

SOI Pixel 検出器を用いた 電子線飛跡再構成実験

東北大学素粒子実験研究室

修士課程1年

葛山 浩教

10月12日

モチベーション

Belle2 実験では崩壊点検出器にpixel検出器を採用

ベースラインはDEPFET pixel検出器

オプションとしてSOI検出器開発も奨励

Belle2実験のセカンドアップグレードで導入を目指す。

本研究では飛跡再構成試験を行い、
実用化に向けた足がかりとする。

SOI pixel検出器について

一つのSOI waferに回路とセンサーを形成

→ 一体型検出器

SOI検出器の利点

bump bonding が不要

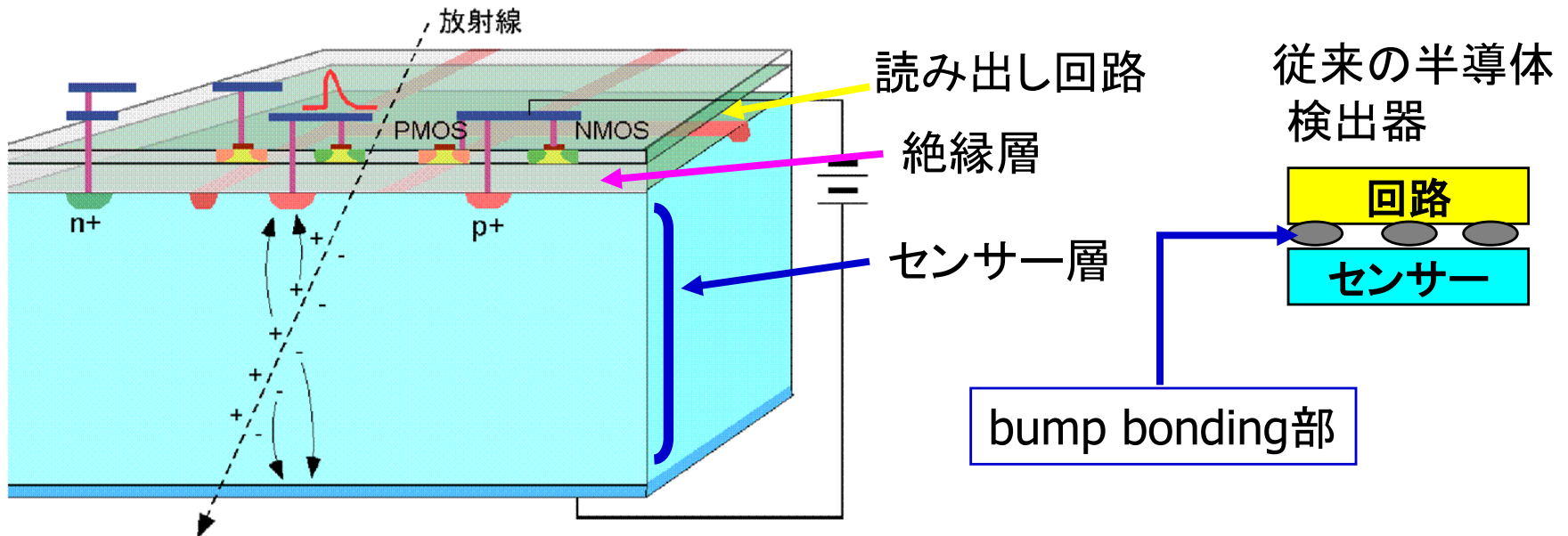
→ 回路の高集積化

→ 低物質量化

→ 低消費電力

SOI CMOS

→ 寄生容量の低下



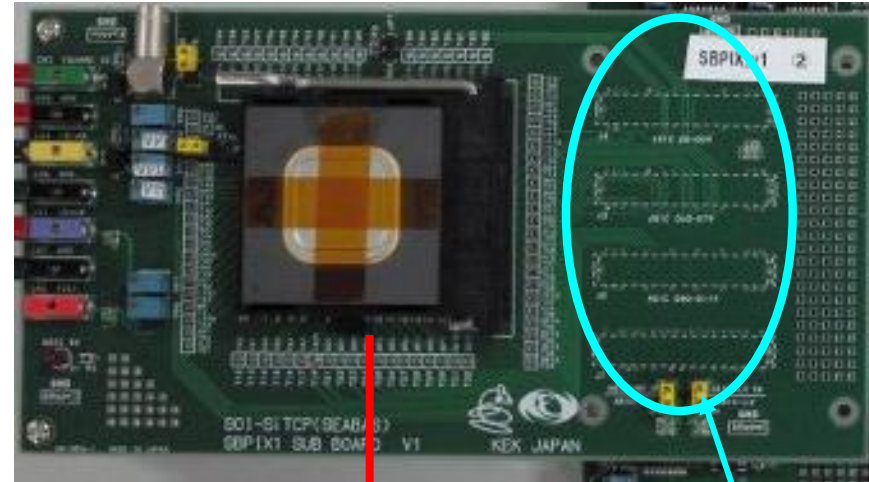
今回は積分型のINTPIX3bと計数型のCNTPIX4を使用

INTPIX3bとは

積分型SOI検出器

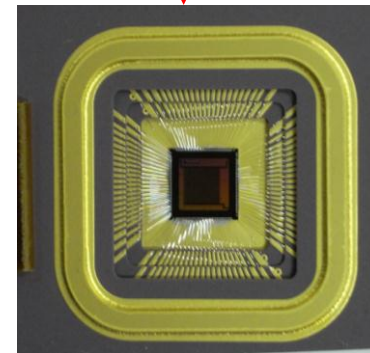
- ・X線用 pixel検出器
- ・一定時間に入ったシグナルのエネルギーをADC値として出力

ピクセルサイズ: 20um*20um
ピクセル数: 128*128ピクセル



サブボード

接続部



INTPIX3b

ビームの詳細情報を得て性能評価につなげるため使用。

CNTPIX4とは

計数型SOI検出器

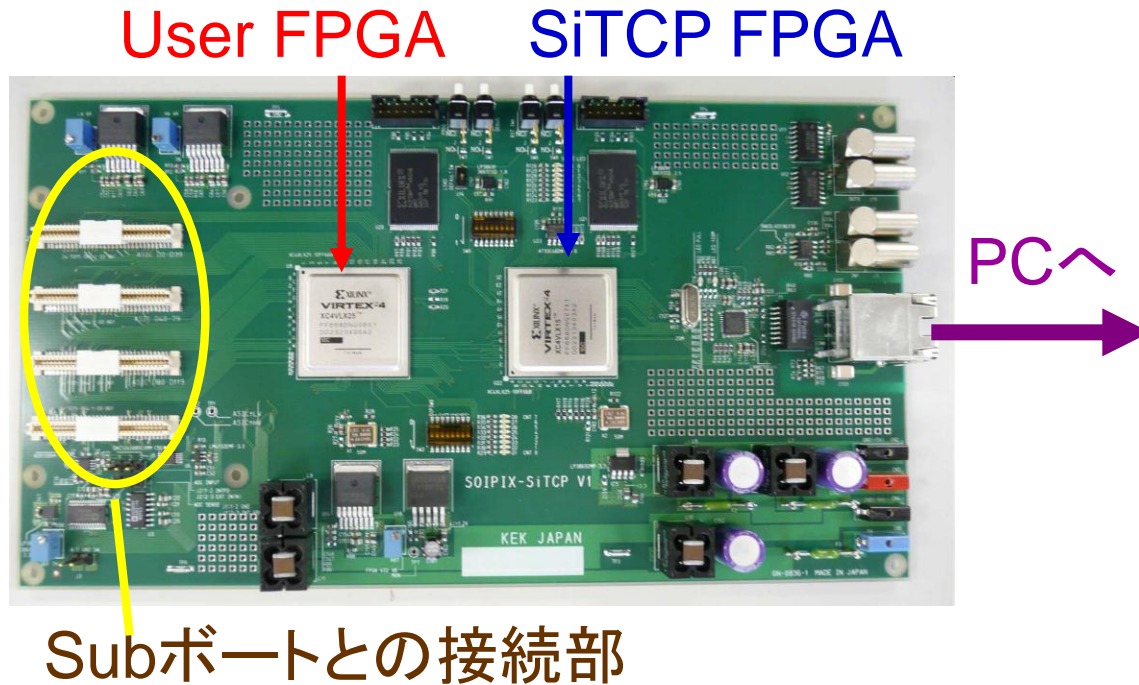
- ・X線用pixel検出器
- ・エネルギーの閾値が上下で設定でき、任意のエネルギー範囲でのフォトンの計数測定に用いる

