

V324b 地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X 搭載望遠鏡の高温塑性変形プロセスの改善

小笠原勇翔, 沼澤正樹, 福島優, 世良直也, 江副祐一郎, 石川久美, 森下弘海, 森本大輝, 宮内俊英, 石牟礼碧衣, 菅野大二郎, 岡田知樹, 竹内優人 (都立大), 伊師大貴 (JAXA 宇宙研), 森下浩平 (九州大), 中嶋一雄 (東北大)

我々は地球磁気圏 X 線撮像衛星 GEO-X (GEOspace X-ray imager) に向けた X 線望遠鏡を開発している (Ezoe et al. 2023 JATIS)。MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術を用いて、厚さ $300\text{ }\mu\text{m}$ ・直径 10 cm の Si 基板に微細穴を形成し、その側壁を反射鏡として利用する。製作は、穴を開けるドライエッチング、鏡の平滑化・平坦化のためのアニールおよび化学機械研磨、球面への高温塑性変形、原子層堆積法による Pt 膜付け、2 枚の変形基板の組み立てによる Wolter I 型光学系の完成からなる (Numazawa et al. 2024 SPIE)。

我々はエンジニアリングモデルを開発して、Wolter I 型光学系を構成する 2 枚の基板それぞれに X 線を照射して球面変形の精度を定量評価した。その結果、球面変形後の基板の曲率半径は 1 段目設計値 $R_1 = 1000.00\text{ mm}$ に対して 1118.20 mm 、2 段目設計値 $R_2 = 333.33\text{ mm}$ に対して 366.08 mm と 10% 程度のズレが見られた。光線追跡計算で求めた要求精度は、1 段目の曲率半径 1000 mm に対して、2 段目の要求範囲が $329.61 \leq R_2 \leq 336.74\text{ mm}$ 、2 段目の曲率半径 333 mm に対して、1 段目の要求範囲が $961.66 \leq R_1 \leq 1046.41\text{ mm}$ と厳しく、改善を要する。そこで我々は変形治具の曲率半径を変えた条件出しを行った。この際に変形のたびに X 線試験で評価するのは時間がかかるため、基板の表裏の穴位置から鏡角度を見積もり、曲率半径を見積もる新手法を開発し、従来の X 線試験による手法と誤差の範囲で一致する結果を得た。そしてこの手法を用いた曲率半径の見積もりからフライトモデルに使用する変形治具の設計曲率を推定した。本講演ではこれらの開発の詳細について述べる。