



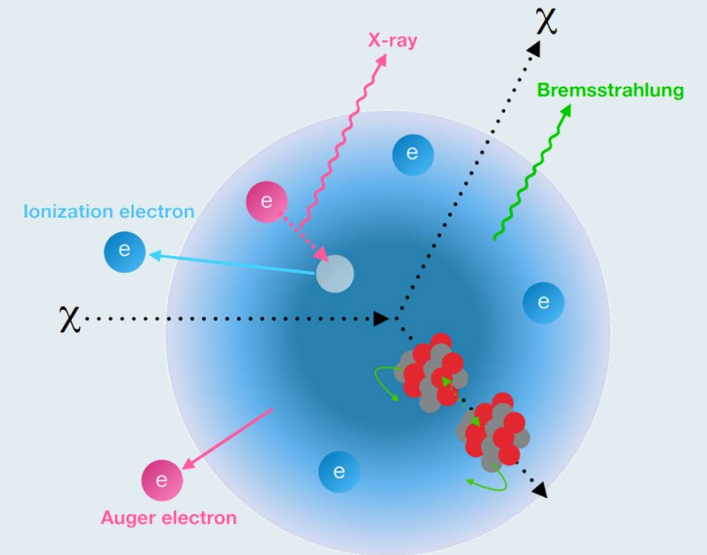
Migdal効果観測に向けた ArガスTPCの改良と性能評価

神戸大学 M1 鈴木 啓司

Migdal効果とは？

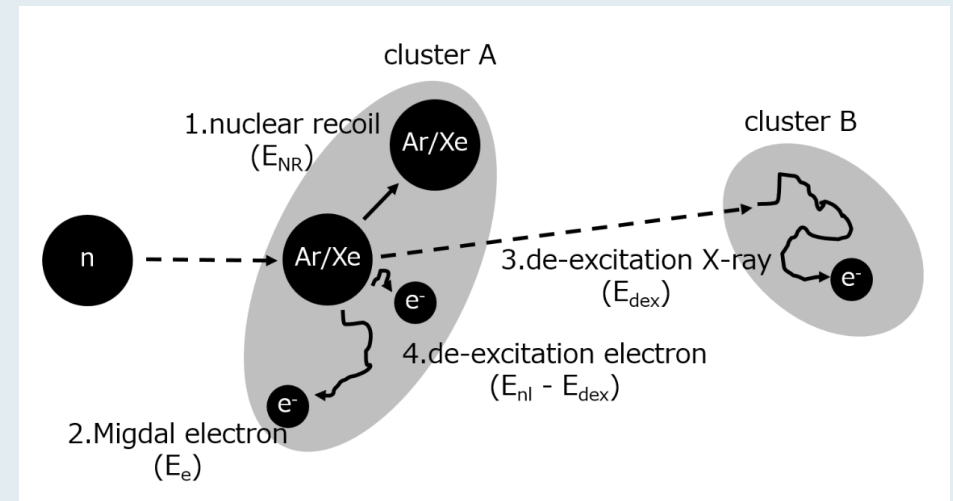
Migdal効果

- 原子核反跳に伴い、追加の電離・励起が低確率で生じる
- 低質量DMの探索に用いられている
 - 実験的には未観測



MIRACLUE実験

- 東北大と共同でMigdal効果の初観測を目指す
 - 神戸大: ArガスTPC
 - 東北大: 高圧XeガスTPC
- K殻電離に伴う2-cluster事象を探索
 - 原子核反跳(NR)+Ar(Xe)の特性X線

