

μ -PIC開発現状+応用①



京都大学 理学研究科 身内賢太郎
for the μ -PIC開発グループ

スタッフ: 谷森達 窪秀利 身内賢太郎

PD: 株木重人 土屋兼一

院生: 高田淳史 岡田葉子 西村広展 服部香里 上野一樹

Former members: 関谷洋之 永吉勉 折戸玲子

1: μ -PIC as of MPGD2004

2: μ -PIC開発現状

① 高利得「ザグリ」 μ -PIC (永吉⇒服部⇒土屋)

② GEM + μ -PIC operation (服部⇒*)

③ 30cm μ -PIC・ μ TPC (高田⇒服部・身内)

} 高性能化
大面積化

3: 暗黒物質探索実験

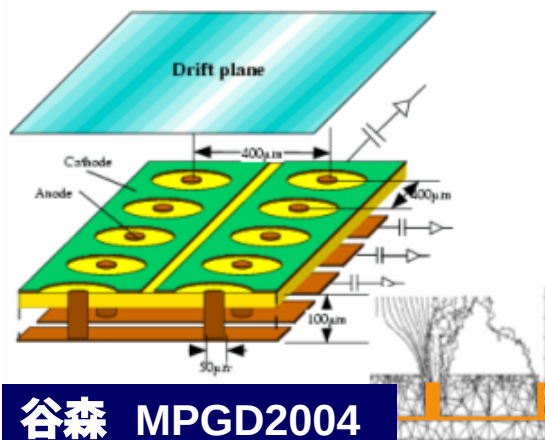
NEWAGE (身内⇒竹田⇒関谷⇒身内)

1: μ -PIC as of MPGD2004

2 MSGCからMPGCへ

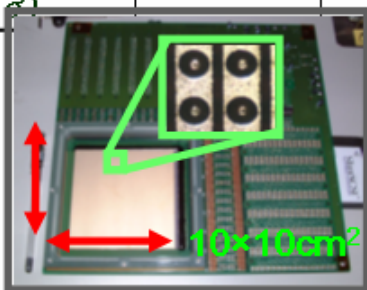
➔ MPGC

- **MPGC**: マイクロピクセル
- **PCB技術**で大面積化が可能
- 電極ピッチ: **400 μ m**
- 高ガスゲイン
- 放電に強い



谷森 MPGD2004

	MSGC	MPGC
最高ゲイン	1700 (with キャピラリテ)	15000
安定ゲイン	1000	7000
連続運転		1ヶ月以上
大面積化	10×10cm ²	30×30cm ²
ピッチ	200 μ m	400 μ m (300 μ mまで可能)
一様性 (%)	~35%	7%



利得 20000での安定動作を。

- 「ザグリ」 μ -PIC
- GEM + μ -PIC

作った！から動いている。へ

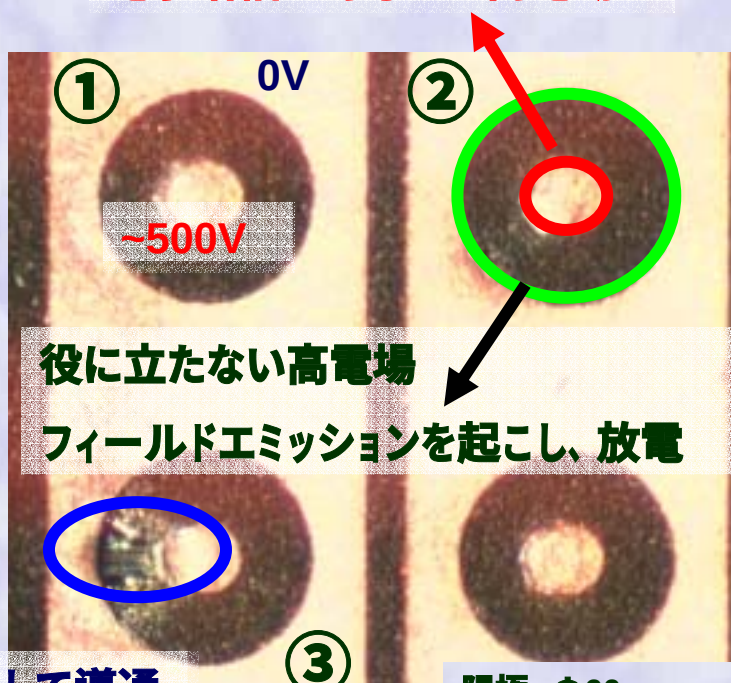
- 30cm μ -PIC
- 30cm μ -TPC

2: μ PIC開発現状

高ゲイン「ザグリ」 μ PIC

放電⇒導通までのプロセス

電子増幅に寄与する高電場



役に立たない高電場

フィールドエミッションを起こし、放電

放電が繰り返して導通

そのラインはdead.

2006年1月26日

導通プロセス

陽極 $\Phi 60 \mu\text{m}$

リング $\Phi 250 \mu\text{m}$

ピッチ $400 \mu\text{m}$

解決案

- 導通経路をなくす
 - フィールドエミッションを抑制する
- ⇒「ザグリ」 μ -PIC



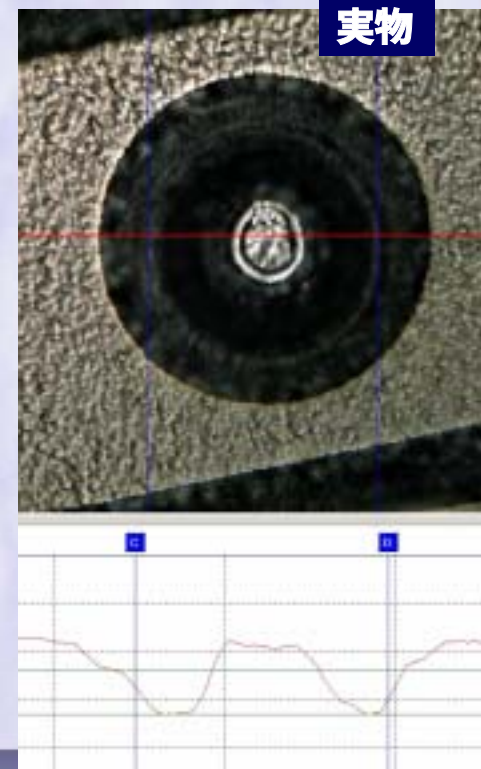
ザグリ μ -PIC

◆ 「ザグリ」加工のこれまで

- 1次試作: 2003年・2次試作: 2004年
 - ・ レーザーパワー、レーザー径が大きすぎて失敗
 - ・ 焼きすぎ、カソードへりに傷など。
- 3次試作: 2005年 レーザー径を調整
 - ・ リング径 $250\mu\text{m}$ に対して、
 - ① $\phi 230$ 、② $\phi 210$ 、③ $\phi 190$ 、
④ $\phi 170$ の4条件で「試し撃ち」
⇒ ③で試作。



