TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY

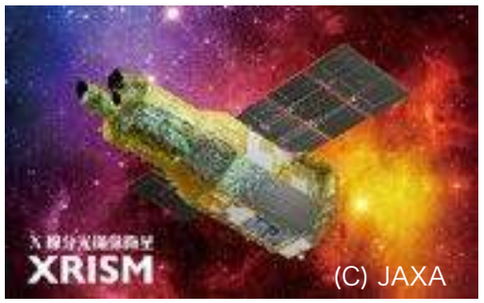
東京都立大学

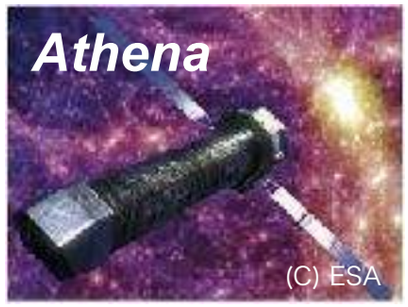
宇宙物理実験研究室

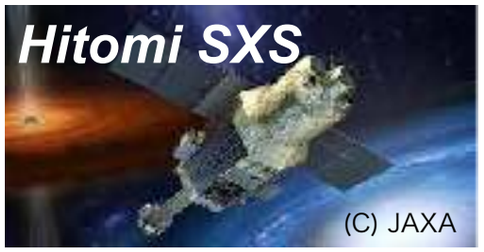
ver 2024.09.06

研究室の概要

衛星ミッション検討・開発・運用



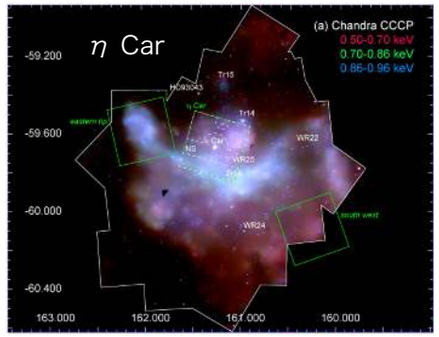


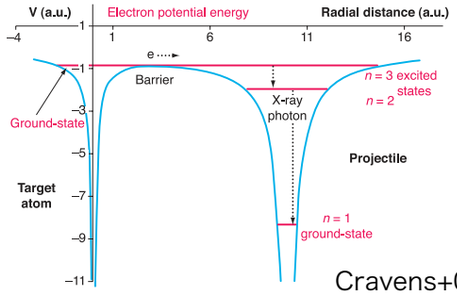


衛星搭載品の開発
サイエンス検討

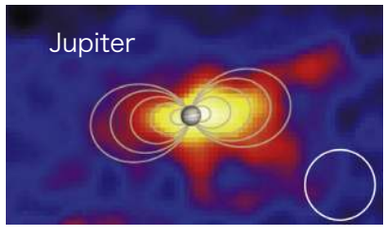
高エネルギー宇宙の観測的研究

