

石油資源を遠隔探知するための  
ハイパースペクトルセンサの研究開発事業費

終了時評価報告書

2026年2月

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会

イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

## はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和7年4月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発事業費」は、目標性能を達成した HISUI ハイパースペクトルセンサを国際宇宙ステーション（ISS）に搭載し、地球陸域を観測しデータを蓄積するとともに、取得されるデータを用いて利用実証を行い、宇宙用ハイパースペクトルセンサの有用性を検証するなどの宇宙実証を行うことを目的とし、さらに、今後蓄積されるデータをより多くの国内ユーザ等が利活用し、エネルギー資源や重要資源鉱物のサプライチェーンの安定供給の確保のみならず、地球温暖化対策への貢献など地球規模の社会課題への貢献の他、多分野での効率的・効果的なデータ利活用の実現を目指すため、2007年度から2024年度まで実施したものである。

本書は、産業構造審議会イノベーション・環境分科会イノベーション小委員会評価ワーキンググループ（座長：鈴木 潤 政策研究大学院大学 教授）において、経済産業省研究開発評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえ、本事業に係る意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋、目標及び達成状況、マネジメントの妥当性について審議され、了承された評価結果を取りまとめたものである。

2026年2月

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会  
イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

**【産業構造審議会 イノベーション・環境分科会 イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ 委員】**

(2026年2月9日現在)

座長 鈴木 潤 政策研究大学院大学 教授

秋澤 淳 東京農工大学大学院生物システム応用科学府 教授

上條 由紀子 九州工業大学社会実装本部未来思考実証センター 特任教授・弁理士

竹山 春子 早稲田大学先進理工学部生命医科学科 教授

浜田 恵美子 日本ガイシ株式会社 取締役

**【分野別専門委員】**

三宅 弘晃 東京都市大学 理工学部 教授

(座長除き、五十音順)

**【本研究開発評価に係る省内関係者】**

事業担当部署 製造産業局宇宙産業課長 高濱 航

評価担当部署 イノベーション・環境局 研究開発課長 大隅 一聡

# 目次

<b>【事業情報】</b> .....	1
<b>第1章 評価ワーキンググループ委員からの評価結果</b> .....	6
1. 評点法による評価結果 .....	7
2. 評価コメント .....	8
3. 評価コメントに対する対処方針 .....	14
<b>第2章 評価対象事業に係る資料</b> .....	21

【事業情報】

<b>事業名</b>		予算事業 ID : 003685 石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発事業費					
<b>担当部署</b>		経済産業省 製造産業局 宇宙産業課					
<b>事業期間</b>		2007 年度 ~ 2024 年度 評価時期：事前（2006 年度）、中間（2008 年度、2011 年度、2015 年度、2018 年度、2021 年度）、終了時（2025 年度）					
<b>予算額</b>		2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	総額
	(予算)	8.45 億円	7.50 億円	7.50 億円	4.69 億円	5.30 億円	195.29 億円
	(執行)	8.43 億円	7.21 億円	7.48 億円	4.69 億円	5.28 億円	192.93 億円
<b>上位施策及び KPI</b>		<p>内閣府総合科学技術会議にて第 3 期科学技術基本計画の「分野別推進戦略」を策定（平成 18 年 3 月 22 日決定）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国の基幹技術の一つとして、「②衛星の高信頼性・高機能化技術」があげられており、その中でハイパースペクトルセンサ技術が選定されている。</li> </ul> <p>（選定理由）先進的なりモートセンシング技術の一つとして第 3 期期間中に大きな進展が期待されているハイパースペクトルセンサについて、データ処理解析技術等の研究開発を集中的に進め、環境観測、災害監視、資源探査等の広範な分野における地球観測データの有効活用を図る。</p> <p>宇宙基本計画（平成 21 年 6 月 2 日閣議決定）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今後、石油の存在する地層を構成する鉱物やレアメタル等の鉱物の判別性能を現行の 10 種類程度（ASTER）から 3 倍の 30 種類程度へ向上させたより分類能力の高いセンサによる観測を継続的・広範囲に実施することにより・・・（中略）・・・陸域資源探査方法の高度化等を図る。</li> </ul>					
<b>事業目的</b>		<p>ハイパースペクトルセンサ（HISUI : Hyperspectral Imager SUite）は、既存のセンサに比べ、スペクトル分解能が格段に高く、より高い精度で宇宙空間から地表の物質の識別が可能なハイパースペクトルセンサである。既存の資源探査用センサ（ASTER : Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer）は観測可能なバンド数 14 であり、これと比べバンド数が 185 と多く、例えば資源探査に必要な鉱物の識別能力では、ASTER では 10 種類程度の特定が可能であるが、HISUI の場合は 30 種類程度の特定が可能となる。</p> <p>本事業では、目標性能を達成した HISUI ハイパースペクトルセンサを国際宇宙ステーション（ISS）に搭載し、地球陸域を観測しデータを蓄積するとともに、取得されるデータを用いて利用実証を行い、宇宙用ハイパースペクトルセンサの有用性を検証するなどの宇宙実証を行うことを目的とする。</p> <p>さらに、今後蓄積されるデータをより多くの国内ユーザ等が利活用し、エネルギー資源や重要鉱物のサプライチェーンの安定供給の確保のみならず、地球温暖化対策への貢献など地球規模の社会課題への貢献の他、多分野での効率的・効果的なデータ利活用の実現を目指す。</p> <p>なお、本事業は、産構審の政策評価：政策テーマ 4 「①DX、GX、経済安全保障を軸とした製造業のグローバル競争力強化」と関連している。</p>					

<b>事業内容</b>	<p>ハイパースペクトルセンサ開発に関する海外の技術開発動向と、宇宙の利用を重視する政策への転換を踏まえ、以下の二点を実施した。</p> <p>1) 資源探査ニーズに応え、国際競争力を持つ、ハイパースペクトルセンサの開発を行う。</p> <p>2) 得られたデータが資源探査に加え、幅広い分野で活用され、衛星データ利用市場の拡大に寄与することを目指し、ハイパースペクトルデータの利用実証を行う。</p> <p>本事業の研究開発項目はハイパースペクトルセンサの開発・宇宙空間での実証（①ハイパースペクトルセンサの開発）、運用に必要なシステム開発（②曝露ペイロードの開発・③宇宙実証支援システムの開発）、得られたデータの利用実証（④ハイパースペクトルセンサの実証）で構成される。</p>		
<b>アウトカム指標</b>		<b>アウトカム目標 / 目標値</b>	<b>達成状況</b>
<b>短期目標</b> 2025 年度	エネルギー資源・鉱物資源分野、地球規模の環境分野、森林、防災、農業、海洋等での HISUI データの利用拡大	データ利用数 5400 シーン 共同研究応募 50 件以上 論文・学会発表 54 件 特許出願 2 件	<b>達成</b> ・データ利用シーン数：30,574 シーン。 ・共同研究応募総数：90 件 ・論文・学会発表数：68 件 ・特許 2 件が権利化
<b>長期目標</b> 2030 年度	付加価値製品の有償提供の開始	ハイパースペクトルデータの付加価値製品の開発と、その有償提供を開始 / 利用実証を通して、様々な分野での活用事例が報告され、ハイパースペクトルデータを活用したソリューション開発は世界的にもトレンドになりつつある。日本においてもソリューション事業者が、ハイパースペクトルデータの活用を検討・実証が進められている。	—
<b>長期目標</b> 2035 年度	ハイパースペクトルセンサの販売	小型衛星搭載による星座ソリューション構築を目指す開発が民間企業において進められており、センサの小型軽量化、高波長分解能化によって国内民間企業への販売可能性がある。	—

アウトプット指標		アウトプット目標 / 目標値	達成状況
中間目標 2020 年度	ハイパースペクトルセンサの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISS 搭載への適合性、目標性能を達成したハイパースペクトルセンサ HISUI の製造・試験を完了する。</li> <li>品質確認に係る審査を実施後、打上げに供するため NASA 側へ引渡し、曝露部へ搭載し、観測を開始する。</li> </ul>	達成
	曝露ペイロードの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>ISS 搭載への適合性、目標性能を達成した曝露ペイロードの製造・試験を完了する。</li> <li>品質確認に係る審査を実施後、打上げに供するため NASA 側へ引渡し、曝露部および圧部へ搭載する。</li> <li>HISUI で観測したデータを船内データ保存システムに記録し、そのデータの一部を地上に伝送する。</li> </ul>	達成
	宇宙実証支援システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙実証支援システムの製造・試験を完了する。</li> </ul>	達成
	ハイパースペクトルセンサの実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>HISUI データの校正に着手する。</li> <li>HISUI の長期観測計画を立案し、それに基づき短期観測計画を運用し画像データを取得する。</li> <li>宇宙実証システムで作成した衛星観測の初期処理データを用いて処理・解析し、エネルギー資源、鉱物資源、その他分野での利用可能性について検討・評価する。</li> </ul>	達成
最終目標 2023 年度	ハイパースペクトルセンサの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>観測を3年間程度行うとともに、機能性能を確認し、宇宙実証する。</li> </ul>	達成
	曝露ペイロードの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>データの記録と伝送を3年間程度行うとともに、機能性能を確認し、宇宙実証を実施する。</li> </ul>	達成
	宇宙実証支援システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>地上データ処理システムにより、観測値を補正した解析用データを作成し、アーカイブする。</li> </ul>	達成

	<p>ハイパースペクトルセンサの実証</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ HISUI データを校正する。</li> <li>・ 観測を 3 年間程度行う。</li>   <li>・ エネルギー資源分野、鉱物資源分野、その他の分野における利用実証を行い、その有用性について評価する。</li> <li>・ 本研究開発内容に係る論文または学会発表数 54 件以上</li> </ul>	<p style="text-align: center;">達成 論文・学会発表 数：68 件</p>
<p>マネジメント</p>	<p>○研究開発の進捗管理の体制として、以下を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 経済産業省宇宙産業課：進捗状況や優先度に応じて適宜合理化を行うとともに、国の審議会等での議論も踏まえ、実施内容を調整。</li>   <li>・ JSS ((一財)宇宙システム開発利用推進機構)：プロジェクトマネージャ(PM)の統括のもと、開発 WBS の要素技術及び主要サブシステム/コンポーネント(外注先を含む)ごとに担当をアサインし、進捗管理・品質管理、インターフェース調整、課題の解決、各システムの維持管理等を実施。 各種報告・連絡会議は以下の通り： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 経済産業省：隔月に 1 回程度の定例進捗報告会議</li> <li>- 技術委員会およびデータ利用技術委員会を：年 1～2 回</li> <li>- 外注・再委託先：月例報告及び連絡会議(必要時週 1～2 回)</li> </ul> </li>   <li>・ ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサ等研究開発技術委員会： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 地球観測衛星、地球観測センサの開発等に豊富な経験を有する専門家に委嘱。</li> <li>- 技術委員会にて、研究開発計画、設計、開発、製造、試験、運用、システム健全性、データ品質、データ有用性等を審議し、研究開発成果の妥当性評価や課題解決にかかる意見等、品質管理、進捗管理へのアドバイス等を行った。</li> </ul> </li>   <li>・ ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサ等研究開発・データ利用委員会： <ul style="list-style-type: none"> <li>- 地球観測データ処理・解析・利用技術研究等に豊富な経験を有する専門家に委嘱。</li> <li>- データ利用実証研究計画、各手法、試験方法、データ有用性等を審議し、各実証研究成果の妥当性評価や課題解決に係る意見等、品質管理、進捗管理へのアドバイス等を行った。</li> </ul> </li> </ul> <p>○設計審査会(内部・外部)：開発フェーズの進捗に伴い、複数の審査会を開催し、次フェーズへの移行の可否を審査。本事業においても、事業者毎に経済産業省、JSS、JAXA を含む関連機関及び有識者からなる審査会を実施し、次ステージへの移行可否を判断。</p> <p>○事業継続審査(外部)：複数名の第三者専門家および経済産業省宇宙産業課にて構成された第三者委員会により、下記観点で毎年度審査を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 事業継続の必要性</li> <li>・ 同一事業者との競争性のない随意契約による事業継続の妥当性</li> <li>・ 継続事業としての実施計画の妥当性</li> <li>・ 事業費の妥当性</li> </ul>		

	○プロジェクトリーダー：採択者の代表として、研究開発に参加する各研究開発実施者の有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、JSSのPMと連携し目標達成に向けた指導を行った。	
プロジェクトリーダー等	東京大学大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 岩崎 晃 教授	
実施体制	METI ⇒ [委託/補助] (一財) 宇宙システム開発利用推進機構【JSS】⇒ 下記	
	研究開発項目①	[外注] 日本電気(株)
	研究開発項目②	[外注] (株)IHI エアロスペース、明星電気(株)
	研究開発項目③	[外注] 宇宙技術開発(株)、富士通(株)、日本電気(株)、三菱電機ソフトウェア(株)
	研究開発項目④	[委託] (国研)産業技術総合研究所、東京大学、酪農学園大学、(国研)国立環境研究所 [外注] (株)地球科学総合研究所、JX 金属探開(株)、住鉱資源開発(株)、アジア航測(株)、国際航業(株)、住友林業(株)

## 第 1 章 評価ワーキンググループ委員からの評価結果

## 1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	評価WG委員の評価					評点
	委員A	委員B	委員C	委員D	委員E	
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋						
(1) アウトカム達成までの道筋	B	A	A	A	B	2.6
(2) 知的財産・標準化戦略	A	A	B	A	B	2.6
2. 目標及び達成状況						
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	A	A	A	2.8
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	A	A	A	A	2.8
3. マネジメント						
(1) 実施体制	A	A	A	A	A	3.0
(2) 研究開発計画	B	A	A	A	A	2.8

### 《判定基準》

- A：評価基準に適合し、非常に優れている。  
 B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。  
 C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。  
 D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

(注) 評点はA=3、B=2、C=1、D=0として事務局が数値に換算・平均して算出。

## 2. 評価コメント

本項では、評価ワーキンググループ委員からのコメントを列記している。

### (1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

#### 【肯定的意見】

- S/N 比の高い高精度なハイパースペクトルセンサの開発に成功し、ISS における観測実績を蓄積し、データ公開プラットフォームで公開したことにより、アウトカム達成までの道筋を示すことに貢献した。（鈴木委員）
- センサ技術の国産化・高度化は日本の技術的競争力につながると期待できる。データ利用の拡大が本質的に重要であり、多様な事業者を巻き込みビジネス化を促進する工夫を期待する。（秋澤委員）
- 1) ハイパースペクトルセンサ開発の海外技術開発動向や宇宙利用を重視する政策転換を踏まえて、①ハイパースペクトルセンサの開発、②必要な運用システムの開発（曝露ペイロードの開発、宇宙実証支援システムの開発）、③ハイパースペクトルセンサの実証（校正手法の開発、観測計画策定手法の開発、データ利用実証）から構成される HISUI プロジェクトを実施し、ISS での性能評価、宇宙空間での軌道上実証、宇宙実証支援システムの開発を進めてきた点、さらに HISUI データユーザの拡大とセンサの有用性を示すことを目指し、データ利用実証を進めてきた点が、アウトカム達成までの道筋として優れていると評価できる。さらに HISUI 自体の実用化・商用化に向けて、重要技術の国産化（K プロジェクト）やセンサの小型化・衛星コンステレーション構築による早期商業化（SBIR フェーズ3）に向けたプロジェクトにスムーズに移行できるよう、オープンにできる成果やデータは公開しながら道筋を示している点が優れていると評価できる。また、HISUI データを他のデータと組み合わせた事業化アイデアが広く生まれるよう宇宙戦略基金による支援を活用しようとしている点も評価できる。  
2) 知的財産・標準化戦略として、バイドール法適用したり、BIP と FIP に関する知財マネジメントを実施している点が優れていると評価できる。また、センサで得られたデータの公開・非公開についてもマネジメントされている点が優れている。（上條委員）
- 本事業は、グローバルな観点からも極めて枢要な技術開発と言える。技術開発だけでなく国際標準の主導権争いが激化する中、基盤技術を国産化することの意義は大きい。その点において、本事業の進捗状況は高い評価に値する。知的財産戦略に関しても、オープン・クローズド戦略が適切に組み合わせられており、妥当なバランスが保たれている。（竹山委員）
- センサそのものの技術開発に特化せず、有用性を実証する方向性に基づき計画に沿った事業を進めたことは、現実的であり評価できる。（浜田委員）
- 本事業は、資源に乏しい我が国において、エネルギー資源および重要鉱物の安定供給を確保するというエネルギー安全保障・経済安全保障上の課題を明確に意識し、その解決手段としてハイパースペクトルセンサ（HISUI）の開発および宇宙実証を位置付けている点が評価できる。特に、既存の ASTER 衛星と比較して 185 バンドという飛躍的に高い波長分解能と高 S/N 比を有するセンサを ISS に搭載し、軌道上での長期観測とデータ蓄積、さらに多分野にわたる利用実証を行うという構成は、技術実証からデータ利活用へとつなげる道筋が明確に示されている。さらに、当初は ISS 用

ではなく開発されたセンサを ISS 用に改修し、ISS 固有のノイズ対策を施したうえで、本開発に資するデータ取得に成功したことは、称賛に値する。このプロジェクトに携わられた関係各位に敬意を表したい。また、Tellus を通じたデータ公開、利用実証、将来的な付加価値製品の有償提供や小型化・コンステレーション化への展開といった将来像がロードマップとして整理されており、段階的に社会実装を目指す考え方自体は妥当であると評価できる。知的財産・標準化戦略に関しては、「知的財産マネジメントに係る基本方針」および「データマネジメントに係る基本方針」に基づき、知的財産権および研究開発データの取扱いについて、事業参加者間で合意書を締結し、知財運営委員会および研究項目ごとの小委員会を設置するなど、研究開発期間中の知的財産管理体制が明確に構築されていた。また、センサ開発に係る設計・製造ノウハウについては秘匿を基本としつつ、データ利用技術や利用実証の成果については論文発表等を通じて公開するなど、技術開発とデータ利活用の特性を踏まえたオープン・クローズの考え方が資料上で明示されており評価できる。特に、重要鉱物に関わるデータの公開範囲を国内に限定するなど、経済安全保障上の配慮を含めたデータ配布ポリシーが具体的に整理されている点は、国家プロジェクトとして妥当な対応であると評価できる。(三宅委員)

#### 【問題点・改善点・今後への提言】

- 本事業は典型的なテクノロジー・プッシュ型のプロジェクトであり、いくつかのユースケースを示すことには成功したものの、それらが自立的な産業として発展していくものかどうかは依然として明確になっていない。Tellus ではすでに様々な衛星データが公開されており、HISUI データでなければ実現しえないサービスやソリューションが何なのか、訴求力が不十分との印象がある。(鈴木委員)
- 重要鉱物データの管理、更新、利用などは今後どのように行う計画か。(秋澤委員)
- 1) 現段階では HISUI プロジェクトに参画するプレーヤは継続審査により限られているが、今後、研究開発の進捗に合わせて、事業化・実用化を目指しデータ利用実証やセンサ小型化等の分野でプレーヤを増やすことが望ましいと思料する。  
2) 本事業分野では、国際標準化の競争も激しい分野であると想定される。国際標準化の現場 (GEOS WGCV、ISO/TC、OGC の WG 等) にこれまでも積極的に参加・貢献されていると思うが、本事業分野において日本から積極的に国際標準の策定をリードしていく動きを、実用化・事業化を目指し研究開発・実証の段階から進めていくことが期待される (特に、校正・検証手法やデータ品質基準等)。(上條委員)
- 要素技術の検証は完了しているものの、社会実装に向けては小型化をはじめとするハードルが依然として多く、産業界によるさらなる技術開発力の投入が不可欠である。また、次世代地球観測センサ「HISUI」の多様な活用事例が示されたが、新規分野での用途拡大については、工場等の排出源検知に留まらない視点が求められる。例えば、地球温暖化に伴い森林や土壌が二酸化炭素の「吸収源」から「発生源」へと転じるリスクが指摘されているが、こうした広域かつ微細な変化を捉えるモニタリングへの適応は可能だろうか。現状の計測精度で対応可能かという点も含め、検討が必要である。今後、より広範なステークホルダーから利活用のアイデアを積極的に募り、社会実装の解像度を高めていくことが重要である。(竹山委員)

