



「すざく」衛星搭載 硬X線検出器(HXD) 主検出部の現状 IV

西野 翔 (広島大学)

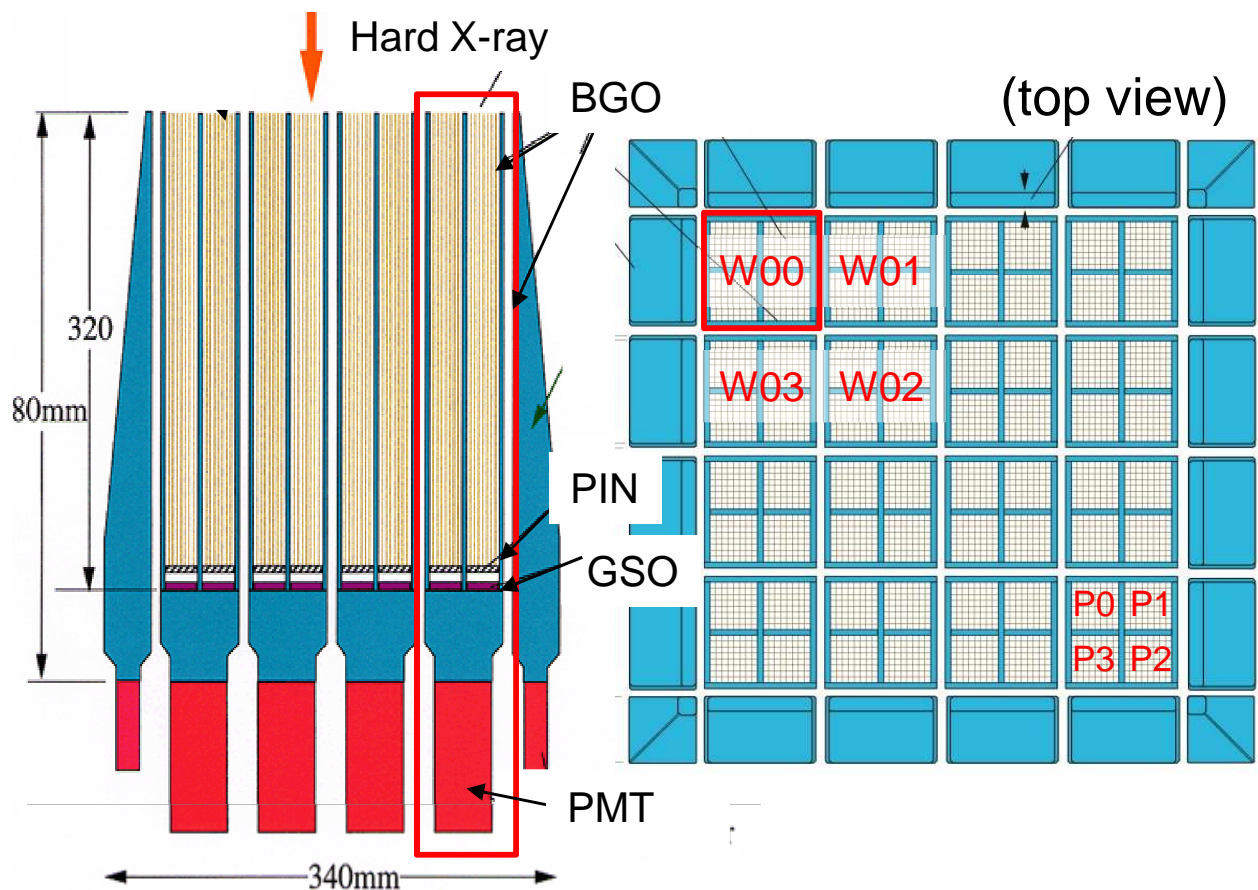
深沢泰司、高橋弘充、水野恒史、林克洋、平木一至 (広島大学)、山田真也、
中澤知洋、湯浅孝行、鳥居俊輔(東京大学)、国分紀秀、渡辺伸(ISAS/JAXA)、
田中孝明(Stanford)、川原田円(理研)、寺田幸功(埼玉大学)、すざくHXDチーム

天文学会 2010/03/27 @広島大学

話す内容

- イントロダクション
 - すざく衛星 硬X線検出器 (HXD)
- PINキャリブレーションの現状
 - ノイズイベントの経年変化
(軌道上/ 地上での対策)
- GSOキャリブレーションの現状
 - エネルギー較正
 - ゲイン変動のモデル化
 - New Response/Background

すざく衛星 硬X線検出器 (HXD)



主検出部: 16ユニット

PIN 10 – 70 keV

2mm厚Si PIN型ダイオード

GSO 50 – 600 keV

GSOシンチレータ

BGO井戸型シンチレータ

とのフォスウィッチ構造

シールド部: 20ユニット

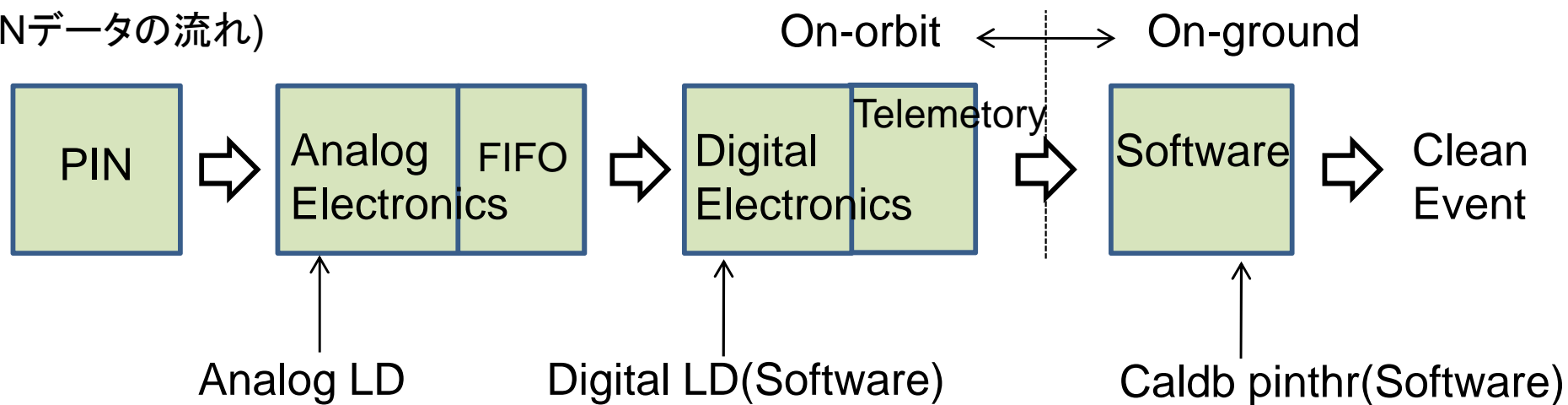
(WAM 山岡講演)

徹底したバックグラウンド除去により、
硬X線帯域において、最高感度を達成

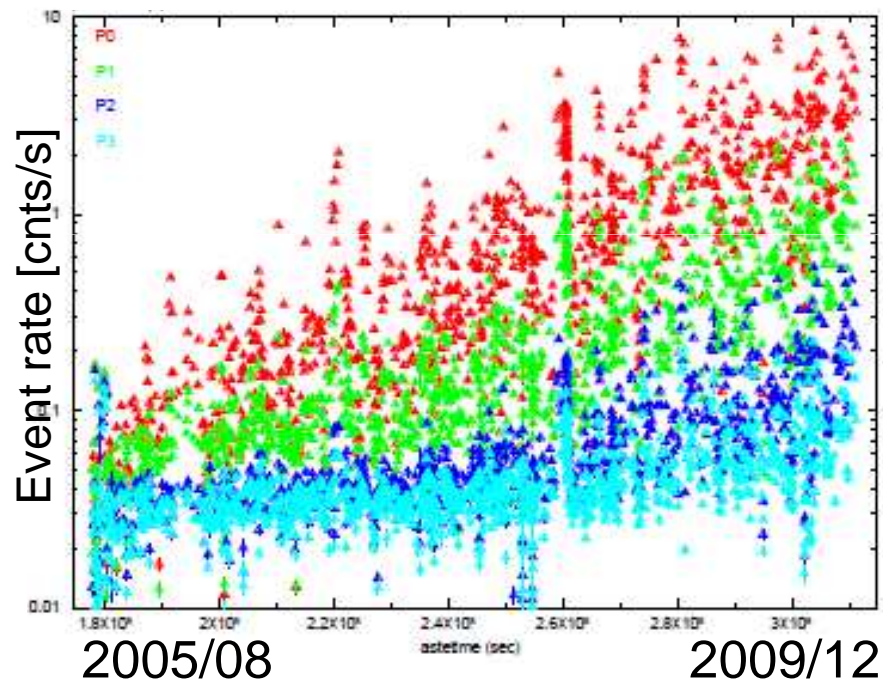
HXDは、打ち上げから4年半が
経過した現在も、重大なトラブル
はなく、全てのユニットで正常に
動作している

