

太陽硬X線観測ロケット FOXSI による 高感度撮像分光

石川真之介^{*}(国立天文台)、斉藤新也、高橋忠幸、渡辺伸 (ISAS/JAXA)、田島宏康 (名古屋大)、田中孝明 (京都大)、
S. Krucker、L. Glesener (University of California, Berkeley/Space Science Lab.)、
S. Christe (NASA/Goddard Space Flight Center)、B. Ramsey (NASA/Marshall Space Flight Center)

^{*} s.ishikawa@nao.ac.jp



概要

我々は、カリフォルニア大バークレー校および NASA と共同で、観測ロケット FOXSI による史上初の太陽硬X線集光撮像観測を行った。加速粒子からの放射である硬X線の高感度観測は太陽活動の理解に重要であるが、RHESSI 衛星やようこう衛星硬X線望遠鏡ではイメージを得るためにフーリエ再構成が必要であり、感度が制限されていた。FOXSI は硬X線望遠鏡と低ノイズ・高分解能の半導体イメージング検出器による直接撮像で、5-15 keV の観測で RHESSI の100倍の感度を達成する。FOXSI は2012年11月2日に打ち上げられ、観測に成功し、検出器コンセプトを実証するとともに、次世代の太陽硬X線へ向けた見通しを立てることができるようになった。

ミッション目的

太陽における高エネルギー粒子加速の理解を目指し、これまでようこう衛星/硬X線検出器や RHESSI 衛星により、加速粒子からの硬X線放射の撮像分光観測が行われてきた。しかし、これらの観測機器はタイムプロファイルから画像を再構成する非直接撮像を行っていたため、画像を得るため多数の光子が必要、複雑な構造を含む画像は正確な再構成が難しいという問題があった。より小さなイベントの観測や、空間構造の詳細な理解には、高感度・高ダイナミックレンジの撮像分光観測が必要である。

我々は、硬X線望遠鏡と高分解能半導体検出器という新しい技術を用い、直接撮像による高感度硬X線太陽撮像分光観測のコンセプトを実証するとともに、小規模のフレア(マイクロフレア/ナノフレア)の高感度観測を目指し、ロケット実験 FOXSI (Focusing Optics X-ray Solar Imager, Krucker et al. Proc. SPIE, 2011 他) を行った。