チップサイズ: 5.0mm*15.4mm

ピクセル数: 72*216ピクセル

1ピクセルの大きさ: 64um*64um

読み出しボード (SEABAS)



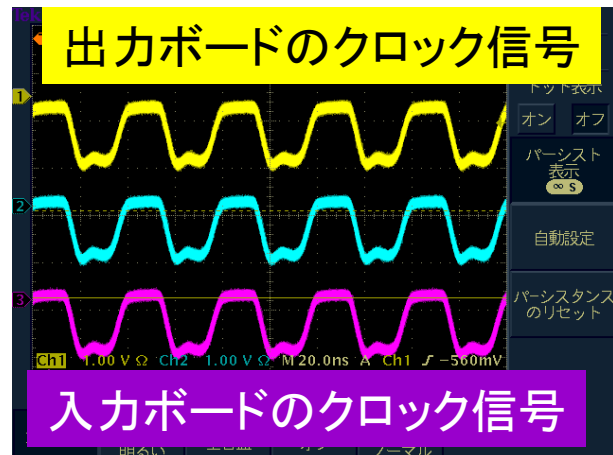
SEABASとsubボード(チップ)は1対1に対応

各ボードが同時にイベントを採取するには同期が必要

ボード間同期

- クロック同期

一台のボードからクロック信号を出力し、各ボードに分配する。



- 周期リセット(及び積分時間)の同期

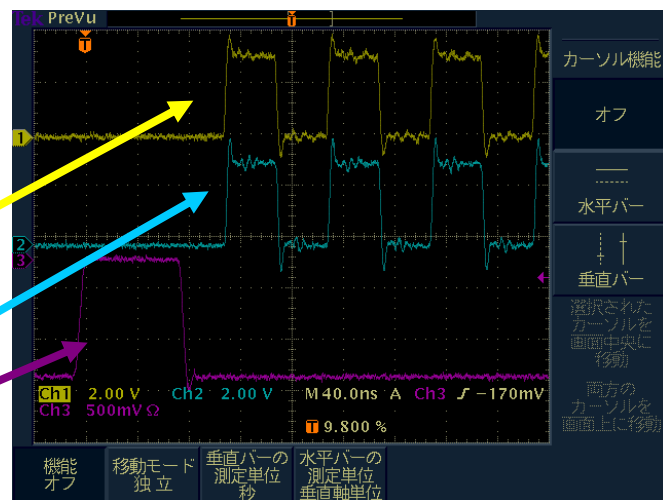
信号は25MHz

DAQスタート時に各ボードにシステムリセット信号を送ることで同期

SEABAS1の周期リセット

SEABAS2の周期リセット

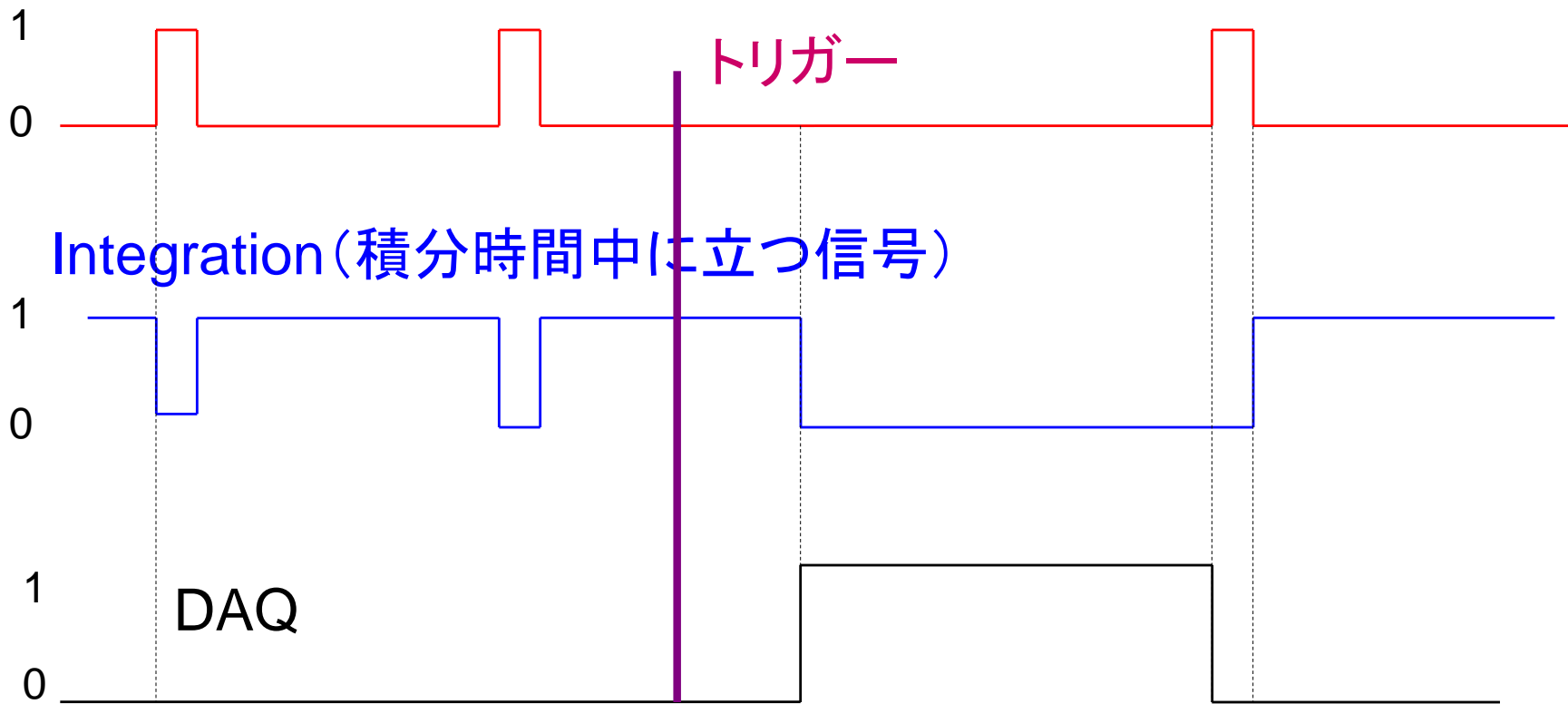
システムリセット



