

P2-147 SOLAR-C X線/EUV望遠鏡の検討状況

坂尾太郎¹、成影典之¹、渡邊恭子¹、末松芳法²、下条圭美²、石川真之介²、常田佐久²、今田晋亮¹、Edward E. DeLuca³、
ほかSOLAR-C X線望遠鏡検討グループ

1: JAXA宇宙研, 2: 国立天文台, 3: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, U.S.A.

I. はじめに

- 「ひので」衛星に続いて、わが国のスペース太陽コミュニティーが2019年頃の打ち上げをめざしている次期太陽観測衛星計画SOLAR-Cに搭載するX線/EUV望遠鏡の検討を進めている。
- 検討はISAS/JAXA SOLAR-C WGのもとに組織された日米サブWGにより開始され、斜入射型・直入射型双方の光学系でのサイエンス・装置概要の検討を行ってきた。
- 本講演では、X線/EUV望遠鏡のサイエンス・装置の検討状況と、特に斜入射光子計測型X線望遠鏡の実現に向けて国内で進めている開発活動を報告する。

II. 概要

- SOLAR-C搭載のX線/EUV撮像望遠鏡として、
 - (1) 下層大気とのエネルギー輸送の観測に重点を置き、高空間分解能を実現しやすいEUV直入射光学系を用いて、約0.2"という過去最高の空間分解能で主にコロナ下部の低温プラズマ(1-2 MK)の撮像観測を行なう案と、
 - (2) コロナを温度の抜けなく観測するために、広い温度感度を確保できる斜入射光学系を採用し、これまで行なわれたことのないX線光子計測により0.5-10 keVコロナを撮像分光観測することで、活動領域コア部の加熱や磁気リコネクションにともなう衝撃波構造などの解明をめざす案(散逸過程の観測を重視)、
 の双方をこれまで評価してきたが、現在は、(1)の高空間分解能EUV望遠鏡を主案、(2)の光子計測型X線望遠鏡をオプションとする構成を検討している。

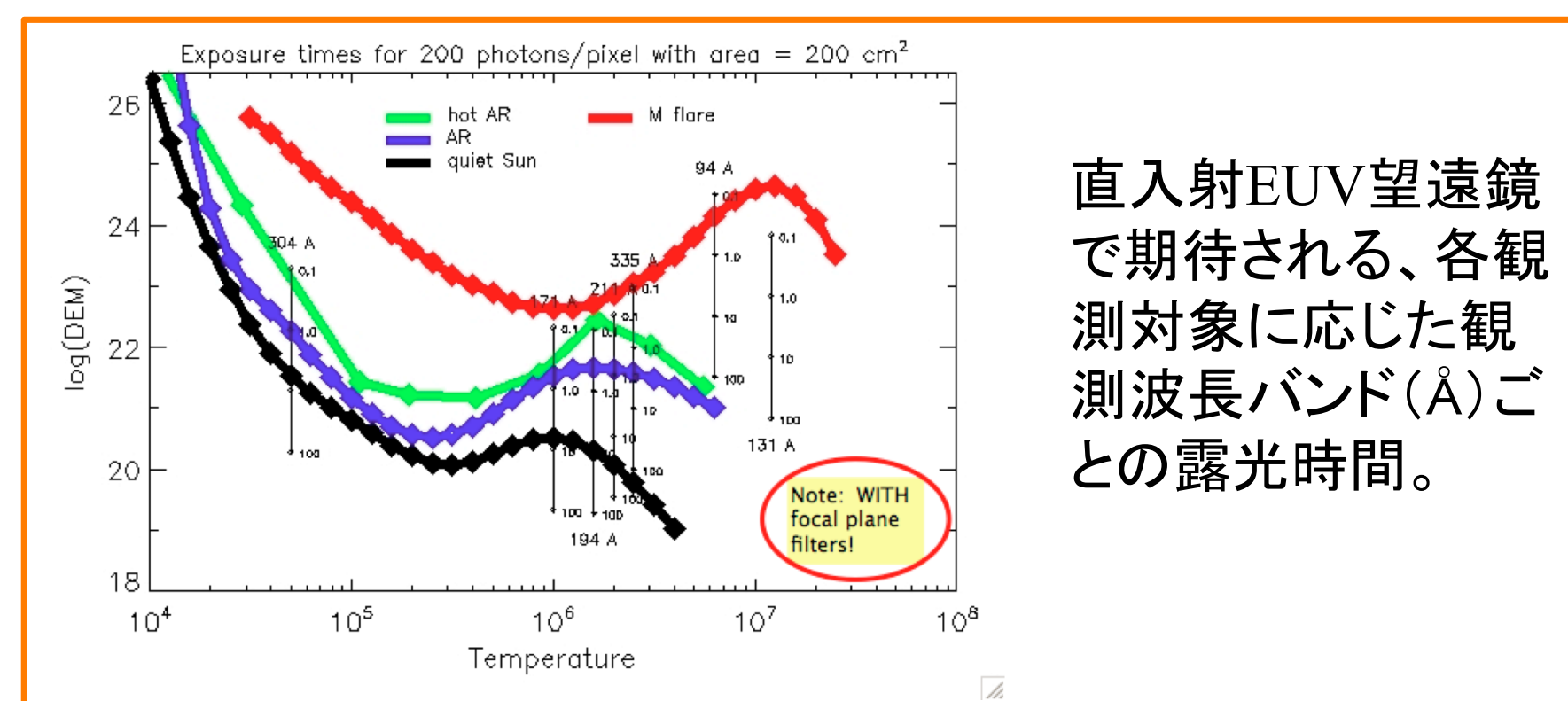
● 暫定諸元:

直入射望遠鏡

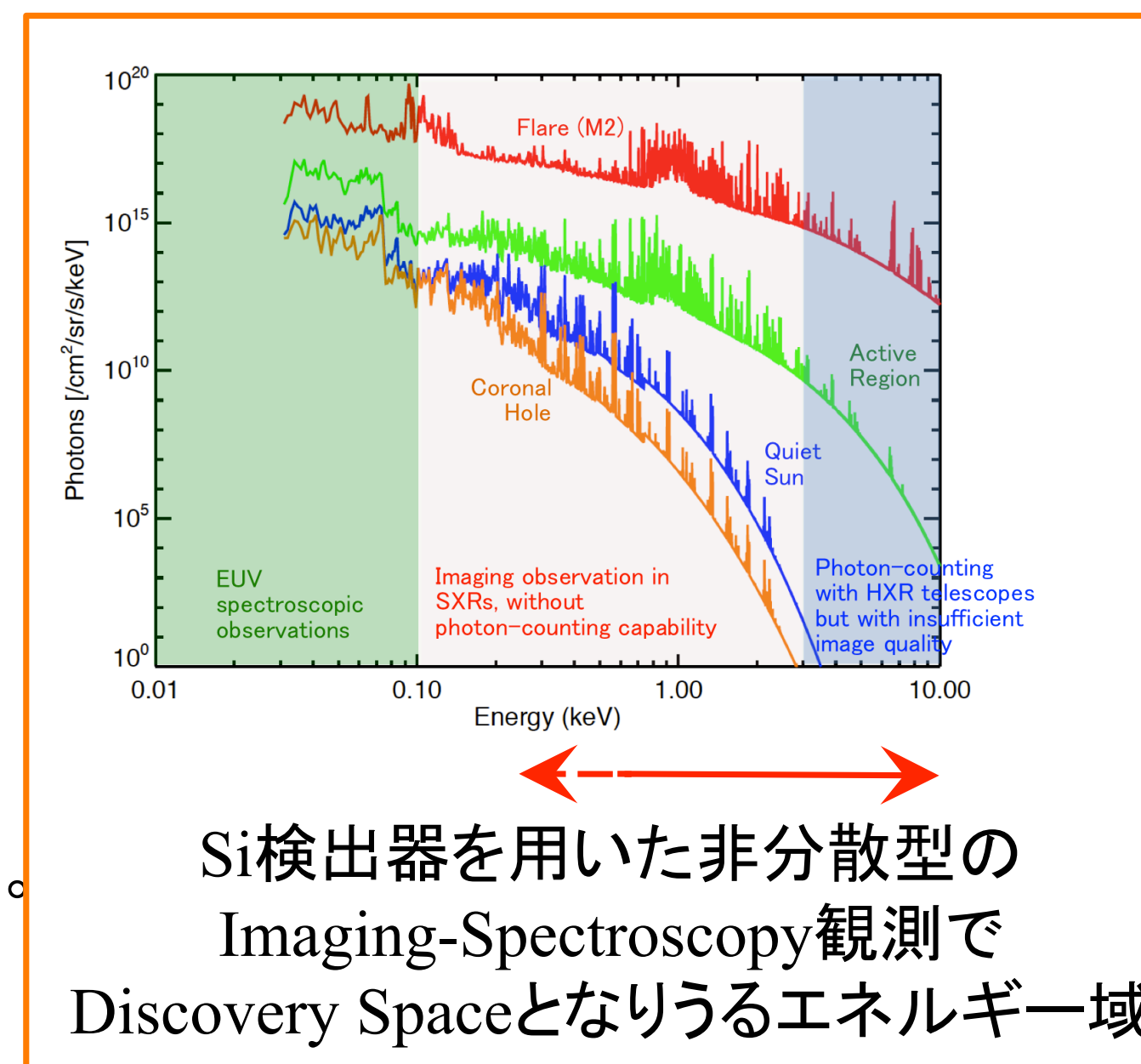
- 空間分解能: $\sim 0.2''\text{--}0.3''$ ($\sim 0.1''/\text{pixel}$)
- 観測視野: $\sim 400'' \times 400''$
- 波長バンド: 304Å, 171Å, 94Å
- 露光時間: 活動領域 1 s, フレア 0.1 s
- 撮像頻度: < 10 s
- 主鏡直径: ~ 32 cm; 3セクターで3波長を観測。焦点面フィルター
の切替による波長選択を検討中。

斜入射望遠鏡

- 焦点距離: ~ 4 m
- プレートスケール: $\sim 0.4''/8\mu\text{m}$ ピクセル
- X線ミラー: Wolter-I斜入射セグメントミラー(円周の1/3セグメントを使用)。
Irコーティング。
- 斜入射角: 0.45°
- エネルギー範囲: $\sim 0.5 - 10$ keV
- 撮像頻度(スペクトル作成): $< 10\text{--}20$ s
- 撮像モード: 光子計測撮像モードと光子積算撮像モード。光子計測は、
受光面中の $>150'' \times 200''$ 程度の領域で実施。
- 焦点面検出器: 英国e2v社製裏面照射型CMOSイメージセンサをベースラインとする。
 $2k \times 2k$ (TBD), $8\mu\text{m}$ ピクセル。
- フレーム読み出しレート: 光子計測撮像時500-1000 fps。A/D変換10ビット以上。



