

石油資源を遠隔探知するための ハイパースペクトルセンサの研究開発の概要 (中間評価)

平成30年10月15日

経済産業省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

目次

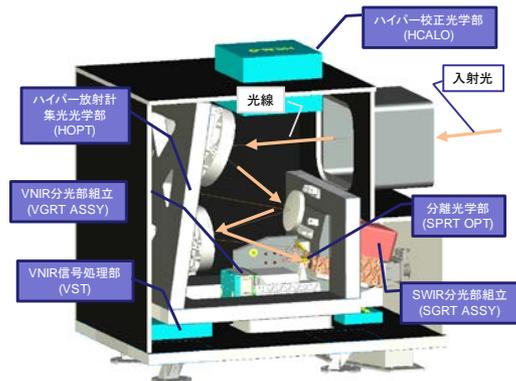
1. 事業の概要
2. 事業アウトカム
3. 事業アウトプット
4. 当省(国)が実施することの必要性
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
6. 研究開発の実施・マネジメント体制等
7. 費用対効果
8. 中間評価の結果

1. 事業の概要

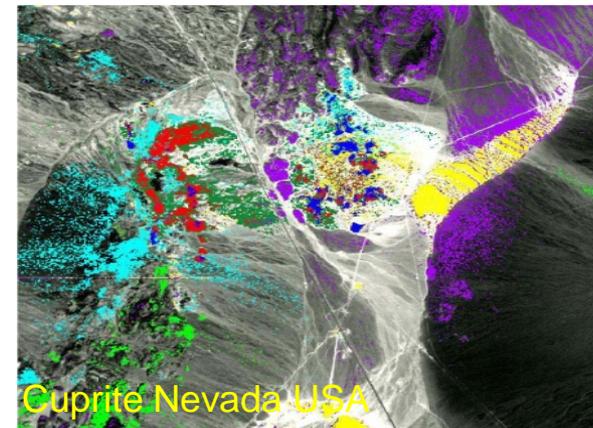
概 要	資源探査・農林水産・環境観測・災害監視など多様な用途への活用を可能とする広い観測幅と高い波長分解能を有する高性能なハイパースペクトルセンサ等の技術を開発する。国際宇宙ステーション(ISS)に搭載して宇宙環境における実証を行い、実用化に向けた技術を確立する。
実施期間	平成19年度～平成33年度（15年間）
実施形態	J-spacesystems への委託事業
予算総額	151.7億円 (平成27年度:8.7億円 平成28年度:11.5億円 平成29年度:11.5億円)
実施者	一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構(J-spacesystems) 日本電気株式会社(NEC)
プロジェクトリーダー	岩崎 晃 東京大学先端技術研究所 教授

ハイパースペクトルセンサ等の研究開発の目的

資源探査・環境観測・災害監視等への応用および農林業等、今後地球観測データユーザのニーズの拡大が期待される分野において、**高い波長分解能による識別能力の向上**を可能とする世界トップレベルの高性能な宇宙用ハイパースペクトルセンサ等を開発する。ハイパースペクトルセンサの宇宙実証を早期に実施し、センサデータの有用性の確認、ユーザーの拡大を図るため、ISSに搭載して実証する。本技術の確立により、資源探査用将来型センサ(ASTER)が担ってきた石油資源等探査の開発を継続、高度化することにより、エネルギー安全保障を含む我が国の総合的な安全保障や国民の安全・安心の実現にも資する。



センサによって
データを取得



AVIRIS
(米国航空機
Hyperセンサ)

<ハイパースペクトルセンサ>

- ①観測波長域:400-2500nm
- ②バンド数:185以上
- ③空間分解能:20 X 30m以下
- ④観測幅:20km

<次世代地球観測衛星利用基盤技術>

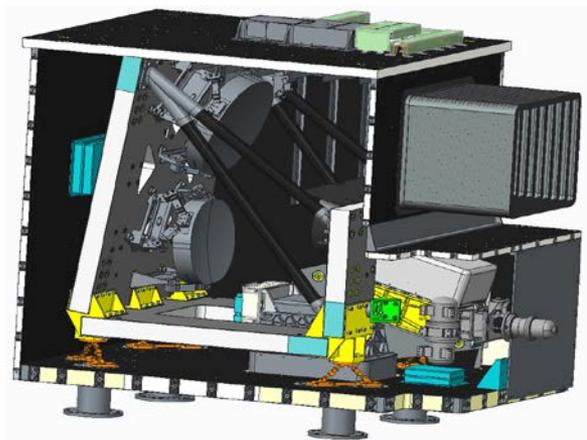
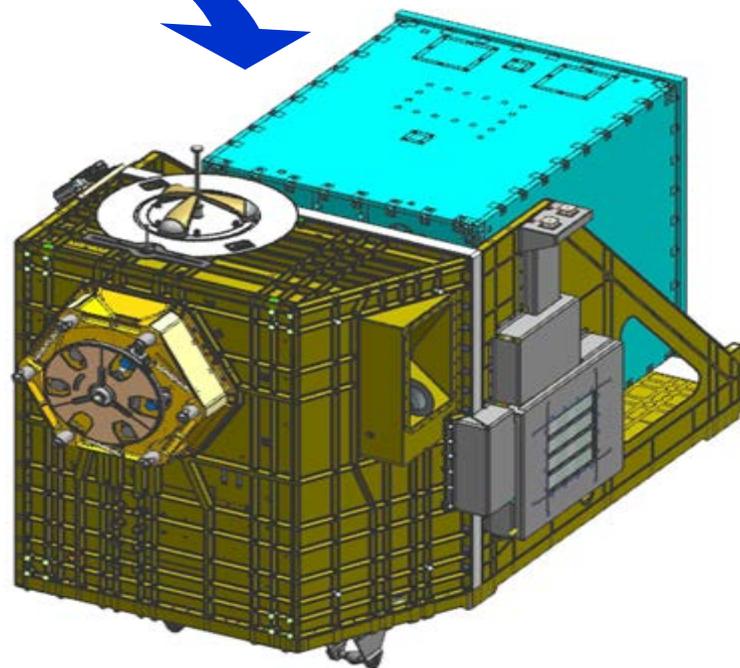
- ①エネルギー・資源分野、農林業分野、環境分野での
利用手法確立
- ②センサの校正・データ処理・運用計画最適化等からなる
地上データ処理システムの構築

ハイパースペクトルセンサ曝露ペイロード

ハイパースペクトルセンサ



曝露ペイロード



センサの内部透視図

センサの開発性能目標

表2-1 ハイパースペクトルセンサの最終開発目標

HS	項目	達成目標
1	空間分解能	20m×30m
2	観測幅	20km (空間分解能の1000倍)
3	バンド数	185 (VNIR 58、SWIR 127)
4	観測波長域	0.4~2.5 μ m
5	波長分解能 (バンド幅)	10nm (VNIR) 12.5nm (SWIR)
6	S/N比	370@620nm 270@2100nm (前提：アルベド30%・太陽天頂角24.5度)
7	MTF	0.2
8	量子化ビット数	12bit
9	オンボード圧縮・処理	有 (可逆のデータ圧縮を有する)

