

陰イオンガス中における MPGDの性能評価

2017年12月2日

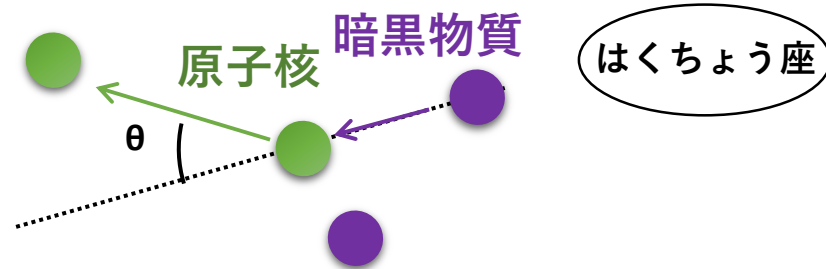
第14回MPGD研究会@岩手大学

神戸大学 石浦宏尚

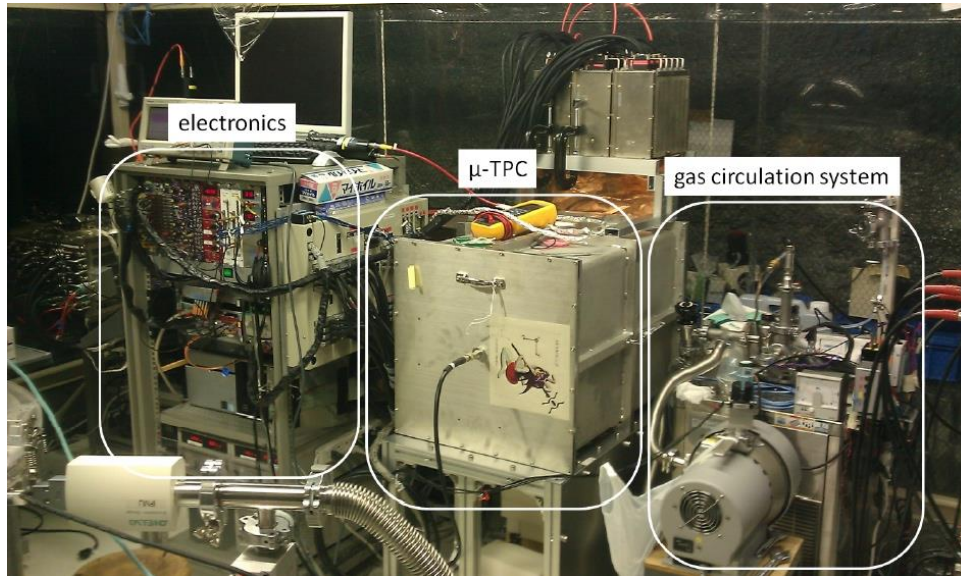
NEWAGE



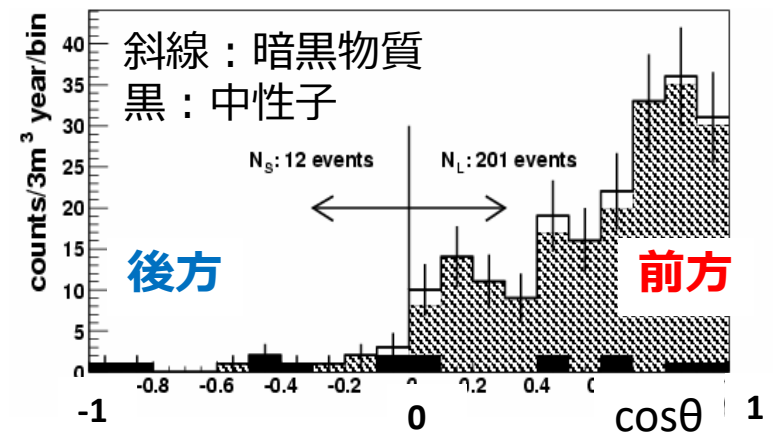
- 神戸大主導の**方向に感度を持つ**暗黒物質直接探索実験
- ガス検出器「 μ -TPC」を用いて到来方向異方性の観測を目指す



暗黒物質と原子核の反跳



NEWAGE検出器 NEWAGE -0.3b' @神岡



Physics Letters B 578 (2004) 241–246

期待される到来方向異方性(シミュレーション)

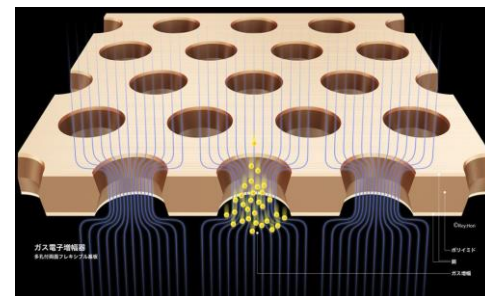
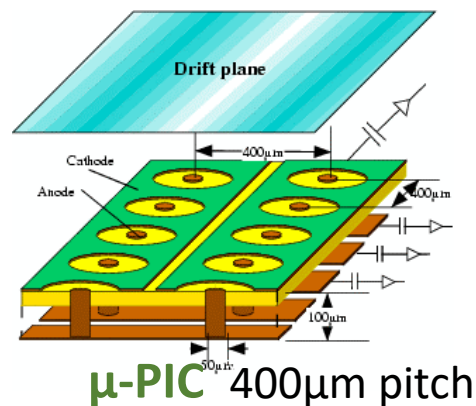
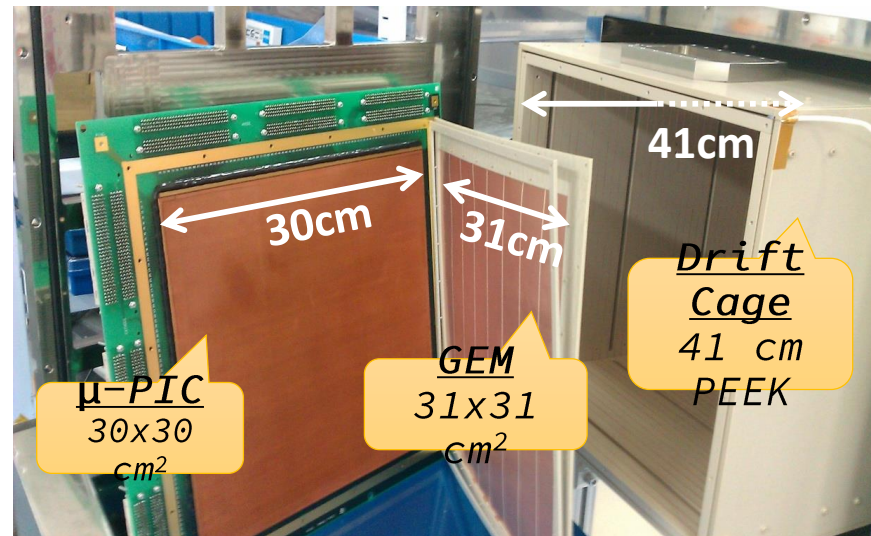
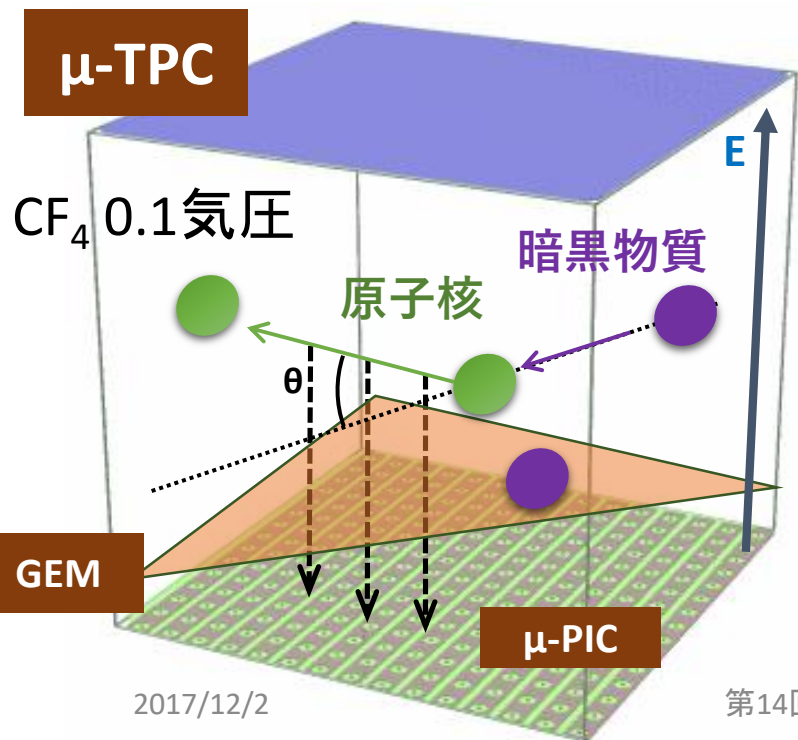
検出器: μ -TPC

