



レプリカ法による X線望遠鏡の反射鏡製作

目次

多重薄板型X線望遠鏡

レプリカ法とは

反射鏡の評価

現状と課題

2004年 3月 2日

東京都立大学理学部物理学科

宇宙物理実験研究室

清水 智央

共同実験者 井上 智暁

早川 彰 (都立大)

伊藤 啓 (宇宙研)

ISAS XRT チーム

多重薄板型X線望遠鏡

- X線の集光

- 屈折率が1
わずかに異なる

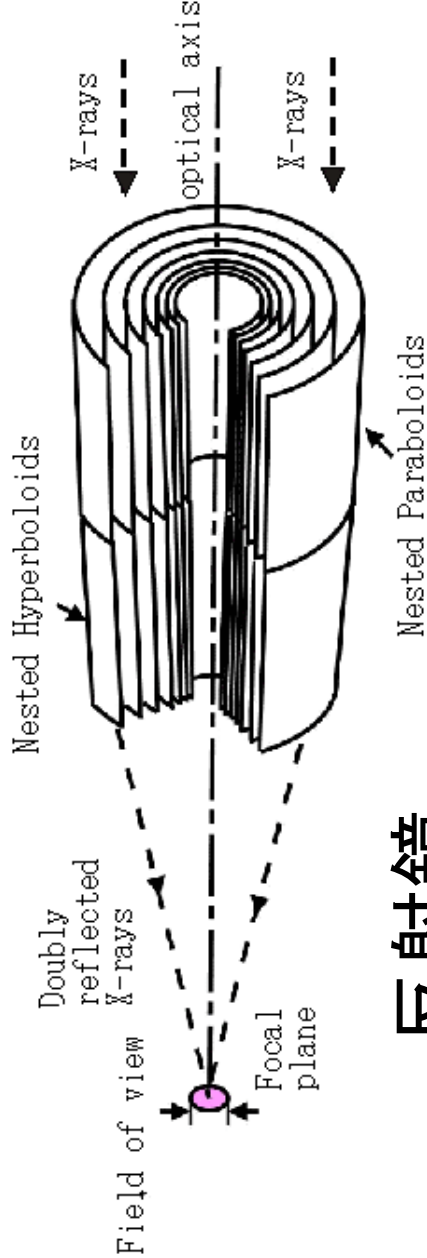
厚さ 約 $180\mu\text{m}$
積層枚数 約175枚

- 大きさの制限と集光力

開口効率が重要
反射鏡を薄く、多数積層

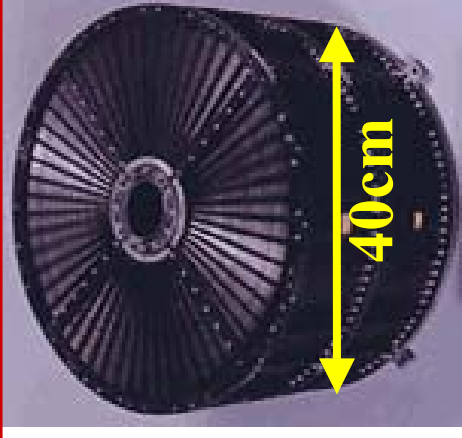
- レンズで集光不可

- 斜入射光学系



反射鏡

多重薄板型望遠鏡

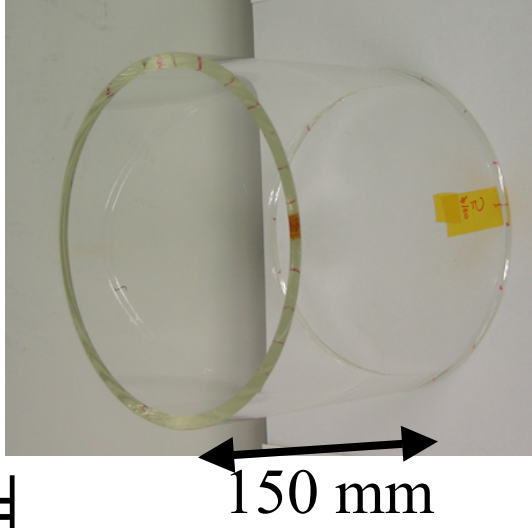
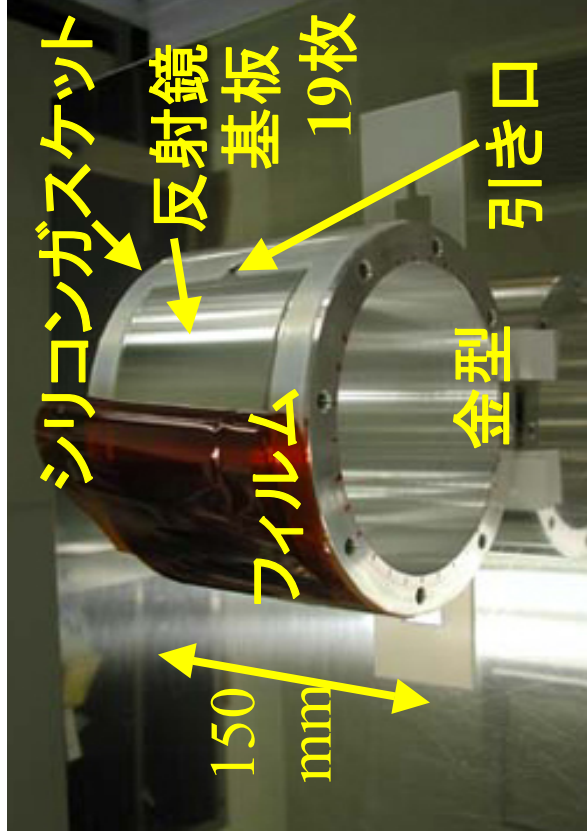


薄くて加工困難 → 母型を写し取るレプリカ法

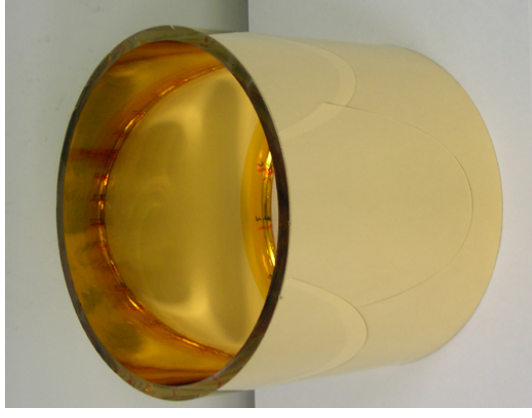


レプリカ法の工程(1)

- ・ 反射鏡基板
(アルミ)の成形
 - － 加熱して成形
 - ・ 基板を円錐形に成形
 - ・ 真円度、母線形状の補正
 - ・ 反射物質の成膜
 - － ガラス母型
- 蒸着
- ↓
- － 反射物質(金)の膜



