

国際リニアコライダー(ILC)における崩壊点検出器FPCCDの研究

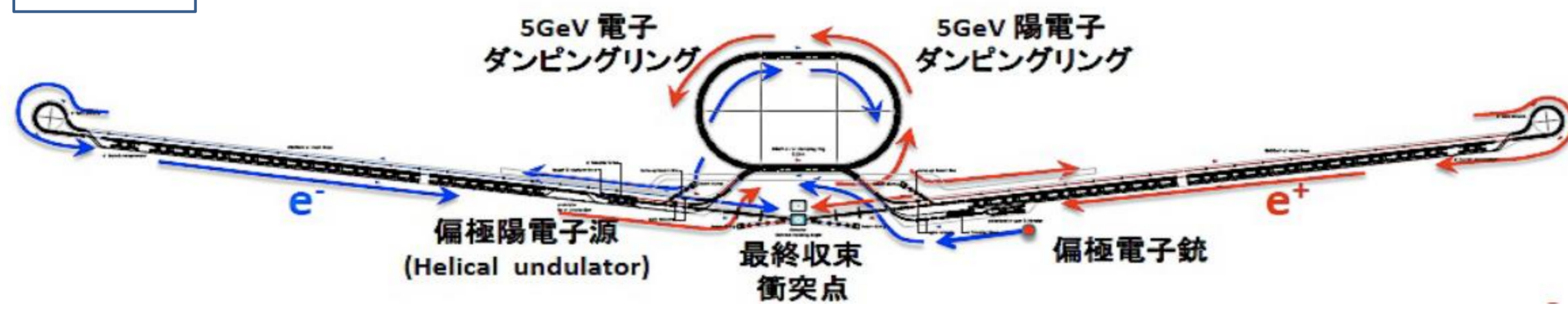
東北大学大学院 理学研究科 伊藤周平



1. ILC概要

電子、陽電子を衝突させる線形型の加速器。
主な目的はヒッグス粒子、トップクォークの性質の精密測定、また標準理論を超えた粒子の探索などがある。
レプトンコライダーなので、LHCと比べて反応がよりクリーンという特徴があり、高精度な物理解析が可能。

ILC全景

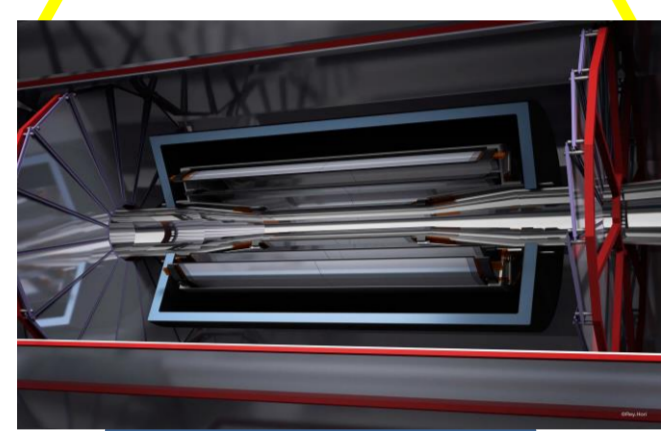
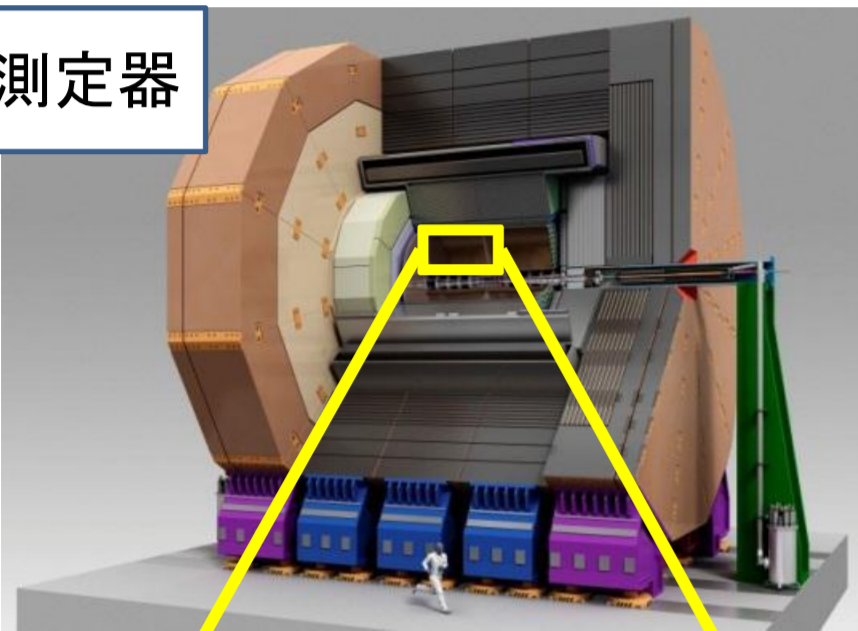