直入射EUV望遠鏡で期待される、各観測対象に応じた観測波長バンド(Å)ごとの露光時間。



Si検出器を用いた非分散型のImaging-Spectroscopy観測でDiscovery Spaceとなりうるエネルギー域

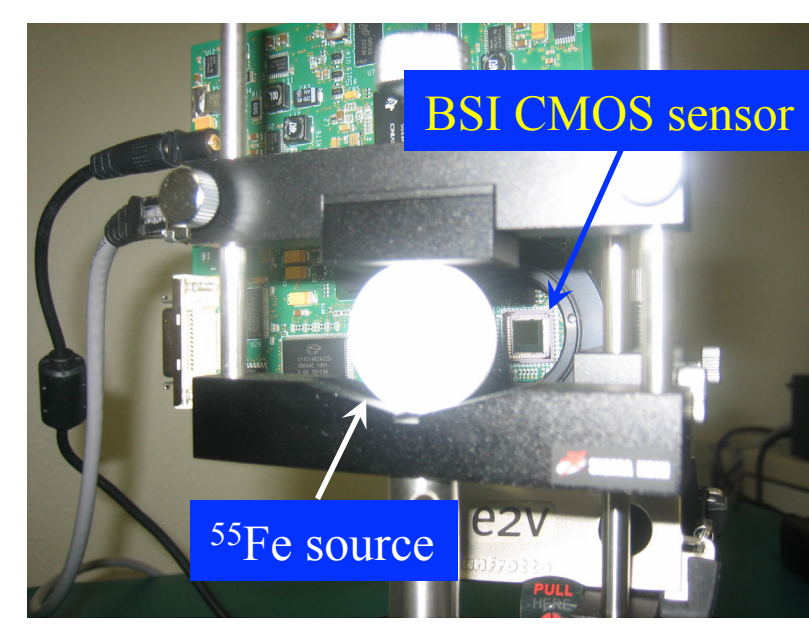
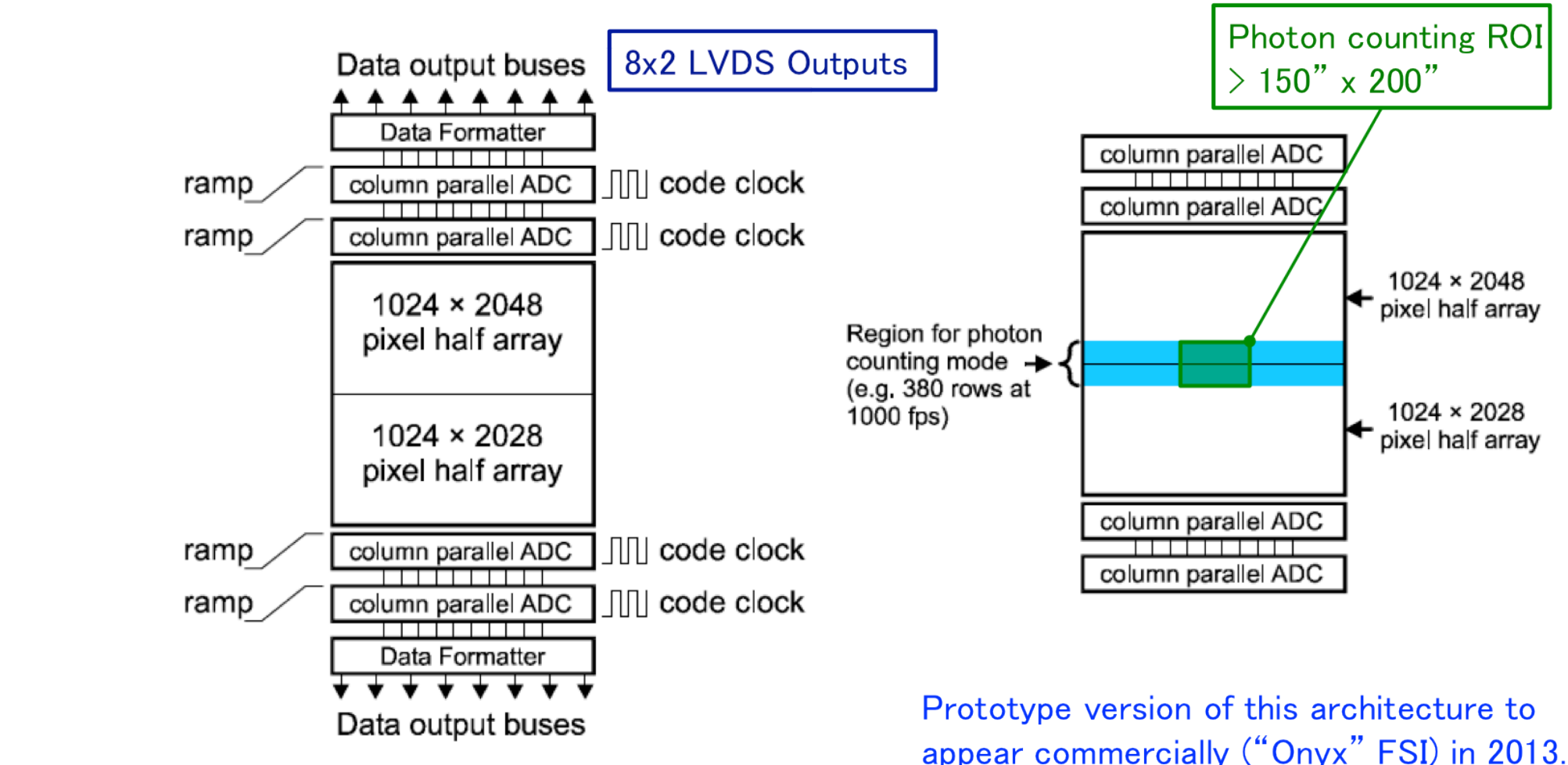
(左図) 直入射光学系は(1)高空間分解能を比較的容易に達成し得ること、(2)1 MKより低温のプラズマが放射する輝線を用いることができること、から、影層・遷移層での現象のコロナでの対応物を観測するのに適している。

