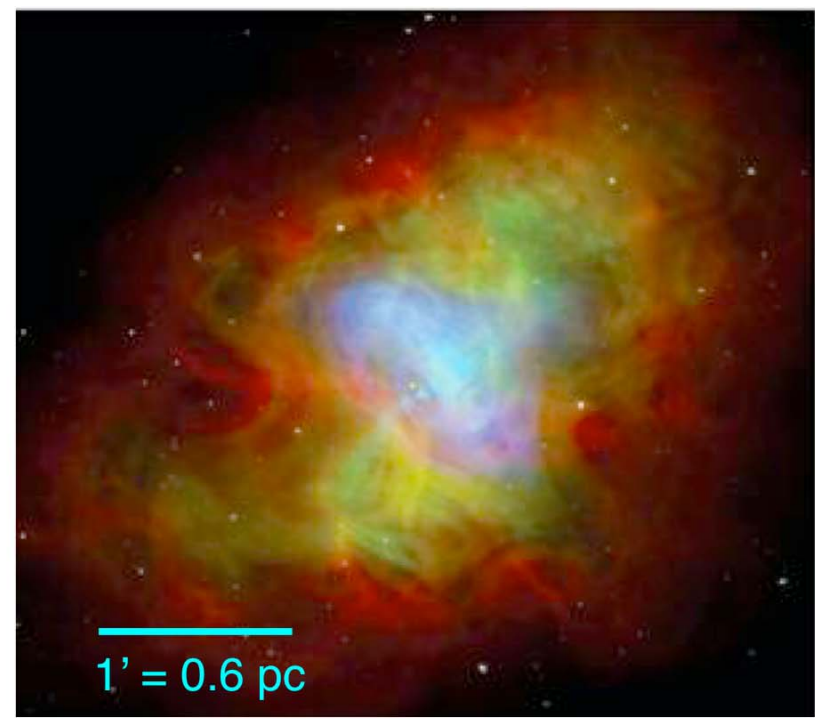


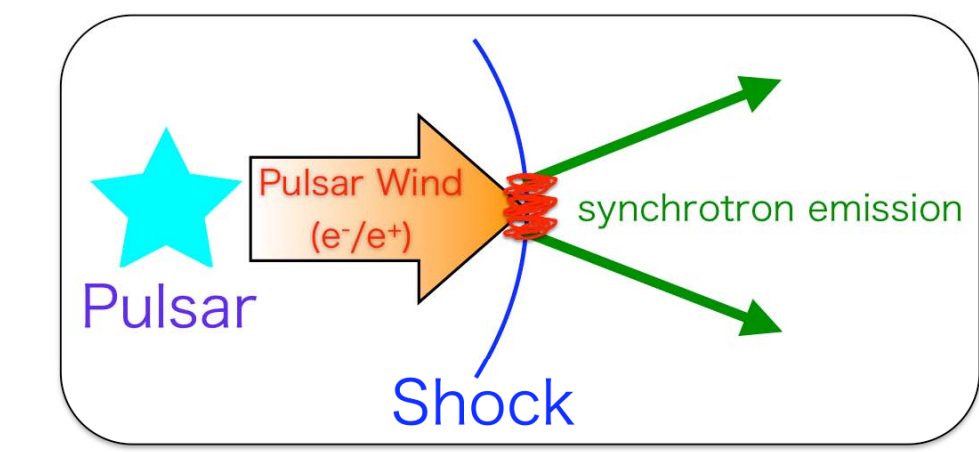
すざく衛星搭載WAMの軟γ線地食観測によるCrab Nebulaの長期時間変動解析

○河野貴文、深沢泰司、大野雅功、花畑義隆(広島大)

1、Crab Nebula



red:radio, green:optical, blue:X-ray



Pulsar Wind Nebula

- ◇2kpcの距離にある超新星残骸(SN1054)
- ◇中央にパルサーを持つパルサー星雲
- ◇光度が高く安定していると考えられて来た
- ◇放射機構:

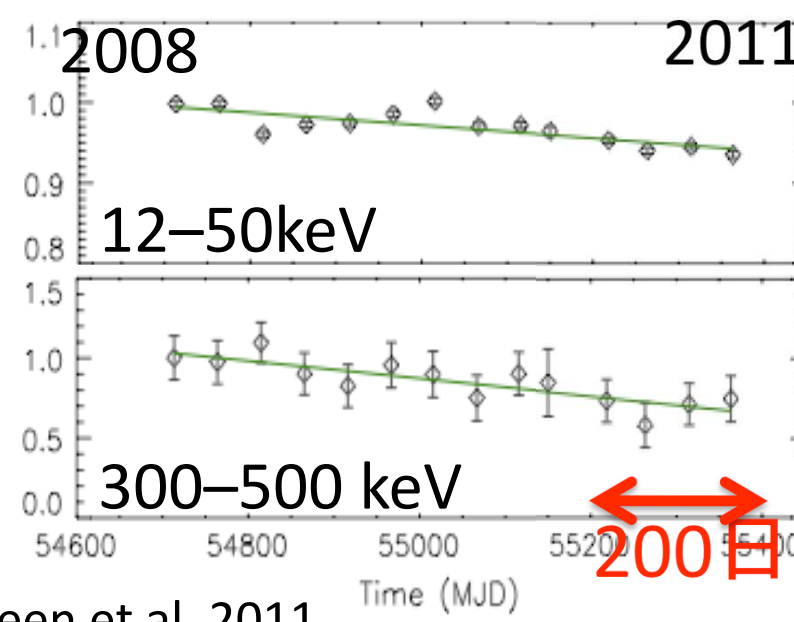
~GeV: シンクロトン放射@末端衝撃波
GeV~: 逆コンプトン散乱

- 数百keVでは数十%のオーダーで長期変動
- GeV γ線でフレアを4回観測(2007中旬-)

