

KOTO実験のための 荷電粒子veto検出器の 構造上の要請について

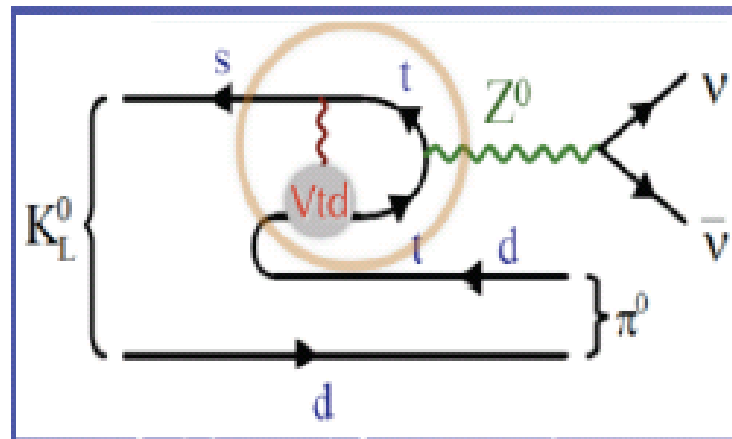
京都大、岡山大^A、KEK^B、山形大^C、
高橋剛、笹尾登^A、野村正^B、田島靖久^C、
南條創、森井秀樹、塩見公志、河崎直樹、
増田孝彦、内藤大地、前田陽祐、
他 J-PARC E14 KOTO Collaboration

Contents

- KOTO実験と荷電粒子veto検出器(CV)の概要
- CVのInefficiencyによりBGとなるイベントと要求される検出効率
- プラスチックシンチレータの継ぎ目のデザイン
- 陽電子ビームを用いた検出効率の測定
- まとめ

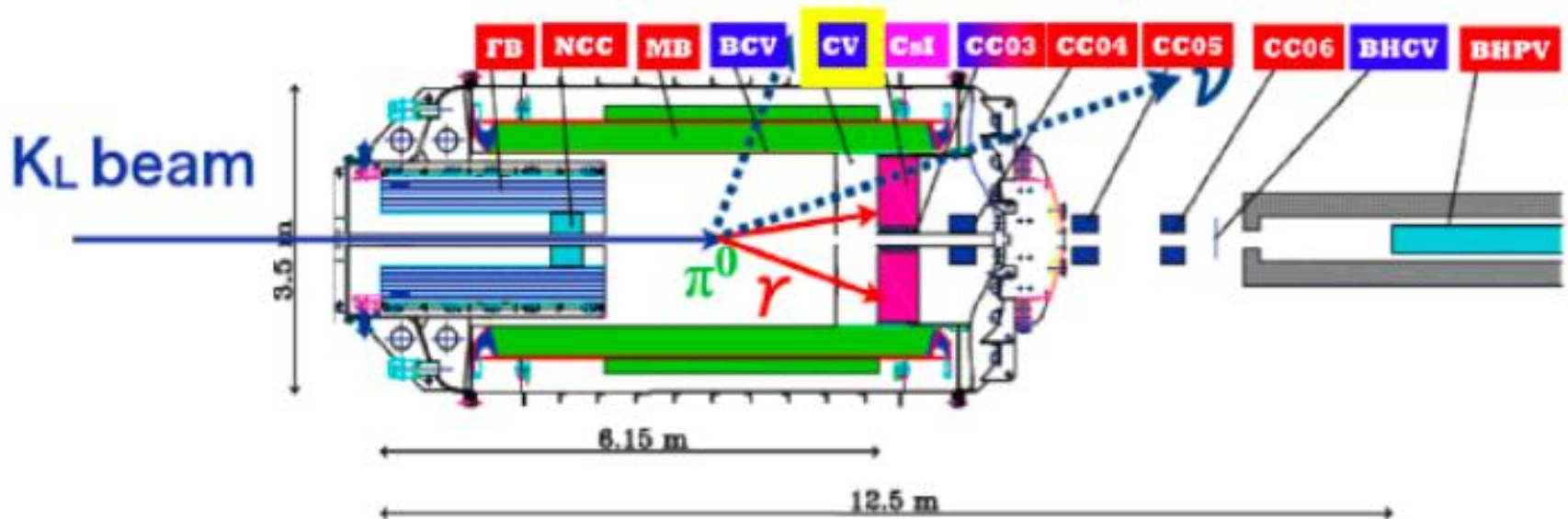
K⁰TO実験

- KL → π⁰ νν崩壊
 - 崩壊率が小林益川行列のη²に比例
 - 理論的不定性が小さい
 - SMの精密検証、New Physicsの探索
 - SM Br(KL → π⁰ νν) = 2.5 × 10⁻¹¹



KOTO実験の測定原理とCVの役割

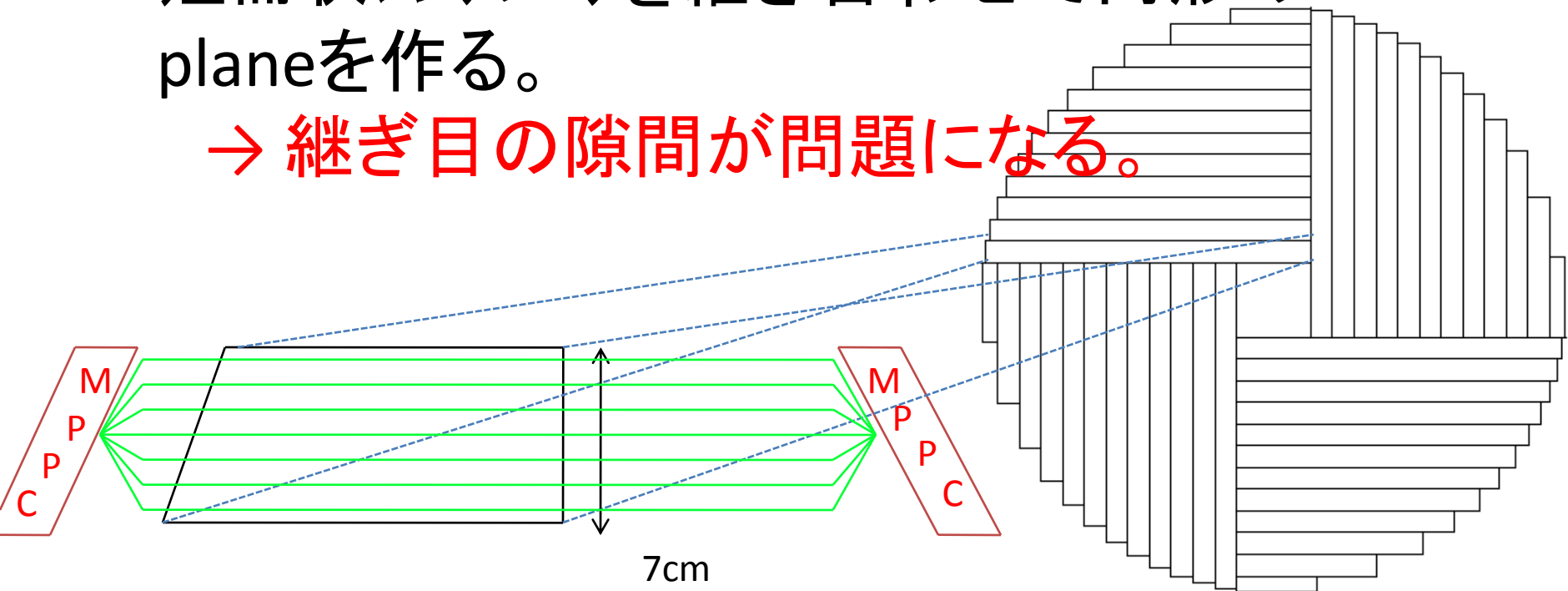
- π^0 からの 2γ をカロリメータで測定。
- 崩壊領域をveto検出器で蔽い、余剰粒子が無いことを保証する。
- カロリメータ前のCVで荷電粒子をveto。



