

陰イオンガスにおける MPGDの性能評価

2017年9月13日 日本物理学会@宇都宮大学

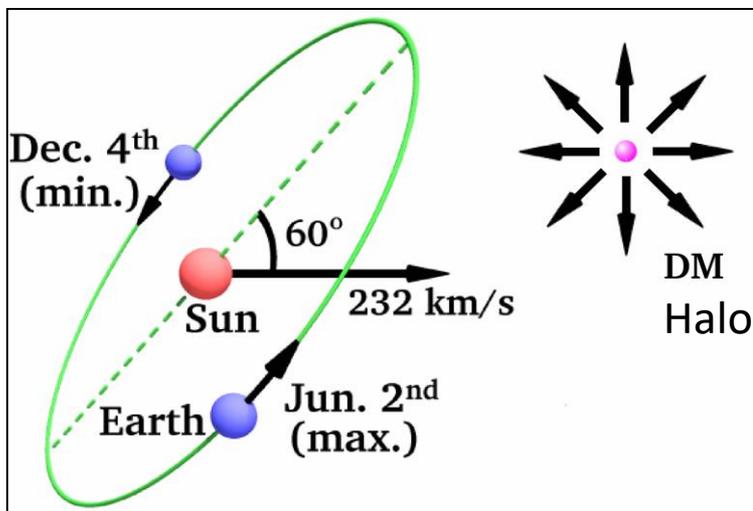
神戸大理

石浦宏尚, 身内賢太郎, 中村輝石, 矢ヶ部遼太, 橋本隆,
池田智法, 中澤美季, 越智敦彦

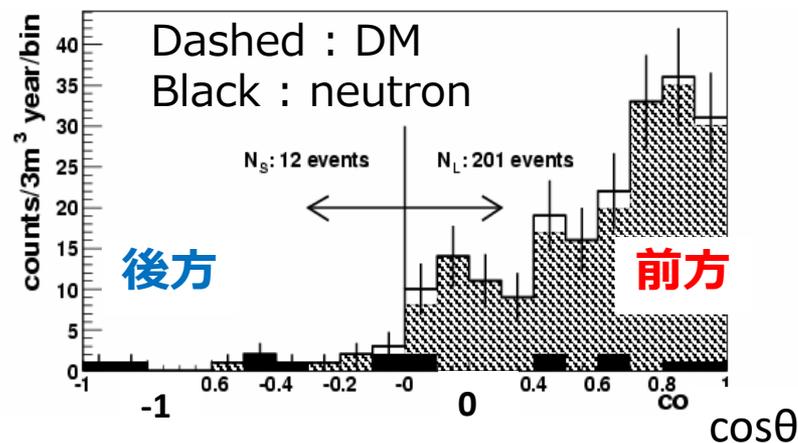
NEWAGE



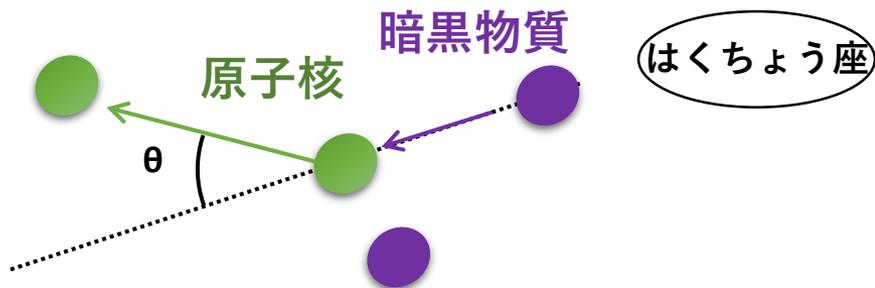
- 神戸大主導の**方向に感度を持つ**暗黒物質直接探索実験
- ガス検出器「 μ -TPC」を用いて到来方向異方性の観測を目指す



シミュレーションによる期待されるイベント



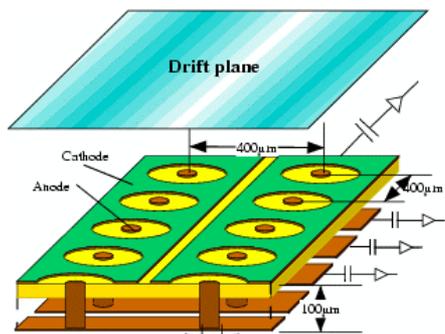
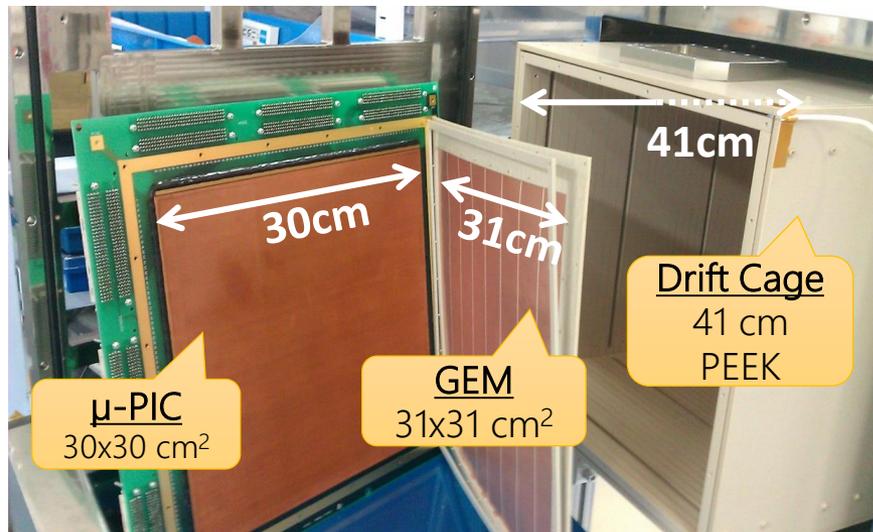
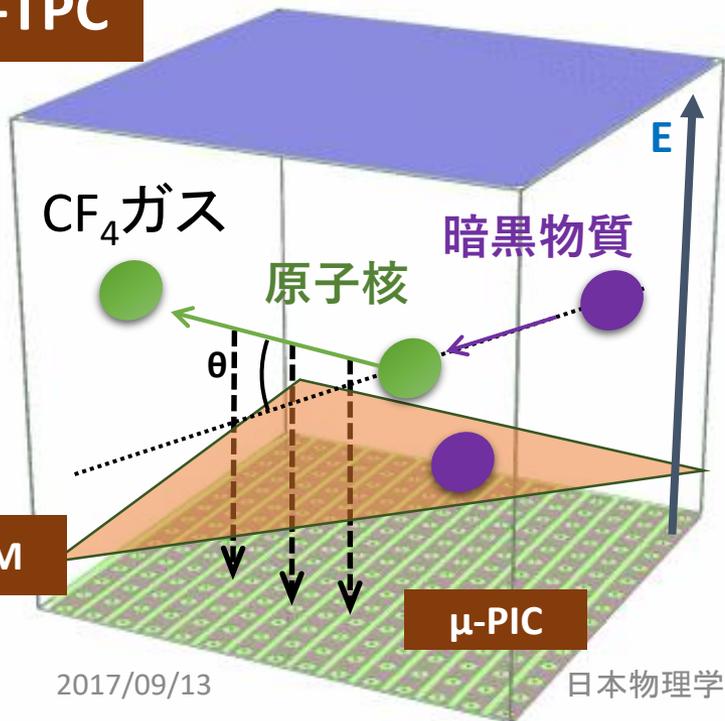
Physics Letters B 578 (2004) 241–246