-5.4 ± 0.4% 12-50 keV
-39 ± 12% 300-500 keV

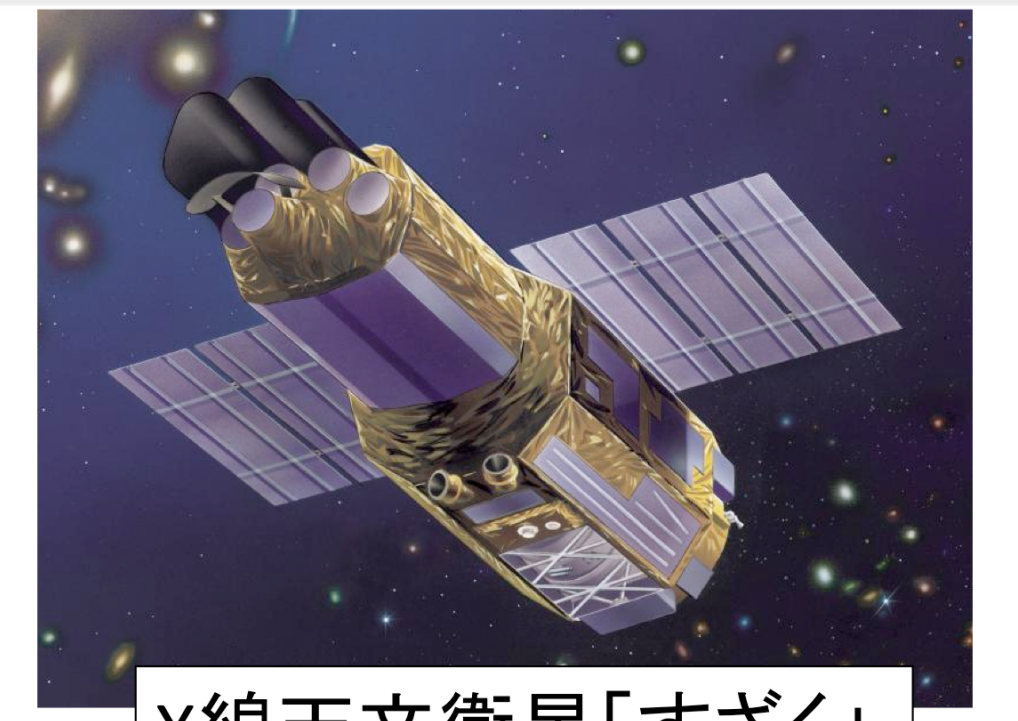
GBM検出器によって観測されたCrab Nebulaの光度変動(1bin50日)

高エネルギー側を高精度で観測したい!



A.Colleen et al, 2011

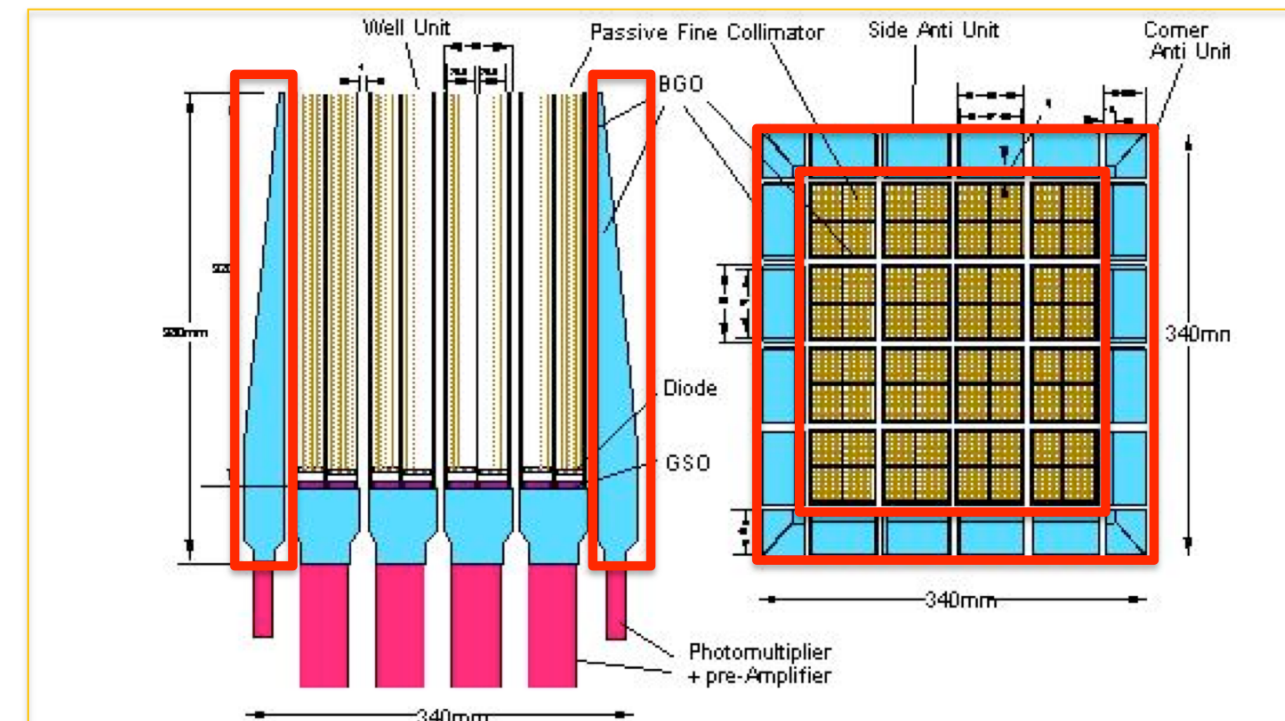
2、WAM(Wide-band All-sky Monitor)



