

(エネルギーイノベーションプログラム)

(航空機・宇宙イノベーションプログラム)

「高性能ハイパースペクトルセンサ等研究開発プロジェクト」

事業原簿

公開資料

担当部署

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
機械システム技術開発部

- ・事業原簿概要
- ・プロジェクト用語集

I. 事業の位置づけ・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適用性
 - 1.1 NEDO の関与することの意義
 - 1.2 実施の効果(費用対効果)
2. 事業の背景・位置づけ・目的
 - 2.1 事業の背景
 - 2.2 事業の目的及び意義
 - 2.3 事業の位置づけ

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標
 - 1.1 最終達成目標
 - 1.2 目標設定理由
 - 1.3 中間目標
2. 事業計画内容
 - 2.1 研究開発の内容
 - 2.1.1 事業計画(研究開発)の内容
 - 2.1.2 全体スケジュールと予算
 - 2.2 研究開発実施体制
 - 2.2.1 実施体制
 - 2.2.2 研究員
 - 2.3 研究の運営管理
 - 2.3.1 事業実施における運営方針・方法
 - 2.3.2 技術委員会の組織・役割
3. 状況変化への対応
4. 評価に関する事項

III. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果
 - 1.1 成果の達成度
 - 1.2 成果の概要
 - 1.2.1 センサスペックの実現見通し
 - 1.2.2 高性能ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの概要

1.2.3 試作モデルによる確認

1.2.4 市場動向、技術動向調査結果

1.3 成果の意義

1.4 特許の取得／成果の普及

IV. 実用化、事業化について

1. 実用化、事業化の見通し

1.1 センサによる実用化、事業化について

1.2 データ利用による実用化、事業化について

1.3 事業化の規模

1.4 波及効果

・添付資料

-エネルギーイノベーションプログラム抜粋

-航空機・宇宙産業イノベーションプログラム抜粋

-基本計画

-技術戦略マップ抜粋

-事前評価書、パブリックコメント募集結果

-特許論文リスト

概要

	作成日	平成21年 7月16日	
制度・施策(プログラム)名	エネルギーイノベーションプログラム 航空機・宇宙産業イノベーションプログラム		
事業(プロジェクト)名	高性能ハイパースペクトルセンサ等研究開発プロジェクト	プロジェクト番号	P07008
担当推進部/担当者	機械システム技術開発部/北村 斉		
O.事業の概要	<p>我が国の一次エネルギー供給に占める石油依存度は50%程度と高く、今後も石油の安定的な供給の確保が重要であり、また増大する地震、津波、台風等の自然災害や地球規模での環境問題等に対応するため、継続的な地球観測の重要性が認識されており、地球表面の常時監視が可能な衛星地球観測データのうち石油資源の遠隔無知能力の向上、地球環境保全に有効な植生分布、汚染状況等を精度よく計測可能な波長分解能を向上した衛星データが要求されてきている。</p> <p>本事業では、これらの社会的要請に基づき、エネルギーイノベーションプログラム、航空機・宇宙産業イノベーションプログラムに従い、高性能な衛星搭載センサを実現するためのハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサの技術の開発を行うものである。</p>		
I.事業の位置づけ・必要性について	<p>(1)NEDOが関与する意義</p> <p>本プロジェクトで開発する、高性能ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサは化石燃料の大半を輸入に依存している日本の国家としての安全に貢献する資源探査及び環境監視、災害への対応等国民の安心に大きく寄与するなど公共性の高い用途に利用されるものであり、経済産業省のエネルギーイノベーションプログラム、航空機・宇宙産業イノベーションプログラムでその必要性が指摘され、さらに宇宙開発戦略本部の基本計画においても、食料供給の円滑化、資源・エネルギー供給の円滑化にハイパースペクトルセンサの開発が必要とされている。</p> <p>また、民間でも本プロジェクトで開発するハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの利用事業の広がりがあり、その強化、発展のためにこれら地球観測センサの継続運用へ強い要望があり、民間としての事業化の検討も進んでおり、世界的にもハイパースペクトルセンサプロジェクトが欧米だけでなく南アフリカ、中国、インドでも進められ、高性能のハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの開発成果は海外のプロジェクトへの売り込みも可能にする。</p> <p>このように社会的な要請とともに民間においても地球観測データ利用の期待が高まっているが、センサ開発、利用技術開発には長期の開発期間が必要であり、多くの初期投資が必要なこと、ハイパースペクトルセンサにおいてはこれまで多くの開発実績があるマルチスペクトルセンサの技術に加えて高性能な分光器の開発など高度な技術の新規開発が必要であり、事業化を計画している民間からも開発フェーズでの官の資金援助、大学、研究機関の知識、ノウハウを活用できるようにとの要望があるが、高性能ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの開発には初期投資が膨大であり、新規開発要素も多く産官学の能力を結集して開発を進めることが必要でこれらに関してはNEDOの知識、実績、経験を十分に生かすことができるため、NEDOが関与する効果の大きな事業である。</p> <p>(2)事業の背景・位置づけ・目的</p> <p>社会的必要性として、イノベーションプログラムによる化石燃料の安定供給確保。資源開発に有効な岩石・鉱物探査地質構造解析、航空機・宇宙産業イノベーションプログラムにおける産業競争力向上基盤技術としての必要性が上げられており、さらに宇宙開発戦略本部の基本計画、METI/NEDOの技術戦略マップにもその必要性が記されている。一方民間においてもリモートセンシング利用産業が立ち上がるにつれ、高性能なデータの継続的提供に対するニーズが高まっている。これらの状況を背景として、本プロジェクトでは物質ごとの分布状況の把握に必要な対象物の識別能力の高いハイパースペクトルセンサおよび性能を向上したマルチスペクトルセンサを開発することを目的としている。</p>		
II.研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>本事業の研究開発目標は、ハイパースペクトルセンサとしては高S/N比データの提供を行うために、世界最高レベルである、VNIR(可視近赤外域)でS/N比450以上、SWIR(短波長赤外域)でS/N比300以上、空間分解能30m、観測幅30km、バンド数185以上を設定した。</p> <p>また、マルチスペクトルセンサに関してはASTERユーザの性能向上要求を反映して、空間分解能5m、観測幅90km、バンド数4、S/N比200以上を設定し、高頻度で高分解能データの提供が可能な目標を設定した。</p>		

事業の計画内容	主な実施事項	Fy19	Fy20	Fy21	Fy22	Fy23	
	1. センサシステムの設計						
	2. 要素技術開発						
	3. 評価モデル開発						
	4. フライトモデル開発						
	5. 宇宙実証支援						
	6. 技術動向調査等						
開発予算 (百万円)	会計・勘定	Fy19 (実績)	Fy20 (実績)	Fy21 (計画)	Fy22 (計画)	Fy23 (計画)	総額
	一般会計	0	0	0	0	0	0
	特別会計 石油 (電気・高度化・石油の別)	465.5	950.0	2,375.0	2,504.0	1,946.5	8,241.0
	総予算額	465.5	950.0	2,375.0	2,504.0	1,946.5	8,241.0
開発体制	経産省担当原課	製造産業局 航空機武器宇宙産業課					
	プロジェクトリーダー	調整中					
	委託先(*委託先が管理人の場合は参加企業数も記載)	委託先:(財)資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構 :日本電気株式会社 共同実施先:(独)宇宙航空研究開発機構 北海道衛星株式会社(19年度のみ)					
情勢変化への対応	<p>(1) 事業の初年度にリモートセンシングデータを利用している分野および今後利用が想定される分野の有識者へのアンケートを実施するとともに、資源、環境、農業、データ処理、航空機リモセン事業等々の関連分野の専門家で構成したミッション要求審査委員会においてセンサに対する要求仕様の審議を行い、S/Nの向上等を提言した。 このミッション審査要求審査委員会の提言を受け、平成20年3月に基本計画の目標性能を変更した。</p> <p>(2) 平成19年度において、性能向上、コスト削減、開発期間の短縮を目的として要素技術開発の部品仕様の変更、計画の前倒しに加速財源を投入した。投入額166百万円。</p> <p>(3) 本センサの搭載を予定している、JAXAの災害監視衛星(現ALOS-3)の開発が確実に進んだことから、JAXA/JAROS間の共同研究体制を構築し、インタフェース調整作業が確実に進むようにした。</p>						
III. 研究開発成果について	中間目標に対する達成状況	中間目標を達成した。					
	投稿論文	5件 (査読なし)					
	特許	特許 1件(申請中、海外準備中)					
IV. 実用化、事業化について	<p>(1) 実用化の見通し 目標性能の達成見通し、JAXA ALOS-3への搭載可能性の見通しが得られたことから、実用化の可能性の見通しは得られている。</p> <p>(2) 事業化の見通し ・センサ販売の事業化 国内プログラムの立ち上げ提案、海外プログラム参入のための官民連携の推進を図ることによって、事業化を進める。 ・データ販売の事業化 ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの市場規模は本プロジェクトで開発したセンサの運用を予定している、2012年から5年間で約6,700億円と見込まれており、この市場を取り込むべく、国内外のユーザ、利用産業界とも連携をとり、付加価値データの展開まで視野に入れた事業化への努力、需要の拡大を進める。</p> <p>(3) 波及効果について ・分光センサ技術者、画像データ処理技術者、衛星搭載センサ開発者の人材育成、分光技術、素子技術、分光測定技術、画像分析技術のノウハウの蓄積 ・分光、校正技術の蓄積、分光波長データベースの蓄積に貢献 ・農産物の育成管理への貢献、海洋資源、鉱物資源探査、森林、河川の環境監視、安全保障への貢献</p>						

V.評価に関する事項	事前評価	平成18年実施
	中間評価以降	中間評価 平成21年度 実施予定 事後評価 平成24年度 実施予定
VI.基本計画に関する事項	作成時期	平成19年3月制定
	変更履歴	平成20年3月 ミッション要求審査委員会の審議結果反に基づく目標値変更 平成20年7月 イノベーションプログラム基本計画制定により改定 平成21年3月 宇宙基本法制定により改定、根拠法の改定

用語集

- ※ 1 ハイパースペクトルセンサ・・・高い波長分解能により対象物のスペクトルを細かく計測する機能を持つ画像センサのこと。実際には大体 $0.4\sim 2.5\mu\text{m}$ の波長域に数百バンドを有するものを指す場合が多い。現在、航空機搭載用による研究が進められており、AVIRIS、CASIといったセンサが活躍。スペクトル分解能の大幅な向上により、岩石・鉱物をはじめ農作物、土壌、海洋諸現象の多分野にわたり従来、困難だった微細な分類／同定精度の改善が期待されている。
- ※ 2 マルチスペクトルセンサ・・・可視近赤外域から熱赤外域までの地球からの放射光・反射光の強度をいくつかの波長帯に分けて観測することにより、物質固有の吸収帯の違いを利用して地表面の対象物を識別するセンサであり、本センサ目標値では可視近赤外域に4バンド程度の観測域を有するセンサを指す。可視光領域の青、緑、赤の波長帯に3～4バンド程度の観測域を持つセンサで撮影し、カラー合成することにより地表面の光学写真の取得が可能となる。
- ※ 3 S/N比・・・信号量Sの雑音量Nに対する比率(S/N)のこと。リモートセンシングデータにおいては様々な雑音成分が存在するが、光学センサの場合は、入射光量に対する出力(信号電流)と雑音電流の比で評価する。雑音電流は、使用するセンサ素子の種類によって異なり、フォトダイオードの場合は後続の増幅器の影響を大きく受けるが、CCDでは暗電流、ショットノイズが顕著である。
- ※ 4 雑音成分(Noise)・・・雑音成分はショットノイズ、検出器の暗電流、背景光雑音、受信回路の熱雑音からなり、ここではショットノイズ以外の雑音成分(光がセンサに入らない状態での雑音成分)を暗時雑音と規定している。ショットノイズは入射光量の2乗根と線形関係があるため、一般に入射光量が少ない時は暗時雑音が支配的となり、入射光量が大きい時はショットノイズが支配的となる。
- ※ 5 観測波長域・・・太陽放射スペクトルは概ね表面温度の黒体放射で近似できることから、およそ $0.48\mu\text{m}$ において放射強度最大となり、長波長側へ移るにつれて放射強度は低下する。ハイパースペクトルセンサによるリモートセンシングでは、大気上端面での太陽放射スペクトルと地表面からの反射スペクトルの差から大気による吸収・散乱等による影響を除くことにより得られる地表面の吸収スペクトルにより、地表面の属性の判読を行うため、観測波長帯は一定程度以上の反射光の強度が得られる波長域に限られる。
- ※ 6 最大入射輝度・・・地表面からの反射光強度の最大許容値。本目標値は、晴天時にアルベド70%の地表面(砂漠等)に太陽天頂角 24.5° の太陽光があたった時、真上の衛星軌道上で撮影される入射輝度を許容するセンサで規定する。
- ※ 7 アルベド・・・太陽からの入射光の強さに対する反射光の強さの比、つまり全太陽スペクトル(あるいは可視波長範囲)における物体の反射率をアルベドと呼び、砂漠の場合、可視近赤外域から短波長赤外域においてアルベドは70%近くになる。
- ※ 8 太陽天頂角・・・太陽方向と天頂方向の成す角度。太陽高度角とは補角関係にあ

る。

- ※9 MTF・・・Modulation Transfer Functionの略。レンズの結像性能を評価するために、被写体のもつコントラストをどの程度忠実に像の中に再生する能力があるかを、空間周波数(単位:本/m)に対して示したもの。MTFは、広い周波数範囲にわたって1に近いフラットな形であることが望ましいが、実際には高周波になるほどコントラストは低下しついには0となる。
- ※10 ラジオメトリック分解能・・・アナログ信号をデジタル的に変換する際、変換されたパルス信号の振幅を段階的に最小単位で区切る数(8bitの場合、 $2^8=256$ となる)を表量子化ビット数で表す。画像のダイナミックレンジを支配する重要な因子である。
- ※11 ポインティング機能・・・センサの観測方向を軌道上で選択できるようにした機能。画像センサの走査幅が隣接軌道間隔よりも狭いときは、全地表面をカバーするために、衛星の進行方向と直角の方向に観測方向を選択できる機能が必要になる。この機能を利用して重点地域の観測頻度を上げたり、異なる位置から同一地域を観測して立体視を行うことができる。
- ※12 設計寿命・・・軌道上において所定の性能を維持し、稼動することを保証する期間を意味する。
- ※13 目標寿命・・・設計上の工夫により達成することを目標とする稼動期間を意味する。本センサ開発では、耐放射線、耐紫外線、温度サイクル、クリティカルな部分の冗長化等を考慮した設計等に留意した設計により達成することを目標とすることを意味する。
- ※14 MRR・・・Mission Requirement Review (ミッション要求審査)の略。基本計画に示された最終目標仕様とエンドユーザのニーズとの整合性について、アンケート、ヒアリング等を実施した結果を基に審査し、ユーザからの目標仕様を策定し、基本計画の修正を行う。
- ※15 SRR・・・System Requirement Review (システム要求審査)の略。ミッション要求がシステム仕様に適切にブレイクダウンされていることを審査し、確認する。
- ※16 PDR・・・Preliminary design Review (基本設計審査)の略。設計仕様書を設定するための開発仕様書に基づく基本的な設計終了時に開催され、開発仕様書の各項目を満足する製品の実現性などを審査し、詳細設計に移行できることを確認する。
- ※17 CDR・・・Critical design Review (詳細設計審査)の略。プロトタイプモデルの製造に先立ち、製品の詳細な設計内容が技術仕様書の要求事項を満足しており、製造に移行できることを確認する。

I. 事業の位置づけ・必要性について

本プロジェクトは、高性能ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの研究開発を実施するものであり、エネルギーイノベーションプログラム、航空機・宇宙イノベーションプログラムの下で実施されるものである。

本プロジェクトには、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）機械システム技術開発部が定める基本計画を適用するものである。

本事業原簿は本プロジェクトの開発状況について記述するものである。

1. NEDO の関与の必要性・制度への適用性

1.1 NEDO の関与することの意義

本プロジェクトは、化石燃料の大半を輸入に依存している日本の国家としての安全に貢献する資源探査及び環境監視、災害への対応等国民の安心に大きく寄与するなど公共性の高い用途に提要されるものであり、総合科学技術会議の戦略重点科学技術に選定され、経済産業省のエネルギーイノベーションプログラム、航空機・宇宙産業イノベーションプログラム、METI/NEDO の戦略技術マップでも開発スケジュールが示されている。さらに宇宙開発戦略本部の基本計画においても、食料供給の円滑化、資源・エネルギー供給の円滑化にハイパースペクトルセンサの開発が必要とされている。

また、民間でも本プロジェクトで開発するハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの利用事業の広がりがあり、その強化、発展のためにこれら地球観測センサの継続運用へ強い要望があり、民間としての事業化の検討も進んでいる。また、世界的にもハイパースペクトルセンサプロジェクトが欧米だけでなく南アフリカ、中国、インドでも進められており高性能のハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの開発成果は海外のプロジェクトへの売り込みも可能にする。

このように民間においても地球観測データ利用の期待が高まっているが、センサ開発、利用技術開発には長期の開発期間が必要であり、多くの初期投資が必要なこと、ハイパースペクトルセンサにおいてはこれまで多くの開発実績があるマルチスペクトルセンサの技術に加えて高性能な分光器の開発など高度な技術の新規開発が必要であり、事業化を計画している民間からも開発フェーズでの官の資金援助、大学、研究機関の知識、ノウハウを活用できるようにとの要望がある。

