

# K<sup>o</sup>TO実験のための K<sub>L</sub>生成数測定実験で用いる ホドスコープの性能評価



京大理、KEK<sup>A</sup>

高橋剛

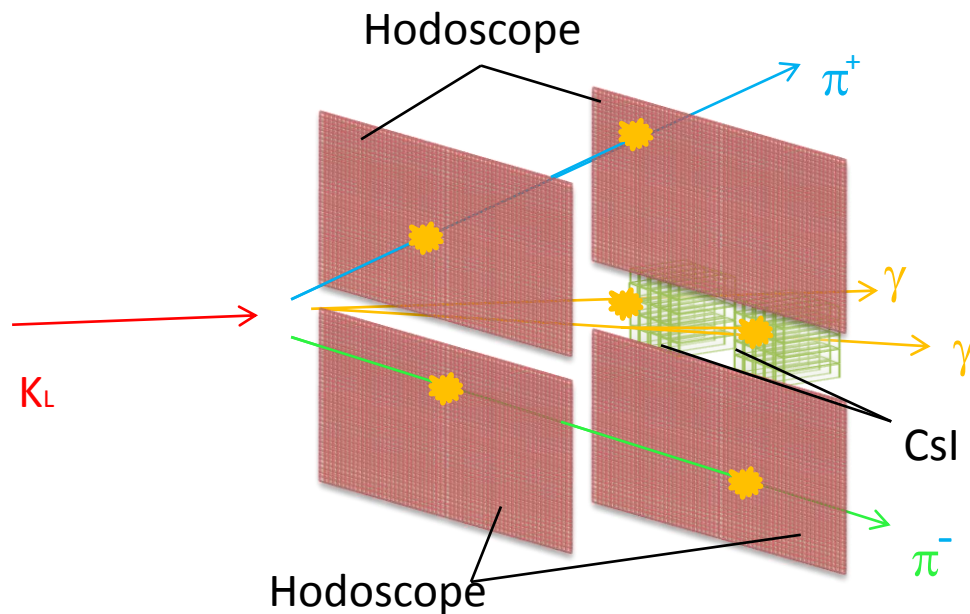
笹尾登、南條創、野村正<sup>A</sup>

森井秀樹、塩見公志、河崎直樹

増田孝彦、内藤大地、前田陽祐

# ホドスコープの役割

- $K^0_T0$ 実験は $K_L \rightarrow \pi^0 + \nu + \bar{\nu}$ の崩壊を探索する実験であり、使用するビームラインで得られる $K_L$ の生成数を測定する必要がある(ビームサーベイ実験)。
- $K_L$ の生成数測定は $K_L \rightarrow \pi^0 + \pi^+ + \pi^-$ の崩壊を測定することで行い、ホドスコープを用いて荷電パイ粒子の飛跡を捉える。



# ホドスコープに課される要求

- $K_L$  の生成数を10%の不定性で測定
  - 荷電パイ粒子の位置を1cmの精度で測定
    - 1cm幅の短冊状シンチレーターで2層/1台
  - ホドスコープ4台合わせてのEfficiencyが90%以上
    - 1層のEfficiency99%程度
      - $(99\% \times 99\%)^4 \doteq 92.3\%$
    - 十分な光量と高いEfficiencyが必要

