

# J-PARC KOTO実験 の将来展望

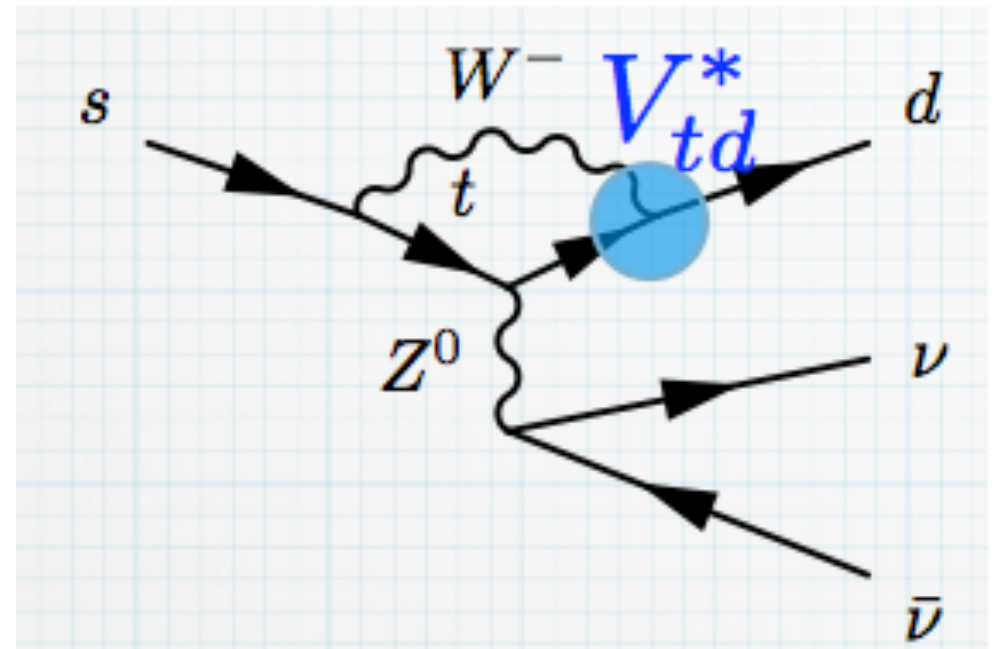
塩見 公志

2017/2/19

23rd ICEPPシンポジウム@岳美山荘

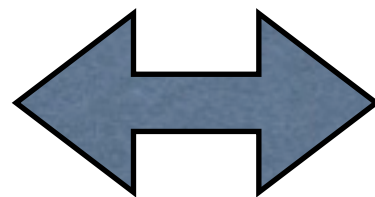
# $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ decay

- CP対称性を直接的に破る反応
- 標準理論では非常に抑制された反応
- 理論的不定性が小さい(2~3%)
- New Physicsに敏感



標準理論の予想値

$$\text{BR}(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) = 3.0 \times 10^{-11}$$



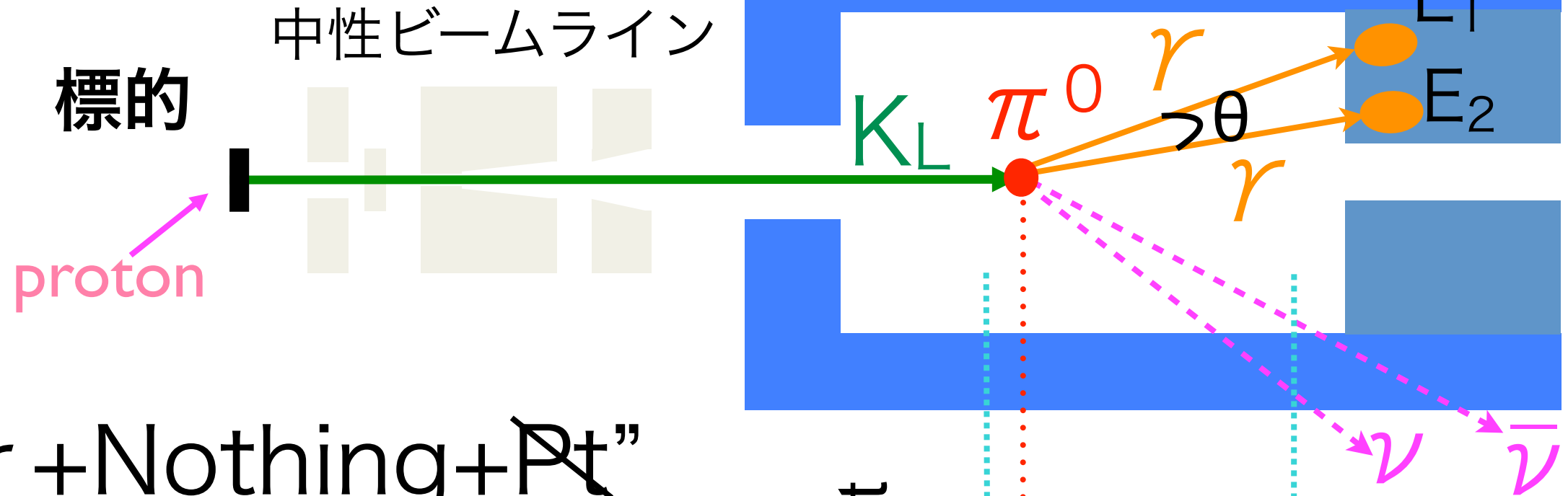
実験から求めた上限値

$$\text{BR}(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}) < 2.6 \times 10^{-8}$$

@90% C.L. by KEK E391a

# 実験原理

$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$  崩壊



“ $2\gamma + \text{Nothing} + \cancel{Pt}$ ”

—  $2\gamma$  の普遍質量として  $\pi^0$  質量を  
仮定して崩壊点を再構成

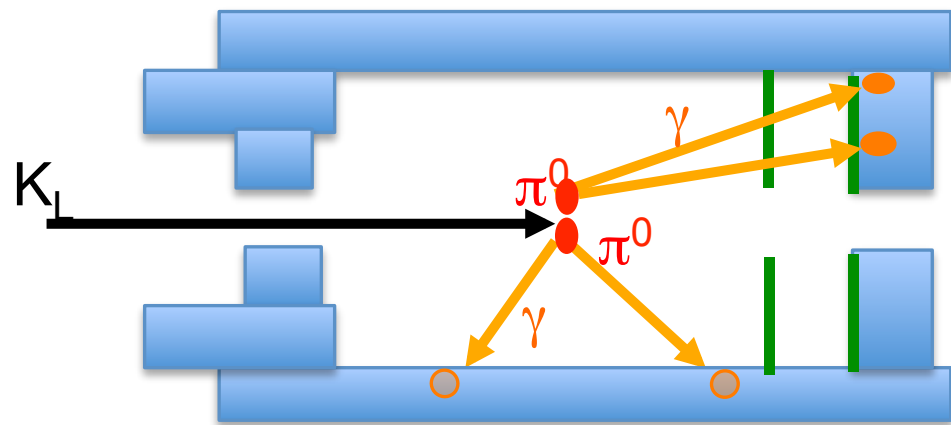
$$M^2(\pi^0) = E_1 E_2 (1 - \cos \theta)$$

— 崩壊点の情報から  $\pi^0$  の縦運動量を  
計算

# 背景事象

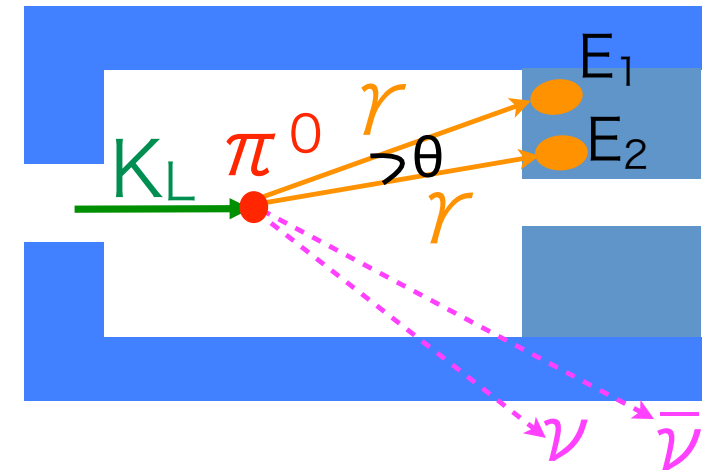
## 背景事象

### KL崩壊由来



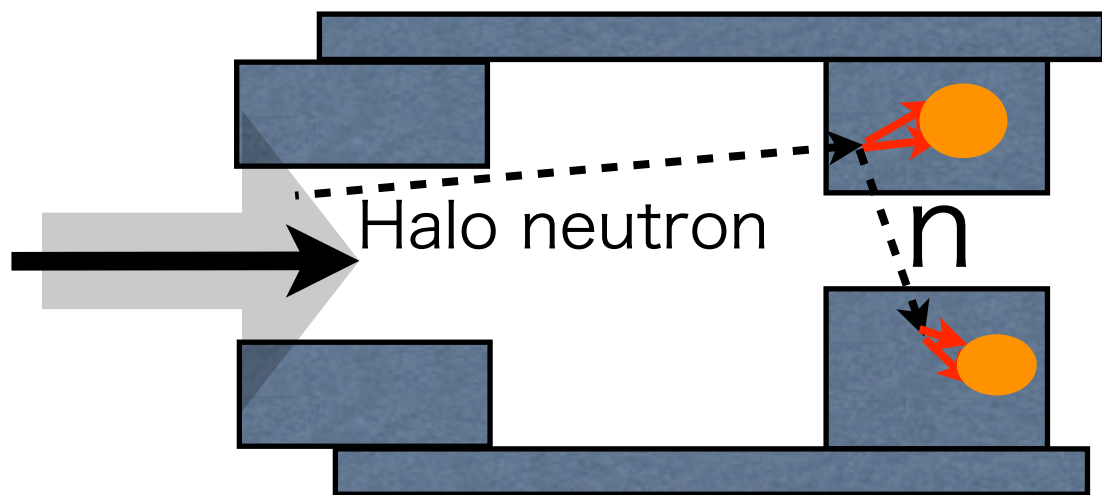
-余分な粒子への高い検出能力

### signal事象



“ $2\gamma + \text{Nothing} + Pt$ ”

