

2. B 超高分解能合成開口レーダの 小型化技術の研究開発 (中間評価)

製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室
日本電気株式会社

2. B. 1.超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発(プロジェクト)の概要

概 要	本プロジェクトは、国際競争力の強化のため、高機能、低コスト、短納期な、小型化等による先進的宇宙システムの開発技術を継続活用することを目的とする。主な課題：①国際競争力ある高分解能レーダセンサの開発②高電力・高出力のレーダに対応する小型衛星バスの開発(ASNAROバスの後継)③高分解能レーダセンサに搭載する高出力増幅器の開発 ④宇宙実証を行う。
実施期間	平成22年度～平成28年度
予算総額	129.2億円(補助事業) (平成23年度:0.7億円 平成24年度:31.8億円 平成25年度:58.5億円 平成26年度:38.2億円)
実 施 者	日本電気株式会社

2. B. 2.事業の目的・政策的位置付け

事業の目的

- 将来の成長が期待される我が国の宇宙産業の国際競争力を強化するために、軌道上検証済みの高性能小型衛星(光学衛星)に続き、民間企業等が行う高分解能なXバンド合成開口レーダの小型化、低コスト化を実現する高性能小型衛星(レーダ衛星)の研究開発を助成する。
- 小型の光学衛星と合成開口レーダ衛星を組み合わせることにより高頻度の地球観測が実現できるシステムを構築することが可能となる。またレーダ衛星は、光学衛星では撮像できない夜間・悪天候においても撮像が可能であるため、光学衛星と一対のシステムとして需要がある。
- 本事業を通じて、民間企業等に衛星の実証機会を提供することにより、光学衛星、レーダ衛星、地上局をひとつの衛星システムとして国際市場へ参入することが可能となる。これらの衛星システムについては、すでに複数の国から調達に関する要請照会が来ている。
- また、宇宙基本計画等においても着実な実施が求められている。

政策的位置づけ

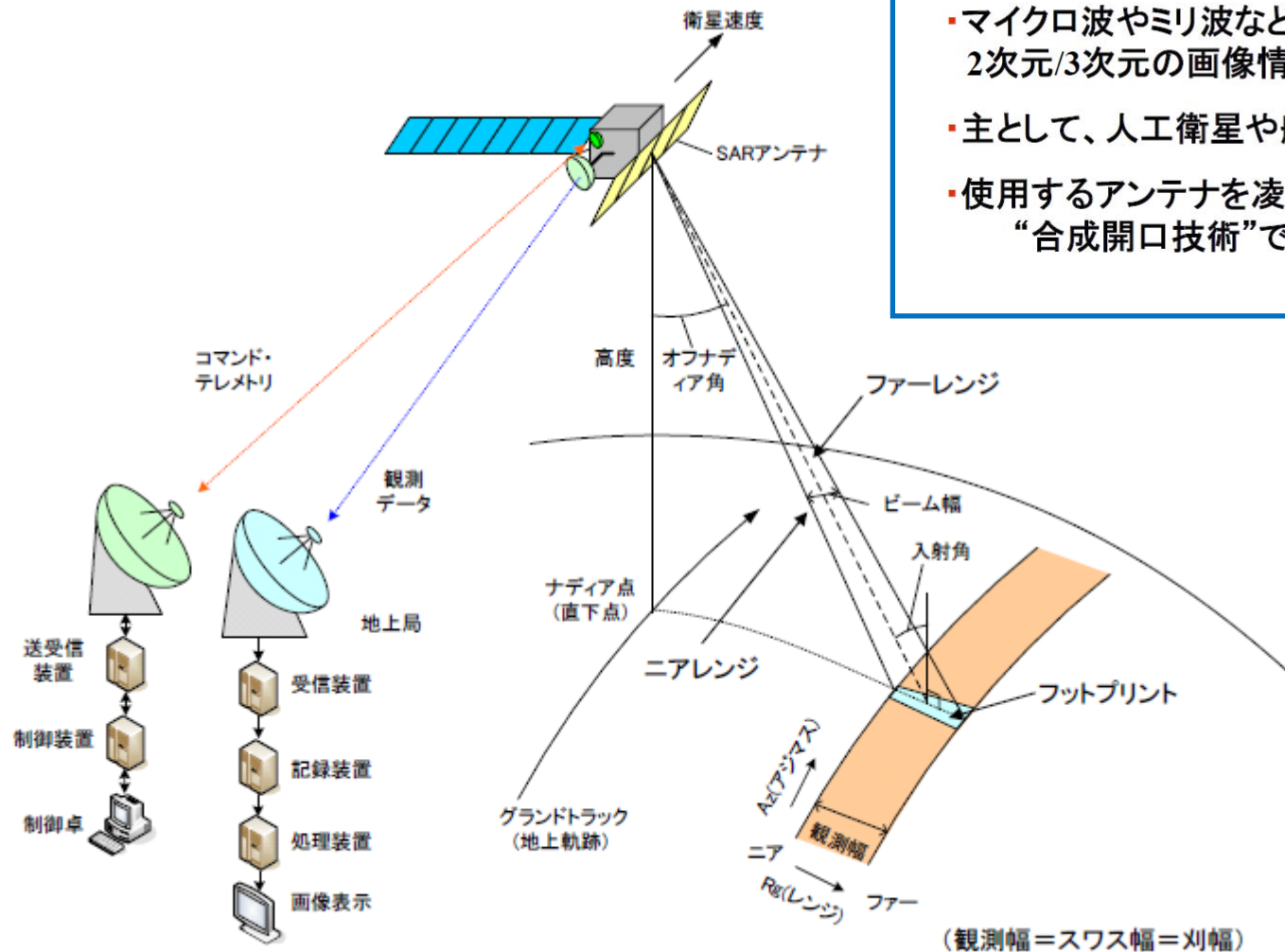
- 高性能小型衛星(レーダ衛星)の研究開発
 - ・小型の光学衛星と合成開口レーダ衛星を組み合わせることにより、高頻度の地球観測システムを構築することが可能
 - ・衛星搭載用として我が国初のXバンド合成開口レーダ
 - ・低コストで世界最先端クラスの分解能
- 我が国宇宙産業の国際競争力の強化
国際衛星市場への参入(アジア・中東等)
 - ・国際産業協力、ODA案件形成政府衛星の計画的・効率的な開発・調達
 - ・科学衛星等への活用
 - ・先端民生技術・部品の実証機会の提供新たな衛星システム運用への展開
 - ・複数機運用による広域観測や高頻度観測

