

# TPCを用いたArCF<sub>4</sub>isoC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> ガスにおけるドリフト速 度の電場依存性測定

松田 真宗 児玉 涼太

# TPCについて

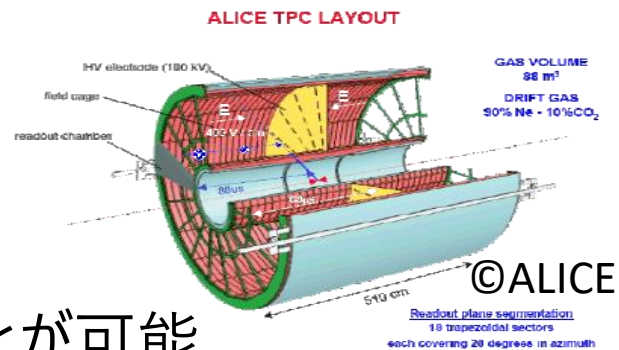
TPCとは・・・タイムプロジェクションチェンバー

荷電粒子の飛跡を三次元的に測ることが可能

→ 反応するときの動きを可視化

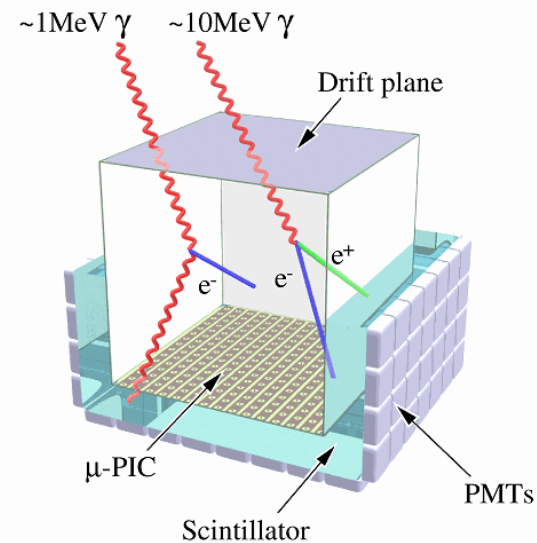
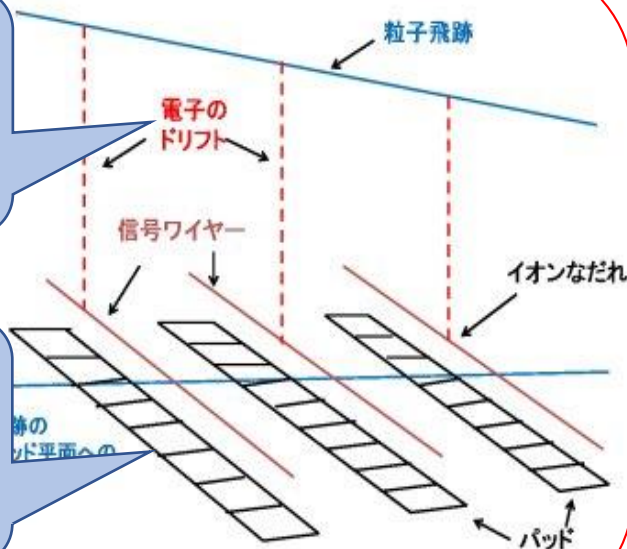
→ **ETCC、LHC/ALICE、T2Kの前置検出器**

などに応用



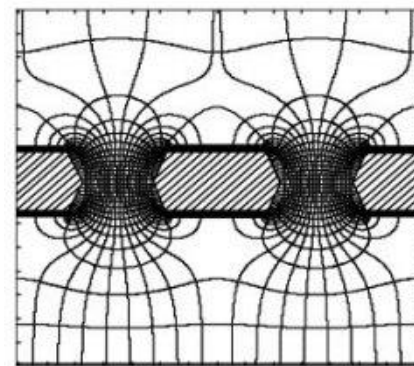
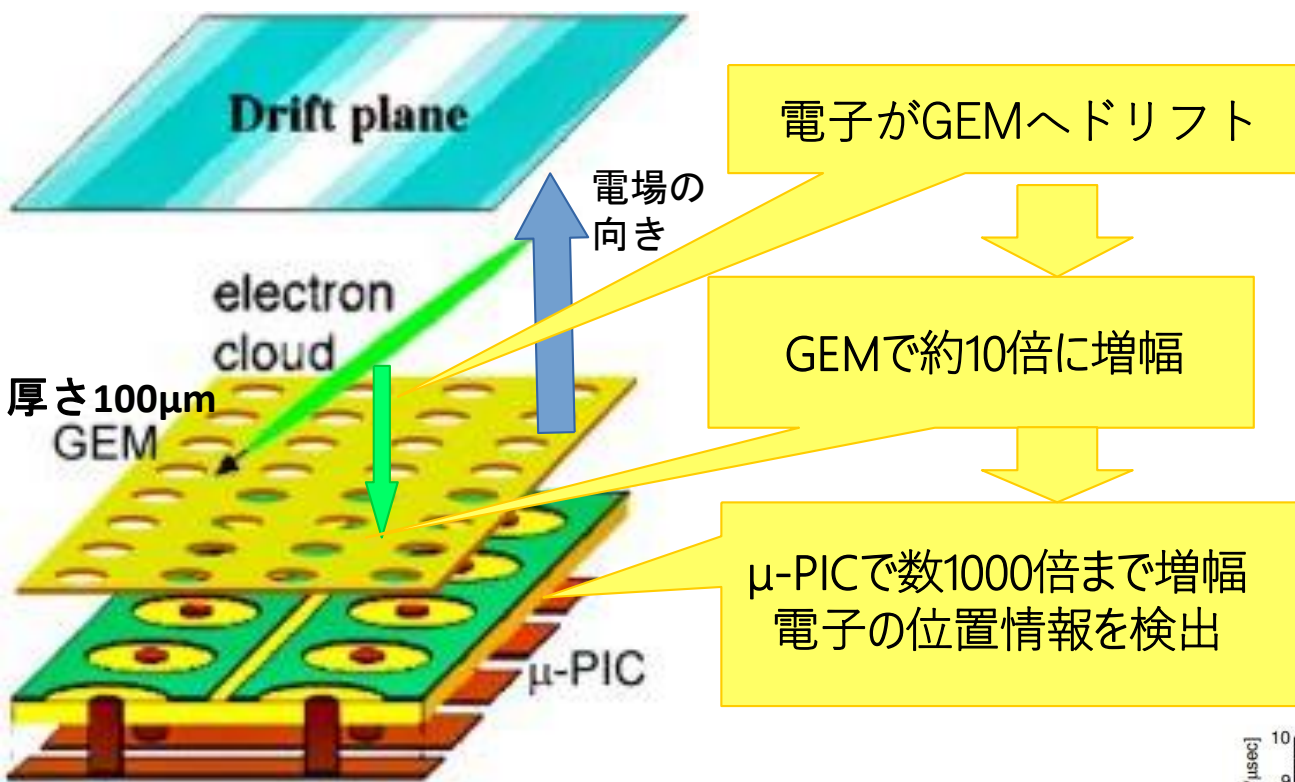
電離した電子が  
一方向にドリフト

