

X線望遠鏡用反射鏡の 表面形状向上の研究

宇宙物理実験研究室

大熊 隼人

X線反射鏡の製作工程

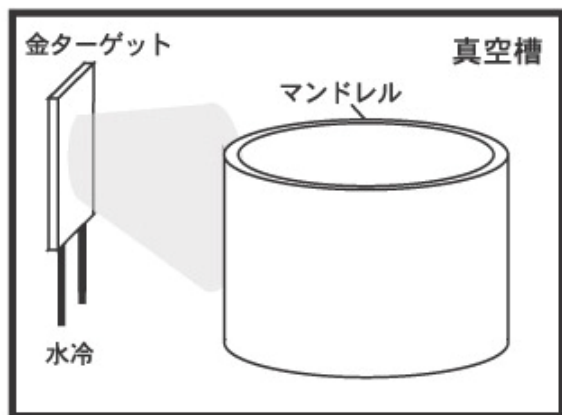
- 反射鏡基板の製作

- 反射鏡面の製作

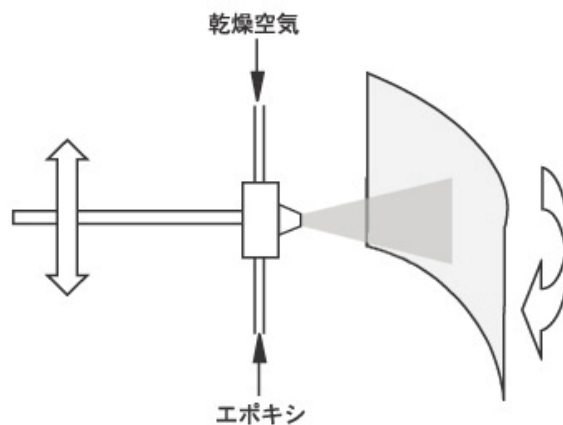
レプリカ法を採用している。

└→ 表面形状の良いガラスに反射膜（金）を蒸着し、エポキシ樹脂などの接着剤を用いて、反射鏡基板に反射膜を写し取る方法である。

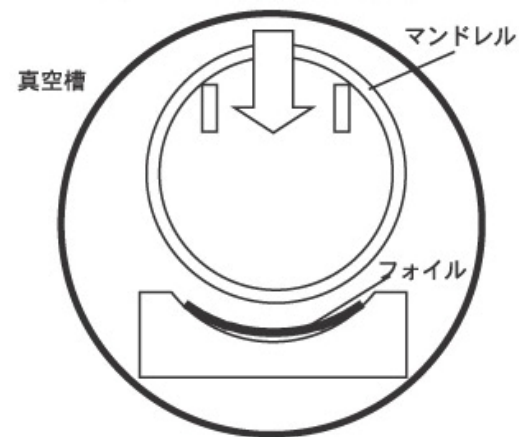
レプリカ法の手順



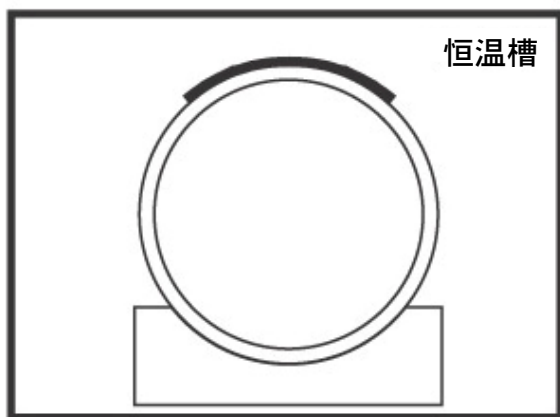
1. マンドレルに金を成膜



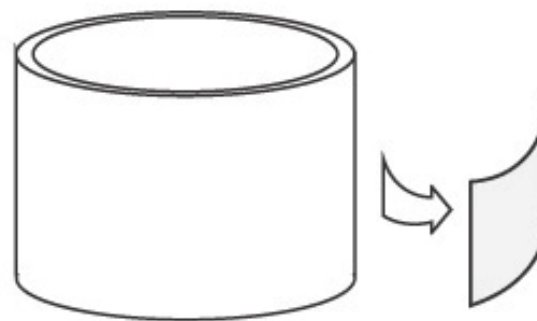
2. エポキシ噴霧



3. 真空圧着



4. エポキシ硬化



5. 剥離

X線望遠鏡の反射鏡

マンドレル

反射膜(金)

エポキシ

基板

反射鏡圧着時の断面図

ここを測定する!

