

# XMASS実験感度向上のための テストベンチの開発

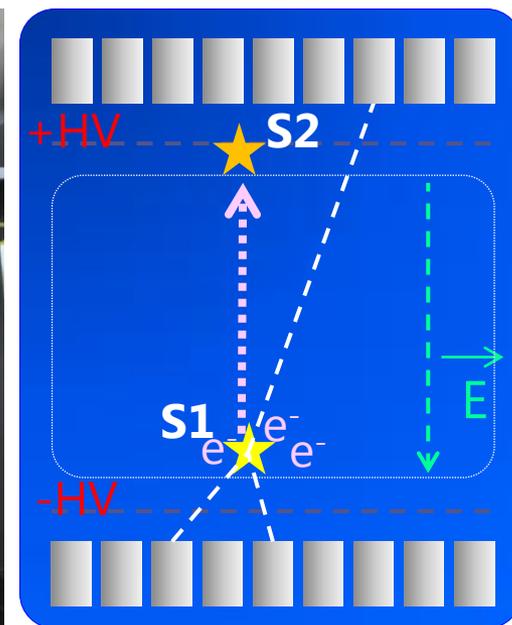
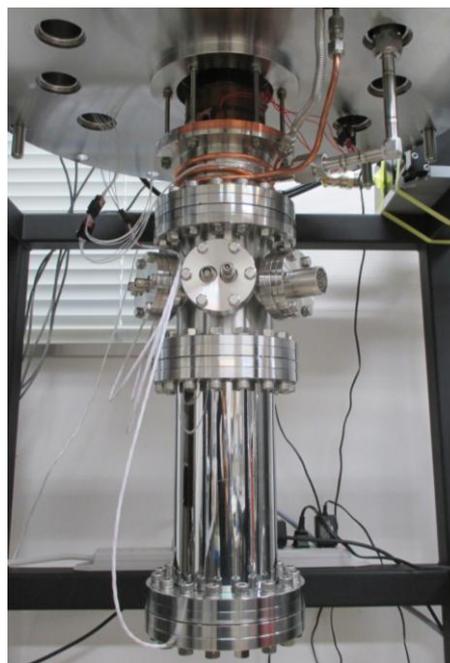
毛笠莉沙子、伊藤好孝、増田公明、関谷洋之<sup>A</sup>  
(名大STE研、東大宇宙線研<sup>A</sup>)  
他XMASSコラボレーション

日本物理学会第70回年次大会  
2015/3/24 早稲田大学

# モチベーション

## 1相式液体Xe-TPCのR&D

XMASS実験の1相式液体Xe-TPCへの改造による感度向上を検証すべくテストベンチを開発する。



# 1相式液体Xe-TPC

Xe検出器：scintillationとionizationの両方を検出可能

- **S1**：Direct interactionによるシンチレーション光
- **S2**：S1発光時にできた電離電子を電場によりドリフトし、さらに高電場で**電荷増幅した際に発光する比例蛍光**

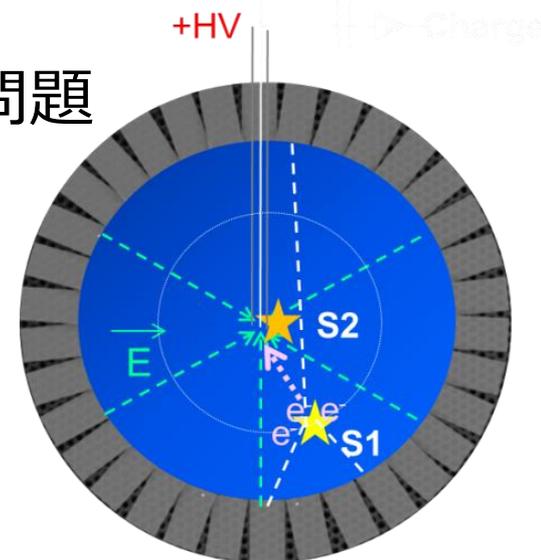
- { S1とS2の時間差→**反応位置**の特定
- { S1とS2の光量比→原子核反跳(信号)と電子反跳(BG)を**区別**

現在2相式Xe-TPCが結果を出している  
長期間の測定では気相-液相間の液面管理の問題

↓

S2発光まで液中で行う1相式液体Xe-TPC

- 液体のみなので形状に自由度がある
- DM探索では未開拓



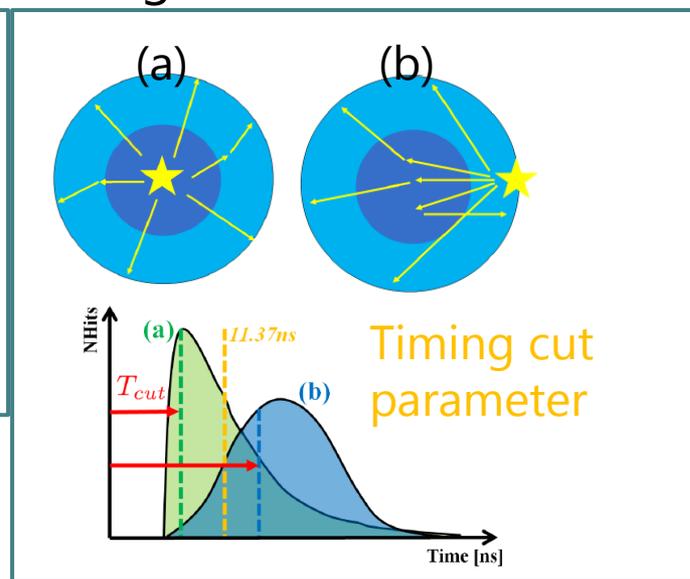
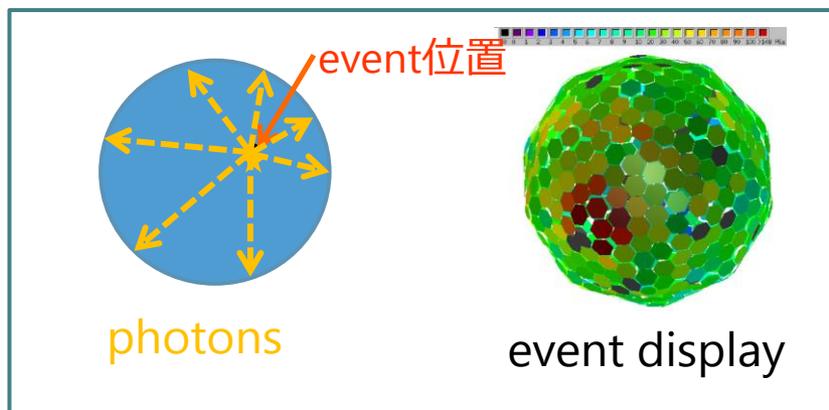
# TPCの利点

