

ASTRO-H衛星搭載軟ガンマ線検出器用 ファインコリメータの試作品性能評価

広島大学大学院理学研究科
高エネルギー宇宙・可視赤外線天文研究室
木村太輔

水野恒史、深沢泰司、吉田道利、植村誠、川端弘治、秋田谷洋(広島大理)、松本浩典、田島宏康(名古屋大STE研)、牧島一夫、中澤知洋、中島健太、鳥井俊輔(東京大理)、高橋忠幸(ISAS/JAXA)、他HXI/SGDチーム

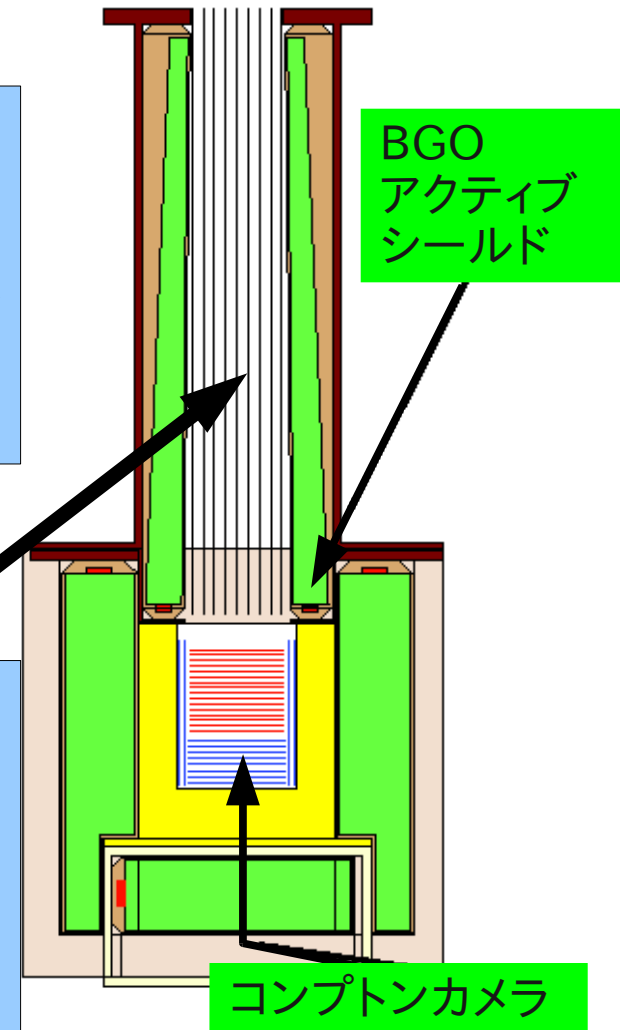
1.SGDとファインコリメータ

軟ガンマ線検出器(SGD)

- ASTRO-H衛星で最も高いエネルギー帯域の観測を担う
- BGOアクティブシールドにより視野を10度に絞り、コンプトン再構成により視野外イベントを除去し高感度の観測を実現

ファインコリメータ(FC)

- 低エネルギー領域で、さらに視野を分割する装置
- 視野：約0.5度 ($E \leq 150\text{keV}$)
- 透過率：90%
- 鉛直方向約300 mm、格子幅約3.2 mm、板厚0.1mmのメッシュ構造
- すざく(ASTRO-E2)でも形状は異なるが、FCを採用



2.SGD-FCに必要な試験

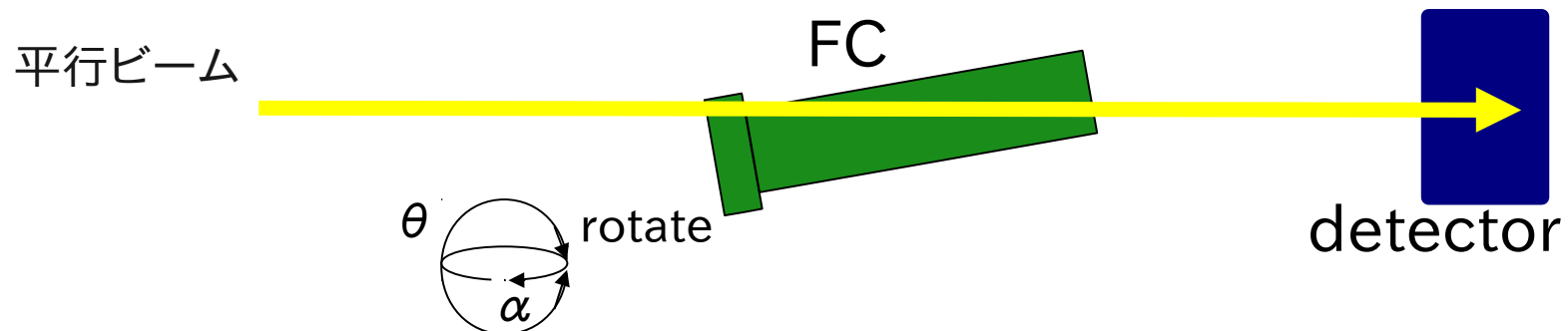
- 外形寸法
 - 組み立ての観点から、設計通りの寸法になっていることを確認
- 透過率測定
 - 透過率の要求：90%以上
 - 設計上の半値幅：約0.5度
- 光軸キャリブレーション
 - 光軸(透過率が最も高い方向)を知り、衛星搭載時のアライメントに用いる
- 振動試験
 - 打ち上げ時の振動に耐える必要性

