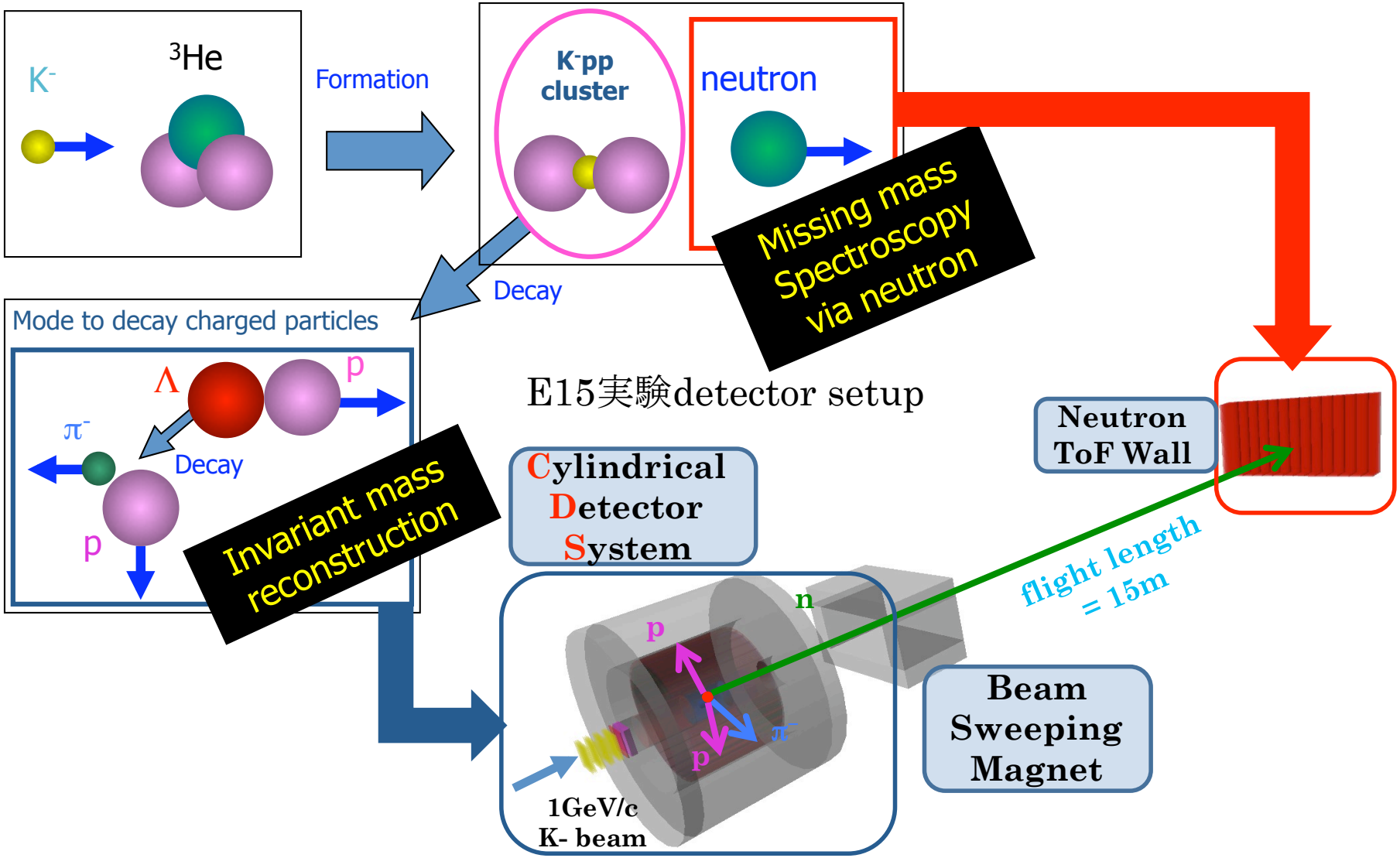
J-PARC E15実験における バーテックス検出器(TGEM-TPC) に用いるTGEMの開発

徳田　真（東工大M1）
佐久間　史典（理研）
大西　宏明(理研)
岩崎　雅彦（理研）

- J-PARC E15実験の概要
- バーテックス検出器の必要性
- TPCのデザイン
- TGEMについて
- TGEMの実験状況
- まとめ・これから

J-PARC E15実験

・K中間子原子核で最も簡単な構造を持つ、K-pp束縛状態を探索する
・Missing massとInvariant massを同時に測定する



バーテックス検出器の必要性

K-pの束縛状態であると考えられるΛ(1405)
はΣ粒子とπ中間子に崩壊するため、
K-pp束縛状態もΣ粒子とπ中間子と陽子
に崩壊すると考えるのが自然である。

よって

Σ粒子を識別することが重要である

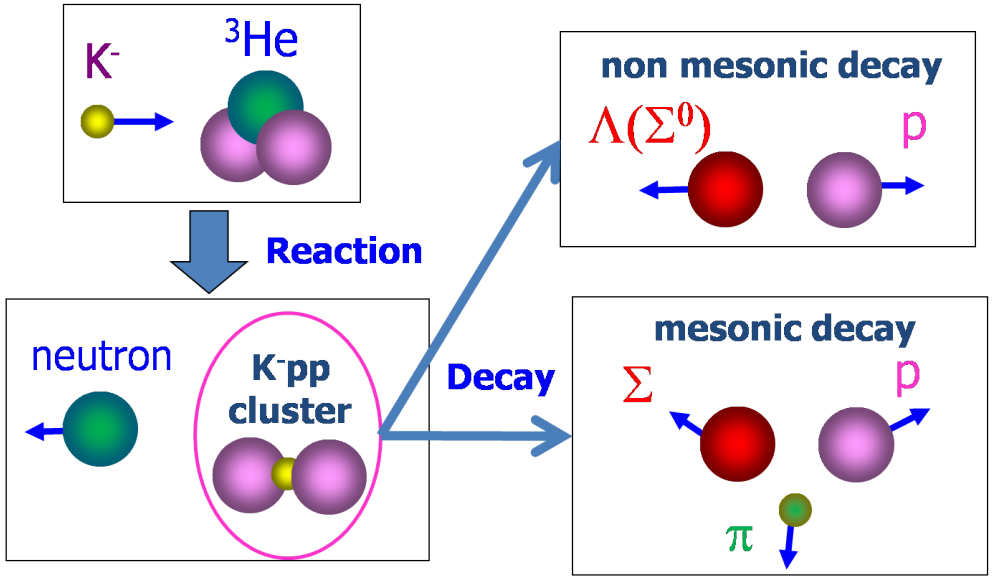
しかし

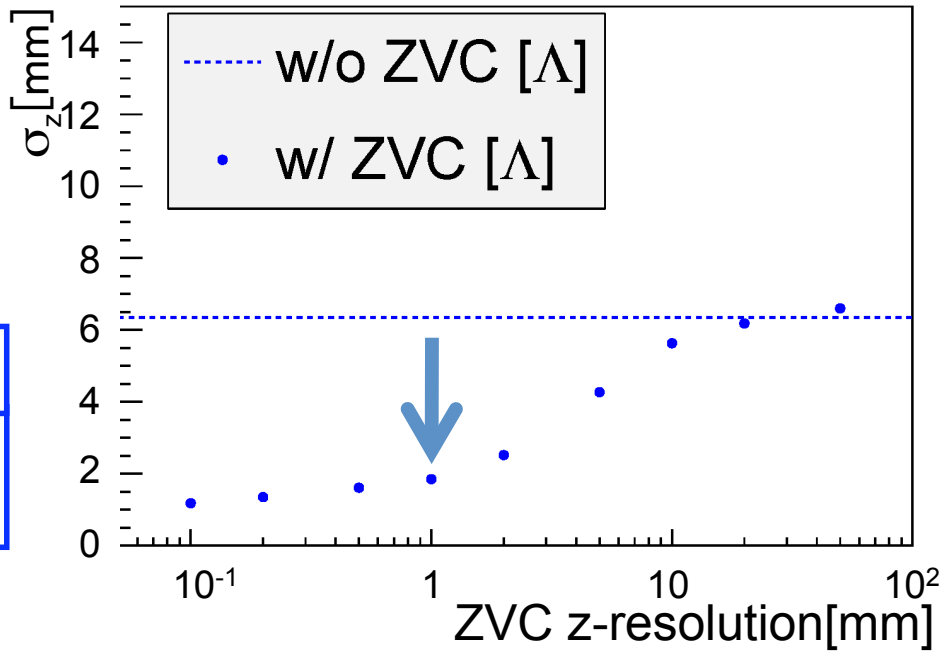
設計当初のCDSでは
$\Sigma^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + n$を同定するにはビーム方向（z方向）
に対する位置分解能が不足していた。

そこで

Z方向バーテックス検出器(ZVC)が必要

・ビーム方向に1mm以内の位置分解能
・低物質量(CDSの内部に設置されるため)