このように本プロジェクトは日本としての安全、安心に大きく貢献する国家レベルのプロジェクトであり、また将来において民間での事業化の可能性も大きい。しかし初期投資が膨大であり、新規開発要素も多く産官学の能力を結集して開発を進めることが必要でこれらに関しては NEDO の知識、実績、経験を十分に生かすことができるため、NEDO が関与する効果の大きな事業である。

1.2 実施の効果(費用対効果)

1.2.1 予算総額

本プロジェクトの予算総額は 82 億 4 千 1 百万円と予定されている。この費用に対し、どの程度の効果があるかについて、衛星搭載ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの市場規模の試算、鉱物資源探査への効果の試算を行った。

1.2.2 実施の効果

(i) リモートセンシング市場による実施の効果の推定

商用衛星の主流を占める高分解能/パンクロの画像に対し、マルチスペクトルセンサ、ハイパースペクトルセンサの市場占有率は増加の傾向にあり、これは、民需の拡大、すなわち地図作成や測量の補助手段に過ぎなかった衛星画像の市場が、付加価値サービスを含めて顧客ニーズが多様化していく傾向にあるためと考えられる。

図 1.2-1 は米国の ASPRS*)による航空機リモートセンシング、衛星リモートセンシング市場の北米市場の予測を示している(単位 B\$)。図 1.2-1 では 2010 年までだが本プロジェクトを開始する 2012 年まで同様な伸びを示すとしたときの予測は約 64 億\$/年となる。また、航空機リモートセンシングに対し、衛星リモートセンシング市場は伸びを示しているが 2012 年ではまだ、33%強と推定できることから、2012 年での北米衛星リモートセンシング市場は約 22 億\$/年と推定できる。

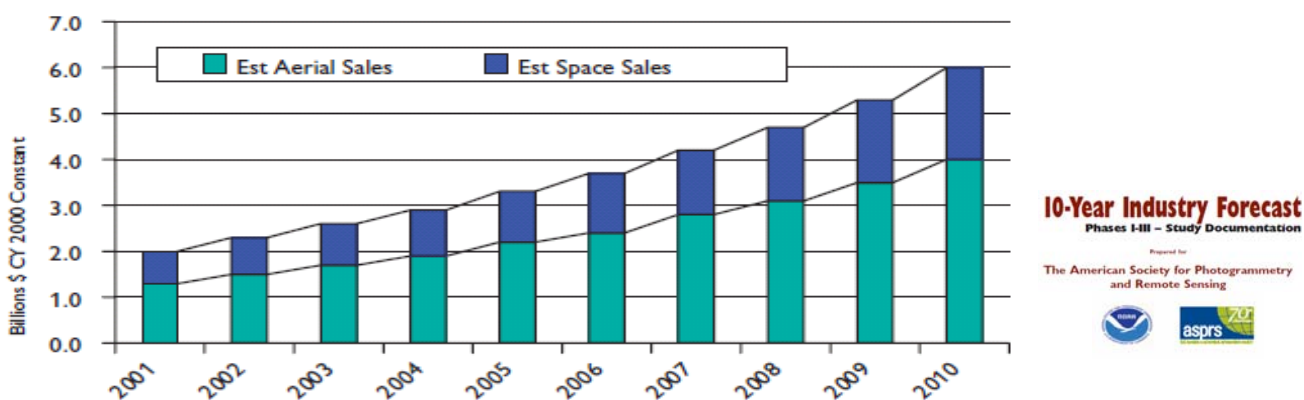


図 1.2-1 航空機リモートセンシング、衛星リモートセンシング市場北米市場予測

注*) ASPRS: 米国写真測量リモートセンシング学会。1934 年に米国写真測量学会 (ASP) として発足したが、その後リモートセンシングを加え、1985 年 4 月に学会名を標記に変更した。

表 1.2-1 にセンサ別の市場シェアを表す。空間分解能はマルチスペクトルが 9 メートル、ハイパースペクトルを 18 メートルと想定した市場調査結果である。これによると、世界の航測・衛星ハイパースペクトル/マルチスペクトルの市場シェアは、2012 年に各々

3.4%と 18.6%と推測され、合計市場ハイパースペクトル／マルチスペクトルの市場シェアは 22.0%と推測される。

2012 年での衛星リモートセンシングの市場は約 22 億 \$ と推定できるのでそのうちハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの推定市場は約 4.8 億 \$ /年となる。

さらに、欧州、アジアを含めると約 2 倍の市場があるとすると合計で約 9.6 億 \$ /年となる。図 1.2-1 では、衛星リモートセンシング市場は 5 年で約 2 倍成長している。その後も同様な成長を続けると仮定すると、2012 年以降、本プロジェクトの運用を想定している 5 年間での市場規模は、約 72 億 \$ /5 年(約 6,700 億円/5 年、約 94 円/\$)が期待できる。この市場を、ハイパースペクトル画像やマルチスペクトル画像を提供する衛星・航測事業者、付加価値・再販業者で分け合うこととなる。

表 1.2-1 センサ別シェア

Remote Sensing Vertical Markets: Percent of Revenues by Remote Sensing Technique (North America), 2000-2010

Year	Panchromatic (%)	Multi-Spectral (%)	SAR (%)	Hyper-Spectral (%)	LIDAR (%)
2000	74.5	14.4	4.1	2.9	4.1
2001	74.5	14.5	4.1	2.8	4.1
2002	74.7	14.4	4.0	2.8	4.1
2003	74.7	14.3	4.0	2.7	4.3
2004	74.2	14.5	3.9	2.7	4.6
2005	73.5	14.8	4.0	2.8	5.0
2006	72.4	15.2	4.1	2.8	5.5
2007	71.1	15.7	4.2	2.9	6.1
2008	69.4	16.2	4.4	3.0	6.9
2009	67.6	16.8	4.7	3.1	7.9
2010	65.7	17.4	4.9	3.2	8.8

Note: All figures are rounded; the base year is 2003. Source: Frost & Sullivan

注*) Frost & Sallivan 社: 国際マーケティング、市場調査およびコンサルティングのリーディング・カンパニー。先端技術分野での成長優秀賞の選定等も行っている。

(ii) 石油鉱区探査、金属資源鉱区探査における効果

資源探査では高精度の地表物質が把握できるハイパーデータが重要な情報ソースとなる。例えば石油メジャーでは自社で航空機搭載ハイパーを所有していたり、金属企業では航空機ハイパーデータ取得企業への外注によりデータ取得している。

このように鉱物資源探査に関しては衛星搭載ハイパースペクトルセンサの効果は大きいと期待できることから、鉱物資源の探査における衛星リモートセンシングデータの効果として以下の試算を行った。航空機リモートセンシングを採用した場合との比較と、探査への貢献の場合について試算している。

- 航空機搭載センサと比較した場合

「航空機搭載センサデータ」

航空機搭載センサ取得費用 約 16,000 千円/600km²/回

本プロジェクト開発のハイパースペクトルセンサの撮像面積は

30km×30km=900 km²

なので、上記は 600km² は 1 シーンのデータで対応できる。

データの画像の単価をいくらとするかは未定であるが、仮に 1,000 千円としても、一回あたり、15,000 千円/箇所/回の効果が期待できる。

上記は航空機搭載センサでの撮像が可能な場合であるが、鉱物資源の鉱区は未開発地域、政治情勢のよくない地域である場合も多くその場合は航空機での撮像は困難であり衛星データの利用が最も効果があることとなる。

- 鉱区の探査における効果

石油鉱区あるいは金属鉱区が取得できた場合の費用効果は以下が想定される。

石油鉱区：約百億円

金属鉱区：数十億円

例えば 2 箇所の石油鉱区が取得できれば、約二百億円の効果がある。

探査費用の削減効果

衛星データを利用することでその地域には鉱区がないことがわかれば費用軽減となる。

石油鉱区/金属鉱区探査費用 数億から数十億円/地域 とされているので、例えば 10 地域の探査を回避できれば数十から数百億の効果がある。

2. 事業の背景・位置づけ・目的

2.1 事業の背景、目的

衛星による地球観測は、資源探査、環境監視、植生の把握などに有効であり、国としての安全、安心に大きな貢献が可能なことから以下に示すように社会的必要性として事業の位置づけに示すような国レベルでの政策に示されている。

- ・ イノベーションプログラム
 - エネルギーイノベーションプログラム
 - 化石燃料の安定供給確保
 - 資源開発に有効な岩石・鉱物や地質構造解析
 - 航空機・宇宙産業イノベーションプログラム
 - 産業競争力向上基盤技術

- ・ 技術戦略マップ
 - METI/NEDO で策定した技術戦略マップ 2009 に本プロジェクトのマルチスペクトルセンサ、ハイパースペクトルセンサの今後の技術開発の計画が示されている。

- ・ 宇宙開発戦略本部 基本計画
 - 平成 21 年 6 月に策定された、宇宙開発戦略本部の基本計画において、公共の安全の確保、食糧供給の円滑化、資源・エネルギー供給の円滑化、地球規模の環境問題の解決(低炭素社会の実現)への貢献にマルチスペクトルセンサ、ハイパースペクトルセンサの開発を行うとしている。

また、これまでに日本の地球観測衛星プロジェクトとしては、JAXA と経済産業省の二つの系列で実施されてきており、経済産業省の光学センサとしては、JERS1 の OPS 及び NASA Terra 衛星に搭載された ASTER があり、JAXA の光学センサとしては ALOS に搭載された AVNIR2 があり、それぞれ高品質な画像データを提供してきた。ASTER に関しては、VNIR、SWIR、TIR の波長域に 14 バンドを有し、1999 年の運用開始以降、資源探査、環境監視、植生分布などに国内だけでなく海外でも多くのユーザに利用されてきた。

このような状況の下で、ユーザからは継続的なデータ提供、観測機会の増大、空間分解能の向上、対象物識別能力の高い波長分解能向上などの要求が寄せられてきた。これらのユーザの中から民間の企業連合として地球観測衛星事業の検討を行う動きが出てきている。一つは ASTER の継続運用を目的として関連の民間企業 28 社で次期地球観測センサの要求仕様の取りまとめ、民間の貢献の可能性の検討を行ってきた「地球観測利用ビジネス協議会」、もう一つは伊藤忠商事が中心となってハイパースペクトルセンサデータを全地球規模に展開するビジネスを提案した「ワールドスペクトラム」があり、民間も参加しての地球

観測衛星の継続運用、地球観測データ利用ビジネスの活性化への動きが見られている。

これら社会的な必要性と、産業界でのニーズの高まりがあることから、国の安全、安心への貢献、データ利用産業の発展を目的として、対象物識別能力の高いハイパースペクトルセンサの開発、高分解能で観測幅が広いマルチスペクトルセンサによるデータの継続的供給が必要とされた。

以下参考に、「地球観測利用ビジネス協議会」と「ワールドスペクトラム」の概要を示す。

(1) 地球観測利用ビジネス協議会

2002年11月に民間28社により設立され、ASTER後継となる中分解能地球観測プロジェクトの立ち上げに向けて、ユーザ要求のヒアリングなどによる調査、運営会社の成立性の検討などを行った。2004年に報告書を作成した。その中でASTERのデータを継続することによってデータ利用産業が活性化し、地球観測衛星運用会社の成立可能性はあるものの初期投資が大きいこと、事業で利益が見込めるまでの期間が長いことから、少なくとも初号機の開発、打ち上げは官の支援が必要であり、民間が投資できるとしても地上設備とした。その後、活動は利用分科会による検討の継続、ホームページ (<http://remosen.jp>) 運用が続けられており、地球観測リモートセンシングに関する情報を発信している。

(2) ワールドスペクトラム

2004年8月に、伊藤忠、衛星通信大手のJ S A Tなど4社と共同で2009年度に日本初の民間企業による商用の地球観測衛星を打ち上げると発表した。鉱物資源探査や森林の環境変化調査などを目的に、衛星から撮影した画像を国内外で販売する。防衛庁などの政府機関や日本企業の多くはこれまで、こうした衛星画像を外国企業から買っていた。新会社はこうした国内の需要のほか、高性能センサを売り物に海外市場も狙うとしている。衛星の事業会社として設立したのはワールドスペクトラム（東京都港区）。NTTデータ、画像処理会社のイメージワン、NEC東芝スペースシステムも出資。2005年から開発を始め、2009年度に2基の「リモートセンシング衛星」を打ち上げるとしていた。ワールドスペクトラルの衛星には世界初の高性能ハイパースペクトルセンサを搭載、鉱物資源の分布や海中の海藻の生息密度、樹木が根腐れしていないかどうかなどの情報も分かり、塗装で周囲と同色にした物体も識別できるので、安全保障の用途にも広げるとしていた。2基の衛星の寿命は7年間で、総事業費は約400億円。年間売り上げは約40億円しか見込めず、不足分は文部科学省など関係省庁の資金協力を仰ぐ方針としていた。

その後、企画会社としては活動を停止し、改めて協議会形式で事業化の検討を進めている。

さらに、海外では2000年に米国NASAがEO-1に可視近赤外から短波長赤外域のハイパースペクトルセンサであるHyperionを搭載し、2001年にはESAがPROBAに可視近赤外域のハイパースペクトルセンサであるCHRISを搭載している。これらはいずれも試験的、

実証目的のプロジェクトであり、性能的にも S/N 比などは必ずしも十分とはいえなかったが、それでも多くの画像を取得、提供してきており日本でも主として研究用に利用されている。この経験をもとに、欧米ではより実用的な仕様を持ったプロジェクトが計画されており、イタリアが PRISMA(空間分解能 30m)を 2011 年、ドイツが EnMAP(空間分解能 30m)を 2012 年にさらに米国 NASA が HypIRI(空間分解能 60m)を 2016 年に打ち上げを計画している。これらはいずれも S/N 比などの性能を向上した仕様を有している。また、昨年(2008 年)にはインド、中国がハイパースペクトルセンサを搭載した地球観測衛星を打ち上げているが空間分解能はそれぞれ 500m、100m と欧米及び本プロジェクトで計画している性能よりは劣っている。

これらのプロジェクトも地球環境監視、資源探査を主要な目的としており、日本でも独自のハイパースペクトルセンサの開発を行い、国際的競争力維持の必要性が高まっている。

2.2 事業の意義

本プロジェクトの主要な目的は資源探査能力の向上及び環境監視、災害対応能力の向上を目的とした高性能地球観測センサの開発であり、開発後民間レベルでの事業化につながることを期待するものである。

(1) 資源探査能力の向上（エネルギーイノベーションプログラム）

化石燃料資源の大半を輸入に依存する我が国においてその安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。本プロジェクトで開発する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るため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による、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。

(2) 産業競争力の強化（航空機・宇宙イノベーションプログラム）

世界トップレベルのハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの開発技術力を達成することにより、地球観測センサ開発における国際競争力が強化できる。

また ASTER、AVNIR2 などの地球観測データを利用してきたユーザに、継続してデータが提供されるとともに、世界トップレベルの高分解能マルチスペクトル画像、高性能ハイパースペクトル画像が供給されることにより新たな利用分野が創出されるなどの利用産業の活性化が図られ技術力の向上が期待できる。

(3) 環境監視、災害対応能力の向上

地球規模での地球温暖化に対応するための環境監視、地震などの災害発生時の迅速な対応が社会の安全から要求されている。本プロジェクトで開発するハイパースペクトルセンサの取得データからは植生、汚染などの詳細な環境情報が提供でき、広い観測幅を持ち空間分解能の高いマルチスペクトルデータが広範囲の詳細なデータを提供することができ広い範囲の経年変化を見る必要のある環境監視や地震、水害などでの広範囲の地表データが必要な分野に大きく貢献することができる。

(4) 樹種識別、成長度把握による農林業への貢献

本プロジェクトで開発するハイパースペクトルセンサは、高い波長分解能、高 S/N 比を有しているため、植物の樹種判別、レッドエッジの変化による植物の成長度の情報抽出が可能であり、森林管理、穀物や野菜の収穫時期の予測などへの応用が可能である。

(5) ASTER(マルチスペクトルセンサ)データの継続によるデータ利用産業活性化

2.1 章のなかで示した民間会社による地球観測利用ビジネス協議会が ASTER データの

継続を官に要望するとともに民間での事業化の検討を目的として設立されたように、地球観測センサは同一仕様、品質の画像を継続して提供することにより変化の抽出、将来の予測、検証などが行えることになり利用者の利便性が向上する。

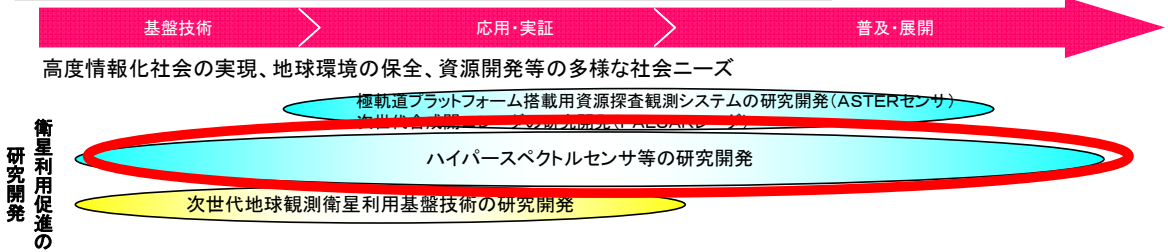
(6) 国際的なハイパースペクトルデータの普及への貢献

ハイパースペクトルデータの国際的な普及への活動への協力、資源国への探査における協力または各国のプロジェクト間でのデータの相互利用による利用者の拡大など日本の国際貢献が期待できる。