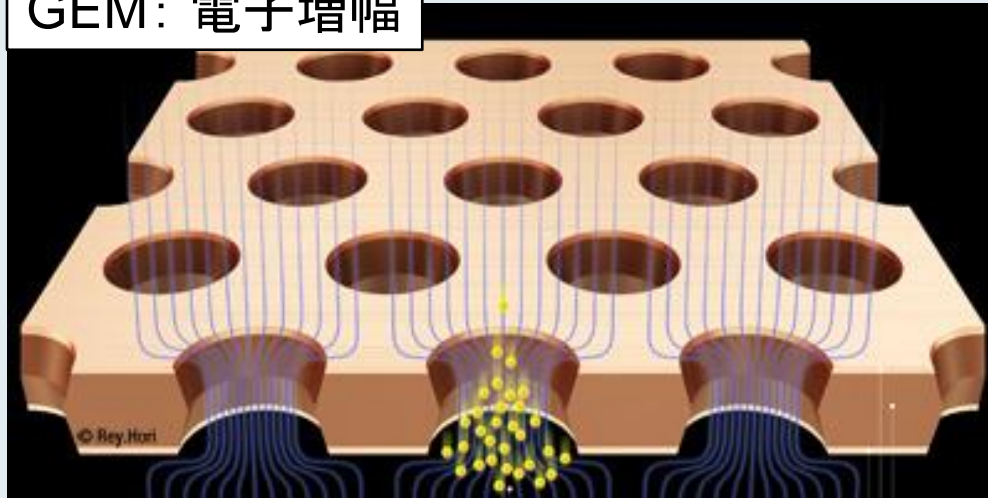


ArガスTPCの検出原理

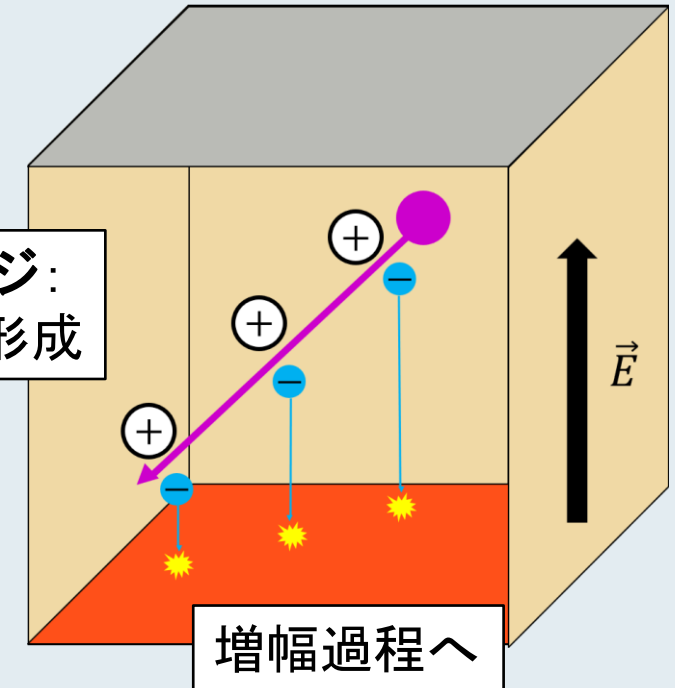
荷電粒子の検出は次の3ステップ

- ① 荷電粒子がArガスを電離
- ② ドリフト電場に沿って電子が移動
- ③ 強い電場で増幅して検出
 - GEM & μ -PIC

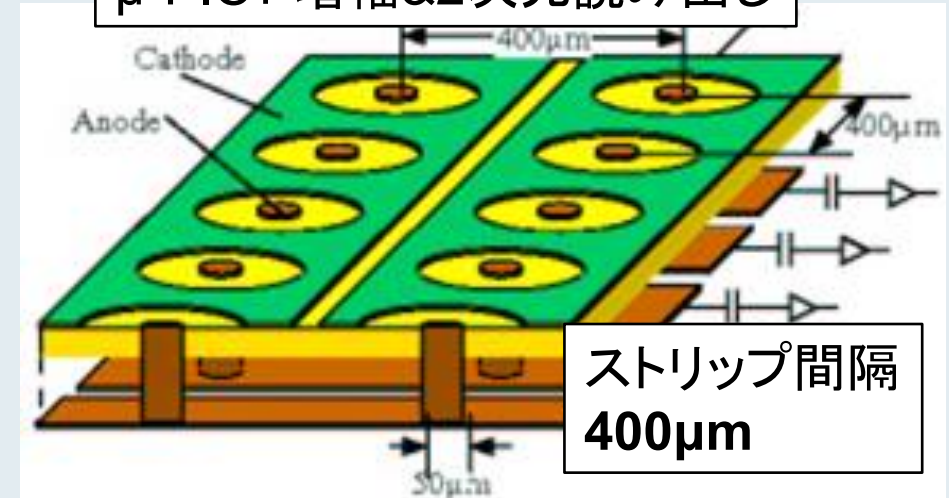
