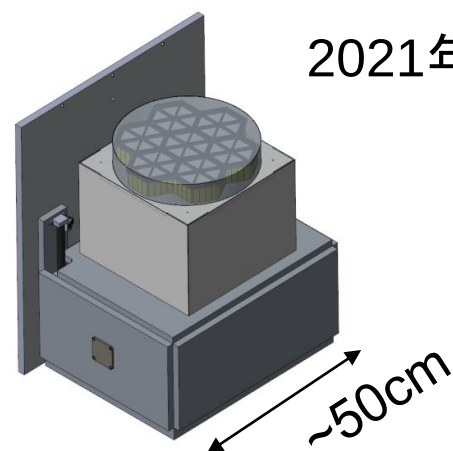




ガンマ線バースト用 ガンマ線**偏光**観測衛星SPHiNX計画

高橋弘充(広島大学)、
内田和海、鳥越健斗、大野雅功、水野恒史、
深沢泰司(広島大学)、山岡和貴(名古屋大学)
ほかSPHiNXチーム

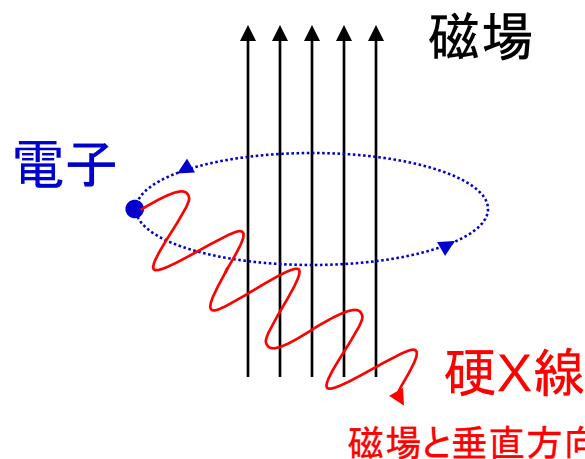
PI: Mark Pearce (スウェーデン王立工科大学)



2021年~目指す

偏光から分かること(1): 磁場

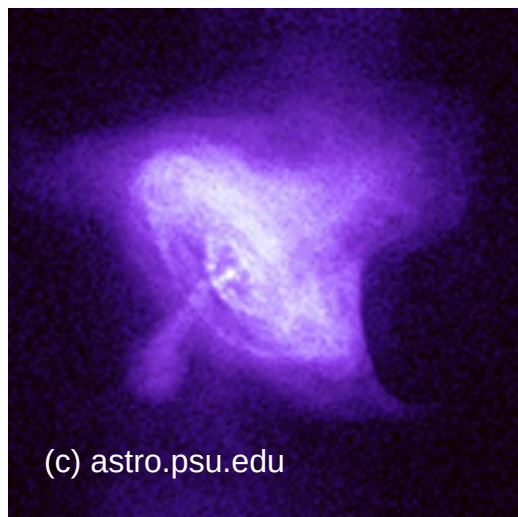
電子 + 磁場 $\Rightarrow$ シンクロトン放射



高エネルギー粒子が磁場に巻き付いて放射
 $\Rightarrow$ 放射の偏光の方向は、磁場と垂直

粒子加速の現場、ジェットなど

パルサー星雲「かに星雲」



粒子を高エネルギーに加速するためには、
磁場が重要な役割を担っている
磁場は、イメージ、時間変動、エネルギーでは
測定できない

$\Rightarrow$ 偏光情報なら、磁場の向きと揃い具合を
調べられる

PoGO+の結果: Chauvin et al. 2017

偏光から分かること(2):反射

反射・散乱した光(水面、大気、その他なんでも)

wikipedia



左:普通に撮影
右:偏光フィルターで
偏光した光をカット
反射光がなくなり、
川底からの光のみになる
=> 偏光情報から
反射体の配置が分かる

ブラックホール連星系「はくちょう座X-1」



相手の恒星からの放射がどのように
ブラックホールに吸い込まれているのか？
=> ブラックホール近傍 ~100 kmは
イメージでは構造が識別できない
=> 偏光なら、(ミクロな)反射体の
配置が分かる

PoGO+の結果: Chauvin et al. 準備中

高エネルギー偏光観測の動向(指向観測)

- ・OSO-8衛星(軟X線)

=> かに星雲、はくちょう座X-1

- ・INTEGRAL/ASTROSAT衛星(硬X線～ガンマ線)

