平成30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7-4**

「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」 プロジェクト評価用資料 (中間評価)

平成30年10月15日

経済産業省製造産業局宇宙産業室 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構

| プロジェクト名 | 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 (旧: ハイパースペクトルセンサ等の研究開発) |
|------------------|--|
| 行政事業レビュ ーとの関係 | 平成 29 年度行政事業レビューシート 0159 |
| 上位施策名 | ・「日本再興戦略 2016」(平成 28 年 6 月 2 日閣議決定) ・「産業構造ビジョン 2010」(平成 22 年 6 月 3 日産業構造審議会産業競争力部会報告書) ・エネルギー基本計画(平成 26 年 4 月 11 日閣議決定) ・宇宙基本計画(平成 28 年 4 月 1 日閣議決定) |
| 担当課室 | 経済産業省製造産業局宇宙産業室 |

プロジェクトの目的・概要

ハイパースペクトルセンサは宇宙から地球表面を観測するセンサである。資源探査用衛星センサである ASTER (1999 年打上げ。既に設計寿命 (5 年) を超えて運用中) の後継機として開発を行い、物質の解析に有用なスペクトル分解能を飛躍的に向上させ、より高精度なデータを得ることを可能とする。このデータを解析することによって石油埋蔵地域のより詳細な特定を行うことができるため、今後の石油資源の安定的な確保に非常に有用である。

ASTER センサと比較し、スペクトル分解能を向上(バンド数:14→185) させたハイパースペクトルセンサを開発する。ASTERでは10種類程度の地表鉱物の推定が可能であったが、ハイパースペクトルセンサでは、30種類程度の鉱物の特定ができる。このセンサにより、一層精度の高い石油資源の遠隔探知(リモートセンシング)が可能になるほか、事業化段階における効率的なパイプライン建設、周辺環境への影響評価(土壌汚染、水質汚濁、森林・農業への影響)への利用が可能となるため、国際宇宙ステーション(ISS)に搭載した宇宙実証を行う。

| 予算額等 | (委託) | (単位・ | 百万円) |
|-------------------------|----------------|------|------|
| 1' JT 100 7T | \ 3 - 1 | (辛位. | |

| 開始年度 | 終了年度 | 中間評価時期 | 終了時評価時期 | 事業実施主体 |
|-----------|-----------|-----------|---------|---------|
| | | | | |
| 平成27年度 | 平成33年度 | 平成30年度 | 平成34年度 | 宙システム開発 |
| | | | | 利用推進機構 |
| H27FY 執行額 | H28FY 執行額 | H29FY 執行額 | 総執行額 | 総予算額 |
| 871 | 1, 150 | 1, 151 | 3, 169 | 3, 175 |

I. 研究開発課題(プロジェクト)概要

1. 事業アウトカム

2. 事業アウトカム指標

【アウトカム指標】

①センサそのものまたはセンサを搭載した衛星システム(地上局含む)を販売する事業、②衛星から得られる観測データや付加価値をつけた情報を販売する事業、の 2 種類の事業化を考えている。また事業化に至る前提として、ハイパースペクトルセンサは、ISS への搭載を想定し、平成 31 年度以降の打上・宇宙実証を想定している。この ISS での軌道上実証をもってセンサの実用化を確認することとする。

【アウトカム指標設定の根拠】

①近年、海外では低価格の衛星やセンサを複数組み合わせたコンステレーションによる複数衛星による地球観測のニーズが出てきている。そこでハイパースペクトルセンサというユニークなセンサとして海外への販売や技術提供、更には地上システムを含む衛星システム全体の提供を、官民の連携による海外売込みを推進していくことが重要である。②ハイパースペクトルセンサは沢山の波長を有していることから、高付加価値情報を広い分野に提供出来る可能性を有している。このため、現在開発中のセンサによる情報の活用を広く官民に促し、データ提供及び利用事業の発展を目指すことで市場の掘り起こしに務めることが重要である。

| 指標目標値 | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------|--|
| 事業開始時(19 年度) | 計画:事業アウトプットを達成す | 実績:事業アウトプットを達成 | |
| | る。 | した。 | |
| 中間評価時(30年度) | 計画:事業アウトプットを達成す | 実績:事業アウトプットを達成 | |
| | る。 | した。 | |
| 終了時評価時(34 年度) | 計画: ISS での軌道上実証をもっ | 実績:一 | |
| | てセンサの実用化を確認する。 | | |
| 事業目標達成時 | 計画: ①センサそのものまたはセ | ンサを搭載した衛星システム (地 | |
| 上局含む)を販売する事業、②衛星から得られる観測データ | | | |
| | 加価値をつけた情報を販売する事業、の 2 種類の事業化を達成す | | |
| | る。 | | |

2. 研究開発内容及び事業アウトプット

(1)研究開発内容

HISUI(Hyperspectral Image SUIte)ハイパースペクトルセンサは、資源探査用衛星センサである ASTER(1999 年打上げ。既に設計寿命 5 年を超えて運用中)の後継機として開発を行い、物質の解析に有用なスペクトル分解能を飛躍的に向上させ、より高精度なデータを得ることを可能とする。 ASTER センサでは鉱物の分類が 10 程度しかできなかったが、本センサにより 30 程度まで特定することができる。このデータを解析することによって石油埋蔵地域のより詳細な特定を行うことができるため、今後の石油資源の安定的な確保に非常に有用である。HISUI を開発し宇宙実証を行って、我が国への石油資源の安定供給のための高度リモートセンシング技術の向上及び利用の拡大を図ることを本研究開発の目標とする。

ハイパースペクトルセンサの開発目標諸元を表 2-1 に示す。目標設定に当たっては、ユーザの要求に合致していること、世界最高レベルの性能を有していることを前提に検討を行った。すなわち、航空機ハイパー、Hyperion などのデータを実際に使用しているユーザから高 SN データが必須との要望があり、世界的にも最高水準にある以下の SN が可能な目標とした。

VNIR (可視近赤外) 450 以上 SWIR (短波長赤外) 300 以上

宇宙実証は、ハイパースペクトルセンサを ISS に搭載して行う予定である。宇宙実証に係る本研究開発要素は、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、②宇宙実証システムの開発、からなる。図 2-1 に全体システムの構成を示す。

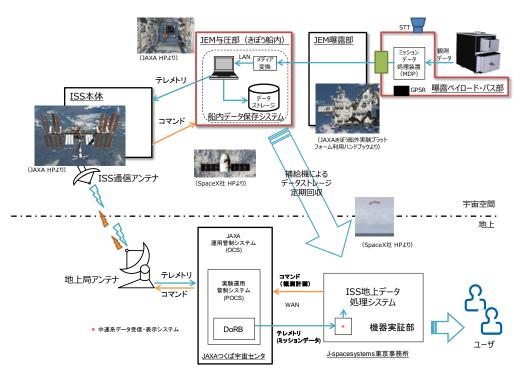
表2-1 ハイパースペクトルセンサの最終開発目標

| HS | 項目 | 達成目標 | | |
|----|-------------|----------------------------|--|--|
| 1 | 空間分解能 | 20m × 30m | | |
| 2 | 観測幅 | 20km (空間分解能の 1000 倍) | | |
| 3 | バンド数 | 185 (VNIR 58, SWIR 127) | | |
| 4 | 観測波長域 | 0. 4~2. 5 μ m | | |
| 5 | 波長分解能(バンド幅) | 10nm (VNIR) | | |
| | | 12.5nm (SWIR) | | |
| 6 | S/N 比 | 370@620nm | | |
| | | 270@2100nm | | |
| | | (前提:アルベド 30%・太陽天頂角 24.5 度) | | |
| 7 | MTF | 0. 2 | | |
| 8 | 量子化ビット数 | 12bit | | |
| 9 | オンボード圧縮・処理 | 有 | | |
| | | (可逆のデータ圧縮を有する) | | |

注1) VNIR:可視近赤外、SWIR:短波長赤外、アルベド:地表反射率

太陽天頂角:太陽方向と地表点の天頂のなす角 MTF::振幅伝達関数=光学解像度の品質指標

注2) 宇宙実証時の軌道高度: 410km程度



注3) 設計寿命 3年以上、目標寿命 5年

図 2-1 HISUI 全体システム構成

A 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は、平成 19~26 年度に、構成するコンポーネント及びセンサシステムの設計を行い、詳細設計審査会 (CDR) において最終目標性能を達成可能であることを確認している。また平成 23~26 年度に構成するコンポーネントのフライトモデルを製作し、軌道上環境での熱環境や機械環境に対する耐性、電磁適合性等を含む試験により、宇宙用としての品質を確認した。平成27~28 年度は、センサのフライトモデルの組立・インテグレーションおよび試験を行った。

また平成 27 年度より ISS に搭載して宇宙実証するための機能強化を開始した。目標性能の適合性 検討および詳細設計を実施している。

ハイパースペクトルセンサの外観、内部構造図を図 2-A-1、図 2-A-2 に、機能系統図を図 2-A-3 に示す。



図 2-A-1 ハイパースペクトルセンサ外観図

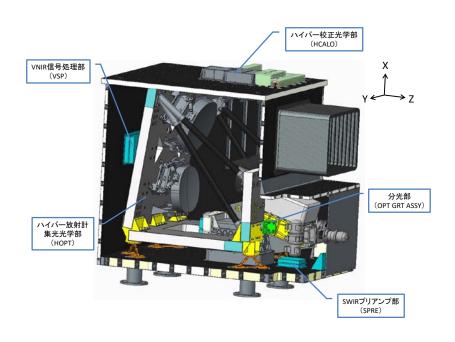


図 2-A-2 ハイパースペクトルセンサ放射計ユニット(HSRU) 内部構造図

ハイパースペクトルセンサ(HYPER) ハイパー放射計ユニット(HSRU) 分光部 (OPTGRTASSY) VNIR VNIR検出部 √ VNIR観測信号 信号机理部 (VDET ASSY) 集光光学部 (VSP) ハイパー 電気回路ユニット SWIR SWIRアナログ SWIR検出部 (HELU) ♪ SWIR観測信号 プリアンプ部 信号処理部 (SDET ASSY) (SPRE) (SASP) (CDA) ハイパー コマンド/テレメトリ 校正光学部 温度モニタノ (HCALO) ヒータドライブ センサ内 1次電源インタフェース 各機器 冷凍機制御部 校正電気部 (HCALE)

