



モンテカルロシミュレーションを用いた 次期X線天文衛星ASTRO-H搭載 軟ガンマ線検出器SGDのバックグラウンド評価

○梅木勇大、水野恒史、深沢泰司(広島大)、小高裕和、渡辺伸、国分紀秀、高橋忠幸(ISAS/JAXA)、中平聡志、山岡和貴、吉田篤正(青山学院大)、矢治裕一、遠藤輝、寺田幸功、田代信(埼玉大)、田島宏康(SLAC)、他HXI/SGDチーム

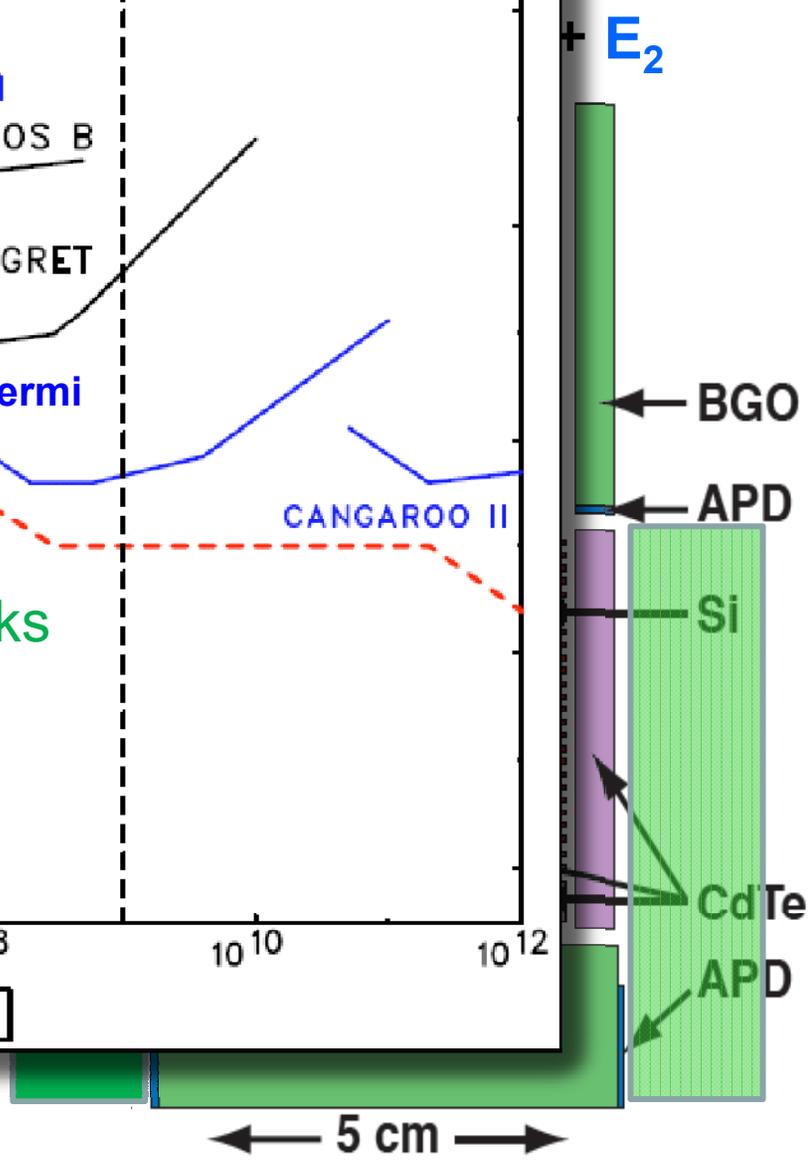
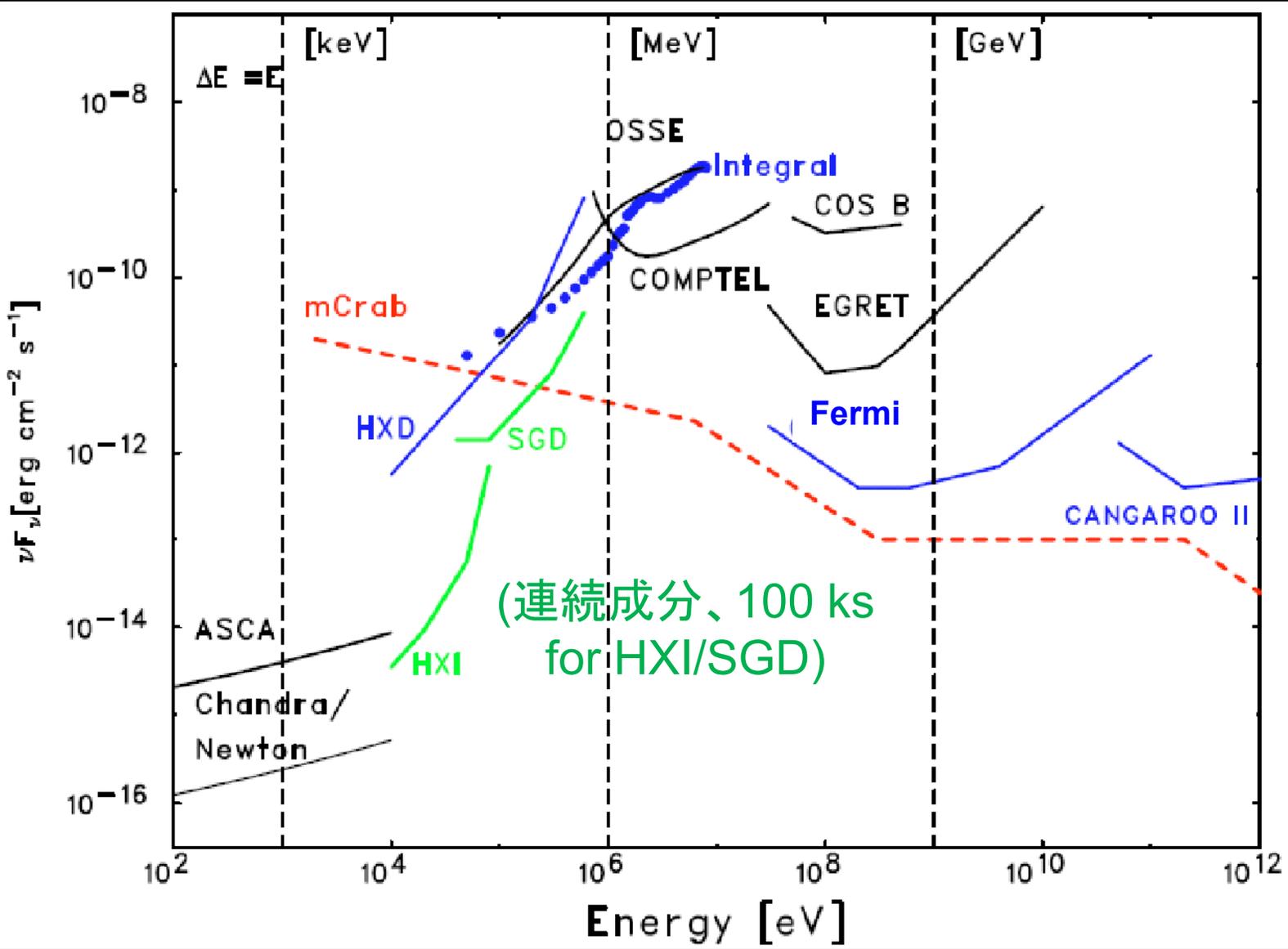
目次