宇宙と太陽系の
高エネルギー現象の
解明 = 人類科学の
フロンティア





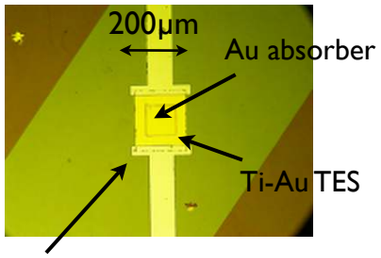
Cravens+02 等



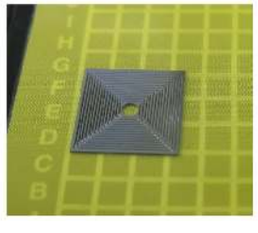
宇宙物理学
太陽系科学
基礎的な物理学

新しい観測装置・デバイス開発

いずれも
インハウス製作



超伝導X線カロリ



超流動ヘリウム排気系
デバイス

MEMS X線望遠鏡

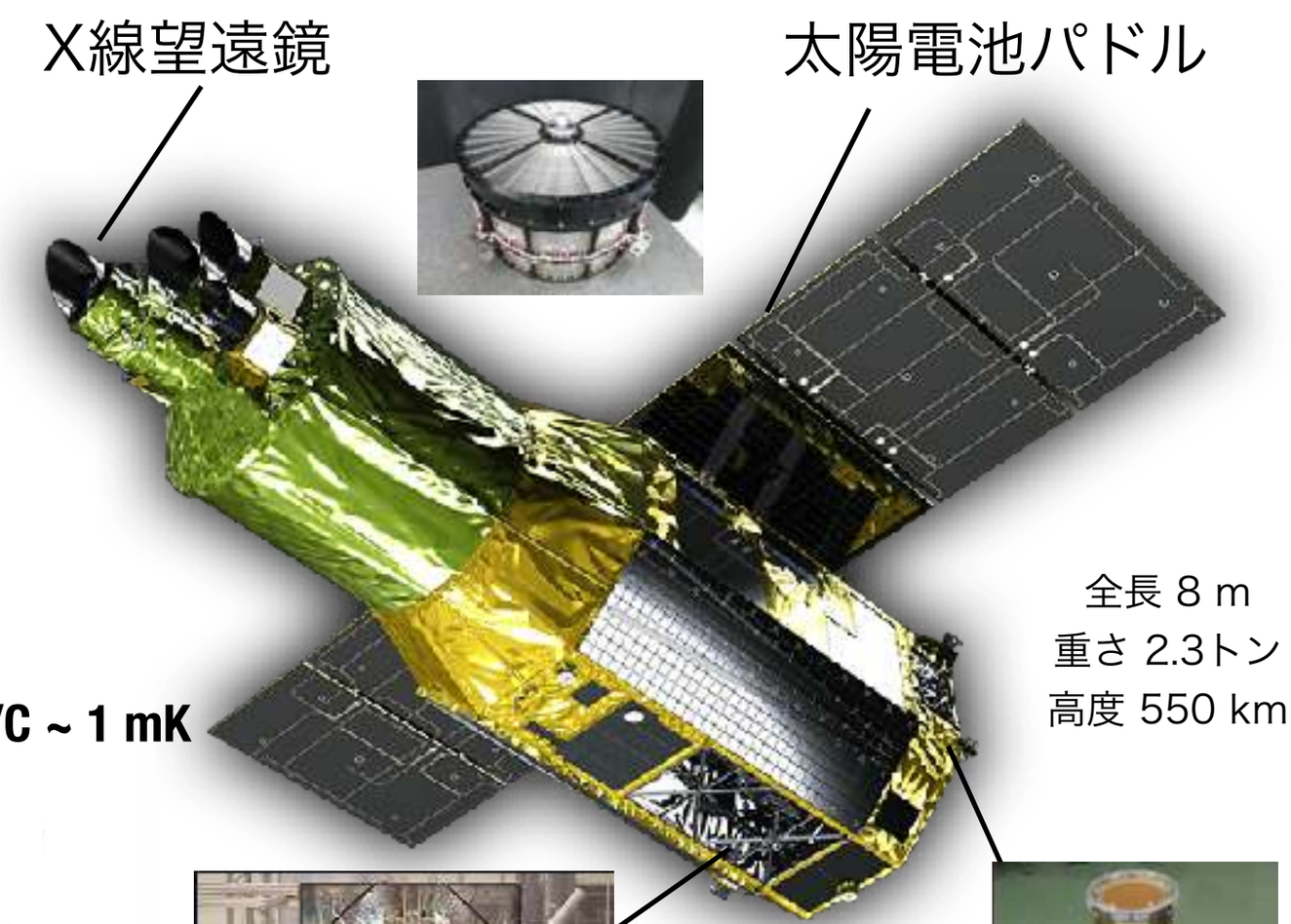
Si 高温塑性変形光学系

Lobster eye 光学系
X線偏光系
可視光回折素子
地上応用検討など

マイクロマシン技術、放射線計測, 低温実験 …

XRISM 衛星

(C) JAXA

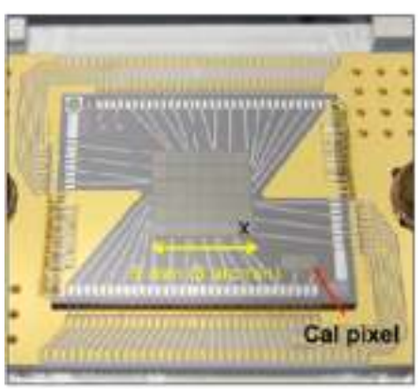