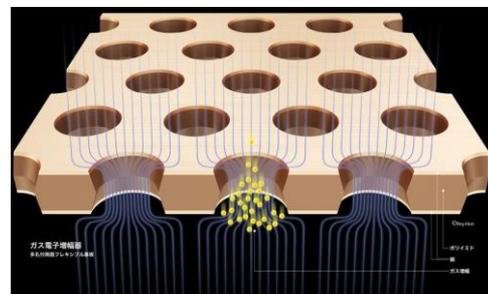
NEWAGEの検出器: μ -TPC

- マイクロパターン検出器 μ -PIC を読み出しに用いた3次元飛跡検出器
- μ -PICによる2次元飛跡情報+信号時間差&ドリフト速度によるz方向情報
→3次元飛跡情報

μ -TPC

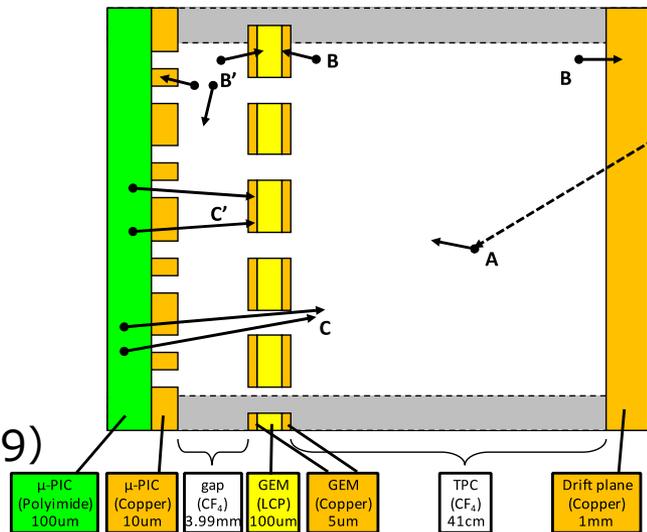


μ -PIC 400 μ m pitch



GEM 140 μ m pitch

陰イオンガスμ-TPC



- 現在のμ-TPCの課題：バックグラウンド

→ μ-PICのガラス繊維由来α線

- 対策
 - μ-PICの低アルファ化によるBG低減 (橋本隆13pS34-09)
 - z軸方向への有効体積カット
(ただし従来のμ-TPCではドリフト方向については相対位置しかわからない)

- 陰イオンガスを用いたz軸方向絶対位置決定

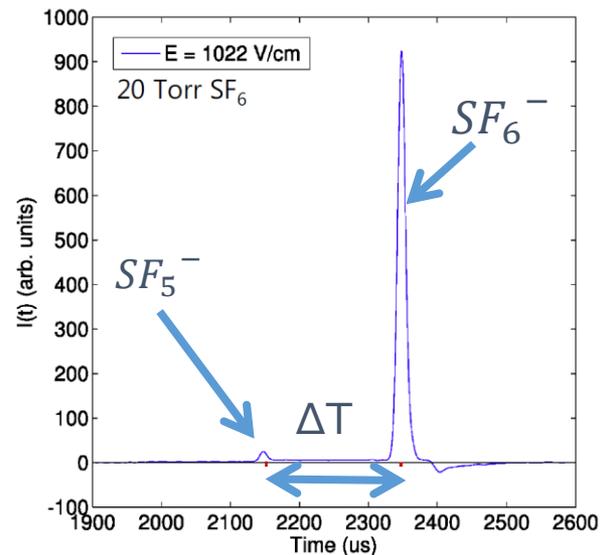
DRIFTグループ (英・米) が陰イオンガスを用いてz軸方向の絶対位置決定に成功

ドリフト速度の異なる複数イオン到達時間差から絶対位置決定

$$z = (t_a - t_b) \frac{v_a v_b}{v_b - v_a}$$

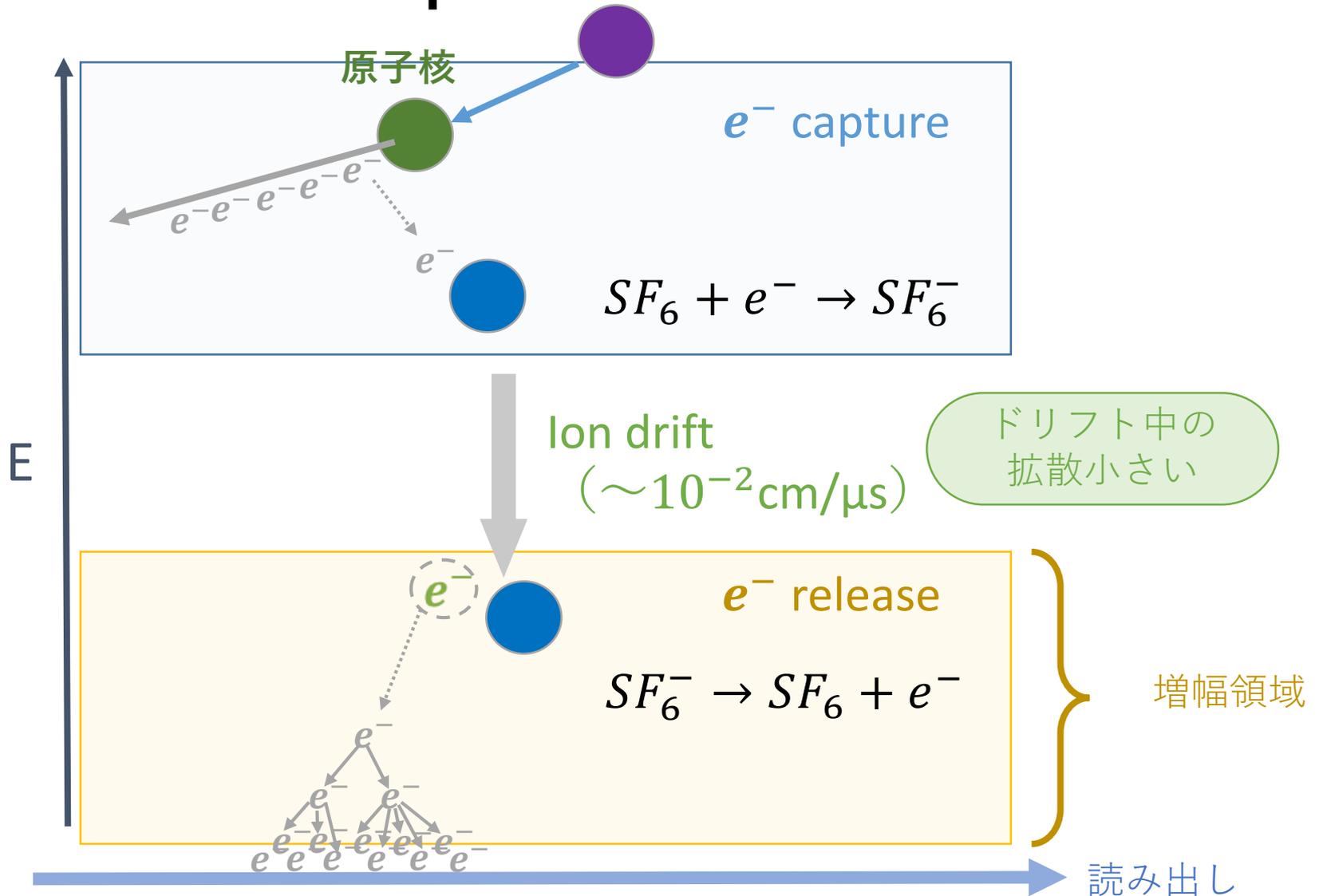
z軸方向への有効体積カットに使える→

- 陰イオンガスμ-TPCの開発 (池田智法 15aT11-14)
- 陰イオンガス中でのマイクロパターンガス検出器 (MPGD) 性能評価の必要性



[N.Phan/CYGNUS2015]

