

Proposal of T545

Beam Test of Fine-Granularity JLC EM Calorimeter test modules

Yoshiaki Fujii (KEK)

for GLC-CAL group (KEK, Kobe, Konan, Niigata, Shinshu, Tsukuba) + DESY + JINR

[要旨]

- ・ リニアコライダー実験に必要とされる細かいグラニュラリティの電磁カロリメータにおいて  
ストリップアレイ型テストモジュール  
角形タイルファイバーテストモジュール  
についてその性能を検証する。合わせて  
シャワー位置測定器  
についても、APD直付やEBCCD, multi-ch-HPD/HAPD読出しを用いた総合テストを行なう。
- ・  $\pi$  2 ビームライン 1 ~ 4 GeV 混合ビーム
- ・ 2004年3月に ビームタイム = 33シフト + 準備・撤退計5日間

## 1. 目的

### リニアコライダー測定器に対する要求基本性能

- 2ジェット質量分解能
- フレーバータギング (b, c and hopefully s)
- 運動量分解能・ハーマティシティ・時間分解能・・・

### 高エネルギージェット再構成の流れ

1. ジェット中の粒子を一個一個識別・再構成する；**グラニュラリティ**
2. 再構成された粒子のエネルギーを決定；1粒子**エネルギー分解能**

∴カロリメータに要求される性能は：

- グラニュラリティ** (T517及び本件T545)
- エネルギー分解能** (KEK-T365, T405, T411, FNAL-T911で検証済)

## 2. テストモジュールの概要

基本デザイン = タイルファイバー型

4mm鉛 + 1mmプラスチックシンチ + 1mmアクリル ;  $R_{\text{Moliere}}=24\text{mm}$

Hardware Compensation → the best energy resolution and linearity

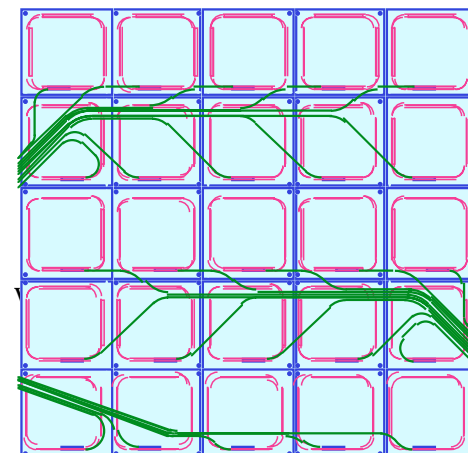
a) EMテストモジュール-1 ; 基本デザイン細グラニュラリティ

○ 4cm x 4cm 角タイル +  $\sigma$  ループWLSファイバー

○ 4層で1 SuperLayer, 6 SL=17Xo

○ 光読み出しは16ch-MAPMT (ビームテスト時のみ)

