

高宇連の 将来計画検討の現状

田中 孝明 (甲南大学)
高宇連将来計画検討委員長

高宇連とは

高エネルギー宇宙物理連絡会 (高宇連; こううれん)は、**高エネルギー宇宙物理学の研究の発展を目的**として、1999年8月に設立が提案されました。**提案者の母体は主に飛翔体を用いてX線やガンマ線で天体観測している研究者**ですが、**関連する分野の研究者の方々にも広く入会**して頂き、密接な議論の元に分野の発展に貢献することを目指します。

現在、高エネルギー宇宙物理学の研究プロジェクトは巨大化を続けており、一つのプロジェクトを進めるためにも巨額の資金を必要とします。一方で、小グループでの独自の小規模研究を進めることが困難になりつつあります。当会の**目的は、巨大化するプロジェクトを研究者の議論の元に総意として提案する機関となること**です。さらに、**推進するプロジェクトに対して、広い研究分野での新しい発想、技術を余す所なく検討し、最大の科学成果を上げられるように、提言していくこと**です。また、小グループでの独自の研究も、研究者相互の風通しを良くして、よい研究を見落とさずに擁護できる体制を作ることです。

さらに、飛翔体や観測所を利用する立場から、飛翔体や観測所への要求も明確にする必要があります。共同利用研等に対する、**飛翔体等の開発方針や運営方針に対しても、意見できる機関としての役割**を担うことを目指します。

高宇連の組織と活動

<https://heapa.isas.jaxa.jp/index.html.ja>

会員数: 212名 (2025/3/10 現在)

運営委員

任期: 2023/4-2026/3

赤松弘規 (KEK/QUP)

岩切渉 (千葉大)

小高裕和 (大阪大)

任期: 2024/4-2028/3

内田裕之 (京都大)

中澤知洋 (名古屋大; 委員長)

渡辺伸 (ISAS/JAXA)

会員による選挙で選出 高宇連の活動を運営

第五期将来計画検討委員

任期: 2023/1-

田中孝明 (甲南大; 委員長) 志達めぐみ (愛媛大)

榎戸輝揚 (京都大) 松本浩典 (大阪大)

勝田哲 (埼玉大) 住貴宏 (大阪大; 外部委員)

澤野達哉 (金沢大) 当真賢二 (東北; 外部委員)

諮問機関 2013年に第一期を発足

高宇連のロードマップの策定・改訂

事務局

水本岬希 (福岡教育大) (2024/10-2026/9)

川室太希 (大阪大) (2025/10-2027/9)

事務担当

- 毎年度末に研究会 (非会員の方の参加も大歓迎) と総会を開催
- 必要に応じて将来計画に特化した研究会やタウンミーティングを開催して議論を行い、高宇連としての総意をまとめていく

将来計画検討委員会に関する内規 からの抜粋

1. 目的と理念

本会の会則 6-(5) にもとづき、将来計画の検討のために将来計画検討委員会 (以下、本委員会) を置く。本委員会の目的は、飛翔体を用いた高エネルギー宇宙物理の将来計画を検討し、ロードマップを策定することである。本委員会はロードマップを策定する母体となるものであり、閉鎖的な議論を排し、広くコミュニティ内外から意見を聴取することを理念とする。

5. 委員会の業務

- (1) 高宇連運営委員会からの将来計画に関する諮問に応じる。
- (2) 飛翔体を用いた高エネルギー宇宙物理の存在意義や新たな可能性を協議する。
- (3) 飛翔体を用いた高エネルギー宇宙物理の将来計画についてのシンポジウムやタウンミーティングを開催する。
- (4) 最新のロードマップを策定し、「日本が関与する飛翔体を用いた高エネルギー天体物理学のロードマップ検討まとめ」を作成する。

日本が関与する飛翔体を用いた高エネルギー天体 物理学のロードマップ検討まとめ

高エネルギー宇宙物理連絡会将来計画検討委員会 (第四期)

編集：2023年02月28日

公開：2023年05月01日

最終版：2023年05月09日

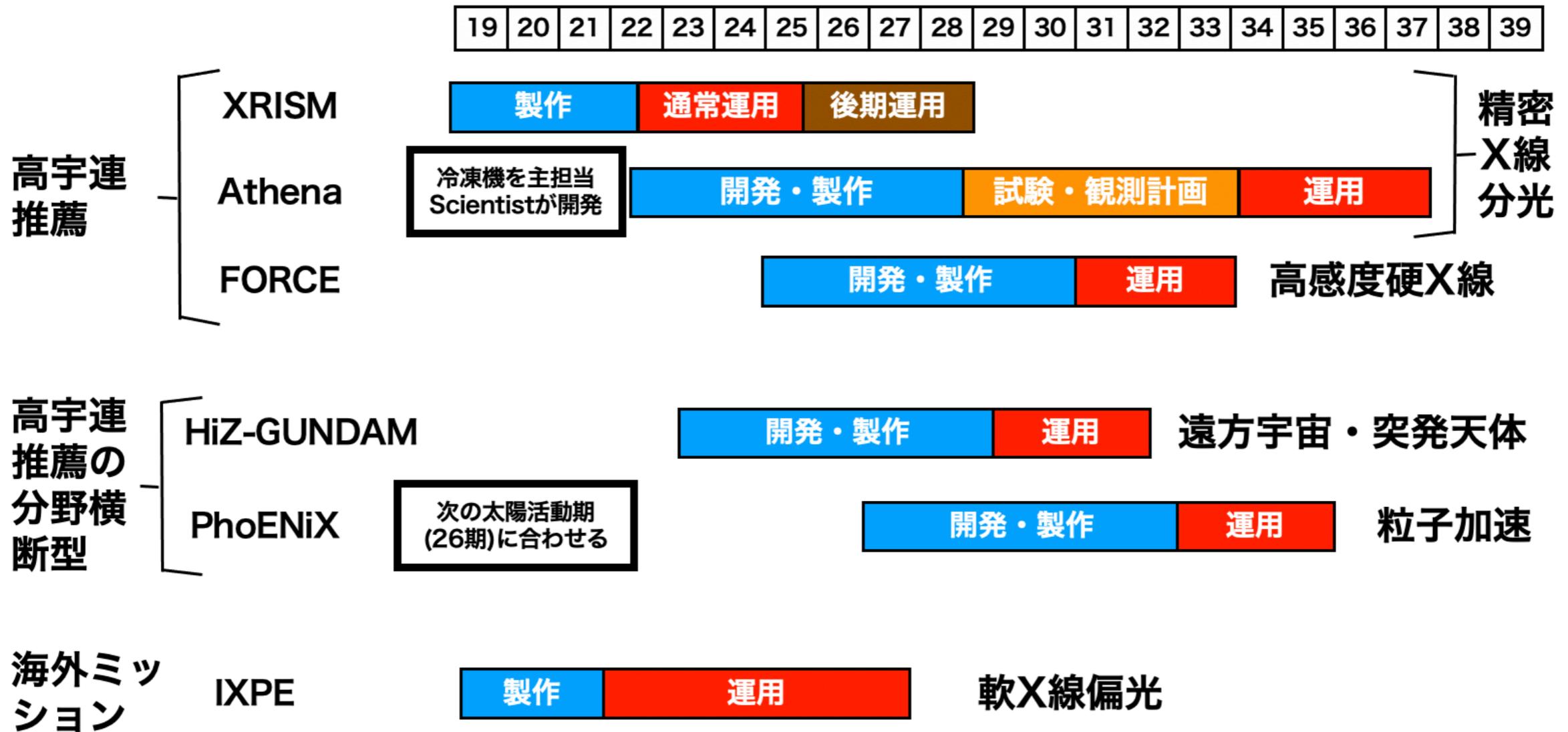
目次

第1章	はじめに	1	第8章	第4期将来計画検討委員会若手部会の答申	33
1.1	将来計画検討委員会の役割	1	8.1	若手研究者への意識調査	33
1.2	第4期の活動の概要	1	8.2	調査結果まとめ	33
第2章	宇宙物理学の目的	4	8.3	提言	35
第3章	高エネルギー宇宙物理学が明らかにすべき課題	6	第9章	今後の将来計画検討委員会への引き継ぎと方向性	36
3.1	X線から GeV ガンマ線による宇宙観測の特徴	6	9.1	順位付けの維持について	36
3.2	取り組むべき課題の大枠	7	9.2	高宇連のミッション実現力・サイエンス達成力のための人材育成・人材流動の拡充について	37
3.2.1	宇宙の物質・空間のあり方と起源	7	9.3	若手部会について	38
3.2.2	宇宙における多様性の発現	8	9.4	技術開発活動の情報共有（「技術ロードマップ」関連）	39
3.2.3	物理学の根本原理の追究	10	9.5	その他の項目	39
第4章	将来計画検討の前提条件	12	9.6	まとめにかえて～次なる課題～	39
4.1	分野の動向	12	付録A	「2040年代のスペース天文学」研究会の成果概観	41
4.1.1	日本の大型計画など	12	付録B	高宇連メンバーが主要メンバーとして参加する小型実験	42
4.1.2	米国 (NASA) の将来計画	13	B.1	超小型衛星	42
4.1.3	ヨーロッパ (ESA) の将来計画	14	B.1.1	CAMELOT	42
4.1.4	その他	15	B.1.2	NinjaSat	42
4.2	宇宙科学研究所の科学ミッションの枠組み	15	B.1.3	うみつばめ	43
4.3	日本における宇宙科学に関連する超小型衛星のプログラム	15	B.1.4	Kanazawa-SAT	43
第5章	高宇連が推薦する大型ミッションとその戦略	17	B.1.5	ARICA-2	43
5.1	高宇連が推薦するプロジェクト	17	B.1.6	Geo-X	44
5.1.1	XRISM(X線分光撮像衛星 X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission)	17	B.1.7	SONGS	44
5.1.2	Athena	18	B.1.8	うみつばめ2	45
5.1.3	FORCE (Focusing On Relativistic universe and Cosmic Evolution)	20	B.1.9	MoMoTarO (Moon Moisture Targeting Observatory) 計画	45
5.1.4	JEDI (仮称)「広帯域X線撮像分光ミッション」	21	B.2	気球実験	45
5.2	高宇連が推薦する分野横断プロジェクト	22	B.2.1	GRAINE (Gamma-Ray Astro-Imager with Nuclear Emulsion)	45
5.2.1	HiZ-GUNDAM	22	B.2.2	SMILE-3 (Sub-MeV/MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiments 3)	46
5.2.2	PhoENiX	22	B.2.3	GRAMS (Gamma-Ray and AntiMatter Survey)	46
5.3	高宇連が深く関係する宇宙理学 RG	23	B.2.4	miniSGD	47
第6章	海外ミッションへの積極的な参加	26	連携ミッション	47	
6.1	X線偏光観測衛星 IXPE	26	B.3.1	OHMAN	47
6.2	硬X線偏光観測気球実験 XL-Calibur	26			
6.3	COSI MeV 全天観測衛星	27			
6.4	FOXSI4 ロケット実験	27			
第7章	マスタープラン2023対応とその時点での高宇連のロードマップ	29			
7.1	第4期における高宇連のロードマップの更新議論	29			
7.2	MP2023 コールへの高宇連の答申	30			
7.2.1	序文	30			
7.2.2	重点大型研究計画への推薦	31			
7.2.3	大型研究計画等への推薦	32			

