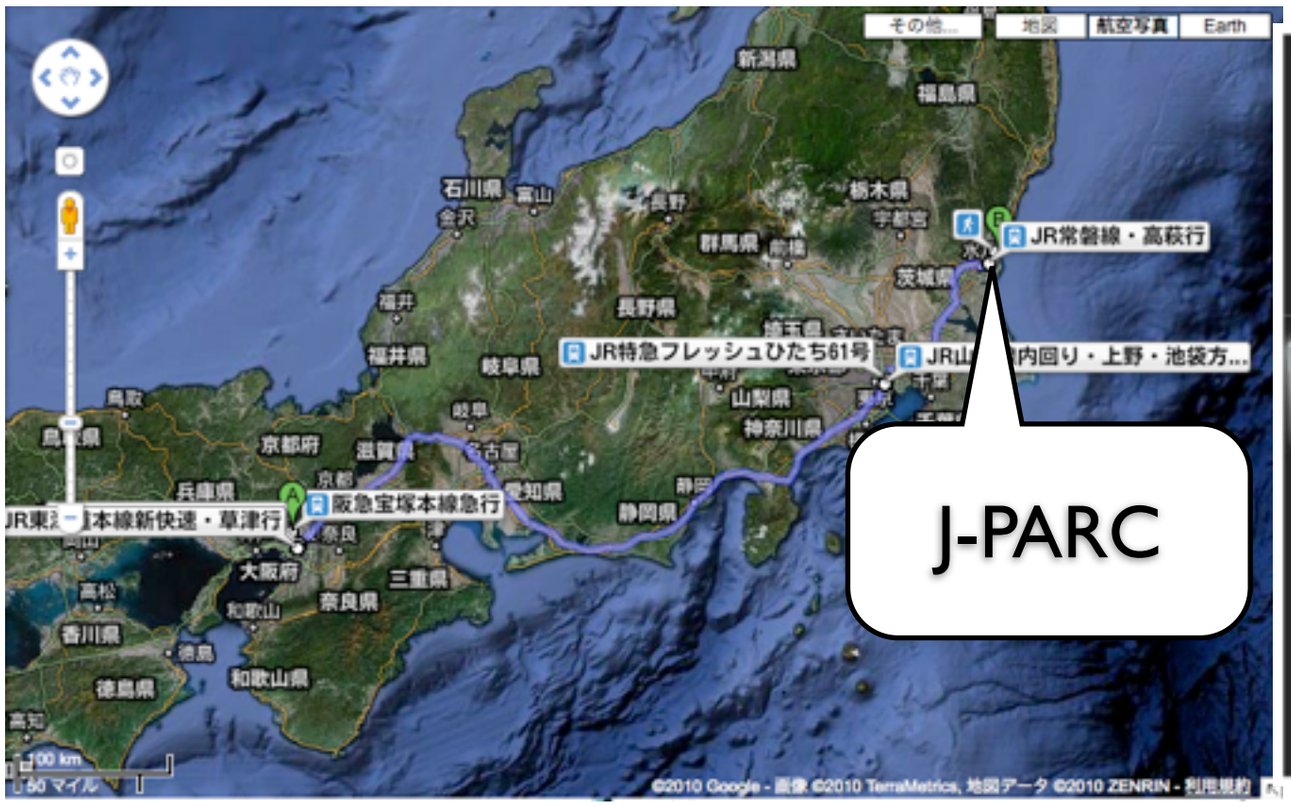
J-PARC KOTO実験のCsIカロリメータのキャリブレーションとモニタシステム

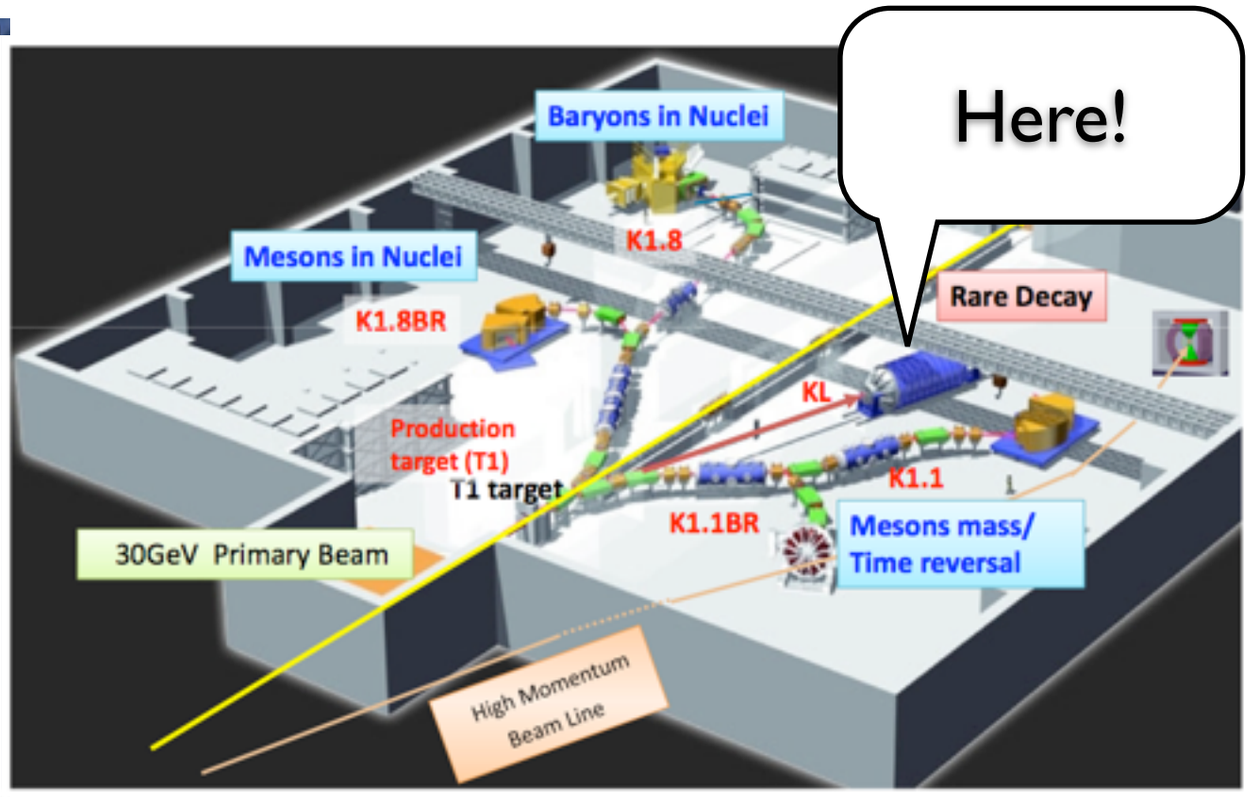
Lee Jong-won

KOTO Experiment@J-PARC

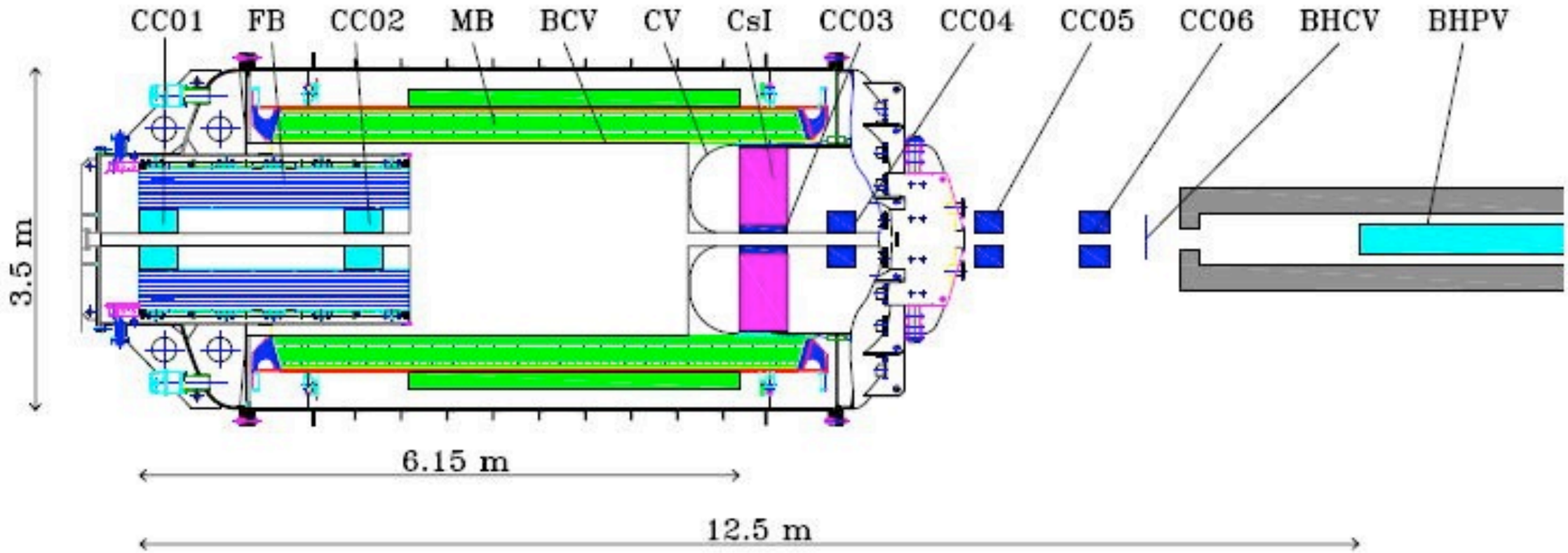
K中間子のCP-Violation崩壊モード
(KL→$\pi^0\nu\,\nu$)を用いた、K中間子系で
のCPV-factorηの大きさの測定

=>新たな物理の探索

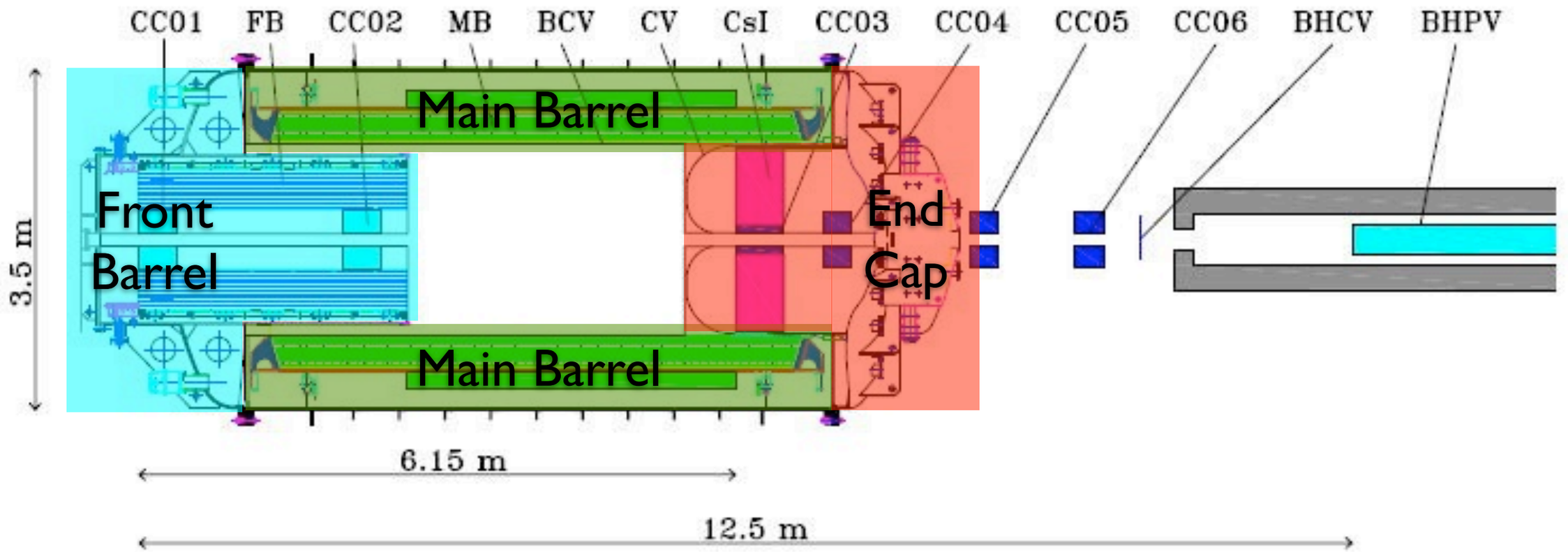




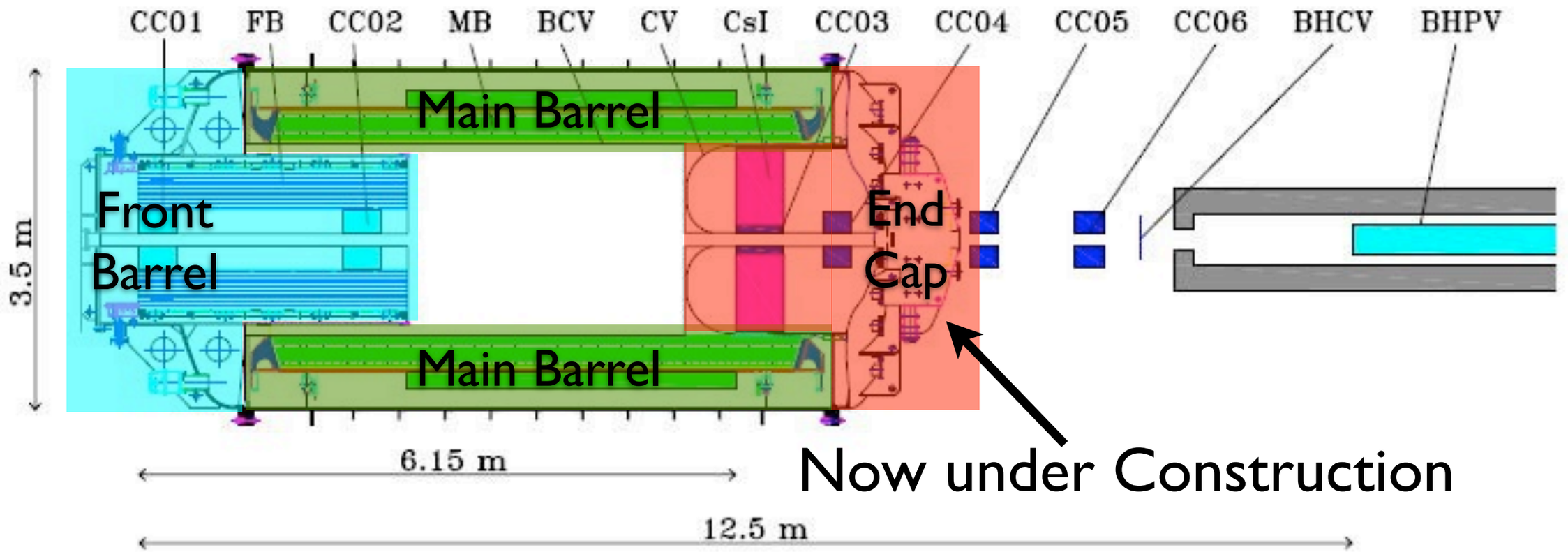
KOTO検出器


CC01
FB
CC02
MB
BCV
CV
CsI
CC03
CC04
CC05
CC06
BHCV
BHPV
3.5 m
6.15 m
12.5 m

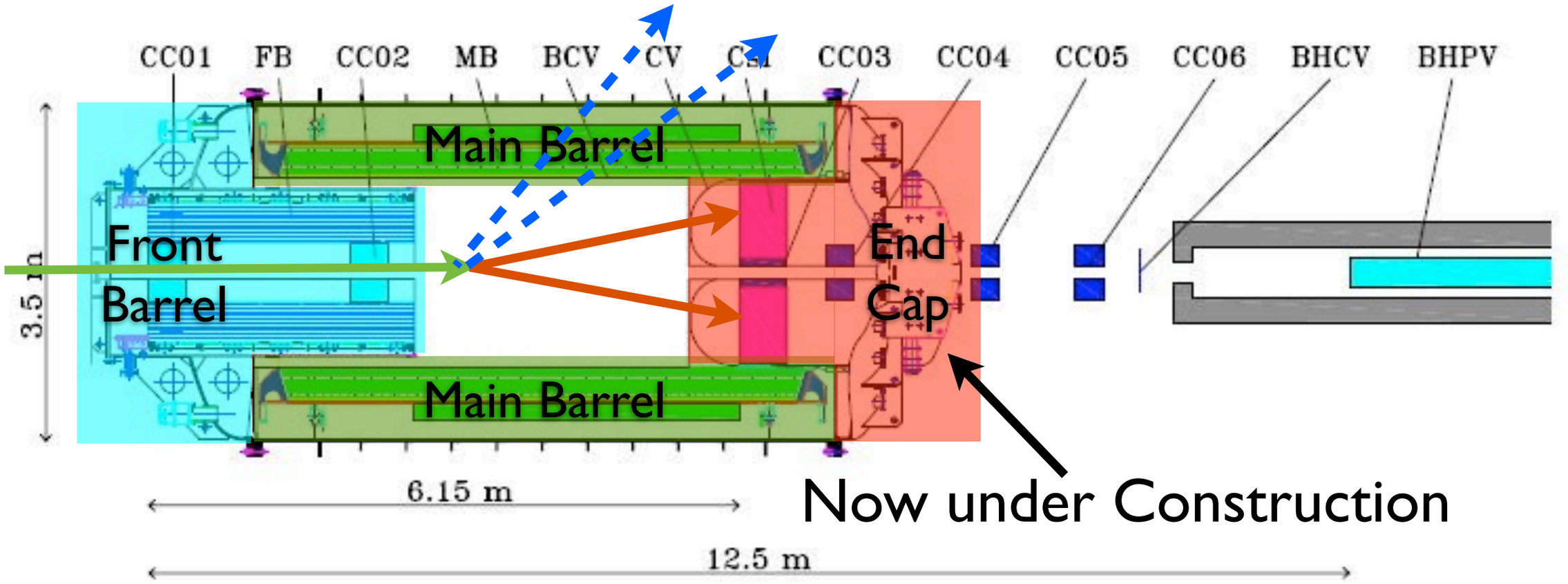
KOTO検出器


CC01
FB
CC02
MB
BCV
CV
CsI
CC03
CC04
CC05
CC06
BHCV
BHPV
Main Barrel
Front
Barrel
End
Cap
Main Barrel
3.5 m
6.15 m
12.5 m

