令和3年度宇宙産業プログラムに関する事業評価検討会（第1回）
資料8－5

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の概要（中間評価）

２０２２年１月１４日

経済産業省製造産業局宇宙産業室
一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

目次

１．事業の概要
２．国内外の類似・競合する研究開発等の状況
３－１．研究開発の全体構成
３－２．各研究開発項目の内容
４－１．研究開発計画（研究開発マネジメント）
４－２．資金配分（研究開発マネジメント）
４－３．実施・マネジメント体制（研究開発マネジメント）
４－４．知財や研究開発データの取扱い（研究開発マネジメント）
５－１．研究開発目標（ 事業アウトプット）
５－２．研究開発の成果（ 事業アウトプット）
５－３．論文発表、特許出願等（ 事業アウトプット）
６．事業アウトカム
７．事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ
８．費用対効果
９．前回評価の指摘事項と対処方針

1．事業の概要

事業の目的	HISUI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（バンド数14）に比べバンド数が185と多く、例えば資源探査に必要な鉱物の識別能力では、10種類程度から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。 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環境問題への貢献の他、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。
類　　型	複数課題プログラム　/　[研究開発課題（プロジェクト）]　/ 研究開発資金制度
実施期間	2007年度～2023年度　（17年間）
会計区分	一般会計　／[エネルギー対策特別会計]
評価時期	事前評価：2006年、中間評価：2008年、2011年、2015年、2018年、2021年、終了時評価：2024年予定
実施形態	国　→　（一財）宇宙システム開発利用推進機構（委託）
プロジェクトリーダー	岩崎　晃　東京大学大学院工学系研究科　航空宇宙工学専攻　教授

執行額（百万円）	**2016FY**	**2017FY**	**2018FY**	**2019FY**	**2020FY**	**総執行額**	**総予算額**
	1,149	1,149	875	843	721	17,548	17,780

2．国内外の類似・競合する研究開発等の状況

・エネルギー資源や鉱物資源探査には、2.0-2.5μmのSWIRが必須。（小型衛星では軽量化のためにSWIRのないものが多い）
・世界のハイパースペクトルセンサの上記帯域で最もノイズが少なく品質の良い（信号対雑音比の大きい）ものは、HISUIである。

衛星/センサ	企業（国）	運用期間	波長帯/バンド数	空間分解能/観測幅	資源探査に有益な2.0-2.5μmでの信号対雑音比	備考
PROBA-1/CHRIS	ESA	2001-	0.4-1.1μm/19 or 63	17 or 34m/13km	(SWIRなし)	
GF-5/AHSI	（中）	2018.5-	0.4-2.5μm/330	30m/60km	194@2400nm	
ISS/DESIS	DLR（独）	2018.8-	0.4-1.0μm/58-235	30m/30km	(SWIRなし)	
HySIS/HySIS	ISRO（印）	2018.11-	0.4-2.4μm/216	30m/30km	不明	
PRISMA	ASI（伊）	2019.3-	0.4-2.5μm/237	30m/30km	200@2100nm	
ISS/HISUI	METI（日）	2019.12-	0.4-2.5μm/185	20*31m/20km	300@2100nm	
Aleph－1/Hypersepctral	Satellogic（ｱﾙｾﾞﾝﾁﾝ）	2016以降	0.4-0.9μm/30	30m/150km	(SWIRなし)	民間 コンステ17機運用中 (2021.10現在)
Zhuhai-1/OHS	Zhuhai Orbital Aerospace Science & Technolog（中）	2018以降	0.4-1.0μm/32	10m/150km	(SWIRなし)	民間 コンステ10機(2019.9現在)
Anand	Pixxel社（印）	2021(延期中)	/300	5m/__km		民間
EnMAP	DLR（独）	2022(Plan)	0.4-2.5μm/244	30m/30km	150@2200nm	
ISS/EMIT	NASA	2022(Plan)	0.4-2.5μm/ -	30m/__km		
Aurora	Orbital SideKick（米）	2022(Plan)	0.4-2.5μm/512	30m/__km	不明	民間
PACE/OCI	NASA/GSFC	2022-2023	0.34-0.89μmと0.94, 1.038, 1.25, 1.378, 1.615, 2.13, 2.25/231	1km/16km		
CHIME	ESA	2027(Plan)	0.4-2.5μm/ -	30m/128km		

以下は実験衛星

衛星/センサ	企業（国）	運用期間	波長帯/バンド数	空間分解能/観測幅	資源探査に有益な2.0-2.5μmでの信号対雑音比	備考
SPARK-1,2	CAS（中）	2016-	0.42-1.0μm/148	50m/100km	(SWIRなし)	
GomX-4B/HyperScout	ESA	2018.2-	0.4-1.0μm/45	40m/164km	(SWIRなし)	6U衛星
Reaktor Hello World/	Kuva Space(旧Reaktor Space Lab）（ﾌｨﾝﾗﾝﾄﾞ）	2018.11-	0.9-1.4μm/__	200m/__	(SWIRなし)	2U衛星 民間
FSSCat/HyperScout2	ESA	2020.9-	0.4-1.0μm/45 (1.1μm/2, 6.0μm/1)	75m/150km	(SWIRなし)	6U衛星
CSIMBA	ESA?	2020(延期中)	0.475-0.9μm/85	20m/80km	(SWIRなし)	12U衛星

3－1．研究開発の全体構成（1/3）

研究開発項目おほび各研究開発の要素技術について、その実施者とともに以下に示す。

研究開発項目		実施者
①ハイパースペクトルセンサの開発	―	日本電気(株)
②曝露ペイロードの開発	(a)曝露ペイロードバス部の開発	(株)IHIエアロスペース、明星電気(株)
	(b)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	(a)HISUI管制系システムの開発	宇宙技術開発(株)
	(b)地上データ処理システムの開発	富士通(株)、日本電気(株)、三菱スペースソフトウエア(株)
④ハイパースペクトルセンサの実証	(a)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
	(b)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
	(c)データ利用実証	(株)地球科学総合研究所、 JX金属探開(株)、アジア航測(株)、国際航業(株)

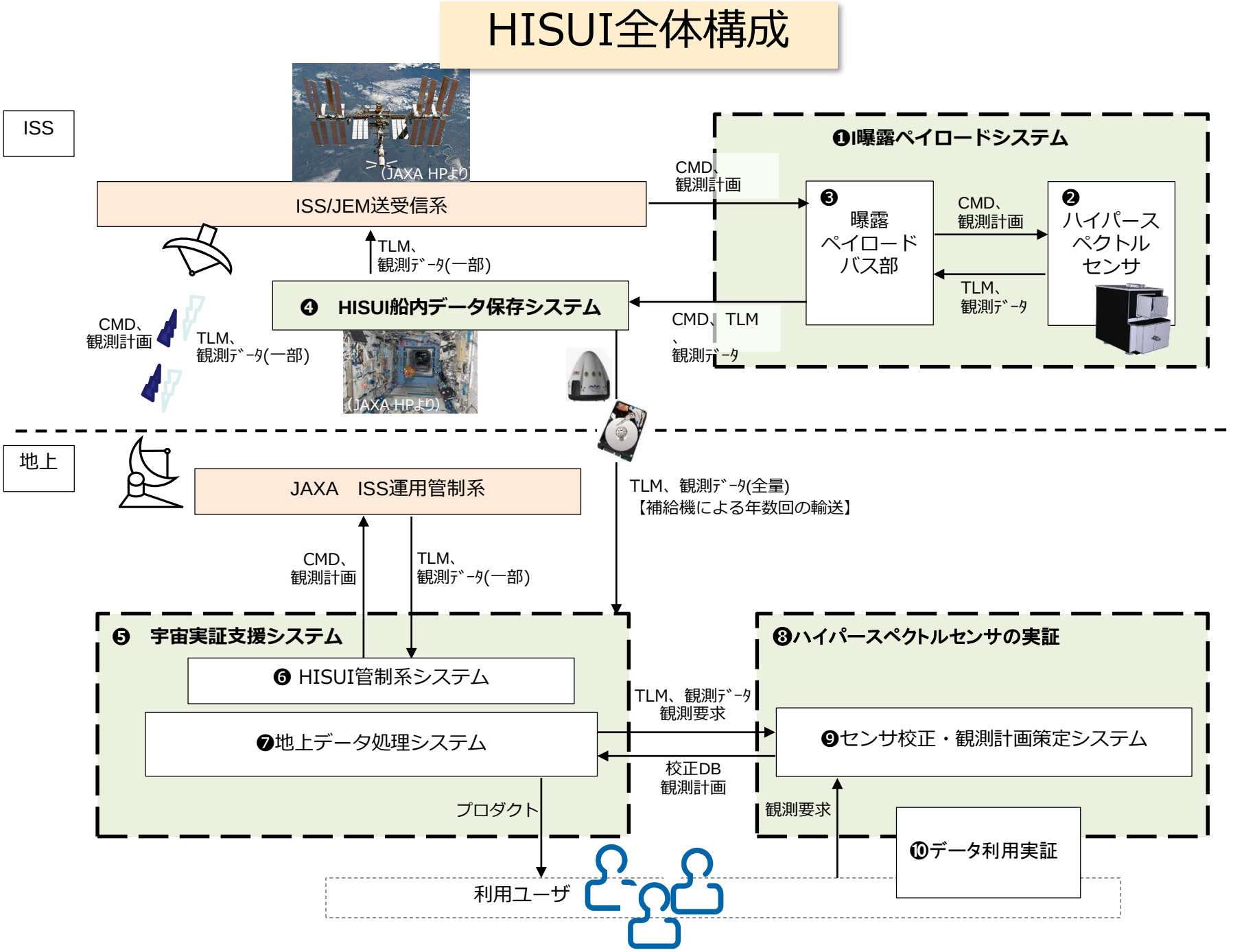
3－1．研究開発の全体構成（2/3）

HISUIシステムは、国際宇宙ステーション（ISS）の「きぼう」船外実験プラットフォームに取付けられる曝露ペイロードシステムと「きぼう」日本実験棟（JEM）内に置かれる船内データ保存システム、および宇宙実証システムから構成される。

HISUIシステムの構成	主な役割
❶曝露ペイロードシステム	ハイパースペクトルセンサと曝露ペイロードバス部から構成
❷ハイパースペクトルセンサ	可視近赤外領域と短波長赤外領域の観測を行う地球観測センサ
❸曝露ペイロードバス部	ハイパースペクトルセンサの作動に必要な資源と観測環境の提供。観測データとその処理に必要なテレメトリを、HISUI船内データ保存システムに伝送
❹船内データ保存システム	曝露ペイロードシステムから伝送される観測データとその必要なテレメトリをハードディスクに保管。それらを地上に伝送
❺宇宙実証支援システム	
❻HISUI管制系システム	JAXA ISS運用管制系を経由して曝露ペイロードシステムと接続し、観測計画の送信、一部の観測データやテレメトリの受信
❼地上データ処理システム	HDD輸送またはダウンリンクした観測データやテレメトリの受配信、プロダクトの作成・保存管理等の実施
❽ハイパースペクトルセンサの実証	
❾センサ校正・観測計画策定システム	観測画像データの分析評価機能によるセンサの精度検証・校正の実施。観測計画作成・観測実績管理
❿データ利用実証	上記一連のシステムから得られた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実証研究を行い、その有用性の評価の実施