# ホドスコープの構成

- Vertical – Plane

- 40cm(長) × 1cm(幅)  
× 5mm(厚) × 60ch
- 片側読み出し

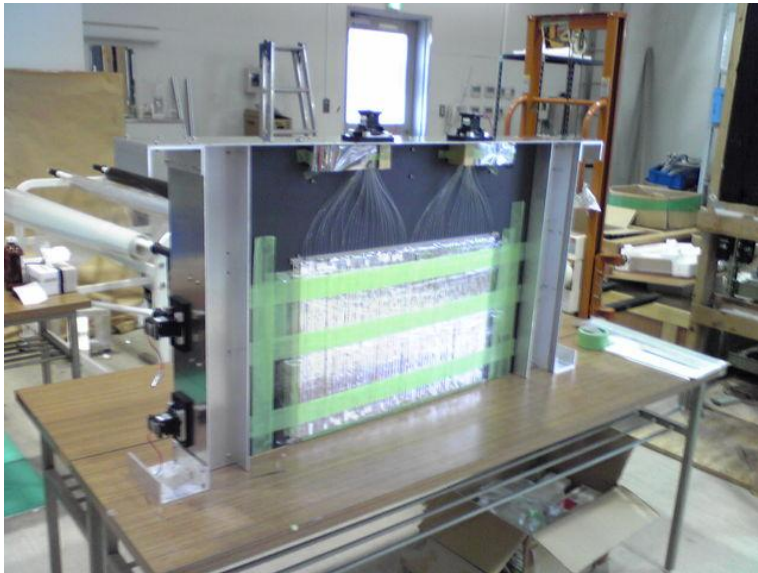
64ch MAPMT × 2個

EJ230 Scintillator (UV) + B2 1.5φ WLS Fiber(Blue) + 64ch MAPMT

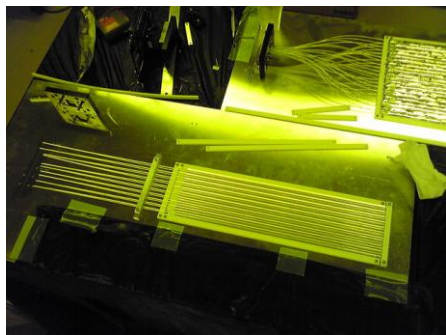
- Horizontal – Plane

- 60cm × 1cm × 5mm  
× 40ch
- 両側読み出し

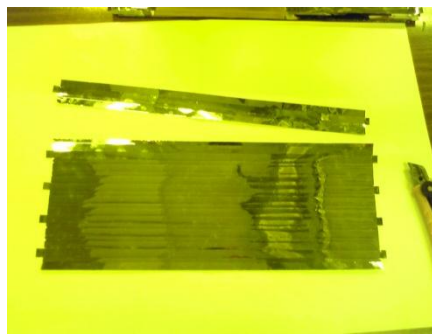
64ch MAPMT × 4個



# ホドスコープの製作



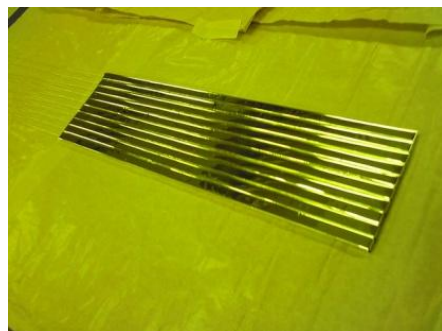
① ファイバーをシンチレーターに接着



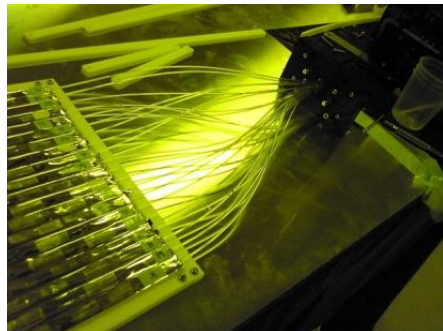
② 反射材を型にカット



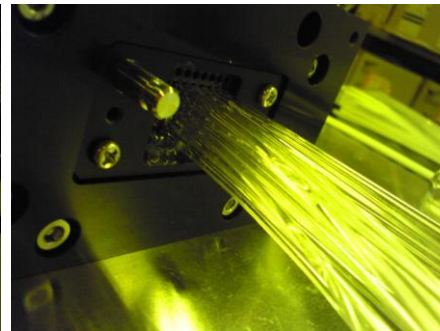
③ 反射材の巻きつけ



④ 巻き終わり



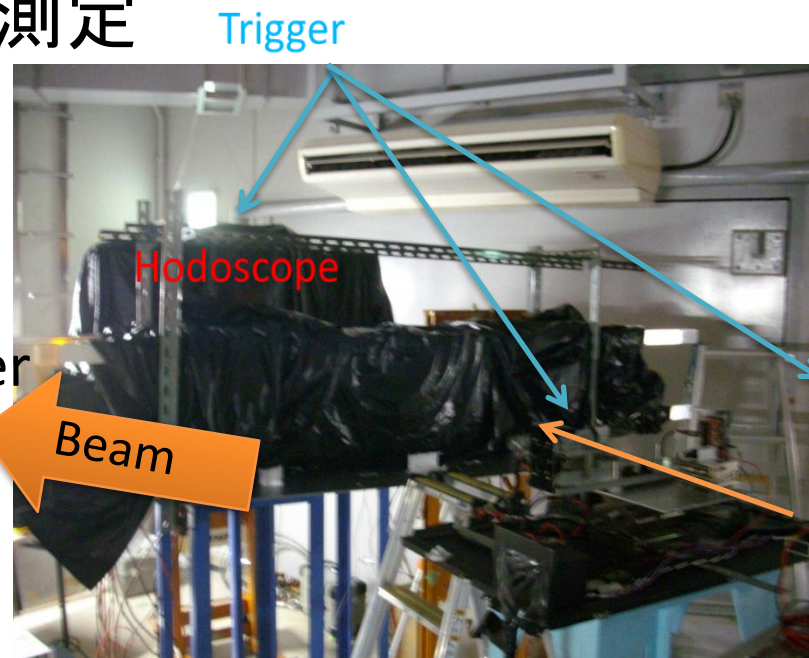
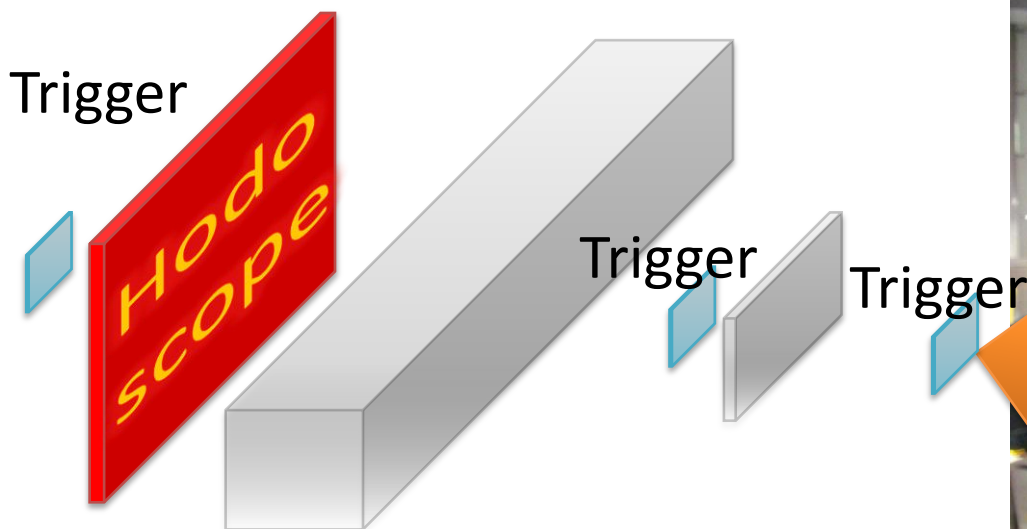
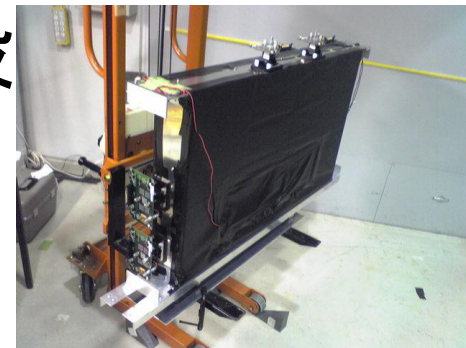
⑤ ファイバーをクッキーに接着



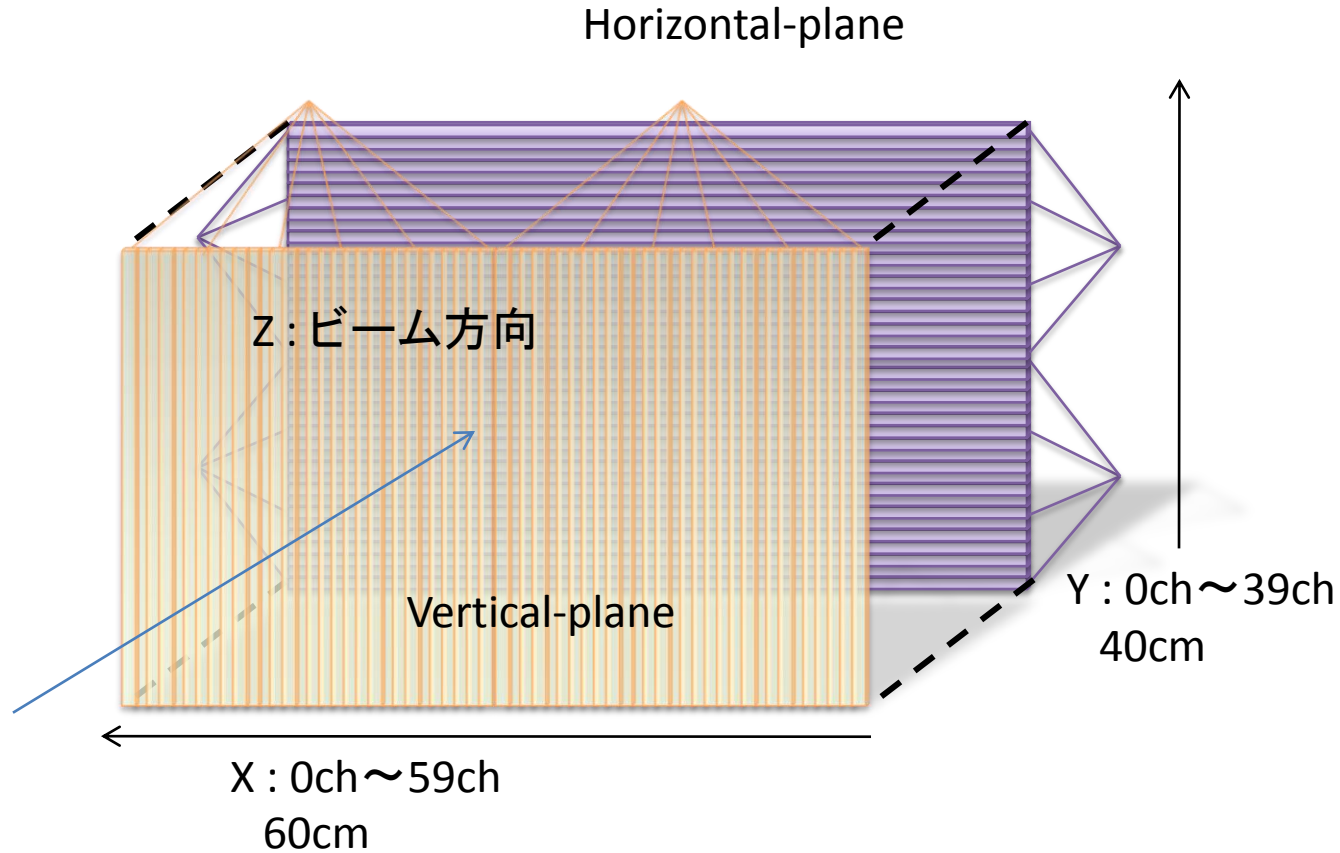
⑥ フレームに設置

# ビームテスト

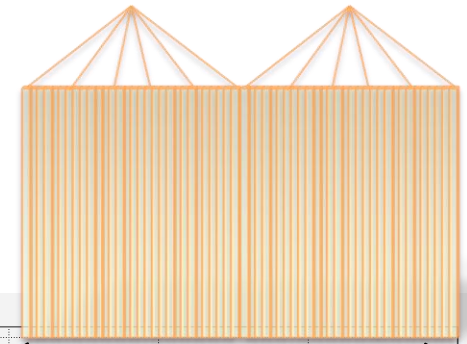
- 東北大学 原子核理学研究施設
  - 600MeV/c 陽電子ビーム
  - トリガー 4cm × 4cm
  - 光量、Efficiency の全面測定



