

シンチレータの発光スペクトル測定のための チェレンコフ光を用いた分光測光系の強度較正

佐藤和樹^A、中村正吾^A、谷山天晴^A、伊藤由紘^A、笠見勝祐^B、斎藤究^B、佐々木慎一^B、春山富義^B、三原智^B、森山茂栄^C
横浜国大^A、高工ネ機構^B、東大宇宙線研^C

概要

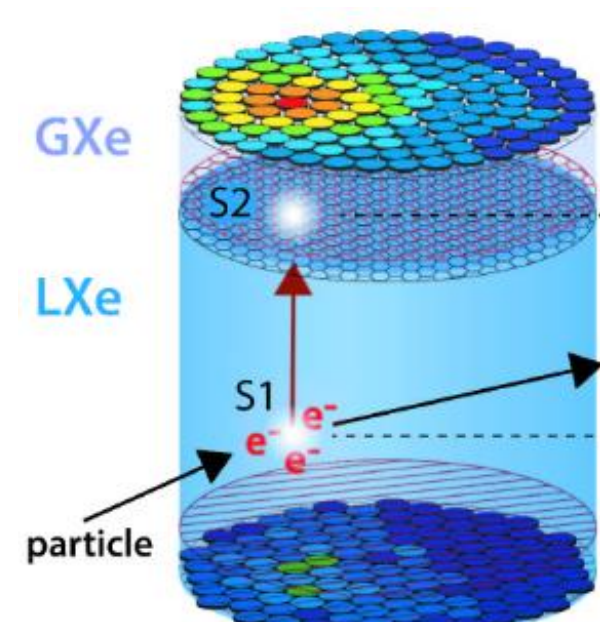
- 素粒子の実験で使用する液体XeやCaF₂の発光スペクトル測定を行うために、分光器+冷却CCDカメラからなる高精度な系を構築した
- 測光系の較正について、現在研究室では紫外領域~近赤外領域の強度較正を微弱なチェレンコフ光を用いて行っている
- 真空紫外領域での強度較正に向けてMgF₂を使用してチェレンコフ光による較正を行い、更に改善を進めている

背景

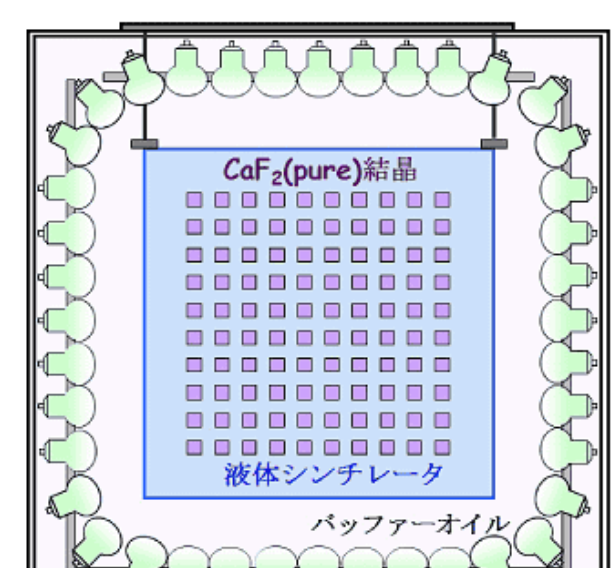
■分光測光系の構築

- 暗黒物質探索実験に使われる液体キセノン(LXe)
- CANDLES実験に使われるフッ化カルシウム(CaF₂)

の発光スペクトルを正確に測りたい



XENONnT実験



CANDLES実験

VUV光とNIR光を
組み合わせて実験を
更に進められる可能性

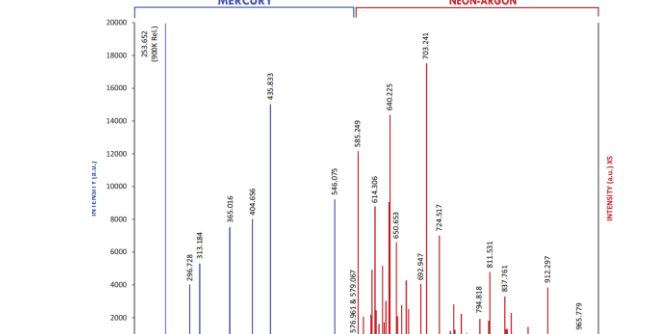
粒子弁別においてVUV光と
思われる光が問題に
なっている
↓
VUV光の情報が知りたい