陰イオンガスμ-TPCの原理



陰イオンガス中におけるMPGD

世界各国でSF₆+MPGDの研究：

μ-PIC+GEM(100μm), Triple GEM(50μm), THGEM(1mm, 400μm), Micromegas

その中でもGEMでは

SF₆中で増幅を確認したGEMと各パラメータ
(身内 CYGNUS GAS WG report@CYGNUS 2017 他)

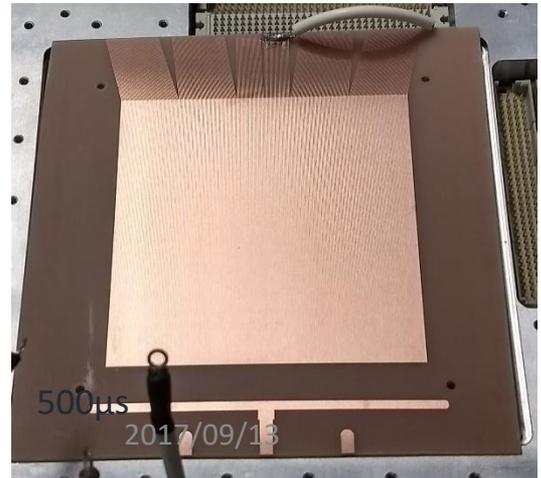
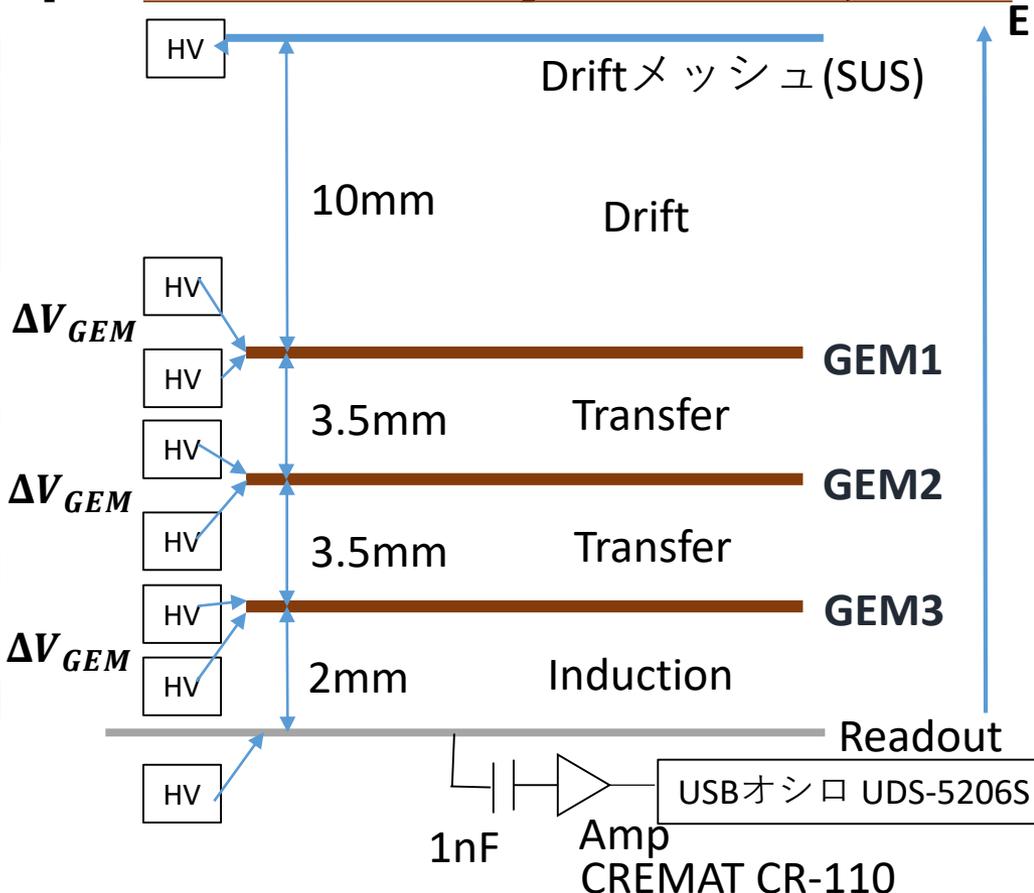
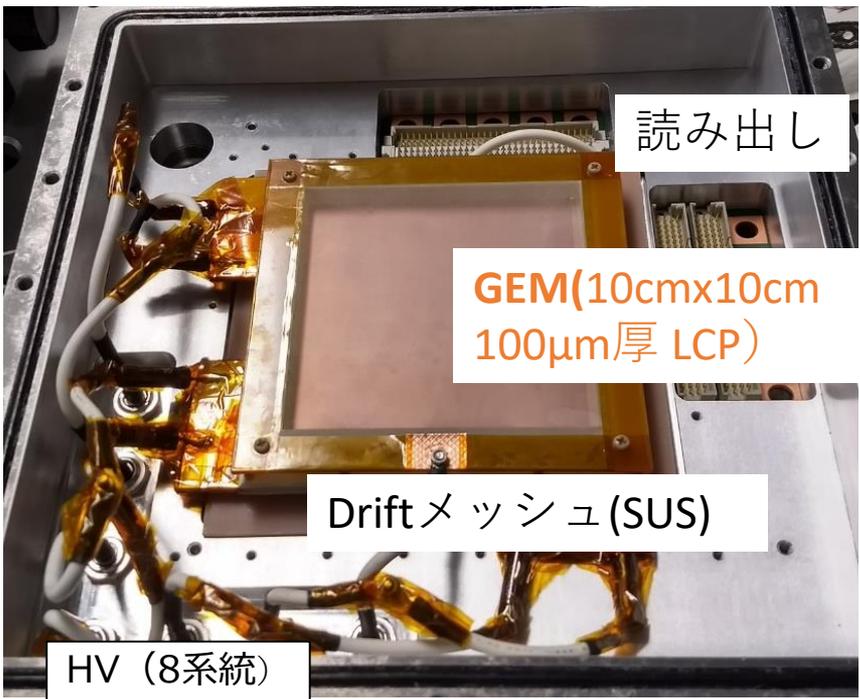
Gain Device	厚さ	枚数	SF6 pressure(Torr)	Max Gain	グループ
GEM	50μm	3	150-370	5000	Frascati, Italy
μ-PIC+GEM	100μm	1	20-152	2000	Kobe, Japan (JPS2016春 池田)
THGEM	400μm, 1mm	1	20-100	3000	NewMexico, US (N.S. Phan <i>et al</i> 2017 <i>JINST</i> 12 P02012)
THGEM	400μm	1	30, 40, 50		Sheffield, UK

本研究の動機：SF₆ガス中で100μmのGEMを用いたTriple-GEMを動作させ、
100μmGEMのSF₆ガス中性能評価

まずAr+C₂H₆中でTriple-GEM動作確認、その後SF₆中での動作を目指す

セットアップ(Triple-GEM)

カプトン窓



Amp : CREMAT CR-110, Gain : 1.4V/pC, 時定数:140 μ s
 Readout : 400 μ m pitch strip読み出し 24strip(9.6mm)束ねて使用
 HV: Drift, 3つのGEMのTop&Bottom, Readoutに独立して電圧をかけられるように