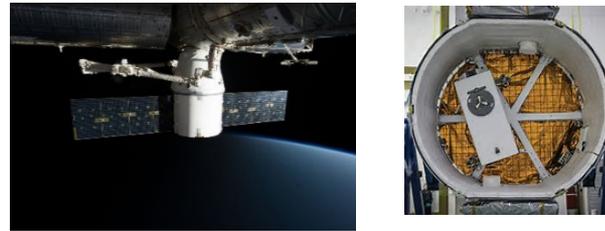
注1) VNIR：可視近赤外、SWIR：短波長赤外、アルベド：地表反射率

太陽天頂角：太陽方向と地表点の天頂のなす角

MTF：：振幅伝達関数=光学解像度の品質指標

注2) 宇宙実証時の軌道高度：410km程度

ハイパースペクトルセンサの宇宙実証



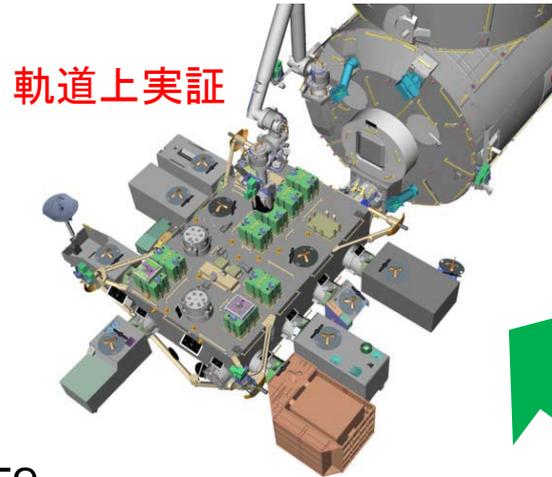
ISSでのDragon係留



ロボットハンドによる
曝露PL取り出し



JEM曝露部への設置



軌道上実証



Dragon 輸送



打上 by SpX/F9

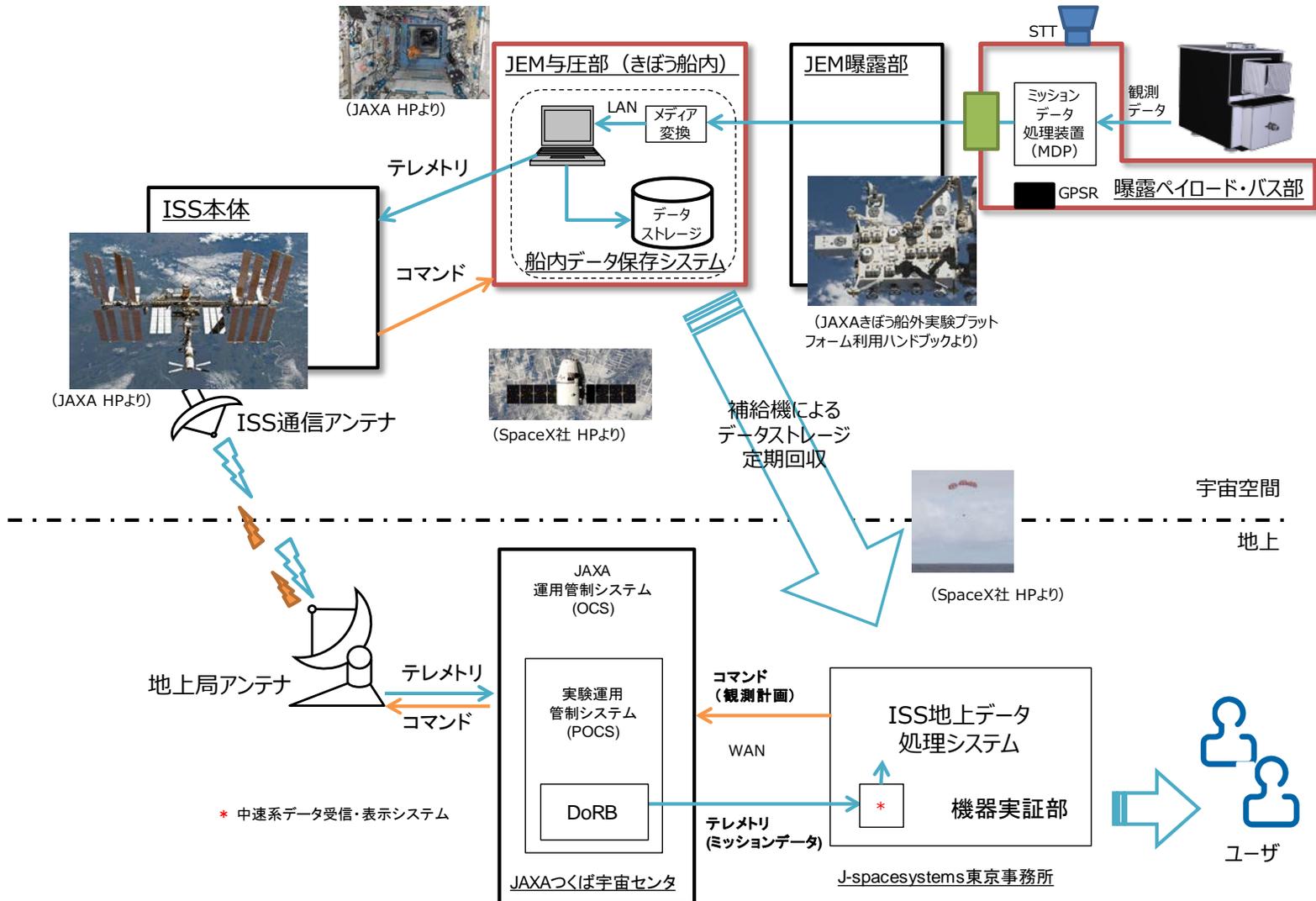


打上準備@米国KSC



射場への輸送

ハイパースペクトルセンサの宇宙実証システム



2. 事業アウトカム

事業アウトカム指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値 (計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>① (実証期間中) 石油開発企業等によるデータの総利用シーン数、データ利用希望者による登録件数</p> <p>② (実証終了後) センサそのものまたはセンサを搭載した衛星システム (地上局含む) を販売する事業、</p> <p>③ (実証終了後) 衛星から得られる観測データや付加価値をつけた情報を提供する事業、の2種類の事業化を考えている。</p> <p>事業化に至る前提として、ハイパースペクトルセンサは、ISSへの搭載を想定し、平成31年度以降の打上・宇宙実証を想定している。</p> <p>このISSでの軌道上実証をもってセンサ実用化を確認することとする。</p>	<p>(事業開始時)</p> <p>事業アウトプットを達成する。</p>	<p>事業アウトプットを達成した。</p>	<p>—</p>
	<p>(中間評価時)</p> <p>事業アウトプットを達成する。</p>	<p>事業アウトプットを達成した。</p>	<p>—</p>
	<p>(事業終了時)</p> <p>・ISSでの軌道上実証をもってセンサの実用化を確認するとともに、</p> <p>①データの総利用シーン数 5400件、利用者登録 15件 (ともに平成33年度) を目指す</p>	<p>—</p>	<p>—</p>
	<p>(事業目的達成時)</p> <p>②センサ販売、③観測データ・付加価値情報の提供、の事業化を達成</p>	<p>—</p>	<p>—</p>