3－1．研究開発の全体構成（3/3）

HISUI全体構成



3－2．各研究開発項目の内容

研究開発項目１　ハイパースペクトルセンサの開発（1/2）

ベルクロ

ISS搭載用強化として
シールド材（βクロス）
を取り付けるため

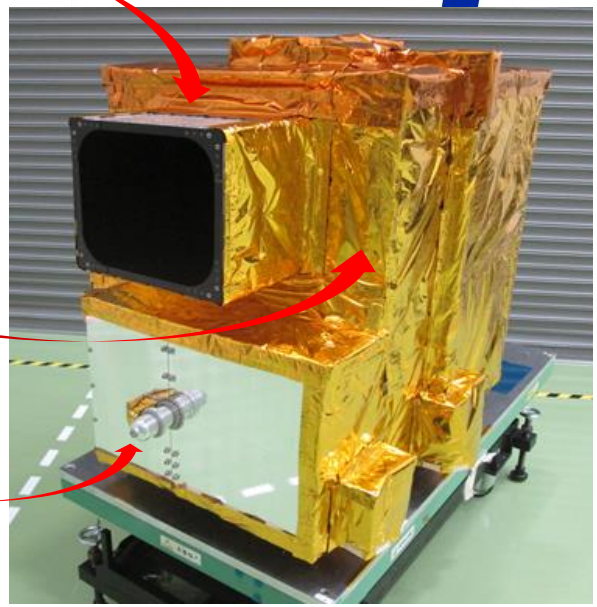
サーモスタット

センサの温度維持のため

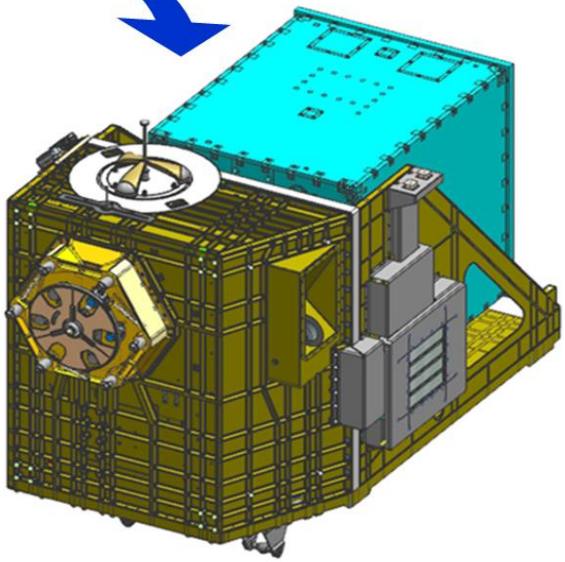
冷凍機ガス置換

冷凍機性能維持のため

ハイパースペクトルセンサ



曝露ペイロード



ISS搭載用
インタフェース調整
（熱・構造・電気）
安全審査

→

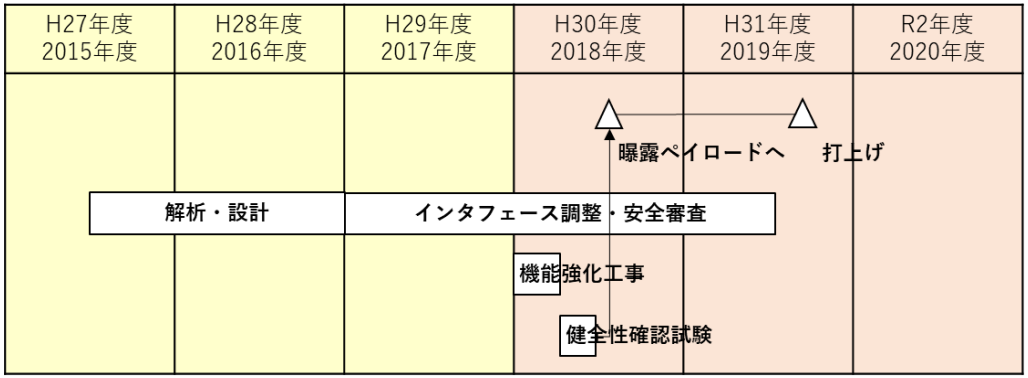
ISS搭載用強化工事
ベルクロ貼付け
サーモスタット取付
冷凍機ガス置換

→

健全性確認試験

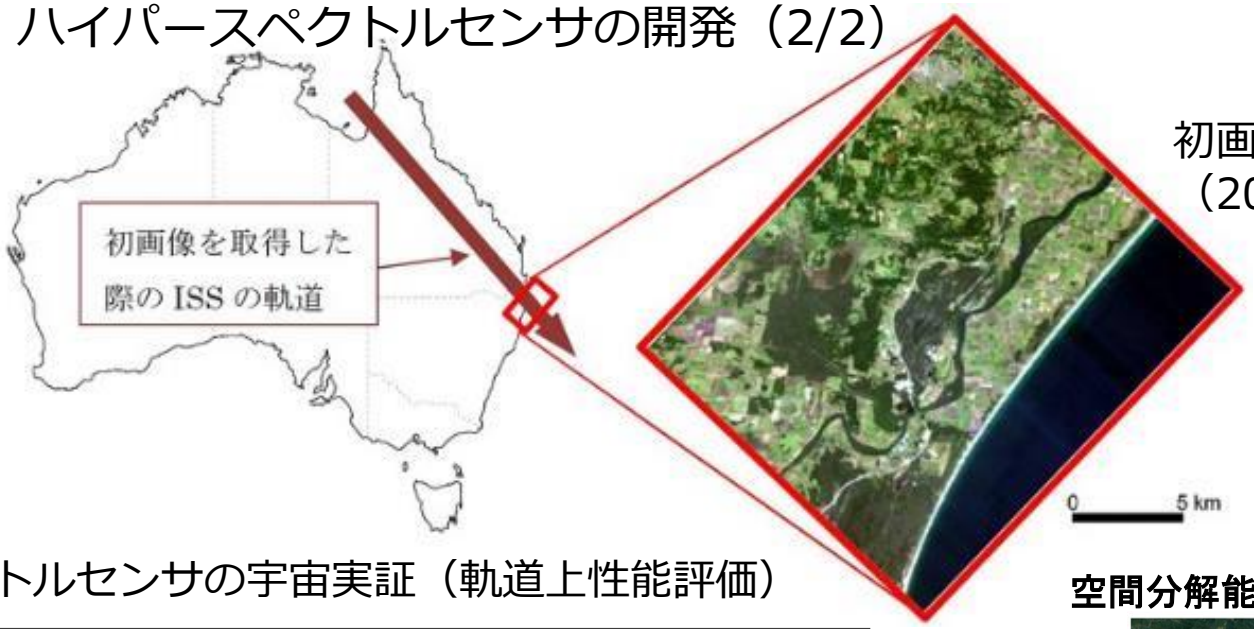
→

曝露ペイロード
に搭載



3－2．各研究開発項目の内容

研究開発項目１　ハイパースペクトルセンサの開発（2/2）

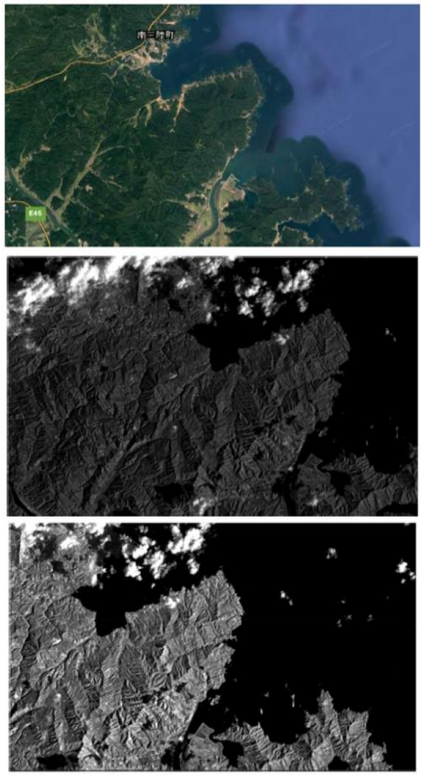


初画像取得
（2020年9月4日）

ハイパースペクトルセンサの宇宙実証（軌道上性能評価）

No.	項目	達成目標	評価結果
①	空間分解能	20m×30m	達成　VNIR：20.5m(CT)×29.1m(AT) SWIR：20.0m(CT)×29.7m(AT)
②	観測幅	20km	達成　VNIR：21.0km SWIR：20.0km
③	バンド数	185	達成　VNIR: 57, SWIR: 128
④	観測波長域	0.4～2.5μm	達成　VNIR: 0.361～0.999μm SWIR: 0.883～2.47μm
⑤	波長分解能 （サンプリング）	10nm (VNIR) 12.5nm (SWIR)	達成　VNIR：10.02nm SWIR：12.42nm
⑥	S/N 比	370 @620nm 270 @2100nm	良好　（引き続き評価中）
⑦	MTF	0.2	良好　（引き続き評価中）
⑧	量子化ビット数	12bit	達成
⑨	オンボード圧縮・処理	有	達成

空間分解能・観測幅の評価画像例（南三陸町付近）
（2021年1月29日）



地図

VNIR

SWIR

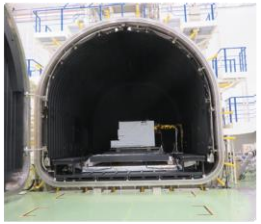
3－2．各研究開発項目の内容（2）

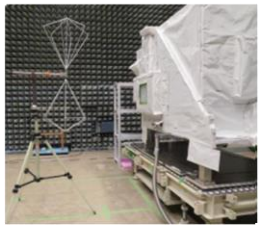
研究開発項目２　曝露ペイロードの開発

地上でのプロトフライト試験

機能試験

音響試験


熱真空試験

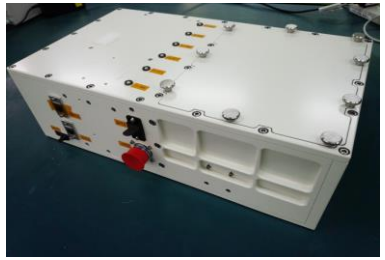

電磁適合性試験

射場への輸送
(2019.9~10)

打上準備@米国KSC
(2019.10~12)

打上 by SpX/F9
(2019.12.6)