- 国際的な競争環境にあって、小型化等（コンステレーション向け）のアウトカムの姿を想定すると、かなりの難易度が予想される。その意味で道筋がつけられたかどうかは、評価は難しい。利用に向けては、センサ側での技術要素（解析手法や外部データやAIの活用等）がかなりあると思われる。今後の国際競争や協力のために必要な要素を考慮し、知財戦略をもう少し練ってもよかったのではないか。（浜田委員）
- アウトカムとして掲げられている「資源探査の高度化」や「衛星データ利用市場の拡大」については、技術的有用性が示された段階にとどまっており、実際の探査意思決定や事業判断にどの程度直接的に寄与したのかについては、評価資料上で定量的に整理されているとは言い難い。また、ロードマップ上では2030年以降の付加価値製品の有償提供やセンサ販売が示されているものの、どの段階で、どの主体が事業化を担うのかという点については、必ずしも明確ではない。また、HISUI単体では観測頻度・画像量、及び即時性に制約があり、他の衛星や地上データなどとの組み合わせが必要と言及されているが、アウトカム実現のためには具体的にどのような画像が不足しており、どのような衛星・地上システムと組み合わせていくのかの明示があるとは言い難い。今後は、本事業で得られた成果を踏まえ、HISUIデータが実際の資源探査・環境分野における意思決定やコスト削減にどのように寄与するのか、また小型衛星や他センサとの役割分担を含めた社会実装シナリオを、より具体的に整理していくことが望まれる。知的財産の管理方針は研究開発期間中については明確であるものの、事業終了後における知的財産やデータの継承・活用の在り方、特に民間主導フェーズに移行する際の整理については、十分に説明されているとは言い難いため、今後の課題である。今後は、HISUIで獲得した技術・データを基盤として、小型ハイパースペクトルセンサやコンステレーション展開を担う民間事業との関係性を含め、知的財産・データ・標準化を一体的に捉えた次段階の戦略整理が求められると考えられる。（三宅委員）

## （2）目標及び達成状況

### 【肯定的意見】

- 様々なトラブルを乗り越え、十分な観測データを蓄積したことは高く評価することができる。（鈴木委員）
- 発展途上国の鉱物資源開発や人材育成に応用したことは日本の国際貢献の観点から素晴らしい取り組みである。（秋澤委員）
- 1）アウトカム目標及び達成見込みにおいて、2025年度の短期アウトカム目標につき、データ利用シーン数、共同研究応募総数、論文学会発表数、特許取得において目標達成するとともに、TellusによるHISUIデータ公開及びダウンロード開始し、様々なユースケース実証研究がなされた点でも優れていると評価できる。これらのアウトカム達成により、今後の衛星データの市場拡大につながる事が期待される。
- 2）アウトプット目標及び達成状況においても、中間目標及び最終目標いずれも、各アウトプット目標を達成している点が優れていると評価できる。特に、ISSにおいて、実際の宇宙空間での実証を3年程度の一定期間行って目標達成ができていた点も評価される。
- 3）副次的効果ではあるがザンビアとの国際連携・共同声明というアウトプットが出ている点も評価される。（上條委員）

- アウトカムの設定は適切であり、2025年度の目標を達成している点に加え、次年度以降の成果についても高い期待が持てる。アウトプットに関しても、概ね計画通りに推移していると評価できる。  
(竹山委員)
- 実際に様々な利用シーンが示されるなど、アウトカムに関する具体的な目標については十分達成されている。また、直近のアウトプット目標として設定された技術要素もすべて達成されている。  
(浜田委員)
- 本事業におけるアウトカム目標は、HISUIデータの利活用拡大を通じて、エネルギー資源・鉱物資源分野を中心とした資源探査の高度化および衛星データ利用市場の拡大に寄与することとして整理されている。Tellusを通じたHISUIデータの一般公開が開始され、データ利用シーン数や共同研究件数、論文・学会発表数が当初設定された短期アウトカム目標を大きく上回って達成されており、データ利活用という観点でのアウトカムは一定程度顕在化していると評価できる。また、資源探査分野のみならず、環境、農業、森林、防災、海洋といった多分野で利用実証が行われ、ハイパースペクトルデータの有用性が幅広い分野で確認されたことは、将来的なアウトカム創出に向けた基盤形成として評価できる。アウトカム達成に必要な技術的アウトプットとして、ハイパースペクトルセンサHISUIの開発、曝露ペイロードおよび宇宙実証支援システムの構築、ならびに軌道上での長期実証とデータ利用実証が明確に設定されており、その目標に対して、185バンドの波長分解、空間分解能、S/N比等の性能を達成し、ISS搭載後の軌道上実証においても性能を維持していることが確認されている。また、取得された観測データについては、校正手法の確立、観測計画策定、地上データ処理システムの構築を通じて利用可能なプロダクトとして整備され、エネルギー資源・鉱物資源分野を含む多数の利用実証が実施された点は、技術的アウトプットとして極めて充実している。(三宅委員)

#### 【問題点・改善点・今後への提言】

- アウトカムの具体的な目標が、未だに十分明らかにされていない点は問題である。非公開となっている重要鉱物データに関しても、どのように活用されたのかが明らかになっていない。アウトプット目標の欄外には「雲が無い地表面の画像データについて、全陸域の80%が目標」と記載されているが、最終目標は「運用を3年間程度行う」とあいまいな表現になっている。しかも実績は、全陸域のカバー率が2024年10月時点で72.5%であり、2025年度末まで延長継続しても80%に達するかどうかは明らかでない。(鈴木委員)
- 衛星データを用いた事業化を促す仕組み・体制について、今後の見通しが示されるとよい。(秋澤委員)
- 1) これまで特許件数が1件で限られた件数だったが、今後、事業化・商用化に向けた民間企業も参入した開発、実証が進む中で、競争領域での知財戦略が重要になることが思料される。  
2) 国際標準化に関するアウトカム目標、アウトプット目標についても検討されることが望ましいのではないか。(上條委員)
- 知的財産戦略の方針自体は妥当であるが、現時点で権利化が1件に留まっている点には再考の余地がある。開発プロセスにおいて、より積極的に出願可能なポイントがあったのではないかと。また、事業の波及効果としてアフリカでの事例が示されたが、今後は政府の外交方針も踏まえ、グローバ

ルサウス諸国等との国際連携をより戦略的に組み込むべきではないか。これらを単なる「副次的効果」に留めず、事業の「戦略的計画」として具体化することを期待したい。(竹山委員)

- 近年の国際情勢の変化、鉱物資源や地球環境の変化などを鑑み、活用の方向性の議論をもっと喚起しても良かったのではないかと思う。各国の政治的な背景もあり、将来的なユースケースの拡大がどういった方向に進むのか、気になるところである。特許については当初の出願のみならず、活用の視点で追加の出願があっても良いのではないか。クローズ戦略と言っても、初期に出願した特許の有効期間からすれば、まもなく単なる公開文書となってしまう、財産として残らない懸念がある。(浜田委員)
- アウトカムとして期待されている「資源探査の効率化」や「探鉱投資リスクの低減」については、技術的有用性が示された段階にとどまっており、実際の探鉱判断や投資意思決定にどの程度直接的に寄与したのかについては、評価資料上で定量的に整理されているとは言い難い。一方で、ロードマップ上では、2030年以降の付加価値製品の有償提供や、2035年頃を見据えたセンサ販売といった項目が示されているが、これらは社会や産業に対する影響そのものを示すアウトカムというよりも、アウトカム創出に向けた前提条件または手段（アウトプット又は中間的成果）と位置づけるのが適切である。本来のアウトカムとしては、HISUI データやその後継技術の利活用を通じて、資源探査における意思決定の高度化、探鉱投資リスクの低減、さらにはエネルギー資源・重要鉱物の安定供給といった社会的・産業的な状態がどのように変革されるのかが示される必要がある。評価資料においては、HISUI データの有用性や多様な利用実証が報告されているもののそれらが実際の探鉱・事業判断や社会的課題の解決にどの程度、どのプロセスで寄与するのかについては、なお定量的・体系的な整理の余地がある。今後は、付加価値製品の有償提供やセンサ販売といった事業的展開を目的化するのではなく、それらを通じてどのような社会的変化を実現するのかというアウトカムを明確に再定義した上で、技術開発・データ利活用・事業化を結び付けたロードマップを整理していくことが望まれると考える。(三宅委員)

### (3) マネジメント

#### 【肯定的意見】

- 衛星データのオープン・クローズ戦略は適切に設定され、マネージされた。(鈴木委員)
- 途中での方針変更に合わせて適切に対処されている。(秋澤委員)
- 1) これまでの実績も踏まえた JSS を中心とした実施体制を構築・運用した点、個別事業の採択プロセスとして、NEDO において JSS と再委託先の公募及び継続審査を行った点、研究データマネジメントポリシーに則ったデータマネジメントを実施した点、取得された HISUI データの配布ポリシーを策定しそれに沿ったデータ利活用を進めた点において、いずれも優れていると評価できる。  
2) 研究開発計画においては、ISS に搭載し宇宙空間での実証のなかで、不具合も発生し復旧にも時間がかかったにもかかわらず、復旧に至り、本事業終了まで運用を継続できただけでなく長期間運用に繋げている点で優れていると評価できる。  
3) 研究開発計画において、各関係機関による進捗管理体制を構築し、役割分担の上、ステージゲート方式で継続、中止の判断を要件に沿って行ってきた点、事業継続審査において第三者専門家と経産省宇宙産業課にて構成された第三者委員会により審査を実施した点が評価できる(上條委員)

- 事業計画の変更に伴う再公募の実施など、状況の変化に即応して着実に計画を推進しており、特段の問題は認められない。(竹山委員)
- 数々の不具合等のトラブルもあったが、関係する機関が限られていたこともあり、継続的に実行する体制が維持されたと思われる。また、利活用については、現実的なしくみを作り、適切に運営されたものと思われる。(浜田委員)
- 本事業では、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構（JSS）を中核とし、国、国立研究開発法人、大学、民間企業が役割分担を行う実施体制が構築されていた。特に、JERS-1 や ASTER における長年のセンサ開発・運用実績を有する組織がプロジェクト全体のマネジメントを担い、センサ開発、曝露ペイロード、宇宙実証支援システム、データ利用実証といった多岐にわたる研究開発項目を統合的に管理していた点は、長期・大規模事業として妥当な体制であったと評価できる。また本事業は、19年にわたる長期事業であり、途中でISS搭載への方針転換や再公募を経るなど、大きな実施体制の変更を事象が生じてきたが、その都度柔軟に対応され、本事業成果を創出されたことに、本事業に携わられた全事業者に敬意を表したい。実際の運用においては、技術委員会およびデータ利用技術委員会を設置し、地球観測センサ、データ処理、資源探査利用等に精通した外部有識者による助言・評価を受けながら事業を進める仕組みが整備されており、中間評価を通じた指摘事項への対応や方向性の調整が継続的に行われてきた点も評価できる。本事業の研究開発計画は、ハイパースペクトルセンサの開発、ISS搭載による宇宙実証、地上データ処理・校正、利用実証という一連の流れを体系的に網羅した構成となっており、宇宙用ハイパースペクトルセンサの有用性を検証するという事業目的に対して妥当な計画であったと評価できる。また、PDR や CDR 等の設計審査や継続審査、技術委員会による定期的な進捗確認を通じて、研究開発の進捗管理および品質管理が行われており、軌道上で発生した機器不具合に対しても、JAXA 等と連携しながら復旧・運用継続が図られた点は、計画運用上の柔軟性として評価できる。さらに、観測期間の延長判断やデータ利用実証の拡充といった対応は、中間評価での指摘を踏まえたものであり、研究開発計画を固定化せず、成果最大化を意識した運用が行われていたと判断できる。また、ISS搭載という政策的・予算的判断に伴い、観測頻度や即時性に制約が生じた一方で、資料上では、その制約を解消する方向性として、HISUI で獲得した技術を基盤とした小型化、センサの内製化、コンステレーション展開への移行が明示された点も評価できる。(三宅委員)

#### 【問題点・改善点・今後への提言】

- 農業や環境観測への学術的応用に関しては、その他データを海外向けにも利用を拡張し、ユースケースの拡大につなげるのがよいのではと思われる。(秋澤委員)
- 今後、ハイパースペクトルセンサの事業化、商用化に向けて市場拡大を進めていくためにも、国として本研究開発に力を入れて推進している点について広くアピールし、民間企業による開発への参加やデータの利活用の幅を広げるデータユーザの参入を促すアウトリーチを行っていくことが望ましいと思料する。(上條委員)
- 社会への情報発信については、既存の媒体を多角的に活用している点は評価できるが、アウトリーチ活動をさらに強化することが重要である。特に次世代を担う若手層への浸透を図るためには、ターゲットの行動様式に合わせた SNS 戦略等を積極的に導入するなど、より戦略的な配信手法の検討

が有効であろう。(竹山委員)

- 体制が維持された一方で、より先進的な技術の採用、あるいはより効果的な活用をめざすには、新しい参加者が必須である。今後のステージでは、ポイントを絞ってでも違う体制を考えないと、競争力の獲得には繋がらないのではないかと。(浜田委員)
- 評価資料では、HISUI 事業の成果を K-Program や SBIR 等の次段階事業へ引き継ぎ、民間主導による小型センサ開発やコンステレーション展開につなげていく方向性が示されている。一方で、HISUI 事業で獲得した技術・データ・ノウハウのうち、どの部分を共通基盤として継承し、どの部分を各事業者の競争領域とするのかといった役割分担の整理については、一層の具体化が望まれる。今後は、本事業で確立したセンサ技術、校正技術、データ処理・解析技術をどの技術要素として次世代システムに引き継ぐのかを明確化し、アウトカム達成のための研究開発計画と社会実装ロードマップとの対応関係をより明示的に示していくことが重要である。(三宅委員)

### 3. 評価コメントに対する対処方針

#### (1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 本事業は典型的なテクノロジー・プッシュ型のプロジェクトであり、いくつかのユースケースを示すことには成功したものの、それらが自立的な産業として発展していくものかどうかは依然として明確になっていない。Tellus ではすでに様々な衛星データが公開されており、HISUI データでなければ実現しえないサービスやソリューションが何なのか、訴求力が不十分との印象がある。(鈴木委員)</li> </ul>	<p>HISUI は国際宇宙ステーションに搭載されているため、単独では観測頻度や観測範囲に限界があります。また、データ量が非常に大きく直接伝送が困難であることから、即時性が求められるサービスへの活用には制約があります。一方で、本事業の事例研究を通じ、HISUI データの高い有用性を確認することができました。今後は、こうした有用性をより多くの衛星データ利用者に届けられるよう、効果的な方策を検討してまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 重要鉱物データの管理、更新、利用などは今後どのように行う計画か。(秋澤委員)</li> </ul>	<p>エネルギー資源・鉱物資源に有用な地域データについては、JOGMEC のみに提供し、適切な管理が行われております。HISUI 自体は 2025 年をもって運用終了予定であり、データの更新は困難ですが、当該データは植生などと比べ変動が大きいことから、今後も有用な情報として厳重に管理していく予定です。HISUI データは膨大であるため未解析の地域が多く残っており、JOGMEC 等の鉱物探査関係者を中心に、今後も継続的に活用されることを想定しています。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 現段階では HISUI プロジェクトに参画するプレーヤーは継続審査により限られているが、今</li> </ul>	<p>センサ開発やデータ利用の各プレーヤーを拡大していくことは、事業化・実用化の観点から極めて重</p>

<p>後、研究開発の進捗に合わせて、事業化・実用化を目指しデータ利用実証やセンサ小型化等の分野でプレーヤを増やすことが望ましいと思料する。本事業分野では、国際標準化の競争も激しい分野であると想定される。国際標準化の現場（CEOS WGCV、ISO/TC、OGCのWG等）にこれまでも積極的に参加・貢献されていると思うが、本事業分野において日本から積極的に国際標準の策定をリードしていく動きを、実用化・事業化を目指し研究開発・実証の段階から進めていくことが期待される（特に、校正・検証手法やデータ品質基準等）。（上條委員）</p>	<p>要であると認識しており、宇宙戦略基金等を通じて支援を行っております。特に、センサの小型化、解析手法の高度化、外部データやAIの活用といった技術要素の進展に向けては、産業界のさらなる参画が不可欠と考えております。事業終了後における取得されたデータについては引き続きTellusを通じて配布を予定しております。また、標準化戦略を含む知財戦略については、これまではセンサ技術等の個別技術に関して、開発担当事業社が技術を保有し、社としての優位性を確保することがひいては競争力につながることを目的として実施しました。ご指摘にもありますとおり、今後の類似事業では、事業化を見据え、研究開発・実証段階から一貫した戦略構築について検討を進めてまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 国際的な競争環境にあつて、小型化等（コンステレーション向け）のアウトカムの姿を想定すると、かなりの難易度が予想される。その意味で道筋がつけられたかどうかは、評価は難しい。利用に向けては、センサ側での技術要素（解析手法や外部データやAIの活用等）がかなりあると思われる。今後の国際競争や協力のために必要な要素を考慮し、知財戦略をもう少し練ってもよかったのではないか。（浜田委員）</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 知的財産の管理方針は研究開発期間中については明確であるものの、事業終了後における知的財産やデータの継承・活用の在り方、特に民間主導フェーズに移行する際の整理については、十分に説明されているとは言い難いため、今後の課題である。今後は、HISUIで獲得した技術・データを基盤として、小型ハイパースペクトルセンサやコンステレーション展開を担う民間事業との関係性を含め、知的財産・データ・標準化を一体的に捉えた次段階の戦略整理が求められると考えられる。（三宅委員）</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 要素技術の検証は完了しているものの、社会実装に向けては小型化をはじめとするハードルが依然として多く、産業界によるさらなる</li> </ul>	<p>HISUIはほぼ全球を対象としたハイパースペクトルデータを整備しており、他衛星との連携によって広域かつ微細な変化のモニタリングも可能とな</p>

<p>技術開発力の投入が不可欠である。また、次世代地球観測センサ「HISUI」の多様な活用事例が示されたが、新規分野での用途拡大については、工場等の排出源検知に留まらない視点が求められる。例えば、地球温暖化に伴い森林や土壌が二酸化炭素の「吸収源」から「発生源」へと転じるリスクが指摘されているが、こうした広域かつ微細な変化を捉えるモニタリングへの適応は可能だろうか。現状の計測精度で対応可能かという点も含め、検討が必要である。今後、より広範なステークホルダーから利活用のアイデアを積極的に募り、社会実装の解像度を高めていくことが重要である。(竹山委員)</p>	<p>ります。国内では、HISUI やドイツの EnMAP 等のハイパースペクトル衛星を活用した森林管理や樹種別の炭素固定量を踏まえたカーボンクレジット創出など、新たな価値提供に向けた取組も始まっています。</p> <p>また、HISUI データは多様な分野で活用される潜在性を有しており、経済産業省では衛星データ利活用促進を目的とした懸賞金事業を実施し、同データも提供しています。これにより、幅広いステークホルダーから新たなアイデアを募り、社会実装の可能性拡大に努めているところです。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● アウトカムとして掲げられている「資源探査の高度化」や「衛星データ利用市場の拡大」については、技術的有用性が示された段階にとどまっており、実際の探査意思決定や事業判断にどの程度直接的に寄与したのかについては、評価資料上で定量的に整理されているとは言い難い。(三宅委員)</li> </ul>	<p>JOGMEC では HISUI から提供された鉱物データを活用し、HISUI のような超多バンドデータに適用することで、高精度な抽出結果が得られたと報告を受けています。探査活動等への実利用についての成果は、JOGMEC と連携し引き続き精査してまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● ロードマップ上では 2030 年以降の付加価値製品の有償提供やセンサ販売が示されているものの、どの段階で、どの主体が事業化を担うのかという点については、必ずしも明確ではない。また、HISUI 単体では観測頻度・画像量、及び即時性に制約があり、他の衛星や地上データなどとの組み合わせが必要と言及されているが、アウトカム実現のためには具体的にどの様な画像が不足しており、どの様な衛星・地上システムと組み合わせしていくかの明示があるとは言い難い。今後は、本事業で得られた成果を踏まえ、HISUI データが実際の資源探査・環境分野における意思決定やコスト削減にどのように寄与するのか、また小型衛星や他センサとの役割分担を含めた社会実装シナリオを、より具体的に整理していくことが望まれる。(三宅委員)</li> </ul>	<p>ご指摘の点は技術実装の加速化に重要と認識しています。従来の ASTER に比し、HISUI によって抽出できる鉱物・岩石の確からしさが向上したことに加え、これまで抽出困難であった鉱物や鉱床の確認も可能となり、探査効率が高まっています。また、HISUI は軌道上校正機能を有し、センサ精度の維持管理を行ったプロダクトを全球規模で整備しているため、小型衛星センサの校正におけるリファレンスデータとしても利用可能です。こうした状況を踏まえ、関連事業の受託事業者と協力しつつ、整理を進めてまいります。</p>

