

方向に感度を持った暗黒物質探索実験 と

ニュートリノ磁気能率測定実験の可能性

京大理 身内賢太郎

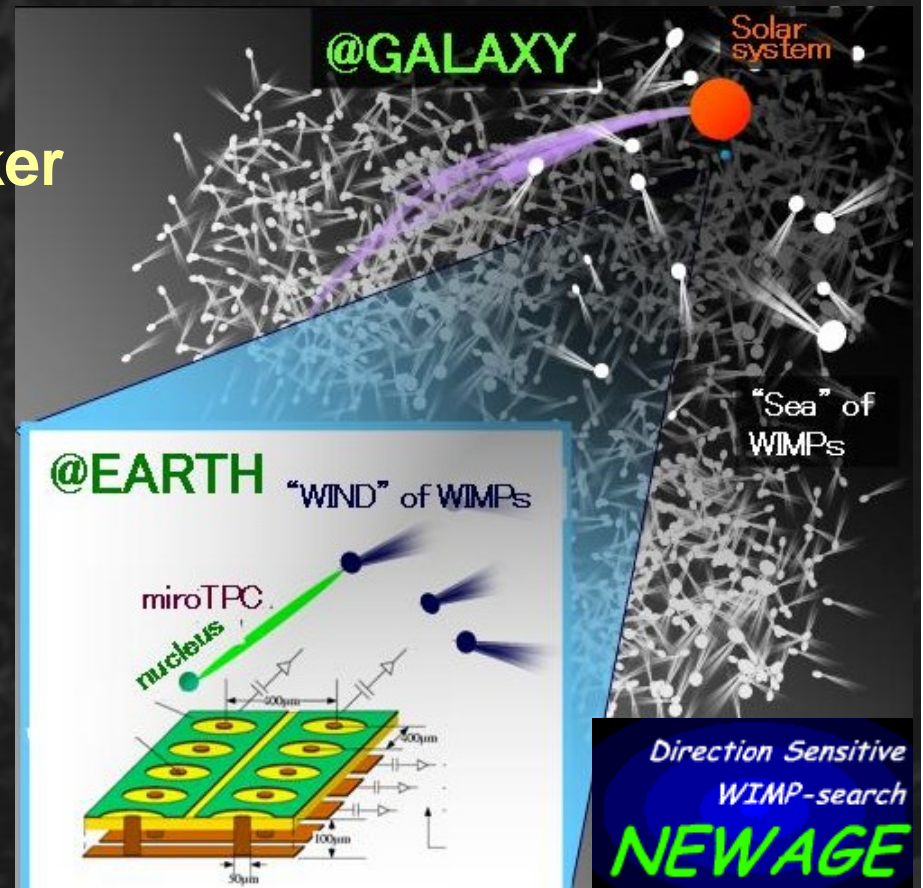
“マヨラナ・ニュートリノとその周辺”研究会

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

1 NEWAGE

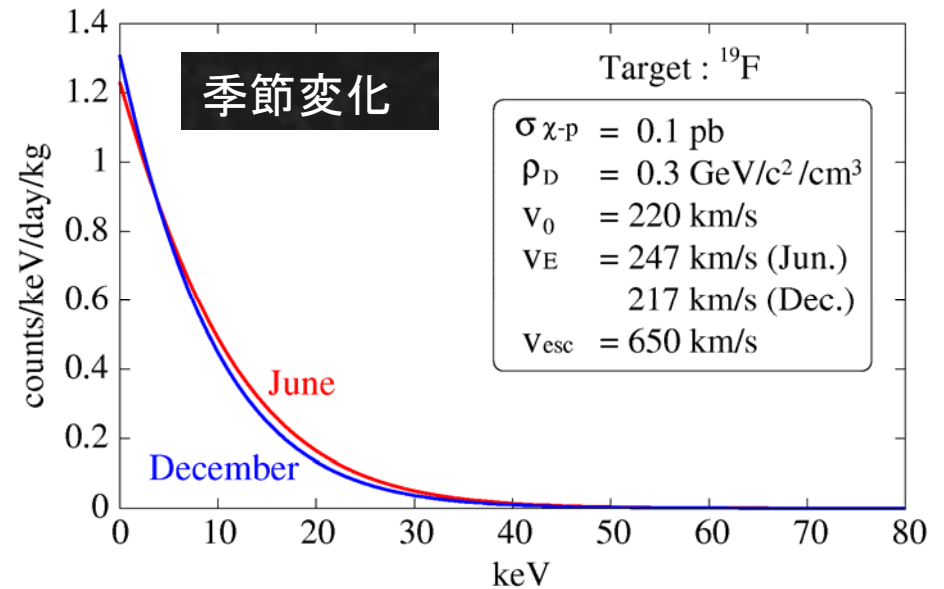
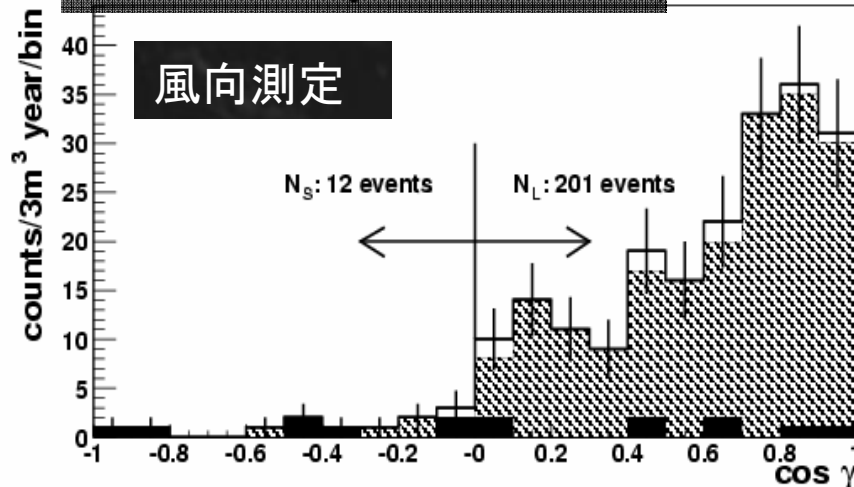