DAQロジック従来型（非同期）

周期リセット

横軸：時間

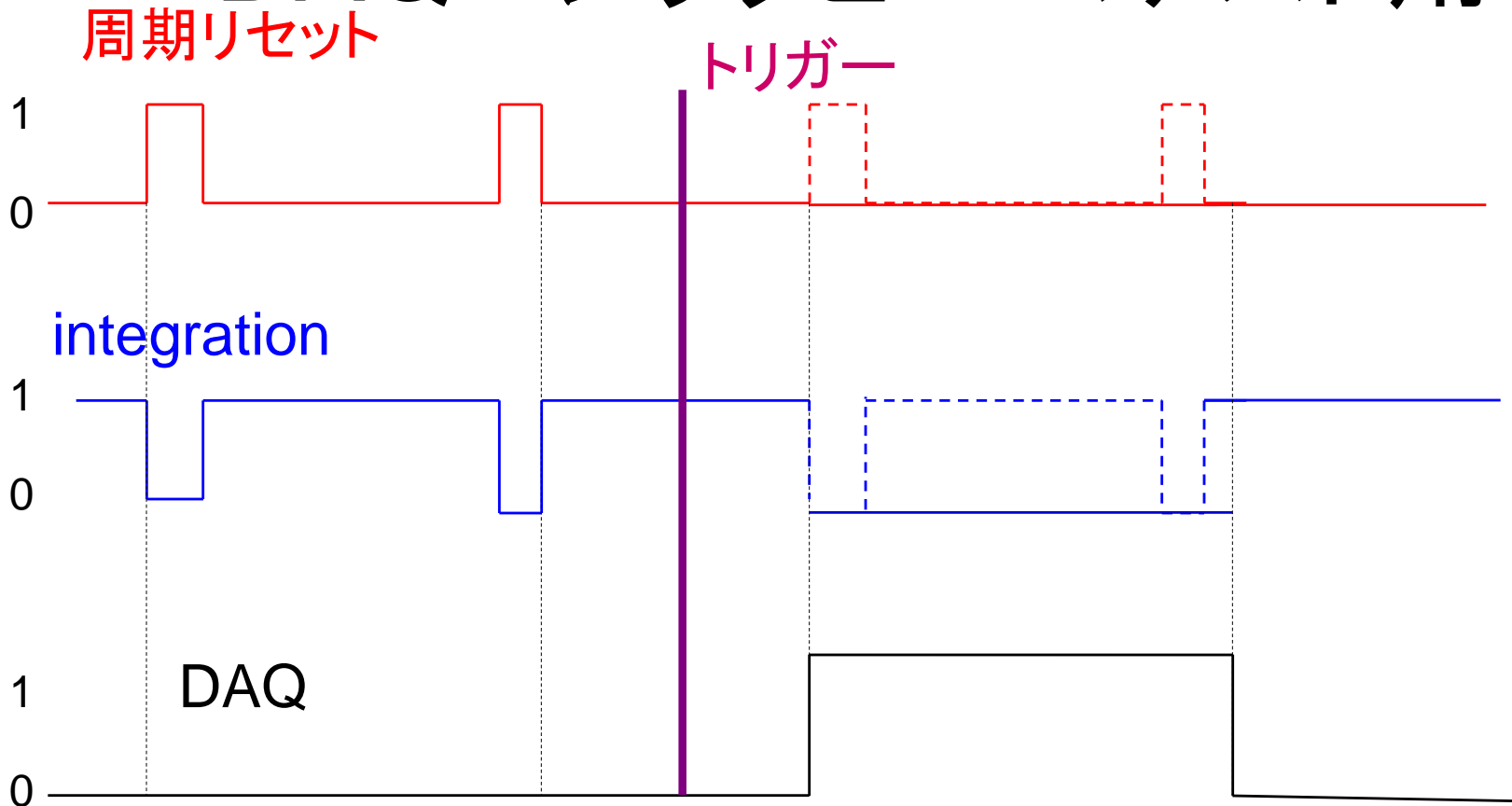


DAQ中は止める

RSTとintegrationのタイミングがDAQに依存

DAQはPCとのデータ通信に依存するのでこのままでは同期は難しい

DAQロジックビームテスト用



常に行っているがDAQのときだけ例外的に0としている

RSTの周期がDAQに依存せず、

常に同一周期でカウンターを回すことができる

ビームテストの概要

実験場所：東北大学電子光物理学研究センター（旧核理研）

日程：9月29日－10月1日（ビームタイム：36時間）

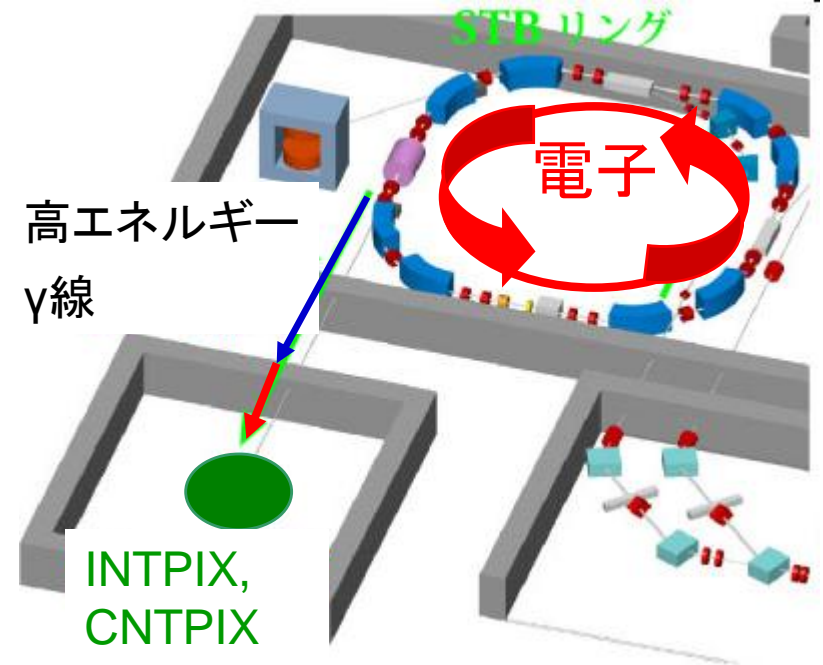
ビーム粒子：672MeVの陽電子

コラボレーター：KEK、大阪大、総研大、筑波大、東北大

主に使用したSOI検出器：INTPIX3b(3枚)、CNTPIX4(2枚)