● 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 : 2次元飛跡(x&y)

□ 信号時間差+ドリフト速度 : z

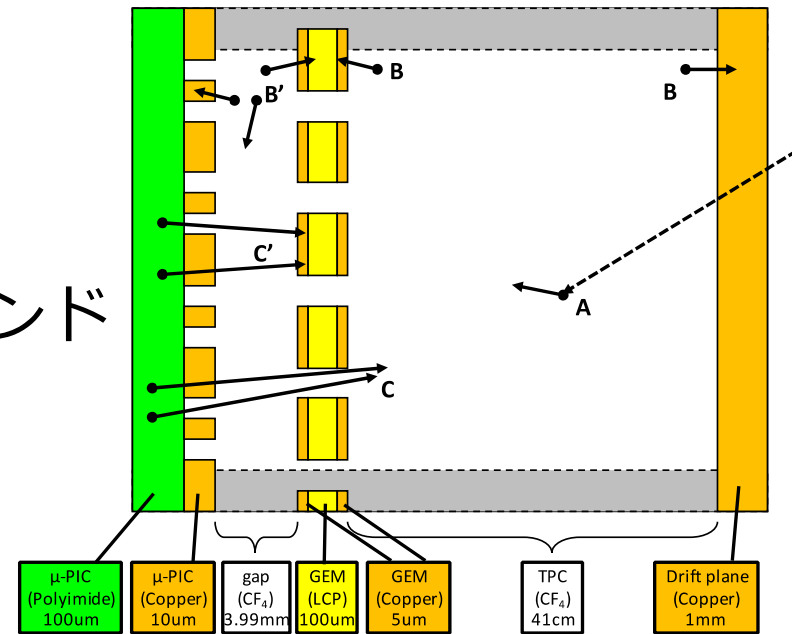
→ 3次元飛跡



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

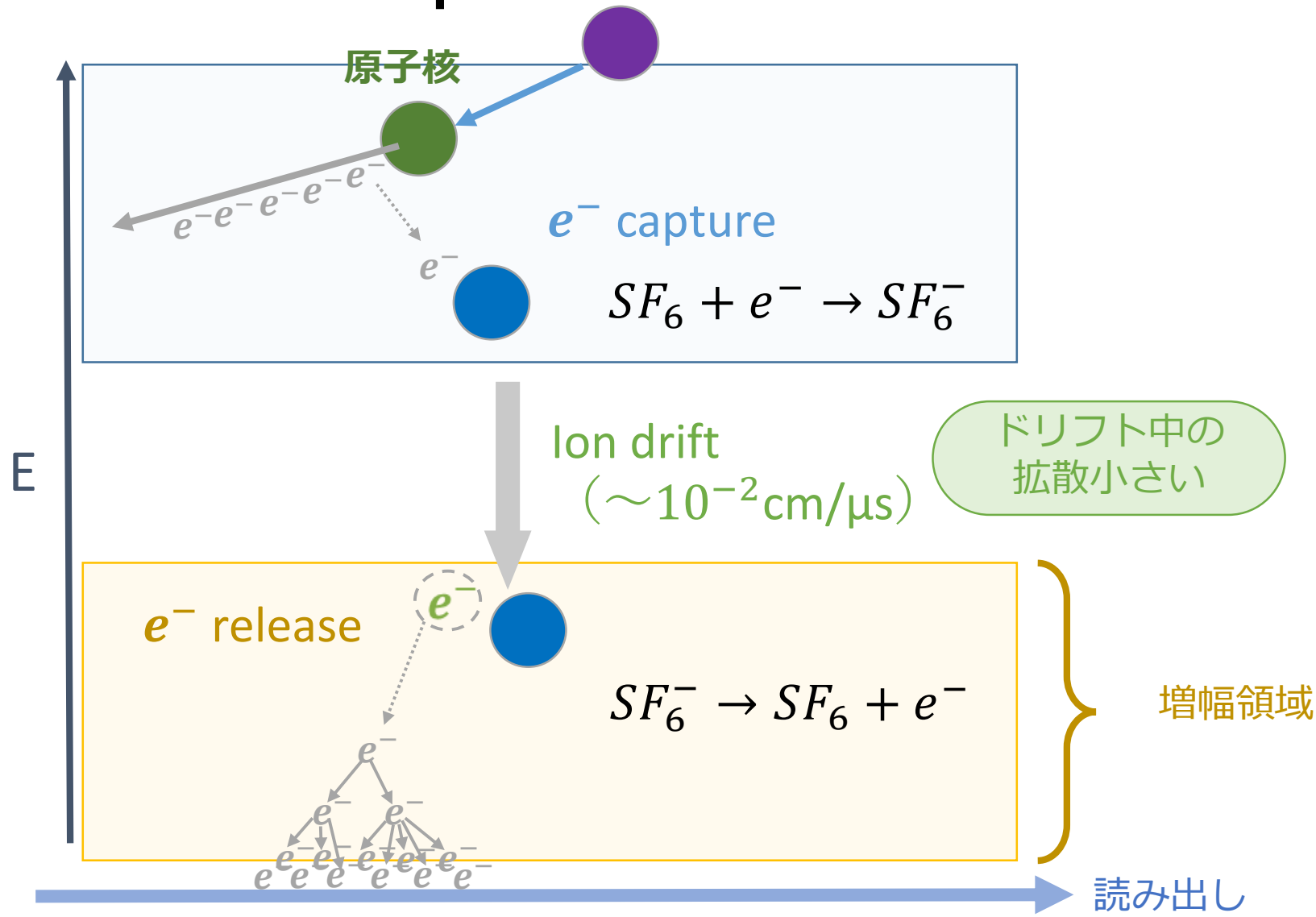
□ μ -PICの低アルファ化によるBG低減（橋本隆JPS2017秋・身内講演）

□ z軸方向への有効体積カット

（ただし従来の μ -TPC：ドリフト方向については相対位置のみ）

→陰イオンガス μ TPCを用いた絶対位置決定

陰イオンガスμTPCの原理



陰イオンガスμTPC

- 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) :

陰イオンガスを用いてz軸方向の絶対位置決定に成功

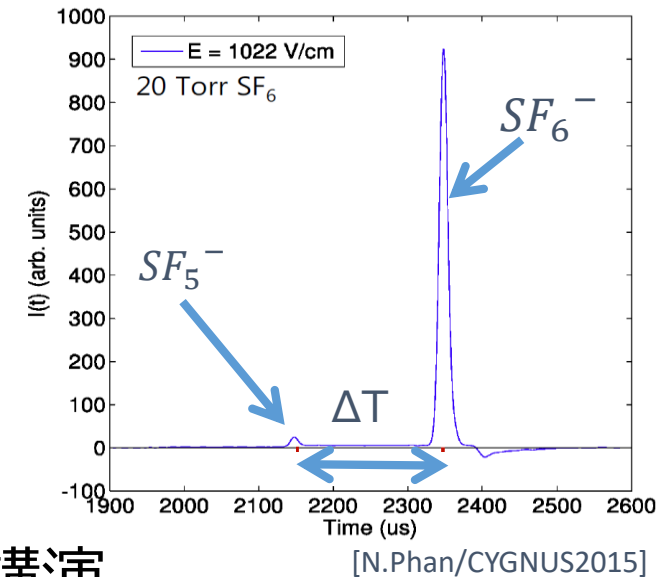
ドリフト速度の異なる複数イオン到達時間差

→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→

- 陰イオンガス中でのMPGD性能評価・本講演
- 陰イオンガスμ-TPCの開発 (池田講演)