3. 事業アウトプット

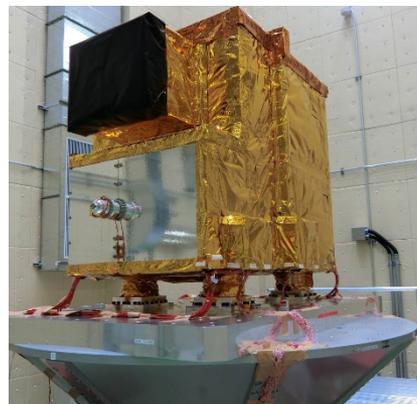
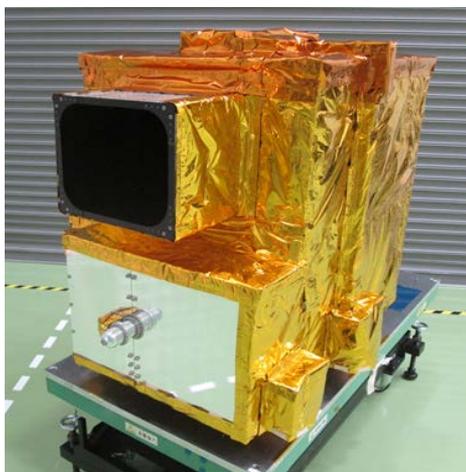
事業アウトプット指標 (妥当性・設定理由・根拠等)	目標値 (計画)	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
<p>以下に性能目標を示す世界最高レベルの高分解能ハイパースペクトルセンサを開発する。</p> <p>(1)ハイパースペクトルセンサ (軌道高度410km時) : 空間分解能 20mX30m以下 観測幅 20km バンド数 185以上、 S/N比 VNIR 450以上、 SWIR 300以上</p> <p>ISSに搭載して宇宙実証し、本事業終了時には、新型ハイパースペクトルセンサの実用化に向けた技術を確立する。</p> <p>(2)当研究開発内容に係る論文ないしは学会における発表数を、年間2件以上</p>	<p>(事業開始時) 高分解能ハイパースペクトルセンサの目標性能を設定する。</p>	<p>(達成) 目標性能を設定し開発を開始した。</p>	<p>—</p>
	<p>(中間評価時)</p> <p>(1) 左記性能目標を持つハイパースペクトルセンサを開発する。ISS搭載用ハイパースペクトルセンサ機能強化、曝露ペイロード開発および宇宙実証支援システム開発において設計を完了する。</p> <p>(2)H27～H29年度の論文ないしは発表数 6件以上</p>	<p>(1) (達成) フライトモデル開発完了： 空間分解能 20mX30m以下、 観測幅 20km、 バンド数 185以上、S/N比 VNIR 450 以上、SWIR 300以上 (達成) 各システムの設計 および設計審査を完了し、 製造を開始した。</p> <p>(2) (未達成) 論文ないし発表数：5件</p>	<p>(2)設計等の作業に集中したため</p>
	<p>(事業終了時)</p> <p>(1)同上 ISS搭載用ハイパースペクトルセンサを搭載した曝露ペイロードを打上げ、JEM曝露部に設置して、宇宙実証する。</p> <p>(2)論文ないしは発表数累積30件以上</p>	<p>本事業を実施することで達成する見込み。</p>	<p>—</p>
	<p>(事業目的達成時) 高分解能ハイパースペクトルセンサの実用化に向けた技術の確立</p>	<p>2025年頃までに事業化を目指す。</p>	<p>—</p>

個別要素技術のアウトプット指標・目標値及び達成状況

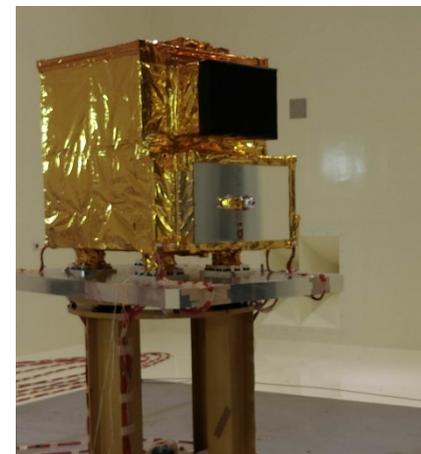
個別要素技術	アウトプット指標・目標値	達成状況 (実績値・達成度)	原因分析 (未達成の場合)
1)ハイパースペクトルセンサの開発			
ISS搭載型ハイパースペクトルセンサ	目標性能を持つフライトモデルの製作および打ち上げ・宇宙実証	設計完了	—
(2) 曝露ペイロードの開発			
曝露ペイロードシステム	開発（設計・製作）および打ち上げ・宇宙実証	設計完了。製作開始。	—
船内データ保存システム	開発（設計・製作）および打ち上げ・宇宙実証	設計完了。製造・単体試験ほぼ完了。	—
(3)宇宙実証システムの開発			
宇宙実証システム	目標性能を持つ宇宙実証システムの製作および運用（観測計画立案、データ取得・データ処理）	設計完了。製作開始。	—

※ 補足： マルチスペクトルセンサについては開発が完了し、事業終了済。

(1) ハイパースペクトルセンサの開発： 試験

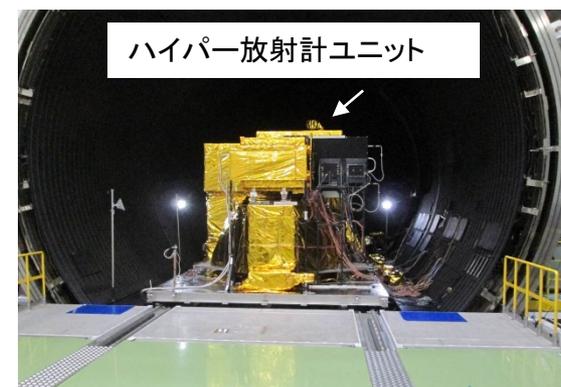
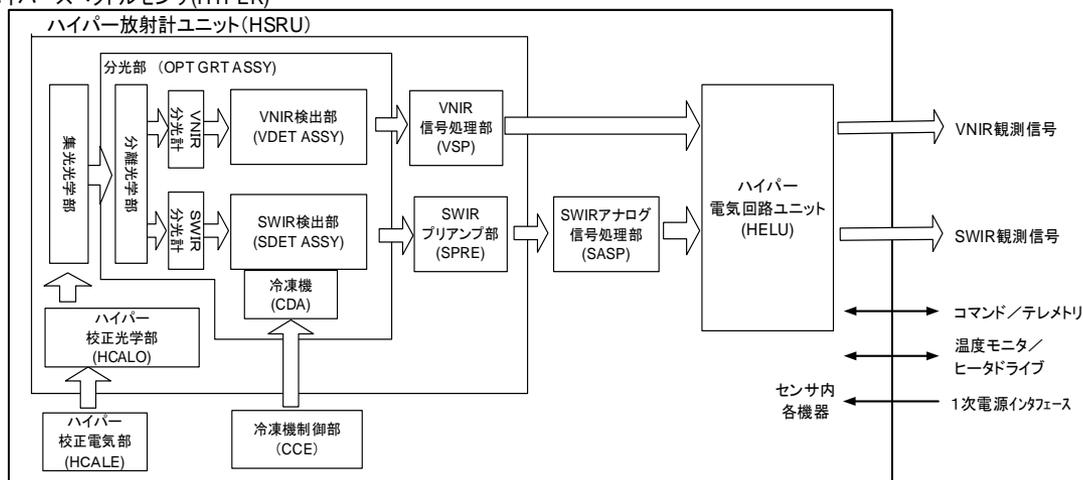


振動試験



音響試験

ハイパースペクトルセンサ(HYPER)

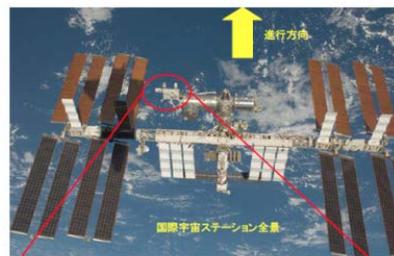
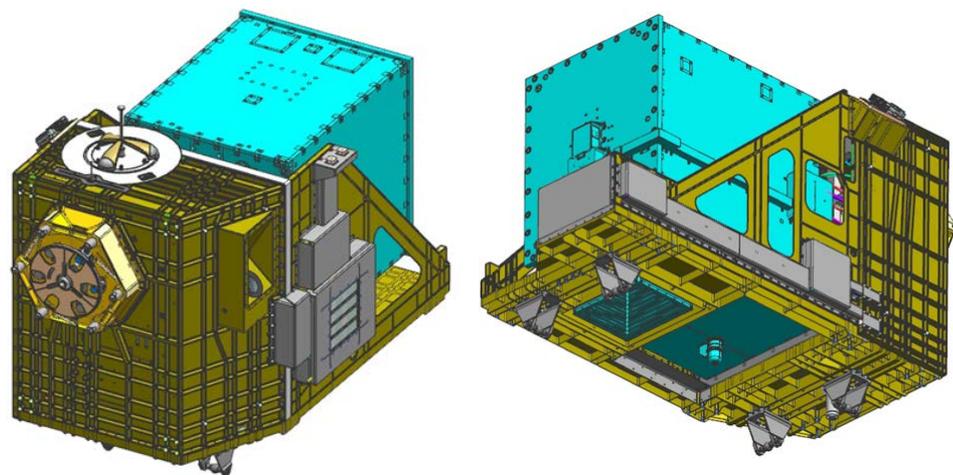


