

資料35-1

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
(第35回H29.5.30)

X線天文衛星ASTRO-Hの プロジェクト終了について

平成29年5月30日

宇宙航空研究開発機構

理事 常田 佐久

前ASTRO-Hプロジェクトマネージャ 久保田 孝

ASTRO-Hプロジェクトの経緯

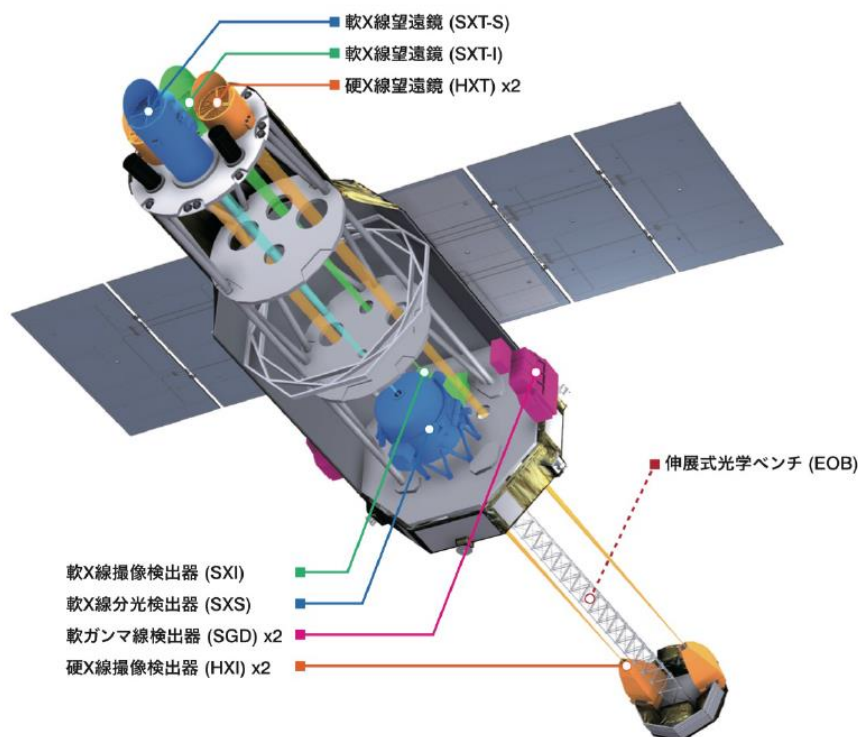
- 平成22年の宇宙開発委員会の事前評価において開発に移行することが妥当とされ、開発に移行した。
- 平成28年2月に打上げられたが、打上げ約1か月後の平成28年3月に通信異常が発生し、同年4月に運用を断念した。
- 本運用異常事象に関しては、理事長を本部長とする事故対策本部を立ち上げ、異常事象の直接原因となった衛星姿勢異常のメカニズムを特定すると共に、直接原因に至る背後要因まで遡り、課題と対策を「ASTRO-H 異常事象調査報告書」にまとめ、同年6月に宇宙開発利用部会に報告し、了承を得た。
- 以降、上記対策の実施を進め、同年10月から翌平成29年3月にかけて、ISAS(部門レベル)及びJAXA(経営レベル)において終了審査を実施した。

(2008/10) ↙



ASTRO-Hの概要

| | |
|------|-----------|
| 全長 | 約14m(観測時) |
| 質量 | 2.7t |
| 電力 | 3500W |
| 目標寿命 | 3年 |



エネルギー(単位:キロ電子ボルト)

プロジェクト終了審査

目的:

- ASTRO-H のプロジェクト立案段階から運用停止までの活動を振り返り、教訓・知見・成果を確認するとともに、今後の科学プロジェクトを確実に実施するための課題・措置事項を明確にする。

審査の進め方:

- 部門レベルと経営レベルに分け、以下に示すそれぞれの観点で審査を実施。
 - 部門内終了審査: ASTRO-Hプロジェクトの実施部門であるISASにて、プロジェクト目標の達成状況や教訓・知見の識別状況などのプロジェクト実績を中心に評価。
 - 経営審査: 部門内終了審査の結果から、本プロジェクトを通じて得た教訓・成果等を確認すると共に、経営的な視点から重要課題を抽出し本審査を行った。

