

K⁰T0実験における 中性子不感型光子veto検出器の開発

京都大学大学院理学研究科 高エネルギー物理学研究室, KEK^A

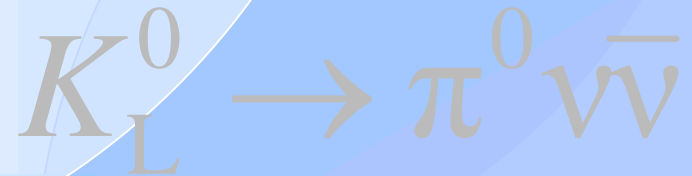
前田 陽祐, 笹尾 登, 野村 正^A, 南條 創,

森井 秀樹, 塩見 公志, 臼杵 亨,

河崎 直樹, 増田 孝彦, 内藤 大地

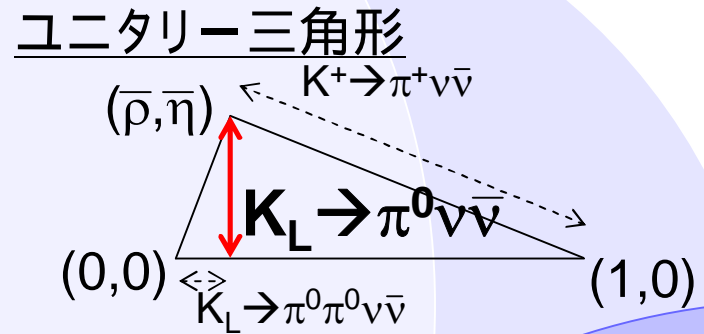
他 K⁰T0 collaboration

- K⁰TO実験(E14実験)の概要
- BHPVへの要請
 - ◆ 基本デザイン
 - ◆ レート耐性に関する問題
- レート耐性を考慮したデザインの改良
 - ◆ これまでのstudyのまとめ(分割モデル等)
 - ◆ 最終的なデザインの提案
- バックグラウンドの見積もり
- 今後の展望



■ 中性K中間子の希崩壊モード $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ の探索実験

- ◆ 直接的にCPを破るモード
- ◆ 理論的な不定性が小さい(数%)
 - 標準模型の精密な検証
 - new physicsへの感度
- ◆ 分岐比の予言値 : 2.7×10^{-11}

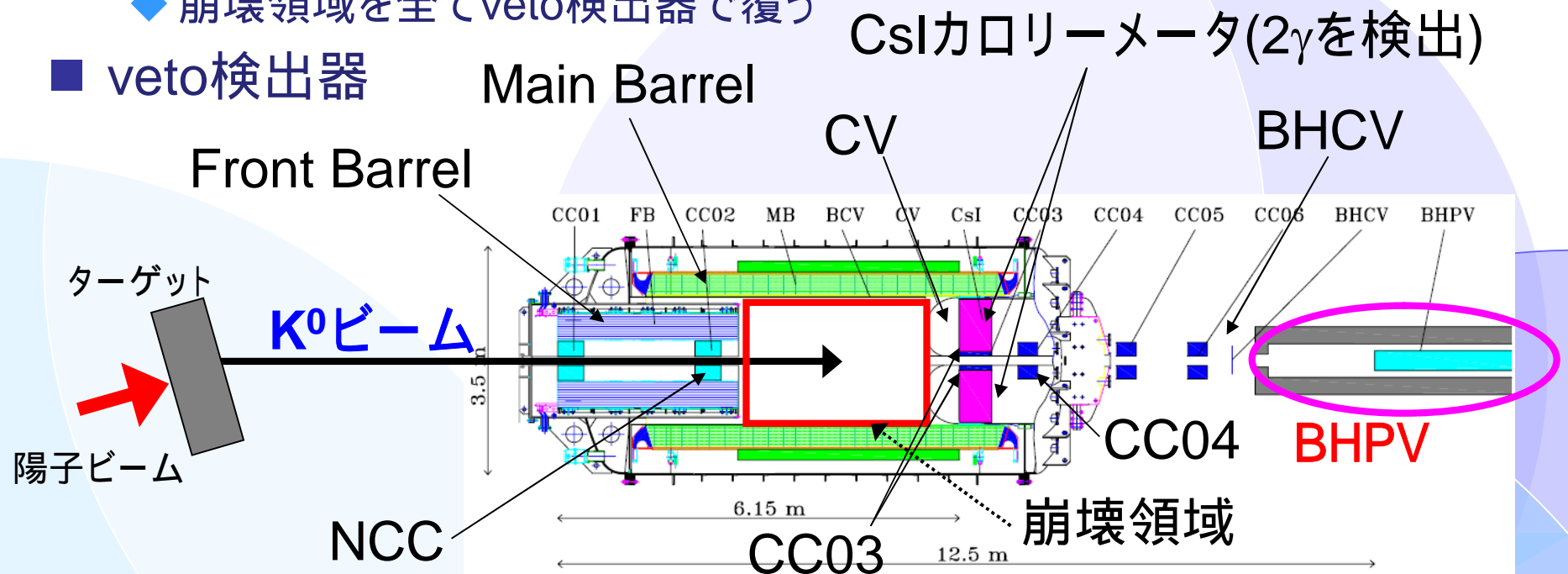


■ K⁰TO実験 (K⁰ at TOKai)