蒸着前

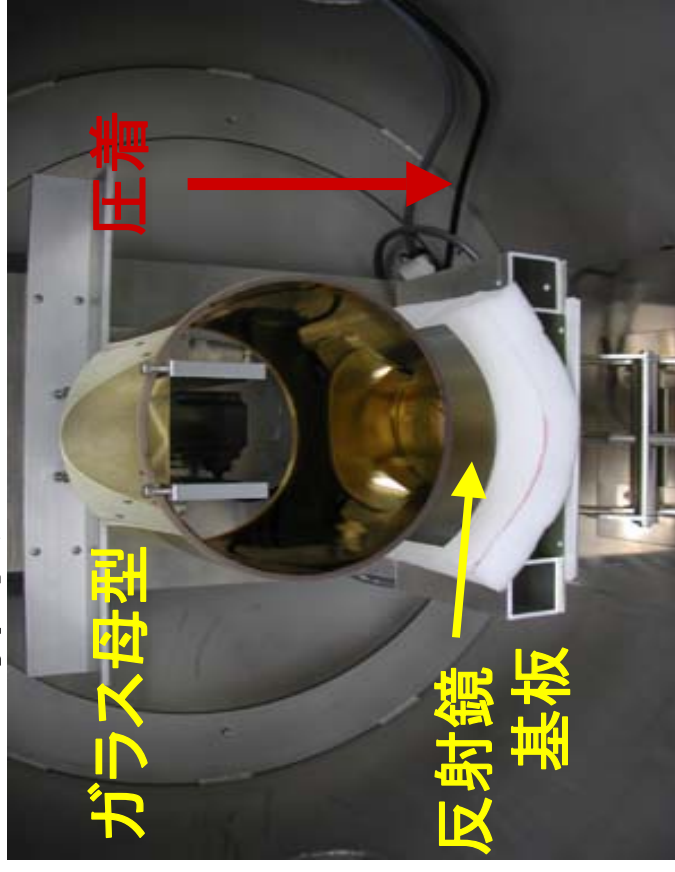
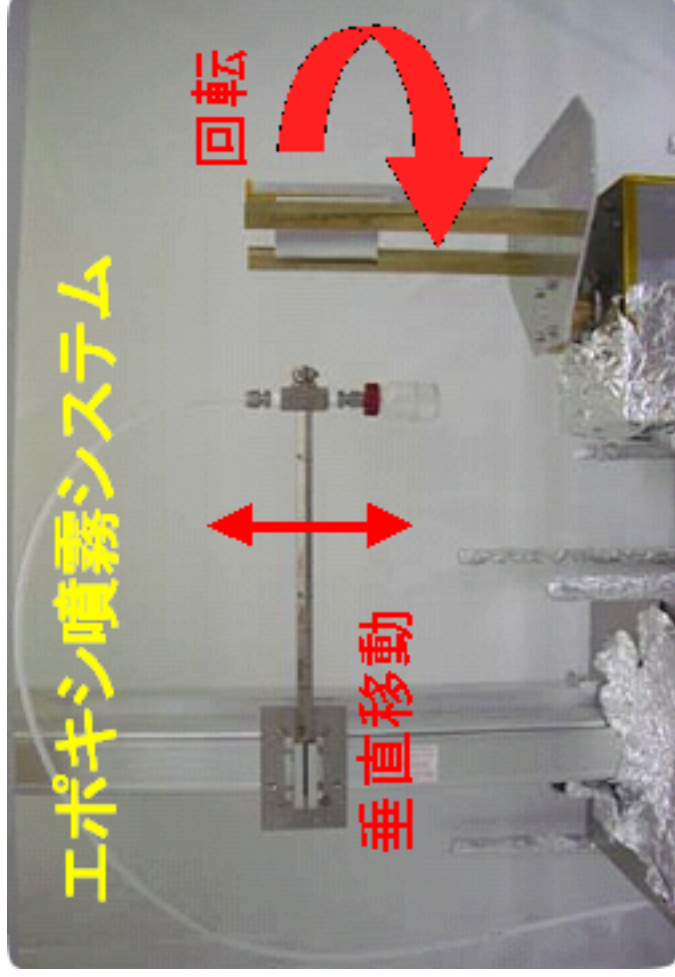


蒸着後

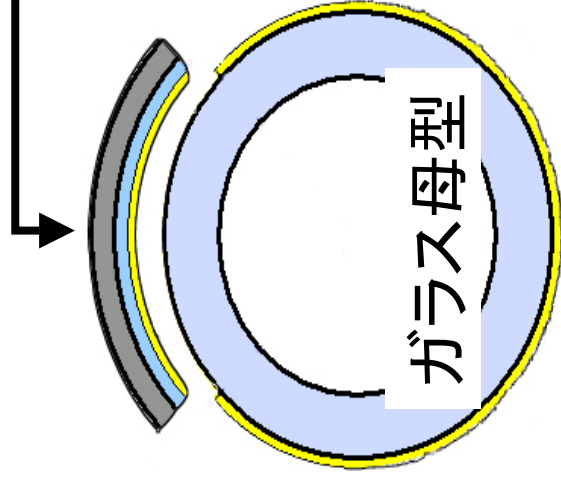


レプリカ法の工程(2)

- エポキシ接着剤噴霧
 - － 基板にエポキシ噴霧
 - － 重さでエポキシ量調節
