

2. A 小型化等による先進的宇宙システム の研究開発 (終了時評価)

製造産業局宇宙産業室
一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
日本電気株式会社

2. A. 1. 小型化等による先進的宇宙システムの研究開発(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確立することを目的とする。主な課題：①地上系との連携により総合システム開発する。②先進的宇宙システムのアーキテクチャ(仕組み)を構築する。③国際競争力ある高性能光学センサ、小型衛星バスを開発する。④宇宙実証を行う。
実施期間	平成20年度～平成26年度
予算総額	95.5億円(委託) (平成20年度：5.7億円 平成21年度：12.3億円 平成22年度：15.8億円 平成23年度：33.4億円 平成24年度：11.1億円 平成25年度：10.5億円 平成26年度：6.7億円)
実 施 者	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構 日本電気株式会社 共同研究：国立大学法人東北大学、 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

2. A. 2.事業の目的・政策的位置付け

事業の目的

- 高性能な小型衛星を短期間に低コストで実現するための新たな衛星システム開発アーキテクチャ(設計思想)を確立するとともに、これら設計思想や中小企業等の優れた民生技術を導入し、大型衛星に劣らない機能を維持しつつ、低コスト、短納期を実現する高性能小型衛星の開発技術を獲得することを目的とする。
- 本事業により、我が国宇宙産業の国際競争力を強化し、国際衛星市場への参入、政府衛星の計画的かつ効率的な開発・調達を図る。
- さらに我が国の小型化技術を活用した小型衛星により高頻度な観測を可能とする地球観測衛星網を整備・運用することが重要であり、ベトナムをはじめとしたASEAN防災ネットワークを構築しリアルタイムの衛星画像提供市場の創出を目指す。

政策的位置づけ

○宇宙基本計画(平成21年6月)抜粋

光学、レーダセンサについて高分解能の性能を低コストで実現する戦略的な小型衛星(ASNARO(仮称))について、民間とのパートナーシップも想定した人工衛星の研究開発を進め、まず光学センサを搭載した小型光学実証機を打ち上げ、技術実証を推進する

○日ASEAN首脳会合議長声明(平成23年11月)抜粋

ASEAN and Japan leaders, reaffirmed our determination to continue exploring effective use of science and technology such as satellite system as well as jointly developing the regional network for disaster preparedness and disaster relief with AHA Centre in the hub through the "Disaster Management Network for the ASEAN Region."

○宇宙基本計画(平成25年6月)抜粋

我が国衛星技術の強みをいかした「ASEAN防災構築構想」に賛同するアジア各国と共同でリモートセンシング衛星のコンステレーションを整備し、(中略)現在開発中のASNARO1、2等も含める方向で検討する。

2. A. 3.目標

項目	目標・指標	設定理由・根拠等
総合システム	地上・宇宙総合システムとしての開発を行う。	METI 事業として地上系(可搬統合型小型地上システムの研究開発)との整合をはかり、付加価値の高い地上・宇宙総合システムを実現する必要がある。
新しい仕組み	先進的宇宙システムのアーキテクチャを構築する。	従来からの宇宙産業だけではなく、中小企業や新規参入企業を含めた業界全体を活性化することで国際競争力を強化する必要がある。
短納期の仕組み	再製造の場合に、2 年間で製造・試験実施を可能にする。	2 年間で製造試験ができることで国際競争力強化可能を確保できる。
自動自律運用	人間の判断無しで1 週間以上のバスの自動自律運用を実現する。	省力化による運用費用削減が可能になる。省力化による運用費用削減が可能になる。
小型衛星バス	バス質量 300kg 程度以下の小型地球観測衛星を開発する。	小型衛星バスとして各種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 300kg のバス質量を設定した。
高性能光学センサ	地上分解能(GSD)0.5m 未満(軌道高度 500km、パンクロマチック)を目標とする可視光地球観測センサを開発する。	諸外国の中型大型の先進光学観測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。
宇宙実証	軌道上実証を実現する。	軌道上実証により実績と信頼性評価が得られ、競争力が強化される。

2. A. 4.成果、目標の達成度 (1/2)

項目	目標・指標	成果	達成度
総合システム	地上・宇宙総合システムとしての開発を行う。	宇宙機側と地上システムである「可搬統合型小型地上システムの研究開発」担当(パスコ)とで、合同調整会議および細部技術検討を行う分科会により「総合システム開発仕様書」を平成 23 年 3 月に制定した。以降、同会議・分科会にて情報共有・検討を行いつつ、本仕様書を基として衛星-地上適合性試験を実施した。	達成
新しい仕組み	先進的宇宙システムのアーキテクチャを構築する。	・宇宙機関との連携、宇宙関連企業の技術を集結しただけでなく、中小企業や新規参入企業もコンソーシアムとして加えることにより、先進的宇宙システム設計、製造、試験の「仕組みづくり」の検討を行った。	達成
短納期の仕組み	再製造の場合に、2 年間で製造・試験実施を可能とする。	・新しい宇宙システム対応の標準ネットワーク方式であるスペースワイヤを採用することで、ミッション機器の変更に対してはソフトウェアの変更で対処が可能になり、従来はミッション要求に応じて設計変更を行っていた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となる費用やリードタイムが圧縮でき、2 年以内の開発が可能であるという目処が立った。また、スペースワイヤ試験センターを整備した。	達成
自動自律運用	人間の判断無しで 1 週間以上のバスの自動自律運用を実現する。	・自動機能、自律機能を活用して、観測計画とバス運用のコマンドをアップロード可能な衛星側の仕組みを構築し、1 週間以上の自動自律運用の目処が立った。	達成
小型衛星バス	バス質量 300kg 程度以下の小型地球観測衛星を開発する。	JAXA との共同研究により、軌道維持／修正のための推進系に燃料を充填した状態で 300kg 以下の重量(燃料なしで、設計値 250kg)となる小型衛星バスを製造し、性能確認試験、ミッション系搭載機器との組み合わせ試験、システム試験を実施した。	達成

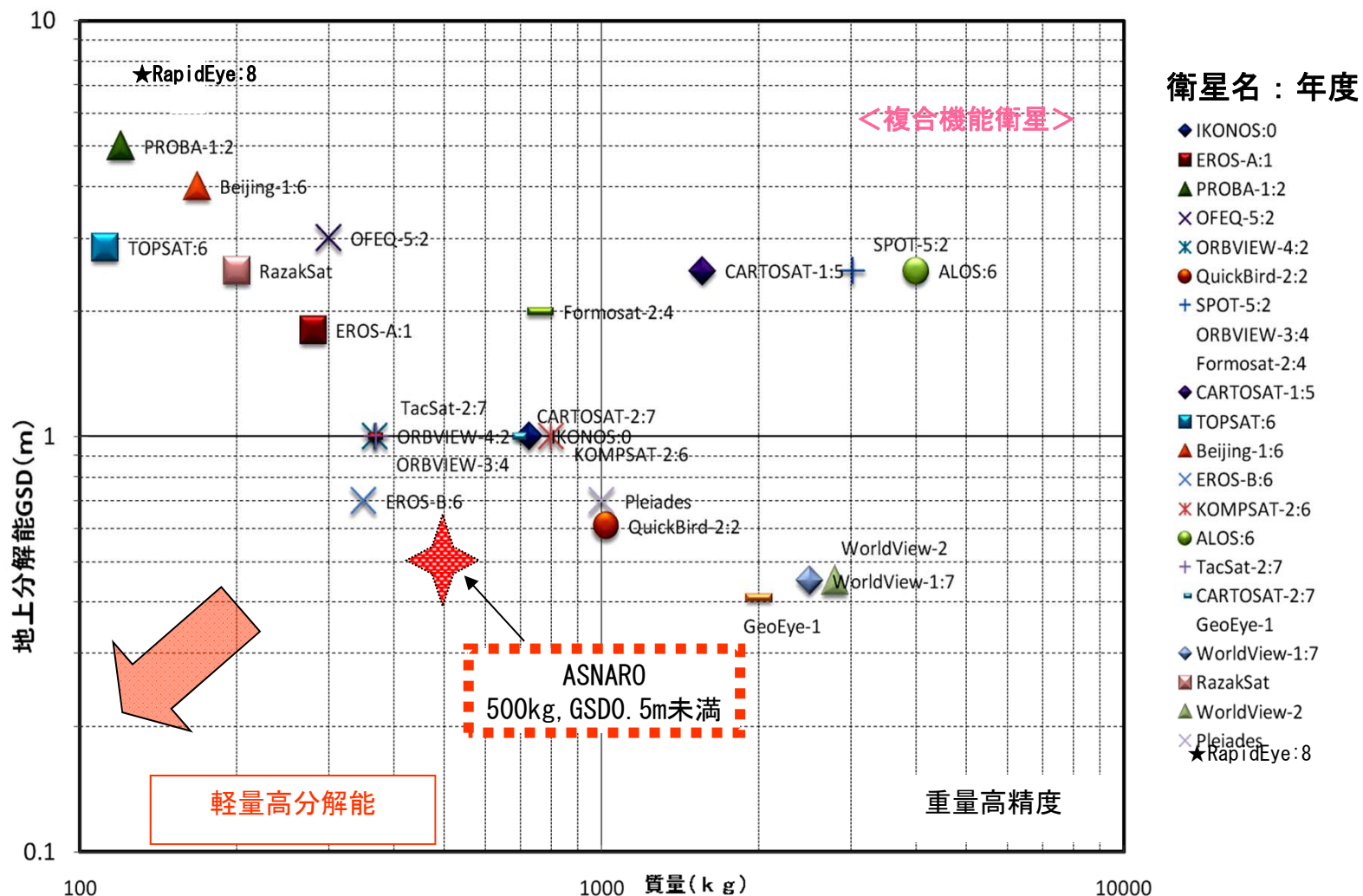
2. A. 4.成果、目標の達成度 (2/2)