### 中性子起源



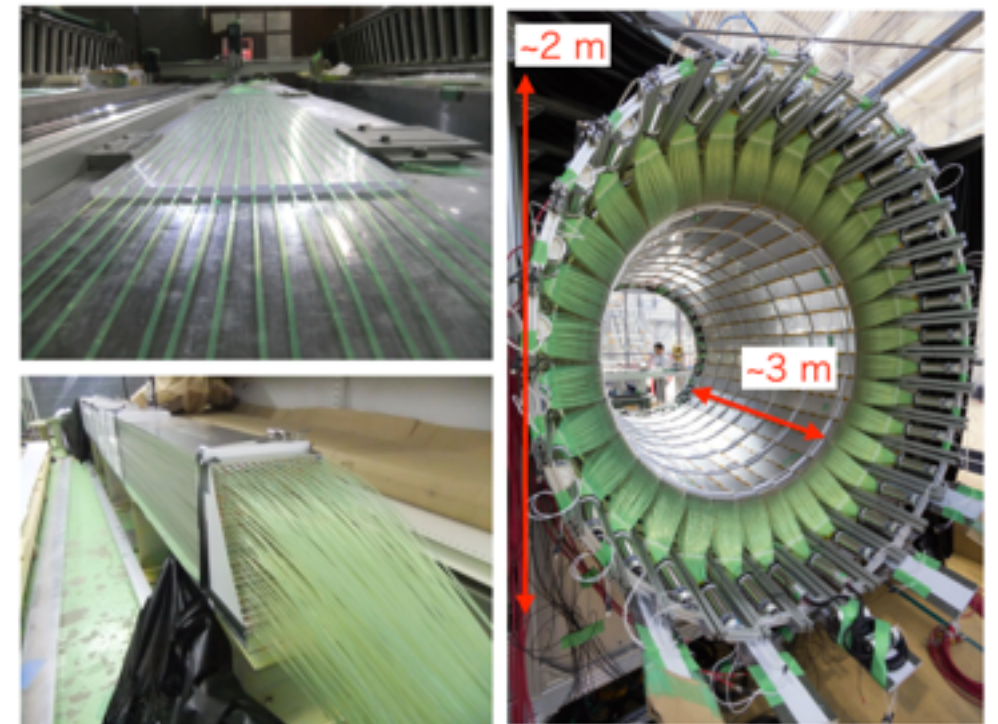
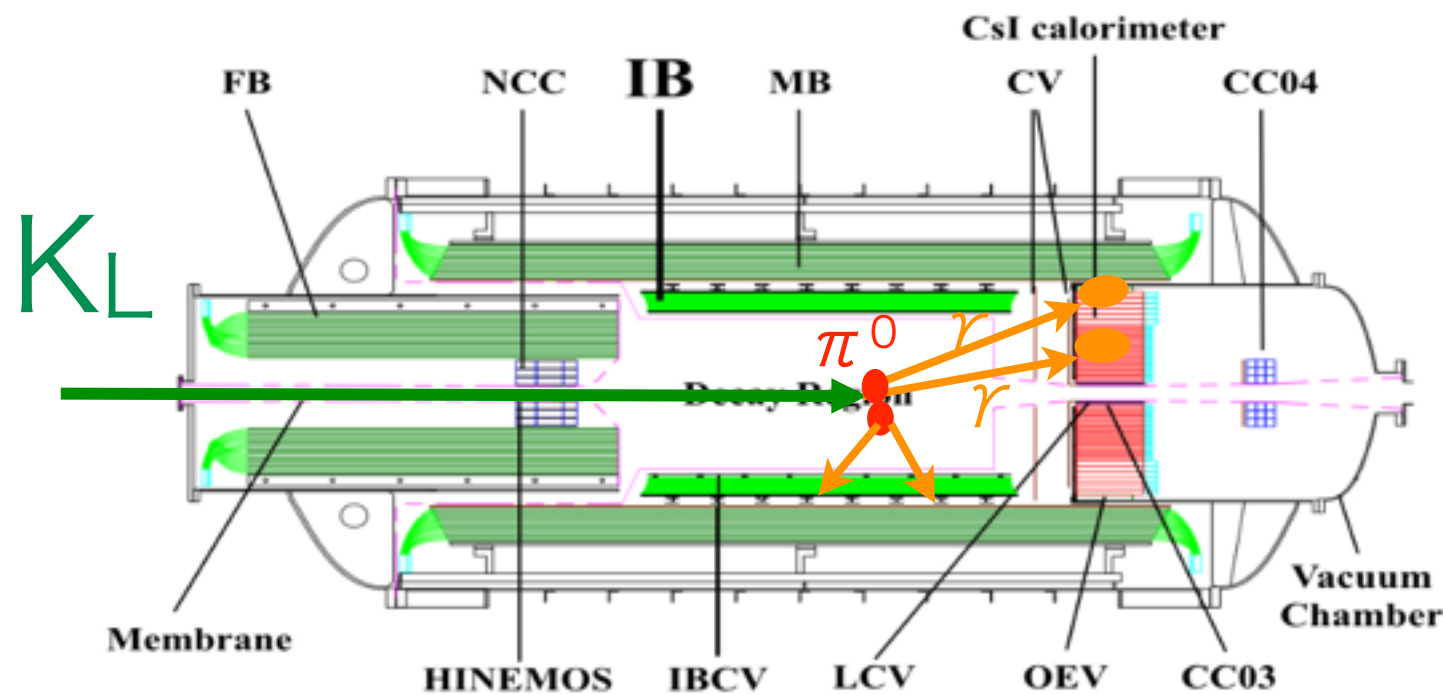
- $\gamma$ 線と中性子の高い識別能力

-signal事象( $K_L \rightarrow \pi^0 \nu\bar{\nu}$ )は非常に稀な反応

-背景事象をどれだけ抑えられるかが実験の肝

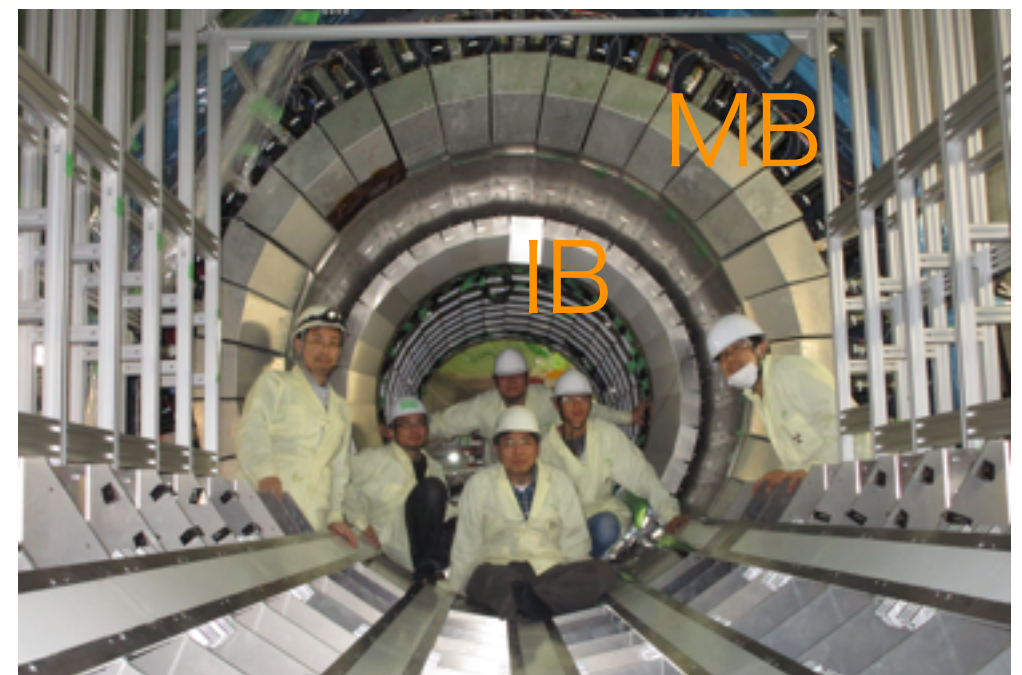
# KL由来の崩壊事象への対策

## インナーバレルのインストール(2016年)



### インナーバレル(IB)

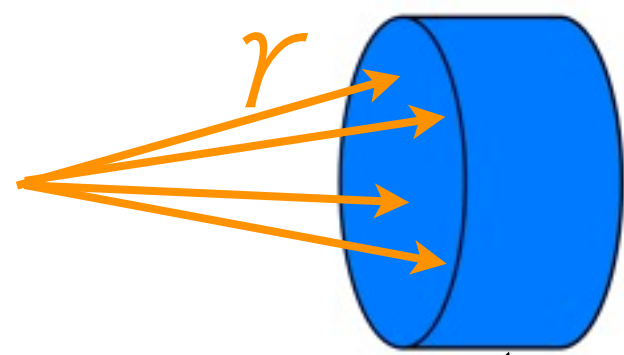
- 鉛とシンチレーターのサンドウィッチ  
カロリメーター
- 放射長の増加(+5X<sup>0</sup>)による $\gamma$ 線検出能力の向上
- 2016年1月-5月にインストール作業を行った。
- その後、2016年6月に物理データを取得