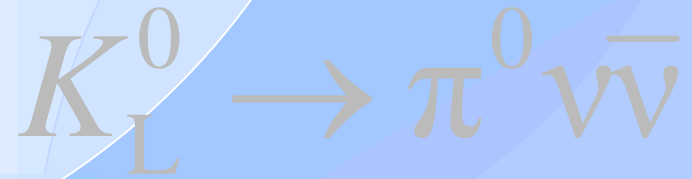
- ◆ 茨城県東海村のJ-PARCにて,
2011年物理ラン開始予定
- ◆ 世界最大強度の加速器で初の
イベント観測を目指す



- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ のシグナルの同定
 - ◆ π^0 からの 2γ 以外何も無いことを要求
 - ◆ 崩壊領域を全てveto検出器で覆う
- veto検出器



- BHPV (Beam Hole Photon Veto)
 - ◆ ビームホールに逃げた γ をveto



■ 高い光子検出能力

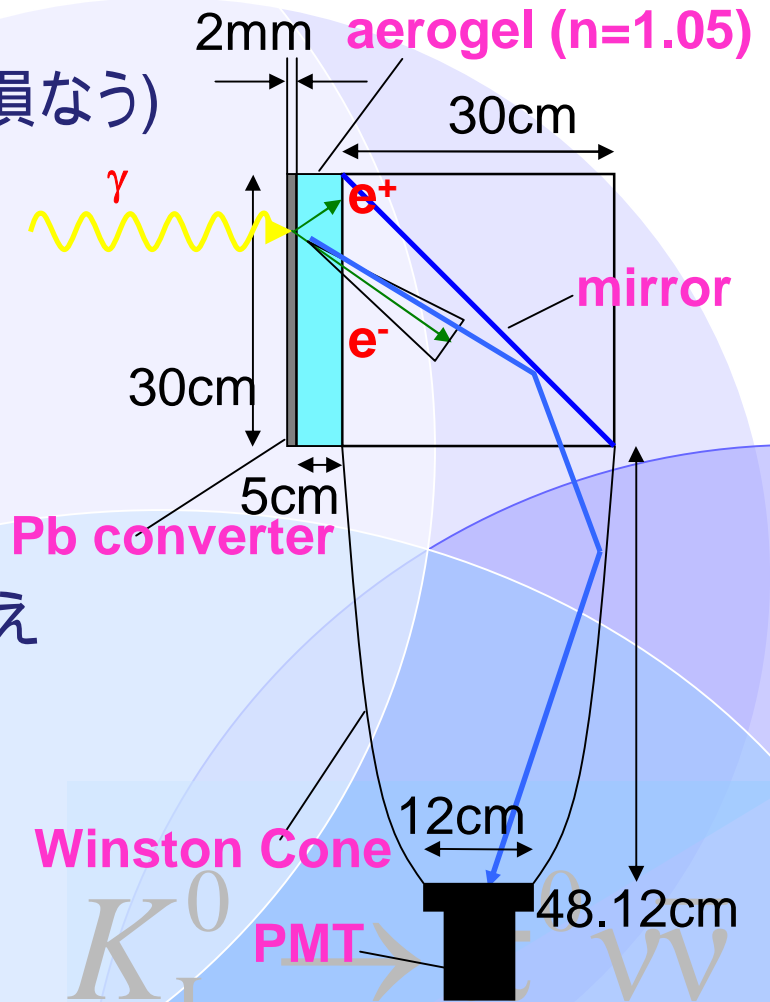
- ◆ $K_L \rightarrow \pi^0 \pi^0$ ($\rightarrow 4\gamma$ の内 2γ を検出し損なう)
バックグラウンドの抑制
- ◆ BHPVなしでは ~ 14 events
(cf. signal : ~ 6 events)

■ 高い中性子不感率

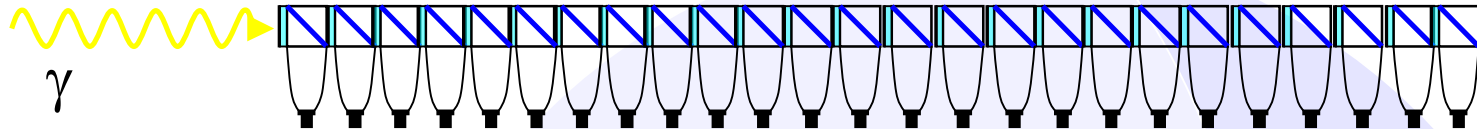
- ◆ 中性ビームライン中に置かれる
ので, accidental hitをなるべく抑え
なければならない. (~ 500 MHz)

\rightarrow エアロジェルを用いた
Cerenkov閾値型の検出器

■ レート耐性 (後述)



