

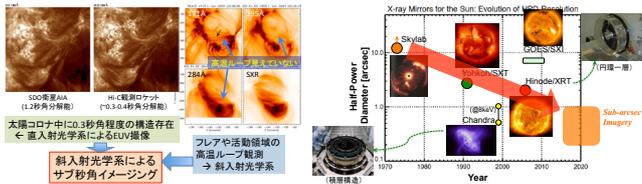
P-147: 太陽観測に向けた高精度サブ秒角Wolterミラーの開発検討

坂尾太郎^{*1}, 松山智至², 木目歩美², 後藤拓実², 西原明彦², 山内和人², 末松芳法³, 成影典之³,
 キヤノン株式会社、夏目光学株式会社

* e-mail: sakao@solar.isas.jaxa.jp ; 1: JAXA宇宙科学研究所, 2: 大阪大学・工学研究科, 3: 国立天文台

I. はじめに

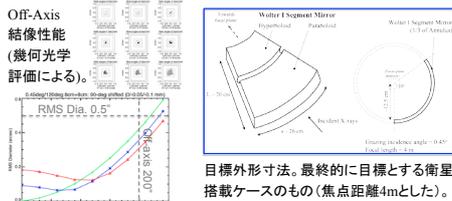
- 従来の高空間分解能(サブ秒角)での高温コロナの軟X線撮像観測に向けて、高精度Wolterミラーの開発研究を進めている。
- 円環の一部(部分円環)を用いたミラーとすることで、ミラー表面への加工・計測のアクセスを容易とし、わが国の大学界・産業界に蓄積のあるナノ加工・ナノ計測技術を導入することで、太陽観測用サブ秒角Wolterミラーを短期・安価に国内製作する基盤技術の獲得をめざす。



斜入射ミラーによるサブ秒角コロナ観測の意義 斜入射ミラーによる高角分解能コロナ観測の流れ

II. 目標ミラー諸元

エネルギー帯:
0.5 ~ 10 keV
 HPD角分解能:
< 1秒角 (@2keV, 8keV)
 低散乱性:
Off-axis 1分角で
PSFピークの $\leq 10^{-5}$
(@8keV)
 幾何学的面積:
1.5 cm²程度 (TBD)



目標外形寸法。最終的に目標とする衛星搭載ケースのもの(焦点距離4mとした)。

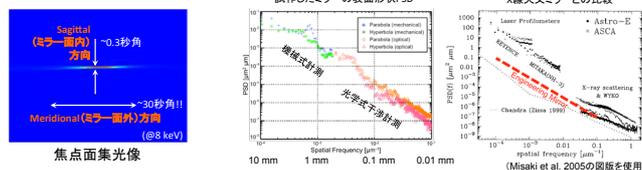
- 本研究で目標とするミラー諸元を上に表示。特徴は:
 - ✓ Chandraと同程度の高精度ミラーの国産開発
 - ✓ 太陽フレア粒子の非熱化過程解明の鍵を握る、~10 keVまでのエネルギーカバレッジ
 - ... 光子計測型検出器との組み合わせで太陽フレア観測に新機軸
 - ✓ 過去最高レベルの低散乱光レベル

III. FY2013初回試作ミラーの計測



初回試作ミラー(FY2013)

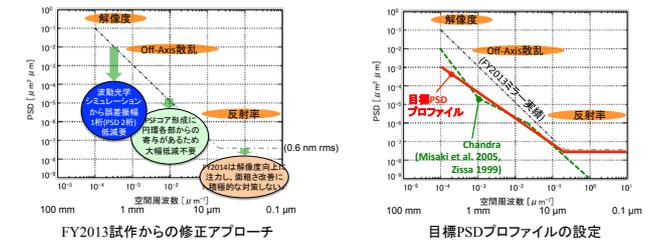
- 2013年11月にSPRING-8/BL29XULにて初回試作ミラーの平行X線ベンシルビーム(8-10keV)による集光性能計測を実施。
- 焦点面(焦点距離4 m)で、ミラー面内方向へは~0.3秒角まで集光できているが、面外方向は~30秒角にしか集光できていないことが判明。
- ミラー表面の形状誤差は10-20 nm P-V程度であったが、空間スケール~1 mm前後の形状スロープエラーによって集光性能が損なわれていることを特定。



試作したミラーの表面形状PSD X線天文ミラーとの比較

IV. FY2014修正アプローチ

- FY2014ミラー試作に先立ち、目標ミラー性能達成に必要な空間スケールごとの形状誤差の修正量を定め、研磨目標とする形状誤差のPSDプロファイルを設定した。
- 目標PSDプロファイルは、Chandraとほぼ同等となった。

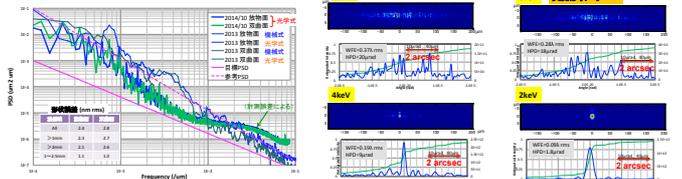


FY2013試作からの修正アプローチ

目標PSDプロファイルの設定

V. FY2014研磨進行状況

- 初回と同形状の第2試作ミラーを研磨中。現時点でステップ②まで完了。
 - ステップ①
 - ✓ 初期研磨(含MRF)
 - ✓ 複数の計測機器間の相互性能比較と計測適用限界の評価
 - ステップ①での実測PSDプロファイルと、形状データを用いた波動光学計算で予想される焦点面集光強度分布を下に示す。
 - 初回ミラーの形状誤差を全空間スケールですでにほぼ上回っている。
 - ~4 keVまでの低エネルギーX線に対しては、ある程度の集光性能が期待できるが、高エネルギー側では集光性能がまだ不十分。
 - 1 mm以上の空間スケールで、誤差振幅をステップ①の1/2~1/4に低減する必要あり。
 - ステップ②
 - ✓ 平滑化研磨の適用
 - ✓ 全空間スケールにわたって信頼できる計測データ統合方式の設定。
 - ステップ③
 - ✓ 統合計測データに基づく修正MRF研磨
- この後、Ptコーティングを経て、本年2月にSPRING-8にてX線評価計測を行なう予定。



ステップ①段階での形状誤差PSDプロファイル

波動光学計算によるステップ①段階の予想集光強度分布

VI. 今後の方向性とまとめ

- 今年度は目標形状に向けた表面創成に注力し、次年度以降、ミラーの大型化(高精度表面の円周方向への拡大)の技術獲得を図る。
- 将来的にロケット実験(NASA観測ロケット等)を経て、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。