(7) 防災監視による国際協力による日本の貢献度の強化

防災監視による国際協力(センチネルアジア等におけるマルチスペクトルセンサデータの貢献)が進められているがこの分野では高分解能マルチスペクトルセンサの画像の貢献度が大きい。

7. 航空機・宇宙産業イノベーションプログラム



(3) NEDO 技術戦略マップ 2009 年版

METI/NEDO で策定した技術戦略マップ 2009 に本プロジェクトのマルチスペクトルセンサ、ハイパースペクトルセンサの今後の技術開発の計画が示されている。赤丸印が本プロジェクトに関連する部分である。重用技術としても選定されており、本プロジェクト開発完了後さらに性能を向上したシステムの開発を継続して行うこととしている。

技術分野	技術課題	年次	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2025
地球観測	宇宙と地上の暮らし・安全・安心に「多様なミッションへの対応可能な地球観測システムの構築」														
受動型光学センサ技術	高分解能陸域観測	マルチスペクトル(MS)センサ	空間分解能					可視近赤外3~5m					可視近赤外3m以下		
	中分解能地域観測	ハイパースペクトル(HS)センサ	波長域/バンド数					420~800nm/4n/24*							
			観測幅					90km							
			S/N					200以上					S/N向上		
			空間分解能					可視~短波長赤外30m					可視~短波長赤外10m	可視近赤外5m、短波長赤外10m、熱赤外80m	
			波長域/バンド数					400~2500nm/~185バンド					400~2500nm/200~300	400~2500nm/300.8~12μm/20	
			観測幅					30km							
			S/N					可視:450以上、短波長赤外:300以上							

分野	技術課題	重要技術の選定理由					
		社会的要請への貢献		国際競争力強化			
		国として保有すべき基盤技術	利用ニーズの多様化等に対し将来必要となる技術	小型・軽量化	信頼性向上	低コスト化	短納期化
地球観測	高分解能陸域観測	ハイパースペクトルセンサ	○	○		○	○
		パナクロマティックセンサ	○	○		○	○
	ターゲット観測用マルチバンドカラーセンサ	○	○		○	○	
	中分解能地域観測	ハイパースペクトルセンサ	○	○		○	○
		マルチバンドHSセンサ	○	○		○	○
		熱赤外センサ	○				

(4) 宇宙戦略本部 基本計画

平成 21 年 6 月宇宙開発戦略本部基本計画が策定され、ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサについて以下の用途に適用するために開発するとされている。

多くの周波数による観測により分類能力が向上したハイパースペクトルセンサ

- ・ 食糧供給の円滑化 穀物の生育や品質の把握
- ・ 資源・エネルギー供給の円滑化 地質や鉱物の詳細な把握

広範囲な観測により分解能力が向上したマルチスペクトルセンサ

- ・ 公共の安全の確保 防災等
- ・ 国土保全・管理 国土情報の蓄積

出展 <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/utyuu/keikaku/keikaku.pdf>

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

1.1 最終達成目標

本プロジェクトの達成目標の設定に当たっては、ユーザの意見を反映するため資源、農業、環境などの分野の専門家へのアンケート、聞き取り調査及び航空機ハイパースペクトルデータによる再シミュレーション評価を実施し、そのデータをもとに、ミッション要求審査委員会において審議し、下記の目標を最終的に設定した。

主要な項目の開発目標は以下である。

- マルチスペクトルセンサ、ハイパースペクトルセンサの同時搭載
- ハイパースペクトルセンサ開発目標
 - 空間分解能 30m 以下
 - 観測幅 30km
 - バンド数 185 以上
 - S/N 比 VNIR 450 以上
SWIR 300 以上
- マルチスペクトルセンサ開発目標
 - 空間分解能 5m 以下
 - 観測幅 90km
 - バンド数 4
 - S/N 比 200 以上

さらに詳細な項目については以下の目標を設定し、各項目をフライトモデルにおいて確認することを最終開発目標とした。

<ハイパースペクトルセンサ (HS) >

HS	項目	達成目標
1	空間分解能	30m 以下
2	観測幅	30km 程度 (空間分解能の 1000 倍)
3	バンド数	185 程度
4	観測波長域	0.4~2.5 μ m
5	波長分解能 (バンド幅)	平均 10nm 以下 (VNIR) 平均 12.5nm 以下 (SWIR)
6	最大入射輝度	アルベド 70%
7	S/N 比	仕様値 450 以上@620nm

		仕様値 300 以上@2100nm (前提：アルベド 30%・太陽天頂角 24.5 度)
8	暗時雑音	S/N 比規定レベルの Signal の 1/350 以下
9	迷光	S/N 比規定レベルの Signal の 1/100 以下
10	MTF	0.2 以上
11	ラジオメトリック分解能	量子化ビット数 10bit 以上
12	波長精度	VNIR：誤差 バンド幅の 2%以下 SWIR：誤差 バンド幅の 5%以下
13	バンド間相対感度精度	誤差：2%以下
14	オンボード圧縮・処理能力	有 (バンド削減等も対象)
15	ポインティング機能	有 (衛星ポインティングも対象)

※波長校正時には上記の1/2のバンド幅にて校正を行うこととする。

<マルチスペクトルセンサ (MS) >

MS	項目	達成目標
1	空間分解能	5m 以下
2	観測幅	90km 程度 (空間分解能の 18000 倍)
3	バンド数	4
4	観測波長域	0.45~0.90 μ m
5	最大入射輝度	70%
6	S/N 比	仕様値 200 以上 @全ての観測帯 (前提：アルベド 70%・太陽天頂角 24.5 度)
7	暗時雑音	S/N 比規定レベルでの 1/400 以下
8	迷光	S/N 比規定レベルの Signal の 1/100 以下
9	MTF	0.3 以上
10	ラジオメトリック分解能	量子化ビット数 8bit 以上
11	バンド間相対感度精度	誤差：2%以下
12	オンボード圧縮・処理能力	有 (バンド削減等も対象)
13	ポインティング機能	有 (衛星ポインティングも対象)

※ラジオメトリック分解能については、ゲイン切り替え、データ処理上の工夫等により実質的に 12bit以上の分解能を実現する。

(前提条件)

- 設計寿命 5年以上。目標寿命 7年。
- 衛星実証時の軌道高度： 625.7km。

1.2 目標設定理由

目標設定に当たっては、ユーザの要求に合致していること、世界最高レベルの性能を有していることを前提に検討を行った。

ハイパースペクトルセンサに関しては、航空機ハイパー、Hyperion などのデータを実際に使用しているユーザから高 SN データが必須との要望があり、世界的にも最高水準にある以下の SN が可能な目標とした。

VNIR (可視近赤外) 450 以上

SWIR (短波長赤外) 300 以上

マルチスペクトルセンサに関しては、ASTER のユーザのデータの継続性がありさらなる性能向上をとの要求を反映した。

高空間分解能 15m→5m

高頻度観測(広観測幅) 60km→90km

バンド数 3→4 青バンド追加

(沿岸域の観測に有利であり、またトゥルーカラー*) が可能)

*) 青バンドを追加することにより、赤、緑、青の 3 バンドを使用して自然色に近いカラー画像の提供が可能になる。

S/N 比 ASTER 相当以上 160→200

バンドの波長域に関しては国際間でデータの共通利用を考慮し、Landsat を基準にして設定した。

1.3 中間目標

中間目標は、以下に示すとおりである。

- ① ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサの分光・検出系、高速信号処理系、校正系について、要素試作試験などにより最終目標性能のセンサスペックの実現の見通しを得る。
- ② 両センサの分光系、検出部、信号処理部、校正部、伝送系を含めた評価モデルを開発し、軌道上環境での熱環境や機械環境に対する耐性、電磁適合性などについて試験により確認する。

2. 事業計画内容

2.1 研究開発の内容

2.1.1 事業計画(研究開発)の内容

本研究開発では、平成 23 年度までに環境観測・災害監視・資源探査・農林水産など、多様な用途への活用を可能とする広い観測幅にと高い波長分解能を有する高性能な衛星搭載型ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサの技術の開発を行う。

センサ開発は概念設計、基本設計、詳細設計、維持設計のフェーズで実施し、搭載モデル（フライトモデル）を開発し、実運用に供するが、技術的課題である要素技術の解決を目的とした要素技術開発及び目標仕様の実現性確認、搭載に耐える設計であることを確認する評価モデルを設計・製作・試験し確実な開発が可能なように計画している。

各項目の内容は以下のとおりである。

① センサシステムの設計

ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサの基本計画の実現を目的とした概念設計、基本設計、詳細設計、維持設計を行い、フライトモデルの開発仕様書の作成、維持を行う。なお、概念設計に先立ちユーザの声を反映するために NEDO の基本計画に示された最終目標スペックの妥当性検証作業を実施した。②項の要素開発及び③項の評価モデル開発は基本設計、詳細設計に反映される。また、各設計フェーズの成果は外部有識者から構成される委員会においてレビューを受けることとしている。

② センサシステムの要素技術開発

技術開発が必要な要素技術に関し、早期に性能実現の可能性を確認するため、以下の項目の要素技術開発を行う。

- ・ 高 S/N 比を実現する分光検出系技術
- ・ 高精度校正系技術
- ・ 高速データ処理系、データ伝送系技術

③ 評価モデルによる検証

ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの設計の確認を行うことを目的として、評価モデルによる検証を行う。

評価モデルとしては以下の 2 種類を開発する。

- ・ 「熱構造モデル」：熱構造的な性能を確認するものとし、軌道上環境での熱環境や機械環境に対する耐性について試験により確認する。
- ・ 「機能評価モデル」：電氣的な性能を評価するものとし、分光検出系、信号処理部、校正系、伝送系の性能確認を行う。

④ フライトモデルの開発

①の設計作業に基づきハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサのフライトモデルを設計・製作し、地上検証試験によりセンサ性能目標値の実現性を確認する。衛星軌道上での運用に必要な各種耐環境性、電磁適合性についても併せて検証する。

⑤ 宇宙実証支援

④項で開発、必要な確認試験を実施したセンサについて、円滑な軌道上実証実験に向け、搭載・インテグレーション支援作業を行う。

⑥ 技術動向調査・市場動向調査

i) 技術及び市場動向調査

研究開発の効率的な実施のため、国内外の技術動向、市場動向などの情報収集及び分析などを行い、開発計画に反映する。特に海外における既存のハイパースペクトル衛星（Hyperion、Chris）の観測データの品質、利用・普及の状況、当該観測データの利用側から見た時の課題について調査し、本プロジェクトにおける開発センサの設計思想に反映させるとともに、計画されているハイパースペクトル衛星計画（HERO（加）、EnMAP（独）、大樹他）の開発進捗状況、センサ仕様の設定根拠などについて調査し、本研究に反映する。具体的には下記の内容について調査する。

ii) 先端技術動向に関する調査研究

新たな技術の本研究開発への採り入れの可否を判断すべく、フィージビリティの確認を行うための調査研究を実施する。特にセンサの小型軽量化及び衛星スローダウン、IMCなど、さらなる高S/N比化の手法などについて検討する。

iii) 地球観測データ普及・利用促進方策に関する調査

国内外の事業として地球観測データ配布を行う先行事例も踏まえ、本センサによる観測データの配布・普及の方策及び体制などについて検討する。また、事業化に向けた障壁、必要な前提条件、具体的なビジネスモデルなどについて検討する。検討の実施にあたっては、事業化を検討する企業との間で定期的にワーキンググループを開催し、緊密に連携の上、進める。また本開発センサ仕様などに対して事業化の観点から意見具申する。

2.1.2 全体スケジュールと予算

本プロジェクトの全体スケジュール予算を図 2.1-1 に示す。

	FY2007	FY2008	FY2009	FY2010	FY2011
(1) センサシステムの開発 ・設計	△MRR 概念設計	△SRR 基本設計	△PDR 詳細設計	△CDR 維持設計	
・評価モデル	評価モデル(機能評価モデル、熱構造モデル)				
・フライトモデル			フライトモデル		
(2) 要素技術開発	要素技術開発				
(3) 実証実験による検証					検証支援
(4) 技術・市場動向調査	技術動向調査等				
コスト 合計 8,241 (百万円)	465.5 (加速財源166含む)	950.0	2,375.0 (予定)	2,504.0 (予定)	1,946.5 (予定)

図 2.1-1 全体スケジュール、予算

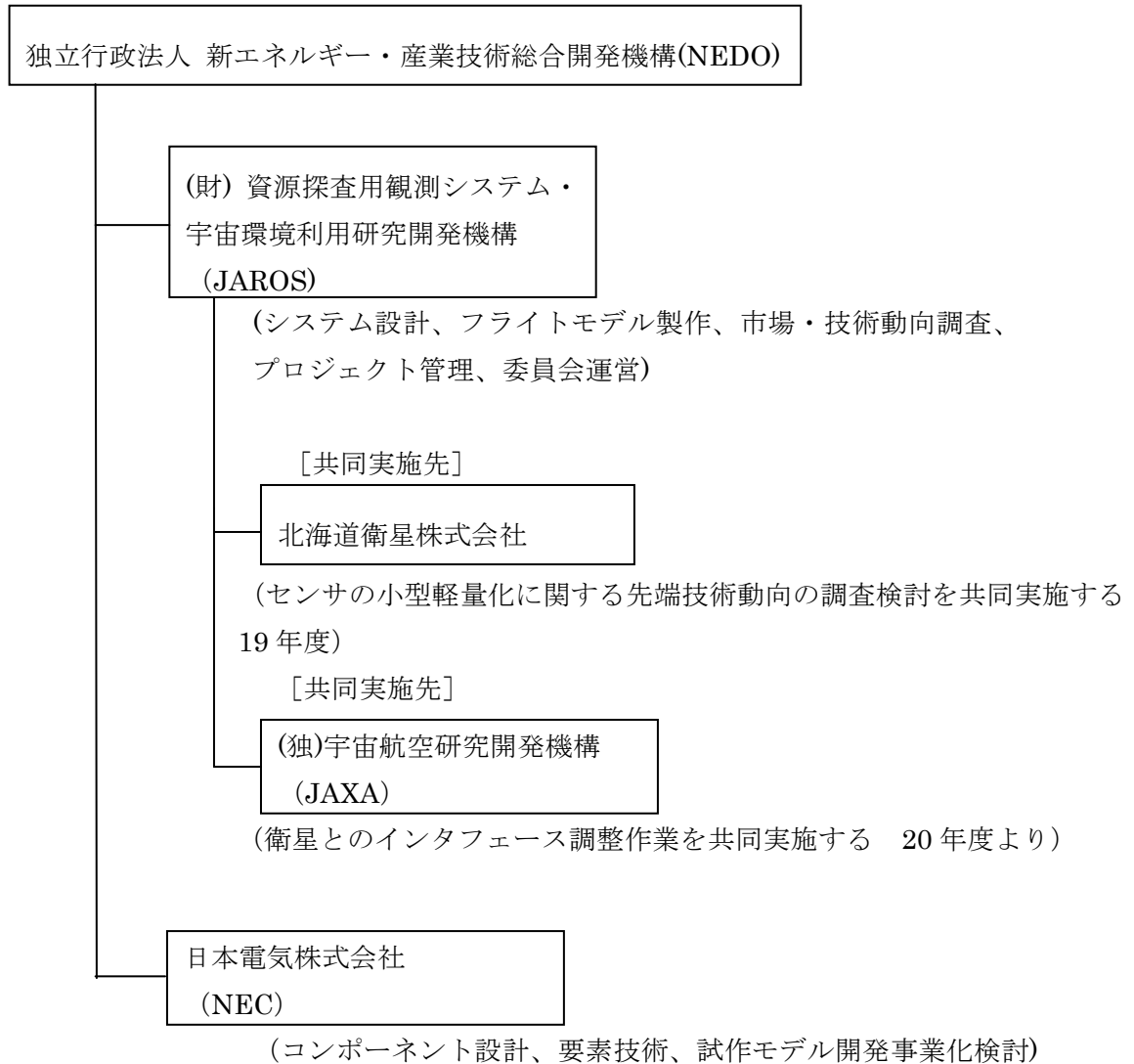
注) MRR: ミッション要求審査、SRR: システム要求審査、PDR: 基本設計審査、
CDR: 詳細設計審査

2.2 研究開発実施体制

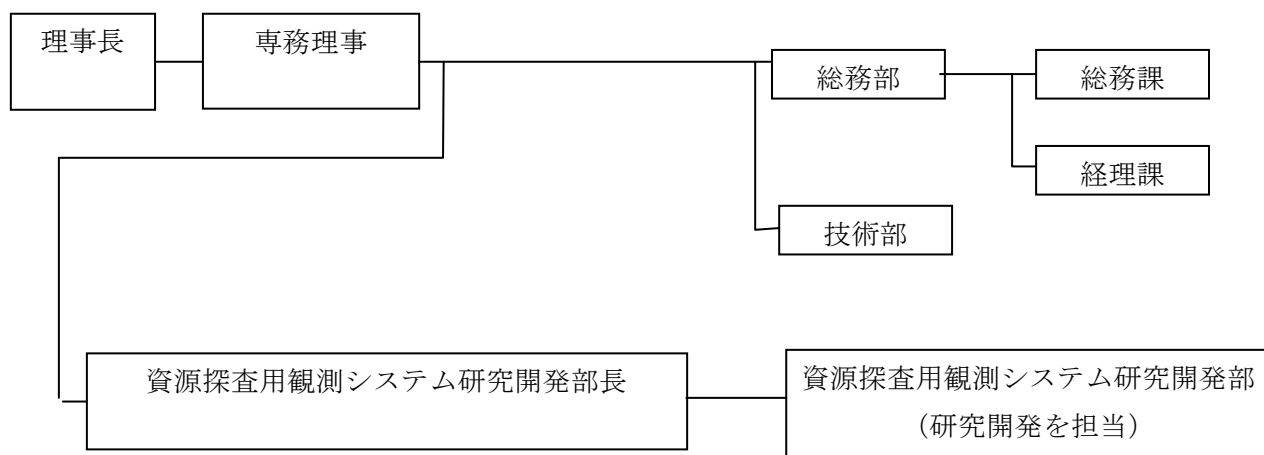
財団法人資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構（JAROS）及び日本電気株式会社（NEC）は、本プロジェクトを以下に示す体制により実施する。

