

μ -PICを用いた暗黒物質探索実験 (NEWAGE)

(New generation WIMP search
with an advanced gaseous tracker experiment)

京大理・宇宙線

西村 広展

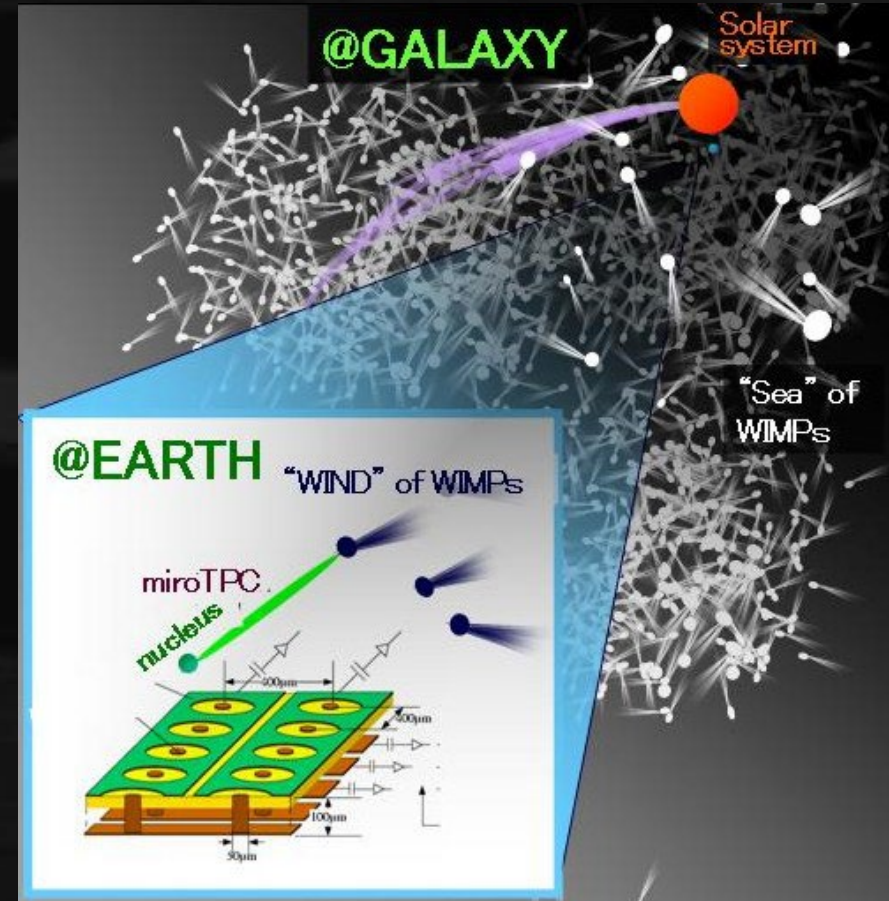
谷森達 窪秀利 身内賢太郎

土屋兼一 株木重人 高田淳史

服部香里 上野一樹 黒澤俊介

井田知宏 岩城智

竹田敦(ICRR) 関谷洋之(ICRR)



P.V. available at

http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/research/mu-PIC/NEWAGE/newage_e.htm

2007年9月30日

第4回MPGD研究会@大阪市大

Direction Sensitive
WIMP-search

NEWAGE

内容

- 1、方向に感度をもつDarkMatter 直接探査実験 (NEWAGE)
- 2、 μ -PICと μ -TPC
- 3、 μ -TPC for NEWAGE
- 4、 μ -TPC @Kamioka

1. NEWAGE

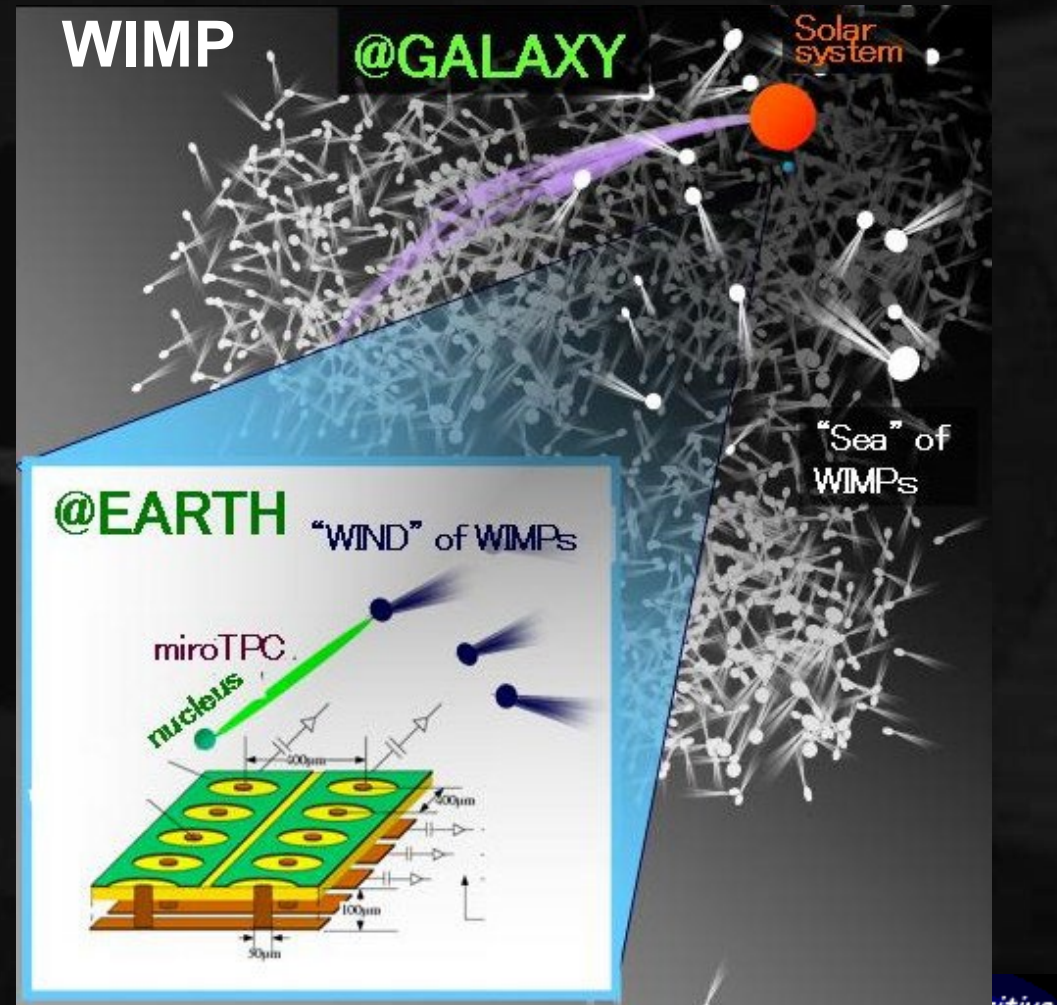
方向感度をもつ暗黒物質直接検出実験

暗黒物質直接検出

反跳原子核の検出

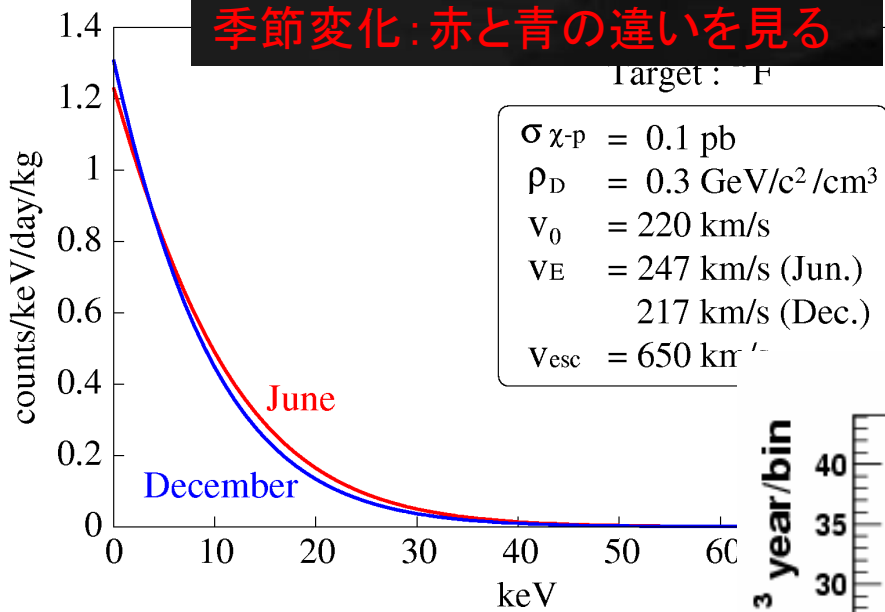
WIMPと地球

の相対速度検出

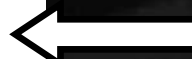


期待している暗黒物質検出signal

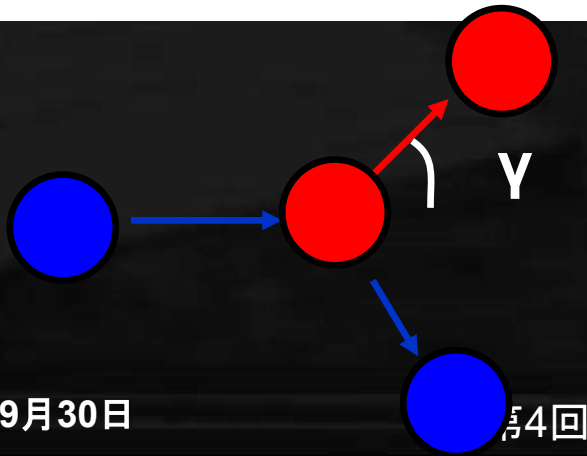
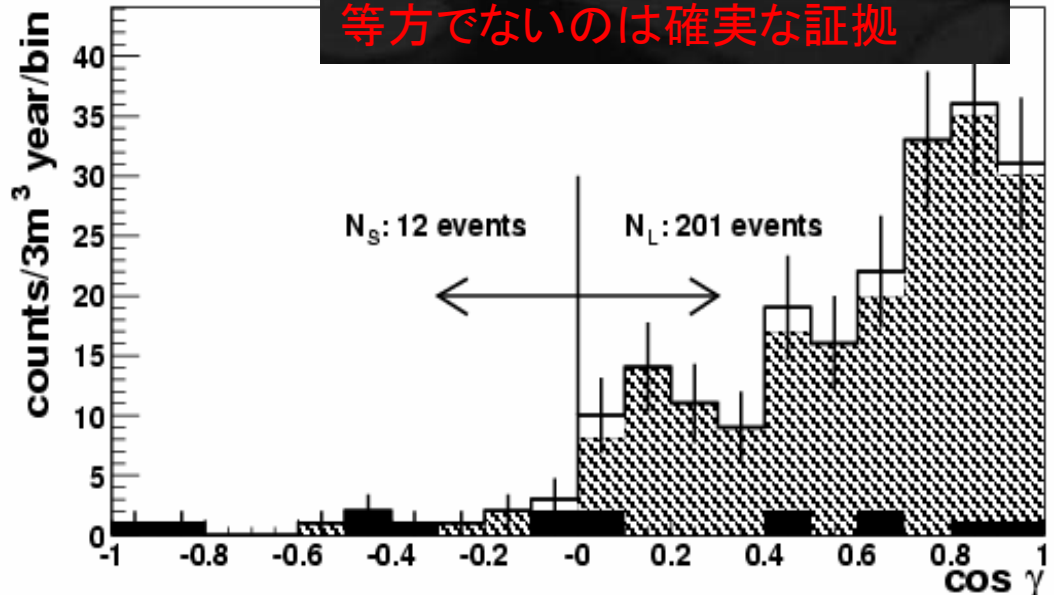
季節変化: 赤と青の違いを見る



