

# 活動銀河核エンジンの解明と 飛翔体搭載観測装置開発への重要な貢献

2023年3月6日

大阪大学 宇宙地球科学専攻

野田 博文

多くの方々に支えられ、研究・開発を行ってきました。一部ですが、ご紹介します。お世話になった全ての方々に深く感謝申し上げます。

- ☆ 大学院時代からご指導いただいている牧島一夫先生
- ☆ 長年研究他の相談に乗っていただいている山田真也先輩
- ☆ 研究員時代に支えていただいた玉川徹先生、秋山正幸先生
- ☆ ブラックホールの共同研究者であるChris Done先生
- ☆ 本賞にご推薦いただいた松本浩典先生、上野宗孝先生
- ☆ 「ひとみ」HXI/SGD 開発チーム & SXS 開発チームの皆さま
- ☆ XRISM Xtend 開発チーム、サイエンスチームの皆さま

NGC 5128 銀河の可視光画像 (Credits: ESO)

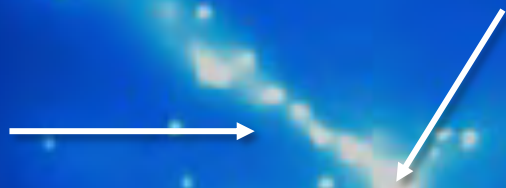


NGC 5128 銀河 可視光と同じ領域のX線画像 (credit: NASA/CXC/SAO)