■ 25モジュールをビームライン上並べて使用



◆ 検出条件：連続した3モジュール以上でのコインシデンス

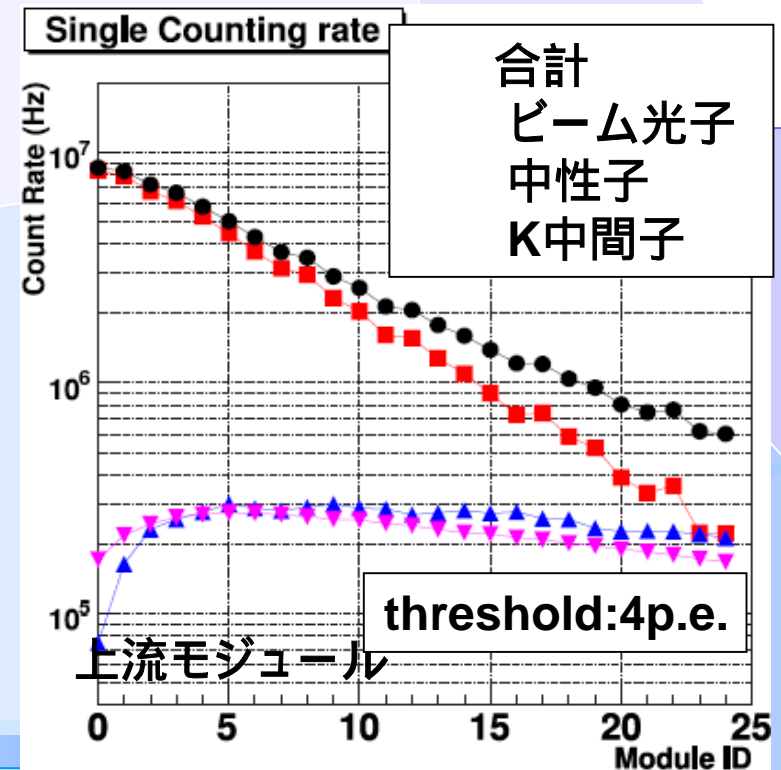
- 中性子は単一hitしても3モジュールhitすることは稀

◆ 中性子の検出rate

- 540kHz(/flux : 500MHz($E_n > 100\text{MeV}$))
- accidental loss : **~0.5%**

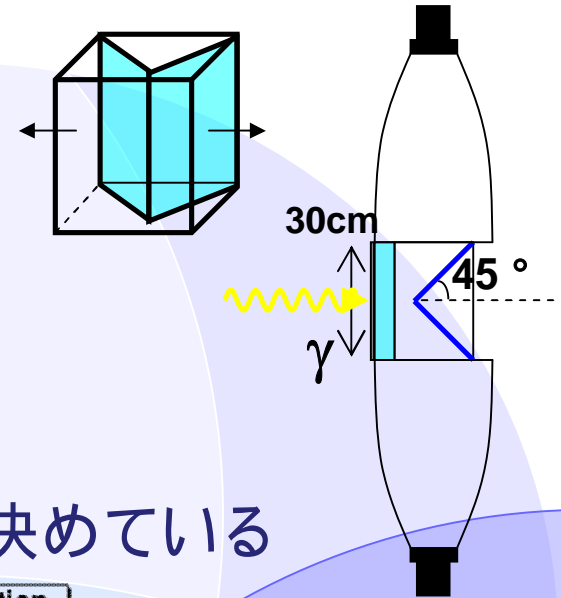
■ レート耐性

- ◆ ビーム γ が大量に存在するため、先頭モジュールで**~10MHz**のカウンティングレートに



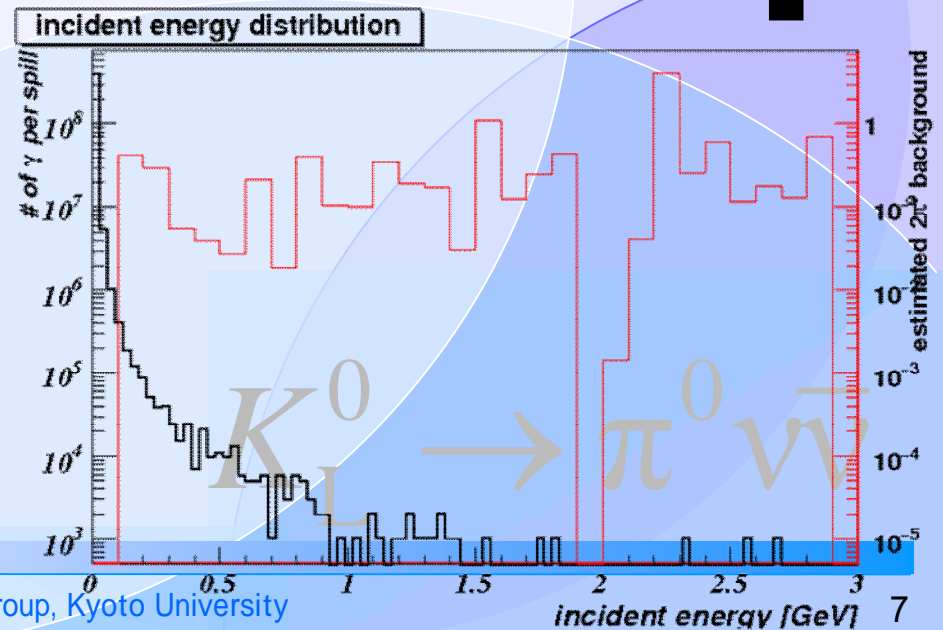
■ 分割モデル (前回の発表内容)