重心エネルギー: 250~500GeV
(アップグレード後: 1TeV)
ルミノシティ = $2 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
全長: 31km
建設地: 未定(日本の北上山地、背振山地が有力)

2. 崩壊点検出器

ILC検出器の最内層におかれる。bやcクォークなどフレーバー識別において重要で、高い崩壊点分解能が必要。
そのためには崩壊点検出器を衝突点に近づけつつ、ピクセル占有率を抑えなければならない

ILD測定器



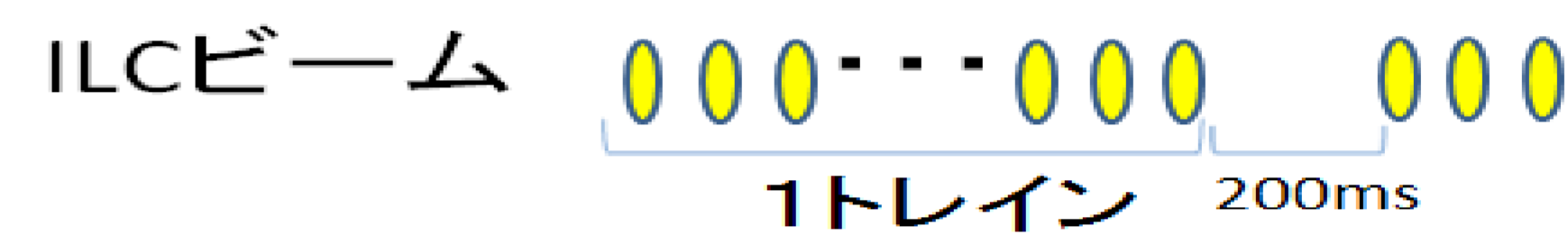
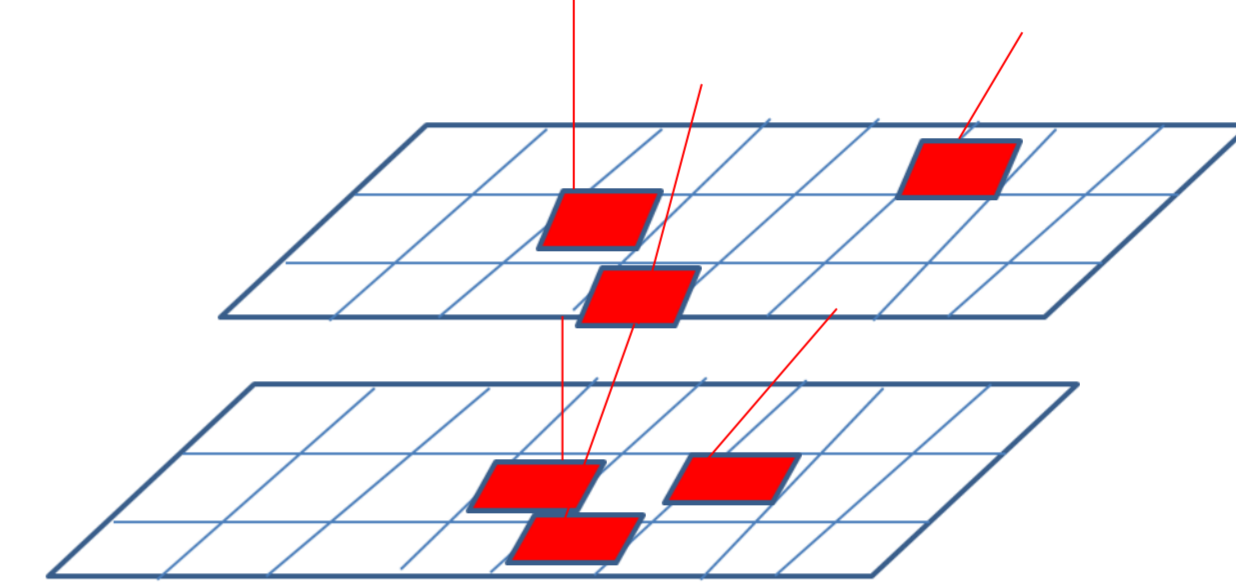
崩壊点検出器

