

ASTRO-H衛星搭載の硬X線撮像検出器・ 軟ガンマ線検出器における反同時計数による バックグラウンド低減の検証

林 数馬(広大理)

高橋弘充、深沢泰司、水野恒史、大野雅功、平木一至(広大理)
佐藤有、国分紀秀、高橋忠幸(ISAS/JAXA)、田島宏康(名大STE研)
内堀幸夫、北村尚(NIRS)、ほかHXI/SGDチーム

ASTRO-H HXI/SGD

2014年打ち上げ予定ASTRO-H
搭載される4つの検出器

- 軟X線撮像器 (SXI)
- 軟X線分光器 (SXS)
- **硬X線撮像器 (HXI) 5-80 keV**
- **軟ガンマ線検出器 (SGD) 40-600 keV**

硬X線・軟ガンマ線帯域では天体からの信号よりも
バックグラウンドが数10~100倍高い



徹底したバックグラウンドの除去が必要

- HXI・・・硬X線望遠鏡による集光 + BGOアクティブシールド
- SGD・・・コンプトン運動学に基づくバックグラウンド除去
+ BGOアクティブシールド

BGOアクティブシールド

BGOアクティブシールドとは...

- ・BGOのシンチレーション光を読み出し
→シールド自身がヒット信号を生成
→主検出器との反同時計数

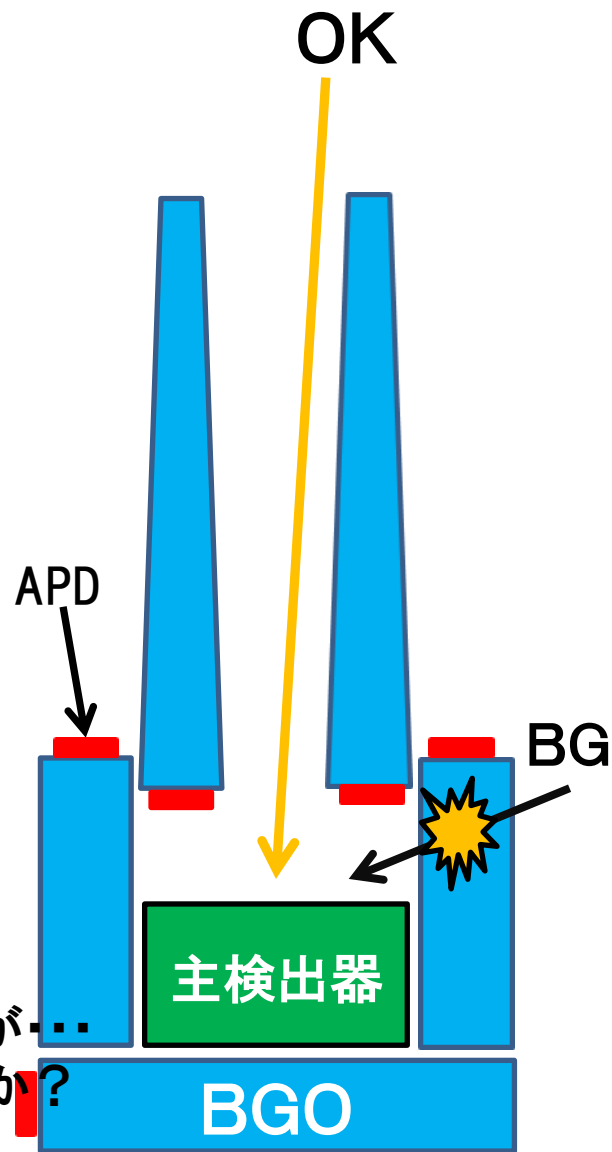


視野外からのバックグラウンドを除去

現在のX線衛星すざくHXD検出器でも落とせることが
検証されている

BGOアクティブシールドは高感度観測の**重要なカギ**

- ・アクティブなBGOなら放射化によるバックグラウンドも落とせるが...
- ・CdTeという分解能の良い検出器でエネルギー帯域で差はないか？
- ・BGOのスレッシュホールドによっては落とせない可能性はないか？



