

ASTRO-H用多層膜スーパーミラーの最適化

名古屋大学大学院

理学研究科

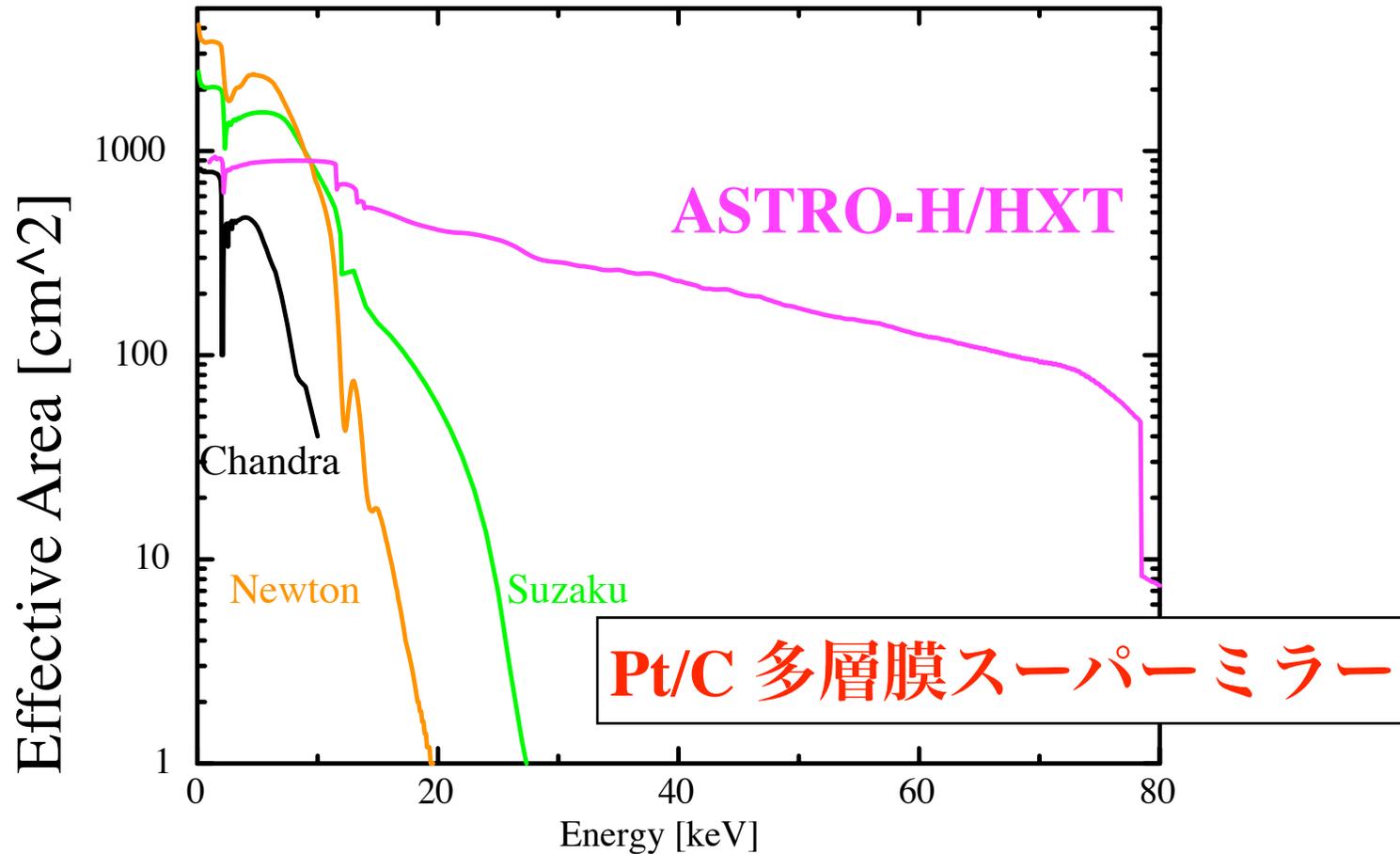
素粒子宇宙物理学専攻

宇宙物理学研究室(Ux研)