Ar + C₂H₆でのTriple-GEM動作試験

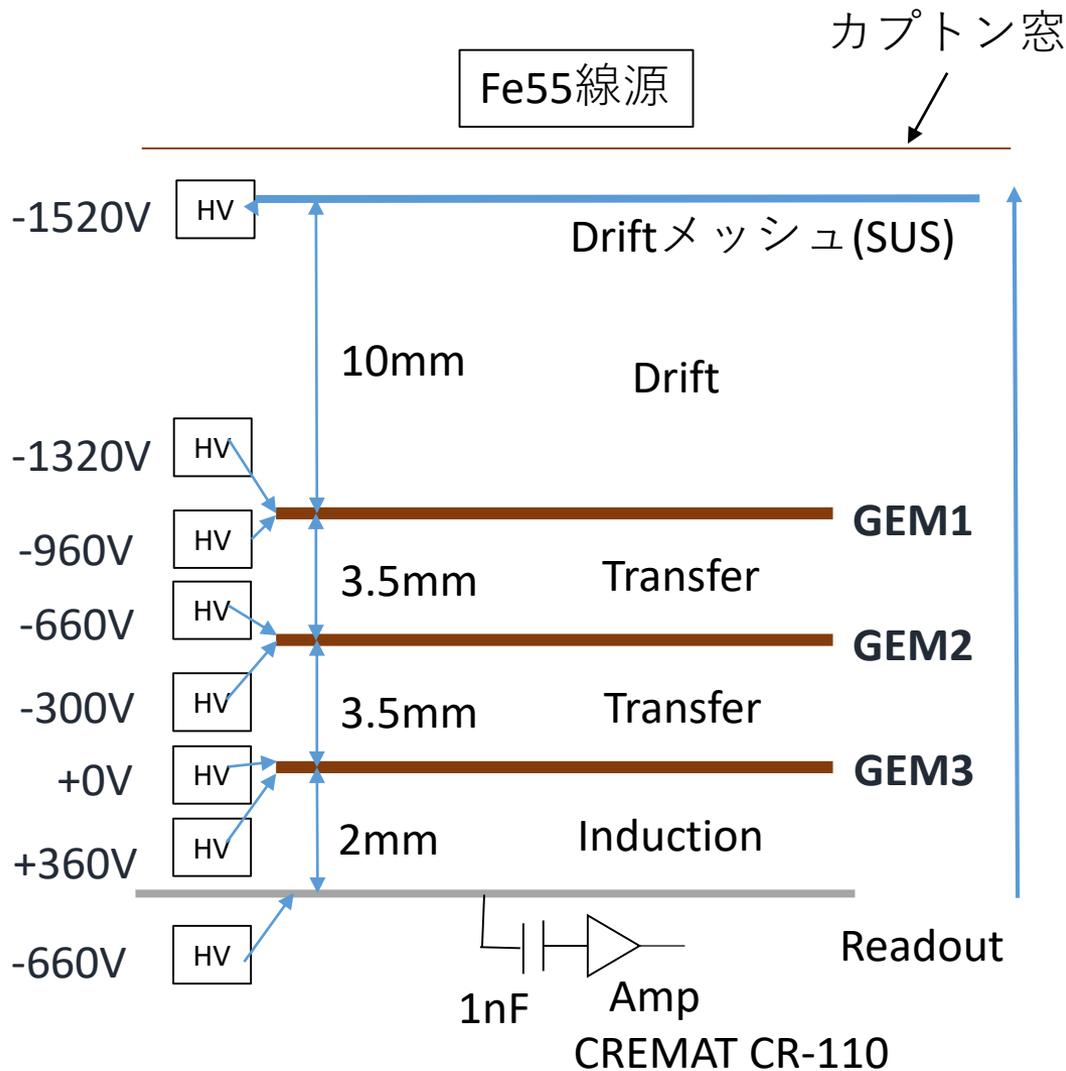
- ガス条件

Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

- 線源

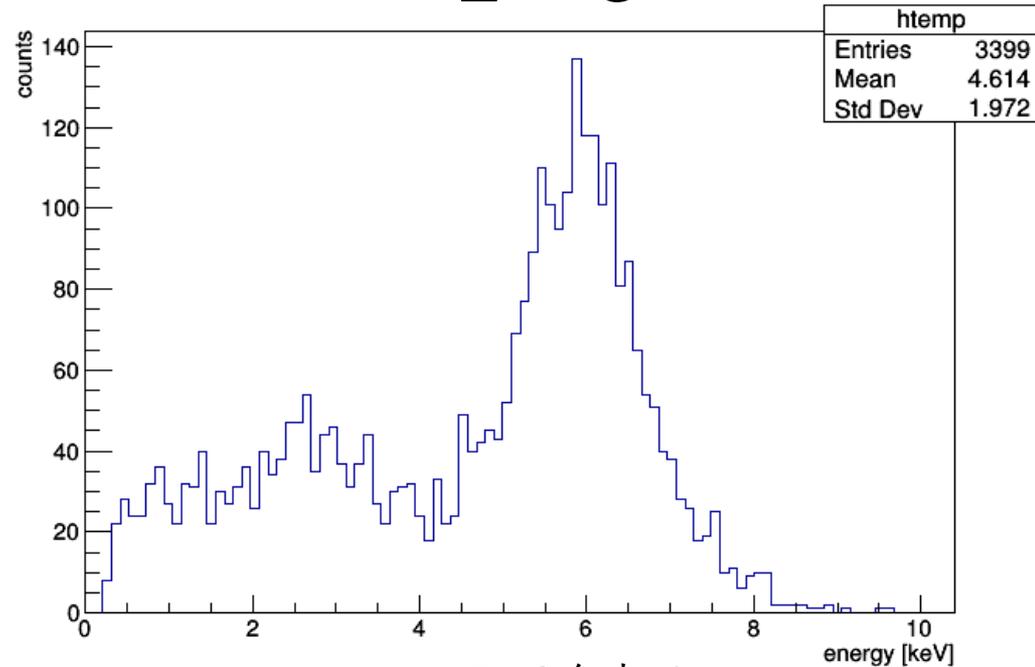
⁵⁵Feによる5.9keV X線を用いた

基本的に測定時基準電圧として
右の電圧を用い、任意のパラメータ
を変えて特性を見ていく



Triple-GEM特性@Ar + C₂H₆ 1気圧

- 波高値とチャージアンプCR-110のゲイン(1.4V/pC)から電荷を算出
- FWHM~25%



- 得られた電荷のスペクトルのメインピーク Fe55スペクトルをガウスフィットし、アンプゲインと合わせてガスゲインを算出

ΔV_{GEM} と Gain