➤ 分光器+冷却CCDカメラで高精度な系を構築

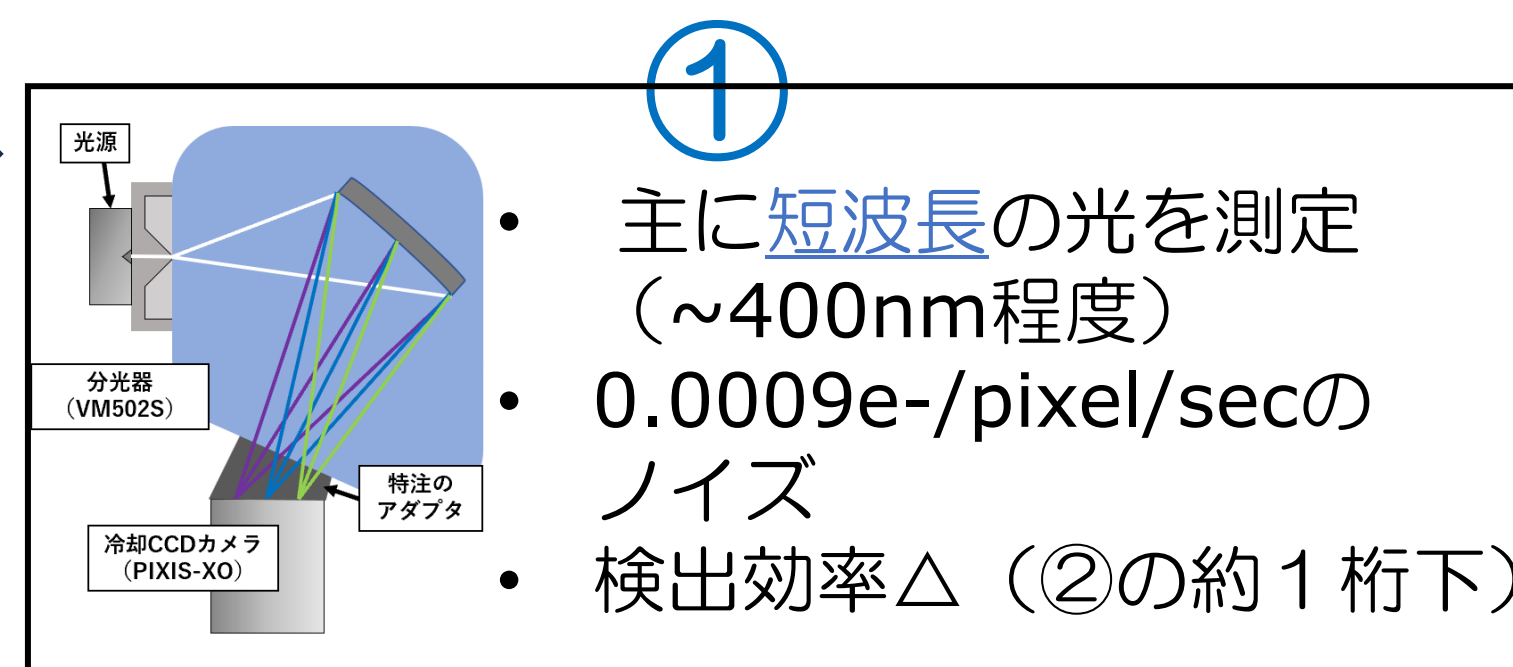
- 冷却することでノイズ減
- 数十~数百nm幅のスペクトルを一度に測定可能

→強度較正(感度補正)+波長較正
が重要となる

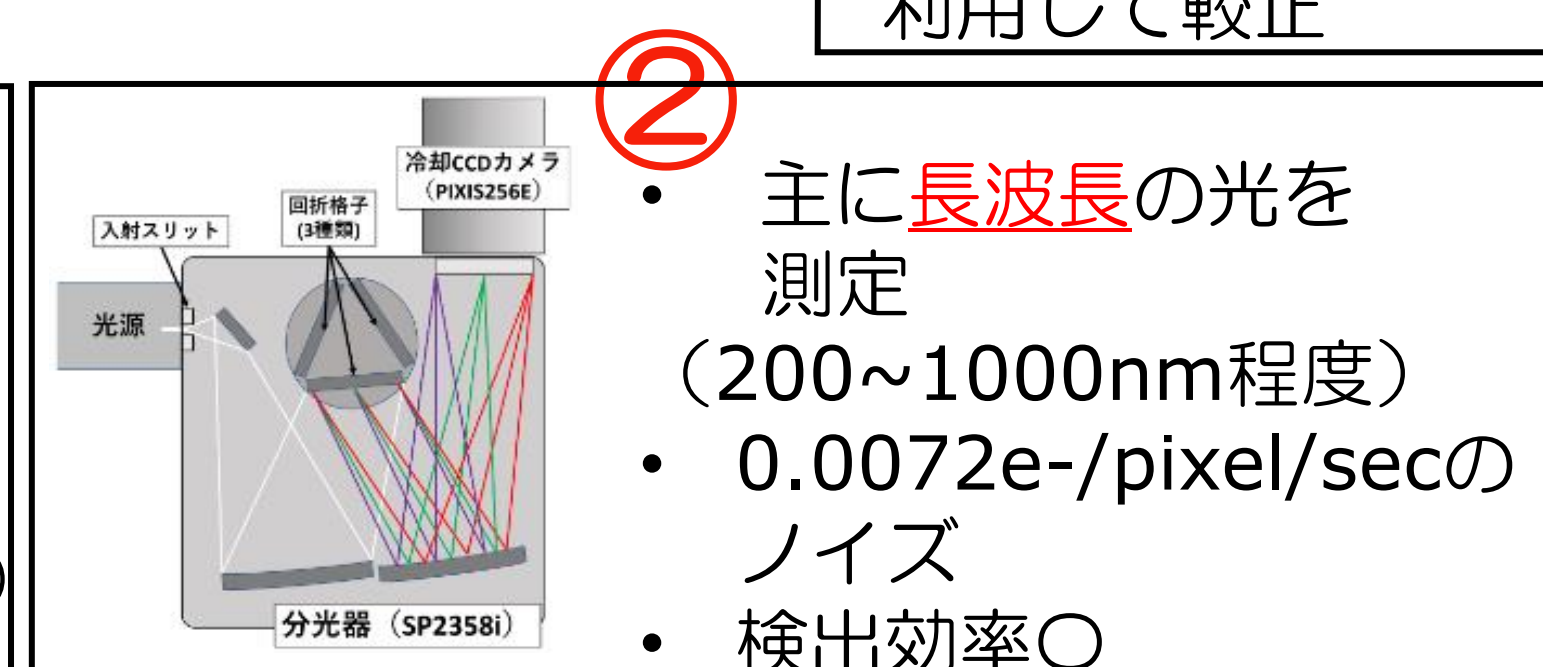
波長較正について



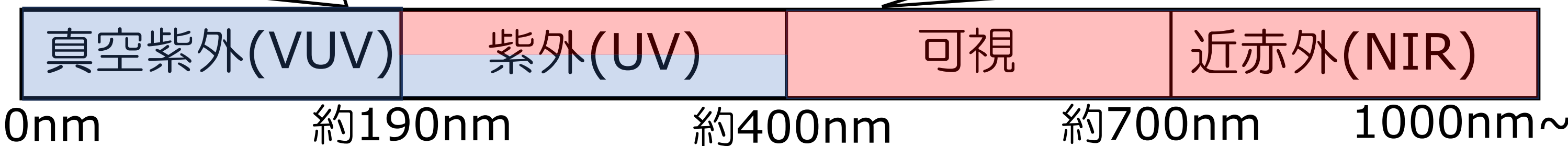
線スペクトルのある
較正用光源を
利用して較正



- 主に短波長の光を測定
(~400nm程度)
- 0.0009e-/pixel/secの
ノイズ
- 検出効率Δ(②の約1桁下)