GEM: 電子増幅



フィールドケージ:
ドリフト電場を形成



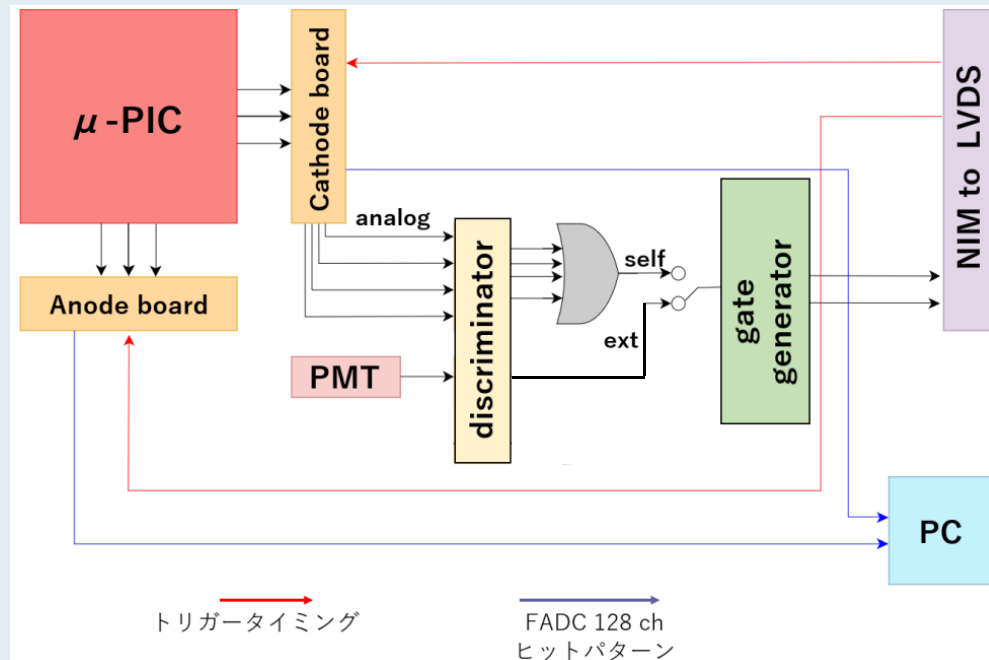
μ -PIC: 増幅&2次元読み出し



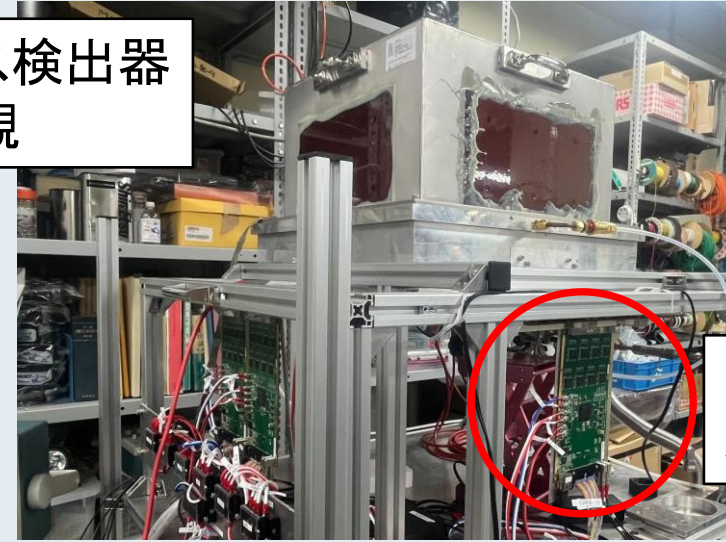
読み出し回路

μ -PICの2次元読み出し

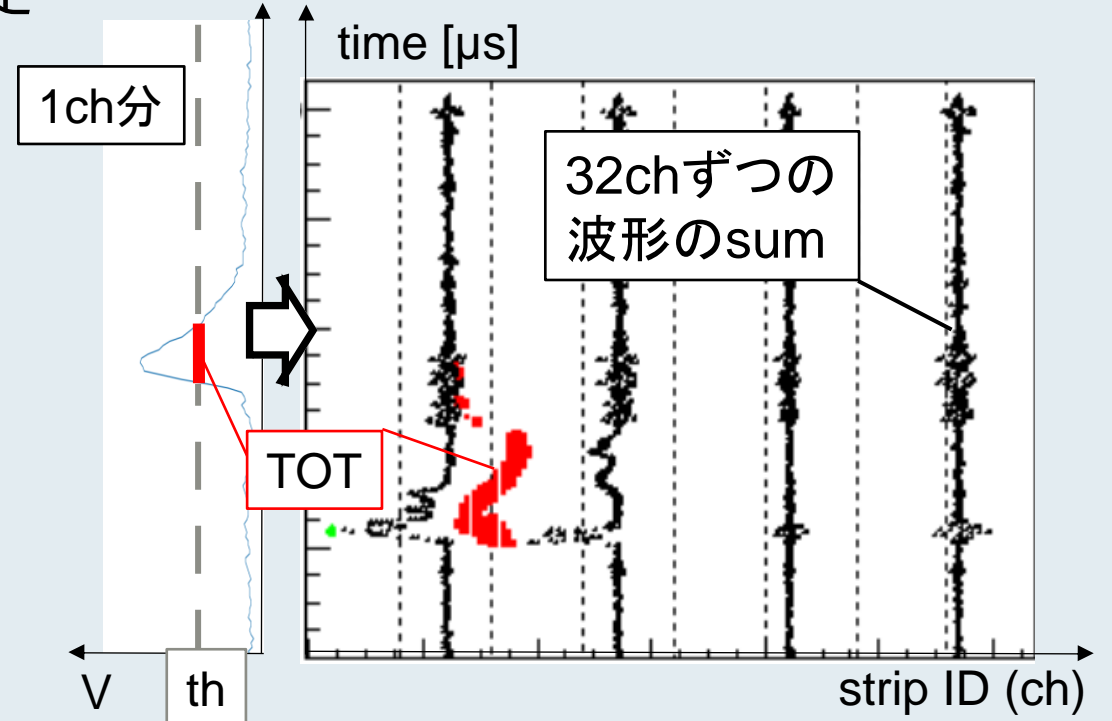