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)

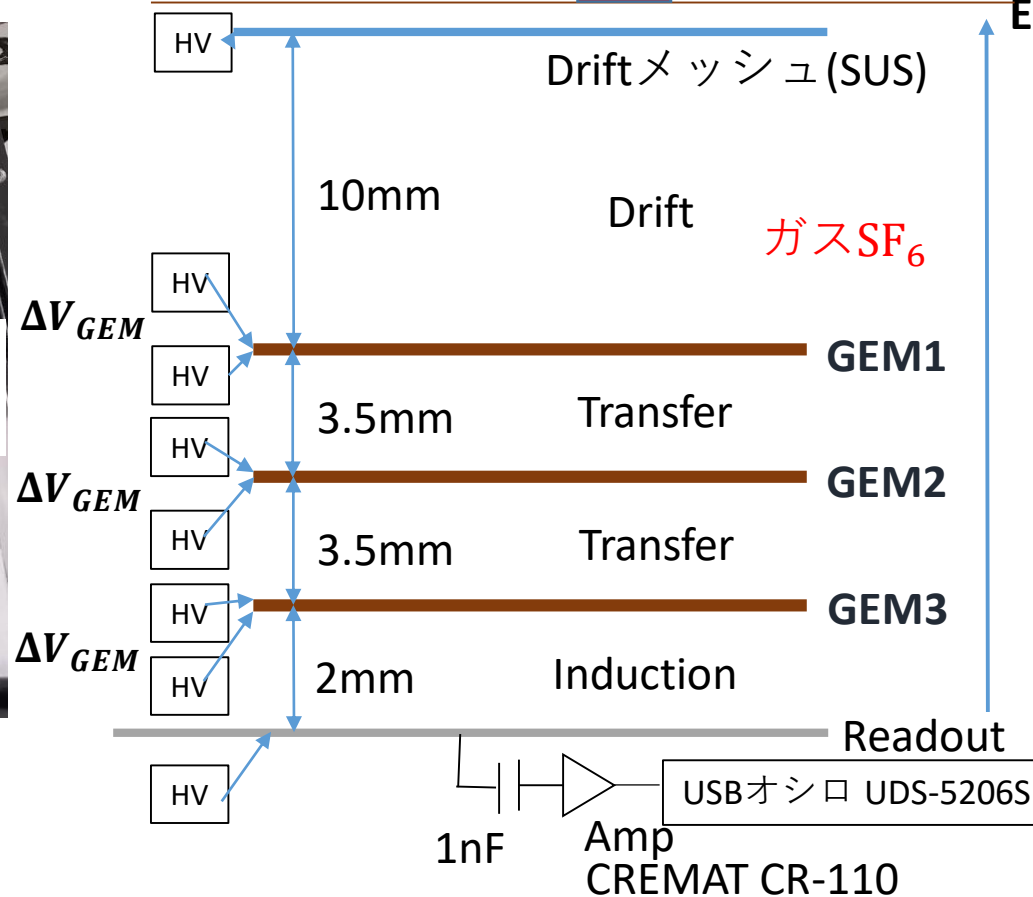
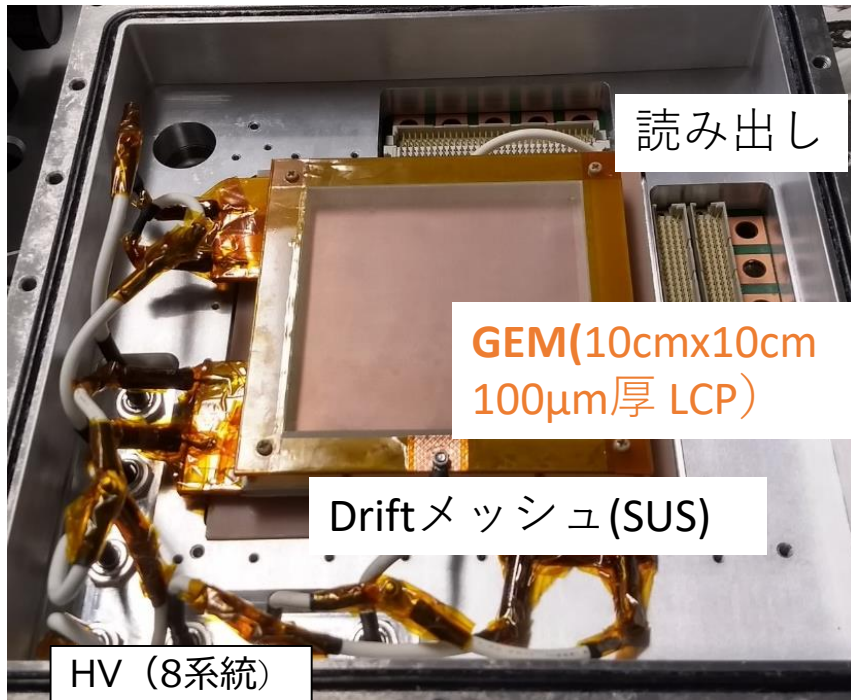
Gain Device	厚さ	枚数	SF6 pressure(Torr)	Max Gain	グループ
GEM	50μm	3	150-370	5000	Frascati, Italy
μ-PIC+GEM	100μm	1	20-152	2000	Kobe, Japan T.Ikeda et al arXiv:1709.06219v1
THGEM	400μm, 1mm	1	20-100	3000	NewMexico, US (N.S. Phan <i>et al</i> 2017 <i>JINST</i> 12 P02012)
THGEM	400μm	1	30, 40, 50		Sheffield, UK

本研究の動機：

SF₆中で100μmのGEMを用いたTriple-GEMを動作させ性能評価
&他の結果も含めて陰イオンガス中でのMPGD特性理解につなげる

セットアップ(Triple-GEM)

線源
カプトン窓



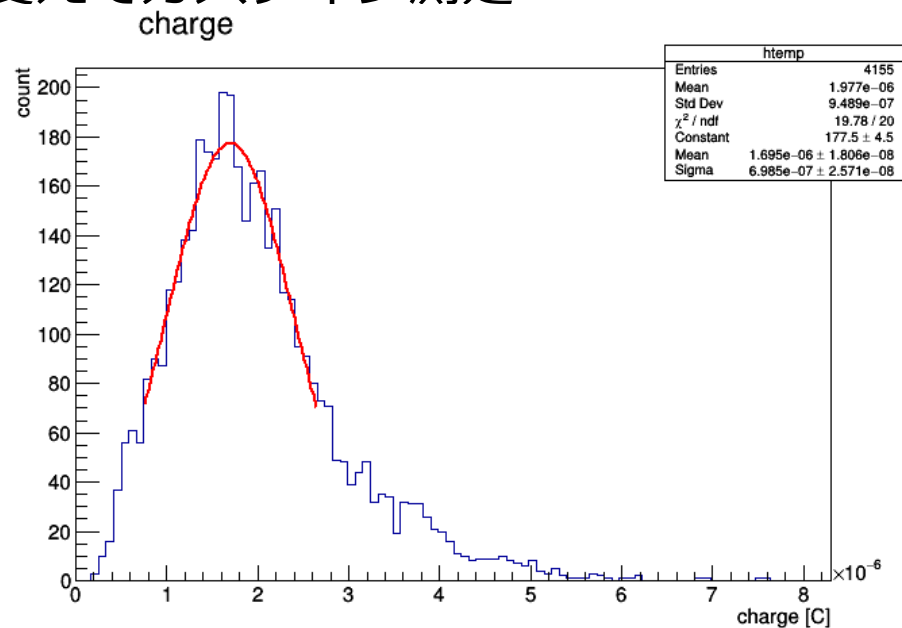
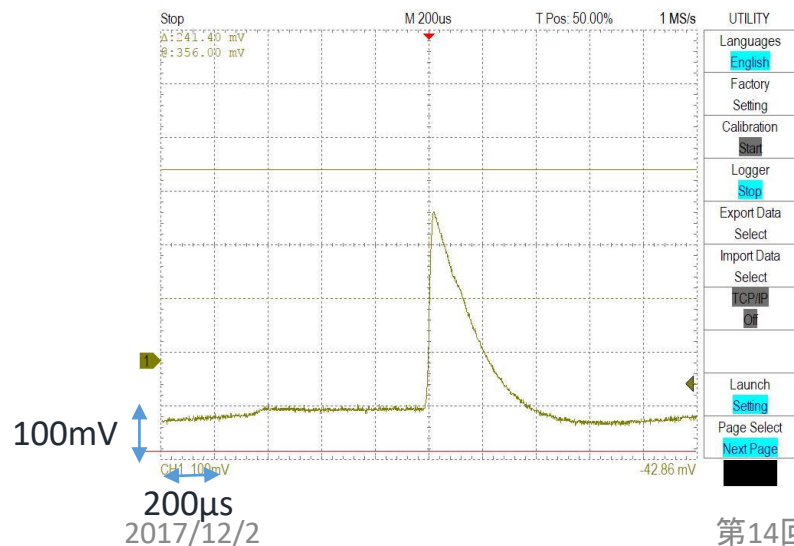
Amp : CREMAT CR-110, Gain : 1.4V/pC, 時定数:140μs
 Readout : 400μm pitch strip読み出し 24strip(9.6mm)束ねて使用
 HV: Drift, 3つのGEMのTop&Bottom, Readoutに独立して電圧をかけられるように