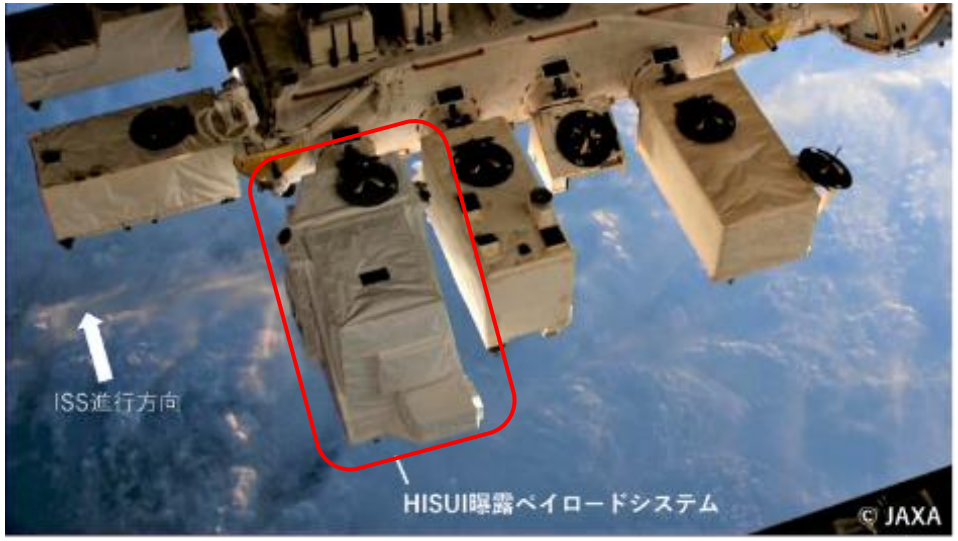
軌道上実証


船内への
MDR-PM設置
(2019.12.10)

Dragon 輸送

ISSでのDragon係留

ロボットハンドによる
曝露ペイロード取り出し



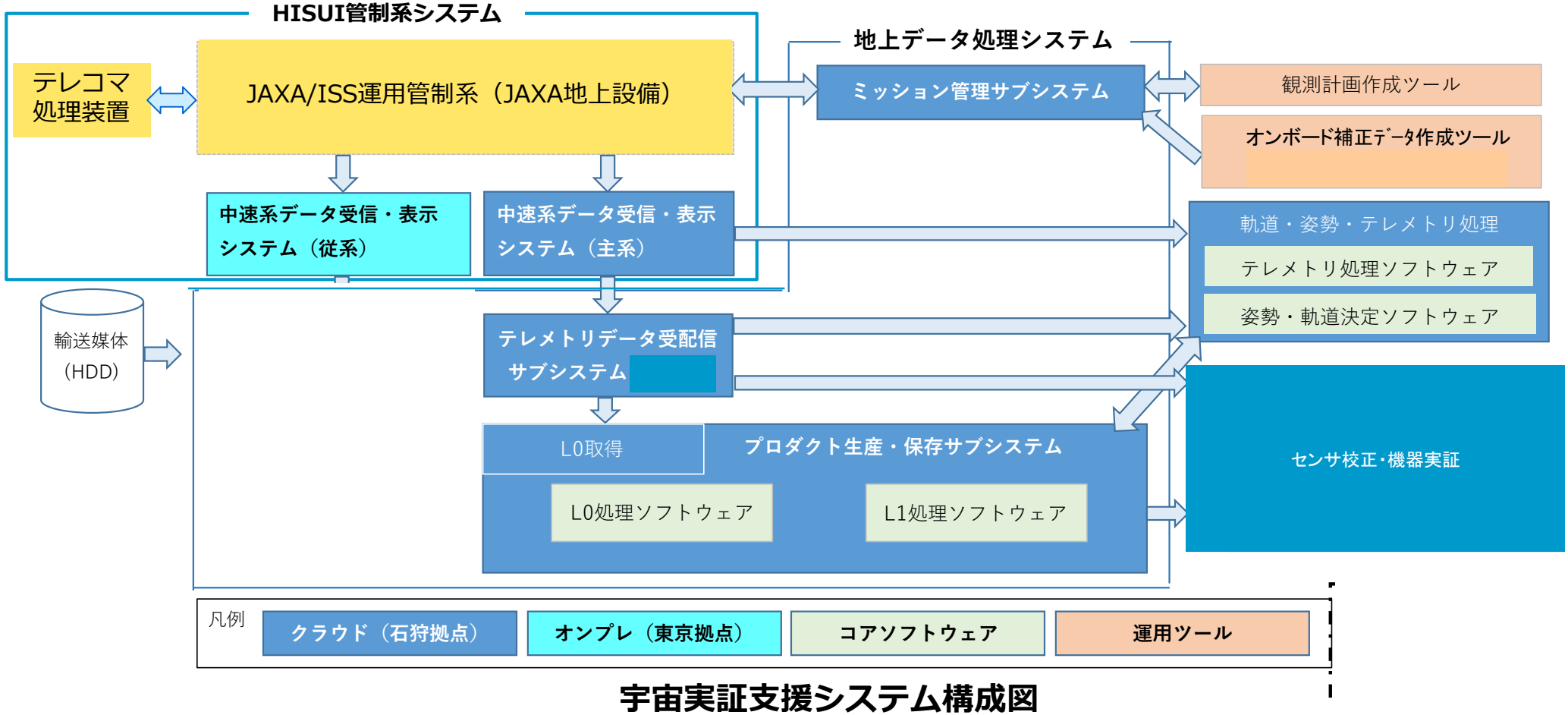
JEM曝露部への設置　(2019.12.12)

3－2．各研究開発項目の内容（3）

研究開発項目３　宇宙実証支援システムの開発

宇宙実証支援システムは下記２つのシステムから構成される
(a)HISUI管制系システムの開発
(b) 地上データ処理システムの開発（改修）

・衛星搭載版の地上データ処理システム(GDS)をダウンサイズし、一部サブシステムの機能をソフトウェアや運用ツールで代替した。
・一方、ISS搭載の制約・条件を満足するための改修、追加開発を実施した。



宇宙実証支援システム構成図

3－2．各研究開発項目の内容（3）

研究開発項目３　宇宙実証支援システムの開発

(a)HISUI管制系システムの開発

HISUI管制系システムに必要な装置を開発し、設備間の接続試験を行い、目標を達成した。

項目名	概要	実施状況	評価結果
テレメトリ/コマンド処理装置の開発	コマンド送信、テレメトリ受信表示	開発完了	達成
中速系データ受信・表示システムの開発	テレメトリデータ及び観測データ受信、保存	開発完了	達成
HISUI 地上設備 組合せ試験	JAXA JEM運用管制システムとJ-spacesystems地上データ処理システム間の接続試験	試験完了	達成
HISUI 低速系・中速系 End-to-End伝送試験	低速系コマンド・中速系テレメトリ確認 中速系ファイル転送確認 中速系コマンド確認 運用模擬試験	試験完了	達成

3－2．各研究開発項目の内容（3）

研究開発項目３　宇宙実証支援システムの開発

(b) 地上データ処理システムの開発（改修）

地上データ処理システムは、機能ごとにサブシステムで構成されている。
サブシステムごとに開発（改修）を行った。各サブシステム開発完了後、GDSインタフェース試験・運用性試験を実施し、システムが問題なく開発、整備されていることを確認した。

サブシステム名	主な機能	開発状況
プロダクト生産・保存サブシステム	HISUI観測データから、プロダクト生産を行い、プロダクトの保存・管理を行う。	改修完了
テレメトリ受配信サブシステム	HISUI中速系データ受信・表示システムで受信したHISUI観測データとH&Sデータを取得し、後段のサブシステムでデータが円滑に処理できるよう、前処理としてL0データセットを作成し、プロダクト生産・保存サブシステムへ配信する。	開発完了
ミッション管理サブシステム	つくば拠点のHISUI運用者からのメール送信データを受信・管理し、東京拠点のHISUI運用者が作成した観測計画データをメール送信する。	開発完了

全体試験	試験実施時期	合否
GDSインタフェース試験・運用性試験	2021年2～3月	合格

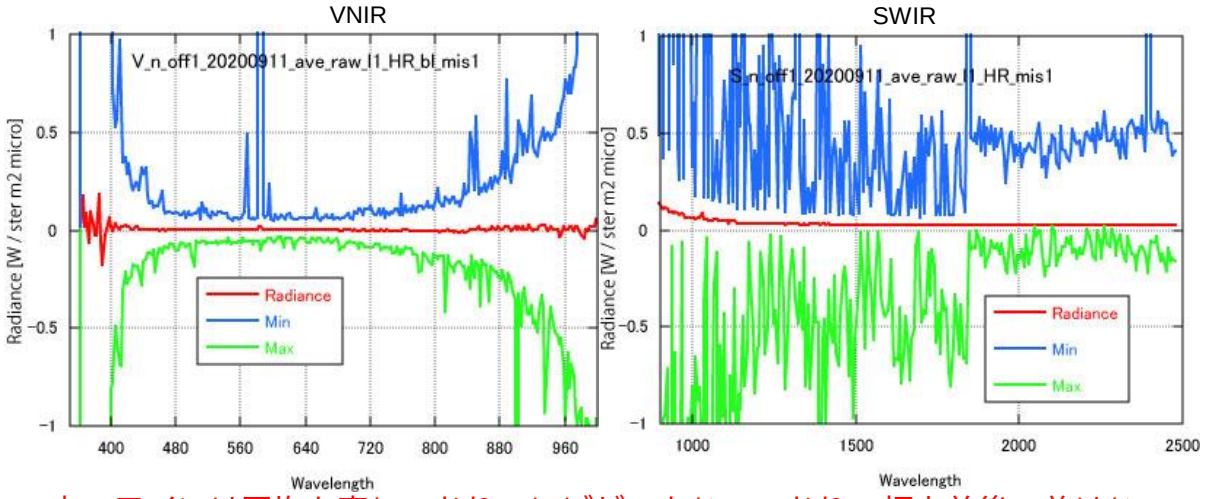
3－2．各研究開発項目の内容（4）

研究開発項目４　ハイパースペクトルセンサの実証

(a)画像データ校正手法の開発　波長・放射量校正

打ち上げ前後の校正データを解析し、比較した。

放射量のオフセットの解析結果



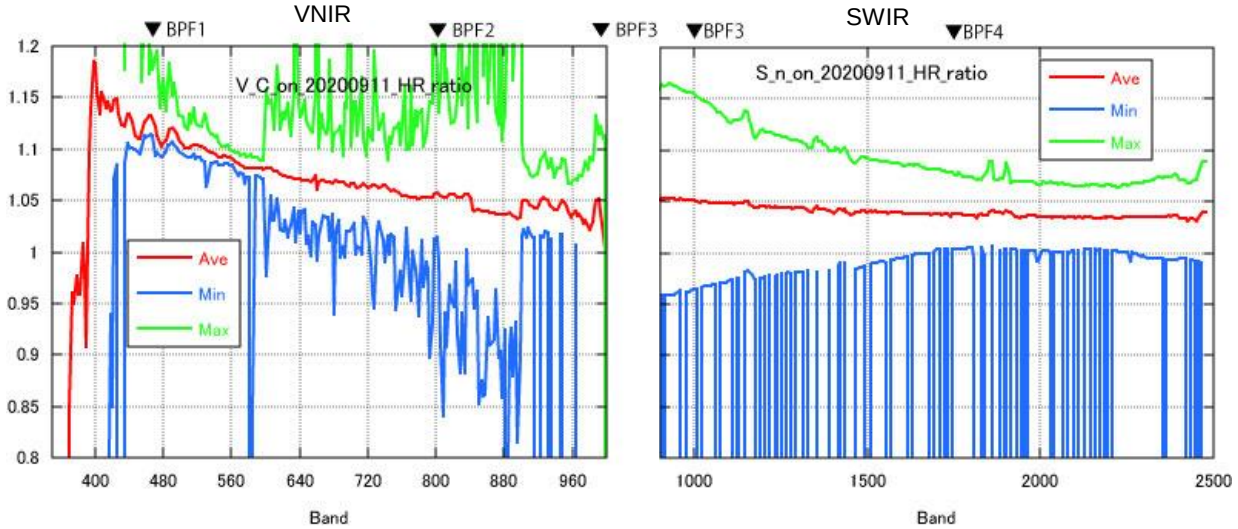
赤いラインは平均を表しており、ほぼゼロとなっており、打上前後で差はない。

波長ずれの解析結果

取得日時	ずれ(nm)		センサ方向	環境
	VNIR	SWIR		
20160925	-0.4	-2.3	横向き	大気中
20161015	0.2	-0.5	横向き	真空
20180829	2.7	5.3	下向き	大気中
20190711	2.9	5.5	下向き	真空
20200911	2.3	5.5	―	宇宙