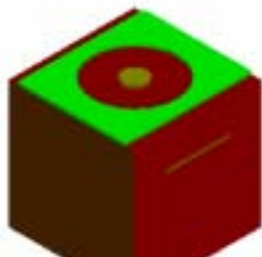
「ちょび残し」ザグリ



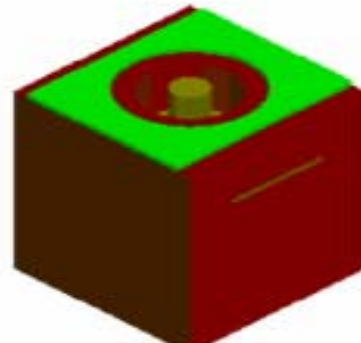
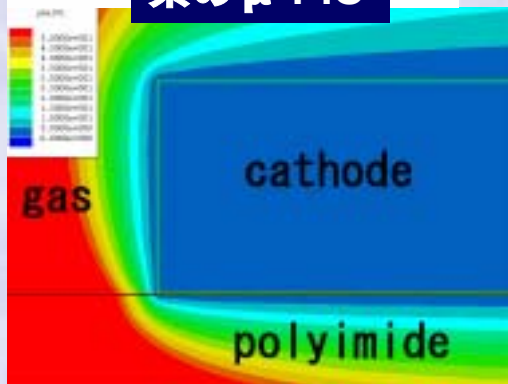
実物

◆ 「ザグリ」の根拠 (永吉⇒服部)

