



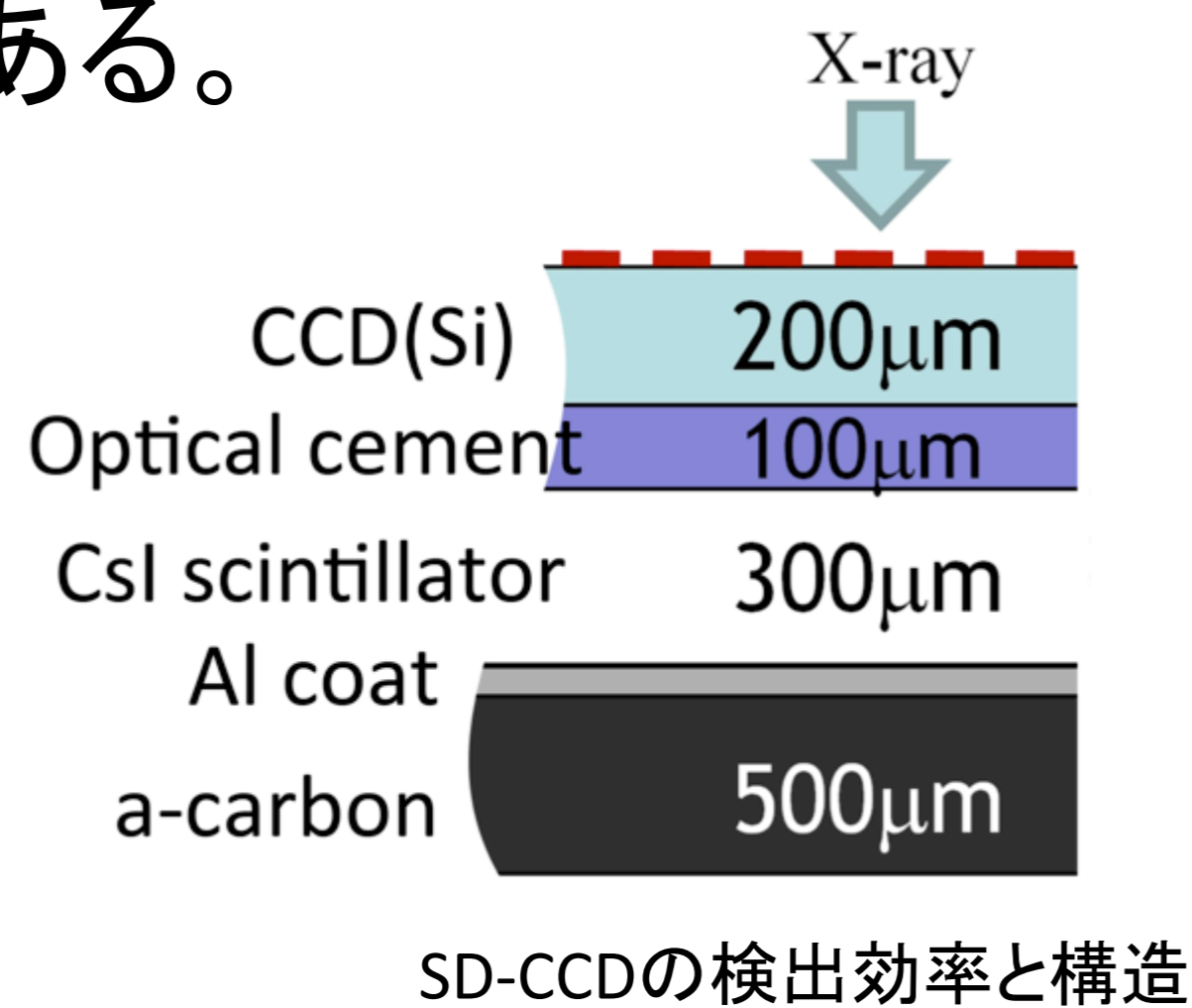
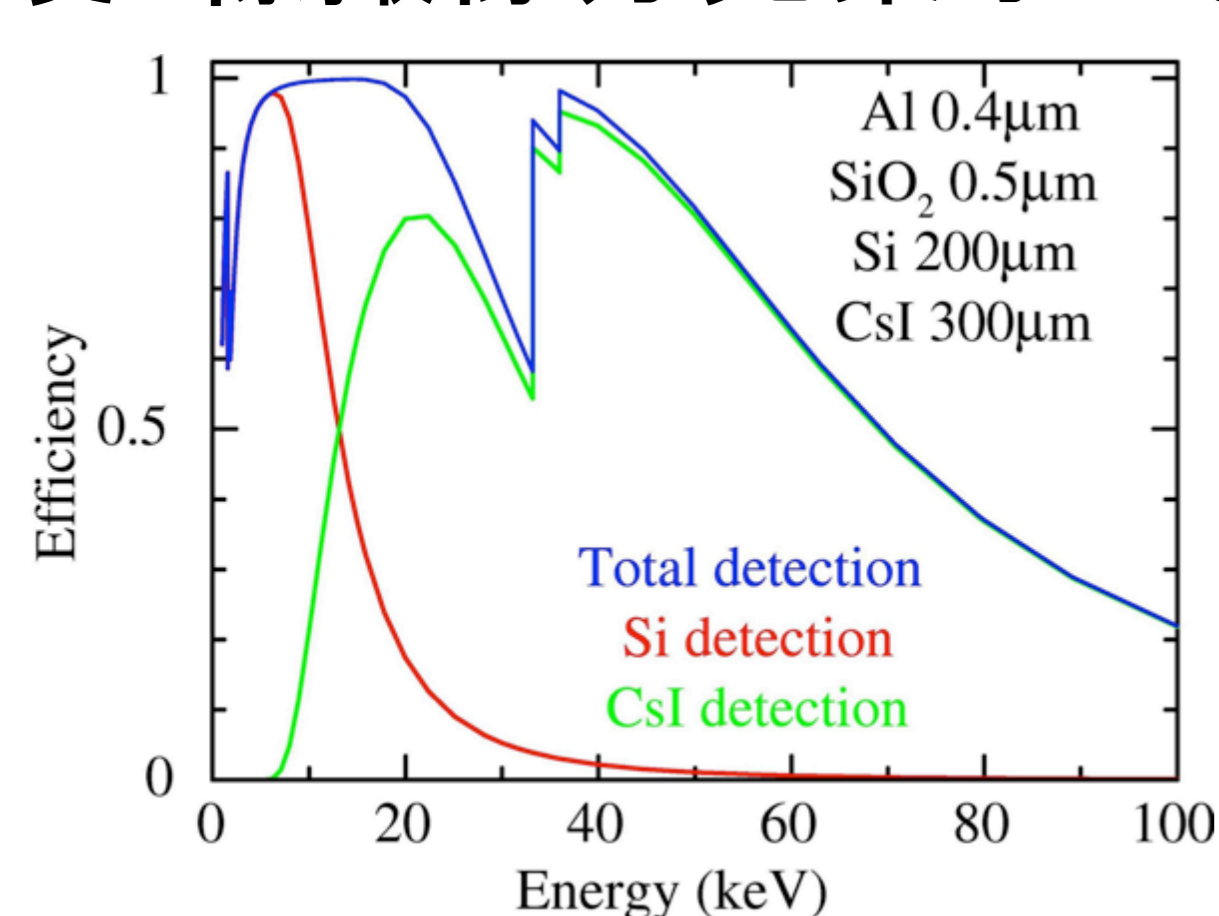
SD-CCD素子の放射線耐久試験に関する結果報告