Athena → NewAthena
JEDI → Chronos →
という変化あり

高宇連将来衛星計画ロードマップ

2022年1月17日版



気球実験 (XL-Calibur, Smile, GRAINEなど)
超小型衛星
海外ミッション計画への参加

多彩なサイエンスを
カバー, 技術検証

継続的な観測技術開発

開発・製作・運用

注) 2025/11 現在の状況は反映されていません

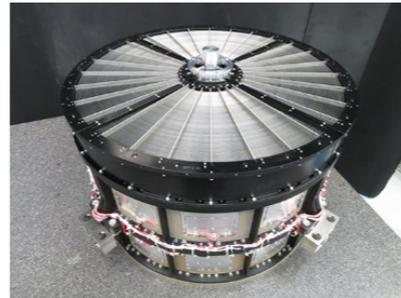
高宇連が実行・検討している ミッションの方向性

- X線精密分光
 - ▶ XRISMなどのX線マイクロカロリメータミッション
- エネルギー帯域の開拓
 - ▶ 硬X線や MeV ガンマ線など
- マルチメッセンジャー天文への寄与
 - ▶ 突発天体現象の探査や追観測など
- 新たな観測手段の開拓
 - ▶ 偏光観測など
- 他分野との融合 (サイエンス・検出器)
 - ▶ 太陽分野との協力など

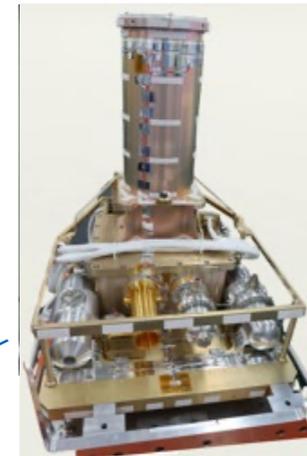
XRISM

- 2023/9/7 に H-IIA ロケット 47 号機で打ち上げ
- Resolve (X 線マイクロカロリメータ) による精密分光 ($\Delta E \sim 5 \text{ eV @ } 6 \text{ keV}$) と Xtend (X 線 CCD カメラ) による広視野 ($38' \times 38'$) 撮像

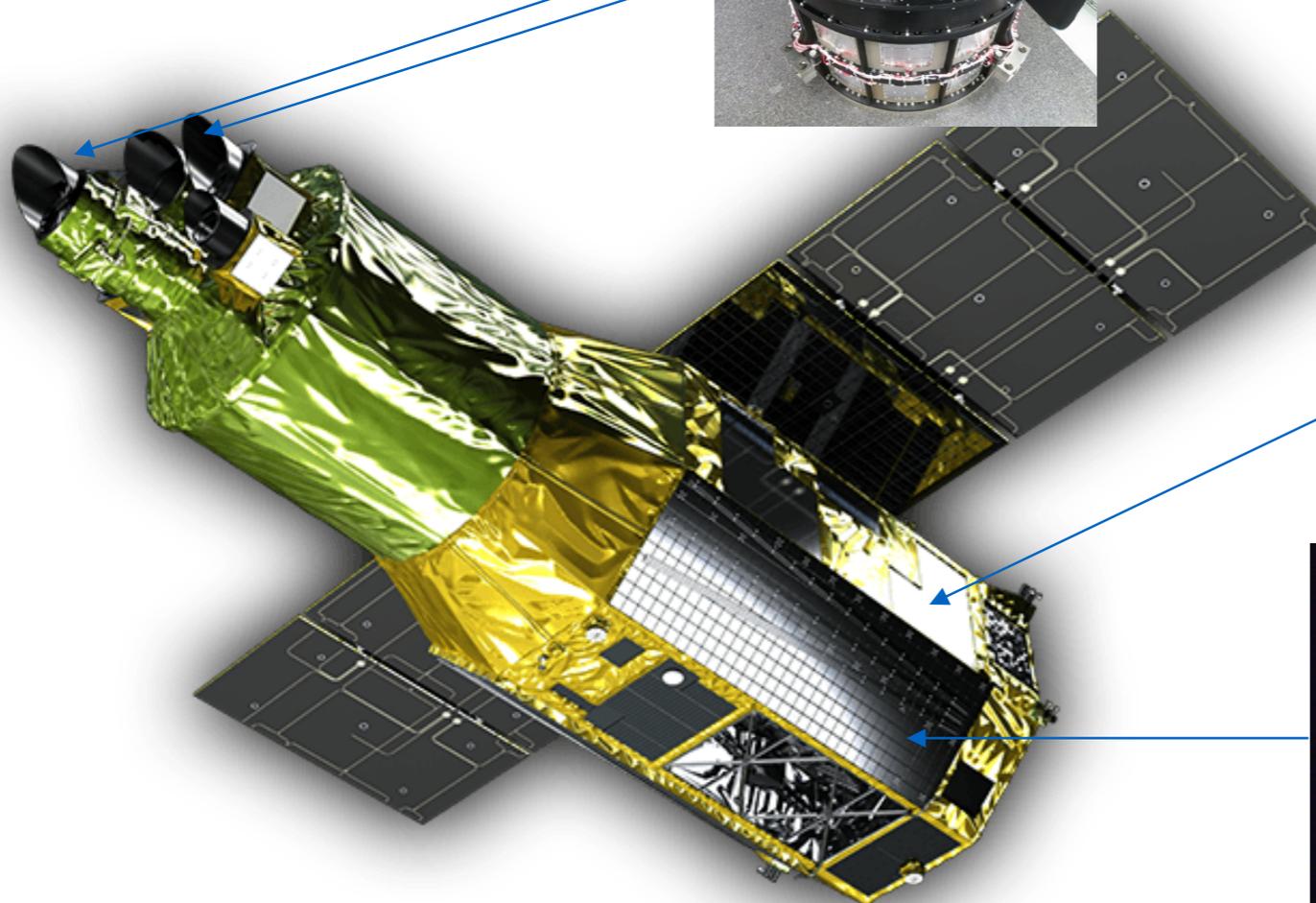
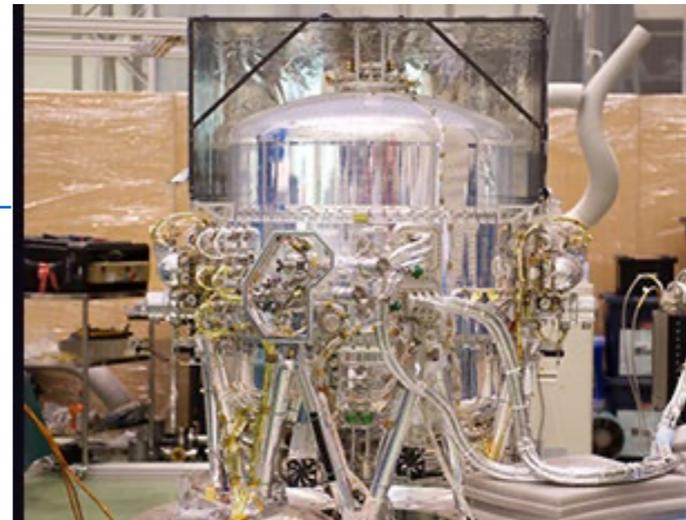
X-ray Mirror Assembly (XMA)



Xtend-Soft X-ray Imager



Resolve-Soft X-ray Spectrometer



XRISM 初期成果の例

Article

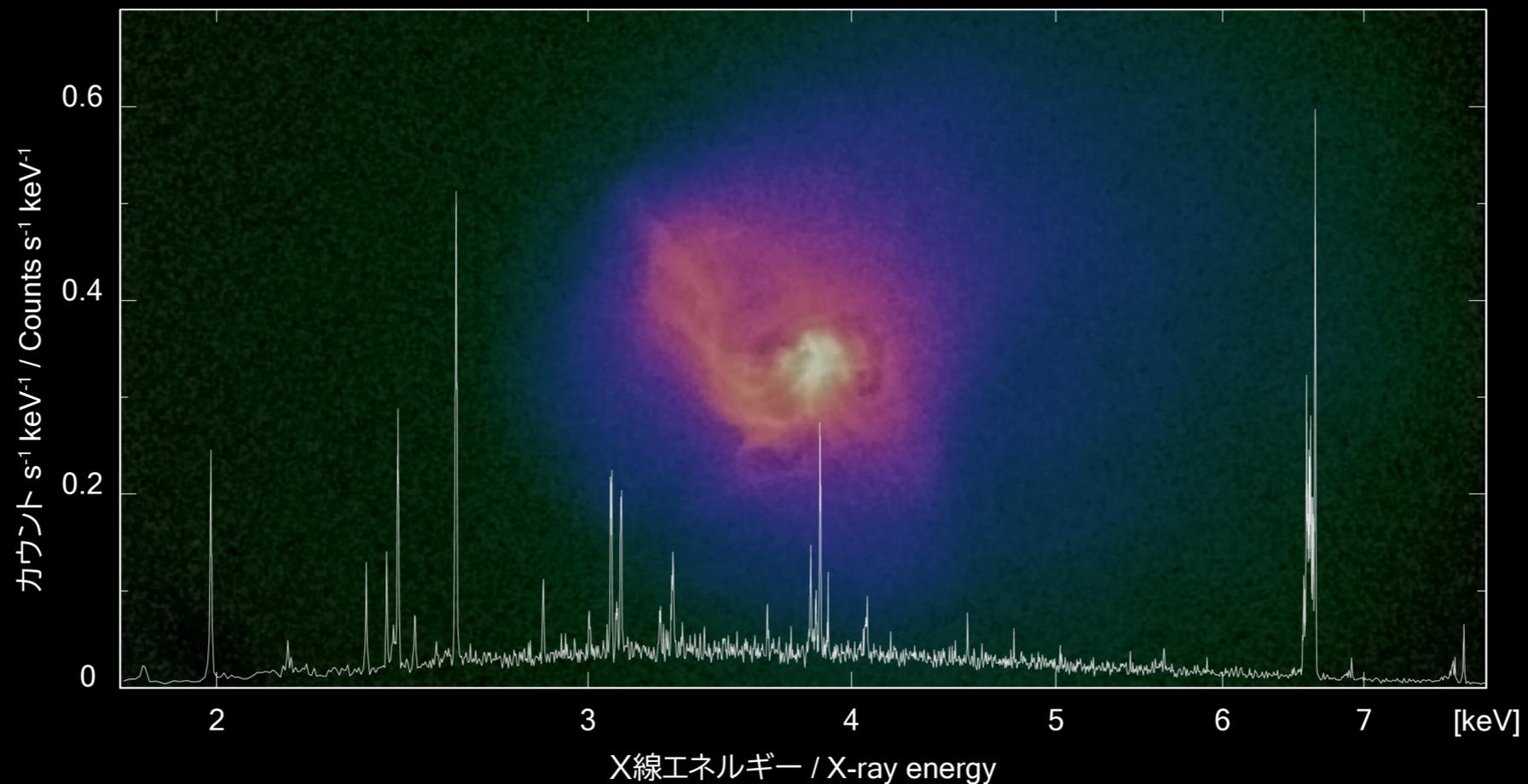
The bulk motion of gas in the core of the Centaurus galaxy cluster