PIN: ノイズイベントの経年変化(軌道上)

(PINデータの流れ)



各観測のPINカウントレート(W32)

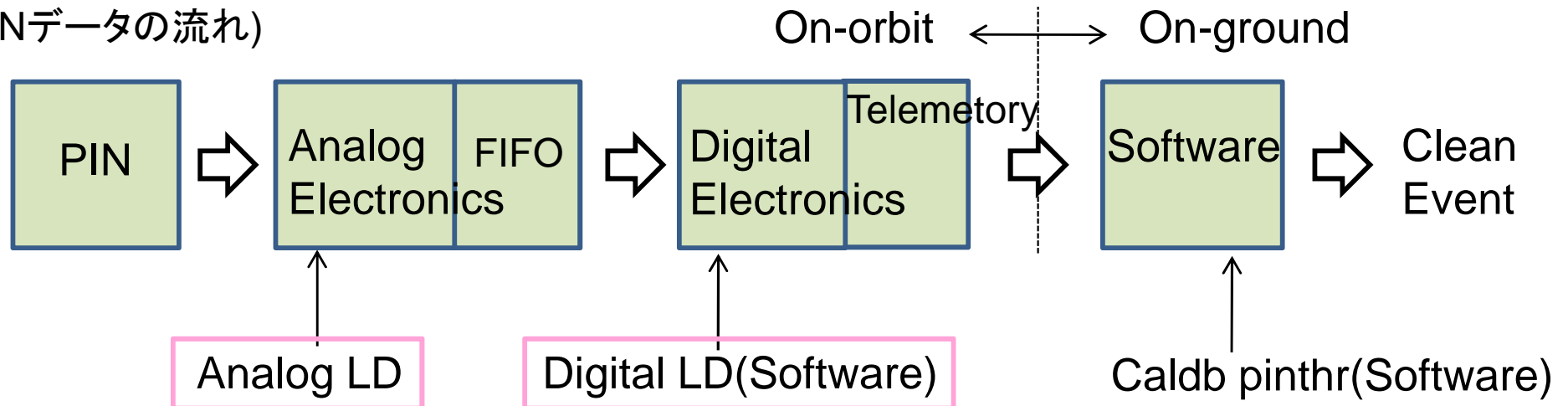


時間経過とともに、ノイズイベントが増加
(軌道上における放射線損傷)

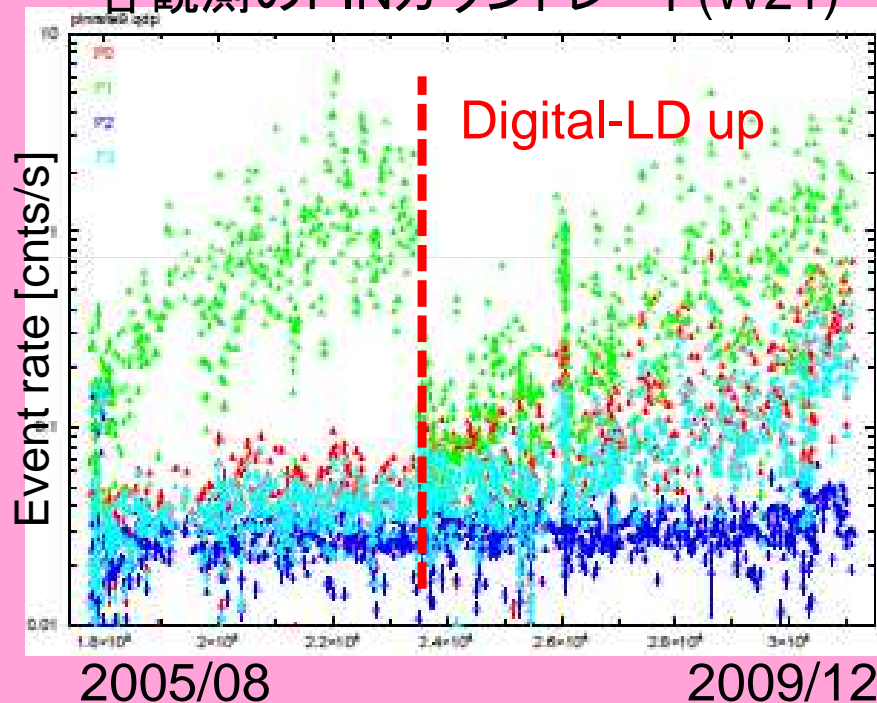
機上アナログ/デジタルのデータ処理系において、
イベントの飽和が起きており、不感時間が増加

PIN: ノイズイベントの経年変化(軌道上)

(PINデータの流れ)

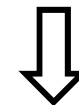


各観測のPINカウントレート(W21)



時間経過とともに、ノイズイベントが増加
(軌道上における放射線損傷)

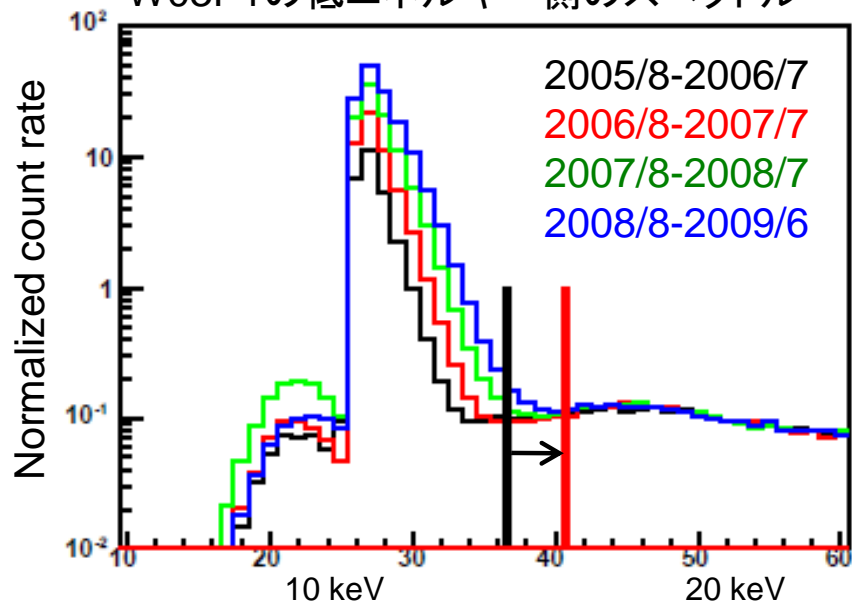
機上アナログ/デジタルのデータ処理系において、
イベントの飽和が起きており、不感時間が増加



定期的にあナログLD、デジタルLDの
引き上げを行うことで対処

PIN: ノイズイベントの経年変化(地上)