図 2-A-3 ハイパースペクトルセンサ機能系統図

① システム・インテグレーション

ハイパースペクトルセンサを構成するハイパー放射計ユニット(HSRU)に関して、ユニットレベルのインテグレーションの検討に基づき作成された手順書にしたがって放射計ユニットのインテグレーションを行った。計画されていたインテグレーション作業をすべて行い、試験フェーズへ問題無く移行した。

ハイパー放射計ユニットは、以下に示す光学サブアセンブリおよび 3 つのコンポーネントと、これらのサブアセンブリおよびコンポーネントを適切な精度で保持するための構造体と計装からなる。

- · ハイパー放射計サブアセンブリ (HSRU)
 - -ハイパー放射計集光光学部(HOPT)
 - 一分光部組立 (OPT GRT ASSY)
- ハイパー校正光学部(HCAL0)
- ・ SWIR プリアンプ部 (SPRE)
- · VNIR 信号処理部 (VSP)
- · 構造体
- 計装

2 試験

プロトフライト試験の検討をおこない、検討の結果作成された試験手順書に従って放射計ユニットのプロトフライト試験を行った。また、ハイパースペクトルセンサシステムとしてプロトフライト試験を行った。以下にプロトフライト試験の概要について述べる。なお、ハイパースペクトルセンサはハイパー放射計ユニット、コンポーネント類から構成されるので、コンポーネントについてもプロトフライト試験の概要について述べる。

ア コンポーネントプロトフライト試験

ハイパースペクトルセンサを構成する以下のコンポーネントに関してプロトフライト試験を行い、 プロトフライト試験報告会等において報告を行った。この結果、製造、検査及び試験を行ったコン ポーネントのプロトフライトモデルは、仕様書の要求事項を満足しフライトに供しうる品質を有していることが確認された。

≪対象コンポーネント≫

- ・SWIR アナログ信号処理部 (SASP)
- ・ハイパー校正電気部 (HCALE)
- · 冷凍機制御部 (CCE)
- ・ハイパー電気回路ユニット(HELU)

イ ハイパー放射計ユニットプロトフライト試験

放射計ユニットのプロトフライト試験を行いプロトフライト試験終了後、これらの成果を認定試験 後審査インプットパッケージにまとめ、認定試験後審査(PQR)を実施した。この結果、製造、検査 及び試験を行ったプロトフライトモデルは仕様書の要求事項を満足しフライトに供し得る品質を有 していることが確認された。

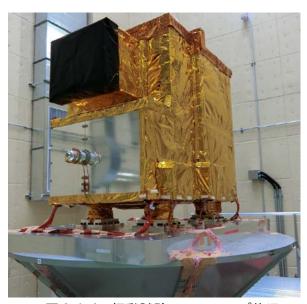


図 2-A-4 振動試験セットアップ状況

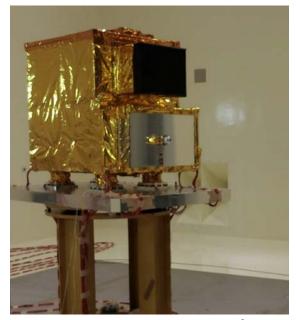


図 2-A-5 音響試験セットアップ状況

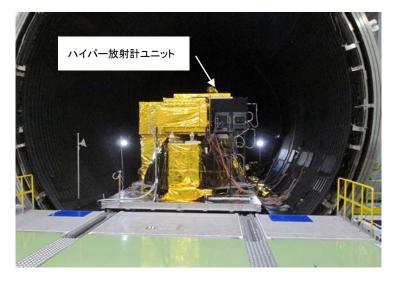


図 2-A-6 **熱真空・熱バランス** 試験セットアップ状況

最終電気・光学性能試験については、コリメータを使用した初期電気・光学性能試験と同様の試験コンフィギュレーションの他に、2通りの試験コンフィギュレーションで試験を実施した。ひとつは、コリメータに替えてモノクロメータを使用してスペクトラルな項目に関して試験を行った。もうひとつは、コリメータに替えて積分球を使用してラジオメトリックな項目に関して試験を行った。試験の結果、各試験項目に関して試験仕様の規格を満足していることを確認した。

ウ ハイパースペクトルセンサ試験

ハイパー放射計ユニットとハイパースペクトルセンサの各独立コンポーネントであるハイパー電気回路ユニット(HELU)等を合わせたハイパースペクトルセンサとしての総合試験として実施した。 試験の結果、各試験項目に関して試験仕様の規格を満足していることを確認した。

プロトフライト試験終了後、これらの成果は認定試験後審査インプットパッケージにまとめ認定 試験後審査(PQR)を実施した。審査においては「第1回 高性能ハイパースペクトルセンサ等研究 開発技術委員会」のレビューを受けた(2017年3月6日開催)。この結果、製造、検査及び試験を 行ったプロトフライトモデルは、仕様書の要求事項を満足しフライトに供し得る品質を有している ことが確認された。

③ ISS 搭載に向けての設計

ハイパースペクトルセンサの ISS 搭載については、開発中の同センサを極力生かして曝露ペイロードバス部に搭載する事でコスト低減・開発スケジュールへの影響回避を図る方針とした。そのため、構造・熱制御設計の変更に係る開発は、曝露ペイロードバス部の設計終了時点で調整していく方策をとった。

ア センサ目標性能の適合性検討

ハイパースペクトルセンサの「宇宙実証時の達成目標値」に対する実現性、適合性の評価結果を 行い、全ての項目に対して適合していることを確認した。表 2-A-1 に、基本計画で示されている目 標性能に対する適合性一覧を示す。

| No. | 項目 | 達成目標 | | 適合性 |
|-----|------------|---------------|----|---------------------|
| 1 | 空間分解能 | 20m × 30m | 適合 | 20m (CT) × 30m (AT) |
| 2 | 観測幅 | 20km | 適合 | |
| 3 | バンド数 | 185 | 適合 | VNIR: 57, SWIR: 128 |
| 4 | 観測波長域 | 0. 4~2. 5 μ m | 適合 | VNIR: 0.4~0.97 μm |
| | | | | SWIR: 0.9∼2.5μm |
| (5) | 波長分解能 | 10nm (VNIR) | 適合 | |
| | (サンプリング) | 12.5nm (SWIR) | | |
| 6 | S/N 比 | 370 @620nm | 適合 | |
| | | 270 @2100nm | | |
| | | 注 1 | | |
| 7 | MTF | 0. 2 | 適合 | |
| 8 | 量子化ビット数 | 12bit | 適合 | |
| 9 | オンボード圧縮・処理 | 有 | 適合 | |

表 2-A-1 目標性能の適合性

イ 詳細設計

(システム電気設計)

ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサの電気系詳細設計及びシステム電気設計を実施した。その結果、以下の 2 点について、ISS 搭載に向けて変更のあることが識別された。

- ① 電源ライントランジェント条件及び EMC 規定
- ② 放射線環境条件

(構造数学モデルの提示)

曝露ペイロードバス部構造解析用のハイパースペクトルセンサ「HSRU I/F 構造数学モデル」に変更はない。

(熱数学モデルの提示)

曝露ペイロードバス部熱設計解析のため、ハイパースペクトルセンサ部の「HSRU I/F 熱数学モデル」の改版を行った。

(サーモスタット追加に関する設計解析)

ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサの打上時および軌道上運用時の熱解析の結果、ハイパー放射計ユニット (HSRU) の一部の温度が仕様下限値を下回るため、Dragon 宇宙船と ISS ロボットアームからの給電によるヒータ制御系統 (S-BOX) を追加する変更設計を検討した。

ウ 安全設計

ハイパースペクトルセンサを ISS に搭載するために、ISS 側から要求される安全に関する課題を抽出し、その対策を立案・実施した。NASA/JAXAによる安全審査は3段階(フェーズ0/1、フェーズ2、フェーズ3)があり、曝露ペイロードシステムと共にフェーズ0/1について審査を受け、合格している。

B 曝露ペイロードの開発

ハイパースペクトルセンサは ISSの日本の宇宙ステーション取付型実験モジュール (JEM: Japanese Experiment Module) の曝露部の EFU#8 に設置して宇宙実証を行う(図 2-B-1)。そのため、同センサを制御・運用するための装置である曝露ペイロードの開発を平成 27 年度より開始した。

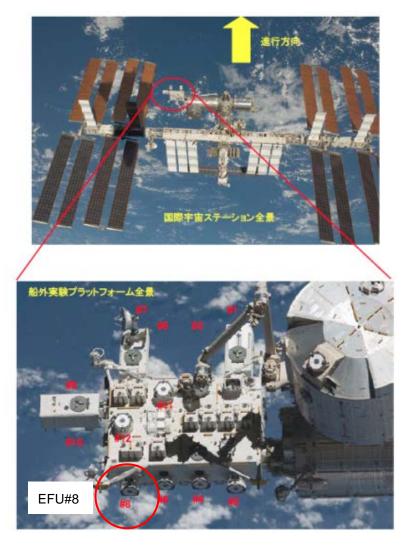


図 2-B-1 国際宇宙ステーション(ISS)と JEM 曝露部

曝露ペイロードは、JEM 曝露部に設置し観測データを取得する曝露ペイロードシステム(曝露ペイロードバス部+ハイパースペクトルセンサ)と JEM 与圧室内に設置し、取得データを格納ないしは地上にダウンリンクする船内データ保存システムからなる(図 2-1)。

① 曝露ペイロードシステム

曝露ペイロードシステムは JEM 曝露部に設置され、観測計画にしたがって観測データを取得し、 軌道・姿勢情報や各種装置作動情報とともに船内データ保存システムに送信する。曝露ペイロードシステムの外観図を図 2−B−2 に、システムブロック図を図 2−B−3 に示す。