検出器で二次分布と  
時間を計測

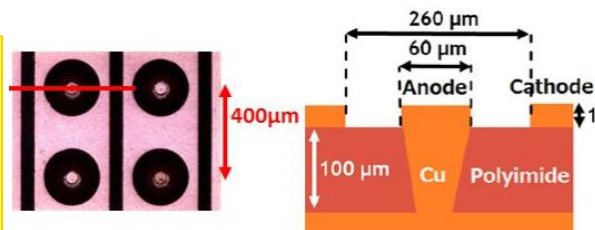


京大宇宙線MeVグループHPより

# 今回使ったTPCと今回のテーマ



(F.Sauli, 2004)

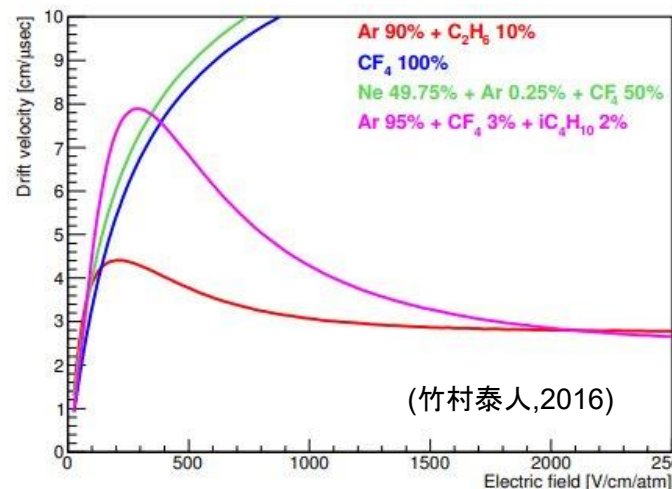


(高田淳史,2007を一部追記)

## 今回のテーマ

ドリフト速度は電場が上がるほど大きくなるとは限らない

**電場によるドリフト速度の変化から最適な電場を調べたい!**



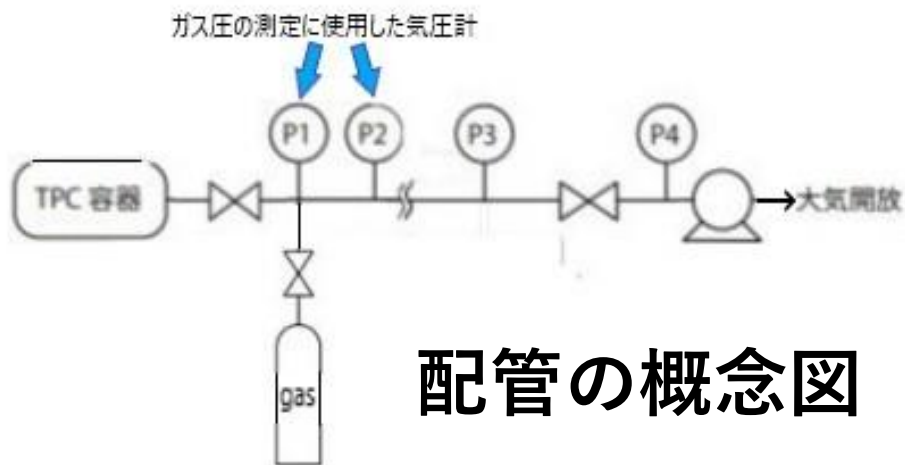
(竹村泰人,2016)

# 使用ガスと充填方法

- 油回転真空ポンプ (GLD-136C)を用いて真空引き後、ガスを充填



使用した真空ポンプ



ポンプ

ガスボンベ

ガス配管の様子

## 使用したガスとその作用

### Ar(95%)

- 分子構造に由来する励起準位が存在しない
- 化学的に安定

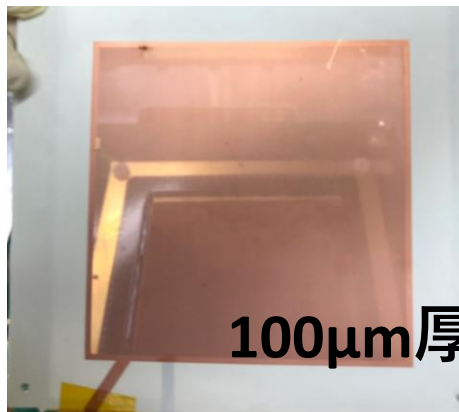
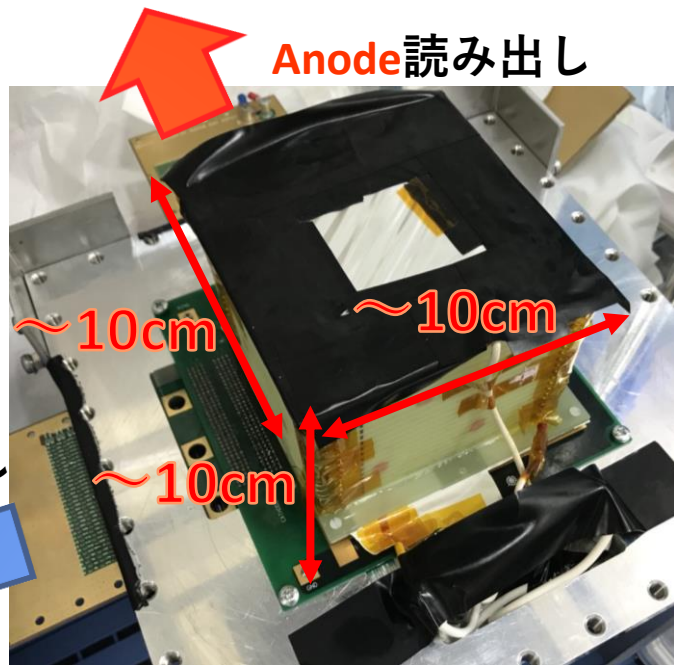
### CF<sub>4</sub>(3%)

