

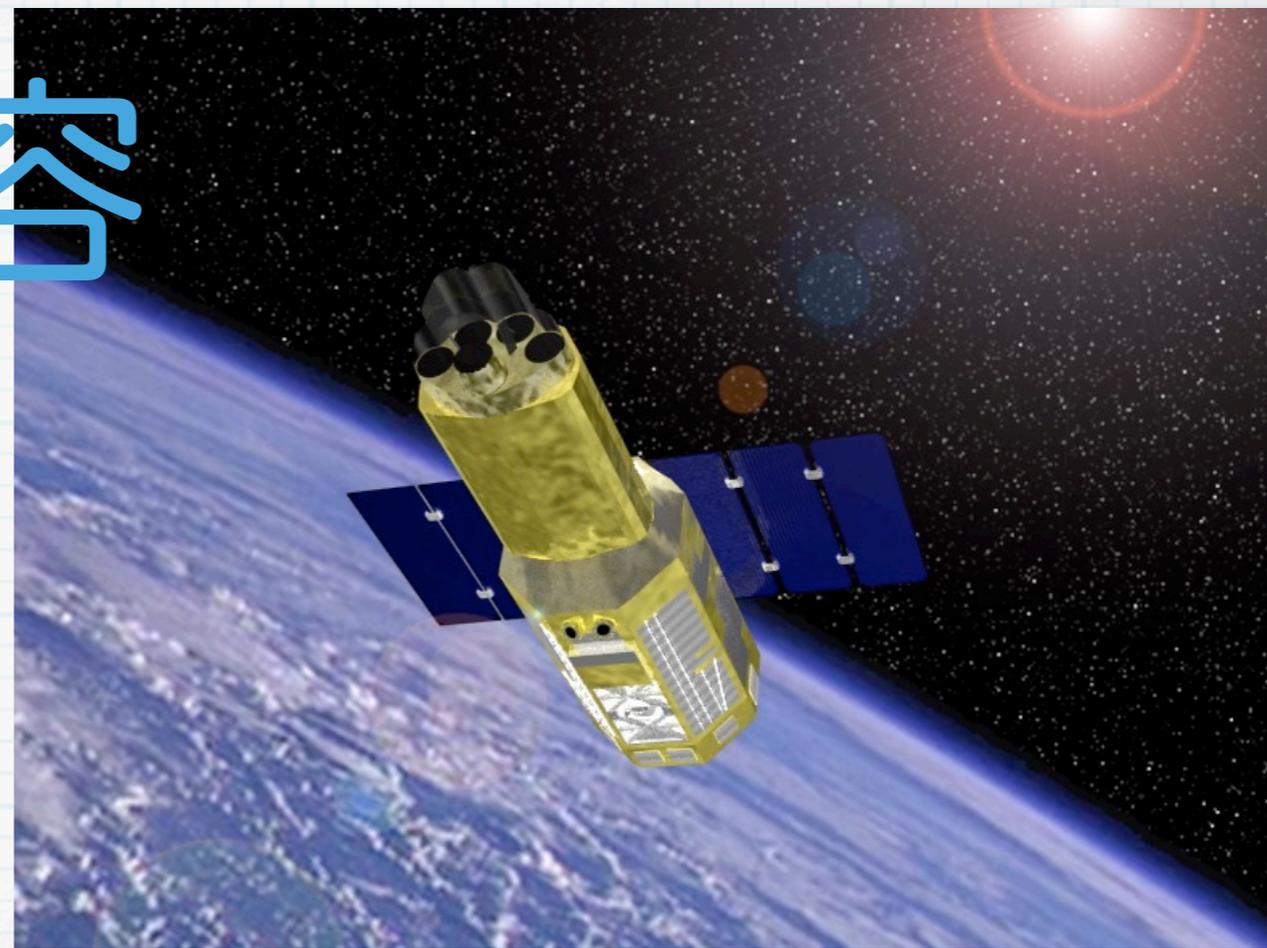
すざく衛星の現状

満田和久 (ISAS, JAXA)
on behalf of the Suzaku team

物理学会@松山、2006年3月29日

内容

- すざくミッション
- 初期運用
- XRSの結果
 - 成果と不具合
 - 不具合原因とlessons learned
- 現在のすざく = 広帯域X線分光
- 優れた特徴
- 高銀緯領域の軟X線放射の観測



すざく

(ASTRO-E2)



- 主要目的
 - 宇宙の構造形成、ブラックホール直近領域の探査
 - 広帯域X線分光(0.2-700 keV)
 - 高分解能X線分光
(半値幅6 eV、0.3-10keV)
- ISAS/JAXA と NASAを中心とする国際協力
- 米国のChandra衛星、欧州の XMM-Newton 衛星と相補的な役割
- 軌道上天文台として、国際公募観測
- 2005年7月10日、M-V-6により打ち上げ

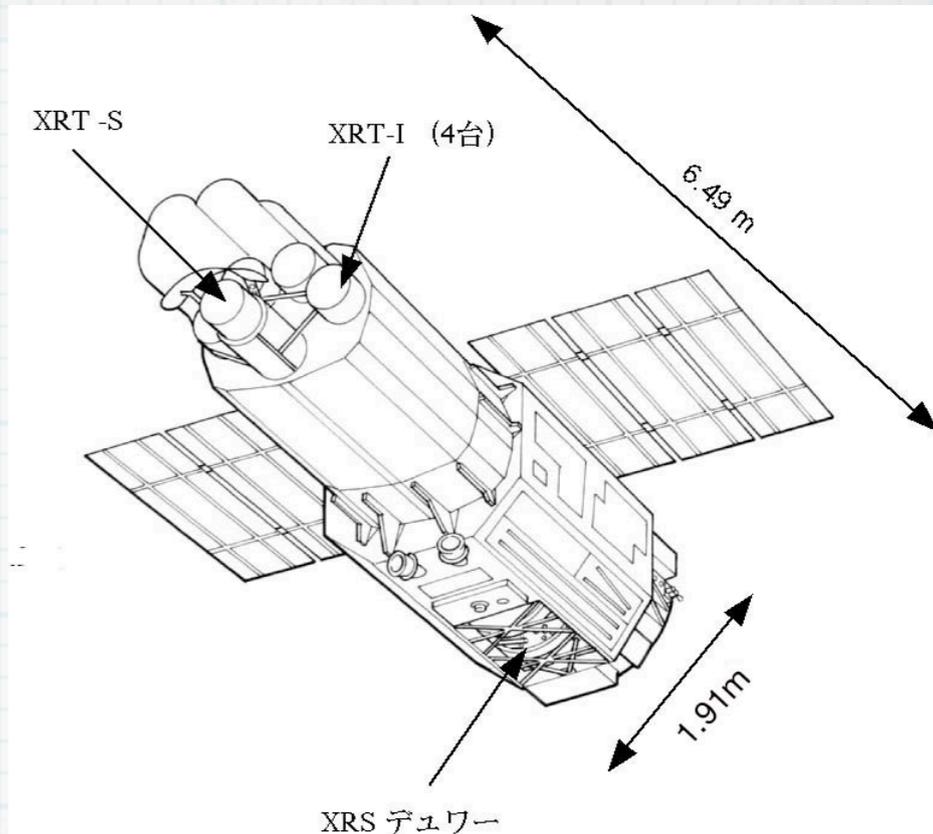
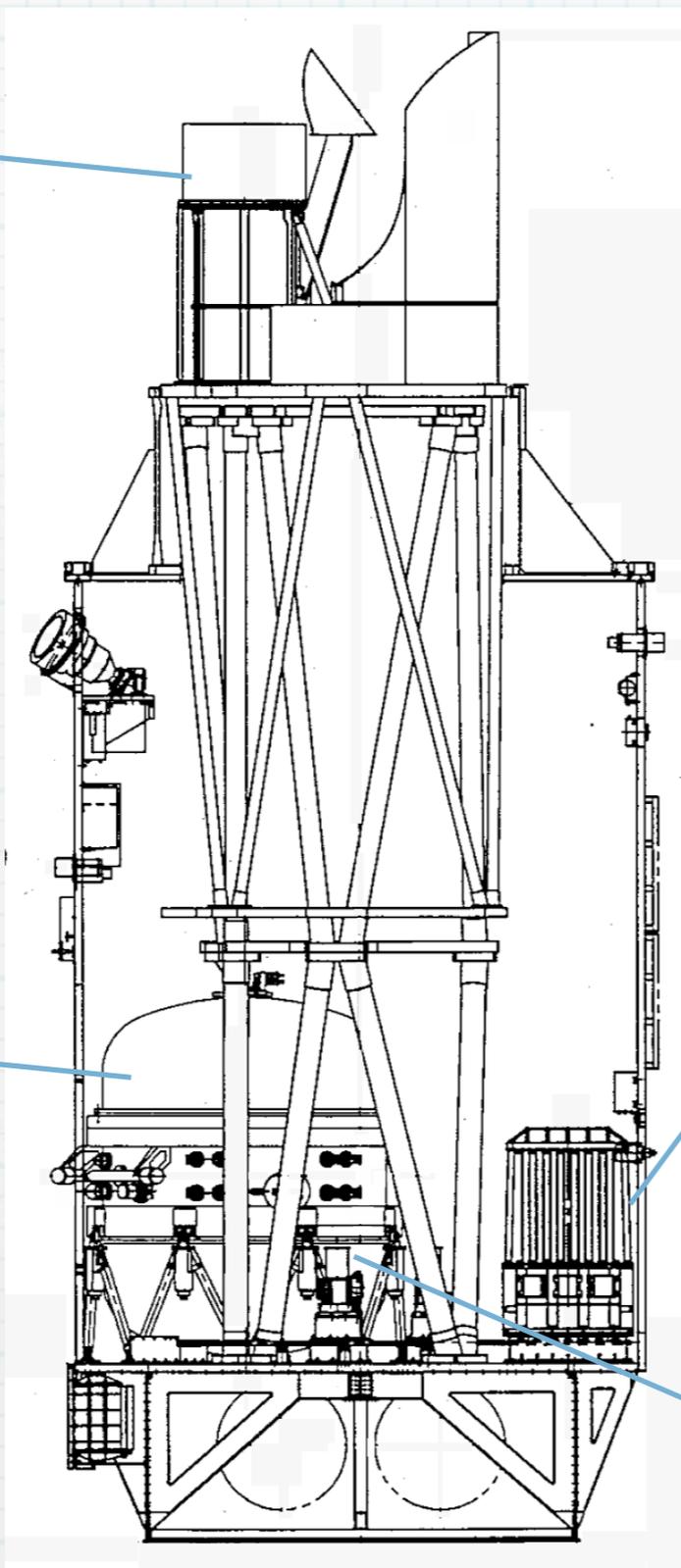
X線望遠鏡



XRT

NASA/GSFC-名古屋大学-

ISAS/JAXA



XRS

NASA/GSFC-Wisconsin
-ISAS/JAXA-首都大

X線マイクロカロリメータ



硬X線検出器

HXD
東大-ISAS/JAXA-理研-
埼玉大-広島大-金沢
大-...



X線CCDカメラ

XIS
MIT-京都大-大阪大 -
ISAS/JAXA-.....

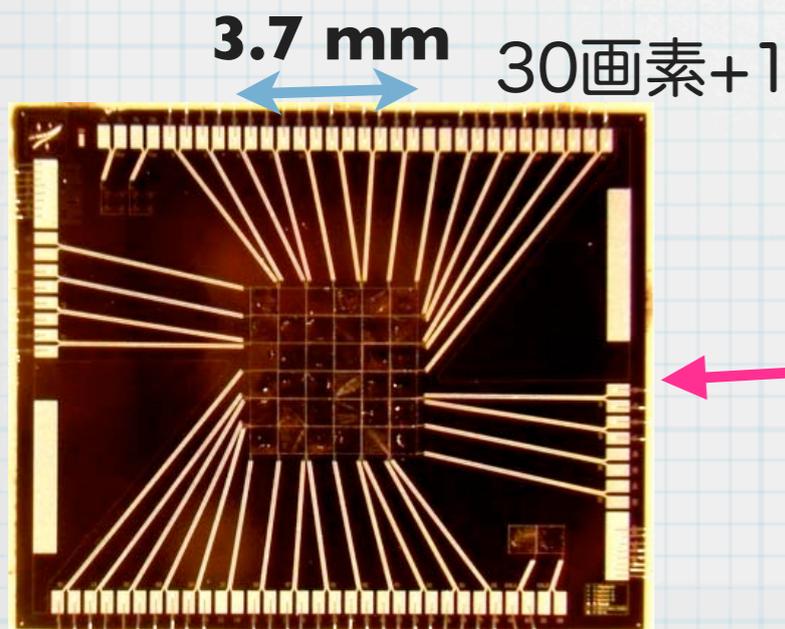
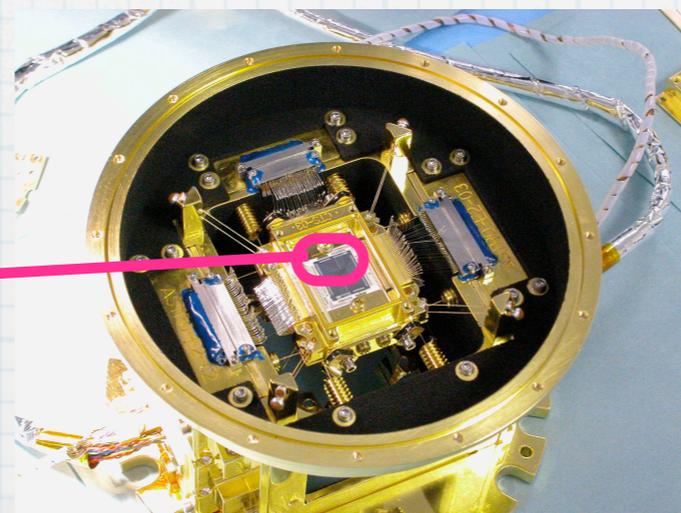
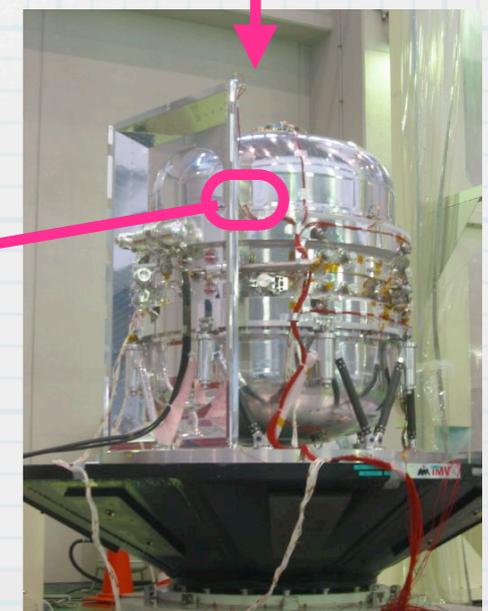
	高分解能X線 分光	広帯域X線分光		
	XRT-S + XRS	XRT-I + XIS	HXD	
Energy range (keV)	0.3 - 10	0.2 - 10	10 - 700	
Effective Area (cm ²)	180 (@6keV)	1300	160 (@2keV)	330 (@100 keV)
Field of View	2.9' x 2.9'	19' x 19'	0.56' x 0.56' (<80keV)	4.6° x 4.6° (>100 keV)
HPD of PSF	1.9'	1.9'		
Number of pixels	31	1024 x 1024		
Pixel Size	29" x 29"	1.1" x 1.1"		
Energy resolution (FWHM)	6 - 7 eV	120 eV (@6keV)	3 keV (@20keV)	10% @550keV
Time resolution	5 micro s	8ms - 8s	15.3 - 61 micro s	
mission life	2.4 - 3 years	as long as possible	as long as possible	