☆ 量産を念頭に置いたメガタイルによる製作



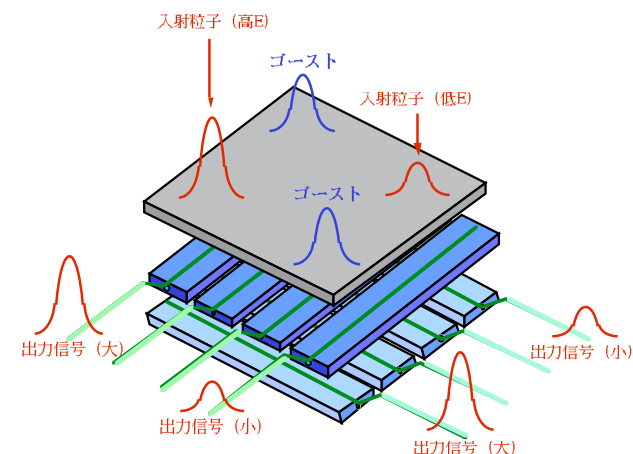
b) EMテストモジュール-2 ; 超細グラニュラリティオプション

○ 1cm幅シンチストリップ直交アレ + 直線WLSファイバー

○ 4層で1 SuperLayer, 6 SL=17Xo

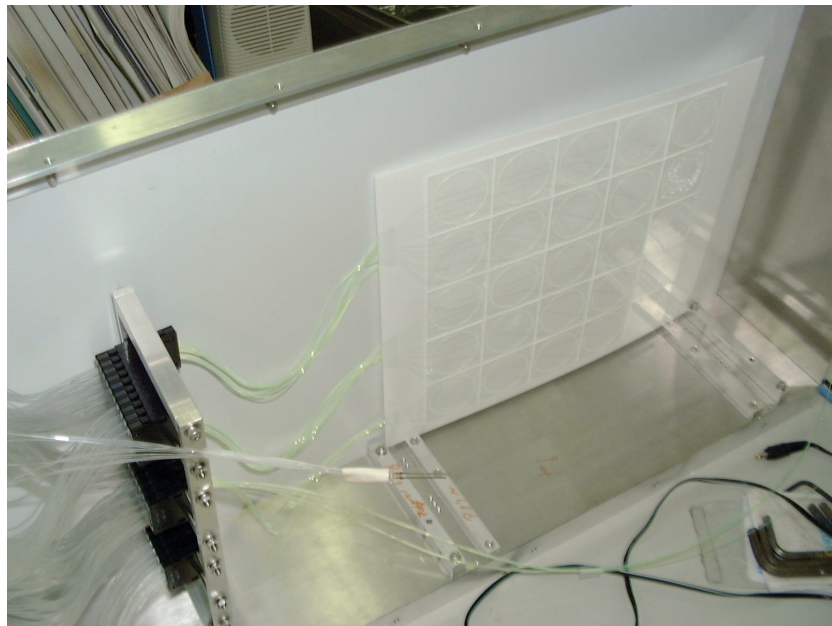
○ 光読み出しは16ch-MAPMT (ビームテスト時のみ)

