

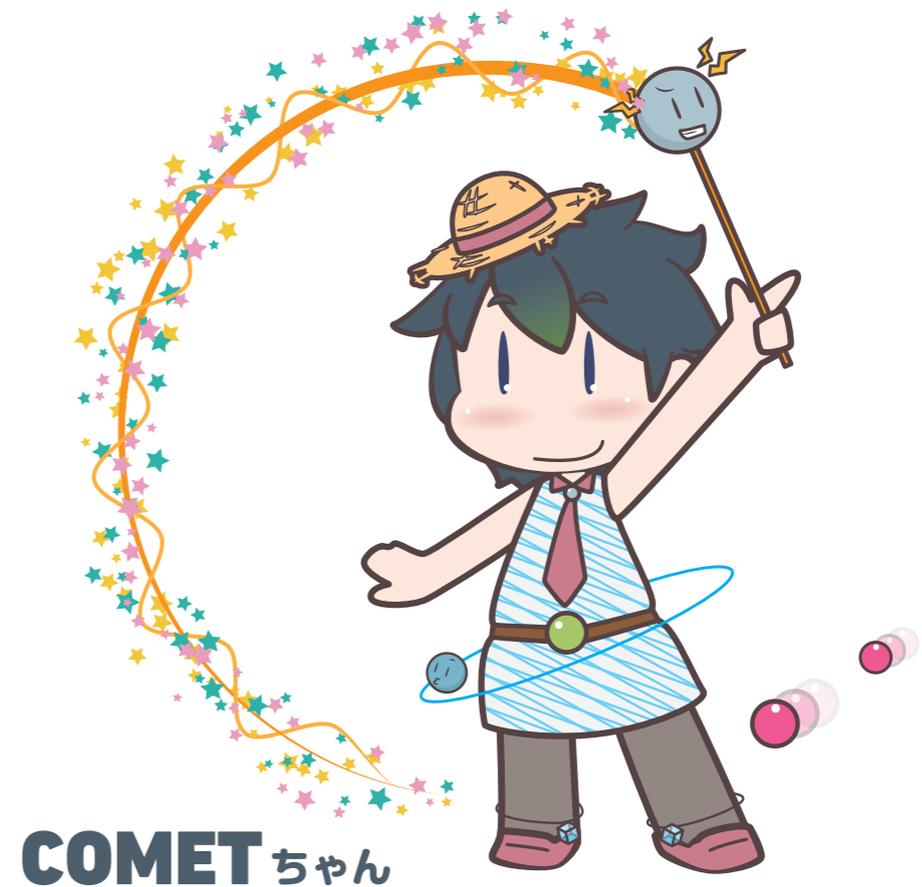
# COMET実験 Phase-I におけるCDCの 宇宙線を用いた性能評価試験と 位置分解能の評価方法の開発

大阪大学 大学院理学研究科 久野研究室

太田 早紀

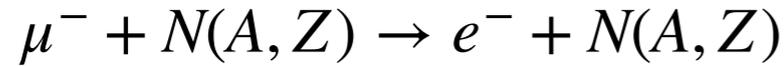
# 概要

- インTRODクシヨソ
- COMET実験(Phase-I)
- 宇宙線試験の解析(SETUP5)
  - 宇宙線試験
  - データ解析
- 初期電子イオン対数の評価
  - 研究目的
  - 評価方法
- 宇宙線試験のアップグレード(SETUP6)
- まとめ



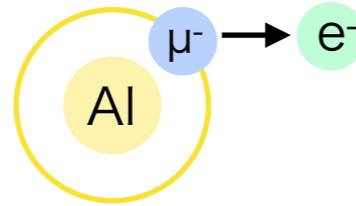
# COMET実験(Phase-I)とは

## CLFVの一つである $\mu$ -e転換を探索する実験



標準理論：BR  $O(\sim 10^{-54})$

新物理：BR  $O(\sim 10^{-15} \sim 10^{-17})$



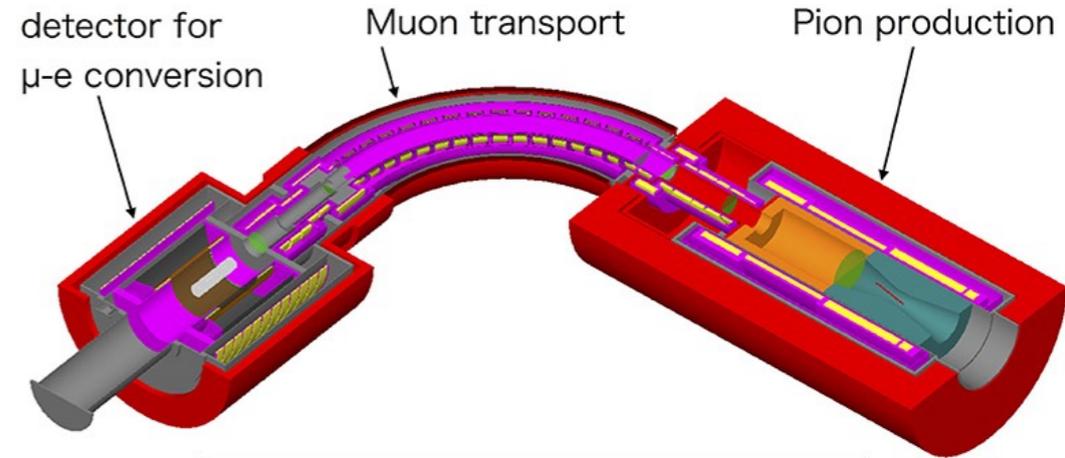
実験場所：J-PARC (茨城県東海村)

発見すれば標準理論を超えた物理の可能性

先行研究 世界最高精度

SINDRUM II @PSI BR  $< 7 \times 10^{-13}$

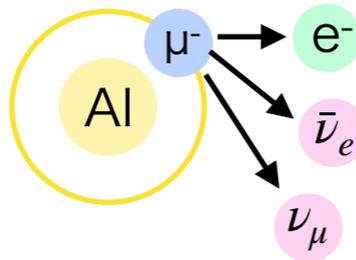
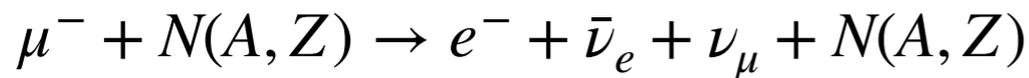
COMET Phase-Iでの目標実験感度(S.E.S)  $3 \times 10^{-15}$



COMET Phase-I Layout

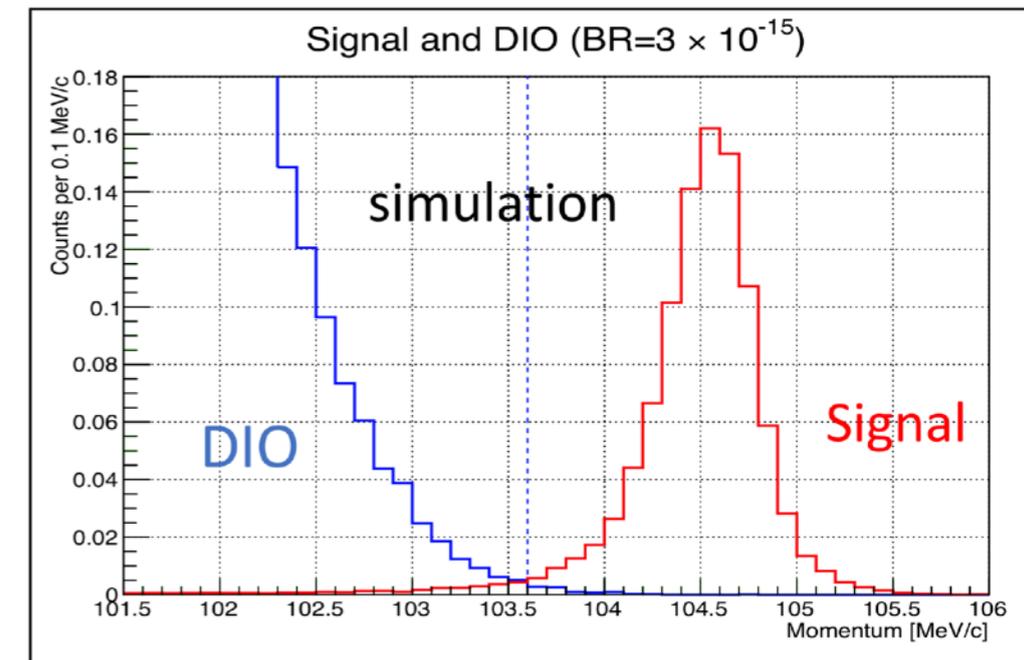
## 背景事象

DIO(Decay In Orbit)



## CDCの要求性能

信号と背景事象を識別するため運動量分解能が  
105MeV/cの電子に対して200keV/c以下

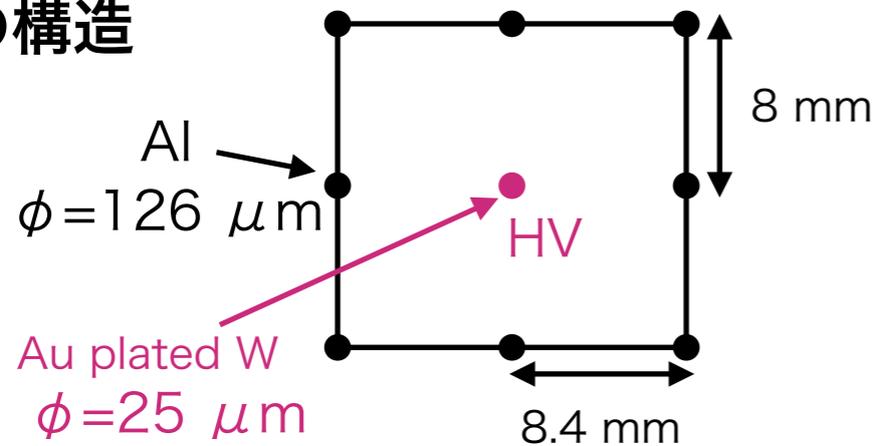


# COMET-CDCの宇宙線試験 (SETUP5)

COMET CDC(Cylindrical Drift Chamber)

Phase-Iにおいてミュオン電子転換過程由来の電子を探索する  
主要な検出器

## セルの構造



CDC全体で  
フィールドワイヤー  
14562本  
センスワイヤー  
4986本

## 特徴

- 20層のセンスレイヤー
- 全てのワイヤーがステレオ角(64~75 mrad)を持つ  
→ビーム軸方向の情報も得ることができる

## 宇宙線試験のセットアップ

印加電圧：1825V

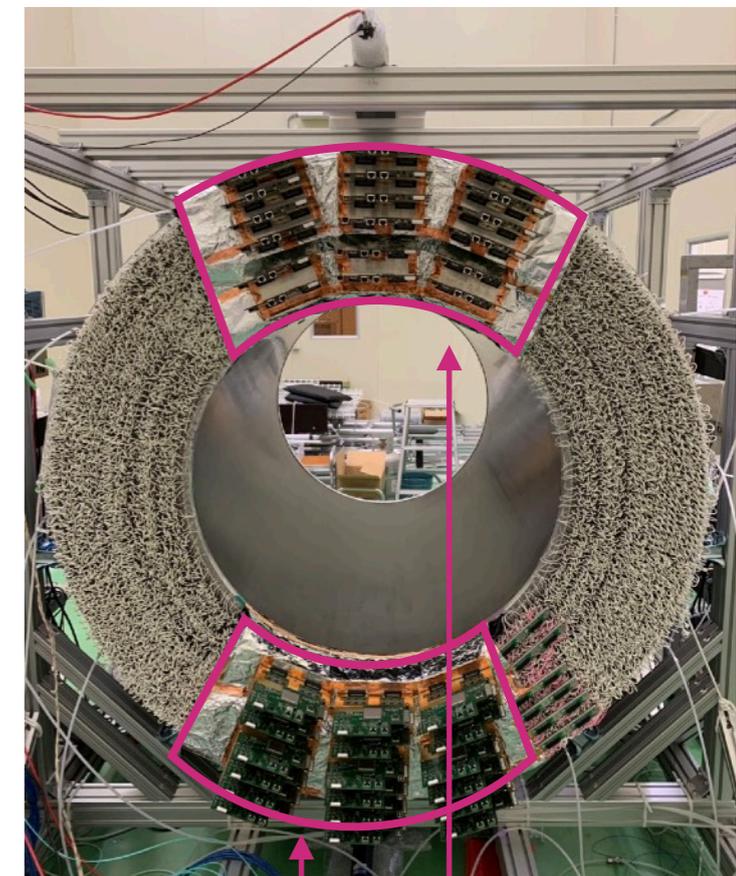
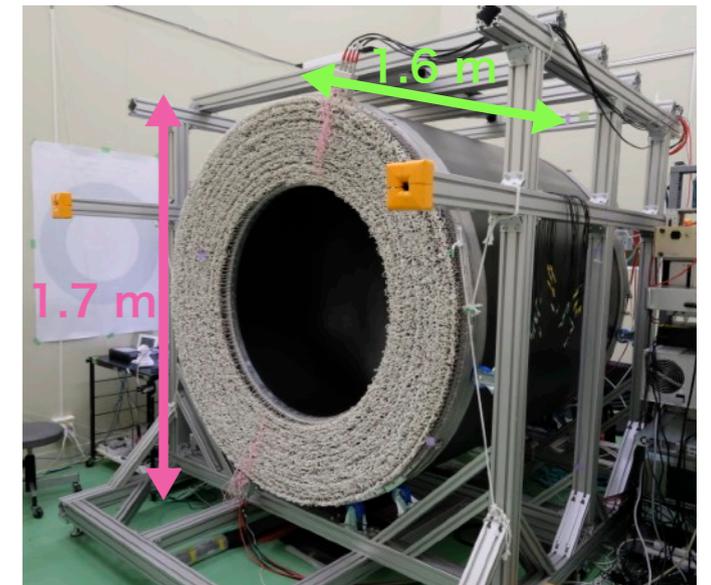
トリガー：シンチのコインシデンス

混合ガス：He:i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>=90:10

測定時間：18時間41分

イベント数：162909

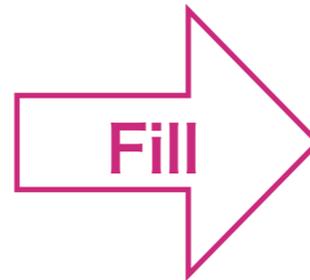
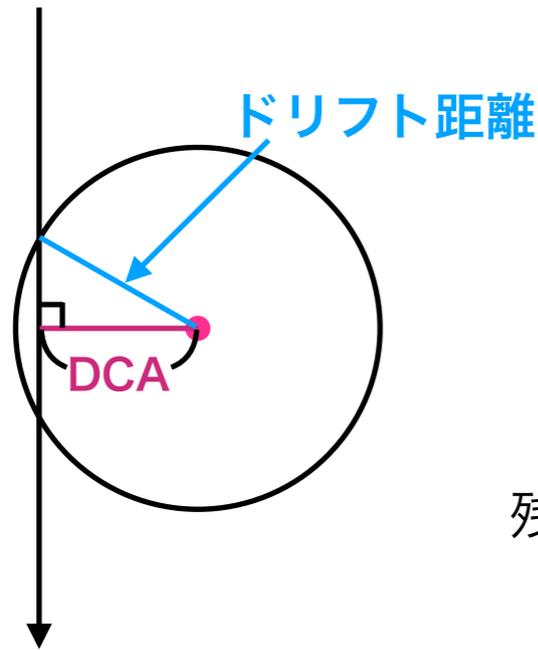
イベントレート：2.4Hz



SETUP5での読み出し領域

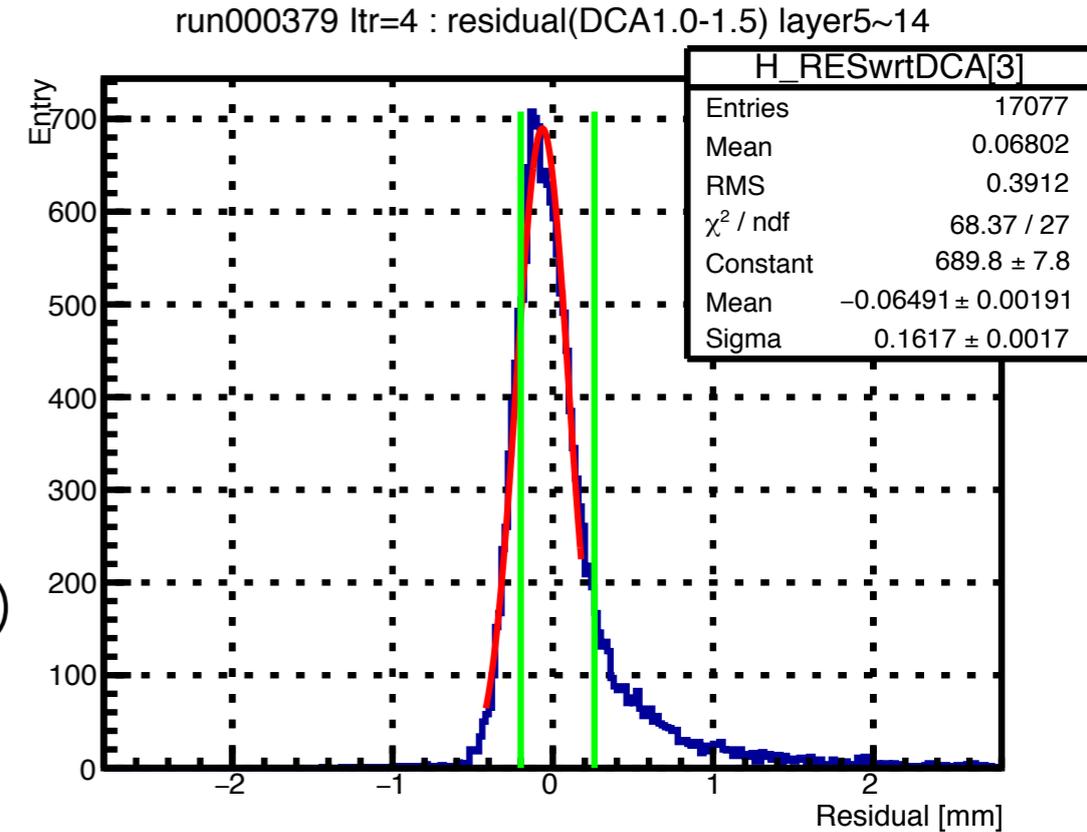
# 宇宙線試験における位置分解能の定義

飛跡



$$\text{残差} = (\text{ドリフト距離} - \text{DCA})$$

DCA : Distance of Closest Approach



赤線 : ガウス関数でのフィット

緑線 : 68%区間

DCA0.5mmごとに 残差 = (ドリフト距離 - DCA) のヒストグラムを作成

残差分布をガウス関数でフィットしたときの標準偏差を位置分解能と定義

また、初期電子イオン対数を評価するため、残差分布のテールを加味した68%区間の半分の区間（以降では68%半区間と呼ぶ）も使用

# 位置分解能の各要素の評価

## フィット関数

初期電子イオン対数、粒子の拡散、エレクトロニクス由来の時間分解能、トラッキングエラーの寄与がある

$$f_{\text{total}}(x) = \sqrt{f_{\text{ion}}(x)^2 + f_{\text{dif}}(x)^2 + f_{\text{el}}(x)^2 + f_{\text{track}}(x)^2}$$

Np: 単位長さあたりの初期電子イオン対数

D: 拡散係数

$$f_{\text{ion}}(x) = p_0 \sin(\arctan \frac{p_1}{x}) \quad f_{\text{dif}}(x) = \sqrt{D^2 x} \quad f_{\text{el}}(x) = f_{\text{dv}}(x) \times \delta t \quad f_{\text{track}}(x) = 0$$

近似式

初期電子イオン対数 : Np = 7.2 ± 0.4 /cm

拡散の寄与 : D = 181 ± 2 μm/cm<sup>1/2</sup>

先行研究より初期電子イオン対数は13 /cm程度

この値はガスに固有

→  $f_{\text{ion}}(x)$  の近似式が正しくないと考えられる

混合ガスの特徴を示す基礎的で重要なパラメータ

→ 寄与をより正確に評価したい

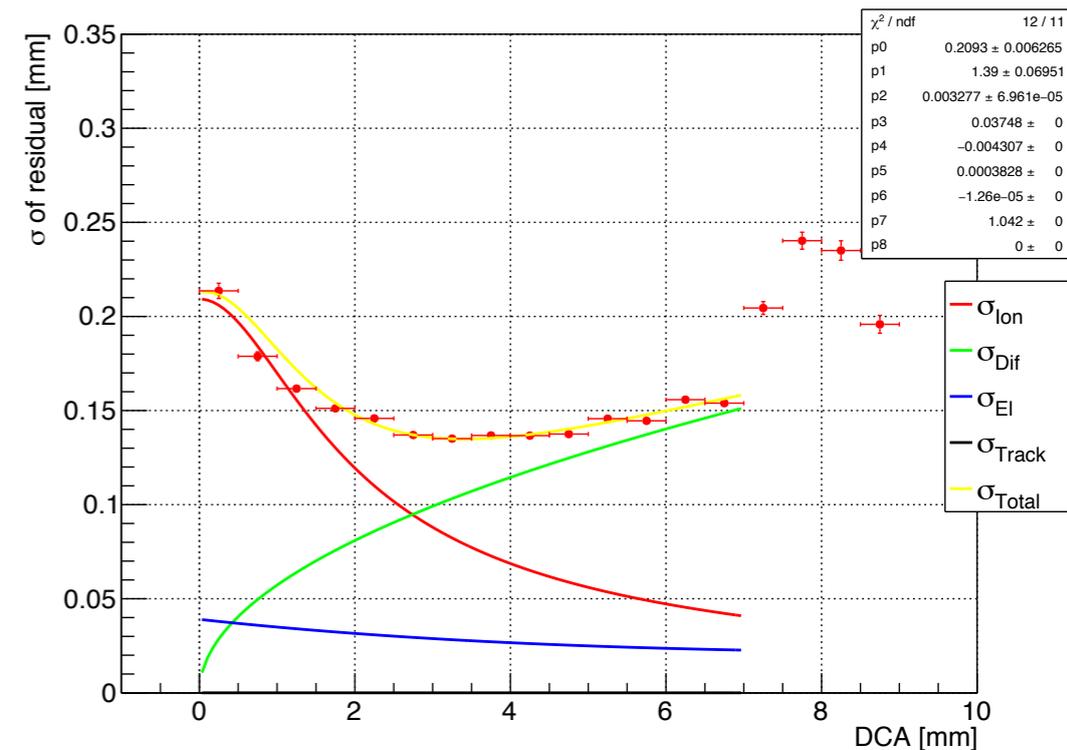
より現実的な評価を行うため

モンテカルロシミュレーションで

初期電子イオン対数の評価式を作成

目標

宇宙線試験の結果から初期電子イオン対数の値を抽出



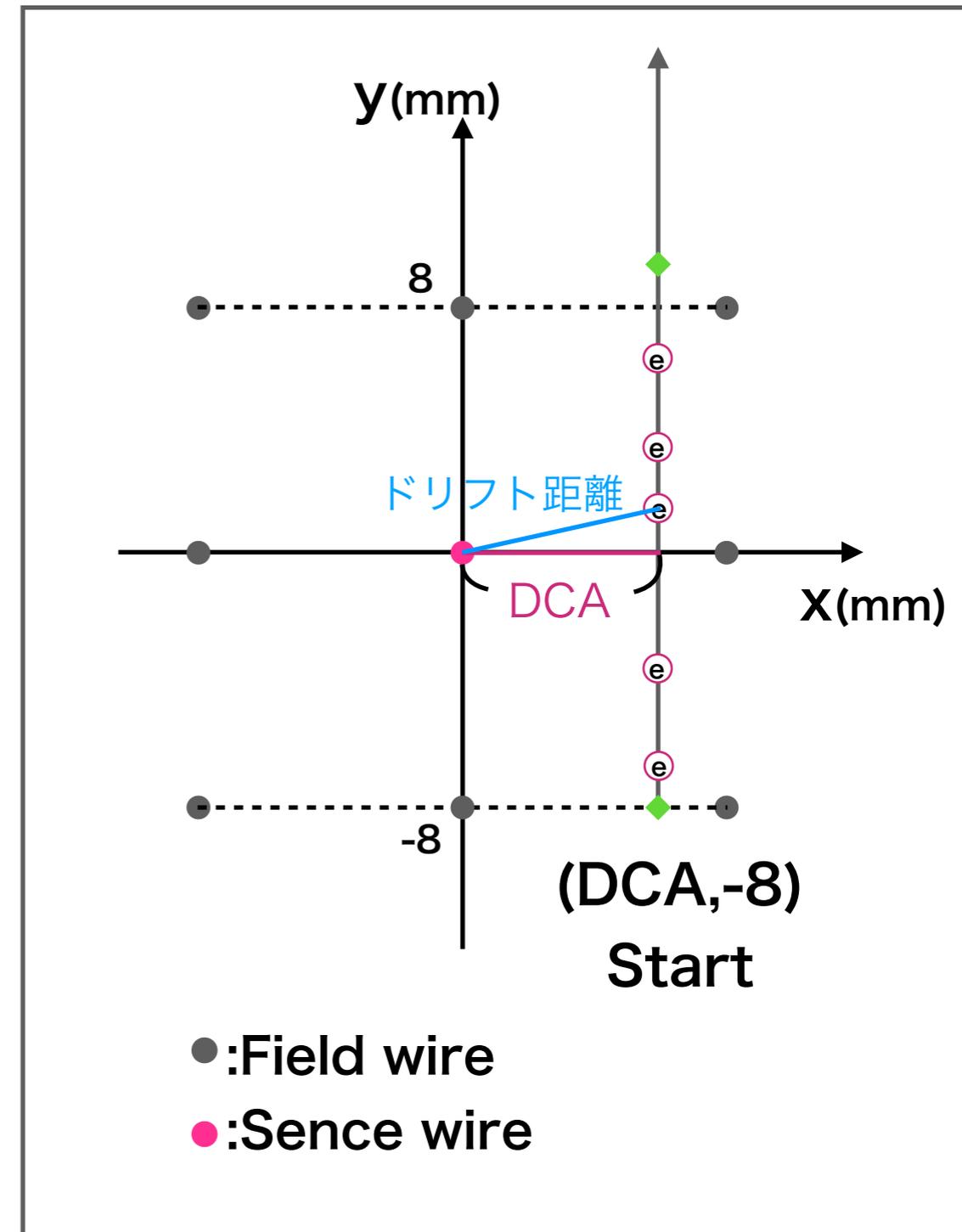
宇宙線試験の結果はガウス関数でフィットした時の標準偏差を使用

# 初期電子イオン対数の評価

---

# シミュレーションの流れ

1. DCAと初期電子イオン対数( $N_p$ )を決定
2. セル内の $x=DCA$ を粒子が通過したと考え、電子が発生する場所を  $e^{-N_p y}$  の分布からランダムに選択
3. 電子がセンスワイヤーに到達し、閾値を超える時間を求め、ドリフト距離を計算
4. 残差 = (ドリフト距離 - DCA) を計算
5. DCA,  $N_p$ ごとに2~4を1万回繰り返し、残差分布を作成
6. 残差分布の68%半区間をプロットし、 $N_p$ ごとにDCAの関数でフィット
7. 5で得られた係数から $N_p$ の評価式を作成