電子ビームについて

1. 電子加速により γ 線が発生
2. γ 線を標的に当て
電子陽電子ペアを生成

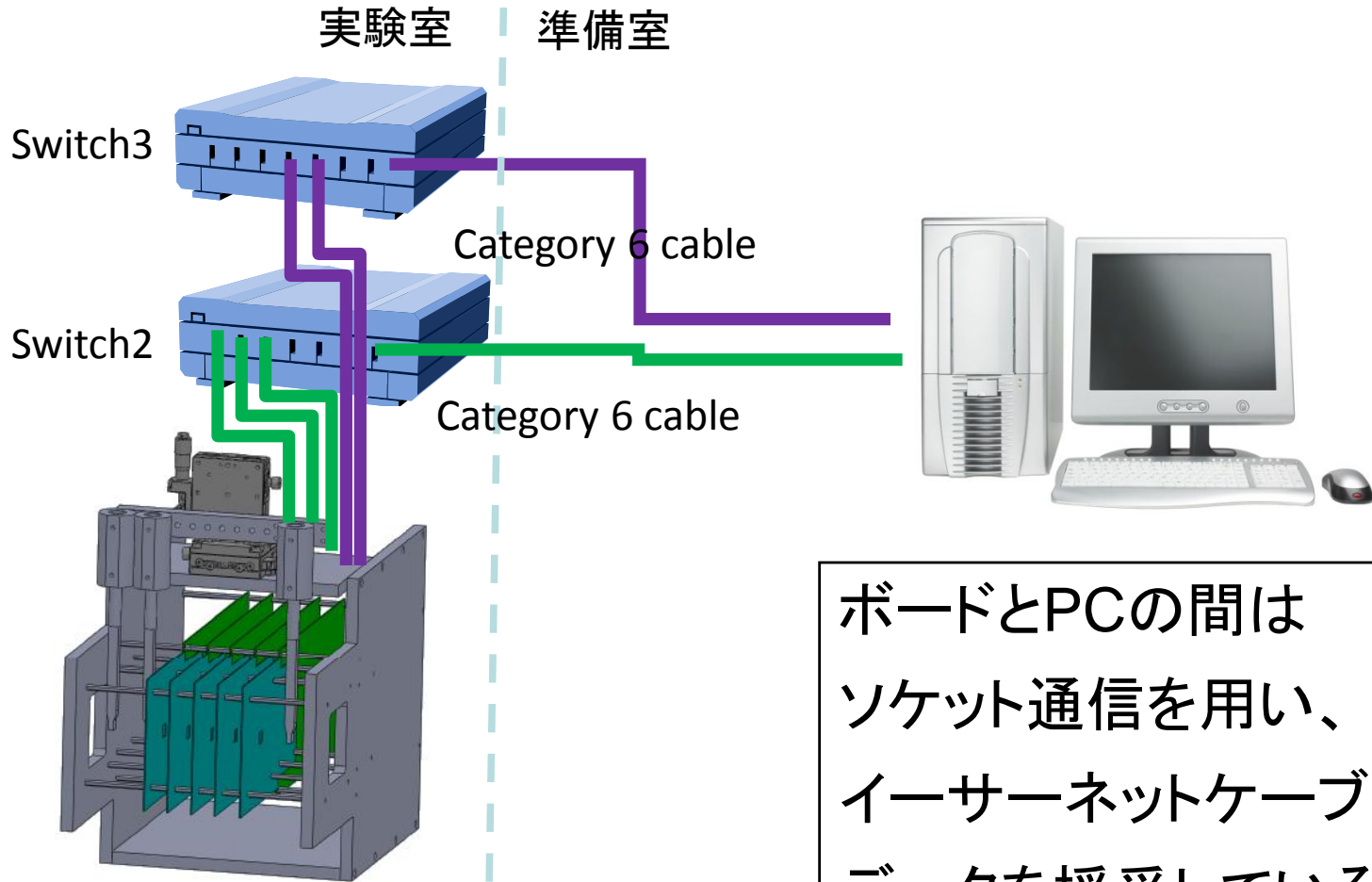


今回のビームテストのビームパラメータ

ビームエネルギー: 672MeV

ビーム強度: 4kHz(5cm*5cm)

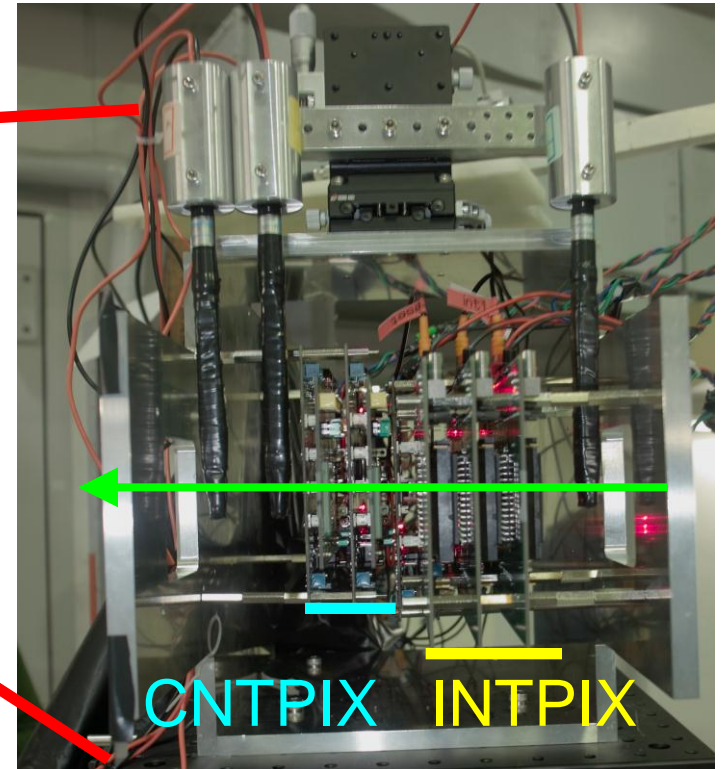
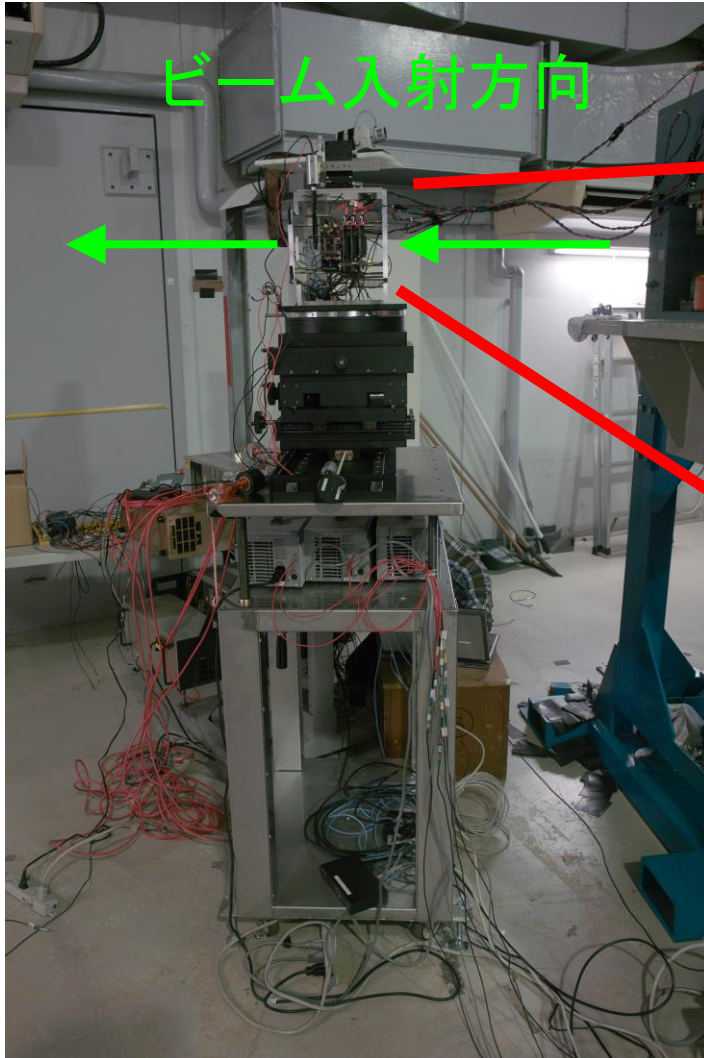
ネットワーク図



