



Athena現状

松本浩典（阪大）



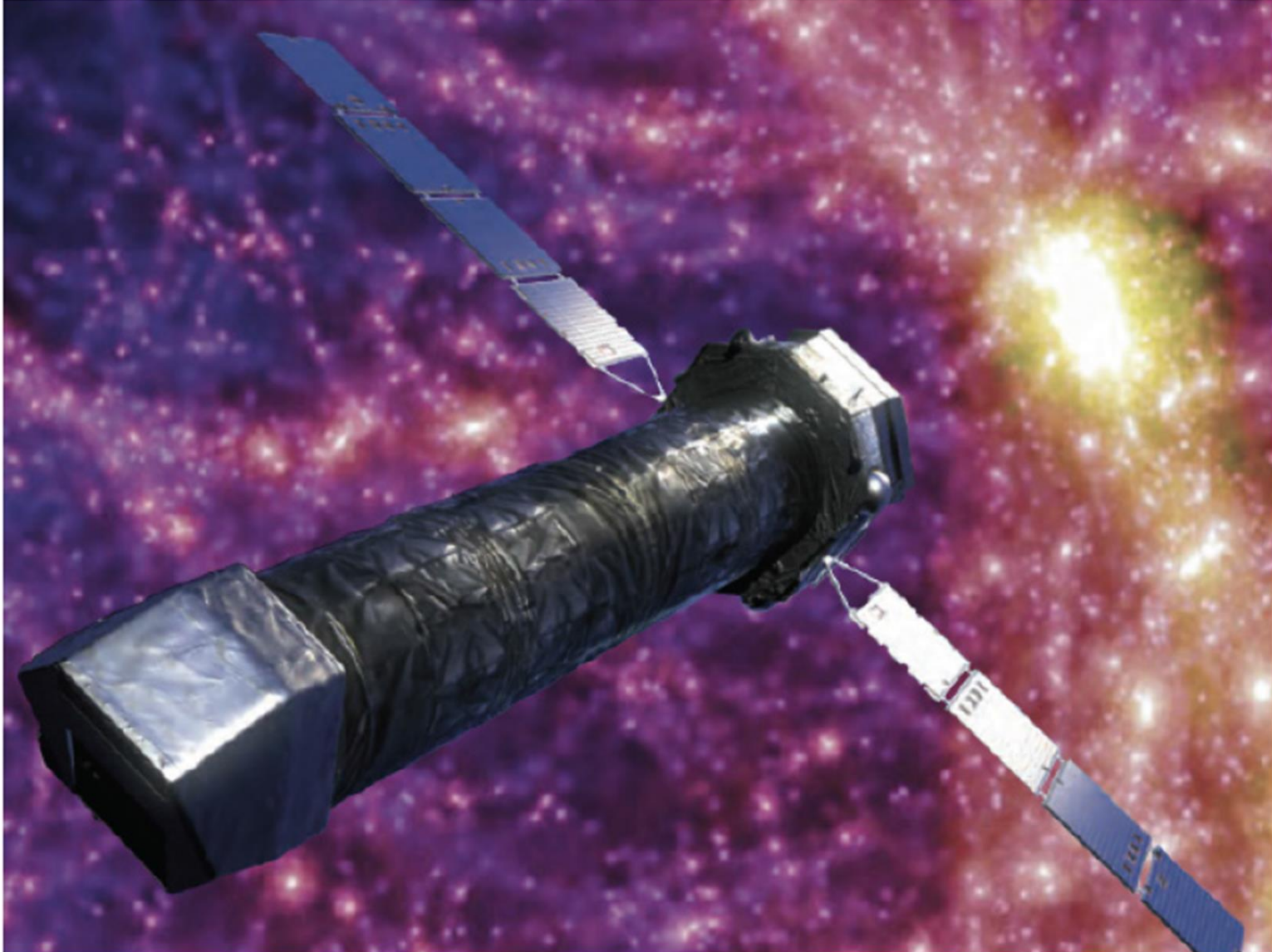
目次



- Athenaとは
 - サイエンス目標
 - 機器構成
 - スケジュール
- 日本の貢献案



Athena とは





Cosmic vision 2015-2025



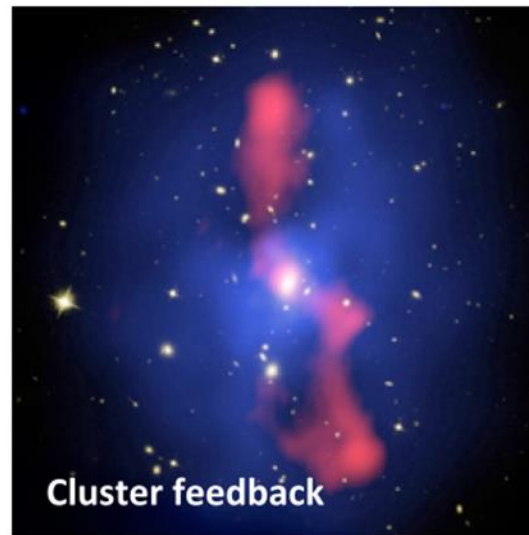
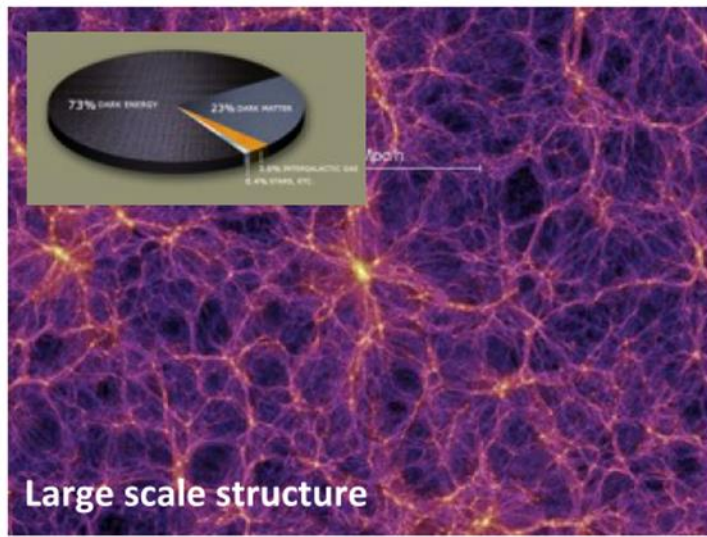
クラス	ミッション	打ち上げ	目的
L1	JUICE	2022	木星
L2	Athena	2028	Hot & Energetic Universe
L3	LISA	2034	重力波
M1	Solar Orbiter	2018	太陽
M2	Euclid	2020	距離-赤方偏移関係($z < 2$)