項目	目標・指標	成果	達成度
高性能光学センサ	地上分解能(GSD)0.5m 未満(軌道高度500km、パンクロマチック)を目標とする可視光地球観測センサを開発する。	最終目標である地上分解能(GSD)0.5m 未満(軌道高度500km、パンクロマチック)のセンサとそれに光を集光することのできる光学反射望遠鏡を、設計の段階から開発し、個別試験で性能を確認した。また衛星バスとの組み合わせ試験、システム試験を実施した。	達成
宇宙実証	軌道上実証を実現する。	・国内外の打ち上げロケットを検討し、ロシア ISC コスモトラス社のドニエプルを選定した。 ・衛星ーロケット インタフェース調整、衛星の射場への輸送、射場での打上げ準備作業を経て、平成 26 年 11 月 6 日(日本時間)に衛星を打上げ、軌道上運用を開始した。 ・「総合システム開発仕様書」を基にして、機能・性能について軌道上実証を行った。	達成

(1) 総合システムの開発

ミッション性能（軽量高性能光学センサ）

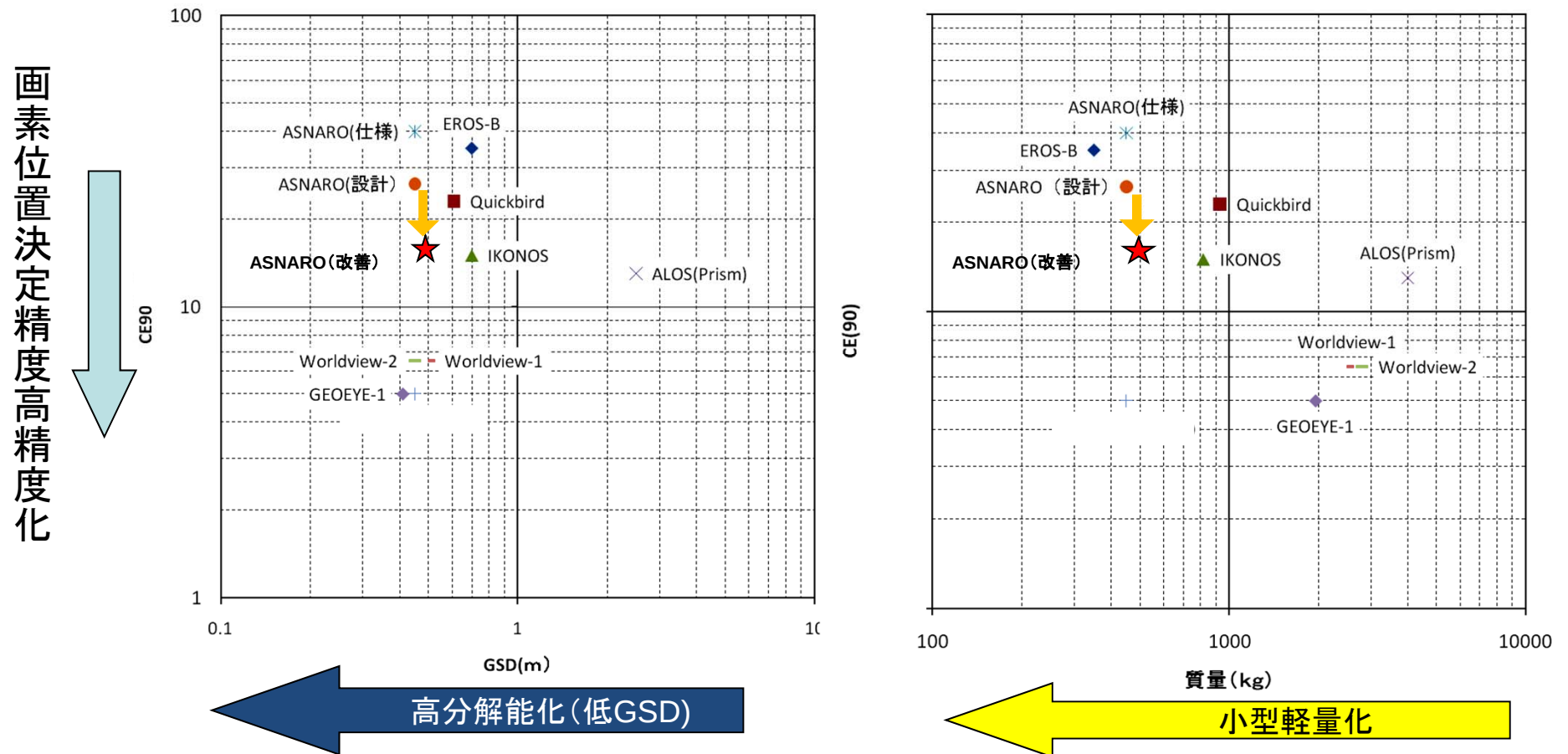
衛星質量とGSD（地上サンプル距離）の相関関係



注：米国規制により、日本で米国衛星取得画像は、GSD0.5m未満の画像入手は不可
(例えばGSD 0.2mの画像でも、日本で購入する場合にはGSD 0.5m以上の粗い画像に変換される。)