X線天文衛星「すざく」

- ◇エネルギー領域: 50 - 5000keV
- ◇視野: 2π str
- ◇各面の有効面積: 800 cm²
- ◇特徴: 全天観測モニター

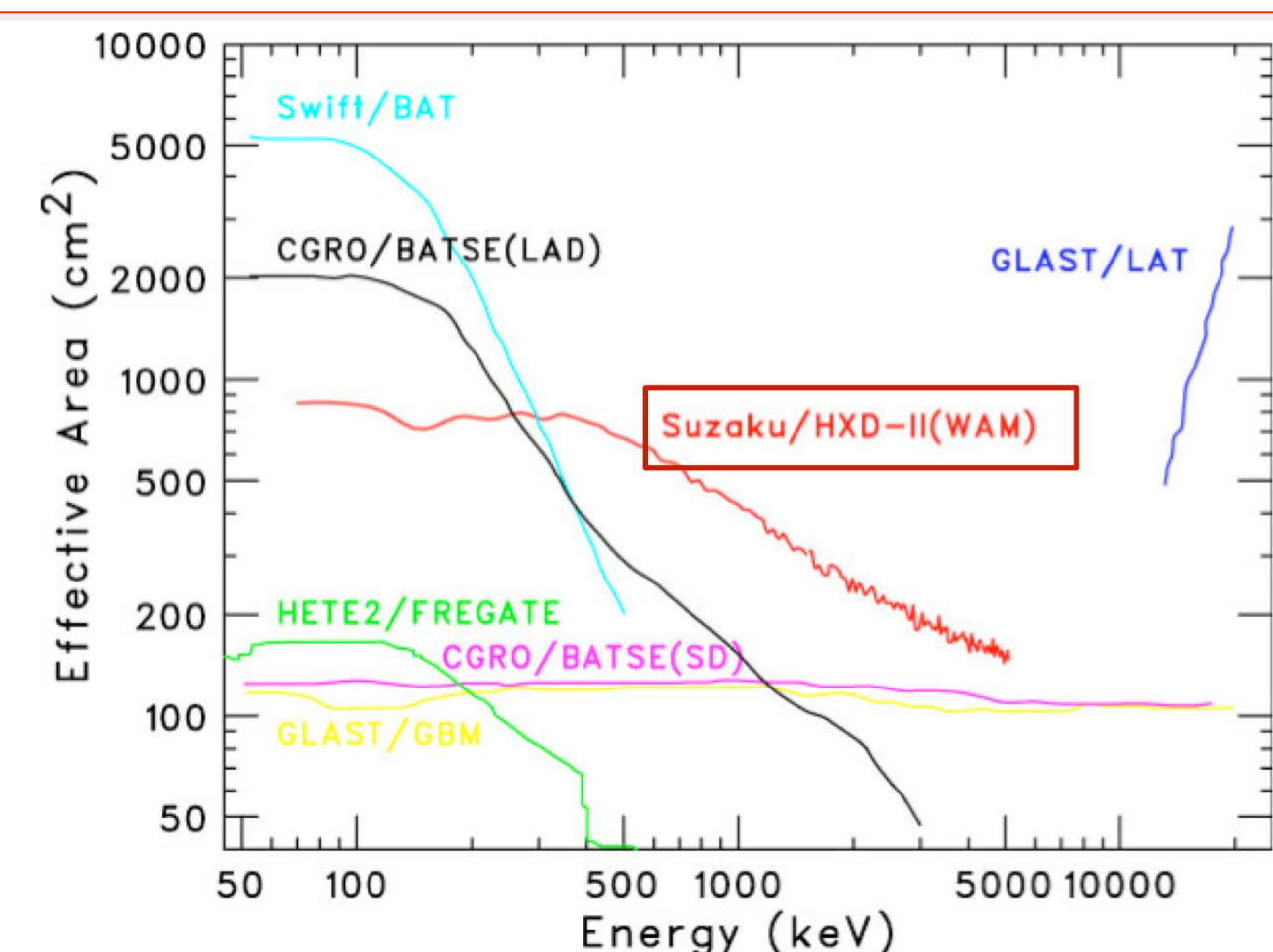
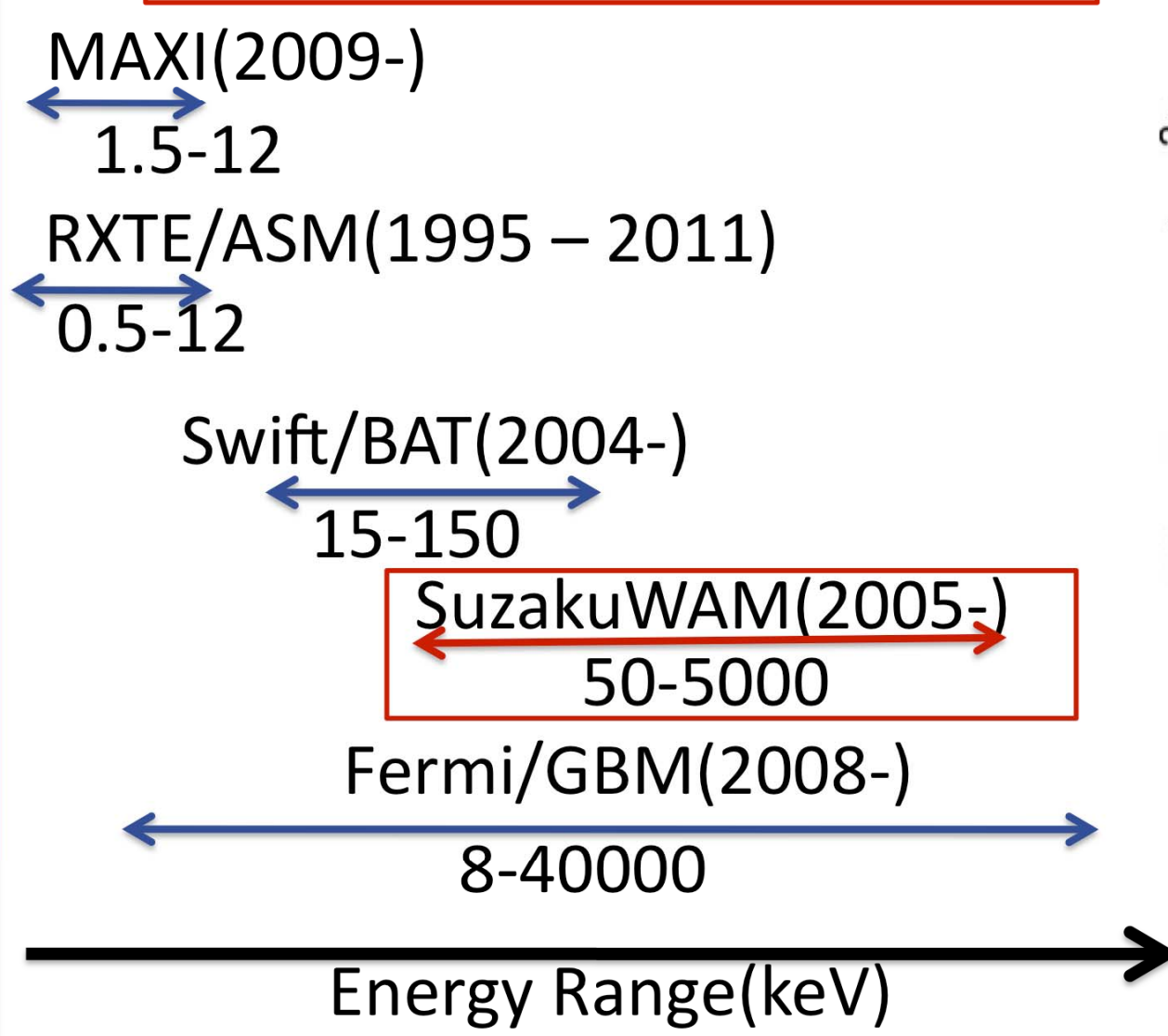
広帯域スペクトルが得られ、長期連続観測が可能
非熱的成分等の探査に非常に有利
多くのγ線バースト、太陽フレア等を検出している



