

# ILC-TPC用高開口度GEM型ゲート装置の ビーム試験における特性評価

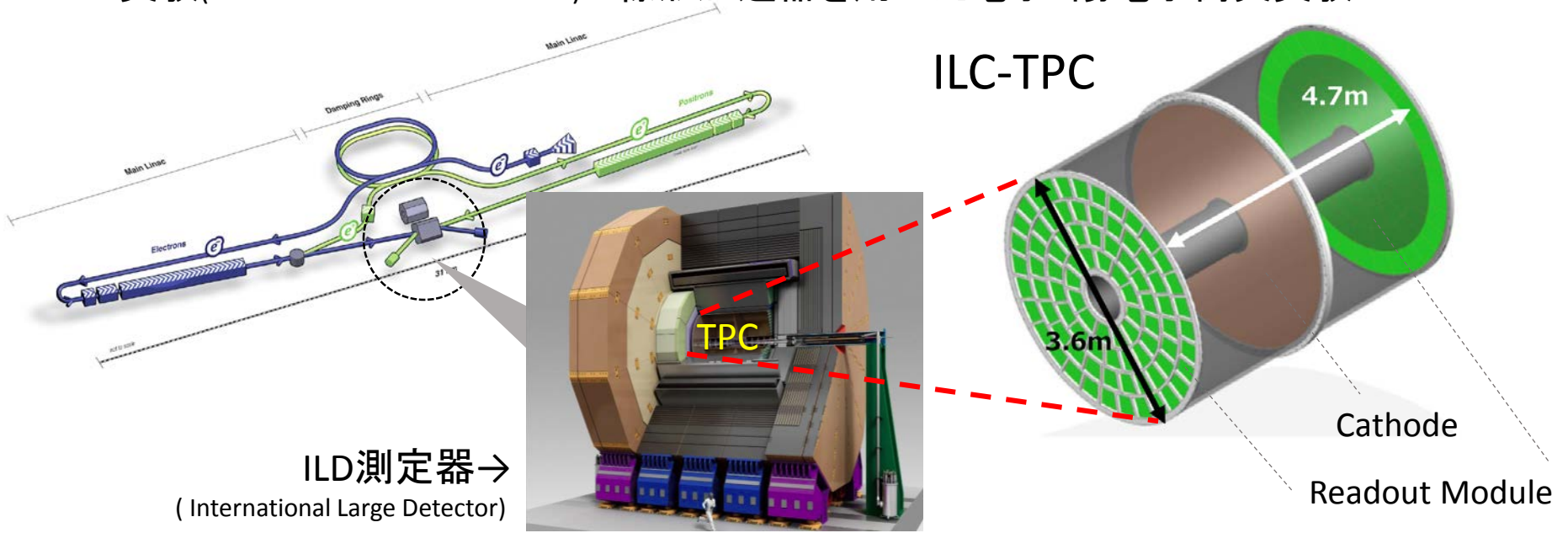
日本物理学会 第72回年次大会 大阪大学(豊中キャンパス)  
**72<sup>nd</sup> Annual Meeting of Physical Society of Japan**

○庄司愛子, 成田晋也, 根岸健太郎, 藤井恵介<sup>A</sup>, 与那嶺亮<sup>K</sup>, 小林誠<sup>A</sup>, 松田武<sup>A</sup>,  
小川智久<sup>B</sup>, 青木優美<sup>B</sup>, 杉山晃<sup>C</sup>, 房安貴弘<sup>C</sup>, 長崎祥之<sup>C</sup>, 高橋徹<sup>D</sup>, 渡部隆史<sup>E</sup>, 加藤幸弘<sup>F</sup>,  
池松克昌<sup>G</sup>, Ronald Dean Settles<sup>H</sup>, Junping Tian<sup>I</sup>, 荒井 大輔<sup>J</sup>, Paul Colas<sup>K</sup>, Serguei Ganjour<sup>K</sup>,  
Ralf Diener<sup>L</sup>, Oliver Schäfer<sup>L</sup>, 川田 真一<sup>L</sup>, Felix Müller<sup>L</sup>, Leif Jönsson<sup>M</sup>, Ulf Mjörnmark<sup>M</sup>,  
Huirong Qi<sup>N</sup>, 木原 大輔<sup>C, O</sup>, 他 LCTPC collaboration

岩手大, 高工研<sup>A</sup>, 総研大<sup>B</sup>, 佐賀大理工<sup>C</sup>, 広島大先端<sup>D</sup>, 工学院大<sup>E</sup>, 近畿大理工<sup>F</sup>, 東北大多元研<sup>G</sup>,  
MPI Munich<sup>H</sup>, 東大理<sup>I</sup>, Fujikura Ltd.<sup>J</sup>, CEA<sup>K</sup>, DESY<sup>L</sup>, Lund Univ.<sup>M</sup>, IHEP<sup>N</sup>, Siegen Univ.<sup>O</sup>

# Introduction

## ■ ILC実験 (International Linear Collider) : 線形加速器を用いた電子-陽電子衝突実験



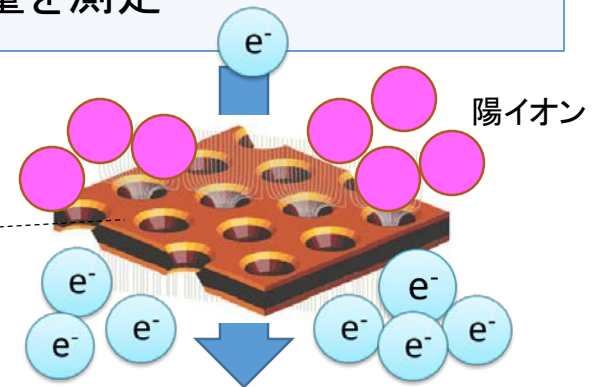
中央飛跡検出器としてTPC (Time Projection Chamber) の使用が予定  
⇒ 磁場 (3.5 T) で曲げられた荷電粒子の飛跡から運動量を測定

ガス増幅させて電気信号として読み出す



ジェム  
GEM (Gas Electron Multiplier)