M3	PLATO	2025	太陽型恒星周辺の系外惑星
S1	CHEOPS	2017	トランジット系外惑星
S2	SMILE	2021	太陽風、磁気圏



サイエンス目標



- Hot Universe
 - どうやって大規模構造は成長した？
- Energetic Universe
 - どうやって巨大ブラックホールは成長した？





X線観測



- 銀河団: 最大の重力束縛構造
主成分はX線ガス
- 巨大ブラックホール
物を飲み込み、X線を放出

Hot & Energetic Universe
→ X線観測



機器構成

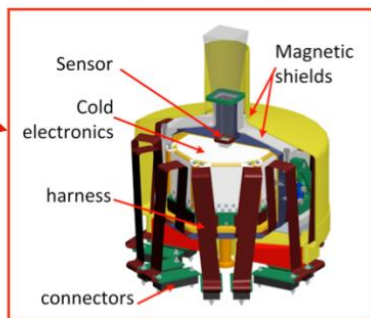
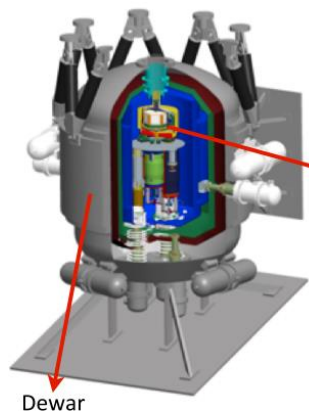
L2 orbit
M~5500 kg
Life>5 yrs