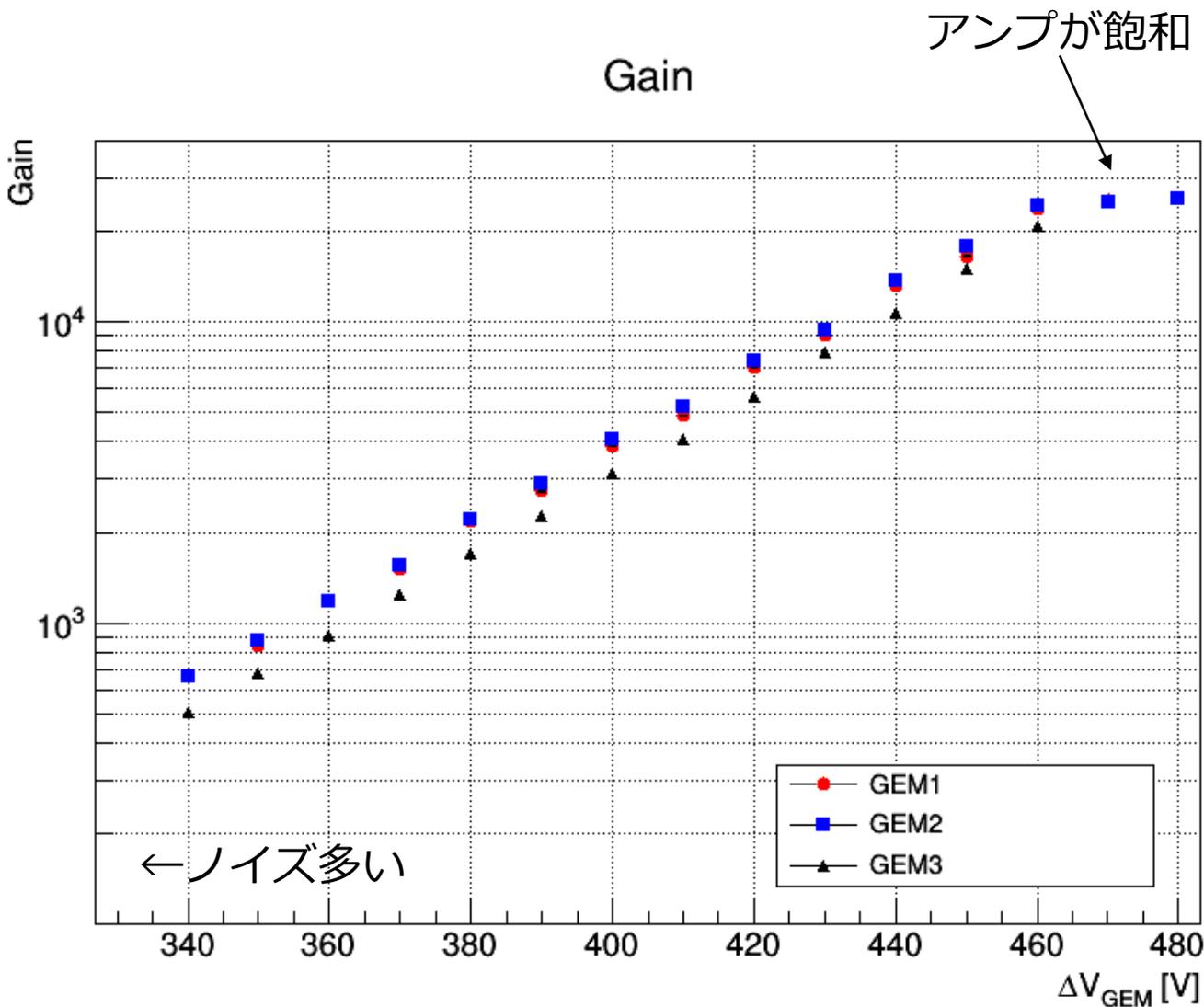
共通パラメータ

Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

V_{Drift} = 200 V

V_{Transfer} = 857 V/cm

他GEM $\Delta V_{\text{GEM}} = 340\text{V}$ 固定



GEM1,2とGEM3の測定日は異なる

Transfer電場とGain

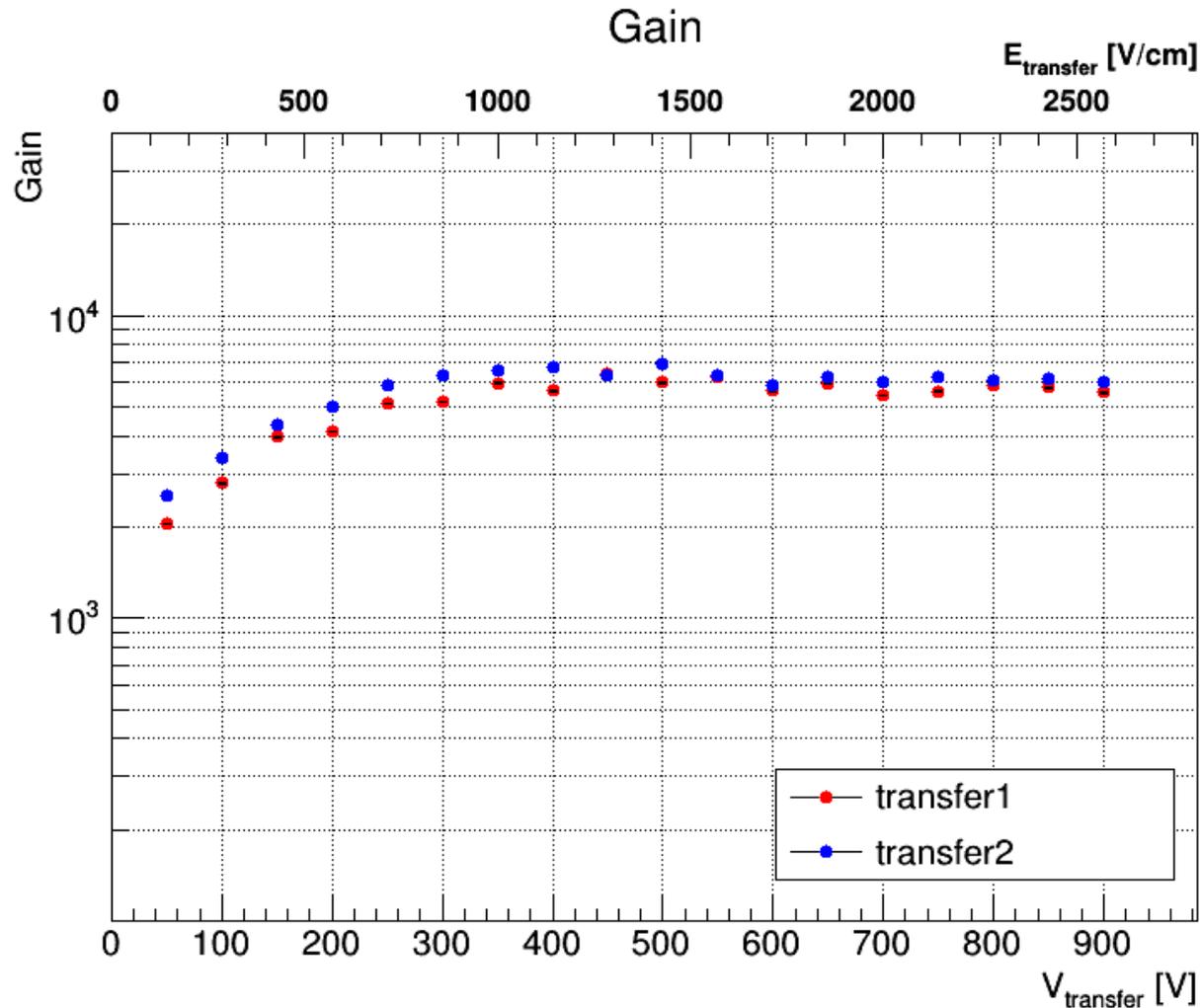
共通パラメータ

Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

$\Delta V_{\text{GEM}} = 360 \text{ V}$

$E_{\text{Drift}} = 200 \text{ V/cm}$