○今谷 律子、中嶋 大、穴吹 直久、井上 翔太、上田 周太郎、薙野 綾、常深 博(大阪大学)

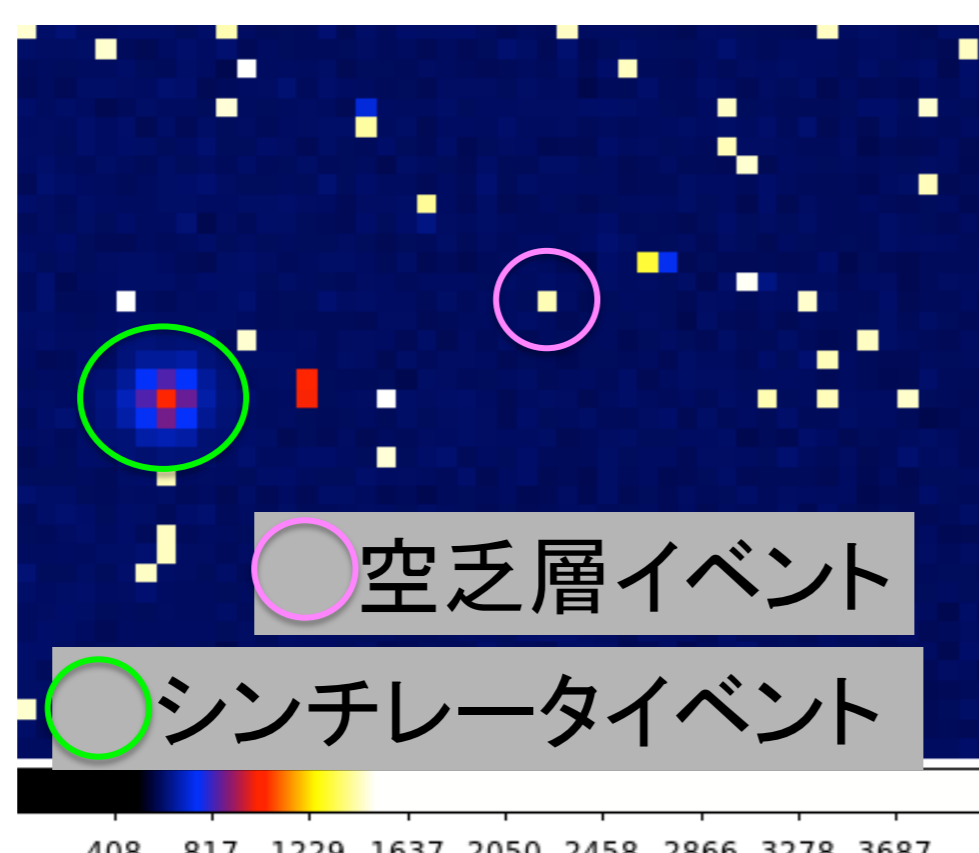
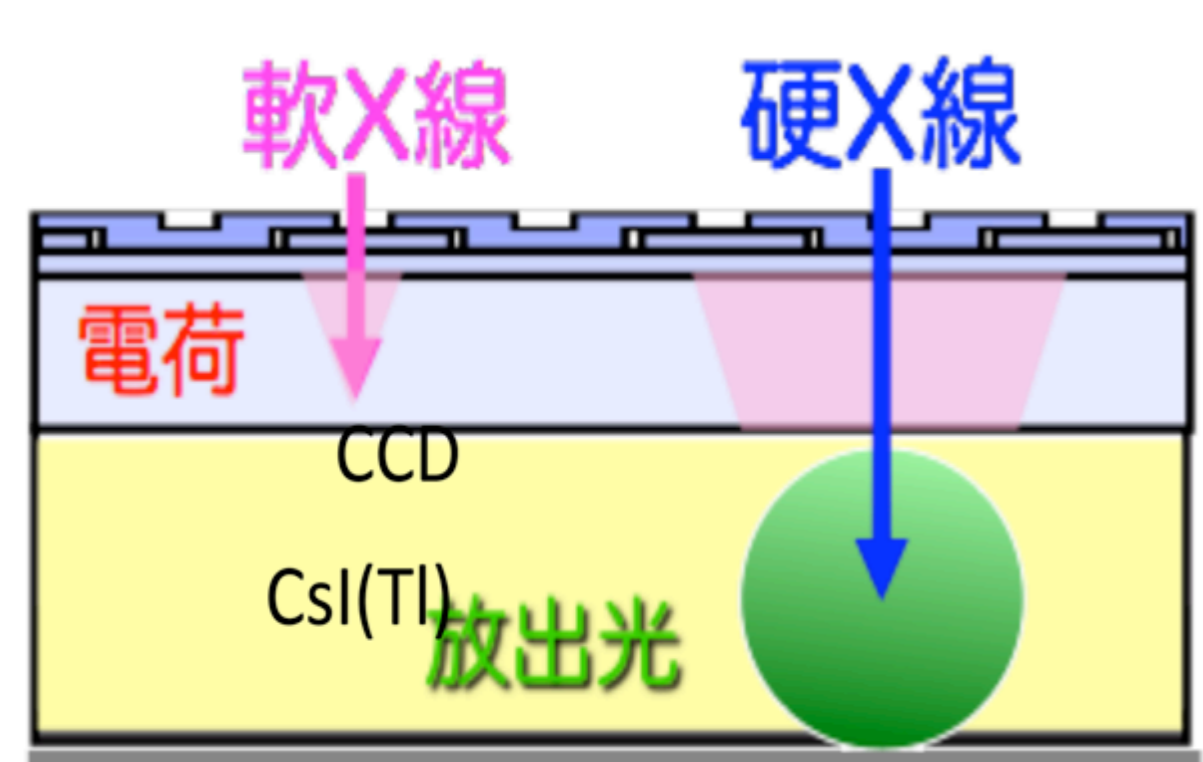
SD-CCD (Scintillator Deposited CCD) は従来型X線CCDにシンチレータを直接接着した硬X線撮像分光素子である。軌道上で観測する際、放射線損傷としてCCD部分の電荷転送効率の劣化以外に、CsI部分の放射化の影響を精密に測定しておく必要がある。使用しているCsIは $3 \times 6 \times 0.03 \text{ cm}^3$ で、普通使われない薄膜状である。そこで、我々は放射線医学総合研究所 HIMAC を用いて、陽子線 100MeV を SD-CCD に照射した。その結果、照射前から劣化した各性能は真空・冷却状態では時間経過とともに回復の傾向であったが、一度室温に戻すと再び劣化していた。本ポスターでは「放射線損傷としてCCD部分の電荷転送効率の劣化」の時間変化、照射量依存について報告する。