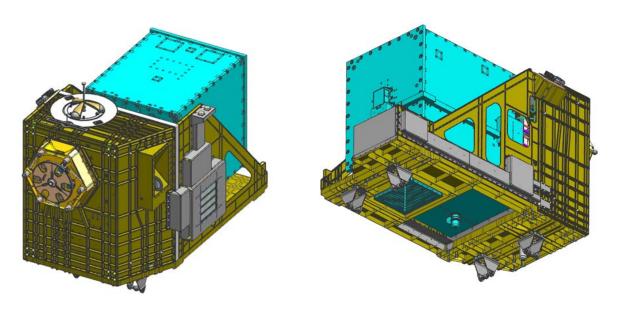
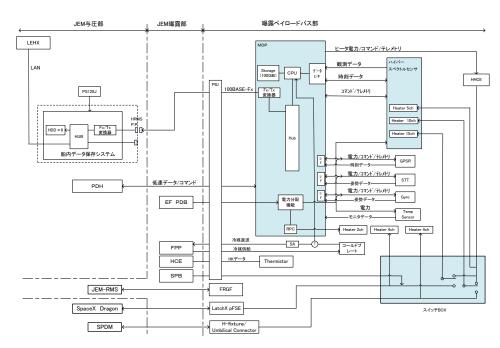


図 2-B-2 曝露ペイロードシステム外観図



(ハイパースペクトルセンサ機器搭載状態)

図 2-B-3 曝露ペイロードバス部 システムブロック図

ア システム設計

平成 27~29 年度は基本設計・詳細設計を行い、詳細設計審査会(CDR1:平成 29 年 7 月、CDR2:平成 29 年 9 月)において、熱設計問題を除いて最終目標性能を達成可能であることを確認し、製造に移行した。

a. 形状/構造設計/質量設計

曝露ペイロードシステムの形状は、各種要求条件を満足するように設計を行った。

また Dragon 打ち上げ、ロボットアーム移設、JEM 係留中の各運用フェーズでの剛性要求を満足することを確認するため剛性解析を実施した。特に解打ち上げ時剛性について Dragon 輸送機との Coupled Load Analysis (CLA) により荷重条件の妥当性を確認するため NASA/SpaceX 社に CLA を依頼し、全運用フェーズで剛性要求を満足する事を確認した。製造から廃棄に至るまでの荷重に対して、規定された安全率を確保出来、強度要求を満足する見通しを得た。

質量は、Dragon、SPDM、JEM 曝露部の各要求から、ノミナル 550 [kg] /max 570 [kg] 以下の開発仕様が要求され、要求を満足するよう設計を行った。質量中心、慣性能率に対する要求についても、機器配置を適切に行うことで各インタフェース要求を満足するよう設計した。

b. 電源系

図 2-B-4 に電源ブロック図を示す。電源は、Dragon 輸送機(打上~係留時)、ISS/SPDM(ロボットアームによる移設時)および JEM(運用時)である。;

- ・実験用電力をミッションデータ処理装置(MDP)に供給し、MDPからヒータ、ハイパースペクトルセンサ、サポートセンサ、HHCE等に電力を供給できる。また MDPが有する電力遮断器(RPC)により各機器への電力供給を制御できる。
- ・サバイバル用電力を HSRU ヒータ切換ボックス(S-box)に供給し、S-box からヒータに電力を供給できる。
- · Dragon Cargo 用電力を S-box に供給し、S-box からヒータに電力を供給できる。
- ・SPDM 用電力を S-box に供給し、S-box からヒータに電力を供給できる。
- c. 熱制御系 (ATCS、PTCS)

(i)能動熱制御系(ATCS)

JEM 曝露部から曝露ペイロードシステムに排熱を吸収するための冷媒が供給される。機器に取付けたコールドプレートを介し冷媒へ排熱する ATCS について設計を実施した。JEM 全体流量削減のため、バイパスラインを削除して曝露ペイロードシステムへの流量配分を減らしている。

(ii)受動熱制御系(PTCS)

曝露ペイロードシステムの外表面における熱放射により排熱する受動熱制御について、以下の各フェーズについて、熱数学モデルを Dragon 輸送機または ISS の熱モデルに組み込んで解析、検討を実施した。

- a. Dragon 搭載·Dragon 単独飛行時
- b. Dragon 搭載·Dragon ISS 結合時
- c. Dragon → JEM 曝露部移設時
- d. JEM 曝露部結合時

解析結果に基き、ヒータ系統を設計し、使用するヒータおよびサーモスタットを選定した。また曝露ペイロードシステムを覆う多層断熱材(MLI)の設計を実施した。

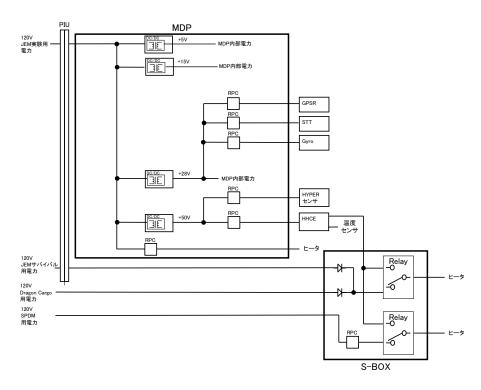


図 2-B-4 電源ブロック図

d. ミッションデータ処理装置(MDP)

ミッションデータ処理装置 (MDP) は、曝露ペイロードシステムの通信・制御系および電力系の制御を行う電子機器である。開発仕様を確定し基本設計を行って、平成28年8月にMDP単体としての基本設計審査会(PDR)を実施した。その後、詳細設計とエンジニアリングモデル(MDP/EM)の設計、製作、試験を経て平成29年7月に詳細設計審査会(CDR)を行い、プロトフライトモデル(MDP/PFM)の製作、試験に移行する結論を得た。現在は、MDP/PFMの製作中である。またMDPソフトウェアの要求使用を制定し、設計を行なって平成29年7月にソフトウェア設計確認会を実施し、製作に移行した。図2-B-5にMDP/EMの外観を示す。





図 2-B-5 MDP/EM の外観図

MDP の主な機能を以下に示す。

- ・ハイパースペクトルセンサが取得した観測データの収集機能
- ・ハイパースペクトルセンサから収集した観測データの MDR-PM への転送機能
- ・ハイパースペクトルセンサへのコマンド送信機能
- ハイパースペクトルセンサからのテレメトリ受信機能
- ・サポートセンサへのコマンド送信機能
- サポートセンサからのテレメトリ受信機能
- ・JEMとの通信インタフェース機能
- ・JEM 供給電力の受電・制御機能
- ・曝露ペイロードバス部搭載機器への給電機能
- ・曝露ペイロードバス部搭載温度センサのデータ収集機能
- ・曝露ペイロードバス部搭載ヒータの制御機能
- ・MDP が収集したテレメトリの編集機能
- ・MDP 搭載ソフトウェアのアップデート機能

e. 通信系

通信系は、曝露ペイロードシステム内に搭載されるミッションデータ処理装置(MDP)と JEM 与圧 部内に搭載される船内データ保存システムに配置され、以下の機能を有する。;

- ・曝露ペイロードシステムは、MDPを介して低速データ伝送系により JEM の通信制御系のペイロードデータ処理装置と通信する機能を有する。また高速データ伝送系を介して船内データ保存システムと通信ができる。
- ・曝露ペイロードシステムは、MDP を介してハイパースペクトルセンサ、サポートセンサ (STT、GPSR、Gyro) 等と通信ができる。

基本設計、詳細設計を行なった。

f. サポートセンサ

ハイパースペクトルセンサにより観測を行う際には、観測方向が地表のどの位置を指向しているかを精度よく知る必要がある。センサの指向方向を決定するためには、観測データと同時に曝露ペイロードシステムの位置・姿勢・時刻情報を取得する。これらの情報を取得するために、曝露ペイロードシステムには、3種類のサポートセンサ、すなわち、スターセンサ(STT)、GPS 受信機(GPSR)、ジャイロセンサ(Gyro)を搭載している。サポートセンサの仕様については、ミッション要求からの指向精度要求を満足できる性能の機種を選定した。図 2-B-6 に各サポートセンサの外観図を示す。



(b) スタートラッカ(STT)



(a) GPS 受信機(GPSR)



(c) ジャイロセンサ(Gyro)

図 2-B-6 サポートセンサ外観図

イ 調達・製造

長納期部品・コンポーネントの調達を行った。一部の部品・コンポーネントを除いて調達済であり、残りは平成30年度以降で調達していく。

ミッションデータ処理装置 (MDP) は、プロトフライトモデル (MDP/PFM) の製作、試験を実施した (平成30年度まで継続)。また MDP ソフトウェアの製作・単体試験を実施した。

ウ 残課題 (熱設計対応)

曝露ペイロードシステムの熱設計解析を実施した結果、ハイパースペクトルセンサの許容温度範囲 $(0\sim40^\circ\text{C})$ を逸脱する事が明らかになり、その対策として形状設計変更および、Dragon 輸送機 (打 上~係留時)、ISS/SPDM (ロボットアームによる移設時) および JEM (運用時) からハイパースペクトルセンサのヒータに供給される電力を制御する Switch-box(S-box) を設計し、プロトフライトモデルの製作に着手した。この設計変更の効果を確認すべく、Dragon 輸送機の打ち上げ・自由飛行および係留時での熱解析 (MRAD) 解析を NASA/SpaceX 社に依頼している (注 : 平成 : 30 年 : 月時点で、許容温度逸脱箇所はほとんどなく、現設計で問題ない事を確認している: :

② 船内データ保存システム

船内データ保存システムは JEM 与圧室内に設置され、曝露ペイロードシステムから送信されてきた観測データ、軌道・姿勢情報および各種装置作動情報を交換可能なストレージデバイス(HDD)に記録すると共に、一部の観測データおよび軌道・姿勢情報および各種装置作動情報を地上にダウンリ

ンクする。また、地上からに指示により指定された観測データを地上にダウンリンクする。図 2-B-7、2-B-8 に船内データ保存システムの外観図とシステムブロック図を、表 2-B-1 にシステム仕様を示す。



表 2-B-1 船内データ保存システム 仕様概要

| 項目 | 仕様 | 備考 |
|------|---|------------------------|
| 打上形態 | CTB(Cargo Transfer Bag)に梱包 | |
| 寸法 | 400 L × 260 W × 140 H (mm) | JEM与圧部との接続 ケーブルを除く。 |
| 質量 | ノミナル8 (kg) , max. 10 (kg) | HDD6台、接続ケー ブルを除く。 |
| 消費電力 | 平均最大消費電力 : 50 (W) ピーク最大消費電力 : 60 (W) | |
| 通信系 | 中速データ伝送系(LAN) 高速データ伝送系(光LAN) | |
| 熱制御系 | ファンによる強制空冷 | |