Xray Integral Field Unit

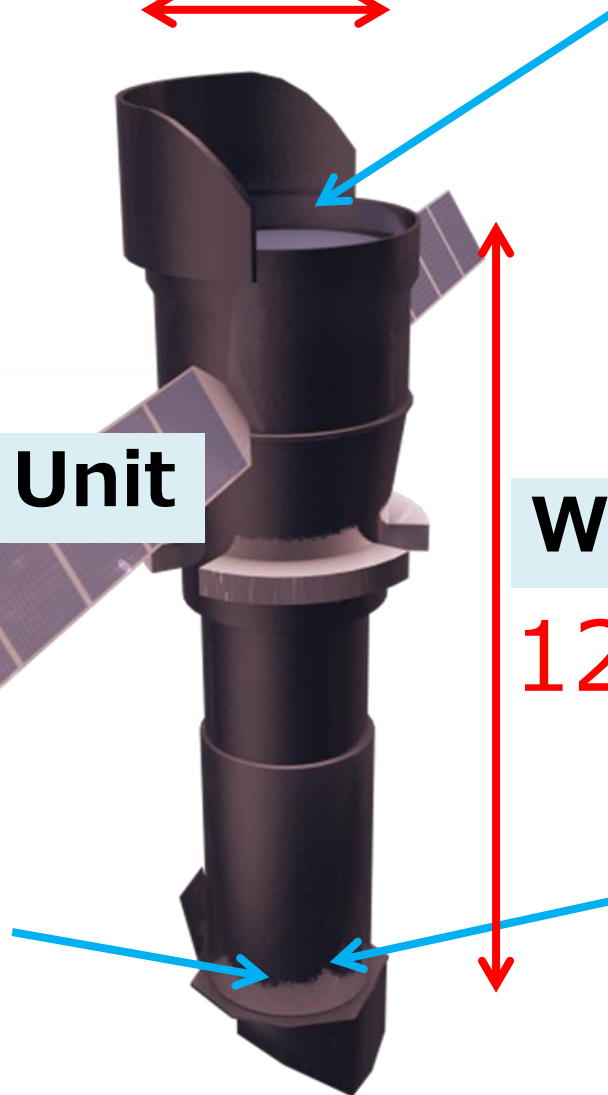
TES calorimeter

$\Delta E \sim 2.5 eV$

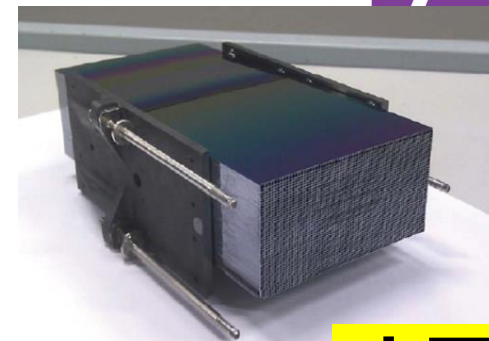
高精度



3m



Si Pore Optics



PSF~ 5"

大面積

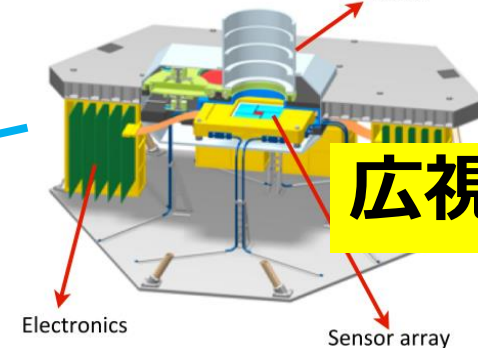
$S \sim 2m^2 @ 1keV$

Wide Field Imager

12m

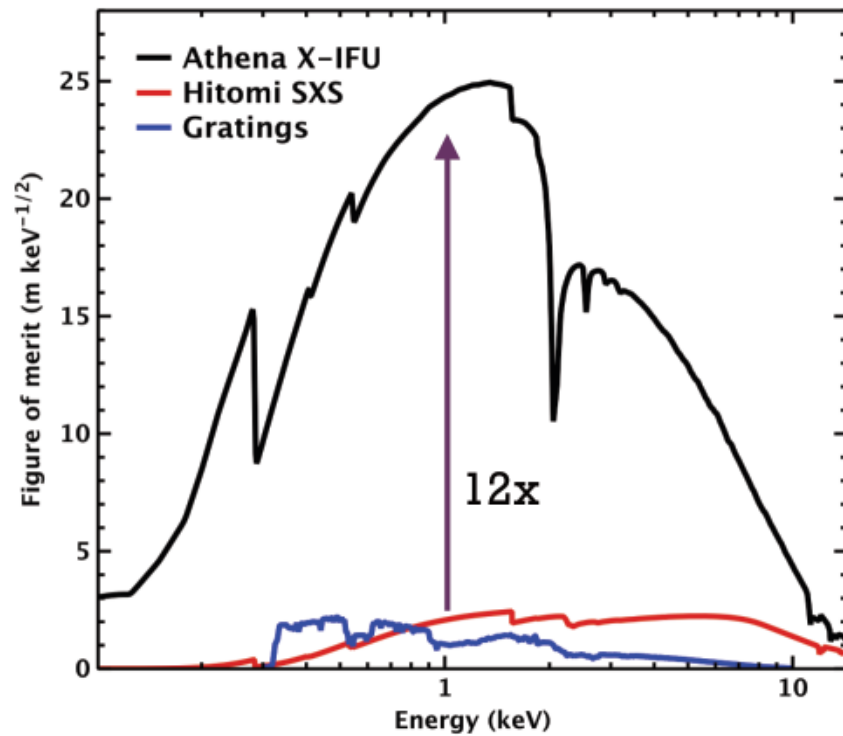
DEPFET
FOV~ 40'

