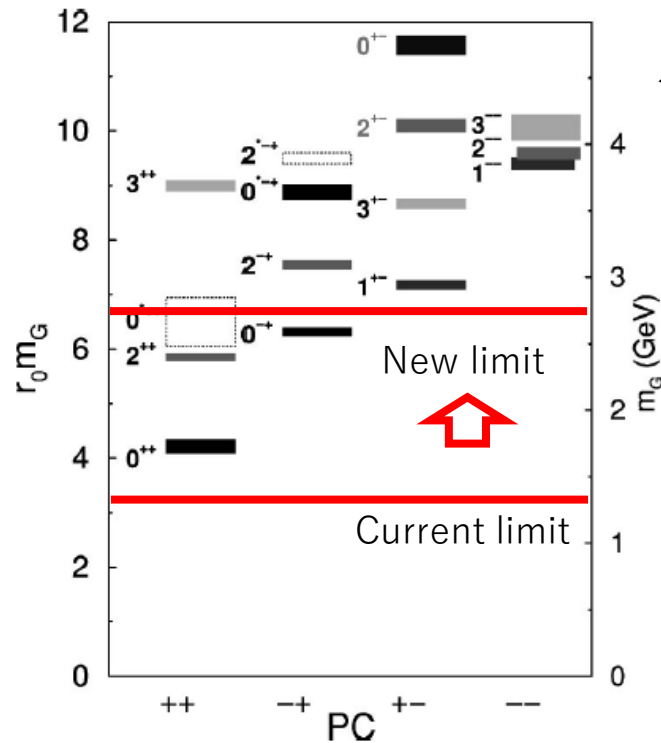


軟X線の逆コンプトン散乱による 高エネルギー光子ビームの開発

岡部雅大, 村松憲仁, 鈴木伸介^A, 伊達伸^{A, B}, 清水肇, 大熊春夫^{B, C},
神田一浩^C, 宮本修治^C, 原田哲男^C, 渡邊健夫^C, 宮部学, 時安敦史
東北大ELPH, JASRI^A, 阪大RCNP^B, 兵庫県立大LASTI^C

