

# 反応点解析

宮本成悟

# location数 (2010/02/04時点)

located 553 event

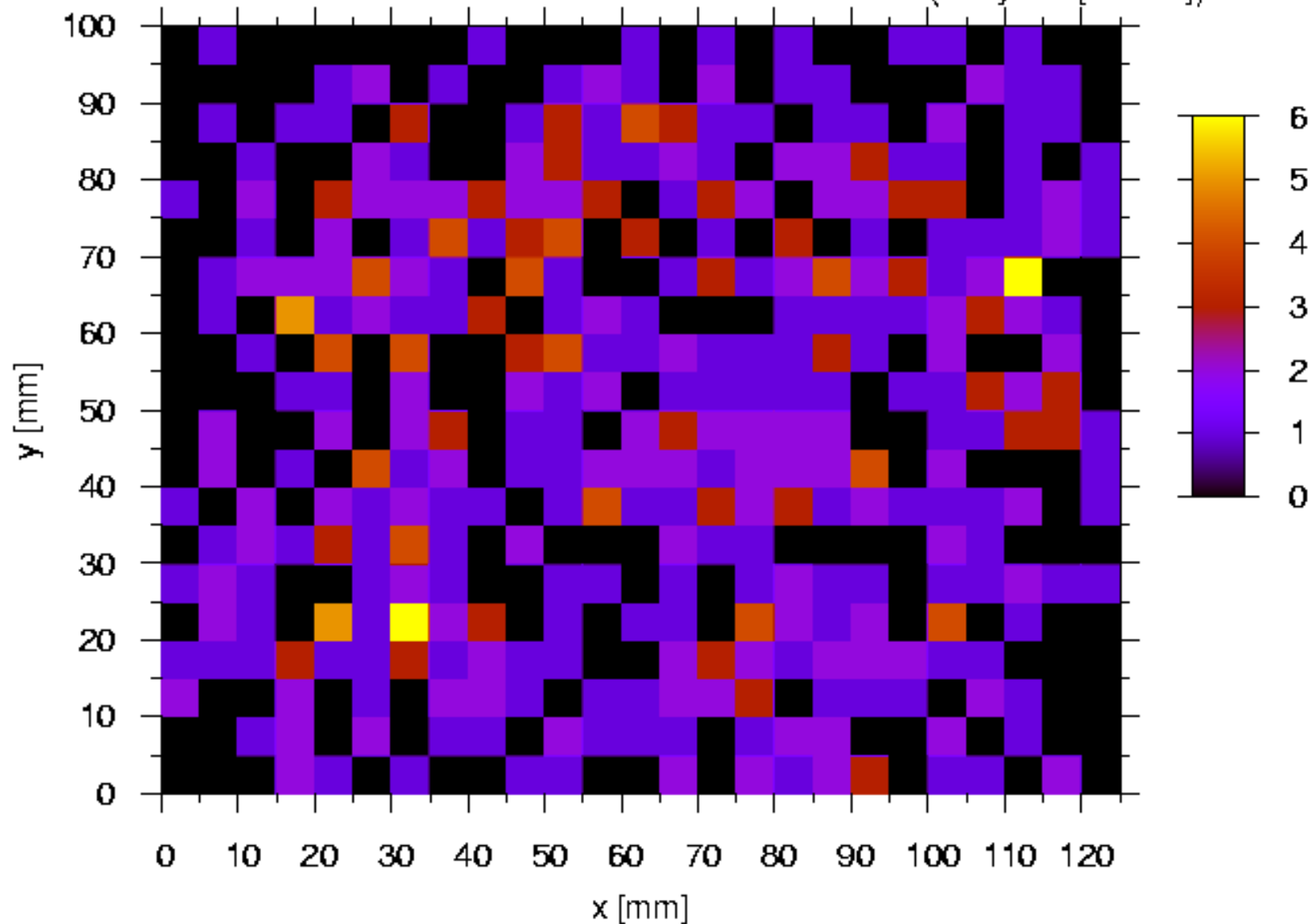
{ CC : 447	{ 2008run : 416
{ NC : 106	{ 2009run : 137

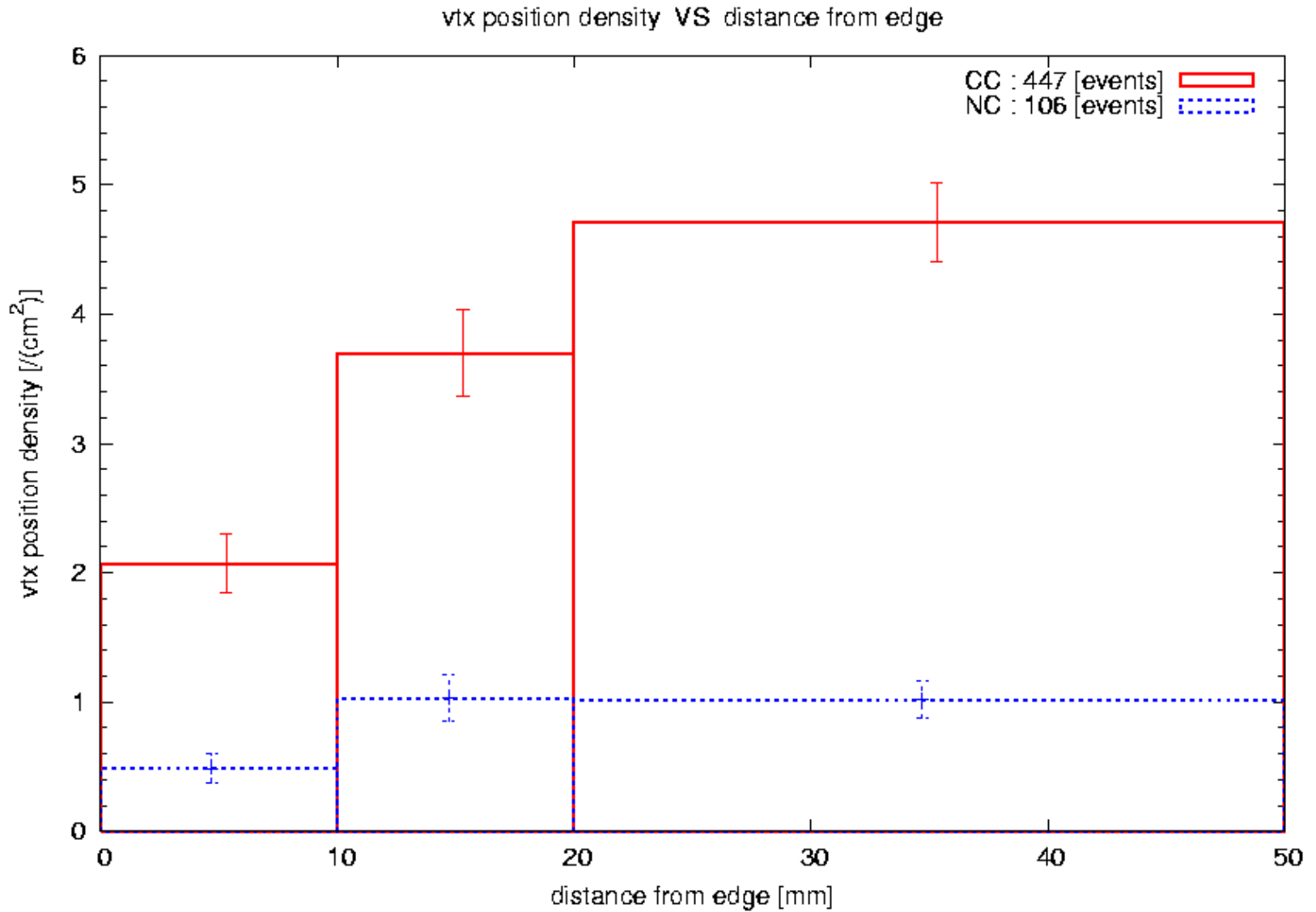
位置について一様な集められ方をされているか調べた

# ECC内のXY方向分布

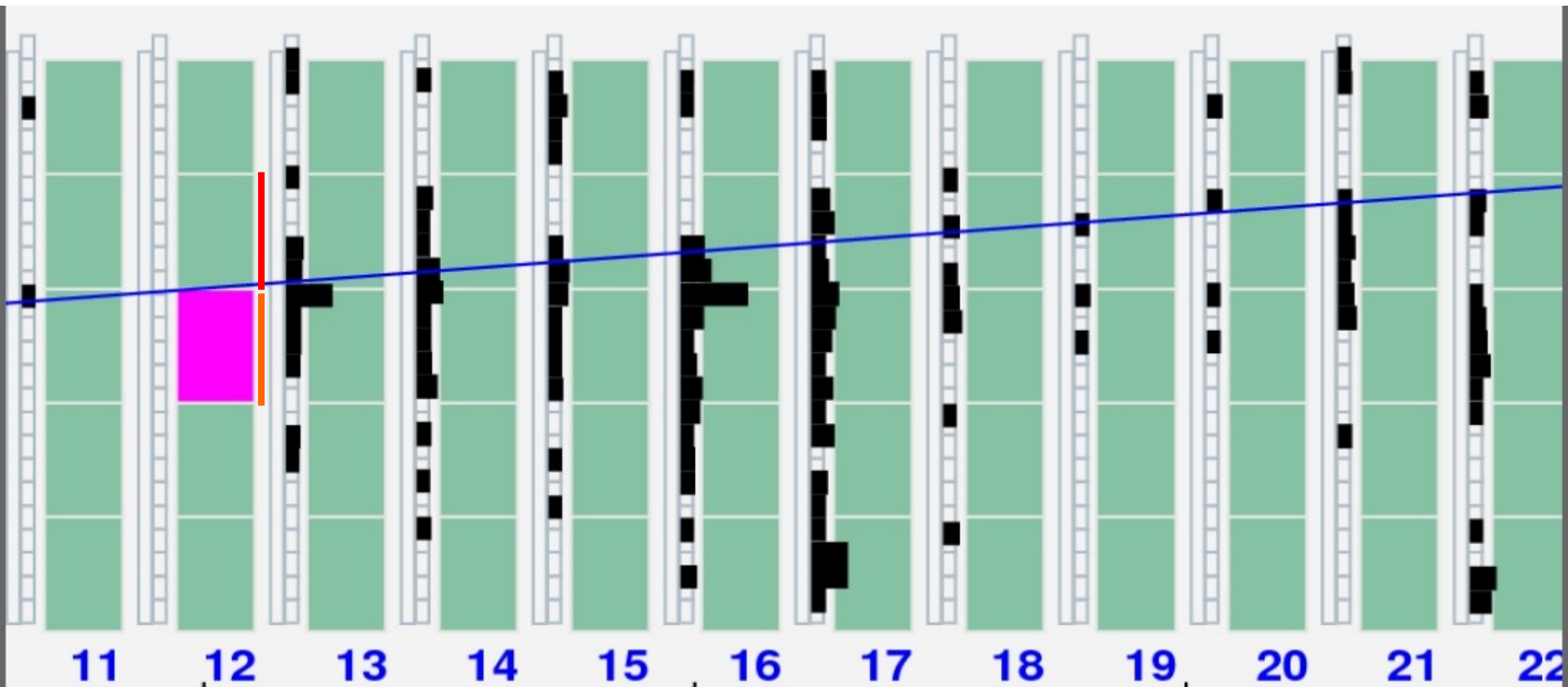
vertex position distribution

(entry:553[events])