W03P1の低エネルギー側のスペクトル



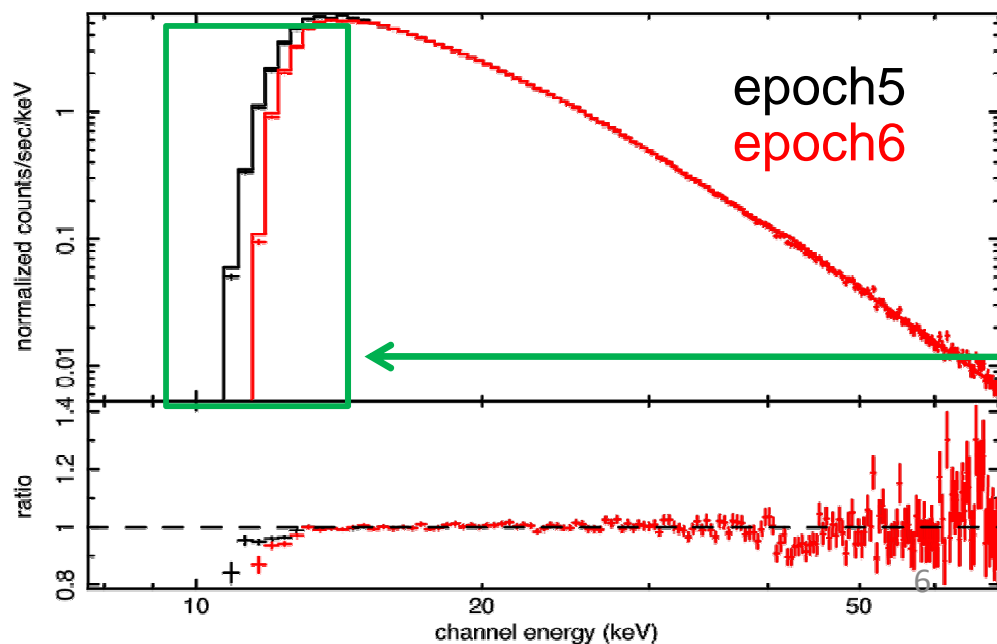
各PINに対してpinthr(Caldb) を設け、解析に用いるクリーンイベントに、ノイズが混入しないようにしている

時間経過とともにノイズイベントが増加

→ 年に一度pinthr値をアップデート
ae_hxd_pinhtr_yyyymmdd.fits (CALDB)

~ 0.6 keV / yearで平均pinthr値が
高エネルギー側にシフト

Crab スペクトル (epoch5/6 pinthr)



pinthrの引き上げにより、
15 keV以下の有効面積が減少してるが、
ノイズの混入は気にせず解析できる

GSO: エネルギー較正

-GSOのエネルギー較正
(ADC-channel to energy)

放射化によって生成された不安定同位体からのライン γ 線(EC崩壊)や、周囲からの電子陽電子対消滅線(β^+ 崩壊)などを利用

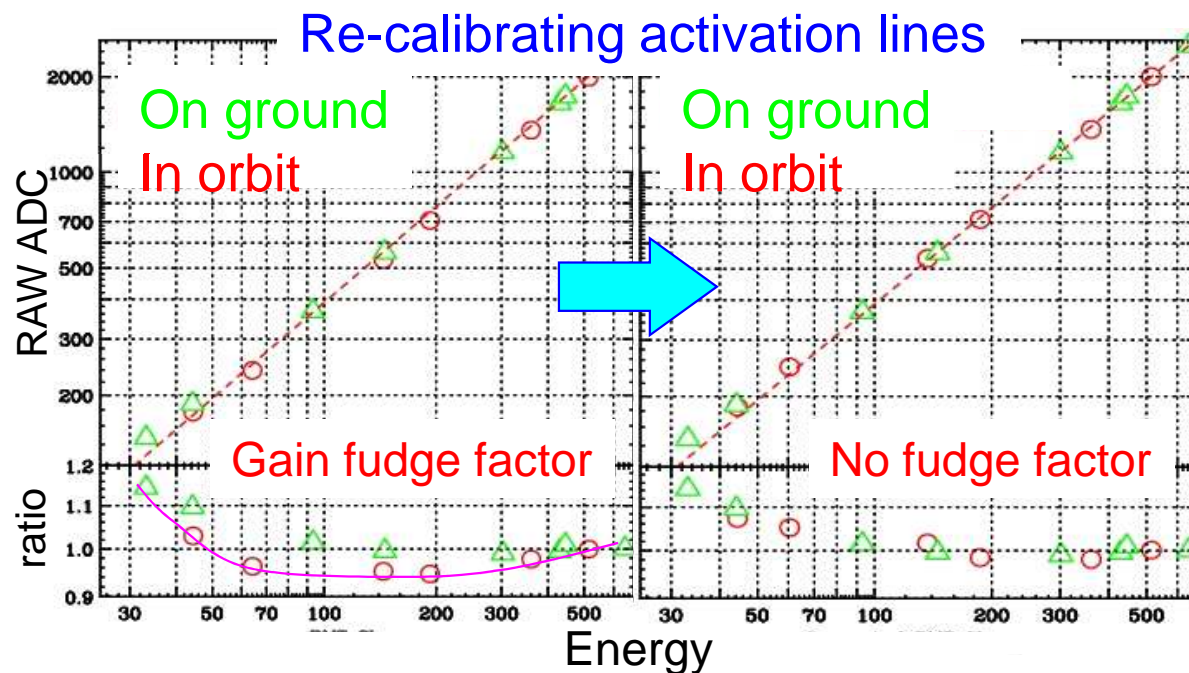
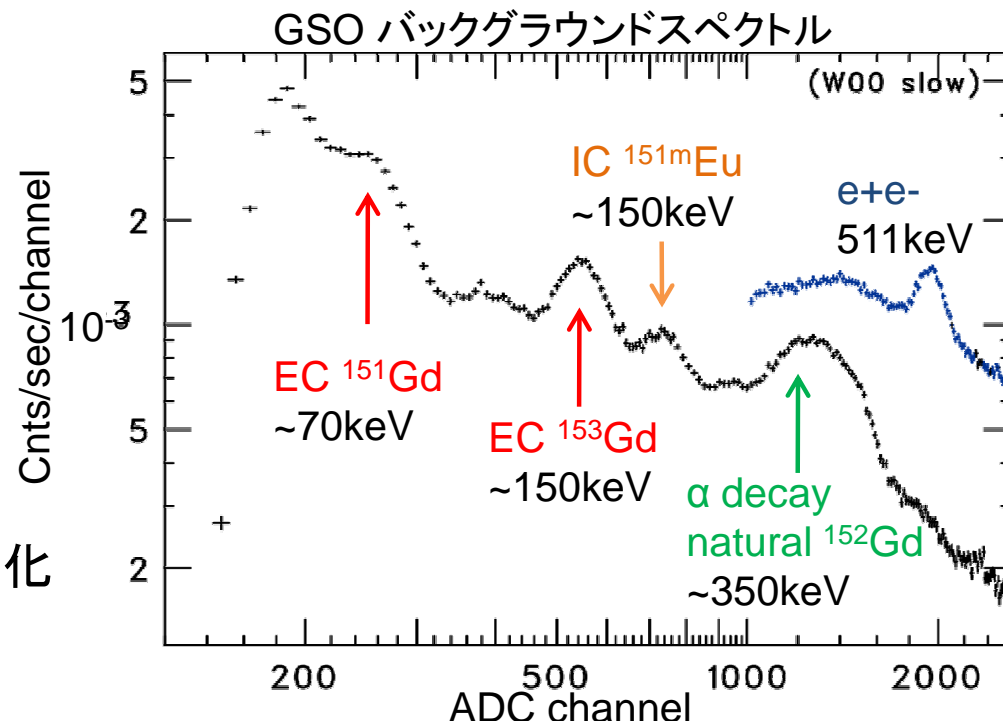
打ち上げ後、エネルギースケールが $\sim 10\%$ 変化
 \Rightarrow fudge factorをかけて調整



- 放射化ラインのエネルギーの見直し
(e^-/γ vs GSOの光量)