★ ゴーストが出来る → パルス高解析で除去

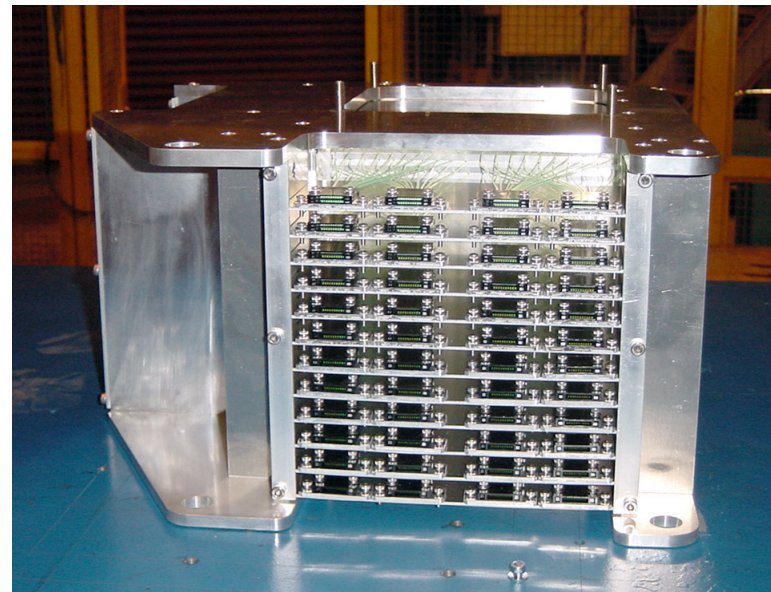


## 2. テストモジュールの概要 - 2

### EMカロリメータモジュール 2種



角形EMモジュールのシンチ1層。  
これを24層積み重ねたモジュールとなる。

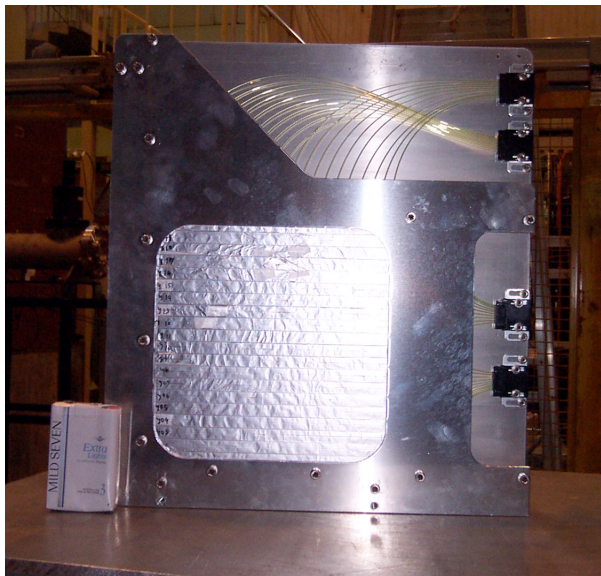
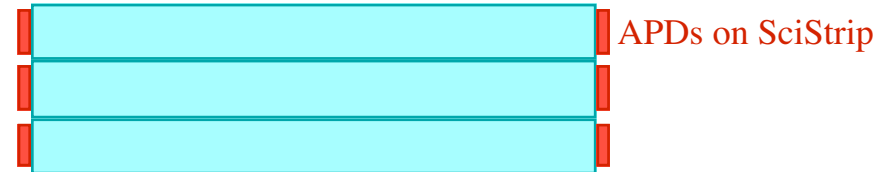
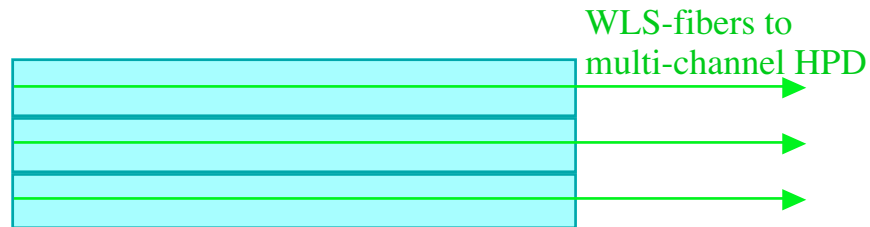


ストリップアレイEMモジュールの概観。  
T517モジュールを高精度に測定する。

- ・角形EMモジュールは現在増強作業進行中 (2SL@T157 → 6SL@T545)
- ・ストリップアレイEMモジュールはT517と同じもの。マッピングの統計を上げる。