# 信号の重ね合わせを考慮した残差分布の作成

## 閾値

1ドリフト電子がガス増幅で作る電荷は

$$1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 8 \times 10^4 = 1.28 \times 10^{-14} \text{ C} = 12.8 \text{ fC}$$

ガスゲイン

よって電荷に対する閾値は

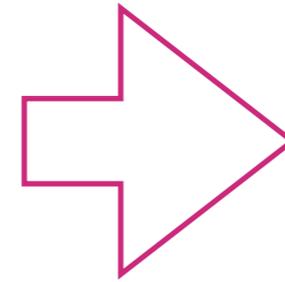
$$\frac{(3600 \text{ mV} - 3800 \text{ mV})}{6.7 \text{ mV/fC}} = -32.8 \text{ fC}$$

閾値

DACの平均

アンプの増幅率

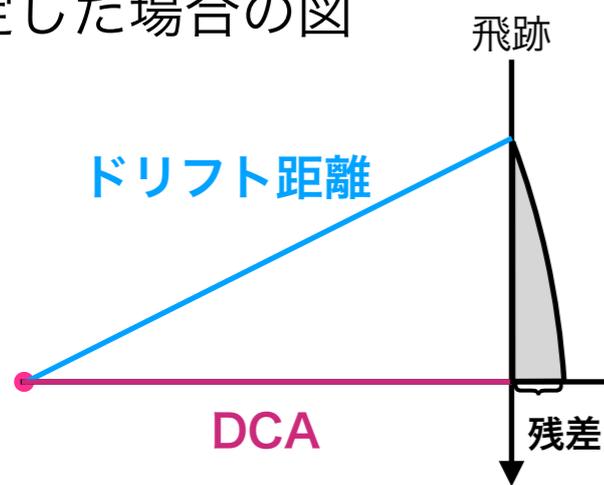
offset値



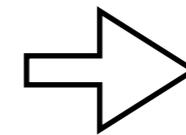
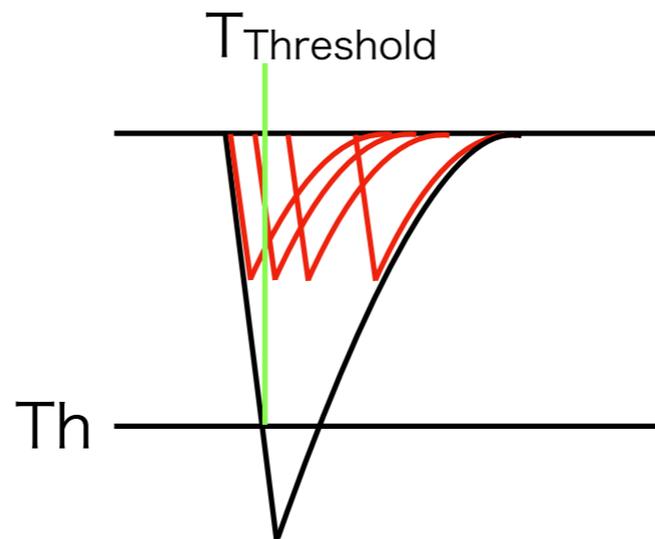
$$\frac{-32.8}{-12.8} = 2.6 \text{ 電子に相当}$$

1電子で閾値を超えると

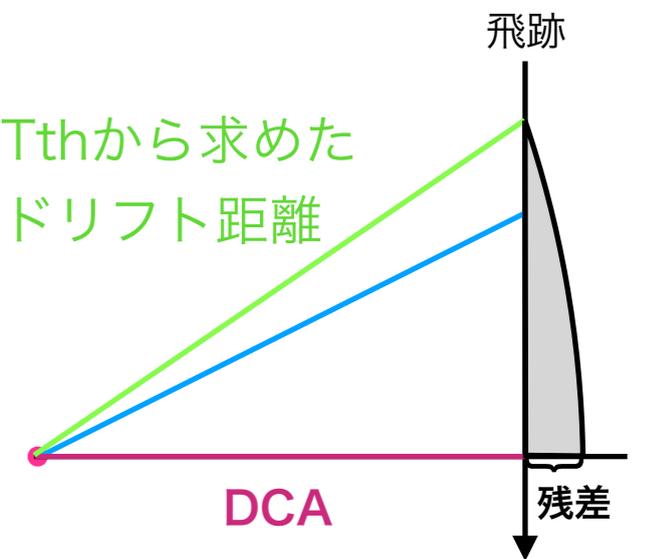
仮定した場合の図



+



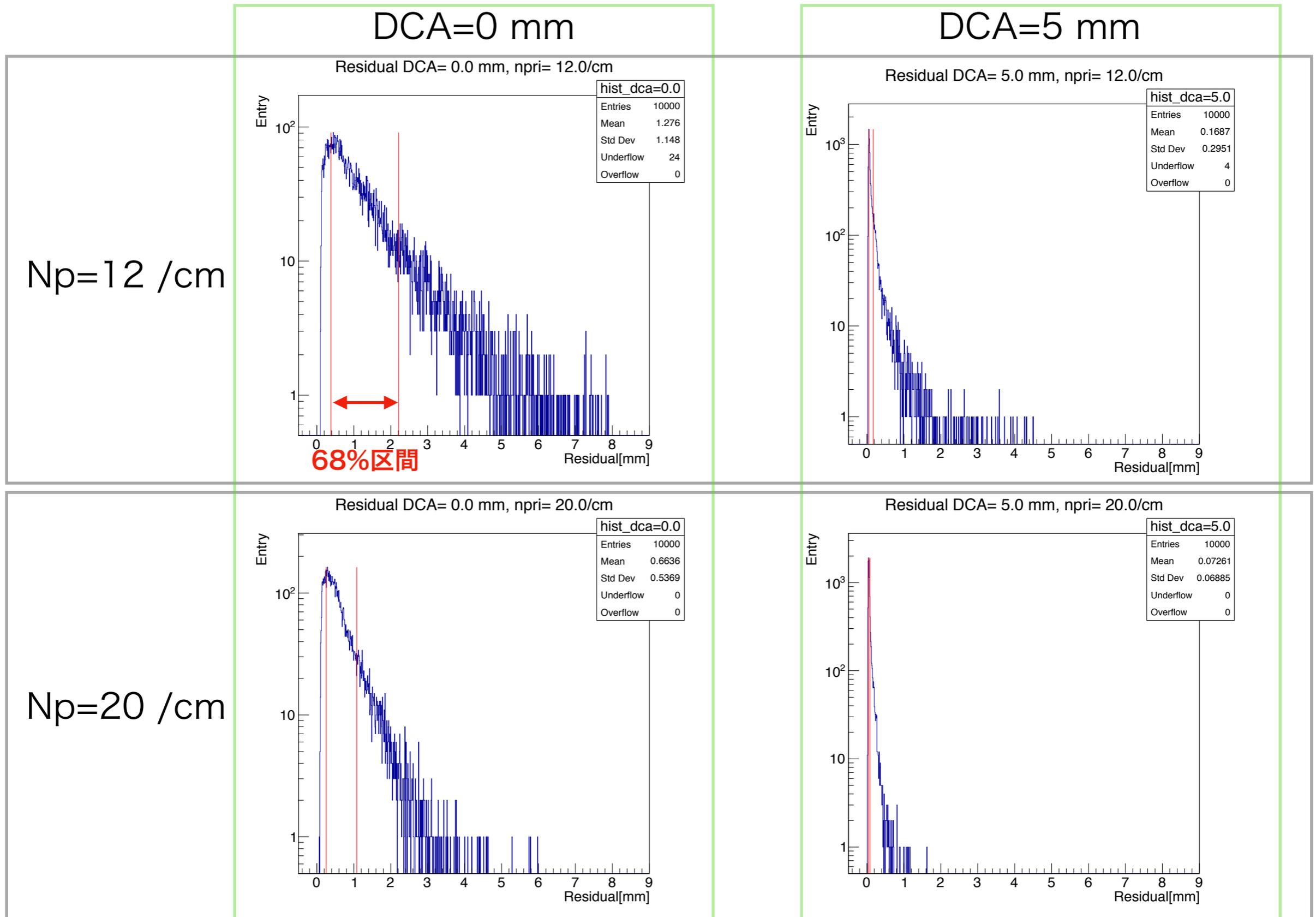
T<sub>th</sub>から求めた  
ドリフト距離



$$\text{残差} = \text{ドリフト距離} - \text{DCA}$$

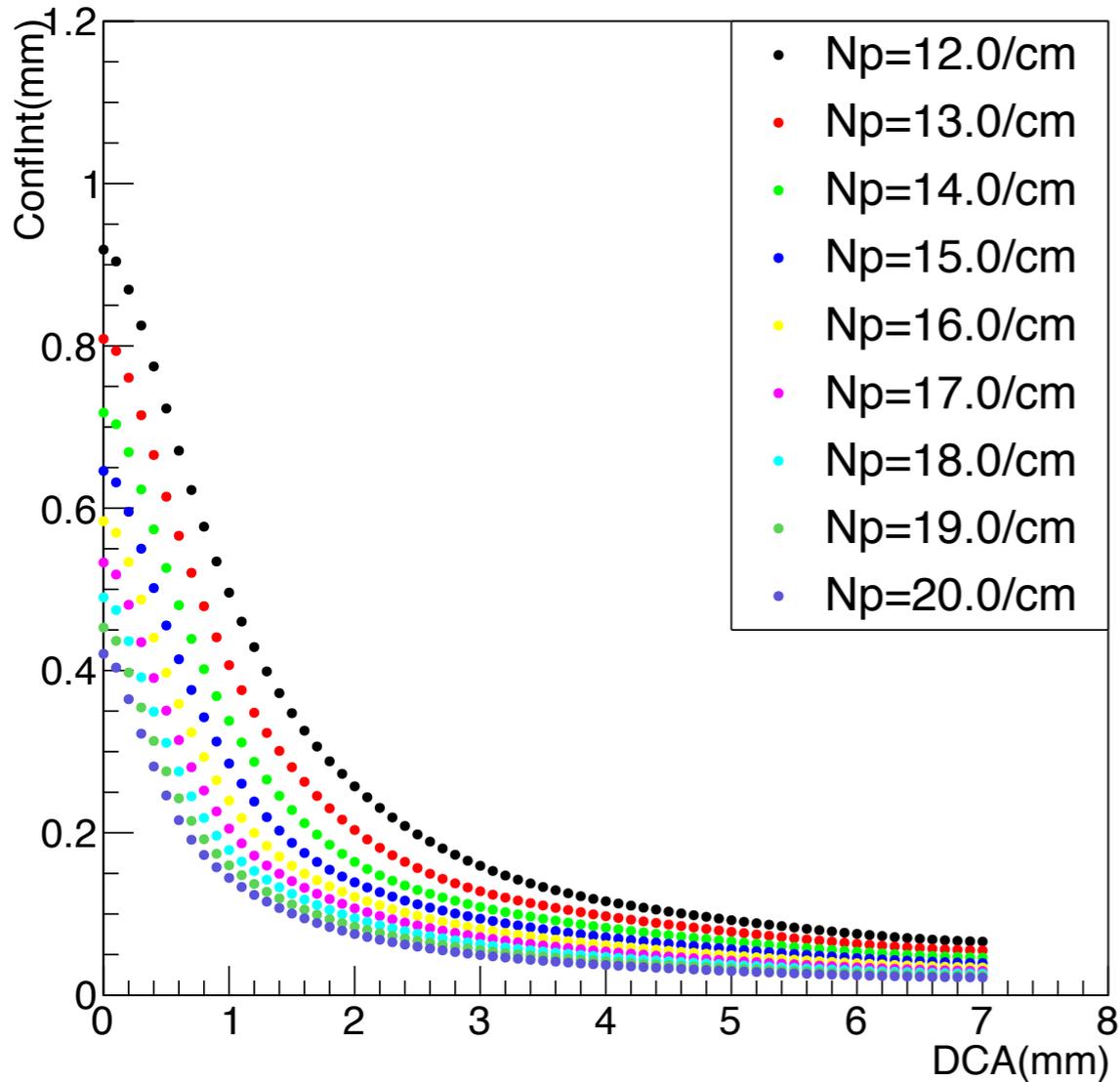
$$\text{残差} = \text{ドリフト距離} - \text{DCA}$$

# シミュレーションで得られた残差分布と68%区間の例

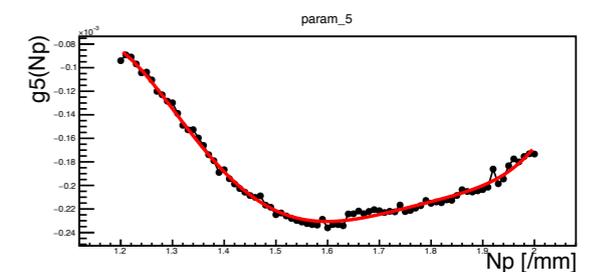
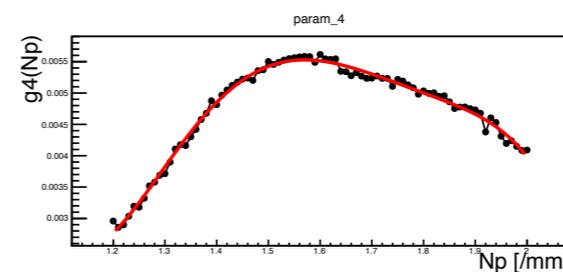
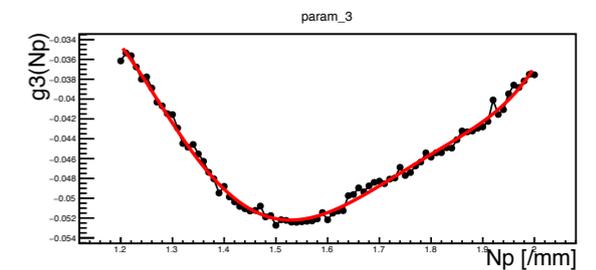
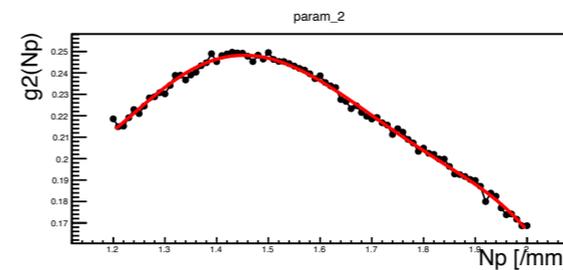
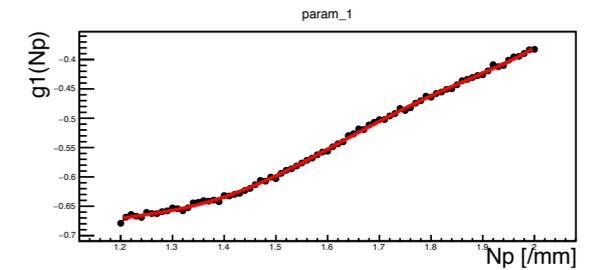
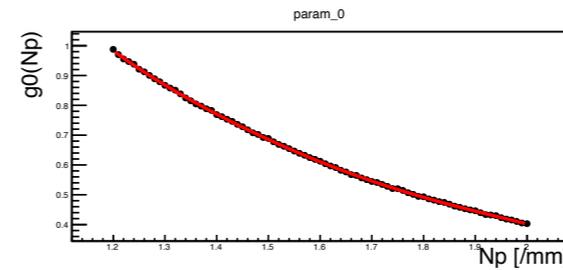


# 初期電子イオン対数の評価式

DCA vs Confidence Interval



左図を $N_p$ ごとにDCAの5次関数でフィット  
縦軸を5次関数の各パラメータ  
横軸を $N_p$ としてプロット



各パラメータを $N_p$ の5次関数でフィット  
 $N_p$ を求める関数が得られる

# 得られた関数を用いて宇宙線試験 (SETUP5) でのNpを求める

## Fit関数

$$f(x)_{total}^2 = f(x)_{ion}^2 + f(x)_{dif}^2 + f(x)_{el}^2 + f(x)_{track}^2$$

↑  
今回作成した関数

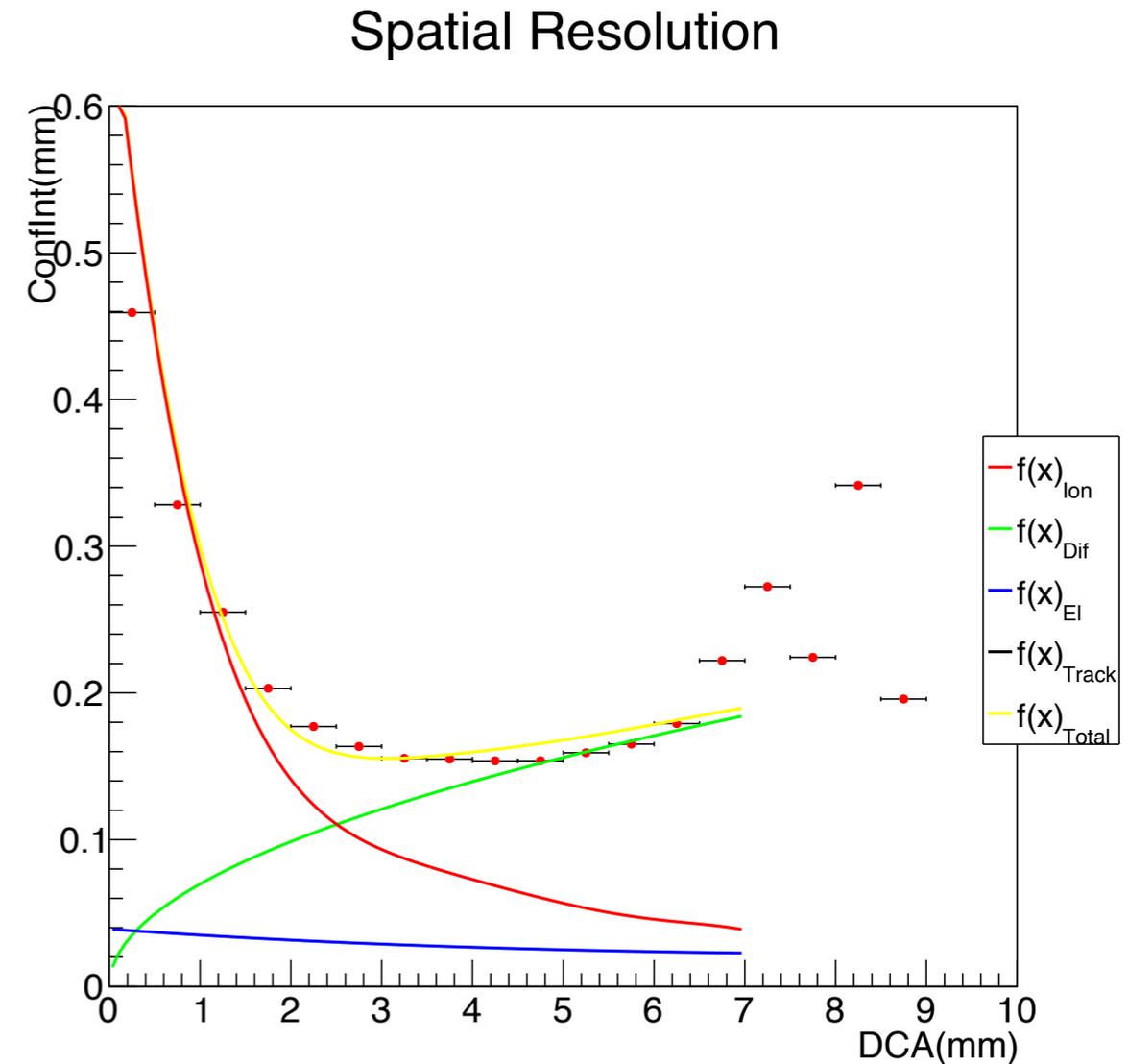
## フィット結果

初期電子イオン対数 :  $N_p = 12.5 \pm 0.1$  /cm  
(最小電離粒子に換算)

拡散の寄与 :  $D = 220 \pm 2$   $\mu\text{m}/\text{cm}^{1/2}$

## 先行研究

KLOE [1]	$13.0 \pm 0.2$ /cm
KLOE prototype [2]	$12.3 \pm 0.2$ /cm
理論値(S. Tavernierの論文 [3])	13.5 /cm
理論値(Sharma & Sauliの論文 [4])	12.7 /cm
Garfieldシミュレーション	$D = 160$ $\mu\text{m}/\text{cm}^{1/2}$



今回の結果では初期電子イオン対数は先行研究と一致する

拡散の寄与はGarfieldシミュレーションよりも大きな値となったが、これは宇宙線試験のデータにおける誤差を考慮していないためであると考えられる

また、Fitにおいてトラッキングエラーを無視していることも一因であると考えられる

[1] M. Adinolfi, The tracking detector of the KLOE experiment, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 488, 68 (2002)

[2] C. Avanzini, Test of a small prototype of the KLOE drift chamber in magnetic field, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 449, 243 (2000)