2.2.1 実施体制

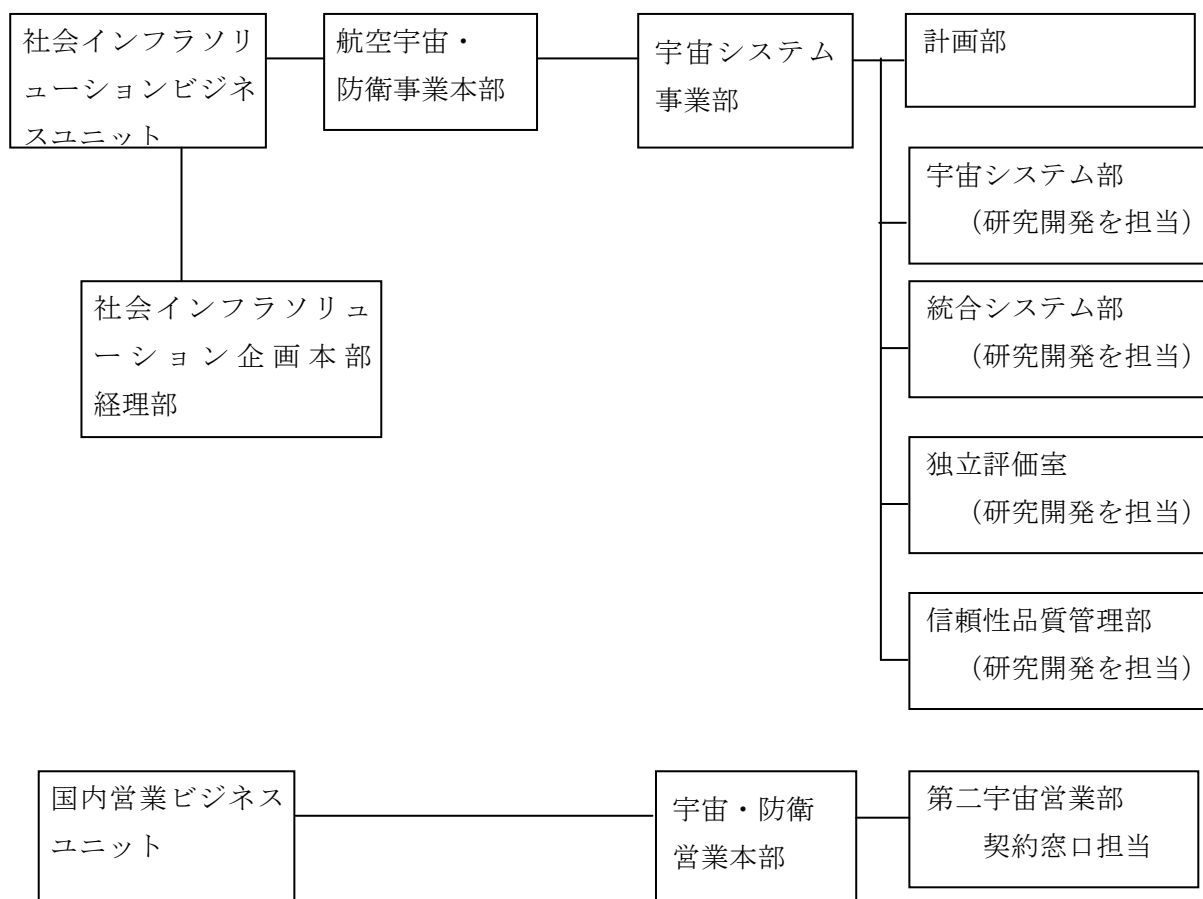
(1) プロジェクト全体の実施体制



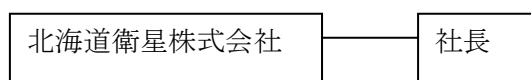
(2) 財団法人資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構の実施体制



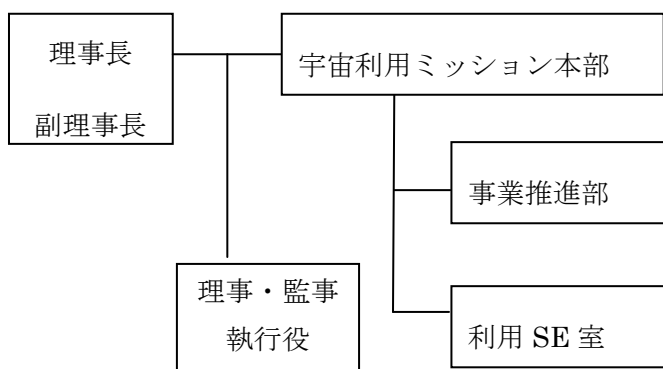
(3) 日本電気株式会社の実施体制



(4) 北海道衛星株式会社の実施体制



(5) (独)宇宙航空研究開発機構の実施体制



2.2.2 研究員

(1) 資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構

氏名	所属・役職	主要担当教務
沖野 英明	専務理事 兼 技術部長	テクニカル・アドバイザー
川西 登音夫	資源探査用観測システム研究開発部長	テクニカル・アドバイザー
降旗 正忠	上席技術参与	テクニカル・アドバイザー
大木 永光	資源探査用観測システム研究開発部 担当部長	センサシステム開発 要素試作計画策定、データ評価 技術動向調査及び市場動向調査 試作モデル計画策定、データ評価
石井 重夫	資源探査用観測システム研究開発部 担当部長	センサシステム開発 要素試作計画策定、データ評価 技術動向調査及び市場動向調査 試作モデル計画策定、データ評価
佐藤 孝	資源探査用観測システム研究開発部 研究開発主幹	センサシステム開発 要素試作計画策定、データ評価 技術動向調査及び市場動向調査 試作モデル計画策定、データ評価
熊谷 信夫	資源探査用観測システム研究開発部 研究開発主幹	センサシステム開発 要素試作計画策定、データ評価 技術動向調査及び市場動向調査 試作モデル計画策定、データ評価
原田 尚史	資源探査用観測システム研究開発部 研究開発主幹	センサシステム開発 要素試作計画策定、データ評価 技術動向調査及び市場動向調査 試作モデル計画策定、データ評価
河村 和夫	資源探査用観測システム研究開発部 研究開発主幹	センサシステム開発 要素試作計画策定、データ評価 技術動向調査及び市場動向調査 試作モデル計画策定、データ評価
辰巳 賢二	資源探査用観測システム研究開発部 研究開発主幹	センサシステム開発 要素試作計画策定、データ評価 技術動向調査及び市場動向調査 試作モデル計画策定、データ評価

(2) 日本電気株式会社

氏名	所属・役職	主要担当業務内容
成松 義人	宇宙システム事業部 主席技師長	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 要素技術開発 試作モデル設計製作評価 各種調査検討
稲田 仁美	宇宙システム事業部 宇宙システム部 マネージャ	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 要素技術開発 試作モデル設計製作評価 各種調査検討
平松 優	宇宙システム事業部 宇宙システム部 シニアエキスパート	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 要素技術開発 試作モデル設計製作評価 各種調査検討
野口 一秀	宇宙システム事業部 宇宙システム部 マネージャ	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 要素技術開発 試作モデル設計製作評価 各種調査検討
川島 高弘	宇宙システム事業部 宇宙システム部 エキスパートエンジニア	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 要素技術開発 試作モデル設計製作評価 各種調査検討
渡辺 章人	宇宙システム事業部 独立技術評価室 エキスパートエンジニア	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 要素技術開発 試作モデル設計製作評価 各種調査検討
丸家 誠	宇宙システム事業部 統合システム部 マネージャ	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 画像シミュレーション及びパララックスの検討
吉本 誠司	宇宙システム事業部 統合システム部 エキスパートエンジニア	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 画像シミュレーション及びパララックスの検討
大山 洋	宇宙システム事業部 統合システム部	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの設計 画像シミュレーション及びパララックスの検討
工藤 正教	宇宙システム事業部 信頼性品質保証部	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの信頼性設計
相澤 典明	宇宙システム事業部 信頼性品質保証部	<ul style="list-style-type: none"> センサシステムの信頼性設計

(3) 北海道衛星株式会社

氏名	所属・役職	担当業務内容
佐鳥 新	代表取締役	センサの小型軽量化に関する先端技術動向の調査検討

(4) (独)宇宙航空研究開発機構

氏名	所属・役職	担当業務内容
大沢 右二	利用 SE 室	インタフェース検討
鳩岡 恭志	利用 SE 室	インタフェース検討
鈴木 真一	利用 SE 室	インタフェース検討
今井 浩子	利用 SE 室	インタフェース検討

2.3 研究の運営管理

2.3.1 事業実施における運営方針・方法

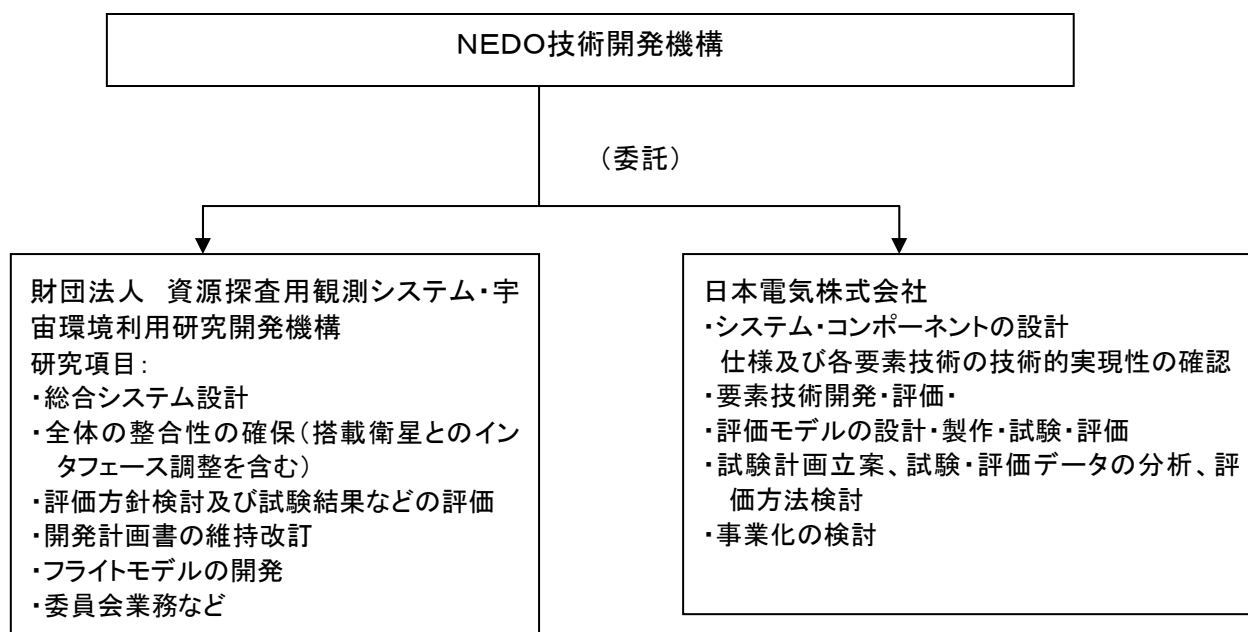
本事業の実施に当たっては、JAROSを事務局として国内有識者からなる委員会を設け、事業計画、開発・検討結果の審議などを実施し、開発内容の妥当性、設計品質などの確保に努めている。

なお、研究開発成果であるセンサについては、本センサを搭載し実証実験を行う衛星側開発機関との調整を実施し、適切なインターフェース調整を行う。衛星とのインターフェース調整については、本プロジェクトで開発するセンサの搭載を予定している衛星の開発担当である独立行政法人 宇宙航空研究開発機構(JAXA)と JAROS 間で共同研究契約を締結し実施する。

また、(財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)で実施している、ハイパースペクトルデータの情報抽出に必要なハイパースペクトルデータの解析技術開発、スペクトルデータベースの開発を行う「次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発」と協力し、お互いの委員会に相互参画するなどによりセンサ開発、利用研究双方の情報交換を密に行っている。

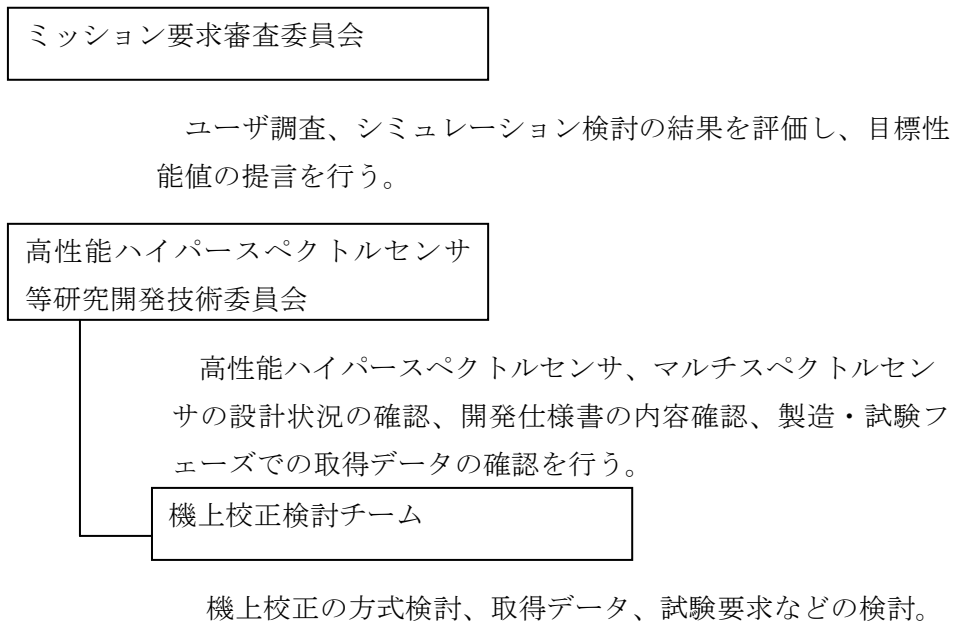
また、NEDO、JAROS、NEC の間で定例の月例会、NEDO と JAROS/NEC 間での四半期毎の研究進捗シートによる進捗確認を行うことで、日程管理、課題の解決が適切に行うことができるようにしている。

以下に本プロジェクトでの役割分担を示す。



2.3.2 技術委員会の組織・役割

委員会に関しては以下の構成で実施している。



委員会の開催履歴およびその内容を以下に示す。

1) ミッション要求審査委員会

回数	実施日	概要
平成 19 年度 第一回	平成 20 年 1 月 16 日	・平成 18 年度に制定された基本計画で規定されている目標仕様に対し、ユーザ要求調査、海外動向調査、画像シミュレーション結果を審議しこれらを反映した見直し案を提案した。

2) 技術委員会

2-1) 技術委員会

回数	実施日	概要
平成 19 年度 第一回	平成 19 年 12 月 25 日	・設計状況の確認を行った。プロジェクトの目的に沿った検討が行われていることを確認した。
平成 19 年度 第二回	平成 20 年 3 月 27 日	・開発仕様書記述項目案の審議を行い、本案をもとに 21 年度に予定している PDR に向けて検討を進めることとした。

		<ul style="list-style-type: none"> ・設計状況の確認を行い、基本計画に示された目標性能の達成可能性の検討状況を確認した。
平成 20 年度 第一回	平成 20 年 11 月 18 日	<ul style="list-style-type: none"> ・開発仕様書の検討状況、設計状況の確認を行った。 ・校正方式の検討等詳細な審議を行うため機上校正検討チームの立ち上げが必要であると提言した。
平成 20 年度 第二回	平成 21 年 3 月 31 日	<ul style="list-style-type: none"> ・開発仕様書案の審議を行った。さらに各委員のコメントを反映し、平成 21 年中旬に予定している PDR に開発仕様書の制定を行うこととする。 ・設計状況の確認を行い、目標性能の達成の見通しがあることを確認した。 ・機上校正チームの検討状況の確認を行った。

2-2) 機上校正検討チーム

回数	実施日	概要
平成 20 年度 第一回	平成 21 年 2 月 17 日	<ul style="list-style-type: none"> ・機上校正として、感度校正、波長校正の方式、要求の検討状況の確認を行った。
平成 21 年度 第一回	平成 21 年 4 月 10 日	<ul style="list-style-type: none"> ・機上校正の方式案、達成性能について議論を行った・ ・波長校正用の光源についてはさらに検討が必要であると指摘した。
平成 21 年度 第二回	平成 21 年 6 月 15 日	<ul style="list-style-type: none"> ・主として前回の A/I である波長校正の方式について議論を行った。