- anode・cathodeともに256strip/10cm
 - 現在は2 × 128chで使用
 - Time over Threshold(TOT)を測定



Arガス検出器
の外観



読み出し
ボード



ArガスTPCのこれまで

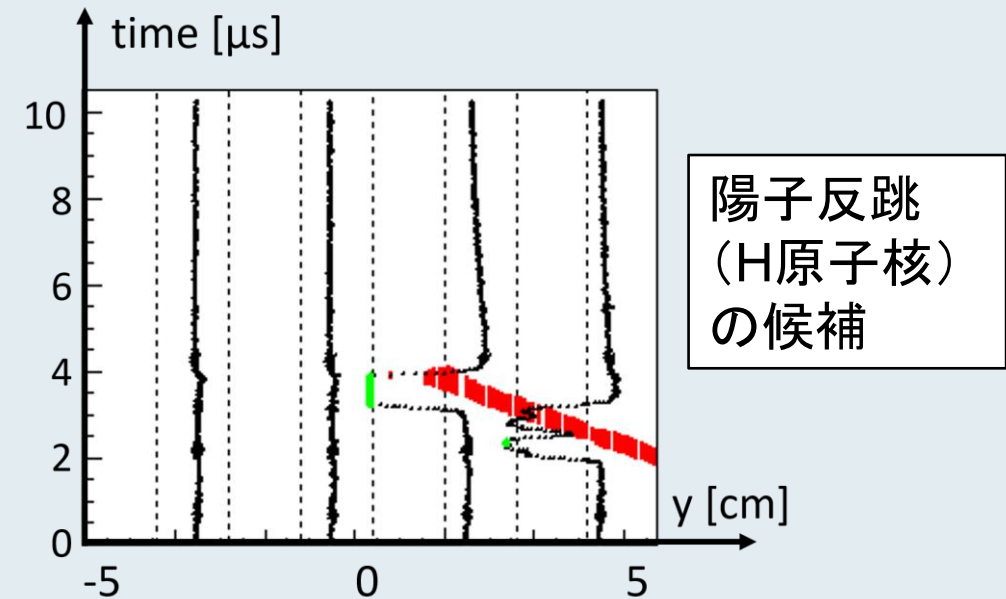
ビーム試験(2024年1月@AIST)

