

次期宇宙X線天文衛星ASTRO-H

JAXA宇宙科学研究所(ISAS)

高橋忠幸、満田和久

NASA/GSFC

Rich Kelley

他ASTRO-H チーム

2014/Jan



次期宇宙X線天文衛星ASTRO-H

極限宇宙（数千万度！）を探るX線天文学で
世界最先端の観測装置を搭載。

宇宙が、どのように進化して、今ある宇宙に
なったのか、宇宙の構造形成の謎に迫る。

- 重量：約 2.5 t
- 全長(伸展後)：約 14 m
- 打上げ：平成25年度
- 軌道：軌道傾斜角31度 以下
高度 約550 km
- ミッション期間：3年以上

ロードマップ上の位置づけ

宇宙科学の戦略的ミッション

S. Sasaki

- 現在の宇宙物理学では、電波からガンマ線までの全ての電磁波を用いて総合的に現在の姿、進化の歴史を捉えることが必要。可視光・サブミリ波がより遠方での天体探査に適しているのに対し、**X線は非常に高温(100万度以上)の環境、極限重力環境を探るのに適している。**

キーサイエンス

- 1) 高分解能のX線分光(X線によるドップラー分光)により、はじめて、高温ガスの運動を100km/sの精度で捉え、超新星残骸・銀河団内部の「主たる構成要素の」高温ガスの運動を測定する
- 2) 10-80keVでの高精度の撮像分光、0.3-600 keVでの広帯域スペクトル観測を同時に行い、天体からのエネルギー解放過程を包括的に調べる。

ASTRO-Hの観測により、X線天文学が飛躍的に発展し、宇宙物理学に大きなインパクトを与える。

ペルセウス座銀河団 (The Perseus Cluster)

可視光画像



ペルセウス座銀河団 (The Perseus Cluster)

X線画像

相対論的粒子のバブル



超重ブラックホール
w/ 相対論的ジェット



間欠泉的なブラックホール活動 (バブル)
によってホットガス中を伝播する「音波」



世界ではじめての道具立て

ブラックホールの周囲や星が爆発したあとに残る高温プラズマ、銀河団を満たす膨大な量の高温ガスなどから放出される「X線」および「ガンマ線」を過去最高感度で測定し、高エネルギー現象に満ちた宇宙の構造やその進化を探る。

ASTRO-H Member Agencies and Countries

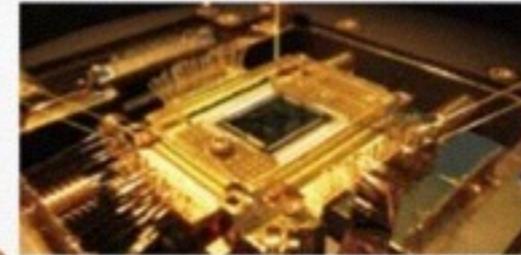


世界最先端の観測装置たち

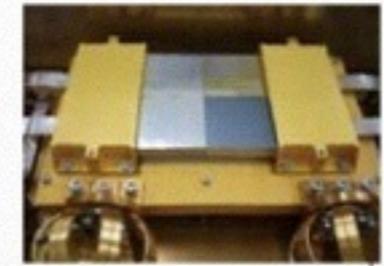


望遠鏡開口部の拡大写真
X線反射望遠鏡 (SXT/HXT)
天体からのX線を、観測装置に集める装置。可視光の望遠鏡でよく利用されるレンズや鏡とは異なり、X線を反射するアルミ板を同心円状に1000枚以上並べた構造をしています。

軟X線分光検出器 (SXS)
特殊な検出素子を、何台もの冷凍機をつかって絶対零度(摂氏-273度!)近くまで冷却し、その素子にX線があたったときの温度上昇を計測することで、入射したX線のエネルギーをこれまでにない高い精度で測定します。世界中の研究者が期待をよせる、ASTRO-Hの目玉の観測装置です。



検出素子の中心部(NASA/GSFC提供)



軟X線撮像検出器 (SXI)
大型のX線CCDを4個並べた、広視野のX線カメラ。0.5キロ電子ボルトから12キロ電子ボルトのエネルギーのX線帯域で、天体のX線撮像と分光観測を同時に行います。衛星本体内部に設置されます。



軟ガンマ線検出器 (SGD)
半導体検出器を積層して感度を高めたガンマ線分光装置。密度の濃いガスで覆われた天体などで、X線よりも透過性の高いガンマ線で天体の性質を調べる時などに活躍します。