銀河の中心に太陽の1億倍もの質量の  
「超巨大ブラックホール (SMBH)」

銀河を超える光度の「活動銀河核 (AGN)」

超高速プラズマ噴出流  
「ジェット」

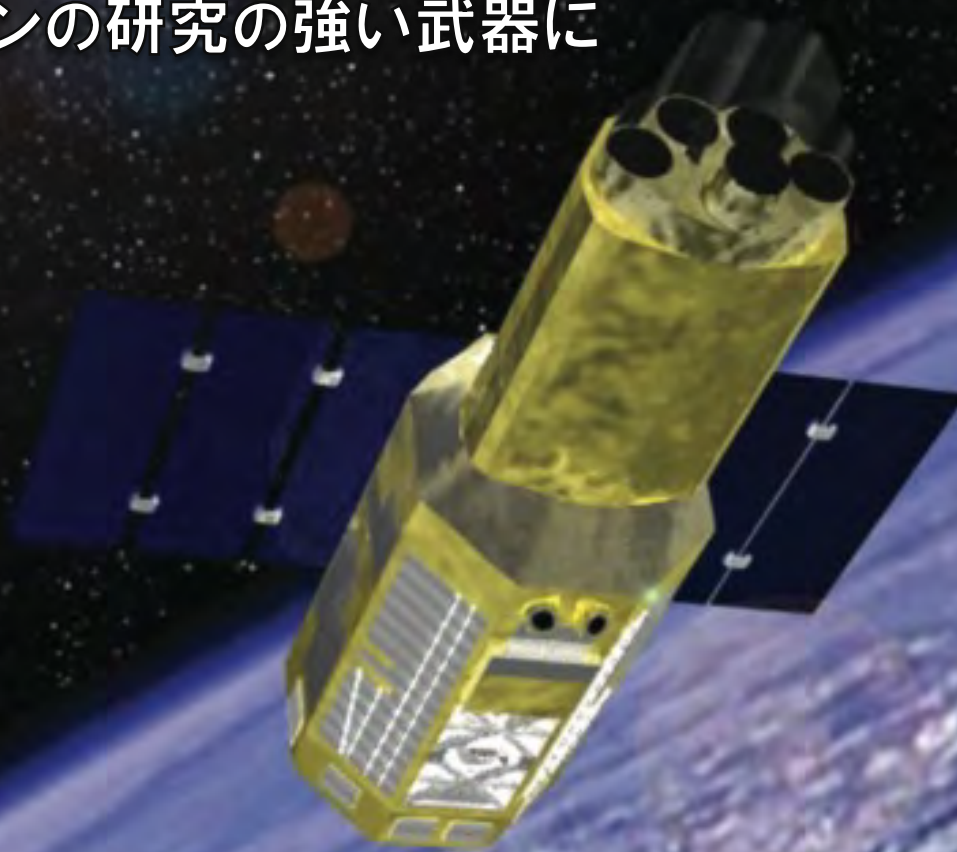


宇宙の進化で重要な役割を果たしてきた強大な放射や  
噴出流を生み出す機構「AGNエンジン」を理解したい

# X線天文衛星「すざく」

X線CCD (XIS) & 硬X線検出器 (HXD) により  
0.3-600 keV 広帯域を同時に高感度観測

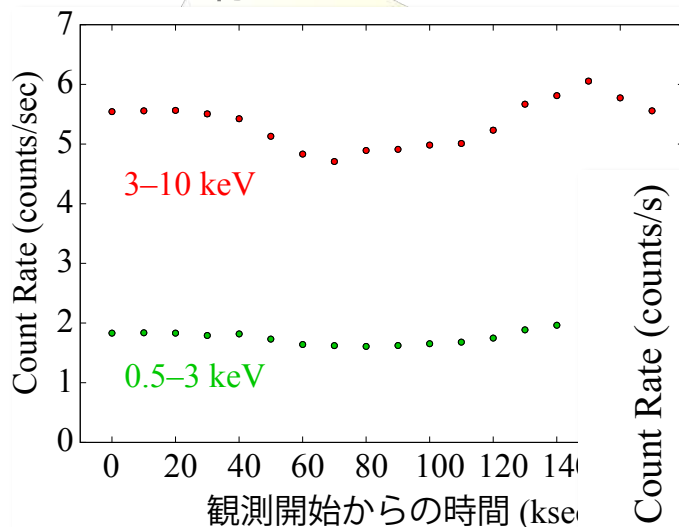
→ AGNエンジンの研究の強い武器に



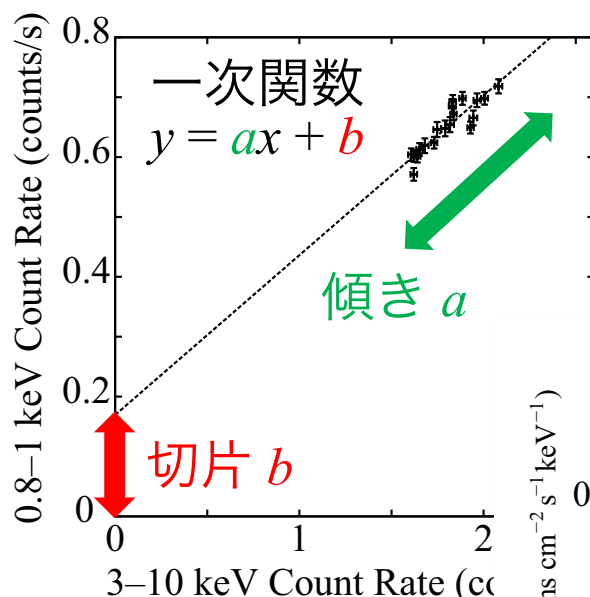
# X線放射の成分 ~独自の解析手法~

SMBHが吸い込む量に応じてX線強度が時間変動 → 利用して成分分解

X線ライトカーブ

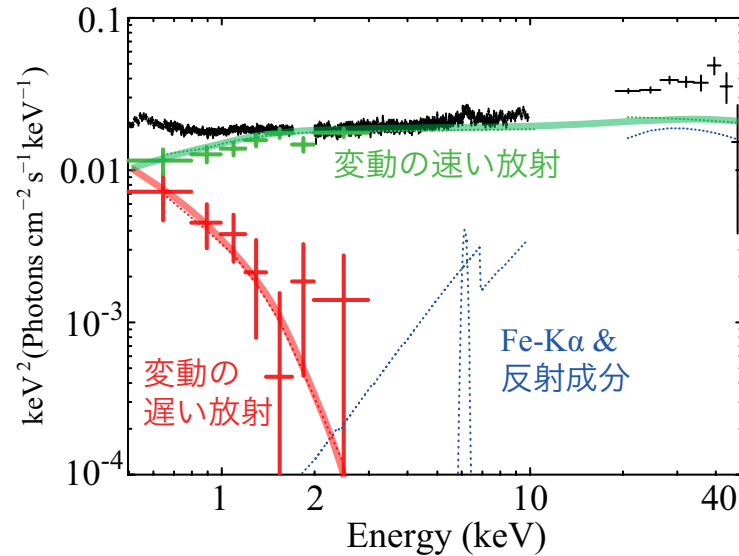


カウント-カウント  
プロット



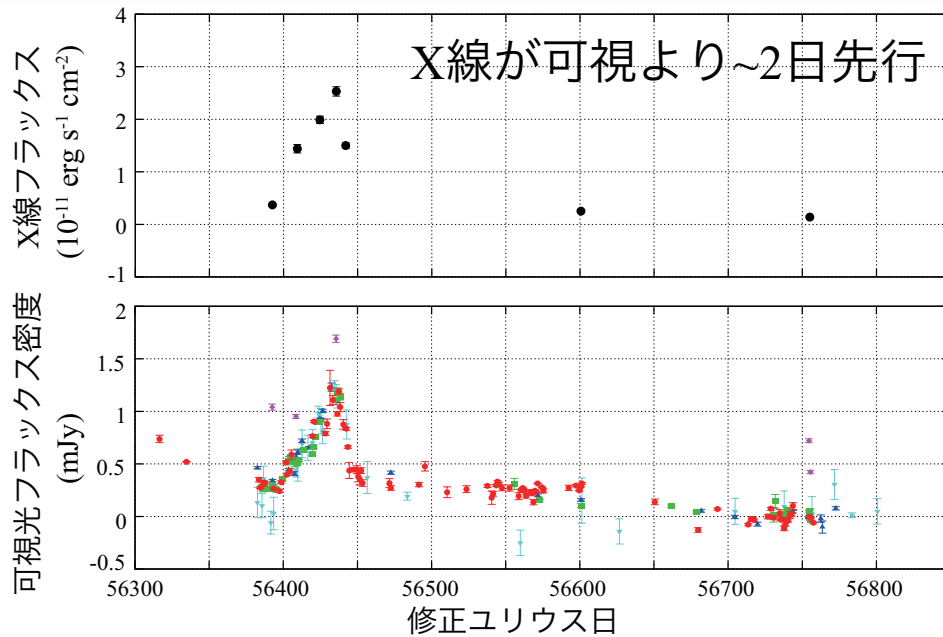
数時間で変動する  
高Eまで伸びる成分  
+  
数日で変動する  
低Eで卓越する成分

時間平均スペクトル



代表的なAGN  
Mrk 509

**AGNエンジンには異なるX線放射源  
が複数共存 (Noda et al. 2011, 13ab, 14)**



変動の激しいAGN NGC 3516

X線が可視光を放射する物質を照射して連動

高温X線源 (電子温度 $\sim 10^{8-9} \text{ K}$ )  
がより低温の物質 ( $\sim 10^4 \text{ K}$ )  
と隣接 (Noda et al. 2016, 23)

「すずく」(JAXA/NASA)

