



GEMを使った飛跡検出器の開発



黒岩洋敏 坂元宣友 杉山晃 山本拓也

登壇者

山本拓也(佐賀大学M1)





Introduction

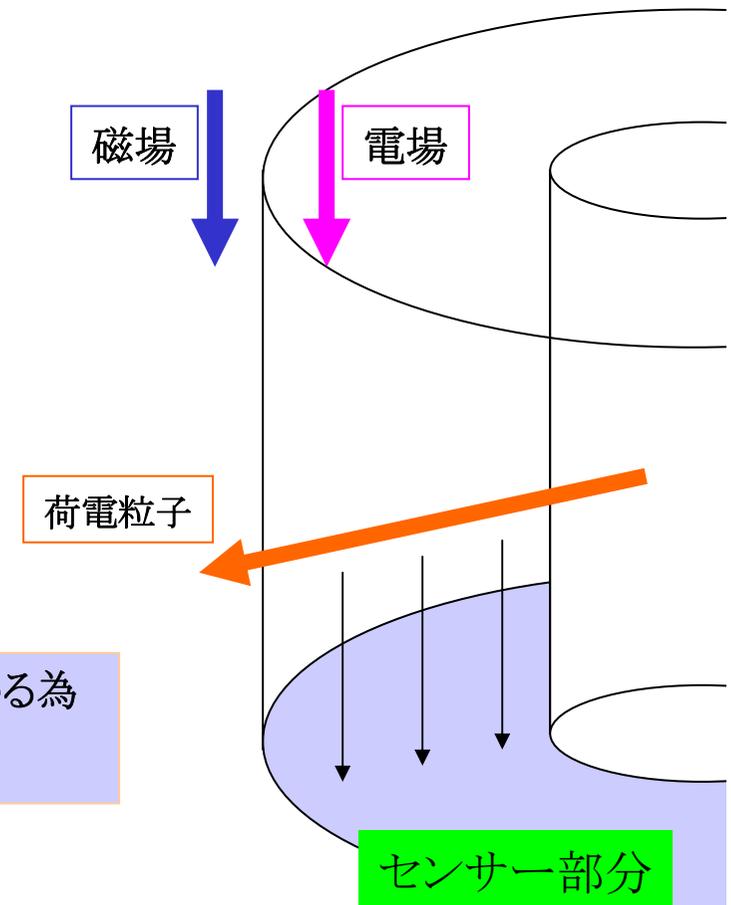


ILC (International Linear Collider) 計画 : ヒッグス粒子の精密測定や超対象性粒子の探求

飛跡検出器としてTPC (ガス検出器) を検討中。

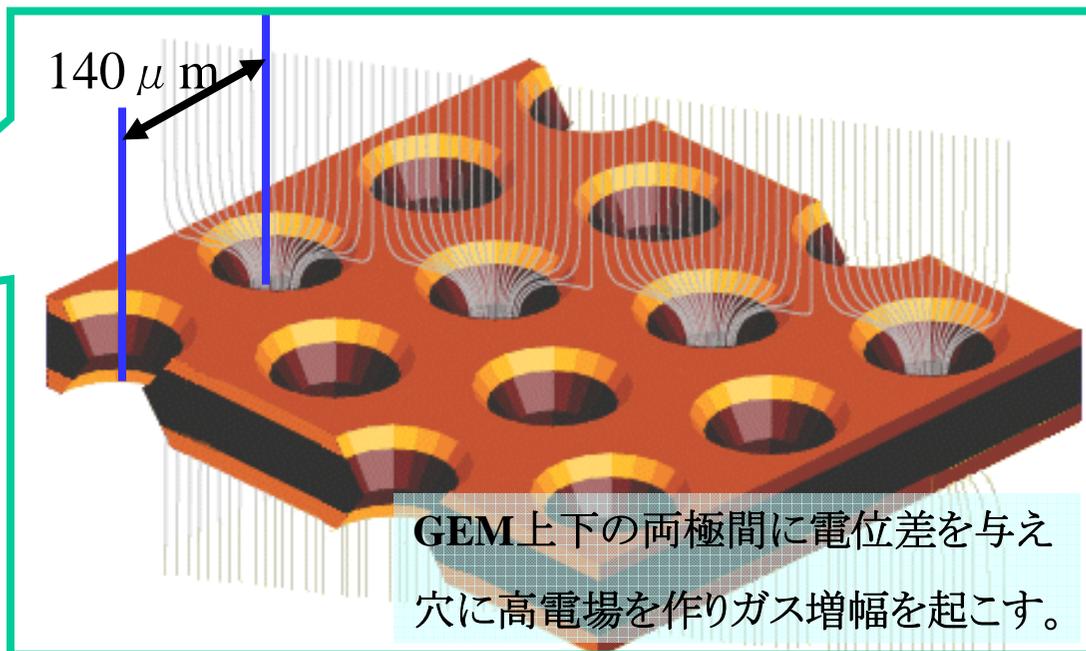
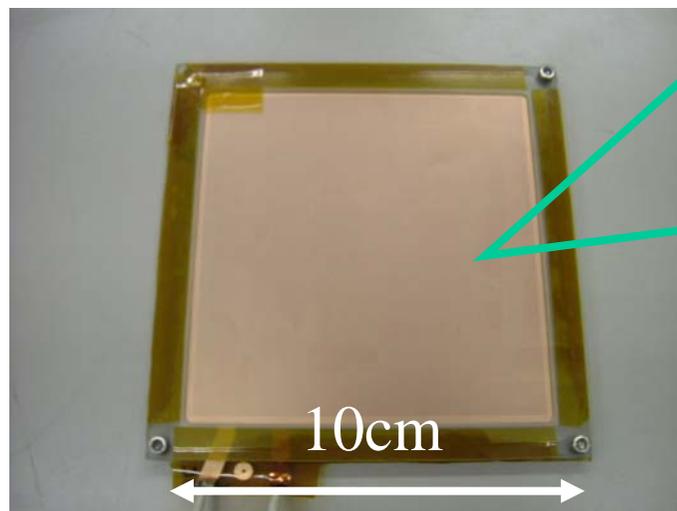
- TPC
- 外径: 約2m
 - 長さ: 4m超
 - 必要な位置分解能: $150 \mu\text{m}$

センサー部分にGEM (Gas Electron Multiplier) を用いる為
基本動作を調べるビームテストを行った。(磁場無し)