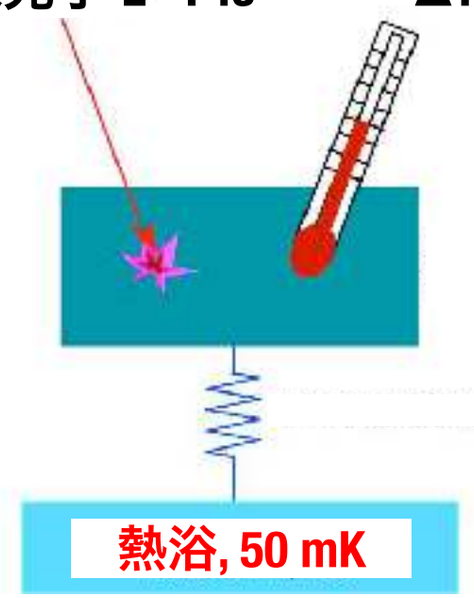
(C) JAXA

X線光子 E~1 fJ

ΔT = E/C ~ 1 mK

FM array





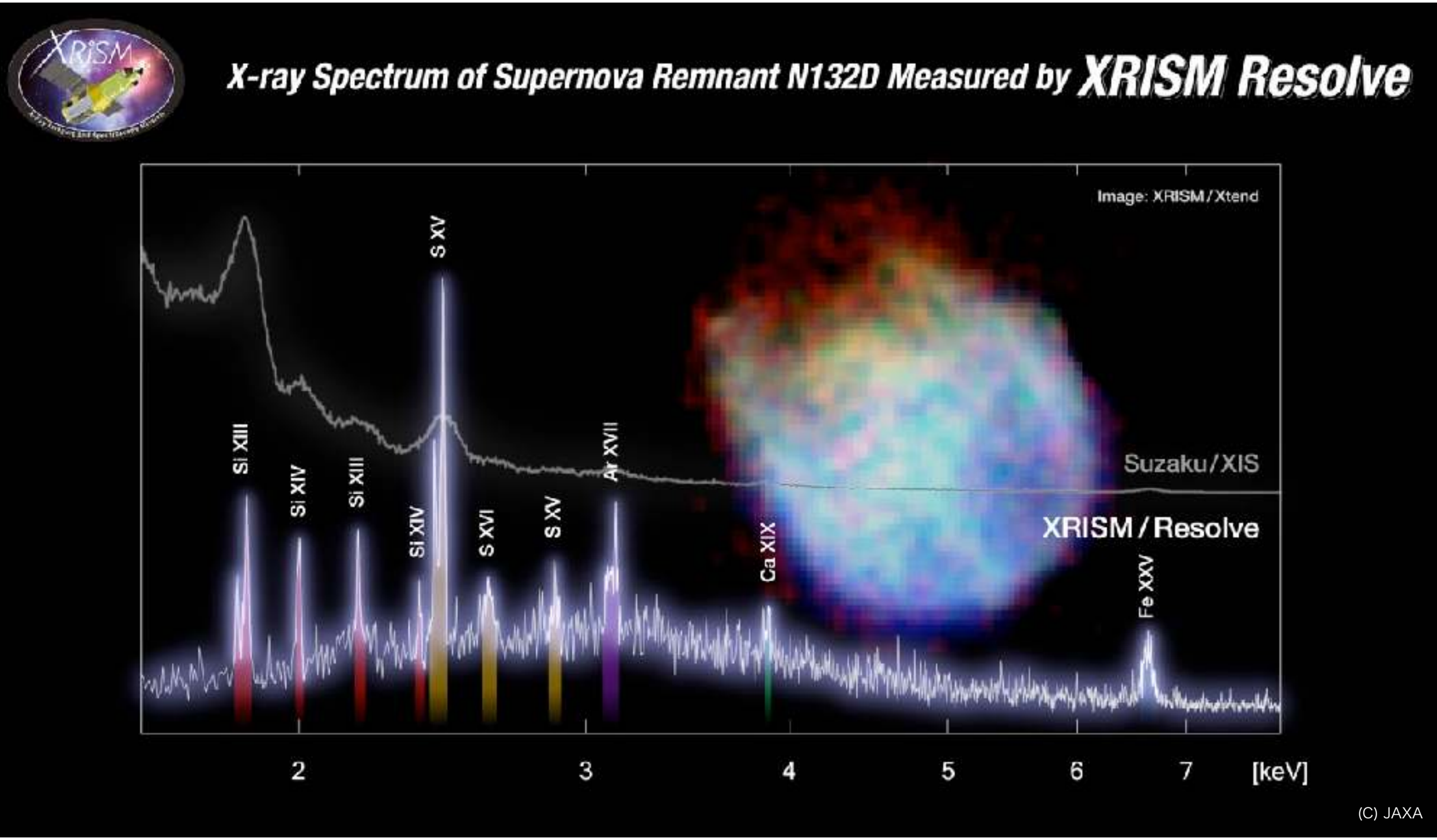
熱容量

C ~ 1pJ/K

X線カロリメータ
Resolve

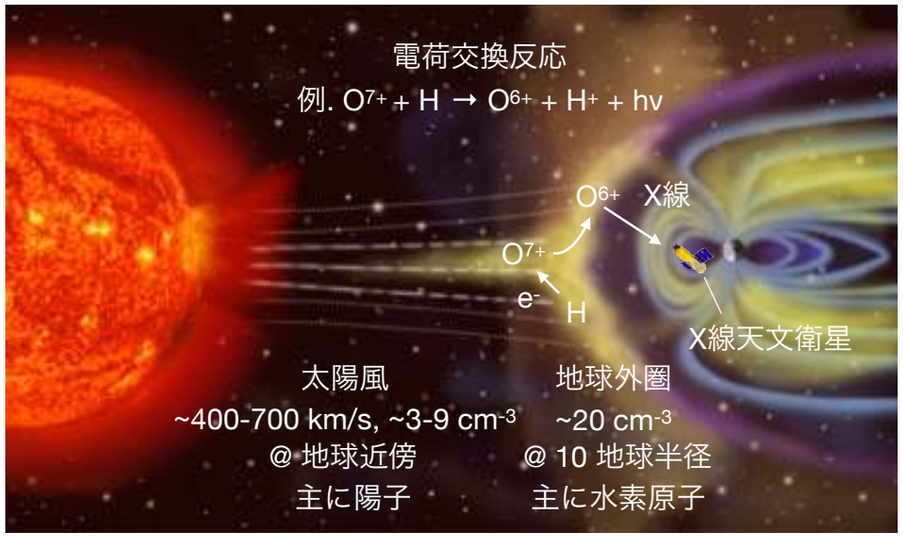
X線 CCD
Xtend

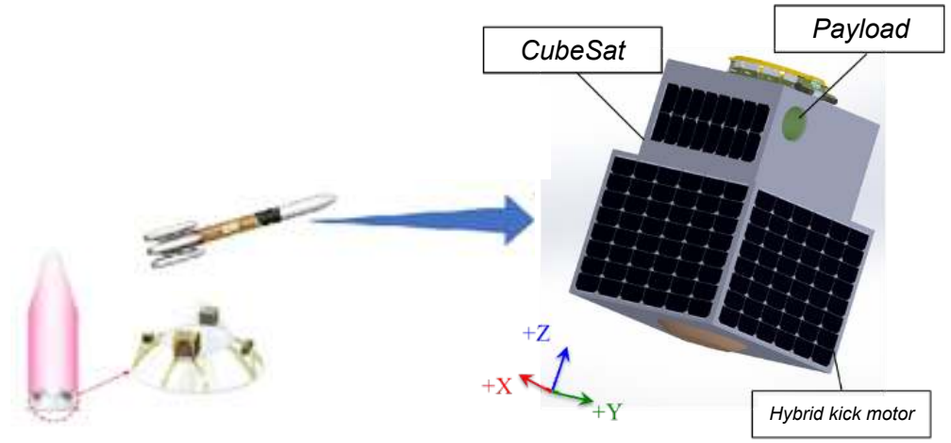
エネルギー分解能 $\Delta E \propto \sqrt{\frac{T^2 C}{|\alpha|}}$ 抵抗温度計感度 $\alpha = \frac{d\ \log R}{d\ \log T}$