広視野

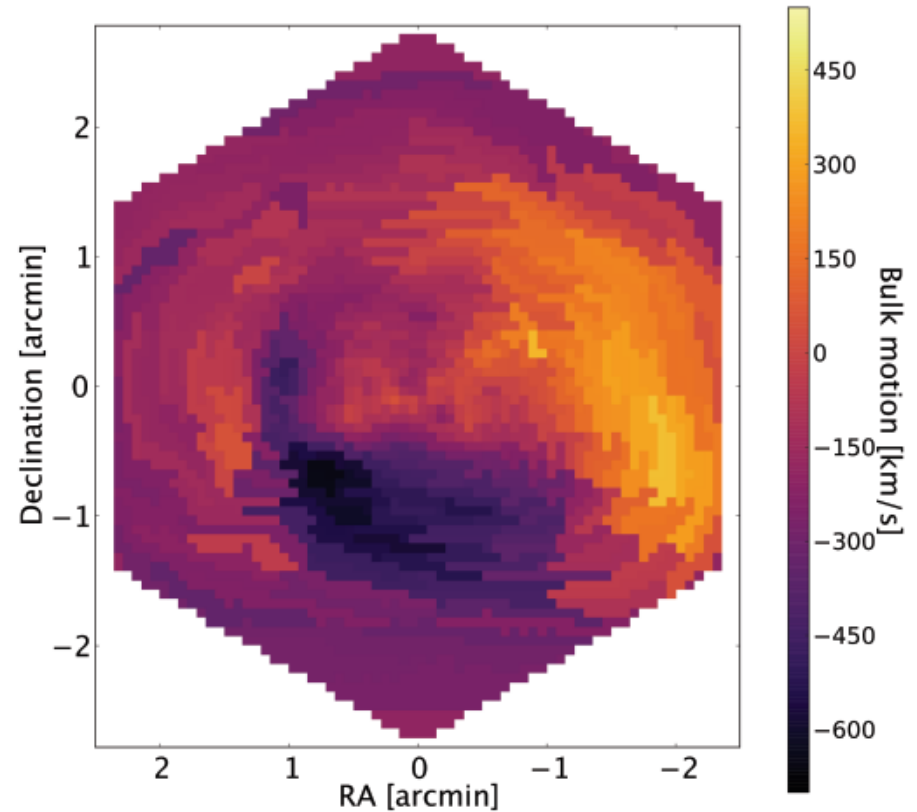




Effective area per energy
resolution element



Simulated velocity map at a 5''
pixel resolution





ひとみ vs. Athena



圧倒的な性能向上

面積 30倍、角度分解能 16倍、視野×面積 100倍

	ひとみ	Athena
角度分解能 (望遠鏡)	80 秒角	5秒角
(カロリー)	36画素	3840画素
面積 @ 1keV	0.06 m^2	2 m^2
@ 6keV	0.04 m^2	0.2 m^2
エネルギー分解能(カロリー)	5 eV	2.5 eV
視野 (カロリー)	3分角四方	直径5分角
(半導体)	38分角四方	40分角四方

A

宇宙のバリオンの進化

A

$z \sim 0$ 現在の銀河団

$z \sim 2$ 最初の銀河団

お互いを制御

$$0.1 M_{BH} c^2 > 80 G \frac{M_{gal}^2}{R_{gal}}$$

再電離

Present day

$z = 11.1$

12

20

Cosmic
"Dark Ages"

First stars?