=> かに星雲、はくちょう座X-1、ガンマ線バースト

- ・PoGO+気球(硬X線)での結果

=> かに星雲(Chauvin et al. 2017)、はくちょう座X-1



ガンマ線バースト
偏光観測
(SPHiNX衛星)

- ・「ひとみ」衛星SGD(軟ガンマ線)

=> かに星雲

- ・IXPE衛星(軟X線)が打ち上げ予定@2020年

=> ブラックホール/中性子星連星、
超新星残骸
活動銀河核など、あらゆる天体種族

高エネルギー偏光観測の動向(広視野観測)

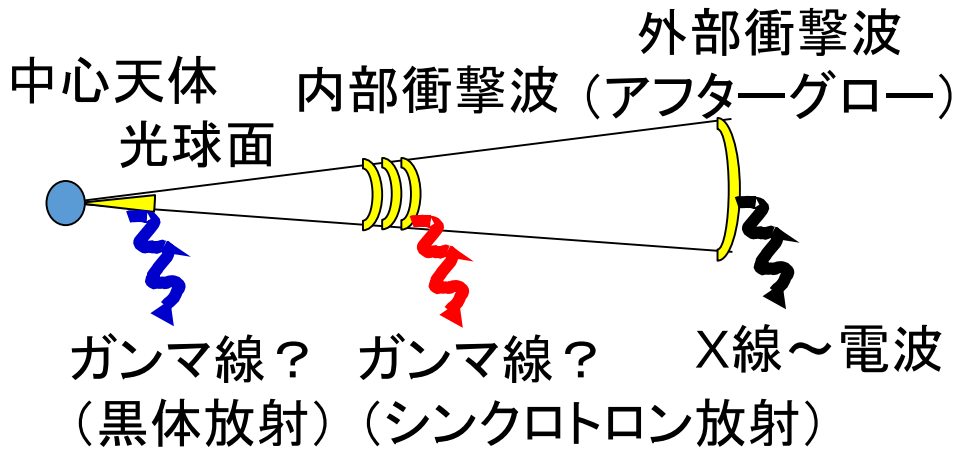
	偏光観測に 特化			偏光観測も可能	
検出器	GAP	POLAR	SPHiNX	INTEGRAL	ASTROSAT
検出器重量 (kg)	4	30	15 そこそこ大	680 inc. Mask 188 Shield 193	50
エネルギー 帯域(keV)	70-300	50-500	30-600 低Eをカバー	200-800	100-300
視野(度)	±45	±45	±60	±4 (fully coded) ±15 (0になる)	~半球 (マスク透過)
偏光検出例	数	未報告	予想~10/年	数	~10

SPHiNX (Segmented Polarimeter for High eNergy X-rays)

検出器のセグメント化により

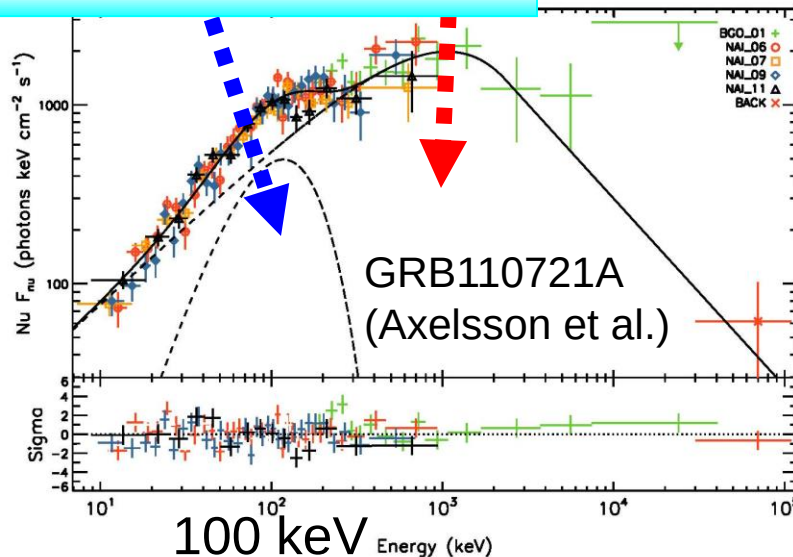
- ・スレッシュホールドを低くし、数10 keVの**低エネルギー側から偏光情報を取得**
 - ・**広視野**(~120°)かつ**自身で位置決め**(精度~数°)
- => ガンマ線バーストを含む突発天体(太陽フレア、重力波など)