打ち上げからの履歴

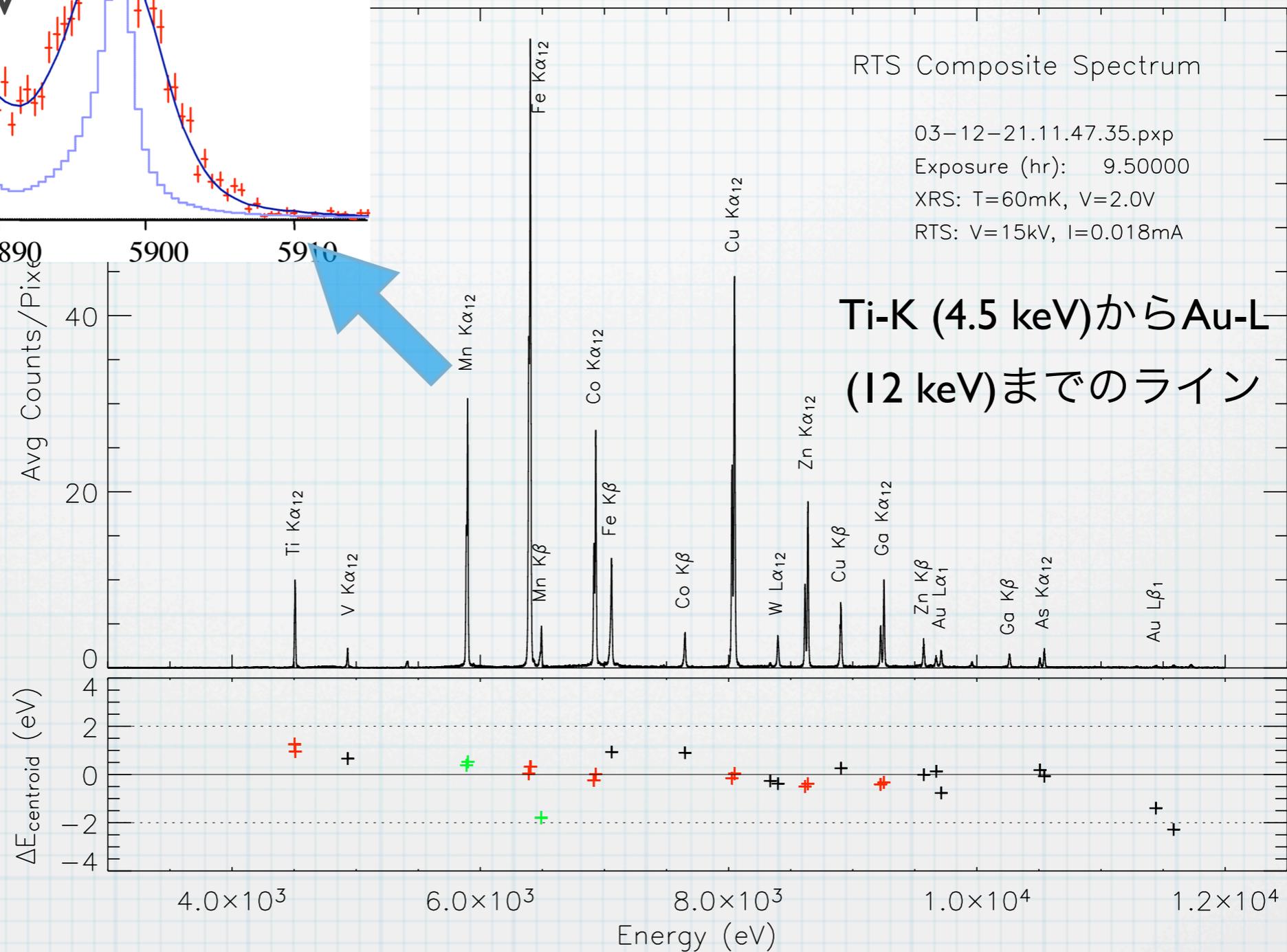
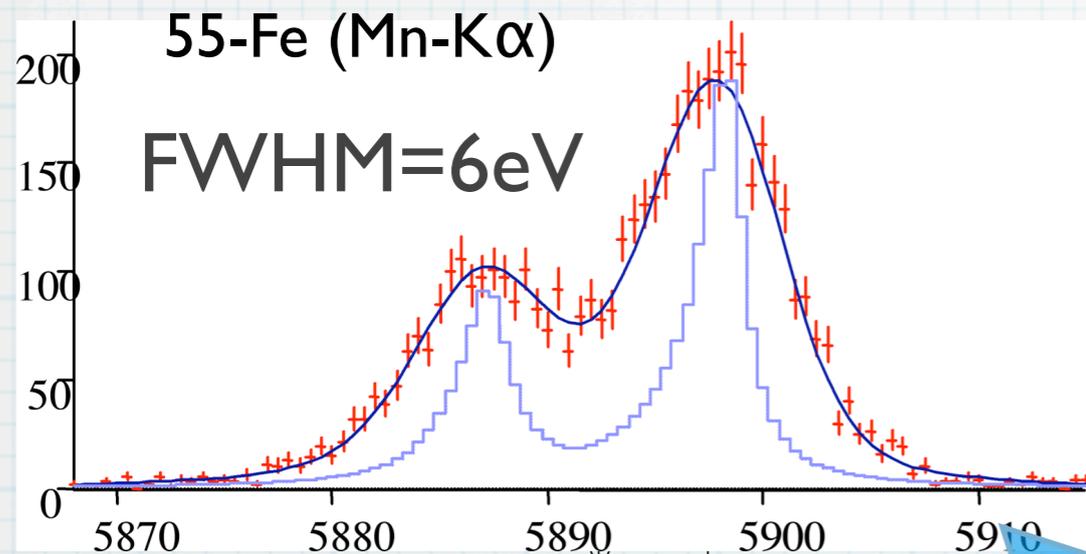
2005年	7/10	打ち上げ
	7/11-12	3軸確立、パドル展開、光学ベンチ伸展
	7/21	近地点高度上昇終了
	7/26	XRS 60mK達成、分解能7eV
	8/8	XRS Heを消失、機能停止
	8/13	XRT/XIS First light
	8/20	HXD First light
	9/10	試験観測開始
	11/17	第1回国際公募観測受付開始
	12/2	初期/試験観測データの一部を公開
2006年	1/7	第1回国際公募観測受付締め切り
	3/15	第1回国際公募観測決定
	4/1	第1回国際公募観測開始

XRS

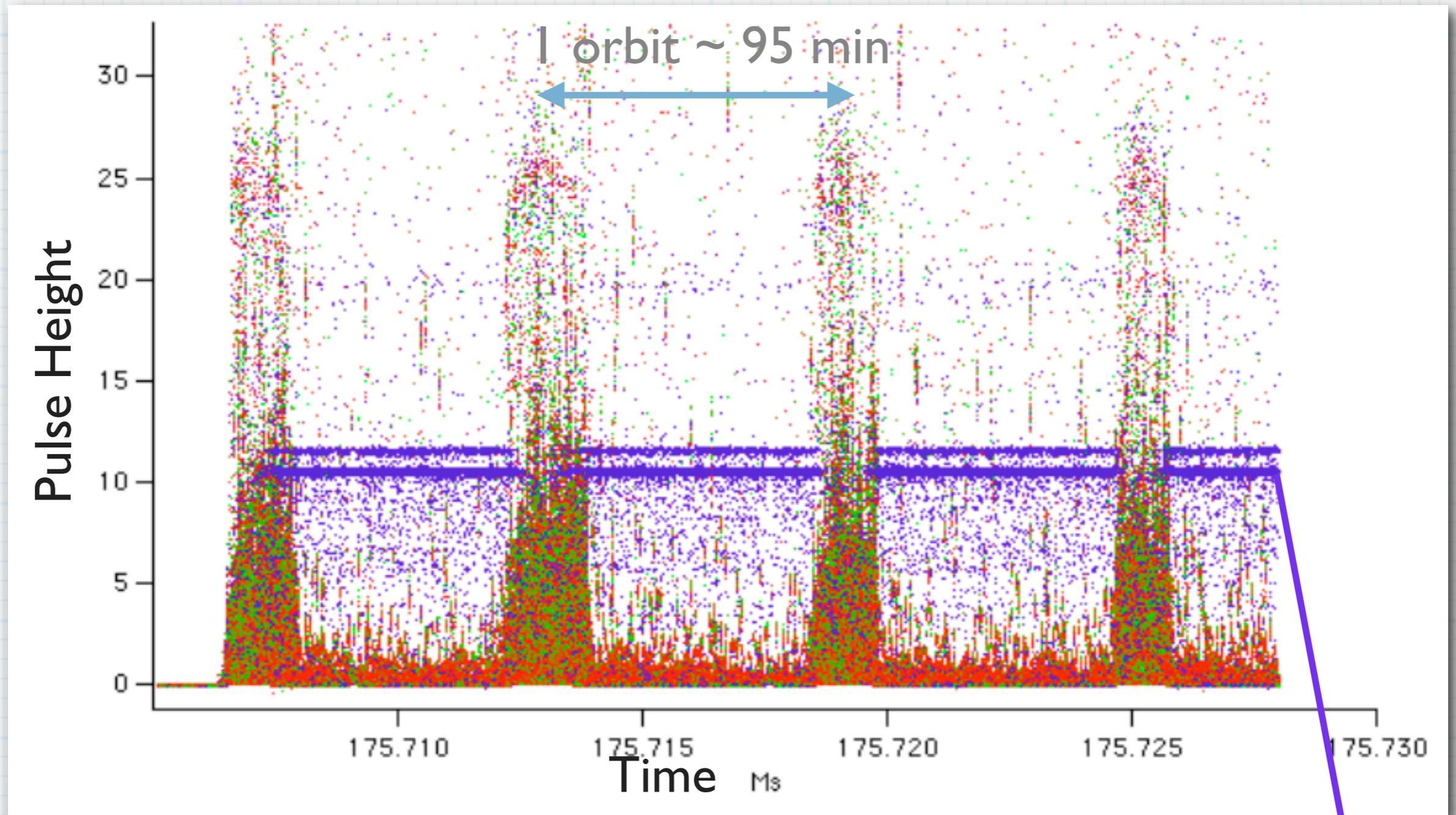
- 日米協力による開発
 - ISAS/JAXA、都立大学、NASA/GSFC、ウイスコンシン大学
- X線光子を熱として計測
 - 画期的に優れた分光性能
 - センサを絶対温度60ミリKに冷却
 - 4段式の冷凍機
機械式冷凍機—固体ネオン—液体ヘリウム—断熱消磁冷凍機



地上キャリブレーションデータ



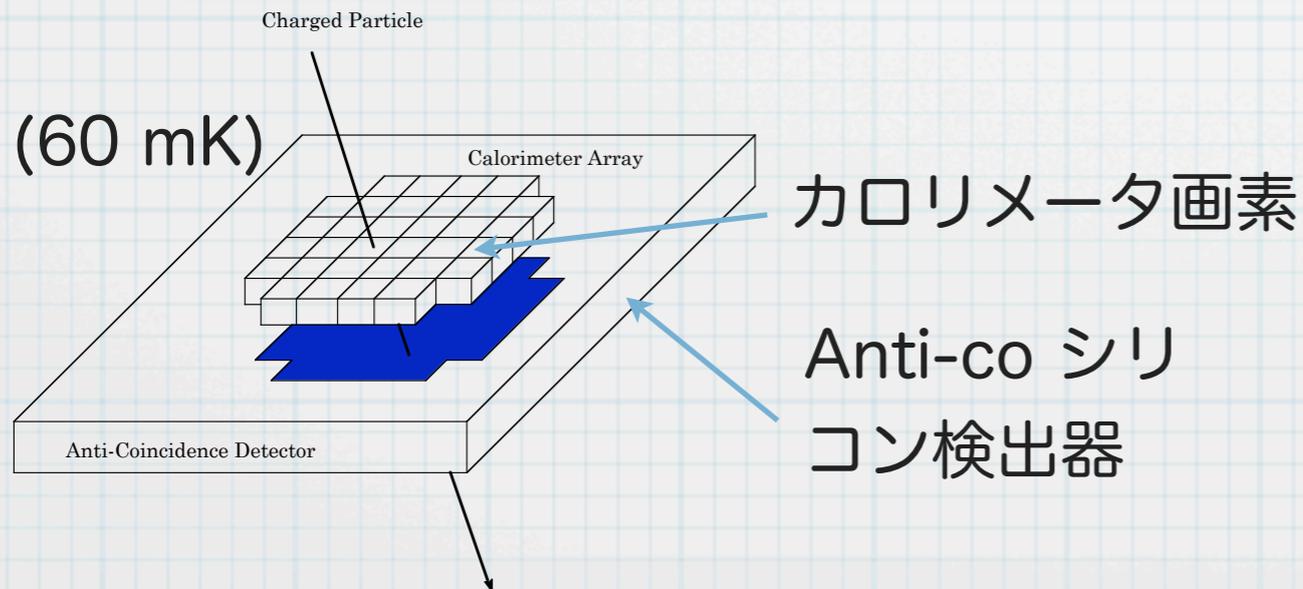
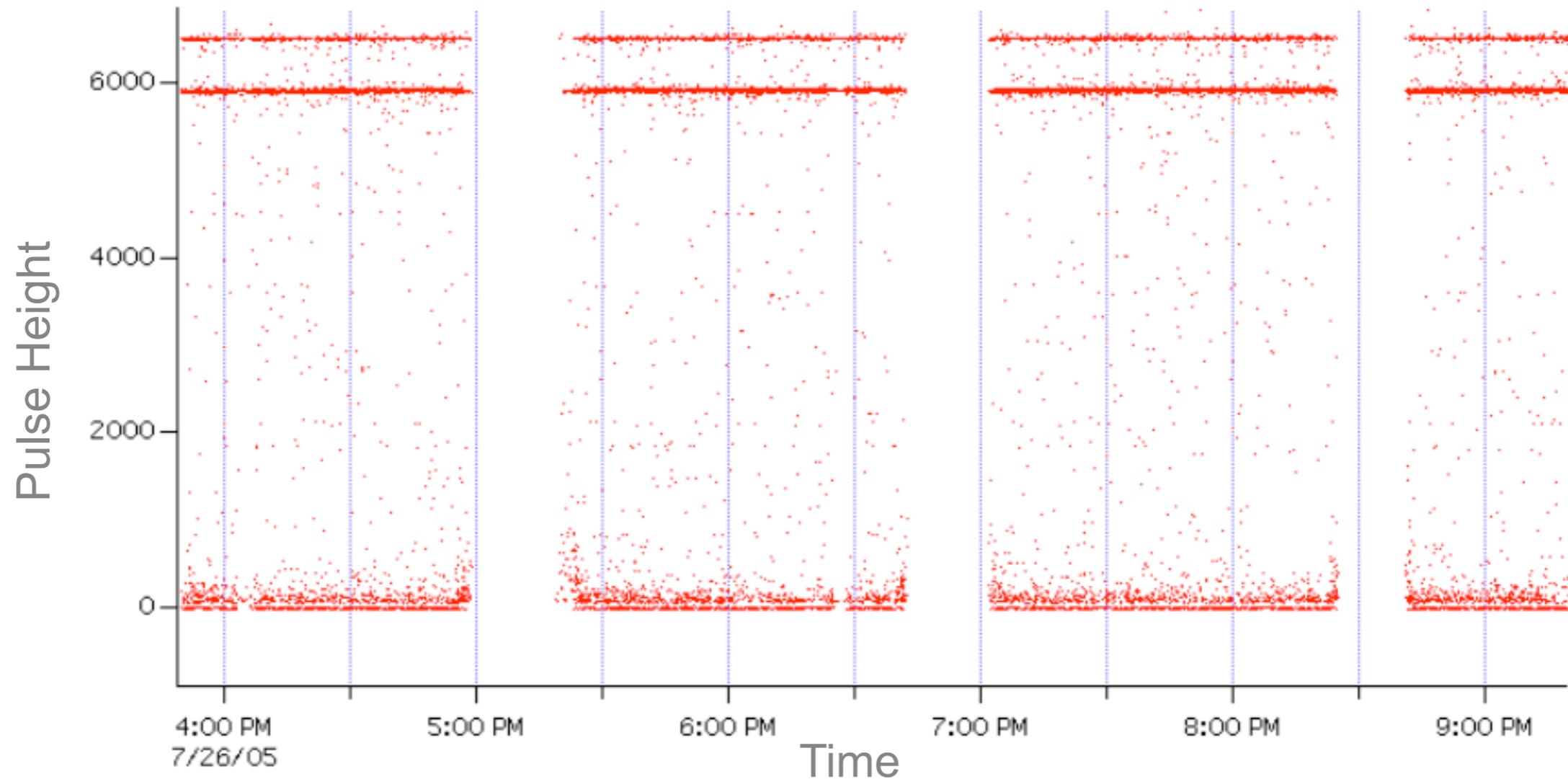
イベントデータ