打ち上げ前後での差は小さい。

放射量の感度の解析結果



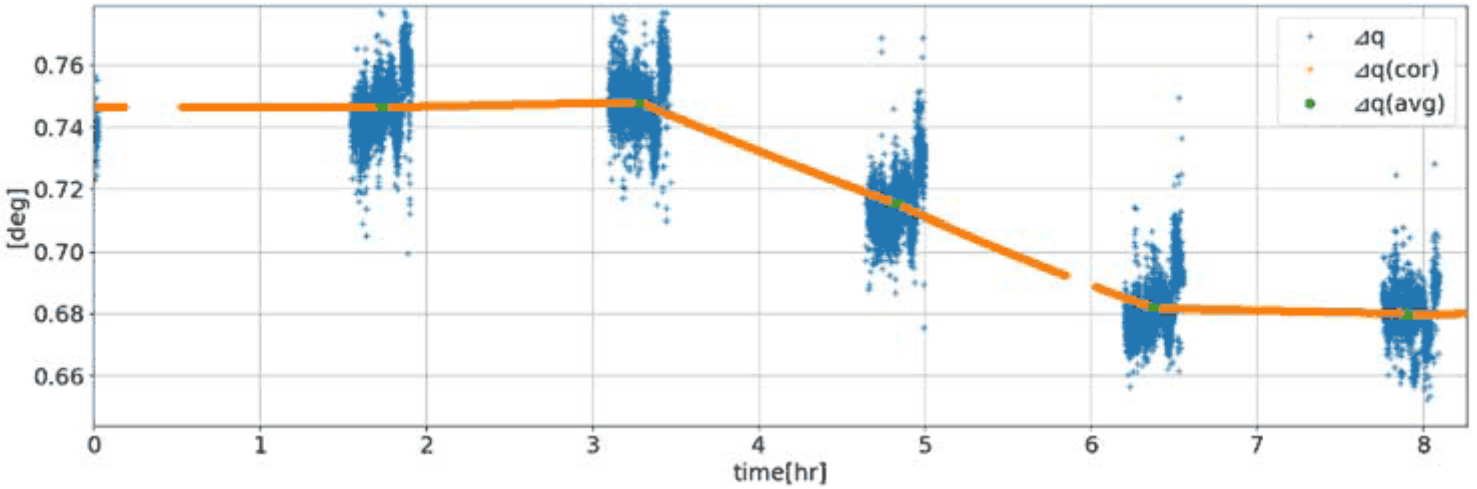
VNIRのBPF1で12%、BPF2で5%、BPF3で3%、
SWIRのBPF3で5%、BPF4で4%
程度大きくなっている。
これは測定した光源の輝度の増加によるもの。

3－2．各研究開発項目の内容（4）

研究開発項目４　ハイパースペクトルセンサの実証
(a)画像データ校正手法の開発　幾何校正

ISSとHISUI STTの姿勢情報の比較

ISSから提供される姿勢情報と、HISUI搭載のSTTの姿勢情報を組み合わせることで、センサの視線方向を決定することとし、そのためのアルゴリズムを開発した。



STTデータとISS補助データ（姿勢）との差異●
および、アルゴリズムにおける補正量●

地表面位置の誤差測定機能の追加

Landsatによって撮像されたGLSのデータを参照画像（Ground Control Point(GCP)情報）とした、面積相関を用いたテンプレートマッチングによって、地表面位置誤差を測定する機能を実装した。
この測定の結果より、時刻等の誤差が明らかとなった。（これらの誤差の校正は今後の課題）

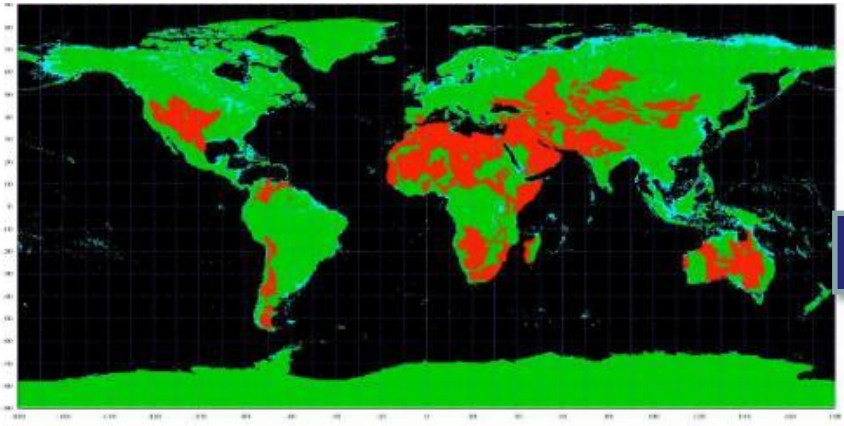
3－2．各研究開発項目の内容（4）

研究開発項目４　ハイパースペクトルセンサの実証

(b)観測計画策定手法の開発　長期観測計画の策定

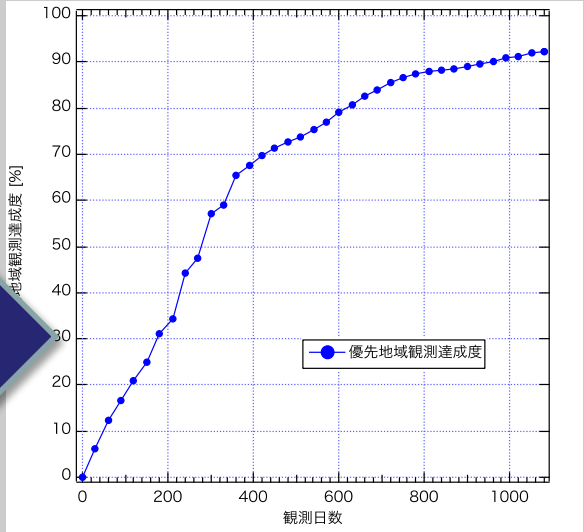
長期観測シミュレーションにより、長期観測計画を策定した。今後定期的にレビューし、必要に応じ更新する。

優先地域観測の例（石油堆積盆地域：赤色域）

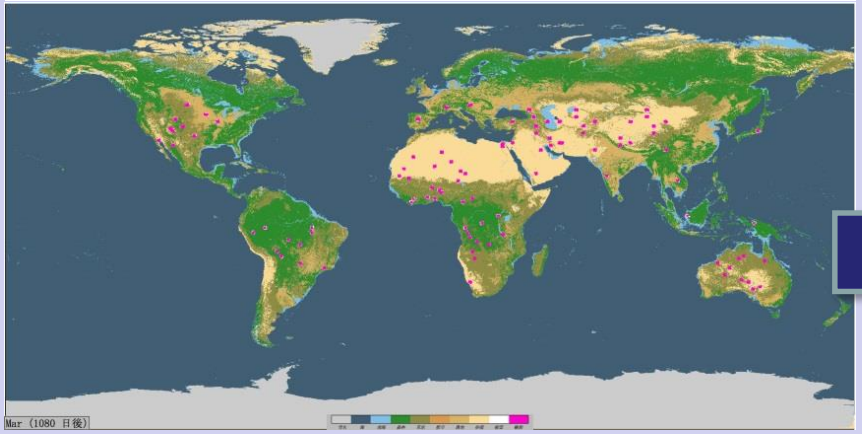


観測達成面積

65%（1年間）
85%（2年間）
90%（3年間）

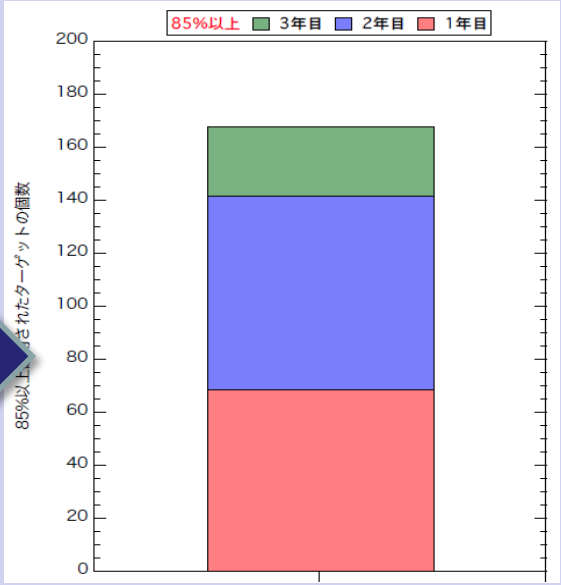


実証観測の例（仮想実証200サイト：赤点）



観測達成サイト数

35%（1年間）
70%（2年間）
85%（3年間）



3 – 2．各研究開発項目の内容（4）

研究開発項目４　ハイパースペクトルセンサの実証
(b)観測計画策定手法の開発　短期観測計画の運用

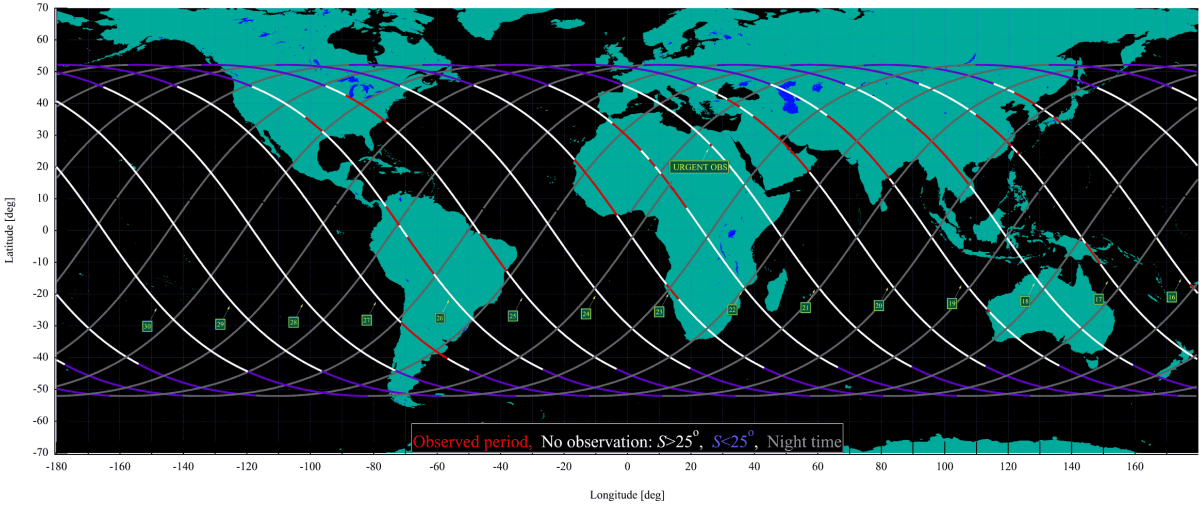
長期観測計画に基づき、1日単位の短期観測計画を作成するツール（観測計画作成ツール）を開発した。
これにより、定常運用の開始時から、毎日の観測計画を作成して運用した。