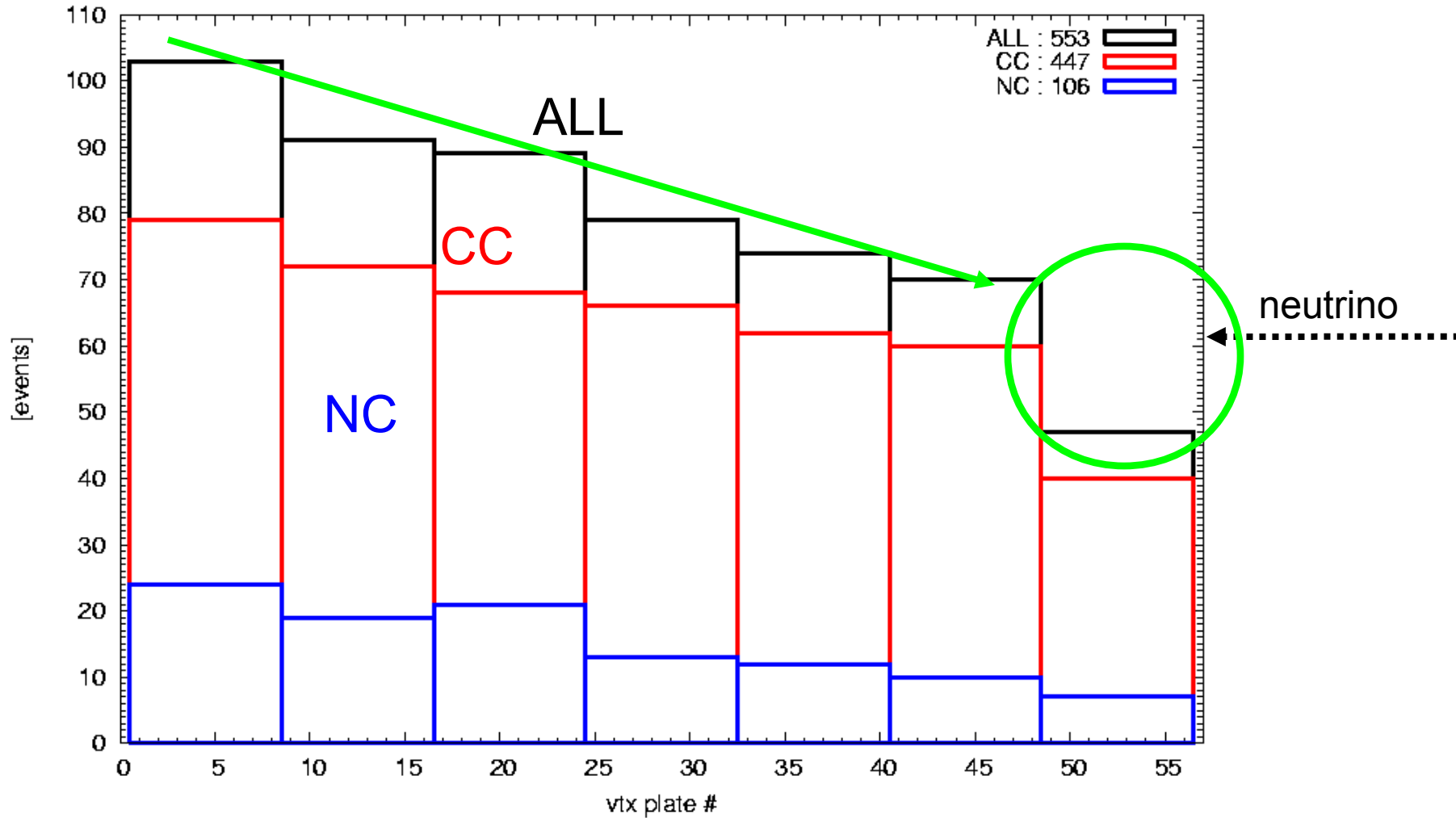
現在解析対象外としているのは、エッジから5mmの範囲のみ



CS 第2、第3候補の解析→進行中

# ECC内Z方向分布

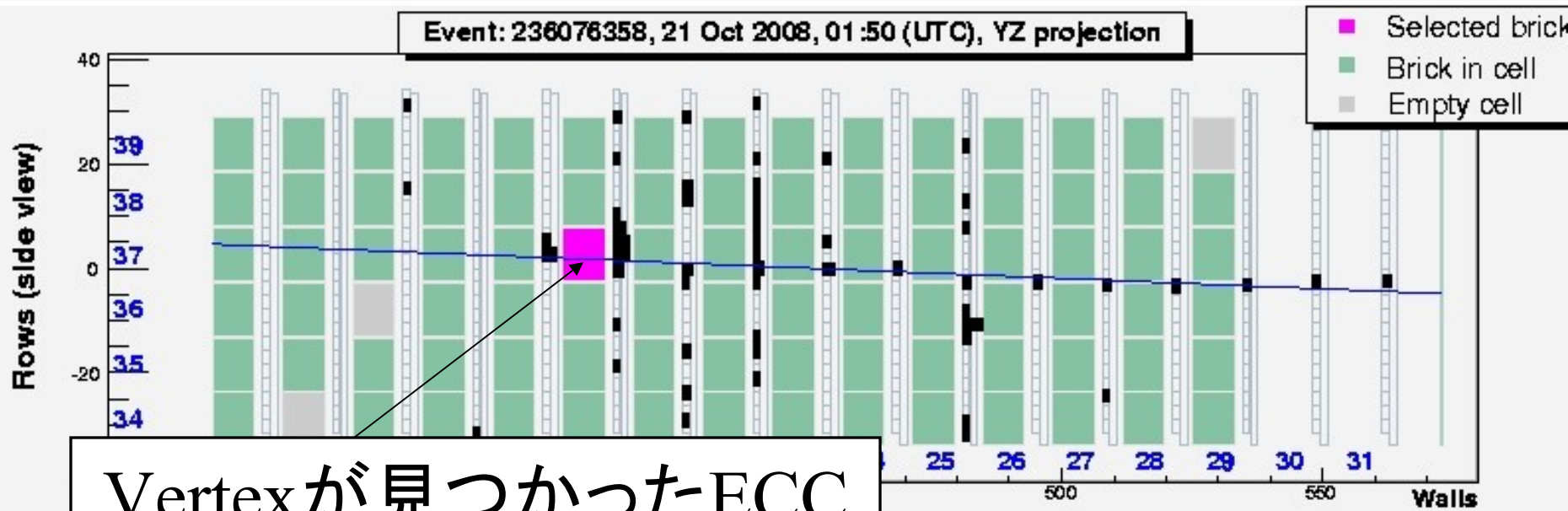
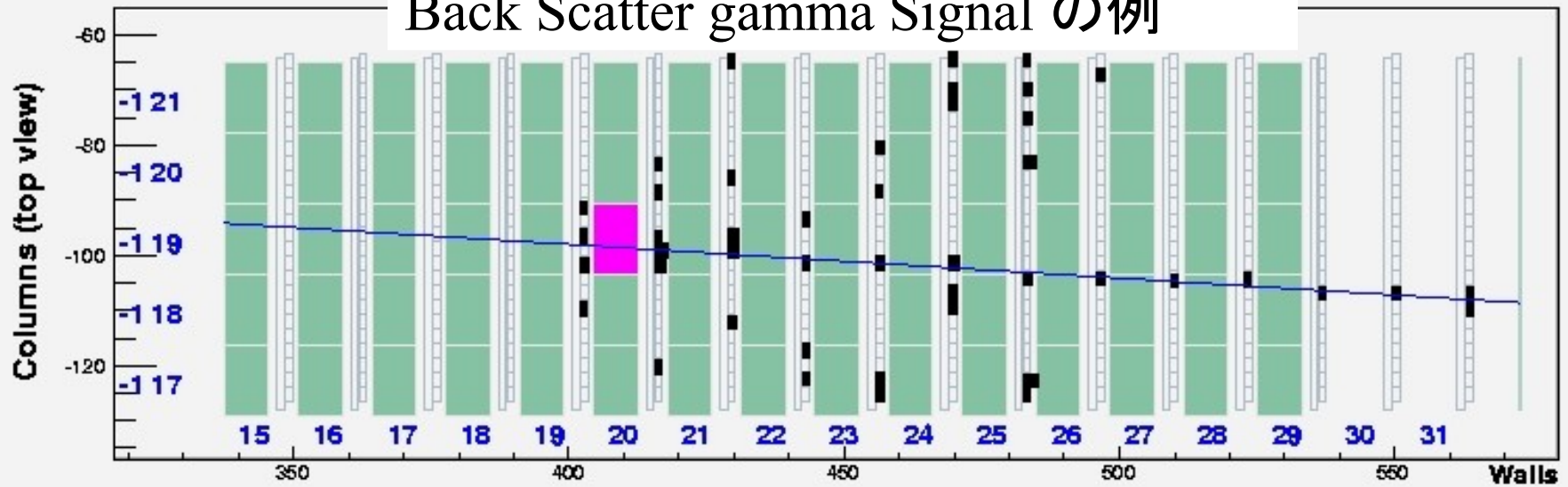
vtx plate distribution (2010/02/04)



# 原因

- 原子核のevaporationによる後方 $\gamma$ のシグナルによる、ECC ID違い
- 低エネルギーNeutral Current Like event (電子ニュートリノイベントも含む)検出不十分

# カウンタートラックで捕らえられた、 Back Scatter gamma Signal の例



Vertexが見つかったECC



# Locationについて行うべきこと

- Edge event: CS第2、第3候補までのデータ解析を終了させる。
- Back Scatter Signal によるWall間違い: 同様
- 2008年RUNの Event Locationを、今年の3月末まで、2009年RUNのEvent Locationを夏までに終わらせる。
- Low energy NC event: CSまで飛跡が届いてない可能性
  - ECCの直接解析の必要
  - 振動確率  $\propto E^{(-2)}$