色は異なる画素を表す

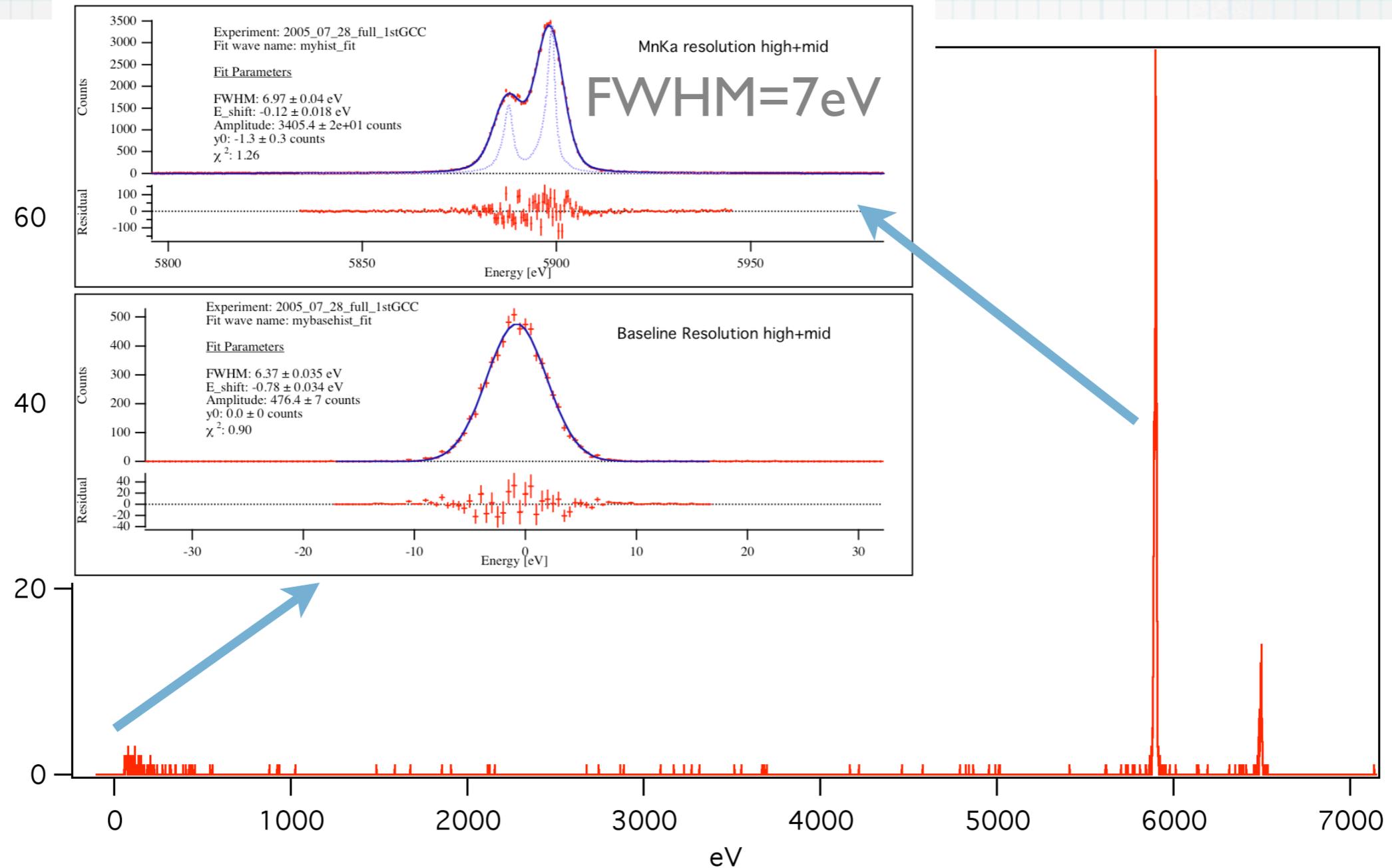
^{55}Fe 照射較正用画素

Cleaned events



- Anti-co、画素間の反同時計数
- $3.7 \times 10^{-3} \text{ c s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ keV}^{-1}$
(100 eV - 12 keV)
= 3 c / 1Ms / 30pix / 10eV

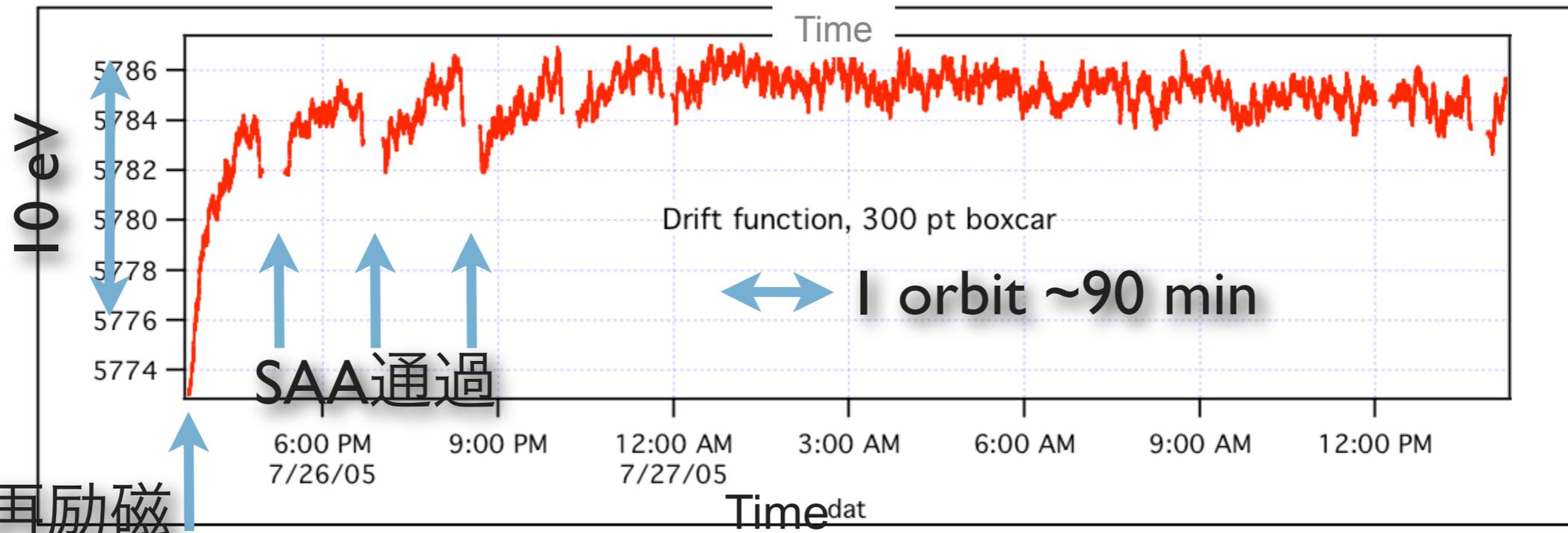
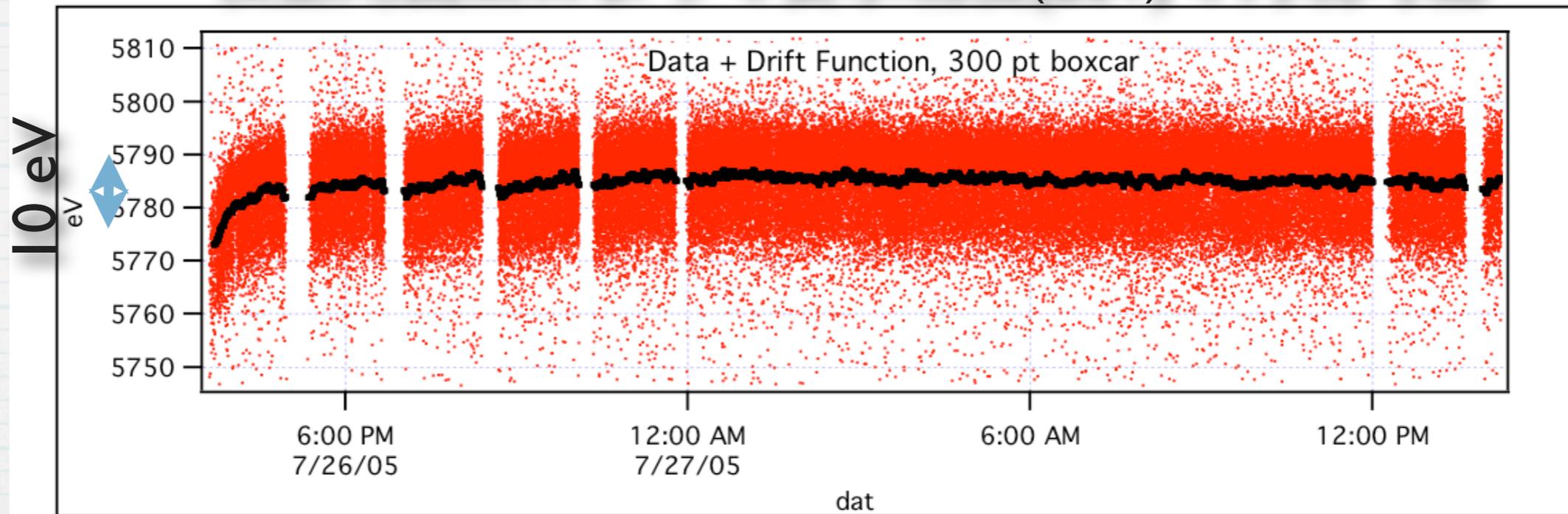
^{55}Fe スペクトル



地上との1eVの分解能の差は、低周波数領域の雑音の増加による。
荷電粒子による温度変化に起因すると考えられる。
デジタルフィルターを最適化することで、ある程度回復可能

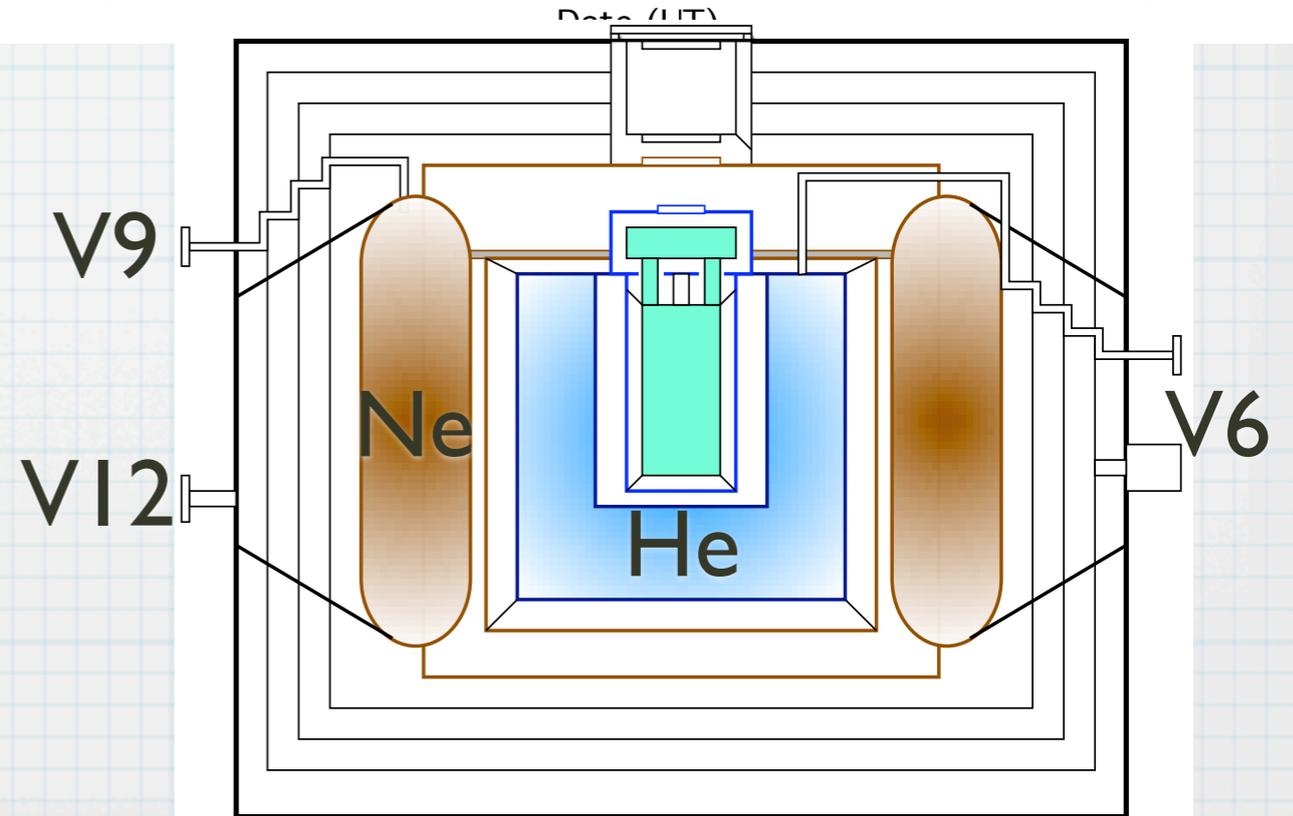
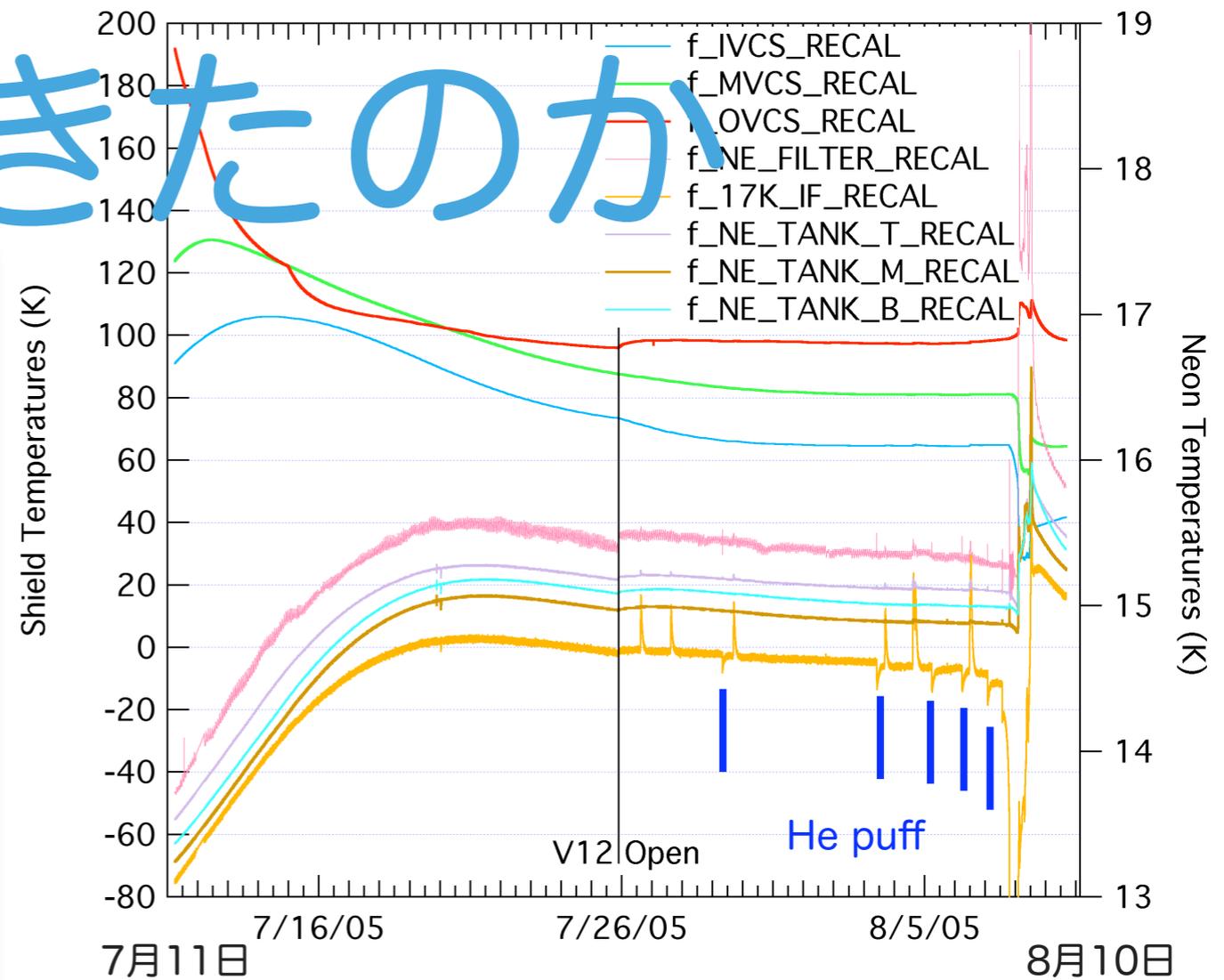
ゲインの変化

