



P4-005: ASTRO-H の軌道上放射線環境シミュレータ

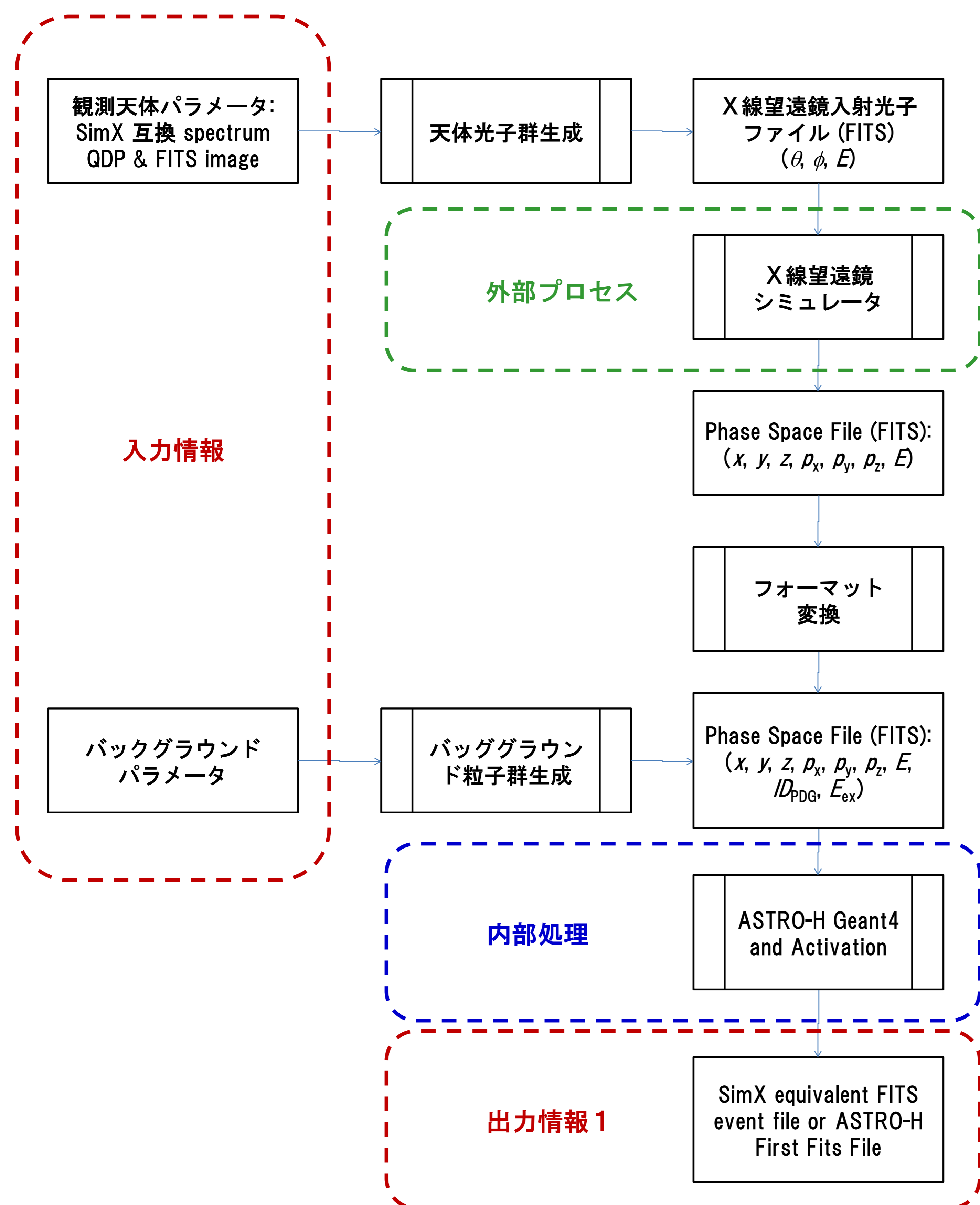
尾崎正伸, 小高裕和, 佐藤有 (宇宙研), 安田哲也, 寺田幸功 (埼玉大), 浅井慎 (Stanford大), 水野恒史, 平木一至 (広島大), 森英之, 古澤彰浩 (名古屋大), ASTRO-H モンテカルロシミュレータチーム

1. 放射線環境シミュレータの必要性

ASTRO-H は全バンドにおいて今までに無い高感度を目指しており、その為軌道上の放射線環境に由来するバックグラウンドイベントをできるだけ低く抑えたと同時にそのスペクトルを正確に見積もる事が必要である。また、検出器自身の光子検出メカニズムも複雑な物が増える為、この定量的な理解も不可欠となる。これらを実現する為、衛星全体の質量分布の数値モデルと Geant4 (放射線環境モンテカルロシミュレーション・ツールキット) を用いて、各検出器における軌道上放射線の影響を高い精度で評価するシミュレータを構築している。