合成開口レーダ(SAR)衛星とは

合成開口レーダ

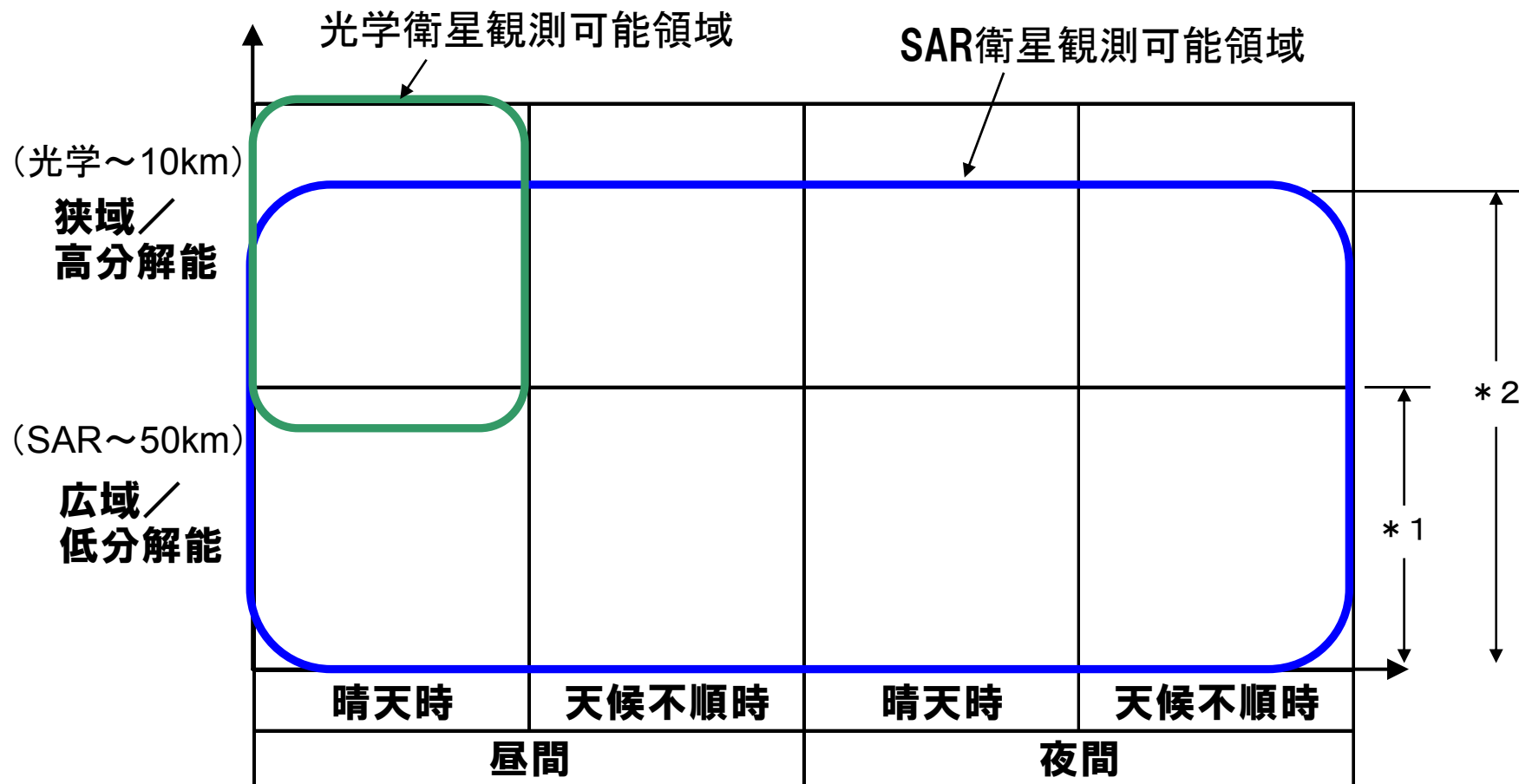
(SAR: Synthetic Aperture Radar)

- マイクロ波やミリ波などの電磁波を用いて、2次元/3次元の画像情報を取得するレーダ。
- 主として、人工衛星や航空機に搭載。
- 使用するアンテナを凌ぐ性能を“合成開口技術”で実現している。