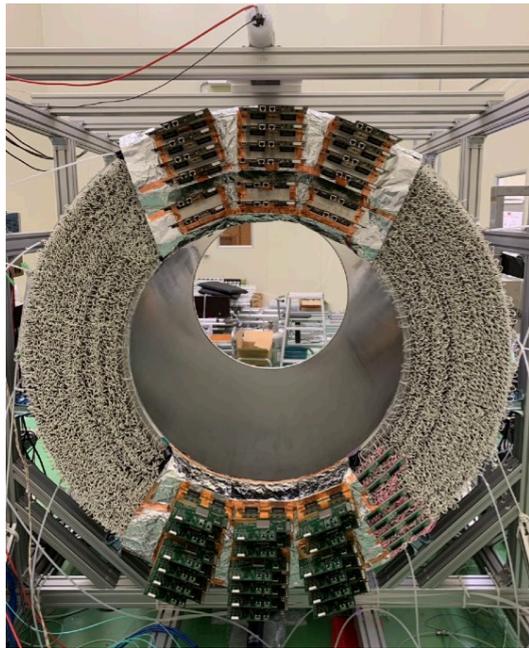
[3] S. Tavernier, Experimental Techniques in Nuclear and Particle Physics, Springer, 108 (2010)

[4] Sharma & Sauli, Low mass gas mixtures for drift chambers operation, NIM A 350, 470 (1994)

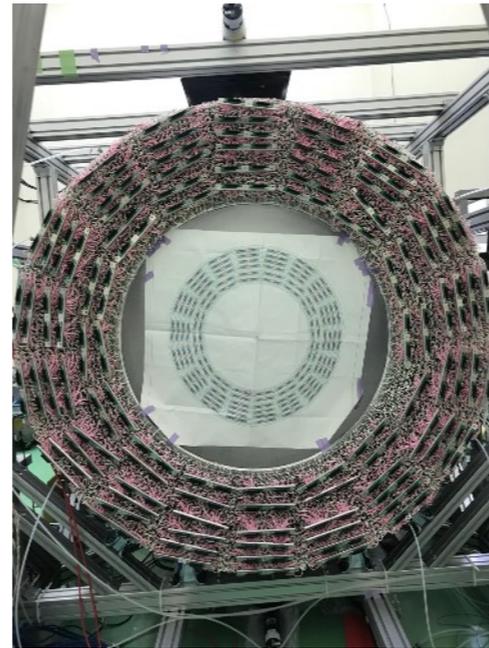
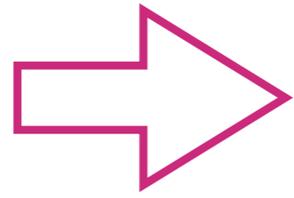
# 宇宙線試験のアップグレード

---

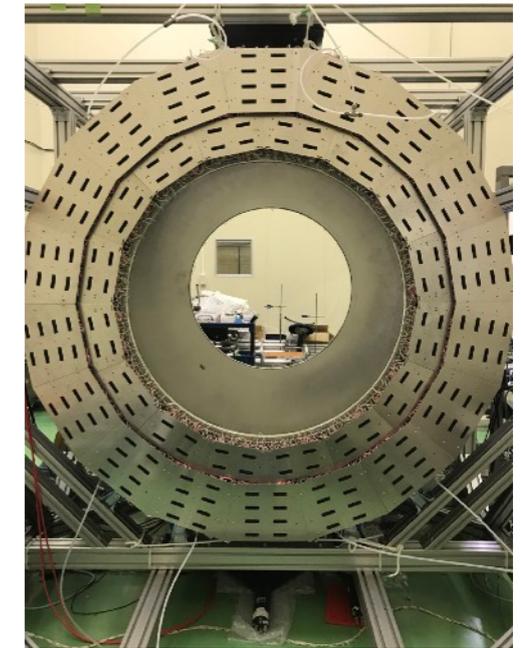
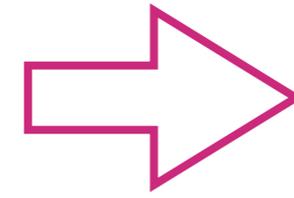
# 宇宙線試験のアップグレード



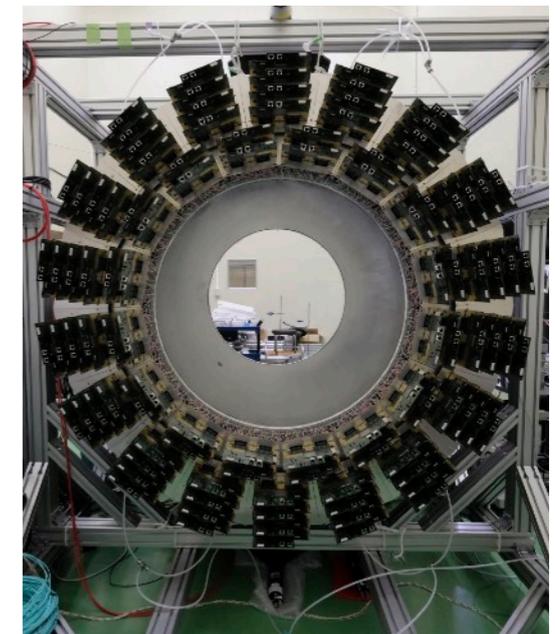
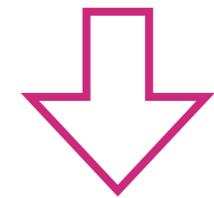
昨年度のセットアップ  
(SETUP5)



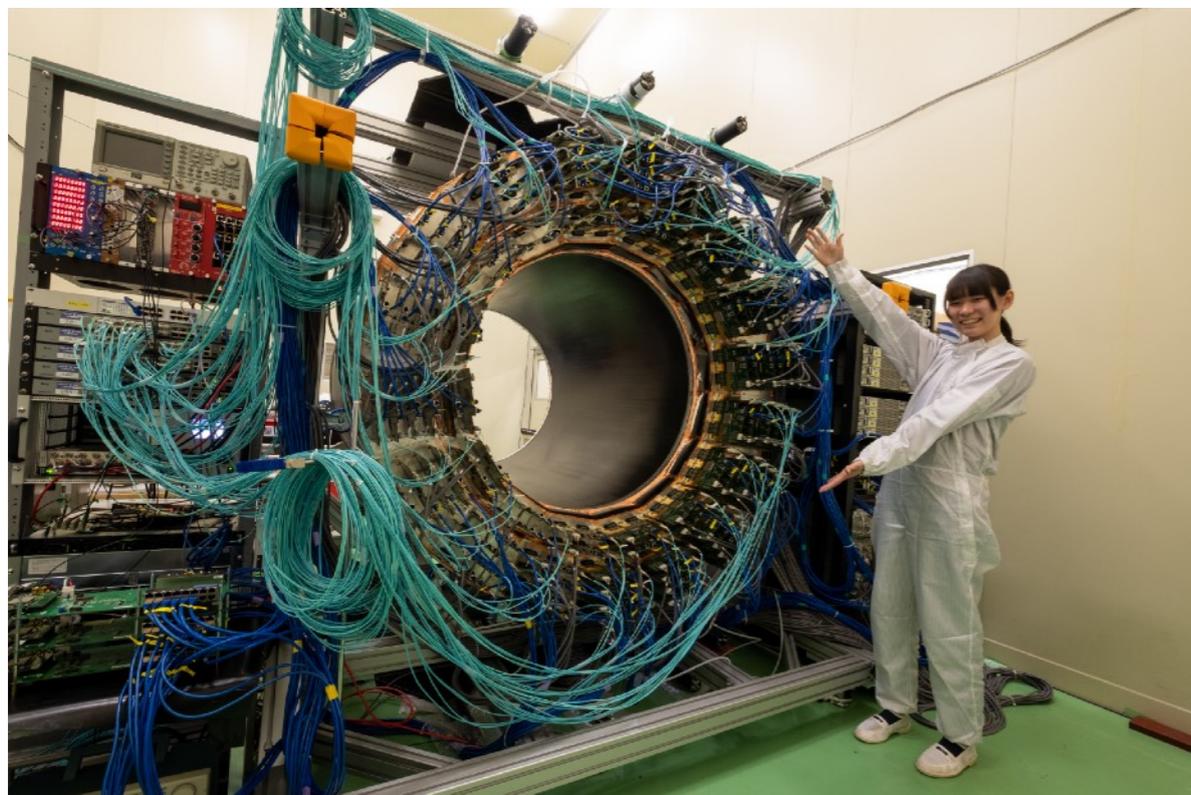
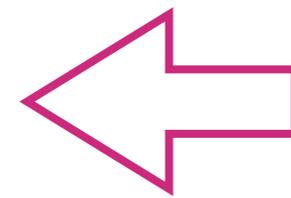
全ての読み出しケーブルを  
取り付ける



RECBE固定板を取り付ける



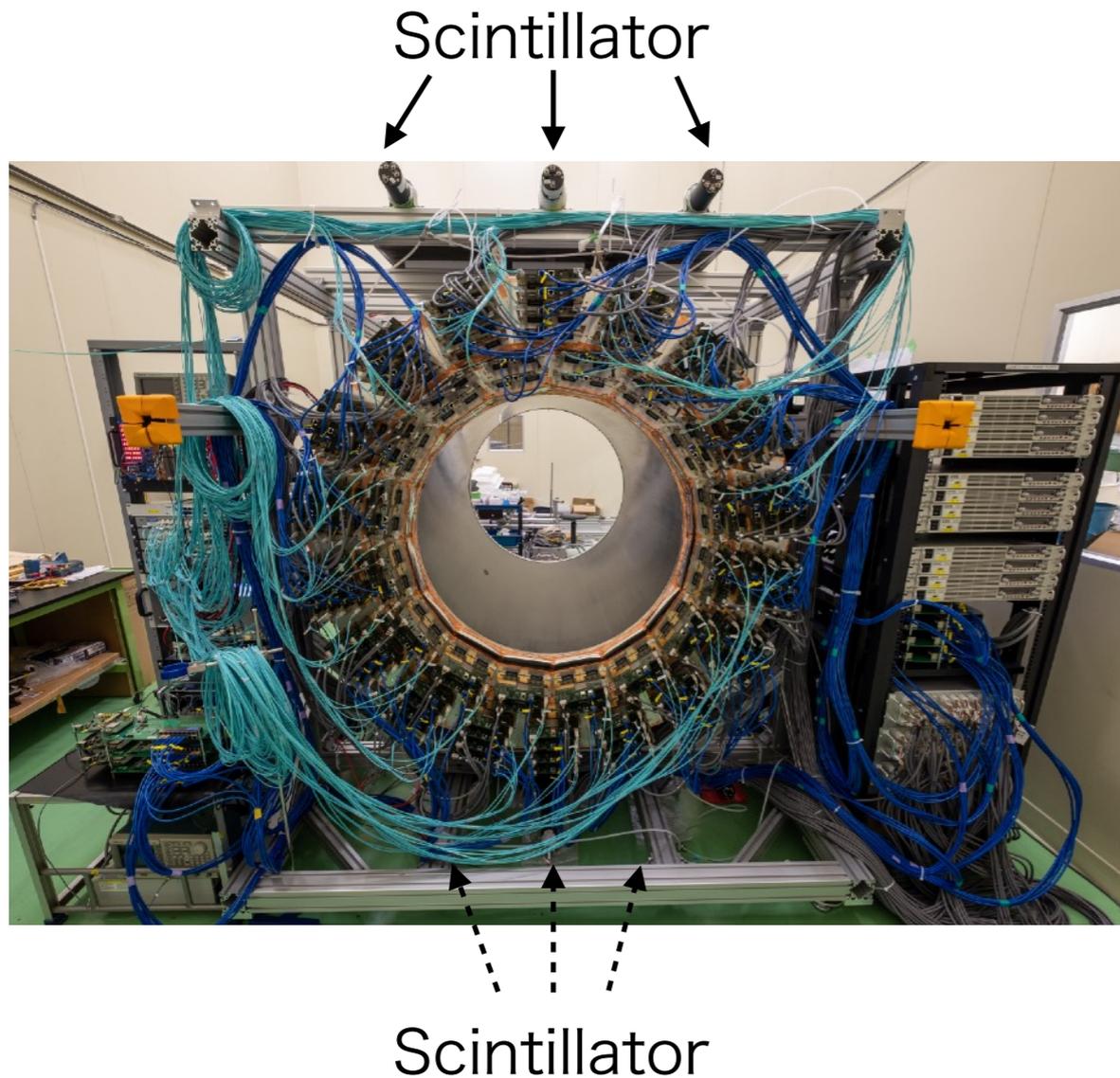
RECBE104枚を配置



全てのケーブルを配線

**完了!!!**

# COMET-CDCの宇宙線試験 (SETUP6)



## Motivation

これまで

CDC全体の約30%を使用 (SETUP5)

今年度のアップグレード後

全領域が使用可能 (SETUP6)

取得した宇宙線試験データを用いてCDCの性能を確認することが目的

特にCDCの位置分解能の評価を行う

## セットアップ

HV : 1800V

Gas Mix : He:i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> = 90:10

Trigger : シンチのコインシデンス

Trigger Rate : ~30Hz

## トリガーシンチレーションカウンター



×6

1130 mm x 440 mm x 6.5 mm

## データ収集

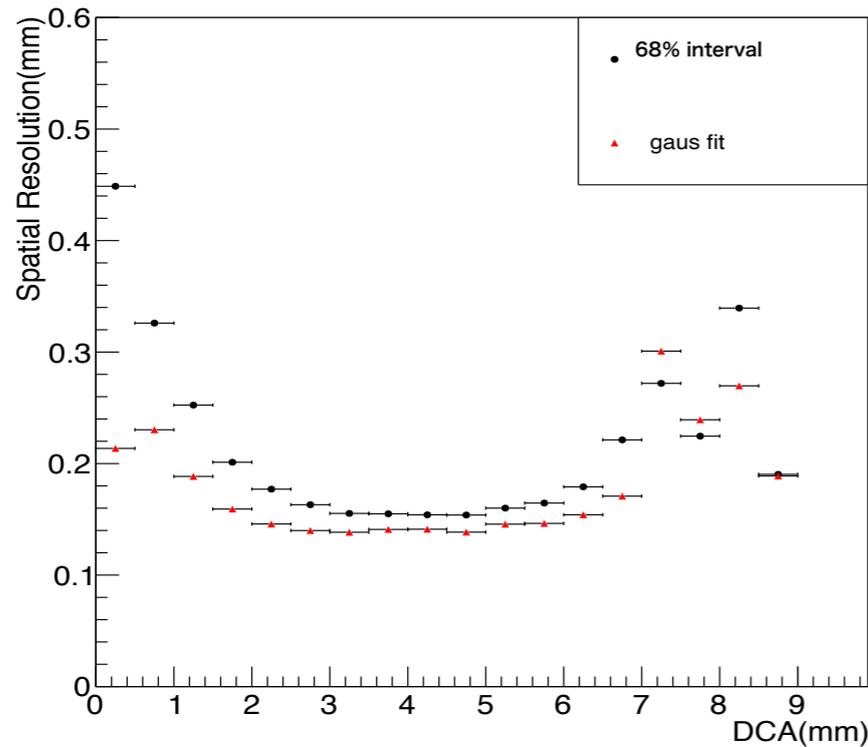
期間 : 2019年12月20日~27日

取得イベント数 : 約1000万イベント

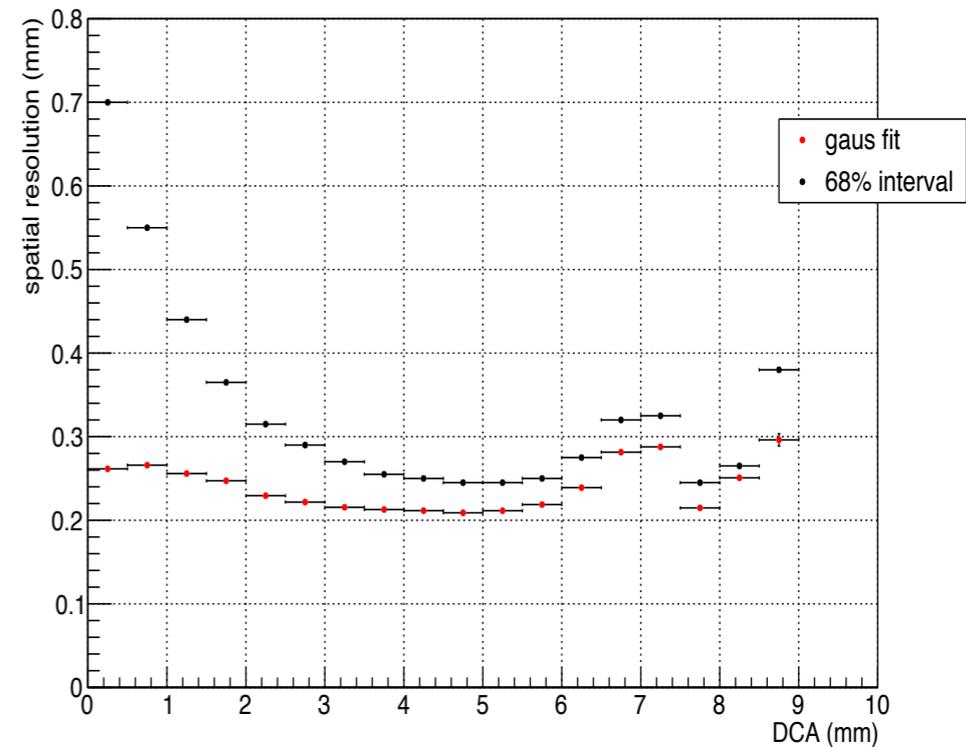
解析イベント数 : 200万イベント

# 位置分解能の比較

昨年度の結果 (SETUP5)



今年度の結果 (SETUP6)



ほとんどのDCAにおいて、昨年度の方が位置分解能が良いという結果になった。  
これはCDCの印加電圧と閾値が異なるためであると考えられる。

	昨年度	今年度
<b>HV</b>	1825 V	1800 V
<b>閾値</b>	3600 mV	3500 mV
<b>電荷に対する閾値</b>	2.6 電子	5.9 電子
<b>位置分解能</b>	167 $\mu\text{m}$ 以下	246.2 $\pm$ 0.2 $\mu\text{m}$

今年度の試験ではノイズレベルを落としきれなかったため、閾値を高め設定している  
ノイズレベルを下げ、十分に低い閾値を設定することが必要

# まとめ

- COMET実験はミュオン電子転換過程を探索する実験である。
- CDCはCOMET実験Phase-Iにおける重要な検出器であり、現在宇宙線を用いた性能評価試験が行われている。
- 位置分解能のうち初期電子イオン対数に依存する項の評価式を、モンテカルロシミュレーションで作成した。
- これまで使用していた近似式では $7.2 \pm 0.4$  /cmとかなり小さい値となっていた。
- 今回作成した評価式を用いると、最小電離粒子に換算後の値で $12.5 \pm 0.1$  /cm という値を得た。これは先行研究や理論値とも一致する。より現実的な評価式を作成できた。
- CDCの読み出し領域を拡張し、CDC全体を使用した宇宙線試験でデータ取得が可能となったことを確認した。拡張後の試験によって得られたデータで飛跡再構成を行い、位置分解能を求めると  $246.2 \pm 0.2$   $\mu\text{m}$  という値を得た。この結果は昨年度の $167$   $\mu\text{m}$  に比べて悪化している。
- 今後ノイズレベルをさらに落とし、十分に低い閾値を設定することが重要である。

back up

# 位置分解能と運動量分解能

運動量分解能は次式で表される

$$\left(\frac{\sigma_{P_t}}{P_t}\right)^2 = (aP_t)^2 + b^2$$

$$a = \frac{\sigma_{r\phi}}{0.3BL^2} \sqrt{\frac{720}{N+5}}$$

$$b = \frac{0.054}{LB} \sqrt{\frac{L}{X_0}} \left[1 + 0.038 \ln \frac{L}{X_0}\right]$$

aは測定点と位置分解能の寄与、bは多重散乱の寄与

B：磁場の強さ (T)

L：測定する長さ (m)

$\sigma_{r\phi}$ ：位置分解能(m)

N：測定点の数

$X_0$ ：ガス中での放射長(m)

$P_t$ ：荷電粒子の運動量(GeV/c)

105 MeV/cの電子に対して運動量分解能が200 keV/c以下が要求されている  
COMET-CDCにおいては多重散乱の寄与が優勢

今年度の位置分解能246  $\mu\text{m}$ でも要求運動量分解能は達成される

# 最小電離粒子に換算

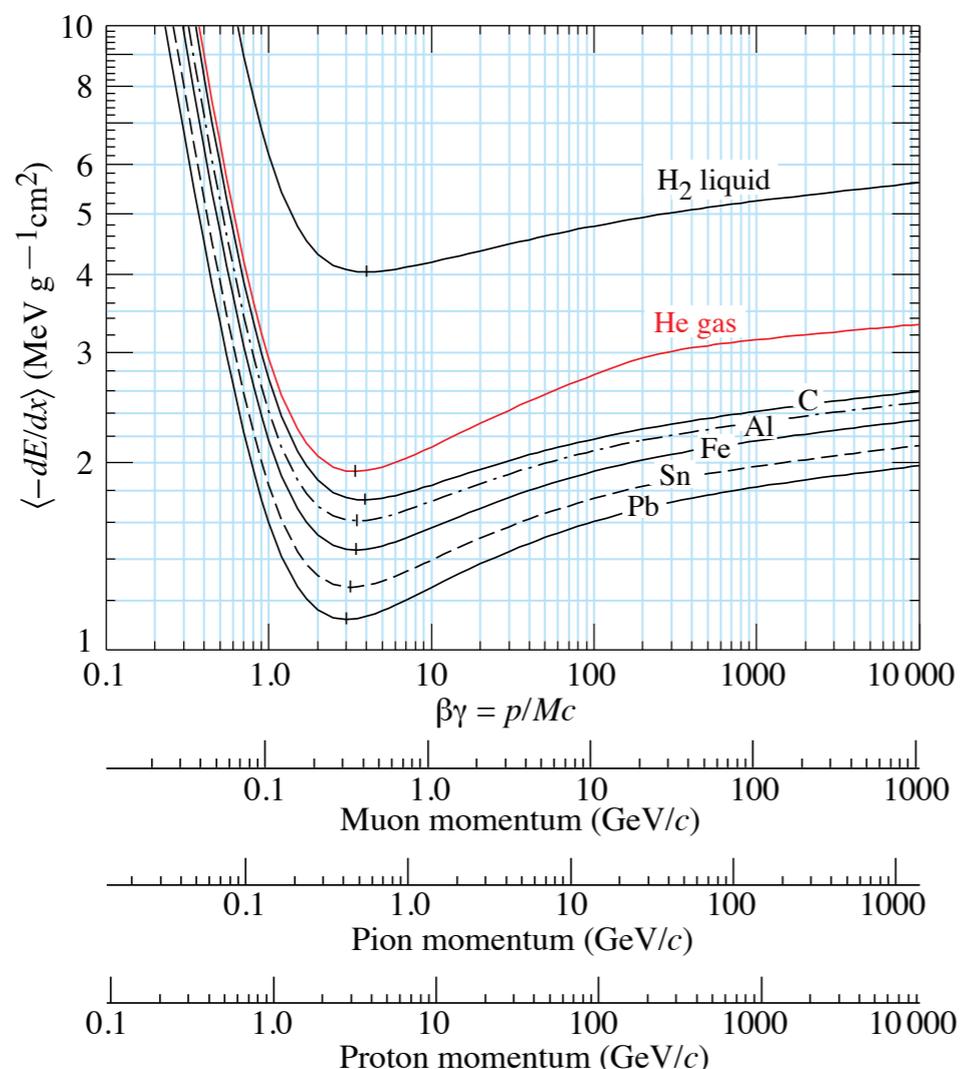
宇宙線の平均エネルギー  
 ~4 GeV

このときヘリウムガス中でのエネルギー損失は  
 約2.4 MeV/gcm<sup>2</sup>

最小電離粒子の場合は  
 約2.0 MeV/gcm<sup>2</sup>

したがってエネルギー損失は1.2倍  
 →初期電子数も1.2倍

よって15.0 /cmを最小電離粒子に換算すると  
 12.5 /cm



**Figure 33.2:** Mean energy loss rate in liquid (bubble chamber) hydrogen, gaseous helium, carbon, aluminum, iron, tin, and lead. Radiative effects, relevant for muons and pions, are not included. These become significant for muons in iron for  $\beta\gamma \gtrsim 1000$ , and at lower momenta for muons in higher- $Z$  absorbers. See Fig. 33.23.