修士 1年

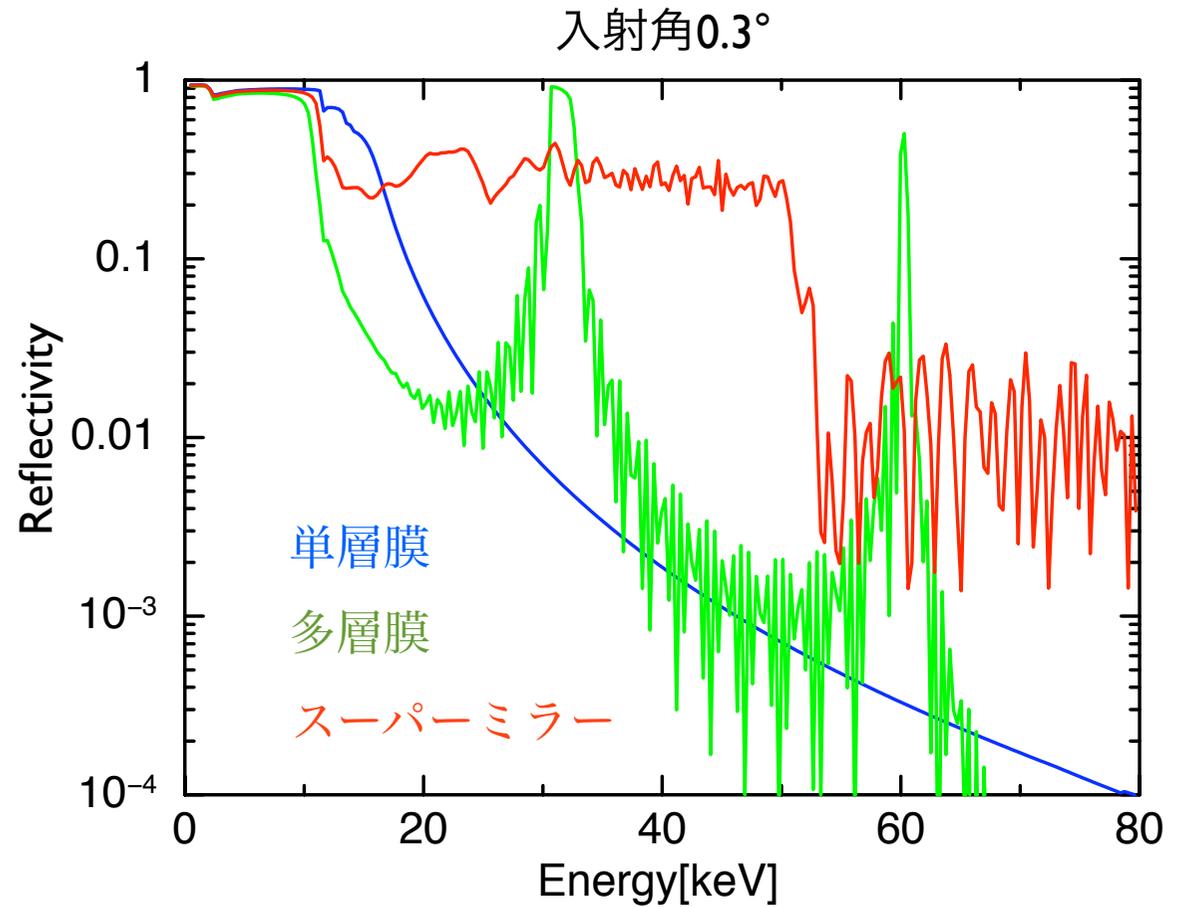
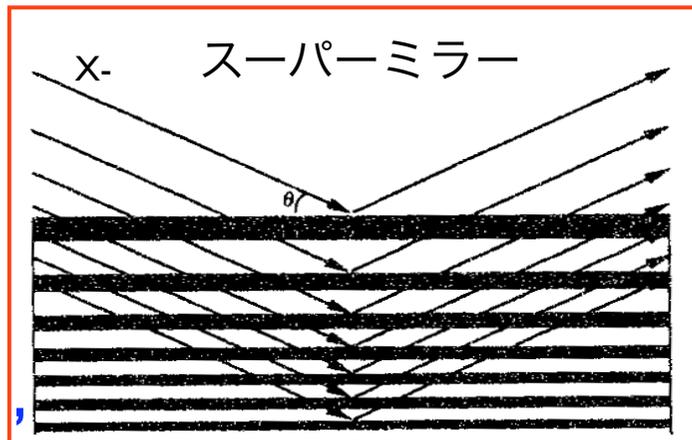
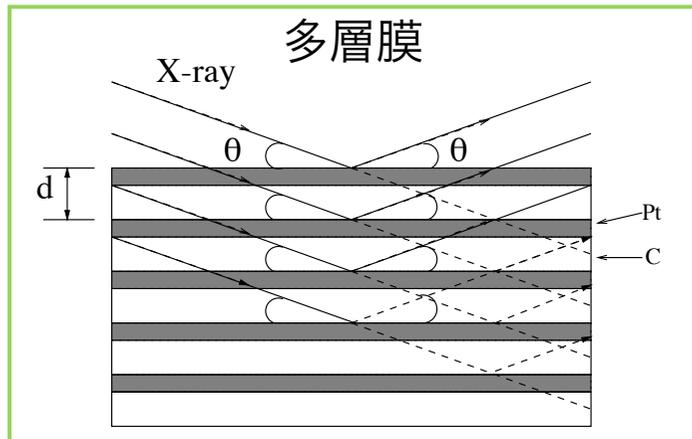
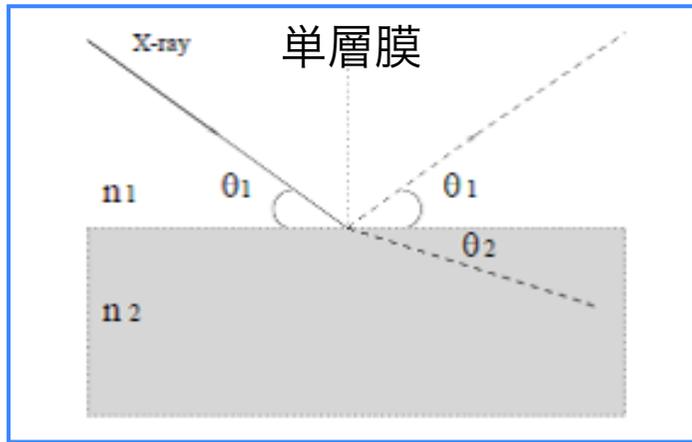
宮田裕介

ASTRO-H搭載用硬X線望遠鏡



10 keV 以上の硬 X 線領域において全反射の利用は困難
なため多層膜によるブラッグ反射を利用する

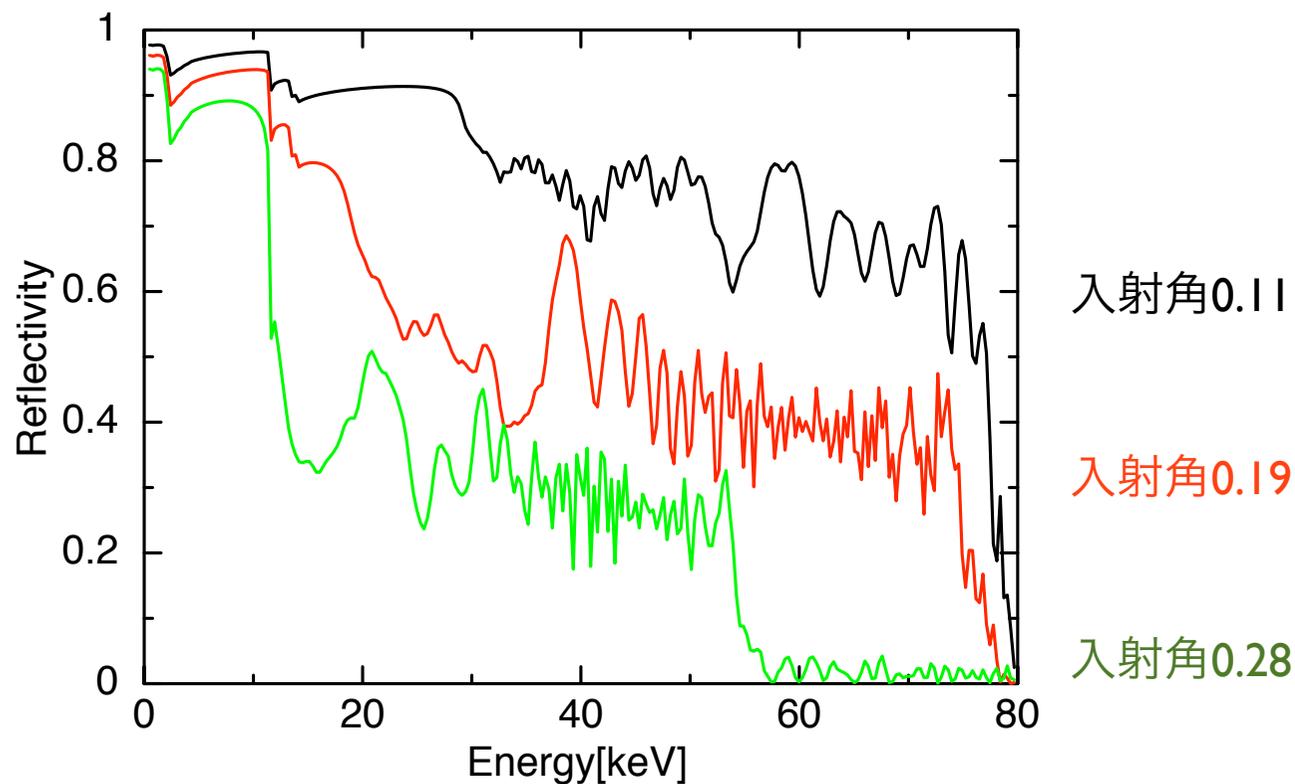
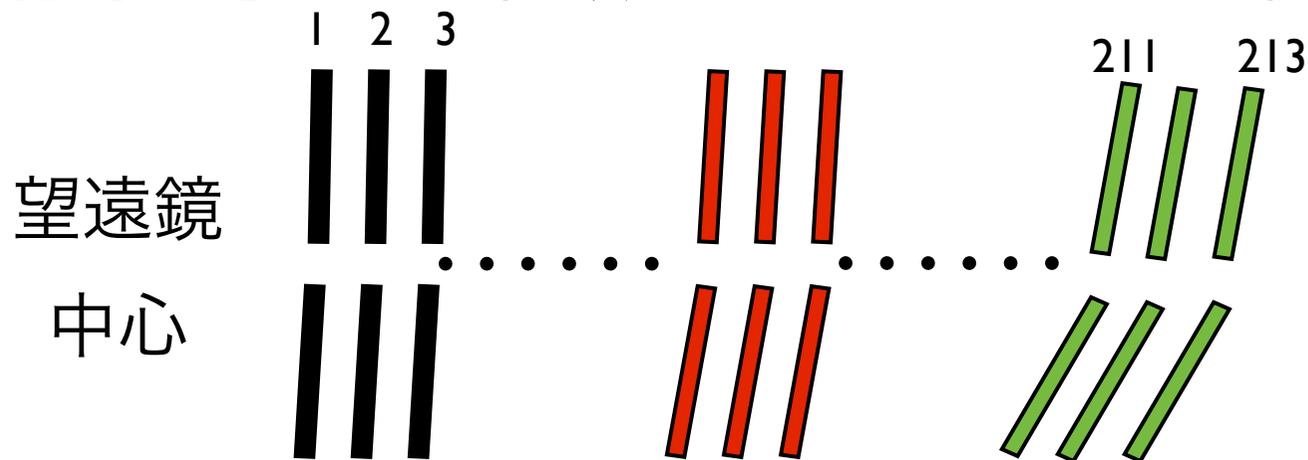
なぜ、スーパーミラーが必要か？



