

「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」
中間評価報告書

平成21年10月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

平成21年10月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 村田 成二 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、別添のとおり
評価結果について報告します。

目 次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 評点結果	1-18
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1

はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「高性能ハイパースペクトルセンサー等研究開発プロジェクト」の中間評価報告書であり、第18回研究評価委員会において設置された「高性能ハイパースペクトルセンサー等研究開発プロジェクト」(中間評価)研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第23回研究評価委員会(平成21年10月29日)に諮り、確定されたものである。

平成21年10月
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

「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」

中間評価分科会委員名簿

(平成21年7月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	たていし 建石 りゅうたろう 隆太郎	千葉大学環境リモートセンシング研究センター 教授
分科 会長 代理	よこた 横田 たつや 達也	国立環境研究所 地球環境研究センター 衛星観測研究室 室長
委員	いのうえ 井上 よしお 吉雄	農業環境技術研究所 生態系計測研究領域 上席研究員
	こむらさき 小紫 きみや 公也	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授
	たむら 田村 まさゆき 正行	京都大学 大学院地球環境学堂 教授
	みやたけ 宮武 しゅういち 修一	石油天然ガス・金属鉱物資源機構 資源探査部 課長
	りきまる 力丸 あつし 厚	長岡技術科学大学 工学部 環境・建設系 教授

敬称略、五十音順

審議経過

● 第1回 分科会（平成21年7月10日）

公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法について
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他、閉会

● 第23回研究評価委員会（平成21年10月29日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

高性能衛星搭載センサの開発能力を維持し、世界トップの技術力を持つことは日本の国益となり、特にハイパースペクトルセンサは、資源確保・食糧保障・環境保全に関わる応用への貢献が期待され、国家戦略のもと NEDO 事業として実施するのが妥当である。

本プロジェクトでは、技術動向・市場動向等を踏まえ、ユーザの潜在的な需要をよく取り込んだ研究開発目標が定量的に設定されている。また、目標達成に必要な要素技術が適切に設定され、実績に富む実施者間での連携も十分に行われている。

世界最高水準のセンサの実現に向けて技術開発が着実に進み、ALOS 3 への搭載が見通されているなど実用化・事業化の道筋も示されている。本プロジェクトの成果は今後の日本のセンサ開発の礎となり、衛星搭載センサ技術の進展や継承、国際的な日本のプレゼンスや貢献の観点からも評価される。

しかしながら、競合諸外国のセンサに対する技術的優位性が必ずしも明確ではない。今後、ハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサを協働させるなどの差別化のための工夫が必要である。

実用化に向けては、ハードウェアの開発ばかりでなくデータ処理や、観測データを有効利用する解析ソフトも含めた運用体制の拡充など、衛星データの有効利用促進が必要である。

2) 今後に対する提言

海外での類似仕様の衛星センサ計画を踏まえ、技術力での新規性を確保する戦略と、利用・活用面での戦略（技術的に同等でも機能が十分であれば国際社会に協調的に貢献する効果が大）とを明確化し、それらをセンサ仕様・運用諸元に反映させることが望ましい。

とりわけ、ハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサを同じ衛星に載せて同時観測ができることの利点を生かすなどして、競合相手となる諸外国のセンサに対して優位な特徴を持たせることが期待される。

一方、ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサは、本来、多目的に利用可能な多くの情報を提供するセンサである。本プロジェクトで開発するセンサの利用価値を高めるため、可能な限り多くの応用分野でユーザが使いやすい形でその観測データが利用できるような取り組みが望まれる。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

我が国は衛星センサの短波長赤外領域のマルチバンド化にいち早く着手し、その実利用を推進してきた。今後とも最新の高性能衛星搭載センサの開発能力を維持し、この分野で世界のトップの技術力を持つことは日本の国益となる。特にハイパースペクトルセンサの開発は、資源確保・食糧保障・環境保全に関わる応用への貢献が期待され、国家戦略のもと実施すべき事業である。高スペクトル分解能の追求はセンサ開発上の技術的な難易度が高く、またユーザが少数に限られることなどから、官による支持なしには手がけられない分野とみなせ、NEDO 事業として妥当であると考えられる。

しかしながら、国際的な開発・観測計画の中での当事業の位置づけや特色の明確化が十分とは言えない。営利を主目的とした事業でないとしても、本プロジェクトの成果による新たな機能によりもたらされる便益を鉱物資源探査のみではなく、世界的食糧資源のモニタリングなどの農林業や、防災、環境などへの効用も含めて示すと共に、他国のセンサ開発経費や我が国の過去のセンサの開発経費との比較を行うなどして、本事業の実施の効果を明確に示すべきである。

2) 研究開発マネジメントについて

技術動向・市場動向等を踏まえ、ユーザの潜在的な需要をよく取り込んだ研究開発目標が定量的に設定されている。また、ハイパースペクトルセンサの目標性能の見直しは、データ処理、ニーズ、世界情勢の変化の観点から大いに評価できる。

目標達成に必要な要素技術として高 S/N 比を実現する分光検出系、高精度校正技術、高速データ処理系・効率的なデータ伝送系を設定し、目標達成のために必要な研究開発マネジメント体制が生まれ、実績に富む実施者間での連携も十分に行われている。

しかしながら、本プロジェクトでのセンサの仕様は、いずれも他国で開発されている類似センサに対する技術的優位性が必ずしも明確ではなく、ハイパー・マルチ両センサを協働させるなどの差別化のための工夫が必要である。

また、分光器と検出器といったハイパースペクトルセンサの基幹パーツが外国製であることについては、製造業の競争力や将来への技術力の構築と継承などの観点からは国産化も望まれる。

3) 研究開発成果について

世界最高水準の S/N 比を持つハイパースペクトルセンサの実現に向けて技術開発が着実に進み、現行の航空機ハイパースペクトルセンサに比肩される品質の撮像データが得られる見通しであり、最終目標を達成できる可能性は十分にある。本プロジェクトの成果は、今後の日本のセンサ開発技術力の礎となる。試作した要素と同等の性能を有するフライト品（機器）を宇宙用にインテグレートし、今後の各種試験で目標性能を達成することに期待したい。

しかし、本プロジェクトの成果が世界水準からみてどうか、あるいは新たなシステムやセンサ仕様に対する挑戦・開拓部分があるのかがやや不明確である。

また、知的財産権等の取得や成果の普及（論文発表）等は、現状ではやや乏しい。本プロジェクトは未だ基礎的設計の段階ではあるが、今後の国際競争に勝つためには、中核となる技術について知的財産権の取得等の取り組みが重要である。

4) 実用化、事業化の見通しについて

本プロジェクトの開発センサは、競合諸外国のセンサに対する技術的優位性が必ずしも明確ではないが、開発の用途はついている。この後の ALOS 3 への搭載が見通されているなど、実用化、事業化の道筋は明らかに示され、得られるセンシングデータの経済的、社会的価値は多大であると評価できる。また、衛星観測には、防災、環境監視のように金銭で評価しにくい効用も大きく、技術進展や継承、国際的な日本のプレゼンスや貢献の観点からも本事業の推進は評価される。

実用化に向けては、センサ技術の他にオンボードでのデータ処理・圧縮・伝送技術や、観測データを有効利用する解析ソフトも含め運用体制の拡充が必要である。また、データ販売の事業化は、衛星観測データより付加価値データの販売にシフトする傾向があり、日本全体として官民一体となったリモートセンシングの利用促進への取り組みが必要である。

研究評価委員会におけるコメント

第23回研究評価委員会（平成21年10月29日開催）に諮り、了承され
研究評価委員会からのコメントは特になし。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所属、役職
委員長	西村 吉雄	国立大学法人東京工業大学 監事
委員長代理	吉原 一紘	独立行政法人物質・材料研究機構 名誉顧問
委員	安宅 龍明	オリンパス株式会社 未来創造研究所 新規中核事業企画本部 ヘルスケア事業開発部 テーマコーディネーター
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 取締役社長
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	国立大学法人東北大学大学院 工学研究科 バイオロボティクス専攻 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 精密機械工学 精密機械工学専攻 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	富田 房男	放送大学 北海道学習センター 所長
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学機械学科 教授・総合技術研究所所長
	宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

1. プロジェクト全体に関する評価結果

1. 1 総論

1) 総合評価

高性能衛星搭載センサの開発能力を維持し、世界トップの技術力を持つことは日本の国益となり、特にハイパースペクトルセンサは、資源確保・食糧保障・環境保全に関わる応用への貢献が期待され、国家戦略のもと NEDO 事業として実施するのが妥当である。

本プロジェクトでは、技術動向・市場動向等を踏まえ、ユーザの潜在的な需要をよく取り込んだ研究開発目標が定量的に設定されている。また、目標達成に必要な要素技術が適切に設定され、実績に富む実施者間での連携も十分に行われている。

世界最高水準のセンサの実現に向けて技術開発が着実に進み、ALOS 3 への搭載が見通されているなど実用化・事業化の道筋も示されている。本プロジェクトの成果は今後の日本のセンサ開発の礎となり、衛星搭載センサ技術の進展や継承、国際的な日本のプレゼンスや貢献の観点からも評価される。

しかしながら、競合諸外国のセンサに対する技術的優位性が必ずしも明確ではない。今後、ハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサを協働させるなどの差別化のための工夫が必要である。

実用化に向けては、ハードウェアの開発ばかりでなくデータ処理や、観測データを有効利用する解析ソフトも含めた運用体制の拡充など、衛星データの有効利用促進が必要である。

〈肯定的意見〉

- 本プロジェクトは、宇宙産業の競争力を強化しようとしている点において NEDO のミッションに沿っており、「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」に大きく寄与している。センサ開発の最終目標は達成される可能性が高く、日本のセンサ開発技術力は当面維持されるだろう。社会的なニーズの高さと目標とする達成技術水準の高さに鑑み、本プロジェクトの目的および政策的な位置付けは概ね妥当であると考えられる。
- 研究開発目標、研究開発計画、事業体制について、具体的に記述されており概ね妥当である。目標性能の見直しも、ユーザのニーズに叶っており妥当である。中間目標については、一部評価モデルの耐性試験・適合性試験が実施されていないが、目立った問題点はない。
- 将来の食糧保障-環境保全にとって地球観測の役割は大きく、ハイパースペ

クトルセンサによるデータ計測は特にこれらの分野への貢献が大きいと期待されます。したがって、高い計測機能をもつハイパースペクトルセンサの開発をめざす本プロジェクトの重要性は高く、信頼性のあるデータを収集・提供することはわが国の技術力の維持強化だけでなく国際社会への貢献にもつながるものと期待されます。

- 設定されたすべての目標に対して、すでに見通しが立っており、素晴らしい。一部、目標を上回る性能を達成することができそうであることも評価できる。センシングデータの応用にも期待ができる。
- 本事業で開発するセンサは世界最高レベルの性能を持ち、ハイパースペクトルセンサは資源探査と農林業、マルチスペクトルセンサは防災・環境分野で貢献が期待される。ハイパースペクトルセンサは資源ユーザにとって探査対象鉱種の拡大や地質記載の効率化が期待できるセンサであるが、衛星軌道にあり実用に足るセンサは現在のところ存在しておらず、この開発はたいへん望ましい。
- 我が国は 90 年代初頭から衛星センサの短波長赤外領域の多バンド化について世界をリードしてきており、本プロジェクトはこのセンサ製作技術の優位性を維持する点からも、また我が国の資源衛星政策の一貫性を維持する点からも望ましい。
- わが国の衛星リモートセンシングによる地球観測技術開発は、必ずしも世界的な首位にあるとはいえない。そのような背景の中で、先駆的なハイパースペクトルセンサ等開発内容は、世界に誇れる技術として開発を推進し、国際的な資源問題、食糧問題等々の主導的な情報収集に運用・活用されることを期待する。

〈問題点・改善すべき点〉

- 国際競争・協力の中での当センサの位置づけを明確にすること。ポインティング機能の実現は衛星全体のポインティングで実現するとあるが、ハイパーとマルチの視野位置合わせ（選択）等の観点から自らが有する方がよい。その機構部を構築する場合には、合理的な開発と十分な試験が望まれる。
- センサの仕様やデータ取得方法についての技術的検討においては、実際の利用場面（対象）や利用方法（類似センサとの協働、アーカイブの利用等）などを想定して、より十分に検討することが必要と見受けられました。なお、同じ波長領域の MSS とハイパーが別個にあるが、いずれも他国の類似センサを凌駕する仕様ではないようなので、たとえば、それらを並列ではなく協働させる面などで新規性をうち出せる可能性はないでしょうか。
- 開発中のセンサは、特筆すべき特徴、独創的なアイデアを有しておらず、

本開発プロジェクトをもって日本が技術的に優位な立場に立てるとは確信できない。目標設定が少々チャレンジ精神に欠けるところがある。

- ハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサのいずれにおいても、同様の仕様を持つものが他国でも開発されており、運用もほぼ同時期に予定されている。競合相手となる諸外国のセンサに対して、本事業では何らかの優位な特徴を持たせることにより差別化を図るべきではないか。
- マルチスペクトルセンサは空間分解能の点でやや特徴に乏しく、差別化のための工夫がなされることが望ましい。

〈その他の意見〉

- ・ 本プロジェクトで開発するセンサの利用価値を高めるため、可能な限り多くの応用分野でユーザが使い易い形でその観測データが利用できるようなデータポリシーを持つことが望まれる。

2) 今後に対する提言

海外での類似仕様の衛星センサ計画を踏まえ、技術力での新規性を確保する戦略と、利用・活用面での戦略（技術的に同等でも機能が十分であれば国際社会に協調的に貢献する効果が大）とを明確化し、それらをセンサ仕様・運用諸元に反映させることが望ましい。

とりわけ、ハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサを同じ衛星に載せて同時観測ができることの利点を生かすなどして、競合相手となる諸外国のセンサに対して優位な特徴を持たせることが期待される。

一方、ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサは、本来、多目的に利用可能な多くの情報を提供するセンサである。本プロジェクトで開発するセンサの利用価値を高めるため、可能な限り多くの応用分野でユーザが使いやすい形でその観測データが利用できるような取り組みが望まれる。

