



ASTRO-H バス系システムの開発

Development of ASTRO-H Satellite Bus System

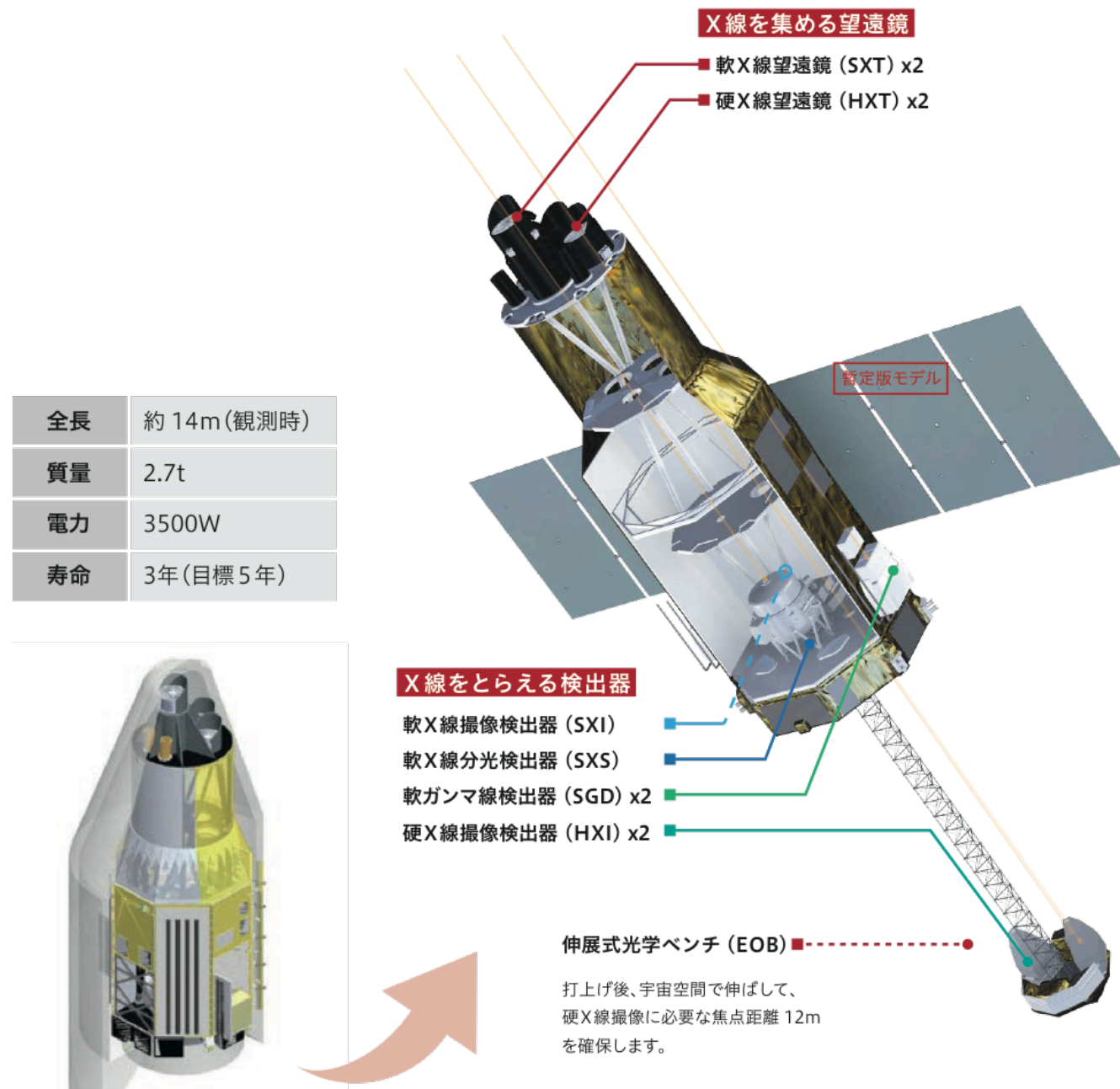
P-088

峯杉 賢治、石村 康生、河野 太郎、馬場 満久、岩田 直子、嶋田 貴信、梯 友哉、川崎 繁男、
太田 方之、湯浅 孝行、坂東 信尚、志田 真樹、富田 洋、小川 美奈、国分 紀秀、夏苅 権、
和田 篤始、佐藤 理江、堂谷 忠靖、高橋 忠幸、ASTRO-Hプロジェクトチーム