Big
Bang

$z \sim 1 - 4$

$T = 1.39 \text{ Gyr}$

$z \sim 0$ 静かなBH

フィードバック

激しい成長

$z > 6$ 巨大BHの種

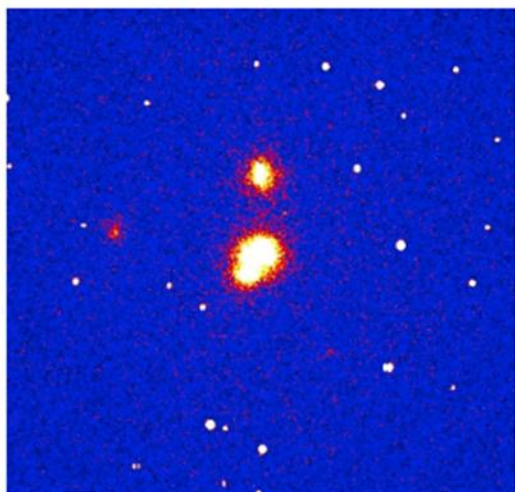


高温ガスの成長

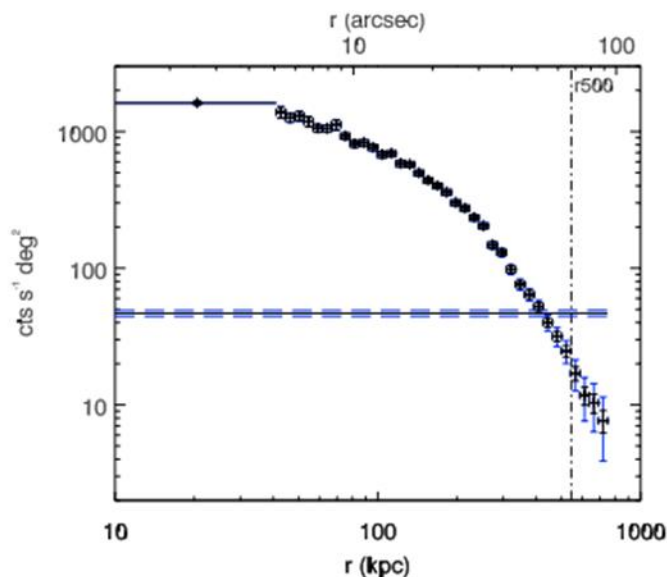


最古の熱いガスまで、加熱史・化学進化を追う

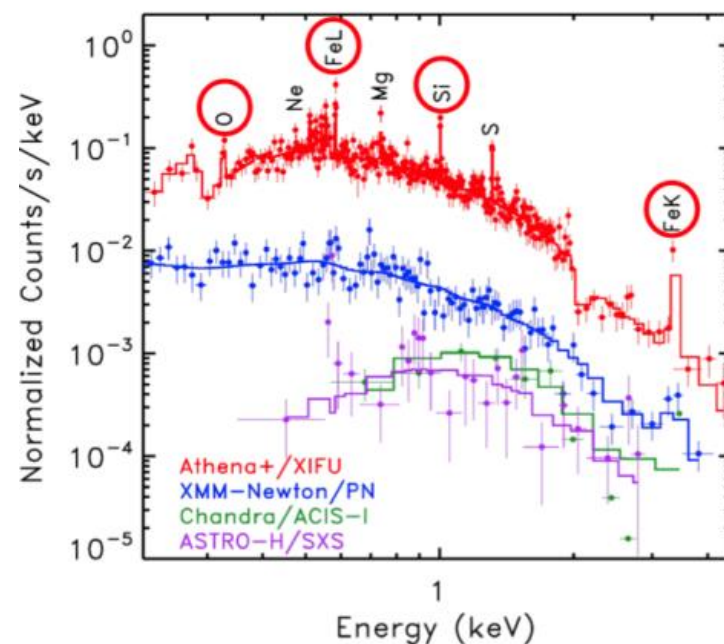
$z \sim 2$ 銀河団



密度分布



温度、重元素

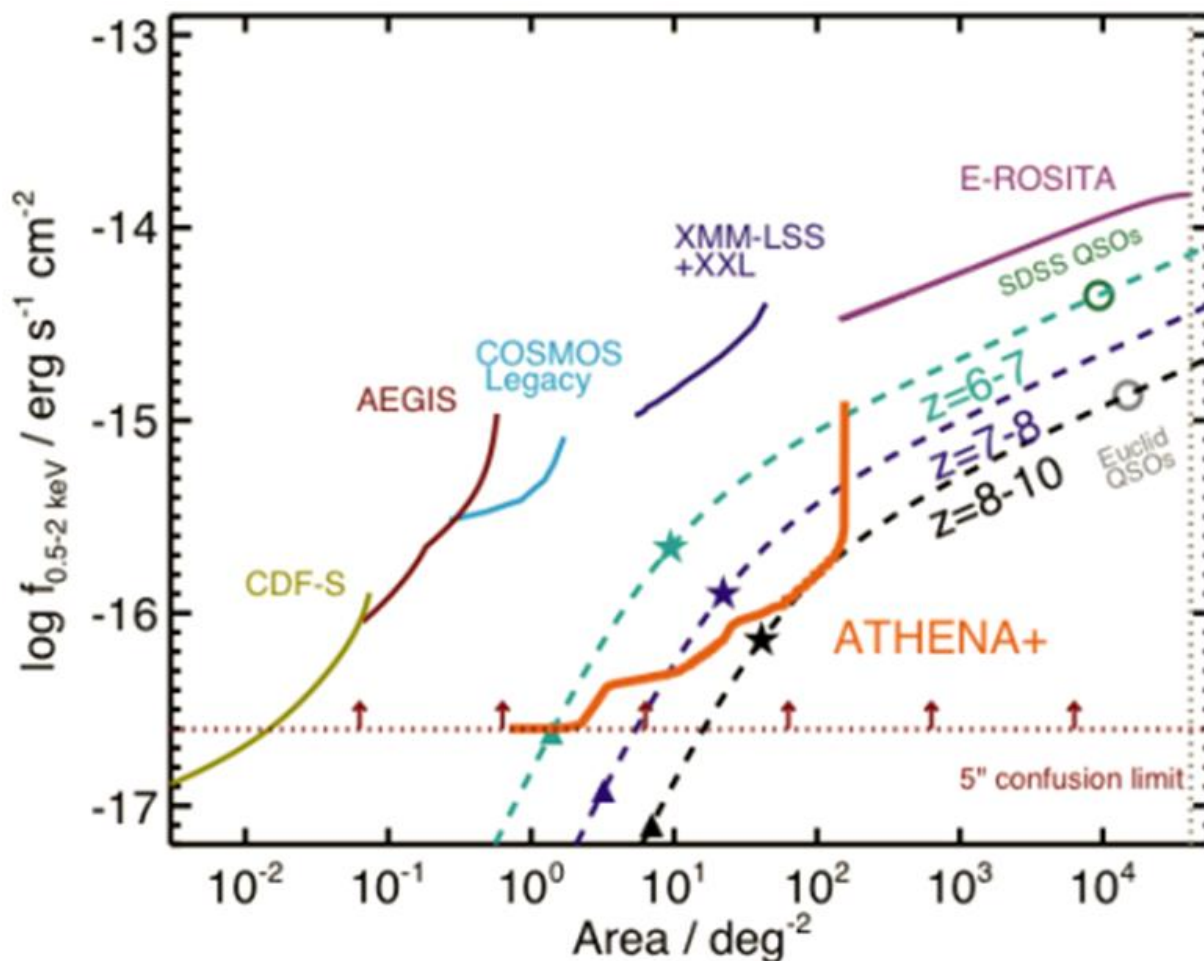




BHの成長



$z > 6$ の“普通の”AGNを検出



点線:AGN10個検出
に必要な感度

▲ $L_X = 10^{43}$ erg/s

★ $L_X = 10^{44}$ erg/s



圧倒的感度で宇宙の歴史を見る



$z \sim 0$ 現在の銀河団

$z \sim 2$ 最初の銀河団

ひとみ、代替機:現在の姿



Athena: 「時間軸」を加える

$z \sim 0$ 静かなBH

フィードバック

激しい成長

$z > 6$ 巨大BHの種



MCR(2016.5) dMCR (2017.1)



- 懸念事項
 - コスト超過
 - 重量超過
 - Technical Feasibility
 - SPO
 - X-IFU cooling chain
 - X-IFU multi-pixel readout
 - Science Instrument Module



MCR(2016.5) dMCR (2017.1)



- Phase A 延長