観測計画は以下により構成される。
- スケジュールファイルの例（右上）
- ダウンリンクリストファイルの例（右下）
- サマリファイルの例（左下）

Orbit0016 [01:34:17] NOR205 sec
Orbit0017 [03:07:24] NOR389 sec
Orbit0018 [04:40:30] NOR456 sec
Orbit0019 [06:13:36] NOR464 sec
Orbit0020 [07:46:42] NOR473 sec
Orbit0021 [09:19:48] EA21 sec
Orbit0022 [10:52:55] NOR473 sec
Orbit0023 [12:26:01] NOR464 sec
Orbit0024 [13:59:07] ---
Orbit0025 [15:32:13] NOR464 sec
Orbit0026 [17:05:20] NOR473 sec
Orbit0027 [18:38:26] NOR276 sec
Orbit0028 [20:11:32] ---
Orbit0029 [21:44:38] ---
Orbit0030 [23:17:45] ---

Total Observation Time = 4158 [sec]
(Number of Scenes = 995)

Schedule for 2020/10/27
Scheduler log =SCF_20201027_LOG201021_1209
Event:
Orbit 0021: Urgent Observation
Orbit 0024: Bad Block Check



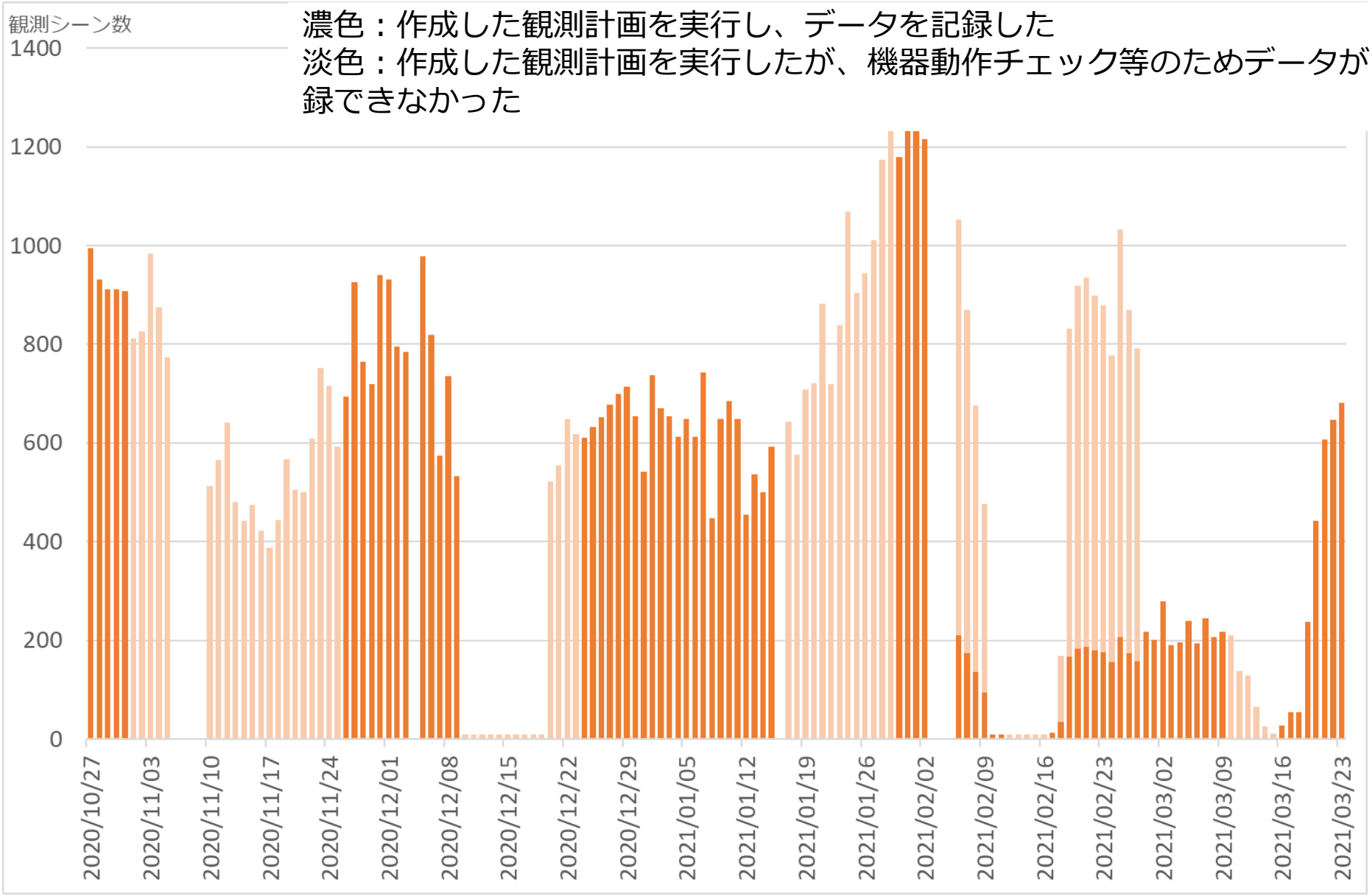
スケジュールファイルの記載内容 ［時刻(GPS),マクロ名,パラメータ1,2,3,4］	実行マクロの内容
**** Synchronize to GPS time ****	
1287861896,TIMESYNC.mcr,ISS,,,	MDPの時計を同期
**** Normal observation 24 (4.6minutes) ****	
1287861930,SV_SET_1_COMM.mcr,,,,	センサON
0000000000,SV_SET_2_NOM_OBS.mcr,023,0,0,A	観測パラメータ設定
1287862235,SV_OBS_START.mcr,,,,	観測開始
1287862510,SV_OBS_STOP.mcr,,,,	観測停止
0000000000,SV_OFF.mcr,,,,	センサOFF
**** Transfer HYPER data to MDR-PM ****	
1287862531,TRANS.mcr,2455,,,	蓄積データ転送開始
1287864986,TRANS_END.mcr,,,,	蓄積データ転送停止
**** Initialize Flash Memory ****	
1287865015,CLEAR_FLASH.mcr,BADCHK_DISABLE,,,	蓄積データ消去
**** Load next schedule file ****	
1287881465,SCHEDULE_START.mcr,20201028.scl,,,	翌日の.sclを読み出す
EN	終了

ダウンリンクリストファイルの記載内容 ［時刻(GPS),時刻(GPS),秒］	船内HDDから、抽出・地上へダウンリンクする観測時刻の範囲
1287799620,1287799658,39	1287799620～1287799658の39秒間
1287805440,1287805445,6	1287805440～1287805445の6秒間
1287827677,1287827681,5	1287827677～1287827681の5秒間
EN	終了