ASTRO-H の概要

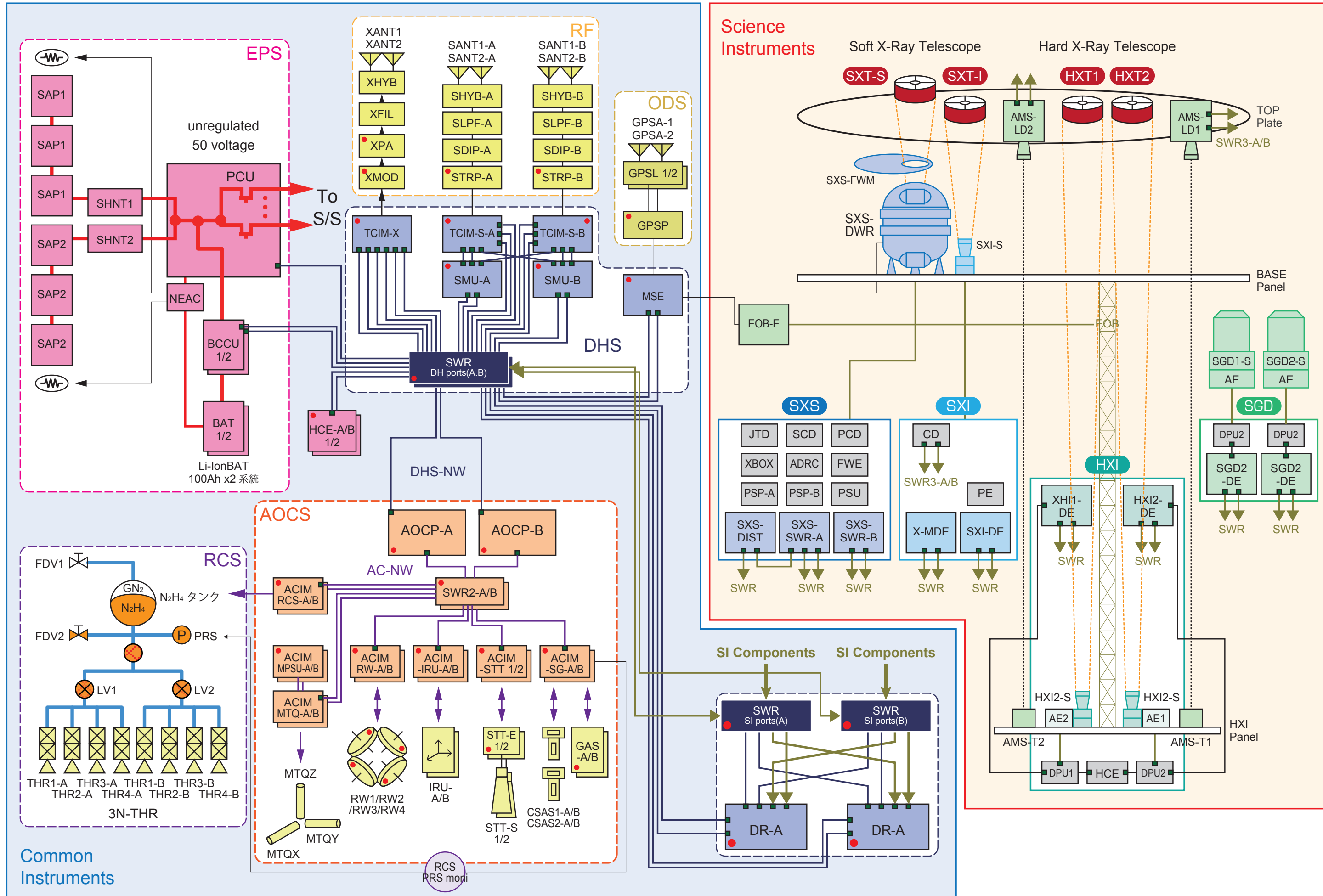
■ ミッション目的

- 過去最高の高感度X線観測を行い、現代宇宙物理の基本的課題である宇宙の構造と進化にかかわる数々の謎の解明に挑む。
- 従来より10倍以上優れたX線エネルギー計測精度を持つ革新的な軟X線超精密分光システム、高精度イメージング能力により従来より10倍以上の高感度を持つ硬X線検出器、そして大面積X線 CCDによる軟X線撮像システム、コンプトン効果を用いた新型高感度 ガンマ線検出器などの新たな観測機器を搭載する。