熱真空試験

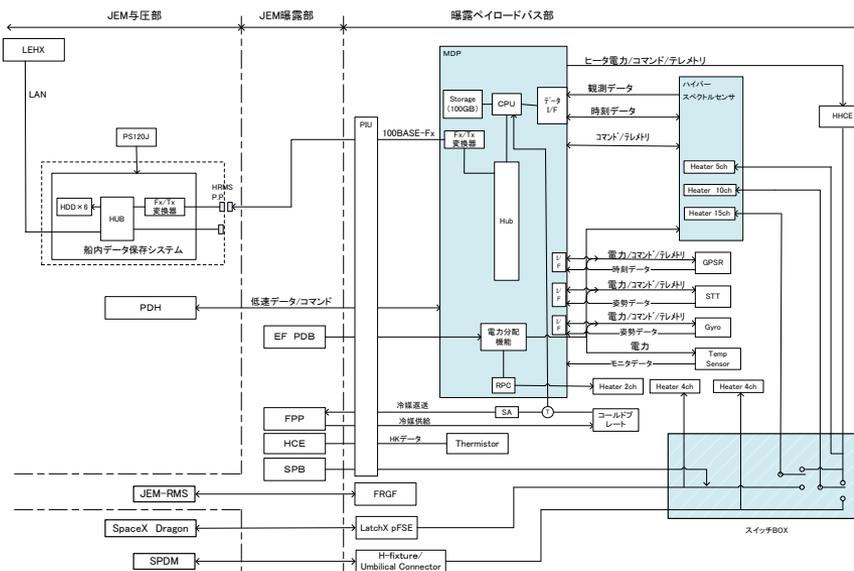
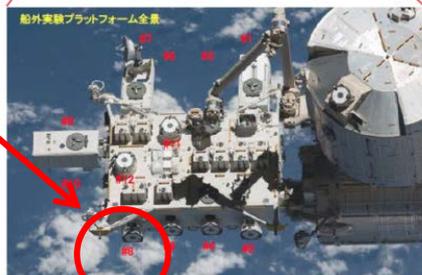
(2) 曝露ペイロードの開発

項目	仕様	備考
寸法	2.3 L × 1.5 W × 1.6 H [m]	PIU,FRGFを除く。
質量	ノミナル 550 [kg], max. 570 [kg]	ハイパースペクトルセンサーを含む。
電力系	JEM 120V 実験用電力: 790 [W] JEM 120V サバイバル電力: 120 [W] Dragon 120V ヒータ電力: 200 [W] SPDM 120V ヒータ電力: 400 [W]	
通信系	低速データ伝送系(MIL-STD-1553B) 高速データ伝送系(光LAN)	
熱制御系	主にJEM曝露部から供給される冷媒による能動的熱制御(ATCS)	

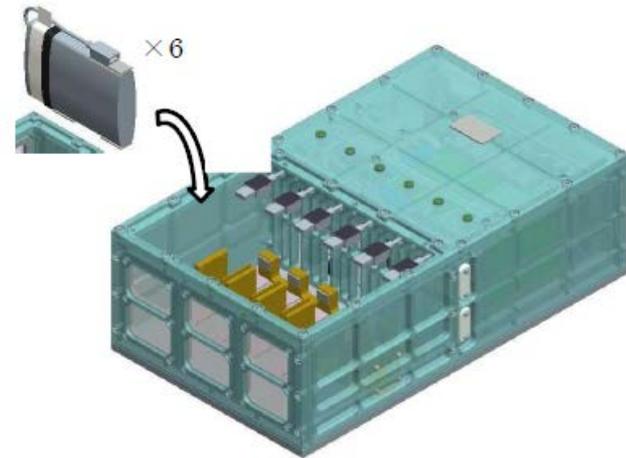
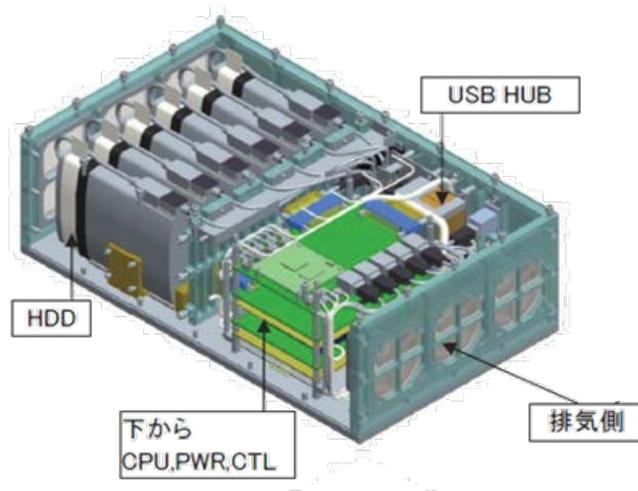
① 曝露ペイロードシステムの設計