ミッション要求審査委員会委員名簿

氏名	所属	専門分野・利用用途
津 宏治	財団法人 資源・環境観測解析センター 理事	本委員会委員長 資源、利用・解析技術
安積 大治	北海道立中央農業試験場 企画情報室 企画調整課長	農業
小杉 幸夫	東京工業大学 大学院総合理工学研究科 メカノマイクロ工学専攻 教授	サイエンス（農業）
笹川 正	株式会社パスコ 取締役 衛星事業部 事業部長	航空機測量、衛星リモートセンシング、全般
佐鳥 新	北海道工業大学 創生工学部 電気デジタルシステム工学科 教授	センサ
西代 厚	株式会社地球科学研究所 地理情報部 部長	資源
馬場 辰夫	セントラル・コンピュータ・サービス株式会社 科学ソリューション事業本部 科学環境システム部 部長	データ処理
松永 恒雄	独立行政法人 国立環境研究所 地球環境研究センター 地球環境データベース推進室 室長	サイエンス（環境）
丸山 裕一	財団法人 資源・環境観測解析センター 企画部 部長	利用・解析技術
六川 修一	東京大学大学院 工学研究科 技術経営戦略学専攻 教授	利用・解析技術 「次世代地球観測衛星利用委員会」委員長

技術委員会委員名簿

氏名	所属	
小野 晃	独立行政法人 産業技術総合研究所 副理事長	全般、センサ（校正技術）
岩崎 晃	東京大学大学院工学系研究科 先端学際工学専攻 教授	本委員会委員長 センサ（光学系、検出器）
丸山 裕一	財団法人 資源・環境観測解析センター 企画部 部長	利用・解析技術、運用インタフェース
佐久間 史洋	独立行政法人 産業技術総合研究所 計測標準研究部門 主任研究員	机上検討チームリーダー センサ（校正技術）
土田 聡	独立行政法人 産業総合技術研究所 情報技術研究部門 地球観測グリッド研究グループ 研究グループ長	校正、データベース インタフェース
大沢 右二	独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙利用ミッション本部 技術領域リーダー（上席開発員）	センサ、衛星インタフェース
松永 恒雄	独立行政法人 国立環境研究所 地球環境研究センター 地球環境データベース推進室 室長	センサ、校正
山口 靖	名古屋大学大学院 環境学研究科 教授	校正
新井 康平	佐賀大学 理工学部 知能情報システム学科 教授	センサ、校正、検出器
佐鳥 新	北海道工業大学 創生工学部 電気デジタルシステム工学科 教授	センサ
春山 純一	独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 固体惑星科学研究系 助教	センサ
高橋 秀人	伊藤忠商事株式会社 情報通信・航空電子カンパニー 航空宇宙・産機システム部門 企画開発室 担当部長	事業化
大竹 真紀子	独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 固体惑星科学研究系 助教	センサ、校正
山本 泰志	独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙利用ミッション本部 地球観測センター 開発員	校正
鹿志村 修	財団法人 資源・環境観測解析センター 利用技術研究部 次長	利用・解析技術、運用インタフェース
石井 順太郎	独立行政法人 産業技術総合研究所 計測標準研究部門 温度湿度科 放射温度標準研究室 室長	校正
山田 善郎	独立行政法人 産業技術総合研究所 計測標準研究部門 温度湿度科 放射温度標準研究室 主任研究員	校正

3. 情勢変化への対応

3.1 目標の見直し

本プロジェクト開始に当たり、エンドユーザのヒアリング、聞き取り調査、データ利用分野の代表者から構成したミッション審査委員会によって目標性能の見直しを行ったことは、1.3項の目標設定理由で述べたとおりである。

本中間評価の対象となっている基本設計フェーズまでの開発内容は、基本計画の目標性能の達成可能性を確認するための開発であり、達成した成果に関しては以降の評価モデルの開発、フライトモデルの開発に適用するが、外部情勢の変化などにより対応が必要となった場合には、コストの見直しも含めて検討を行う。

目標設定に当たっては、プロジェクト開始に当たって、先導研究「高性能ハイパースペクトルセンサ等研究開発に関する調査」において、ユーザ調査を実施し、目標性能を設定した。この時点ではS/N、空間分解能に関しては相互に関連があり、S/Nを優先するユーザと空間分解能を優先するユーザが存在するため、当初の目標仕様としては表3.1-1としたが本プロジェクトの初年度にエンドユーザのニーズ（研究者など実際に使う人、民間ベースで使う人、官需）、データ配布業者の将来見込みや希望センサのニーズ、潜在ユーザへ具体的な使い方を提示した上での将来ニーズに関する意見、事業化を担う人の意見、技術者による技術成立性の検証結果など、ステークホルダーの意見を取りまとめた結果を踏まえ、基本計画に示された最終目標仕様とエンドユーザのニーズとの整合性を確認し、基本計画の修正案を作成することとした。

当初の目標仕様

表 3.1-1 当初の目標性能

項目	目標
空間分解能	15m 以下
観測幅	15km 程度 (空間分解能の 1000 倍)
バンド数	185 程度
観測波長域 ^{*5}	0.4~2.5 μ m
波長分解能 (バンド幅)	平均 10nm 以下 (VNIR) 平均 12.5nm 以下 (SWIR)
S/N 比	仕様値 150 以上@620nm 仕様値 100 以上@2100nm (前提: アルベド 30%・太陽天頂角 ^{*8} 24.5 度)

初年度のユーザの意見の反映に関しては、各分野の有識者へのアンケート調査、聞き取り調査を実施し、さらに(財)資源・環境観測解析センター 津理事を委員長としたミッション要求審査委員会を組織し、アンケート調査、聞き取り調査の結果、画像のシミュレーション評価を実施し、その提言をもとに、表 3.1-2 に示す値に修正した。

表 3.1-2 修正後の目標性能

項目	目標
空間分解能	30m 以下
観測幅	30km 程度 (空間分解能の 1000 倍)
バンド数	185 程度
観測波長域 ^{*5}	0.4~2.5 μm
波長分解能 (バンド幅)	平均 10nm 以下 (VNIR) 平均 12.5nm 以下 (SWIR)
S/N 比	仕様値 450 以上@620nm 仕様値 300 以上@2100nm (前提: アルベド 30%・太陽天頂角 ^{*8} 24.5 度)

ミッション要求審査委員会の提言は以下である。

—高性能ハイパースペクトルセンサ等ミッション要求審査委員会のまとめ—
—委員長 津 宏治—

平成20年1月16日開催の標記委員会の審議結果を以下のように纏める。

1. 本プロジェクト研究開発のミッションについて

本プロジェクトは、石油特別会計予算であること、ASTER の後継センサの役割が期待されていることなどから、全世界を対象としたエネルギー・資源分野への利用に資することが第1義的なミッションとなる。このエネルギー・資源分野への利用には、当然ながら資源開発と表裏一体をなす環境的利用も含まれる。

また、衛星リモートセンシング (特に、ハイパースペクトル衛星リモートセンシング) は幅広い分野で利活用される特性を有しており、エネルギー・資源分野に加えて環境、農業、森林など分野での利用の拡大を図り、もって我が国宇宙及び宇宙利用の産業化に資する観点から、できる限り幅広い利用分野のユーザ要望を取り入れることが肝要である。

2. ユーザ要望とそれを達成するための要求仕様

(1) マルチスペクトルセンサについて

高い空間分解能でかつ観測幅も広く、また ASTER ではハードウェア技術の制約から落とされていた青バンドの追加がユーザの一致した要望であり、現在検討されている。

バンド数： 4バンド（青バンドの追加）
空間分解能： 5 m
観測幅： 90 km

はユーザ要望を満たすものである。

(2) ハイパースペクトルセンサについて

ハイパースペクトルセンサについて、ユーザが共通して強く要望することは、

① 対象事物の反射スペクトル特性を高精度（高いスペクトル分解能、高い S/N）に把握できること。

すなわち、

観測波長域： 0.4~2.5 μm
波長分解能： VNIR 10 nm以上、SWIR 12.5 nm以上
信号対雑音比(S/N)： VNIR 450 以上@620 nm、
SWIR 300@2100 nm

空間分解能： 上記仕様を満たす最大限の分解能
が要望されている。

② ユーザの要望に沿ったタイムリーな観測が可能なこと。

すなわち、

ポインティング機能：
ハイパースペクトルセンサ独自のポインティング機能を持たせる。

観測幅：
最大限の観測幅をとること（ユーザが必要とする広域同時性の視点からも重要）

国際的な標準化：
海外の同種ハイパースペクトル衛星との相互利用を図るために、これら衛星センサの同等程度の性能を有することが要望されている。

(3) まとめ

上記要求を満たすものとして、センサ仕様案の検討項目のうち、

(マルチスペクトルセンサ)

バンド数： 4バンド

(青バンドの追加、波長域は LANDSAT 相当が適当)

空間分解能： 5 m

観測幅： 90 km

(ハイパースペクトルセンサ)

観測波長域： 0.4~2.5 μm

波長分解能： VNIR 10 nm以上、SWIR 12.5 nm以上

信号対雑音比(S/N)： VNIR 450 以上@620 nm、

SWIR 300@2100 nm

空間分解能： 30 m

観測幅： 30 km

が本委員会におけるユーザ要望に最もフィットする要求仕様である。

なお、国内農業分野への利用視点から、空間分解能20 m、観測幅20 kmとする技術的検討が要望されたことを付記する。

以上

3.2 加速財源

本プロジェクトにおいて今までに実施した加速財源に関する概要、目的及びその成果を表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 加速財源投入実績

時期及び件名	金額 (百万円)	概要及び目的	成果
H19年5月 実搭載サイズの検出素子によるハイパースペクトルセンサ検出器の要素技術開発	50	素子サイズ、素子数が実搭載品と同等（フルサイズ）の短波長赤外用検出器を購入し、それを評価することによって「性能向上」、「トータルコスト低減」、「開発期間短縮」等を図る。	フルサイズの短波長赤外用検出器を購入したことにより、簡易型検出器では得られず確認ができなかった下記課題が抽出されたため、その後の開発リスクが大幅に低減した。 <ul style="list-style-type: none"> ▶ Dead Pixel（感度が無い画素）の分布把握 ▶ 性能、特に S/N の確認 ▶ 検出器動作速度の確認
H19年9月 要素技術開発及び、評価モデル開発の一部の前倒し	116	①VNIR 用検出器部製作の前倒し(H19年度中に)実施により、分光検出系要素試作を構成する他部（アナログ信号処理部、分光部等）との噛み合わせ試験の早期着手を行う。	①VNIR 用検出器部を H19 年度中に製作したことにより、H20 年度早々に噛み合わせ試験を実施することができ、技術開発リスク（技術的な問題発生によるスケジュール遅延、コスト増などのリスク）が軽減した。
		②評価モデル用検出器開発の一部（検出器予備設計）の前倒し実施により、評価モデル用検出器の入手を早めることができ、評価モデル試験の早期着手を行う。	②評価モデル用検出器予備設計を H19 年度に実施したことにより、評価モデル検出器が H21 年度 1 Q に入手可能となった。これにより評価モデル試験の早期着手が可能となった。

3.3 JAXA との共同研究

プロジェクト開始時において搭載予定であった JAXA 災害監視衛星(光学)は概念検討フェーズであったが、平成 20 年 11 月の宇宙開発戦略本部の平成 21 年度実施方針が決まり、ALOS-3 と名称を変更して陸域観測ミッションとして実施することが決定された。この決定を受けて、搭載予定衛星のバス担当とのインタフェース調整を開始したが、より円滑、確実に調整が行えるよう、JAROS/JAXA 間で共同研究契約を締結し、調整作業を実施している。

4. 評価に関する事項

4.1 事前評価

(1) NEDOPOST2

平成 18 年 12 月に事前評価書案を作成し、NEDOPOST2 によるパブリックコメントを募集したところ、コメントは 0 件であったため、当初案どおり事前評価書（添付評価書参照）を策定した。

(2) NEDOPOST3

平成 19 年 3 月に、上記事前評価を反映した基本計画書案を作成し、NEDOPOST3 によるパブリックコメントを募集したところ、コメントは 0 件であったため、当初案どおり基本計画（添付の本プロジェクトの基本計画）を策定した。

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

1.1 成果の達成度

本プロジェクトの中間目標に対する達成度を表 1.1-1 に示す。

中間目標のうち、最終目標性能に対する実現の見通しについては 1.2 項に示すように全ての項目に関して達成見込みが得られているため、本プロジェクトの中間目標は達成したと判断する。

表 1.1-1 中間目標に対する達成度

中間目標	成果	達成度
<p>①ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサの分光・検出系、高速信号処理系、校正系について、要素試作試験等により最終目標性能(下記項目)のセンサスペックの実現の見通しを得る。</p> <p>➤ハイパースペクトルセンサ; 空間分解能、波長分解能、最大入射輝度、S/N比、暗時雑音、迷光、MTF、ラジオメトリック分解能、波長精度、バンド間相対感度精度</p> <p>➤マルチスペクトルセンサ; 空間分解能、最大入射輝度、S/N比、暗時雑音、迷光、MTF、ラジオメトリック分解能、バンド間相対感度精度</p>	<p>要素試作試験の実施および概念設計・基本設計の実施により、左記最終目標性能項目について定量的な予測を行い、実現の見通しを得ることができた。</p>	◎
<p>②両センサの分光系、検出部、信号処理部、校正部、伝送系を含めた評価モデルを開発し、軌道上環境での熱環境や機械環境に対する耐性、電磁適合性等について試験により確認する。</p>	<p>評価モデルの設計を行い、耐熱・機械環境性、電磁適合性を解析により確認した。試験についてはH21年度中に実施する予定である。</p>	○

凡例 達成度： ◎：十分に達成 ○：達成 △：概ね達成 ×：課題有り

1.2 成果の概要

1.2.1 センサスペックの実現見通し

ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサについて、平成 19 年度から平成 20 年度にかけて、最終目標性能のセンサスペックの実現の見通しを得ることを目的として、分光・検出系、高速信号処理系、校正系などについて、要素試作試験を行った。

- 高 S/N 比を実現する分光検出系の開発
VNIR 検出器、SWIR 検出器、マルチ検出器、分光器の要素製作、及びそれらの組合せ試験・評価を実施することにより、S/N 比、MTF などの性能について、達成の見通しを得た。
- 高精度校正方式の開発
軌道上校正について数学モデルを用いてシミュレーションを行うことにより、ハイパースペクトルセンサの波長精度について、達成の見通しを得た。
- 高速データ処理系、効率的なデータ伝送系の開発
高速データ処理系、データ伝送系の試作・試験を行うことにより、ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサについて、大容量データを伝送するための技術的達成見通しを得た。

図 1.2.1-1～図 1.2.1-4 に、要素試作品外観を示す。



図 1.2.1-1 ハイパースペクトルセンサ VNIR 検出器部要素試作品

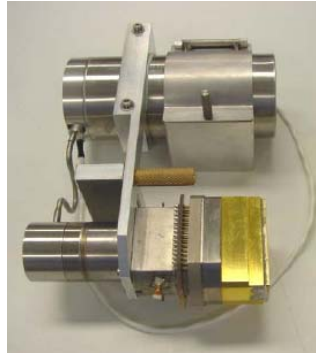


図 1.2.1-2 ハイパースペクトルセンサ SWIR 検出器部要素試作品



図 1.2.1-3 ハイパースペクトルセンサアナログ信号処理部要素試作品

要素試作分光器(外観)

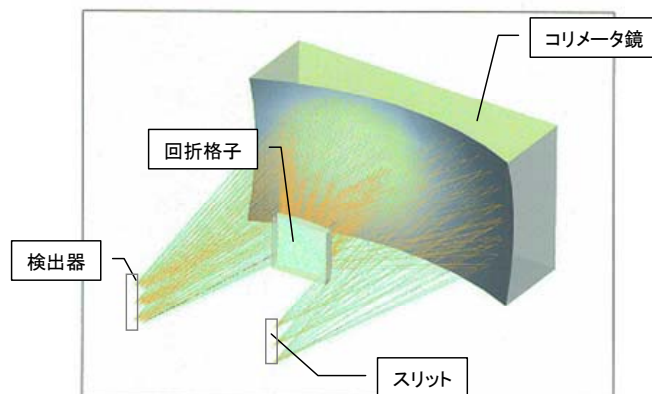
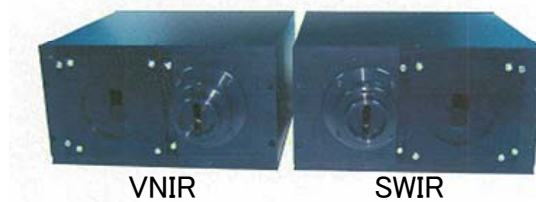


図 1.2.1-4 ハイパースペクトルセンサ分光部要素試作品

これらの要素試作試験の結果、及び概念設計・基本設計を行うことにより、**1.1 項**にて示した最終目標性能項目について定量的な予測を行い、それぞれ実現の見通しを得ることができた。