バス系システムの概要

- 科学衛星では、はじめてとなるバス系フル冗長、SpaceWireを用いたデータハンドリング
- バス系(Common Instruments)の各サブシステムの概要を下記に記す



● 構造系 (STR)

- 衛星の中央部にトラス構造のX線望遠鏡を搭載するため、中央に一次構造部材のないパネル構造様式となっており、構体の主要構造部材はロケット結合リング、アウトリガ及びベースパネルから成る下部構造と機器搭載用の8枚の側面パネルで構成される。
- 構造強度および剛性を確保するため、X線望遠鏡の荷重を直接ロケット結合リングに流すと共に、8枚の側面パネルを相互に結合一体化し、側面パネルの荷重をベースパネル、アウトリガ、ロケット結合リングへ流す構造としている。

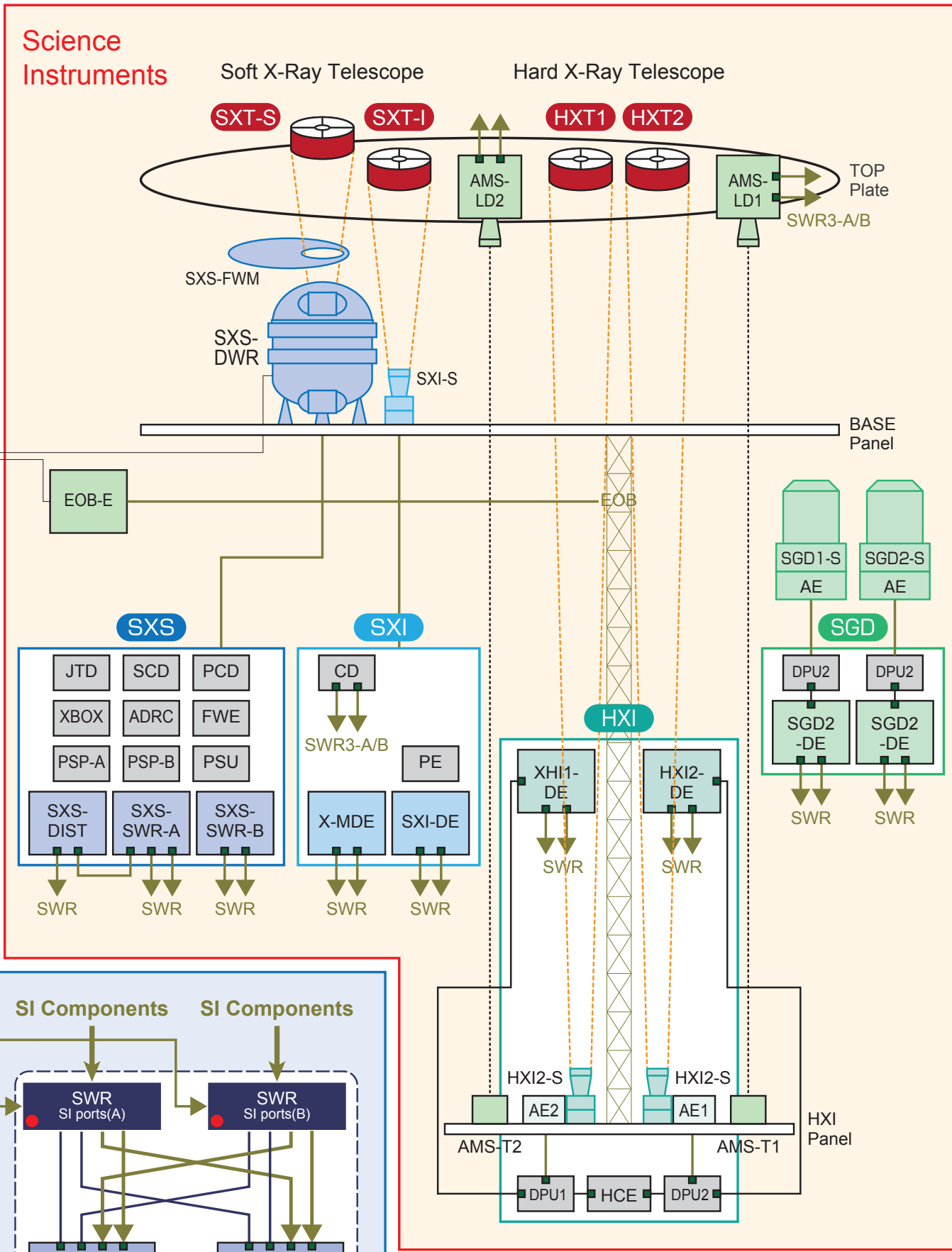
● 熱制御系 (TCS)