SGD-FCはすざく衛星(ASTRO-E2)搭載HXD-FCと比べ大きさが約4倍であり、製造は技術的に難しい

3.SGD-FC試作品の透過率測定

- 実験内容

- SGD-FC試作品を以下の2つの方法で測定を行った
 - 可視光ビームの透過率測定
 - X線(30 keV)ビームの透過率測定
- FCを回転させ、最大の光量となる角度を光軸とする
- そこでのFCを通過した光量/元の光量から透過率を算出した



4.可視光で透過率を測る意義

X線でのFC透過率

衛星搭載品から数本選び出し測定

利点：X線に対する透過率が分かる

欠点：加速器施設でないと平行光が使えない

可視光でのFC透過率

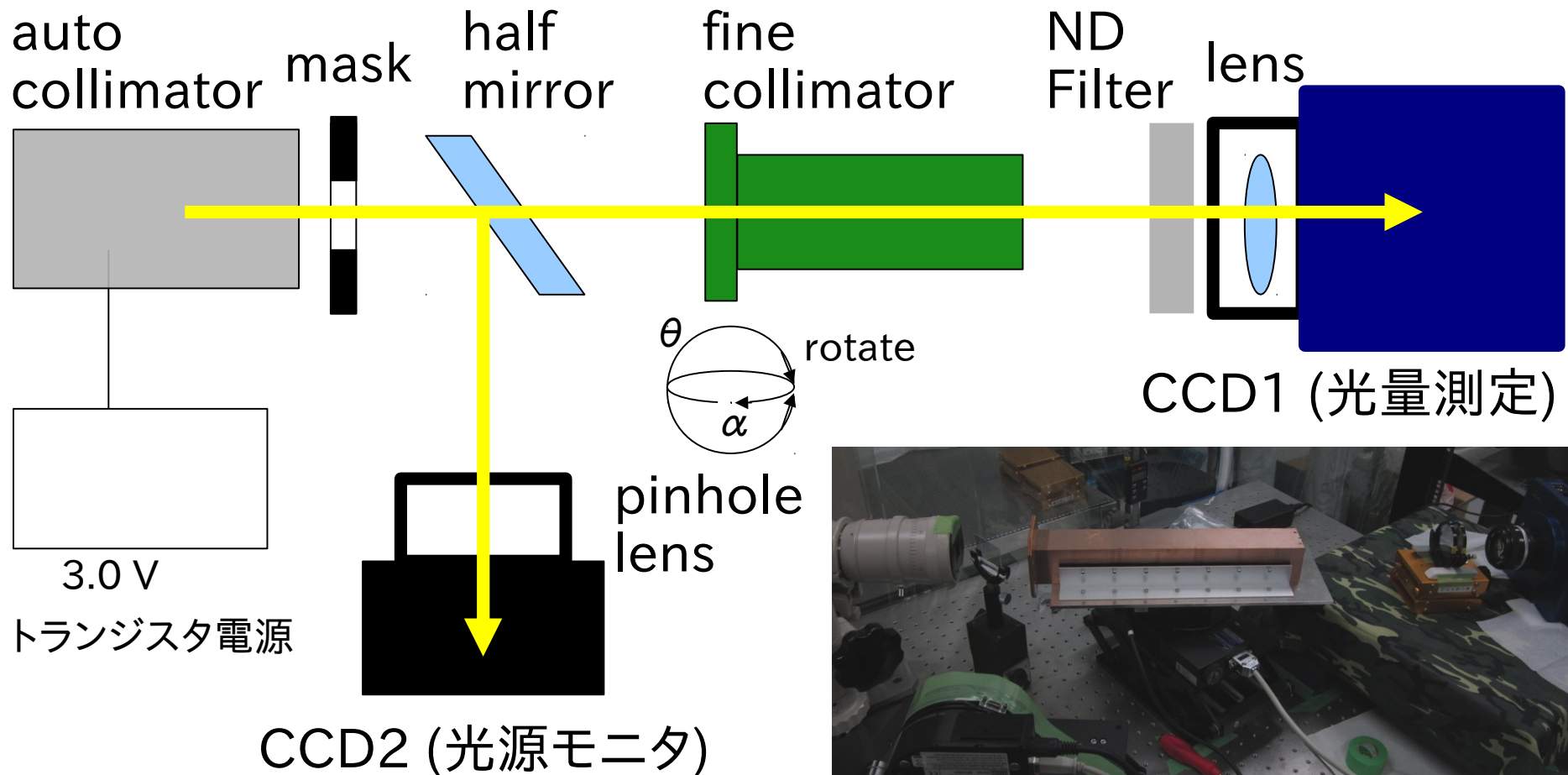
全数測定

利点：実験室で(比較的)手軽に平行光が作れる

欠点：回折の影響がある

5. 可視光透過率測定の設定アップ

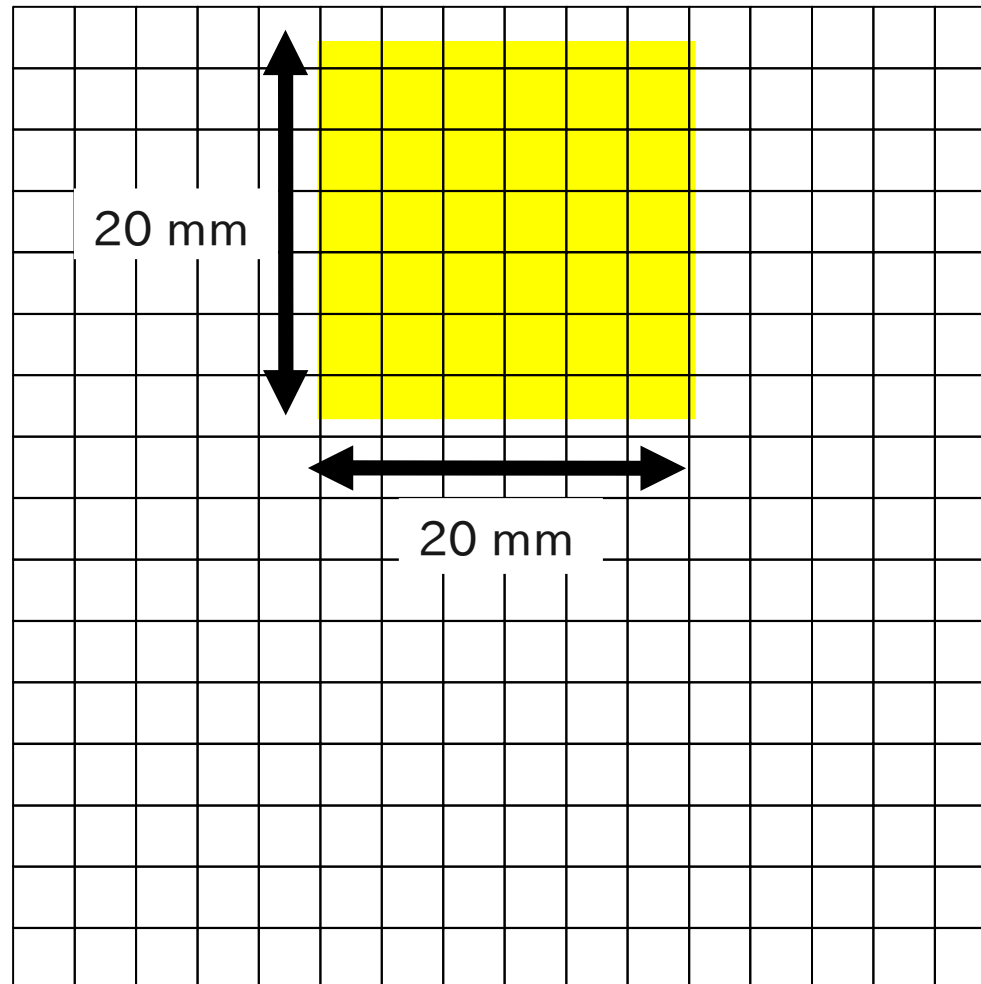
HXD-FC(ASTRO-E2)の透過率測定を参考に、オートコリメータを平行光源として用いた(松本縁 修士論文)
東広島天文台の実験室で測定