$E_{\text{Induction}} = 1500 \text{ V/cm}$

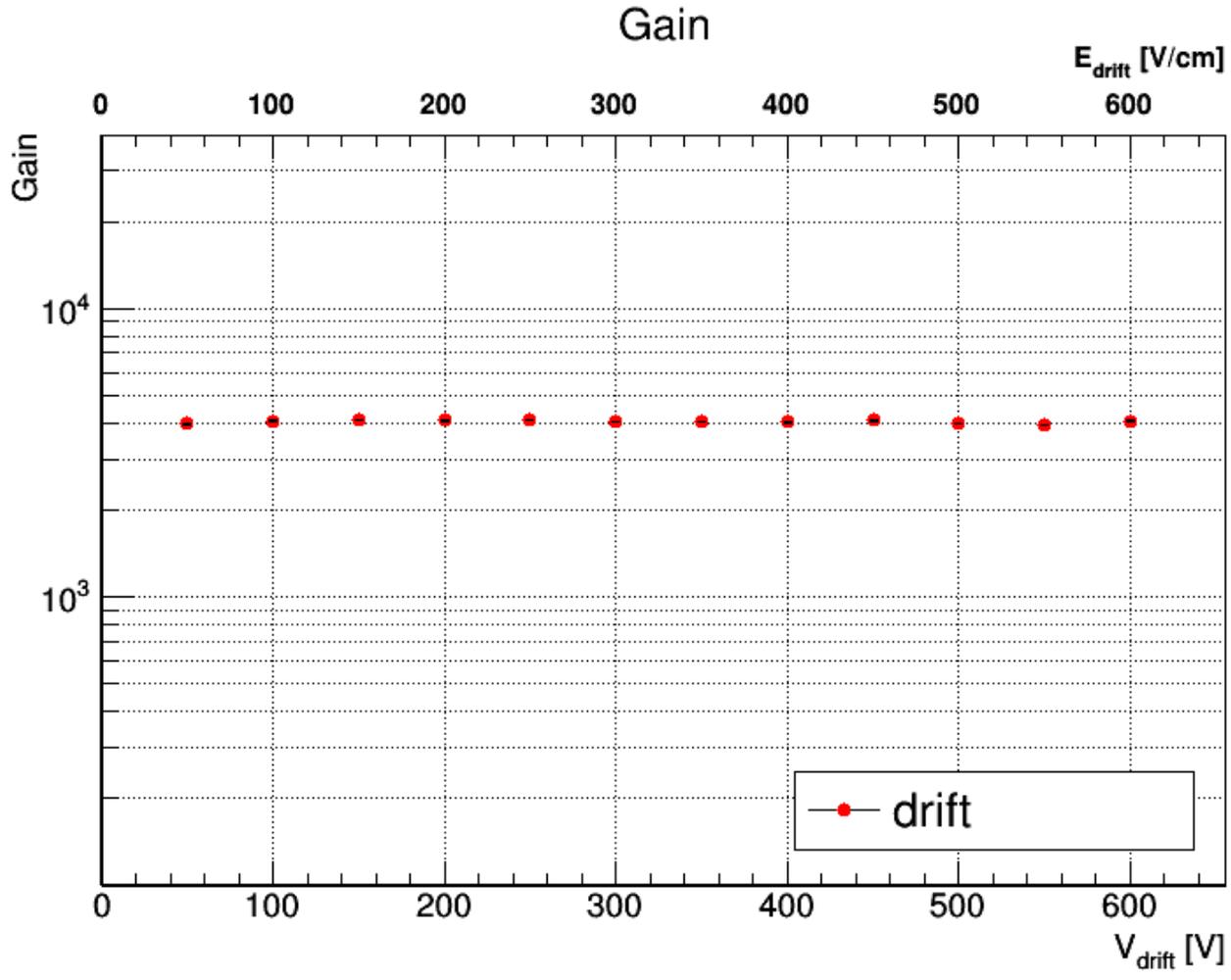


1000 V/cmを超えたあたりからゲインが上がりなくなる

下がっているかはこの測定結果からはわからず

Drift電場とGain

Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧
 $E_{\text{transfer}} = 857 \text{ V/cm}$
 $\Delta V_{\text{GEM}} = 360 \text{ V}$
 $E_{\text{Induction}} = 1500 \text{ V/cm}$



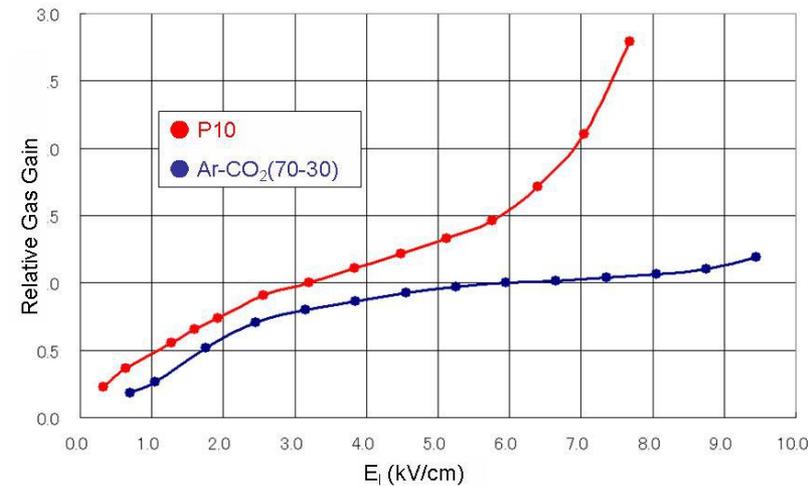
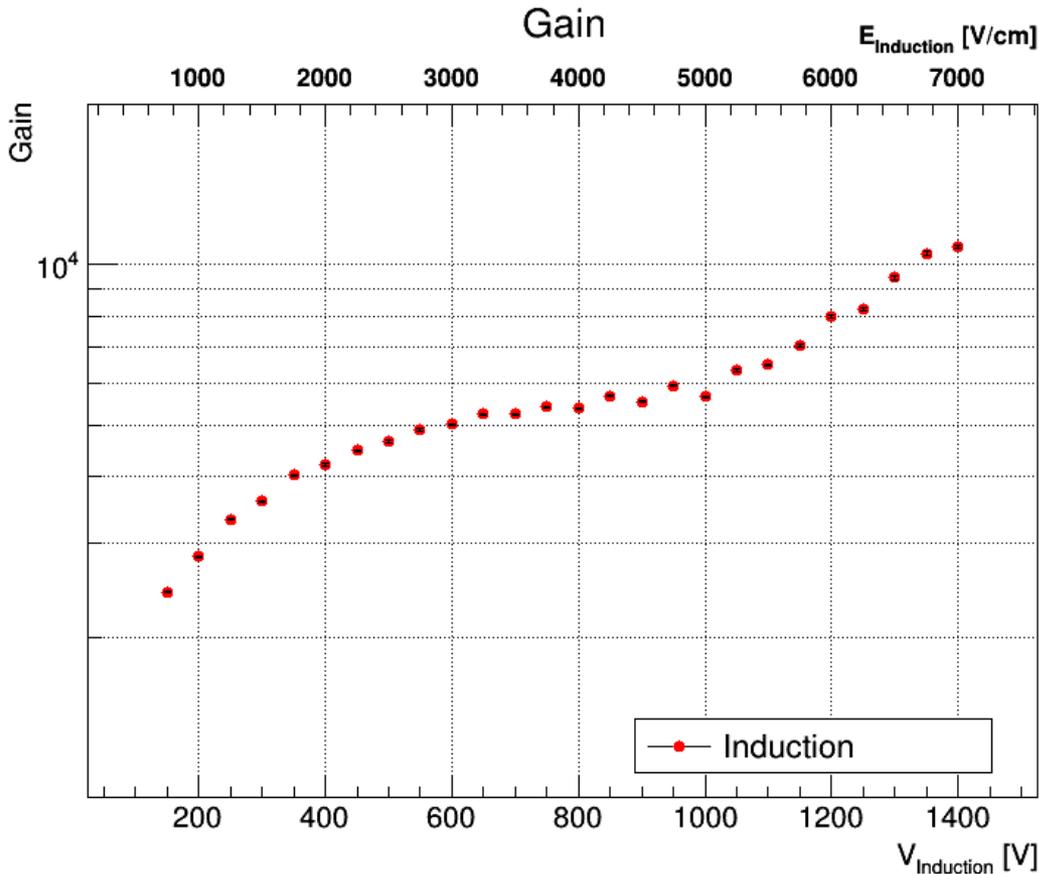
測定している範囲では
変化は見られなかった