# 座標軸の定義

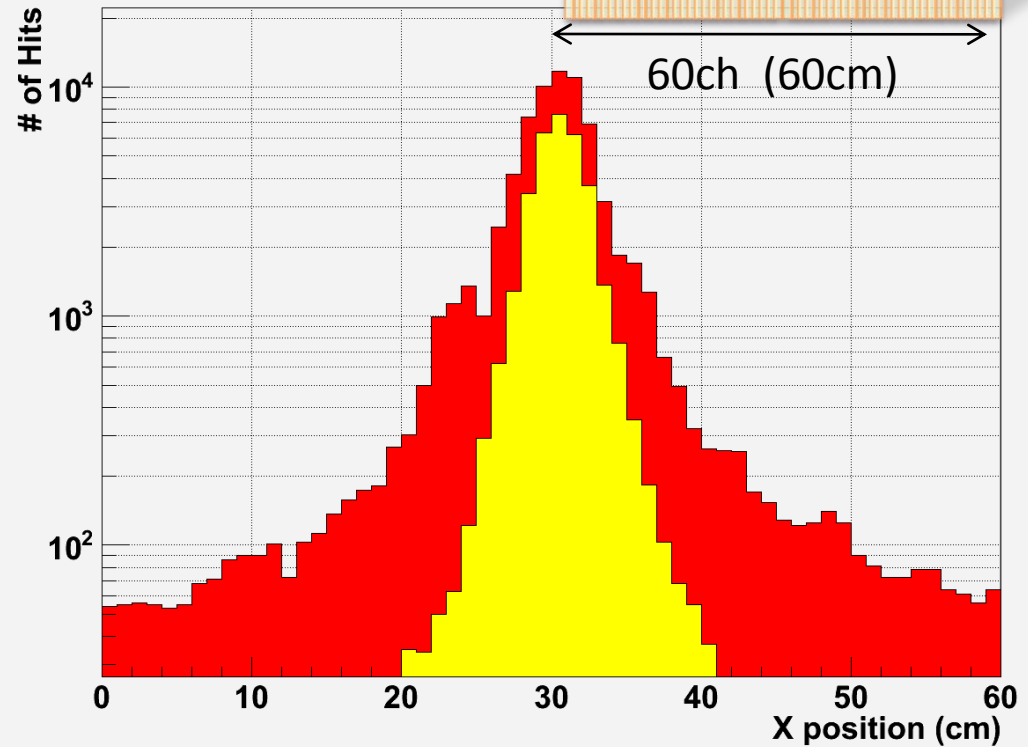
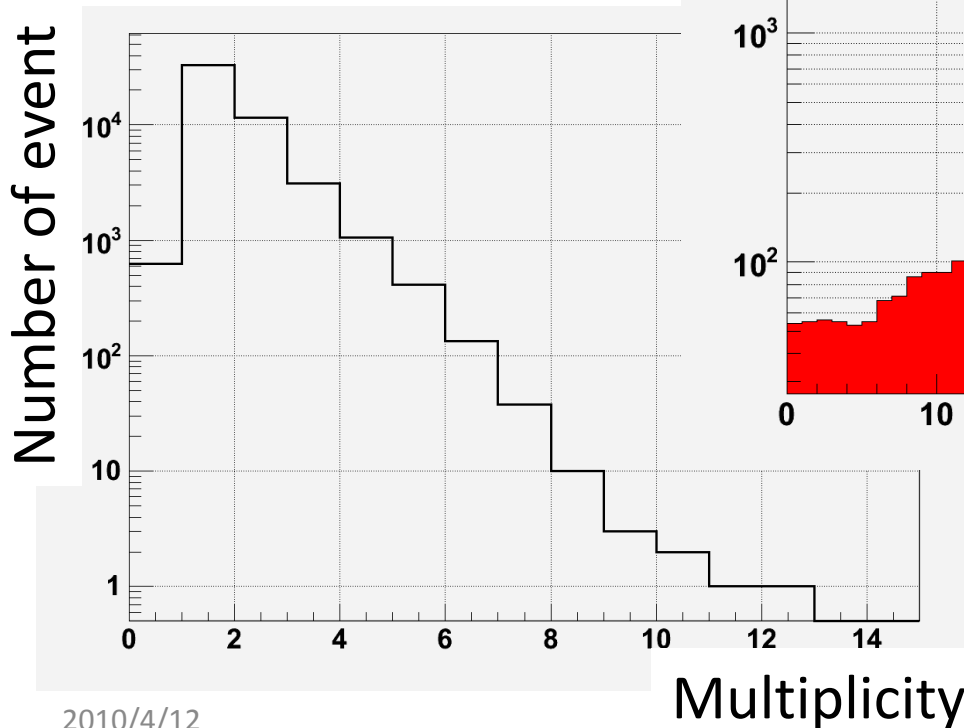


# Profile (Vertical – Plane)



ビーム中心位置

X=30cm Y=20cm



赤  
黄

Multiple Hit  
Single Hit



# Profile (Horizontal – Plane)

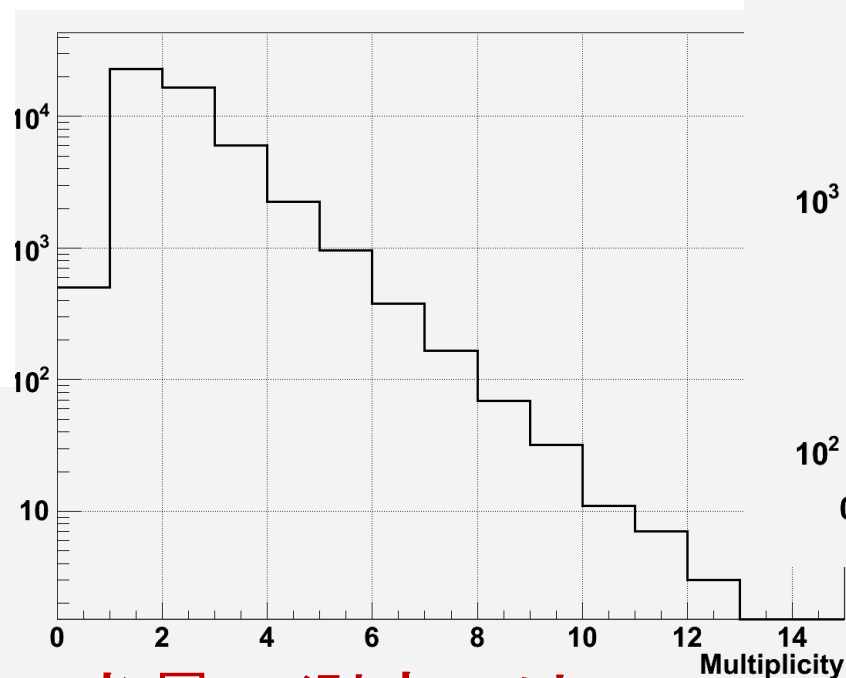
ビーム中心位置

X=30cm Y=20cm

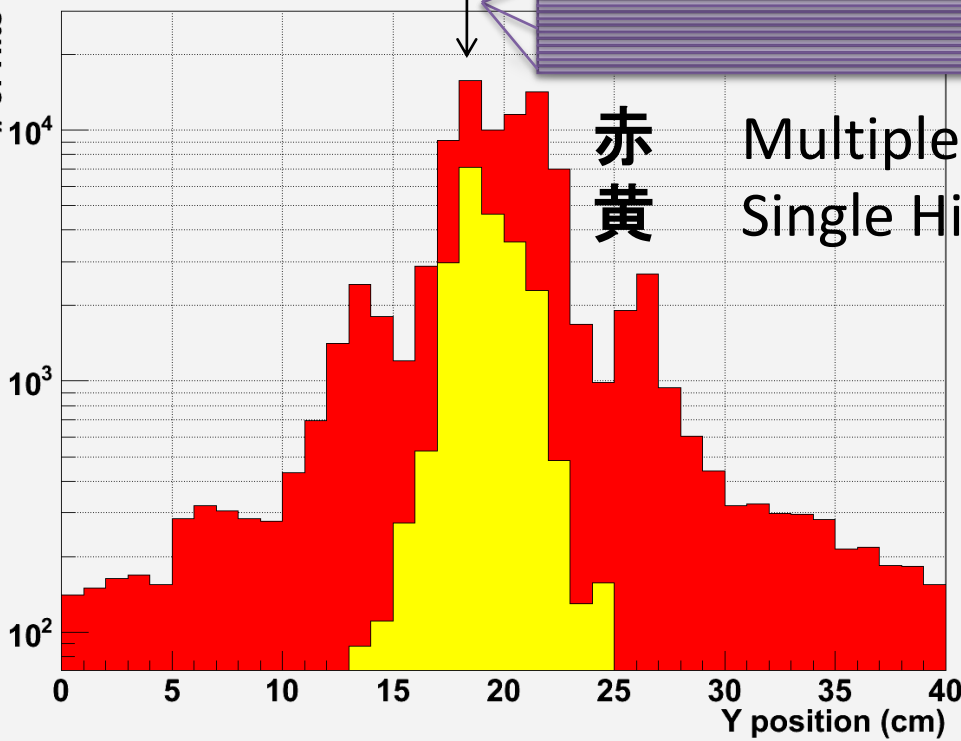
40ch  
(40cm)



Number of event



# of Hits



赤  
黄

Multiple Hit  
Single Hit

→ 光量の測定ではV-Plane, H-Plane とともにシングルヒットであることを課して解析。



# 光量 (Vertical-Plane)

各エリアの光量

15~31 p.e.

