



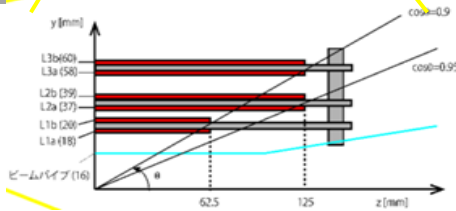
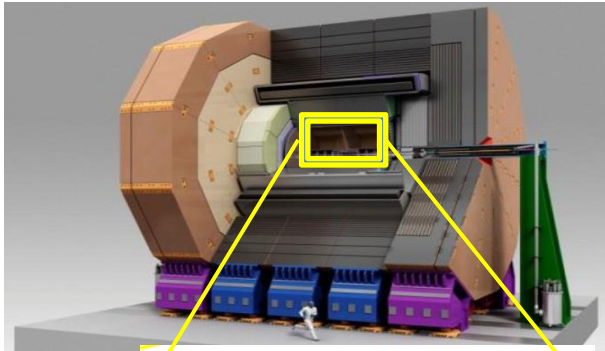
国際リニアコライダー崩壊点検出器のための の試作FPCCDに対する中性子照射実験

2014 3/27 JPS@東海大学

伊藤周平(東北大学)

Abhinav Dubey、石川明正、加藤恵理子、Jan Strube、森達哉、
篠田直幸、*Constantino Calancho*^A、宮本彰也^A、杉本康博^A、
安芳次^A、末原大幹^B、佐藤比佐夫^C、池田博一^D、山本均
東北大、高工研^A、九州大理^B、信州大理^C、JAXA^D

FPCCD 崩壊点検出器



崩壊点検出器は精密なトラッキングのためにピクセル占有率を下げる必要がある

$$\text{占有率} = \frac{\text{反応したピクセル数}}{\text{全ピクセル数}}$$

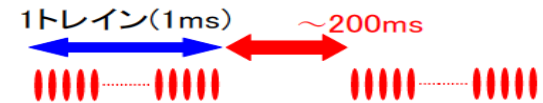
i) ビームが来ているときにも次々読みだしをおこない占有率下げる

→ ビーム由来のノイズが問題になる

ii) ビームのトレイン間隔で読み出しをおこなう

↑こちらを採用したのがFPCCD

FPCCD : Fine Pixel Charge Coupled Device



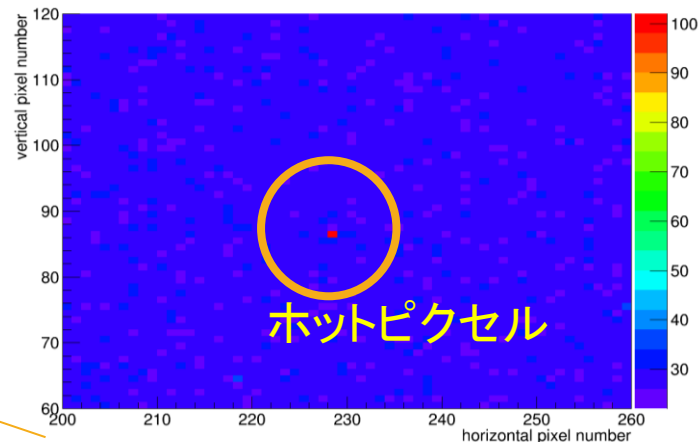
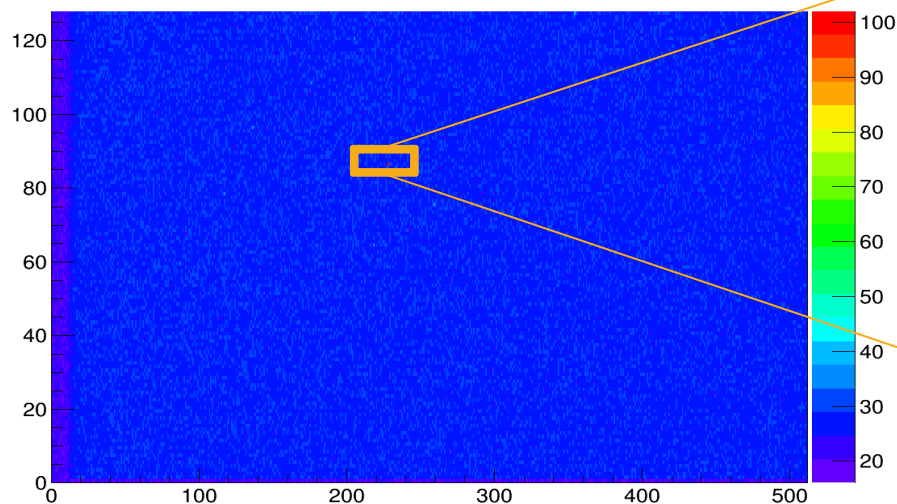
FPCCDの特徴