すざく衛星搭載WAM

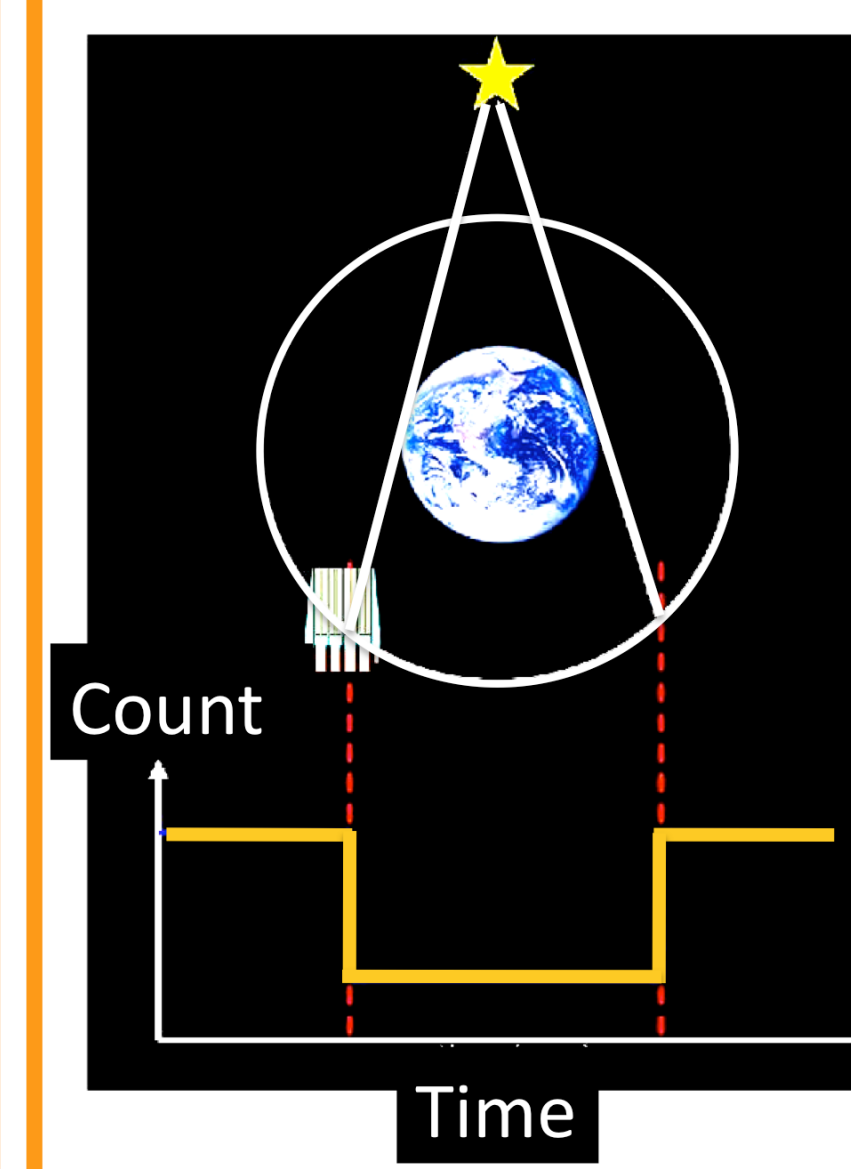
主検出器HXDの4面を取り囲むアクティブシールド(BGO + PMT)

最近の全天X線γ線観測装置



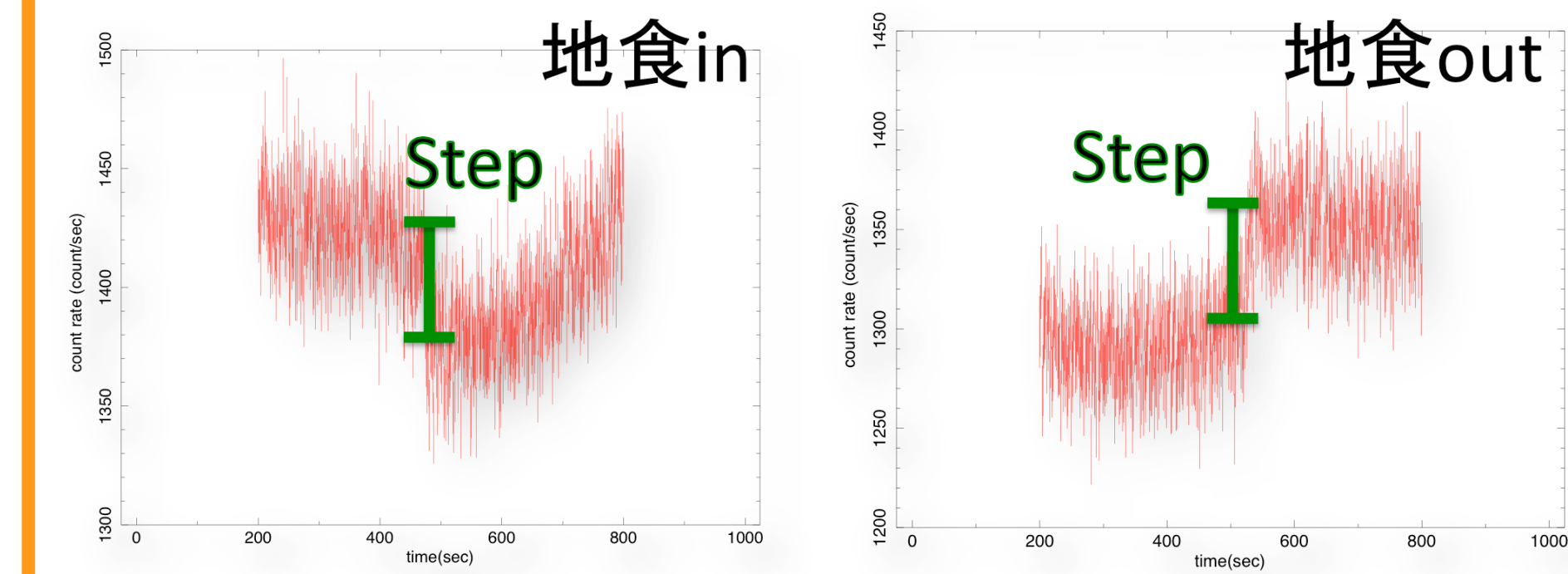
300keV以上では世界最高面積

3、地食観測



地食観測とは、衛星の周回運動によって天体が地球に隠れる前後/現れる前後のカウントレートの差から明るさを測定する方法である。すざくは96分で地球を1周する(15周/日)

WAMは視野が絞られていないので、個々の天体の明るさは直接は分からないが、地食の前後のみにおいては、特定の天体のみの明るさを得ることが出来る。WAMは常に全天を観測しているため、ターゲット天体の長期間モニターに適している。