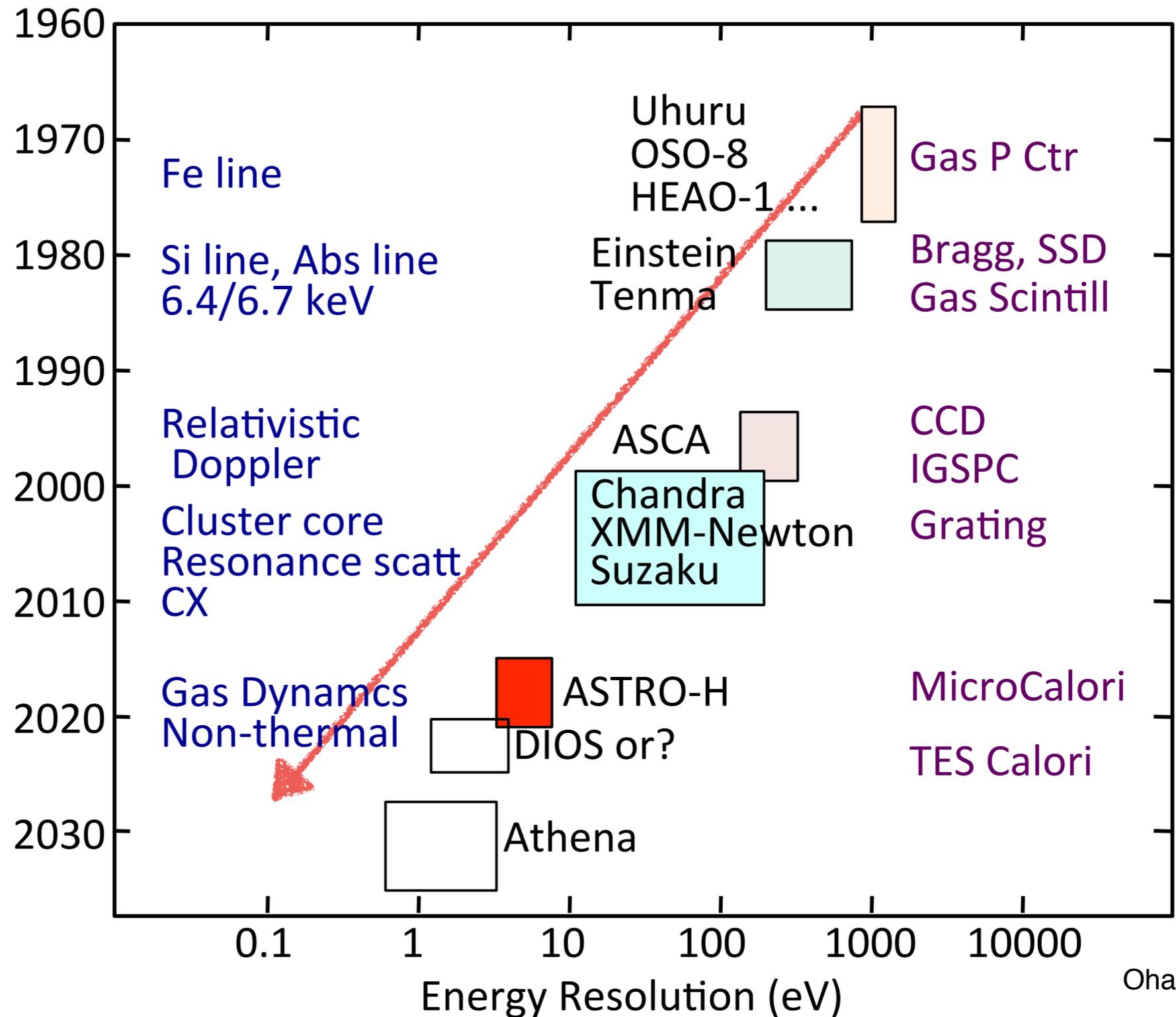
硬X線撮像検出器 (HXI)
シリコン半導体とテルル化カドミウム半導体を用いて、5キロ電子ボルト以上の「硬X線」と呼ばれる光を検出して天体のイメージを撮影。硬X線望遠鏡の焦点距離が1.2mもあるため、HXIは軌道上で伸びるブーム(腕)の先に設置されます。