表 1.2.1-1 及び**表 1.2.1-2** に、各性能項目に対する予測結果を示す。

全ての項目に関して、達成目標に対して実現する見通しを得た。

なお、さらに今後、評価モデルを用いた解析/試験結果のフライトモデル設計への反映、及び詳細設計を確実に実施することにより、最終目標の達成が可能と考えている。

表 1.2.1-1 最終目標に対する実現見通し（ハイパースペクトルセンサ）

項目	最終目標	達成見通し	実現性
空間分解能	30m以下	30m以下	○
波長分解能 (バンド幅)	平均10nm以下(VNIR) 平均12.5nm以下(SWIR)	波長サンプリング間隔として VNIR: 10nm以下、SWIR: 12.5nm以下	○
最大入射輝度	アルベド70%	アルベド100%でも飽和しない	○
S/N比	仕様値450以上@620nm 仕様値300以上@2100nm (前提:アルベド30%、太陽天頂角24.5度)	450以上@620nm 300以上@2100nm	◎
暗時雑音	S/N比規定レベルのシグナルの1/350以下	S/N比規定レベルのシグナルの1/350以下	◎
迷光	S/N比規定レベルのシグナルの1/100以下	S/N比規定レベルのシグナルの1/100以下	○
MTF	0.2以上	0.2以上	○
ラジオメトリック分解能	量子化ビット数10bit以上	12bit	◎
波長精度	VNIR: 誤差 バンド幅の2%以下 SWIR: 誤差 バンド幅の5%以下	VNIR: 誤差 バンド幅の2%以下 SWIR: 誤差 バンド幅の5%以下	○
バンド間相対感度精度	誤差 2%以下	誤差 2%以下	○

凡例 実現性： ◎：十分に目標を上回る ○：実現性有 △：概ね実現性有 ×：課題有り

表 1.2.1-2 最終目標に対する実現見通し (マルチスペクトルセンサ)

項目	最終目標	達成見通し	実現性
空間分解能	5m以下	5m以下	○
最大入射輝度	アルベド70%	アルベド100%でも飽和しない	○
S/N比	仕様値200以上(ノミナル215以上) @全ての観測帯 (前提:アルベド70%、太陽天頂角24.5度)	200以上(ノミナル215以上) @全ての観測帯	◎
暗時雑音	S/N比規定レベルのシグナルの1/400以下	S/N比規定レベルのシグナルの1/400以下	◎
迷光	S/N比規定レベルのシグナルの1/100以下	S/N比規定レベルのシグナルの1/100以下	○
MTF	0.3以上	0.3以上	◎
ラジオメトリック分解能	量子化ビット数8bit以上	12bit	◎
バンド間相対感度精度	誤差 2%以下	誤差 2%以下	○

凡例 実現性： ◎：十分に目標を上回る ○：実現性有 △：概ね実現性有 ×：課題有り

1.2.2 高性能ハイパースペクトルセンサの概要

要素試作試験、及び概念設計・基本設計を行うことにより得られた高性能ハイパースペクトルセンサの外観を図 1.2.2-1 に示す。

搭載する衛星からのインタフェース制約条件のため、ハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサは上下に重ね置きする必要があるため、図 1.2.2-1 に示すような配置となっている。

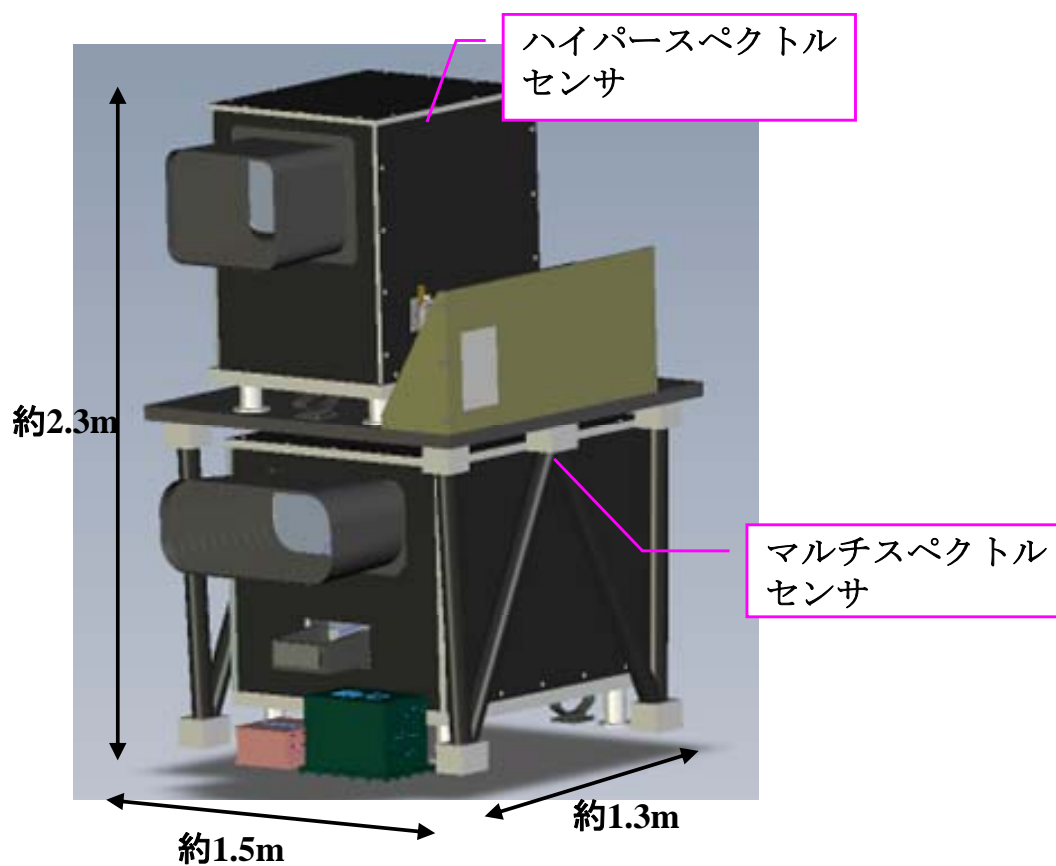


図 1.2.2-1 高性能ハイパースペクトルセンサの概要

1.2.3 評価モデルによる確認

ハイパースペクトルセンサ／マルチスペクトルセンサの開発は、既に試験実施及び評価を終えた要素試作モデルに続き、一部のコンポーネントについては評価モデルを作成し、開発リスクのさらなる低減を図る。現時点で評価モデルの設計及び解析評価まで終了しており、H21年度中に評価試験を実施予定である。

表 1.2.3-1 に、各項目に対する達成度を示す。

表 1.2.3-1 評価モデルに対する達成度

No.	コンポーネント	達成見通し		達成度
		熱・機械環境耐性確認	電磁適合性確認	
1	ハイパースペクトルセンサ用短波長赤外分光器(分光系)	軌道上温度環境の均一性見通しにより、熱環境に伴う光学性能変化分を予測し、性能達成の見通しを得た。	適用外 (No.3にて確認)	○
2	ハイパースペクトルセンサ用可視近赤外分光器(分光系)			○
3	ハイパースペクトルセンサ用検出器(検出部)/信号処理部/電気回路部(伝送系)	本コンポーネントに対し、熱・機械設計の観点では過去の実績から十分実現可能と判断する。	過去実績のある計装配線／装置設計を行うことで、開発実績のある設計/評価結果と比較し、電磁適合性設計に対して整合できることを確認した。	○
4	マルチスペクトルセンサ用検出器(検出部)/信号処理部/電気回路部(伝送系)			○
5	校正部(ハイパースペクトルセンサ/マルチスペクトルセンサ)	フライト品のベースモデル(民生品)について試験による評価済み	適用外	○

凡例 達成度： ○：確認 △：未確認 ×：課題有り

以下に、各項目について、実施する評価試験の計画を示す。

- ハイパースペクトルセンサ用短波長赤外/可視近赤外分光器(分光系)：
SNR 要求仕様を満足するため、試作試験時から大幅な透過率向上を目指した設計変更あり。さらに軌道上熱環境・機械環に対する耐性を確認する。
- ハイパースペクトルセンサ用短波長赤外検出器(検出部)：
フライト品と同等モデルを作成し、分光器／信号処理部と噛み合わせての評価を実施する。冷却が必要であるため、冷凍機も評価モデルを作成する。
- ハイパースペクトルセンサ用可視近赤外検出器(検出部)：
フライト品と同等モデルを作成し、分光器/信号処理部と噛み合わせての評価を実施する。
- ハイパースペクトルセンサ用信号処理部/電気回路部(伝送系)：
フライト品と同等モデルを作成し、分光器/検出器と噛み合わせての評価を実施する。

- マルチスペクトルセンサ用検出器(検出部) :
フライト品と同等モデルを作成し、信号処理部と噛み合わせての評価を実施する。
- マルチスペクトルセンサ用信号処理部/電気回路部 (伝送系) :
フライト品と同等モデルを作成し、検出器と噛み合わせての評価を実施する。
- 校正部 :
軌道上校正に使用するハロゲンランプを製作し、軌道上熱環境・機械環境に対する耐性を確認すると共に、校正データの評価手法を確立する。

1.2.4 市場動向、技術動向調査結果

1.2.4.1 海外の技術動向調査

海外のハイパースペクトルセンサを対象とした技術動向調査を行った。本調査は、以下に示すプロジェクトを対象として行った。

- ドイツ : EnMAP
- イタリア : PRISMA (PRecursores IperSpettrale della Missione Applicativa)
- 南アフリカ : MSMISAT
- 米国 : HypIRI
- インド : HySI (Hyper-spectral Imager)
- 中国 : HJ-1A (hyper-spectral camera)

(1) ドイツ (EnMAP) の動向

EnMAP はドイツで計画されているハイパースペクトルセンサプログラムである。空間分解能 30m、観測幅 30km と我が国で開発中のハイパースペクトルセンサと類似した性能を保有する。オフナディア角 30° まで撮影可能なポインティング機能を具備しており、最短で 4 日間以内に同一地点を観測可能となっている。

EnMAP センサの外観、EnMAP の撮像の様子を示す。

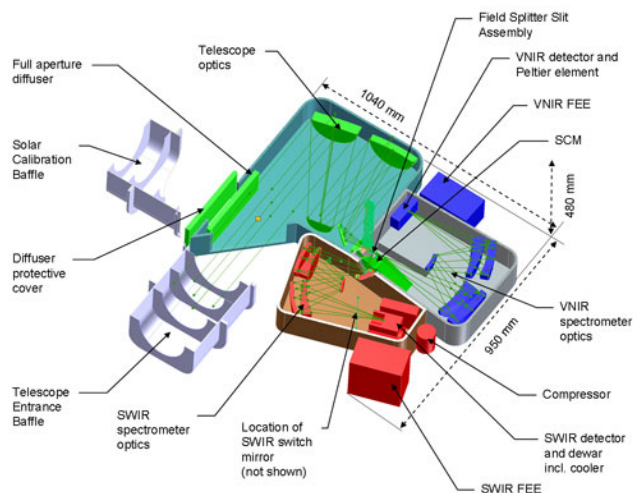


図 1.2.4-1 EnMAP のセンサ外観

(出所 : <http://www.enmap.org/>)

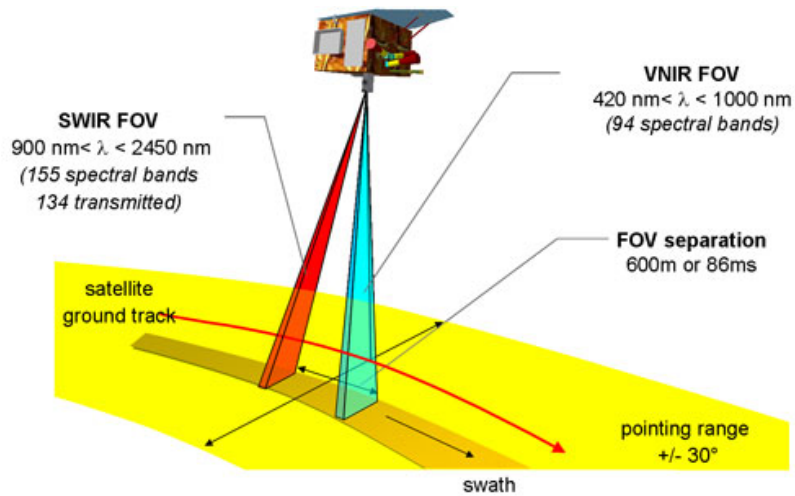


図 1.2.4-2 EnMAP の撮像の様子

(出所 : <http://www.enmap.org/>)

EnMAP プロジェクトは、2007 年 10 月に、フェーズ B の検討結果に対する PDR (Preliminary Design Review) が完了し、2008 年 11 月に DLR と Kayser-Threde GmbH によりフェーズ C/D/E1 のキックオフが行われている。本フェーズにおいて衛星及び地上システムが最終的に固まることとなっている。打ち上げは 2012 年を予定していたが、後述の 6th EARSel Workshop において 2013 年に 1 年延長したと発表された。EnMap の開発状況を示す。

なお、フェーズ C では衛星と地上システムの詳細設計を行い、フェーズ D では、全てのミッションコンポーネントについて確認・検証が行われる。これにより、衛星と地上システムの両方とも軌道上の運用に対して準備が整うこととなる。

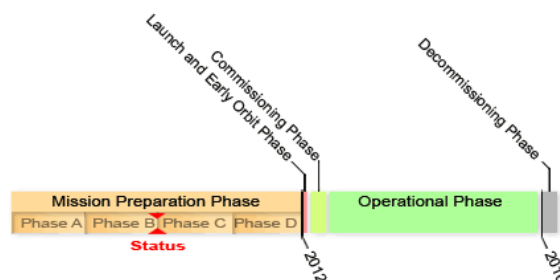


図 1.2.4-3 EnMAP の開発ステータス

(出所 : <http://www.enmap.org/>)

(2) イタリア (PRISMA) の動向

PRISMA は、イタリアの宇宙機関である ASI が 2008 年 1 月に立ち上げたハイパー/パ
ンクロセンサ搭載衛星プロジェクトである。過去に ASI が検討してきた
HypSEO(HyperSpectral Earth Observer)、CIA(Camera Iperspettrale Avanzata)、
JHM(Joint Hyperspectral Mission : カナダとの共同プロジェクト)といった各プロジェク
トの蓄積を有効活用し、フェーズ B2 からスタートしている。

既に Phase E1 (軌道への打ち上げ) まで完全に資金を確保しており、2011 年半ばに打
ち上げ予定である。運用予定期間は 3+2 年である。

プロジェクトは実証実験ミッションとして位置づけられるが、本ミッションにて有効性
が示されれば将来に後継の実用衛星の可能性はあるとされている。

前述のように、PRISMA はハイパーセンサ(HYP:Hyperspectral Camera)とパンクロセ
ンサ(PAN :Pancromatic camera)の 2 つのセンサを同時搭載する。空間分解能は HYP が
30m、PAN が 5m となっており、観測幅はいずれも 30km である。これは、二つのセンサ
の観測幅を、ハイパー版のパンシャープン画像を付加価値プロダクトとして生成すること
を狙っている。

HYP の観測波長域は可視から短波長赤外(400~2,500nm)、波長幅は 10nm の予定であ
る。S/N については 600@650nm、200@2,100nm と高いレベルを目指している。衛星は
高度 700km に投入し、回帰日数は 26 日の予定となっている。また、衛星ポインティング
機能も保有している。

PRISMA の外観、HYP / PAN の主要諸元を示す。

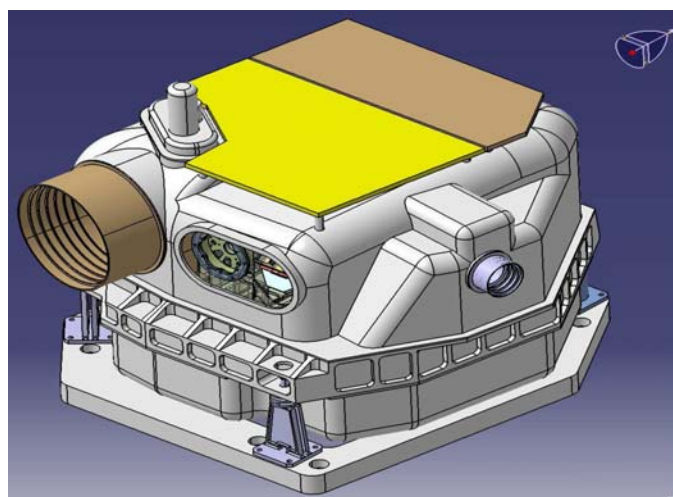


図 1.2.4.-4 PRISMA の外観

(出典 : ASI 資料)

表 1.2.4-1 Hyper/Pan センサの主要諸元

センサ名	HYP / PAN
バンド数	249 (VNIR:92、SWIR:157)
波長域	400nm – 1010nm (VNIR) 920nm – 2505nm (SWIR) 400nm – 750nm (Pan)
波長分解能	10nm (HYP)
空間分解能	30m (HYP) 5m (Pan)
観測幅	30km (HYP/Pan)
S/N	Hyper 600@650nm 400@1,550nm 200@2,100nm Pan 240nm
MTF	0.2 (HYP) 0.15 (Pan)

(出典：ASI 資料より MRI 作成)

(3) 米国 (HypIRI) の動向

HypIRI プロジェクトは、NASA の次期地球観測プログラムである Decadal Survey Mission に位置づけられている。同プロジェクトの衛星には、観測波長帯が可視から短波長赤外域のハイパースペクトルセンサである PPFT (Plant Physiology and Function Types) と、熱赤外マルチスペクトルセンサである TIR が搭載される予定となっている。HypIRI プロジェクトの概念図を示す。