Nature, 638, 365

<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08561-z> XRISM collaboration*



ケンタウルス座銀河団のX線スペクトル



HiZ-GUNDAM (High-z Gamma-ray bursts for Unraveling the Dark Ages Mission)

ミッション目的: **時間領域天文学の推進**
“**初期宇宙探査**”と“**マルチメッセンジャー天文学**”への貢献

観測戦略

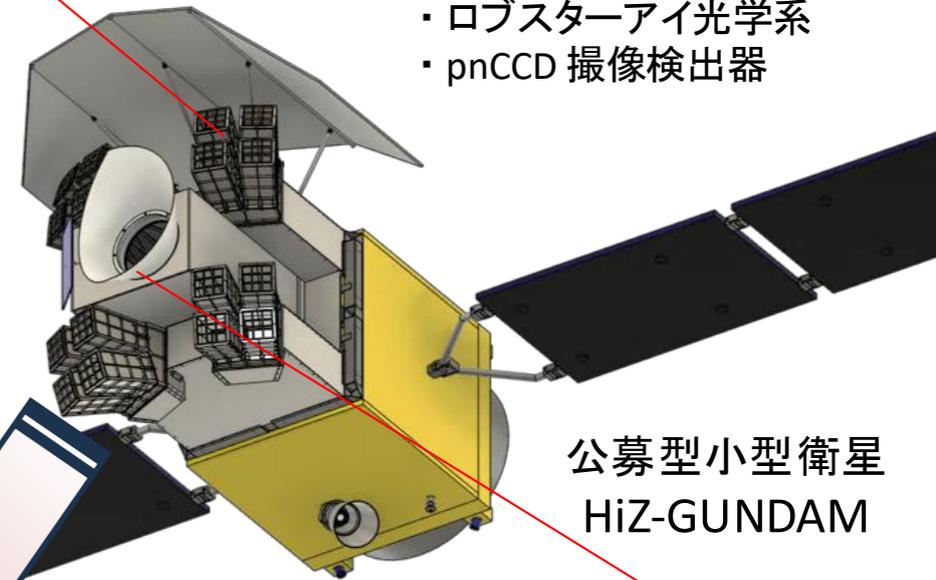
- (1) **広視野X線モニター**による GRB やX線突発天体の発見 ($t < 0$ sec)
- (2) 自律的な衛星の姿勢変更 ($t < 300$ sec)
- (3) **近赤外線望遠鏡**を用いた遠方GRBや重力波天体などの同定 ($t \sim 1000$ sec)
- (4) アラート情報の送信 (**大型望遠鏡への観測ターゲットの提供**)
- (5) **大型望遠鏡と協働した詳細観測(分光観測)** ($t > 30$ min)

突発天体を観測する独自性と、小型衛星の機動性を最大限に活かし、

我が国 (JAXA) が突発天体観測の「司令塔」の役割を担い、世界の大型望遠鏡の総力をあげて、天文学の重要課題である「初期宇宙探査」と「マルチメッセンジャー天文学」を推進

EAGLE: Exploration of Ancient GRBs with Lobster Eye

- ・ロブスターアイ光学系
- ・pnCCD 撮像検出器



公募型小型衛星
HiZ-GUNDAM

MONSTER:

Multiband Optical and Near-infrared Simultaneous Telescope for Efficient Response

- ・5バンド同時測光



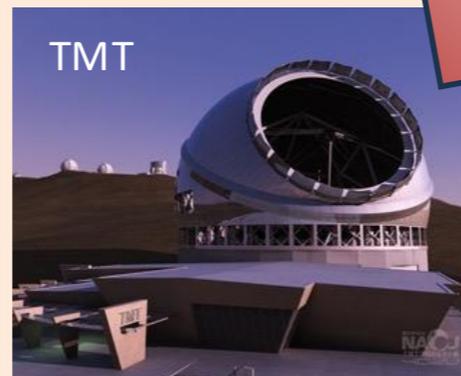
JWST

大型宇宙望遠鏡



すばる望遠鏡

8m級望遠鏡



TMT



E-ELT

次世代 30m 級望遠鏡



GMT

これまでの主な流れ

2012年度 : HiZ-GUNDAM WG 設置

2016/01/28 : ミッションコンセプト提案、2016/02/13 : 公募型小型ヒアリング → 不採択

2018/01/29 : ミッションコンセプト提案



符号化マスク方式からロブスターアイ方式へ転換

2018/02/19 : 公募型小型ヒアリング1回目、2018/05/17 : ヒアリング2回目 → 採択

2020/01/27-28 : 国際科学審査

2021/01/18 : プリプロ候補移行審査(説明会)

2021/02/12 : 本審査

- ・ ISAS の予算プロファイルに見合った開発計画、調達計画、プリフェーズA2計画等の改訂
- ・ ESA M5 の候補であった THESEUS の採否を把握した上で HiZ-GUNDAM の総合的な意義・価値および最適化が必要

2021/06/10 : ESA M5 として金星探査ミッション EnVision が選定

2021/10/28 : プリプロ候補移行審査(再審査・説明会)

2021/11/26 : 再審査・本審査

- ・ HiZ-GUNDAM の科学的意義は高く、ミッション目的は妥当である
- ・ ミッション目的を達成する必要十分なシステム構成を精査し、システム仕様に反映させる
- ・ アラートシステムの位置付けの明確化と品質・信頼性保証の要求の設定

2021/12/22 : プリプロ候補チームの設置

2023/04/12 : ダウンセレクション前審査説明会、2023/04/28 : 本審査 → 再審査へ

2024/03/01 : ダウンセレクション前審査再審査説明会、2024/03/25 本審査

HiZ-GUNDAM プリプロジェクト候補チーム 殿

HiZ-GUNDAM ダウンセレクション再審査における選定の保留について（通知）

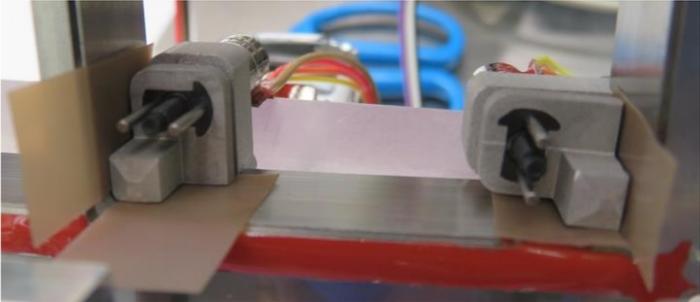
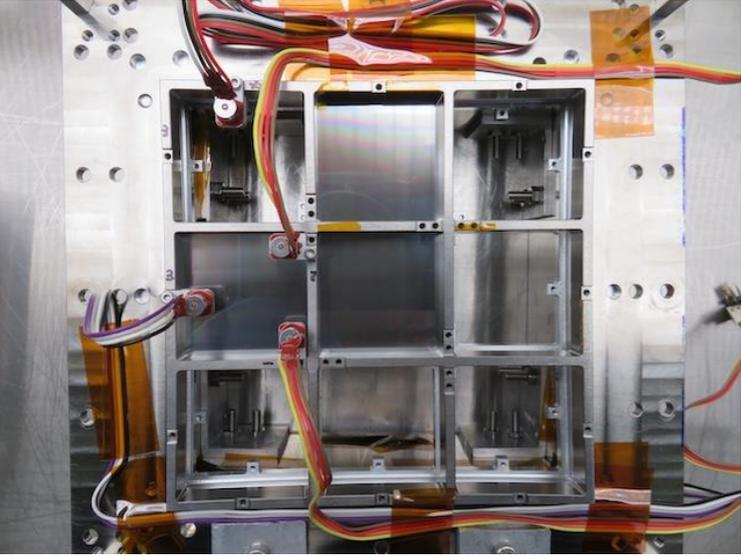
2024年3月25日

宇宙科学研究所長 國中 均

機構技術文書 RPR-PR22012「公募型小型計画 5号機ダウンセレクション実施要領」（以下、「ダウンセレクション実施要領」という。）及び2023年7月26日付通知「公募型小型計画 5号機ダウンセレクションの結果について」に基づき、ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画（HiZ-GUNDAM）のダウンセレクション再審査について、2024年3月25日の選定前評価の本評価会において、評価項目は現段階で概ね妥当であると判断され、同日の選定に臨んだところである。しかしながら、評価会において指摘された、システムメーカ問題、DESTINY+およびMMXの打ち上げ遅延に起因するJAXA人員体制問題は、現時点では解決することは困難であると、宇宙科学研究所としては判断せざるを得ない。