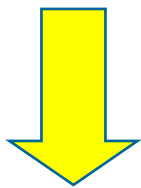
母線

(101.6mm)

反射鏡

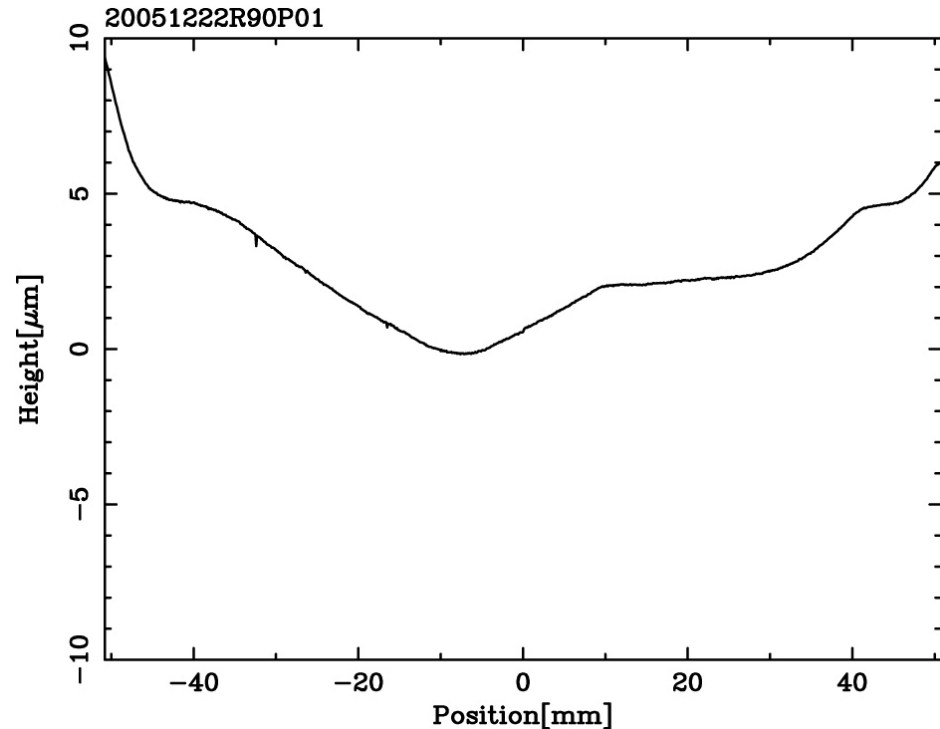
反射鏡の表面形状

理想的な反射鏡の表面
はフラットなのだが...