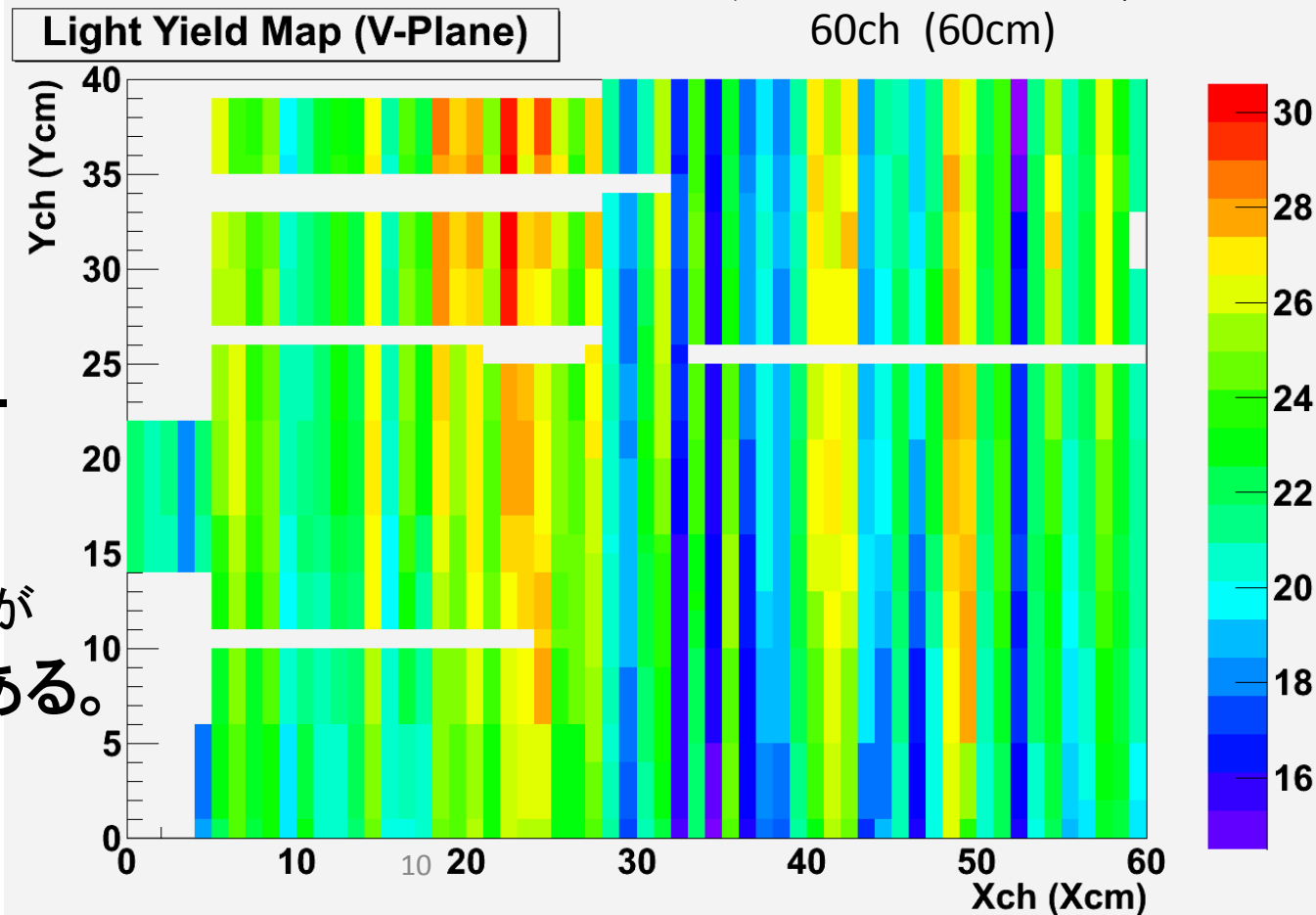
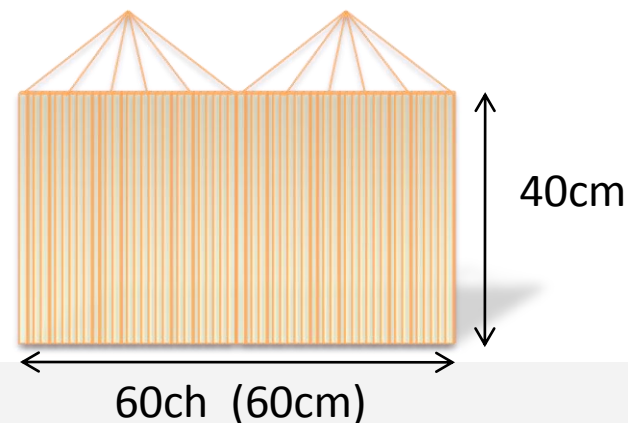
その誤差

< 0.4

平均

22.7 p.e.

シンレーター間の  
ばらつきは大きい  
が  
光量は十分である。



# 光量 (Horizontal-Plane)

各エリアの光量

(左右合計) 22~42 p.e.

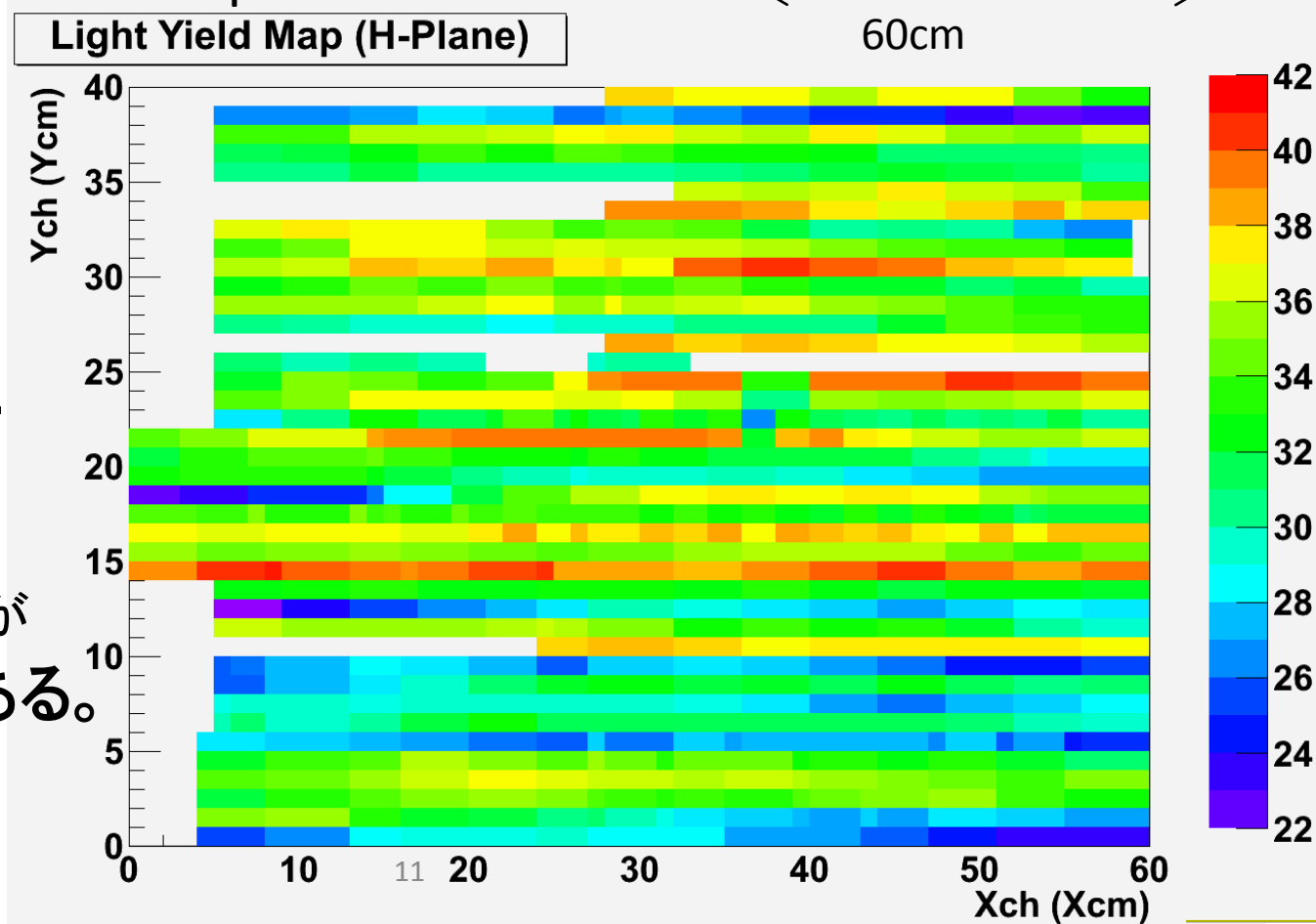
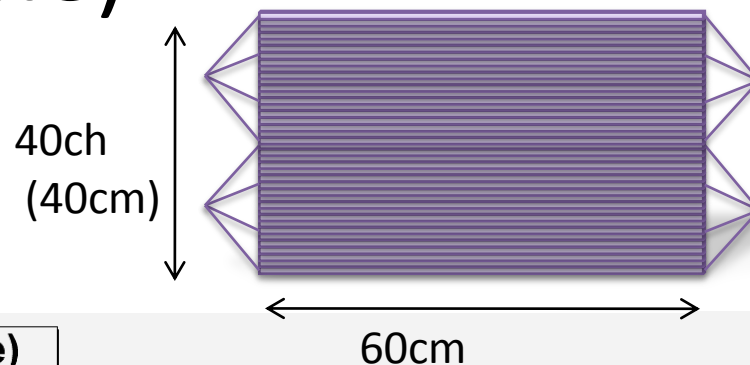
その誤差

< 0.8

平均

33.5 p.e.