反跳原子核エネルギースペクトラ



FT (原子核反跳方向の角度分布: 等方でないのは確実な証拠)



方向に感度をもった暗黒物質探索

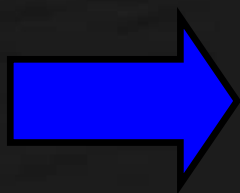
-応答が方向依存性を持つ検出器の利用

- スチルベンシンチレータ 関谷@みのわ研

-原子核の反跳方向を直接検出する。

- WIMP反跳原子核 数十keV 以下
- 反跳原子核 飛跡長 3mm (F @ 100keV 0.05atm CF₄)

マイクロパターンガス検出器



ワイヤーチェンバー(DRIFT 1m³ 級)

Optical読み出しガスチェンバー (MIT)

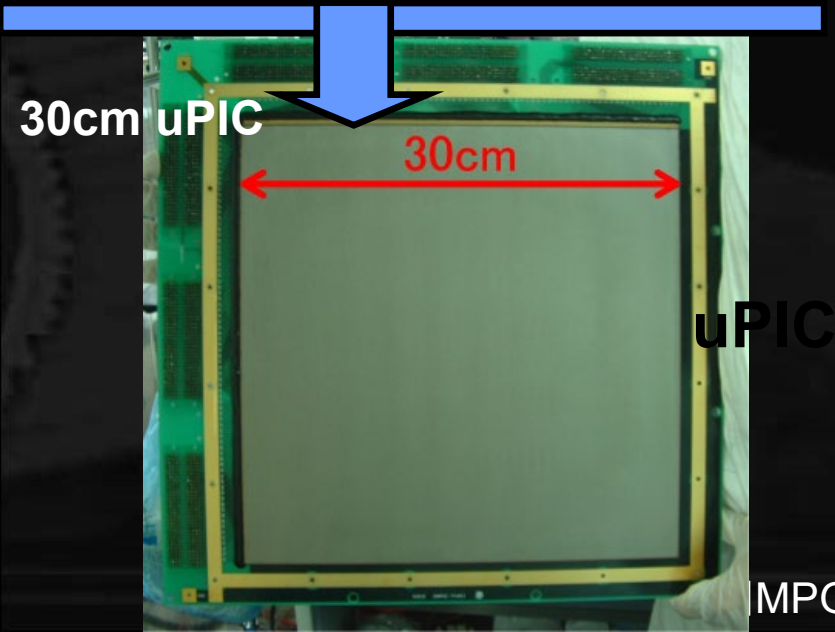
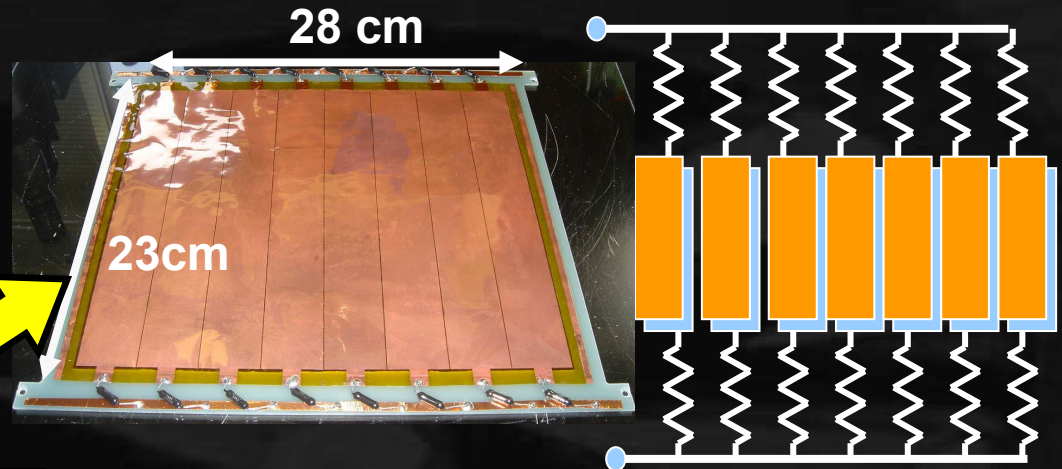
Emulsionチェンバー (名古屋)

2、 μ -TPC

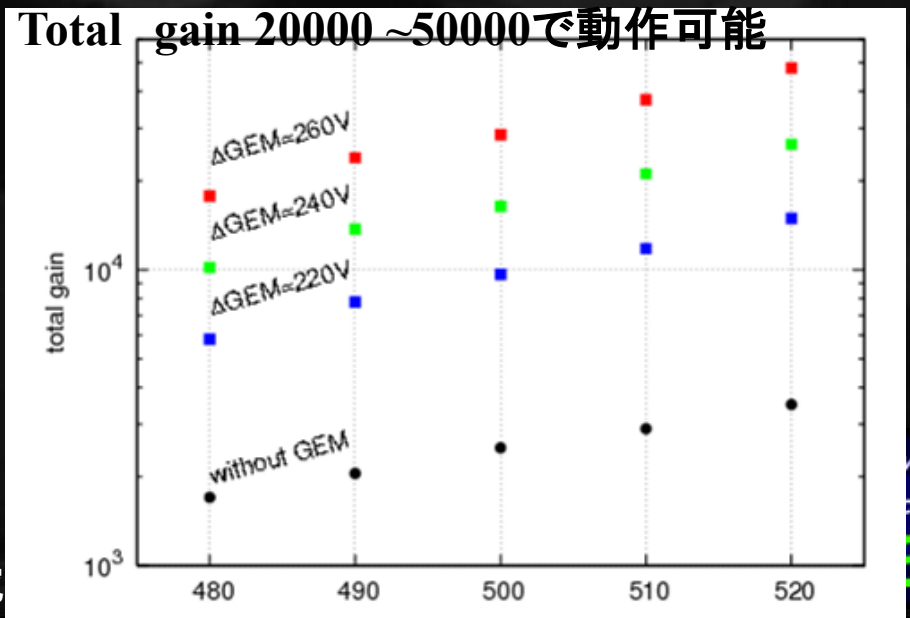
Drift Plane

GEM

分割大判GEM:一部導通しても
他の箇所は大丈夫



MPGD研究

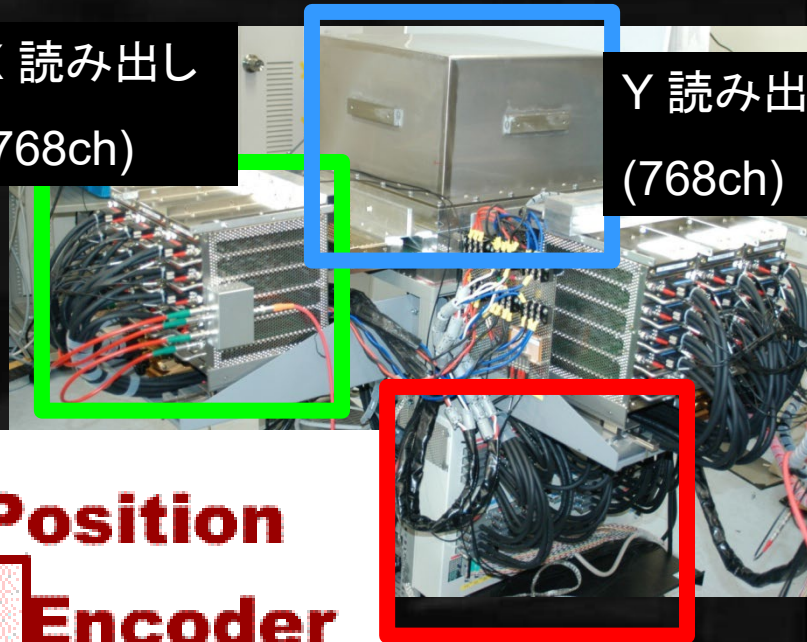
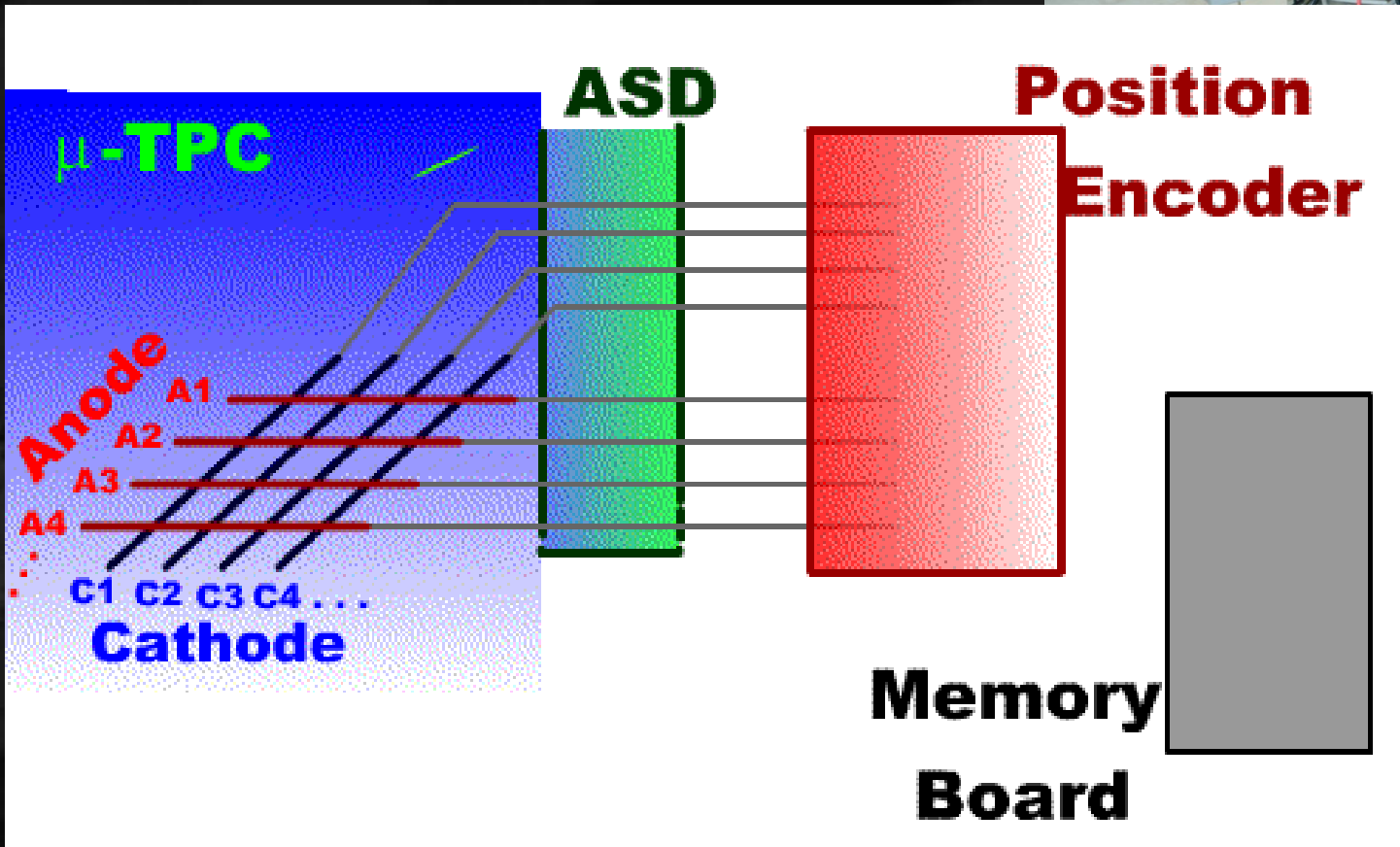