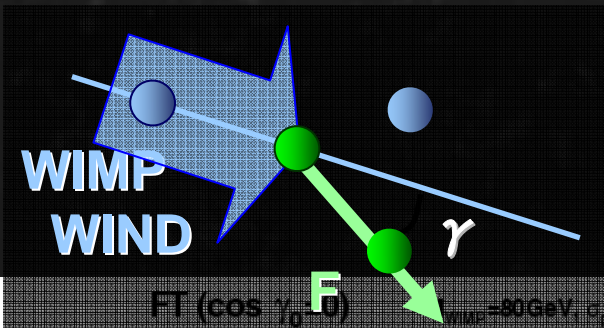
2 $\mu\nu\mu$

2006年12月21日



1. NEWAGE 実験

- ◆ 暗黒物質検出の決め手は「方向性」
 - 感度向上は既存の大質量検出器で
 - ⇒ アタリをつけて
 - 確実な証拠は風向測定



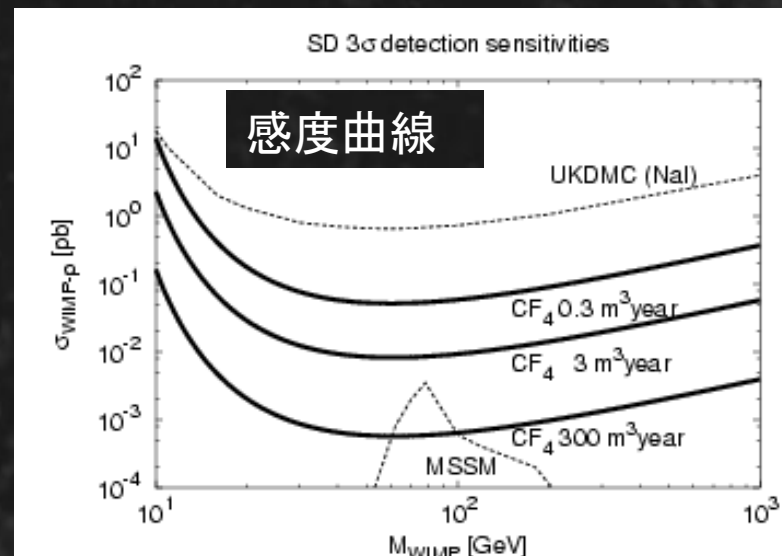
Direction Sensitive
WIMP-search
NEWAGE

◆ Goal: 暗黒物質の風を検出 (2010年~)

