

# ILCにおける崩壊点検出器 FPCCDについて

東北大学 修士1年

伊藤周平



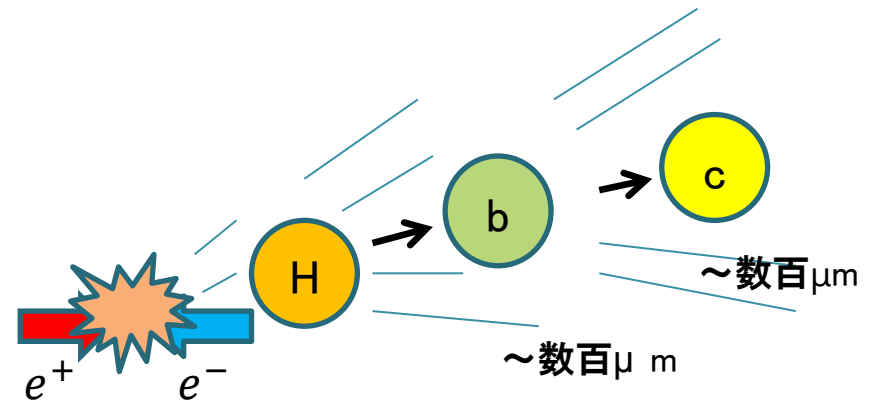
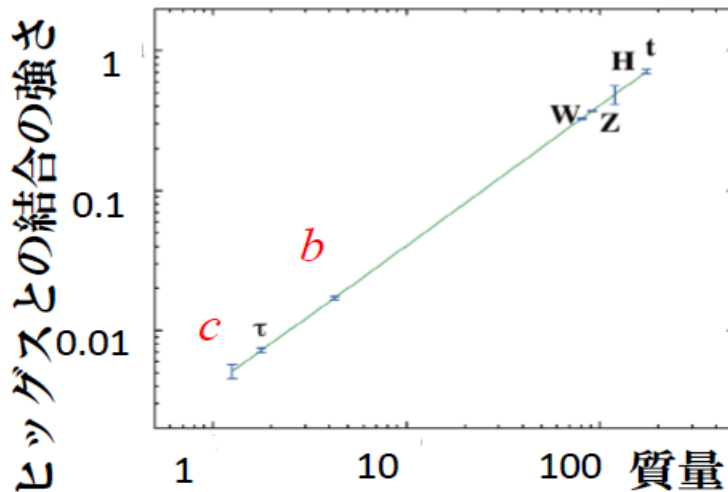
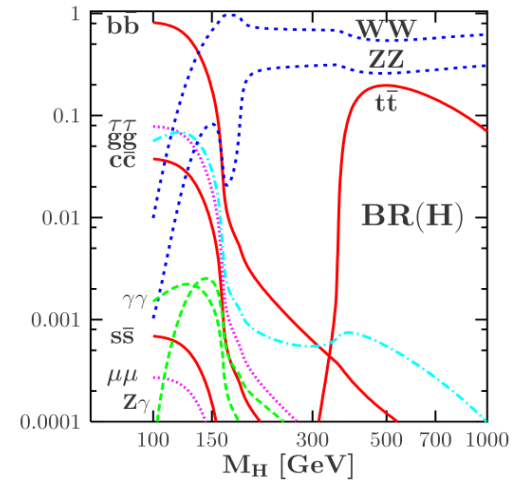
# 目次

- 崩壊点検出器
- FPCCD検出器
- 要求性能
- 読み出しセットアップ
- ペDESTAL信号
- CTI測定
- まとめ

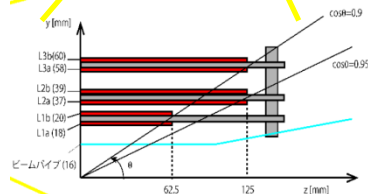
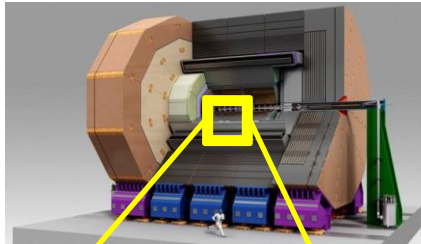
# 崩壊点検出器

- ILCでの物理：
  - ーヒッグス粒子の性質の精密測定
  - ーヒッグス機構の検証
- 軽いヒッグス粒子はbb、cc、ggに多く崩壊する

ヒッグス粒子の精密測定には高精度で  
bクォーク、cクォークの同定が必要  
(~数 $\mu$  mの精度が求められる)