ボードとPCの間は
ソケット通信を用い、
イーサネットケーブルで
データを授受している。

全てのボードをPC一台で操作が可能

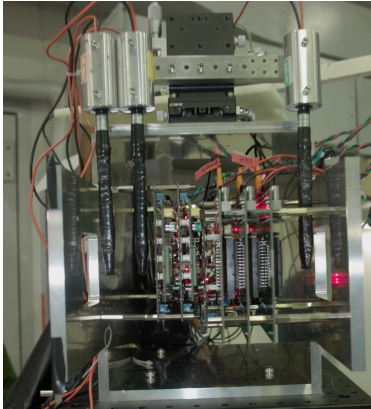
セットアップ(ボード編)



ボードの前後には
トリガー用シンチを設置

セットアップ(全体)

実験室



電源

測定室

イーサネットケーブル
(runの終始とDAQ)

BNCケーブル
(システムリセット信号)

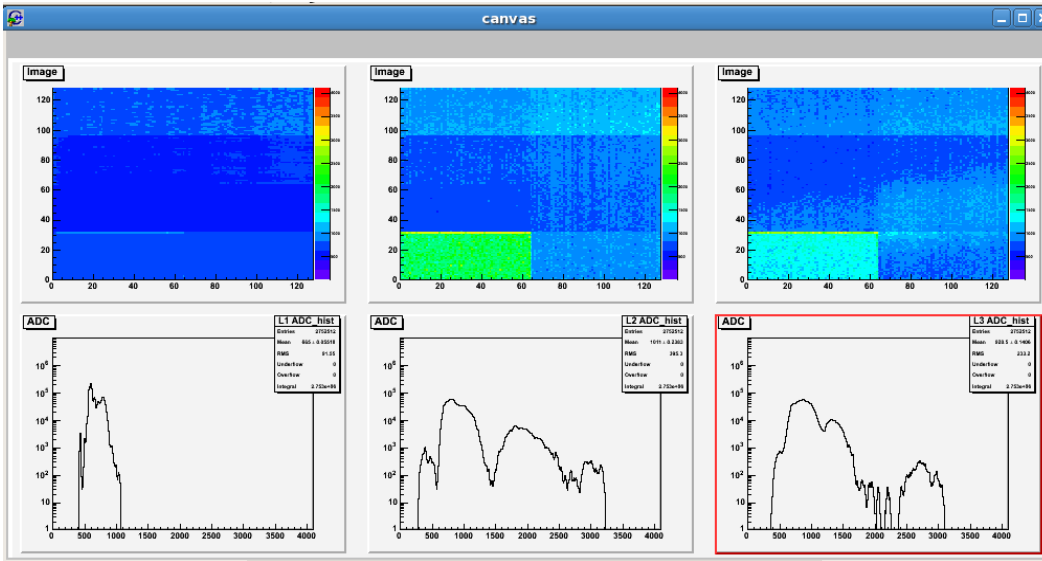
BNCケーブル
(電源のON,OFF)



操作基板

ボード及び電源のON,OFFは全て遠隔操作で測定室から操作可能

取得イベントについて



INTPIXのオンラインモニタ

ADC値の二次元ヒストグラム
(チップ情報)

ADC値の一次元ヒストグラム
(各チップのイベントの積算)

取得イベント数: 5000/run

各イベントのRaw data はオンラインで
左上図のように周期的にモニタリングができる。

raw dataにはヒット情報、ノイズ、ペDESTALが含まれている。

ペDESTAL解析

$$pedestal = \frac{1}{pednum} \sum_{n=1}^{pednum} x_n[i] = \overline{x[i]}$$

pednum: total event number

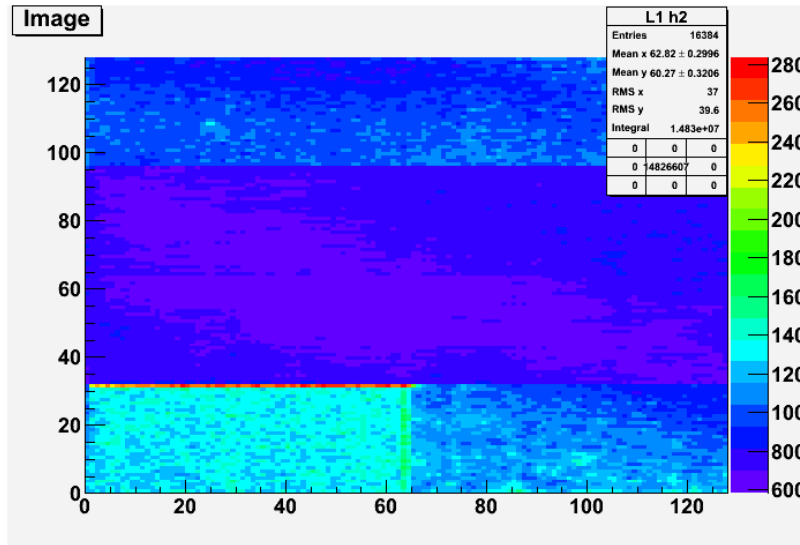
x[i] : one pixel ADC data

i : pixel number

n : event number

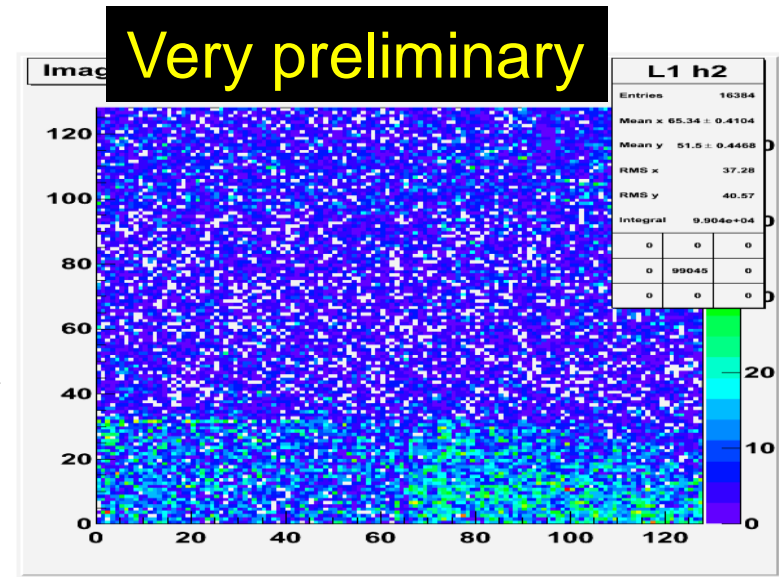
通常ペDESTALはevent runとは別にpedestal runを測定。
今回はevent runをpedestal runとしても利用