Crab Nebulaの地食ステップ(1観測分の和 @100-500keV)

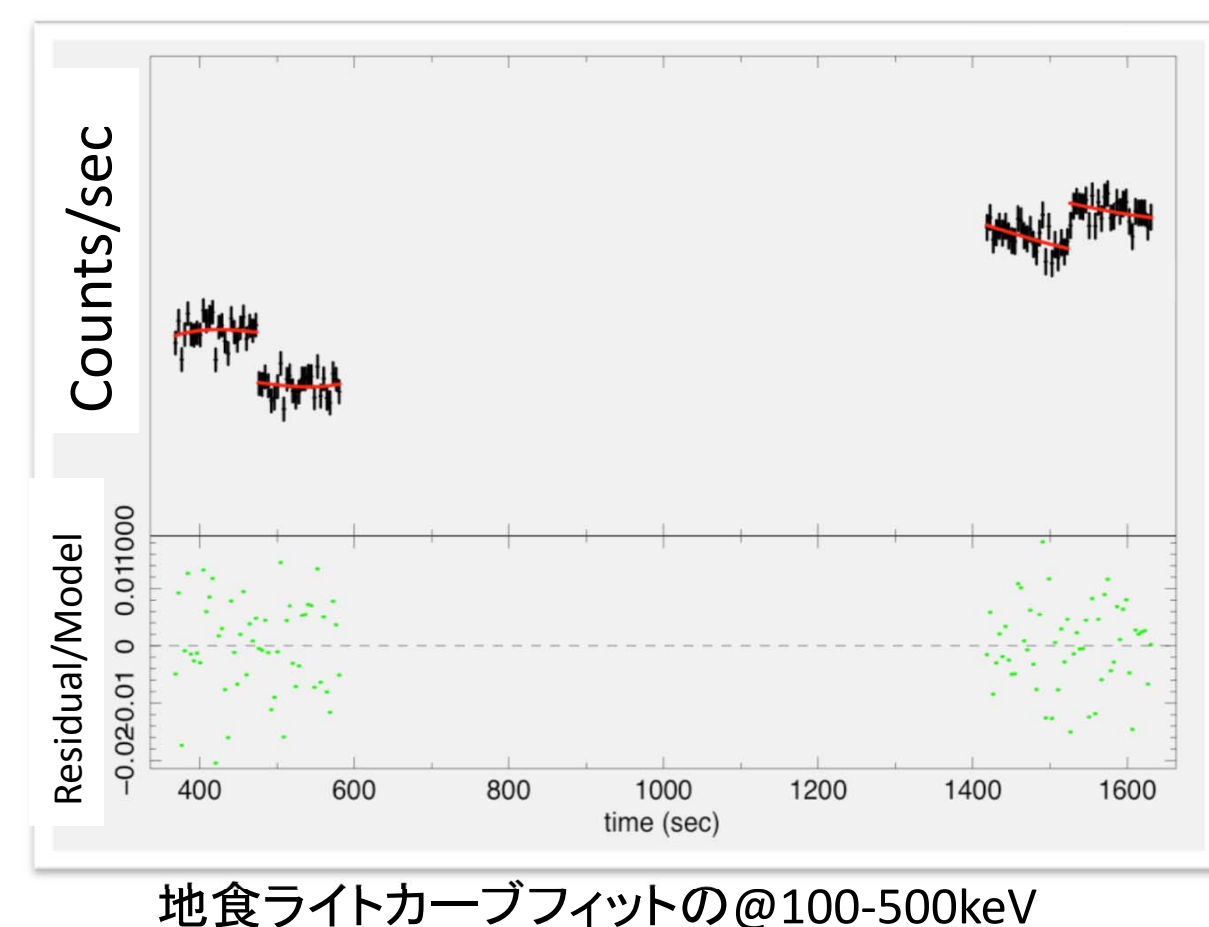
4、地食解析の手順

1. ライトカーブの作成&フィット

*WAMは主検出器の観測計画により、日によって天体を見る時間や角度が変わってくる→統計的に扱うには慎重な作業が必要

- ・観測ごとのライトカーブの作成/切り出し/選別
- ・明るい天体(Cygnus X-1)の地食の影響を調べる
- ・エネルギー別に1観測分の地食ライトカーブを足す
1観測内の良い地食ステップを平均し、統計を良くする