- 衛星上の電源によるアナログオフセットの補正

原因を解明し、fudge factorを取り除くことができた



GSO: ゲイン変動のモデル化

軌道上における、GSOゲインの時間変動に対応するため、GHT(Gain History Table)を作成

- ・長期成分のモデル化

打ち上げ後の時間の関数としてモデル化
511 keV対消滅ラインを利用

$$\text{Long}(t) = a + b \exp(-t/c) + d \exp(-t/e)$$

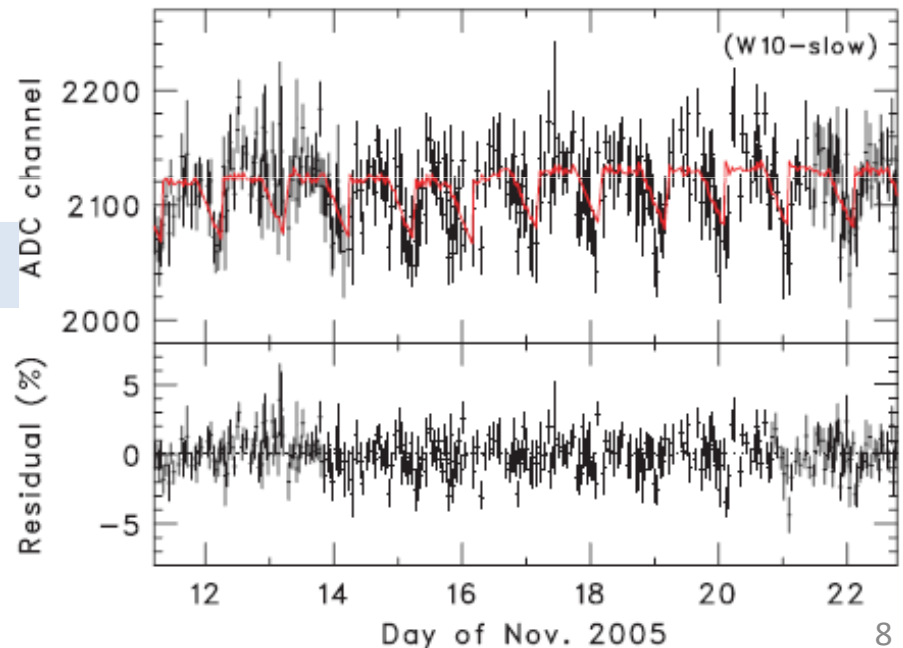
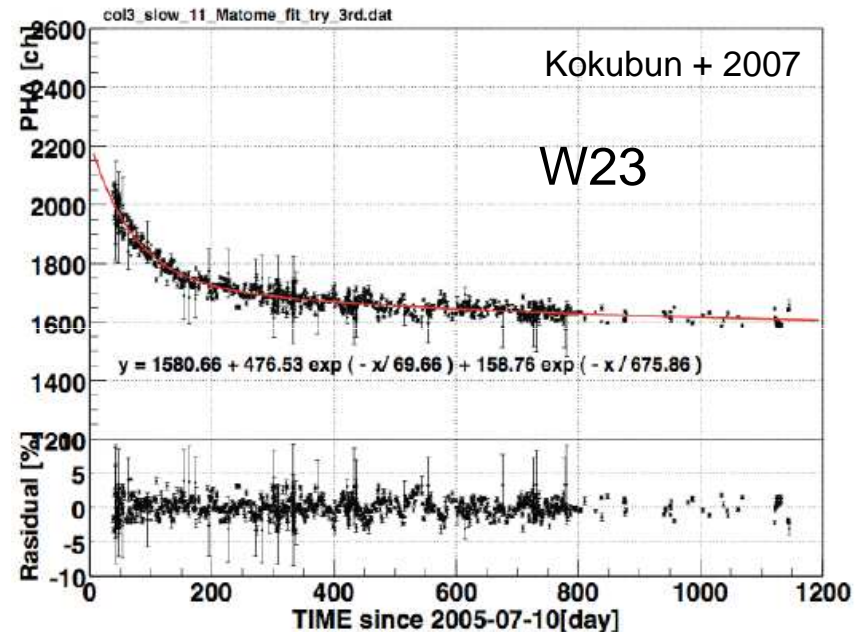
- ・短期成分のモデル化