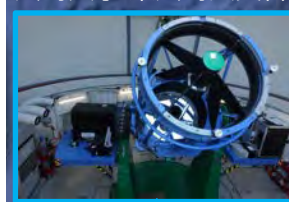
北海道大学大学院附属天文台

東京大学 木曾観測所

兵庫県立大学/西はりま天文台

東京工業大学/東大宇宙線研明野観測所

広島大学/東広島天文台



広島



兵庫県立大学/西はりま天文台

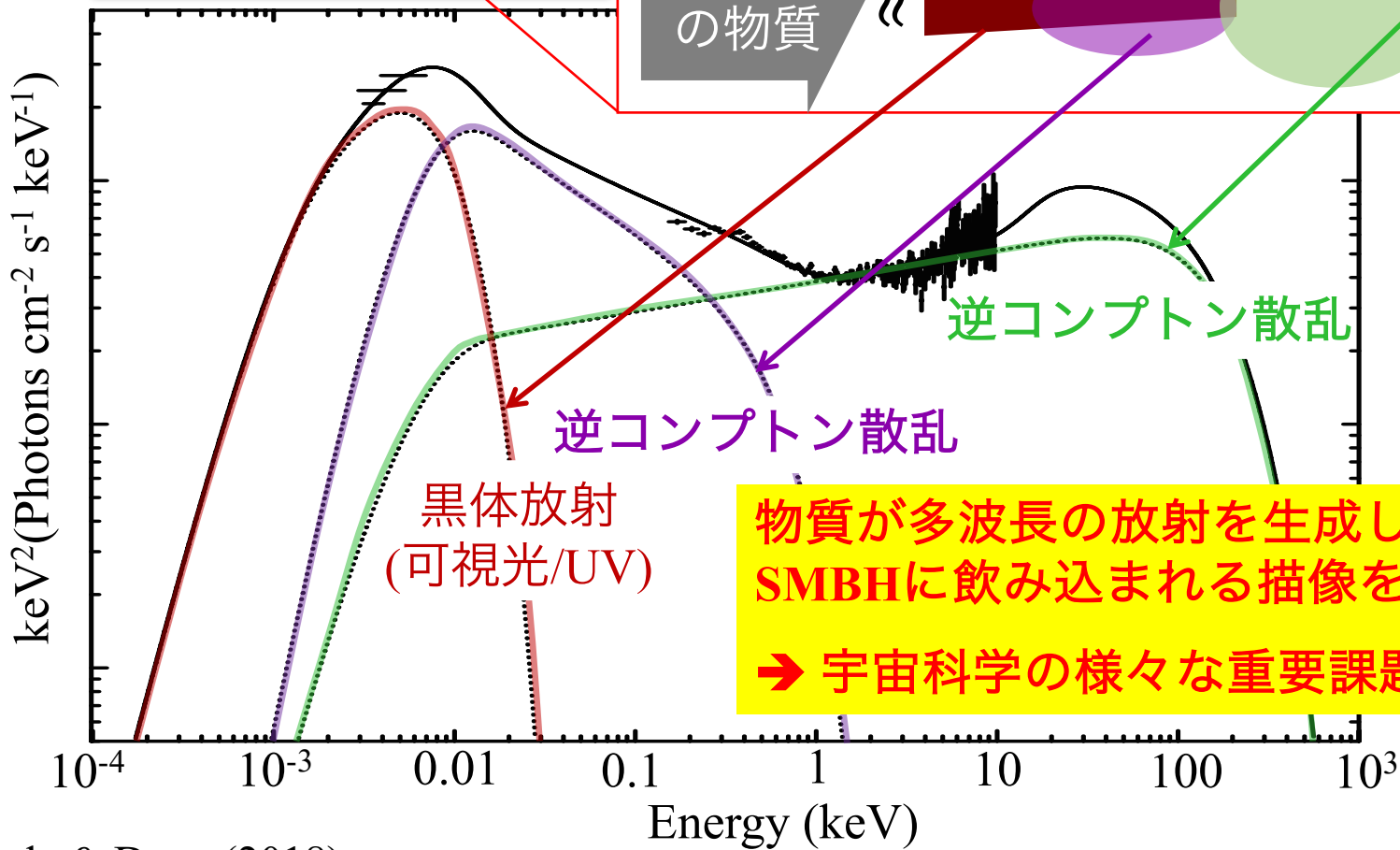
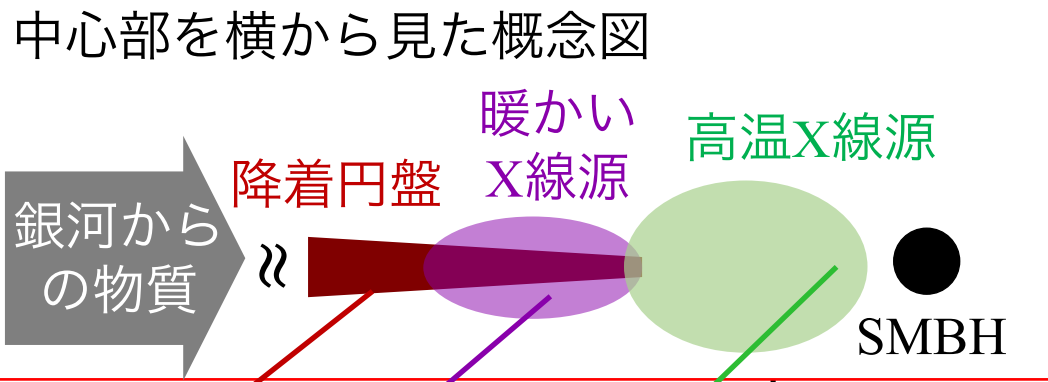
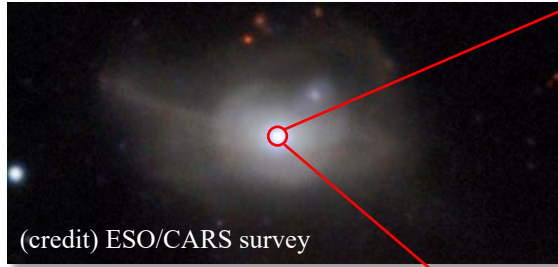


東京大学 木曾観測所



東京工業大学/東大宇宙線研明野観測所

# AGNエンジンの描像



物質が多波長の放射を生成しながら SMBHに飲み込まれる描像を確立

→ 宇宙科学の様々な重要課題に波及



# X線天文衛星「ひとみ」



日本6番目のX線天文衛星 (2016年打上)

