

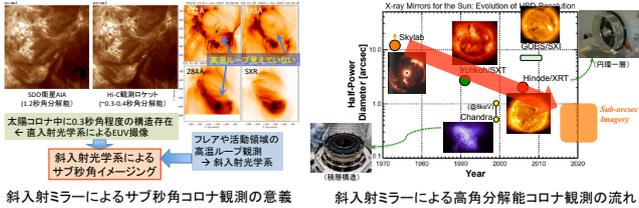
# P-053: 将来太陽観測に向けた高精度Wolterミラーの研究

坂尾太郎<sup>\*1</sup>, 松山智至<sup>2</sup>, 山田純平<sup>2</sup>, 井上陽登<sup>2</sup>, 萩原拓<sup>2</sup>, 山内和人<sup>2</sup>, 香村芳樹<sup>3</sup>, 末松芳法<sup>4</sup>, 成影典之<sup>4</sup>, 石川真之介<sup>5</sup>

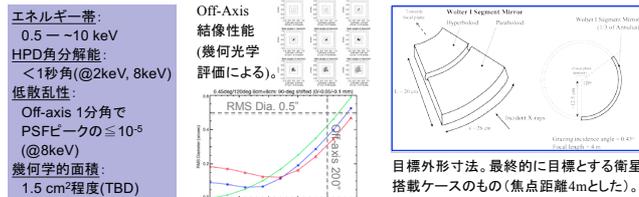
\* e-mail: sakao@solar.isas.jaxa.jp ; 1: JAXA, 2: 大阪大学・大学院工学研究科, 3: 理研/SPring-8, 4: 国立天文台, 5: 名大ISEE

## 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



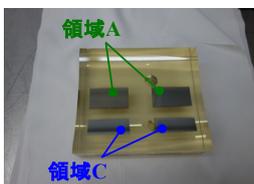
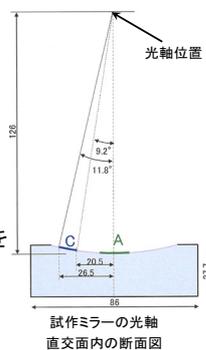
- 本研究で目標とするミラー諸元を上示す。特徴は:
  - ✓ Chandraと同程度の高精度ミラーの国産開発
  - ✓ 太陽フレア粒子の非熱化過程解明の鍵を握る、~10 keVまでのエネルギーカバレッジ
  - …光子計測型検出器との組み合わせで**太陽フレア観測に新機軸**
  - ✓ 過去最高レベルの低散乱光性能

## III. ミラー試作

- 研磨方針の策定と試作研磨、X線評価計測による課題の抽出と研磨方針の改訂、というサイクルにより、着実に性能向上を進めている。
- 2017年度までに研磨・計測機とほぼ正対した右図Aの領域について、良好な結像性能を持つWolter面を創成したのに続き、**円環方向へのミラー有効領域拡大**をめざし、2018年度は右図Cの領域の研磨とX線評価計測を実施した。

試作ミラー概要 (2018年度; 領域C)

- ✓ 放物面・双曲面の各面それぞれ 32.5 mm(光軸方向) × 6 mm(幅方向)の領域を精密研磨。傾斜角約10°。
- ✓ 斜入射角0.45°、焦点距離4 m。
- ✓ 反射面は Ir 50 nm + Cr のコーティング。
- ✓ 形状修正研磨 (MRF) + 平滑化研磨。



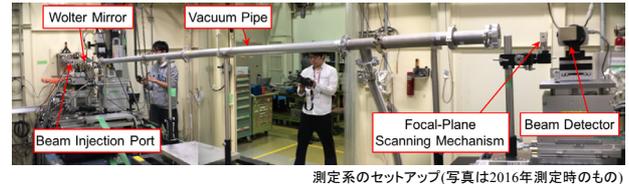
2018年度試作ミラー(成膜後)



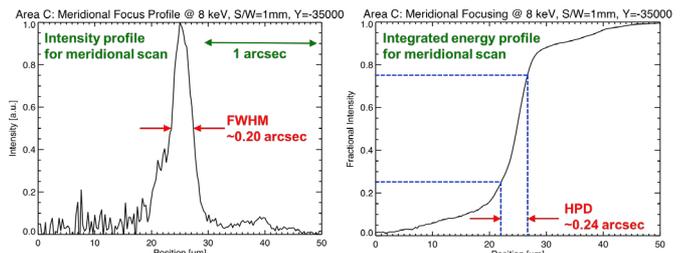
ミラー成膜(大阪大学)

## V. FY2018試作ミラーのX線評価計測

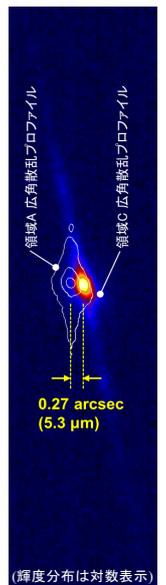
- SPring-8/BL29XULにて8 keV X線を用いた結像性能評価計測を実施(2018年10月)。



- 結像性能:
  - 8 keVの平行X線に対して、傾斜角約10°の領域Cの結像性能は、ほぼ水平な領域Aに比べて下記のように若干劣るが、**良好な性能**を示した。(【 】内は領域Aの性能)
  - ✓ **FWHM ~0.20秒角** 【~0.1秒角\*】 [\*: ほぼ回折限界値]
  - ✓ **HPD ~0.24秒角** 【~0.2秒角】 ※数値はいずれも面外集光での値
  - ✓ 面外集光において、50 mm程度の焦点距離ずれ(非点収差の存在)
    - Sag量で1 nm程度の形状誤差に対応
    - **非点収差は存在するが、結像性能を大きく損なわない**



- 集光位置の一致度:
  - ミラー領域A(ほぼ水平)と領域C(傾斜角約10°)の集光位置の一致状況を右図に示す。
  - ✓ 領域Cは領域Aに対して、理想的な円環方向から相対的に50 μrad (10秒角)傾いて加工されており、計測された集光位置ズレはこの傾き量と整合。
  - ✓ 研磨加工中の傾き量を調整することで両者の一致度を高めることが可能。



## VI. まとめと今後

- 現行の研磨・計測手法でミラー円環方向に傾き角10°程度の領域まで良好に加工できることを確認した。
- これにより、**円弧角20°までミラー有効領域を拡大する目処が立った**。
- 現在、ミラー研磨・計測の高速化手法ならびに、ミラー精密保持手法の検討を進めている。
- PhoENiX衛星計画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、およびISAS科研費獲得補助制度の支援を受けて進めている。