総合システム性能に関する設計目標設定

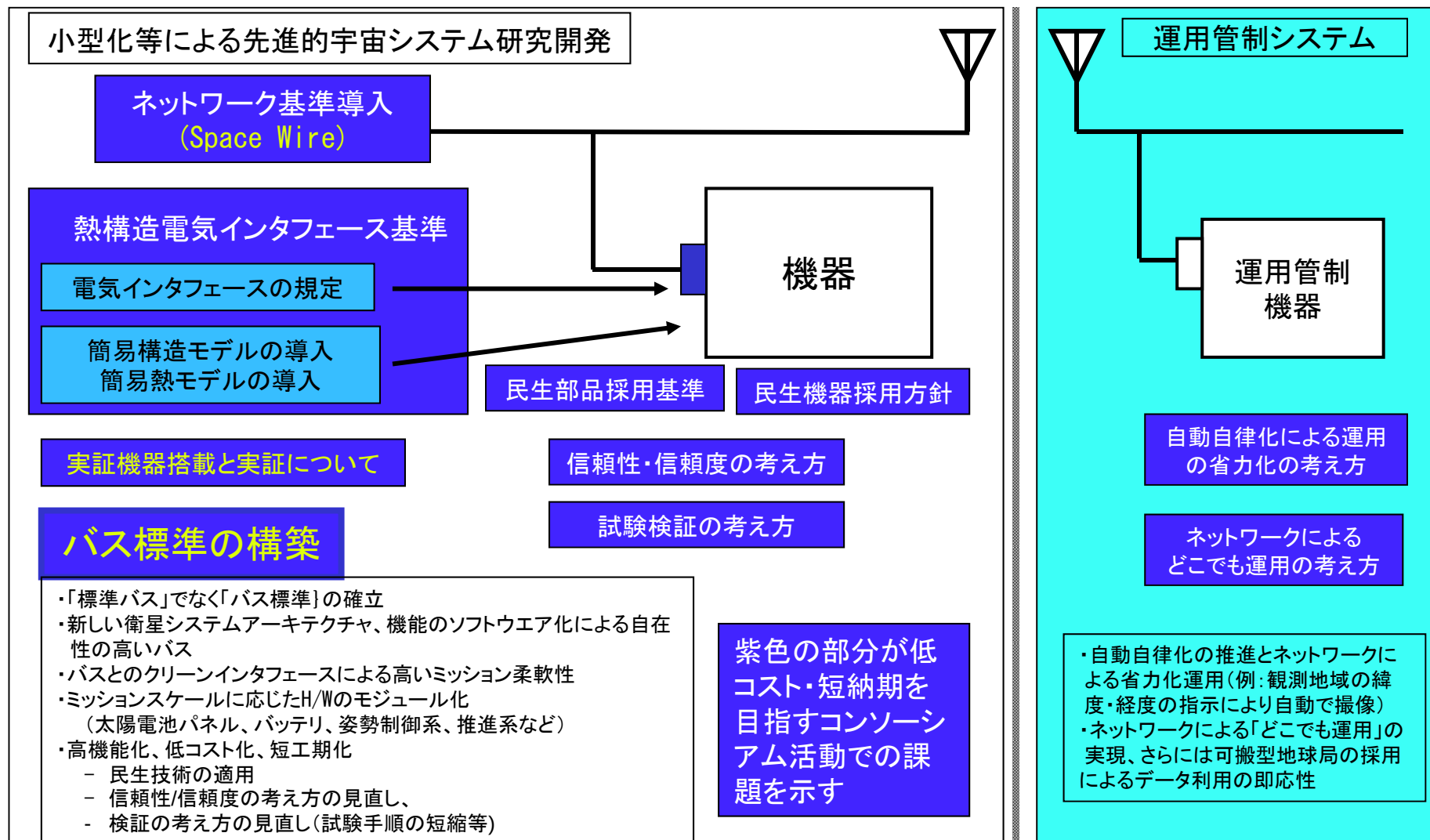
画素位置決定高精度化要望の位置づけ(地上系システムとの連携)



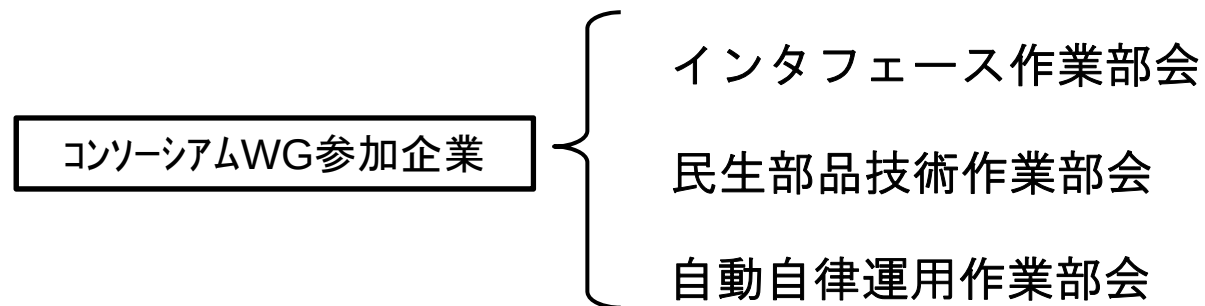
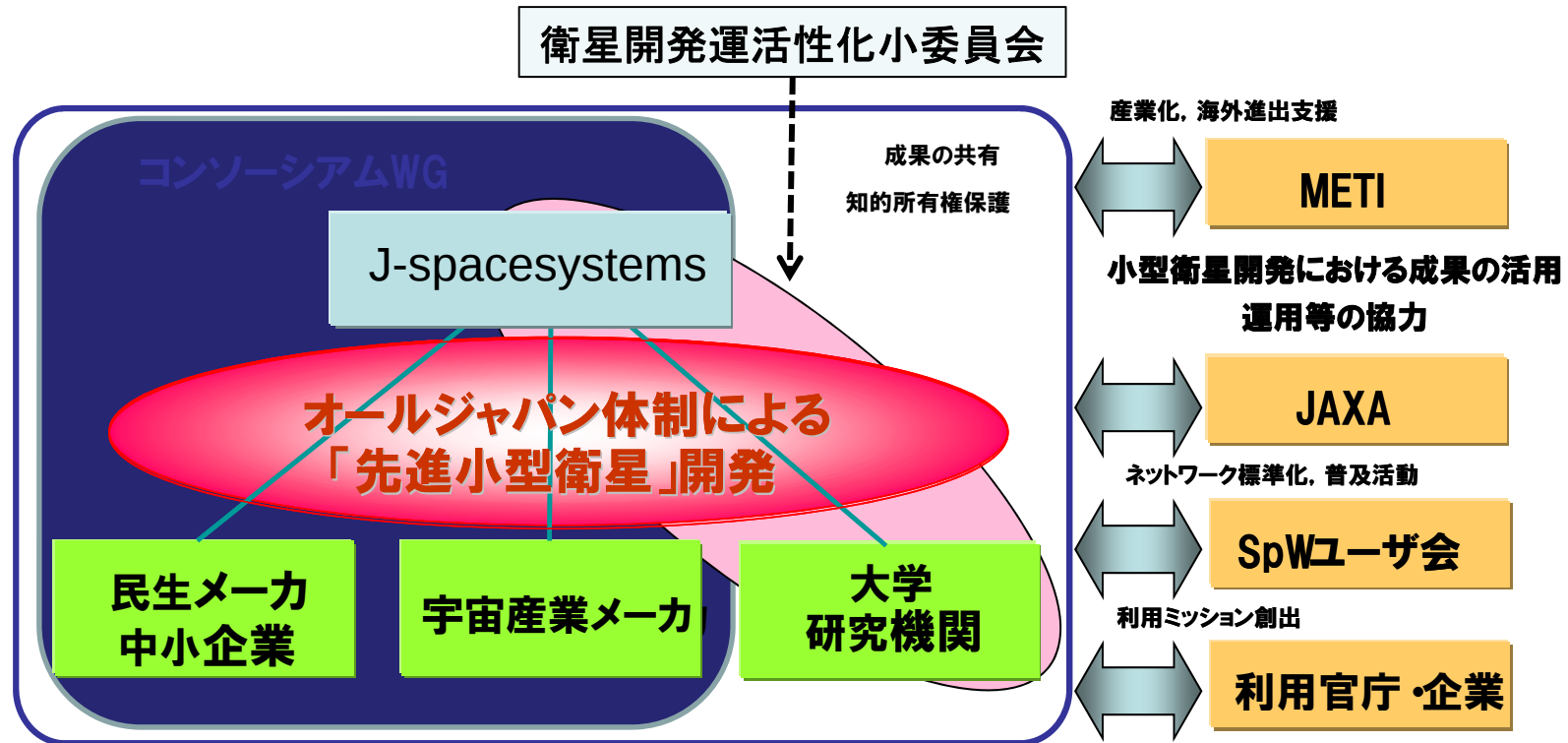
ASNAROの特長: ①軽量 ②高分解能

対策: 衛星性能改善および地上処理との連携強化

(2) 先進的宇宙システムのアーキテクチャの構築



新しい仕組み作りのための衛星開発運用活性化活動



衛星開発運用活性化活動成果：インタフェース作業部会

作業部会	検討課題	活動成果
インタフェース作業部会		
	ネットワーク導入	・「スペースワイヤ(SpW)導入方針」の作成 ・SpW試験センタの開設・利用 ・SpWの導入・普及 ⇒スペースワイヤの導入により衛星システム設計の標準化、搭載機器の共通化が可能になり、これに伴う試験手順の標準化、試験設備の標準化が進み、衛星開発の短納期・低価格化に寄与できた。
	構造熱電気インターフェース基準 試験検証の考え方	・「インタフェース設計ガイドライン」の作成 ⇒既存の基準書の規定を一部緩和して、機械／電気／熱／耐環境／電磁適合性に対する共通設計要求を明確化し、短納期・低価格な衛星開発技術の実現に寄与できるものとなった。
	試験検証の考え方	・「試験検証の基本方針及びテーラリングの指針」作成 ⇒機器試験、設計情報のベースラインとその根拠を明示し、試験、設計条件の省略に対する指針を明確化できた。 ・コンポーネント試験方針を明確化 ・試験検証関連用語等説明資料の作成