- ◆ 2分割で約40%, 4分割で約70%のレート削減効果
- ◆ 集光率の増加により, efficiencyも向上



■ 低エネルギーによる γ のhitの抑制

- ◆ 低エネルギーのビーム γ のhitがレートを決めている (50MeV以下のhitが80%)
- ◆ 調整したパラメータ
 - 鉛コンバータの厚み
 - エアロジェルの厚み, 屈折率



レート耐性に関するstudy

■ 鉛の厚みの変更

◆ レートを決める要因：

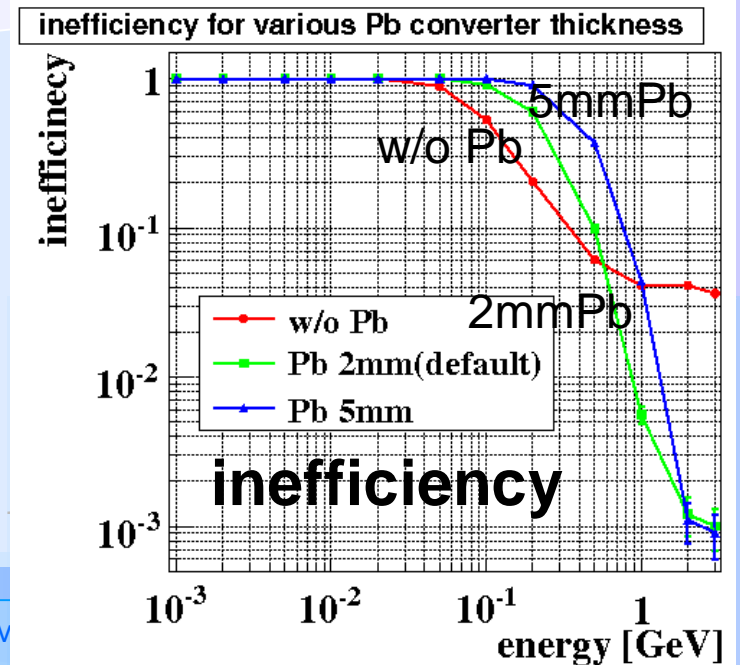
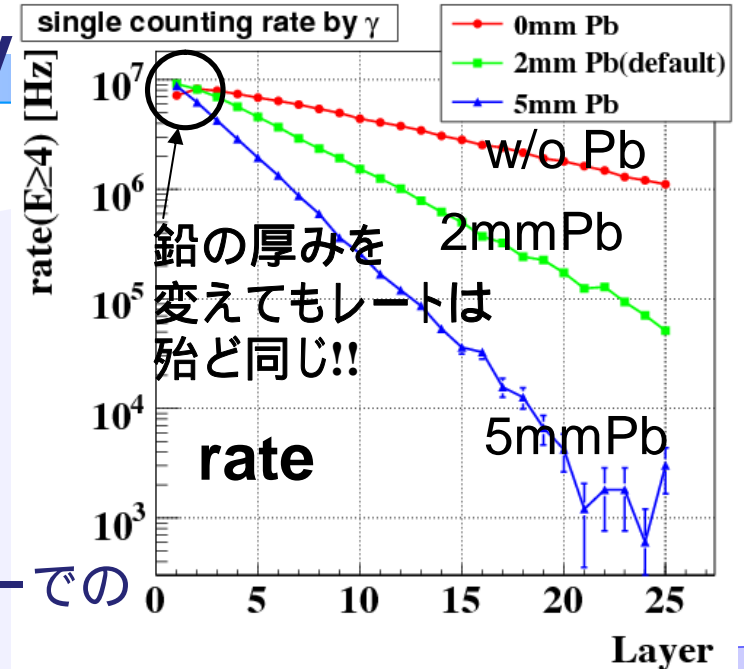
- コンバージョンの確率
- 発生した e^+/e^- の貫通確率

◆ 薄くした場合

- e^+/e^- が貫通しやすくなり,低エネルギーでの efficiencyが向上
- 先頭では多少レートが下がるが, 全体的には押し上げられる

■ エアロジェルの変更 (厚みを薄く,屈折率を小さくする)