電子とともに陽イオンも発生



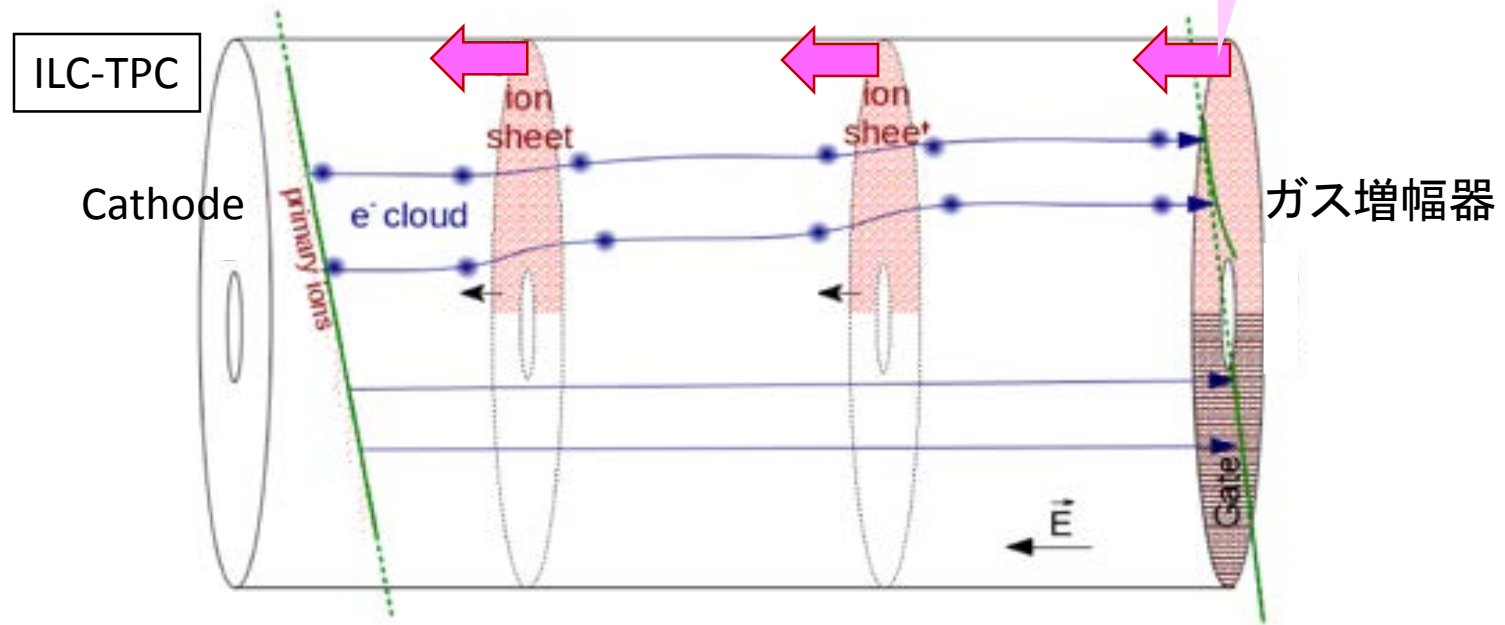
# 陽イオンフィードバック問題

- 正確な飛跡の位置情報を得るためにTPC内の電場の一様性が要求される

ガス増幅で発生する陽イオンがドリフト領域へ逆流(陽イオンフィードバック)

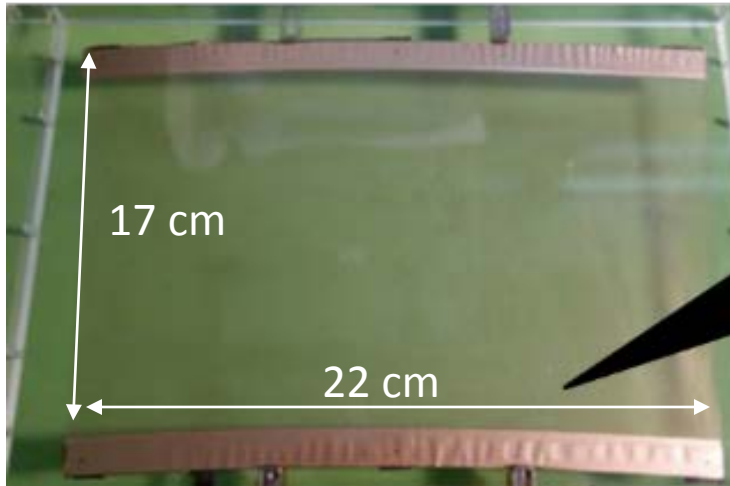
⇒電場を乱してしまう

⇒飛跡が本来の位置とずれて検出されてしまう

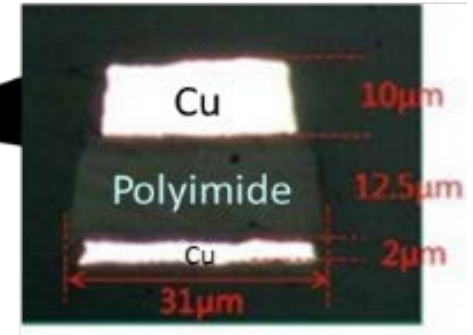
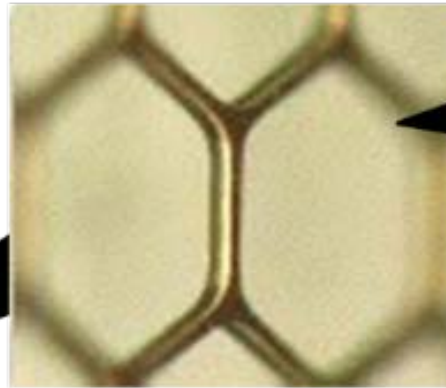