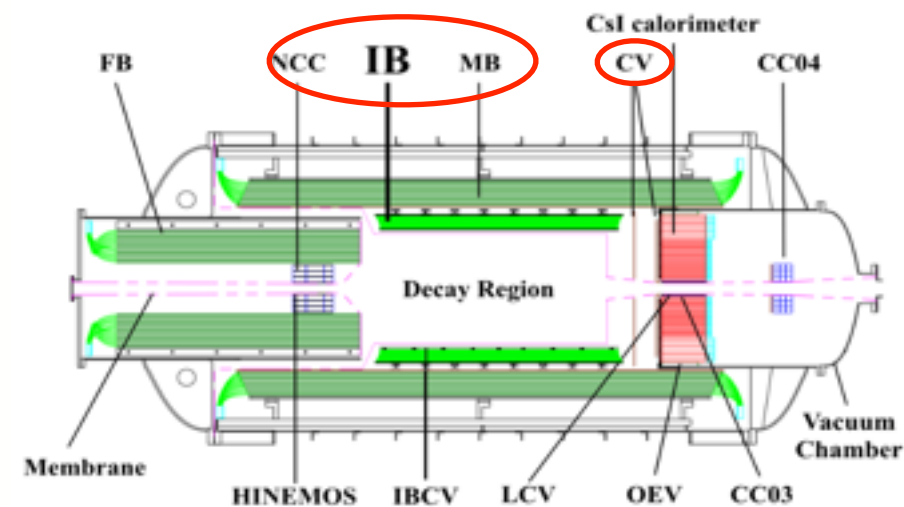
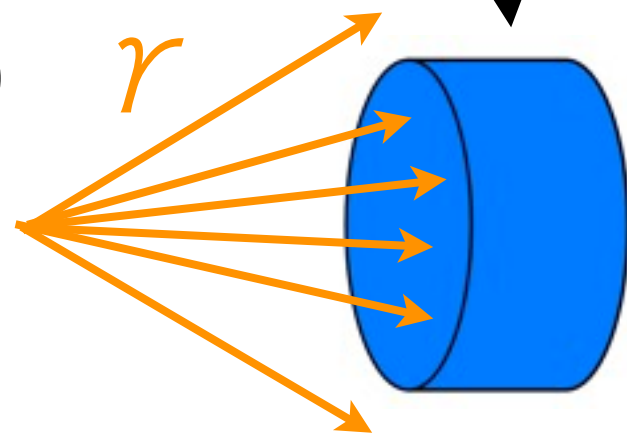
# インナーバレルの性能評価

$$\text{BR}(K_L \rightarrow 2\pi^0) = 8.6 \times 10^{-4}$$

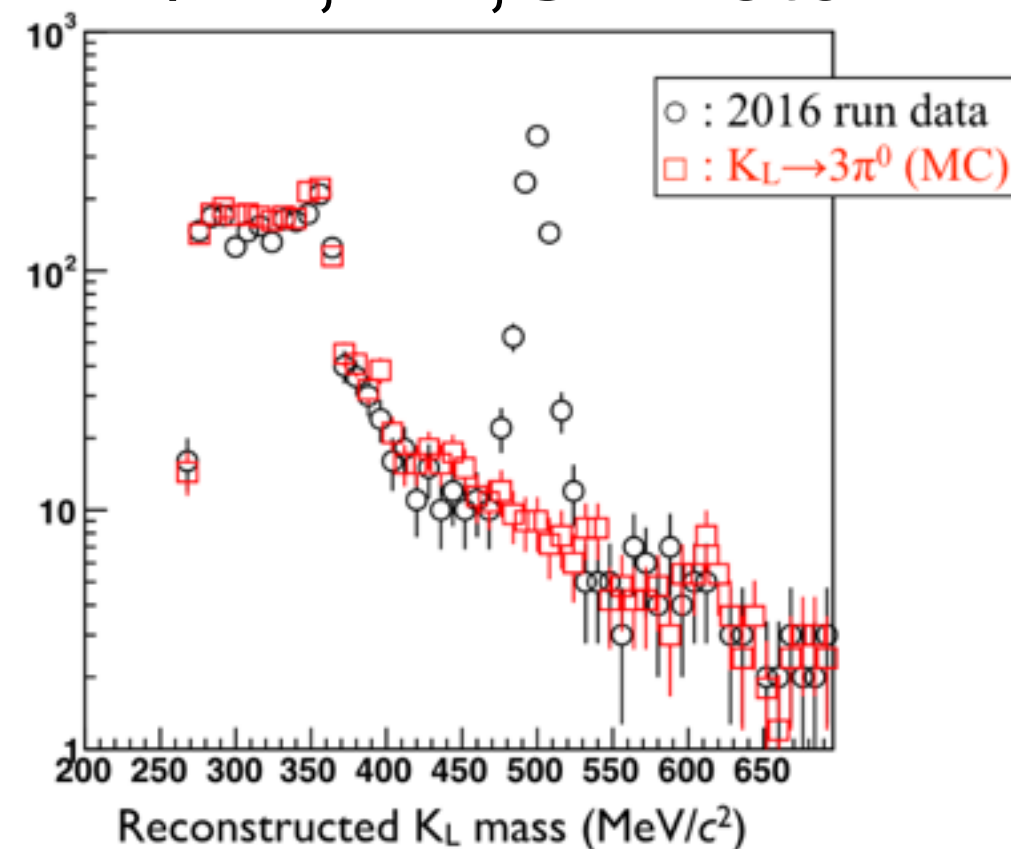


CsIカロリメーター

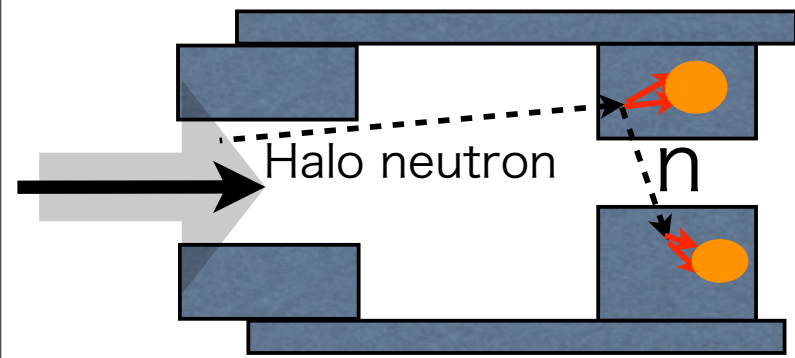
$$\text{BR}(K_L \rightarrow 3\pi^0) = 20\%$$



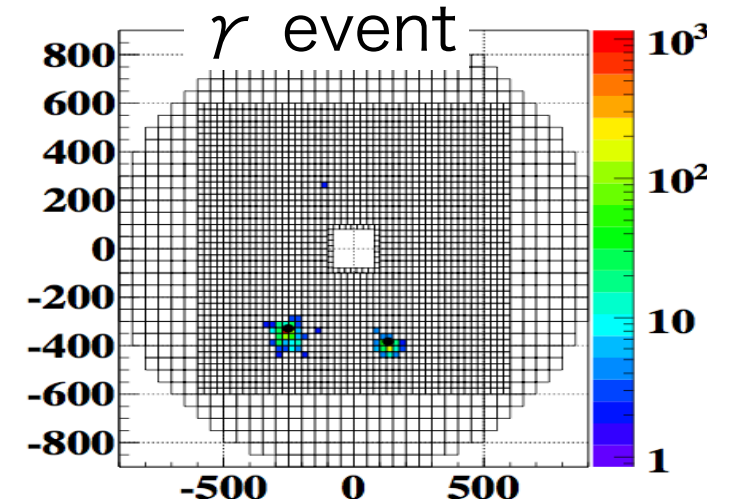
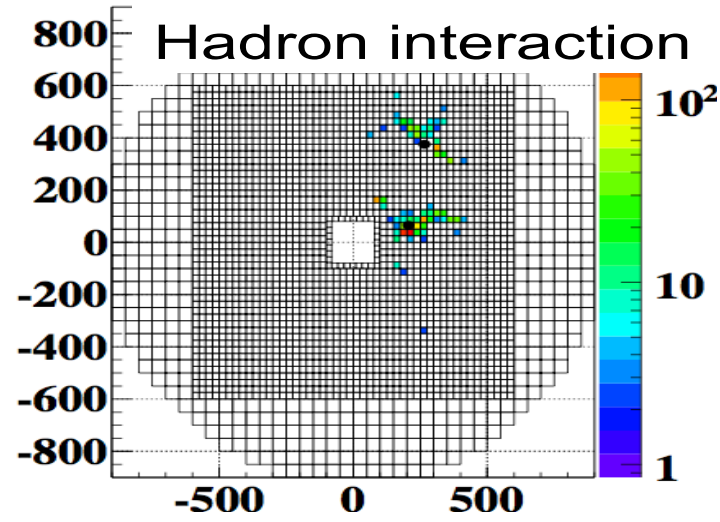
4  $\gamma$ 事象の普遍質量分布  
w/ IB, MB, CV veto