図 2-B-7 船内データ保存システムの外観図

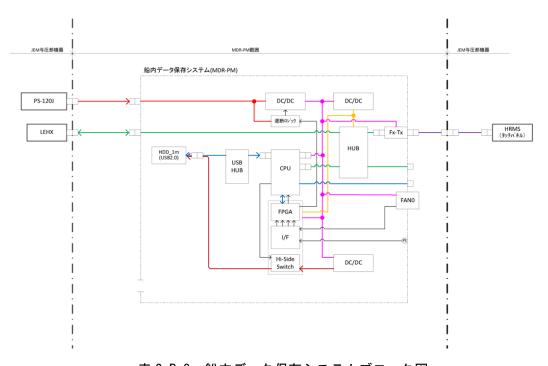


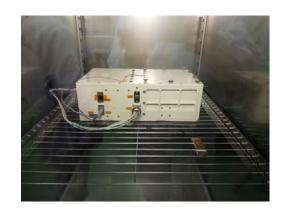
表 2-B-8 船内データ保存システムブロック図

ア システム設計

平成 27~29 年度は基本設計・詳細設計を行い、詳細設計審査会(CDR1: 平成 29 年 7 月)において最終目標性能を達成可能であることを確認し、製造・試験に移行した。

イ 製造・試験

平成 29 年度に製作及び試験を行った。図 2-B-9 に試験実施時の写真を示す。



a. 熱サイクル試験セントアップ



b. 振動試験



c. EMC 試験

d. SSPS2015 試験

図 2-B-9 船内データ保存システムの試験

③ ISS、JEM および輸送機とのインタフェース調整

ア JEM とのインタフェース検討

JEM 曝露実験ペイロードに対する標準的なインタフェース仕様の詳細については、以下の JAXA 文 書に要求事項が規定されている。

- NASDA-ESPC-2563 「JEM ペイロードアコモデーションハンドブック Vol. 3 **曝露部/ペイロード標準インタフェース管理仕様書」**
- ・NASDA-ESPC-2564 「JEM ペイロードアコモデーションハンドブック Vol. 4 JEM マニピュレータ/ペイロード標準インタフェース管理仕様書」
- ・NASDA-ESPC-2567 「JEM ペイロードアコモデーションハンドブック Vol. 7 通信プロトコル・管制サービス標準インタフェース管理仕様書」

平成 27 年度~平成 28 年度の基本設計検討において、曝露ペイロードシステムは、搭載するハイ パースペクトルセンサの形状・質量により、上記文書に示される標準要求に対して一部の項目は適 合しないことが識別された。

標準要求に適合しない項目については、別途「JEM 全体システム/ISS 搭載型ハイパースペクトル センサ I/F 管理仕様書(JX-ESPC-101469)」を作成し、非適合事項の要求緩和について JAXA と調整 を行い、仕様書に反映し制定された。制定されたインタフェース管理仕様書をベースライン文書と して、詳細設計審査会(平成29年度7月、9月)を実施し、要求項目を満足することを確認した。

イ 輸送機(Dragon)とのインタフェース検討

曝露ペイロードシステムの ISS/JEM への輸送および廃棄には、SpaceX 社の Dragon 輸送機を使用する (図 2-B-10)。



図 2-B-10 SpaceX Dragon 輸送機

Dragon 輸送機のインタフェースに関する要求は、SpaceX 社文書の Dragon Interface Definition Document (IDD) に規定されている。Dragon IDD の要求事項を満足するように詳細設計を行い、Dragon への搭載・打ち上げの成立性を確認した。図 2-B-11 にその搭載図を示す。

一方、Dragon 輸送機との機械的・電気的インタフェースである結合機構については、Dragon 輸送機側の改良設計(LatchX pFSE V2.0)結果に対して追加評価を行った。

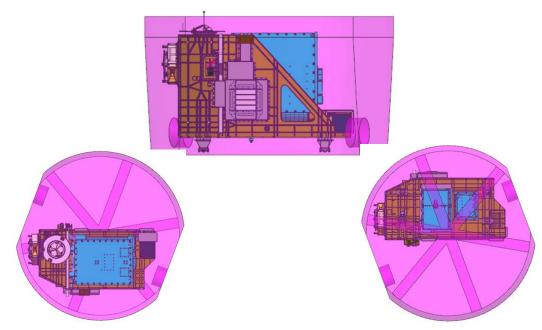


図 2-B-11 Dragon 搭載図

ウ SPDM とのインタフェース検討

曝露ペイロードシステムは、Dragon 輸送機から JEM 曝露部に移設するために、機械的把持用のインタフェースとして、H-fixture/MTC Target (図 2-B-12)、電力受給用のインタフェースとしてアンビリカル・コネクタ (図 2-B-13) を有する。これらの SPDM とのインタフェースに関する要求は、

JAXA の SSP (Space Station Program) 文書に規定されており、開発仕様書の適用文書となっている。 SSP 文書で要求される H-fixture/MTC Target の取付け精度、把持エンベロープ、EVA エンベロープ等の要求を満足するよう設計を行った。





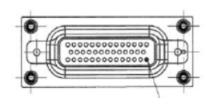


図 2-B-12 H-fixture ✓ MTC Target

図 2-B-13 アンビリカル・コネクタ

④ 安全審査への対応

ハイパースペクトルセンサを ISS に搭載するためには、ISS/JEM の要求する安全要求に適合しなければならない。そのため、NASA/JAXA が行う安全審査に合格する必要がある。安全審査は開発工程に準じてフェーズ 0/1 (基本設計終了近辺)、フェーズ 2 (詳細設計終了近辺)、フェーズ 3 (システム試験終了近辺) の 3 段階で行う。

ハイパースペクトルセンサの安全審査対応には、ハイパースペクトルセンサの ISS 搭載時に要求 される安全に関する課題を抽出し、その対策を立案・実施する必要があり、そのためにはハイパー スペクトルセンサのハードウェアの設計・解析の内容、構成する部品・材料に関する知見が必須となる。また、ISS の安全審査の要求事項や審査方法および対応の実務実績に基づく知見が必要である。

表 2-B-2 に HISUI の安全審査実施スケジュールを示す。曝露ペイロードシステムはフェーズ 0/1 の安全審査が終了 (JAXA フェーズ 0/1 安全審査(平成 29 年 X 月)、NASA フェーズ 0/1 安全審査(平成 29 年 10 月) しており、曝露ペイロードシステムはフェーズ 2 安全審査に向けて、船内データ保存システムは JAXA フェーズ 0/1/2 安全審査に向けて準備中である (注:船内データ保存システムはハザードの程度が低いと評価され、JAXA のみの審査、またフェーズ 0/1 とフェーズ 2 を一緒に実施する事になっている)

| 審査対象 | FYH29 | (2017) | FYH30 | (2018) | FYH31 | (2019) |
|-----------------|----------------------|----------------------|------------------|----------------------------|-------|---------------------|
| 曝露ペイロード システム | ▼ J NASA ф0/1 SRF | AXA φ0/1 SRP ▼ NA | ASA φ2 SRP ▽ | XA φ2 SRP /2 SRP ▽ Grou | v | ф3 SRP SA ф3 SRP |
| 船内データ 保存システム | • | JAXA φ0/1/2 SF | RP ▼ JAXA | ф3 SRP | | |

表 2-B-2 安全審査実施スケジュール

C 宇宙実証システムの開発

宇宙実証支援システムは、宇宙実証等によるハイパースペクトルセンサの性能評価を支援するための地上システムであり、大別して①地上データ処理システム、②解析システム(機器実証部)から構成される。

地上システムは、衛星搭載対応システムとして、(a) 利用者より HISUI の観測要求を受け付け、観測計画を立案する機能、(b) 観測したデータに幾何補正、放射補正等を施し画像データを生産・保存する機能、(c) ユーザからの画像検索・注文・配付を行う機能、(d) センサの機能、性能を検証する機能、(e) センサの校正処理を評価する機能等を有する総合地上システムである。図 2-C-1 に地上システムの全体図を、また表 2-C-1 に地上システムで取り扱うプロダクトを示す。

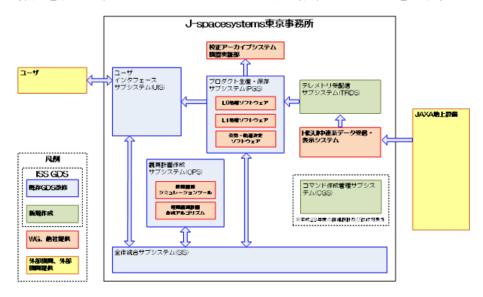


図 2-C-1 地上システムの全体図

① 地上データ処理システムの開発

地上システムの大きな部分を占める地上データ処理システム(GDS)は、平成 26 年度まで衛星搭載センサ用のシステムとして設計、製造作業を実施して来ている。平成 27~28 年度はそれらの試験と維持設計を実施した。また平成 27 年度からは ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサの宇宙実証用に改修設計を実施し、基本設計審査会(PDR、平成 29 年 3 月)、詳細設計審査会(CDR、平成 30 年 1 月)を通じて設計結果の審査を行って最終目標を達成可能であることを確認して製造に移行した。