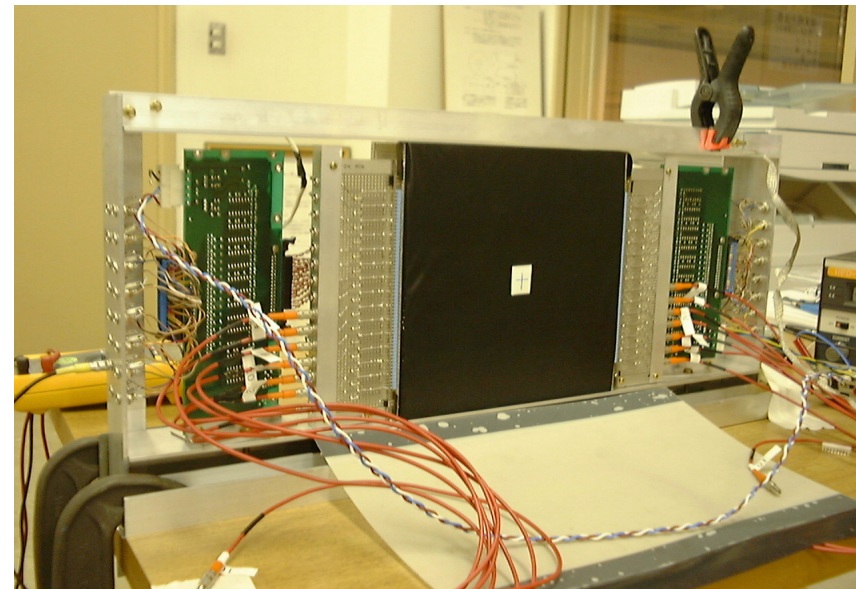
## 2. テストモジュールの概要 - 3

### シャワー位置測定器 2種



WLSファイバー読出しSHmax

T517時はMA-PMTで読出したが、今回は  
61ch-HPD/64ch-HAPD/EBCCD で読出す。



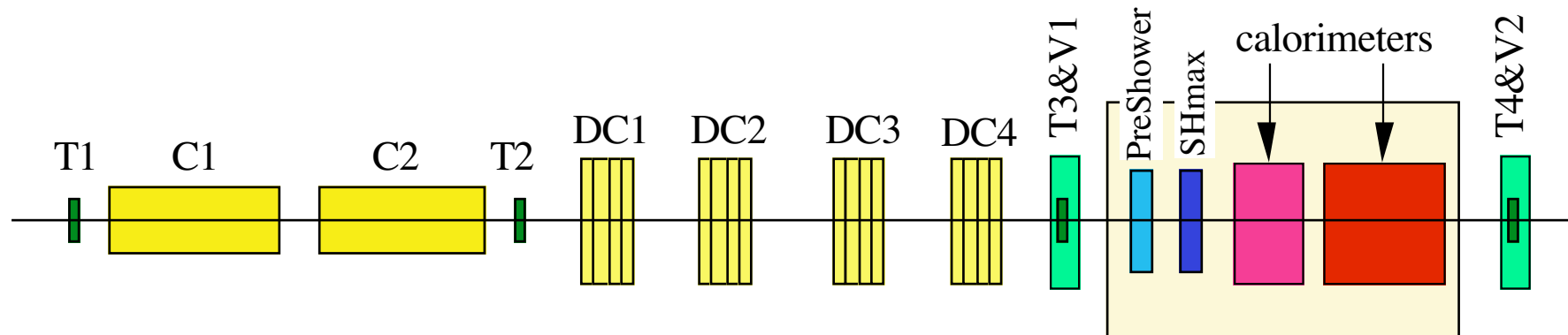
APD直付けSHmax

T517時は5本しか実装ストリップが無かったが  
今回はフルに実装。

### 3. 測定項目の概要

#### 3-a) セットアップ

$\pi$ -2ビームラインに下図の様なセットアップを組む。(T 5 1 7と同じ)



C1,C2;ビームライン常備のチェレンコフカウンターを借用する。

被テスト系：

- ・ EMCAL-1：角タイル型
- ・ EMCAL-2：ストリップアレイ型
- ・ SHmax-1；通常型WLS読み出し
- ・ SHmax-2；APD直付読み出し型

### 3. 測定項目の概要－2

#### 3-b) 測定項目

- レスポンスマッピング (全測定器)

  - T 5 1 7 の 1 0 倍 の 統 計 を 得 る。

- 電磁カロリメータ (特に角型)

  - ・ エネルギー分解能

  - ・ リニアリティ

- シャワーマックス測定器の

  - ・ 光検出器も含めた総合性能評価 (特に W L S 型)

  - ・ 位置分解能 & 2 粒子分離能 (特に A P D 直付型)

加えて

- ミューオン貫通による相対較正 (全測定器)

- 電子入射による絶対較正 (全測定器)



### 3. 測定項目の概要 - 3

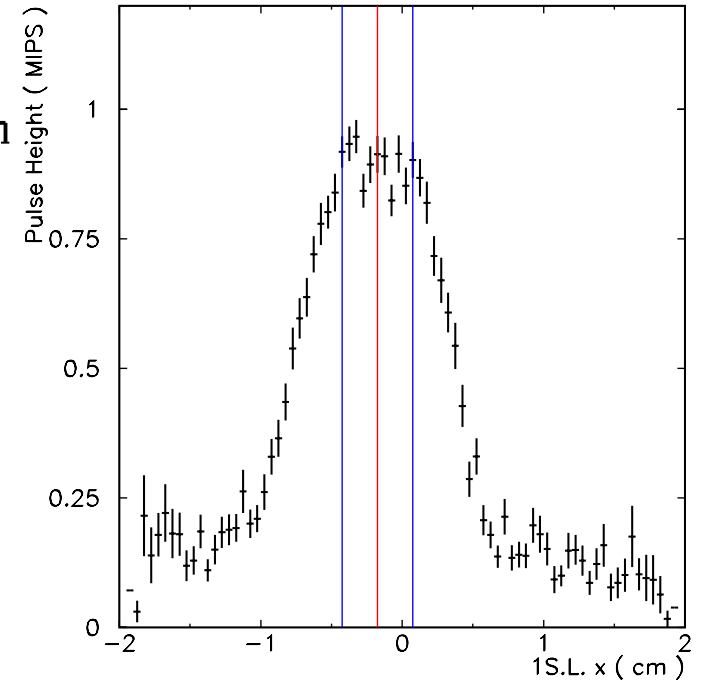
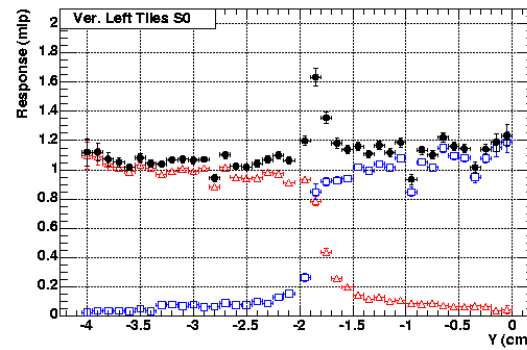
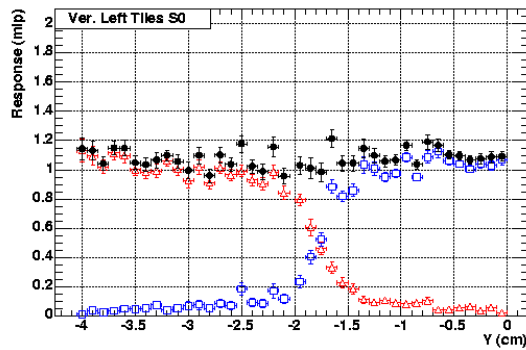
#### i) レスポンスマッピング

