

MeVガンマ線観測気球実験SMILE-2+における銀河中心領域の観測

吉川慶、谷森達、高田淳史、水村好貴、竹村泰斗、中村 優太、阿部光、古村翔太郎、岸本哲朗、谷口幹幸、小野坂健、斎藤要、黒澤俊介¹、身内賢太郎²、澤野達哉³、濱口健二⁴、窪秀利、小財正義⁵、莊司泰弘⁶
京都大学、東北大学¹、神戸大学²、金沢大学³、メリーランド大学⁴、ISAS/JAXA⁵、大阪大学⁶

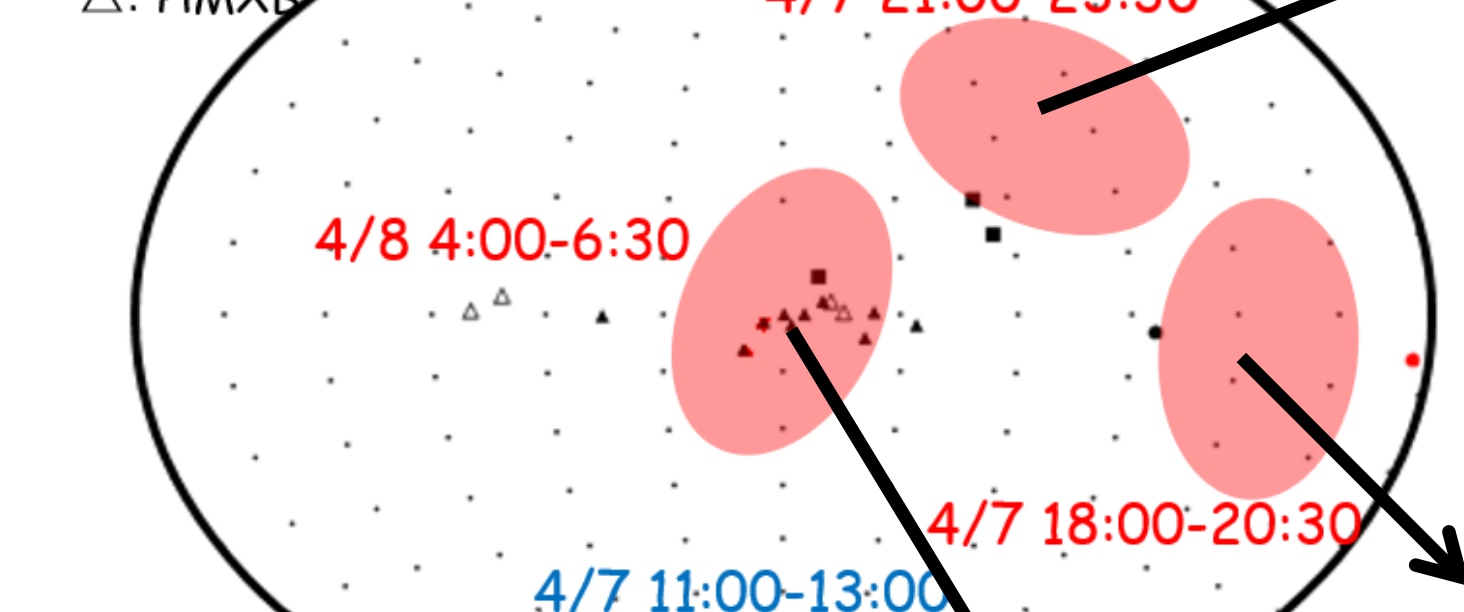
6. 時間帯ごとの事象数の差分による解析

初期解析として、対象の2つの時間帯A、Bを比較し、その差分A-Bのスペクトルを算出した。使用データは低エネルギー事象での地平座標天頂角30°以内

Aを変化、Bを固定
Bは高銀緯が視野内の時間帯