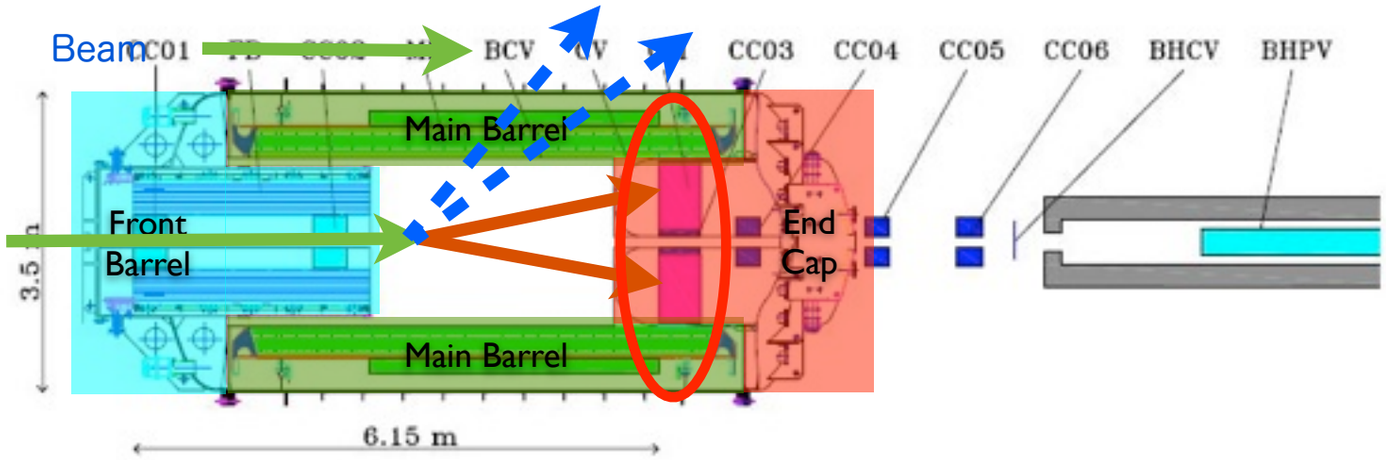
KOTO検出器

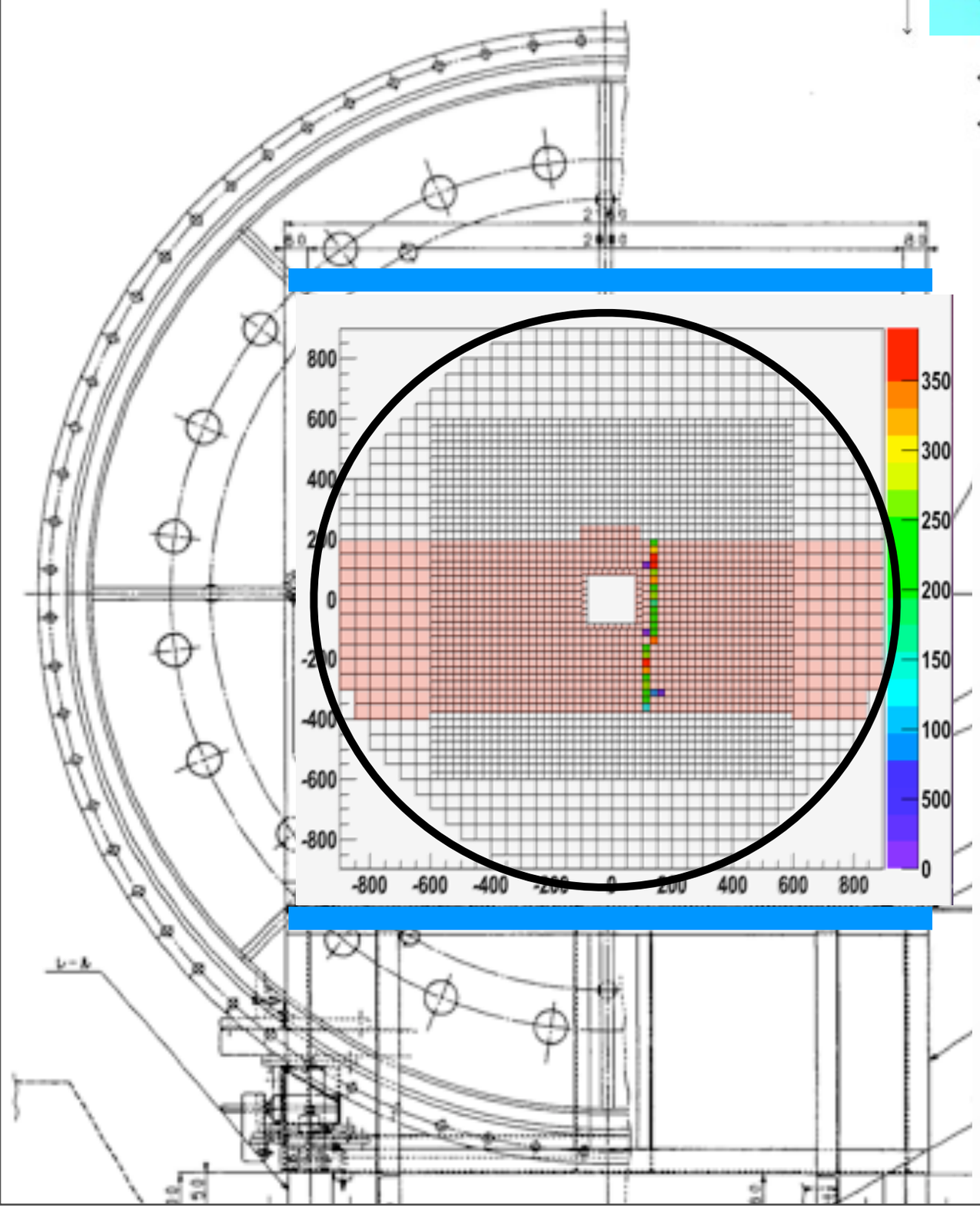

CC01
FB
CC02
MB
BCV
CV
CsI
CC03
CC04
CC05
CC06
BHCV
BHPV
Main Barrel
Front
Barrel
End
Cap
Main Barrel
3.5 m
6.15 m
12.5 m
Now under Construction

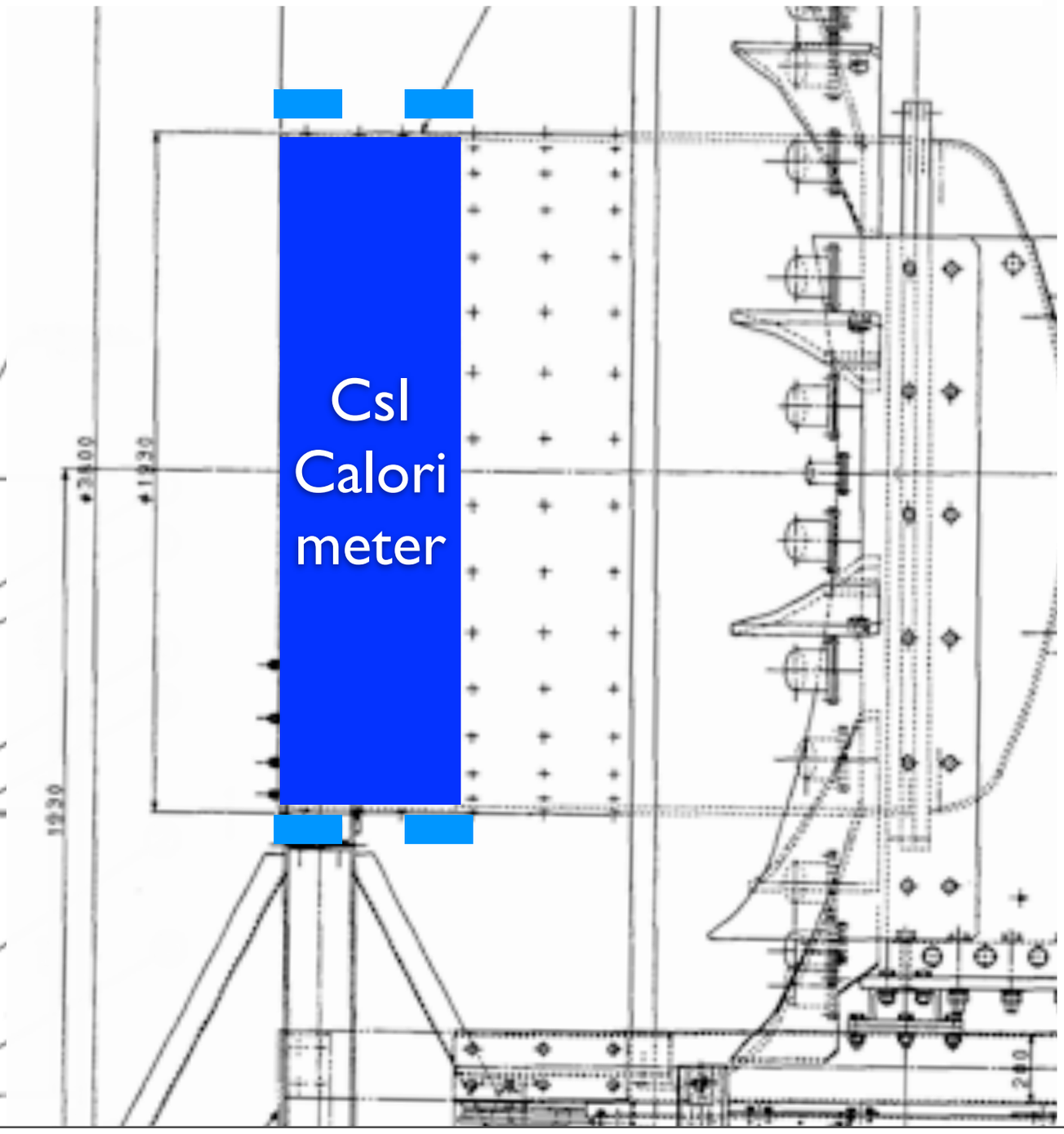
KOTO検出器


CC01
FB
CC02
MB
BCV
CV
CC03
CC04
CC05
CC06
BHCV
BHPV
Main Barrel
Front
Barrel
End
Cap
Main Barrel
3.5 m
6.15 m
12.5 m
Now under Construction