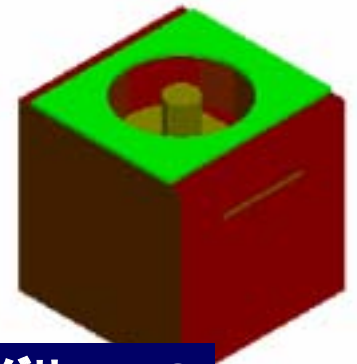
- カソード付近の電場が弱くなる。
- 「ちょび残し」でも効果はある程度ある



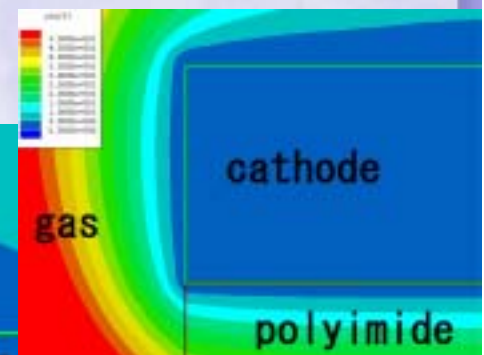
素のμ-PIC



「ちょび残し」ザグリ

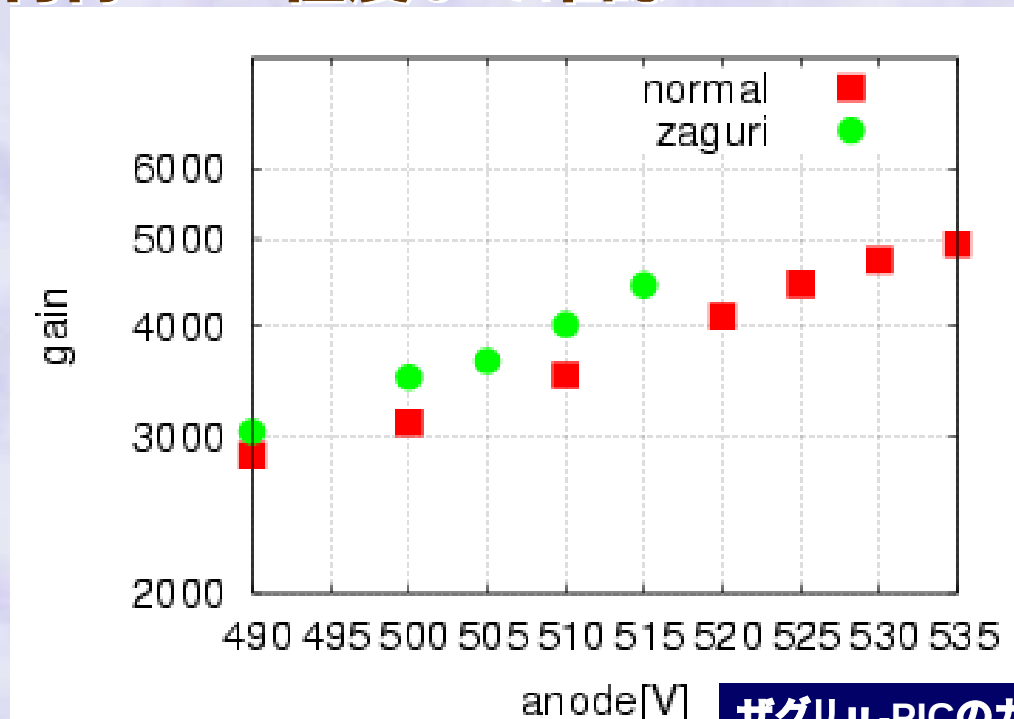


ザグリμ-PIC



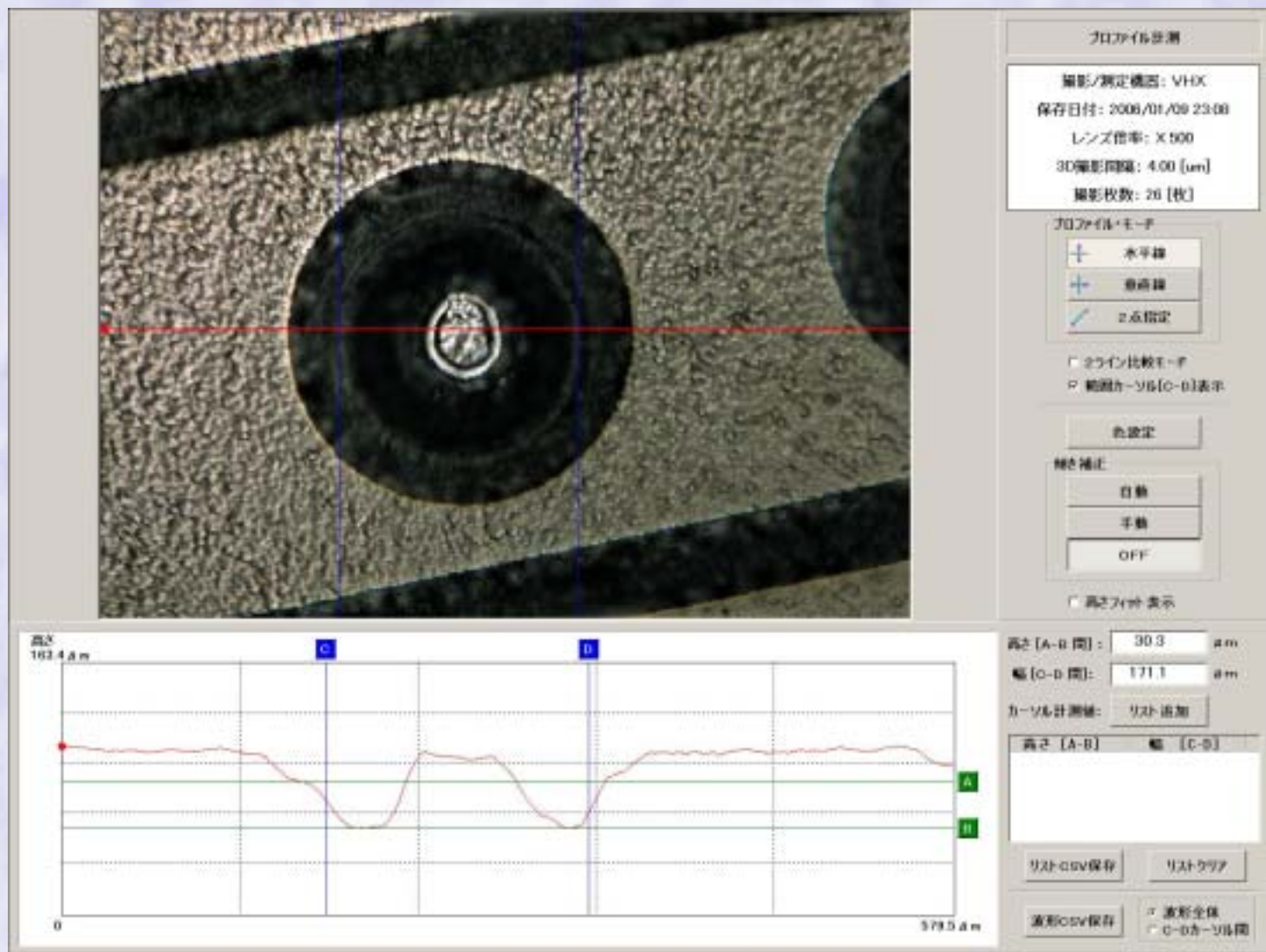
◆ 「ザグリ」加工 μ -PIC: 結果

- 1次、2次試作よりは性能向上