〈今後に対する提言〉

- ・ 本プロジェクトで開発するセンサによる観測データを、国が管理するナショナルデータアーカイブの主要なデータと位置づけ、利用しやすい形の補正済みデータとして日本の国土全体に対してデータ整備し、データの利用を格段に広げることが開発中のセンサの価値を高めることになる。
- ・ マルチスペクトルセンサが **ASTER** 後継センサ（ユーザからの性能向上要求を反映したもの）という位置づけであるなら、これまでの **NASA** との協力関係に於いて得られた経験（利点・欠点）を生かして研究開発を進めていただきたい。以前のプロジェクトに比べて総予算がかなり減っているようであるが、効率化だけでなく、地上試験での見落としの無いように事業を進めていただきたい。リスク管理の観点からも、今後特定の担当者に過度な負荷のかかることの無いように配慮されたい。
- ・ 他国で類似仕様の衛星センサが複数計画されており、しかもそれらの運用が先行する可能性が高いことをふまえ、技術力での新規性確保の戦略と、利活用面での戦略（技術的に同等でも機能が十分であれば国際社会に協調的に貢献する効果が大）とを明確化し、それらをセンサ仕様・運用諸元に反映させることが望ましい。
- ・ 国際競争力を高めるため、海外のセンサより確実に優位な性能を持った、低価格のものを開発すべき。国内の技術を積極的に導入し、海外では作れないものを作ってほしい。
- ・ ハイパースペクトルセンサとマルチスペクトルセンサを同じ衛星に載せて同時観測ができることの利点が必ずしも明らかでないと思う。既存の **AVIRIS** ハイパースペクトルデータと **AVNIR-2** マルチスペクトルデータ等

を用いてシミュレーションを行うことにより、2種類のデータを組み合わせることの効用を調べてみてはどうか。

- マルチスペクトルセンサによる広域概査、次にこれを踏まえたハイパースペクトルセンサによる精査など、地表解析ツールとしての完結性が主張されている。しかし、資源確保を主たる目的として利用するためには、マルチスペクトルセンサの観測波長域を拡大し、短波長赤外領域に少なくとも1バンドを配置することが望ましい。空間分解能5mのSWIR 1バンドを追加することにより、資源探査の視点からは既存衛星を上回る十分魅力的なものになるだろう。
- センサの性能・仕様に関しては、センサのハード的諸元(S/N比等)を列記しているが、目的とする地球環境および資源探査等における識別能力で、具体的に従来のセンサよりもどのように勝っているかを対応づけて提示することが、ユーザや顧客へのアピールとして重要な点となってくるので、今後の検討を期待する。
- 冗長性機能に関しては、特に考慮していないという答弁であったが、短期的には予算削減になることは納得できるが、長期的には冗長性機能の活用で寿命が延ばせる場合が、実際の衛星運用では多々あるので、設計寿命を最低限満足すれば良いという発想を、長期利用に耐えれば、より多くの信頼を得て、将来の世界市場における技術的地位の獲得に繋がるのではないだろうか。
- 経費削減のため、開発の途中ステップをかなり省略しているとの説明があったが、節約のあまり、いきなり宇宙に打ち上げて不具合となれば、よりいっそうの不経済が生じることとなる。この点を考慮して、開発工程の簡略化の経済性とリスクを十分に配慮して開発を進めていただきたい。

1. 2 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

我が国は衛星センサの短波長赤外領域のマルチバンド化にいち早く着手し、その実利用を推進してきた。今後とも最新の高性能衛星搭載センサの開発能力を維持し、この分野で世界のトップの技術力を持つことは日本の国益となる。特にハイパースペクトルセンサの開発は、資源確保・食糧保障・環境保全に関わる応用への貢献が期待され、国家戦略のもと実施すべき事業である。高スペクトル分解能の追求はセンサ開発上の技術的な難易度が高く、またユーザが少数に限られることなどから、官による支持なしには手がけられない分野とみなせ、NEDO 事業として妥当であると考えられる。

しかしながら、国際的な開発・観測計画の中での当事業の位置づけや特色の明確化が十分とは言えない。営利を主目的とした事業でないとしても、本プロジェクトの成果による新たな機能によりもたらされる便益を鉱物資源探査のみではなく、世界的食糧資源のモニタリングなどの農林業や、防災、環境などへの効用も含めて示すと共に、他国のセンサ開発経費や我が国の過去のセンサの開発経費との比較を行うなどして、本事業の実施の効果を明確に示すべきである。

〈肯定的意見〉

- 日本が高性能衛星搭載センサの製作能力を維持し、役立つリモートセンシングを追及するため最新のセンサを開発する能力を持ち続けることは、この分野で日本が世界のトップの技術力を持つことになり、日本の国益となる。ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサは利用価値の高いセンサであるため、今後も継続して開発改良すべきセンサである。しかるに現時点ではセンサの市場が育っていないため、これらのセンサの開発、改良に NEDO が関与し支援することは、宇宙産業の育成のためのみならず国益のためにも極めて妥当である。
- これまでのマルチスペクトルセンサの開発経緯と今後のニーズ、新たなハイパースペクトルデータの要望状況、今後の我が国の競争力の強化から、当事業の必要性は明確である。また、この規模の事業推進は国家戦略に則って実施すべき規模の事業であるため、一民間企業が担当すべき類のものではなく公共性が高いと判断する。この意味で NEDO の関与は妥当であるが、我が国の宇宙戦略のバランスの観点から宇宙開発戦略本部の了承を要する事項と思われる。
- 本プロジェクトがめざしているハイパースペクトルセンサは、特に食糧保障・環境保全に関わる応用への貢献が期待されることから、わが国の国際社会

への貢献の観点からも、パブリックセクタがこれを推進する意義は高い。

- 先端的な衛星センサの開発は、リスクが大きいために民間だけで行うことは困難であり、NEDOのように公的な機関の関与が必要である。
- 実用に足る性能を備えた衛星ハイパースペクトルセンサの開発は世界初の試みであり、これにより乾燥地域の地質マッピングの効率が著しく高まることが期待される。衛星センサ開発には、大きく分けて高空間分解能を求める方向性と高スペクトル分解能を求める方向性の二つがあるが、前者については利用の裾野が広いこともあり、もはや民間企業による取り組みも少なくない。他方、高スペクトル分解能の追求はセンサ開発上の技術的な難易度が高いこと、またユーザが地質関係者などを中心としてより少数に限られることから、官による支持なしには手がつけられない分野とみなせ、NEDO 事業として妥当であると考えられる。センサ製造に関する国際競争力維持の点からも支持できる。我が国は JERS-1 OPS、ASTER などとりわけ衛星センサの短波長赤外領域のマルチバンド化にいち早く着手し、その実利用において世界をリードしてきたが、新たな衛星ハイパー時代を迎えても、我が国が遅れを取らないということはいわば製造業立国として肝心である。また衛星ハイパーセンサは、このような過去の積み重ねとの関係性においても、我が国の考え方の延長にあるもので、世界に対し日本の資源衛星をめぐる一貫した考え方や姿勢を示すという点からも意義が大きい。

〈問題点・改善すべき点〉

- 海外の動向調査はなされているが、国際的な開発・観測計画の中での当事業（センサ性能、稼働時期）の位置づけ（競争点、協力点（補間点））や特色の明確化が十分とは言えない。「費用対効果」の説明で、市場予測や鉱区取得効果及び無駄な投資の回避の観点で記述しているが、営利を主目的とした事業でないのなら、（やむを得ない点もあるが）仮定に基づく説明よりも他国のセンサ開発経費や我が国の過去のセンサの開発経費に比べるか、新たな機能によりもたらされる便益に比べてどの程度節約になるかを示した方がよい。
- 国際的な食糧保障-環境保全に関わる問題への貢献を最大化できるようなセンサ仕様や観測諸元、データ流通を戦略的に構築する必要性が高いと考えます。
- 海外製ハイパーセンサの利用という選択肢を排して、なぜ、日本で開発を行わなければならないのか、理由付けが明確でない。
- 本事業における費用対効果の見積もりは甘いのではないか。これまでに運用された ASTER センサ等の実績に基づいた見積もりでなければ説得力が弱

い。また、本事業の効果としては、資源探査のみではなく、農林業、防災、環境などの効用も含めてはどうか。

- 実施の効果に関し、資源を例とした見積もりが示されているが、一部は楽観に過ぎる。例えば、金属鉱区の価値が数十億円と見積もられているが、この水準で取り引きされる鉱区とは既にある程度の探査がなされ、これに成功した鉱区であるといえる。このような鉱区の付加価値は低廉な画像データ解析ではなく、試掘など別途大きな資金が投入されて得られたものであり、リモートセンシングの効果であるとは単純に認めにくい。加えて探査の回避による高効率化も記されているが、現実には画像データのみから高い確度で地下深部の様子を推定することは困難で、他データを用いて総合的に判定するものであることから、見積もりの根拠は乏しいと言わざるを得ない。
- ハイパースペクトルセンサで技術的に解決する要件が、総論に留まり具体性に乏しい。従来光学センサあるいは、従来ハイパーセンサで不十分で、本開発のセンサに解決を期待する具体的な技術要件を、利用活用の分野側から明示することが、本プロジェクトの意義を主張する上で、重要である。マルチセンサとハイパーセンサの相互技術連携関係を、もう一步踏み込んで明確に位置づけていく必要がある。費用対効果においては、鉱物資源に関する位置づけを主に論じているが、世界的食糧資源のモニタリングに関する項目も金額的に無視できない大きな項目であり、作物の監視に関する試算も、考慮することが望まれる。

〈その他の意見〉

- ・ 事業の目的をセンサの開発としている。NEDO は、宇宙産業の育成の一部として衛星センサの市場化のために新しいタイプのセンサ開発を支援している。これは必要なことである。ただ、衛星センサの市場化の前提は、衛星観測データが継続的に有効利用されることである。このため、NEDO が市場化を支援するためには、ハードウェアの開発にとどまらず、衛星データ利用の活性化のための国としてのデータポリシーの検討などを含めリモートセンシング全体の有効利用の促進にも関与することが望まれる。
- ・ 事業の意義として資源確保（エネルギーイノベーション）が掲げられているが、新型ハイパーセンサの十分合理的な仕様が決定され、フライトモデル実機が完成するだけでは十分ではなく、更に、仕様を満たすセンサが無事に軌道に投入され、安定的に良質のデータが取得され、柔軟にデータ取得要求を受付け、迅速に精度良く校正されたデータの配布がなされるといった、その後のプロセスが肝要であり、本プロジェクトはこの資源確保に資するための第一歩に過ぎない。

2) 研究開発マネジメントについて

技術動向・市場動向等を踏まえ、ユーザの潜在的な需要をよく取り込んだ研究開発目標が定量的に設定されている。また、ハイパースペクトルセンサの目標性能の見直しは、データ処理、ニーズ、世界情勢の変化の観点から大いに評価できる。

目標達成に必要な要素技術として高 S/N 比を実現する分光検出系、高精度校正技術、高速データ処理系・効率的なデータ伝送系を設定し、目標達成のために必要な研究開発マネジメント体制が生まれ、実績に富む実施者間での連携も十分に行われている。

しかしながら、本プロジェクトでのセンサの仕様は、いずれも他国で開発されている類似センサに対する技術的優位性が必ずしも明確ではなく、ハイパー・マルチ両センサを協働させるなどの差別化のための工夫が必要である。

また、分光器と検出器といったハイパースペクトルセンサの基幹パーツが外国製であることについては、製造業の競争力や将来への技術力の構築と継承などの視点からは国産化も望まれる。

〈肯定的意見〉

- 研究開発目標は技術動向、市場動向等を踏まえて定量的に設定されており妥当である。目標達成に必要な要素技術として、高 S/N 比を実現する分光検出系、高精度校正技術、高速データ処理系・効率的なデータ伝送系を設定しており、その開発に取り組んでいることは妥当である。研究開発チームの構成は妥当であり、実施者間での連携も十分行われている。
- 研究開発目標、研究開発計画、事業体制について、具体的に記述されており、順序、時期、定量値記述の点については実行可能と判断され、概ね妥当と思われる。ハイパースペクトルセンサの光学分解能を低下させて S/N 比を向上させる目標性能の見直しは、データ処理、ニーズ、世界情勢の変化の観点から大いに評価できる。
- 内外の技術動向、市場動向等が調査されている。
- ユーザの潜在的な需要をよく取り入れた目標設定となっている。
- 目標達成のために必要な研究開発マネジメント体制が組まれている。
- 1999 年に先行した米国の HYPERION センサは S/N 特性等が十分でなく、実用データは期待しづらかったが、本プロジェクトのハイパースペクトルセンサは実利用を想定とした十分現実的で期待が持てる仕様となっている。
- ハイパーセンサは途中、空間分解能を犠牲（15m→30m）にして、S/N 比を向上させる仕様変更がなされたが、これは岩石・鉱物のマッピング精度の向上には有利な選択となっており、資源エネルギー確保の目標達成に叶った判