SF₆中でのTriple-GEM動作試験

- Ar + C₂H₆ 90:10 1気圧中でTriple GEMの動作確認→そのセットアップ流用
- SF₆ 20~120 Torrで55Fe線源 5.9keV X線の信号確認

●測定内容

- USBオシロで取得した波形から積分してガスゲインを計算
- ΔV_{GEM} とガスゲインの関係をいくつかのガス圧について測定
- Drift, Induction, Transferの各電場を変えてガスゲイン測定

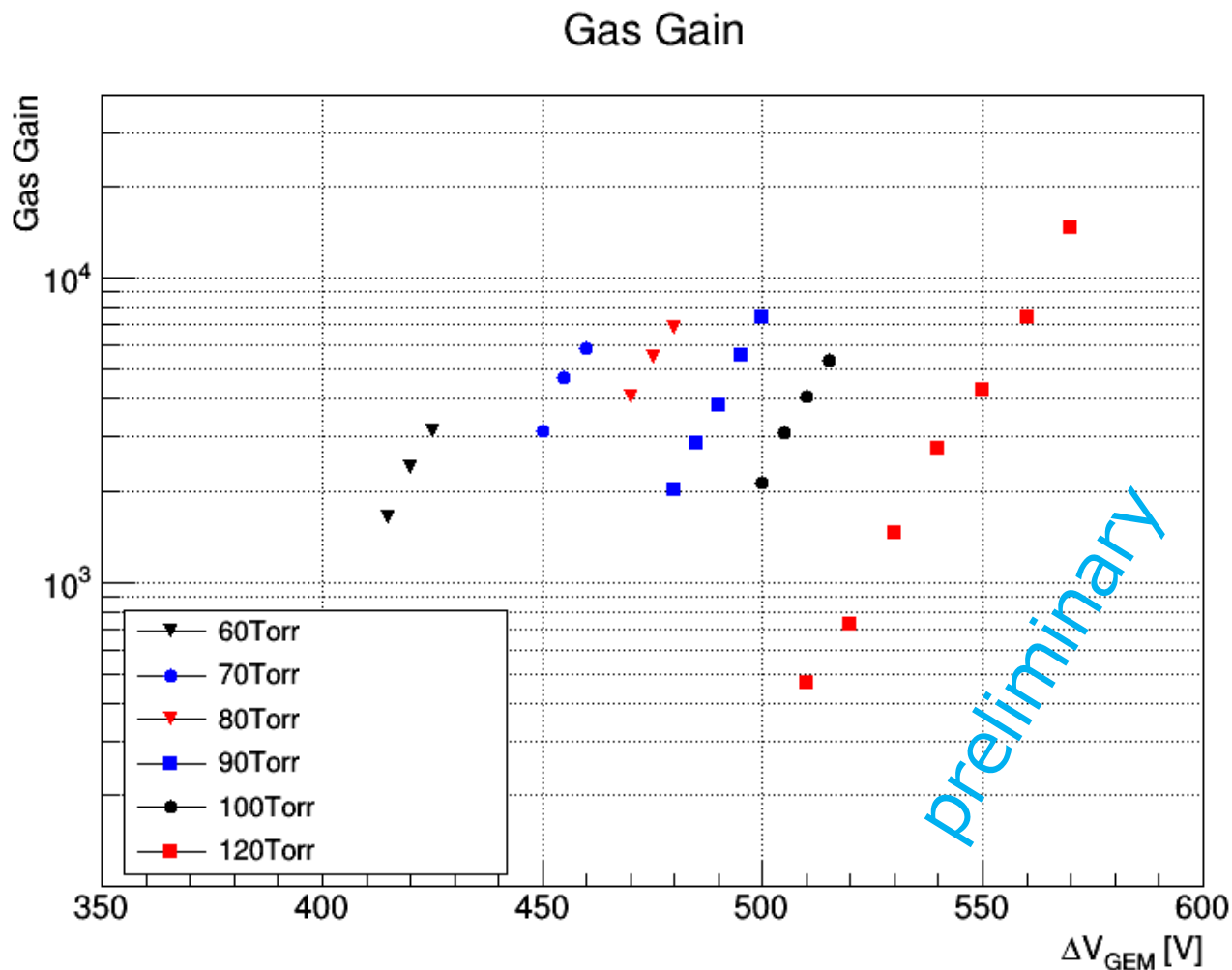


Triple-GEM ガスゲイン@ SF_6

SF_6 60~120torr での ΔV_{GEM} とガスゲイン

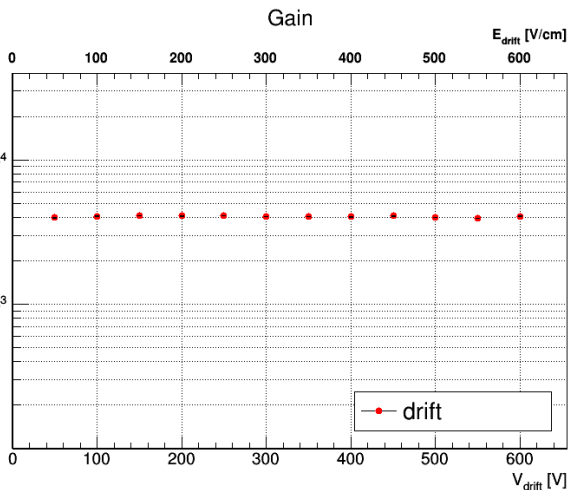
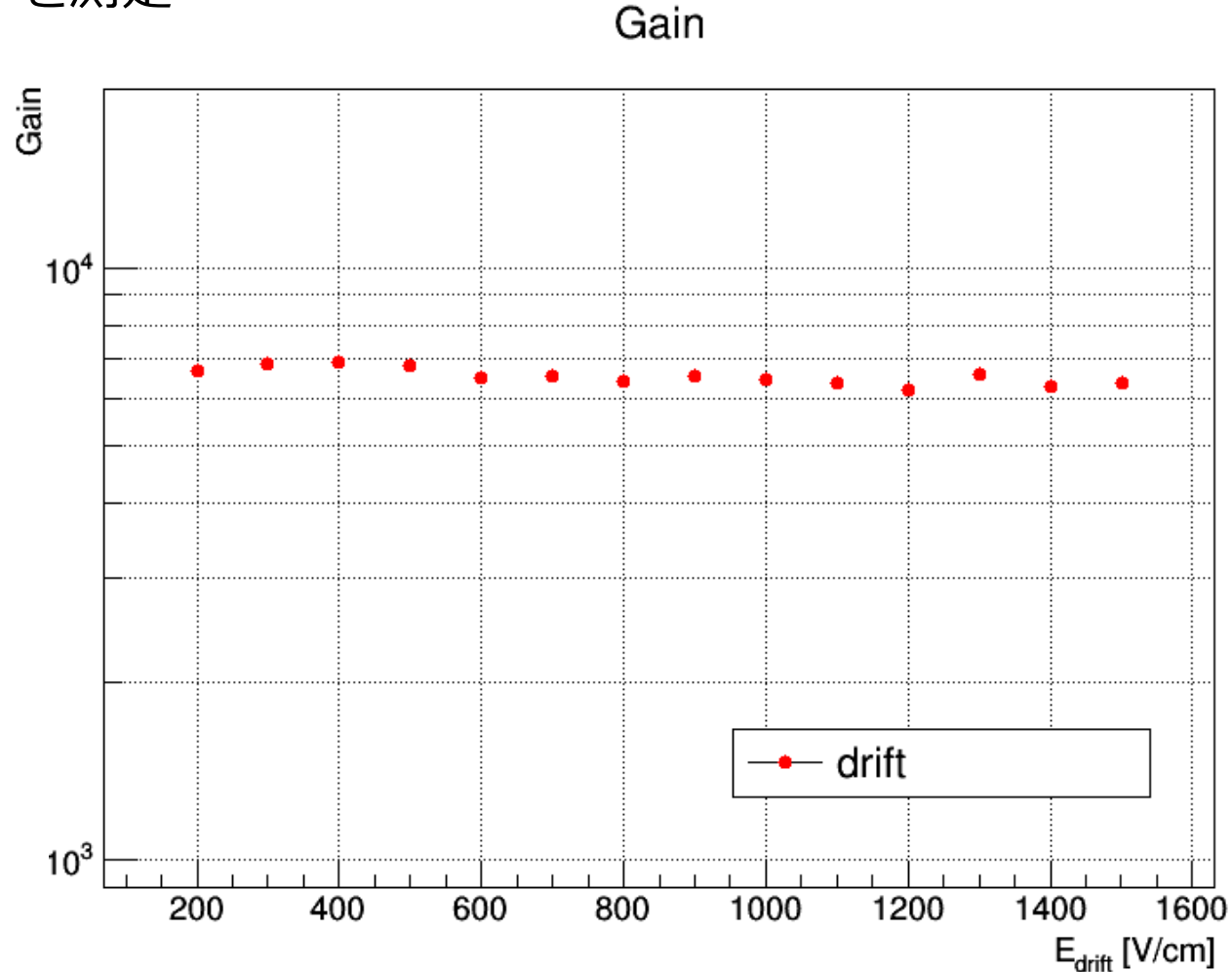
- Drift 1kV/cm
 - Transfer 2.86 kV/cm
 - Induction 2.5 kV/cm
- に固定