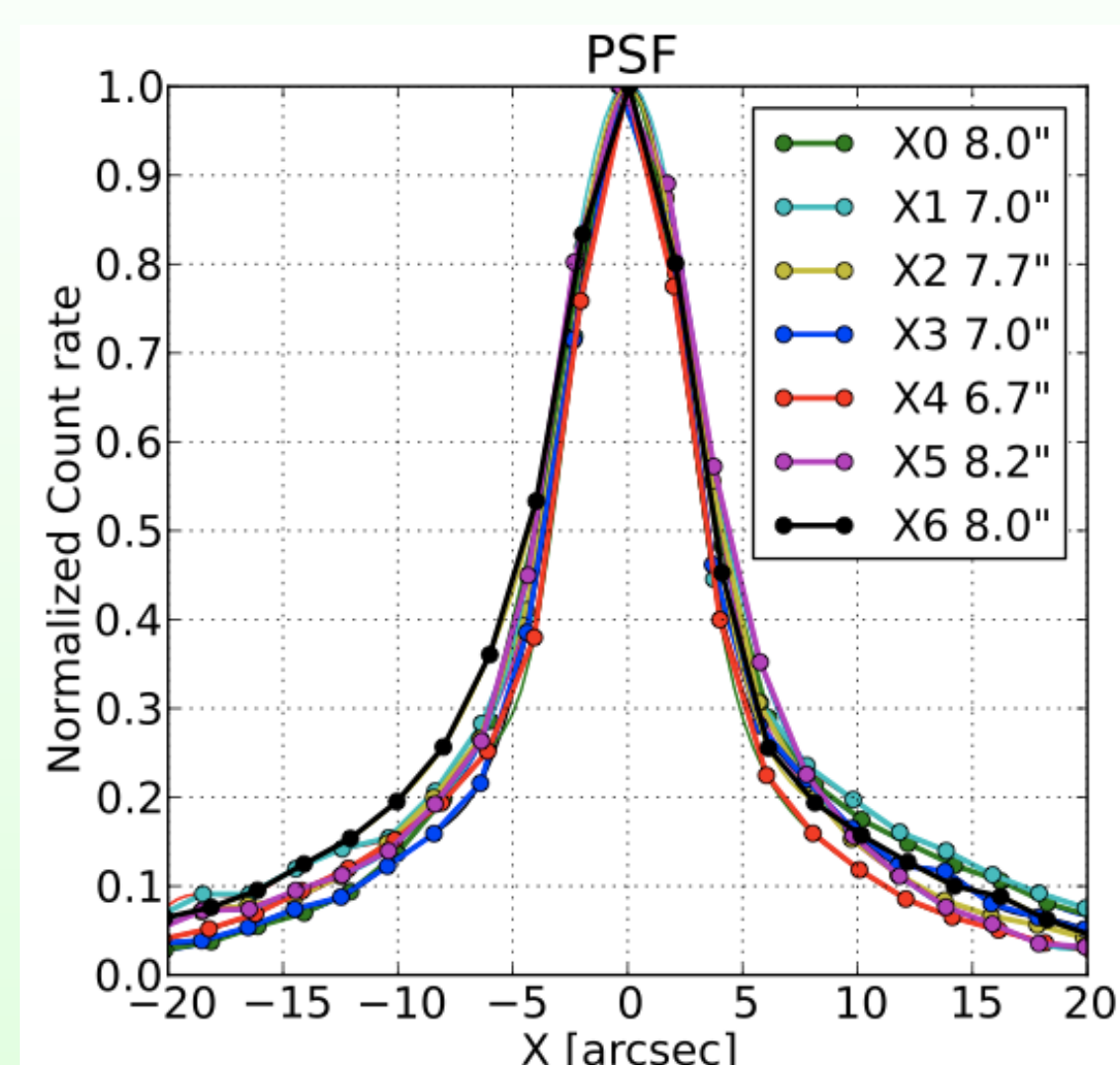
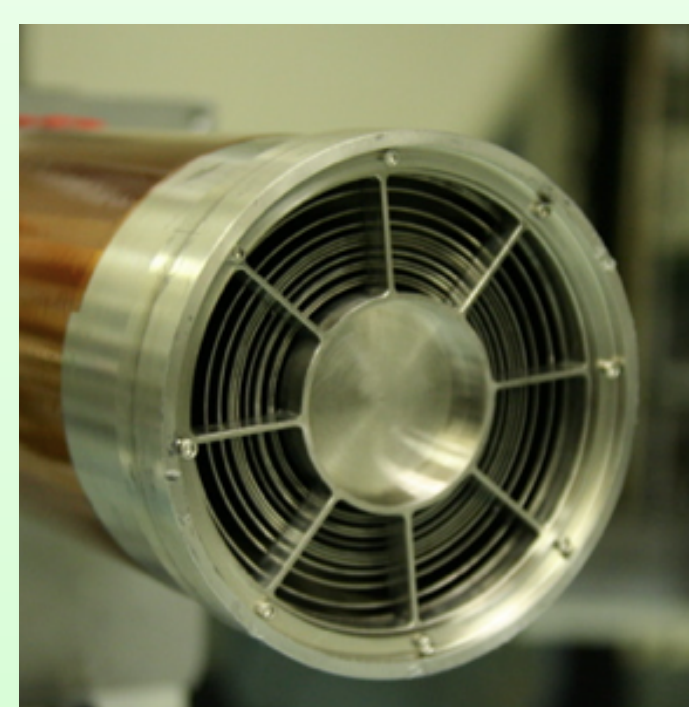


FOXSI 概要

エネルギー帯域	～5-15 keV
エネルギー分解能	～0.5 keV (FWHM)
焦点距離	2 m
角度分解能	～8'' (FWHM)
視野	960'' × 960''
有効面積	180 cm ² (8 keV), 14 cm ² (15 keV)
感度	0.004 cm ⁻² s ⁻¹ keV ⁻¹ (～8 keV)
観測時間	～360 s
打ち上げ場所	ホワイтサンズミサイル実験場 (米国ニューメキシコ州)
打ち上げ日時	2012年11月2日 11:55 UT

硬X線望遠鏡

Wolter-I タイプの斜入射望遠鏡。
NASA マーシャル宇宙飛行センターにて開発
(HERO 気球実験チーム)。8秒角という
硬X線帯域の望遠鏡としては非常に高い
位置分解能を持つ。7層のシェルを重ねて
有効面積を高めている。