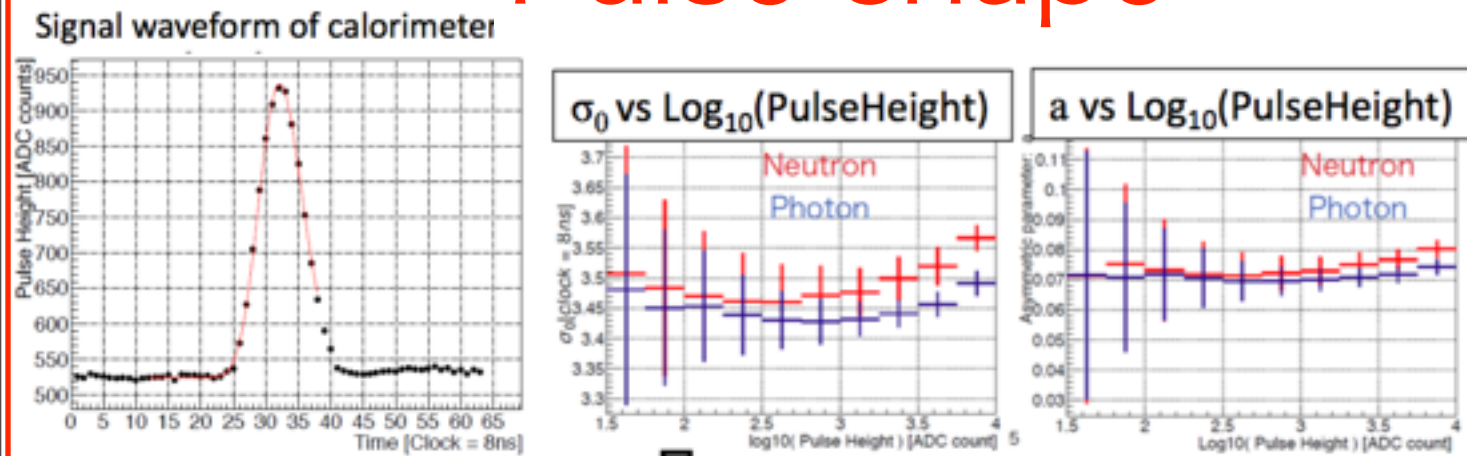
# 中性子起源の背景事象への対策(現行方法)



n/γ の分離が重要

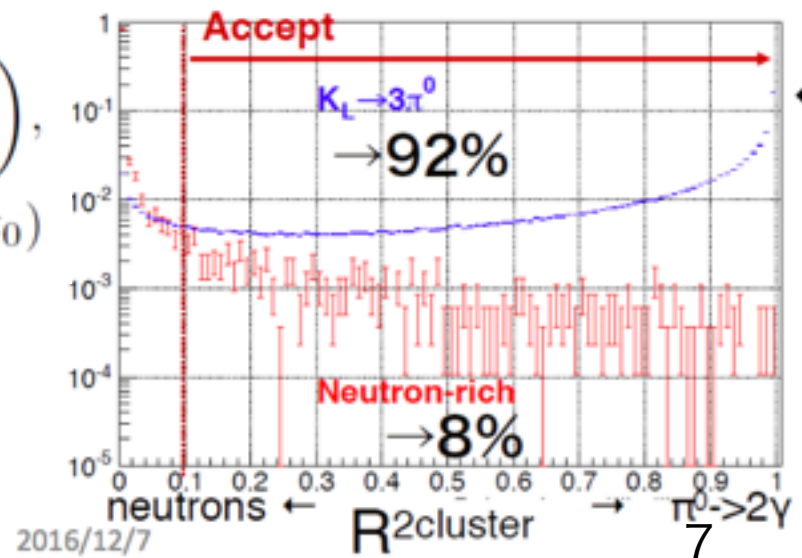


## Pulse shape

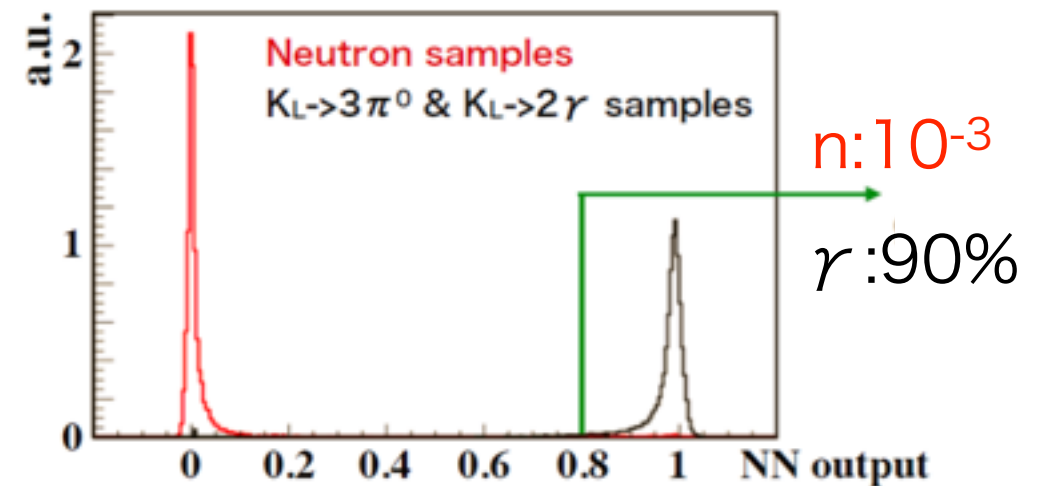
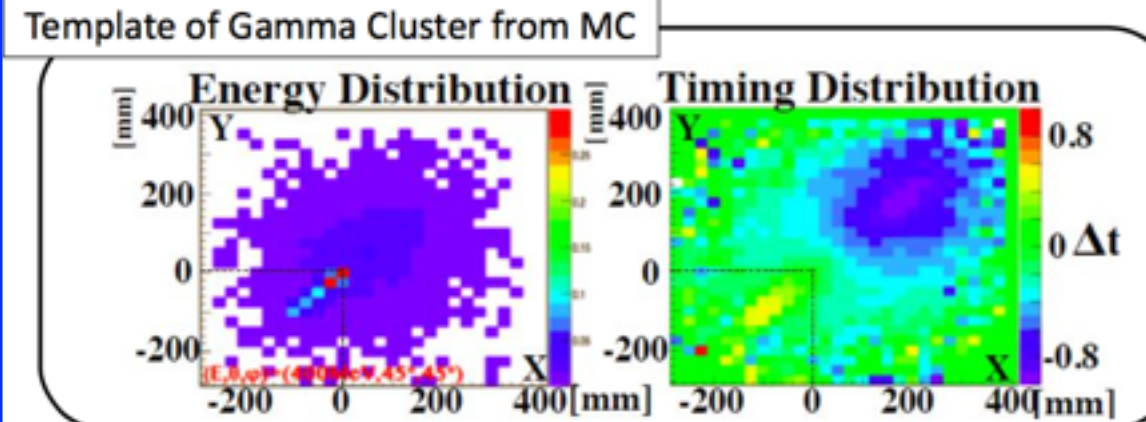


$$A(t) = |A| \exp\left(-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma(t)^2}\right)$$