光学衛星とSAR衛星の観測可能領域の違い

光学衛星は昼間しか観測できないのに対し、SAR衛星では夜間も観測できる



* 1 : Strip Map／Scan SARモードにて、広観測域を昼夜間・天候によらず観測可能。(～50km)

* 2 : 周波数帯域制約などのため、光学画像ほどは分解能を上げることはできないが、全天候対応が可能となり、光学衛星の補完となる。

Strip Map: アンテナビーム固定で衛星進行方向に連続して観測。

Scan SAR: アンテナの指向方向をエレベーション方向(衛星進行方向とは直行する方向)に順次切り換えながら観測。

SAR衛星の特徴(まとめ)

1. 全天候型

マイクロ波を使用すれば、悪天候下でも、高高度から雨雲を透過して、地上や海上を観測できる。噴煙も透過。

2. 昼夜間運用可能

夜間でも昼間と同じように観測できる。(アクティブセンサの特徴)

3. 高分解能

高い分解能が得られるだけでなく、アンテナと目標物(ターゲットとの距離が離れても、分解能が劣化しない。

4. 周波数, 偏波, 入射角を変えると、目標物のより多くの情報を取得できる。



【SAR衛星の観測活用シーン】

- 光学画像に加え、SAR偏波情報を用いた、土地被覆・利用の識別
- 光学画像に加え、SARの移動体検知機能の活用
- 光学画像に加え、海上のオイルスピル検出・重畳
- 光学画像の中から不法投棄物体(金属等の強反射物体)の検出

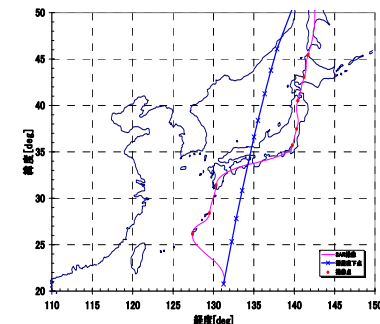
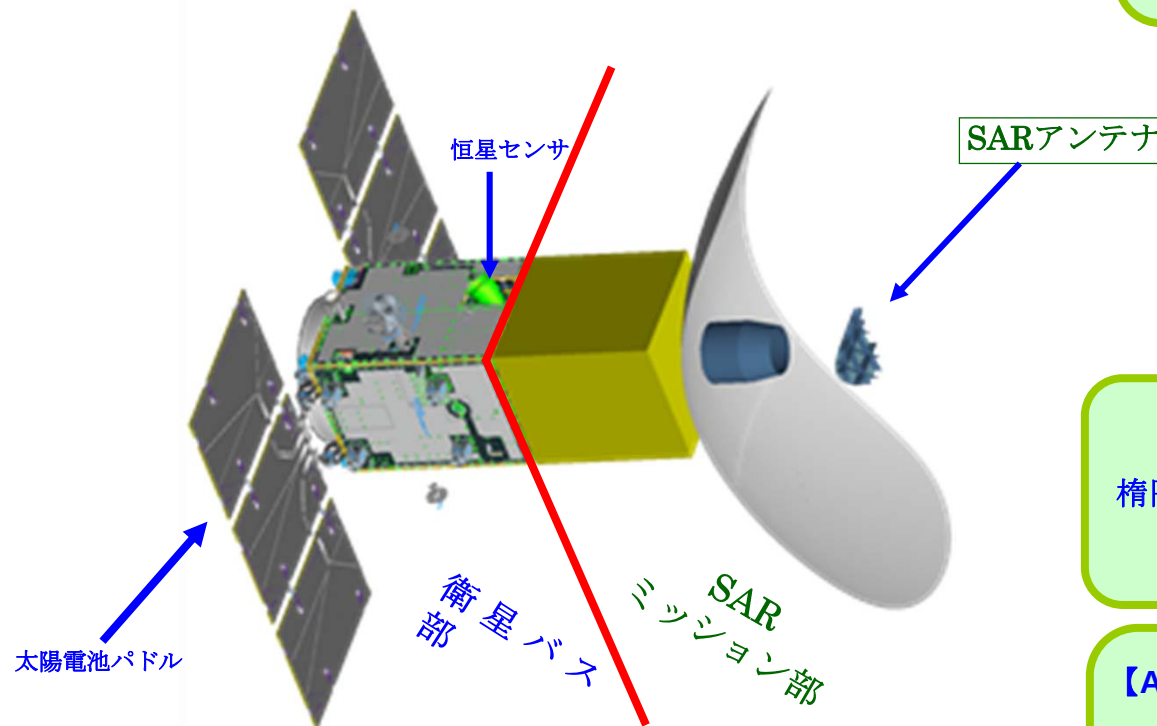
超高分解能合成開口レーダの小型化技術の研究開発 (ASNARO-2プロジェクト)

【高性能なSARミッション】

- 最高1.0mの超高分解能
- 中型大型 Xバンド合成開口レーダ衛星に比肩する性能を有する。

【多地点・高頻度観測能力】

- 電力・熱設計・軌道の最適化で
周回最大10地点 or 最大2分
- 大容量80GByteデータレコーダに
最大約25シーン記録
- 緊急時には日本周辺で平均1日以内の観測周期