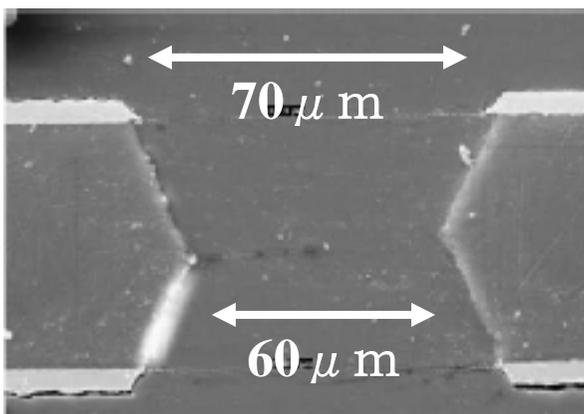


GEMとは

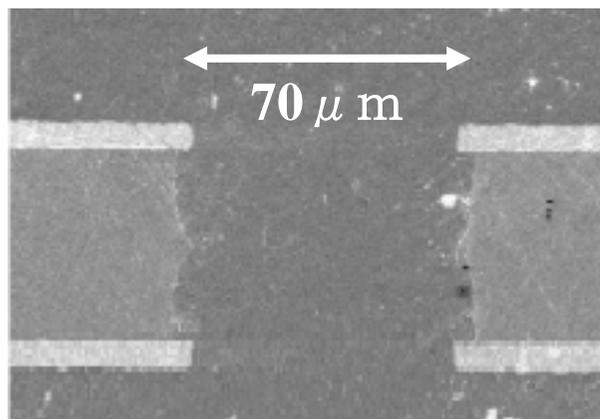


CERN GEM

5 μm (Cu)
50 μm (KAPTON)
5 μm (Cu)

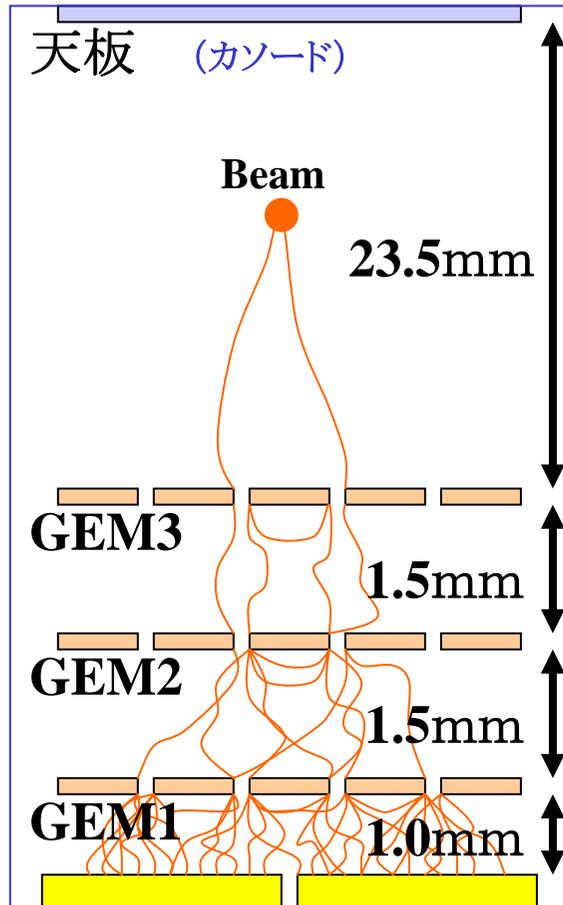


浜上 GEM





チェンバー内セットアップ



天板 (カソード)

Beam

23.5mm

GEM3

1.5mm

GEM2

1.5mm

GEM1

1.0mm

読み出しPAD (GND)

(アノード)