低いピクセル占有率実現の方法としては

- 1) 1トレイン内で信号の読み出し
→ノイズが問題に
- 2) ピクセル数を増やしてトレイン間隔で読み出し
→

FPCCD検出器

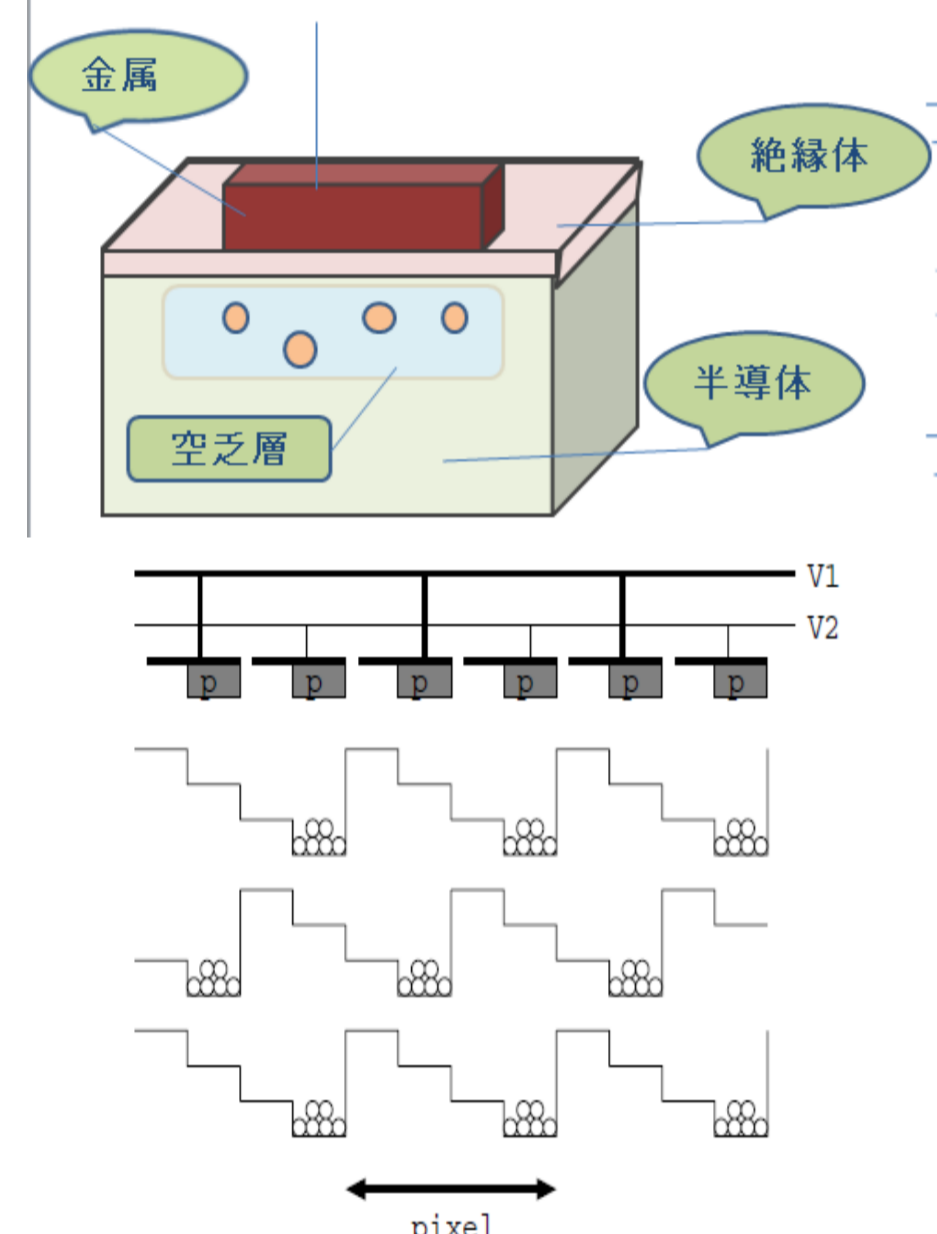
$$\text{占有率} = \frac{\text{反応したピクセル数}}{\text{全ピクセル数}}$$