Gain $10^3 \sim 10^4$
(FWHM $\sim 90\%$)



ガスゲイン vs Drift電場

- Drift電場を変えてゲインを測定
- $\Delta V_{\text{GEM}} = 520\text{V}$
- SF_6 100torr
- Transfer 2.86 kV/cm
- Induction 2.5 kV/cm



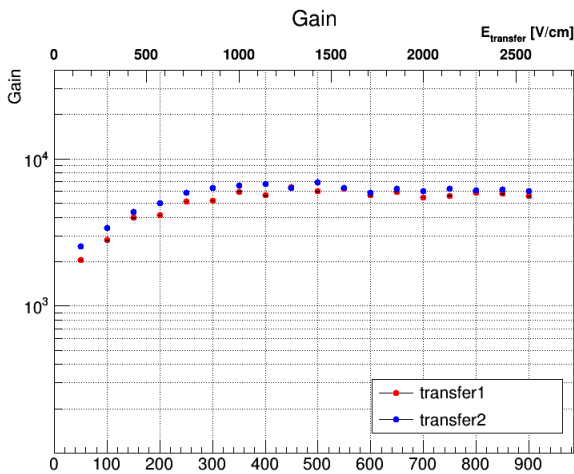
Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

JPS2017秋石浦

2017/12/2

ガスゲイン vs Transfer電場

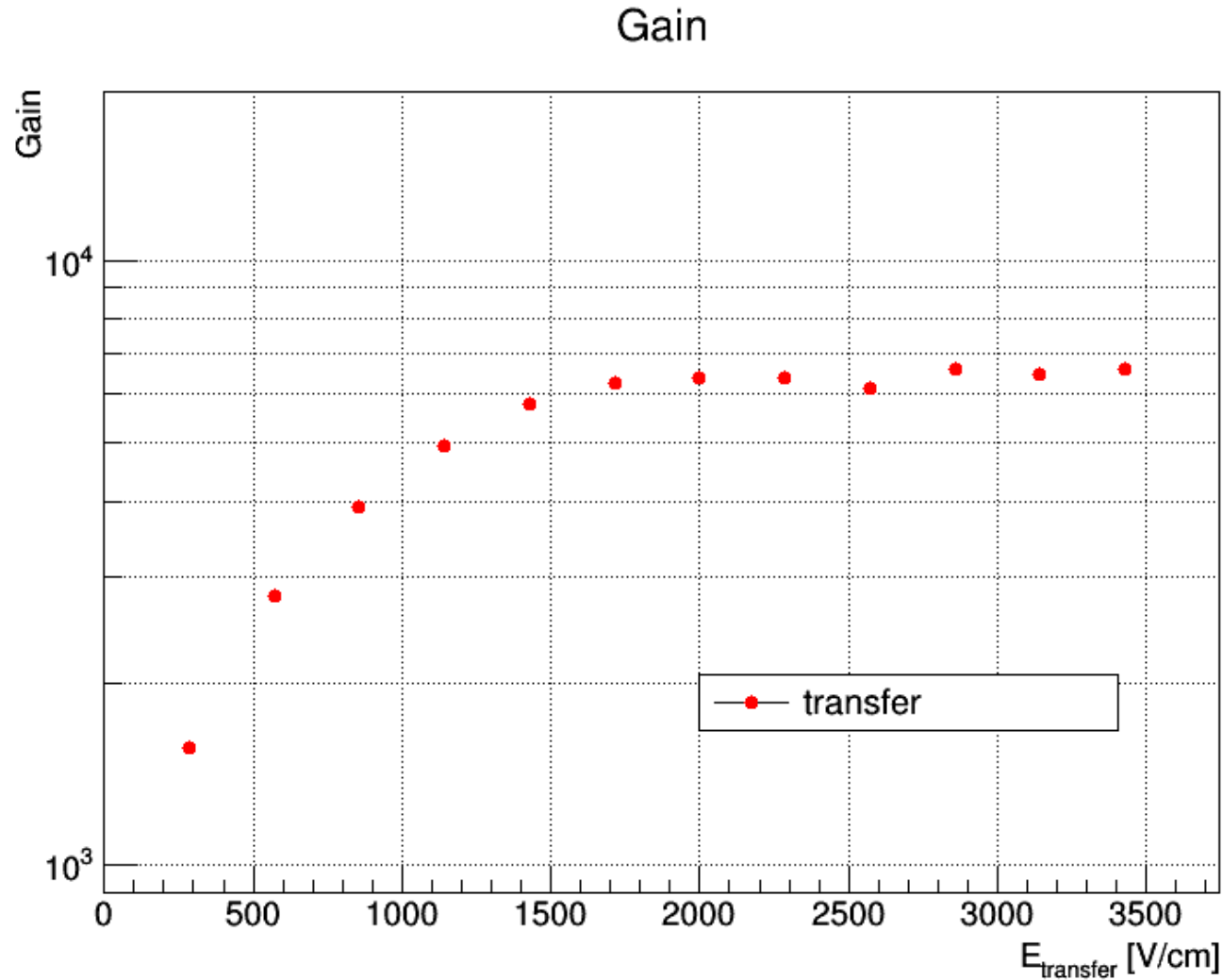
- Transfer@SF6 100torr
 - $\Delta V_{\text{GEM}} = 520\text{V}$
 - Drift 1kV/cm
 - Induction 2.5 kV/cm
- 一定に落ち着く