ガンマ線バースト(GRB)ジェットの放射メカニズム？



- ・1日に約1回
- ・ 10^{52} ergものエネルギー解放
- ・起源？
ブラックホールや中性子星合体
超新星爆発

エネルギースペクトル例

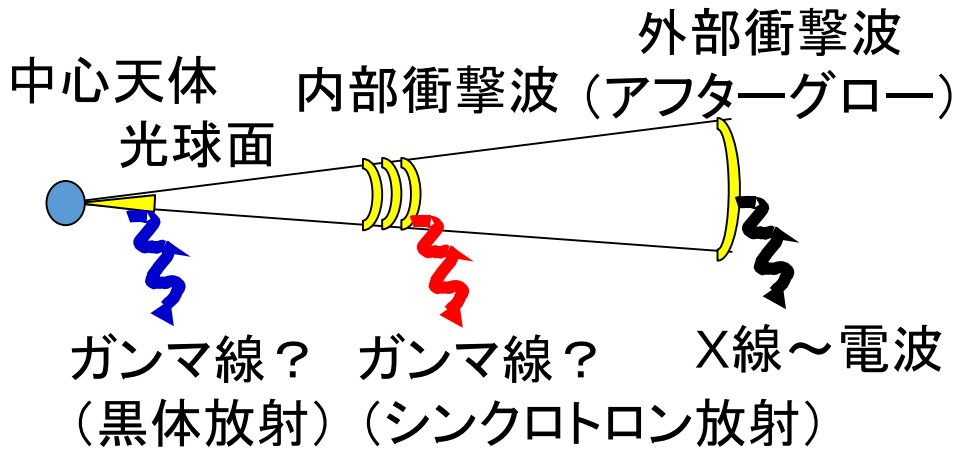


(基本)ガンマ線スペクトルはベキ型
数100 keVに折れ曲がり

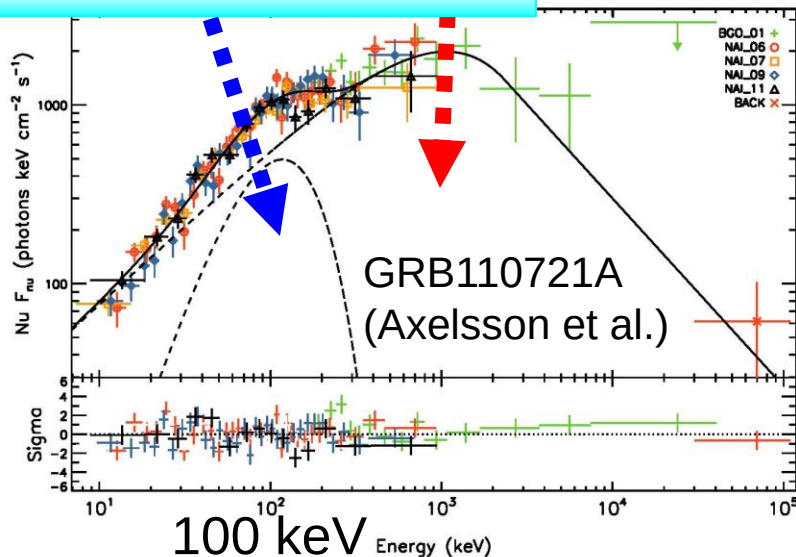
ただし、

- ・折れ曲がりが急峻である
(シンクロトン放射の予想よりも)
- ⇒ シンクロトン放射かの検証が必要
- ・2成分が観測されることがある
- ⇒ 黒体放射成分の存在の検証が必要