超広角
コンプトンカメラの
要素技術

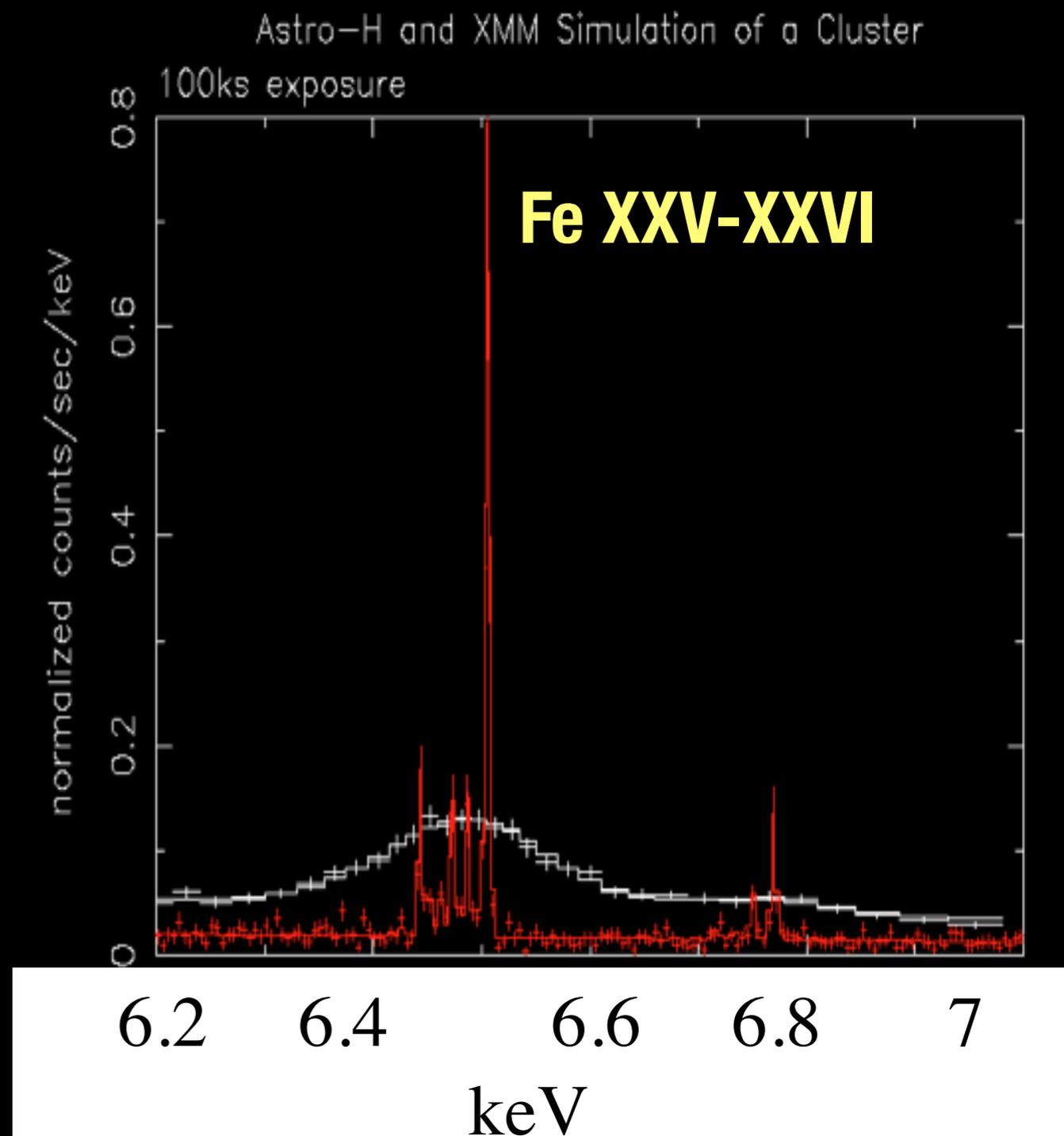
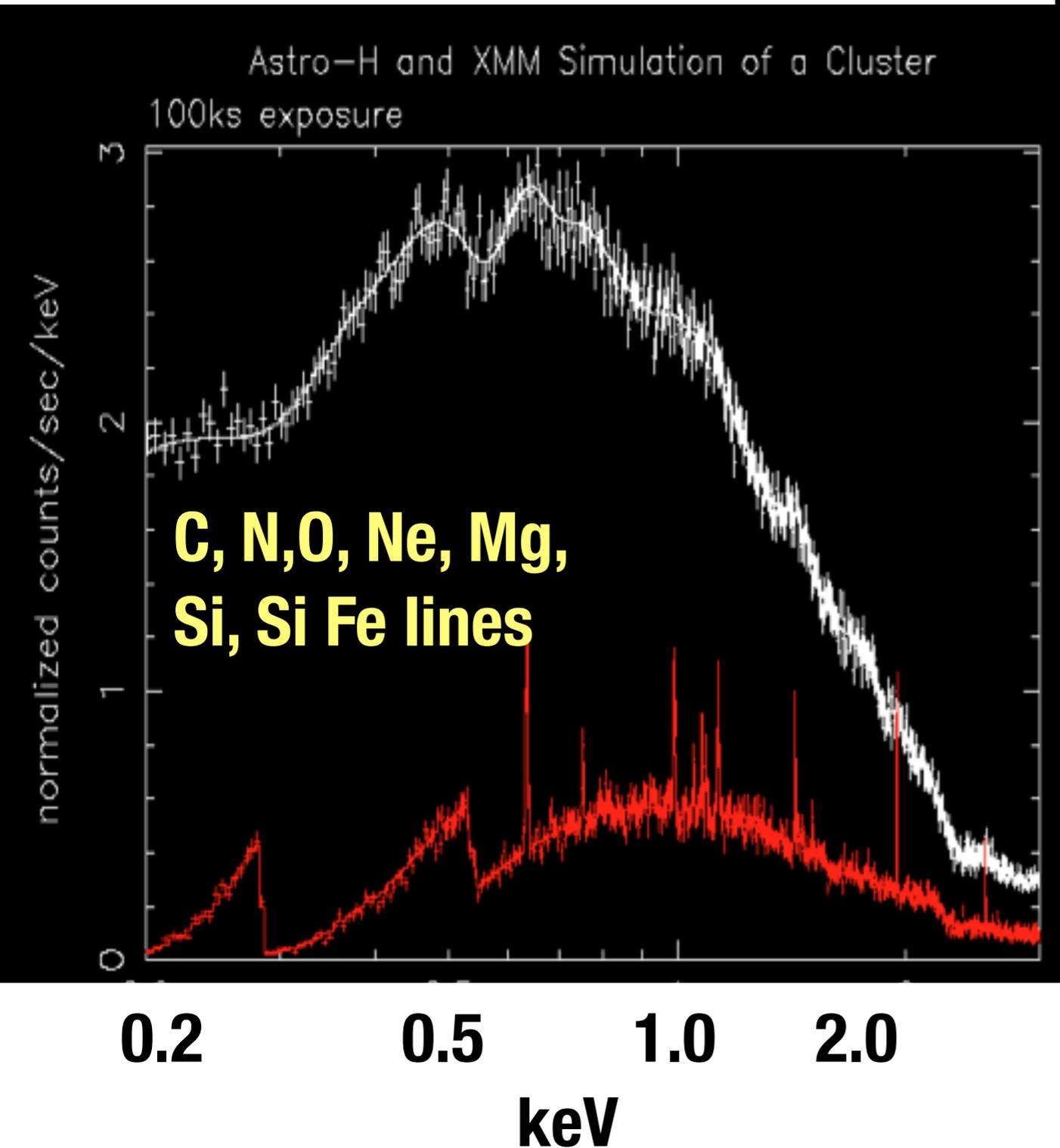
重量 約 2.7 トン
全長 14 メートル