- ガス利得4000程度まで確認



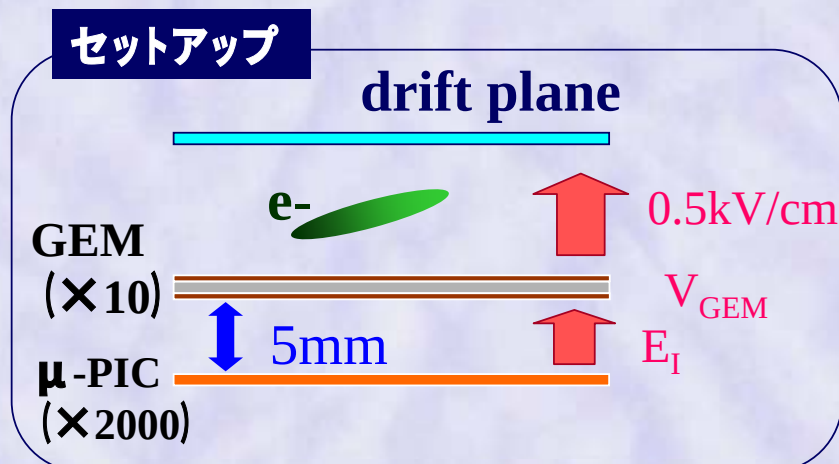
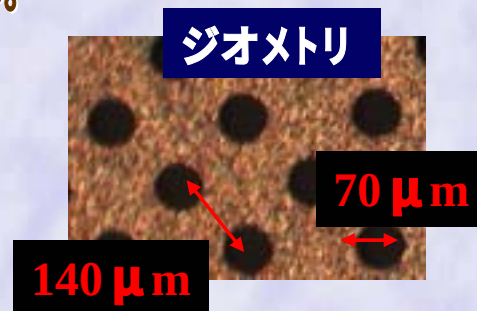
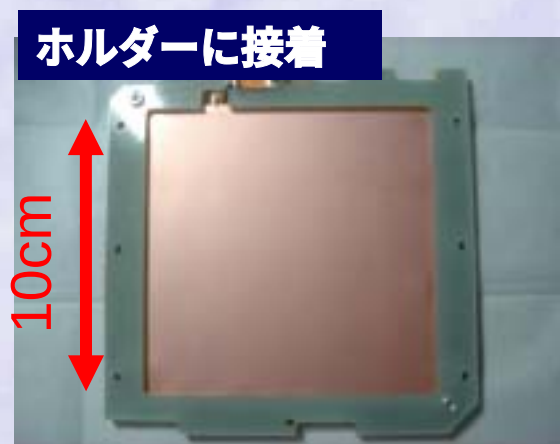
ザグリ μ -PICのガスgain

- しばらく使用した後に「使えるかどうか」判断

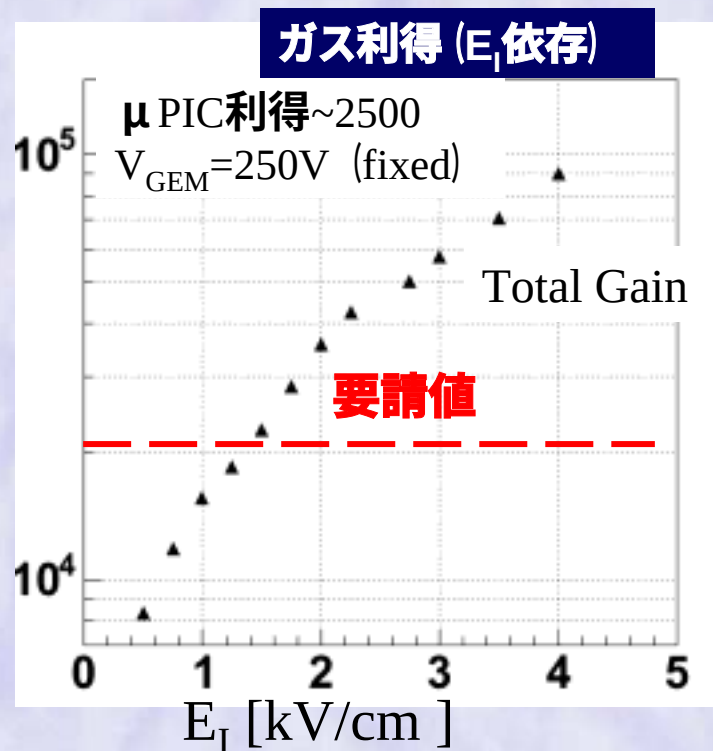
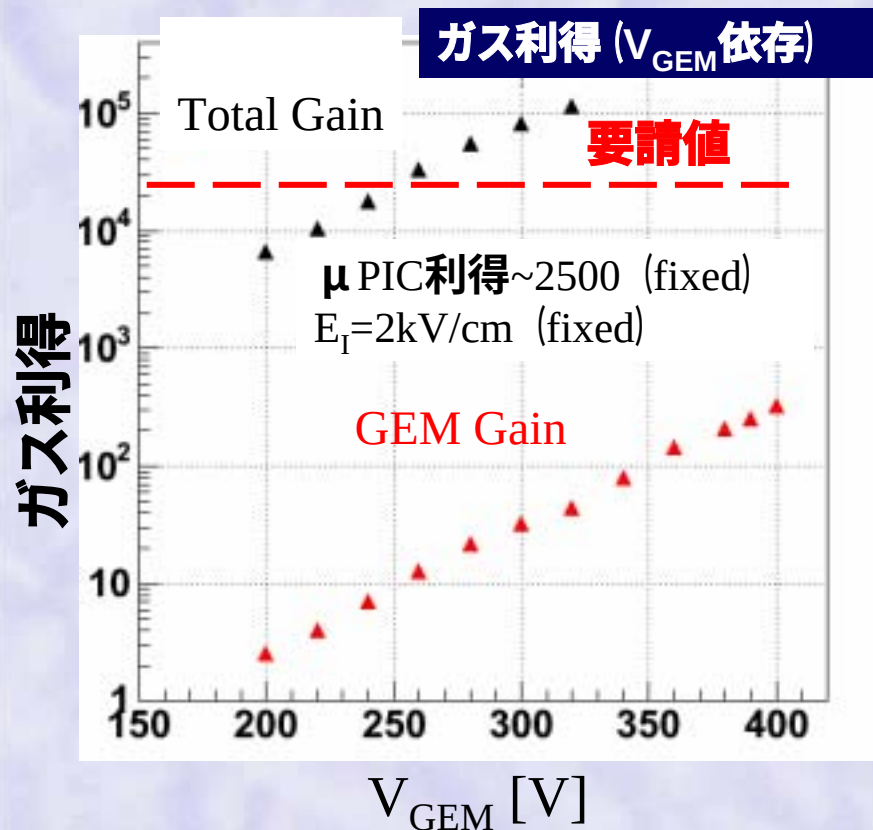