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
<ul style="list-style-type: none"> <li>● アウトカムの具体的な目標が、未だに十分明らかにされていない点は問題である。非公開となっている重要鉱物データに関しても、どのように活用されたのかが明らかになっていない。アウトプット目標の欄外には「雲が無い地表面の画像データについて、全陸域の80%が目標」と記載されているが、最終目標は「運用を3年間程度行う」とあいまいな表現になっている。しかも実績は、全陸域のカバー率が2024年10月時点で72.5%であり、2025年度末まで延長継続しても80%に達するかどうかは明らかでない。(鈴木委員)</li> </ul>	<p>非公開情報については、JOGMECがHISUIから提供された鉱物データを活用し、マッピング手法により鉱床胚胎有望エリア（鉱床が生成される可能性が高いと予測される地域）の分布を解析しました。HISUIのような超多バンドデータに適用することで、高精度な抽出結果が得られたと報告を受けています。</p> <p>アウトカムに画像取得状況を設定しなかったのは、雲なし画像の取得可否や撮影希望エリアの観測可否が、天候やISSの運用計画といった経産省・受託事業者ではコントロール不可の要因に左右されるためです。そのため、開発したセンサの健全性確認を目的とした運用期間をアウトカムに設定いたしました。</p> <p>2025年度末までの運用および画像取得地域の増加傾向を踏まえると、雲無画像データの全陸域カバー率は約80%に到達すると見込んでいます。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 衛星データを用いた事業化を促す仕組み・体制について、今後の見通しが示されるとよい。(秋澤委員)</li> </ul>	<p>HISUIを含むハイパースペクトルセンサデータを活用する民間事業者を宇宙戦略基金等で支援し、事業化の促進を図ってまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● これまで特許件数が1件に限られた件数だったが、今後、事業化・商用化に向けた民間企業も参入した開発、実証が進む中で、競争領域での知財戦略が重要になることが思料される。国際標準化に関するアウトカム目標、アウトプット目標についても検討されることが望ましいのではないかと。(上條委員)</li> </ul>	<p>得られた財産については、細分化せず、センサ開発における多数の技術を集約したため、権利化件数は1件となりました。今後の事業立ち上げ時には、ご指摘のとおり標準化戦略を念頭に置き、適切なアウトプット・アウトカム目標の設定に努めます。また、国際連携については、ご指摘のとおり日本がもつ優位性を有効に活用されるよう検討進めてまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 知的財産戦略の方針自体は妥当であるが、現時点で権利化が1件に留まっている点には再考の余地がある。開発プロセスにおいて、より積極的に出願可能なポイントがあったのではないかと。また、事業の波及効果としてアフリカでの事例が示されたが、今後は政府の外交方針も踏まえ、グローバルサウス諸国等との国際連携をより戦略的に組み込むべきで</li> </ul>	

<p>はないか。これらを単なる「副次的効果」に留めず、事業の「戦略的計画」として具体化することを期待したい。(竹山委員)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 近年の国際情勢の変化、鉱物資源や地球環境の変化などを鑑み、活用の方向性の議論をもっと喚起しても良かったのではないかと思う。各国の政治的な背景もあり、将来的なユースケースの拡大がどういった方向に進むのか、気になるところである。特許については当初の出願のみならず、活用の視点で追加の出願があっても良いのではないか。クローズ戦略と言っても、初期に出願した特許の有効期間からすれば、まもなく単なる公開文書となってしまう、財産として残らない懸念がある。(浜田委員)</li> </ul>	<p>本事業内にてデータ利用委員会を実施し、利用の方向性や活用事例について議論を重ねまいりました。今後も世界的動向を確認しつつ、検討してまいります。ご指摘の通り、特許取得から時間が経っているため特許権の存続期間が終了しますが、本事業で開発したものは1トン級の衛星が必要となる大型センサであるため、本技術をそのまま活用することは現実的ではなく、また、衛星の小型化が世界的なトレンドであることを踏まえると、この知財を有していることから、先んじて小型化の開発に着手できたことにより、本事業で取得した財産を継承していると考えております。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● アウトカムとして期待されている「資源探査の効率化」や「探鉱投資リスクの低減」については、技術的有用性が示された段階にとどまっており、実際の探鉱判断や投資意思決定にどの程度直接的に寄与したのかについては、評価資料上で定量的に整理されているとは言い難い。(三宅委員)</li> <li>● ロードマップ上では、2030年以降の付加価値製品の有償提供や、2035年頃を見据えたセンサ販売といった項目が示されているが、これらは社会や産業に対する影響そのものを示すアウトカムというよりも、アウトカム創出に向けた前提条件または手段(アウトプット又は中間的成果)と位置づけるのが適切である。(三宅委員)</li> <li>● 本来のアウトカムとしては、HISUI データやその後継技術の利活用を通じて、資源探査における意思決定の高度化、探鉱投資リスクの低減、さらにはエネルギー資源・重要鉱物の安定供給といった社会的・産業的な状態がどのように変革されるのかが示される必要がある。評価資料においては、HISUI データの有用性や多様な利用実証が報告されているもの</li> </ul>	<p>アウトカム評価については、画像取得から3年経過した現在も全球撮影が完了していない点、および膨大なデータ量から定量評価に時間を要する点があります。JOGMEC においても継続して解析・評価が行われる予定であり、引き続き連携してまいります。また資源開発分野では、有望鉱床発見から鉱山開発まで10年以上を要する場合も多く、短期間で成果を示すことが難しい側面があります。今後の新規事業では、有識者ヒアリングと開発タイムラインを踏まえ、実態に即した目標設定とロードマップ策定を心掛けます。</p>

<p>のそれらが実際の探鉱・事業判断や社会的課題の解決にどの程度、どのプロセスで寄与するのかについては、なお定量的・体系的な整理の余地がある。(三宅委員)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 今後は、付加価値製品の有償提供やセンサ販売といった事業的展開を目的化するのではなく、それらを通じてどのような社会的変化を実現するのかというアウトカムを明確に再定義した上で、技術開発・データ利活用・事業化を結び付けたロードマップを整理していくことが望まれると考える。(三宅委員)</li> </ul>	
--	--

### (3) マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針・見解
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 農業や環境観測への学術的応用に関しては、その他データを海外向けにも利用を拡張し、ユースケースの拡大につなげるのがよいのではと思われる。(秋澤委員)</li> </ul>	<p>国内企業への裨益が損なわれないよう、HISUI データ配布ポリシーを設けていますが、利用実証期間中は研究テーマを募集し、海外へのデータ提供も行いました。ご指摘のとおり、今後の運用についても柔軟に検討してまいります。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 今後、ハイパースペクトルセンサの事業化、商用化に向けて市場拡大を進めていくためにも、国として本研究開発に力を入れて推進している点について広くアピールし、民間企業による開発への参加やデータの利活用の幅を広げるデータユーザの参入を促すアウトリーチを行っていくことが望ましいと思料する。(上條委員)</li> </ul>	<p>データユーザ拡大に向け、衛星データプラットフォーム「Tellus」を通じてデータ配布を行い、アクセシビリティ向上を図っています。今後も懸賞金事業等を活用し、新規参入者の獲得に努めます。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 社会への情報発信については、既存の媒体を多角的に活用している点は評価できるが、アウトリーチ活動をさらに強化することが重要である。特に次世代を担う若手層への浸透を図るためには、ターゲットの行動様式に合わせた SNS 戦略等を積極的に導入するなど、より戦略的な配信手法の検討が有効であろう。(竹山委員)</li> </ul>	<p>研究発表のみならず、YouTube による動画作成・配信や、初心者向けの解説記事作成も行いました。</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 体制が維持された一方で、より先進的な技術の採用、あるいはより効果的な活用をめざす</li> </ul>	<p>K プログラムや SBIR 事業にて関連事業を実施していますが、コア技術であるセンサ技術について</p>

<p>には、新しい参加者が必須である。今後のステージでは、ポイントを絞ってでも違う体制を考えないと、競争力の獲得には繋がらないのではないか。(浜田委員)</p>	<p>は HISUI 開発時の技術を転用できるような体制としつつ、新たな参加者として、センサーメーカーの株式会社ジェネシア (K プログラム)、衛星開発事業者の株式会社アークエッジ・スペース</p>
<p>● 評価資料では、HISUI 事業の成果を K-Program や SBIR 等の次段階事業へ引き継ぎ、民間主導による小型センサ開発やコンステレーション展開につなげていく方向性が示されている。一方で、HISUI 事業で獲得した技術・データ・ノウハウのうち、どの部分を共通基盤として継承し、どの部分を各事業者の競争領域とするのかといった役割分担の整理については、一層の具体化が望まれる。今後は、本事業で確立したセンサ技術、校正技術、データ処理・解析技術をどの技術要素として次世代システムに引き継ぐのかを明確化し、アウトカム達成のための研究開発計画と社会実装ロードマップとの対応関係をより明示的に示していくことが重要である。(三宅委員)</p>	<p>(SBIR) 等が参画しています。次段階事業の円滑な展開に向けては極めて重要な観点であると認識しており、ご指摘を踏まえ、ハイパースペクトルセンサ関連事業の受託者との意見交換・技術検討を重ね、成果の最大活用に努めてまいります。</p>

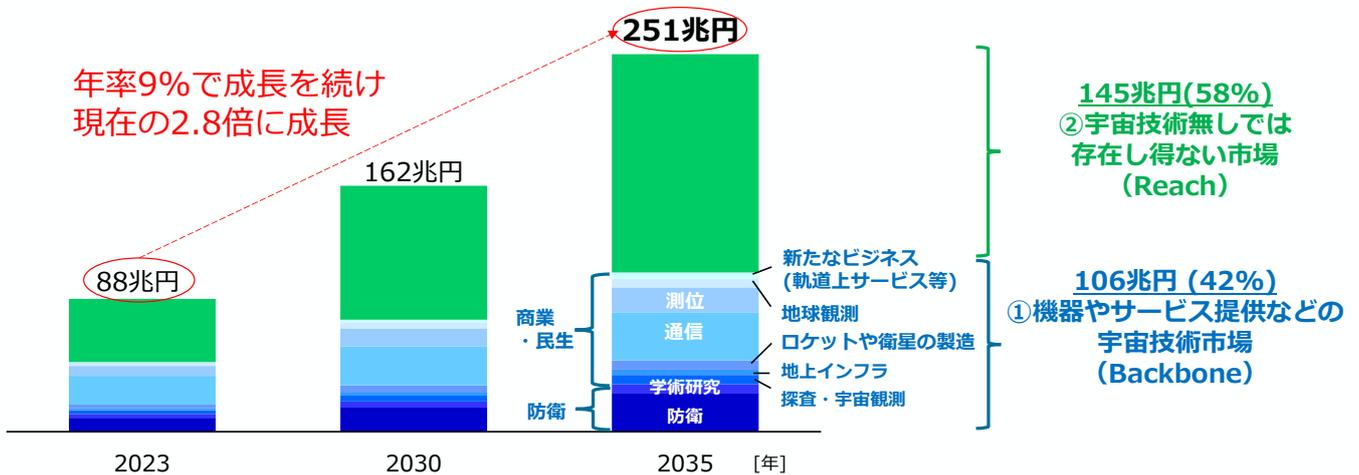
## 第2章 評価対象事業に係る資料

# 宇宙産業政策について

0

## 世界の宇宙産業の市場成長

- World Economic Forumによれば、世界の宇宙市場は年率9%で成長を続け、2035年には現在の2.8倍に達する。この成長率は、世界のGDP成長率（5%）の2倍、半導体産業の成長率（6~8%）と同等の水準。
- ①機器やサービス提供などの宇宙技術市場（Backbone）と、②宇宙技術無しでは存在し得ない市場（Reach）が存在し、それぞれが成長すると見込まれている。



出所：World Economic Forum『Space: The \$1.8 Trillion Opportunity for Global Economic Growth』（2024）を基に経済産業省にて作成。1ドル=140円として算出。

# 経済産業省の基本的な取組方針

- 経済産業省としては、①暮らし・産業・安全保障を支える**国として必要な「宇宙インフラの構築」**、②これを支える産業基盤を実現するために社会課題解決を通じた**「宇宙市場の獲得・拡大」**を基本方針とする。
- その上で、①産業構造・サプライチェーンが**これまでの限られた官需への対応に最適化された縮小均衡**となっている、②**民需・外需を狙う民間企業のイノベーション力**を生かしきれていない、などの本質的な課題解決に取り組む。

## 国として必要な宇宙インフラの構築

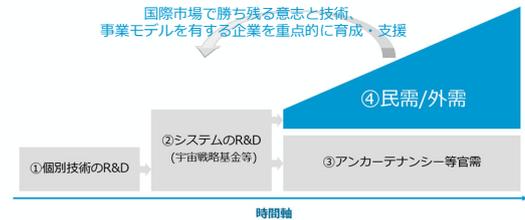
- 安全保障上及び経済安全保障上、宇宙システムがその役割を増している。
- 必要な宇宙活動を自前で行うことができる能力を保持すべく、宇宙技術戦略を踏まえ、重要技術の国産化を進める。



安全保障のための宇宙アーキテクチャ（宇宙安全保障構想 抜粋）

## 宇宙市場の獲得・拡大

- 民間事業者による技術革新・商業化を支援。
- 新市場開拓支援、市場参入促進支援、衛星データ利用ビジネスの促進、海外展開支援、ルール・ガイドライン整備、人材育成等を推進。
- 日本の宇宙産業の市場規模を、2020年に4.0兆円から2030年代早期に2倍の8.0兆円することを目標とする。



## 宇宙基本計画の概要

2023年6月

- 人間の活動領域が本格的に宇宙空間に拡大するとともに、宇宙システムが地上システムと一体となって、地球上の様々な課題の解決に貢献し、より豊かな経済・社会活動を実現。また、安全保障環境が複雑で厳しいものになる中、宇宙空間の利用が加速。
- こうした宇宙空間というフロンティアにおける活動を通じてもたらされる経済・社会の変革（スペース・トランスフォーメーション）が世界的なうねりとなっている中、我が国の**宇宙活動の自立性を維持・強化し、世界をリード**していくことが必要。この実現のため、宇宙基本計画を改定。
- 関係省庁・官民の連携を図りつつ、予算を含む資源を十分に確保し、これを効果的かつ効率的に活用して、政府を挙げて宇宙政策を強化。

### 目標と将来像

- 宇宙安全保障の確保**
  - 宇宙からの安全保障：情報収集衛星や衛星コンステレーションによる情報収集等
  - 宇宙における安全保障：宇宙領域把握（SDA）体制の構築等
  - 宇宙安全保障と宇宙産業の発展の好循環
- 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現**
  - 通信：陸海空と宇宙がシームレスに繋がる
  - リモートセンシング：発災後、早期の被災状況確認による迅速な災害対応等を実現等
  - 衛星測位：準天頂衛星の3rd軌道位による自動化・無人化で労働力不足解決に貢献
- 宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造**
  - 生命の可能性等の人類共通の知を創出し、月以遠の深宇宙に人間の活動領域を拡大
  - 月面探査・地球低軌道活動における産業振興を通じて、段階的に民間商業活動を発展
  - 次世代人材育成と国際プレゼンス向上
- 宇宙活動を支える総合的基盤の強化**
  - 他国に依存することなく宇宙へのアクセスを確保し、自立的な宇宙活動を実現
  - 衛星運用状況等の情報共有が進展し、スペースデブリの数が一定程度まで管理される
  - 技術・産業・人材基盤の確立

宇宙産業を日本経済における成長産業とするため、その市場規模を、2020年に4.0兆円から2030年代早期に2倍の8.0兆円に。

- 安全保障や宇宙科学・探査等のミッションへの実装や商業化を見据えた政策**
  - 国際的規範・ルール作り、我が国強み活かした協力等
- 宇宙技術戦略に基づく技術開発の強化**
  - 安保・民生分野横断的に検討、サプライチェーンも強化
- 同盟国・同志国との国際連携の強化**
  - 国際的規範・ルール作り、我が国強み活かした協力等
- 国際競争力を持つ企業の戦略的育成・支援**
  - 国際市場で勝ち残る意志と技術等がある企業を重点支援
- 宇宙開発の中核機関たるJAXAの役割・機能の強化**
  - JAXAの戦略的かつ弾力的な資金供給機能を強化、産官官の結節点に
- 人材・資金等の資源の効果的・効率的な活用**
  - 工程表・宇宙技術戦略で資源を効果的・効率的に活用