3－2．各研究開発項目の内容（4）

研究開発項目４　ハイパースペクトルセンサの実証
(b)観測計画策定手法の開発　短期観測計画の運用

濃色：作成した観測計画を実行し、データを記録した
淡色：作成した観測計画を実行したが、機器動作チェック等のためデータが記録できなかった

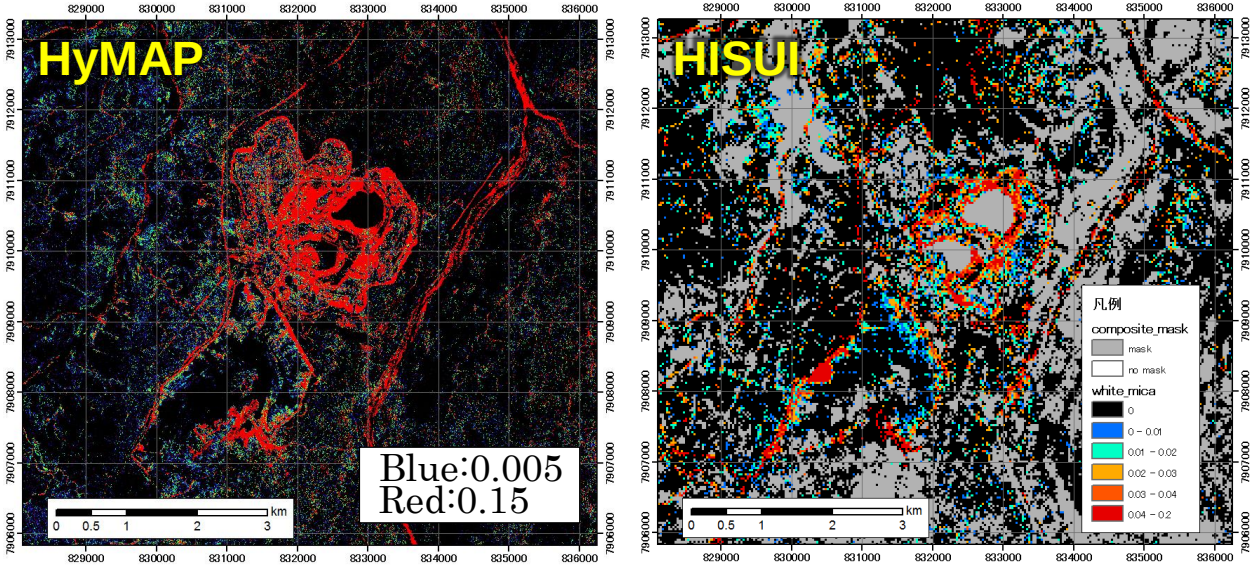


3－2．各研究開発項目の内容（4）

研究開発項目４　ハイパースペクトルセンサの実証

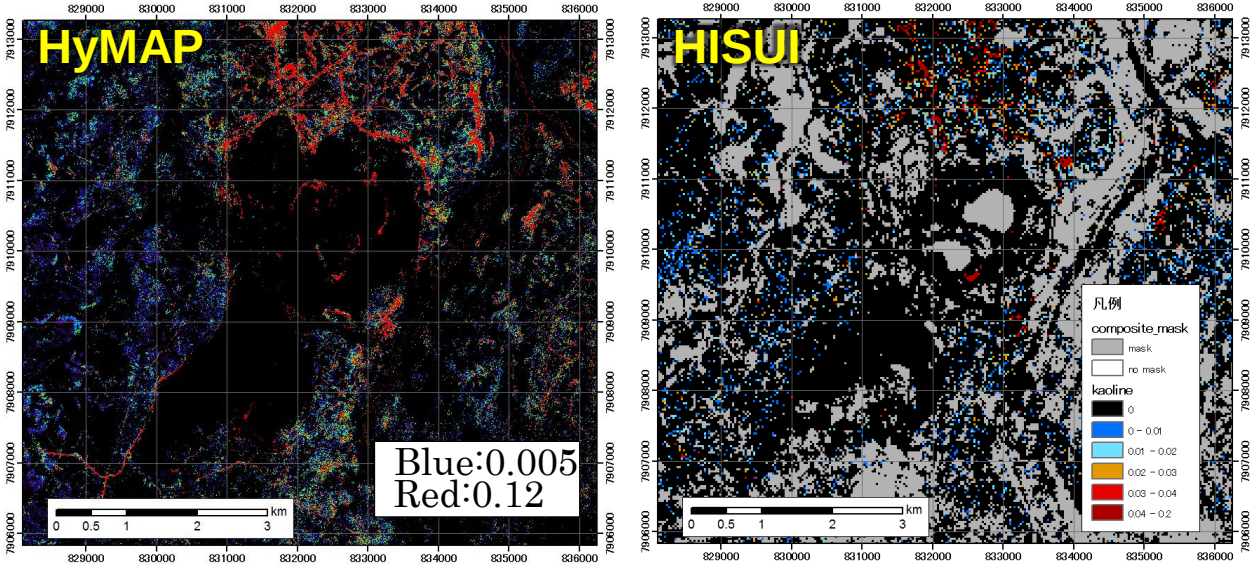
(c)データ利用実証

校正前のデータ（L0Bデータ）を用いて処理・解析し、利用可能性について予備的な評価した。



白雲母量の分布

航空機ハイパースペクトルデータの解析結果と同様の結果が得られた。



カオリン鉱物量の分布

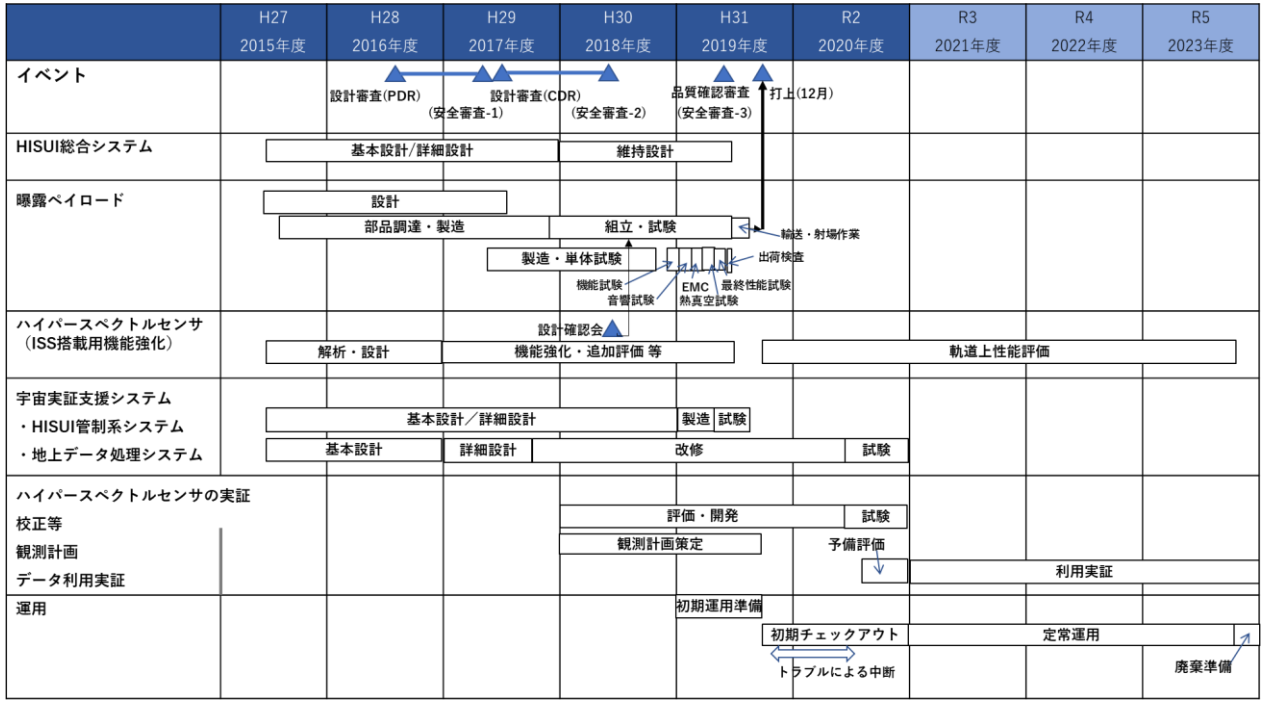
航空機ハイパースペクトルデータの解析結果と同様の結果が得られた。

白雲母やカオリンのような2200nmに吸収を持つ変質鉱物は、ほぼ正しく検出が可能であった。

4－1．研究開発計画（研究開発マネジメント）

プロジェクト全体スケジュール（上段）と各各研究開発項目と運用のスケジュール（下段）

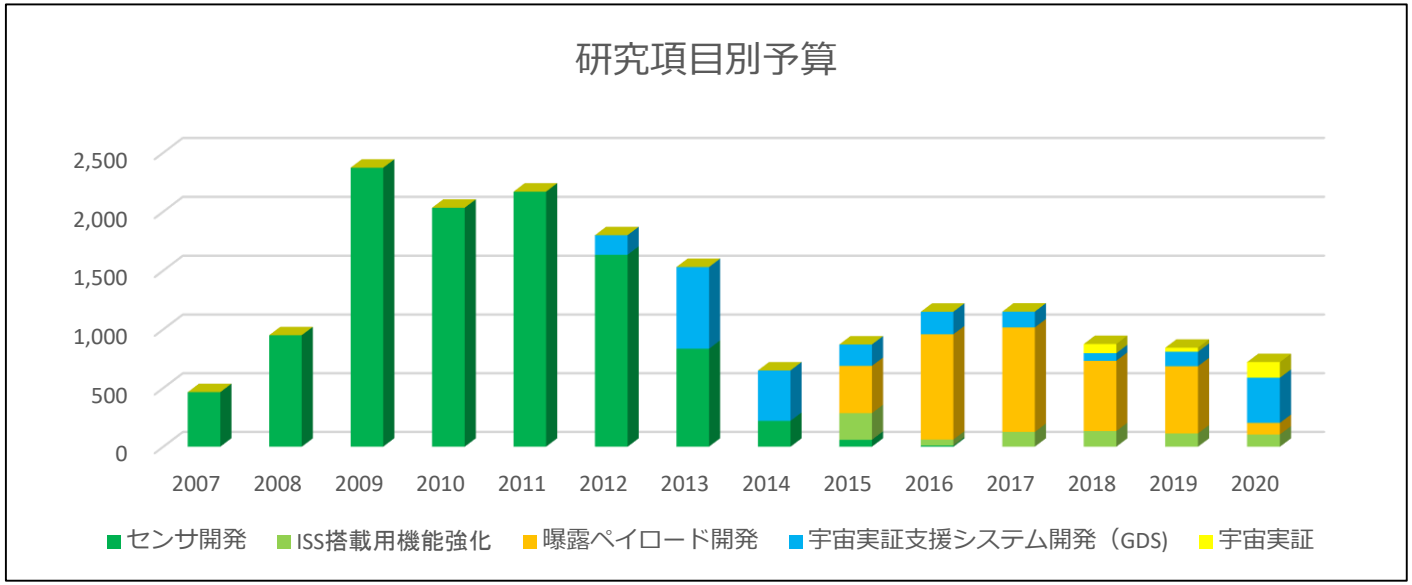
	H19 2007年度	H20 2008年度	H21 2009年度	H22 2010年度	H23 2011年度	H24 2012年度	H25 2013年度	H26 2014年度	H27 2015年度	H28 2016年度	H29 2017年度	H30 2018年度	H31 2019年度	R2 2020年度	R3 2021年度	R4 2022年度	R5 2023年度
プロジェクト事業評価			▲NEDO中間評価		▲NEDO成果報告/METI中間評価				▲METI中間評価			▲METI中間評価			▲METI中間評価		
衛星搭載用としてのセンサ等開発			平成19年～平成28年度														
搭載衛星計画の変更																	
ISS搭載用に改修・開発（進行中） 1）ハイパースペクトルセンサの開発 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 4）ハイパースペクトルセンサの実証													平成27年度～（進行中）				



4－2．資金配分（研究開発マネジメント）

（単位：百万円　すべて委託）

研究開発項目＼年度		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	合計
センサ	ハイパースペクトルセンサ開発	465	950	2,373	2,033	2,170	1,634	835	220	59	10	－	－	－	－	10,749
センサ	ISS搭載用機能強化	－	－	－	－	－	－	－	－	227	51	126	133	113	104	754
曝露ペイロード開発		－	－	－	－	－	－	－	－	403	897	890	599	573	99	3,461
宇宙実証システム開発		－	－	－	－	－	166	695	430	182	192	135	65	123	385	2,373
宇宙実証		－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	78	34	133	245
計		465	950	2,373	2,033	2,170	1,692	1,602	655	871	1,149	1,149	875	843	721	17,548



4－3．実施・マネジメント体制（研究開発マネジメント）

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。なかでも、資源探査用センサJERS-1、ASTER等の開発および20年以上の運用の経験を有し、ハイパースペクトルデータについてはその利用技術の研究開発を2006年から12年に亘り実施してきており、本事業を実施するのに適格である。

研究開発の実施体制

経済産業省

役割の取決め

文部科学省/
(国研)宇宙航空研究開発機構(JAXA)

委託

プロジェクトリーダ
東京大学大学院工学系研究科
航空宇宙工学専攻　岩崎晃

連携・協力

「きぼう」への搭載

（一財）宇宙システム開発利用推進機構（J-spacesystems）

(1)プロジェクト全体管理
(2)ISS/JEM/輸送機とのインターフェース調整
(3)ハイパースペクトルセンサの開発
(4)曝露ペイロードの開発
(5)宇宙実証支援システムの開発
(6)ハイパースペクトルセンサの実証

助言･審議･評価等

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

委員長　平子敬一（慶應義塾大大学院 特任教授）
委員　小畑健太（愛知県立大 助教）、白木邦明（元JAXA 理事）、
外岡秀行（茨城大大学院 教授）、松永恒雄（国立環境研究所 衛星観測センター長）
山口靖（名古屋大大学院 教授）
オブザーバ　木村俊義（JAXA　研究開発部門 センサ研究グループ長）

外注または委託

日本電気(株)	(株)IHIエアロスペース 明星電気(株)	富士通(株)、宇宙技術開発(株) 日本電気(株)、 三菱スペース･ソフトウェア(株)	産業技術総合研究所 東京大学	産業技術総合研究所、酪農学園大	(株)地球科学総合研究所、JX金属探開(株) など
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	画像データ校正手法の開発	観測計画策定手法の策定	データ利用実証

４－４．知財や研究開発データの取扱い（研究開発マネジメント）

●ハイパースペクトルセンサ：
メーカーが2009年度（国内）、2010年度（外国）に特許出願しており、その管理についてはメーカーが対応している。（下記参照）

１）特願2009-150811　撮像装置、撮像方法及び撮像回路　（出願：2009.6.25）
２）PCT/JP2010/0004034　（同上の国際特許）　（出願：2010.6.17）