スーパーミラーは広いエネルギー帯域で高い反射率を持つ

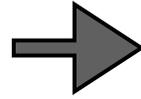
ASTRO-H用のスーパーミラー

入射角に応じて10種類のスーパーミラーを使用

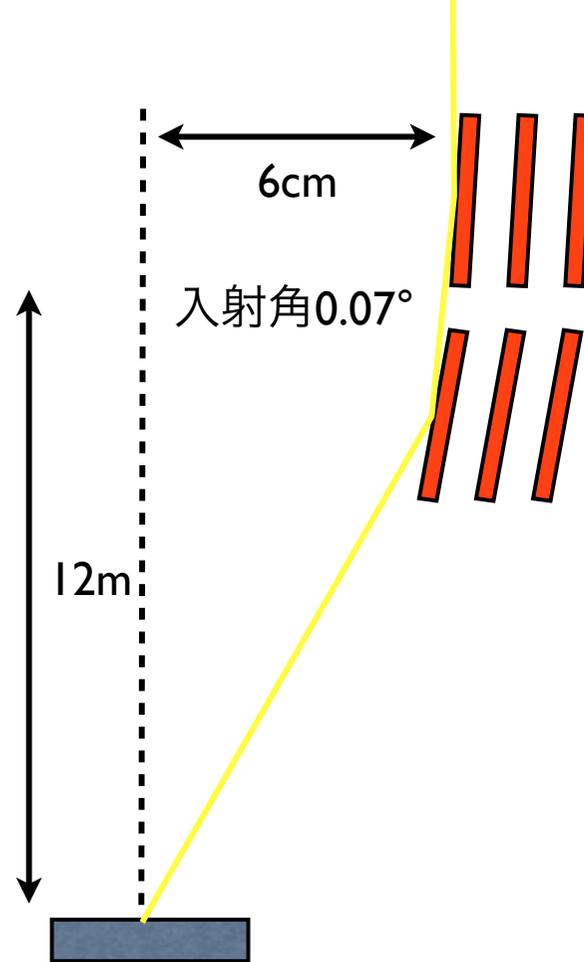
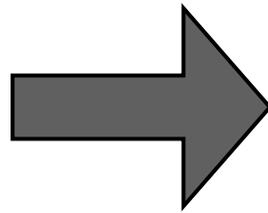
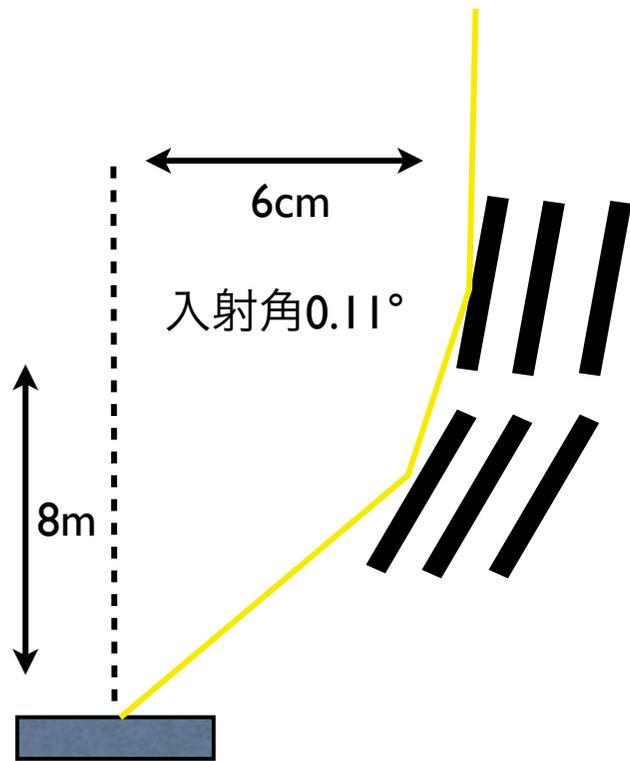