<p><b>(1) 宇宙安全保障の確保</b></p> <p>(a) 宇宙安全保障のための宇宙システム利用の抜本的拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>衛星コンステレーションの構築や情報収集衛星の機能強化（10機体制が目指す能力早期達成）</li> <li>安全保障用通信衛星の多層化（耐傍受性・耐妨害性のある防衛用通信衛星の確保等）</li> <li>衛星コンステレーションに必要な共通技術の確立</li> <li>サイバー防衛用宇宙システムに必要な技術の確立（HGVの対処能力の向上のための技術実証等）</li> <li>海洋状況把握等</li> </ul> <p>(b) 宇宙空間の安全かつ安定的な利用の確保</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙システム全体の機能保証強化</li> <li>宇宙領域把握（SDA）体制の構築</li> <li>軌道上サービスを活用した衛星のライフサイクル管理</li> </ul> <p>(c) 安全保障と宇宙産業の発展の好循環の実現</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>政府の研究開発・実装能力の向上</li> </ul>	<p><b>(2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現</b></p> <p>(a) 次世代通信サービス</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Beyond5G等次世代通信技術開発・実証</li> <li>フルデジタル化通信衛星実装へ開発・実証（2025年度ETS-9打上げ）</li> <li>衛星量子暗号通信の早期実現へ開発・実証</li> </ul> <p>(b) リモートセンシング</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>7機体制の衛星強化・地球規模課題への衛星開発、運用とデータ活用促進（2029年度ひまわり10号運用開始、2024年度GOSAT-GWHT打上げ、ALOS-3喪失に対して再開発の強否を含め検討、降水レーダー衛星開発等）</li> <li>衛星関連先端技術の開発・実証支援（2025年SAR衛星コンステ構築へ実証等）</li> </ul> <p>(c) 準天頂衛星システム</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>7機体制の衛星構築と11機体制に向けた検討・開発着手（準天頂衛星システムの開発・整備・運用、利活用推進）</li> </ul> <p>(d) 衛星開発・利用基盤の拡充</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>衛星データ利用拡大とサービス関連推進</li> <li>衛星開発・実証プラットフォームにおけるプロジェクトの戦略的推進</li> <li>宇宙機器・ソリューション海外展開強化</li> <li>衛星や中小・スタートアップ企業の参入促進</li> <li>衛星データ及び地理空間データプラットフォームの充実・強化</li> <li>宇宙天気予報の高度化・利用拡大（ひまわり10号への宇宙環境計測センサ搭載）</li> <li>宇宙太陽光発電の研究開発</li> </ul>	<p><b>(3) 宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造</b></p> <p>(a) 宇宙科学・探査</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>大型の海外計画参画と独創的・先鋭的技術によるユニークなミッションの創出（2024年度MMX打上げ）</li> <li>火星本星・小天体探査計画の検討と「月面における科学」の具体化</li> <li>獲得すべき重要技術の特定と強みである技術の高度化・強みとなる最先端技術の開発・蓄積、フロントローディングの推進</li> </ul> <p>(b) 月面における持続的な有人活動</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>アルテミス計画の下、2020年代後半の日本人の月面着陸、持続的な月面活動の推進（環境制御・生命維持技術、補給機、有人と無人ローバ、測位通信技術、月輸送技術等）</li> <li>月面開発工程の具体化に向けた構想策定と官民プラットフォームの構築</li> <li>将来市場形成に向けた規範・ルールの形成</li> </ul> <p>(c) 地球低軌道活動</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ISS長期滞在</li> <li>ISSの利用促進、ニーズ拡大の推進</li> <li>アルテミス計画等に必要技術の実証</li> <li>ポストISSを見据えた取組</li> <li>ポストISSのせりり方の検討と、その在り方に応じた必要な技術の研究開発</li> <li>国際的・国内的な法的枠組みの検討</li> </ul>	<p><b>(4) 宇宙活動を支える総合的基盤の強化</b></p> <p>(a) 宇宙輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基幹ロケットの継続的な運用と強化</li> <li>民間ロケットの開発・事業支援</li> <li>新たな宇宙輸送システムの構築</li> <li>宇宙輸送に関わる制度環境の整備</li> </ul> <p>(b) 宇宙交通管理及びスペースデブリ対策</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>商業デブリ除去技術の実証</li> <li>軌道上サービス技術の開発・支援</li> <li>国際的規範、ルール形成への参画</li> </ul> <p>(c) 技術・産業・人材基盤の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙技術戦略の策定・ローリング</li> <li>先端・基盤技術開発の強化（JAXA能力強化、資金供給機能強化）</li> <li>商業化に向けた支援の強化（定期的宇宙実証、放射線試験機会提供、開発プロセスのDX支援等）</li> <li>異業種や中小・スタートアップ企業の宇宙産業への参入促進及び事業化支援（JAXA出資・資金供給機能、SBIR制度等）</li> <li>契約制度の見直し（官民の開発リスク分担の必要を見直し、連携に応じた支払手法の検討、物価・為替変動対応、民間の適正利益確保の確保等）</li> <li>JAXAの人的資源の拡充・強化</li> <li>人材基盤の強化</li> </ul> <p>(d) 国際協力の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国際的な規範・ルール作りの推進</li> <li>国民理解の推進</li> </ul>
---	---	--	--

石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発事業

宇宙太陽光発電における無線送電技術高効率化等研究開発事業

# 石油資源を遠隔探知するための ハイパースペクトルセンサの研究開発事業費 (終了時評価) 評価用資料

製造産業局宇宙産業課

1. 事業基本情報
2. 事業の概要
3. 評価項目1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋
4. 評価項目2. 目標及び達成状況
5. 評価項目3. マネジメント

# 1. 事業基本情報

## 事業基本情報

基本情報

<b>事業名</b>	【予算事業ID 003685】石油資源を遠隔探知するためのハイパースペクトルセンサの研究開発事業費					
<b>事業期間</b>	2007年度～ 2024年度 評価時期：事前（2006年度）、中間（2008、2011、2015、2018、2021年度）、終了時（2025年度）					
<b>予算額</b>	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	総額
（予算）	8.45億円	7.50億円	7.50億円	4.69億円	5.30億円	195.29億円
（実績）	8.43億円	7.21億円	7.48億円	4.69億円	5.28億円	192.93億円
<b>実施体制</b>	国 → （一財）宇宙システム開発利用推進機構【JSS】（委託） → 国研、大学、民間企業					
<b>・事業目的 ・事業概要 等</b>	<p>ハイパースペクトルセンサ(HISUI : Hyperspectral Imager SUite)は、既存のセンサに比べ、スペクトル分解能が格段に高く、より高い精度で宇宙空間から地表の物質の識別が可能なハイパースペクトルセンサである。既存の資源探査用センサ(ASTER : Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)は観測可能なバンド数14であり、これと比べバンド数が185と多く、例えば資源探査に必要な鉱物の識別能力では、ASTERでは10種類程度の特定が可能であるが、HISUIの場合は30種類程度の特定が可能となる。本事業では、目標性能を達成したHISUIハイパースペクトルセンサを国際宇宙ステーション(ISS)に搭載し、地球陸域を観測しデータを蓄積するとともに、取得されるデータを用いて利用実証を行い、宇宙用ハイパースペクトルセンサの有用性を検証するなどの宇宙実証を行うことを目的とする。</p> <p>さらに、今後蓄積されるデータをより多くの国内ユーザ等が利活用し、エネルギー資源や重要鉱物のサプライチェーンの安定供給の確保のみならず、地球温暖化対策への貢献など地球規模の社会課題への貢献の他、多分野での効率的・効果的なデータ利活用の実現を目指す。</p> <p>なお、本事業は、産構審の政策評価：政策テーマ4「①DX、GX、経済安全保障を軸とした製造業のグローバル競争力強化」と関連している。</p>					

## 2. 事業の概要

### (1) 背景・目的

### (2) 研究開発の全体構成・研究開発内容

8

### 本事業の目指すべき将来像

- 石油等の資源に恵まれない我が国において、その安定供給の確保を図ることは、国民の安全・安心な生活の実現及び産業インフラの確保の観点から、国家基盤として必須の重要課題である。
- 衛星を活用したリモートセンシング（遠隔探知）技術には、①産油国との調整を経ずに、開発の有望性に関する評価が可能、②一度に広範囲の地域の分析が可能、③立入りが困難な地域の分析が可能等の利点がある。それには探知の目となるセンサが重要技術である。
- エネルギー安全保障上資源獲得競争に必要な情報を得ることで、日本がこの分野において優位な立場が必須。

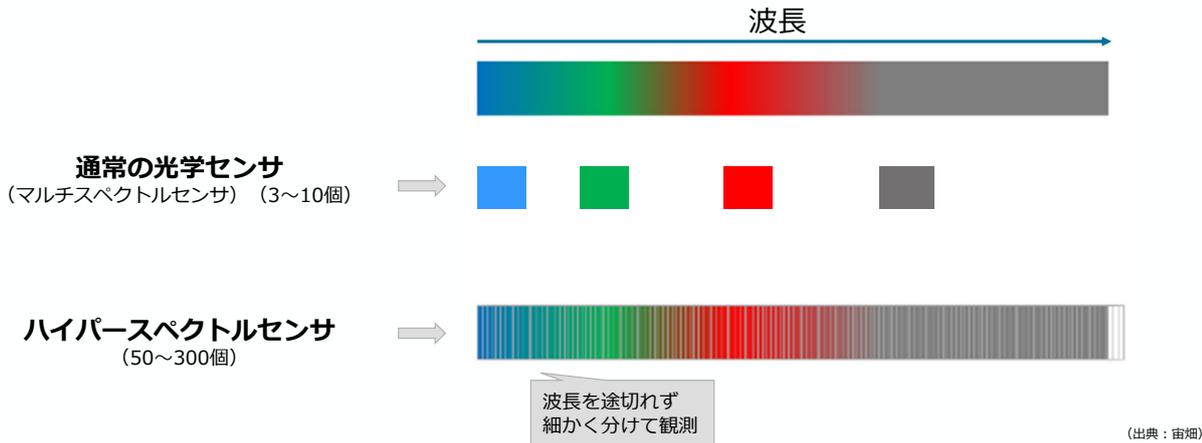


1. 衛星に搭載可能なハイパースペクトルセンサ開発において世界最高レベルの技術獲得により、国際競争力を獲得
2. 衛星から得られたデータがより多く利活用され、エネルギー資源や重要鉱物のサプライチェーンの安定供給の確保のみならず、地球温暖化対策への貢献など地球規模の社会課題への貢献することで、衛星データ利用ビジネスの活性化を実現

9

## (参考) ハイパースペクトルセンサとは

- 通常の光学センサ (マルチスペクトルセンサ) では、青、緑、赤など、私たちの目で見える範囲 (可視領域) と赤外領域の波長を、3~10個に分けて、光の強さを観測。
- ハイパースペクトルセンサ では、①さらに広い領域を、②細かく分けて、③途切れることなく観測を行うことが可能。



10

## 現状・課題：これまでの取組 マルチスペクトルセンサ開発

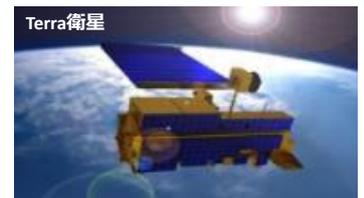
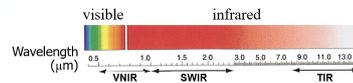
- 経済産業省では、エネルギー安全保障上の観点から石油資源の安定的な確保を目的に、1986年から複数の光の種類を検出できるマルチスペクトルセンサ (ASTER) の開発・運用を行ってきた。
- 当時の技術レベルと比較し、高性能なスペックのセンサ開発を実現したため、日本のセンサ開発が世界的に優位的な立場を獲得。
- また、ASTERは25年以上地球を観測し続けており、長年の観測実績から膨大なデータ蓄積により、高精度の地形解析や地球環境変化の長期分析が可能となり、このような技術を活用した資源探査の効率化に大きく寄与した。データ利用分野として、資源探査だけでなく、防災、環境等の他分野での利用が可能であることが示され、衛星データの利用可能性の幅を広げた。
- 一方、ASTERは離散的なスペクトルデータであるため、物質判別まで行うことは困難であり、より実用に適したスペックが必要という、利用側の新たな要求も出てきた。

ASTERセンサの能力

バンド・分解能	可視近赤外域 (VNIR) : 3バンド+立体視, 15m 短波長赤外域 (SWIR) : 6バンド, 30m 赤外域 (TIR) : 5バンド, 90m
立体視機能	0.6 (基線高度比)
ポインティング機能	VNIR±24°, SWIR/TIR±8.55°
観測幅	60 km

○主な利用分野：

- \* 資源探査：鉱物マッピング、地質構造解析
- \* 防災：火山噴火モニタリング、森林火災検出、斜面崩壊監視
- \* 環境：植生変動、サンゴ礁分布、海面温度
- \* 地形解析：DEM生成、地表温度分布



11

## 現状・課題：外部環境（国外の開発状況、打上状況）

- 2000年以降、ESA（欧州宇宙機関）やNASA（米国航空宇宙局）は、ASTERより高性能なセンサを搭載した衛星を次々と打ち上げ始めた。
- この状況を受け、多くの国でハイパースペクトルセンサの開発に取り組む動きが活発化し、技術開発競争が一層激しくなっている。

宇宙機関	国	センサ名	運用期間	バンド数	空間分解能
通商産業省	日	ASTER	1999年-	14	15-90m
ESA	欧	CHRIS	2001-2022	61	18 or 36m
NASA	米	Hyperion	2007-2017	242	30m
CNSA	中	AHSI	2018-2020	330	30m
ISRO	印	HySIS	2018-	55	30m
ASI	伊	PRISMA	2019-	249	30m
経済産業省	日	HISUI	2019-	185	20-30m
DLR	独	EnMAP	2022-	244	30m
ESA	欧	CHIME	(2028、2030)	200以上	30m
NASA	米	(VSWIR) SBG	(2028)	200以上	30-45m

12

## 本事業の政策・施策における位置づけ（総合科学技術会議）

- 内閣府総合科学技術会議にて第3期科学技術基本計画の「分野別推進戦略」を策定（平成18年3月22日決定）。これは、第3期基本技術計画の柱である科学技術の戦略的重点化の実現に向けて、**今後の投資の選択と集中及び研究開発課題ごとの目標を明記**したもの。
- 「国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する分野」の中で、**国の基幹技術の一つ**として、「②衛星の高信頼性・高機能化技術」があげられており、その中でハイパースペクトルセンサ技術が選定されている。

### ② 衛星の高信頼性・高機能化技術

フロンティア分野として宇宙の利用・産業化の基盤となる要素技術を蓄積・発展させ、先端技術の開発を推進するとともに、国民の安全保障に資する宇宙利用技術を支えるため、以下の研究開発を推進する。

#### ○ 災害対策・危機管理のための衛星基盤技術

（選定理由）耐災害性、広域性等の衛星の特徴を活かし、国民の安全・安心に資する災害対策・危機管理システムを構築するための基盤技術として、高機能衛星搭載中継器等の開発を集中的に進める必要がある。

#### ○ 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）

（選定理由）先進的なリモートセンシング技術の一つとして第3期期間中に大きな進展が期待されるハイパースペクトルセンサについて、データ処理解析技術等の研究開発を集中的に進め、環境観測、災害監視、資源探査等の広範な分野における地球観測データの有効活用を図る。

13

## 本事業の政策・施策における位置づけ（宇宙基本計画）

- 内閣府宇宙開発本部は、宇宙開発利用に関する施策を総合的かつ計画的に推進するため、我が国の国家戦略である宇宙基本計画を取りまとめた。同計画は、平成21年6月に閣議決定された。
- この計画では、**宇宙利用を重視する政策への方針転換**が示され、**政府が実施すべき施策の一つとして、資源探査に資するセンサ開発の実施**が明記されている。

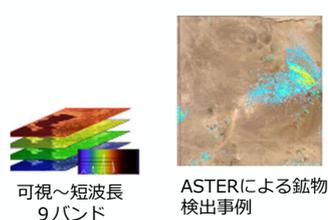
宇宙開発利用の推進に関する基本方針において、「これまで我が国の宇宙開発利用は研究開発に力点が置かれていたが、**今後は、国民生活の向上、安全保障の確保、国際貢献・協力等に寄与すべく、研究開発力を高めつつ、宇宙の利用を重視する政策に転換**し、宇宙開発利用の可能性、潜在力を様々な分野で最大限に発揮・活用することを目指す。」としている。

「宇宙開発利用に関し政府が総合的かつ計画的に実施すべき施策」の中で社会的ニーズと「今後10年程度の目標に対する衛星システムとして、アジア等に貢献する陸域・海域観測衛星システムを設定し、5年間の開発利用計画を推進する。」としている。社会的ニーズの一つ「資源・エネルギー供給の円滑化」では、「これまでも衛星データを陸域の資源探査には活用しているものの、いまだ分析能力は十分ではない。このため、**今後、石油の存在する地層を構成する鉱物やレアメタル等の鉱物の判別性能を現行の10種類程度（ASTER）から3倍の30種類程度へ向上させたより分類能力の高いセンサによる観測を継続的・広範囲に実施**することにより・・・（中略）・・・陸域資源探査方法の高度化等を図ることを目標とする。」としている。

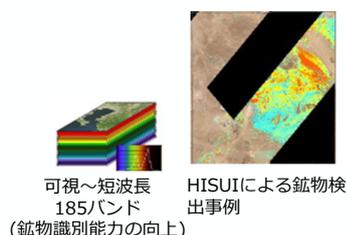
## 目標達成に向けた本事業の位置づけ

- 経済産業省では、エネルギー安全保障上の観点から複数の光の波長域をカバーするマルチスペクトルセンサ（ASTER）の**開発・運用**を行い、**センサ開発・利用事例の創出**という成果を上げた。
- ハイパースペクトルセンサ開発に関する海外の技術開発動向と、宇宙の利用を重視する政策への転換を踏まえ、以下の二点を実施した。**
  - 資源探査ニーズに応え、国際競争力を持つ、ハイパースペクトルセンサの開発を行う**
  - 得られたデータが資源探査に加え、幅広い分野で活用され、衛星データ利用市場の拡大に寄与することを目指し、ハイパースペクトルデータの利用実証を行う**
- 本事業により衛星データの取引が進展し、衛星事業者の事業が活性化することが期待される。その状況において、自国において高性能なハイパースペクトルセンサを開発する技術と、得られたデータを活用する技術を確保することは、国際競争力の維持に資することとなる。

ASTERの成果



HISUIの目標

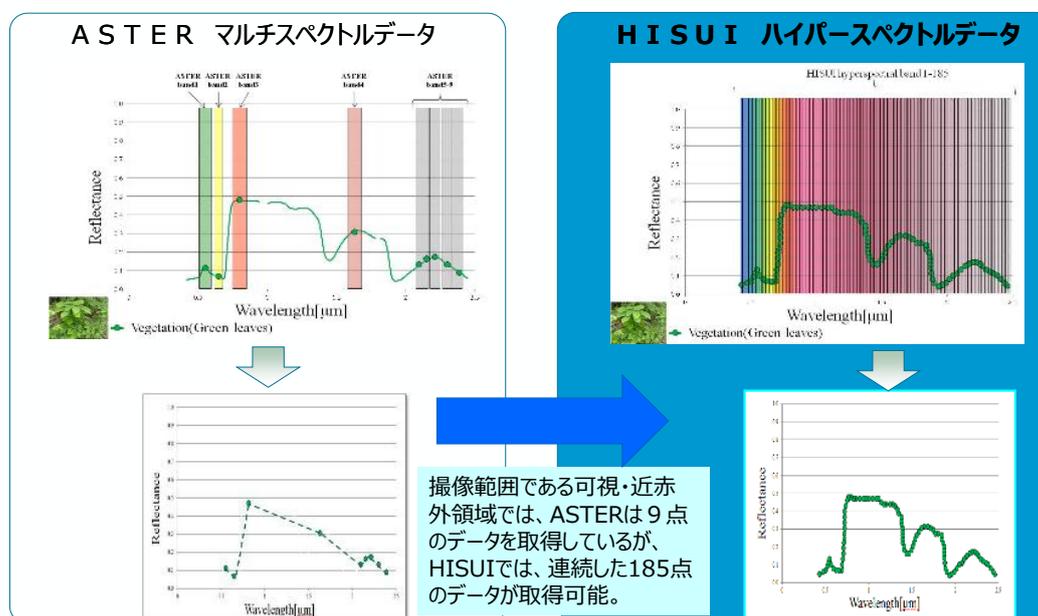


将来像



# ハイパースペクトルセンサの優位性について

HISUIはASTERよりも、一つ一つのスペクトルがよきめ細かくなることで、**高精度に物質の判定**を行うことが可能となり、さらなる石油・鉱物資源探査への貢献が期待できる。