ガンマ線バースト(GRB)ジェットの放射メカニズム？



エネルギースペクトル例



偏光観測により、

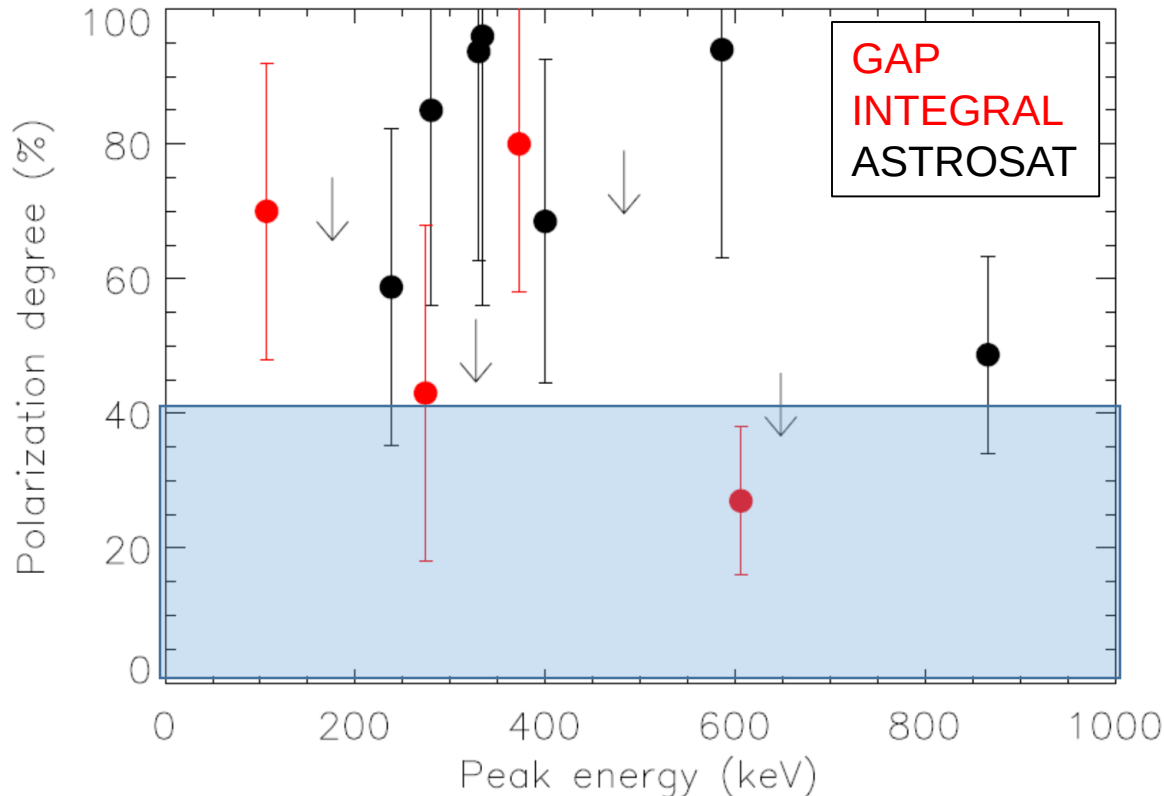
- ・統計的に偏光度の分布を求める
シンクロトロン放射: 高い
(~40%にピーク)
黒体放射 : 低い
(0%にピーク)

明るいGRBについて

- ・エネルギー依存性を調べる
数100 keV: シンクロトロン放射
数10 keV: 黒体放射
=> 2成分存在？
- ・時間変動を調べる
変化があれば、ジェットの構造に制限

これまで偏光度のまとめ

(Chattopadhyay et al. 2017)



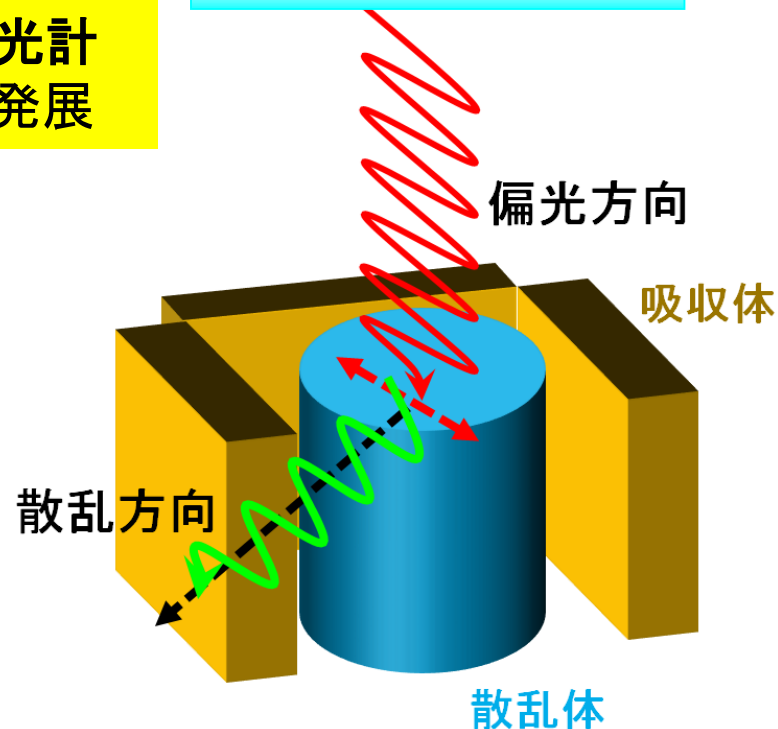
偏光度が低いGRBは
存在しない？ or 統計不足で検出されず？
=> 低エネルギー側の光子数を増やす
=> 低エネルギー側まで観測して統計を稼ぐ=>**SPHiNX**