# 得られた関数を用いて宇宙線試験 (SETUP6) での $N_p$ を求める

パラメータ	昨年度(SETUP5)	今年度(SETUP6)
閾値	3600 mV	3500 mV
HV	1825 V	1800 V
1電子が増幅されて作る電荷	12.8 fC	8.8 fC
電荷に対する閾値	$(3600 \text{ mV} - 3820 \text{ mV}) \div 6.7 \text{ mV/fC} = -32.8 \text{ fC}$ $32.8 / 12.8 = 2.6 \text{ electrons}$	$(3500 \text{ mV} - 3820 \text{ mV}) \div 6.7 \text{ mV/fC} = -51.6 \text{ fC}$ $51.6 / 8.8 = 5.9 \text{ electrons}$

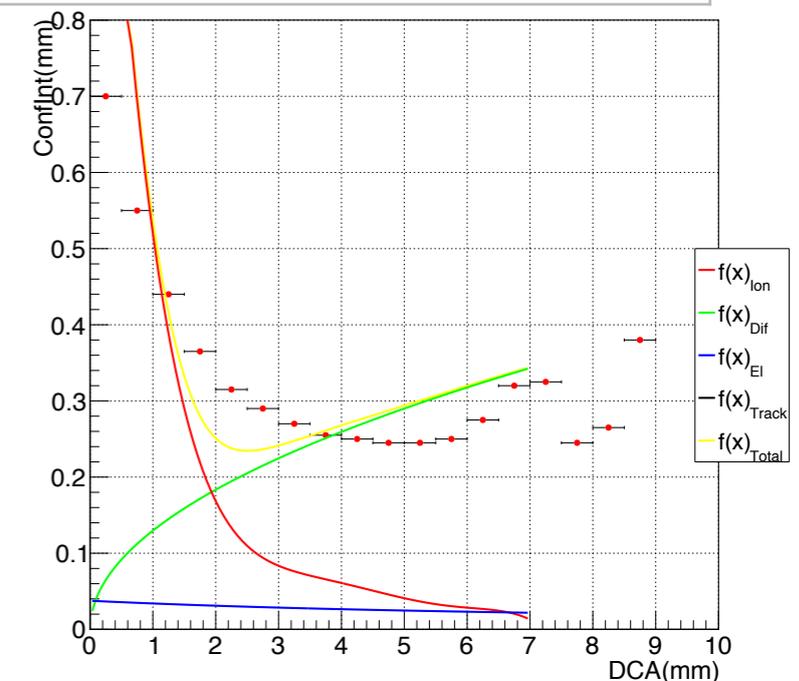
電荷に対する閾値を変更して再びシミュレーションを行い、新たな評価式を作成した。

( $N_p = 12.0 \sim 39.0 / \text{cm}$  の範囲で作成)

## フィット結果

初期電子イオン対数： $N_p = 28.1 / \text{cm}$

拡散の寄与： $D = 410 \mu\text{m}/\text{cm}^{1/2}$

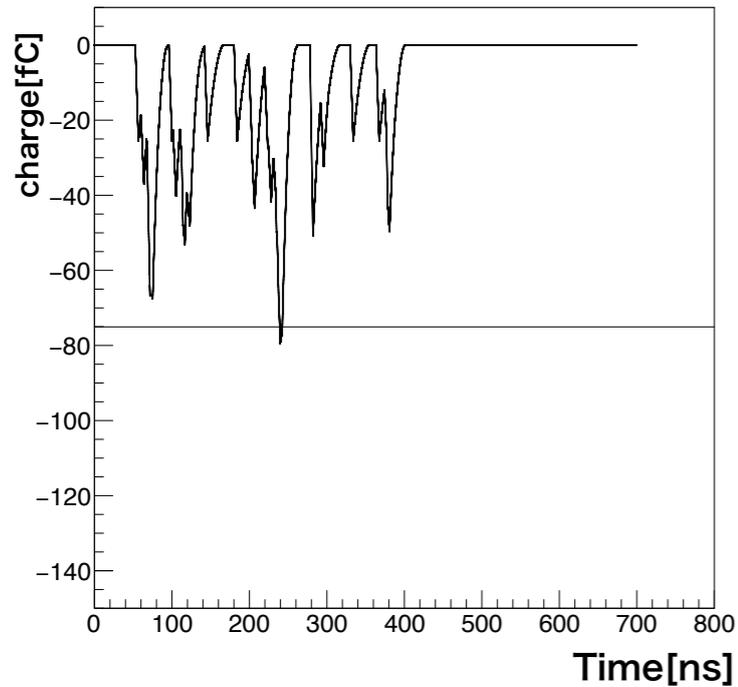


今回の結果では明らかにフィットが合わず、初期電子イオン対数や拡散係数も大きすぎる値となった。これはシミュレーションにおいては電子が作る信号のみを考えており、イオンの移動による信号を考慮していないことが一因であると考えられる。

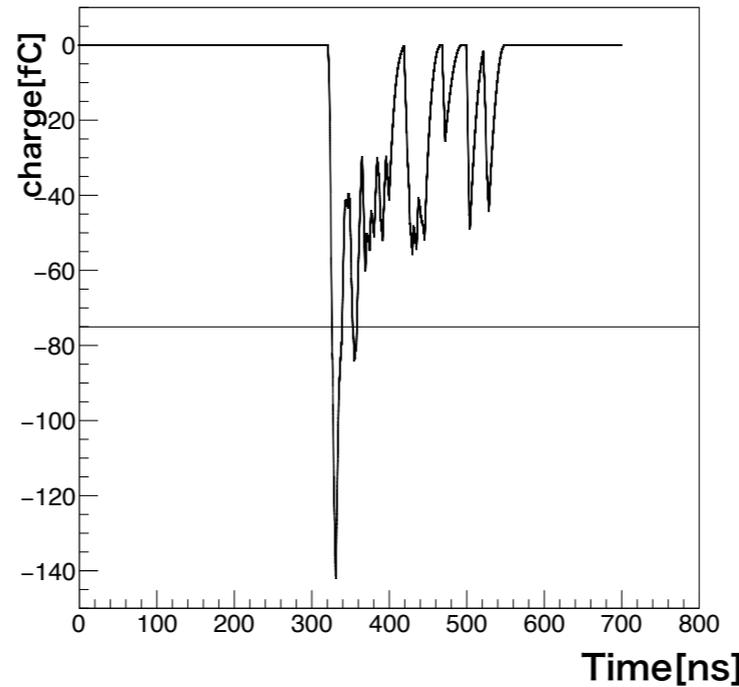
今年度のセットアップのように電荷に対する閾値が高いときは正しく初期電子数を評価できない。

# シミュレーションで得られた波形と残差分布の例(SETUP6)

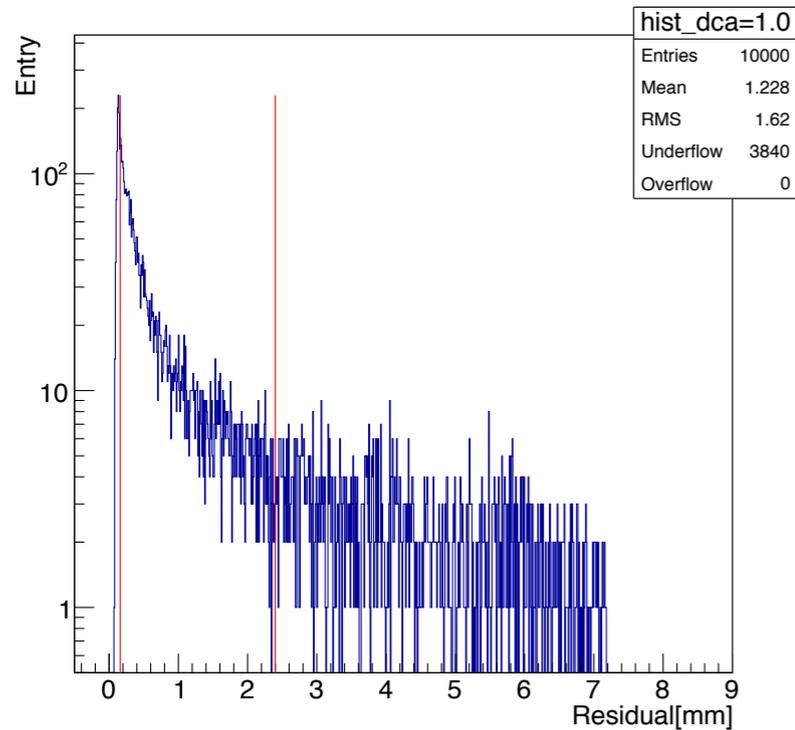
Np=12.0/cm,DCA=1.0mm



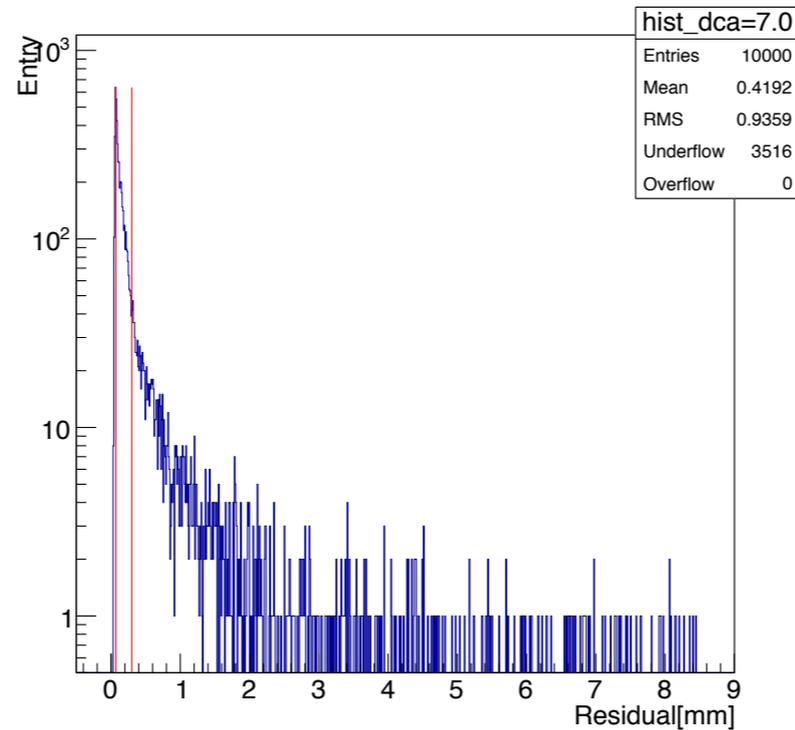
Np=18.0/cm,DCA=7.0mm



Residual DCA= 1.0 mm, npri= 18.0 /cm



Residual DCA= 7.0 mm, npri= 12.0 /cm

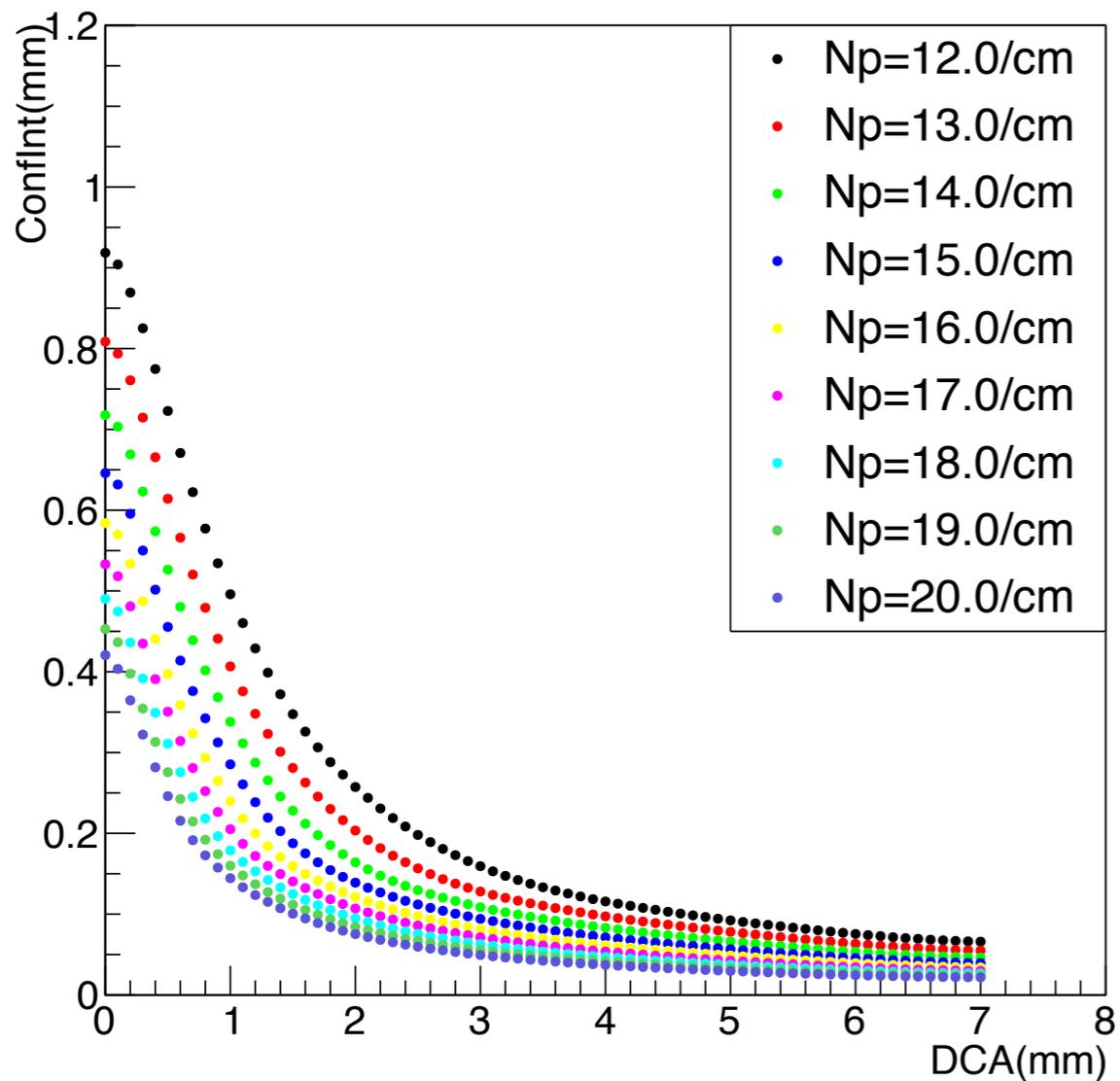


赤線の間が68%区間  
この半分の値が68%半区間

# 比較

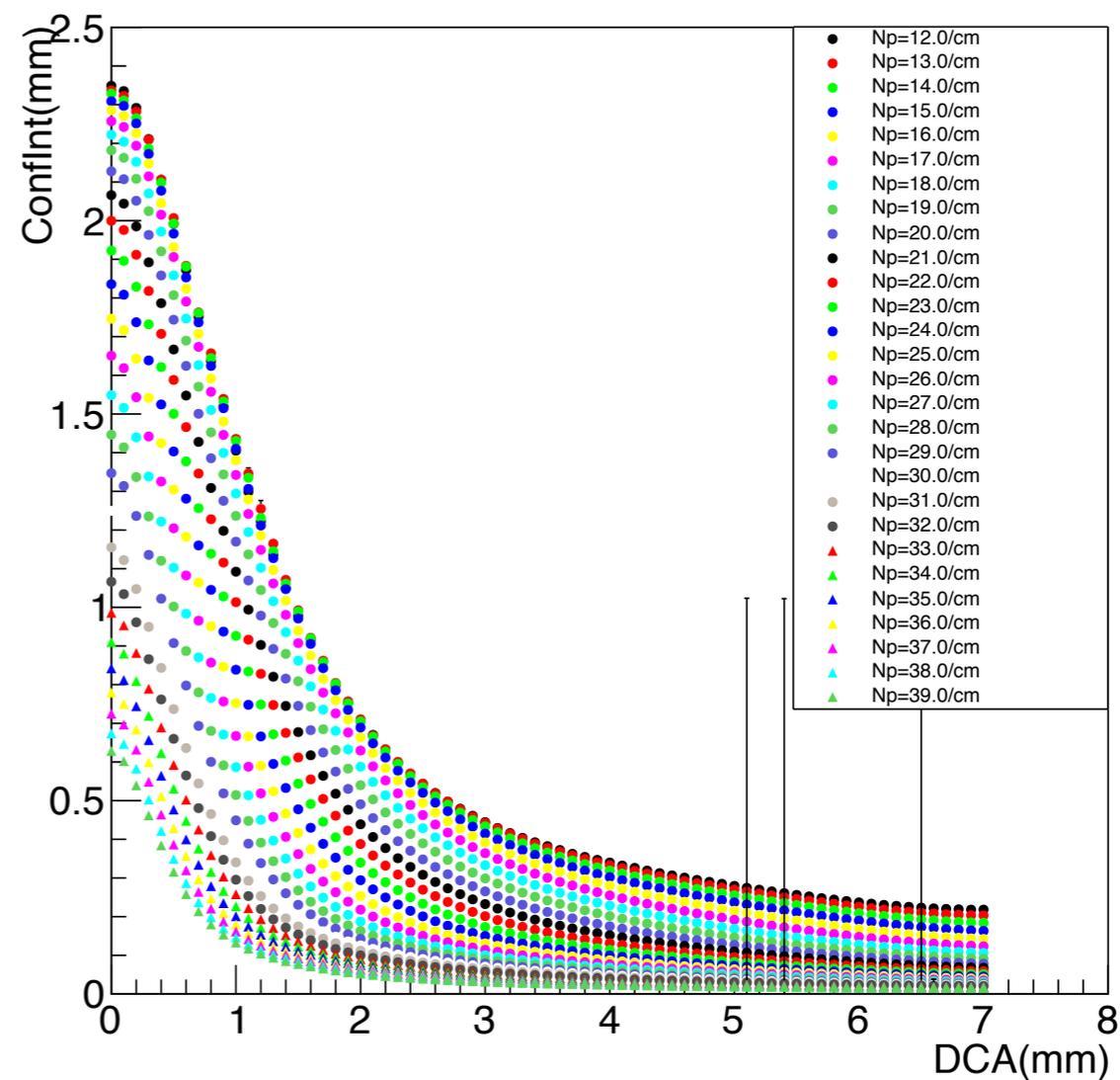
## SETUP5

### DCA vs Confidence Interval



## SETUP6

### DCA vs Confidence Interval



# 飛跡再構成

## 飛跡再構成の流れ

TDC値を得る

飛跡再構成

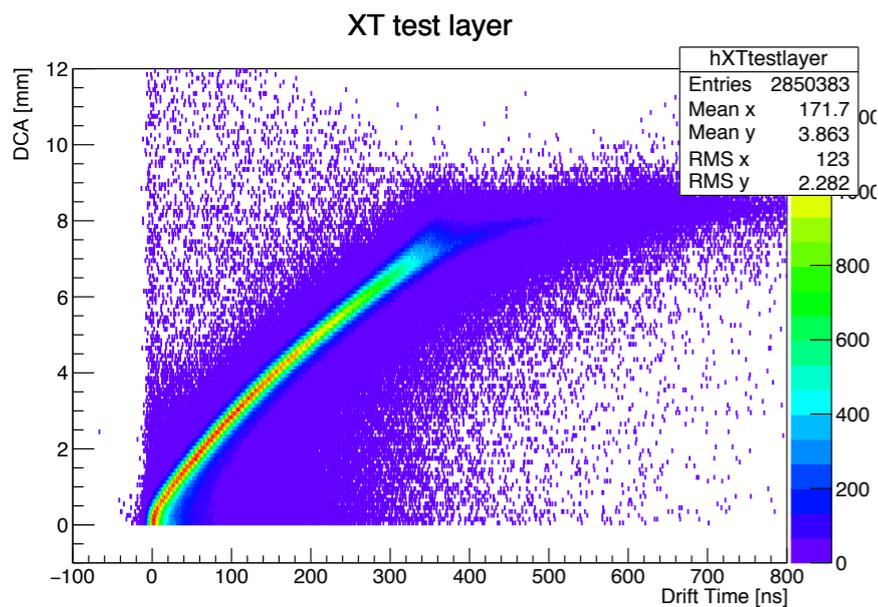
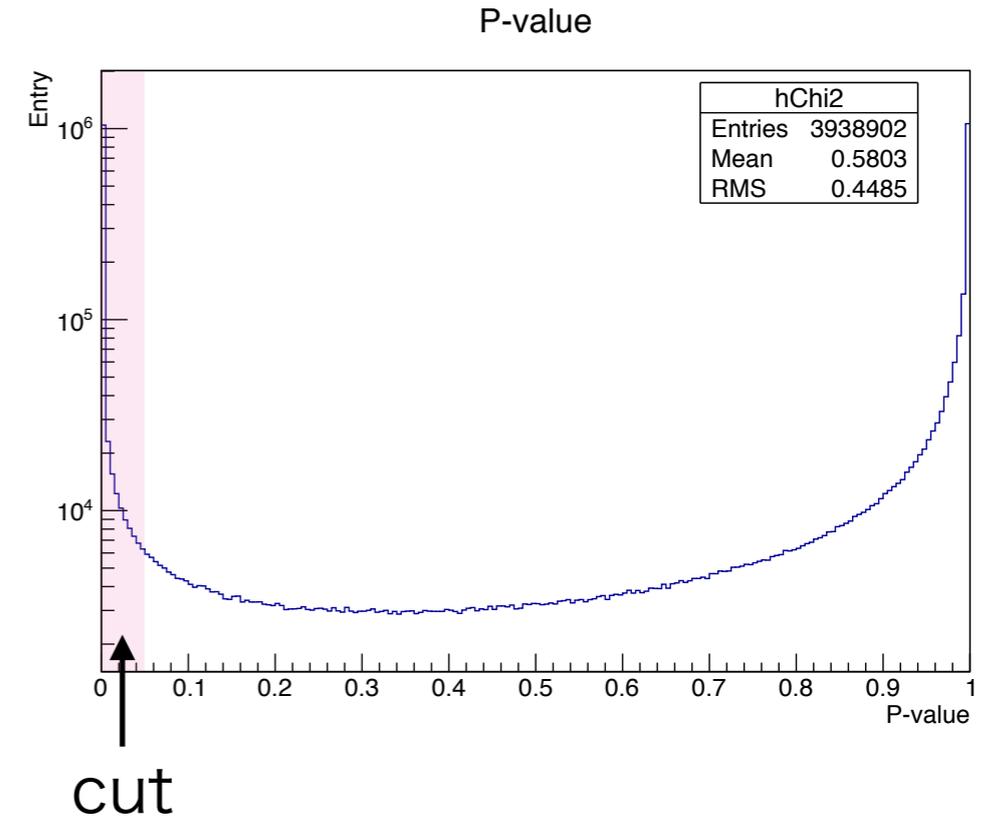
イベント選別

(P-value > 0.05)