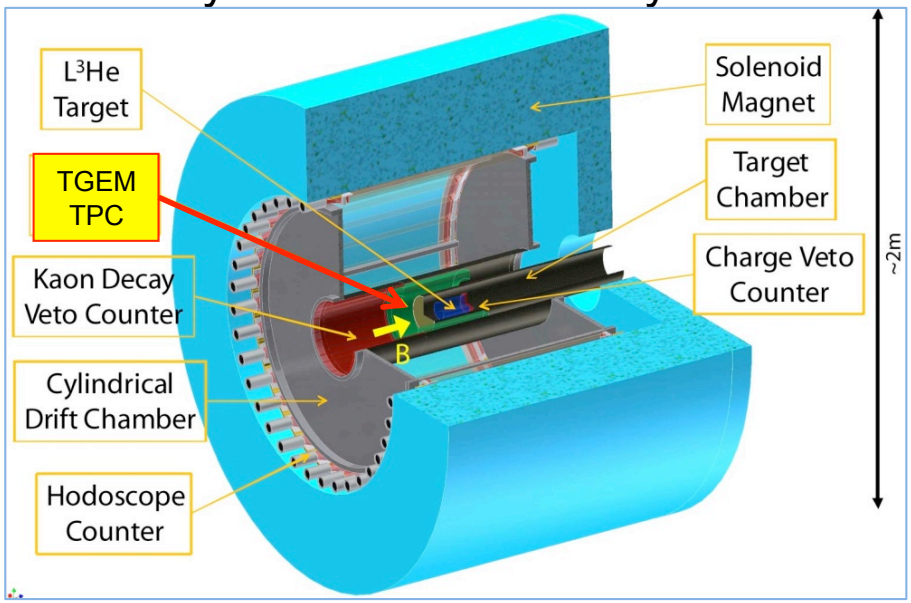


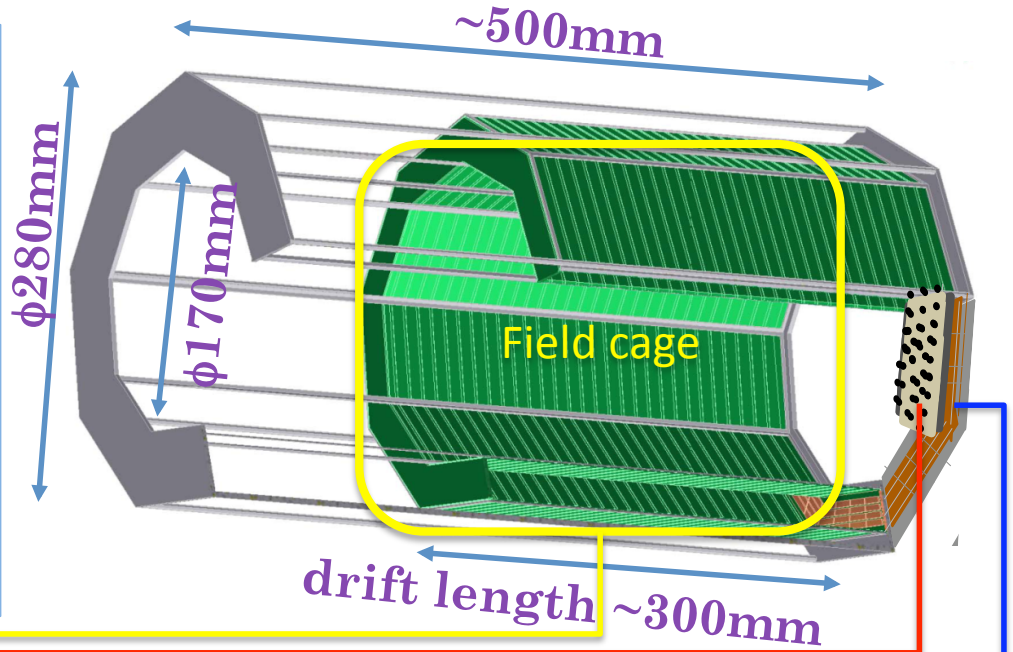


Λ→pπ-崩壊に対するビーム方向位置分解能

TPCのデザイン

CDS : Cylindrical Detector System





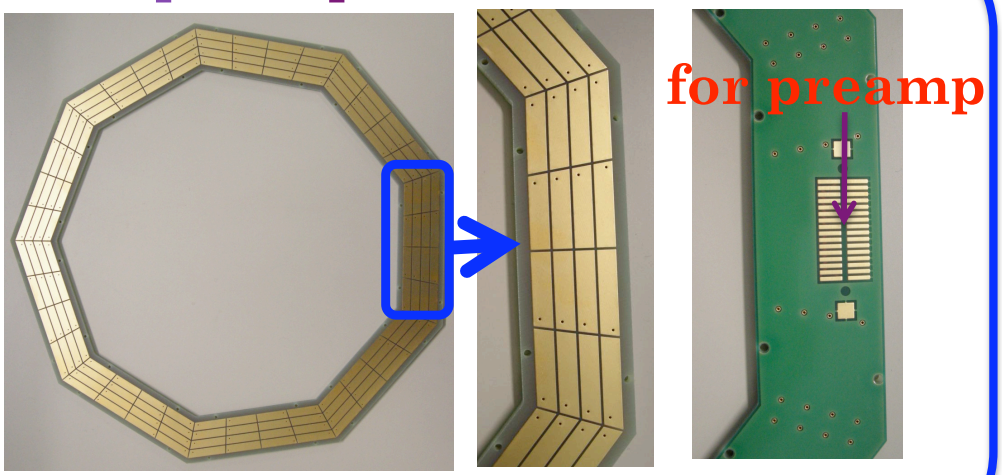
field strip

- FPC基盤
- 8mm strip
- 10mm pitch
- double sided

Thick-GEM

- R/O前の増幅器として用いる
- イオンフィードバックを抑制する可能性がある

R/O pad　pad size 4mm×20mm

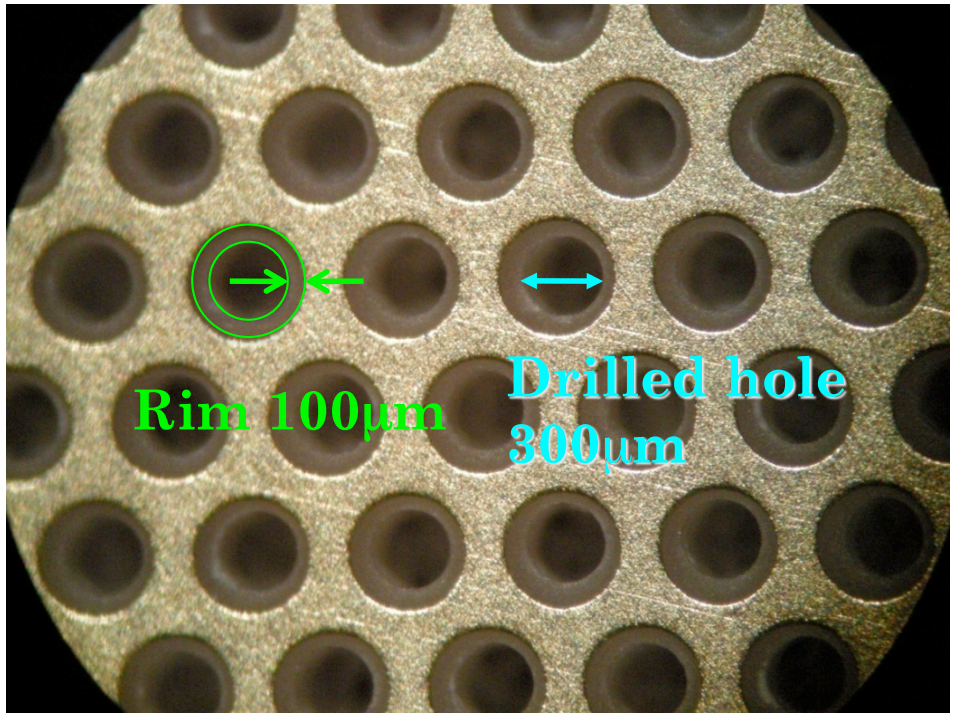


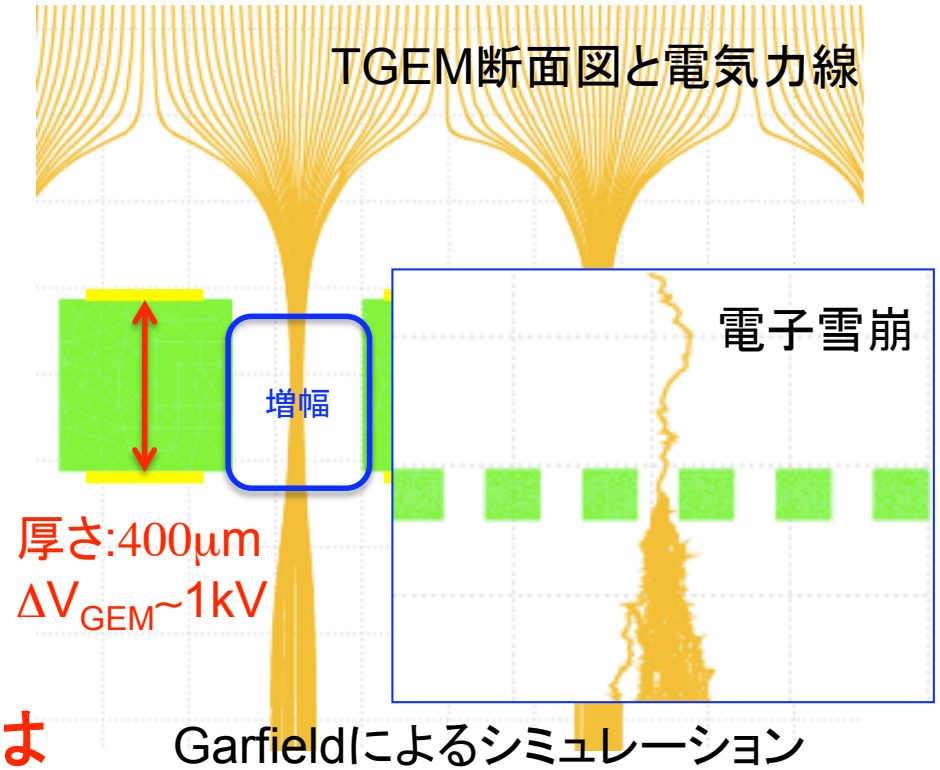
pad数 4×4×9=144　表面　裏面

TGEMについて

Thick-GEM、TGEM、THGEM

・ロバスト(強靭)、シンプルな製造工程、1枚あたりのゲインが高い
・double-clad G10(FR4)基盤を材料に、通常のPCB技術を用いて安く作ることが出来る
・foil-GEMに比べて、取り扱いが楽、オペレーションが楽(多少の放電で死なない)