(右図) 一方、直入射系は >3 MKの高温プラズマを観測できる輝線に乏しく、また、狭い温度範囲に感度を持つため、ループの全景をとらえるのが困難。逆に斜入射望遠鏡は特に高温ループの全景をとらえるのに適している。

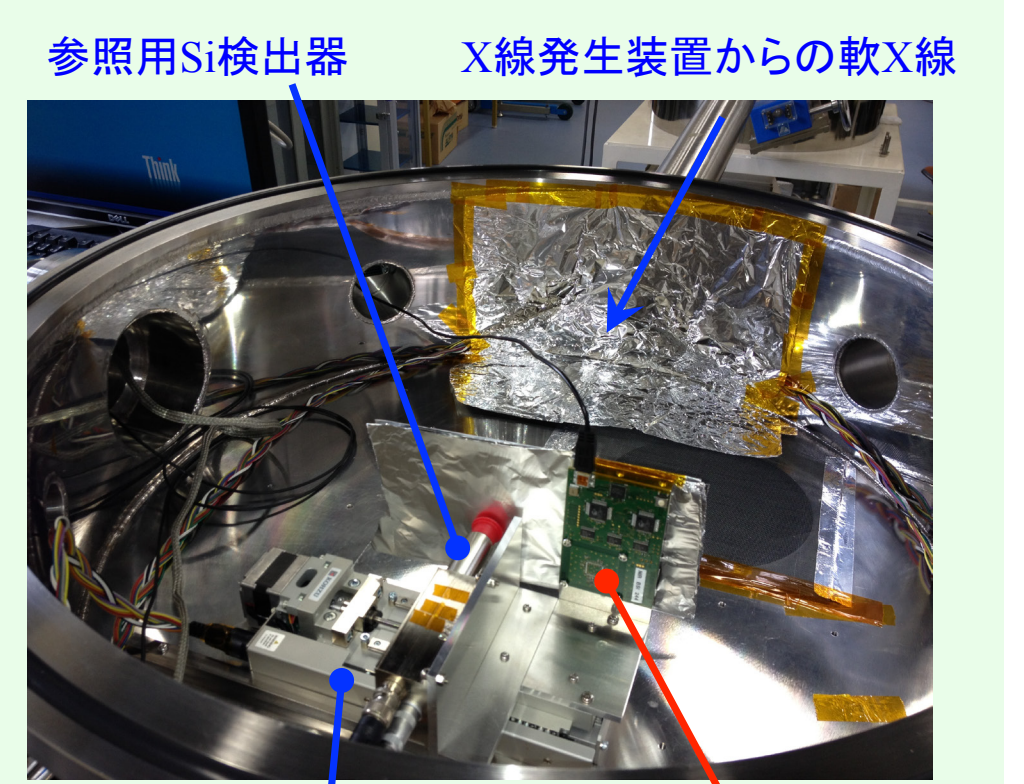
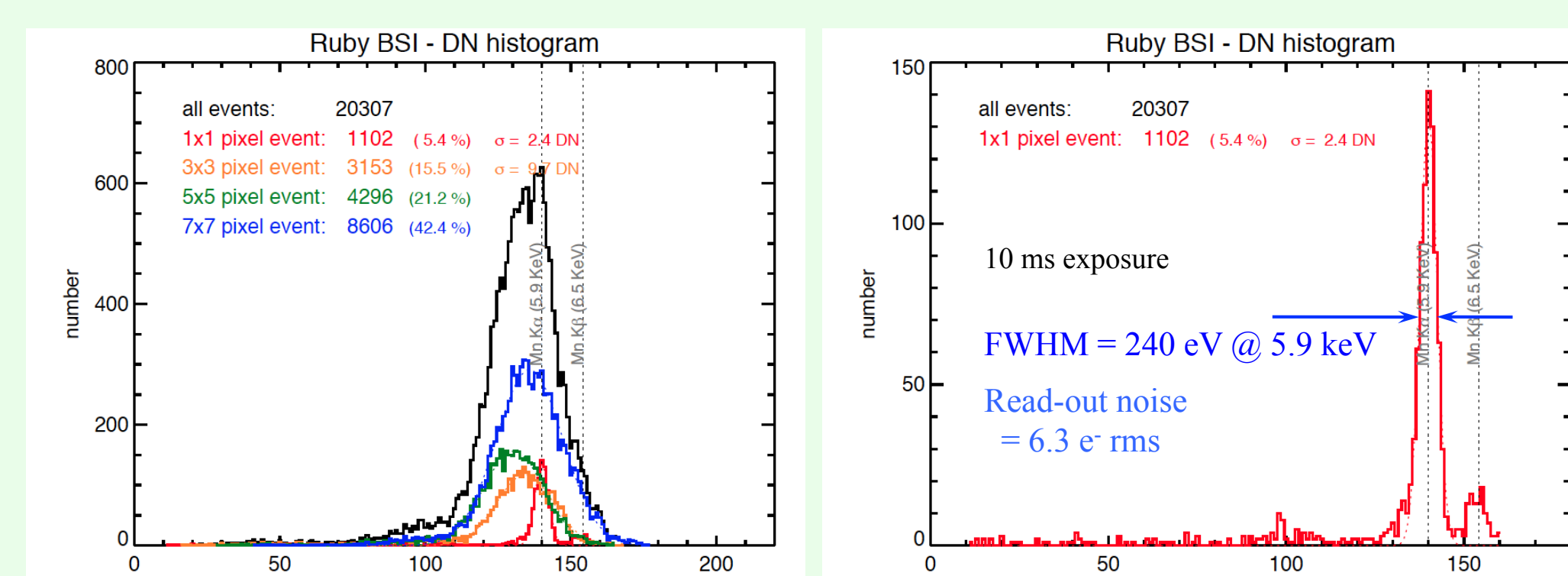
X線/EUV撮像望遠鏡の寸法概略図。EUV望遠鏡(図の奥側)を主案とし、斜入射X線望遠鏡(手前側)をオプションとするデザインを検討している。

