

部分日食とリムフレアイベントを用いた太陽観測衛星

Hinode/XRTのミラー散乱成分の評価

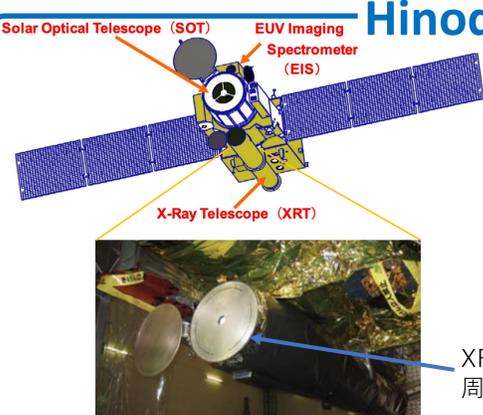
加島颯太^{1,2}, 坂尾太郎¹, 武田秋³, 吉村圭司³, 成影典之⁴, 佐藤慶暉^{4,5}, 清水里香^{1,5}

1. ISAS 2. 関学大 3. モンタナ州立大 4. NAOJ 5. 総研大

概要

太陽観測衛星Hinode搭載のX線望遠鏡XRTでは、ミラーの形状誤差や表面粗さの存在により、結像点の周囲に散乱成分が存在するため、焦点面像には散乱X線が混入する。太陽面上の明るい領域から混入する散乱X線の量を正確に評価することは、例えばコロナホールのような暗い領域や、X線で明るい構造のすぐ近くの暗い構造を観測する上で重要となる。我々はXRTで観測した部分日食データとリムフレアデータを用いてミラー散乱成分の評価を行い、ミラーメーカーの形状計測データから推定されるミラー性能に対して、XRT観測結果から得られるミラー性能は、推定されるそれよりも散乱量が多いことを初めて確認した。また、その解析結果を、太陽から来るX線の単位面積あたりのエネルギーフラックスである irradiance の見積りに用いる研究をモンタナ州立大学と共同で進めている。Irradiance はXRT全面像の1.1太陽半径以内に含まれる観測強度を用いて算出しているが、焦点面CCDの視野サイズの制約から1.1太陽半径以遠から届いているはずのフラックスは考慮していない。そこで、全体のirradianceに対して見積りを1.1太陽半径に限定していることが及ぼす影響(Takeda & Boland, 2024)と、太陽全体のirradianceに対する散乱成分の影響の2点を調査した。

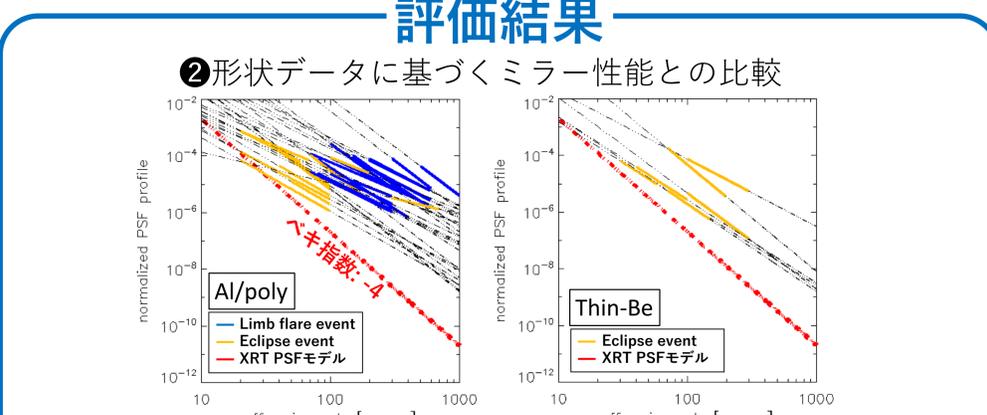
Hinode / XRT



Outline of XRT	
Optics	Grazing incidence optics(Wolter type-I)/diameter 34cm /focal length 270cm
Wavelength	4~300Å
Filter	9 X-ray analysis filters
Detector	Back illuminated CCD(2048 x 2048 pixel)
Spatial resolution	1arcsec/pixel
Field of view	35' x 35' (apparent diameter of the Sun ~32')

XRT全面に取り付けられたサンシールド。周辺の細い円弧状の隙間が軟X線の開口部。

評価結果



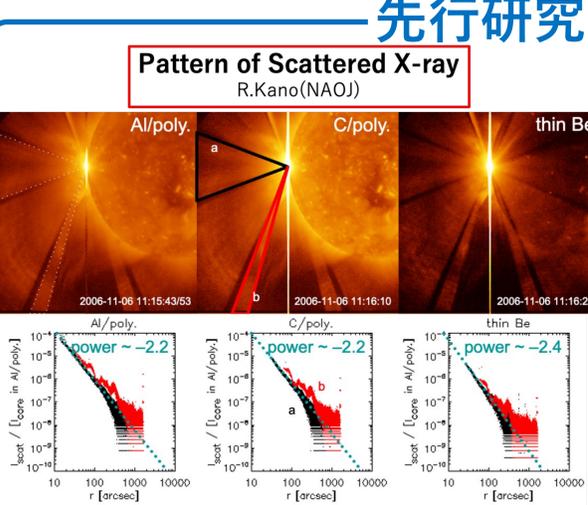
②形状データに基づくミラー性能との比較

- Al/poly: Limb flare event (blue), Eclipse event (yellow), XRT PSFモデル (red dashed)
- Thin-Be: Eclipse event (yellow), XRT PSFモデル (red dashed)