# ILCの崩壊点検出器



- ILD検出器の最内層に置かれる
  - 第1層はIPから16mm
- 多重クーロン散乱をおさえるためセンサー層、サポート層をうすくする
- 2重層構造×3層
  - クラスタ形状からBGをとりのぞける

## 課題

☹️ IPに近いため大量の放射線にさらされる

→ 放射線耐性

☹️ IPに近いためバックグラウンド密度高い

→ ピクセル占有率が高いと飛跡再構成が難しい

(ピクセル占有率 = 反応したピクセル数 / 全ピクセル)

## 解決策

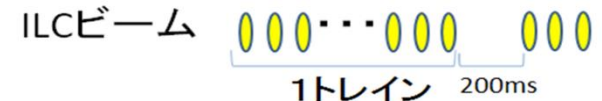
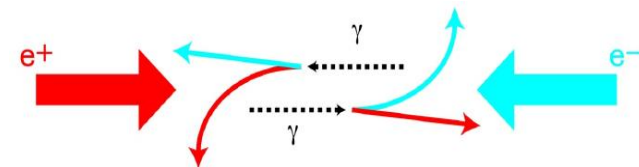
i) ビームトレイン内で数回の読み出し

→ ビーム由来のノイズが問題

ii) ピクセルサイズを小さくして占有率下げ、トレイン間隔で読み出し

→

FPCCD検出器

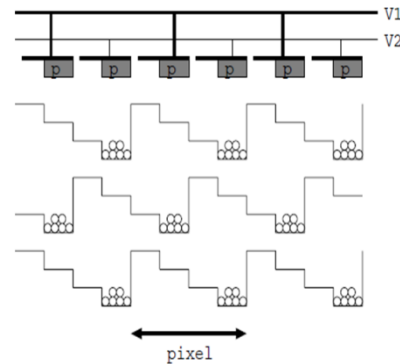
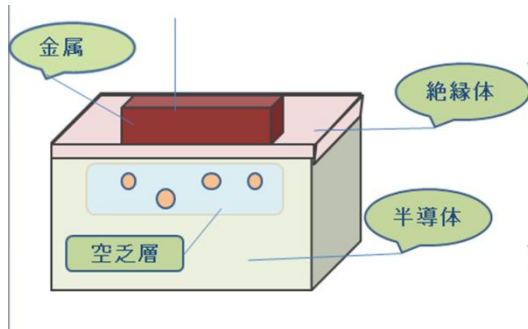


# FPCCD検出器

Fine Pixel Charge Coupled Device

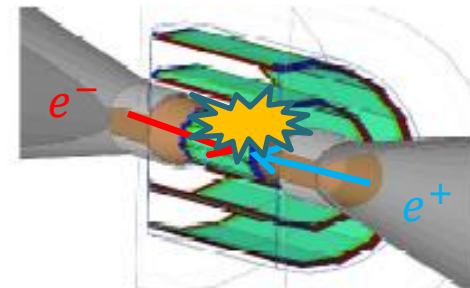
- 高精細なピクセルを用いたCCD検出器  
—  $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ ピクセルの大きさを目指す

## CCDの原理



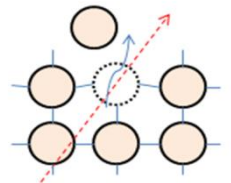
- MOS構造 (Metal Oxide Semiconductor)
- バケツリレー方式で電荷を次々転送していく

- ピクセルサイズ： $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$
- 有感層の厚さ： $15\mu\text{m}$  (全厚さ $50\mu\text{m}$ )
- 総ピクセル数：約 $10^{10}$ ピクセル



# FPCCDの特徴

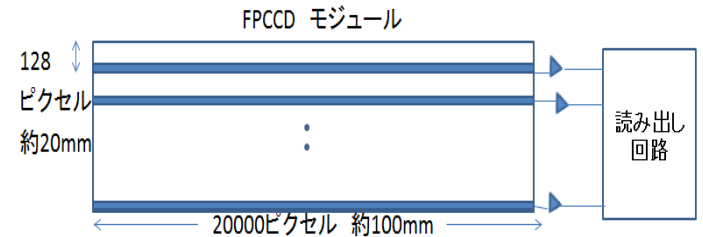
- ☺位置分解能が良い( $\sim 1\mu\text{m}$ )
  - ☺ピクセルに多くヒットするバックグラウンドを除去できる
    - > 運動量の小さいBGはピクセルに浅く多数ヒット
  - ☺トレイン内で読み出す際のノイズの影響ない
  - ☺電荷を転送後アンプで増幅
    - >画素間の信号のバラつきを抑えられる
- 一方、
- ☹Si検出器は放射線ダメージに対して敏感
    - > 「格子欠陥」「トラップ準位」の発生
  - ☹ピクセル数が多いので転送回数が増える
    - > 電荷信号がトラップされる頻度増える