OPERA実験はニュートリノ反応検出のためのターゲットとして初めて鉛を採用した

鉛の厚さは1mmであり、その中で起ったニュートリノ反応を解析しなければならない

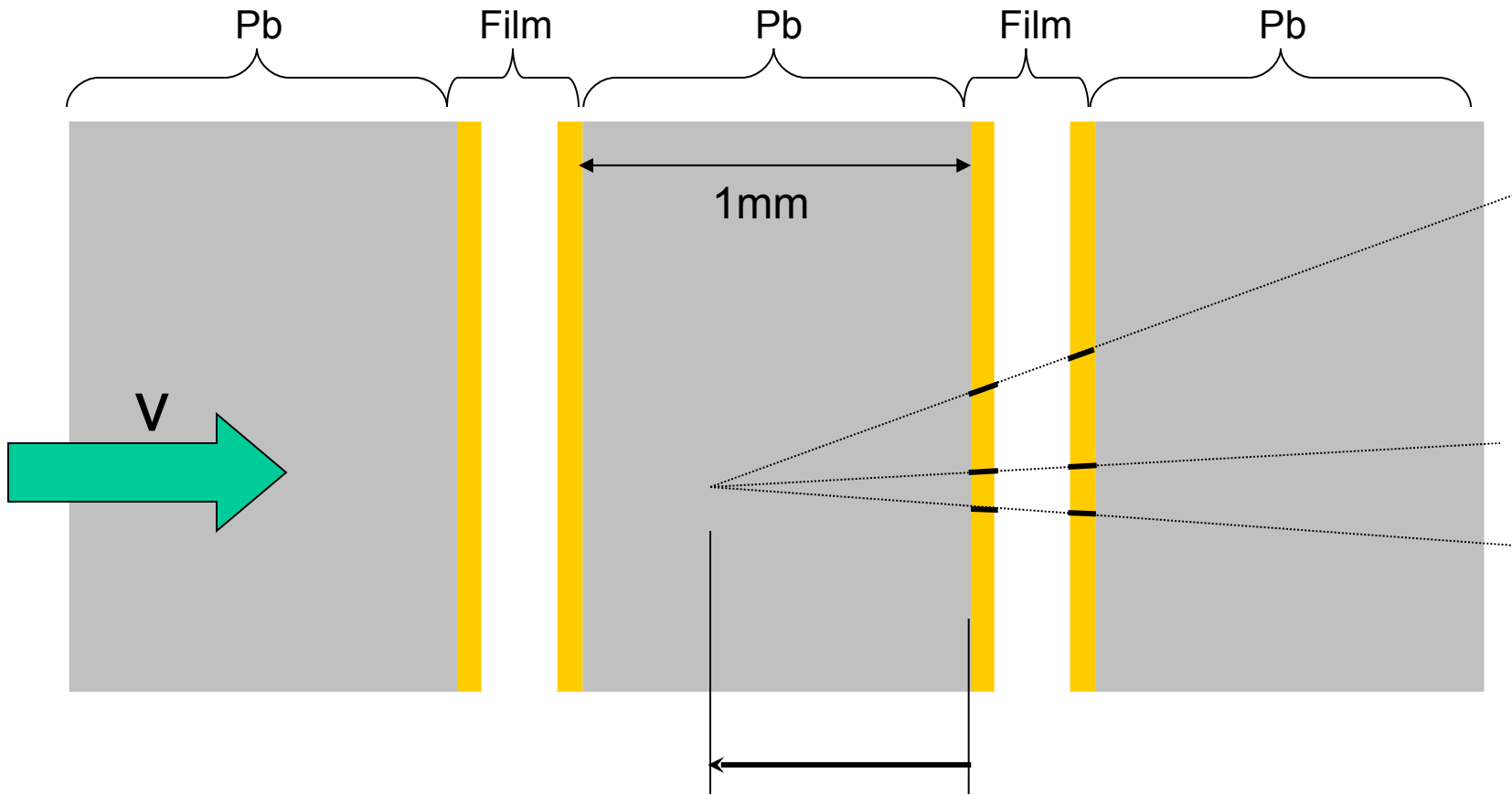
鉛中での反応点の深さが、反応から出てくる粒子に影響を与えないか調べた

反応点から2本以上荷電粒子が出ているeventを分析の対象とした

分析した131event中119eventが鉛中で反応

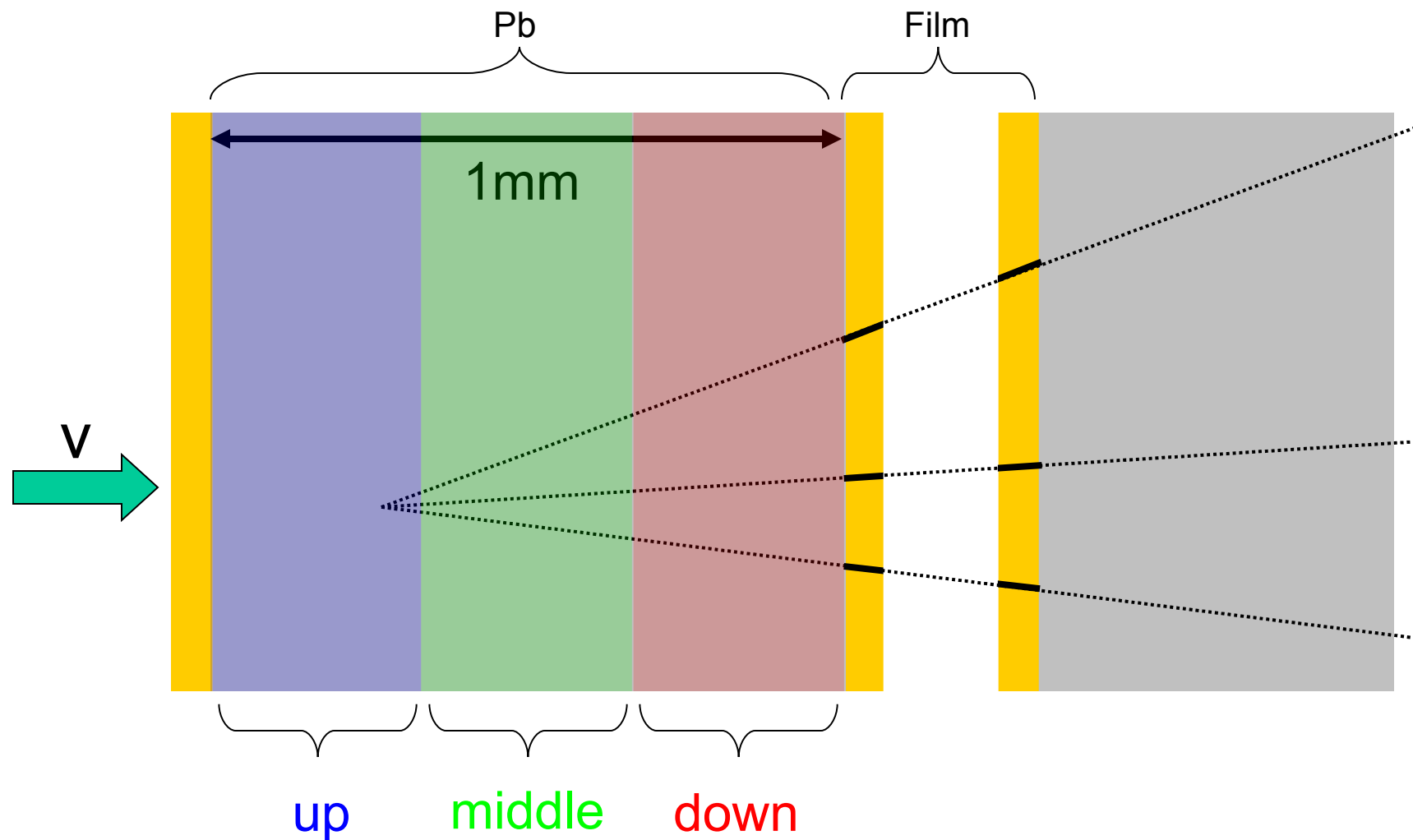
CC:98

NC:33



反応点の鉛中での深さ

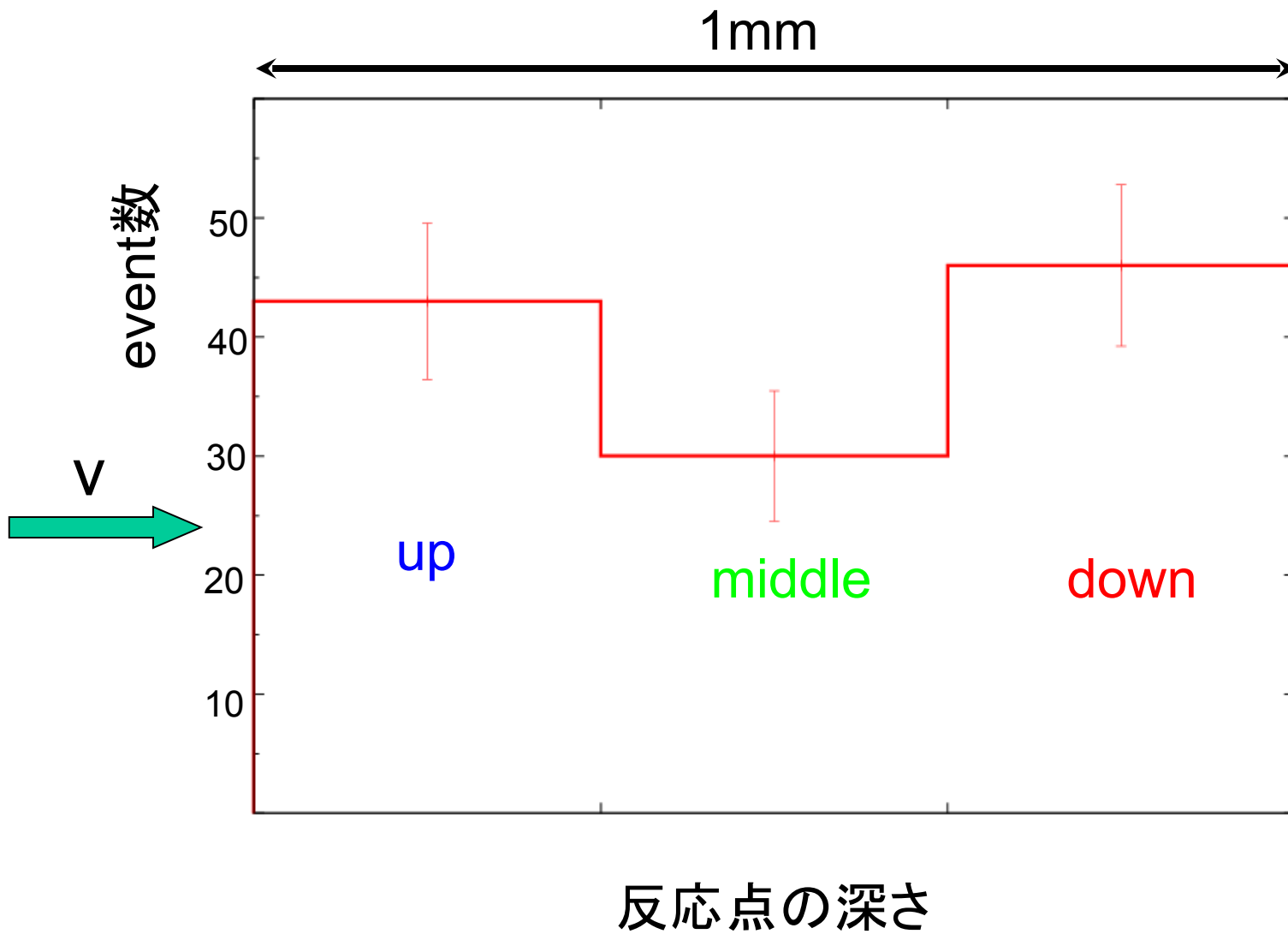
# 分析方法



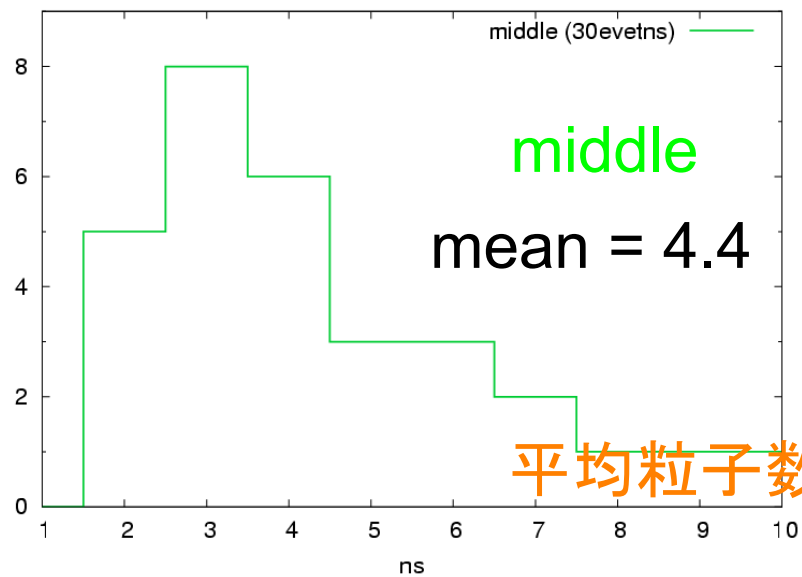
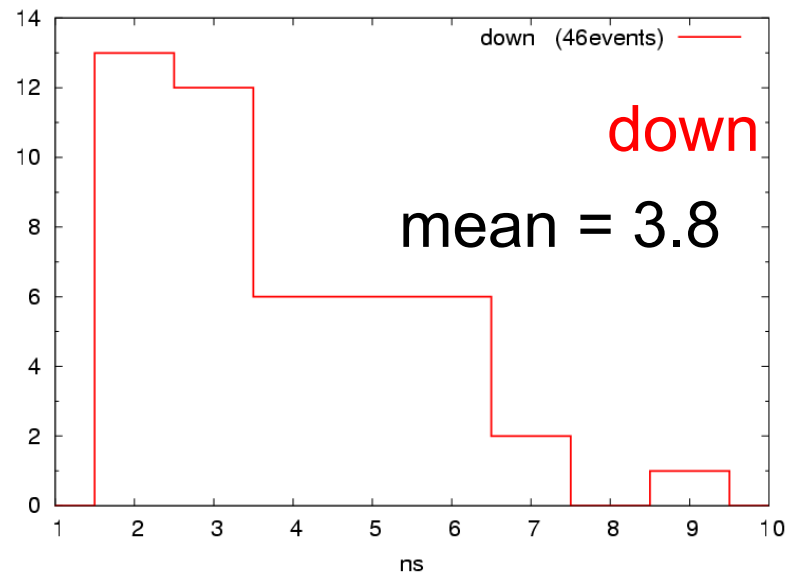
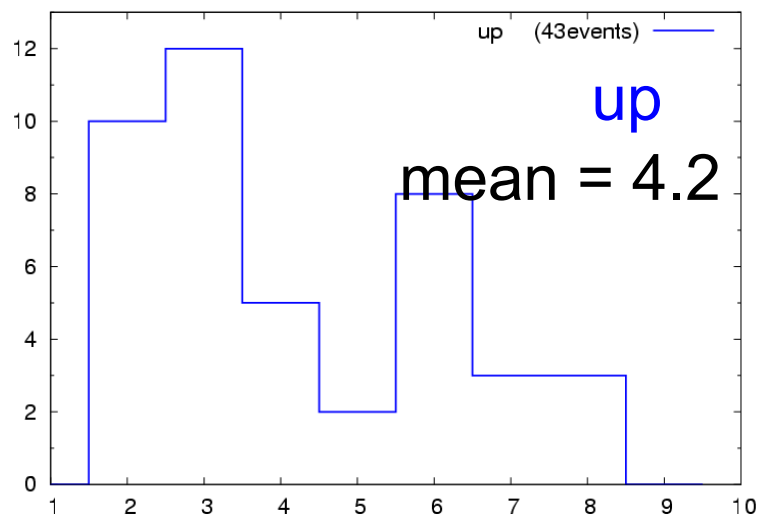