6.可視光透過率測定の設定アップ

平行光の入射位置

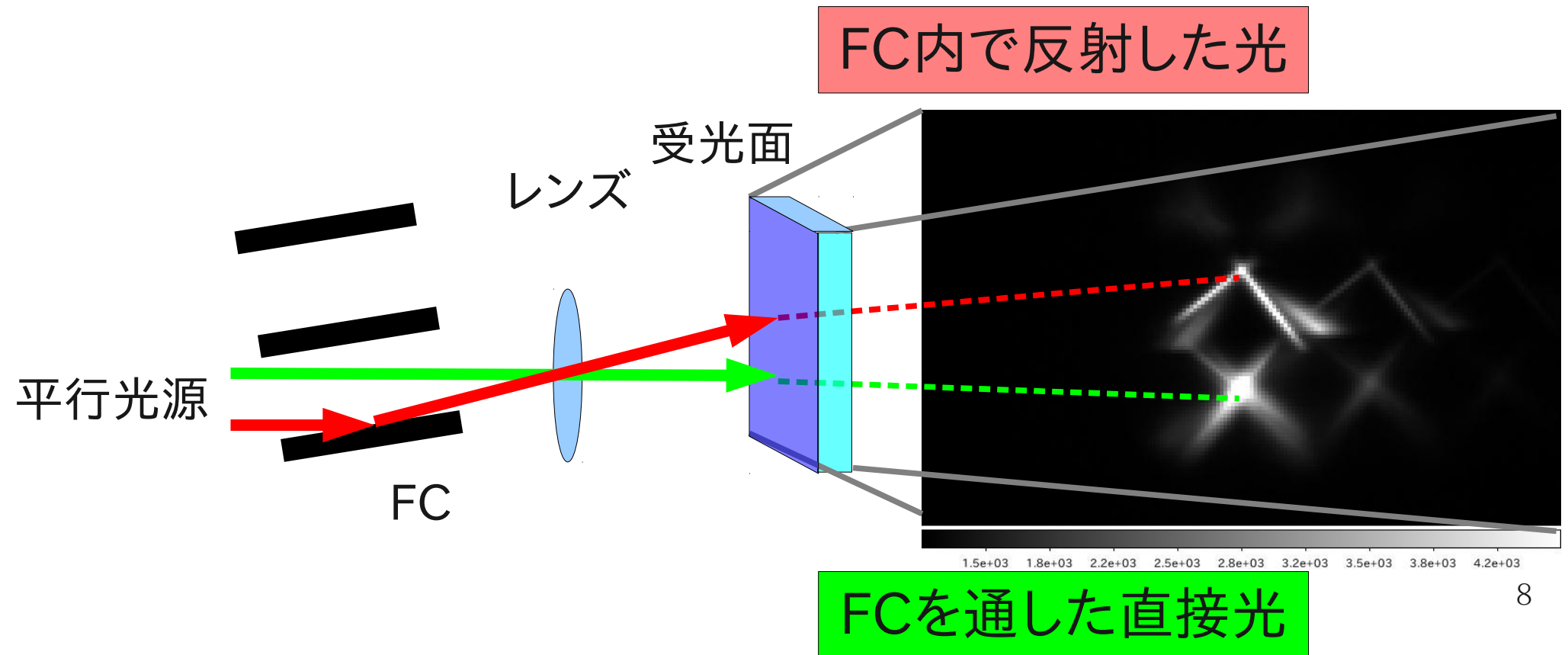
 marker



FCを正面から
見た図

7.測定時に得られたイメージ例

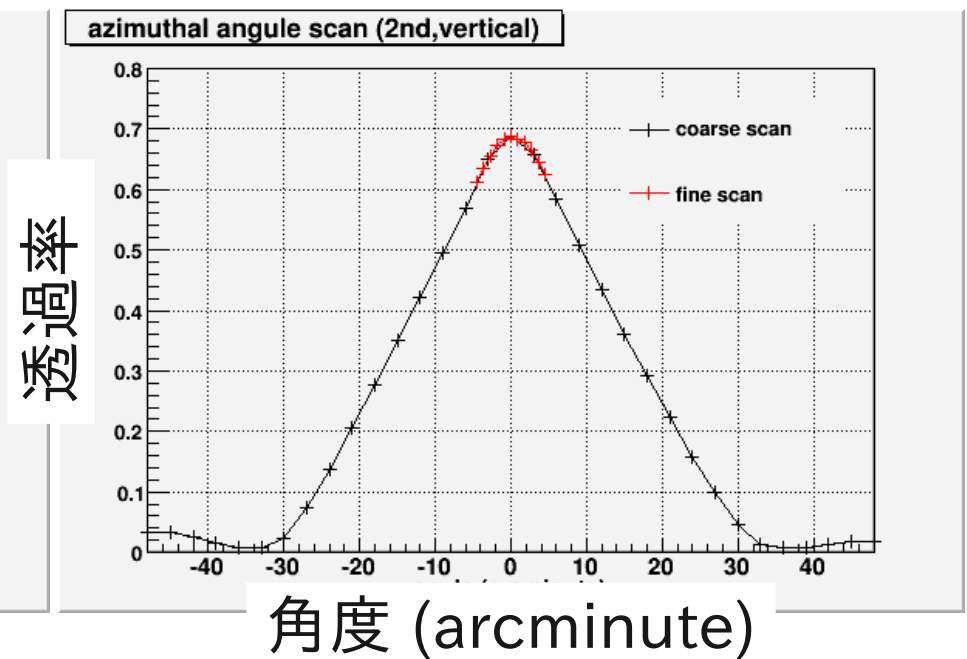
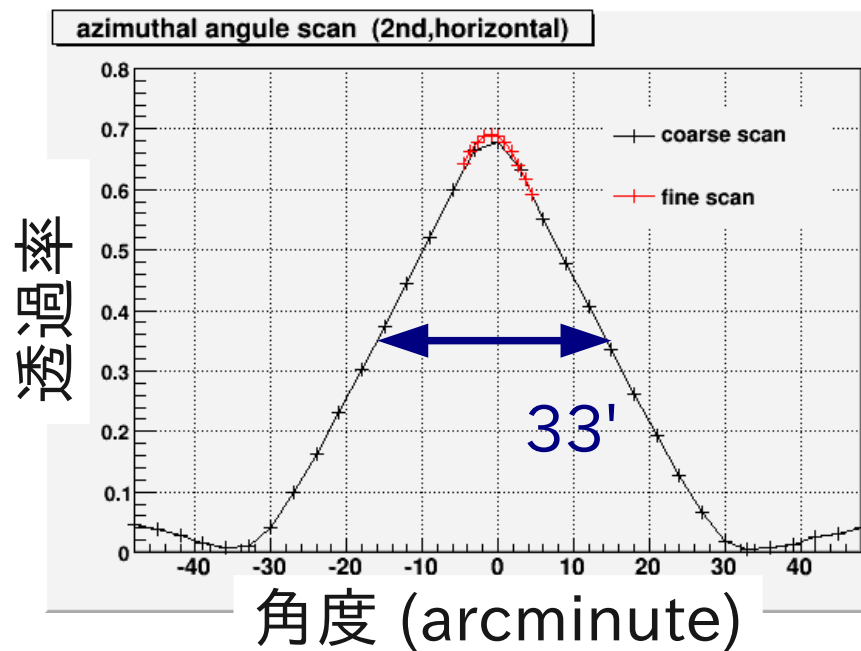
- 可視光はX線と異なり反射する
 - イメージ上で切り分ける
 - X字中心の光量から透過率を算出した