CVの構造

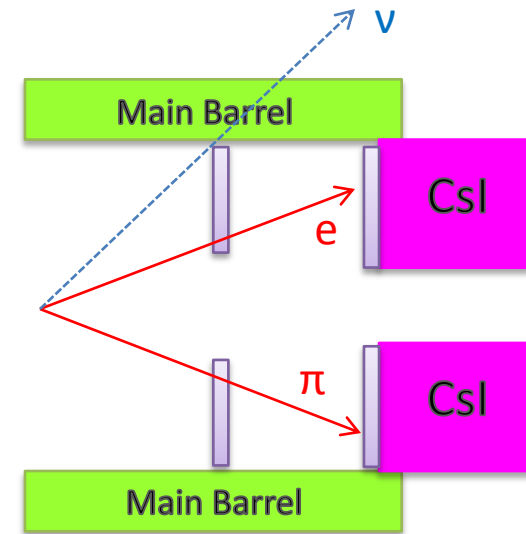
- カリメータ前に2層のplane。
- 溝を掘った短冊状プラスチックシチレータにファイバーを埋め込み両側からMPPCで読み出し。
- 短冊状シチレータを継ぎ合わせて円形のplaneを作る。

→ 継ぎ目の隙間が問題になる。



Vetoすべきイベント

- $KL \rightarrow \pi^\pm e^\mp \nu$ (40.6%)
- $KL \rightarrow \pi^\pm \mu^\mp \nu$ (27.0%)
- $KL \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ (12.6%)



$KL \rightarrow \pi e \nu / KL \rightarrow \pi \mu \nu$ で荷電粒子のすり抜けを許すと π^0 からの 2γ と間違い、BGとなる。

→ シンチレータ隙間に対する制限(本講演)

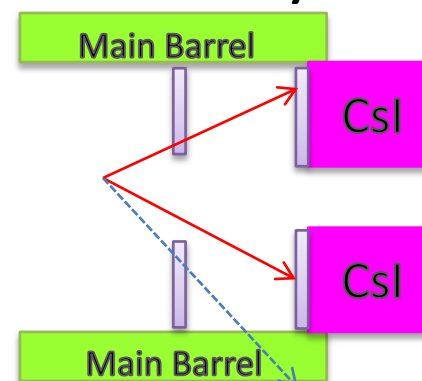
π^- , e^+ の荷電交換反応、対消滅による粒子の中性化やBG化 → 次講演 前田氏(京大)

要求される粒子貫通に対するEfficiency(1)

- Simulationによる見積もり

- CVが存在しなかったとして $KL \rightarrow \pi e(\mu) \nu$ を繰り返し入射し、Signal Boxに入る確率を求める。(分岐比の重みもかけておく。)
- この際、 π や $e(\mu)$ の飛跡からCVを何回通過するイベントかを分類し、その回数分CVのInefficiency factorをかける。

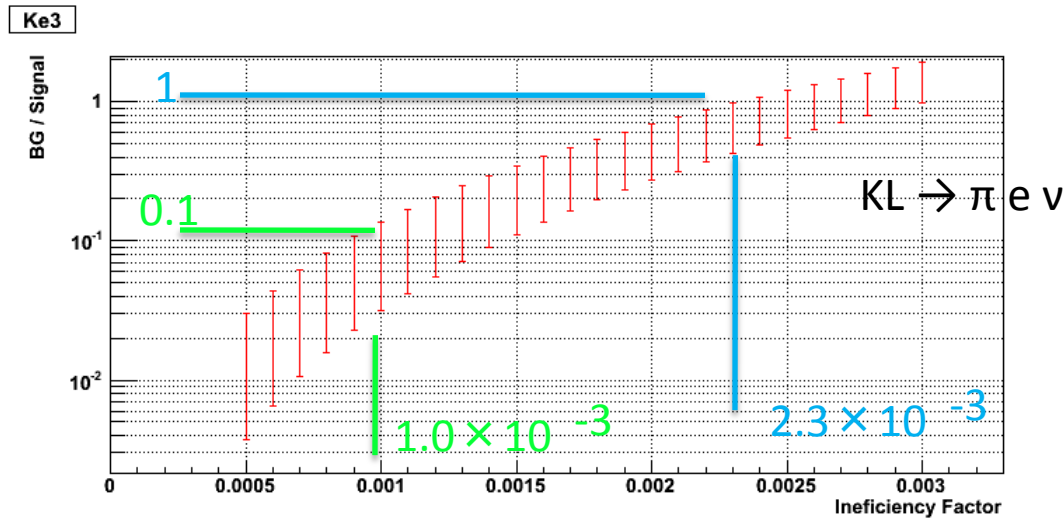
例えば図の場合3回



- これらの寄与がシグナルイベント期待値より小となる Inefficiency factorをCVに要求される検出効率とする。

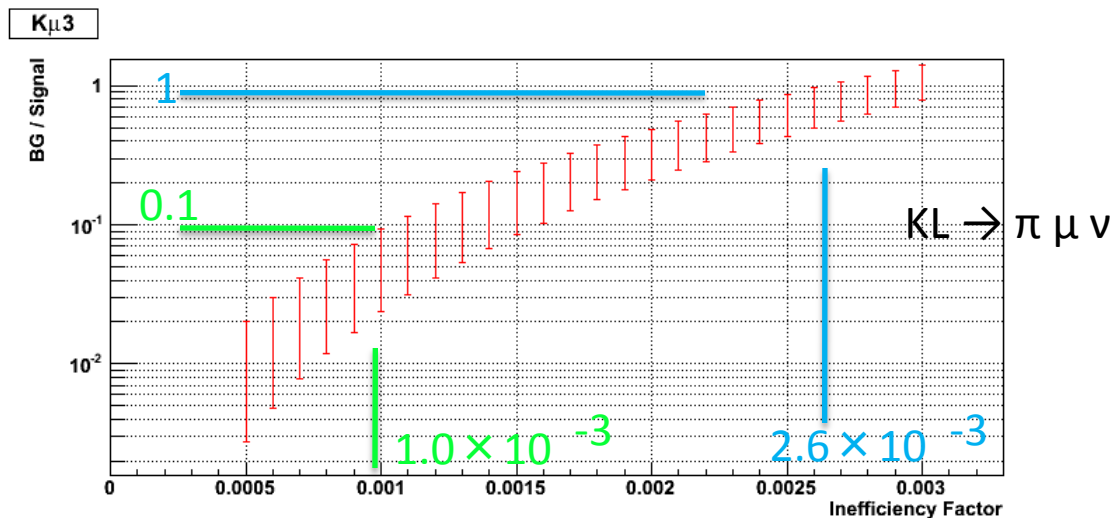
要求される粒子貫通に対するEfficiency(2)