ア 衛星搭載センサ用地上データ処理システムの開発(平成27~28年度)

a. インタフェース試験

機器実証部ー地上データ処理システム、ミッション運用局ー地上データ処理システム間のインタフェース試験を行い、地上データ処理システムの衛星搭載を前提とした運用性を確認した。

b. 維持設計

以下の維持設計を行なった。

- ・欠損画素の補間対応
- 雪氷域を判断する方法の検討
- ・1G プロダクトシーンカット方法の変更対応

表 2-C-1 地上システムで取り扱うプロダクト

| プロダクト 名称 | 説明 | フォーマット | 用途 |
|-------------|--------------------------|---------------------|------|
| | 曝露ペイロードで発生した観測データ | 画像データ: CCSDS パケット | 一時保管 |
| L0 データ | (生データ)を格納したデータセット。 | テレメトリデータ:テレメ | |
| セット | 曝露ペイロードから以下の 2 経路で取得 | トリに UDP データ(CCSDS へ | |
| | する。 | ッダが付加されたデータ | |
| | ・ダウンリンク | | |
| | ・ストレージ(HDD)輸送 | | |
| | LO データセットに対しテレメトリ情報 | ・イメージファイル | 保管 |
| | 等の関連情報を加え、L1 プロダクト作成 | ・ライン情報ファイル | |
| LOB データ | 処理に必要な全ての情報を包括したデー | ・メタデータファイル | |
| | タ。 | ・撮像補助データファイル | |
| | | (VNIR のみ) | |
| | LOB データに対して 30km(+バッファ)に | TIFF 等 | 利用実証 |
| L1A | シーンカットしたデータ。各種補正のた | | |
| | めの情報を付属。 | | |
| | L1A に対して、放射量補正を施し、大気 | TIFF 等 | 利用実証 |
| L1R | 上端のラジアンスに変換したデータ。幾 | | |
| | 何投影によるリサンプリングを実施して | | |
| | いない。 | | |
| L1G | L1Rに対して、幾何補正(投影)・オルソ | GeoTIFF 等 | 利用実証 |
| | 補正(投影)を処理したデータ。 | | 一般公開 |
| L2G | L1G に対して大気補正し、地表面反射率 | GeoTIFF 等 | 利用実証 |
| | に変換したデータ。 | | 試験公開 |
| L1A_Cal | 校正モードで取得したデータについて、 | GeoTIFF 等 | 校正検証 |
| L1R_Cal | 波長域を統合して(L1A)、放射量補正 | | |
| | (L1R) したプロダクト。 | | |
| L1A_HR | 高波長分解モードで取得したデータに | GeoTIFF | 校正検証 |
| L1R_HR | ついて、放射量補正(L1R)・幾何補正(L1G) | | 利用実証 |
| L1G_HR | したプロダクト。 | | |

イ ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサ用地上データ処理システムの改修・機能強化 (平成 27 年度~)

ISS に搭載したハイパースペクトルセンサの宇宙実証のため、これまでに開発してきた地上データ処理システム(以下、既存 GDS と称す)に対して、機能追加および改修を行なった。

a. 要求仕様の整理

外部条件や運用条件が衛星搭載前提から ISS 搭載に変更になった事による要求仕様の整理を行った。当該整理作業に基づき、システムの設計作業、改修内容の整理を行った。表 2-0-2 に設計後の地上データ処理システムの各サブシステムの機能分担を示す。

表 2-C-2 地上データ処理システムの各サブシステム

| No. | 地上システムの 構成要素 | 概要 |
|-----|-----------------|--------------------------------------|
| 1 | テレメトリ受配信 | JAXA 地上システムから中速系データ受信・表示システムを経由し |
| | サブシステム | て受信した観測データやテレメトリを編集しISS搭載用GDSの各サ |
| | | ブシステムに配信する。 |
| 2 | コマンド作成管理 | 観測計画作成サブシステムが作成した観測計画を、曝露ペイロード |
| | サブシステム | の運用に必要なスケジュールコマンド群を格納したファイル(観測 |
| | | スケジュールファイル) へ変換する。作成したコマンドは、JAXA OCS |
| | | のコマンド送出制御系に提供する。 |
| 3 | ユーザインタフェー | 利用者からの観測要求受付、プロダクトの検索、プロダクト注文の |
| | スサブシステム | 受付、プロダクトの提供を行う。また、ユーザ情報管理を行う。 |
| 4 | 観測計画作成 | 観測要求に基づいて観測計画を作成し、観測計画をコマンド作成管 |
| | サブシステム | 理サブシステムへ送付する。また、観測要求、観測計画、観測実績 |
| | | の保存・管理、観測要求・実績の集計を行う。 |
| 5 | プロダクト生産・保存 | テレメトリ受配信サブシステムが生成した L0 データセットから、 |
| | サブシステム | プロダクト生産を行い、プロダクトの保存・管理を行う。また、利 |
| | | 用者のプロダクト注文に応じたプロダクトの生産を行う。 |
| 6 | 全体統合 | ネットワーク集中管理・監視、計算機稼働状況管理・監視、オペレ |
| | サブシステム | ータ用操作・監視画面、システム全体の起動・停止、システムリソ |
| | | ース管理を行う。 |
| 7 | 中速系データ受信・ | 中速データ伝送系でダウンリンクした観測データ、テレメトリデー |
| | 表示システム | タの受信とテレメトリのモニタを行う。 |

b. 基本設計

ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサ用地上データ処理システム(以下、ISS 搭載用 GDS と称す) を開発するため既存 GDS の改修内容を検討し、追加する機能・改修内容に関する基本設計を実施した。基本設計審査会(事前説明会、本審査会:平成 29 年 3 月) を開催し、要求仕様を満たす事を確認して、次工程(詳細設計)に移行した。

c. 詳細設計

ISS 搭載用 GDS の詳細設計を実施した。詳細設計審査会(事前説明会、本審査会: 平成 30 年 1 月) を開催し、要求仕様を満たす事を確認して、次工程(製造)に移行した。

② 機器実証部の開発

機器実証部は、(a) センサの健全性を確認する機能(機器モニタ機能)と、(b) センサ機器の観測精度を検証する機能(機器実証機能)、を有するシステムである。図 2-C-2 に機器実証部の位置付けを示す。

機器モニタ機能は、GDS から転送されるレベル OB データのメタデータファイルに含まれるテレメトリデータ(軌道姿勢データ、HK データ、センサアンシラリデータ等)について、モニタ画面へ表

示する機能を有している。また、テレメトリデータの保存・集計を行うとともに、グラフ表示と統 計処理も行う。

機器実証機能は、機器の精度等の検証を行うための機能を提供する。使用するデータは GDS から渡されるレベル OB データである。レベル OB データ及び各種校正結果ファイルの管理・保存はサーバにて行い、機器実証端末に対して配信を行う。端末では受信したデータを用いた幾何精度検証・波長精度検証・放射量精度検証などの各種検証を COTS (ENVI) のカスタマイズ機能として提供し、検証結果ファイルをサーバに格納する。

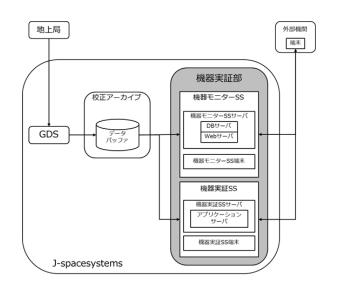


図 2-C-2 機器実証部の位置づけとシステム校正

平成 26 年度まで設計、製造作業を実施して来ており、平成 27~28 年度は維持設計を実施した。また平成 27 年度より ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサの宇宙実証用に改修・機能追加の検討を開始した。

ア 維持設計

既存 GDS 及び校正アーカイブシステムと機器実証部間のインタフェース確認書の調整を行うと共に、インタフェース試験を実施した。

イ ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサの宇宙実証に向けた仕様(改修、機能強化)の検討 曝露ペイロードと ISS 搭載用 GDS 間インタフェース調整に関して、機器実証部に関連するインタフェース部分の検討を行った。また機器実証機能を校正作業においても利用しかつ解析作業の一部 自動化して校正レポートを作成するための検討を行った。

③ サポートセンサ処理システムの検討・製作

ハイパースペクトルセンサデータの画像処理には、データ取得期間にわたって精度の良い姿勢情報が必要である。その要求精度を満たすため、曝露ペイロードに搭載されるサポートセンサ(スタートラッカ、GPS 受信機、ジャイロセンサ)データおよび ISS 軌道・姿勢データを用いた姿勢決定のアルゴリズムを検討しプログラムの製作を行った。

ア 姿勢決定アルゴリズムの検討

表 2-C-3、表 2-C-4 に示すサポートセンサ(STT、Gyro)を用いたノミナル姿勢決定アルゴリズムとサポートセンサが故障した時のバックアップ姿勢決定アルゴリズムを検討した。

| 表 2-C-3 姿勢決定方式 (1) | ノミナル姿勢决定(| ■:妥勢决定に使用するナータ) |
|--------------------|-----------|-----------------|
|--------------------|-----------|-----------------|

| 方式 | | | 方式の内容 | STT | Gyro | ISS |
|-----------|---------------|---------|-------------------------------|-----|------|-----|
| | | | | | | 姿勢 |
| ノミナル 姿勢決定 | STT 太陽非干 | 涉時 | STT、Gyro による姿勢決 定 | • | • | |
| 女男人足 | STT 太陽 干渉時 | オプション1 | Gyro による姿勢伝播 | | • | |
| | 1 <i>19</i> 9 | オプション 2 | Gyro と ISS 姿勢データを 併用した姿勢決定 | | • | • |

表 2-C-4 姿勢決定方式 (2)バックアップ姿勢決定(●:姿勢決定に使用するデータ)

| | 方式 | 方式の内容 | STT | Gyro | ISS |
|--------|---------------|----------------------|-----|------|-----|
| | | | | | 姿勢 |
| バックアップ | バックアップ姿勢決定 1 | STT データのみによる姿 勢決定 | • | | |
| 姿勢決定 | (Gyro 故障時) | 穷 决处 | | | |
| | バックアップ姿勢決定 2 | ISS 補助データによる姿勢決定 | | | • |
| | (STT 故障、または干渉 | 努沃 足 | | | |
| | 時) | | | | |

イ サポートセンサデータ処理ソフトウェアの製作

上記アルゴリズムの検討に基き、ハイパースペクトルセンサの姿勢・軌道情報を算出し、ISS 搭載のハイパースペクトルセンサの Level-1 プロダクト (L1) 生成ソフトウェアに入力する処理を担うソフトウェア (サポートセンサデータ処理ソフトウェア) の製作を行った。