アクティブシールドの概念図

目的

衛星軌道上では南大西洋磁気異常帯(SAA)を通過する
→数百 MeVの陽子が降り注ぎ検出器が**放射化**



CdTe検出器、ファインコリメーター、BGOなどがバックグラウンド源となる
CdTe、ファインコリメーターの放射化は調査済み→今回はBGO

高感度観測のために・・・

- ・BGOの放射化によるバックグラウンドを反同時計数で除去できる効率を実測
- ・軌道上性能評価のための放射化の高精度なモデル化

本研究の目的

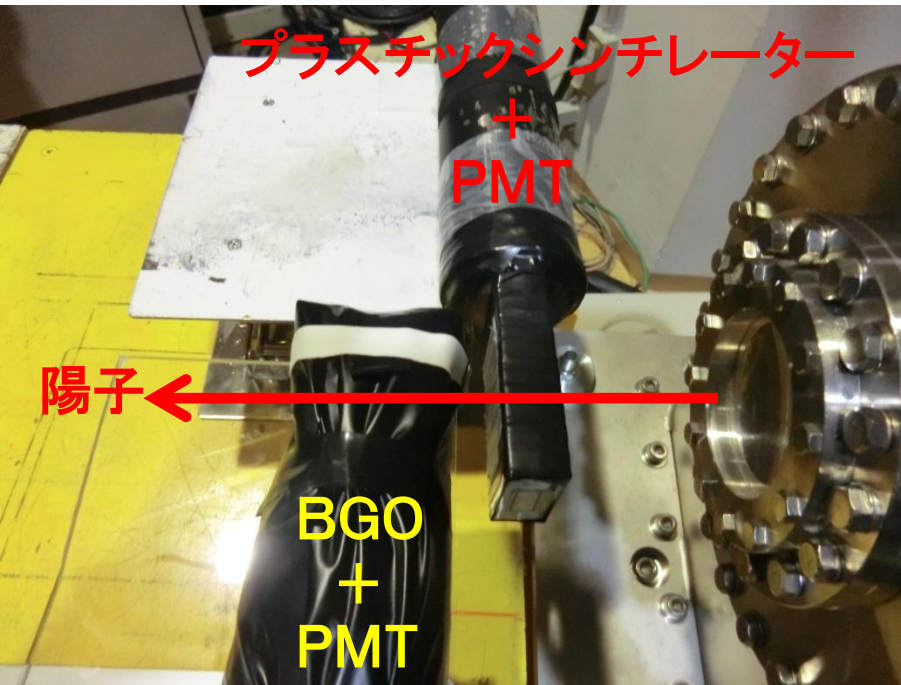
- ・放射化したBGOからのバックグラウンドを、
BGOとの反同時計数でどれだけ除去できるか実測
- ・シミュレーションがどれだけ再現できているかを検証
- ・放射化バックグラウンドのBGOスレッシュホールド依存性を評価

実験

放射線医学総合研究所のHIMACにて
2011/11/8 に実施

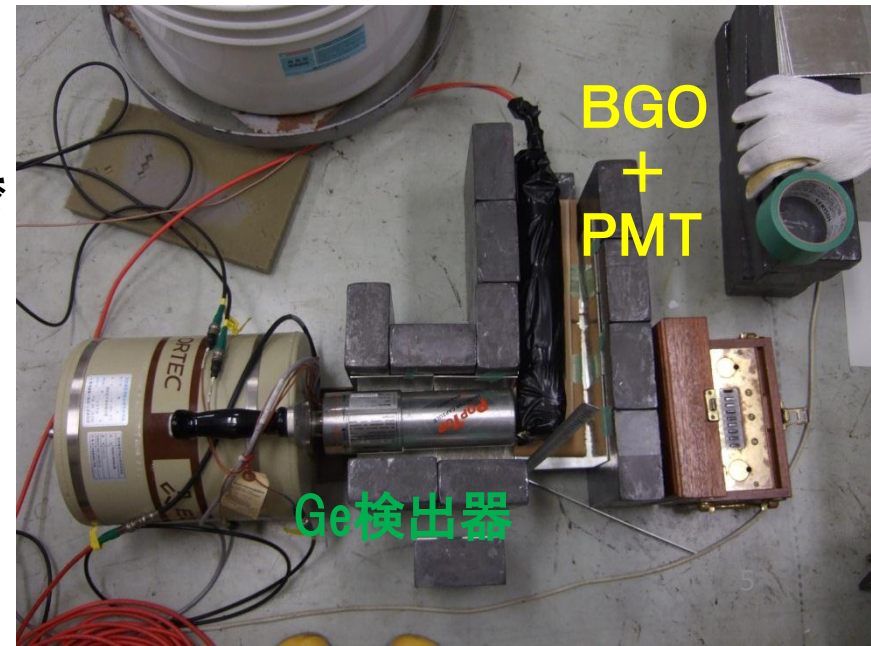
5.9 x 3.9 x 1.9 cmのBGOに
150 MeVの陽子を $\sim 1.2 \times 10^9$ 個照射
 $\sim 10^7$ /spill(=3.3s) で300秒照射