- Simulation結果



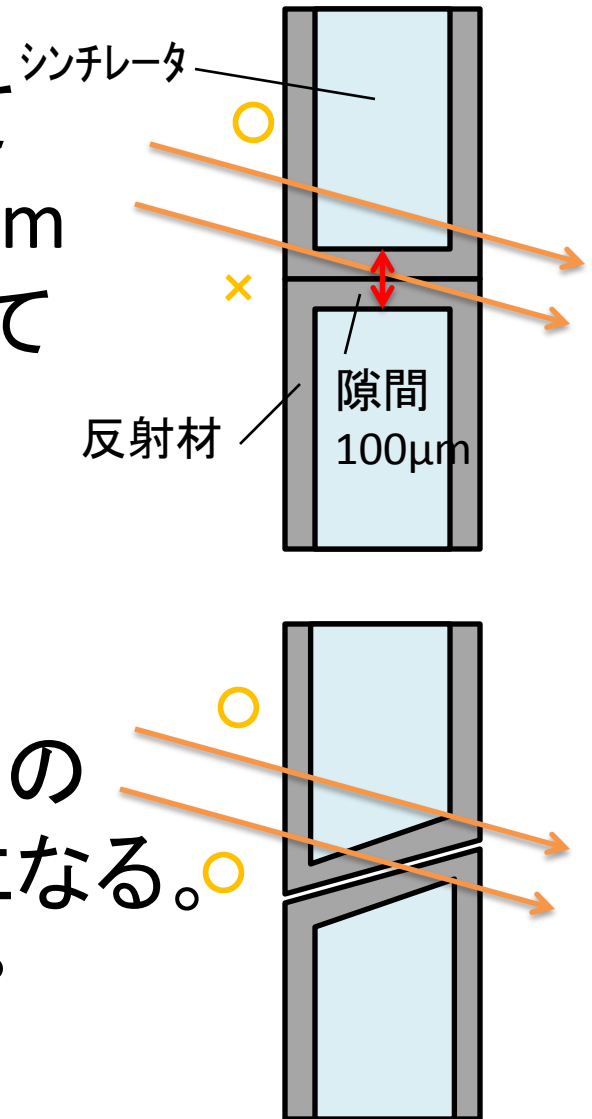
シグナル期待値1に対するBG

シグナル期待値の1/10 となる
Inefficiency Factor 1.0×10^{-3}
を目指す。

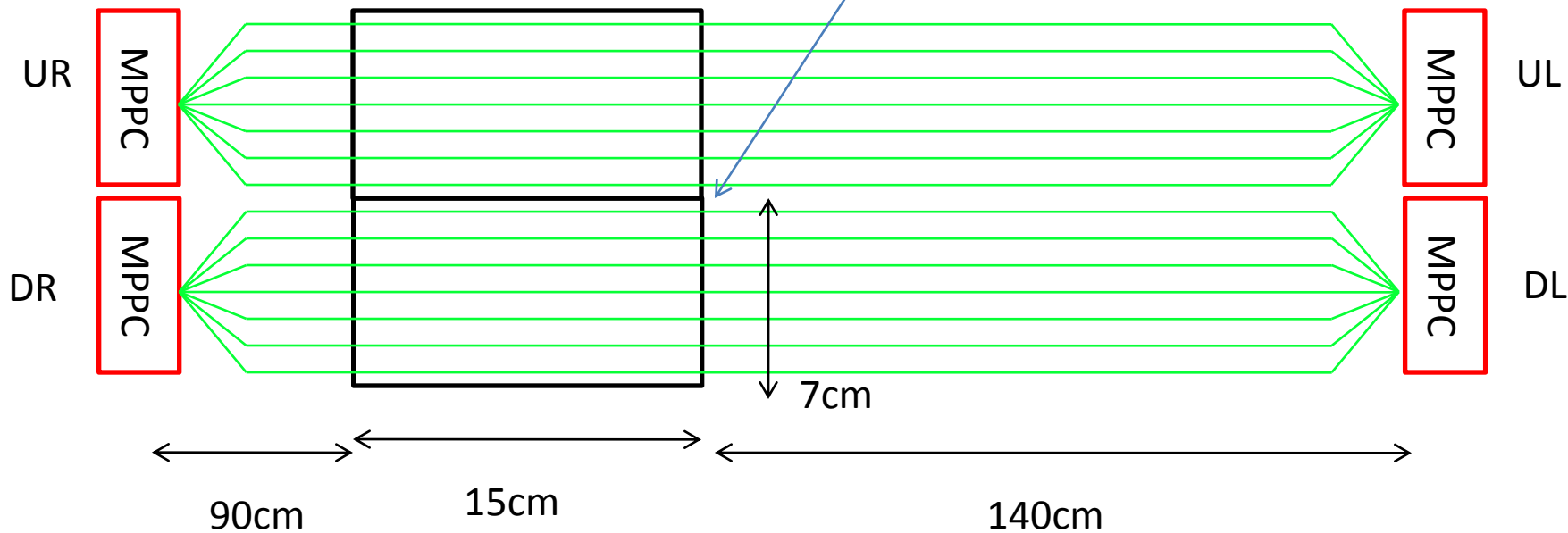
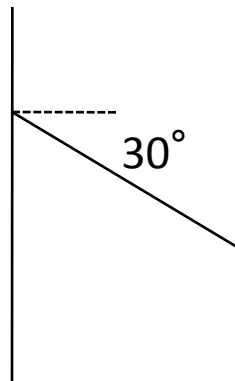
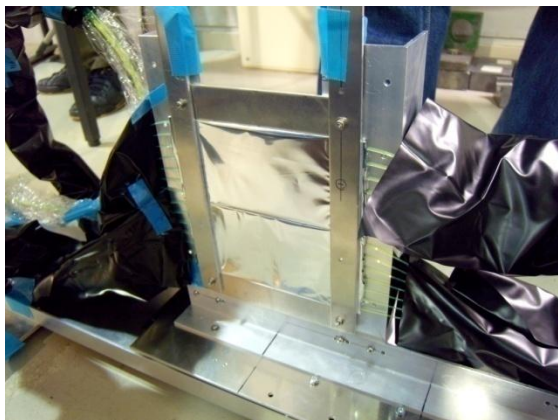