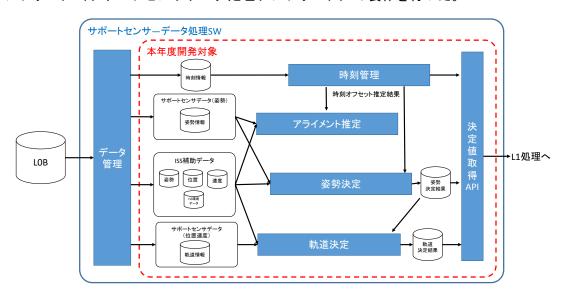


図 2-C-3 サポートセンサデータ処理ソフトウェア構成

(2) 事業アウトプット

A 事業アウトプット

事業アウトプット指標

以下に性能目標を示す世界最高レベルの高分解能ハイパースペクトルセンサを開発する。

- (ア) ハイパースペクトルセンサ (軌道高度 410km 時): 空間分解能 20mX30m 以下、 観測幅 20km、バンド数 185 以上、S/N 比 VNIR 450 以上、SWIR 300 以上 宇宙実証し、本事業終了時には、新型ハイパースペクトルセンサの実用化に向けた技術を確立 する。
- (イ) 当研究開発内容に係る論文ないしは学会における発表数を年間2件以上とする。

| 指標目標値(計画及び実績) | | | | | | | | |
|---------------|---------------------|----------------------|--|--|--|--|--|--|
| 事業開始時(19年度) | 計画: | 実績: | | | | | | |
| | 高分解能ハイパースペクトルセン | 高分解能ハイパースペクトルセンサ | | | | | | |
| | サの目標性能を設定する。 | の目標性能を設定し、開発を開始し | | | | | | |
| | | <i>t</i> =。 | | | | | | |
| 中間評価時(30年度) | 計画: | 実績: | | | | | | |
| | ① 上記性能目標を持つハイパー | ① (達成) | | | | | | |
| | スペクトルセンサを開発する。 | 空間分解能 20mX30m 以下、 | | | | | | |
| | ISS 搭載用ハイパースペクト | 観測幅 20km、バンド数 185以上、 | | | | | | |
| | ルセンサ機能強化、曝露ペイロー | S/N比 VNIR 450以上、 | | | | | | |
| | ド開発および宇宙実証システム開 | SWIR 300以上 | | | | | | |
| | 発において設計を完了する。 | 各システムの設計および設計審査を | | | | | | |
| | ② H27~H29 年度の論文ないしは | 完了し、製造を開始した。 | | | | | | |
| | 発表数 6 件以上 | ② (未達成) | | | | | | |
| | | 論文ないし発表数:5件 | | | | | | |
| 終了時評価時(33年度) | 計画: | 実績:一 | | | | | | |
| | ① 同上、 | | | | | | | |
| | ISS 搭載用ハイパースペクト | | | | | | | |
| | ルセンサを搭載した曝露ペイロー | | | | | | | |
| | ドを打ち上げ、JEM 曝露部に設置し | | | | | | | |
| | て、宇宙実証する。 | | | | | | | |
| | ② 論文ないし発表数 30件以上 | | | | | | | |

B 個別要素技術のアウトプット指標・目標値および達成状況

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

※ 補足 : マルチスペクトルセンサについては開発が完了し、事業終了済。

C 共通指標実績

| 論文数 | 特許等件数(出願を含む) | | |
|-----|--------------|--|--|
| 5 | 0 | | |

表 論文等リスト

| No | 投稿先 等 | 題目 | 時期 |
|----|--------------------|---|-------|
| 1 | IEEE IGARSS2015 | Current Status of Hyperspectral Imager Suite(HISUI) | 2015年 |
| | | | 7月28日 |
| 2 | IEEE IGARSS2016 | Current Status of Hyperspectral Imager Suite(HISUI) and | 2016年 |
| | | Its Deployment plan on International Space Station | 7月11日 |
| 3 | IEEE IGARSS2017 | Current Status of Hyperspectral Imager Suite(HISUI) | 2017年 |
| | | onboard International Space Station | 7月24日 |
| 4 | SPIE Europe Remote | Flight model performances of HISUI hyperspectral sensor | 2016年 |
| | Sensing 2016 | onboard ISS (International Space Station) | 9月26日 |
| 5 | SPIE Europe Remote | Flight model of HISUI hyperspectral sensor onboard ISS | 2017年 |
| | Sensing 2017 | (International Space Station) | 9月12日 |

3. 当省(国)が実施することの必要性 以下要点を記述する。

我が国石油資源の安定供給確保は喫緊の課題である。

こうした中、石油資源の遠隔探知を可能とする衛星データの活用により、例えば、諸外国の探鉱調査や有望地の絞り込みなどが可能となり、エネルギー安全保障の観点から、石油資源会社をはじめ近年では活用が進んでいる。

ハイパースペクトルセンサは従来のセンサ (ASTER) に比べスペクトル分解能が格段に高く、よりきめ細かく物質を推測・特定できる特徴を有することから、石油資源確保等への貢献が期待されている。

他方、本センサの開発には極めて高度な知見・専門性を要するものであり、世界各国でも開発競争が進められているがその専門性からいずれも発展途上段階。また、開発には多額の費用を要しかつ 長期にわたる研究であるため民間企業にとって投資リスクも大きいことから、国主導で事業を実施 する必要がある。

そのため、委託事業として実施する必要がある。

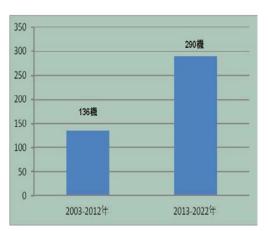
4. 事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ

事業アウトカムとして、①センサそのものまたはセンサを搭載した衛星システム(地上局含む)を販売する事業、②衛星から得られる観測データや付加価値をつけた情報を販売する事業、の2種類の事業化を考えている。特にデータ提供に関しては、各種の条件が明確になっていないところもあり、事業化に関しては概略の市場規模や効果の予測と、この開発センサを用いたデータ提供事業を行う上で検討を要する条件を明確化し、事業化の構想を検討した。

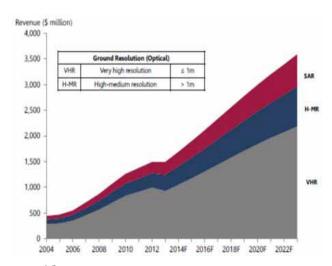
(1) 事業アウトカムの背景

①のセンサ販売事業については、内閣府殿資料(宇宙システム海外展開タスクフォースについて: 平成27年9月)によれば、図4-1の通り、「現在、最大の商業市場は、通信・放送衛星。近年、地球 観測衛星の需要が拡大。特に新興国市場は、今後10年で過去10年の4倍の需要が見込まれる中、政府 が調達を担うため、官民一体となった取組が受注の鍵を握る。」とされている。

②のデータ提供事業については、同じく内閣府殿資料(我が国の衛星リモートセンシング関連産業のあり方の検討について:平成27年5月)によれば、図4-2の通り、「世界の衛星画像の売上は\$1.58 (2023年予測:\$3.6B)。世界の衛星画像売上:安全保障59%, その他(公共、民間)41%世界の衛星画像売上:光学84%(1m以下は62%), SAR16%。 国内市場は約104億円(平成25年度)と推定される。」とのことであり、1mGSD以上の光学センサ(図の青色)の比率は22%、330億円(2013)。2023年には790億円と推定される。



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



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

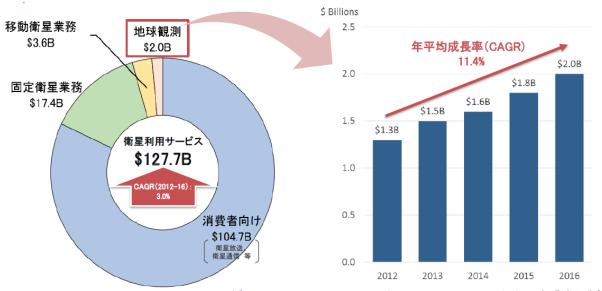
図 4-1 地球観測衛星需要予測

図 4-2 衛星画像売上予測

図 4-3 の総務省殿資料(4 次元サイバーシティの活用に向けたタスクフォース最終報告書(案): 平成 30 年 6 月)では地球観測市場は、年平均 11.4%の伸びを示している。これらはハイパースペクトルセンサだけのデータではないが、最も多くの波長情報を含むハイパースペクトルセンサデータが市場に投入されれば、大きく発展する可能性がある。



世界の地球観測市場の推移(2012-16年)



出典: 2017 State of the Satellite Industry Report (The Satellite Industry Association (SIA)、2017年6月)を元に作成

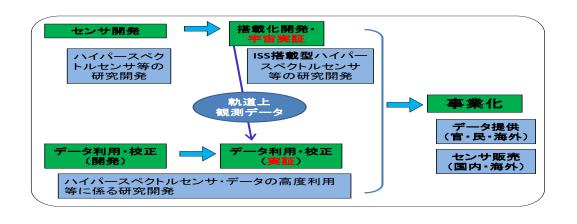
図 4-3 地球観測データ市場推移

(2) 事業アウトカム達成(事業化)までの流れ

A 実用化(宇宙実証)と事業化との関係

事業化を推進するためには、現在開発中のセンサによる実用化(宇宙実証)の成果が極めて重要である。センサについては実際に軌道上で機能・性能を達成し、実データが取得できることを実際に示すことが肝要である。データ提供については、軌道上からの観測データが実際に利用分野で活用できることを、実データでユーザに示すことが利用拡大につながる。この点で宇宙実証が事業化・販売促進のキーポイントと考えられる。

当研究開発の場合、「ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサ等の研究開発」事業により、平成 31 年度末頃に目標性能を満足するセンサが ISS に搭載され、平成 31~33 年度頃の軌道上実証により、実用化が確認される予定である。



4-4 宇宙実証と事業化

B 事業化構想

① センサ販売事業

開発中のハイパースペクトルセンサと同等のセンサやその発展型も含めて事業展開が考えられる。 事業の形態としては、以下のケースが考えられる。

- ・日本におけるプログラムの立上げ
- ・海外への展開

ア 日本におけるプログラムの立上げの提案

国内販売に関しては、官公庁・公的機関のデータ利用および民間利用においてもデータの継続性・発展性がキーポイントである。現開発センサの後継機の立上げを提案する。継続観測を実現するためには、平成31~32年度頃から開発プログラムの立上げが必要である。

データ利用の普及を図り、ハイパースペクトルセンサを民間の出資の可能性を検討する。衛星運用での事業化を民間に働きかけ、一部官民連携も視野に入れた衛星システム及び地上システムを含むトータルシステムの実現を目指した提案活動を行う。