鉛を3つのエリアに分け、  
反応点があるエリア毎に反応点から出た荷電粒子を分析

# ニュートリノ反応点の鉛中での深さ分布

total 119 events



# 荷電2次粒子数分布



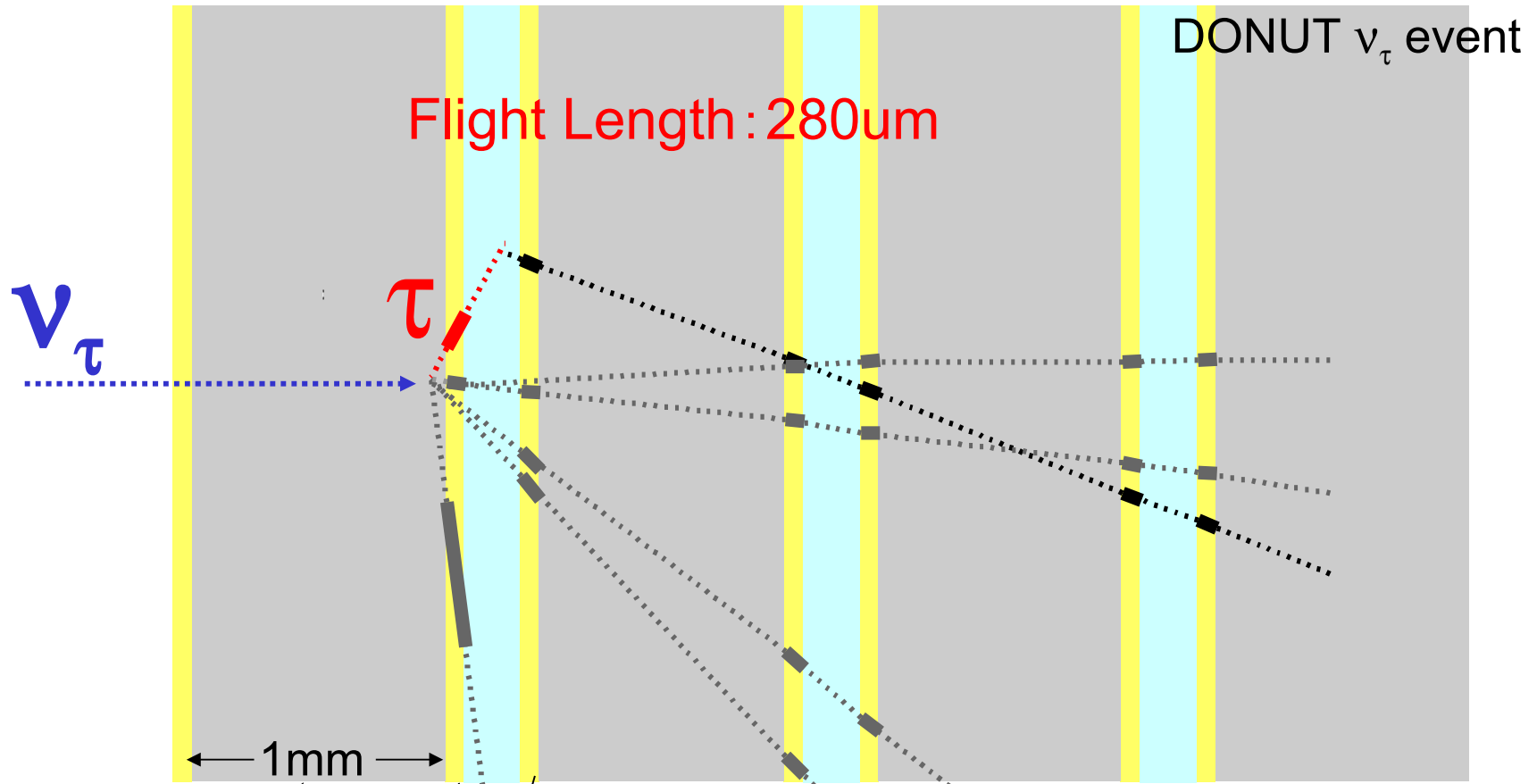
統計の範囲内で、鉛中での反応から出た荷電粒子の振る舞いに違いはない。

→崩壊探索に影響がない

# 崩壞探索



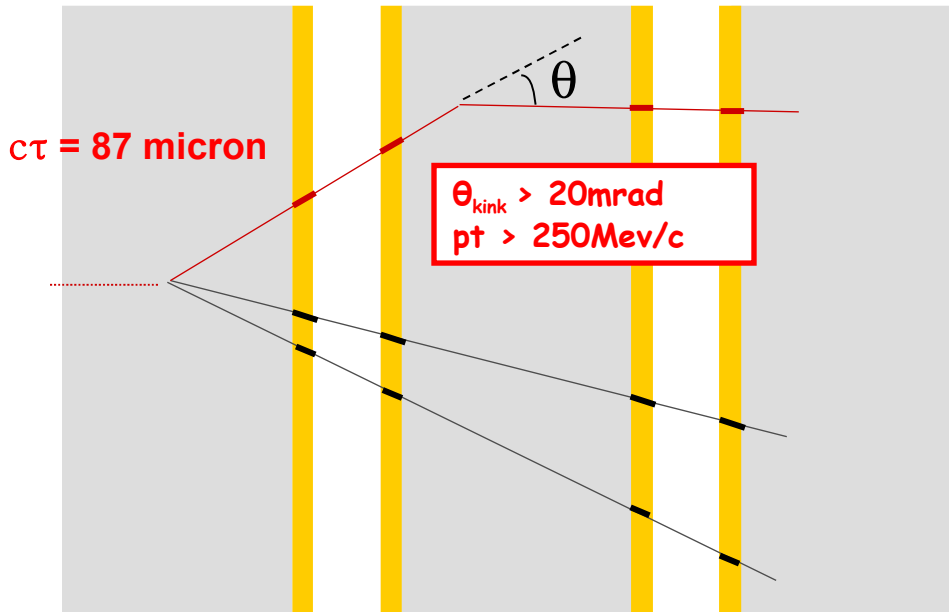
# Decay Topology $\rightarrow$ kinkが $\approx 85\%$



(DONUT : Iron 1mm  
OPERA : Lead 1mm)

<b>Kink</b>	$\tau \rightarrow e$	18 %
	$\tau \rightarrow \mu$	17 %
	$\tau \rightarrow h$	49 %
<b>Trident</b>	$\tau \rightarrow 3h (h h h)$	15 %

