

COMET-CDC に用いるヘリウム ベース混合ガスの評価

森津学

岡田麻奈、久野良孝、坂本英之、佐藤朗、中沢遊、山根峻人、
吉田学立、Nam Tran Hoai, Ming Liang Wong, Ting Sam Wong,
Chen Wu^{A,B}、他COMET-CDCグループ

阪大理, IHEP^A, Nanjing Univ.^B

2015/09/26

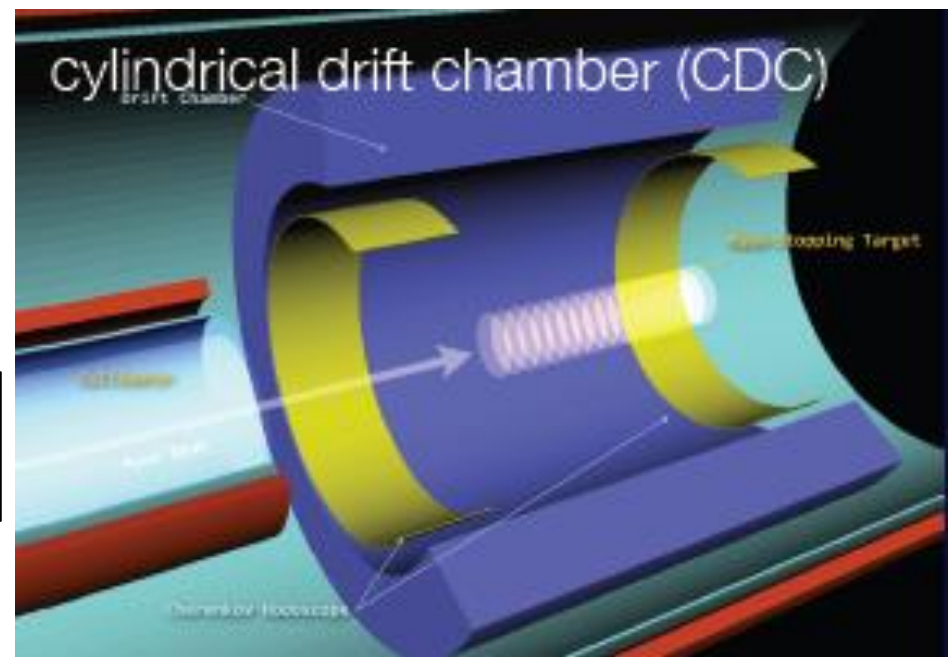
日本物理学会2015年秋季大会 @大阪市立大学

Contents

1. Introduction
2. Consideration of gas mixture for COMET-CDC
3. Prototype chamber
4. Test experiment at SPring-8/LEPS
5. Summary

Introduction

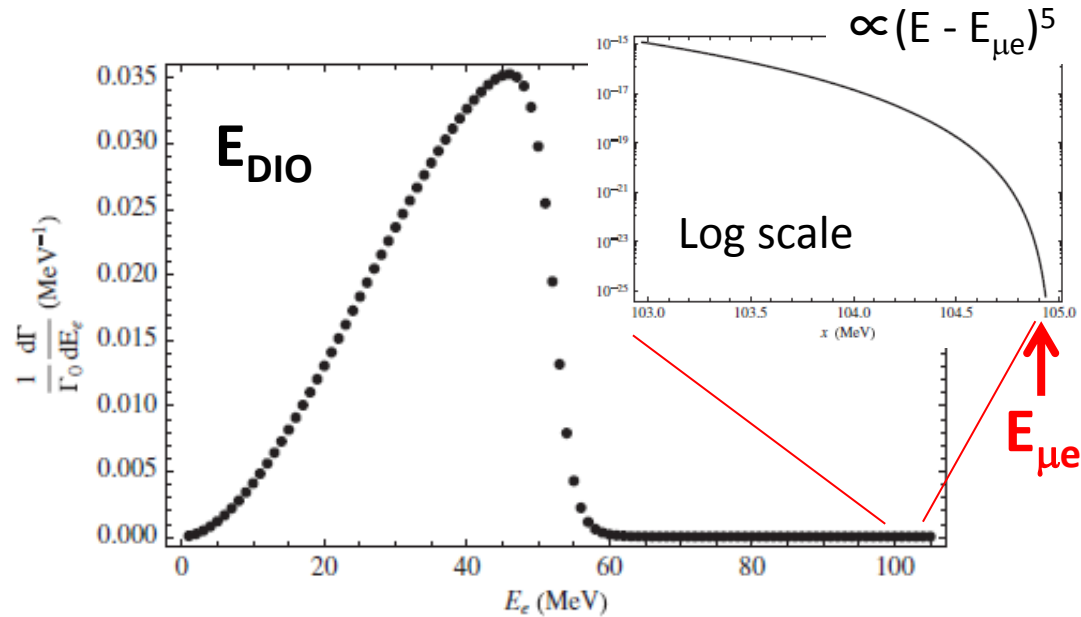
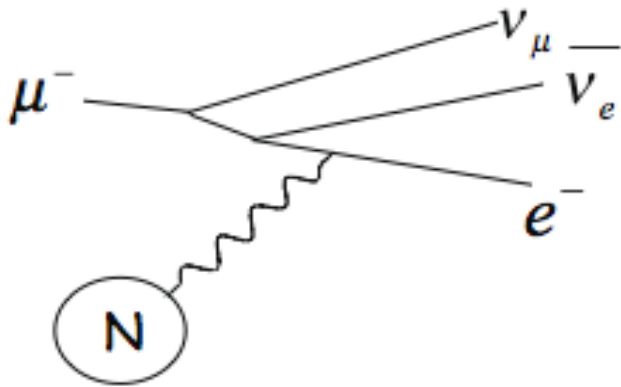
ミューオン・電子転換過程探索実験 COMET (Phase-1)