7ユニットそれぞれの
Point Spread Function。
位置分解能 6.7'' - 8.0''。

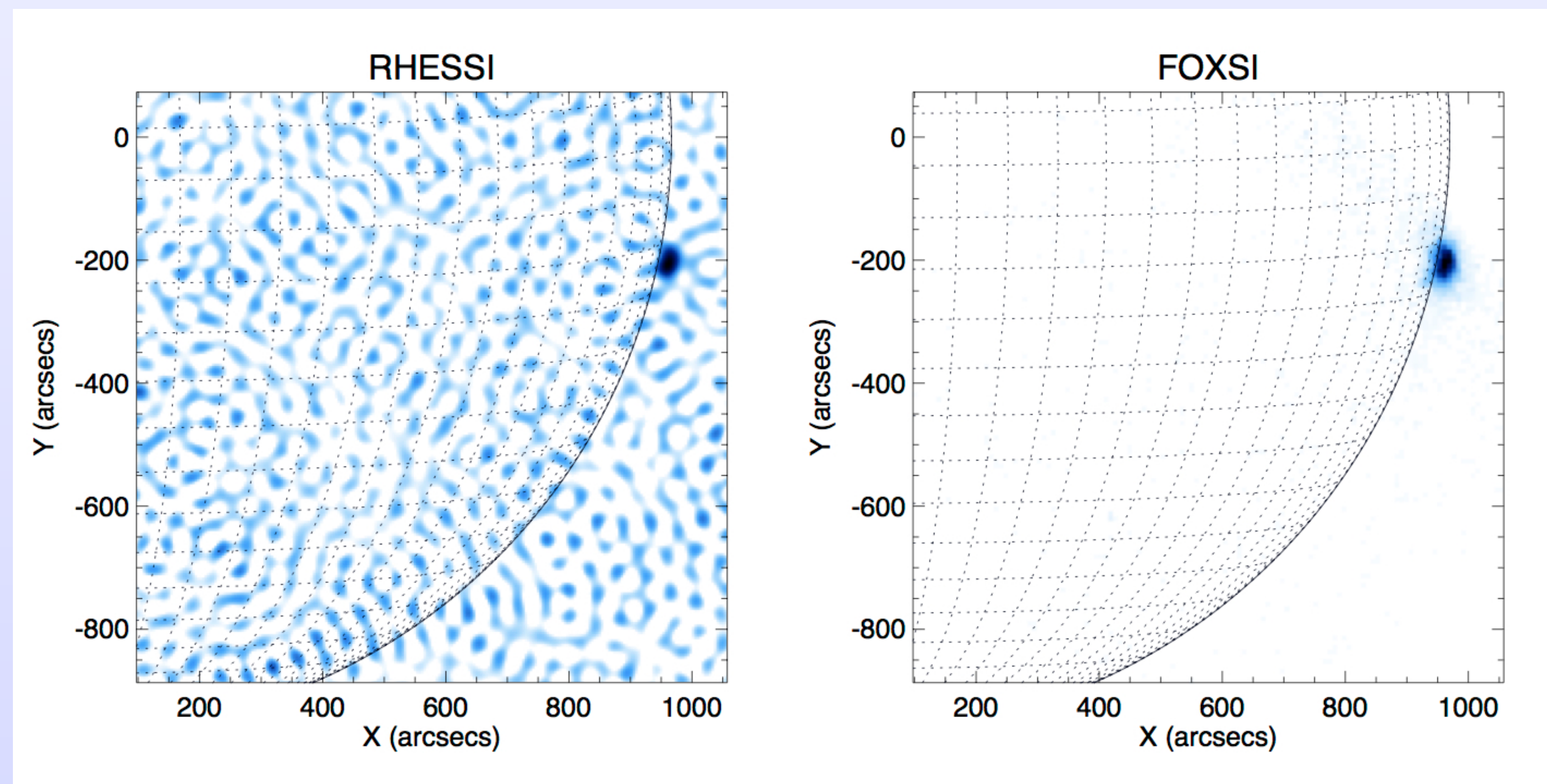
観測結果

2012年11月2日 17:55UT、ホワイтサンズ
ミサイル実験場より打ち上げに成功。

検出器の動作に成功、宇宙環境での
低バックグラウンド(数 count/s/detector)を確認。
6分間(15:57-18:03)の観測時間中、
太陽西側の外縁付近で発生したフレアの観測に成功
(GOES class B4 のマイクロフレア)。