新しいXT関係を得る

結果

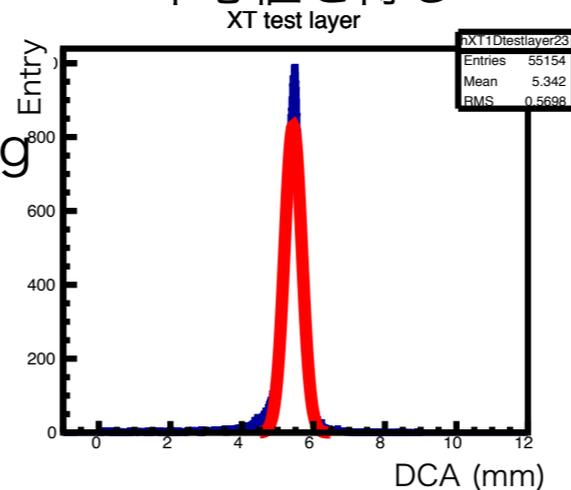
Iteration



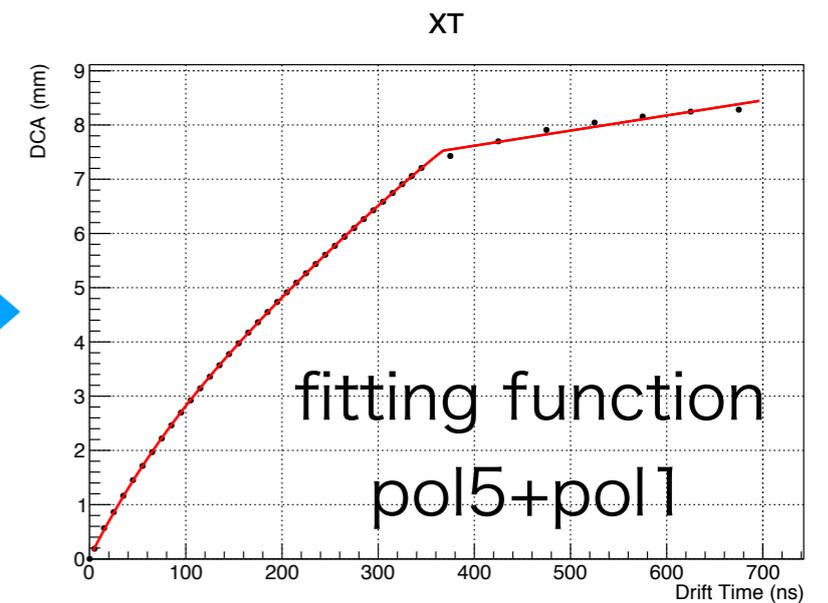
profiling

ガウス関数でフィットし

中心値を得る



plot

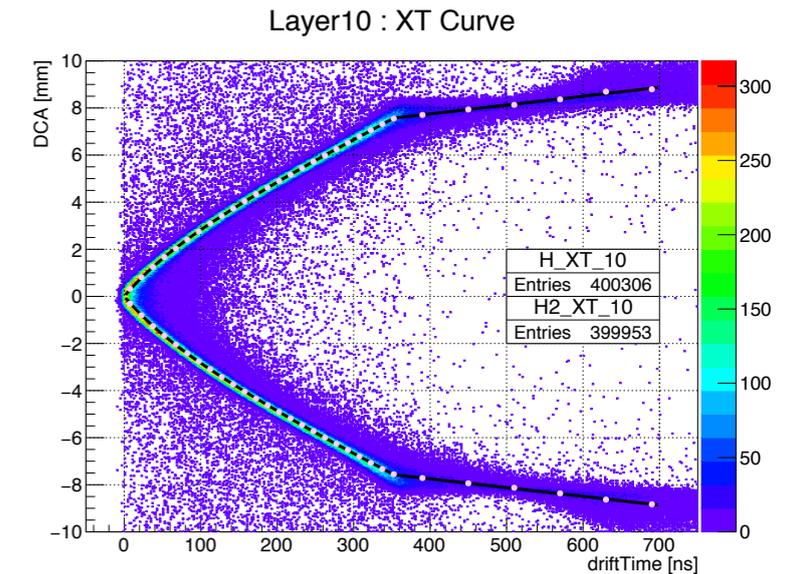
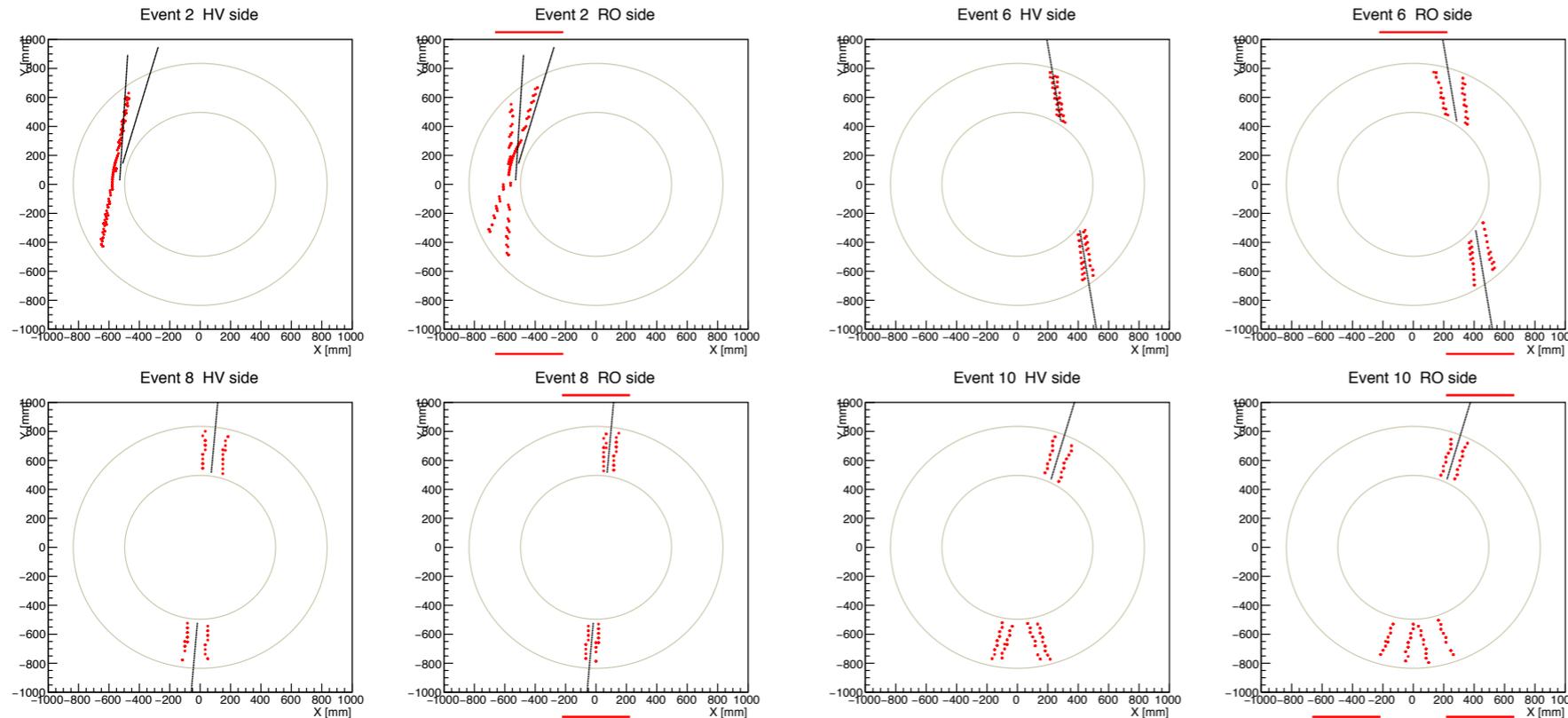


# 飛跡再構成

## How to get drift distance

Use the XT curve to convert drift time to drift distance.  
For the first iteration, I used the XT curve which Matsuda-san made.

## Event Display



from Matsuda-san's master thesis

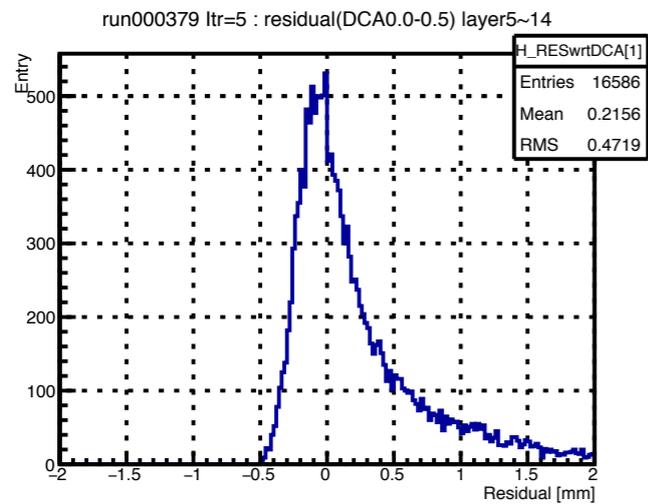
If a layer has multi hits, or one event has more than two cosmic rays,  
I can't find the true track.

→ This will be solved by using new tracking algorithm that Nakatsugawa-san made.

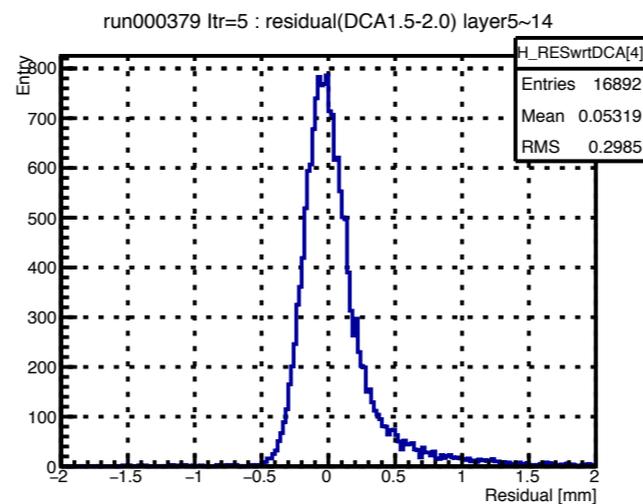
# 残差分布における幾何学的な要因

DCAが小さいとテールが大きくなる

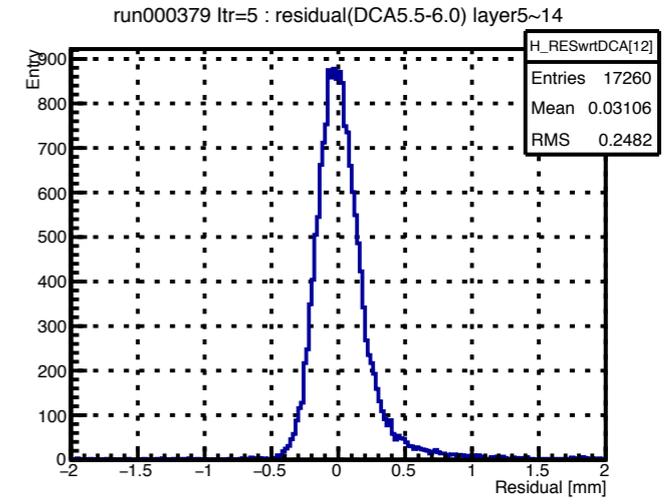
DCA=0~0.5 mm



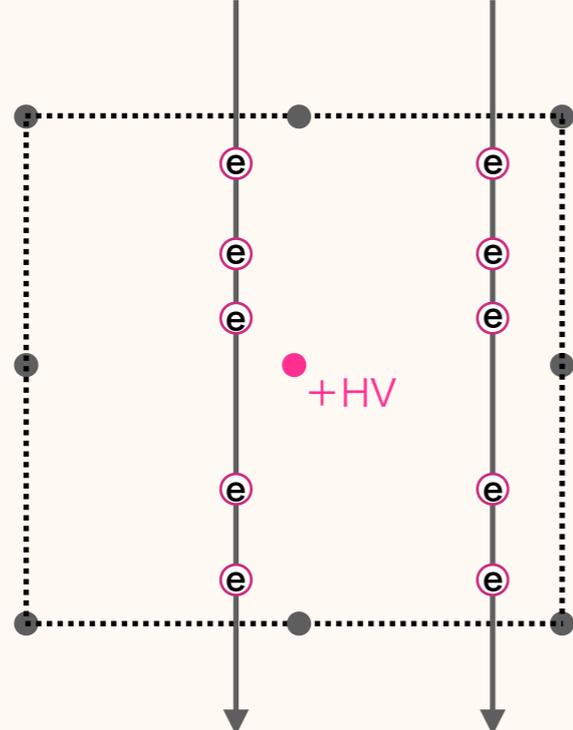
DCA=1.5~2 mm



DCA=5.5~6 mm

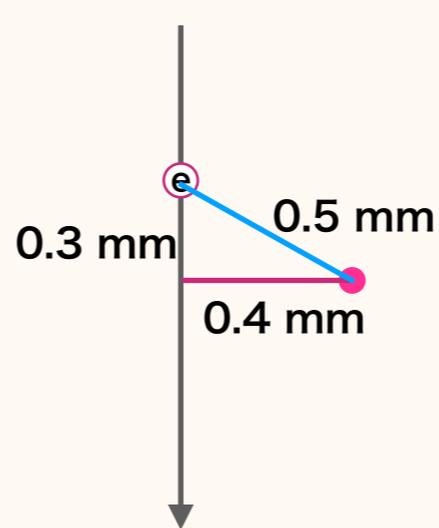


飛跡 #1 飛跡 #2



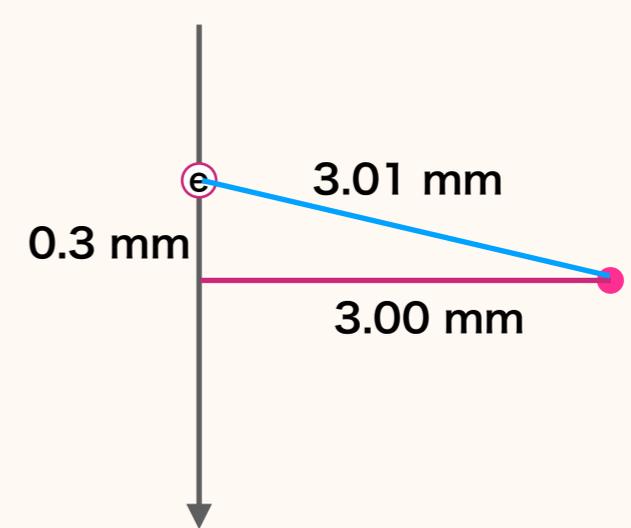
残差 = ドリフト距離 - DCA

飛跡 #1



残差 = 0.1 mm

飛跡 #2

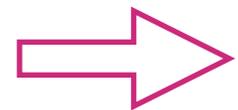


残差 = 0.01 mm

# 初期電子イオン対数

## 研究目的

初期電子イオン対数はドリフトチェンバーの混合ガスの特徴を示す基礎的で重要なパラメータ  
He:i-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>は他のガスと比較して初期電子イオン対数が少ない→影響が顕著に現れる  
性能評価の指標でもある→この値の評価を正確に行いたい



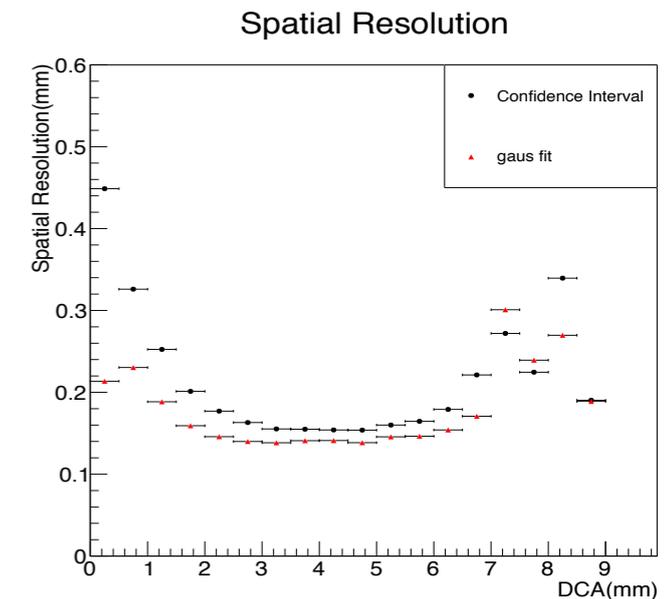
モンテカルロシミュレーションを行い初期電子イオン対数の評価式を作成

宇宙線試験の結果から、初期電子イオン対数の値を抽出することを目標

## 初期電子イオン対数の求め方

宇宙線試験で得られた位置分解能のプロット（右図）を

$f(x)_{total}$  でフィット→初期電子イオン対数が得られる



※ 宇宙線の実験データは68%半区間を使用

## フィット関数

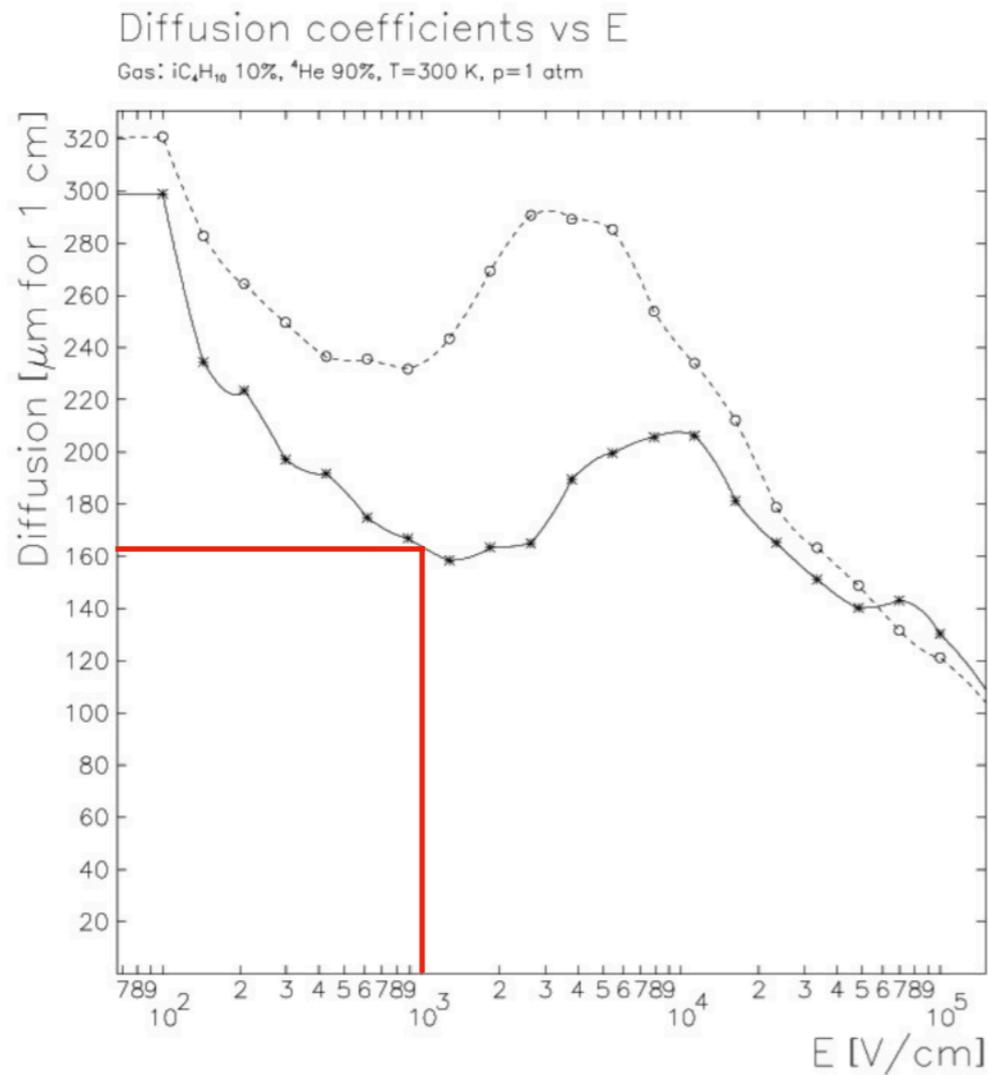
初期電子イオン対数、粒子の拡散、エレクトロニクス由来の時間分解能、トラッキングエラーの寄与がある。  
今回は $x = DCA$

$$f_{total}(x)^2 = f_{ion}(x)^2 + f_{dif}(x)^2 + f_{el}(x)^2 + f_{track}(x)^2$$

$N_p$ : 単位長さあたりの初期電子イオン対数  
 $D$ : 拡散係数

$$f_{ion}(x) = \text{今回作成したい関数} \quad f_{dif}(x) = \sqrt{D^2 x} \quad f_{el}(x) = f_{dv}(x) \times \delta t \quad f_{track}(x) = 0$$

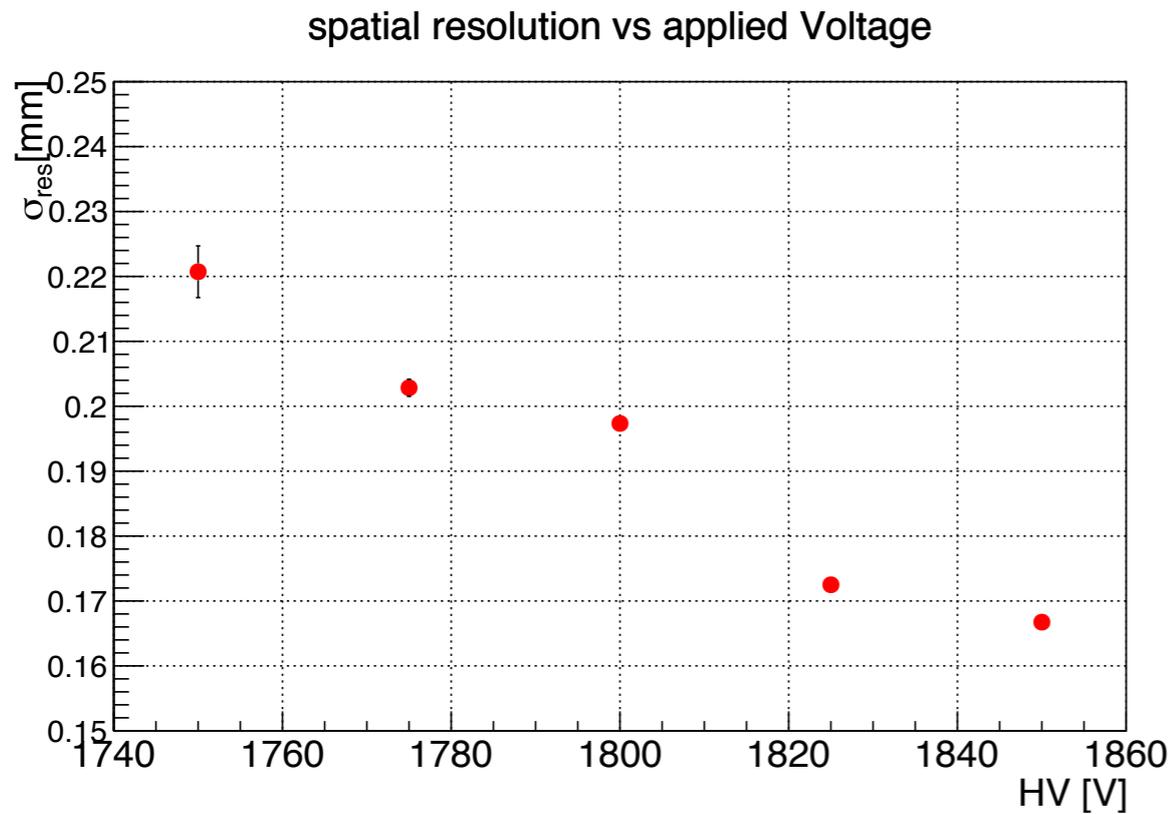
# 拡散係数



Plotted at 02:39:28 on 13/04/15 with Garfield version 7.45.