- ドリフト速度を上げる
- 横拡散を抑える

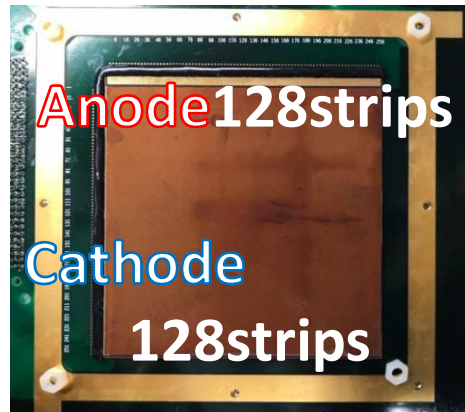
### isoC<sub>4</sub>H<sub>10</sub>(2%)

- ガス利得向上
- エネルギー分解能を上げる

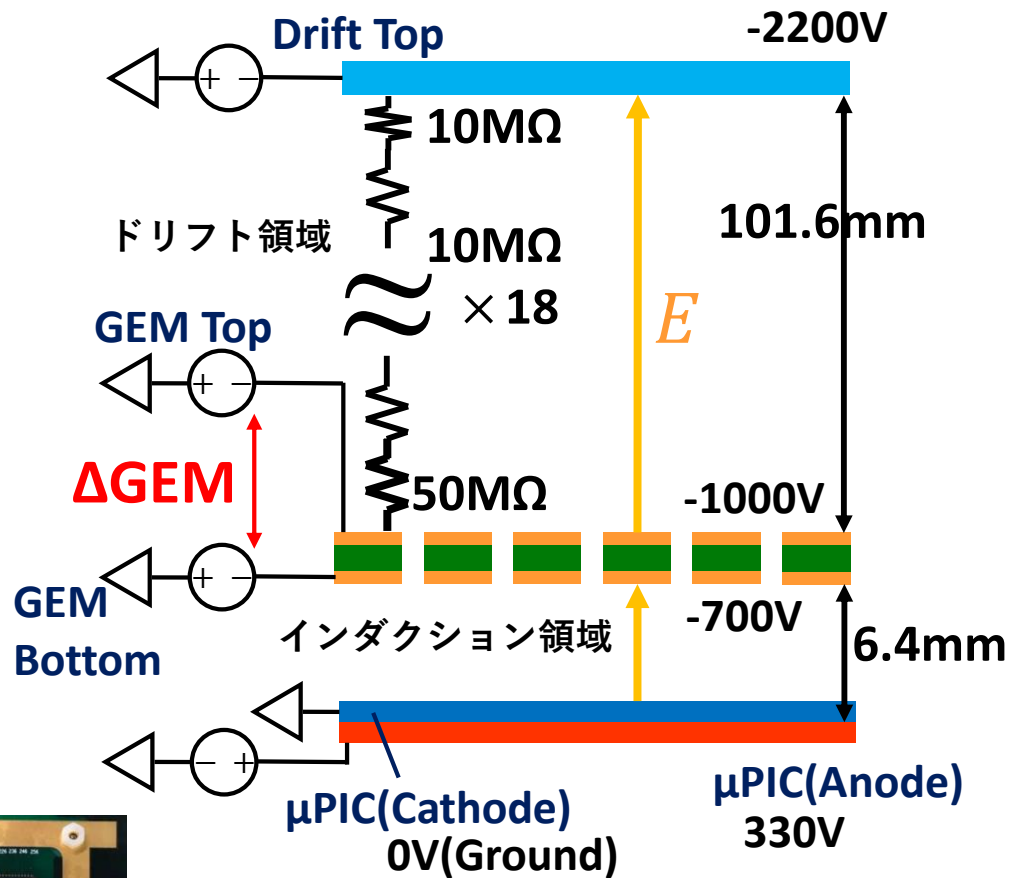
# セットアップ①



GEM



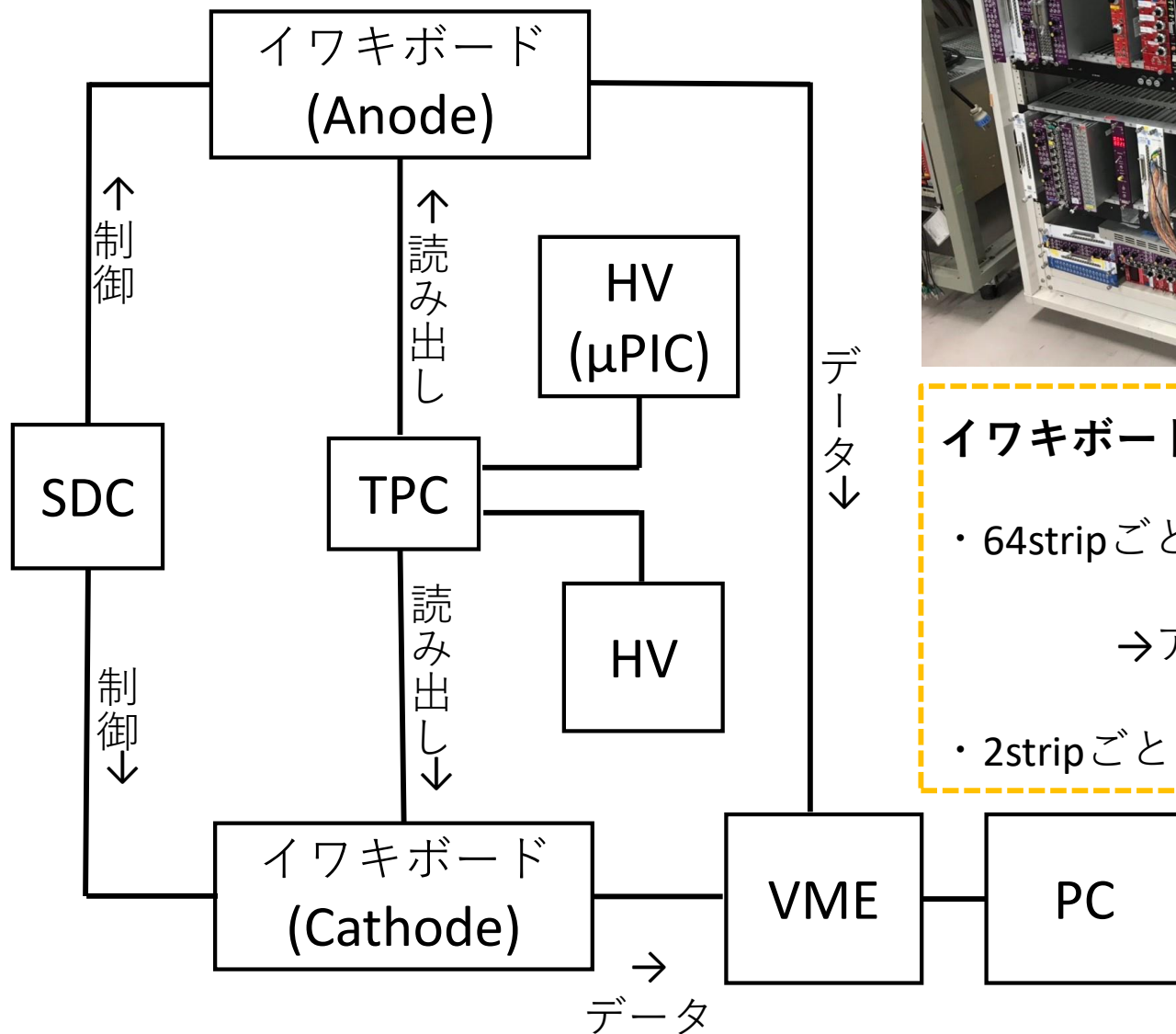
μPIC



●  $\mu$ PIC...2stripsまとめて読み出し

● 実質800 $\mu$ m

# セットアップ②



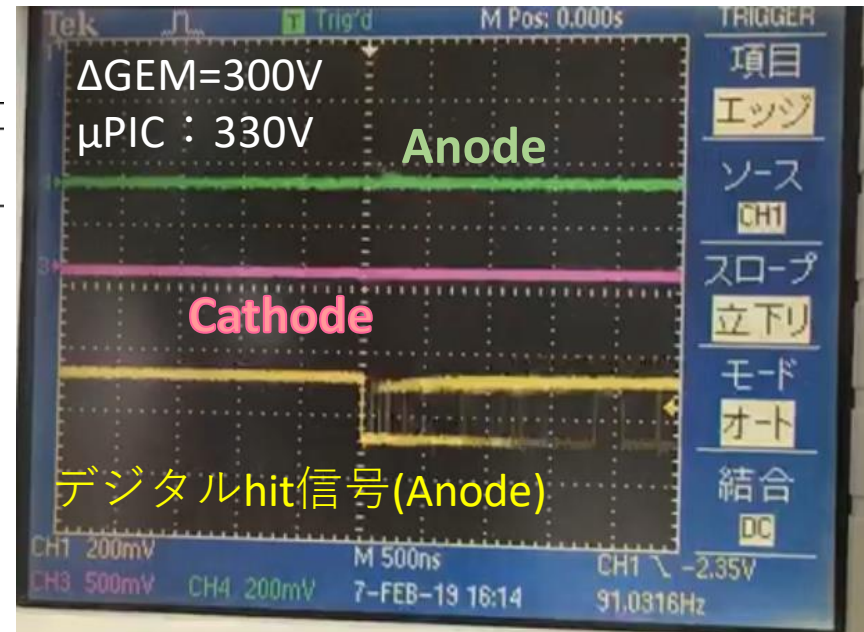