実際にはうねりが
生じてしまう

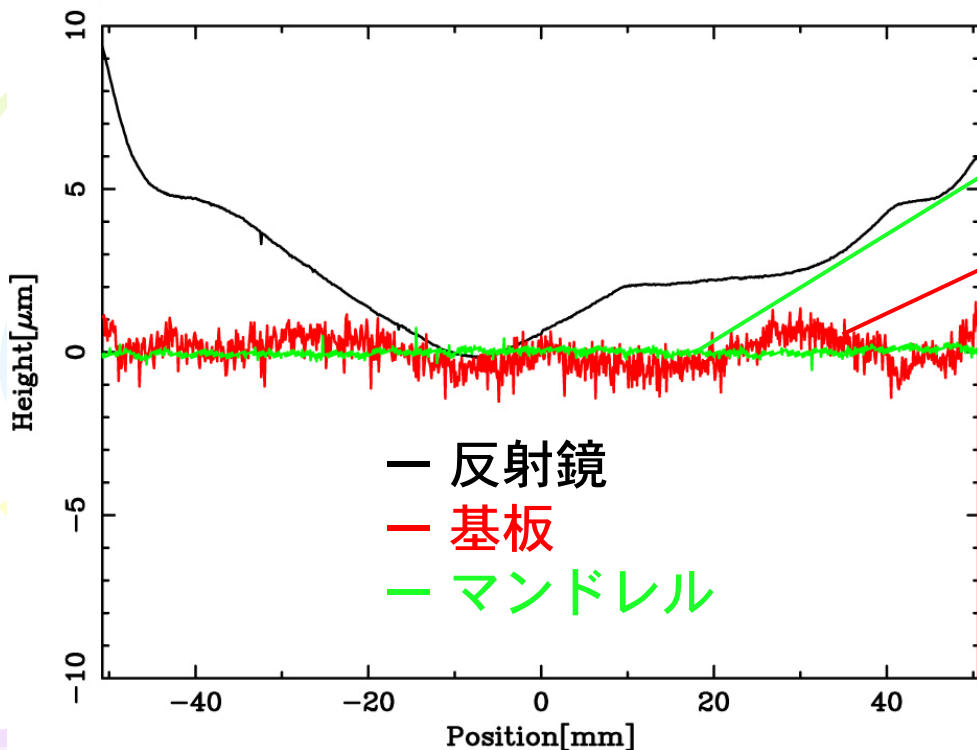
20 μ
(高さ)



101.6mm
(位置)

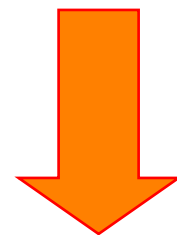
このうねりはなぜできるのか？

表面形状悪化の原因追及



マンドレル
金
エポキシ
基板

金の形状
基板の形状 } フラット



エポキシが原因では？

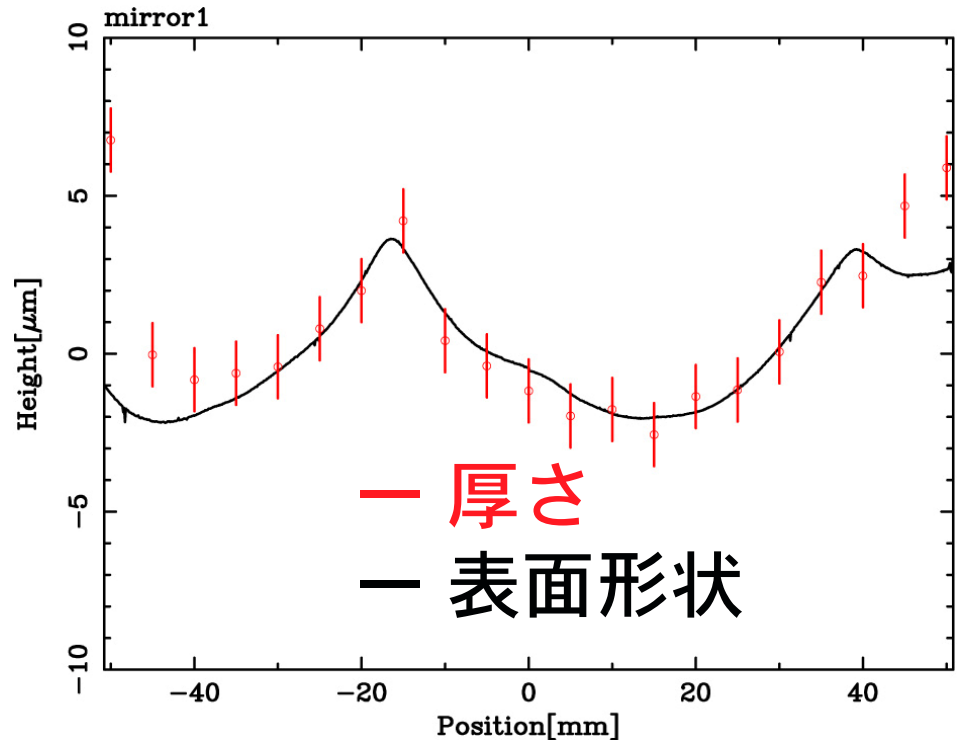
反射鏡の表面形状と厚さの関係

金($0.2\ \mu\text{m}$)