III. 光子計測型斜入射X線望遠鏡に向けたコンポーネント開発検討

- 高速・低ノイズのX線スペクトロスコピーCMOSセンサー
... 英e2v社をはじめとするCMOSメーカーと技術調査・予備実験を進めている。
- サブ秒角斜入射ミラー ... 国内メーカーおよび大阪大学との協力のもと、検討を進めている。

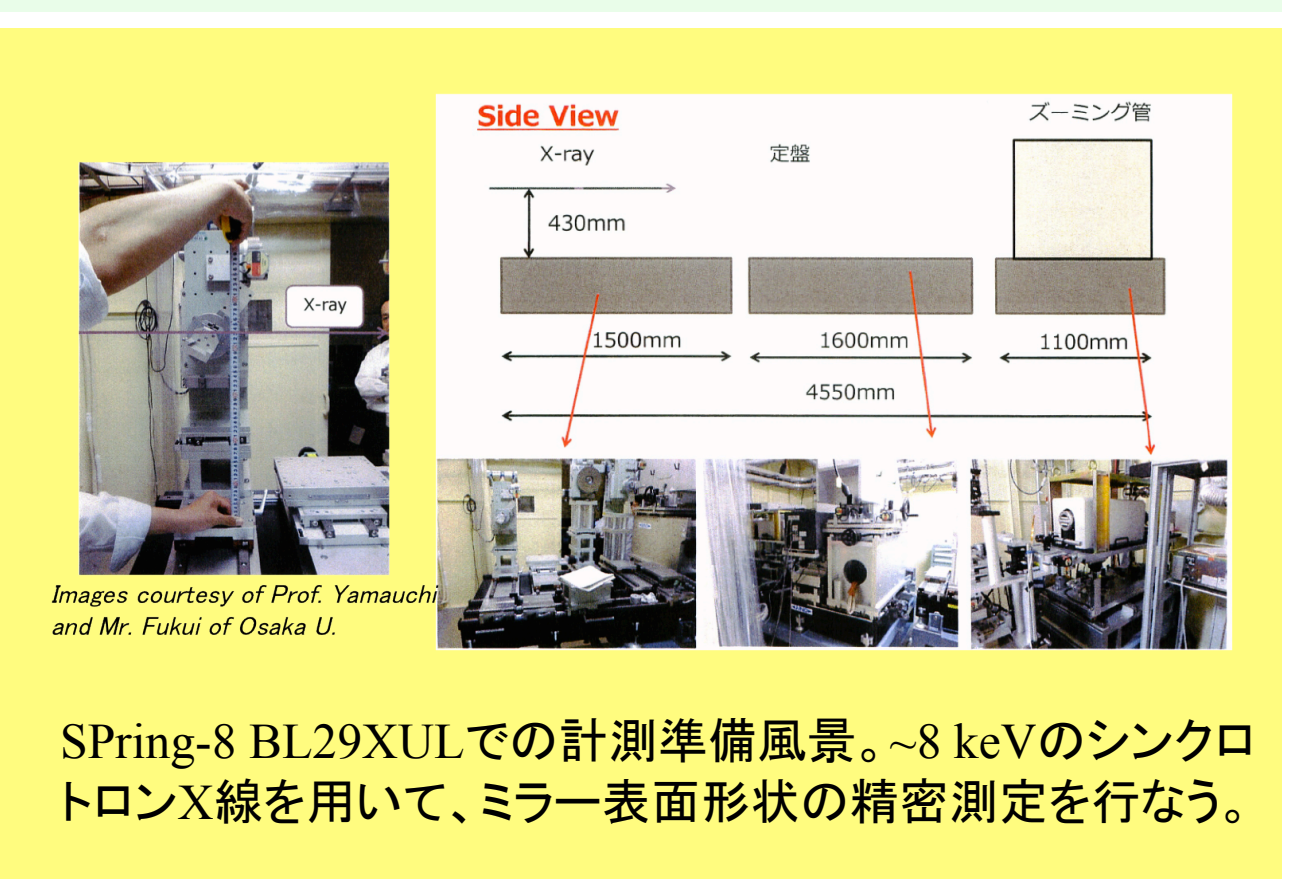
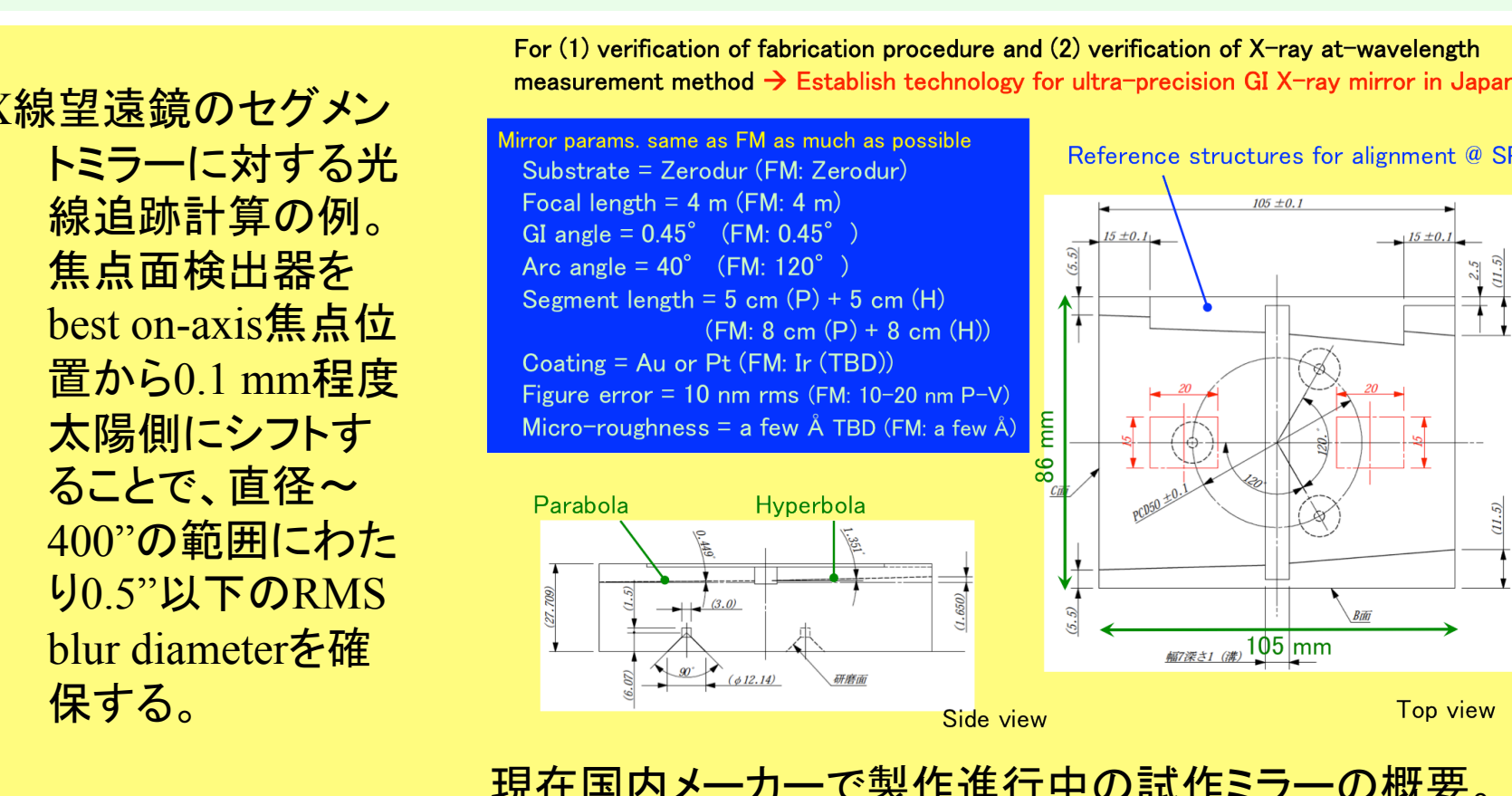