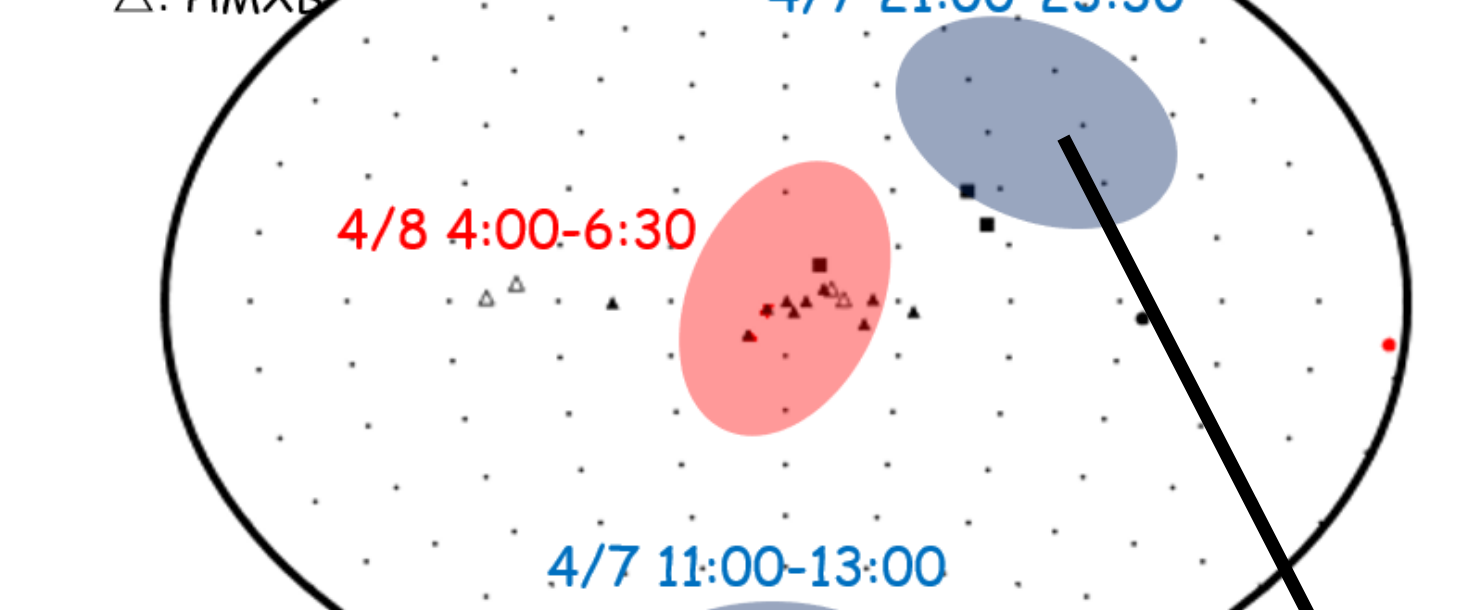
銀河座標系における視野領域と時間帯

Detected objects by SPI/INTEGRAL (200-600 keV)
L. Bouchet+, ApJ, 2008
●: pulsar
■: AGN
▲: LMXB
△: HMXB



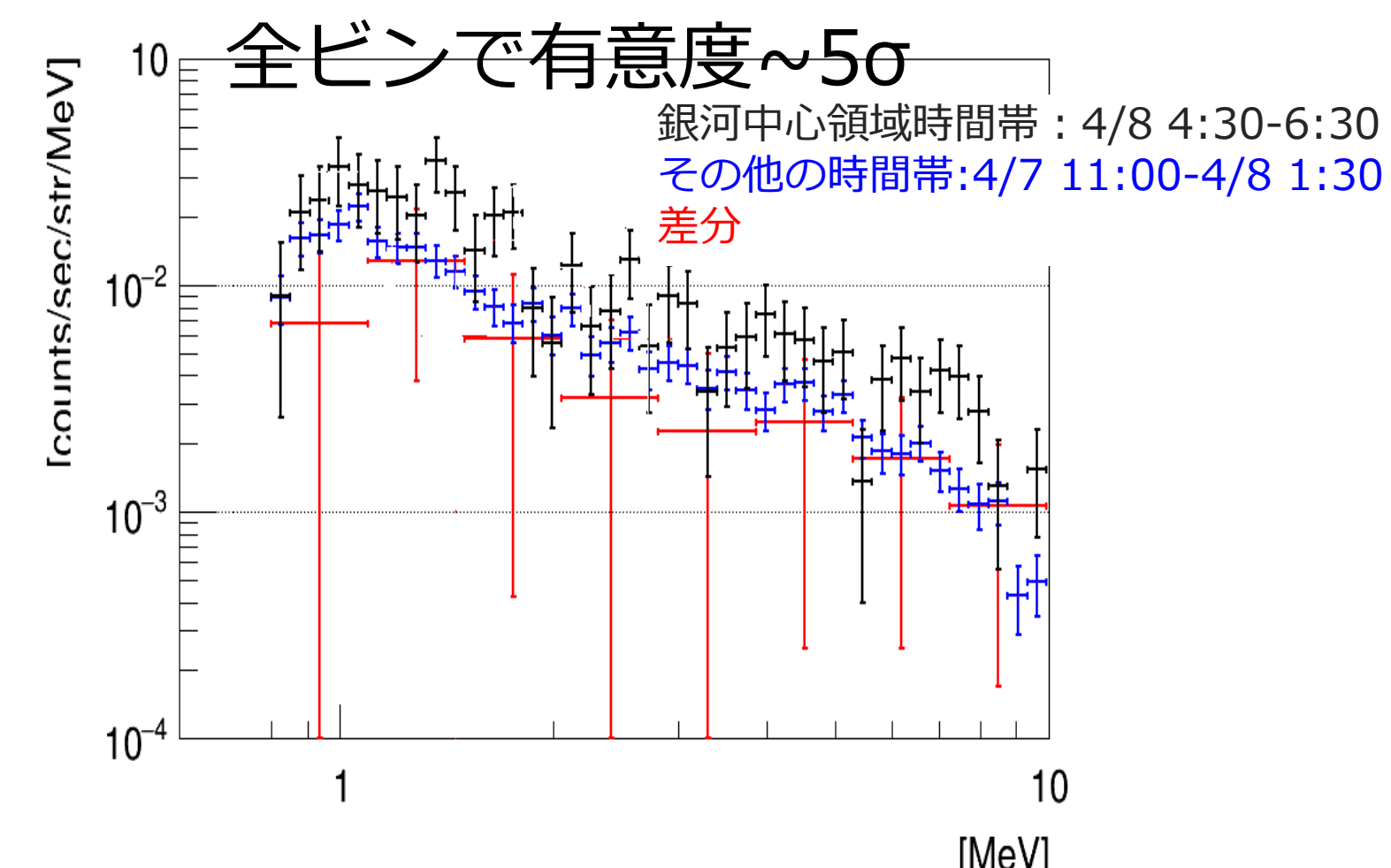
Aを固定、Bを変化
Bは銀河面が視野外の時間帯

Detected objects by SPI/INTEGRAL (200-600 keV)
L. Bouchet+, ApJ, 2008
●: pulsar
■: AGN
▲: LMXB
△: HMXB