T517 結果：角形辺領域↓      :      ストリップスライス→  
mesh=0.5mm-width

#### Tile Uniformity (1mm x 10mm)

Alternating WLS

Aligned WLS



↑ ↑ WLS-dip??

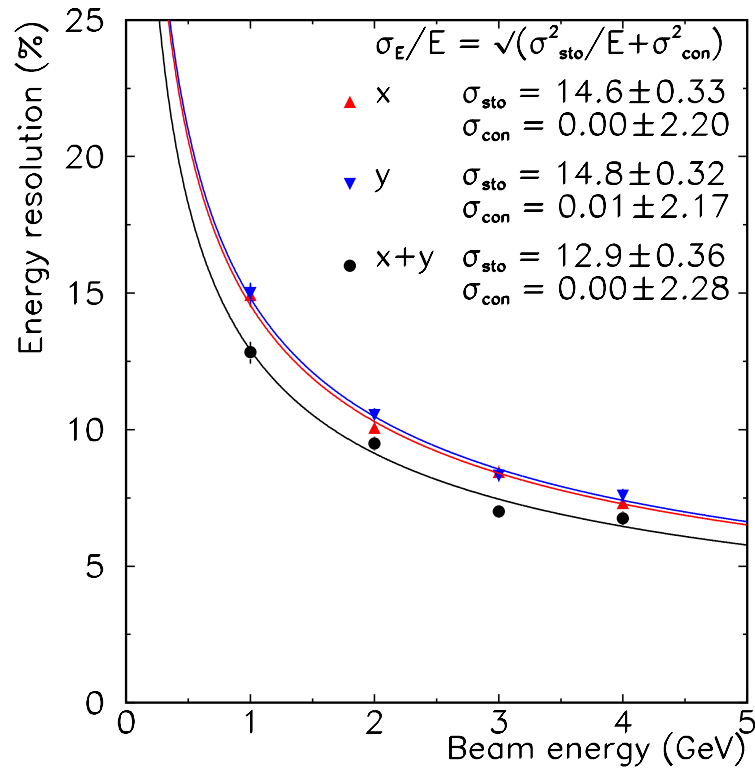
40k-triggers/point ~ a few hundred events/mesh (T517) × 10 (T545) → **more than 1k-ev/mesh**