衛星開発運用活性化活動成果：民生部品技術作業部会

作業部会	検討課題	活動成果
民生部品技術作業部会	民生部品採用基準	・「民生部品採用基準」の作成 ⇒新規参入企業にわかりやすいようにフローの明確化や実際の評価のための例等を増やし、さらにリスク評価の結果に基づいた試験の緩和が可能となった。 ・タングステン・シートの放射線遮蔽測定・アウトガス測定 ⇒鉛と同等な遮蔽効果を持ち、民生部品の放射線遮蔽に有効と考えられる。
	民生機器採用方針	・「民生機器採用方針」の作成 ⇒リスク評価結果により対策度合いを決めることで、民生機器を使える可能性を広げた。 ・HALTの試行 ⇒HALTを適用することにより、早期段階で設計脆弱把握が可能になり、その後の設計に反映できる。
	信頼性/信頼度の考え方	・HALTによる信頼度算出方法の検討 ・「信頼性/信頼度の考え方」の作成 ⇒民生品を適用する場合に計算上不利になる従来方式から、HALT試験により機器の稼働限界と実際の仕様値との差(マージン)を把握することで、より現実的な信頼性設計が可能になる。

衛星開発運用活性化活動成果：自動自律運用作業部会

作業部会	検討課題	活動成果
自動自律運用作業部会	自動自律化運用の考え方	・現状の衛星運用システムの自動自律化の度合いの調査と今後の自動自律化の方向性の検討 ・ネットワークによるどこでも運用の技術要素・要件の検討 ・自動自律化、どこでも運用を適用した近未来の総合宇宙システム・運用コンセプトの検討 ⇒要求対応型衛星システムと全球アーカイブ型衛星システムで検討を実施した。運用要員・設備を見直し自動自律運用を採用することで、90%以上の費用削減が実現できる目途が立った。 計画系の統合・自動化、衛星管制設備の自動化、ヒューマンインタフェースの最小化、リアルタイム衛星運用管制の無人化、リモート監視・制御による各地上局の無人化、正常時のバス運用の自律化等により、運用の低コスト化に寄与できる。

スペースワイヤ(SpW)試験センター整備

- ・シマフジ電機(東京都大田区西蒲田)に設置
- ・SpWの試験に関連する豊富な試験装置と各種リファレンス資料を揃えており、スペースワイヤ関連技術の開発で想定される様々な試験に対応できる環境を提供した。



SpaceWire test equipment & Instruments



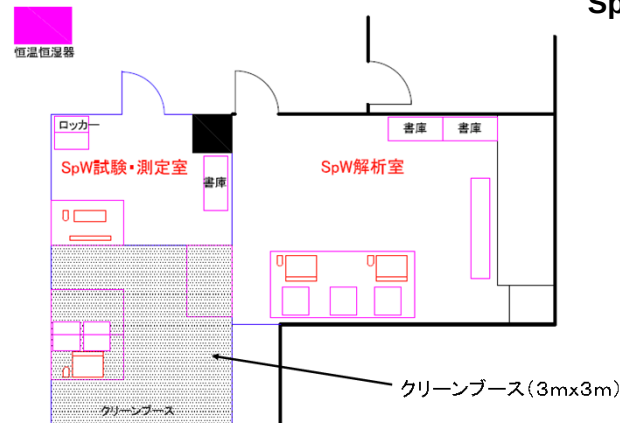
FPGA development tool



SpaceWire解析室利用状況(例)

