

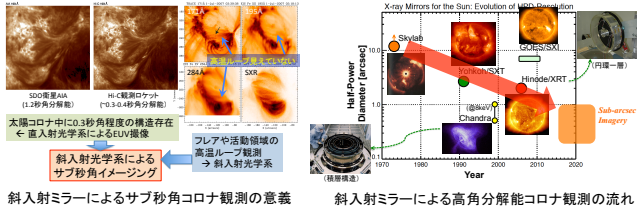
P-169: 将来太陽観測に向けた高精度斜入射X線ミラーの開発研究

坂尾太郎^{*1}, 松山智至², 後藤拓実², 山田純平², 安田周平², 山内和人², 香村芳樹³, 木目歩美¹, 末松芳法⁴, 成影典之⁴, 石川真之介¹

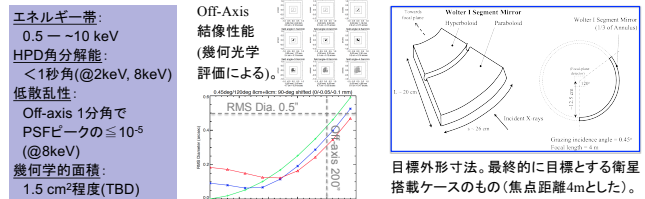
* e-mail: sakao@solar.isas.jaxa.jp ; 1: JAXA, 2: 大阪大学・大学院工学研究科, 3: 理研/SPring-8, 4: 国立天文台

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。



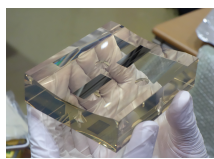
II. 目標ミラー諸元



- 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

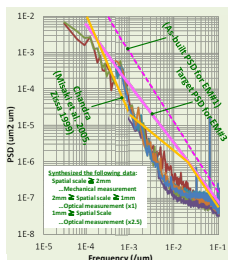
- 2013年度よりミラーの試作研磨とSPring-8での評価計測に着手。



- 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。

- 研磨方針の策定と試作研磨の実施、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る。

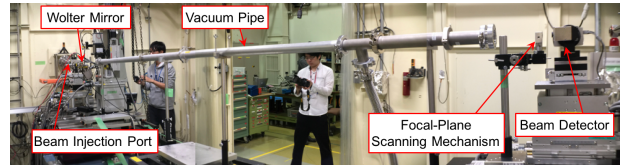
IV. FY2016試作ミラーの研磨状況



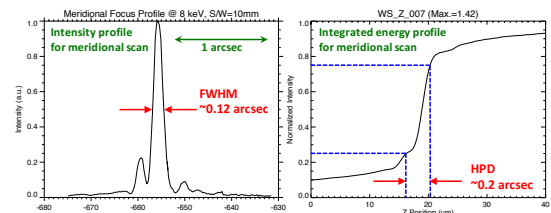
- ✓ FY2014のX線評価計測で特定した、1 mm⁻¹周辺の空間周波数(空間スケール~0.3-3 mm)での形状改善を重点的に実施。
- ✓ また、同計測で特定した面外集光の大きな非点収差(面外方向のsagずれ6.5 nmに相当)が、研磨時の機械式形状計測装置の系統誤差に起因することを突き止め、これを排除して研磨を実施。

V. FY2016試作ミラーのX線評価計測

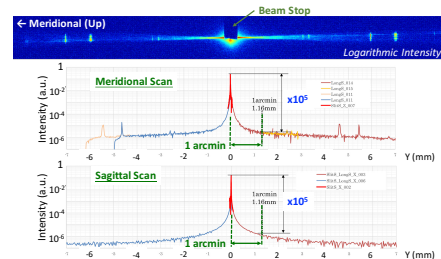
- 上記改善を施した試作ミラーに対して、SPring-8/BL29XULにて8 keV X線を用いた結像性能評価計測を行なった(2016年12月)。



- 結像性能:



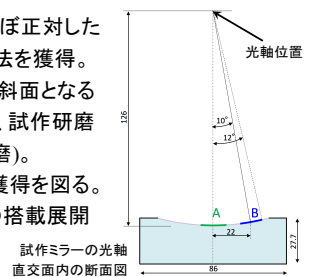
- ✓ 面内集光・面外集光ともFWHM ~0.1秒角の集光スポットサイズを達成。面外集光は**ほぼ回折限界に到達(@8keV)**。
- ✓ 面外集光でHPD ~0.2秒角、面内集光でHPD ~0.1秒角を達成。
- ✓ 天体観測に向けたWolterミラーとして、Chandraを上回る**世界一の結像性能**を達成した。
- 散乱光特性:



- ✓ 10秒角off-axis位置でピーク強度の $\ll 10^{-3}$ 、1分角off-axis位置で $< 10^{-5}$ の散乱光特性を達成。
- 焦点距離:
 - ✓ 面内集光・面外集光とも**焦点距離は測定誤差内で設計値と一致**

VI. 今後

- これまでの研究で、研磨・計測機とほぼ正対した右図Aの領域について、精密研磨手法を獲得。
- 現在、ミラーの有効面積拡大(急峻な斜面となる円環方向への高精度表面の拡大)を、試作研磨を通じて図っている(右図B領域の研磨)。
- これと併せてミラー精密保持の技術獲得を図る。
- 将来的にPhoENIX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。