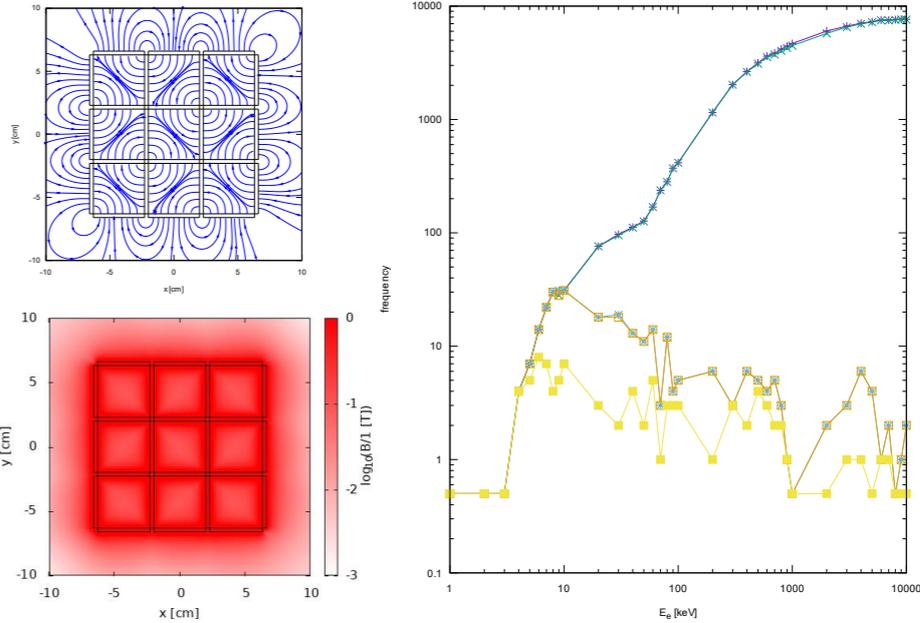
加えて、2024年2月29日の宇宙理学・工学合同委員会における今後のミッション実行のスケジュールについての討議において、基本的枠組みは維持して順次全計画を遅らせる方針が良いのか、GDI、宇宙理学・工学委員会で議論を行う場を作るべきである、旨の意見を頂いた。そこで、宇宙科学研究所は、GDI および宇宙理学・工学両委員長・幹事との議論を経て、2024年5月を目処に臨時宇宙理学・工学合同委員会を開催し、次期公募型小型計画（ダウンセレクション前のプリプロジェクト候補）の進め方を定めるという方針とした。以上より、2024年3月25日の選定では結論を保留し、臨時宇宙理学・工学合同委員会の結論を待って、選定を行うこととした。

Lobster Eye Optics

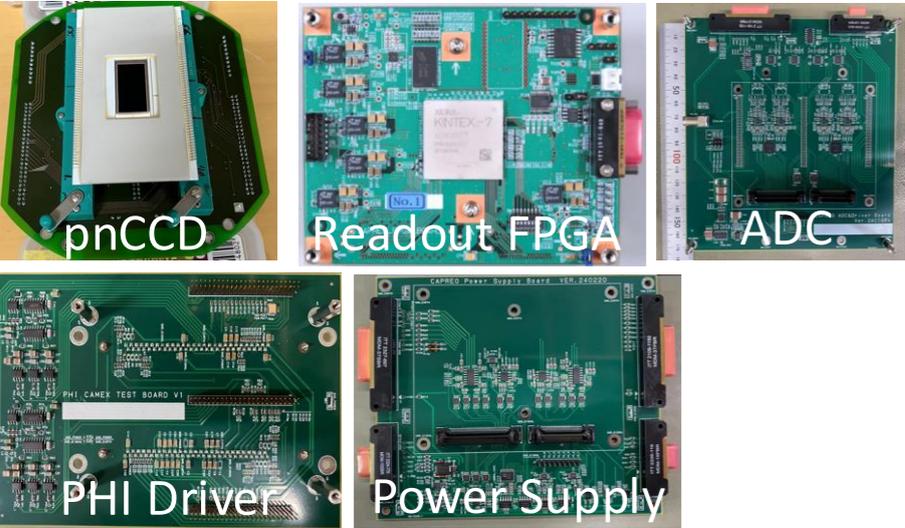


- 16台 x 9 枚の光学調整を効率良く行うための微調整機構
- ISAS 30m ビームラインでの有効面積・角度応答の測定

Background Simulation

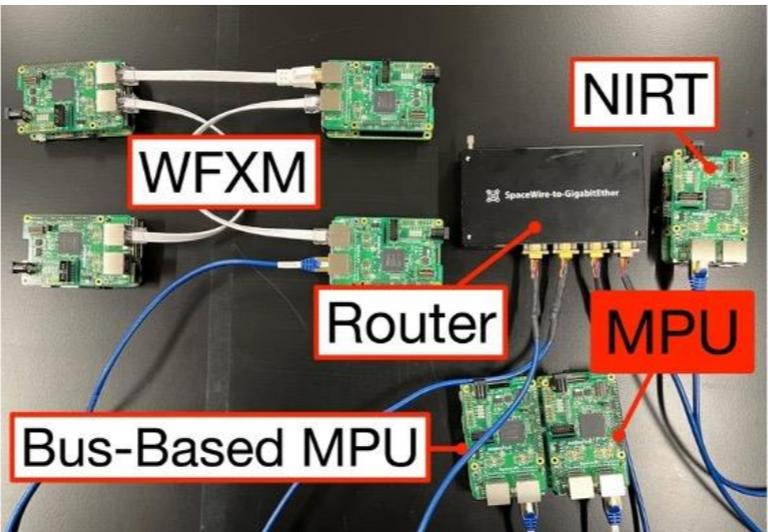


pnCCD + CAMEX(ASIC) + Electronics



- 小型 pnCCD を駆動するためのエレキ開発
- 突発天体発見機能の実装

MPU



- 複数機器からの信号を模擬した SpW ダミーネットワーク
- オンボード解析ソフトの開発

企業に協力いただいている検討

- PNSensor 社、NEC OB会社との熱設計
- 明星電気との概念検討
(今年度の活動内容:
回路部の検討、電力収支、部品選定)
(次年度の活動内容:
マイクロコード、
電気 I/F、SpWネットワーク、
構造設計、熱設計、開発方針、etc.)
- 熱真空試験計画

太陽X線・ガンマ線観測衛星 *PhoENiX*



Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region

ビジョン（大目的）

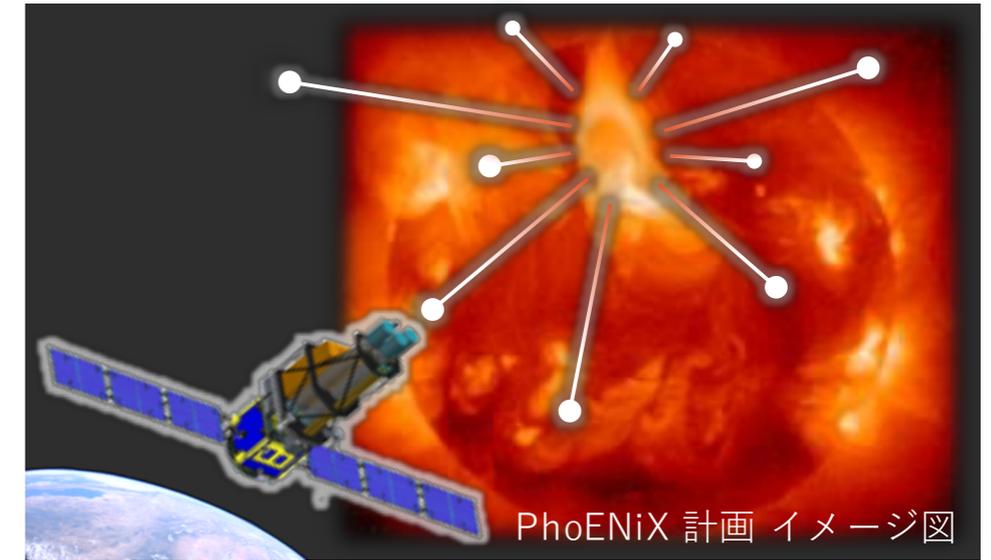
高いエネルギーにまで達するプラズマ加速現象の普遍性と、太陽や恒星におけるプラズマ加速現象が惑星の環境と居住可能性に与える影響を理解する。

科学目標

1. 太陽において、プラズマはどのようにして超高温にまで加熱されるのか？
2. 太陽において、粒子はどのようにして加速・輸送されるのか？
3. 太陽において、粒子のエネルギーはどのように熱的・非熱的成分に分配されるのか？

特徴（キーワード）

- 宇宙を満たす高エネルギープラズマ粒子の加熱・加速・輸送・エネルギー分配の理解
- 太陽フレアの地球・社会環境への影響調査
- 飛翔体（人工衛星）を用いた太陽フレアの監視
- 最先端X線観測技術の確立と活用
- プラズマ研究における分野横断的な研究枠組みの構築