- 😊位置分解能がよい (~1 μm)
- 😊ピクセル占有率が低い → たくさんのピクセル(10^{10})
- 😊シグナル読み出しのとき電磁氣的ノイズの影響少ない → トレイン間隔での読み出

測定項目

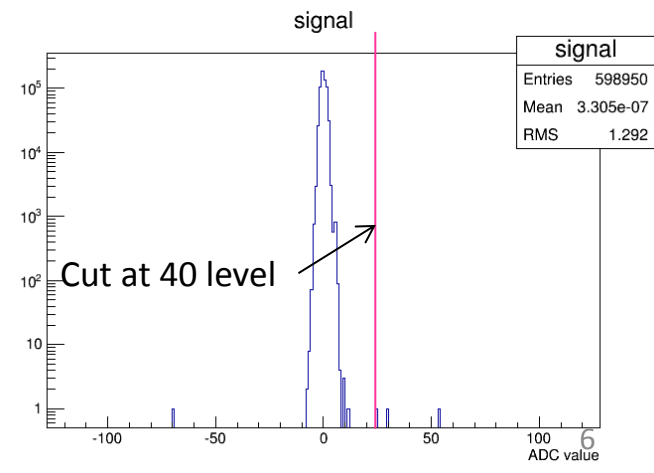
CCDの耐性を評価するために測定する主項目は「ホットピクセル」、「ダークカレント」、「CTI」