イ 海外プログラムへの販売の推進

近年、新興国において衛星やセンサ保有を目指した開発の動きがある。また、日本政府の資金や 国家間の協力によって、海外プログラム実現の後押しをする動きがある。官民の連携も視野に入れ て、海外へのセンサ、衛星システム販売、更には地上システムを含むトータルシステムの販売の推 進を図る。

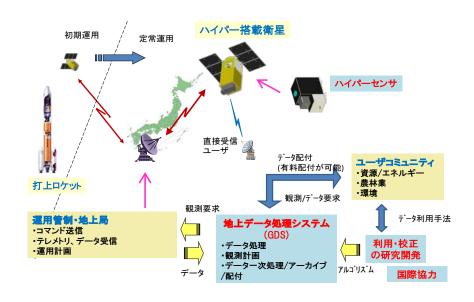


図 4-5 ハイパースペクトルセンサのトータルシステム

これらの事業化を推進するため、現在開発中のセンサによる実用化(宇宙実証)の成果が特に重要である。これまでの官のプロジェクトの場合には、性能の向上を図ることを目的に、開発要素を

多く要する開発であり、開発費用は比較的大規模である。データ利用重視、観測継続の方針を考慮し、後継センサは、繰り返しの製造、また小型軽量化・機能性能の絞り込み等の検討が必須である。また、民間や海外への販売を想定する場合には、よりダウンサイジングでの小型衛星搭載等のコスト検討が重要である。

② データ提供事業

ハイパースペクトルセンサは、高波長分解能を有していることから、高付加価値情報を広い分野に 提供出来る可能性を有している。ハイパースペクトルセンサデータの活用を広く官民に促し、データ 提供及び利用事業の発展を目指す。そのため、市場調査やデータ提供、各種データ利用に関する国内 外のユーザや連携先等の獲得、付随するデータ利用および連携条件の調整を実施する。

データ受信や処理に関する官と民の役割分担等明確化が必要な事項があるが、今後関係機関との調整を行ってこれらを明確化し、またデータ利用に関心のある企業との連携を深めデータ提供事業の発展を目指す(官民分担調整項目例:データアーカイブの分担、データ配信の権利、センサのメンテナンス、校正データへの保証、地上局の構成と整備分担、データ提供の価格設定や販売ルート)

これらの活動は、経産省殿事業として進めてきた「次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発 (ハイパースペクトルセンサデータの高度利用等に係る研究開発)」との連携を図り実施されている。

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

C 事業アウトカム達成(事業化)に向けたロードマップ 事業化に向けたロードマップを図 4-6 に示す。

今後のハイパースペクトルセンサのロードマップ

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

さらなる研究開発による①、②を実現

①センサの高空間分解能化、小型軽量化、②応用分野の拡大

軌道上データに基づく、高空間分解能化・小型軽量化

光学高精度アライメント技術の向上

オンボードデータ圧縮補正処理技術の向上

実証データを使った、新規利用ニーズ発掘・ユーザーの拡大

新分野(安全保障分野 等)への適用可能性の評価

HISUI-ハイパーセ<mark>ンサ</mark> の宇宙搭載に向けた開発 データの利用技術の国際共同開発

図 4-6 ハイパースペクトルセンサの事業化に向けたロードマップ

(3) 波及効果

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

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

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

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

A 研究体制への波及効果(人材育成、研究開発継続)

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

B 技術的波及効果

- ① 分光、校正技術が蓄積される。
- ② データ利用業者は、分光センサデータ利用に際してデータベースが必須であり、ハイパープロジェクトによる大量の分光データ取得はこのデータベース蓄積に大きく貢献する。

C 経済的波及効果、社会的効果

① 資源探査能力の向上

化石燃料資源の大半を輸入に依存する我が国においてその安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。ハイパースペクトルセンサの取得データから得られる地表面情報は資源の有無、分布などに関し従来の ASTER などのセンサのデータより精度の高い情報を提供できるため新しい油田や鉱床の発見、鉱床探査の効率化が可能となるなどによる、資源の安定供給の確保、資源国への開発支援に多大な効果が期待できる。

仮に新規油田の発見・開発 が実現した場合、数兆円~数十兆円の効果が期待される。

② その他 (環境監視・農林業等)

多数のスペクトルを有することから、土壌の質を見極め、植生の種類や生育状態を見極めるためにも大きな効果を発揮できる。更に、水質等の汚染状況の識別や陸域での土地利用の詳細な識別にも能力を発揮。このような特徴から、以下が期待できる。

・農産物の育成管理へ貢献が期待できる。国内農業生産額は約8.5兆円(平成25年度)であ

るが、この 0.1%が改善されれば、80億円の効果が期待される。

・海洋資源、鉱物資源やエネルギー探査、森林、河川等の環境監視等での情報提供による波及効果は計り知れなくなる。更に、分解能等の向上を図ることで、安全保障分野での利用にも大きな期待が出来る。

図 4-7 に宇宙実証から事業化および波及効果に至るフローを示す。

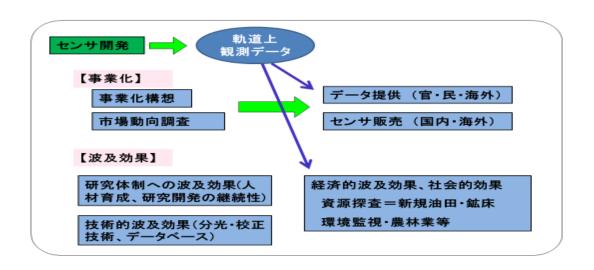


図 4-7 宇宙実証から事業化・波及効果に至るフロー

- 5. 研究開発の実施・マネジメント体制等
- (1)研究開発計画の策定

A ハイパースペクトルセンサの研究開発

本研究開発では、平成 28 年度までに高い波長分解能を有する高性能なハイパースペクトルセンサの技術の開発を行った。平成 27 年度からは ISS 搭載用に同センサを機能強化している。

図 5-1 に開発スケジュールを示す。

| | 19 年度 | 20 年度 | 21 年度 | 22 年度 | 23 年度 | 24 年度 | 25 年度 | 26 年度 | 27 年度 | 28 年度 |
|--|-------|-----------------|------------------|---------|-------|-------|----------------|------------|-------|-------|
| システム設計 概念設計 基本設計 詳細設計 | MRR. | EDO 中間評 ▲SRR | ² 価 ▲ | METI 中間 | 評価 ▲ | | 衛星計画の CDR-1 | © ▼ | 2 | |
| 要素試作 | | | | | | | | | | |
| センサ開発 評価モデル フライトモデル 設計・製作 試験 | | 開発課題 | : 高 SN 分 | 光検出系、 高 | 精度校正、 | データ圧縮 | | 地」 | -検証 | PQR▲ |

図 5-1 ハイパースペクトルセンサ等の研究開発 全体スケジュール (平成 19 年度~平成 28 年度)

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

CDR:詳細設計審查、PQR:品質確認試験後審查

内容は以下の通りである。

① センサシステムの設計

高性能な衛星搭載型ハイパースペクトルセンサの基本計画の実現を目的とした概念設計、基本設計、詳細設計、維持設計を行い、フライトモデルの開発仕様書の作成、維持を行う。「②センサシステムの要素技術開発」及び「③評価モデルによる検証」は基本設計、詳細設計に反映される。

② センサシステムの要素技術開発

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

- 高 S/N 比を実現する分光検出系技術
- 高精度校正系技術
- ・ 高速データ処理系、データ伝送系技術
- ③ 評価モデルによる検証

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

評価モデルとしては以下の2種類を開発する。

- ・ 「熱構造モデル」: 熱構造的な性能を確認するものとし、軌道上環境での熱環境や機械環境に 対する耐性について試験により確認する。
- ・ 「機能評価モデル」: 電気的な性能を評価するものとし、分光検出系、信号処理部、校正系、 伝送系の性能確認を行う。さらに、校正精度評価方法及び観測自動化技術の開発を行う。

④ フライトモデルの開発

- 「①センサシステムの設計」に基づきハイパースペクトルセンサのフライトモデルを設計·製作し、 地上検証試験によりセンサ性能目標値の実現性を確認する。衛星軌道上での運用に必要な各 種耐環境性、電磁適合性についても併せて検証する。
- ⑤ ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサの機能強化 上記のフライトモデルを ISS 搭載用に機能改修する。

B 曝露ペイロードの研究開発

本研究開発は、公募による選定審査手続を経て、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構(「機構」と呼ぶ)が経済産業省からの委託を受けて平成27年度より実施している。平成31年度にSpaceX社のDragon輸送機を用いた打上げを目途に、Aで開発してきたハイパースペクトルセンサをISSに搭載するためのJEM曝露部設置用ペイロード(曝露ペイロードシステム)を開発している。

C 宇宙実証システムの研究開発

ISS搭載型ハイパースペクトルセンサの宇宙実証に必要な宇宙実証システムとして、観測データの観測計画作成、データの保存・処理・配付を行う地上データシステム(レベル0処理部を含む)及びセンサの健全性の確認を行う機器実証部の開発を実施している。

D ハイパースペクトルセンサの宇宙実証

ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサは平成31年度下期にSpaceX/Dragon輸送機でISSに運ばれ、 JEM 曝露部に設置されて運用を開始し、その機能・性能について宇宙実証される。また観測計画に基いて観測データを取得、宇宙実証システムでデータ処理されて利用実証に供される。。

図 5-2 に、ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサ、曝露ペイロードおよび宇宙実証システムの研究 開発および運用・宇宙実証の全体スケジュールを示す。

| | 19年度 | 20年度 | 21年度 | 22年度 | 23年度 | 24年度 | 25年度 | 26年度 | 27年度 | 28年度 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|----------------|---------|------|-------|
| 宇宙実証支援システム機器実証部等 | | | | | | 設計 | ▲ PDR 設計 | CDR | | |
| 地上データシステム | | | | | | | PDR CD | 製造 R | 試験 | 教育・訓練 |

図 5-2 (1) 宇宙実証システムの研究開発スケジュール (平成 24~28 年度)