このイベントは RHESSI でも検出されていたが、
集光撮像観測による圧倒的な高感度を
実証することができた。

このフレアのスペクトル解析、他のイベントが検出されて
いないかどうかの探查等、詳細な解析は今後行う。



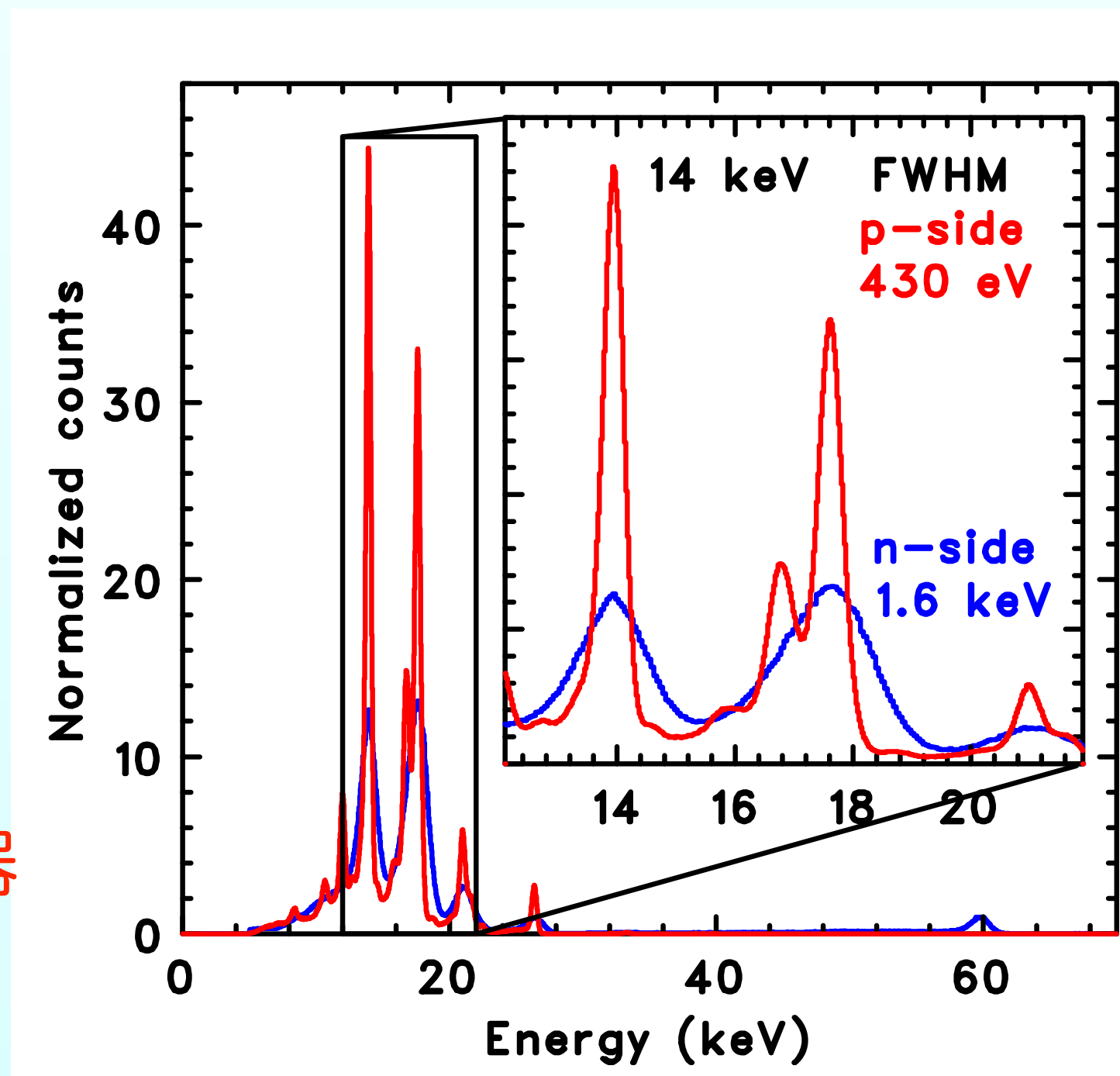
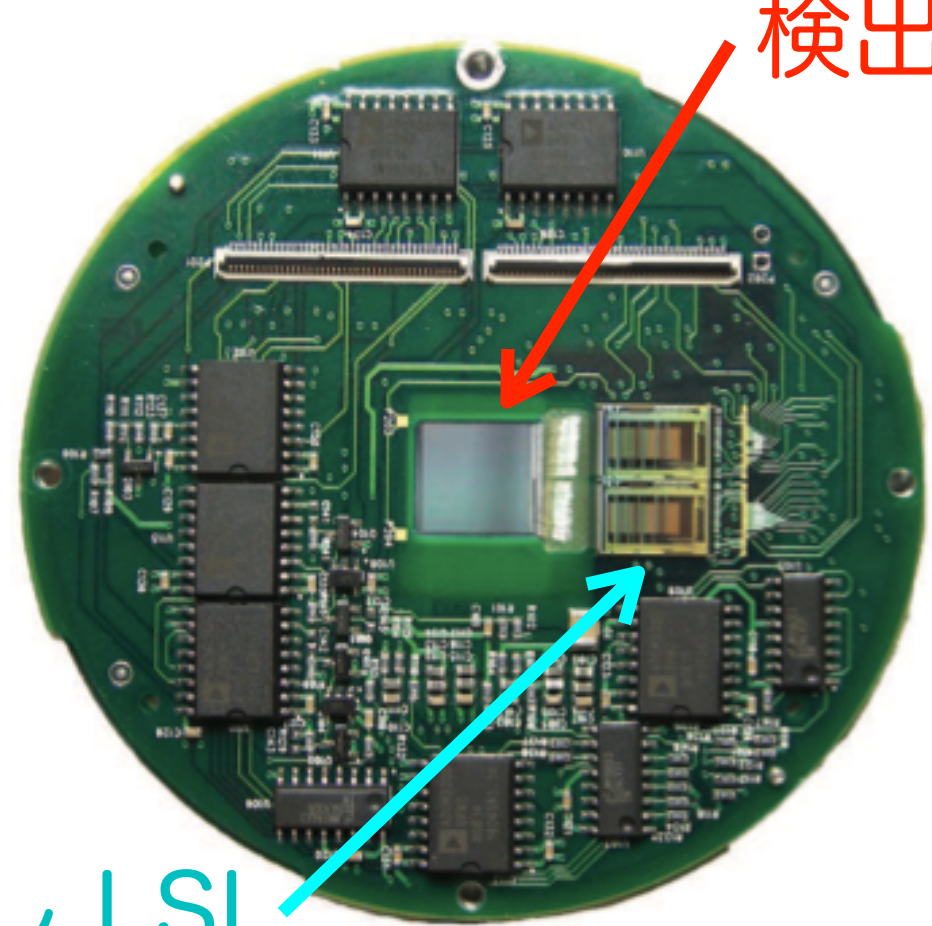
RHESSI と FOXSI により観測された B クラスフレアの画像。RHESSI は限られた検出光子数で画像再構成を行うため、多くのノイズを含んでいるが、直接撮像を行った FOXSI ではそのような問題は見られない。