ドリフト領域

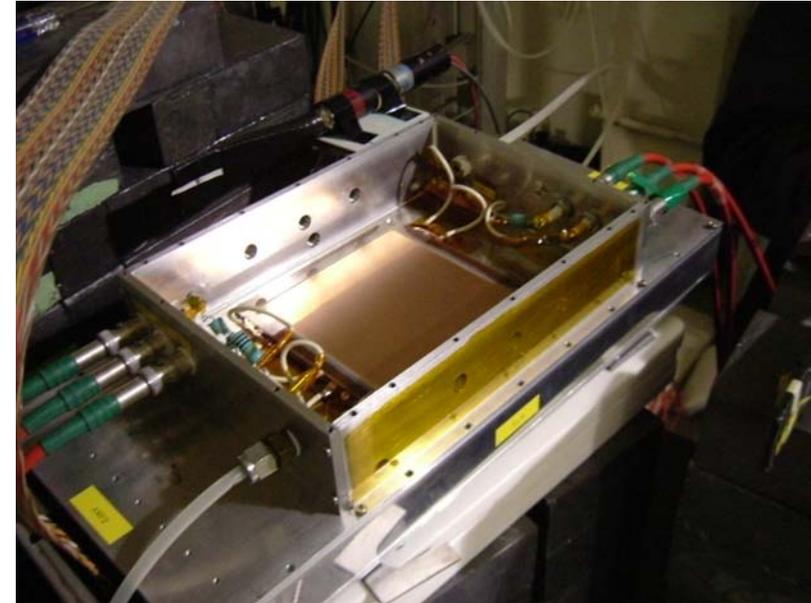
電場 \div 213V/cm

トランスファー領域

電場 \div 2kV/cm

インダクションギャップ

電場 \div 3kV/cm



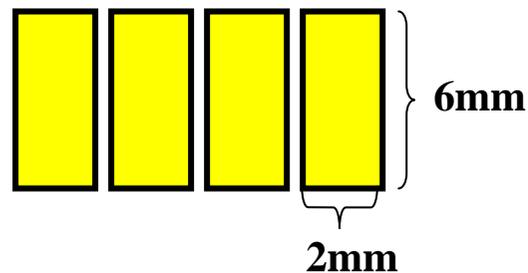
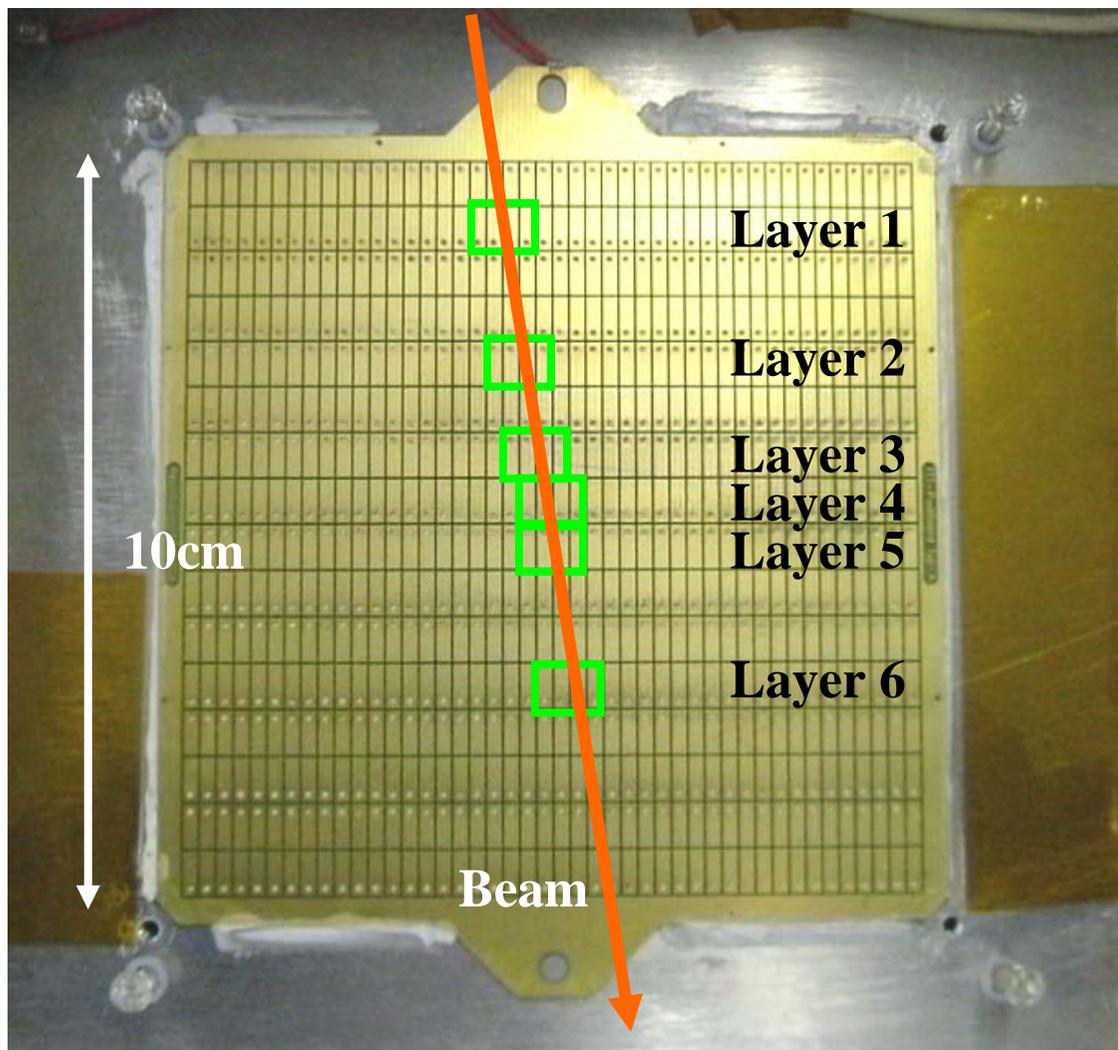
•GEM3枚の上下と天板

計7箇所それぞれHVを架ける。

•1枚のGEMの両電極間の電位差を V_{GEM}



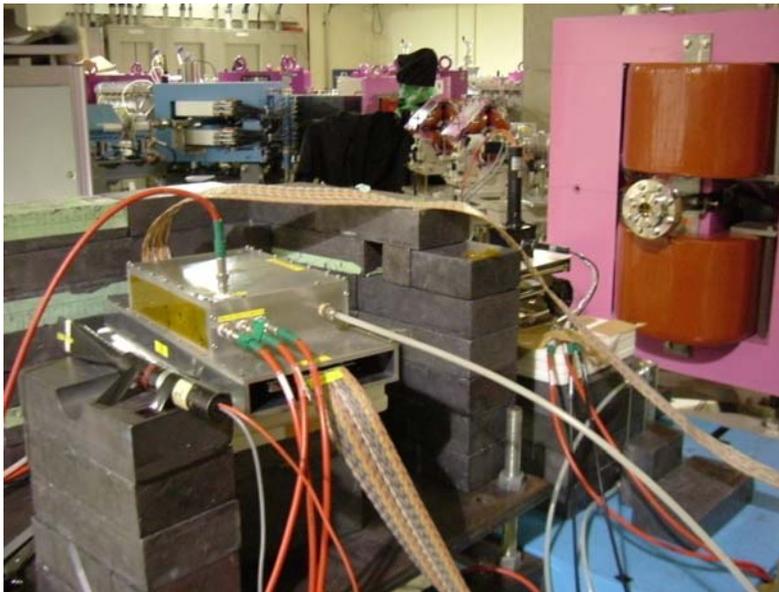
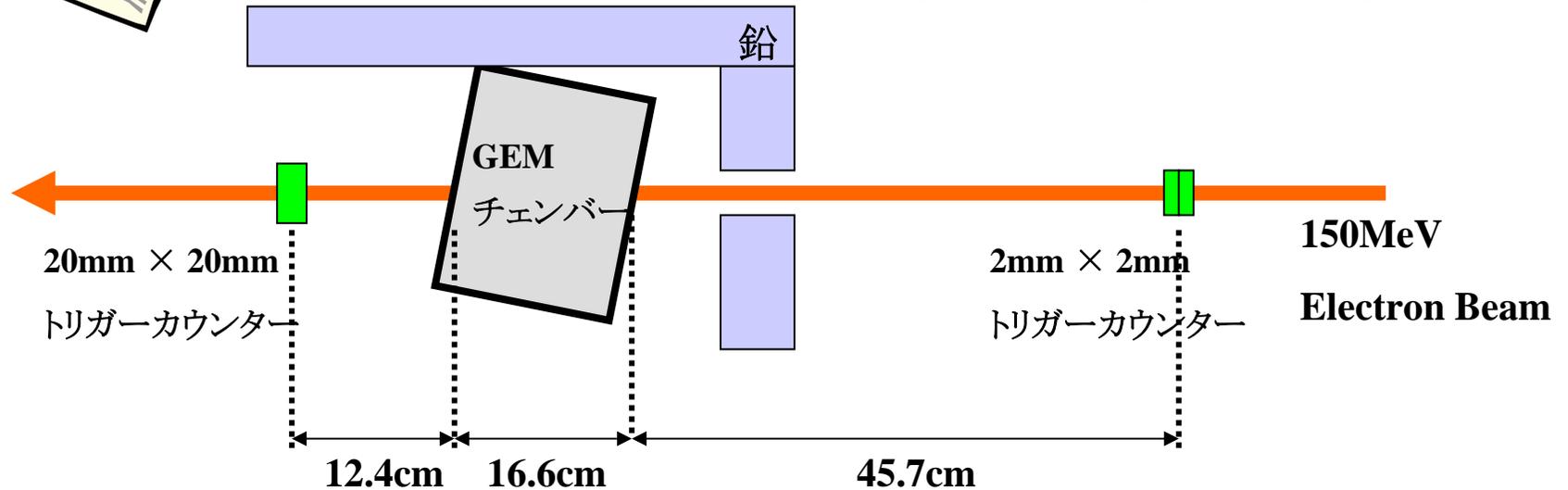
読み出し&レイヤー