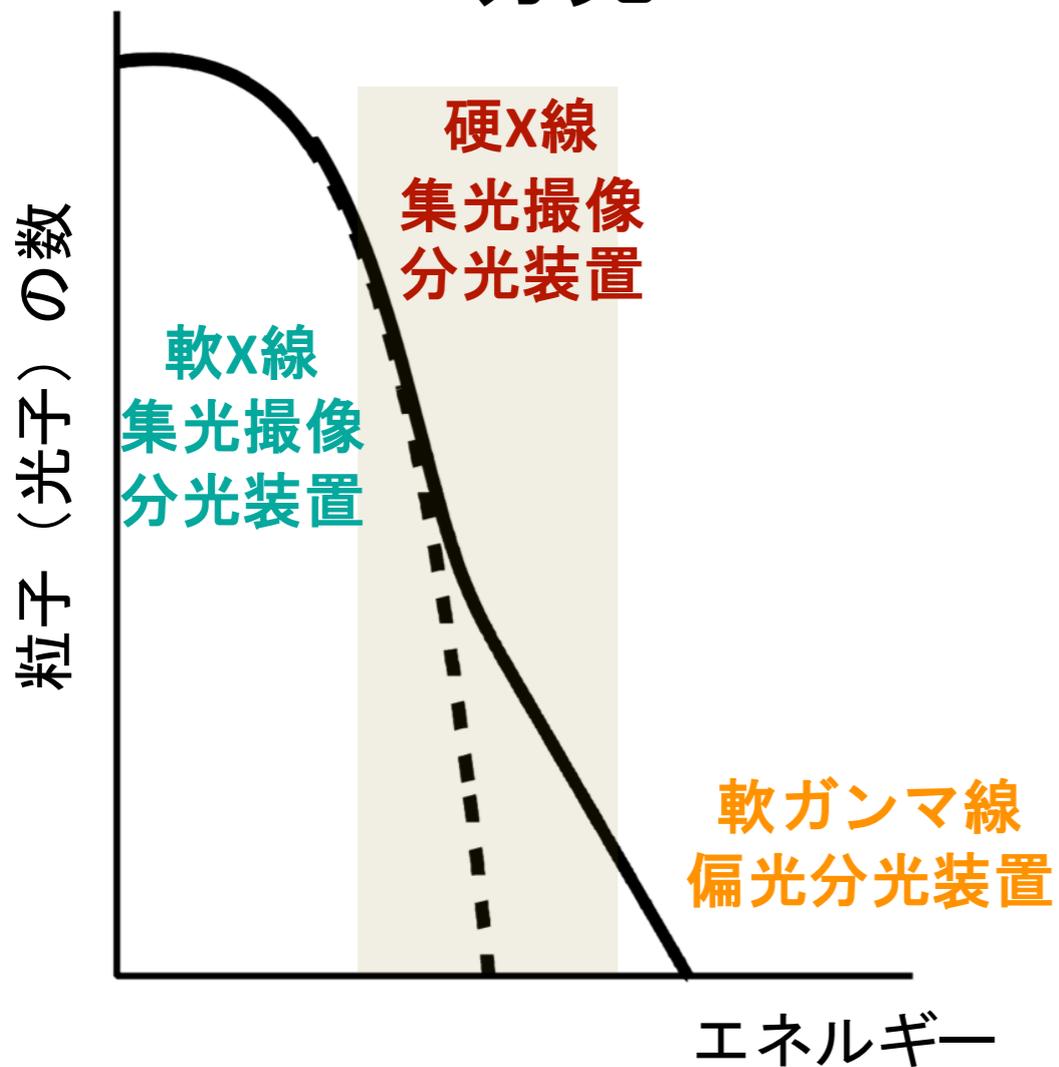


PhoENiX 計画 イメージ図

観測衛星の主要諸元

- 重量：約600 kg
- 寸法：
[縦] 1.5 m x [横] 1.4 m x [長さ] 4.5 m (打上げ時)
[横] 10.5 m (太陽電池パネル展開時)
- 軌道：太陽同期極軌道（高度600km以上）
- 打上げ年度：2036年頃以降（第26太陽活動周期の極大期付近ごろから）
- 打上げロケット：イプシロンSロケット（日本）
- 観測装置（3種類の光子計測装置）：
 1. 軟X線集光撮像分光装置
 2. 硬X線集光撮像分光装置
 3. 軟ガンマ線偏光分光装置
- 運用期間：2年間（その後、延長運用も検討する）
- 衛星システム担当：ISAS/JAXA
- 観測機器担当：大学、研究機関による国内開発

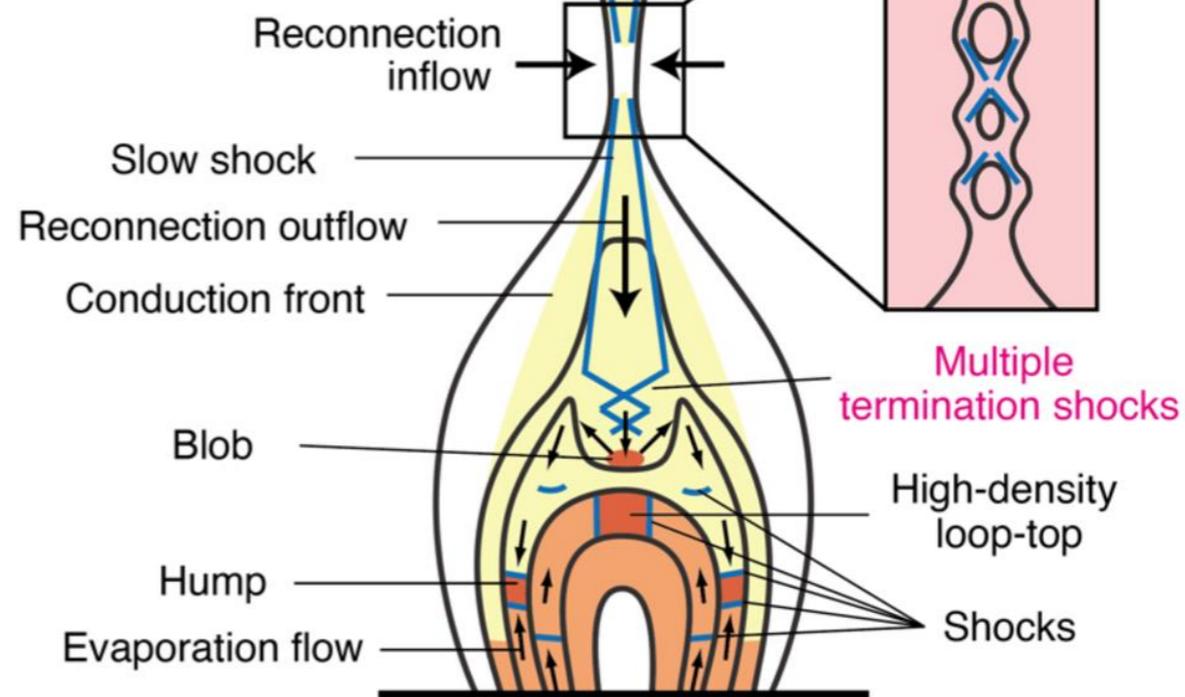
分光



撮像

軟X線集光撮像
分光装置

硬X線集光撮像
分光装置



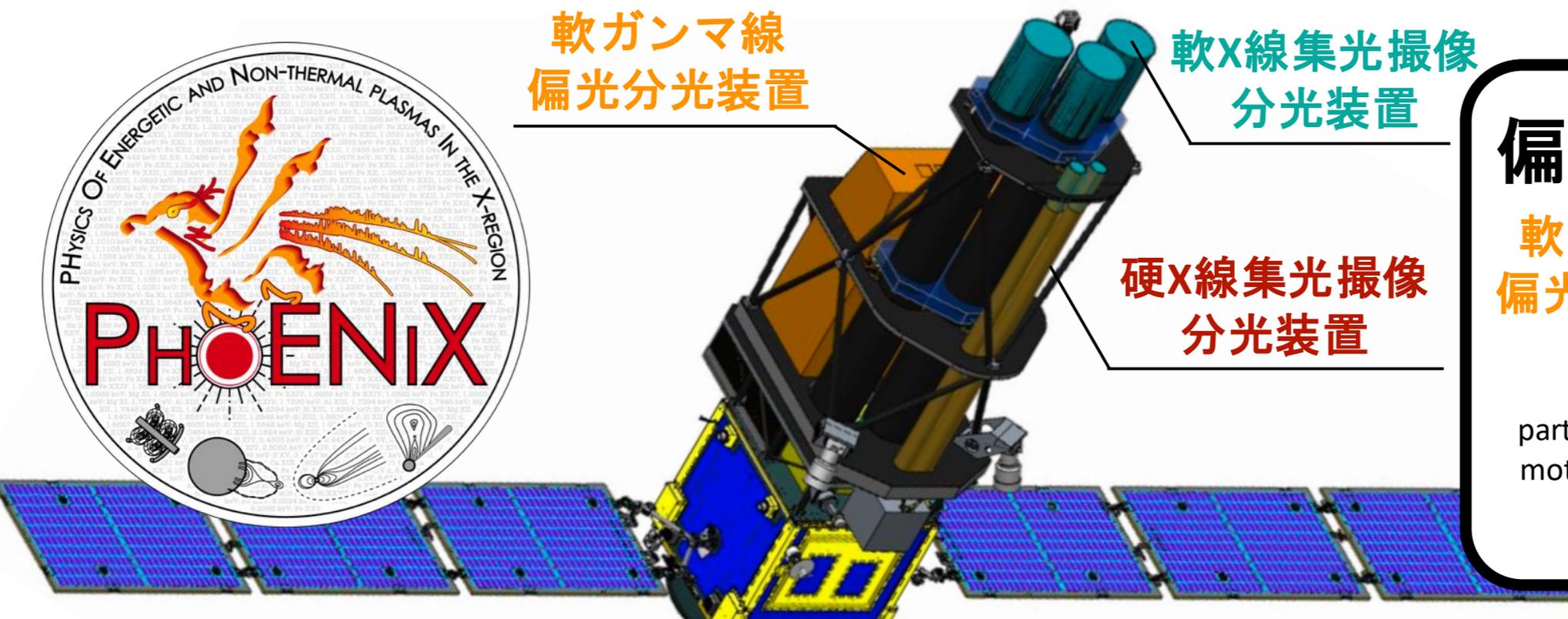
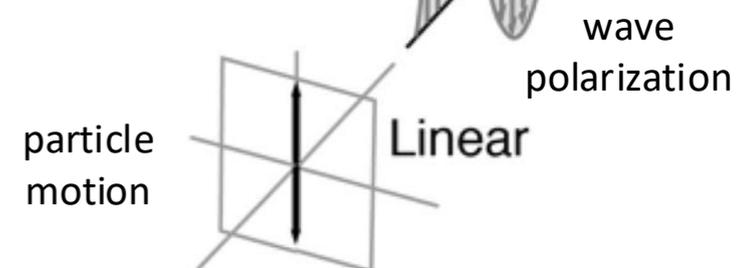
軟ガンマ線
偏光分光装置