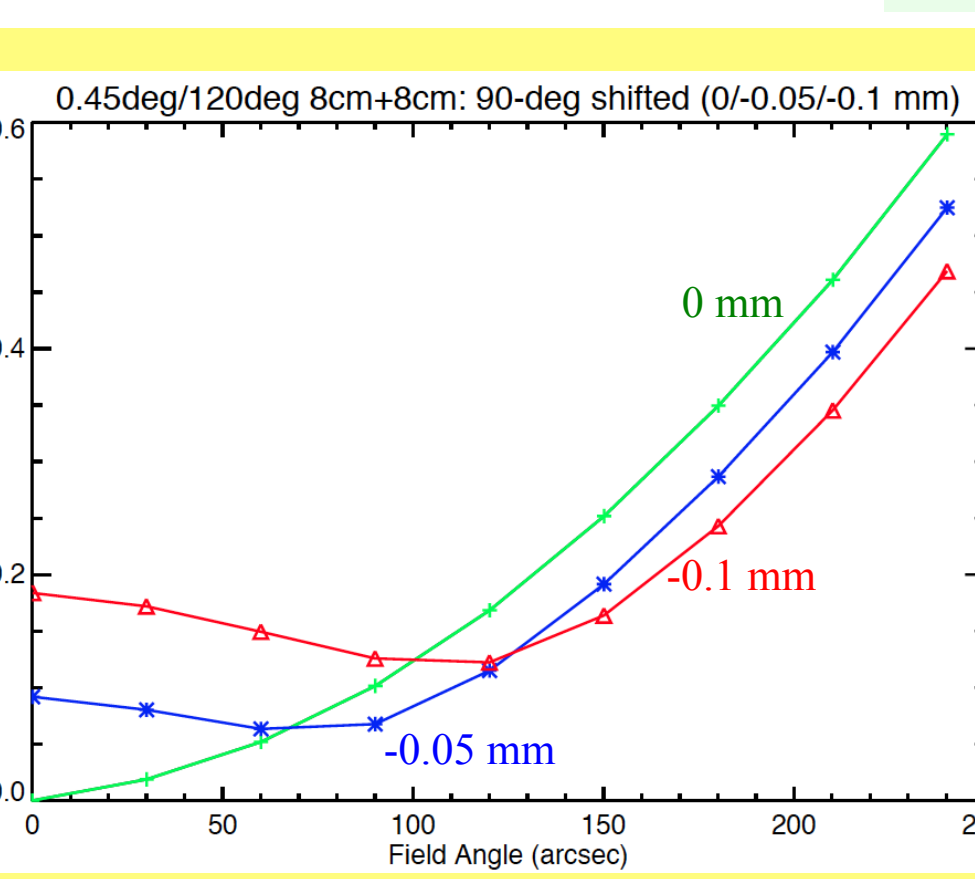
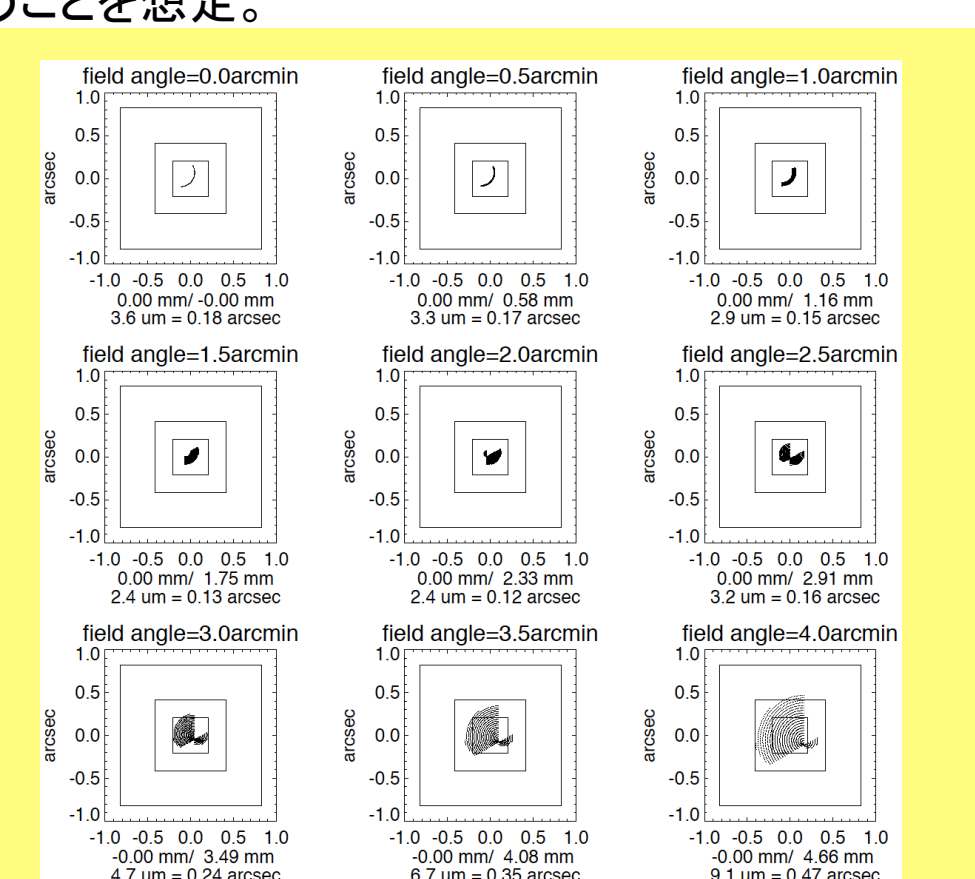
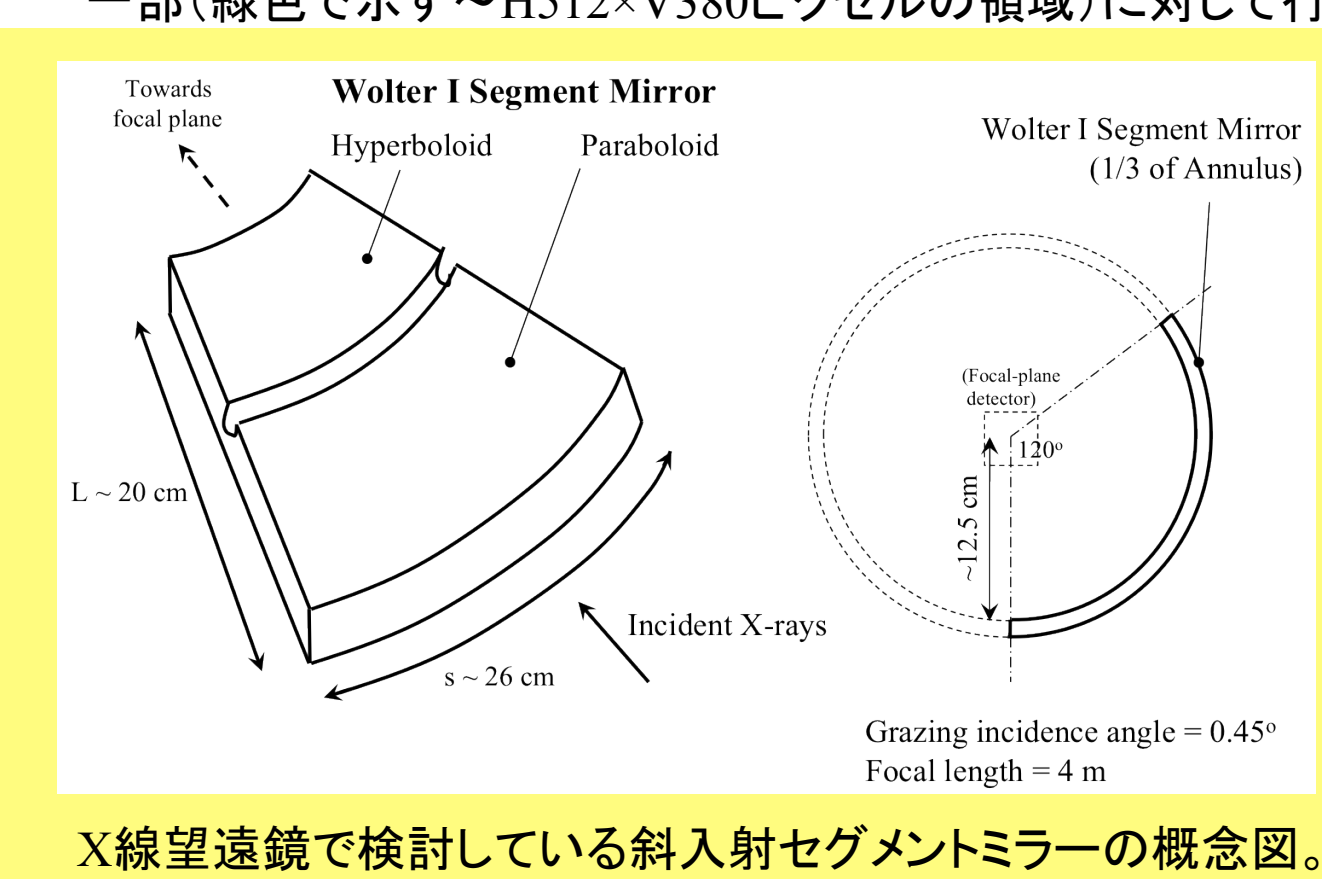