New physics came in with ~10 times advance in resolving power

Spectroscopy is the major driving force in future X-ray astronomy



- 世界ではじめて搭載されるマイクロカロリメータ

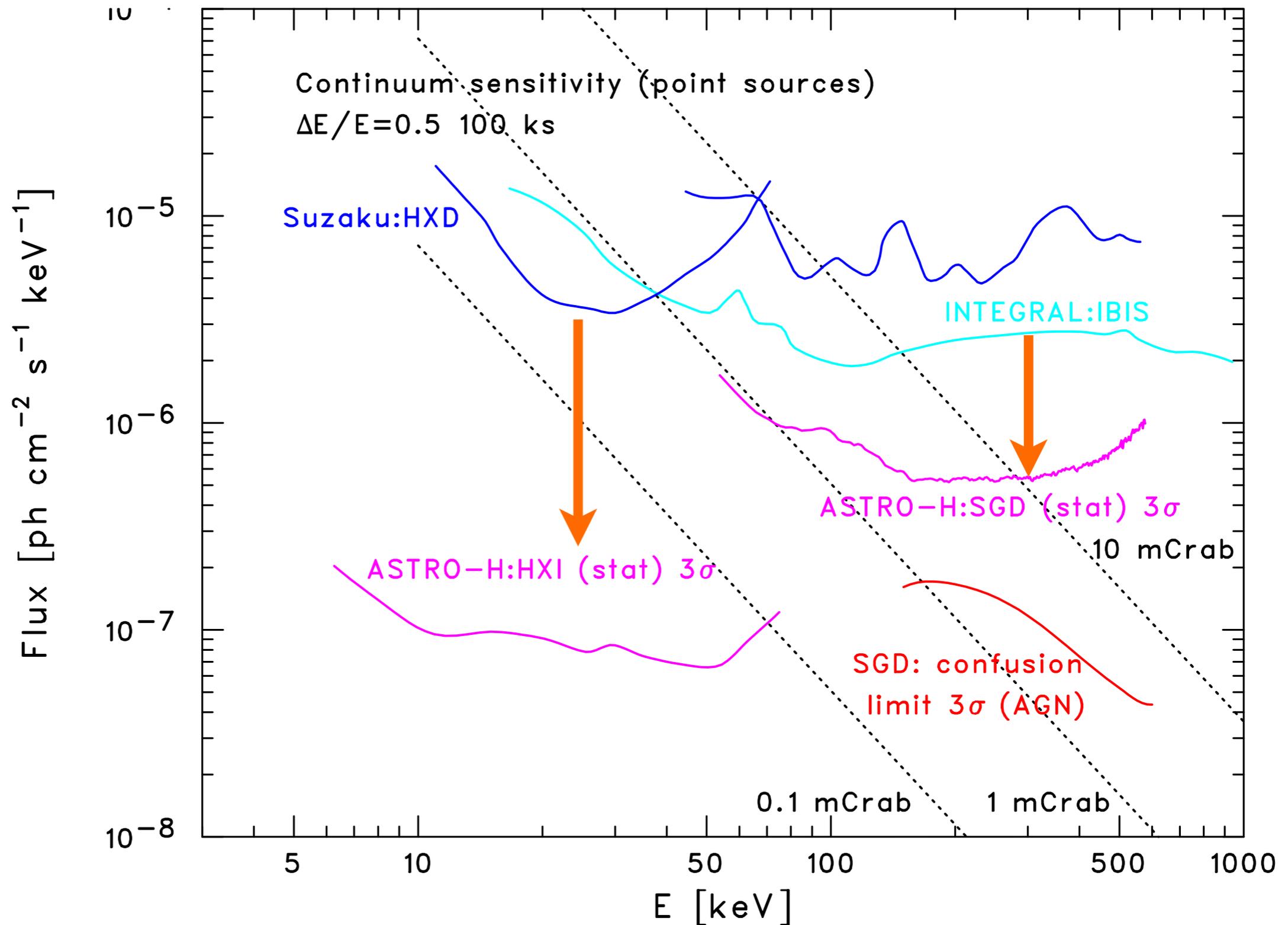


- (XMM CCD in white)
- Astro-H energy resolution is 30x better than Chandra or XMM at Fe K lines

R. Mushotzky (2013)

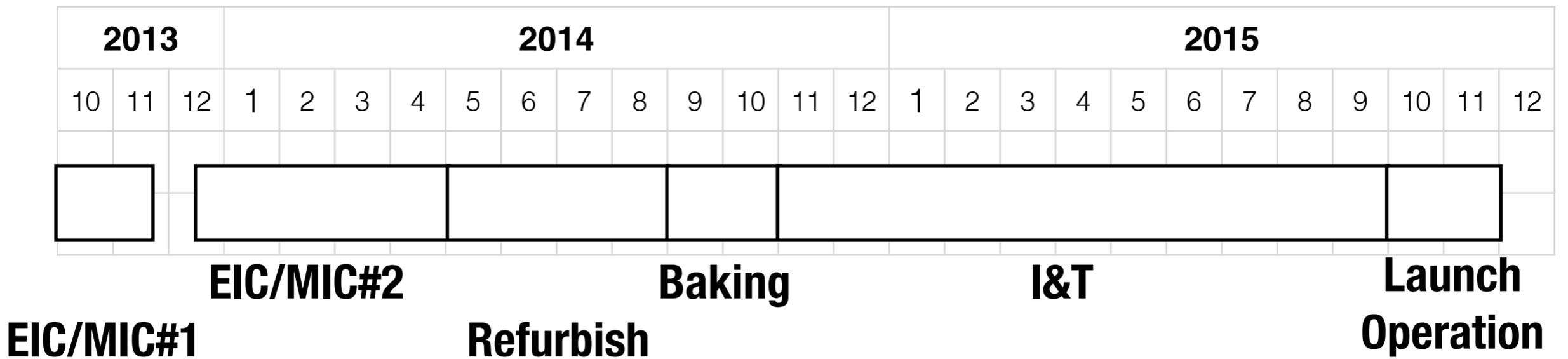
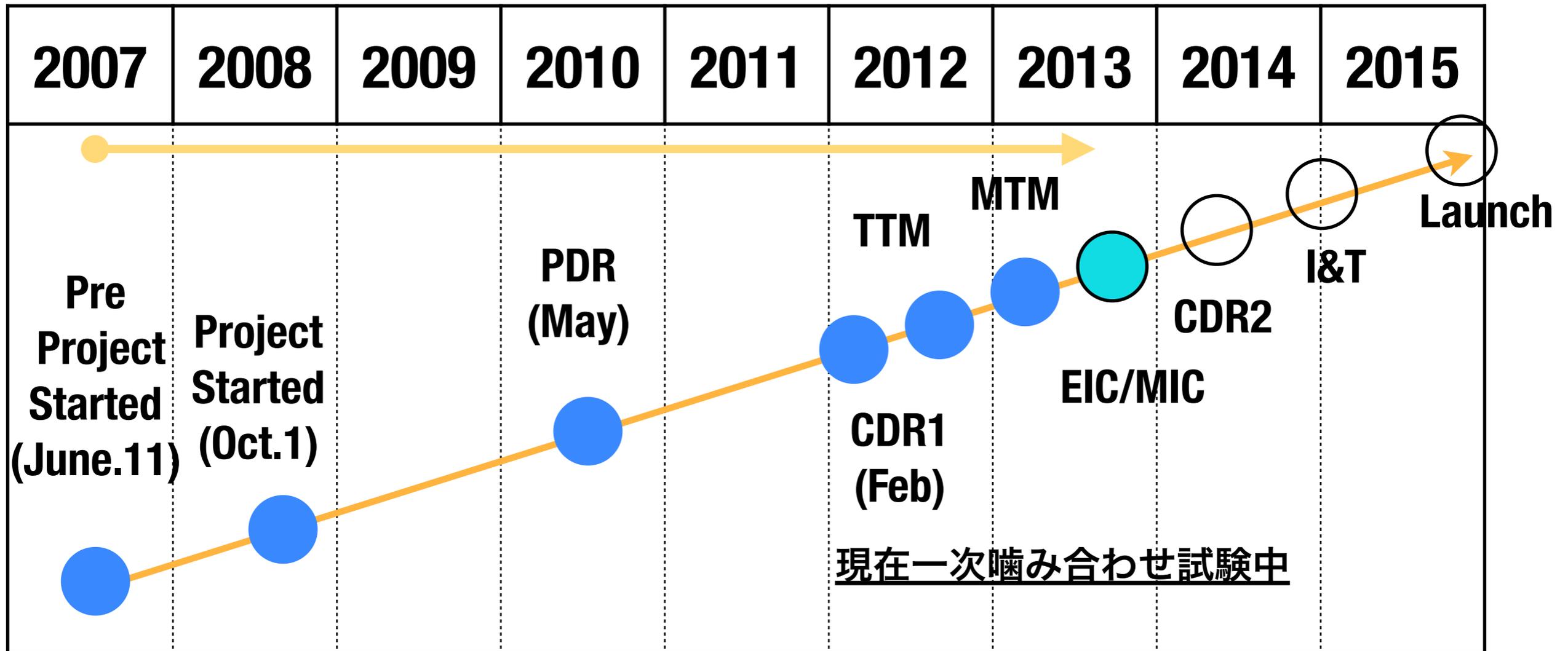
New physics came in with ~10 times advance in sensitivity