- **イントロ**
 - ASTRO-H/SGDにおけるバックグラウンド除去
- **目的**
- **軌道上バックグラウンド**
- **シミュレータの検証**
- **SGDのバックグラウンドの評価**
 - 大気中性子バックグラウンドの評価
 - 公開バックグラウンド(2009)
- **まとめ**



SGDにおけるバックグラウンド除去

- **BGO**
- = 狭
- ・ アクティブ
- 「すぎ
- ・ コンプトン
- ① 2ヒツ
- ② $\theta \Rightarrow$
- \Rightarrow
- 制限の
- \Rightarrow デザ



目的

2008年度：基本設計phase

現設計で狙い通りにバックグラウンドを除去できるか？
定量的な評価が必要

軟ガンマ線検出器SGDの バックグラウンド評価

検出器の構造・検出原理などが複雑（解析的評価困難）



モンテカルロシミュレーションによる評価

枠組みとしてGeant4ANL(Geant4およびANL++; M. Ozaki et al. IEEE TNS
2006など)を使用

処理のモジュール化により、開発効率・信頼性の向上



- ①物理プロセスの検証
- ②大気中性子に由来するバックグラウンドの評価
- ③放射化に由来するバックグラウンドの評価

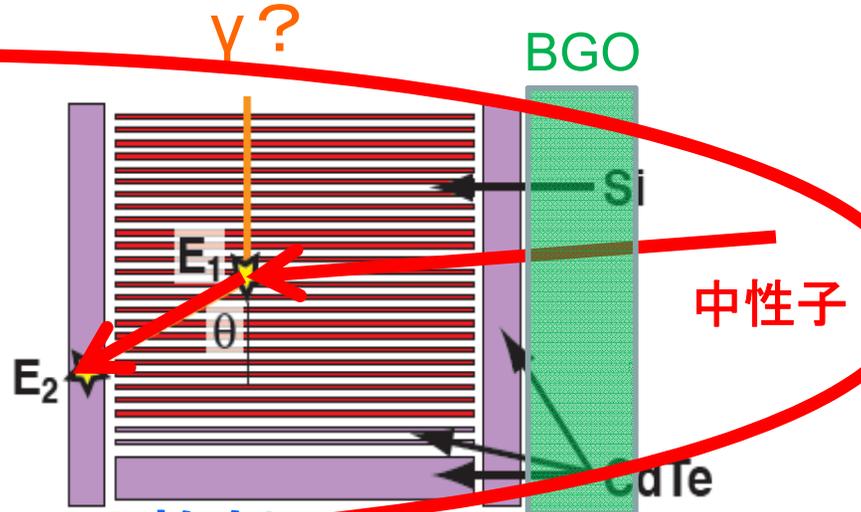
SGDの軌道上バックグラウンド

徹底したアクティブシールドのもとでは、大気中性子・放射化が主なBG源

●大気中性子

検出部で弾性散乱

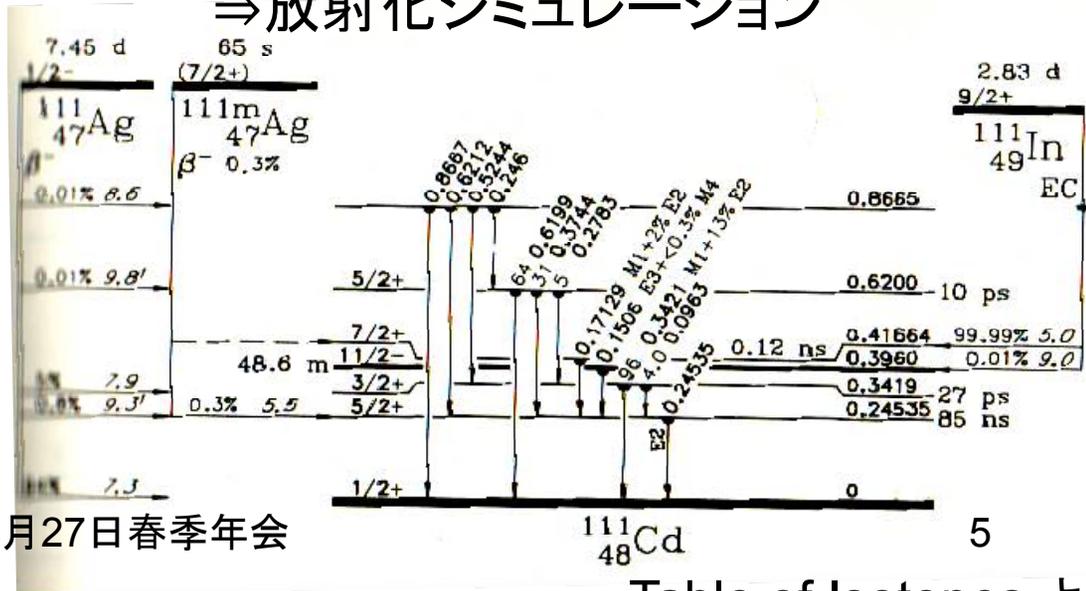
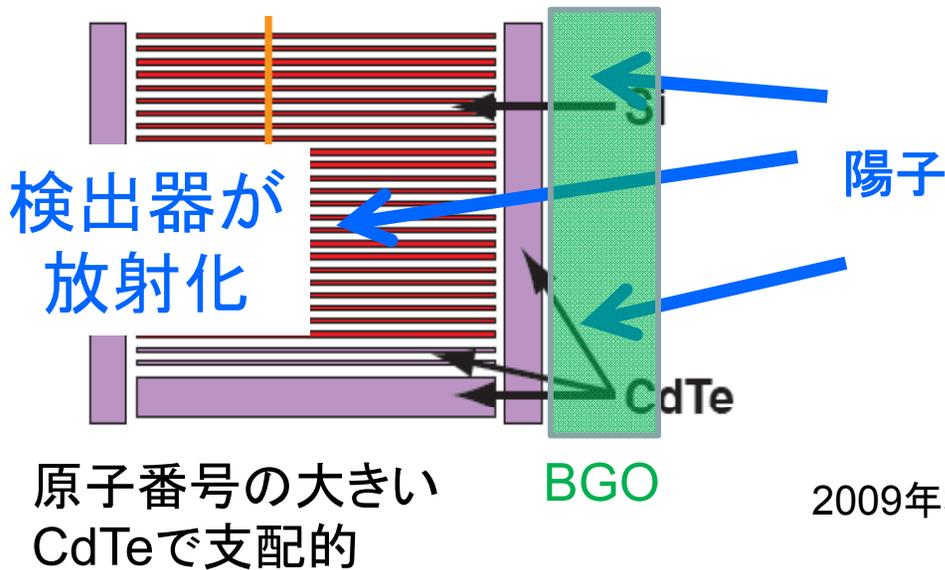
シミュレーションによる評価では、
散乱角及びエネルギーの再現性が重要
Si/CdTe双方で効きうる