・「穴」はドリルで空け、放電防止の「穴の周りの逃げ(Rim)」はケミカルエッチングで空ける
Rimがあるとgainを高くまであげることができる
しかし、チャージアップによる動作不安定性がある事が知られている





Garfieldによるシミュレーション

・しかしながら、TGEMの基本性能は
それほど良くわかってないので、更なる検証が必要

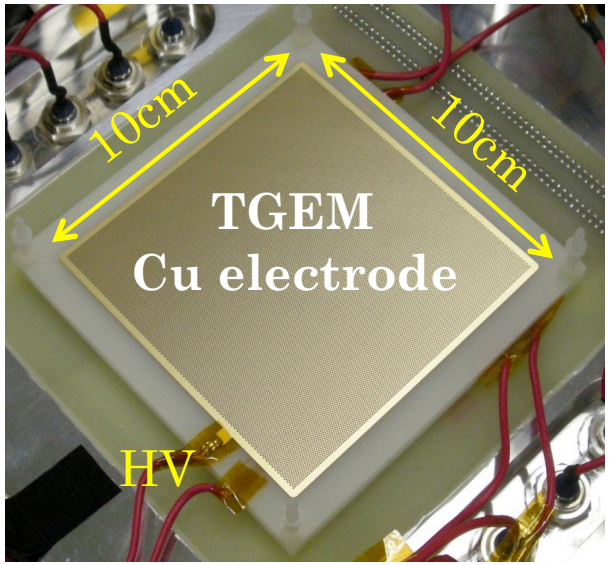
使用したTGEMのパラメーター

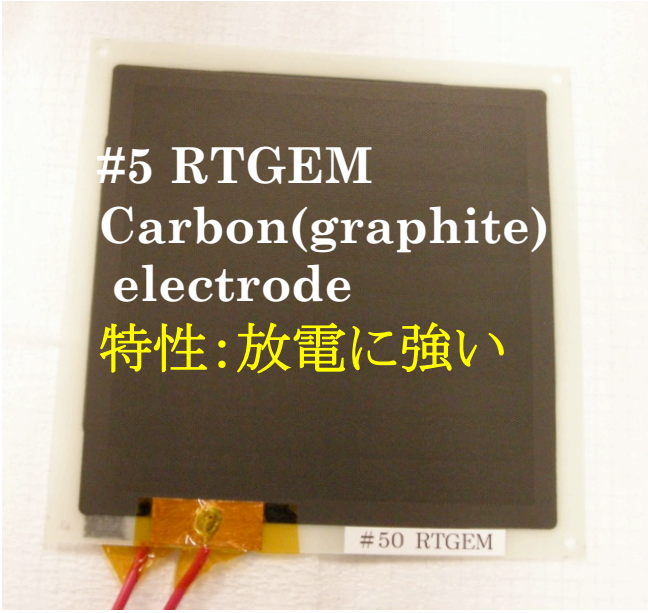
林栄精器にて以下の6種類のTGEMを作成

TGEM#	#0	#1	#2	#3	#4	#5 (Resistive)
厚さ[μm]	400	400	400	200	200	400
穴の直径[μm]	300	300	500	300	500	300
Rim[μm]	100	50	No	50	No	No
穴のピッチ [μm]	700	600	600	600	600	700
大きさ [cm^2]	10 x 10					

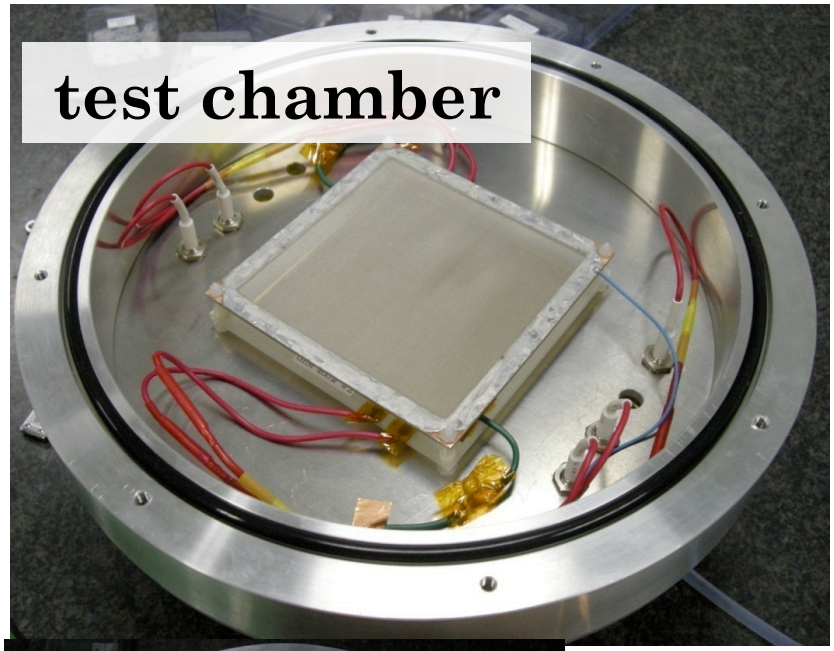
重要なのは

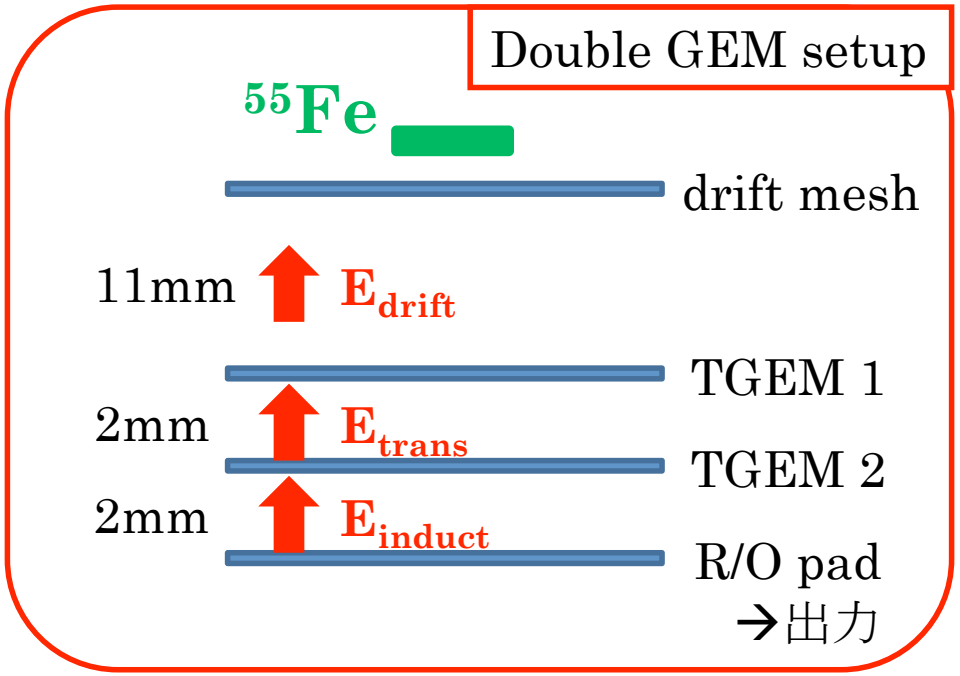
厚さ:400μm or 200μm
穴径:300μm or 500μm
Rim:有り or 無し
極板:銅 or Carbon