ASTRO-H用スーパーミラーの最適化

焦点距離が8mと
仮定されていた



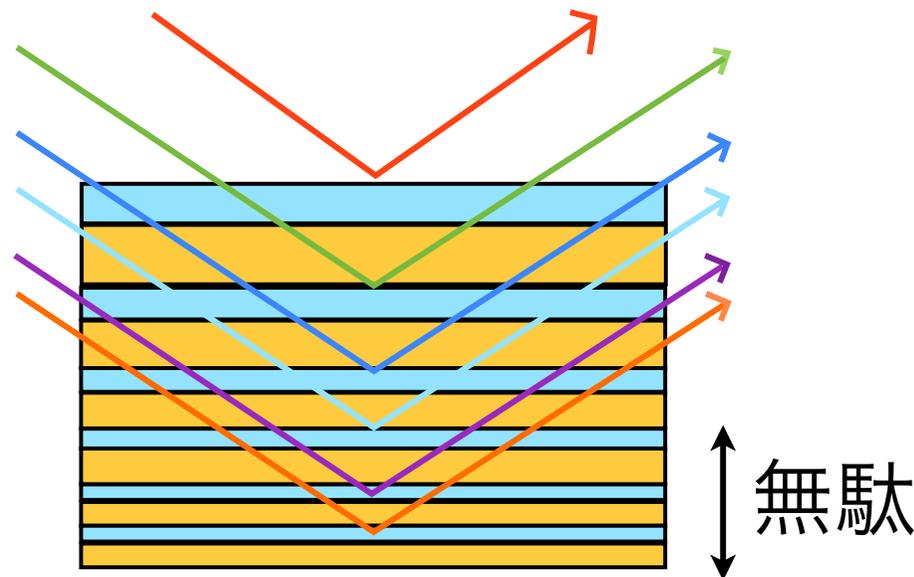
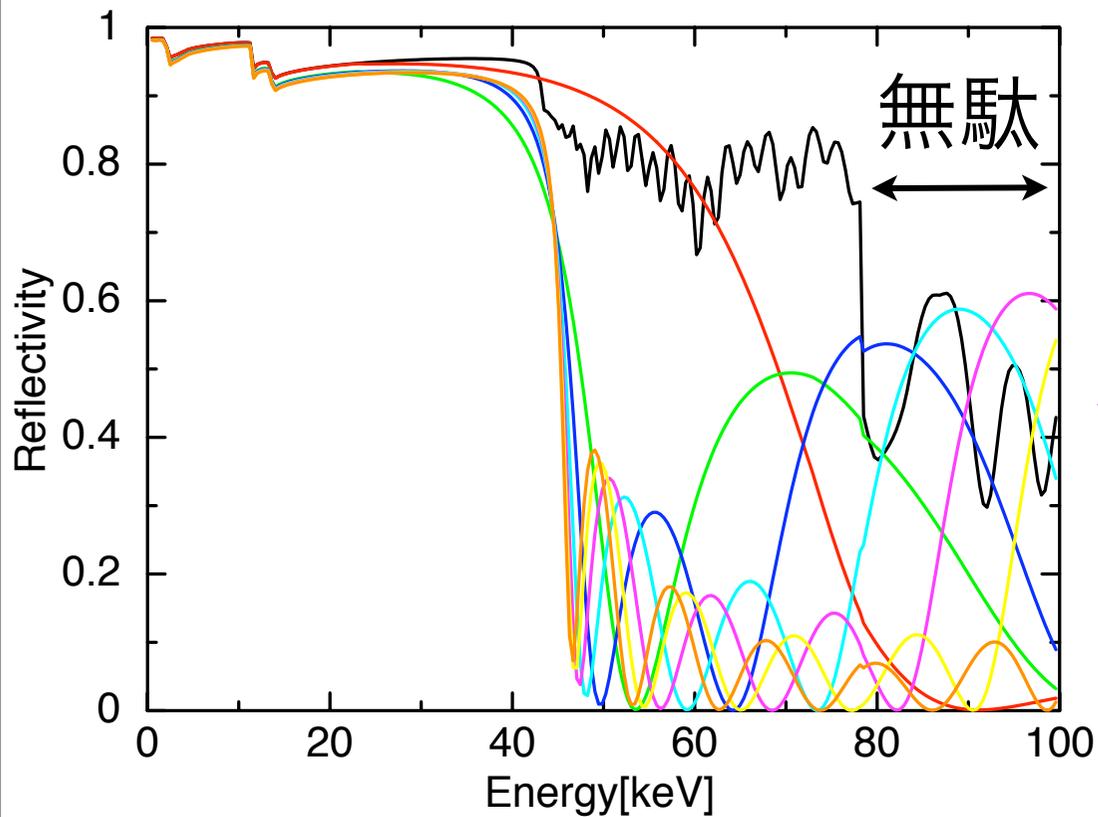
ASTRO-Hは焦点距離12mのため
内側にさらに小さい入射角が生じた