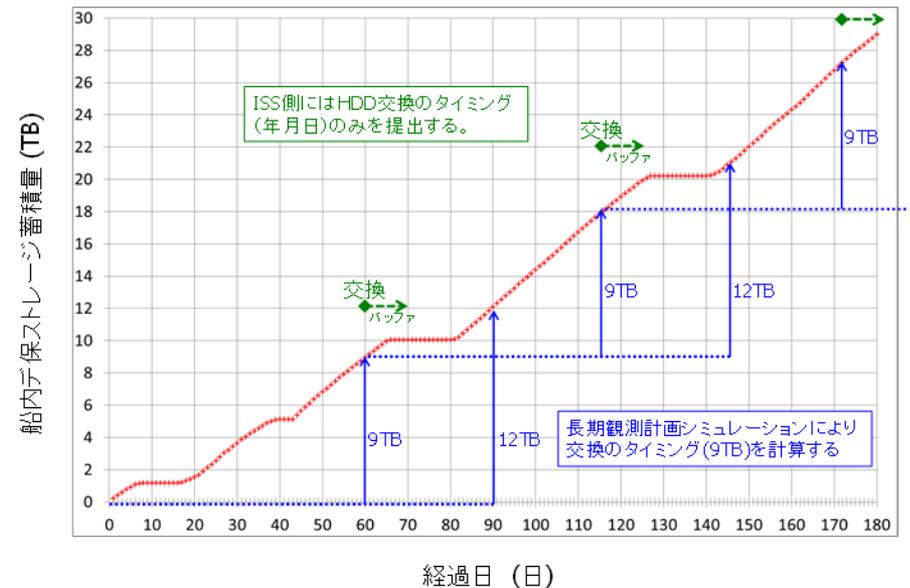
EFU#8



② 船内データ保存システムの設計

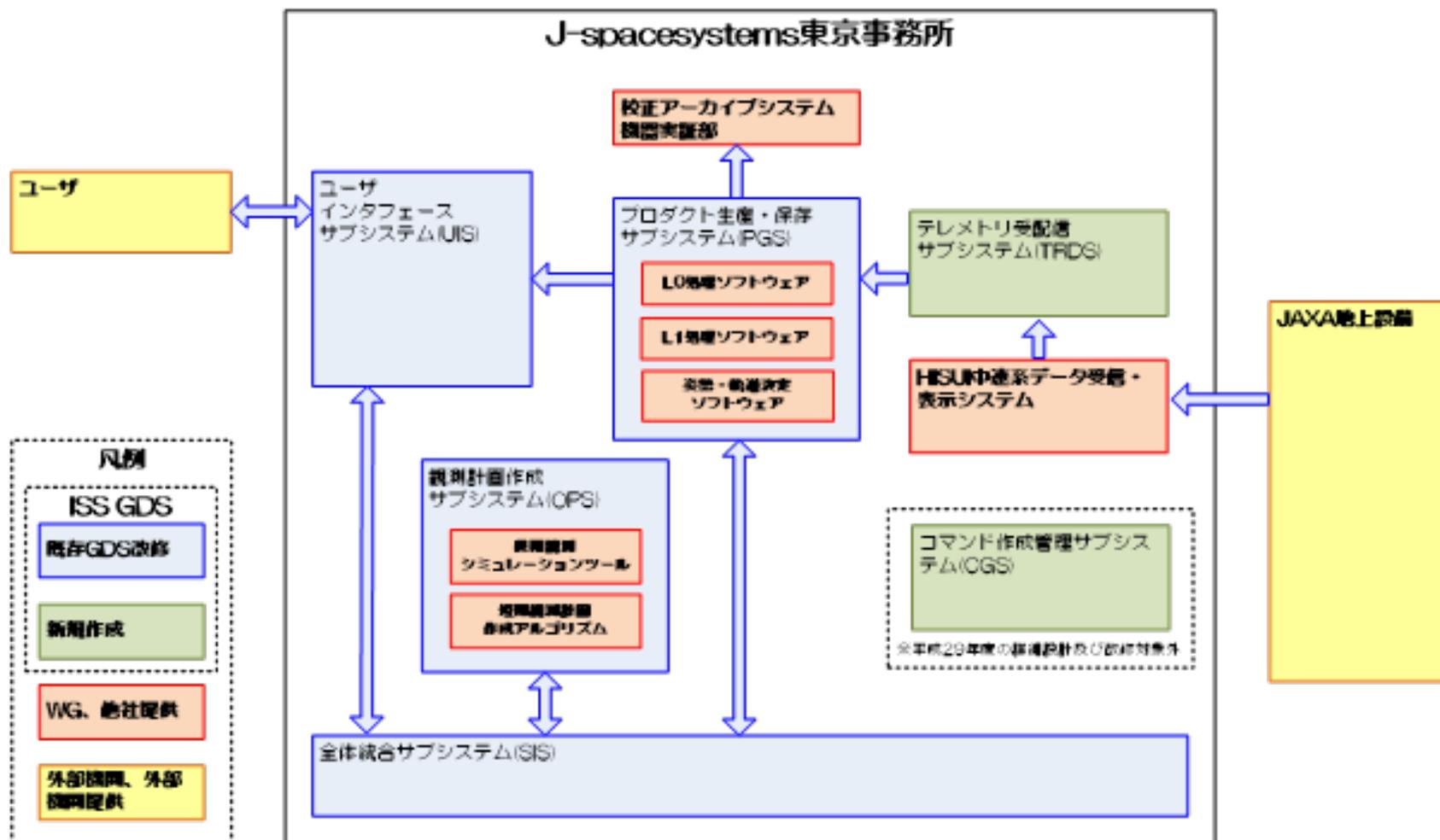


CPU	CPU	インテルAtom (1.6GHz)
	メモリ	2GB
	OS	Linux
ストレージ	4TB×6台 (マスター/スレーブ各3台:同時駆動は最大4台)	
	USB2.0インタフェース クーラーが交換	
通信	対MDP	100Base-Fx 観測データ、曝露PLシステム中速系テレメトリ受信 曝露PLシステム中速系コマンドの中継配信
	対JEM/ISS	船内データコマンド/テレメトリの送受信 観測データ(一部)の送信 曝露PLシステム中速系テレメトリの送信
物理特性	寸法	410 × 240 × 140 [mm] 与圧室内に設置
	質量	20kg 以下 (HDD 6台込み)
電力	電圧	120V 直流
	電力	通常50W以下 (ピーク電力60W以下)



(2) 宇宙実証システムの開発

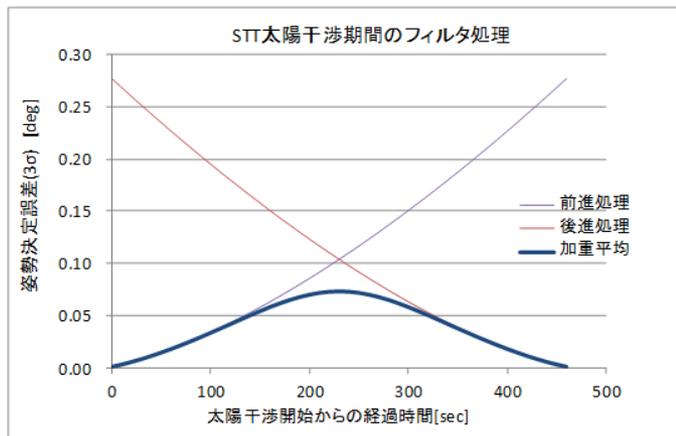
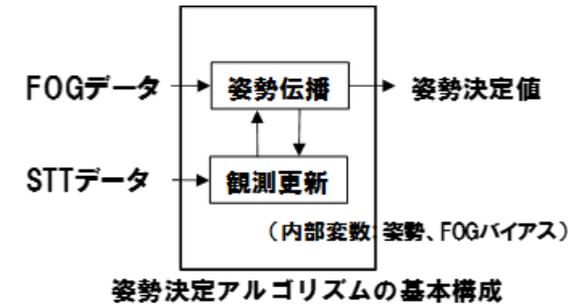
① 宇宙実証システム (ISS搭載用GDS、機器制御部) の設計



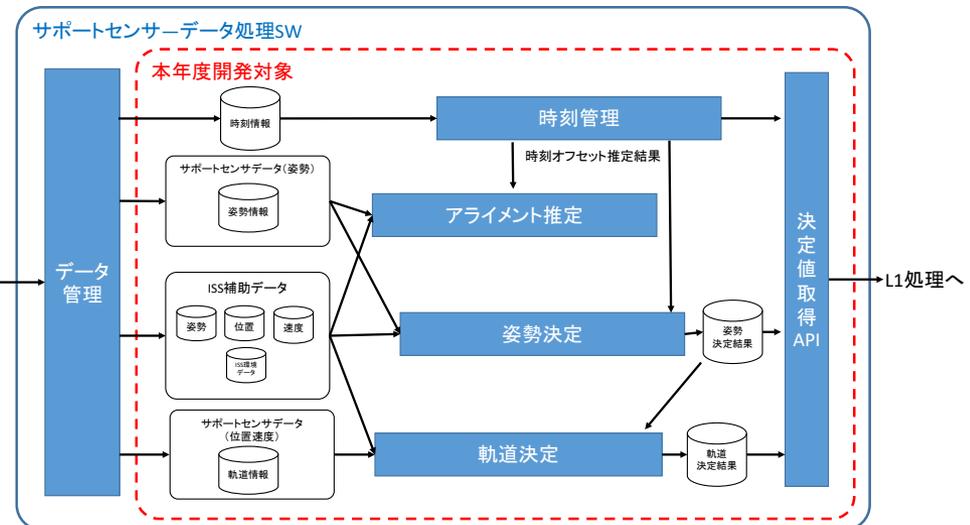
② サポートセンサデータ処理ソフトウェアの検討・製作

入力データ種類と姿勢決定方式

		方式の内容	STT	Gyro	ISS 姿勢
STT太陽非干渉時		STT、Gyroによる 姿勢決定	●	●	
STT 太陽 干渉時	オプション1	Gyroによる姿勢伝播		●	
	オプション2	GyroとISS姿勢データを併用した姿勢決定		●	●