Hard X-ray coverage is another major driving force in future X-ray astronomy



これまで来た道, これから進む道

H19

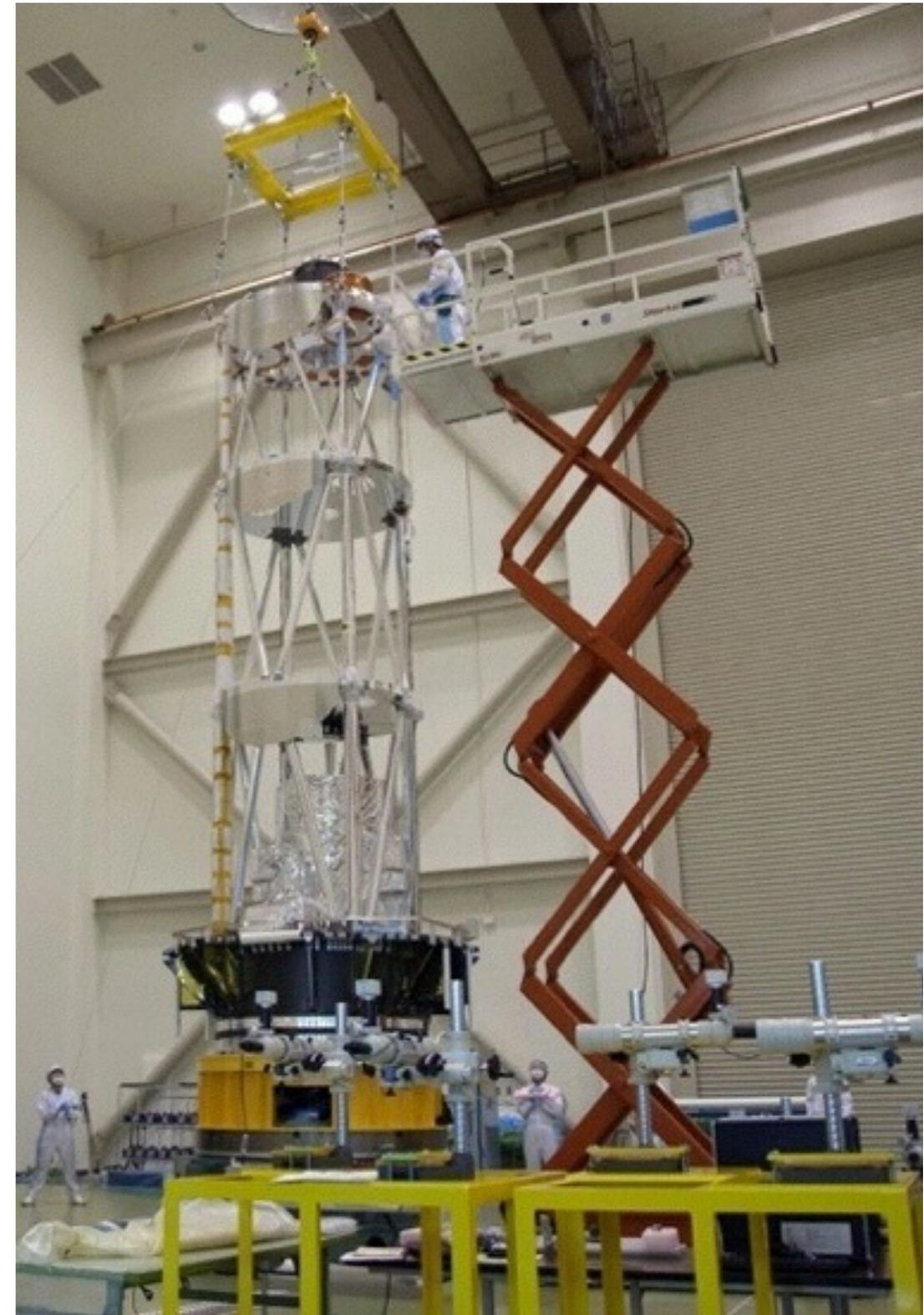




戦略的科学衛星のアーキテクチャ開拓をめざして

1) 衛星質量は約2.7トン、ミッション系は、約1.5トン。発生電力は太陽に正対すると約4200wを発生。設計要求寿命は3年だが、バッテリーなどの寿命品目は5年目標で設計。バス系の信頼度は5年で約0.8以上が設計結果。太陽電池パドルは固定翼としていて太陽角 ± 30 度まで運用可能。バス系は、フル冗長系。

2) 近地球衛星で慣性空間指向、日陰日照で温度分布がかわり、軌道周回で地球アルベドや重力傾斜の方向も変わると言う厳しい条件下で、60秒角以内という高い指向精度を達成する必要がある。そのため的高度な、熱構造設計が要求される





戦略的科学衛星のアーキテクチャ開拓をめざして

構造設計

- a. X線天文衛星ASTRO-Hは全長14mという大きさに対して極めて高い指向精度を要求している。この要求を満たすため、ASTRO-Hは軌道上での形状安定性に主眼をおいた構造設計となっている。
- b. 検証計画も、一般的な打上げ時の耐環境性に加えて軌道上でのアライメント成立性の検証を重点的に行うものとなっている。

3.3.1. 微小擾乱試験

目的	搭載機器の微小擾乱が感受要素に与える影響の評価
供試体	EOBを除く全ての衛星構造モデル
特記事項	供試体をバネで吊るすことで外部からの振動を遮断。EOBとその先端のHXIにおける振動レベルはI/F面での振動を計測し、単体試験の結果と合わせて評価。 擾乱源は原則フライト品相当。ただし、開発スケジュール上やむを得ずフライト相当品が準備できない機器については模擬擾乱源で代替。
評価方法	表5に示す。
結果	アライメントの観点では、STTに若干影響が見られたがバジェットの見直しにより成立見込。一部機器で自身の振動による観測結果への影響が問題となっているが、サブシステムの問題として検討中。