- 基板と膜の圧着
 - － 真空槽中で圧着
 - － 恒温槽中で50℃
5時間以上



レプリカ法の工程(3)



反射鏡

反射鏡基板

($150\text{ }\mu\text{m}$)

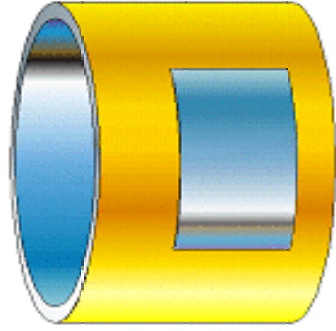
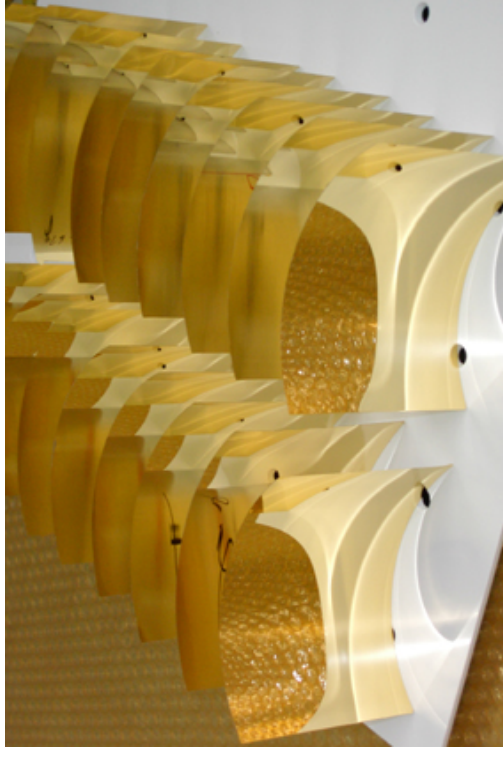
エポキシ

