プロジェクト移行審査の審査委員構成



【審査委員長】

経営推進担当理事

山浦 雄一

【審査委員】

理事

川端 和明

理事

山本 静夫

理事

浜崎 敬

理事

伊藤 文和

理事

今井 良一

執行役

伊東 康之

執行役

上野 精一

執行役

雨宮 明

技術参与(第一宇宙技術部門担当)

布野 泰広

技術参与(安全・信頼性推進部担当)

武内 信雄

技術参与(チーフエンジニア室担当)

本間 正修

【監事(オブザーバ)】

監事

高橋 光政

【参考3】外部の専門家からの評価結果

プロジェクト移行審査に先立ち、プロジェクトの目的・目標や成功基準などに対し、外部の専門家の視点から評価を実施した。評価結果を以下に示す。

1. 日時：平成28年11月10日(木) 9:30－12:00
2. 評価委員及びオブザーバの構成

【外部評価委員】(50音順：敬称略)

		評価いただく観点
国土地理院 地理地殻活動研究センター 地殻変動研究室 主任研究官	小林 知勝	防災・災害対策について利用ユーザの観点(部門審査外部委員)
国際協力機構(JICA) 地球環境部 次長／森林・自然環境グループ長	宍戸 健一 代) 小此木 宏明	森林のマップ更新や災害モニタについて利用ユーザの観点
東京工業大学 環境・社会理工学院 建築学系 准教授	松岡 昌志	防災・災害対策に関して、先進光学衛星ミッションとの横通しの観点
新潟大学 工学部 情報工学科 教授	山田 寛喜	SAR専門家として、SAR技術の発展性を含む総合的な観点

【外部評価オブザーバ】

内閣府 宇宙戦略推進事務局
 総務省 情報通信国際戦略局 宇宙通信政策課
 文部科学省 研究開発局 宇宙開発利用課
 経済産業省 製造産業局 宇宙産業室

【参考3】外部の専門家からの評価結果

3. 評価結果

以下に外部評価委員から頂いた評価結果について示す。

先進レーダ衛星プロジェクトについて、提示された評価対象文書に基づき以下のA)からC)の観点で評価を行った。

評価を総括して、JAXAから提示されたプロジェクトの目的・目標・成功基準について、関係機関や国土地理院、その他のユーザ機関等との調整状況、および技術動向の観点から妥当であると評価する。特に、高解像度を維持しつつ観測幅を飛躍的に高める技術開発に取り組む計画となっていること、また、ユーザの意見がプロジェクトの目標・技術仕様に取り込まれていることについては高く評価できる。

なお、以降に示す意見については、必ずしもJAXAだけで解決できるものではないが、先進レーダ衛星が社会に与える価値を更に高めるため、広範なステークホルダーの開拓と協力体制の構築に努め、成果の最大化に向けた活動を期待したい。