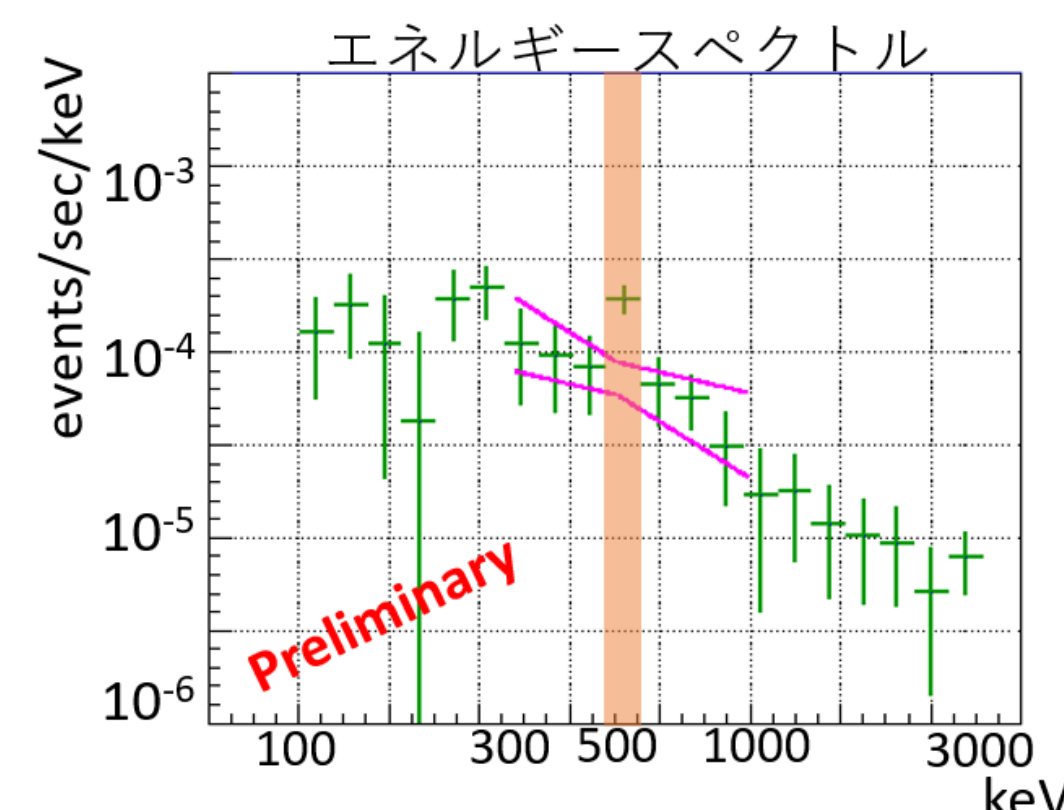
バックグラウンドの取り方に依らず、
銀河中心領域方向で、超過を確認。
511 keVビンで有意度~5σ
全ビンで有意度~10σ

同様に高エネルギー事象でも
銀河中心領域方向で、超過を確認。
全ビンで有意度~5σ



7. 銀河中心領域からの電子・陽電子対消滅線

銀河中心領域が視野内の時間帯の電子・陽電子対消滅線(511 keV)のフラックスを算出し、他の観測(INTEGRAL/SPI)との比較をした。



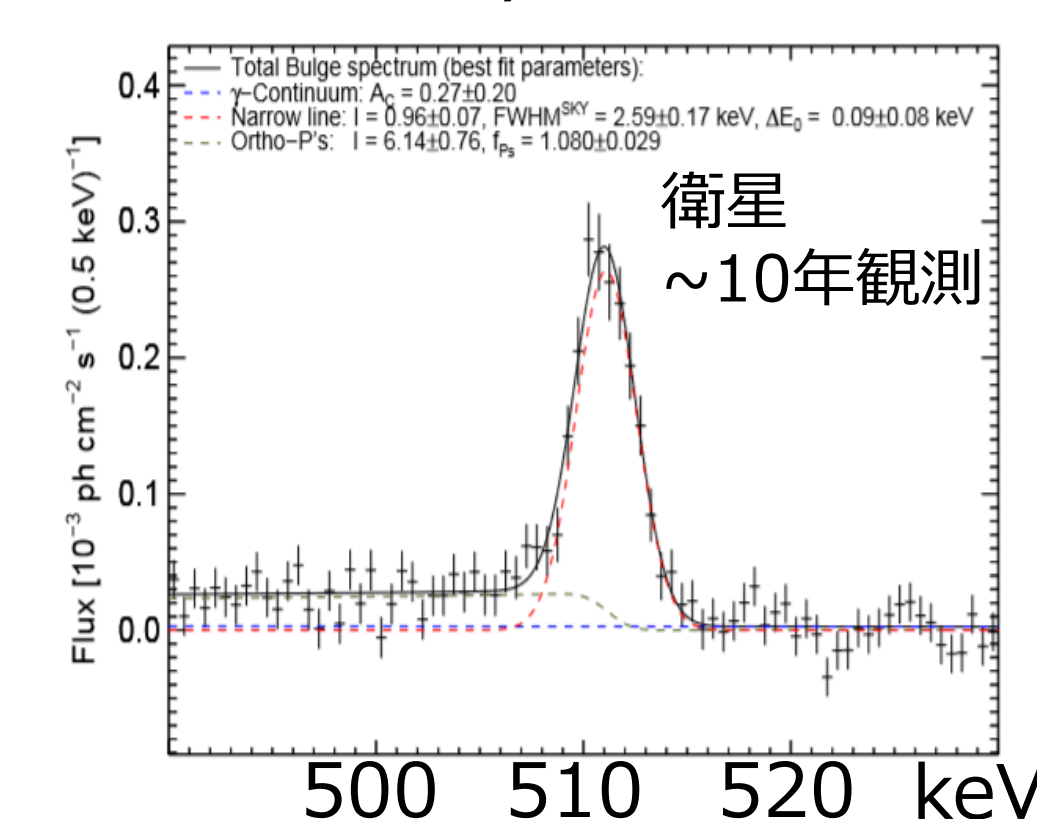
511keVビン(483~575 keV)
連続成分からの超過イベントレート：
 10^{-2} ~ 10^{-3} counts/s