- パッド間の隙間は全て0.3mm
- の4パッドを1レイヤーとして計24chを読み出し
- 読み出しエレキ
Belle-CDCのpreAMP300mV/pc
postAMP10倍



Beam Test セットアップ



- 広島大学Hi-VBL超高速電子周回装置にて実験。
- Beamは150MeVのElectron Beam。
- チェンバー内のガスはP-10ガス(Ar 90%:CH₄ 10%)を使用。
- チェンバーを約9度傾けることで電子の広がりが1レイヤーで複数のパッドに広がるようにした。



ヒットポジションの決め方

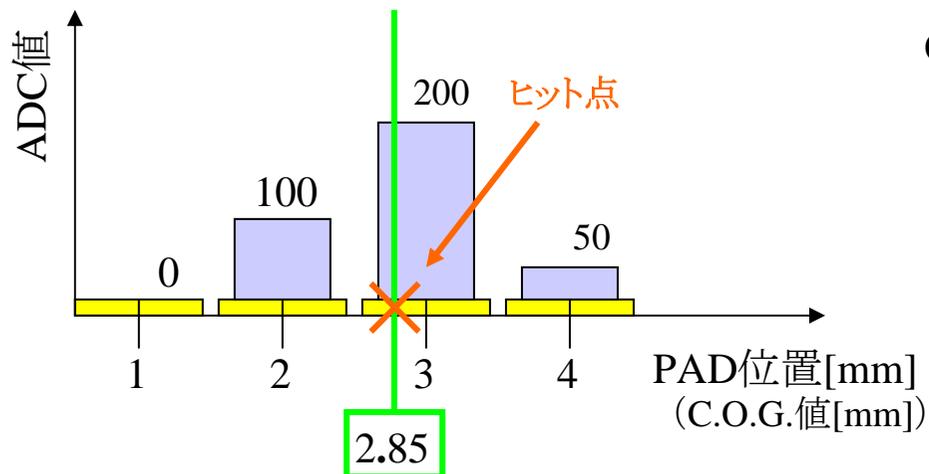


- レイヤーごとのヒット点の決定に重心法 (Center Of Gravity) を用いた。

$$\text{C.O.G.} = \frac{\sum \text{ADC } i \times \text{PAD } i}{\sum \text{ADC } i}$$

- ADC i : PADのADC値
- PAD i : PADの中心位置

(例) あるレイヤーで以下のようなADC値が得られた時のC.O.G.



$$\begin{aligned} \text{C.O.G.} &= \frac{0 \times 1 + 100 \times 2 + 200 \times 3 + 50 \times 4}{0 + 100 + 200 + 50} \\ &\doteq 2.85 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

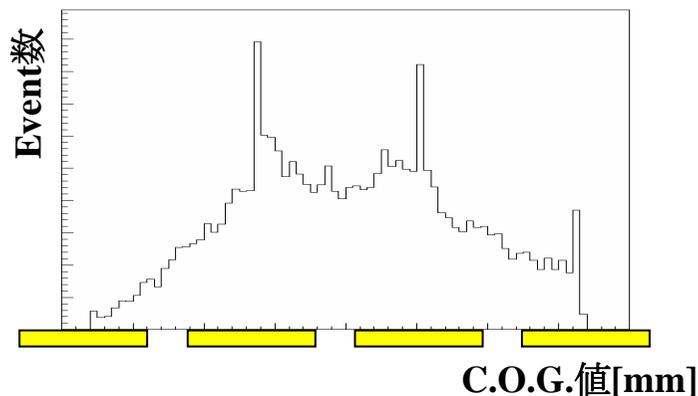
同様にして各レイヤーごとにC.O.G.を求めていく。



Tracking



- 1つのレイヤーのC.O.G.分布



(Fuchigami GEM : Layer4 (VGEM=330(V)))