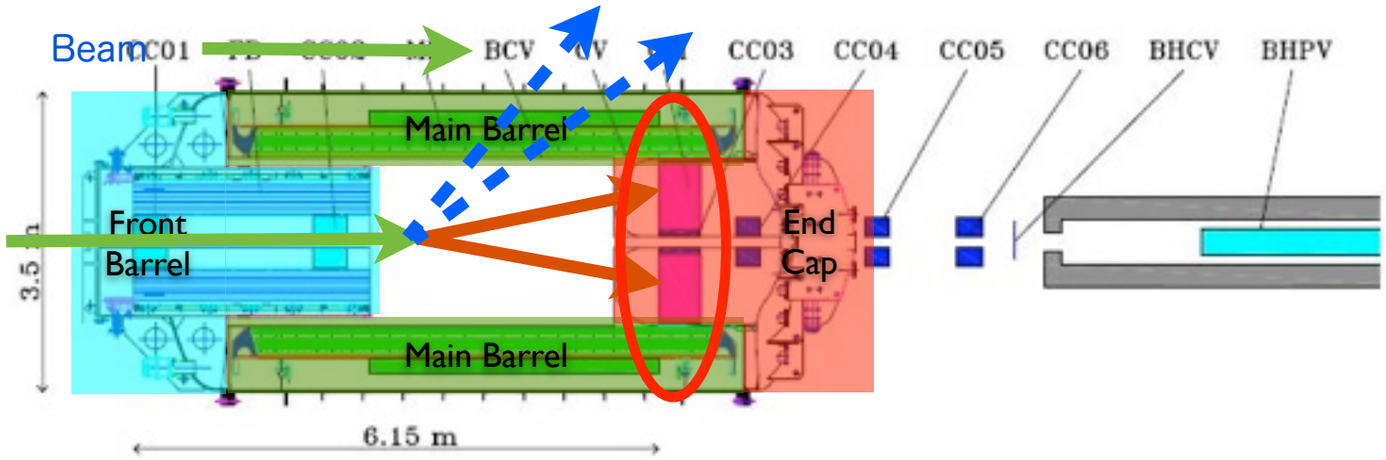
CsI Calorimeter

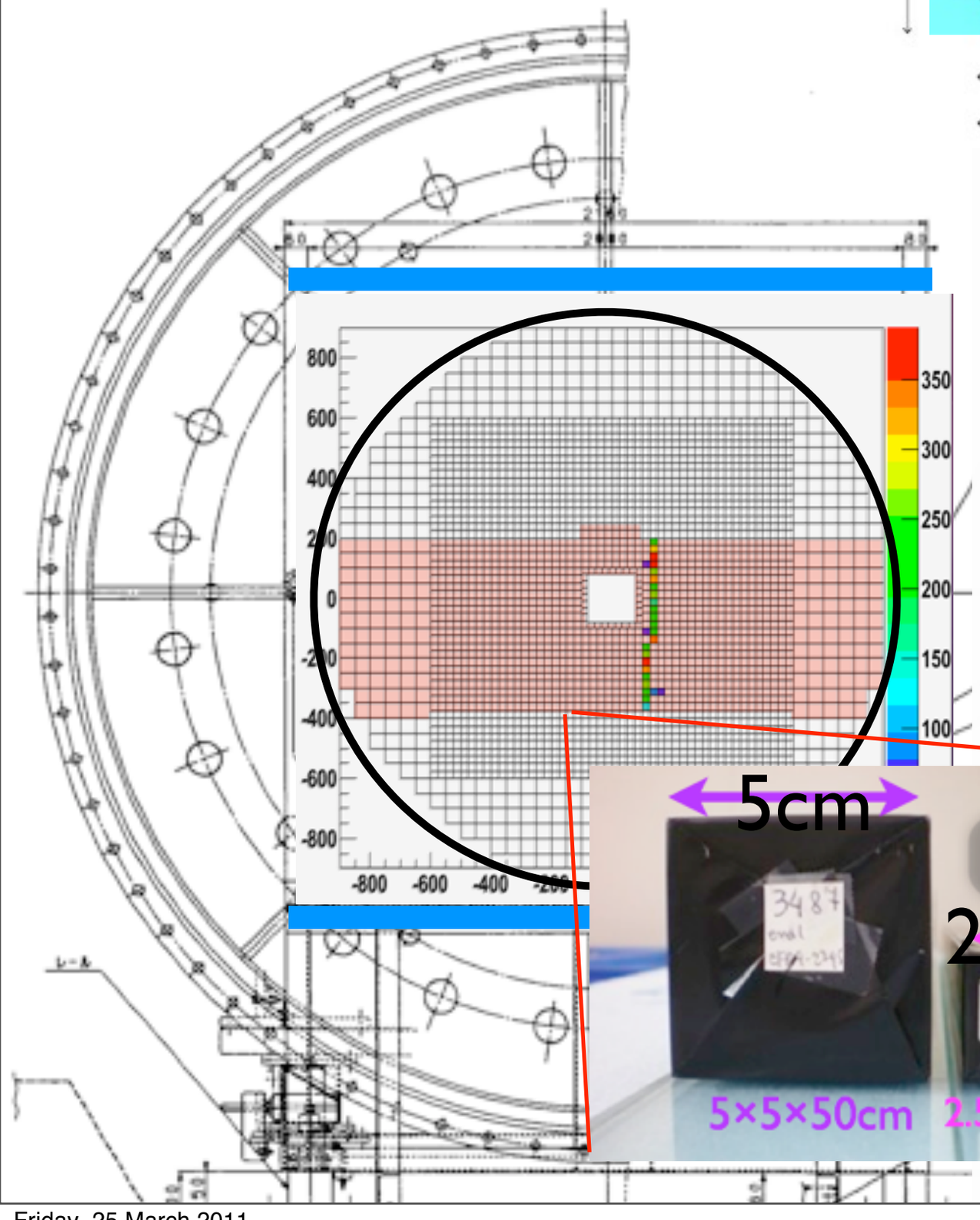


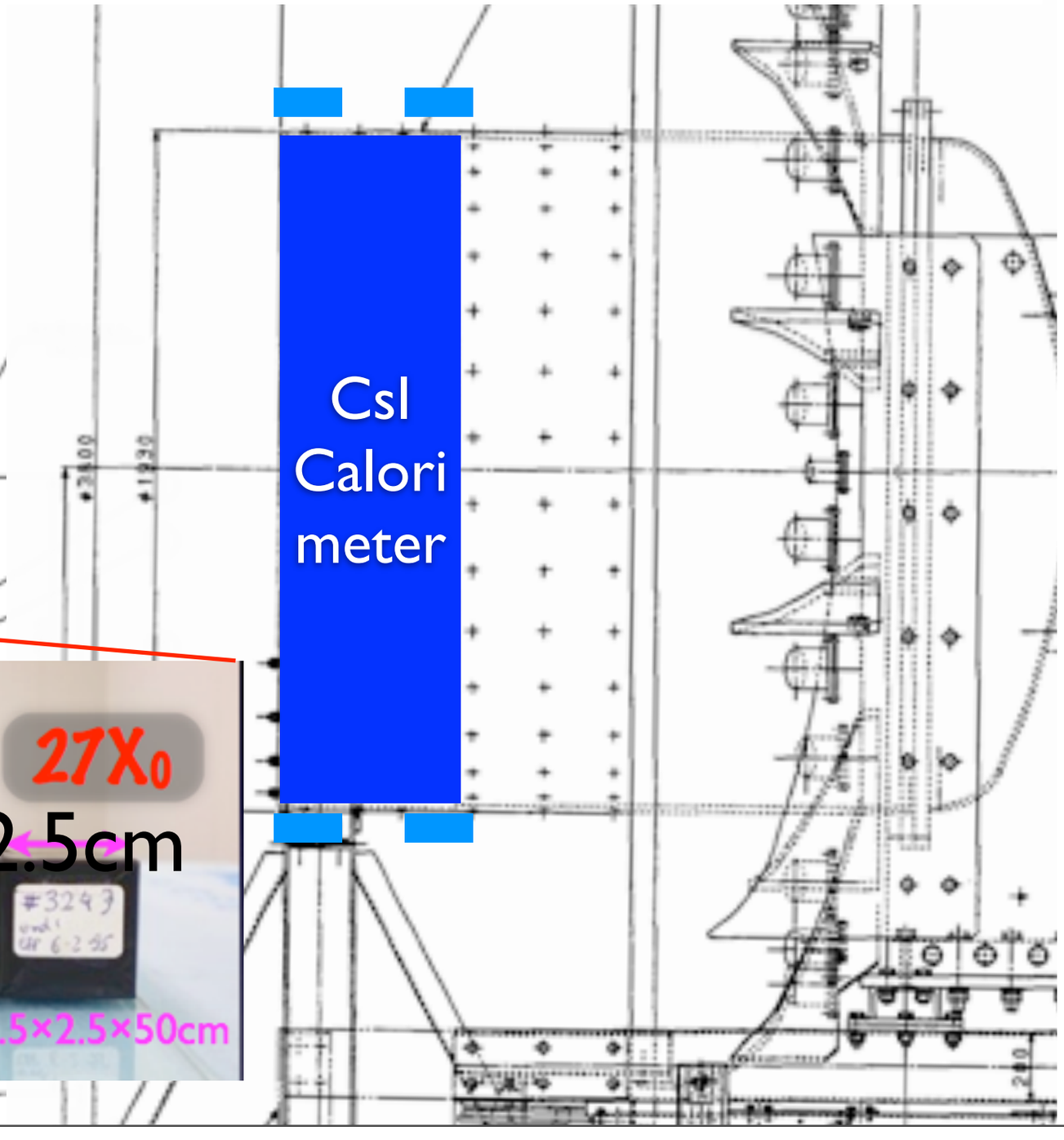




CsI Calorimeter



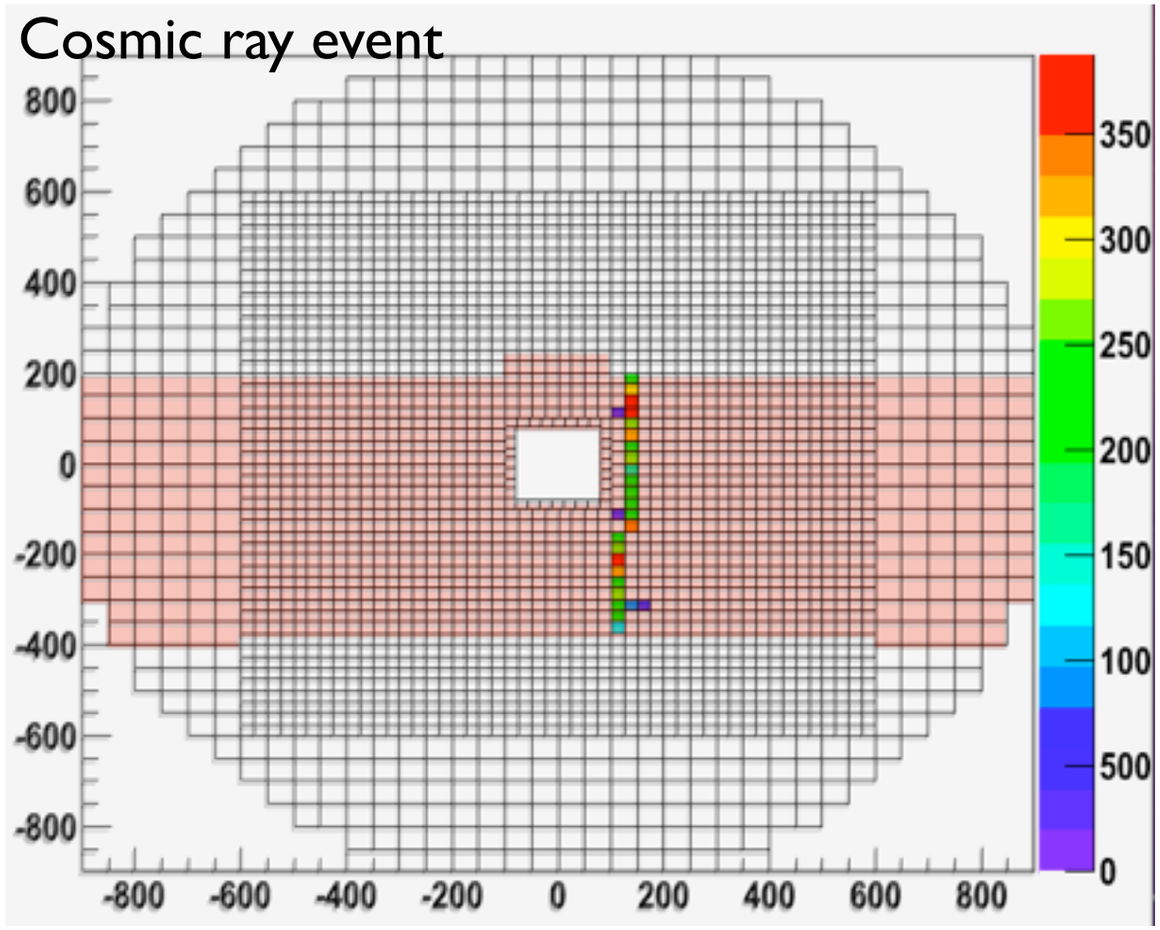


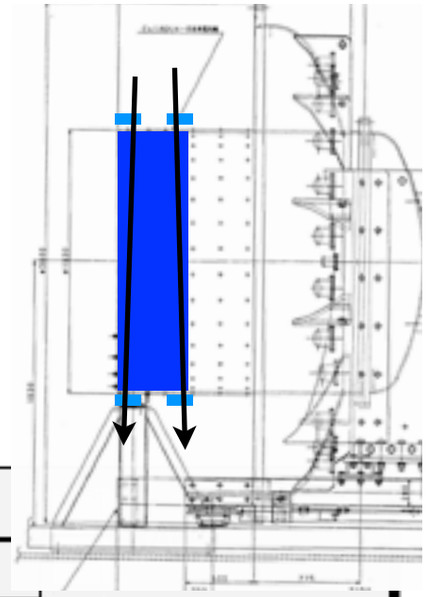


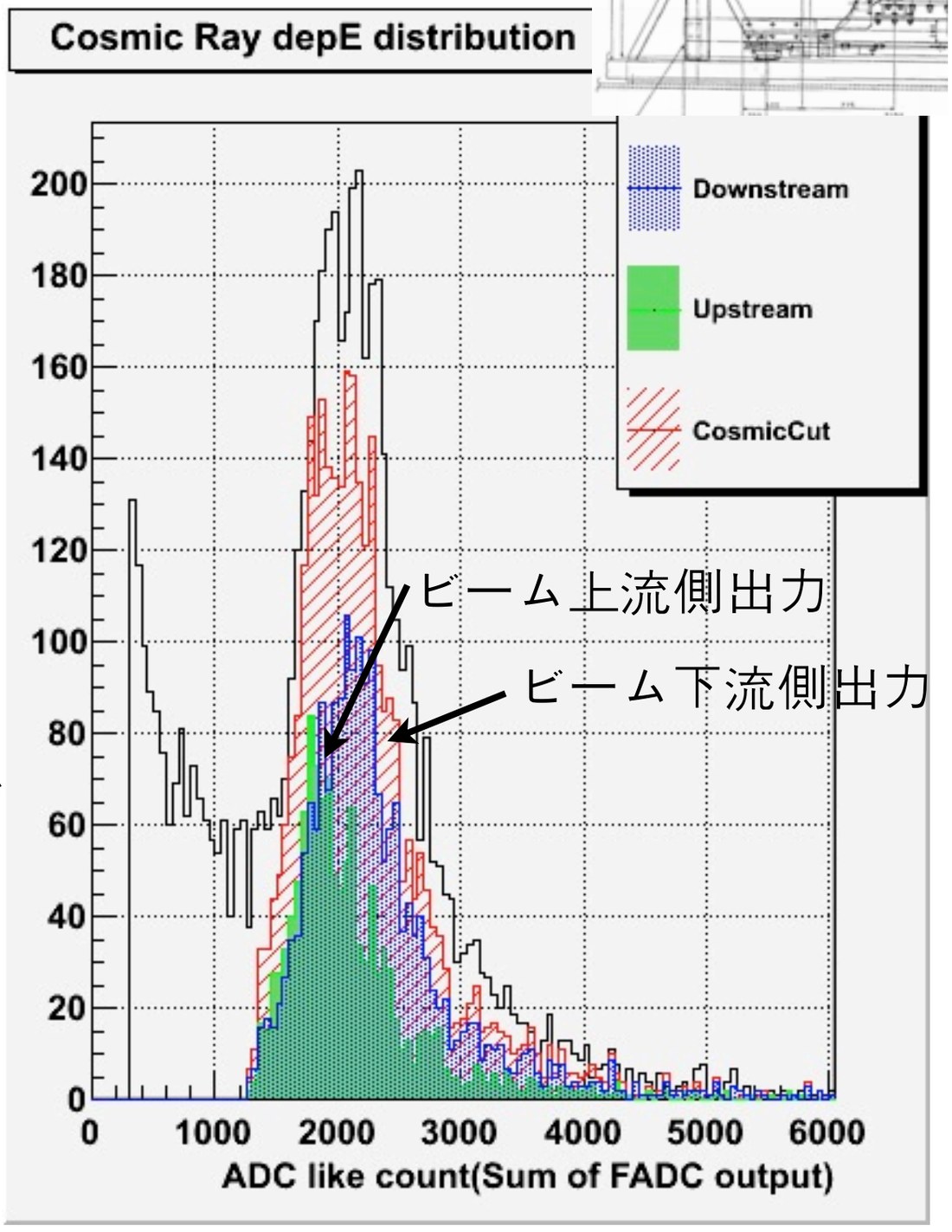
CsI Calorimeter の Calibration

	宇宙線	アルミ ターゲット(π^0)	KL→3π^0
イベント数	少ない(1Hz)	多い	多い
時間	いつでも	ビームタイム中	ビームタイム中
方法	トリガーシンチを用いた貫通宇宙線イベントの測定	ビーム軸上にアルミ板を置き、ビームとアルミ板(位置確定)の反応時生成するπ^0イベントの再構成	3π^0イベントのπ^0の崩壊ポイントの再構成
利点	いつでも取れる。 Uniformity 測定可能	正確なキャリブレーション(ビームタイムを削る)	ビームタイム中別途のセットアップなしに取れる。