X-ray Spectrum of Supernova Remnant N132D Measured by XRISM Resolve
Image: XRISM / Xtend
S XV
Si XIII
Si XIV
Si XIII
Si XIV
S XVI
S XV
Ar XVII
Ca XIX
Fe XXV
Suzaku / XIS
XRISM / Resolve
2
3
4
5
6
7
[keV]

(C) JAXA

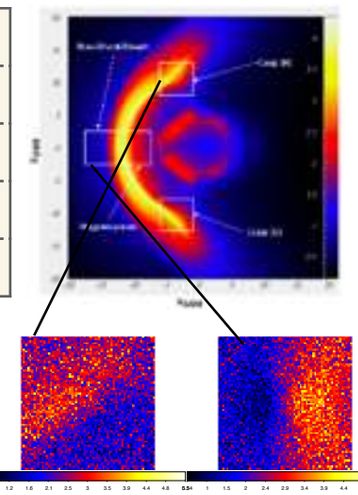
GEO-X 衛星

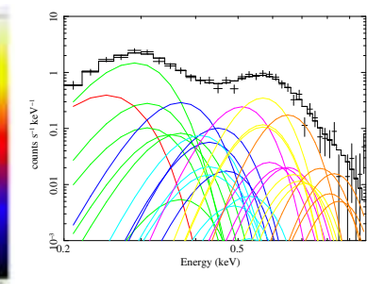




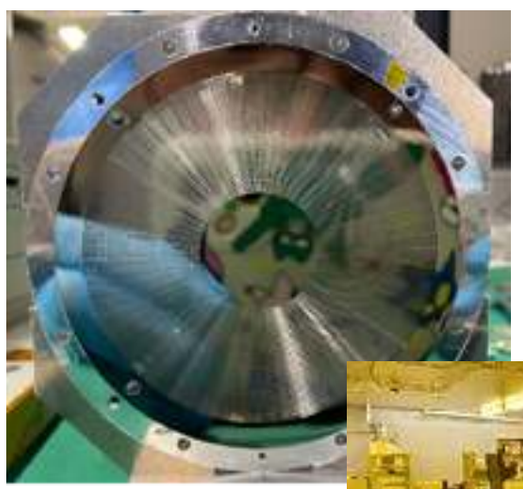
サイズ	~50 cm 立方
重量	~50 kg
電力	100 W max
データ送受信	X-band
軌道変換能力 Δv	~600 m/s