SD-CCD (Scintillator Deposited CCD)

完全空乏化したCCDにシンチレータを直接接着するため10keV以上の硬X線にも高い感度をもつ。さらに、CCDの優れた位置分解能も両立した硬X線撮像分光素子である。



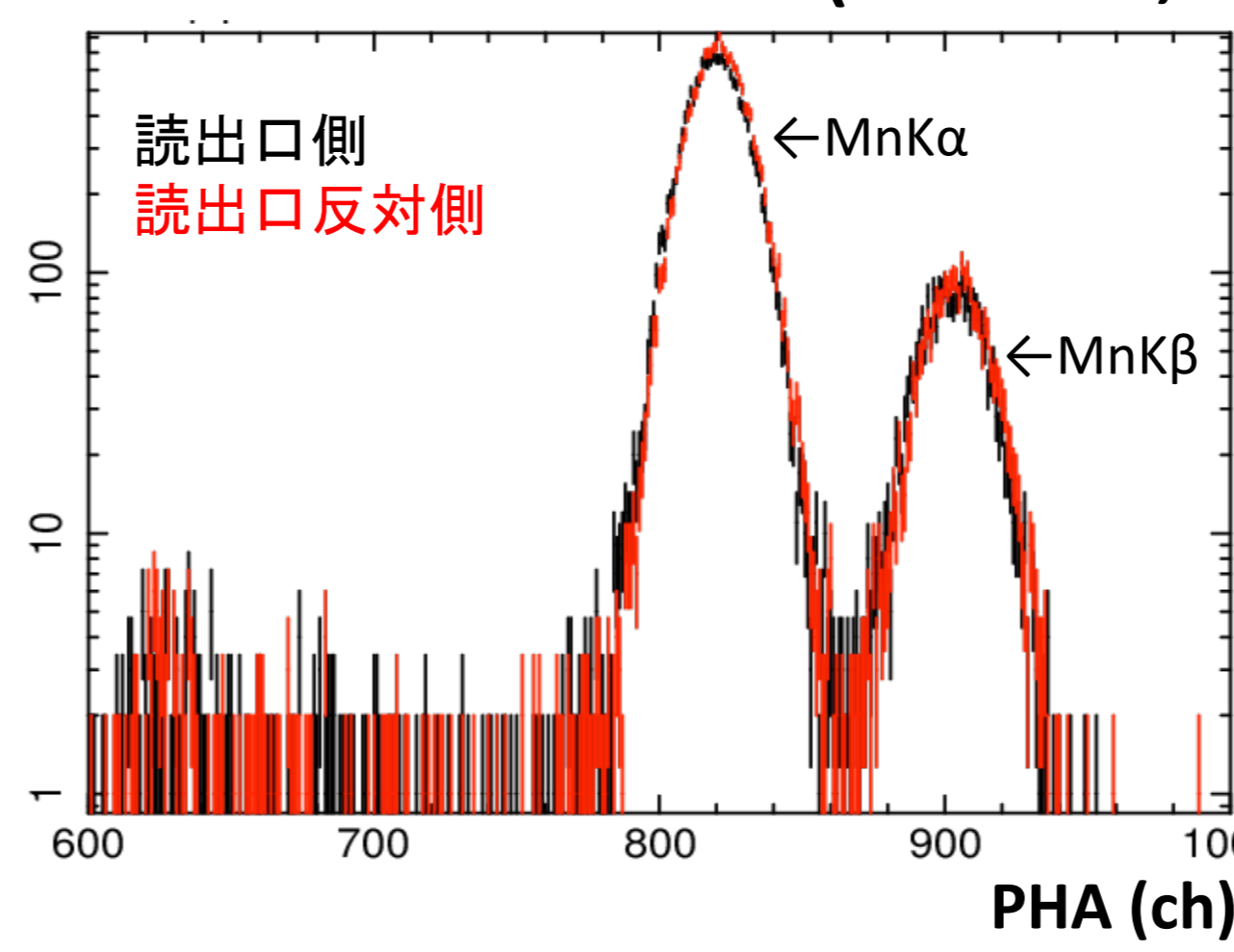
- 軟X線: CCD空乏層部で直接検出
- 硬X線: CsIシンチレータでの吸収時の発光を間接的にCCDで検出



