

# COMET実験の為の Extinctionモニタ開発

久野研 M2 矢野孝臣

# 目次

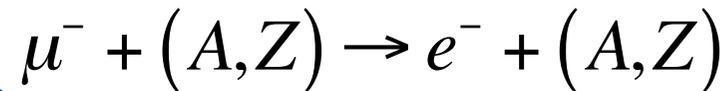
- COMET実験とその目的
  - パルス化陽子ビーム
  - Extinctionモニタ開発
- ガスシンチレーション測定実験
  - まとめと今後の予定

# COMET実験の目的

COMET:(COherent Muon Electron Transition)

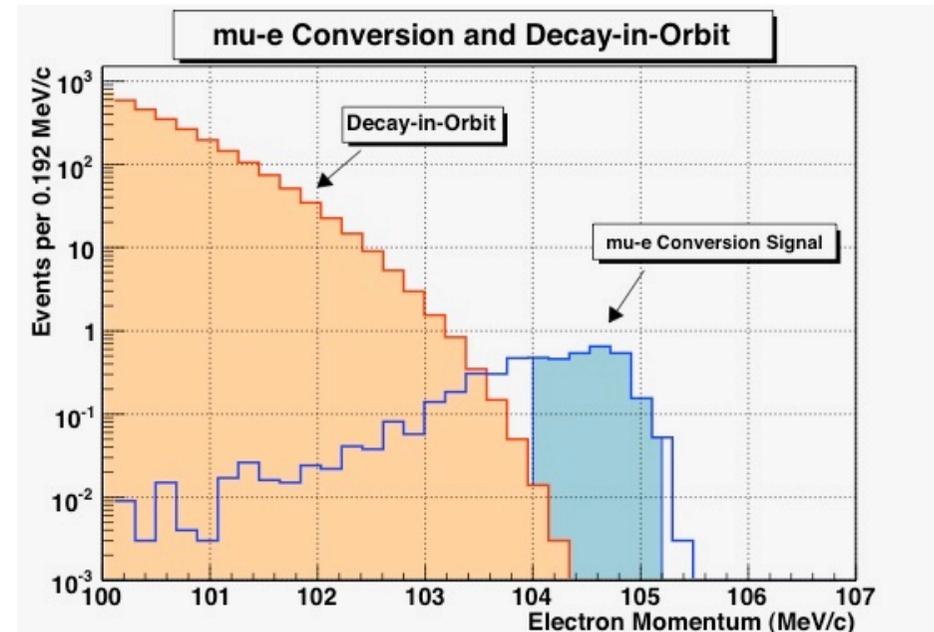
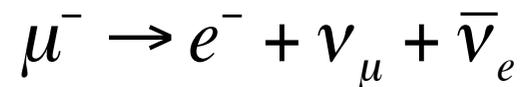
探索反応： $\mu \rightarrow e$ 転換

- ・レプトンフレーバー非保存
- ・ $p_e \sim 105 \text{ MeV}/c$ のピークを持つ



束縛下での $\mu$ 崩壊:

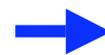
- ・レプトンフレーバー保存
- ・ $p_e < 105 \text{ MeV}/c$ の連続分布を持つ



各 $\mu$ 崩壊のスペクトラム

分岐比の上限値： $7 \times 10^{-13}$

(A=Au : SINDRUM-II(2006))



COMET目標値： $1 \times 10^{-16}$

(A=Al)

SUSYでは $10^{-16}$ 近辺で転換が許される

→標準理論の検証が可能

# COMET実験概要

## 1.Pulsed Proton Beam

ビーム同期バックグラウンドの削減

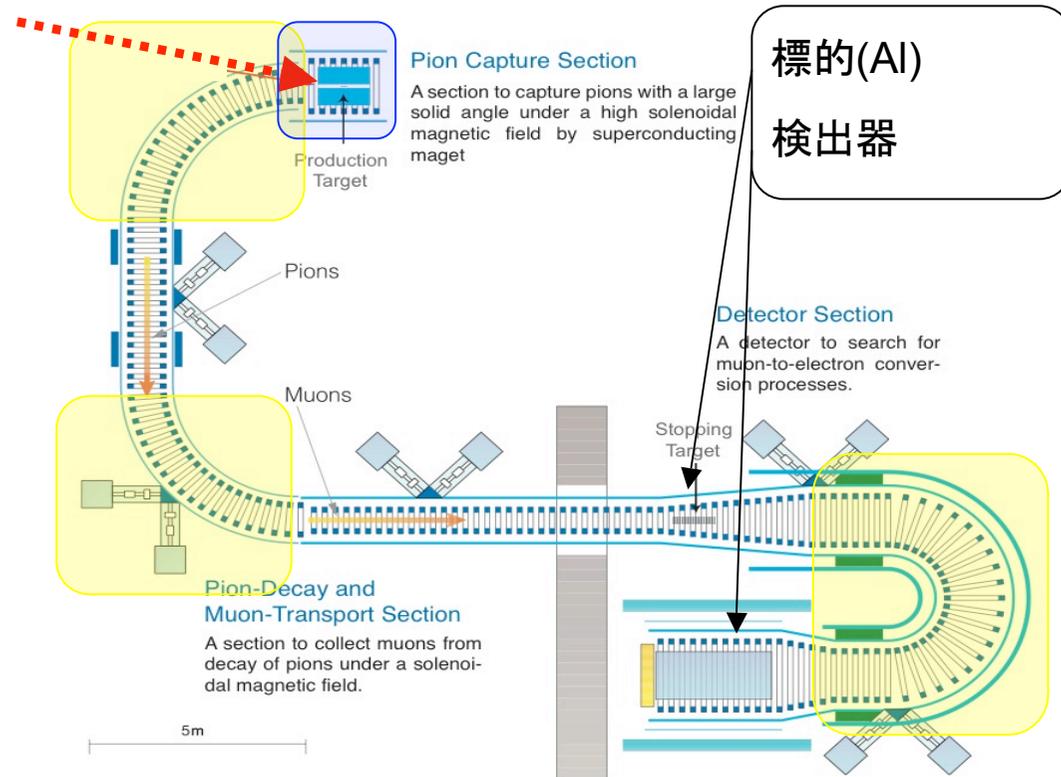
Beam Energy:8GeV

## 2.Superconducting Pion Capture Solenoid Magnets

$\pi$ 捕獲効率向上による統計数向上

## 3.Curved Solenoids

運動量制限に依る  
ビームの純化



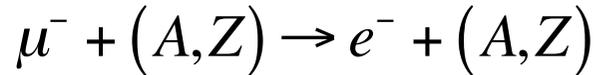
標的(AI)  
検出器

COMET実験のレイアウト

- ・陽子ビームにより二次 $\pi$ ビームを生成、 $\pi \rightarrow \mu \bar{\nu}$ の崩壊を経て $\mu$ の標的内での崩壊スペクトラムを観測する。
- ・上記の要素に依り既存の実験より4桁精度を向上させる。