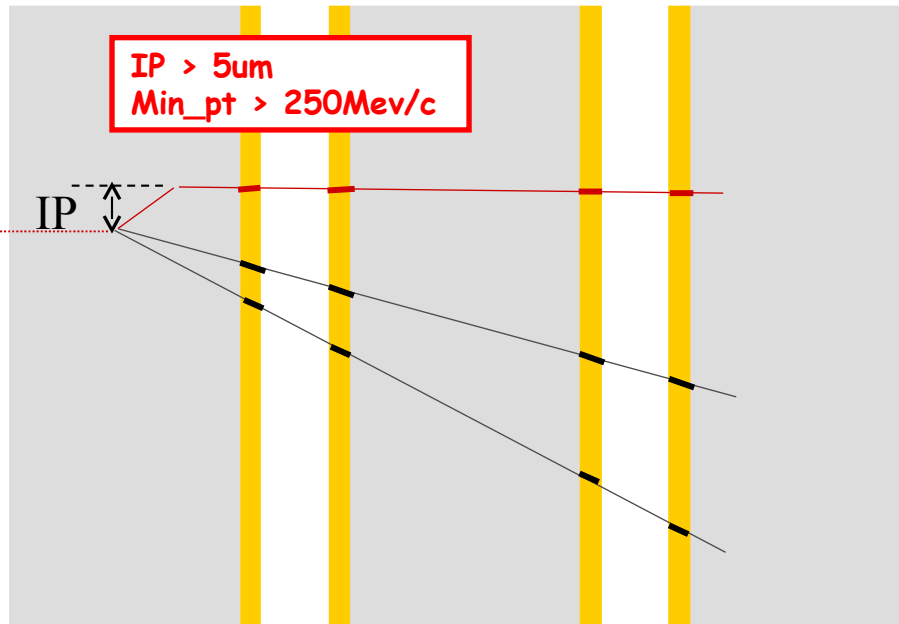
# Decay Search – detect kink topology –



Long flight decay :40%

~10% : In Film Decay  
~30% : Next Lead Decay

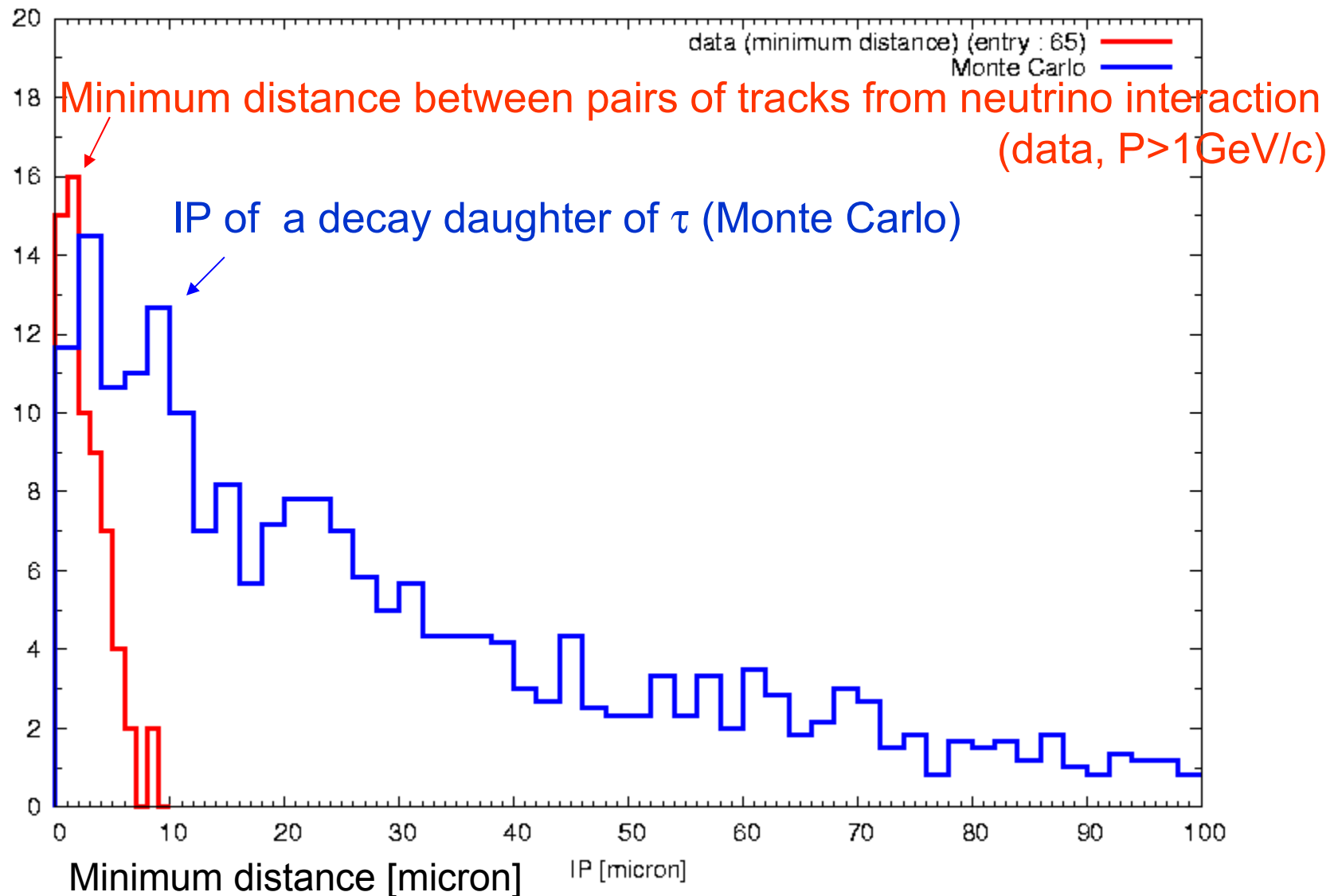
Kink detection →  
track angle deference  
between tau and daughter



Short flight decay:60%

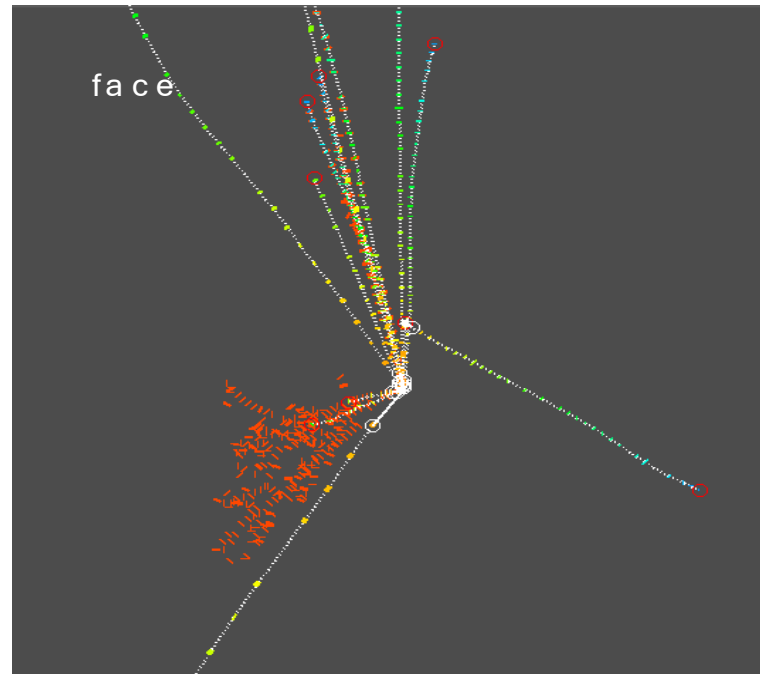
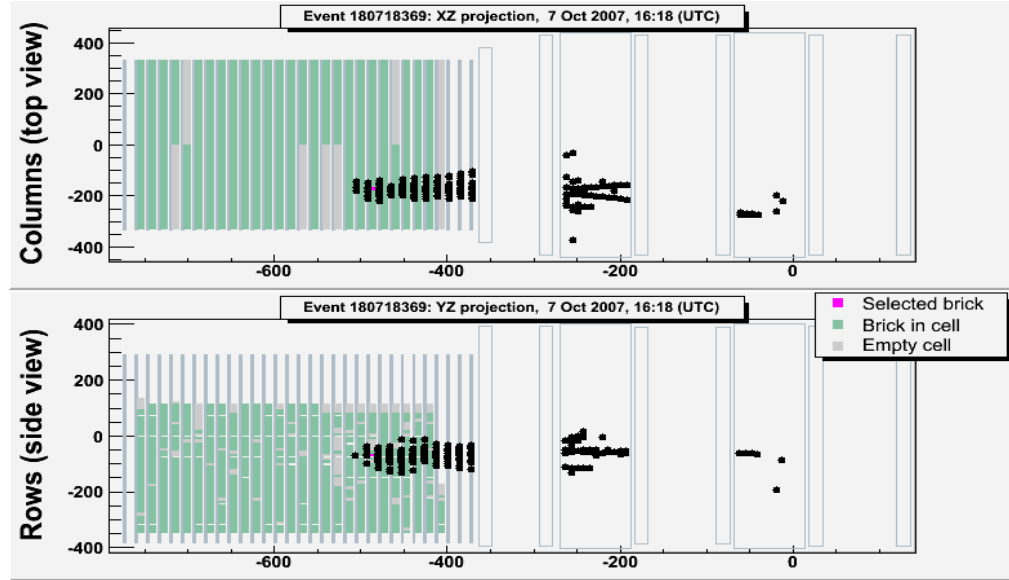
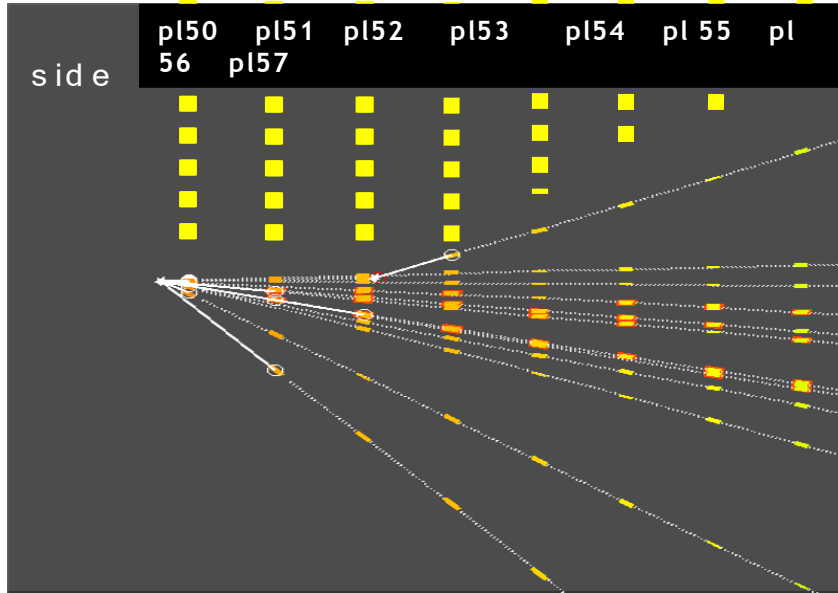
~60% of tau leptons decay in the  
same Lead plate with vertex.