改善策 ゲート装置による陽イオンの吸着

# GEM型ゲート装置(ゲートGEM)



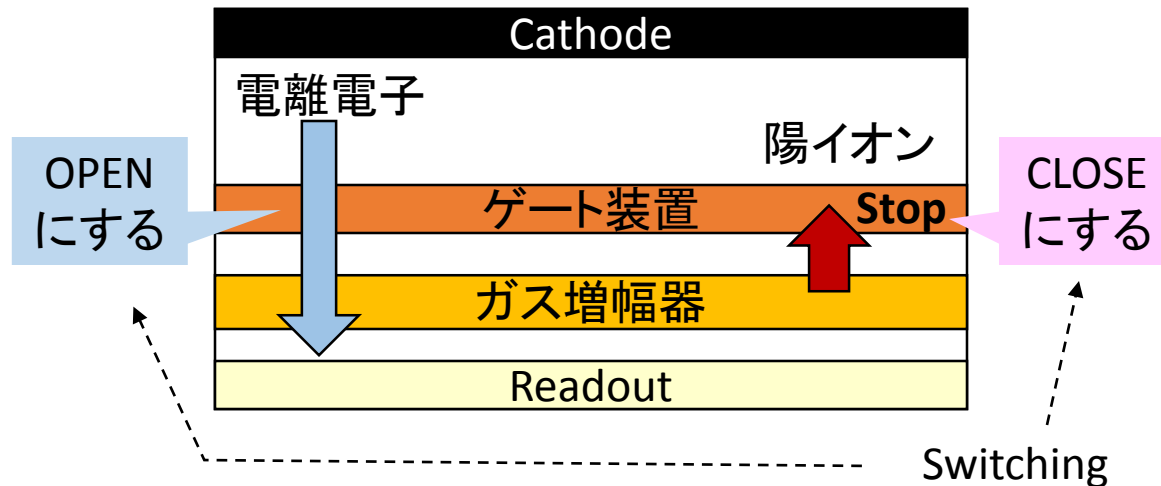
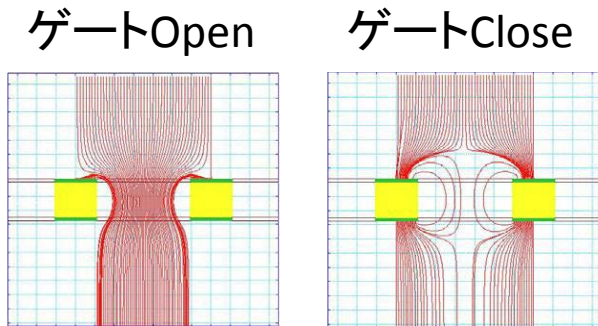
GEM型ゲート装置(フジクラ製)



- Hole size 304  $\mu$ m
- Optical aperture ratio: 82%

## ■ 銅電極に電位差を与えることで動作

(ゲート装置の設置イメージ)



## ■ 要求される性能

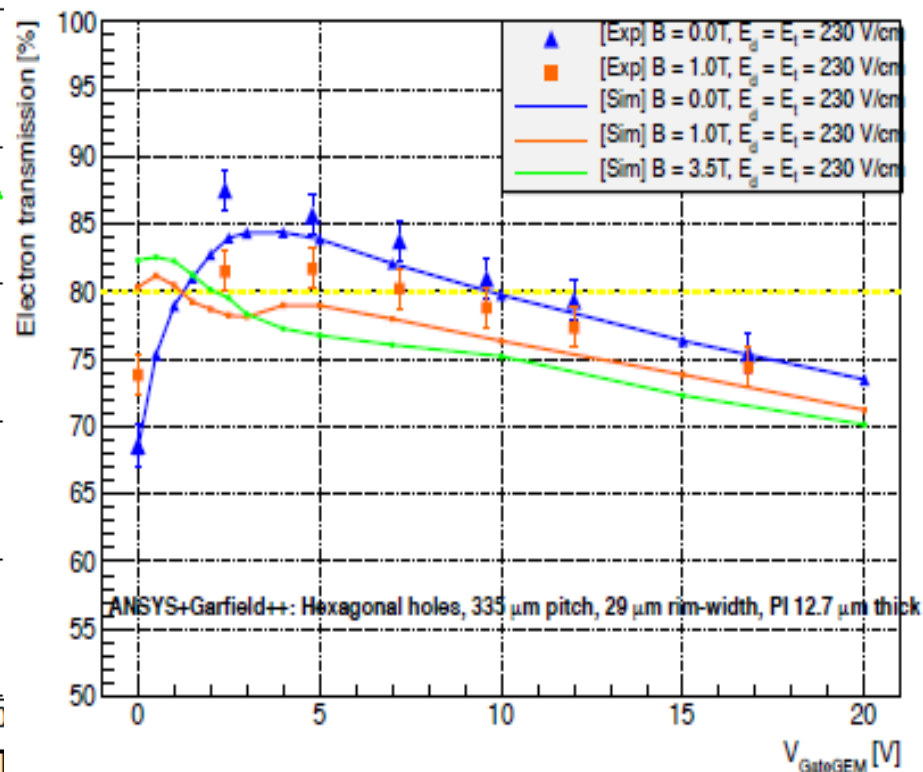
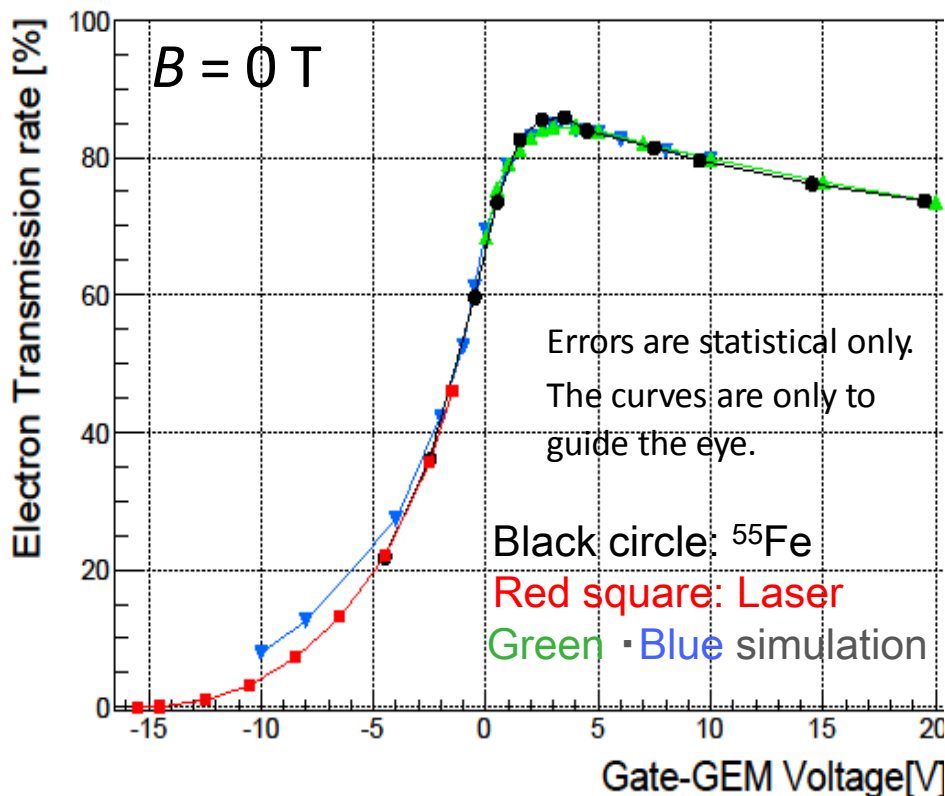
磁場3.5 Tにおいて高い電子透過率(>80%)・高い陽イオン阻止率