軟X線集光撮像
分光装置

硬X線集光撮像
分光装置

偏光測定

軟ガンマ線
偏光分光装置



日米共同観測ロケット実験 FOXSI による X線集光撮像分光観測の実証



高精度X線ミラーによってX線を集光し、高速度X線カメラによってX線光子1個1個の位置・時間・エネルギー情報を取得する。

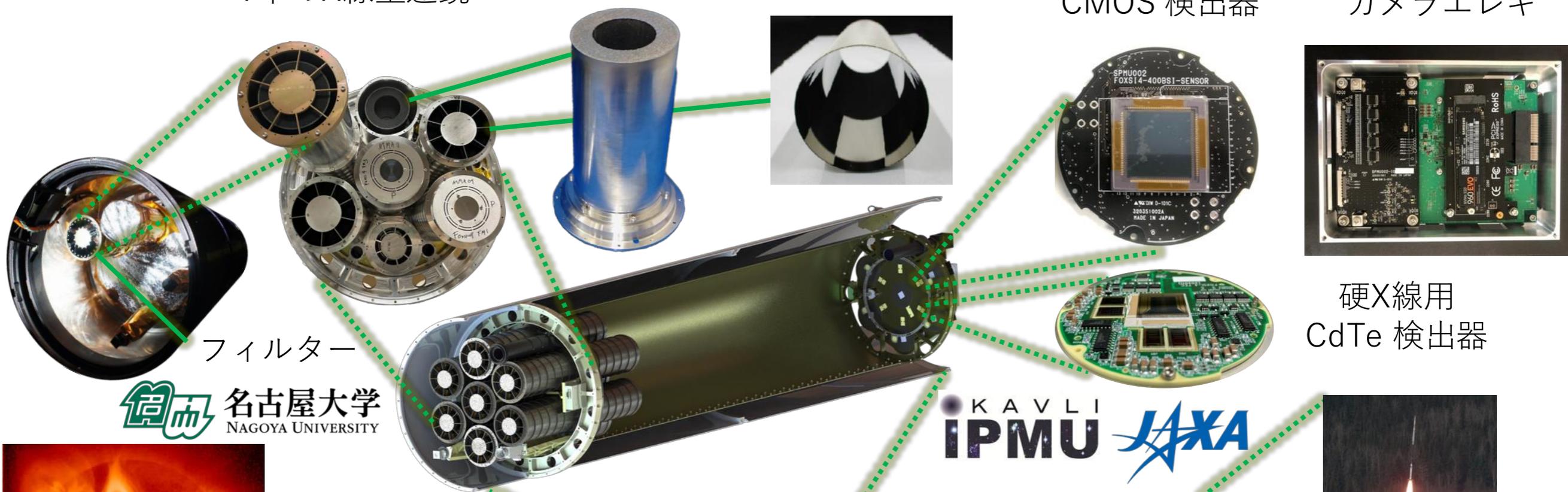


7本のX線望遠鏡

コリメーター X線斜入射ミラー

軟X線用
CMOS 検出器

軟X線用
カメラエレキ



フィルター

硬X線用
CdTe 検出器



太陽コロナ
とフレア



日米共同観測ロケット実験 FOXSI による X線集光撮像分光観測の実証



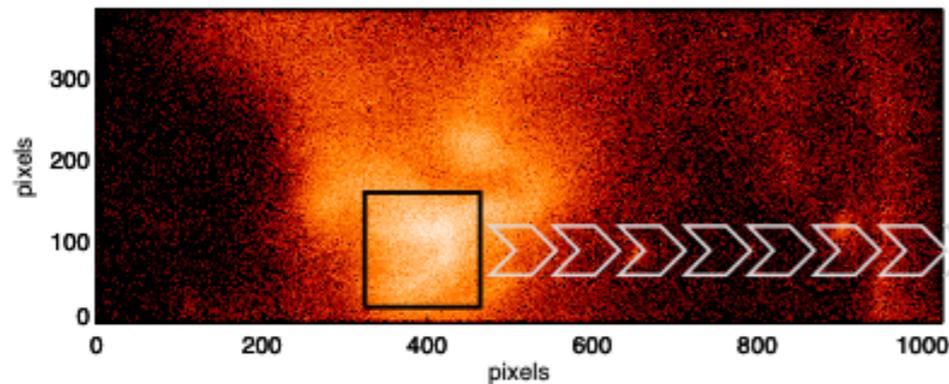
高精度X線ミラーによってX線を集光し、高速度X線カメラによってX線光子1個1個の位置・時間・エネルギー情報を取得する。

(a) 取得したデータ

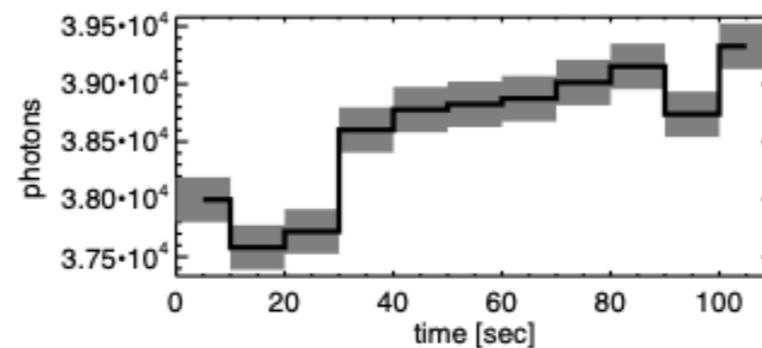
時間の流れ (1秒間に250枚の高速連続撮像)



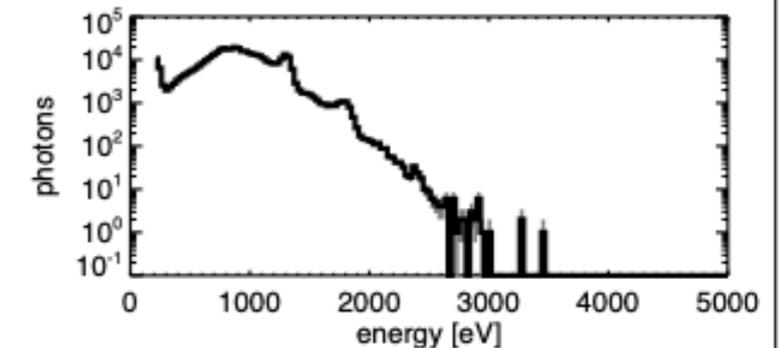
(b) X線光子を集めて作った太陽の画像



(c) 活動領域のX線光子数の時間変化



(d) 活動領域のX線スペクトル



軟X線～硬X線帯域における集光撮像分光観測に世界初で初めて成功している

太陽X線・ γ 線観測衛星 *PhoENiX* がもたらす波及効果

宇宙科学における重要科学課題に
分野間連携で挑む



《PhoENiXで期待される成果》

太陽フレアにおける高エネルギープラズマ粒子の加熱・加速・輸送・エネルギー分配の理解

【波及効果】様々な宇宙プラズマ環境での高エネルギー現象の理解の足掛かりとなり、宇宙の活動を統一的に理解する第一歩となる

11 住み続けられる
まちづくりを



宇宙天気 居住可能性

《PhoENiXと環境》太陽フレアによって生成される高エネルギー粒子やX線などの電磁波の詳細観測と監視

【波及効果】フレアによる宇宙天気変動の理解や社会環境への影響の把握を通じて、社会へ貢献し得る

4 質の高い教育を
みんなに



《PhoENiXと教育》X線観測を発展させてきた高エネルギー宇宙物理分野と太陽物理分野の連携の系譜を汲んだ計画

【波及効果】日本が育んできた科学研究、高等教育、観測技術を継続、発展させていく基盤となる

9 産業と技術革新の
基盤をつくらう



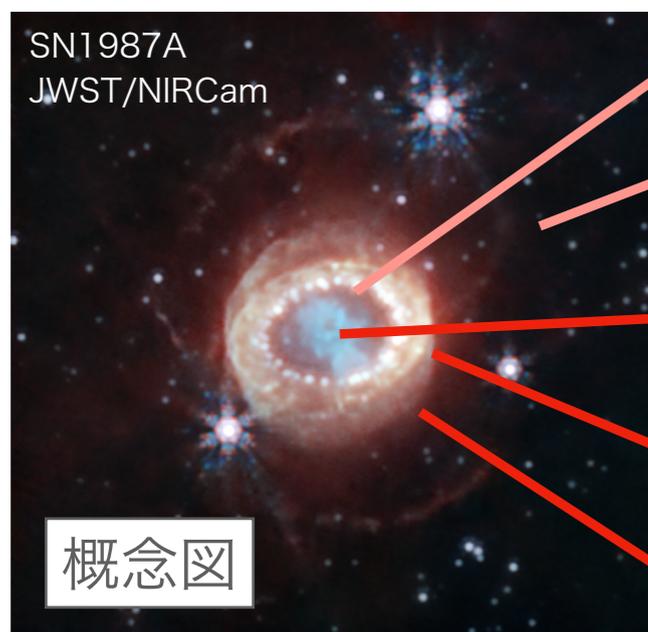
《PhoENiXと産業》最先端技術を活用しており、工学・産業分野との連携で成り立っている

【波及効果】この計画を通じて新たな技術の獲得が進んでおり、今後も更なる工学・産業分野への波及効果が期待できる

JEDI/Chronos → 次世代X線プロローブRG

2030年代の戦略的中型衛星として何が実現可能？

- JAXA宇宙科学研究所では、理工学コミュニティと連携し、2030年代に打ち上げを目指す戦略的中型衛星(<400億円, 日本最大級クラス)を検討中
- 検討ミッション3候補の一つが、紫外線から硬X線をカバーし、マルチメッセンジャー・時間軸天文学の一翼を担う高エネルギー天文学衛星 JEDI (仮称)
- 公募型小型のFORCE衛星から発展させたJEDIでは、高角度分解能 Siミラーの確保に不安もあり、実現可能性が高い設計に変更し Chronos へ改称検討中



