

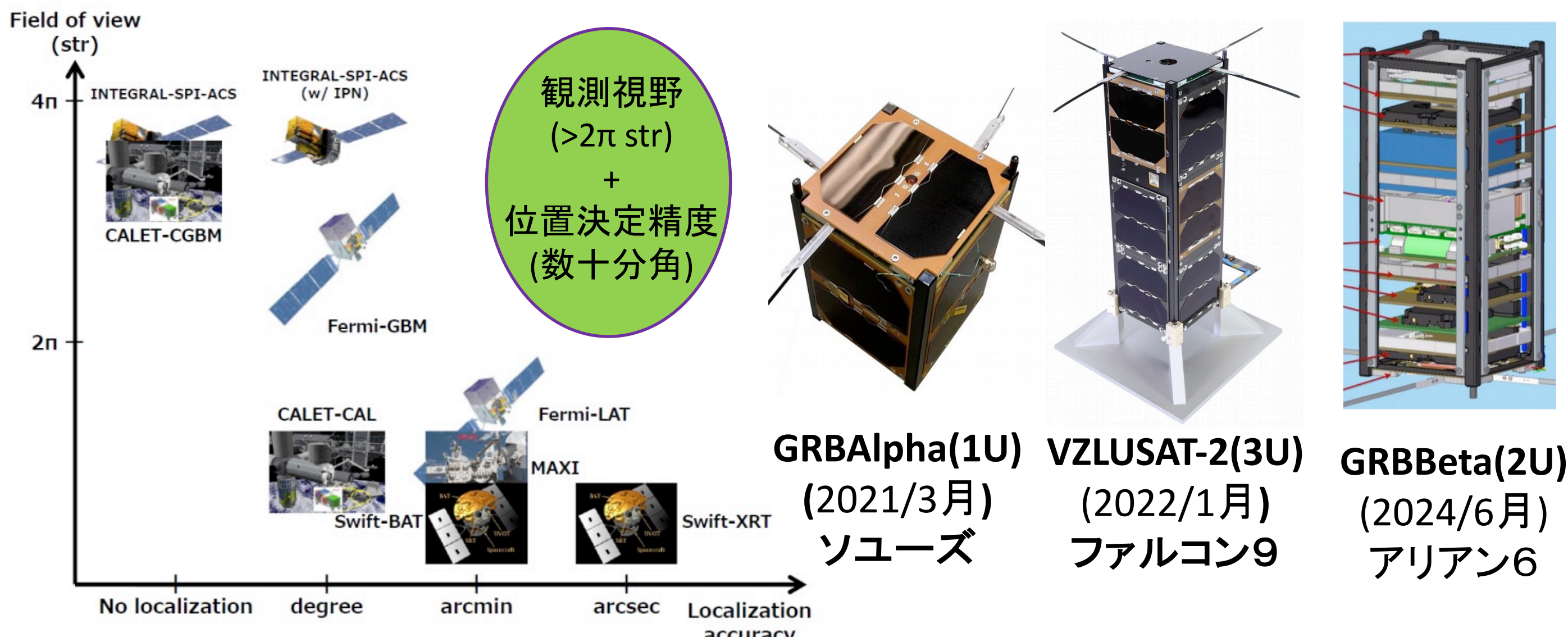
ガンマ線バースト観測超小型衛星群CAMELOT のガンマ線応答関数の構築

横田雅人, 深沢泰司, 高橋弘充, Jean Paul Breuer, 水野恒史, 大野雅功(広島大学),
Norbert Werner, Jakub Ripa (Masaryk 大学), Andras Pal, Laszlo Meszaros (Konkoly 天文台), CAMELOT チーム

1. CAMELOT

Cubesat Applied for MEasuring and LOcalising Transients

Cubesatを複数機打ち上げることで、広い観測視野、高い位置決定精度を目指す、ガンマ線突発天体全天観測ミッション。重力波対応天体の同定を見据えたGRB観測を目的とする。



- ・最低9機のCubesatを使用
→ **全天カバー**
- ・Cubesat間の検出イベントの時間差
→ **高い位置決定精度**
- ・CsIシンチレータ(発光量多)
+ MPPC(低消費電力)を搭載