# GEM型ゲート装置の電子透過率の評価

- 磁場0 Tにおいて $^{55}\text{Fe}$ やレーザーを用いた電子透過率の測定
- 小型サンプル(10 cm × 10 cm)を用いた電子透過率の測定 をおこなった

(過去の物理学会で報告)

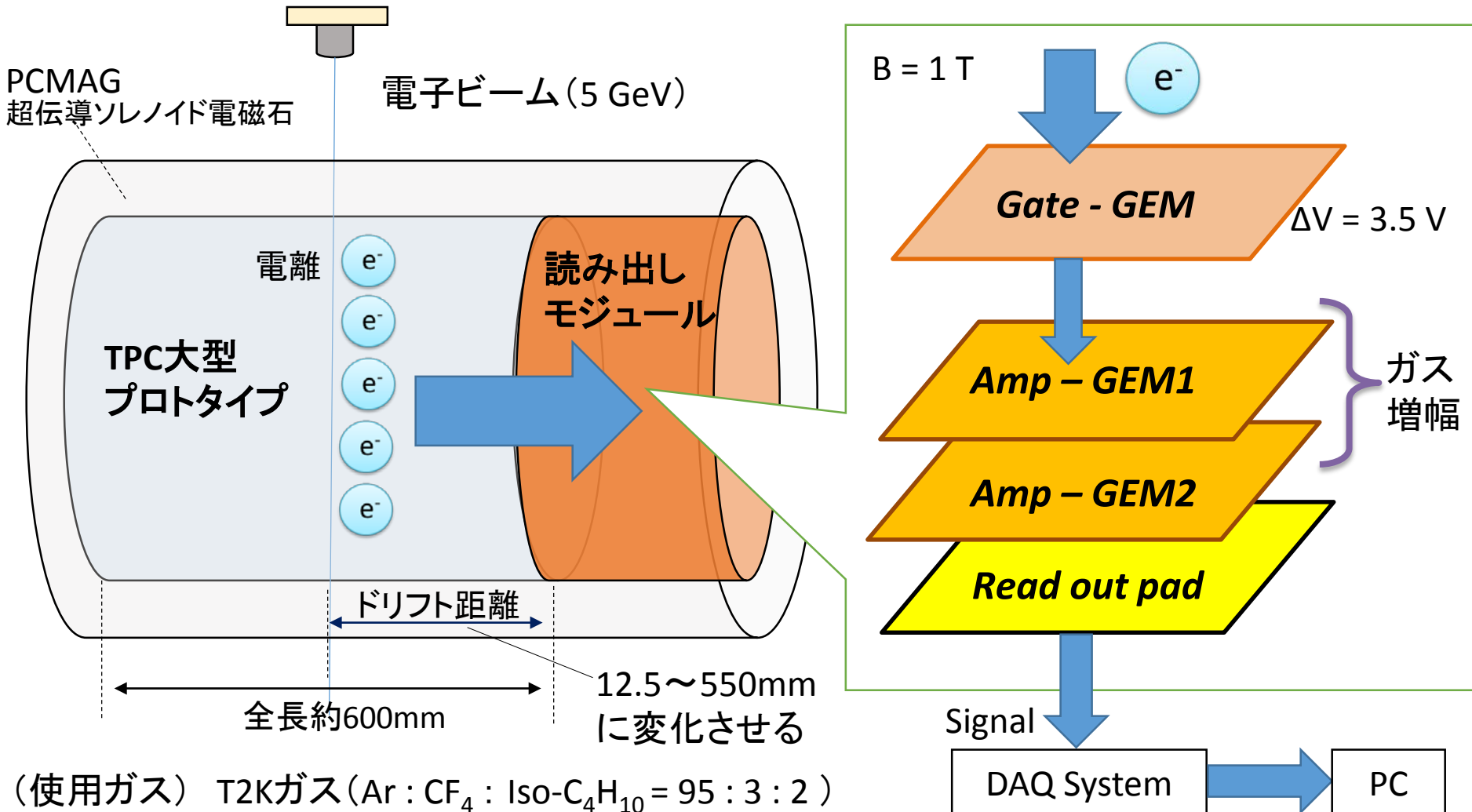
## ■ 電子透過率の電位差依存性



- 磁場0 Tにおいてゲート装置の電位差が3.5 Vの時電子透過率が最大(約86%)となる
- 小型サンプルにおいて磁場が1 Tの場合でも十分な電子透過率が得られる

