

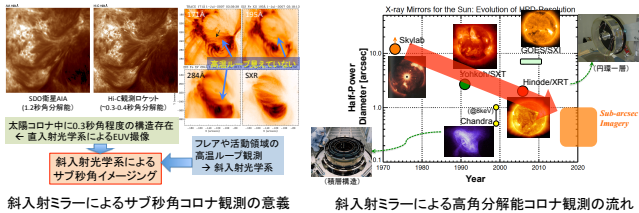
P-185: 太陽観測に向けた高精度サブ秒角Wolterミラーの開発研究

坂尾太郎^{*1}, 松山智至², 後藤拓実², 西原明彦², 中森紘基², 山内和人², 木目歩美¹, 香村芳樹³, 三宅明⁴, 橋爪寛和⁵, 前沢忠和⁵, 末松芳法⁶, 成影典之⁶

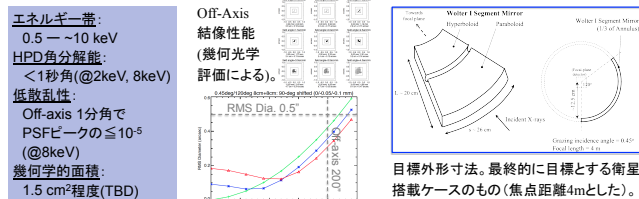
* e-mail: sakao@solar.isas.jaxa.jp ; 1: JAXA, 2: 大阪大学・工学研究科, 3: 理研/SPring-8, 4: キヤノン, 5: 夏目光学, 6: 国立天文台

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。



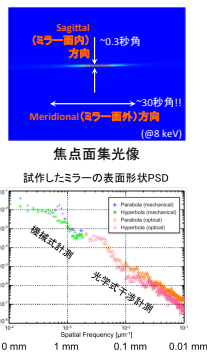
II. 目標ミラー諸元



- 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レベル

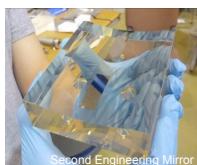
III. ミラー試作研究の経緯

- 2013年11月にSPring-8/BL29XULにて初回試作ミラーの平行X線ペンシルビーム(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劣化。
- 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要修正量を定め、研磨目標とする形状誤差のPSDプロファイルを設定した。その上で、研磨加工を実施。

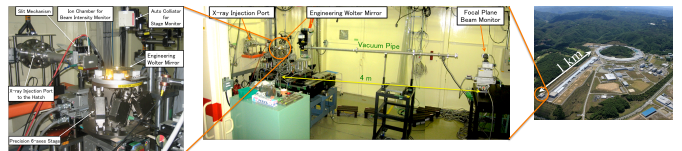


IV. FY2014 試作ミラー

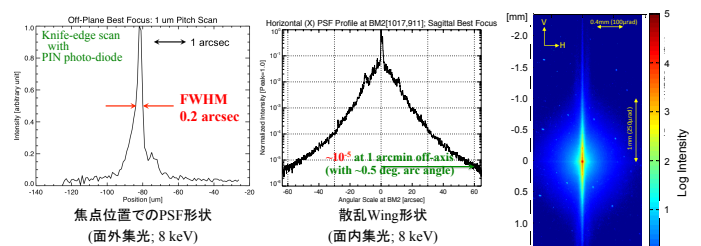
- FY2014ミラー試作方針に基づき、放物面・双曲面の各面それぞれ3.5cm(光軸方向) × 1cm(幅方向)の領域を精密研磨。
- 斜入射角0.45°、焦点距離4m。
- 反射面は、Pt 100nm+Cr 10nmのコーティング。
- Deterministic polishing (MRF) + 平滑化研磨。



V. FY2014 ミラーのX線計測結果



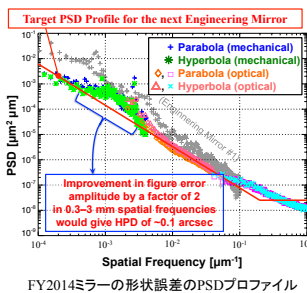
- SPring-8/BL29XULにて8-10 keV X線を用いて結像性能評価を実施(2015年2月)。ほぼ平行かつコヒーレントなX線照明。



- 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コア周辺の散乱成分により、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 $\sim 10^{-5}$ 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)。

VI. FY2015 改良方針

- FY2014試作研磨では、ほぼ全空間周波数帯にわたって形状誤差が低減したが、~1 mm⁻¹前後の帯域の改善はまだまだ十分でなく、これにより、HPDはサブ秒角に達していない。
- FY2015の改良は、1 mm⁻¹周辺(空間スケール~0.3~3 mm)を重点的に実施し、HPDでもサブ秒角の角分解能をめざす。



- 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Meridional方向のsagずれが最大~7 nmあることに対応する(設計値より曲率半径が小さい)。FY2015の改良研磨でこのsag補正を行うとともに、来年度以降の、コーティング厚で補正するアプローチも検討中。

VI. 今後の方向性とまとめ

- 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)とミラー精密保持の技術獲得を図る。
- 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。