

陸域観測技術衛星2号(ALOS-2) プロジェクトについて

平成21年12月10日 A改訂
平成21年11月2日

宇宙航空研究開発機構
宇宙利用ミッション本部

ALOS-2プロジェクトチーム
プロジェクトマネージャ
大沢 右二

目 次

1. 経緯
2. 背景及び位置付け
3. 目的
4. 目標
5. 開発方針
6. システム選定および基本設計要求
 - 6.1 ALOS-2総合システム
 - 6.2 衛星システム
 - 6.3 観測システム
 - 6.4 地上システム
7. 開発計画
 - 7.1 開発資金
 - 7.2 スケジュール
 - 7.3 実施体制
8. リスク管理
9. 平成20年8月開発研究移行評価での助言に対する検討結果

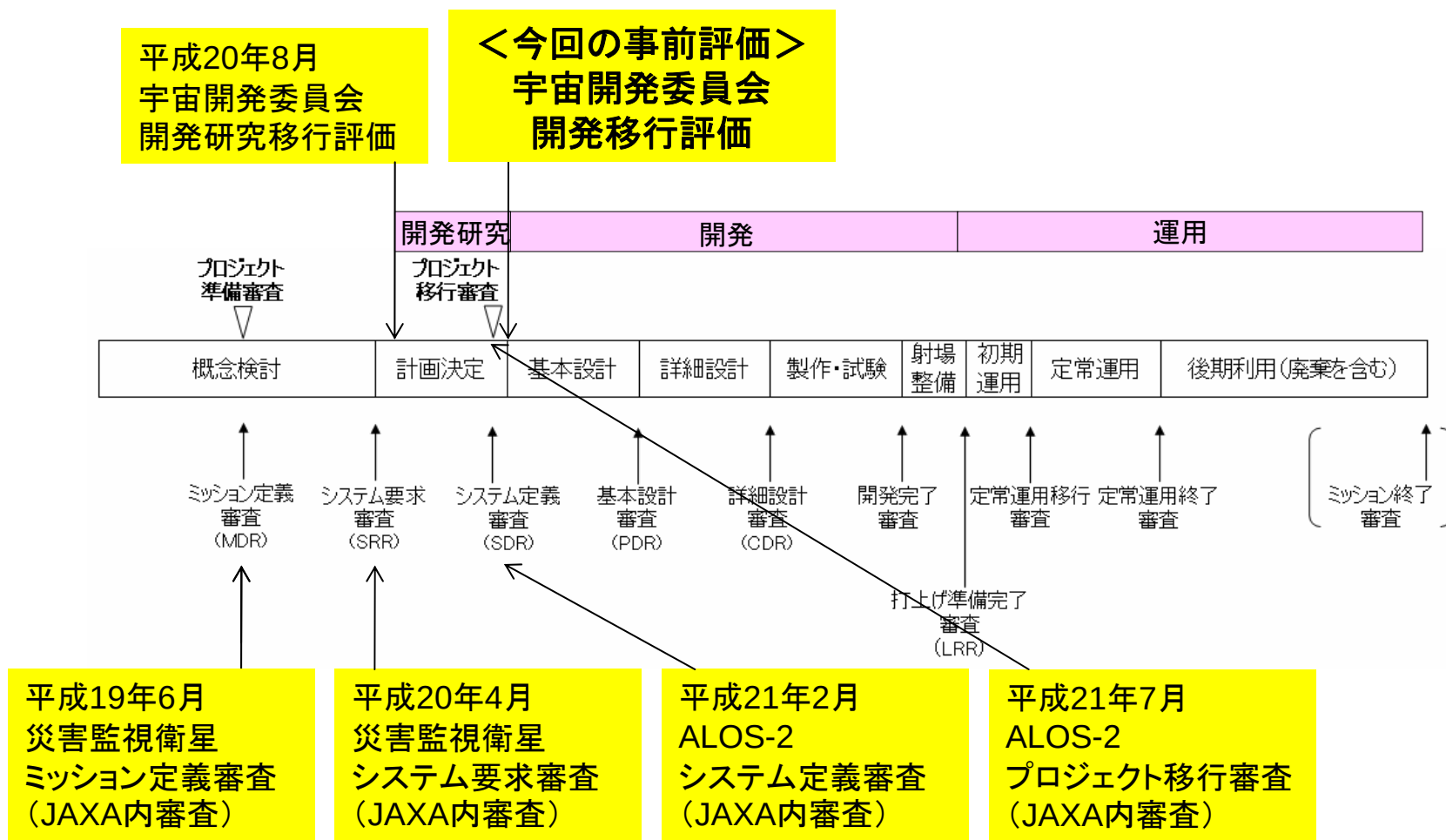
1. 経緯

- ・陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)については、災害監視衛星SAR衛星プロジェクトとして、平成20年8月の宇宙開発委員会で開発研究への移行が妥当との評価を受けた後、事前評価における助言や宇宙開発戦略本部からの指摘を踏まえ、災害監視衛星の目的及び名称の見直しを行い、平成20年12月の宇宙開発委員会に報告し、了承された。
- ・宇宙基本計画が平成21年6月に制定され、「アジア等に貢献する陸域・海域観測衛星システム」に係る5年間の開発利用計画として、『我が国が得意とするLバンドレーダを搭載した「だいち2号」を打ち上げ、利用を推進する』こととされた。
- ・開発研究移行後、
 - －開発仕様ベースラインの設定
 - －衛星システム及び地上システム(衛星管制・ミッション運用システム)の選定及び採用する技術の成熟度分析と開発要素の識別
 - －LバンドSARに関する開発要素の試作試験(フロントローディング)
 - －開発資金、スケジュール、実施体制、リスク管理計画の更新を実施し、その妥当性並びに宇宙基本計画との整合性をJAXAにおいて確認した(プロジェクト移行審査)。

以上から、ALOS-2の開発研究段階における作業が終了し、開発移行の準備が整ったため、宇宙開発委員会の開発移行の評価を受けることとする。

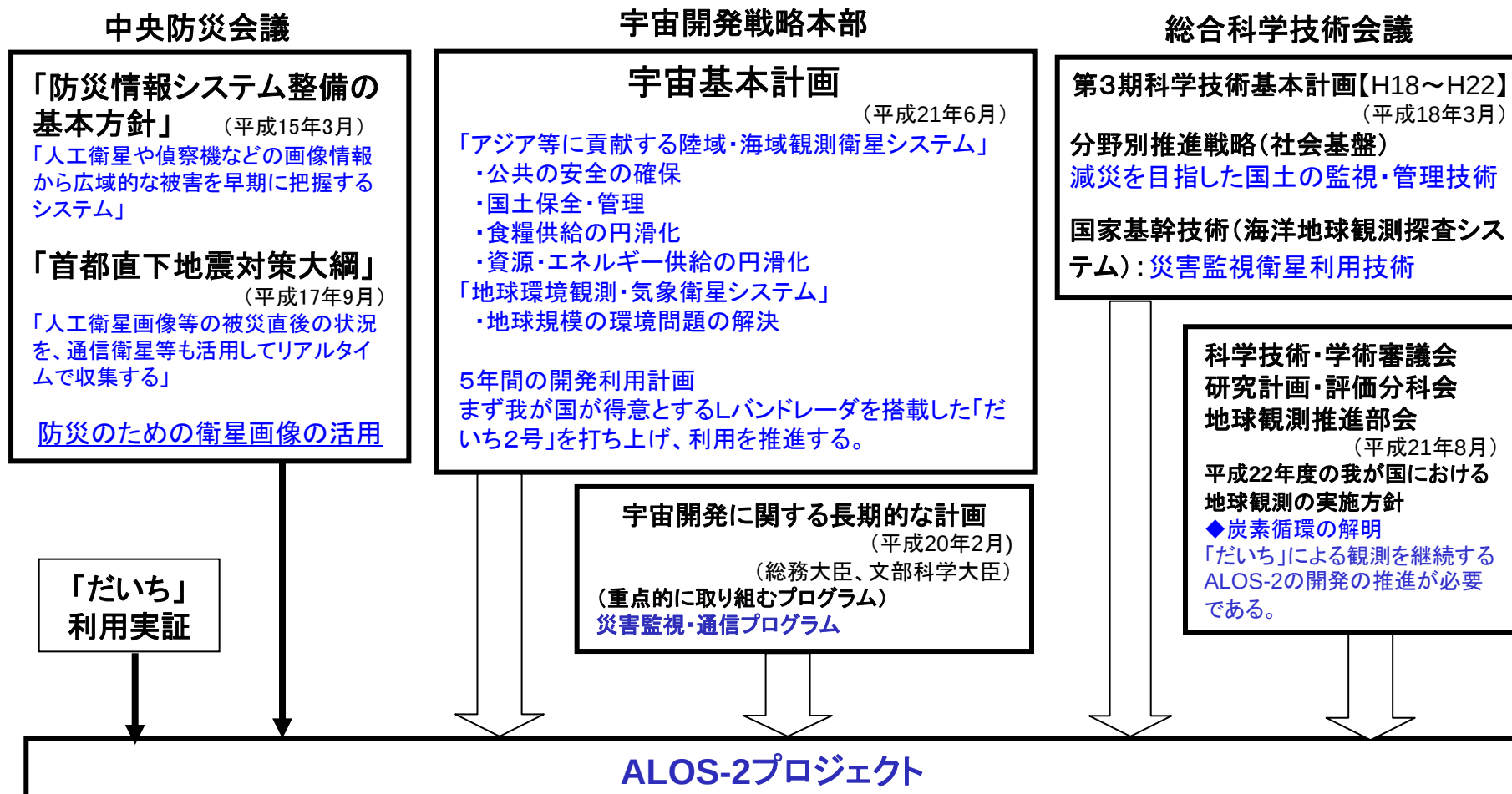
1. 経緯

JAXA内審査会と開発フェーズの関係



2. 背景及び位置づけ

ALOS-2プロジェクトの政策的位置付け



3. 目的

- 陸域観測技術衛星「だいち」で実証された技術や利用成果を発展させ、国内外の大規模自然災害に対して、高分解能かつ広域の観測データを迅速に取得・処理・配信するシステムを構築し、関係機関の防災活動、災害対応において利用実証を行う。 (目的①)
- 災害状況把握に加え、国土管理や資源管理など衛星の運用の過半を占める平常時のニーズにも対応した多様な分野における衛星データの利用拡大を図る。 (目的②)

陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)のミッション		
公共の安全の確保	国内及びアジア地域等の大規模災害発生状況の迅速な俯瞰、並びに、二次災害危険状況や復旧・復興状況の継続的な観測を行い、関係機関の防災活動に資する。 地殻変動の予測・監視に必要な干渉SARデータを利用機関に提供することにより、予測精度の向上等に資する。	目的①
国土保全・管理	国土を広範囲かつ継続的に観測し、アーカイブデータとして蓄積することにより、国土に関する情報が随時提供され、利用が容易となるようにする。	目的②
食料供給の円滑化	水稻作付面積把握に必要な観測データを利用機関に提供することにより、農業の高度化・持続的発展に資する。	
資源・エネルギー供給の円滑化	陸域及び海底の石油・鉱物等の調査に必要な観測データを利用機関に提供することにより、資源探査方法の高度化に資する。	
地球規模の環境問題の解決	温室効果ガスの吸収源となる森林の変化監視に必要な観測データを利用機関に提供することにより、地球温暖化対策に貢献する。	

4. 目標

主なニーズ		今後10年程度の目標 (宇宙基本計画)	ALOS-2の目標	ALOS-3の目標（参考）	技術開発側の展望 将来必要な研究開発(斜体)（参考）
公共の安全の確保	アジア域における災害時の情報把握	アジア域における災害においては、被災国等と連携し、航空機等による撮影と相まって災害発生後基本的には3時間以内で画像を撮影し、被災国に提供するとともに、我が国による救援活動に活用する。	アジア域における災害においては、ALOS-2により概ね24時間以内に画像を撮影し、センチネル・アジアを通して被災国に提供する。 また、国際災害チャータの要請に対応した災害観測を行う。	アジア域における災害においては、ALOS-2またはALOS-3(晴天時)により概ね12時間以内に画像を撮影し、センチネル・アジアを通して被災国に提供する。 他は同左。	レーダ2機、光学2機の「だいち」シリーズがあれば、日中(晴天時)は概ね3時間以内、夜間は概ね6時間以内にレーダは1～3mの空間分解能で25～50km幅、光学は1mの空間分解能で50km幅の画像を撮影し、センチネル・アジアを通して被災国に提供可能となる。 また、国際災害チャータの要請に対応した災害観測を行うことが可能となる。 上記に加えて、ASNAROにより観測の補完を行うことができれば、夜間や悪天候時についても時間短縮を図れる。
		我が国における災害においては、同様に被災地域の画像を撮影し、最新のアーカイブ画像とともに、人家被害や道路被害状況等の詳細情報を防災機関に提供する。	我が国における災害においては、ALOS-2により概ね12時間以内に画像を撮影するとともに海外宇宙機関と協力して、迅速な観測を行う。 ⇒迅速な観測の対応はP.12を参照。 緊急観測後は、防災機関に対し、設定された時間以内(P.11に規定)にプロダクトを配信する。 アーカイブ画像は、「だいち防災マップ(光学画像)」と比較用のSAR平時データの提供を行う。	我が国における災害においては、ALOS-2またはALOS-3(晴天時)により概ね12時間以内に画像を撮影するとともに海外宇宙機関と協力して、迅速な観測を行う。 緊急観測後は、防災機関に対し、設定された時間以内にプロダクトを配信する。 アーカイブ画像は、「だいち防災マップ(光学画像)」をALOS-3で更新したもの」と比較用のSAR・光学平時データの提供を行う。	レーダ2機、光学2機の「だいち」シリーズがあれば、日中(晴天時)は概ね3時間以内、夜間は概ね6時間以内にレーダは1～3mの空間分解能で25～50km幅、光学は1mの空間分解能で50km幅の画像を撮影可能となる。 上記に加えて、ASNAROや海外衛星により観測の補完を行えば、夜間や悪天候時についても概ね3時間以内に画像を撮影することが可能となる。 より詳細な被害状況の把握のためレーダの空間分解能向上が必要。
		その後、数日に亘って、詳細被害状況、二次災害危険状況、復旧・復興状況の把握のために、画像情報や地殻変動の情報等を提供する。 被災地域を広域に把握するとともに、洪水・土砂災害等における人家被害や道路被害の詳細状況の把握も可能とする。	その後、数日に亘って、詳細被害状況、二次災害危険状況、復旧・復興状況の把握のために、画像情報や地殻変動の情報等を提供する。 被災地域を広域に把握するとともに、洪水・土砂災害等における人家被害や道路被害の詳細状況の把握も可能とする。	同左	より詳細な被害状況の把握のためレーダの空間分解能向上が必要。 また、分析方法の高度化が必要であり、利用機関や大学と連携して研究を行う。
		人工衛星等の整備・活用(光学及びレーダ衛星で4～8機)や分析方法の高度化等を行う。	人工衛星等の活用のため、「だいち」の利用実証成果をユーザ主体の利用活動として定着させるとともに、分析方法の高度化のための研究を利用機関や大学と連携して行う。	同左	