- $\mu^- N \rightarrow e^- N$
- Charged Lepton Flavor Violation beyond the Standard Model
- 探索感度: S.E.S. $\sim 3 \times 10^{-15}$ at Phase-I
- 物理測定にCylindrical Drift Chamber (CDC)を採用
- シグナルは ~ 105 MeVの単色電子 (for Al標的)
- 主な背景事象は、
 1. Decay-In-Orbit electron (DIO電子) $\rightarrow$ 次のページ
 2. Beam-related BG $\rightarrow$ 今回は触れない

Introduction

Muon Decay in Orbit

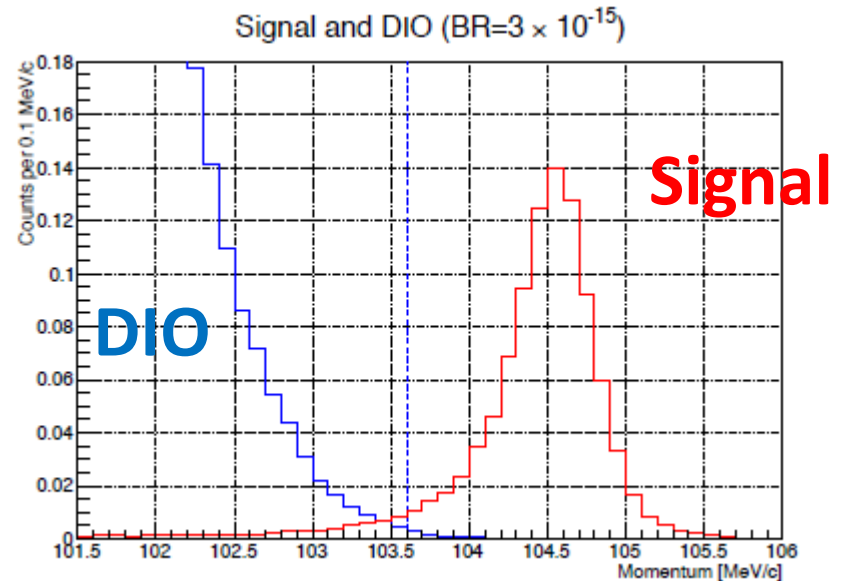


DIO電子とシグナル電子を分けるには、

運動量分解能 < **200 keV/c**

for **100 MeV electrons**

@ S.E.S. = 3×10^{-15} (Phase-1)



Requirement for CDC

Momentum resolution

$$\left(\frac{\sigma_{Pt}}{Pt} \right)^2 = (aPt)^2 + b^2$$

位置分解能項

多重散乱項

$$a = \frac{\sigma_{r\phi}}{0.3BL^2} \sqrt{\frac{720}{N+5}} \quad b = \frac{0.054}{LB} \sqrt{\frac{L}{X_0}} \left[1 + 0.038 \ln \frac{L}{X_0} \right]$$

B : 磁場の強さ (Tesla)

L : 測定する長さ (m) (チェンバーの大きさ)

$\sigma_{r\phi}$: 測定する位置精度 (m)

N : 測定点の数

X_0 : チェンバー内の放射長 (m) (チェンバー内の物質質量)

Pt : 荷電粒子の横運動量 (GeV/c)

※宇野氏講義ノートより拝借

- 低エネルギー (~100 MeV) においては多重散乱項が支配的
- 低物質量化 → **ヘリウムベース混合ガス**

もちろんガス以外にも構造体の軽量化も実施済み

- フィールドワイヤー: Al, $\phi 126 \mu\text{m}$
- Inner wall : CFRP, 0.5 mm

Gas parameters

	He:C ₂ H ₆ (50:50)	He:iC ₄ H ₁₀ (90:10)	He:CH ₄ (80:20)
Rad. Len. [m]	630	1310	2166
e/ion pair [/cm]	60	29	17
drift velocity [cm/us]	~4.0	~2.4	~2.8

(Belle/Belle-II)

(KLOE)