動機

- 逆コンプトン散乱 (ICS) で高エネルギー光子ビームを生成
- さらなる高エネルギー化により、グルーボールなどの重いハドロン粒子を生成可能にしたい



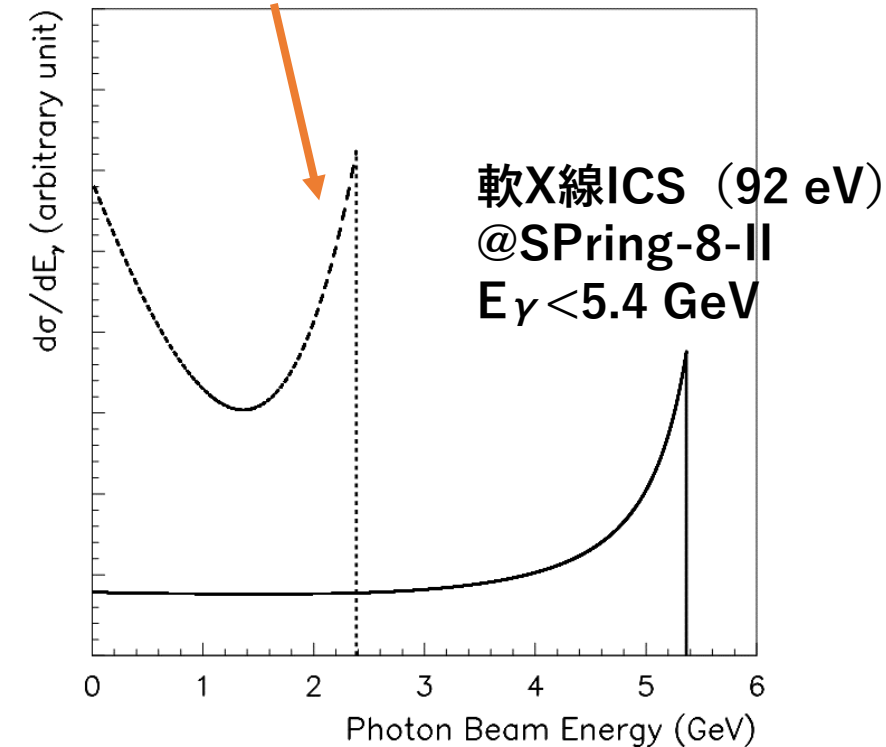
グルーボールの質量スペクトル図

V. Mathieu, N. Kochelev, and V. Vento,
Int. J. Mod. Phys. E18 (2009) 1-49

生成ガンマ線の最大エネルギー

$$k_f \sim \frac{4k_i E_i^2}{4k_i E_i + m_e^2 c^4}$$

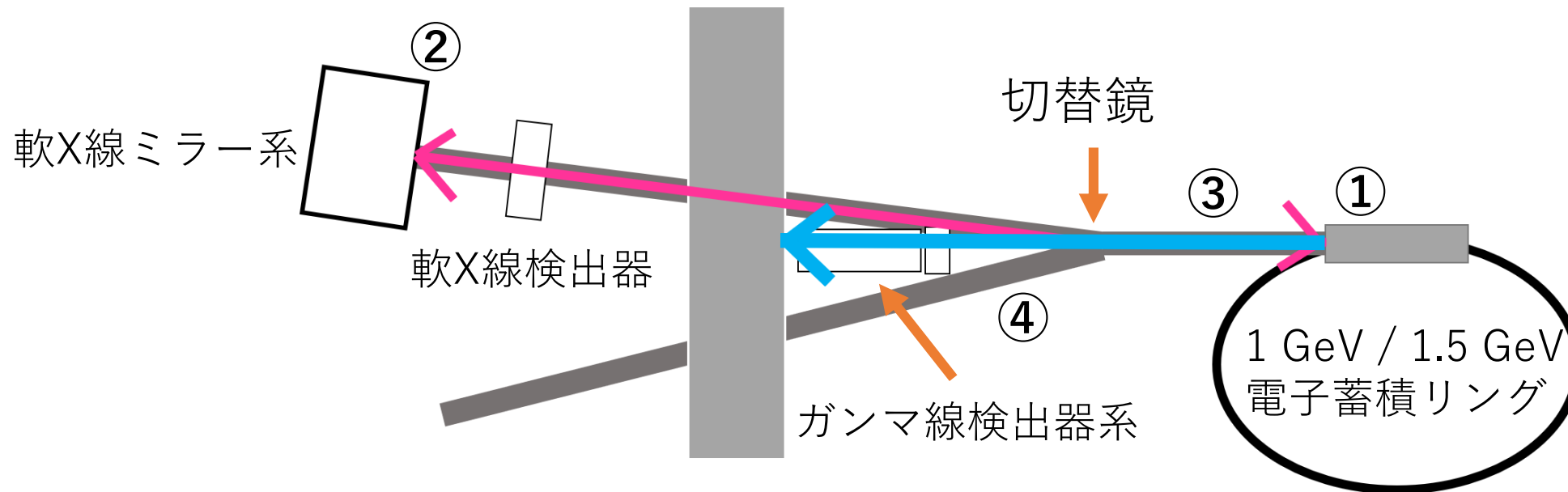
レーザーICS (3.5 eV) @SPring-8
 $E_\gamma < 2.4$ GeV



目標：軟X線のICSに必要な技術開発とニュースバルでのガンマ線生成の実証実験

逆コンプトン散乱ガンマ線の生成手法 @ニュースバルBL07A

- ① アンジュレーターから軟X線が放射される
- ② ビームラインを通り、ミラーで反射される
- ③ 再び同じビームラインを通り、アンジュレーターに再入射する
- ④ 逆コンプトン散乱で高エネルギーガンマ線が生成される



軟X線ミラーの要求性能

- 切替鏡の形状の影響で水平方向は平行な、鉛直方向は発散したX線ビームが下流にくる
→ 曲率半径16.7 mの円筒曲面で反射・集光
しかし、微小円筒曲面は精密研磨が困難