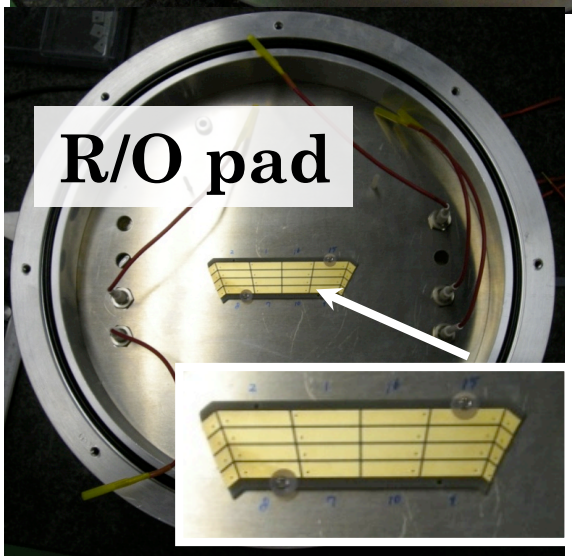


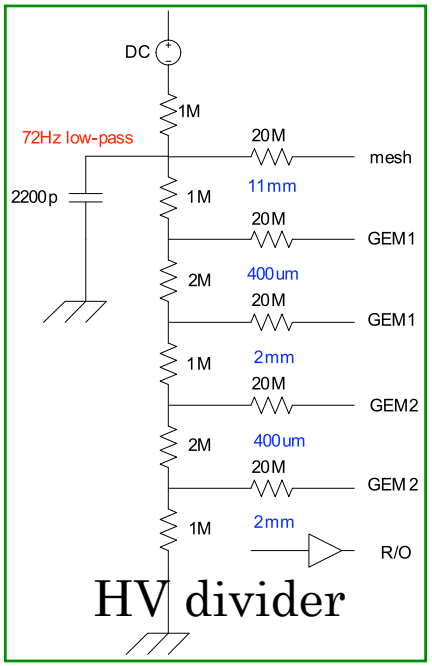


Test chamber setup





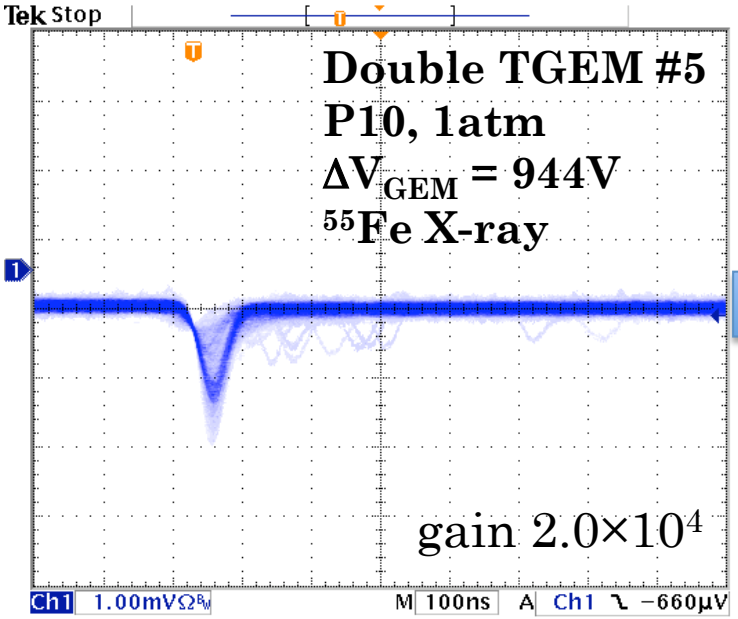




- **gasはP10, 1atmを使用**

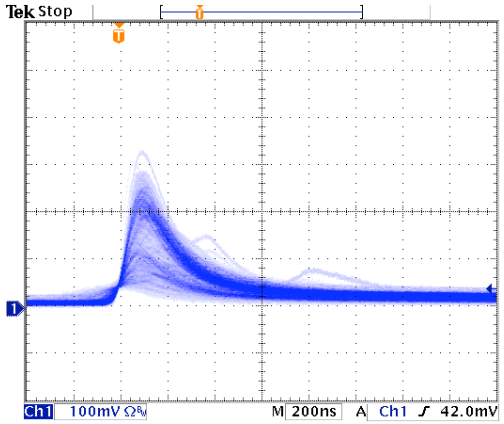
- HV dividerは抵抗チェーンで作成
- pad16ch分を1つにまとめて出力
- 測定は生シグナルとプリアンプ(τ=80ns)のアナログ出力をオシロスコープorADCに入力

実際のシグナルと目標



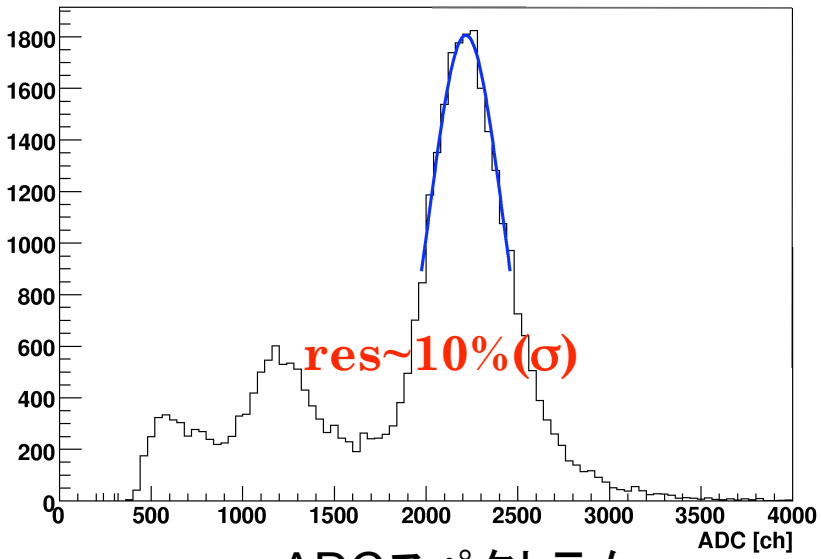
生シグナル

プリアンプ



プリアンプアウト

ADC



ADCスペクトラム

実機では読み出し回路として
Amplifier-Shaper-Discriminator (ASD)
を使用し、時間情報のみをTDC読み出しに
限って行う。

TGEM studyにおける目標

実際に掛けるVthを考慮して、
effective gain ~1×10^4
で安定動作

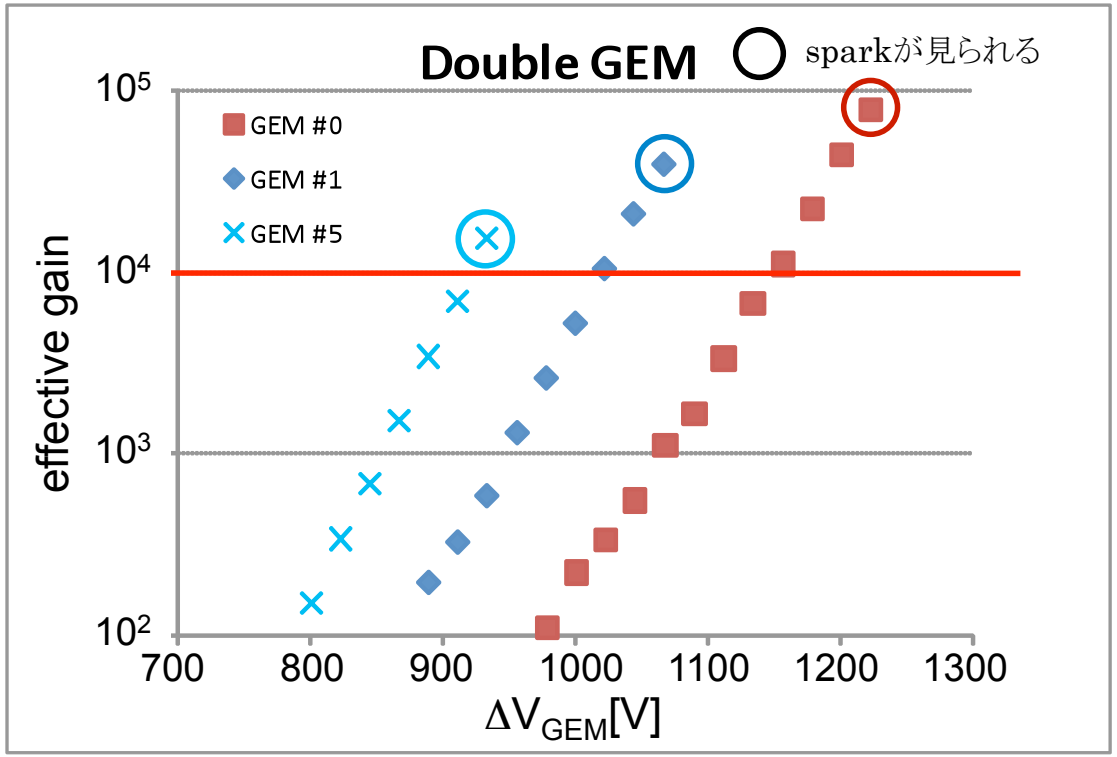
TGEMのパラメーターによる違い

TGEM#	#0	#1	#2	#3	#4	#5 (Resistive)
厚さ[μm]	400	400	400	200	200	400
穴の直径[μm]	300	300	500	300	500	300
Rim[μm]	100	50	No	50	No	No