精密軟X線分光 & 広帯域同時観測

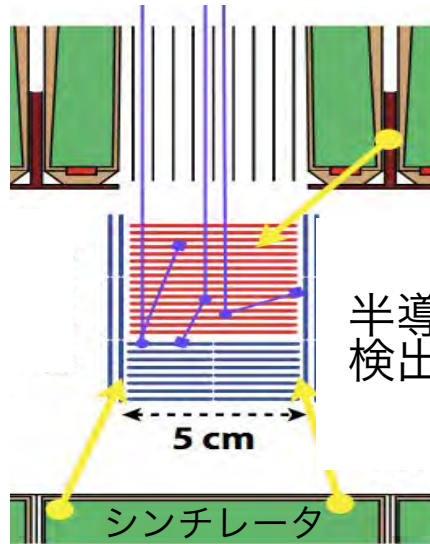
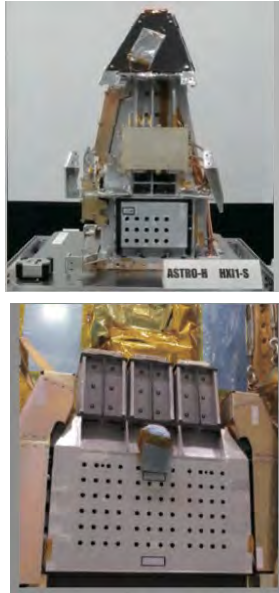
→ エンジンへの燃料 (質量) の供給源 & 周辺環境への影響の解明へ

# 開発に貢献した「ひとみ」搭載装置

硬X線撮像検出器 HXI (5-80 keV)  
軟ガンマ線検出器 SGD (60-600 keV)

X線マイクロカロリメータ  
SXS (0.4-12 keV)

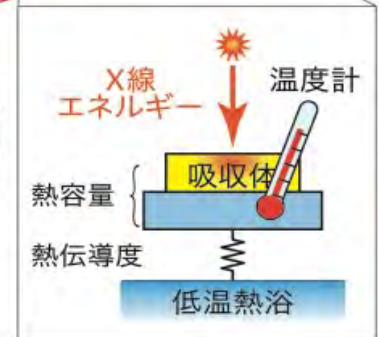
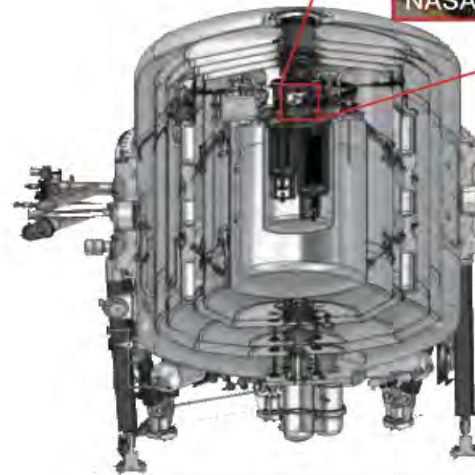
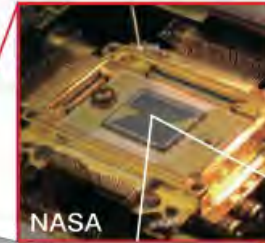
硬X線・軟ガンマ線



ASTRO-H press kit

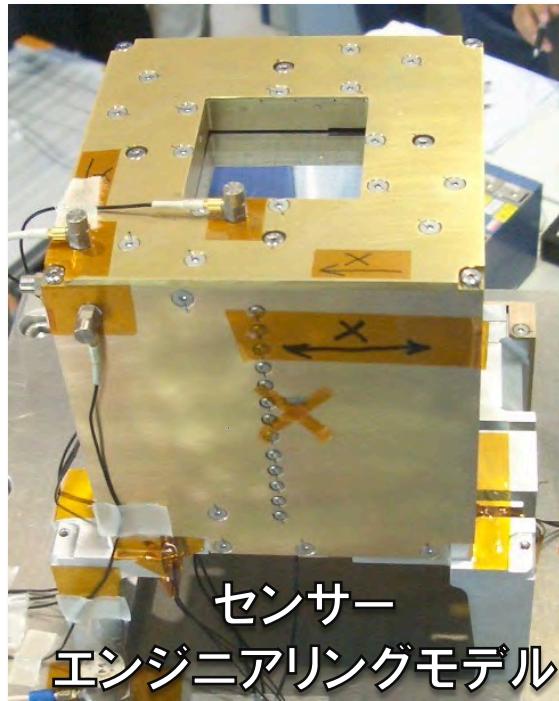


エネルギー分解能  
~5 eV @ 6 keV



ASTRO-H press kit

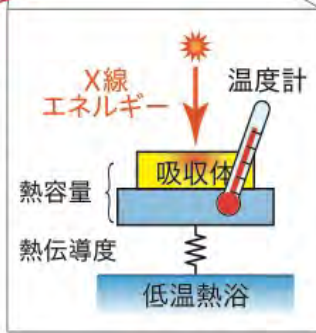
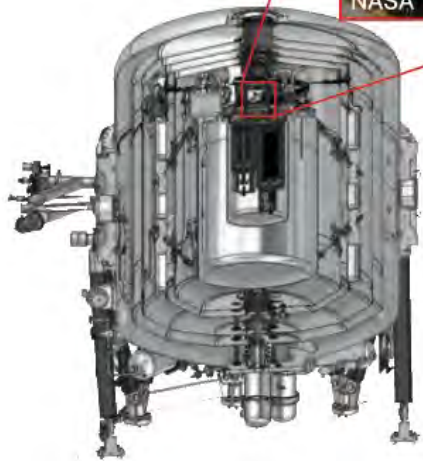
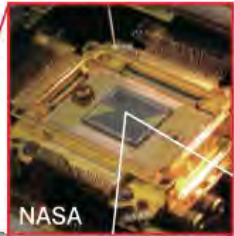