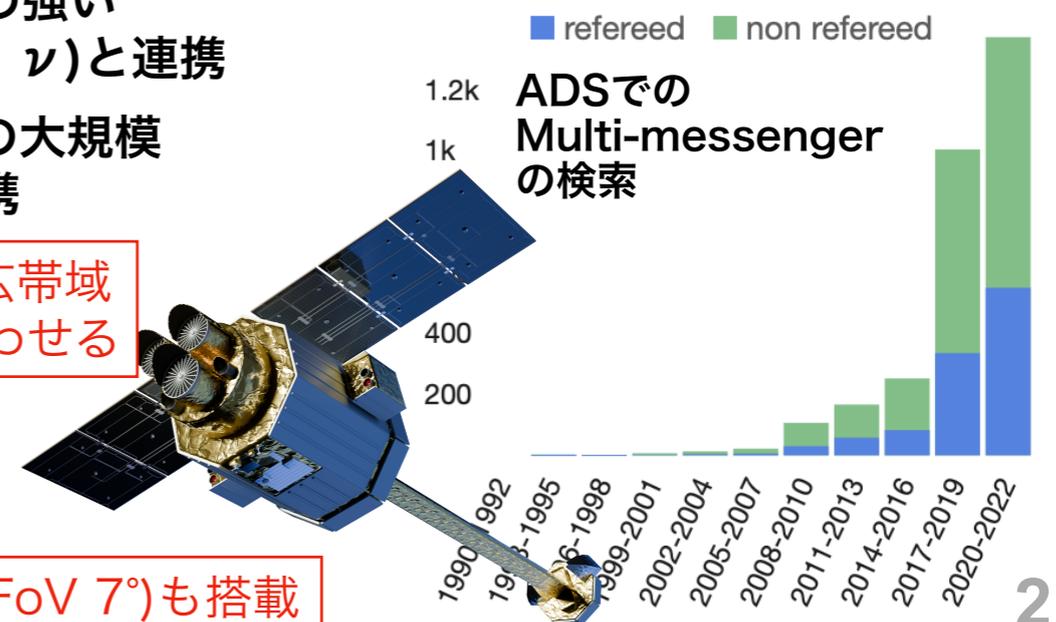
変動天体の核心部から届く、透過力の強い
マルチメッセンジャー観測 (重力波、 ν)と連携

広視野をカバーする電波・光赤外線の大規模
データからの突発天体アラートと連携

透過力の強い硬X線(~30 keV)まで広帯域
X線カメラを大面積ミラーと組み合わせる

広視野(>30')の軟X線カメラで
突発天体の対応天体を見つける

スペースで観測できる紫外線カメラ(FoV 7')も搭載



JEDI/Chronos → 次世代X線プロローブRG

国際天文台群を外部トリガーとし画竜点睛な観測へ

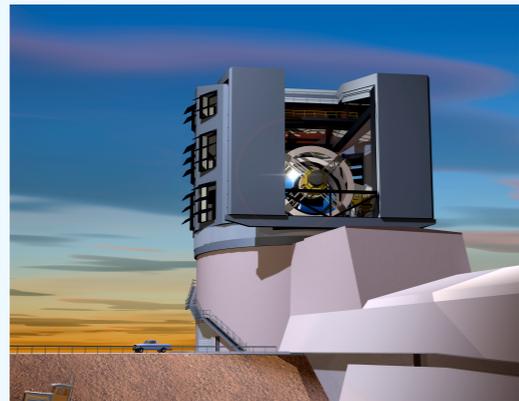
マルチメッセンジャー天文学からの突発天体アラート

SKA(電波)



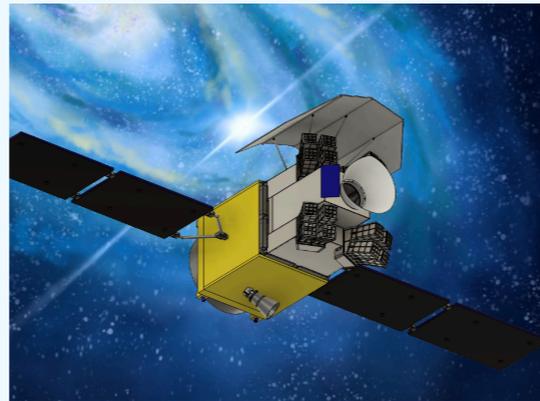
- ・コンパクト天体
- ・電波突発現象
- ・高速電波バースト

ルービン(可視光)



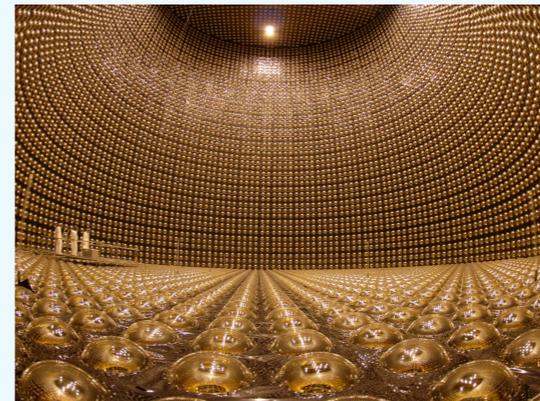
- ・超広視野(約10平方度)
- ・データ量15TB/晩
- ・5分に1発の超新星

HiZ-G(X線)



- ・ガンマ線バースト
- ・JAXA/ISAS の複数衛星の連携観測

Hyper-K (ν)



- ・系内超新星の爆発を事前通報 (ベテルギウスなら2日前)

LVK (重力波)



- ・Cosmic Explorer は中性子連星合体を1時間前に通報

外部トリガー

- ・突発天体アラートのビッグデータから、価値ある観測対象を選定する

待受・追跡・モニタリング開始

- ・迅速な ToO 観測
- ・中長期のモニタリング観測を柔軟に開始



その後の経緯

- 2024/4** JEDI/Chronos 提案書を ISAS (宇宙物理 GDI) へ提出、ヒアリング
- 2024/5** 臨時宇宙理工学委員会において戦略的中型候補の絞り込みを
3年後の FY2027 へと延期することが伝達される



- 2025/2** 宇宙理学委員会にて「次世代X線プローブ検討 RG」設置

RGの設立目的：日本がサイエンス・検出器技術で一步リードし、マルチメッセンジャー天文学に貢献できる「広帯域X線観測」と、時間軸天文学において重要となる「深い残光X線追尾観測」による物理現象の解明を、2つの軸として、日本主導、あるいは日本が積極的に関わる国際協力ミッションとして実現することを検討。
2025年度から検討を開始。

RG 「コズミックネットワークを巡るエネルギーと物質の探査」

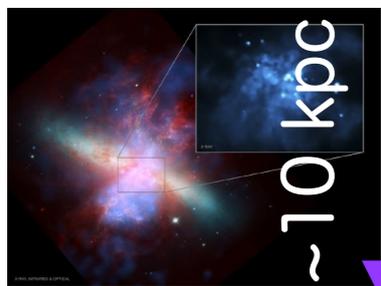
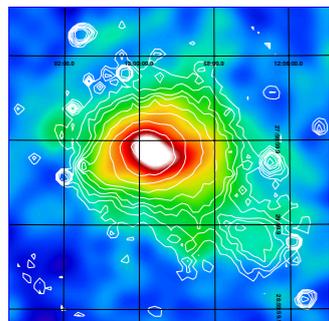
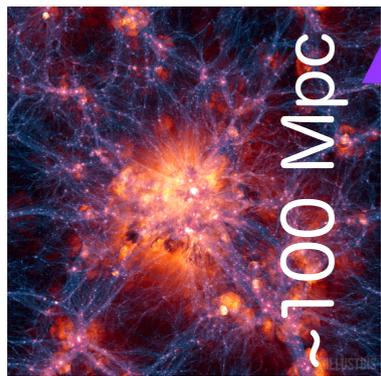
X線マイクロカロリメータを用いた将来計画検討

Science topics for investigating “missing baryon”

リサーチグループのコンセプト 2020年2月承認

各階層での宇宙のバリオン分布を定量的に観測し、宇宙の進化におけるエネルギーと物質の循環、さらにはダークマター分布との相関の解明を目指す

- WHIM along with the large scale structure in the Universe
 - ✓ Quantifying what fraction of “missing baryons”
 - ✓ Constraining DM distribution by “baryon effects”
- Galaxy groups/clusters and their outskirts
 - ✓ Resolving gas accretion and its energy flow from the large-scale structure to galaxy clusters
 - ✓ Estimating DM halo distribution and its mass, comparing to those from radio/optical observations
- Circumgalactic medium (CGM)
 - ✓ Quantifying CGM and Measuring its distribution
 - ✓ Resolving gas flow in/out galaxies and its feedback effects



RG 「コズミックネットワークを巡る エネルギーと物質の探査」

Cosmic baryon survey in next decades

Future programs with large FOV, effective area, and high energy resolution

	Year	Type	Energy band (keV)	Field of View	Detector array (pix)	Readout	Ang. Resol.	Effective area (cm ²)	Grasp (cm ² deg ²)
XRISM/ Resolve	2023	CAL	0.4-12 (2.0-12)	3'	6x6	JFET	2 arcmin	50@0.5 keV 300@ 6 keV	1
NewAthena/ X-IFU	2038	TES	0.2-12	5'	50x50	TDM	~15 arcsec	6000@0.5 keV 2000@6 keV	40
Hot Univers Baryon Surveyor (CH)	2030's	TES	0.2-2	60'	60x60	FDM	~1 arcmin	500@0.5 keV	~1000
Line Emission Mapper (US)	2030's	TES	0.2-2	30'	118x118	TDM	10 arcsec	1500@0.5 keV	~375
Super DIOS	2040's?	TES	0.2-2	~60'	~170x170	Microwave SQUID MUX	~15 arcsec	>1000@0.5 keV	~800

RG 「コズミックネットワークを巡る エネルギーと物質の探査」

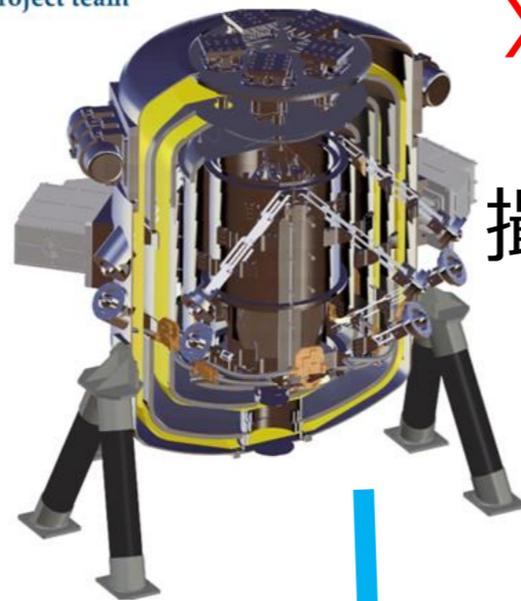
RGの活動状況

- 年数回のRGミーティングを開催し、ミッション計画、サイエンス面、ハードウェア開発状況や検討課題を議論を行い、今年度が最終年度となる
- ミッション検討
 - 極低温環境の構築を含むカロリメータ根幹技術の立証をマイルストーンとして、将来計画への道筋をつける
 - Path finderで限定的ながらも将来の大型計画への宇宙実証を目指す
 - バス検討や打ち上げ機会の問題も含めて対応策を議論
 - XRISM/Resolveの成功の延長線上であり、加えて2 keV以下を補完
- サイエンス検討
 - FRB/SZ観測でのWHIMの観測も考慮し、X線でのみ観測可能な温度と metallicity, ionization stateを明らかにし、mappingを目指す
 - LEMのサイエンス検討も踏まえ、all sky survey やCGM, SNRなど2 keV以下で可能なものにも対象を広げていく