- COMET official design → He:iC₄H₁₀ (=90:10)
- ガスに付随するパラメータは複数あり最適化は難しいが、可能な限り検討することが大切！
- 実験のスケジュール的にはまだガスを変更する余地がある。

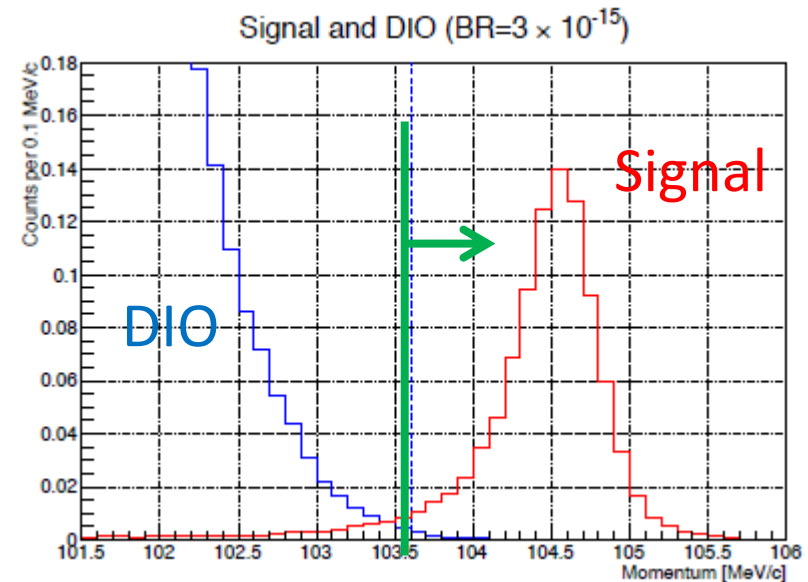
検討①

Momentum resolution and Sensitivity

S.E.S. = 3×10^{-15}

Gas	He:iC ₄ H ₁₀ (90:10)	He:C ₂ H ₆ (50:50)
Mom. Resol.	180 keV/c	220 keV/c
Signal Eff.	92%	90%
DIO BG	0.01 event	0.01 event