i)ホットピクセル: X線を当てていないときに通常より高い信号を出すピクセル。



カットするレベルをADCバリュー40以上とする。
X線を照射していないときシグナルが40以上のとき
ホットピクセルと判定。

全ピクセルに対してのホットピクセルの割合を測定

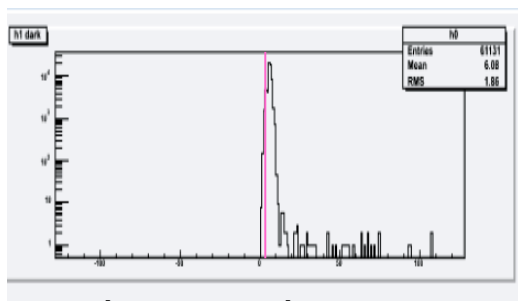


測定項目

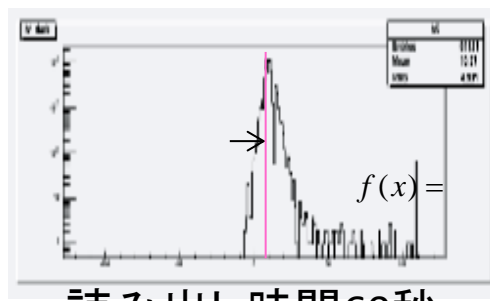
ii) ダークカレント

ダークカレントは読み出し時間の長さに比例して増えていく。

読み出し時間を 10sec毎, 20sec毎, 30sec毎, 40sec毎, 60sec毎 と変化させ
ペDESTALのピーク位置の変化を測定



読み出し時間10秒



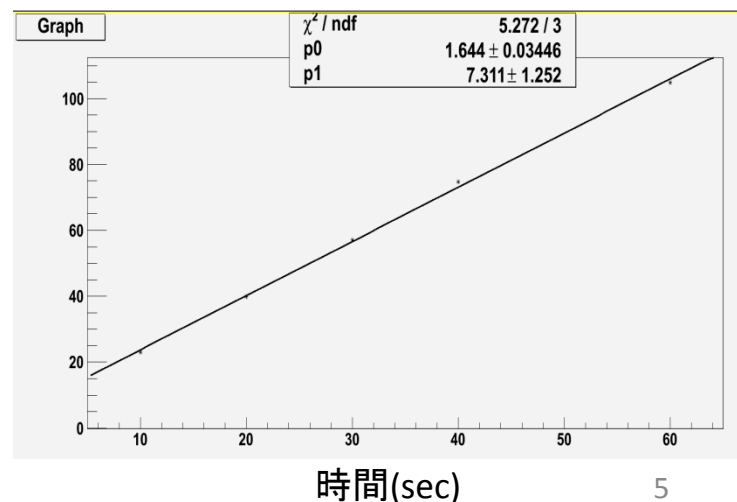
読み出し時間60秒

-40°Cから+20°Cまで10°Cおきに測定

ペDESTALピーク位置の時間変化を1次関数でフィット

$$f(x) = ax + b$$

→フィット関数の傾きが1secのダークカレントに相当

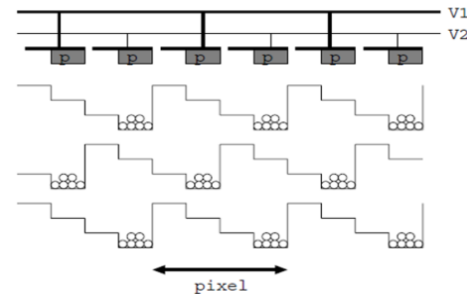


測定項目

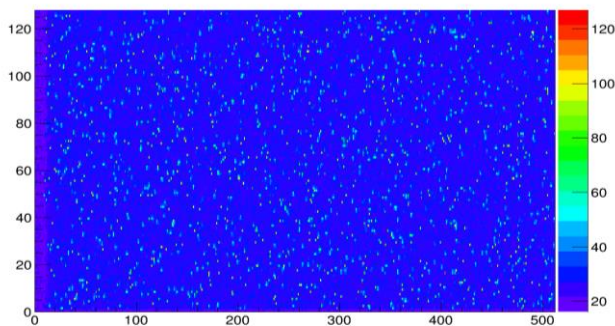
iii) CTI (Charge Transfer Inefficiency)

となりのピクセルに信号を転送するときの転送非効率を表す。

Fe55からのX線を用いる

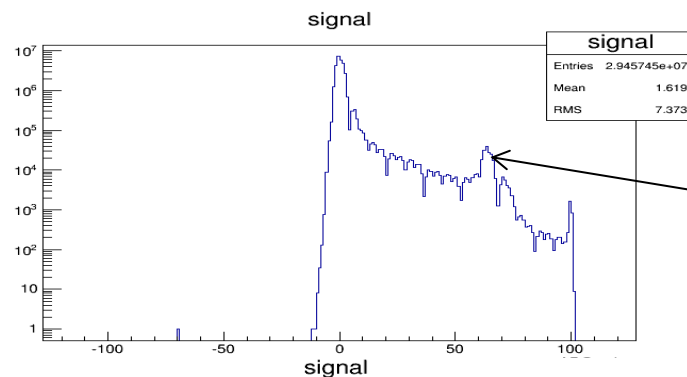
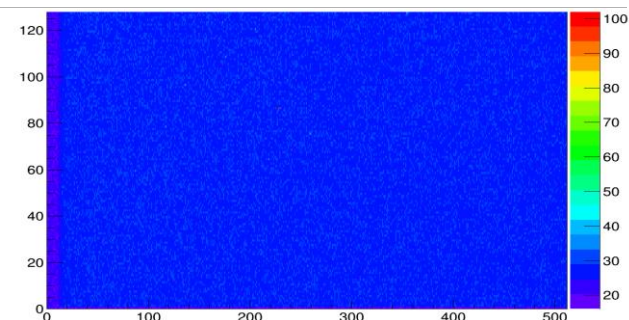


CCD 2Dmap

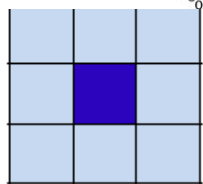
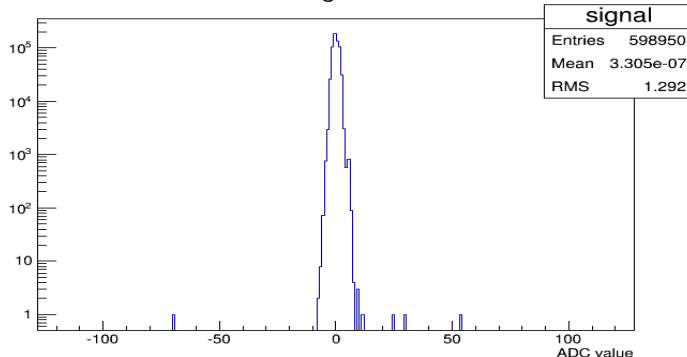