【小型アンテナ】

楕円形カセグレンアンテナで小型化を実現、
小型ロケットに搭載可能

【ASNAROとのコンステレーション観測と SARに適した軌道設定】

- 高画質・ASNAROとの協調観測・
軌道寿命5年以上・多頻度観測に対応した
高度505km
- 夜間観測可能で大電力が必要なSARに適した
Dawn Dusk軌道

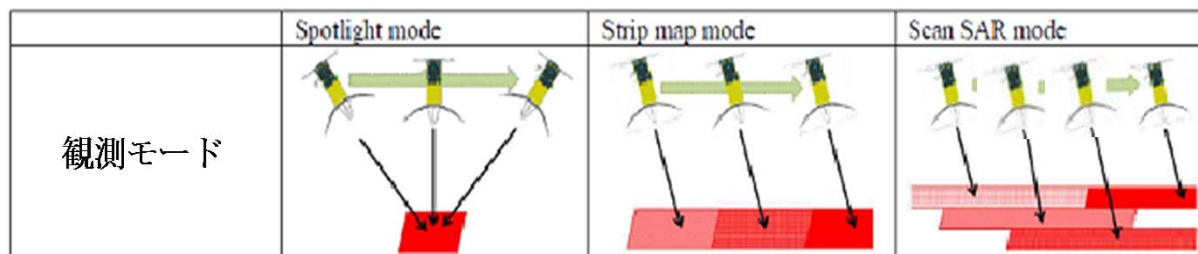
【ASNAROの小型衛星標準バスNEXTAR-300Lの後継機】

- 高機能、小型・軽量、低コスト・短納期、ASNAROとの連携(地上システム共用)を実現
- レーダに対応してミッション供給電力の大電力化

2. B. 3.目標

項目	目標・指標(中間評価時点)	目標・指標(事後評価時点)	設定理由・根拠等
超高分解能レーダセンサ(SAR)	分解能1m未満を目標とする我が国初のXバンドの合成開口レーダの設計を完了する。	分解能1m未満を目標とする我が国初のXバンドの合成開口レーダを開発する。	諸外国の中型大型のXバンドの合成開口レーダ衛星に比肩する性能をもつことで、国際競争力を確保する必要がある。
小型衛星バス	バス質量 350kg 程度以下の高電力対応の小型地球観測衛星の設計を完了する。	バス質量 350kg 程度以下の高電力対応の小型地球観測衛星を開発する。	高電力小型衛星バスとして SAR ミッション機器に対応しやすい規模(適切な電力と姿勢制御可能)として 350kg のバス質量を設定した。
パルスTWT A	SAR センサに搭載する高出力増幅器の設計を完了する。	SAR センサに搭載する高出力増幅器を開発する。	消費電力を削減する目的として小型衛星搭載用の高出力増幅器の開発する必要がある
短納期の仕組み	衛星システムの全製造試験期間(2年)のうち前半に相当する、「バス機器の製造着手から機器試験完了まで」、1年間で実現する。	2年間で製造試験を実現する仕組みを構築する。 【製造試験期間＝機器製造着手～衛星システム試験完了迄】	製造試験期間を2年間に短縮することで、国際競争力を確保する。
国内ロケットへの適合	イプシロンロケットへの適合性確認を完了する。	我が国の打上げロケットを活用し、宇宙産業の国際競争力を強化する。	小型衛星の打上げ手段として確保する。
宇宙実証	運用準備を開始する。	軌道上実証を実現する。	平成28年度の軌道上実証に向けて運用準備を開始する。

超高分解能 合成開口レーダ (SARセンサ)