# 要求性能

[1] 読み出し速度  $> 10\text{Mpixel/s}$  (100MHz)

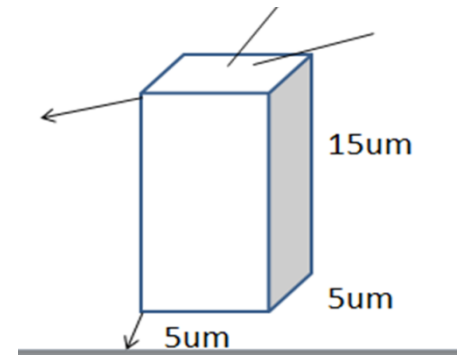
ト레인間隔約200msで1チャンネル  
あたり20000×128のピクセル数読み出し



[2] ノイズ  $< 50$  電子

読み出し回路  $< 30$  電子

浅い角度で入射した粒子の場合、信号  
電荷が小さくなってしまふ



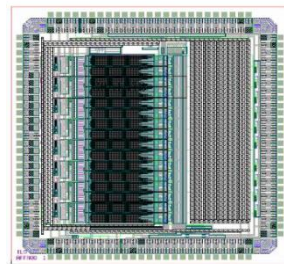
[3] 消費電力  $< 100\text{W}$

読み出し回路  $< 6\text{mW/ch}$

CCD転送効率のため

FPCCD検出器を $-40^{\circ}\text{C}$ の下で稼働

3次回路



読み出し速度 : 120MHz

ノイズ : 48電子

消費電力 : 5.8mW/ch

# 性能測定(予定)

## i) ビームテスト

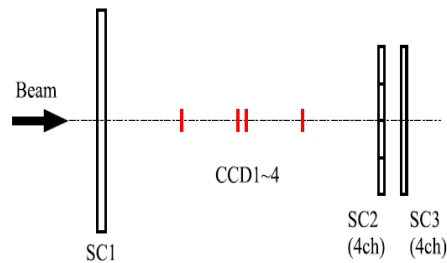
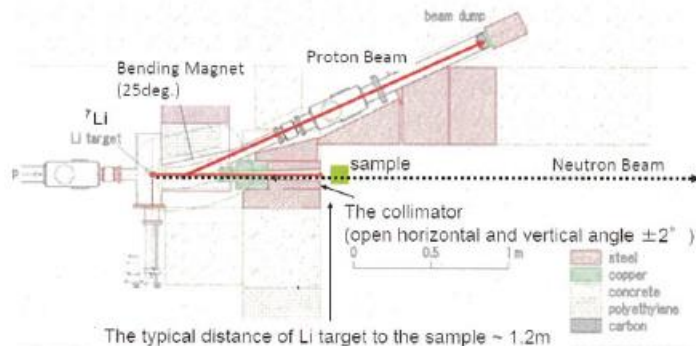


Figure 2: Setup of the test beam experiment.

- 目的
  - 空間分解能、角度分解能などの測定
- セットアップ
  - $\pi^-$  ビーム
  - CCD4枚
  - 多重クーロン散乱の影響みるため中央の2枚の間隔を3.2mm→23.2mmと変更
- 6月おこなう予定 → 未定