# HISUIの世界的な優位性について

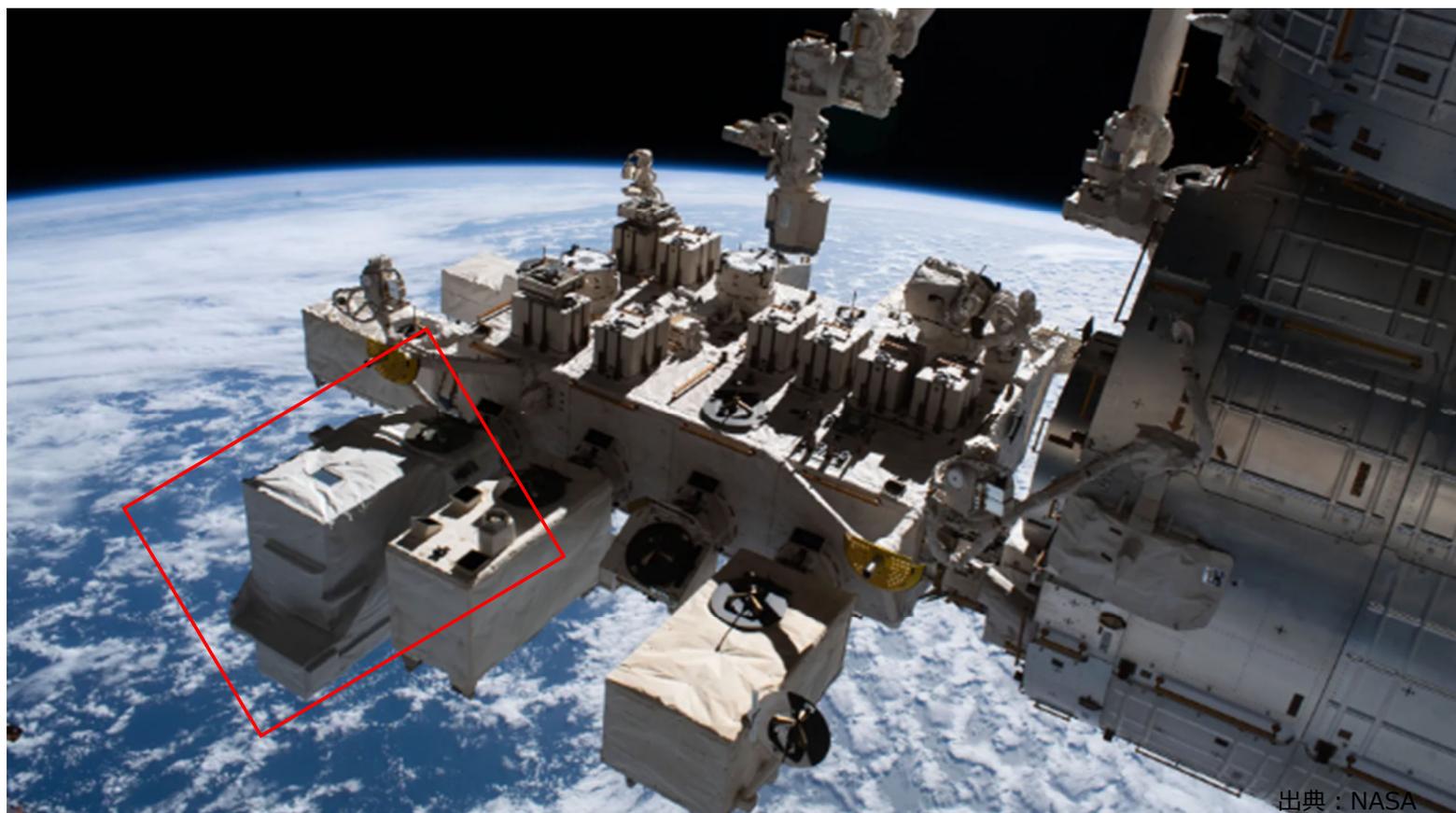
- HISUIは鉱物資源探査に不可欠な光の波長域（SWIR:短波長赤外域）の観測が可能。
- HISUIの強みとしては**世界のハイパースペクトルセンサの中で最もノイズが少なく品質が高い。**  
HISUIが撮影可能な光の波長域は可視近赤外域（VNIR）と短波長赤外域（SWIR）である。資源探査のユーザーとしては、解析時にノイズの少なさが最も優先させる性能であったため、高い目標性能を設定した。結果として他国と比べてノイズが少ないセンサ開発技術を獲得したことは大きな優位性を持つ。

宇宙機関	国	センサ名	運用期間	バンド数	空間分解能	S/N比①：VNIR	S/N比②：SWIR
						信号対雑音比。SN= Signal-to-Noise Ratio 信号（有用な情報）とノイズ（不要な情報）の比率。	
ESA	欧	CHRIS	2001-2022	61	18 or 36m	200	撮影不可
NASA	米	Hyperion	2007-2017	242	30m	140-190	38
CNSA	中	AHSI	2018-2020	330	30m	686	194
ISRO	印	HysIS	2018-	55(VNIR)	30m	不明	
ASI	伊	PRISMA	2019-	249	30m	200-450	100-200
経済産業省	日	HISUI	2019-	185	20-30m	800	500
DLR	独	EnMAP	2022-	244	30m	620	230
ESA	欧	CHIME	(2028, 2030)	200以上	30m	目標値は不明	※数値が大きいほど、データが鮮明であることを示す。
NASA	米	(VSWIR) SBG	(2028)	200以上	30-45m	目標値は不明	

## 2. 事業の概要

(1) 背景・目的

(2) 研究開発の全体構成・研究開発内容



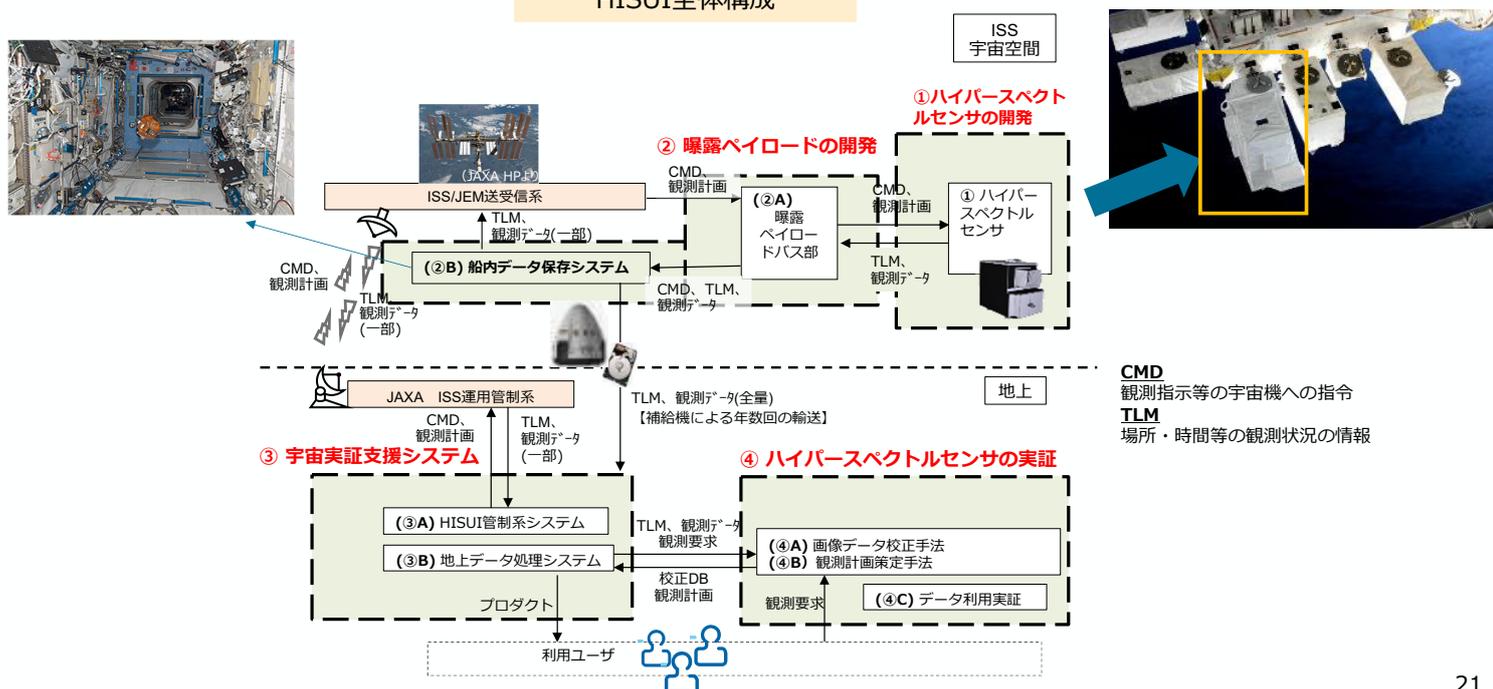
## 研究開発の全体構成①

- ・ 本事業の研究開発項目はハイパースペクトルセンサの開発・宇宙空間での実証（①）、運用に必要なシステム開発（②・③）、得られたデータの利用実証（④）で構成され、下記実施者がそれぞれの開発を担当した。
- ・ ハイパースペクトルセンサHISUIは国際宇宙ステーション（ISS）の「きぼう」日本実験棟（JEM）船外実験プラットフォームに設置。

研究開発項目	主な役割	実施者
①ハイパースペクトルセンサの開発	可視近赤外領域と短波長赤外領域を185バンドに分光して観測を行う地球観測センサ	日本電気(株)
②曝露ペイロードの開発	(②A)曝露ペイロードバス部の開発	(株)JHIエアロスペース、明星電気(株)
	(②B)船内データ保存システムの開発	
③宇宙実証支援システムの開発	(③A)HISUI管制系システムの開発	宇宙技術開発(株)
	(③B)地上データ処理システムの開発	富士通(株)、日本電気(株)、三菱電機ソフトウェア(株)
④ハイパースペクトルセンサの実証	(④A)画像データ校正手法の開発	(国研)産業技術総合研究所、東京大学
	(④B)観測計画策定手法の開発	(国研)産業技術総合研究所、酪農学園大学
	(④C)データ利用実証	(株)地球科学総合研究所、JX金属探開(株)、住鉱資源開発(株)、アジア航測(株)、国際航業(株)、住友林業(株)、(国研)国立環境研究所

## 研究開発の全体構成②

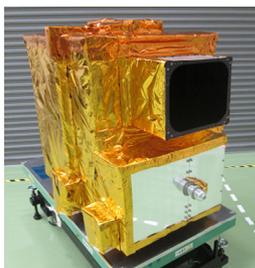
HISUI全体構成



## 研究開発項目① ハイパースペクトルセンサの開発

- ハイパースペクトルセンサの設計、開発。国際宇宙ステーション搭載後は性能評価として、軌道上実証を実施。
- センサの目標値については、本事業開始前に調査・検討を行い、資源探査に必要な性能と実現可能性を加味して設定。（詳細の性能については、34ページアウトプット目標及び達成状況を参照）

### ① ハイパースペクトルセンサの開発

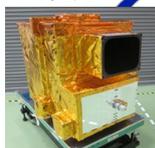


H27年度 2015年度	H28年度 2016年度	H28年度 2017年度	H30年度 2018年度	H31年度 2019年度	R2年度 2020年度	R3年度 2021年度	R4年度 2022年度	R5年度 2023年度
			▲ 曝露ペイロードへ	▲ 打上げ				
	解析・設計	インタフェース	安全審査	初期チェックアウト	性能評価（軌道上実証）			
			機能強化工事					
			健全性確認試験					

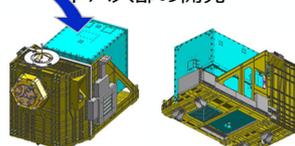
## 研究開発項目②A 曝露ペイロードバス部の開発 ②B 船内データ保存システムの開発

- 開発した①ハイパースペクトルセンサと②A 曝露ペイロードバス部から得られるデータを保存するための②B ISS船内データ保存システムを開発
- 上記3つのシステムを国際宇宙ステーションに搭載し、宇宙空間での軌道上実証を行い性能評価を行った。

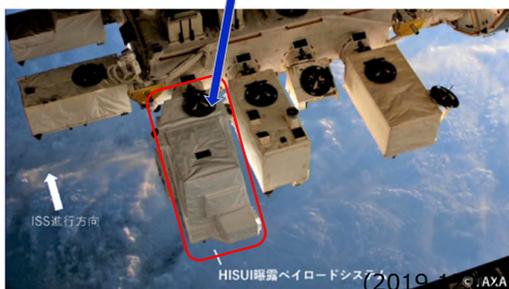
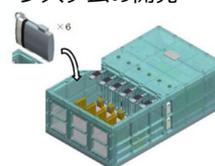
### ① ハイパースペクトルセンサの開発



### ②A 曝露ペイロードバス部の開発



### ②B 船内データ保存システムの開発



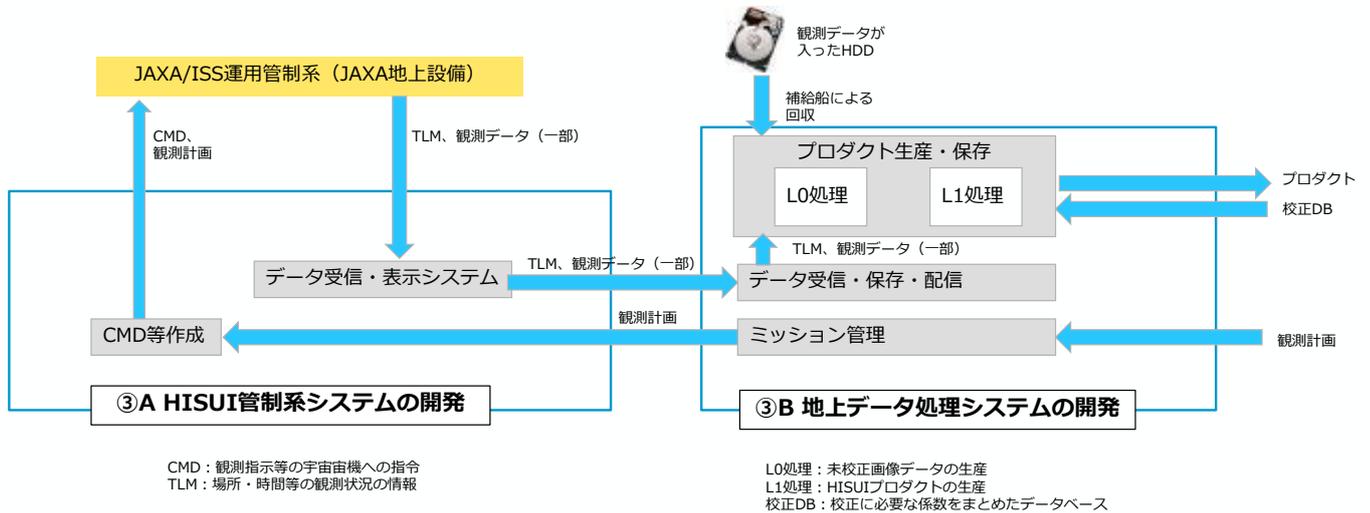
JEM曝露部への設置



ISS船内へのデータ保存装置の設置  
(船内データ保存システム)

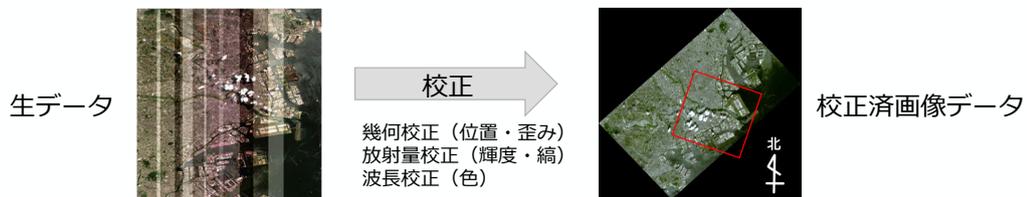
## 研究開発項目③ 宇宙実証支援システムの開発

- JAXAのISS運用管制システムを経由して、開発した①ハイパースペクトルセンサと②曝露ペイロードを管制し、観測計画等や一部の観測データを受信するHISUI管制系システム（③A）を開発。
- センサから得られるデータのデータ量が大きいため、ハードディスクを物理的に輸送船にて地上まで運搬し取得。
- その得られたデータから研究者・一般の方が使える状態にするプロダクトの作成・保存システム等を含む地上データ処理システム（③B）を開発。



## 研究開発項目④ ハイパースペクトルセンサの実証

- 開発したハイパースペクトルセンサから得られた観測画像データの分析評価を行い、センサの精度検証・校正（※）を実施  
 ※校正とは…衛星が取得したデータの位置や輝度等を補正し、物理的に正確で利用可能なデータに変換するための一連の処理。
- 観測データを用いて、エネルギー資源・鉱物資源分野のほか、地球温暖化対策に貢献する地球規模の環境分野等の利用実証研究を行い、その有用性を評価。詳細は次ページにて説明。

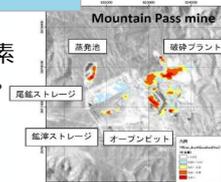


### 【利用実証の一例】

#### 重レアアース抽出【金属資源】

需要の大きい重レアアース（重希土類）元素のネオジム起源の特徴をもつ鉱物抽出が可能。

（期待される活用方法）  
重要鉱物の安定供給、脱炭素社会の貢献

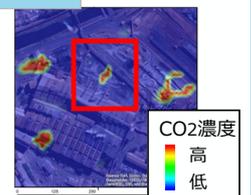


#### 大気観測【環境】

地上分解能が細かいため、煙突や溶鉱炉から放出されている、CO2ガスを検知可能。

（期待される活用方法）  
温室効果ガス排出のモニタリング

※地上分解能…地表を撮影した際に、どれだけ細かく対象を識別できるかを示す指標



## 研究開発項目④ ハイパースペクトルセンサの実証 【利用実証】

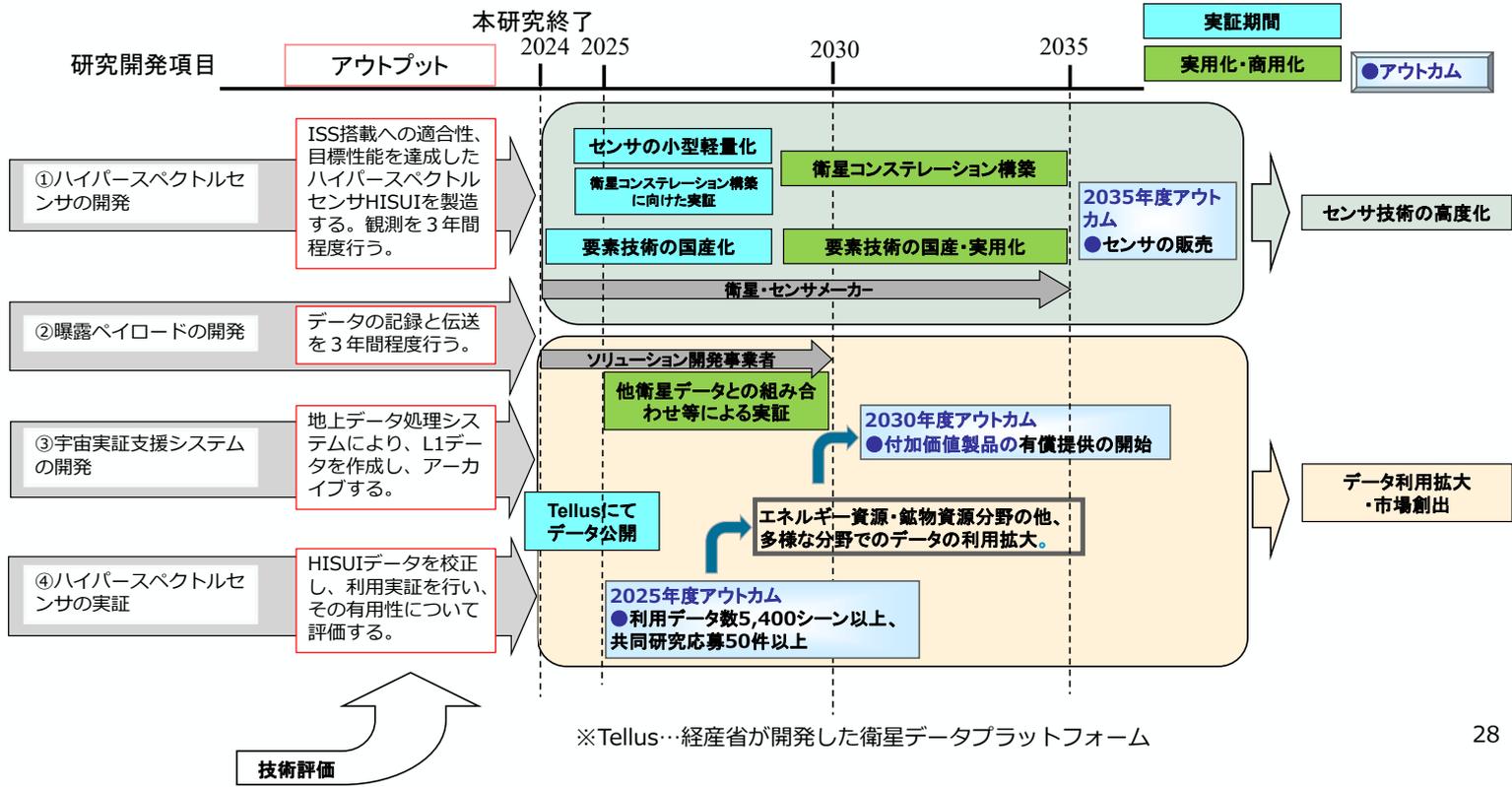
- HISUIから得られたデータの利用実証を行い、エネルギー資源・鉱物資源分野だけではなく様々な分野でのデータの有用性を確認した。行った利用事例は以下のとおりである。