gainが低い

E_{drift}=150V/cm				
ΔV_{GEM}	:	E_{trans}	:	E_{induct}
1	:	2.5	:	5

厚さ400μmで穴径300μm以外のTGEMはgainが低いので使えない



gainは生シグナルから計算して導出
→ プリアンプアウトを用いてスケール

Rimの大きさによって
Maxgainが高くなっている

TGEM#0,#1は目標gain~1×10^4に達している

しかし

RTGEM(#5)も使えるようにしたい

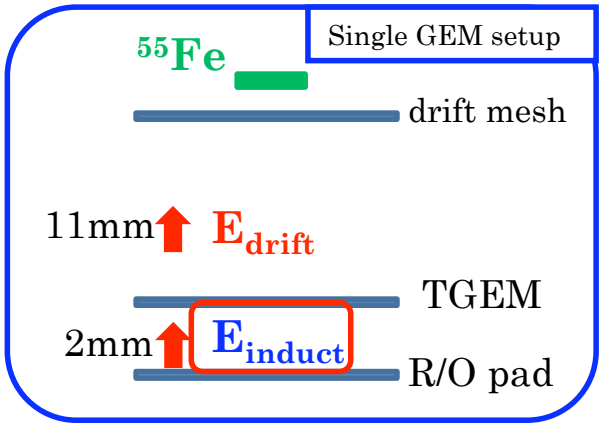
・Rimによるチャージアップの問題
・Carbonは放電に強い

そこで

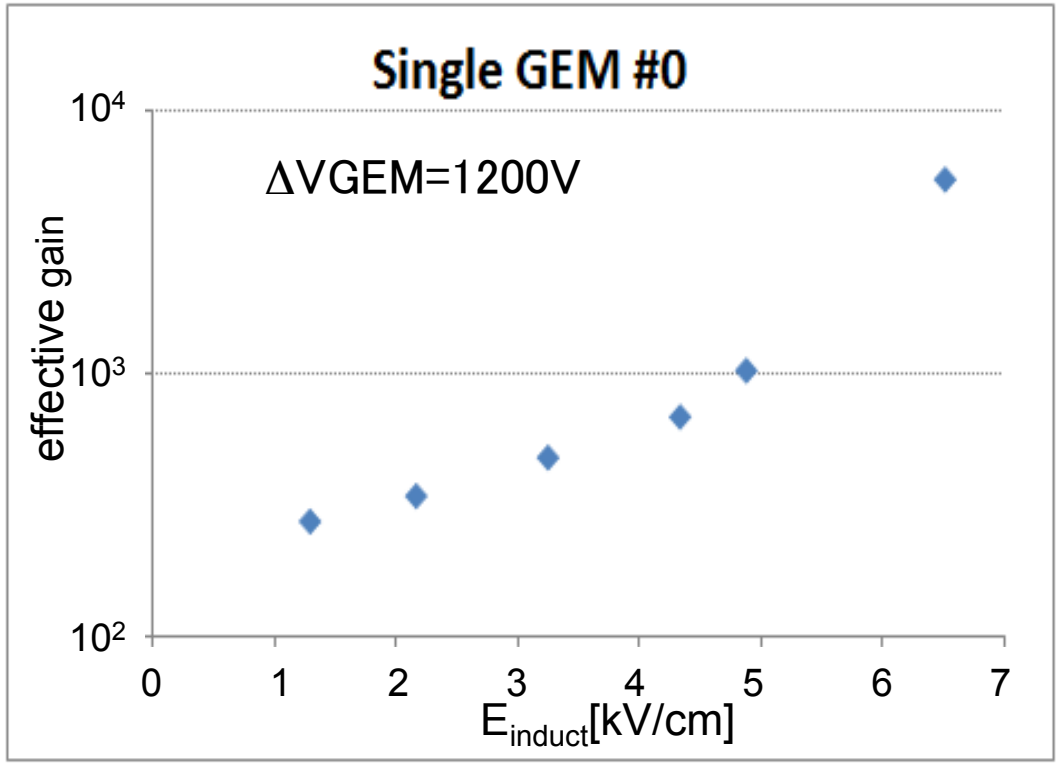
もう少しgainを上げる必要がある

gainを上げるために1

TGEMを1枚にして
ΔVGEM=1200Vで
E_{induct}を変化させて測定した



E_{drift}=150V/cm	
ΔV_{GEM}	E_{induct}
1200V	変化



薄いGEMとの違い

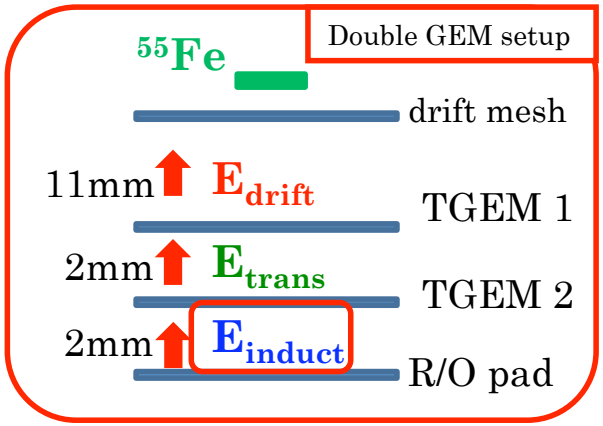
[S.Bachmann *et al.*, NIM A438, 376 (1999).]
によれば、
foil-GEMでは8kV/cm程度までE_{induct}に対しlinear-scaleでgainが上昇する