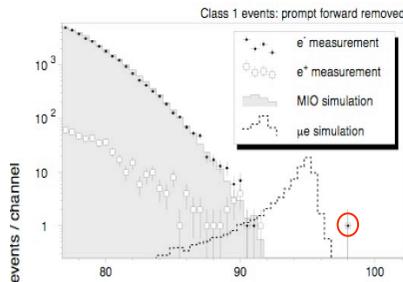
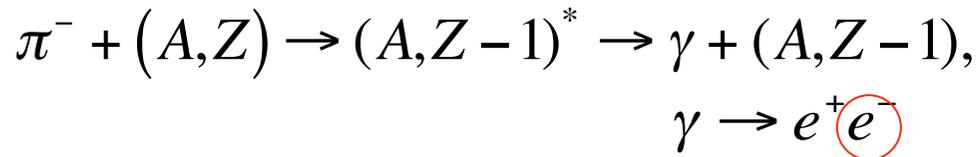
# パルス陽子ビーム

- ・探索する転換



は約1 $\mu$ sの寿命を持つ

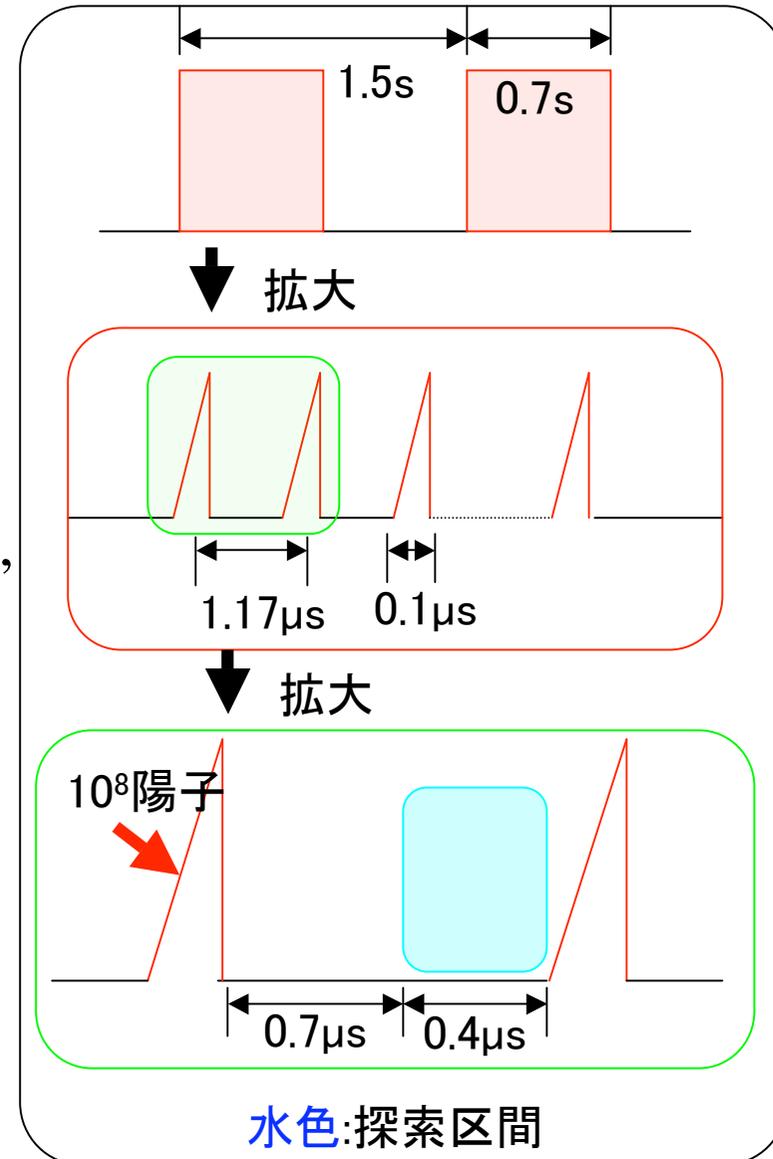
- ・陽子ビームのパルス化によりビームに同期するバックグラウンドを抑える  
(例:  $\pi \cdot n$ )