X線あり

X線なし



5.9keVに相当

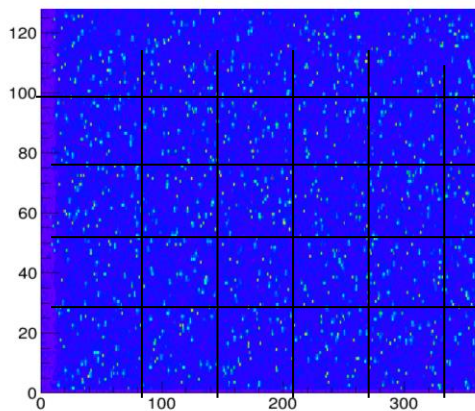


2017/4/1

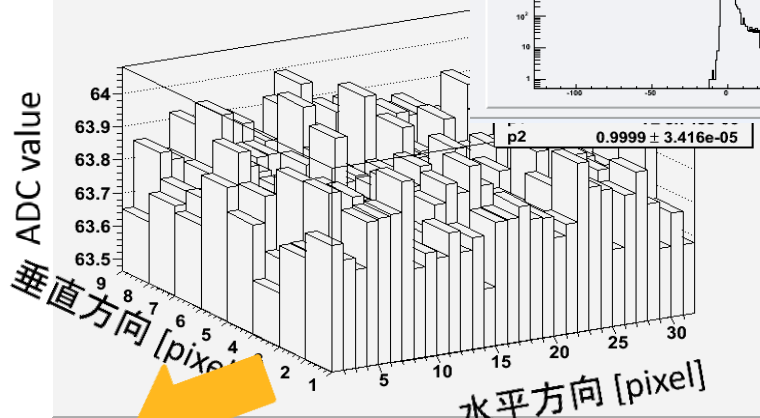
シングルクラスターを持つピクセルを選定する
→ 中央のピクセルの周り8ピクセルの信号がペDESTAL中心値から5 σ 以下.

測定項目

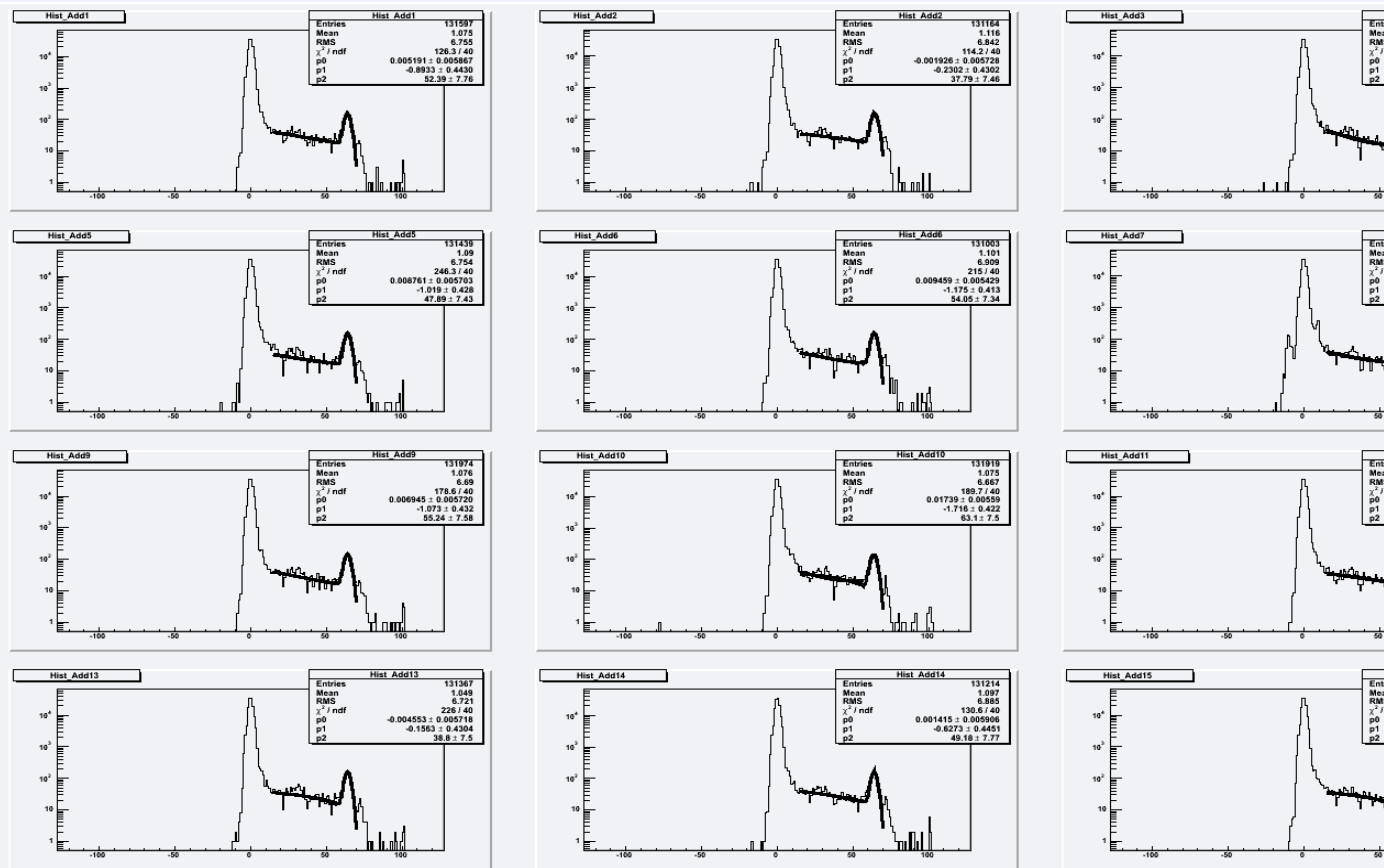
i) CTI
12 μ m (512 x 128)



CTI



読み出し口



- それぞれの区域のシングルクラスターイベントのADC値をフィット.