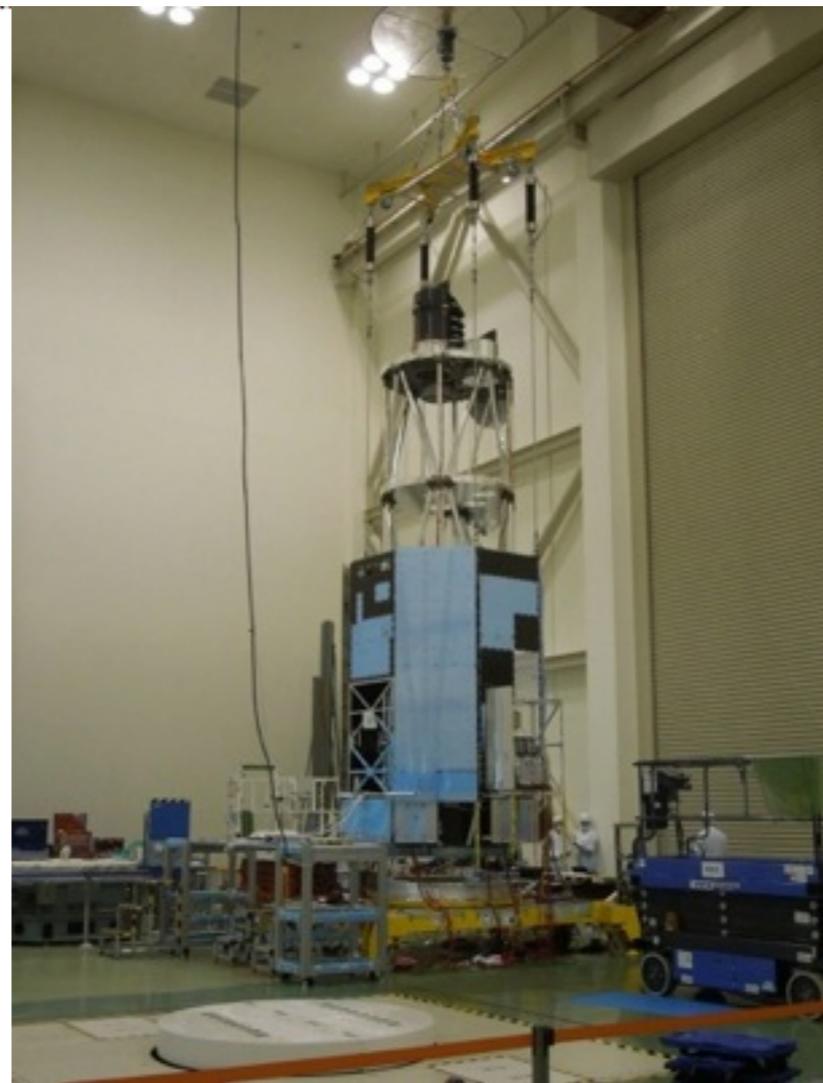
表5 擾乱源の種類とそれぞれの評価法

加振方法	評価方法
実機 (SXS,SXI冷凍機)	感受要素の計測レベルを軌道上での擾乱レベルとして評価
模擬擾乱源(IRU、RW)	伝達関数を取得し、単体の擾乱レベルと掛けあわせて評価

表1 各観測機器の精度要求

	望遠鏡光軸 制御精度	中心軸 制御精度
SXS(軟X線分光器)	<120 arcsec	<55 arcsec
SXI(軟X線撮像器)	<120 arcsec	<184 arcsec
HXI(硬X線撮像器)	<60 arcsec	<52 arcsec
SGD(軟γ線検出器)	<200 arcsec	NA

*光軸:望遠鏡の性能が理想的となる望遠鏡のみで決まる光学的な軸
*中心軸:望遠鏡の評価点と観測機器の評価点を結んだ、観測軸
各誤差要因ごとに試験で検証すべき数値はおよそ一桁小さい値となる。



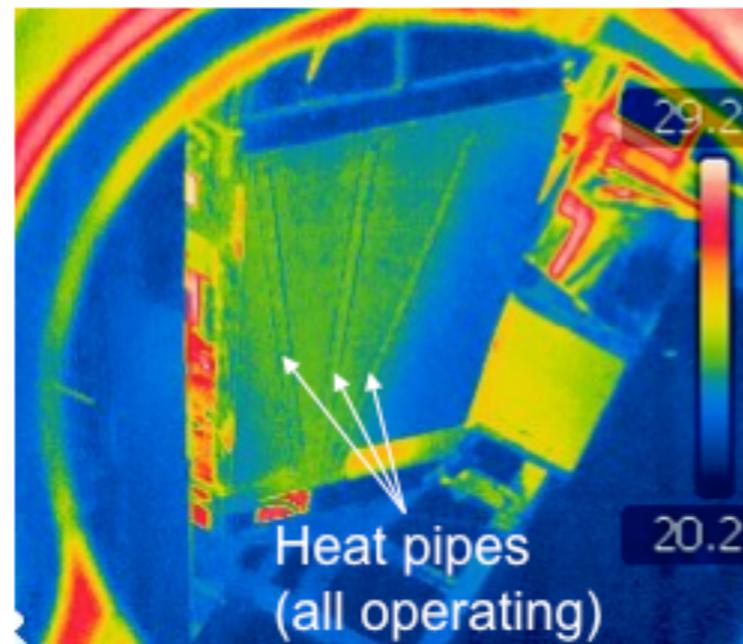
詳細は
P2-9:
ASTRO-Hの構造設計
(河野, 石村, 峯杉他)



戦略的科学衛星のアーキテクチャ開拓をめざして

熱設計

- 1) 各観測機器の観測軸と光軸を正確に一致させるための低熱歪要求を満たすこと
- 2) 各観測機器が所定の性能を維持できるように各機器の熱設計要求を満たすこと
 - 低熱歪要求を満たすため、線膨張係数の小さいCFRPを衛星構体やサーマルダブラに採用
 - 計30本以上のヒートパイプ(最長3m)による熱輸送。
望遠鏡以外のミッション機器は全てヒートパイプが主要な排熱パスとなっている
 - ループヒートパイプ(科学衛星初)や最外層銀蒸着テフロンMLIの採用
 - 熱変形試験の実施 (構造設計とのリンク)



熱数学モデルのコリレーションの結果、バス機器については、90%以上の温度測定点に関して実測値と予測値の差を5°C以内に収めることができた

詳細は

P2-10: ASTRO-Hの熱設計
(岩田, 小川他)

他

電源: P2-11 (嶋田他)