2. 目的

現在、GRBAlphaはGeant4で作成した応答関数を用いている。
(VZLUSAT-2&GRBBetaの応答関数はまだ作成されていない)

but
・geometryの記述複雑 & 多い } **メンテナンスが困難**
・古いフレームワーク

```
//Lithium ion battery APR18650
G4double BAT_radius = 18.2*mm;
G4double BAT_height = 65.0*mm;
G4Tubs *solidBAT = new G4Tubs("solidBAT", 0, BAT_radius/2.0, BAT_height/2.0, 0, 360*deg);
G4LogicalVolume *LogicBAT = new G4LogicalVolume(solidBAT, LiFePO4, "LiFePO4");
G4RotationMatrix *rotBAT = new G4RotationMatrix(
rotBAT->rotateX(90*deg);
new G4PVPlacement
(rotBAT, G4ThreeVector(2.5*cm, 0, 0), LogicBAT, "BAT", false, 0, surfaceCheck);
new G4PVPlacement
(rotBAT, G4ThreeVector(0, 0, 0), LogicBAT, "BAT", true, 1, surfaceCheck);
AHG4EmLivermorePhysics.cc AHG4EmLivermorePhysicsList.cc
AHG4PhysicsList.cc AHG4PhysicsListMessenger.cc
AHG4RadioactiveDecayConstructor.cc AHG4RadioactiveDecayConstructorAction.cc
G4LindhardPartition.cc SimGRBCubeDetectorHit.cc
G4ScreenedNuclearRecoil.cc SimGRBCubeDetectorSD.cc
PhysListEmStandard.cc SimGRBCubeEventAction.cc
PhysListEmStandardNR.cc SimGRBCubeG4EmLivermorePhysics.cc
```

1つ1つのgeometry構造が複雑

&
多量のファイルが絡み合う

★ CAMELOT計画では統一的に応答関数をMEGAlibで作成したい

GRBAlphaの応答関数をMEGAlib
で作成し、Geant4の応答関数と比較する

→後にVZLUSAT-2&GRBBetaにも応用

3. MEGAlib

Medium Energy Gamma-ray Astronomy Library

放射線と物質の相互作用のモンテカルロシミュレーションを行うG4ベースのソフトウェア。
主に数10keVから数GeVのガンマ線帯域の宇宙観測検出器のシミュレーションに使用。