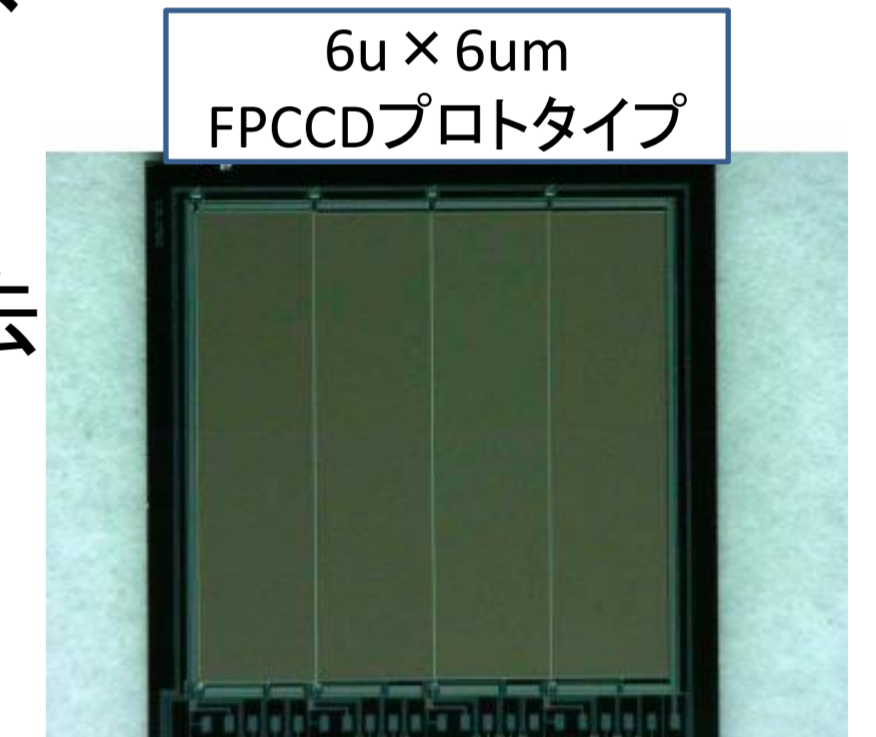
3. FPCCD検出器

Fine Pixel Charge Coupled Deviceの略。非常に高精細なピクセルを使用。
荷電粒子は有感領域を通過するとき電荷を落とす。基板上の電極電圧を操作することで、信号電荷を蓄積し、バケツリレーのように転送することができる。