検出器有効面積：
~1 cm² (@511 keV)

放射強度の概算値：

10^{-2} ~ 10^{-3} ph/cm²/s オーダーで一致！

INTEGRAL/SPIの観測結果(Siegert et al., 2016)



対消滅線放射強度： 0.96×10^{-3} ph/cm²/s

オルソポジトロニウムを含めると~ 1.5×10^{-3} ph/cm²/s

・511 keV line 58 σ

・オルソポジトロニウムと連続成分で計 29 σ

・全成分で **65 σ**

仮にSMILE-2+が

INTEGRAL/SPIの有感時間で観測すると

$$\sim 5 \sigma \times \sqrt{\frac{1.6 \times 10^9 \text{ cm}^2 \text{ sec} / 75 \text{ cm}^2}{6.4 \times 10^3 \text{ sec}}} = \sim 295 \sigma$$

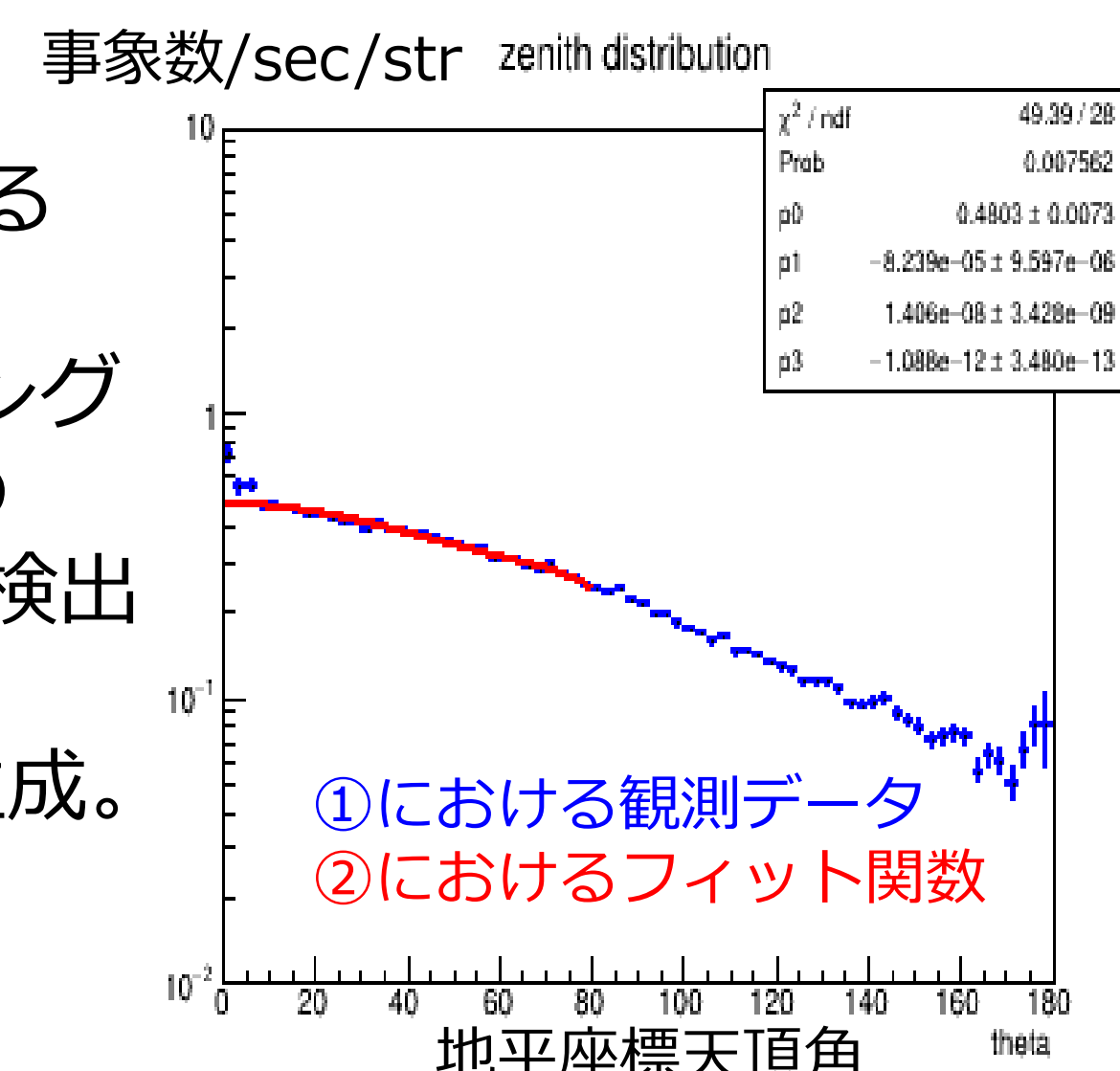
SMILE-2+は初期解析の段階で、従来観測を凌駕するS/N比を実現

8. ガンマ線空間分布とかに星雲

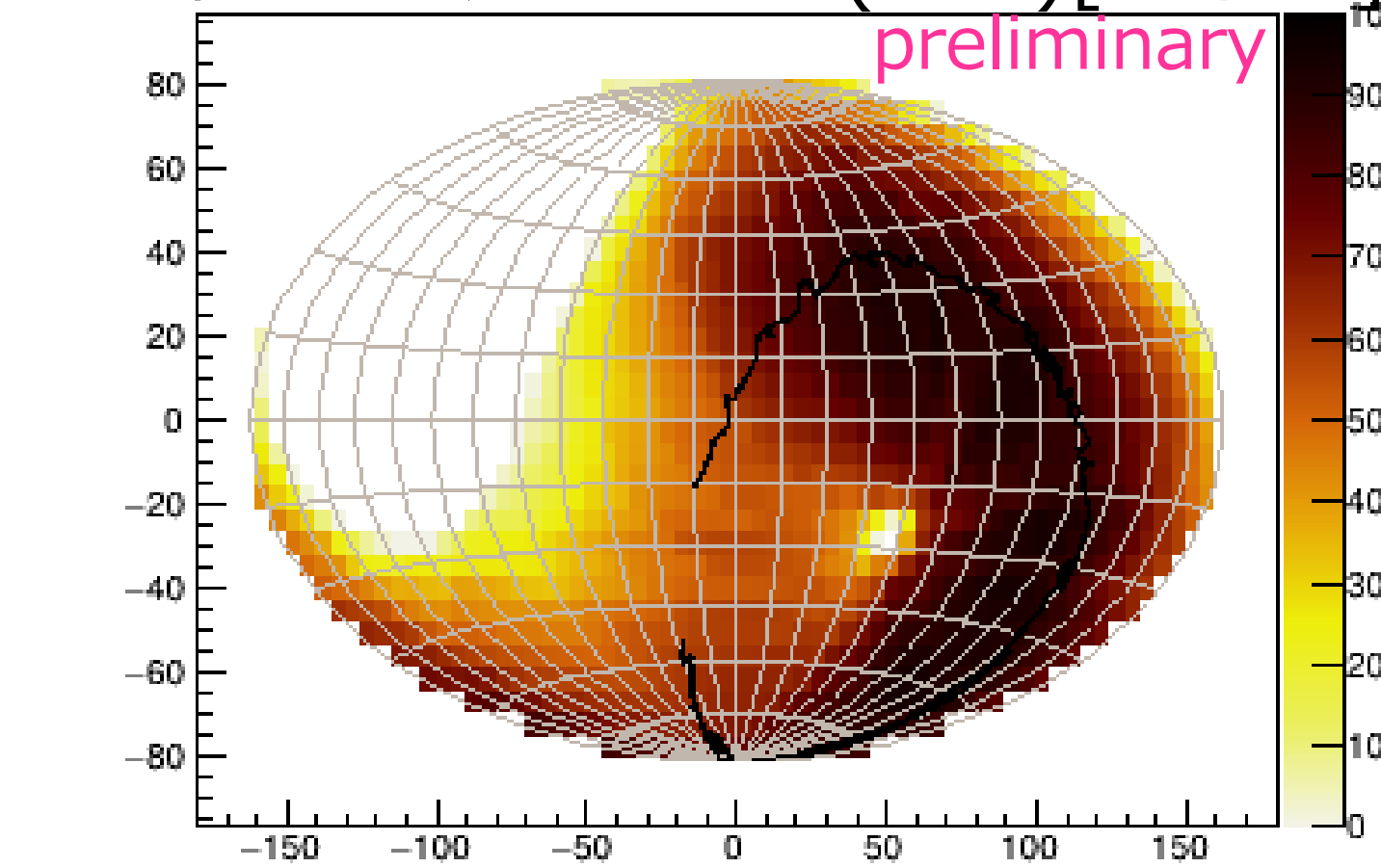
銀河面や、かに星雲を含まない時間帯で観測結果を再現するモデルを作り、モデルと差し引きをすることで、ガンマ線空間分布を確認した。