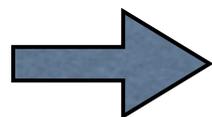
内側の54枚に対応する新しいスーパーミラーの作成

現在の問題点

0.11°用のミラーを0.07°に用いた場合



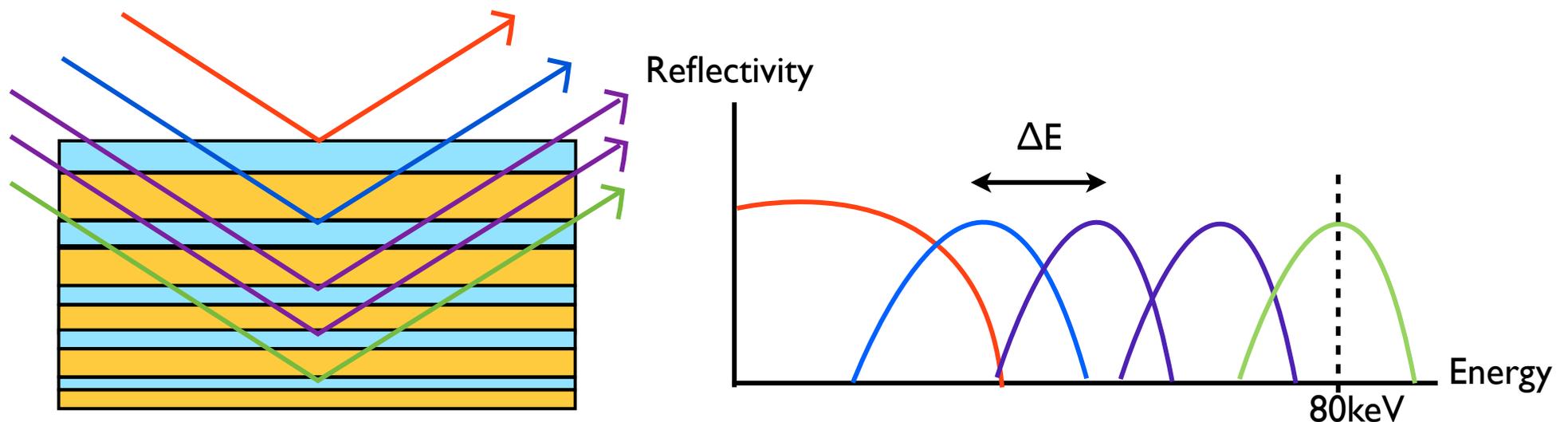
ブラックピークが80keV以上の層を削る



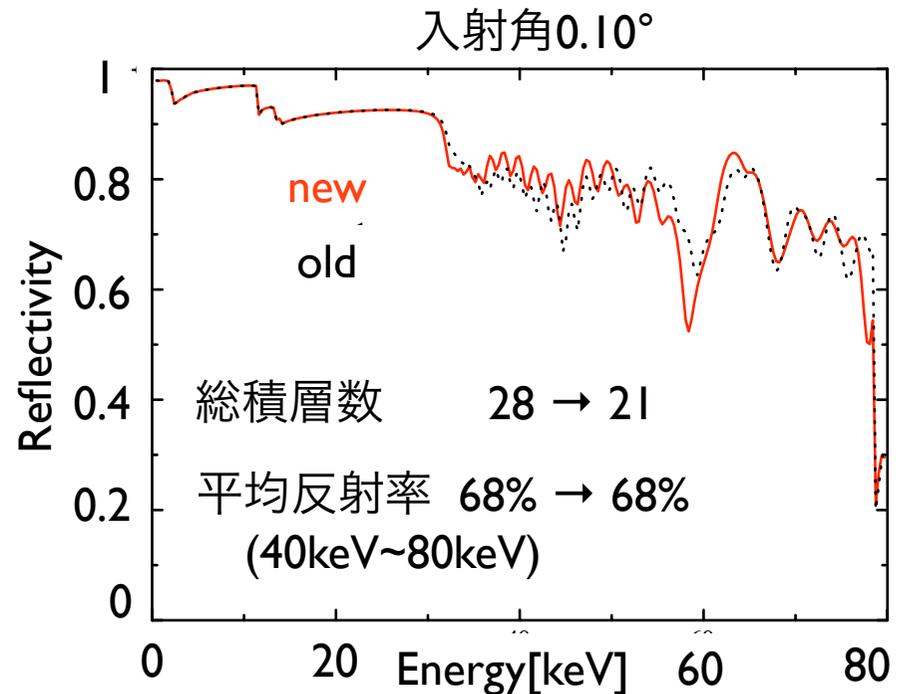
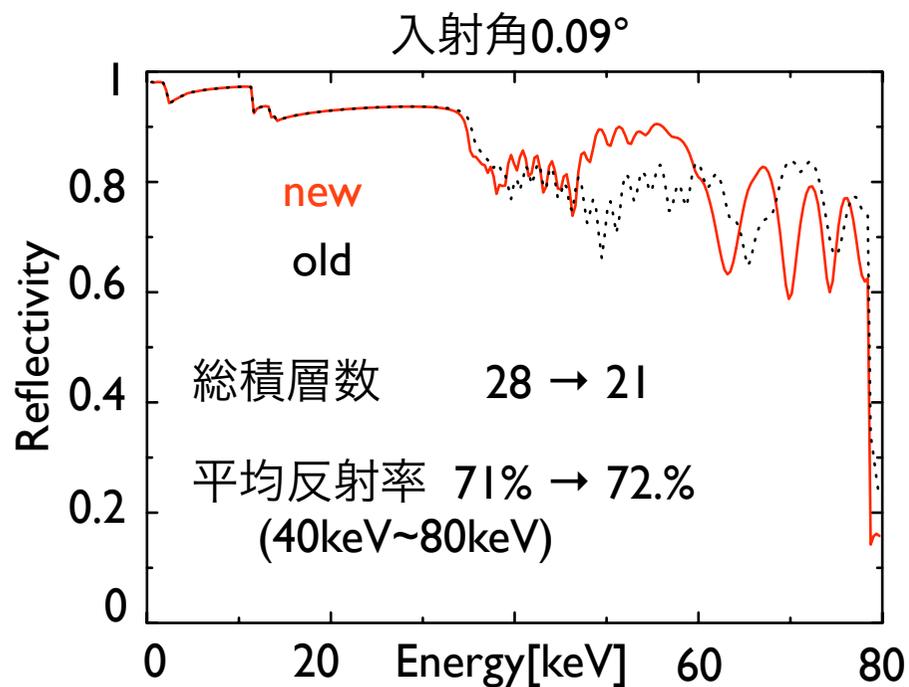
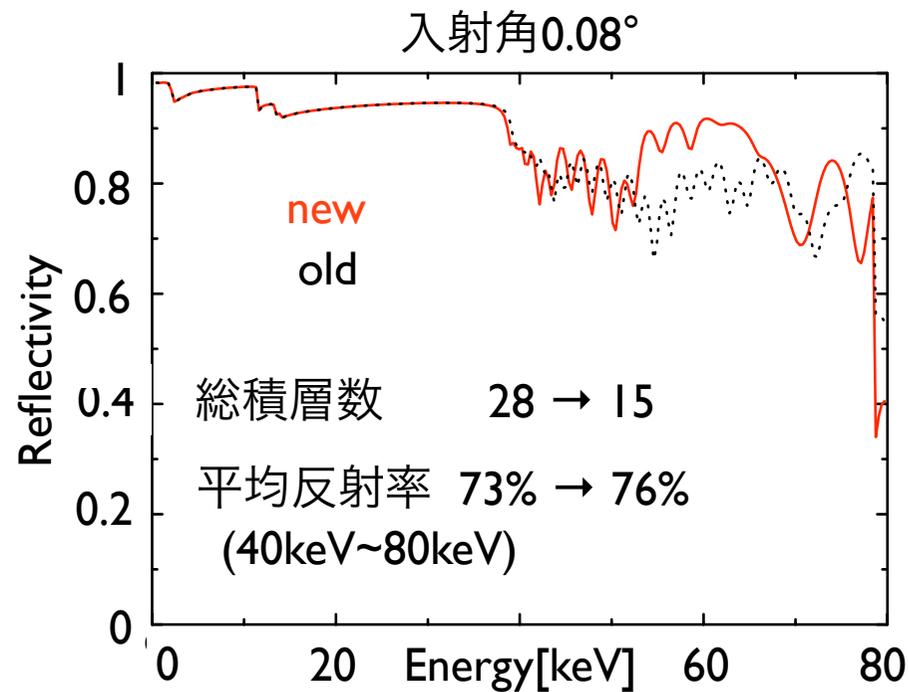
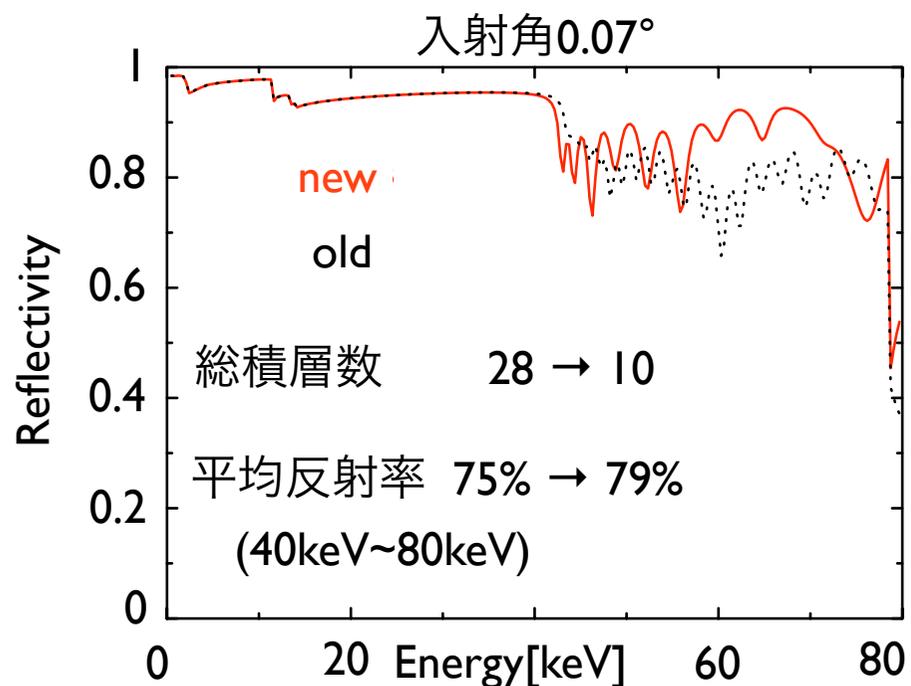
ミラー制作の効率化