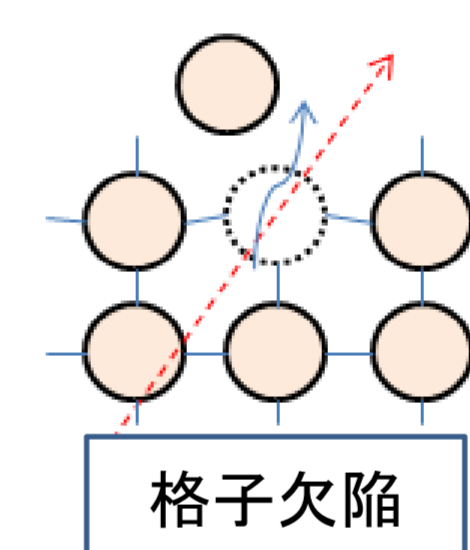
- 特徴:
- ◎位置分解能が高い($\sim 1\mu\text{m}$)
 - ◎高精細ピクセルのためピクセルに多くヒットするようなバックグラウンドを除去することができる
 - ◎トレイン内で読み出す際のノイズの影響がない
 - ◎電荷を転送後アンプで増幅するので画素間のバラつきが小さい
- 一方、
- ⊗Si検出器は放射線ダメージに対して敏感
→「格子欠陥」、「トラップ準位」の発生
 - ⊗ピクセル数が多いため転送回数が増える
→電荷の転送効率が落ちてしまう
- 今後、測定予定...



CCD原理



Pixel: $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ が実現
 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ をめざす
厚さ: $50\mu\text{m}$
総Pixel数: 約10億個

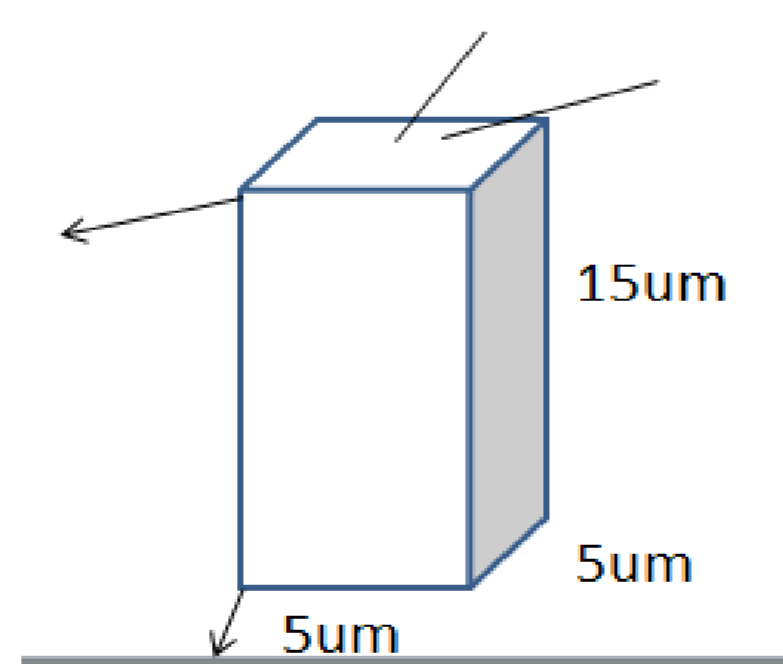
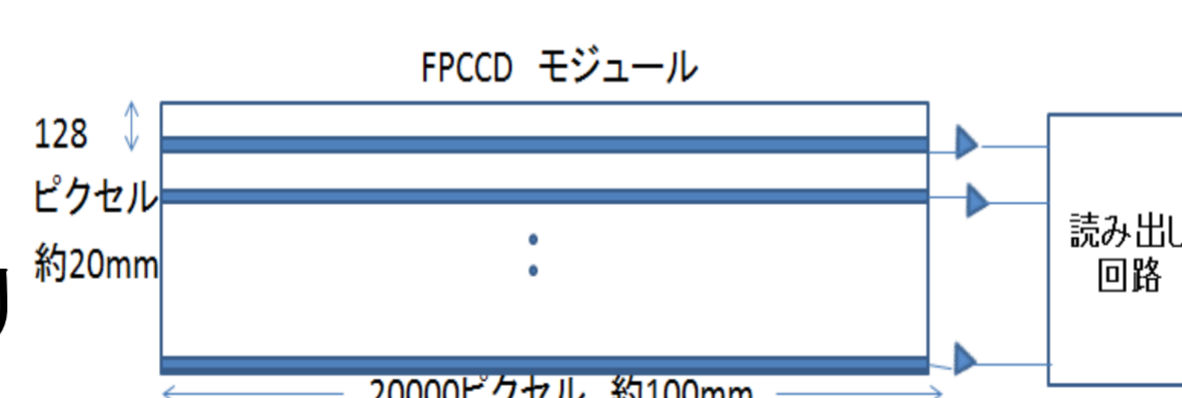