継ぎ目のデザイン

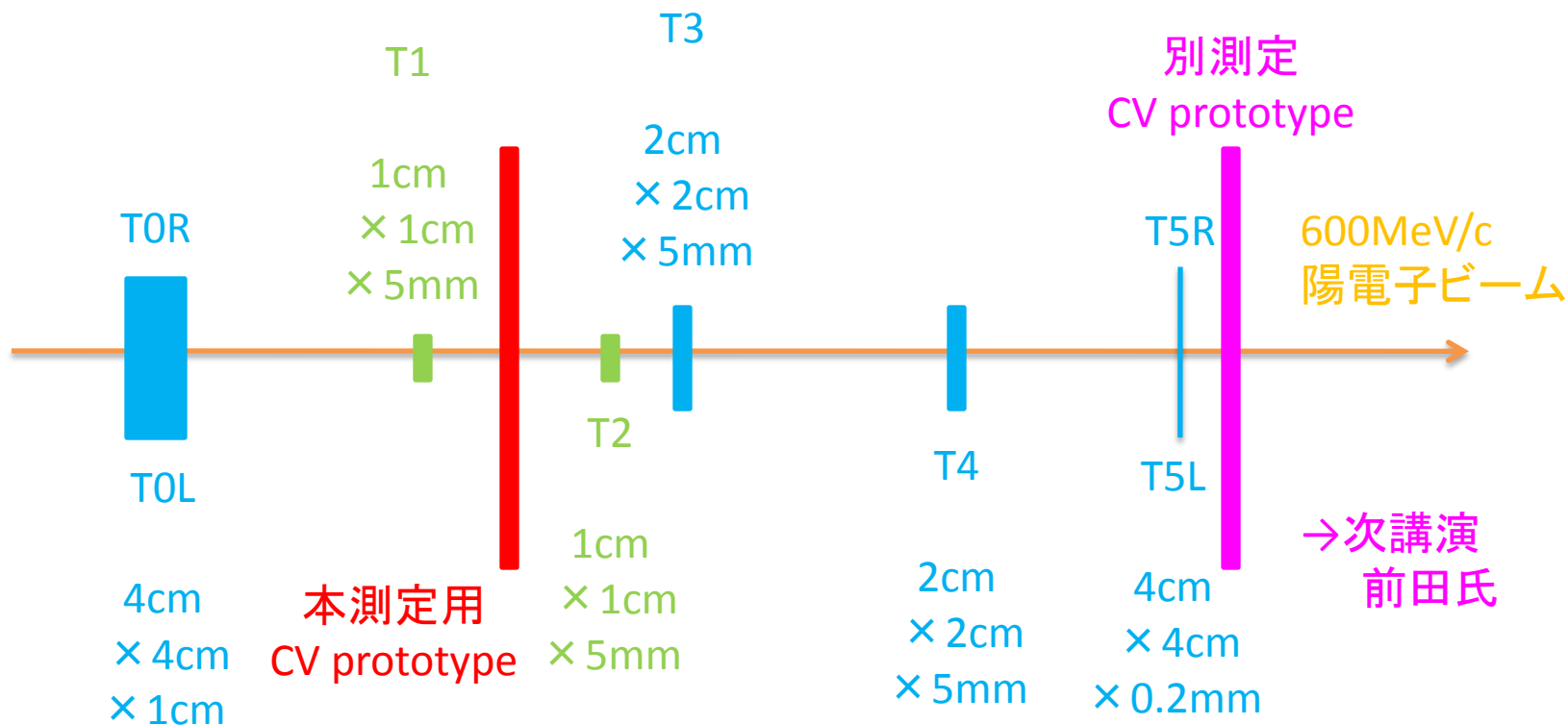
- 7cm 幅のCVストリップに対して反射材などによる隙間を $100\mu\text{m}$ とすると単純に真正面からみて不感領域が 1.5×10^{-3} となる。
- このため角度をつけて隙間を無くす構造にする。
- 角度のつけすぎは取扱、加工の困難やdead materialの増加になる。
- 適切な角度の決定を $\dots \rightarrow 30^\circ$



継ぎ目 Efficiency測定用 prototype

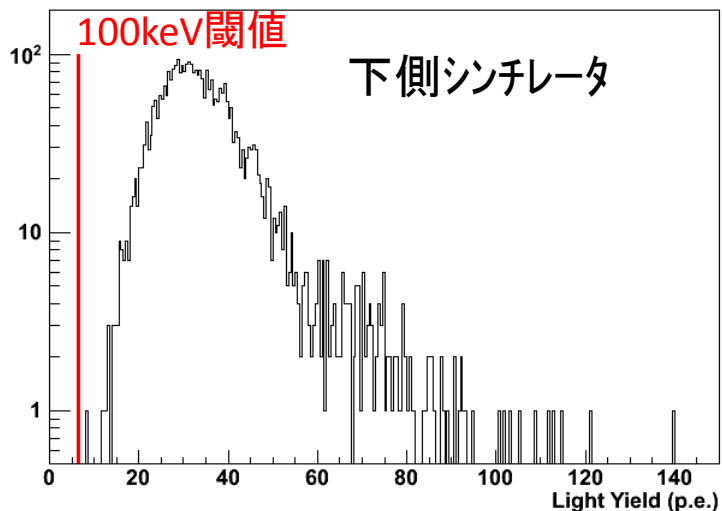
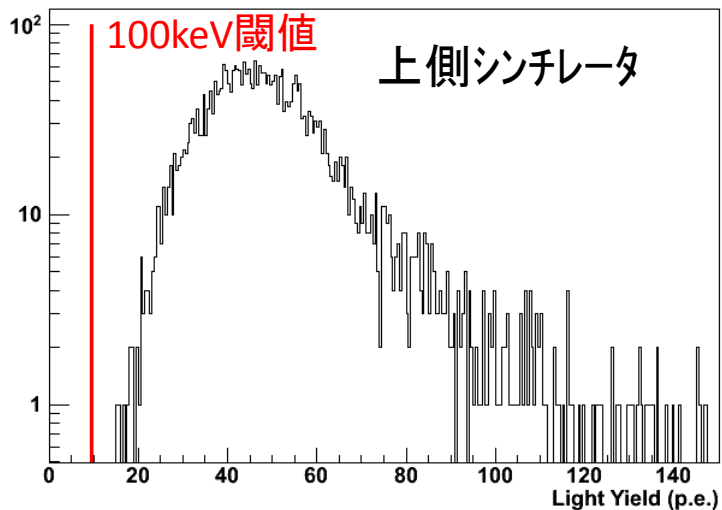