2. シミュレータへの要求

- 入力情報
 - 天体のイメージとスペクトル
 - 軌道上バックグラウンド放射線のスペクトルと方向分布
- 内部処理 (物理プロセス模擬)
 - 衛星内部の放射線粒子の伝播
 - X線望遠鏡や検出器等の目的の光子を検出するコンポーネントとの、本来期待されている相互作用
 - 衛星構体や制御機器・検出器・望遠鏡等を構成する物質との相互作用による、遮蔽や散乱・二次放射線生成
- 出力情報
 - 検出器に落とされたエネルギーに基づく、出力電気信号 (のデジタル値) の模擬
 - 起こっている事象の本質を見極める為の、或いは別のシミュレーションに分岐する為の、内部プロセスの途中段階でのダンプ

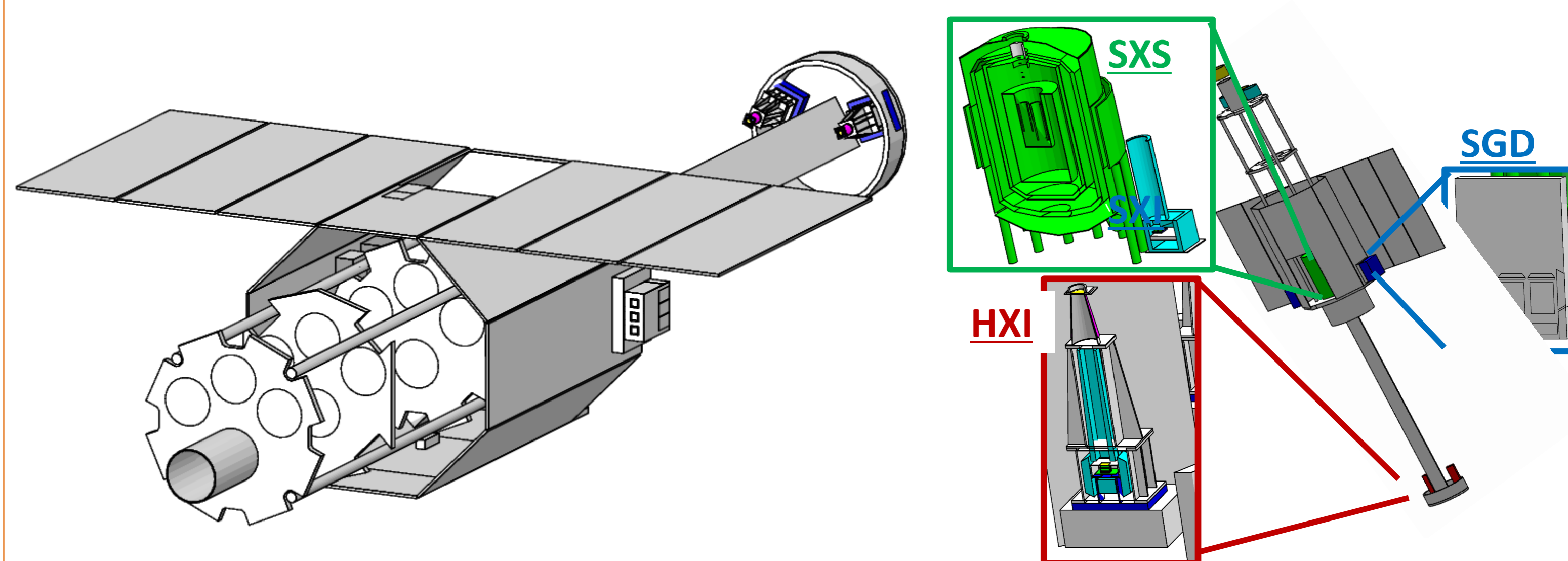


5. 今後の展望

- ジオメトリの精密化による、バックグラウンド推定およびレスポンス構築への対応。
- イベントバイアシングの導入による、シミュレーションの効率化。
- 一般へのシミュレーション提供方法の検討。