ペDESTALサブトラクション



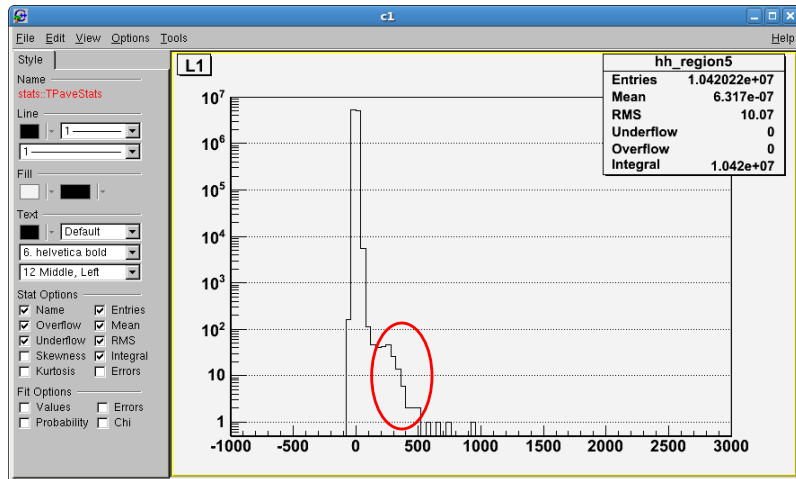
raw data

ペDESTALを引くと

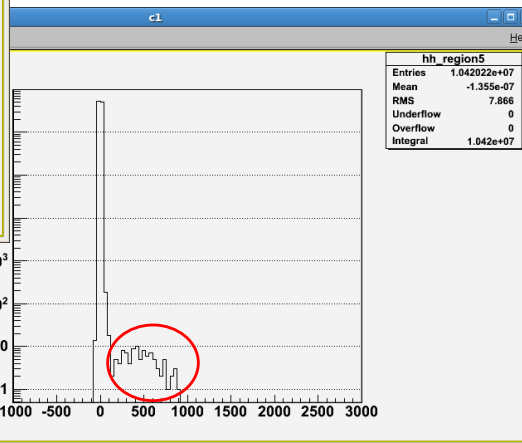


Rawデータ(左図)からペDESTALを引くことで右図のように各ピクセルの特性を消し、入力されたデータのみを見ることができる。

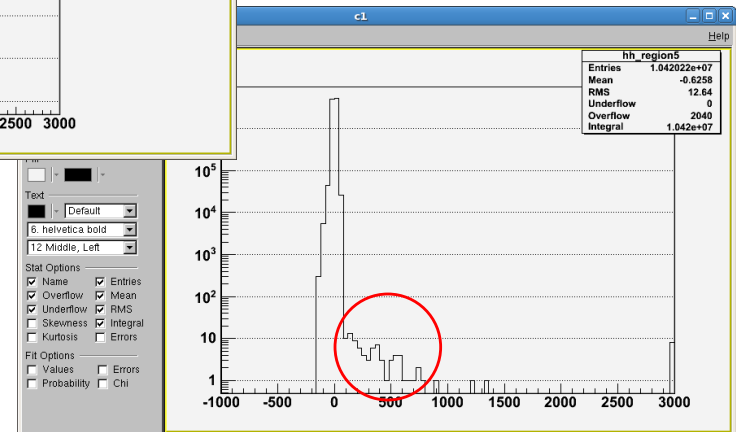
各レイヤーのヒストグラム



一層目



二層目



三層目

横軸: ADC
縦軸: 数

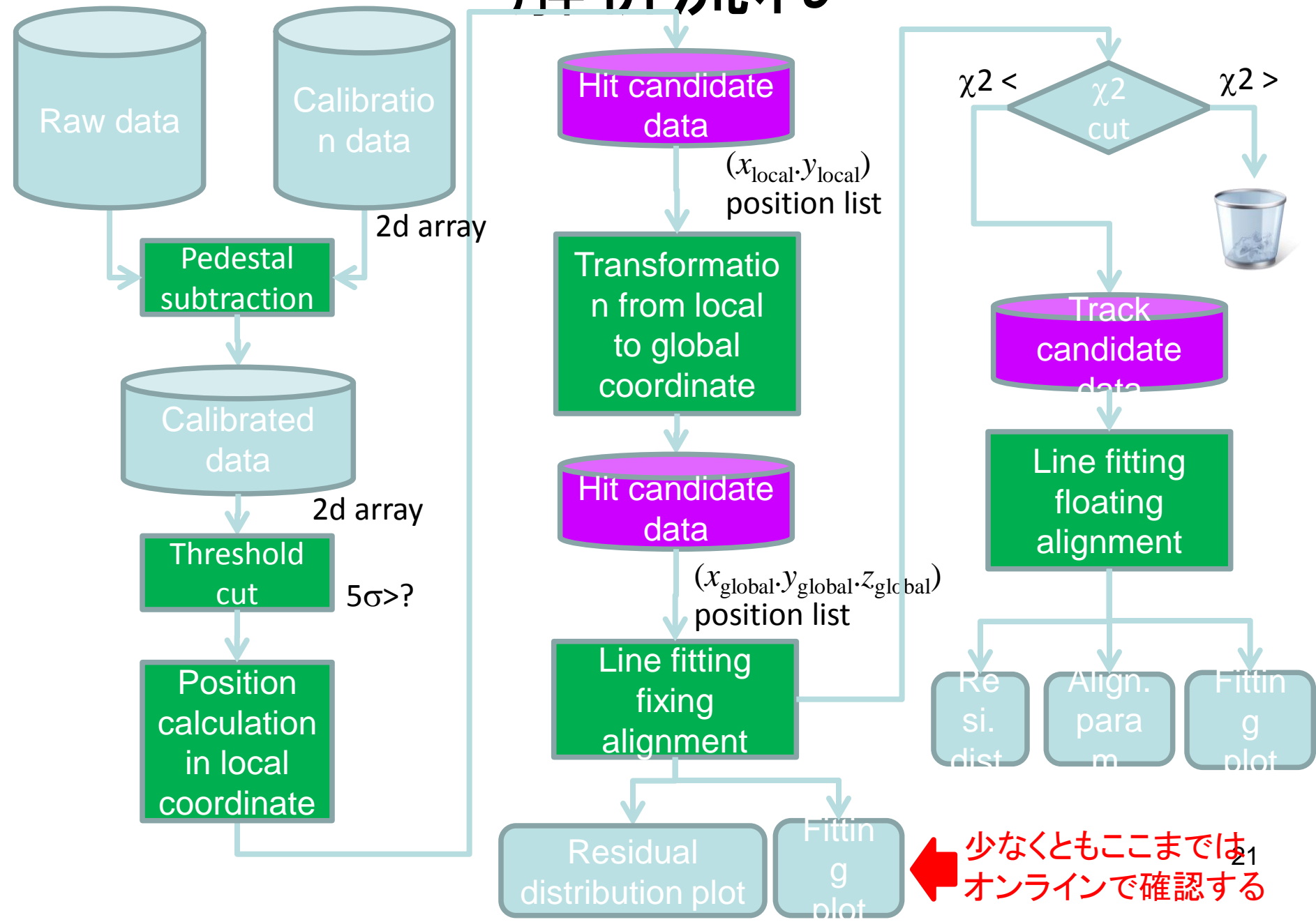
500付近にMIPの信号と思われる
ピークが見られる

まとめと今後

- Belle2実験に向けてSOI検出器の開発を進めています。
- 東北大学電子光物理学研究センターにてビームテストをおこないました。
- ビームテストに向けてボード間同期を行いました。
- MIPと思われる信号を確認しました。
- 今後より精密な解析を行い、各層のヒット点をつないでトラッキングを行います。