SPHiNX衛星ミッション

- ・日本スウェーデンの国際ミッション、50kg級小型衛星
- ・現在、日本が関わる唯一のコンプトン散乱型偏光計
=> PoGO+、「ひとみ」SGDのノウハウの継承・発展

偏光検出の原理

コンプトン散乱の異方性を検出
(偏光方向と垂直に散乱しやすい)

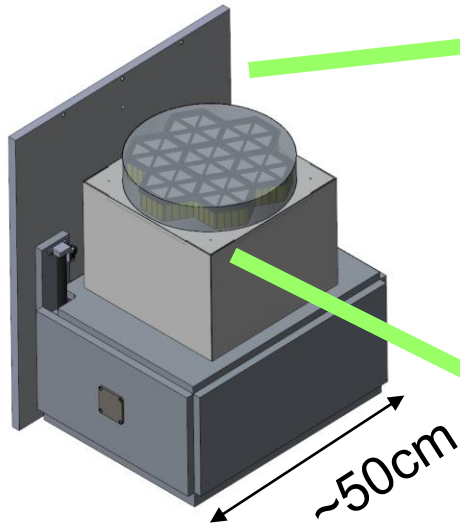


現在
2017年12月
2021年

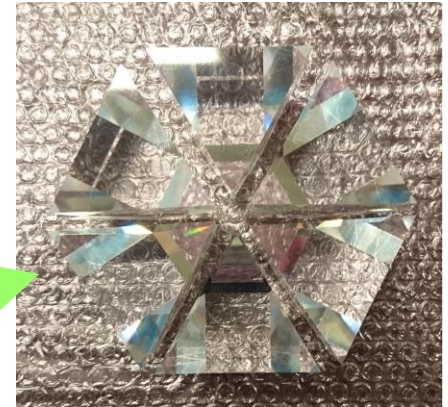
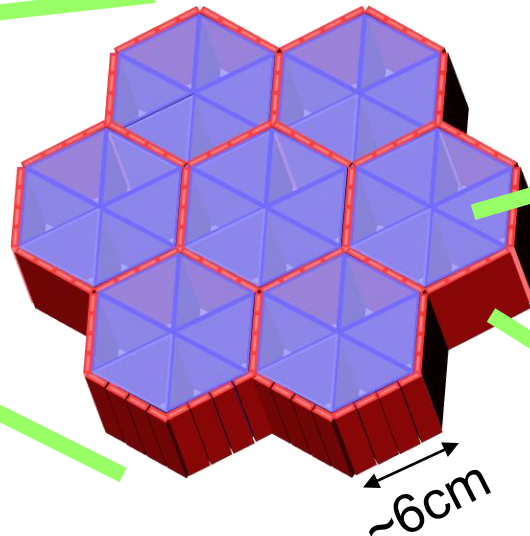
Phase-A/B1 (3候補が残ってる)
最終1ミッションをダウンセレクション
打ち上げ

SPHiNXの偏光計

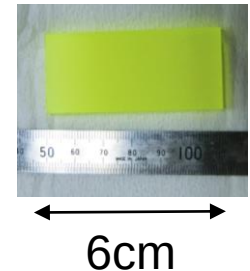
衛星 (50kg)