主検出器を模したGe検出器で計測



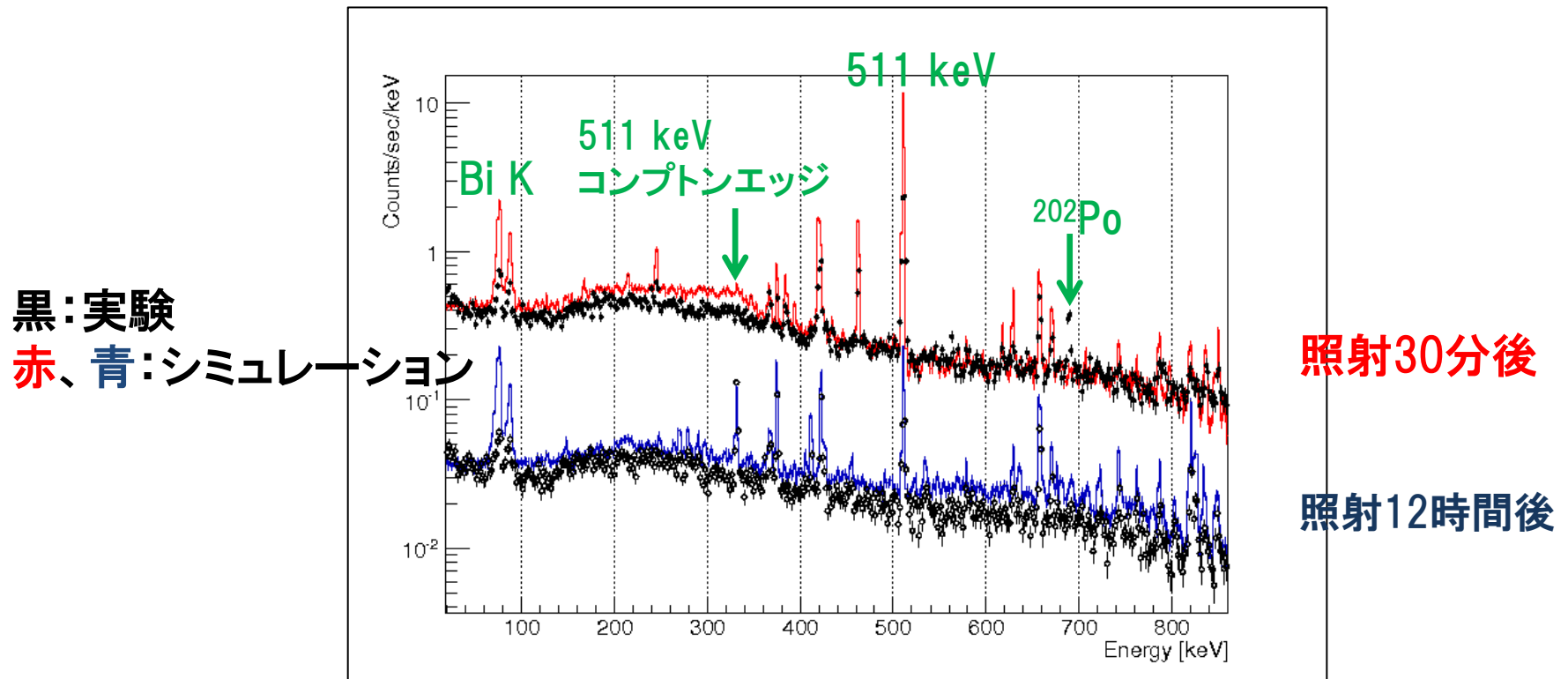
BGOの放射化部分にGe検出器を近づけて室温下で
-BGO+PMT+CSA+shaper
-Ge+shaper
の両信号を同時計測した。