企業名	期間	分野	概要 (HISUIのデータを解析することで、下記成果を得た。)
(株)地球科学総合研究所	2021~2023	石油資源	石油田/天然ガス田の判断指標となる鉱物の検出や油徴の検出に成功するなど、石油探鉱に有効な情報が得られた。
JX金属探開(株)	2021~2023	金属資源	変質鉱物全体に亘り、従来よりも同定可能な変質鉱物が増え、抽出精度も向上した。
	2021~2023		重要鉱物であるレアアースが多く含まれている可能性の高い鉱物やリチウムを検出できた。
住鉱資源開発(株)	2022		ニッケル鉱床特有の鉱物が精度よく抽出できた。
国際航業(株)	2021, 2023	農業	小麦の収量予測について、現地の生育状況と合致する情報を抽出できた。
アジア航測(株)	2023	土壌	土壌の塩害化マップを作成できることを実証した。
	2021	沿岸海域	底質分布と水深分布の推定が可能となった。
(株)地球科学総合研究所	2021, 2022	地球環境	温室効果ガスであるCH <sub>4</sub> 、CO <sub>2</sub> の放出点を検知できた。
国立環境研究所	2023		温室効果ガスであるCO <sub>2</sub> 濃度分布を推定し、東京湾沿岸の火力発電所や発電所で濃度が高い結果を得た。
住鉱資源開発(株)	2021	地球環境	陸域プラスチックの抽出・分類ができた。
	2023	地球環境 (CO <sub>2</sub> 固定)	化学反応によるCO <sub>2</sub> 固定化のポテンシャルが高い鉱物の分布を作図することで、CCS (二酸化炭素の回収・貯留) に適した場所を特定することができた。
住友林業(株)	2022	地球環境(森林)	観測されたデータがは雲が多く解析処理データは少なかったものの、泥炭湿地林の森林タイプの分類、森林特性指標の推定等、精度向上が期待できる結果を得た。

## 評価項目 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

# 1-1. アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）

評価項目 1



## ハイパースペクトルセンサ開発の今後

- HISUIは他国のセンサと比較し、ノイズが少なく高い画質を有する一方で、一部の要素技術に海外製を採用していることに加え、1トン級の衛星が必要となる大型センサであるため、「衛星の小型化と複数機運用によるシステム構築」（衛星コンステレーション）という現在のトレンドを踏まえると、政府衛星以外の選択肢として民間事業者がHISUI自体を商用化し販売していくことを想定するのは現実的ではない。
- HISUIプロジェクトの成果は、①要素技術の国産化、②センサの小型化・衛星コンステレーション構築による早期の商用化により社会実装につなげていく。



### HISUIプロジェクト（経産省：2006～2024年度）

経済産業省 185バンドの高波長分解能を有し、高い精度で宇宙空間から地表の物質の識別が可能なセンサを開発し、世界の鉱物資源探査に貢献。

#### ①要素技術の国産化



### Kプログラム（経産省：2023～2027年度）

- 実施事業者：株式会社ジェネシア、株式会社アイネット等
- 衛星・ドローン・地上どこでも使える小型高精度多波長カメラの開発。
  - 波長領域を広げるとともに、ターゲットの波長を観測時に柔軟に調節でき、多数の波長情報を取得できるセンサシステムを開発する。

#### ②センサの小型化・衛星コンステレーション構築による早期の商用化



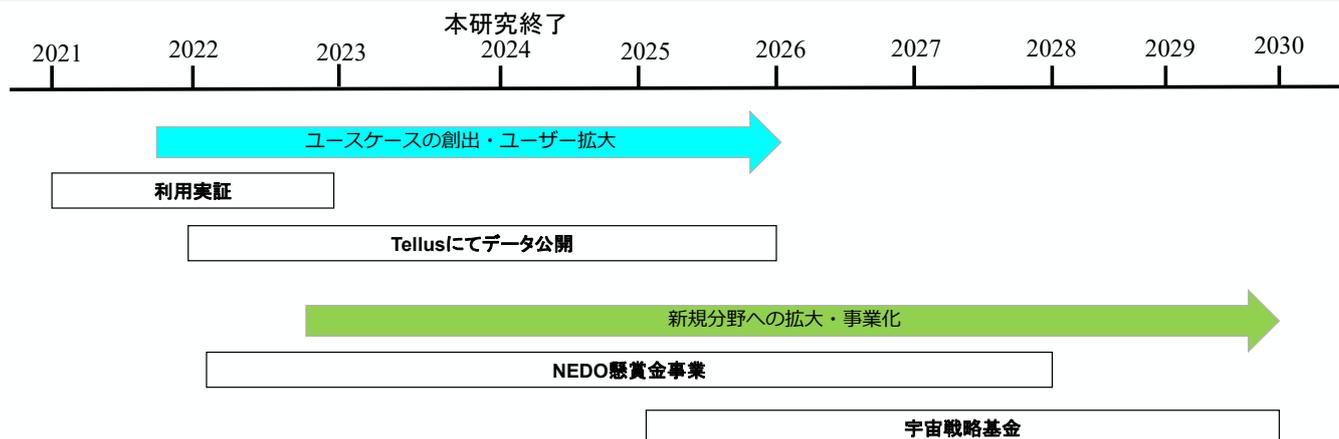
### SBIRフェーズ3（経産省：2023～2027年度）

- 実施事業者：株式会社アークエッジ・スペース
- 小型衛星に搭載可能なハイパースペクトルカメラでHISUIの後継に期待される商用ミッション。
  - HISUIと同等の性能を実現する小型カメラを100kg級衛星に搭載し軌道上実証、リモセン事業実証を行う。

※衛星コンステレーション…複数の人工衛星を協調して運用し、特定の目的を達成するために構成されたシステム

## 1-1. アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）【データ利用】

- HISUIデータユーザーの拡大とハイパースペクトルセンサの有用性を示すため、衛星データプラットフォーム「Tellus」への搭載や利用実証を実施し、様々なユースケースを発掘とデータの有用性を確認した。しかし、HISUIデータだけではタイムリー性や画像量が不足しており、事業化は困難である。このため、今後はHISUIデータに加え、他の衛星データや地上データを組み合わせた付加価値サービスの開発が必要である。
- HISUIデータは膨大な波長情報を保有しており、多様な情報を組み合わせることで新たな技術やサービス創出の可能性を持つ。そこで、既存の枠にとらわれない多様なアイデアを広く募り、システム実証を行うことで新規参入者の挑戦を後押しする懸賞金事業や本格的な事業化を検討している事業者については、宇宙戦略基金を活用し事業者を支援し、社会実装につなげる。



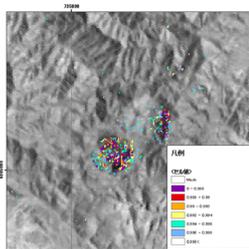
30

## (参考) アウトカム達成までの道筋（ロードマップ）【データ利用】

今後、HISUIデータに加え、今後打上予定である衛星から得られるハイパースペクトルデータや地上データを組み合わせることによって、以下のような様々な用途での活用が見込まれる。

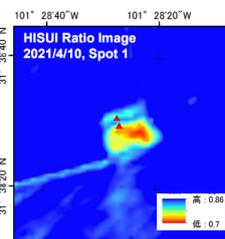
### ①レアアース資源探査

- レアアースが多く含まれている可能性の高い鉱物を抽出。
- 今後、様々な時期のデータや他の地域のデータによる実証研究によりレアアース鉱床探鉱の発展に貢献。



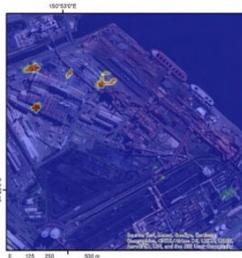
### ②メタンガス検知技術

- メタンガスのスペクトルと同一地点を表示。
- 既知のメタンガス放出ポイント▲にて、正しく抽出。
- 今後、コンステレーション衛星による分光データの取得と併せて、カーボンニュートラル実現に向けたメタンガス排出監視に貢献。



### ③二酸化炭素検知技術

- CO2ガスのスペクトルと同一地点を表示。
- 煙突、フレア、溶鉱炉において、CO2ガスの放出を抽出。
- 今後、コンステレーション衛星による分光データの取得と併せて、カーボンニュートラル実現に向けたCO2ガス排出監視に貢献。



### ③石油資源分野における探査活動

- 石油または天然ガスのどちらかが期待できるかの判断指標となるそれぞれの鉱物を抽出。
- これまで利用されてきたマルチスペクトルデータでは分類が困難。
- 探鉱投資の抑制に直結。



31

## 1-2. 知的財産・標準化戦略

### オープン・クローズ戦略の考え方

- 効率的・効果的な事業推進のため、多くの宇宙事業のプロジェクトマネージメントの経験がある宇宙システム開発利用推進機構（JSS）が経済産業省と委託契約を締結（バイドール適用）。
- JSSから各研究開発項目を実施する民間企業等への委託契約を締結（バイドール適用）。
- JSSのマネジメント能力を活用し、研究計画の策定・実施及びその結果や、関連事業との連携について報告を受け、相談しながら事業を進めた。また、JSSと契約し本事業に関する委託事業を受託した社が当初から持つ知的財産権（BIP（Background Intellectual Property））及び本事業で生じた知的財産権（FIP（Foreground Intellectual Property））を含む知的財産に関する取り決めを契約時に、契約相手側に提示することで、実施者に知的財産の管理を明らかにした。
- 本事業において得られた知的財産についてのオープン・クローズ戦略の考え方は、以下の表と次ページのとおり。
- なお、センサにて得られたデータについては、重要鉱物の分布に関わる重要データは公開しておらず、それ以外のデータについても国内にのみ公開としている。（詳細は3-1 研究データの取扱いについて説明）

	非競争域	競争域
公開	④ハイパースペクトルセンサの実証（データ利用技術） 〔②曝露ペイロードシステム技術〕 〔③宇宙実証支援システム技術〕	
非公開		①ハイパースペクトルセンサ開発技術

研究開発項目	オープン戦略	クローズ戦略	戦略の考え方
①ハイパースペクトルセンサ開発	-	ハイパースペクトルセンサ製造の特許権取得	市場拡大を目指すとともに、先行的に開発した実績を踏まえた設計ノウハウをコア技術として優位性を確保する。
②曝露ペイロードの開発	-	-	ISS搭載という特殊性の高い開発であったため、論文として関係学会には成果報告を実施したが、戦略的な知財活用として積極的な活動は行っていない。
③宇宙実証支援システムの開発	-	-	
④ハイパースペクトルセンサの実証（データ利用技術）	利用実証の結果など論文発表を行う。 ハイパースペクトルセンサから得られたデータについて、一部ポリシーを設定し公開		センサで得られたデータについては、重要鉱物の分布に関する重要データは公開しておらず、それ以外のデータも国内限定で公開している。一方で、データの利用技術や利用実績は公開しており、ハイパースペクトルセンサデータを活用した事例を積み重ねることで、利用可能な有用データであることを周知し、センサおよびデータの市場拡大につなげる。ハイパースペクトルセンサという特殊センサから得られるデータの利活用を活性化させるため、論文等で世界に公開することで多くのユースケースを発掘し、ハイパースペクトルセンサから得られたデータのビジネス創出を目指す。

## 評価項目 2. 目標及び達成状況

### 2-1. アウトカム目標及び達成見込み

アウトカム指標	アウトカム目標	達成状況・見込み
短期目標 2025年度	データ利用数5400シーン、共同研究応募50件以上（論文・学会発表54件、特許出願2件）	<p>センサ開発目標は、ハイパースペクトルセンサ製造の特許権取得。エネルギー資源・鉱物資源分野、地球規模の環境分野、森林、防災、農業、海洋等でのHISUIデータの利用拡大</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2022年10月からTellusによるHISUIデータの公開およびダウンロードサービス（一般配布）を開始し、国内ユーザがHISUIデータを利用可能とする環境を整備した。共同研究では、エネルギー資源・鉱物資源分野の他、地球環境分野、沿岸環境（プラスチックごみ、干潟の植生等）、森林、農業、海洋等と多岐多岐に亘る研究が実施され、HISUIデータの有用性が示され、利用拡大につながった。2024年2月までに、下記実績を達成。</li> <li>・データ利用シーン数：30,574シーン。</li> <li>・共同研究応募総数：90件</li> <li>・論文・学会発表数：68件</li> <li>・データ解析の簡易化と精度向上につながる、データ波長の校正に資する撮像方法などの技術については、特許を2件権利化済み。</li> </ul> <p>よって、目標を達成。</p>
長期目標 2030年度	付加価値製品の有償提供の開始	<p>ハイパースペクトルデータの付加価値製品の開発と、その有償提供を開始</p> <p>利用実証を通して、様々な分野での活用事例が報告され、ハイパースペクトルデータを活用したソリューション開発は世界的にもトレンドになりつつある。日本においてもソリューション事業者が、ハイパースペクトルデータの活用を検討・実証が進められている。</p>
長期目標 2035年度	ハイパースペクトルセンサの販売	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小型衛星搭載によるコンステレーション構築を目指す開発が民間企業において進められており、センサの小型軽量化、高波長分解能化によって国内民間企業への販売可能性がある。</li> </ul>

#### （設定理由・根拠）

・これまでに取得したHISUIデータによる実証研究の成果を公表、および、Tellusへの搭載と無料ダウンロードの開始等により、エネルギー資源・鉱物資源分野のみならず地球規模環境分野、森林、防災、農業問題での利活用を広め、各分野でのHISUIデータ利用を増やすことを前回の中間評価では設定した。

これらのアウトカムを達成することで、HISUIデータ解析手法が確立され石油開発企業等の利用が進むことにより、様々な分野での社会課題解決に貢献し、衛星データ利用市場拡大に寄与する。

・（計測方法）定期的に今後の状況を事業者からのヒアリングを行い、各アウトカム目標の達成状況を確認する。

## 2-1.アウトカム目標及び達成見込み

### 費用対効果

- 本事業の総予算は195.29億円である。
- 衛星データ利用市場は、2023年2兆円、2035年には5兆7,400億円へ拡大の見込みである。これまではハイパースペクトルセンサの利用は解析事例やユースケース発掘でとどまっていたが、具体的なビジネスを検討する国内事業者も出始めている。
- このように多波長データは、資源管理だけでなく農業・カーボンプレジットなど多数の市場を牽引することが見込まれる。
- 本事業によって取得・処理・生産されたHISUIプロダクトは、高品質に校正されたデータであり、その観測範囲は全陸域の70%以上を占める。このため、今後打上げが予定される小型衛星によって取得されるハイパースペクトルデータを校正する際、同じ地点を観測したHISUIデータを参照データとして利用することで、小型衛星が取得したデータ品質の維持を効率的に実施することが期待される。
- また、小型衛星の場合は観測地域が限定されるため、「どこを観測すべきか」を判断する際にHISUIデータの事前解析が有効である。さらに小型衛星は観測波長も限定されるため、「どの波長で観測すべきか」という判断にも全波長を実装しているHISUIデータの事前解析が有効である。
- 加えて、小型衛星データを解析する際においても、前述のとおりHISUIデータを利用して波長を選定かつ解析手順を整備しておけば、解析を効率的に行うことが可能である。このような事前のHISUIデータを利用した取り組みにより、小型ハイパースペクトルデータの利用拡大を加速させることが可能となる。
- 上記のように、品質の良いHISUIデータを蓄積し有効利用する環境を整え、小型衛星コンステレーションで得られるハイパースペクトルデータのより効率的、効果的な活用によってデータを組み合わせ活用する衛星データ市場の拡大が期待できる。

## 2-2 アウトプット目標及び達成状況①

アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
中間目標 2020年度	ハイパースペクトルセンサの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISS搭載への適合性、目標性能を達成したハイパースペクトルセンサHISUIの製造・試験を完了する。</li> <li>• 品質確認に係る審査を実施後、打上げに供するためNASA側へ引渡し、曝露部へ搭載し、観測を開始する。</li> </ul>	達成
	曝露ペイロードの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISS搭載への適合性、目標性能を達成した曝露ペイロードの製造・試験を完了する。</li> <li>• 品質確認に係る審査を実施後、打上げに供するためNASA側へ引渡し、曝露部および与圧部へ搭載する。</li> <li>• HISUIで観測したデータを船内データ保存システムに記録し、そのデータの一部を地上に伝送する。</li> </ul>	達成
	宇宙実証支援システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 宇宙実証支援システムの製造・試験を完了する。</li> </ul>	達成
	ハイパースペクトルセンサの実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HISUIデータの校正に着手する。</li> <li>• HISUIの長期観測計画を立案し、それに基づき短期観測計画を運用し画像データを取得する。</li> <li>• 宇宙実証システムで作成した衛星観測の初期処理データを用いて処理・解析し、エネルギー資源、鉱物資源、その他分野での利用可能性について検討・評価する。</li> </ul>	達成
最終目標 2023年度	ハイパースペクトルセンサの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 観測を3年間程度行うとともに、機能性能を確認し、宇宙実証する。</li> </ul>	達成
	曝露ペイロードの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• データの記録と伝送を3年間程度行うとともに、機能性能を確認し、宇宙実証を実施する。</li> </ul>	達成
	宇宙実証支援システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地上データ処理システムにより、観測値を補正した解析用データを作成し、アーカイブする。</li> </ul>	達成
	ハイパースペクトルセンサの実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HISUIデータを校正する。</li> <li>• 観測計画を運用を3年間程度行う。</li> <li>• エネルギー資源分野、鉱物資源分野、その他の分野における利用実証を行い、その有用性について評価する。</li> <li>• 本研究開発内容に係る論文または学会発表数 54件以上</li> </ul>	達成 論文・学会発表数：68件

(目標の設定理由・根拠)  
 ハイパースペクトルセンサの開発、曝露ペイロードの開発、宇宙実証支援システムの開発に係る最終目標については、データ上に雲が無い地表面の画像データが全陸域の80%以上かつ、世界の石油やガスがたまる低地の地層について約85~90%を観測するために必要な観測期間（3年間程度）を運用するために上記のように設定した。  
 (計測方法) 定期的に今後の状況について事業者からヒアリングを行う。

## 2-2 アウトプット目標及び達成状況①（目標の設定理由・根拠）

- ハイパースペクトルセンサの目標性能については、本事業開始前に調査・検討を行い、資源探査に必要な性能と実現可能性を加味して設定。
- 宇宙空間での軌道上実証においても目標達成していることを確認した。

項目	達成目標	評価結果
空間分解能	20m (CT) × 31m (AT) (衛星高度 400km)	達成 VNIR : 20.0m(CT) × 29.9m(AT) SWIR : 20.0m(CT) × 29.9m(AT)
観測幅	20km (衛星高度 400km)	達成 VNIR : 20.5km SWIR : 20.0km
バンド数	185	達成 VNIR : 57 SWIR : 128
観測波長域	0.4~2.5μm	達成 VNIR : 360nm~1001nm SWIR : 880nm~2473nm
波長分解能 (サンプリング間隔)	10nm (VNIR) 12.5nm (SWIR)	達成 VNIR : 10nm SWIR : 12.5nm
S/N比	450@620nm 300@2100nm	達成 SNR800@620nm SNR500@2100nm
総合MTF	0.2以上	達成 VNIR : 0.3以上 SWIR : 0.3以上
量子化ビット数	12bit	達成
オンボード圧縮・処理	有	達成

