

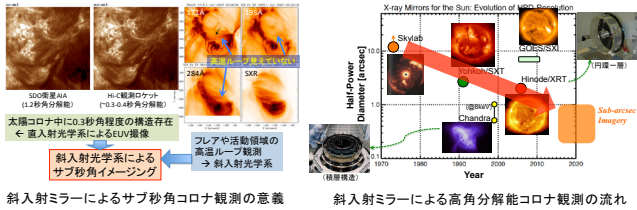
# P-171: 太陽観測に向けたサブ秒角Wolterミラーの開発研究

坂尾太郎<sup>1</sup>, 松山智至<sup>2</sup>, 後藤拓実<sup>2</sup>, 山田純平<sup>2</sup>, 安田周平<sup>2</sup>, 山内和人<sup>2</sup>, 香村芳樹<sup>3</sup>, 木目歩美<sup>1</sup>, 末松芳法<sup>4</sup>, 成影典<sup>4</sup>

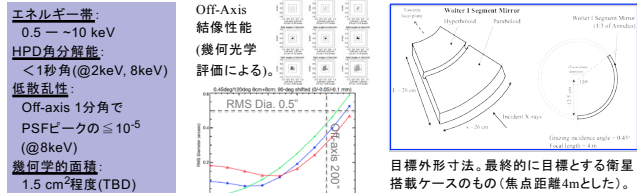
\* e-mail: sakao@solar.isas.jaxa.jp ; 1: JAXA, 2: 大阪大学・大学院工学研究科, 3: 理研/SPring-8, 4: 国立天文台

## I. はじめに

- 将来の高空間分解能(サブ秒角)での高温コロナの軟X線撮像観測に向けて、高精度Wolterミラーの開発研究を進めている。
- 円環の一部(部分円環)を用いたミラーとすることで、ミラー表面への加工・計測のアクセスを容易とし、わが国の大学界・産業界に蓄積のあるナノ加工・ナノ計測技術を導入することで、太陽観測用サブ秒角Wolterミラーを短期・安価に国内製作する基盤技術の獲得をめざす。



## II. 目標ミラー諸元



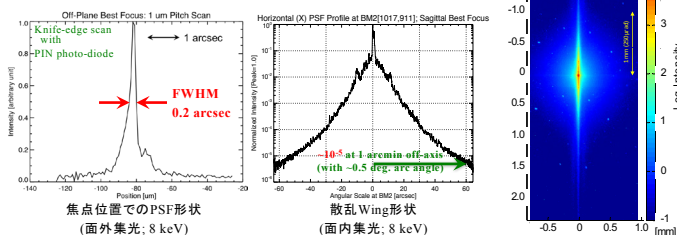
- 本研究で目標とするミラー諸元を上に表示。特徴は:
  - ✓ Chandraと同程度の高精度ミラーの国産開発
  - ✓ 太陽フレア粒子の非熱化過程解明の鍵を握る、~10 keVまでのエネルギーカバーレージ
  - ...光子計測型検出器との組み合わせで太陽フレア観測に新機軸
  - ✓ 過去最高レベルの低散乱光レベル

## III. 試作ミラーの概要

- 2013年度よりミラーの試作研磨とSPring-8での評価計測に着手。
- 試作ミラー概要 (FY2014以降)
- ✓ 放物面・双曲面の各面それぞれ32.5mm(光軸方向) × 10mm(幅方向)の領域を精密研磨。
  - ✓ 斜入射角0.45°、焦点距離4m。
  - ✓ 反射面はPt 100nm + Cr 10nmのコーティング。
  - ✓ 決定論的研磨 (MRF) + 平滑化研磨。

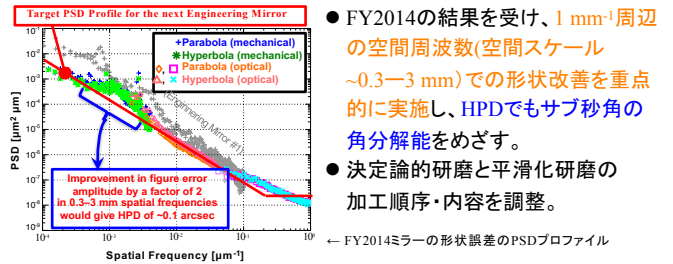
## IV. FY2014のX線計測と改良研磨

- SPring-8/BL29XULにて8-10 keV X線を用いて結像性能評価を実施(2015年2月)。ほぼ平行かつコヒーレントなX線照明。



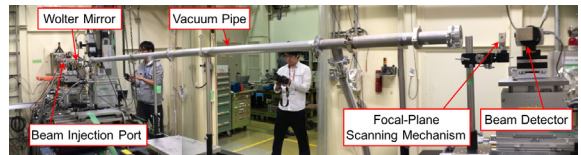
- 面内・面外集光とも、各々、焦点位置でPSFのFWHM 0.2秒角の集光を達成。一方、PSFコア近傍の散乱成分により、HPD (Half Power Diameter)は~3秒角にとどまる。
- Off-axis 1分角の位置でPSFピークの~ $10^{-5}$ の散乱レベルを達成。
- 面外集光の焦点距離が、設計値より1割短い(非点収差の存在)。

## V. 改善方針の策定

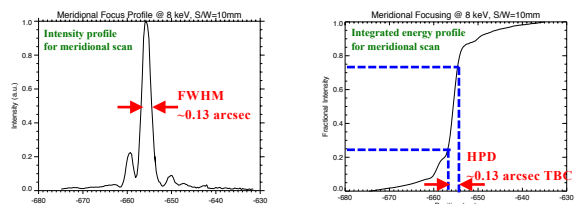


- FY2014評価計測の面外集光で見られた非点収差は、ミラーの放物面・双曲面それぞれで面外方向のsagずれが6.5 nmあることに対応する(設計値より曲率半径が小さい)。このずれが研磨時の形状計測装置(機械式)の系統誤差に起因することを突き止め、系統誤差を除去した計測結果に従って研磨を実施した。

## VI. FY2016試作ミラーとX線評価計測



- 上記改善を施した試作ミラーに対して、SPring-8/BL29XULにて8 keV X線を用いた結像性能評価計測を行なった(2016年12月)。



- 面内集光・面外集光ともFWHM < 0.2秒角の集光スポットを達成。
- 大角度散乱成分の寄与を評価中だが、両集光でHPD < 0.2秒角は達成。
- 面内集光・面外集光で焦点距離はほぼ一致(面外集光は焦点深度が大きいことに注意) 解析継続中のため、Preliminary

## VII. 今後の方向性とまとめ

- 今後、ミラーの有効面積拡大(これまでに獲得した研磨・計測技術が直ちに適用できる光軸方向への高精度表面の拡大)と、ミラー精密保持の技術獲得を図る。
- 将来的に衛星ミッションへの搭載展開を図る。

## 謝辞

本研究は、ISAS/JAXA宇宙理学委員会・戦略的開発研究経費、科研費・挑戦的萌芽研究24654053、同・基盤研究(A)26247031の支援を受けて進めている。