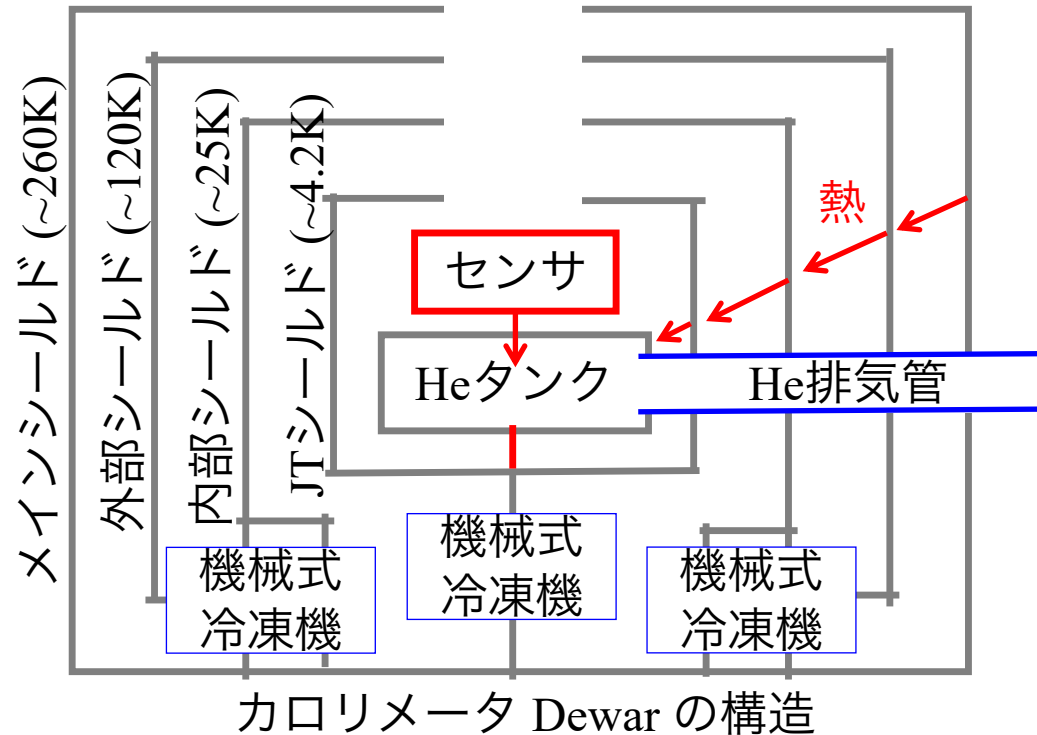
- ☆ 地上装置では不要な設計も必要 → 伝導/放射で温度制御する「熱設計」
- ☆ 放っておくと半導体検出器が $+50^{\circ}\text{C}$ を超える。熱雑音で信号検出不可...

**新たな熱部材を加え設計 → 熱解析と熱真空実験で検証 (Noda et al. 2014)**

センサー温度  
50 mK  
(-273.1 °C)



ASTRO-H press kit

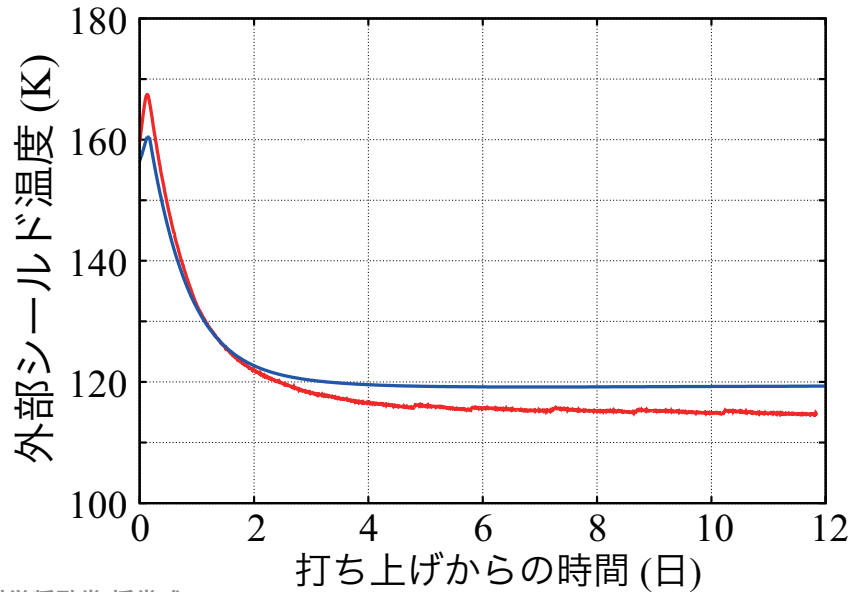
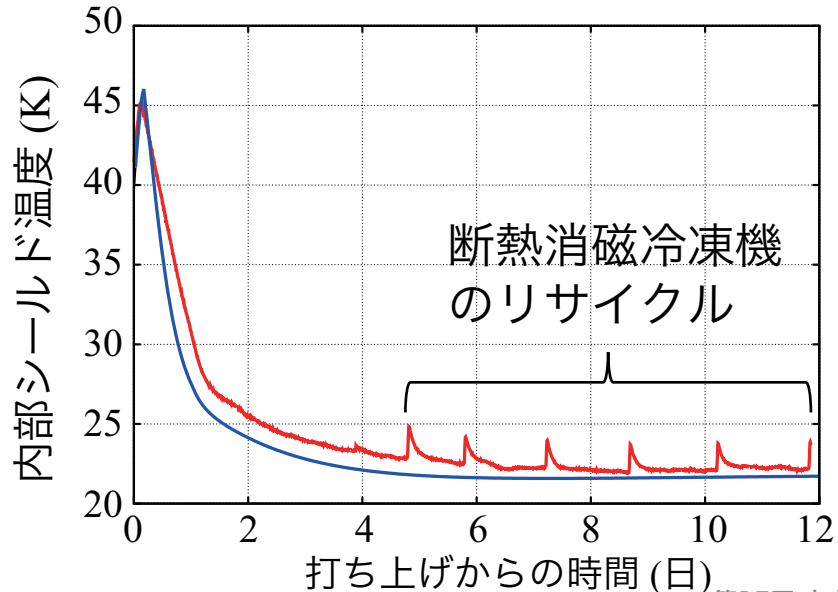
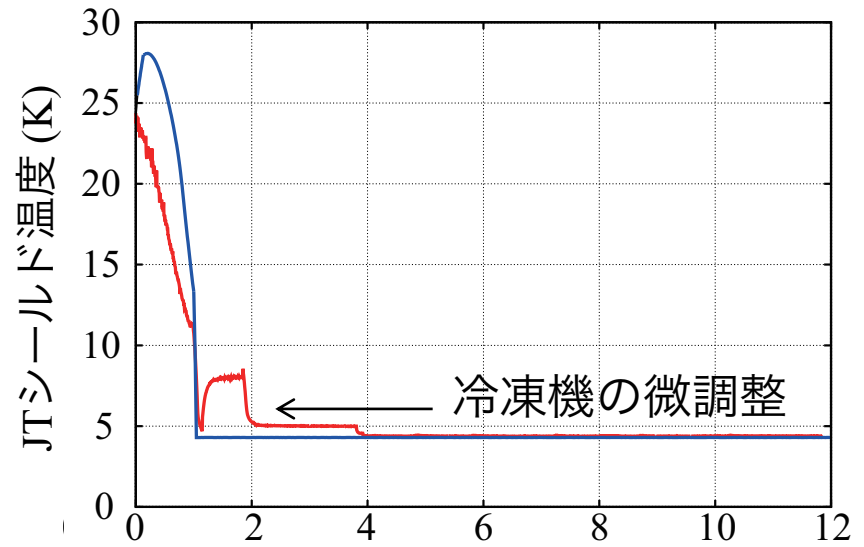
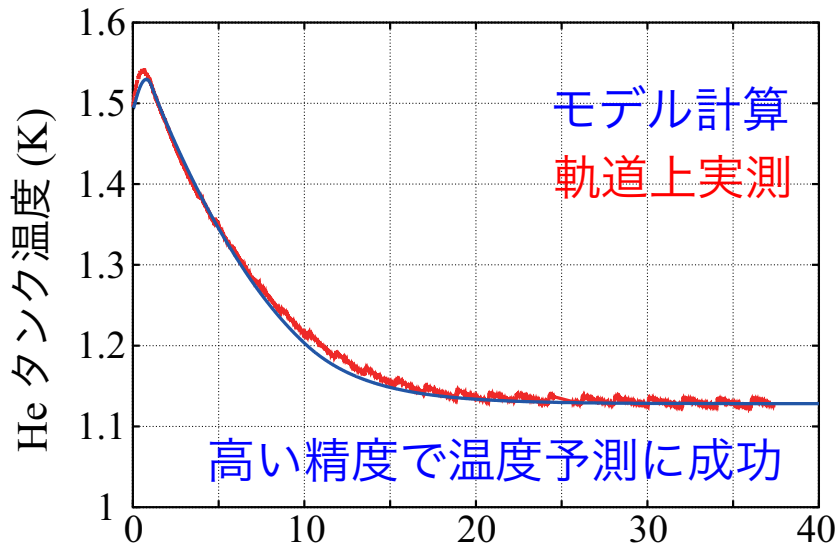