4. 目標

(つづき)

主なニーズ		今後10年程度の目標 (宇宙基本計画)	ALOS-2の目標	ALOS-3の目標 (参考)	技術開発側の展望 将来必要な研究開発(斜体) (参考)
公共の安全の確保	地殻変動の予測・監視	地表面の情報を広域かつ長期間にわたり、継続的・高頻度で取得することで得られる画像情報の面的な解析結果を、電子基準点等による特定の地点の情報と組み合わせて活用することにより、地殻変動を <u>1センチメートル程度の精度</u> で面的かつ稠密に監視する。	ALOS-2により地殻変動を <u>2センチメートル程度の精度</u> で検出するための干渉SARデータを提供する。	—	「 <u>だいち</u> 」シリーズのLバンドレーダ衛星2機を連携して飛行させるとともに電子基準点等の情報と組み合わせることができれば、地殻変動を <u>1センチメートル程度の精度</u> で監視可能となる。 主要な誤差要因である大気の影響や電離層の影響を低減するなど解析技術の高度化が必要であり、利用機関と共同研究を行う。
		特に大規模な地殻変動の予兆が認められたり火山の活動度が高まったりした場合には、GPSによる現地での臨時観測等と合わせ、少なくとも3時間毎に対象地域の監視を行い、今後の地殻変動や火山活動の推移に関する予測精度を向上させる。	我が国の地殻変動においては、干渉処理のベースとなるアーカイブデータがすべての入射角に対して整備された後はALOS-2により概ね1日1回観測を行い、干渉SARデータを提供する。	—	「 <u>だいち</u> 」シリーズのLバンドレーダ衛星2機があれば、概ね6時間毎の観測を行うとともにGPSによる臨時観測等と合わせて、3時間毎の監視を行うことが可能となる。 (他の地上観測手段と組み合わせた予測手段の高度化の研究は、利用機関が主体で行う。)
		また、海色変化の情報等を含む画像情報を可能な限り早く提供することにより、海底火山活動のモニタリングの手段として活用することを目標とする。		ALOS-3のマルチスペクトルセンサにより海色の観測を行い、データを提供する。	「 <u>だいち</u> 」シリーズの光学衛星2機があれば、海色変化の情報等を含む画像情報を可能な限り早く提供することにより、海底火山活動のモニタリングの手段として活用可能となる。
国土保全・管理	国土情報の蓄積	シリーズ化した衛星による光学及びレーダセンサで広範囲かつ継続的に国土を観測し、その情報を体系的に蓄積することで、国土開発・保全、農林業、環境等に関する基本的な情報として活用を図ることを目標とする。	国土開発・保全、農林業、環境等における利用のため、ALOS-2により広範囲かつ継続的に国土を観測し、アーカイブデータとして蓄積する(災害時の状況把握に必要なアーカイブ画像も含む)。また、冬期オホーツク海の海水監視のため、ALOS-2による観測を行い、準リアルタイムで提供する。	国土開発・保全、農林業、環境等における利用のため、ALOS-2およびALOS-3により広範囲かつ継続的に国土を観測し、アーカイブデータとして蓄積する(災害時の状況把握に必要なアーカイブ画像も含む)。	レーダ2機、光学2機の「 <u>だいち</u> 」シリーズがあれば、「広範囲かつ継続的に国土を観測し、その情報を体系的に蓄積することで、国土開発・保全、農林業、環境等に関する基本的な情報として活用が図れる。
		海外においても「 <u>だいち</u> 」による森林の違法伐採の監視や世界遺産のモニタリング等が試みられつつあり、今後は我が国の衛星画像の海外での利用拡大を図る。	海外の森林の違法伐採の監視については、「地球規模の環境問題の解決」の目標とする。		

4. 目標

(つづき)

主なニーズ		今後10年程度の目標 (宇宙基本計画)	ALOS-2の目標	ALOS-3の目標 (参考)	技術開発側の展望 将来必要な研究開発(斜体)(参考)
食料供給の円滑化	穀物等の生育状況や品質等の把握	衛星画像の解析から米等の生育状況の把握や品質(タンパク質、水分等の含有量)の推定し、農業経営の高度化を図る。		ALOS-3により水稻の観測を行い、高解像度衛星画像を提供する。	「だいち」シリーズの光学衛星2機があれば、晴天時1ヶ月に1回程度の観測が可能であり、適切な時期に水稻などの観測を行うことが可能となる。 (生育状況の把握や品質の推定の高度化のための研究は利用機関が主体で行う。)
		災害時の水稻被害の損害評価については、現在目視すること等により行っているが、今後農家の減少に伴い損害評価員の減少が予想されるため、評価手法の改善が課題となっている。全国的水稻に対する評価が可能となる高解像度の衛星画像を用いた評価手法を確立し、現在14道県で実証段階にある当該手法を全都道府県において用いる体制の整備を図る。	水稻被害の評価のベースとなる作付面積把握のためにALOS-2の高分解能観測データを提供する。	左記に加えて、ALOS-3により被害状況把握のための観測を行い、高解像度衛星画像を提供する。	水稻被害の評価のベースとなる作付面積把握のため「だいち」シリーズのレーダによる観測データを提供するとともに、「だいち」シリーズの光学衛星2機があれば、災害時の水稻被害を晴天時は2日以内に観測することが可能となる。 小規模な水田の作付け面積把握のためレーダの空間分解能向上が必要。
資源・エネルギー供給の円滑化	陸域及び海底の石油・鉱物等の調査	石油の存在する地層を構成する鉱物やレアメタル等の鉱物の判別性能を現行の10種類程度から3倍の30種類程度へ向上させたより分解能の高いセンサによる観測を継続的・広範囲に実施することにより、人工衛星を活用した石油や鉱物等が存在する可能性の高い地域を高精度かつ効率的に選別、特定する陸域資源探査方法の高度化等を図る。	石油・鉱物等の探査のためのALOS-2の高分解能観測データ等を提供する。 陸域資源探査方法の高度化は利用機関が主体で行う。	鉱物の判別性能を向上させたより分解能の高いハイパースペクトルセンサを経済産業省が開発しており、ALOS-3への搭載について調整中。	「だいち」シリーズのLiバンドレーダおよび経済産業省が開発中のハイパースペクトルセンサがあれば、石油や鉱物等が存在する可能性の高い地域を観測することが可能となる。 (陸域資源探査方法の高度化は利用機関が主体で行う。)
		センサの高分解能化によりオイルスリックの判別性能を上げることにより、我が国の周辺海域を始めとする海底資源の発見に資することを目標とする。これらを我が国の資源・エネルギー確保戦略上の基本的な情報として活用する。	海底油田の探査のためのALOS-2の高分解能観測データ等を提供する。		

4. 目標

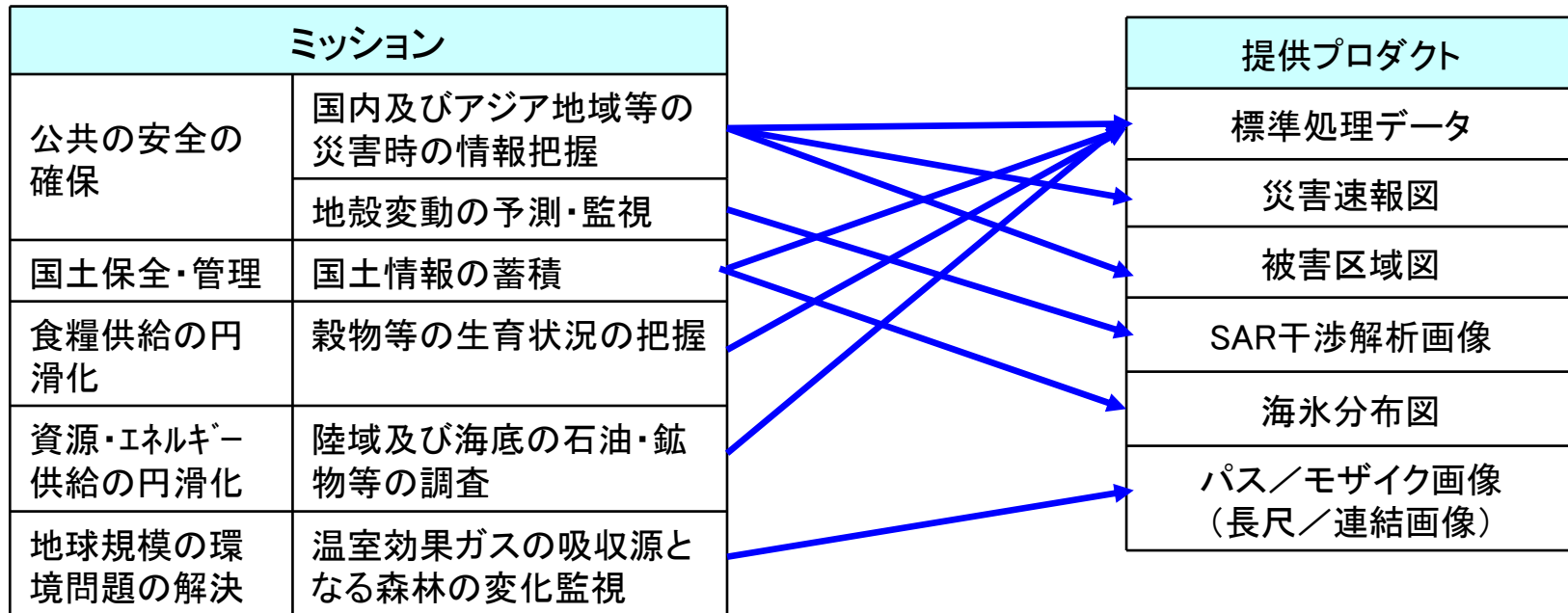
(つづき)

主なニーズ		今後10年程度の目標 (宇宙基本計画)	ALOS-2の目標	ALOS-3の目標 (参考)	技術開発側の展望 (参考) 将来必要な研究開発(斜体)
その他	人工衛星を活用した海洋監視手法の研究開発	我が国周辺海域における密輸・密航、外国漁船による違法操業等の海上犯罪、不審船事案、重大海難事故等、あるいは、我が国に至る海上輸送路における海賊行為等に対応するために、人工衛星を活用した海洋監視手法を研究開発する。	ALOS-2による船舶監視のための解析手法の研究を利用機関と共同で行う。	高分解能光学センサによる観測も加えた船舶監視の研究を利用機関と共同で行う。	船舶識別のためのレーダの空間分解能向上が必要。 解析手法の研究を利用機関と共同で行う。
地球規模の環境問題の解決	二酸化炭素、メタンなどの温室効果ガスに関する全球の分布・吸収排出量の把握	温室効果ガスの吸収源となる森林や植生の変化を、「だいち」の分解能の向上等により、現在よりも詳細に把握することを通じ、途上国における森林減少・劣化による温室効果ガスの排出削減(REDD*)の把握・検証などに活用する。 *Reducing the Emission from the Deforestation and the forest Degradation	熱帯雨林等の長期的・季節的な変化をALOS-2で観測し、解析データを提供する。 また、熱帯雨林等の伐採監視の実証活動のため、ALOS-2による広域観測データ等を提供する。	ALOS-3により、森林や植生を観測し、データを提供する。	「だいち」シリーズのLバンドレーダと光学センサがあれば、森林や植生の変化を、現在よりも詳細に把握することが可能となり、途上国における森林減少・劣化による温室効果ガスの排出削減(REDD)の把握・検証などに活用できる。 森林のバイオマス量推定の高精度化のための解析技術の高度化が必要であり、利用機関と共同で行う。
今後10年程度の目標のためにセンサや衛星等が達成すべき目標			Lバンドレーダ ・スポットライトモード(空間分解能1~3m、観測幅25km) ・高分解能モード(空間分解能3m、観測幅50km) ・広域観測モード(空間分解能100m、観測幅350km)	光学センサ ・パンクロ(空間分解能1m以内、観測幅50km) ・立体視機能 ・カラー:空間分解能5m以内 ・ハイパースペクトルセンサ(搭載を調整中)	レーダの高空間分解能化 ・Lバンドに他バンドを加えた2周波SARの研究 ・Lバンドの周波数帯域拡張(レンジ方向の分解能向上のため)に向けた国際調整

4. 目標

ALOS-2のプロジェクト

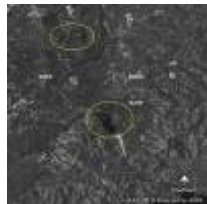
ミッションとプロダクトの関係



プロダクト画像例



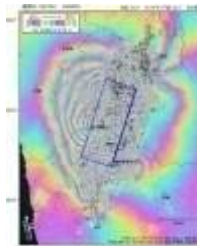
標準処理データ



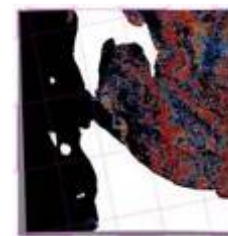
災害速報図
(水害)