現行のXMASSの検出器内壁起源のBGをさらにcutしたい！

〈現在の解析(ソフトウェア)でのcut〉

光量での位置構成によるcut

timingでの位置構成によるcut



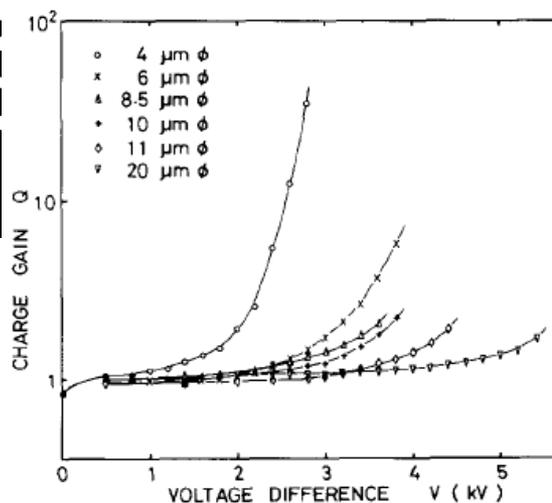
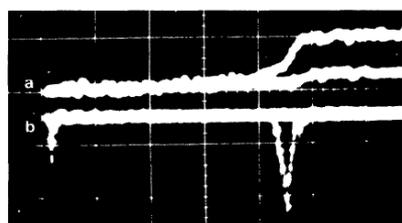
➡ TPC(ハードウェア)で反応位置を特定することによって  
BGである壁際のeventをよりcutする！

将来的に球状1相式のLXe-TPCの可能性を検証するため、  
まずは簡単な形状の本R&Dを行う。

# LXe-TPCについて検証したいこと

- LXe中で
- S2が発生するための電場(kV/cm)のしきい値
  - 1電離電子あたりのS2の発光量 gain(ph/e-)
  - 低エネルギー信号(<10keV)でS2発光可能か efficiency

## 参考①ワイヤー電極(Bi207 $\gamma$ 線1MeV)

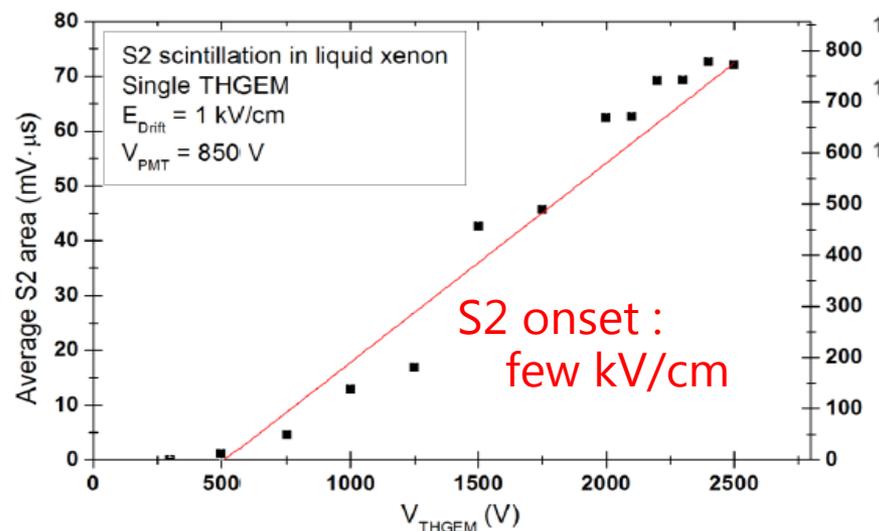
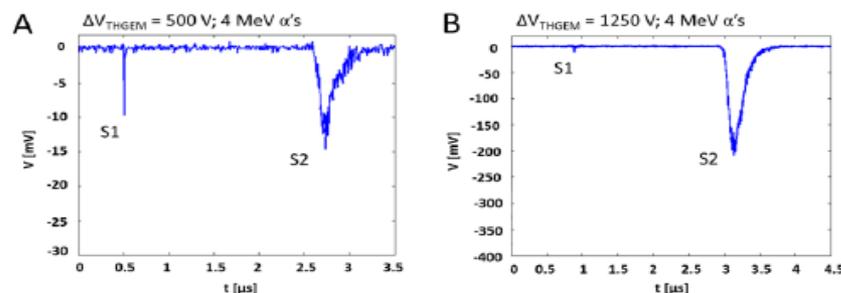


$\phi 20\mu\text{m}$ ワイヤー  
 S2 threshold :  
 410kv/cm

① "A liquid xenon proportional scintillation counter"  
 (1979) K. Masuda et al.  
 DOI:10.1016/0029-554X(79)90600-1

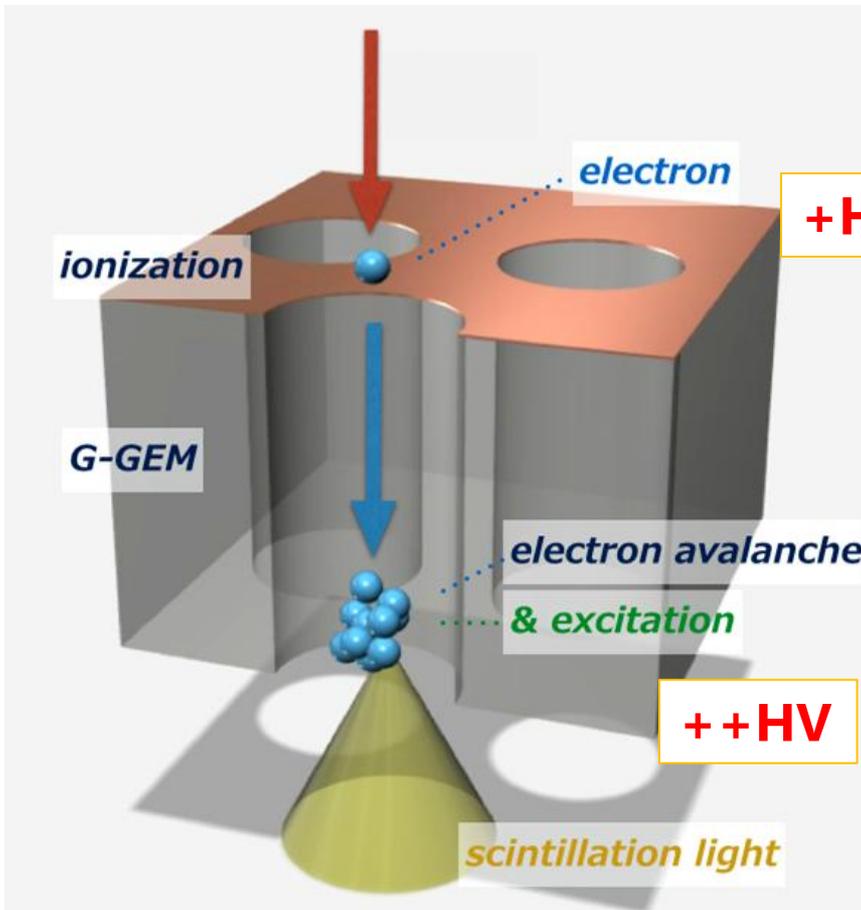
② 2014 Nov. 14 7th Symposium on large TPCs for  
 Low-Energy Rare-Event Detection ,Paris  
 L.Arazi et al