フィルタ処理：
前進処理＋後進処理で誤差を低減



サポートセンサデータ処理ソフトウェア構成

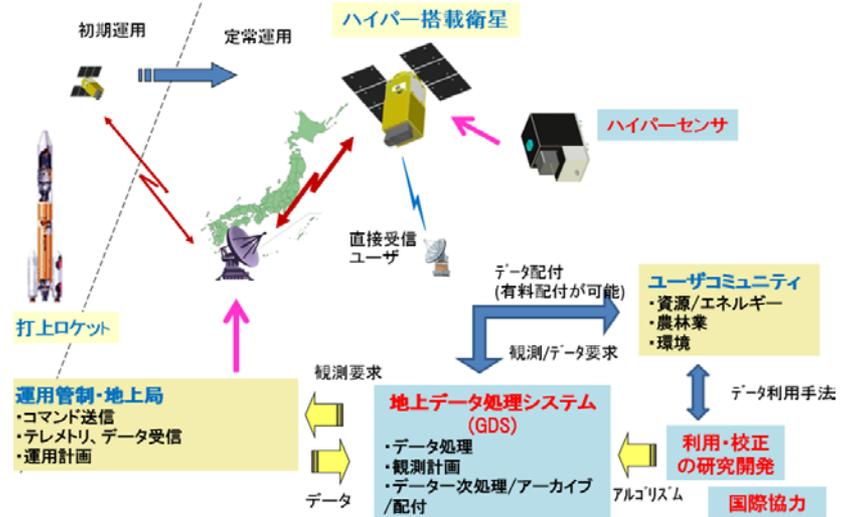
4. 当省（国）が実施することの必要性

- 我が国石油資源の安定供給確保は喫緊の課題。
- こうした中、石油資源の遠隔探知を可能とする衛星データの活用により、例えば、諸外国の探鉱調査や有望地の絞り込みなどが可能となり、エネルギー安全保障の観点から、石油資源会社をはじめ近年では活用が進んでいる。
- ハイパースペクトルセンサは従来のセンサ（ASTER）に比べスペクトル分解能が格段に高く、よりきめ細かく物質を推測・特定できる特徴を有することから、石油資源確保等への貢献が期待されている。
- 他方、本センサの開発には極めて高度な知見・専門性を要するものであり、世界各国でも開発競争が進められているがその専門性からいずれも発展途上段階。また、開発には多額の費用を要しかつ長期にわたる研究であるため民間企業にとって投資リスクも大きいことから、国主導で事業を実施する必要がある。
- そのため、委託事業として実施する必要あり。

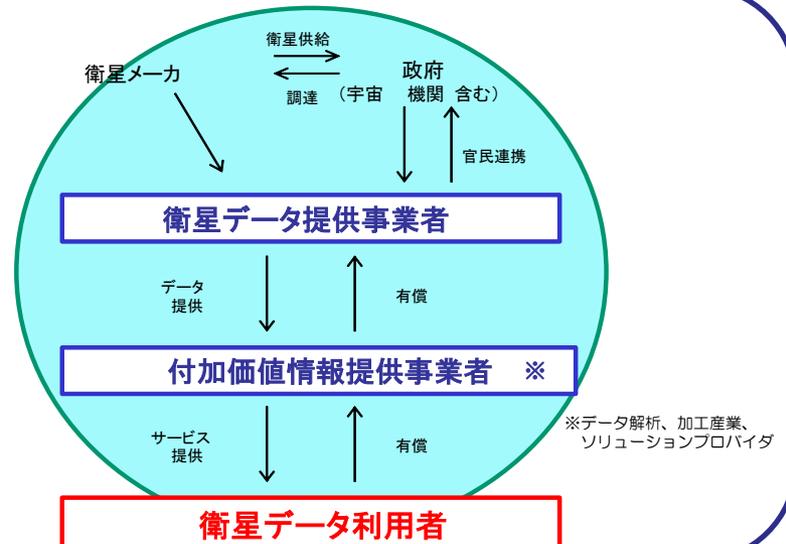
5. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

事業アウトカム

- ① センサ販売事業
 センサそのものまたは
 センサを搭載した衛星
 システム(地上局含む)
 を販売する事業

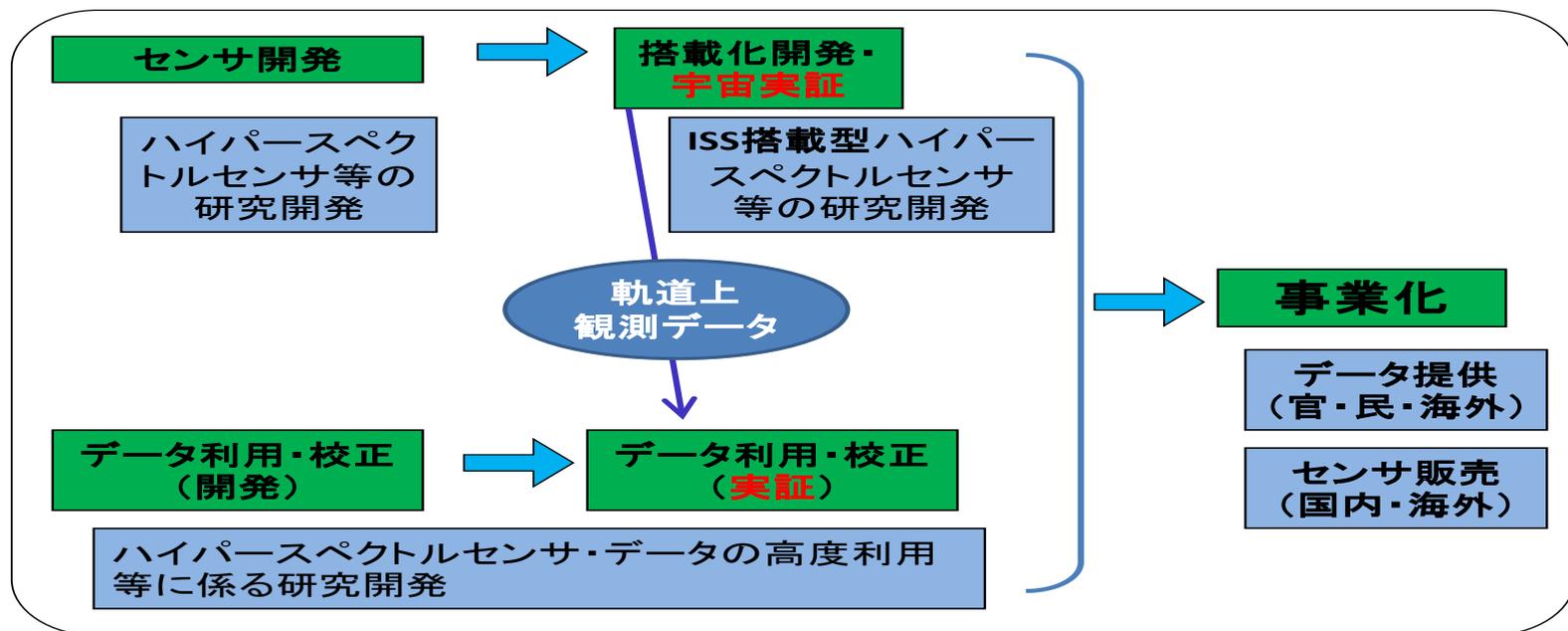


- ② データ提供事業
 衛星から得られる観測
 データや付加価値を
 つけた情報を提供する
 事業



(1) 実用化過程の重要性

- 開発中のセンサによる実用化(宇宙実証)の成果が事業化推進に必須
 - ・センサ: 軌道上で機能・性能を達成し、実データ取得可能である事を示す。
 - ・データ: 観測データが利用分野で実際に活用できる事を示す。
- 「ISS搭載型ハイパースペクトルセンサ等の研究開発」事業により、平成31年末頃に目標性能を満足するハイパースペクトルセンサがISSに搭載され、平成31～33年度の軌道上実証により実用化を確認する。



(2) 事業化構想

① センサ販売事業

➤ 日本におけるプログラムの立ち上げの提案

- 1) ハイパースペクトルセンサの国内販売に関しては、公的なデータの利用の可能性が非常に高いことから官庁の継続的データ利用を訴求し、現開発センサの後継機の立ち上げを提案していく。継続観測を実現するため、2018～9年頃から開発プログラムが立ち上がるよう官等に働きかける。
- 2) 今後、データ利用を広く働きかけることにより、ハイパースペクトルセンサを民間が保有する可能性があると考えている。衛星運用での事業化を民間に働きかけ、一部官民連携も視野に入れた、民間主体の衛星の実現を目指した提案活動を行う。