◆ GEM + μ -PIC operation (服部PDS7 proceedings)

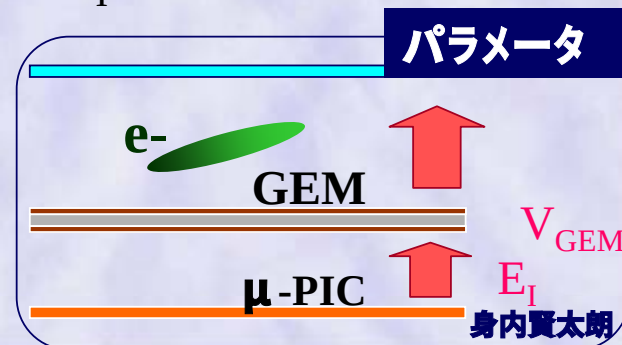
- MIP検出への要請: 合計ガス利得20000
 $= 10 \text{ (GEM)} \times 2000 \text{ (}\mu\text{-PIC)}$ で達成しよう
- 浜垣先生にお世話になりながら、
 購入 $\Rightarrow$ μ -PICシステムに組み込み。



◆ GEM + μ -PIC: performance①

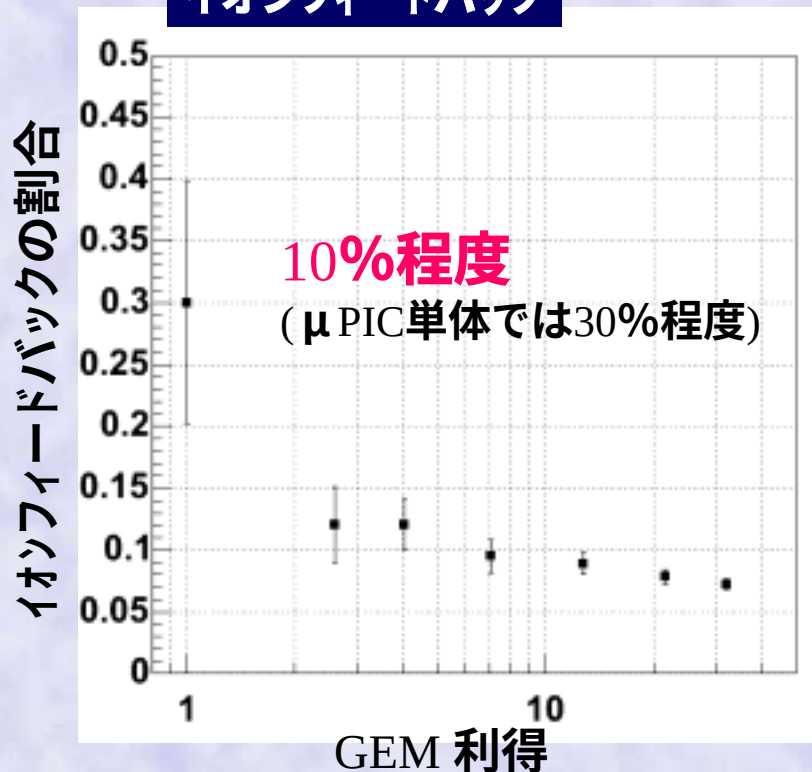


最高利得は 10^5 に達する。
要請は楽々クリア

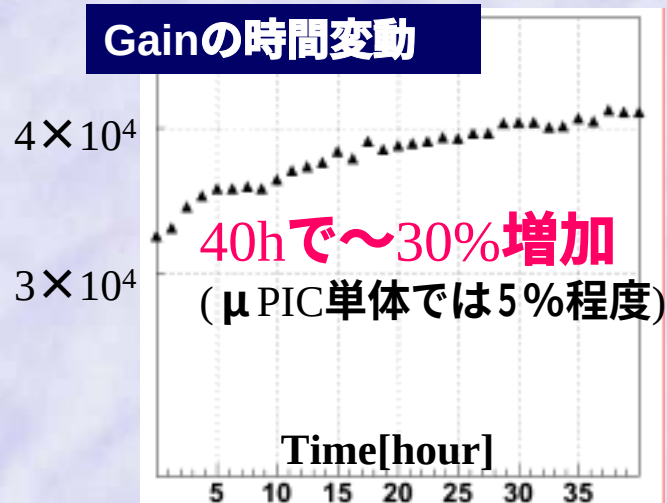


◆ GEM + μ -PIC: performance②

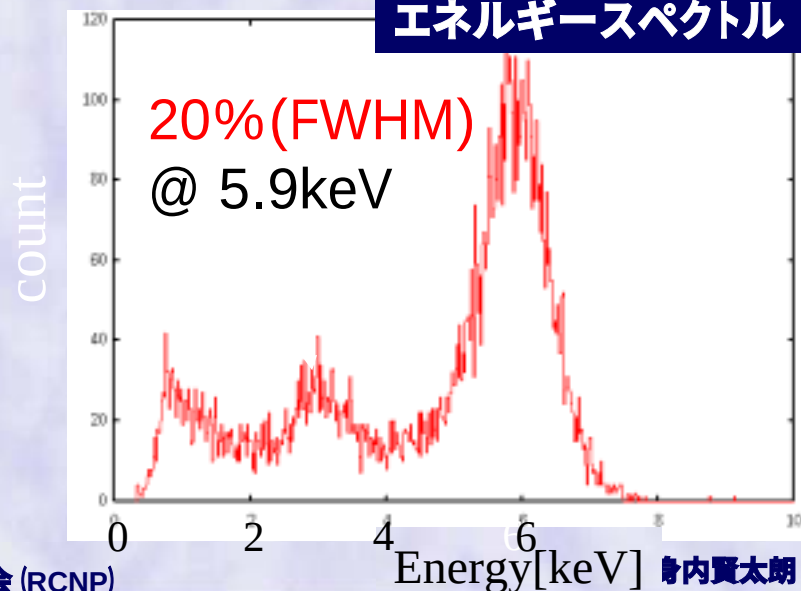
イオンフィードバック



Gainの時間変動

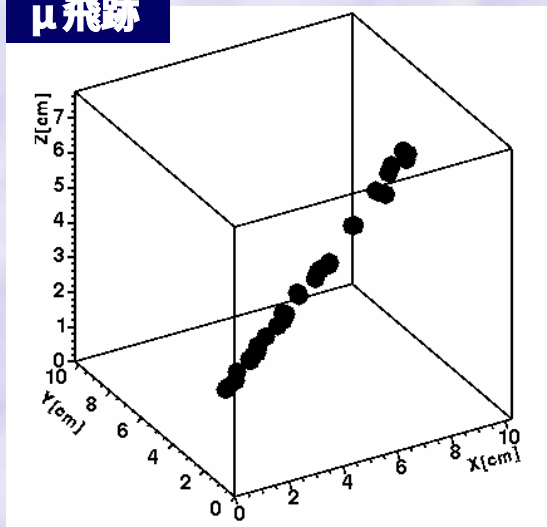


エネルギースペクトル



◆ GEM + μ -PIC: マイクロTPC

μ 飛跡



Ar+C₂H₆ (9:1)
合計ガス利得: 20000

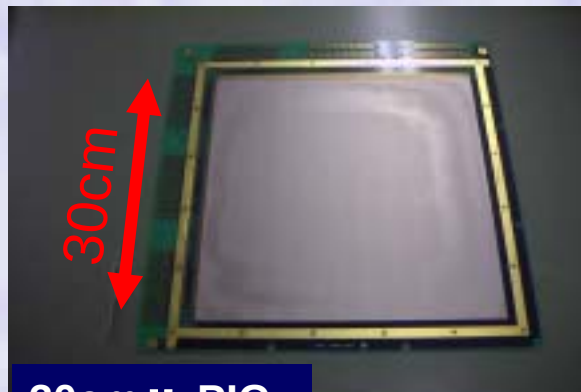
ヒット点3以上の
efficiency: 97%

◆ μ -PIC高利得化まとめ

- GEMとの組み合わせで各種応用への要請クリア
- 単体での動作に向けてさらなる改良

30cm μ -PIC

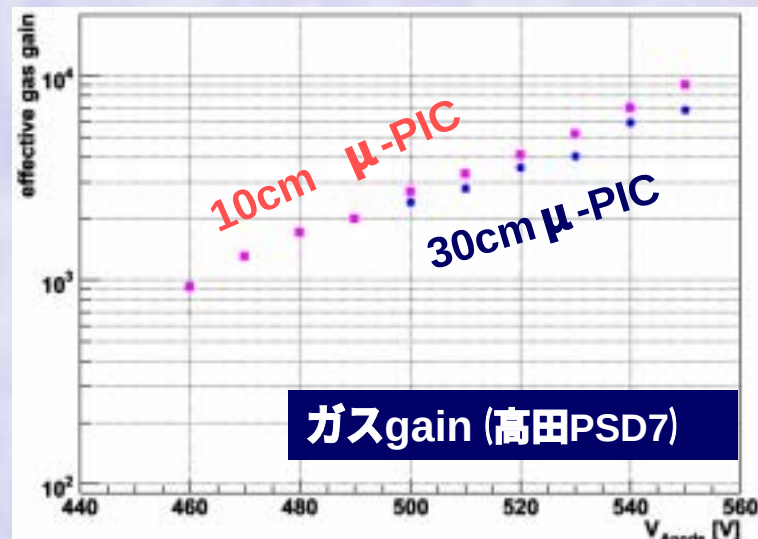
30cm μ -PIC (高田 PSD7 proceedings、服部 修士論文)



30cm μ -PIC

- 1st production : 2004年11月
 - 2nd production : 2006年2月
- 検出部面積 $30.7 \times 30.7 \text{ cm}^2$
- ガスgain: 最高 7000 通常 3500
- ピクセル歩留まり99%以上
- Gain一様性: max/min 2.2程度

- 1st production としては上出来
(10cmでの経験が活かされた。)
- 2nd productionに超期待中



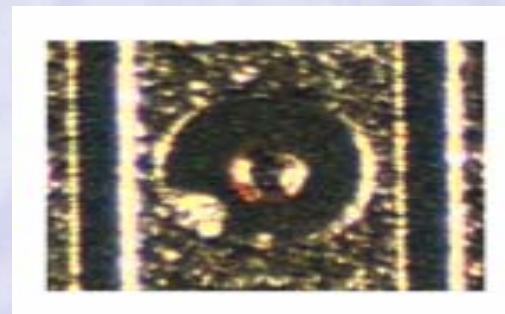
II. Dead pixels

- miss of the plating
- no signal
- ~1% in the whole area



III. Bad pixels

- miss-etching
- causing the discharge
- ~0.02% in the whole area



30cm GEM (服部 修士論文)



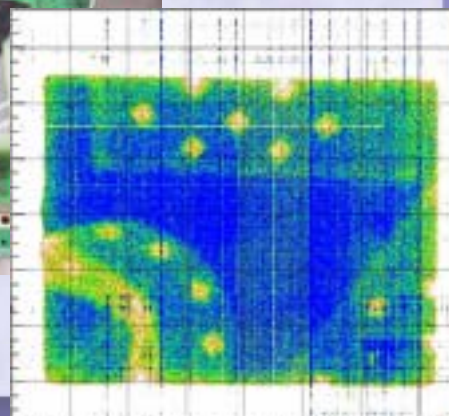
- 2nd production : 2005年
 - 1st production : 2004年
- $\Phi 70 \mu\text{m}$ pitch $140 \mu\text{m}$
- 検出部面積 $23 \times 28 \text{cm}^2$
- ガスgain: 最高 30 通常 10

Typical GEM + μ -PIC operation

- μ -PIC 500V (gain 3000)
- GEM 250V (gain 10)
 - induction 2kV/cm



イメージング試験
(暫定画像)