ベキ指数: -4

先行研究

Pattern of Scattered X-ray R.Kano(NAOJ)



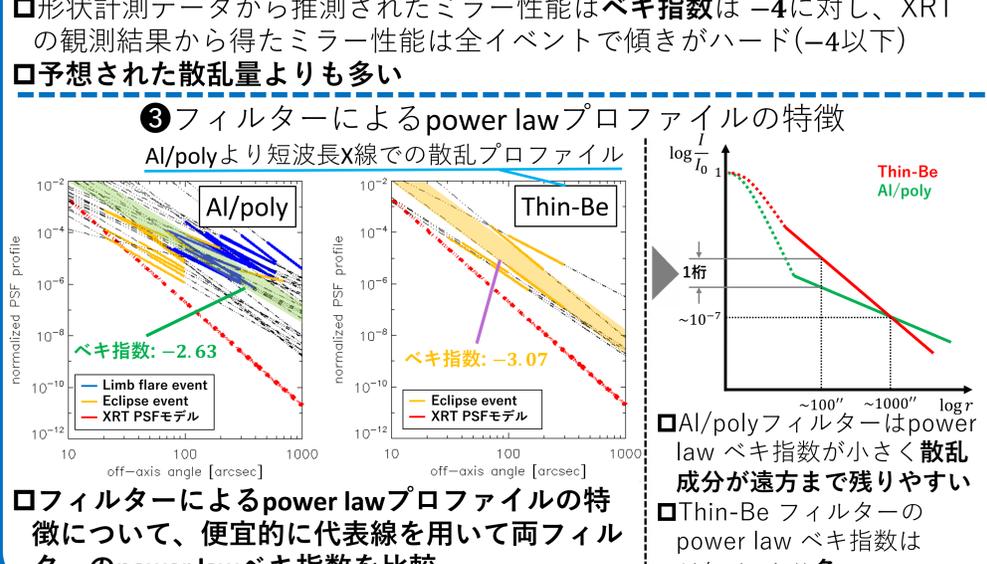
- 散乱強度はpower lawに従って低下
- ベキ指数: ~ -2
- 相対intensity: $10^{-4} \sim 10^{-8}$ @ $r = 10'' \sim 1000''$

XRTミラーの散乱性能を統計的に調査した研究は今までに存在しない

- 散乱成分の傾向
- 推定されたミラー性能との比較

③フィルターによるpower lawプロファイルの特徴

Al/polyより短波長X線での散乱プロファイル



- Al/poly: Limb flare event (blue), Eclipse event (yellow), XRT PSFモデル (red dashed)
- Thin-Be: Eclipse event (yellow), XRT PSFモデル (red dashed)

ベキ指数: -2.63 (Al/poly), -3.07 (Thin-Be)

①形状計測データから推定されたミラー性能はベキ指数は-4に対し、XRTの観測結果から得たミラー性能は全イベントで傾きがハード(-4以下)

②予想された散乱量よりも多い

- フィルターによるpower lawプロファイルの特徴について、便宜的に代表線を用いて両フィルターのpower lawベキ指数を比較
- Al/poly フィルターはpower law ベキ指数が小さく散乱成分が遠方まで残りやすい
- Thin-Be フィルターのpower law ベキ指数はAl/poly より急