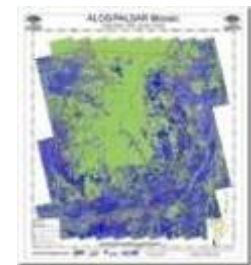
被害区域図
(水害)



SAR干渉解析画像
(地殻変動)



海水分布図
(密接度画像)



モザイク画像
(森林観測)

4. 目標

ALOS-2のプロジェクト

提供プロダクト	主な用途	分解能	観測機会 (***)	受信後提供時間(*)
標準処理データ	国土管理等 基本データ	1～3m (10m)	国内:概ね12時間毎 (3日に1回)	1時間以内 (3時間以内)
災害速報図	緊急観測画像	1～3m (10m)	国内: 概ね12時間毎 アジア:概ね24時間毎 (3日に1回)	1時間程度 (適宜)
被害区域図	被害域の判別	1～3m (10m)	国内: 概ね12時間毎 (なし)	数時間 (なし)
SAR干渉解析画像(**)	地殻変動把握	3m (10m)	ベースデータ取得後 国内:概ね12時間毎 (2週間に1回)	数時間 (適宜)
海水分布図	海水速報	100m (100m)	2日に1回 (5日に1回)	2時間以内 (5時間以内)
パス／モザイク画像 (長尺／連結画像)	森林観測等	10m (10m)	42日に1回 (46日に1回)	5日程度 (10日程度)

括弧内の数字は「だいち」の仕様値または実績値

(*): 受信後提供時間は、災害時等の即時提供の場合。

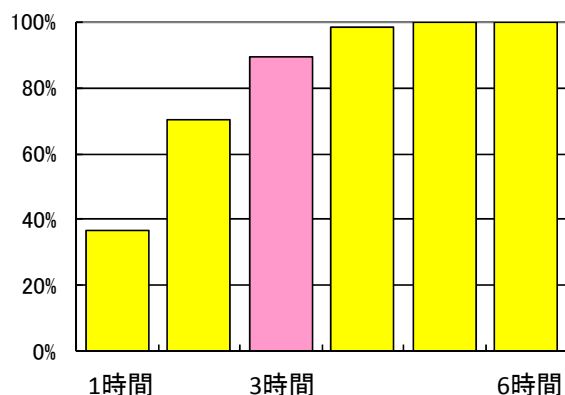
(**): 干渉SARによる地殻変動検出精度は2センチメートル程度を目標とする。

(***): SARはその観測原理から衛星直下の観測ができない。軌道の関係から時間内に観測することができない一部の地域があるため、概ねという表現としている。

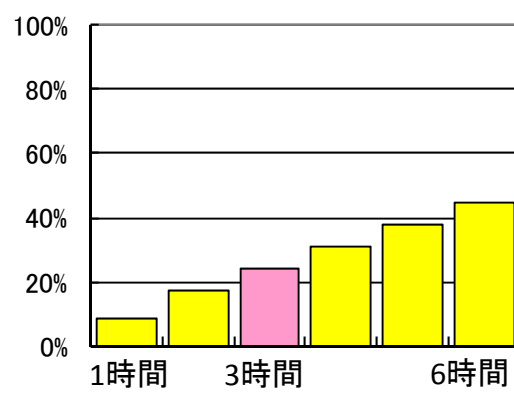
迅速な観測に対する対応

- 宇宙基本計画別紙1「今後10年程度の目標のためにセンサや衛星等が達成すべき主要な目標」には、観測頻度向上のため、昼夜間を問わず3時間周期を実現するためレーダ4機（光学は補完的に4機）の整備目標が示されている。
- レーダ4機により3時間以内となる観測待ち時間（最初の衛星が飛来するまでの時間）は約9割（左下グラフ(1)）、ALOS-2 1機では約2割（中下グラフ(2)）となる。
- 必要な機数が整うまでは、海外衛星による補完と行う計画とし、海外宇宙機関（カナダCSA、ドイツDLR、イタリアASI、タイGISTDA）との災害時の観測に係る相互協力を進めており、ALOS-2に加えて海外衛星4機（レーダ3機、光学1機）を補完的に用いることにより、約7割の観測が可能となる（右下グラフ(3)）。
- 海外衛星のターンアラウンド時間*は各衛星の運用システムに依存するため、本結果は最良のケースであり、各宇宙機関と時間短縮について検討を進めている。

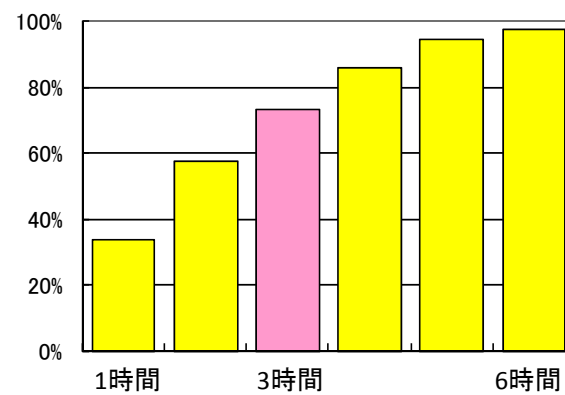
*: 観測待ち時間の他に、観測要求からコマンド送信迄に要する時間及び観測から提供迄の時間が必要。「だいち」ではそれぞれ数時間を要するのに対し、ALOS-2ではそれぞれ1時間以内を目標としている。



(1) レーダ4機



(2) ALOS-2 1機



(3) ALOS-2に海外衛星4機を追加

日中における東京付近の観測待ち時間分布*

4. 目標

ALOS-2のサクセスクライテリア

ミッション	ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
公共の安全の確保	打上げ後1年間にわたって、国内または海外の災害時*（防災訓練などの対応を含む）の観測を1回以上行い、「だいち」相当のプロダクト**を提供すること。	打上げ後5年間にわたって、国内または海外の災害時*（防災訓練などの対応を含む）に観測を行い、機関毎に取り決めたプロダクト***を、取り決めた時間内に提供し、防災活動において利用実証されること。	利用機関と協力し、船舶監視のための利用を実証すること。
国土保全・管理	打上げ後1年間にわたって、いずれかの観測モード****より、日本の国土を一回以上観測し、データを蓄積・提供すること。	打上げ後5年間にわたって、日本の国土を観測し、データを蓄積・提供すること。	利用機関と協力し、海外での利用を含めた国土保全・管理に関する新たな利用を実証すること。
食糧供給の円滑化	—	打上げ後5年間にわたって、国内の水稲作付面積把握のためのプロダクトを提供すること。	利用機関と協力し、農業や沿岸漁業に関する新たな利用を実証すること。
資源・エネルギー供給の円滑化	—	打上げ後5年間にわたって、陸域及び海底の石油・鉱物等の調査のためのプロダクトを提供すること。	—
地球規模の環境問題の解決	—	打上げ後5年間にわたって、熱帯雨林等を観測し、森林減少・劣化に関するプロダクトを提供すること。	利用機関と協力し、地球規模の環境問題に関する新たな利用を実証すること。
技術実証	—	打上げ後1年以内にSARセンサの新規開発技術（デュアルビーム方式、スポットライト方式等）の軌道上評価ができること。	打上げ後7年間にわたって観測運用が継続できること。

* 国内災害は、官邸対策室が設置される災害に対応。海外災害は、センチネル・アジアや国際災害チャータからの要請に対応。

** 「だいち」相当のプロダクトはP.11の括弧内の数字に対応。

*** 機関毎に利用計画書を策定し、プロダクトを規定する。P.11に主な規定内容を示す。

**** SAR観測モードは、高分解能モード、広域観測モード、スポットライトモード。

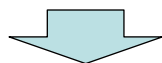
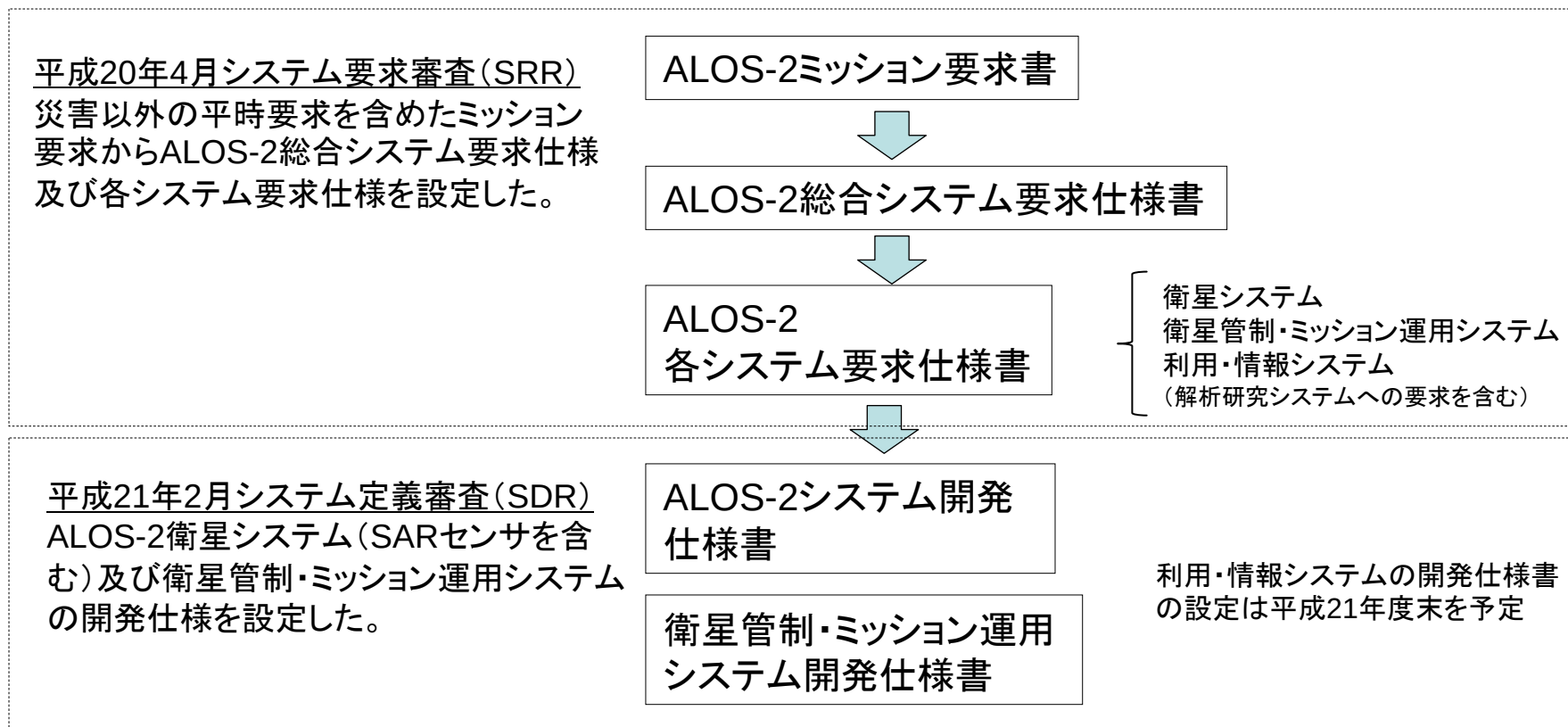
5. 開発方針

- ① 利用機関と緊密な連携をとり、利用要求に合致した観測データを、迅速に提供するシステムを開発する。
⇒衛星システムと地上システムの一体設計による緊急観測対応時間の最短化
- ② 既存システム、既存技術を最大限に活用し、信頼性の向上とコスト、リスクの低減、開発スケジュールの短縮を図る。
⇒中型衛星バスの活用等
- ③ LバンドSAR技術を高度化(広帯域化、高出力化、マルチビーム化など)し、高空間分解能・広観測幅を実現する。
- ④ JAXA内のマトリクス体制を強化し、プロジェクトのライフサイクル全般に共通部門の専門技術者が参画し、衛星開発を行う。
- ⑤ 民間と協力し、災害等におけるデータ利用の更なる拡大や定着を図るとともに、コスト(運用費等)の低減を図る。

6. システム選定および基本設計要求

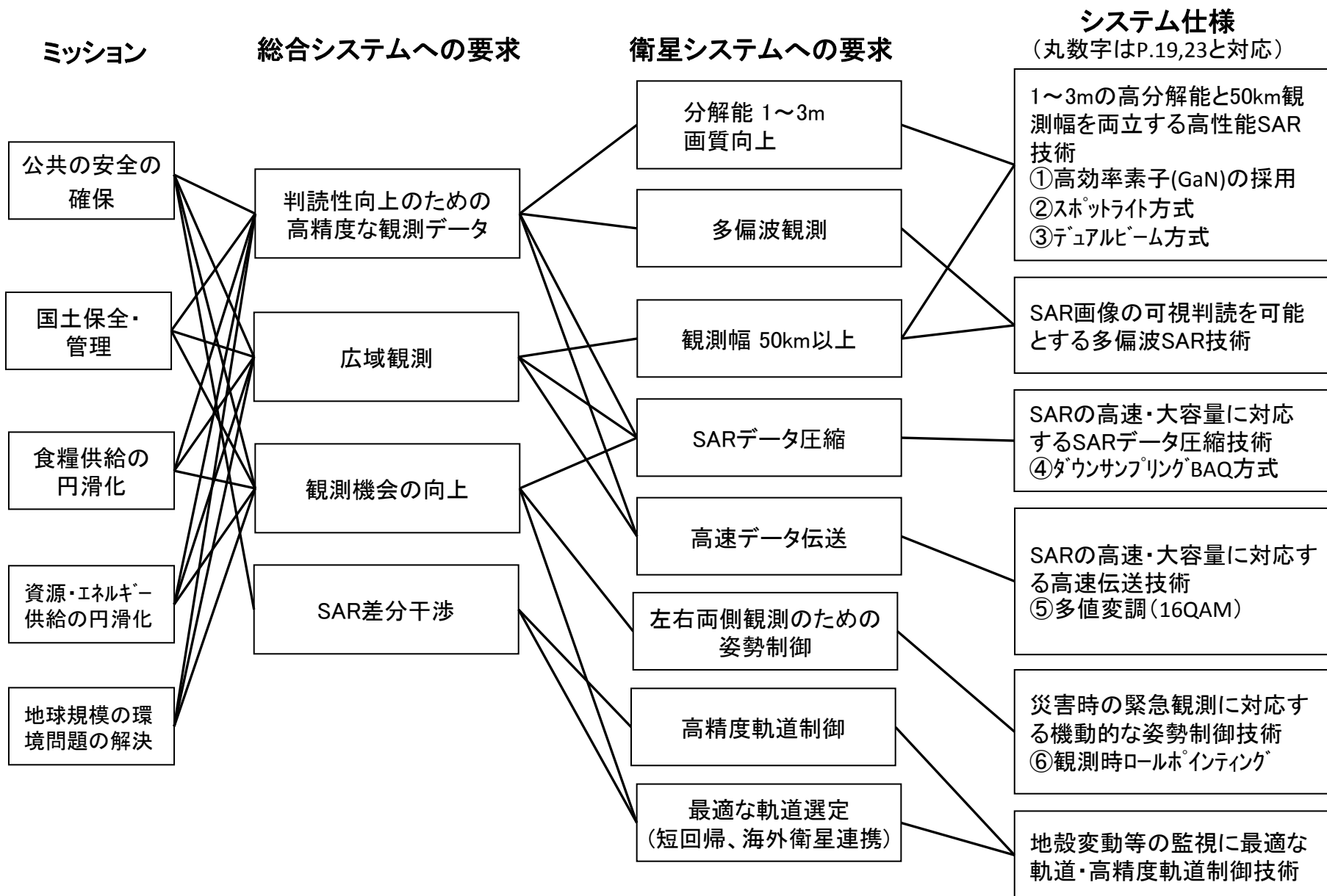
6.1 ALOS-2総合システム

ALOS-2総合システムの仕様設定



平成21年7月プロジェクト移行審査(経営審査)
ALOS-2プロジェクトのプロジェクト移行を決定
(8月にALOS-2プロジェクトチームが発足)