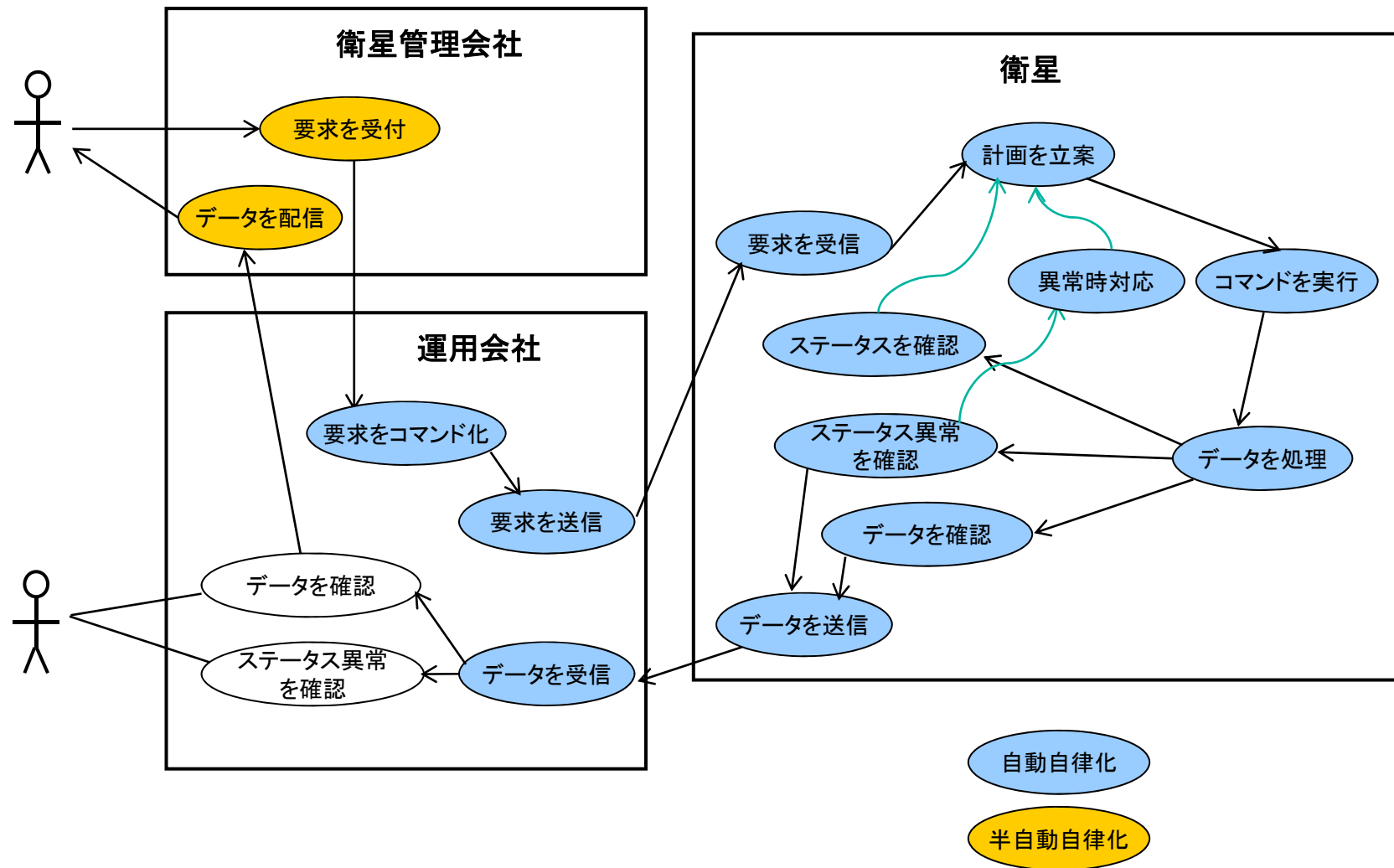


Clean booth

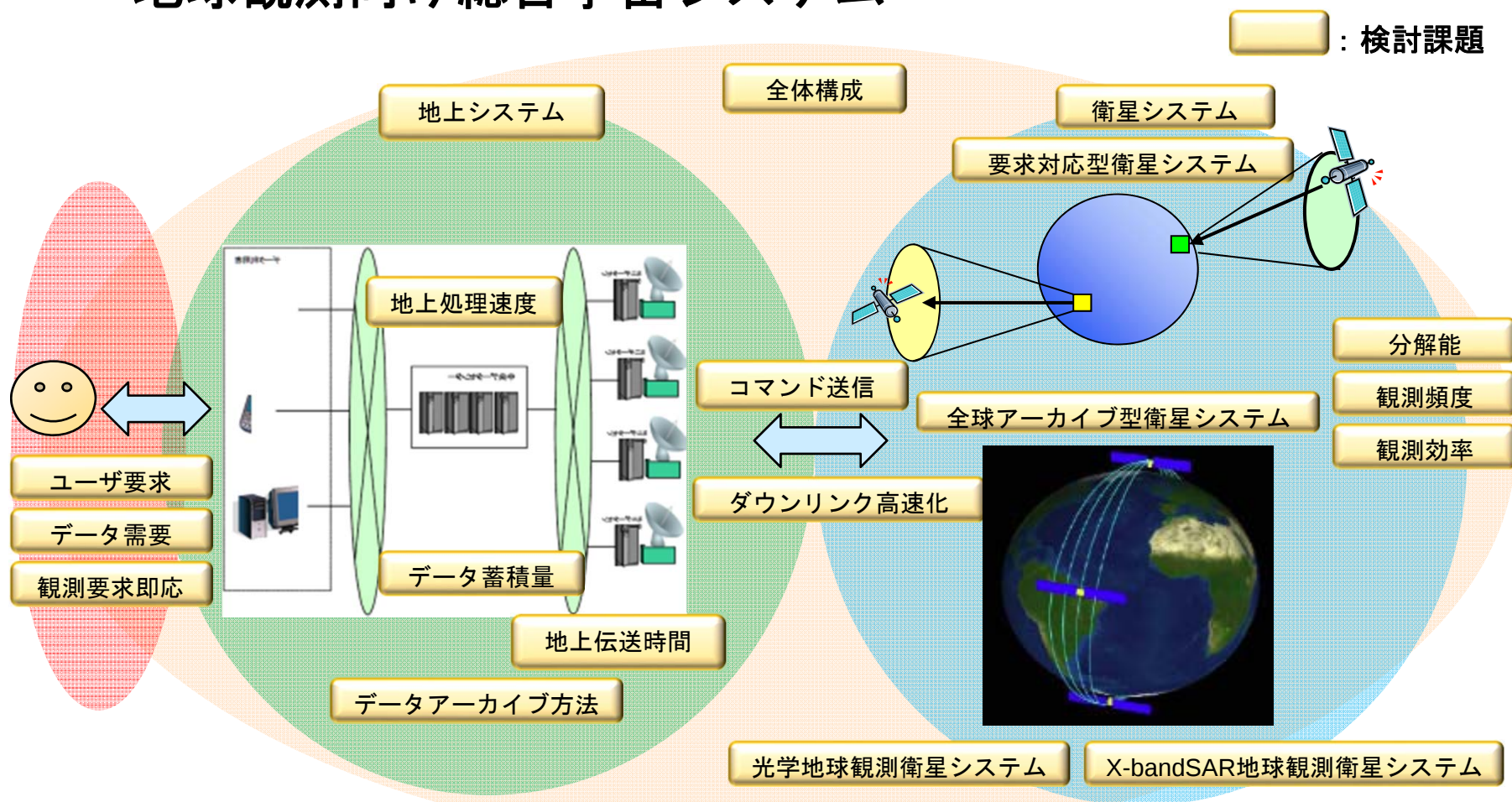


Thermal Chamber

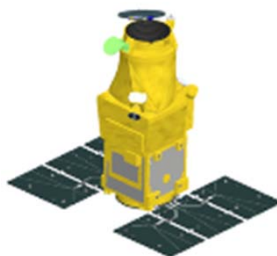
自動自律化が進んだ形での衛星運用フロー



自動自律化・どこでも運用を適用した 地球観測向け総合宇宙システム

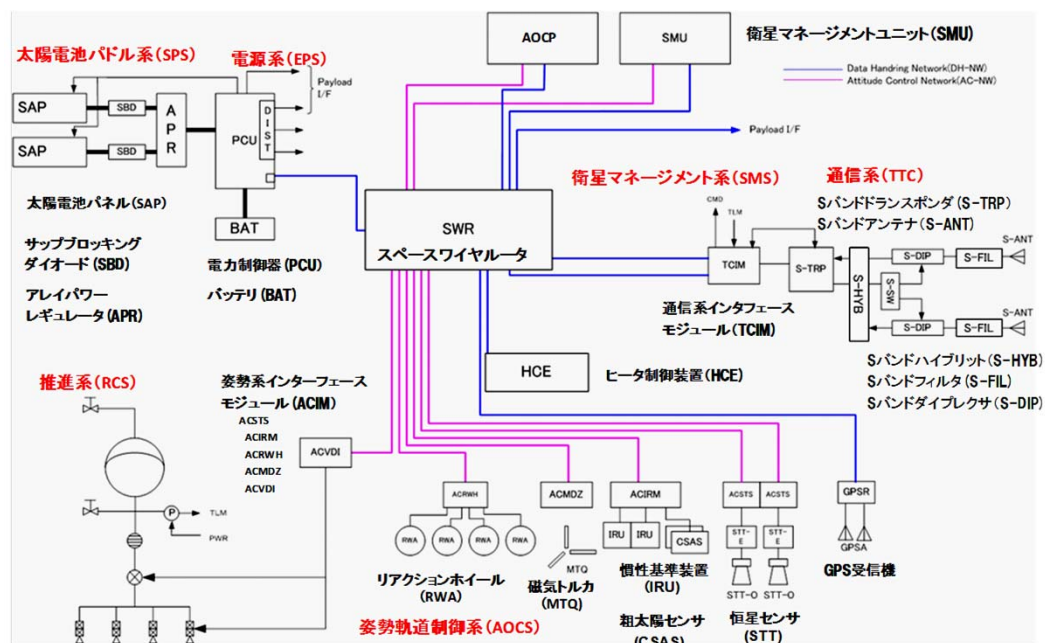
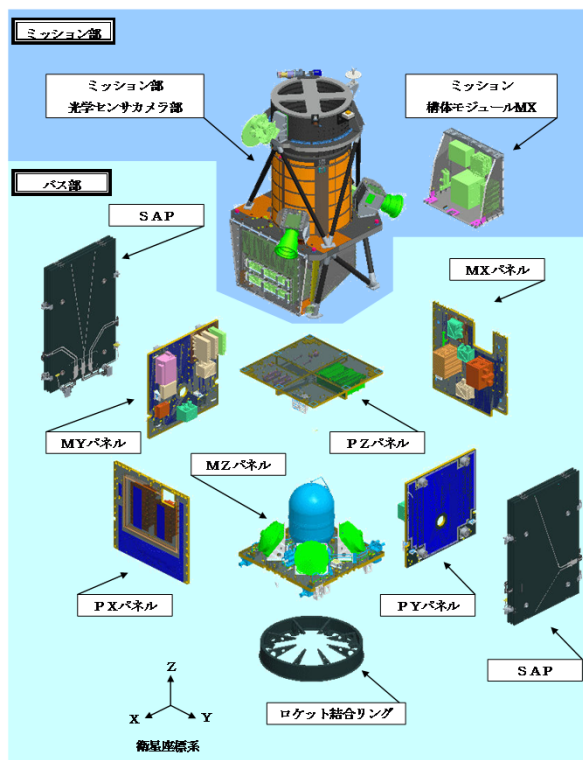


(3) 小型衛星システム・バスの開発



ミッション - 光学センサ	パンクロ／マルチー体型 分解能: 0.5m未満 (パンクロ, 高度504km) 観測幅: 10km
- データ記憶量	120GB以上
- データ伝送	Xバンド 16相QAM, 約800Mbps
撮像範囲	直下±45degの円錐領域内
アジリティ	90deg/90秒 (平均 1deg/秒)

打上	2014年度 内外主要ロケットに適合 太陽同期準回帰軌道 (高度504km) 軌道傾斜角: 97.4°
軌道	降交点通過太陽地方時刻: 11時
地上局	国内商用地上設備および可搬局、海外局
運用期間	3年以上 (目標5年)
質量	・バス 250 kg (推薬除く) ・ミッション 200 kg (最大搭載可能質量) ・推薬 45 kg (最大搭載可能質量) ＜TOTAL＞ 495 kg
電力	発生電力: 1300 W (3年後) ミッション供給電力: 400 W