校正用画素によって要求精度(2eV)で再現可能



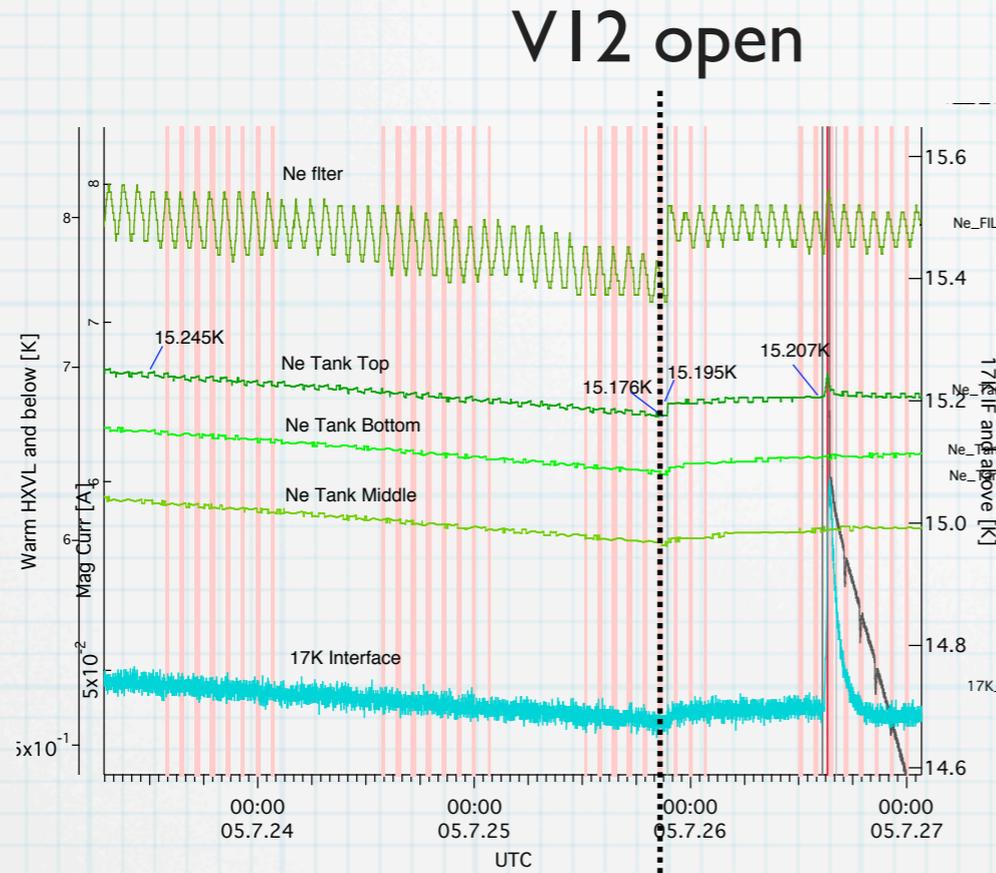
何が起きたのか

日時 (UT)	事象
7.10 3:30	打ち上げ
7.10 3:33	He排気弁(V6)を開く
7.10 4:12	Ne排気弁(V9)を開く
7.10 4:12	He注入弁(V11)を開く
7.11 1:06	機械式冷凍機運転開始
7.25 21:26	デュワー排気弁(V12)を開く
7.26 14:37	断熱消磁冷凍機を励磁し 60mKを達成、分解能7eV
7.29 7:46	最初のPuffが発生
8.7 2:01	5回めのPuff発生。その後、 温度が下降せず
8.8 2:05	He温度が入点を超え、一気に ヘリウムが蒸発

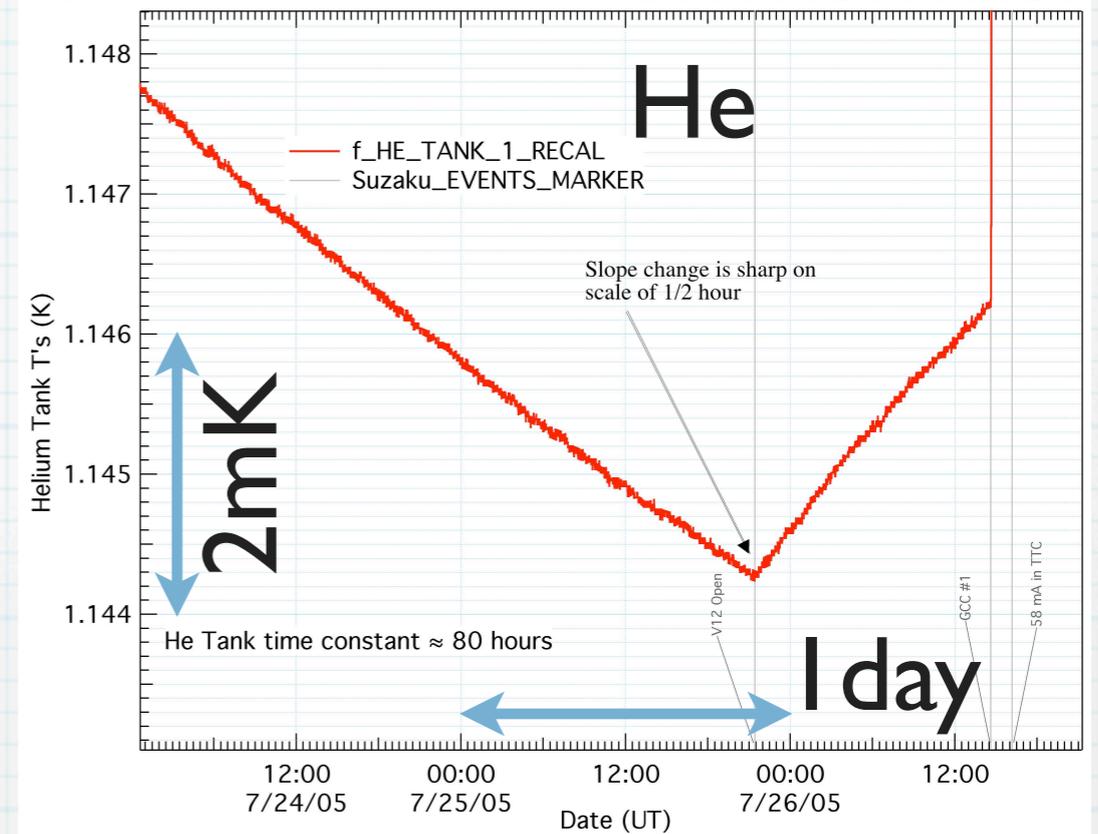
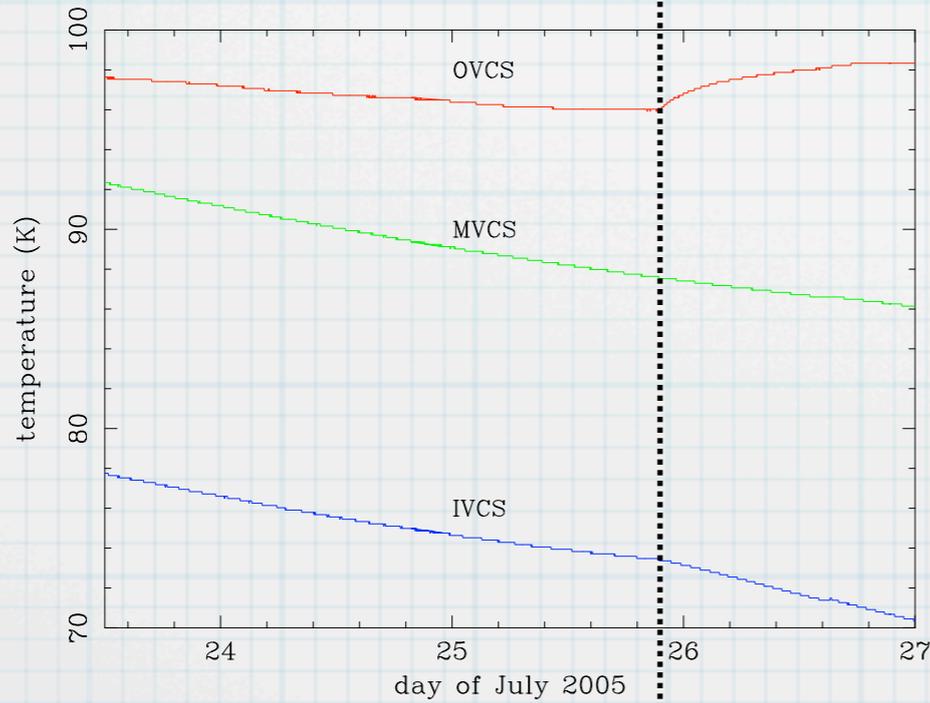