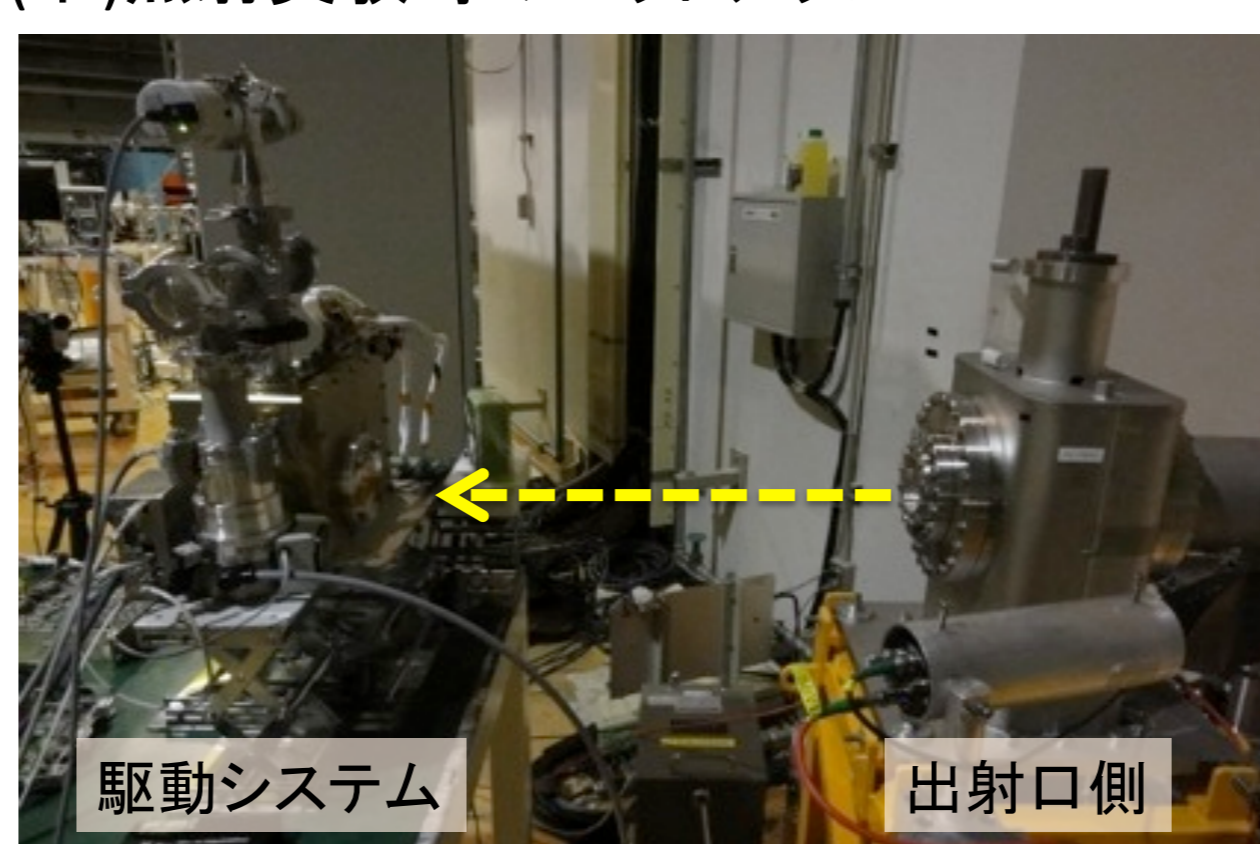
SD-CCDの検出原理と検出X線イベント例

陽子照射実験

性能評価には線源として ^{55}Fe を使用。 ^{55}Fe は主にMnの特性X線を放射する。それら(MnK α , MnK β)のピークがスペクトルに現れる。