●荷電粒子(主にSAA陽子)との反応による放射化

・検出器自身がバックグラウンド源
⇒シールドを突き抜ける成分のflux

・崩壊過程は様々
⇒放射化シミュレーション



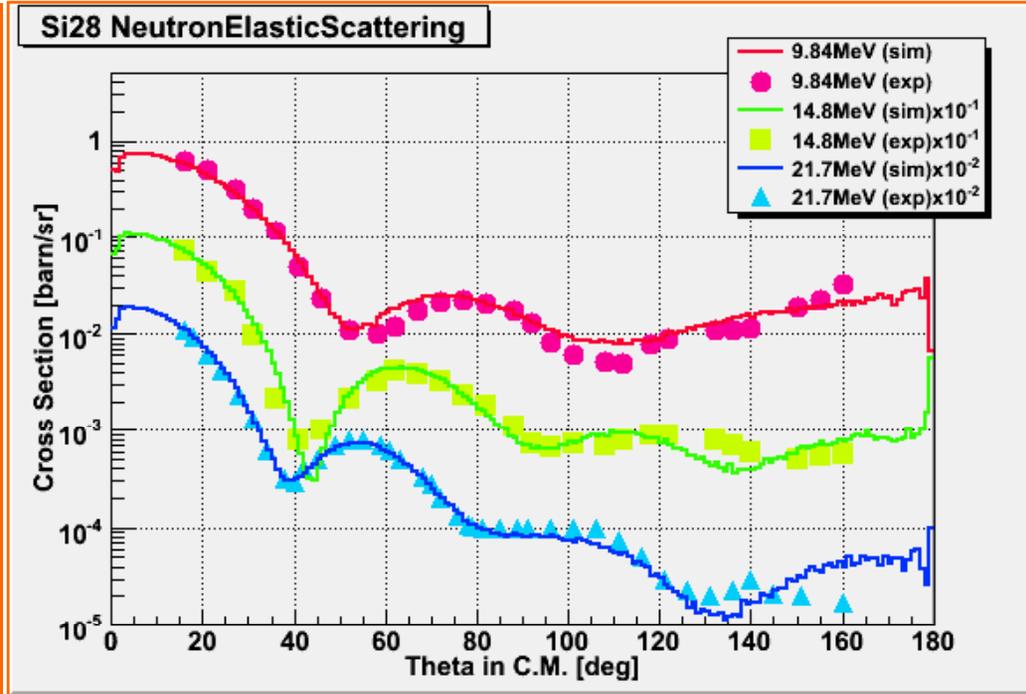
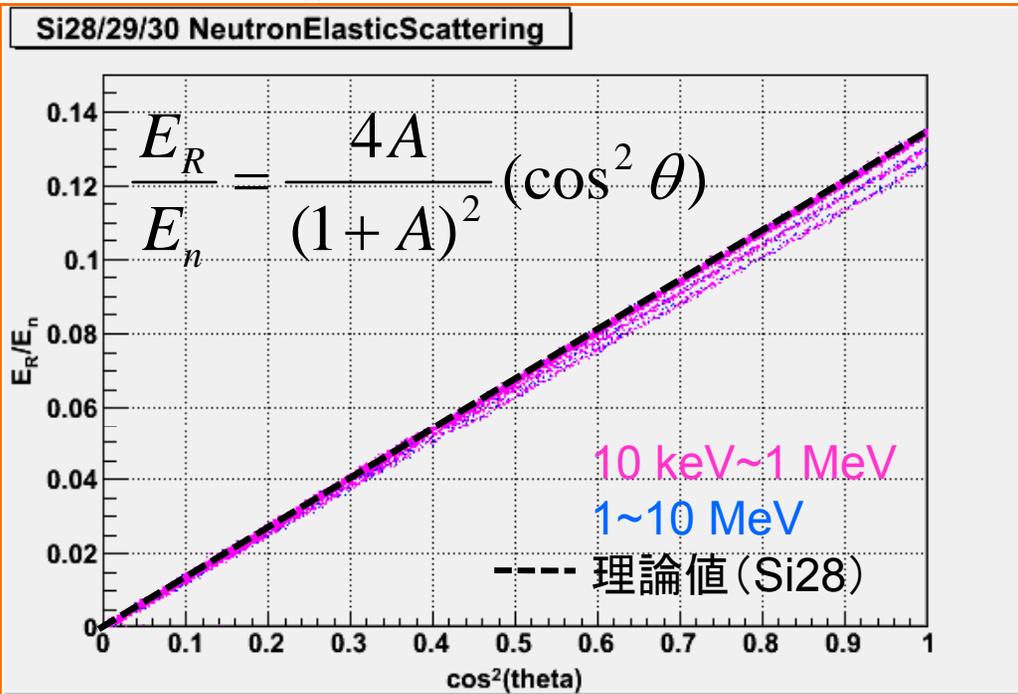
2009年3月27日春季年会

シミュレータの検証 (例: 中性子弾性散乱プロセス)

反跳原子核の散乱角とエネルギーの関係式 ($E_n \leq 10$ MeV)

中性子の散乱角 ($E_n \geq 10$ MeV)

実験値: Shibata & Kunieda (2008)