断がなされたと考えられる。

- **JAROS**, **NEC** は過去に受注経験があるなど実績に富み、適切な実施者と考えられる。

〈問題点・改善すべき点〉

- ユーザ動向調査アンケート対象者の多くがミッション要求審査委員会委員または技術委員会委員である。ユーザ意見を反映しやすい委員会であると言えばそうなのかもしれないが、アンケート結果は、**HSS** や **MSS** の一般ユーザの意見を反映したものであるかどうか。**ALOS-3** の陸域観測ミッションの実施決定を受けて衛星バスとのインタフェース調整を開始し、**JAXA** と共同研究契約を締結したとあるが、**ASTER** の **NASA** との連携の経緯の観点からも、パートナーの検討を行わなくてもよいのか。
- 技術的挑戦の部分がどこにあるのか、ないのか（素子、構造、全体仕様、観測戦略）が不明瞭でした。類似センサが少なからず先行する情勢にあることから、それらを明確化することが重要で、必然的に予算・人材などの投入資源の配分にも反映される可能性もあると考えられます。そういう意味で、せっかくのニーズ・技術・市場に関する動向調査が行われているにもかかわらず、目標設定の妥当性と開発後の利活用戦略を見通した検討がやや不十分のように見受けられました。
- 日本のセンサの国際競争力について客観的な分析が足りない。売れない理由を国の努力不足に帰するだけでなく、機能・性能他の面から分析する必要がある。日本の国際競争力の観点から、十分な目標設定、ふさわしい協力体制になっていないのではないのか。
- 本事業における費用対効果の見積もりは甘いのではないのか。これまでに運用された **ASTER** センサ等の実績に基づいた見積もりでなければ説得力が弱い。また、本事業の効果としては、資源探査のみではなく、農林業、防災、環境などの効用も含めてはどうか。
- **CCD** アレイ、分光器といったハイパーセンサの基幹パーツは国産品でないということであるが、製造業の競争力強化という視点からは、こうしたパーツの内製化も望まれる。
- 設計仕様の基本のほとんどが、**ASTER** を基盤に検討されているようであるが、**ASTER** は、ハイパースペクトルセンサの標準では無いので、より広い立場で検討することが妥当である。**JAXA** のパナクロセンサとの併載の可能性があると説明が付加された。もし、その方向が固まる場合は、より双方のセンサの連携性の向上を考慮した設計調整を含めた検討を付加すべきである。（例えば、観測幅の関係などにおいて）総論にも記述しているが、冗

長性機能に関する考慮を追加することが、長期的観点から必要である。TRMM など数々の衛星・センサで寿命維持に成果をあげている。総論にも記述しているが、経費削減のため、開発の途中ステップをかなり省略している点に不安材料がある。経済性とリスクを十分に配慮して開発を進めていただきたい。開発から打ち上げまで、長期間が経過する。打ち上げが失敗した場合、時間的に世界市場に立ち遅れる可能性もある。予算が必要となるが、B号衛星用の控えのセンサ準備の検討も、実利用衛星の位置づけでは、時間との競争もあるので、必要と考えられる。

〈その他の意見〉

- 研究開発目標として、センサの諸条件、すなわち空間分解能、観測幅、バンド数、などを本プロジェクトの中で専門家の意見から設定している。本来ならば、一つのセンサ開発プロジェクトとしてではなく、日本の長期的な地球観測戦略の一部としてニーズ調査、センサの要求条件調査をするべきである。
- 加速財源投入により、リスクの低減や早期着手の可能性が実現できたことについては評価できるが、投入金額（規模）についての妥当性については判断できない。

3) 研究開発成果について

世界最高水準の S/N 比を持つハイパースペクトルセンサの実現に向けて技術開発が着実に進み、現行の航空機ハイパースペクトルセンサに比肩される品質の撮像データが得られる見通しであり、最終目標を達成できる可能性は十分にある。本プロジェクトの成果は、今後の日本のセンサ開発技術力の礎となる。試作した要素と同等の性能を有するフライト品（機器）を宇宙用にインテグレートし、今後の各種試験で目標性能を達成することに期待したい。

しかし、本プロジェクトの成果が世界水準からみてどうか、あるいは新たなシステムやセンサ仕様に対する挑戦・開拓部分があるのかどうかやや不明確である。

また、知的財産権等の取得や成果の普及（論文発表）等は、現状ではやや乏しい。本プロジェクトは未だ基礎的設計の段階ではあるが、今後の国際競争に勝つためには、中核となる技術について知的財産権の取得等の取り組みが重要である。

〈肯定的意見〉

- 最終目標を達成できる可能性は十分にある。本プロジェクトの成果は、今後の日本のセンサ開発技術力の維持のための大きな礎となる。
- 要素試作試験を実施し、大きな問題点もなく最終目標達成の実現可能性の見通しがついたことは、今後2年半の研究開発を進める上で評価できる。試作した要素と同等の性能を有するフライト品（機器）を宇宙用にインテグレートし、今後の各種性能の試験で目標性能を達成することに期待したい。
- 設定された技術目標に対してはおおむね到達しているように見受けられました。
- 高い S/N 比と量子化分解能を本センサーの特徴として据え、設定目標よりも高い性能を実現しようとしており、主体的な判断として評価できる。
- 世界最高水準の S/N 比を持つハイパースペクトルセンサの実現に向けて技術開発が着実に進んでいる。
- ハイパースペクトルセンサ開発の中間目標として掲げた個別開発目標の全てに対し達成可能であるとの見通しが得られている。全体に現行の航空機ハイパースペクトルセンサに比肩される品質の撮像データが得られる見通しであり、目標達成の目途を得ていると考える。
- 概ね良好に進行していると考えます。

〈問題点・改善すべき点〉

- センサの評価モデルを用いた耐性・適合性試験は平成 21 年度中に実施とあ

るが、解析では確認されない問題点も実試験で明らかになる場合がある。(たとえば、電源や他信号との干渉、システムの熱変形、パーツの塑性度・弾性度・接着度合いによる耐振性の変化等)。その結果によっては今後の開発計画に影響がある可能性のある事項も予想されるので、十分に試験とデータの解析・評価を実施していただきたい。

- 最終目標の達成可能性と中間目標に対する達成度について、個々の評価項目の全てについて◎(目標を上回る)か○(実現性有り)であり、△(概ね実現性有り、または未確認)や×(課題有り)の項目が全くない。非常に順調に進捗していると判断されるが、評価項目外であっても問題となる可能性のある事項について留意された点があれば柔軟に対応(設計変更など)をお願いしたい。ハイパーとマルチの視野合わせ(移動)のためのポインティング機能は必須と思われる。その機構の構築と試験については今後の試作と評価に委ねることになるだろうが、きちんと試験を実施し、評価いただきたい。ゲイン切り替え機能を有しない点について、利点や欠点(リスク)もあるので、今後も十分に検討いただきたい。分光器の波長安定性について打ち上げ後の軌道上校正(Onboard Calibration)の方法について概念を示していただきたかった。
- 成果が世界水準からみてどうか、あるいは新たなシステムやセンサ仕様に対する挑戦・開拓部分があるのかどうかやや不明確でした。また、知的財産権等の取得や成果の普及(論文発表)等は、現状ではやや乏しいように見られました。新規性、挑戦性が高い部分や比較優位性のある点をさらに盛り込むことにより、今後、これらがさらに多数出てくることを期待します。
- 知的財産権に関する取り組みが不明確。特に中核となる分光器の技術は重要であり、部分的であれ、特許を押さえる、または容易に真似できない技術を保有することが、今後の国際競争を勝ち抜くには不可欠と思われる。
- 成果の意義として、より広い観測幅を有するマルチスペクトルセンサによる広域概査、次にこれを踏まえたハイパースペクトルセンサによる精査など、地表解析ツールとしての完結性が主張されている。しかし資源確保を主たる目的として利用するためには、マルチスペクトルセンサの観測波長域を拡大し、短波長赤外領域に少なくとも1バンドを配置しなければ変質帯等の認識は困難であり、マルチスペクトルセンサとハイパースペクトルセンサの観測波長域をおおむね一致させることが望ましい。マルチスペクトルセンサに例えば空間分解能5mのSWIR1バンドが搭載されれば、資源探査の視点からは既存衛星を上回る十分魅力的なものになるろう。

〈その他の意見〉

- 本プロジェクトの最終目標達成はあくまで高性能センサの開発である。したがって、本プロジェクトの成果はセンサ販売としての市場創造には直接につながる。しかし、本開発センサによる衛星データ利用の市場拡大には、補正済みデータの品質、データポリシー、ユーザの衛星データ利用環境など多くの要因があるため、本プロジェクトの成果はデータ利用の市場拡大の一つの必要条件を満たすに過ぎない。
- 分光器（光学系の加工）と全ての検出器が外国製であることについて、（コストアップ、将来への技術力の構築と継承の点で）若干の不安を感じる。
- 分光器の歪を軌道上で校正するというアプローチであるが、ものづくり日本の実力を生かして、絶対歪まないものを作るというアプローチも検討すべきではないか。
- 知的財産権、成果の普及については、プロジェクトは未だ基礎的設計の段階であり、議論の対象とならないと思量される。

4) 実用化、事業化の見通しについて

本プロジェクトの開発センサは、競合諸外国のセンサに対する技術的優位性が必ずしも明確ではないが、開発の目途はついており、この後のALOS 3への搭載が見通されているなど、実用化、事業化の道筋は明らかに示され、得られるセンシングデータの経済的、社会的価値は多大であると評価できる。また、衛星観測には、防災、環境監視のように金銭で評価しにくい効用も大きく、技術進展や継承、国際的な日本のプレゼンスや貢献の観点からも本事業の推進は評価される。

実用化に向けては、センサ技術の他にオンボードでのデータ処理・圧縮・伝送技術や、観測データを有効利用する解析ソフトも含め運用体制の拡充が必要である。また、データ販売の事業化は、衛星観測データより付加価値データの販売にシフトする傾向があり、日本全体として官民一体となったリモートセンシングの利用促進への取り組みが必要である。

〈肯定的意見〉

- 「ALOS-3での軌道上実証をもって開発センサの実用化を確認する」とすれば、これが達成される可能性は極めて高い。
- 高額予算を投入するため、実用化・事業化の観点は必須であるが、将来起こり得る可能性のある事象への対応や、技術進展や継承、国際的な日本のプレゼンスや貢献の観点からも事業推進の評価がなされるべきである。実用化・事業化を常に念頭において研究開発を進めれば、事業の展開や技術発展の方向性として実用化から大きく外れることはないものと思われる。
- データの重要性は高く、国際的な実用への期待は大きい。それを想定した事業となっている。
- 有用なセンシングデータが得られるものと期待され、そのデータの経済的、社会的価値は多大であると評価できる。
- 実用化という言葉が経済的利益のみをさすのであるとすると、衛星ビジネスが、開発、打ち上げ、運用の経費を勘定に入れて利益を出すのは難しいのではないかと懸念される。衛星観測には、防災、環境監視のように金銭で評価しにくい効用も大きい。センサ開発はこのような効用も含めて評価すべきだと思ふ。
- センサの開発目途はついており、この後のALOS 3への搭載が見通されているなど、実用化、事業化の道筋は明らかになっていると思ふされる。開発に至る全体の所用経費もASTER開発時に比べ大きく低減されており工夫がみられる。資源、環境、農業に分野で幅広くハイパーデータの価値や効果が見いだされ、我が国に新たなビジネスが創成することが予見される。例としてコロラド大学および米国地質調査所デンバーらは80年代よりハイパス

ペクトルデータの解析を推進したが、この結果コロラド州には、ハイパーデータの解析を専門とするコンサルタント業、スペクトルメータ製造業、ソフトウェア産業などの関連産業が生まれた。

- VNIR 領域に比べ、SWIR 領域での地上分光特性観測データが少ない。これは、SWIR 領域の地上分光放射計が高価であり、利用が普及していないためである。衛星打ち上げ後、観測データをより有効に利用していくためには、SWIR 領域を含めた地上調査体制の拡充を並行して推進する必要がある。また解析利用のアルゴリズムや、ハイパー用の解析ソフトウェアの普及を並行して推進しないと、利用は普及しにくいと予想される。

〈問題点・改善すべき点〉

- センサ販売の事業化を推進するためには、継続的な海外からのセンサ受注が必要となる。このためには、NEDO、経済産業省、国が官民一体となった海外へのセンサ販売活動を強く推進する必要がある。
- データ販売の事業化は、将来、衛星観測データより付加価値データの販売にシフトする傾向があると考えられる。また、データ販売ではなく、データを利用したサービスの事業化が拡大すると考えられる。これらの事業化を可能にするものは、高性能センサの開発のみならず、幾何補正、ラジオメトリック補正、大気補正などを含む衛星観測データの品質保証、適正なデータポリシー、なども含まれる。したがって、一つのセンサの衛星観測データ販売促進を目標とするのではなく、衛星観測データ全体の利用促進を目標とし、NEDO、経済産業省の中だけではなく、日本全体としてリモートセンシングの利用促進に取り組むべきである。その中で、本プロジェクトが開発しているセンサによるデータを国が持つ主要データとして品質保証し、適正な国のデータポリシーの元にデータの利用を広げることが望ましい。
- 実用化の確認については、平成 25 年度の ALOS-3 の打ち上げ後の軌道上実証をもって行うとあるが、当プロジェクトの完了後 2 年以上を待たないと確認できないのは問題ないか。海外プログラムへのセンサの販売促進を事業化の一つとしているが、想定される海外プログラムが具体的に見えない。データ販売の事業化構想に於いて、同類の海外センサデータとの競争（力）について言及がない。後継センサを含むセンサ開発とその技術の進歩により事業化を推進するようだが、センサ技術のほかデータ処理（オンボード処理を含む）・圧縮・伝送技術も進歩しなければデータの膨張によってユーザのニーズに的確に応えられないと思う。このあたりの検討が進められているのであれば、もう少し詳細な記述が必要。
- センサ打ち上げ・運用・データ流通などにおいて、商業利用の面では投資を

回収する設定が必要ですが、公的利用の面では国際社会への貢献を旨に、諸国の類似センサとの連携や協働体制構築に向けた努力が望ましい。仮にセンサ仕様が平凡でも、たとえば食糧・環境問題等への貢献が国際社会に認知されることにより、将来にわたって恒常的な開発・運用が支持されていく可能性が高いと考えられます。