SINDRUM IIのデータ: MeV

白色:  $\mu$ e転換 灰色: 通常の $\mu$ 崩壊  
赤丸=バックグラウンドの疑い

パルスビーム構造



# パルス陽子ビームの消滅

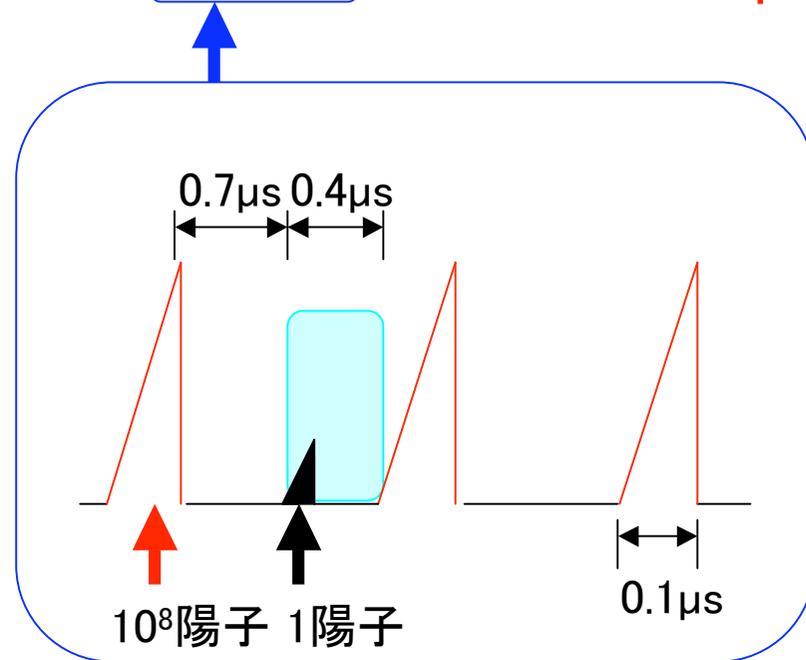
## パルスビームの消滅

- ・分岐比 $10^{-16}$ の為にはパルス陽子ビームの消滅率(Extinction)が検出領域で $10^{-9}$ であることが要求される  
= $10^8 \times 10$ パルス陽子につき1陽子

## 実現の為に

- ・ $10^{-9}$ Extinctionのパルスビームラインを作る
- ・Extinctionを $10^{-9}$ でモニタして陽子の存在するパルスを棄却する

棄却すべきパルスの例



→検出 & データ棄却

研究目的:

消滅率 $10^{-9}$ を測定可能なExtinctionモニタを開発する

# Extinctionモニタ開発

## ・モニタへの要求

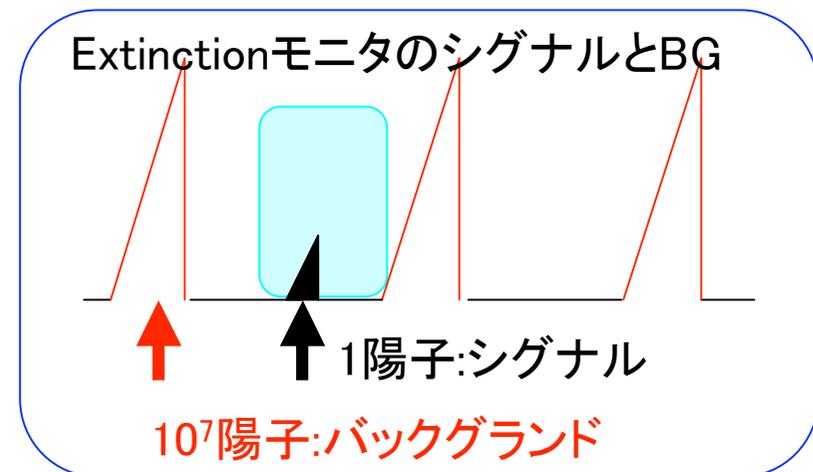
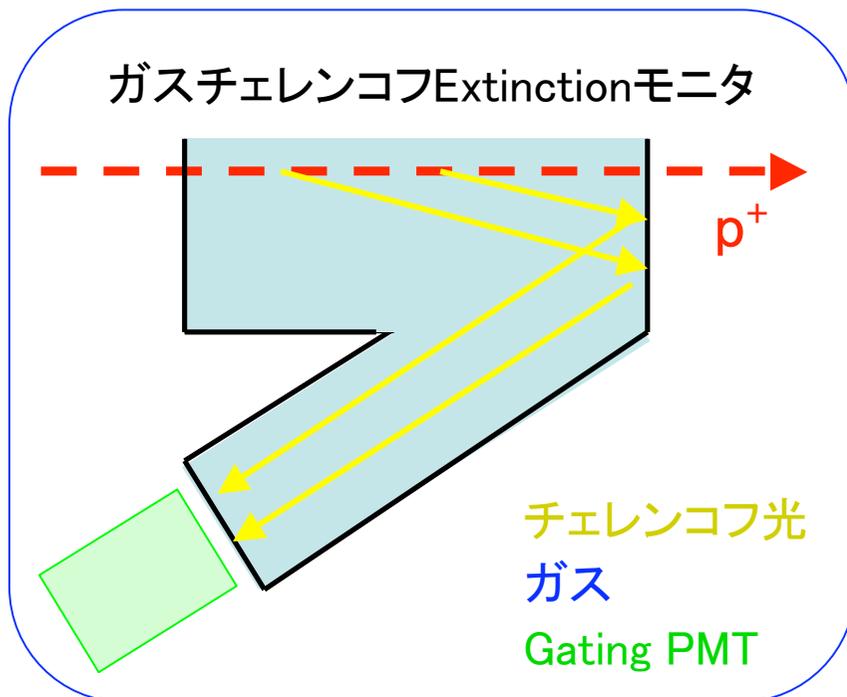
1. 高強度陽子ビームの被曝に耐える
2. 8桁違うバックグラウンドに耐える
3. BGとシグナルを分離できる