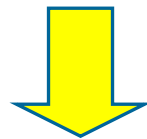
エポキシ($20\ \mu\text{m}$)

基板($150\ \mu\text{m}$)

反射鏡断面図



反射鏡のうねりの原因 → エポキシの厚さムラ



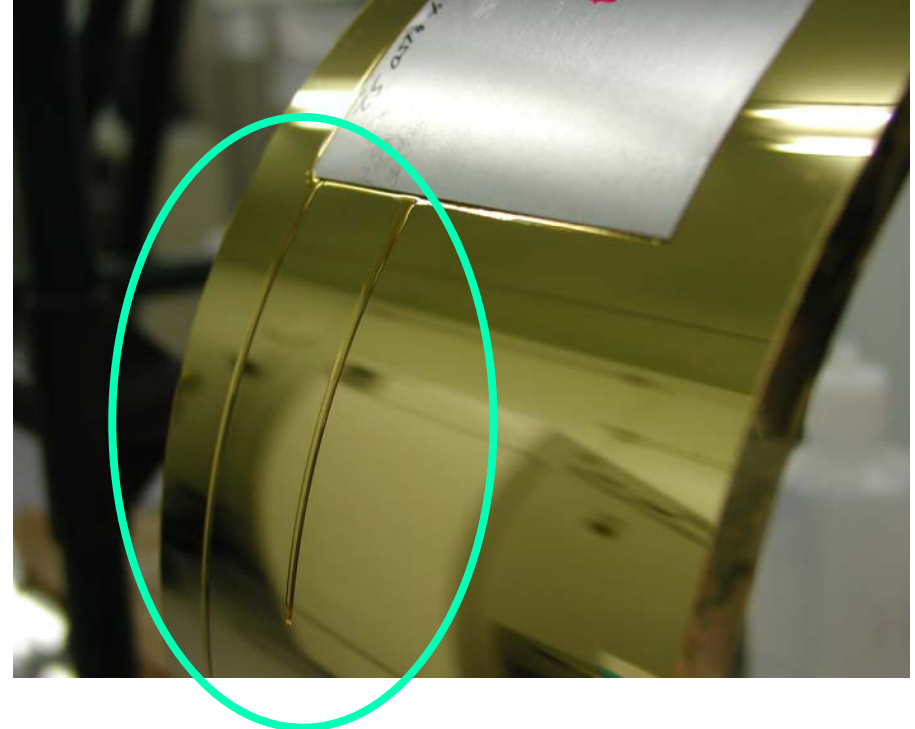
エポキシの厚さの均一化を目指す

エポキシを均一にするには？

- エポキシが硬化時に垂れてくることによって厚さの均一性が失われていると考えられる