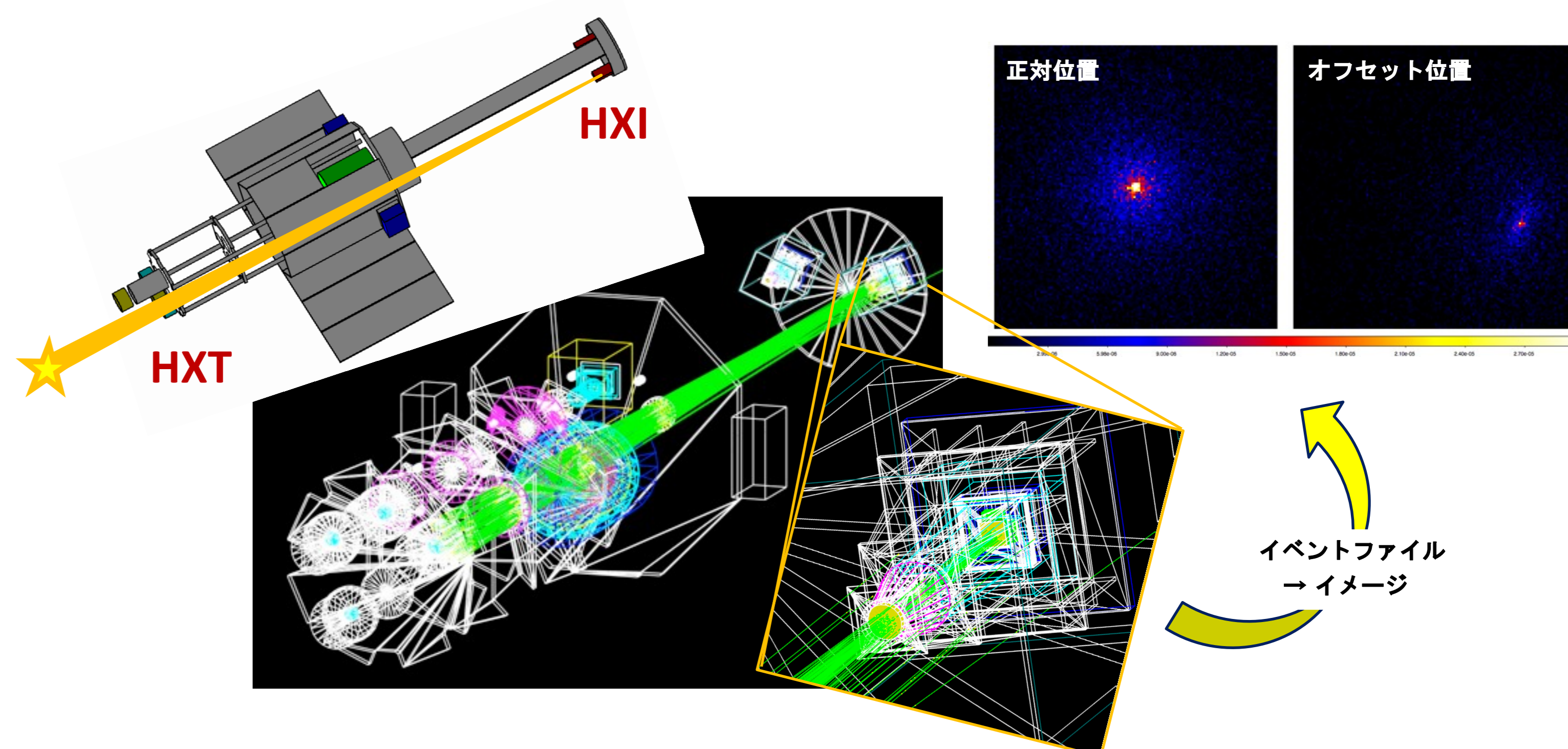
3. 実装方針と状況

- 内部処理の中核とジオメトリおよび放射線粒子の記述には Geant4 ツールキットを全面的に利用する。Geant4 部との入出力は別の解析フレームワーク (ANL++) と接続し、既存のツールとの接続性を確保する。
 - 装置群の形状および質量モデル (ジオメトリ) を異なるグループで並行して実装できるように、異なる論理空間 (パラレルワールド) に配置し、空間的に重複する部分があってもソフトウェア的に問題が生じない構造とした。これにより、「まず近似的なモデルでアプローチの正しさを確認し、その後で精密さを詰める」という手法が取れるようになる。
 - Geant4 以外のツールとのデータ交換は、基本的にファイル I/O とし、フォーマットとして天文学分野で実績豊富な FITS を用いる。これにより、I/O 部実装に費やす労力が大幅に削減でき、また入出力データの準備や処理に既存のツールをそのまま使うことができる。
 - 入力情報は全く性質の異なる二種類の形態 (特定方向の天体光子と全方位からのバックグラウンド) を持つ。これらはそれぞれ別個のジェネレータにより生成され、Geant4 部には 9 要素 $(x, y, z, p_x, p_y, p_z, E, ID_{PG}, E_{ex})$ で記述される粒子のリストとして提供される。シミュレーションは入力情報群毎に独立に実行した後で結果を合成することになる。
 - ジェネレータから Geant4 部へは、データがそのまま渡される事もあれば、前段の別シミュレータ (X線望遠鏡のシミュレータ) を介してから渡される事もある。いずれにせよ受け渡しはファイルベース・FITS 形式で行われ、各過程の独立性を高めてある。
 - 検出器からの出力は、それぞれの検出器に合わせたフォーマットでイベントデータとして生成される。この生成部は検出部ジオメトリと (ソフトウェア構造的に) 密に結びついている為、両者を合わせて検出器チームが監修するのが自然な形となる。
- 以上は既にプロトタイプが実装され、簡単なシミュレーションが実行できることまで確認できた。



4. シミュレーション実行例

- ASTRO-H の先に点源を置き、HXT で結像させ HXI からイベントを集積するシミュレーションを実行した。HXT PSF に従って光子が集められている事が見て取れる。



- 加速器を用いた、検出器素子の放射化実験データとシミュレーションとの比較。Geant4 をベースとするシミュレーションで良く再現されている。