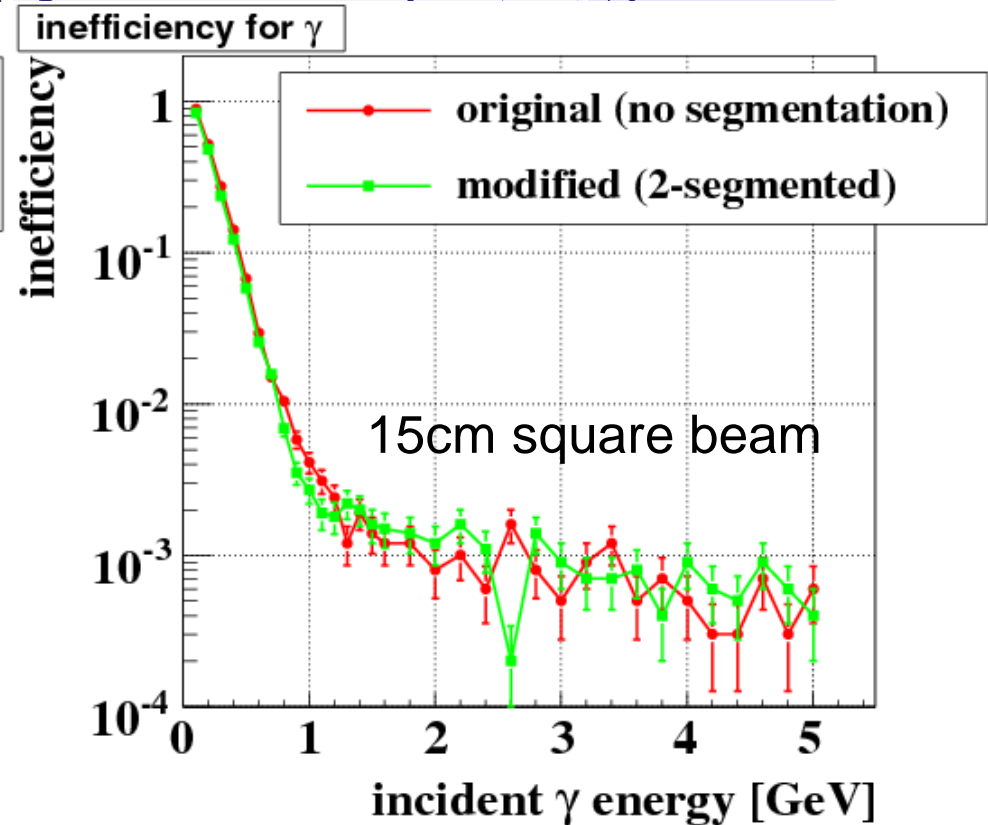
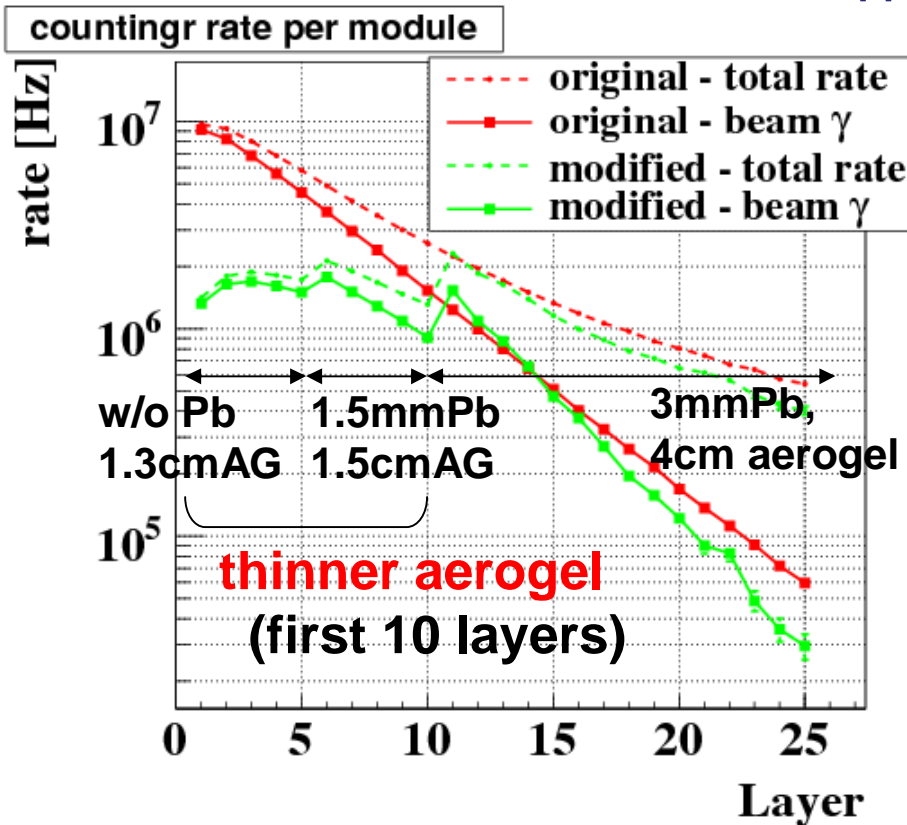
- ◆ レートは大きく削減可
- ◆ efficiencyは悪化