($25\text{ }\mu\text{m}$)

金

($0.2\text{ }\mu\text{m}$)

- 反射鏡の剥離
 - 剥離法の工夫
 - 約100枚製作

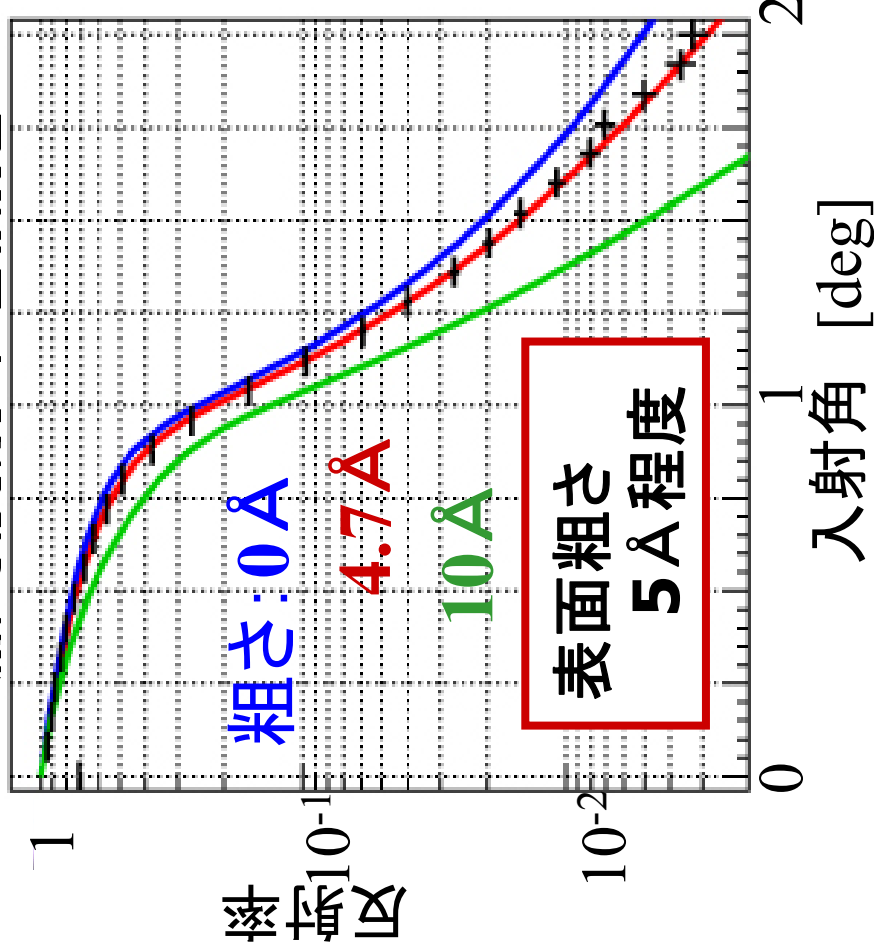




反射鏡の評価

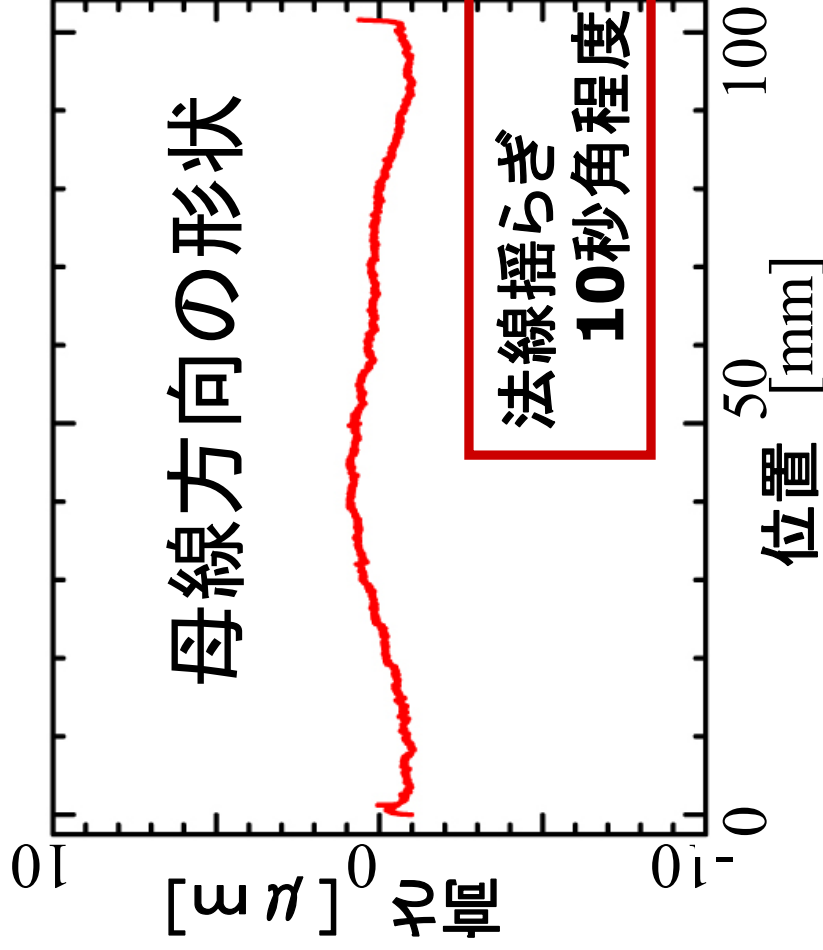
- 表面粗さの測定

— X線で反射率を測定



- 母線形状の測定

— レーザー変位計



現状と課題

- 反射鏡の性能

- 表面粗さ
- 母線形状