TSAA(SAA通過後の時間)、温度の関数としてモデル化

$$\text{PHA}(t) = \text{Long}(t) \{ 1 + f(\text{TSAA}) + g(\text{温度}) \}$$

$$f(\text{TSAA}) = -b \exp(-\text{TSAA}/c)$$

$$g(\text{温度}) = d + e \times \text{温度}$$

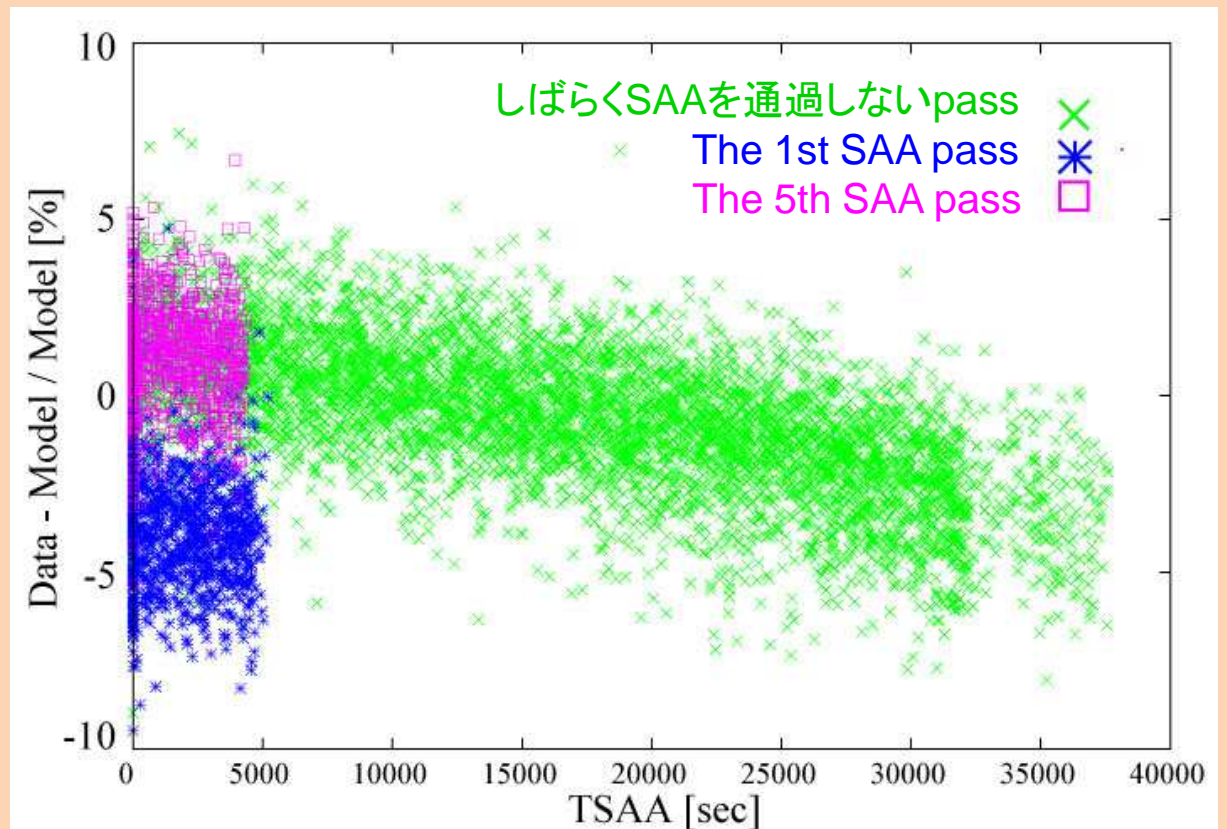


GSO: ゲイン変動のモデル化

NSAA(SAAへの突入回数)の
依存性を取り込む

↓
より精度のよいゲイン補正
が可能になった

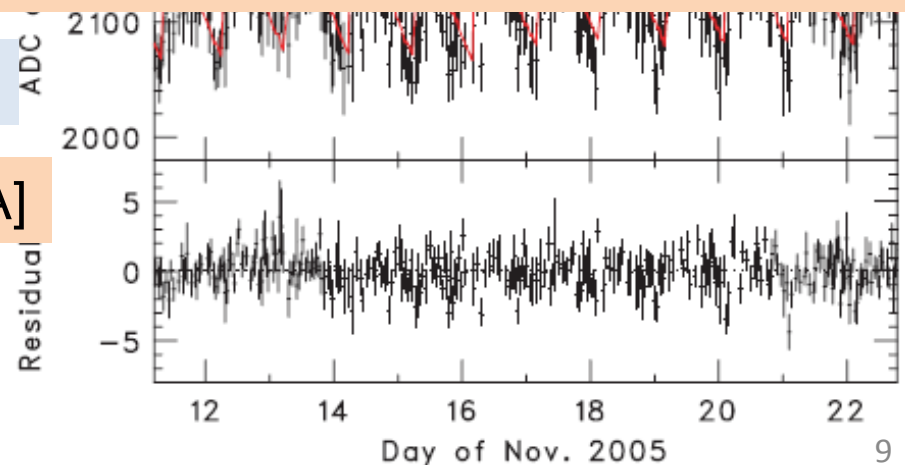
すべてのユニットで、
ゲインを残差 1.5 %以内で再現



$$\text{PHA}(t) = \text{Long}(t) \{ 1 + f(\text{TSAA}) + g(\text{温度}) \}$$

$$f(\text{TSAA}) = -b \exp(-\text{TSAA} / c) + a[\text{NSAA}]$$

$$g(\text{温度}) = d + e \times \text{温度}$$

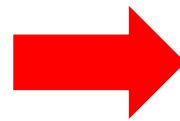
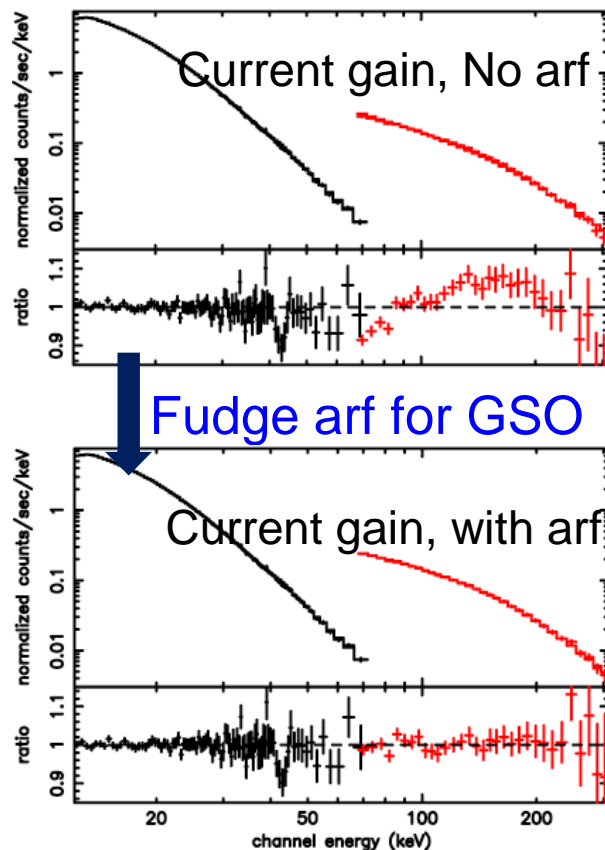


GSO: New Response/BackGround

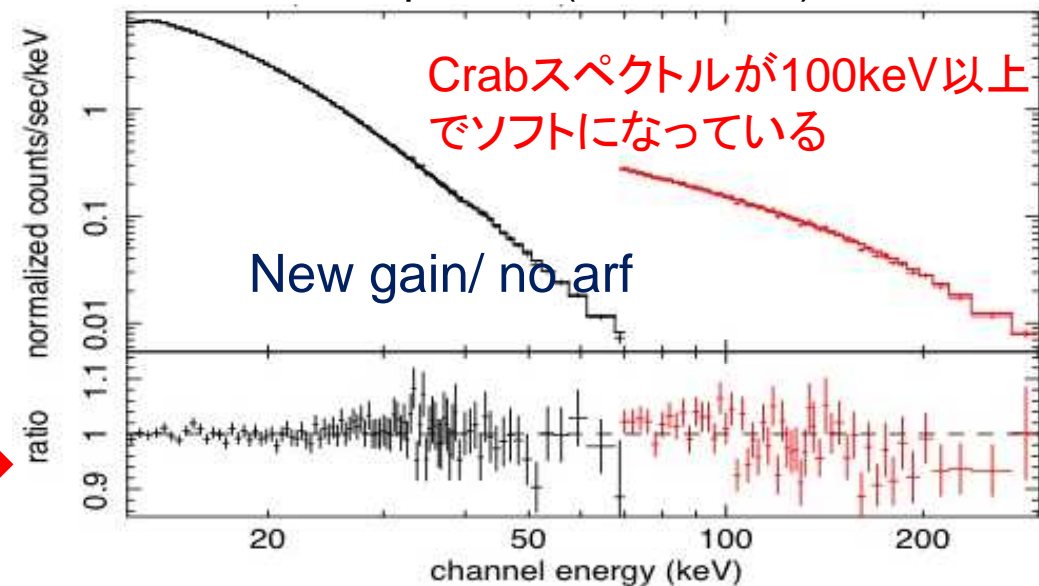
2010年4月から新しいエネルギースケール、ゲインによるプロセスを開始
⇒ 以降のデータは、ユーザー自身がリプロセスを行う必要なし

新プロセスに対応するレスポンス/バックグラウンド
⇒ 現在チーム内で、確認作業中 4月より順次公開

Crab spectra



Crab spectra (PIN +GSO)



- 70 keV以上では、補正なしで解析が可能になった
- 50-70 keV のみ、10%程度有効面積を補正

まとめ

- ・ HXDは、これまで大きなトラブルなく、全ユニットで順調に観測を続けている
- ・ PIN 軌道上における放射線損傷により、時間経過とともにノイズイベントが増加
 - 機上でのイベント飽和による不感時間の増加
⇒ 機上のアナログ/デジタルLDの引き上げオペレーションを行い対応
 - 解析に用いるクリーンイベントへのノイズ混入の影響
⇒ 地上ソフトによるthresholdを定期的にアップデートすることで対応
2010/03 ~ epoch 7/8 へ変更
- ・ GSOのキャリブレーションをアップデート
 - エネルギースケールの見直し
 - ゲインヒストリーの精度