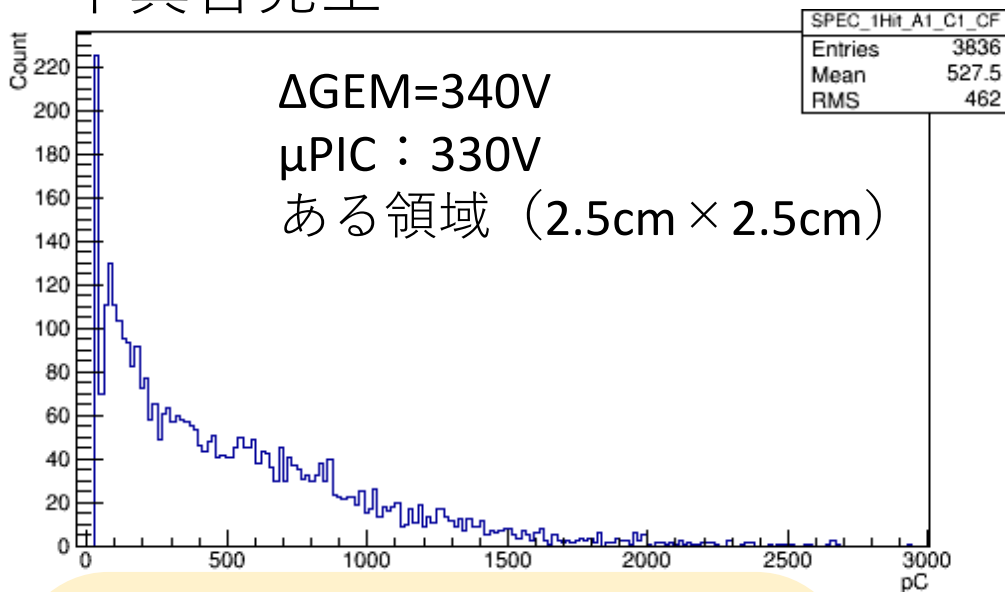
## イワキボードの出力

- 64stripごとに電荷増幅  
→アナログ&デジタル出力
- 2stripごとのhit信号をデジタル出力

SDC、イワキボードはイーサネットで制御

# 予備実験： $^{133}\text{Ba}$ のスペクトル測定

スペクトルが見られず、複数の不具合発生



- Gainが足りていない
- 特定のstripのみhitし続ける
- $\mu\text{PIC}$ のHV電流が電圧に比例
- Drift\_Topが-2450VでCurrent Limit
- Drift\_Top・GEM\_Topの電圧が互いに影響しない