審査委員の構成:

補足資料に示すとおり、外部評価委員も交えて評価を行った。

審査結果:

次頁のとおり。

プロジェクト終了審査の結論

ISASが実施した部門内終了審査において、ASTRO-Hプロジェクトの立上げ時から運用異常発生後の活動までの全般の振り返りが行われ、教訓の抽出と対処方針の提案が丹念に行われていることを確認した。

その上で、JAXAがASTRO-H運用異常で得た教訓を今後に活かし、先進化・多様化が進む宇宙科学・探査ミッションに対して挑戦し続けることのできる組織となるための課題(要処置事項)を識別した。主要な取組み課題は以下のとおりである。

- (1) ISASの強みを活かした確実なミッション達成と成果の最大化
- (2) プロジェクト立上げ時の審査・評価の強化
- (3) プロジェクト移行後のマネジメント強化
- (4) 大学等外部機関との関係拡大・強化
- (5) プロジェクトに従事する教育職のキャリア構築・人材育成

以上により、ASTRO-Hプロジェクトを終了してよいと判断する。

今後、本審査で識別した要処置事項の措置、得られた教訓の継承・対処を進めるとともに、別途定める新たなプロジェクトマネジメント規程・実施要領の順守を確実にする取り組みをJAXA全体で推進していく。

プロジェクトを通じて得た教訓・成果

【教訓について】

ISAS部門内終了審査において、ASTRO-Hプロジェクトの立上げ時から運用異常発生後の活動まで全般の振り返りが行われ、「ASTRO-H 異常事象調査報告書」の内容に加え、下記の教訓が反映先に応じて適切に抽出されていることを確認した。

- 今後のプロジェクトへ反映すべき特記事項
- 機構横断的に継承すべき教訓・知見
- X線天文衛星代替機(以下、代替機と呼ぶ)への申し送り事項

【成果について】

ISAS部門内終了審査において、科学成果及び技術成果の達成状況が評価されていることを確認した。

- 科学成果については、一部得られてはいるものの、衛星運用を初期段階で断念したことを踏まえ、所期のプロジェクトの目標は達成できなかったと評価する。詳細は補足資料を参照のこと。

X線天文衛星代替機での対応状況(1/2)

平成28年10月に代替機プリプロジェクト準備チームを発足した。プロジェクト化に向けて「ASTRO-H 異常事象調査報告書」で示した以下対策を進めている。

(1) プロジェクトマネジメント体制の見直し

プロジェクトチームの構成とPM・PIを含む構成員の各々の役割と責任を明確に文書にて定義し、プロジェクト移行審査にてその妥当性を確認する。また、構成員に対して、プロジェクト管理など必要な教育・研修の実施を徹底する。

(2) 企業との役割・責任分担の見直し

企業との役割分担や責任関係、相手方と共有すべき重要事項を精査した上で、具体的かつ明確に最上位文書である契約書に定める。

(3) プロジェクト業務の文書化と品質記録の徹底

プロジェクト・マネジメントに係る重要事項について、プロジェクトマネジメント規程及び実施要領に明確に反映する。また、申し送り事項や要処置事項、検査記録、品質記録等の文書化を徹底する。

(4) 審査／独立評価の運用の見直し

必要に応じて分科会を設ける等の審査会の充実を行うと共に、要処置事項を審査会後に確実にフォローするための手順を策定した。システムエンジニアリングや安全・信頼性に係るAll JAXAの機能を活用し、経営層への独立評価の報告を徹底する。

X線天文衛星代替機での対応状況(2/2)

「ASTRO-H 異常事象調査報告書」で示した対策に加え、新たなプロジェクトマネジメント規程・実施要領に沿って、代替機プロジェクトを確実に実施するための準備活動を進めている。

- 代替機のミッションについて、科学コミュニティの支援を得て検討し、ミッション要求書案を作成した。
- ASTRO-HのLessons Learnedを反映し、各種要求書案を作成した。要求書案を基に開発担当企業との役割分担の詳細化を検討している。
- ASTRO-Hにおける実績を踏まえ、海外機関から必要な寄与を得るべく、協定書等を含む各種調整を進めている。なお、NASAはミッション機器の提供に加え、JAXAと共同でプロジェクト実施を担うこととし、実施計画の調整を進めている。
- 大学等の関係機関とは、役割・責任を明確にした連携協定を締結し、相手方に属するプロジェクト主要メンバにクロスアポイント制度を適用し、適切な協力体制を構築している。
- 新規コンポーネント採用に関して、開発原局(製作側)とプロジェクト(使用側)の責任関係・役割分担の明確化及び具体的な仕組みについて検討を実施している(ASTRO-Hからの申し送り事項)。