スーパーミラーの設計方法

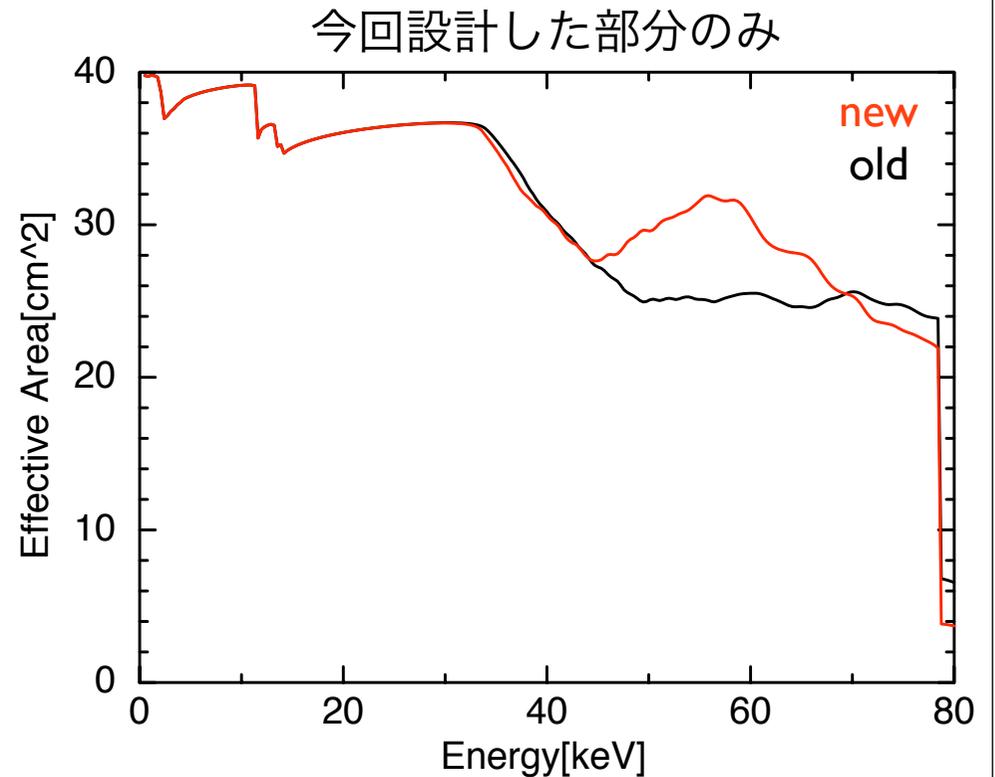
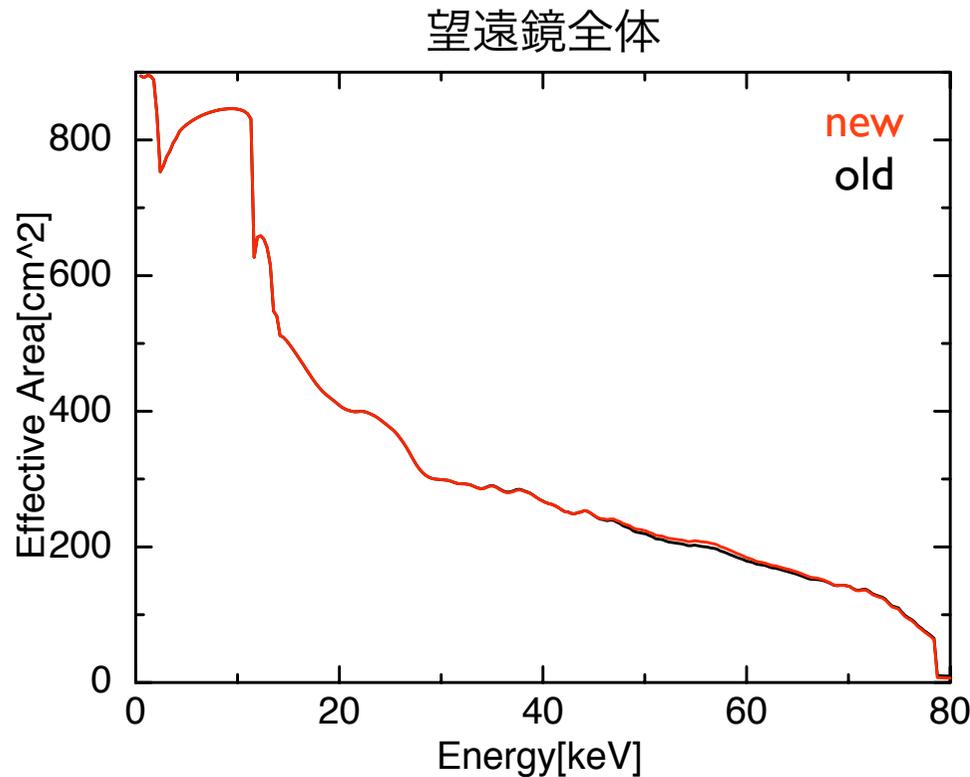
- 入射角を決め、対応する臨界エネルギーから最上層のPt層の厚さを決める
- 最上層を40%透過できるエネルギーのX線をブラッグ反射するように二層目の周期長を決める
- 三層目以降の周期長は $\Delta E=3\text{keV}$ という条件で等間隔に並べる
- ブラッグピークが80keVを超えるところを周期長の下限とする



