

「あらせ」衛星搭載の高エネルギー電子分析器(HEP/XEP)の校正状況



三谷烈史¹, 東尾奈々¹, Park Inchun², 堀智昭², 植田晃平⁴, 横田勝一郎⁴, 今城峻², 笠原慧³, 栗田怜⁵, 寺本万里子⁶, 高島健¹, 三好由純², 篠原育¹

「あらせ」衛星には高エネルギー電子の観測器として、70 keV ~ 2 MeVの電子を計測する「高エネルギー電子分析器(HEP)」と400 keV ~ 20 MeVの電子を観測する「超高エネルギー電子分析器(XEP)」が搭載されている。この2つは、視野角を絞るコリメータとエネルギー計測をする固体検出器から構成される電子分析器であり、そのカウントデータから真のフラックスを求めるためには、固体検出器の電子に対する応答を考慮する必要がある。我々はGeant4による分析器のモデル化による応答関数の構築と軌道上データへの適用、「あらせ」衛星に搭載された他観測機器との比較を進めている。

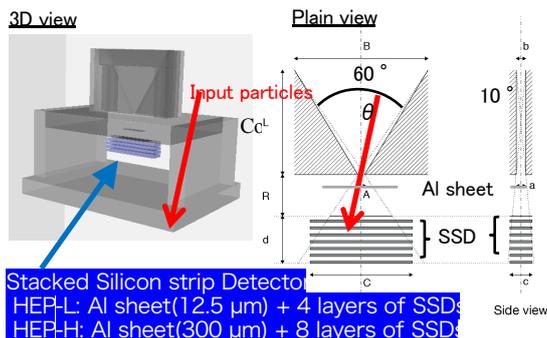


| Parameter | HEP-L | HEP-H | XEP |
|-------------------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Energy range | 70 keV – 1 MeV | 0.7 – 2 MeV | 0.4 – 20 MeV |
| G-factor (cm ² sr) | 10 ⁻³ | 10 ⁻² | 8.8×10 ⁻³ |
| Field of view | 10° x 180° | | 20° |

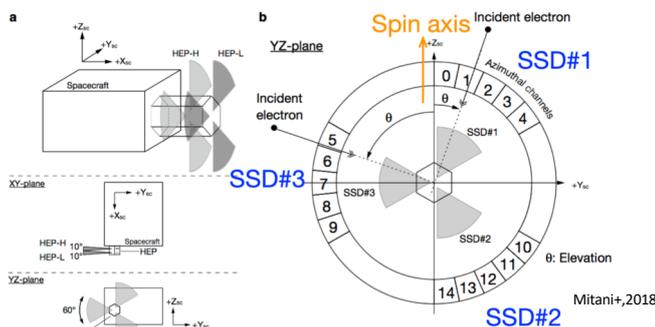
HEPの応答関数と観測データへの適用

検出部

HEPの1視野(10° × 60°)は、下図のような検出器モジュール1つで計測され、これはコリメータ部とエネルギー計測をする積層されたシリコン半導体検出器(SSD)からなる。

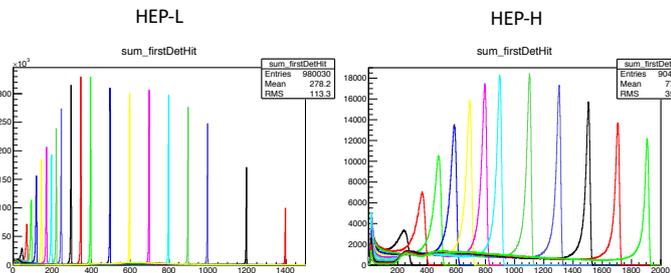


左記モジュールを下図のように3つ配置することにより、一度に180度を計測する。さらに、1モジュールの中には、1層目SSDでの検出位置とコリメータの位置から、電子の到来方向θを求め、60度を5分割して、全部で15視野の観測データを生成している。