偏光計



プラスチック
原子番号: 小
=> 散乱体に最適



散乱体: プラスチックシンチレータ: 42個

光電子増倍管で読み出し+高圧電源

吸収体: GAGGシンチレータ: 120個

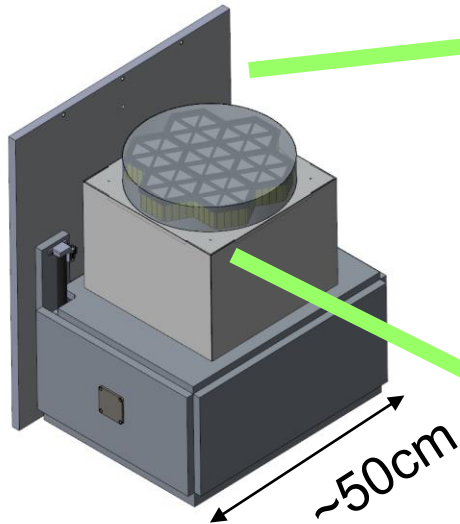
MPPCで読み出し+ 60V電源

GAGG ($\text{Gd}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}$)
光量大: 60000光子/MeV
密度大: 6.63 g/cm^3
=> 吸収体に向いている

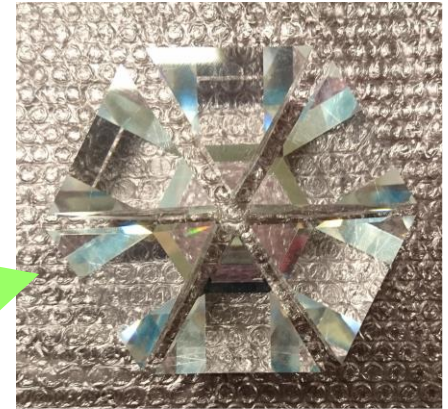
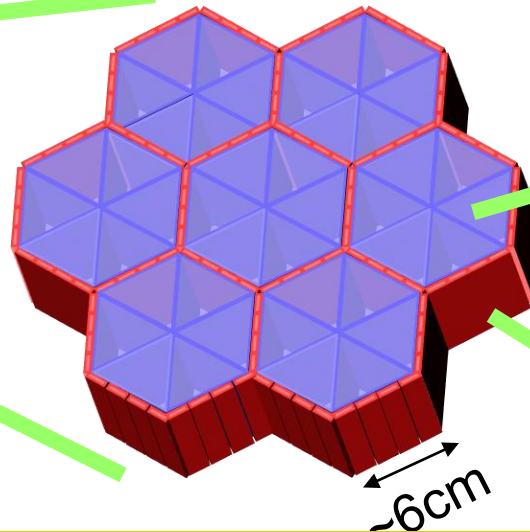
日本担当

SPHiNXの偏光計

衛星 (50kg)