- 主に長波長の光を
測定
(200~1000nm程度)
- 0.0072e-/pixel/secの
ノイズ
- 検出効率○

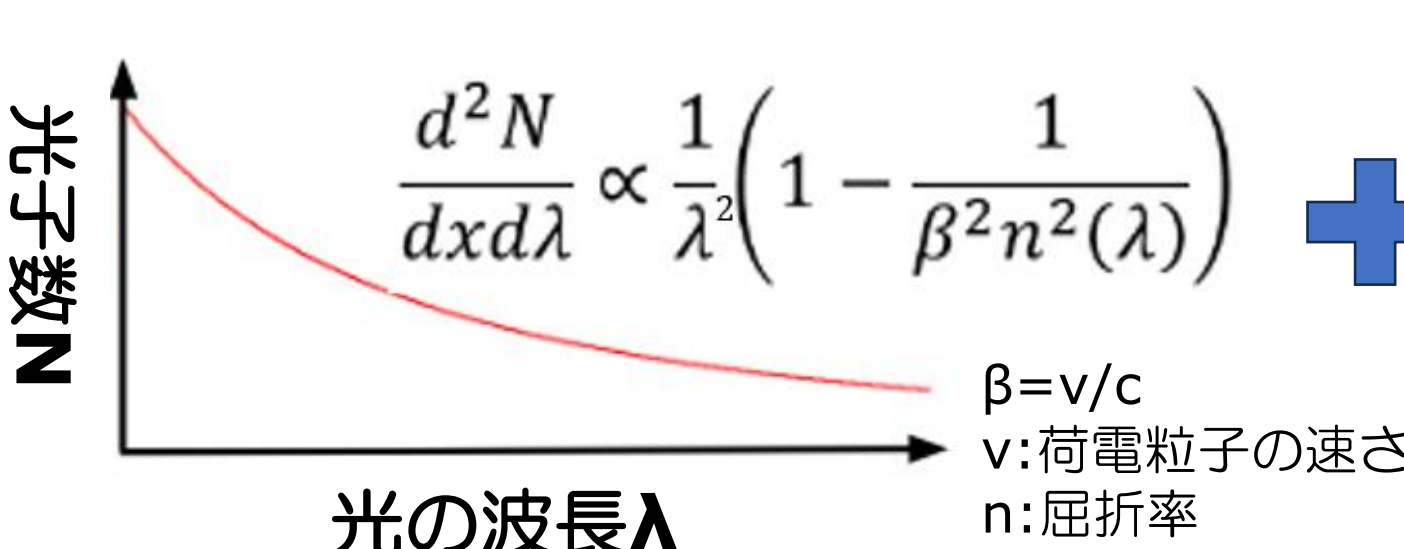


強度較正について

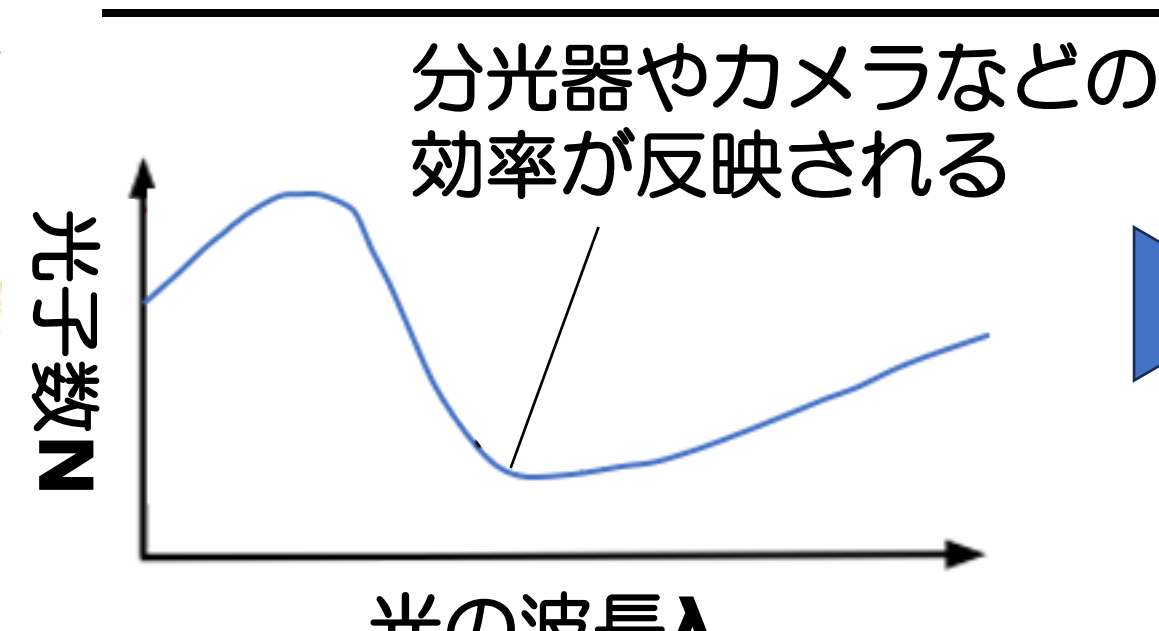
■チェレンコフ光による強度較正

➤ 波長による強度の変化が緩やかな光源が望ましい→チェレンコフ光を利用

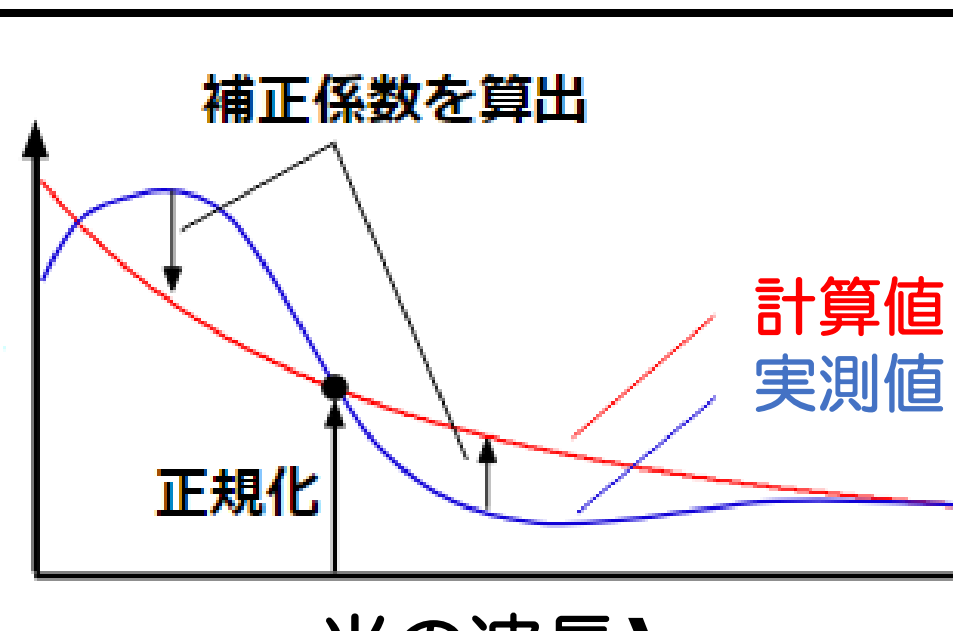
較正の流れ



チェレンコフ光のスペクトル
(シミュレーションで計算)



チェレンコフ光のスペクトル
(実測で得られたもの)