理論値(一)を
シミュレーション(プロット)で再現

E_n : 入射中性子のエネルギー
 E_R : 反跳原子核のエネルギー

回折の散乱角分布について
実験データ(プロット)を
シミュレーション(一)で再現

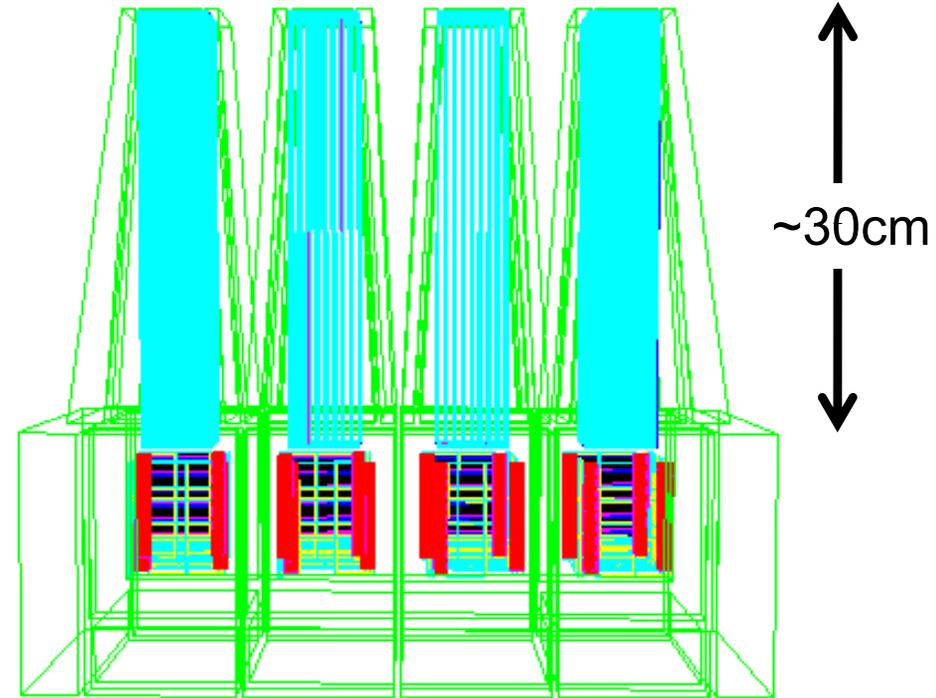
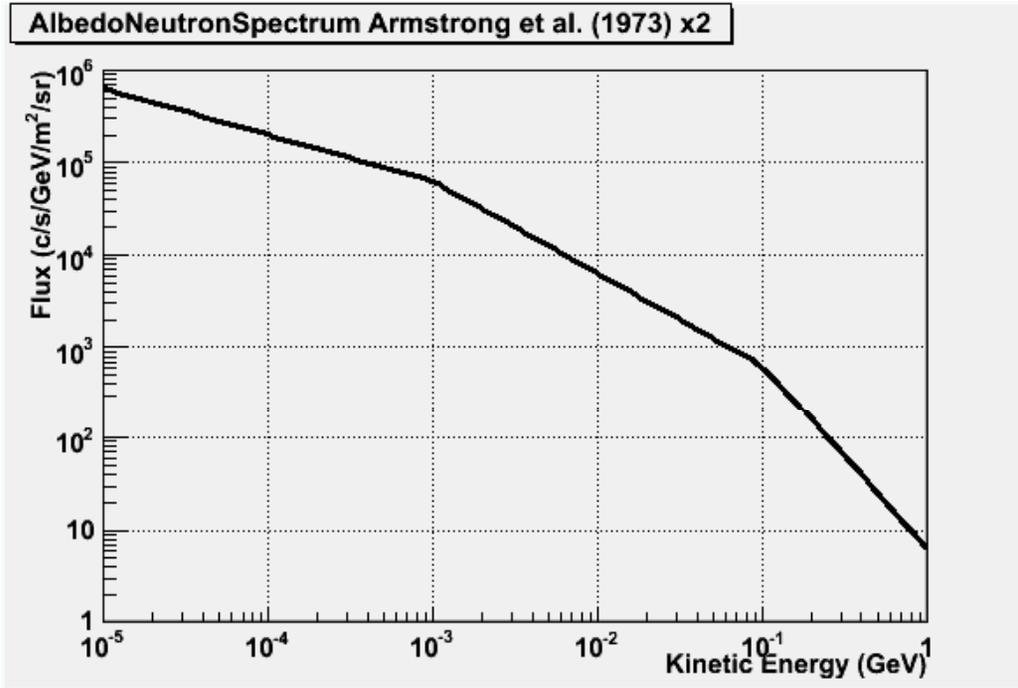
物理的に正しい応答が得られることを確認