- 打ち上げ後、規定の温度範囲で衛星の運用が遂行可能となるよう衛星各部の熱制御を行う。熱制御系は受動型を基本に能動型方式を併用する。
- ヒータ熱制御装置(HCE)、ラジエータ・MLI・フィラ・ダブル・ヒータ・温度センサ等の熱計装、およびヒートパイプやラジエータパネル等の放射冷却装置から構成される。

● 軌道決定系 (ODS)

- 2周波GPS受信機により、衛星の位置・速度および時刻を正確に推定し、時刻情報を衛星システムへ出力する。位置・速度は、従来の測距データに代わる情報として利用される。

■ システムブロック図



● 電源系 (EPS)

- ミッション期間を通して、衛星搭載機器が必要とする電力を安定に供給する。
- 約3500W(EOL3年)を発生する多段折りリジット方式の太陽電池パドル(SAP)、非安定50Vバス電源を供給するバス電力制御器(PCU)、デジタル14 段/アナログ7段のシャントデシベータ(SHNT)、バッテリー充電制御器(BCCU)、2系統で200Ahのバッテリー(BAT)、主従38CHを持つNEA制御器(NEAC)から構成される。

● 通信系 (RF)

- S-bandによるCMD/TLM、測距回線、およびX-bandによるTLM回線より構成される。アンテナ系は、S-bandはSANT1-A/2-A、2-A/2-Bの2系統のアンテナ、X-band はXANT-1/2の1系統で構成される。
- X-band送信系は、変調器(XMOD)、電力増幅器(XPA)、X バンドフィルタ(XFIL)、及びハイブリッド(XHYB)の4つのコンポーネントにより構成される。