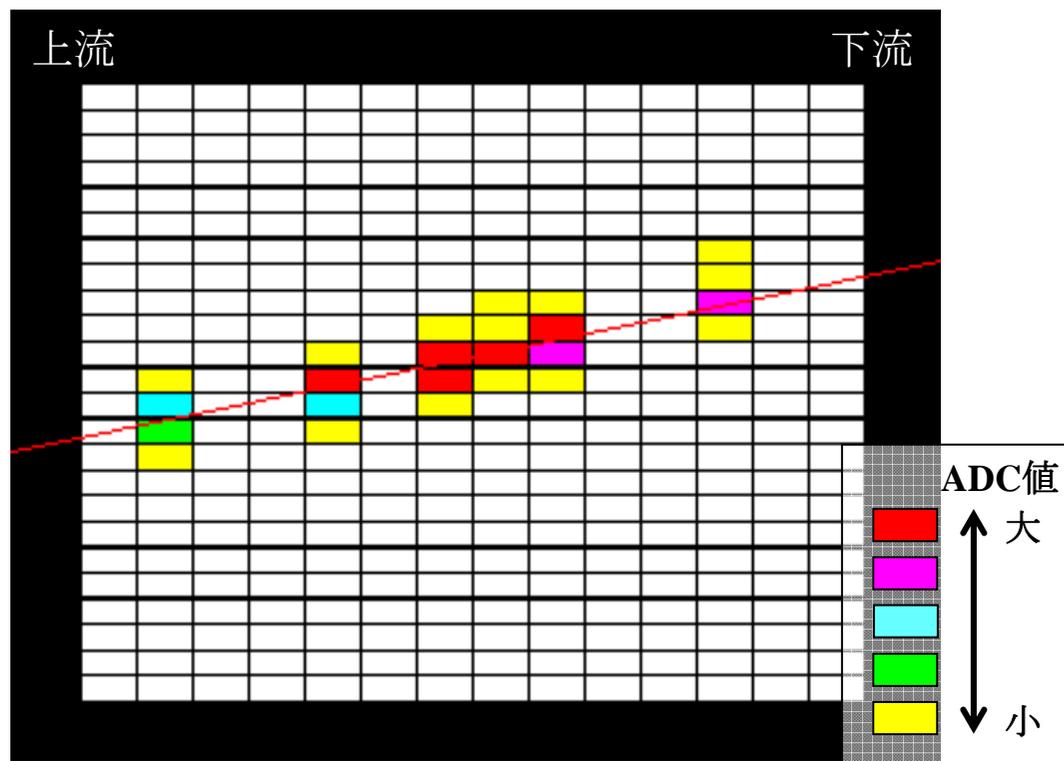
パッドの中心に顕著なピーク



電子の広がりが
パッド1枚に収まっている

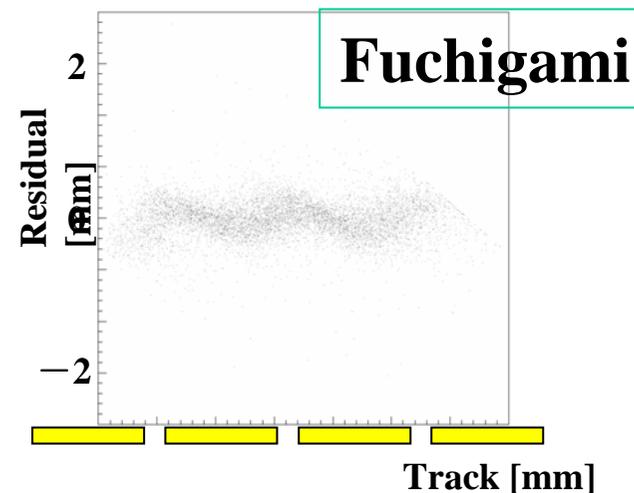
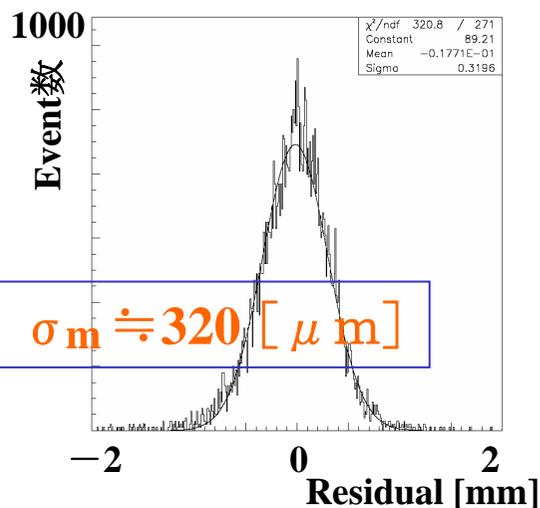
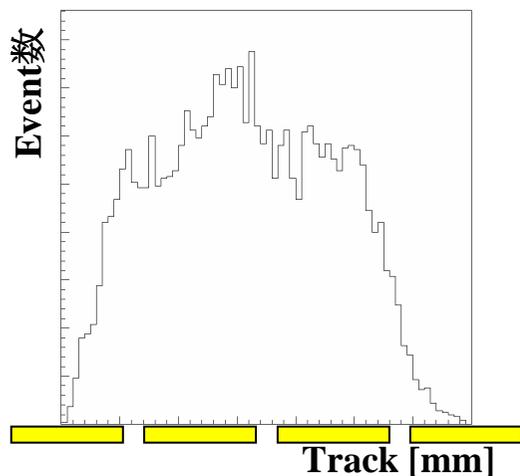
位置分解能を評価したいレイヤーを除く残りのレイヤーのC.O.G.をヒット点として最小二乗法で直線フィット

$$Y(\text{track}) = A \cdot x + B \quad (x: \text{ビーム軸})$$



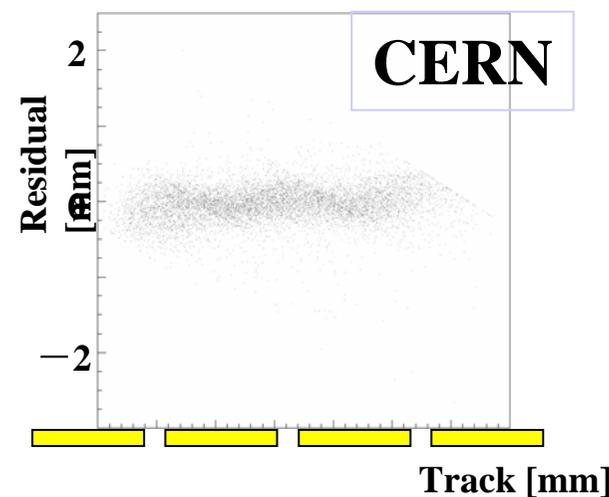
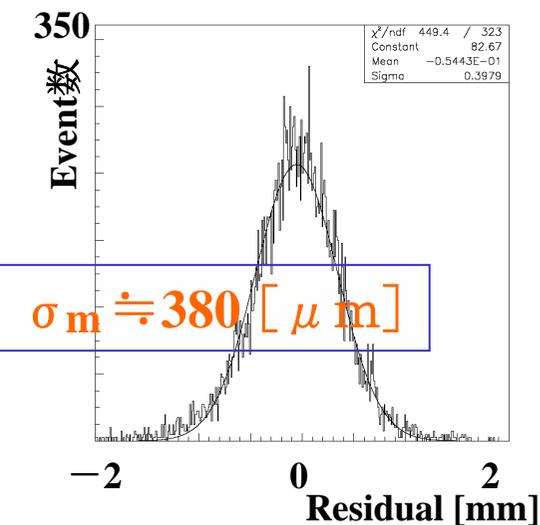