- 地下・低圧力 (CF_4 0.05 atm)・大質量 ($1\text{m}^3 \times N$)

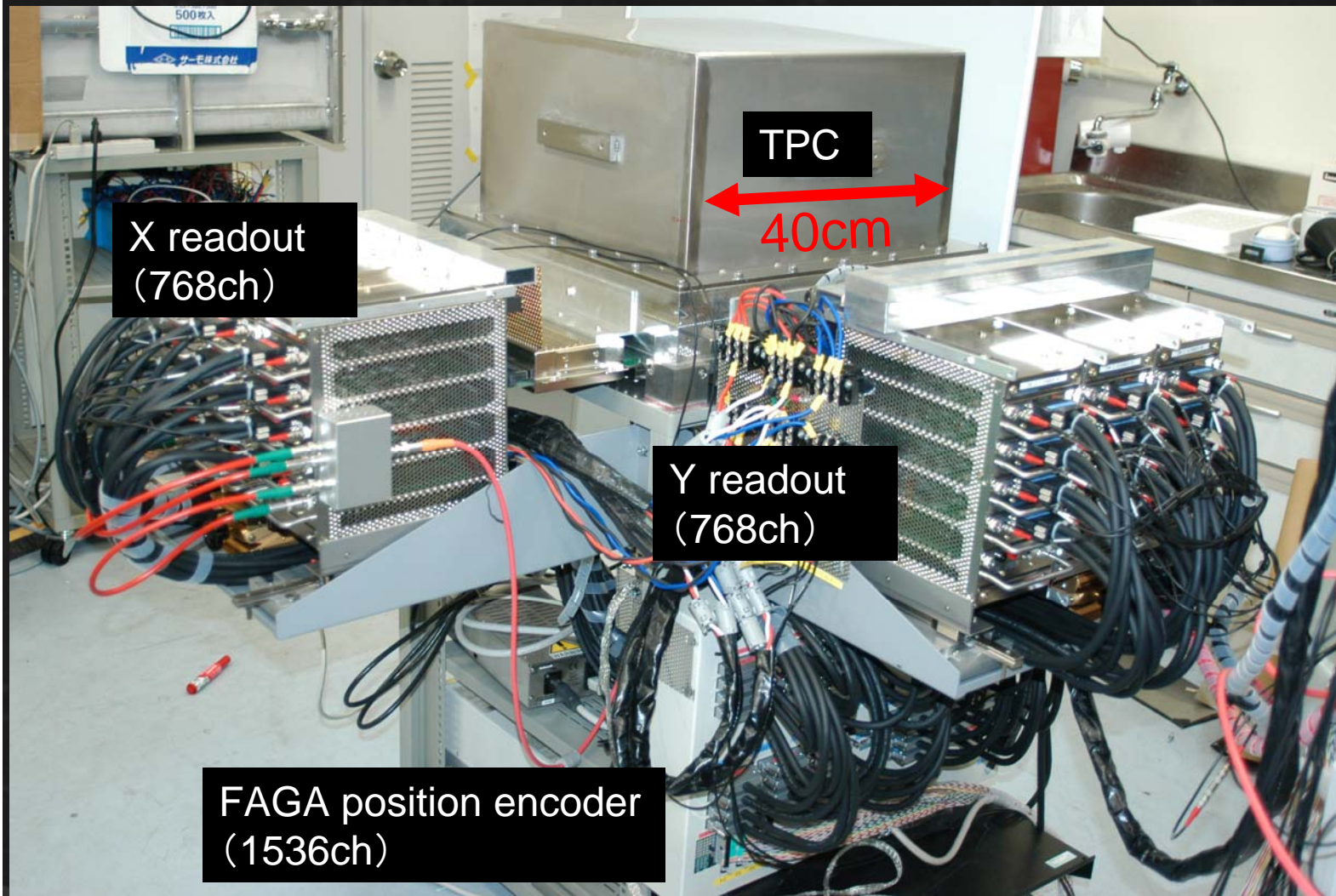
◆ 現状:

- 地上・ CF_4 0.2 atm・30cm角
- 2007年1月 地下実験開始



◆ 30cm マイクロTPC (3-D tracker) 完成 “WIMP-anemometer (風向計)”

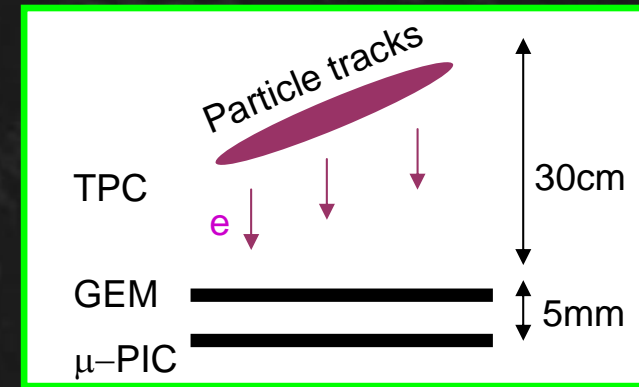
- 有効体積 : $21.5 \times 24 \times 31\text{cm}^3 \times 0.2\text{bar}$ CF4 = 8.9g



2D imaging device

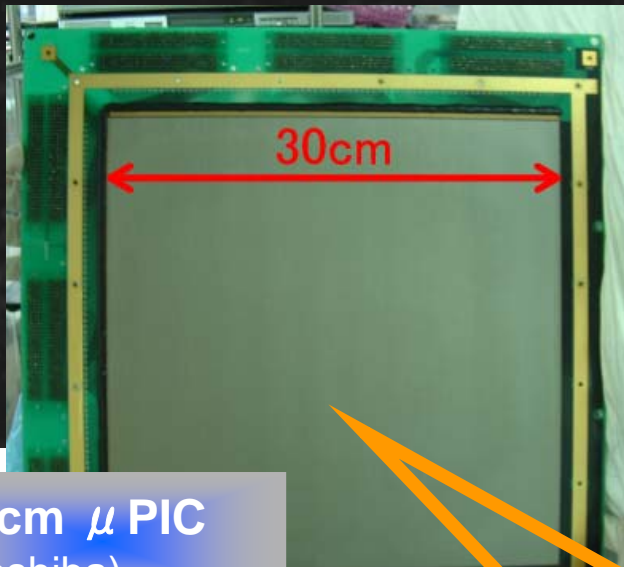
μ -PIC (gas gain 5000)

- 400 μ m pitch
- 589824 pixels
- 768+768 readout

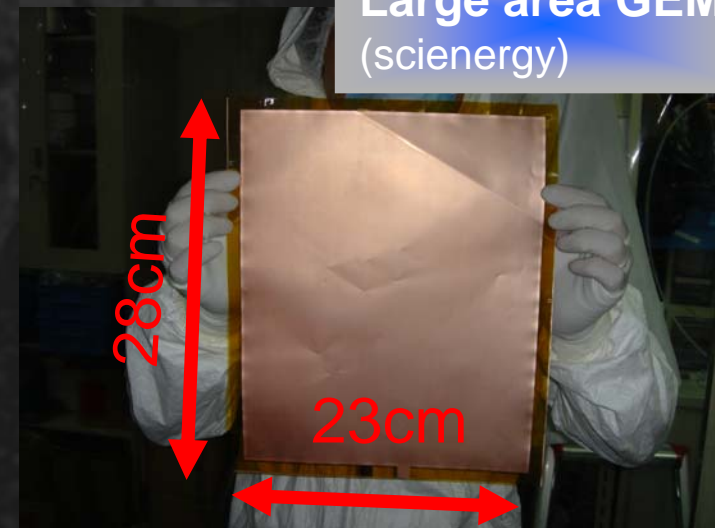
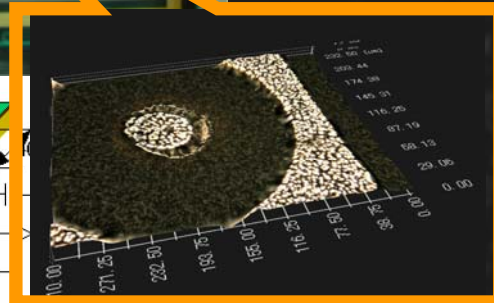
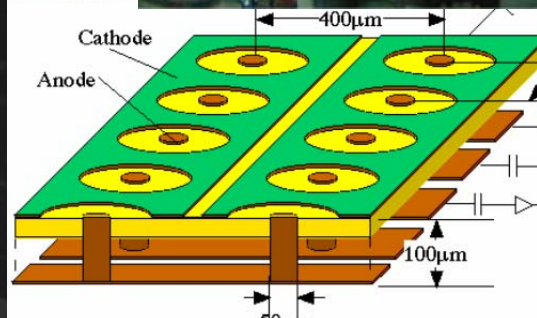