3次元飛跡をとる仕組み

- 「TPC」:一般的な手法
+独自の「パイプライン方式」

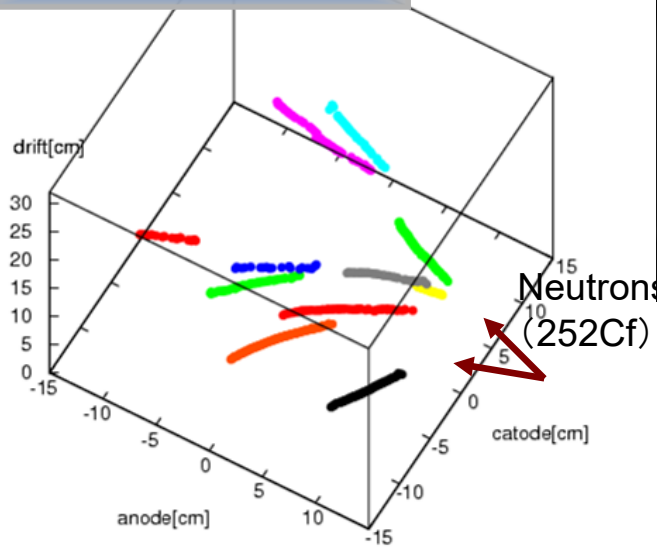
X 読み出し
(768ch)

Y 読み出し
(768ch)



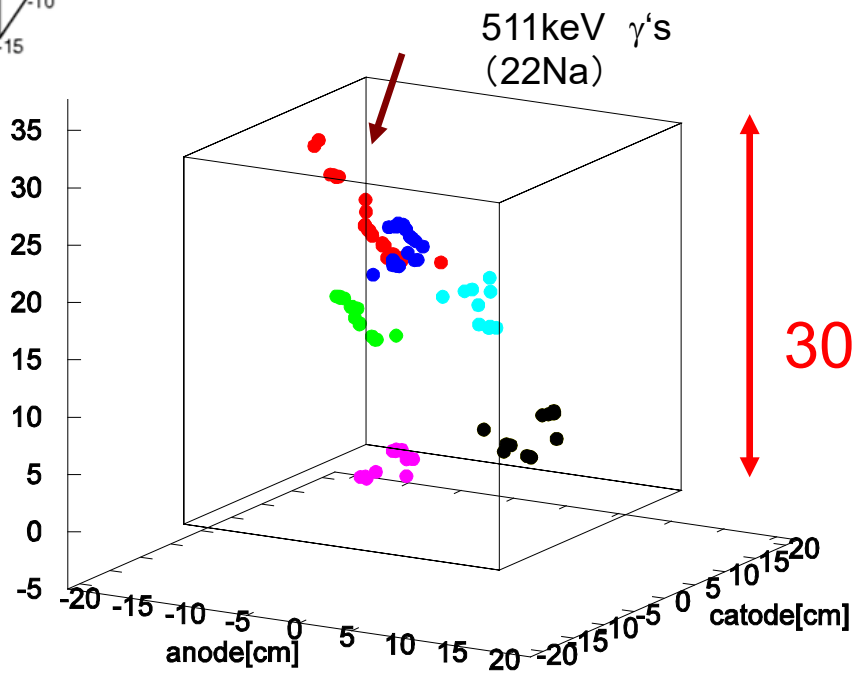
Particle Tracking

Protons (~2MeV)



Neutrons (^{252}Cf)

Electrons (~100keV)



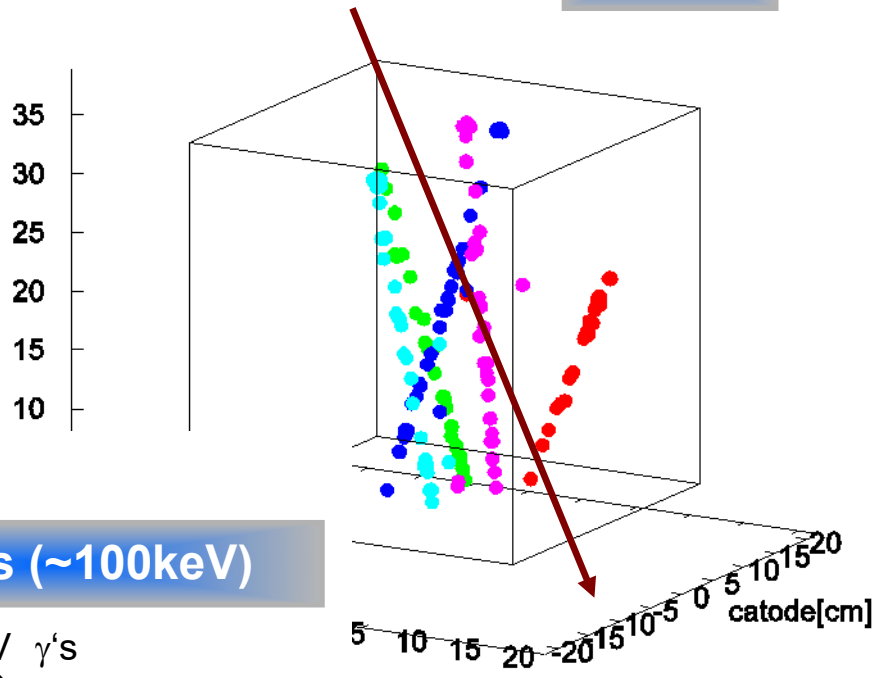
511keV γ 's (^{22}Na)

30cm

drift[cm]

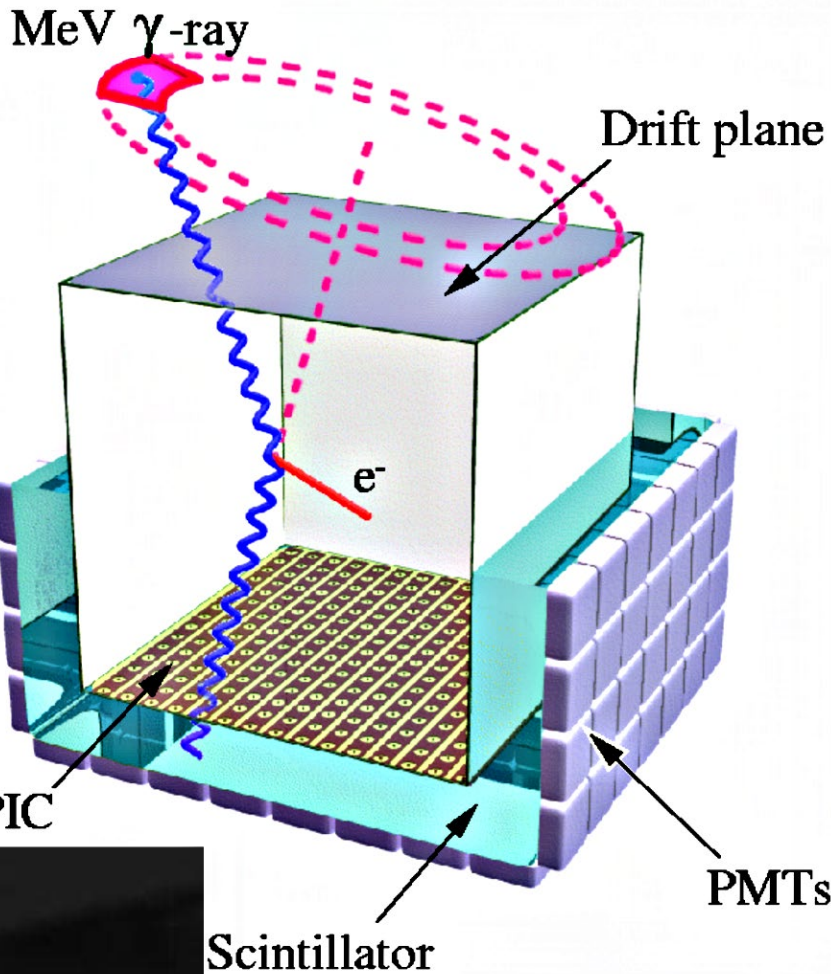
Cosmic ray muons

muons



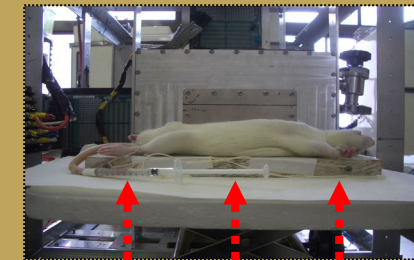
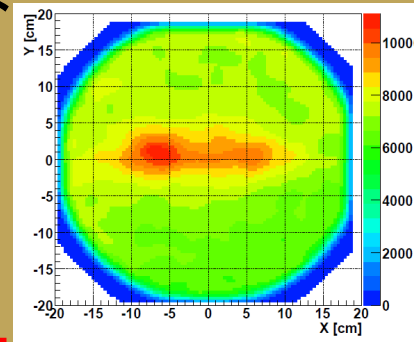
μ-TPC の応用