Track / Residual



$Residual = C.O.G. - Track [\mu m]$

Fuchigami GEM : Layer4 (VGEM=330V)



CERN GEM : Layer4 (VGEM=330V)

σ_m の中にはTracking Error
が含まれている



Geometric Mean



- 位置分解能 σ を求める。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_m^2 - \sigma_T^2}$$

σ_T (Tracking Error) の中にも σ が含まれているので算出が困難。

$$\sigma = \sqrt{\sigma_m \sigma'_m}$$

σ'_m : 対象レイヤーも含めて出したResidualのSigma

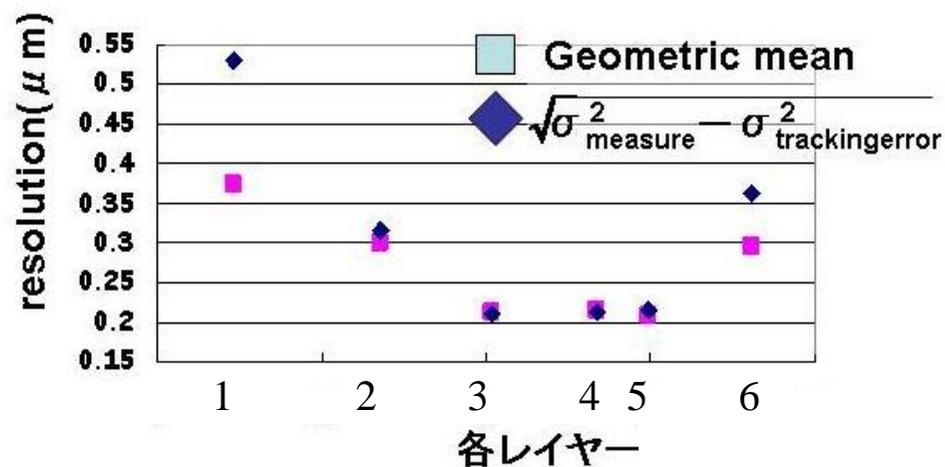
Layer4のそれぞれの位置分解能は

Fuchigami GEM

290 μ m

CERN GEM

340 μ m

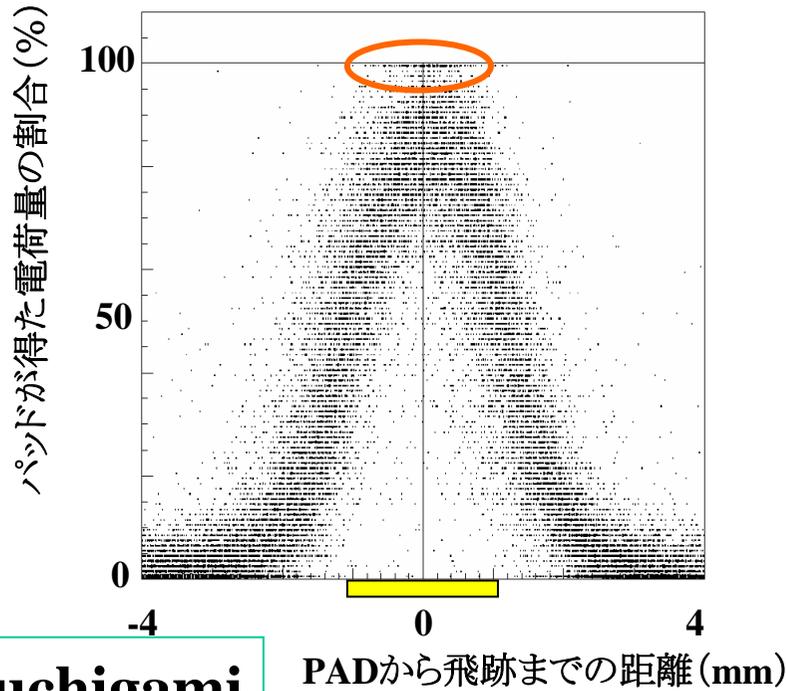




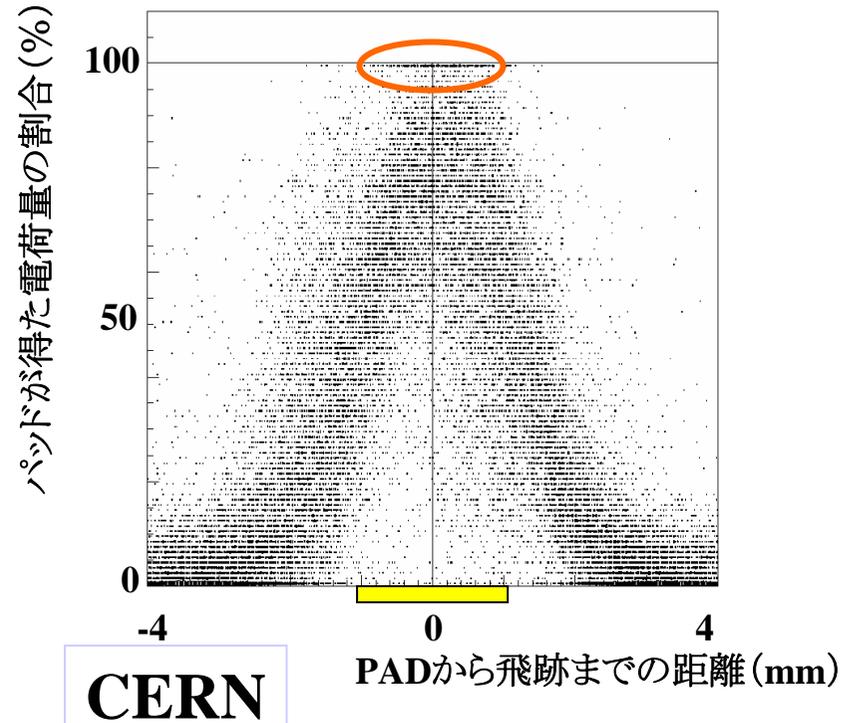
電子の広がり



- Response Function 1つのレイヤーの各パッドから見た電子の広がり分布。



Fuchigami GEM : Layer4 (VGEM=330V)