70 keV以上では、補正なしで解析が可能になった

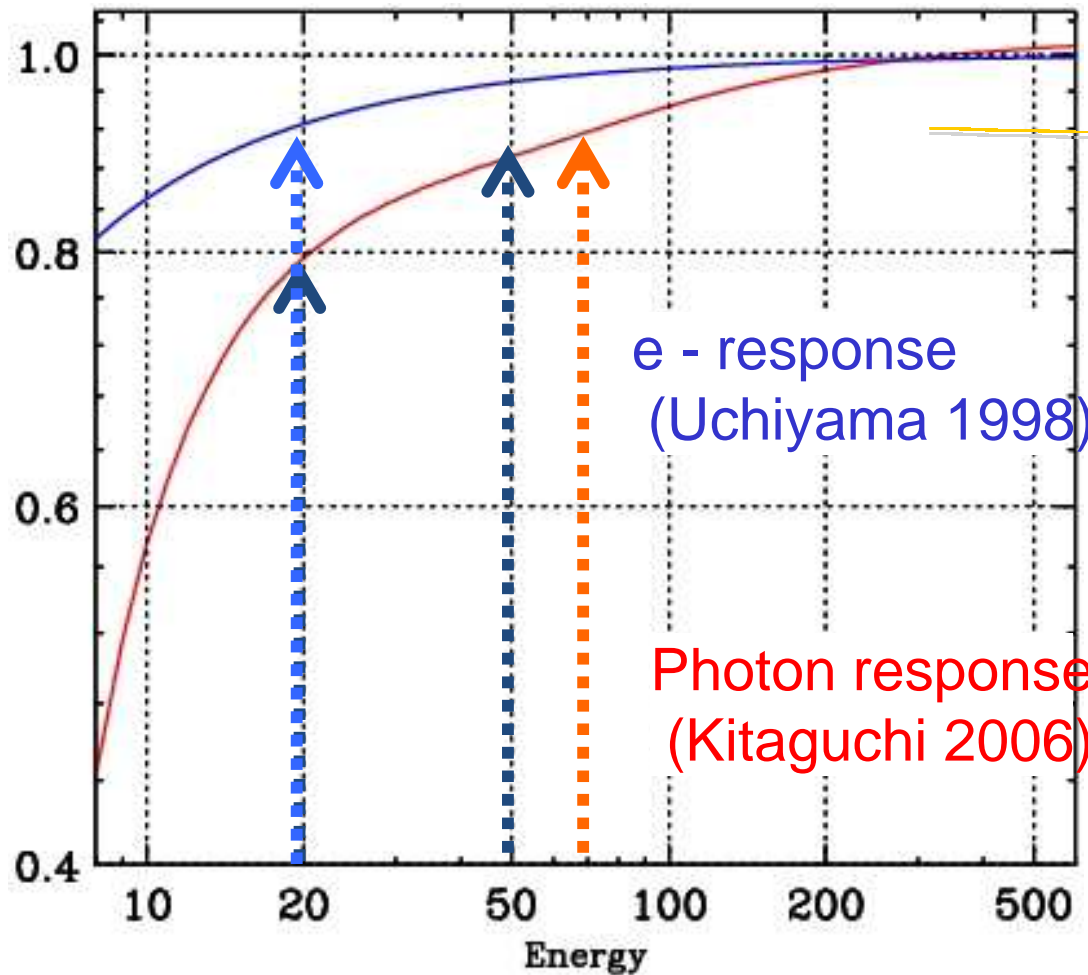
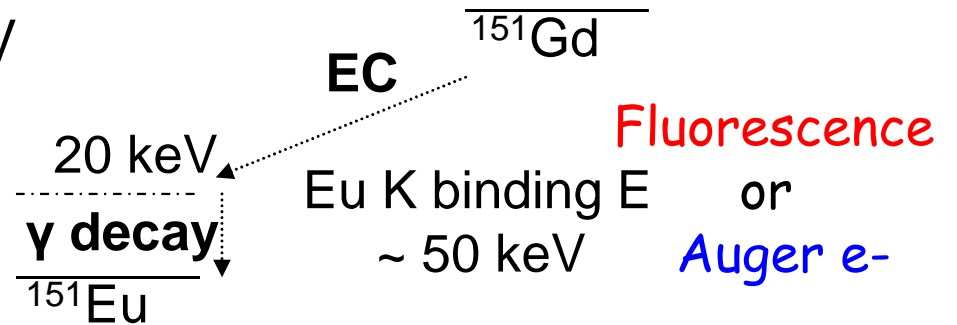
過去の観測も含めて、response/background ファイルを再作成
4月から順次公開

The non linear effect of light yields in GSO

Annihilation line
 → Single γ 511 keV
 Activation lines
 → Multiple γ , e^-

Ex). 70 keV

gamma-ray
 or
 IC e^-



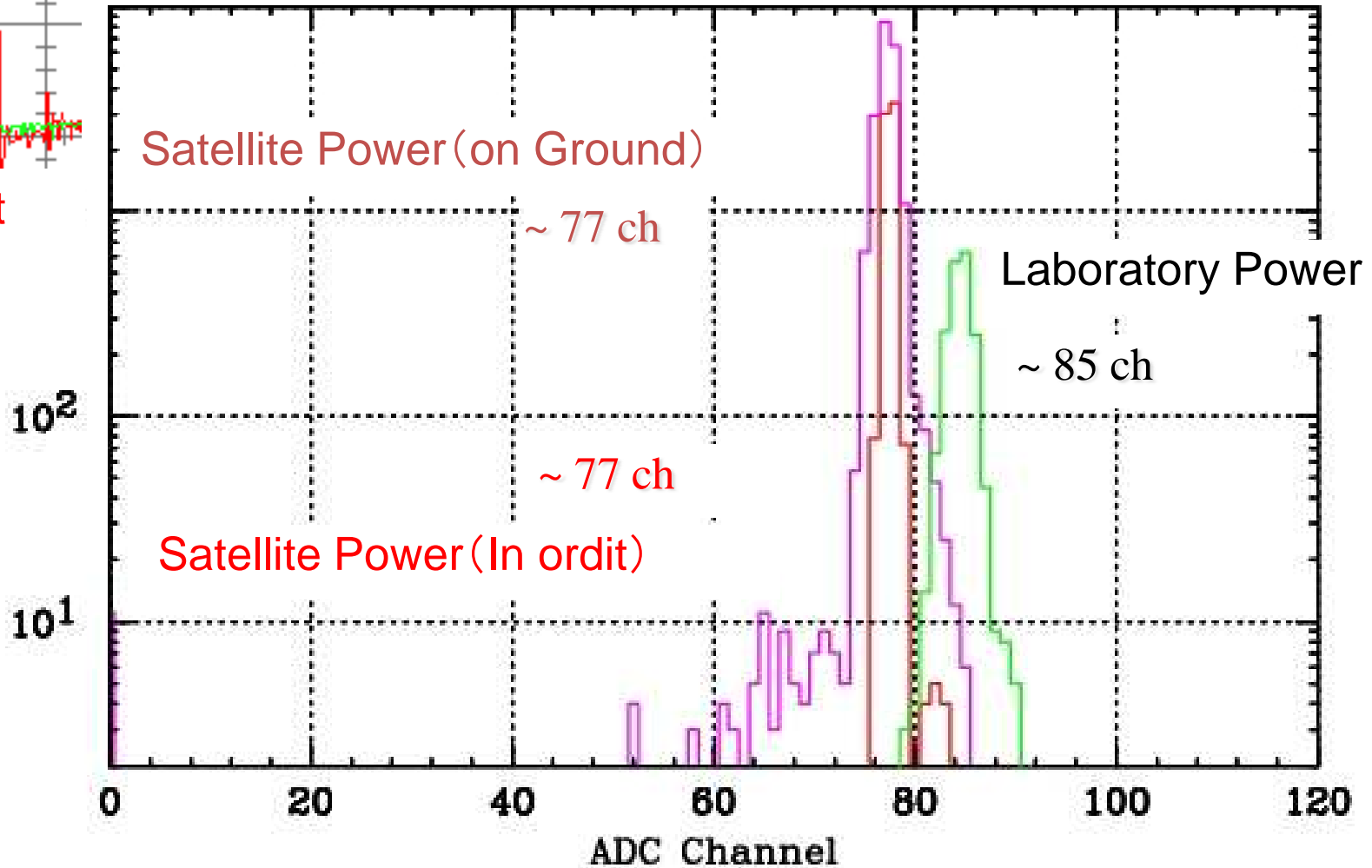
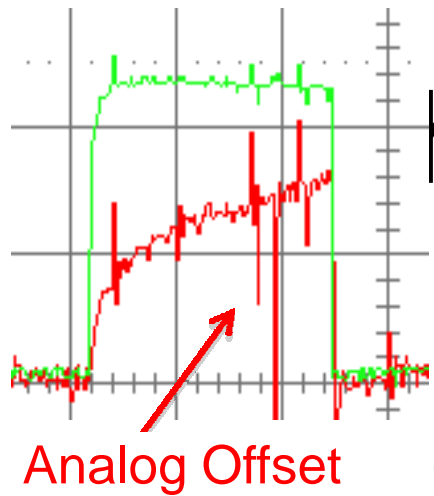
E vs. light yeilds relation of GSO