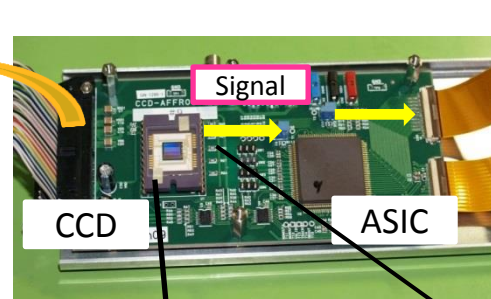
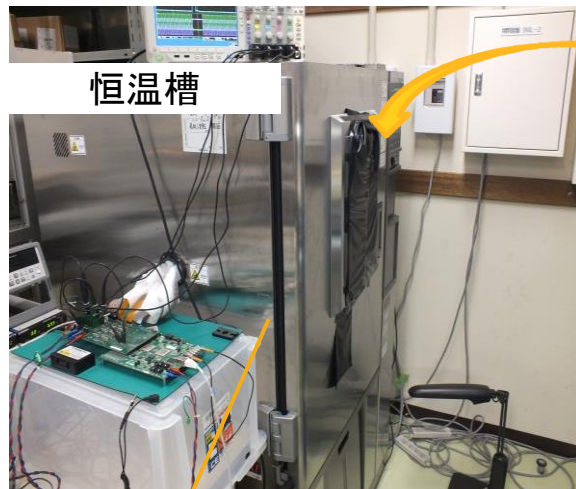
$$f(x, y) = Aa^x b^y$$