 - 2018.1 → 2019.9
 - Reformulate mission
 - 打ち上げ遅延は最小に
- Phase Bは圧縮



ESA 旧スケジュール



Launch 2028

2017				2018				2019				2020				2021			
1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10



PRR

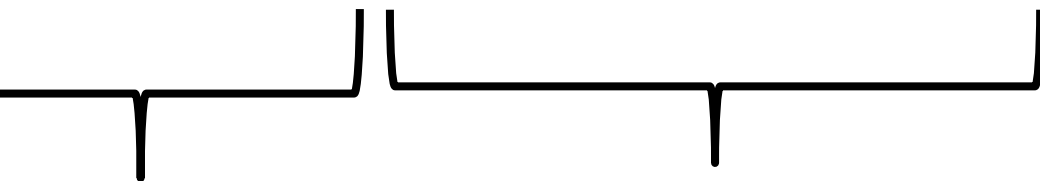
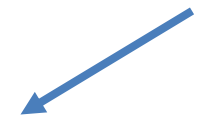


SRR

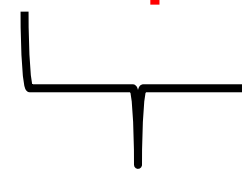


Mission
Adoption

TRL5/6



Phase A Phase B1



Phase B2



ESA 新スケジュール



Launch ~2030? (公式には2028)

2017				2018				2019				2020				2021			
1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10



dMCR



MSR



MAR

Mission
Adoption

Phase A

Phase B1

B2



当初の予定



- SPO: EA $2m^2@1keV$, $0.25m^2@6keV$
- WFI: $40' \times 40'$, $\Delta E \sim 120 - 150 eV@6keV$
- X-IFU: $\Delta E \sim 2.5 eV$, $5' \times 5'$, $\sim 5''$ pix
- TOO: 50%を4時間以内
- 5年運用 + エクストラ