Garfieldシミュレーションの結果では  
拡散係数は $D=160 \mu\text{m}/\text{cm}^{1/2}$ 程度

# HVと位置分解能



HVを変化させた時の位置分解能の変化  
(先行研究より)

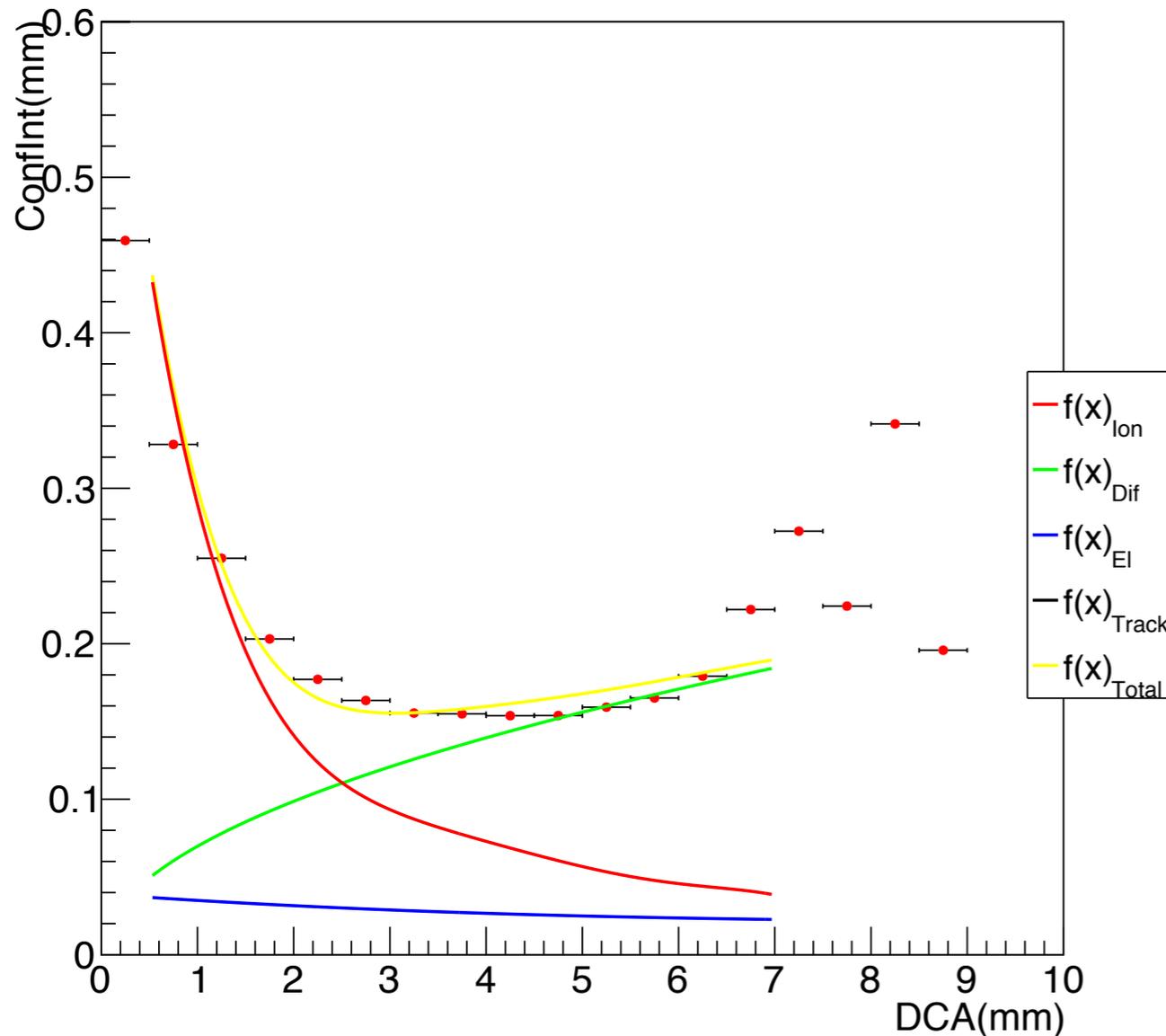
閾値は3600 mV

沖中 香里、”COMET CDC における宇宙線を用いた性能評価試験, 大阪大学修士論文, (2018)

# フィット範囲の変更

DCAが0~0.5 mmのところでは宇宙線試験の結果とシミュレーションの結果が合わない  
→0.5~7.0 mmの範囲でフィット

Spatial Resolution



Fit関数

$$f(x)_{total}^2 = f(x)_{ion}^2 + f(x)_{dif}^2 + f(x)_{el}^2 + f(x)_{track}^2$$

今回作成した関数

フィット結果

初期電子イオン対数 :  $N_p = 15.0 \pm 0.2 / \text{cm}$

拡散係数 :  $D = 220 \pm 2 \mu\text{m}/\text{cm}^{1/2}$

$\chi^2/\text{ndf} = 210.4/11$

DCAが一番小さい点を除いてフィットしても  
 $\chi^2/\text{ndf}$ の値が改善しない  
宇宙線試験の誤差が小さすぎるためだと  
考えられる

# 位置分解能のフィット関数

## フィット関数

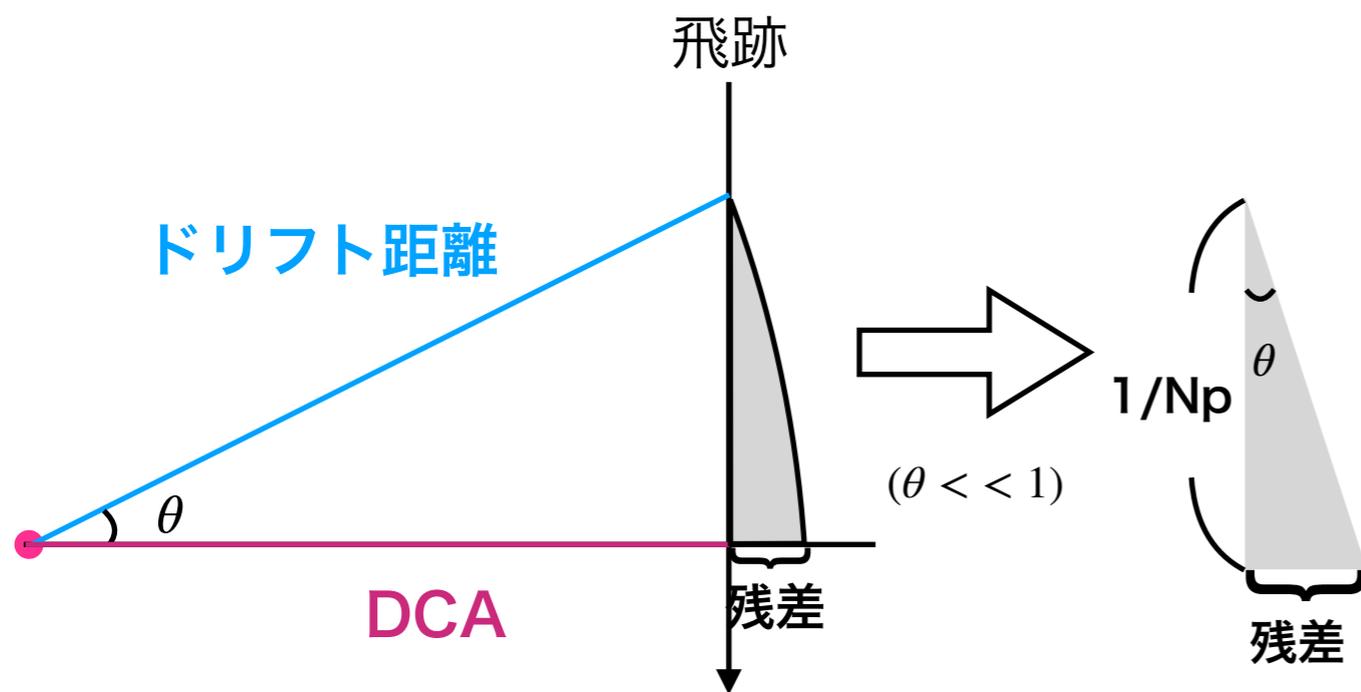
初期電子イオン対数、粒子の拡散、エレクトロニクス由来の時間分解能、トラッキングエラーの寄与がある

$$f(x)_{total}^2 = f(x)_{ion}^2 + f(x)_{dif}^2 + f(x)_{el}^2 + f(x)_{track}^2$$

$N_p$ : 単位長さあたりの初期電子イオン対数

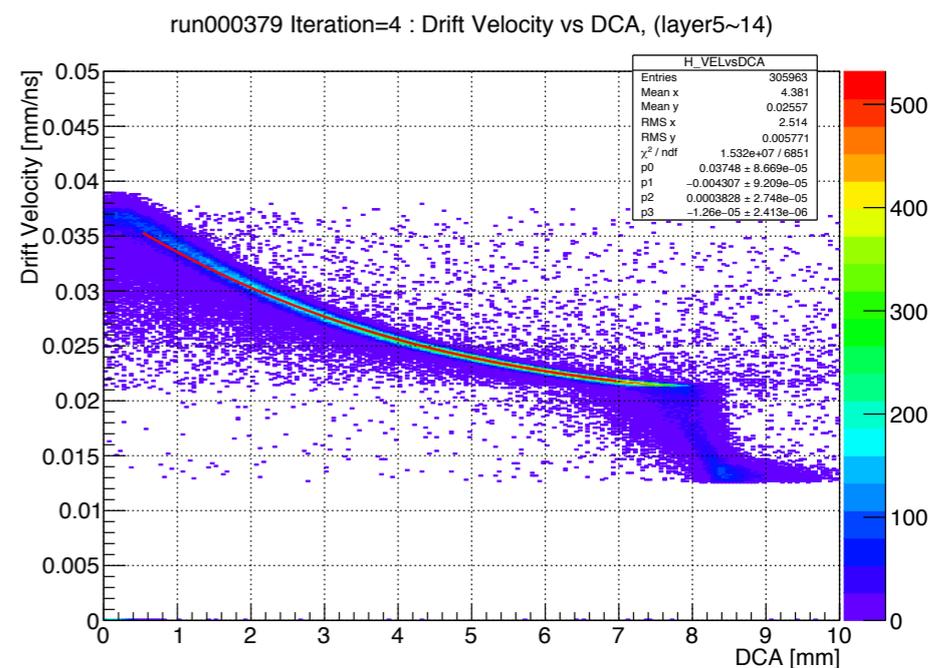
$D$ : 拡散係数

$$f(x)_{ion} = p_0 \sin(\arctan \frac{p_1}{x}) \quad f(x)_{dif} = \sqrt{2Dx} \quad f(x)_{el} = f(x)_{dv} \times \delta t \quad f(x)_{track} = 0$$



$$\text{残差} = \text{ドリフト距離} - \text{DCA}$$

$$\sim \frac{1}{N_p} \tan \theta \sim \frac{1}{N_p} \sin \theta = \frac{1}{N_p} \sin(\arctan \frac{1/N_p}{\text{DCA}})$$



$$\text{フィット関数(3次)} = f(x)_{dv}$$

読み出し回路におけるTDCの時間分解能

$$\delta t = \frac{1000}{960} \text{ ns}$$

# フィット関数

$$\underline{f(x)_{total}^2} = \underline{f(x)_{ion}^2} + \underline{f(x)_{dif}^2} + \underline{f(x)_{el}^2} + f(x)_{track}^2$$

Before

$$\underline{f(x)_{total}^2} = \underbrace{\left(P_0 \sin\left(\arctan \frac{P_1}{x}\right)\right)^2}_{\substack{\text{近似式} \\ \text{(Free Parameter)}}} + \underbrace{(\sqrt{D^2 x})^2}_{\text{Free Parameter}} + \underbrace{(f(x)_{dv} \times \delta t)^2}_{\substack{\text{3次関数} \\ \text{(Fixed Parameter)}}} + f(x)_{track}^2$$

↑  
0

New

$$\underline{f(x)_{total}^2} = \underbrace{(g_0(Np) + g_1(Np)x + g_2(Np)x^2 + g_3(Np)x^3 + g_4(Np)x^4 + g_5(Np)x^5)^2}_{\substack{\text{経験式(5次関数)}}} + \underbrace{(\sqrt{(D^2 x)})^2}_{\text{Free Parameter}} + \underbrace{(f(x)_{dv} \times \delta t)^2}_{\substack{\text{3次関数} \\ \text{(Fixed Parameter)}}} + f(x)_{track}^2$$

↑  
0

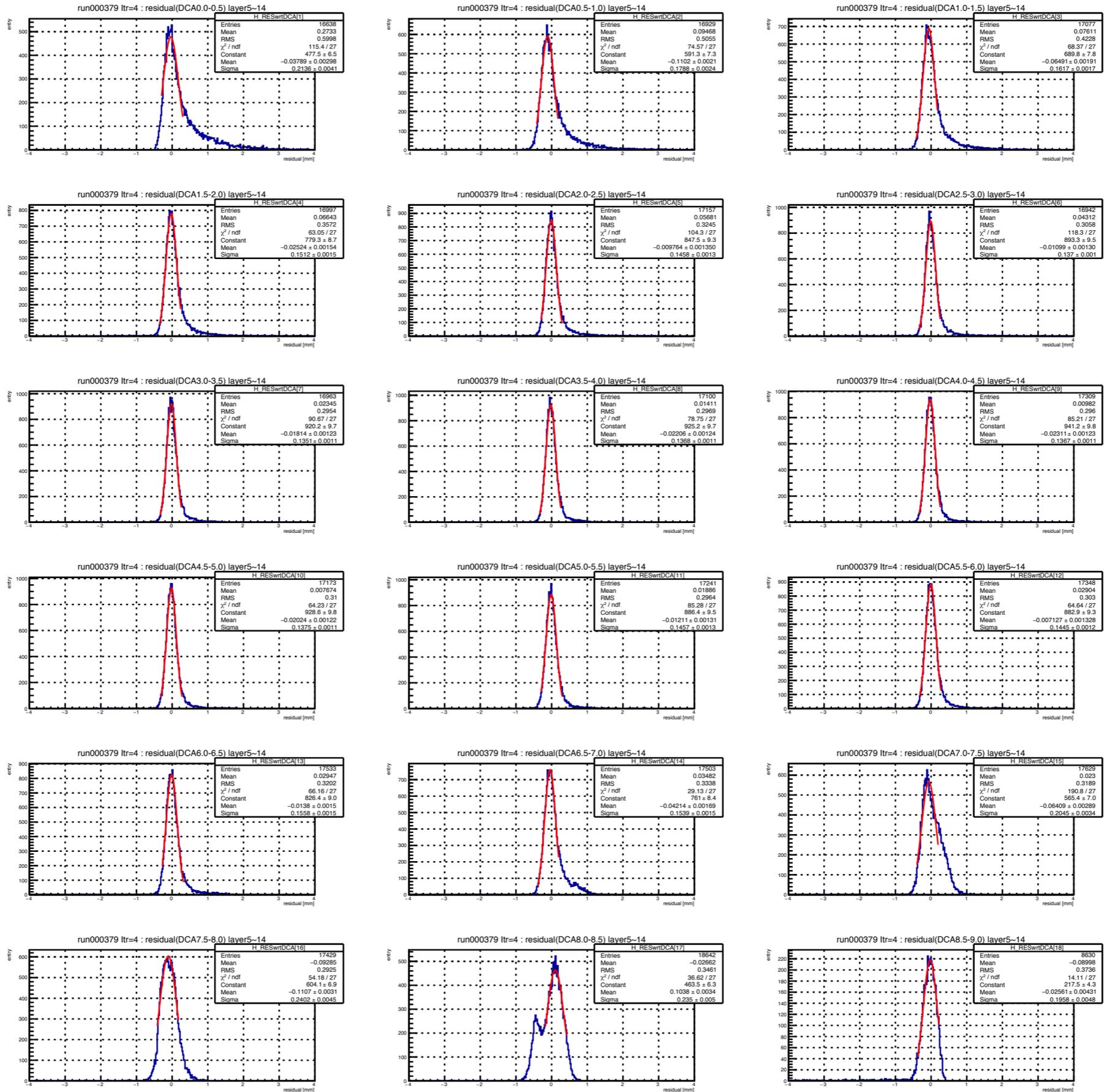
↑  
g0~g5がNpの5次関数

$$P_1 + P_2 \times Np + P_3 \times Np^2 + P_4 \times Np^3 + P_5 \times Np^4 + P_6 \times Np^5$$

P1~P6:前のページで得られたパラメータ

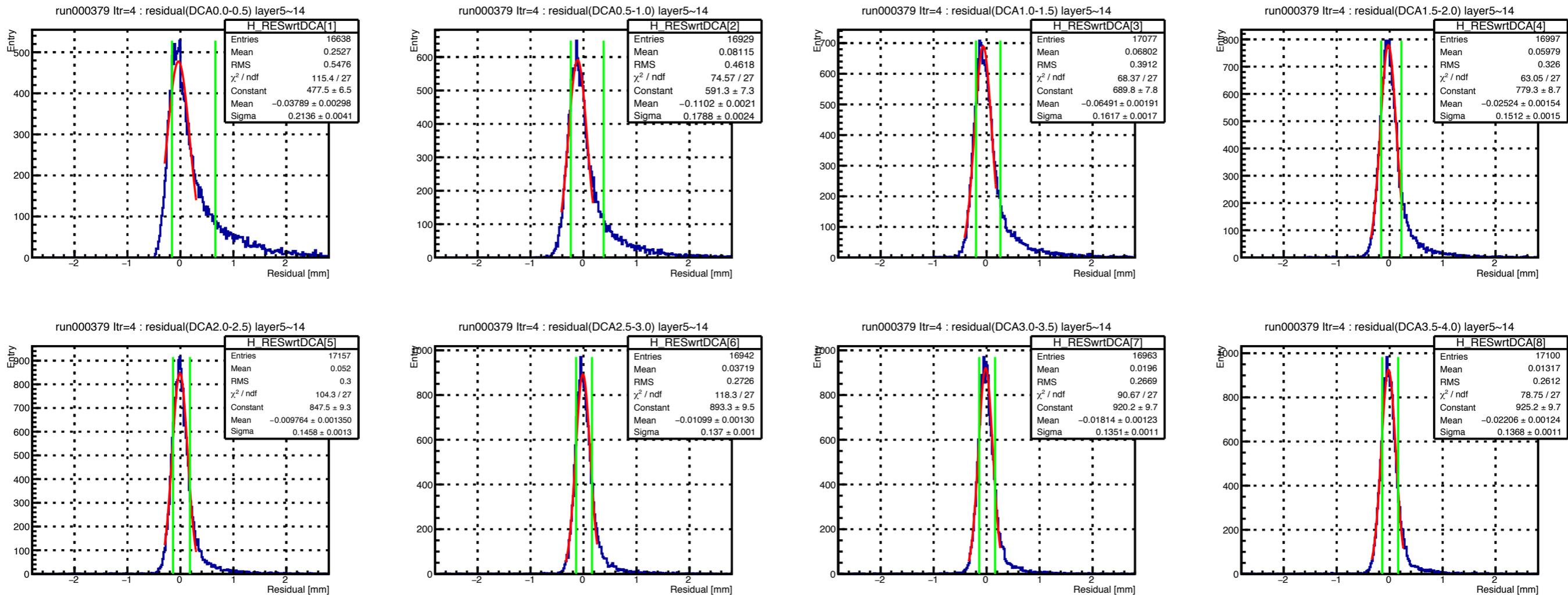
Free ParameterはNpとDのみ

# DCAごとのResidual分布



# 宇宙線試験の結果に68%半区間を適用

## DCA : 0~4mm

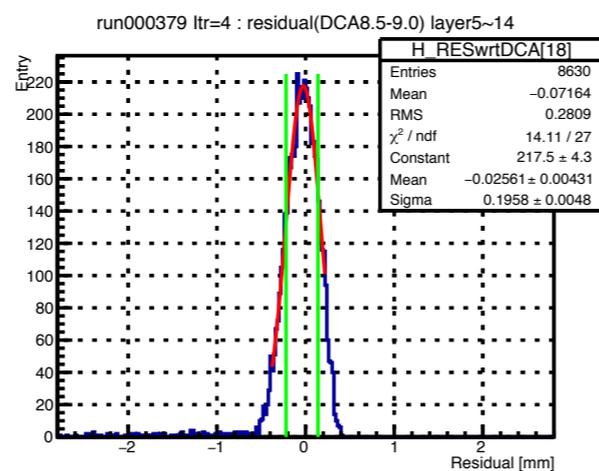
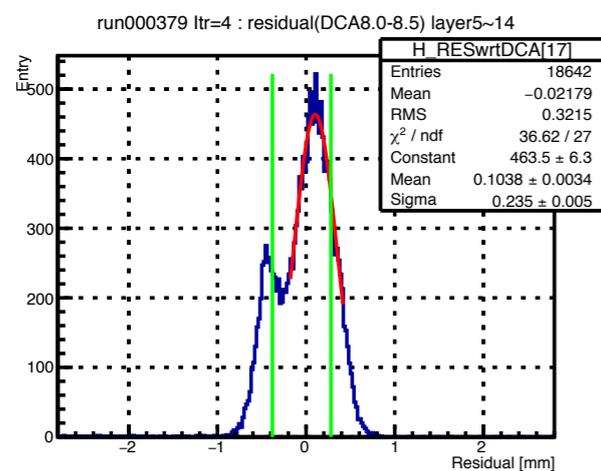
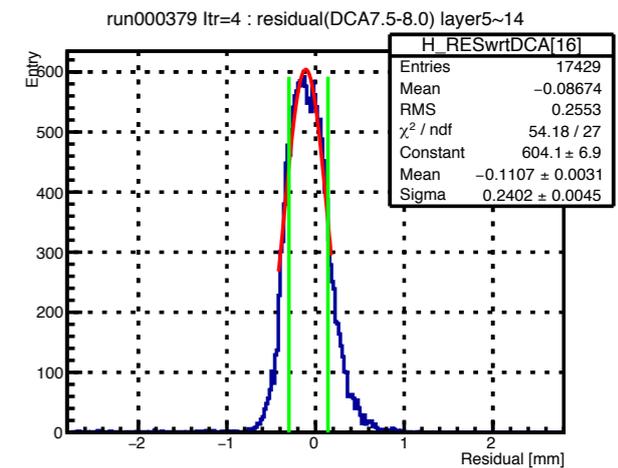
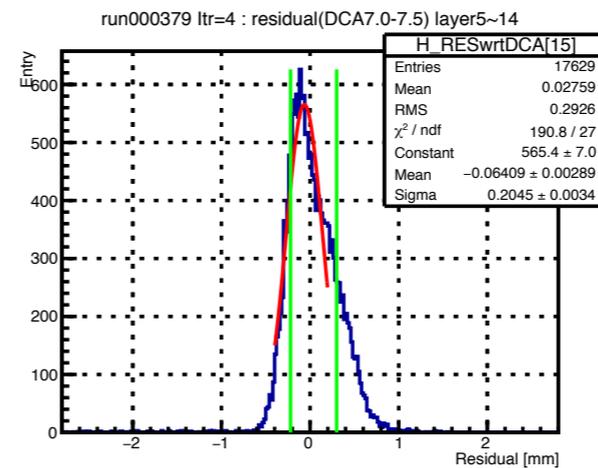
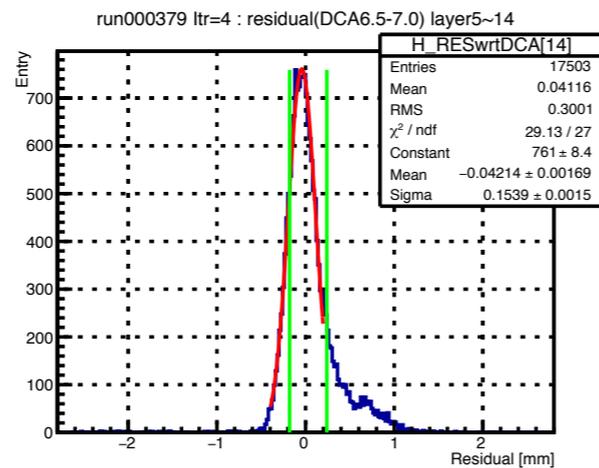
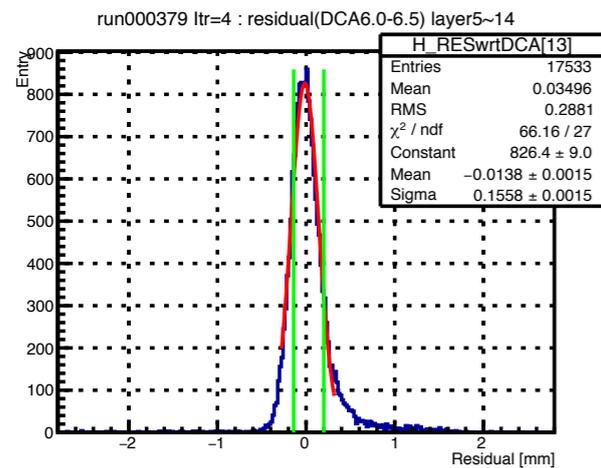
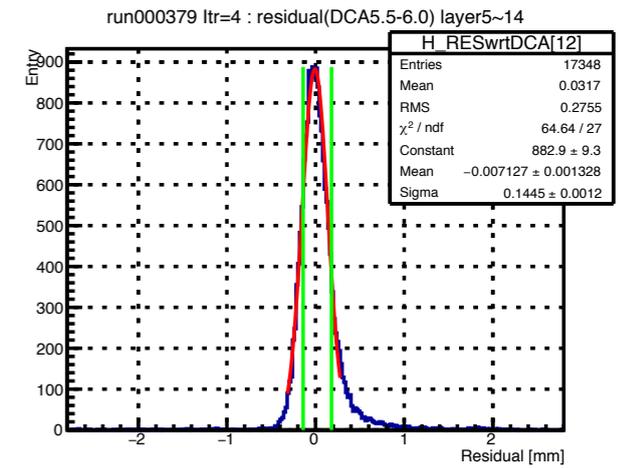
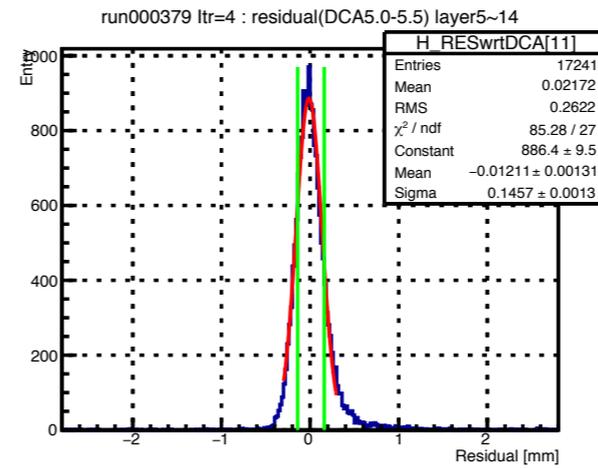
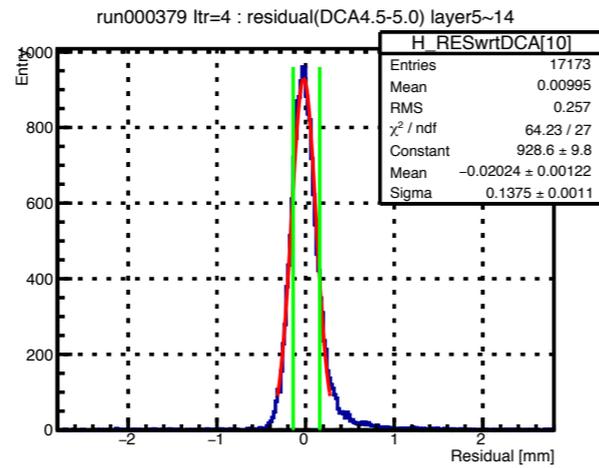
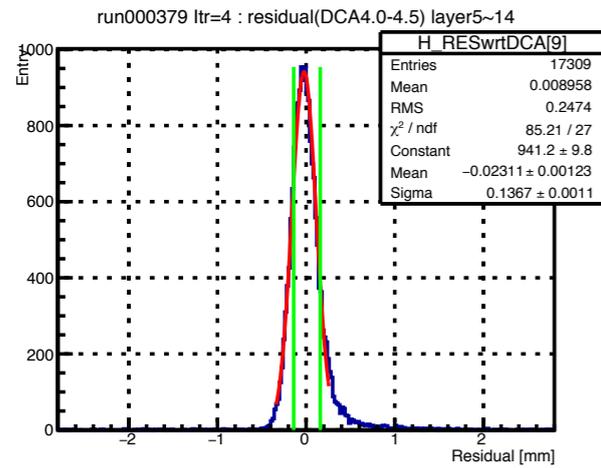