# 電子ビーム照射試験

本研究では、磁場1 Tにおいてゲート装置の電位差が3.5 Vの時の電子透過率を電子ビームを用いて、ドリフト距離を変化させて評価した



TPC内の圧力、温度をモニタしながら計測

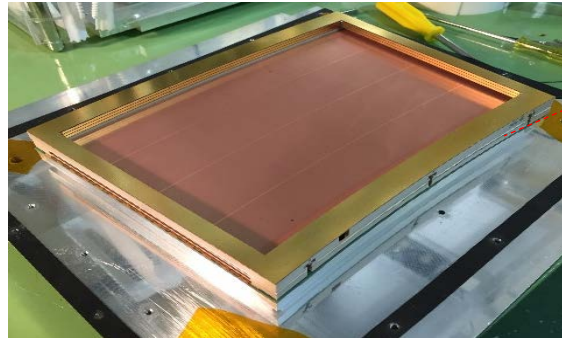


# 電子ビーム照射試験

ゲート装置有り



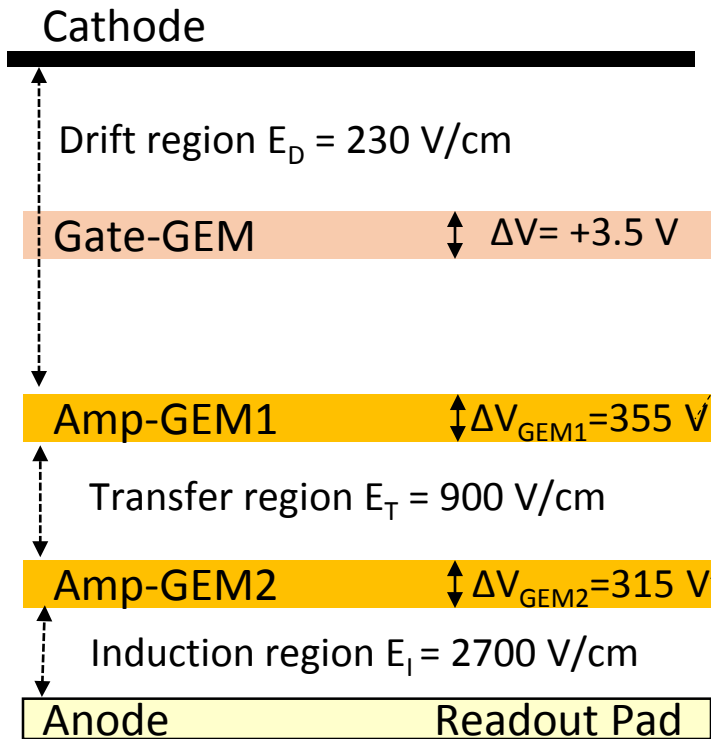
ゲート装置無し



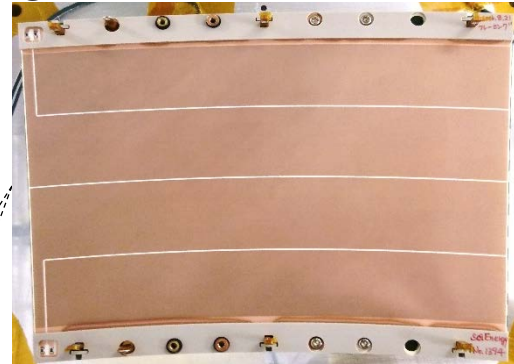
フィールドシェーパー  
(電場整形器)

両者で計測された電荷量  
を比較することで  
電子透過率を求める

(電圧・電場設定)



GEM



100  $\mu\text{m}$ 厚 (LCP)

4分割にする  
電極ギャップ  
(放電対策)