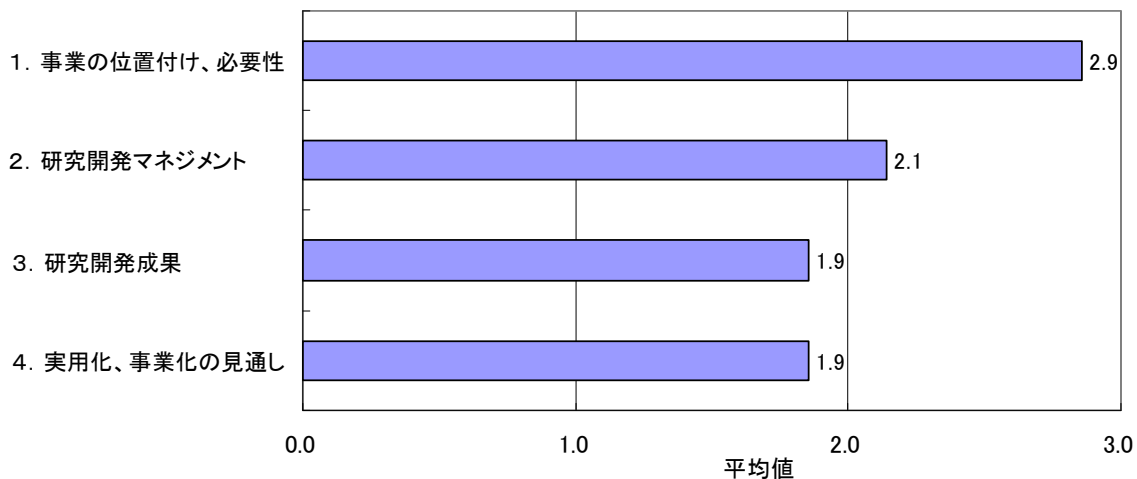
- 本事業で開発するセンサが搭載される ALOS-3 には JAXA のセンサも搭載される予定とのことである。いずれのセンサも大容量のデータを発生するので、各センサの運用について、今後十分な打ち合わせが必要である。

〈その他の意見〉

- ・ 「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」基本計画の 1 (2) において「実用化・事業化のシナリオを明確に意識して本プロジェクトを実施することが求められる。」との記述がある。また、同 5. (4) ③で「本センサによる観測データの普及・利用促進のための方法論について検討し、・・・調査・検討を行う。」との記述がある。本プロジェクトはセンサの開発が目標であり、実用化・事業化のための能動的な行動は本プロジェクトに含まれないと考えられる。上記の記述のように、受動的に実用化・事業のシナリオの情報を集めこれに対応したセンサを開発するという本プロジェクトの考え方は正しい。しかし、本プロジェクトは将来の日本の主要センサを開発しているわけであるから、経済産業省、NEDO には実用化・事業化のための能動的な行動が望まれる。ただ、この行動は省単位ではなく国としての行動であり、これに経済産業省、NEDO が積極的に参加するという形が望ましい。このような実用化・事業化のためのプロジェクトが出来れば、本プロジェクトのようなセンサ開発プロジェクトはこれに直接リンクした形で進めることが理想的である。具体的には、本プロジェクトが開発するセンサによるデータを、国が進めるナショナルデータアーカイブの中核となる衛星データの候補として位置づけ、実用化・事業化のシナリオを策定することが望ましい。
- ・ 波及効果の点で新たなハイパーセンサは高い可能性を持っていることは疑いないが、現実には、センサ開発後、良い運用がなされるということが前提であり、運用体制についての検討は避け得ないと考えられるが、今回の議論の対象外であった。

3. 評点結果

3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均	素点 (注)							
		A	A	A	A	B	A	A	
1. 事業の位置付け、必要性	2.9	A	A	A	A	B	A	A	
2. 研究開発マネジメント	2.1	B	B	B	A	B	B	B	
3. 研究開発成果	1.9	B	B	B	B	B	B	C	
4. 実用化、事業化の見通し	1.9	A	B	B	C	B	C	B	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

(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。

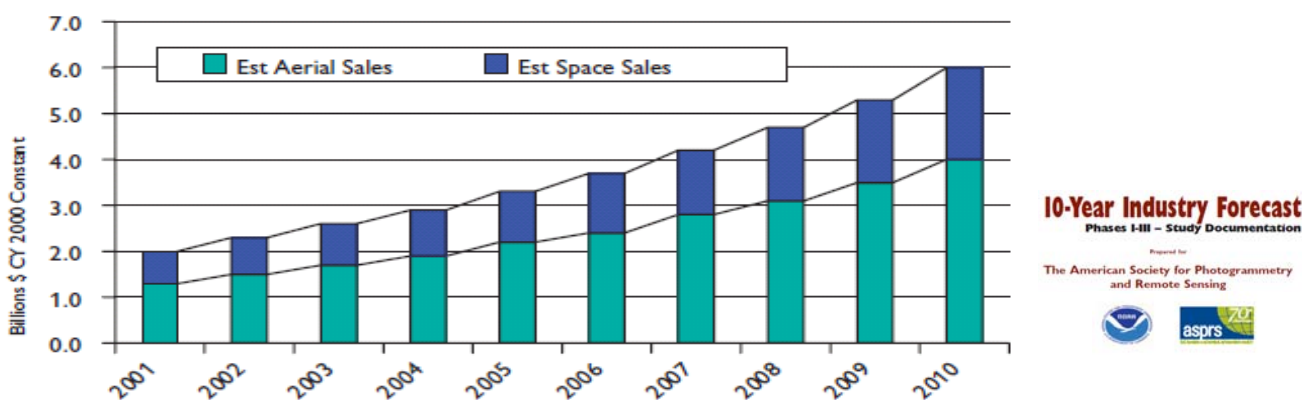


図 1.2-1 航空機リモートセンシング、衛星リモートセンシング市場北米市場予測

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 & Sullivan 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。

2.3 事業の位置づけ

本プロジェクトは国としての必要性から以下の政策で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を進めることとしている。

(1) 総合科学技術会議

平成18年3月の総合科学技術会議の総合技術科学会議基本政策専門委員会において「分野別推進戦略 フロンティア分野の戦略重点科学技術に「リモートセンシング技術（ハイパースペクトルセンサ技術）」が選定されている。

(2) イノベーションプログラム（平成20年4月）

本研究開発は①エネルギーイノベーションプログラムの下に位置づけられており、化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用への貢献が期待されており、さらに②航空機・宇宙産業イノベーションプログラムの下にも位置づけられ衛星利用促進への貢献が期待されている。

・ 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

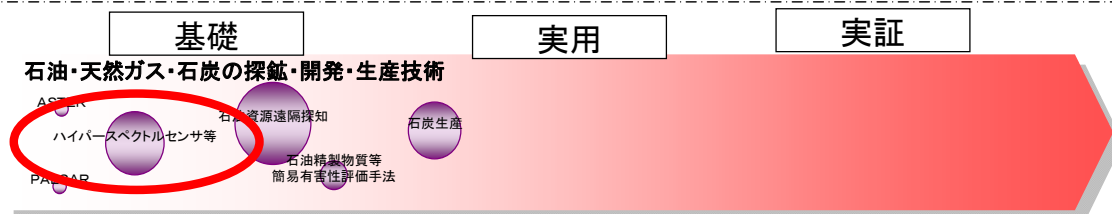
産業競争力向上基盤技術

経済産業省平成20年度第23回研究開発小委員会資料より抜粋したものを以下に示す。赤丸印が本プロジェクトに関連する部分である。

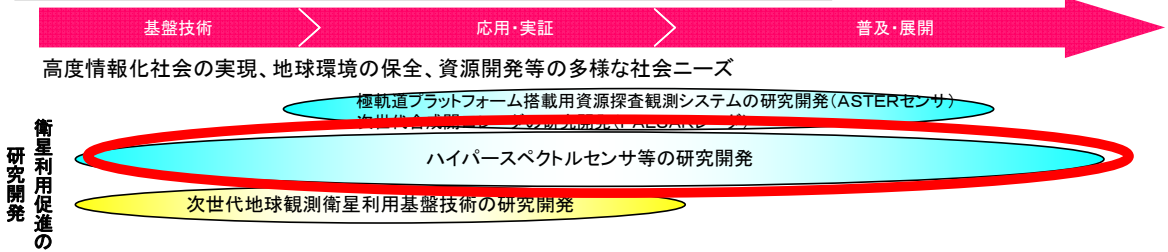
エネルギーイノベーションプログラム

4. エネルギーイノベーションプログラム ⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の太宗を輸入に依存する我が国にとって、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。



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														
			波長域/バンド数														
			観測幅														
			S/N														
中分解能地域観測	ハイパースペクトル(HS)センサ	空間分解能															
		波長域/バンド数															
		観測幅															
		S/N															

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	○	○		○	○
		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い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」：電気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

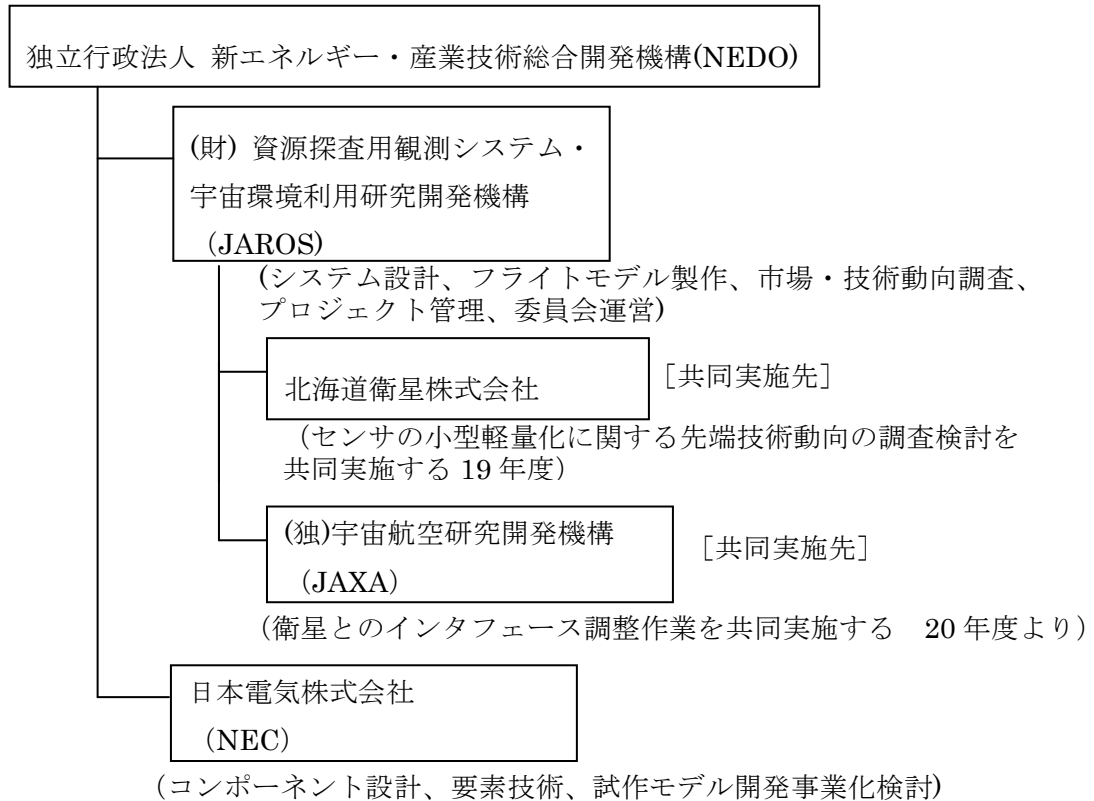
注) MRR: ミッション要求審査、SRR: システム要求審査、PDR: 基本設計審査、
CDR: 詳細設計審査

2.2 研究開発実施体制

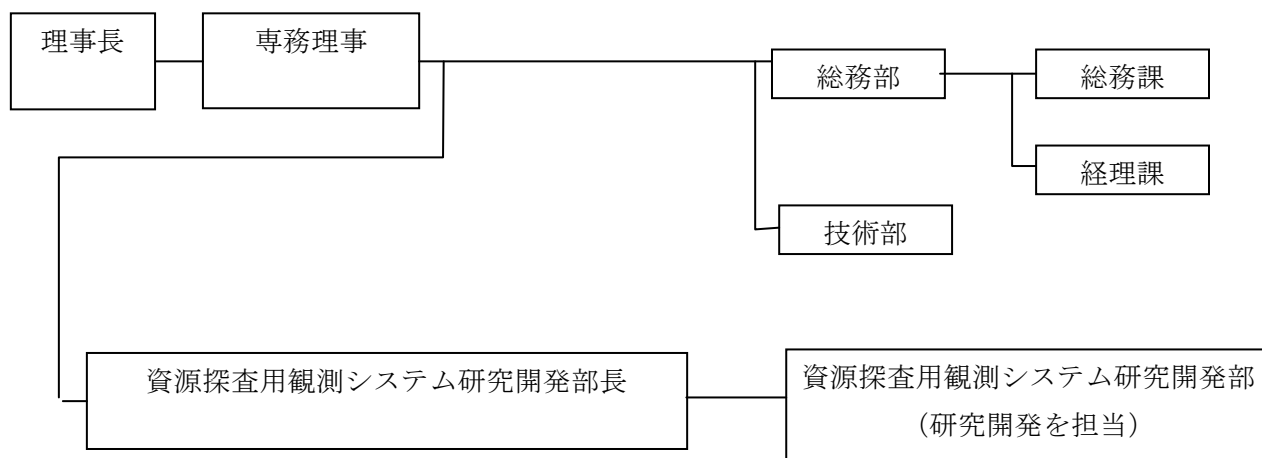
財団法人資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構（JAROS）及び日本電気株式会社（NEC）は、本プロジェクトを以下に示す体制により実施する。