【注釈】

CT : Cross Track (ISS進行方向と直角) 方向

AT : Along Track (ISS進行) 方向

S/N比 = SNR : 信号対雑音比。信号 (有用な情報) とノイズ (不要な情報) の比率。 Signal-to-Noise Ratio。

MTF : Modulation Transfer Function。観測対象の持つコントラストをどの程度忠実に再現できるかを空間周波数特性として表現したもの。0-1の値をとり、1に近いほど観測対象のコントラストがより正確に再現され、画像がシャープとなる。

量子化ビット数: アナログ信号をデジタル信号に変換する際に、信号を何段階の数値で表現するかを示す値。例えば、8ビットの場合は、2<sup>8</sup>つまり256段階で表現される。12ビットの場合は、2<sup>12</sup>つまり4096段階で表現される。

オンボード圧縮・処理: 宇宙機器の搭載コンピュータ (オンボード) で、取得したデータを地上に送信する前に圧縮や解析を行う技術

38

## 2-2. アウトプット目標及び達成状況④ 副次的成果・波及効果

### ザンビアとの鉱物分野における協力に関する共同声明・南部アフリカ諸国に対する人材育成

- ハイパースペクトルデータは、エネルギー資源・金属資源探査等に有用な鉱物を識別することに優れているため、我が国の外交ツールの一つとしても利活用されている。2023年8月、日本政府とザンビア政府は、鉱業分野における二国間協力に関する共同声明に署名し、これに基づき、エネルギー・金属鉱物資源機構 (JOGMEC) の知見を活用し、**HISUI等を活用した衛星画像解析をザンビア全土を対象として実施することに合意した。**
- JOGMECでは、ボツワナ地質調査所との基本合意書 (2007年署名) に基づき開所したボツワナ・地質リモートセンシングセンターにて南部アフリカ諸国に対するリモートセンシング技術に関するセミナー・研修を始めとする人材育成に加え、相手国技術者との共同での衛星画像解析による鉱物資源ポテンシャル解析、相手国政府機関等との共同地質調査を通じた優良探査プロジェクトの創出などを行っている。



39

## 2-2. アウトプット目標及び達成状況⑤ 特許出願、論文発表等 (総括)

年度	論文数	学会発表数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2007～2024年度	29件	39件	1件 (2009年度出願、 2014年度権利化済)		1件 (2010年度出願)

論文数・学会発表数のテーマ		論文・発表数	
ハイパースペクトルセンサの実証	(全体に係るもの)	28件	
	画像データ校正手法等	11件	
	観測計画策定手法等	2件	
	データ利用実証	データ解析手法等	5件
		エネルギー・資源分野	6件
		環境分野 (土壌、GHG等)	10件
		沿岸環境	6件

## 2-2. アウトプット目標及び達成状況⑤ 特許出願、論文発表等

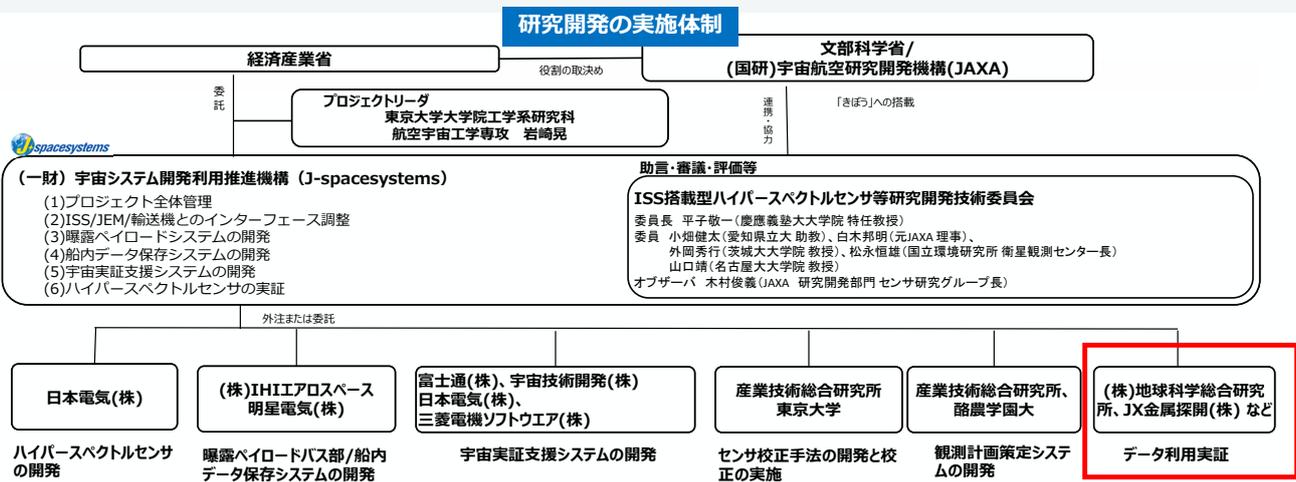
年度	論文数	発表	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2007年度		1件			
2008年度		2件			
2009年度		2件	1件 (権利化済み)		
2010年度		3件			1件
2011年度		1件			
2012年度	1件	2件			
2013年度	2件	1件			
2014年度	1件				
2015年度	1件				
2016年度	2件				
2017年度	2件				
2018年度	5件				
2019年度	4件				
2020年度	1件	2件			
2021年度	2件	2件			
2022年度	3件	7件			
2023年度	2件	7件			
2024年度	3件	9件			
合計	29件	39件	1件		1件

# 評価項目 3. マネジメント

## 3-1. 実施体制①

- 研究開発実施者である（一財）宇宙システム開発利用推進機構は、1986年の設立以来、宇宙システム（衛星システム、地上システム、衛星リモートセンシング等）に関する研究開発、調査研究、普及啓発及び人材育成を行ってきている。中でも、資源探査用センサJERS-1、ASTERの開発および25年以上の運用の経験を有し、本事業についても全体マネージメントとともにハイパースペクトルセンサデータの利用技術の研究開発を2006年から19年に亘り実施してきた。

※JERS-1…1992年に打上げた日本初の資源探査衛星



### 3-1. 実施体制② 個別事業の採択プロセス

#### 採択時

- 事業初年度（2007年度）において、NEDOにて公募を実施し、旧JAROS（現JSSの前身の一機関）と日本電気㈱の共同提案を採択。
- 2015年度に衛星搭載から国際宇宙ステーション搭載に方針が変更となったため設計が大きく変更されたことにより、経済産業省は再度公募を実施し、JSSと再委託先（㈱IHIエアロスペース、日本電気㈱、富士通㈱）による実施体制の提案を採択。
- JSSは、HISUIのデータが取得され始めた2021年度に公募を実施し、データ利用実証研究を実施する各社（前ページ参照）の提案を採択した。

#### 継続審査時

- HISUIは、事業者および参画企業が保有する独自技術を多く採用して開発・運用されている。そのため、センサの開発・運用やデータ解析には機器開発事業者等の専門技術が必須であることから、毎年の公募は行わず、継続審査を実施している。
- ①事業継続の必要性、②同一事業者との競争性のない随意契約による事業継続の妥当性、③継続事業としての実施計画の妥当性、④事業費の妥当性、を第三者委員会にて審査後、疑義がない場合は契約締結。

44

### 3-1. 実施体制③ 研究データの管理・利活用

- JSSでは、経済産業省から提示された「データマネジメントに係る基本方針」をベースに、内部規程として「研究開発成果の外部発表要領」および「機微技術・情報保全規則」を制定している。
- 再委託先（請負委託先を含む）の間では、当該再委託内容により、経済産業省との委託契約の「データマネジメント」関連条項に準じた規定を契約に盛り込み、あるいは、当該規定を取り決めていない再委託先との間でも、必要に応じ随時、データの扱いについて協議、決定することにより、研究開発データの利用制限/条件を明確化したうえで、適切に公開/共有を行っている。
- 事業の円滑な推進や今後の発展を促進するため、研究の参加者が、本事業内での研究開発活動、又は、研究成果を事業化するための活動に対して、他の参加者が取得又は収集した研究開発データについて利用許諾を求めた場合、原則として、必要な範囲で利用許諾を行い、本研究項目の円滑な遂行に協力するものとした。

45

### 3-1. 実施体制③ 研究データの管理・利活用（取得したデータ）

HISUIから得られたデータはエネルギー資源・鉱物資源探査に有用な世界的にも最高レベルの精度を保有する。HISUIデータの配布に際しては、国内企業への裨益が損なわれないように配慮する必要がある。そのため、HISUIデータの配布ポリシーを策定した。

1. エネルギー資源・鉱物資源に有用な地域についてはJOGMEC等の鉱物探査関係者にのみ提供。
2. 1. 以外のデータについては、一般向け配布として国内ユーザーのみにTellusを介して提供を実施（※）。
3. Tellusでの公開においては、情報管理としてサンプル以外のHISUIデータを検索・閲覧するためには、HISUIデータ利用のための申請を別途提出し、実施者によるユーザ審査を経てHISUIデータ用のIDを発行する手順を設定。

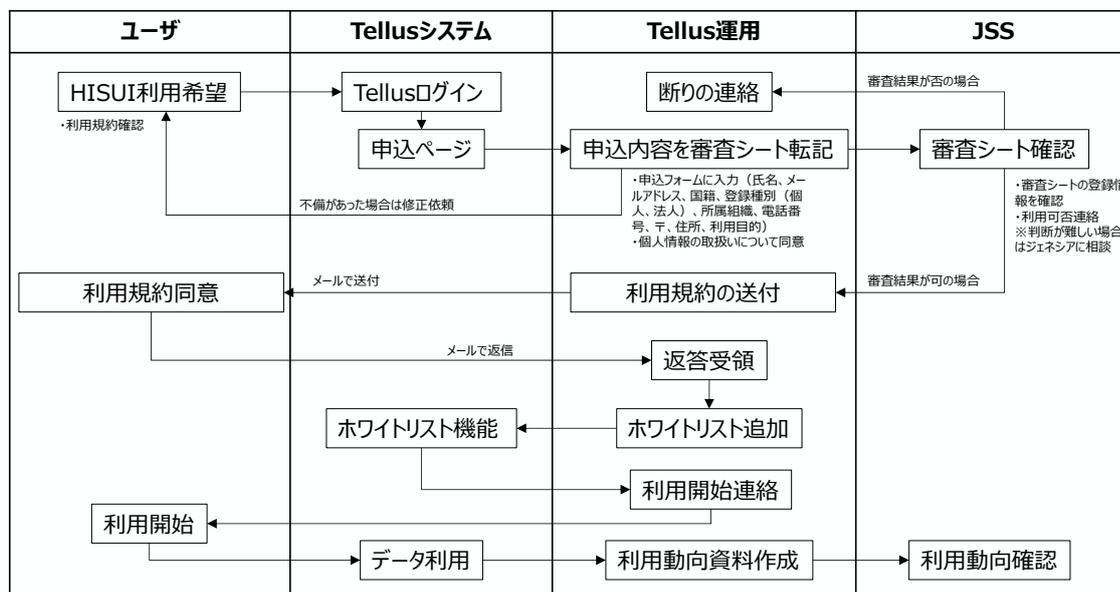
HISUIデータ配布ポリシー

データ使用者の所在地	国内		海外	
	重要	その他	重要	その他
データの種類 重要：エネルギー資源・鉱物資源に有用な地域				
現在の配布状況	JOGMECのみ	無償配布	配付なし	配付なし ※
配布方法	直接	Tellus経由	-	-

※事業期間中に限り、論文・記事等により公開する条件の下に研究公募を行い、HISUIの普及に寄与すると確認できたものに限り、海外ユーザーにも無償配布

### 3-1. 実施体制③ 研究データの管理・利活用（続き）

HISUI データ利用希望者がHISUIデータ利用申請を行い、利用規約同意を経て利用開始を行うまで、さらには本事業実施者が利用動向確認するまでの手続き流れを以下に示す。



TellusでのHISUIデータ利用に関する審査手順

### 3-2. 研究開発計画① 進捗状況

- 開発したHISUIは2019年12月にISSに搭載後、宇宙空間での実証のため運用を開始した。
- 搭載直後装置の不具合により復旧までに9ヶ月を要した。その後、2023年8月に通信機器の不具合によりセンサからの情報が途絶えため、再び運用中断となり、2024年7月に復旧した。

	H27 2015年度	H28 2016年度	H29 2017年度	H30 2018年度	H31 2019年度	R2 2020年度	R3 2021年度	R4 2022年度	R5 2023年度	R6 2024年度	R7 2025年度	R8 2026年度
事業評価	▲ 中間評価			▲ 中間評価			▲ 中間評価			終了時評価 ▲		
イベント	設計審査(PDR) ▲	設計審査(CDR) ▲		品質確認審査 ▲	打上(12月) ▲							廃棄(HTVx) ▲
総合システム						初期運用	定常運用					停止作業 廃棄準備
ハイパースペクトルセンサ	解析・設計		機能強化・追加評価等			軌道上性能評価						
曝露ペイロード	基本設計/詳細設計		維持設計		射場作業	軌道上監視・維持管理						
宇宙実証支援システム	基本設計		詳細設計		改修・試験		機能改善・維持管理					
センサの実証 校正・観測計画・データ利用			校正/観測計画方式の開発			観測計画策定・校正評価						
					予備評価	データ利用実証						

48

### 3-2. 研究開発計画① 進捗状況

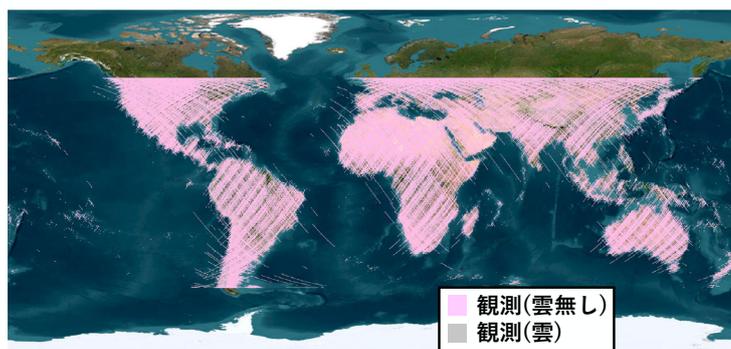
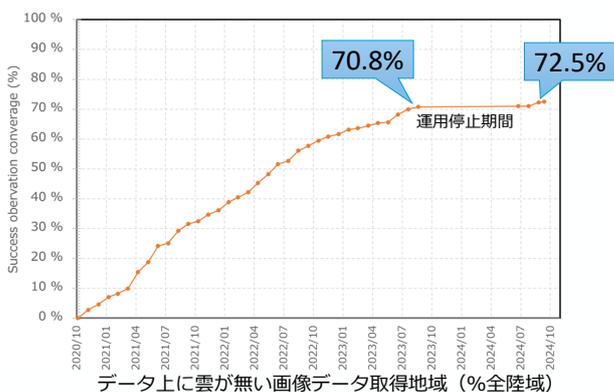
- これまでの利用実証の結果やJOGMECの成果を踏まえ、観測データをさらに蓄積することで利活用への貢献が拡大すると期待されている。そのため、より長期間の運用を検討した。
- 観測期間をより長く確保するため、廃棄時期等を踏まえ2025年度末までの運用延長を文科省・JAXAと相談し、文科省の科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 国際宇宙ステーション・国際宇宙探査小委員会にて審査・承認をいただいた。
- 2025年度については、観測データの取得に特化した別事業にて実施している。



49

### 3-2. 研究開発計画① 進捗状況 ハイパースペクトルセンサの軌道上実証（画像取得状況）

- データ上に雲が無い地表面の画像データについて全陸域の80%以上を取得できるよう長期観測計画を策定した。
- 2024年9月時点で72.5%を達成した。
- 先述のとおり、2025年度までの運用を延長継続しており、さらに高い成果の達成が見込まれる。



画像データ取得地域

### 3-2. 研究開発計画① 曝露パイロードシステムの軌道上実証の進捗状況

以下3つのトラブルがあったものの、JAXAと連携し実証が続けられるよう対処しながら、軌道上で目標のセンサ性能を達成した。健全性についても現在まで安定して維持している。

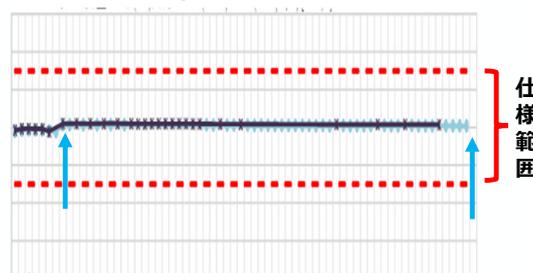
#### 主要なトラブルと対処

- 2020年1月～8月：宇宙ステーション(ISS)与圧部の観測データ伝送装置の異常発生  
⇒ 装置制御ソフトウェアの代替PCへの移設・交換
- 2022年3月及び6月：センサ観測視野内への太陽光直接入射による光学性能の些少な変化  
(太陽位置の周期変動とイベントによるISS姿勢位置変更が偶然に一致)  
⇒ 地上データ処理パラメータの調整(校正)による補正  
(入射後の性能安定性は確認された)
- 2023年8月～2024年7月：宇宙ステーション(ISS)与圧部の観測データ伝送系代替PC及び通信機器の異常発生  
⇒ 代替PC及び代替通信機器(ルータ)への交換

#### センサの機能性能の監視

- センサ健全性**：温度/電圧等は常時モニター、センサ内蔵の機上校正(ランプ光源)機能により定期的に健全性チェックを実施  
⇒ 打上後～現在まで有意な劣化はなく安定して稼働している
- センサ機能・性能**：上記のトラブル対処後を含め、観測データ(画像)による解析でセンサ機能・性能が仕様を達成し維持されていることを確認し、技術委員会に報告している

センサ出力(ランプ校正)のトレンド



## 3-2. 研究開発計画② 進捗管理

### 進捗管理の体制

	実施内容
経済産業省宇宙産業課	進捗状況や優先度に応じて適宜合理化を行うとともに、国の審議会等での議論も踏まえ、実施内容を調整する。
JSS（一財）宇宙システム開発利用推進機構	<p>○プロジェクトマネージャ(PM)の統括のもと、開発WBSの要素技術及び主要サブシステム/コンポーネント（外注先を含む）ごとに担当をアサインし、進捗管理・品質管理、インターフェース調整、課題の解決、各システムの維持管理等を実施した。</p> <p>○各種報告・連絡会議は以下の通り：                      経済産業省：隔月に1回程度の定例進捗報告会議                      技術委員会およびデータ利用技術委員会を：年1～2回                      外注・再委託先：月例報告及び連絡会議(必要時週1～2回)</p>
ISS搭載型ハイパースペクトルセンサ等研究開発技術委員会	<p>○地球観測衛星、地球観測センサの開発等に豊富な経験を有する専門家に委嘱。</p> <p>○技術委員会にて、研究開発計画、設計、開発、製造、試験、運用、システム健全性、データ品質、データ有用性等を審議し、研究開発成果の妥当性評価や課題解決にかかる意見等、品質管理、進捗管理へのアドバイス等を行った。</p>
ISS搭載型ハイパースペクトルセンサ等研究開発・データ利用委員会	<p>○地球観測データ処理・解析・利用技術研究等に豊富な経験を有する専門家に委嘱。</p> <p>○データ利用実証研究計画、各手法、試験方法、データ有用性等を審議し、各実証研究成果の妥当性評価や課題解決に係る意見等、品質管理、進捗管理へのアドバイスを等を行った。</p>
プロジェクトリーダー (PL)	○採択者の代表として、研究開発に参加する各研究開発実施者の有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、JSSのPMと連携し目標達成に向けた指導を行った。