Phase A 版

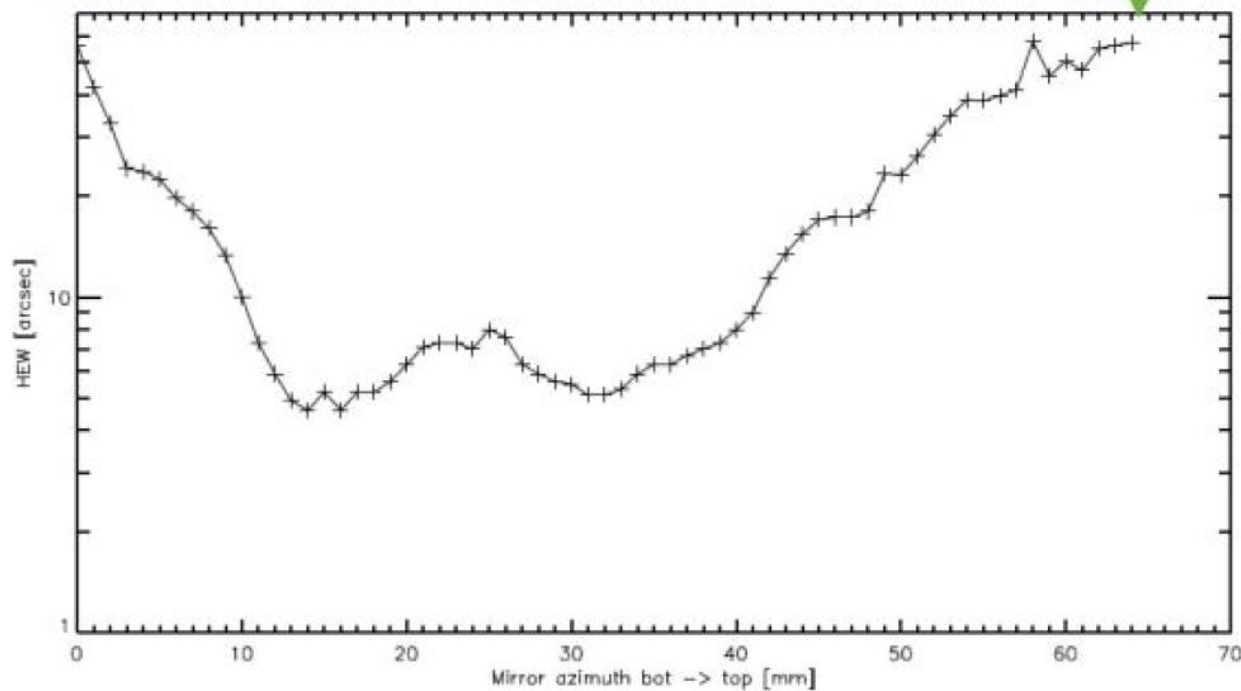


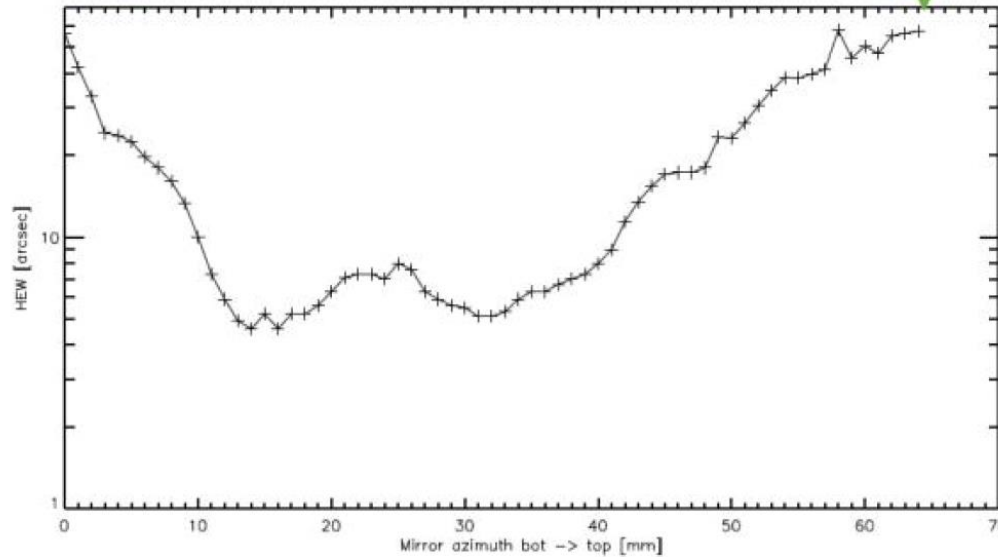
- SPO: $EA > 1.4m^2 @ 1keV, 0.25m^2 @ 6keV$
- WFI: $40' \times 40', \Delta E \sim 120 - 150 eV @ 6keV$
- X-IFU: $\Delta E \sim 2.5 eV, 5' \times 5', \sim 5'' \text{ pix}$
- TOO: 50%程度を4時間程度
- 4年運用 + エクストラ

コスト、実現性



2016の結果が最新…





Collon et al. 2016, SPIE

- HEW: 22" (2015)→13.9" (2016)
- ~60% が HEW~8"
- FL 20m 用、Irなし



日本の参加目的



ひとみ、代替機の経験をもとに、
2030年代唯一のX線天文台Athenaを

日本が成功に導き、
観測時間を得る。

- 技術的成功
- 科学的成功



技術的成功へ



top priority

X-IFU
(TESカロリメーター)

冷却システム
キャリブレーション

option

X-IFU
(TESカロリメーター)

検出器、回路

SPO
(X線望遠鏡)