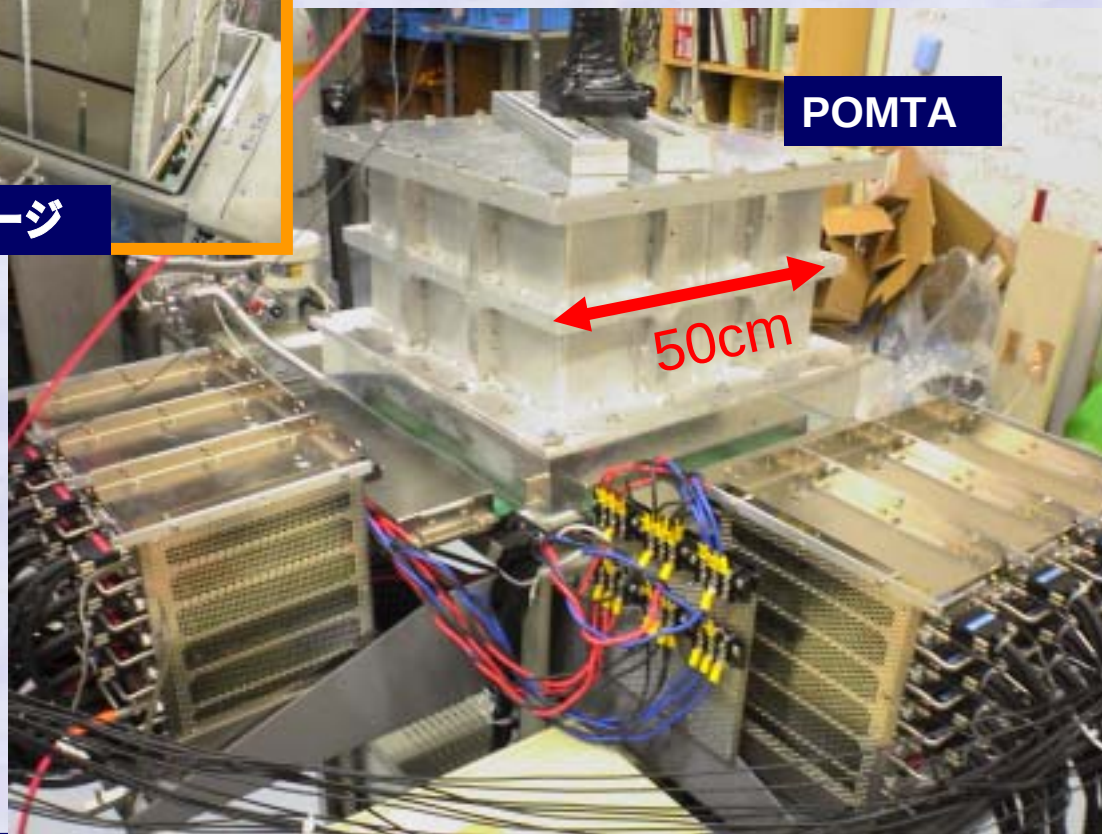


30cm μ -TPC: Portable micro-TPC Assembly

- 地下実験・ビーム試験を想定して、可動型
- 二機目を現在立ち上げ中



TPCケージ



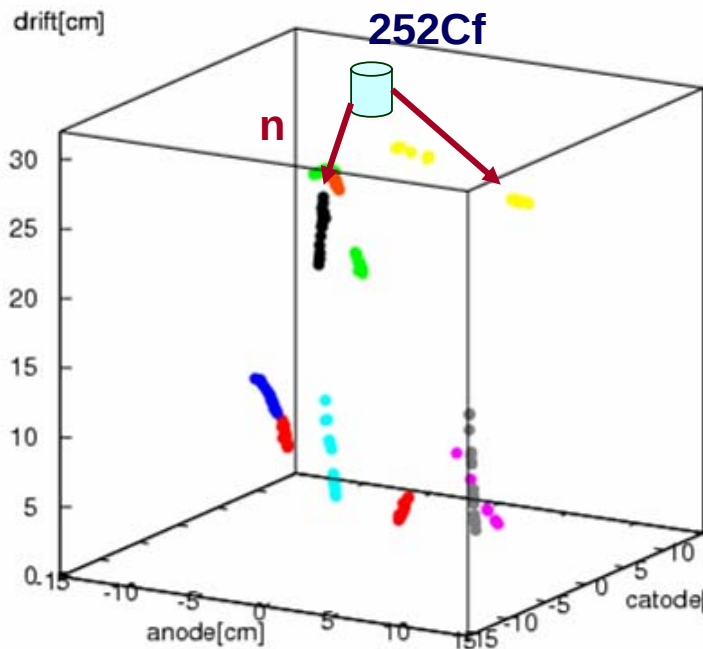
POMTA

50cm

30cm μ -TPC : first lights

● Ar+C₂H₆ 1atm

陽子飛跡

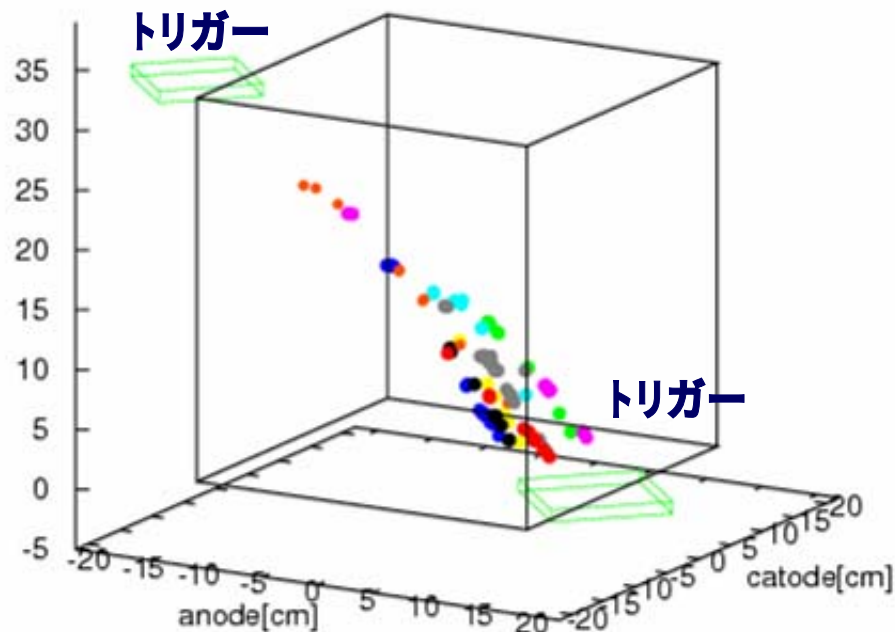


Gain : 5000程度

Full performance !!

drift[cm]

μ 飛跡

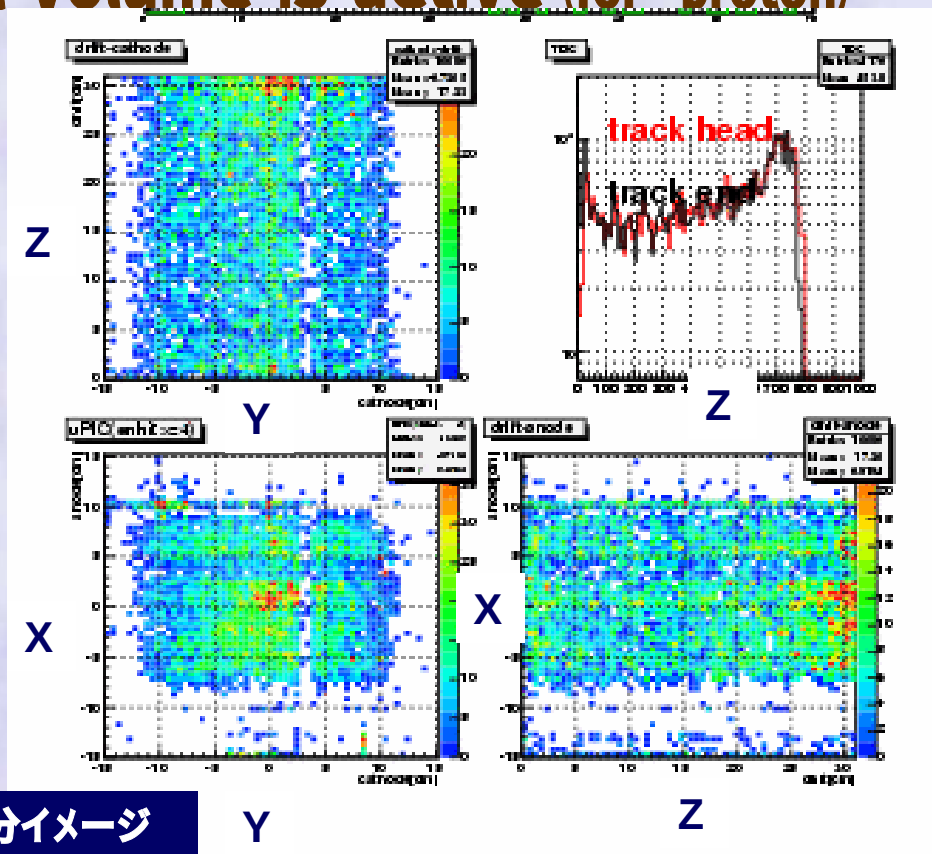
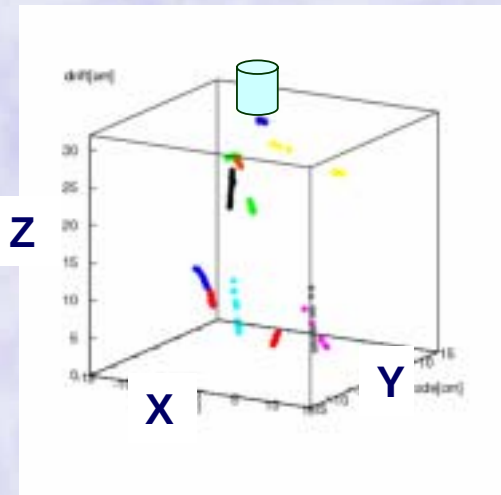


Gain : 20000程度

長ドリフトについて要study

(gain, threshold, 再結合, 電子拡散...)