2.2.1 実施体制

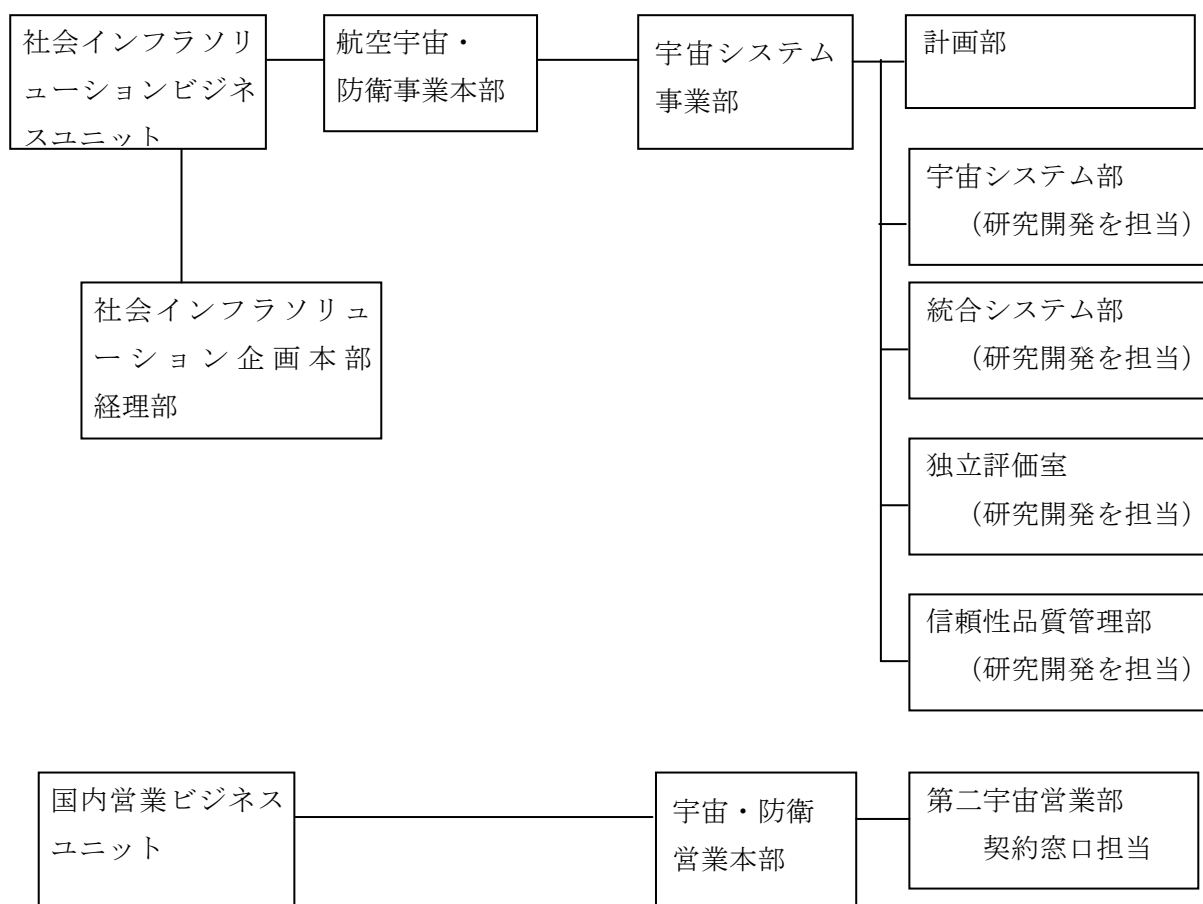
(1) プロジェクト全体の実施体制



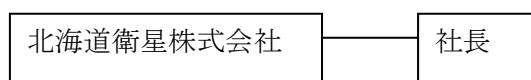
(2) 財団法人資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構の実施体制



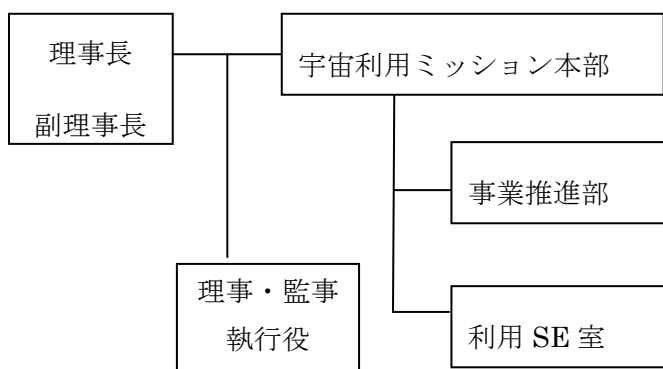
(3) 日本電気株式会社の実施体制



(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 正数	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

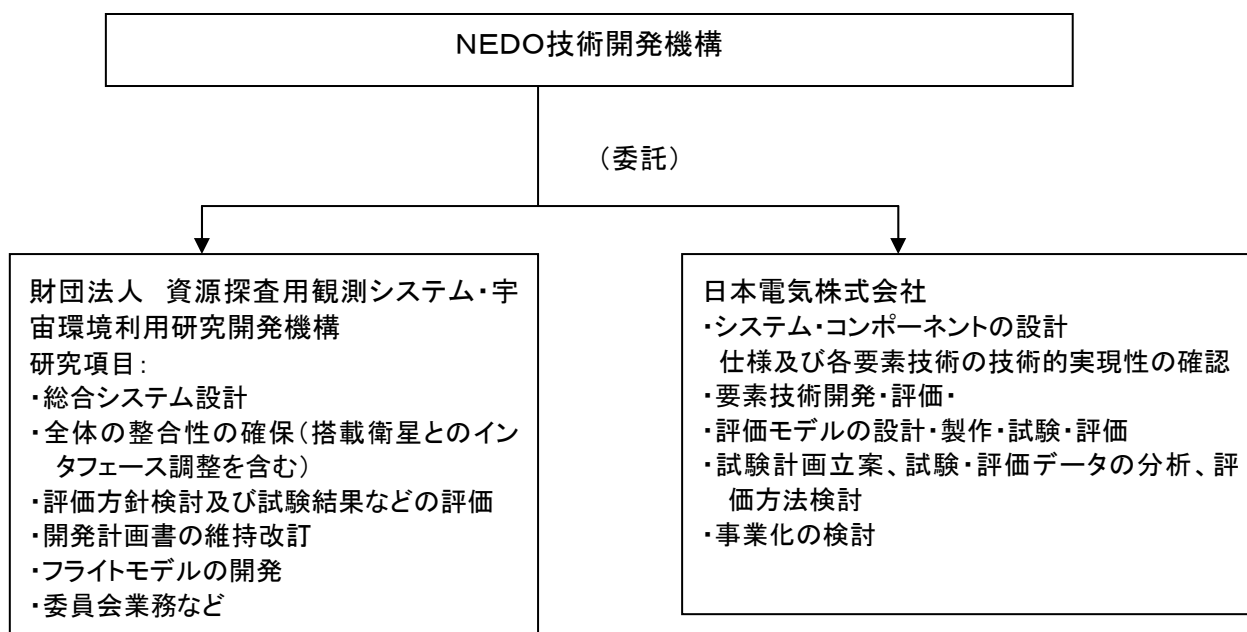
本事業の実施に当たっては、JAROSを事務局として国内有識者からなる委員会を設け、事業計画、開発・検討結果の審議などを実施し、開発内容の妥当性、設計品質などの確保に努めている。

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。

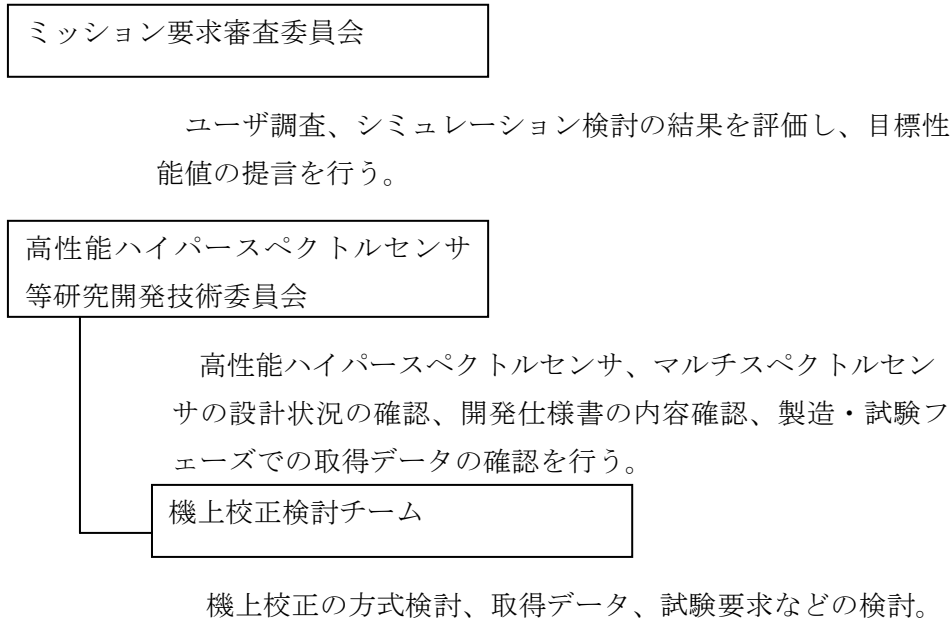
また、NEDO、JAROS、NEC の間で定例の月例会、NEDO と JAROS/NEC 間での四半期毎の研究進捗シートによる進捗確認を行うことで、日程管理、課題の解決が適切に行うことができるようにしている。

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

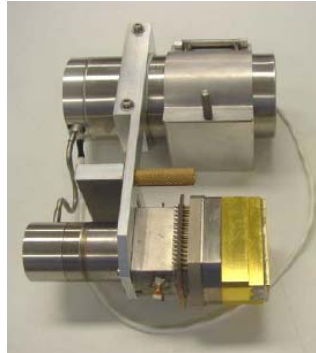


図 1.2.1-2 ハイパースペクトルセンサ SWIR 検出器部要素試作品



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

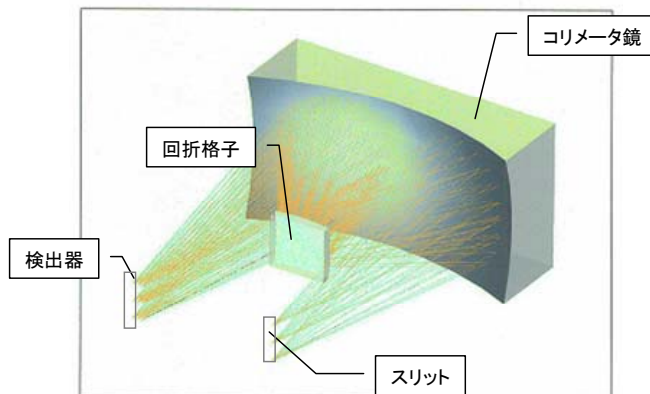
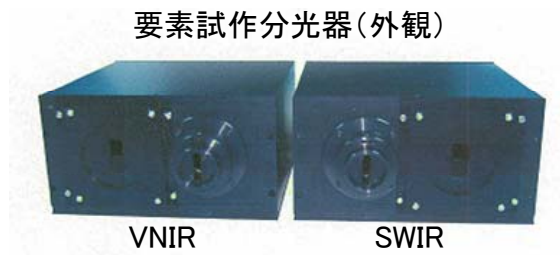


図 1.2.1-4 ハイパースペクトルセンサ分光部要素試作品

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。

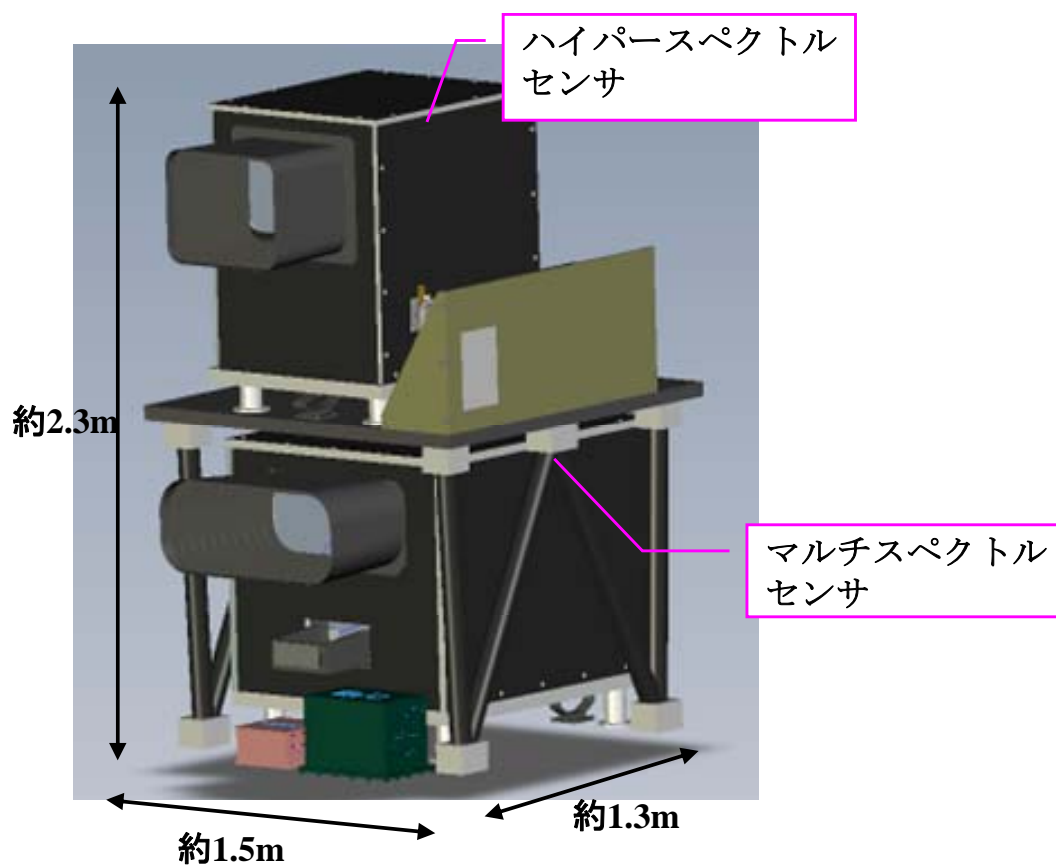


図 1.2.2-1 高性能ハイパースペクトルセンサの概要

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 (PRecursore IperSpettrale della Missione Applicativa)
- 南アフリカ : MSMISAT
- 米国 : HypSI
- 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。