焦点面検出器

ISAS/JAXA、SLAC 国立加速器研究所と製造メーカーで共同開発。
ASTRO-H 衛星/硬X線撮像検出器に搭載予定の検出器と同時開発し、
FOXSI は ASTRO-H/硬X線撮像検出器の宇宙実証も兼ねる。

検出器：
FOXSI のエネルギー帯域で十分な検出効率を持つ0.5 mm 厚、
75 μ m という非常に高い位置分解能を持った両面シリコンストリップ検出器
(Ishikawa et al. IEEE TNS, 2005 他)。浜松ホトニクス社との共同開発。

読み出し用 LSI VATA451：
読み出し信号のパルス整形から
A/D 変換まで行う。
太陽観測における高いカウントレート
(最大500 Hz)に対応する読み出し速度と、
低いエネルギーまで検出可能な低ノイズ
(エネルギー分解能FWHM <0.5 keV)
を同時に達成。
GM-IDEAS 社と
共同開発。



²⁴¹Am 放射線源のスペクトル。
14 keV の蛍光X線ラインに対し、
0.43 keV のエネルギー分解能
(FWHM) を達成。

まとめと今後

- FOXSI で硬X線集光撮像という全く新しいコンセプトによる太陽観測を行った。
- 検出機器の動作および実際の太陽マイクロフレアの観測に成功し、高感度観測のコンセプトを実証できた。
- 2回目の打ち上げ(FOXSI-2)の提案がすでに NASA 採択されており、観測機器をアップデートした観測を検討中。
- FOXSI と同コンセプトの検出器による硬X線太陽観測衛星の提案を予定している。