→ より詳細なマッピング：特に隅領域・WLS上が可能になる。

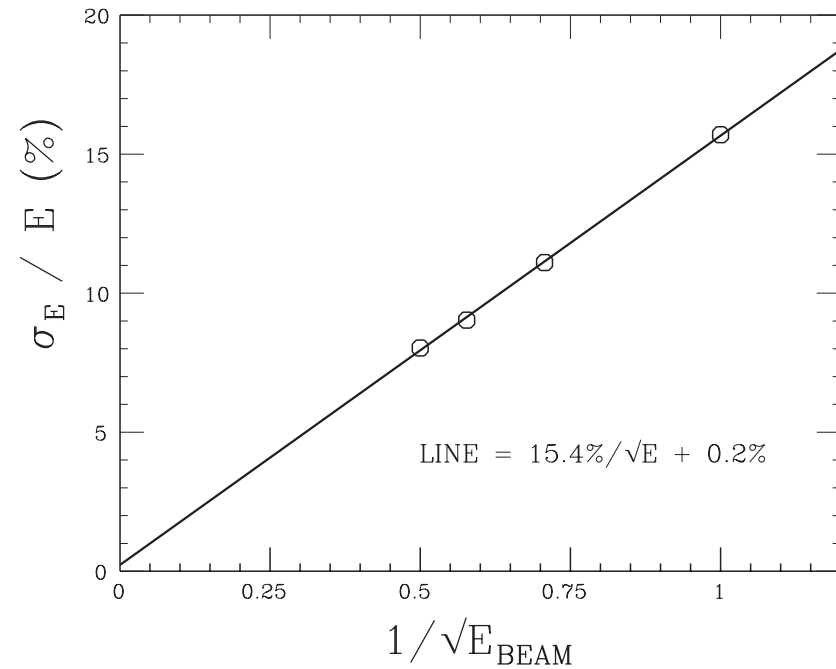


## ii) エネルギー分解能

ストリップアレイ EMCAL @ T517  
(4mmPb + 2mmSci + 2mmSci)



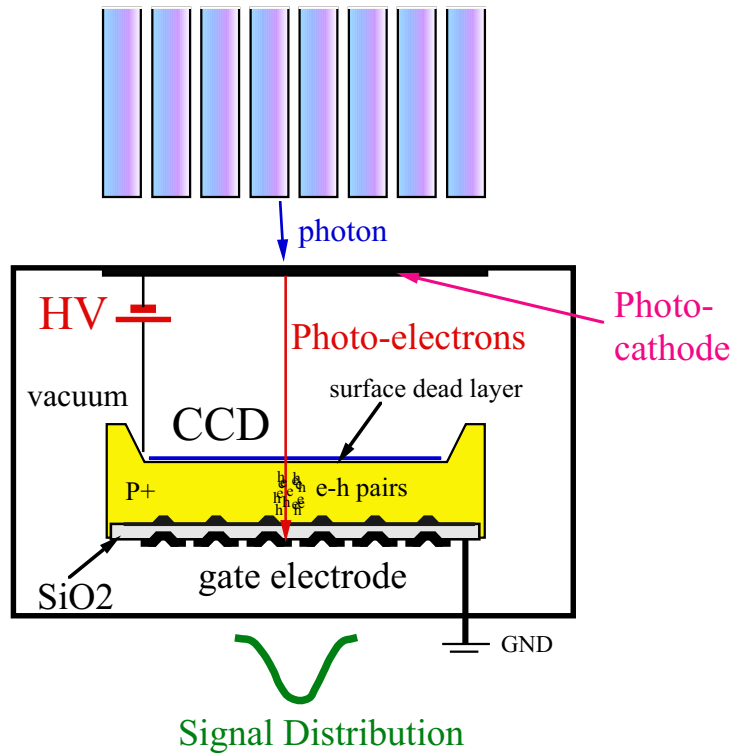
T365 module (ZEUS-type)  
(4mmPb + 1mmSci)



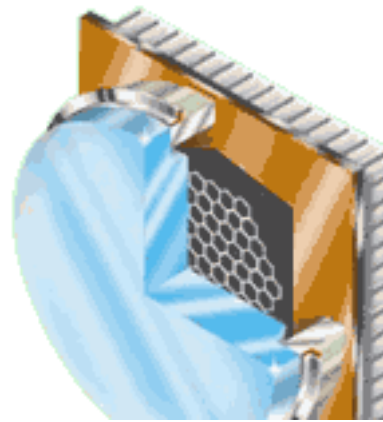
(4mmPb+1mmSci)Tile/FiberEMC → T 5 4 5 でテストする。