●ハイパースペクトルデータ：
　HISUIのデータは、他の宇宙用ハイパースペクトルデータに比べ、エネルギー資源・鉱物資源探査に有用なSWIRのデータのSNは、世界的にも最高レベルであり、その配布に際しては、経済安全保障の観点から国内企業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、海外へのデータ配布に際しては、データを要求するユーザについて、予め利用目的、データの二次配付の禁止等の事前確認を行う一方、要求データの地域が重要地域である場合には何らかの制約を付けるかどうかなど、産官学の関係者で現在協議中であり、今後データポリシー、配付方針を決めていく。
　一方、HISUIのデータそのものの保存場所は、民間のデータセンターを利用しており、外部からの違法な侵入を防ぐなど、十分なサイバーセキュリティが施され、データ流出のないような管理体制下で運用されている。

5－1．研究開発目標（ 事業アウトプット）(1/2)

研究開発項目	中間目標（2020年度）	最終目標（2023年度）	設定（変更）理由
ハイパースペクトルセンサの開発	・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。 ・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。	・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。 ※スライド11参照	・世界の石油堆積盆地域について約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。
曝露ペイロードの開発	・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。 ・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。 ・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。	・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、宇宙実証が実施する。	・同上
宇宙実証支援システムの開発	・宇宙実証支援システムの製造・試験を完了する。	・地上データ処理システムにより、L1データを作成し、アーカイブする。	・同上
ハイパースペクトルセンサの実証	・HISUIデータの校正に着手する。 ・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。 ・宇宙実証システムで作成したL0B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。	・HISUIデータを校正する。 ・観測計画を運用を3年間程度行う。 ・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実証を行い、その有用性について評価する。 ・本研究開発内容に係る論文または学会発表数　54件以上、特許出願　２件	・HISUIデータの有用性を評価することで、国内ユーザが、エネルギー資源・鉱物資源分野のみならず、森林、防災、農業、環境、海洋等の様々な分野にてHISUIデータを利用し、それぞれ直面する課題解決に貢献できるようにするため。

5－2．研究開発の成果（事業アウトプット）

研究開発項目	中間目標（2020年度）	成果・意義	達成状況	未達の原因分析/今後の見通し
ハイパースペクトルセンサの開発	・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。 ・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。	・開発した曝露ペイロードと共に2019年12月にISSに搭載した。 ・2020年9月４日に初画像を取得し、その後、観測運用を継続している。	達成	－
曝露ペイロードの開発	・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。 ・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。 ・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。	・ISS搭載用に機能改修したハイパースペクトルセンサと共に、2019年12月にISSに搭載した。 ・発生していた不具合を解消し、2020年9月４日に初画像を取得した。 ・その後、観測運用を継続している。	達成	－
宇宙実証支援システムの開発	・宇宙実証支援システムの製造・試験を完了する。	・2020年9月４日に初画像を取得し、画像を公開した。	達成	－
ハイパースペクトルセンサの実証	・HISUIデータの校正に着手する。 ・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。 ・宇宙実証システムで作成したL0B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。 。	・オンボード校正データを取得して解析した。 ・長期観測計画を立案するとともに、短期観測計画を運用した。 ・作成したL0Bデータから、左記各分野での利用可能性の検討・評価を行った。	達成	－

5－3．論文発表、特許出願等（事業アウトプット）

年度	論文・学会発表数	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2018年度	5	0	0	0
2019年度	5	0	0	0
2020年度	3	0	0	0

注：2017年度までは38

国際標準への寄与
現在および将来の宇宙用ハイパースペクトルのミッションに関する情報を共有する “GSIS(Geoscience Spaceborne Imaging Stereoscopy)”は2007年に設立された（設立当初の名称ISIS（International Spaceborne Imaging Spectroscopy））は国際コミュニティであり、HISUIはその設立当初からメンバーである。 GSISは、「国家宇宙機関、データプロバイダー、研究機関、ユーザコミュイティ間の新しいパートナーシップの機会提供」「地球科学コミュニティによる宇宙用ハイパースペクトルセンサが採用されるべく、ハイパースペクトルミッションに必要な基本となる機能に関する知識の構築」を目指し、全体会議を年１回開催し、情報交換を行っており、HISUIも毎年参加している。
プロトタイプの作成
HISUIハイパースペクトルセンサは、既にISSに搭載され、宇宙実証を進めている。

6．事業アウトカム

事業目的を踏まえたアウトカムの内容

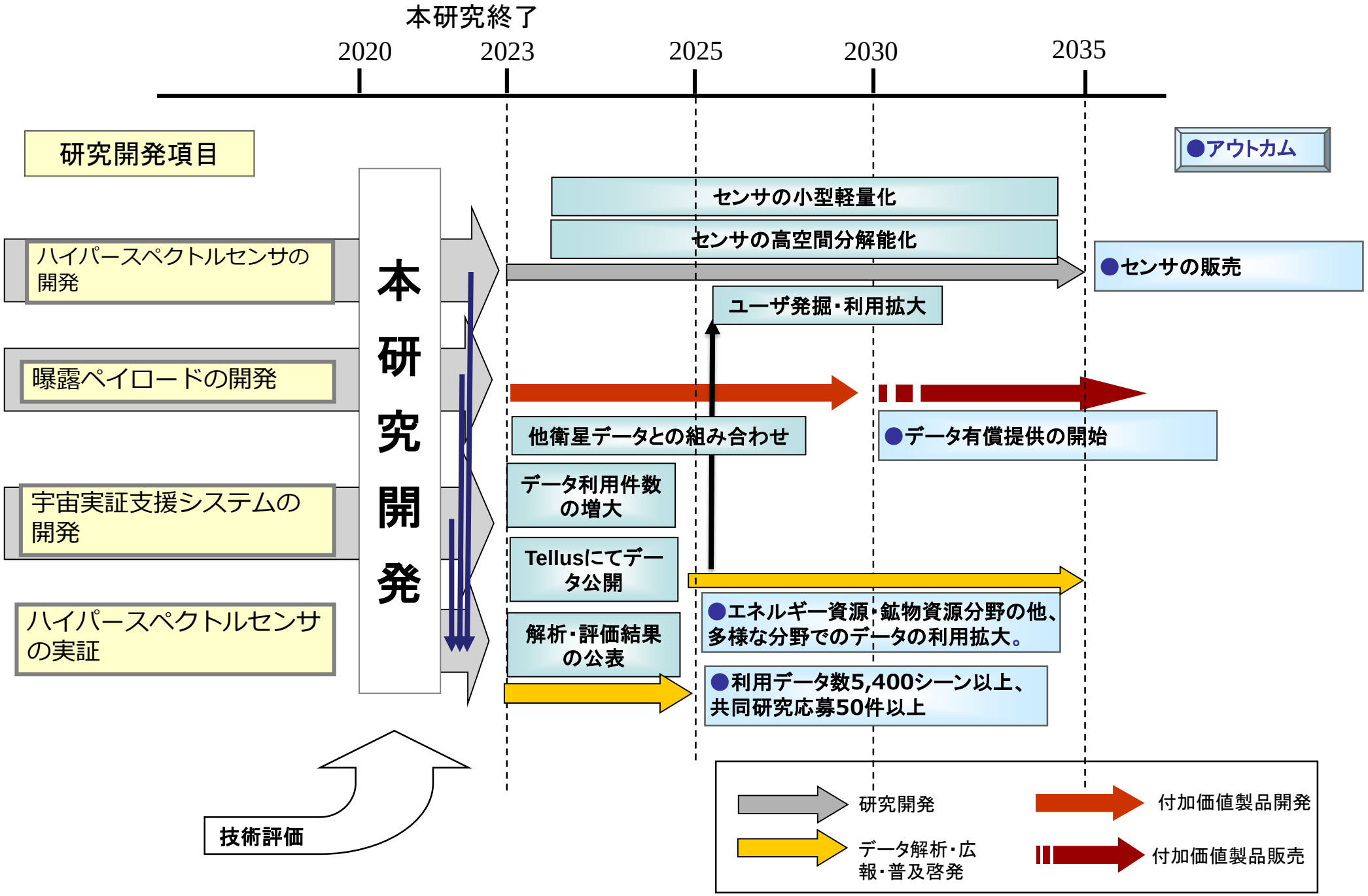
1）エネルギー資源・鉱物資源分野の他、多様な分野でのデータの利用拡大
2）データ有償提供の開始
3）センサの販売

アウトカム指標・目標		目標達成の見込み
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）。	・各分野の対象地域の観測データ取得とそのデータの提供可能時期に目標達成年度は依存するものの、計画通りの運用が実施できれば、達成の見込みはある。
2030年度	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する。	今後、衛星の小型化が進み、コンステレーション運用による観測の高頻度化、センサ技術の向上による観測波長帯の多バンド化等が進むことが想定され、それらのデータの組み合わせによる付加価値製品開発が可能となる。
2035年度	ハイパースペクトルセンサの販売	センサの高空間分解能化、小型軽量化を実現し、小型衛星搭載化する必要がある。

（目標の設定（変更）理由・根拠等）

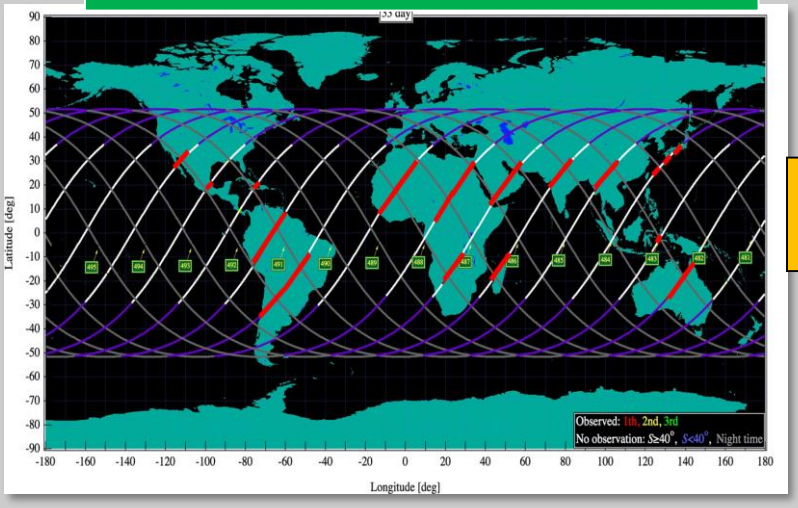
・2023年度までに取得したHISUIデータをISSから地上に輸送し、共同研究にて解析評価を行った成果を公表することで、エネルギー資源・鉱物資源分野のみならず、地球規模環境分野、森林、防災、農業、問題での利活用を広め、各分野でのHISUIデータ利用を増やす。
・HISUIデータとその解析事例等をデータプラットフォームTellusに搭載し公開するなどの環境整備を整えることでも、多くの企業ユーザにハイパースペクトルデータの利用価値を理解し、データ利用件数を増やす。
・今後、民間事業による多くの小型衛星データが増大することが予想される。HISUIデータと、それらのデータとの組み合わせにより、新しい付加価値製品開発が見込まれる。
・HISUIのような品質の良いデータ取得が可能なハイパースペクトルセンサの小型・軽量化が実現できると、小型衛星に搭載可能となり、コンステレーション運用も可能となるため、世界的に競争力のあるセンサとなり得る。