Ar + C₂H₆ (90:10) 1気圧

JPS2017秋石浦

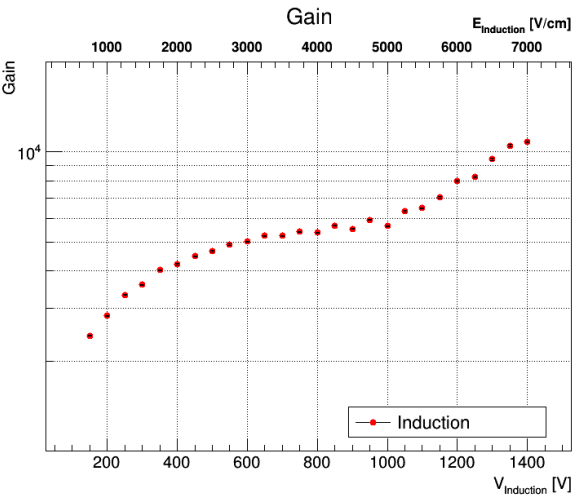
2017/12/2



ガスゲイン vs Induction電場

- Induction @SF6 100torr
- $\Delta V_{GEM} = 520V$
- Drift 1kV/cm
- Transfer 2.86 kV/cm

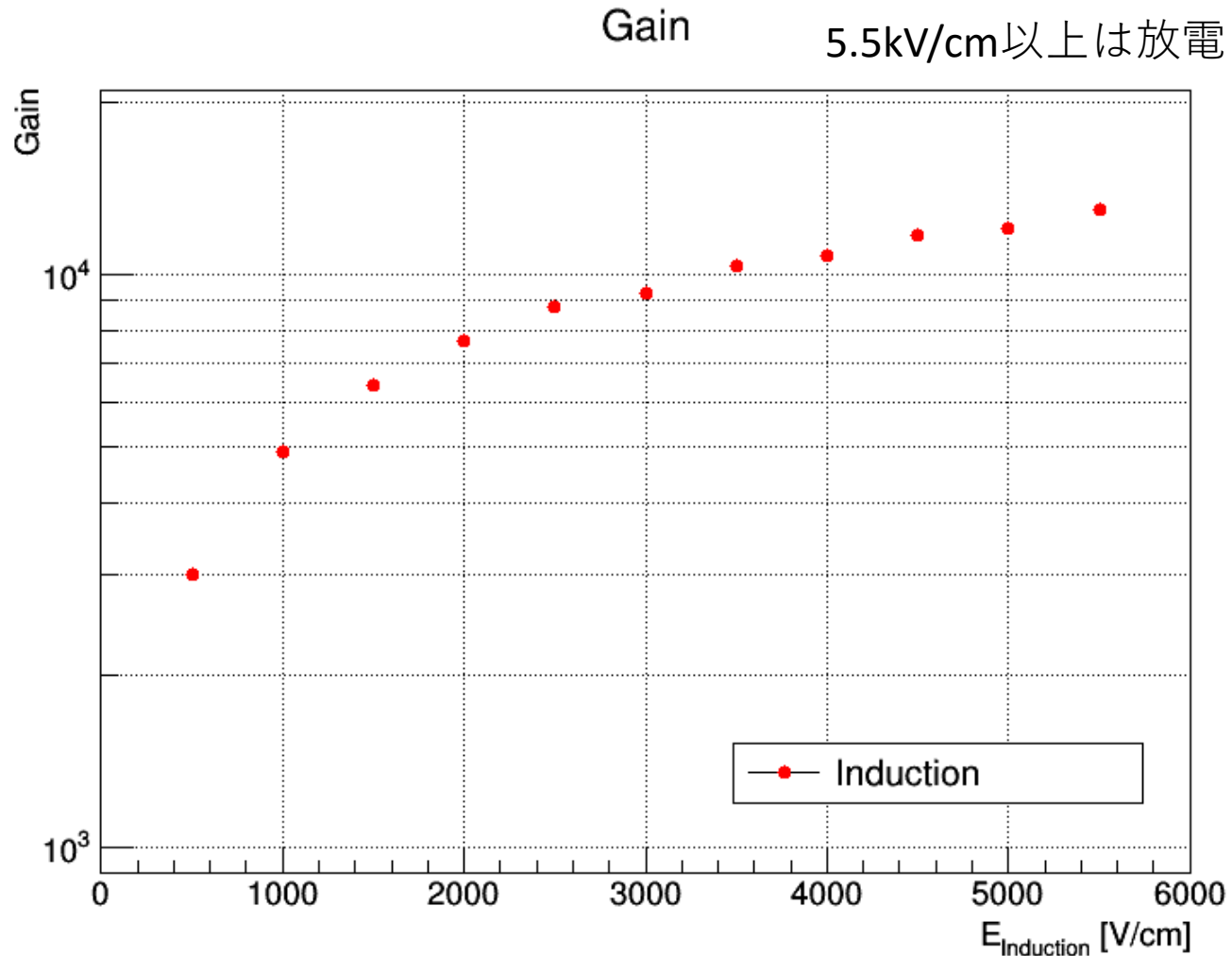
プラトー？



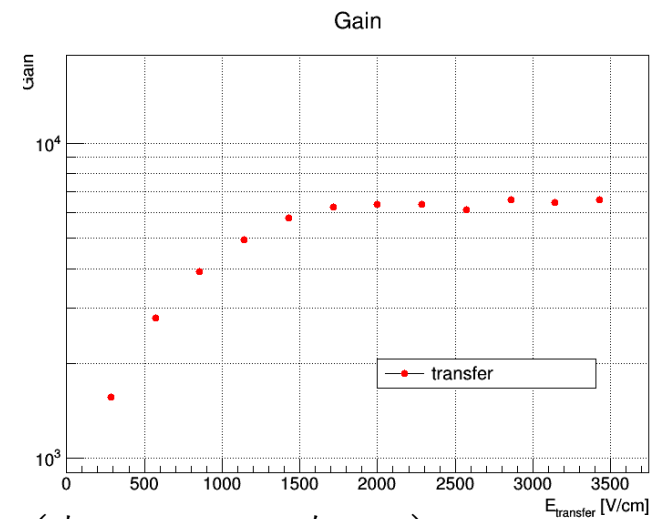
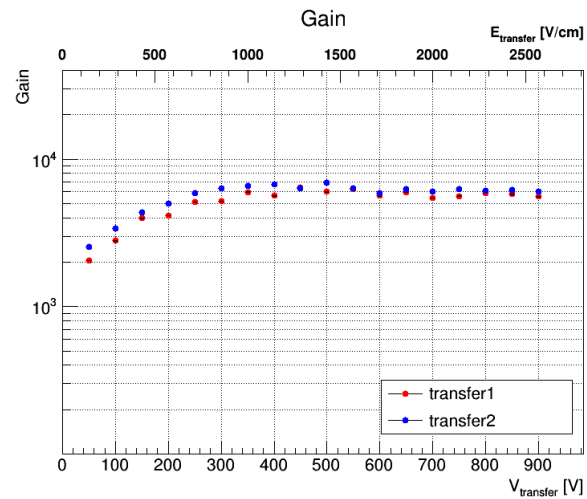
Ar + C₂H₆ (90:10) 1気圧

JPS2017秋石浦

2017/12/2



考察



Transferとゲイン (左Ar+C2H6, 右SF6)

- 今回得られたガスゲインとDrift, Transfer, Inductionの関係の結果は以前のAr + C₂H₆(90:10) 1気圧での結果と似た傾向
 - ただしFWHM~90%(Ar + C₂H₆のときは25%くらい)
 - SF6の介在にも関わらず、各電場とゲインの関係は似たような結果(ただしFWHMに違い)
- SF₆が電子やりとりするのに適したMPGDの電場構造、ジオメトリが存在？
- GEM枚数を減らしてFWHMがどうなるか見たり、他のMPGDの実験結果とシミュレーションをあわせて探るのがよさそう

まとめと今後

◆ まとめ

- SF₆ ガス中で⁵⁵Fe 線源を用いてTriple GEM(100μm)のガスゲインを測定
- SF₆ 60~120 Torrで最大ガスゲイン~10000, FWHM~90%
- Drift, Transfer, Induction電場とゲインの相関について測定

◆ 今後

- 更にGEM(100μm厚)の各パラメータ(ΔV_{GEM} 、電場、ガス圧、GEM枚数など)を変えSF₆ガス中特性の確認
- 他のMPGD、例えばMicroMegasのSF₆ガス中における試験
- 実験とシミュレーション(Garfield++等)両方による電場構造&ジオメトリ及び陰イオンの挙動の理解

Backup

SF₆

- $\text{SF}_6 + e^- \rightarrow \text{SF}_6^{-*}$
- $\text{SF}_6^{-*} \rightarrow \text{SF}_6 + e^-$