52

## 3-3. 研究開発計画③ 継続・中止の判断の要件・ステージゲート方式の妥当性

本事業については継続審査等により事業の妥当性については確認を行ってきた。

### ・ 継続審査の実施

経済産業省では毎年度、事業者の技術的妥当性、進捗状況、成果の社会的意義等を総合的に評価する「継続審査」を実施。この審査により、事業の透明性と説明責任を確保しつつ、必要に応じて事業内容の見直しや改善指導を行うことで、適切な事業管理を行ってきた。

### ・ 設計審査会の実施

宇宙開発では、開発フェーズの進捗に伴い、複数の審査会を開催し、次フェーズへの移行の可否を審査している。本事業においても、各事業者毎に経済産業省、JSS、JAXAを含む関連機関及び有識者からなる審査会を実施し、次ステージへの移行可否を判断した。

#### ■ 事業継続審査実施方法

複数名の第三者専門家および経済産業省宇宙産業課にて構成された第三者委員会により、下記観点で審査を行った。

- ・ 事業継続の必要性
- ・ 同一事業者との競争性のない随意契約による事業継続の妥当性
- ・ 継続事業としての実施計画の妥当性
- ・ 事業費の妥当性

53

### 3-5. 研究開発計画④

## モチベーションを高める仕組みの運用

- ハイパースペクトルセンサの知名度は高くないため、学会などの専門分野以外での認知を図ることが重要。
- METI Journalや宙畑、YouTubeに特集記事や動画を作成。このような取材の場を作ることにより、視聴者の反応も受け取れるため、モチベーションの向上につなげた。※宙畑…国内外の宇宙ビジネスや衛星データ解析にまつわる情報発信をするHP



出展：宙畑 owned by Tellus

## (論文・発表リスト)

No.	発表場所	論文タイトル	年月	作成者
1	IEEE IGARSS2012(International Geoscience & Remote Sensing Symposium)	CURRENT STATUS OF HYPERSPPECTRAL IMAGER SUITE (HISUI)	July, 2012	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Satoshi Tsuchida, Jun Tanii, Osamu Kashimura, Hirokazu Yamamoto, Shuichi Rokugawa
2	IEEE IGARSS2013(International Geoscience & Remote Sensing Symposium)	Current Status of Hyperspectral Imager SUlte (HISUI)	July, 2013	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Satoshi Tsuchida, Jun Tanii, Osamu Kashimura, Ryosuke Nakamura
3	IEEE IGARSS2013(International Geoscience & Remote Sensing Symposium)	Data Product of Hyperspectral Imager Suite (HISUI)	July, 2013	Akira Iwasaki, Hirokazu Yamamoto
4	IEEE IGARSS2014(International Geoscience & Remote Sensing Symposium)	Current Status of Hyperspectral Imager SUlte (HISUI)	July, 2014	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Satoshi Tsuchida, Jun Tanii, Osamu Kashimura, Ryosuke Nakamura, Hirokazu Yamamoto, Tetsushi Tachikawa, Shuichi Rokugawa
5	IEEE IGARSS 2015(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Current Status of Hyperspectral Imager Suite(HISUI)	July, 2015	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Satoshi Tsuchida, Jun Tanii, Osamu Kashimura, Ryosuke Nakamura, Hirokazu Yamamoto, Koichiro Mouri, Tetsushi Tachikawa, Shuichi Rokugawa
6	IEEE IGARSS 2016(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Current Status of Hyperspectral Imager Suite(HISUI) and Its Deployment plan on International Space Station	July, 2016	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Satoshi Tsuchida, Koki Iwao, Jun Tanii, Osamu Kashimura
7	IEEE IGARSS 2016(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Cross-sensor calibration and validation between DESIS and HISUI Hyperspectral Imager on the International Space Station(ISS)	July, 2016	H. Yamamoto, K. Obata, S. Tsuchida, G. Kerr and M. Bachmann
8	IEEE IGARSS 2017(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Current Status of Hyperspectral Imager Suite(HISUI) onboard International Space Station	July, 2017	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Satoshi Tsuchida, Koki Iwao, Jun Tanii, Osamu Kashimura
9	Journal of The Remote Sensing Society of Japan, Vol.38, No.2(2018), pp105-110	ハイパースペクトル画像の高解像度化技術	March, 2018	横矢直人
10	IEEE IGARSS 2018(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Hisu Status Toward FY2019 Launch	July, 2018	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Satoshi Tsuchida, Koki Iwao, Ryosuke Nakamura, Hirokazu Yamamoto, Soushi Kato, Kenta Obata, Osamu Kashimura, Jun Tanii, Koichiro Mouri, Tetsushi Tachikawa

## (論文・発表リスト)

No.	発表場所	論文タイトル	年月	作成者
11	IEEE IGARSS 2018(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	A Study on the Aerosol Optical Property Over Validation Sites in Japan for Hisui Atmospherically Corrected Surface Reflectance	July, 2018	Hirokazu Yamamoto; Satoshi Tsuchida; Masao Moriyama
12	IEEE IGARSS 2018(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Shallow Water Bathymetry Mapping Using Hyperspectral Data	July, 2018	Satomi Kakuta; Emiko Ariyasu; Tomomi Takeda
13	IEEE IGARSS 2018(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Estimation for a Sample Size of Deep Learning Used in Hyperspectral Data Application	July, 2018	Shinya Odagawa; Tomomi Takeda
14	日本リモートセンシング学会誌 vol38 No.5 2018	ハイパースペクトルセンサを用いたインバージョン法による水深分布推定	November, 2018	角田里美、有安恵美子、武田知己
15	Remote Sens. 2019, 11(11), 1367	Sensitivity Analysis Method for Spectral Band Adjustment between Hyperspectral Sensors: A Case Study Using the CLARREO Pathfinder and HISUI	June, 2019	Kenta Obata
16	IEEE IGARSS 2019(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	HISUI Status Toward 2020 Launch	July, 2019	Tsuneo Matsunaga; Akira Iwasaki; Satoshi Tsuchida; Koki Iwao; Jun Tanii; Osamu Kashimura; Ryosuke Nakamura; Hirokazu Yamamoto; Soshi Kato; Kenta Obata; Koichiro Mouri; Tetsushi Tachikawa
17	IEEE IGARSS 2019(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Understanding of Aerosol Optical Properties over HISUI Validation Sites Using Ground-Based Measurements	July, 2019	Hirokazu Yamamoto; Satoshi Tsuchida
18	IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. Year: 2020   Volume: 17, Issue: 11	Unsupervised Segmentation of Hyperspectral Images Using 3-D Convolutional Autoencoders	January, 2020	Jakub Nalepa; Michal Myller; Yasuteru Imai; Ken-Ichi Honda; Tomomi Takeda; Marek Antoniak
19	IEEE IGARSS 2020(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Hyperspectral Imager Suite (HISUI): Its Launch and Current Status	September, 2020	Tsuneo Matsunaga; Akira Iwasaki; Tetsushi Tachikawa; Jun Tanii; Osamu Kashimura; Koichiro Mouri; Hitomi Inada; Satoshi Tsuchida; Ryosuke Nakamura; Hirokazu Yamamoto; Koki Iwao
20	IEEE IGARSS 2021(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Initial Onboard Calibration Results of the HISUI Hyperspectral Sensor	July, 2021	M. Urai; S. Tsuchida; S. Yamamoto; T. Tachikawa; A. Iwasaki; M.; J. Ishii
21	IEEE IGARSS 2021 (International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	The Status of Hyperspectral Imager Suite (HISUI): One Year After Launch	July, 2021	Tsuneo Matsunaga; Akira Iwasaki; Tetsushi Tachikawa; Jun Tanii; Osamu Kashimura; Koichiro Mouri; Hitomi Inada; Satoshi Tsuchida; Ryosuke Nakamura; Hirokazu Yamamoto; Koki Iwao

56

## (論文・発表リスト)

No.	発表場所	論文タイトル	年月	作成者
22	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 60	Initial Analysis of Spectral Smile Calibration of Hyperspectral Imager Suite (HISUI) Using Atmospheric Absorption Bands	July, 2022	Satoru Yamamoto, Satoshi Tsuchida, Minoru Urai, Hiroki Mizuochi, Koki Iwao, Akira Iwasaki
23	IEEE IGARSS 2022(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	The Status and Early Results of Hyperspectral Imager Suite (HISUI)	July, 2022	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Tetsushi Tachikawa, Jun Tanii, Osamu Kashimura, Koichiro Mouri, Hitomi Inada, Satoshi Tsuchida, Ryosuke Nakamura, Hirokazu Yamamoto and Koki Iwao
24	Minerals	Region Expansion of a Hyperspectral-Based Mineral Map Using Random Forest Classification with Multispectral Data	March, 2023	Hideki Tsubomatsu and Hideyuki Tonooka
25	IEEE IGARSS 2023(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	An Overview of Geologic and Environmental Applications of HISUI	July, 2023	Tsuneo Matsunaga, Tetsushi Tachikawa, and Osamu Kashimura
26	IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (JSTARS )vol.17, pp.5565-5579	Analysis of Long-Term Variation in Spectral Smile of HISUI Using Atmospheric Absorption Bands	February, 2024	S. Yamamoto, S. Tsuchida, M. Urai, H. Mizuochi, M. Matsuoka and K. Iwao
27	IEEE IGARSS 2024(International Geoscience and Remote Sensing Symposium)	Preliminary Radiometric Performance Evaluation of ISS HISUI Using Satellite-based and Ground-based Data	July, 2024	Hirokazu Yamamoto, Satoshi Tsuchida
28	IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 62	First Cross- and Inter-Band Calibrations of the Hyperspectral Imager Suite Using Off-Nadir Quasi-Simultaneous Overpass Counterparts	August, 2024	Hiroki Mizuochi, Satoshi Tsuchida, Satoru Yamamoto, Minoru Urai, Moe Matsuoka, Ayame Ikeda
29	IEEE International Conference on Big Data	Spatial Big Data Infrastructure for the Japanese Hyperspectral Imager Suite (HISUI) based World Grid Square Statistics	January, 2025	Akihiro Sato

57

## (発表リスト)

No.	発表場所	発表タイトル	年月	発表者
11st Planning Meeting International Spaceborne Imaging Spectroscopy Working Group (ISIS WG)	International Spaceborne Imaging Spectroscopy Working Group (ISIS WG)	Hyper-spectral and Multi-spectral sensor system development	November, 2007	Hiroji Tsu
22nd ISIS WG	ISIS WG	Hyper-spectral and Multi-spectral sensor system development -Current Status-	July, 2008	Nagamitsu Ohgi
33rd ISIS WG	ISIS WG	Hyper-spectral and Multi-spectral sensor system development -Current Status-	March, 2009	Nagamitsu Ohgi, Osamu Kashimura
4日本リモートセンシング学会 第46回 (平成21年度春季) 学術講演会	第46回 (平成21年度春季) 学術講演会	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	May, 2009	加藤雅胤, 鹿志村修, 大木永光, 成松義人
5日本リモートセンシング学会 第47回学術講演会	第47回学術講演会	衛星ハイパースペクトルリモートセンシングと問題生態系観測	November, 2009	松永恒雄, 土田聡, 岩崎晃, 大木永光
6日本リモートセンシング学会 第48回 (平成22年度春季) 学術講演会	第48回 (平成22年度春季) 学術講演会	ハイパースペクトルデータにおける光学特性の改善	May, 2010	横矢直人, 宮村典秀, 岩崎晃
7日本リモートセンシング学会 第48回 (平成22年度春季) 学術講演会	第48回 (平成22年度春季) 学術講演会	ハイパースペクトルとマルチスペクトル画像を用いたシャープン画像生成	May, 2010	眞弓典正, 岩崎晃
8HyspIRI Workshop 2010 JPL NASA	JPL NASA		August, 2010	Tsuneo Matsunaga
9SPIE Remote Sensing		Simulation of operation of future Japanese spaceborne hyperspectral imager: HISUI	September, 2011	Tsuneo Matsunaga, Satoru Yamamoto, Soushi Kato, Osamu Kashimura, Tetsushi Tachikawa, Kenta Ogawa, Akira Iwasaki, Satoshi Tsuchida, Ngamitsu Ohgi, Shuichi Rokugawa
102012 HyspIRI Science Workshop		Current Status of Hyperspectral Imager SUlte(HISUI) Project	October, 2012	Tsuneo Matsunaga
11日本リモートセンシング学会誌, Vol.32, no.5, pp280-286	学会誌, Vol.32, no.5, pp280-286	HISUIの概要と将来展望	November, 2012	立川哲史, 鹿志村修, 谷井純, 岩崎晃, 松永恒雄, 土田聡, 山本浩万
12Proceedings of the 34th Asian Conference on Remote Sensing	Proceedings of the 34th Asian Conference on Remote Sensing	Hyperspectral space-borne sensor HISUI and its data application	October, 2013	Osamu Kashimura, Kazuyo Hirose, Tetsushi Tachikawa, Jun Tanii
13JAXA衛星データ利用勉強会	勉強会	ハイパースペクトルデータの利用事例紹介	April, 2020	武田知己

58

## (発表リスト)

No.	発表場所	発表タイトル	年月	発表者
14 43rd COSPAR Scientific Assembly. Held 28 January - 4 February, 2021. Abstract A0.4-0031-21 (oral), id.38.	43rd COSPAR Scientific Assembly. Held 28 January - 4 February, 2021. Abstract A0.4-0031-21 (oral), id.38.	Validating atmospherically corrected reflectance using ground based aerosol measurement over HISUI validation sites	January, 2021	Yamamoto, Hirokazu ; Tsuchida, Satoshi
15日本リモートセンシング学会誌, 41 巻 2 号 p. 252-255	学会誌, 41 巻 2 号 p. 252-255	とある地球観測衛星の進歩~ASTERからHISUIへ	June, 2021	立川 哲史
161st DESIS User Workshop	DESIS User Workshop	HISUI Status Update: "One Year" Operation in Space	October, 2021	Tsuneo Matsunaga; Akira Iwasaki; Tetsushi Tachikawa; Jun Tanii; Osamu Kashimura; Koichiro Mouri; Hitomi Inada; Satoshi Tsuchida; Ryosuke Nakamura; Hirokazu Yamamoto; Koki Iwao
17JpGU, Japan Geoscience Union Meeting 2022	JpGU, Japan Geoscience Union Meeting 2022	The Operational Observation of Hyperspectral Imager Suite(HISUI) in 2020-2021 and Early Achievements	May, 2022	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Tetsushi Tachikawa, Jun Tanii, Osamu Kashimura, Kouichiro Mouri, Hitomi Inada, Satoshi Tsuchida, Ryosuke Nakamura, Hirokazu Yamamoto and Koki Iwao
18JpGU, Japan Geoscience Union Meeting 2022	JpGU, Japan Geoscience Union Meeting 2022	CCS事業化にかかるサブサーフェス評価からモニタリングまでのワークフロー構築と各作業項目における技術課題	May, 2022	鎌田弘己、他
19International Symposium on Remote Sensing 2022	International Symposium on Remote Sensing 2022	Hyperspectral Imager Suite (HISUI): Operational Observation in 2020-2021 and Early Achievements	May, 2022	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Tetsushi Tachikawa, Jun Tanii, Osamu Kashimura, Kouichiro Mouri, Hitomi Inada, Satoshi Tsuchida, Ryosuke Nakamura, Hirokazu Yamamoto and Koki Iwao
20SBG Community Workshop	SBG Community Workshop	The Status of Hyperspectral Imager Suite (HISUI) : 3 Years After Launch	Oct. 2022	Tsuneo Matsunaga, Akira Iwasaki, Tetsushi Tachikawa, Jun Tanii, Osamu Kashimura, Kouichiro Mouri, Hitomi Inada, Satoshi Tsuchida, Ryosuke Nakamura, Hirokazu Yamamoto and Koki Iwao
212nd Hyperspectral Workshop 2022	2nd Hyperspectral Workshop 2022	Hyperspectral Imaging Suite (HISUI) onboard International Space Station	October, 2022	Matsunaga, Tsuneo
22日本リモートセンシング学会 第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会	第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会	ハイパースペクトルセンサHISUIを利用した二酸化炭素およびメタンガス排出源の検知	November, 2022	光原奈美, 成田龍彦, 武田知己
23日本リモートセンシング学会 第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会	第73回 (令和4年度秋季) 学術講演会	HISUIデータを用いた浅海域の水深分布推定	November, 2022	角田里美, 有安恵美子, 武田知己
24International Symposium on Remote Sensing 2023	International Symposium on Remote Sensing 2023	Possibility of XCO2 Derivation from Japanese Hyperspectral Sensor, HISUI	April, 2023	Takahiro Kawashima, Akira Iwasaki, Toshiyoshi Kimura and Tadahito Mizutani

59

## (発表リスト)

No.	発表場所	発表タイトル	年月	発表者
25	JpGU, Japan Geoscience Union Meeting 2023	Detection of carbon dioxide and methane gas small emission sources in urban area using hyperspectral sensor HISUI	May, 2023	Nami Mitsuvara, Tatsuhiko Narita and Tomomi Takeda
26	日本写真測量学会令和5年次学術講演会	HISUIデータによる大島沿岸域における水深把握	May, 2023	斎藤元也、吉野邦彦、園部例、他
27	石油技術協会HSE委員会HSE教育プログラム	衛星画像解析による温室効果ガスの検知技術について	August, 2023	光原奈美
28	第7回3Dレーザスキャニング&イメージングシンポジウム2023	HISUIデータを用いた浅海域の水深推定	November, 2023	角田里美
29	アジア航測技術報2024	HISUIと高解像度衛星を組み合わせた水深推定手法の開発	December, 2023	角田里美
30	AGU23	Geologic Mapping with PRISMA, EnMAP, HISUI, EMIT and Hyperion Hyperspectral Data: Surface Biology and Geology (SBG) Mission Precursors	December, 2023	Michael Abrams
31	IWGGMS-20(20th International Workshop on Greenhouse Gas Measurements from Space)	XCO2 observation above power plants from Japanese hyperspectral sensor, HISUI	May, 2024	Takahiro Kawashima, Akira Iwasaki, Toshiyoshi Kimura and Tadahito Mizutani
32	日本地球惑星科学連合2024年大会	衛星搭載ハイパースペクトルセンサを利用した二酸化炭素濃度推定手法の検討	May, 2024	光原奈美、成田龍彦、鎌田弘己
33	日本地球惑星科学連合2024年大会	HISUIデータを用いた鉱物含有率推定法の精度評価	May, 2024	岸本将英、久保大樹、小池克明
34	日本リモートセンシング学会 第76回(令和6年度春季)学術講演会	HISUIセンサ特性を考慮した発電所上空CO2濃度の導出	June, 2024	川島高弘、岩崎晃、木村俊儀、水谷忠均
35	第35回日本情報地質学会講演会	HISUIハイパースペクトルデータの検証と熱水・鉱物資源探査への適用	June, 2024	久保大樹、岸本将英、福田直也、小池克明
36	第35回日本情報地質学会講演会	ハイパースペクトル画像を用いた植生リモートセンシングによる地熱資源有望域の推定	June, 2024	福田直也、岸本将英、久保大樹、小池克明
37	日本光学会機関誌「光学」第53巻第12号(2024)	国際宇宙ステーションからのハイパースペクトルイメージング	September, 2024	川島高弘、岩崎晃
38	ISPRS, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing(ISPRS) Technical Commission IV Symposium	Estimating soil salinity using HISUI hyperspectral data in the Western Australia wheatbelt	October, 2024	Emiko Ariyasu, Satomi Kakuta
39	技術報 For the Future 2025	宇宙実証用ハイパースペクトルセンサHISUIによる土壌塩害推定技術の開発	December, 2024	有安恵美子、角田里美、林慎千