30cm μ -TPC : full volume is active (for proton)



積分イメージ

◆ μ -PIC大面積化まとめ

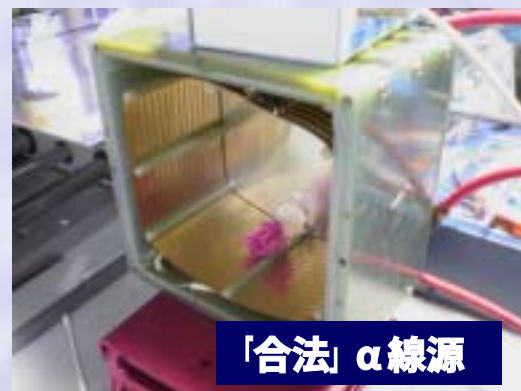
- μ -PIC単体、 μ -TPCともにシステムとして稼動。
- 具体的応用 / 更なる小型化 へと

学部実験にも μ -PIC。

- 2004年度に導入
- 今年度は研究室のふんだんな「お下がり」で裕福。
- 将来的には電子の多重散乱の測定など
- 泥臭いことやらせて力強く育てるか ブラックボックス化して物理を出させるか・・・



やらせ写真



「合法」 α 線源

◆ 暗黒物質探索実験 NEWAGE (身内中心)

(New generation WIMP search with an advanced gaseous device)

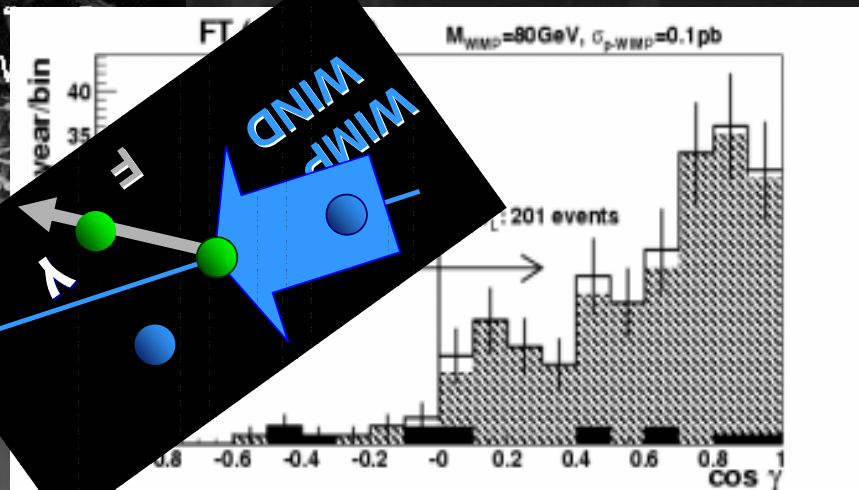
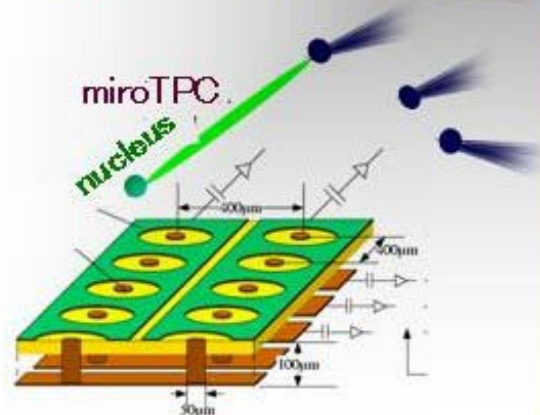
@GALAXY

Solar system

- 暗黒物質が原子核を反跳
- 前方散乱が多い
⇒ 「暗黒物質の風」 検出

@EARTH

"WIND" of WIMPs

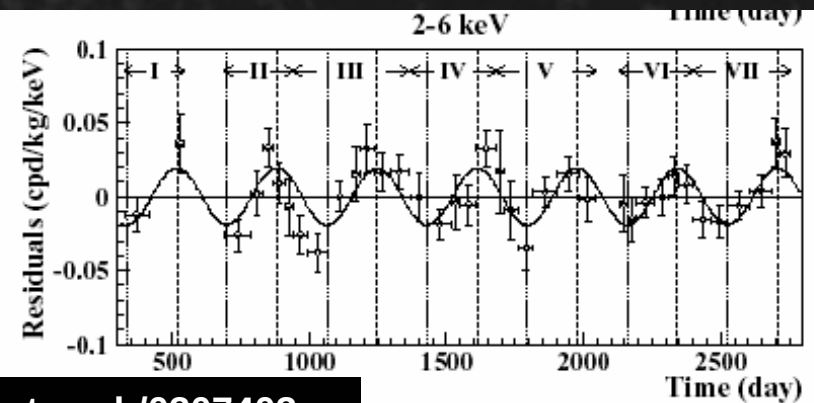
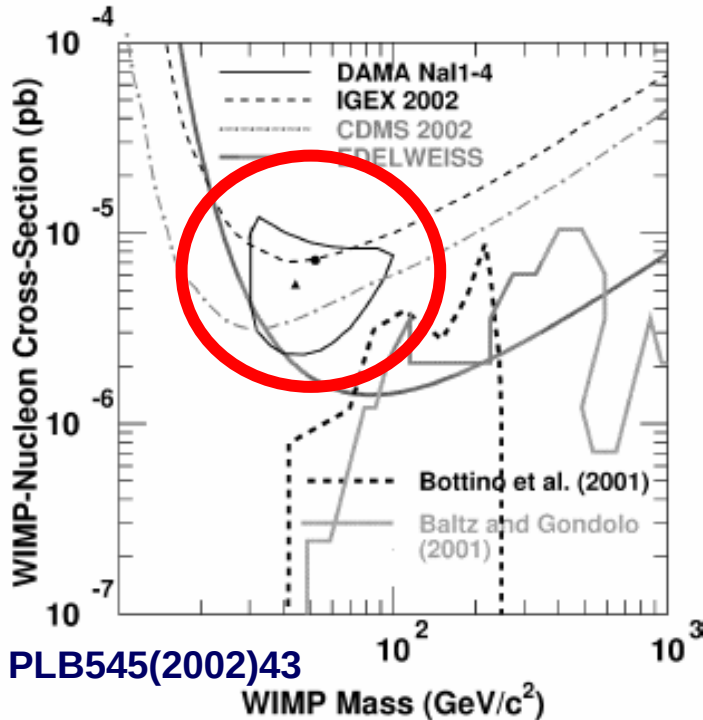
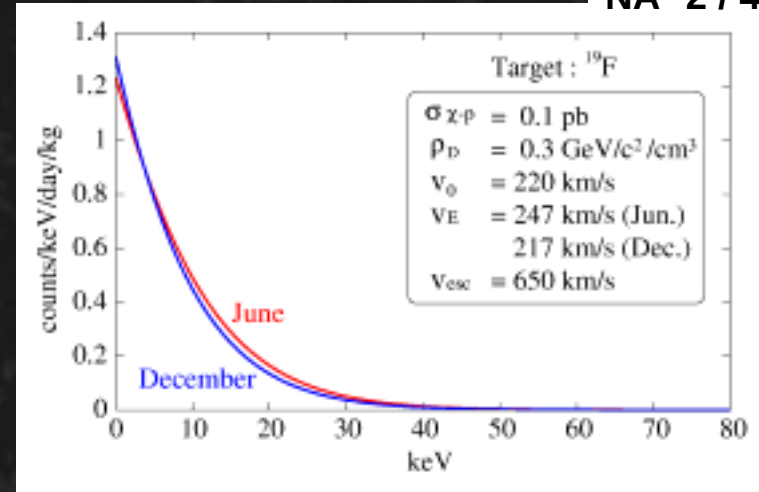