CERN GEM : Layer4 (VGEM=330V)

電子の広がりがパッド1枚におさまっているのがよくわかる。

⇒ 正確なC.O.G.を求めることができないので、より正確な位置分解能を出せない。



今後の開発に向けて



•今回のビームテストで得た位置分解能 (磁場なし)

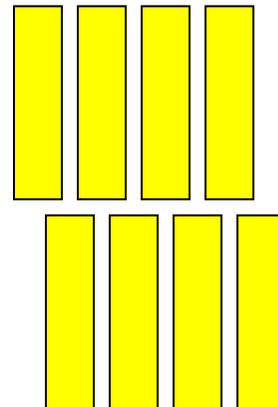
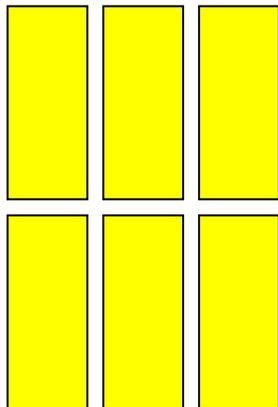
•**Fuchigami** 約290[μ m]

•**CERN** 約340[μ m]

S/N比の影響があるので一概にFuchigamiが良いとはいえない。

•改善点

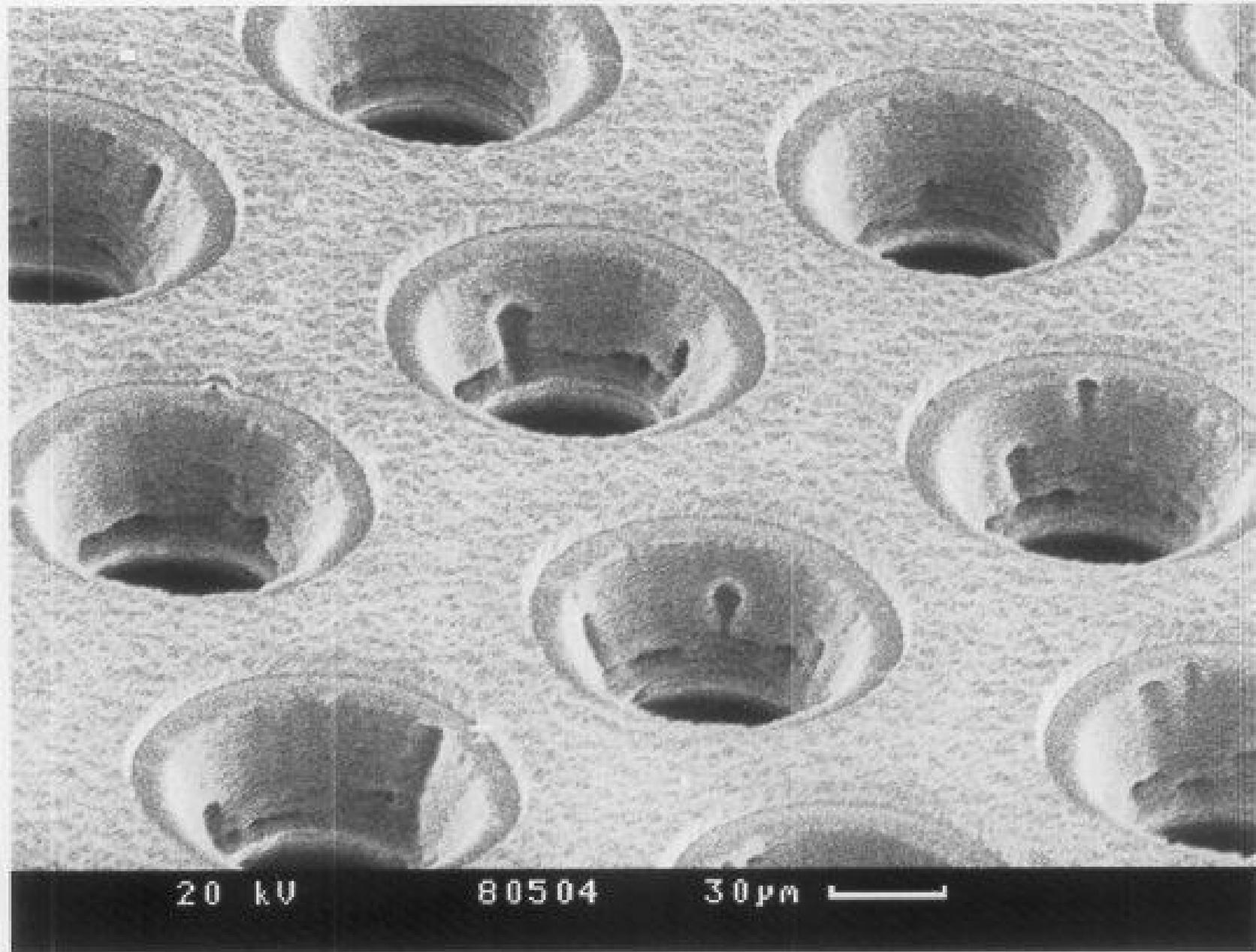
今回使用したパッドの大きさや配置を変更する必要あり。



- パッド幅を細くする。
- パッド配列をレイヤーごとにジグザグにする。

GEMの耐久性の問題。