Pad



1.15~1.25 mm

5.26 mm

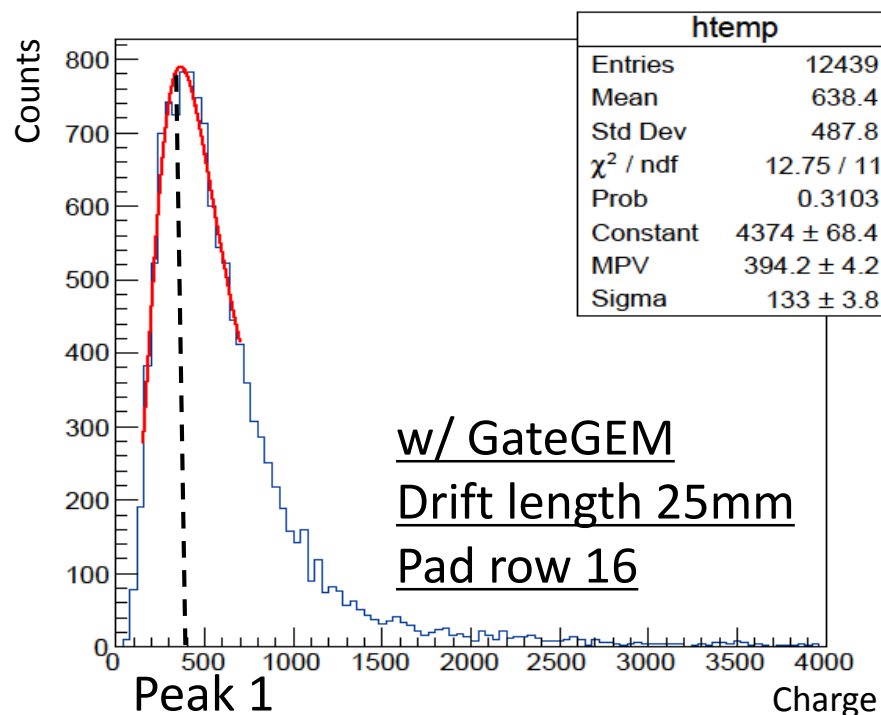
$\times 5152$  pads  
が配列

28 列

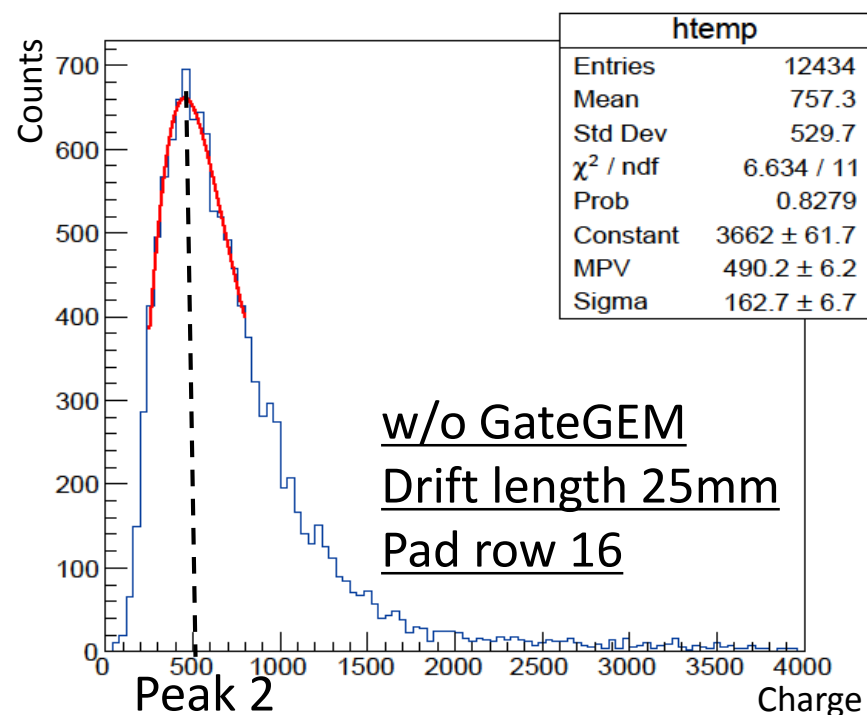
# 電子透過率の導出

## Examples of the pulse height distribution

### ゲートGEM有りの時の信号電荷分布



### ゲートGEM無しの時の信号電荷分布

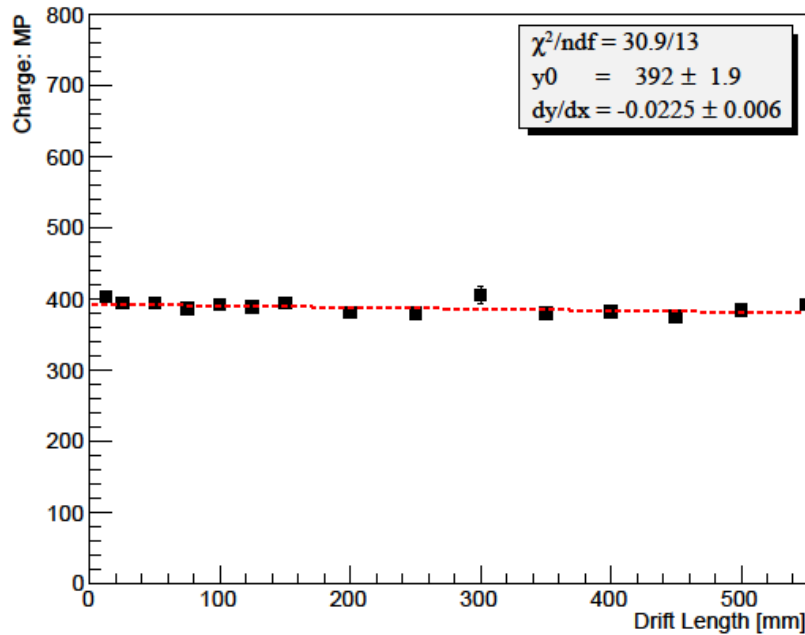


$$(\text{電子透過率}) = \frac{\text{Peak 1 (ゲートGEM有りでの信号電荷量)}}{\text{Peak 2 (ゲートGEM無しでの信号電荷量)}} \times 100 [\%]$$