e2v社製の裏面照射型CMOSデバイスに対する⁵⁵Fe照射コンフィギュレーション。受光面にはマイクロレンズアレイなし、ARコーティングあり。1.2k×1k (5.3μm) フォーマット。フレーム読み出しレートは全面で ~ 25 fps。



e2v社裏面照射型CMOSデバイスでの⁵⁵Fe照射スペクトル。
(左) Event Thresholdに対して、1×1, 3×3, 5×5ピクセルイベント(赤:1×1, 橙:3×3, 緑:5×5, 黒:全イベント)のスペクトル。ピークは各イベントクラスでほぼ一致しており、この裏面照射型デバイスで、信号電荷がほぼ保存されることを確認した。表面照射型CMOSデバイスでは、Split Eventで一部の信号電荷が常に失われる。なお、右側のパネルに対してラインの幅が大きくなっているのは、足し上げるピクセル数が増えたことで読み出しノイズの寄与が大きくなったことによる。
(右) 1×1ピクセルイベントに対する⁵⁵Feスペクトル。常温でMn Kα/Kβのスペクトル取得が可能である。暗電流の測定から、読み出しノイズは6.3 e rms(計測セットアップの制約で、悪めの値が出ている)。

首都大X線グループとの協力を進めている、e2v社裏面照射型CMOSデバイスに対する軟X線測定実験のコンフィギュレーション。首都大のX線ビームラインを用いた、Alターゲットによる(Al-K 1.5 keV)予備的な測定を2012年に実施済み、2013年早期より本測定を行なう予定。



IV. 期待される性能例

- ベースラインCMOSと斜入射角 0.45° のセグメントミラーの組み合わせで光子計測観測を行なった場合の、活動領域に対する温度検出能力の一例を右図に示す。高温活動領域の加熱モデルの一つであるナノフレア加熱を想定し、仮に(コロナプラズマの大半を占める)1-3 MKプラズマの1%の量の10 MKプラズマが一時的に生成されているとすると、光子計測によって、 $\sim 1''$ の空間分解能 ~ 15 秒の時間分解能でその生成を検出できる。

V. 謝辞

- 本検討は、ISAS/JAXA宇宙理学委員会が所掌する戦略的開発研究経費、および科研費(挑戦的萌芽研究24654053)の支援を受けて進めている。