## ガスチェレンコフ光を採用

1. ガスの循環に依り可能
2. Gating PMTにより実現可能
3. 適切なガス選定に依り可能

## 検出器の製作の為に

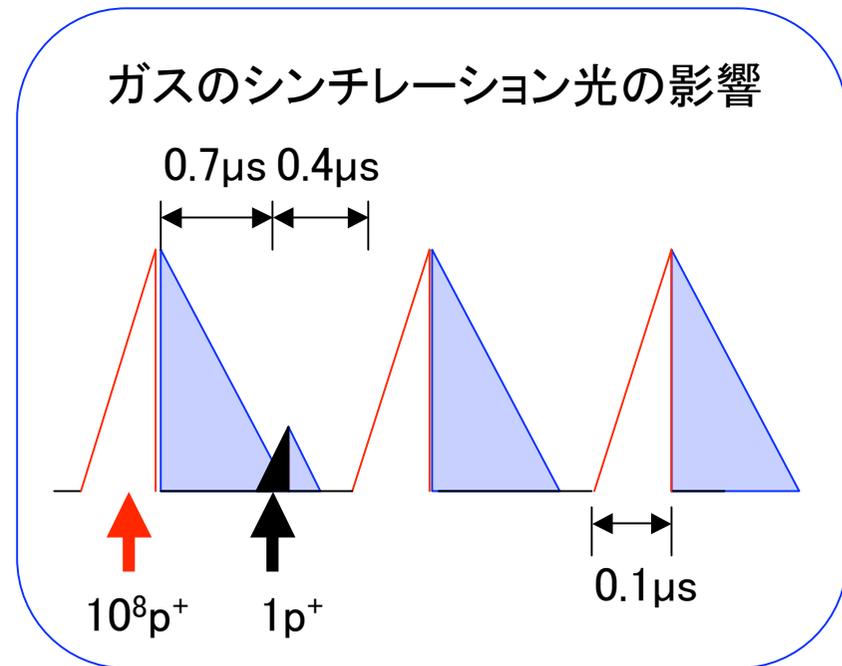
- ・ Gating PMTの製作→今後
- ・ ガスの選定



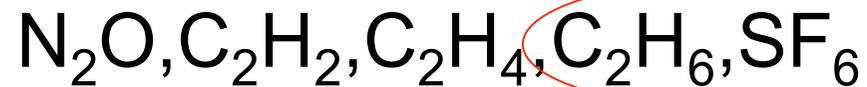
# ガスの選定

## ガスに対する要求

1. 屈折率 $n > 1.02$ の状態では気体である ( $p^+$ の運動量が5GeV程度のものでチェレンコフ光を出す)
2. シンチレーション光がチェレンコフ光の測定に影響しない

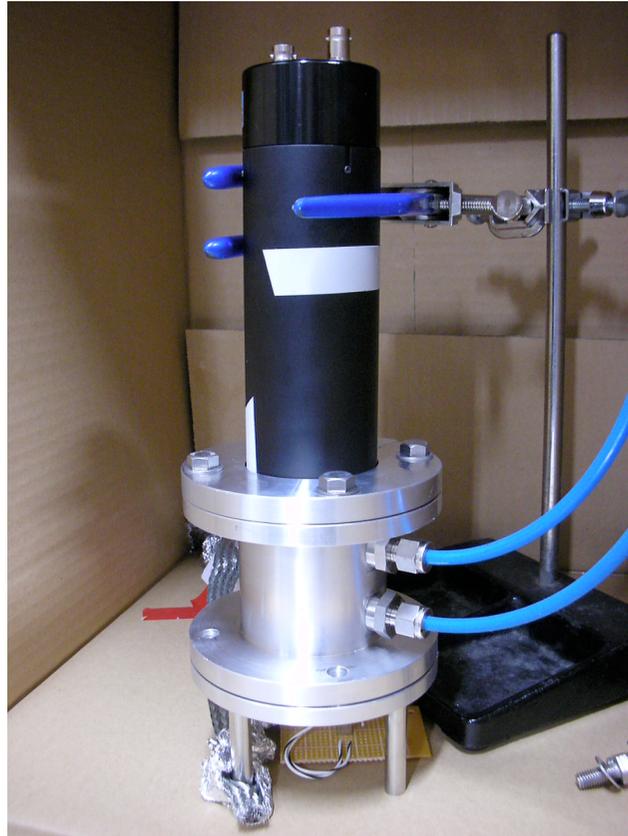


上の1の要求を満たすガスとして以下のようなものがある



上の2の要求を満たすか否かの測定を行う

# ガスシンチレーション光測定



測定器概観

## ・シンチレーション測定手法

$\alpha$ 線源( $\text{Am}241$ : $E_{\alpha}=5486\text{keV}$ )によりチェンバー内に充填したガスを励起・その蛍光を測定する。  
蛍光の測定にはPMT、 $\alpha$ のトリガーにはPINダイオードを使用する。