Calibration with Cosmic Event





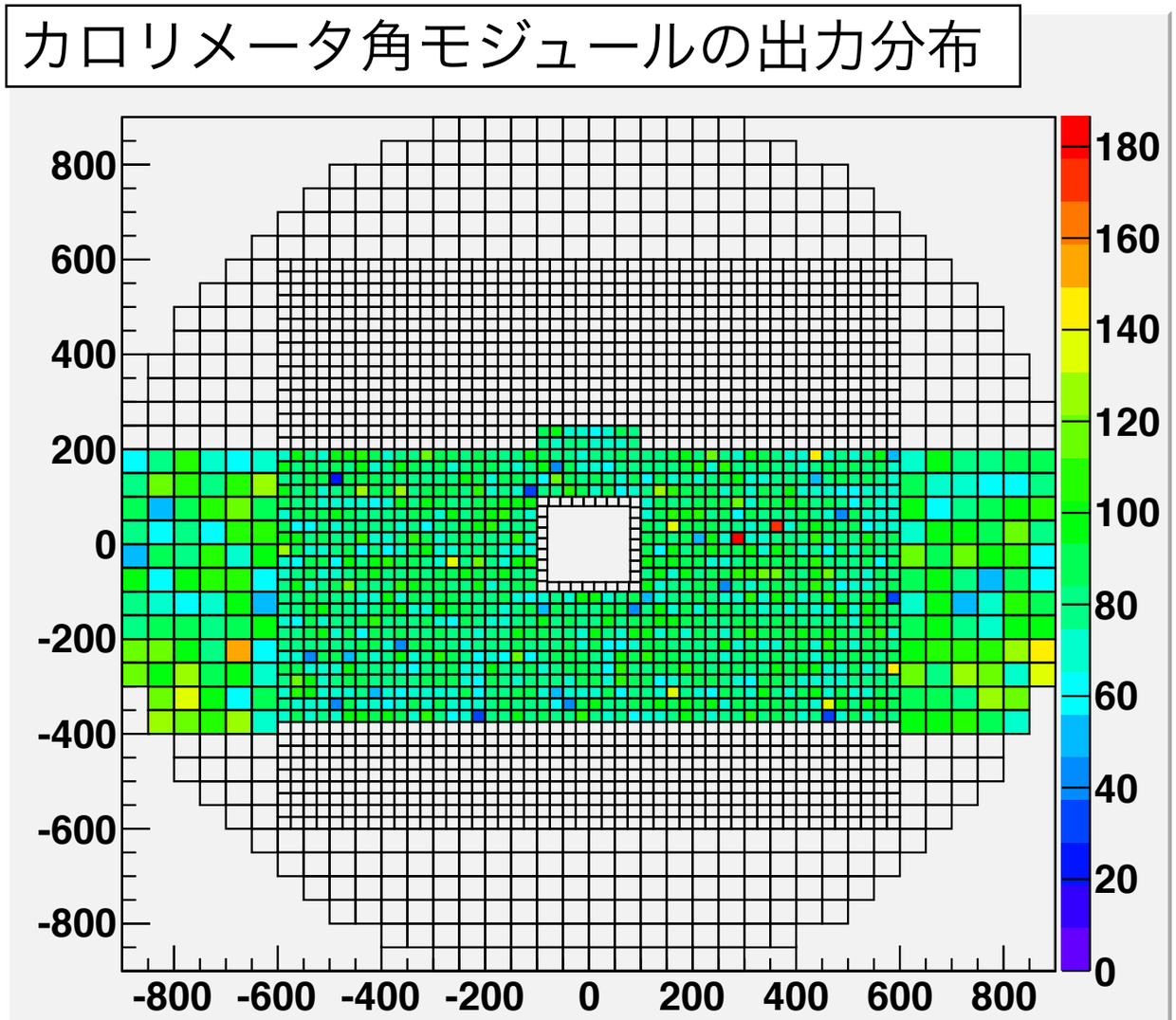


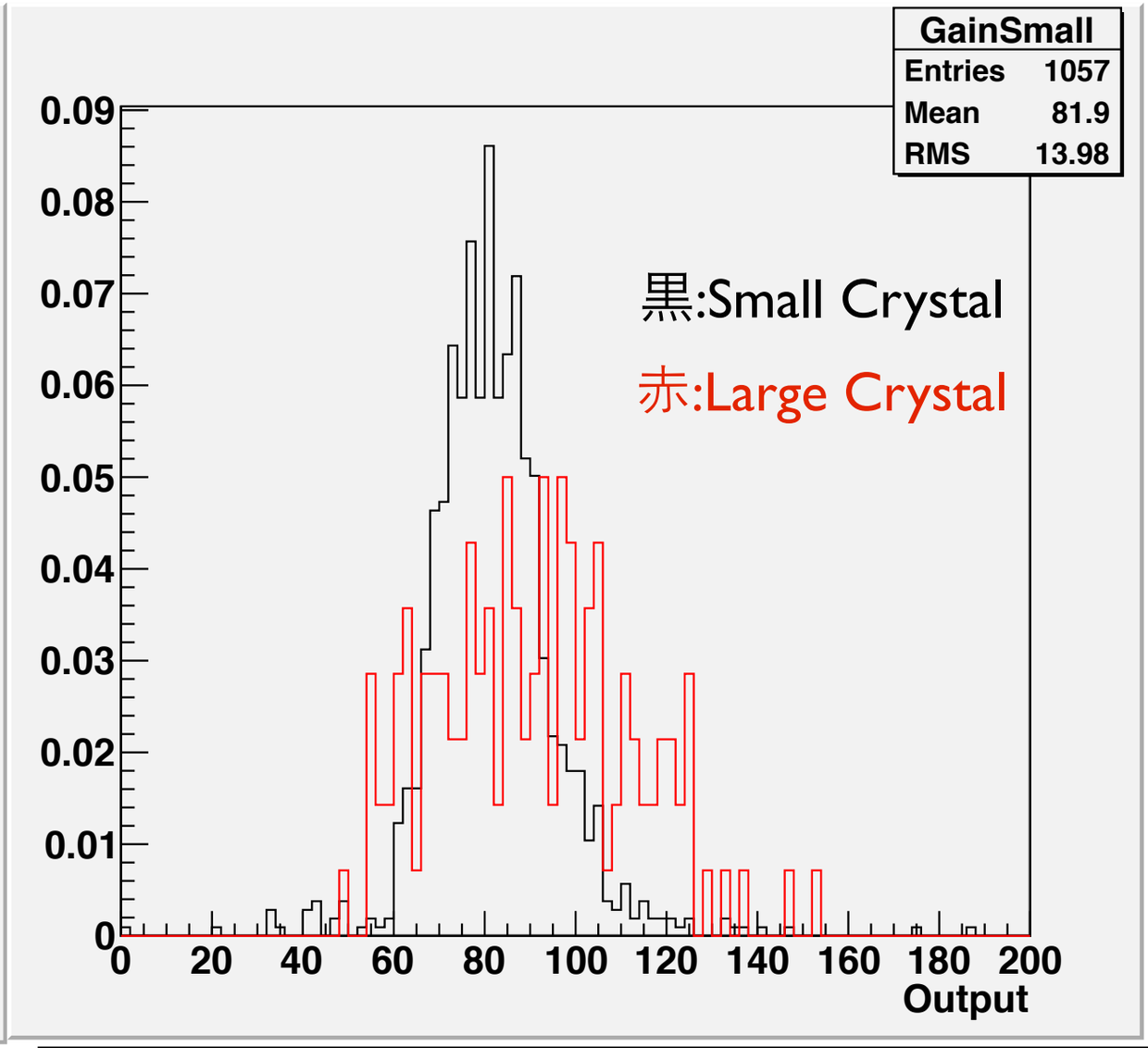
各チャンネルの出力や結晶個々の出力の一様性(Uniformity)を見るためにビーム上流と下流にそれぞれトリガーシンチを置き、宇宙線のデータを収得。

- γ線は殆ど結晶の上流側で反応する
  →上流側の出力をそのチャンネルの出力とする。
- 上流側の出力/下流側の出力→Uniformity

Calorimeter Output

カロリメータ角モジュールの出力分布



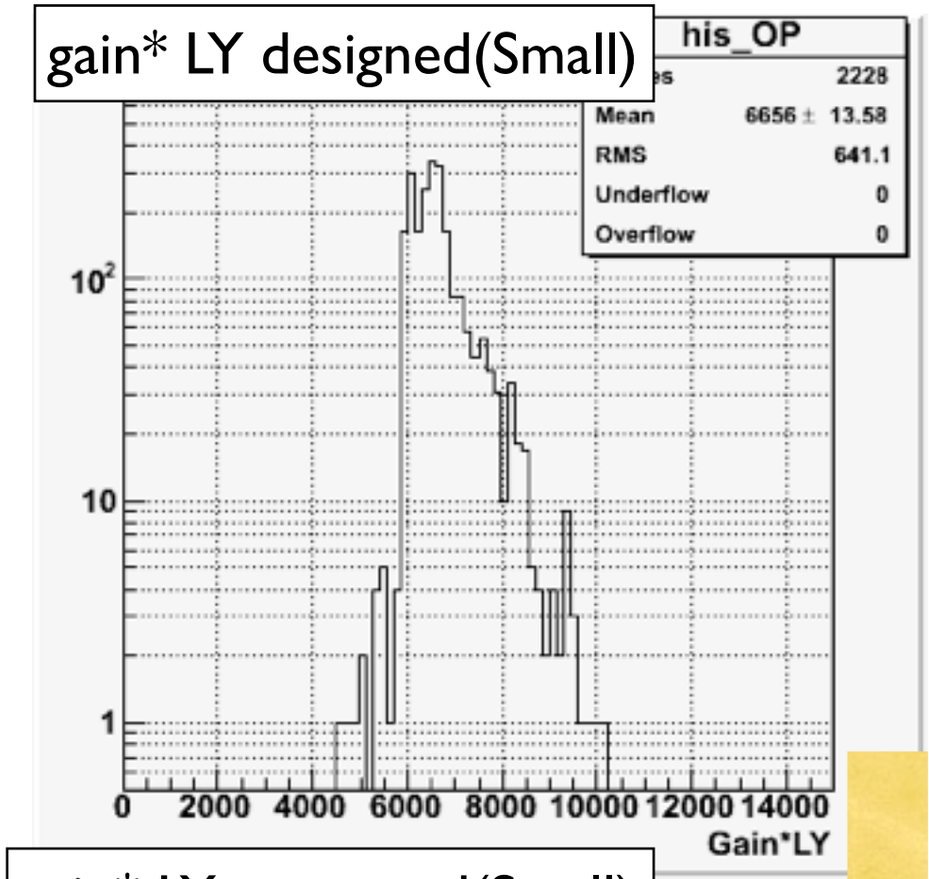


トリガー方式や収得データーのエネルギーレンジーを揃うため、カロリメータの出力は一様であることが望ましい→PMTのゲインと結晶のLight Yieldを阪大で測定。出力が一様になるようペアーリング。その結果を検証。

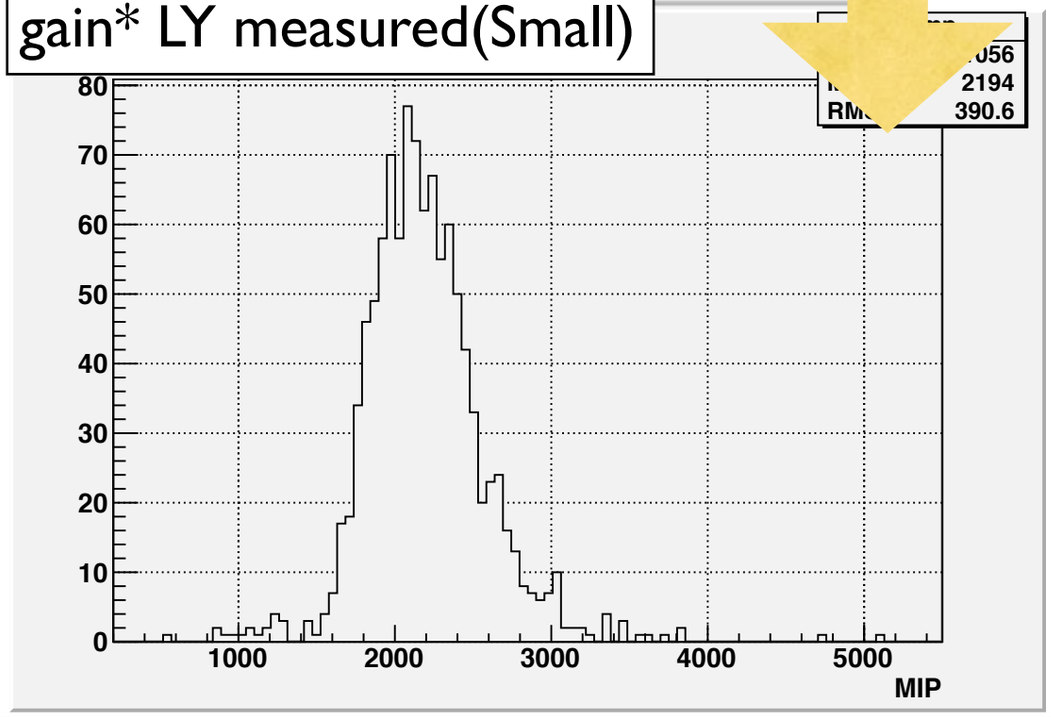
	Small	Large
平均出力 (cnt/(Mev*mm))	82	95
分布	17%	23%

Output/LY vs gain(Small)

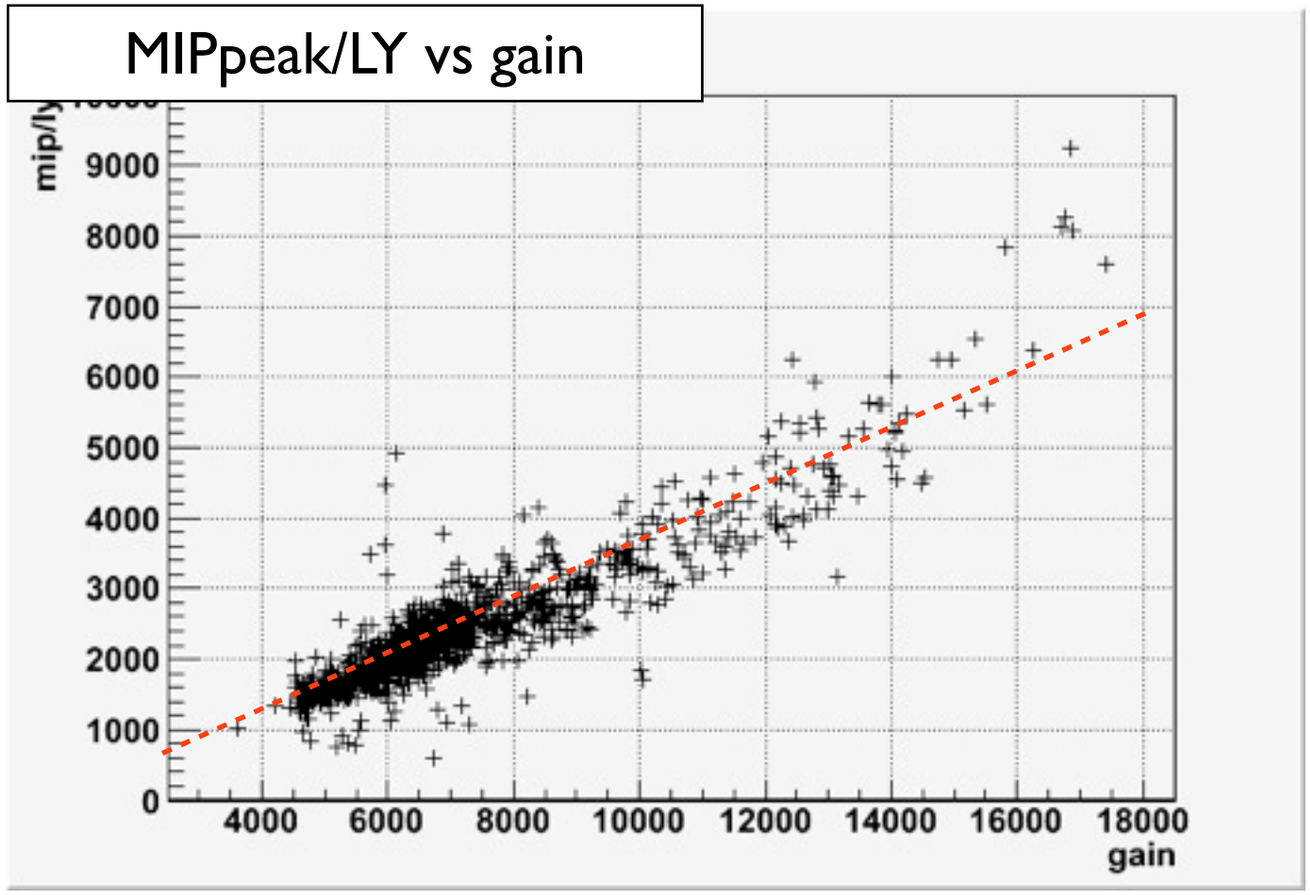
gain* LY designed(Small)



gain* LY measured(Small)