8.透過率の角度依存性

水平回転に対する
透過率の角度依存性

仰角回転に対する
透過率の角度依存性

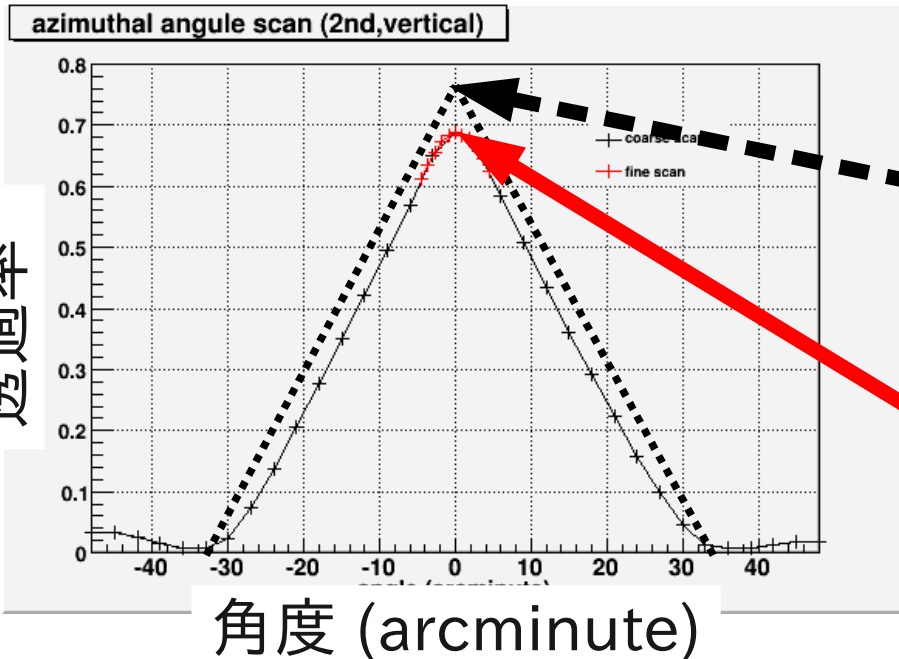


- 半値幅は約33分 -> 設計値通り
- 2回測定を行い、透過率は68% +/- 1%

9. 考察

- HXD-FCとSGD-FCは形状が近く、回折の効果はほぼ等しいと考えられる
 - _ HXD-FCの格子間隔は3.0mm、穴の大きさは2.95mm
 - _ SGD-FCの格子間隔は3.2mm、穴の大きさは3.10mm
- HXD-FCの可視光での平均透過率76%、X線での平均透過率は91%(松本縁 修士論文)なので、比例関係を仮定して透過率を計算

仰角回転に対する
FC透過率の角度依存性



可視光
透過率

X線
透過率

HXD-FC

76%

91%

SGD-FC
試作品

68%

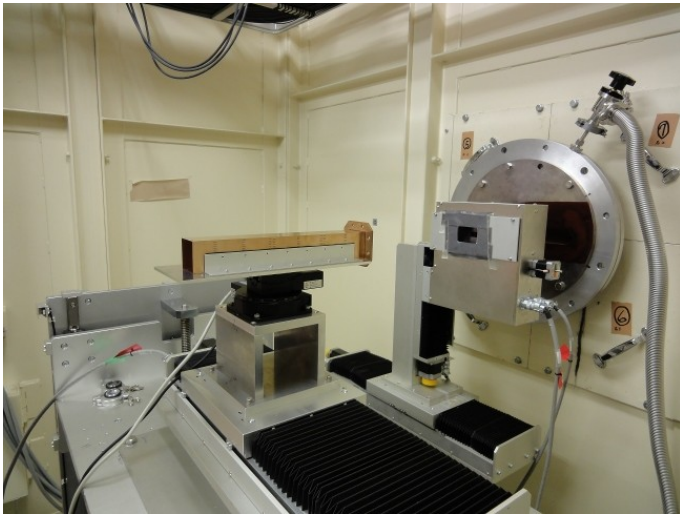
80%

要求の9割が達成された¹⁰

10.X線透過率測定(速報)

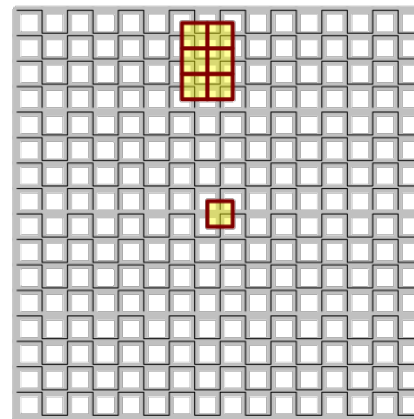
- BL20B2(SPring-8)で7/26-27にX線平行ビームによるFCの透過率測定を行った
 - X線のエネルギーは30keV
 - 名古屋大学UX研に協力いただいた