ガラス基板（低膨張ガラス）を一度曲げて平面研磨し、応力で元に戻す方法

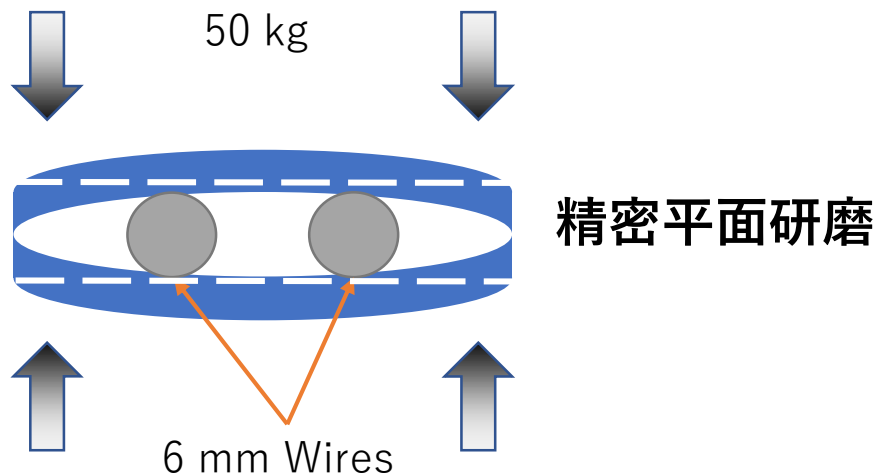
- アンジュレーターからの軟X線のエネルギー、92 eV（波長~13.5 nm）に対する高い反射率
→ Mo/Si多層膜のコーティング

多層膜ミラー製作・評価

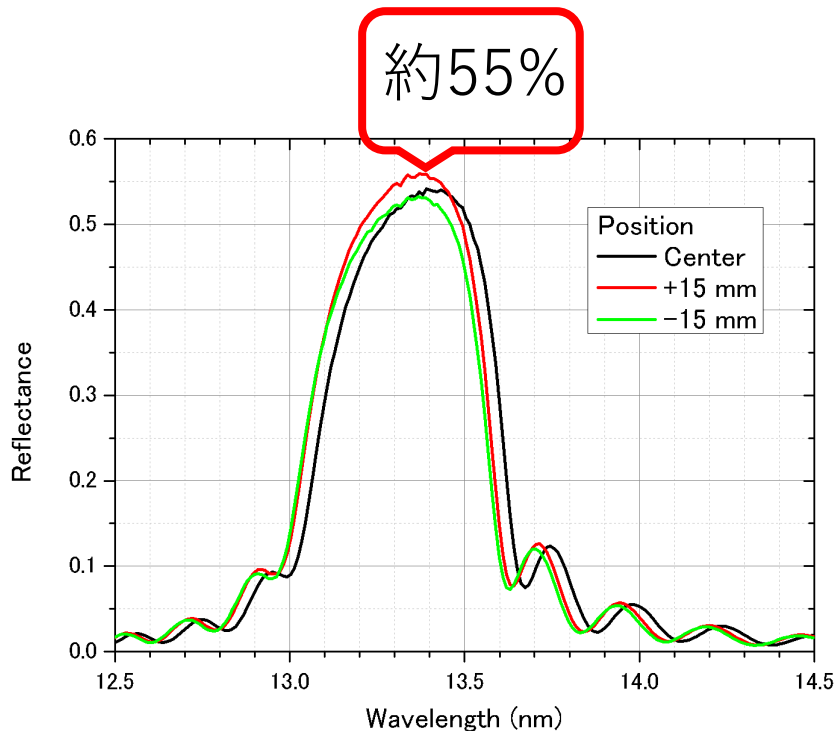
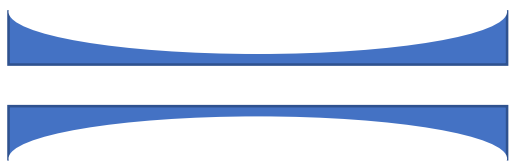
反射率測定

(@ニュースバルBL10)