赤線がガウスfit

緑線が68% Confidence Interval

# 宇宙線試験の結果も68%半区間を適用

## DCA : 4~9mm

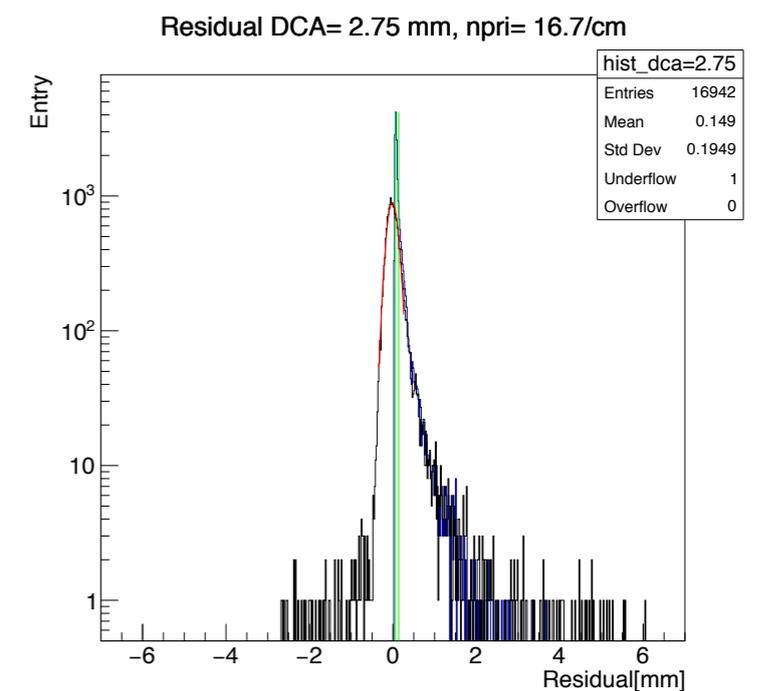
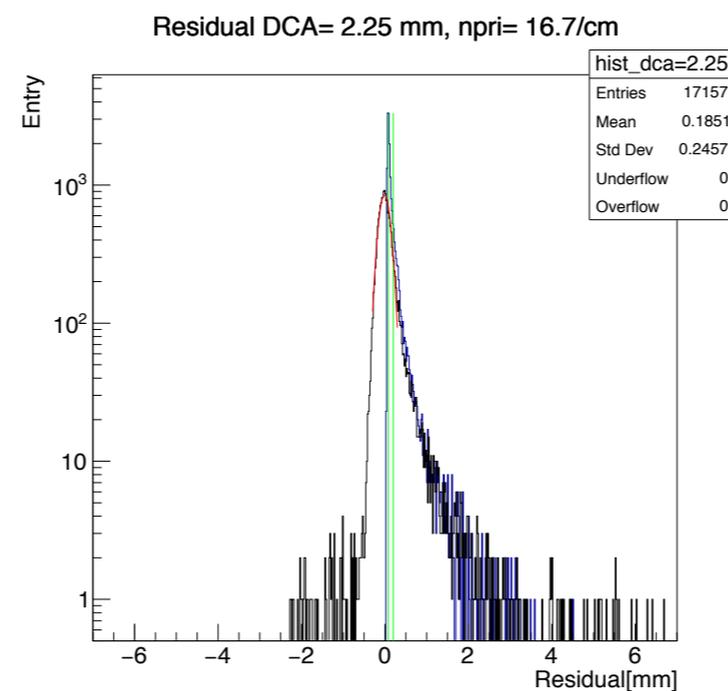
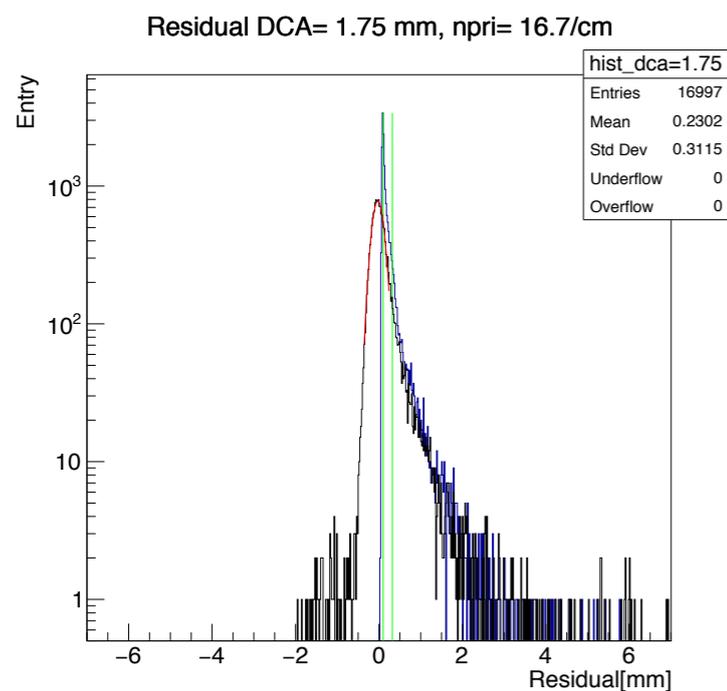
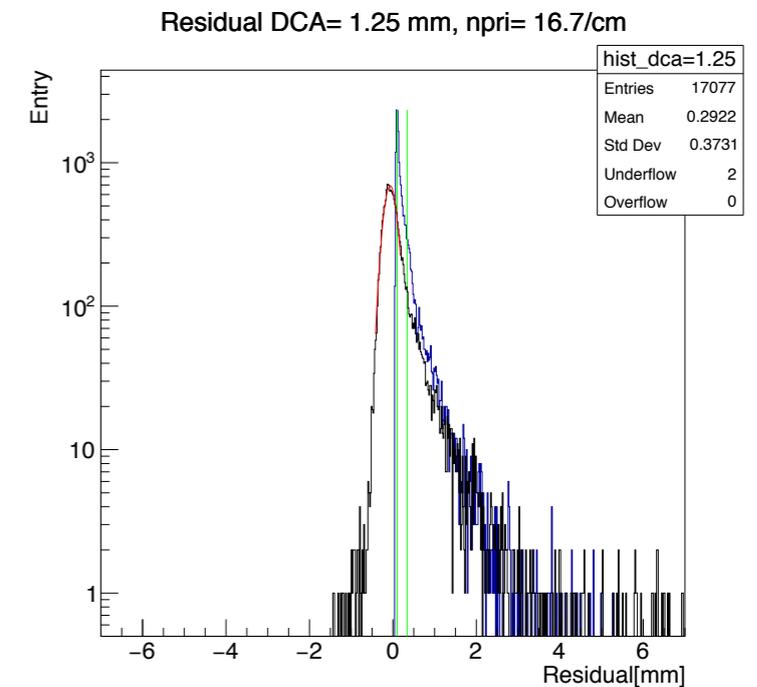
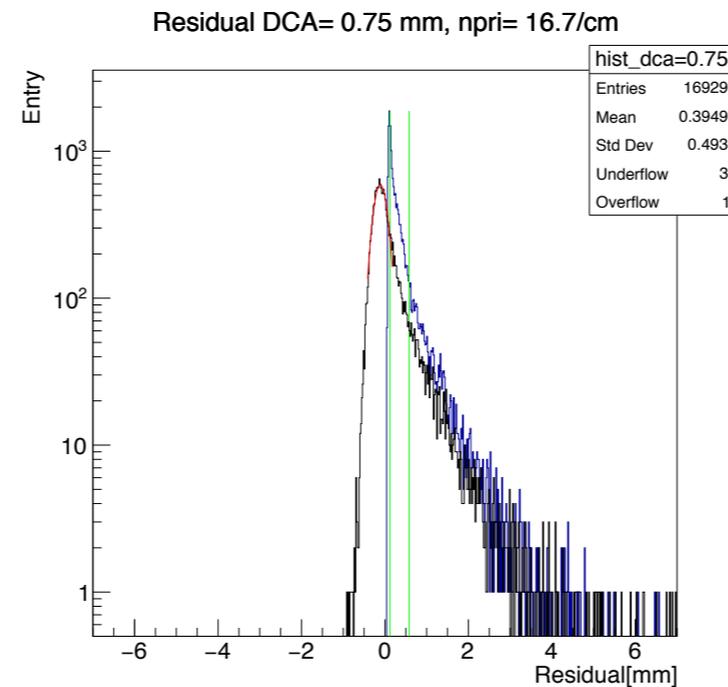
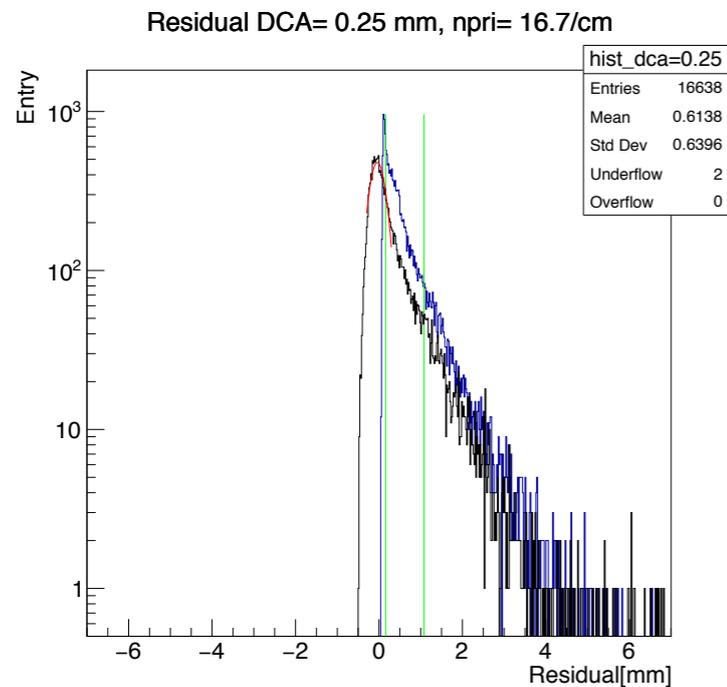


赤線がガウスfit

緑線が68% Confidence Interval

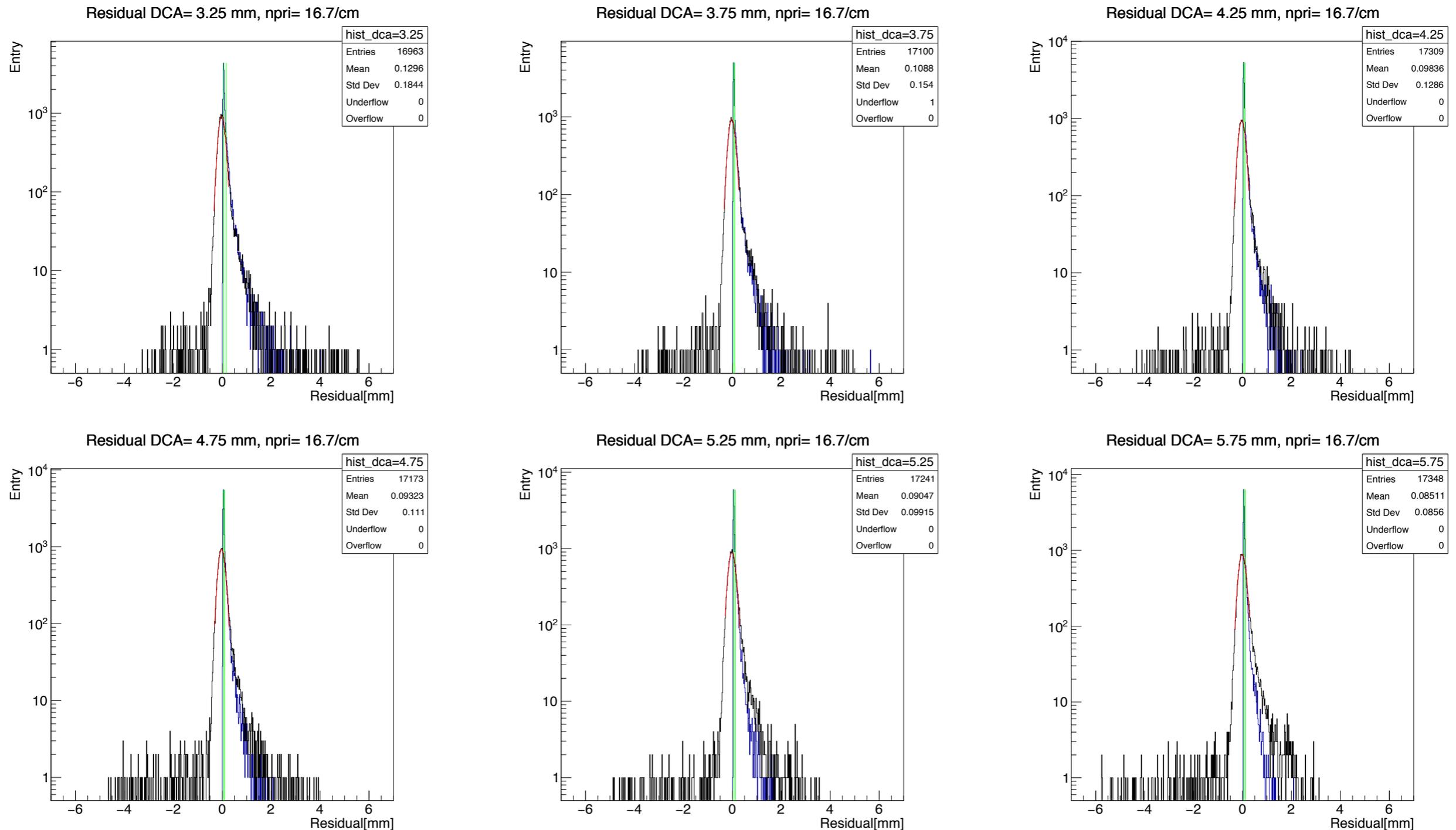
# Residual分布の比較 ( DCA : 0.25~2.75 [mm])

CRTのResidual分布とシミュレーションで作成したResidual分布を重ねがき



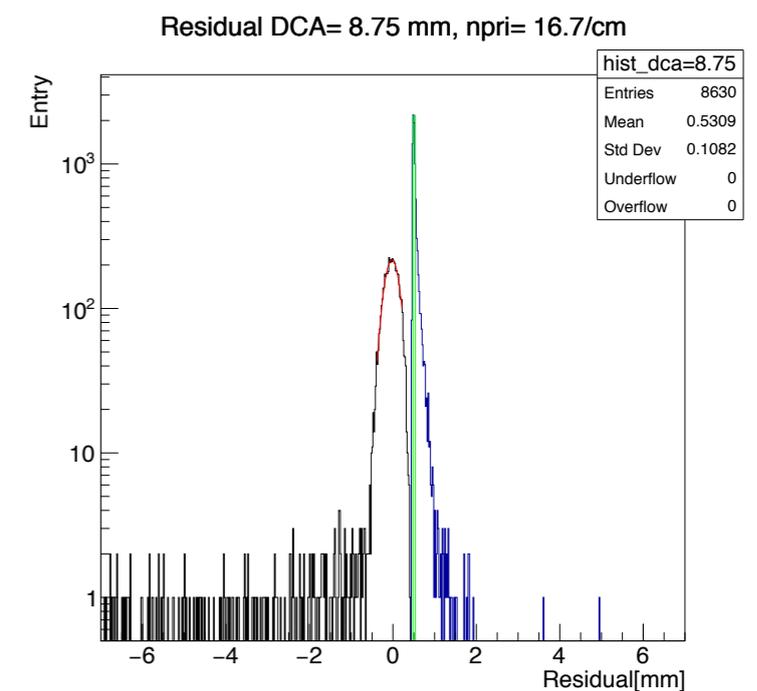
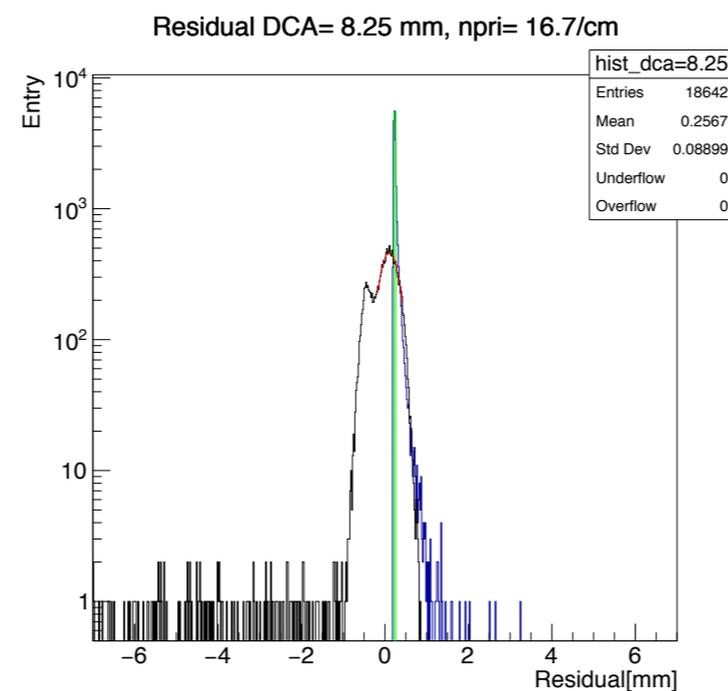
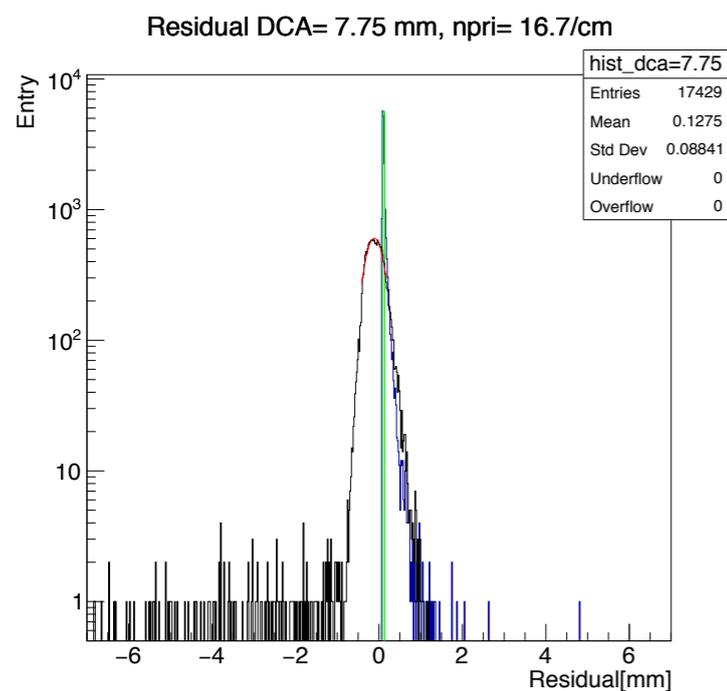
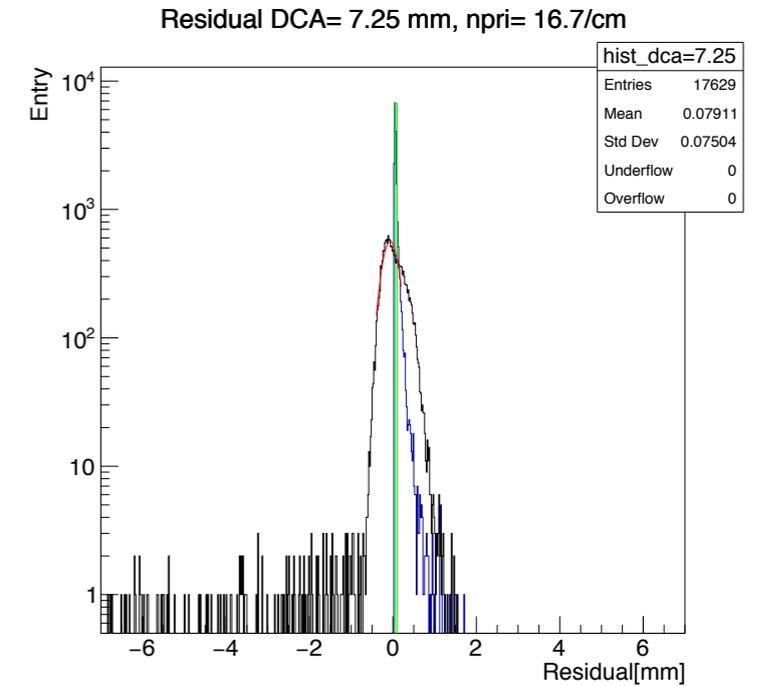
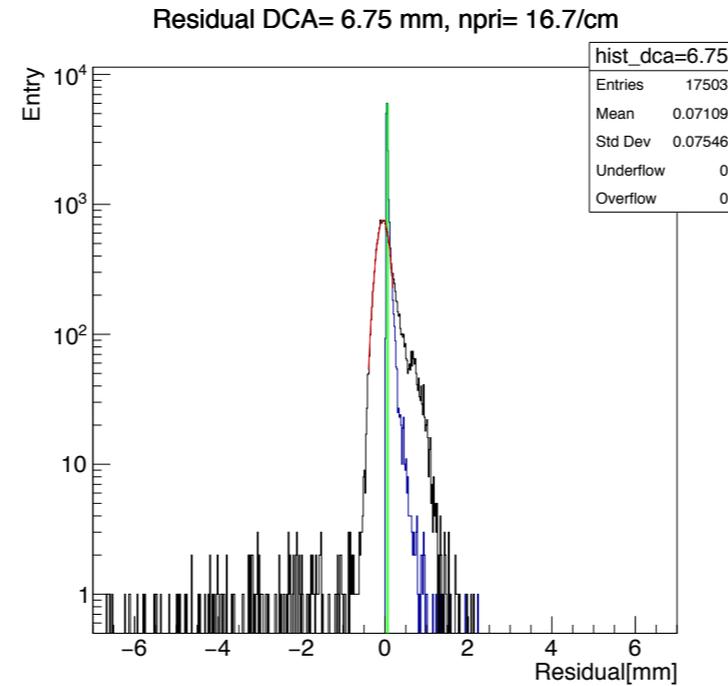
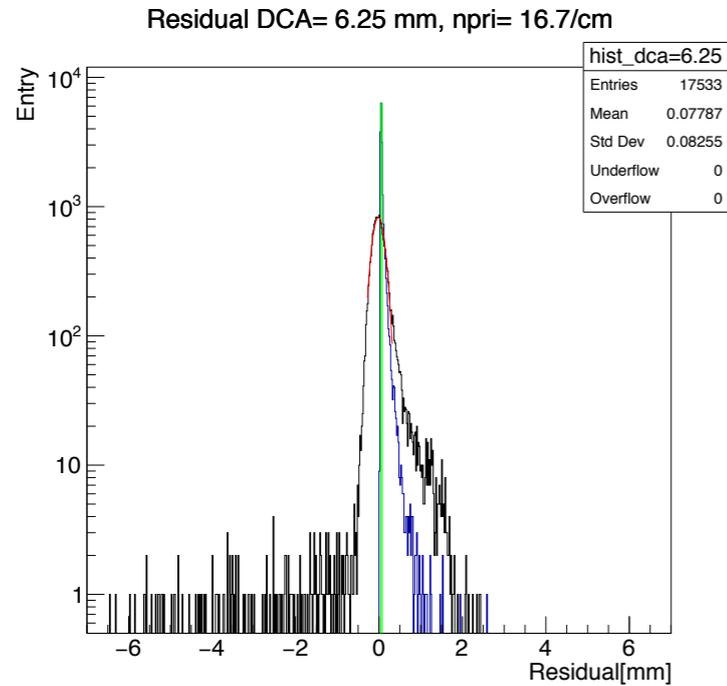
# Residual分布の比較( DCA : 3.25~5.75 [mm])