コンプトンカメラ

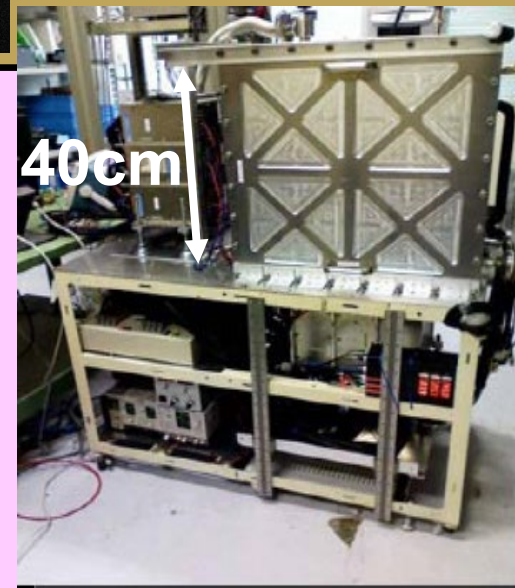


医療応用

10cm角TPCカメラは
実戦投入中
天体ガンマ線観測



30cm TPC
コンプトンカメラも
動作中
まもなく実戦投入



3、 μ -TPC for NEWAGE

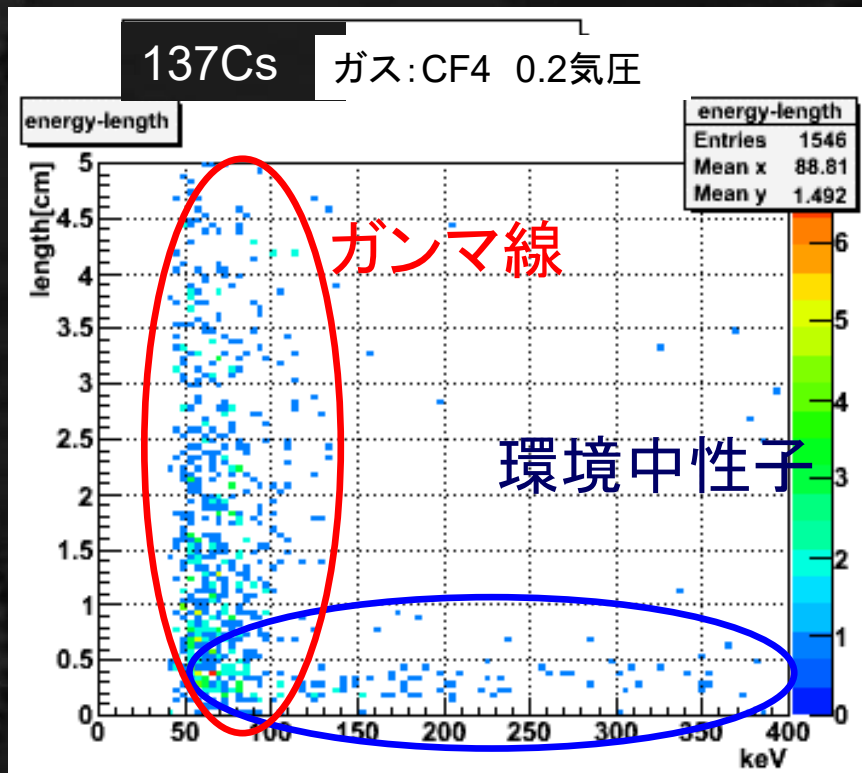
- ◆ CF_4 0.2atm (将来は0.05atm)
- ◆ 有感体積 $23 \times 28 \times 31\text{cm}^3$ (将来は $1\text{m}^3 \times N$)
- ◆ ガスゲイン (~ 2000 uPIC1000 \times GEM2)



ガンマ線BGの除去

● ガンマ線:最大のBG源

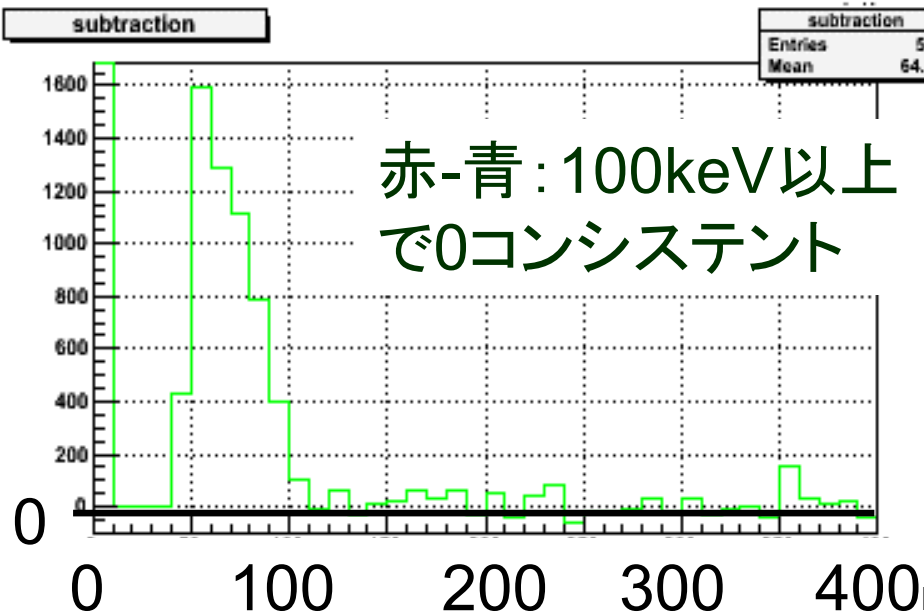
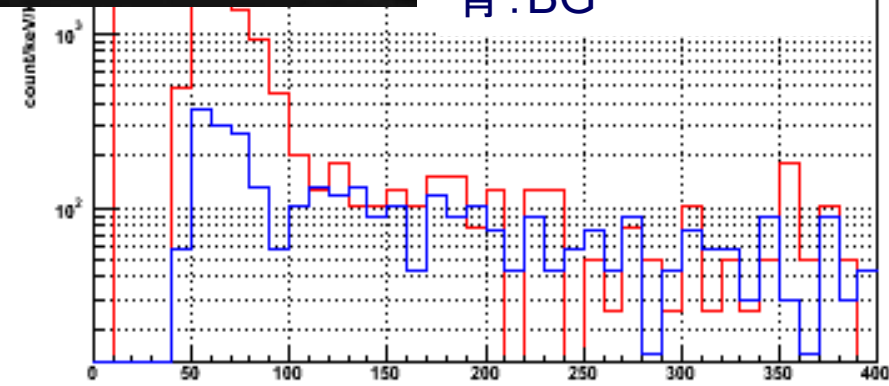
^{137}Cs からのガンマ線を照射



スペクトル
(飛跡1cm以下)

赤: ^{137}Cs 照射

青: BG

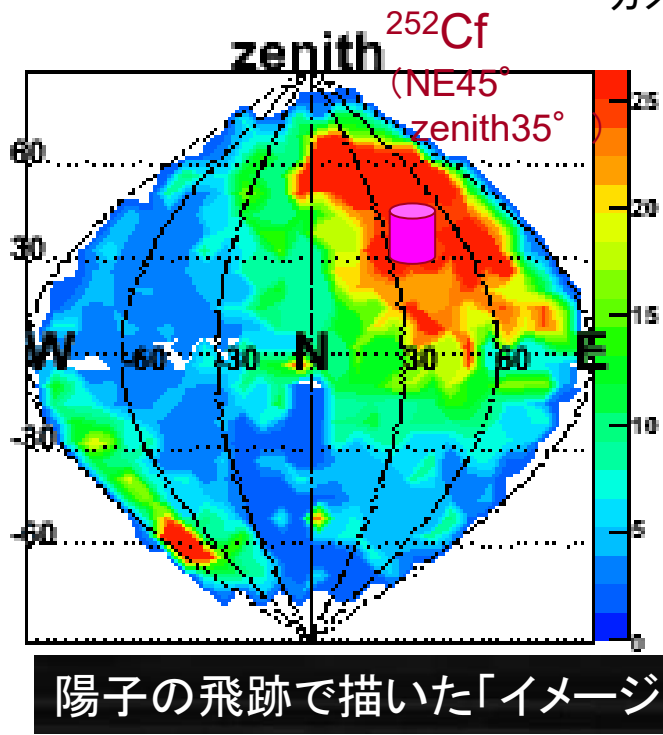
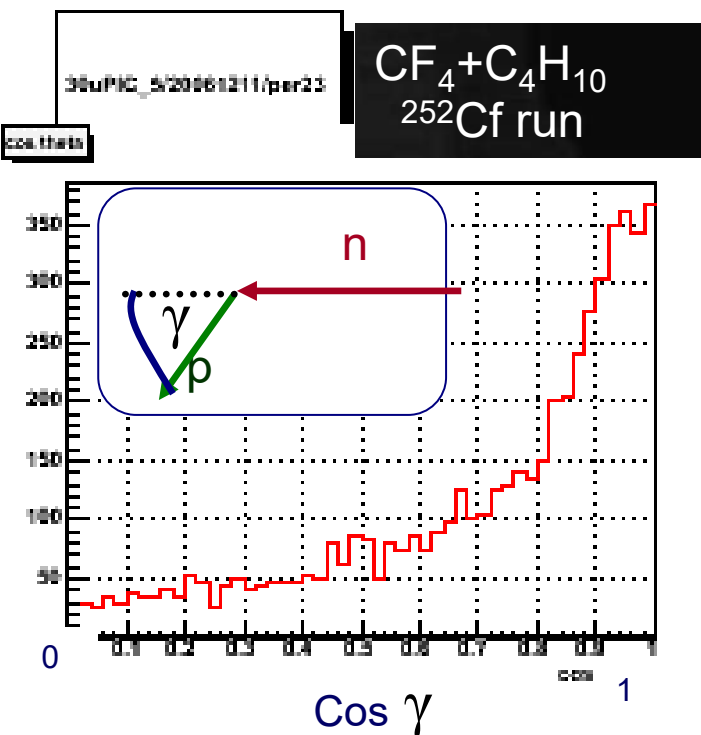
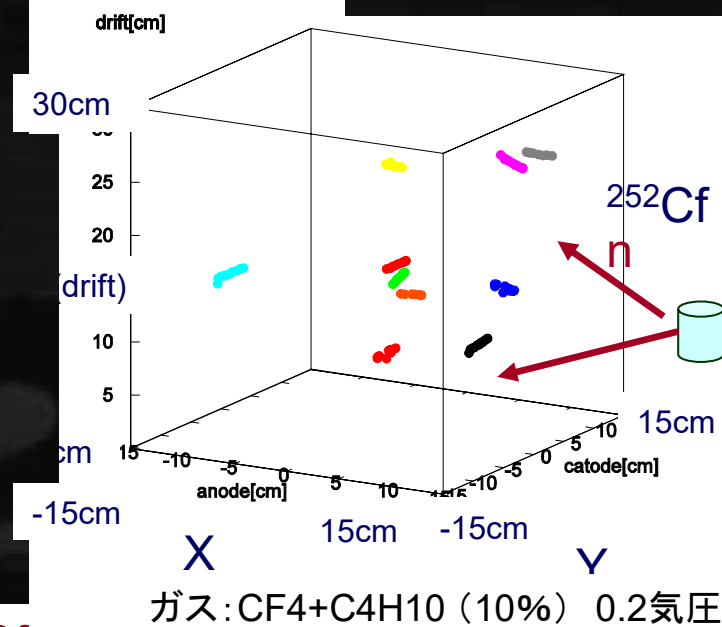