大気中性子バックグラウンドの評価

~シミュレーション条件~

(軌道上の) **大気中性子** スペクトル

SGDのマスモデル

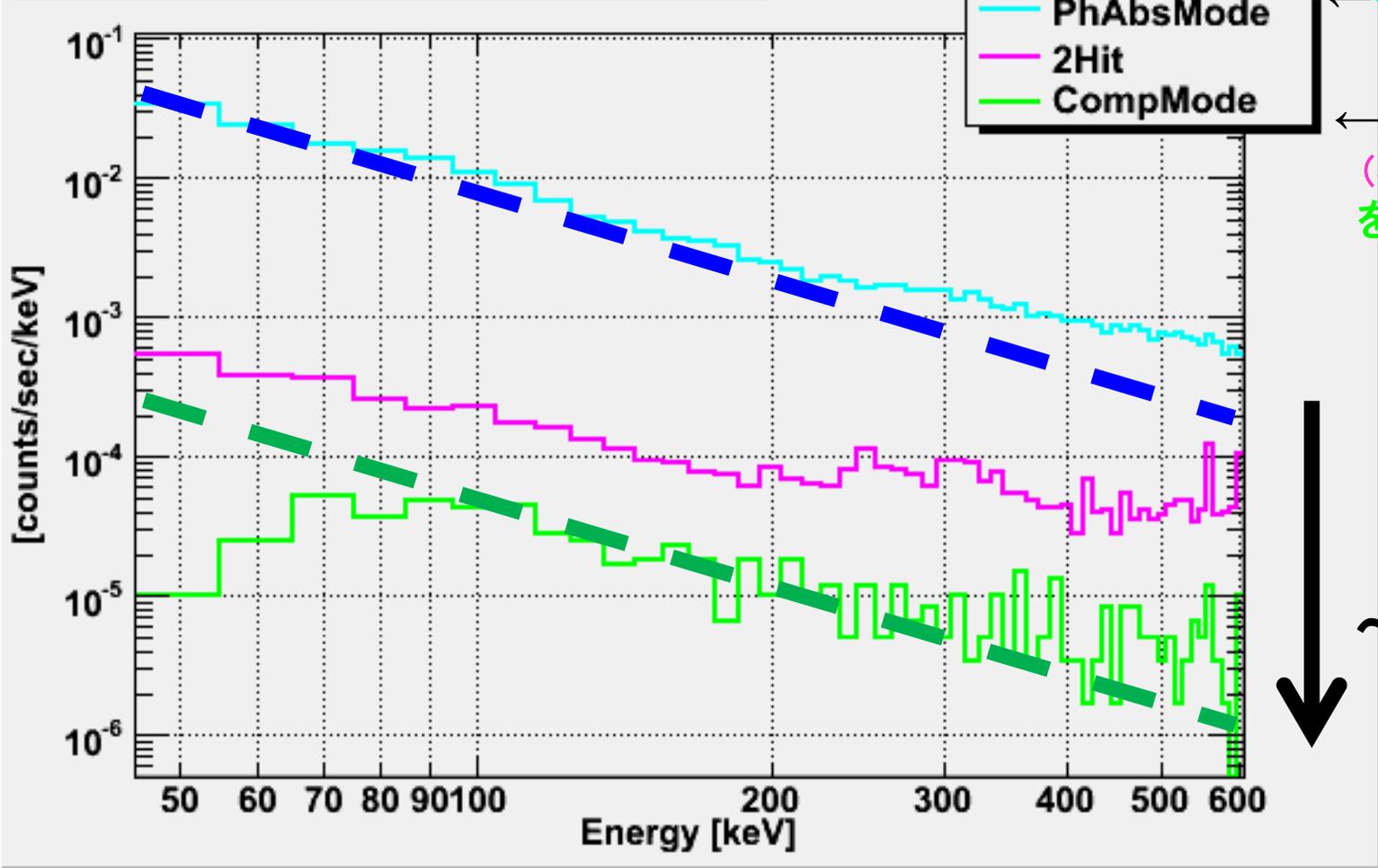


Armstrong et al. (1973)及び
HXD-PINの実測値を基にした
モデルスペクトル
※山田氏(東大)を中心に作成

主検出部(Si/CdTe)
ファインコリメータ
BGO
を設計に基づいて再現
※中平氏(青学大)を中心に作成

大気中性子バックグラウンドの評価～結果～

MassModel(r8_4) AlbedoNeutronBG