エポキシをあらかじめある程度硬めてからスプレーしてみよう！



エポキシが基板の端から垂れている

エポキシの硬化方法

A 剤

B 剤

エポキシ

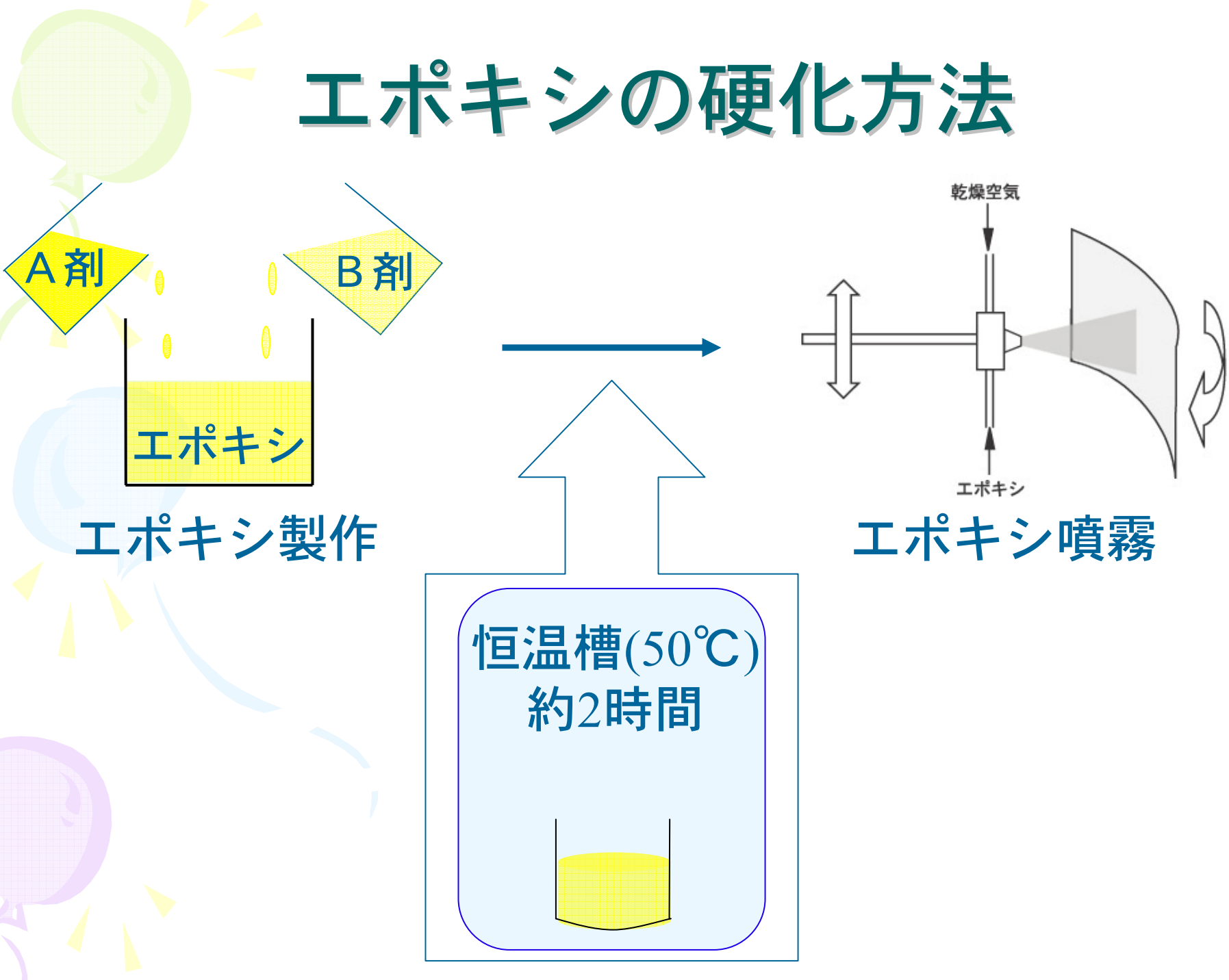
エポキシ製作

恒温槽(50℃)
約2時間

乾燥空気

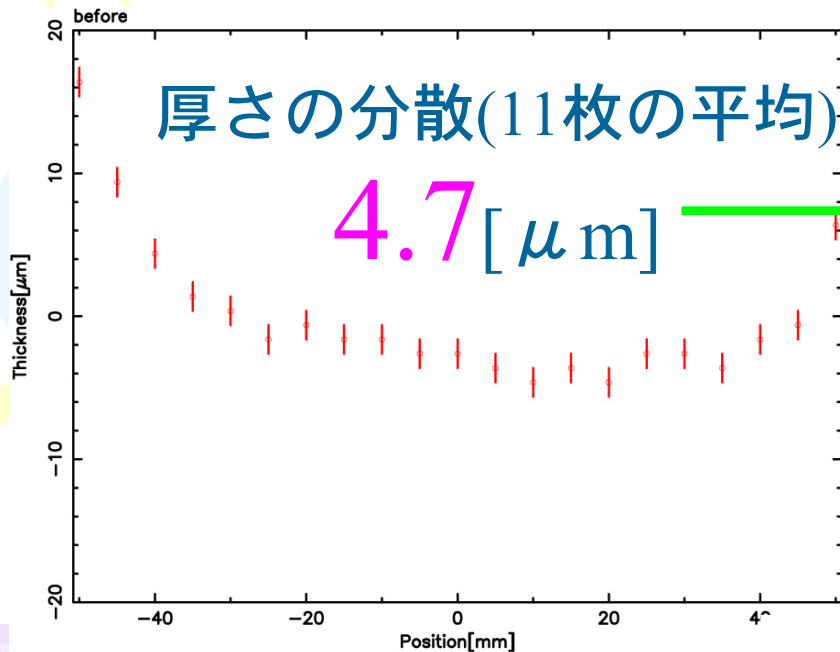
エポキシ

エポキシ噴霧

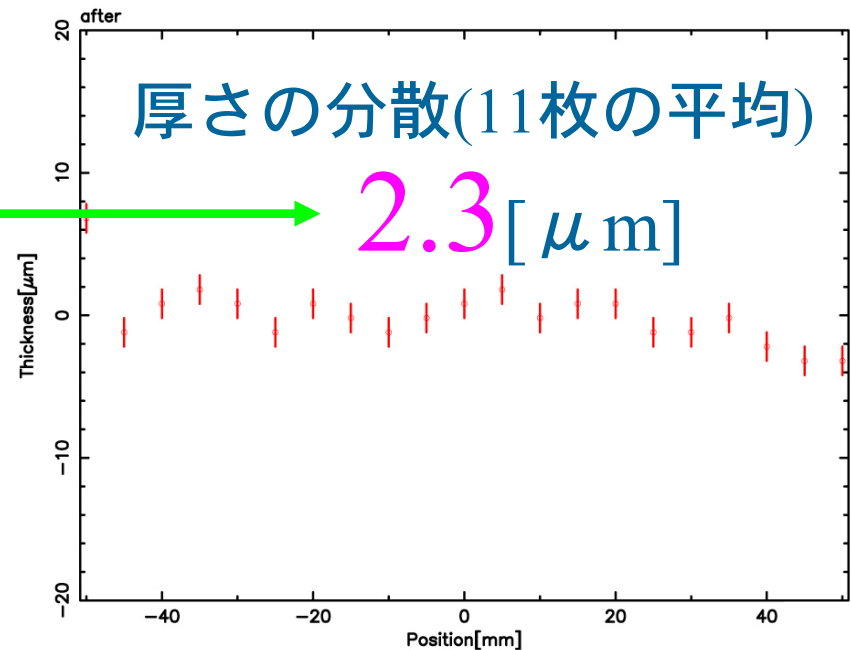


エポキシの厚さムラの改善