100keV以上では 99.98%以上の除去力

飛跡検出、イメージング

- 中性子に反跳された陽子を検出
- 前方に散乱される様子が見えている
- WIMP → フッ素の反跳で見た現象をエミュレート

陽子飛跡の例



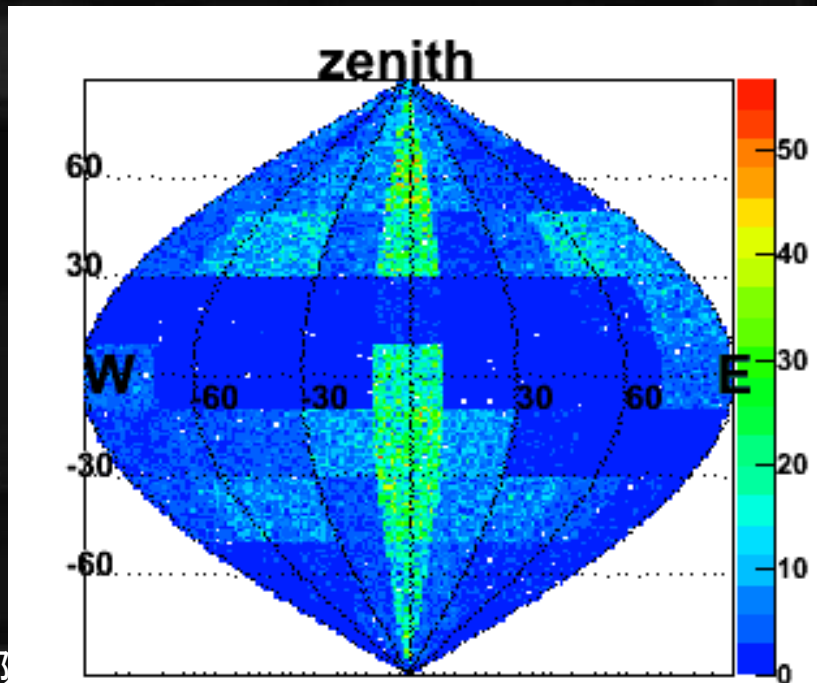
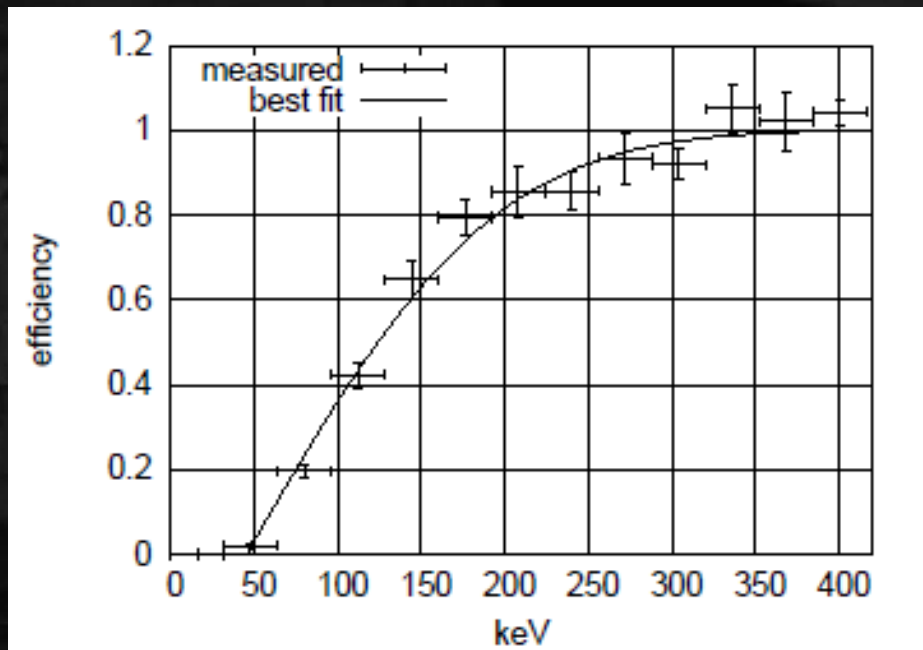
Direction Sensitive
WIMP search
NEWAGE

Jan 27, 2007 3rd MPGD
Workshop

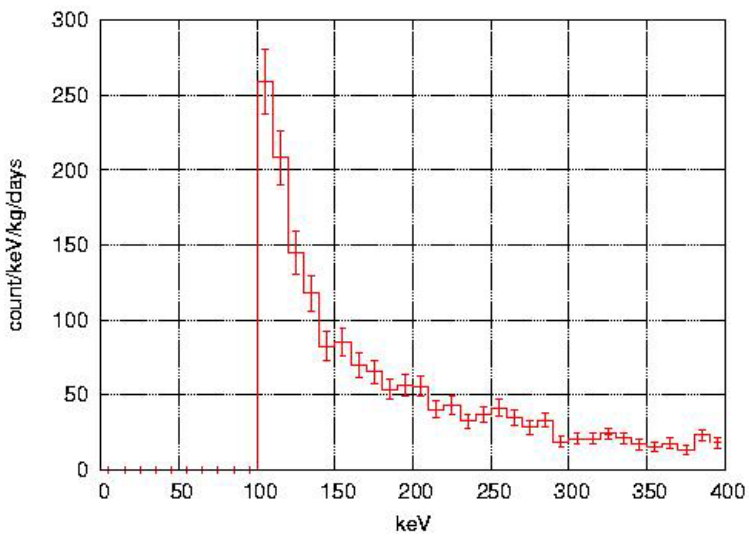
その他、検出器の性能 @100keV (まだまだ発展途上)

- エネルギー分解能 70%FWHM
- 位置分解能 800 μm
- 角度分解能 25%HWHM
- 原子核飛跡検出効率 40%

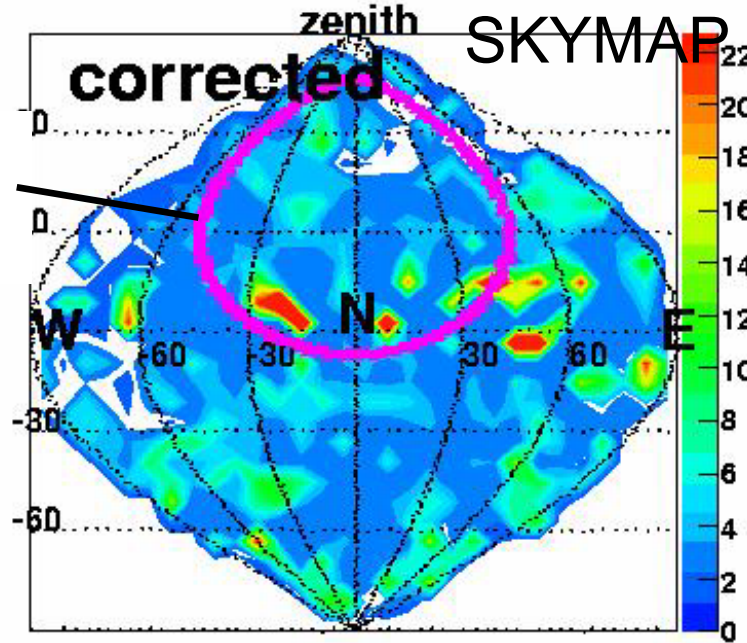
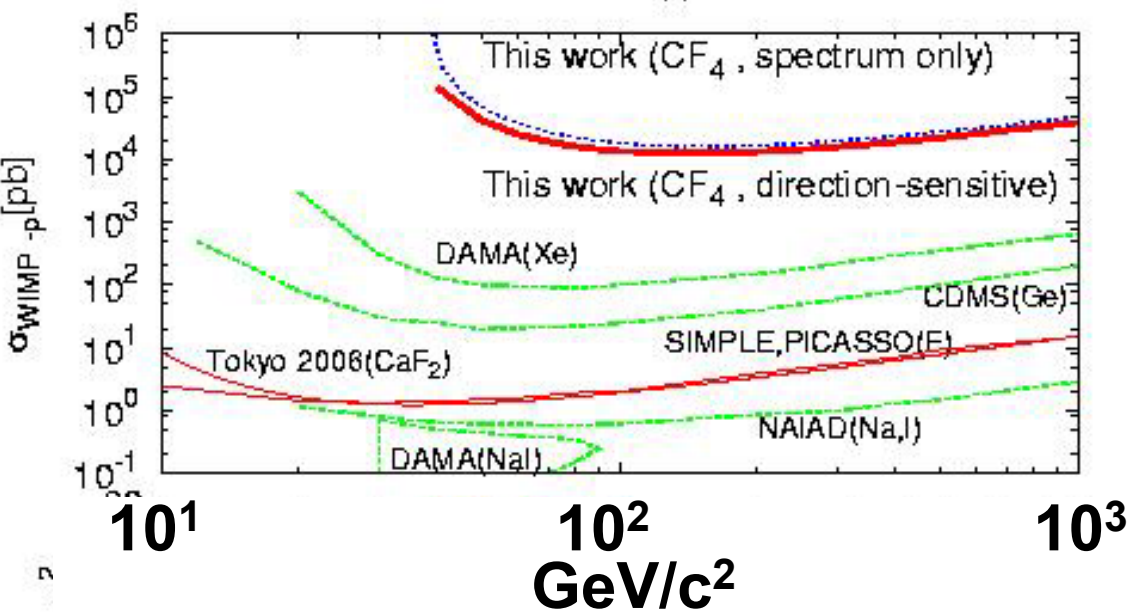
検出感度の方向依存性