ホルダー作成

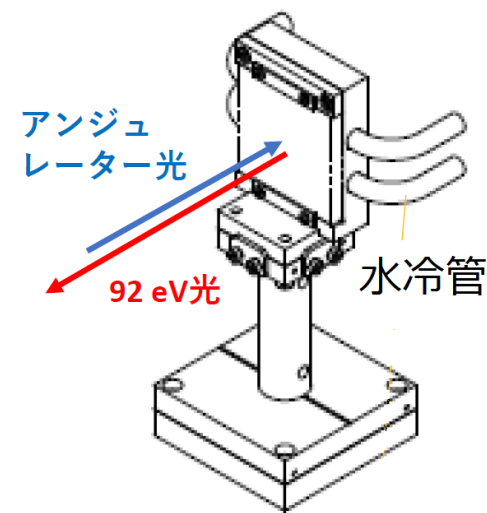


平面研磨後、応力を開放して凹面をつくる



T. Harada, private communication

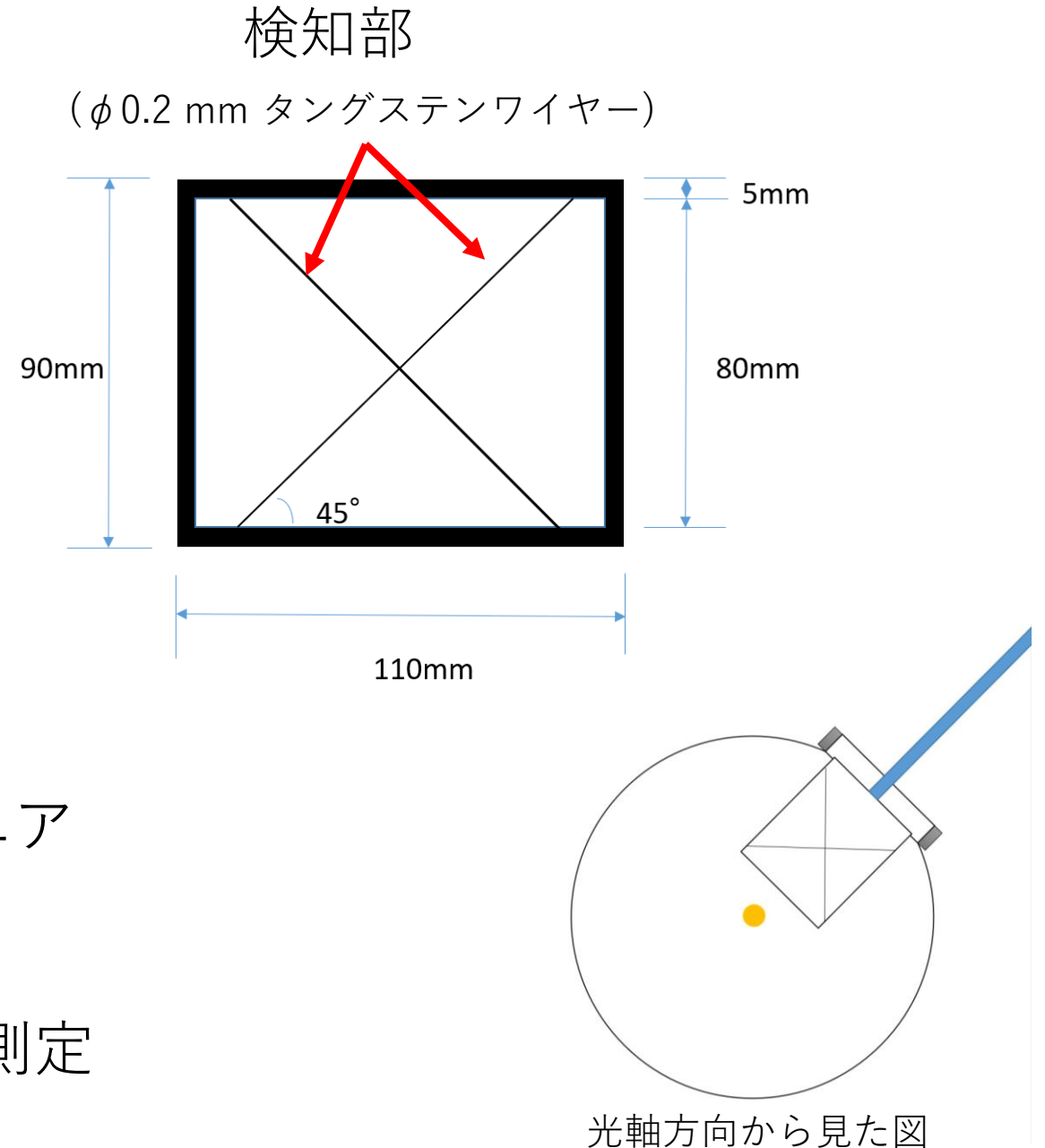
精密自動ステージと共に真空チェンバーへ
インストール済



→ 実験で使用する準備が整った

軟X線ワイヤースキャナー