従来のエポキシで作った
反射鏡の厚さ



硬いエポキシで作った
反射鏡の厚さ

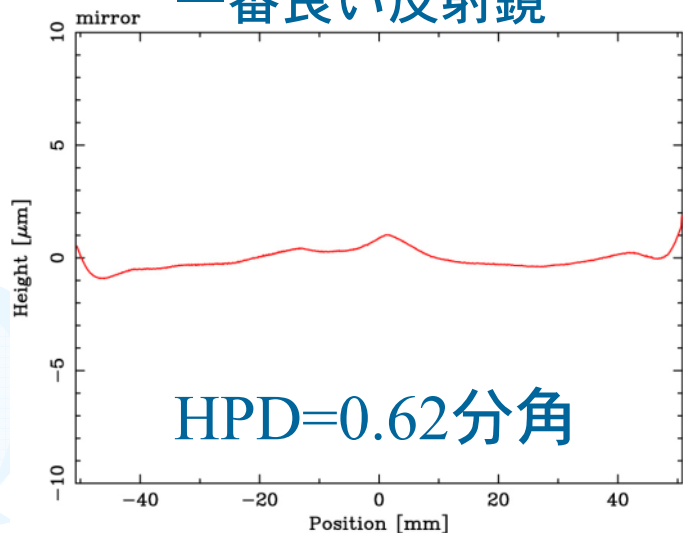


厚さムラが従来の50%以下に改善！

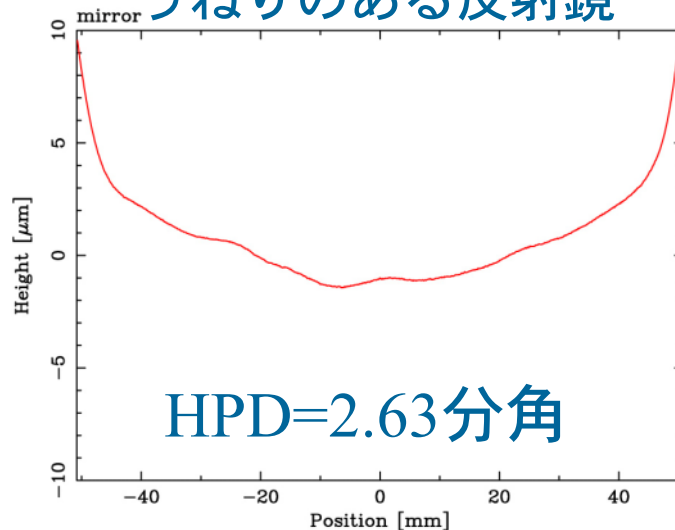
すざく衛星の反射鏡との比較

今回製作した反射鏡

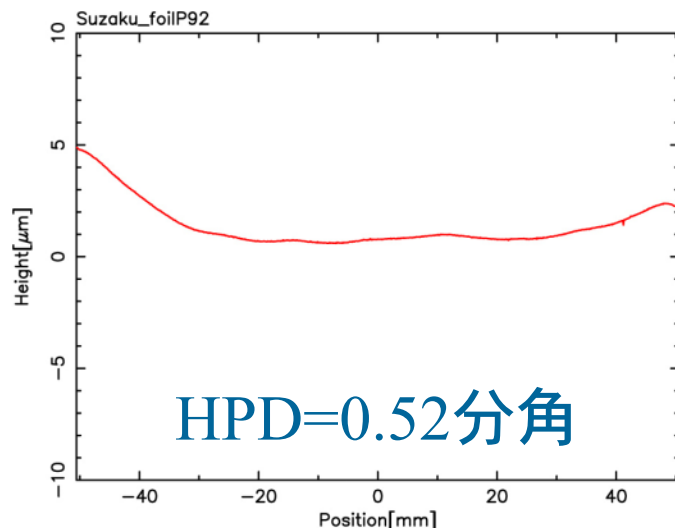
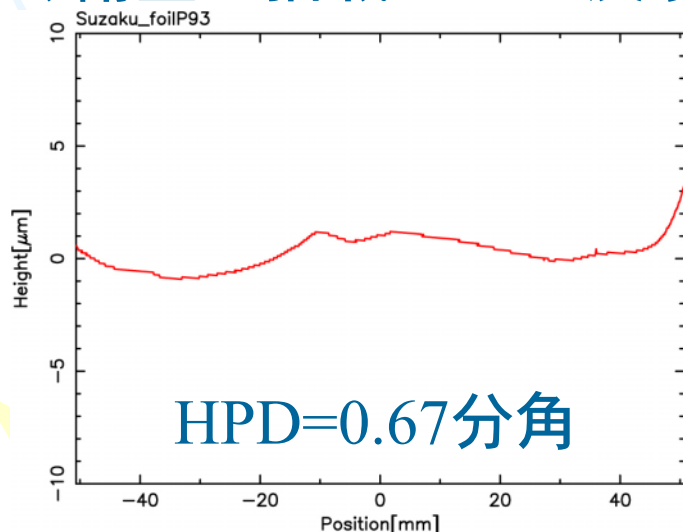
一番良い反射鏡



うねりのある反射鏡



すざく衛星に搭載された反射鏡



まとめ

- 反射鏡の表面のうねりの原因の一つがエポキシの厚さムラであることを突き止めた。
- エポキシをある程度硬めてから基板にスプレーすることにより、厚さのムラを抑えることができた。
(厚さの分散 $4.7\ \mu\text{m}$ → $2.3\ \mu\text{m}$)
- エポキシの厚さムラを抑え、表面形状の良い反射鏡の製作が可能になったが、常に良い反射鏡ができるわけではないため、更なる工夫が必要である。