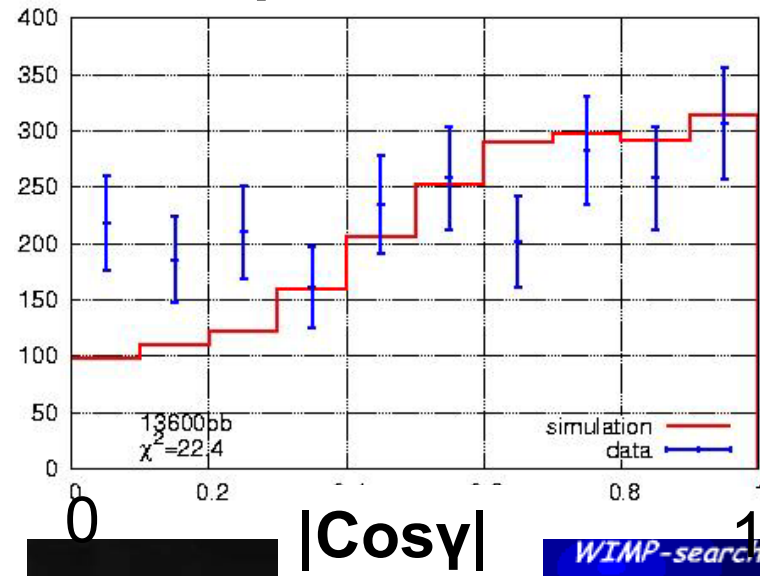
Direction of
WIMP wind



SD 90% C.L. upper limits



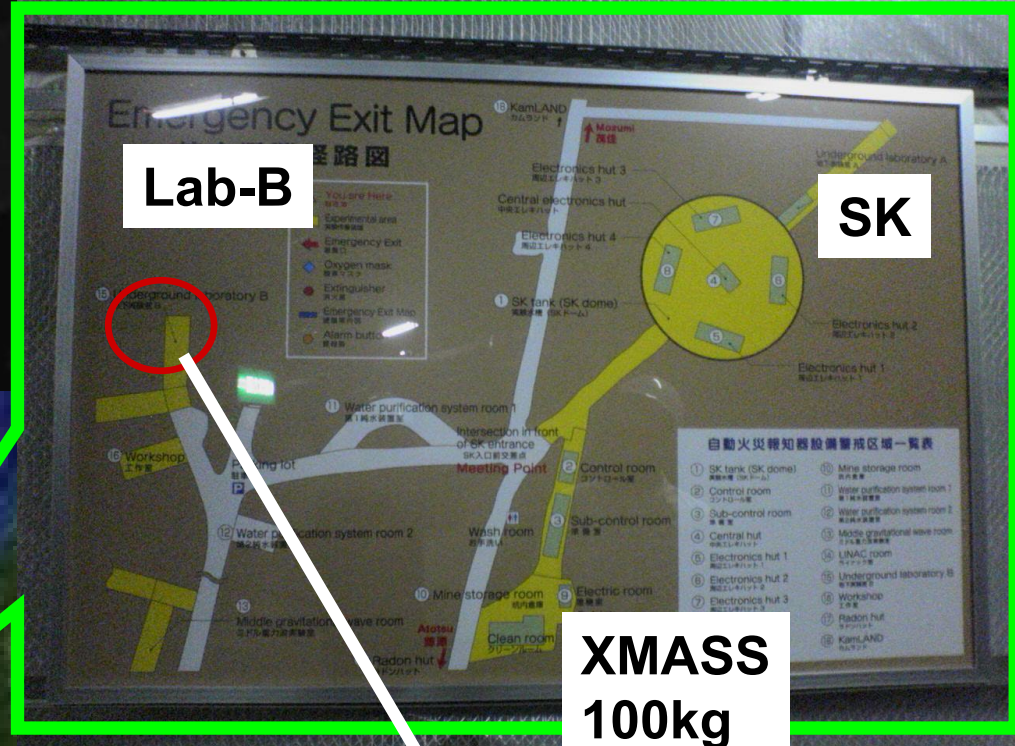
Cosy distribution



NEWAGE @ 神岡

- 神岡鉱山
- 2700m w.e depth

- 目的
- 安定動作確認
 - Background Study



旧重力波実験室
旧(?) 蓑輪研実験室
を利用

市大

Direction Sensitive
WIMP-search
NEWAGE

神岡operation 2007

運び込み

GEM 一部導通
有感面積減

ガス
入れ替え

ガス
入れ替え

GEM
入れ替え

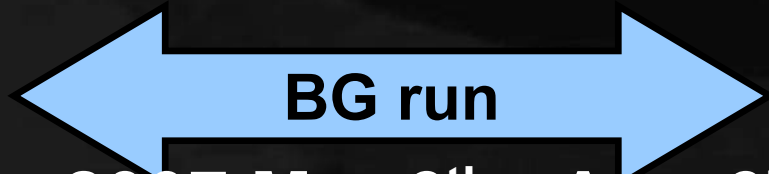
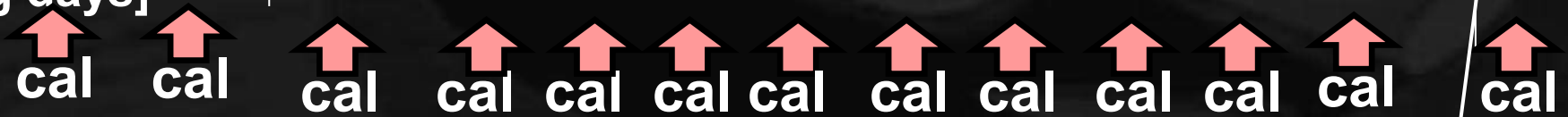
2007

1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月



BG run exposure [kg·days]

0.23



2007 Mar 6th ~Aug 6th

0.23 kg·days

GEM
入れ替え



Stability(Bgrun1)

● Gas gain

&DAQ rate:

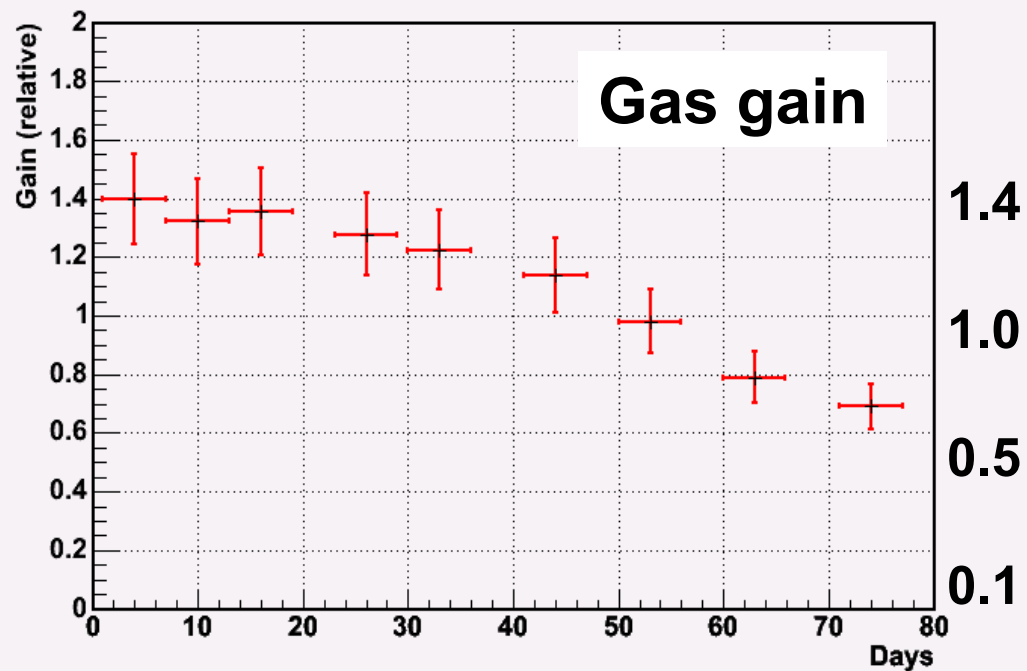
ゆるやかな落ち込み

10%~20% / month

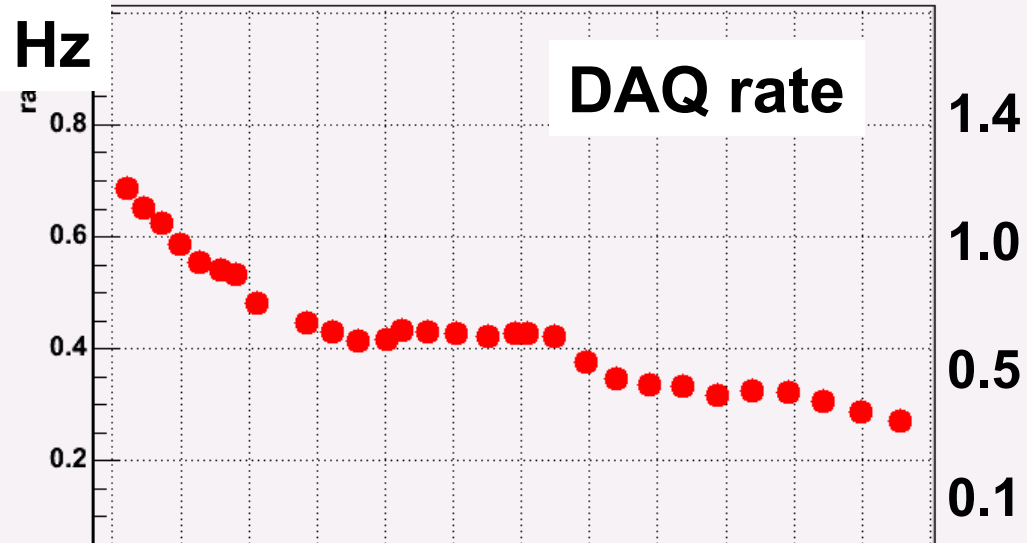
→解析時に補正可能

→ガス入れ替えて復活

Gas Gain (5/15-)