(上)陽子照射前のスペクトル(Grade0)
(下)照射実験時のセットアップ



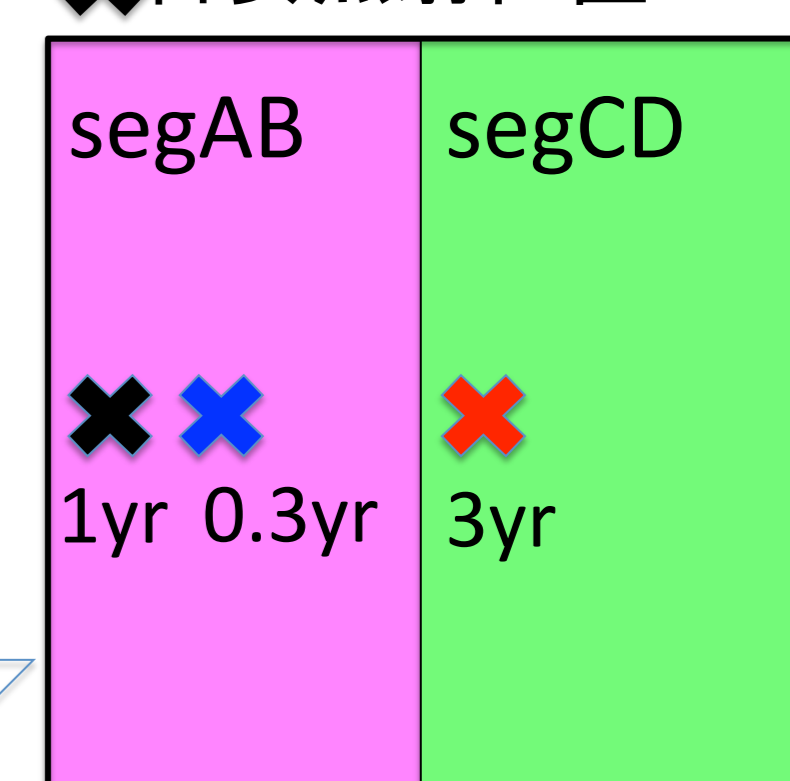
<照射前の性能>

- エネルギー分解能: 176 eV
- ノイズ性能: 3.0 ch
- CTI(電荷転送非効率): 1.8×10^{-6}

<実験> 素子を -70°C に冷却し、駆動システムを動作させた。出射口からの陽子ビームを駆動システム内のSD-CCD素子に照射する仕組みである。

- ビーム径 $\sigma_x: 3.7\text{mm}/\sigma_y: 2.6\text{mm}$
- 照射量(1年あたり) $2.6 \times 10^9 [\text{proton}/\text{cm}^2]$