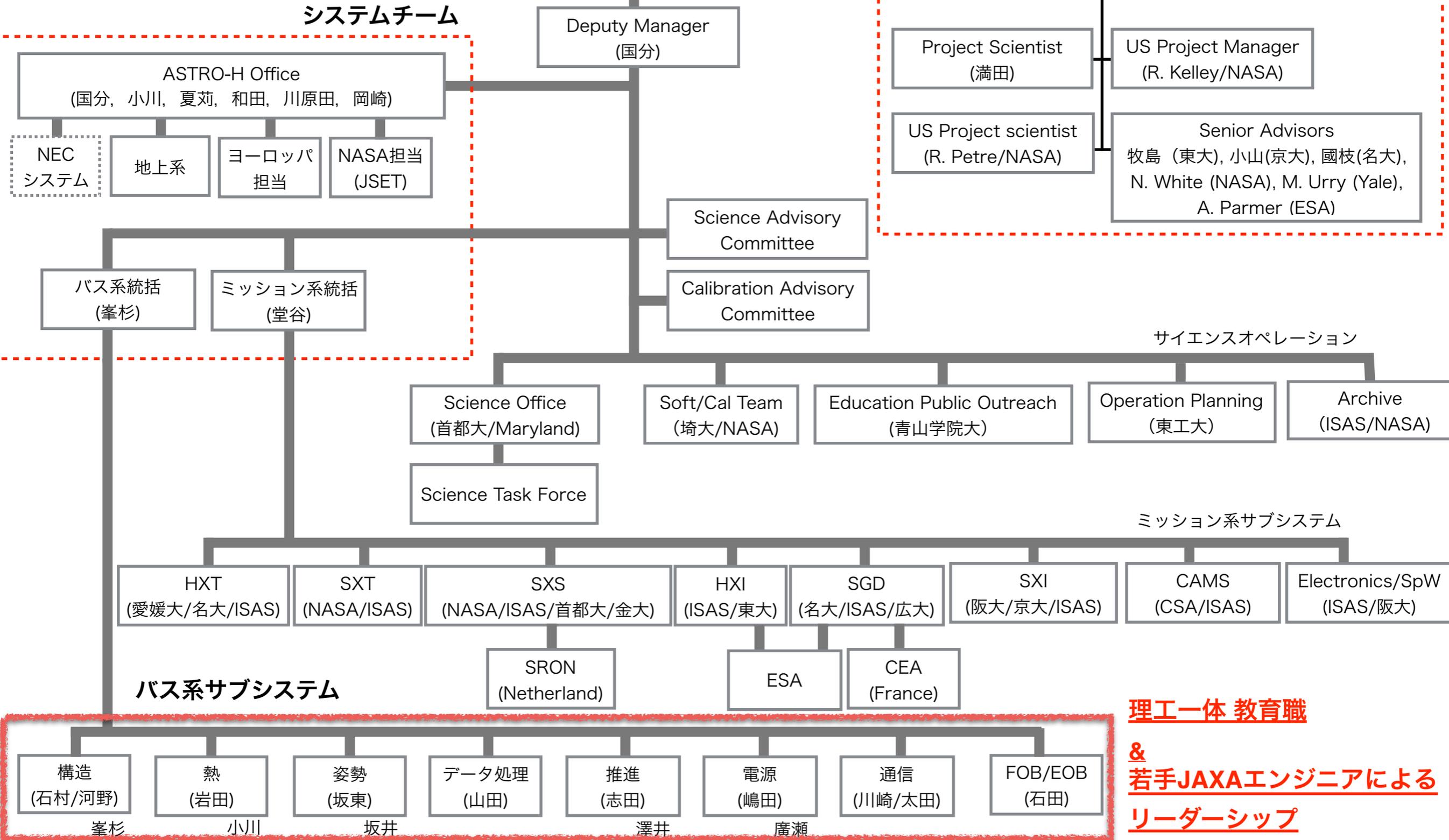
姿勢: P2-12 (坂東他)

地上系: P2-13 (小川他)

ASTRO-H 衛星開発チーム

(括弧内はミッション機器PI/SubPIの所属機関)
(2013/Nov/19)

Steering Committee



全体開発取りまとめ	JAXA
システム、バス系 (光学ベンチを除く)、全体開発取りまとめ支援	NEC
バス系 (光学ベンチ)	NIPPI(日本飛行機)

ミッション機器センサー、望遠鏡設計、開発	JAXA, 大学、海外機関
ミッション機器センサー製造	MHI (三菱重工業名誘)
冷凍機、冷却系	SHI (住友重機)