偏光計

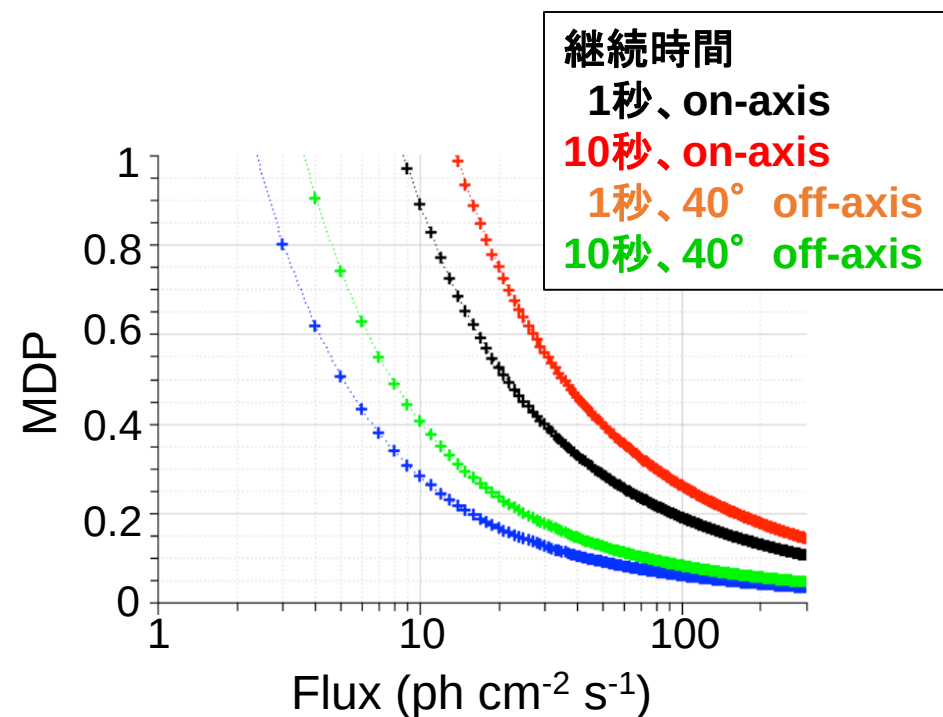


プラスチック
原子番号: 小
=> 散乱体に最適

- ・ **偏光に特化した対称性の良い検出器**で、質の良いサンプルを増やす
=> 地上での校正実験が重要 (シンクロトン光@SPring-8を計画)
- ・ 検出器のセグメント化により
スレッシュホールドを低くし、数10 keVの**低エネルギー側から偏光情報を取得**
=> 統計を稼ぐ、黒体放射成分の有無を検証する
広視野($\sim 120^\circ$) かつ **自身で位置決め**(精度 $\sim$ 数 $^\circ$)
=> GRB偏光観測に加え、突発天体も探査 (太陽フレア、重力波天体など)

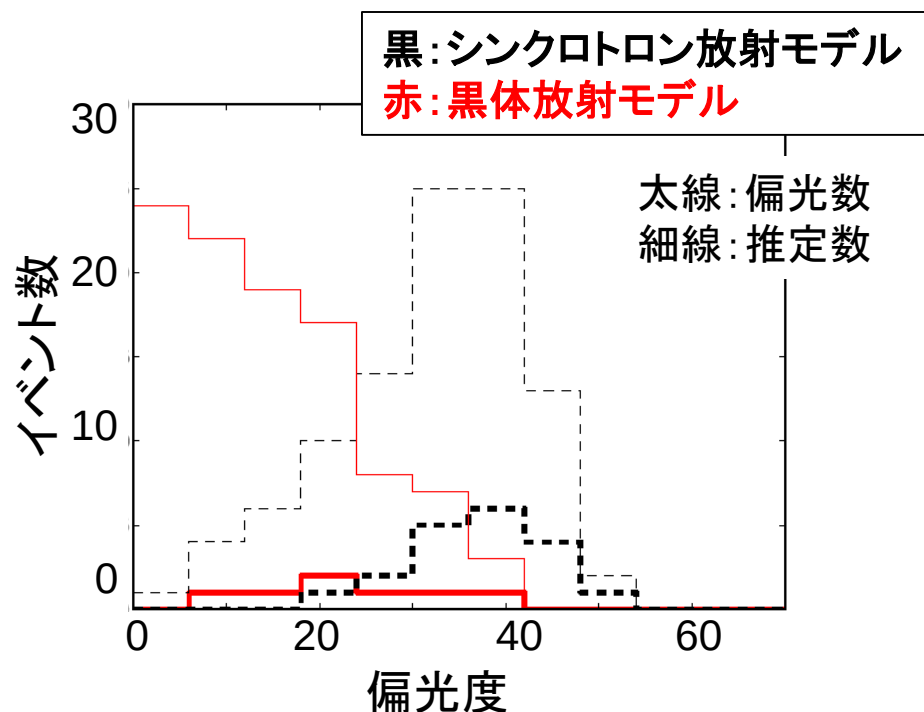
SPHiNX衛星の予想感度

最低検出可能偏光度(MDP)予想



明るいGRBでは~10%の偏光を検出

偏光度の頻度分布(1年間)予想



SPHiNXで検出する~10イベントのみで
モデルの判定が可能と見積もっている

- ・低い偏光度のイベントも検出する=>放射モデルの判定
- ・明るい天体では、偏光度のエネルギー依存性=>黒体放射の存在の有無

まとめ・スケジュール

- ・SPHiNX衛星は、日本スウェーデンの国際共同ミッションで、ガンマ線バーストからの偏光観測を行う。
- ・セグメント化することにより、低エネルギー側から観測、自身で位置決めを行う。
- ・~10 GRB/年の偏光度を測定することにより、ガンマ線放射メカニズムを判別する。100 keV以下に、黒体放射成分が存在するかを明らかにする。
- ・日本は、GAGGシンチレータ、MPPC周りを担当している。

現在

2017年12月

2018年 1月

2019年内

2020年

2021年

Phase-A/B1

3候補から最終1ミッションを選別

開発開始

検出器くみ上げ、偏光試験

衛星に組み上げ

打ち上げ