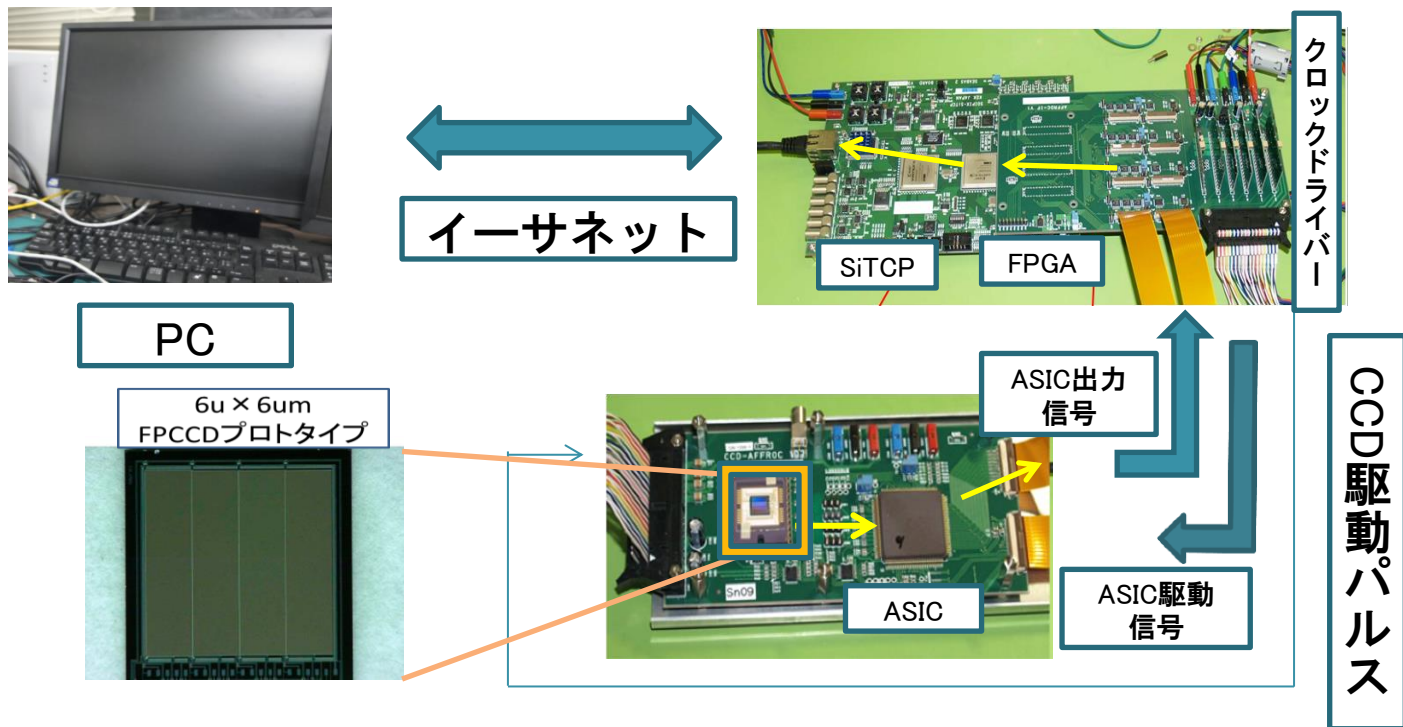
## ii) 中性子ダメージ耐性測定



- 目的
  - 放射線ダメージによる転送効率変化の測定
- セットアップ
  - プロトンビーム70MeVをLiターゲットに照射、 $0.9 \times 10^{10} \text{ n/sr/}\mu \text{ A/sec}$  の中性子をCCDに照射
- 今年10月東北大学でおこなう予定