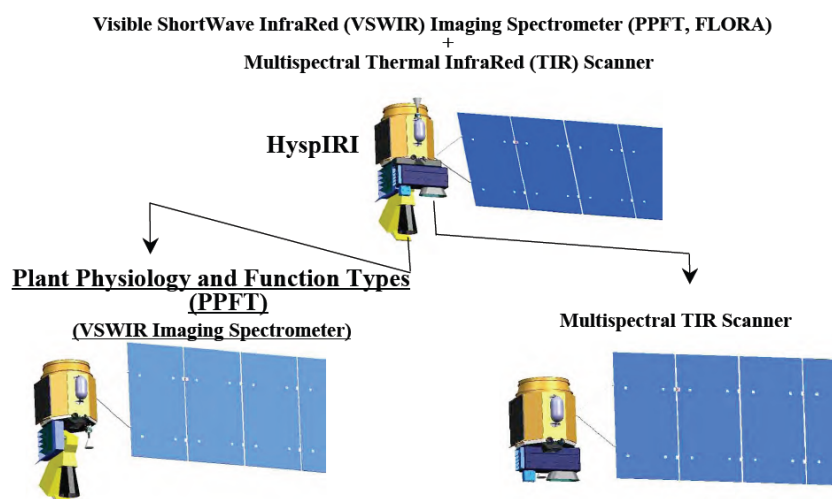


図 1.2.4-5 HypIRI の概念図

(出典：ISIS Meeting 2007, NASA 資料より)

また、PPFT の外観、主要諸元を示す。

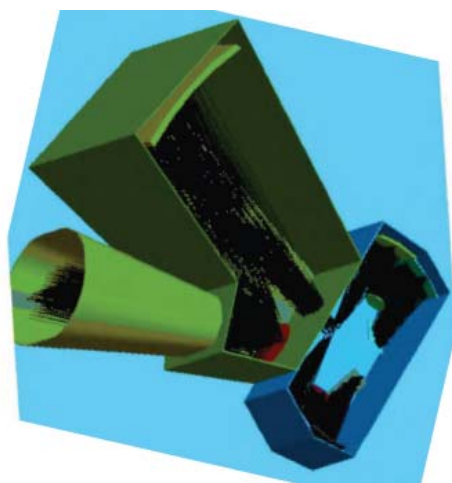


図 1.2.4-6 PPFT の外観

(出典：ISIS Meeting 2007, NASA 資料より)

表 1.2.4-2 PPFT の主要諸元

センサ名	PPFT
バンド数	213
波長域	380nm – 2500nm (VNIR - SWIR)
波長分解能	10nm
空間分解能	60m
観測幅	150 km 以上 (高度 623km)

(出典：ISIS Meeting 2007, NASA 資料より)

(4) インド (HySI) の動向

インドは、2008年4月28日に PSLV ロケットにて、Cartosat-2A をその他 8 機のナノ衛星を打ち上げた。8 機のナノ衛星には、我が国の大学が開発した CUTE 1.7 と SEEDS の 2 機のほか、ハイパーセンサの搭載衛星である IMS-1 (Indian Mini Satellite-1) も含まれていた。

IMS-1 は、以前は TWSAT (Third World Satellite) と呼ばれていた衛星である。打ち上げ時重量がわずか 83kg であり、サイズも $0.604 \times 0.980 \times 1.129\text{m}$ とかなり小型の衛星である。IMS-1 の外観を示す。

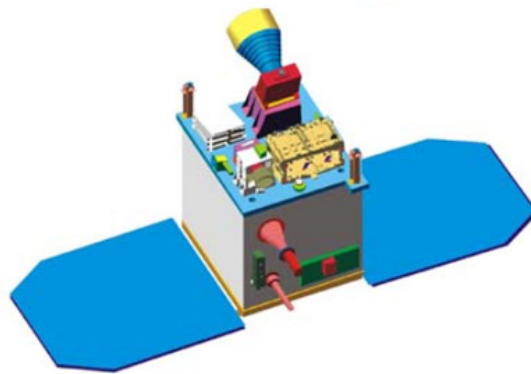


図 1.2.4-7 IMS-1 の外観

(出典 : ISRO)

IMS-1 は、高度 635km に投入され、運用予定期間は 2 年である。軌道は太陽同期軌道であり、通信には、TT&C、データ伝送ともに S バンドを利用している。また、オンボードメモリとして 16Gb の SSR (Solid State Recorder) を搭載している。

IMS-1 にはハイパースペクトルセンサである HySI を搭載している。また、マルチスペクトルカメラである Mx を同時搭載している。HySI は、重量わずか 3.4kg であり、インドの月探査衛星チャンドラヤーンに搭載されていた同名のセンサと同じものである。

HySI の主要諸元を示す。可視・近赤外域に波長分解能 8nm で、64 バンドが設定されている。一方、チャンドラヤーンに搭載されていたものと同じセンサであるため、空間分解能は約 500m と実用よりは実験的要素が強い性能となっている。なお、HySI の分光は wedge filter 方式である。

表 1.2.4-3 HySI の主要諸元

センサ名	HySI (Hyper Spectral Camera)
バンド数	64
波長域	450-950 nm
波長分解能	8 nm
空間分解能	505.6 m
観測幅	129.5 km
量子化ビット数	11 ビット

(5) 中国 (HJ-1A) の動向

HJ-1A は 2008 年 9 月 6 日に HJ-1B と同時に打ち上げられた中国の小型地球観測衛星である。HJ とは Huan Jing の略であり、「Environment (環境)」を意味する。HJ シリーズは、後述の SAR 衛星である HJ-1C も含めた 3 機構成のコンステレーション運用を計画している。

HJ-1A、HJ-1B とともに共通に 4 バンドマルチの CCD カメラが搭載されており、その他に HJ-1A にはハイパースペクトルセンサが、HJ-1B には赤外センサがそれぞれ搭載されている。

HJ-1A/1B の外観を示す。

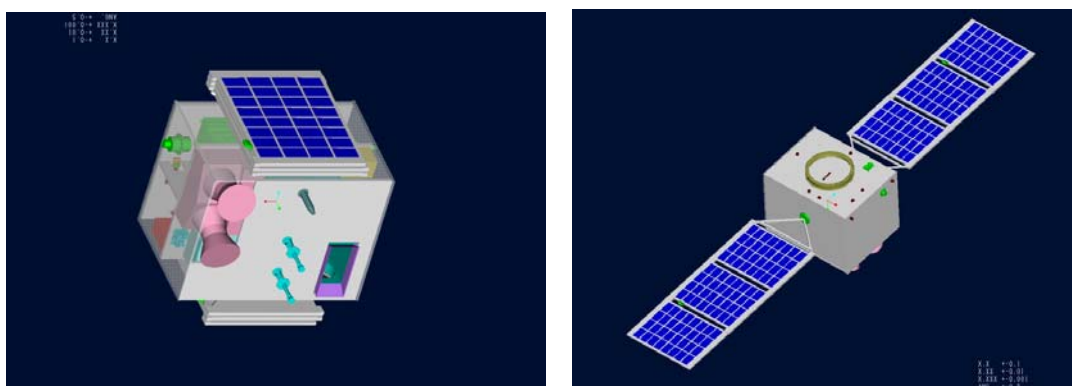


図 1.2.4-8 HJ-1A/1B の外観 (1)

(出典：第 3 回 ISIS WG 資料)



図 1.2.4-8 HJ-1A/1B の外観 (2)

(出典：CAST)

HJ-1A に搭載されているハイパースペクトルセンサの主要諸元を示す。可視～近赤外域に 100 バンド超のバンドが設定されている。また、波長分解能も平均 5nm であり高い波長分解能となっている。また、空間分解能は 100m、観測幅は 50km である。

表 1.2.4-4 ハイパースペクトルセンサの主要諸元

センサ名	Interference Hyperspectral Imager
バンド数	110-128
波長域	450nm – 950nm (VNIR)
波長分解能	5nm (平均)
空間分解能	100m
観測幅	50km
最短再訪	4 日

(出典：第 3 回 ISIS WG 資料)

HJ-1A、1B に共通に搭載されているマルチスペクトルカメラの主要諸元を表 1.2.4-5 に示す。また、HJ-1B に搭載されている赤外センサの主要諸元を示す。

マルチスペクトルカメラは可視～近赤外域の 4 バンドであり、空間分解能は 30m、観測幅は 70km である。一方、赤外センサは、熱赤外にも 1 バンド保有している。また、3.5 μm ～3.9 μm にもバンドを設定している点が特徴である。

表 1.2.4-5 マルチスペクトルカメラの主要諸元

センサ名	Multi-spectral CCD Camera (プッシュブルーム方式)
バンド数	4
波長域	B1: 0.43–0.52 μm B2: 0.52–0.60 μm B3: 0.63–0.69 μm B4: 0.76–0.90 μm
空間分解能	30m
観測幅	70km
最短再訪	2 日

(出典：第 3 回 ISIS WG 資料)

表 1.2.4-6 赤外センサの主要諸元

センサ名	Infrared scanning
バンド数	4
波長域	B1: 0.75–1.10 μm B2: 1.55–1.75 μm B3: 3.50–3.90 μm B4: 10.5–12.5 μm

空間分解能	300m (10.5–12.5 μ m) 150m (その他)
観測幅	720km
最短再訪	4 日

(出典：第3回 ISIS WG 資料)

(6) 海外動向のまとめ

表 1.2.4-7 に海外のハイパースペクトルセンサの既存、計画中のプロジェクト及び本プロジェクトの概要をまとめた。

表 1.2.4-7 海外のハイパースペクトルセンサプロジェクトまとめ

衛星/センサ名 /国	波長域 (μm)	バンド数	波長分 解能	空間分 解能	S/N	現状	備考
本プロジェクト	0.4~0.97 μm 0.9~2.5 μm	57 128	10nm 12.5nm	30m	450@620nm 300@2,100nm	2013年意打ち上げ 予定 (ALOS-3)	マルチとの混載
EO-1/Hyperion /米、NASA	0.4-1.0 1.0-2.5	60 150 (計210)	10nm	30m	140-190@550-700nm 96@1,225nm 38@2,125nm	2000年11月打ち上げ	
PROBA/CHRIS /ESA、英	0.4-1.05	61	5-12nm	18m/36m	200	2001年10月打ち上げ	VNIR帯のみ
HySI /インド	0.4-0.95	64	8nm	505.6m	不明	2008年4月打ち上げ	Indian Mini Sat-1 Multi(MX)
OPTSAT2 /中国	0.45-0.95	128?	5nm?	100m	不明	2008年9月打ち上げ	光学2機打ち上げ マルチと連携
TacSat-3/ ARTEMIS /米、空軍	VNIR/SWIR (詳細は不明)	不明	不明	不明	不明	計画中(2009年5月 19日打ち上げ)	オンボード処理。 10分後に地上でデー タ入手可能 HyspIRIと共通設計
HICO /米、NRL	0.38-1.0	124	5nm	100m	200(海洋観測)	計画中 2009年7月打ち上 げ予定	JEM曝露部搭載
PRISMA /伊	0.4-1,010 920-2,505	92 157	10nm以下	30m	650@650nm 400@1,550nm 200@2,100nm	計画中 (2011年打ち上げ予 定)	PAN(5m)と連携
EnMAP /独	0.42-1.0 0.95-1.39 1.489-1.76 1.95-2.45	94 139	6.5nm 10nm 10nm 10nm	30m	500@495nm 150@2,200nm	計画中 (2012年打ち上げ予 定)	VNIRとSWIRで重複 観測部分あり SWIR帯は大気の吸 収帯のバンドを省略
MSMISAT	0.44-0.99 0.94-2.35	200以上	10nm	15m	700@620nm 560@1,600nm	計画中(2010年打 上予定)	マルチ/パンとの連携
HyspIRI /米、JPL	0.83-2.5	213	10nm	60m		計画中(2013-2016 打上予定)	熱赤外6chとの連携

1.2.4.2 国内の技術動向調査

(1) 北海道衛星「大樹」

北海道衛星「大樹」は、道内の農業観測を主目的とした小型ハイパースペクトルカメラ搭載衛星プロジェクトであり、北海道工業大学の佐島新教授を中心として開発が進められている。

「大樹」のミッション目的は、「北海道に宇宙産業を興すこと」、「北海道から世界に通用する小型衛星を発信すること」、「小型衛星技術の他産業への波及による経済効果をもたらすこと」とされている。

「大樹」の外観及びハイパースペクトルカメラの外観を図に示す。また、既存衛星における「大樹」の位置づけを図に示す。

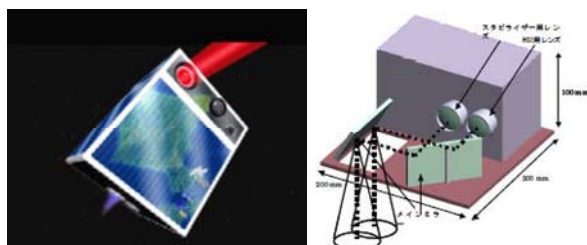


図 1.2.4-9 大樹の外観 (左)、ハイパースペクトルカメラの外観 (右)

(出典 : <http://www.hokkaido-sat.jp/explain1.html>)

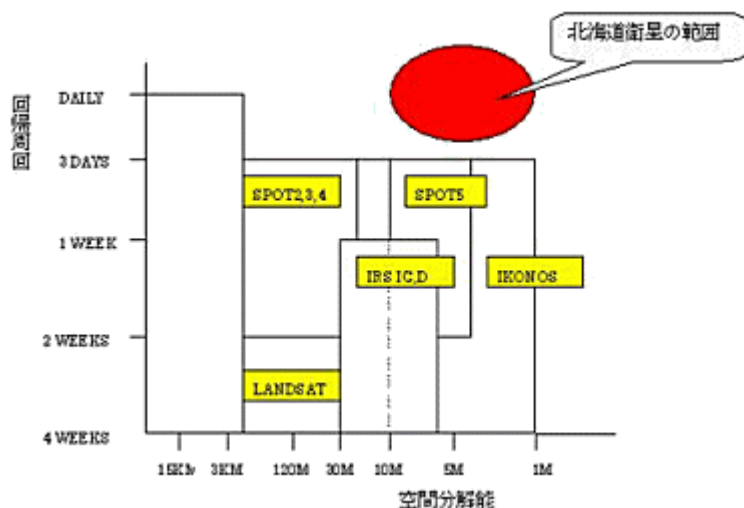


図 1.2.4-10 大樹の位置づけ

(出典 : <http://www.hokkaido-sat.jp/explain1.html>)

大樹は、単一ミッションとする重量わずか 50kg の小型衛星であり、観測機器としてはハイパースペクトルカメラ (C-MOS カメラ) を搭載予定である。予定軌道は一日に 2 回日本の上空を通過する軌道であり、伝送系としては、S バンドアンテナ、光通信装置を用いる予定としている。

表 1.2.4-8 北海道衛星「大樹」の仕様

□衛星重量：50kg
□最大消費電力：50W
□寿命 3 年
□軌道：太陽同期軌道 高度 567km
□回帰周期：1 日
□通信可能時間：7 分/回、2 回/日
□搭載センサー：ハイパースペクトルセンサ
■波長域：420nm～800nm
■分解能：5m～15m 程度
□地上局：北海道及び世界各地 3 箇所程度
(出典：写真測量とリモートセンシング 2006.6)

また、北海道衛星の関連活動として、日本ハイパースペクトル応用学会の設立や農業衛星ビジネス推進協議会の活動などもあるほか、スピニアウト事例として、生鮮食料品の鮮度を数値化する携帯型鮮度測定器 (鮮度アシスト) の商品化がある。このように、積極的な活動が展開されている。

(2) 大樹搭載宇宙用小型ハイパースペクトルセンサの概要

北海道衛星大樹には小型のハイパースペクトルセンサを搭載する予定であるがその仕様案を以下に示す。北海道工業大学を中心に検討が進められている。

表 1.2.4-9 宇宙用小型ハイパースペクトルセンサの仕様案

項目	仕様案	
	HSC3000	HSC3100
寸法, 重量	< 78 × 24 × 24 cm ³ , < 10kg	< 78 × 24 × 24 cm ³ , < 10kg
消費電力	< 10 W(MAX)	
想定軌道高度	600km	
集光光学系	Cassegrain or Ritchey-Chretien telescope	
地表分解能(GSD)	50m×50m	30m×30m
瞬時視野角(IFOV)	83.3μrad	50μrad

視野角(FOV)	3.05deg	1.96deg
地表観測幅	32 km	20.6km
焦点距離	600mm	600mm
開口径	0.20m	0.20m
分光方式	透過型回折格子	
スリット幅	50 μ m	30 μ m
倍率	スリット: 像面 =6.76 : 1	スリット: 像面 =2.78 : 1
観測波長域	400 ~ 1000 nm (61 band)	
波長分解能	10nm	
波長精度	\pm 2% (0.2nm)以内 (校正後)	
バンド間相対感度精度	< 5% (校正後)	
ラジオメトリック分解能	量子化 10bit	
最大入射輝度	アルベド 70%	
MTF 要求	> 0.2	
SNR 要求	> 300 @ 620nm	> 300 @ 620nm > 200 @ 500 ~720nm
受光素子	表面照射型 CCD 総画素数: 640 \times 480pixels Framerate:200fps 画素サイズ: 7.4 μ m \times 7.4 μ m 量子効率: 0.36 @620nm 固定雑音: 50e ⁻	裏面照射型 CMOS, 総画素数: 1280 \times 1024pixels Framerate:235fps@685 \times 244 pixel 画素サイズ : 10.8 μ m \times 10.81 μ m 量子効率 : 0.80@800nm 固定雑音 : < 600e ⁻
迷光	< 0.5%	
デジタル信号処理部	CPU: SH4(OS: μ ITRON), 通信 I/F: Space Wire 記憶容量: 20 GB, (転送速度: 100Mbps)	