☒目安照射位置

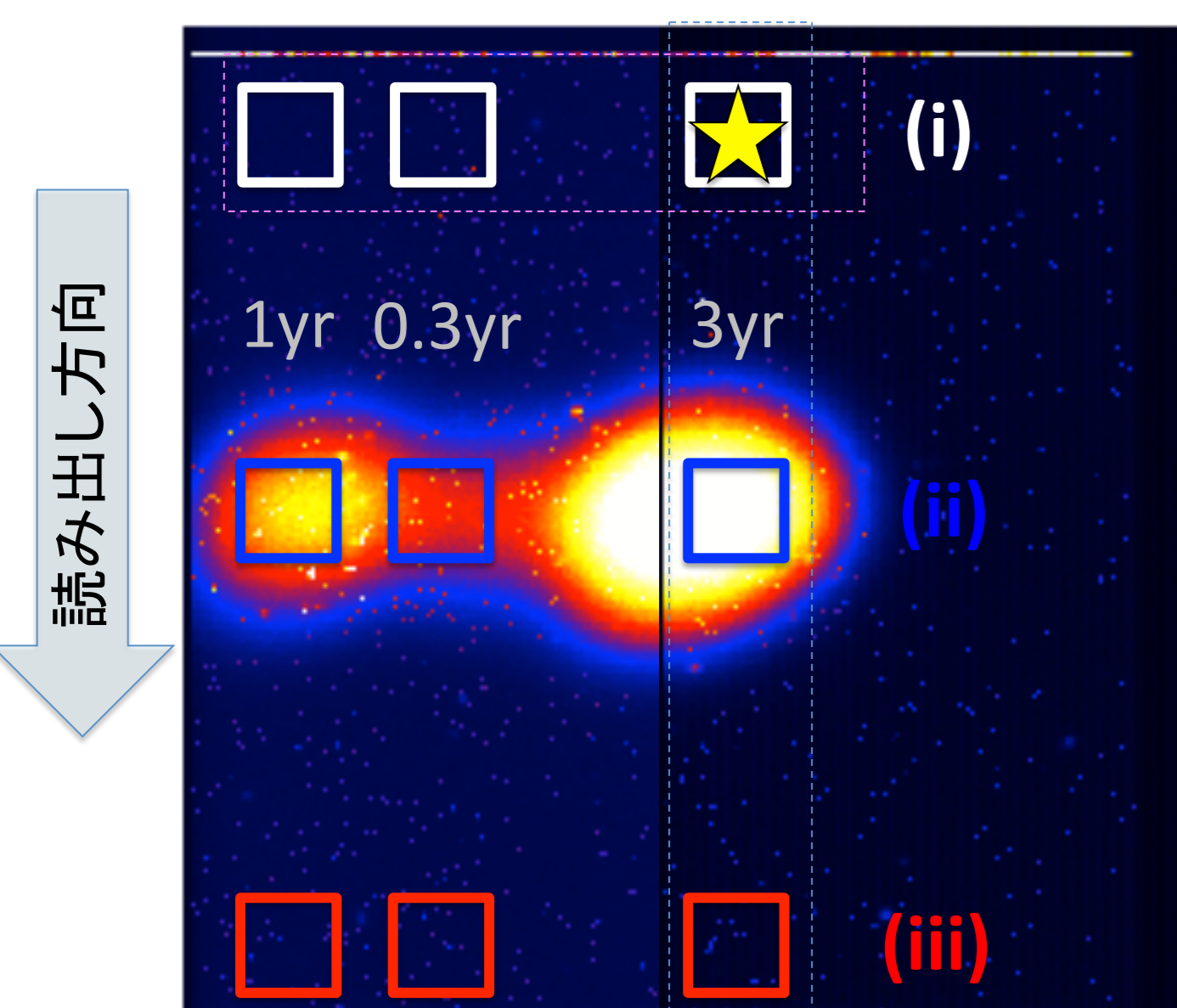


↑SD-CCD1素子撮像領域のサイズ(縦3cm×横3cm)

100MeVの陽子をSD-CCDの異なる位置にそれぞれ0.3、1、3年分照射した。

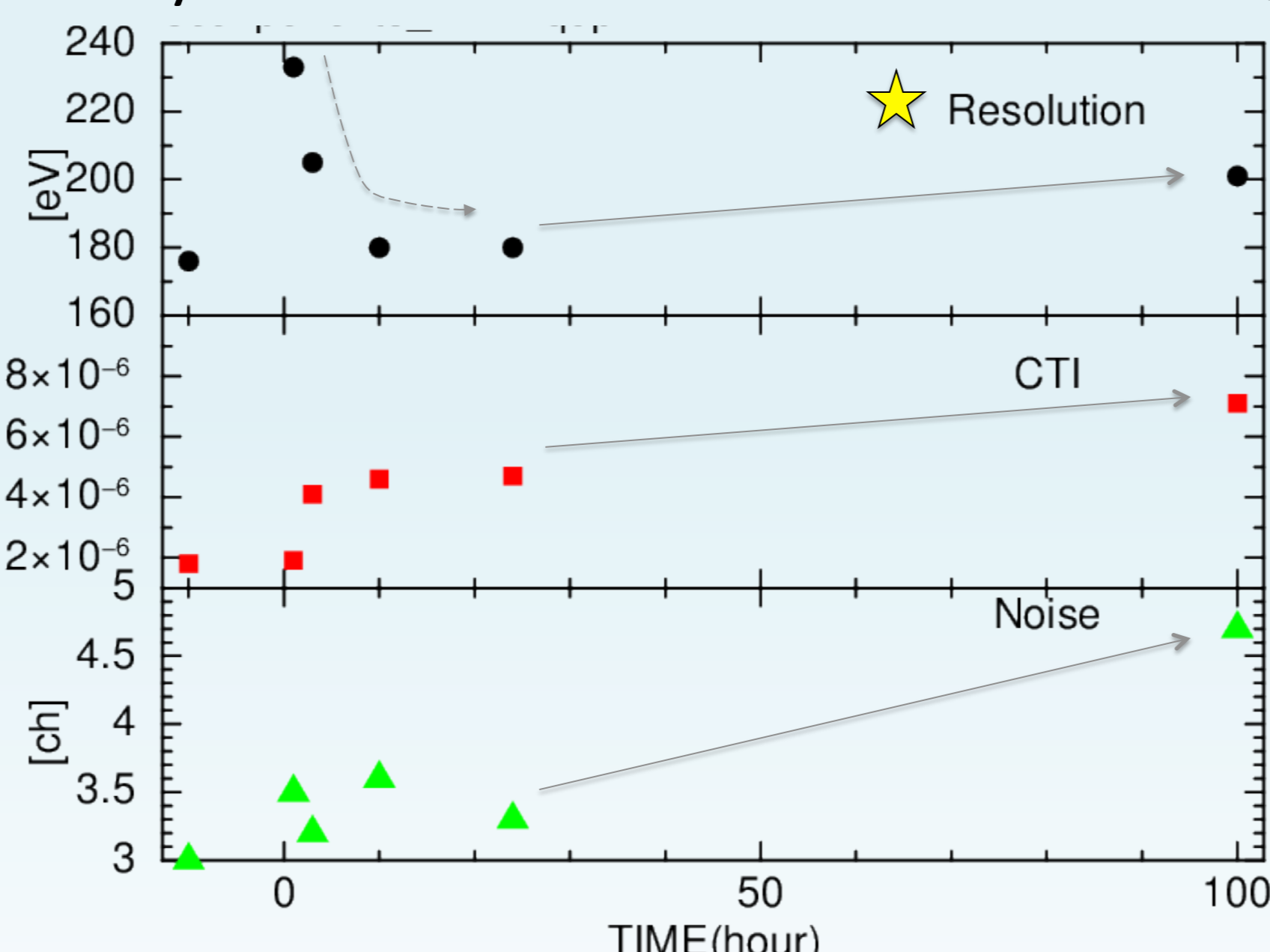
解析データは、照射20分、3、10、24時間後室温放置100時間後の各1時間分を用いた。