GEM (gas gain 10)

- 140 μ m pitch
- 70 μ m diameter



30cm μ PIC
(Toshiba)

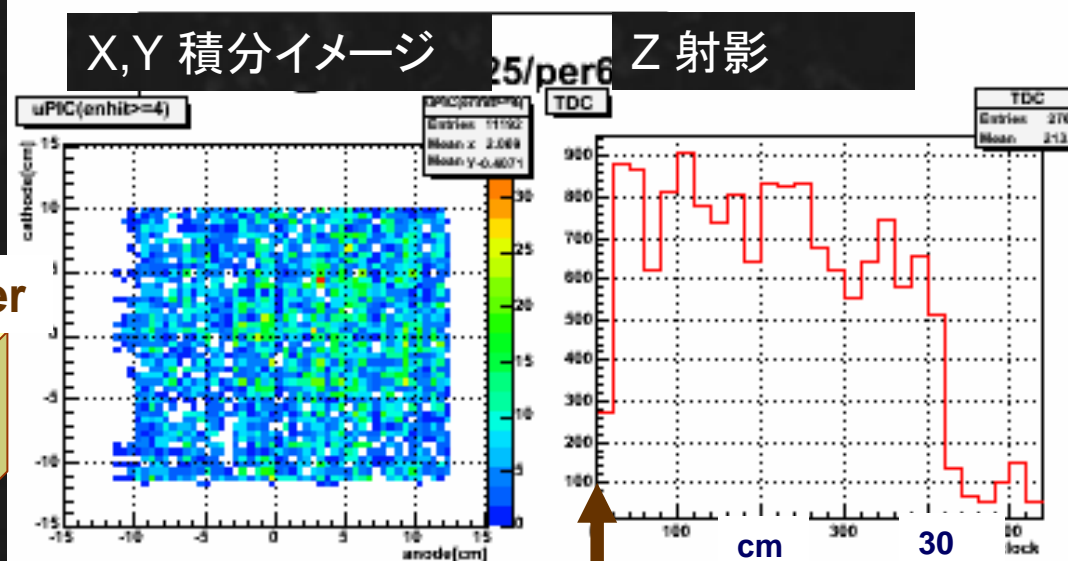
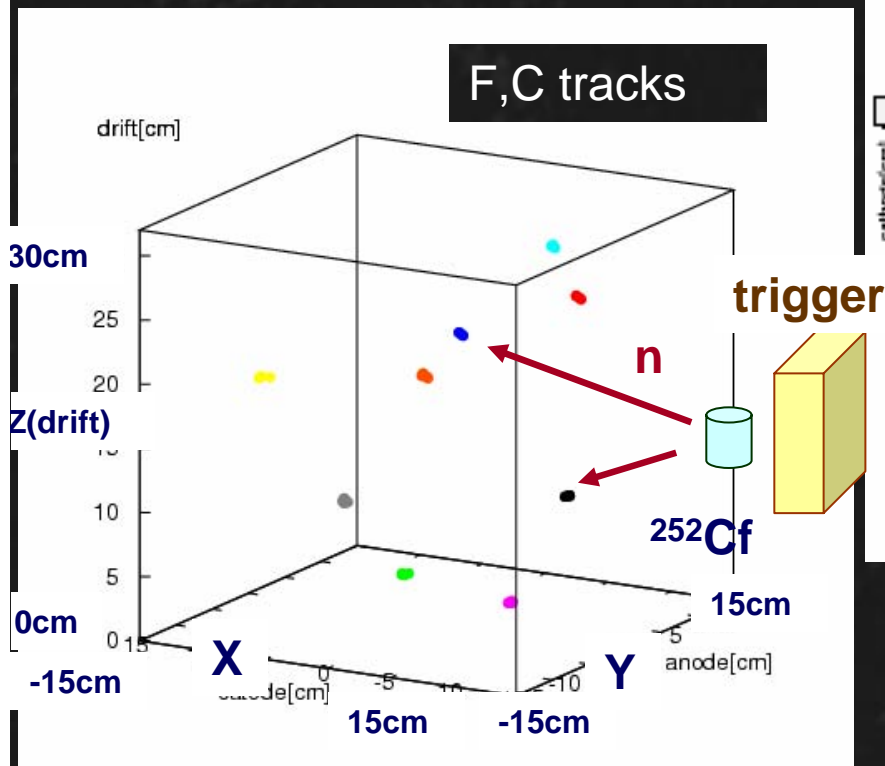