hh



5/15

7/1

8/2

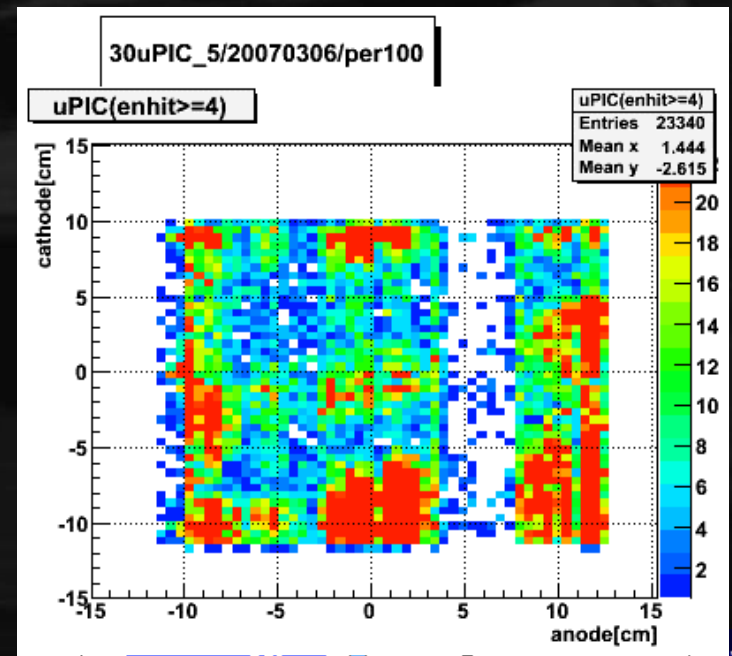
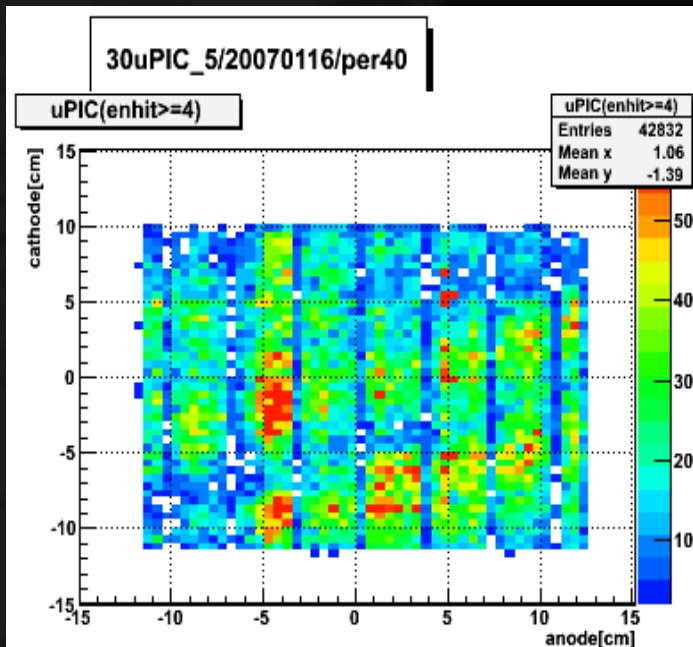
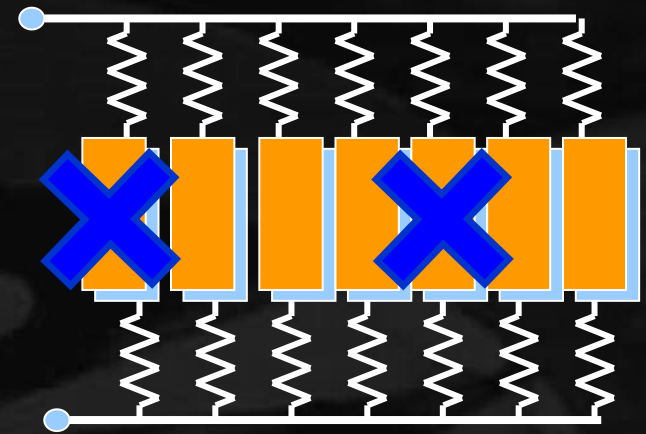
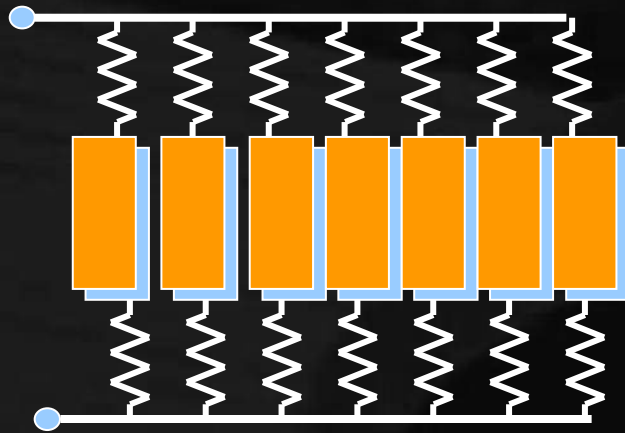
GEM間280V

0uA

GEMの導通

GEM間280V

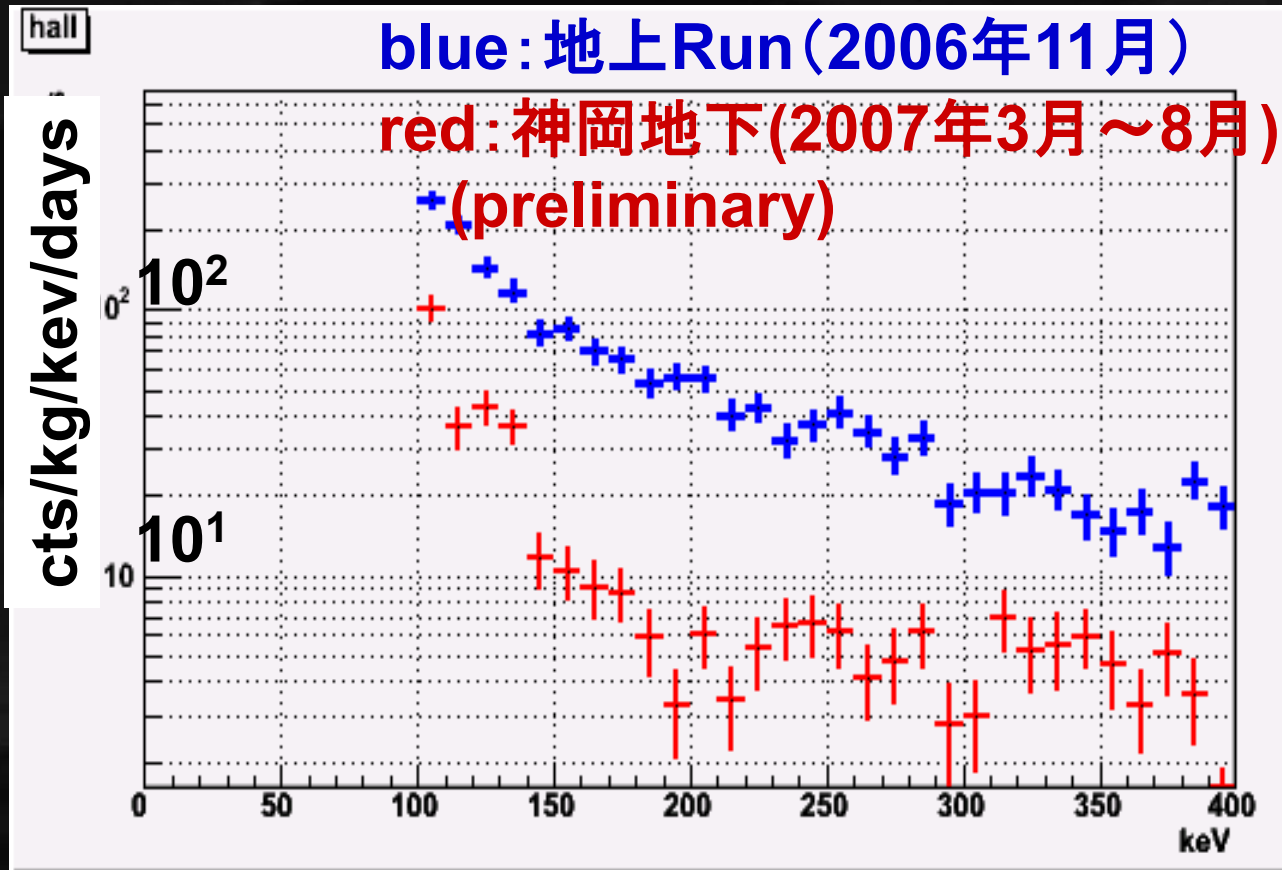
7~8uA



ただし、交換後復帰

Spectrum (preliminary)

- BGrün1 2007年 3月~8月
- 0.23kg·days
- BGは40%減 @100keV



地上よりは少ないけどまだまだある。 → 検出器起源

第4回MF GD研究会@大阪市大

Direction Sensitive
WIMP-search
NEWAGE

BG源と対策

ガンマ線は除去できている！

アルファ線等の飛程の比較的短い粒子がBG。

◆ Rn 検出器内部部品中のUから噴出

→Rnフィルターとガス循環装置の導入

◆ ドリフトプレーン(銅)中のU、Th

→無酸素銅もしくは非金属性の素材検討

◆ GEM(銅・ポリイミド)中のU・Th

→ポリイミド・液晶ポリマーの比較。

低バックグラウンド品の選別??

サイエナジー様 ご協力お願いします。m(_ _)m

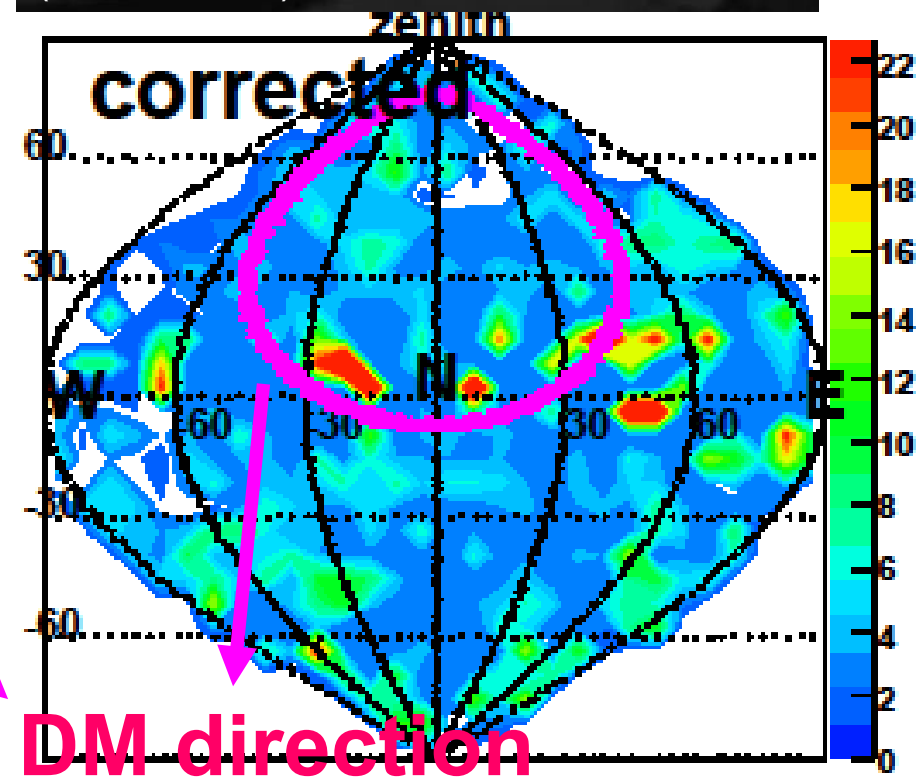
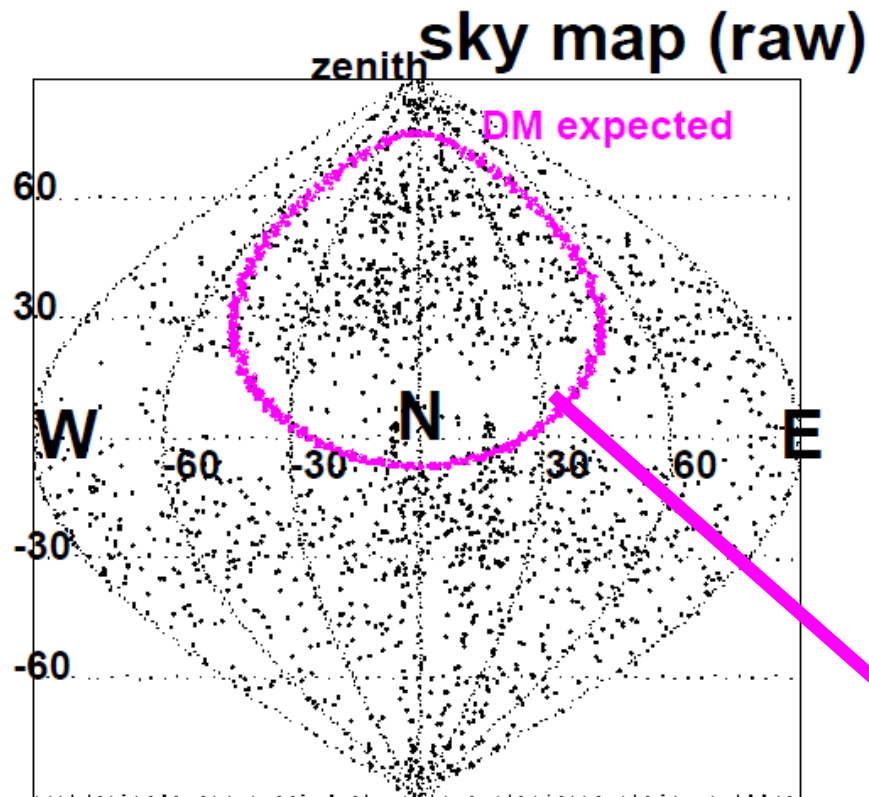
まとめ