継ぎ目 Efficiency測定 セットアップ



トリガー TOL, TOR, T3, T4, T5L, T5R のコインシデンス
Off line でT1, T2 (1cm角トリガー) を使ってカット

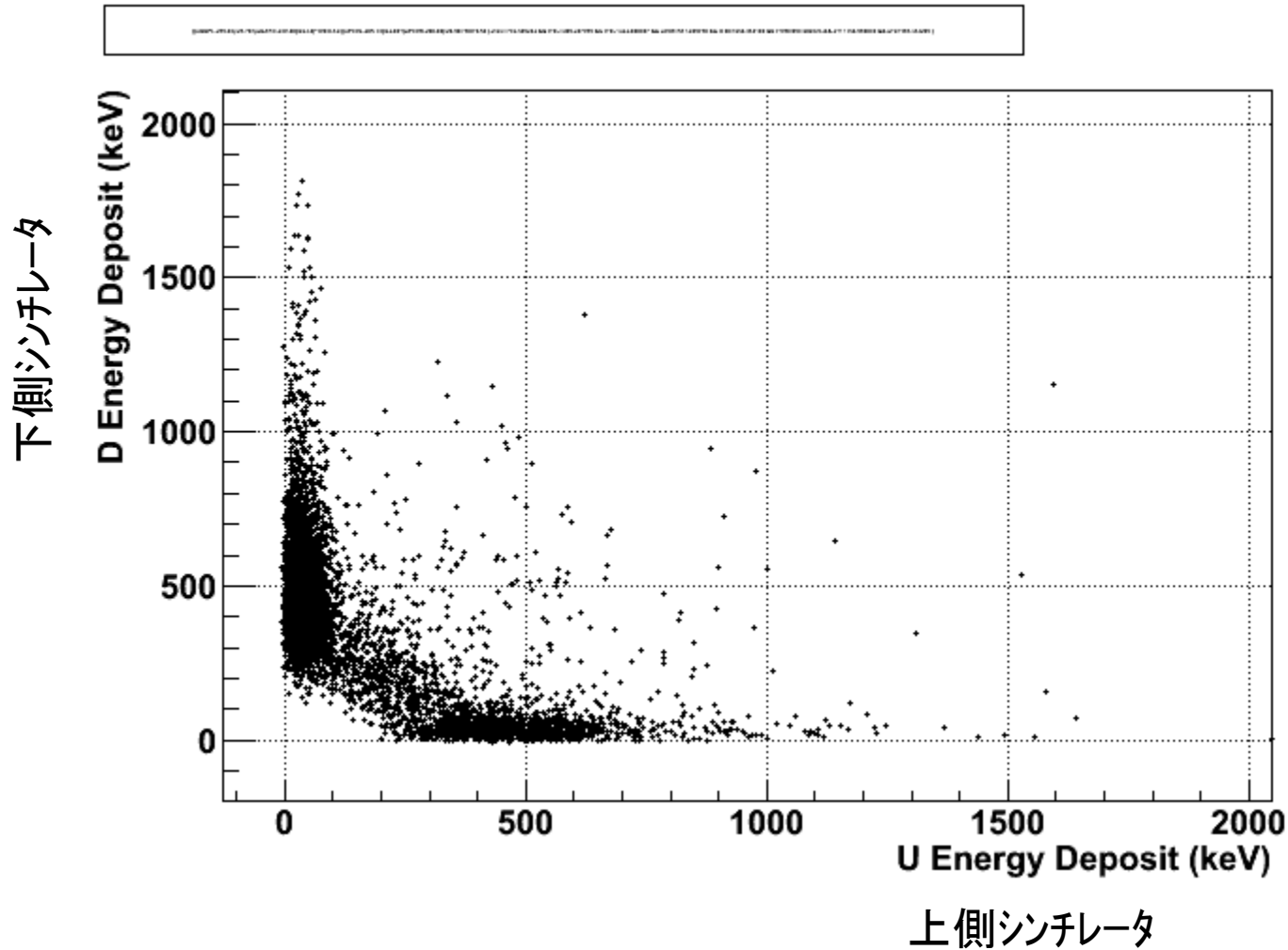
各シンチレーターの光量とInefficiency



- 各シンチの中心にビームを当てたrunで測定。
 - 光量 (左右合計 MIPピーク)
 - 上側 44.8 p.e.
 - 下側 30.3 p.e.
 - Inefficiency (100keV閾値)
 - 上側 6.4×10^{-4} 以下
 - 下側 6.5×10^{-4} 以下
- 上限値90%C.L.