TGEMでは左のグラフのようにE_{induct}に対しgainの上昇の仕方がすごい

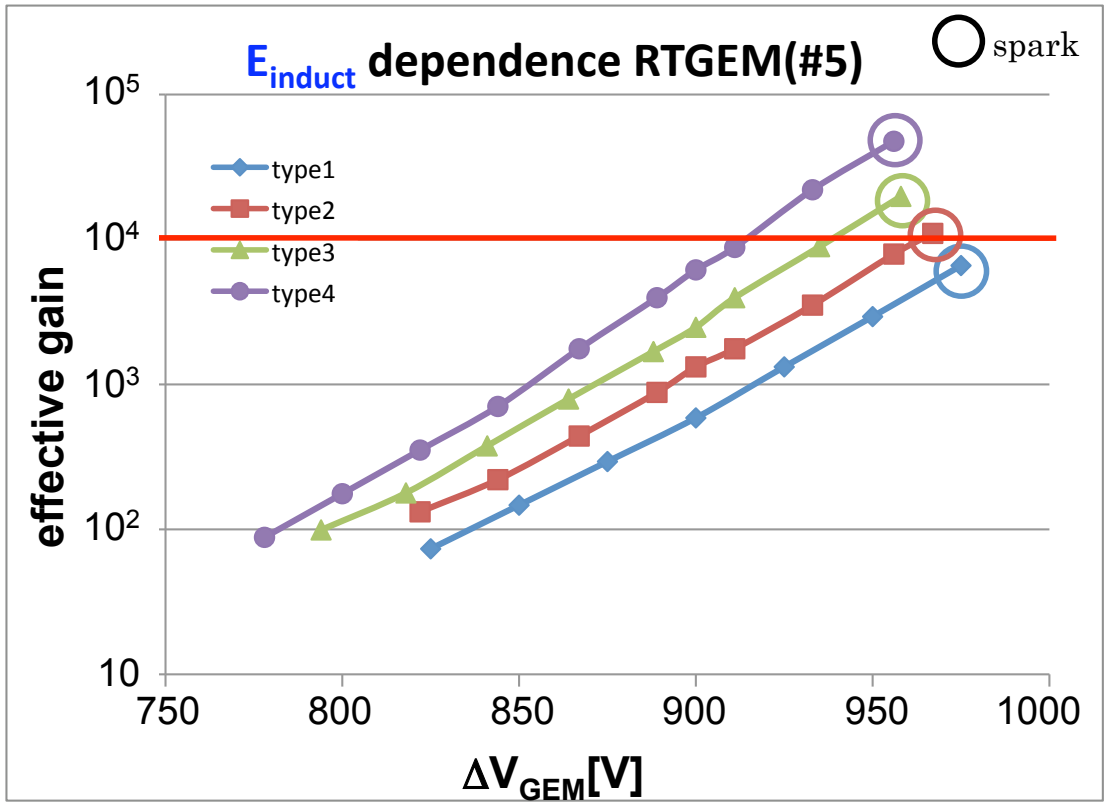
E_{induct}を上げる事によってgainを上げることができる

gainを上げるために2

RTGEM(#5)を2枚にし
E_{induct}の比率を変えた
HV dividerを4種類作成
ΔVGEMを変化させて
測定を行った

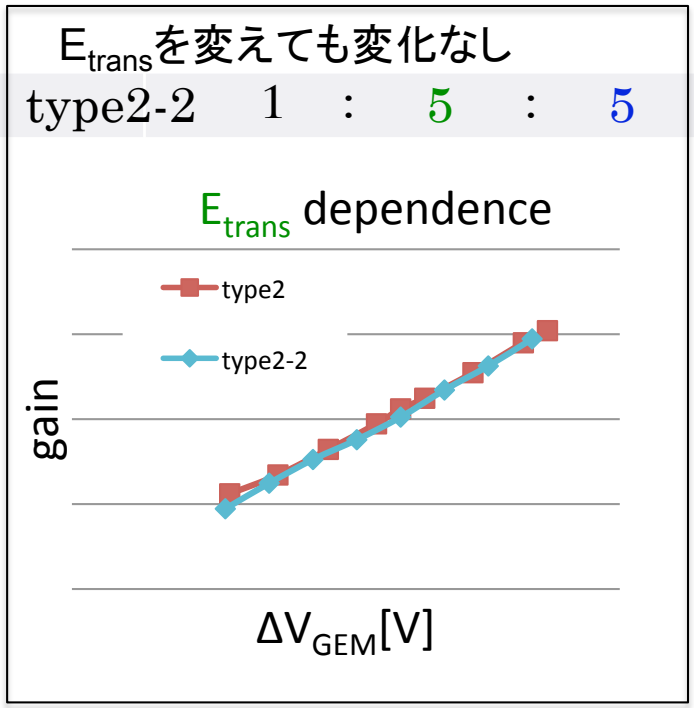


	E_{drift}=150V/cm				
	ΔV_{GEM}	:	E_{trans}	:	E_{induct}
type1	1	:	2.5	:	2.5
type2	1	:	2.5	:	5
type3	1	:	2.5	:	6.25
type4	1	:	2.5	:	7.5



E_{trans}を変えても変化なし

type2-2	1	:	5	:	5

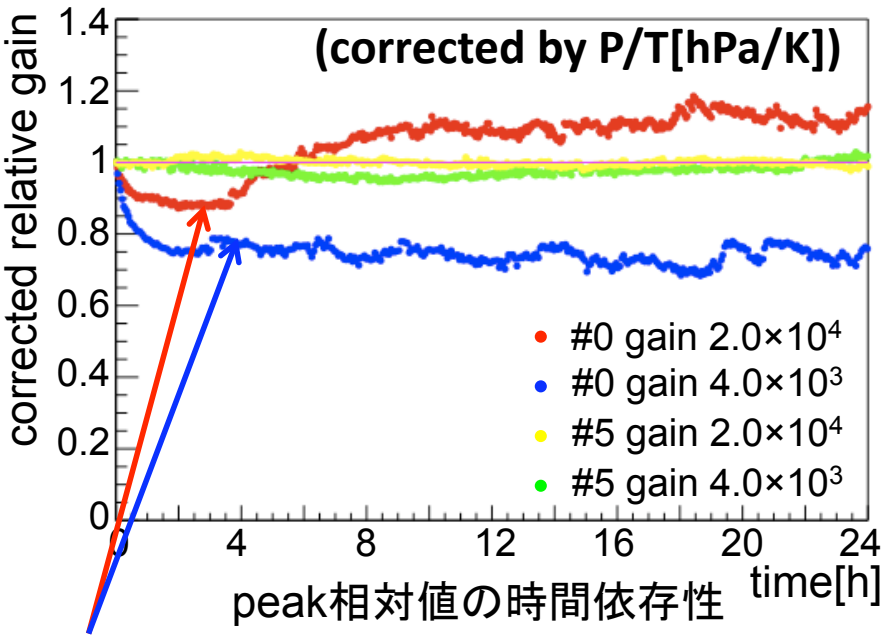


RTGEMでもE_{induct}を上げる事で目標gain1×10⁴到達できた

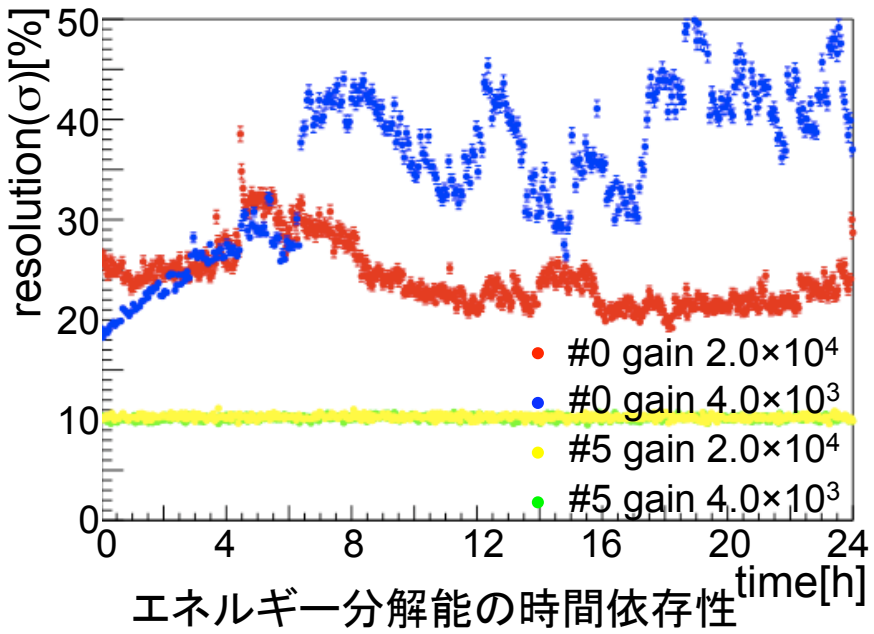
時間依存性

TGEM#	#0	#5 (Resistive)
Rim[μm]	100	No
HV divider	type3	type4

	E_{drift}=150V/cm				
	ΔV_{GEM}	:	E_{trans}	:	E_{induct}
type3	1	:	2.5	:	6.25
type4	1	:	2.5	:	7.5



peak相対値の時間依存性



エネルギー分解能の時間依存性

gainによってチャージアップの仕方が違う

Rimがあるとチャージアップの効果が見られ不安定である

RimのないRTGEMはgainとエネルギー分解能ともに安定している

まとめ

E15実験におけるCDSのビーム方向位置分解能向上のための upgradeとして、TGEMを用いたTPCを開発中である

TGEMについて

- **RimのあるTGEMはgainを容易に高くすることが出来るが、チャージアップのため長時間では動作が不安定になる**
- **RimのないRTGEMはE_{induct}を上げる事でgainを高くでき、長時間でも安定に動作する事がわかった**

実機の増幅器としてはRTGEMを用いる

これから

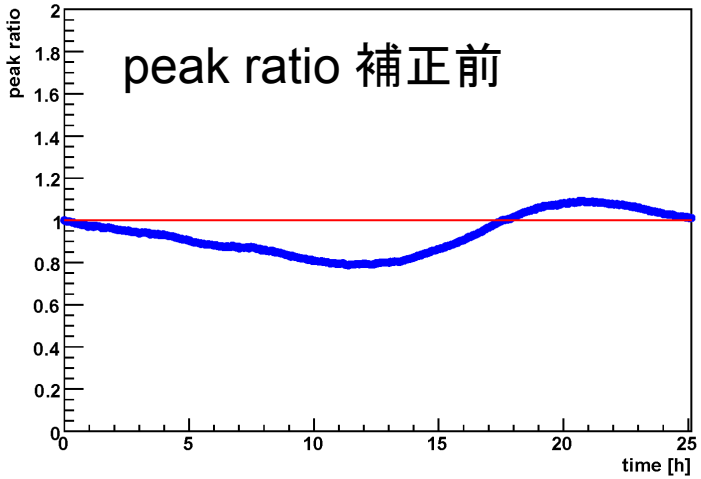
- **ion-feedbackのstudyを行う**
- 4月後半から実機でのstudyを開始する
- 2009年夏、TGEM-TPCは完成予定