実験データ解析結果



3yr分照射3時間後のイメージと解析範囲を示した図。
(i)読み出し時にダメージ領域を通る
(ii)ダメージ領域、(iii)非ダメージ領域

<3yr分照射後、分解能・CTI・ノイズ時間変化>

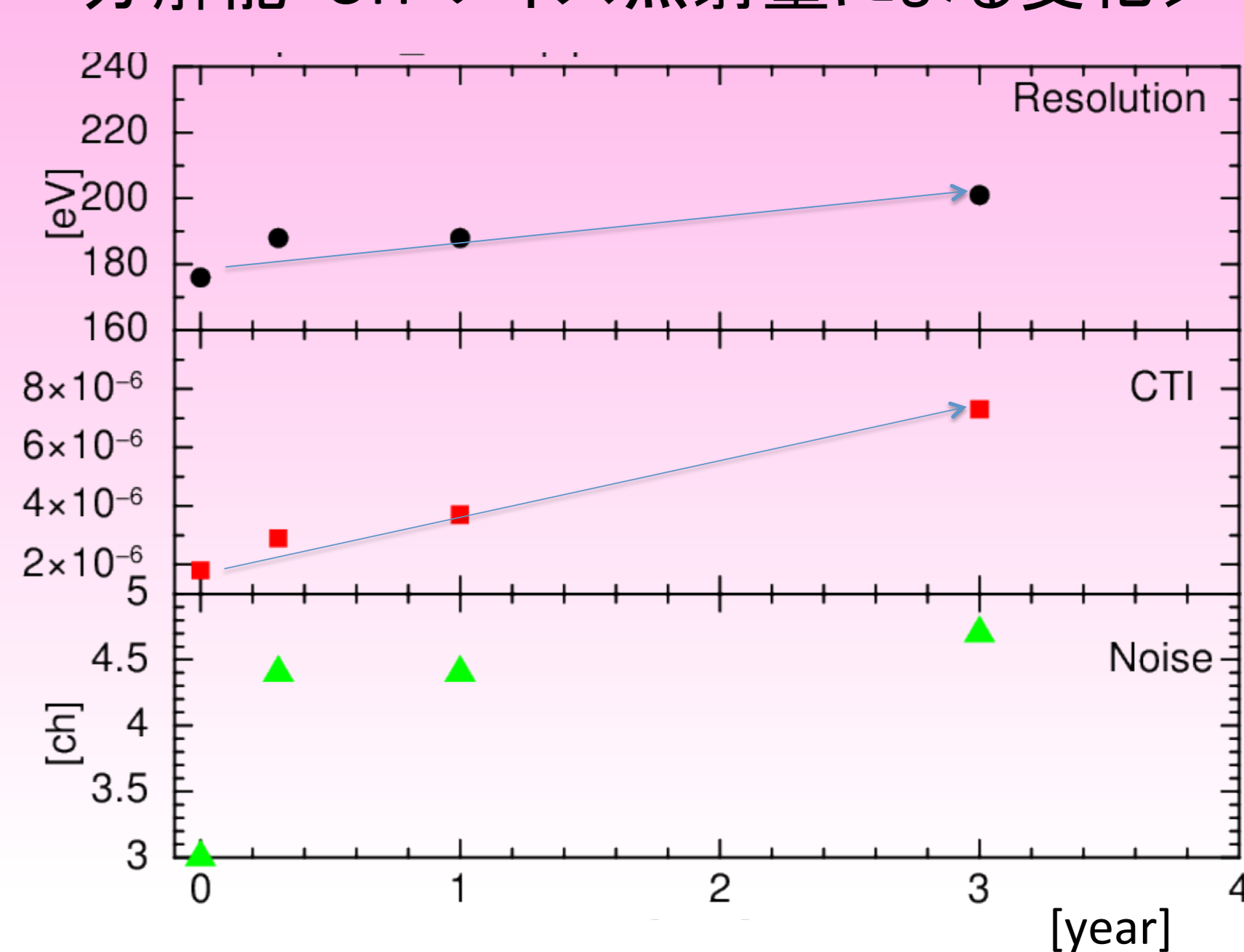


直後に劣化のち回復傾向
直後に劣化そのまま横ばい
室温放置後値が大きくなる

分解能、CTI共に室温放置後に再度劣化。

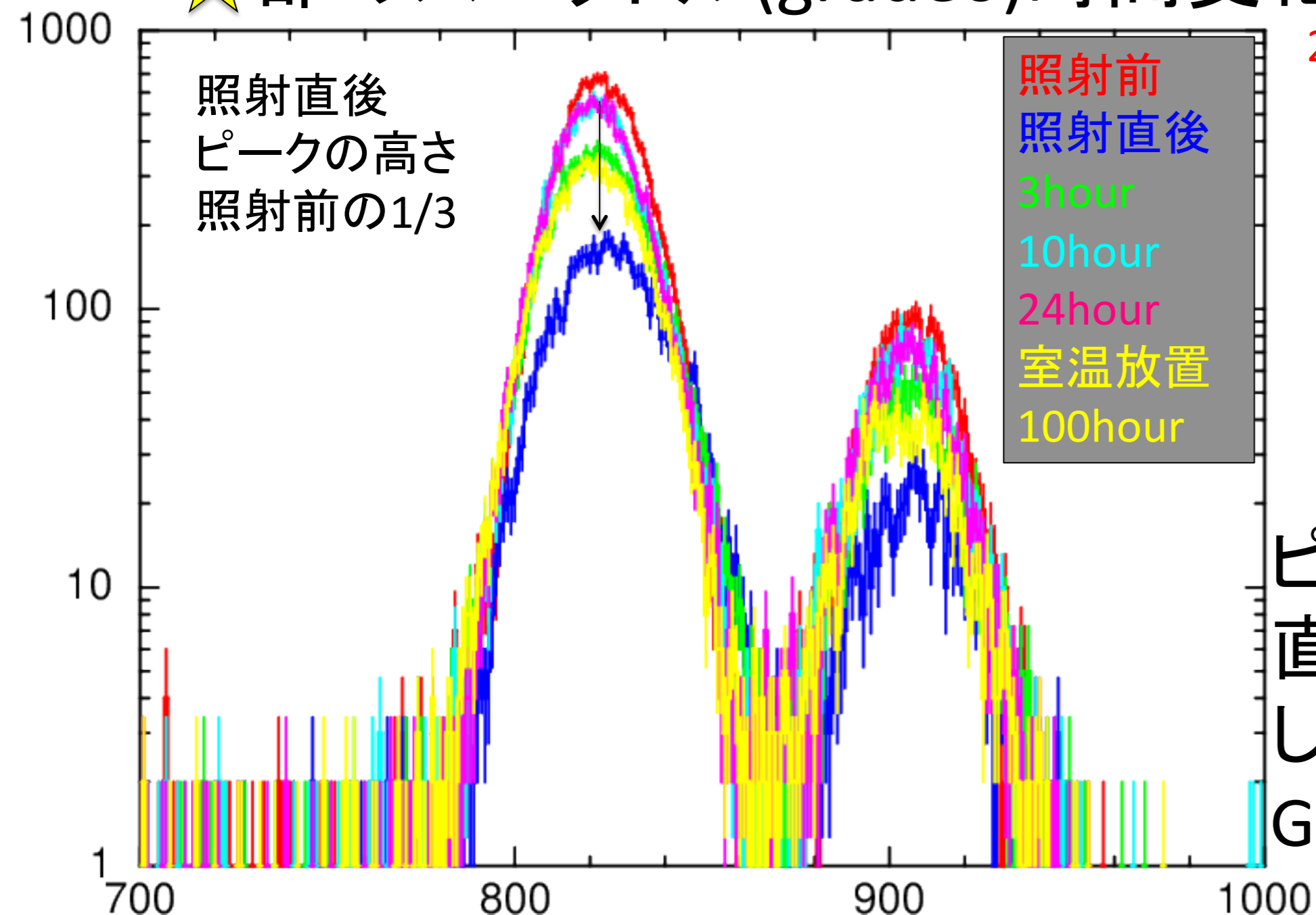
- 実験環境の変化で読み出しノイズが変化
 - 時間経過につれて徐々に劣化
- これらの可能性を考えている。

<室温放置100時間後 分解能・CTI・ノイズ照射量による変化>