➤ 海外プログラムへの販売の推進

- 1) 最近、新興国において衛星やセンサ保有を目指した開発の動きがある。また、日本政府の資金や国家間の協力によって、海外プログラム実現の後押しをする動きがある。官民の連携も視野に入れて、海外へのセンサ販売、更には地上含む衛星システム全体の販売の推進を図る。

これらの事業化を推進するため、現在開発中のセンサによる実用化を確実なものとするのが重要である。

②データ提供事業

➤ 事業化構想

- ハイパースペクトルセンサは、沢山の波長を有していることから、高付加価値情報を広い分野に提供出来る可能性を有している。
- 現在開発中のセンサによる情報の活用を広く官民に促し、データ提供及び利用事業の発展を目指す。
- そのため、市場調査やデータ提供、各種データ利用に関する国内外のユーザや連携先等の獲得、付随するデータ利用および連携条件の調整を実施する。
- データ受信や処理に関する官と民の役割分担等明確化が必要な事項があるが、今後関係機関との調整を行ってこれらを明確化し、データ提供事業の発展を目指す。
- そのため、データ利用に関心のある企業との連携を深め、事業化の実現を目指す。

➤ 将来的な事業化の見通し

- 1) ハイパースペクトルセンサへの潜在市場は大きく、データの継続が実現すれば、国際的な事業として発展する可能性がある。
- 2) このため、データ利用ユーザを含めた業界(コンソーシアム等)の実現を目指し、官民の利用ユーザへのつながりのスキームを構築するよう努力する。
- 3) 衛星からの取得データの配信から、付加価値データの展開までを視野に入れて、専門企業等との連携を図りながら需要の拡大に努める。
- 4) 国際的な事業協力も含めた事業を目指して推進する。