モデルの作成手順

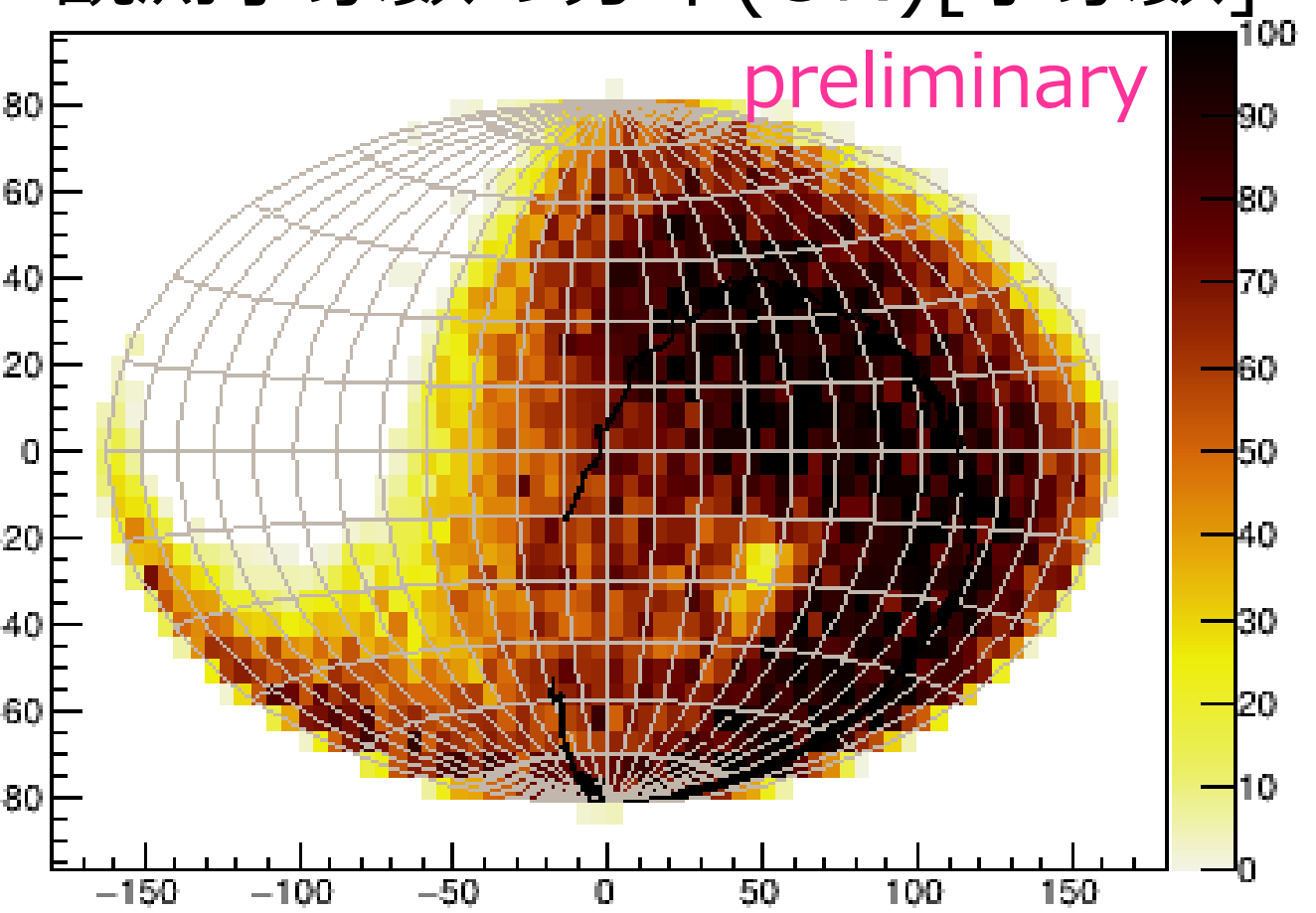
- ①4/7 09:30-13:00、21:00-25:00における地平座標での天頂角分布を作成
- ②天頂角60°以内で、6次関数でフィッティング
- ③フィット関数を用いて、観測時の検出器の姿勢・座標で、1秒ごとに銀河座標系での検出数を算出。
- ④算出結果を足し合わせることでモデルを生成。



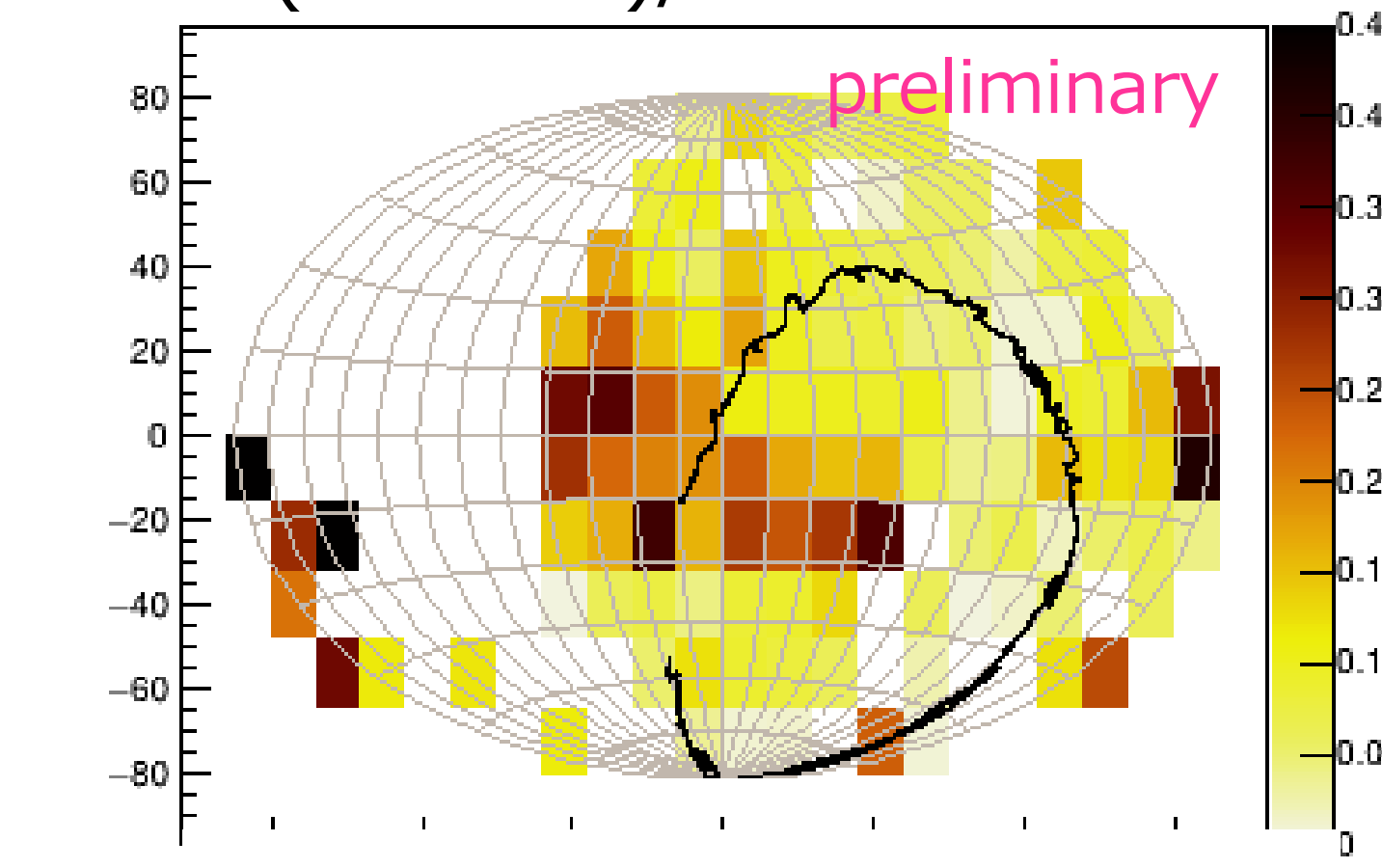
銀河面を含まない時間帯で作った観測モデル(OFF)[事象数]