<評価の観点>

A)政策的な要求およびユーザ要求に基づき、プロジェクト目標・技術仕様(成功基準を含む)が適切に設定されているか。以下の視点を含む。

(ア) これまでの陸域観測技術衛星ミッションで得た課題と改善点の取り込み

(イ) 新規技術による優位性のベンチマーク(将来的な優位性の確保を含む)、等

B)ミッション目標の実現に向け、それを裏付けるユーザ利用計画・構想などの見通しが得られているか。

C)ミッション目的・目標に照らして、利用可能な他の観測手段との相乗効果の視点を含んだ適切なアウトカム目標が設定されているか。

【参考3】外部の専門家からの評価結果



No.	評価結果
1.	<p>衛星の性能向上によりデータ量が増加していることから、ユーザ側でのハンドリングが煩雑になり、データ解析にかかる所要時間が長くなっている。先進レーダ衛星では、ALOS-2の運用経験を踏まえたデータ切り出し機能の追加といった運用改善の取り組みがなされており評価できる。また、国土地理院が整備している解析結果の閲覧ツールのように、データ利用のためのツールやマニュアルの整備が進められていることについても評価できる。ただし、災害発生時の状況把握を目的とした利用拡大のために、以下のような更なる改善検討を可能とするため、JAXAや関係機関によって画像処理・解析技術を有する民間企業との連携が進められることを望む。</p> <ul style="list-style-type: none">① ユーザがハンドリングのしやすいデータの提供など、ユーザによるデータ判読までの所要時間の短縮を図る改善検討② レーダデータが光学データと比べて判読が難しいことを鑑み、現場のニーズや使用環境に合わせた適切なデータ提供方法の改善検討
2.	<p>我が国のSAR技術の国際競争力強化とSARデータの利用の拡大のためには、次世代のレーダ技術の獲得・発展やレーダ技術の専門家の育成が必要である。一例として、先進レーダ衛星が有するパラメータ変更等のマニュアル設定の機能を用いて、次世代のレーダ技術に繋げる研究開発目的のデータ取得や評価検証を実施することが挙げられる。このような研究開発に資する取り組みが、データの継続性を考慮した形で企業や大学と連携して進められることを望む。</p>
3.	<p>レーダデータのオープン＆フリー化（無償化）により、地方自治体、産業界、途上国等での利用拡大（新たなデータ利用、新規企業設立を含む）、及び我が国の専門技術者（レーダ開発、データ処理・解析を含む）の育成が活性化され、産業振興、国際協力、技術力強化に繋がるものと考えられる。従って、レーダデータの配布方針について、今後、関係省庁や関係機関も交えた議論が行われることを期待する。</p>
4.	<p>先進レーダ衛星では、ALOS-2のPALSAR-2と同レベルの分解能や画質を維持しつつ、観測幅と観測頻度について飛躍的に改善がなされていることから、範囲の広い対象物体を短時間で面で把握できるという他の観測手段にはない衛星観測の優位性をより際立たせることが可能となる。また、ALOS-2と同じ軌道を選択したことにより、干渉可能な長期的なデータを継続的に使用できるため、地殻変動のように災害の事前把握を行うようなユーザにとっては特に重要である。このような先進レーダ衛星の優位性に関し、具体的な意義・価値を継続して提示することを望む。</p>

【参考3】外部の専門家からの評価結果



4. 評価結果に対するJAXAの対応

No.	評価結果に対する対応策
1.	関係省庁や自治体等の現場のニーズや使用環境に合わせた解析結果の提供について、画像処理・解析技術を有する民間企業とも連携し、画像ではなく判読情報の提供による所要時間の短縮も含め、外部システムとの分担や最新の技術動向を踏まえた提供方法を検討し、ユーザインタフェースの改善検討を継続する。提供方法の検討においては政府が検討している情報基盤等との整合も踏まえたものとする。
2.	企業と共有した次世代のレーダ技術の方向性について技術ロードマップに反映し、ユーザや大学とも議論する場(ワークショップなど)を設けるとともに、先進レーダ衛星が有する機能を活用して、将来技術の要素となる実験的なデータ取得を行う計画を検討する。
3.	先進レーダ衛星のデータ配布方針に関しては、リモセン法(府令を含む)の運用状況、国際的なレーダ利用サービスの動向を見極めつつ関係各所と連携しながら検討を継続する。
4.	先進レーダ衛星の優位性については、防災機関と連携しながら実際の事例を使用した具体的な効果(一例としてP.6参照)を示すことで、専門家のみならず国民に対し、意義・価値の理解促進に努める。

先進レーダ衛星の利用計画(防災利用ニーズ)

分野	利用概要	利用機関	ALOS-2利用状況と先進レーダ衛星利用計画
地殻・地盤変動の監視	<p>■地殻・地盤変動の高頻度(2週間に1回程度)かつ高分解能(3m)観測</p>	<p>・国土地理院、気象庁、環境省</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・国土地理院がALOS-2を用いたリスク管理情報発信を準備中。 ・先進レーダ衛星のミッション要求・計画に合意済み。国土地理院の衛星利用計画は地理院が公開している「アクションプラン2016」に記されており、今後も継続してアクションプランに記載いただく。 ・環境省が地盤沈下観測のためのALOS-2活用を検討中。先進レーダ衛星にも期待。
災害状況把握	<p>■広域災害の迅速な状況把握(地震、風水害、火山噴火、海上・沿岸災害等)</p>	<p>・内閣官房、内閣府(防災)、国土交通省(気象庁、海上保安庁、国土地理院、国総研、地方整備局)、防衛省、消防庁、防災科学技術研究所、地方自治体</p> <p>・センチネルアジア、国際災害チャータ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・先進レーダ衛星のミッション要求・計画について防災府省庁連絡会等において合意済み。 ・国内外の緊急観測対応は、ALOS-2の利用を継続する。 ・水害・土砂災害については、FY28から国交省・地整・国総研でALOS-2利用体制が構築され、台風11・9・10・16号にて検証中。