光の波長λ
計算値と実測値の比較

○メリット

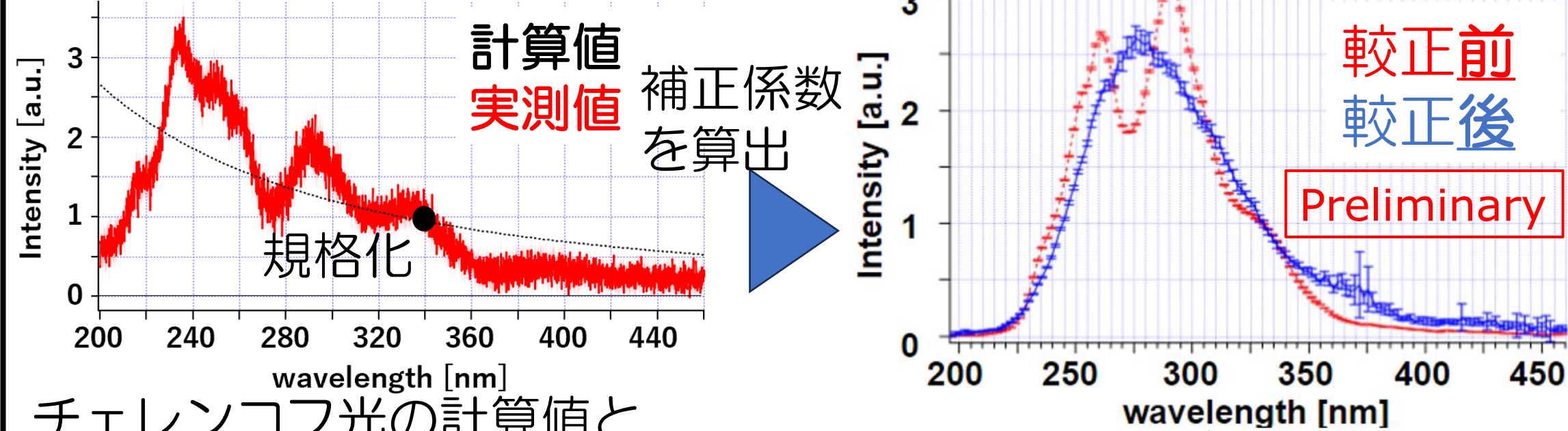
- ✓ 手軽&安価 (SiO₂やMgF₂等の窓材を使用、~20万)
- ✓ 屈折率と荷電粒子の速さのみでスペクトルが決まり安定
- ✓ 較正用光源の少ないVUV領域の較正も行える

△デメリット

- ✓ 光量が少ない
- 測定に時間がかかる
- ✓ SN比が小さくなる

■今までの較正結果

- ②の測光系ではチェレンコフ光での較正が実施できている



チェレンコフ光の計算値と
実測値の比較
(SiO₂+⁹⁰Srを使用、60h測定)

- VUV光のスペクトルを得るために①の測光系でもチェレンコフ光による強度較正を行いたい
- ①の測光系は検出効率が②に比べて低い
- 測定するチェレンコフ光の光量を増やしたい

