

# 高輝度化する高エネルギー実験 におけるSiPMの実用性の評価

---

名古屋大学 N研  
指導教員 居波賢二  
M2 前田朱音

# 最終目標

## Belle II実験

非対称電子陽電子型衝突加速器を用いて大量のB、D、 $\tau$ などを生成し、標準理論の精密測定や新物理探索を行う  
複数の検出器を組み合わせて終状態粒子から  
事象を再構成

例) 位置測定、飛跡測定、粒子識別

現在までにルミノシティ $3 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ を突破し、  
以後更なるバックグラウンド (BG) の上昇が想定される

➡ 高輝度環境下で物理成果を獲得するには検出器のBG耐性が重要

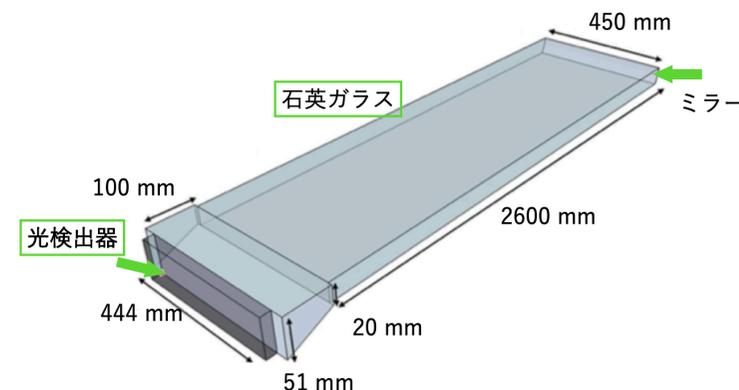
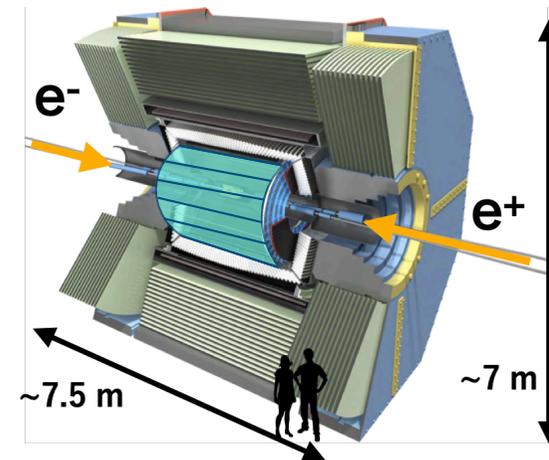
## TOP (Time-Of-Propagation) カウンター

石英ガラスを輻射体とするリングイメージ型

チェレンコフ検出器

チェレンコフ光の光路が粒子質量に

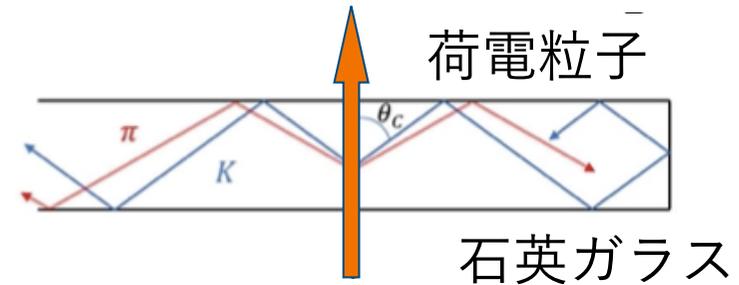
依存することを利用し、主に $\pi$ とKを識別



# 光検出器

識別に必要な情報

X=到達位置  
Y=光子到達時間差 } 複数の(X,Y)点



## 光検出器への要求

1光子時間分解能 (=時間差)  
光子検出効率 (=点の数)  
動作環境：磁場中 (1.5 T)、放射線



## MCP-PMT

増幅機構マルチチャンネル  
プレートを用いた、光電  
子増倍管



データ取得のための積算出力電荷の増加に伴い量子効率が低下する問題が存在



今後検討されている高輝度、高BG下の長期運転には耐えられず、  
新しい光検出器導入を検討する必要性がある

SiPM (Silicon Photomultiplier) :