## 目標精度:

初期光量1光子に対し、

0.5 $\mu\text{s}$ 後 $\sim$ 1 $\mu\text{s}$ 後の $10^{-5}$ 光子を捉える

# ガスシンチレーション光測定

## ・実験装置図

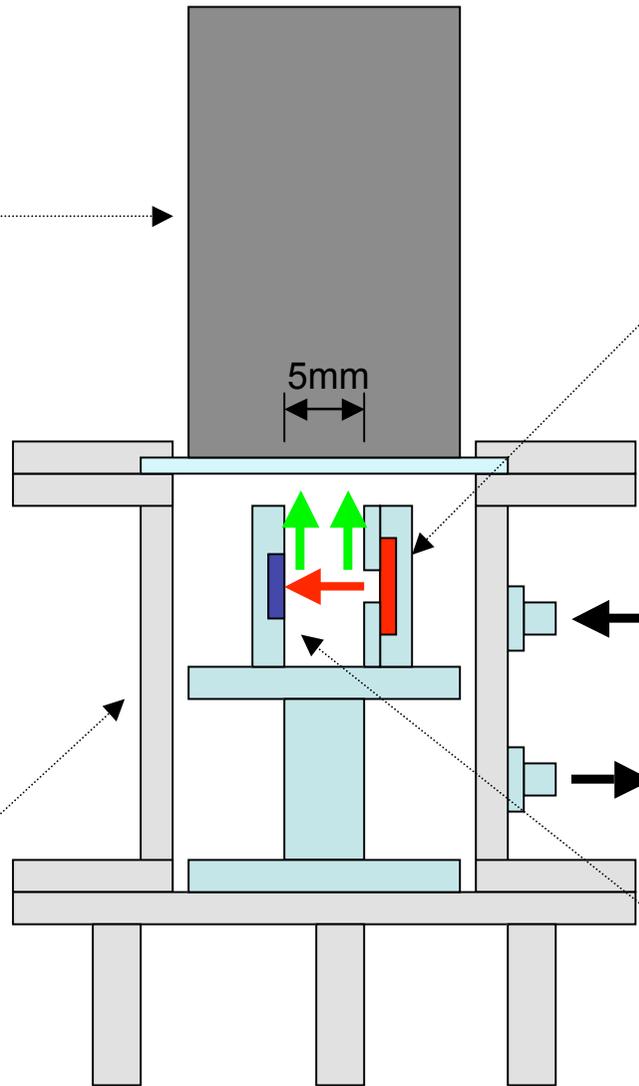
PMT  
Hamamatsu  
R585S

光量測定



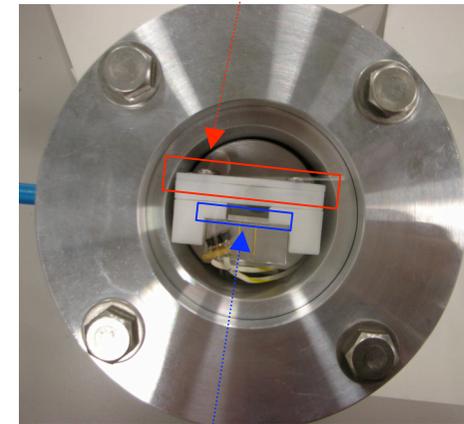
ガスチェンバー  
材質:アルミ  
光学窓:サファイア

チェンバー



$\alpha$ 線源  
(Am241)  
E=5486keV  
300kBq  
コリメート後:100Hz

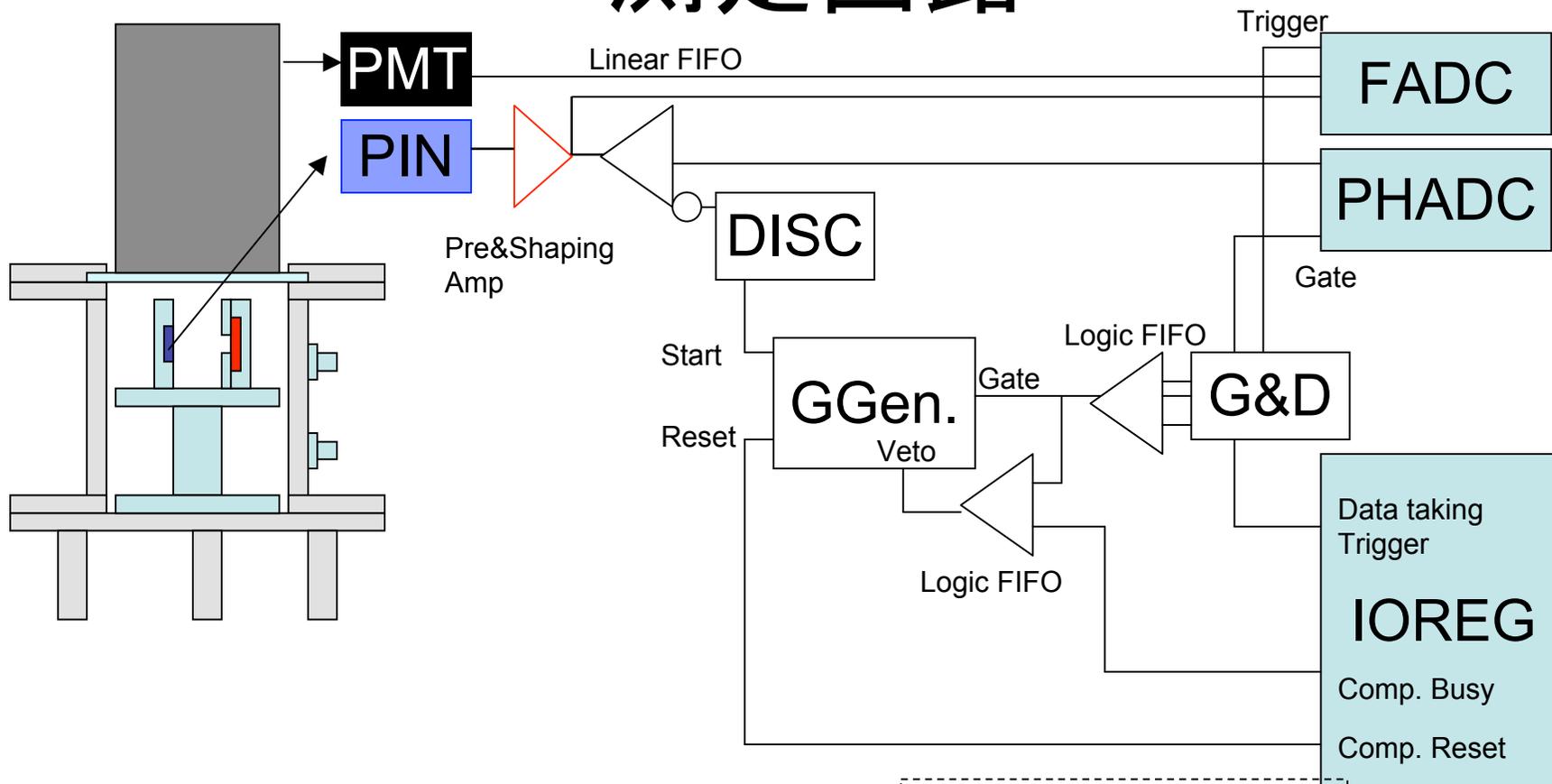
線源



PINダイオード  
Hamamatsu  
S5390-19  
感度領域:約1cm<sup>2</sup>

トリガー

# 測定回路



- ・FADCを用いてPIN及びPMTの波形を記録
- ・PHADCを用いてPINの波形の最高点を記録
- ・FADCのデータを用いてシンチレーション光の減衰定数を測定