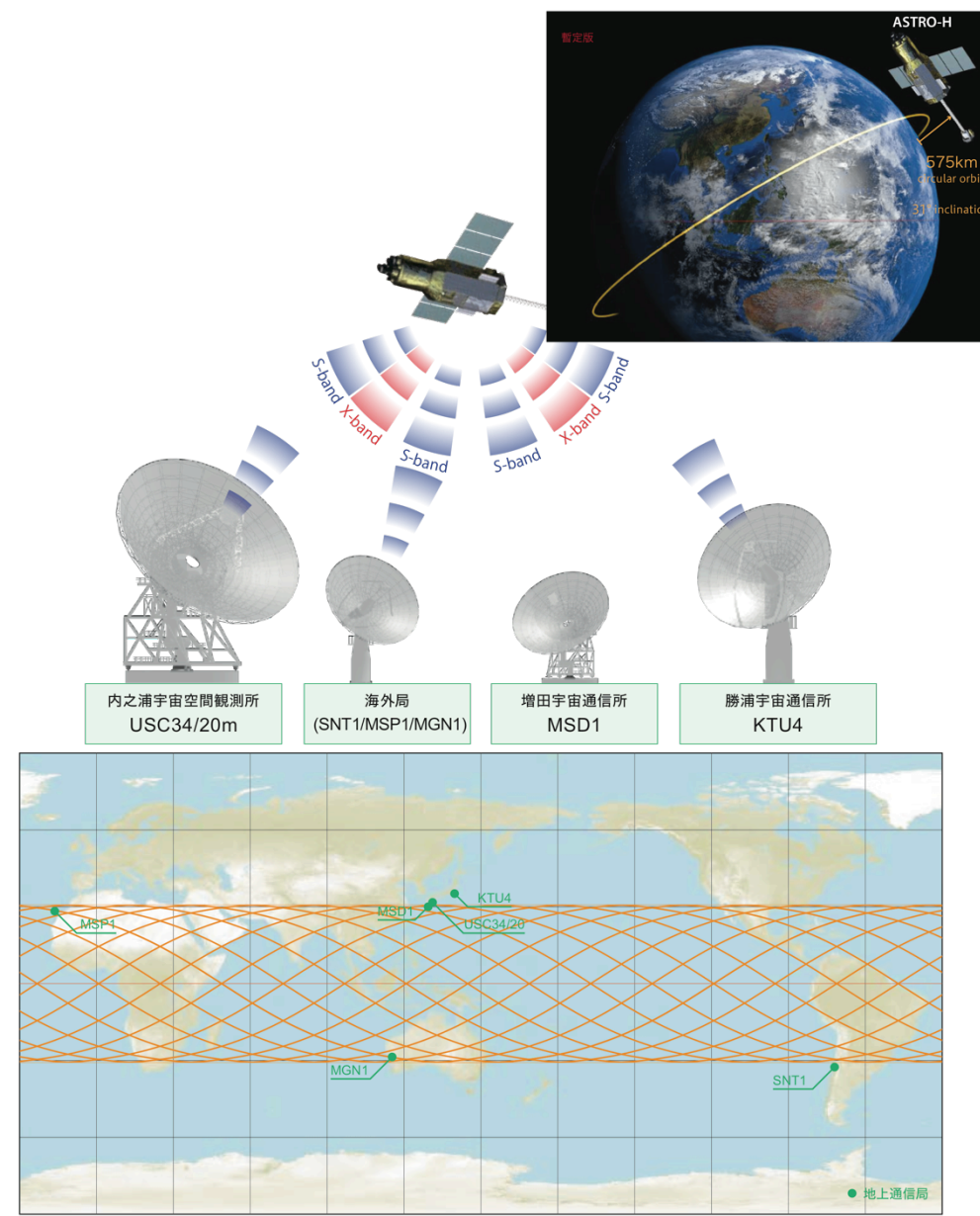
● 推進系 (RCS)

- ヒドラジン(N2H4)を推進薬とする一液触媒式の3Nスラスタ、推進薬タンクおよびバルブ類から構成され、衛星の姿勢制御のための 制御トルクを発生する。

■ 衛星主要諸元

打上げロケット		H-IIA
重量（観測機器）		2,700 kg (inc. 1,450 kg)
電力		3,500 W or more @EOL
全長		14 m（軌道上EOB展開後）
軌道	高度	高度550 kmの略円軌道
	傾斜角	< 31度
	周期	96 minutes
ミッション期間		3年以上（目標5年）
搭載観測機器	軟X線分光検出器 (SXS)	
	軟X線撮像検出器 (SXI)	
	硬X線撮像検出器 (HXI)	
	軟ガンマ線検出器 (SGD)	
	X線望遠鏡 (HXT/SXT)	

■ 運用体制



- 地球を周回しながら、ある一定時間、同じ天体を観測し続けられるように、衛星の姿勢を保つ。観測終了後、次の天体に姿勢を向け、それを繰り返すことで様々な天体を観測していく。
- 軌道上での運用は、主に内之浦 USCにある 20m/34mアンテナ、勝浦宇宙通信所KTU4局を用いる。
- CMD送信やTLM受信についてはS帯による回線を用い、X帯はミッション機器のデータDL用に使用。
- 96分で地球を1周し、日照と日陰は2:1程度になる。1日に地球を15周し、このうち日本上空を5回通過する。各地上局上空を通過する際に10分程度の交信が可能で、この間にコマンドを衛星に送り、観測観測データを地上に降ろす。