$$\sigma(t) = \sigma_0 + a(t-t_0)$$



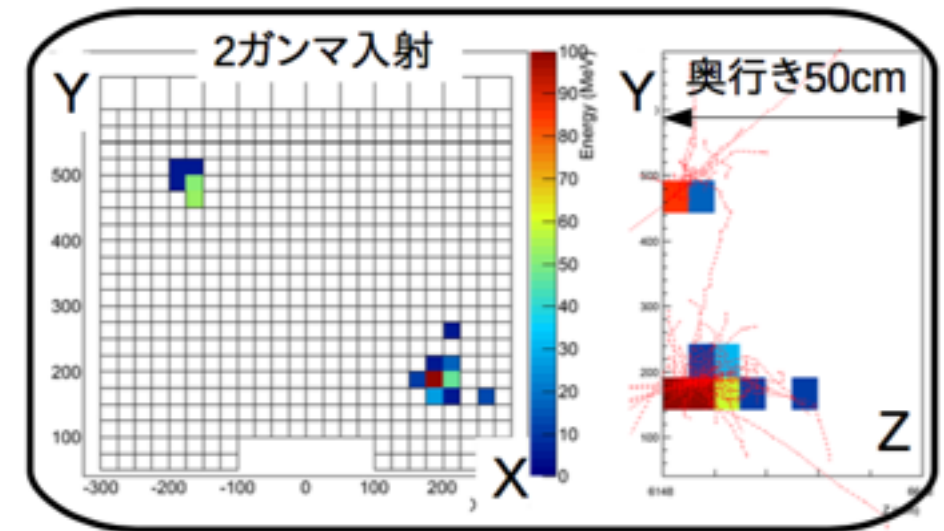
## Cluster Shape



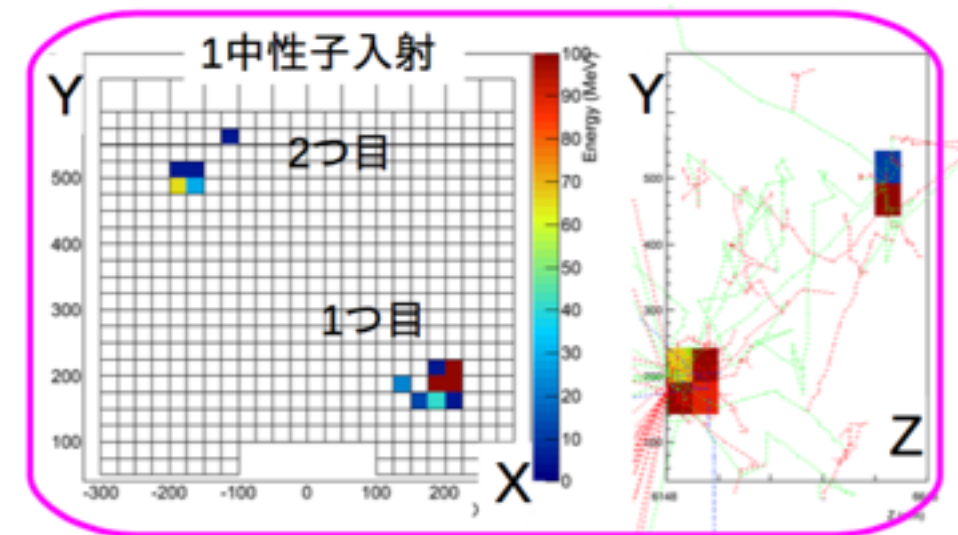
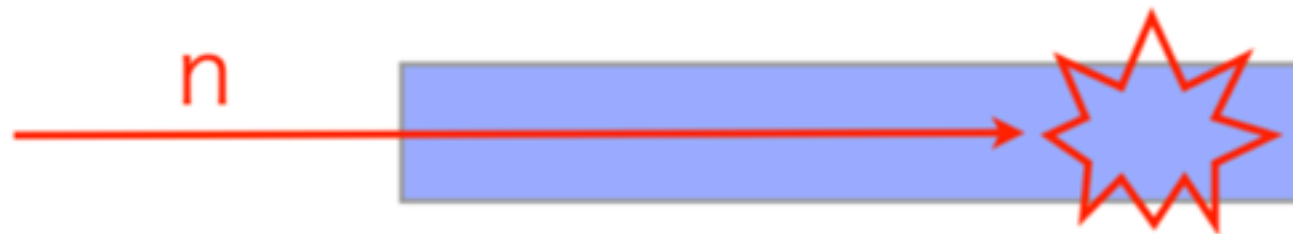
# 中性子起源の背景事象への対策(次の一手)

$n/\gamma$  の物質に対する反応の違いを利用

$\gamma$  線:放射長( $X_0=1.9\text{cm}$ ) $\rightarrow$ すぐに反応



中性子:反応長( $\lambda_1=37\text{cm}$ ) $\rightarrow$ 奥まで侵入



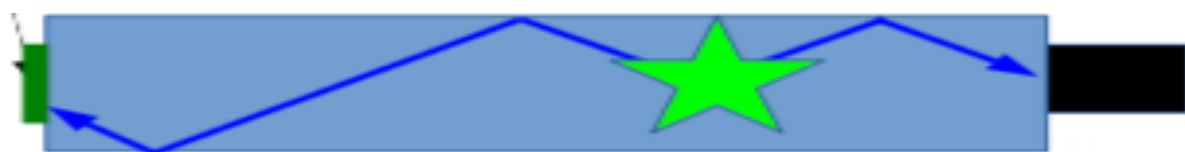
奥行き方向(z座標)の情報が引き出せれば  
 $n/\gamma$  の分離が可能



# 中性子起源の背景事象への対策(次の一手)

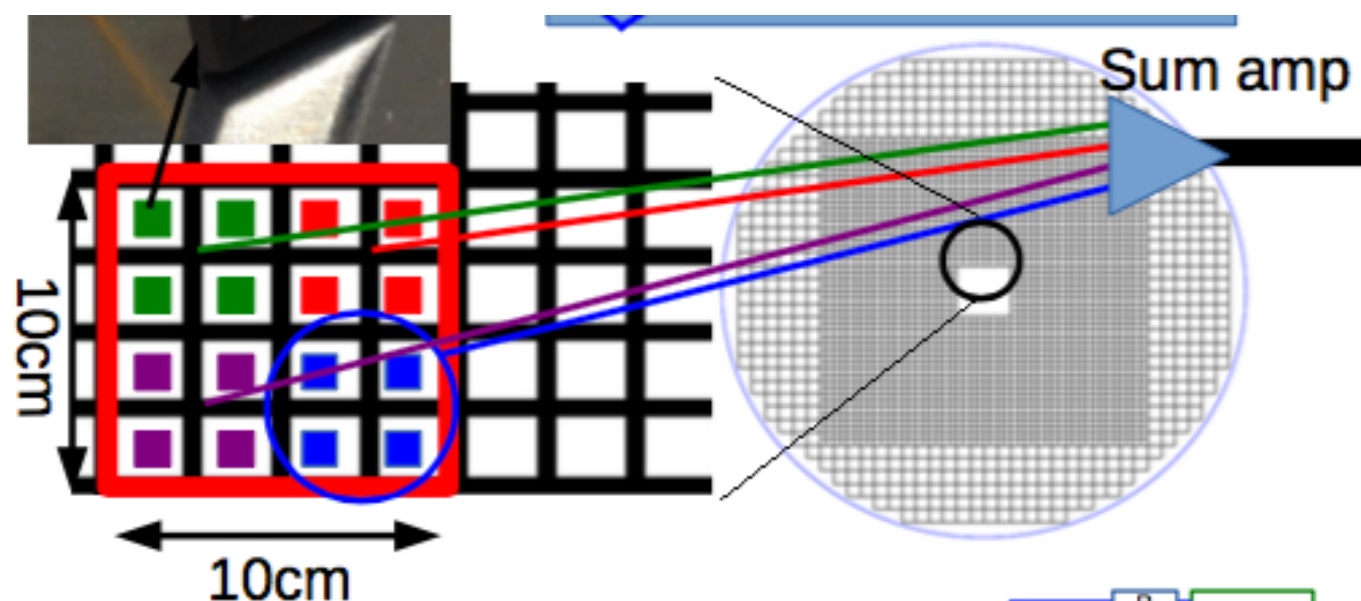
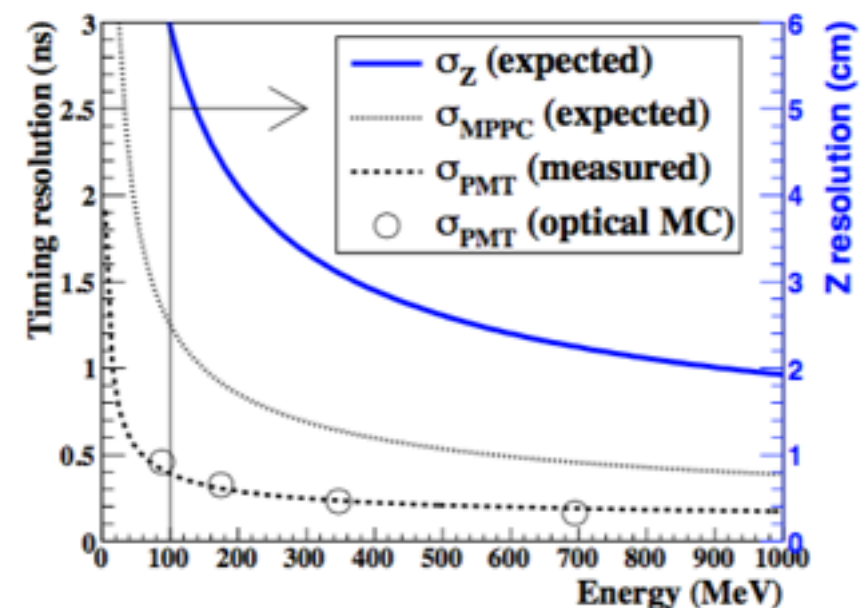
6mmx6mm MPPC