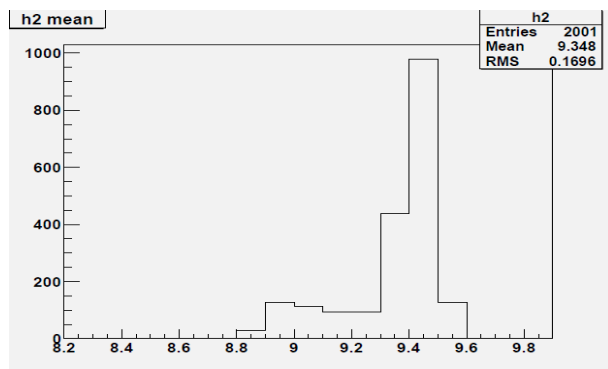


# 読み出しセットアップ

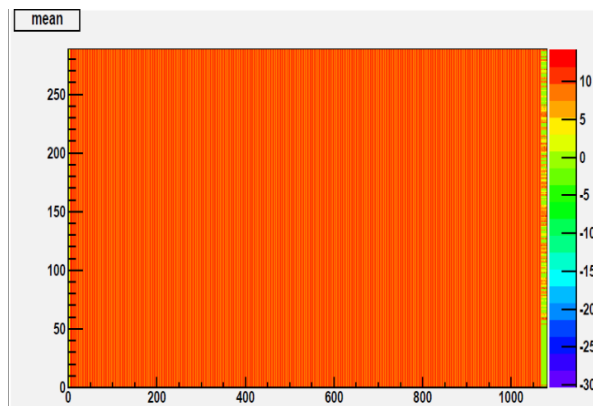


- 現在、6μ m × 6μ mの試作CCDが完成
- 信号の流れ：CCD → ASIC → FPGA → SiTCP → PC

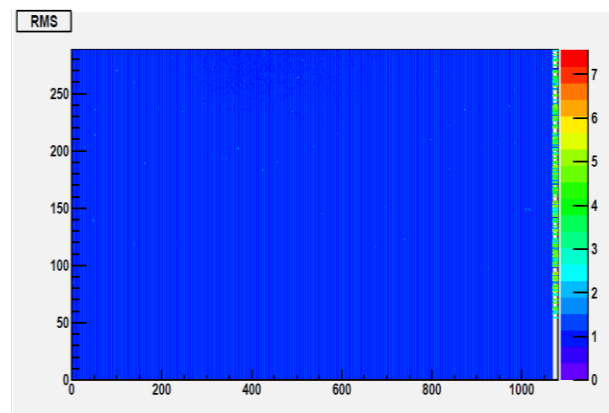
# ペDESTラル信号読み出し



- 1チャンネル 288×1080ピクセルの読み出し
- 5秒間隔で信号読み出し 1イベントとする
- 2000イベントの読み出し



2000イベントまわした各ピクセルmean



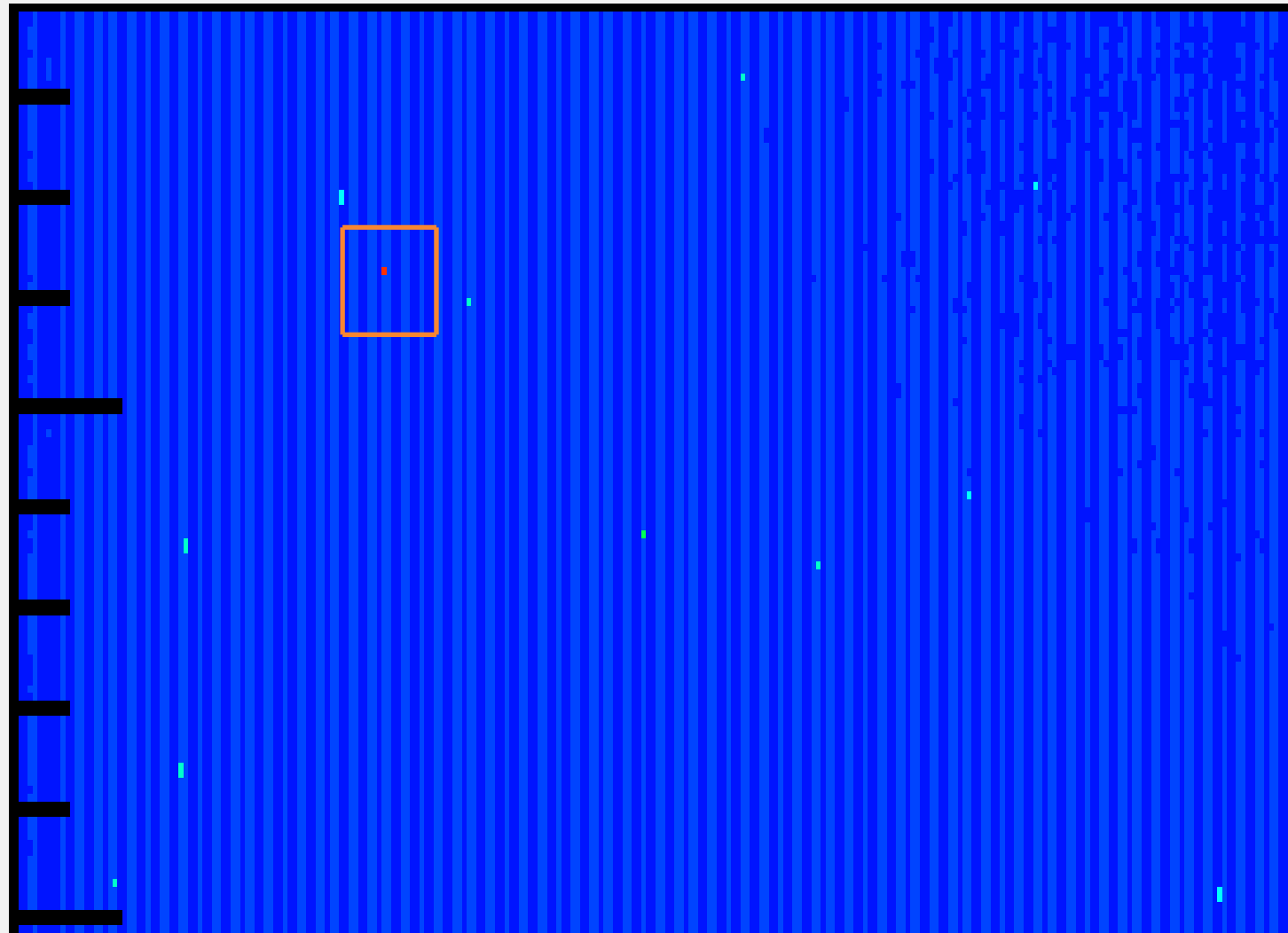
2000イベントまわした各ピクセルRMS

6 $\mu$  m×6 $\mu$  mピクセル試作CCDを用いてペDESTラルを読みだすことができた

RMS

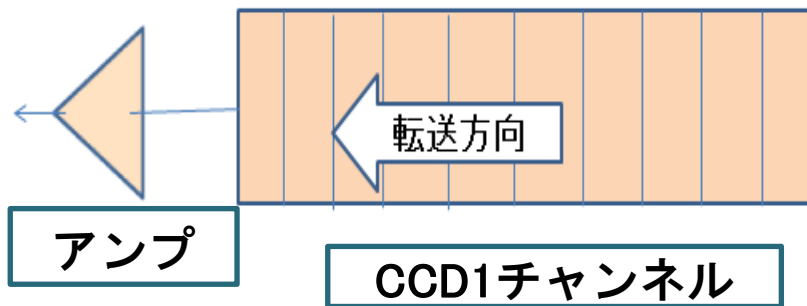
250

200