X線を用いた
地球磁気圏の
可視化

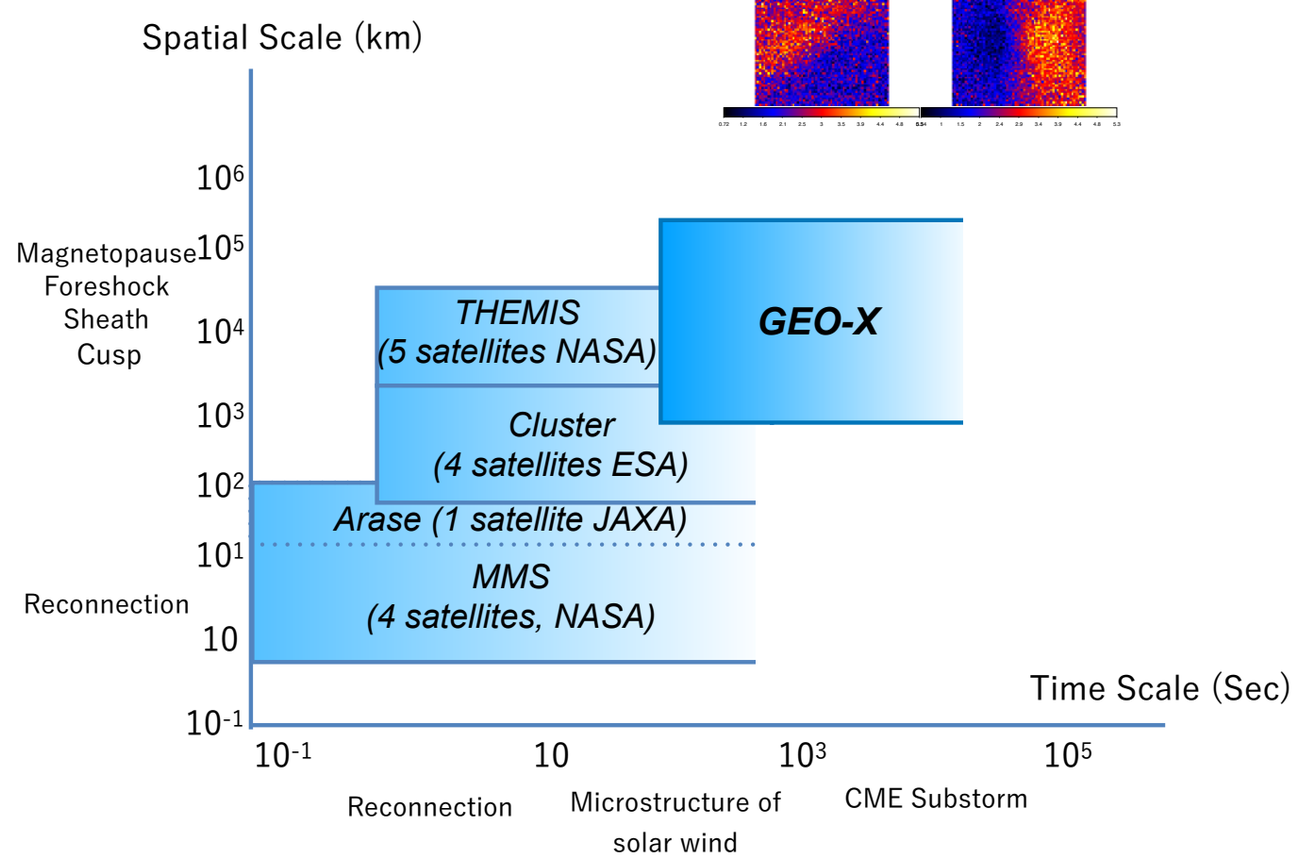




Ezoe+23 JATIS 等



JAXA ナノエレ
クリーンルーム



Beyond GEO-X

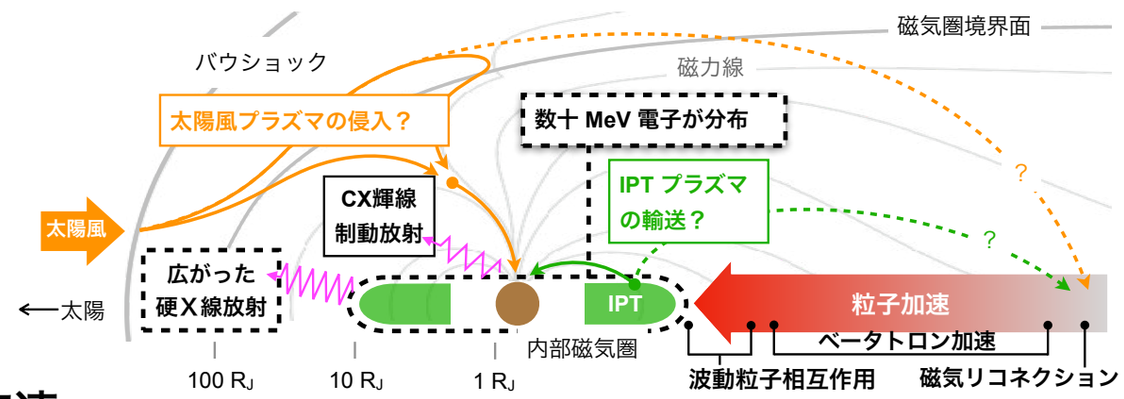
- GEO-X で培った観測技術を太陽系探査へ本格応用

Figure of merit = $\left(\dfrac{\text{distance to earth}}{\text{distance to object}}\right)^{2\ \text{or}\ 1}$