シンレーター間の  
ばらつきは大きい  
が  
光量は十分である。



# 光量がばらつく原因

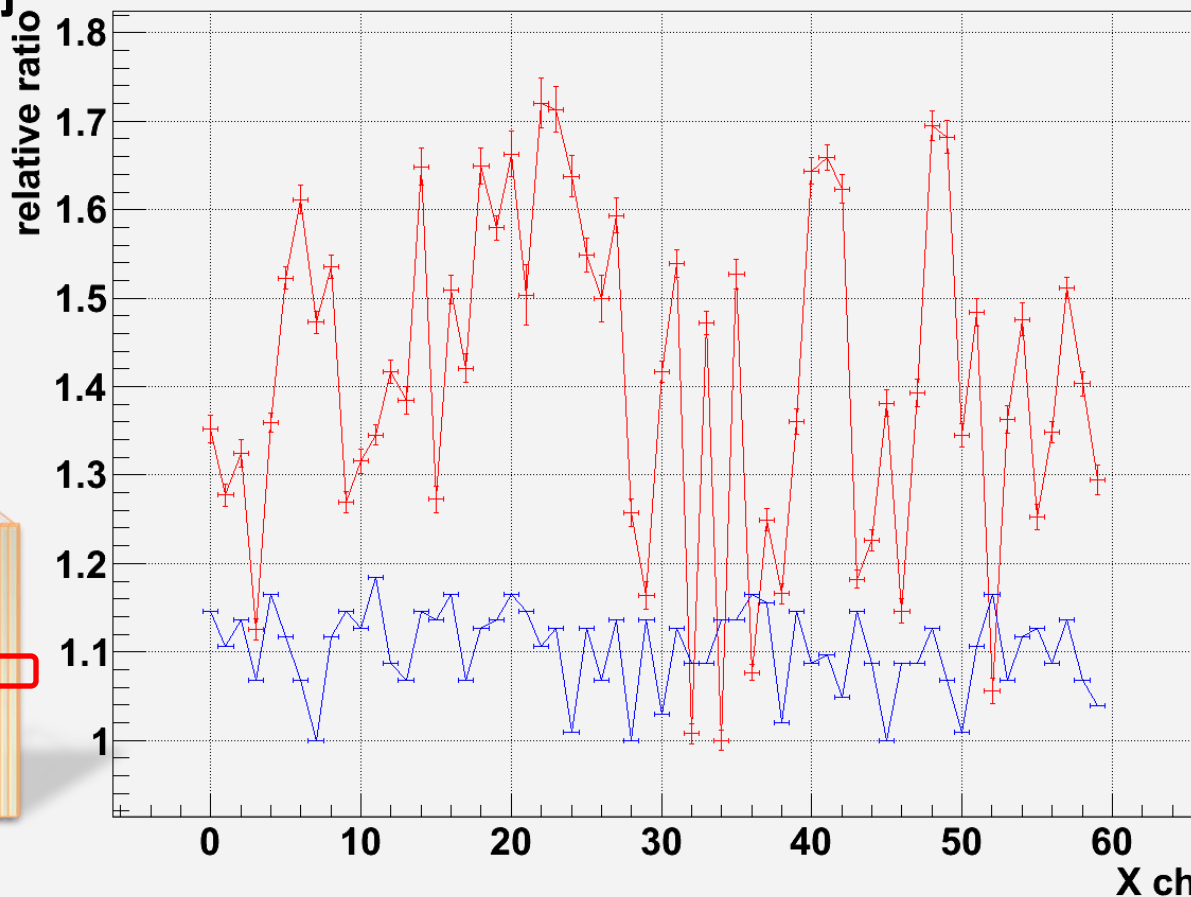
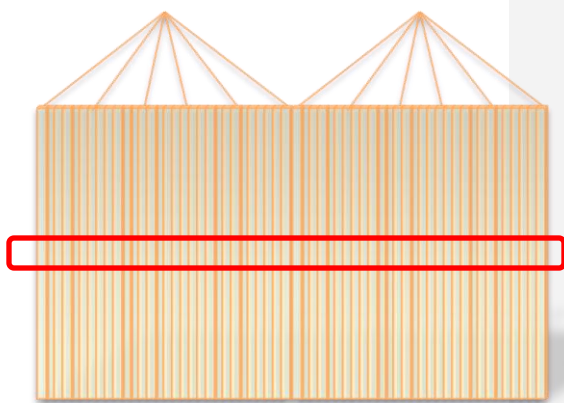
- 各シンチレータの厚みのばらつき
- 各ファイバーとPMTの接続やQEが不均一
- シンチレータの質に個性がある
- 反射材の巻き方にばらつき
- ファイバーとシンチレータの接着の仕方

# 各シンチレーターの厚みのばらつき

- V-PlaneのY-20cmにおける光量とシンチレーターの厚みの相関

赤 光量  
青 厚み

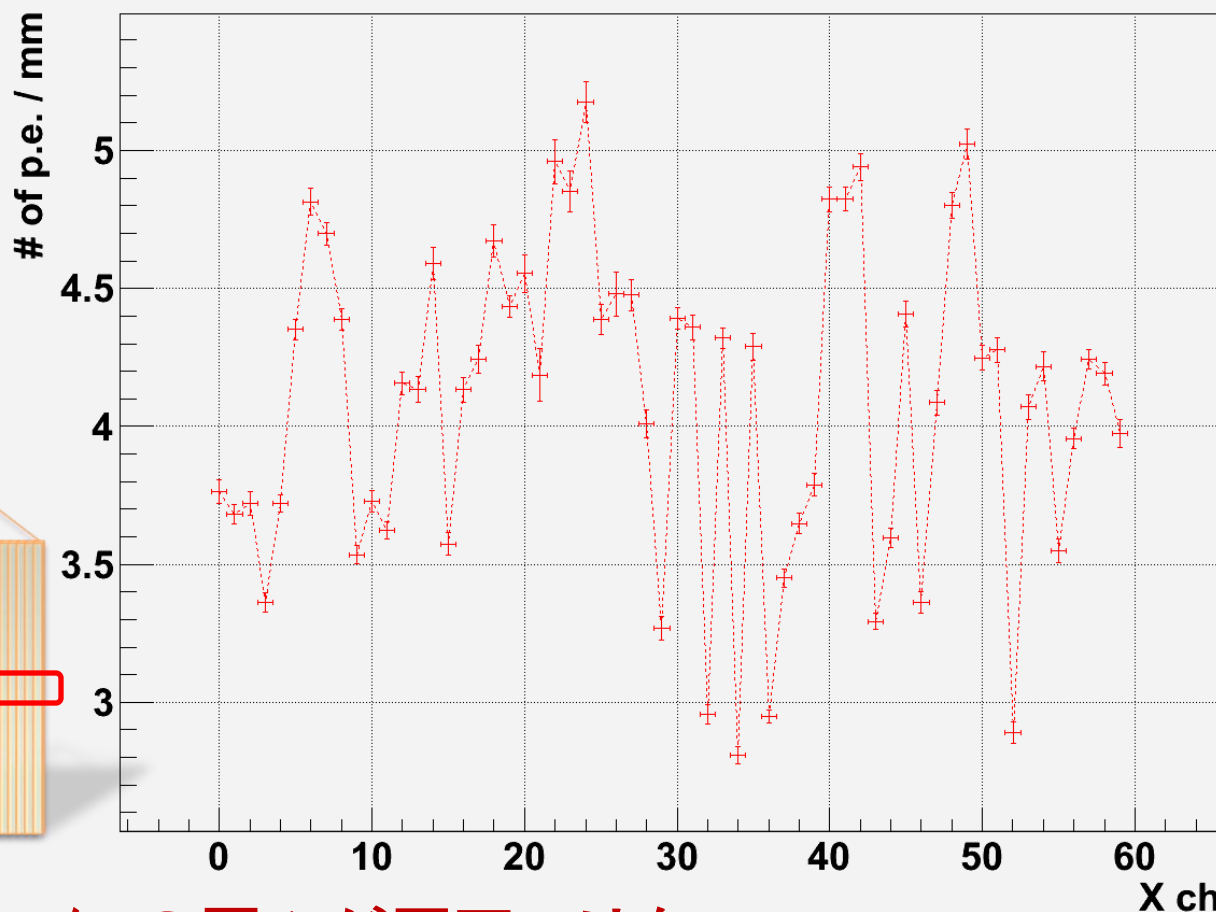
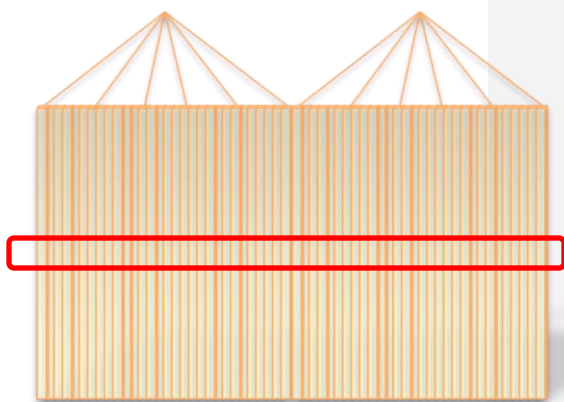
共に最低値を1とした  
相対値