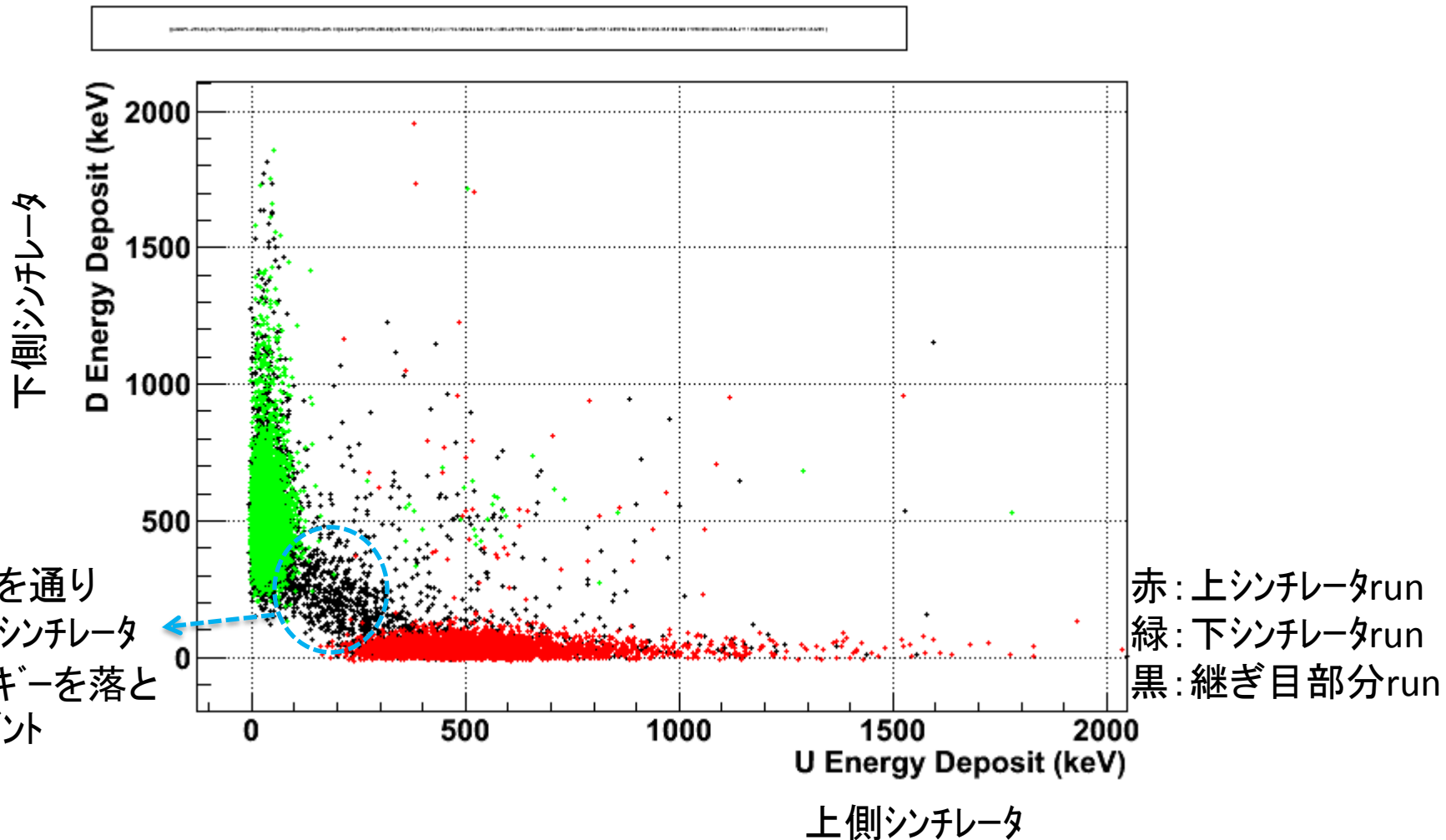
継ぎ目部分の測定

- 継ぎ目(1cm角)にビームを当てたrunで測定。

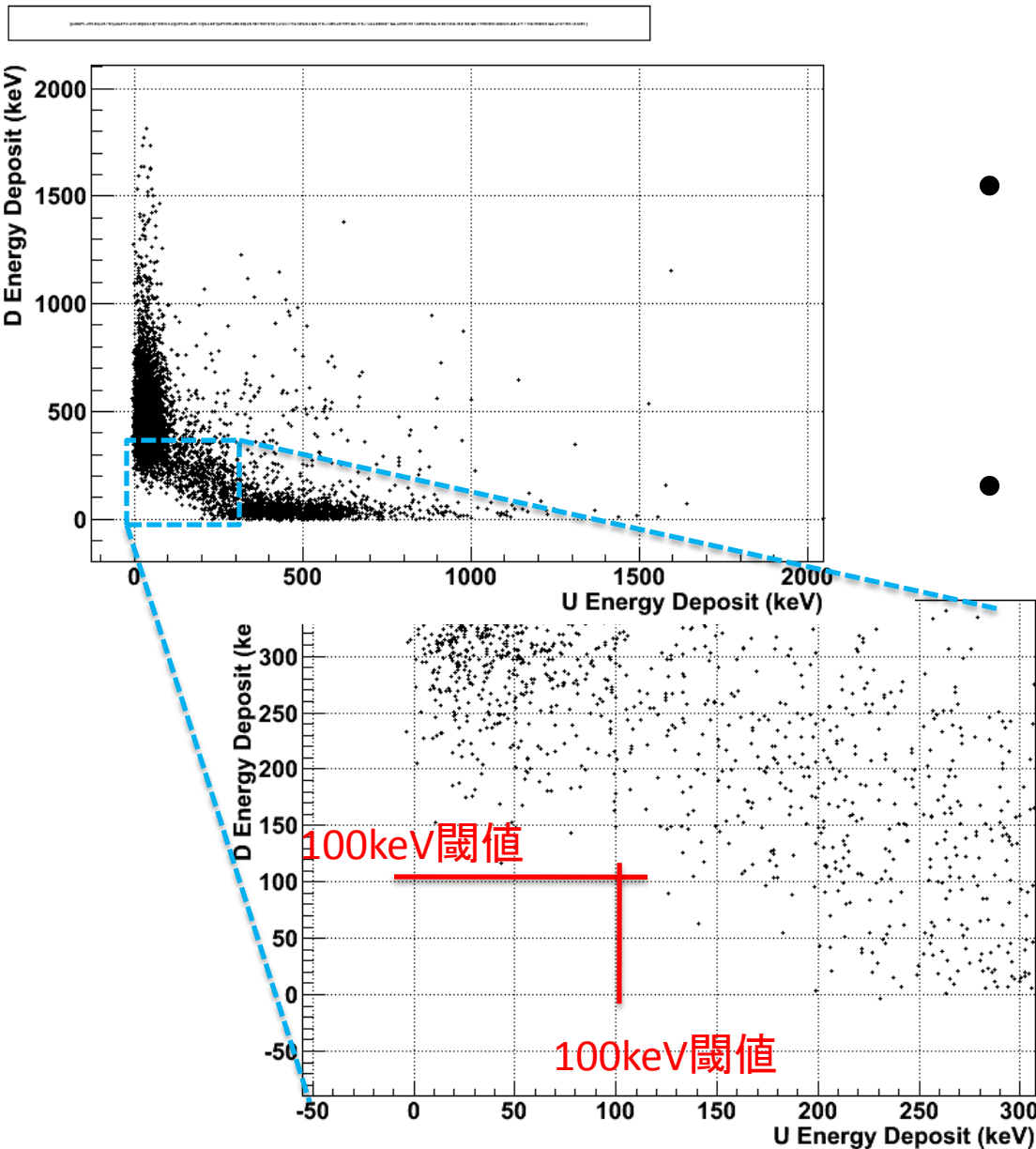


継ぎ目部分の測定

- 継ぎ目(1cm角)にビームを当てたrunで測定。



継ぎ目部分のInefficiency



- 上下シンチで共に閾値を超えなかったものをInefficiencyとする。

- Inefficiency

継ぎ目付近1cm角

3.7×10^{-4} 以下

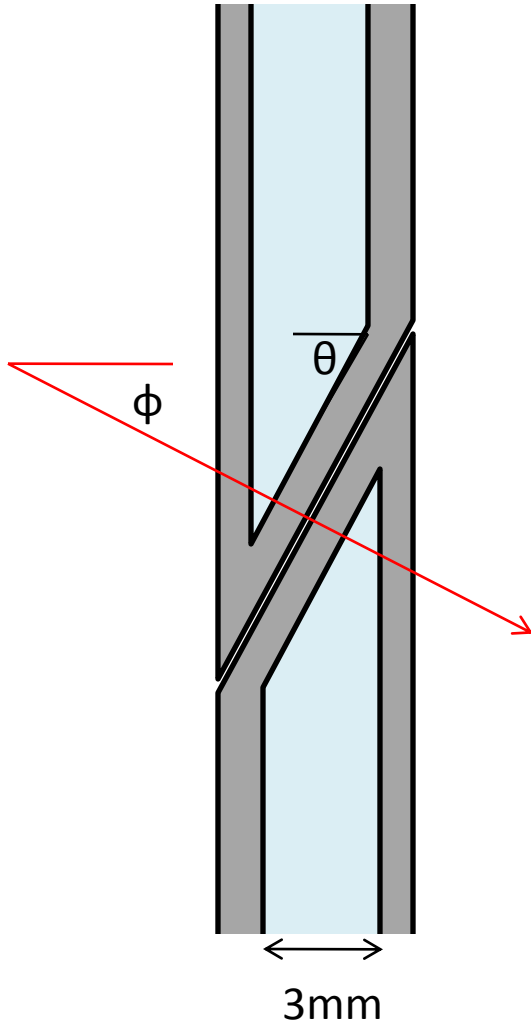
上限値90%C.L.

まとめ

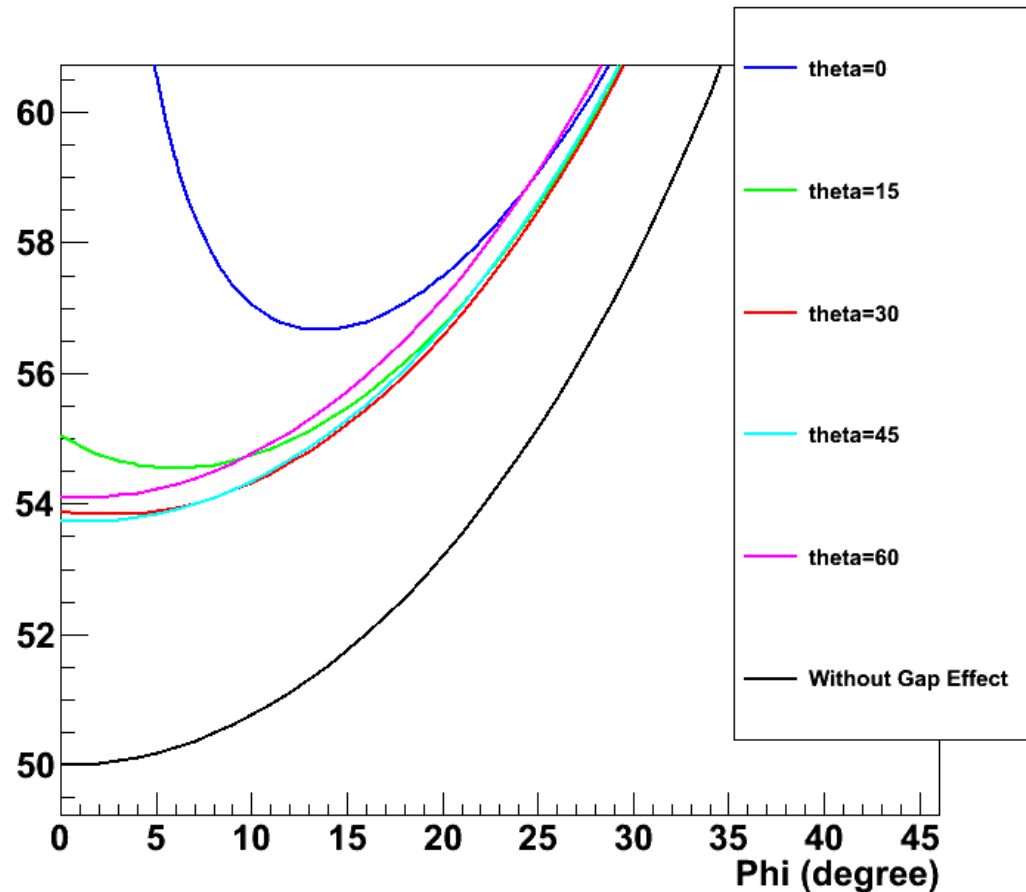
- KOTO実験で用いる荷電粒子veto検出器には荷電粒子の貫通に対して 1.0×10^{-3} の Inefficiencyが要求される。
- そのためシンチレータ継ぎ目に角度をつけた構造にする。
- 陽電子ビームで測定したCV継ぎ目部分の隙間などによるInefficiencyは 1.0×10^{-3} の要請を満たしている。

Buck up..