今後の予定

現在、JAXAのプロジェクト準備審査を受審すべく、代替機のミッション定義及びシステム要求の適切な設定や開発計画の妥当性を確認している。上記の後に、プリプロジェクトチームを発足させ、メーカ選定を経て、年内のプロジェクトチーム発足を予定している。

また、「ASTRO-H 異常事象調査報告書」の内容に加え、終了審査で代替機への申し送り事項と識別された以下の主要項目についても今後確実に対応を行っていく。

- SXIのエネルギー分解能の改善
- 研究者が、プロジェクトへの貢献度に見合った研究成果を享受できる取組み
- プロジェクト支援やタイムリーな情報共有等、追跡管制隊の機能強化

補足資料

プロジェクト終了審査の結論(取り組み課題の内容)

(1) ISASの強みを活かした確実なミッション達成と成果の最大化

ISASの強みである「ミッションの創出、プロジェクトに移行する以前のシステム要求・システム仕様の設定」、「ミッション機器の研究、技術実証」、「挑戦的な新規要素を含むシステム機器の研究、技術実証」、「科学成果・技術研究成果の創出」での貢献に集中することのできるプロジェクト体制の構築を図ることにより、大規模・複雑な科学プロジェクトのミッションを達成し、得られる成果を最大化する。

(2) プロジェクト立上げ時の審査・評価の強化

機構プロジェクト全体のマネジメントの改革とその適用と共に、科学プロジェクトの立上げ時においては、理工学委員会とISASによるプロジェクトマネジメントの視点での審査・評価を強化する。

(3) プロジェクト移行後のマネジメント強化

科学プロジェクトの遂行においては、プロジェクト従事者自らが問題の芽を早期に発見し、迅速にプロジェクトチーム及びISAS内で共有・対処できるよう改善を図る。また、プロジェクトに対する独立評価とJAXA経営層への報告の適時・的確な実施を徹底する。これにより、プロジェクト移行後のマネジメントを強化する。

(4) 大学等外部機関との関係拡大・強化

科学プロジェクトの体制構築において、大学等外部機関との貢献(国際協力を含む)を確実にすることが不可欠である。協定等による役割分担・責任関係の明確化により、ISASと外部機関との更なる関係拡大と強化を図る。

(5) プロジェクトに従事する教育職のキャリア構築・人材育成

プロジェクトに従事する教育職のプロジェクトへの貢献が適切に評価される仕組みを構築する。また、教育職の外部との人材交流とキャリア構築の仕組みを再設定する。

ASTRO-H ISAS部門内終了審査について

- 創出した成果を総括し、後続の衛星開発(X線天文衛星代替機を含む)に活かせるようレッスンズラウンドをまとめると共に、プロジェクト終了の妥当性をISASとして審査した。
- 宇宙科学研究所所長を委員長とし、3つの分科会(ミッション評価・技術評価・プロジェクトマネジメント評価)を設け、JAXA内外及び国外の有識者の協力を得た。
- 審査の過程で、以下の6つを特記すべき事項として抽出した。
 - ① 機構横断的に継承すべき18項目の教訓・知見
 - ② 軌道上データ総確認で新たに見つかったAOCS不具合等
 - ③ 最先端機器搭載による開発要素の増加
 - ④ プロジェクト開発への貢献と論文執筆時間確保
 - ⑤ 新規コンポに関する開発原局と使用プロジェクトとの関わり
 - ⑥ アウトリーチ活動に関する考察