■ max rate : 9MHz @ 1st → **1.7MHz @ 11th**

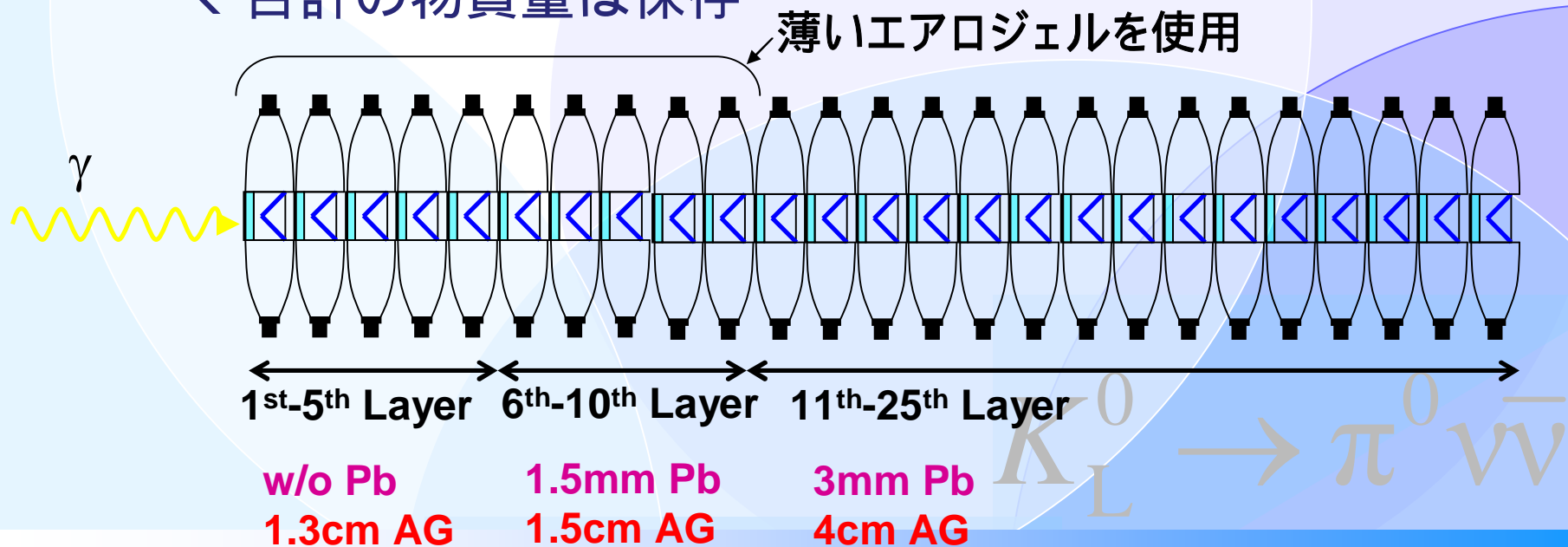
◆ 中性子等によるhitを含めても~2MHz程度

■ これまでのデザインと略同じefficiencyを達成



■ 提案したモデル

- ◆ 各モジュールは2分割 ← 製作の容易さ / チャンネル数
- ◆ 前方のレートの高いモジュールのエアロジェルを薄く
- ◆ 鉛の厚みを徐々に厚くしていく構成に
 - ← 薄い部分で低エネルギー側のefficiencyを回復
 - ← 合計の物質量は保存