- ・エネルギー別に地食ステップの値を求める
- ・モデル式で地食in/outをフィッティング



地食ライトカーブフィットの@100-500keV

2. エネルギースペクトルの作成&フィット

- ・地食ステップの大きさの値をエネルギー順に並べる
- ・べき関数フィット $A(E) = KE^{-\alpha}$

3. 複数観測を足し合わせる

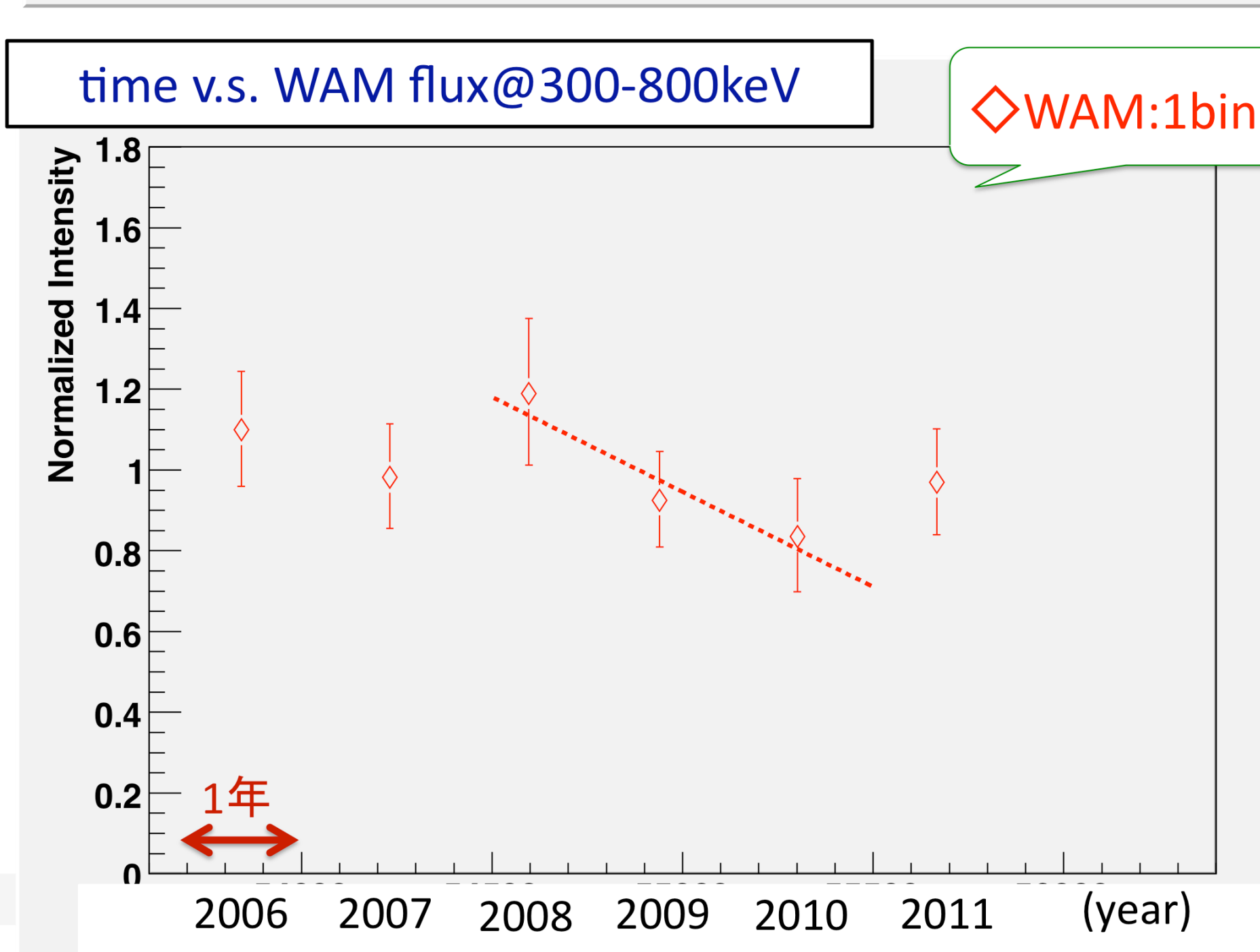