BL20B2

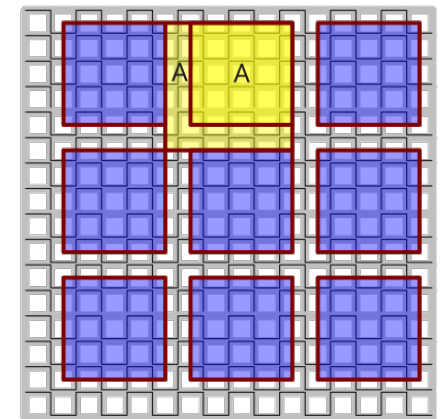


X線の照射位置

1 x 1 格子
に対する照射

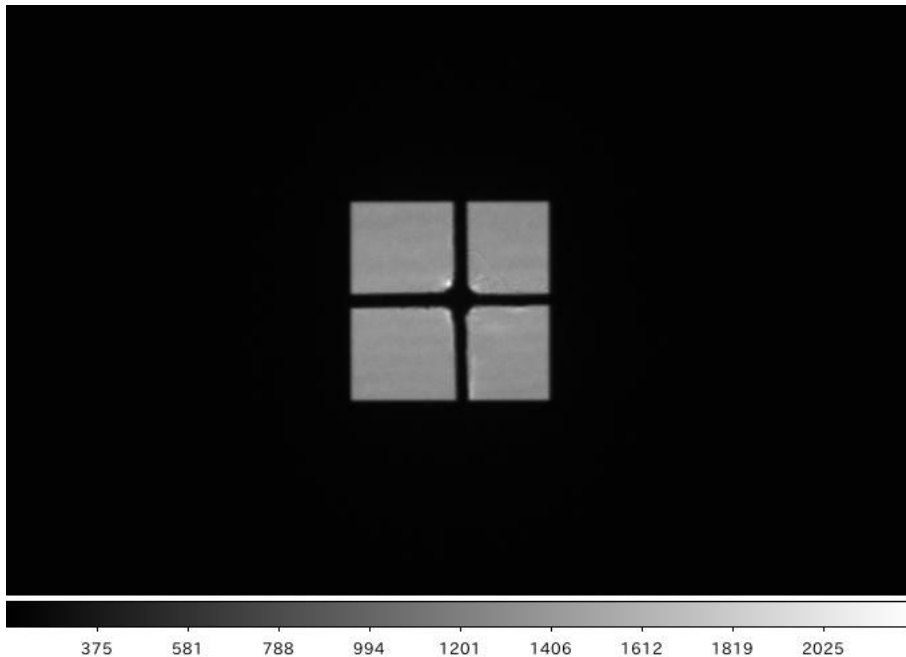


複数格子
に対する照射

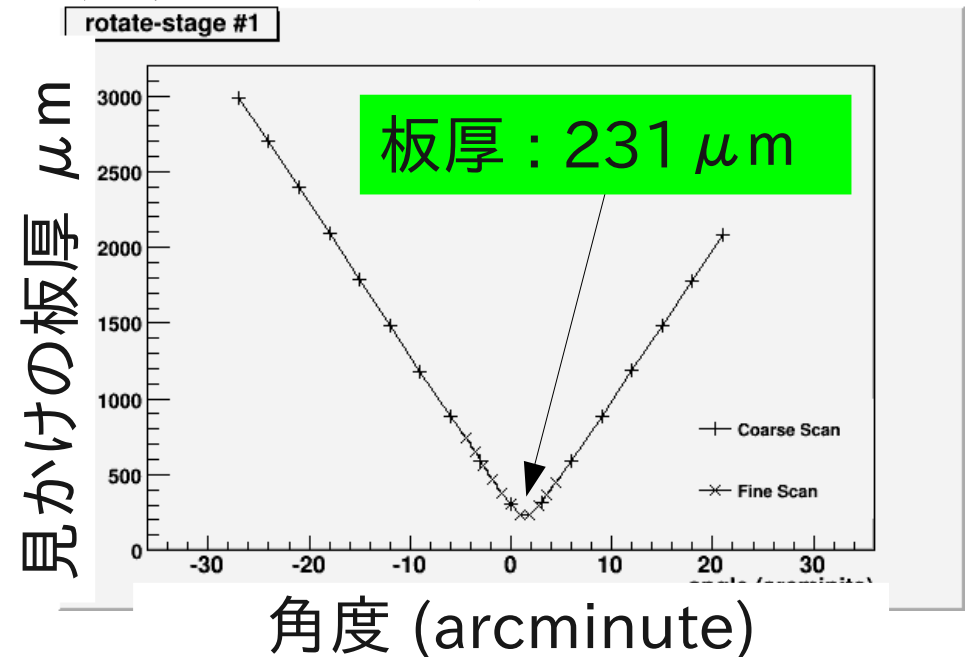


11. 1x1格子における 見かけの板厚の角度依存性

測定時に得られたイメージ例



影の太さ(=見かけの板厚)の
角度依存性の例



- 影の大きさから板厚を測定
- 1x1格子で軸合わせをすると、板厚は180 - 250 μm
- 今後の課題
 - _ 広いビームのデータ解析
 - _ 透過率の算出