# 各シンチレーターの厚みのばらつき

- 光量/厚み

V - Plane  
Y = 20cm における  
1mmあたりの光量



シンチレーターの厚みが原因ではない。

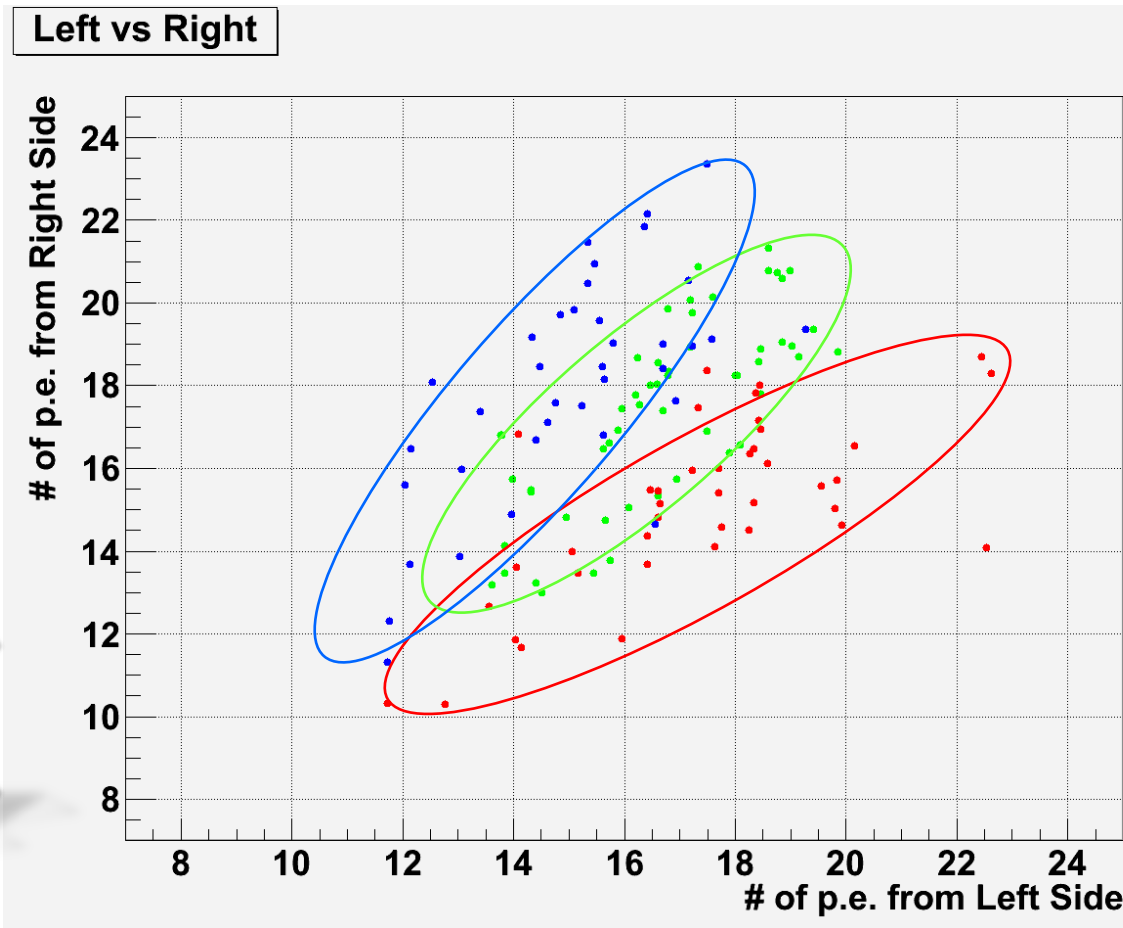
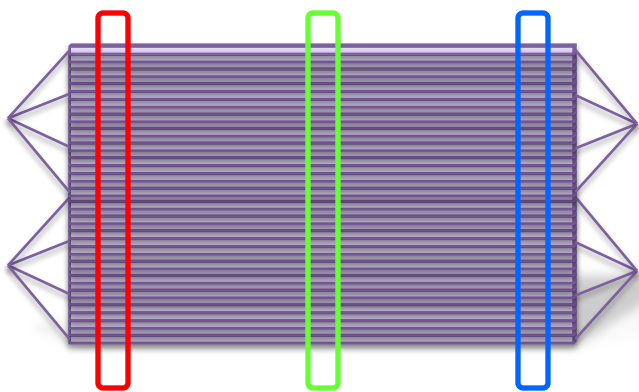
# 各ファイバーとPMTの接続やQEが不均一

- 右からの読み出し光量と左からの読み出し光量の相関

H-Plane

赤 左側  
緑 中央  
青 右側

における光量の左右比



左右で相関がある。 → ファイバー/PMT間やQEの問題ではない。

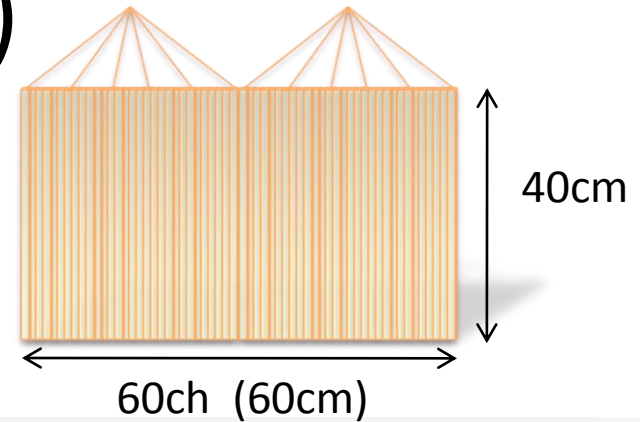
# 光量がばらつく原因

- ✕ 各シンチレータの厚みのばらつき
- ✕ 各ファイバーとPMTの接続やQEが不均一
- ? シンチレータの質に個性がある
- ? 反射材の巻き方にばらつき
- ? ファイバーとシンチレータの接着の仕方