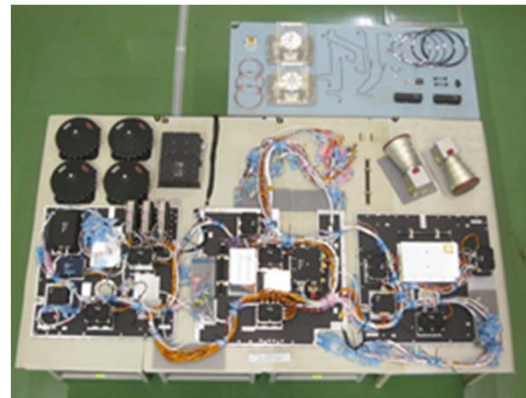
MTM外観形状



TTM外観形状



バス構造部外観形状



バス電気部外観形状

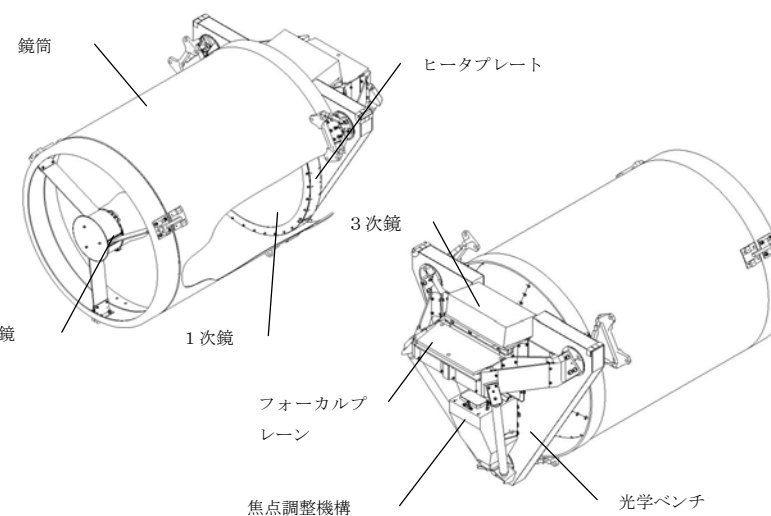
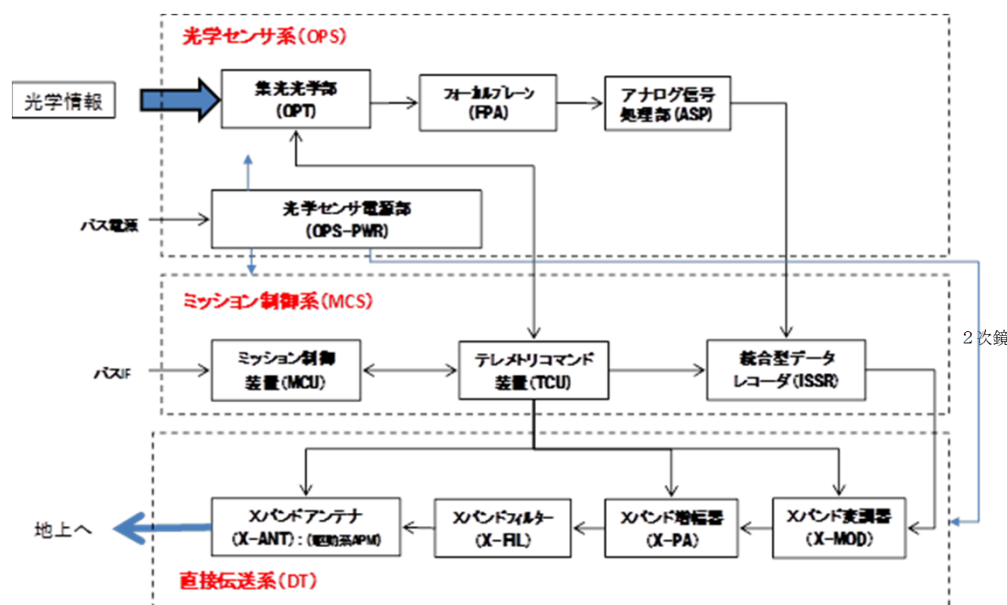
ミッション機器

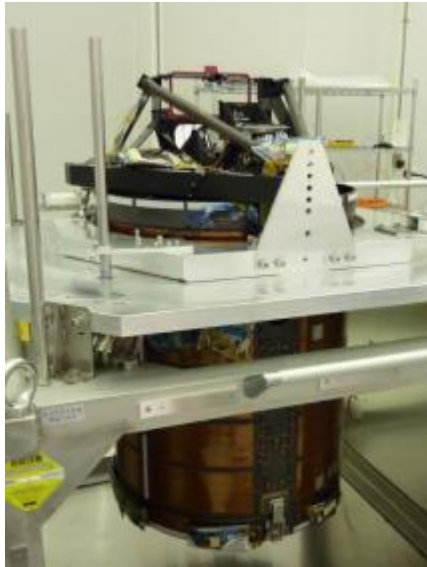


システム
総合試験

(4) 高性能光学センサの開発

項 目	設計結果	備 考
軌道高度	504km	
軌道	太陽同期準回帰軌道、円軌道	
センサの種類	高分解能パンクロ・マルチセンサ	
マルチセンサバンド数	6バンド	可視及び近赤外
空間分解能(GSD)	パンクロ: 0.5m未満 マルチ: 2m以下	直下
観測幅	パンクロ: 10km以上 マルチ: 10km以上	
検出器種類	パンクロ: TDI型CCD マルチ: TDI型CCD	





集光光学部



ミッション構造部



ミッション電気部



ミッション
総合試験

システム総合試験(PFT)、システム適合性試験等



ASNAOミッション部



ASNAOバス部



Dneprにより
打上げへ

(5) 宇宙実証



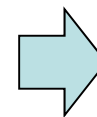
打上げ準備 @ロシア、ヤスニ射場



射場への輸送
平成26年8月20～22日



打上げ
平成26年11月6日
@ヤスニ射場



軌道上実証

(平成26年11月7日～)



背景©ESA:STA
衛星©NEC

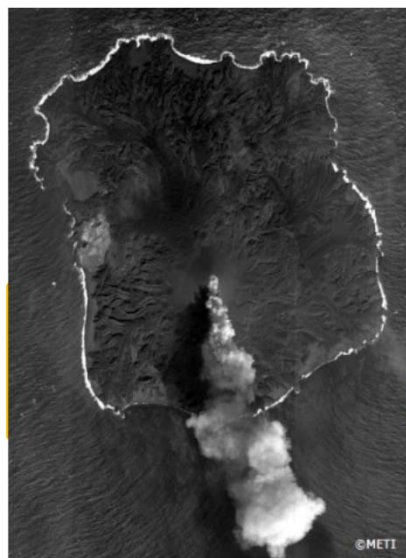
衛星画像のサンプル(ASNARO-1)