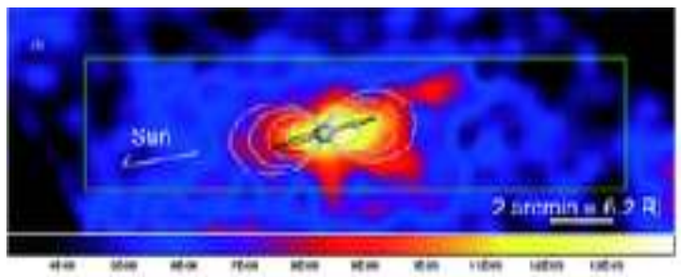
2：光子統計
1：空間分解能

光子統計	木星	火星	月
Figure of merit	6×10^{6}	2×10^{7}	2×10^{3}

(5天体半径まで接近を仮定)

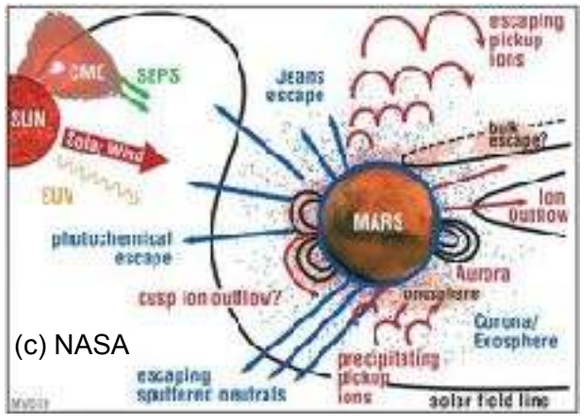


木星 粒子加速

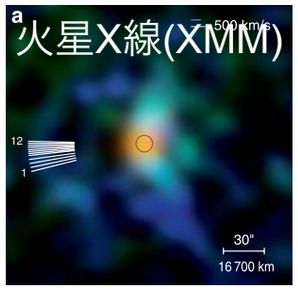


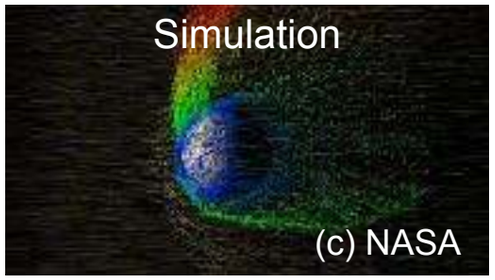
Ezoe+10 ApJ, Numazawa+21 PASJ
Ezoe+13 Adv. Space Res.