Kink detection →  
minimum distance between  
daughter and vertex point



→ タウレプトンの崩壊を検出するのに十分な位置分解能

# A charm candidate (1)



Clear kink topology

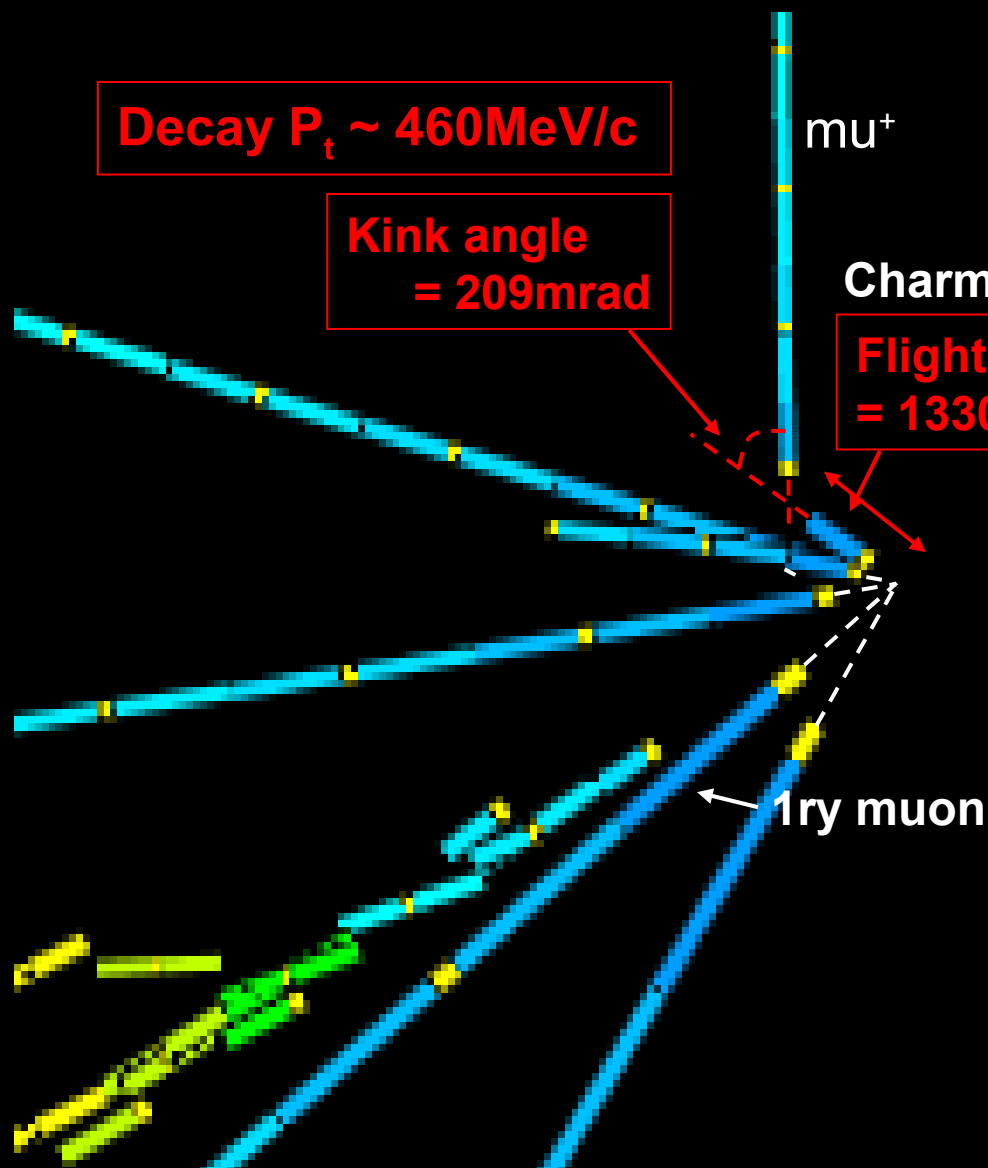
Two EM showers pointing to the vertex

Flight length	3247.2 $\mu\text{m}$
$\theta_{\text{kink}}$	0.204 rad
$P_{\text{daughter}}$	3.9 (+1.7 -0.9) GeV
$P_{\text{T}}$	796 MeV

$4 \times 10^{-4}$  % probability for a hadron re-interaction to have a  $P_{\text{T}} > 600$  MeV

# A charm candidate (2)

Event# 234539244,  
Brick# 51248

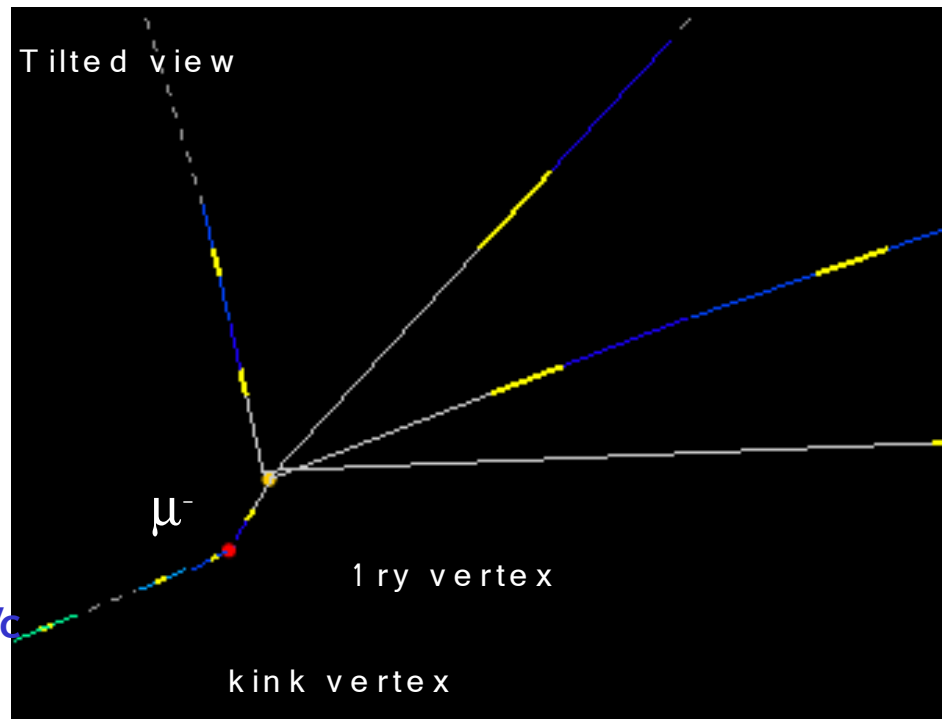
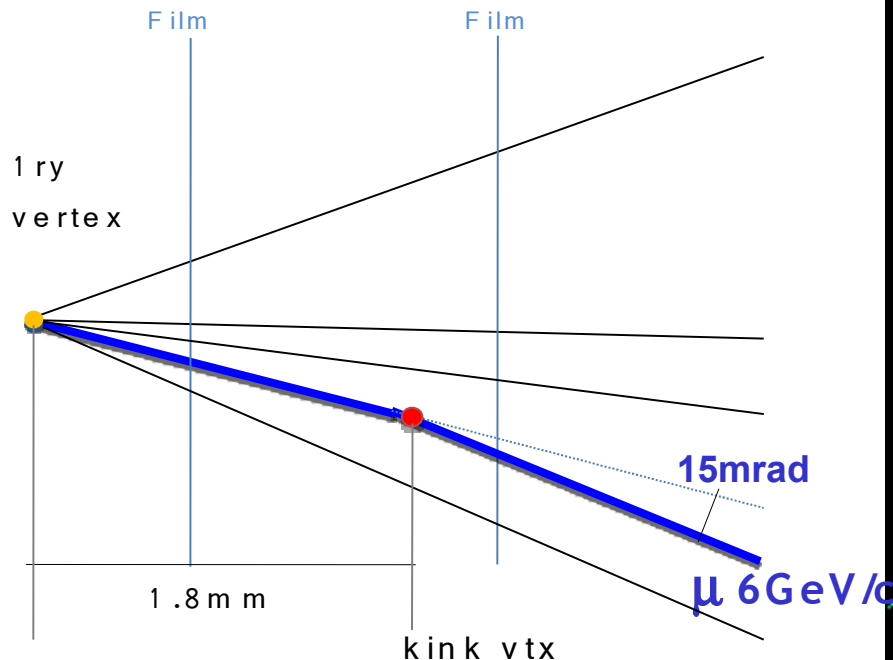


- 1ry VTX is PL33.  
(100960, 52357)
- depth=380micron up of film.
- 6 tracks found @ PL33.

	ax	ay	IP	
1.	0.1325	0.0624	(PL33)	6.6 → proton
2.	0.0097	-0.0663	(PL33)	4.5
3.	0.0876	0.6656	(PL33)	2.3 → 1ry mu
4.	-0.0390	-0.1354	(PL33)	1.4 → charm
5.	0.2215	0.4319	(PL33)	10.3
6.	-0.0876	0.0418	(PL31)	18.9 → e-pair
7.	0.0893	-0.0638	(PL33)	4.3

- Charm  
Flight length : 1330micron.  
Decay: in Lead (PL33-PL32 )  
340micron up of PL32.  
Kink angle : 209mrad.
- Daughter  
Particle : muon (~2.2GeV)  
IP : 262micron.  
Decay Pt : ~ 460MeV/c

## A kink detected in rather short flight length.



Kink angle : 15mrad (not compatible with 0 at  $7 \sigma$ )

Daughter  $\mu^-$   $\sim 6 \text{ GeV}/c \rightarrow P_t : 90 \text{ MeV}/c$

Topology looks similar to  $\tau \rightarrow \mu^-$  decay. However,

**The event is not retained as a possible tau candidate**

We put a cut at  $P_t > 250 \text{ MeV}/c$  to reject the pion and kaon decay background and reduce the hadron re-interaction background.

It is not  $\tau$  candidate but it is also good example for prove  $\tau$  efficiency

# まとめ

- Edgeイベント, Wall 間違いによるLocation Inefficiency  
→ CS第2、第3・・・候補の解析を行う
- ECC上流 Low Energy Neutral Current Like event  
→ CSの解析だけではダメ。ECCを直接スキャンし検出効率向上
- 鉛1mmという物質量は、崩壊探索に影響しないことを確認
- タウニュートリノイベントを検出するのに十分な位置分解能が達成されていることを確認。  
実際にCharm Eventを観測している。
- 崩壊探索は進行中。