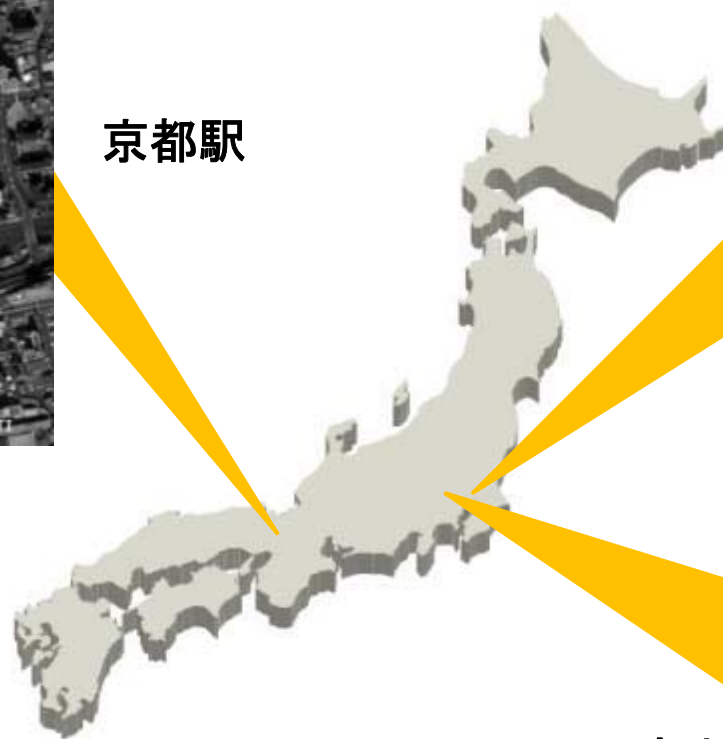
京都駅



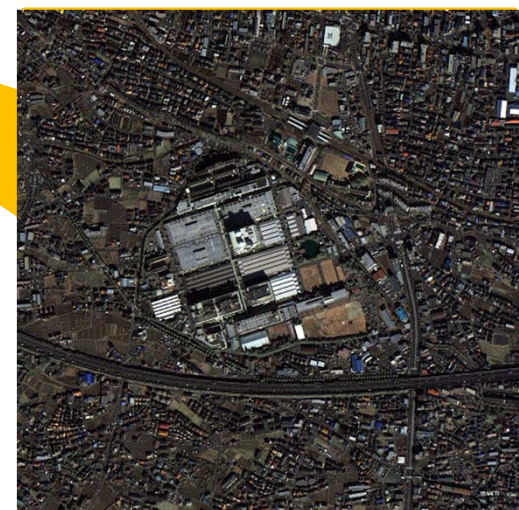
スカイツリー



西之島



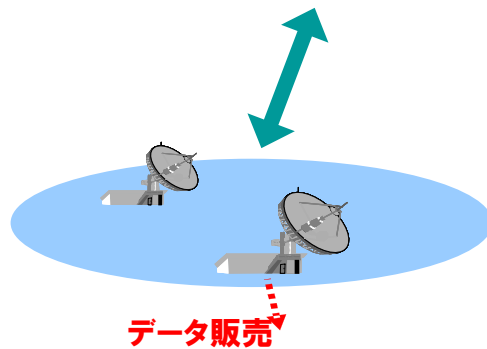
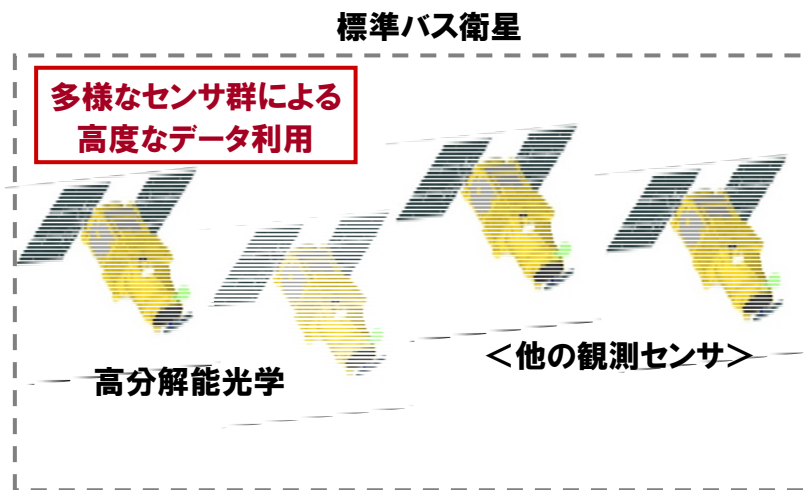
NEC府中
事業場



2. A. 5.事業化、波及効果

(1) 事業化の見通し

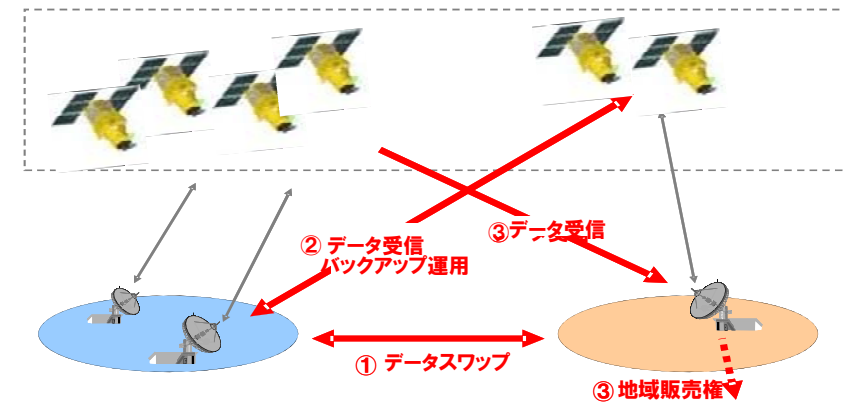
地球観測データ利用事業への事業拡大



小型観測衛星による海外新興国への事業拡大

小型観測衛星コンステレーション

新興国



- ASNAROの成果を小型標準バス「NEXTAR」という名称で製品化する
- 小型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
- 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とした、小型地球観測衛星システム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

海外展開への可能性

海外貿易会議（官民合同）ミッション

- ・南アフリカ（エジプト、南アフリカ）訪問：平成22年2月
- ・南米（ブラジル、ペルー、アルゼンチン）訪問：平成22年8月
- ・アジア（モンゴル、カンボジア）訪問：平成23年2月

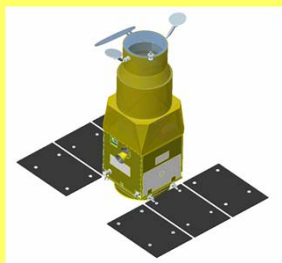


「今後の我が国の宇宙産業について」（経済産業省HP）を基に編集

- 海外システム輸出
⇒ 1つのプロジェクト当たり衛星製造、地上設備構築、打上、初期運用の売り上げを期待
- データ利用事業を拡大
⇒ 国際コンステレーションにより高い観測頻度を確保し、データ利用事業の拡大を期待
- 複数衛星の製造・販売を前提とした量産体制を整備
⇒ 更なる低価格化・短納期化を実現

(2) 波及効果

ミッションへの柔軟な対応

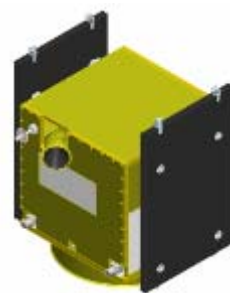


光学センサ衛星

他観測センサ候補

- ・合成開口レーダ
- ・ハイパーセンサ
- ・熱赤外センサ 等

- バス標準
- スペースワイヤネットワーク導入
- システム/機器インタフェース標準
- 民生部品採用基準
- 民生機器採用方針
- 信頼性/信頼度の考え方
- 試験検証の考え方
- 自動自律運用の考え方
- どこでも運用の考え方



300kg級 標準衛星バス

衛星開発運用アーキテクチャの革新

@ASNARO衛星開発運用活性化活動

市場要求への柔軟な対応

- 低コスト要求の市場
 - 片系、COTS部品/機器
- 高信頼性要求の市場
 - 冗長系、Hi-REL部品
- コンステレーション衛星市場

→ 量産により、更なる
低価格化、短納期化

- スペースワイヤネットワーク
- スケーラブル設計(電力、アクチュエーション)
- 標準ペイロードインタフェース
- 各種ロケット適合性
- モジュール化アーキテクチャ

標準バスコンセプト

@JAXA/ISAS小型科学衛星バスとの共同研究

2. A. 6. 研究開発マネジメント・体制等

【委託先】

一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

・研究項目：

- (1) 地上・宇宙総合システムの開発
- (2) 先進的な宇宙システム開発アーキテクチャの確立
- (3) 標準的小型衛星バスの開発
- (4) 搭載ミッション機器の開発
- (5) 宇宙実証

先進的宇宙システム技術委員会

委員長：JAXA宇宙科学研究所教授 斎藤宏文

衛星開発運用活性化小委員会

委員長：東京大学教授中須賀真一

システム小委員会

委員長：JAXA宇宙科学研究所教授 斎藤宏文

ミッション小委員会

委員長：JAXA宇宙科学研究所教授 中川貴雄

コンソーシアム

【委託先】

日本電気株式会社(NEC)