このフィットによって読み出し口から遠いピクセルのADC値がどれほど低下したか調べる

読み出しセットアップ

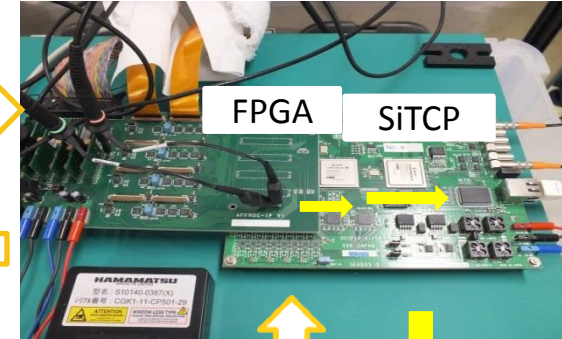
シグナルの流れは

CCD --> ASIC--> FPGA --> SiTCP --> PC

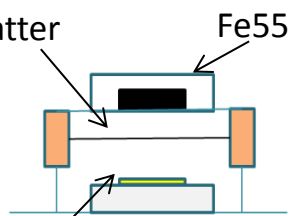


ASIC 出力
信号

ASIC 駆動
信号



イーサネット
通信



CCD spec

PC

Epitaxial layer : $15 \mu\text{m}$

今回は $8 \times 8 \mu\text{m}^2$, $12 \times 12 \mu\text{m}^2$ の 2channel を測定

中性子照射実験

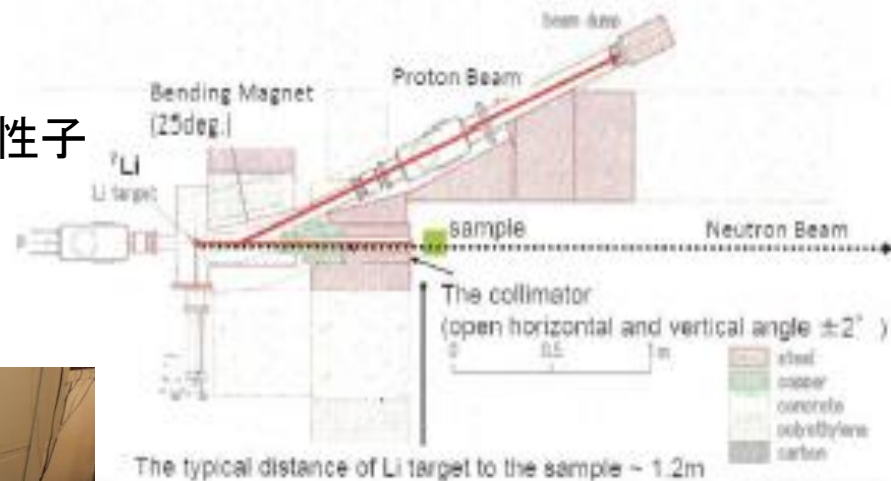
- Set up

2013年 10月17日、18日東北大CYRICにて中性子照射実験をおこなう。1 μ Aの陽子ビームを厚さ7~8mmのLiターゲットに照射し中性子ビームをつくる

照射時間は

30分19秒

プラスチックシンチ



1.25m

0.65m

0.10m

中性子ビーム道筋

Liターゲット



CCD set



リキッドシンチ

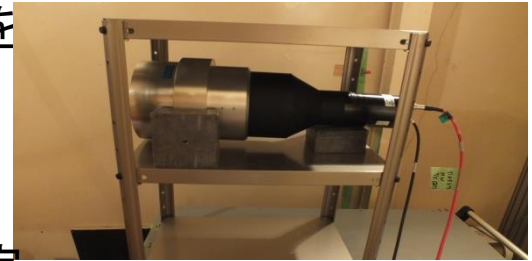
中性子照射実験

- フラックス

- i) コリメータ直後の中性子の総数を液体シンチレーターを用いて測定. これにより1秒間あたりの中性子総数は

$$8.3 \times 10^6 \text{neutron/sec}$$

- ii) ビームサイズをプラスチックシンチレーターを用いて測定. ビームラインから5cmごとに、計6点測定.

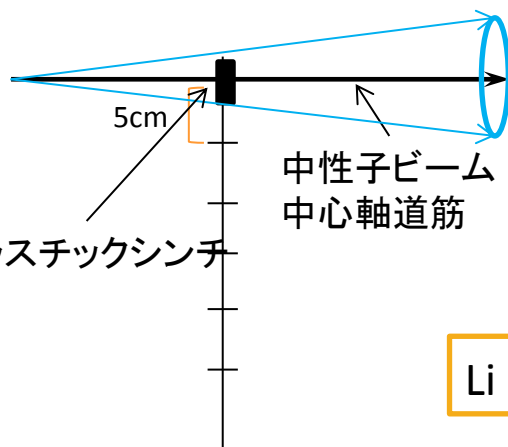


中性子のフラックスはLiターゲットから円錐形に広がっていくものと仮定する

- Liターゲットから1.9m地点での
ビームサイズは14.7cm

Liターゲットから1.25m地点においたCCDに対して $9.4 \times 10^8 \text{neutron}$

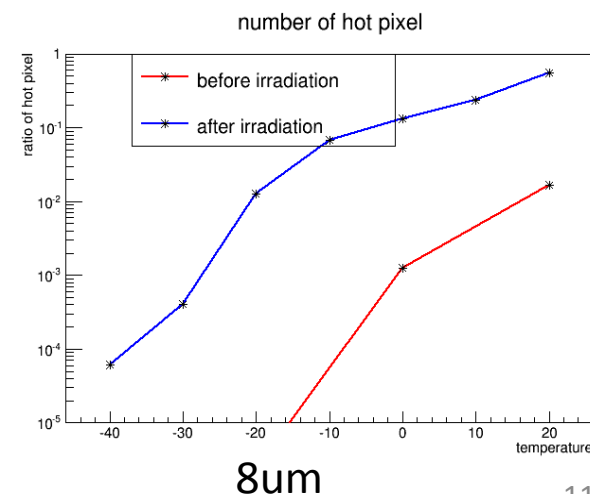
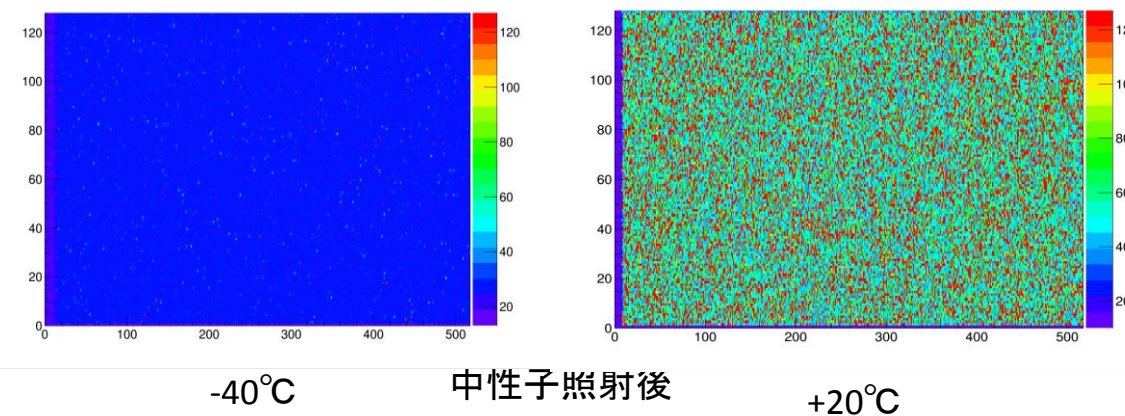
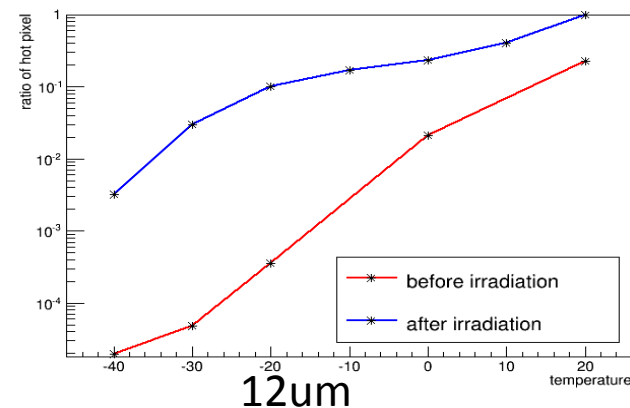
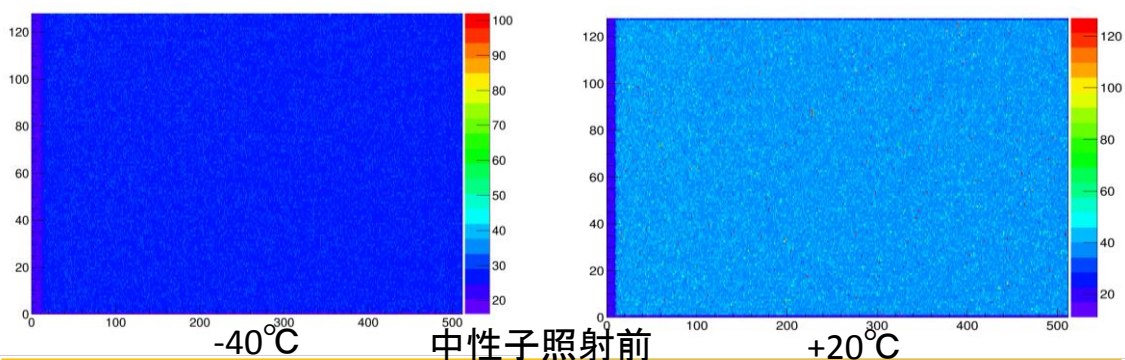
約半年分の照射量に相当