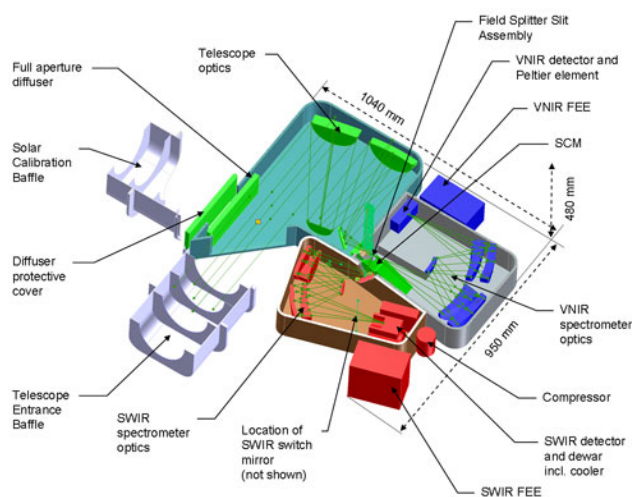


図 1.2.4-1 EnMAP のセンサ外観

(出所 : <http://www.enmap.org/>)

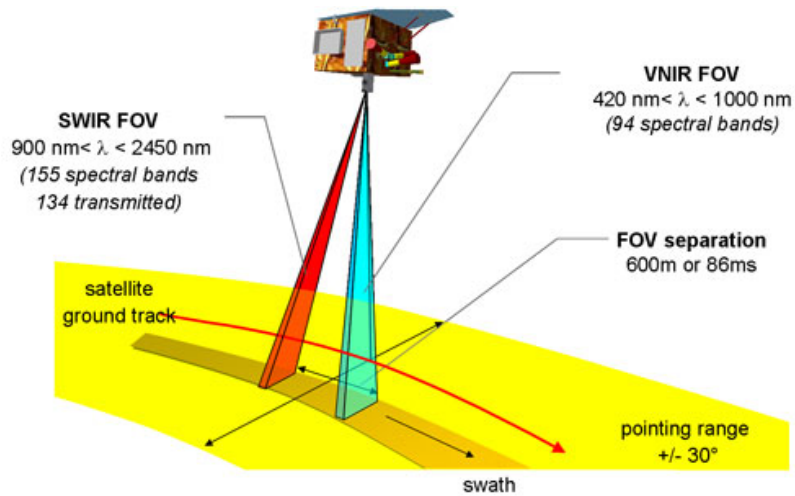


図 1.2.4-2 EnMAP の撮像の様子

(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。

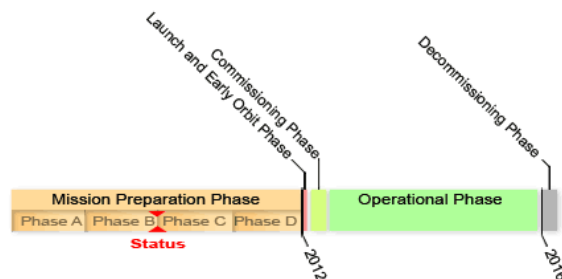


図 1.2.4-3 EnMAP の開発ステータス

(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/パング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) とパングロセンサ (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。

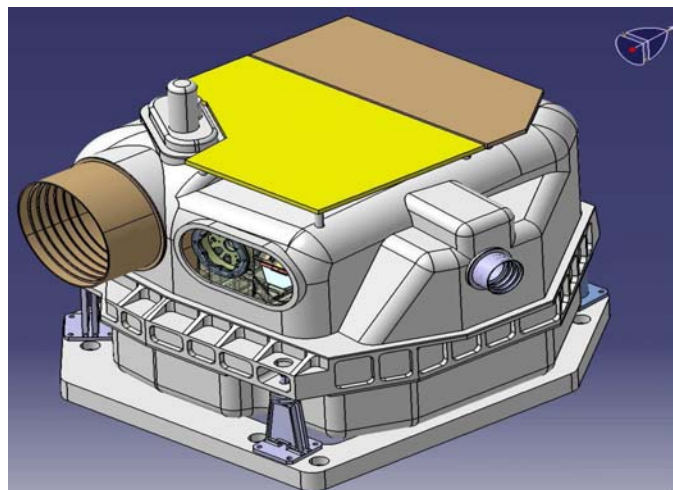


図 1.2.4.-4 PRISMA の外観

(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 (HyspIRI) の動向

HyspIRI 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。HyspIRI プロジェクトの概念図を示す。

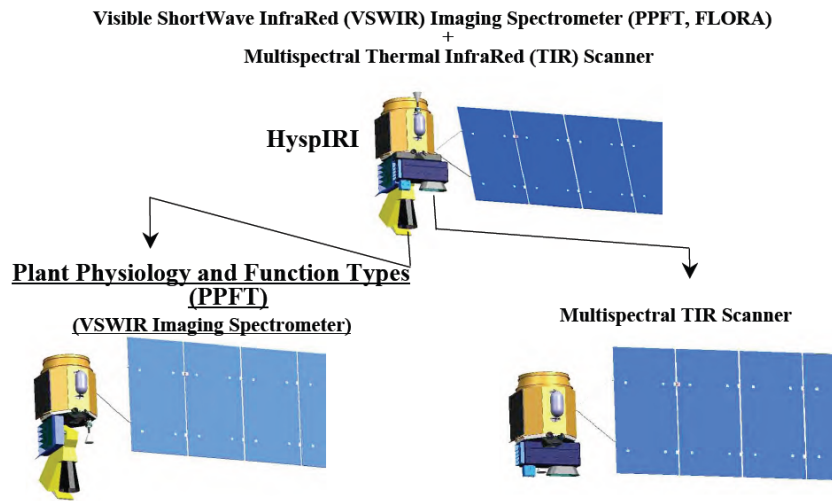


図 1.2.4-5 HypsIRI の概念図

(出典：ISIS Meeting 2007, NASA 資料より)

また、PPFT の外観、主要諸元を示す。

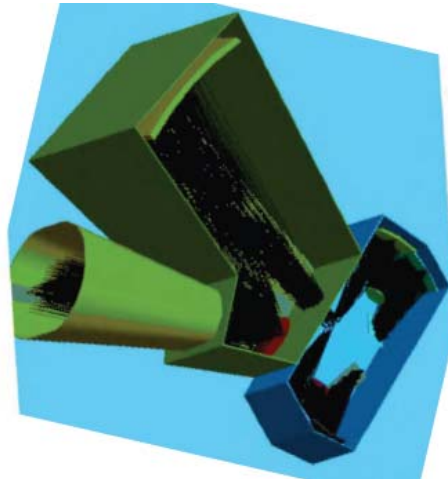


図 1.2.4-6 PPFT の外観

(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。

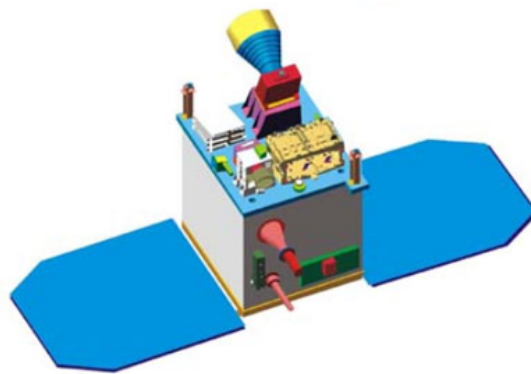


図 1.2.4-7 IMS-1 の外観

(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。

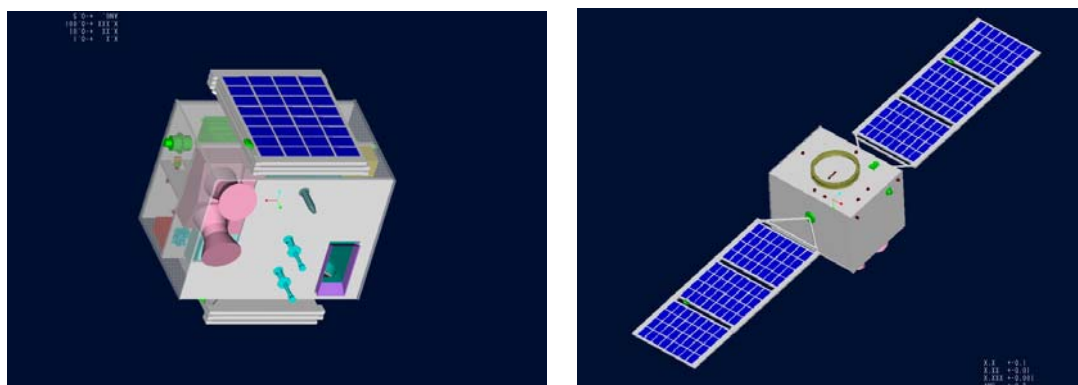


図 1.2.4-8 HJ-1A/1B の外観 (1)

(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、 $3.5\mu\text{m}$ ～ $3.9\mu\text{m}$ にもバンドを設定している点の特徴である。

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: $0.43-0.52\mu\text{m}$ B2: $0.52-0.60\mu\text{m}$ B3: $0.63-0.69\mu\text{m}$ B4: $0.76-0.90\mu\text{m}$
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: $0.75-1.10\mu\text{m}$ B2: $1.55-1.75\mu\text{m}$ B3: $3.50-3.90\mu\text{m}$ B4: $10.5-12.5\mu\text{m}$
空間分解能	300m ($10.5-12.5\mu\text{m}$) 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/バンドとの連携
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鳥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。

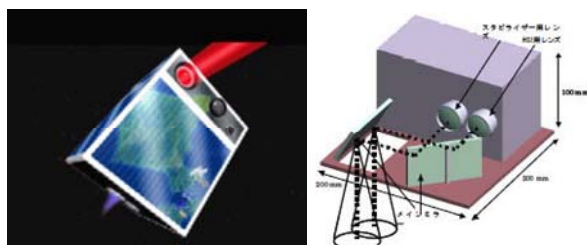


図 1.2.4-9 大樹の外観 (左)、ハイパースペクトルカメラの外観 (右)

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

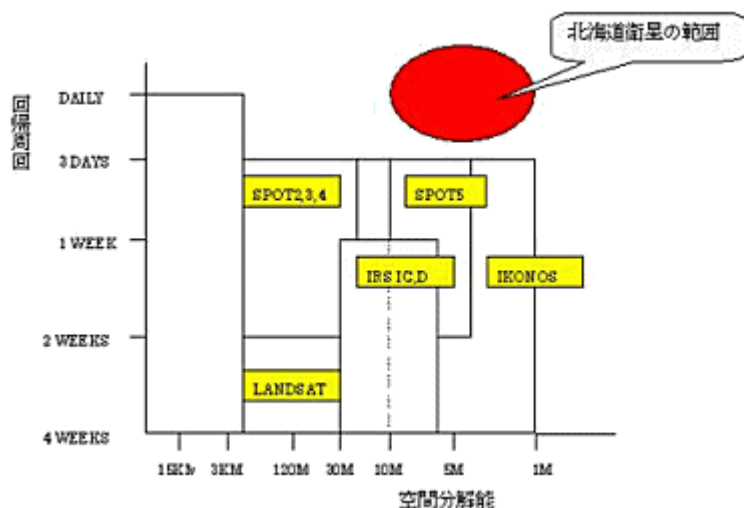


図 1.2.4-10 大樹の位置づけ

(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、スピンアウト事例として、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OMET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。

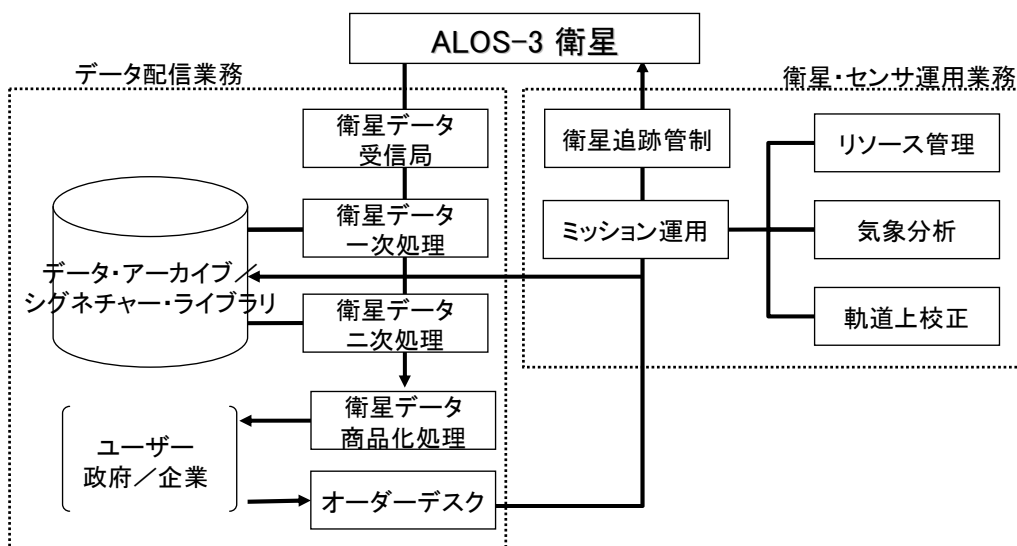


図 1.3-1 ハイパースペクトルセンサ関連の地上局の構成例

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。

(3) 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。

(4) 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。

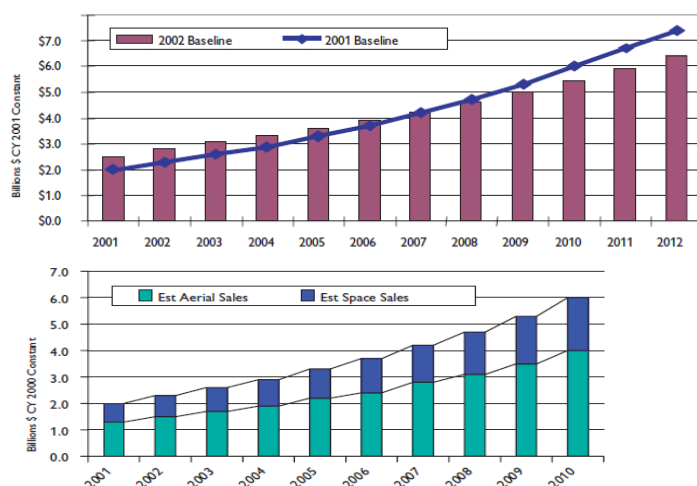


図 1.4-1 観測データ利用の事業規模に関する情報

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。

2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

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
「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」
(中間評価)
概要説明 (公開)