- ビーム→14.8MeVの中性子
- 封入ガス→Ar: C₂H₆ = 84: 16(体積比)
- 有感領域→20cm × 10cm × 30cm



ビーム試験時点での問題点

- **ドリフト電場の形成不良**
 - ドリフト距離の長い事象が見えていない
- ✓ フィールドケージの改良が必要



現行のフィールドケージ

高抵抗シートを使用

- 片面にカーボンスパッタ
→ 一様な面抵抗

一様な電場形成が期待されたが...

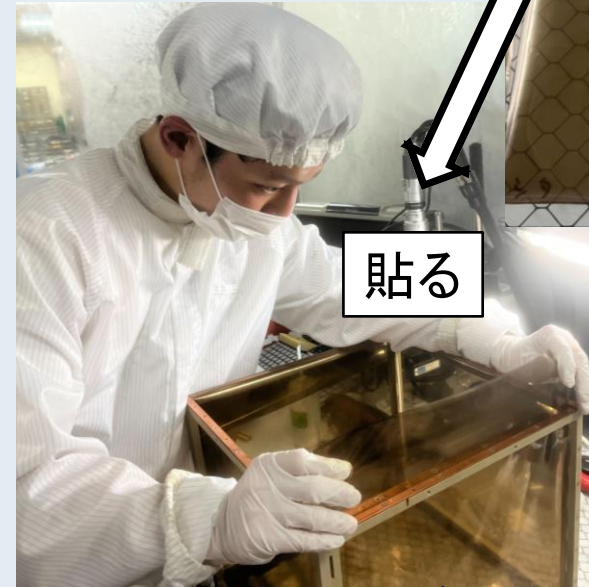
問題点

- 電極まわりの抵抗値が大きい
→ 工夫により解決
 - ドリフト距離の長い事象が見えない
 - 不安定な抵抗値
→ ドリフト電場も不安定に
- ◎ 新タイプのフィールドケージの運用へ