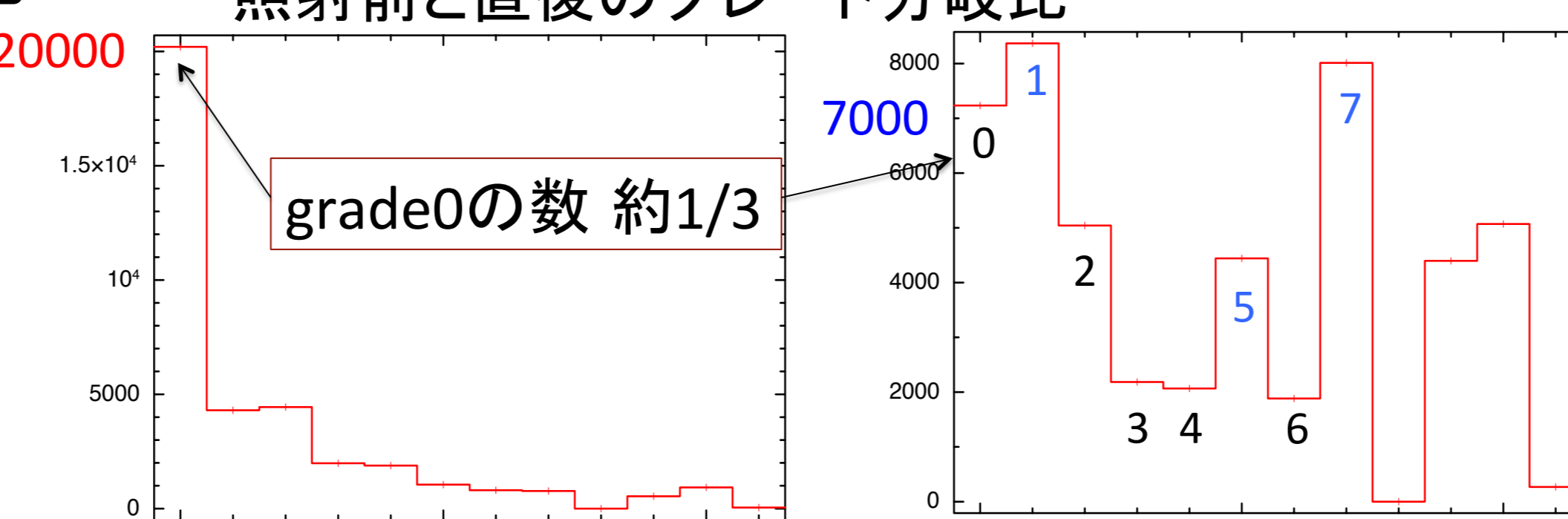


分解能、CTIの劣化は照射量に比例。ノイズは大きな変化なし(横軸0の点はHIMACでの照射前実験の値)。

<★部のスペクトル(grade0)時間変化>



照射前と直後のグレード分岐比



ピーク高さの変化の原因は、照射前と比較すると直後の非X線グレード(grade1,5,7,8以上)がかなり増加したことが考えられる。X線イベントと判定されるGrade0,2,3,4,6より多い部分もある。

今後の課題...

- 性能の時間変化をより詳しく調べるため、冷却停止直前のデータ等、他時間帯の解析が必要である。
- HIMAC実験と同じセットアップで再度データを取り、ノイズの変化が実験環境によるものか検証する。