2009年7月30日

NEDO
機械システム技術開発部

目次

公開

- I. 事業の位置づけ・必要性について
- II. 研究開発マネジメントについて
- III. 研究開発成果について
- IV. 実用化、事業化の見通しについて

I. 事業の位置づけ・必要性について

- 1 事業の背景・目的
- 2 事業の意義
- 3 事業の位置づけ
- 4 NEDOが関与することの意義
- 5 国内外の研究開発動向
- 6 実施の効果(費用対効果)

I. 事業の背景・位置づけ

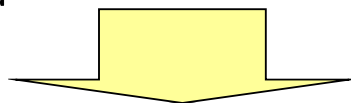
1 事業の背景・目的

社会的必要性

- ・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
- ・宇宙開発戦略本部 基本計画

産業ニーズの高まり

- ・リモートセンシング利用産業
 - 衛星データ利用ビジネス協議会
 - 地球観測データの継続による利用ビジネスの活性化
- ・ハイパースペクトルセンサ利用産業
 - 民間でのハイパースペクトルデータ産業の立ち上げ気運



物質ごとの分布状況の識別能力の高いハイパースペクトルセンサ
継続的なデータ提供のためのマルチスペクトルセンサ
の開発

事業の意義

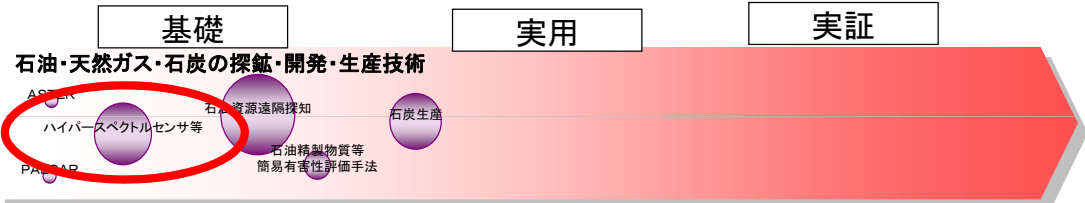
- ・エネルギーイノベーションプログラム
 - 新しい油井や鉱床の発見
 - 鉱床探査の効率化
- ・航空機・宇宙産業イノベーションプログラム
 - 産業競争力強化のための基盤技術の育成
 - データ利用産業の育成、活性化
 - 世界最高レベルの技術水準達成による国際競争力強化
- ・地球規模での環境監視データの提供
- ・樹種識別、成長度把握による農林業への貢献
- ・ASTER(マルチスペクトルセンサ)データの継続によるデータ利用産業活性化
- ・国際的なハイパースペクトルセンサデータ利用の普及への貢献
- ・防災監視による国際協力(マルチスペクトルセンサ)

政策上の位置づけ(1)

エネルギーイノベーションプログラム

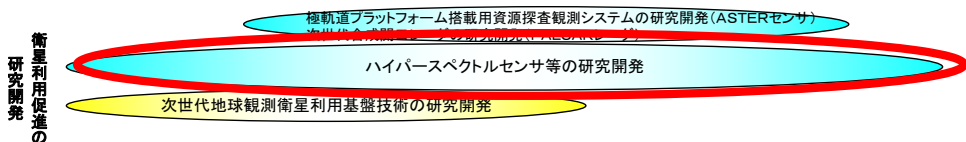
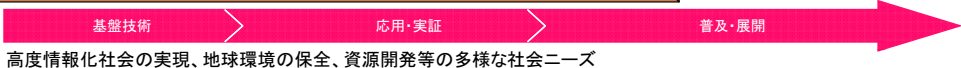
4. エネルギーイノベーションプログラム
 ⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の太宗を輸入に依存する我が国にとって、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。



航空機・宇宙産業イノベーションプログラム

7. 航空機・宇宙産業イノベーションプログラム



I. 事業の背景・位置づけ
3 事業の位置づけ

公開

政策上の位置づけ(2)

・経済産業省 技術戦略マップ 宇宙分野 地球観測の技術ロードマップおよび技術マップに以下の計画が示されている。

・技術ロードマップ



・技術マップ

分野	技術課題	技術課題	重要技術の選定理由						
			社会的要請への貢献 国として保有すべき 基礎技術	利用一歩先の 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	国際競争力強化 低コスト化	短納期化	
地球観測	受動型光学センサ	高分解能陸域観測	マルチスペクトルセンサ	○	○		○	○	
			パナクロマティックセンサ	○	○		○	○	
			ターゲット観測用マルチ/パナクロセンサ	○	○	○	○	○	○
	中分解能地域観測	ハイパースペクトルセンサ	○	○		○	○		
		マルチスペクトルセンサ	○				○		
		熱赤外センサ	○						

I. 事業の背景・位置づけ
3 事業の位置づけ

公開

政策上の位置づけ(3)

・宇宙開発戦略本部 基本計画 (抜粋)

以下のニーズに対応し、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を開発する。

- ・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

以下のニーズに対応し、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を開発する。

- ・公共の安全の確保 防災等
- ・国土保全・管理 国土情報の蓄積

4 NEDOが関与することの意義

高性能ハイパースペクトル等の技術開発の必要性

- ・社会の安全、安心への貢献
 - エネルギー問題への対応(石油探知能力向上)
 - 地球環境監視
- ・民間リモートセンシング利用事業強化
- ・衛星リモートセンシングセンサの競争力強化



データ利用への期待は高まっているが以下の理由で民間だけでは困難

- ・開発期間が長く収益が上がるまでの初期投資が膨大
- ・高性能分光器等の高度な新規開発要素があり、産官学の知識の結集が必要



NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かして推進する必要がある

5 国内外の研究開発動向

国内の研究開発動向

- ・マルチスペクトルセンサデータの利用

JERS-1/OPS(地球資源衛星1号/光学センサ)

Terra/ASTER(地球観測システムAM1/資源探査用将来型センサ)

ALOS/AVNIR-2(陸域観測技術衛星/高性能可視近赤外放射計2号)

→ユーザ要求 継続的運用、観測機会の向上、性能向上(空間/波長分解能、S/N比)

海外の研究開発動向

- ・実験的ハイパースペクトルセンサ搭載プロジェクト

EO-1/Hyperion(地球観測衛星1号/ハイペリオン)(2000/NASA)、

PROBA/CHRIS(Project for On Board Autonomy/Compact High Resolution Imaging Spectrometer)(2001/ESA)

- ・ハイパースペクトルセンサ実証衛星計画

PRISMA(伊 2011)、EnMAP(独 2012)、HyspIRI(米 NASA 2016)

- ・その他 インド、中国が2008年にハイパースペクトルセンサ打上げ

I. 事業の背景・位置づけ
6 実施の効果(費用対効果)

公開

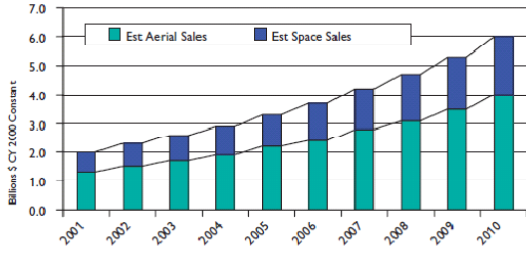
(1)本プロジェクト費用の総額 8,241百万円

(2)投資の効果

(i)リモートセンシング市場予測
ASPRS(American Society of Photogrammetry and Remote Sensing)によるリモートセンシング市場予測 (注)ASPRS:アメリカ写真測量・リモート センシング学会

2012年 北米のリモートセンシング市場 約64億\$/年
衛星リモートセンシングシェア 33%強 約22億\$/年

2012年 市場シェア%推定
ハイパースペクトル 3.4%
マルチスペクトル 18.6%
合計 22.0%



2012年 北米のマルチスペクトル/ハイパースペクトル推定 約4.8億\$/年
欧州/アジアを含めその約2倍として 約9.6億\$/年

その後5年で倍増するとし、センサの運用を5年とするとその間の市場規模は 約72億\$/5年 (約 6,700億円/5年)

事業原簿 I.1.2-1、2

11 / 38

I. 事業の背景・位置づけ
6 実施の効果(費用対効果)

公開

(ii) 鉱物探査等における衛星搭載ハイパースペクトルデータの効果

・航空機搭載センサコストとの比較
航空機搭載センサによる探査費用 約 16,000千円/600km²
本センサの場合 1シーンで30km×30km=900km² であり、1,000千円/シーンと想定すると15,000千円/箇所の効果がある。
参考) 産油国、資源国等の国情を考慮すると航空機を含む現地探査が困難な場合が多く、事前調査等では衛星データを利用するのが最も有効である場合も多い。

・鉱区取得の効果
石油鉱区の取得による費用効果は約百億円
→ 石油が2鉱区取得できれば 約二百億円の効果
(参考) 金属資源の取得による費用効果は数十億円

・探査費用の削減効果
鉱区探査費用として 数億～数十億円/一地域
衛星データを使って資源がないということがわかり
無駄な投資が10地域回避できれば →数十億から数百億の効果

事業原簿 I.1.2-2、3

12 / 38

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

- 1 最終達成目標と設定理由
- 2 中間目標
- 3 事業計画(研究開発計画)の内容
- 4 全体スケジュールと予算
- 5 研究開発の実施体制
- 6 事業実施における運営方針・方法
- 7 技術委員会の組織・役割
- 8 情勢変化への対応
- 9 加速財源投入実績

13 / 38

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

公開

1 最終達成目標と設定理由

ユーザの意見を反映するため資源、農業、環境等の分野の専門家へのアンケート、聞き取り調査およ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。

研究開発目標	設定理由
ハイパースペクトルセンサ 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	○ハイパースペクトルセンサ 航空機ハイパー、Hyperion等のデータを実際に使用しているユーザから高S/Nデータが必須との意見があり、 VNIR(可視近赤外) 450以上 SWIR(短波長赤外) 300以上 の目標を設定した。この値は世界最高レベルである。
マルチスペクトルセンサ 空間分解能 5m以下 観測幅 90km バンド数 4 S/N比 200以上	○マルチスペクトルセンサ ASTERのユーザの性能向上要求を反映した。 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 青バンド追加による沿岸域の観測に有利であり、また、トゥルーカラー(注)が可能。 S/N比 ASTER相当以上 160→200

注)トゥルーカラー:コンピュータでカラー合成を行う場合に、赤にバンド3、緑にバンド2、青にバンド1を割り当てると、自然色に近い表現となる。

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

2 中間目標

公開

最終目標を達成するために、事業計画に基づき以下の中間目標を設定した。

① 要素試作試験等により最終目標性能の実現見通しを得る

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。

▶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(注)、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 注)MTF:解像能力を示す指標

▶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

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。

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

3 事業計画(研究開発計画)の内容

公開

(1)センサシステムの開発

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概念設計、基本設計、詳細設計、維持設計

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、試作モデルを設計・製作

地上検証試験によりセンサ性能目標値の実現性の確認

衛星軌道上での運用に必要な各種耐環境性、電磁適合性の検証

(2)センサシステムの要素技術開発

①高S/N比を実現する分光検出系の開発

②高精度校正技術の開発

③高速データ処理系、効率的データ伝送技術の開発

(3)実証実験による検証

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

(4)技術動向調査および市場動向調査

国内外の技術動向、市場動向等の情報収集及び分析等

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて
4 全体スケジュールと予算

公開

	FY2007	FY2008	FY2009	FY2010	FY2011
(1) センサシステムの開発 ・設計	△MRR 概念設計	中間目標 ▽ △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	要素技術開発			検証支援	
(2) 要素技術開発	技術動向調査等				
(3) 実証実験による検証					
(4) 技術・市場動向調査					
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)

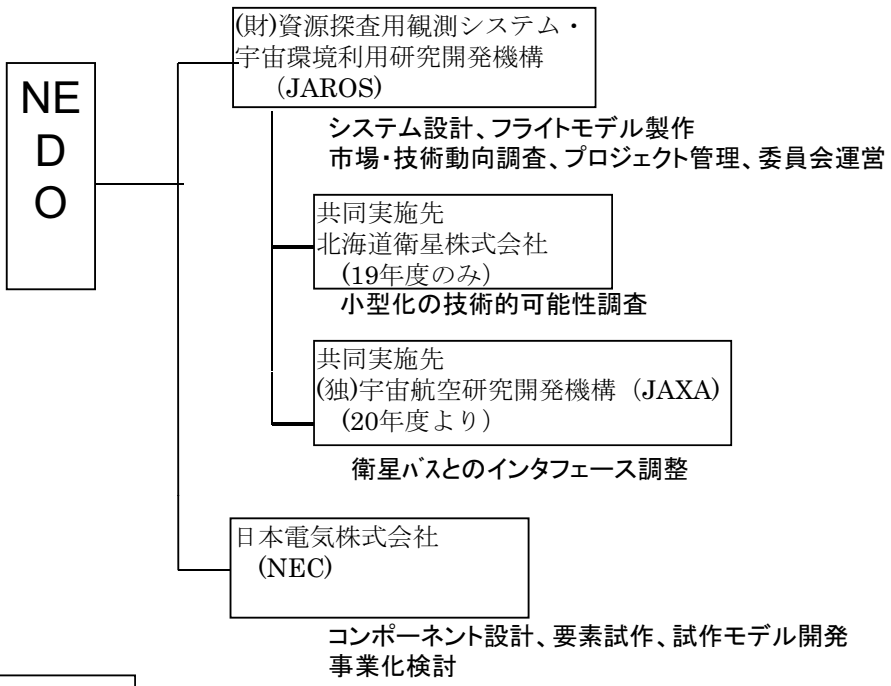
事業原簿 Ⅱ.2.1-3

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

17 / 38

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて
5 研究開発の実施体制

公開



事業原簿 Ⅱ.2.2-1

18 / 38

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

6 事業実施における運営方針・方法

公開

1. きめ細かな進捗管理

- ・NEDO/JAROS/NEC間の定例の月例会議
- ・NEDOと実施者間での四半期毎の研究進捗確認シートによる進捗確認

2. データ利用関連プロジェクトとの密接な関係

相手先 (財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)
「次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発」

協力内容

- ・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開発へのセンサ開発担当としての協力。
- ・双方の技術委員会に委員として参画し、緊密な連携を図っている。
- ・データ利用面からの機器仕様設定への協力