結果

- ホットピクセル

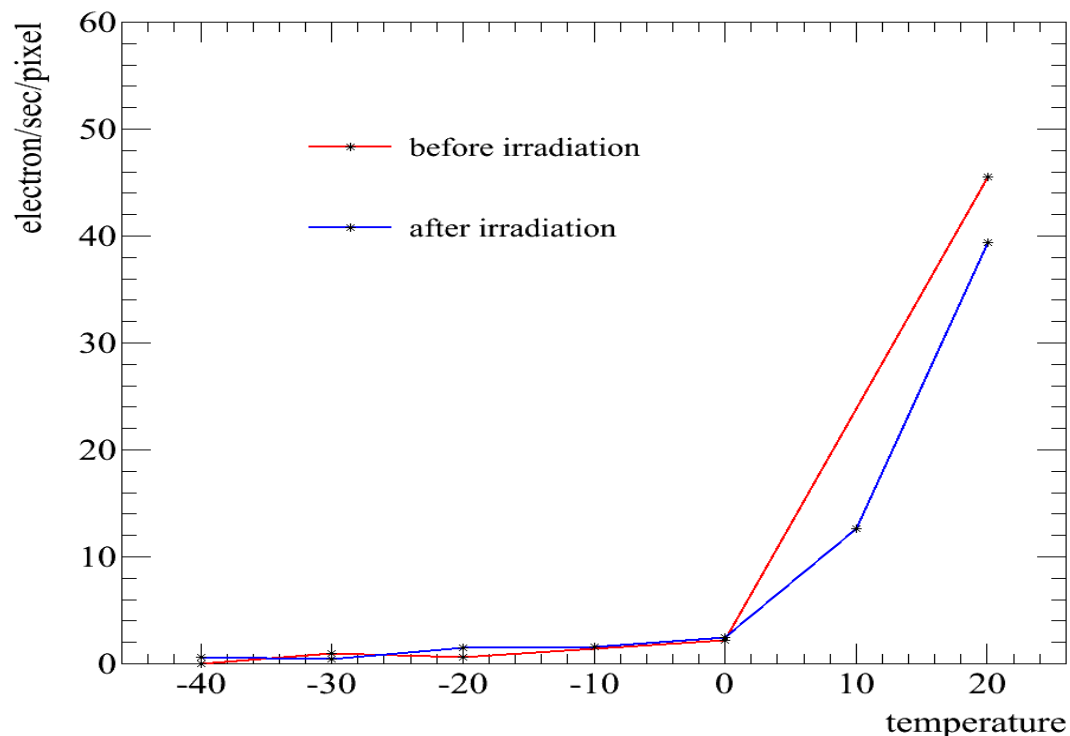
中性子照射後12um、8um両方のチャンネルにおいてホットピクセル数の増加を確認