## 参考②Thick GEM(Am241 $\alpha$ 線5.4MeV)



# Glass GEM (Glass Gas Electron Multiplier)

- HOYA製Glass GEM
- 0.65mmのガラス（HOYA製ガラスPEG3）の表裏面にCuをメッキ
- $\Phi 0.17\text{mm}$ のholeが25mm $\square$ に9167個



HOYA

東大工学系研究科  
原子力専攻 藤原さん

表裏のCuに電位差を与える  
 →GEM表面まで電子をドリフト  
 →holeを通過  
 →高電場によって電荷増幅しS2発光  
 この過程をLXe中で観測したい！

ガスAr中では特性検証されている。  
 液体窒素中で破損なし・絶縁を確認済み

# テストベンチ概要

- 外真空容器(OVC)内に冷凍機、熱交換box、フィードスルーbox、内真空容器(IVC)
- パルスチューブ冷凍機
- 10kVまで印加可能なフィードスルー

フレキ(久世ベローズ)

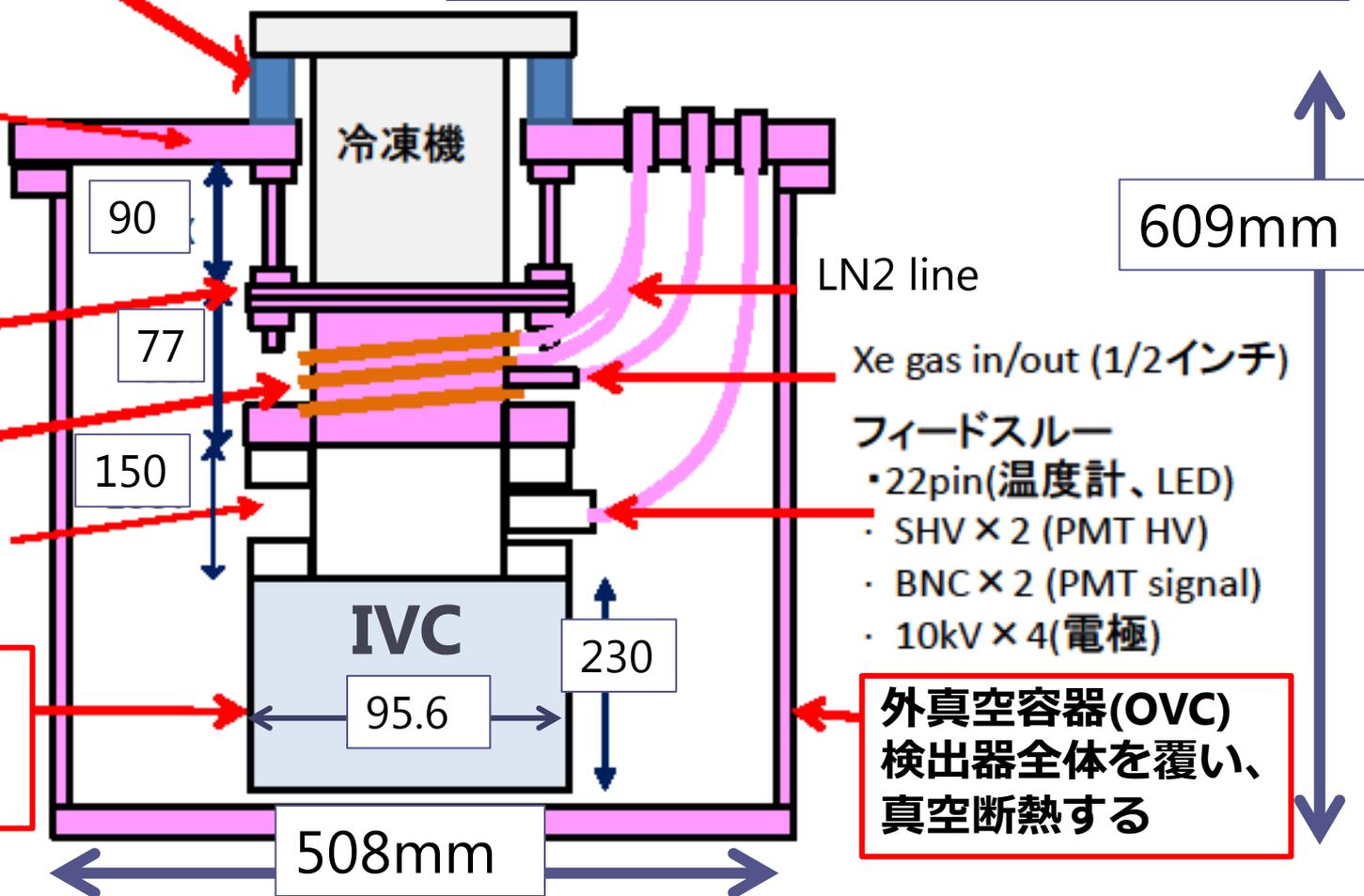
- 外真空Topフランジ  
裏面PC.D-130.3の位置  
にM6×6個穴あけ  
(日鈴)

- 変換円盤(日鈴)

- 熱交換ボックス  
(日鈴)

- Feedthrough ボックス  
(コスモテック)