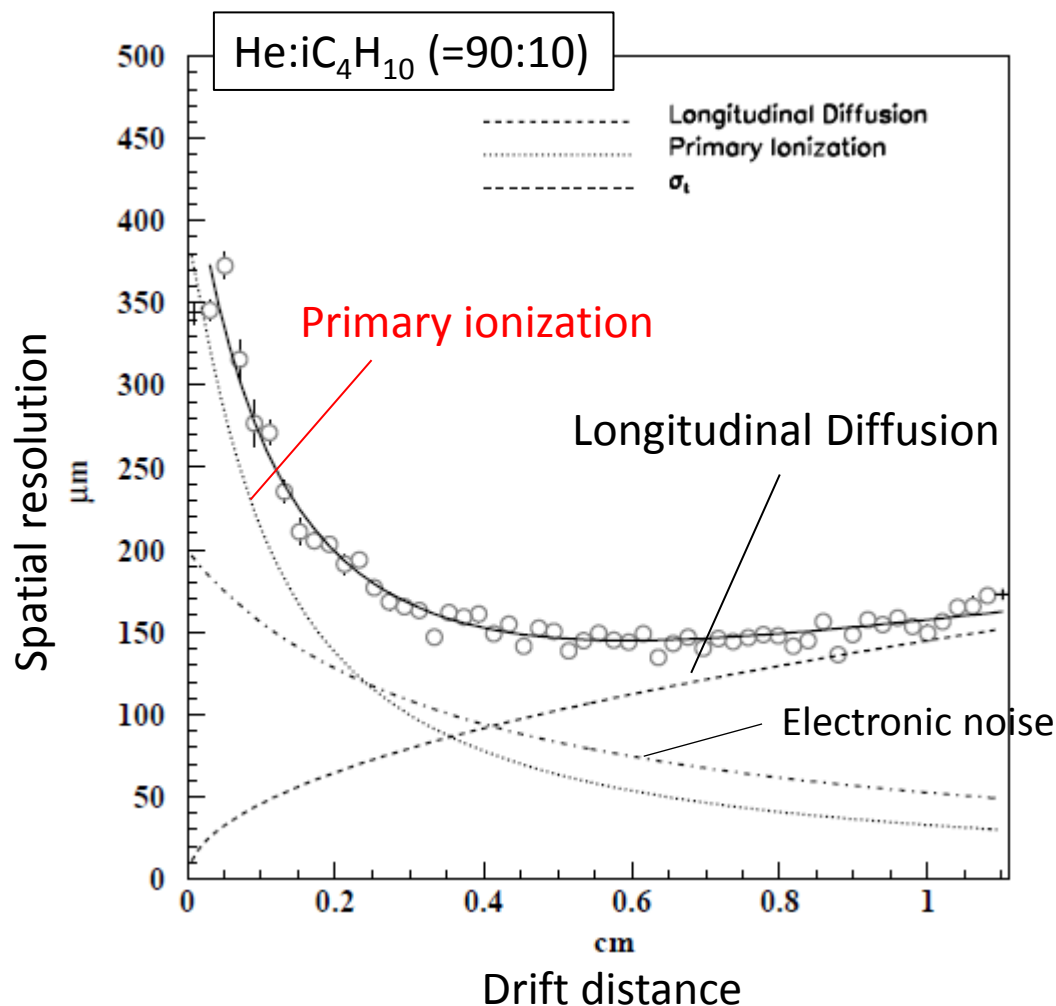
H. Sakamoto



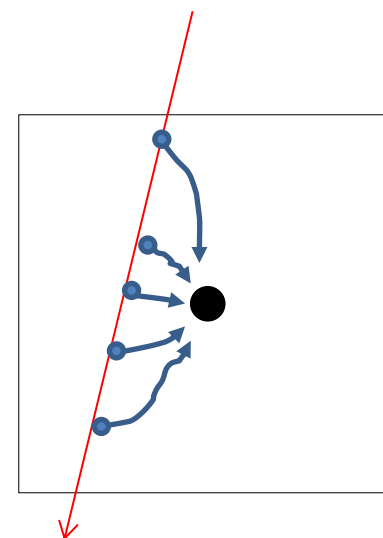
- ✓ Phase-1 (SES = 3×10^{-15})においてはHe:C₂H₆ (50:50) でも実験感度にそれほど影響がない。

検討②

Spatial resolution



- 生成される電子イオン対が少ないガスではセンスワイヤー近傍で急激に位置分解能が悪化する。
- この効果は現在のシミュレーションには入っていない。



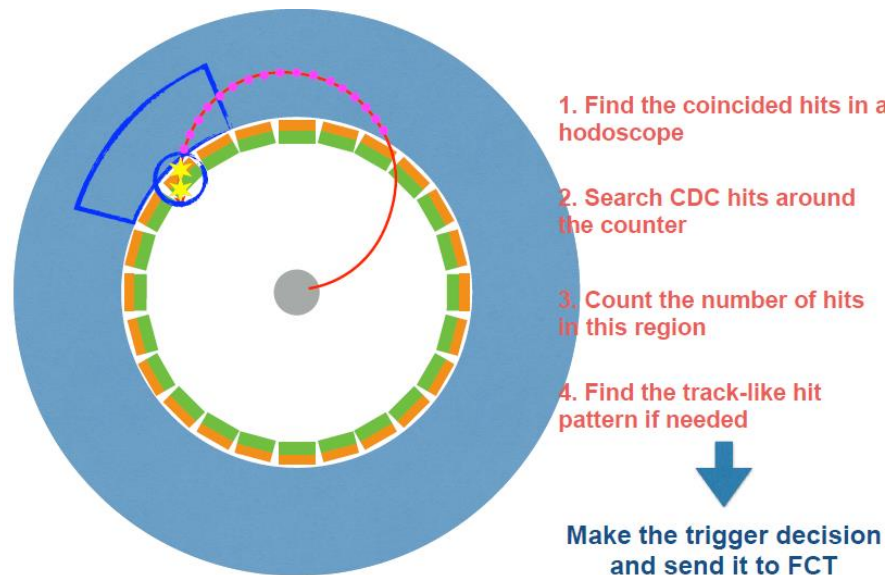
KLOE CDC, NIM 494, 163 (2002)