格子欠陥

4. 要求性能

FPCCD崩壊点検出器への要求性能は

- 1) 読み出し速度 $> 10 \text{ Mpixel/s}$
トレイン間隔200msで1チャンネルあたり
20000 x 128のピクセル数読み出し
高速読み出し!
- 2) ノイズ < 50 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。
低ノイズ!
- 3) 消費電力 $< 100 \text{ W}$
FPCCD検出器を -40°C の下で稼働させる。
(CCD転送効率のため) **低消費電力!**



$6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ の試作CCDと読み出し回路を用いて試験中。
読み出し速度 10 Mpix/s 、消費電力の要求は満たされた。
しかし、読み出し時に基板上からノイズが乗ってしまう...
→ CCDクロックパルスなどが原因と考えられる。
カウンターパルスなどを試験中

5. ビームテスト

試作FPCCDの性能をテストする。6月下旬にJ-PARCにて行う。

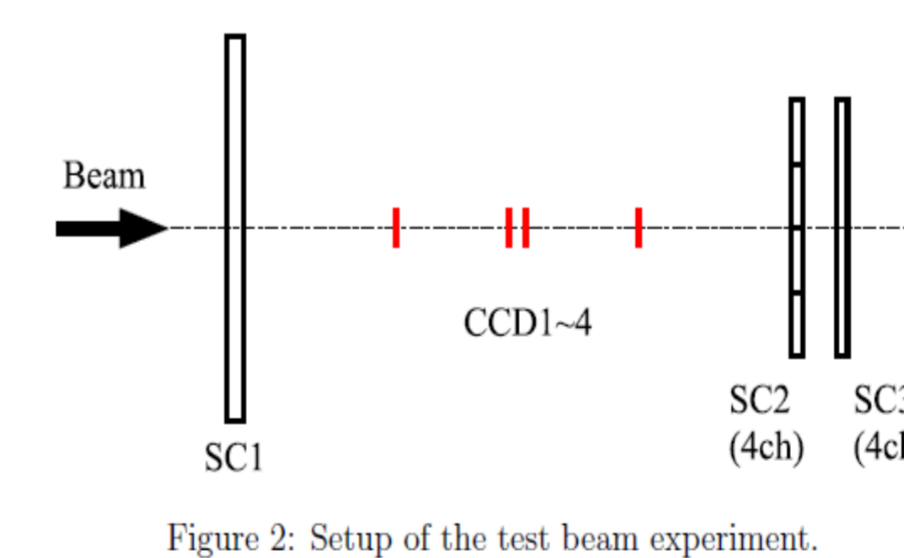