PMT

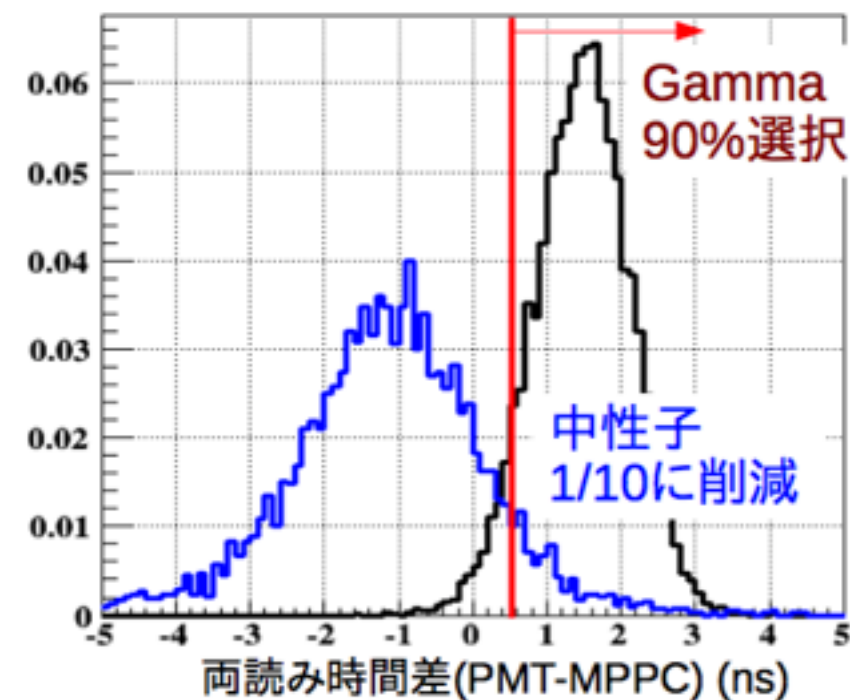


MPPCとPMTで測定された時間差より反応点を測定

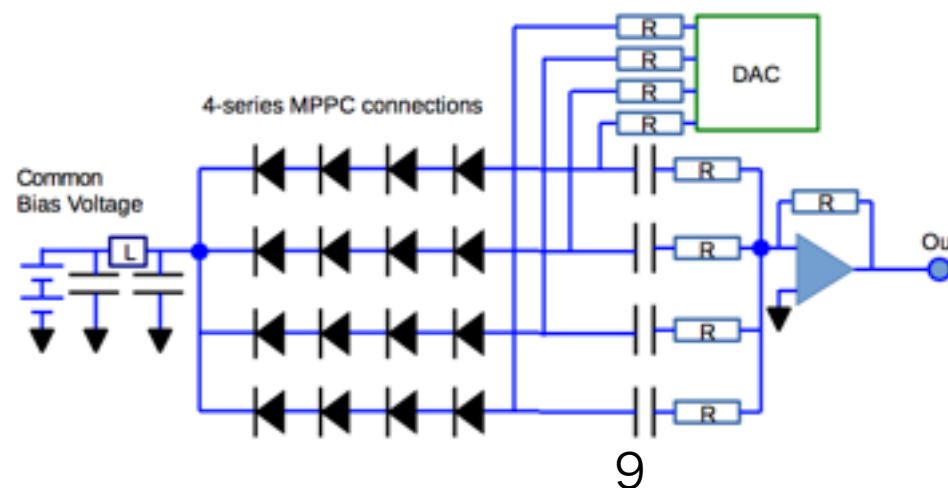
シミュレーションStudy  
時間分解能の予想曲線



$n/\gamma$  の分離能力予測



2018年夏  
インストール予定



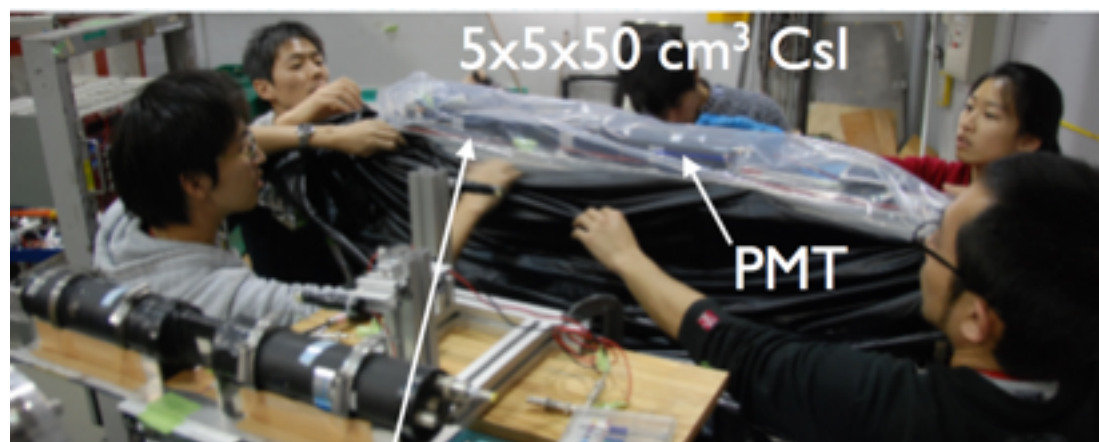
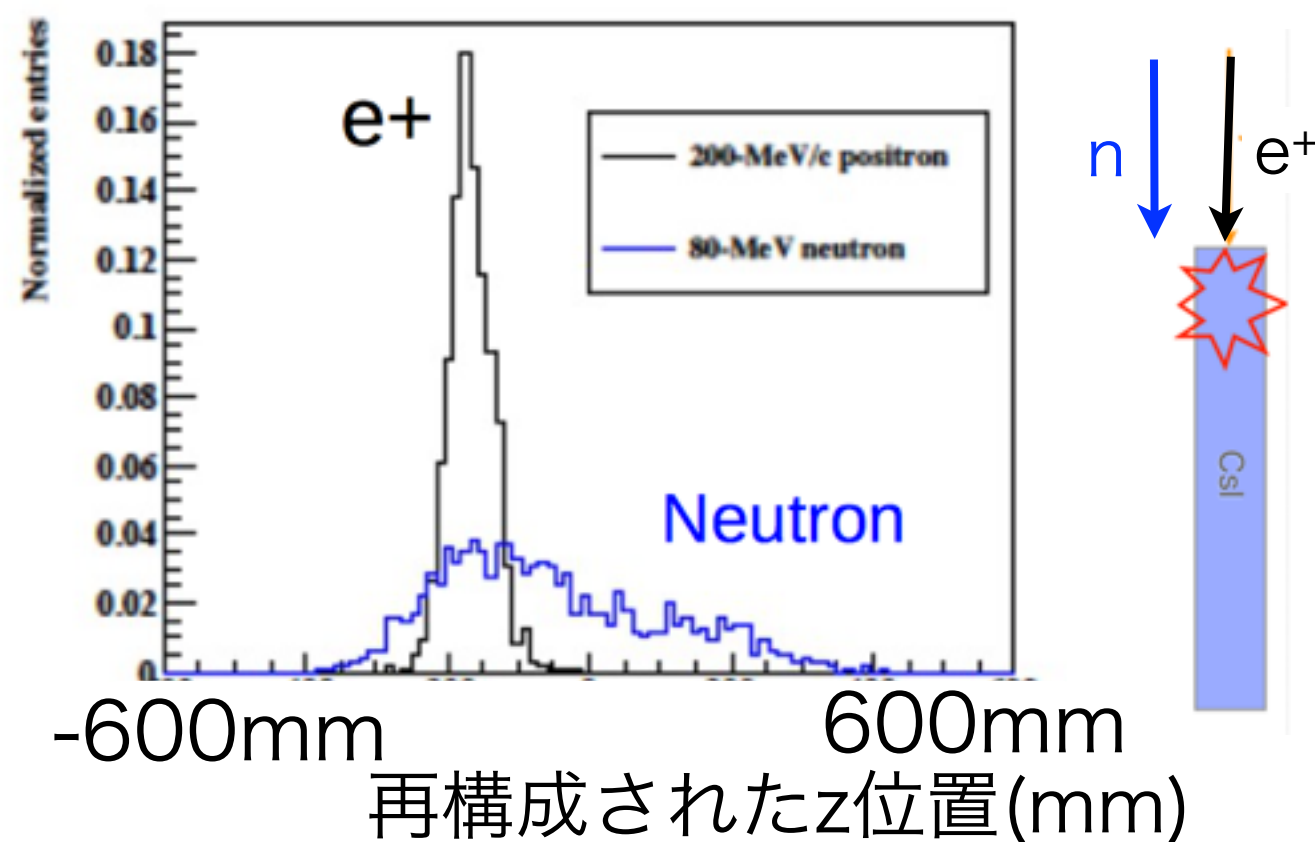
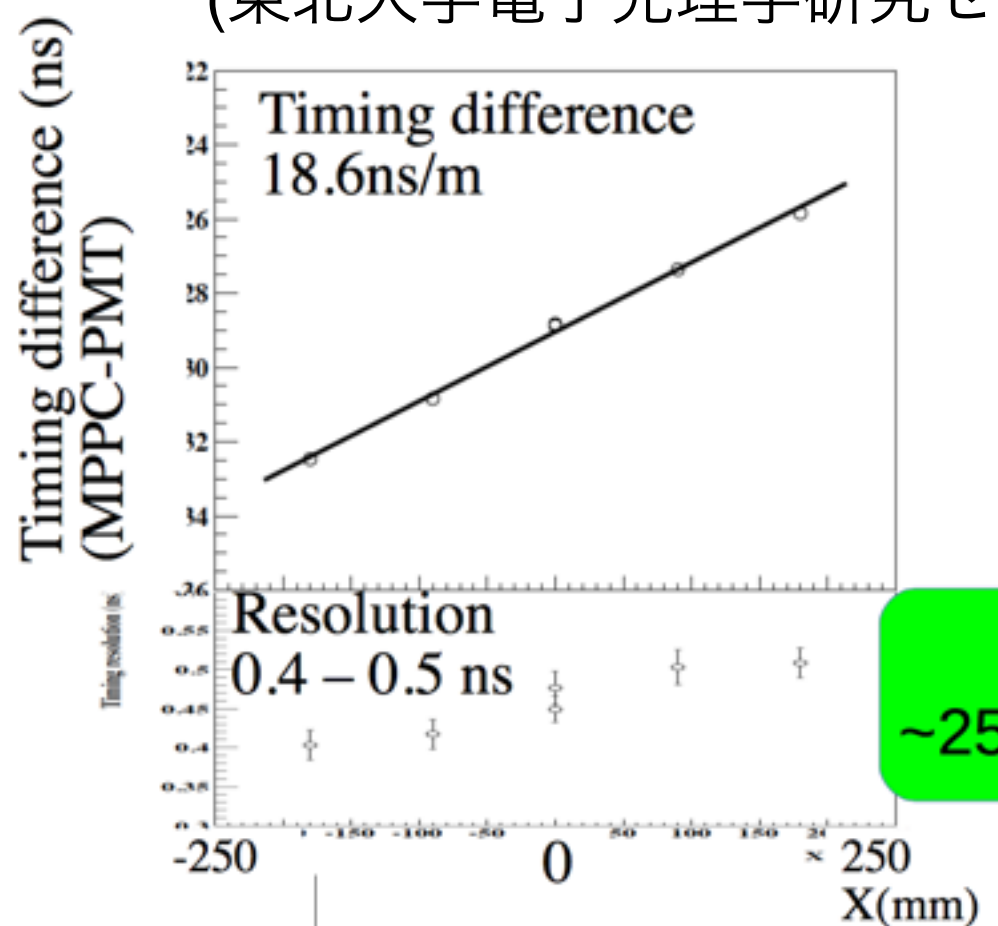
# 両読みに向けたテスト実験