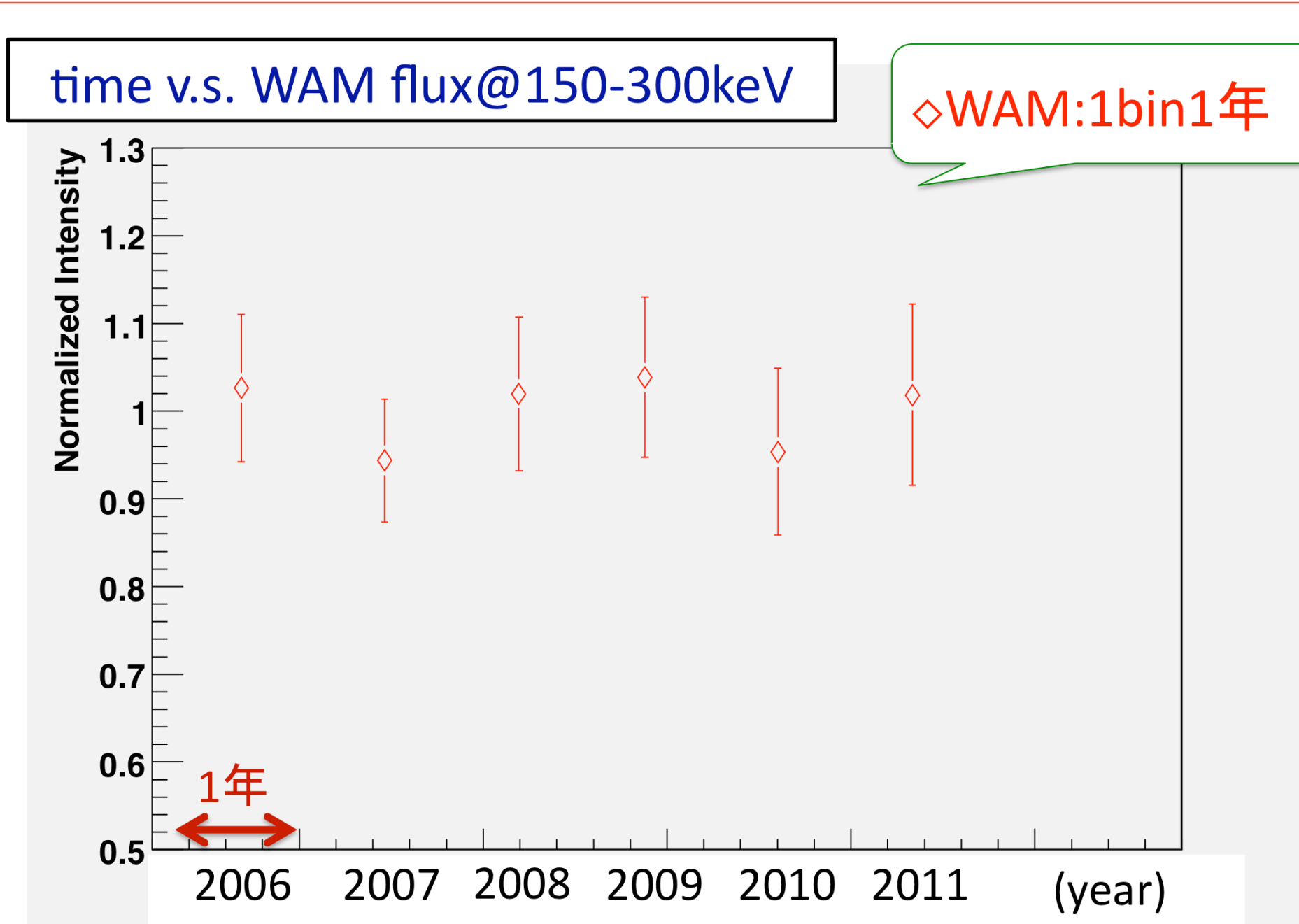
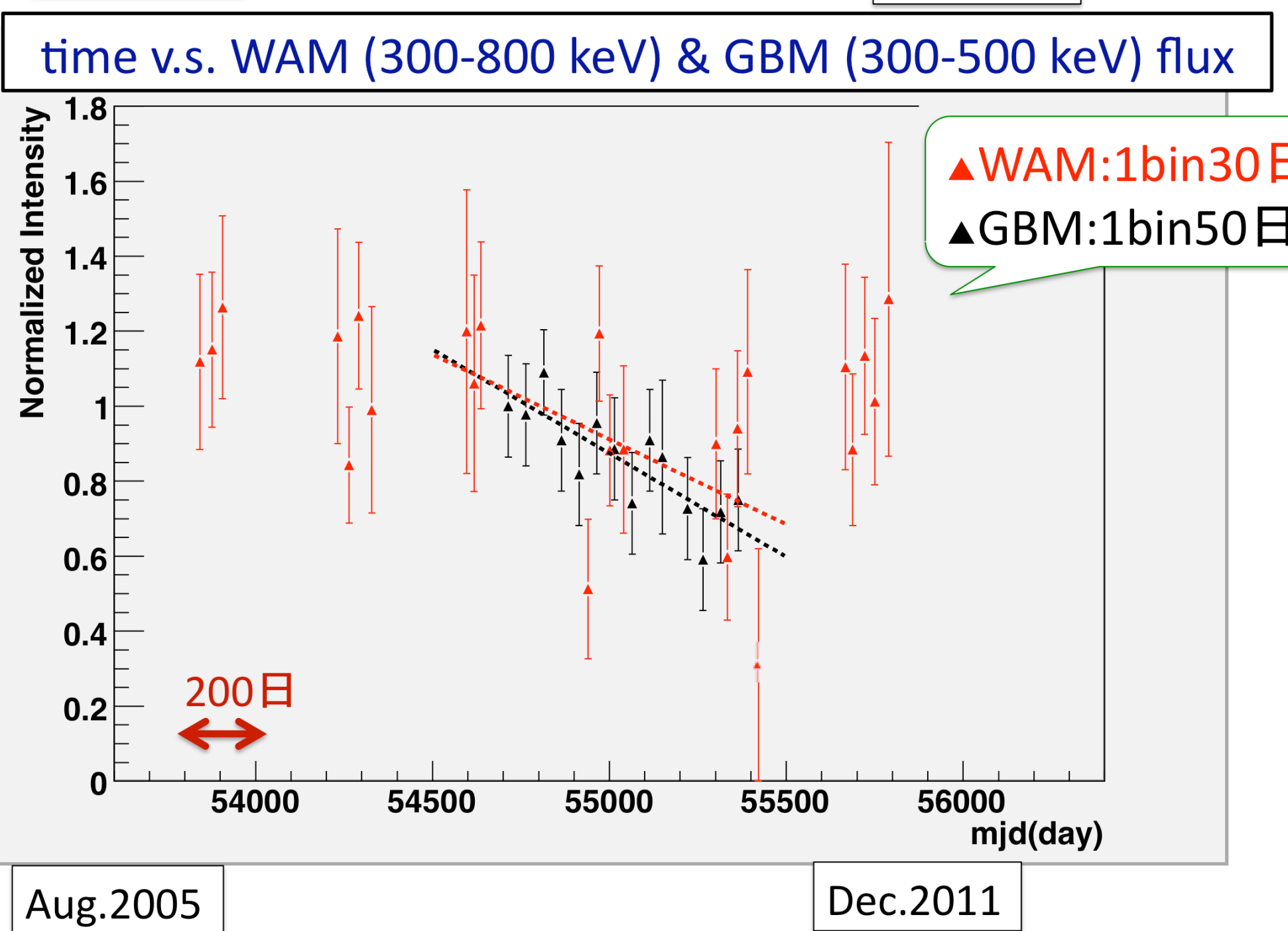
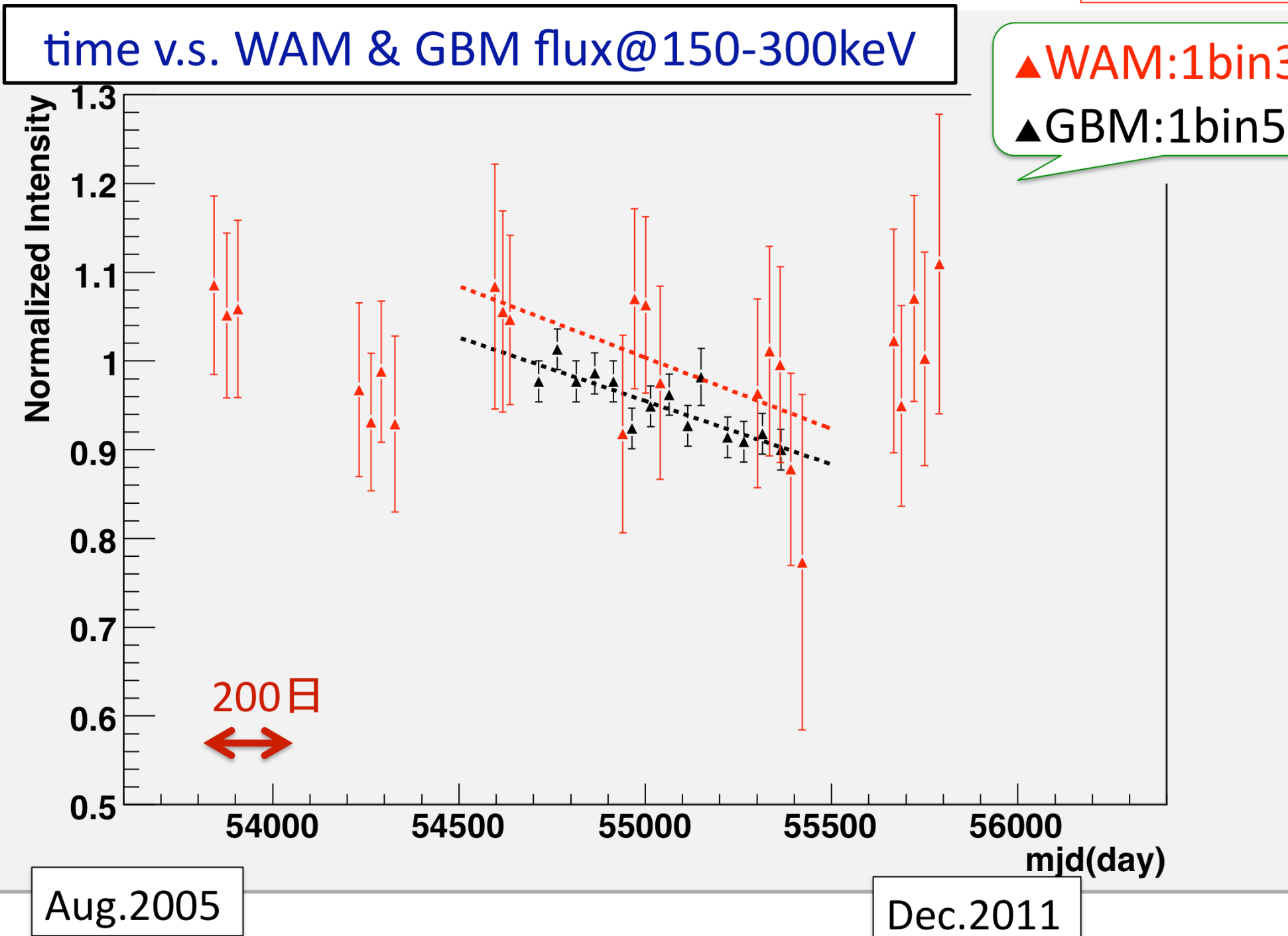
- ・エネルギー別に複数観測分の地食ライトカーブを足す
- ・レスポンス/レスポンス補正関数を足す
- ・エネルギー別に複数観測足した後のスペクトルの作成