Athena → NewAthena

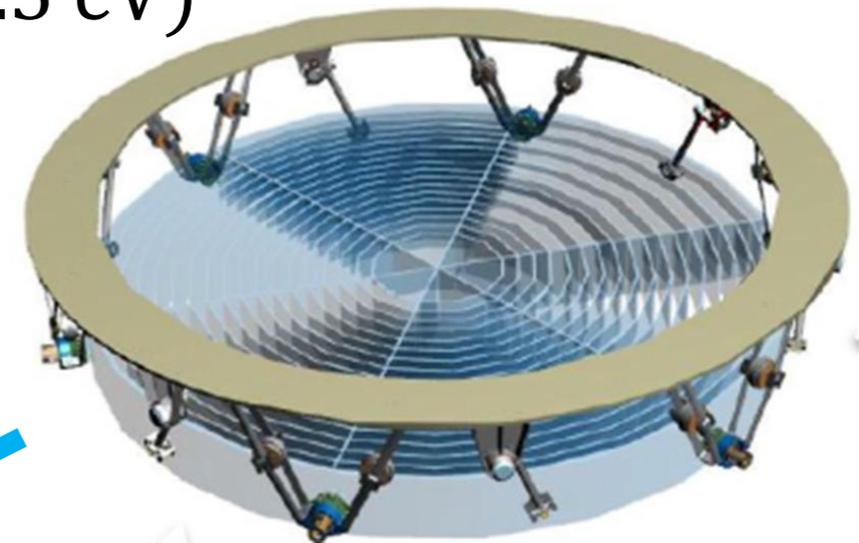
もともとの Athena 搭載機器スペック

CNES project team

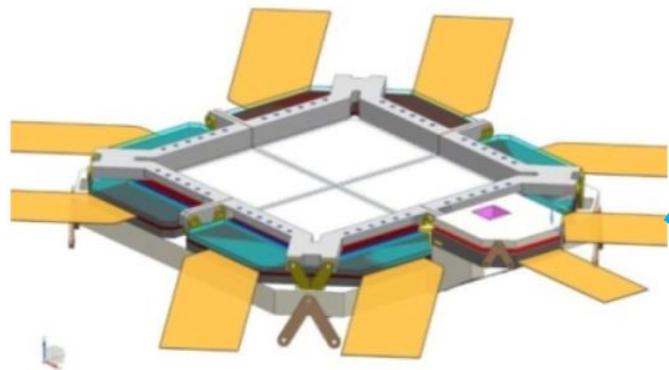


X線TESマイクロカロリメーター
(X-IFU)

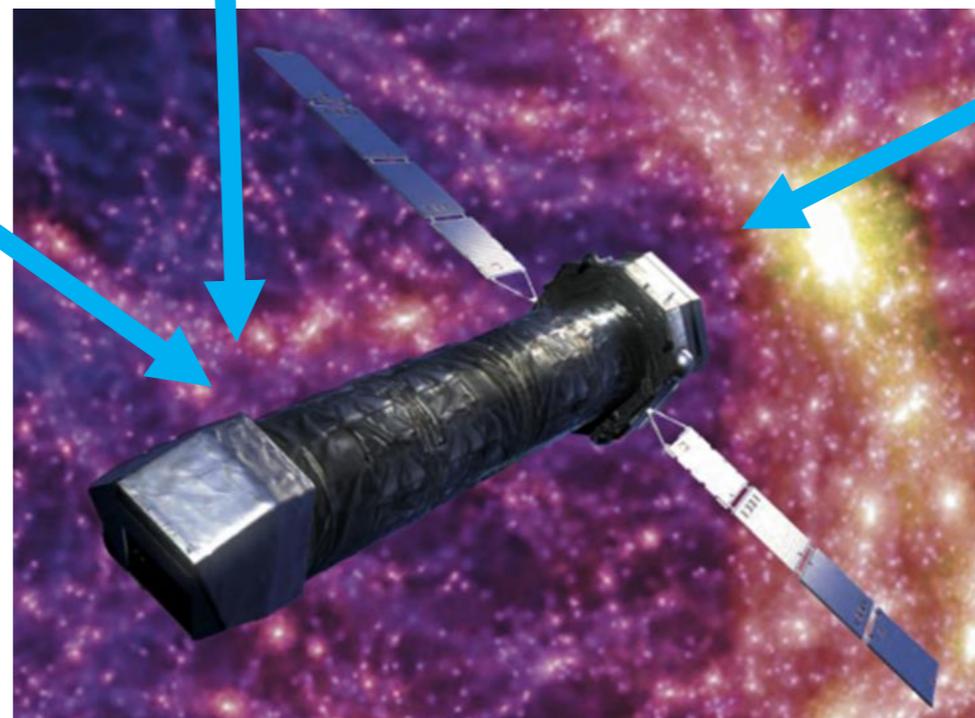
撮像 & 高精度光子エネルギー測定
($\Delta E = 2.5 \text{ eV}$)



大型X線望遠鏡(SPO)
大集光能力
($2\text{m}^2 @ 1\text{keV}$, $\sim 5''$)



DEPFET X線撮像器
(WFI)
広視野 (40分角)



2022年5～6月の大事件

18

Athena の大幅見直しが決定。NewAthenaへ。

- ESAによる独立なコスト見積もり 1.9Bユーロ。もともとのコストキャップ1Bユーロを大幅超過。(L3 の LISA も 1.5Bユーロで、コスト超過。)
- Mission Adoption は 2027年以降に延期。1.3Bユーロ程度になるように、Athena を見直して、NewAthena とする。
- もしも解がなかったら、Athena は中止。

Athenaの大きなdelay, descopeを、コミュニティに何の相談もなく実行しようとしていることを危惧。SPC各メンバー、Guenther Hasinger氏 (ESA Director of Science) に高宇連からレターを発出。

ヨーロッパ、アメリカの研究者たちも同様の活動を行った。

NewAthenaへ

19

- 検討体制
 - ミッション検討チーム：Mission Re-Definition Team (MRDT) 山崎(ISAS)が参加
 - サイエンス検討チーム：Science Re-Definition Team (SRDT) 松本(阪大)が参加
- MRDT活動
 - ミッションの見直し。主にX-IFU の冷却系を大幅見直し。V-Grooveによる放射冷却を導入。試験手順などの簡素化。
- SRDT活動
 - サイエンスの見直し。旧Athenaで40個近くあったサイエンステーマから、ミッションパラメーターを真に決定する数個のサイエンステーマを選び出す作業を行った。
- マイルストーン
 - 2027年以降にミッションアダプション、2037年頃打ち上げ。
 - 2023年11月のSPC meetingで、以上の進め方が認められた。

“NewAthena として生き残った！”

ただし、打ち上げは2037年頃でLISAと逆転。

NewAthena性能予測

21

Sensitivity analysis ranges (already shown @AWG#184)



Parameter (<i>worse than Athena</i>)	Athena requirement	Best performance	Worst performance
X-IFU total effective area at 7keV	0.16 m ²	0.10 m ²	0.09 m ²
X-IFU total effective area at 1 keV	1.05 m ²	0.85 m ²	0.52 m ²
X-IFU Energy resolution at 7keV	2.5 eV	3 eV	4 eV
X-IFU Field of View (effective diameter)	5 arc mins	5 arc mins	4 arc mins
X-IFU Pixel Size	5 arc secs	5 arc secs	5 arc secs
X-IFU Background (2-7 keV)	5x10 ⁻³ ph cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹	5x10 ⁻³ ph cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹	5x10 ⁻³ ph cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹
WFI Effective area at 1 keV	1.25 m ²	1.14 m ²	0.86 m ²
WFI Field of view (side)	40x40 arc mins	40x40 arc mins	30x30 arc mins
WFI Background (2-10 keV)	5x10 ⁻³ ph cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹	5x10 ⁻³ ph cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹	8x10 ⁻³ ph cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹
Background knowledge	2%	2%	5%
Optics angular resolution on-axis @ 1 keV	5 arc secs	5 arc secs	9 arc secs
Field-of-view averaged optics angular resolution @1 keV	N/A	on-axis + 1 arc secs	on-axis + 1 arc secs
Point source (45 off-axis) X-ray stray light area ratio against on-axis area	1x10 ⁻³	1x10 ⁻³	1x10 ⁻³
Field of regard	50%	40%	34%
ToO Response time	4 hours	4 hours	12 hours

NewAthena での日本の貢献

- **NewAthena Science Study Team (NASST) への参加**
 - ▶ Mission Adoption までの活動をリードする
 - ▶ 10名 (うち JAXA と NASA 枠が各 1) の科学者により構成
 - ▶ JAXA 枠は東北大 野田さん
- **Background Working Group への参加**
 - ▶ NASST の下でバックグラウンドについての検討を行う
 - ▶ 日本からは奈良教育大 信川さん、大阪大 小高さん、宮崎大 鈴木さんが参加
- **NewAthena Science Community への参加**
 - ▶ 日本から約40名の研究者が参加し、様々なサイエンスに貢献
- 日本へ打診のあったハードウェア貢献を検討中

まとめ

- 高宇連では運営委員と将来計画検討委員を中心に将来計画に関する議論が進行中。
- 外的要因の流動性はあるものの着実に検討・開発を進めることが重要。
- 光赤天連の皆様とは、サイエンスはもちろん、衛星プロジェクト検討・開発の面でも、連携を深めていければと思います。
- これまでの高宇連将来計画検討委員会の報告書は、高宇連ウェブページから閲覧可能となっています。