火星
大気散逸



(c) NASA



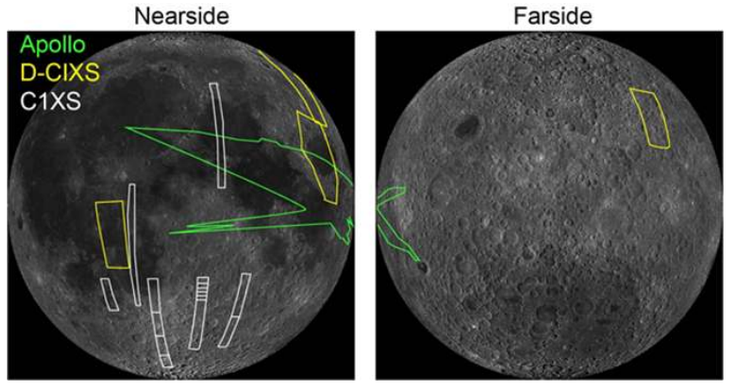


Dennerl+06 A&A, Ishikawa+10 PASJ

彗星核の元素分析

(c) ESA

月の元素分析

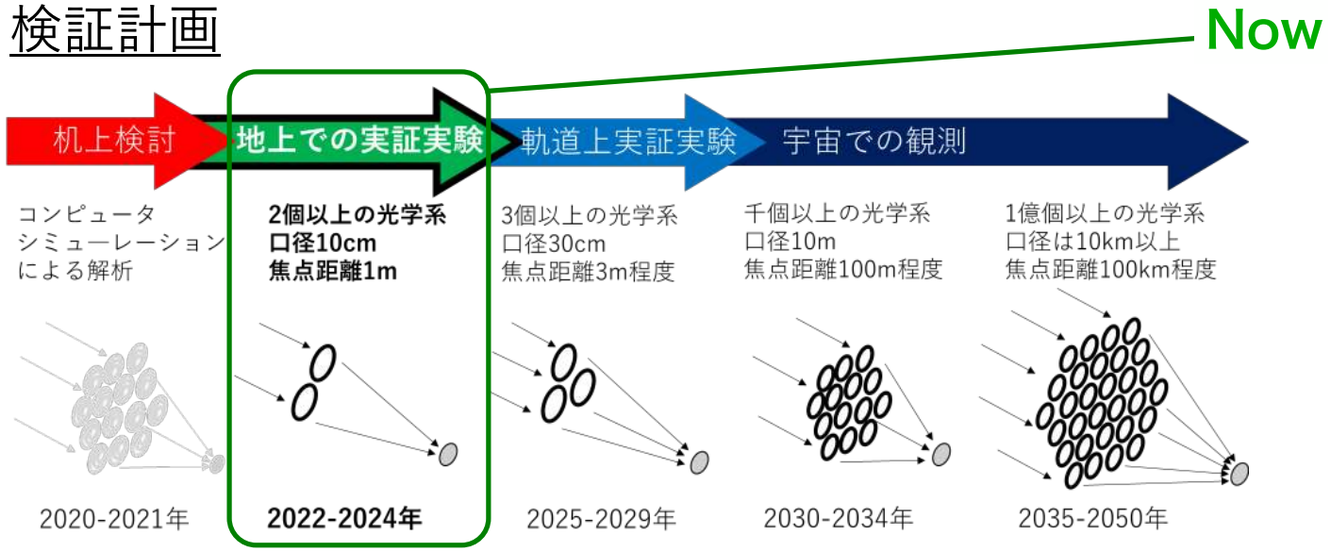


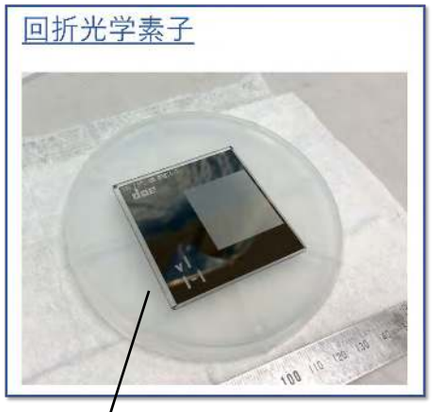
Hong+20 arXiv

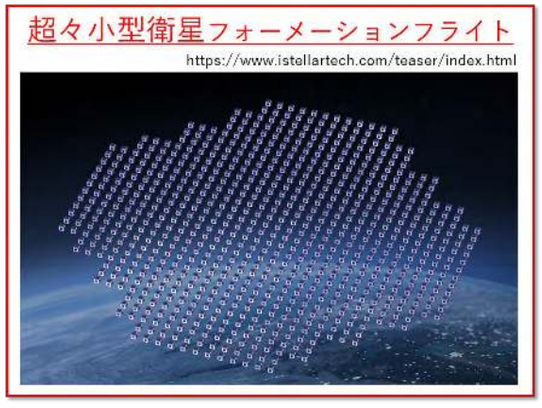
系外惑星の直接撮像

- 方法：**回折光学素子(DOE)**を搭載した超小型衛星のフォーメーションフライト(編隊飛行)
- **前例のない宇宙望遠鏡**であり，地上実証実験を実施
- 衛星設計(軌道・姿勢制御, 位置・姿勢精度, 通信) も進めている