### iii) シャワー位置測定器 + 光検出器

EBCCD：最終的には下図だが  
今回は数本のファイバーのみ



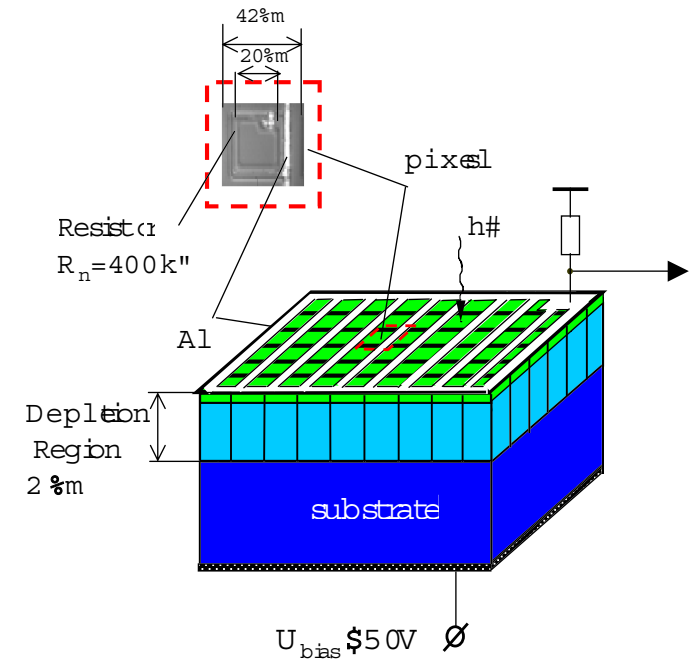
61ch-HPD  
(1面全読出し)



64ch-HAPD (M.Suyama)



SiPM  
(入手間に合わないかも)



## 4. 測定シフト数積算

(時間算定はT 5 1 7実績による)

### 1) 電子入射による絶対較正 = 4シフト

1 較正点 =  $2\text{GeV } e^- \times 2500\text{triggers} = 0.5\text{hour}$

角型タイルEMモジュール = 8点 (中心  $3 \times 3$  各点中心入射 - モジュール中心)

ストリップEMモジュール = 18点 (中央10ストリップ  $\times$  XY - モジュール中心)

WLSシャワー位置測定器 = 18点 (中央10ストリップ  $\times$  XY - モジュール中心)

APDシャワー位置測定器 = 18点 (中央10ストリップ  $\times$  XY - モジュール中心)

### 2) ミューオン貫通による相対較正 = 4シフト (= 2シフト $\times$ 2回 (最初と最後))

1 較正点 =  $2\text{GeV } \mu \times 2500\text{triggers} = 15\text{min.}$

角型タイルEMモジュール = 25点 ( $5 \times 5$  全点中心入射)

ストリップEMモジュール = 40点 (WLS/APDシャワー位置測定器兼用貫通測定)

\*) 1%精度で較正係数を決めるには2000エントリが必要。

### 3) 電子エネルギー分解能・リニアリティ・位置精度 = 3シフト

1 測定点 = (1,2,3,4GeV) × 5000triggers = 5hours

角型タイルEMモジュール単独で = 1点

ストリップEMモジュール単独で = 1点

WLSシャワー位置測定器 + EM = 1点

APDシャワー位置測定器 + EM = 1点

T517テストでは

- ・角型モジュールは2SLのみで、エネルギー測定は行なっていない。今回は6SL。
- ・WLSシャワー位置測定器はMA-PMTで読出した。  
今回は実機候補の61ch-HPD/64ch-HAPD/EBCCD。
- ・APDシャワー位置測定器は5ストリップのみ実装で、proof-of-principle試験であった。  
今回はフルに実装し、性能評価を行なう。

#### 4) レスポンスマッピング = 16シフト

1 測定点 = 2GeV-inclusive x 400k-triggers = 4hours (T517の3倍DAQレート)

角型タイルEMモジュール = 8点 (中心・辺・角・スキャン5点)

ストリップEMモジュール = 8点 (中心・長辺・短辺・スキャン5点)

WLSシャワー位置測定器 = 8点 (中心・長辺・短辺・スキャン5点)

APDシャワー位置測定器 = 8点 (中心・長辺・短辺・スキャン5点)

**3 測定器貫通測定はトラッキング精度が悪化するので行なわない。**

\* ) T517テストでは一部のミューオン測定は貫通で行なった。

以上合計 27シフト + チューニング5シフト + 組替え1シフト相当 = **33シフト** を希望

加えてセットアップに3日、撤退に2日の、合計16日間の実験期間を希望する。

## 5. まとめ

- ・ 2種の電磁カロリメータテストモジュールと
- ・ 2種のシャワー位置測定器テストモジュールの

ビームテストを

- ・ 2004年3月に
  - ・  $\pi$ 2ビームラインに於いて
    - ・ 1～4 GeVの混合ビームを用いて
      - ・ 33シフトのビームタイムを得て
        - ・ 連続した16日間の実験期間で

行ないたい。

- ・ 関連して、回路・IP・準備スペース・工作機器の使用などをお願いしたい。
- ・ 実験費用・旅費は申請しない。