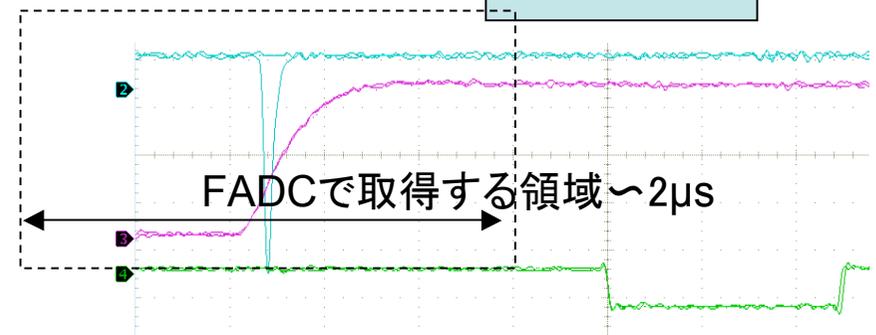


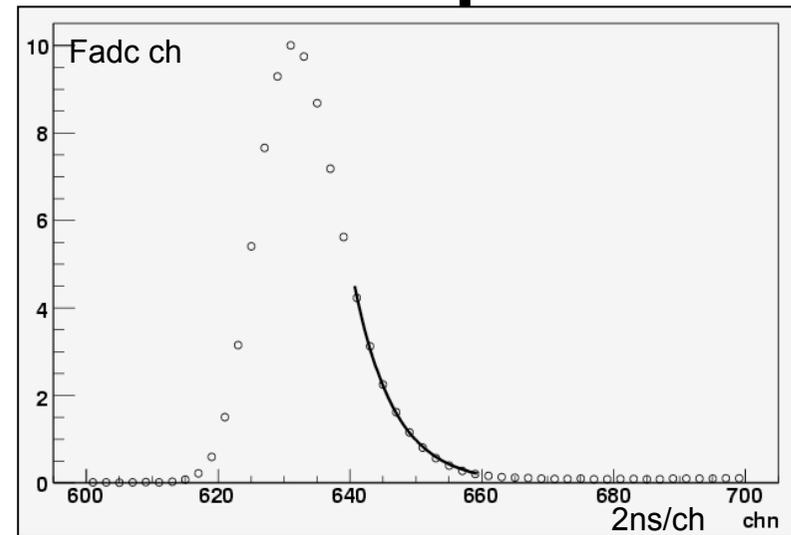
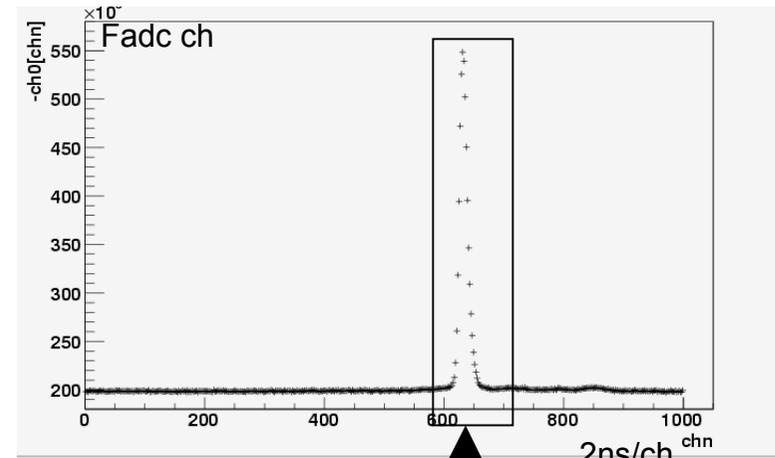
図:PMT・PIN・トリガの波形

# 現在のデータ

- 現在性能試験としてN<sub>2</sub>を測定中。  
→解析中
- 実測定に際してはバックグラウンドの統計誤差が直接0.5 $\mu$ s以降の測定精度になる。
- 現在の測定結果から、おおよそ $1 \times 10^7$ イベント程度で目標精度に到達すると考える。

シグナル  
 $\alpha$ 線のトリガレート:  $\sim 110$ Hz(測定値)  
うちPMTに反応あり:  $\sim 9\%$

バックグラウンド  
PMT由来:  $\sim 5$ Hz(文献値)  
宇宙線由来:  $\sim 0.1$ Hz(文献値)  
線源由来:  $\sim 1$ Hz(測定値)



N<sub>2</sub>の波形 $3.6 \times 10^5$ 個を単純に和算したもの。  
N<sub>2</sub>が本来持つべき寿命が正しく見えていない。  
(測定寿命:  $\sim 11$ ns 文献値: 57ns)

# まとめ及び今後の予定

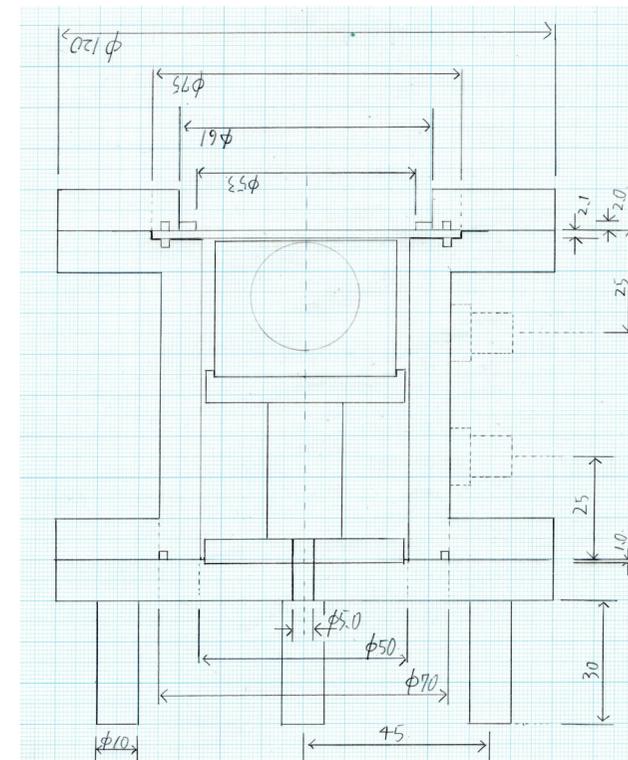
## まとめ

- $\mu\text{e}$ 転換事象探索実験COMETに向けてパルス化陽子ビームの開発を行っている。
- ビームの消滅率を測定するためのExtinctionモニタを開発中。
- Extinctionモニタに使用するガスのシンチレーション光測定の為の実験装置を構築した。