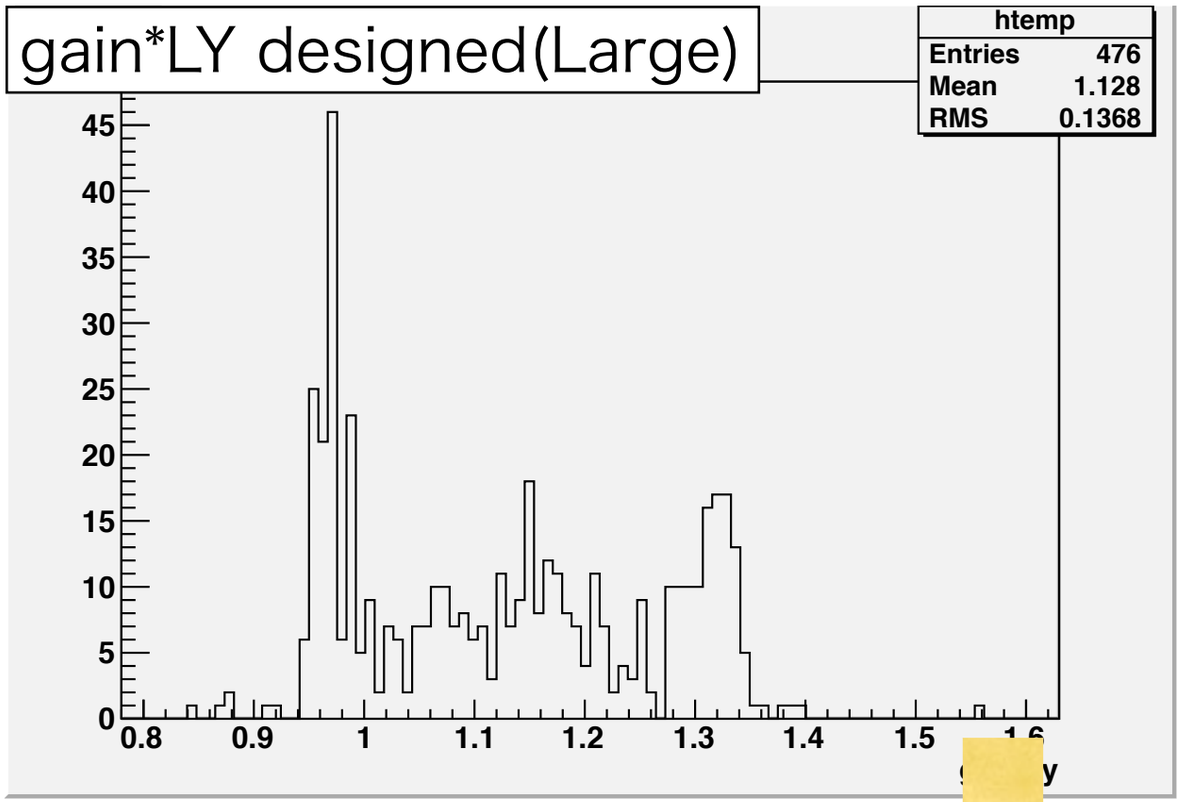
MIPpeak/LY vs gain

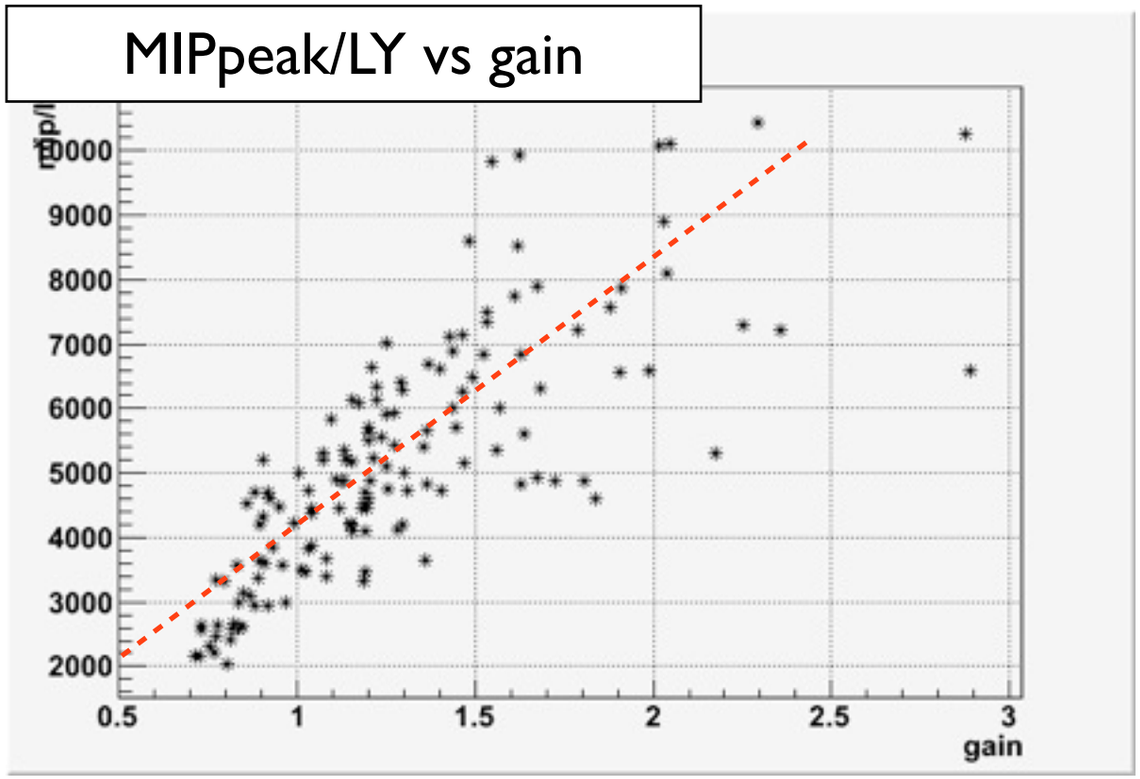


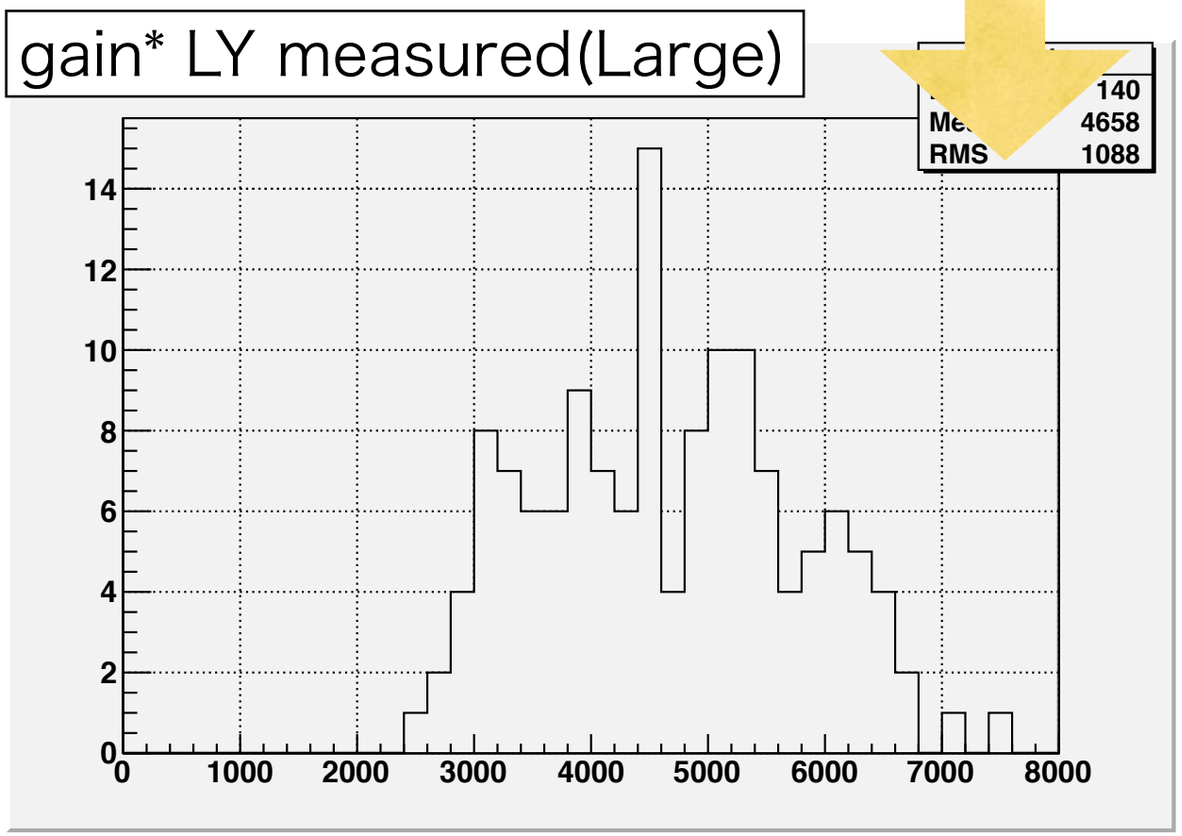
CsIカロリメータの出力(今回測定)
＝PMTのゲイン(測定済み・Lee)
x結晶のLight yield(測定済み・Riさん＋阪大グループ)

測定結果の検証

Output/LY vs Gain(large)



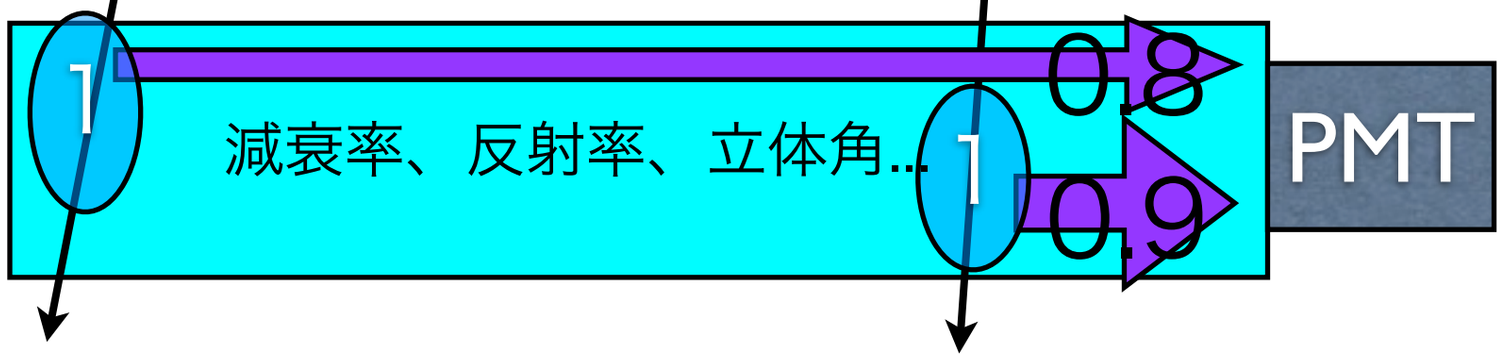




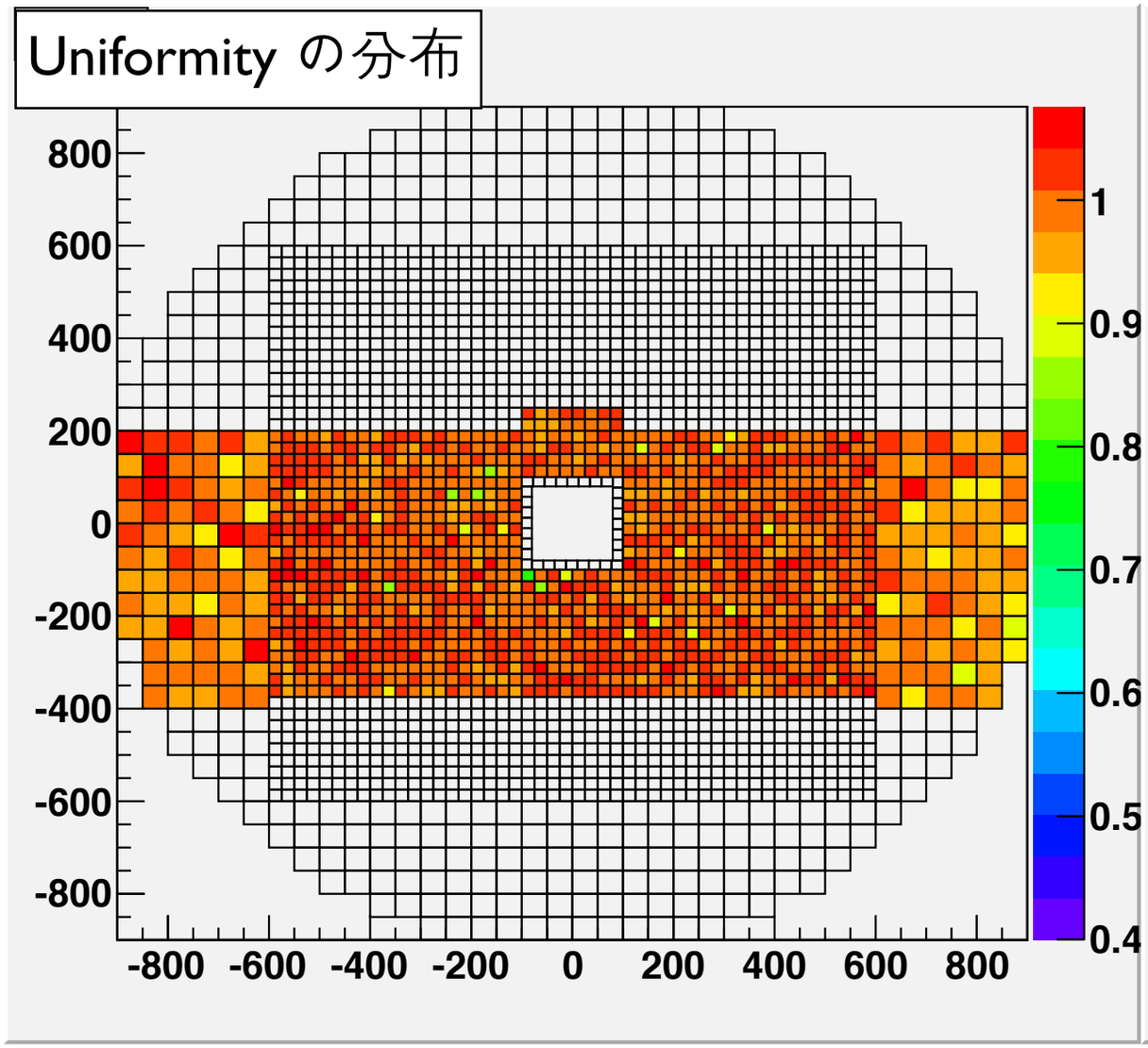
LargePMT–CsIの場合はsmallの場合より分布が広い。

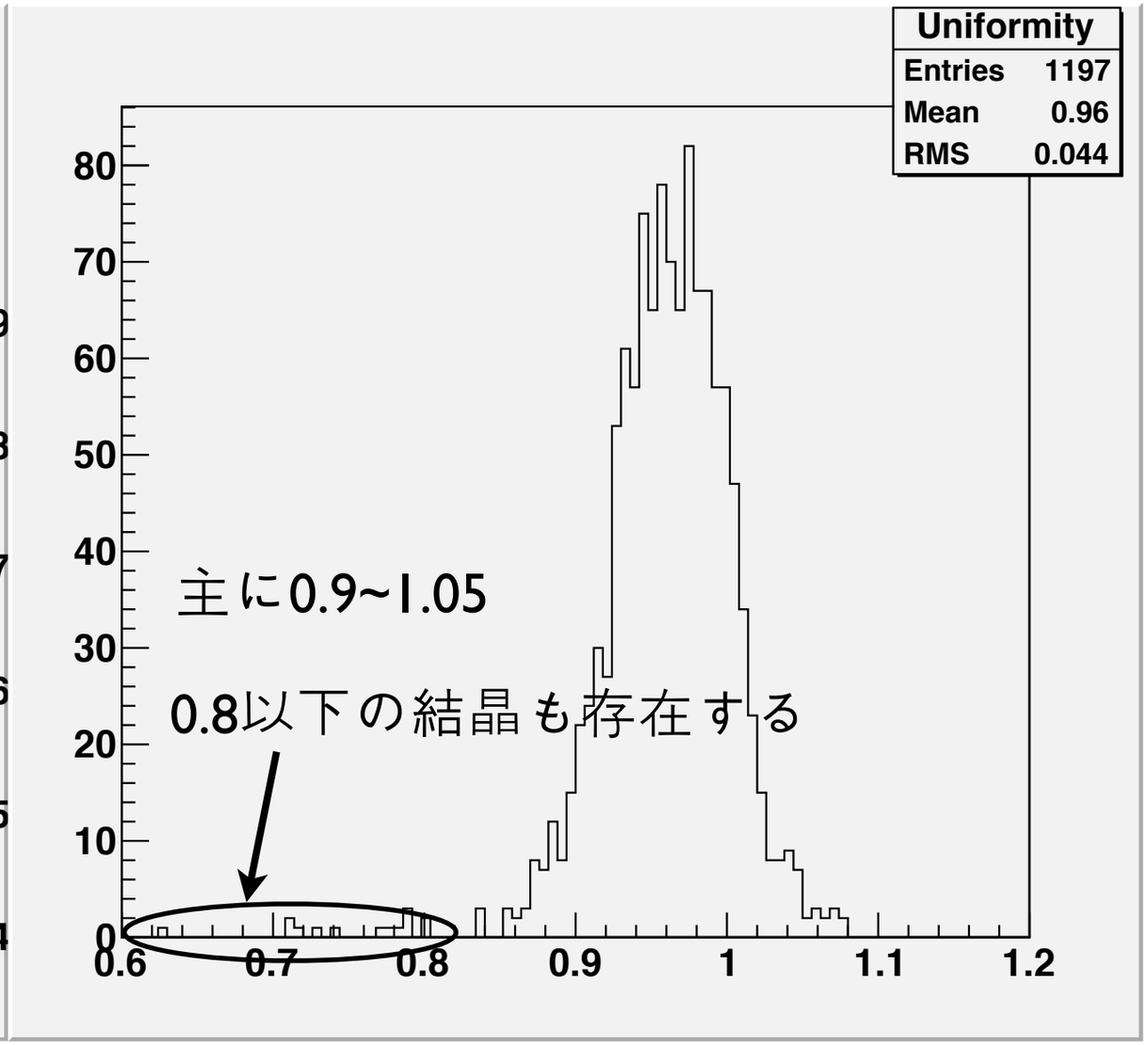
1. 元々のセッティングの分布が広い。
2. PMTゲイン測定時のキャリブレーションミス。