機構横断的に継承すべき教訓・知見

- ASTRO-Hプロジェクトの活動を通して得られた教訓・知見について、サブシステムごと、あるいは開発試験ごとに分類し、計640件を識別した。(右表)
- このうち、機構横断的に継承すべき主要な教訓・知見として、18項目を識別した。
 - マネジメント強化に関するもの
 - 開発計画における体制の強化／審査を含めた進め方の改善に関するもの
 - 運用準備段階を含めたメーカーとの役割分担・責任分担の見直しに関するもの
 - 審査や国際協力のあり方に関するもの

| タイトル | 抽出された項目数 |
|-----------------|----------|
| マネジメント | 56件 |
| システム全体 | 13件 |
| 衛星開発における調整・管理 | 42件 |
| 衛星開発試験 | 36件 |
| 衛星システム試験 | 35件 |
| 輸送・射場・運用準備・打ち上げ | 72件 |
| 熱制御系 | 17件 |
| 電源系 | 15件 |
| データ処理系 | 1件 |
| 姿勢系 | 21件 |
| 推進系 | 2件 |
| 構造系 | 6件 |
| 軌道決定系 | 2件 |
| SXT | 11件 |
| HXT | 16件 |
| SXS | 78件 |
| SXI | 73件 |
| HXI, SGD | 15件 |
| AMS | 2件 |
| 運用 | 12件 |
| コマンド計画運用 | 15件 |
| 地上データ処理 | 31件 |
| 指向管理 | 13件 |
| SpaceWire | 3件 |
| 機械式冷凍機と冷却技術 | 3件 |
| アイソレータ | 8件 |
| GPSR | 4件 |
| 地上系 | 34件 |
| 「要求」および「計画」フェーズ | 4件 |
| | 合計 640件 |

ISAS審査 ASTRO-H 成功基準の達成状況と達成可能性

| 目的 | ミニマムサクセス | フルサクセス | エクストラサクセス |
|------------------------------------|--|---|--|
| 1 銀河団の成長の直接観測 | 銀河団からの鉄輝線の観測を、軟X線分光システムで行う。 α | 1) 10個程度の代表的な銀河団において、熱エネルギーを測定し、鉄輝線のエネルギー領域(6キロ電子ボルト)で300km/sの速度分解能の分光性能を実現し、銀河団物質の運動エネルギーを測定する。硬X線帯域で「すざく」の約100倍の感度(*)で分光観測することで非熱的エネルギーを測定する。 β | — |
| 2 巨大ブラックホールの進化とその銀河形成に果たす役割 | 100キロ秒の観測で2から10キロ電子ボルトでのX線強度(**)がかに星雲の10万分の1程度の、隠されたブラックホールを硬X線撮像システムで観測する。 β | 2) 遠方にある10個程度の隠された巨大ブラックホールの候補天体を、硬X線帯域で「すざく」の約100倍の感度(*)で分光観測し、母銀河との関係を明らかにする。 β | 宇宙硬X線背景放射の正体とされる隠されたブラックホールの寄与を全体の40-50%まで解明し、銀河進化との関係を明らかにする。 γ |
| 3 ブラックホール極近傍での相対論的時空の構造の理解 | — | 3) 代表的な数個の活動銀河中心の巨大ブラックホールを、数10キロ電子ボルト程度までの範囲で連続スペクトルを取得し、同時に輝線や吸収線を7電子ボルト程度の分解能で分光測定する。 β | — |
| 4 重力や衝突・爆発のエネルギーが宇宙線を生み出す過程を解明 | — | 4) 数個の若い超新星残骸を、硬X線帯域で「すざく」の約100倍の感度(*)で分光観測して硬X線放射を測定し、電子のエネルギー分布を決定する。巨大ブラックホールにおいては、2から10キロ電子ボルトでのX線強度がかに星雲の1000分の1程度で、べき1.7を持つ巨大ブラックホールのスペクトルを、600キロ電子ボルトまでの帯域で観測可能な感度で、10個以上取得する。 γ | はじめてガンマ線で天体の偏光を観測し、ガンマ線の放射環境に制限を加える。 γ |
| 5 ダークマターと暗黒エネルギーが宇宙の構造形成に果たした役割の探求 | — | — | 5) 目標1)を達成した後、さらに10倍程度の天体の観測を行って約30億光年までの宇宙(赤方偏移<1)で銀河団内のダークマターの総質量を測定し、総質量と銀河団数の関係を年代ごとに決定する。 γ |