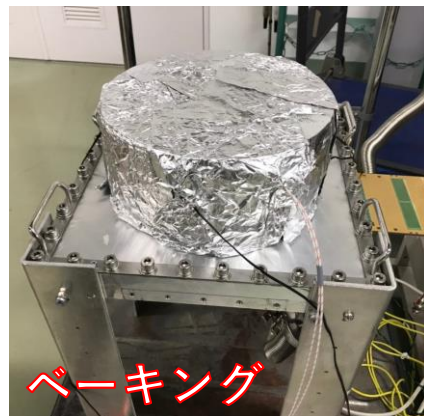
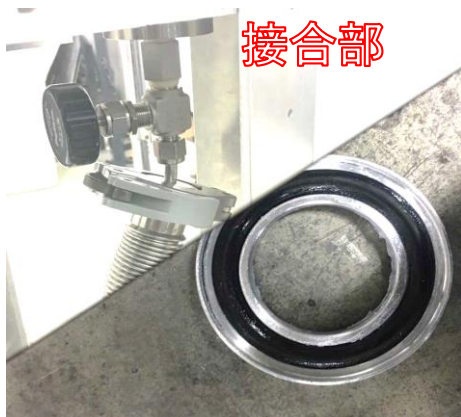
原因の  
切り分け

- ① ガス純度が低い
- ②  $\mu\text{PIC}$ の特定のpixelが導通
- ③ Drift\_Top・Ground間の放電
- ④ Drift\_Top・GEM\_Top間の断線を疑った

# 不具合の対処と結果①

## ① ガス純度が低い

真空度が悪い⇒接合部ゴムにグリス塗布  
水分子の吸着⇒60°Cにベーキング  
& テープの使用は最小限に



真空ポンプ停止して1min後の圧力  
~10Pa→~3Paに改善  
しかし、Gainの改善は見られず

## ② μPIC導通

読み出し基板上のstripに対応した抵抗を取ること、stripを断線させる  
⇒異常なhitがなくなりノイズ減に成功

## ③ Drift Top—Ground放電



はんだ付け→熱収縮  
チューブ→カプトンテープ  
→ブラックテープ

放電しなくなり、さらなる高電圧印加が可能に



## ④ Drift Top—GEM Top断線

Drift Topの接触が悪い  
⇒別のドリフトゲージに変更

しかし・・・



# 不具合の対処と結果②

◆ Drift Top, GEM Bottom間の電位差  $> 400V \Rightarrow$  オシロで放電ノイズ

◆ GEM Topの電圧には依存しない

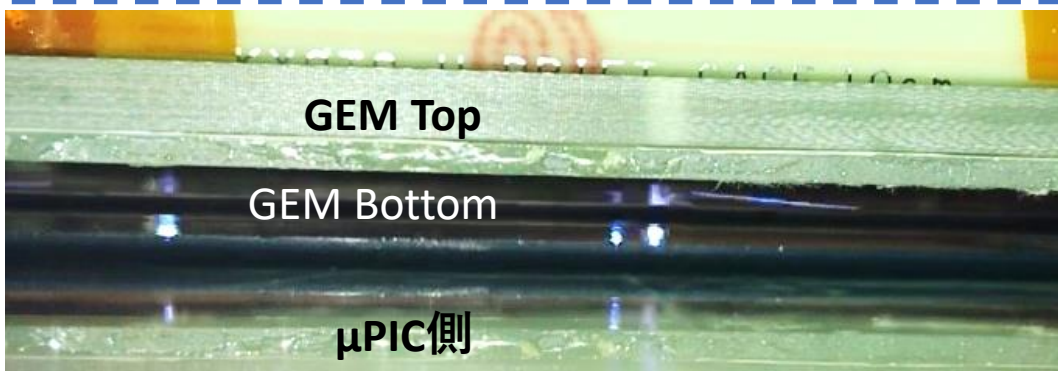
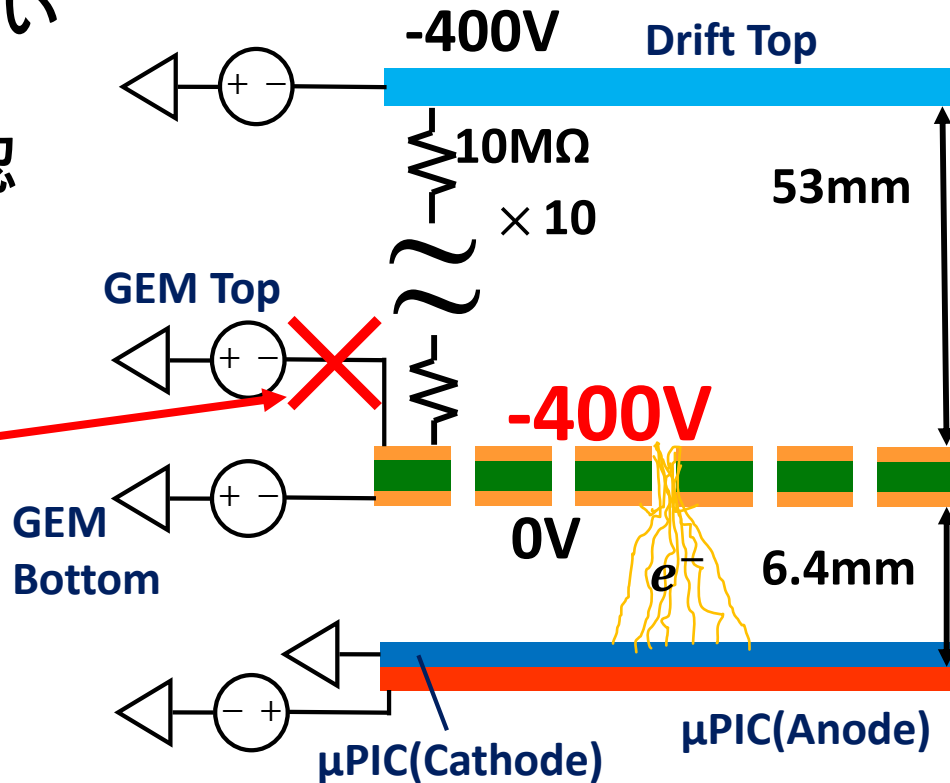
◆  $\mu PIC$ 電圧 =  $0V$ でも

オシロで放電確認

$\Rightarrow$  TPC容器を開け、確認 . . .