- 電子の応答測定@ELPH

(東北大学電子光物理学研究センター)

- 中性子の応答測定@RCNP

(大阪大学核物理研究センター)



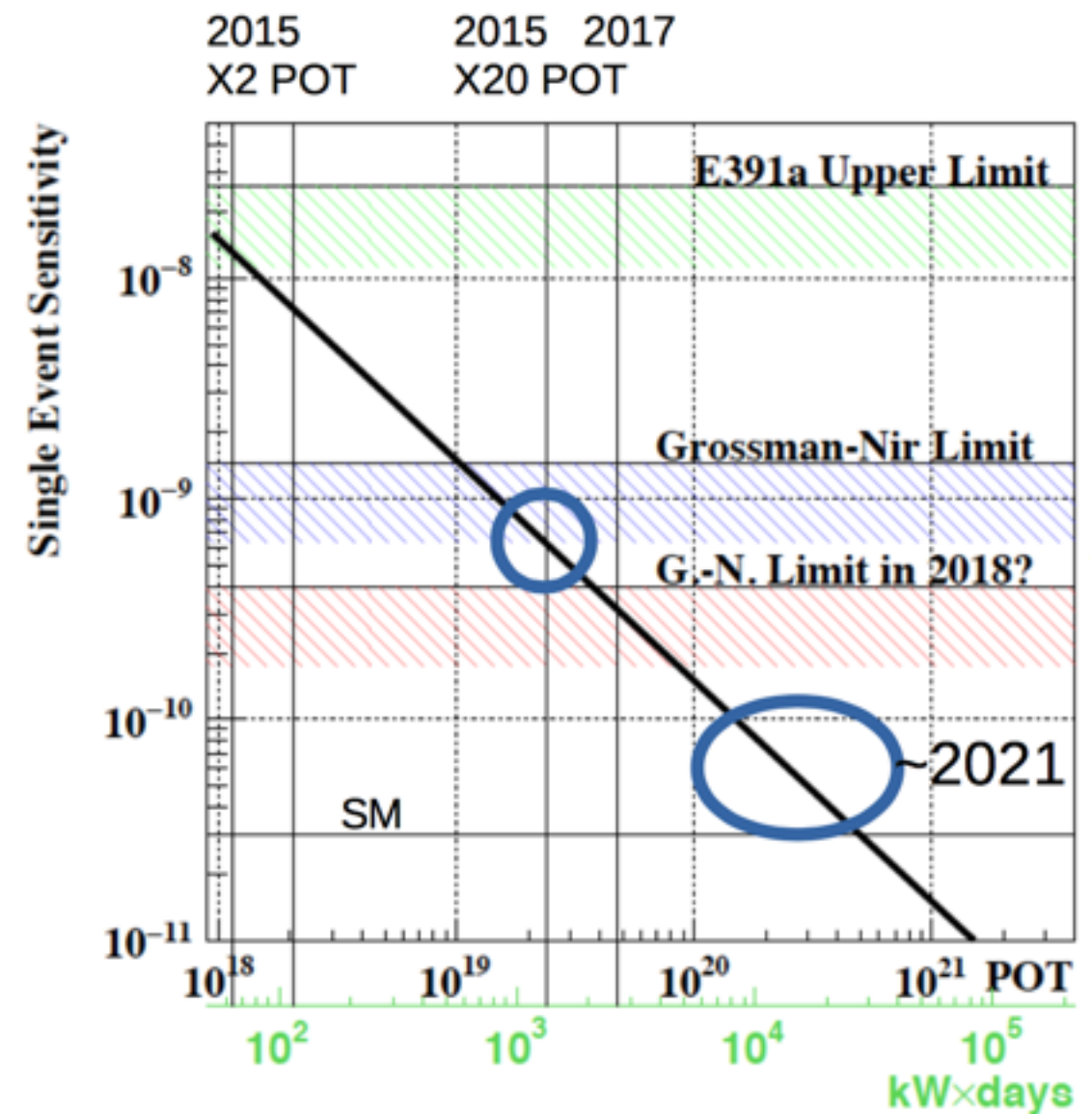
今後も引き続きテストを行う予定

中性子テスト@RCNP 2017年2月

試作機テスト@ELPTH 2017年夏

# 中期的展望

- 2017年
  - 4-6月にデータ取得  
->物理データ x2
- 2018年
  - カロリメーターの改良(両読み)
  - 新たな標的(50kW->80kW)
- 2019年～
  - 大強度ビームで長期安定ラン



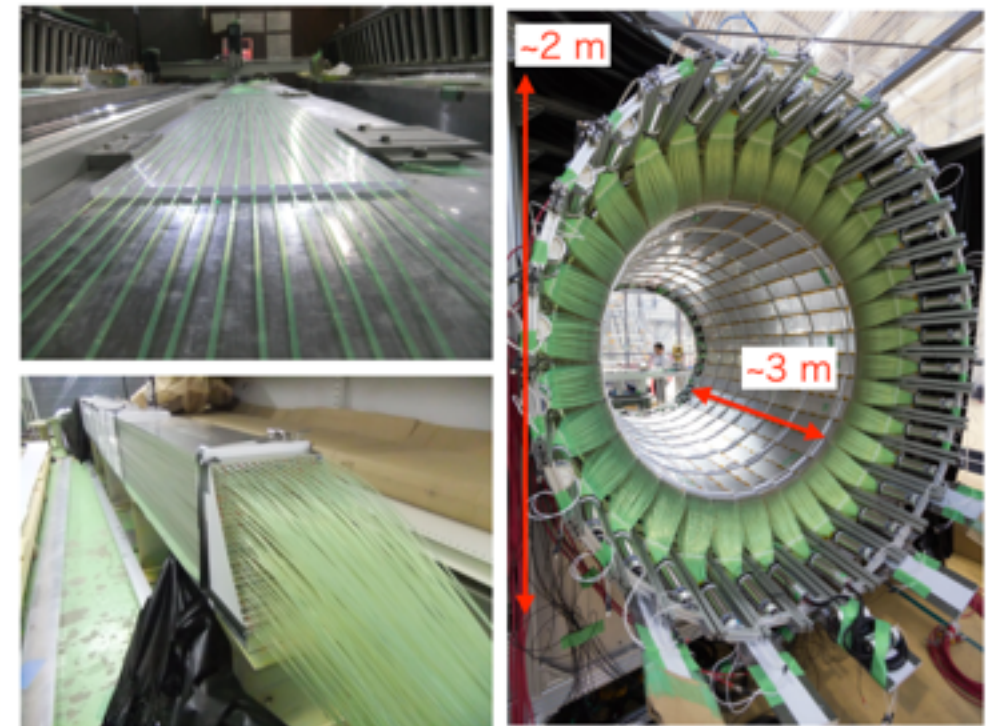
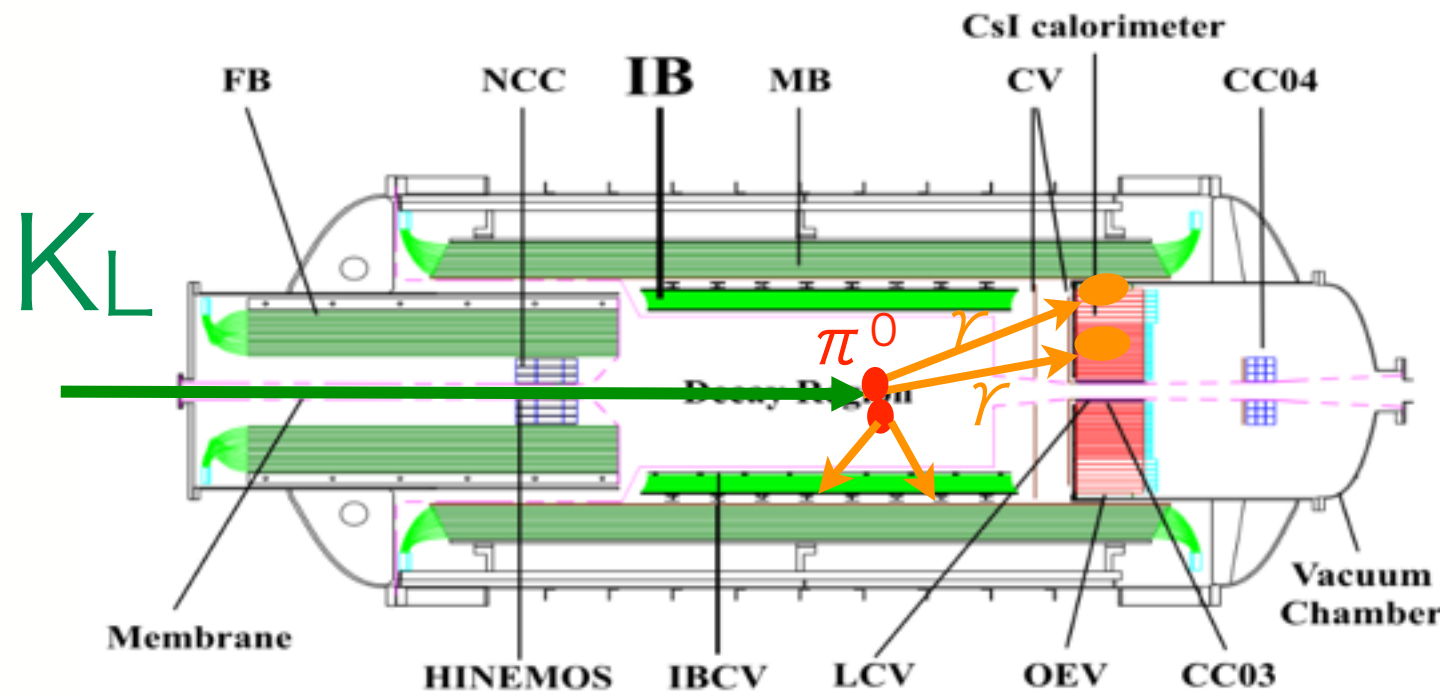
# まとめ