検討③

CDC Trigger

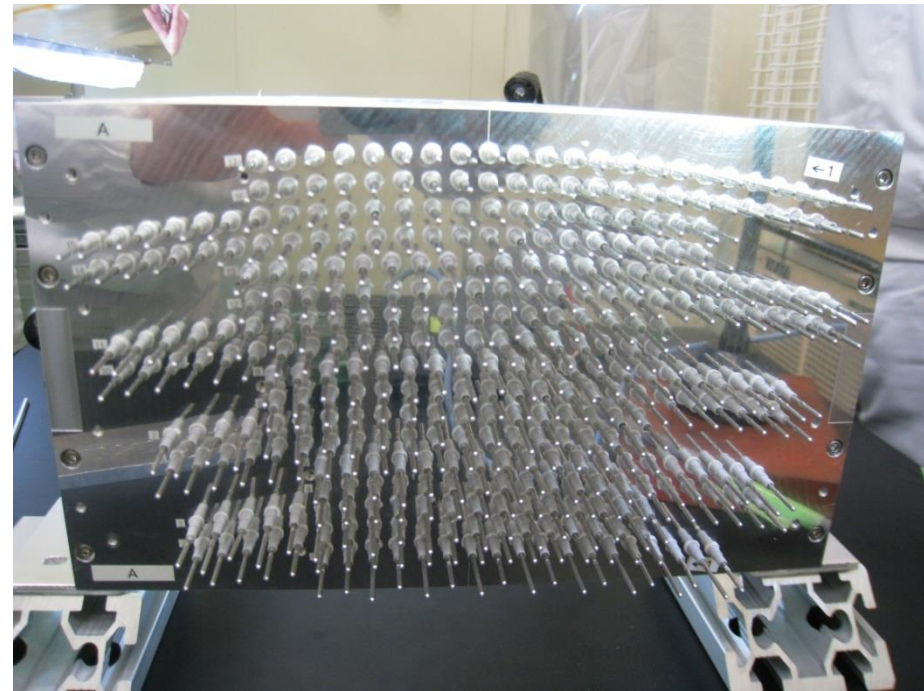
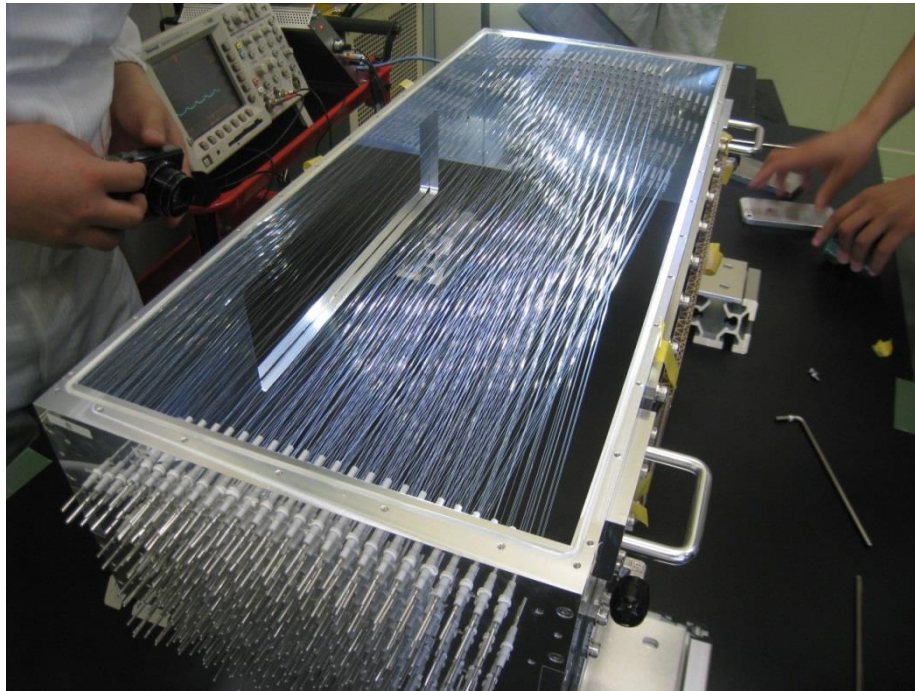
CDCヒット情報をトリガーに使用する場合、

- ドリフト速度が速い方が Latencyを抑えられる。
- × 物質が多いと γ 線起因のノイズでのHit occupancyが上がって処理が大変になる。



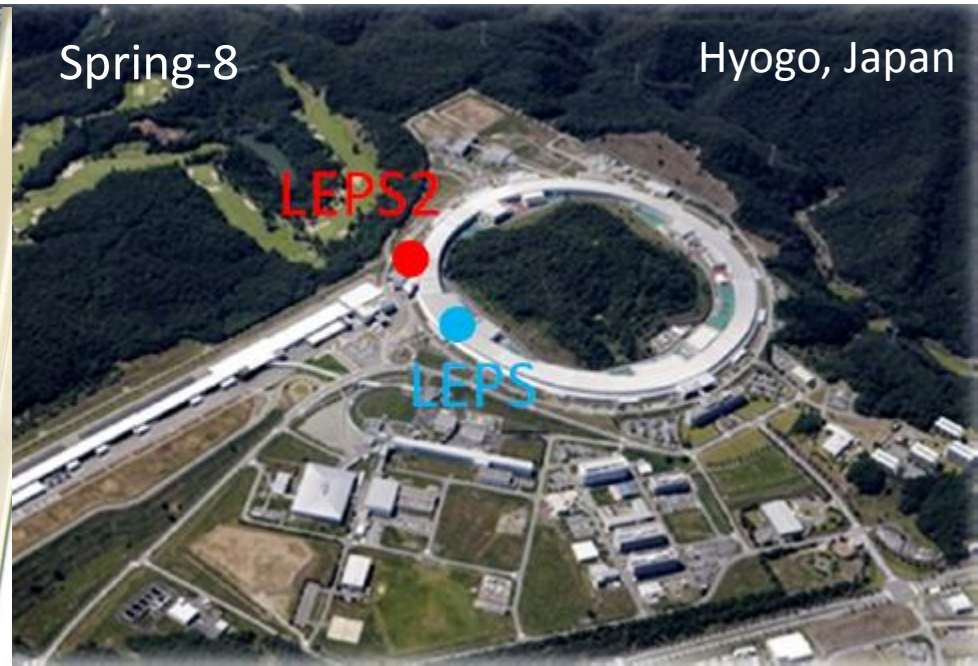
27pSN-9: 藤井祐樹

Prototype chamber



- The prototype-4, partial copy of the real CDC, was constructed to demonstrate the performance in the real situation.
 - 7 sense layers + 2 guard layers
 - $\sim \pm 4$ deg tilted layer by layer
 - Sense wire = $\phi 25 \mu\text{m}$ (Au-W), Field wire = $\phi 126 \mu\text{m}$ (Al)