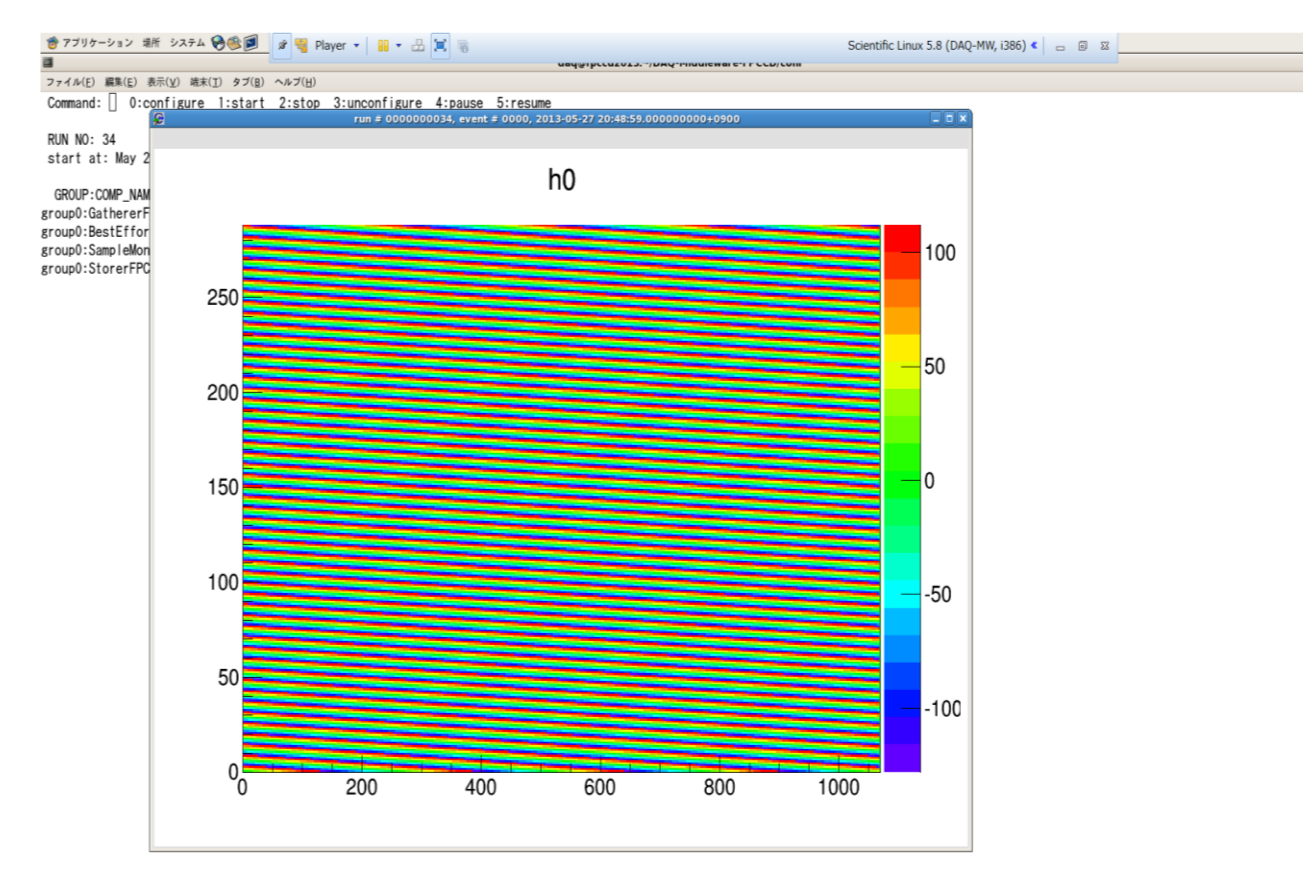


Figure 2: Setup of the test beam experiment.

- 目的
- 空間分解能
 - 2粒子の識別能力
 - 角度分解能などの測定。

- セットアップ
- π^- ビームを使用する。
 - CCD4枚を並べる
 - クーロン散乱の影響みるため中央の2枚の距離を 3.2mm から 23.2mm まで変更して測定



現在、ビームテストに向けてデータの保存やヒストグラムの表示を行うDAQをプログラム中
→データの保存、ヒストグラムの表示はできた。
あとはCCDの温度分布、ヒストグラムの表示を速度の変更などを行っていく。

6. まとめ

- ・FPCCD検出器はILCにおける崩壊点検出器の正式なオプションとして採用されている。
- ・高い位置分解能、ビームトレイン間隔で読み出すためにノイズの影響が無いなどのメリット
- ・ $6\mu\text{m} \times 6\mu\text{m}$ のCCDからの信号読み出しの際、基板上においてノイズが発生
- ・ノイズの除去、およびビームテストに向けてDAQプログラムを行っていく