VI2開時の変化 = Heガスの存在

Ne

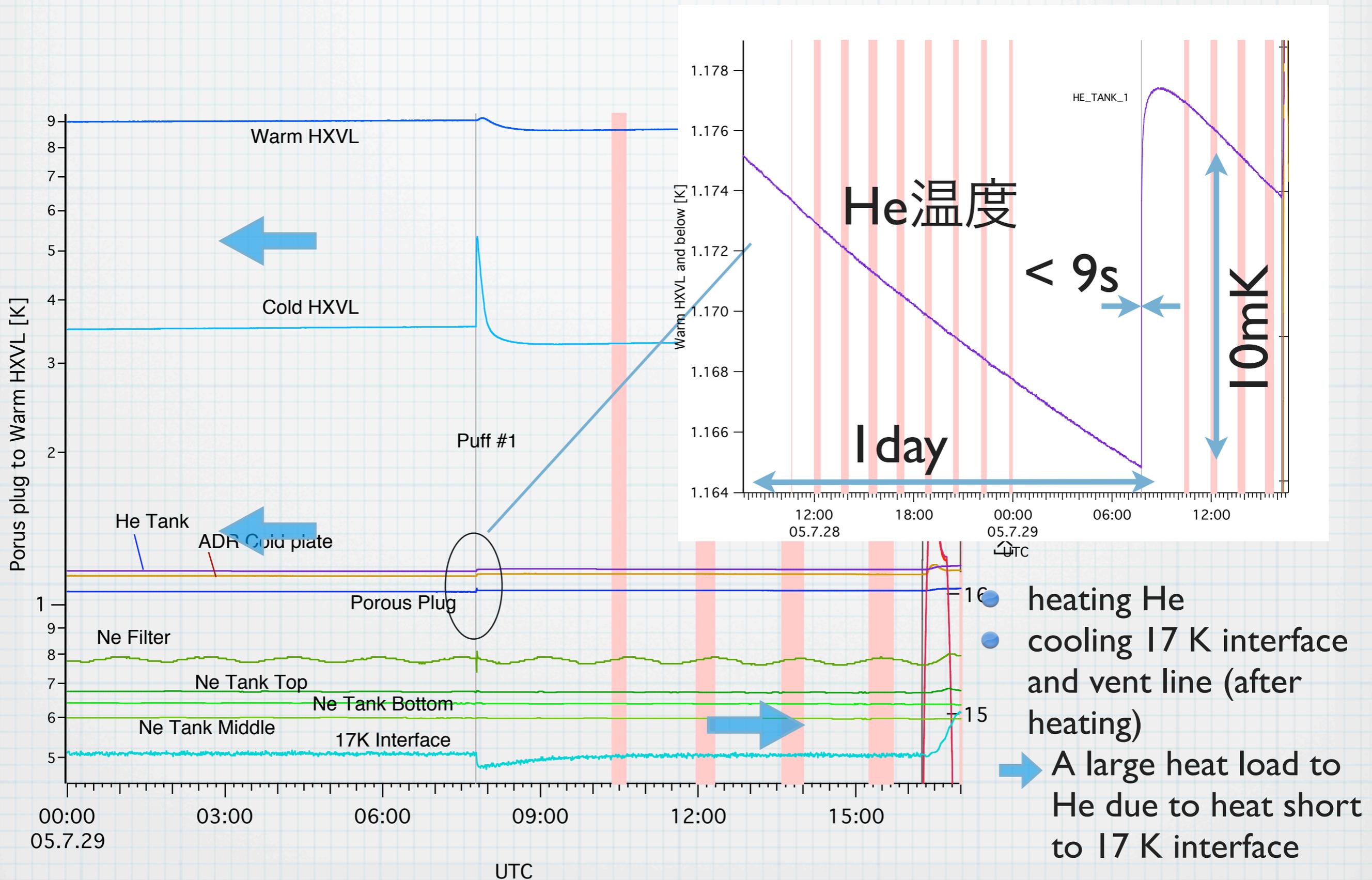


VCS

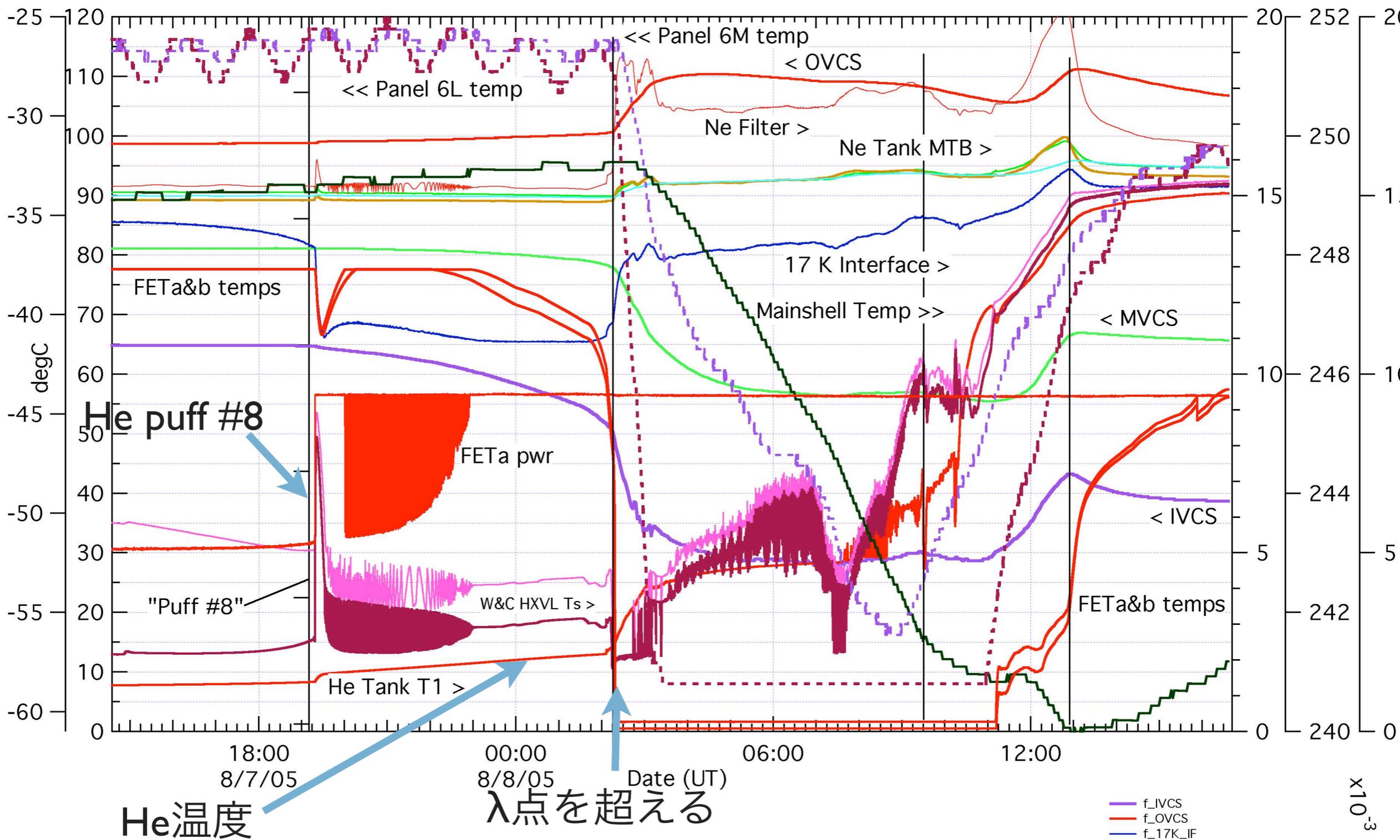


- Dewar内の各所で温度変化率が変化
=ガスによる熱伝導を示唆
- ネオンへ60mW、ヘリウムに60 μ Wの熱流入増

He puff = 間欠的なHeガス圧増加



Loss of He



不具合原因調査

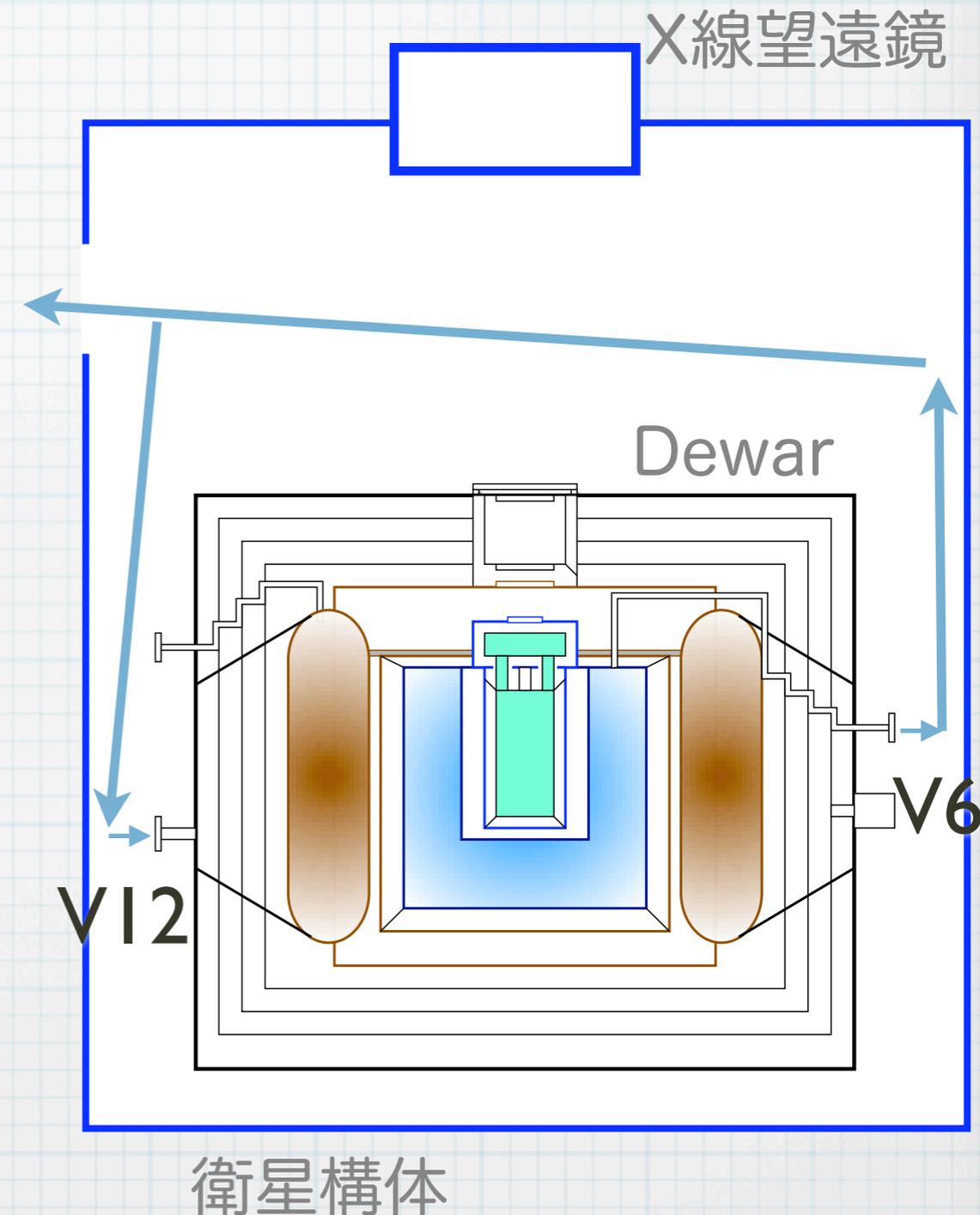
- JAXA XRS不具合原因究明チーム(JAXA MIB)
 - メンバーは11名、内ISAS外が5名
 - NASA MIB (Mishap Investigation Board) と連携をとりつつ独立に調査
 - 2005年9月14日第一回会合
 - 5回の会合 + JAXA-NASA合同会合
 - NASA WSへの参加
 - 2006年1月16日に報告書をJAXA理事長に提出
 - 2006年1月25日に概要を宇宙開発委員会に報告

http://www.jaxa.jp/press/2006/01/20060125_sac_suzaku.pdf

不具合原因

JAXA XRS不具合原因究明チーム報告書

- 直接原因
 - ヘリウム排気弁を衛星内に設置したこと。
- 根本原因
 - Dewar（真空断熱容器内の）真空度についての要求が明確でなかった。
 - 特に日米間インターフェース
- 背景要因
 - 開発体制
 - end-to-end試験（不可能な項目への対策）
 - レビュー
- 提言



成果と今後

- 新規技術の軌道上実証:
 - 軌道上でのX線マイクロカロリメータの動作
 - 軌道上での反同時計数カウンターの動作
 - 断熱消磁場冷凍機の動作
 - ヘリウム-ネオン冷凍機システムの動作 (V12解放以前)
 - 初段増幅装置 (低温JFETs) の動作、特に、放射線耐性.
 - 1段スターリングサイクル機械式冷凍機の動作
 - フィルターホイールシステムの動作

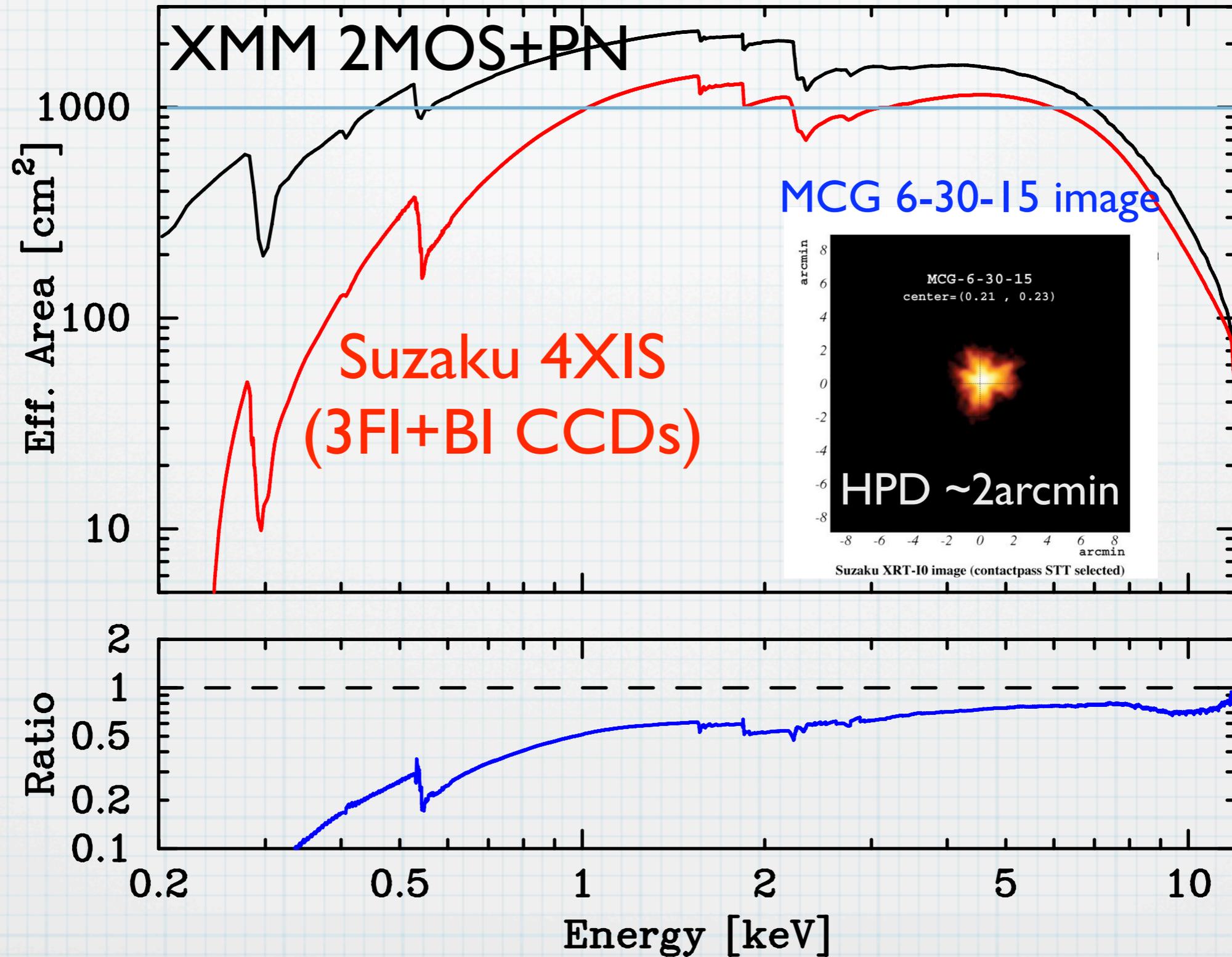
X線マイクロカロリメータの主要技術は軌道実証された

- 超高分解能宇宙X線分光観測が実現しなかったことは、宇宙物理学の重大な損失
 - Lessons learned, 調査委員会の提言を取り入れて、1日も早い、確実な実現に向けて努力したい。
 - NeXT計画

現在のすざく

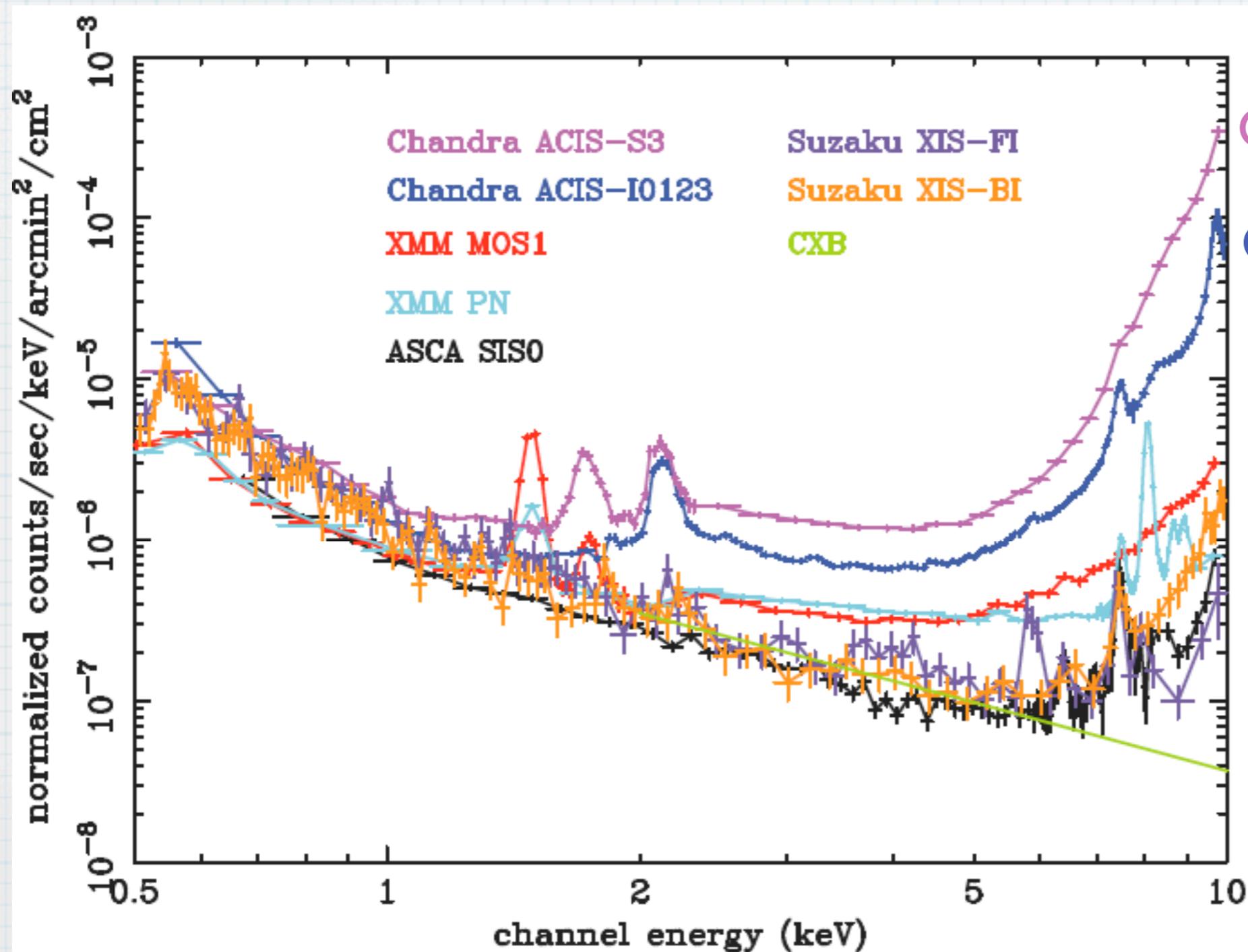
- 優れた広帯域X線分光能力を実証
 - $\sim 1000\text{cm}^2$ の大有効面積 (1-6 keV)
 - 低バックグラウンド
 - 良いエネルギー分解能
 - 低エネルギー側での優れたエネルギー応答関数
 - ただし1keV以下の有効面積が打ち上げ後徐々に低下しつつある。