Induction電場とGain

Ar+C2H6 1atm
 $\Delta V_{GEM} = 350V$
 $E_{Drift} = 200V/cm$
 $E_{Transfer} = 857V/cm$

3000 V/cmから5000 V/cm
で一旦緩やかになった後、再
び上昇に転じている

杉山史憲 修士論文
(東京理科大学 2008)
での測定結果 (下図) と同一傾向



Triple GEMのSF₆中での動作確認

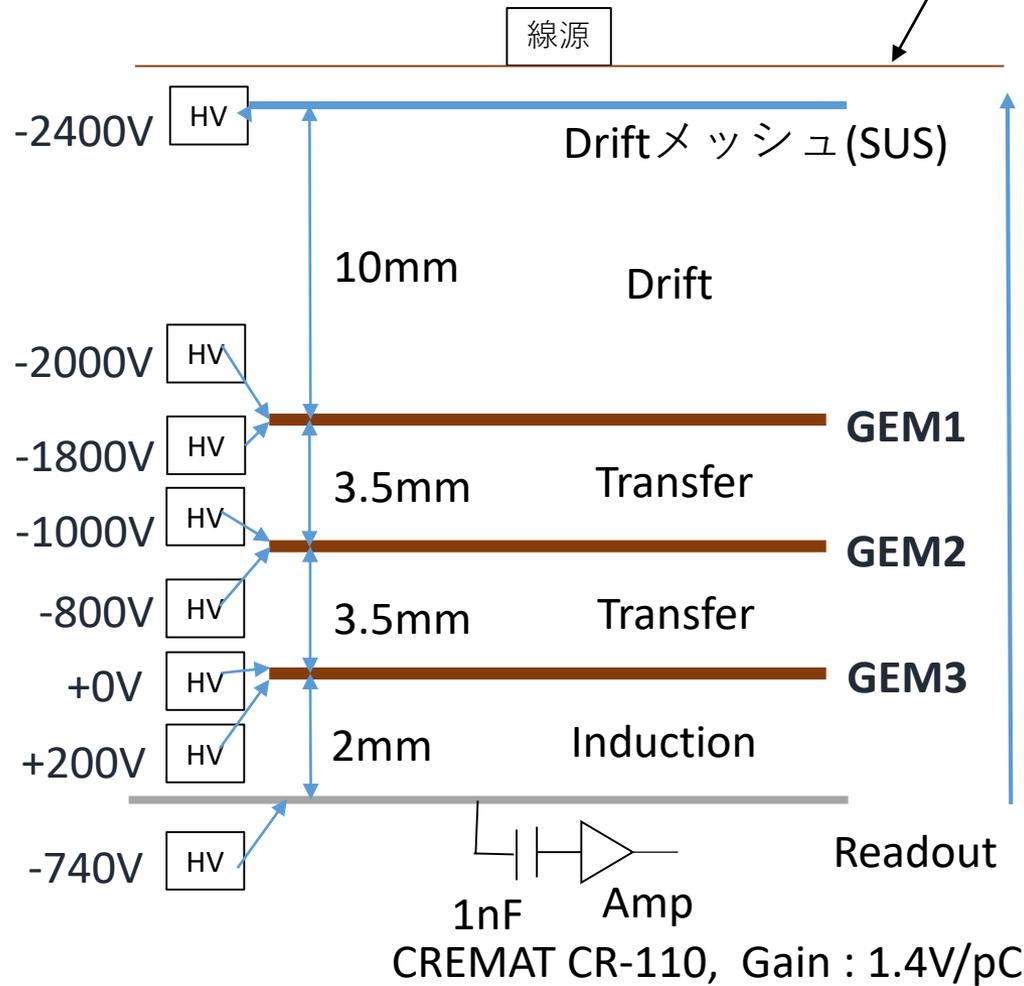
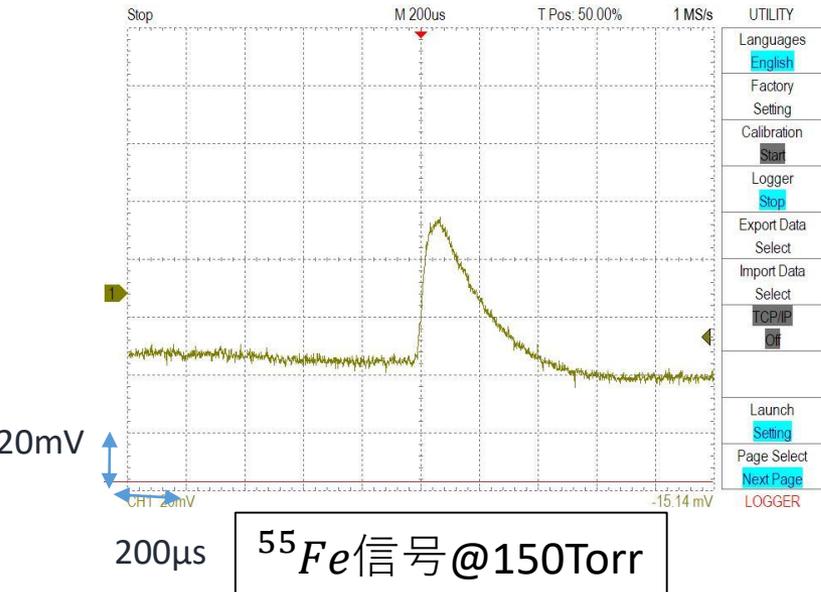
- Ar+C₂H₆(9:1) 1atm中でのTriple GEM動作を確認できた
→次にSF₆ガス中で動作するか確認へ
- まずはμ-PIC+GEMで動作確認が取れているpure SF₆ 20Torr中で動作テスト
- その後パラメータを変え、他の条件で動くか確かめる

SF₆ガス中でのTriple-GEMの動作

- Pure SF₆ 20, 150Torr で線源⁹⁰Sr、⁵⁵Feでの信号を確認した
(線源の有無でレート差あり)

カプトン窓

信号確認 ΔV_{GEM}
 $\Delta V_{GEM} = 200V @ 20Torr$
 $\Delta V_{GEM} = 580V @ 150Torr$



今後とまとめ

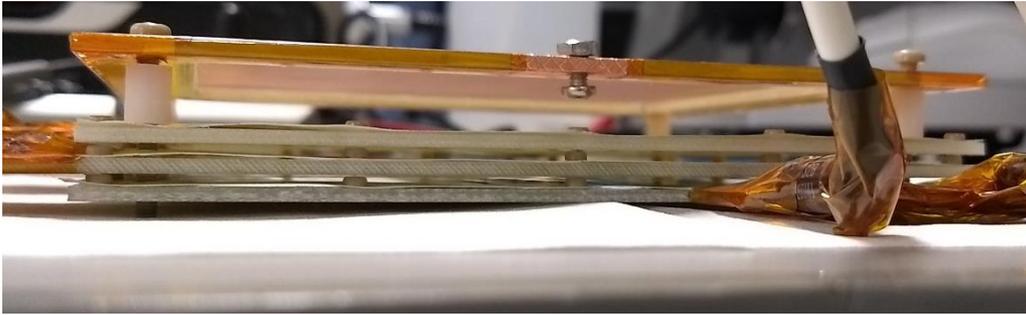
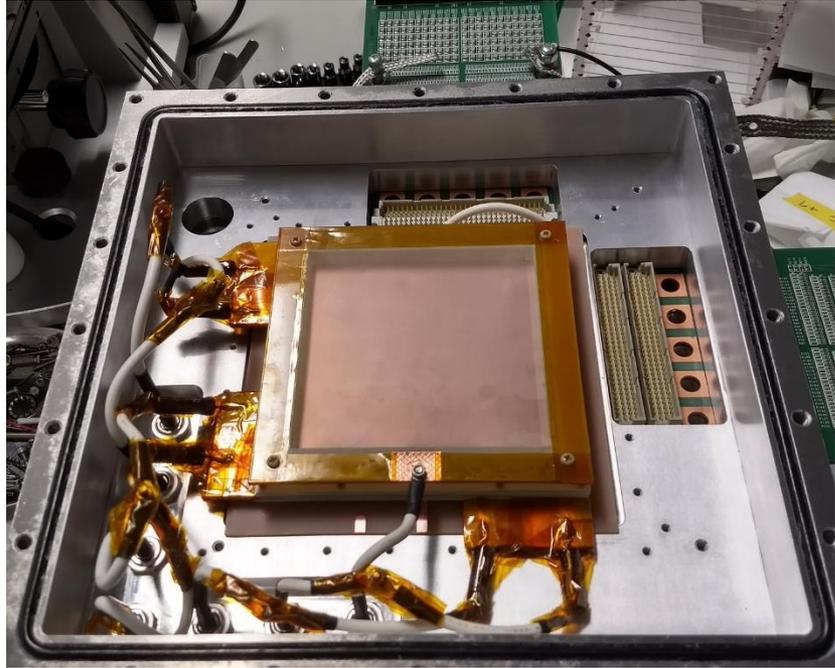
今後