内真空容器(IVC)  
LXeとPMT入れる  
detector部分



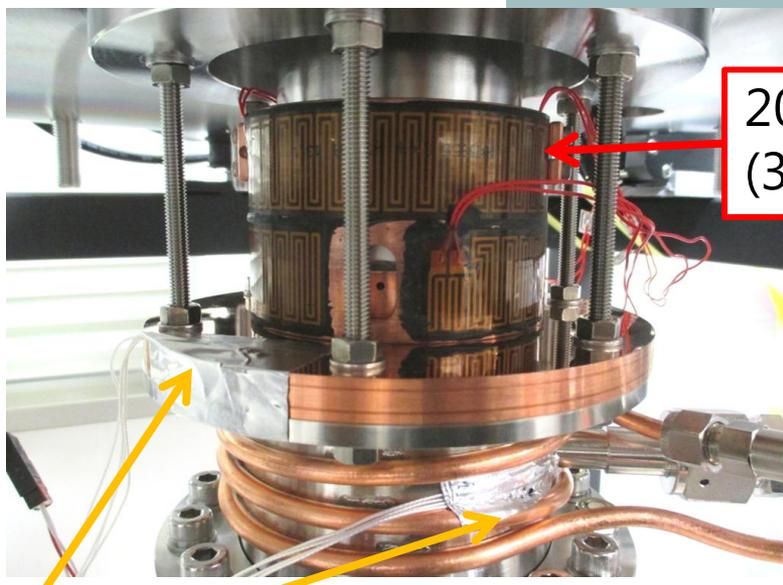
# 冷却試験

冷凍機  
コールドヘッド

熱変換円盤

熱交換box

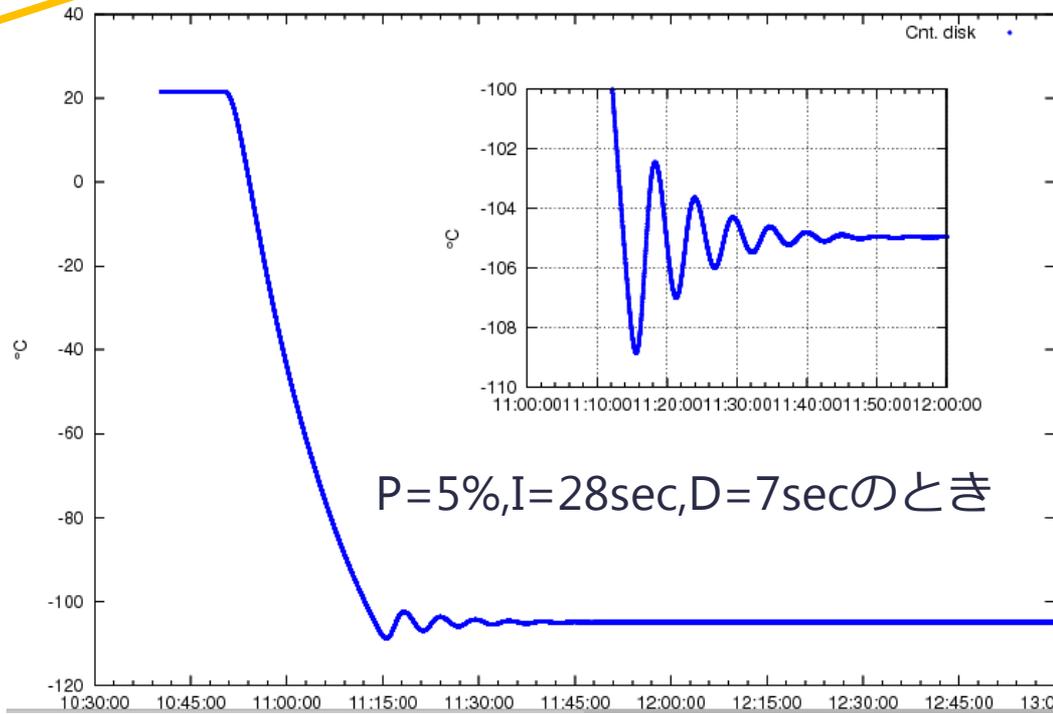
白金温度計



200Wヒーター4枚  
(3枚は予備)