- $\text{SF}_6^{-*} + \text{SF}_6 \rightarrow \text{SF}_6^- + \text{SF}_6$
- $\text{SF}_6^{-*} \rightarrow \text{SF}_5^- + \text{F}$

ΔV_{GEM} と Gain

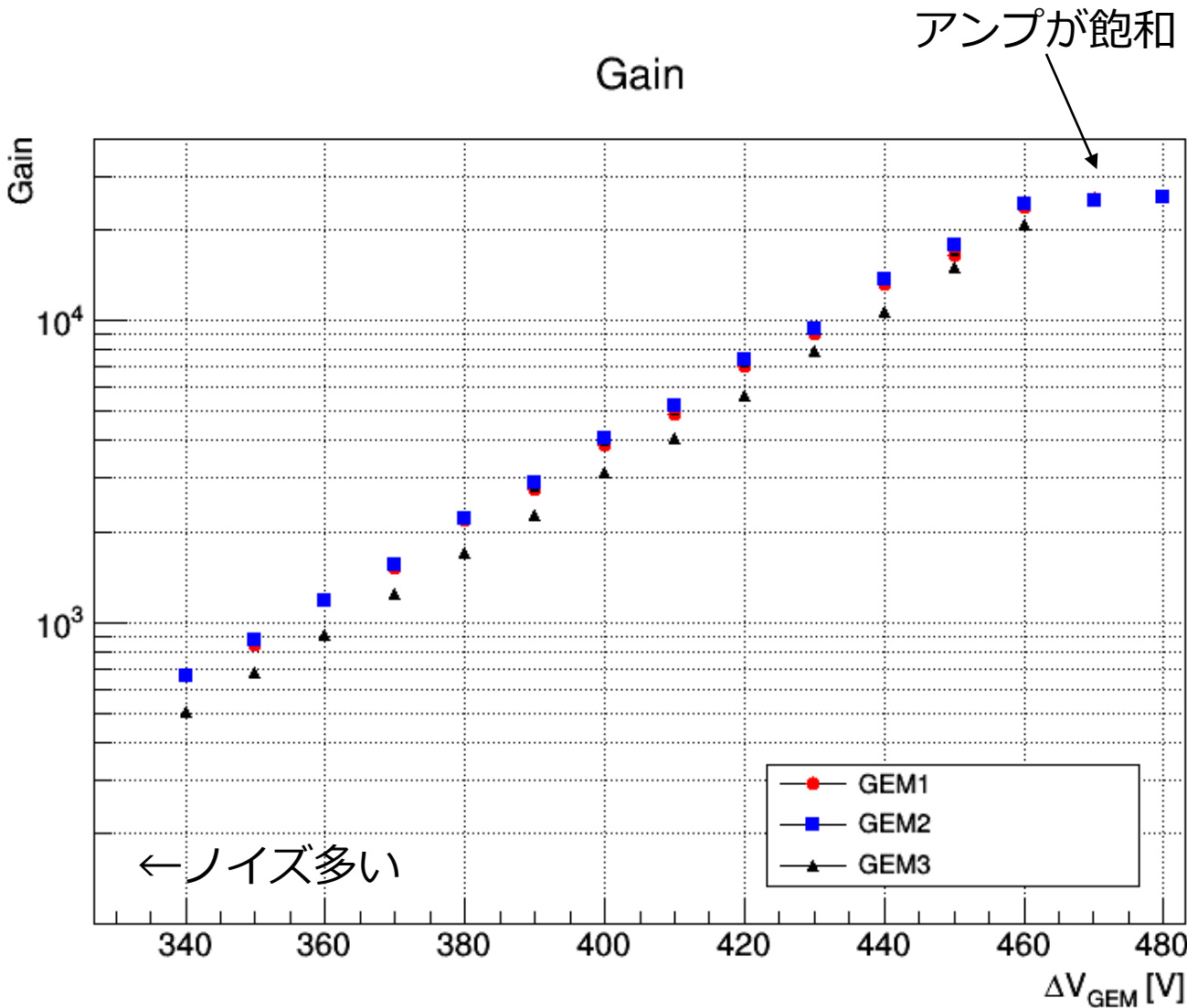
共通パラメータ

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

Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

Transfer電場とGain

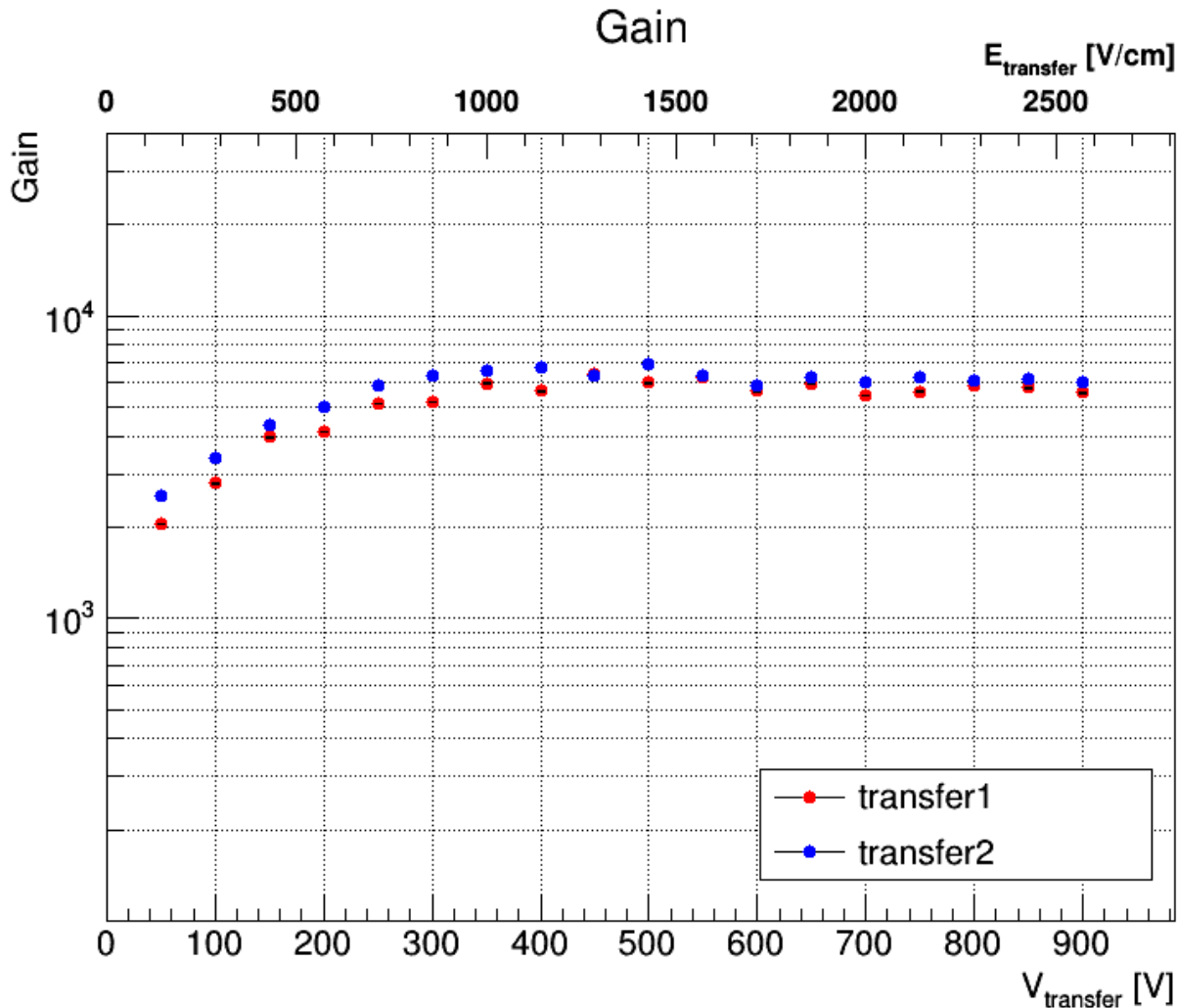
共通パラメータ

Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

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

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