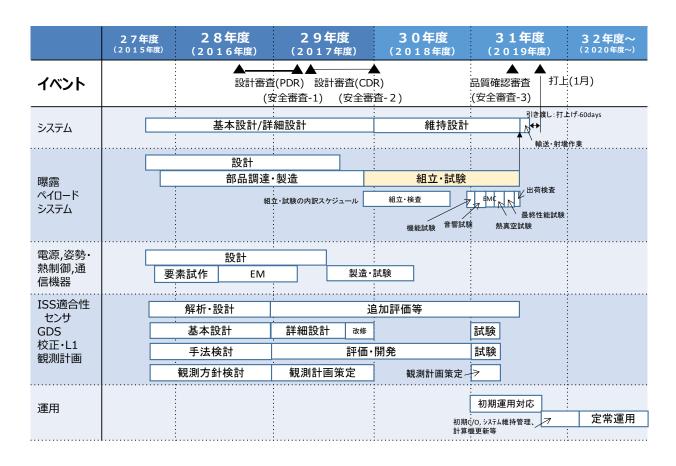


図 5-2 (2) ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサ、曝露ペイロードおよび 宇宙実証システムの研究開発スケジュール (平成 27~33 年度)

(2) 研究開発実施者の実施体制

A ハイパースペクトルセンサ等の研究開発 (平成 19 年度 ~ 平成 28 年度)

経済産業省

(平成 19 年度~平成 22 年度は、NEDO 執行事業。平成 23 年度より経済産業省直執行事業)

プロジェクトリーダ:岩崎 晃 東京大学 大学院工学系研究科 先端学際工学専攻 教授

(一財)宇宙システム開発利用推進機構 (Japan Space Systems)

(システム設計、フライトモデル製作、 市場・技術動向調査、プロジェクト管理、 宇宙実証システムの開発)

日本電気株式会社(NEC)

(ハイパースペクトルセンサ)

システム・コンポーネント設計、製造・試験、開発事業化検討

(宇宙実証システム(機器制御部))

機器制御部の開発

富士通株式会社(FJ)

(宇宙実証システム(地上データ処理部)) 地上データ処理部の開発 高性能ハイパースペクトルセンサ等研究開発技術委員会 (産業技術総合研究所 土田委員長)

機上校正検討チーム

HISUI 地上データ処理システム

開発委員会

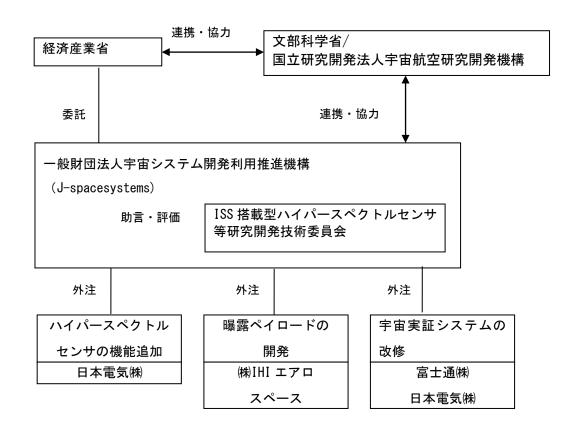
委員長:外岡秀行

(茨城大学工学部情報工学科

准教授)

B ハイパースペクトルセンサの研究開発(平成 27 年度~)

研究開発の実施にあたって経済産業省が指名する研究開発責任者(プロジェクトリーダ:東京大 学 岩崎晃教授)の下で効果的な研究開発を実施した。また研究開発内容の評価を適切に実施する ため、国内有識者からなる委員会を機構内に設け、事業計画、実施結果等の審議を実施する「ISS ハイパースペクトルセンサ等研究開発技術委員会」を設置した。



(3) 資金配分

A 資金配分

平成 27 年度から平成 29 年度までの資金配分実績は資金配分(実績)を表 5-1 に示す。図 5-1、5-2 の全体スケジュールに基づき、事業計画(研究開発計画)の各項目に配分し、各々の進捗に従い、 事業を適切に推進している。

| 表 5-1 | 单) | 位:百万円) | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|
| 年 度 | FYH27 | FYH28 | FYH29 | 合計 |
| センサ フライトモデル | 59 | 10 | _ | 69 |
| センサ ISS 搭載用機能強化 | 227 | 51 | 126 | 404 |
| 曝露ペイロード開発 | 403 | 897 | 890 | 2, 190 |
| 宇宙実証システム開発 | 182 | 192 | 135 | 509 |
| 合 計 | 871 | 1, 150 | 1, 151 | 3, 172 |

表 5-1 資金年度配分

B 作業分担

- ① ハイパースペクトルセンサ等の研究開発
 - ア 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
 - 総合システム設計
 - ・搭載衛星とのインタフェース調整
 - ・評価方法検討および試験結果等の評価
 - 開発計画書・仕様書の維持改訂
 - ・マルチスペクトルセンサ、ハイパースペクトルセンサのフライトモデルの開発
 - ・宇宙実証システムの開発
 - ・全体プロジェクト管理、委員会事務局運営 等
 - イ 日本電気株式会社
 - ・ハイパースペクトルセンサシステムのシステム・コンポーネントの設計:仕様および各 要素技術の技術的実現性の確認
 - ・要素技術の開発・評価
 - ・評価モデルの開発
 - ・試験計画立案、試験、評価データの分析、評価方法検討
 - ・センサ事業化の検討
 - 宇宙実証システム(機器制御部)の開発
 - ウ 富士通株式会社
 - ・宇宙実証システム(地上データ処理部)の開発・要素技術の開発・評価
- ② ハイパースペクトルセンサの研究開発
 - ア 一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
 - 総合システム設計
 - ・ISS/JEM/輸送機とのインタフェース調整
 - ・評価方法検討および試験結果等の評価
 - ・開発計画書・仕様書の維持改訂
 - · ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサのフライトモデルの開発
 - · ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサ用宇宙実証システムの改修
 - ・全体プロジェクト管理、委員会事務局運営 等
 - イ 日本電気株式会社
 - ・ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサシステムの機能強化のための設計: 仕様および各要素技術の技術的実現性の確認
 - ・要素技術の開発・評価
 - 評価モデルの開発
 - ・試験計画立案、試験、評価データの分析、評価方法検討
 - ・センサ事業化の検討
 - · ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサシステム用宇宙実証システム(機器制御部)の改修
 - ウ 株式会社 IHI エアロスペース

- ・ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサシステム用曝露ペイロードの開発: 仕様および各要素技術の技術的実現性の確認
- ・要素技術の開発・評価
- ・評価モデルの開発
- ・試験計画立案、試験、評価データの分析、評価方法検討
- 工 富士通株式会社
 - ・ISS 搭載型ハイパースペクトルセンサシステム用宇宙実証システム(地上データ処理部) の改修
- 才 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)
 - ・ISS/JEM/輸送機とのインタフェース調整
- カ その他
 - ・姿勢情報処理ソフトウェアの開発(有限会社コスモロジック、三菱スペース・ソフトウェア株式会社)
 - ・ヒータ電力制御機器 (S-box) 開発 (株式会社 IHI 検査計測)
 - ・宇宙実証システム(H/W)保守(日本コムシス株式会社)

6. 費用対効果

(1) 事業化の計画

4項にて、種々の形態でのセンサ販売に関する事業化の可能性を概観したが、今後これらの実現に向けて各方面への提案活動や、連携を働きかけていくことが必須となる。特に、国内の官のプログラムでの計画、データ利用事業の立ち上げによるセンサへの需要、官民連携による海外への売り込み等について、現在開発中のセンサによる拡販活動を今後更に活発化して事業化の可能性を高めていくことが重要である。現在開発中のセンサのデータが各種ユーザに展開された後、その後継機の実現や更に高性能化したセンサへのニーズが出てくることが期待される。

センサ及び関連システムでの事業規模を非常に概略で以下に推定する。

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

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

(2) 事業化の規模

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

4 (1)項 事業の背景 で記述したように、「世界の衛星画像の売上は\$1.5B(2023 年予測: \$3.6B)。世界の衛星画像売上:安全保障59%、その他(公共、民間)41%世界の衛星画像売上:光学84%(1m以下は62%)、SAR16%。国内市場は約104億円(平成25年度)と推定される。」とのことであり、1mGSD以上の光学センサ(図の青色)の比率は22%、330億円(2013)。2023年には790億円と推定される。図4-3の内閣府殿資料(4次元サイバーシティの活用に向けたタスクフォース最終報告書(案):平成30年6月)では地球観測市場は、年平均11.4%の伸びを示している。

当然のことながら、これはハイパーだけのデータではないが、データとして最も多くの情報を含むデータであることから、ハイパースペクトルセンサでの市場は非常に期待できる可能性がある。一方、日本でのデータ利用事業に関しては、衛星データ全体で現状約 100 億円程度の規模の事業になっている。今後ハイパースペクトルセンサの打上に伴い、データ利用の分野が増えることが期待されることから、国内における市場規模も、海外と同様に大幅に伸びてくることが期待される。

- 7. 中間評価(平成27年度)の結果
- (1) 今後の研究開発の方向等に関する提言

指摘事項の要点は、これまで日本の宇宙関連産業が蓄積してきた人工衛星/センサの開発、運用、 解析の技術を継承しながら発展させる、という観点から、

- (ア) 人工衛星の高分解能化や高頻度観測、その高精度かつ高速な運用・処理・解析に資する 技術の開発についての検討が必要。
- (イ) 輸出が期待される国々のニーズに即した技術の開発についても検討することが重要。 具体的には、
 - ・複数衛星/センサによる高頻度観測が可能となるような小型化かつ低コストの高機能衛星/ センサ技術の開発(「小型高機能衛星」の実現)
 - ・資源探査に有効な高空間分解能・高スペクトルの光学センサの発展的な開発
 - ・小規模機関や民間などでも十分に利用可能な簡易衛星データ受信·処理·解析の一貫システム の開発
 - ・多様な地域に対応できる衛星データの高精度解析手法の開発

また、

(ウ) 資源開発以外の多様な分野でのハイパースペクトルデータの解析技術を確立されるためには、サンプルデータ提供による多数公募型の共同研究方式により、日本の技術を広く結集されるのが効果的

との点に留意しての検討を望む。

(2) 対応方針

上記提言への対処方針として、

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