Uniformity of crystal

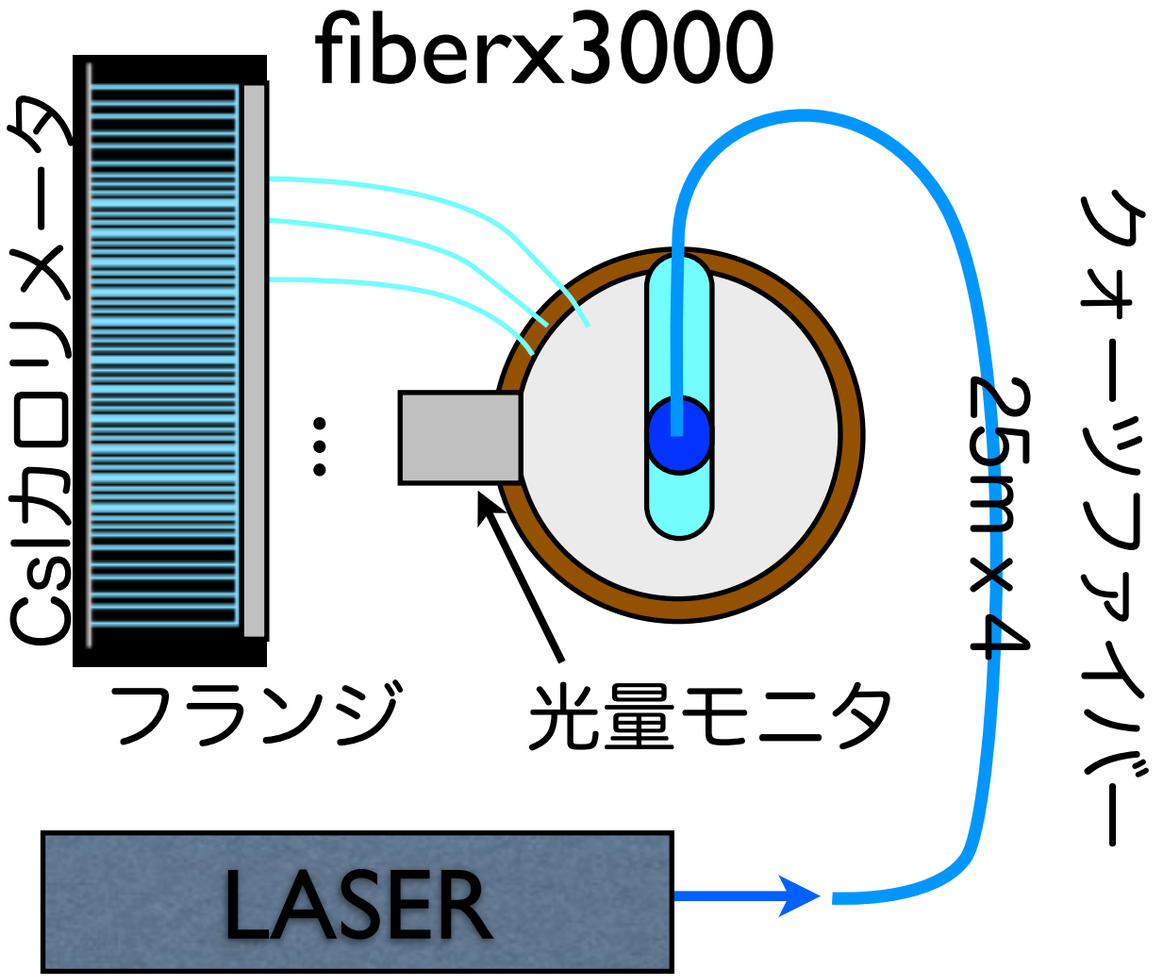


uniformity
=MIP peak(Up)/MIP peak(Down)
ex>0.8/0.9=0.88





モニタシステム



システムの目的

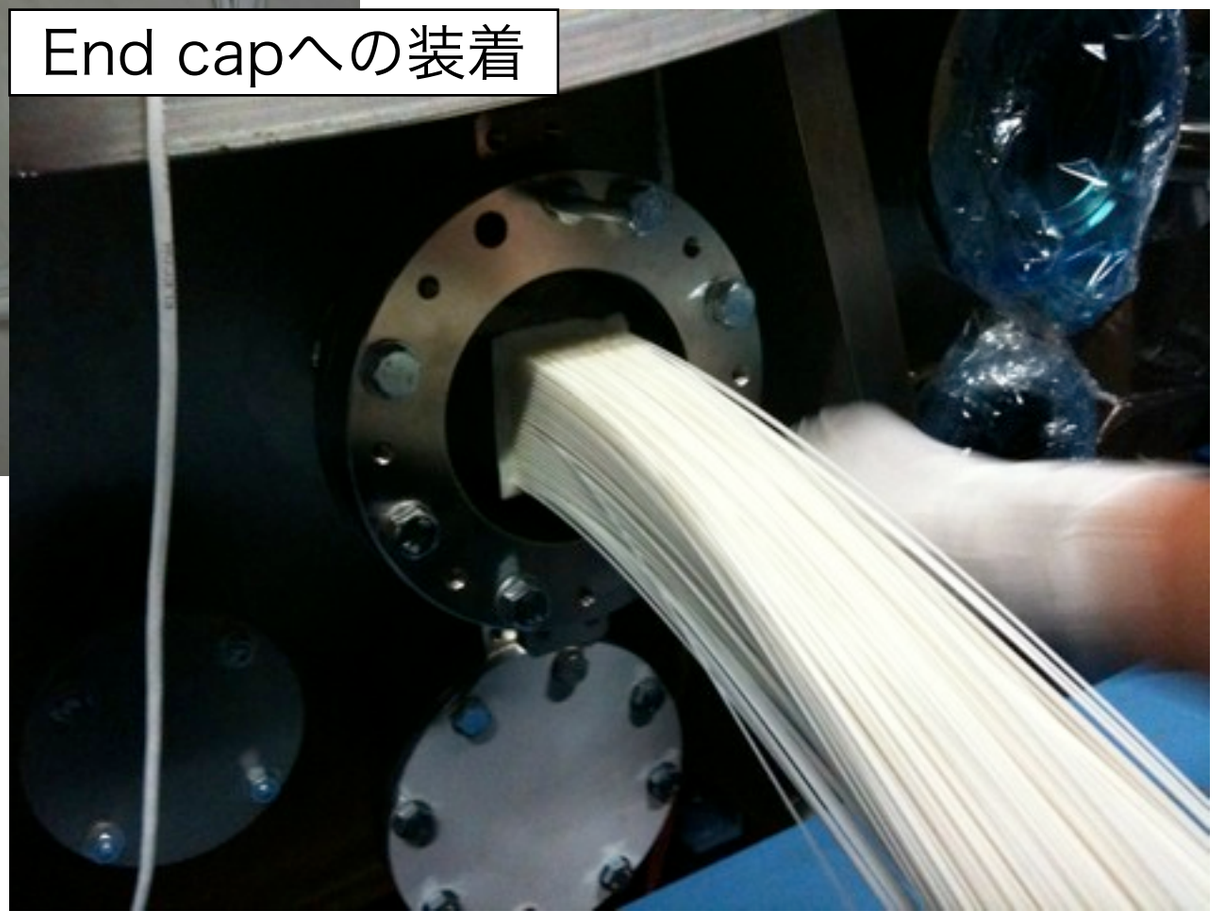
- カロリメータPMTの出力の変化をモニタ
- カロリメータの各チャンネル間の信号のタイミング決定
- カロリメータやDAQの異常に素早く検出できる。

Setup of LASER system

ファイバの手入れ

真空用フィードスルー制作

End capへの装着

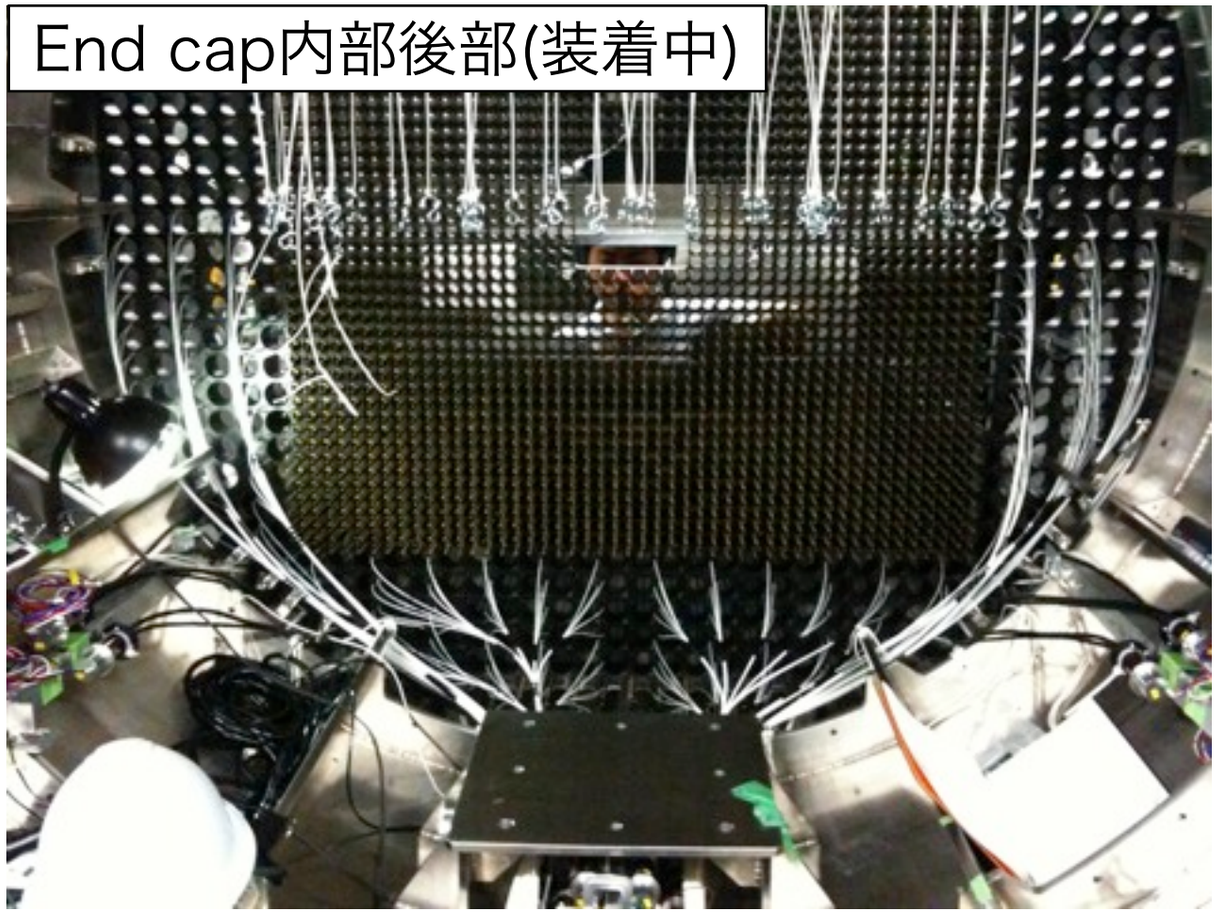


fiber Selection

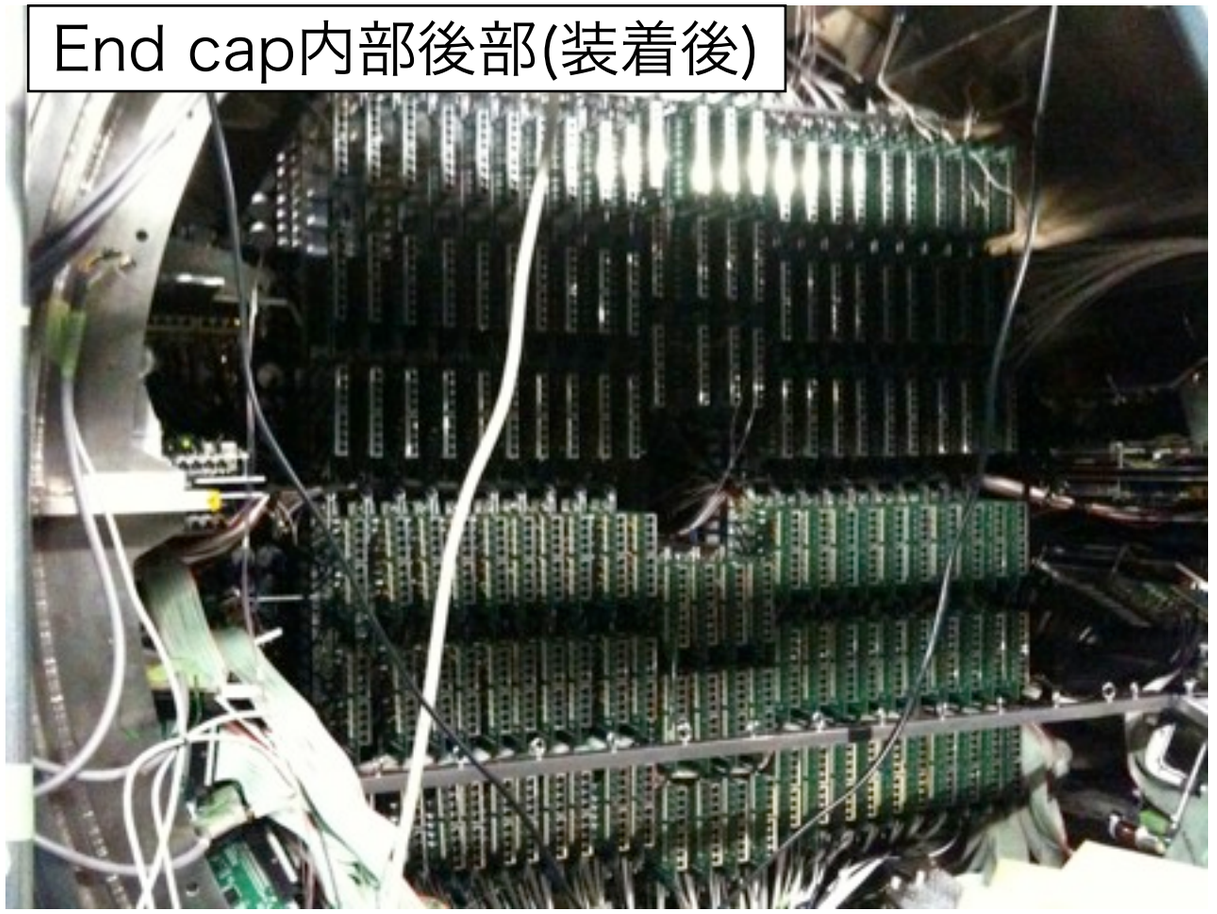
&

fiber feed through

End cap内部後部(装着中)



End cap内部後部(装着後)