12.まとめと今後

- まとめ

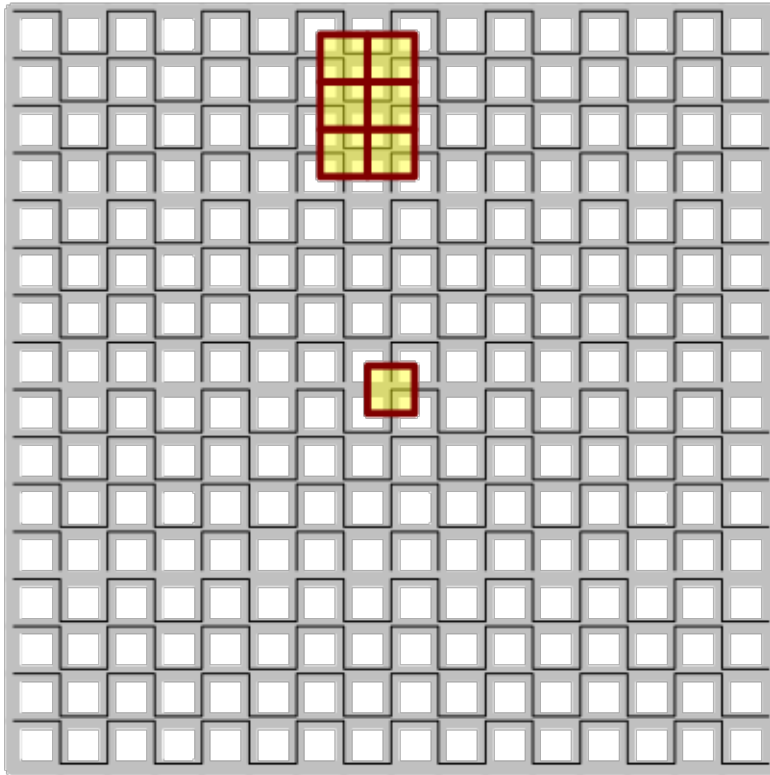
- SGD-FC試作品の透過率を可視光で評価した
 - 半値幅は設計値通りである
 - 透過率は要求の9割を達成している
 - 可視光でのFC-透過率が68%であり、そこからX線の透過率は80%と予想される
 - 要求を達成するために製造方法を改良している
- X線でもSGD-FC試作品の透過率を測定した
 - 1格子照射で角度応答を取得した
 - 板厚は180 - 250 μm 程度