側面のサイズに
合わせてカット



貼る

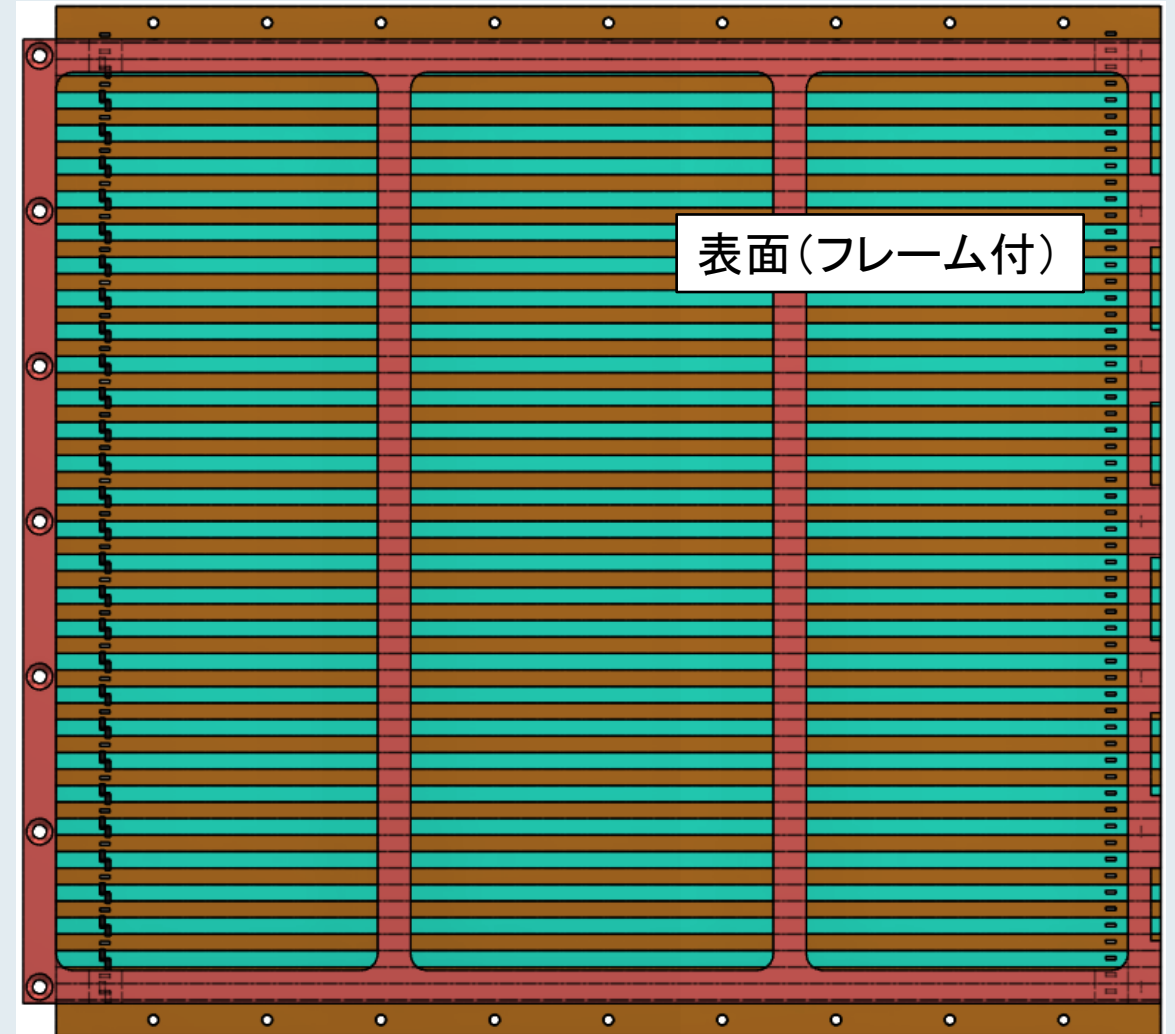
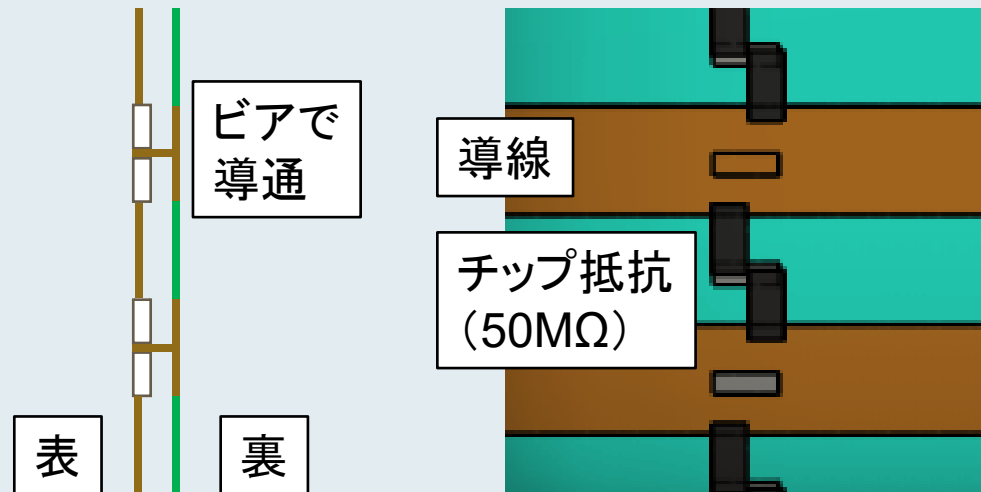