- ◆ 30cm角uPICを使った暗黒物質探索 (NEWAGE)
 - 地上にて暗黒物質探索実験
 - 神岡にて1年間動作 安定動作はOK
 - 検出器内Background の削減が重要
 - 現在BG源調査中 (ガス、ドリフトプレーン、GEM)
 - 低BG環境試験開始 (@京都 30cm² × 50cm)
- ◆ 大型化・低圧化・高性能化へ
 - 大型化 30cm角 uPIC × 4 で60cm³
 - uPICのuniformity 向上により性能向上を期待

● 方向に感度を持った解析

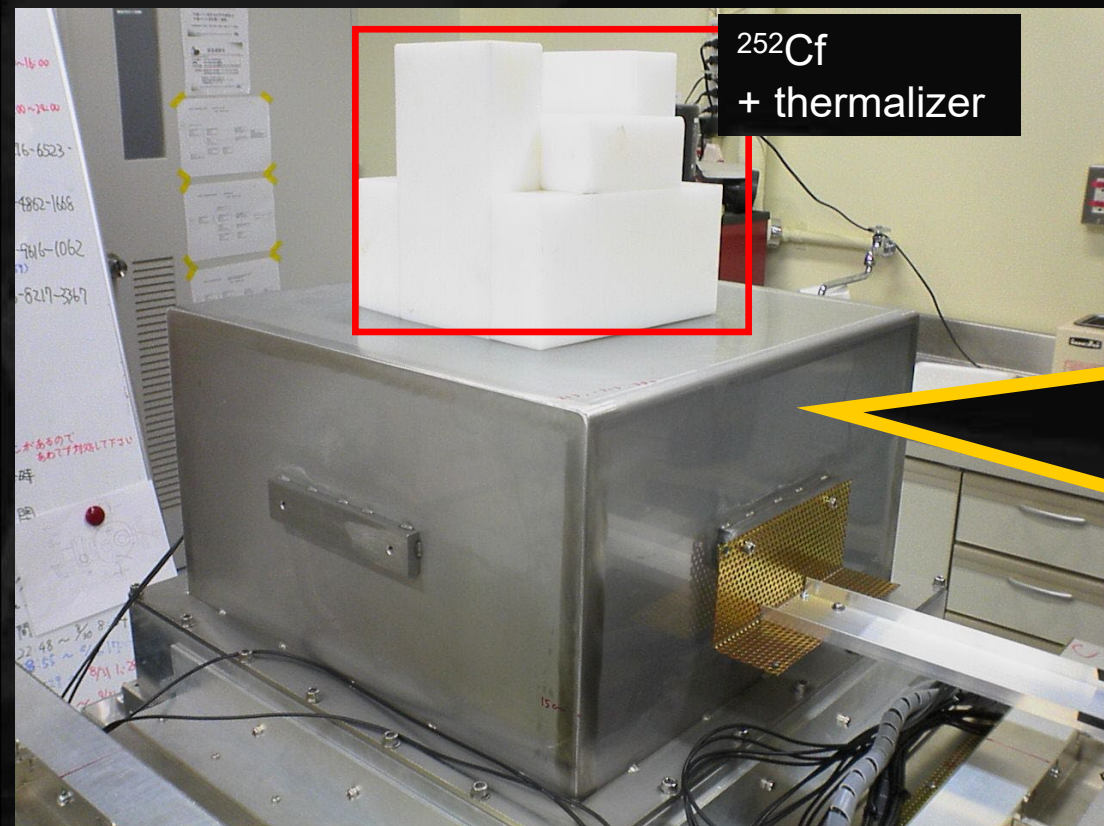
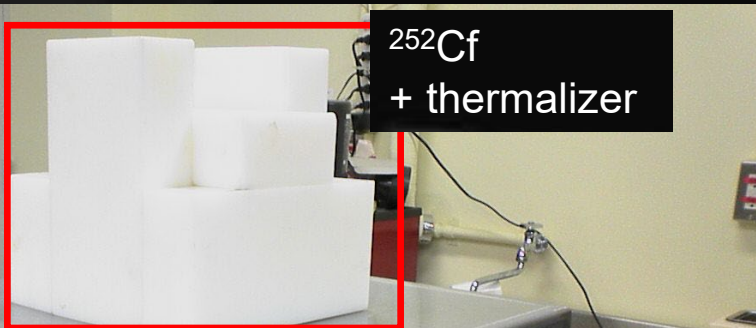
- 原子核飛跡で描いた半天マップ(左が生 右が検出器応答を考慮したもの)
- 検出器応答を考慮すると、地上での等方的な中性子BGが見えている。
- ピンクが「CYGNUS」方向

North sky view seen by C and F nuclei
(100-400keV)



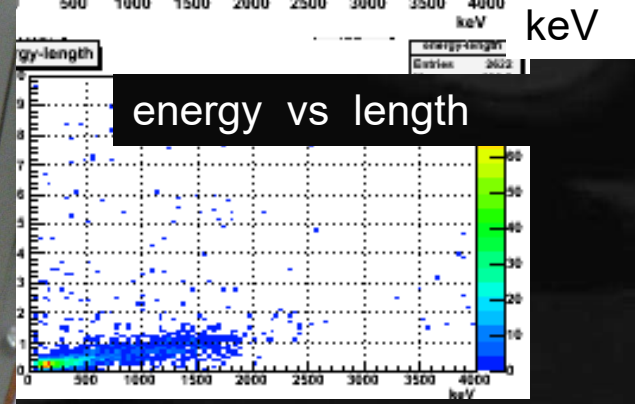
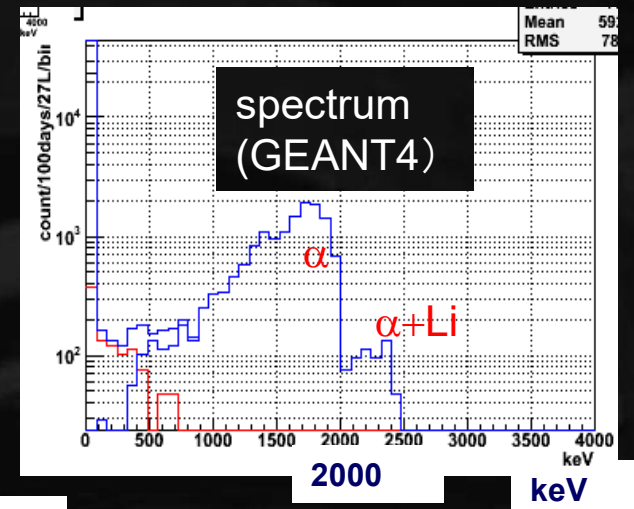
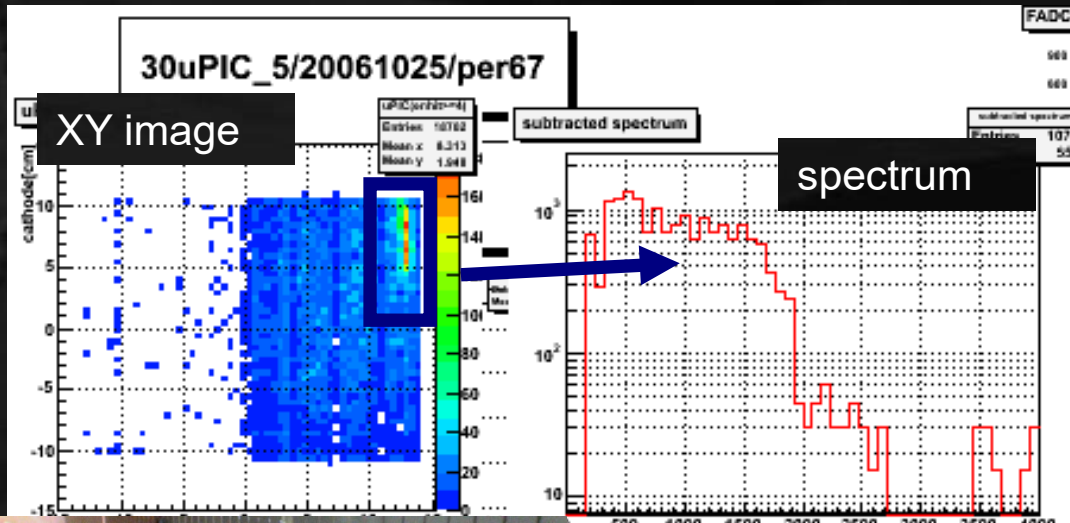
● Calibration / gain monitor

- Heavy ion (not a γ source)
- On / off from outside
- $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ reaction
($Q=2.70\text{MeV}$ 1.8MeV for α)



● Calibration / gain monitor

• typical results



- @DM energy region (~100keV):
 - extrapolation by energy-length correlations
 - direct measurement method is being investigated