Several e^- or γ reduces light yeilds, considering all decay probability,

The correct energy are,

70 keV	- 6 %
150 keV	- 5 %
196 keV	- 3 %

The Analog Offset Shift



After using the satellite power, the analog offset changed by ~ 8 ch lower

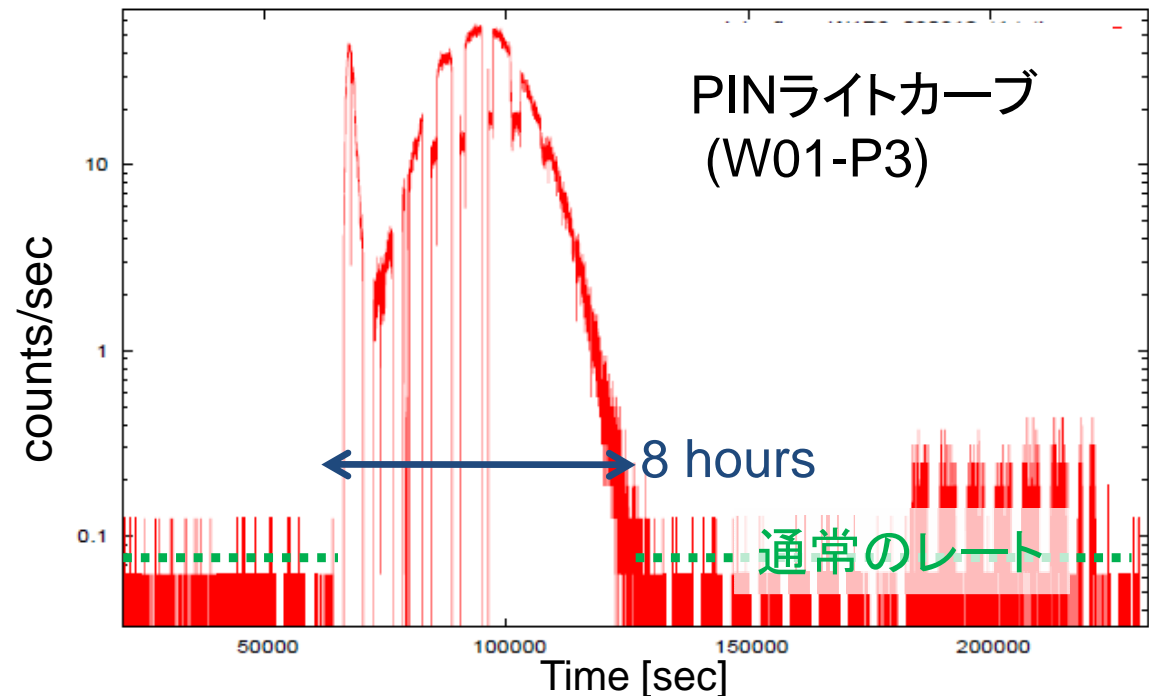
PIN: Flare-like Event

- 2009/09/13

W01-P3 のカウントレートが急増

約8時間後(リモートパス中)に、
自然に収まっていたため、HV下げ
などのオペレーションは行っていない

現在も注意して監視している



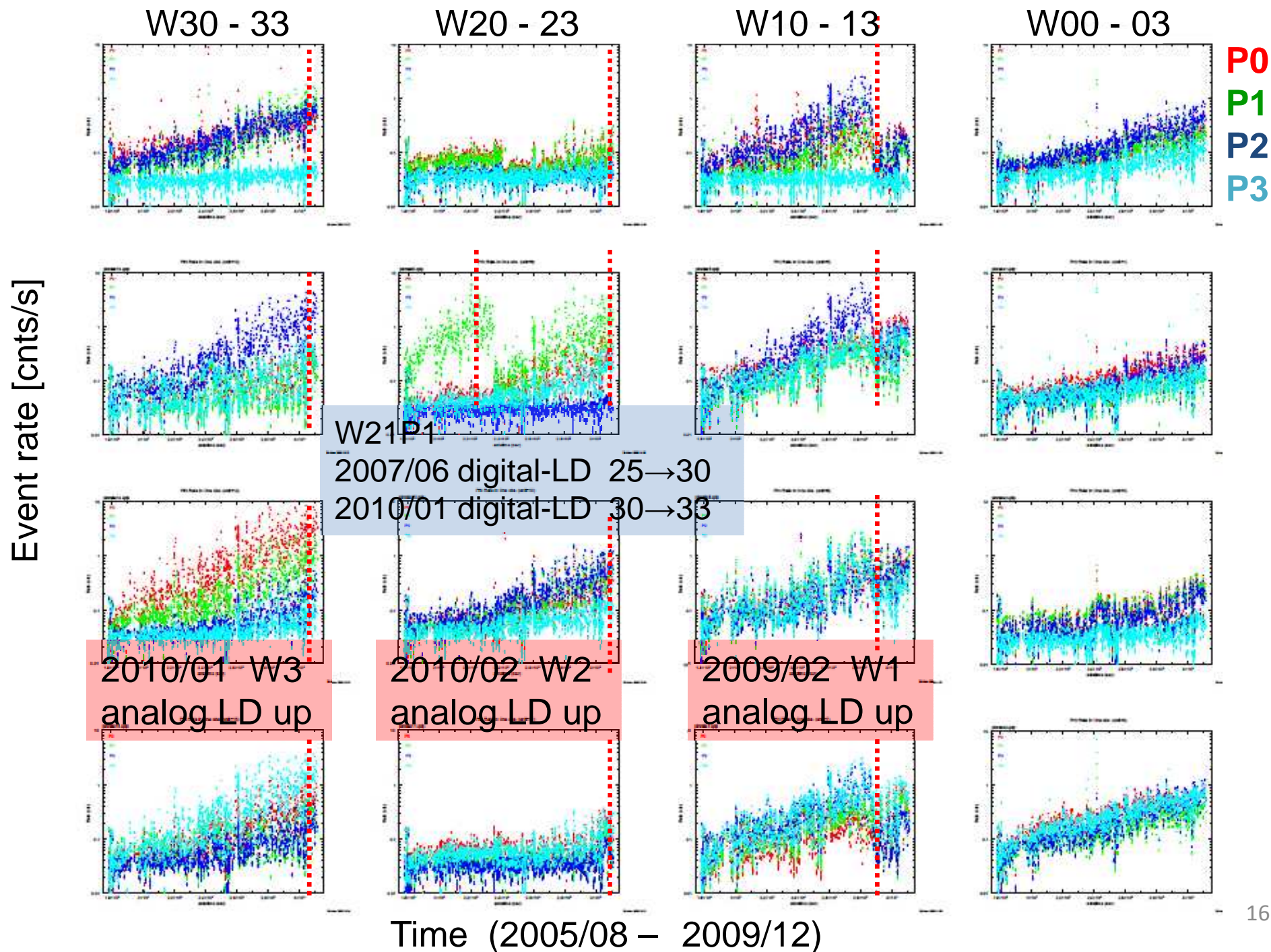
これまでのPINフレアの履歴

- 2006/05/24 W01-P3 Flare-like event ⇒ WPU0のHV 500V→400V
- 2006/10/03 W10-P0 Flare-like event ⇒ WPU1のHV 500V→400V
- 2007/07/28 W10-P0 Flare-like event ⇒ HV下げオペレーションにより復帰

軌道上における放射線損傷により、ブレークダウン電圧が低下していると思われる

現在は、W0/ 1: 400V, W2/3: 500Vの高圧をかけて運用中

PIN: ノイズイベントの経年変化(軌道上)



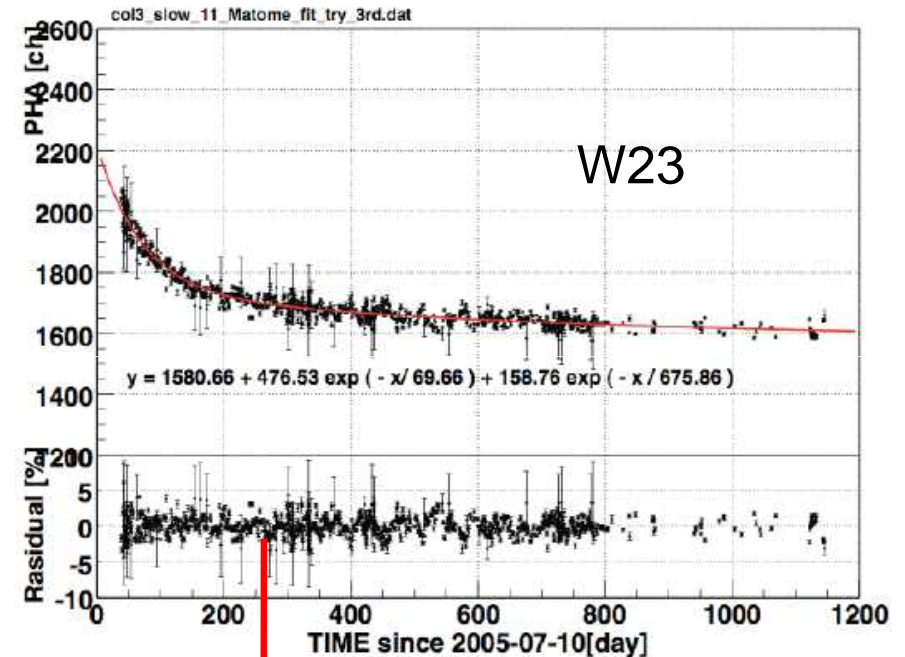
GSO: ゲイン変動のモデル化(長期成分)