- ☆ 冷凍機でシールド冷却。熱をHe蒸発で持ち去り温度を安定化
- ☆ Heは常に超流動状態が要求。しかし打上時、冷凍機+蒸発を止める...

**熱解析で打上時の温度条件/制御を精密に決定 → 打上成功の鍵に**

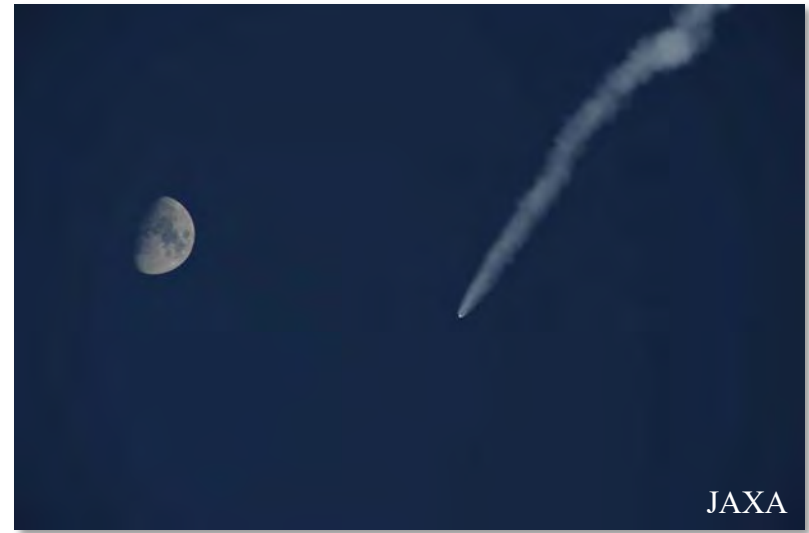
# 打ち上げ時の予測と実測温度

地上試験・打上運用に全面参加。精緻な熱数学モデルを構築 (Noda et al. 2018)