ご清聴ありがとうございました

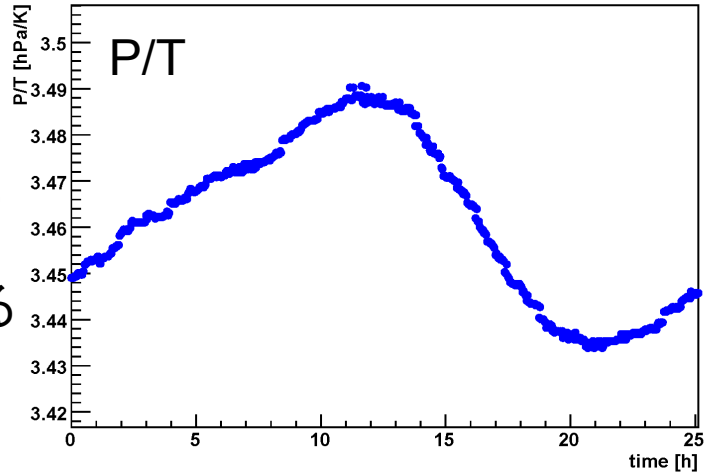
Back up

p/T dependence single GEM of #0

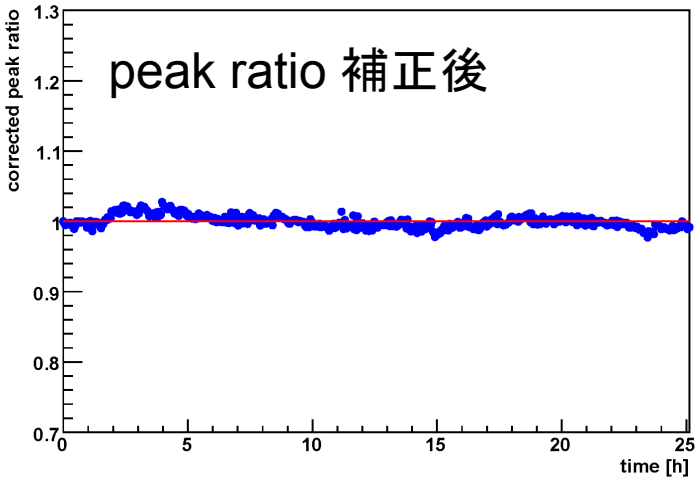
GEMのgainはP/Tで変動するのでそれを考慮する必要がある

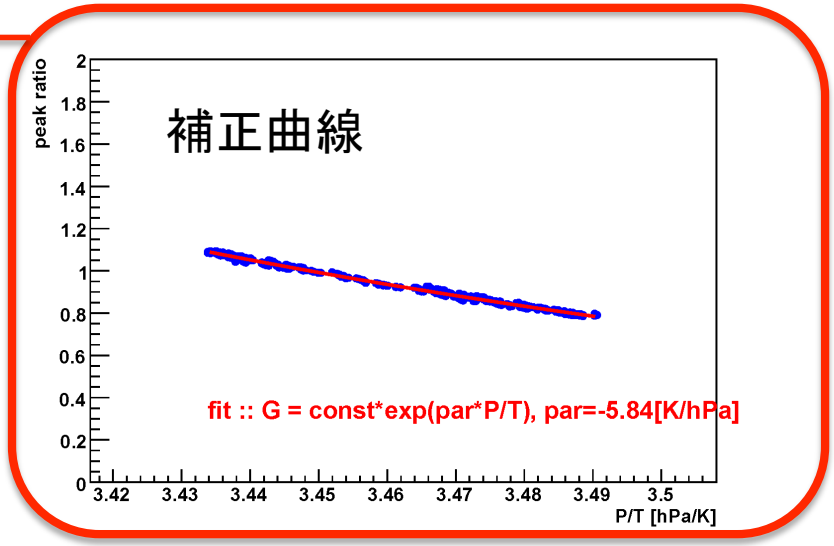


関係性がある



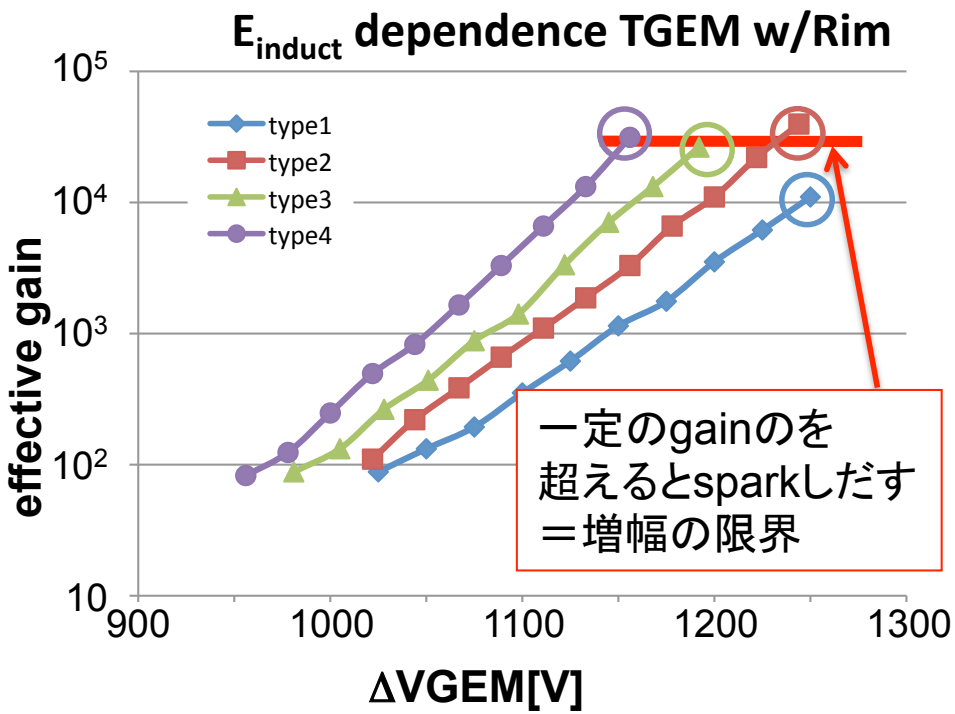
補正

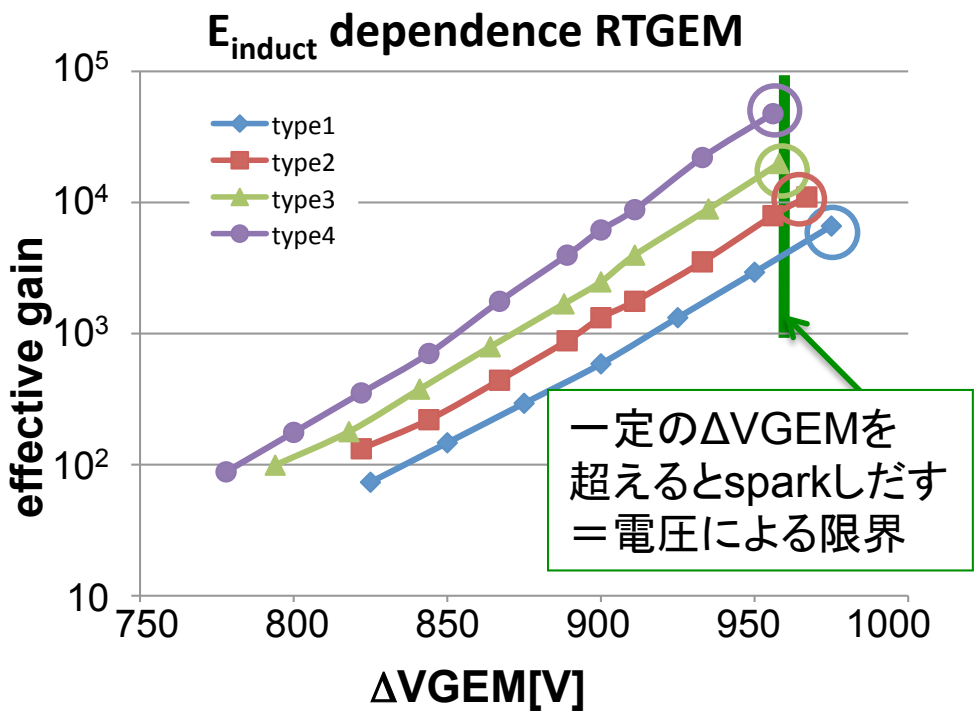




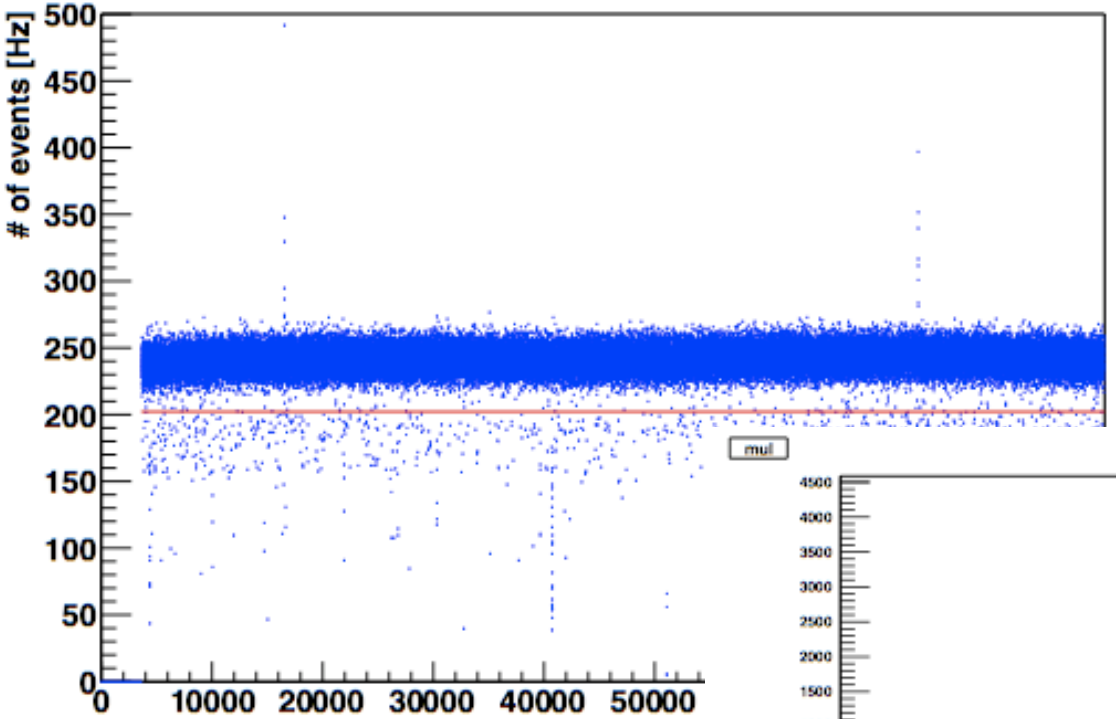
増幅の限界