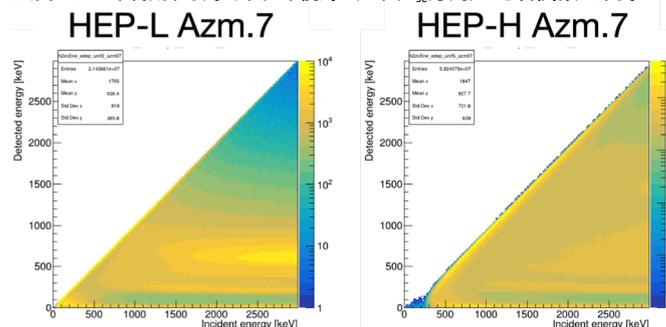
エネルギー応答の例

Geant4ライブラリを用いて、検出器モジュールにいくつかの単色電子線を照射した場合のエネルギースペクトルを下図に示す。Alシートや電子と検出器の応答に応じて、入射エネルギーより低いエネルギーとして計測される。(特に、HEP-Hでは、Alシートが300μmと厚いため、広がってみえる。)



応答関数の例

Geant4ライブラリを用いて、検出器モジュールの入射口から等方的に電子を照射し、各視野チャンネルで検出されるエネルギーから5視野の応答関数を構築した(SSDモジュール#1,#2,#3は全く同じとして、利用する)。下図は、視野7(上図-Y_{sc}方向)の応答関数である。



観測データへの適用

実際の観測データは、エネルギービン16個に分割されているため、それに応じた区分に直し行列を生成し、その逆行列を観測した計数にかけ算することで、入射フラックスを求めた。

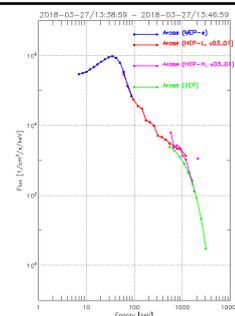
Detected counts in μ -th energy bin: $c_\mu = \sum_\nu R_{\mu\nu} \cdot j_\nu$

Differential flux in ν -th bin: $j_\nu = \sum_\mu R_{\mu\nu}^{-1} \cdot c_\mu$

Geant4シミュレーションによって構築した応答関数行列

この値をLevel-2データとして、公開している。カウントが小さい場合に、負の値を含むことがあるが、加算したり平均したりする場合には、負の値を含めて演算する必要がある。

これまで、応答関数を何度かアップデートしてきた、最新データによる、エネルギースペクトルを、より低エネルギー側のMEP-e、より高エネルギー側のXEPとともに右図に示す。MeV電子が比較的少ない状況だと、MEP-e/HEP-Lはよく整合している。



更新履歴:
v01: G-factorとエネルギー応答を別に扱った。エネルギー応答は垂直ペンシルビームを用いた。
v02: コリメータ入口からの等方照射により、G-factorとエネルギー応答を1つの行列で表現するようにした。
v03: 検出回路で決まる低エネルギーしきい値の効果を考慮するようにしたい。

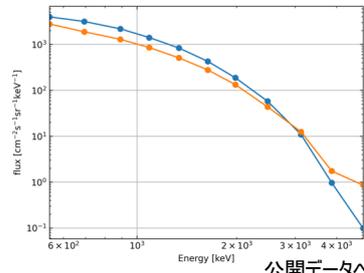
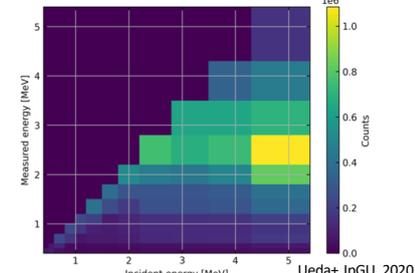
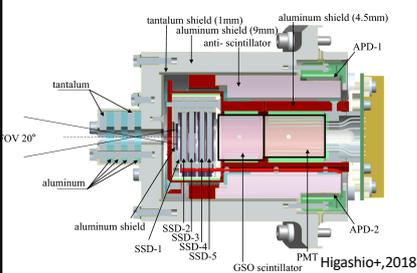
XEPの応答関数と観測データへの適用

HEPと同じ手法をXEP観測データにも適用するように、検出器ジオメトリの構築(最新化)、その応答の確認を進めている。

XEPは、下図のようなコリメータ部とSSDとGSOシンチレータからなる。まず、SSD部の応答関数構築から進めた。

検出器モジュールの入射口から等方的に0.4-5.4MeVの電子を照射し、作成した応答関数

2017/3/24 6:00:00の観測生データ(青)に応答関数を考慮して導出したフラックス(橙)



公開データへの反映が進行中。