## 今後の予定

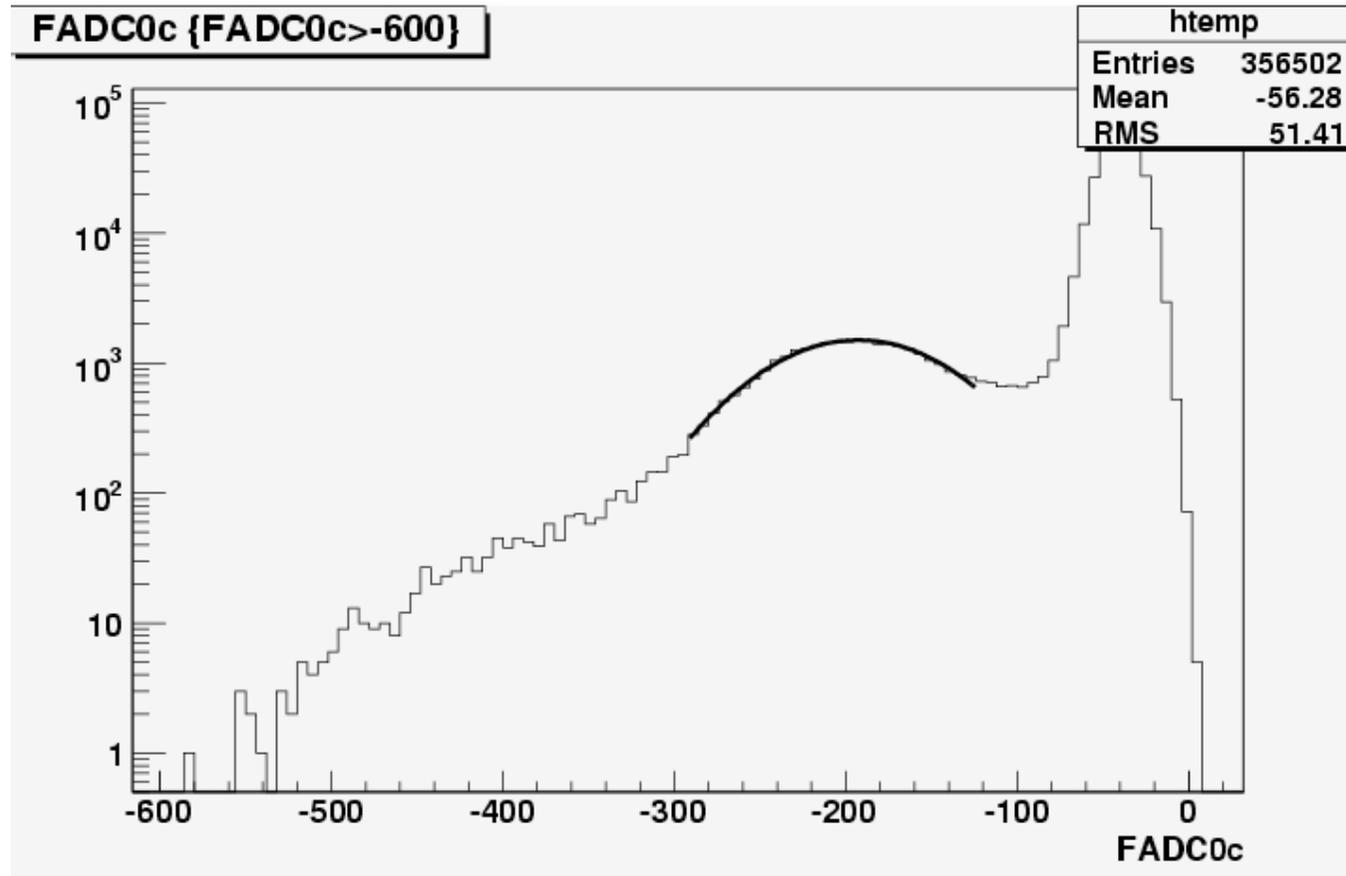
- $\text{N}_2$ を用いてその減衰定数を測定し、文献値との比較を行う。
- $\text{SF}_6 \cdot \text{C}_2\text{H}_6$ ガスを用いて要求を満足するか試験を行う。