バックアップ

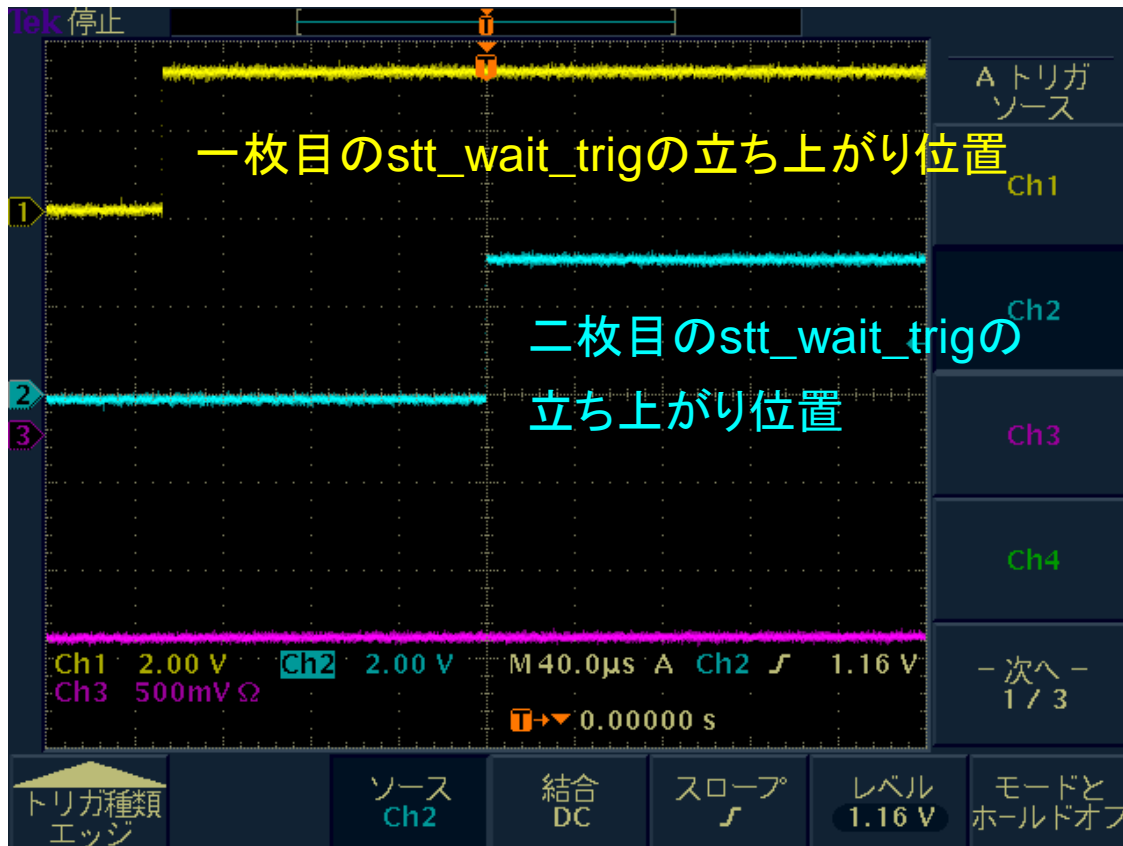
解析流れ



← 少なくともここまでは、²¹オンラインで確認する

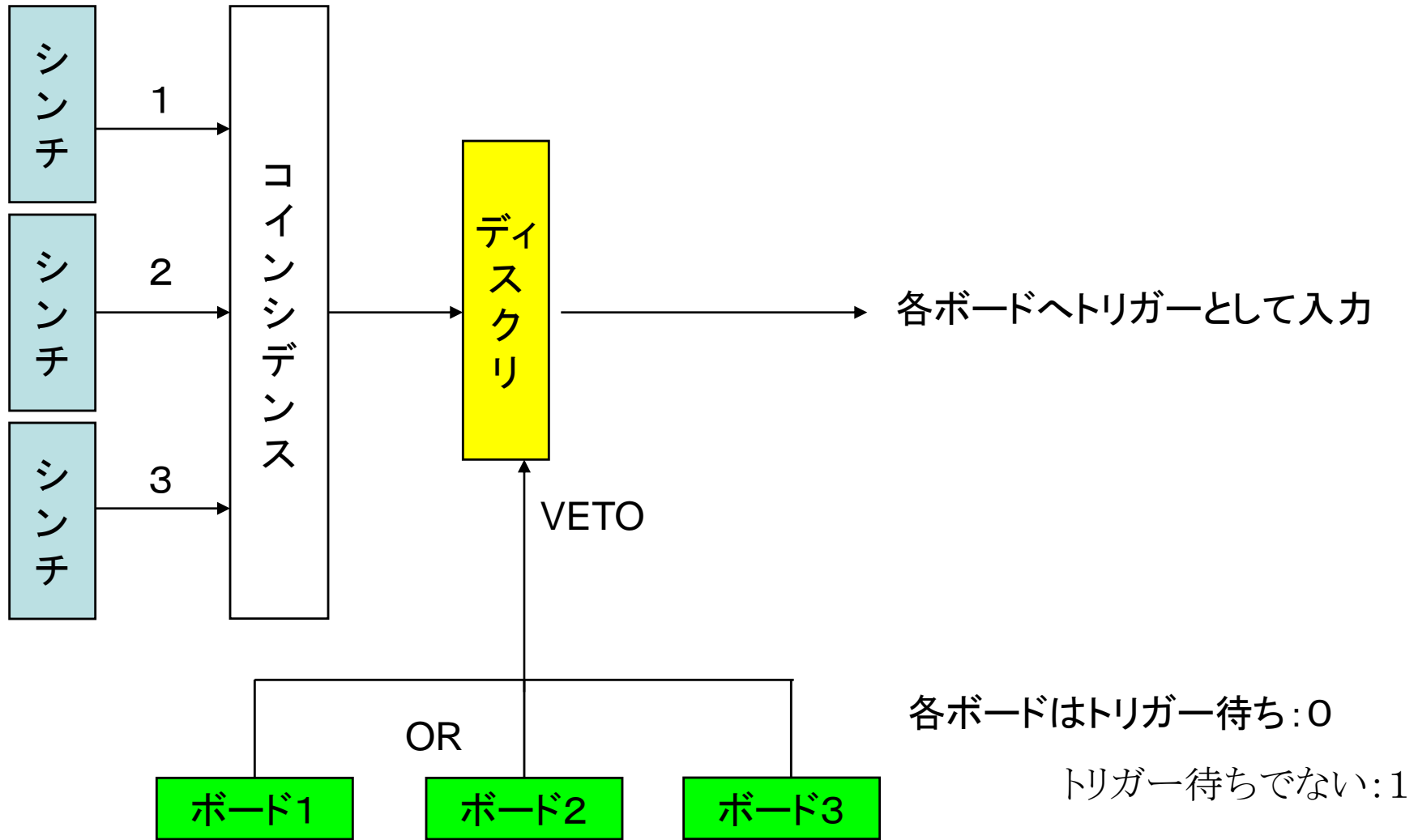
周期リセットの同期

DAQの終了とともに各ボードはトリガー待ち状態に入るが、DAQの終了は各ボードによって違う。



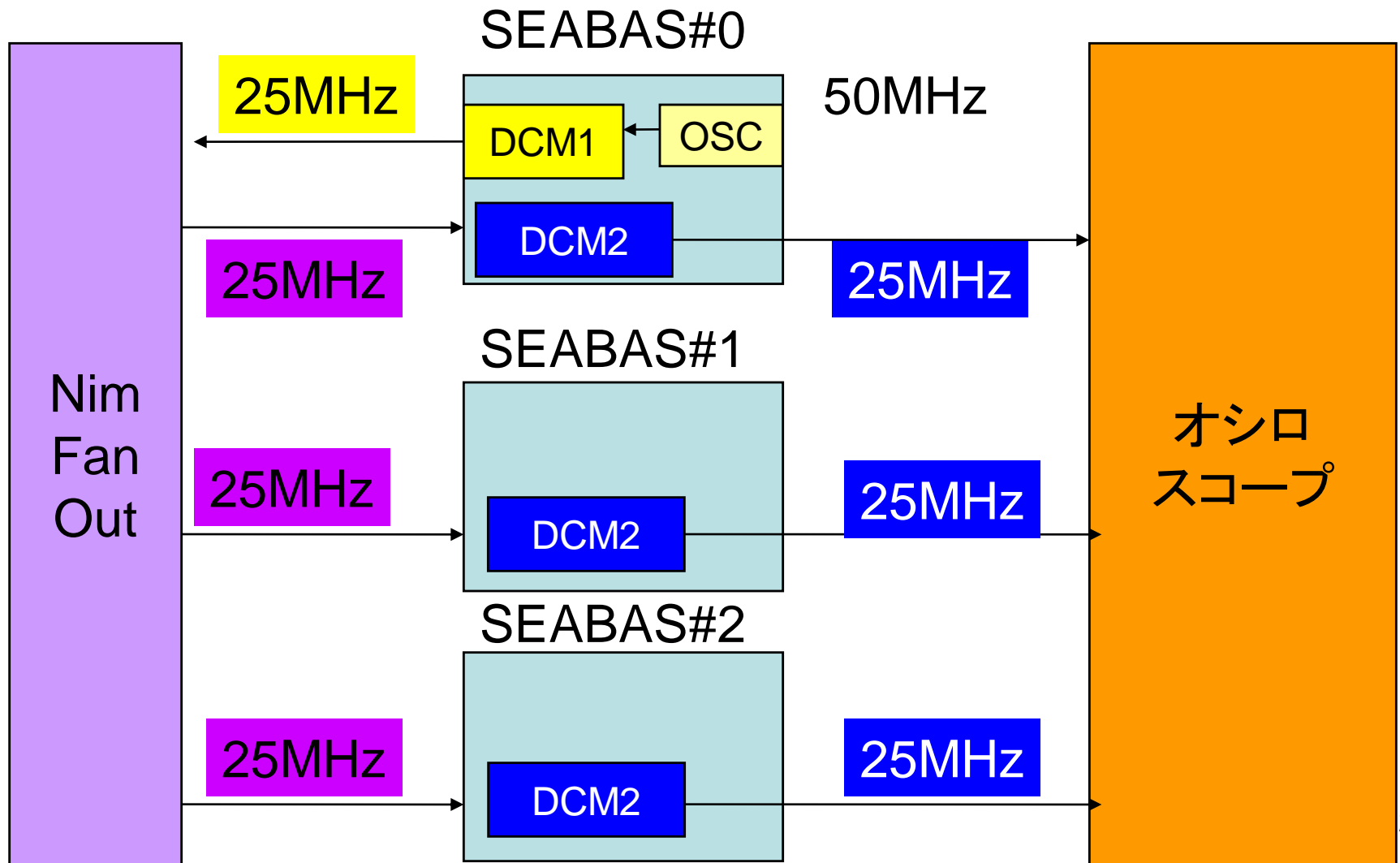