1.3 成果の意義

ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの設計結果、要素試作試験結果及び機能モデル、熱構造モデルの試作モデルの設計結果から以下の成果が得られることが確認できた。

(1) 世界でトップレベルにあるハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの実現可能性が確認された。

- ・ ハイパースペクトルセンサ

波長間隔の均一性を維持し、世界トップレベルの高い S/N 比特性を実現

VNIR : S/N 比 450、波長間隔 平均 10nm

SWIR : S/N 比 300、波長間隔 平均 12.5nm

- ・ マルチスペクトルセンサ

高い S/N 比と、広い観測幅を実現

S/N 比 200

観測幅 90km

(2) データ利用プロジェクトと協力し、ユーザの声を反映したセンサの開発が可能となり、利用者の要求である高 SN のハイパースペクトルセンサ、広い観測幅、高空間分解能のマルチスペクトルセンサのデータを提供できることから、データ利用の範囲が拡大しデータ利用産業の活性化が期待できる。

(3) ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサの同時搭載により以下の効果が期待できる。

マルチスペクトルセンサ

高空間分解能

広い観測幅であり高頻度観測が可能

地球上グローバルな観測が可能

ハイパースペクトルセンサ

波長分解能が高く、情報抽出能力が高い



- ・ マルチスペクトルセンサで概略観測を行い、その中で詳細に観測したい地域をハイパースペクトルセンサでより詳細に観測する。
- ・ 高空間分解能のマルチスペクトルセンサ画像と波長分解能の高いハイパースペクトルセンサ画像をフュージョンすることにより認識度の高い画像を作成することが可能となる。

1.4 特許の取得／成果の普及

特許、論文、外部発表等の件数

年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H19FY					1	1
H20FY	1				2	1
H21FY					2	

1.4.1 特許の取得

1.4.2 成果の普及

本プロジェクトの成果として以下の論文の発表を実施した。今研究の根幹に係わる内容についてはノウハウに関連するため外部発表は控えてきたが、今後はプロジェクトの成果の普及のため積極的に進めていく。

論文リスト

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	加藤 雅胤 鹿志村 修 大木 永光 成松 義人	ERSDAC ERSDAC JAROS NEC	ハイパースペクトル データ利用基盤技術 の研究開発の概要	日本リモートセンシング 学会、第46回(平成21年 度春季)学術講演論文集, 2009.5 21-22, p131-132	なし	2009
2	大木永光 原田尚史 辰巳賢二 川西登音夫 成松義人 稲田仁美 川島高弘	JAROS JAROS JAROS JAROS NEC NEC NEC	衛星搭載用ハイパー スペクトル/マルチス ペクトルセンサの開 発	日本電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニク ス研究会	なし	2009

IV. 実用化・事業化の見通しについて

1 実用化・事業化の見通し

現在開発を実施しているハイパースペクトルセンサを利用した事業として、① センサそのものまたは、この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 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販売する事業、の2種類を考えている。現時点では、特にデータ販売に関しては、各種の条件が明確になっていないところもあり、事業化に関しては概略の市場規模や効果の予測と、この開発センサを用いたデータ販売事業を行う上で検討を要する条件を明確化し、事業化の構想を検討した。

実用化と事業化の定義については以下の様に考えている。

1) 実用化

ハイパースペクトルセンサおよびマルチスペクトルセンサともに、ALOS-3への搭載が計画されており、現状では平成25年度に打上を想定している。このALOS-3での軌道上実証をもって、両センサの実用化を確認することとする。

2) 事業化

実用化の確認を受けて、事業化を進めるが、その内容は、①センサそのもの、あるいはセンサを搭載した衛星システムを販売するセンサ販売事業と、②センサから得られる観測データや付加価値を付けた情報を販売するデータ販売事業、の2種類となる。

1.1 実用化について

現在、ALOS-3への搭載に向けて、衛星側とインターフェース調整を行いながらセンサ開発を進めている。平成21年度にPDR、平成22年度にCDRを実施する予定であり、平成23年度に目標性能を満足するフライトモデルを完成する予定である。衛星打ち上げは平成25年度を想定しており、ALOS-3の軌道上実証により、実用化を確認する予定である。

1.2 センサ販売の事業化について

近年、海外では低価格の衛星やセンサを複数組み合わせ合わせたコンステレーションによる複数衛星による地球観測のニーズが出てきている。現状開発中のハイパースペクトルセンサ自身やその発展型も含め事業展開を考えている。

事業の形態としては、以下のケースが考えられる。

- 1) 日本におけるプログラムの立ち上げ
- 2) 海外への展開

(1) 事業化の構想

1) 日本におけるプログラムの立ち上げ

ハイパースペクトルセンサ販売を国内で実現するのは、データの利用官庁が継続的にデータ取得するプログラムを立ち上げる場合の可能性が高く、公的なデータ利用にも非常に有効であり、今後データ利用の要求を訴求していくことを計画している。データの継続的な利用を実現するためには、現在開発しているハイパースペクトルセンサが打上げられ、その寿命が尽きる頃に打上げられることが有効である。従って、現在のハイパースペクトルセンサの打上が 2014 年頃になるとすると次期の打上げは 2019 年ごろとなる。この場合には、更に高性能化等の改善が必要になる可能性が高いと想定しており、新たな開発要素を必要とする新製品開発とすると、2014～5 年頃から、次世代のセンサ開発としてのプログラム立ち上げが必要となるため、開発事業としてのターゲットとしてその実現に向けて提案活動等を推進していく予定である。

現在ハイパースペクトルセンサを活用してデータ利用の事業化を検討しているグループ等が将来的に独自のセンサや衛星を保有する可能性はある。また、データ利用を広く国内外のユーザに呼びかけることにより、データ利用への機運が高まってくる場合には、民間としても衛星のニーズに応えるべく、官民の連携を含めた民間主体の衛星が実現する可能性はある。この方向でも事業の拡大に努力し、センサや衛星の販売事業につなげていくことを考えている。

2) 海外プログラムへの販売

最近の新興国における衛星保有や開発をターゲットとした開発の受注に関しては可能性が十分にあると考えている。

現在複数国での衛星やセンサ保有を目指した開発の可能性があり、今後これらの可能性を追うと共に、日本政府の資金や国家間の協力によって、海外プログラムが実現する可能性もある。

今後の官民の連携による海外売込みが進む場合には、海外へのセンサ販売や技術提供、更には地上システムを含む衛星システム全体の提供の可能性も十分あると考えてい

る。

(2) 事業化の計画

以上、種々の形態でのセンサ販売に関する事業化の可能性を概観したが、今後これらの実現に向けて各方面への提案活動や、連携を働きかけていくことが必須となる。特に、国内の官のプログラムでの計画、データ利用事業の立ち上げによるセンサへの需要、官民連携による海外への売り込み等について、現在開発中のセンサによる拡販活動を今後更に活発化して事業化の可能性を高めていくことが重要である。現在開発中のセンサのデータが各種ユーザに展開された後、その後継機の実現や更に高性能化したセンサへのニーズが出てくることが期待される。

センサ及び関連システムでの事業規模を非常に概略で以下に推定する。

これまでの官のプロジェクトの場合には、性能の向上を図ることを目的に、開発要素を多く要する開発であったため、開発費用は比較的大規模になる。宇宙基本計画実現により、データ利用重視の方針が打ち出されており、繰り返しの観測継続が求められる場合には、現在開発中のセンサを継続して製造することとなる。また、民間や海外への販売を想定する場合には、小型衛星に搭載して地上システムまで含めた全体システムの提供を想定することになる。

現在開発中のハイパースペクトルセンサ打上後の5年間程度で、データ利用が進むと国内外で衛星や地上系の継続に期待がかかると考えられる。この期間にハイパー関連のプログラムが国内外需要によって2~3システム立ち上がるとすると、数100億円程度の事業規模となると推定される。

1.3 データ販売における事業化について

(1) 事業化における課題と対策

本センサの搭載予定衛星 ALOS-3 の運用は基本的には JAXA が主体に行うことが想定されるため、このような条件での地上系の分担を含めた想定を行って、事業化の検討をする必要がある。図 1.3-1 に衛星を含む地上システムの構成を示しているが、JAXA を含む官と民間の役割分担がどのようになるかによって、地上局の保有や、運用の権利、データの展開等の方法が変わる。センサの運用やデータのアーカイブでの事業も視野に入れると以下のような課題が発生するため、取得されたデータの利用販売に関する民間事業の拡大も事業展開の範囲に加えて、活動を進めていく予定である。

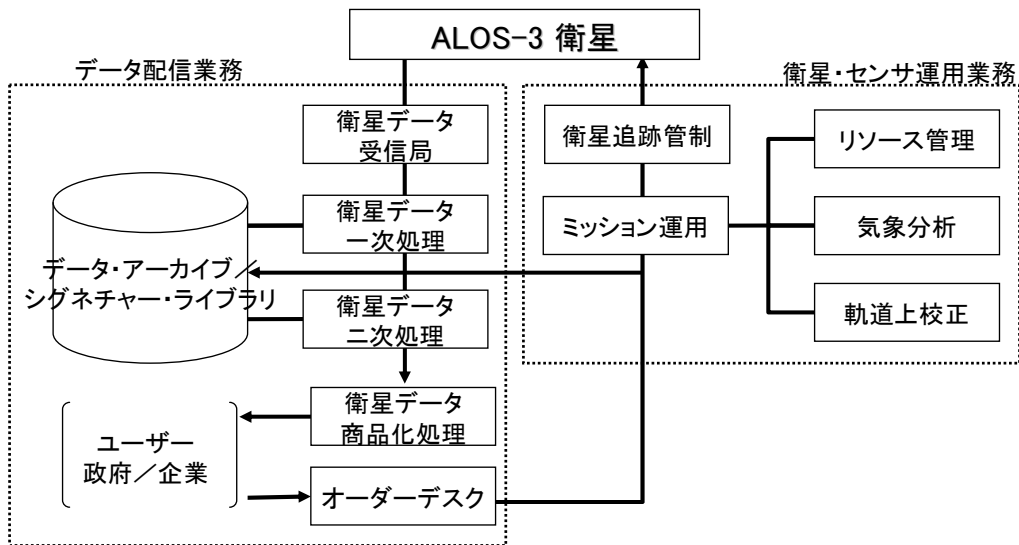


図 1.3-1 ハイパースペクトルセンサ関連の地上局の構成例

ALOS-3 には、ハイパースペクトルセンサのほかに ALOS-3 用のパンクロマティックセンサが搭載されることが決定されており、衛星及びセンサの運用はパンクロマティックセンサとハイパースペクトルセンサの両方での観測を想定して考える必要がある。また、ハイパースペクトルセンサの一部になっているマルチスペクトルセンサは JAXA としても搭載予定のセンサであり、JAXA 及び事業化主の双方の要求により運用されることを想定する必要がある。

この場合、

- ・ パンクロマティックセンサとハイパースペクトルセンサの運用のリソース配分をどのようにするか
- ・ マルチスペクトルセンサの運用者が JAXA と事業化主の両方になり、この両者

でのシェアをどうするか

- ・ データアーカイブの分担をどうするか
- ・ データ配信の権利をどうするか
- ・ センサのメンテナンス、校正データへの保証はどうか
- ・ 以上を踏まえた場合の地上局の構成と整備分担をどうするか
- ・ データ販売の価格設定や販売ルートをどうするか

等の課題がある。

これらに関しては、今後関係者との調整を積極的に進めて課題の解決を図り、事業化を進めていくように考えている。

(2) 事業化の構想

ハイパースペクトルセンサ（マルチスペクトルセンサも含む）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。この為、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、データ販売及び利用事業の発展を目指すことで、市場の掘り起こしに務める。そのため、市場調査やデータ販売、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や条件調整を実施する。

また、ハイパースペクトルセンサのデータ販売の事業展開を図るため、データ利用の拡販を行うために、国内のユーザによる業界（コンソーシアム等）の実現を目指した活動を展開していく予定である。これらの組織やデータ利用ビジネスを目指す企業等との連携を図り、データ配信から付加価値情報の展開までを事業の対象の最大範囲として、各種専門企業との連携を図りながら、需要の拡大に努めていく。

一方、本事業化にあたっては、(1) 項に示すような課題があるが、これらの関係者との調整は今後開発と並行して積極的に進めていくことで解決を図っていく。

(3) 将来的な事業化の見通し

ハイパースペクトルセンサの詳細なスペクトル情報による利用には大きな期待がもたれており、今後ハイパースペクトルデータの利用に関するアルゴリズムの開発に伴い、データ利用の拡大が期待される。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。国際的な事業協力も含めた事業を目指して推進する。

現在開発中のセンサのデータによる利用の普及をベースにして、その後のデータ利用事業の拡大を図っていく。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）を実現し、更なる拡大、展開を目指し、官民の利用ユーザへのつながりのスキーム構築を強化する。さらに、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。

1.4 事業化の規模

1.2 項のセンサ販売事業および 1.3 項のデータ販売事業における事業化の規模については、ハイパースペクトルセンサから得られる情報の種類及び量は従来のマルチスペクトルセンサの場合よりもはるかに広く多くの利用への潜在的な可能性があることを考慮して、現状での世界的なデータ利用のビジネス規模から、本センサによる観測データ利用が始まった場合の市場の規模や波及効果の規模の推定を行った。

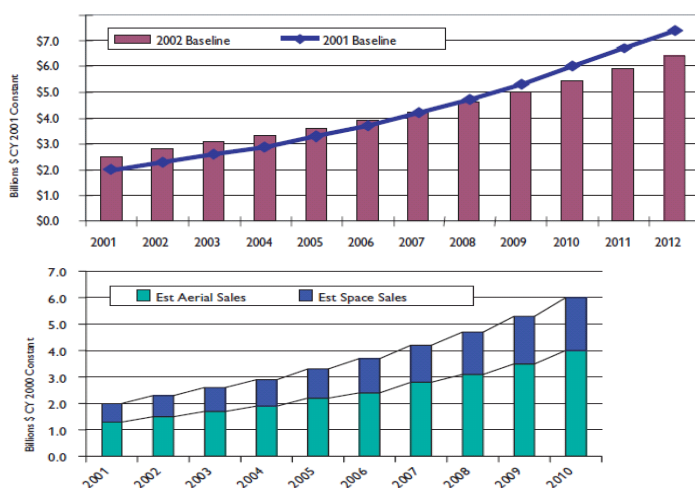


図 1.4-1 観測データ利用の事業規模に関する情報

図 1.4-1 は 2004 年度の ASPRS(American Society of Photogrammetry and Remote Sensing)のデータであり、2012 年度の航測・衛星のデータ利用事業規模で、約 64 億 \$ となり、うち衛星リモセン市場は約 22 億 \$ である。ハイパーの登場によって、更に市場の拡大が進むと全世界の衛星リモセン市場は 2012 年度以降、過去 5 年間と同様の伸び率として、センサ運用 5 年間とするとその間の約 72 億 \$ (6700 億円) にまで拡大するものと期待される。当然のことながら、これはハイパーだけのデータではないが、データとして最も多くの情報を含むデータであることから、ハイパースペクトルセンサでの市場は非常に期待できる可能性がある。一方、日本でのデータ利用事業に関しては、衛星データ全体で現状約 100 億円程度の規模の事業になっている。今後ハイパースペクトルセンサの打上に伴い、データ利用の分野が増えることが期待されることから、国内における市場規模も、海外と同様に大幅に伸びてくることが期待される。

1.5 波及効果

ハイパースペクトルセンサデータには非常に多くの情報が含まれており、その潜在価値は非常に高いと言える。特に多数のスペクトルを有することから、土壌の質を見極めるために非常に有効であること、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ことが期待される。更に、水質等の汚染の状況の識別や陸域での土地利用の詳細な識別にも能力を発揮できる。このような、特徴から、食料、海洋資源、鉱物資源やエネルギー探査、環境監視等での情報提供による波及効果は計り知れなくなる。

更に、センサの特徴から、分解能等の向上が図られることによって、安全保障分野での利用にも大きな期待がかかっている。このように、数値的な換算が出来ない部分もあるが、データの情報化による波及効果の大きさは計り知れない。

この観点で、ハイパースペクトルセンサのデータ販売は将来の事業化としては大いに期待が持てる分野である。

本センサ開発、センサ販売、データ販売事業の継続による事業の安定化、拡大により以下の波及効果を期待出来る。

(1) 人材育成、研究開発継続

- 1) 分光センサ技術者、画像データ処理技術者の育成、維持拡大が可能。衛星搭載センサ開発者の確保。
- 2) 分光技術、素子技術、分光測定技術、画像分析技術等の継続開発による技術、ノウハウ蓄積が可能。

(2) 技術的波及効果

- 1) 分光、校正技術が蓄積される。
- 2) 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、ハイパー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。

(3) 経済的波及効果、社会的効果

多数のスペクトルを有することから、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。更に、水質等の汚染状況の識別や陸域での土地利用の詳細な識別にも能力を発揮。このような特徴から、以下が期待できる。

- 1) 農産物の育成管理へ貢献が期待できる。国内農業生産額（耕種）が6.3兆円（平成18年度）であるが、この0.1%が改善されれば、60億円の効果が期待される。
- 2) 海洋資源、鉱物資源やエネルギー探査、森林、河川等の環境監視等での情報提供による波及効果は計り知れなくなる。更に、分解能等の向上を図ることで、安全保障分野での

利用にも大きな期待が出来る。