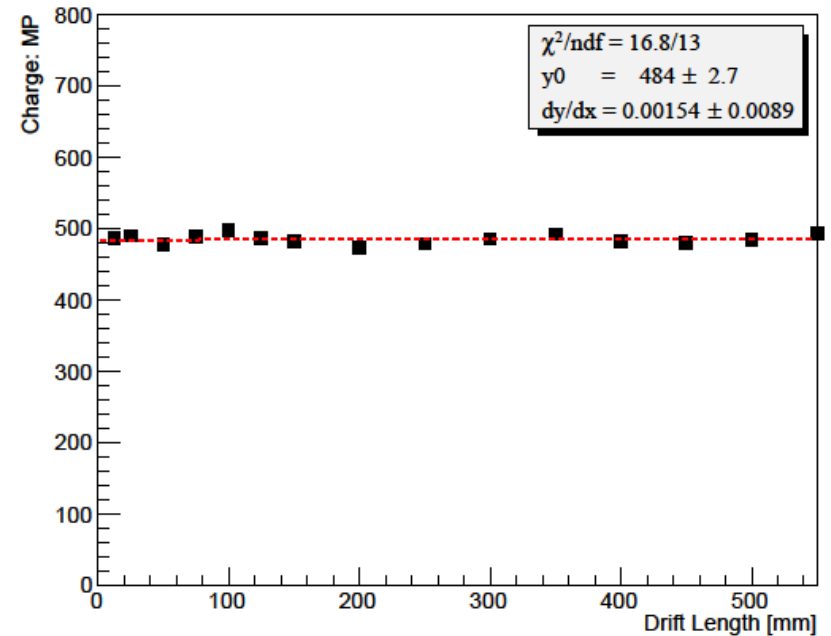


# 電荷量のドリフト距離依存性

## ゲートGEM有りの時の電荷量



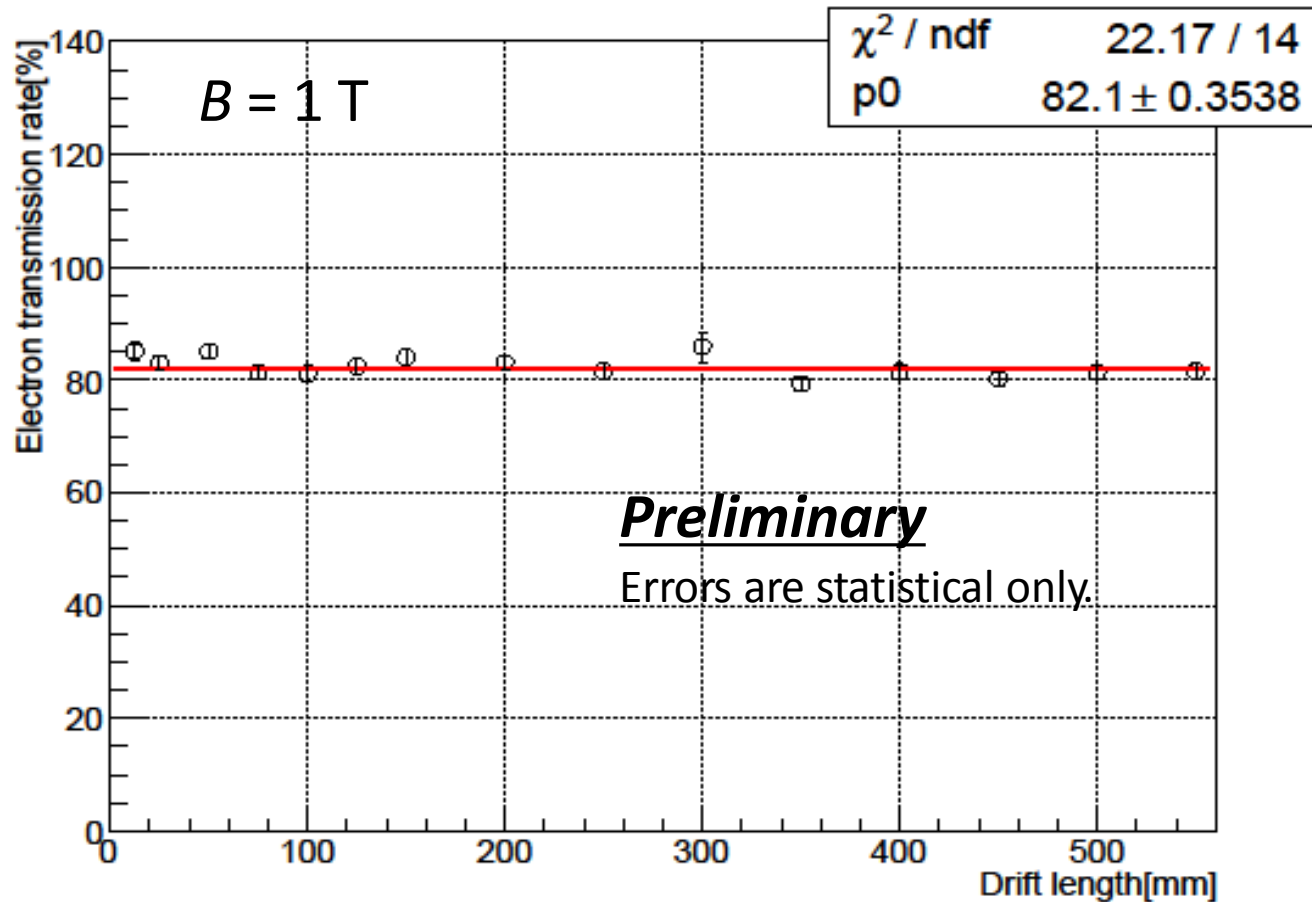
## ゲートGEM無しの時の電荷量



(Pad Row 16の結果)

- ゲートGEM有りのほうが無しの際に比べて電荷量が小さい  
⇒ この比から電子透過率を求める

# 電子透過率のドリフト距離依存性

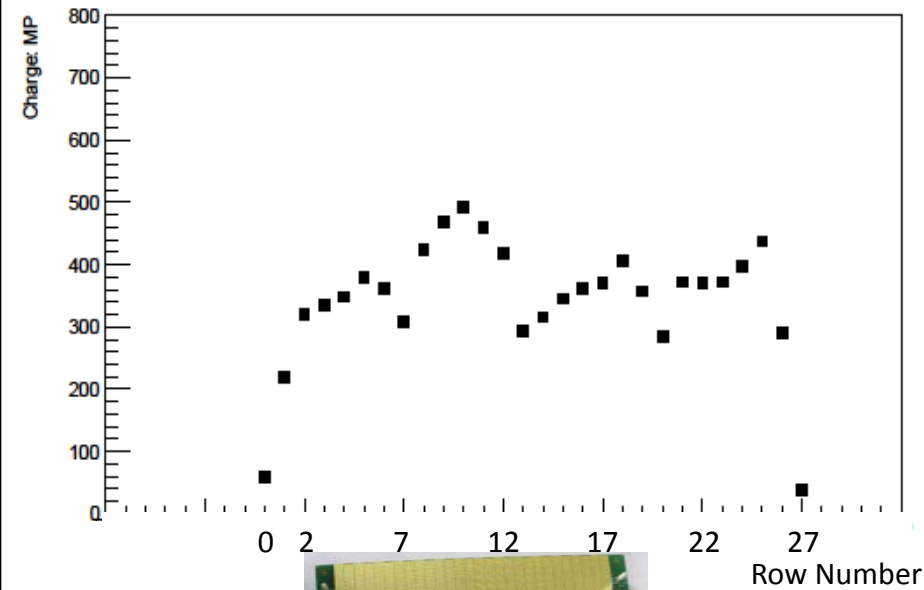


(電荷は圧力・温度に依存性があるため圧力・温度による補正済のデータを使用)

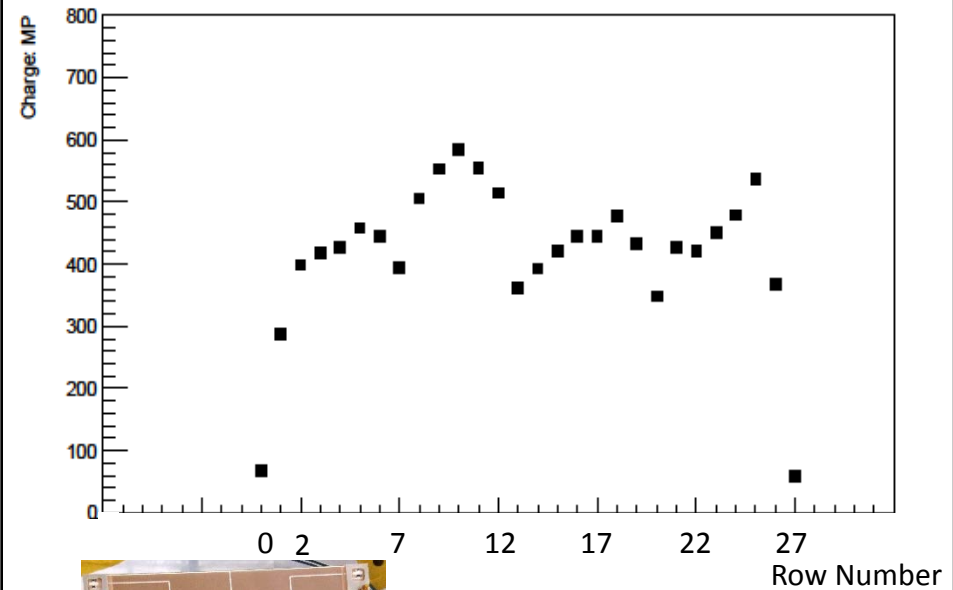
- 電子透過率はほぼ一定(平均82.1%)  $\Rightarrow$  目標値(80%)に到達

# 電荷量のパッド列依存性

## ゲートGEM有りの時の電荷量

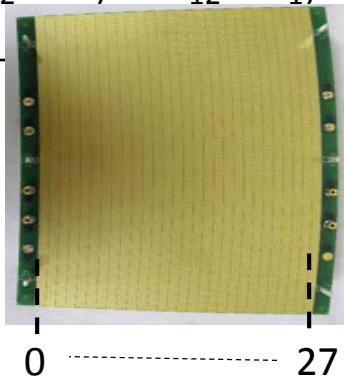


## ゲートGEM無しの時の電荷量

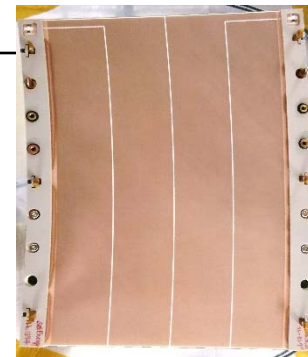


(ドリフト距離25 mmの結果)