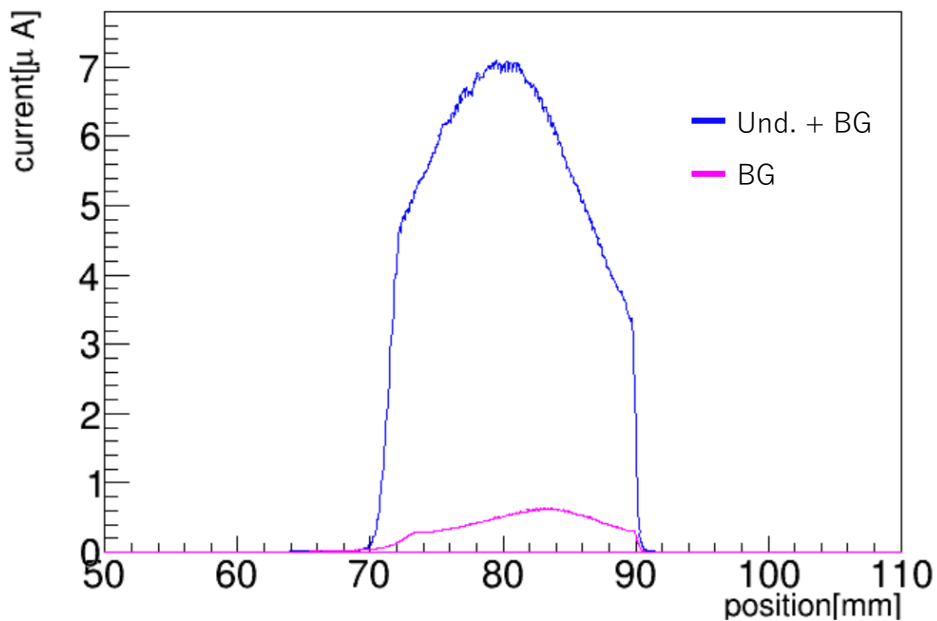
- 目的：
 - 入射・反射X線の位置測定
 - 反射X線の集光状態の確認
 - 相対強度からミラー反射率を測定
- 光電流をピコアンメーターで測定
- 直交する2本のワイヤーで2次元プロファイルを同時に測定
- 45度傾いた状態で設置し、1軸の低速エアシリンダーで駆動
- ポテンショメーターでワイヤー位置を測定