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

7 技術委員会の組織・役割

公開

(財)資源探査用観測システム・宇宙環境利用研究開発機構(JAROS)が事務局として以下の委員会を実施

ミッション要求審査委員会

委員長 津理事
(ERSDAC)

ユーザ要求の取りまとめ
目標仕様見直し

技術委員会

委員長 岩崎教授(東大)

設計内容の妥当性確認、技術アドバイス

機上校正検討チーム

リーダー 佐久間主任研究員
(産総研)

機上校正方式の確認

目標性能の見直し

経緯	結果
<ul style="list-style-type: none">・プロジェクト開始時にユーザの意見を確認し目標性能を再確認することとしていた。・各分野のユーザへのアンケート、聞き取り調査、画像シミュレーション評価、ミッション要求審査委員会にて、目標性能の見直しについて審議した。・見直し仕様の技術的成立性を確認した。	<ul style="list-style-type: none">・S/N比、観測幅を重視した仕様に変更 <p>主要変更点</p> <ul style="list-style-type: none">ハイパースペクトルセンサ空間分解能 15m→30m観測幅 15km→30kmS/N比VNIR 150→450SWIR 100→300

搭載衛星とのインタフェース調整

経緯	結果
<ul style="list-style-type: none">・プロジェクト開始時において、搭載予定衛星のJAXAの災害監視衛星プロジェクト(現ALOS後継機)は概念検討段階にあったが、平成20年11月の宇宙戦略本部の平成21年度実施方針決定により、開発が確実に実施されることが決定された。	<ul style="list-style-type: none">・左記の決定を受けて、搭載予定衛星側とのインタフェース調整をより円滑、確実に実施すべく、JAROS/JAXA間の共同研究体制を構築し、調整作業を進めている。

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

9. 加速財源投入実績

公開

加速財源投入実績

件名	金額 (百万円)	概要および目的	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。 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。	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予備設計をH19年度に実施したことにより、評価モデル用検出器がH21年度1Q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。

事業原簿 Ⅱ.3.2-1

23 / 38

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

- 1 成果の達成度
- 2 成果の概要
- 3 成果の意義
- 4 特許の取得／成果の普及

24 / 38

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

1 成果の達成度

中間目標に対する成果

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OMET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OMET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>	○

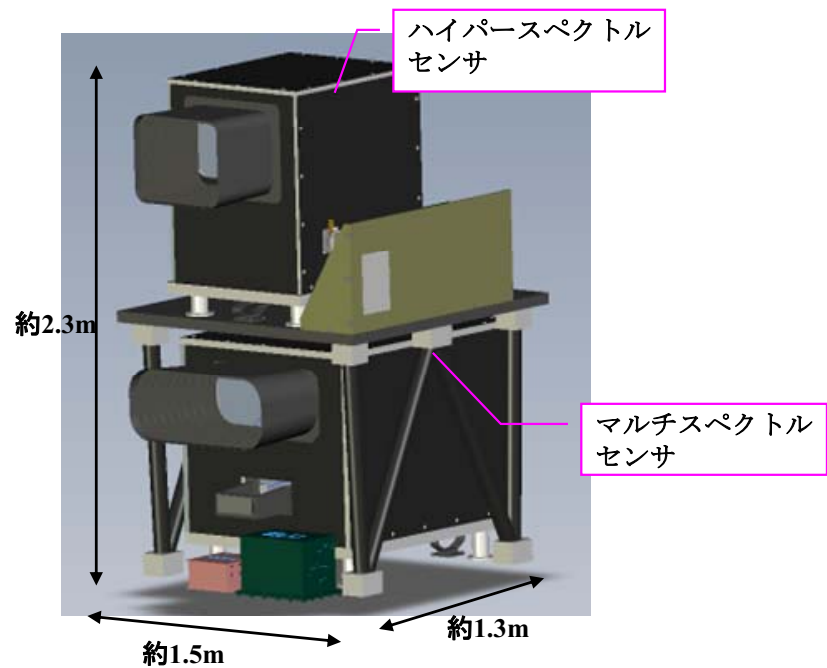
事業原簿 Ⅲ.1.1-1 凡例 達成度： ◎:十分に達成 ○:達成 △:概ね達成 ×:課題有り 25 / 38

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

2 成果の概要

高性能ハイパースペクトルセンサの概要



事業原簿 Ⅲ.1.2-6 26 / 38

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

2 成果の概要

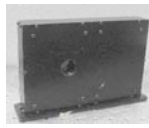
要素試作結果

下記の要素試作を行い、評価・試験を行うことで、最終目標性能の実現の見通しを得ることができた。

- 高S/N比を実現する分光検出系の開発 ➡ S/N比、MTFなどの達成見通しを得た
- 高精度校正技術の開発 ➡ 波長精度の達成見通しを得た



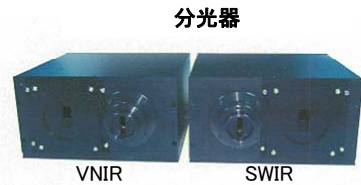
SWIR検出器部



VNIR検出器部



信号処理部

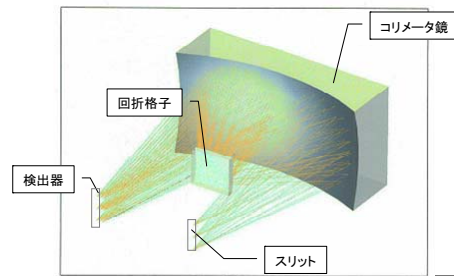
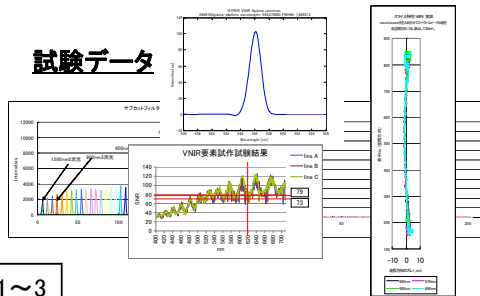


分光器

VNIR

SWIR

試験データ



事業原簿 Ⅲ.1.2-1~3

27 / 38

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

2 成果の概要

中間目標①に対する達成度(1/2)

成果の最終目標の達成可能性(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

事業原簿 Ⅲ.1.2-4

28 / 38

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

2 成果の概要

中間目標①に対する達成度(2/2)

成果の最終目標の達成可能性(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

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、およ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。

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

2 成果の概要

中間目標②に対する達成度

評価モデルによる確認

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

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

3 成果の意義

(1) 世界でトップクラスの性能を有するセンサの開発可能性が確認された。

・高いS/N、波長幅の均一性の優れたハイパースペクトルセンサ

VNIR(可視近赤外): S/N比:450 波長幅:平均10nm

SWIR(短波長赤外): S/N比:300 波長幅:平均12.5nm

・高いS/N比と広い観測幅のマルチスペクトルセンサ

S/N比:200

観測幅:90km

(2) データ利用プロジェクトとの協力により、ユーザの声を反映したセンサの開発が可能になり、データ利用の活性化への貢献が期待できる。

(3) 広い観測幅で高頻度観測、グローバル観測が可能なマルチスペクトルセンサと、高波長分解能で高い情報抽出能力を有するハイパースペクトルセンサの同時搭載により、広範囲の概略観測と地域選択詳細観測が可能となる。

事業原簿 Ⅲ.1.3.-1

31 / 38

Ⅲ. 研究開発成果について

公開

4 特許の取得／成果の普及

特許

1件(申請中、国際特許)

(タイトル:ラインCCDのAT方向の画素分割による画質向上)

成果の普及

・学会報告

	報告先	報告月	査読
1-3	International Spaceborne Imaging Spectroscopy Working Group (ISIS WG)	2007.11 2008.7 2009.3	なし
4	日本リモートセンシング学会	2009.5	なし
5	電子情報通信学会 宇宙航行エレクトロニクス研究会	2009.6	なし

・広報

JAROS広報 冊子、ホームページ

2008.2、2009.2

事業原簿 Ⅲ.1.4.-1

32 / 38

- 1 成果の実用化可能性
2. 事業化までのシナリオ
3. 波及効果

1. 成果の実用化可能性

実用化の定義

ハイパースペクトルセンサ、マルチスペクトルセンサともALOS-3への搭載が予定されている。(平成25年度打上げ予定) このALOS-3での軌道上実証をもって、その実用化を確認する。ハイパースペクトルセンサ/マルチスペクトルセンサは平成21年度PDR、平成22年度CDR完了、平成23年度フライトモデル完成予定。

事業化の定義

事業化は「センサの販売」と「データの販売」とする。

IV. 実用化、事業化の見通しについて

公開

2 事業化までのシナリオ

事業化【センサ販売】

- 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、2014～5年頃から開発プログラムが立ち上がるよう政府等に働きかける。
 - 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やマルチ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。

IV. 実用化、事業化の見通しについて

公開

2 事業化までのシナリオ

事業化【データ販売】

- 事業化構想
 - ・ 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。
 - ・ 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。
 - ・ 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。
 - ・ 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、データ販売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。

IV. 実用化、事業化の見通しについて

2 事業化までのシナリオ

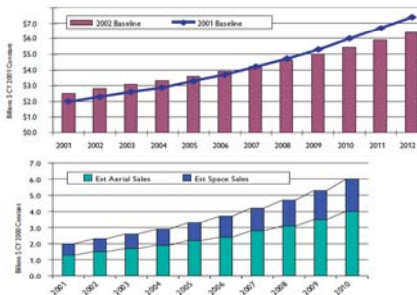
公開

現状での市場規模

- 1) ASPRS 2004による2012年度での航測・衛星リモートセンシング事業規模は約64億\$ (過去5年でほぼ倍増)。うち衛星リモセン市場は約22億\$。
- 2) リモートセンシングにはパナクロマチックセンサ、マルチスペクトルセンサ、レーダ等各種のセンサ等のデータの利用が含まれている。

今後の市場規模の予測

全世界の衛星リモセン市場規模は、2012年以降、過去5年と同様の伸び率とし、センサ運用を5年とするとその間の市場規模は約72億\$ (約6700億円)となる。



IV. 実用化、事業化の見通しについて

3. 波及効果

公開

ハイパースペクトルセンサへの将来的な期待は大きいため、現在開発中のセンサによる市場開拓が重要。センサ開発、データ利用事業の継続による事業の安定化、拡大は以下の波及効果を期待出来る。

人材育成、研究開発継続

- 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。
- 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。

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。

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、

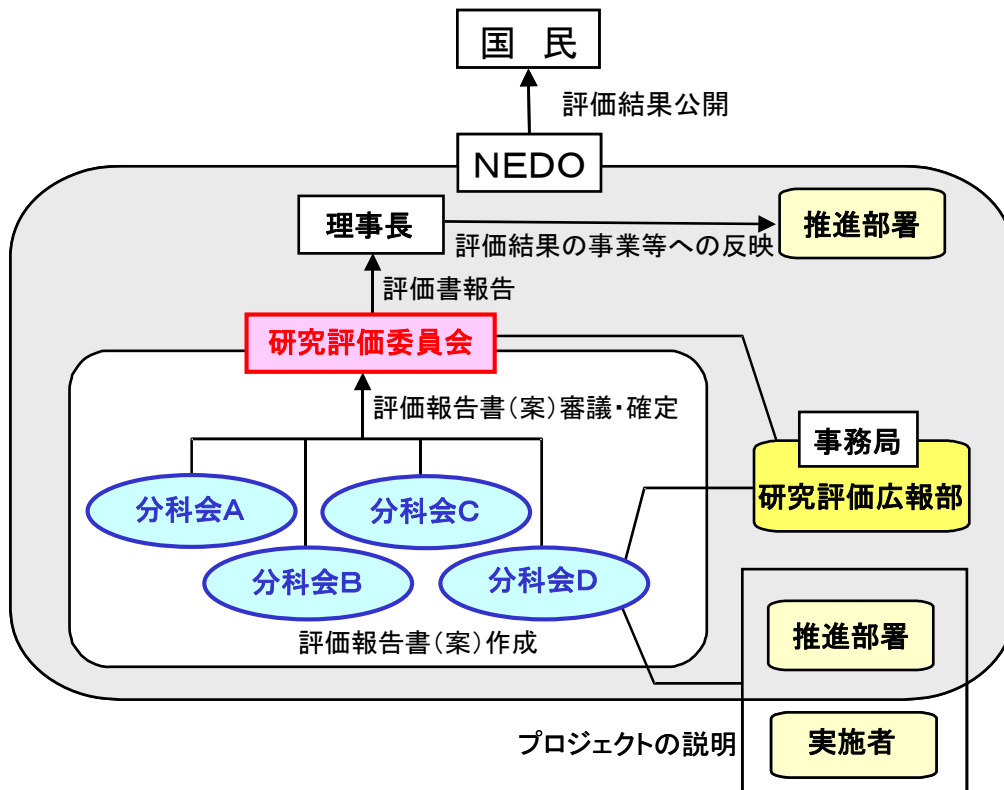
- 農産物の育成管理へ貢献が期待できる。国内農業生産額(耕種)が6.3兆円(平成18年度)であるが、仮にこの0.1%が改善されれば、60億円の効果が期待される。
- 海洋資源、鉱物資源やエネルギー探査、森林、河川等の環境監視等での情報提供による波及効果は計り知れなくなる。更に、分解能等の向上を図ることで、安全保障分野での利用にも大きな期待が出来る。

参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
- 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
- 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある7名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究評価広報部が担当した。

3. 評価対象

平成18年度に開始された「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」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべき者である。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料 1-7 頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 「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」の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。

- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

標準的評価項目・評価基準（中間評価）

2008. 3. 27

【中間評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第17回研究評価委員会（平成20年3月27日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの中間評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。

- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

※基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

*基礎的・基盤的研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

3. 研究開発成果について

(1)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることを期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S 化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注) 国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO 技術開発機構）研究評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成21年10月

NEDO 技術開発機構

研究評価部

統括主幹 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 橋山 富樹

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO 技術開発機構のホームページに掲載しています。

(<http://www.nedo.go.jp/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162