■ システム要求に対する設計結果の対比

S/S	システム要求	設計結果
寿命	ミッション期間: 3年以上	3年 (目標5年) 以上
姿勢制御	制御方式: 三軸姿勢制御	左記の通り
	姿勢決定精度: 11秒角以下	7.9秒角 (STT観測更新時)
	姿勢制御精度: 6秒角以下	1.8秒角
	姿勢安定度: 1.0秒角/4秒以内	0.54秒角/4秒
通信	観測方向変更速度: 180°/100分以上	180°/74分
	SバンドTLM伝送レート+測距: 30kbps以上	USB: 29.412kbps QPSK: 2Mbps
	XバンドTLM伝送レート: 8Mbps以上	8Mbps
データ処理	CMD伝送: 4000bps以上	PCM-CONV-PSK/PM: 4kbps BPSK: 256kbps
	観測データ収集レート: 15Mbps以上	15Mbps
電源	記憶容量: 12Gbits以上	12Gbits以上 (管理領域、誤り訂正符号領域を除く実容量)
	観測系負荷電力(1次側): 812W	日照中1.86kWの電力供給
	SAP発生電力: 3150W (EOL)	3675W (3年後、太陽角30°)
	BAT充放電サイクル数: 3年以上	3年後放電末期容量 64Ah (SOC74%)
熱系	SXSのパイロカッターのI/Fを提供	NEA駆動装置を搭載
	軌道上定常観測時に、機器の性能維持温度範囲を確保すること	フライト熱解析により、性能維持温度範囲の確保を確認
ロケットI/F	軌道: 高度575km、軌道傾斜角31度の円軌道	左記の通り
	衛星総重量: 2.65~2.9t	2749.9kg (ノミナル)

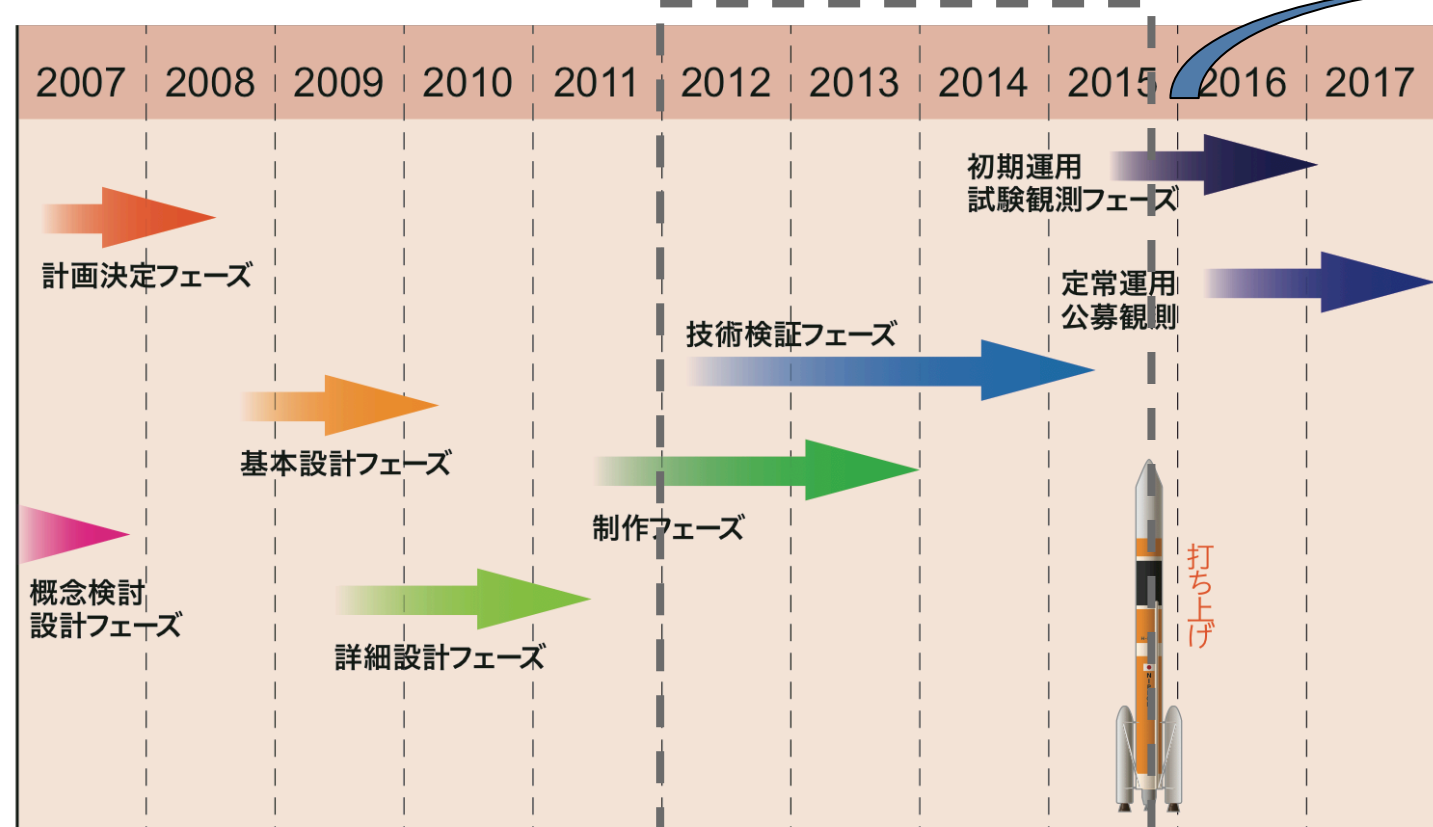
● データ処理系 (DHS)

