

炭素繊維強化プラスチック製 X 線反射鏡の鏡面形成法の開発

Development of the mirror surface formation method of CFRP X-ray mirror

○ 前島 将人¹, 島 直樹¹, 松本 浩典¹, 三石 郁之¹, 宮澤 拓也¹,
粟木 久光², 杉田 聡司², 吉岡 賢哉² (1. 名大理、2. 愛媛大理)

○ Masato Maejima¹, Naoki Shima¹, Hironori Matsumoto¹, Ikuyuki Mitsuishi¹, Takuya Miyazawa¹, Hisamitsu Awaki², Satoshi Sugita², Kenya Yoshioka² (1.Nagoya-univ., 2.Ehime-univ.)

E-mail: m-maejima@u.phys.nagoya-u.ac.jp

X 線望遠鏡の多くは、放物面と双曲面に共焦点配置された反射鏡に 2 回反射させることによって結像集光する Wolter I 型斜入射光学系を採用している。次期 X 線天文衛星 ASTRO-H やすごく衛星の X 線望遠鏡は、アルミ基板を用いた薄い反射鏡を動径方向に多数並べた多重薄板型を採用し、製作上簡単のため反射鏡の二次曲面を円錐近似している。この種類の望遠鏡は軽量かつ高い集光力をもつ一方で、薄い基板の形状精度や反射鏡の位置決め誤差、円錐近似の影響で結像性能が 1.5 分角程度に制限される。次世代 X 線望遠鏡には高い集光力を保持したまま結像性能の向上が要求される。そこで本研究ではアルミの 7 倍の比強度と 1/8 の熱膨張率を持ち、かつ成形の自由度の高い炭素繊維強化プラスチック (以下 CFRP) を基板材料として、完全な Wolter I 型を再現した二段一体型反射鏡の開発を行っている。

CFRP 反射鏡開発の課題の一つとして鏡面形成方法がある。X 線反射鏡には表面粗さに 0.5 nm (Rq) 以下が要求されるため、ASTRO-H 衛星やすごく衛星の X 線反射鏡は金属膜を成膜したガラス母型と基板をエポキシ樹脂を用いて接着し、基板を金属膜ごと離型することで滑らかな鏡面を形成するレプリカ法を採用している。CFRP 基板表面は炭素繊維構造が浮き出るため、CFRP 反射鏡の鏡面形成方法としてはその構造をエポキシ層で埋めることができるレプリカ法が適していると言える。また、レプリカ法で製作された反射鏡はガラス母型の形状を写し取るため、高形状精度 CFRP 反射鏡を製作するためには基板だけでなくガラス母型にも高い形状精度が要求される。これまでに Wolter I 型に研削したガラス母型を用いて反射鏡製作し、母線形状精度 RMS~1.1 μm を達成した。しかし一方で、各径の反射鏡ごとのガラス母型の研削研磨は多大な時間と費用がかかり、現実的でない。そこで今回、母型の研削研磨を必要としない方法として、研削ガラスに滑らかな表面を持つ薄板ガラスを巻き付けた母型を用いて鏡面形成を試みた (図 1 右)。結果、薄板ガラスを用いたレプリカ法により反射鏡の製作に成功した (図 1 左)。しかし、その母線形状精度 (RMS~5.7 μm) に課題が残り、形状劣化の主な原因は両面カプトンテープを用いた母型への薄板ガラスの貼り付け精度 (RMS~4 μm) であることが分かった。本講演では、薄板ガラスを用いた鏡面形成方法で製作した CFRP 反射鏡の形状劣化要因とその主な原因である薄板ガラスの貼り付け精度の改善策を議論する。

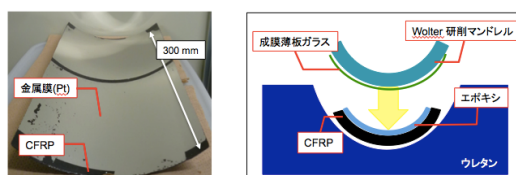


図 1: Left: the CFRP X-ray mirror made by using the glass coated mandrel. Right: the mirror surface formation method of CFRP X-ray mirror.