CRTのResidual分布とシミュレーションで作成したResidual分布を重ねがき



# Residual分布の比較( DCA : 6.25~8.75 [mm])

CRTのResidual分布とシミュレーションで作成したResidual分布を重ねがき



# 閾値

## 閾値

1ドリフト電子がガス増幅で作る電荷は

$$1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 8 \times 10^4 = 1.28 \times 10^{-14} \text{ C} = 12.8 \text{ fC}$$

ガスゲイン

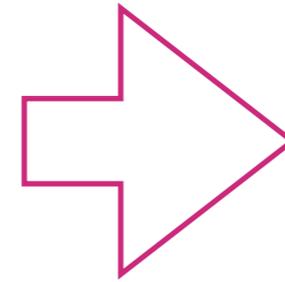
よって電荷に対するThresholdは

$$\frac{(3600 \text{ mV} - 3800 \text{ mV})}{6.7 \text{ mV/fC}} = -32.8 \text{ fC}$$

閾値

DACの平均  
offset値

ASDのアンプの  
増幅率

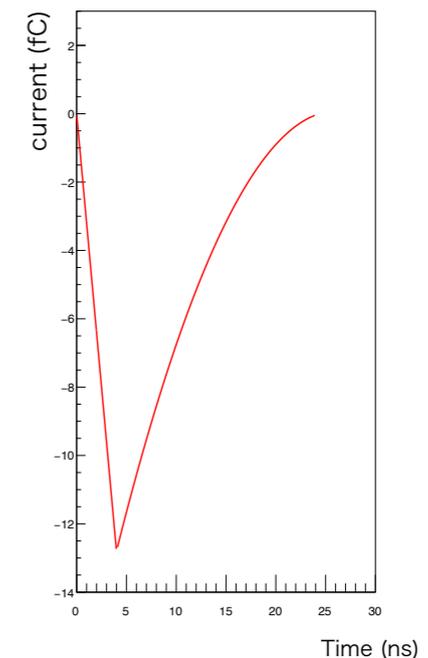


$$\frac{-32.8}{-12.8} = 2.6 \text{ 電子に相当}$$

## 波形

アンプのアウトプットから立ち下がり、立ち上がり時間の情報を得てそれを元に波形を作成  
この波形を重ね合わせて、Thresholdを超えるタイミングを求める

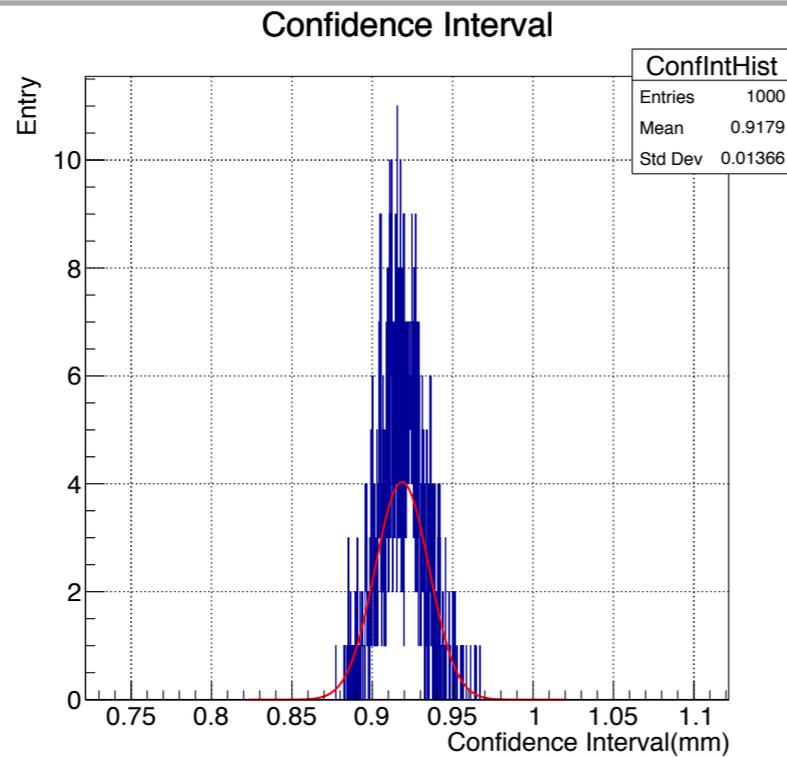
使用した波形



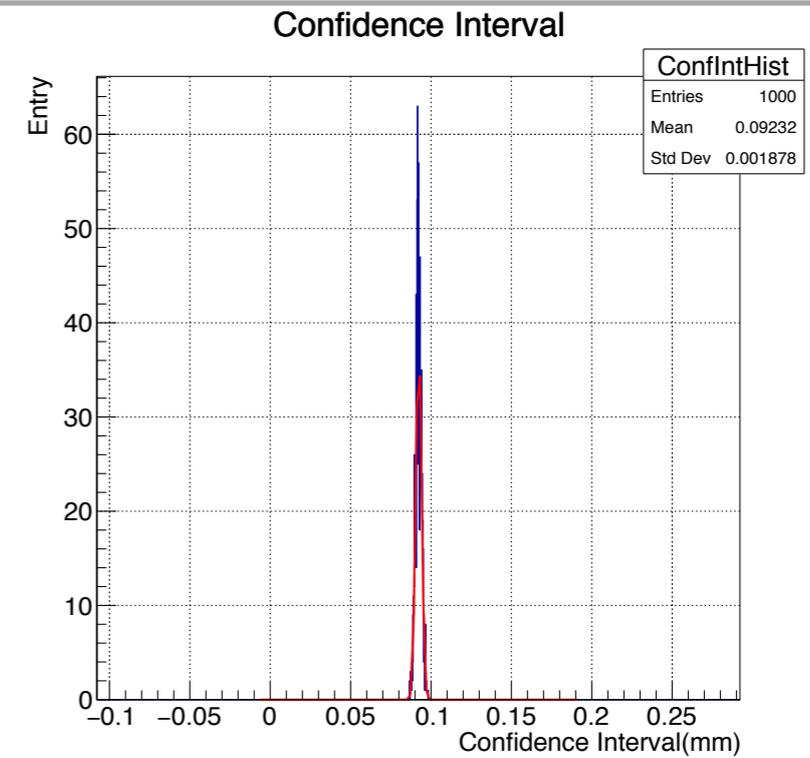
# ガウスフィット

$N_p=12$  /cm

DCA=0 mm

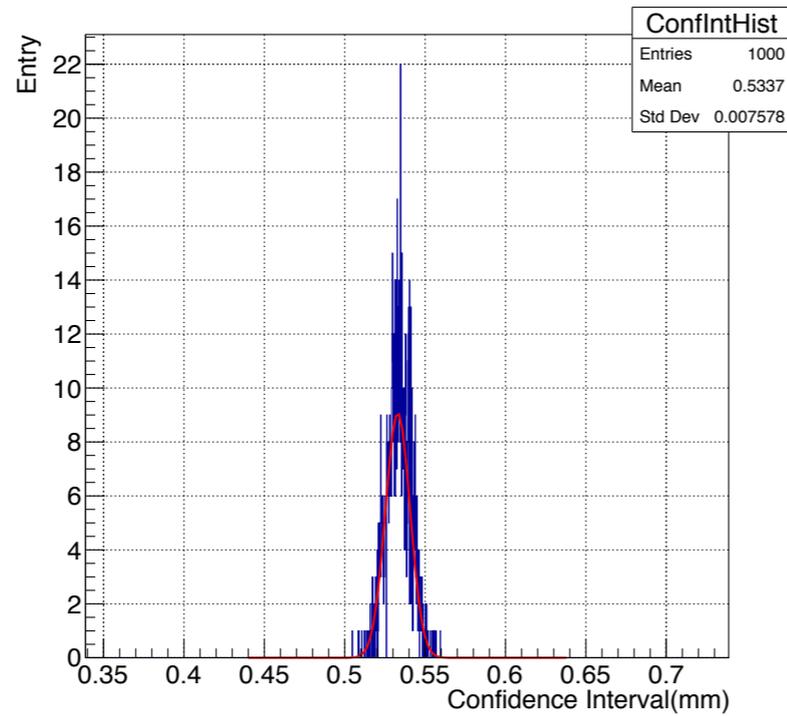


DCA=5 mm

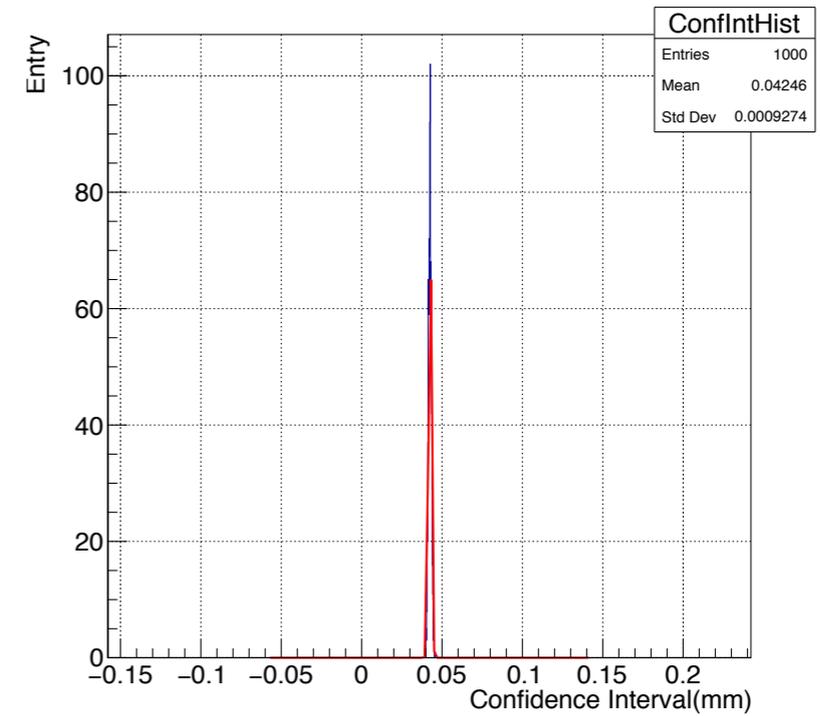


$N_p=17$  /cm

Confidence Interval

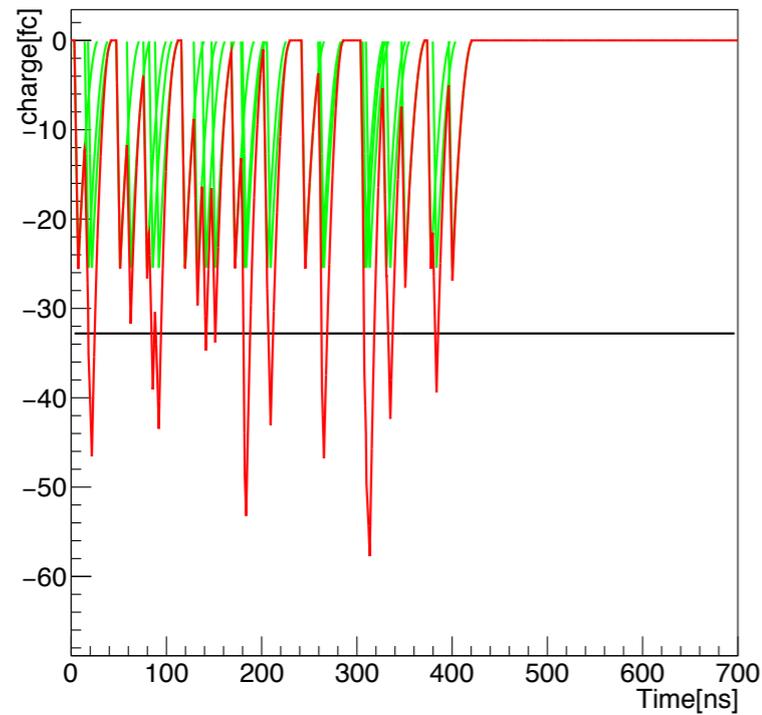


Confidence Interval

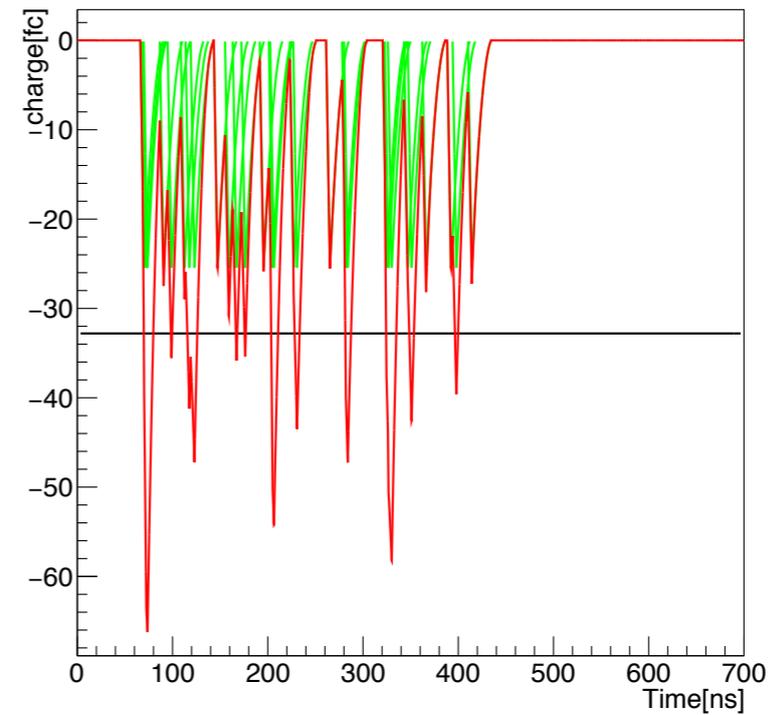


# イベントディスプレイ

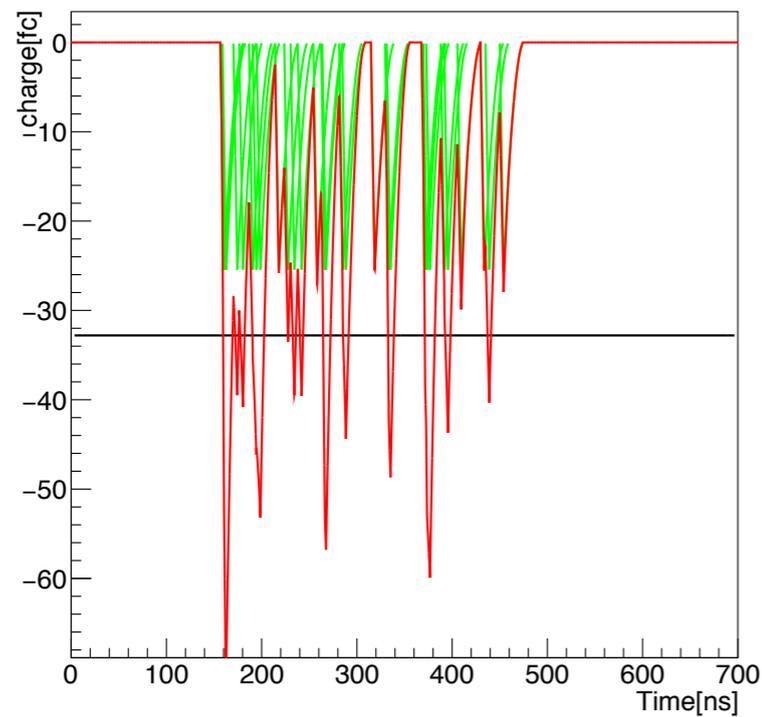
$N_p=15.00/\text{cm}, \text{DCA}=0.0\text{mm}$



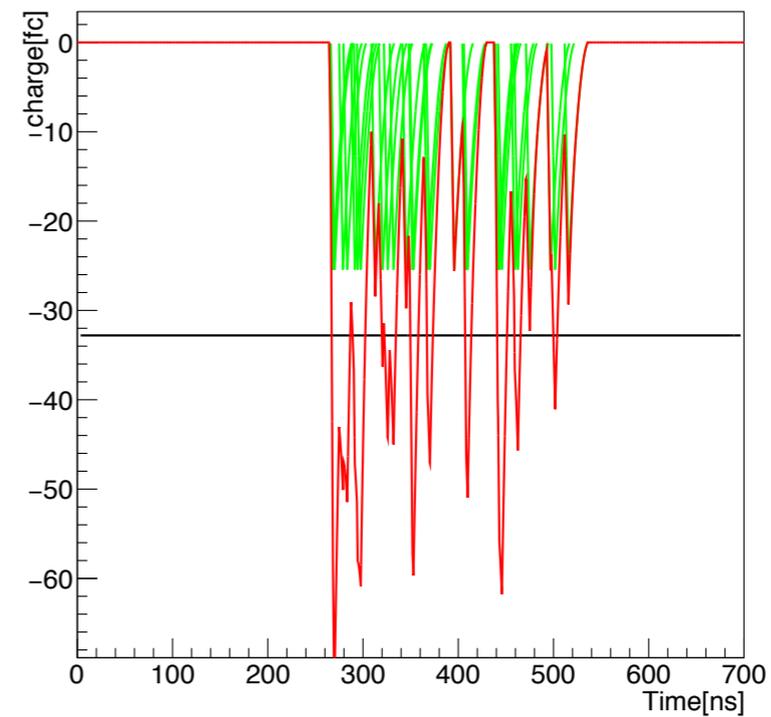
$N_p=15.00/\text{cm}, \text{DCA}=2.0\text{mm}$



$N_p=15.00/\text{cm}, \text{DCA}=4.0\text{mm}$



$N_p=15.00/\text{cm}, \text{DCA}=6.0\text{mm}$



# Number of Primary Ion

I evaluate spatial resolution plot using fitting function.

$$f(x)_{total}^2 = f(x)_{ion}^2 + f(x)_{dif}^2 + f(x)_{el}^2 + f(x)_{track}^2$$

↑  
I made using MC simulation

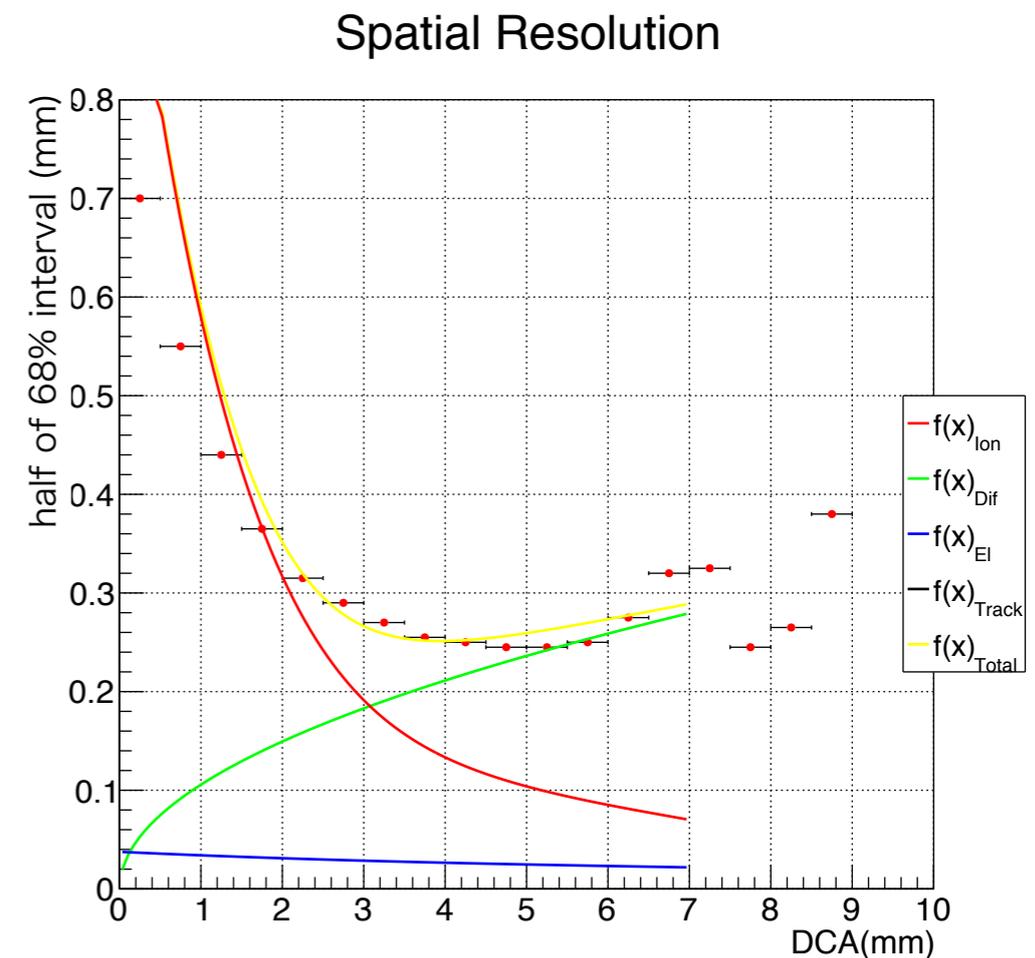
$N_p = 11.2 / \text{cm}$

Diffusion :  $340 \mu\text{m}$  for 1cm Drift

previous result (SETUP5)

$N_p = 15.0 / \text{cm}$

Diffusion :  $220 \mu\text{m}$  for 1cm Drift



Fitting looks not good.

$N_p$  is smaller and diffusion factor is larger than previous result.

It's because the threshold for charge is different.