Direction Sensitive
WIMP-search

NEWAGE

◆ NEWAGE: 予備知識

- これまでの暗黒物質探索:
大質量検出器でレートの
季節変化を検出



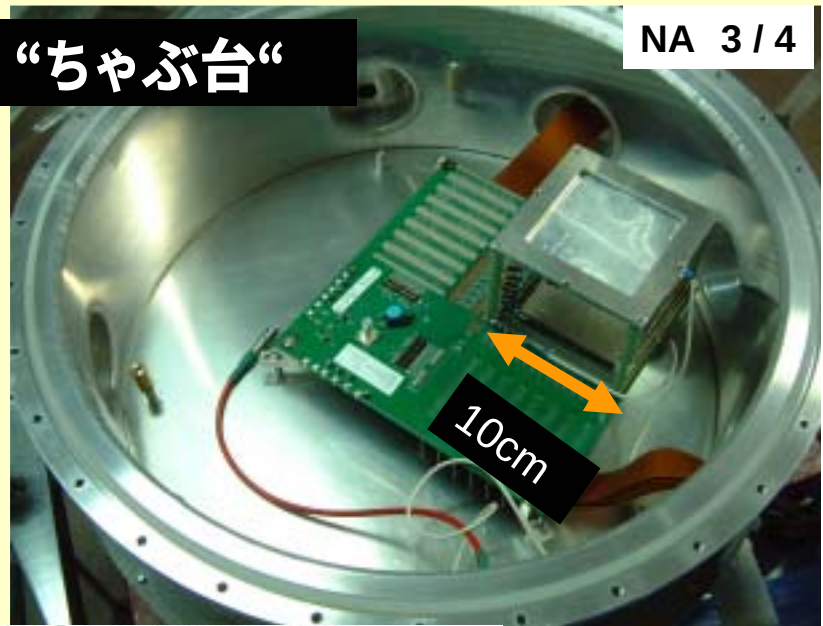
astro-ph/0307403 :
DAMA's "signal"

- 10年測って否定されては
やってやれない。ということ
方向に感度を持つ測定を。
NEWAGE

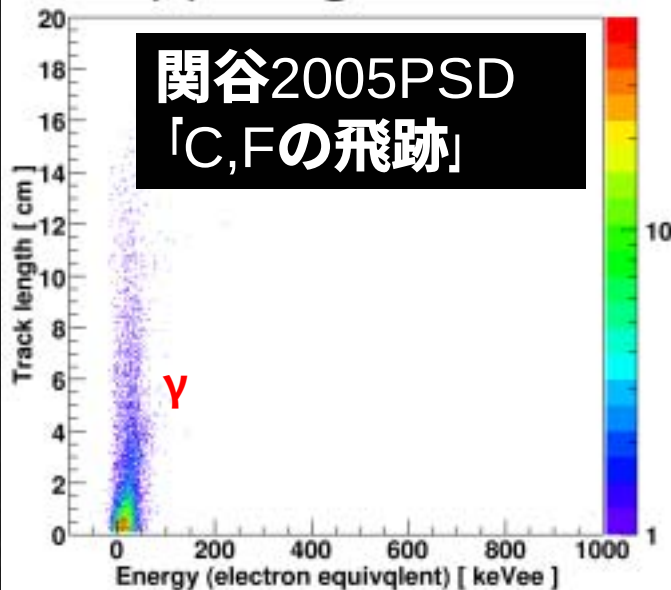
◆ NEWAGE: STATUS①

- 10cm角TPC (DONE)
- 低圧で動作 (CF₄ 0.2atm)
- C,Fの飛跡取得
- ガンマ線除去

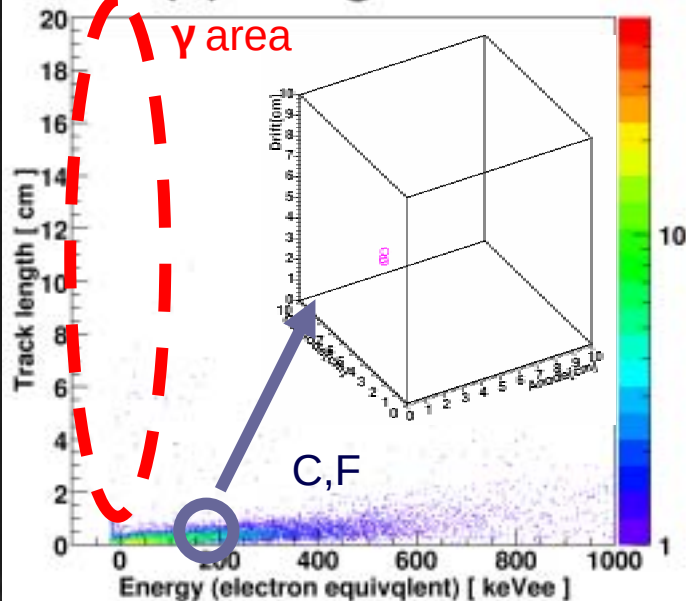
“ちゃぶ台”



(a) Gas gain 4500



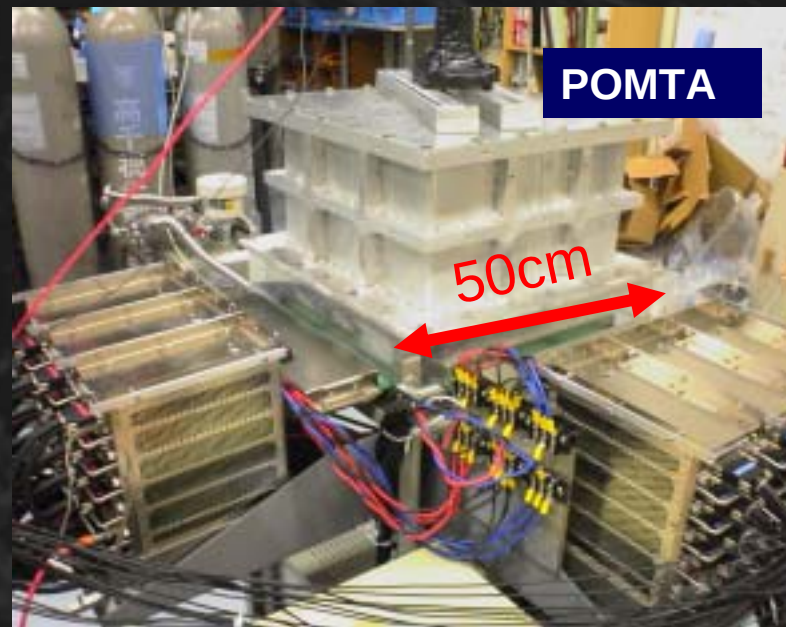
(b) Gas gain 800



Direction Sensitive
WIMP-search
NEWAGE

◆ NEWAGE: STATUS②

- 30cm角TPCが稼動
- 陽子の飛跡: DONE
- 低圧動作でC、Fの飛跡
TO DO



- 2006年度に:
- 中性子ビームでキャリブレーション
- 神岡に持ち込んで測定
(30cmTPCでは暗黒物質には感度がたりない。
中性子バックグラウンドを。)

まとめ

- ◆ μ -PICの高利得化: GEMを用いて目標達成
単体でもR&D中
- ◆ μ -PICの大面積化:
30cm μ PICがTPCとして稼動
- ◆ NEWAGE実験: ↑により、地下実験など、
具体的アクションへREADY