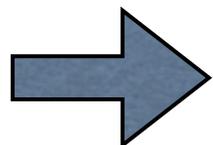
エネルギー反射率



有効面積



- 70keV以上ではわずかに下がるが40~70keVでは大きくなる
- 有効面積を下げずに積層数を大幅に減らすことができた



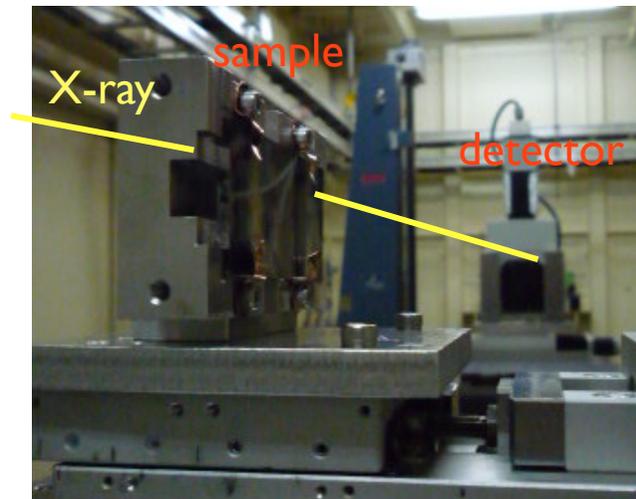
一枚あたりの成膜時間が約2/3に

スパッタ法によるスーパーミラーの作成と測定

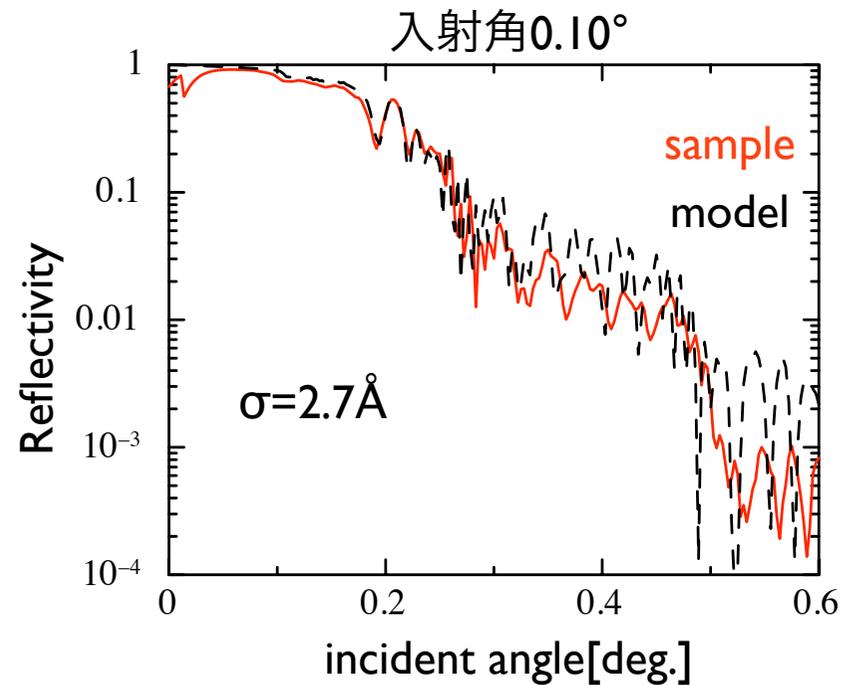
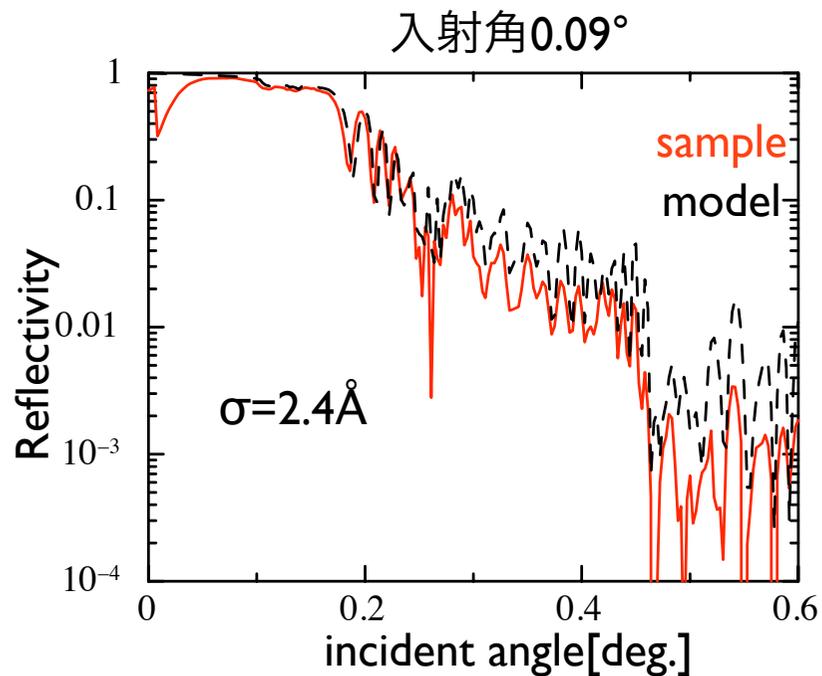
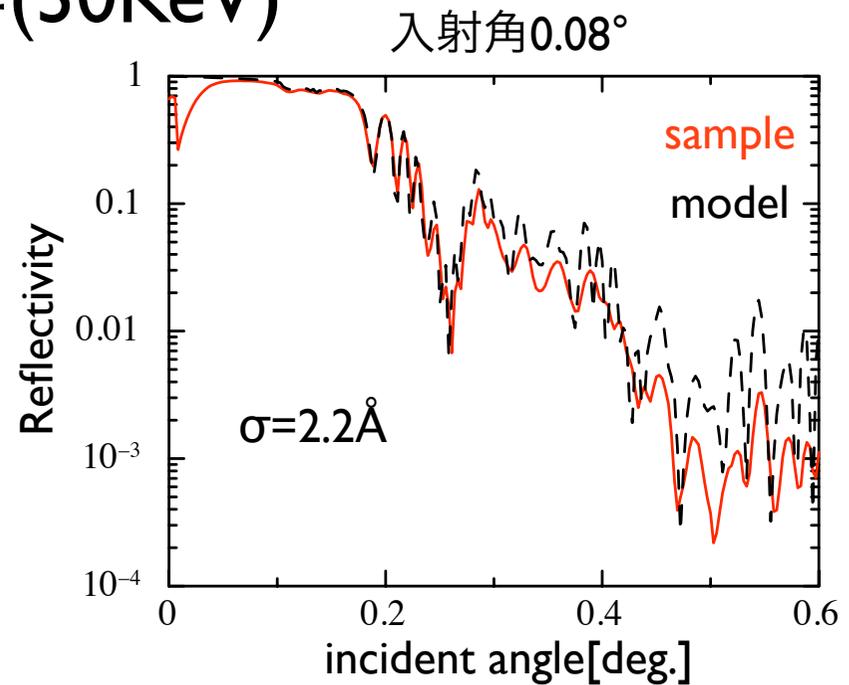
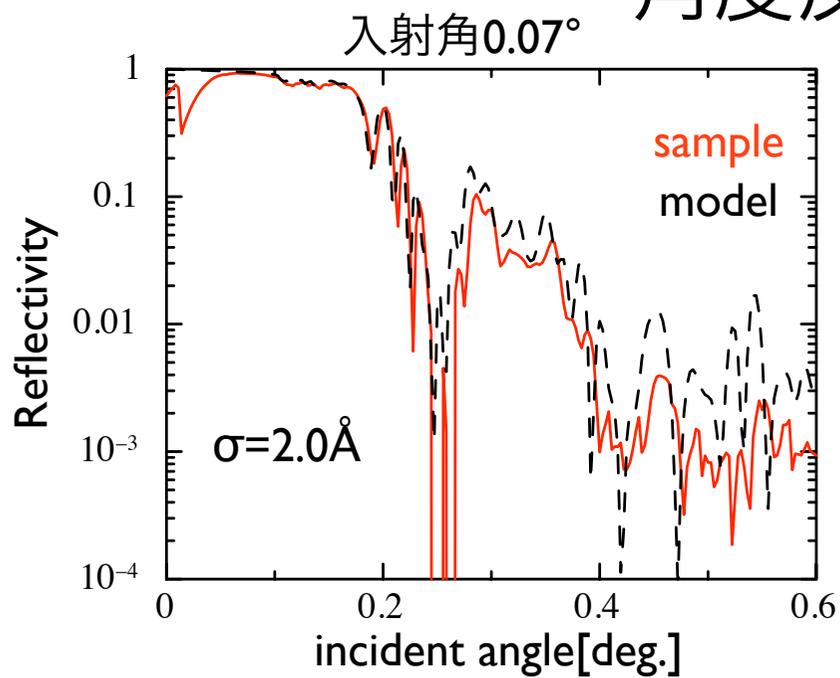
- ASTRO-H用スパッタリング装置を用いて成膜した