6. 1 ALOS-2総合システム



6. 1 ALOS-2総合システム

「だいち」からの向上・変更点

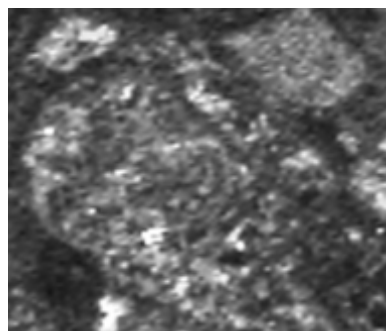
■ 観測機会の向上

- SARと光学センサを別々の衛星に搭載することで観測機会を向上
- 回帰日数の低減
「だいち」: 46日 ⇒ ALOS-2: 14日
- 左右観測、入射角範囲の拡大
異なる方向からの観測頻度向上
- 海外衛星との相互補完
海外SAR衛星(午前6時軌道)に対してALOS-2を正午軌道とすることにより、相互に観測を補完。

	「だいち」PALSAR	ALOS-2
国内及びアジア地域等の災害時の情報把握	夜間や悪天候でも観測可能(10m分解能) 大規模水害域、大規模地震被害領域、大規模土砂災害等を特定可能	夜間や悪天候でも観測可能(1~3m分解能) 主要幹線道路、主要橋梁、主要建造物等の被害状況を確認可能
地殻変動の予測・監視	昇交軌道(夜間)による西方向からの観測が中心	東西両方向からの高頻度の観測が可能
国土情報の蓄積	冬季オホーツク海の観測を週に2回程度実施	冬季オホーツク海を1~2日に1回観測可能

■ 観測データ品質の向上

- 分解能向上
- 画質(S/A: 信号対不要波比)向上
- 多偏波観測機能



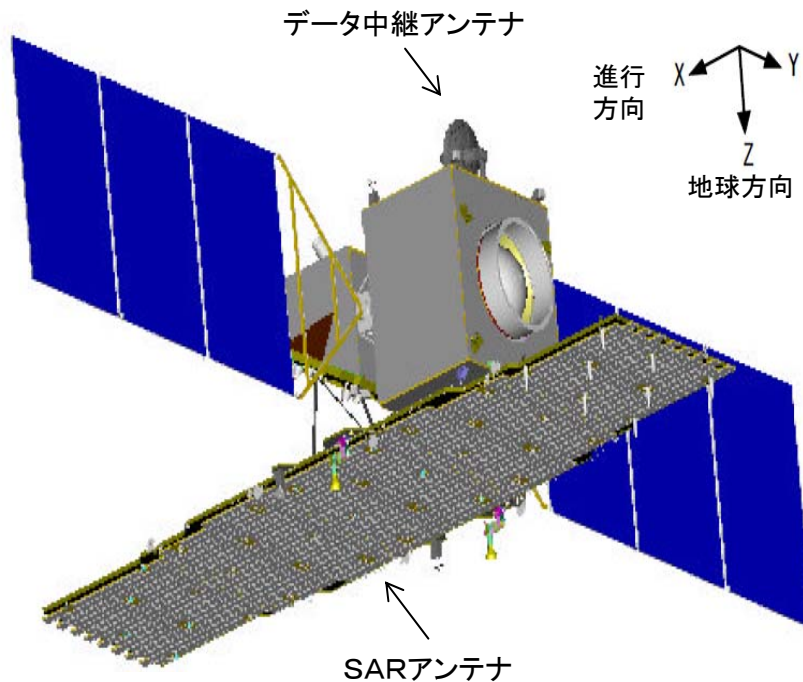
「だいち」レーダ画像(C)JAXA/METI



ALOS-2レーダ画像(シミュレーション)

6. 2 衛星システム(ALOS-2)

ALOS-2の概要



ALOS-2軌道上概観図

運用軌道	種類	太陽同期準回帰軌道
	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	2013年度(平成25年度)
	ロケット	H-IIA
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
SAR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:100m 観測幅:350km

衛星バスは「いぶき」(GOSAT)をベースに開発

6. 2 衛星システム(ALOS-2)

(技術成熟度)

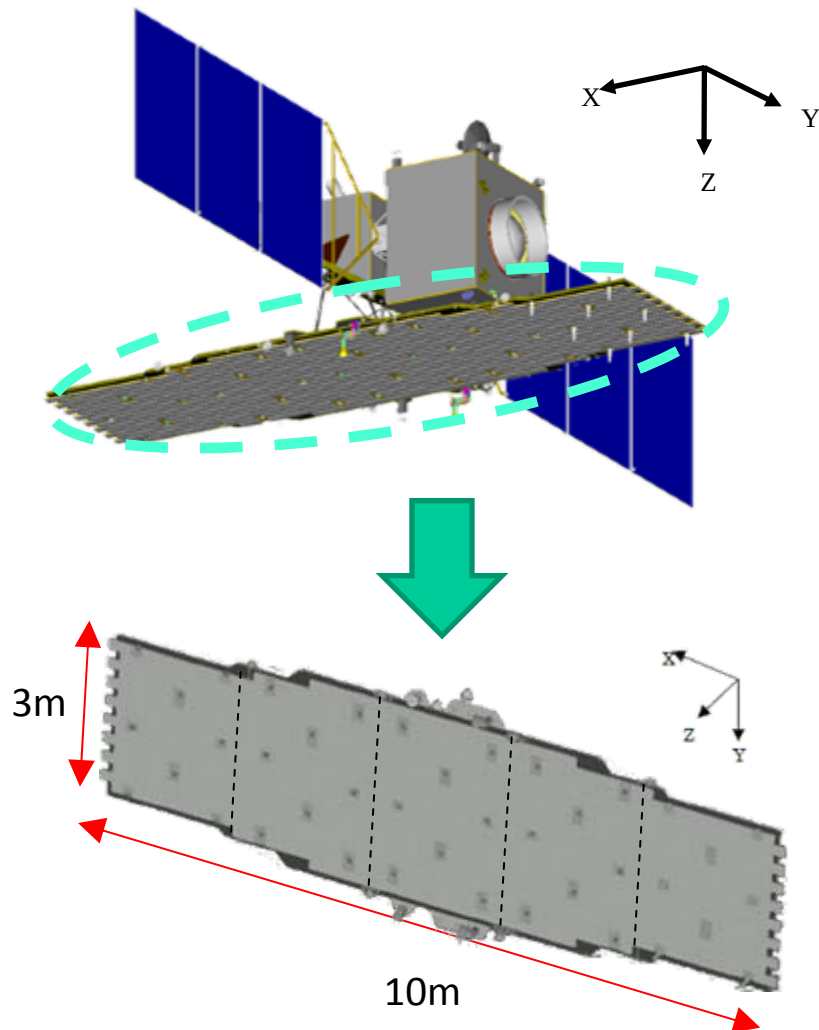


ALOS-2バス系の技術成熟度及び評価計画

サブシステム	主要機能	主な実績	輸入機器	主要変更点及び開発課題	評価計画(*)
ミッションデータ処理系	データ符号化、記録	海外衛星(Sentinel)	ミッションデータ処理装置	—	—
直接伝送系	ミッションデータ伝送	GOSAT	—	⑤多値変調器(16QAM)	○部分EM(1/8)
テレメトリコマンド系	テレメトリ/コマンド処理、測距、自動化自律化運用	GOSAT	—	マルチモードトランスポンダ	○部分EM(2/8)
電源系	電力供給	準天頂衛星 商用衛星	—	大電力化・軽量化	○部分EM(2/4)
太陽電池パドル系	日照時の電力発生	GOSAT SELENE	太陽電池パドル駆動機構	長寿命化	○寿命評価
姿勢軌道制御系	姿勢捕捉、姿勢・軌道制御、姿勢変更、姿勢・位置決定	GOSAT ALOS	恒星センサ、太陽センサ、地球センサ、磁気トルカ	⑥観測時ロールホッピング、GPS受信機航法精度向上	○部分EM(4/9)
推進系	姿勢制御トルク、軌道制御推進力の発生	GOSAT WINDS	推進薬タンク、フィルタ、圧力センサ	—	—
衛星間通信系	データ伝送	ALOS	増幅器	小型軽量化	○部分EM(3/8)
展開モニタ	展開構造物の展開確認	GOSAT	—	—	—

(*)フライトモデルに先立ち、開発段階で開発モデル(EM)を製作し評価・確認する計画
括弧内の数字はEM対象コンポーネント数／サブシステムを構成するコンポーネント数

6. 3 観測システム(LバンドSAR) (センサ概要)



搭載センサ	合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar:SAR)
観測周波数	Lバンド(1.2GHz帯)
アンテナタイプ	アクティブ・フェーズド・アレイ・タイプ
アンテナサイズ	3m×10m(5枚構成)
送信電力	3300W／5100W切替
空間分解能	レンジ方向:3m～100m アジマス方向:1m～100m
観測幅	25km～350km
観測入射角範囲	8～70度
電波走査方向	レンジ及びアジマス方向※

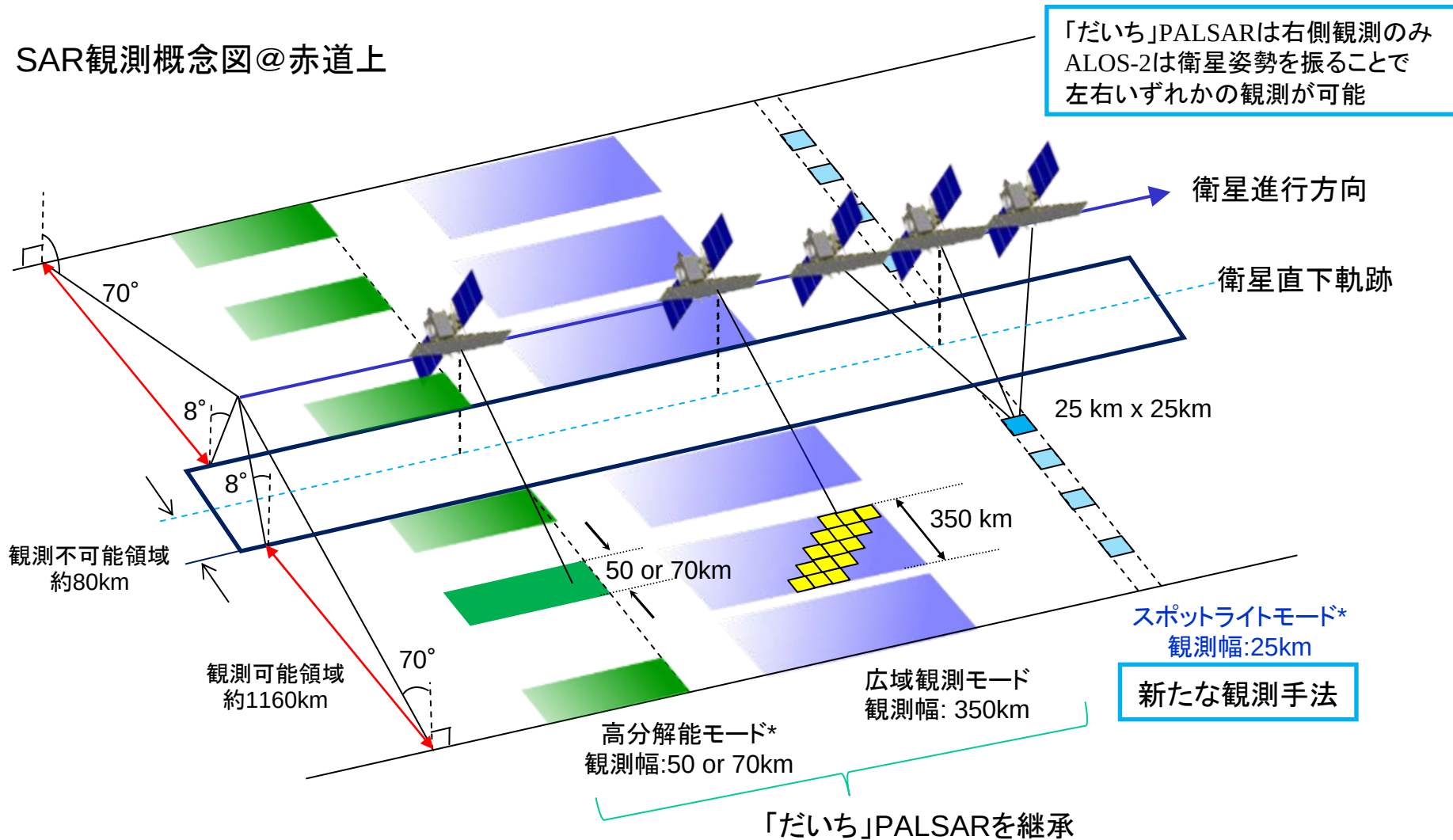
※

レンジ方向:衛星進行方向に対して垂直方向

アジマス方向:衛星進行方向に対して水平方向

6.3 観測システム(LバンドSAR) (観測概要)