完成図



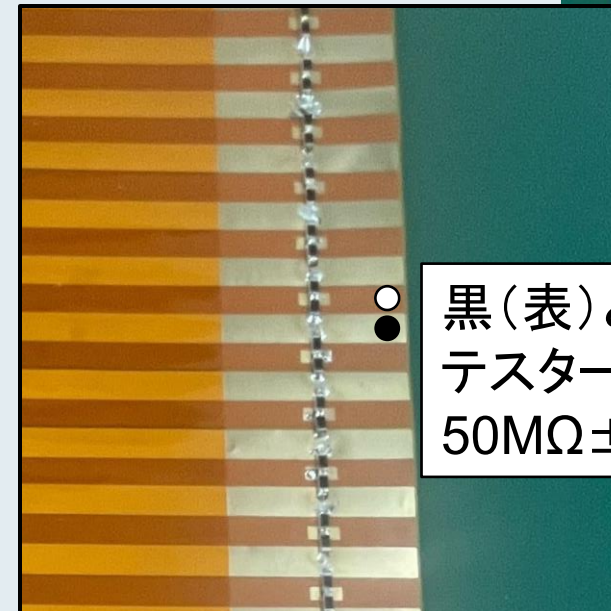
新フィールドドケージ案 (JPS2024秋)

- 導線と絶縁層を5mmごとに交互に配置
- フレキシブル基盤 (FPC) を使用
 - 低物質量
- 導線どうしをチップ抵抗でつないで鎖状にする



作成時のようす

- サイズの関係で1面を2枚に分割
- FPC1枚につき約60個のチップ抵抗を実装
 - 高抵抗シートに比べて作成に時間を要する



○ ● 黒(表)と白(裏)の間の抵抗を
テスターで測定
50MΩ±5%であることを確認

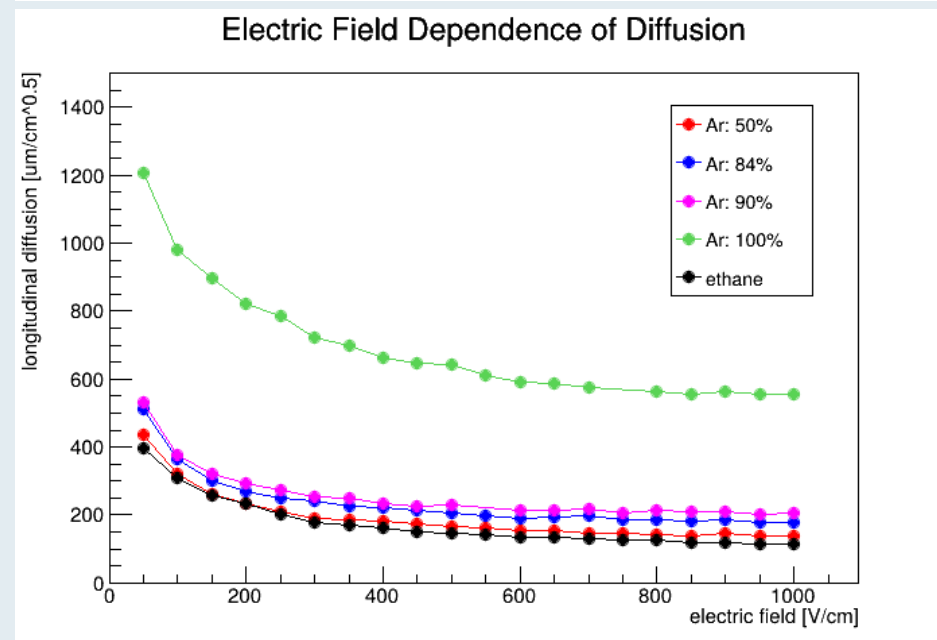
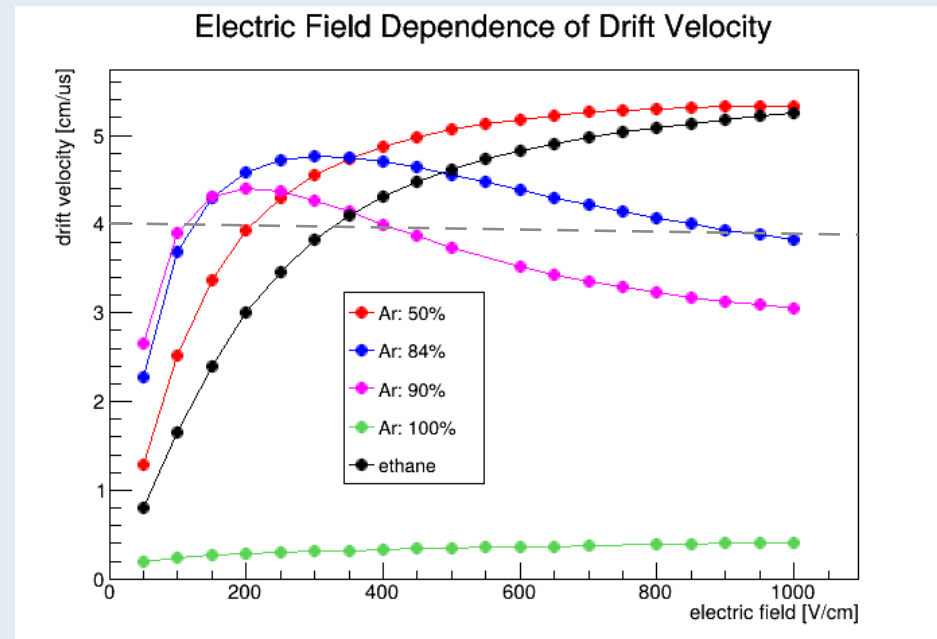
電場の要請値