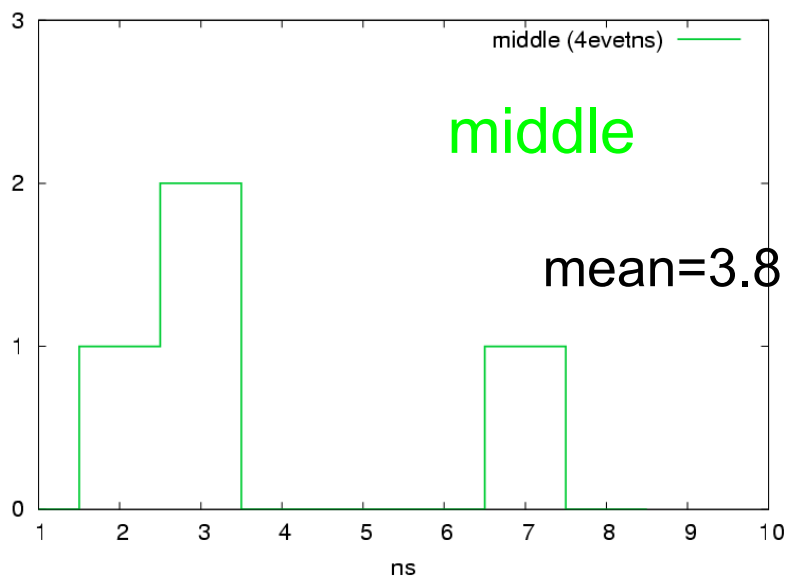
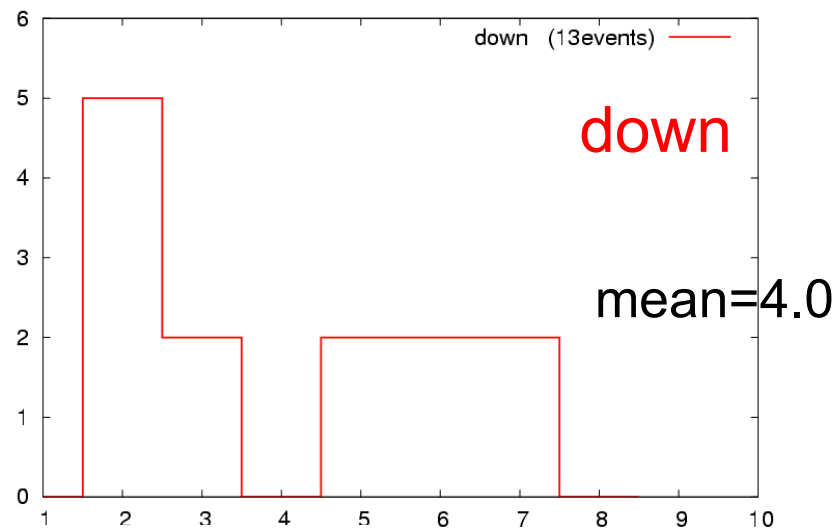
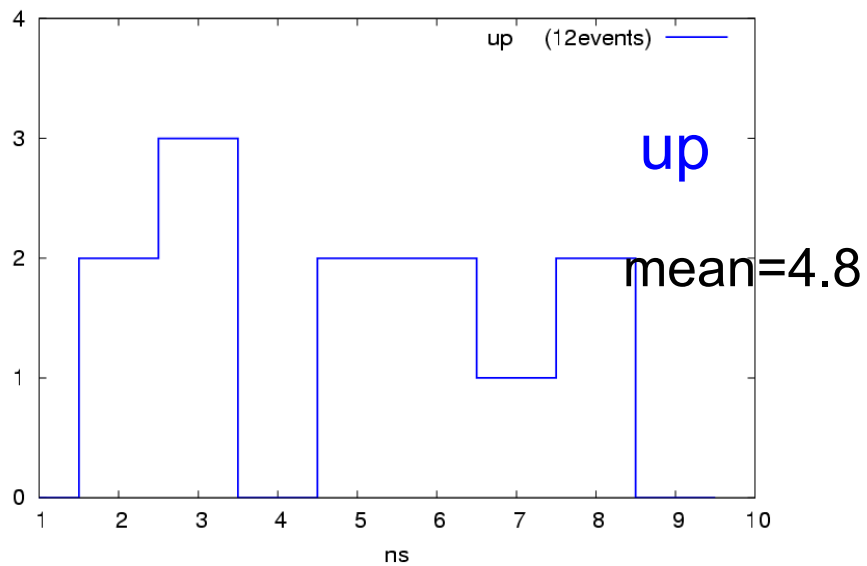
# 今後の課題、展望

- Tracking Efficiencyの向上
- Likelihood Track SelectionによるS/N向上
  
- 運動量測定の信頼性分析
  - ミューオンスペクトロメーターとの比較、
  - ECC中で止まったミュオンの飛程との相関など
  
- タウニュートリノ検出効率、BG分析
  - efficiency → Charm event 検出数
  - BG → Hadron Interactionの分析



Back Up Slides

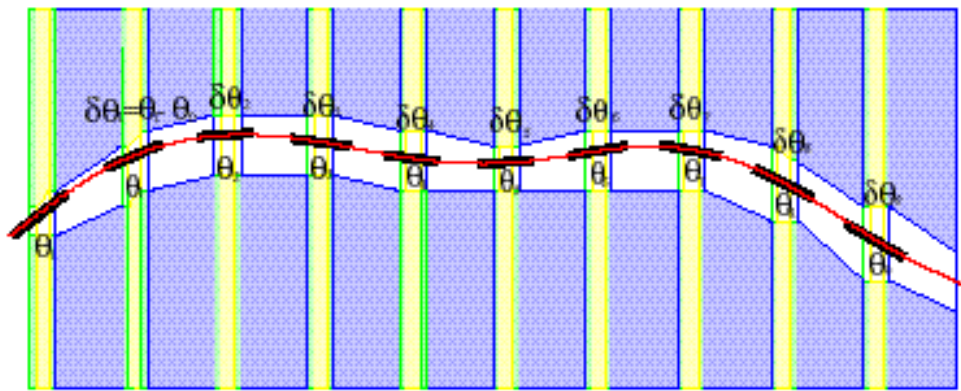
# NC eventにおける荷電粒子数分布



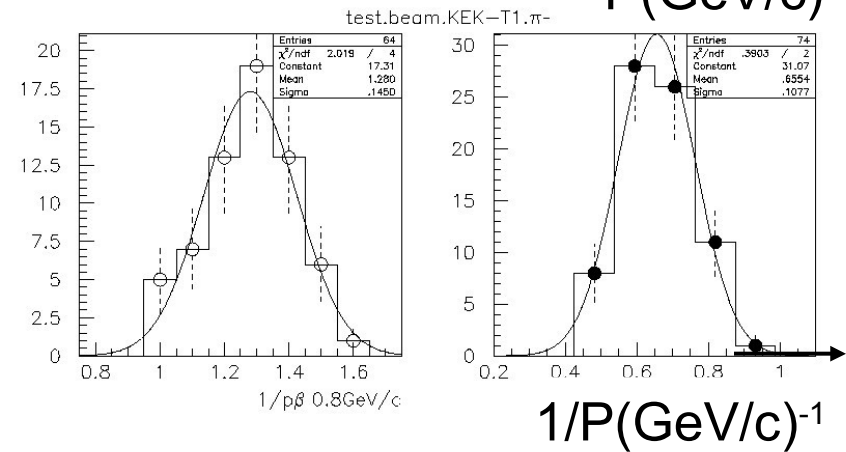
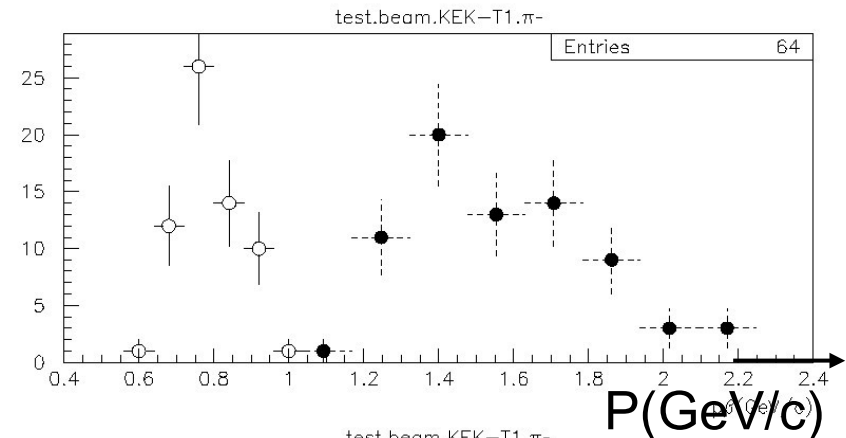
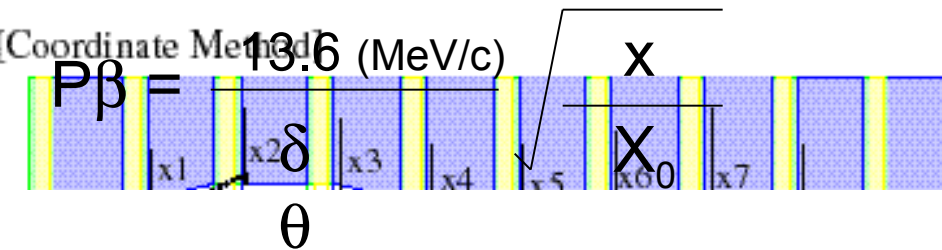
# Physical value from ECC

## 1. Momentum measurement by multiple coulomb scattering

[Angle Method]



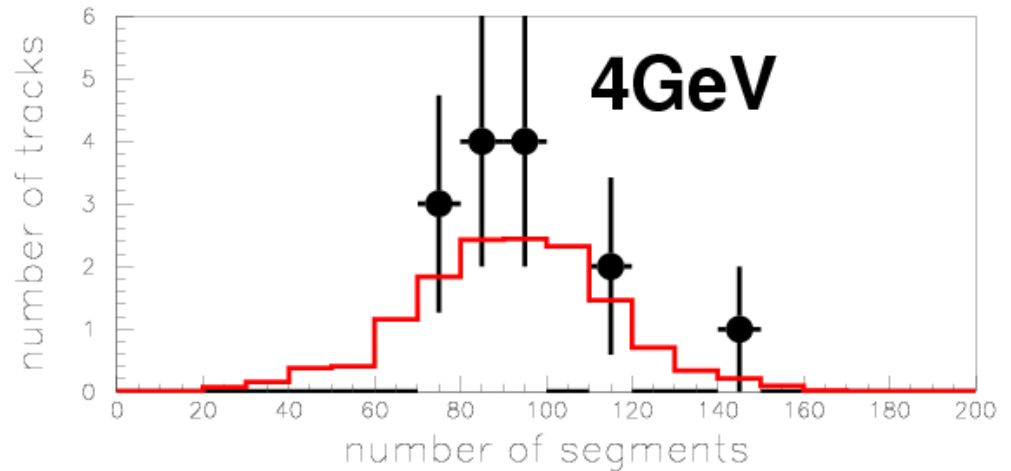
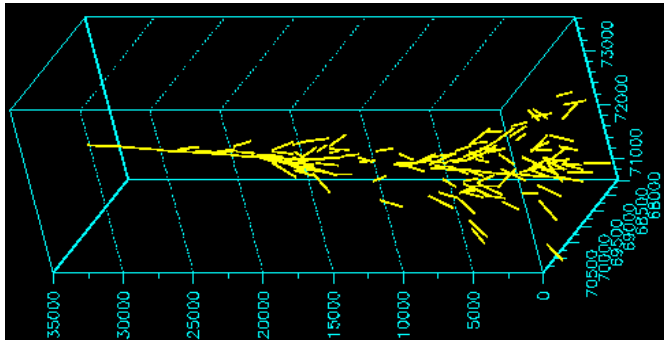
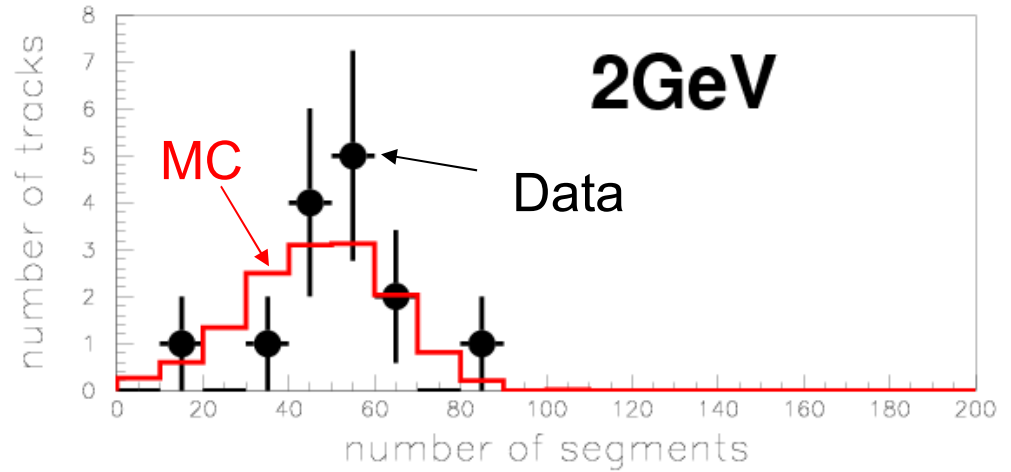
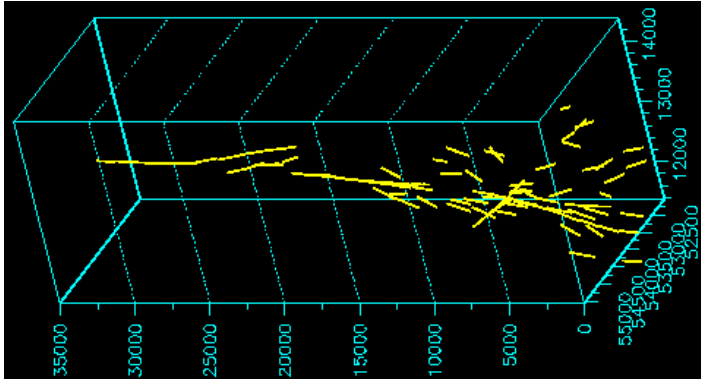
[Coordinate Method]