SAR観測概念図@赤道上



* PALSARから継承する観測モードの整合性をとるため、開発研究移行時の基本モードは高分解能モードに、高分解能モードはスポットライトモードにそれぞれ名称変更した。

6. 3 観測システム(LバンドSAR) (観測性能)



ALOS-2観測性能

観測モード	スポットライト	高分解能[3m]	高分解能[6m]	高分解能[10m]	広域観測
帯域幅	84MHz	84MHz	42MHz	28MHz	14MHz
空間分解能	レンジ×アジマス 3×1m	3m	6m	10m	100m
観測幅	レンジ×アジマス 25×25km	50km	50km	70km	350km
観測可能偏波	単偏波	単偏波／2偏波	単偏波／2偏波／ ポラリメトリ	単偏波／2偏波／ ポラリメトリ	単偏波／2偏波
データレート	800Mbps以下	800Mbps以下	800Mbps以下	400Mbps以下	400Mbps以下
雑音等価後方散乱係数	-24dB	-24dB	-28dB	-26dB	-26dB
レンジS/A	25dB	25dB	23dB	25dB	25dB

「だいち」PALSAR 観測性能

観測モード	ポラリメトリ	高分解能	広域観測
帯域幅	14MHz	28MHz/14MHz	14MHz/28MHz
空間分解能	30m	10m/20m	100m
観測幅	30km	70km	350km
観測可能偏波	ポラリメトリ	単偏波／2偏波	単偏波
データレート	240Mbps	240Mbps	120Mbps/240Mbps
雑音等価後方散乱係数	-28dB	-21dB	-23dB
レンジS/A	17dB	16dB	21dB

6.3 観測システム(LバンドSAR)

(技術成熟度)

SARセンサの技術成熟度及び評価計画

SARセンサ	主要機能	実績	輸入機器	主要変更点及び開発課題	評価計画(*)
アンテナ素子 送受信モジュール 送受信モジュール電源 ヒータ制御回路等	電気回路部からの信号を増幅し、地球へ放射する。	新規	—	①高効率高出力化のため送受信モジュールに新增幅デバイス(GaN HEMT)を採用	一部機器のBBM完了 ⇒P.27, 28参照。 OEM
システム制御部	送信信号の設定を行う。	ALOS	—	②スポットライトモード対応等 ⇒P.24参照	OEM
励振部 送信部 受信部 電力分配器	レーダ信号の送受信を行う。	新規	—	③デュアルビーム方式 ⇒P.25参照 周波数選択機能追加	OEM
データ処理部	受信機から入力される信号に圧縮処理を行う。	新規	—	④ダウンサンプリングBAQ方式	BBM完了 ⇒P.29参照。 OEM

(*)フライトモデルに先立ち、開発段階で開発モデル(EM)を製作し評価・確認する計画
新規開発要素については、フロントローディングとしてブレッドボードモデル(BBM)を試作し、評価済み

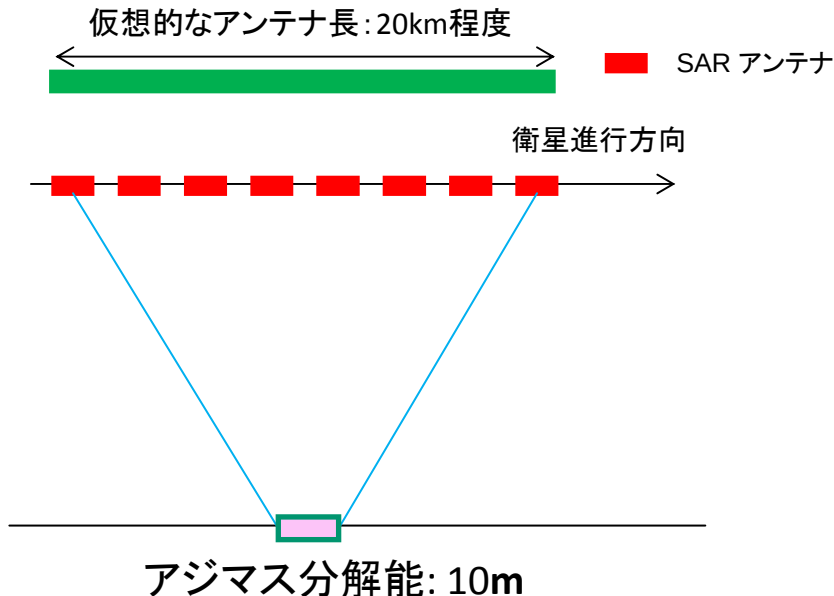
6. 3 観測システム(LバンドSAR)

スポットライトモード(ALOS-2で新たに追加する観測モード)

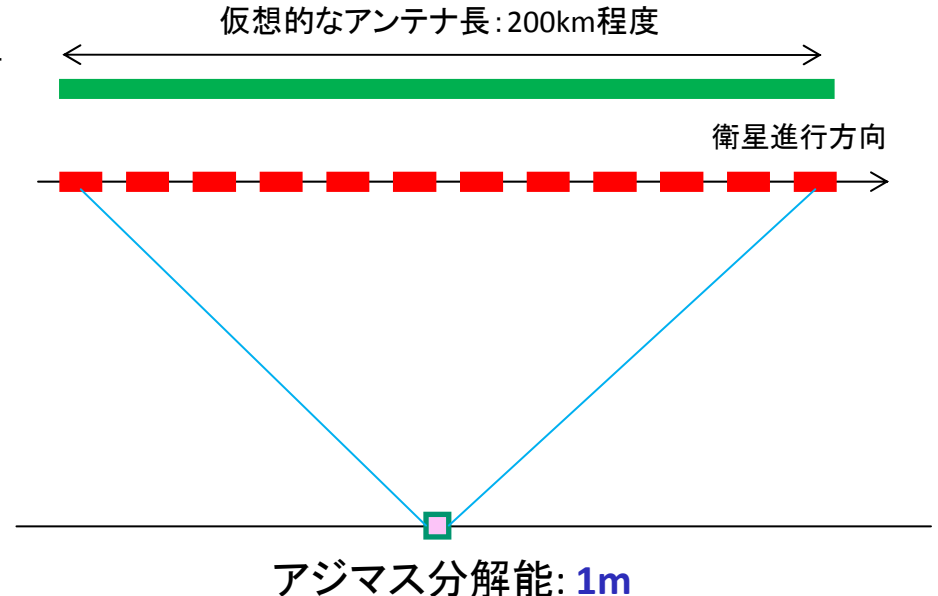
レーダはアンテナが大きいほどビーム幅を狭くでき、高分解能になる。
(合成開口レーダは衛星の進行により仮想的なアンテナを空間に合成)

「だいち」(PALSAR)は、衛星進行方向にはビームを振らず観測するが、ALOS-2のスポットライトモードは、衛星進行方向に対し前後にビームを走査することにより、仮想的なアンテナ長を長くすることで、空間分解能を向上する。

「だいち」(PALSAR)



スポットライトモード



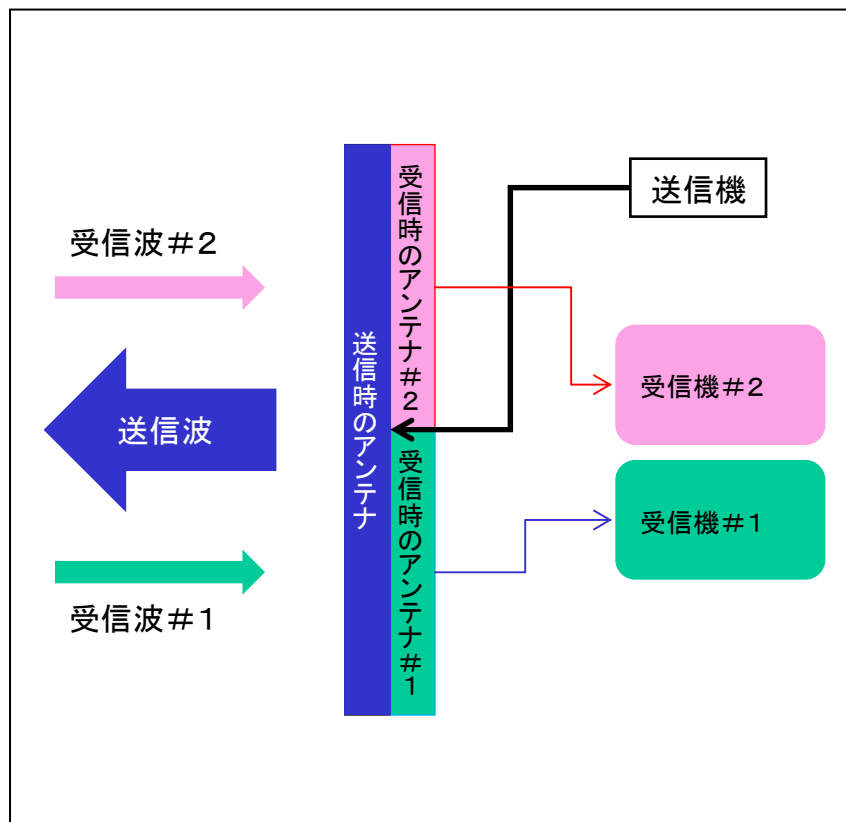
衛星進行方向前後に対しビームを振る事で、より広角から照射が可能となり、仮想的なアンテナ長が長くなる。

6. 3 観測システム (LバンドSAR)

デュアルビーム方式 (ALOS-2で新たに採用する送受信方式)

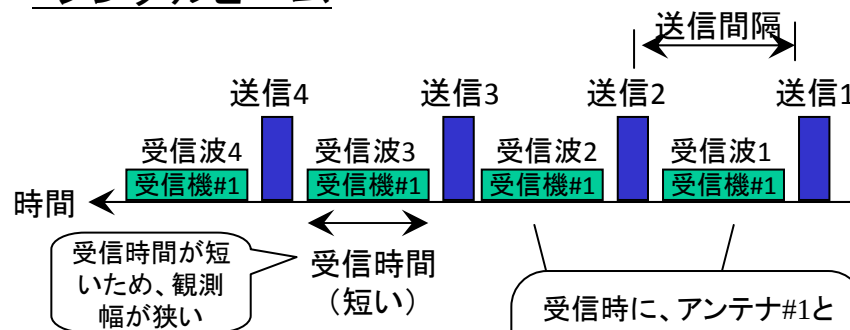
合成開口レーダは、受信波の受信時間が長いほど、観測幅を長くできる。

デュアルビーム方式のアンテナと送信機・受信機

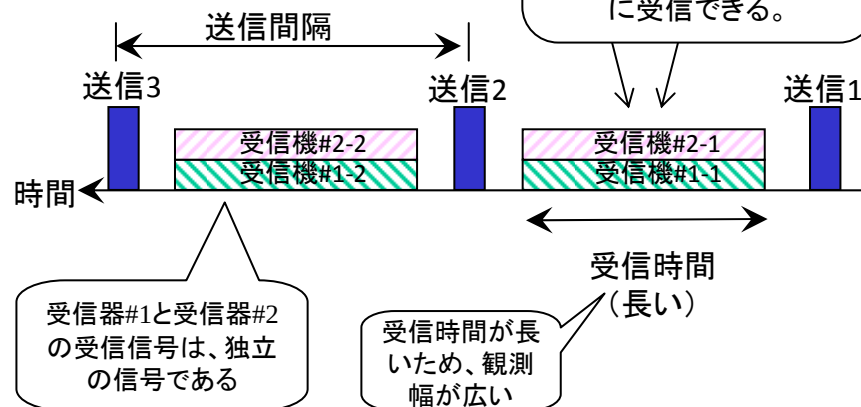


高分解能観測時の送受信のタイミング (模式図)

・シングルビーム



・デュアルビーム



6.3 観測システム（LバンドSAR） SARフロントローディング計画及び実施状況



ALOS-2搭載LバンドSARについては、新規技術を用いるため、下記のフロントローディングを計画し、実施した。

(1) 新規増幅デバイスを用いた送受信モジュール

高分解能かつ高感度の観測を実現するため、高効率素子（GaN）を用いた高出力送受信モジュールの性能評価を実施

(2) 低消費電力化した送受信モジュール用電源

高頻度観測を実現するため、SARアンテナ全体の低消費電力化及び温度上昇を抑えるため、高効率化した送受信モジュール用電源の評価を実施

(3) 新規圧縮技術を用いたデータ処理部

高頻度観測を実現するため、高効率かつ誤差の少ない新規のオンボード圧縮技術（ダウンサンプリングBAQ）の性能確認を実施

6.3 観測システム(LバンドSAR)

SARフロントローディング計画及び実施状況

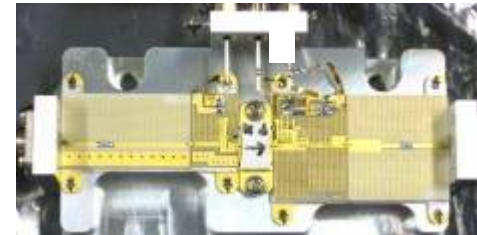
(1)送受信モジュール

①試作評価の内容

高出力増幅器(HPA)等を試作し、広帯域の高出力特性を評価する。

②試作結果

HPAの性能として、右表に示す結果が得られ、性能実現の目途が得られた。



HPA外観

③開発段階での計画

試作結果を反映し、開発モデルではアンテナの1/2パネルに相当する24台の送受信モジュールを製作し、ビーム走査の評価、送受信特性の評価を行うとともに1台を環境試験に供する。その後、フライト品(180台)の製造に移行する。