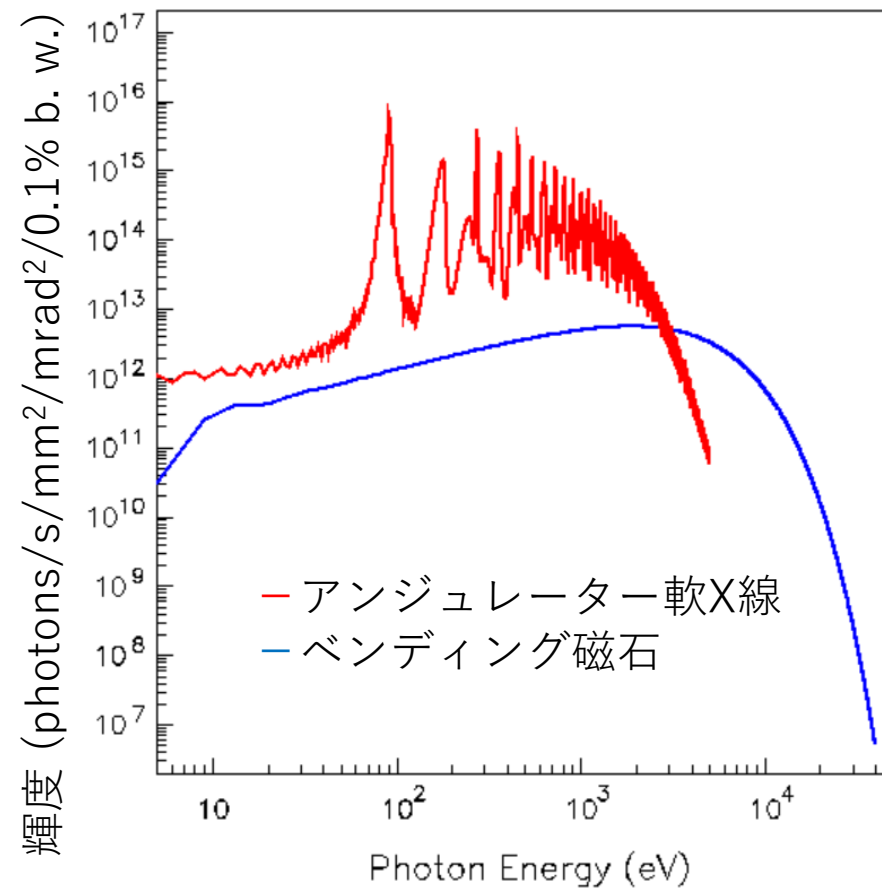
ワイヤースキャナーの計測結果

- アンジュレーターからの92 eV軟X線放射時と非放射時の比較
- 電流を計測位置で足しあげた

強度比：**11.47 ± 0.27倍**



- シミュレーション結果：**11.54倍**



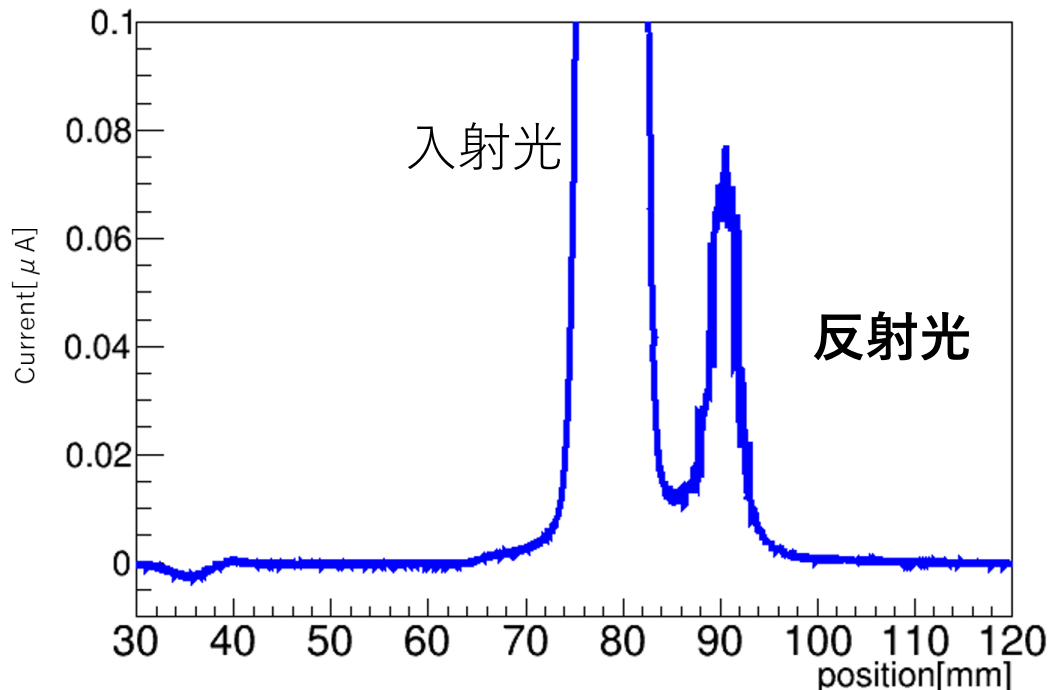
H. Ohkuma, private communication

➡ 両者が一致

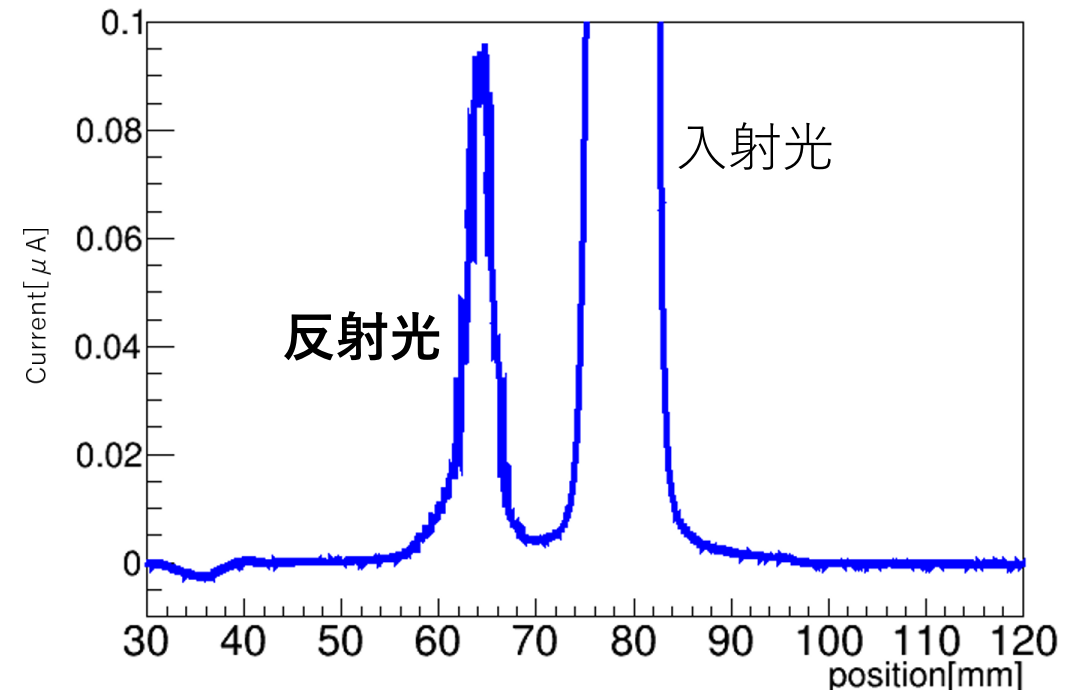
結論：入射・反射X線強度比を正確に測れる

反射光の確認

- 軟X線をミラーで反射したときのワイヤースキャナーの計測結果