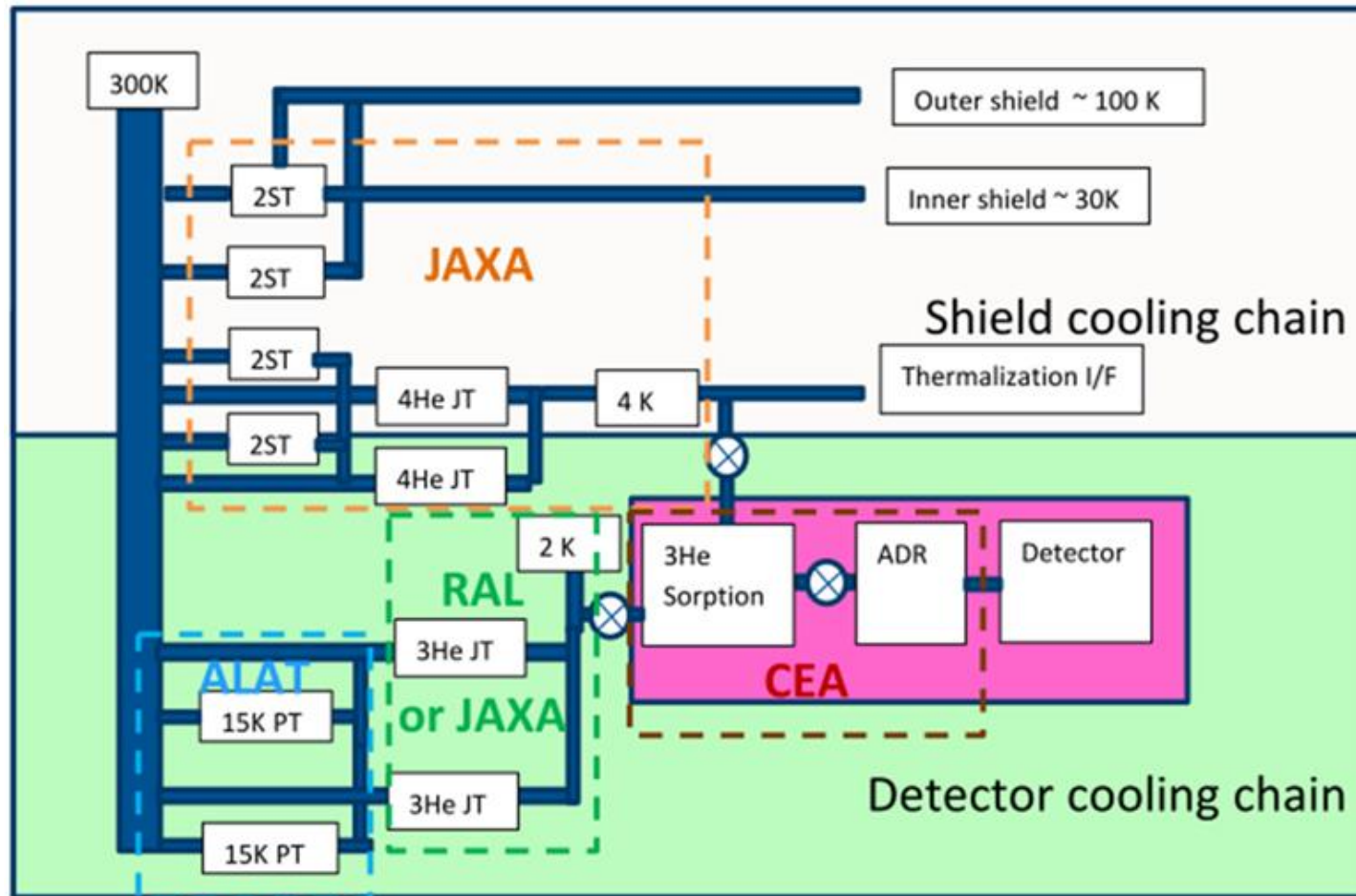
Ir エッジの光学定数
測定

その他

WFI、運用など



例 X-IFU 冷却システム



冷凍機：ノイズ源 カロリメーター：超高感度検出器
→ 冷凍機とカロリメーターは、一体となったシステム
冷凍機の性能がカロリメーターの性能を決める



科学的成功へ



- ひとみ・代替機のデータで
 - X線精密分光の「総合物理」を手に入れる。
 - これがなければ、Athenaデータを、物理量に焼き直せない。
 - 新しいサイエンスを開拓する。
- これらの知識をもとに、Athenaのサイエンスをリードする。

ひとみサイエンス論文(~10編)は、日本人若手がリード。



日本の状況



Pre-Phase A

Phase A

Phase B

Phase C

概念検討

ミッション
定義

概念設計

計画決定

基本設計

詳細設
計

Mission Concept
Review

MDR

SRR

SDR

PDR

CDR

Project Readiness
Review

Project Approval
Review

Funded by ISAS internal money

Funded by government

Athena WGはこの途中 (計画審査待ち)

冷凍機関係だけは、Cooling-Chain Core Technology Program で支援を受けている (with LiteBIRD, SPICA)



締切延長 April 30, 2018
是非ひとみ&代替機関係



まとめ



- Athena
 - ESA L2 mission
 - Phase A延長 (~2019.10)
- 日本:ひとみ、代替機の経験をもとに、Athenaを成功へ
 - 国際学会 2018年9月24-27日
 - 締切4/30に延長