→PMTはじめ、各部の動作検証等は  
次の伊藤君・中堂園君の発表で！



チェンバー設計図

# 平均光子数

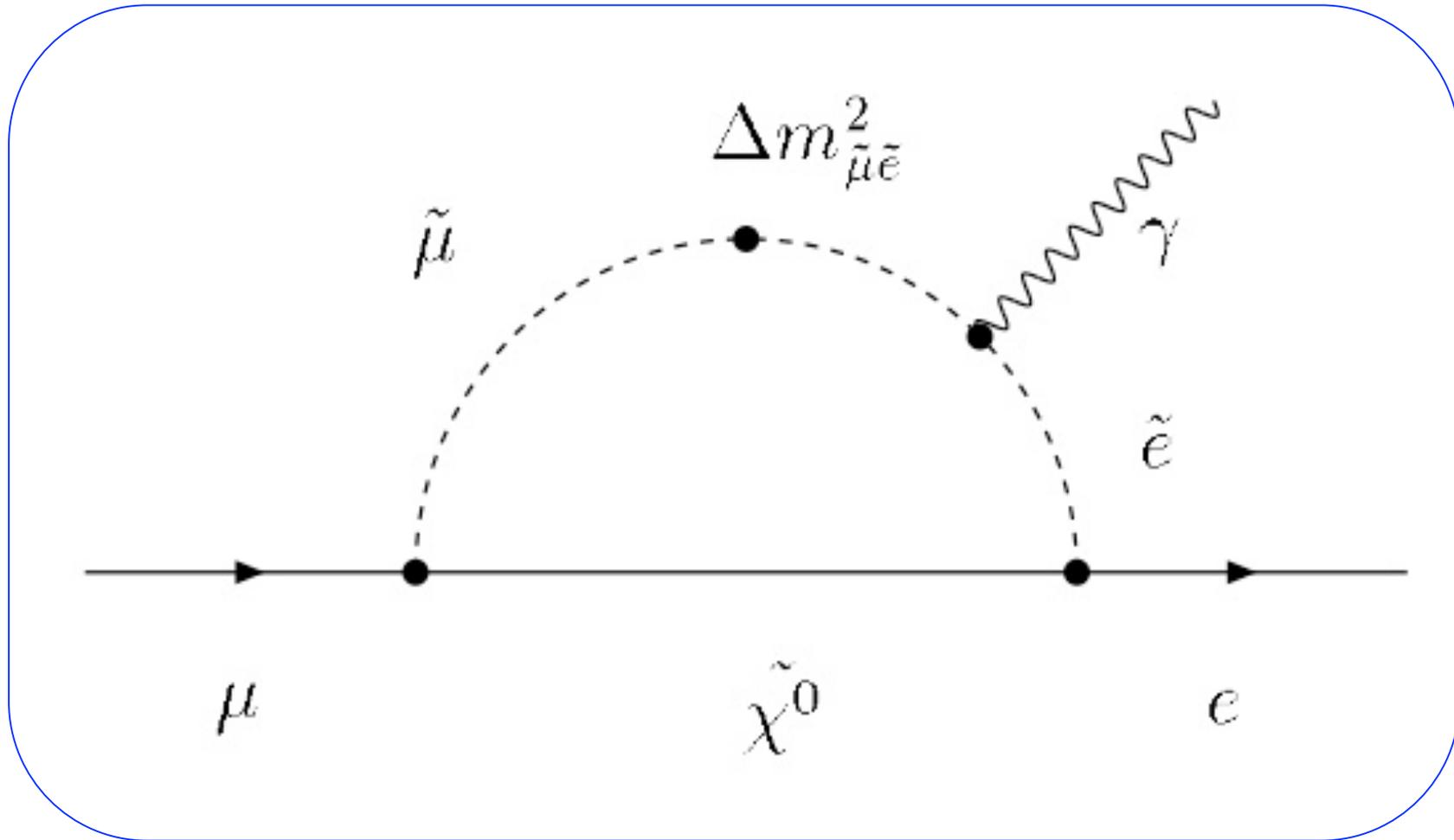


0 p.e.: -40.8

1.p.e.: -192.8

Mean: -56.3 であるから期待値約0.1 p.e.

# SUSYによるダイアグラム



	aluminum	titanium	lead
Atomic number	13	22	82
Lifetime of muonic atoms ( $\mu\text{sec}$ )	0.88	0.33	0.082
Relative branching ratio	1	1.7	1.15

# COMET実験のミソ

- 如何にして既存の実験より4ケタ精度を上げるのか

## 1. Pulsed Proton Beam

パルス化に依るビーム同期バックグラウンドの削減

\* $\mu e$ 転換は $0.9\mu s$ の寿命を持つ  
delayed event

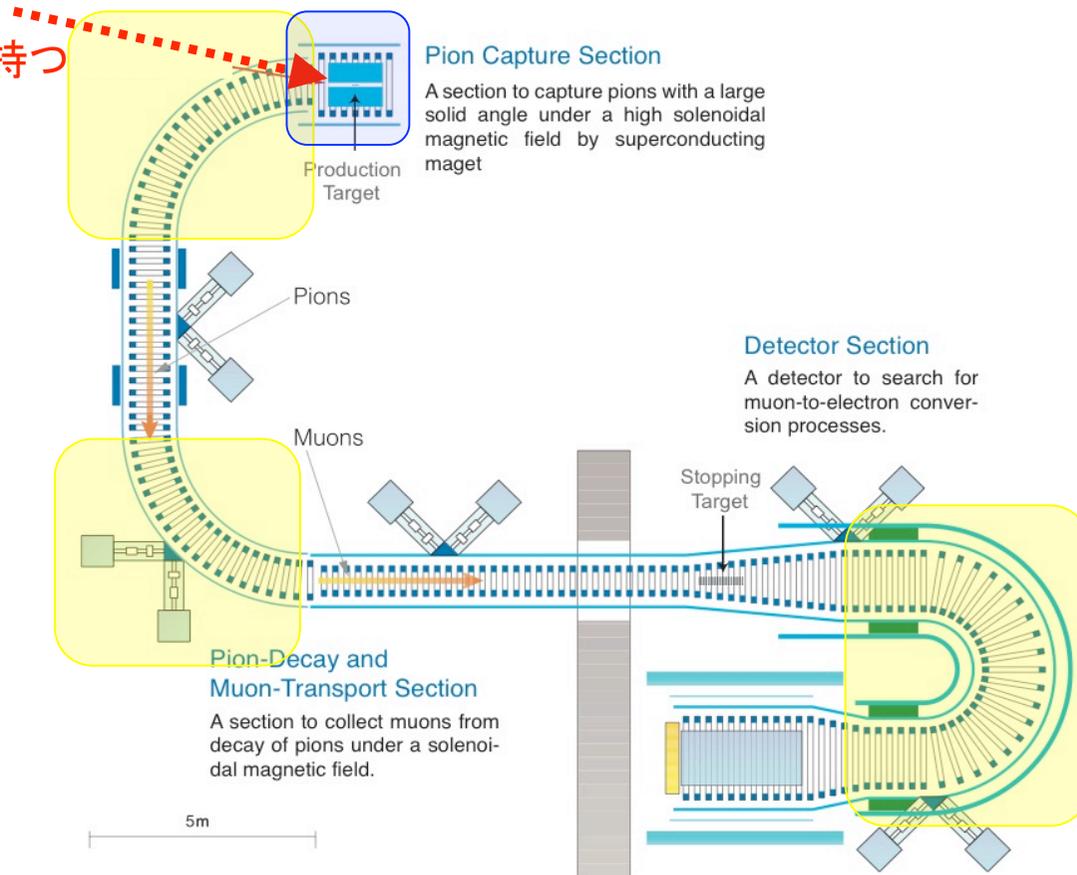
Beam Energy: 8GeV

## 3. Curved Solenoids

運動量制限に依る  
ビームの純化

## 2. Superconducting Pion Capture Solenoid Magnets

$\pi$ 捕獲効率の向上による統計数の向上



# ガスシンチレーション光測定