March 16th

微小振動試験



May 16th

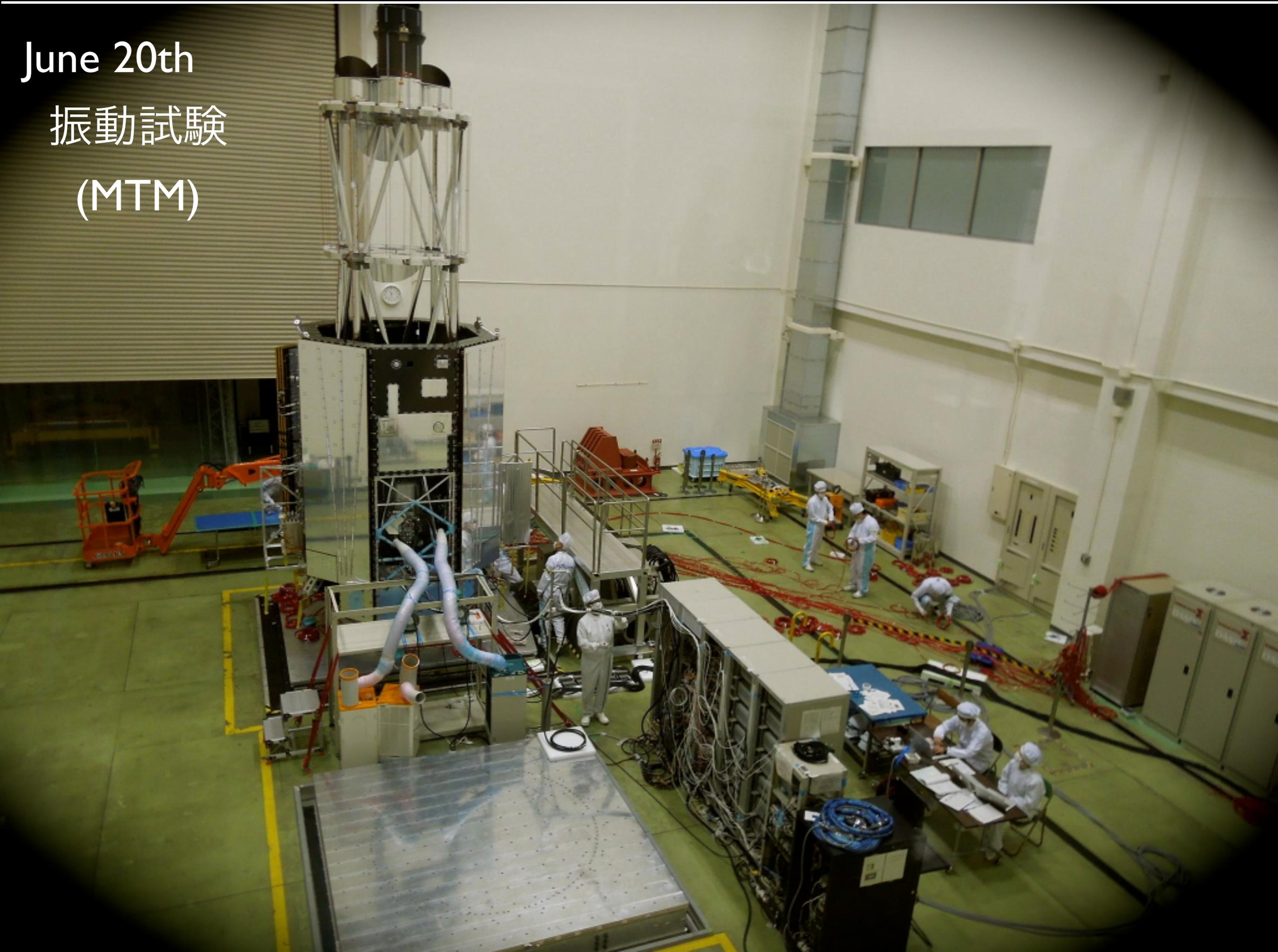
音響試験



June 20th

振動試験

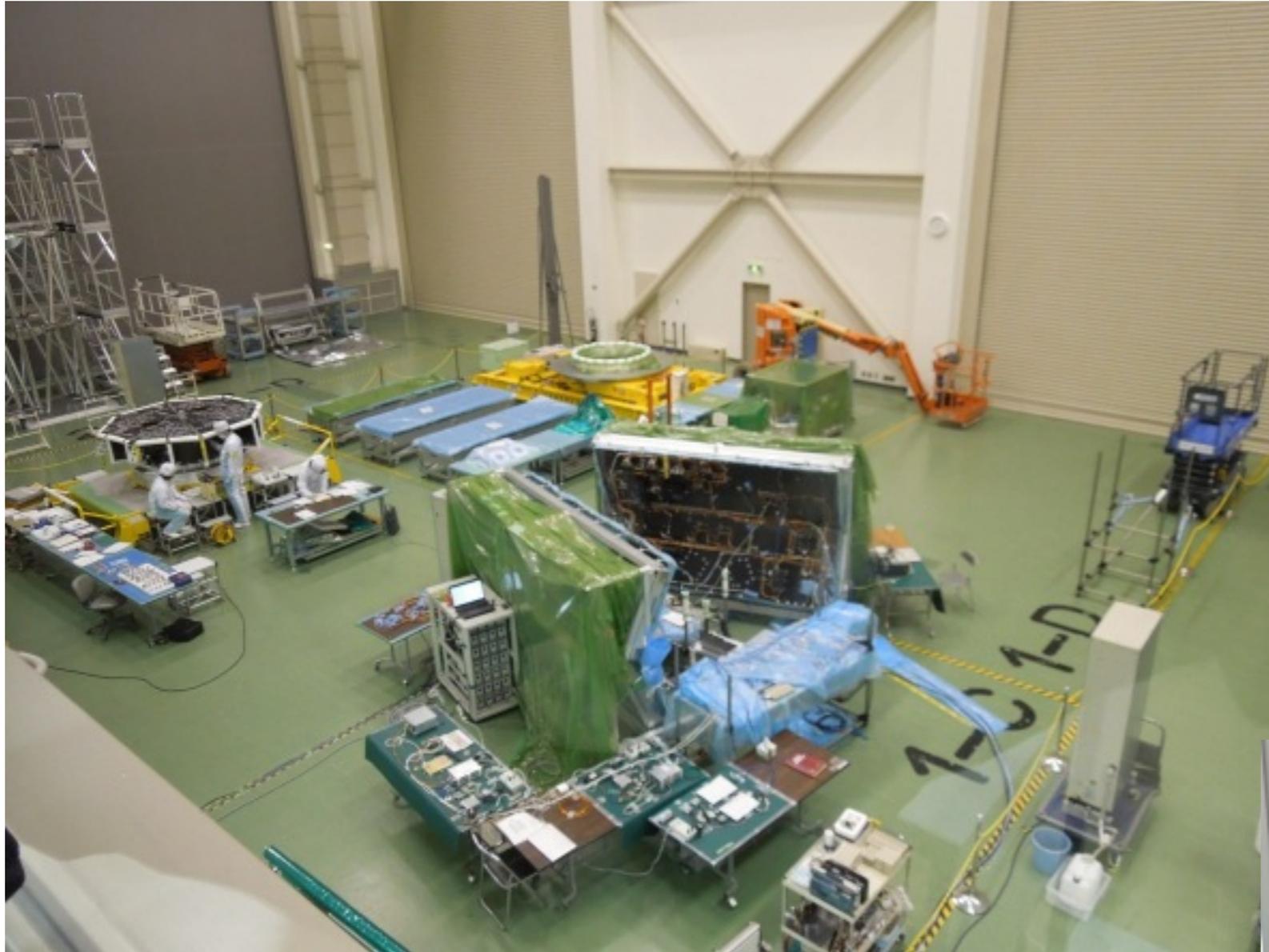
(MTM)



一次噛み合わせ試験



筑波宇宙センターでの試験の様子



相模原での試験のモニター様子

- ・クリーンルーム内に設置したモニタカメラ画像の中継
- ・試験現場でのインカム音声の相模原へのリアルタイム伝送(双方向可)
- ・試験に使っている衛星管制におけるコマンド送信状況モニタの配信
- ・共通QL(GSTOSテレメ監視または状態監視)の表示

宇宙研に居ながらにして、あたかも筑波のチェックアウト室にいるのとほぼ同様の情報量が得られる状況を作ることが出来た。



国分, 夏苅, 和田らによる整備

まとめ



1. 昨年来、衛星構造モデルを用いた微小擾乱、正弦波、音響、衛星分離衝撃、EOB分離衝撃、SAP分離衝撃試験を実施。
2. 衛星一次噛み合わせ試験を8月から実施。
プロジェクトメンバーがシフトを組んで筑波へ。
朝会、夕会はテレビ会議。
同時に、筑波での試験を相模原の宇宙研キャンパスでもモニターできるようなシステムを構築
3. 宇宙科学連合講演会(10月米子)にて、ASTRO-Hのオーガナイズドセッションを企画。メーカーや工学担当のメンバーを中心にASTRO-Hの開発について発表が行われた

様々な不具合が発生しているが、
世界中のチームメンバーが一丸となって、
対処している。

あと少し



ASTRO-H Collaboration Meeting (2013, Feb)