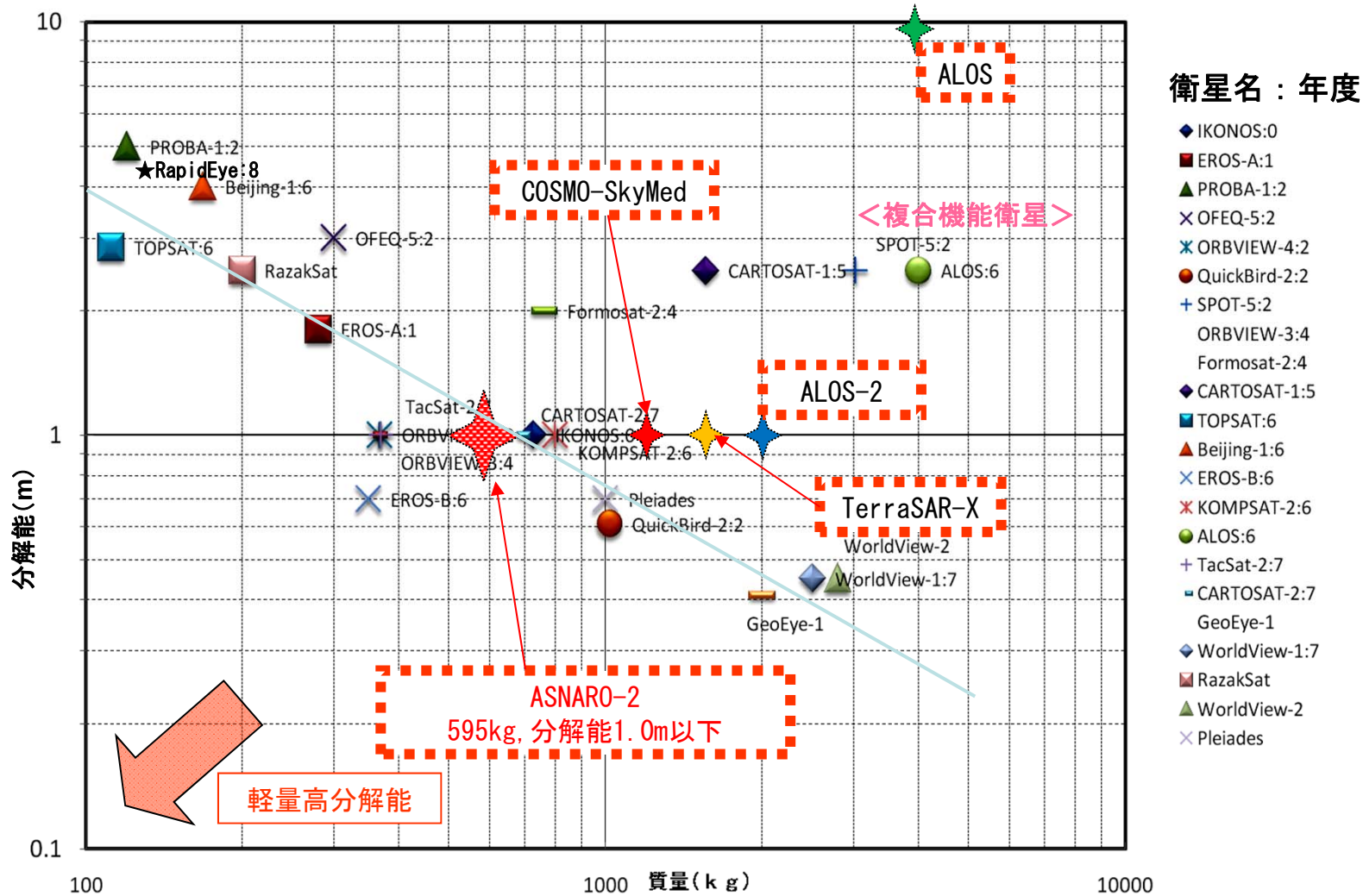


分解能1m未満の合成開口レーダの設計を完了した

項 目	設計結果	備 考
センサの種類	合成開口レーダ(SARセンサ)	
分解能	スポットライト:1m以下 * ストリップマップ:2m以下 スキャンSAR:16m以下	* 観測時間は、モード1が 4.4sec、モード2が10sec
観測幅	スポットライト:10km以上 ストリップマップ:12km以上 スキャンSAR:50km以上	
撮像範囲	オフナディア角 15-45deg	
偏波機能	HH or VV	2 偏波 (選択可能)
データ圧縮	1/2、1/4、非圧縮	
量子化ビットレート	8bit	

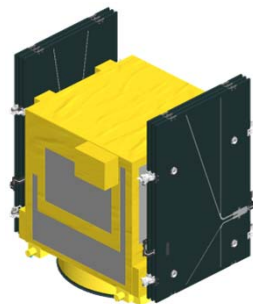
- スポットライトモード: 高い解像度を利用して都市化状況の把握、安全保
障関連用途(船舶の安全航行等)の利用を想定
- ストリップマップモード: 広域を観測する用途として自然災害監視(火山活動
(スキャンSARモード) 土砂崩れ)、資源探査(森林・鉱山)、温暖化(氷河)
監視など、対象物の経年変化の観測を想定
- 画像の需要としては高解像度画像(スポットライトモード観測)が多い。
- SAR観測時には衛星本体に搭載しているアンテナを観測対象に向けるために 衛星
本体を姿勢制御 (ボディポインティング)をすることを特徴としている。