BGOが放射化したらGe検出器にどれだけ
影響が出るか？



反同時計数を用いないバックグラウンド

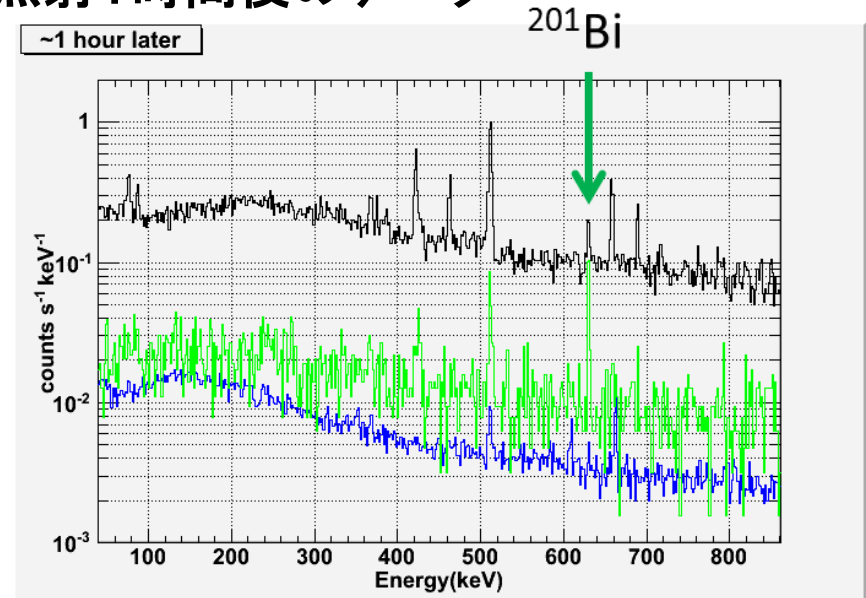
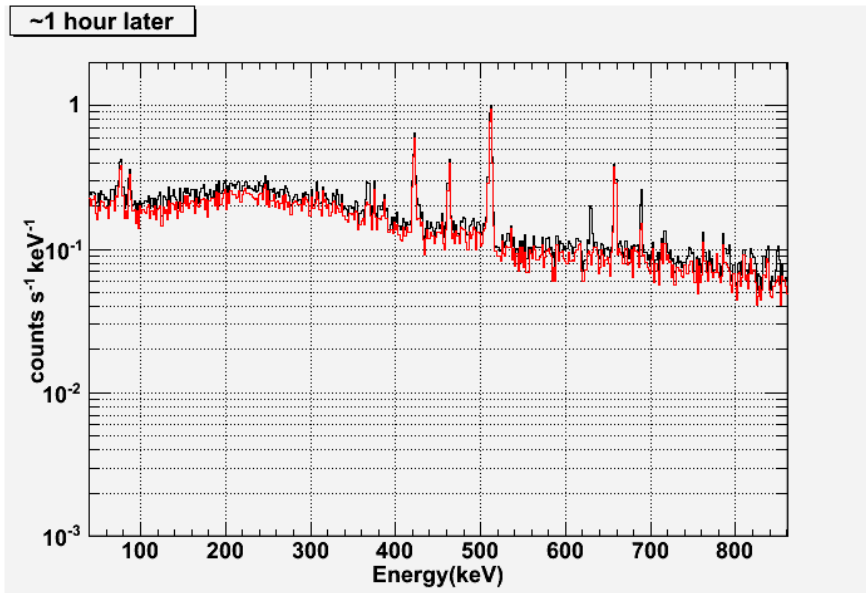
Ge検出器で得られたスペクトルとシミュレーションの比較



- ・照射12時間後にはおよそ1/10となる
- ・連続成分、不安定核によるラインを概ね再現する。
- ・ただし蛍光X線、511 keVを高く見積もる傾向。
- ・ラインガンマ線は再現するが、 ^{202}Po からのラインを再現しない。

反同時計数を用いたバックグラウンド低減

BGOのスレッシュホールドを100 keVとした場合の残留バックグラウンド
反同時計数のウィンドウ幅 $6 \mu\text{s}$ 照射1時間後のデータ



黒: Ge 検出器で検出された全イベント
赤: 反同時計数で検出されたイベント

緑: 差引後のスペクトル
青: 環境バックグラウンド(照射前)