- 今後

- 複数格子におけるX線データの解析
- 振動試験
- SGD-FC衛星搭載品の受け入れに向けて、実験方法を改良する

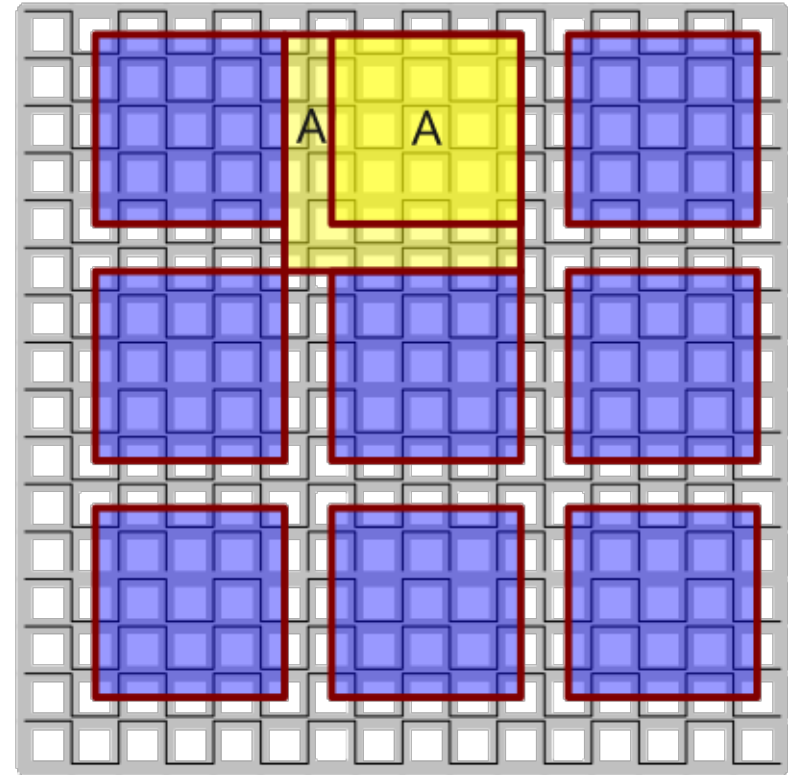
X線ビームの照射位置

1 x 1 格子に対する照射



7箇所すべて角度スキャン

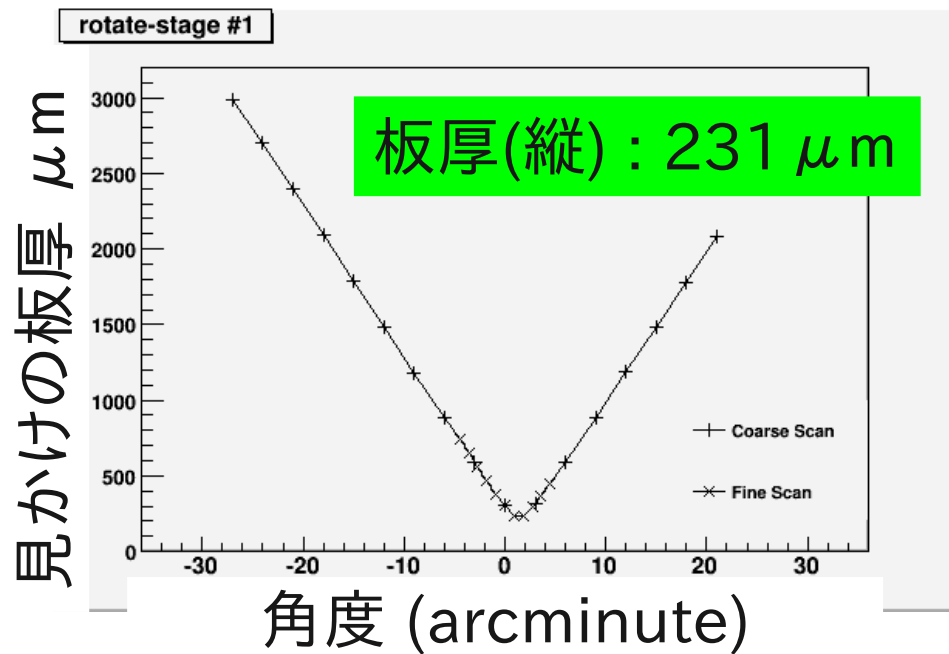
複数格子に対する照射



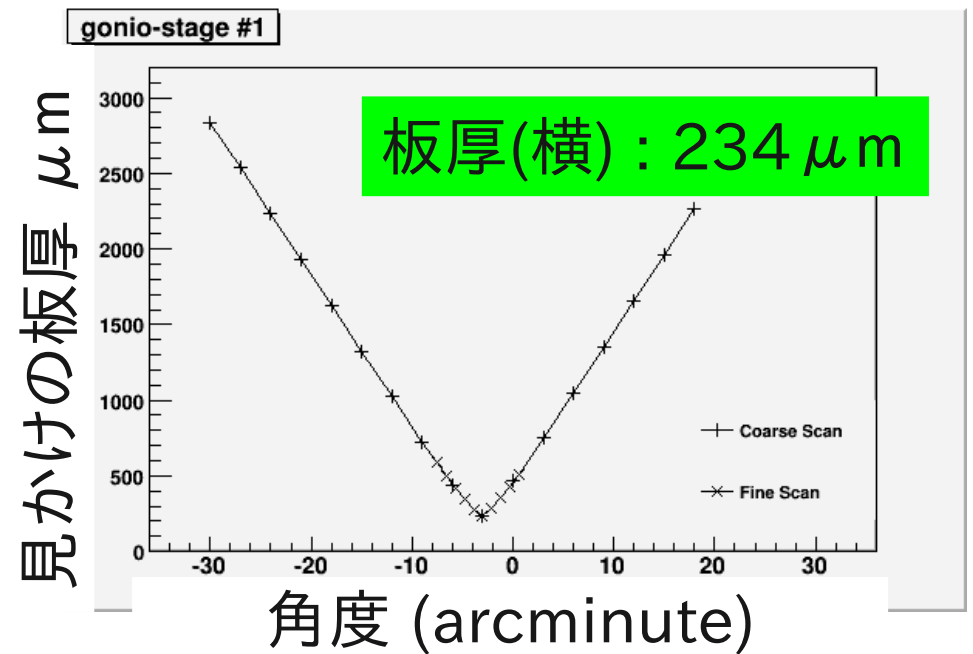
AおよびA'の2箇所は角度スキャン
その他の8箇所は一方向のみ撮像

見かけの板厚の角度依存性