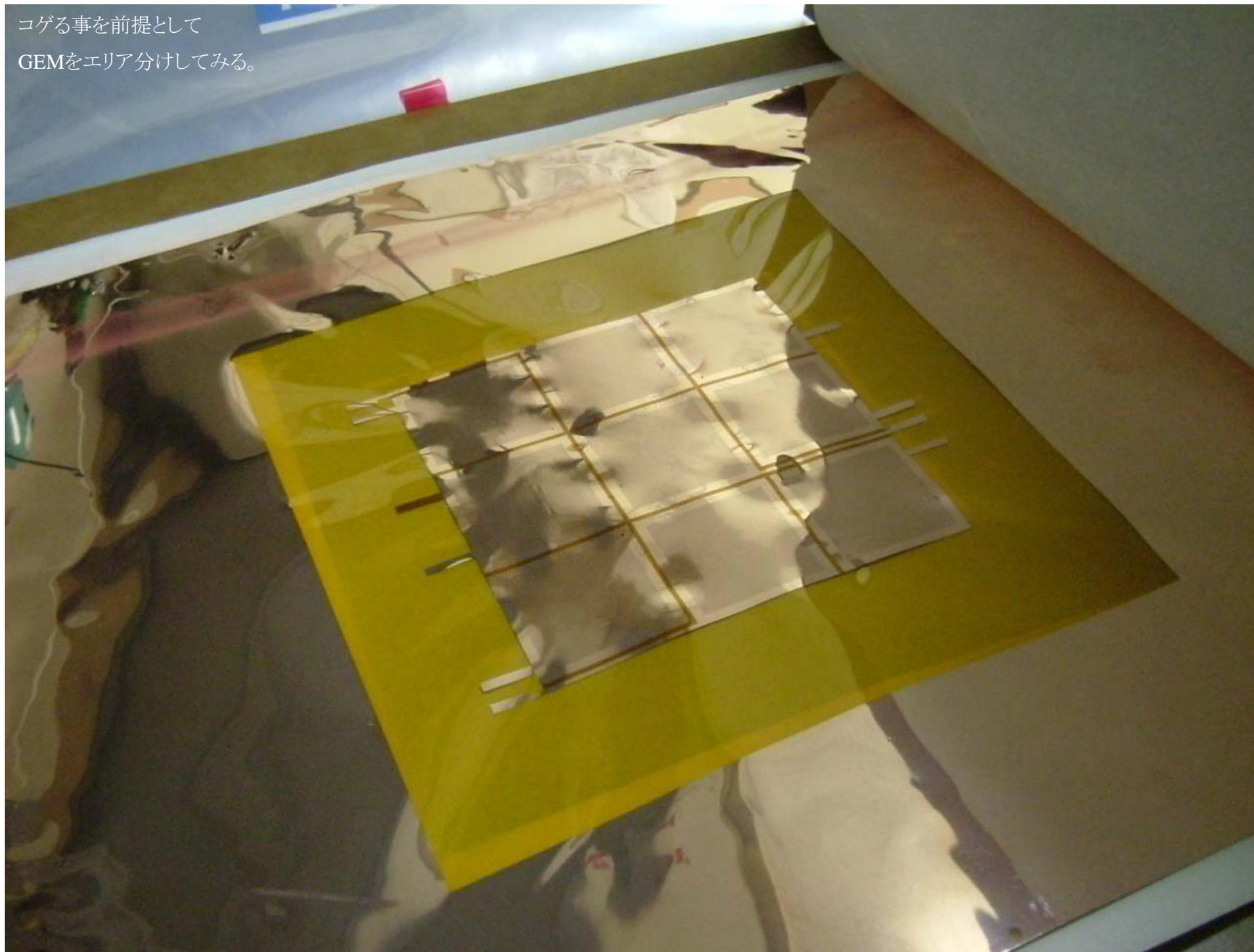
終了です。有難う御座いました。



放電して表面の穴がこげたGEM

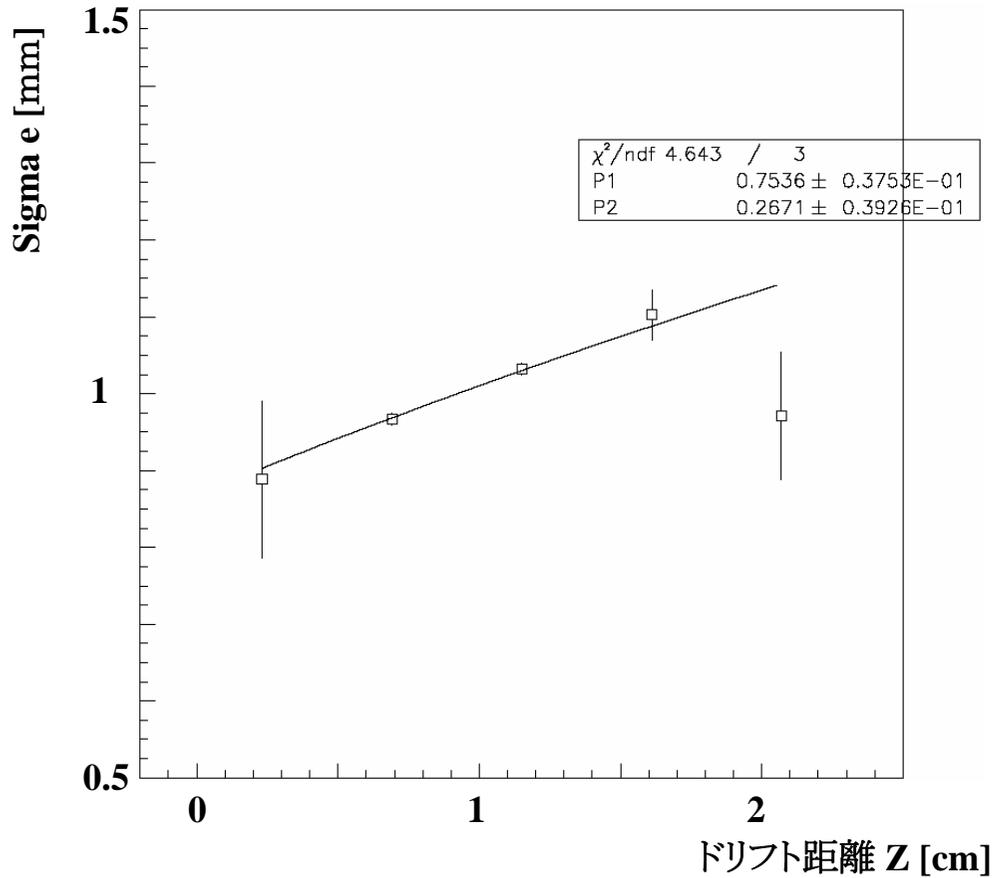


コゲる事を前提として
GEMをエリア分けしてみる。





ドリフト距離による電子の広がり



Fuchigami GEM : Layer4 (VGEM=320V)

電子の広がり σ_e

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_0^2 + C_D^2 \cdot Z}$$

σ_0 トランスファー領域や3GEMの穴などで起る
拡散による効果 [μm]

C_D 拡散定数 [$\mu\text{m}/\sqrt{\text{cm}}$]

$$\sigma_0 \doteq 870 [\mu\text{m}]$$

$$C_D \doteq 500 [\mu\text{m}/\sqrt{\text{cm}}]$$