GEM Top, HV間の接合部圧着し直し

$\Rightarrow$  放電問題解決



試験時に誤って  $\Delta GEM = 700V$  の電圧印加

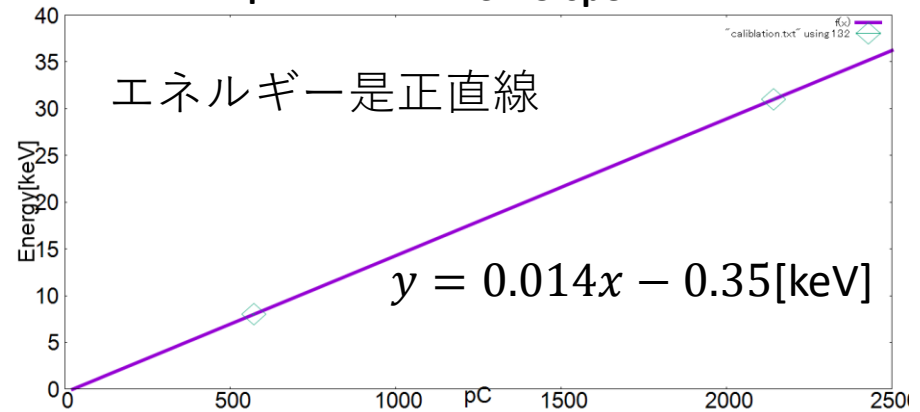
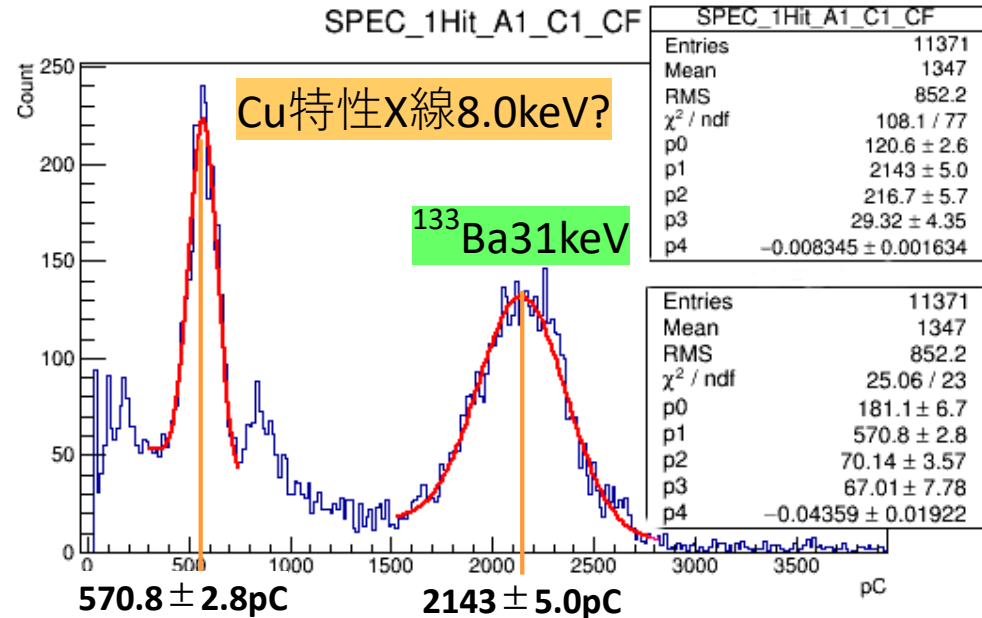
- GEM Top =  $-700V$
- GEM Bottom =  $0V$
- $\mu PIC$  :  $0V$

# $^{133}\text{Ba}$ のスペクトル測定

ある領域  
(2.5cm × 2.5cm)

$\Delta\text{GEM}=300\text{V}$   
 $\mu\text{PIC} : 330\text{V}$

- $\text{Ba}133$ をTPC容器上に直置きして測定 (Drift topとの距離~7cm)
- GEMTop上面でのX線吸収
  - Cu特性X線(8.0keV)のピークか？
  - fitting :  $570.8 \pm 2.8\text{pC}$
  - 31keVでのピークを仮定
  - 8.0keVピーク :  $555.6 \pm 1.3\text{pC}$
  - ⇒相対誤差2.7%
  - Cu特性X線ピークと判断**



$$\text{エネルギー分解能} = \frac{\Delta E}{E} \sim \frac{2.35 \times \sigma}{E}$$

$$\text{ガス利得} = \frac{Q}{e \times \frac{E}{W} \times A}$$

$Q[\text{C}]$  : ピークの電荷量

$E[\text{keV}]$  : X線エネルギー

$W[\text{keV}]$  : 電離に必要な平均エネルギー

$A=700$  : プリアンプ増幅率

- エネルギー分解能=23.0% @ 31keV
- ガス利得= $1.6 \times 10^4$

# ドリフト速度の測定

ドリフト速度・・・

ガスの組成・混合比により電場依存性が異なる

⇒ **ArCF<sub>4</sub>isoC<sub>4</sub>H<sub>10</sub>**におけるドリフト速度の電場依存性を測定し、  
ピーク構造をとることを確認したい