集光面積



軟X線領域のバックグラウンド

Background normalized by effective Area and FOV



Chandra ACIS-S3

Chandra ACIS-I0-3

XMM MOSI

XMM PN

Suzaku BI

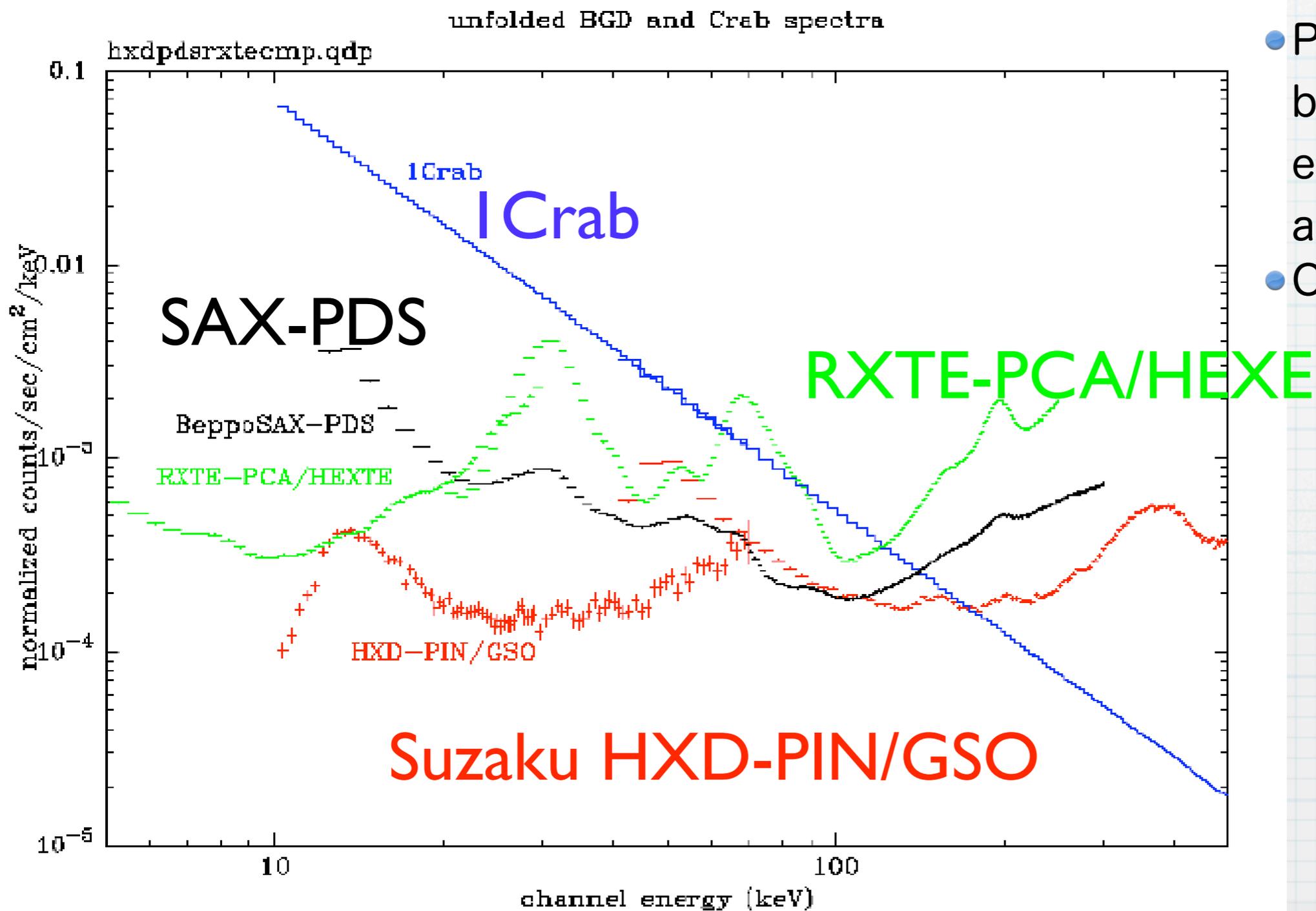
Suzaku FI

ASCA SIS

Suzaku XIS
background is
comparable to
that of ASCA SIS

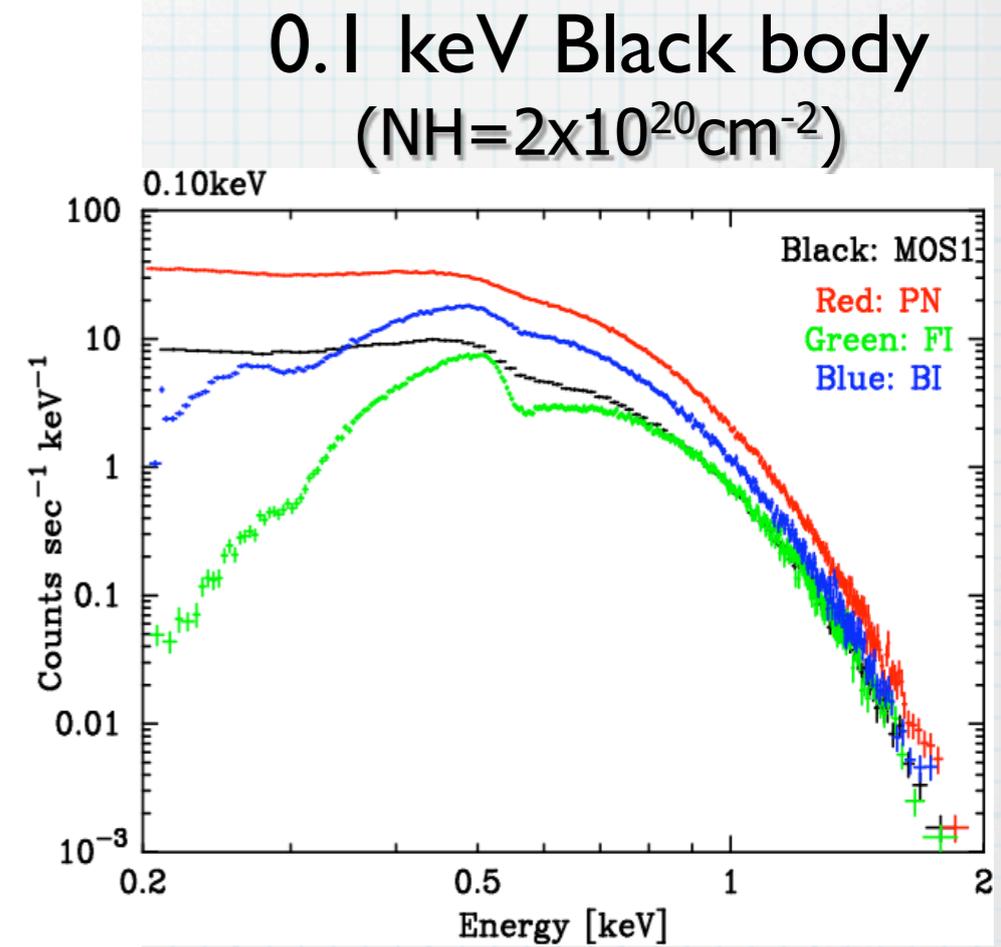
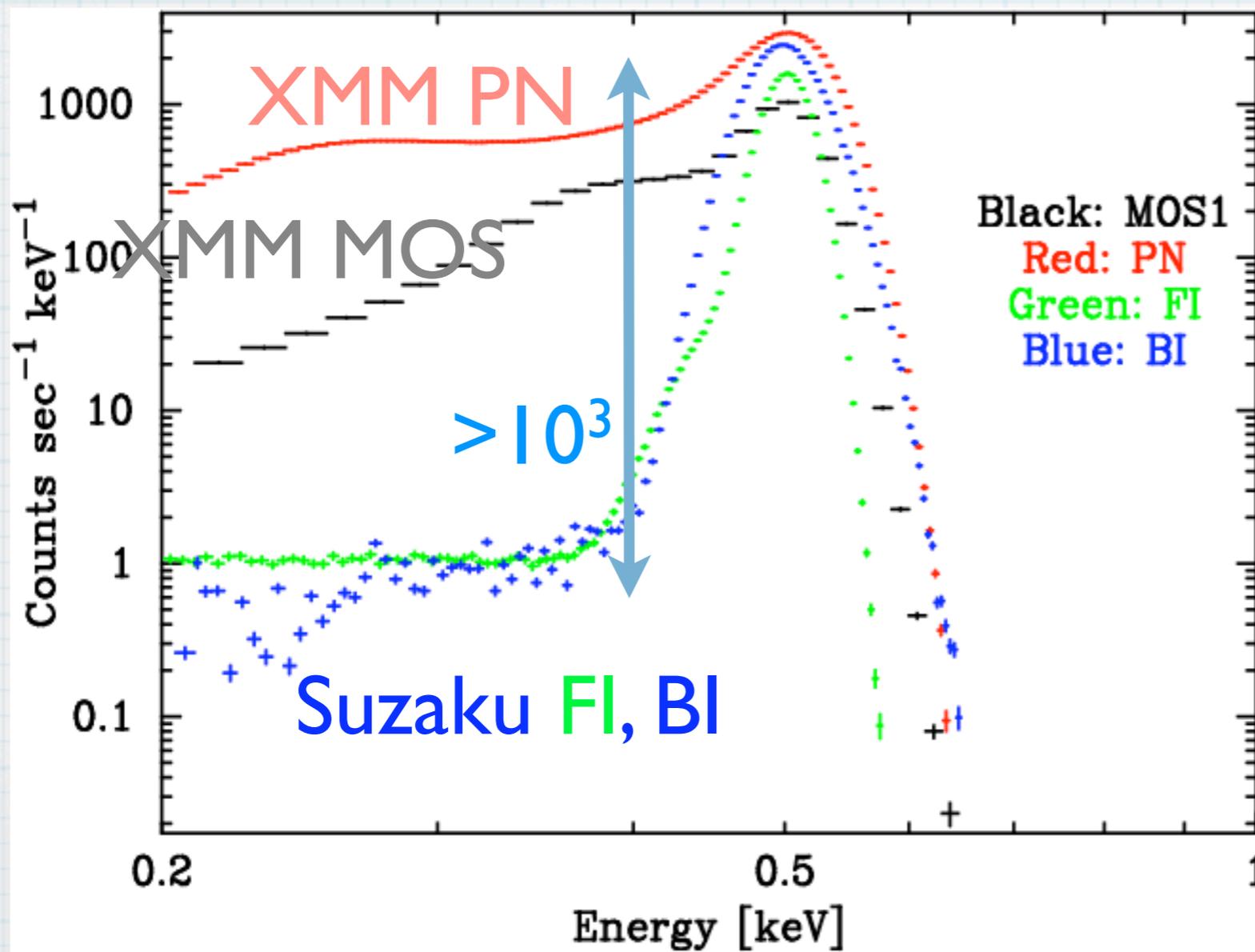
硬X線領域のバックグラウンド

Background normalized by effective Area



- Presently background can be estimated with an accuracy of 5%.
- Our goal is 1 %.

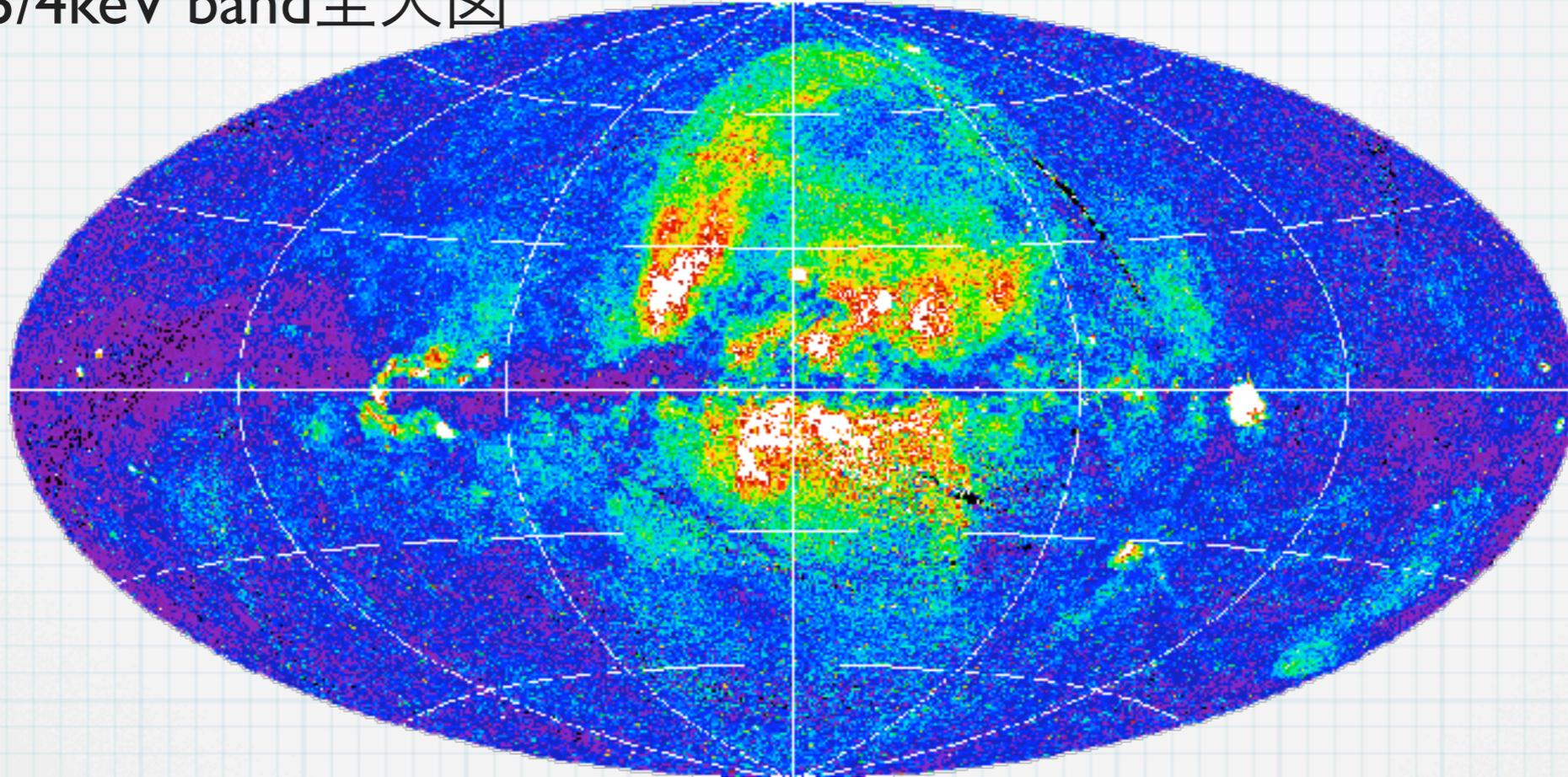
優れた応答関数 (特に<1 keV)



response for 0.5 keV monochromatic X-ray

軟X線(<1 keV)放射

ROSAT 3/4keV band全天図

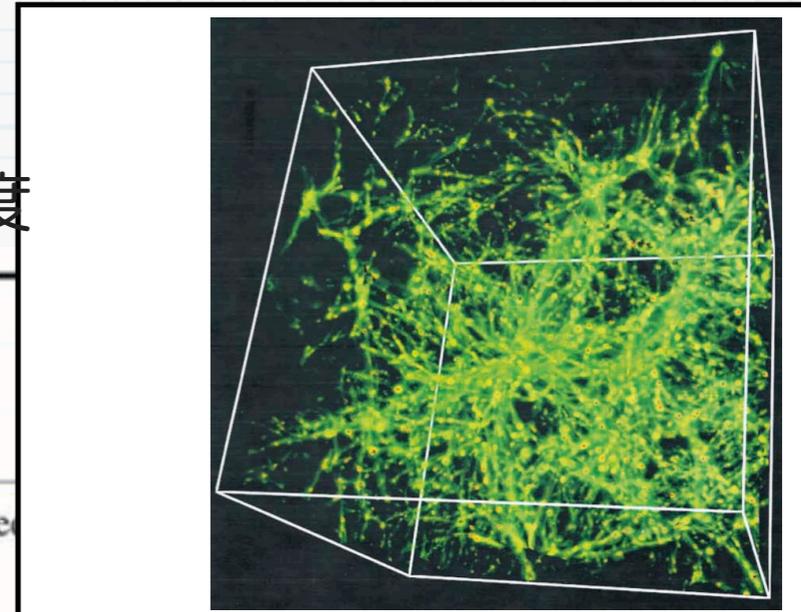


- ローカルな構造 SNR (Loop-I, Cyg, Vela), Planetary nebula ...
- 銀河バルジ領域からの放射
- 銀河面からの放射
- 高銀緯領域の放射 ～一様な放射

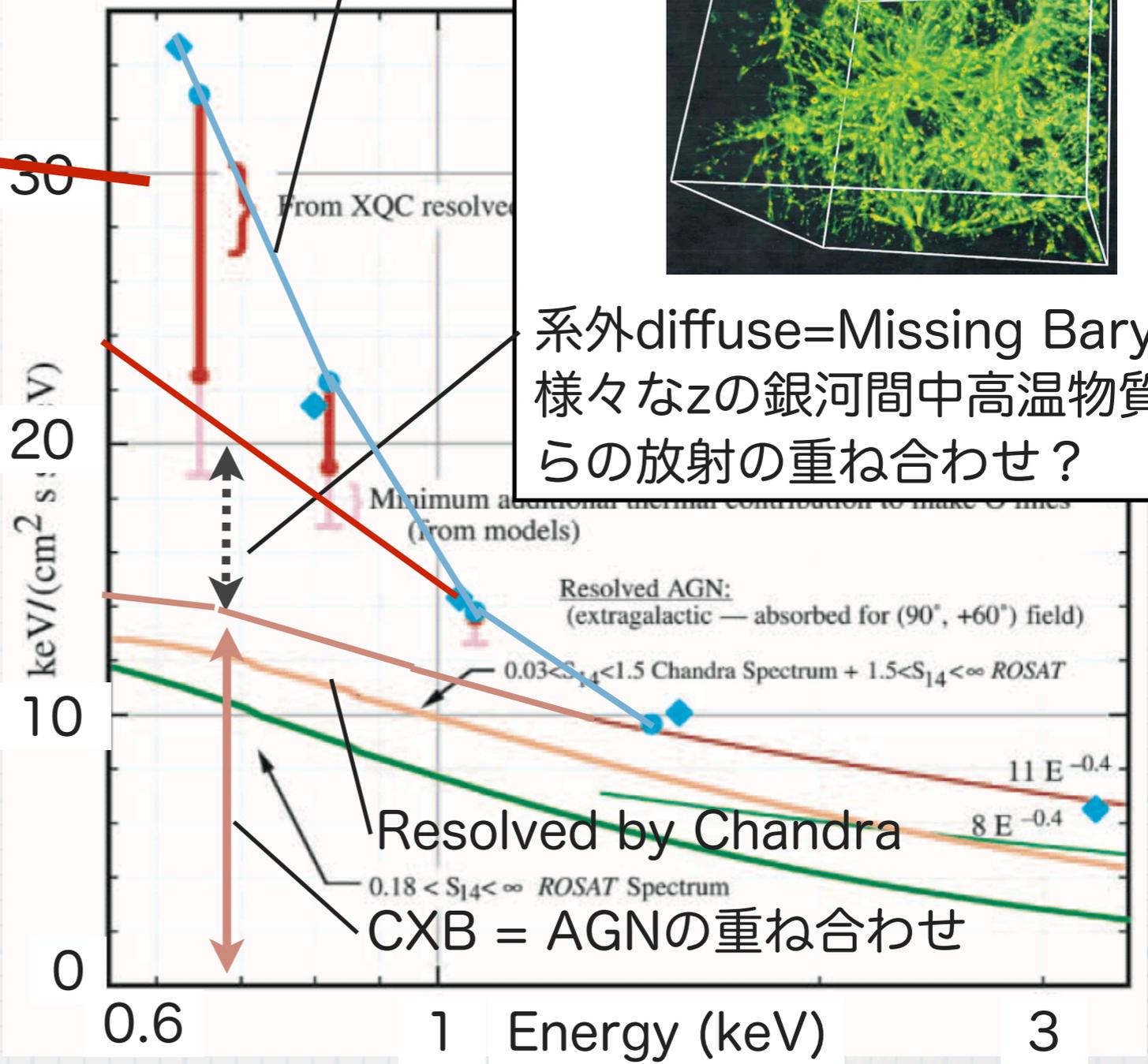
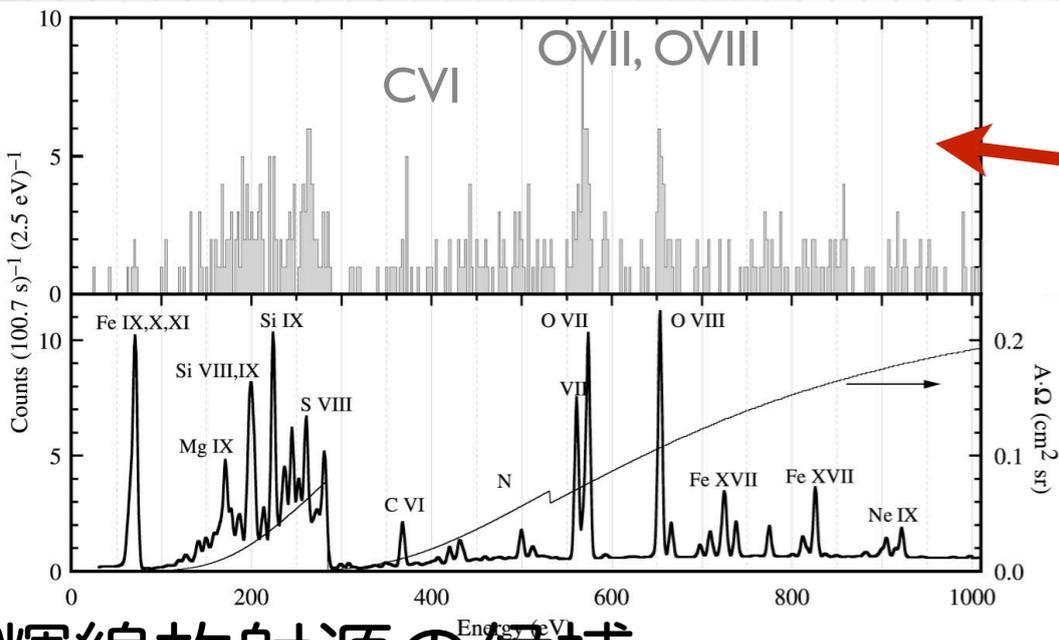
高銀緯放射の起源