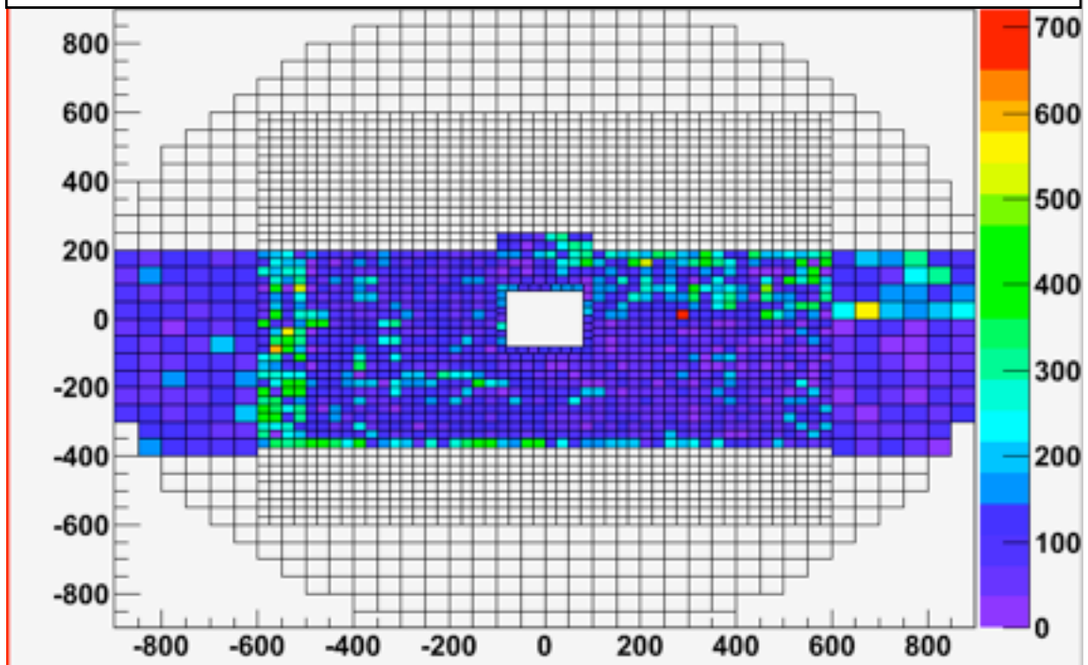
ファイバフィードスルー

光分配装置へのファイバ固定

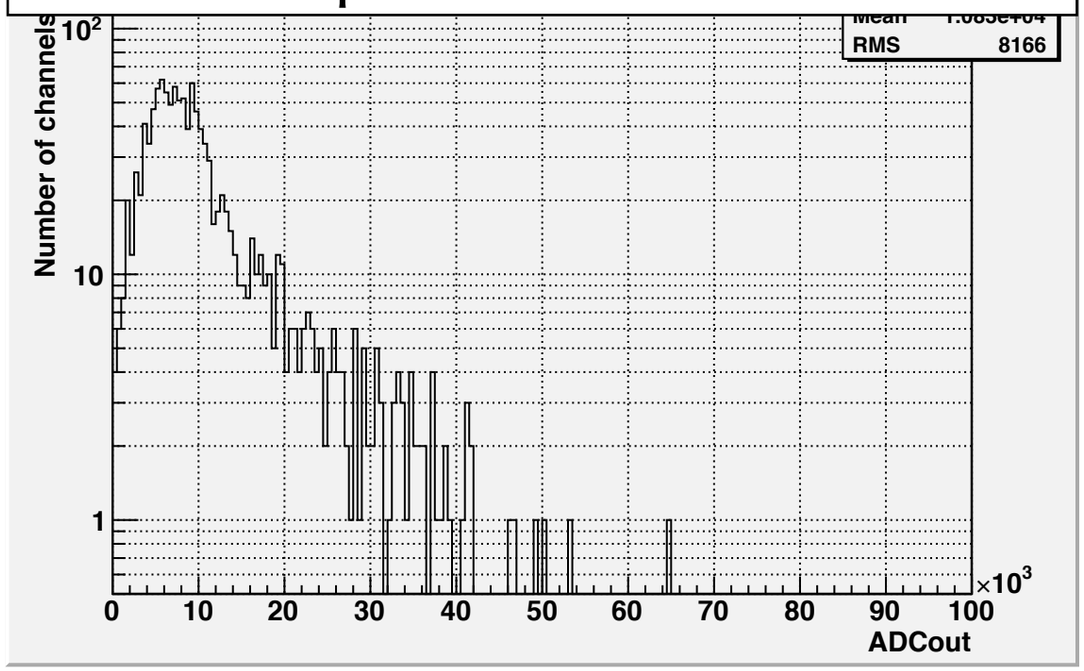
ファイバのプランジへの装着

レーザーイベント

Laser Event in Autumn Run



PMT output distribution



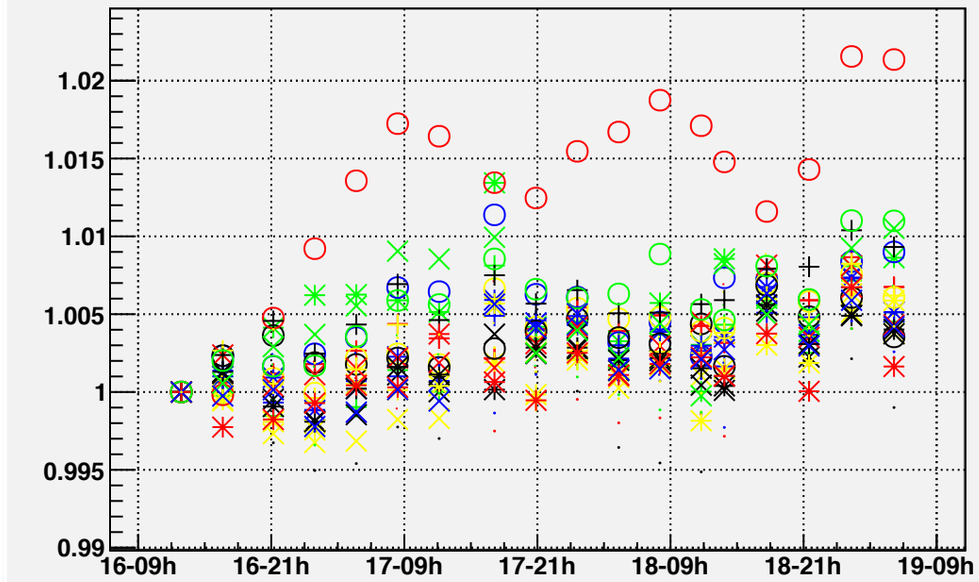
➡ レーザー出力の平均値:宇宙線イベントの２～４倍

➡ 各チャンネルごとに～３倍程度の出力の差がある。

1. ４つの大本ファイバの出力の差(調整済み...)
2. 調整が必要(２～３培は調整可能)
3. 結晶前面部の反射紙の材質により出力が異なる。
4. PMTのゲインの分布(２～４培)

モニターシステムの性能(安定性)

PMTout/MONITORoutの時間変動

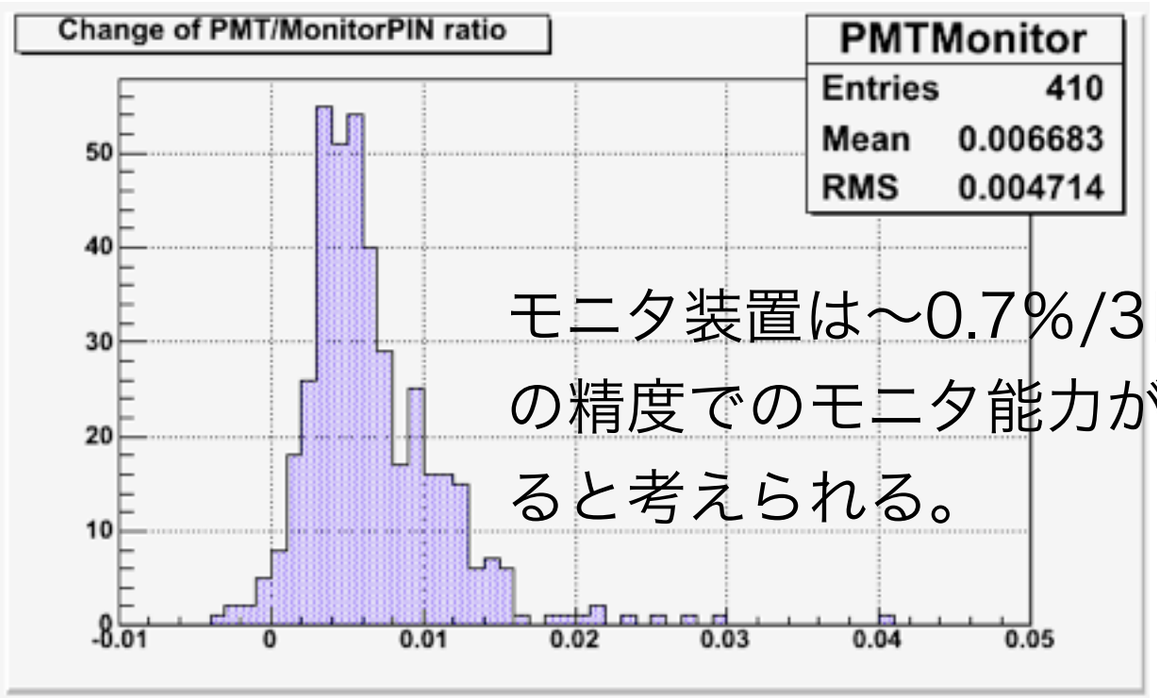


- 3日間の宇宙線測定の間のカロリメータのPMTの出力とモニタシステムの出力の比の変化
- 測定初期に比べて出力比が~0.7%程度変化している

→モニター装置の機械的性能？

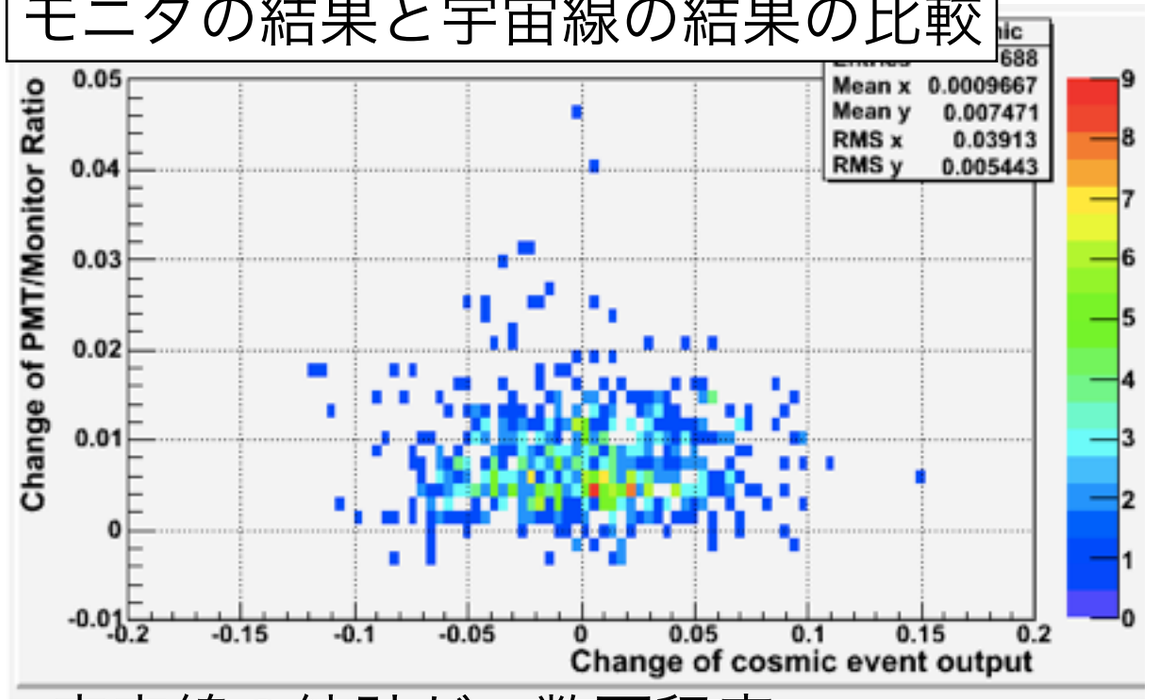
→PMTの出力変化？

→より安定したシステム？



モニタ装置は～0.7%/3日の精度でのモニタ能力があると考えられる。

モニタの結果と宇宙線の結果の比較



宇宙線の統計が～数百程度、

ゲインのモニタリングには足りない

Matome

- ペアーリングしたPMT–CsI結晶のペアーが正常にセッティングされていることが確認された。
  ほぼ全て(11月当時使った分)のPMTーCsI結晶のペアーは印加電圧を調整することで出力を会わせることができる。
- レーザーを用いたキャリブレーションシステムは、PMTの出力を<1％程度でモニタできることが分かった。(平均値の比較、タイミング合わせなし。)

- CsIカロリメータ建設はほぼ終了し、全チャンネルのテストを進めようとしていた。

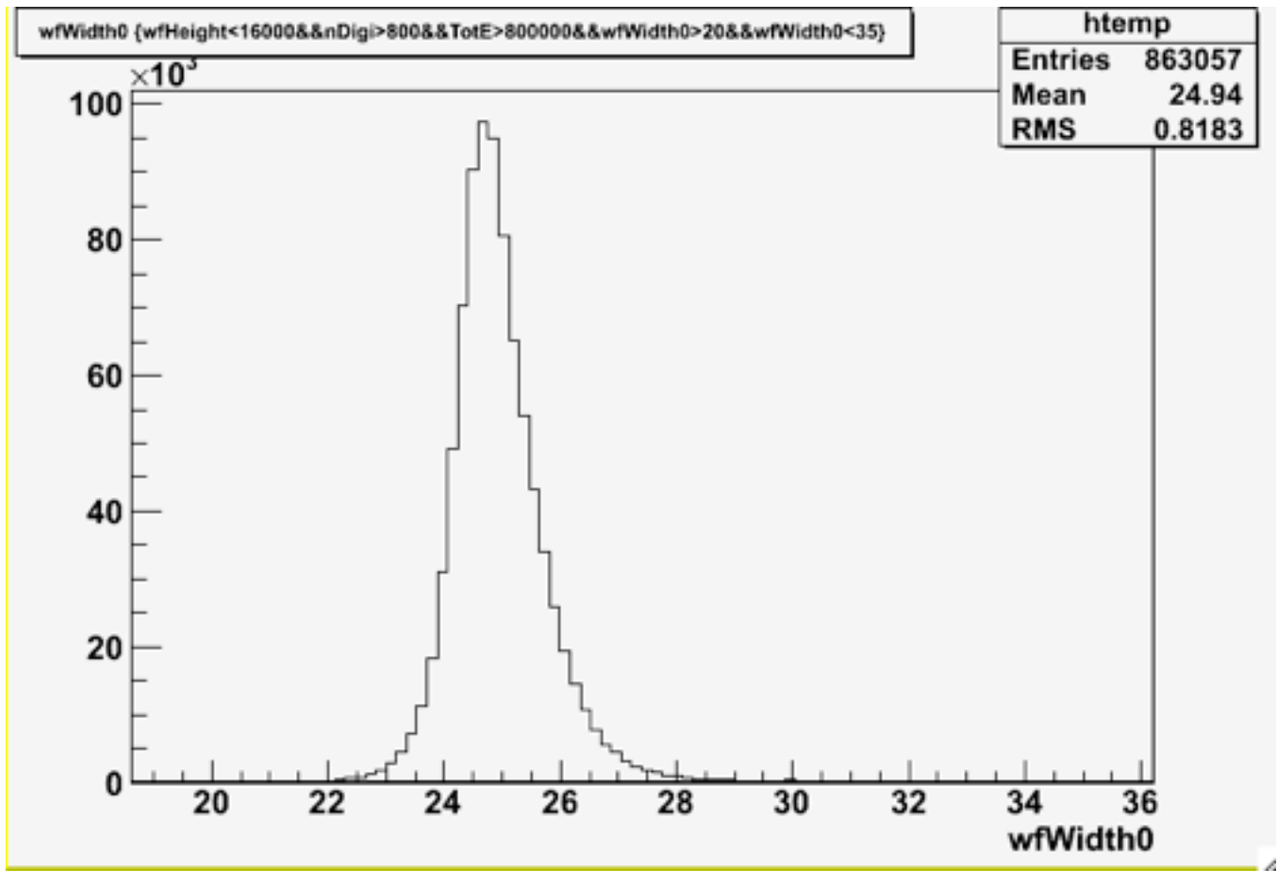
背景:地震発生3日前

Korekara

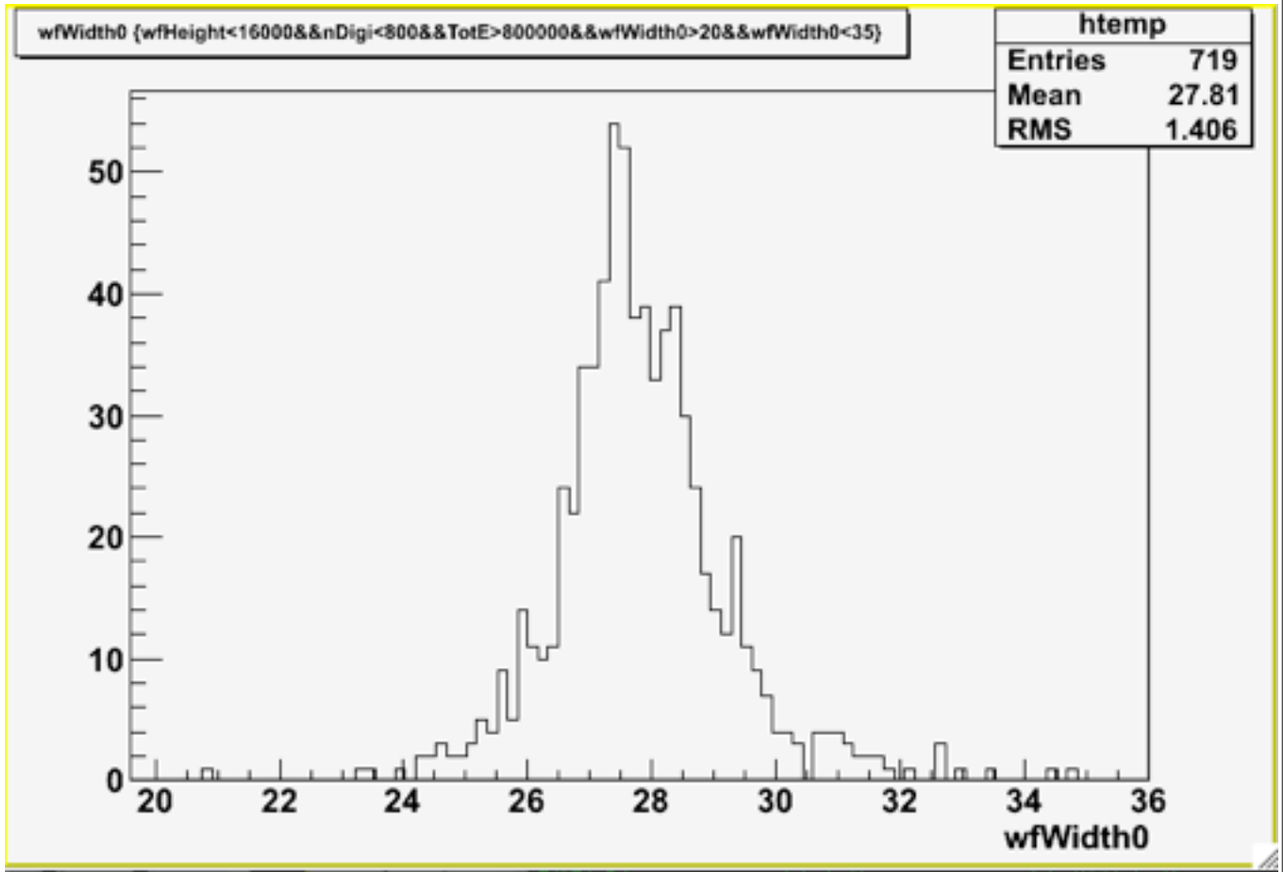
- カロリメータやモニタシステムの無事確認、建設を終了。
- モニタとカロリメータのDAQの統合。
- 全チャンネルの出力特性測定(非線形性など)。
- アルミ板を用いたπ^0ランの準備など