← 従来 (HXD-PIN) と同じ検出方法
 ← 2ヒットイベント (Si-CdTe OR CdTe-CdTe) をコンプトン再構成

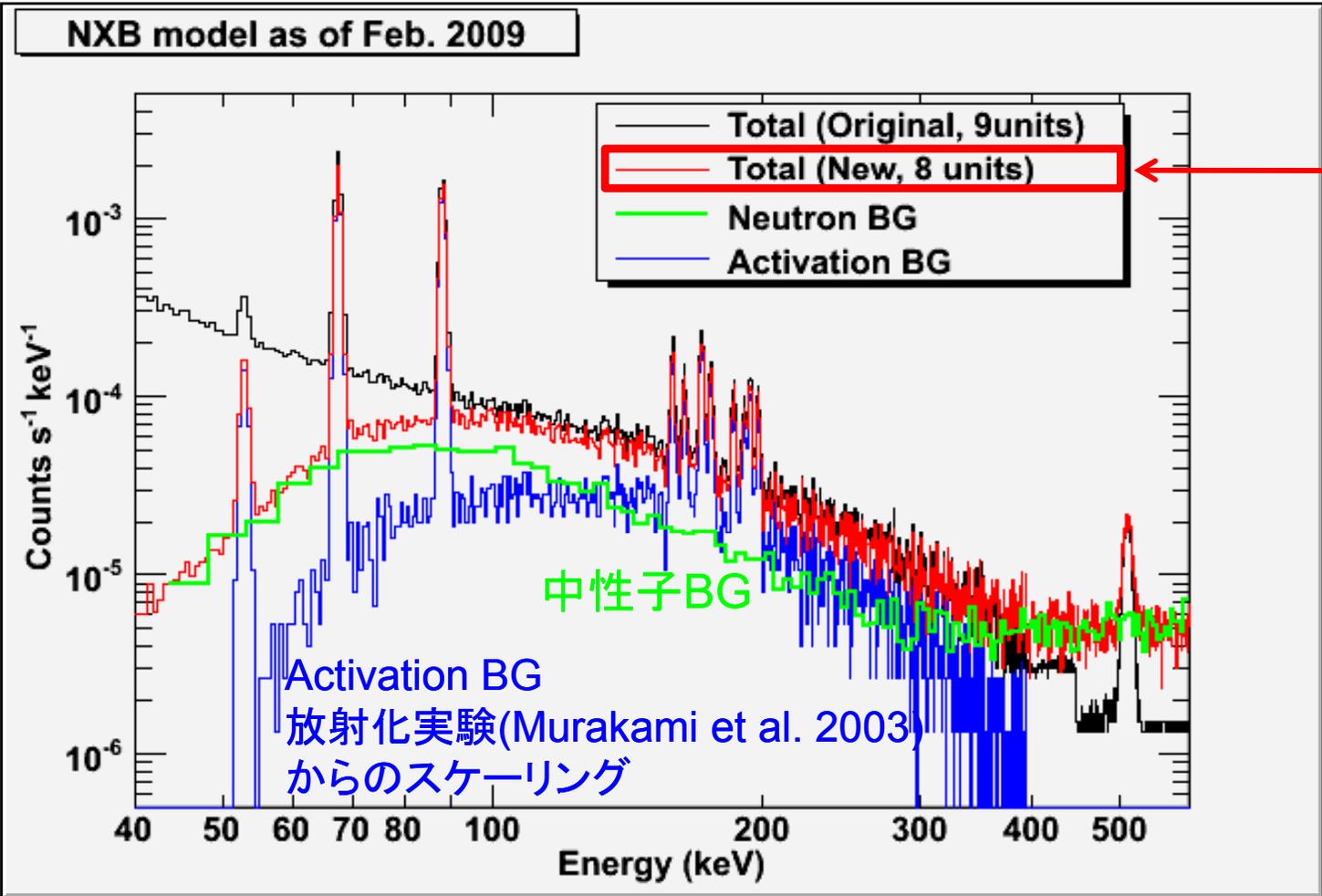
※LD:
 Si-pad=4 keV
 CdTe-pad=8 keV
 BGO=25 keV
 ※コンプトンカット 8 deg

~2桁 低減



- ・シミュレーションによるバックグラウンド評価 = 目標通りの性能を達成 (BG2桁低減)
- ・HXD-PINに基づく予測値 (点線) = 物理的に妥当かつconservativeな見積もり