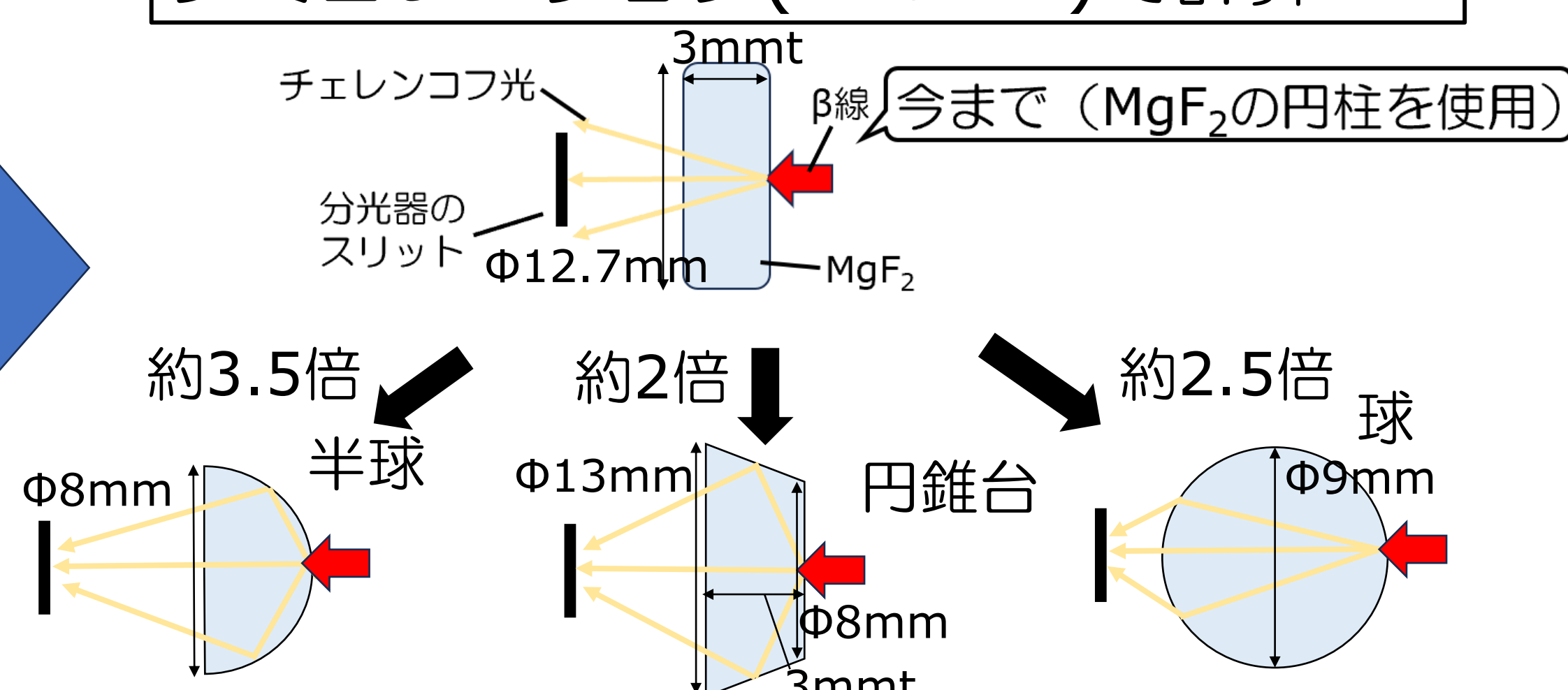
光量を増やすために

■結晶の形状について

- 測定できるチェレンコフ光の光量を増やしたい

- 屈折や反射を利用して効率良く光を届られないか
- 結晶の形状に着目

結晶の形状を変えて測定される光量を
シミュレーション(Geant4)で計算

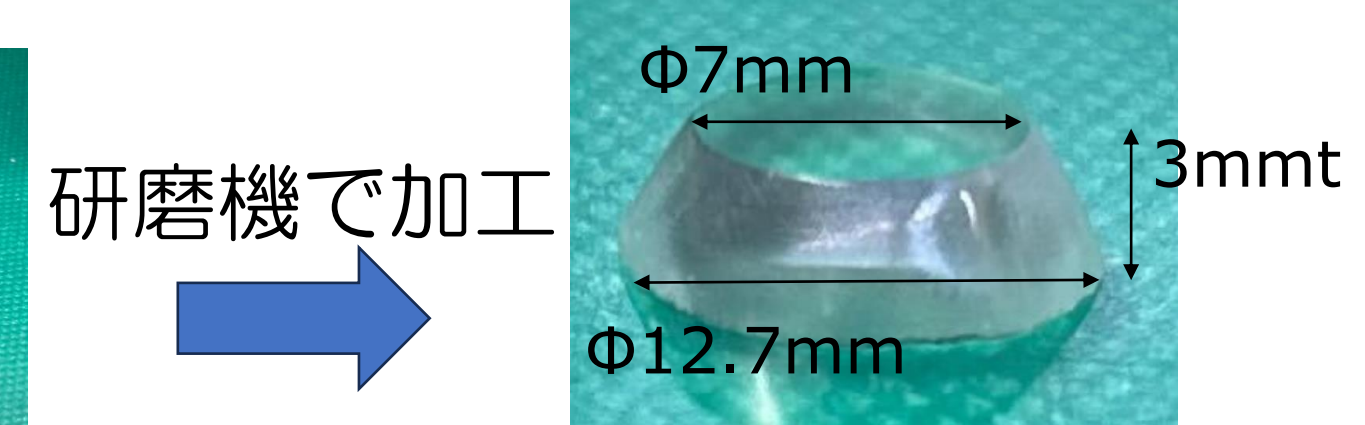


■結晶の加工

- 短期間の間に較正結果が欲しい
- 加工を外注するとコストがかかる
- 円錐台を自作して暫定の較正を行う



MgF₂窓の端材

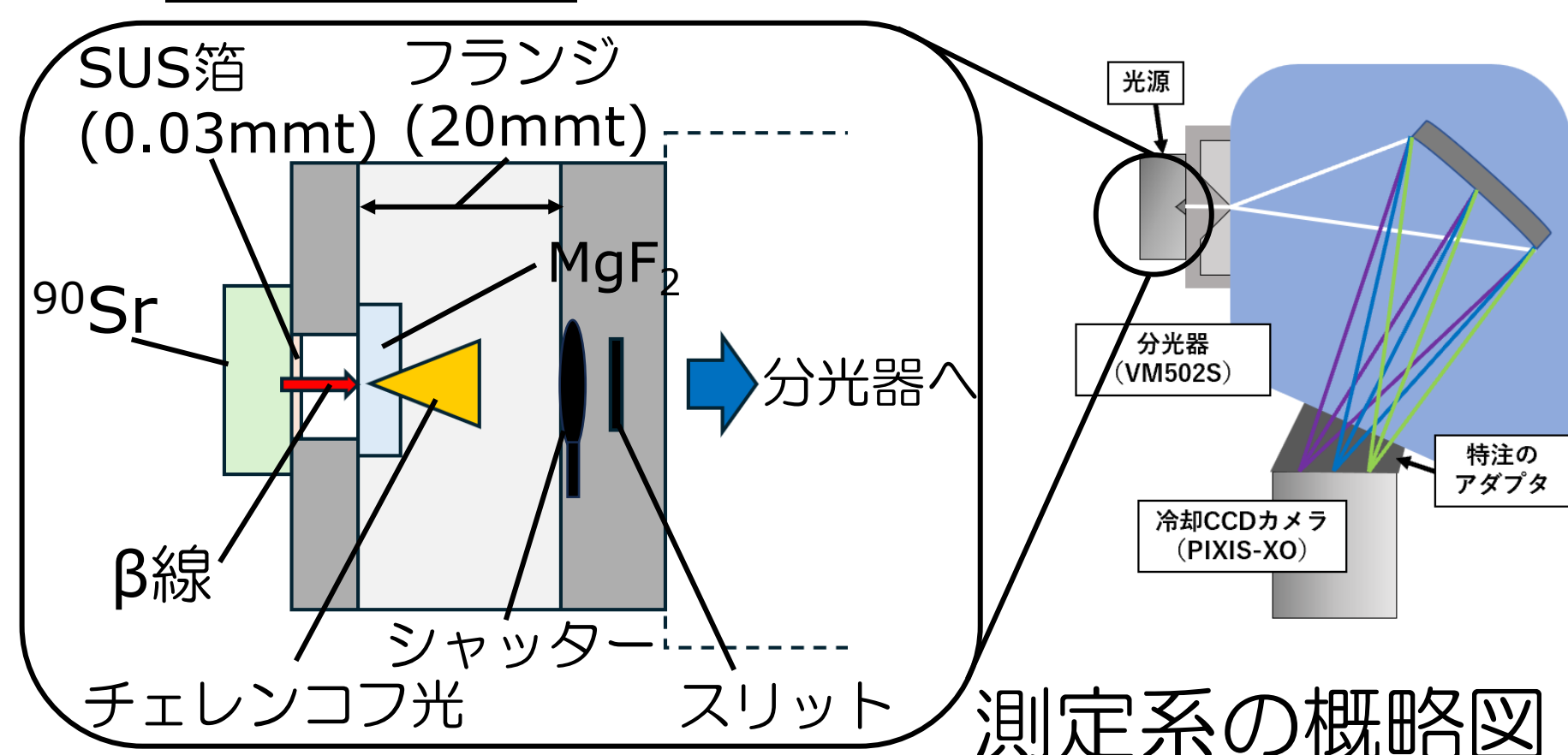