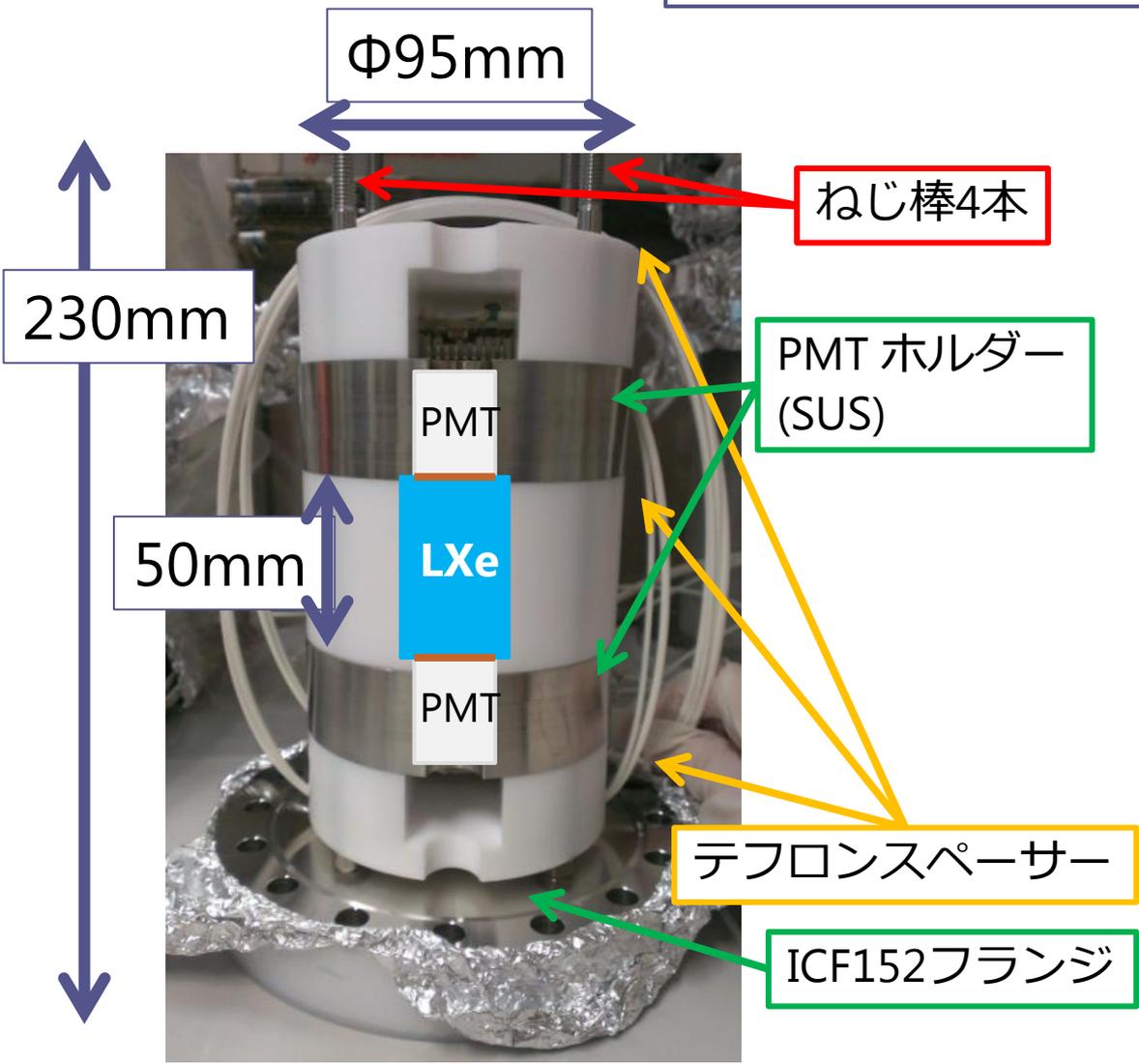
Xe inlet

- 冷凍機冷却能力：180W@-100°C
- IVCに窒素充填し冷凍機運転
- 熱変換円盤上の温度計によりPID制御で温度コントロール

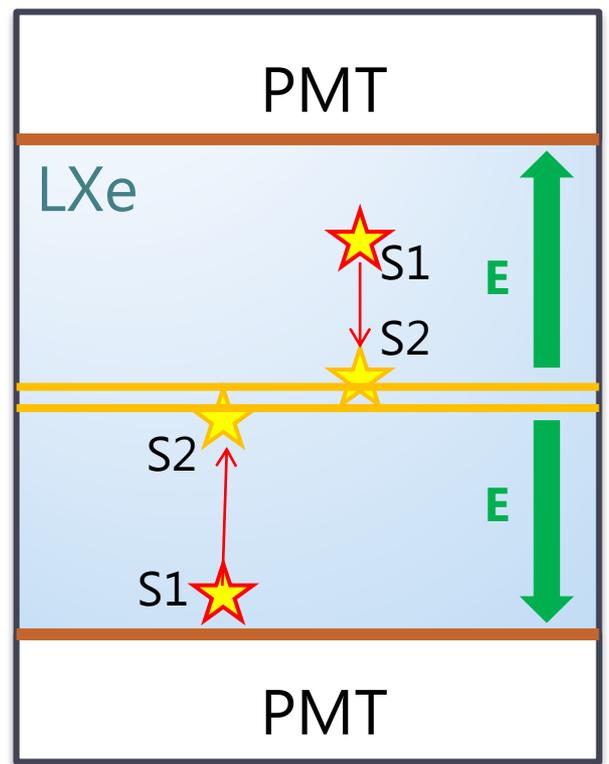


# IVC内部構造

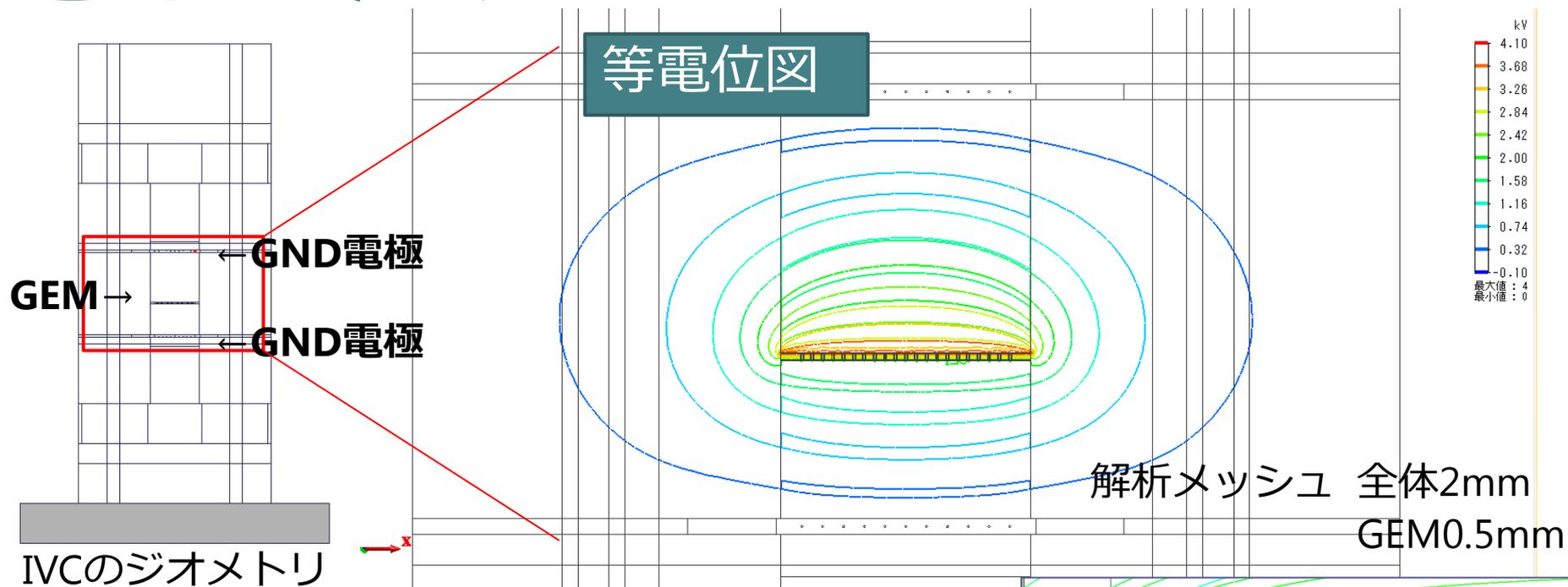
- 中心にLXe領域 24mm□×50mm(700cc)
- 上下にPMT(光電面は24mm□)設置



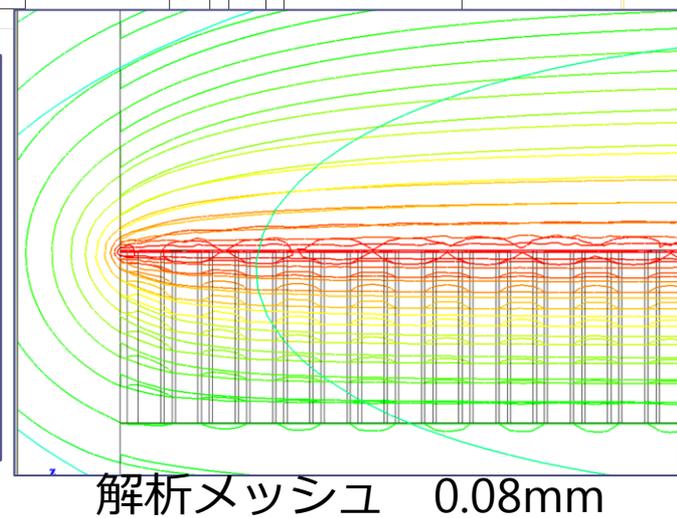
## TPC電場デザイン案



# 電場シミュレーション



- ムラタソフトウェア有限要素法解析ソフトfemtet
- GND電極からz方向+2cmの位置にGEM設置
- GEM電圧下面2kV,上面4kV印加
- ドリフト領域でも電極に平行電場(1kv/cm)
- hole内の液体Xe中で平行電場(30kV/cm)が形成
- 穴の入口・出口には電位が飛び出している



# まとめ

- XMASS感度向上のため1相式液体Xe-TPCのR&Dを行う
- TPCで反応位置を特定することで壁際BGをよりcutできる
- テストベンチ全体の設計、組立、真空試験、冷却試験、  
Glass GEMの電場シミュレーションを行った
- 来週Glass GEM納入予定