7．事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(1/4)



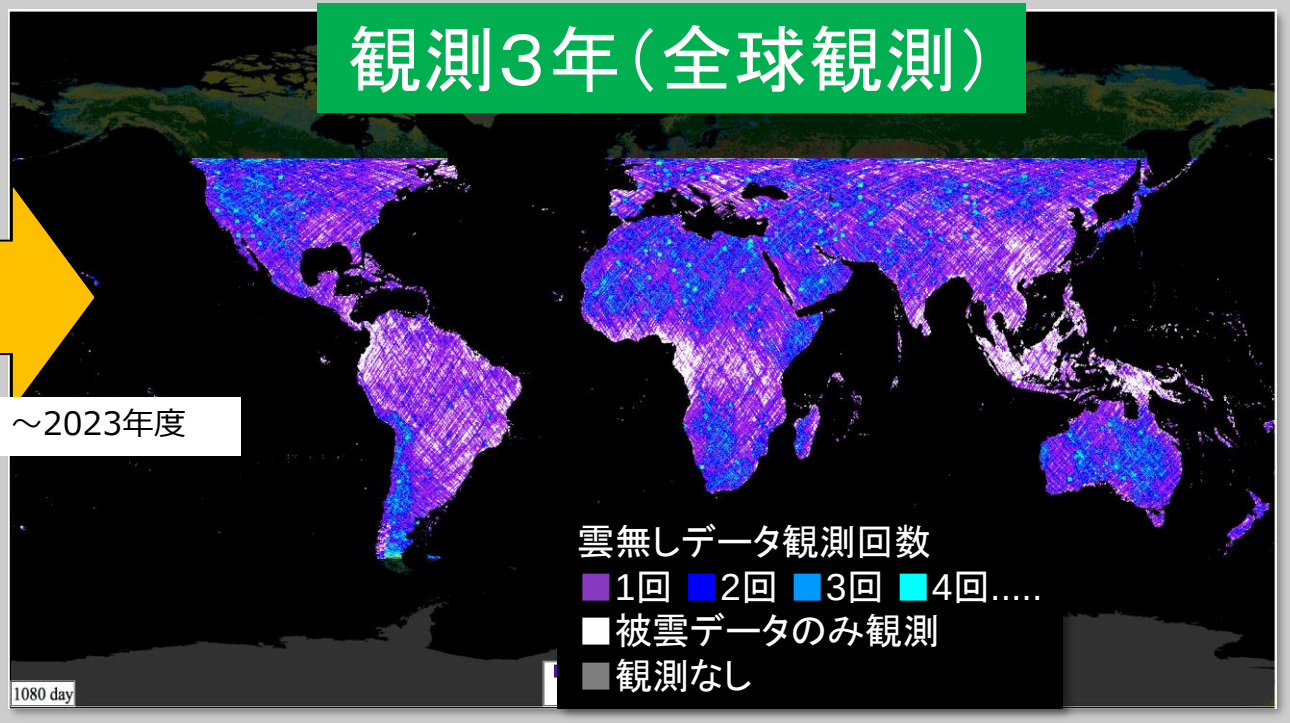
7．事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(2/4)

観測1日（赤線部分）



～2023年度

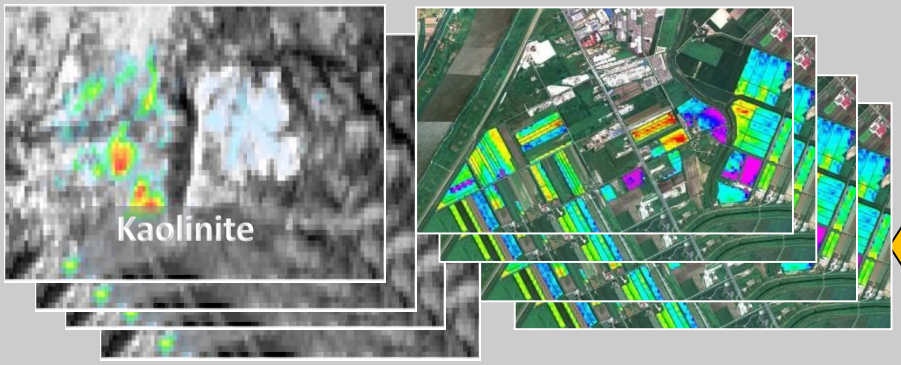
観測3年（全球観測）



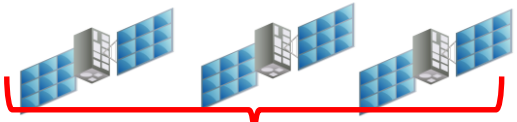
2024年度

最終HDD回収

データ解析事例　～2025年度



7．事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(3/4)



2030年度～
付加価値製品販売

プロバイダ
プラットフォーム

他のデータとの組合せ

データ解析・付加価値処理企業
資源探鉱会社・航測会社・コンサルタント会社

HISUIデータ利用の潜在ユーザ
国内外の政府機関・民間企業・国際機関等

データプロダクト → 無償提供 → **付加価値情報・サービス** → 販売 → **購入・利用**

ハイパースペクトルデータプロダクト

185バンド画像データ

地質・鉱物
地質分布図・鉱物分布図・石油油徴抽出図
地球科学総合研究所・JX金属探開・三菱マテリアルテクノ・ジオテクノス・住鉱資源開発・JOGMEC

森林・植生
樹種・森林健全状況・病害虫等被害・湿地植生・森林バイオマス・・・等の分布図
アジア航測・MRI・NEC・地球科学総合研究所

農作物
牧草収量品質・小麦収量品質・水稲収量品質生育状況・茶葉適摘時期・違法栽培農作物・病害虫等被害・・・等の分布図
国際航業・アジア航測・パスコ・三菱総合研究所

土壌
土壌塩分濃度分布図
インフォサーブ

水域
沿岸水深・底質分布図・サンゴ生育分布図・水質分布図・藻場分布図
アジア航測

気候変動・地球温暖化
GHG(CO_2、CH_4等）排出源監視、泥炭地分布図

その他　**Tellusなど**

石油資源分野
石油資源関連省庁・JOGMEC・JAPEX・INPEX・MOECO・JX

金属資源分野
金属資源関連省庁・JOGMEC・三菱マテリアル・住友金属鉱山・三井金属鉱業・日鉄鉱業・DOWA・JX

森林分野
森林関係省庁・自治体

防災分野
防災関連省庁・自治体

農業分野
農業食料関連省庁・国際機関・NGO・大規模農家・農業関連団体

環境分野
国際連合・気候変動関連省庁・NGO・CO_2排出権取引関連企業・生物多様性関連機関・企業の社会貢献活動

海洋分野
海上保安庁・防衛省・漁業関連団体

警察関連省庁・警察関連国際機関

その他

7．事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ(4/4)

○ハイパースペクトルセンサの開発について、日本が世界をリード
○資源探査・地球環境・安全保障等に広く活用される

2035

さらなる研究開発による①、②を実現
①センサの高空間分解能化、小型軽量化、②応用分野の拡大

軌道上データに基づく、高空間分解能化・小型軽量化

光学高精度ｱﾗｲﾒﾝﾄ技術の向上

2030

オンボードデータ圧縮補正処理技術の向上

実証データを使った、新規利用ニーズ発掘・ユーザーの拡大

新分野（安全保障分野　等）への適用可能性の評価

データの利用技術の国際共同開発

現事業

2024

8．費用対効果

総予算額（百万円）	費用対効果
17,780 うち過去３年の執行額 （百万円） 2018年度　875 2019年度　843 2020年度　721	・有識者による構成される研究開発技術委員会および今後予定しているデータ利用委員会の助言・評価を得ることで、着実な実証を進める、並行して、データプラットフォームTellusにHISUIデータとその解析事例等を搭載し公開するなどの環境整備を整えることで、多くの企業ユーザにハイパースペクトルデータの利用価値を理解し、データ利用件数を増やす。 ・実証を通じて衛星画像データの品質担保に必要な運用手法の確立（校正・補正）により、エネルギー資源・鉱物資源・その他多様な分野での活用拡大への貢献が期待。 ・データ利用シーン数5400件、共同研究応募50件以上、論文・学会発表54件、特許出願２件の達成。

９．前回評価の指摘事項と対処方針

指摘事項	対処方針	備考
【中間評価（2018年度）】 （今後の研究開発の方向性等に関する提言） ○ISS搭載ハイパースペクトルセンサの開発を進め、ISSでの実証実験やデータの利活用に向けて着実にプロジェクトを進めており、高く評価することができる。 　石油資源の遠隔探知をはじめとするリモートセンシングデータの利活用は、宇宙開発の効果的な活用の代表例として、広く成果を発信することが宇宙開発全体を発展させる効果があると考えられるため、積極的な情報発信を期待したい。 　今は、ISSへの搭載・運用に注力していくことが重要だが、一方で、引き続き継続する必要があれば、ユーザー機関を見つけてその費用で継続することが望ましい。むしろ、現在の世の中の流れをみると、小型・低コスト化することで超小型コンステレーションに可能なセンサとし、より早く実証・実用・高性能化を繰り返せる仕組みを作り出すことが望ましい。 　本プロジェクト終了後の事業アウトカムやロードマップは、単なる行動計画ではなく、中短期的な視点でPDCAサイクルを推進する仕組みを作っていくことが望ましい。 　また、本プロジェクトの事業を進めていく中で、データ利用のユーザーとの連携を作ることで、ユーザーに適したデータ提供を目指してほしい。	○ユーザによるデータ利用の促進と情報発信の観点では、現在、ハイパースペクトルデータを含む衛星リモートセンシングデータをユーザにとって使いやすくするための環境整備を進めており、活用事例も併せてユーザの目に留まる機会を増やすことで、民間企業等による産業利用の加速を図ってまいりたい。 　引き続き、有識者により構成された研究開発技術委員会の助言・評価を得て適切にPDCAを回しつつ、軌道上での着実な実証を進め、並行して、時代の流れ（ニーズ）に即した宇宙開発を見据えてプロジェクトを進めていく方針である。	
（評価WGの所見） ○＜事業アウトカムの妥当性＞、＜事業アウトカム達成に至るまでのロードマップの妥当性＞ ・アウトカム指標として、資源探査をはじめとして様々な分野に応用することを追記するとともに、アウトカム達成に向けた検討をすること。	○本事業は石油資源遠隔探知のためのハイパースペクトルセンサの研究開発を行うことを目的としており、その性質上、石油開発企業等によるデータの総利用シーン数をアウトカムとしているが、当該ハイパースペクトルセンサは石油資源分野のみならず金属資源、森林、防災、農業、環境、海洋等、幅広い分野での利用が期待されることから、「データの利用促進に向けて、石油開発企業等による石油資源探査をはじめ様々な分野での利用シーン数や利用者登録数の向上を図る」旨をアウトカム指標に記載した。引き続き、ハイパースペクトルセンサの研究開発を継続し、その成果の活用が我が国宇宙産業の拡大に繋がるよう取り組んでまいりたい。	