衛星質量と分解能の相関関係



SARセンサに関しては、小型衛星への搭載例が少ないため顕著な高分解能トレンドは見えてこないが、今後の技術進歩によって一定の傾向を示すと考えられる。

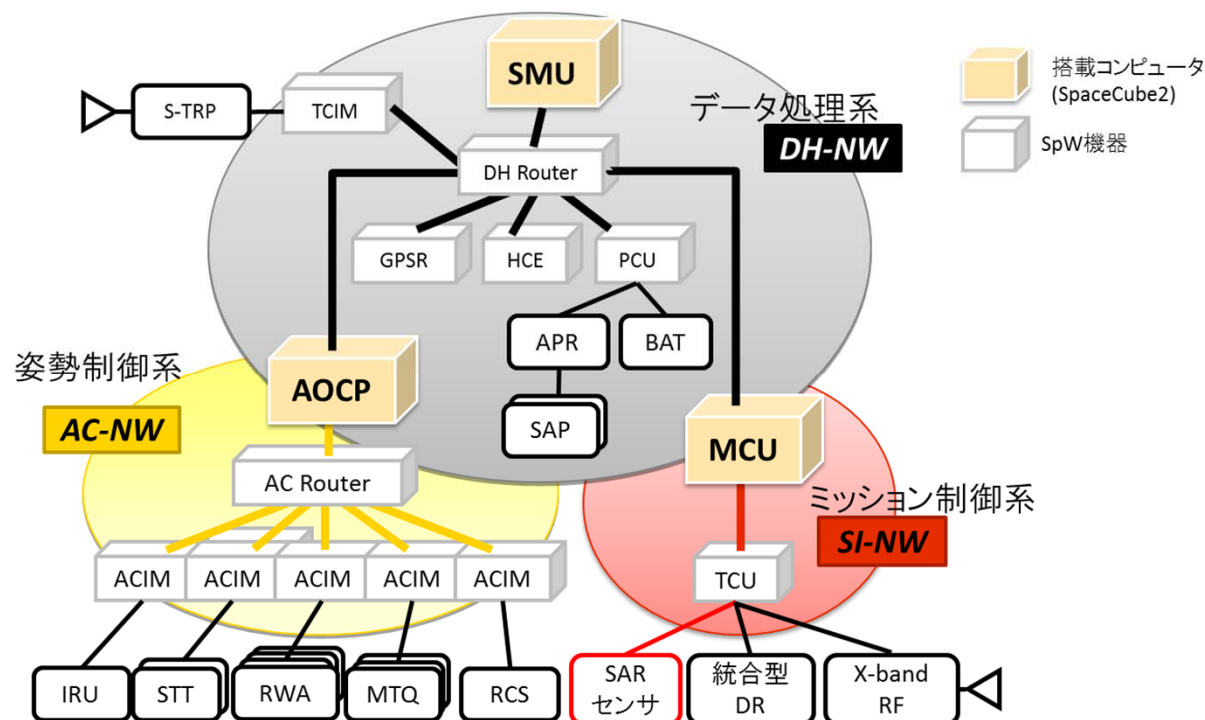
小型 衛星バス



ASNARO（光学衛星）とバスを共通化

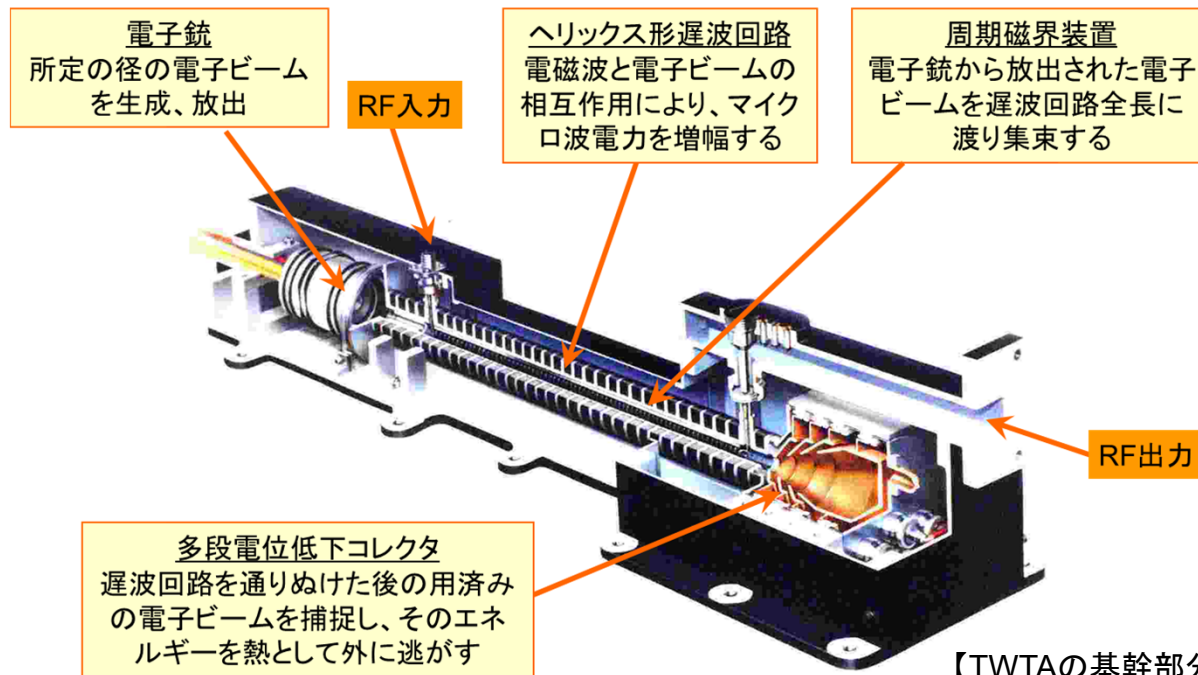
ASNARO-2はASNAROのバスと同じコンポーネント、ネットワーク構成、運用性を備え、ミッションとしては全天候観測が可能なレーダー衛星（バス）として設計を完了した。

打上	2017年（予定）国内ロケットに適合 太陽同期準回帰軌道（高度505km）
軌道	軌道傾斜角：97.4° 降交点通過太陽地方時刻：6時
地上局（候補）	国内商用地上設備および可搬局、海外局
運用期間	5年
質量	・バス 305 kg（推葉除く） ・ミッション 245 kg（最大質量） ・推葉 45 kg（最大搭載可能質量） <TOTAL> 595 kg
電力	発生電力：1300 W（5年後） ミッション供給電力：1550 W（BAT供給）



パルスTWTAの開発

小型SAR衛星実現のためにはSARミッションの省電力化が必要となる。最小の消費電力で、大きな高周波エネルギーを放射するためのパルスTWTA(Traveling Wave Tube Amplifier:進行波管増幅器)の設計が完了した。