- 処理計算機として衛星マネジメントユニット(SUM)を搭載し、データレコーダ(DR)、SpWルータ(SWR)、テレメトリコマンドI/Fモジュール-S/X(TCIM-S/X)、ミッションサポート装置(MSE)から構成される。
- 衛星搭載機器間をつなぐデータリンク層以下にSpaceWireを採用し、データリンク層より上位のプロトコルには CCSDS準拠の伝送方式としている。

● 姿勢制御系 (AOCS)

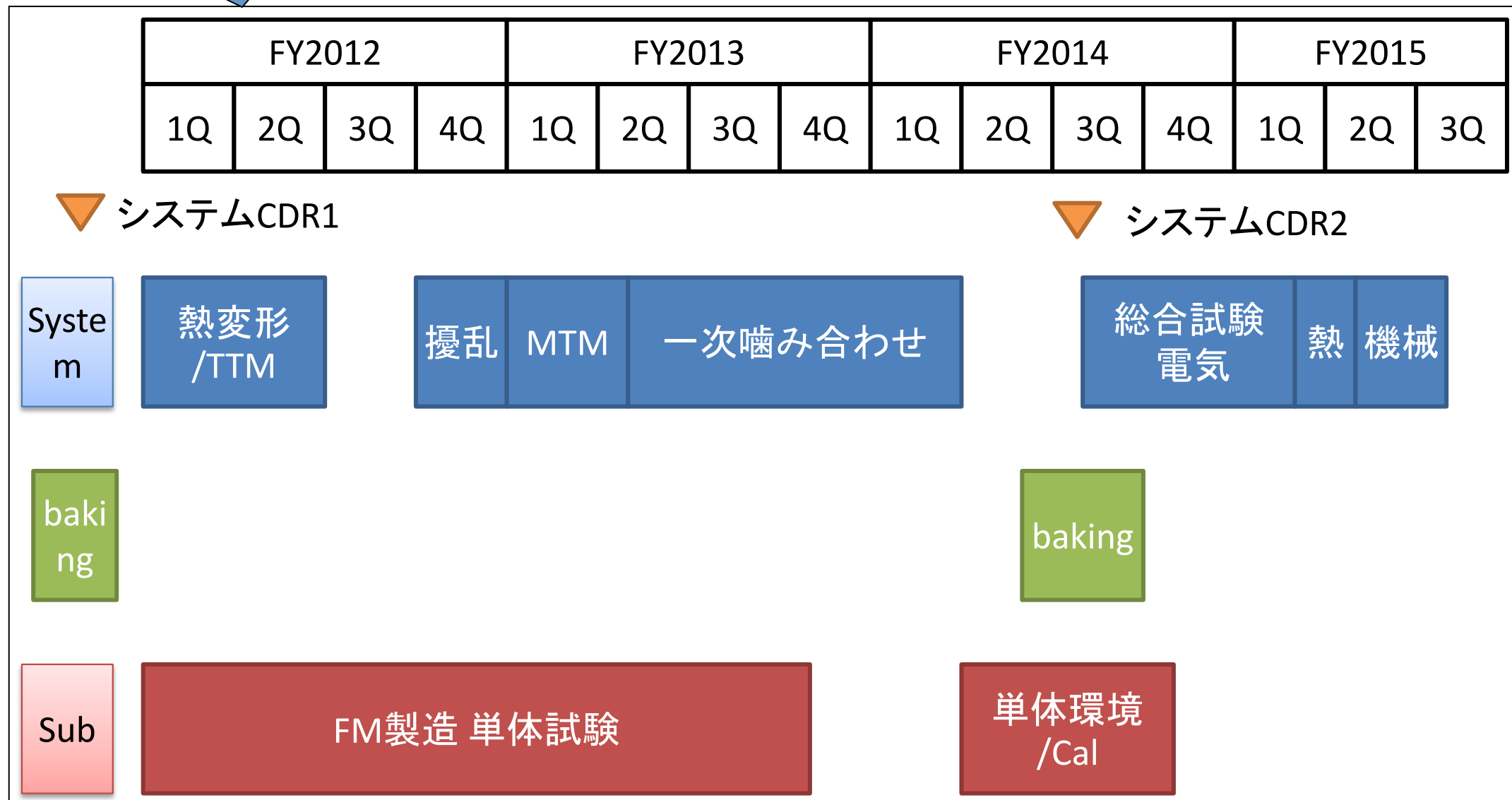
- 定常観測時に観測要求を満たす精度で天空上の指定された方向に衛星を指向させることを主要機能とする。また、打ち上げから定常観測状態移行に必要な初期運用時制御機能を持つ。さらに姿勢系の状態を監視する機能を持ち、異常検出の際には速やかに使用機器の再構成を行って安全姿勢を保つ制御に移行する。
- 各種制御機能のコントローラとなる姿勢制御搭載計算機(AOCP)2台、4種類の姿勢センサ (恒星センサ(STT)、慣性基準装置(IRU)、磁気センサ(GAS)、粗太陽センサ(CSAS)を各2台)、2種類のアクチュエータ (ホイール(RW)4台、磁気トルカ(MTQ)3台)、RCS駆動装置(ACIM-RCS)、MTQ駆動装置とその電源部(ACIM-MTQ/MPSU)、センサ・アクチュエータとAOCPの各種信号のI/Fを司るモジュール(ACIM)により構成される。