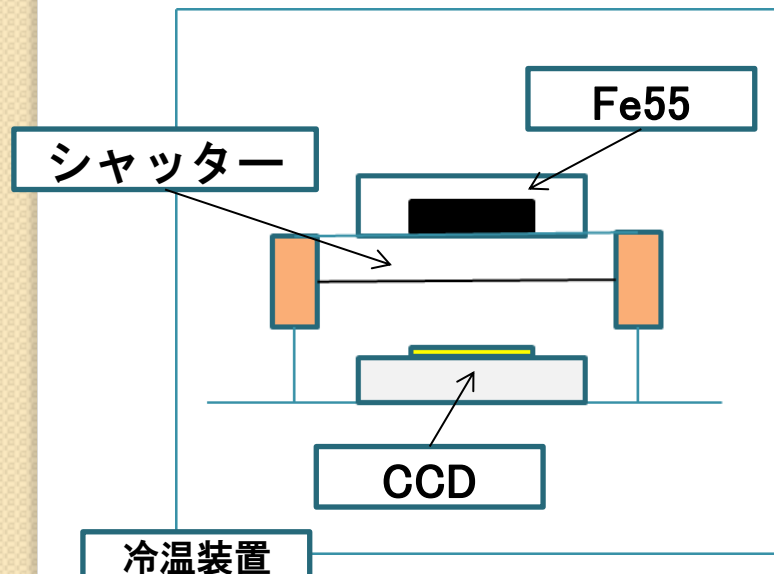
# CTI測定

CTI (Charge Transfer Inefficiency)



➤ 転送効率の指標

- アンプから遠いほど転送回数が多いのでトラップされる頻度が増える
- 1チャンネルをセクションにわけ(10セクションほど)



➤ Fe55が $\gamma$ 線を照射し、CCD内で約1600電子を生成

- 荷電粒子が入射する状況再現
- 5秒照射、1秒読み出し
- 各セクションの信号量を比較してCTIを評価する
- CTIの温度分布をみる

➤ 今後おこなっていく

# まとめ&今後

- FPCCD検出器は崩壊点検出器の有力な候補
- それはピクセル数を多くすることで  
ピクセル占有率をさげられるため
- $6\mu\text{ m} \times 6\mu\text{ m}$ ピクセルの試作機で  
ペDESTALの読み出しができた
- 今後
  - 今年10月後半に行われる予定の中性子ダメージ測定に向けて、CTI、ホットピクセル、温度依存性などを測定していく
  - ビームテストをおこなう