4. 長期ライトカーブの作成

※誤差には統計誤差と系統誤差(10%)を考慮

5、解析結果と考察

WAMが得た2005年8月から2011年12月までのCrab Nebulaの光度変 & GBMとの比較

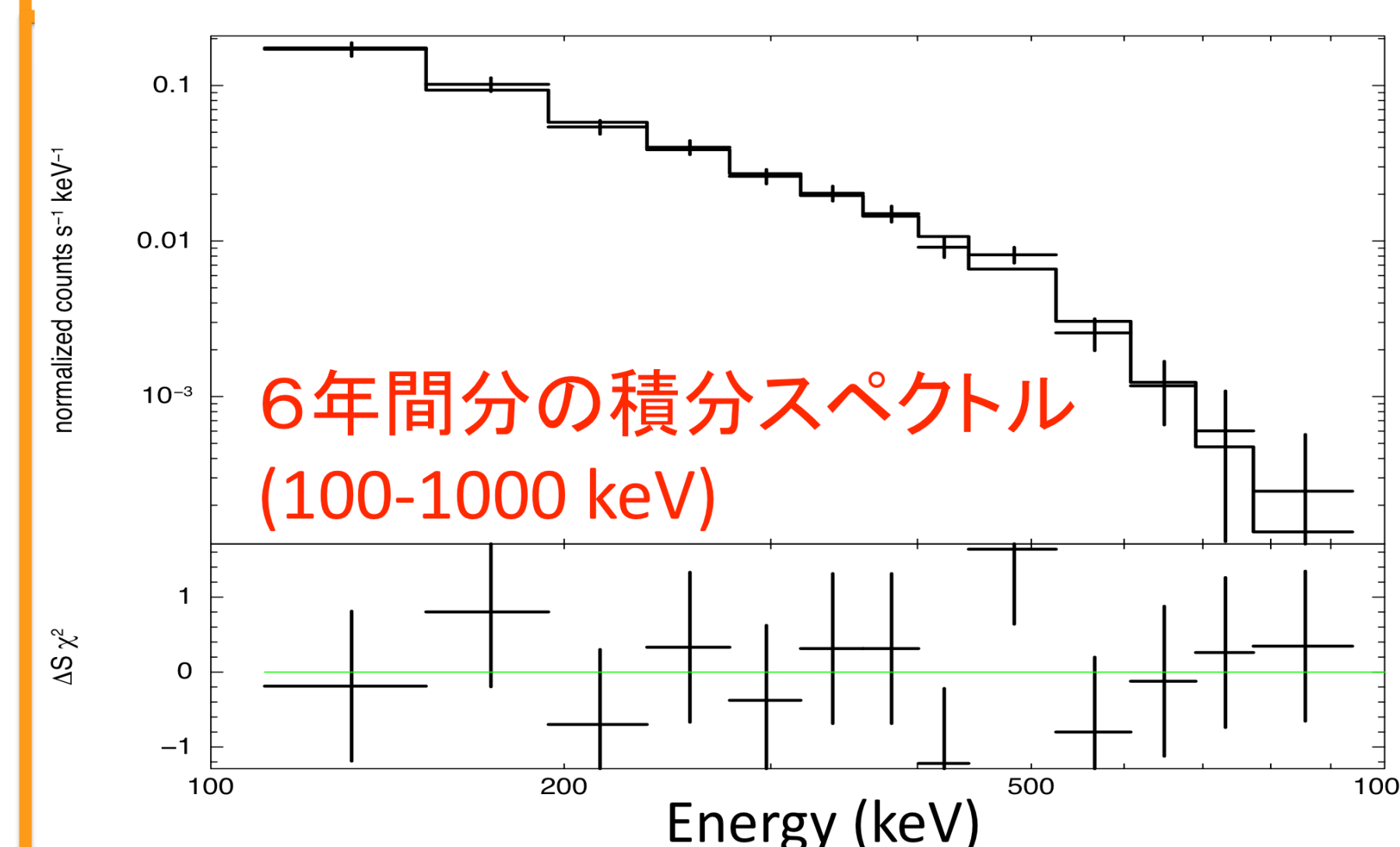


GBMが減光を報告しているmjd55421~55497(82日間)でWAMが得たCrab Nebulaの減光率

- ・1bin=30日
-0.13 ± 0.09 % @150-300 keV
-0.37 ± 0.20 % @300-800 keV
- ・1bin=1年
有意な変動は見られなかった @150-300 keV
-0.38 ± 0.25 % @300-800 keV

・1bin30日での結果はGBM等の先行研究とコンシステントであり、Crab Nebulaが減光していることを裏付ける結果である。

- ・1bin1年のスケールでは1bin30日のスケールほどの減光は見られない。
- ・本解析区間での減光のタイムスケールは約800日以下→変動のスケールは光速×時間~0.7 pc
Nebulaの視直径は~0.7pcなので、無矛盾と言える。



6年間分の積分スペクトル(100-1000 keV)

F検定の結果、single powerlawに比べて97%の有意度でbroken power-law modelでよく再現できることがわかった。ベストフィットのパラメーター

$\Gamma_{lower} : 2.3 \pm 0.1, \Gamma_{upper} : 7.8 \pm 5.4, E_{break} : 509 \pm 82 \text{ keV},$
Flux = 0.99 (-0.01, +0.02) × 10⁻⁸ erg/s/cm² (@100-500 keV)

- ・GBMは約100keVに折れ曲がりがあるとおり、それ以上のべきである2.36 ± 0.05とコンシステント
- ・フラックスは先行研究(INTEGRAL)の結果とコンシステント(Sizun+2004)

6、まとめと今後

- ・すざく衛星WAMを用い、Crab Nebulaを150-1000 keVの帯域で6年半(2005年8月 - 2011年12月)にわたり、光度変動を調べた。
- ・GBMが報告しているCrab Nebulaの減光をWAMの1bin=30日の光度変動からも確認できた。
- ・スペクトルのべきとフラックスは先行研究と一致する。
- ・今後はWAMの系統誤差の評価と詳細な議論を行い、光度変動の起源に迫る。また、Crab Nebula以外の天体もWAM地食解析システムを用いて解析する。