## to do

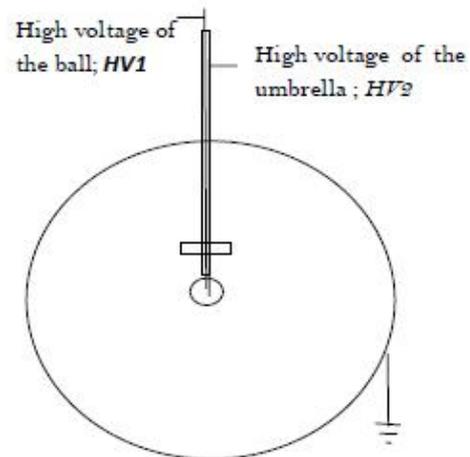
Xe液化・回収試験

- シンチレータ動作確認としてS1観測
- Glass GEMを用いて実験
- 1相式LXe-TPCの性能評価

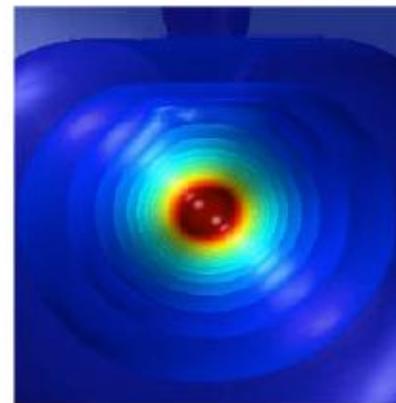
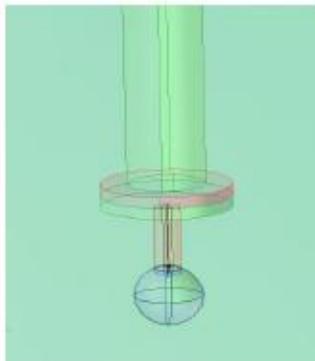
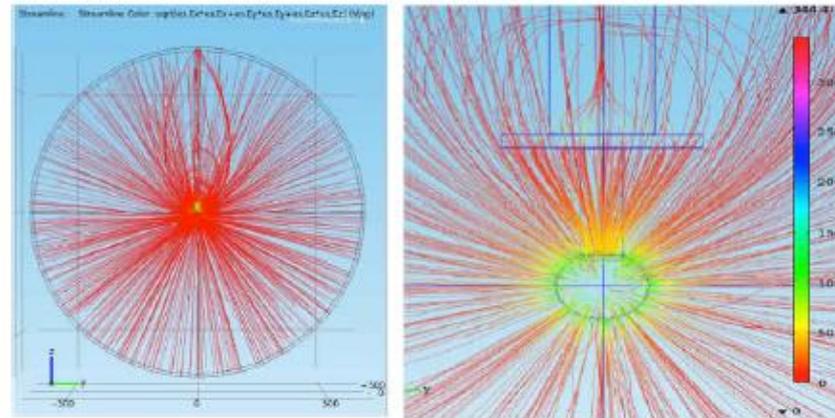
**back up**