SGDの公開バックグラウンド(2009)



中性子BGについて
UPDATE

シミュレーションを用い、
コンプトン再構成をあらわ
に取り込むことで、100
keV以下でより正確なBG
の見積もり

放射化BG:シミュレーションの枠組みを開発中(小高氏(ISAS)を中心に)

- ・放射性同位体の生成~崩壊
- ・長寿命/短寿命核種の半減期や崩壊系列 などを考慮

まとめ

ASTRO-H衛星に搭載予定の軟ガンマ線検出器SGDのバックグラウンド評価を以下の流れで行った。

①シミュレータ検証

⇒物理的に正しい応答が得られることを確認

②大気中性子由来のバックグラウンド評価

⇒従来よりもバックグラウンドを2桁低減できることを確認

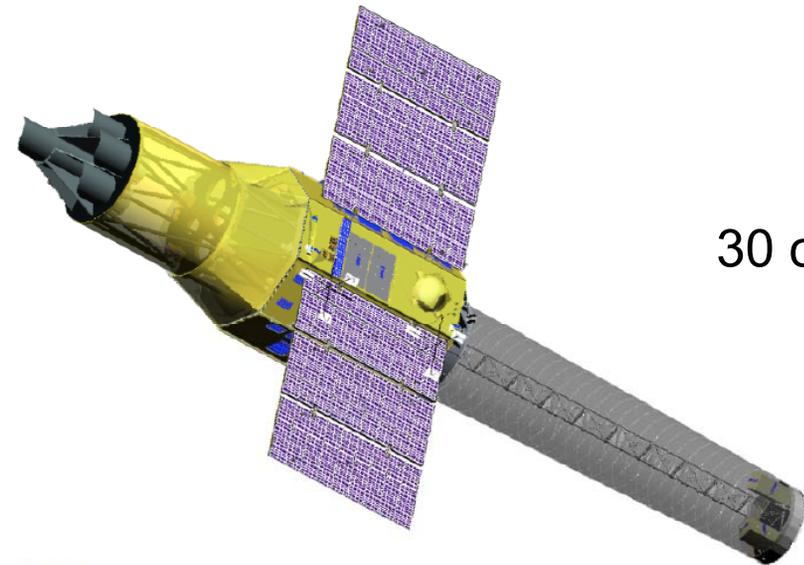
③放射化由来のバックグラウンド評価の枠組み

⇒開発中



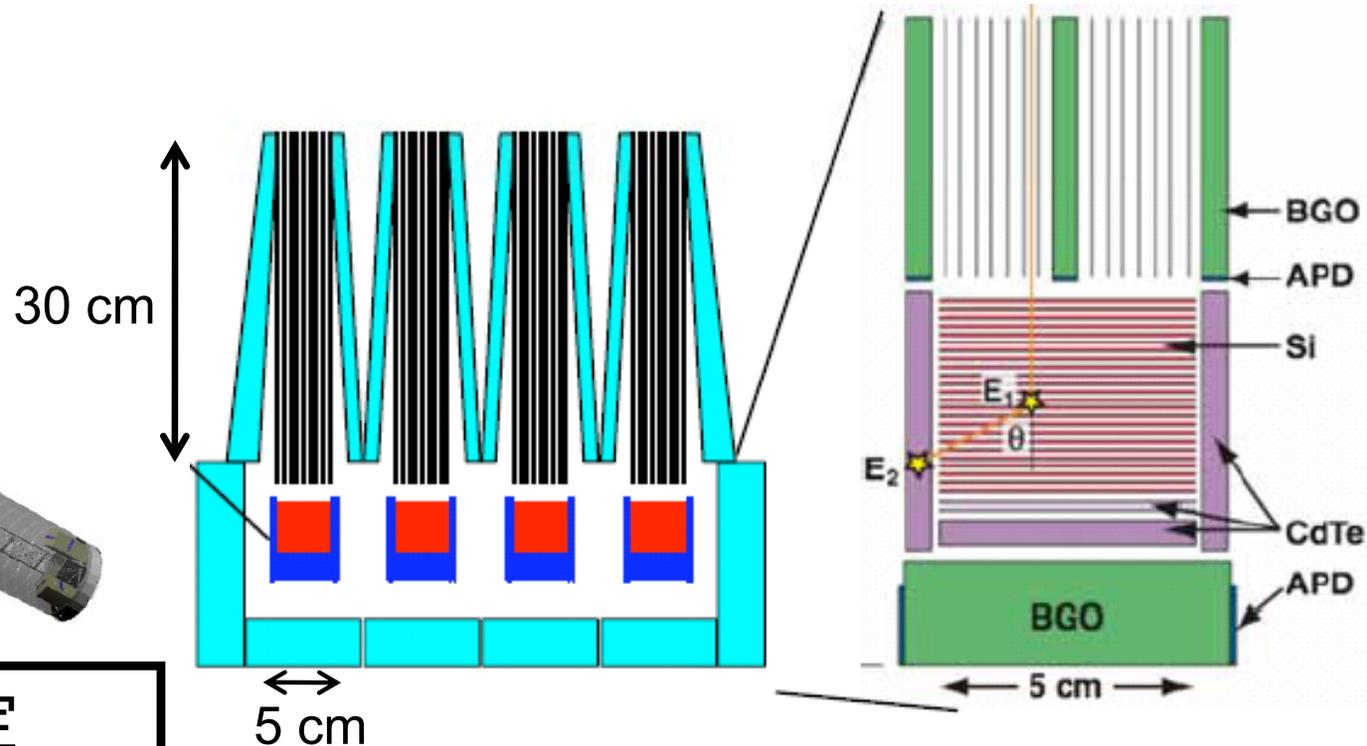
補足

ASTRO-H/SGD



(c) NEC

- ・2013年打ち上げ予定
- ・4種類の検出器を搭載
- ・軟X線~軟ガンマ線の
広帯域で銀河団やブラックホールなどを観測



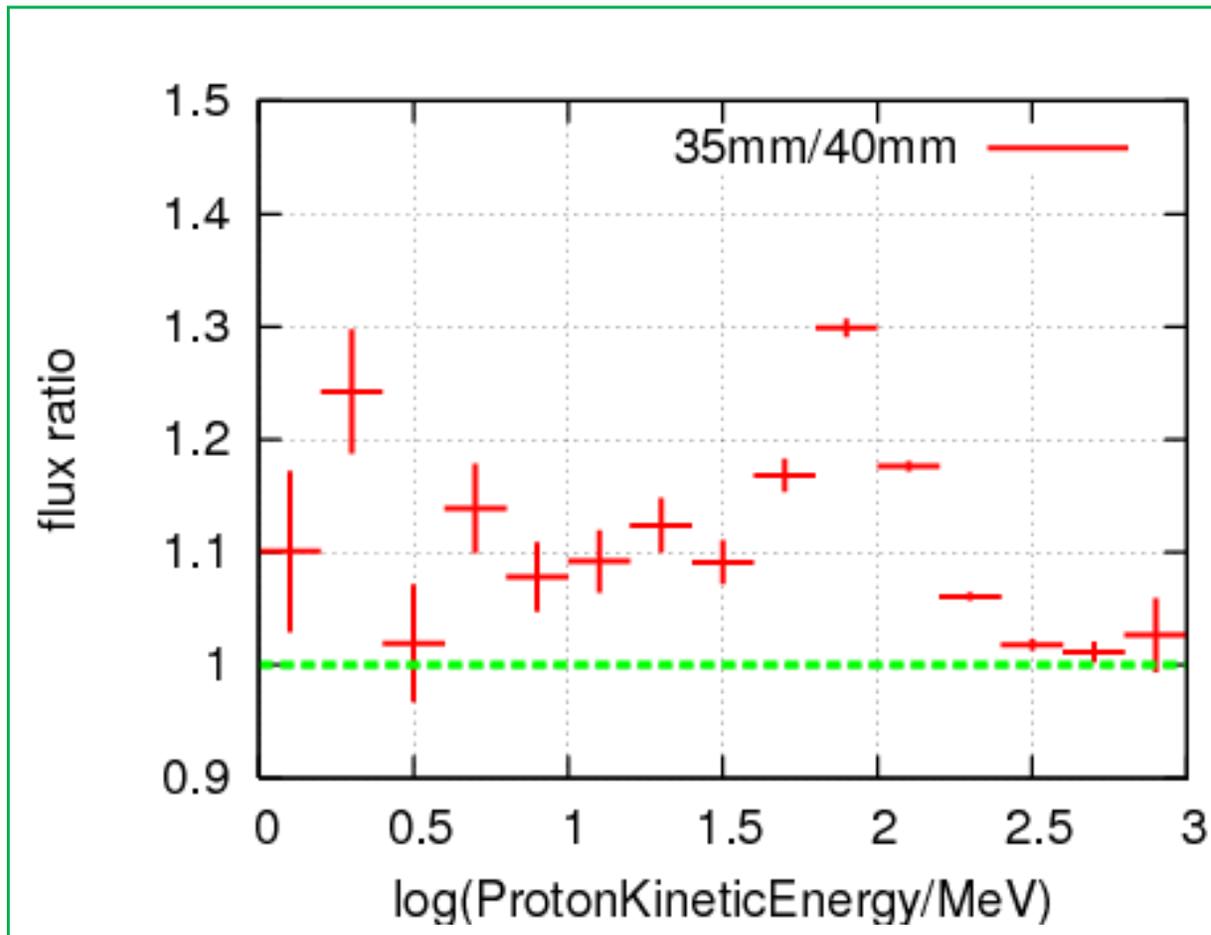