HPA評価結果

性能パラメータ	目標値	評価結果
帯域幅 (周波数範囲)	85MHz (1215-1300MHz)	同左
尖頭出力電力	50W 以上*	50W以上 (@60℃)

* 送受信モジュール180台で5100Wの送信電力を生成するためHPAは50W以上の出力が必要

6.3 観測システム（LバンドSAR）

SARフロントローディング計画及び実施状況（続き）

（2）送受信モジュール用電源

①試作評価の内容

民生部品を使用して電源部全体を試作し、電力変換効率の特性を評価する。

②試作評価の結果

電力変換効率は最大負荷にて、目標値80%以上達成の目処を確認した。

③開発段階での計画

試作結果を反映した開発モデルでは、アンテナの1/2パネルに相当する3台の送受信モジュール電源を製作し、送受信モジュールと組み合わせた性能評価を行う。その後、フライト品（23台）の製造に移行する。



電源部試作品

6.3 観測システム(レバンドSAR)

SARフロントローディング計画及び実施状況(続き)

(3) データ処理部

① 試作評価の内容

新規圧縮方式の特性評価を行うとともにデータ圧縮回路を試作し、フライト品における演算速度要求、回路規模要求を満足することを確認する。

② 試作評価の結果

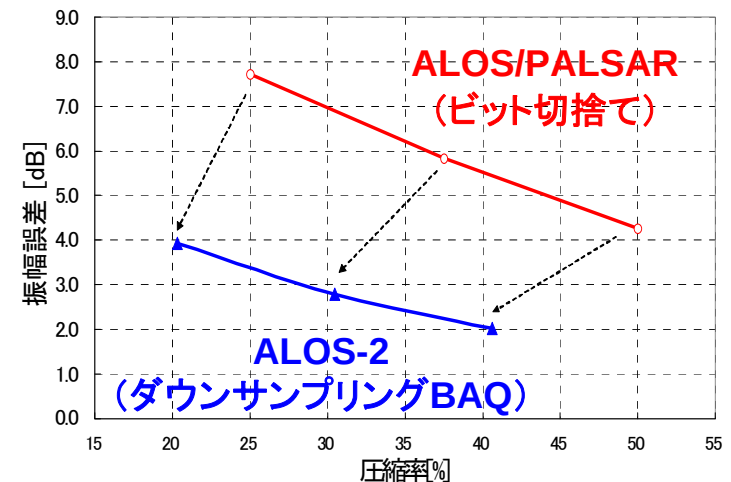
PALSARのビット切捨てに対し、本方式の採用による性能改善(画質向上)を確認した。試作回路では、方式が正しく実装されていること並びに演算速度要求等を満足することを確認した。

③ 開発段階での計画

試作結果を反映した開発モデルではデータ処理部にデータ圧縮回路組み込み、開発試験を行う。



試作評価ボード



シミュレーションにおける性能評価結果

6. 4 地上システム

地上システムは、衛星管制・ミッション運用システム、利用・情報システム、解析研究システム、追跡ネットワークから構成される。

・衛星管制・ミッション運用システム

計画立案、コマンド作成、衛星状態監視、観測データの受信・レベル0処理、緊急観測データのレベル1処理を行うシステムである。

⇒衛星システムと一体で開発している。

・利用・情報システム

データアーカイブ、プロダクト作成、プロダクト注文・検索・提供のユーザインタフェース、海外衛星とのインタフェースを行うシステムである。

⇒「ALOS-2利用ワークショップ」を開催するなど、利用機関や民間業者のニーズを要求仕様に反映する仕組みを設けている。

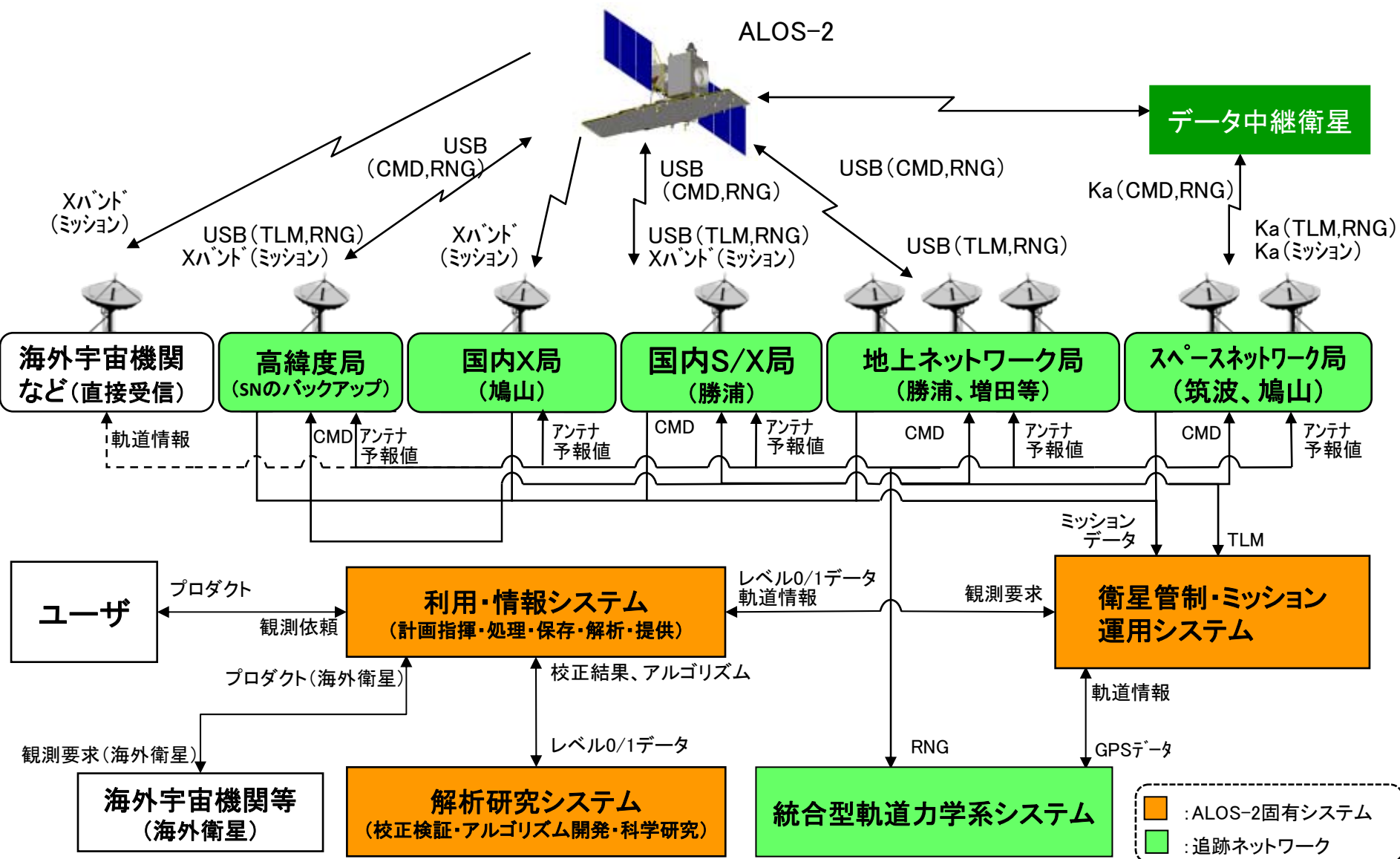
・解析研究システム

校正・検証、利用／実証プロダクトの開発、応用研究を行うシステムである。

・追跡ネットワーク(既存システムへの機能付加)

高速Xバンドによる観測データ受信、データ中継衛星を介した観測データ受信・追跡管制運用、地上局ネットワークによる追跡管制運用、軌道決定を行うための共通設備。

6.4 地上システム



7 開発計画

7.1 開発資金

ALOS-2プロジェクトの資金計画は、以下を目標とする。

- ALOS-2衛星開発： 約211億円
- ALOS-2用地上システムの開発等(＊)： 約62億円

＊: 衛星管制・ミッション運用システム、利用・情報システム、解析研究システムの開発等の合計

◆開発研究フェーズでの低コスト化検討

宇宙開発委員会事前評価時より、衛星システムの設計ベースラインをもとにSARセンサ等の新規開発要素の明確化を行い、約19億円低減した。

7.2 スケジュール

ALOS-2の開発は、「だいち」運用期間との空白をできるだけ小さくするため、早期の打上げを目指す(平成25年度)。

開発スケジュール

年度	H19(2007)	H20(2008)	H21(2009)	H22(2010)	H23(2011)	H24(2012)	H25(2013)
マイルストーン	△MDR △プロジェクト準備審査	△SRR △SAC評価 (SAR衛星開発研究)	△SDR △プロジェクト移行審査	△システムPDR	△システムCDR		打上げ△
ALOS-2の開発 ALOS-2衛星システム SARセンサ	概念設計	計画決定	予備設計	基本設計	詳細設計	維持設計	
	BBM試作	計画決定	基本設計	詳細設計	維持設計		
衛星管制・ミッション 運用システム開発	概念設計	計画決定	全体設計	基本設計	詳細設計	製作・試験	INT&T 運用訓練
利用・情報システム 開発			△SRR	△SDR			
		概念検討	計画決定	基本設計	詳細設計	製作・試験	INT&T 運用訓練
参考 「だいち」運用	定常運用		後期利用				
		△設計寿命		△目標寿命			

1年以上の運用実績のある地球観測衛星の寿命実績(平均6年10ヶ月)から、「だいち」の寿命は7年程度、平成25年までと予想される。

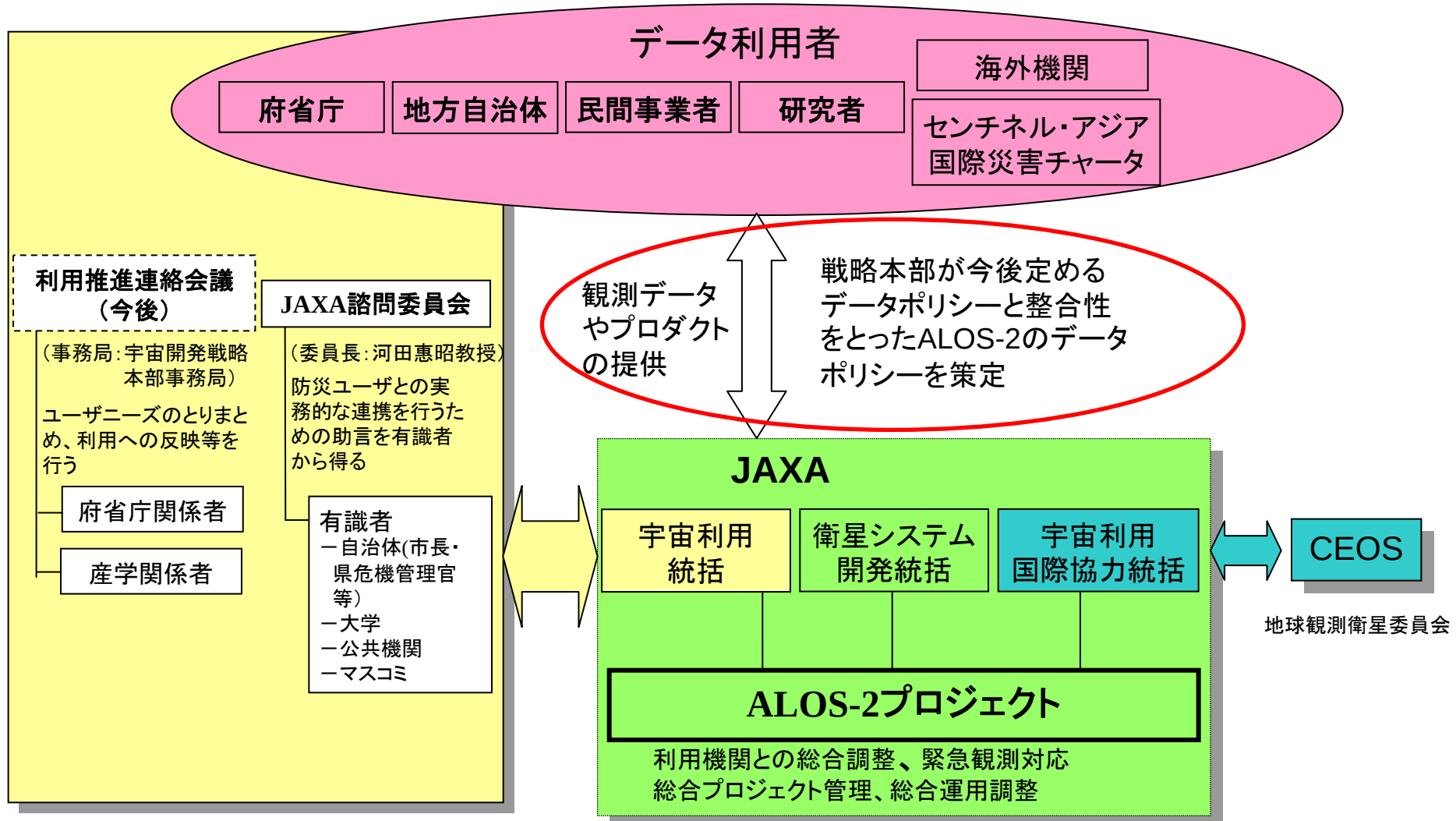
7.2 スケジュール

運用スケジュール

年度	H24(2012)	H25(2013)	H26(2014)	H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	H31(2019)
マイルストーン								
	ALOS-2打上げ△							
ALOS-2の開発								
ALOS-2衛星システム								
インテグレーション								
射場作業／打上げ								
ALOS-2軌道上運用								
初期段階								
定常段階			観測運用					
初期校正運用								
後期利用段階							観測運用	

7.3 実施体制

外部機関との関係



7.3 実施体制

利用機関との連携状況(1/2)