- $K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$  は直接的CPを破る稀崩壊モードであり、新物理に感度がある。
- 高感度での実験の鍵を握るのは背景事象をいかに取り除くかであり、KOTO実験は様々な対策を行っている。
- KL由来の背景事象
  - インナーバレルのイントール(2015年1月～5月)
- 中性子由来の背景事象
  - カロリメーターの両読化(2018年夏以降)



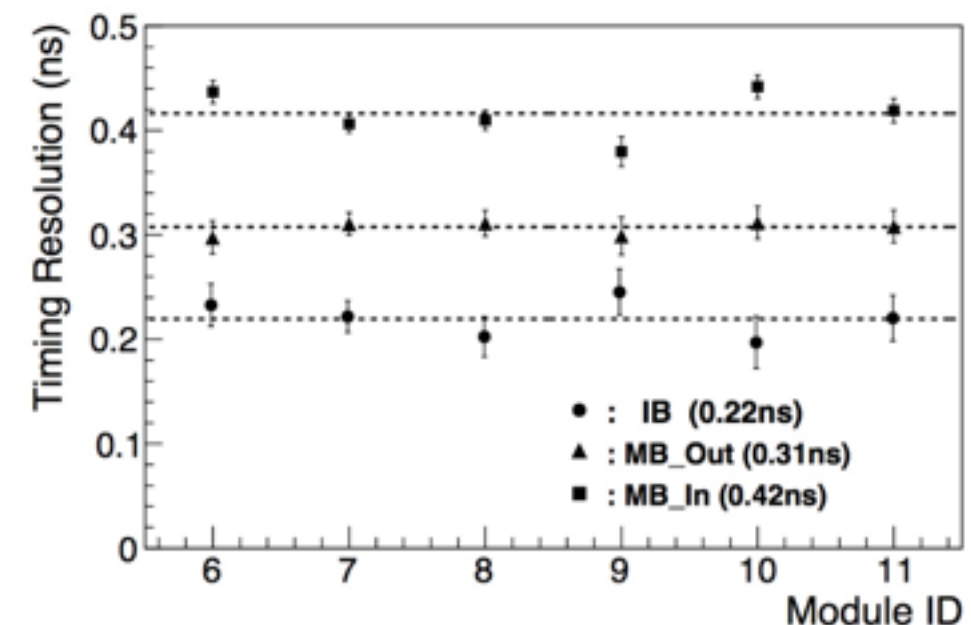
# KL由来の崩壊事象への対策

## インナーバレルのインストール(2016年)



- 放射長の増加(+5X<sup>0</sup>)による $\gamma$ 線検出能力の向上
- 早い時間応答により偶発事象の識別能力向上

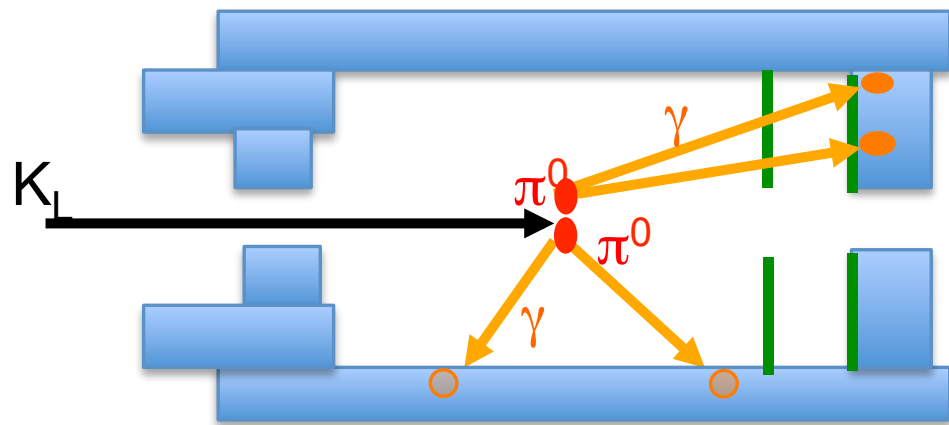
	波長変換ファイバー	時定数(ns)
MB	Y11	8ns
IB	BCF92	2.7ns



# 背景事象

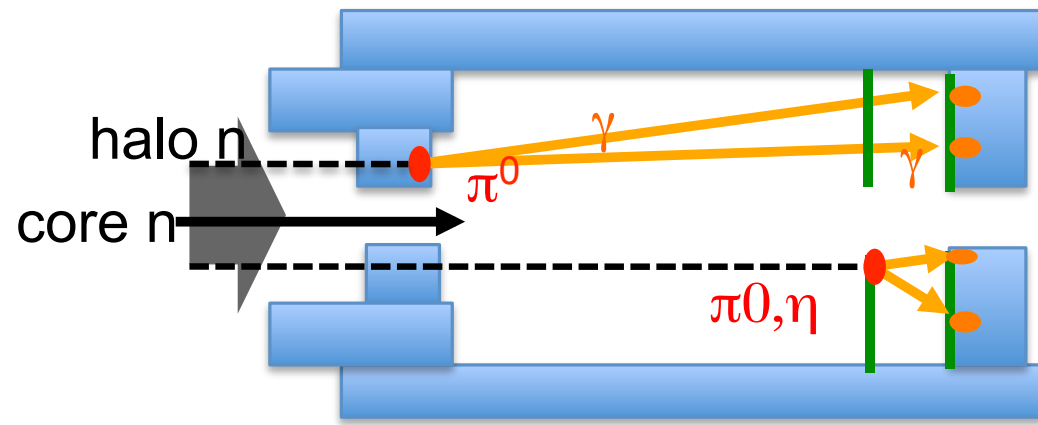
## $\pi^0$ 起源

### KL崩壊由来



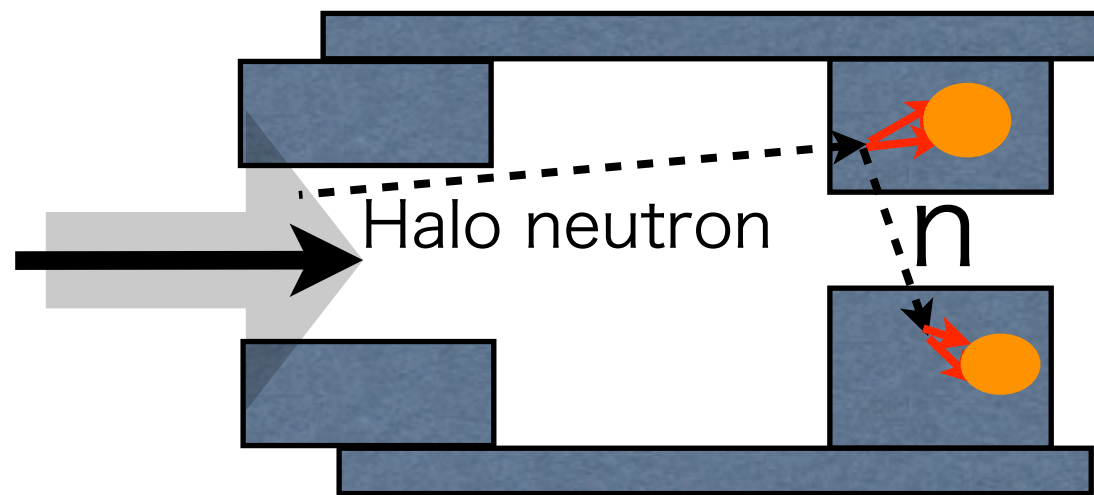
-余分な粒子への高い検出能力

### 中性子由来



-中性子と物質の反応を最小限に  
- $\gamma$ 線の正確な測定

## 中性子起源



- $\gamma$ 線と中性子の高い識別能力