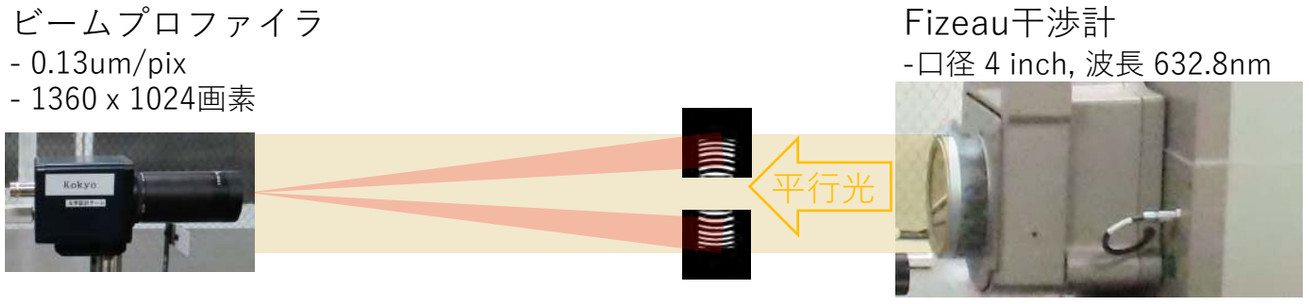
▶ 検証計画

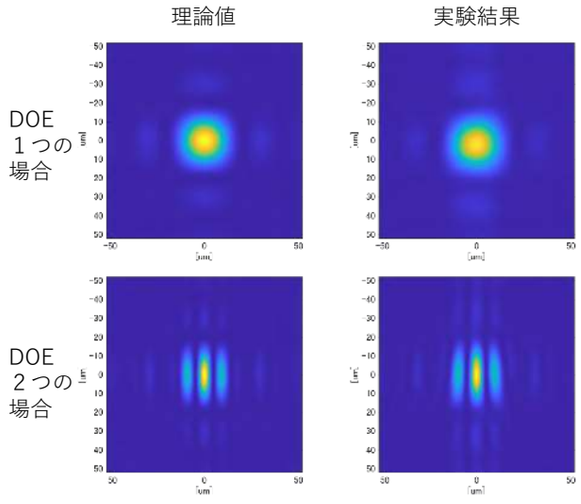






都立大で設計(半導体フォトマスク)
集光機能を持つDOE





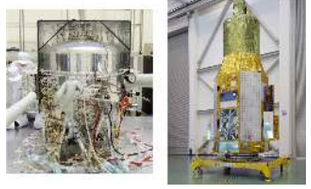
瞳面の複素振幅 → 像面の複素振幅 →
像面の強度

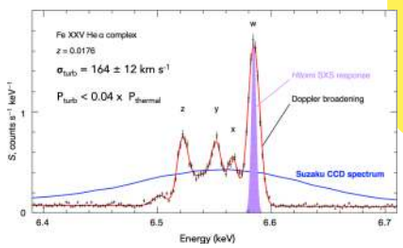
$$4\cos^2\left(\frac{\pi p X}{\lambda f}\right)\cdot\left\{w^2\cdot\frac{\sin(\pi w X/\lambda f)}{\pi w X/\lambda f}\cdot\frac{\sin(\pi w Y/\lambda f)}{\pi w Y/\lambda f}\right\}^2$$

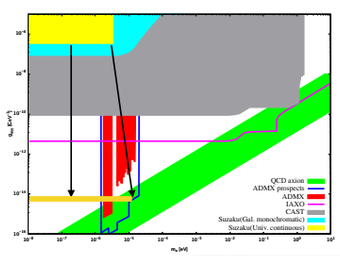
松田+21 宇宙科学連合大会, 小原+23 宇宙科学連合大会
都築+23 天文学会等

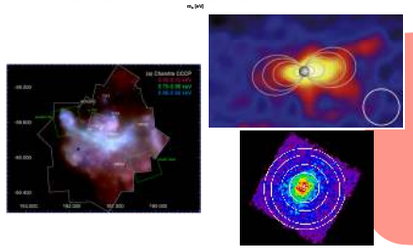
研究室のビジョン

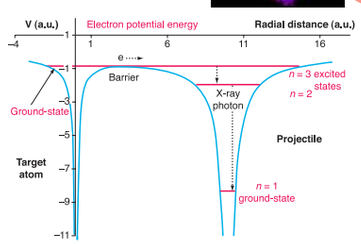
「共創的アプローチによる高エネルギー太陽系科学・X線天文学の開拓」





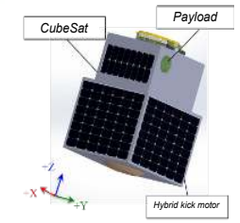


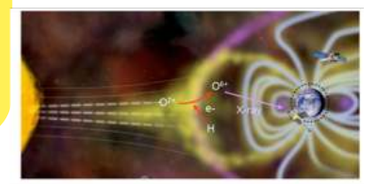




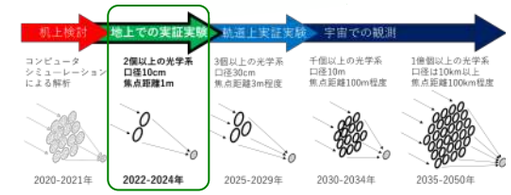
1.X線マイクロカロリメータによる高精度分光
XRISM 衛星 (2023~)
Light Element Mapper (LEM) 計画 (2030s)
Super DIOS 計画 (2030s)

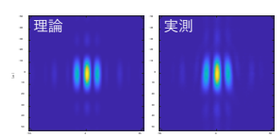
2. 超小型X線撮像分光システムによる探査
地球磁気圏 GEO-X 衛星 (2025頃~)
月 表面X線分析 (2030s)
火星 外圏探査 (2030s半ば)
木星 磁気圏X線探査 (~2040)



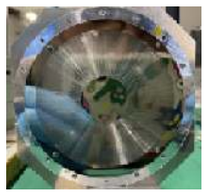


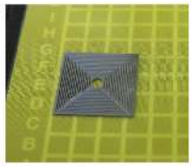
3. 天文・基礎物理フロンティアへの挑戦
系外惑星の直接撮像 (2025頃より段階的に実施)
暗黒物質候補の探索 (2030s)





4. サイエンスと技術開発の共創的手法
宇宙理論, 原子物理, 素粒子, 物性物理, 宇宙工学, 大型装置共用など
「学内外との連携」





<究極的な到達目標>
「宇宙の高エネルギー物理現象・普遍的なプラズマ素過程の理解」
「太陽地球圏の駆動原理の理解」、「人類・社会生活への貢献」

「大型プロジェクトとエッジの効いた小回りの効くサイエンス」

研究室の構成と主な活動

- **スタッフ**：教授 1名，准教授 1名，助教 1名，特任研究員 1名，連携客員教授 (JAXA) 1名
- **大学院生**：博士課程 3名, 修士課程 8名
- **大学生 (卒研生)**：4名
- **研究室打ち合わせ**：研究グループ1週間毎, 全体2週間毎
- **論文紹介：**2週間毎
- **宇宙物理ゼミ**：2週間毎
- **懇親会，BBQ，ゼミ合宿など**