# Electric field

The ball, its support and umbrella

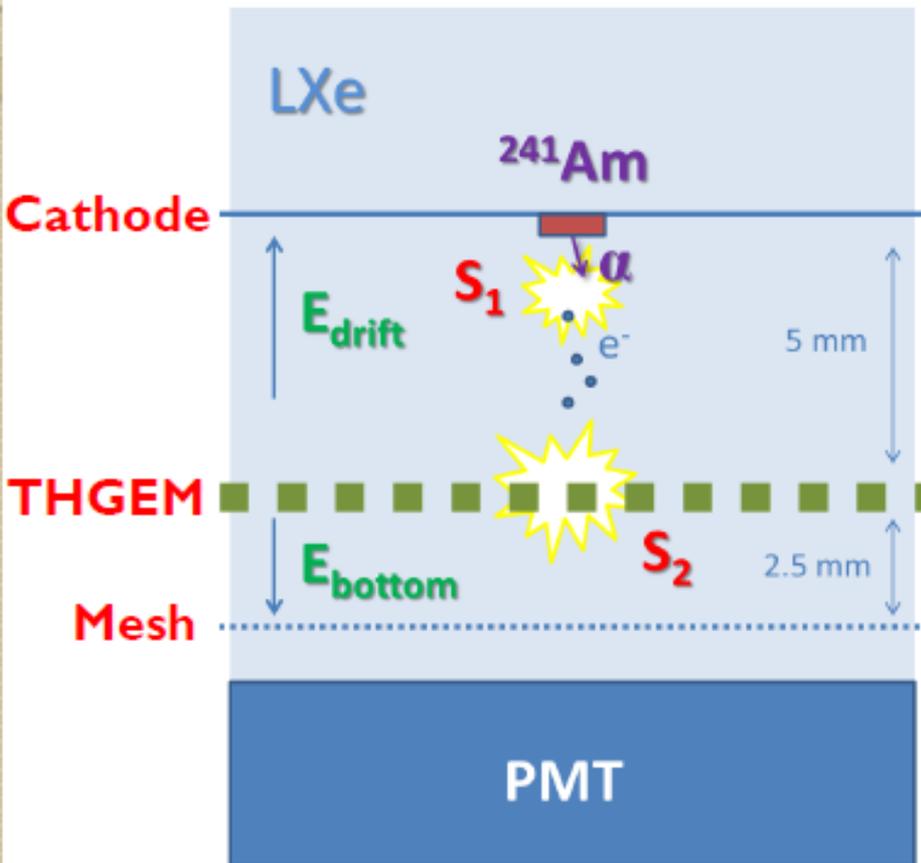


Simulation of the electric field lines and the corresponding equipotential

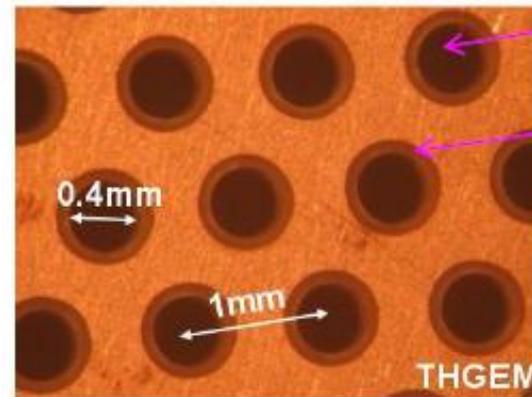




# 参考② Thick GEM セットアップ



Chechik VIENNA 2004



drilled

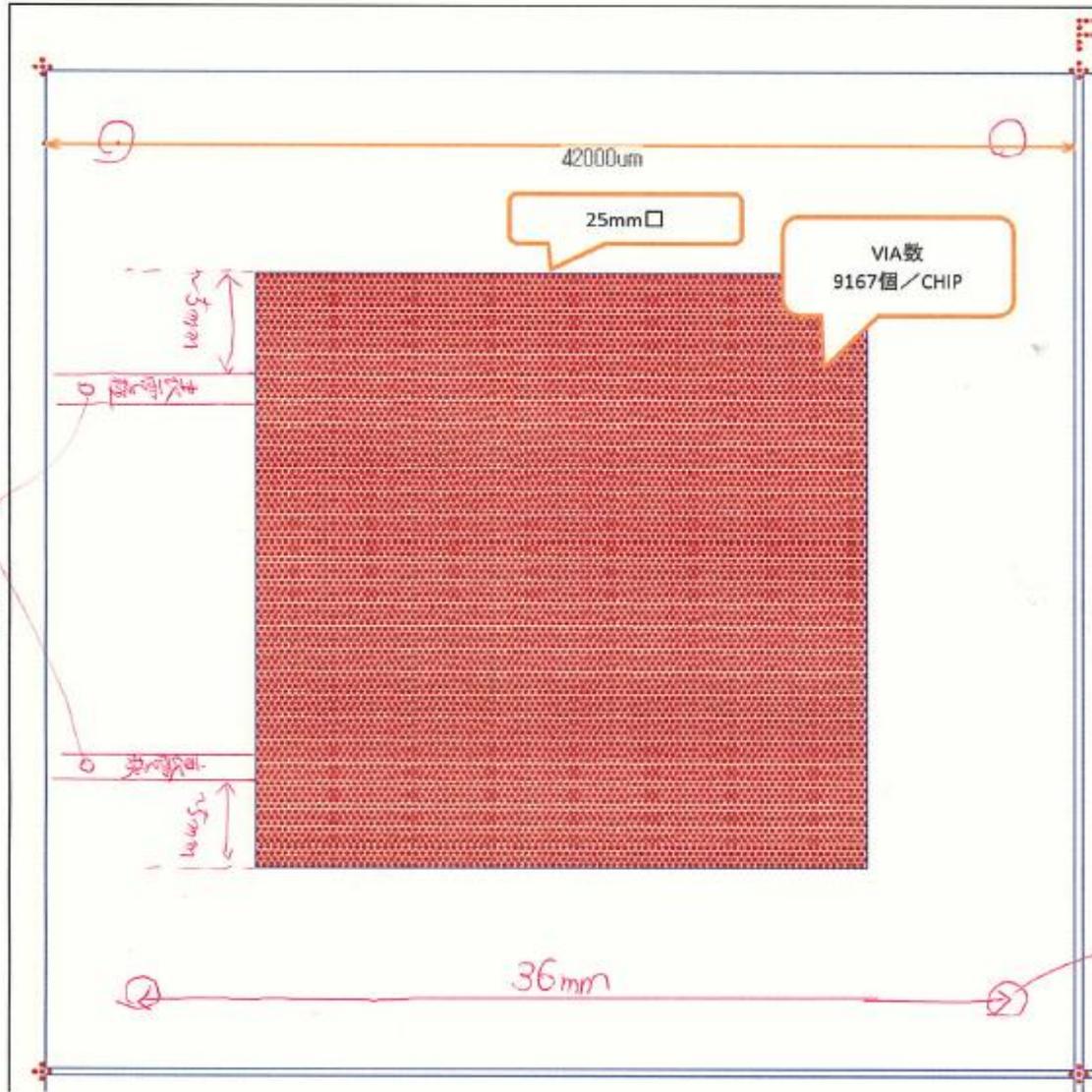
etched

Thickness 0.4-1mm

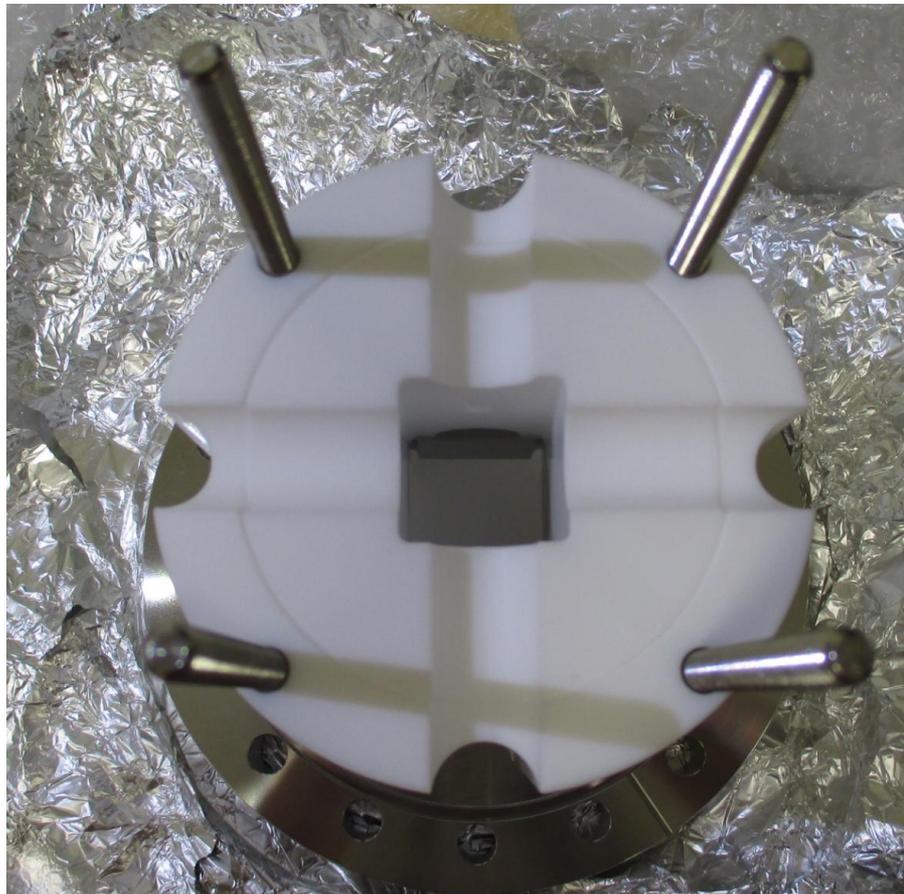