「だいち」の利用機関との連携を継続・拡大することにより、ALOS-2の利用体制を構築する。なお、宇宙開発戦略本部は「陸域・海域観測衛星システム開発利用促進シンポジウム」を開催し、産学官の関係者との意見交換を実施している。また、JAXAは「ALOS-2利用ワークショップ」を開催し、ユーザー利用に関する意見を収拾している。

ALOS-2のミッション		ミッションの実現に向けた「だいち」の利用状況 ～利用機関との連携活動状況～
公共の安全の確保	国内及びアジア地域等の災害時の情報把握	・国内防災行政のとりまとめである内閣府と協定を締結し、災害時に政府指定機関に画像情報を提供。 ・国土交通省河川技術研究開発制度の下、水害におけるSAR利用に関し、河川局/国土技術政策総合研究所と連携。 ・地方自治体と連携を図るため、岐阜県、和歌山県、新潟県と協定を締結。三重県、高知県、徳島県とは調整中。岩手大を介し、東北地方とも連携。 ・22国54機関と9つの国際機関が参加するセンチネルアジアの事務局を務め、アジアにおける衛星画像の防災利用を促進。センチネルアジアシステムの改善を実施(STEP2)。センチネルアジアから国際災害チャーターへの発動も可能とし、system of systems としての連携を実施。
	地殻変動の予測・監視	・気象庁との協定を延長し、火山噴火予知連と連携。 ・国土地理院との協定を延長し、地震調査研究推進本部と連携。 ・農林水産省災害対策室に、地すべりに関する情報を提供。
国土保全・管理	国土情報の蓄積	・国土地理院との協定を延長し、国土管理に資する観測データを提供。 ・海上保安庁との協定を延長し、冬季オホーツク海の海水観測データを提供。

7. 3 実施体制

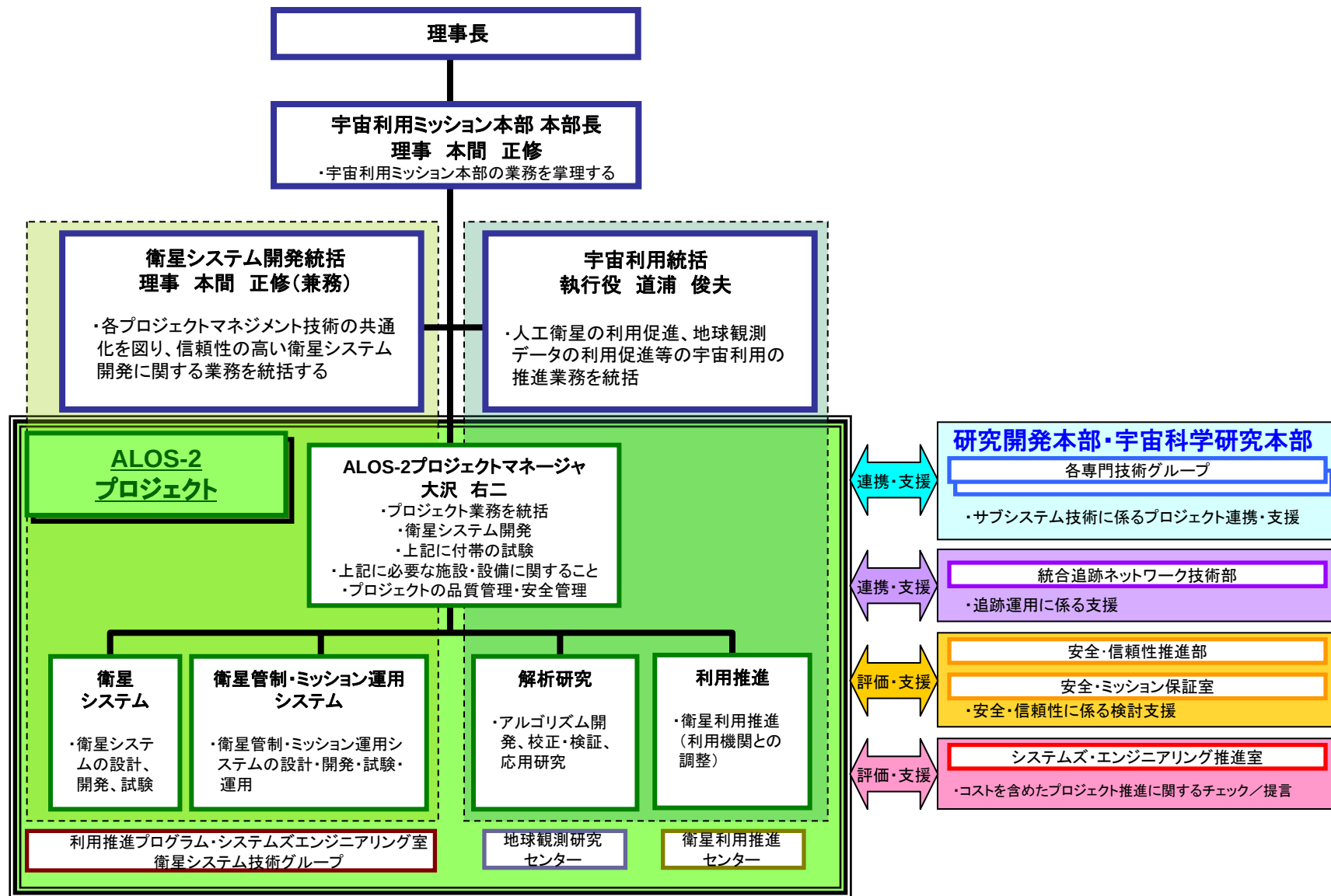
利用機関との連携状況(2/2)

ALOS-2のミッション		ミッションの実現に向けた「だいち」の利用状況 ～利用機関との連携活動状況～
食料供給 の円滑化	穀物等の生育 状況や品質等の 把握	・農林水産省は、これまでの判読参照図としての利用に加え、水稻作付面積の把握に向けた、衛星画像利用事業を開始。
資源・エネ ルギー供 給の円滑 化	陸域及び海底の 石油・鉱物等の 調査	・ERSDACにデータを提供。オイルスリックのモニタリングを実施。
その他	海洋監視手法 の研究開発	・海上保安庁と船舶監視への利用にむけた研究について調整中。

ALOS-2のミッション		ミッションの実現に向けた「だいち」の利用状況 ～利用機関との連携活動状況～
地球規模 の環境問 題の解決	温室効果ガス の吸収源とな る森林の変化 監視	・GEOSSへの貢献。 ・JAXAが主導し各国研究機関が参加する京都・炭素観測計画の下、アマゾンやインドネシアの森林を継続して観測し、森林起源の炭素量の把握に努めているところ。時間的な地球の環境変化として、森林(伐採、劣化を含む)、湿地、砂漠をテーマとした観測を実施。

7.3 実施体制

JAXA社内での実施体制



7. 3 実施体制

衛星開発企業との関係

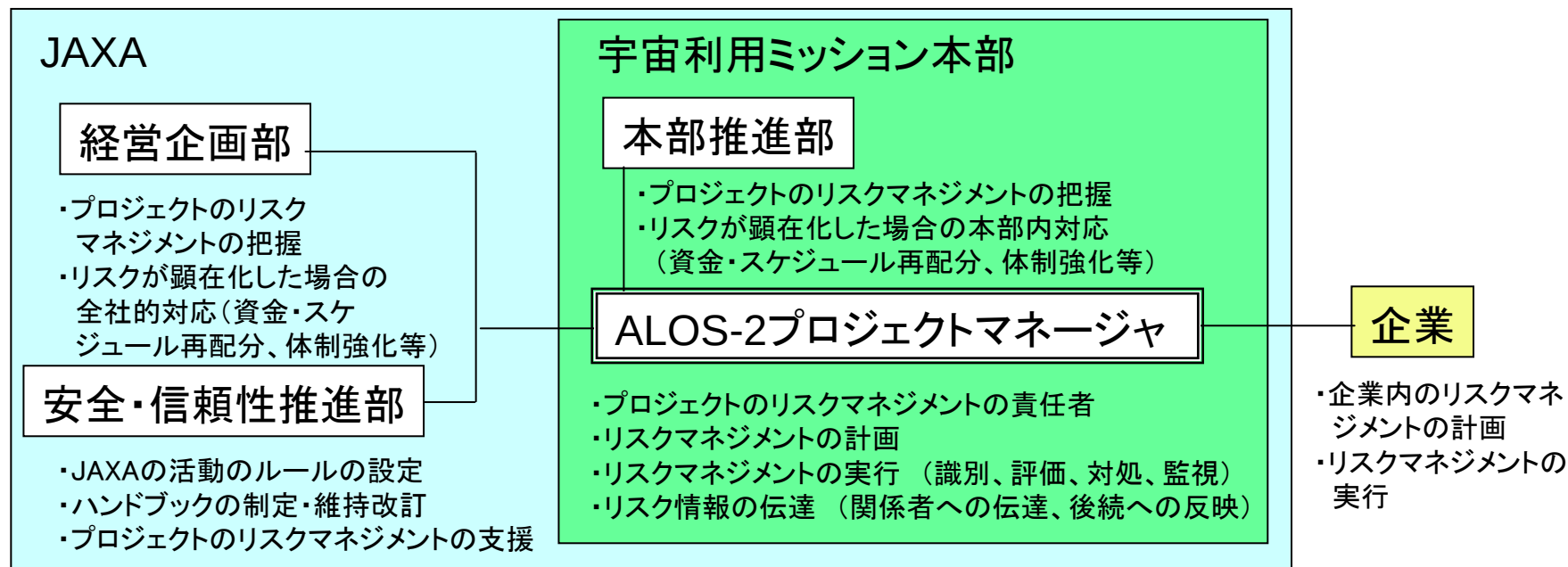
●衛星開発企業との責任分担

- 衛星システム（SARセンサを含む）及び衛星管制・ミッション運用システムの開発においてはプライム制を採用する。
- 衛星開発企業との責任分担は以下のように行う。
 - ✓ JAXAは、ミッション要求をブレイクダウンして、衛星システム（衛星バスおよび観測センサ）並びに衛星管制・ミッション運用システムに対する開発仕様を設定することに責任を持つ。
 - ✓ 契約企業は、JAXAが設定した開発仕様を満足するシステムの設計と製造を行い、製造した物が開発仕様を満足することを試験等で立証する責任を有する。

（基本的な考え方はGCOM等と同様であるが、ALOS-2では衛星システムと地上システムの一体開発を行う。）

8. リスク管理

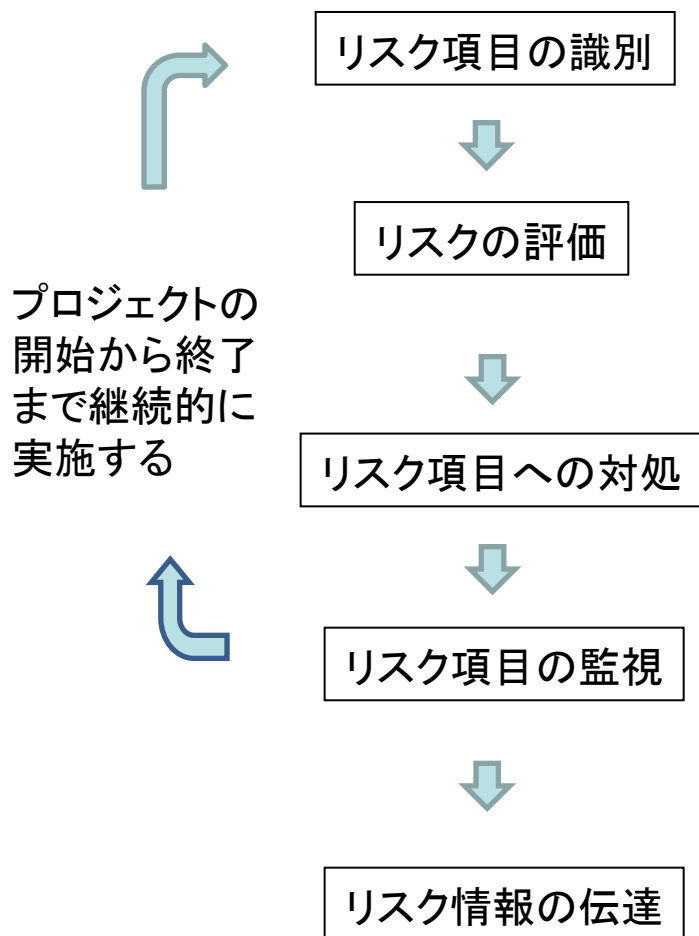
- リスク管理方針
 - JAXA標準である「リスクマネジメントハンドブック」(JMR-011)に基づき、プロジェクト移行時に作成した「ALOS-2プロジェクト リスク管理計画書」により、開発期間を通して維持管理を行う。
- リスク管理体制
 - プロジェクト内外のリスクについて、役割と責任を明確化し、リスク管理を実行する体制(下図)を、プロジェクト移行時に構築した。



8. リスク管理

➤リスク管理の実行

プロジェクトの開始から終了まで、継続的に以下のリスク管理を実行し、開発へのフィードバックを図る。



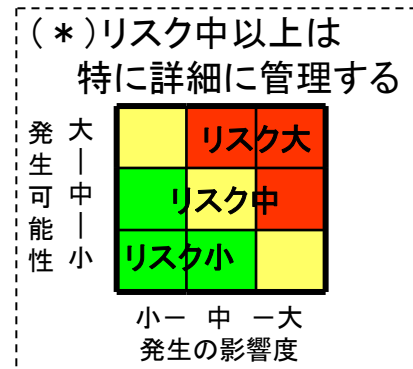
①設計結果に基づく知見、既開発衛星からの知見、不具合情報システム、信頼性解析手法、独立評価等からリスク項目を識別する。