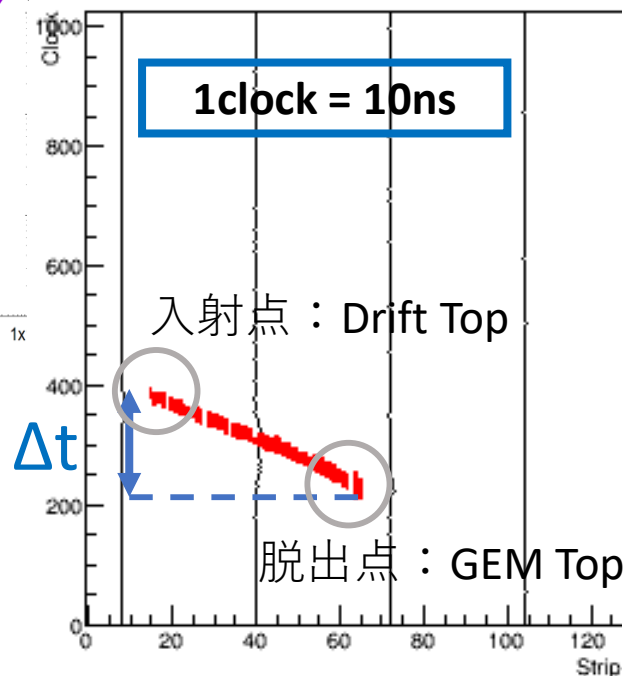
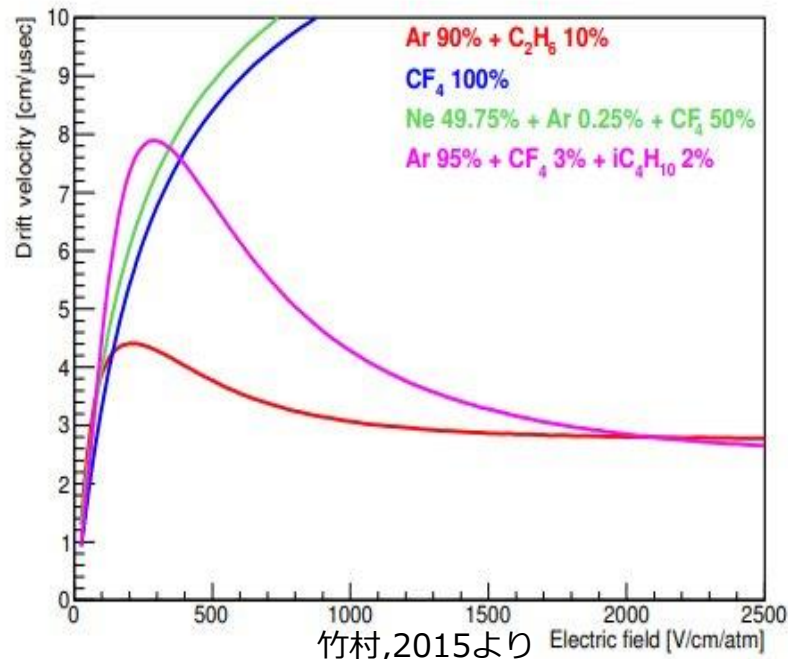
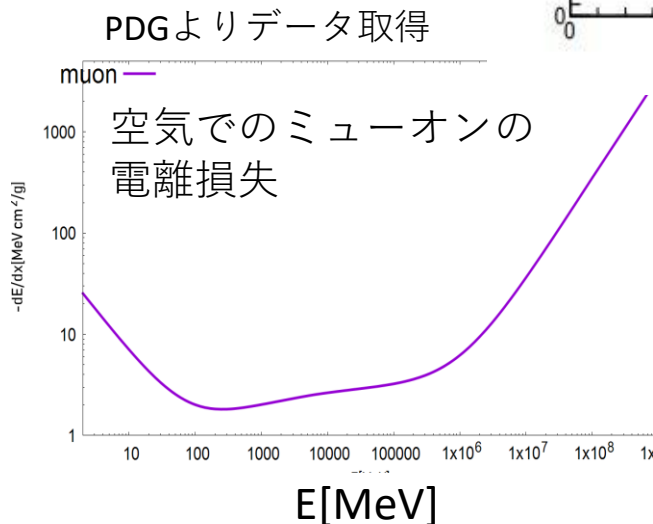
ミュオン・・・

- GeV程度のエネルギー、電離損失が小さい

⇒TPC容器内で止まらない

- 光速の約99.5%

⇒ミュオン通過時間はドリフト時間スケールより十分小さいので無視

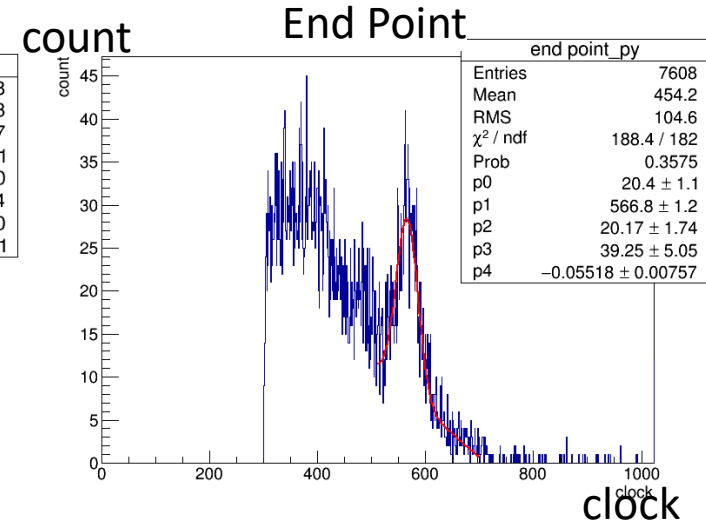
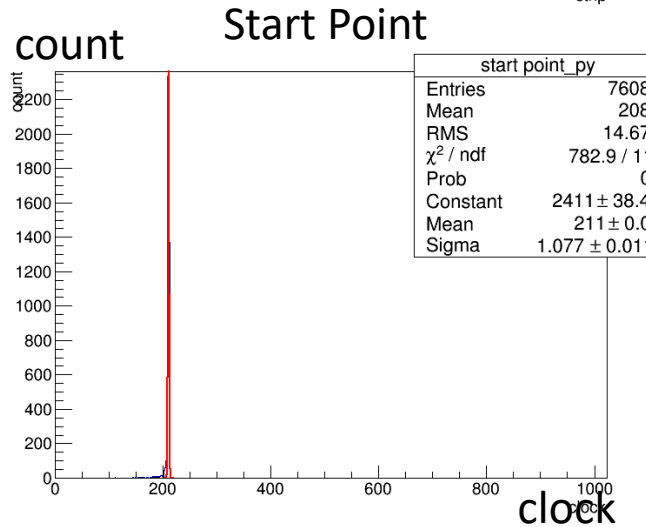
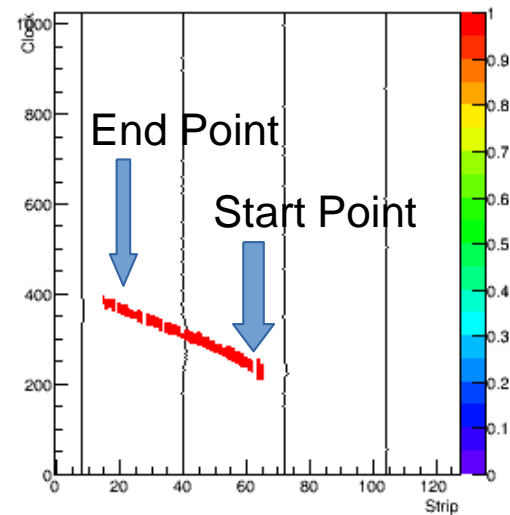