【参考4】先進レーダ衛星の利用計画サマリ



先進レーダ衛星の利用計画(防災以外の利用)(1/2)

分野	利用概要	利用機関	ALOS-2利用状況と先進レーダ衛星利用計画
インフラ 変位	<ul style="list-style-type: none"> ■ダム、河川堤防、港湾施設等の老朽化に起因する変位量の計測から当該インフラの管理への応用 	<ul style="list-style-type: none"> ・国交省関係機関 ・河川、土木・港湾関連企業 	<ul style="list-style-type: none"> ・ロックフィルダムへの適用について、国総研がALOSを用いて実証結果を踏まえ、ALOS-2による検証を実施中。 ・河川堤防・港湾施設等への適用について、JAXA・民間企業でALOS、ALOS-2を用いて研究中。社会実装に向けた取組みを併せて実施。
森林・ 湿地	<ul style="list-style-type: none"> ■全球25mモザイクと森林/非森林マップの年度更新による環境保全、排出権取引等環境行政への活用 ■熱帯雨林の違法伐採取締り等森林管理への適応 ■森林火災の状況把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・途上国の環境関係機関 ・JICA及び海外機関 ・森林火災多発地域の行政機関 	<ul style="list-style-type: none"> ・森林の温室効果ガス排出・吸収の世界標準算定法となるGFOI(全球森林観測イニシアチブ)の文書(IPCCの参照文書に決定)にALOS-2が記載された。さらに詳細な手法の追記を目指しており、実用には継続的森林観測要。 ・JICA-JAXA熱帯林早期警戒システム(JJ-FAST)を開発中、中南米等の利用機関へ、本システムを通して情報を配信。先進レーダ衛星での継続発展についてはALOS-2の利用結果を踏まえ調整中。
船舶動 静把握	<ul style="list-style-type: none"> ■船舶の安全航行 ■不審船等把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・海洋関係機関 	<ul style="list-style-type: none"> ・ALOS-2の実証利用中。ALOS-2と切れ目ないデータを希望。

先進レーダ衛星の利用計画(防災以外の利用)(2/2)

分野	利用概要	利用機関	ALOS-2利用状況と先進レーダ衛星利用計画
海水監視	<ul style="list-style-type: none"> ■オホーツク海氷の把握 ■南極観測船の航行安全 ■北極海の海氷分布モニタ 	<ul style="list-style-type: none"> ・海上保安庁、気象庁 ・極地研(「しらせ」運行) ・民間運行会社 	<ul style="list-style-type: none"> ・海上保安庁はALOS-2の利用中。先進レーダ衛星では広域観測モードの観測幅拡大ニーズを反映済み。 ・極地研はALOS-2を利用中。先進レーダ衛星で利用継続予定。
農業	<ul style="list-style-type: none"> ■水稲作付面積評価 ■東南アジアの農業統計 	<ul style="list-style-type: none"> ・農林水産省 ・アジア開発銀行/東南アジア各国農業省 	<ul style="list-style-type: none"> ・農水省(国内)は先進光学衛星と併用を予定。 ・アジア開発銀行のプロジェクト、GEOGLAM(全球農業監視イニシアチブ)、APRSAF SAFE(宇宙利用による環境監視)イニシアチブでALOS-2を用いて作付面積・生育状況把握を実証中。
資源探査	<ul style="list-style-type: none"> ■石油堆積盆地やオイルスリックの観測 	<ul style="list-style-type: none"> ・石油天然ガス・金属鉱物資源機構 	<ul style="list-style-type: none"> ・ALOS-2を利用中。先進レーダ衛星で利用継続予定。