Advantages

- ・geometry構造がシンプル
- ・Geant4では手動で定義が必要な様々な機能を標準搭載

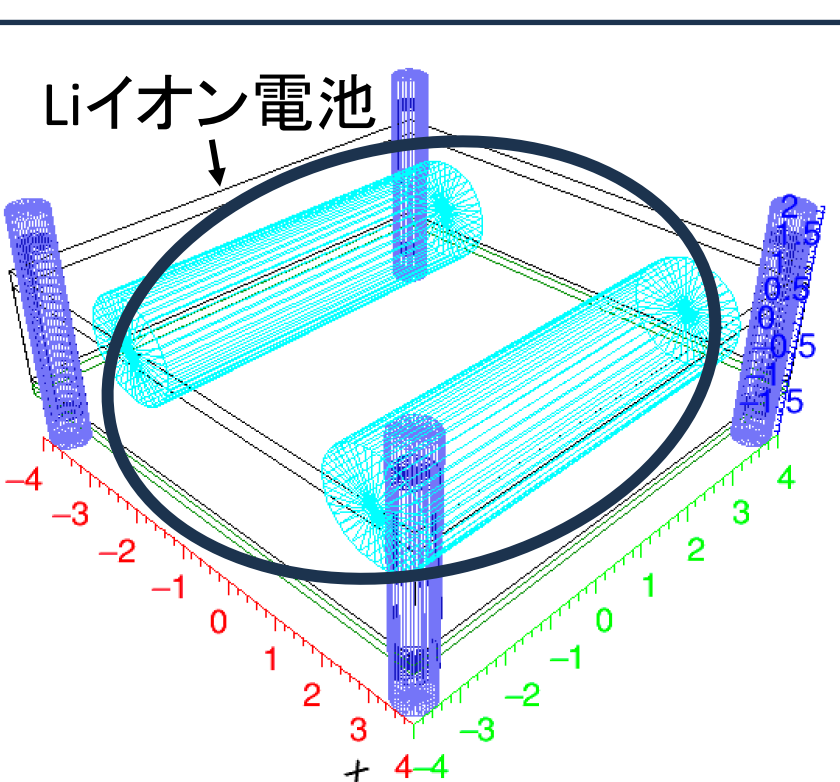
Disadvantages

- ・CADMeshインポート不可
- ・形状(Shape)の種類 少
- ・ビームの可視化 ×

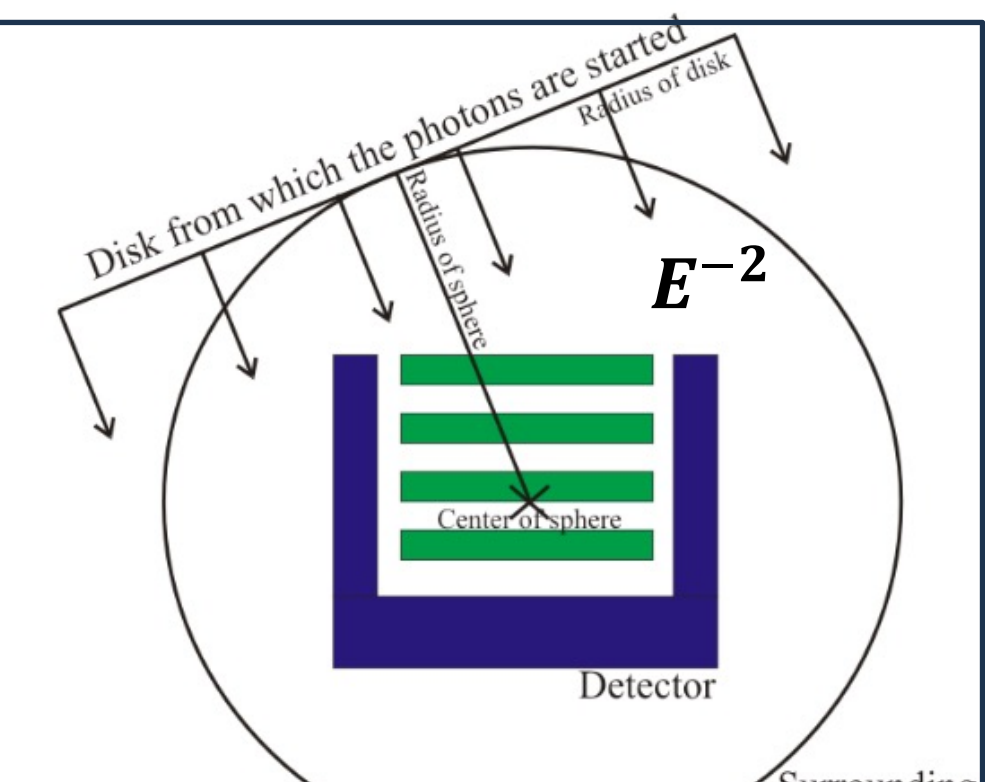
```
////Lithium ion battery APR18650
Volume Battery
//Battery.Material LiFePO4
Battery.Material LiPo
Battery.Color 7
Battery.Visibility 1
Battery.Shape TUBE 0 0.91 3.25 0 360

Battery.Copy Battery1
Battery1.Position 2.5 0 0.08 0
Battery1.Rotate 90 0 0
Battery1.Mother PCBAssemblyBAT

Battery.Copy Battery2
Battery2.Position -2.5 0 0.08 0
Battery2.Rotate 90 0 0
Battery2.Mother PCBAssemblyBAT
```



シンプルなgeometry構造
でLiイオン電池を設置可能



多くの定義が必要な複雑なビーム
をコードひとつで定義可能

4. GRBAlphaのMEGAlib化

▶ Geant4でのCAMELOTのgeometryをMEGAlibに変換

① handmadeのgeometry

[CsIシンチ、PCBboard、Liイオン電池、PbShield]
→そのまま手動でGeant4からMEGAlibに移行
(CsIシンチレータ: 75mm × 75mm × 5mm)