完成形

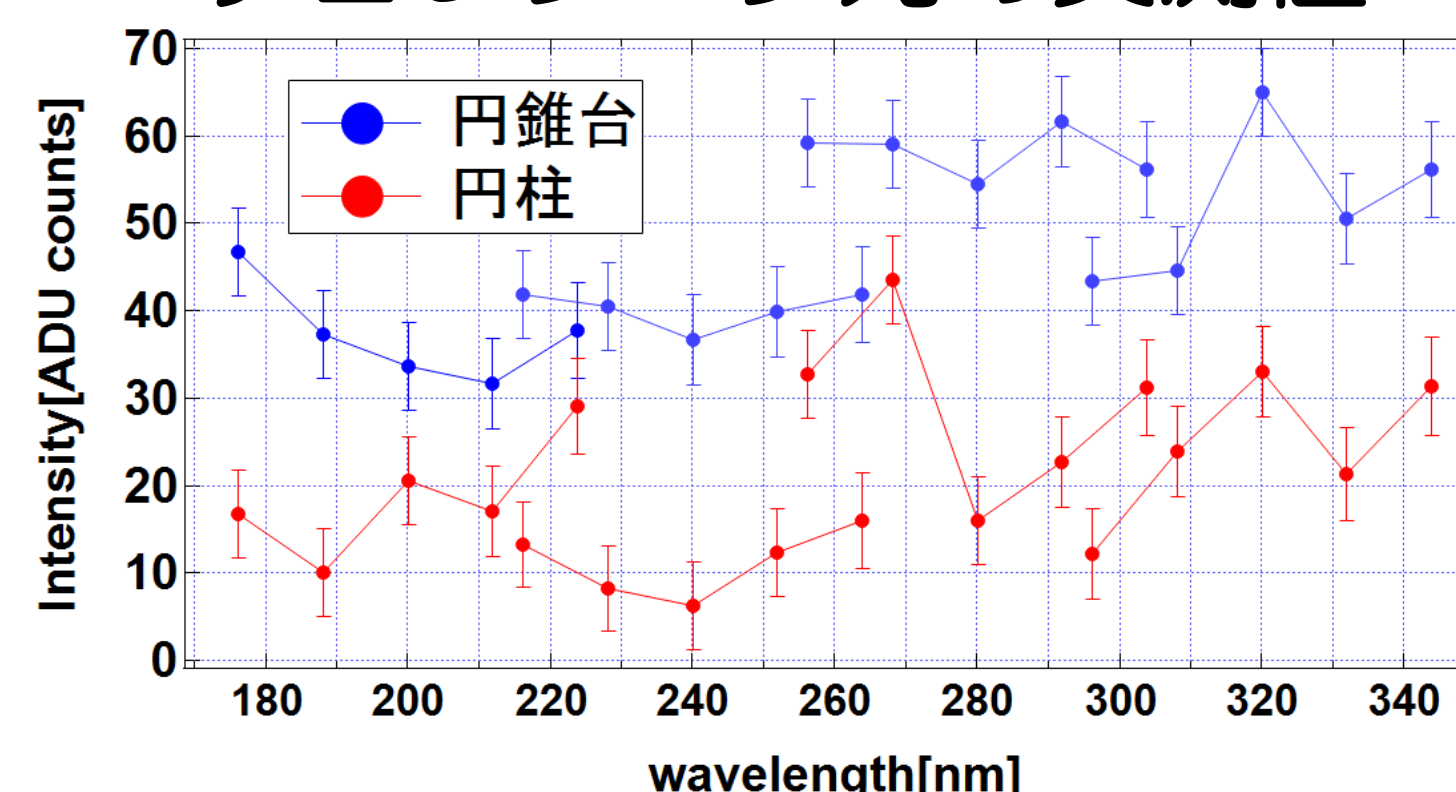
強度較正の実施

■チェレンコフ光の測定

- ⁹⁰Sr + (自作のMgF₂円錐台
MgF₂円柱(Φ12.7mm×3mmt))
でそれぞれチェレンコフ光を測定
- ①の測光系を使用



<チェレンコフ光の実測値>



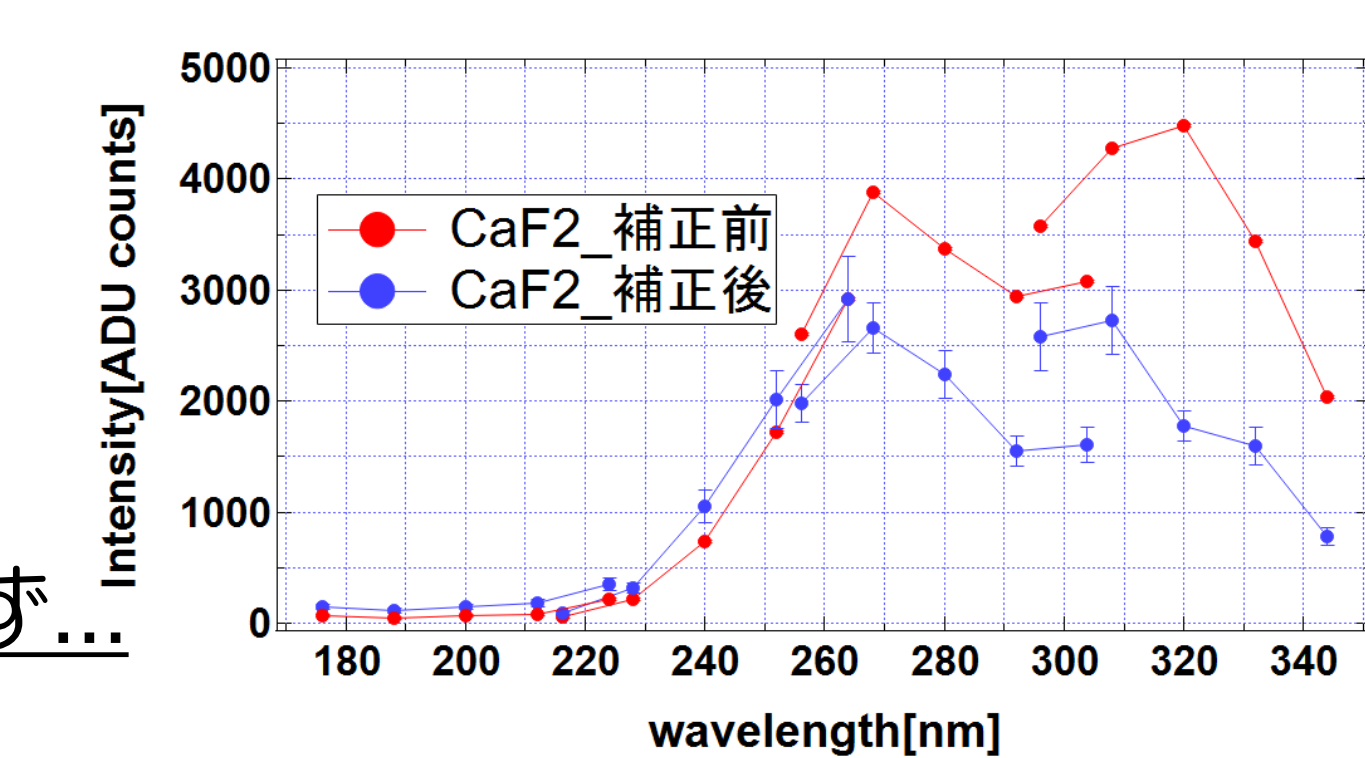
- 4つの波長域でそれぞれ測定
- 1つの波長域につき20h測定
- シミュレーション通り円錐台の方が光量が多くなった(最大4倍)

■強度較正

- 円錐台で測定したチェレンコフ光を利用して強度較正を実施
- 期待された結果にはならず...
(ピークが1つになるはず)

これから

- 結晶の形を変えずにさらに光量を増やす必要あり?
- 結晶をよりスリットに近づける
- 測定時間をさらに延ばす
- 線源の強度を上げる 等
- そもそも別の方法を探す(較正用光源を探す?)



チェレンコフ光による較正の結果
(CaF₂のUV光のスペクトルを較正)

まとめと展望

- 強度較正の光源として使用するチェレンコフ光について、円錐台の結晶を使用することで測定する光量を増やすことができた
- さらに光量を増やすために測光系を改良したり、較正用光源を探す等してVUV領域での強度較正を実施していく