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



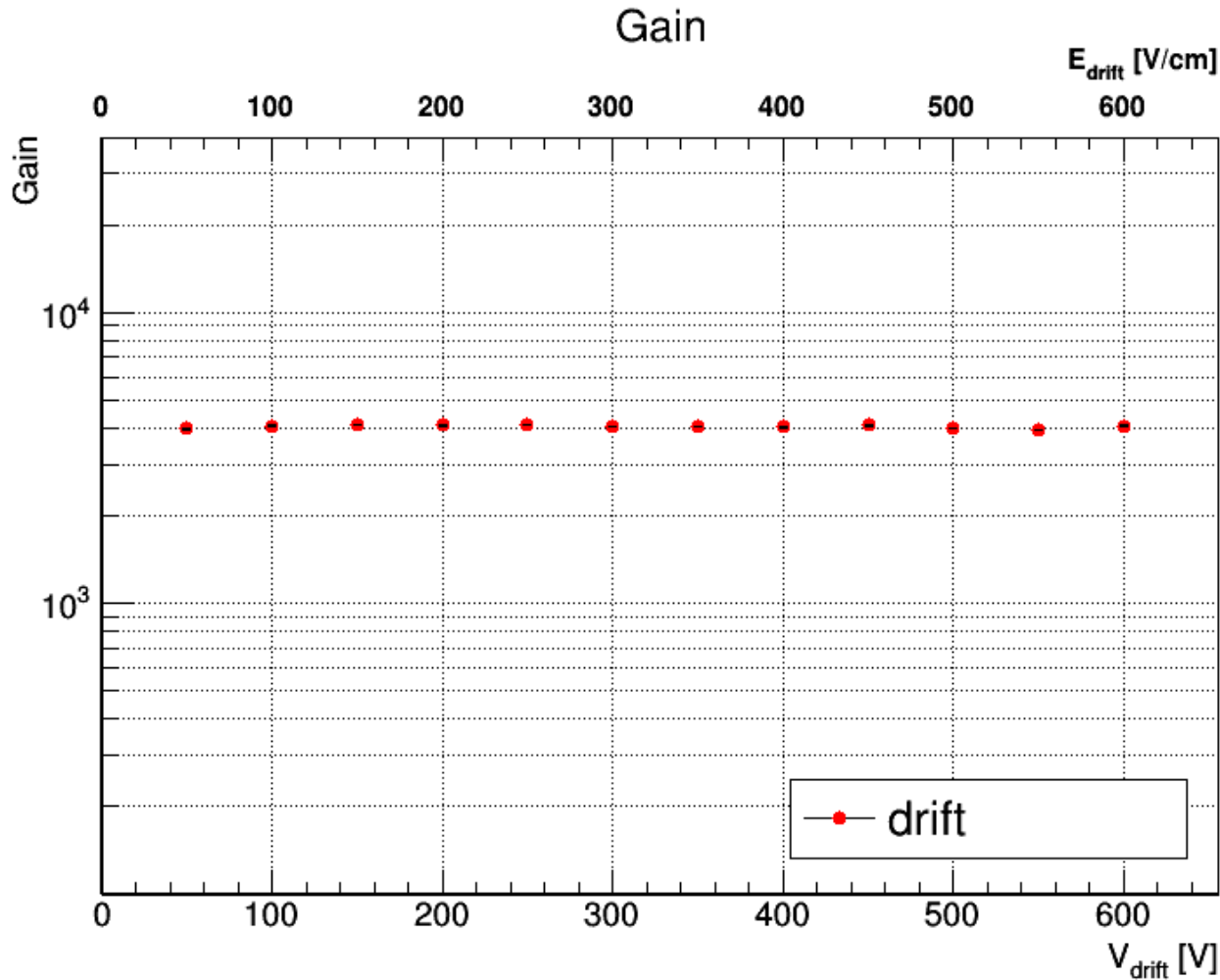
1000 V/cmを超えたあたりからゲインが上がりなくなる

下がっているかはこの測定結果からはわからず

Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

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

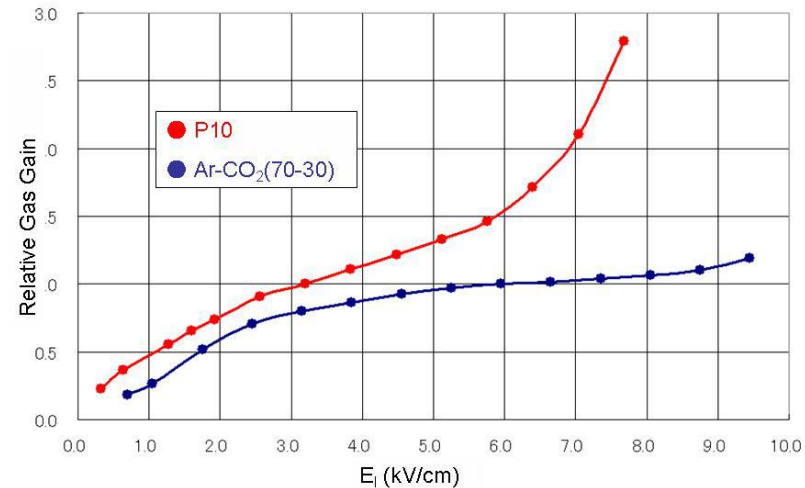
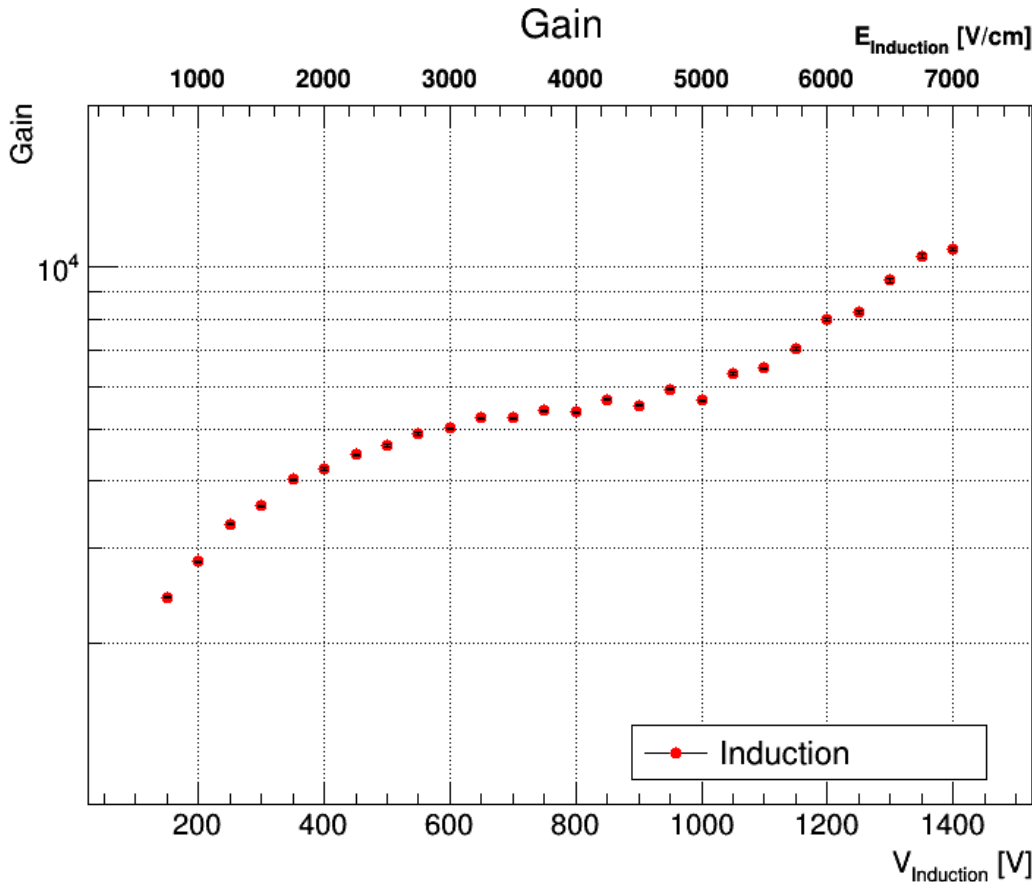
Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

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



Ar + C₂H₆(90:10) 1気圧

SF₆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

カプトン窓