Large area GEM
(scienergy)

NEWAGE

◆ TPCの性能① 飛跡検出

- 400 μ m ピッチ デジタル“HIT” (for 飛跡)
- + summedアナログ (for エネルギー)



Trigger : z=0

● F 500keV 5~6mm
in 0.2atm CF₄

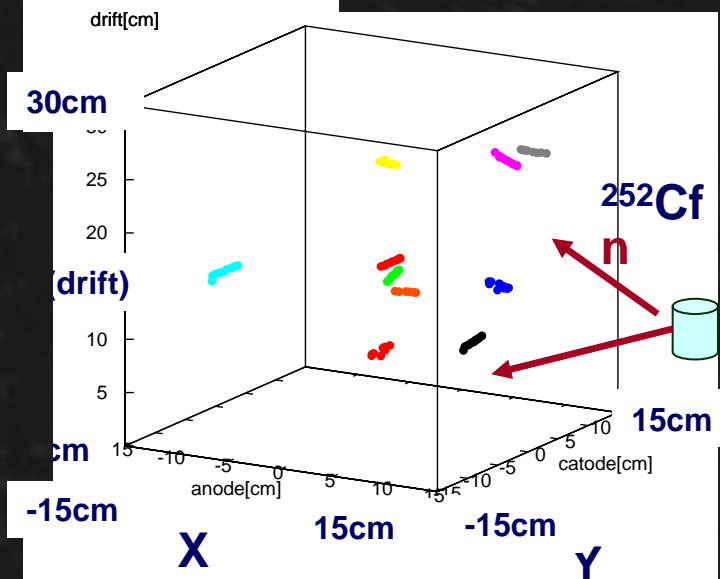
● Fidutial 24 × 21.5 × 31cm³
(CF₄ 8.9g)
フラットなレスポンス



◆ TPCの性能② 方向検出

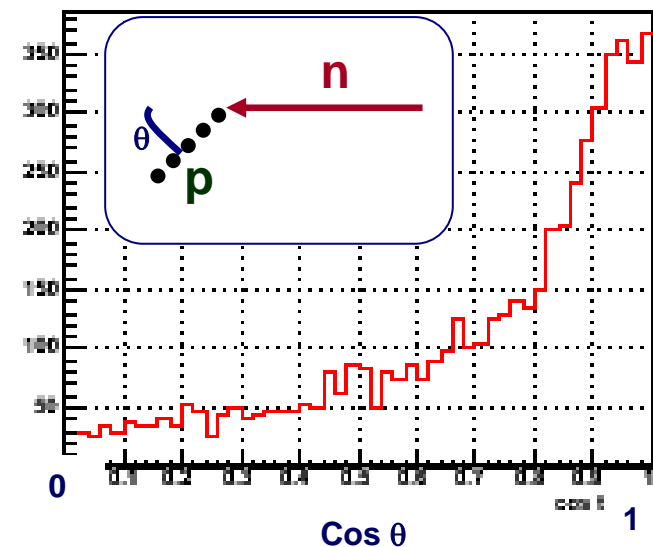
- CF_4 に C_4H_{10} をちょっと混ぜてみる
- 陽子の飛跡はもう少し長くて
 $n \rightarrow p$ の前方散乱がはっきり見える。
(これがWIMP \rightarrow Fでやりたいこと!!)