水平回転に対する見かけの板厚の角度依存性

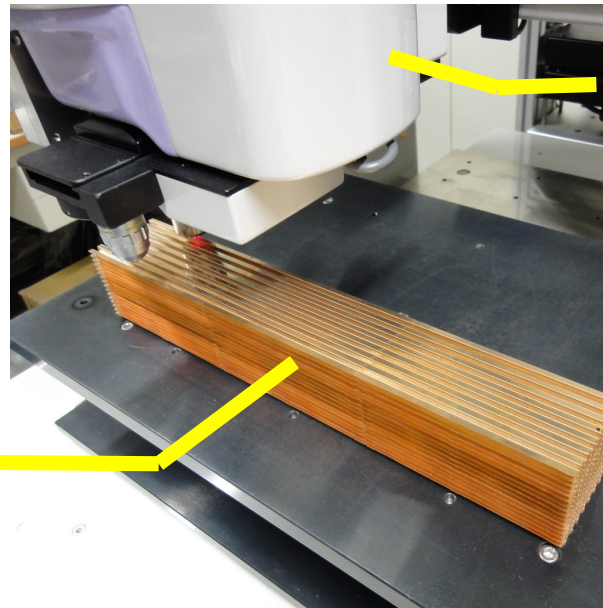


仰角回転に対する見かけの板厚の角度依存性



FCの表面形状測定の設定アップ

- 実験目的
 - 外枠をつけていないファインコリメーター試作品の表面の凹凸を測定し、歪みおよび平行度を定量評価する
- 測定方法
 - NH-6(菱光社)を用い、長手方向に対する板の歪みの測定



非接触三次元測定装置
(NH-6/菱光社)

ファインコリメータ

FCの表面形状

各セグメント内ではおおむねフラットだが、
接合部を境に、傾きが異なる