■ $K_L \rightarrow 2\pi^0$ によるバックグラウンド事象

- ◆ 4γ のうち 2γ がCsIにhitし,残る 2γ を検出し損ねることで発生
- ◆ fast simulationによる見積もり

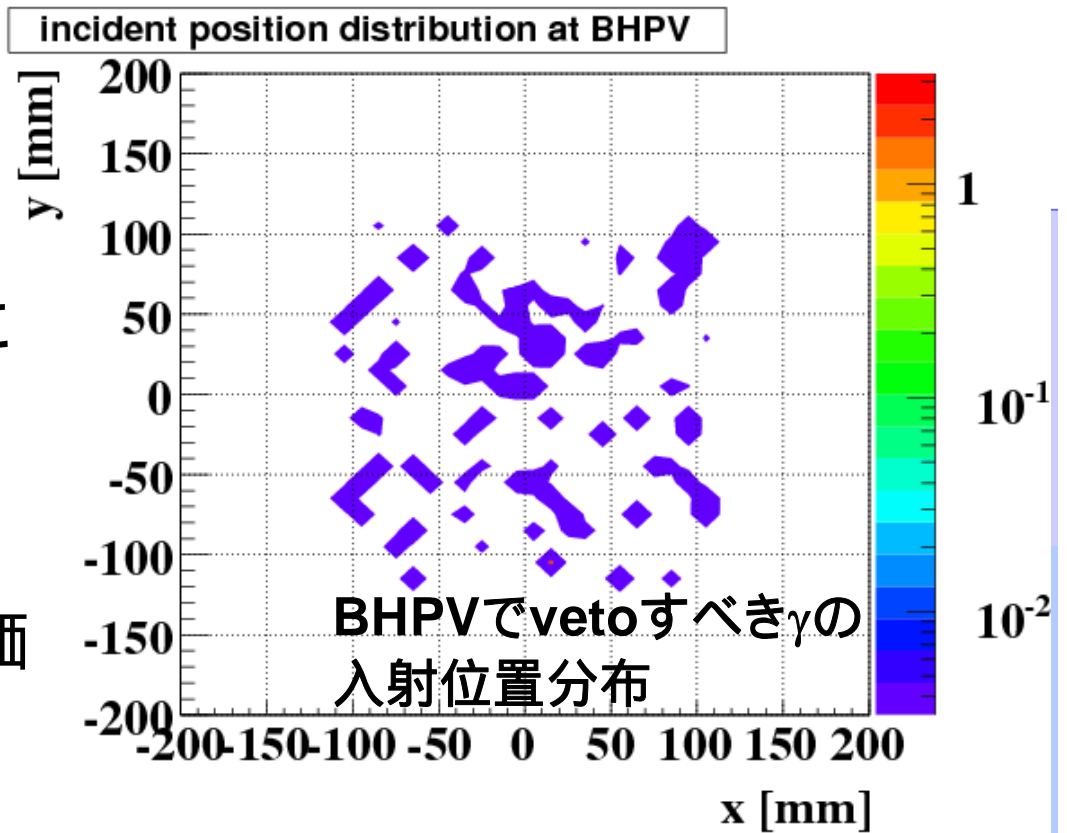
崩壊領域で K_L を $2\pi^0$ に崩壊



各 π^0 からの崩壊粒子がどこに行くかを調べる



各検出器の応答を inefficiency functionで評価



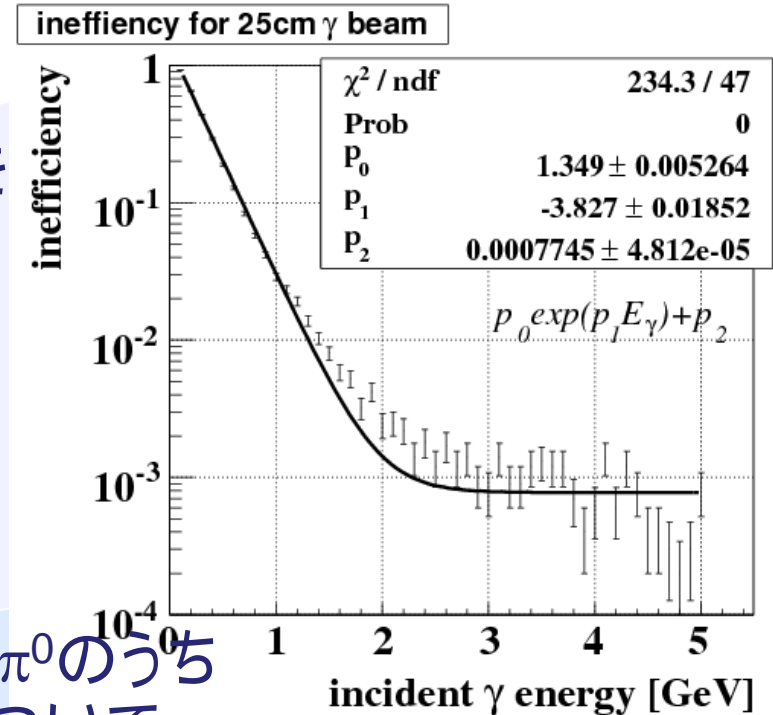
■ BHPVのinefficiency function

- ◆ 25cm四方の正方形に一様に γ を垂直入射
- ◆ エネルギー : 0.1GeV~5GeV
- ◆ エネルギーの関数として inefficiency function を作成

■ 見積もりの手順

- ◆ バックグラウンドとなりうる $K_L \rightarrow 2\pi^0$ のうち BHPVに γ がhitする各イベントについて (BHPVのinefficiency) x (他のveto検出器のinefficiency) でevent weightを評価
- ◆ 3年間のrunにスケール

■ BHPV起源のバックグラウンド数 : **0.609 events**
 (← 11.6 events (w/o BHPV), signal : ~6 events)



■ バックグラウンド事象の更に正確な見積もりとそれに 応じた改良

- ◆ 角度を持って入ってくる γ の効果

■ 実機の製作に向けて

- ◆ PMTのレート耐性の検証
- ◆ エアロジェルの透過率測定

- ◆ e⁺ビームによるプロトタイプモジュールの試験

- ◆ J-PARCに於けるビームサーベイ実験

… 今年秋!!



■ シミュレーションによりK⁰T0実験に用いるビームホール光子veto検出器をデザインを行った

◆ 読み出しの分割化

◆ 鉛コンバータやエアロジェルのデザインの見直し

→ 最大のカウンティングレートを2MHz程度抑えることに成功
(分割なし: ~9MHz)

◆ fast simulationによる $K_L \rightarrow 2\pi^0$ によるバックグラウンドの数を見積もった

BHPV起源のバックグラウンド 11.6 → 0.6 events

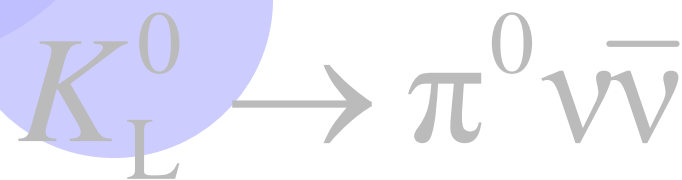
(全体で 3.4 events, signal ~6events)