Signal width of Laser and cosmic ray

Laser:25ns

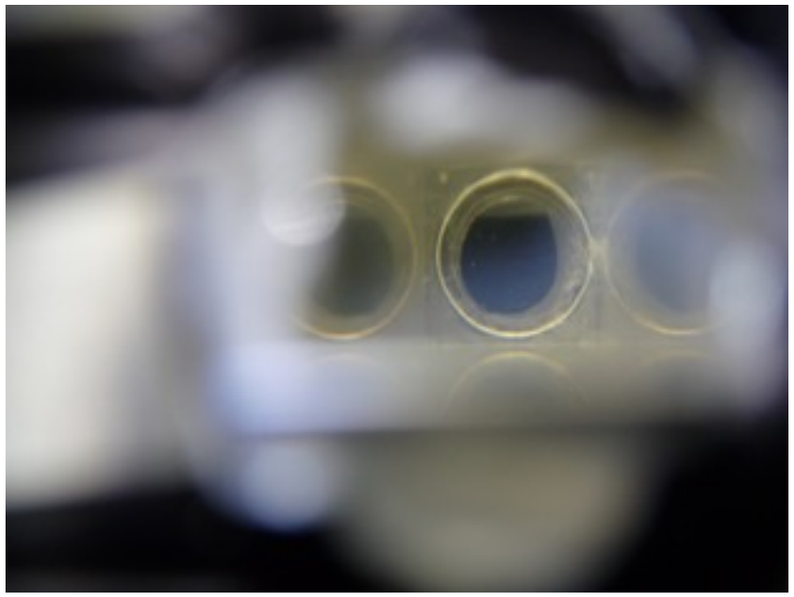


Cosmic:28ns

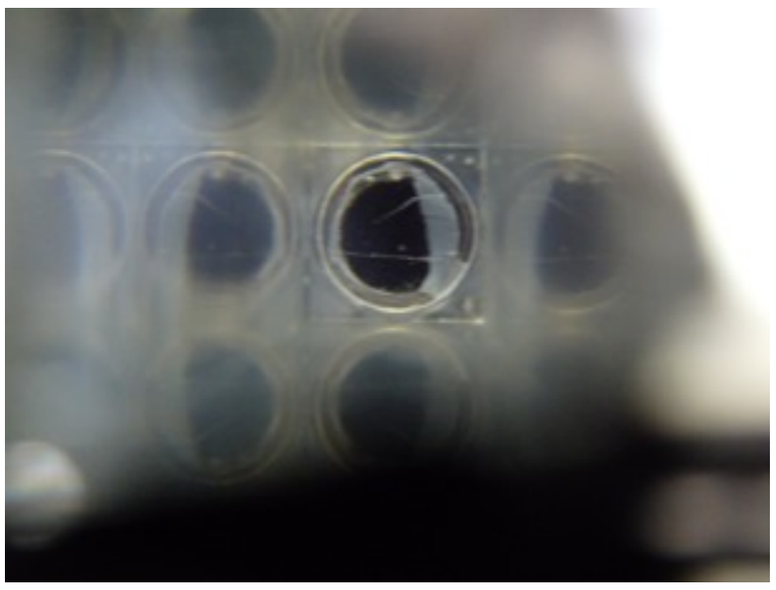


Uniformity測定のためのセットアップ?

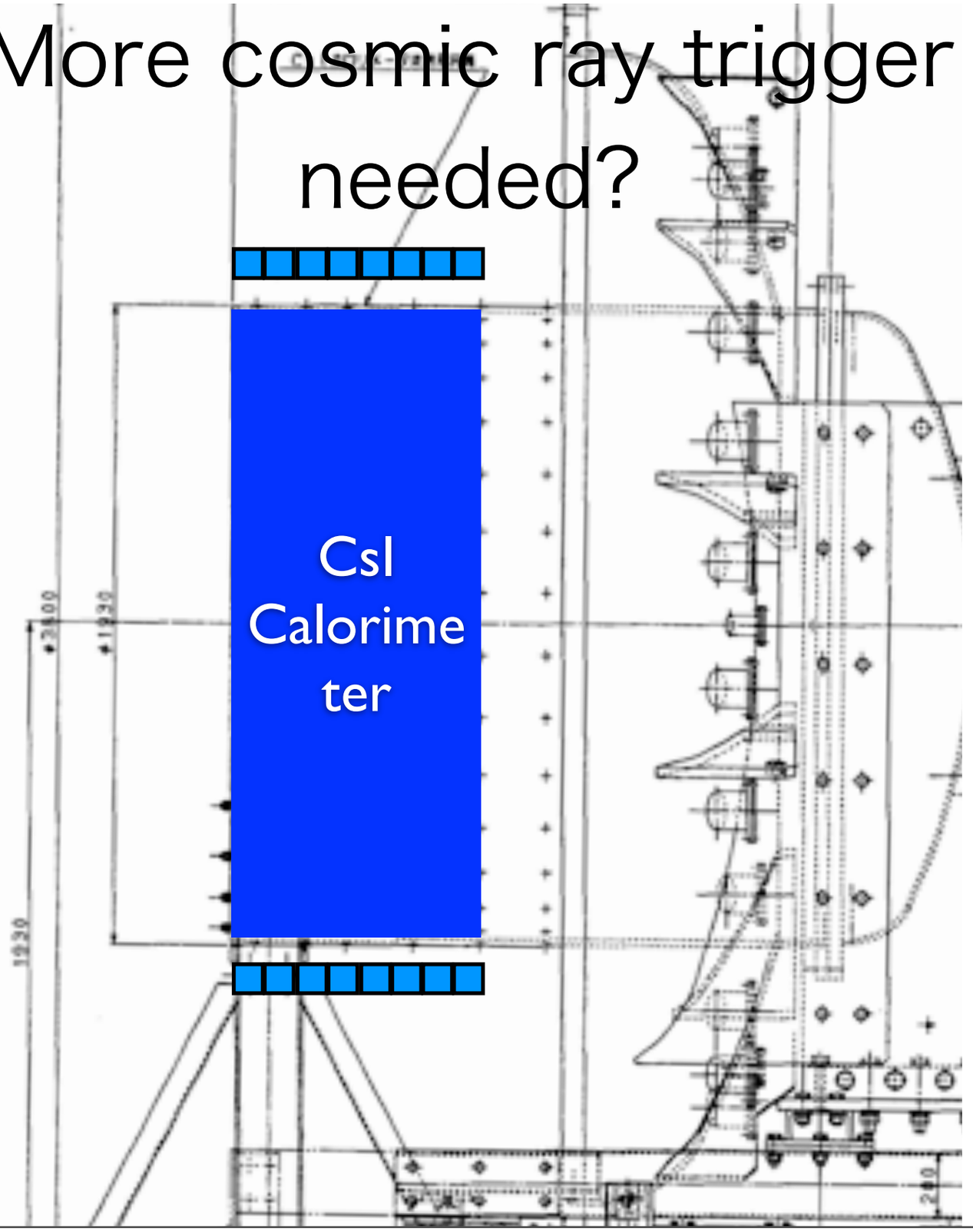
Uniformity<0.8



Uniformity>0.8

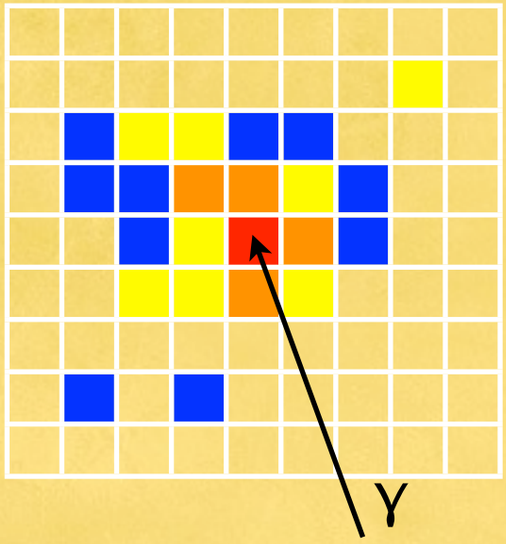


More cosmic ray trigger needed?



CsI-CalorimeterのPi0 Reconstruction

1.Clustering



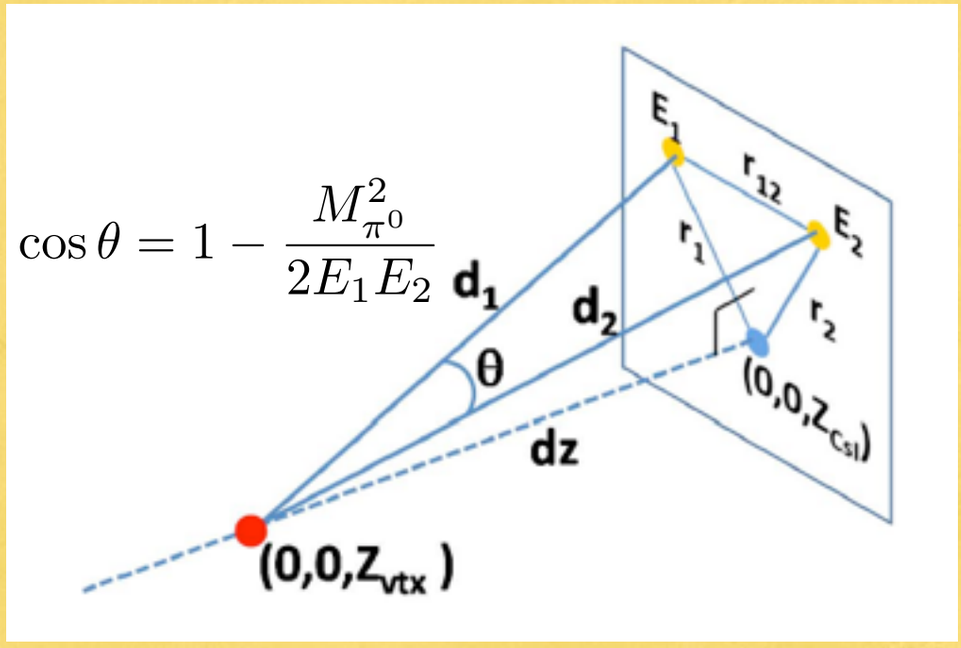
2.Calculate Energy of Cluster

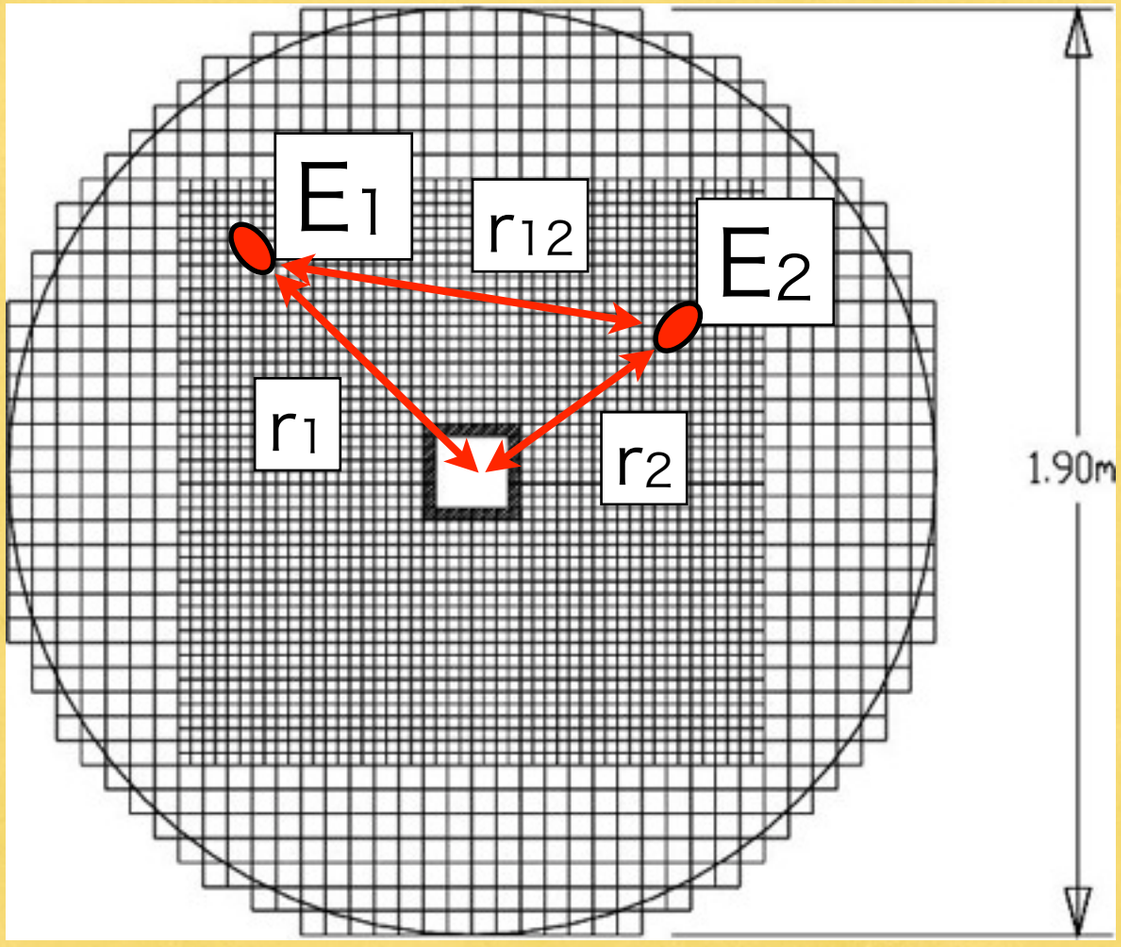
$$E_{cluster} = \sum_{i@Cluster} PMTout_i/(L.Y._i \times PMTgain_i) \times p.e.ToE$$

測定が必要

3.Pi0 Reconstruction

$$\cos\theta = 1 - \frac{M_{\pi^0}^2}{2E_1E_2}$$





KOTO-CsIカロリメータの建設にあたって

1. CsIカロリメータはPhoton VETOとしても使われる。

   ⇒1MeV Energy deposit > 10cnt@FADC出力。

   ⇒PMT gain×CsI Light yield* > 4300 (←岩井さんのテスト結果)。(条件1)

2. 測定するCsIカロリメータのEnergy depositのRange(1MeV~1GeV)とFADCのDynamic range(~16000cnt)のマッチング。

   ⇒Gain×LYの平均が4300～6900。

   ⇒Gain×LYの分布も可能な限り4300～6900の中で分布。(条件2)

⇒まずは2700本!のPMTと結晶の性能データが必要。

- PMT: 線形性、Gain
- CsI結晶:Uniformity、Light yield