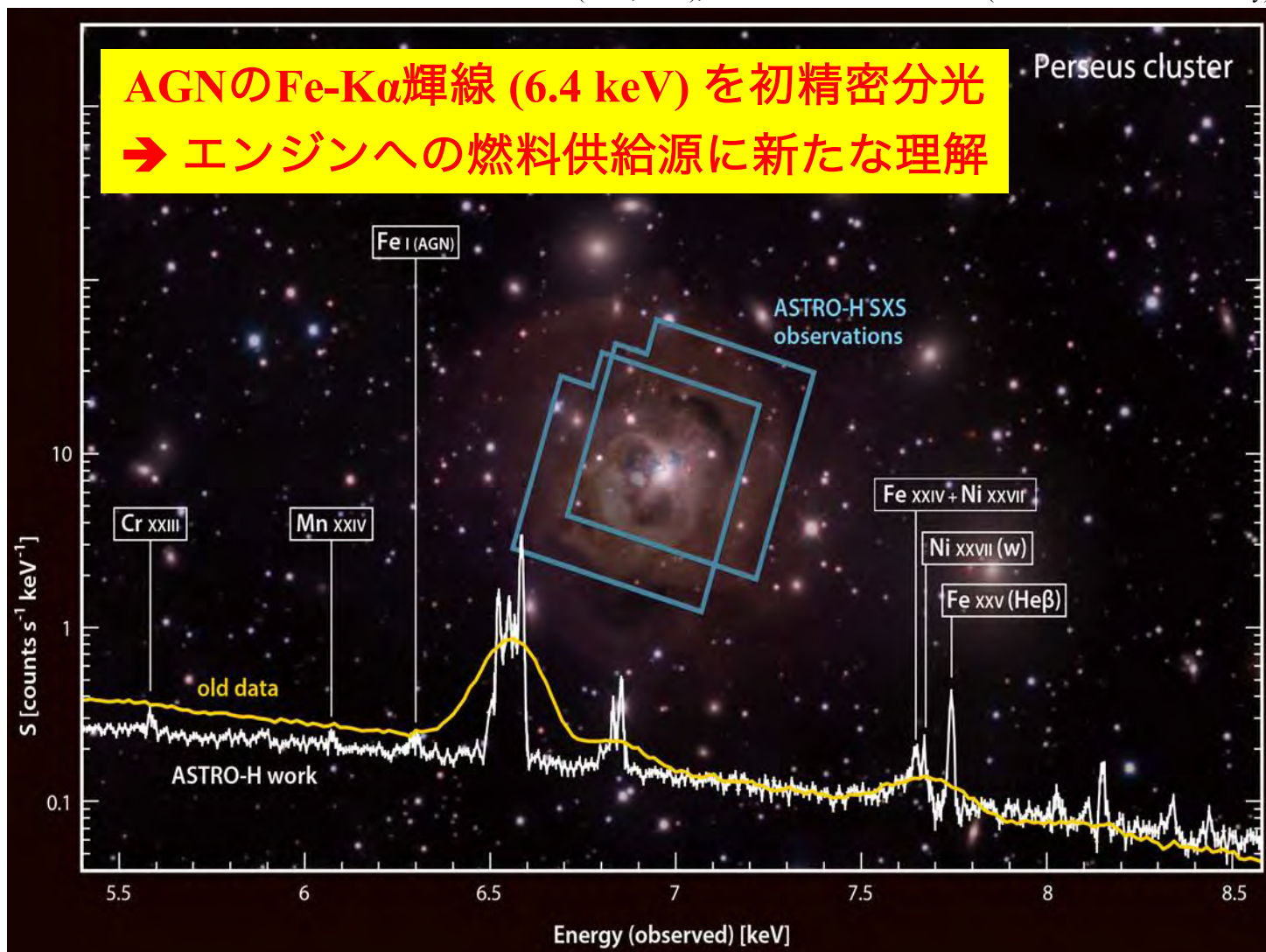


# 「ひとみ」衛星の打ち上げ

12/17



Hitomi collaboration (2016, 2018), Credit: JAXA/Ken Crawford (Rancho Del Sol Observatory)



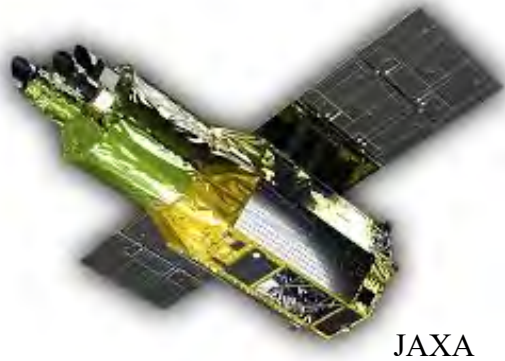
しかし、打上から約一ヶ月後に姿勢系のトラブル。運用終了となった...

# X線天文衛星 XRISM (来年度打上予定)

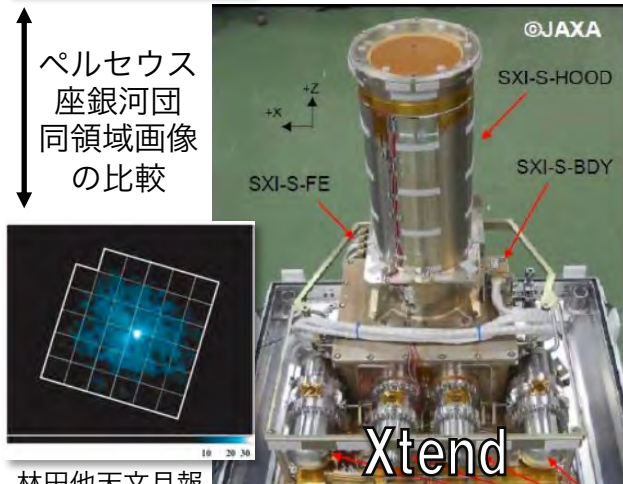
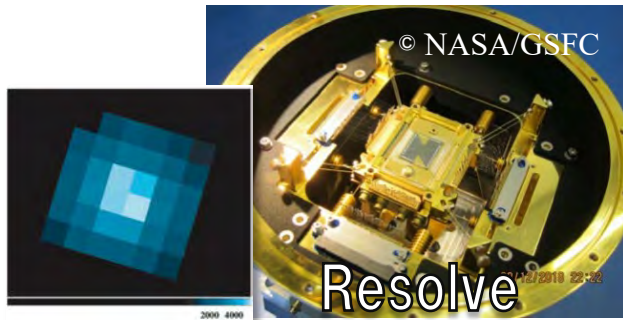


衛星熱真空試験 @ JAXA筑波宇宙センター (2022年8月)





XRISM 搭載検出器	視野	エネルギー 分解能 @ 6 keV	エネルギー 帯域
Resolve (カロリメータ)	2.9' □	<b>7 eV</b> <b>(goal 5 eV)</b>	0.3–12 keV
Xtend (X線CCD)	<b>38' □</b>	< 200 eV	0.4–13 keV