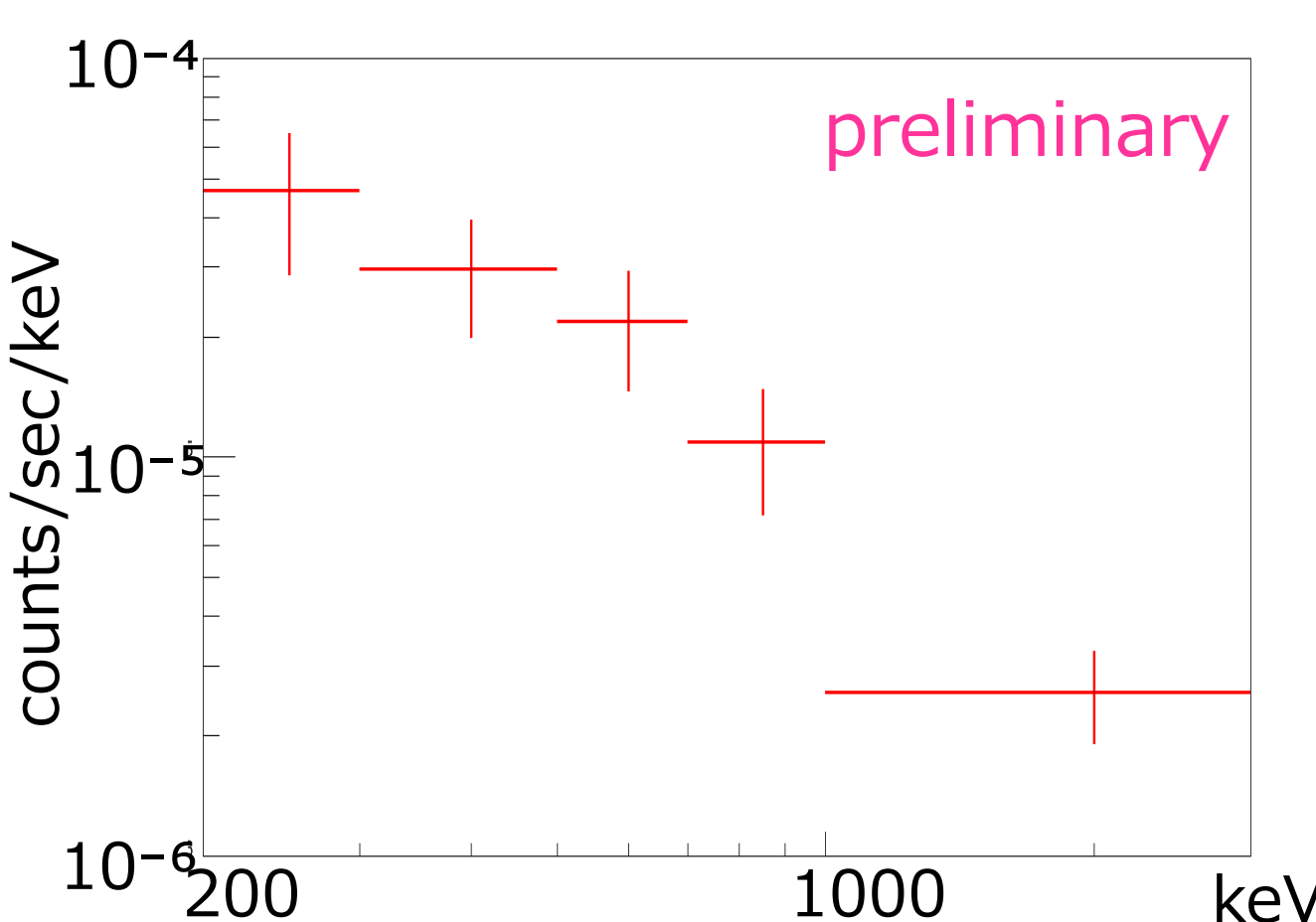
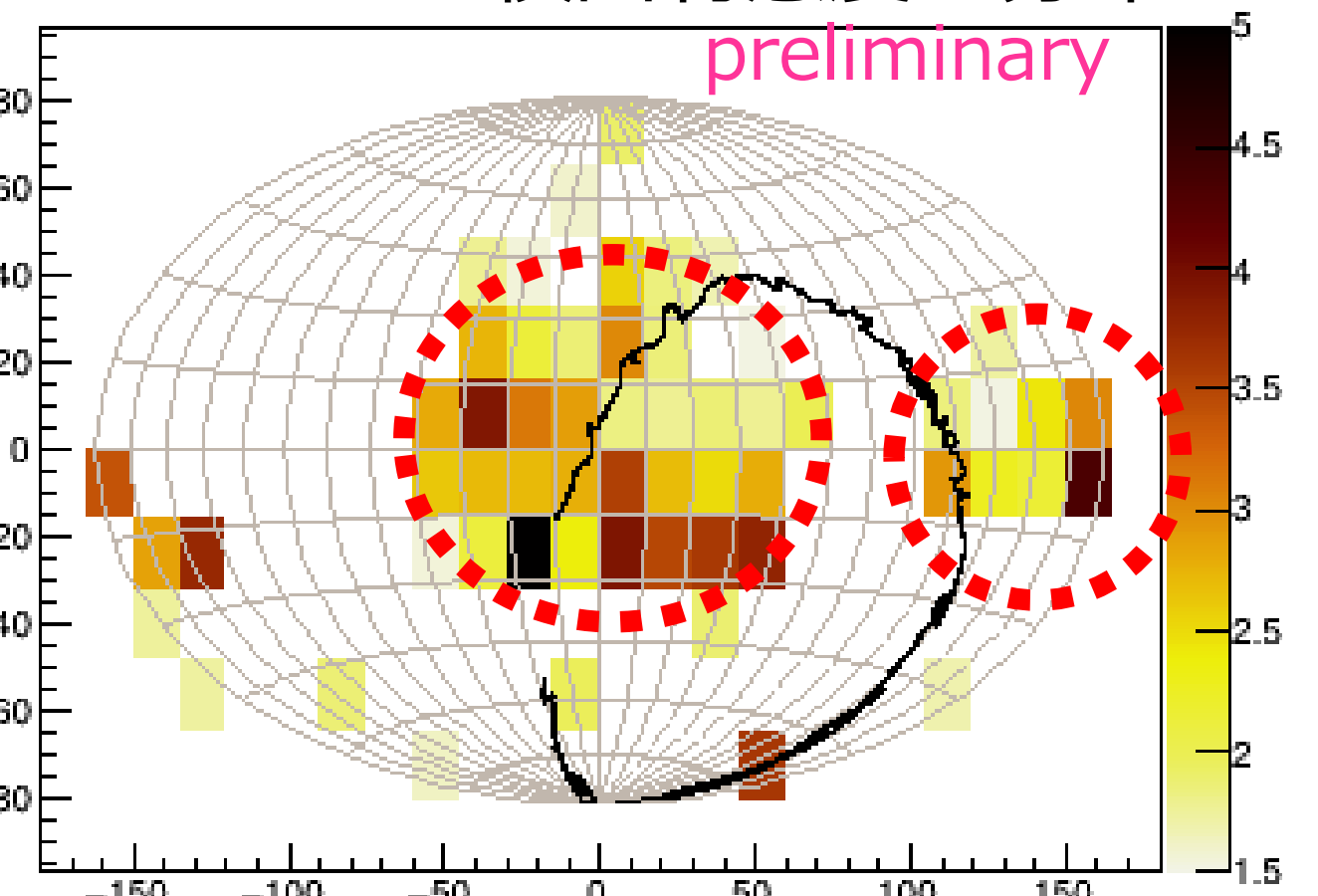
観測事象数の分布(ON)[事象数]