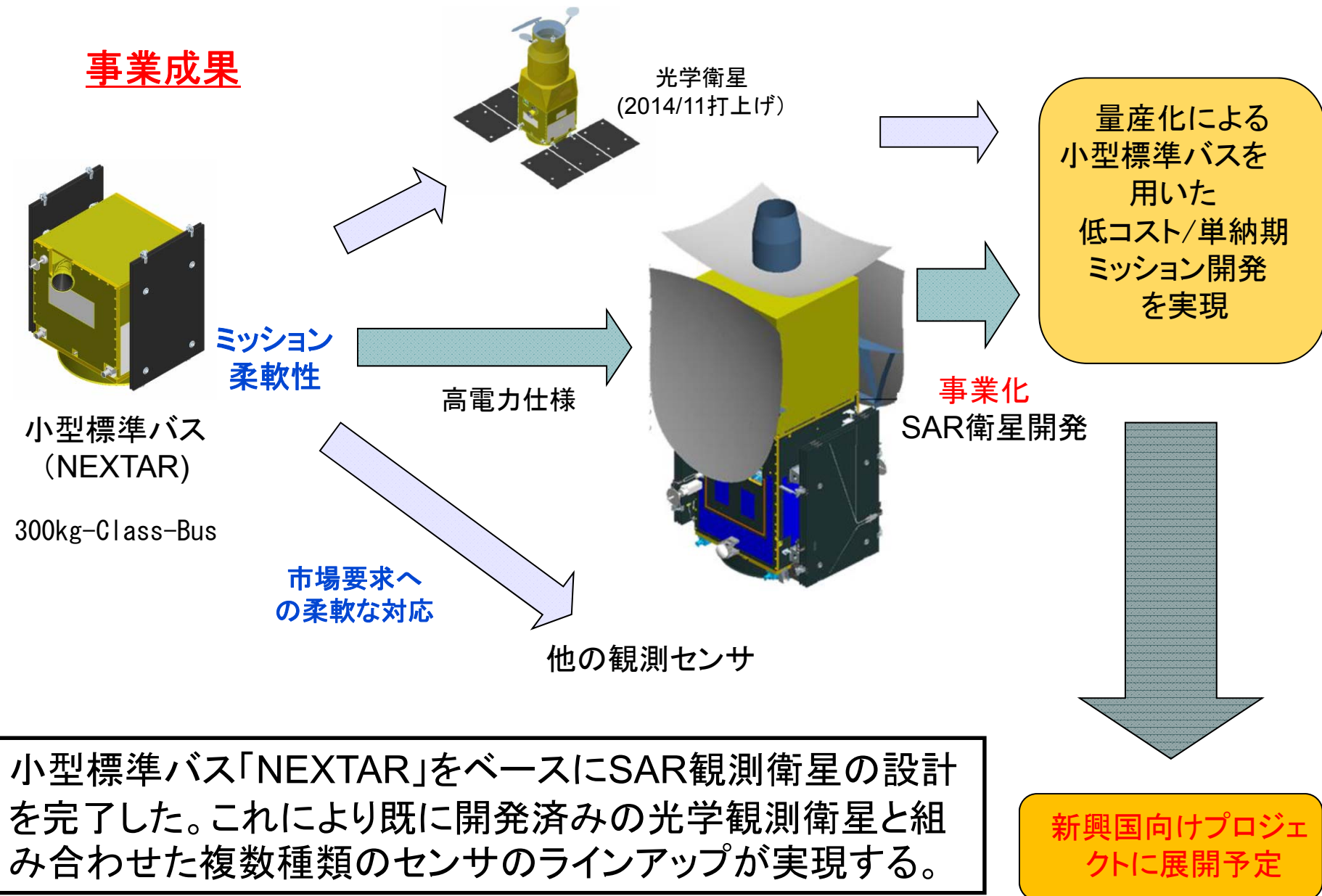


レーダは衛星から大きな送信電力を持つ高周波エネルギー(電波)を放射し、地表ターゲットからの反射波を検出して観測を行う。
既存の電源システムを変えずに、大電力出力に対応するためにパルスTWTAの採用をおこなった。

2. B. 4.成果、目標の達成度

項目	目標・指標(中間評価時点)	成果	達成度
超高分解能センサ	分解能1m未満を目標とする我が国初のXバンドの合成開口レーダの設計を完了する。	分解能 1m 未満の合成開口レーダの設計を完了した	達成
小型衛星バス	バス質量 350kg 程度以下の高電力対応の小型地球観測衛星の設計を完了する。	推進系に燃料を充填した状態で 350kg 以下の質量となる大電力仕様の小型衛星バスの設計を完了した。バス機器については現在製造中のフェーズにある。	達成
パルスTWTA	SAR センサに搭載する高出力増幅器の設計を完了する。	小型衛星搭載用の高出力増幅器の設計が完了した。	達成
短納期の仕組み	衛星システムの全製造試験期間(2 年)のうち前半に相当する、「バス機器の製造着手から機器試験完了まで」、1 年間で実現する。	【未達成:理由】他国からの部品調達の手続きが長期化したため、製造着手が予定より遅延し現時点で製造中機器がある。 #機器製造および試験完了予定(2016 年 2 月) 但し、新しい宇宙システム対応の標準ネットワーク方式を採用することで、変更に対してはソフトウェアの変更で対処が可能になったためバス機器のリピート生産が可能になり、設計変更により必要であった費用やリードタイムが圧縮でき、それによりバス機器の製造着手から機器試験完了まで、1 年間で実現する、という仕組みは確立した。	未達成
国内ロケットへの適合	イプシロンロケットへの適合性確認を完了する。	打上げ機に関して、2017 年打上げ対応可能なロケットとしてイプシロンロケットの適合性確認が完了した。これにより打上げ機としてイプシロンロケットを選定した。	達成
宇宙実証	運用準備を開始する。	運用準備を開始した。	達成