② CADのgeometry

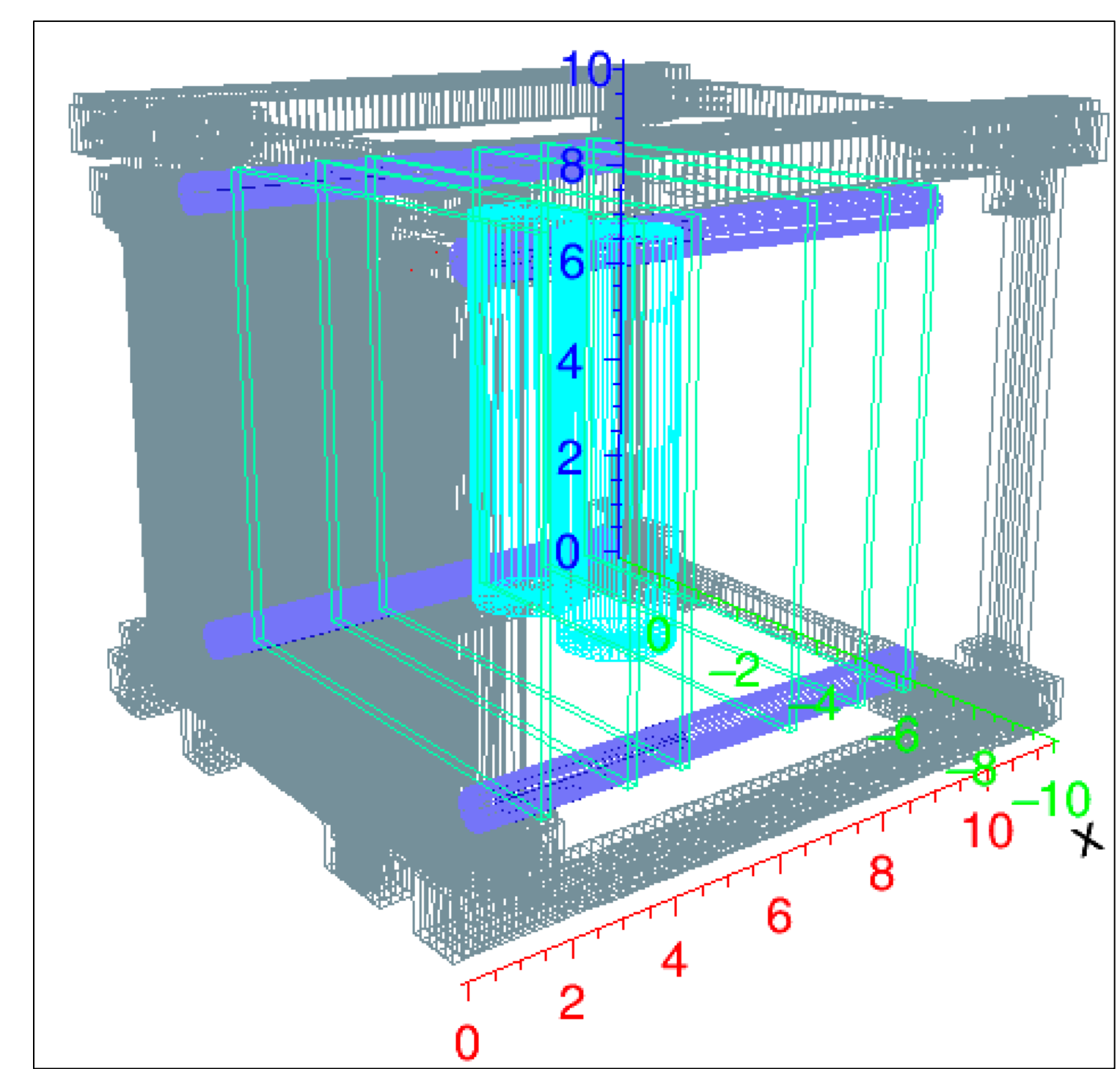
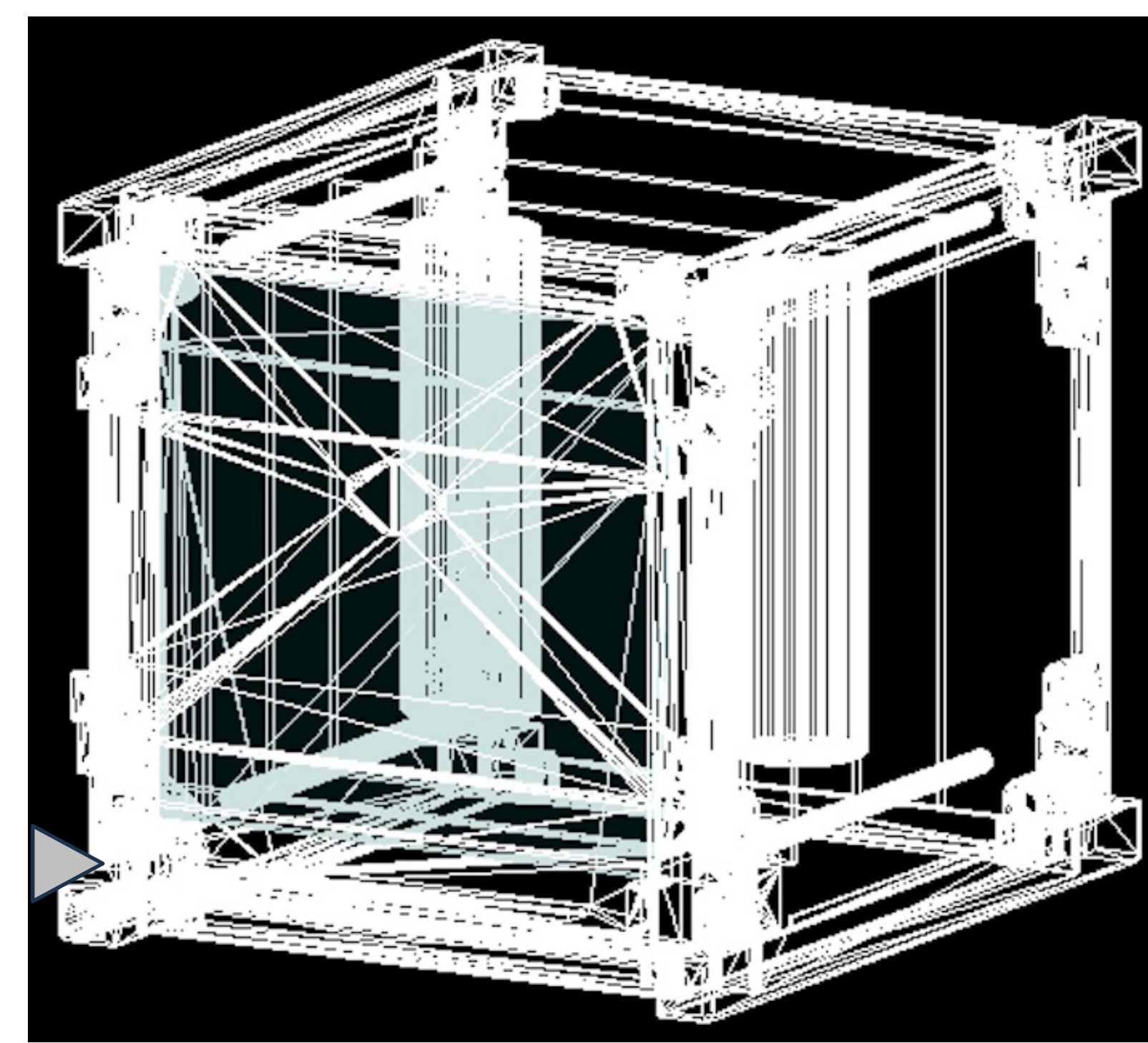
[skelton_frame、Pb_cover、Pb_base]
→stlファイルを数百のvoxellに変換&粗視化
→PythonでMEGAlibのgeometryを作成