軌道上における、GSOゲインの時間変動に対応するため、GHT(Gain History Table)を作成

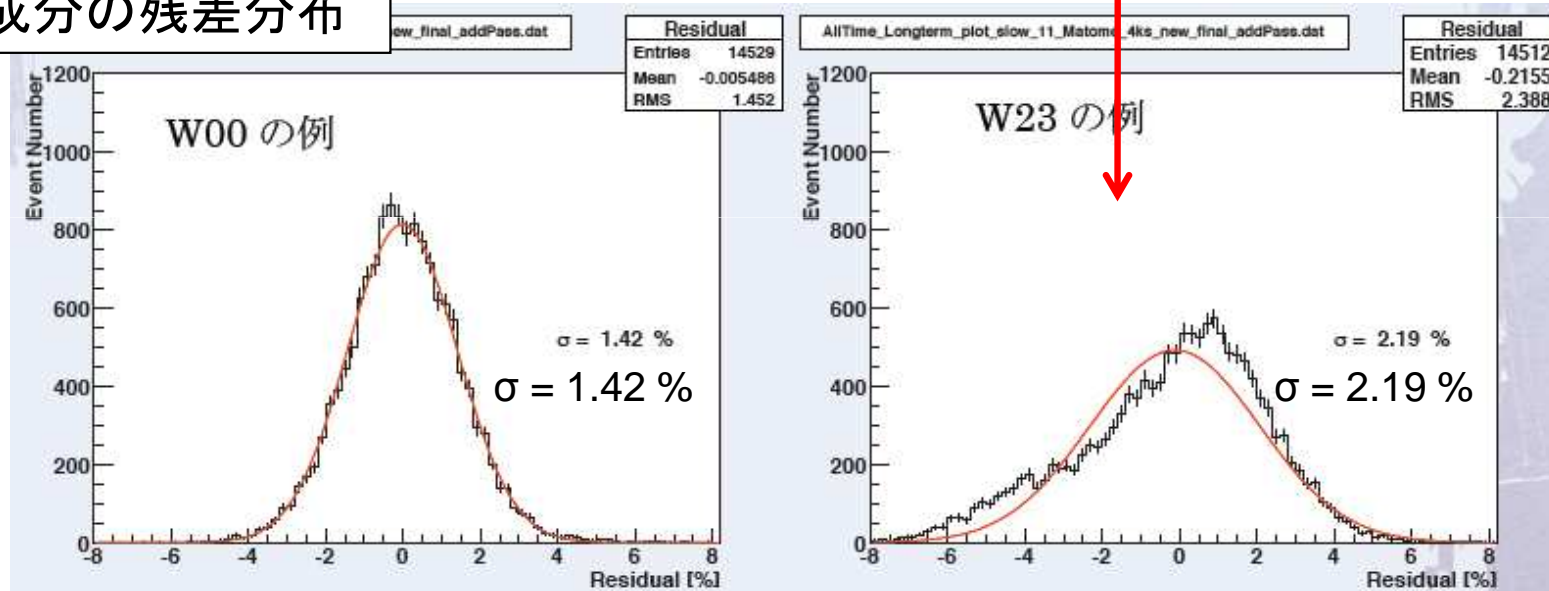
- 長期成分のモデル化

4ksごとに、511 keV対消滅線をフィット(各ユニット、slow/fast)

$$\text{Long}(t) = a + b \exp(-t/c) + d \exp(-t/e)$$



長期成分の残差分布



変動の大きなユニットでは、短期変動をモデル化して取り込むことが必要

GSO: ゲイン変動のモデル化(短期成分)

・短期成分のモデル化

$$\text{PHA}(t) = \text{Long}(t) \{ 1 + f(\text{TSAA}, \text{NSAA}) + g(\text{温度}) \}$$

$$f(\text{TSAA}, \text{NSAA}) = a[\text{NSAA}] - b \exp(-\text{TSAA} / c)$$

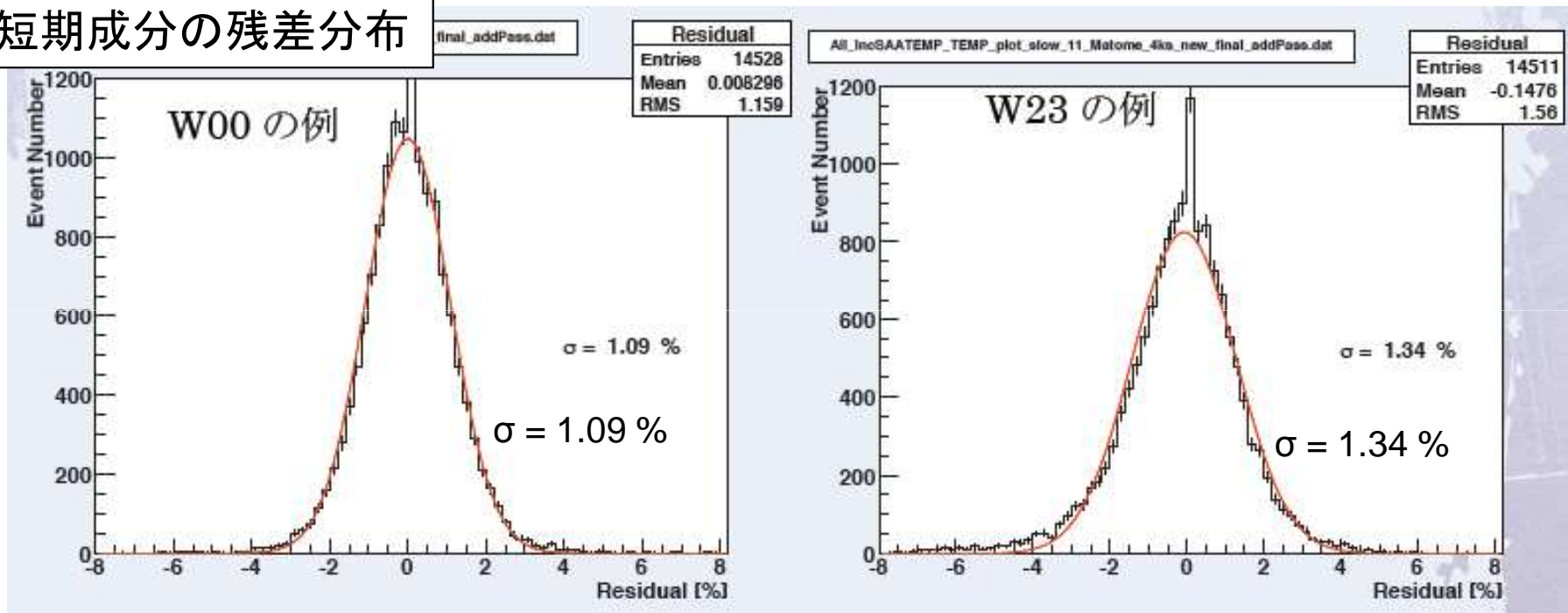
$$g(\text{温度}) = d + e \times \text{温度}$$

TSAA: SAA通過後の時間

NSAA: 何度の目のSAAか

1cycle(15週)のうちで何度目のSAAパスか、
を表す項を、新しく取り込んだ

短期成分の残差分布



すべてのユニットで、ゲインを残差 1.5 %以内で再現