XQC (広視野マイクロカロリ
メータロケット) 実験
McCammon et al. 2002

ROSAT衛星および
Wisconsinロケット
(PC)実験による全強度



系外diffuse=Missing Baryon?
様々なzの銀河間中高温物質から
の放射の重ね合わせ?



輝線放射源の候補

星間物質

Local bubble ○

銀河ハロー??

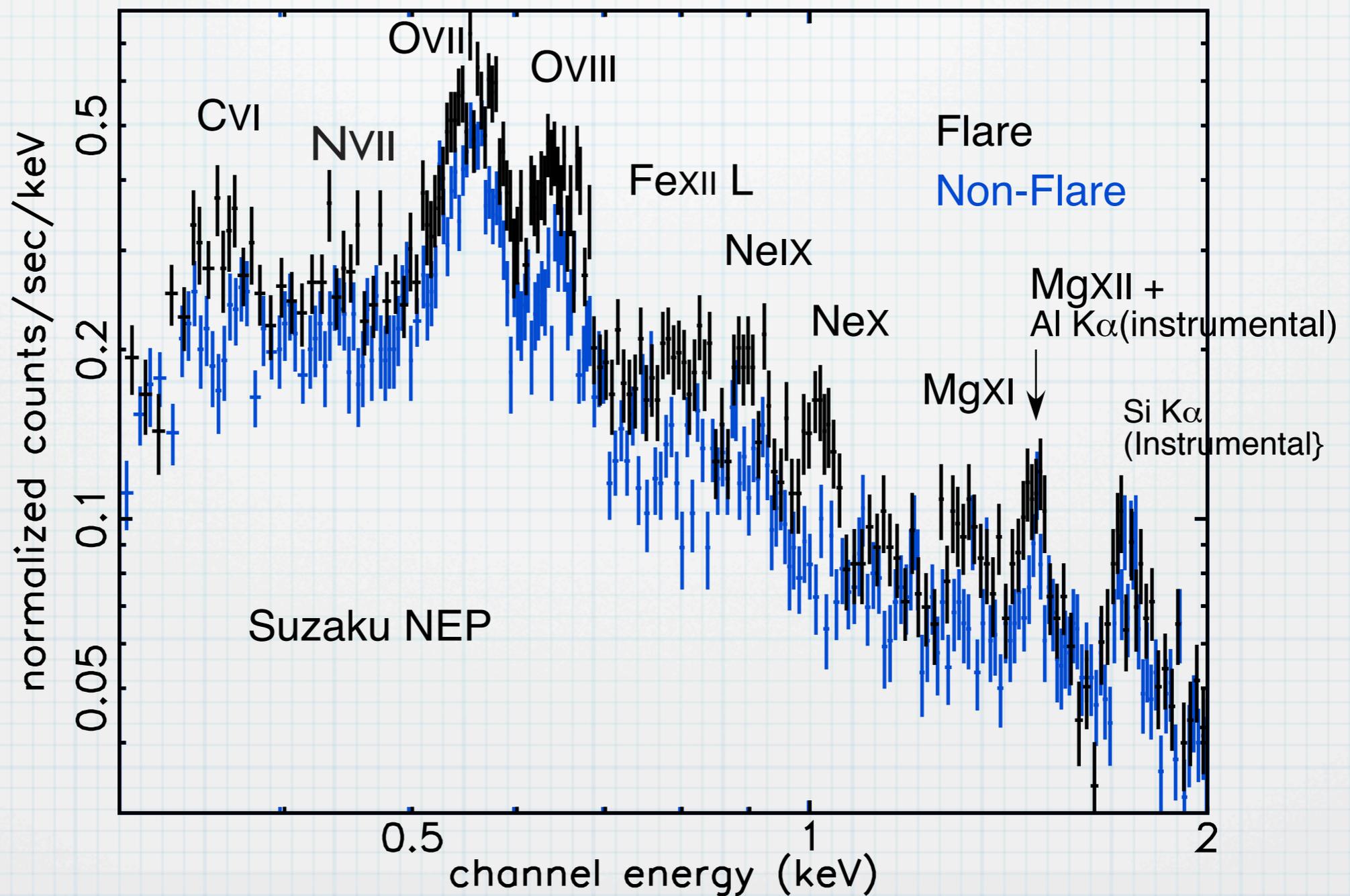
局所銀河群の銀河間中高温物質
(Missing Baryonの一部)????

太陽系内起源?

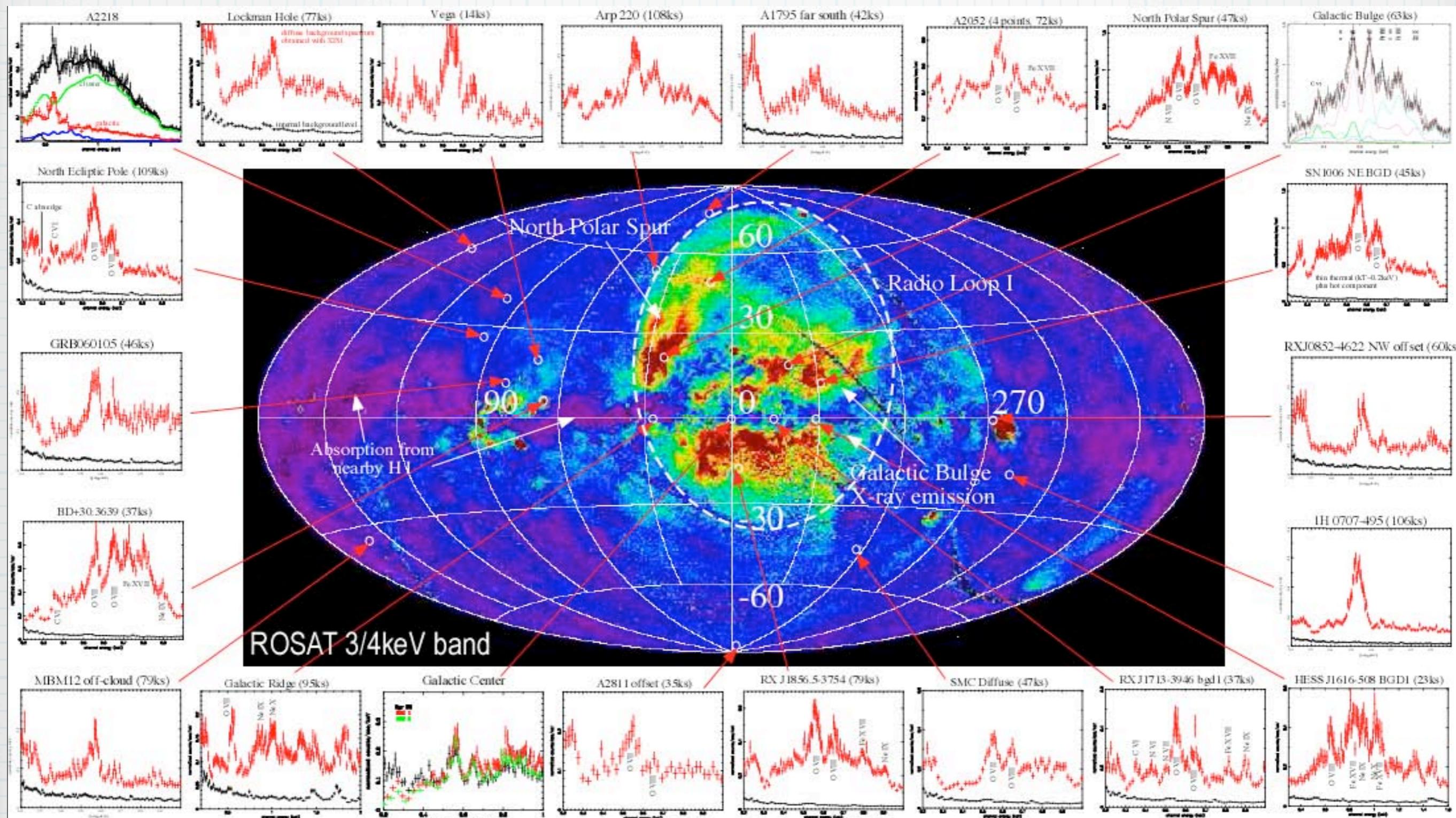
Suzaku

CからMgまでの輝線を初めて高感度で検出

Suzaku Team



Suzakuによる観測



高銀緯方向でも大きな方向依存性

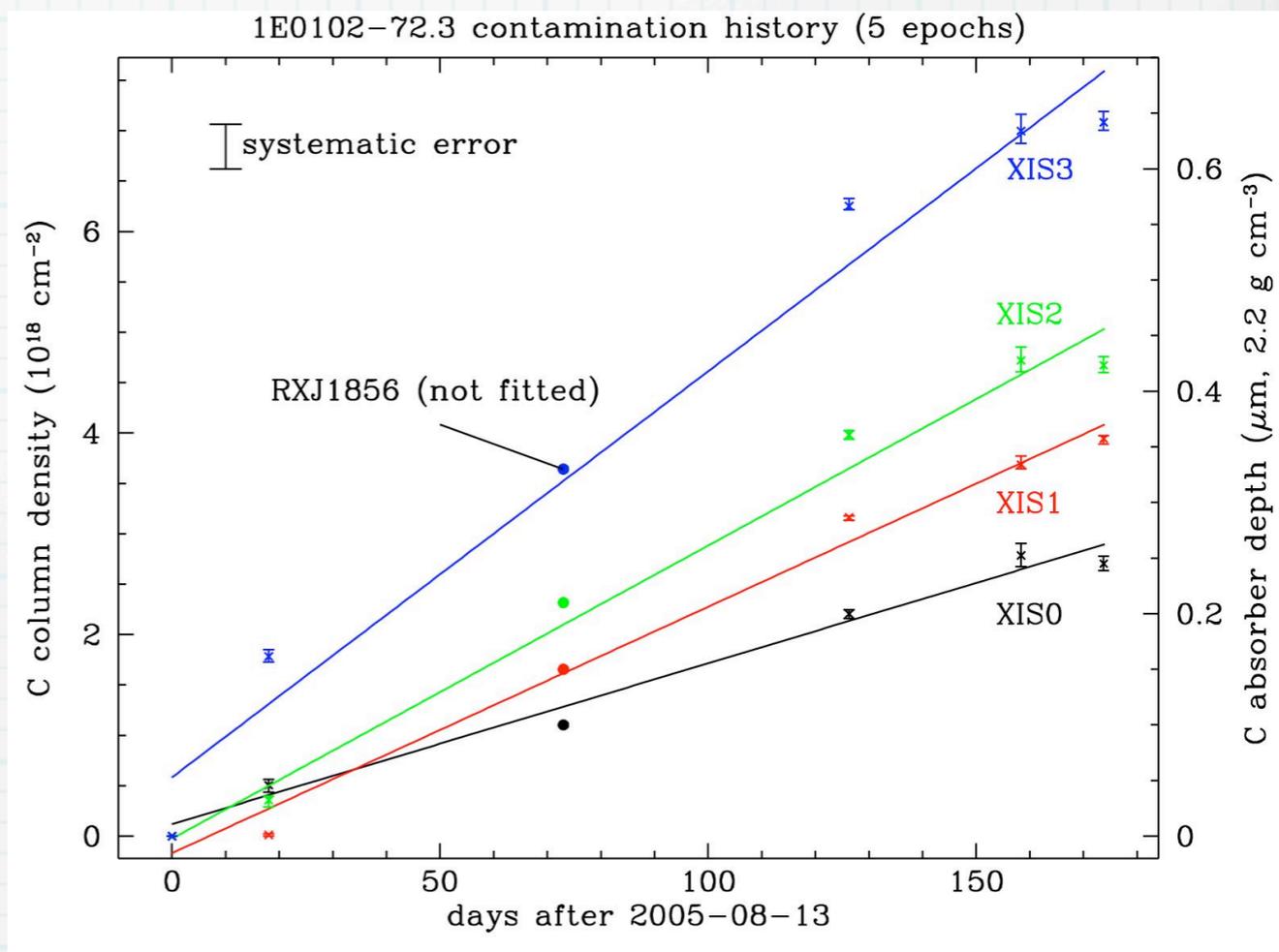
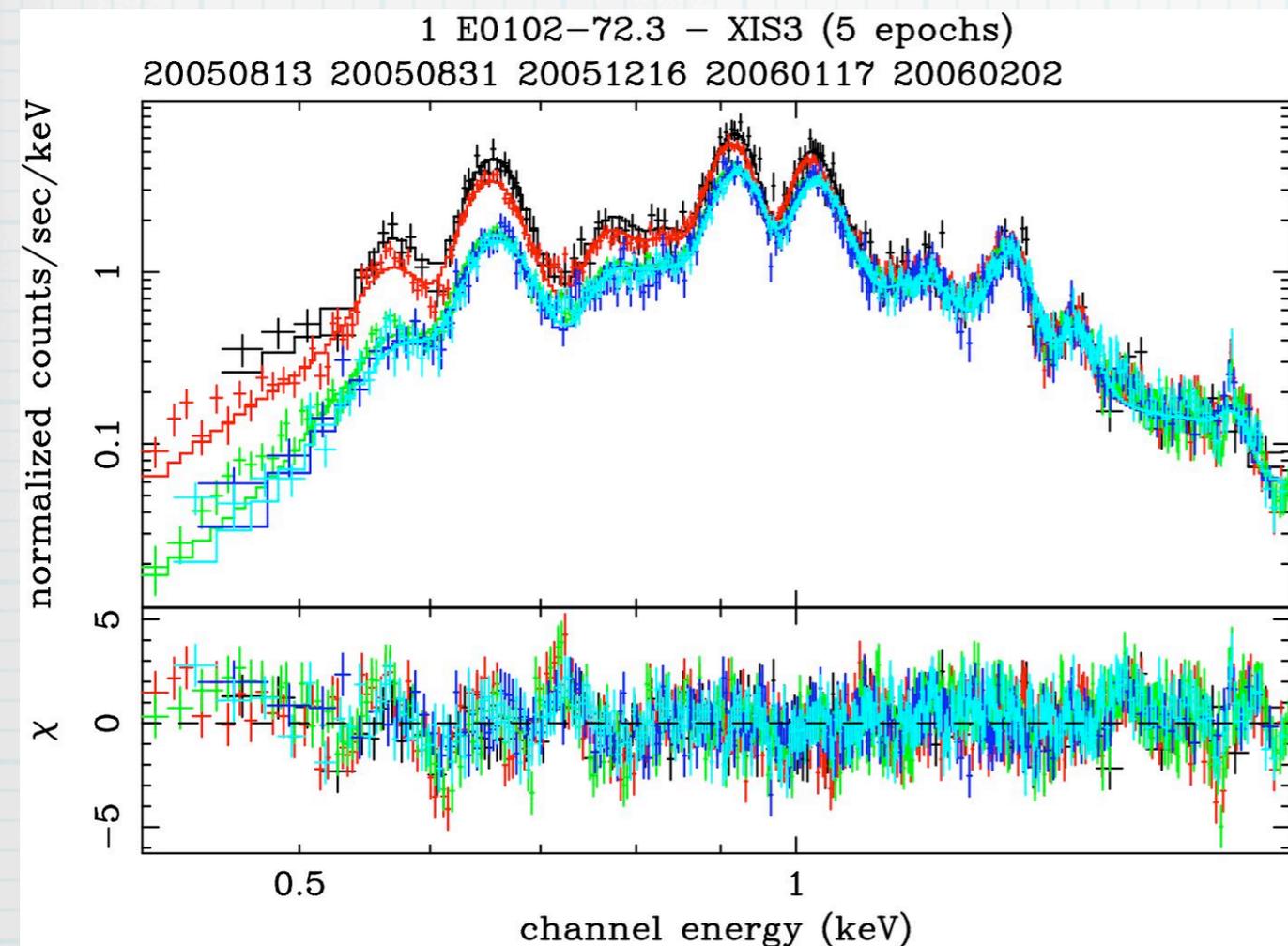
観測目的