解析イベント

① 2種類のイベントで散乱成分を解析

- 月が太陽を隠して影になっている部分を利用して散乱成分のみを観測できる
- 太陽面上の明るい領域からごく近傍(数十秒角程度)の散乱成分を知ることができる

※ Eclipse event: 月が太陽を部分的に隠しているイベント
Limb flare event: 太陽のリムで起きたフレアから散乱が見えているイベント

- 太陽のディスク周辺に散乱成分+コロナ構造が重なるため、その領域での評価が困難
- フレアコアから離角の大きい領域の散乱成分を知るのに有効

② 透過波長の異なる2種類のフィルターでイベントを探索

Filter	Eclipse	Limb flare
Al/poly	9例	6例
Thin-Be	6例	-

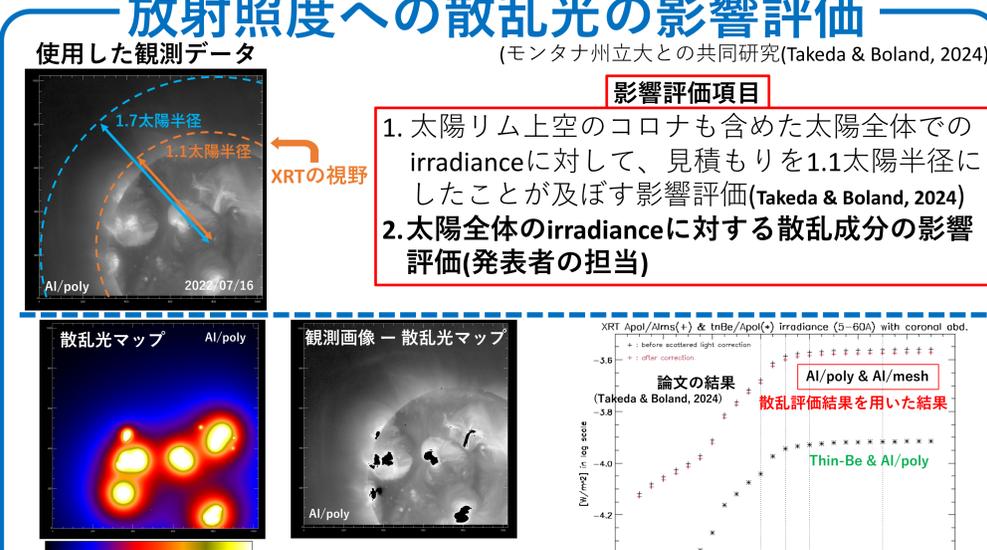
Thin-Beの方が短波長のX線を透過

放射照度への散乱光の影響評価

使用した観測データ (モンタナ州立大との共同研究(Takeda & Boland, 2024))

影響評価項目

- 太陽リム上空のコロナも含めた太陽全体での irradiance に対して、見積りを1.1太陽半径にしたことが及ぼす影響評価(Takeda & Boland, 2024)
- 太陽全体のirradianceに対する散乱成分の影響評価(発表者の担当)



活動領域 = 3000DNを超えるピクセル

- 散乱光マップを作成
- 観測画像 - 散乱光マップ
- Irradianceを再度計算

散乱成分を考慮しても論文の結果とほぼ変化がないことを確認した

論文の結果 (Takeda & Boland, 2024)

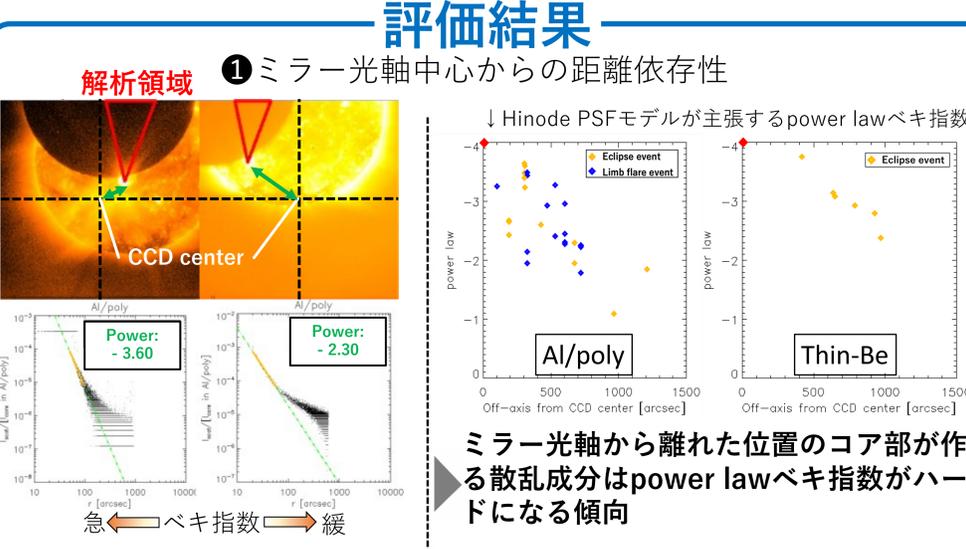
Filter	0.761	0.936	0.973	0.993	1.0
Al/poly/Almesh (散乱成分を考慮せず)	0.761	0.936	0.973	0.993	1.0
Al/poly/Almesh (散乱成分を考慮した)	0.768	0.938	0.972	0.994	1.0

散乱の影響: 0.2% (1.7太陽半径でノーマライズ)

評価結果

① ミラー光軸中心からの距離依存性

解析領域



↓ Hinode PSFモデルが主張するpower lawベキ指数

- Al/poly: Power: -3.60
- Thin-Be: Power: -2.30

ミラー光軸から離れた位置のコア部が作る散乱成分はpower lawベキ指数がハードになる傾向

急 ← ベキ指数 → 緩

まとめ & 今後の展望

- ミラーメーカーの形状計測データから推定されるミラー性能に対して、XRT観測結果から得られるミラー性能は、推定されるそれよりも散乱量が多いことを初めて確認(なお、散乱の方向依存性のないことも調査済み)
- ミラー散乱成分へのXRT irradiance評価への調査をし、散乱成分を考慮しても論文の結果とほぼ変化がないことを確認した
- Thin-Beフィルターのリムフレアイベント探索
- Al/meshフィルターでのイベント探索(解析ではAl/polyフィルターと同様のPSFを持つと仮定)
- 太陽リム上空のコロナを観測したデータは2023年にも存在し、影響調査を同様に行うことで解析数を増やす予定