- ミラー角度を左右に振った時、反射光の位置が対応して移動する



ミラーを右に振ったとき



ミラーを左に振ったとき

→ワイヤースキャナーでの反射光の検出を確認

ガンマ線検出器系

鉛板(1 mm厚)

- ・電子・陽電子対を生成

- ・残留ガス制動放射による動作確認

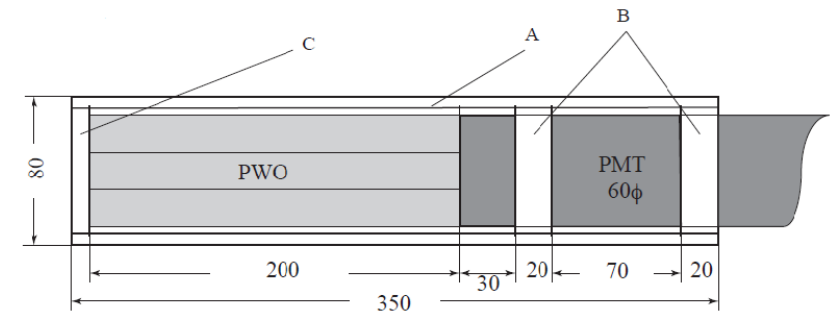
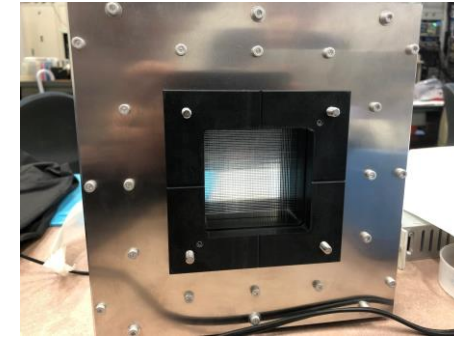
ガンマ線

ベトーカー
カウンター

スタート
カウンター

BPM

- ・目的：生成ガンマ線のプロファイル計測
- ・地面水平方向、鉛直方向の2方向についてシンチレーションファイバーで2 mmごとに各25チャンネルをMPPCで読み出す
(位置分解能 0.58 mm)。