combine

GRBAlpha[Geant4]

GRBAlpha[MEGAlib]



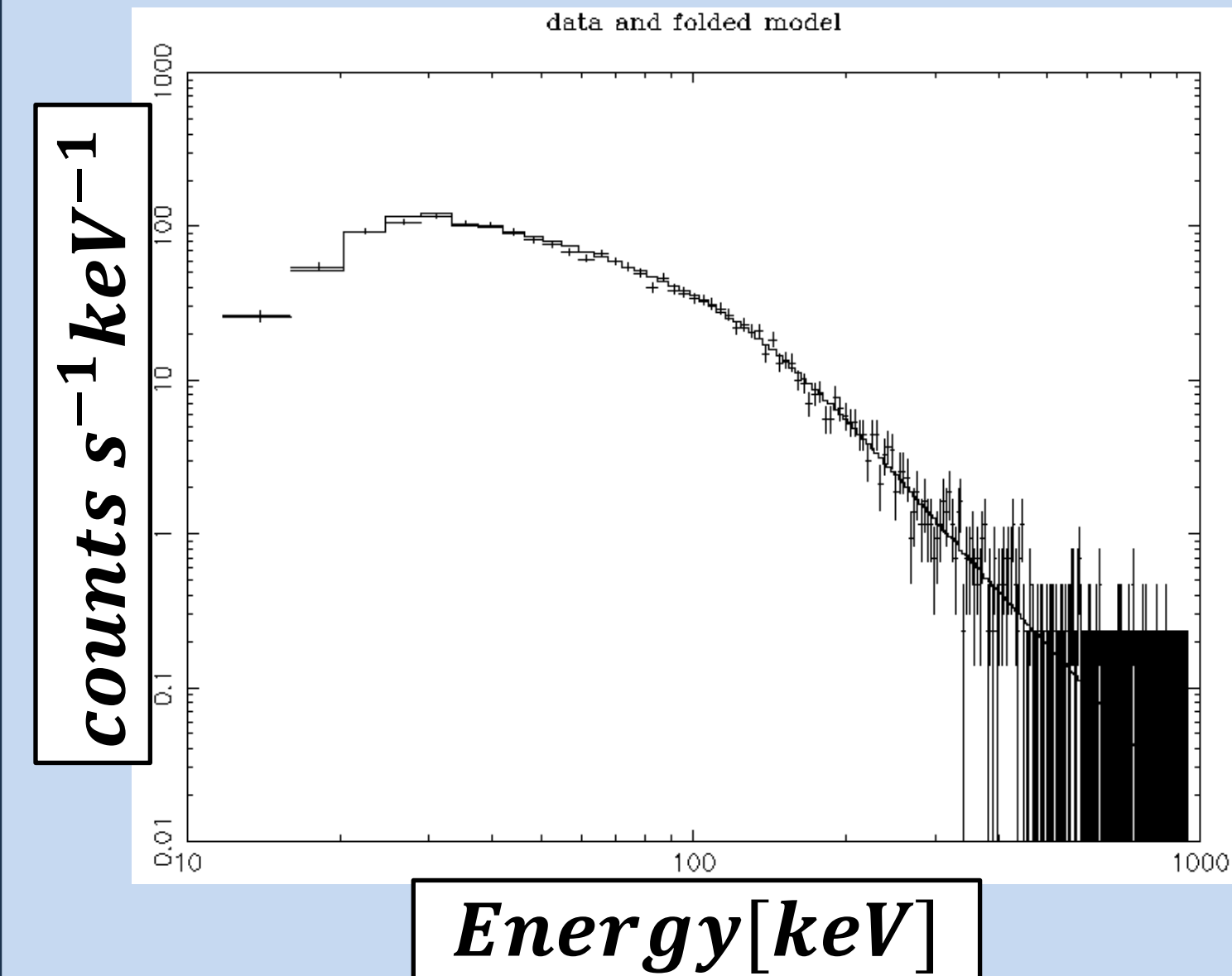
5. GRBAlphaのシミュレーション結果

▶ Geant4とMEGAlibのエネルギースペクトルの比較

Model: PowerLaw Photon index : 2 Flux: 1000 ph/cm²/s Time: 1s

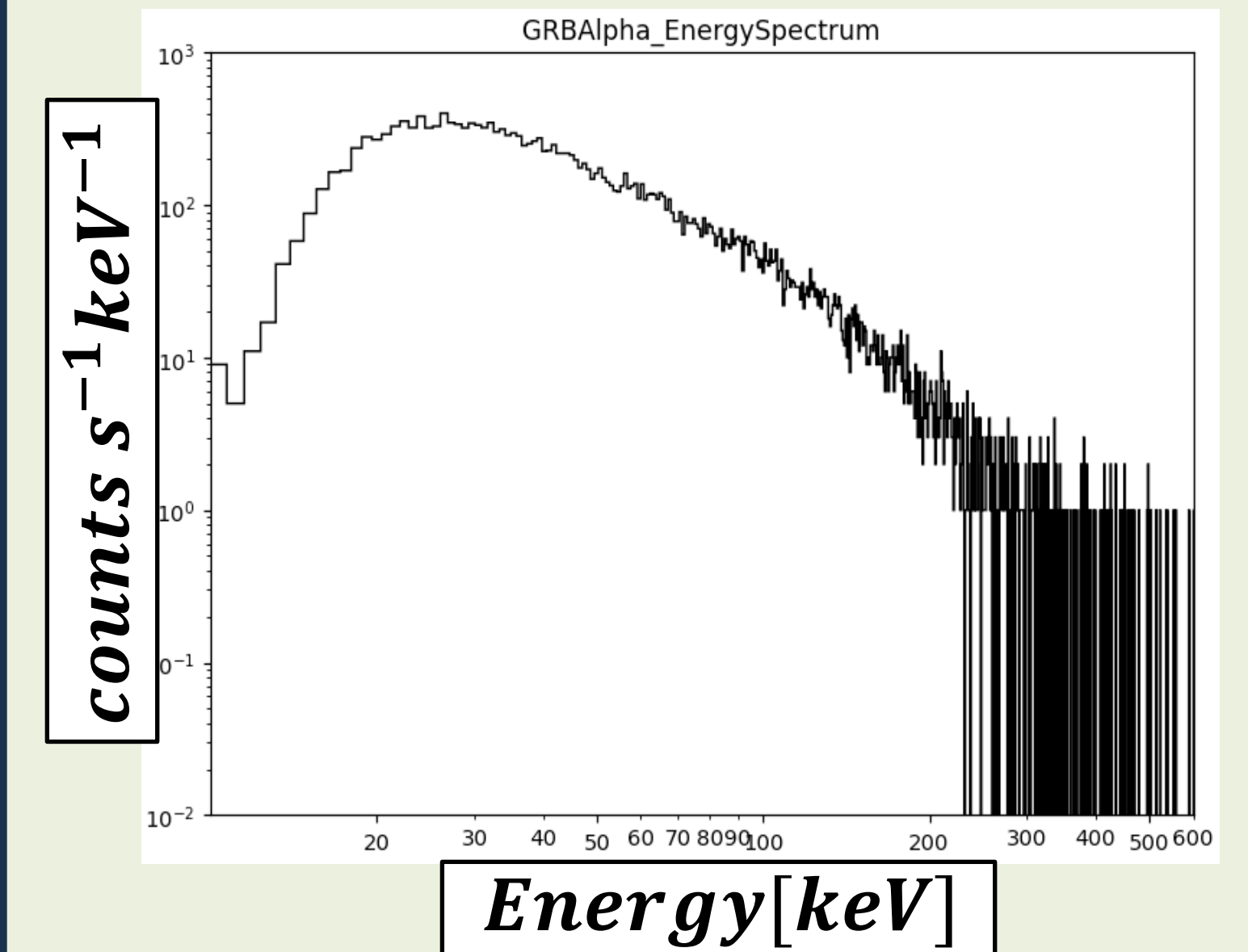
Geant4

- ・Geant4で作った応答関数を使用 & Xspecでスペクトルを作成



MEGAlib

- ・応答関数を使わずにモンテカルロシミュレーションのみでスペクトルを作成



6. Future work

- ・MEGAlibでの応答関数を作成して、G4の応答関数と比較
- ・Geant4からMEGAlibへのgeometry変換を他衛星にも応用

Reference

1. Werner SPIE (2018), Ohno SPIE (2018)
2. Andreas Zoglauer, A Cosmic Simulator for MEGAlib based on Geant4(2021)
3. Image created by Jean-Paul Breuer