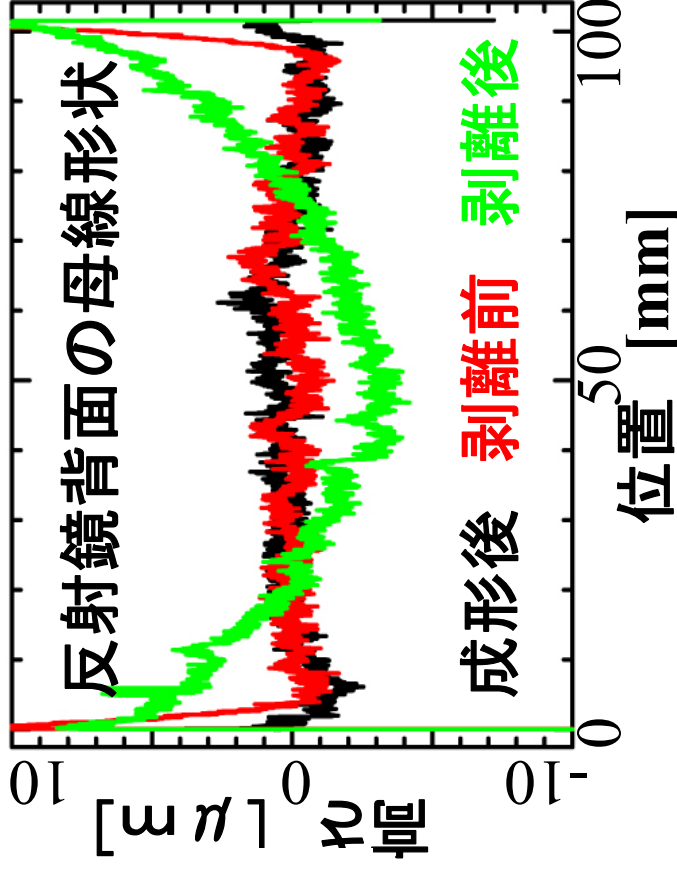
来年2月、日本で打ち上げ予定のX線天文衛星



Astro-E2衛星

フライトモデルの反射鏡と同程度の性能を実現

- 今後の課題



剥離時に
ゆがめている

- ・剥離法の改善
- ・基板材質
- ・金と母型の関係

補足1

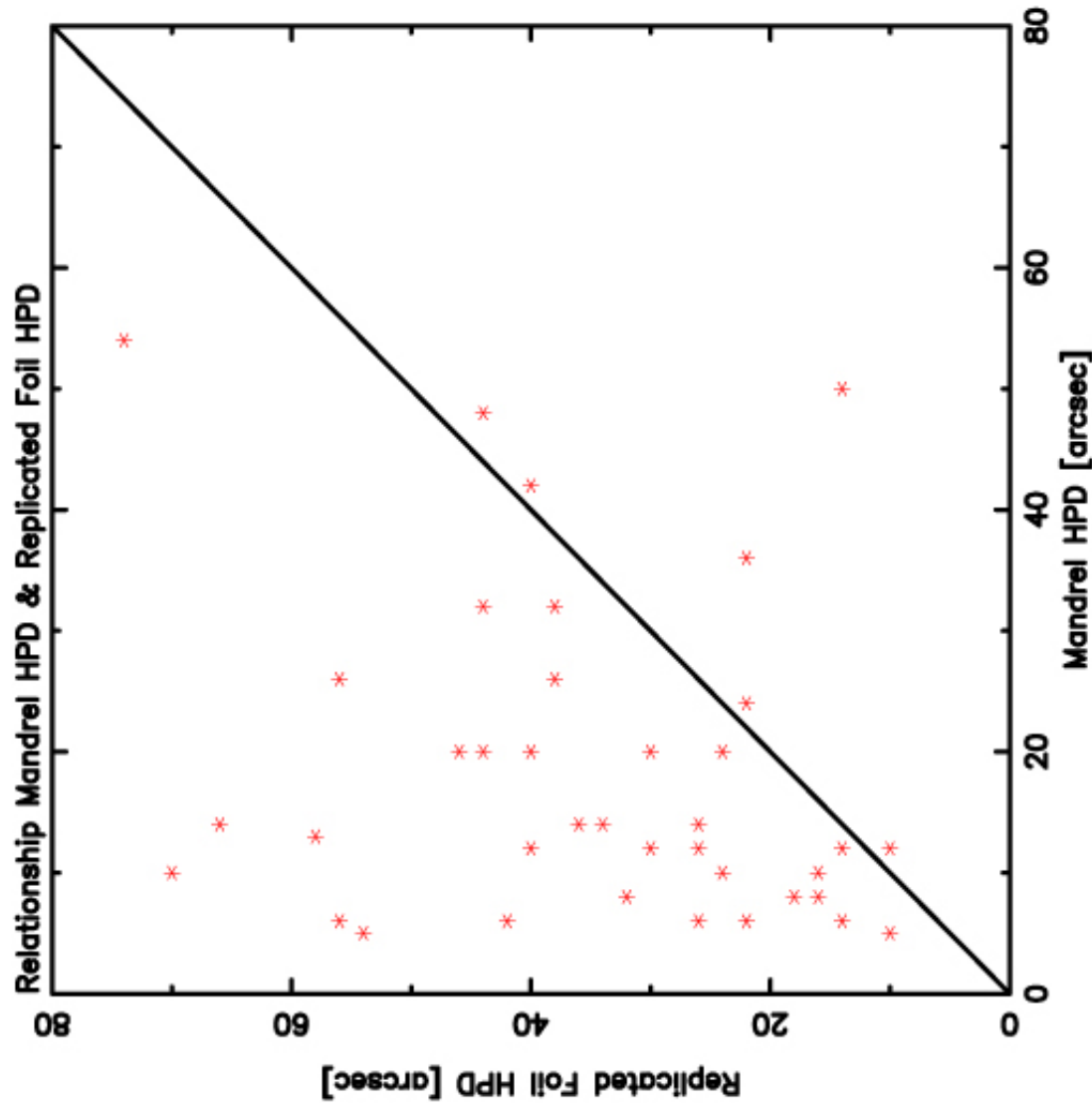
- Astro-E
 - 開口効率がよい
- Chandra
 - 角分解能がよい



補足2

衛星名	口径・ ミラー 長 (cm)	焦点距離 (m)	ネスト数 (枚)	角分解能 (秒角)	重量 (kg)
Astro-E	40 10	4. 75	174	120	18
Chandra	120 84	10	4	0. 5	1484

補足3



補足4

- AuのTi-k α に対する臨界角 0.98
- Ti-k $\alpha \rightarrow 4.51\text{keV}$

$$R = R_0 \exp\left(-\left(\frac{4\pi\sigma \sin \theta_i}{\lambda}\right)^2\right)$$