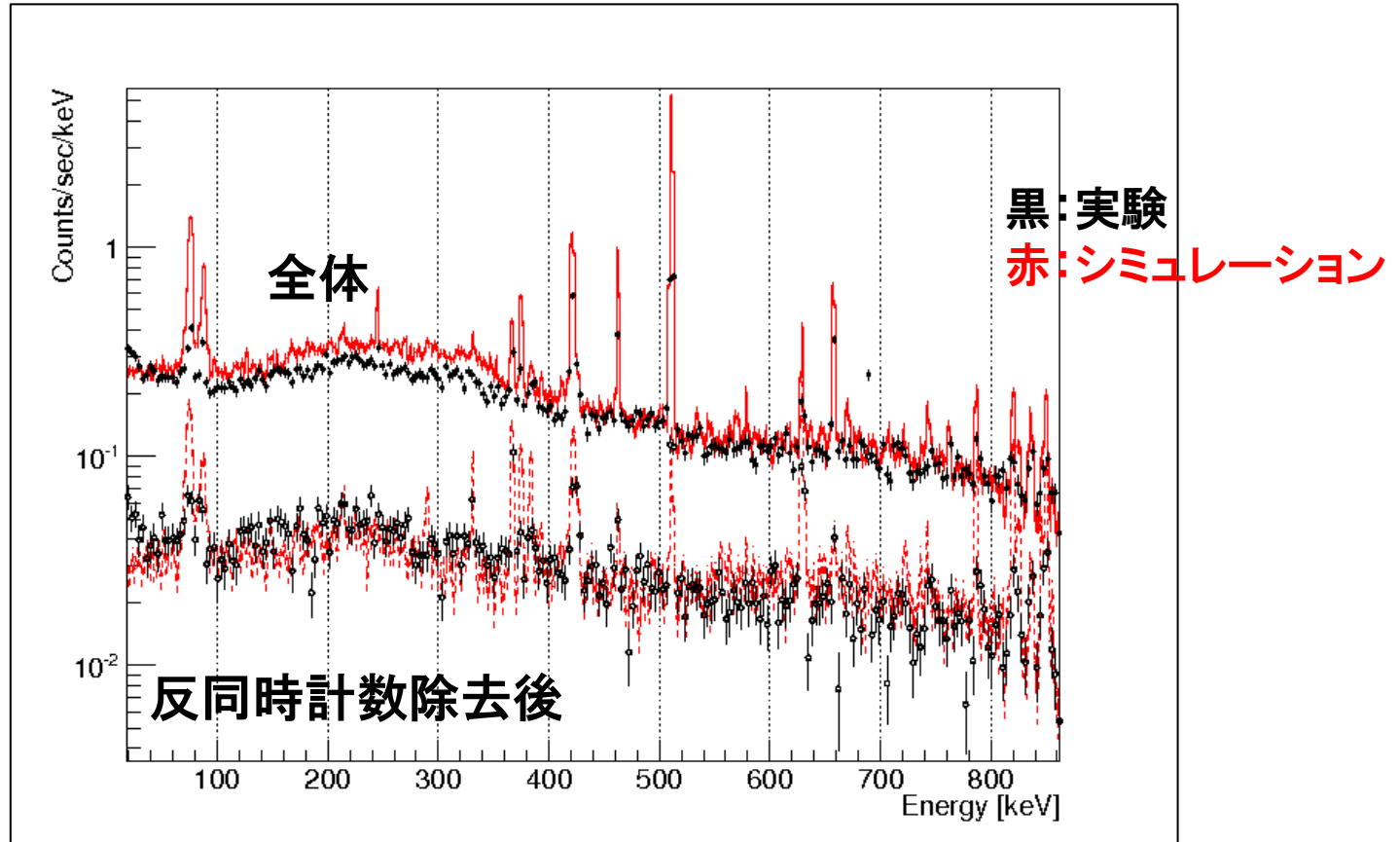
- ・反同時計数によりバックグラウンドをおよそ1/10に低減できる
- ・ほとんどのイベントが同時イベントとして検出
- ・ただし ^{201}Bi はアイソマーからの放射のため除去できない