# Efficiency (Vertical-Plane)

H-Planeに1つヒットがあったときに  
V-Planeにヒットがあれば Efficiency  
ヒットがなければ Inefficiency



## 各エリアのEfficiency

95.10% ~ 99.97%

その誤差

< 0.33%

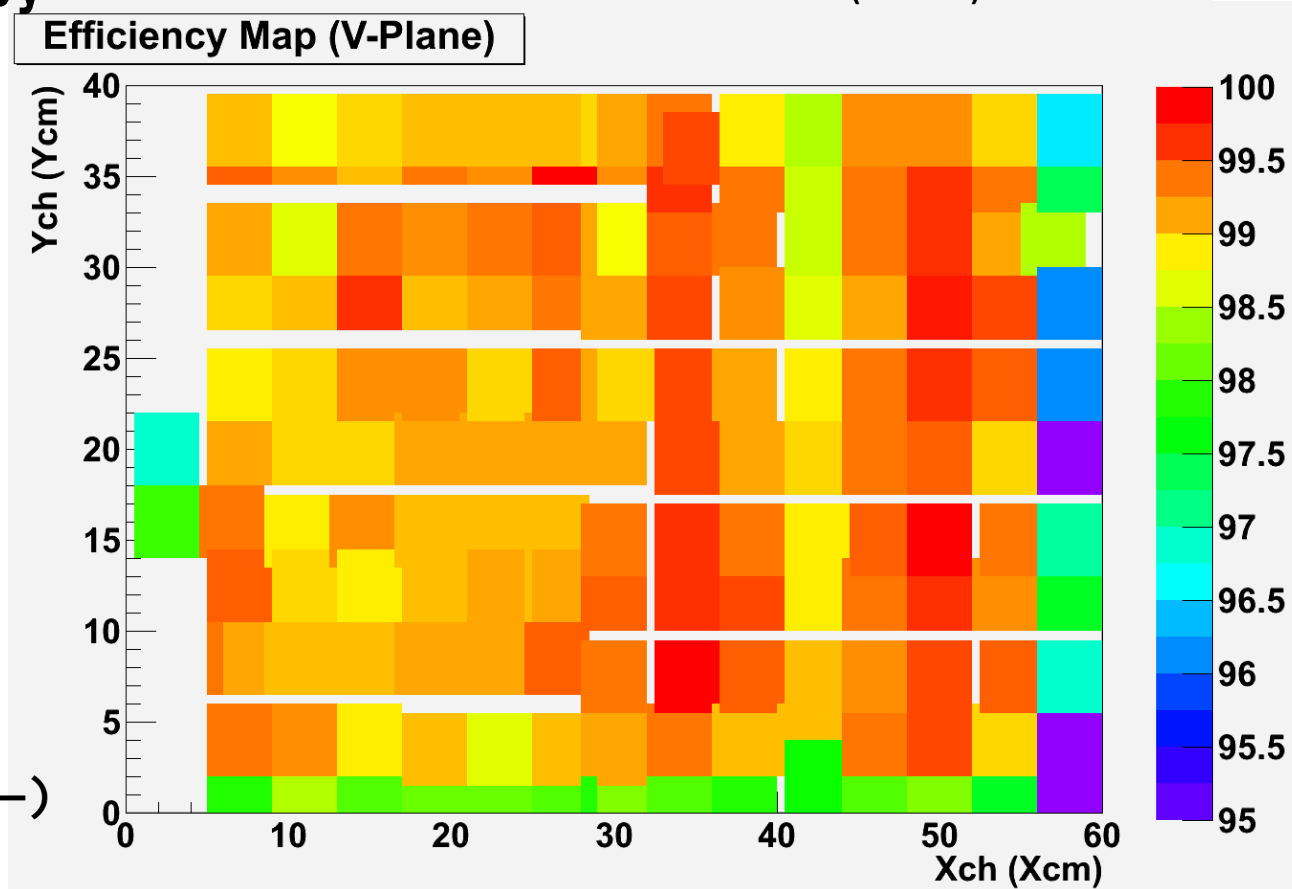
平均

98.98%

Inefficiency ~ 1%

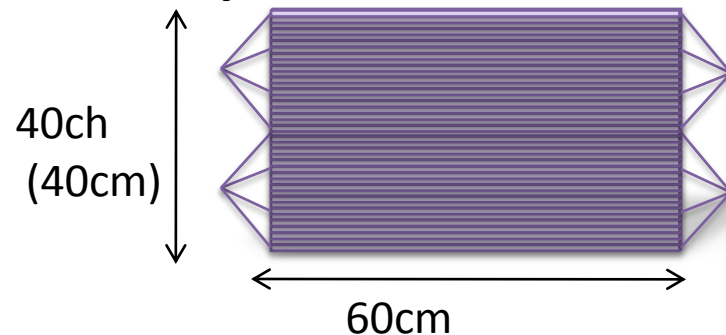
≒ 50  $\mu$ m  $\times$  2 / 10mm

(反射材 / シンチレーター)



# Efficiency (Horizontal-Plane)

V-Planeに1つヒットがあったときに  
H-Planeにヒットがあれば Efficiency  
ヒットがなければ Inefficiency



## 各エリアのEfficiency

93.84% ~ 99.95%

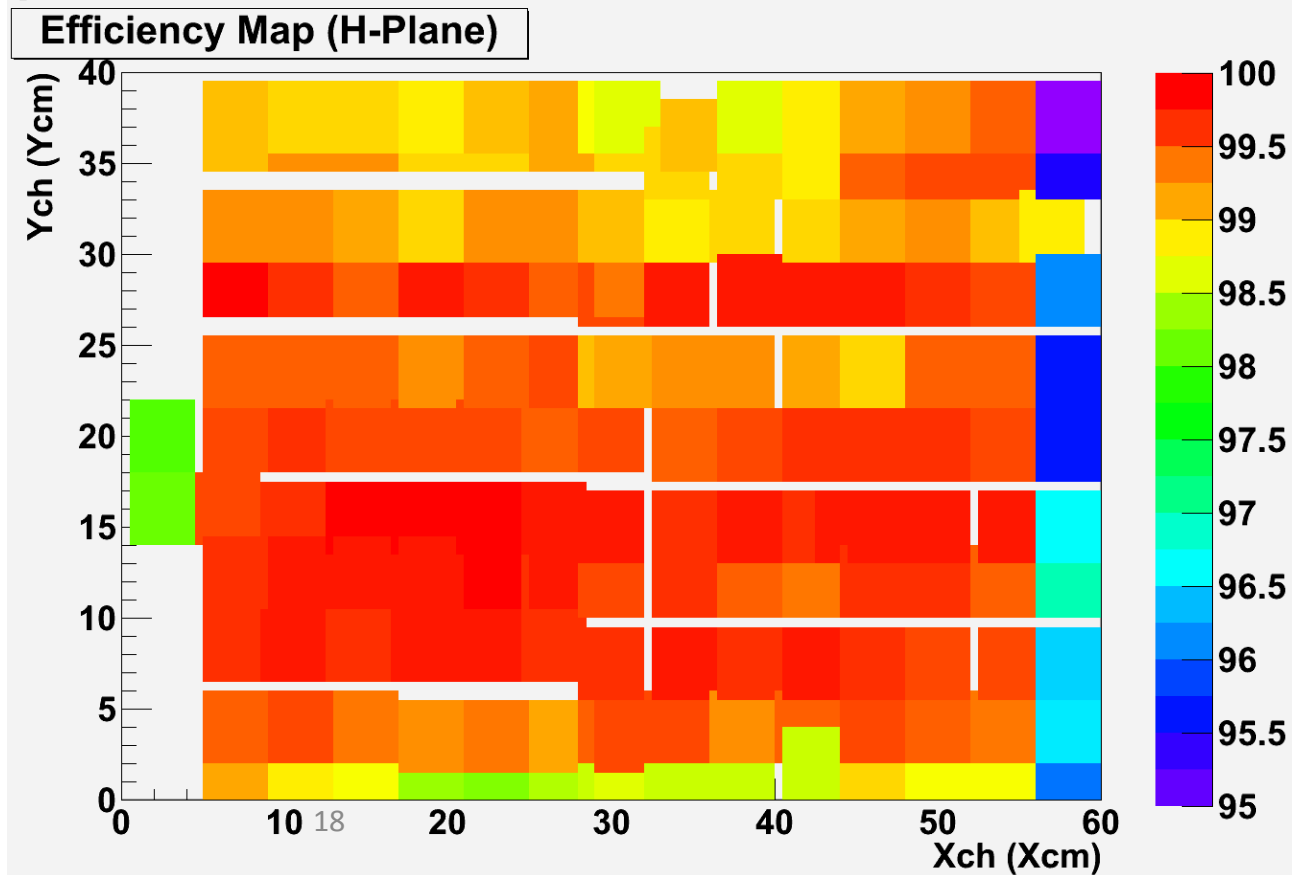
その誤差

< 0.29%

平均

99.23%

Inefficiency < 1%



# Summary and Prospects

- K<sup>o</sup>TO実験に向けたK<sub>L</sub>生成数測定実験に用いるホドスコープを製作・性能評価。
- ホドスコープに要求される性能はInefficiencyが1%程度に抑えられていること。高い光量とEfficiencyが必要。
- 光量とEfficiencyの測定を行い、必要なパフォーマンスが出ていることを確認。
- 同じ方法で残りのホドスコープを製作中。
  - 間もなく全てのシンチレーターが仕上がる。
- 10月～J-PARCに運び組み上げ、中旬から出る予定のビームで測定を始め、K<sub>L</sub>生成数を10%の不定性で測定。