照射後においてもホットピクセルの割合は1%以下

結果

- ダークカレント Dark Current



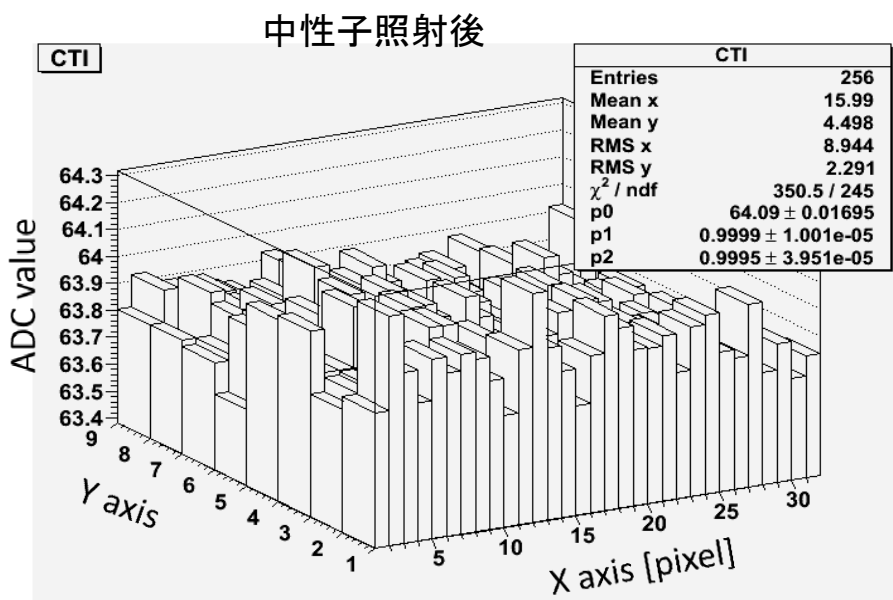
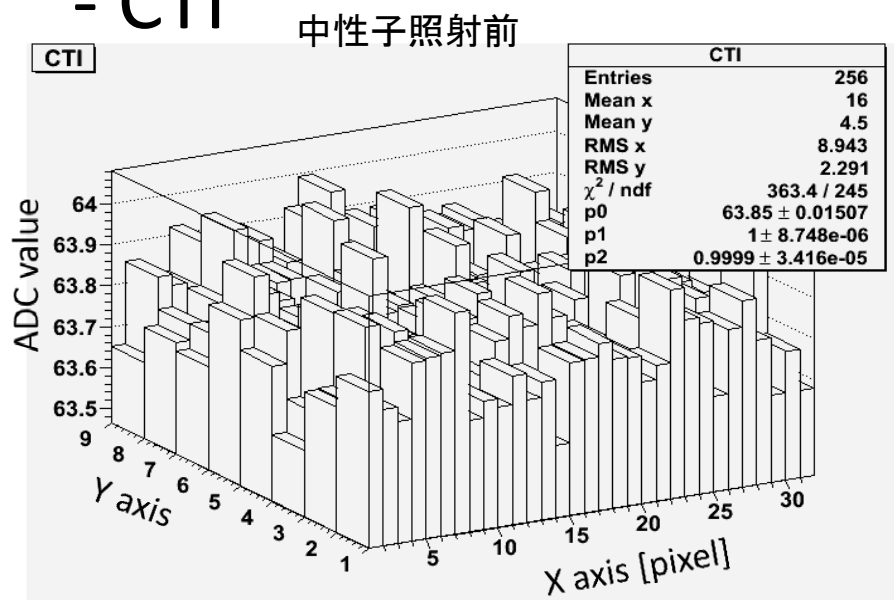
浜松ホトニクス資料では
室温において $44e^-/\text{sec}/\text{pixel}$

中性子照射後、大幅にダークカレントは増えていない。

→1secあたりに放出する電子数はそれほど増えていない

結果

- CTI



中性子照射前と照射後の水平方向、垂直方向の CTI / pixel

水平方向: $(1.844 \pm 0.547) \times 10^{-6}$
垂直方向: $(4.660 \pm 2.135) \times 10^{-6}$

水平方向: $(6.392 \pm 0.626) \times 10^{-6}$
垂直方向: $(2.834 \pm 0.247) \times 10^{-5}$

水平方向520回ほど、垂直方向120回ほど最大 6.0×10^4 回ほど転送する。
大きく影響することはないと考えられる

Summary

- ILCのVTX候補であるFPCCDに中性子を照射実験をおこなった(9.4×10^8 neutron)
- ホットピクセル、ダークカレント、CTIを測定
- 中性子照射後に多数のホットピクセルを確認
- ダークカレント、CTIは問題なし、ホットピクセル量が問題

Plan

- 測定項目のアニーリングの効果を見ていく
- CTIのクロックや電圧などの依存性を測定していく