- 高輝度放射光施設SPring-8で角度反射率測定を行った

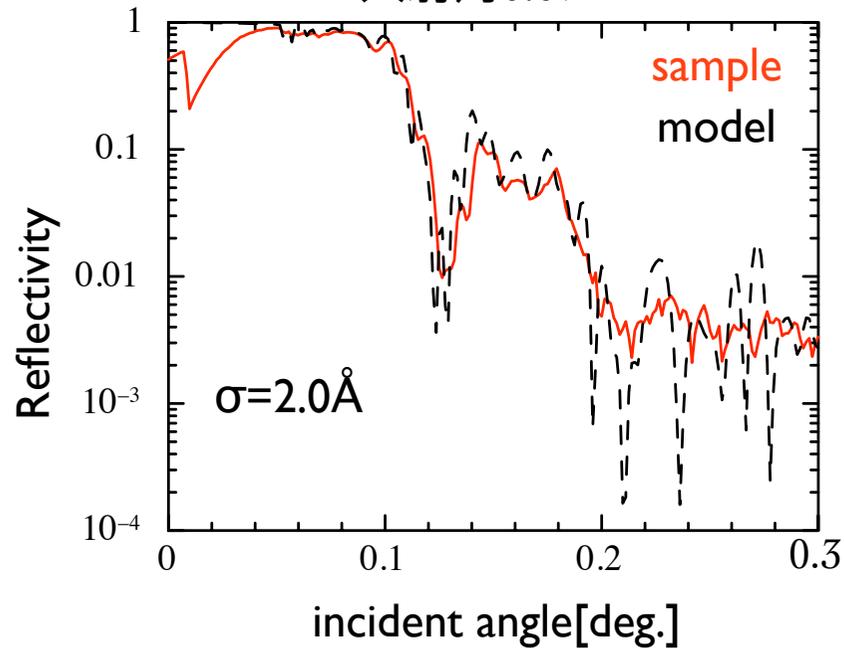


角度反射率(30KeV)

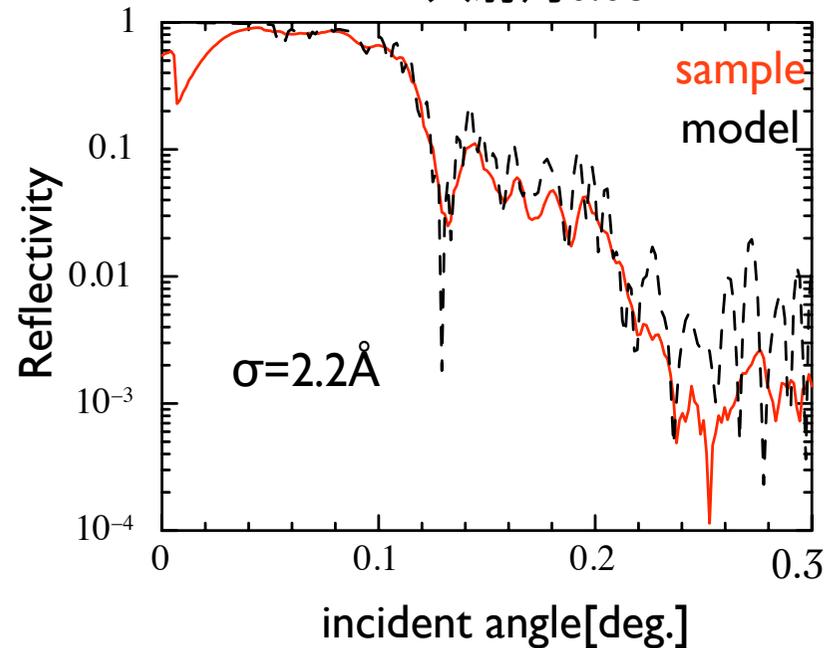


角度反射率(60KeV)

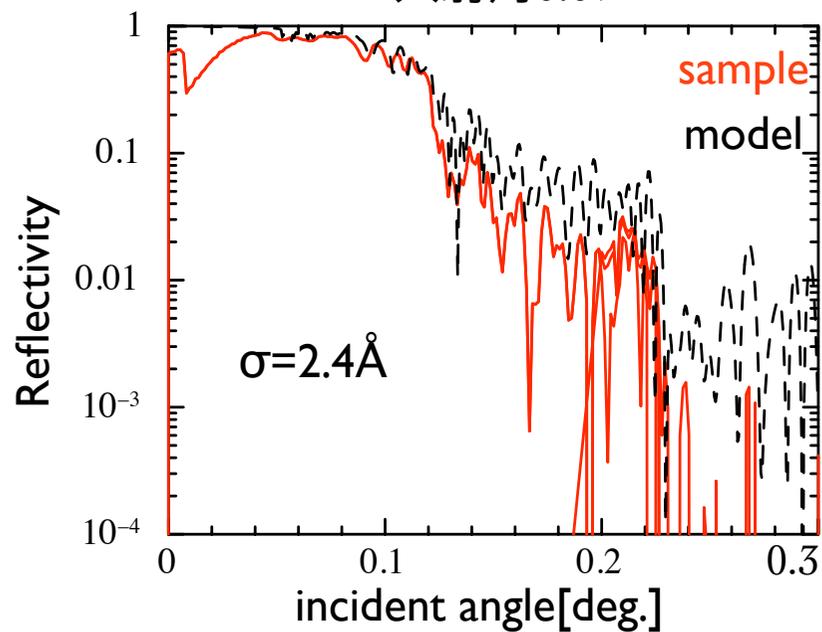
入射角 0.07°



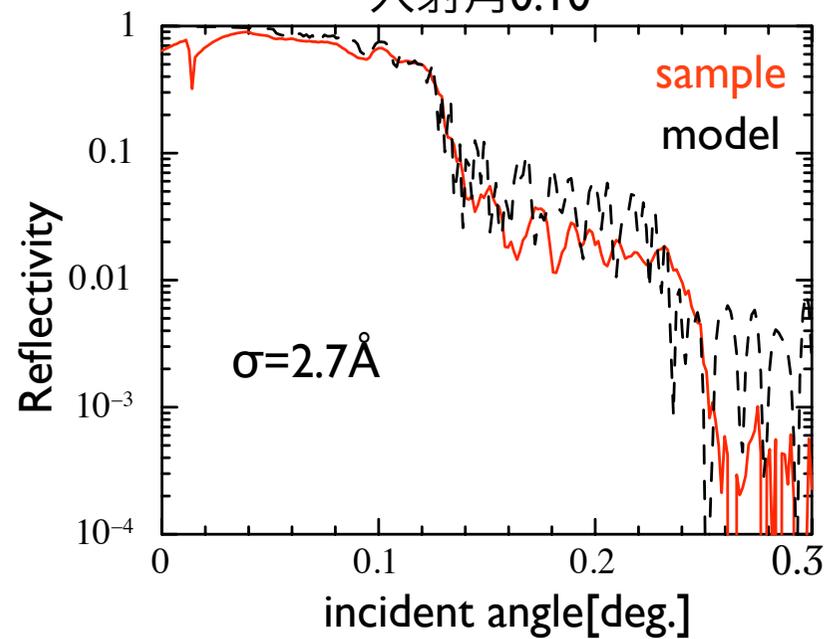
入射角 0.08°



入射角 0.09°

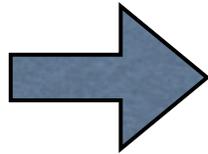


入射角 0.10°



まとめ

- ASTRO-H用に低入射角側用の新しいスーパーミラーを設計

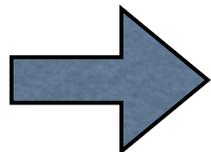


- 入射角 0.07° ~ 0.10° のものを設計した

入射角	積層数	平均反射率 (40keV~80keV)
0.07°	28→10	75%→79%
0.08°	28→15	73%→76%
0.09°	28→21	71%→72%
0.10°	28→21	68%→68%

大幅に積層数を
減らすことができた

- 実際に成膜し、SPring-8で測定



- ほぼモデル通りの物ができた