ドリフト速度・拡散の2つの観点から
ドリフト電場の要請値を決める

シミュレーション(Magboltz)の結果を使用

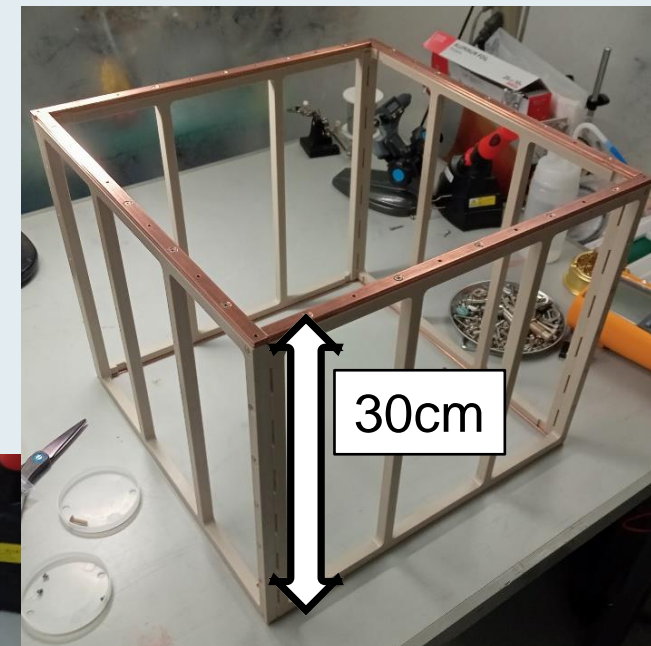
- ドリフト速度：4cm/μs以上を要求
 - 現在採用している混合比(青)では150V/cmで要求を満たす
- 縦拡散：検出効率に影響
 - ドリフト電場を強くしていくと縦拡散は減少する

以上より、**150V/cm**を要請値とする
(欲を言えば300V/cm)



現状と今後の流れ

- フレームの仮組みとFPCの実装OK
- 空気中でのHV印加試験を実施後、運用開始へ



前ページで定めた要請値
(150V/cm)を満たすためには
4.5kVを印加する必要がある

まとめと今後の展望

高抵抗シートを用いたフィールドケージ

- 改良を試みたが、ドリフト距離の長い事象に課題が残った

12月中旬(予定)のビーム試験に向けて

- 高抵抗シートに見切りをつけて新フィールドケージを作成中
- 空気中でのHV印加試験を経て、運用開始予定
 - ドリフト距離の長い事象が観測できることを確認する

◎ Migdal効果初観測へ！