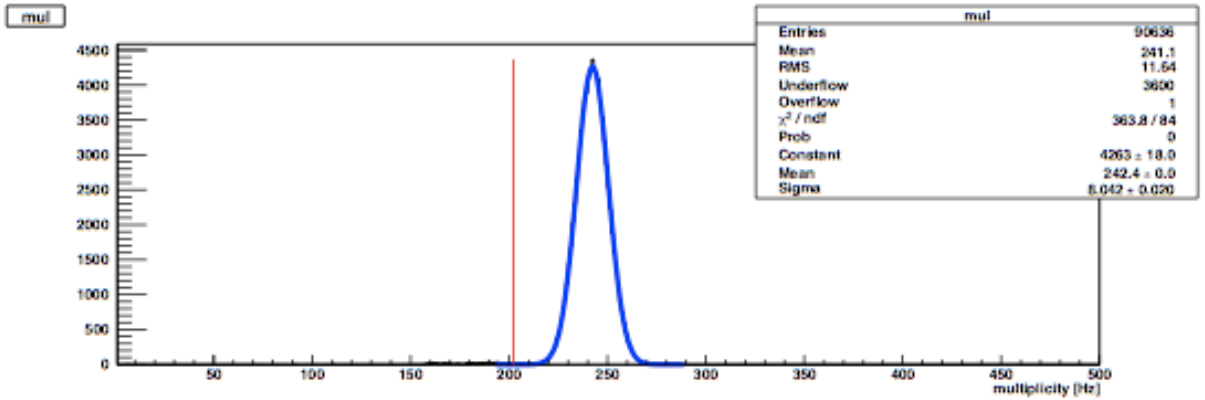
	E_{drift}=150V/cm				
	ΔV_{GEM}	:	E_{trans}	:	E_{induct}
type1	1	:	2.5	:	2.5
type2	1	:	2.5	:	5
type3	1	:	2.5	:	6.25
type4	1	:	2.5	:	7.5

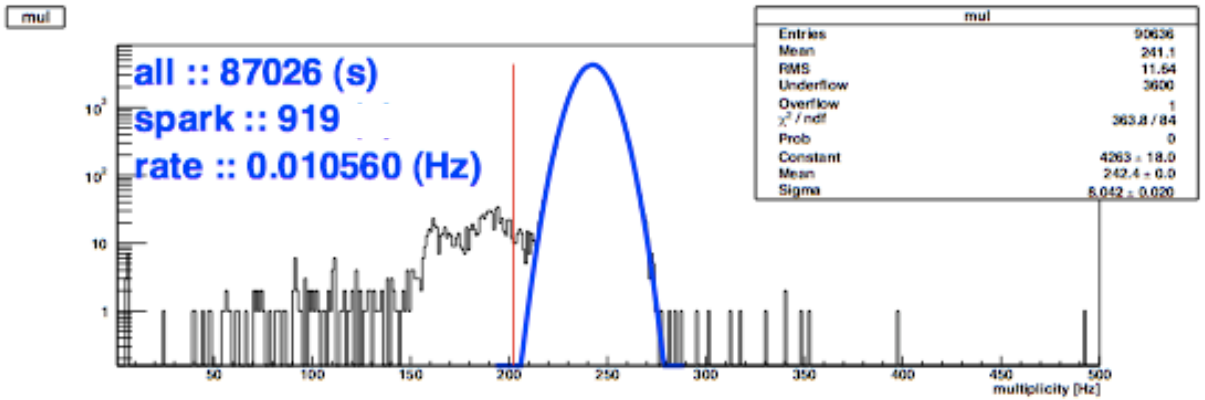




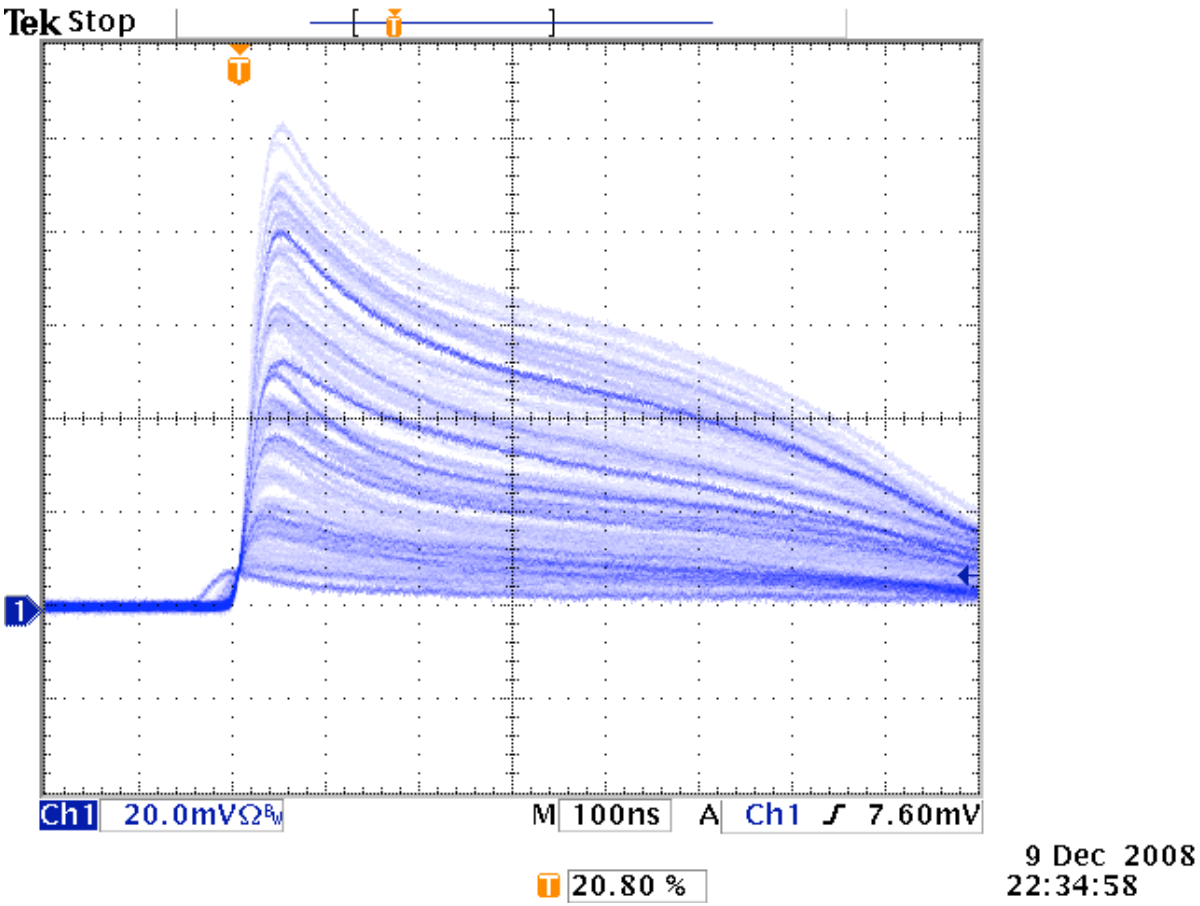
Spark rate #5







gain ～2×10^4 0.010560Hz
gain ～4×10^3 0.002948Hz

E_{induct}を上げすぎると

当たり前だがparallel plate multiplicationが起きる