ガイガーモードアバランシェフォトダイオードをマルチピクセル化

# 検討課題

- ✓ 時間分解能の低下 (先行研究のシミュレーションによる)  
▶ 100 ps程度であればTOPの粒子識別性能に影響はない

- ✓ 磁場での安定性の確認  
▶ 磁場中で時間分解能を測定し、TOPの性能に影響がないことを確認

出力波形が長くパイルアップの影響を受けやすい

データ取得中は低温環境で動作

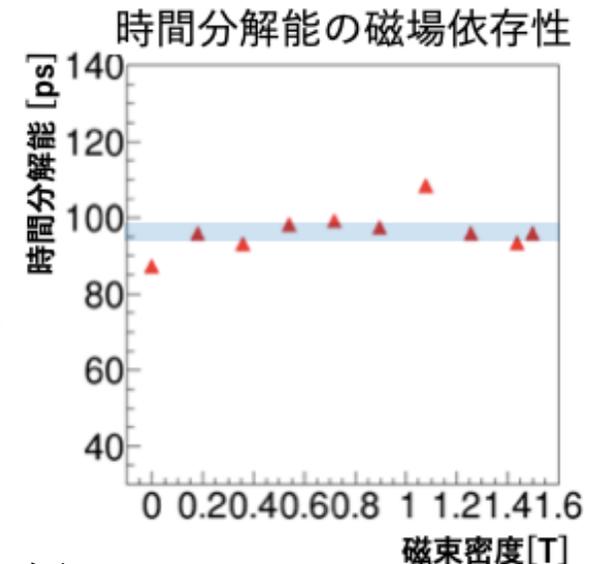
冷却・遮熱機構による粒子識別性能への影響

- ✓ -20 °Cの低温環境下におけるダークカウントや時間分解能の測定 (先行研究による)

デジタイザーを用いた波形解析による影響の低減

中性子線損傷によるダークカウントの増加と検出効率の低下

中性子照射を行い、対策の有効性と粒子識別性への影響を評価



# 現在検証中の課題

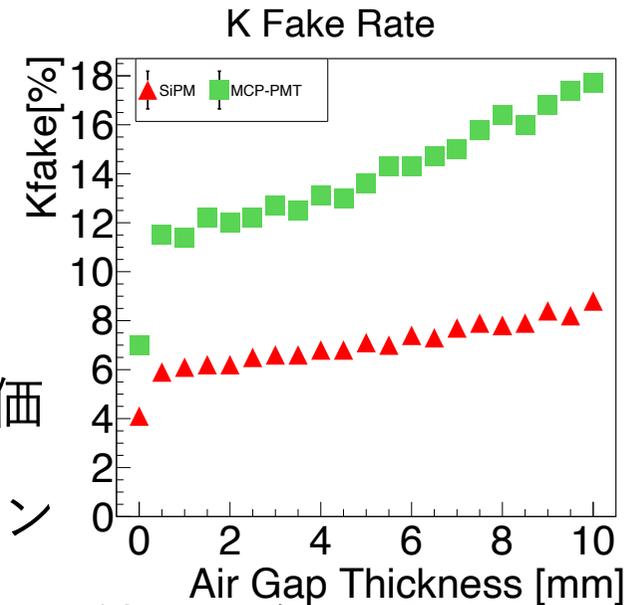
## 冷却・遮熱機構による粒子識別性能への影響

検出器を保護するため、光電面と石英ガラスの間に遮熱のため数ミリの空気層の導入を検討

この影響をBelle IIシミュレーション用いて、TOPが $\pi$ 粒子をK粒子だと判断してしまう割合として評価

比較のためMCP-PMTの場合でも同様にシミュレーション

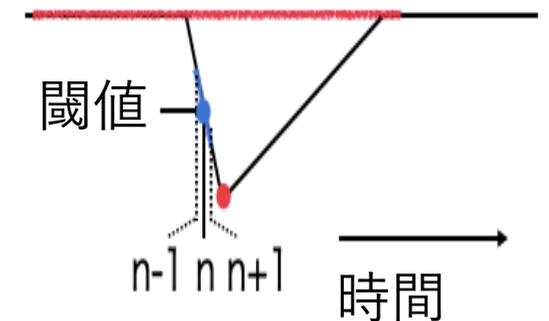
SiPMへの変更により光子検出効率が向上することがこの結果の主要因と考えられるが、現在光路の違いがないかなども解析中



## デジタルイザーを用いた波形解析による影響の低減

デジタルイザーにより一定の時間ごとの電圧が記録されるため、信号が重なっているような事象でも正しく到達時間を計測できる

データ解析中で、さらなる工夫が必要



# まとめ

---

大量のB、D、 $\tau$ などを生成し、標準理論の精密測定や新物理探索を行っているBelle II実験ではさらなる高輝度化が予想される

Belle II 検出器のTOPカウンターは高輝度環境下では劣化が速く、新しい光検出器の導入が検討されている。代替案としてSiPMに着目すると、大きく4つの検討課題がある。

TOPカウンター運転に必要な時間分解能は100 psと見積もられ、磁場中での安定性も確認された

現在低温環境化での運転可能性とダークカウント対策の有効性について検証中

今後は実際に中性子照射試験を行い、代替可能性の検討を行う