Beam test campaign at SPring-8



MEMBERS: N.T. Hoai¹, Y. Kuno¹, M. Moritsu¹, Y. Nakazawa¹,
M. Okada¹, H. Sakamoto¹, A. Sato¹, M.L. Wong¹, T.S. Wong¹,
C. Wu^{2,3}, T. Yamane¹, H. Yoshida¹, J. Zhang^{2*}

¹ Osaka Univ., Japan, ² IHEP, China, ³ Nanjing Univ. China

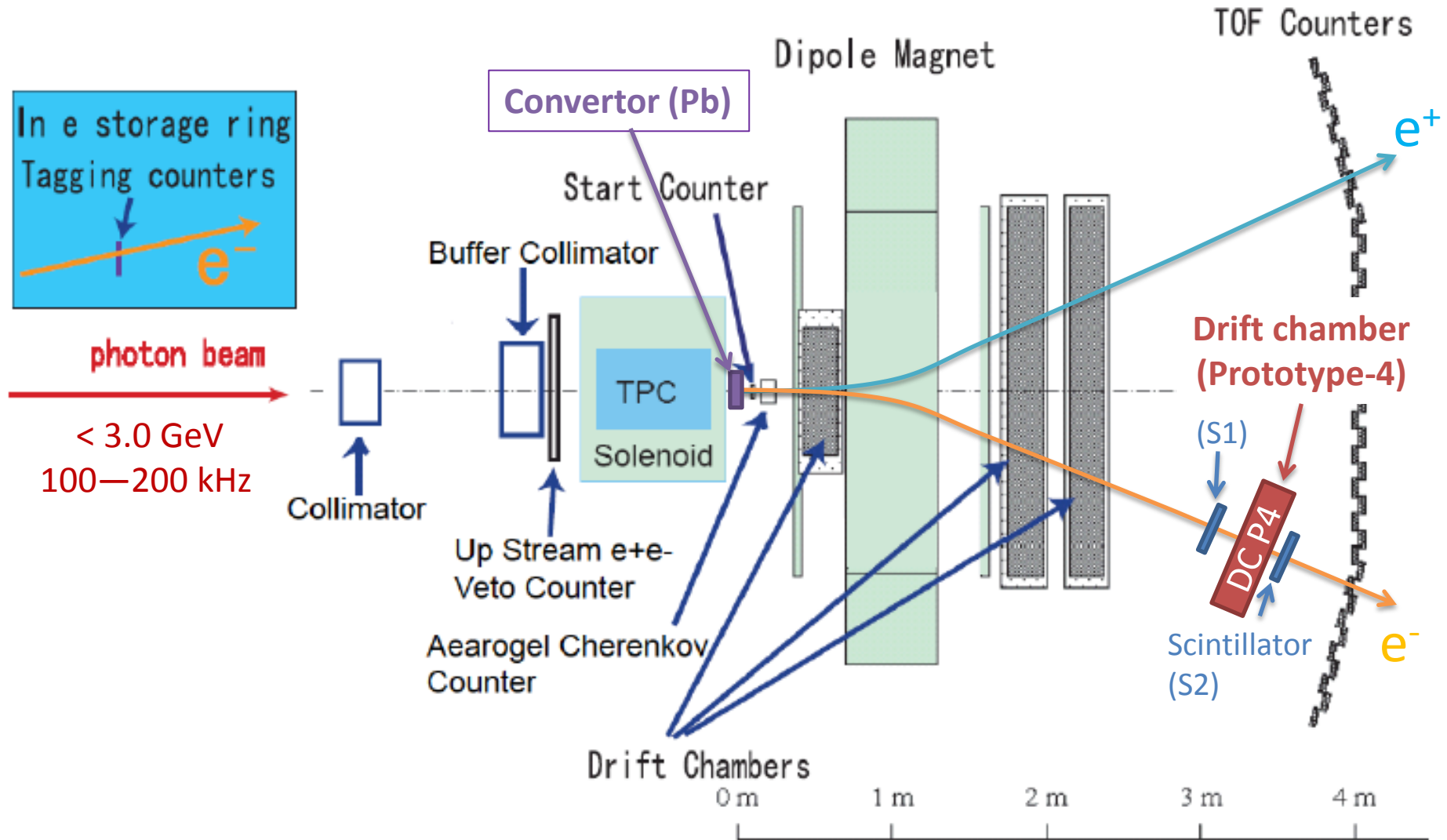
* remote help

- July 8—12th, 2015
- SPring-8: Largest synchrotron radiation facility with 8-GeV electron storage ring
- LEPS: Leaser Electron Photon Experiment at Spring-8