(ON-OFF)/OFFの分布



ON-OFFの検出有意度の分布



↑銀河中心領域と、かに星雲方向にそれぞれ超過を確認。

←かに星雲方向から銀河座標30°以内でのスペクトル。

9. まとめと今後

SMILE-2+の目的は、天体観測によるイメージング能力の実証である。2018年に豪州フライトは成功し、解析結果として、**銀河中心領域、かに星雲**ともに、予定通りの検出事象数・有意度が出て、従来観測を凌駕するS/N比を実現した。「原理実証」から「科学観測」へと進められるようになった。

SMILE-2+解析の今後・・・

将来計画はp-2.35

- ・シミュレーションによる応答関数の算出と引き戻し
現在、モンテカルロシミュレーションGeant4により、エミュレータを構築済みで、応答関数と引き戻し法の検証中であり、かに星雲、銀河中心領域ともにフラックスを求める。
- ・検出器と宇宙線との相互作用によるガンマ線、宇宙線などを誤検出する割合の算出。先述のエミュレータを利用。算出後は差し引くことで、系外ガンマ線背景放射、大気拡散ガンマ線を算出する。

・SMILE-2+のできる物理として、系内拡散ガンマ線の粗い分布の議論ができたり、また**ダークマター(DM)への制限**がかけられる。電子・陽電子対消滅線の強度から、DM候補のWIMPからの崩壊系列の寄与に制限できる。DM候補の原始ブラックホールの質量の候補領域で蒸発時にMeVガンマ線の放射(系外背景放射へ寄与)があり、これはまさに**今回の観測領域である**。