- 未知の成分(輝線・CXB以外)の強度を決める。
 - 様々な方向の様々な輝線強度を精度よく決める
- 輝線放射源の起源 ～距離への制限
 - Shadowing
 - 系外天体の吸収線観測 (Chandra, XMM-Newton 回折格子) との組み合わせによる制限
 - 時間変動
- 様々な方向の元素組成比を決める

$$\begin{array}{l} \text{吸収線} \propto nL \\ \text{輝線} \propto n^2 L \end{array}$$

問題点

コンタミネーションによる検出効率の低下



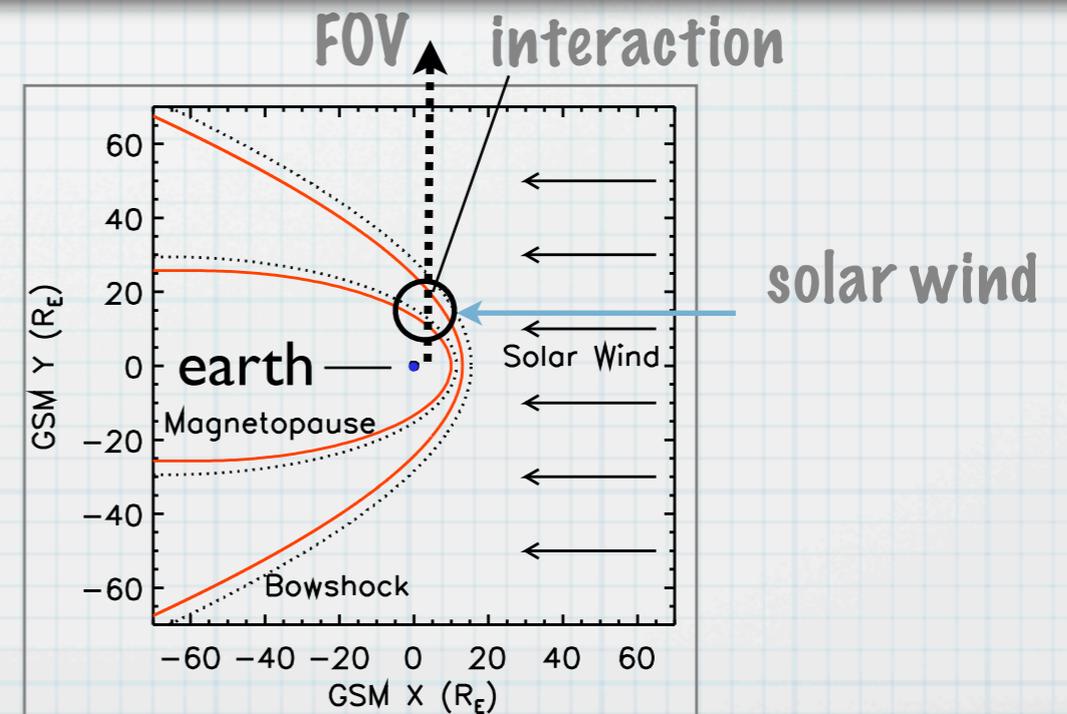
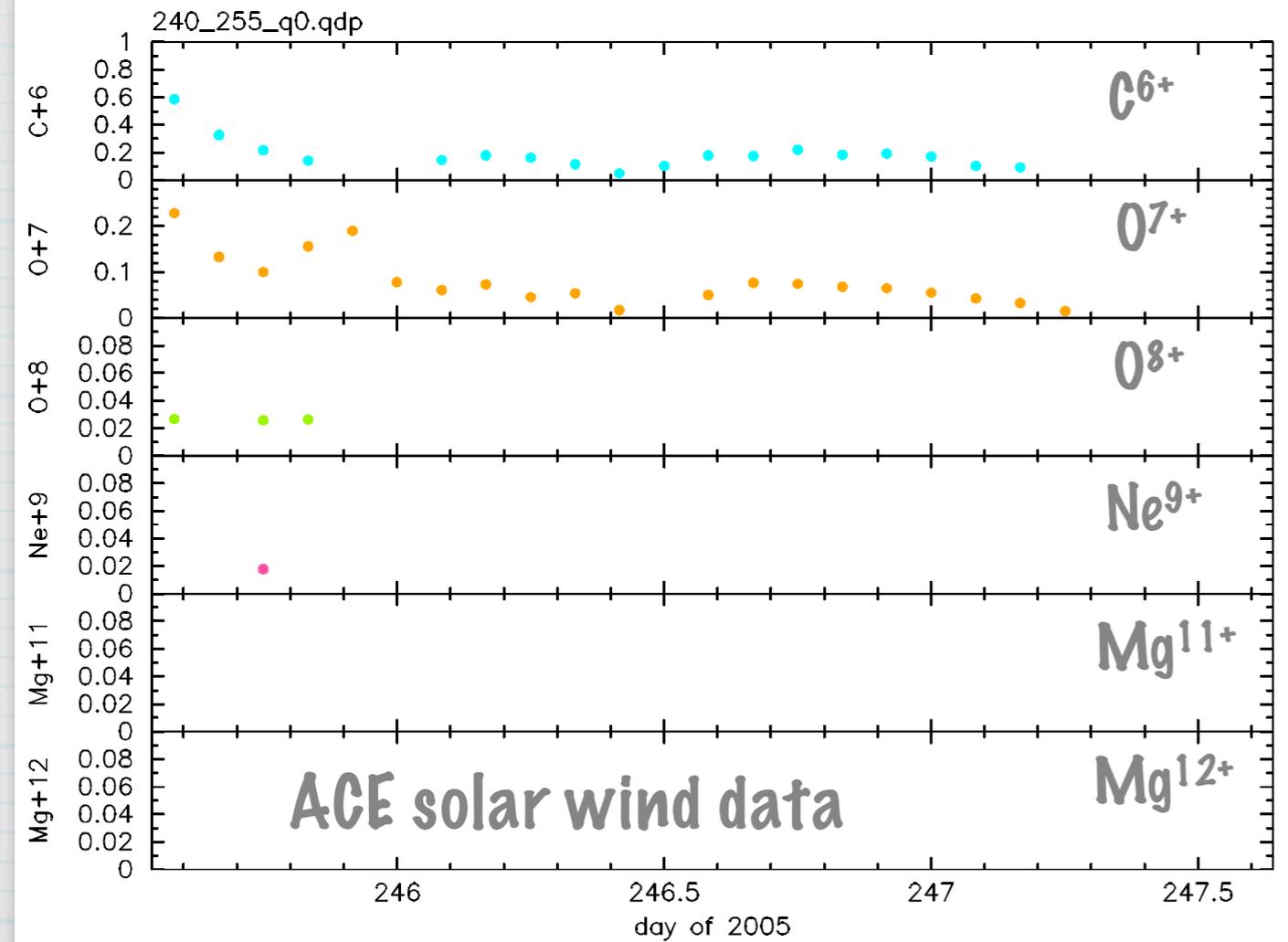
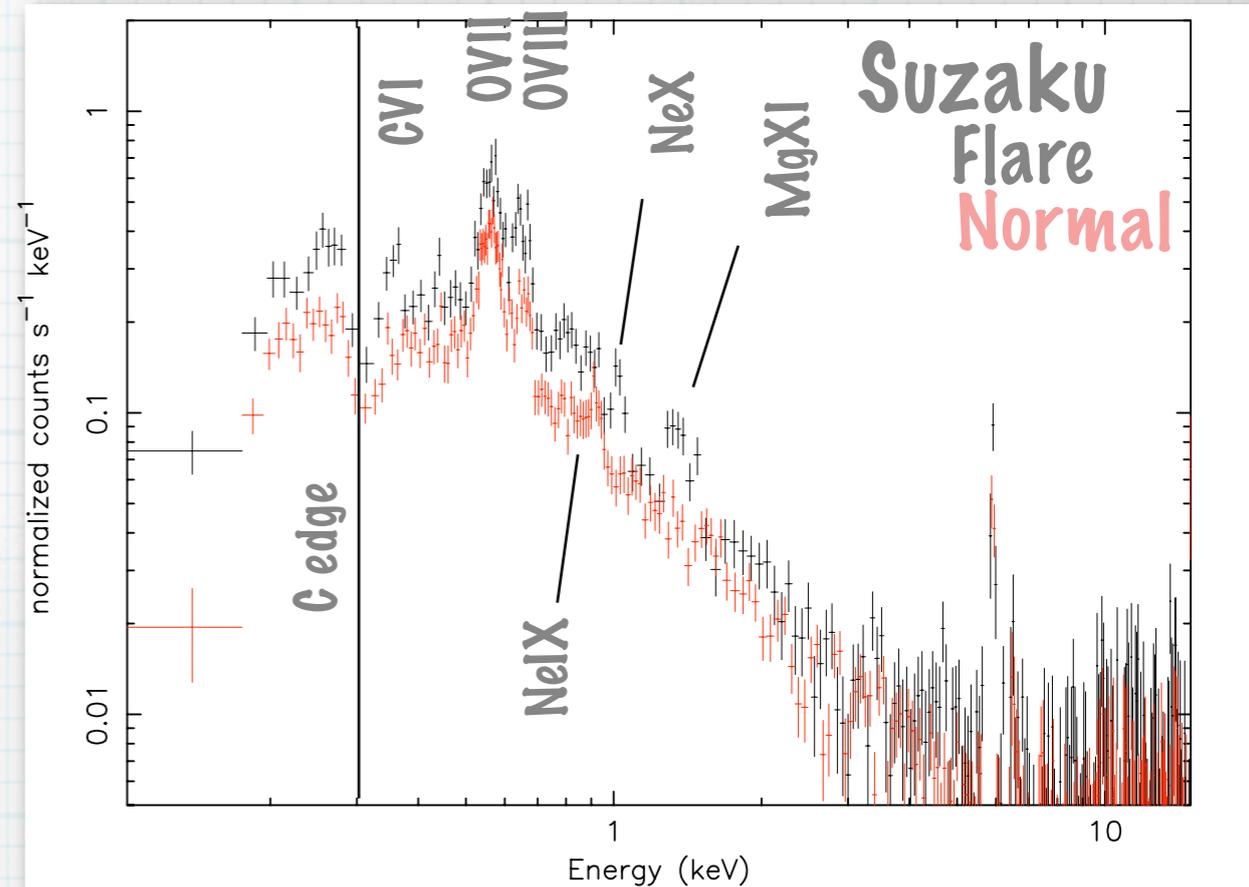
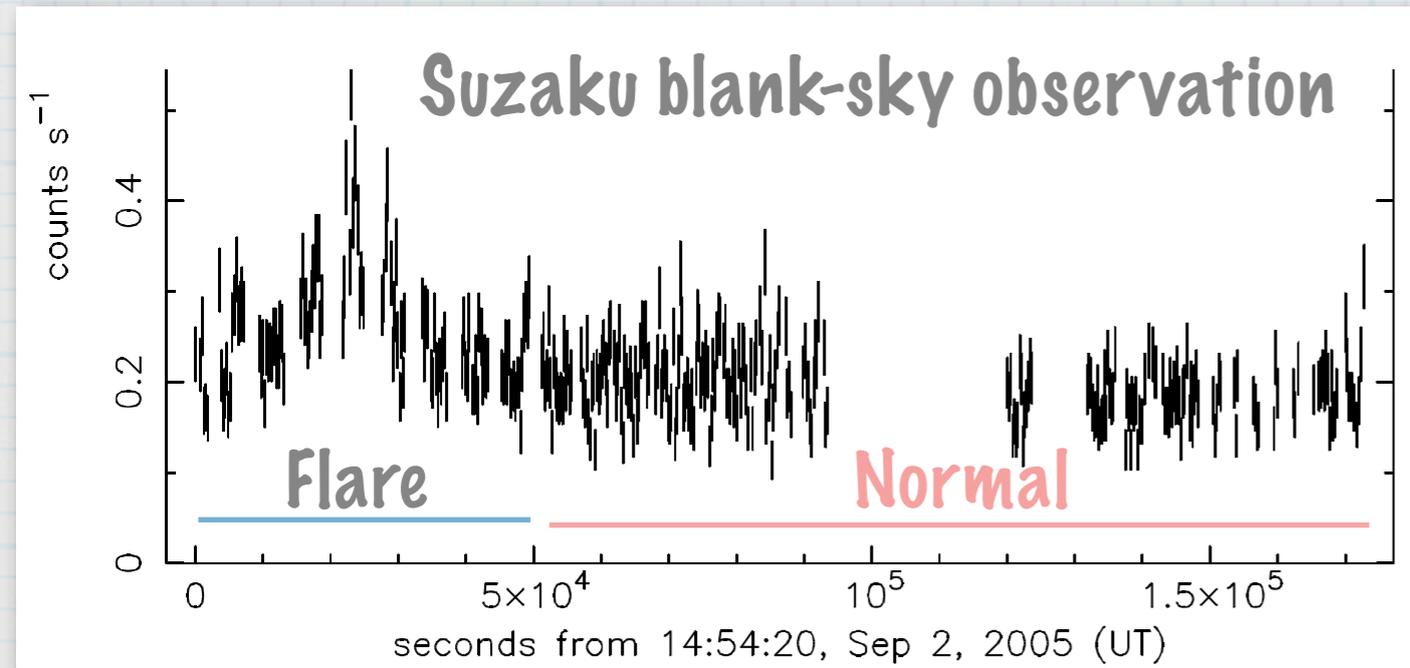
- 検出器較正への反映
- コンタミ源除去へ向けた方針と手順を検討し
実行中
レビュー (KEK、東大生産研などの協力)

時間変動： X-ray Aurora (?)

太陽風と地球磁気圏相互作用の新たな観測手段

Suzaku Team

Flareは輝線放射の増加



まとめ

- XRS
 - マイクロカロリメータの基本技術の軌道上実証
 - 科学観測はできなかった
 - Lessons learnedを生かして出来るだけ早期の実現を
- 現在のすざく
 - 優れた広帯域X線分光能力を実証
 - $\sim 1000\text{cm}^2$ の大有効面積 (1-6 keV)
 - 低バックグラウンド
 - 良いエネルギー分解能
 - 低エネルギー側での優れたエネルギー応答関数
- 高銀緯軟X線放射の起源に迫る

Thanks for your
attention.

Good spectral response

X-ray emissions from earth atmosphere

Emission lines, N-K, O-K, NeIX-K to FeXXV, are clearly visible