• 1hit時間 $\Delta t$ はDrift Top,GEMTop間（距離 $\Delta L=53\text{mm}$ ）の移動時間に対応

$$\text{ドリフト速度 } v_d = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

# Drift速度の解析の流れ

TPC0\_raw



短時間で起こったイベントやケージの側面で起こったイベントを省く

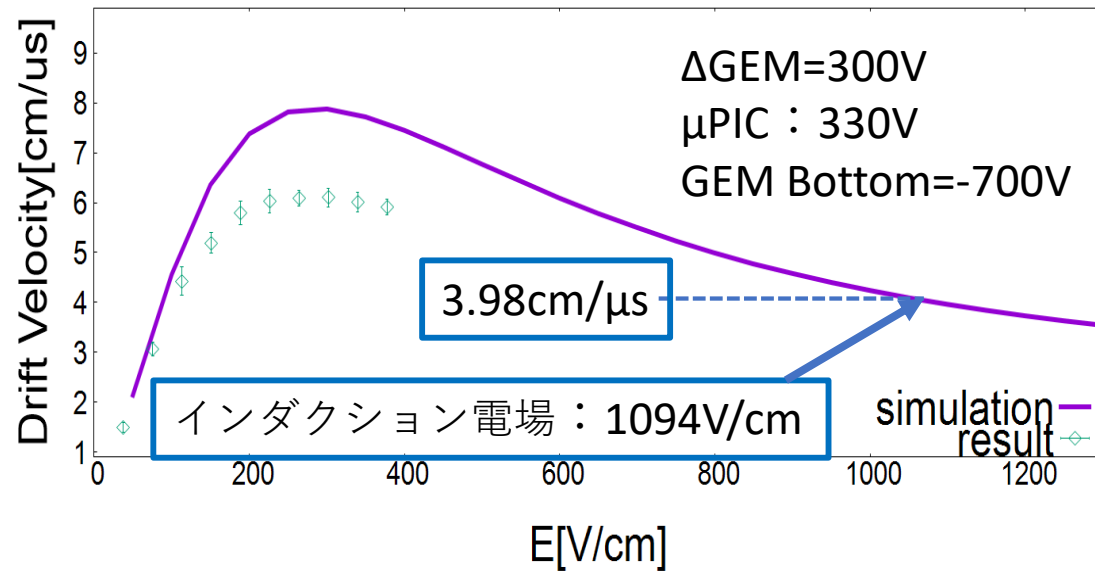
clockの一番小さい点(Start Point)、一番大きい点(End Point)についてそれぞれ横軸clock、縦軸count数としてプロット

ガウシアンでフィッティングしてEnd pointとStart pointの平均値を測定

$$v_D = \frac{L}{(t_e - t_s) \times 0.01}$$

L : ドリフト領域の高さ(cm)  
 $t_e$  : end pointのclock  
 $t_s$  : start pointのclock  
 ※ 1clock = 0.01 $\mu$ s

# ドリフト速度測定結果と解析



～300V/cmでピーク構造が見られる

Magboltzでのシミュレーションと比べ全体的にドリフト速度が小さい

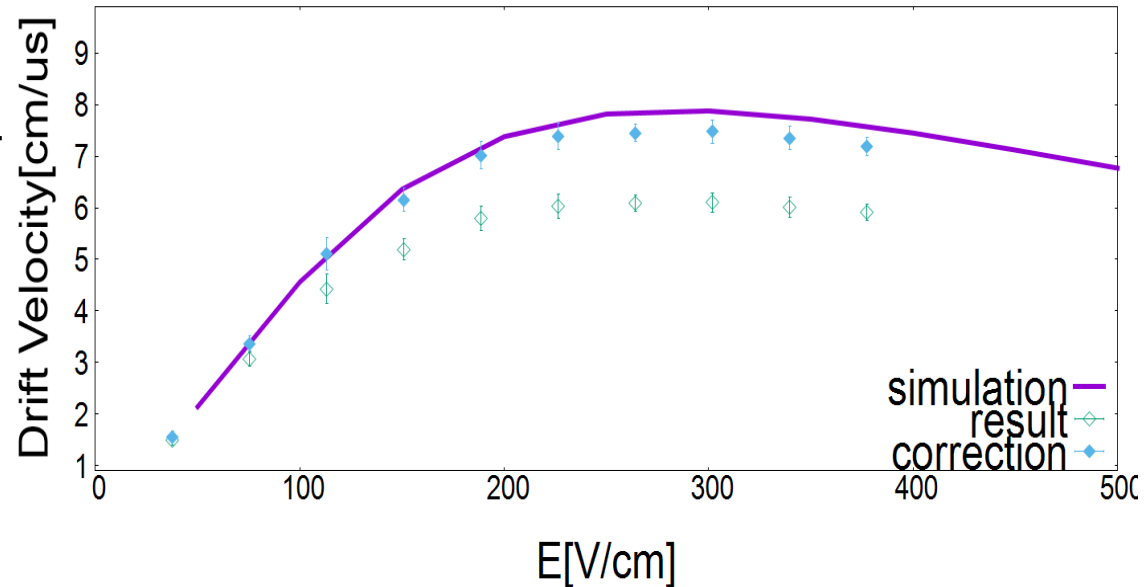
インダクション領域での電離電子が $\mu PIC$ で増幅されhit・・・？

インダクション領域(高さ6.4mm)のドリフト時間0.16 $\mu s$ を用いて補正

$$v_D = \frac{L}{(t_e - t_s) \times 0.01 - 0.16}$$

⇒かなり改善  
 しかしまだ全体的に低速度

ガス純度が理想的ではないことに起因・・・？



# まとめ

- TPCを用いた $^{133}\text{Ba}$ のスペクトル測定によりCuの特性X線ピークを同定し、またガス利得と $^{133}\text{Ba}$  31keVでのエネルギー分解能を求め、正常に測定できることを確認した。
- **ArCF<sub>4</sub>isoC<sub>4</sub>H<sub>10</sub>**混合ガスのドリフト速度の電場依存性にピーク構造が見られることを確認した。
- ピーク構造が見られる理論的背景についてはわからなかった。

ご清聴ありがとうございました