(*) 点源と見なせる天体を観測した場合に達成される検出感度を表す

(**) 厚い周辺物質による吸収を補正した強度

α : 達成された。

β : 未達成であるが、達成に必要な性能を得られたことが確認できた。

γ : 未達成であり、今回軌道上で取得した限られた観測データでは、達成に必要な性能が得られていることを確認するに至らなかった。

なお、SXS が、冷却システムとして多層の真空断熱容器・多段の冷凍機・液体ヘリウム等を組み合わせ、NASAとの共同開発で生じる国を跨いだIFにも齟齬を生ぜず軌道上で性能を実現した事を、技術成果として特筆する。

部門内終了審査の体制

【審査委員長】

常田 佐久 所長

【審査委員長代理】

早川 基 チーフエンジニア(ASTRO-H対策アクションプランの観点含む)

【審査委員】

稲谷 芳文 副所長

本間 正修 統括チーフエンジニア

(主に SE/PM、事故対審査・開発体制チーム等観点)

向井 利典 名誉教授 (主に理学等の観点)

富岡 健治 チーフエンジニア室客員/元統括OE(主に熱構造等工学全般観点)

佐々木 宏 科学推進部長 (主に計画の妥当性等の観点)

紀伊 恒男 技術領域主幹 (主に SXS、地上系、SE/PM 等の観点)

前島 弘則 プログラム室長 (主に SE/PM 等の観点)

中村 安雄 科学衛星・探査機 SE/PM 点検チーム長(主に SE/PM、運用観点)

村上 浩 科学衛星・探査機 SE/PM 点検チーム(主に科学衛星開発、運用観点)

佐々木 進 科学衛星・探査機 SE/PM 点検チーム

(主に科学衛星開発、運用の観点)

岩田 隆敏 チーフエンジニア室長 (主に SE/PM の観点)

小林 亮二 S&MA マネージャ (主に S&MA 等の観点)

泉 達司 安全・信頼性推進部長 (主に S&MA 等の観点)

山中 浩二 研究開発部門第一研究ユニット長(主に事故原因究明等の観点)

稲場 典康 研究開発部門システム技術ユニット長(主に事故原因究明等の観点)

永田 晴紀 工学委員長(北海道大学工学研究院教授)(主に工学等の観点)

草野 完也 理学委員長(名古屋大学教授)(主に理学等の観点)

藤本 正樹 太陽系科学研究系研究主幹 (主に理学や国際協力等の観点)

藤田 猛 鹿児島宇宙センター長 (主に射場作業や打上げ等の観点)

原田 力 追跡ネットワーク技術センター長 (主に追跡等の観点)

山本 善一 宇宙機応用工学研究系教授 (主に追跡・地上系等の観点)

上野 宗孝 神戸大学理学研究科 惑星学系教授 (主に理学の観点)

【アドバイザー】

Mark Bautz Associate Director, MIT Kavli Institute

【ミッション評価分科会】

分科会長: 山田 亨

分科会員: 中川 貴雄、紀伊 恒男、早川 基、須藤 靖(東京大学)、
嶺重 慎(京都大学)、吉田 道利(広島大学)、宮崎 聡(国立天文台)

【技術評価分科会】

分科会長: 紀伊 恒男

分科会員: 竹内 伸介、石井 信明、山中 浩二、杉田 寛之、市川 愉
豊田 裕之、兒子健一郎、永田 晴紀(北海道大学)

【プロジェクトマネジメント評価分科会】

分科会長: 佐々木 宏

分科会員: 富岡 健治、中村 安雄、早川 基、青柳 孝

経営審査の体制

【審査委員長】

経営推進担当理事

山浦 雄一

【審査委員】

理事

理事

理事

理事

理事

理事

執行役

執行役

執行役

執行役

技術参与(第一宇宙技術部門担当)

技術参与(安全・信頼性推進部担当)

技術参与(チーフエンジニア室担当)

川端 和明

山本 静夫

浜崎 敬

常田 佐久

伊藤 文和

今井 良一

伊東 康之

上野 精一

雨宮 明

深井 宏

布野 泰広

武内 信雄

本間 正修

【外部評価委員】

日本学術振興会 学術システム研究センター 所長

帝京大学理工学部航空宇宙工学科 客員教授

佐藤 勝彦

久保田 弘敏

【監事(オブザーバ)】

監事

高橋 光政