(3) 事業化に向けたロードマップ

今後のハイパースペクトルセンサのロードマップ

- ハイパースペクトルセンサの開発について、日本が世界をリード
- 安全保障・農業管理・森林監視・資源探査に広く活用される

さらなる研究開発による①、②を実現

①センサの高空間分解能化、小型軽量化、②応用分野の拡大

軌道上データに基づく、高空間分解能化・小型軽量化

光学高精度アライメント技術の向上

オンボードデータ圧縮補正処理技術の向上

実証データを使った、新規利用ニーズ発掘・ユーザーの拡大

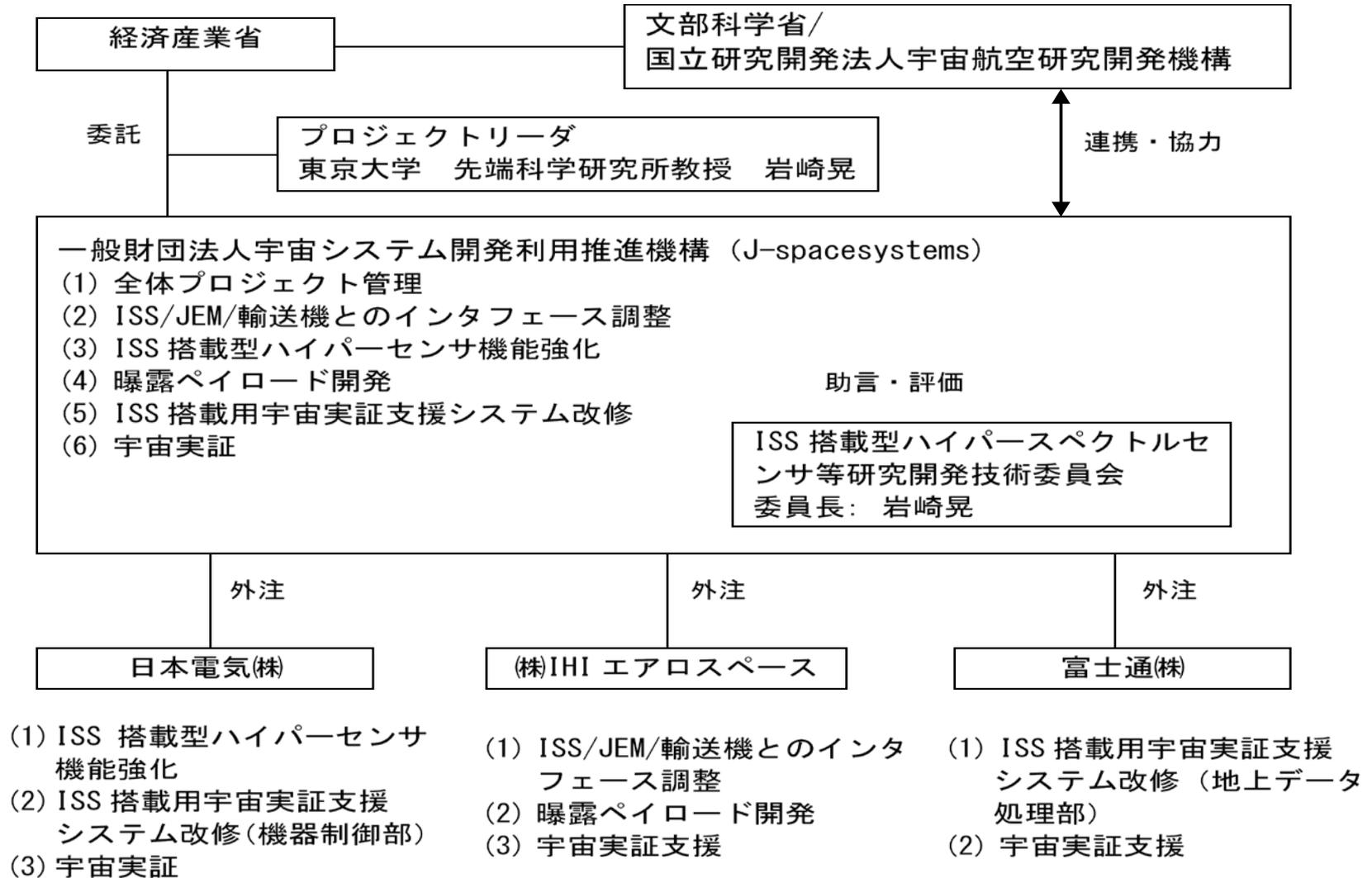
新分野(安全保障分野 等)への適用可能性の評価

データの利用技術の国際共同開発

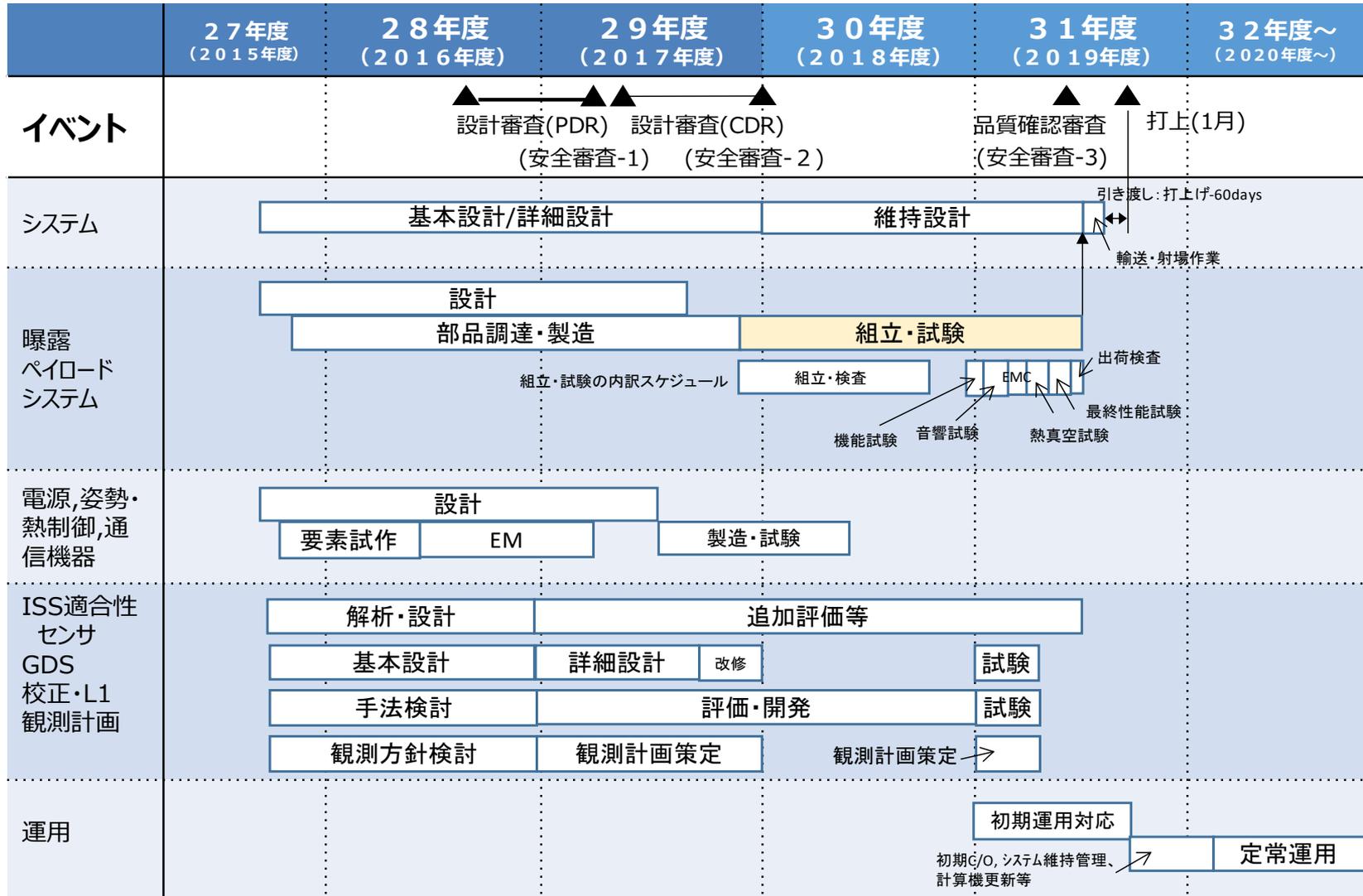
HISUI-ハイパーセンサ
の宇宙搭載に向けた開発

6. 研究開発の実施・マネジメント体制等

H27年度～ ハイパースペクトルセンサ等の研究開発



今後の研究開発スケジュール



7. 費用対効果

(1) 事業化の規模

① センサ販売



出典: Euroconsult 2013 BROCHURE SATELLITE-BASED EARTH OBSERVATION Market Prospects to 2022 6th Edition

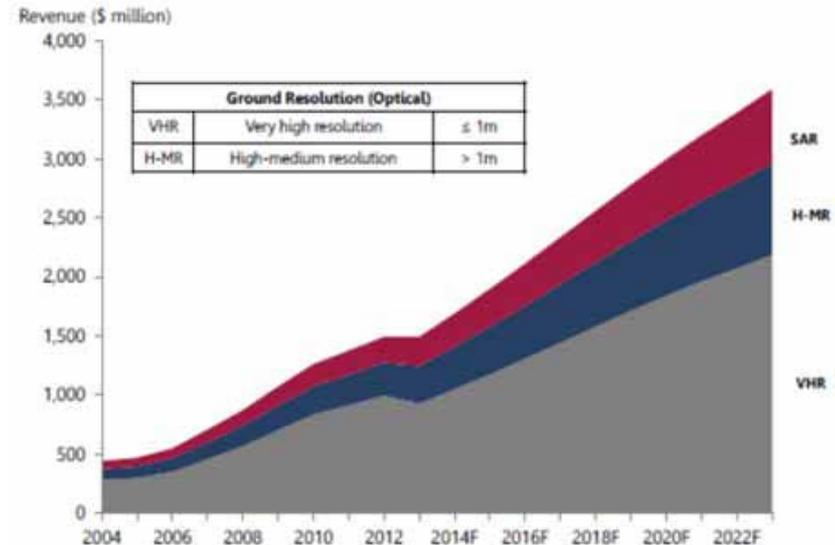
- ・近年、地球観測衛星の需要拡大
- ・今後10年で過去10年の4倍の需要が見込まれる。
- ・官民一体となった取り組みが受注の鍵を握る

[内閣府資料: 宇宙システム海外展開タスクフォースについて: 平成27年9月]

② データ提供

- ・世界の衛星画像売上:
現在: \$1.5B、2023年予測: \$3.6B
- ・国内市場: 約104億円(平成25年度)
- ・内訳: 安全保障 59%, その他(公・民) 41%
光学 84%, SAR 16%
- ・平均 11.4%/年の伸び

[内閣府資料: 我が国の衛星リモートセンシング関連産業のあり方の検討について: 平成27年5月]



出典: Euroconsult 2013 BROCHURE SATELLITE - BASED EARTH OBSERVATION Market Prospects to 2023 2014Edition

(2) 事業化の計画(事業化構想の実現)



Hop 事業化の可能性を高める

- 各方面への提案活動・連携呼びかけ
 - ・国内官プログラム
 - ・データ利用事業の立ち上げ
 - ・官民連携による全体システムの海外売り込み



現開発センサのデータ
が各種ユーザ層に浸透
(データ取得後3年程度)

Step 事業化実現の基盤整備

- ・後継機の実現
- ・高性能センサの開発ニーズを誘引
- ・国内外ハイパー関連プログラム立ち上げ

(3) 波及効果

● 経済的波及効果・社会的効果

・資源探査能力の向上

ハイパースペクトルセンサの取得データから得られる地表面情報は多数のスペクトルを有するため、資源の有無、分布などに関し従来のASTERなどのセンサのデータより精度の高い情報を提供でき、新しい油田や鉱床の発見、鉱床探査の効率化が可能となるなど、資源の安定供給の確保、資源国への開発支援に多大な効果が期待できる。

新規油田の発見・開発 が実現した場合、数兆円～数十兆円の効果

・その他(環境監視・農林業等)

土壌の質を見極め、植生の種類や生育状態を見極めるためにも大きな効果を発揮できる。水質等の汚染状況識別や陸域の土地利用の詳細識別にも能力を発揮できる。

● 技術的波及効果

・分光、校正技術が蓄積される。

・データ利用業者は、分光センサデータ利用に際してデータベースが必須であり、本プロジェクトによる大量の分光データ取得はこのデータベース蓄積に大きく貢献する。

● 研究体制への波及効果(人材育成、研究開発の継続性)

- ・分光センサ・画像データ処理技術者、衛星搭載センサ開発者の育成、維持拡大ができる。
- ・分光、素子、分光測定、画像分析技術等の継続開発による技術、ノウハウ蓄積ができる。

8. 中間評価の結果

(1) 今後の研究開発の方向等に関する提言

- ア 人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する技術の開発についての検討が必要
- イ 輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要
具体的には、
 - ・複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星／センサ技術の開発（「小型高機能衛星」の実現）
 - ・資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発
 - ・小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信・処理・解析の一貫システムの開発、
 - ・資源保有国を対象とした衛星データの高精度解析手法の開発
- ウ 資源開発以外の多様な分野でのハイパースペクトルデータの解析技術を確立されるためには、サンプルデータ提供による多数公募型の共同研究方式により、日本の技術を広く結集されるのが効果的、

(2) 対応方針

- ア 今後のリモートセンシング衛星に関わる研究開発に当たっては、これまでに培われた技術を継承・活用し、またその技術を発展させるものとなるよう、検討を行いながら取り組んでいく。
- イ 輸出が期待される国々・ユーザのニーズに即した研究開発についても、検討を行う。
- ウ 指摘の点については『次世代地球観測衛星利用基板技術の研究開発』で実施しているハイパースペクトルセンサー・データの利用技術開発において、より多くの研究テーマに取り込める方式を検討していく。なお平成28年度においては、公募型の共同研究を行うべく、関係者と検討を進める。