Motivation of the experiment

- ✓ 3種類のガスについて実際にその性質を確かめてみる。
 - ✓ Gas: $\text{He:C}_2\text{H}_6$ (50:50), $\text{He:iC}_4\text{H}_{10}$ (90:10), He:CH_4 (80:20)
- ✓ HV, threshold を変えながら系統的なデータを収集する。

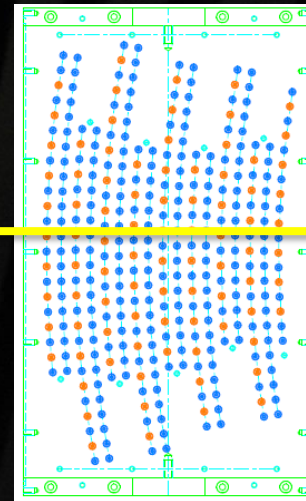
Setup of the experiment



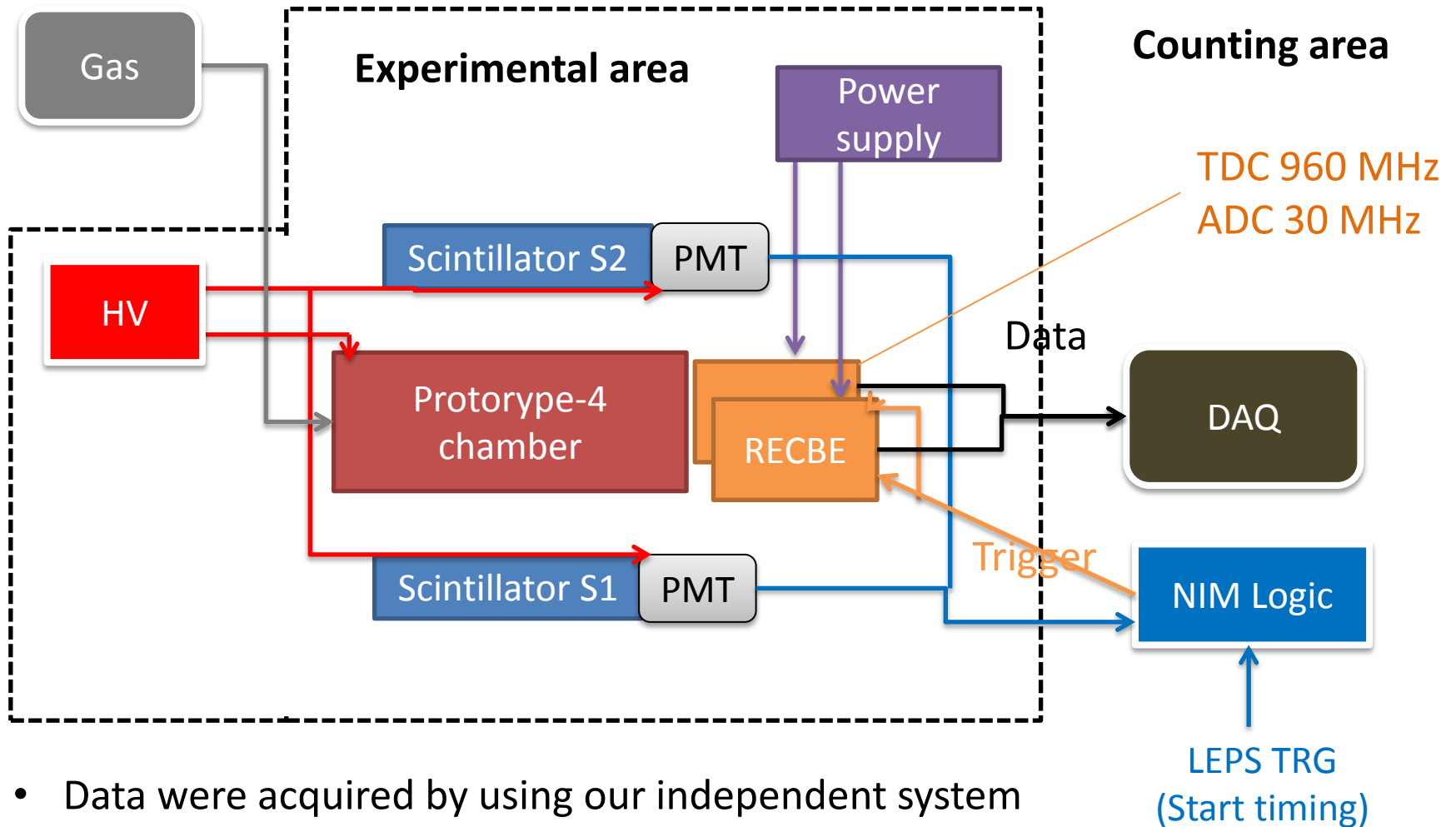
Setup of beam test

e^- beam

~530 mm



Data acquisition



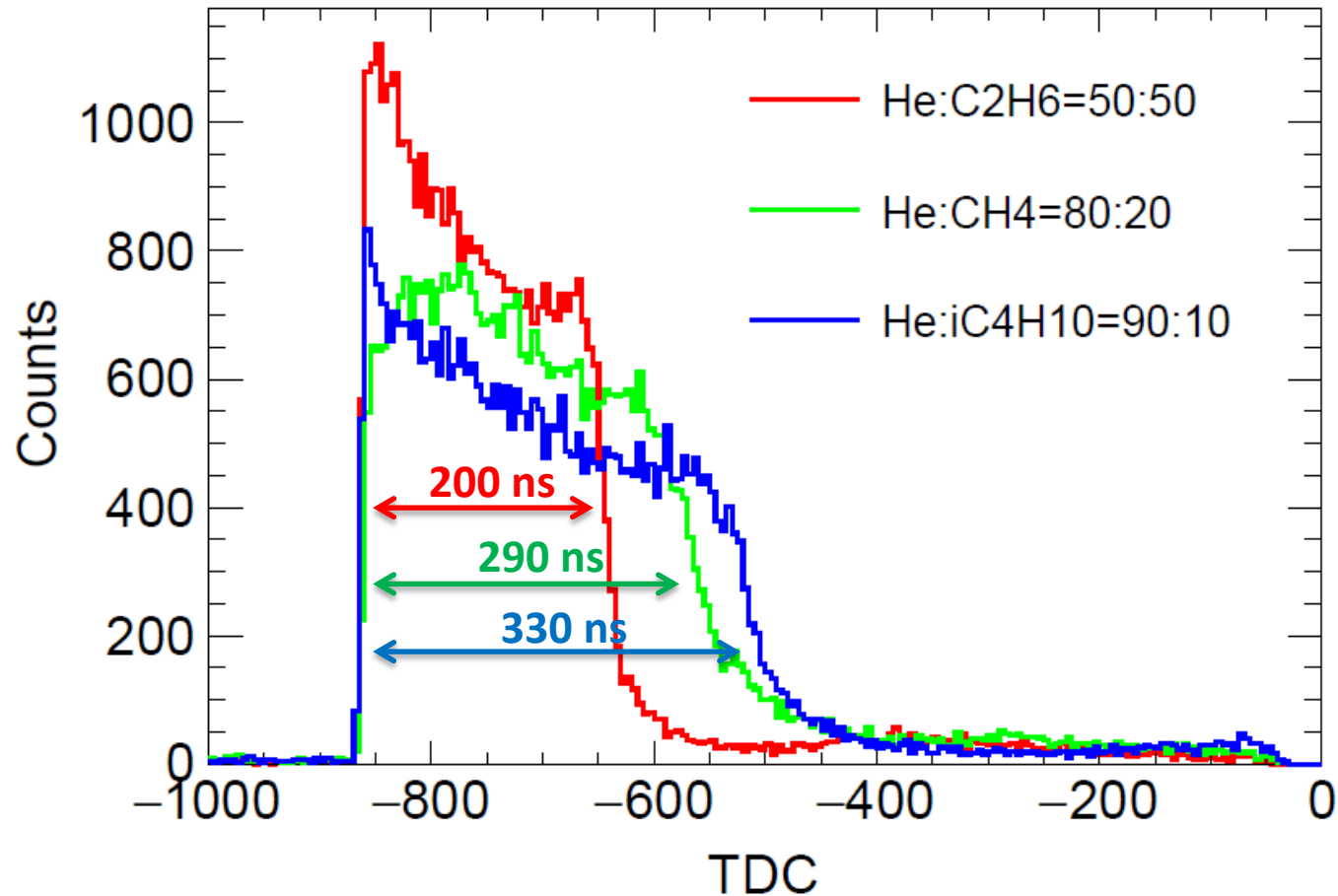
- Data were acquired by using our independent system controlled by DAQ-middleware.
- FCT-GRIB system was not used in this exp.

Measurement

- Measured points:
 - HV: every 100 or 50 V
 - Threshold: every 5 mV
 - Gas: He:C₂H₆ (50:50), He:iC₄H₁₀ (90:10), He:CH₄ (80:20)
 - Amount of data
 - Typical trigger rate = 4.5 kHz
 - ~800k events per data-point + several longer runs
- We can obtain systematic data. Efficiency, spatial resolution, drift velocity etc. will be examined.

Quick check

TDC distributions



- ✓ TDC分布の幅は、(8 mmのセルサイズ)/(各ガスのドリフト速度)とコンシステント。

Summary

- COMET CDC に使用するガスについて検討をおこなっている。
 - He:C₂H₆ (50:50), He:iC₄H₁₀ (90:10), He:CH₄ (80:20)
 - 試作機を製作しSPring-8/LEPSにおいてテスト実験をおこなった。
 - 3種類のガスについて系統的なデータを取得した。
 - 解析状況については次の講演をお聞きください。
- 詳細な検討をおこない数カ月以内には実機で使用するガスを決定したい。