SGDへの要求性能
 観測帯域: 10~600 keV
 50~300 keVで史上最高感度
 ⇒「すざく」衛星搭載HXDの
10倍

放射化バックグラウンドの計算方針

- 放射化シミュレーション
 - 放射性同位体の生成～崩壊を扱うような枠組みが必要
⇒ISASの小高氏を中心に開発
 - 長寿命/短寿命核種の半減期や崩壊系列を考慮
(例)崩壊平衡に達する条件
平衡に達したときの個数 N_0 、生成レート V 、半減期 T ⇒ $N_0 = VT$
- BGO厚やBGOエネルギーレスシールドなどによるBGレベルの相対的变化
 - BGO厚:SGD検出部の陽子被曝量
 - レスシールド:放射化成分のイベントセレクション
⇒SGDデザインの最適化

BGO厚による陽子の被曝量の変化

SGDの検出部が浴びる陽子のエネルギー分布



厚さ[mm]	BGO重量[kg]
40.0	115.3(設計値)
37.5	108.8(6%減)
35.0	102.0(12%減)

全エネルギー帯の積分flux ratio
= 1.10 (35mm/40mm)

⇒BGO重量を削減しても、
著しく放射化バックグラウンド
が増えることはない

=削減した重量の割合と
同程度(約1割増)

=デザイン決定のための
定量的な材料