stt_wait_trig = 1 のとき
トリガー待ち状態になる。

トリガー入力用ロジック

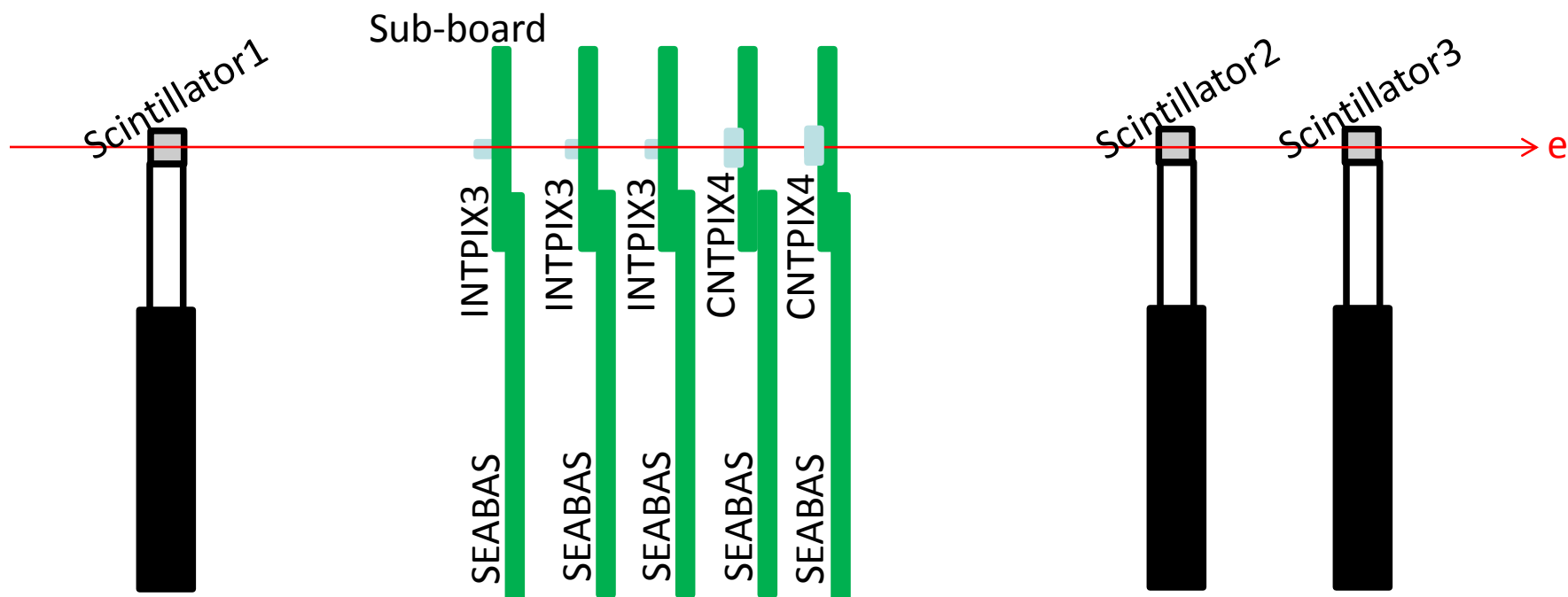


全てのボードがトリガー待ち状態になったときのみトリガーを出力する

クロック同期



イベント収集効率



シンチレータの面積 8mmx8mm

INTPIX の面積 (20um x128)x(20um x128)

面積比から最大で全イベント数の10%で電子線がチップにヒットしている。