・研究項目：

- (1) 地上・宇宙総合システムの開発
- (3) 標準的小型衛星バスの開発
- (4) 搭載ミッション機器の開発
- (5) 宇宙実証

【共同実施先】

国立大学法人東北大学

・研究項目：

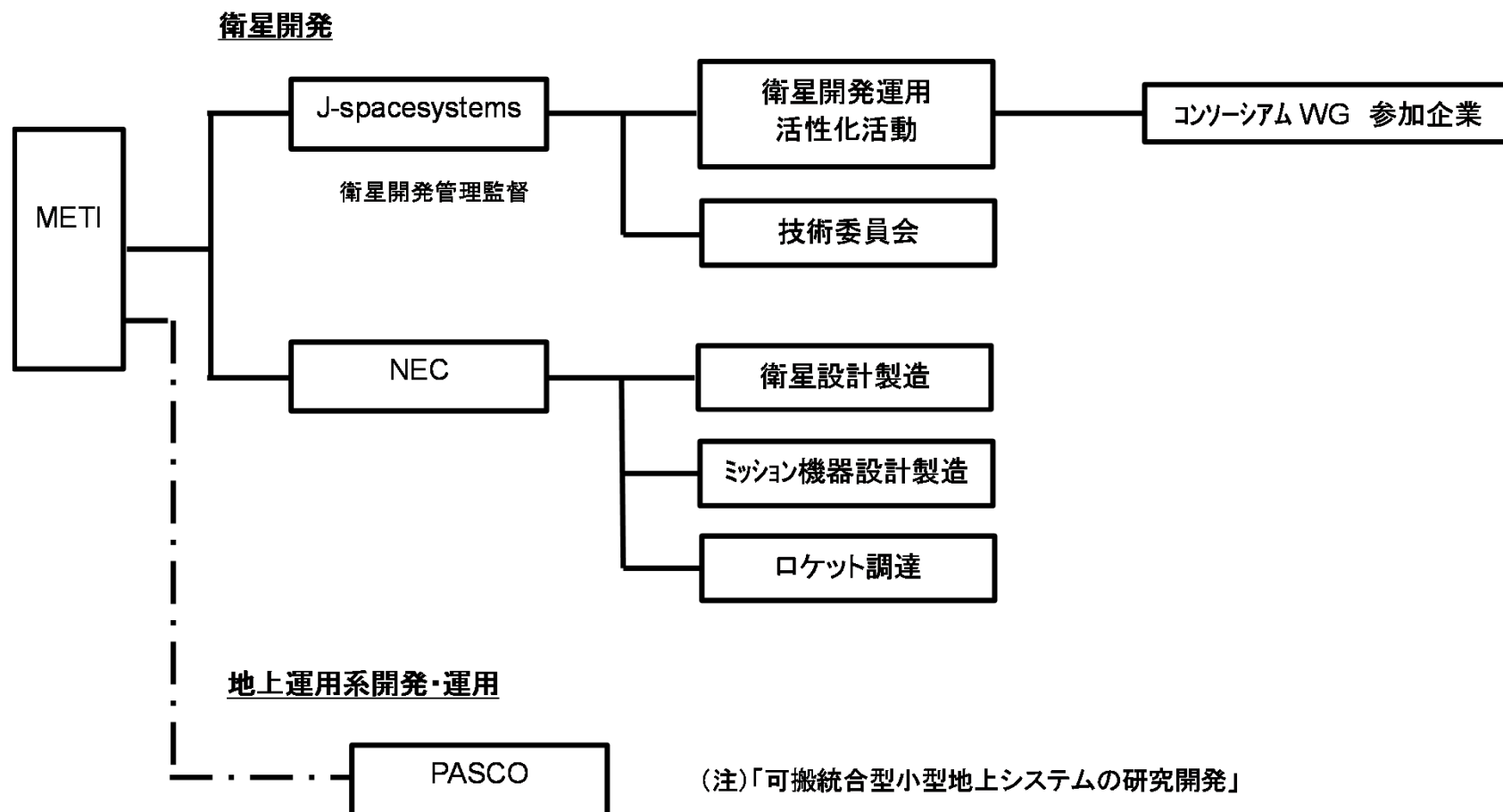
民生部品のシングルイベント耐性評価

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
(JAXA)

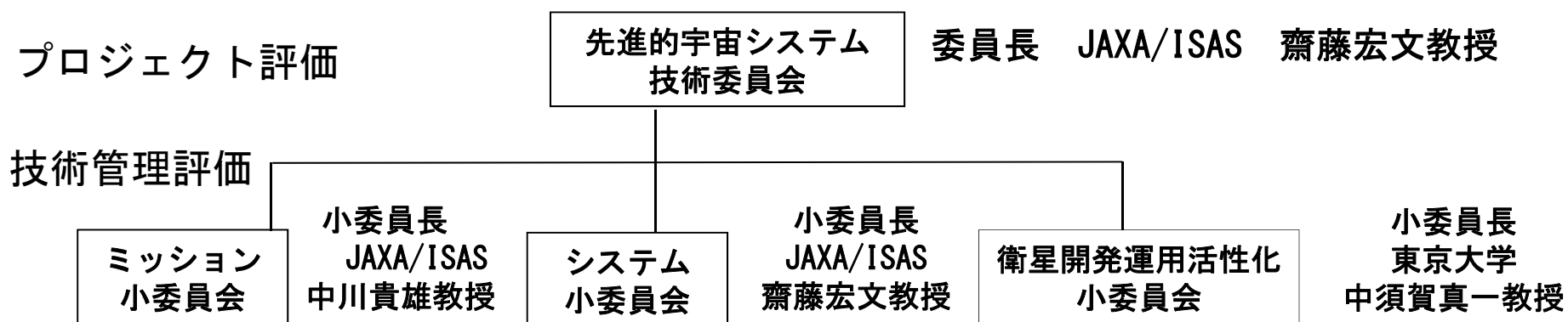
・研究項目：

小型衛星バスの低コスト・短期開発を実現する
ための技術開発

(1) 全体（H23年度～H26年度）



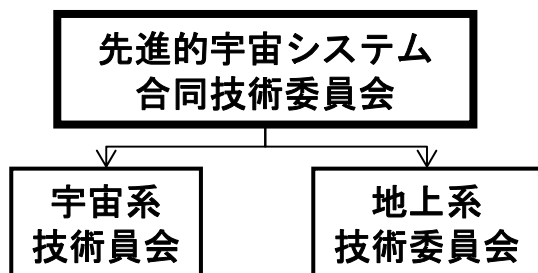
(2) 先進的宇宙システム技術委員会構成



- ・ ミッション要求分析
- ・ 搭載ミッション機器システム
- ・ センサー運用
- ・ (データ受信局
地上データ処理)

- ・ システム要求分析
- ・ バスシステム/
インテグレーション
- ・ ロケットインタフェース
- ・ (運用管制、地上局、シ
ステム運用、周波数獲得)

- ・ ネットワーク基準の導入
- ・ 機器のインタフェース基準の設定
- ・ 民生部品採用基準の設定、
民生機器採用方針の設定
- ・ 信頼性/信頼度の考え方、
試験検証の考え方試験検証考え方
- ・ 自動自律化による運用の省力化の考え方
- ・ ネットワークによる
どこでも運用の考え方
- ・ 実証用搭載機器の開発状況の評価
- ・ その他コンソーシアムの活動成果の評価



2. A. 7. 前回の中間評価(平成23年度)の結果

【今後の研究開発の方向等に関する提言】

- 事業(プロジェクト)によっては、既に確立されつつある技術の実用化と長期的な観点から技術レベルの向上を図るものがある。両者とも全体としての目標と、それを具体化するための個別要素技術の達成目標を立てて事業化してゆくのが望ましい。(全事業共通)
- 目標設定が必要性的によって決定されることが重要であり、達成可能見込みから判断して目標設定が付けられることがないかを注視する必要がある。(全事業共通)

【対処方針】

- 全体目標とそれを達成するための個別要素技術の目標を立てて実施しており、引き続き事業化に向けて取り組んでまいりたい。なお、本事業においては、センサの開発及び安定的な運用を図ることを全体目標としており、また、それぞれの構成機器等においても個別に評価指標を設定している。
- 目標を設定する際には、事業者側からのみならず、利用者の視点も踏まえた目標となるよう努めているところである。なお、本事業においては、別途実施している、石油資源遠隔探知技術の研究開発において利用事業を実施しており、関係者間の情報共有等も図っているところである。