■ 実機の開発の予定

◆ テストビームによるモジュールの試験やJ-PARCでのビームサーベイ実験を通し,性能を確認していく予定

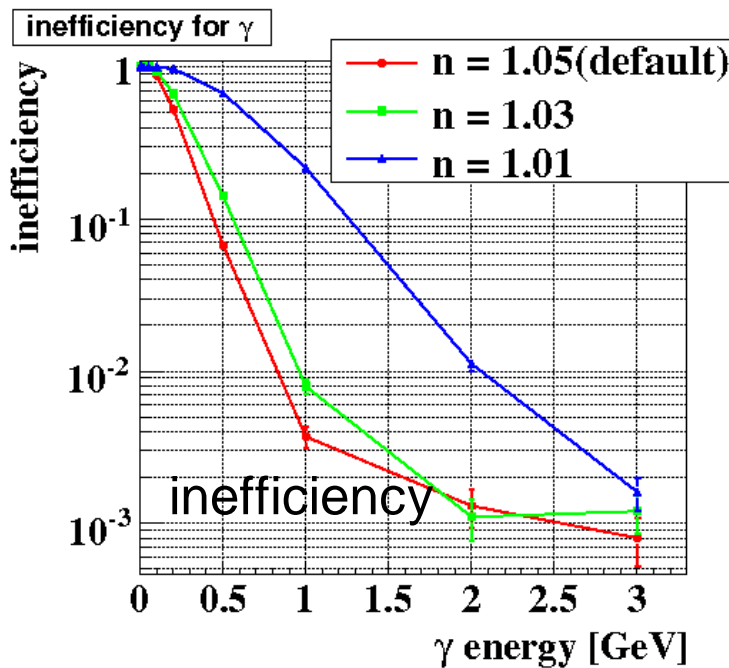
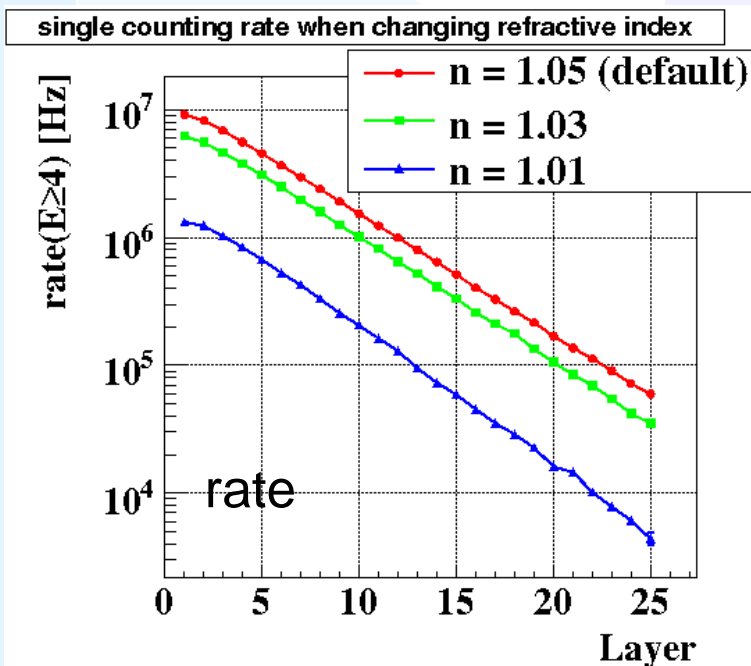
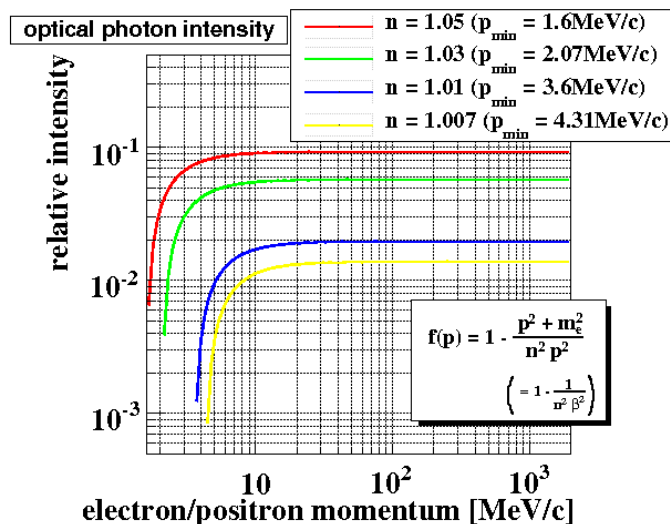
backup slides

- ・エアロジェルの屈折率変更による性能



■ $n=1.05 \rightarrow n=1.01$

- ◆ 運動量閾値(電子)
1.6MeV/c \rightarrow 3.6MeV/c
- ◆ 光量は約1/5に
- ◆ 透過率は考慮していない



$\pi^0 \nu \bar{\nu}$