パッド列番号



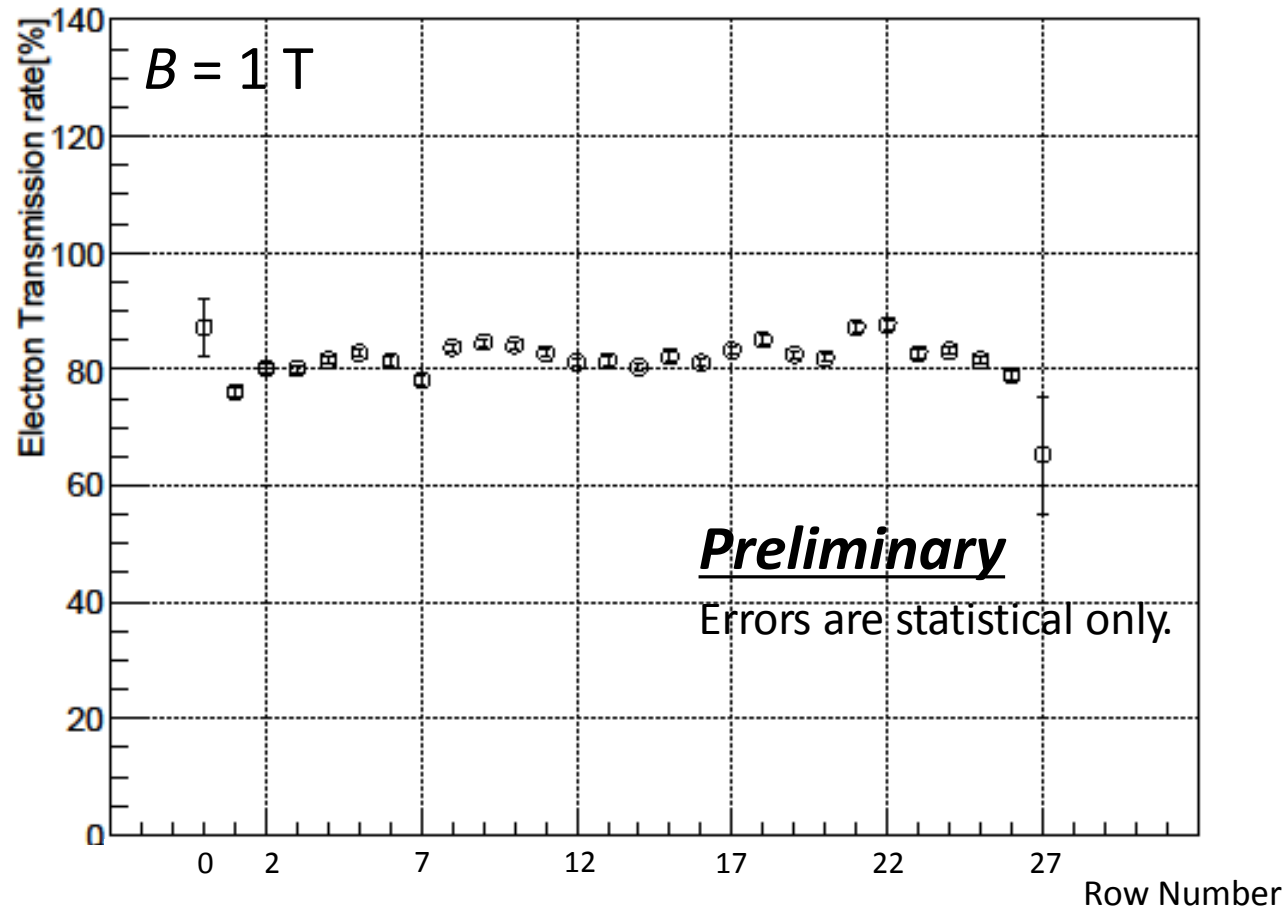
増幅GEM



- GEMの電極ギャップ部分による電荷損失の影響が見える
- 両者の比から電子透過率を求める

# 電子透過率のパッド列依存性

(ドリフト距離25 mmの結果)



- 電子透過率はほぼ一定(平均  $82.1 \pm 0.14 \%$ )

ドイツのDESY(ドイツ電子シンクロトロン)で、LC-TPC国際共同研究グループのもとGEM型ゲート装置を用いた電子ビームの照射試験をおこなった。

本研究では、磁場1 Tにおいてゲート装置の電位差が3.5 Vの時の電子透過率を電子ビームを用いて、ドリフト距離を変化させて評価した

- 計測された電荷量から求めた電子透過率のドリフト距離および読み出しパッド列の依存性において評価  
⇒電子透過率はほぼ一定となり、目標値である80%に到達
- 小型サンプルにおける結果およびNeffから求めた電子透過率とほぼ一致  
⇒期待通りの高い電子透過率が得られた

## 今後について

陽イオン阻止率の電位差依存性や高磁場(3.5 T)下における電子透過率の調査  
電子透過率・阻止率のシミュレーションの精密化

## 質疑応答

(1) パッド列 v.s 電子透過率のグラフで、電荷量のときのグラフと同様の形状が少し残っているのはなぜか

⇒ゲートGEMがある場合と無い場合で形成される電場が異なるためと答えたが理解してもらえなかった

⇒読み出し領域(インダクション領域)の電場がゲート有り無しで異なるためそのような形状となるが、具体的にどのような電場が形成されるのかは現時点では不明のためシミュレーションする必要がある と答えたほうがよかったかもしれない

(2) 電子ビームは何Hz?

⇒(2)' 測定中に陽イオンフィードバックの影響は受けないのか?

⇒受けない、モジュールは2つのみで実際のILCより少ないためそもそも発生する陽イオンは少ないため。電子ビームは12.5Hz (<http://desy2.desy.de/>)

(3) フィールドシェーパーの構造は?

⇒フレーム構造、フレーム部分にはフィールドストリップがありチェーン抵抗により分圧して電位を滑らかに変化させることができる、フレームにワイヤー等は張っていない