# BACK UP

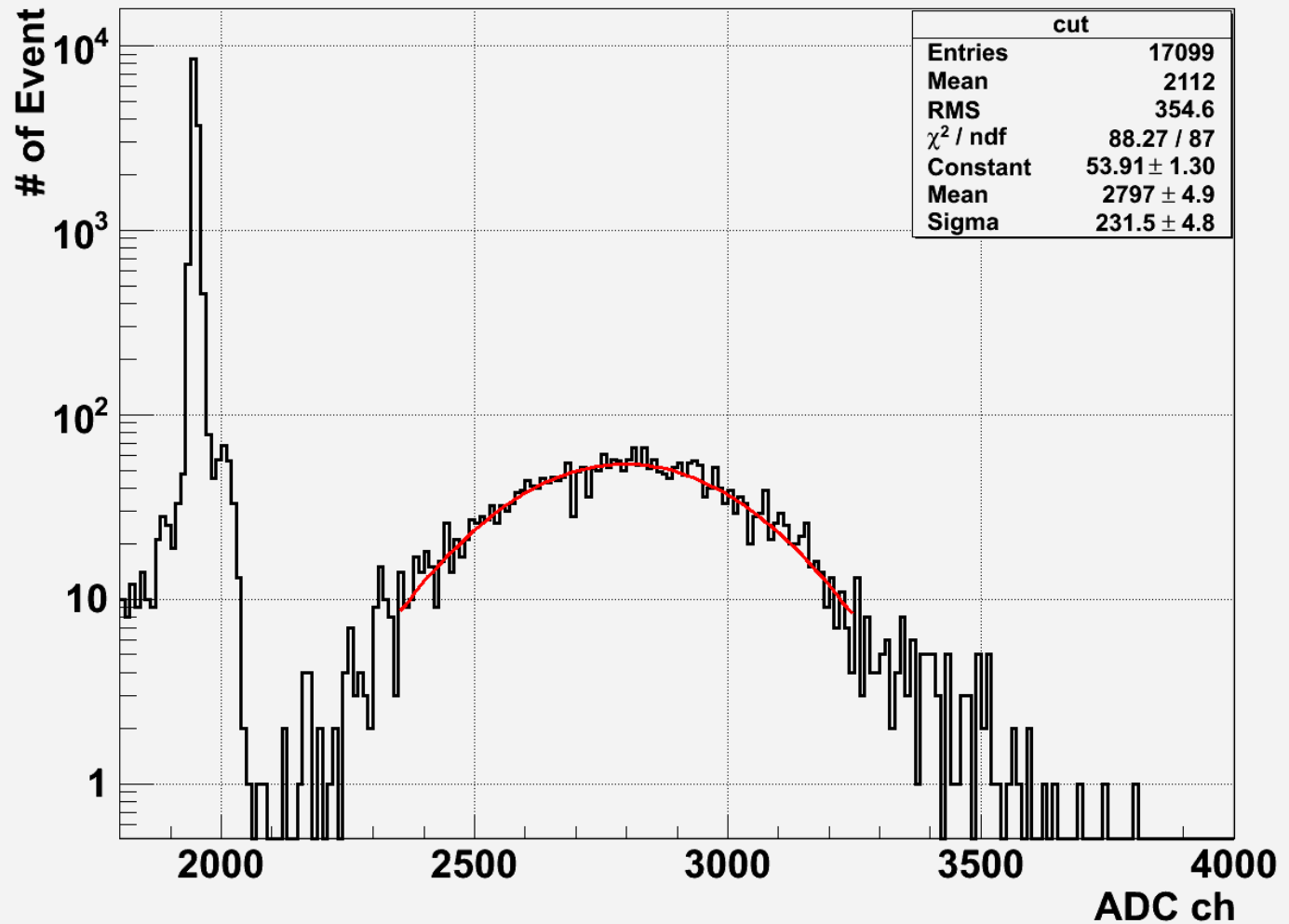
# ADC Histogram

Beam Center

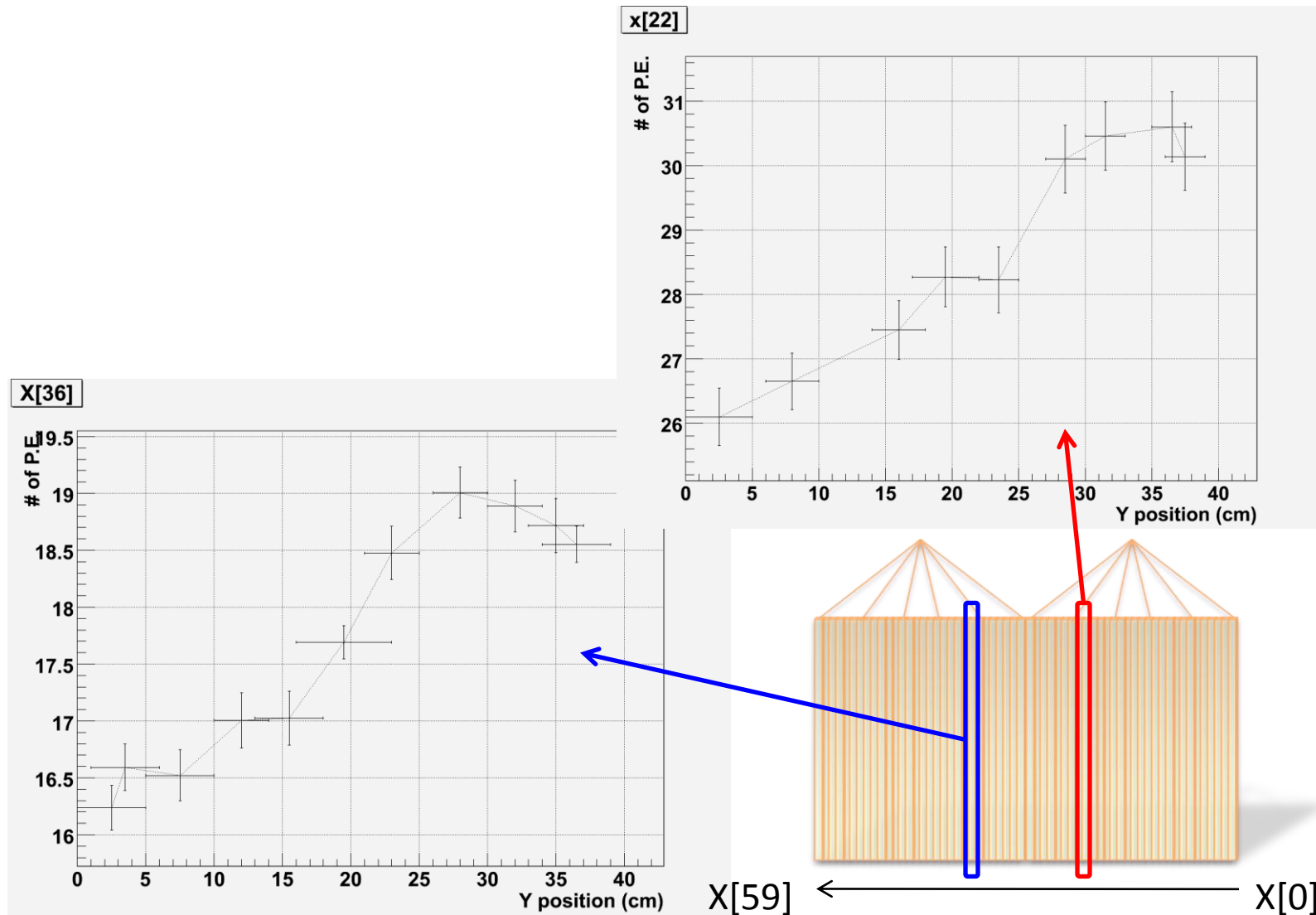
X = 30cm

Y = 20cm

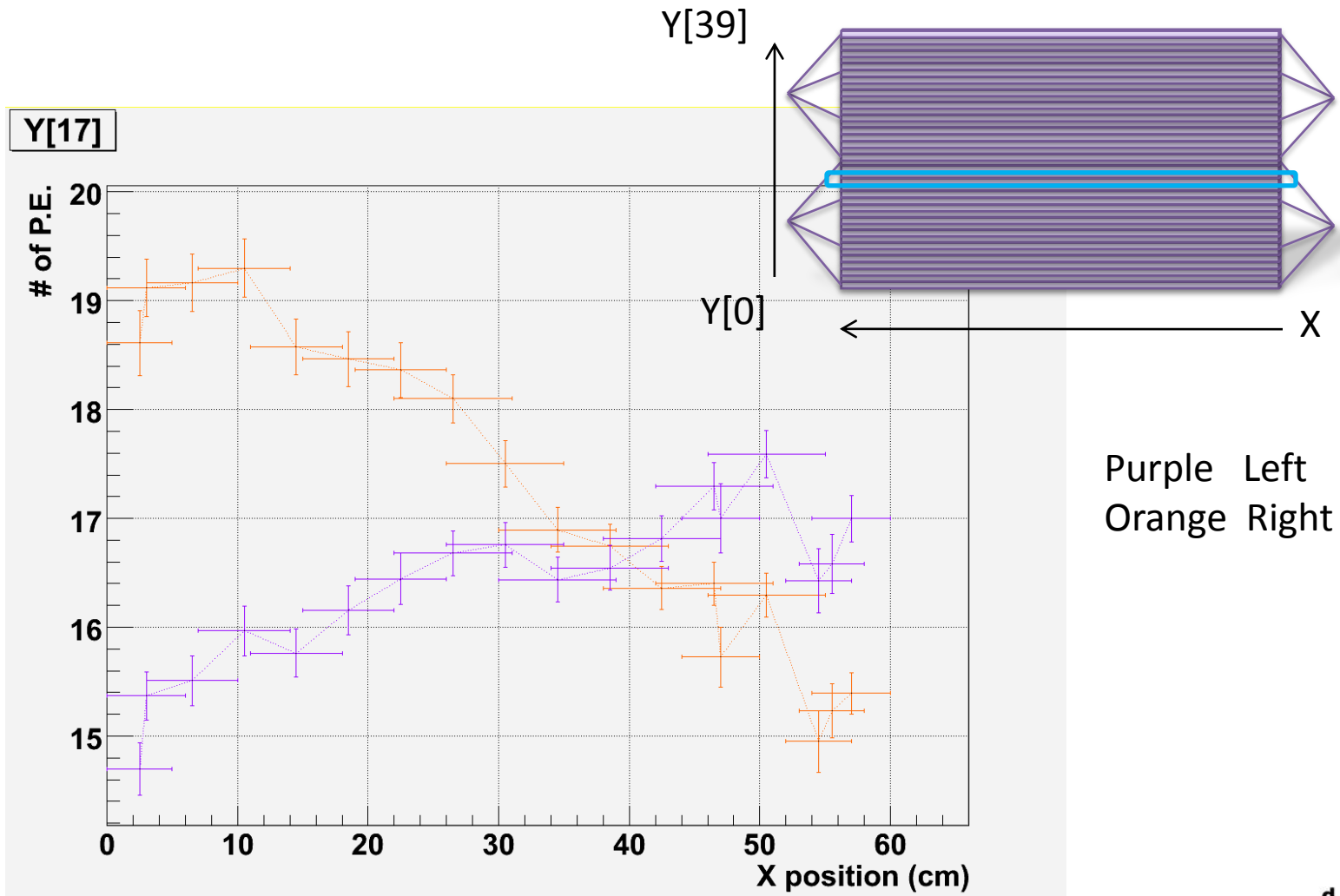
X-29ch



# Position dependence (V – Plane)



# Position dependence (H – Plane)



# Correlation between Left and Right

LY profile Y-plane at 20cm

Purple Left  
Orange Right