☆ 「ひとみ」が果たせなかった様々な天体の観測に向け「精密分光」を確固たる手段に

☆ 現在、Xtend開発の主要機関である大阪大学にてX線CCD開発をリード

☆ 「ひとみ」から最小限の変更で、性能を高める設計変更。改めて評価が必要

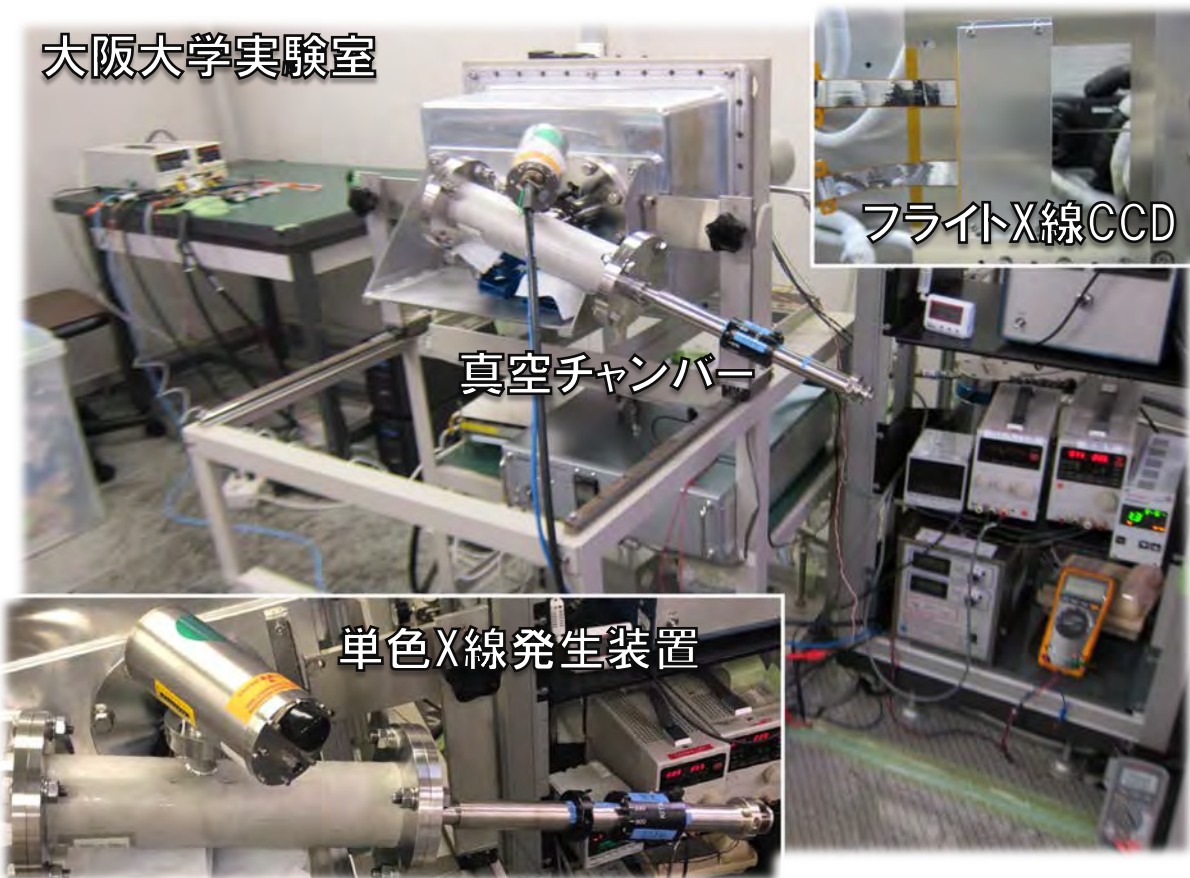
# X線CCD検出器単体の開発を完遂

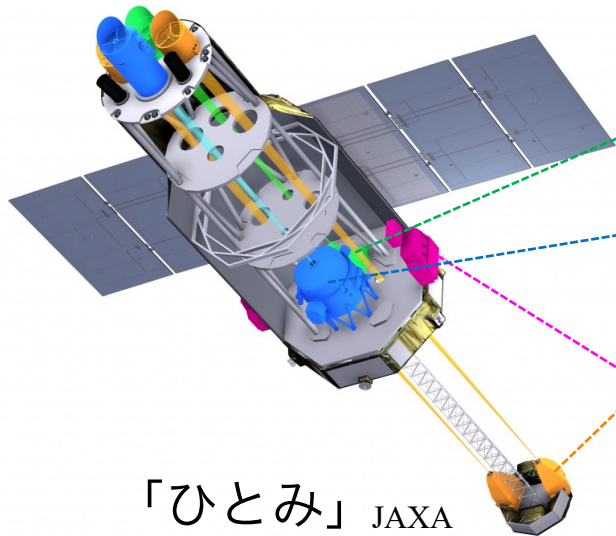
16/17

- ☆ フライトCCD測定系を構築。フライト素子選別と地上較正を主導
- ☆ 現在は衛星中にマウント。衛星上での性能評価を順調に進めている

**XRISMの成功に向け、全力で完遂したい**

大阪大学実験室





X線CCDカメラ (SXI)

現在 (2018~)

X線マイクロカロリメータ (SXS)

研究員時代  
(2014~2018)

硬X線撮像検出器 (HXI)

院生時代

軟ガンマ線検出器 (SGD)

(2009~2014)

- ☆ 「ひとみ」 (+ XRISM) の4種類の装置全ての開発に携わったのは私くらい。貴重な機会と経験に、心から感謝いたします。
- ☆ 来年度打上予定のX線天文衛星XRISMの成功に向け全力を尽くす。さらに将来の天文衛星の開発にも貢献したい。
- ☆ 開発した装置を駆使して巨大ブラックホールや活動銀河核の理解を深め、今後の宇宙科学の発展に貢献したい。