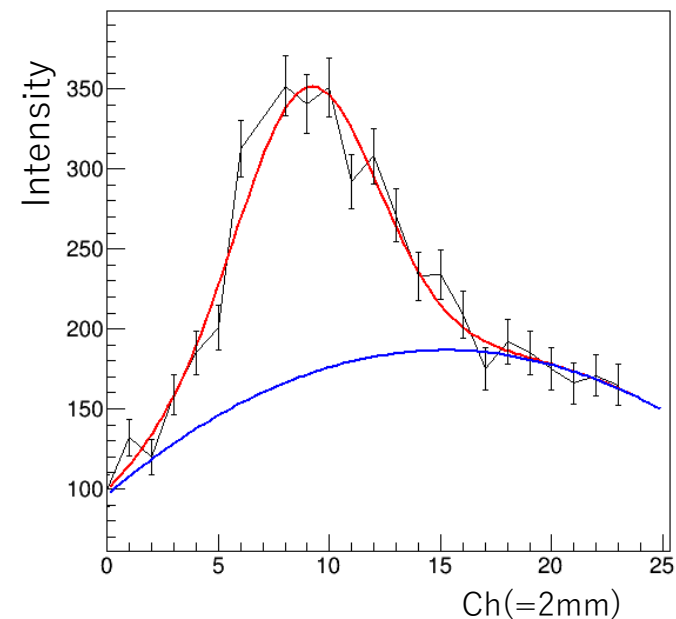


PWO検出器

- ・目的：電磁シャワーによるガンマ線の全エネルギーの計測
- ・PWO結晶9本と2インチPMT 1本で構成される
- ・過去の実験で1 GeVのガンマ線に対し1.7%のエネルギー分解能をもつ

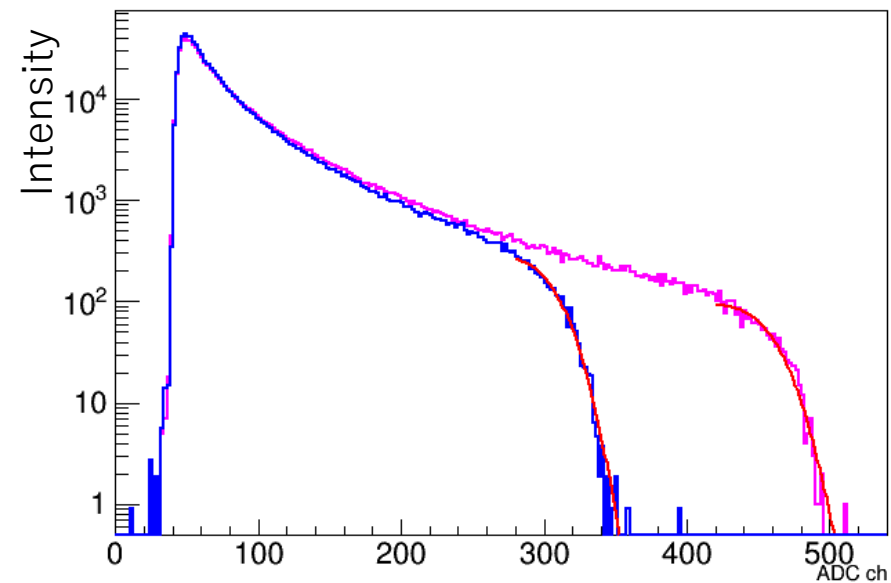
ガンマ線検出器の計測結果

- BPMによるx方向の中心付近の3チャンネルずつの1次元プロファイル



- ビーム幅
計測値
 $\sigma = 6.2 \pm 0.7 \text{ mm}$
計算値
 $\sigma = 5.94 \text{ mm}$

概ね一致。制動放射ガンマ線を測定できた



- 蓄積電子エネルギーが1.5 GeV、1.0 GeVの時のPWO検出器のエネルギー分布比較
- 最大エネルギーの比は
 $308 : 460 = 1 : 1.50 \pm 0.01$

測定ADC値が正しくエネルギー値と比例していることを確認

結論

- 軟X線ミラーの製作
 - **曲率半径16.7 mの円筒面**を持つ低膨張ガラス基板の開発
 - Mo/Si多層膜：反射率 **約55%**
- 軟X線ワイヤースキャナーによる測定
 - X線プロファイル・相対強度を正確に測定できる
- ガンマ線検出器系の性能評価
 - 切替鏡下流でプロファイル測定が十分に可能である
 - 測定ADC値とエネルギー値の比例を確認した

→ 逆コンプトン散乱実験の準備が完了し、
今後実証を行う予定