2. B. 5.事業成果、波及効果



波及効果まとめ

- ✓ASNARO-2開発において小型標準バスに搭載されている機器の国産化率80%以上を達成
⇒ 中小企業を活用(※)することで日本の産業活性化に貢献する。
 ※ アンテナ駆動モータ、衛星パネル生産を中小企業に委託
- ✓衛星システム海外拡販に向けて、海外訪問活動を実施。(P.16)
⇒ 新興国向けプロジェクトによる衛星製造、地上設備構築、打上、初期運用サービス提供を
 「システムパッケージ販売」として展開する。
- ✓この売上に加えてデータ利用事業を拡大することで、投入された資源量以上の成果及び波及効果が
 得られることが期待される。(P.16)

波及効果詳細

システムパッケージ販売と地球観測データ利用事業の拡大

民間が主体となった国産リモートセンシング衛星のシステムパッケージ販売を促進し、国内および新興国を中心とした海外市場における観測画像の利用事業を推進する。

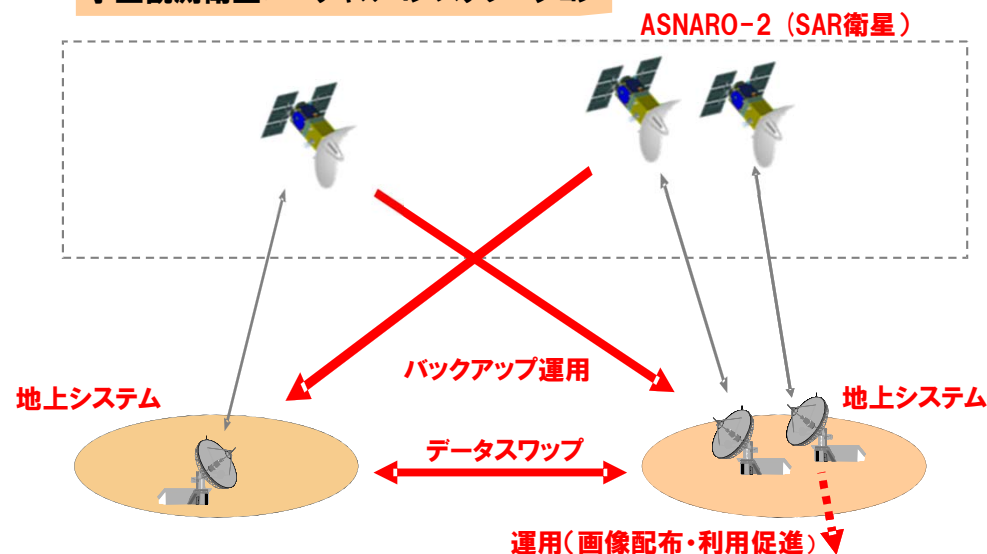
小型観測衛星システムパッケージ販売



- ✓(ASNAROの成果を含め)ASNARO-2の成果を小型標準バス「NEXTAR」という名称で製品化する
- ✓データ利用志向の中～上級レベルの新興国ユーザを主なターゲットに、「NEXTAR」を使用した小型観測衛星システムのパッケージ販売事業を推進する
- ✓多様な観測ミッションラインアップにより、海外拡販活動を行う

新興国への衛星システムパッケージ販売

小型観測衛星バーチャルコンステレーション



- ✓SAR観測衛星のコンステレーションにより、観測画像のデータ利用事業を推進する(防災・災害監視、森林監視、資源探索等)
⇒ 各国が1衛星ずつ所有することでバーチャルなコンステレーションを実現する。
- ✓SAR観測衛星コンステレーションとのデータスワッピングサービス等により、新興国ユーザへの小型SARによる地球観測衛星システムのパッケージ販売事業を促進する

2. B. 6.開発マネジメント・体制等

日本電気株式会社

・研究項目：

- (1) 標準的小型衛星バスの開発・製造
ASNAROバス(NEXTAR)を活用した
衛星システム及び衛星バスの開発
- (2) パルス型高出力増幅器(パルスTWTA)の
開発・製造
- (3) 地上システム開発・製造
 - ①(1)の開発に伴う地上システム(管制、データ
受信局)の開発
 - ②SAR固有部の開発
- (4) 国内ロケットへの適合確認
- (5) 宇宙実証
(1)～(3)に伴う衛星システムの軌道上実証

三菱電機株式会社

・研究項目：

- (1) 搭載ミッション機器の開発
SARミッションサブシステムの開発・製造
- (2) SAR固有部開発・製造
- (3) 宇宙実証
(1)(2)に伴うSARミッションの軌道上実証

今後の研究開発スケジュール

平成 27年度 (2015年度)	平成 28年度 (2016年度)	平成 29年度 (2017年度)	平成 30年度 (2018年度)	平成 31年度 (2019年度)
アスナロ2号 (ASNARO-2) 開発 [経済産業省]		運用 [経済産業省]		

▲
打ち上げ