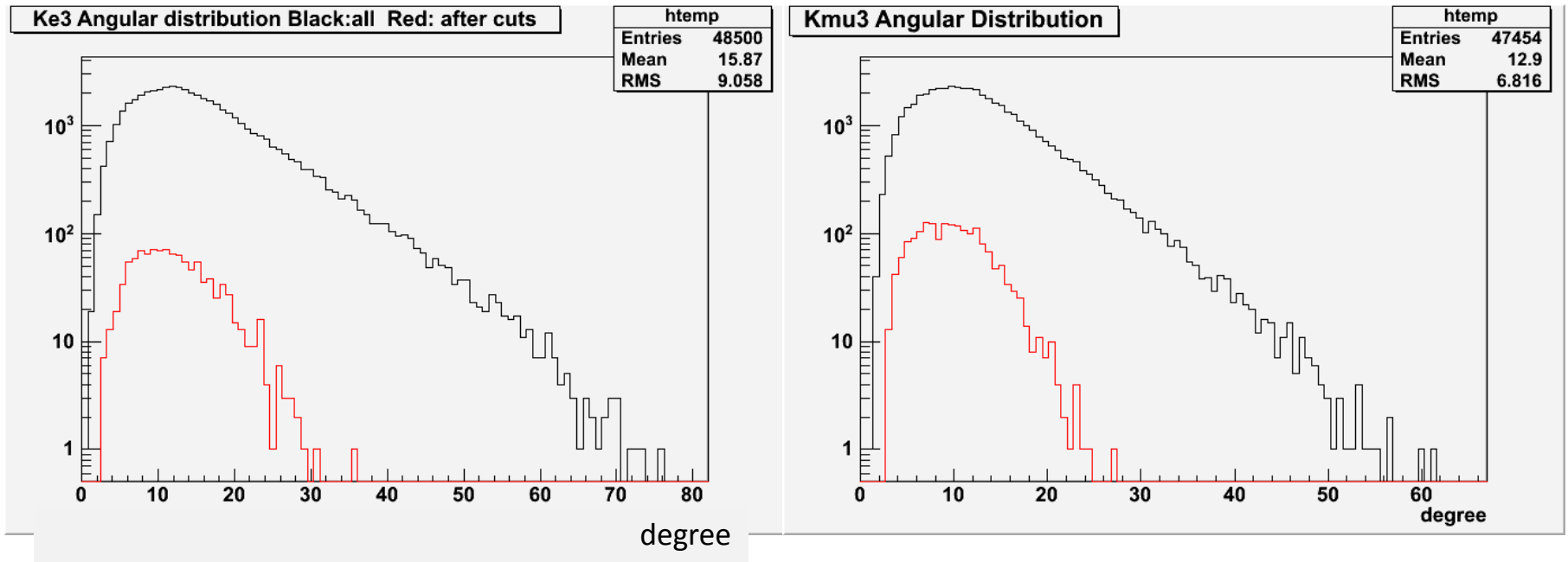
平均 dead material 厚



反射材の厚み50 μm を仮定したときの
Plane全面の平均dead material厚



CVへの入射角度分布

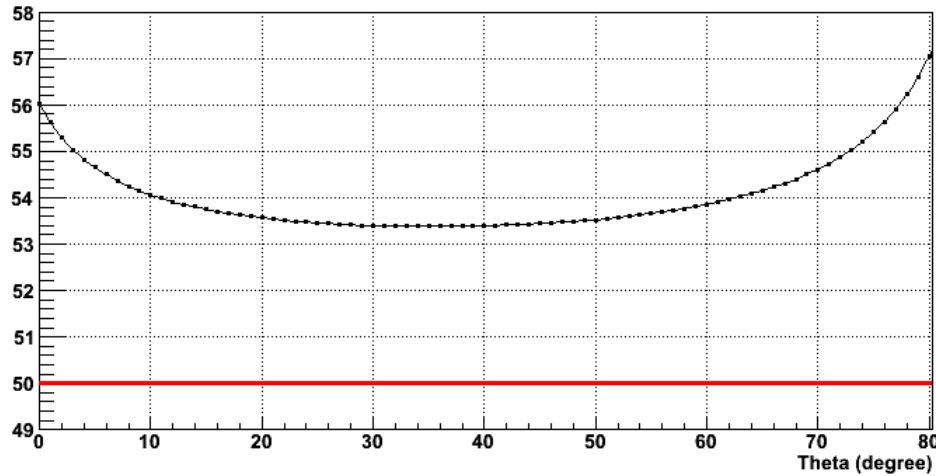


黒：全入射粒子

赤： veto失敗時にsignalと見間違っイベント

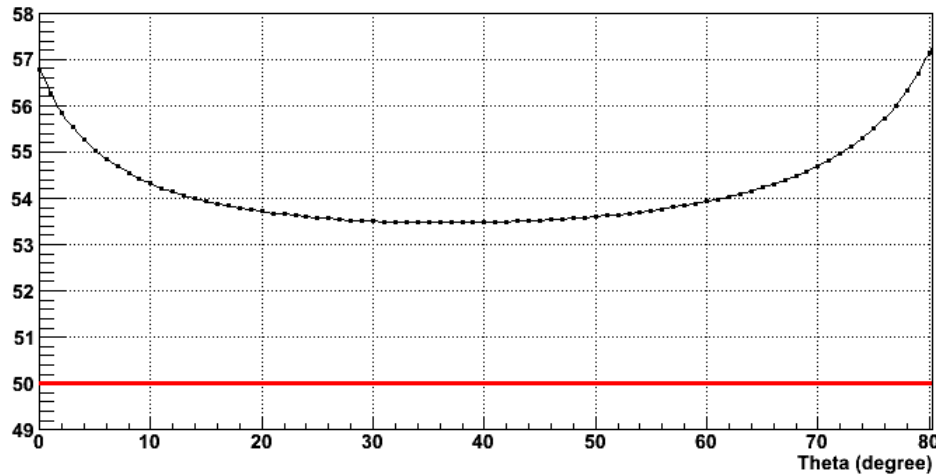
有効 dead material 厚

Ke3



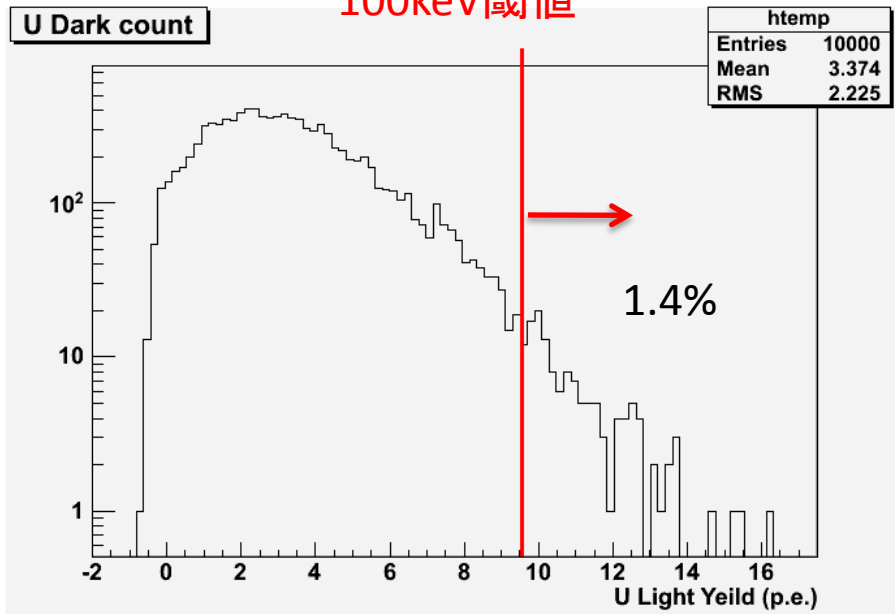