②発生可能性、影響度からリスクの大きさを評価する。（＊）

③許容できないリスクに対し対処策または代替策を準備、許容できるリスクは監視を継続する。

④リスク項目の対処状況を監視し、リスク項目が完了基準を満たした場合は完了とする。
未了のリスクについては、再度リスクの識別・評価を行う。

⑤関係者への伝達を行い、リスク情報を共有する。
プロジェクト完了後は後続プロジェクトへの反映・教訓をまとめる。



8. リスク管理

リスク管理状況

項目	システム	開発研究フェーズでの処置	開発フェーズでの計画
打上げ遅延 【カテゴリ1】	ロケット	H-IIA打上げの遅延に備え、代替ロケットを想定し、それらのロケットに適合できる衛星設計要求とした。また、打上げ遅延の状況に応じた対応を取る計画とした。	1年程度の遅延の場合は、打上げを遅延させる。それを超える遅延の可能性が生じた場合は、その遅延に伴う悪影響により、やむをえないと判断されるときには、代替ロケットによる打上げの調整を開始する。
データ中継衛星の継続的運用 【カテゴリ1】	追跡ネットワーク	データ中継衛星がない場合のインパクトを整理し、対応方針を明確にした。 ・災害時のGN局優先割り当て、高緯度局の利用により、国内緊急観測の際のコマンド送信遅れのリスクを軽減する。 ・観測データは、高緯度局の利用によりアジア域のデータ取得を行う。ただし、アジア域以外のデータ取得には制約がある。 また、海外データ中継衛星も考慮したデータ中継用アンテナの設計とした。	リスクを軽減するため、高緯度局とのインタフェースを打上げ前に確認する。
衛星開発の遅延 【カテゴリ3】	衛星	新規開発要素を識別し、フロントローディングを実施した。SARセンサの送受信モジュール、送受信モジュール電源、データ処理部について試作試験評価を実施し、実現の目途を得た。 また、バス機器に関して衛星開発に先行して、共通コンポーネントの開発を実施した(マルチモード変調器、軽量化電力制御器)。	送受信モジュールの新規デバイスであるGaN HEMTについては宇宙用評価試験を実施し、基本設計審査完了までに評価を行う。 共通コンポーネントはEMを用いて、システム試験を行う。
周波数調整の不調 【カテゴリ2】	衛星	Lバンドについては周波数国際調整に必要な事前公表資料を総務省へ提出すると共に調整が必須な測位衛星系システムとの事業者間調整を並行に開始している。あわせて、国際電気通信連合(ITU)においてLバンドの周波数干渉評価方法について勧告作りに着手した。また、周波数干渉を可能な限り回避するためにSARの中心周波数を変更する機能及び送信機のON/OFF機能を具備した。Xバンドについては宇宙周波数調整グループ(SFCG)の場で調整を継続している。	引き続き周波数国際調整及びITUにおける勧告作りを行うとともに、事前公表資料に対する各国からのコメントについて迅速に対応する。
利用・情報システムの開発着手遅れ 【カテゴリ2】	利用・情報システム	システム要求審査や利用ワークショップを活用し、システム要求の大きな齟齬がないことを確認した。	宇宙開発戦略本部等関係機関と調整し、平成21年度中に利用・情報システムの開発仕様確定を目指す。 関係省庁等が参加する連絡会議やワークショップを活用し、利用ニーズの継続的な把握を行う。

【カテゴリ1】プロジェクトのコントロールが困難な外的要因が主で、必要に応じ、追加コスト、スケジュール見直しを要するもの

【カテゴリ2】内的要因が主で、開発フェーズで新たにリスクとして識別されたもの

【カテゴリ3】内的要因が主で、開発研究フェーズで処置されたため、リスクを大幅に低減したもの

9. 開発研究移行評価での助言に対する検討結果(1/3)

項目	評価における助言	検討結果
(1)プロジェクトの目的 (プロジェクトの意義の確認)	高空間分解能や広域観測により得られたデータは、防災以外の多くの地球観測の分野でも有用であるという視点を持ち、防災の目的で平常時に取得したデータをより広い分野で活用するのみならず、防災以外の分野でもデータを取得し活用するなど「だいち」における利用実績の継承発展を併せて行っていく必要がある。	平成20年12月3日の宇宙開発委員会で「災害監視衛星の今後の進め方について」報告し、災害監視衛星の目的等の見直しを行い、SAR衛星の名称を陸域観測技術衛星2号(ALOS-2)に変更した。 ⇒3章目的、4章目標に反映。
(2)プロジェクトの目標	大規模な災害時への迅速な対応における利用実証が目的ではあるが、実際の災害時に迅速に対応するためには、平常時のデータ整備や、防災訓練等での利用実証を十分に実施することが必要である。	「だいち」防災利用実証実験を通して、平時の画像に地理情報を重畳した衛星地形図（だいち防災マップ）を日本全国分整備した。だいち防災マップは、内閣府が取りまとめる政府図上防災訓練、内閣官房が取りまとめる国民保護訓練でも利用されている。1/2.5万サイズについても、日本全国分の整備が完了し、引き続き、政府訓練、自治体訓練等で利用される予定にある。ALOS-2の利用実証においても、だいち防災マップをツールとして活用することとする（だいち防災マップの維持・更新のためには、ALOS-3（光学衛星）が必須）。 ⇒7. 3章に利用機関との連携状況を記述（P.36-37）。
	外国でもSAR衛星の打上げ計画があり、災害発生時に迅速な対応をするためには外国機関と協力することが有効である。その枠組みの構築を促進して、早期に防災関係府省庁・機関からの要望である3時間程度の内にデータ配布が出来るようなシステム構築に一步でも近づける努力が望まれる。	SAR衛星を保有する海外宇宙機関（加CSA、独DLR、伊ASI）と、人工衛星を用いた災害監視に係る協力をすすめることについて合意し、実施計画書の調整を行っている。 ⇒4章に調整状況を記述（P.12）。
	平常時の観測のデータプロダクトは、内容的に、防災に限らず、多方面で利用可能なものである。このため、観測データの災害監視以外への利用も大いに促進されることが好ましく、利用希望機関への観測データの提供等、運用面での検討が望まれる。	災害監視衛星の目的等を見直すとともに、宇宙基本計画の「衛星データ利用システム」との整合をとった利用・情報システムの開発・運用を検討している。なお、地震・火山・水害・海氷といった防災利用に加え、農水省では、水稻作付面積の把握に向けたモデル事業を開始した。 ⇒7. 3章に利用機関との連携状況を記述（P.36-37）

9. 開発研究移行評価での助言に対する検討結果(2/3)

項目	評価における助言	検討結果
(3)開発方針	目標として設定した高分解能・広域観測や受信後の迅速な情報提供を達成するためには、高性能SAR技術、SARデータ圧縮技術等、新規の技術課題を解決する必要があり、信頼性を確保しつつリスクを最小限にするためには、十分な事前検討が必要である。	SARの送受信モジュール(窒化ガリウムを用いた高効率デバイス)、モジュール電源、データ処理部のブレッドボードモデルの試作評価を実施し、技術的な実現の見込みを得た。 ⇒6. 3章を参照(P.26-29)
	データ圧縮技術、高速伝送技術、機動的な姿勢制御技術、高精度軌道制御技術等は、一般的に衛星を活用する上で基本となる要素技術であるので、本プロジェクトのみの技術課題とせず、共通基盤技術として普段から技術力向上に努めるべきである。	高速データ伝送(800Mbps)のためのXバンド変調器、大容量(100Ah)Li-ionバッテリーに対応した軽量化電源制御器、機動的な姿勢制御のためのリアクションホイール、高精度自律化軌道制御技術などについて、研究開発本部と連携し、共通技術として他プロジェクトが利用できるように開発を行っている。
(4)その他 ①システム選定及び基本設計要求	1mレベルの空間分解能のSARは観測技術としても新規性が高く、そのデータの有効利用に向けて、災害監視に限らない広い観点から技術開発に取り組むことは、SAR技術の発展のためにもぜひ必要なことである。	ALOS-2利用ワークショップなどを通じてALOS-2の観測性能を提示し、災害監視に限らず、ALOS-2データの有効利用に向け、民間事業者も含めた意見を収集した。シミュレーション画像を用いた事前評価を行い、高分解能SAR画像の有効性を確認する。
	分解能は1mが望ましいとの事であるが、周波数帯域が85MHzに制限される為に1×3mという所を何とか工夫できないものか。今後のSAR技術のためにも限られた帯域幅で更に分解能を上げる工夫をしてほしい。	地上処理において帯域を外挿して処理する手法が考案されているが、撮像対象に依存し、汎用的な利用(とくに自然対象物)は困難である。
	長期的なシステム運用の為にはデータの下位互換性(将来の衛星からのデータと現在のものとの互換性)を十分に考えておくことが重要である。	宇宙基本計画の衛星開発利用計画に沿って「だいち」シリーズとして、継続的に観測を行い、その情報を体系的に蓄積・提供するため、データフォーマットやメタ情報など「だいち」との互換性を考慮した地上システムの開発を行う。

9. 開発研究移行評価での助言に対する検討結果(3/3)

項目	評価における助言	検討結果
(4)その他 ②開発計画	実施体制については、データ利用者と実施機関との体制について、より具体的かつ明確な計画が望まれる。	「だいち」の運用において主な利用機関と利用計画書を締結しており、ALOS-2に切り替えていく。 ⇒7. 3章の実施体制を参照(P.36-37)。 また、データ利用に係る官民連携については「産業振興準備検討会」において議論が開始されたところ。
	アジア等諸外国での災害に対応し、本プロジェクトが貢献できるような実施体制を構築することが望まれる。	センチネルアジアや国際災害チャータを通じた貢献を継続するとともに、海外宇宙機関とのバイ協力の成果も反映しながら、オペレーショナルな実施体制を試行する。 ⇒7. 3章の外部機関との関係を参照(P.35)。
	本プロジェクトは高額な費用を必要とするプロジェクトであり、可能な限り開発の効率化、開発期間の短縮、コストダウンを望む。	既存システム、既存技術を最大限に活用し、開発期間は4年の計画とした。開発コストは、衛星システムの設計ベースラインをもとにSARセンサ等の新規開発要素の明確化を行うことにより低減した。 ⇒7. 1章開発資金を参照(P.32)。
(4)その他 ③リスク管理	このプロジェクトの特徴として、その成果を実のあるものとするためには、得られた情報を利用する外部機関との連携が大切であることから、外部機関との実施体制を含めた俯瞰的なリスク管理も必要である。	「だいち」の利用からのシームレスな移行が行えるよう外部機関との連携を図るとともに、「陸域・海域観測衛星システム開発利用促進シンポジウム」や「ALOS-2利用ワークショップ」などを通じて、新たな利用の開拓を行っている。 ⇒7. 3章に利用機関との連携状況を記述(P.36-37)。

まとめ

- (1) ミッション要求からブレークダウンして開発仕様のベースラインを設定した。(6. 1項 ALOS-2総合システム)
- (2) 既存技術を活用し、かつ信頼性・サバイバビリティを強化した衛星システムを選定した。採用する技術の成熟度の分析と開発要素の識別を行い、評価計画を策定した。
(6. 2項 衛星システム、6. 3項 観測システム)
- (3) LバンドSARの性能向上のため、クリティカル部位の試作評価により妥当性を確認した。(6. 3項 観測システム)
- (4) 開発研究フェーズで設定したリスクの対処が完了した。また、以上の作業結果を反映して、開発計画(開発資金、スケジュール、実施体制)、リスク管理計画を更新した。(7項 開発計画、8項 リスク管理)

以上から、ALOS-2の開発フェーズへの移行が可能である。

付録

背景及び位置づけの補足

- ・ 平成20年2月22日「宇宙開発に関する長期的な計画」

①地球環境観測プログラム

地球環境観測プログラムにおいては、国際的な取組である「全球地球観測システム(GEOSS)」10年実施計画の枠組みの下で、気候変動・水循環等の把握に必要とされ、かつ、同時広域観測が可能であるという人工衛星による観測の利点を発揮できるデータを10年超にわたって継続的に取得する。また、関係府省庁等と連携し、地上系・海洋系観測のデータとの統合的利用研究を進めるとともに、取得データを適切に処理し、データ統合機関やユーザに提供する。

②災害監視・通信プログラム

災害対応のための監視・通信プログラムにおいては、災害発生前の定期的な監視及び災害発生時における高頻度・高分解能・広域観測を可能とする複数の人工衛星による監視システム及び災害情報通信システムの構築に向けて、システム実証に関する研究開発を進める。特に、関係府省庁等と連携し、災害警報の発出、災害発生時の被害状況の把握、災害時の緊急通信手段の確保などでの人工衛星の有効性を実証する。また、アジア太平洋地域への展開にも取り組む。

- ・ 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 地球観測推進部会
平成21年8月「平成22年度の我が国における地球観測の実施方針」

◆ 炭素循環の解明

また、生態系による吸収・放出量の寄与を明らかにするためには、海洋及び陸域生態系の生産量分布と、その長期的な変化を捉える必要がある。そのため、地球環境変動観測ミッション・気候変動観測衛星(GCOM-C)シリーズによる全球規模の生産量把握と長期変動監視の早期開始、及び陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)シリーズによる詳細な地表面観測の継続により、地上観測網による精緻な実測と併せてこれを広域化するためのデータを取得することが必要である。現在、LバンドSARで世界の森林を広範囲にかつ高頻度に観測できる衛星は世界でも「だいち」しかない。Lバンドも含め、様々なセンサを組み合わせて、森林状況を把握し二酸化炭素収支を推定する取組において、我が国が国際的なリーダーシップを発揮し、推進することが期待される。さらに、時系列のデータ取得の重要性から、「だいち」による観測を継続するALOS-2の開発の推進が必要である。

背景及び位置づけの補足

- 中央防災会議

平成15年3月18日「防災情報システム整備の基本方針」

3. 具体的施策

①迅速・的確な情報収集

a. 被災全体像の早期把握システムの精度向上

人工衛星や航空機からの画像情報等の実情報と、被災の全体像等を即時に把握するコンピュータ推計情報(EES等)とを組み合わせ、被災全体像の早期把握の精度を向上する。

b. 悪条件化における情報収集

暗視カメラや衛星・レーダー画像、災害用ロボット等の活用により、夜間、悪天候等の悪条件下での情報収集体制を確立する。

c. 画像情報等の体系的収集

ヘリコプター搭載カメラや地上カメラによる画像情報等を体系的に収集する体制を確立する。
また、人工衛星や偵察機などの画像情報から広域的な被害を早期に把握するシステムを構築する。