開発および検証



2006年 理学委員会にてMDR/SRR相当審査
2007年 プリプロジェクト移行
2008年 プロジェクト移行審査、チーム発足
2010年 PDR、開発段階に移行
2012年2月 システムCDR1
2014年11月 システムCDR2
2015年11月 開発完了審査

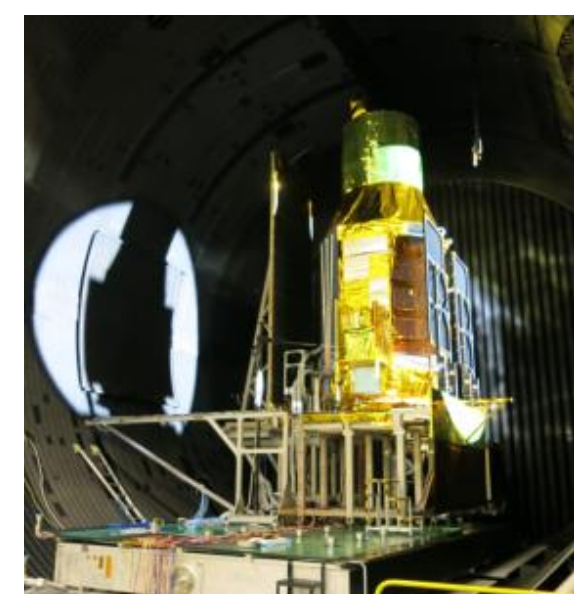
■ 開発スケジュール



(製造・技術検証フェーズの詳細スケジュール)

■ 総合試験の主要な結果

- 一次噛み合わせ試験において、FM参加できなかった機器について、IF信号 検証を行い電気的なインテグレーション作業を実施
- フライト全機器を搭載した衛星総合動作試験を実施し所定の機能/性能を確認を完了
- 一次噛み合わせ試験において発生した問題点、検討事項の処置完了後の 動作確認を実施し、問題が解決されていることを確認
- 環境試験評価として、
 - ✓ 熱真空試験環境下において、衛星の動作が所定の機能、性能を果たしていることを確認
 - ✓ 熱真空試験・機械環境試験前後のFNC-Nにより、衛星機能性能に差異が無いことを確認



システム熱真空試験の様子



システム振動試験の様子