# Glass GEM

<http://www.hoyaoptics.com/gcb/index.htm>

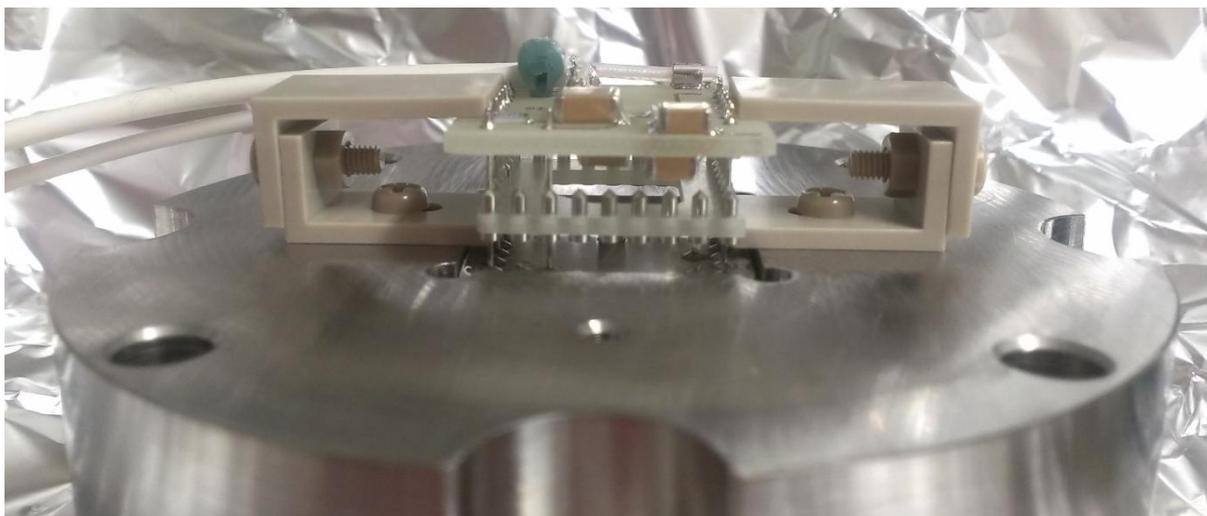
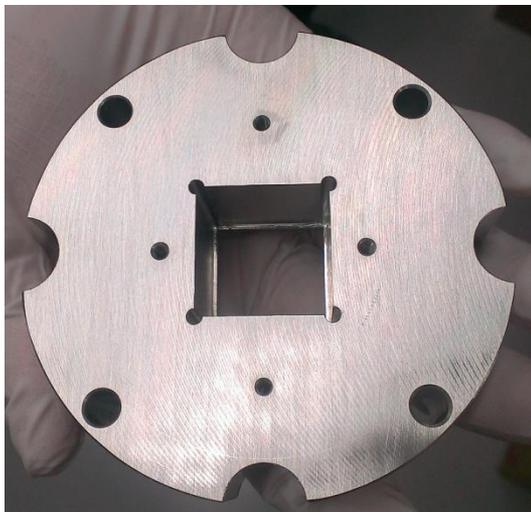
HOYA



# IVC内マウント

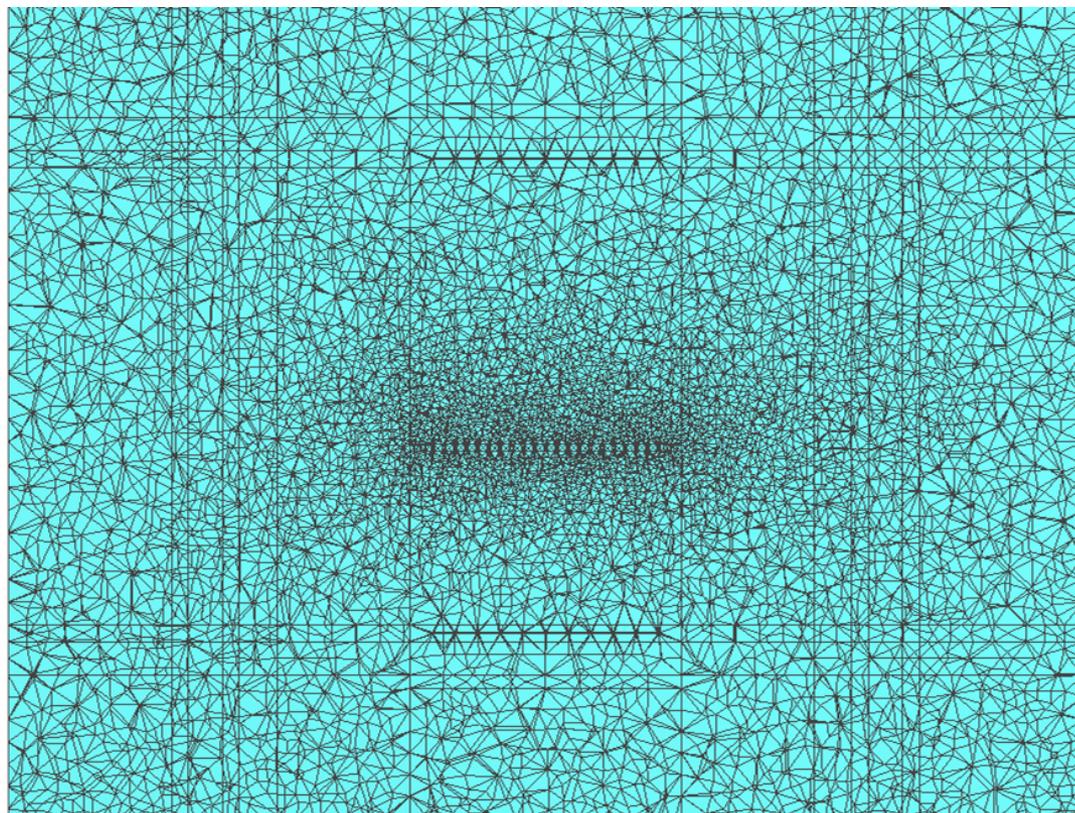
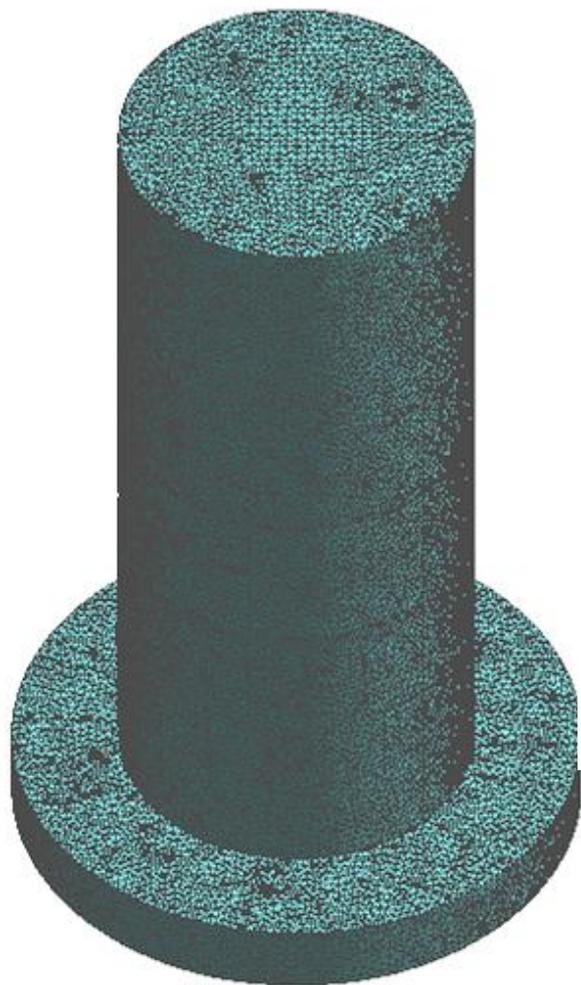


# PMTマウント



# IVC電場シミュレーション

modelメッシュ図



全体：テトラメッシュ2mm  
GEMボディ：0.5mm

# IVC電場シミュレーション

## 電界ベクトル図