- Triple GEM(100 μ m厚)の各パラメータ(ΔV_{GEM} 、電場、圧力など)を変えてSF₆ガス中特性の確認
- MicromegasのSF₆ガス中における試験
- 実験とシミュレーション両方による陰イオンの挙動の理解

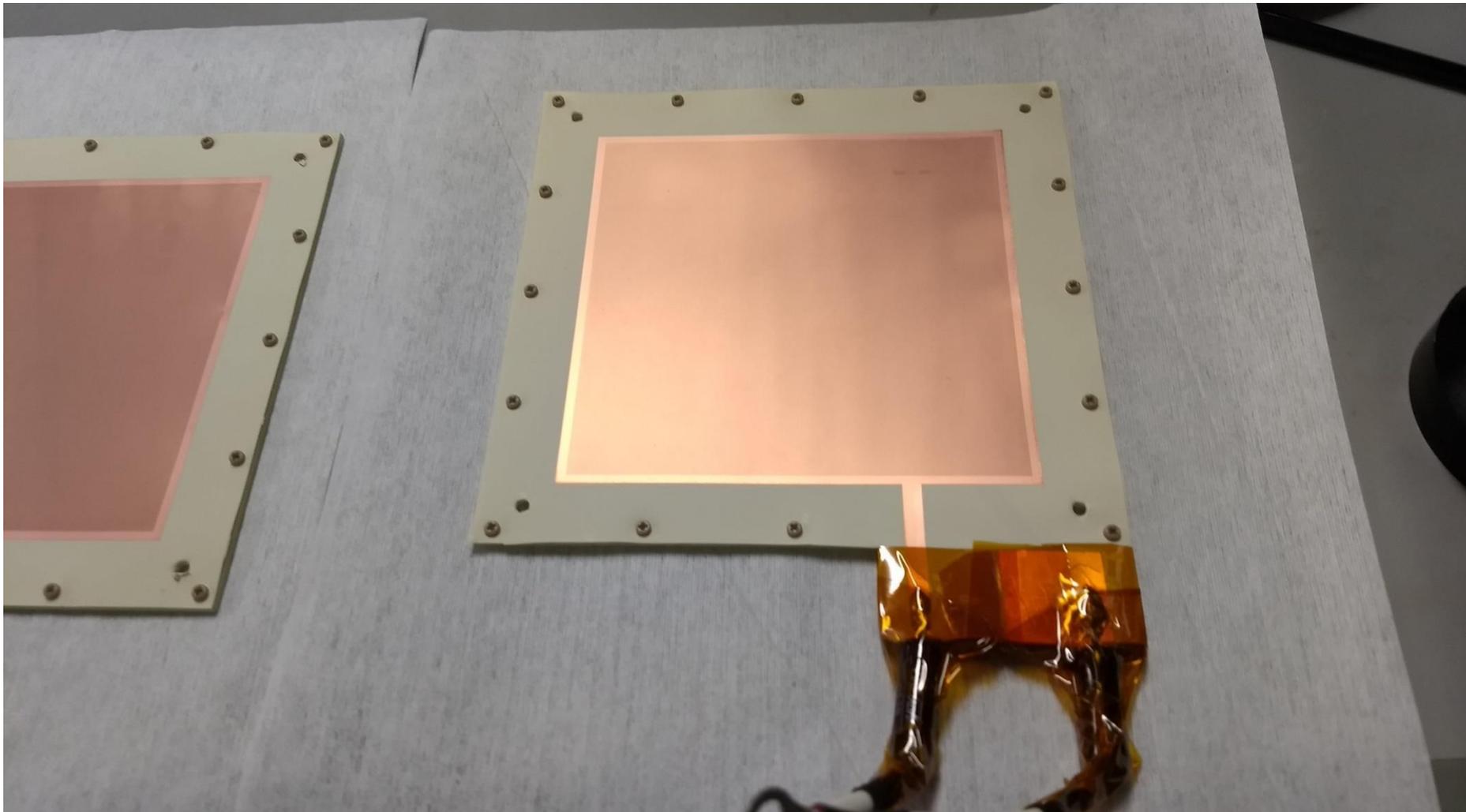
まとめ

- Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧でのTriple GEM(100 μ m厚)の動作を確認、性能評価した
- SF₆ 20, 150Torr中でTriple GEM(100 μ m厚)を試験し⁵⁵Fe 線源の信号を確認

Backup



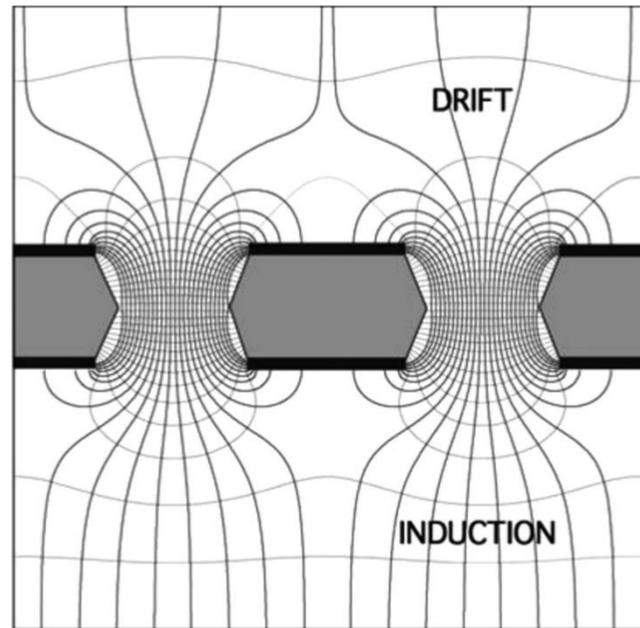
GEM 写真



2017/09/13

日本物理学会2017年秋季大会@宇都宮大学

GEM



ガスゲイン測定方法

- Fe55の5.9keV X線を利用
- 次式により導出

$$\frac{E_d}{W} \times e^- \times G_{gas} \times G_{amp} = Q$$

E_d : ガス中でのエネルギー損失;

W : 電子-イオン対を生成するのに必要な平均エネルギー

e^- : 電気素量、 G_{gas} : ガスゲイン、 G_{amp} : アンプゲイン、 Q : アンプからの電荷

- アンプゲインを求める必要
- アンプからの電荷→波形情報から算出