赤線は継ぎ目がなかったとした場合。

Kmu3

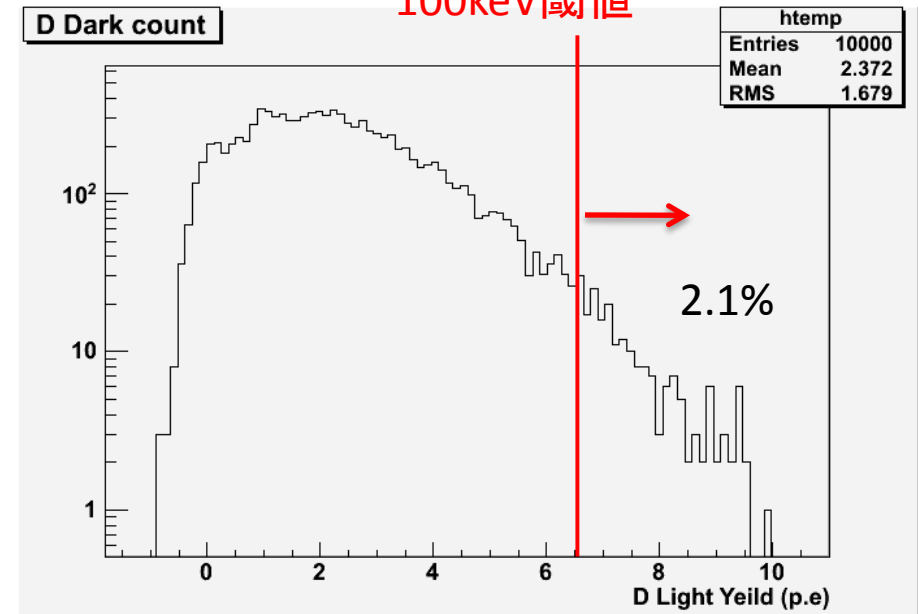


ノイズレート

100keV閾値



100keV閾値

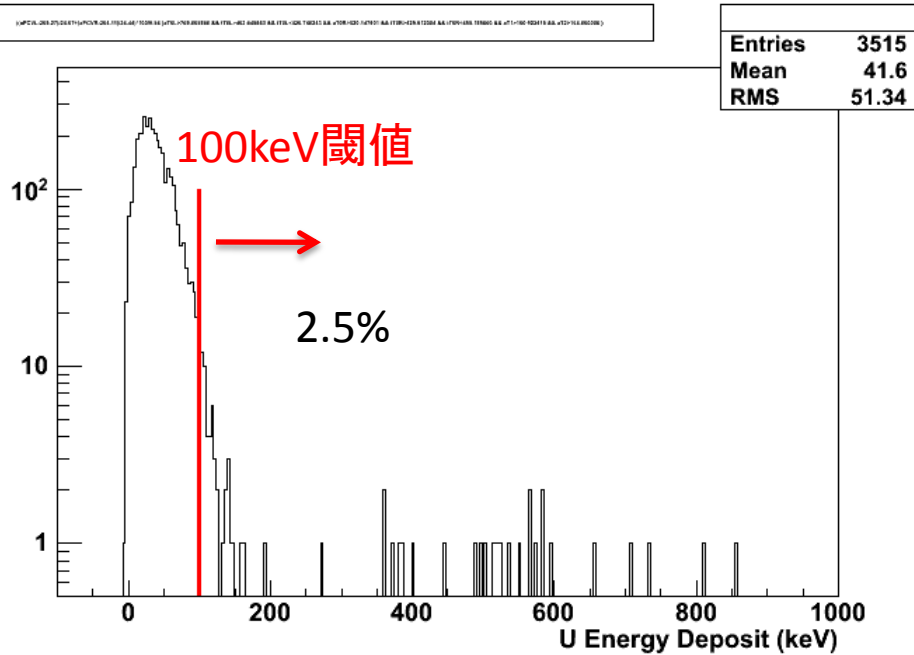


上シンチレータ

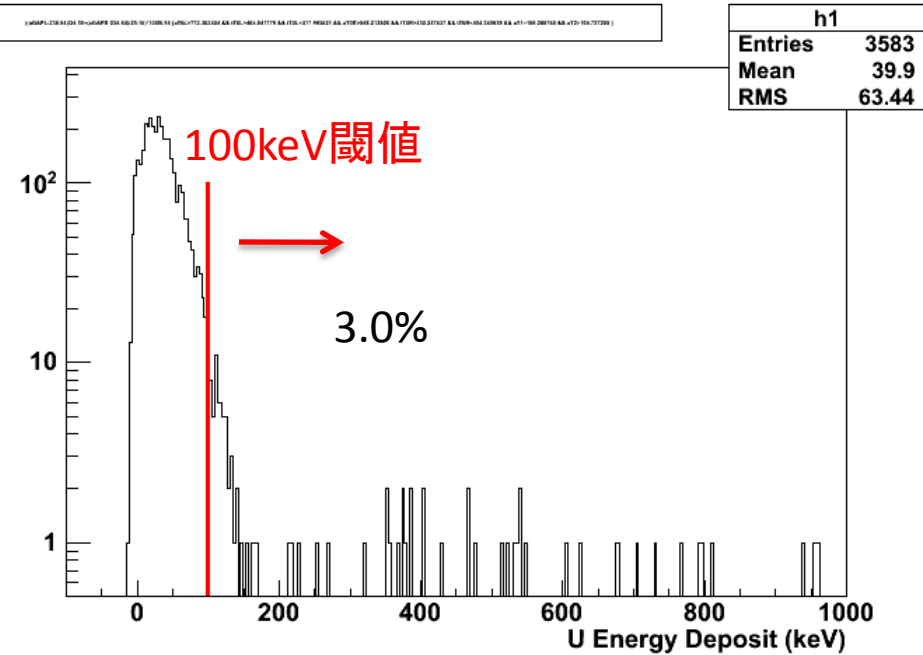
下シンチレータ

ビーム無しのキャリブレーションrunでの100keV閾値を超える割合。

アクシデンタルヒット



上シンチレータ



下シンチレータ

ビームONでビームを当ててない方のシンチレータで100keV閾値を超える割合。