0.8GeV/c pion :  $P = 0.79 \text{ (GeV/c)}$ ,  $dP/P = 11\%$   
 1.5GeV/c pion :  $P = 1.53 \text{ (GeV/c)}$ ,  $dP/P = 16\%$

# Physical value from ECC

## 2. Electromagnetic shower



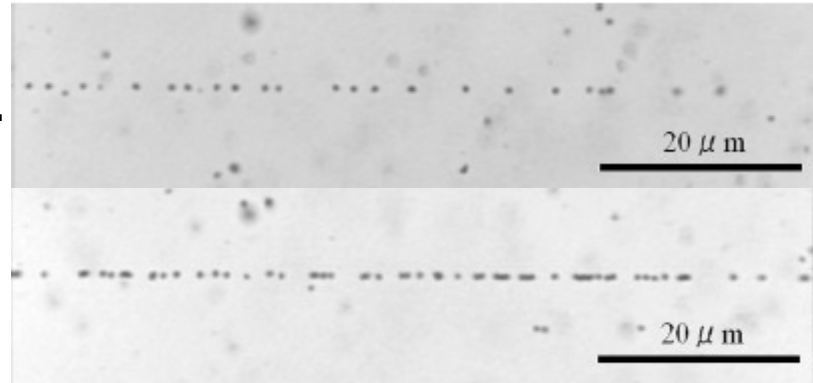
Energy determination  
by calorimetric method

$$\frac{\Delta E}{E} \sim \frac{0.4}{\sqrt{E(\text{GeV})}} \quad @ \text{ a few GeV}$$

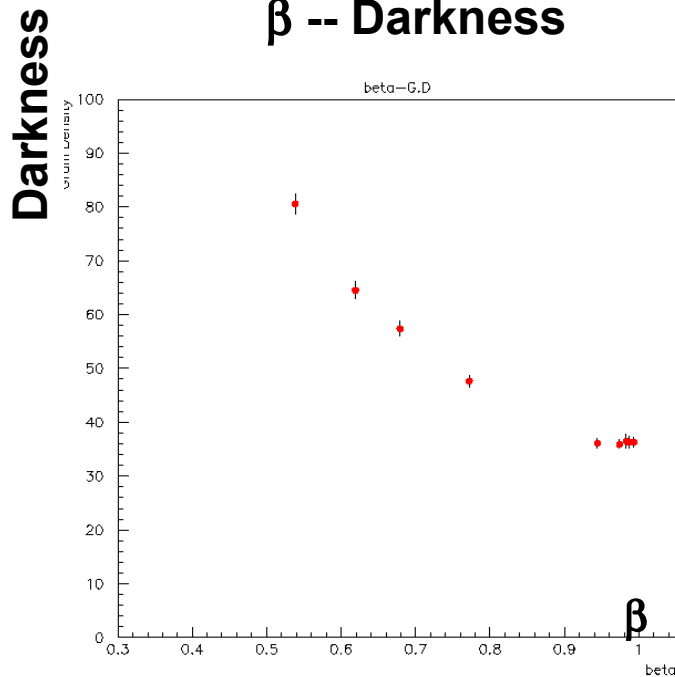
# Physical value from ECC

## 3. Particle ID by dE/dX

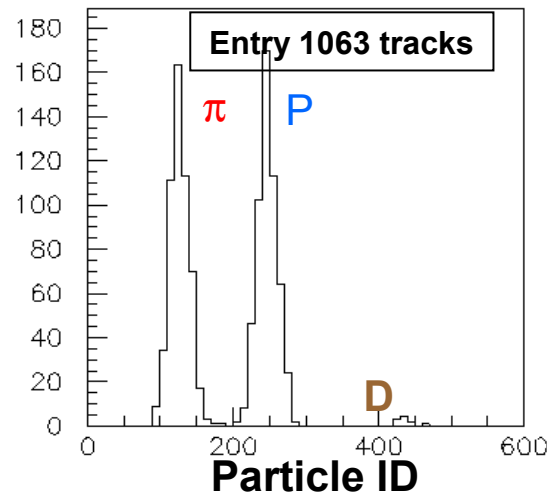
In Emulsion, dE/dX is defined as darkness of track.



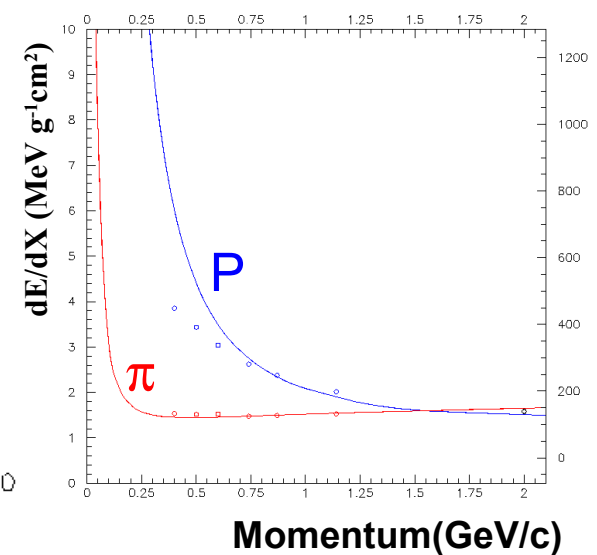
$\beta$  -- Darkness



0.87 GeV/c



Momentum-dE/dX

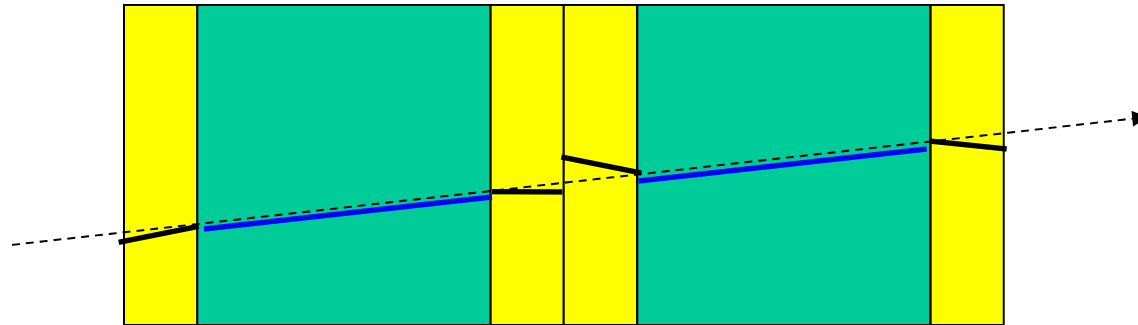


# Likelihood法によるTrack Selection

2010年福田努D論(名古屋大学)

入力パラメータは、

- ① 4層のMicro TrackのPH (非ガウシアン4パラメータ)
- ② 4層のMicro Track – Base Trackの角度ズレ×(x, y) (ガウシアン8パラメータ)
- ③ Base Track – Base Trackの角度ズレ×(x, y) (ガウシアン2パラメータ)



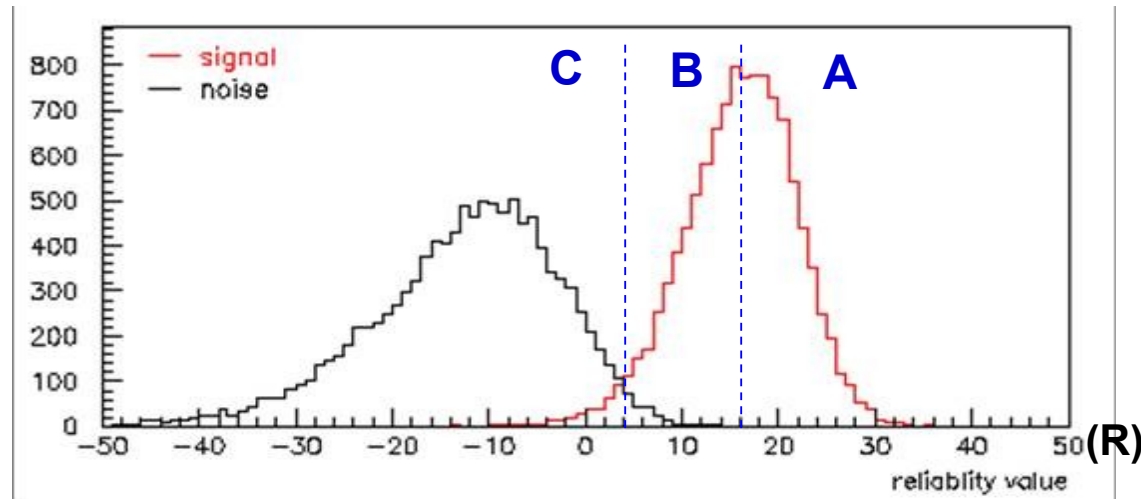
本物らしさ  $L^{signal} = \prod_{i=1}^4 P_{ph_i}^{signal}(\theta) * \prod_{i=1}^8 P_{dAmicro_i}^{signal}(\theta, ph) * \prod_{i=1}^2 P_{dAbase_i}^{signal}(\theta)$

偽物らしさ  $L^{noise} = \prod_{i=1}^4 P_{ph_i}^{noise}(\theta)$

信頼度  $ReliabilityValue(R) = \log \frac{L^{signal}}{L^{noise}}$

# Likelihood法によるTrack Selection

2010年福田努D論(名古屋大学)



シグナルとノイズがよく分離している

Track Rank	The reliability as real track	expected Tracking efficiency (%)	observed Tracking efficiency (%)	BG density on CS (/100cm <sup>2</sup> )
A	$R \geq 16$	43	$35 \pm 11$	0.1
B	$16 > R \geq 4$	77 (A+B)	$68 \pm 15$	20
C	$4 > R$	79 (A+B+C)	-----	~800

**Chance Coincidence Noise Reduction ~ 1/50**