BGOをアクティブシールド動作させることでBGO放射化バックグラウンドを軽減できている

反同時計数後でのシミュレーションとの比較

照射6時間後のデータ

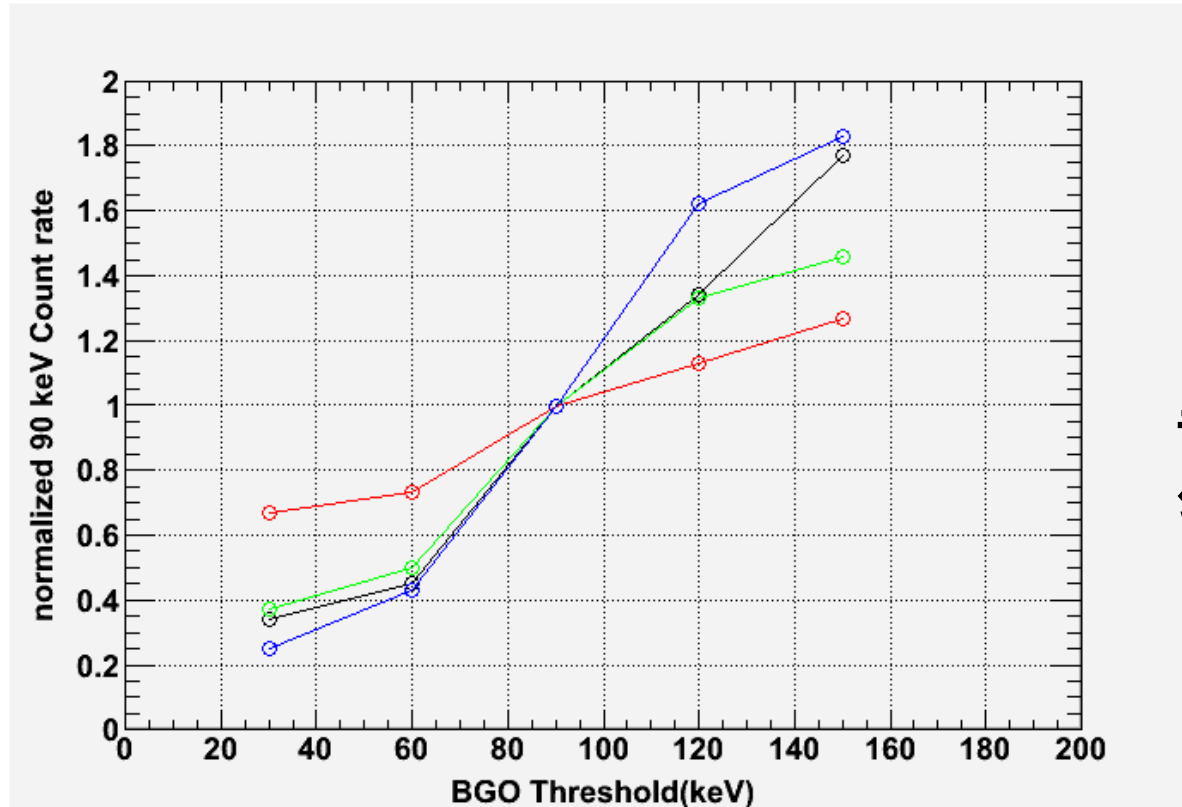
BGOのスレッシュホールド100 keVで反同時計数をとったスペクトル



反同時計数除去後においても蛍光X線が高く出る傾向
現在シミュレーションを検証している

放射化バックグラウンドの BGOスレッシュホールド依存性

BGO結晶は大きいAPDの受光面が小さいためスレッシュホールドの評価が重要
BGOのスレッシュホールドに対する放射化バックグラウンドカウントレートの依存性



黒: 99_{-1}^{+1} keV
赤: 135_{-5}^{+5} keV
緑: 220_{-20}^{+20} keV
青: 305_{-15}^{+15} keV

ライン成分の影響の
少ない場所を選んだ

- ・BGOのスレッシュホールドが60 keV以下ではカウントレートはあまり変化しない。
→Biの特性X線を十分落とせるため

まとめ

- BGOに150 MeVの陽子照射を行い、放射化バックグラウンドを調べた。
- これによりCdTe、ファインコリメーター、BGOの放射化実験の結果が得られた。
- シミュレーションでは ^{202}Po を除くラインガンマ線は再現するが、蛍光X線や、511 keVを高く見積もる傾向がある。
- 反同時計数をとることで、BGOの放射化バックグラウンドはおよそ1/10に除去できる。
- BGOのスレッシュホールド60 keV以下ではカウントレートはあまり変化しない。