Proton tracks



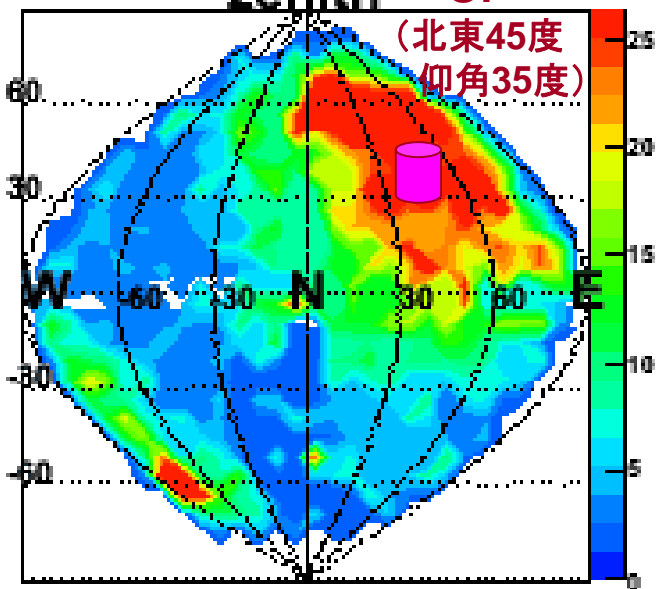
36uPIC_5/20061211/per23

$CF_4 + C_4H_{10}$
252Cf run



zenith ^{252}Cf

(北東45度
仰角35度)



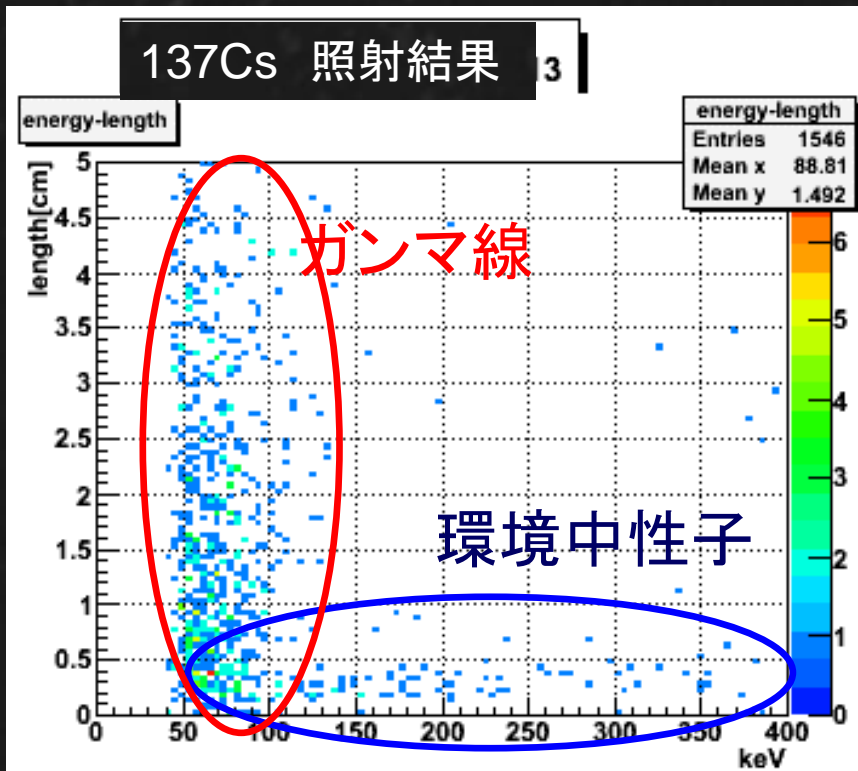
Recoil direction image

Direction Sensitive
WIMP-search
NEWAGE

TPCの性能③

ガンマ線除去力

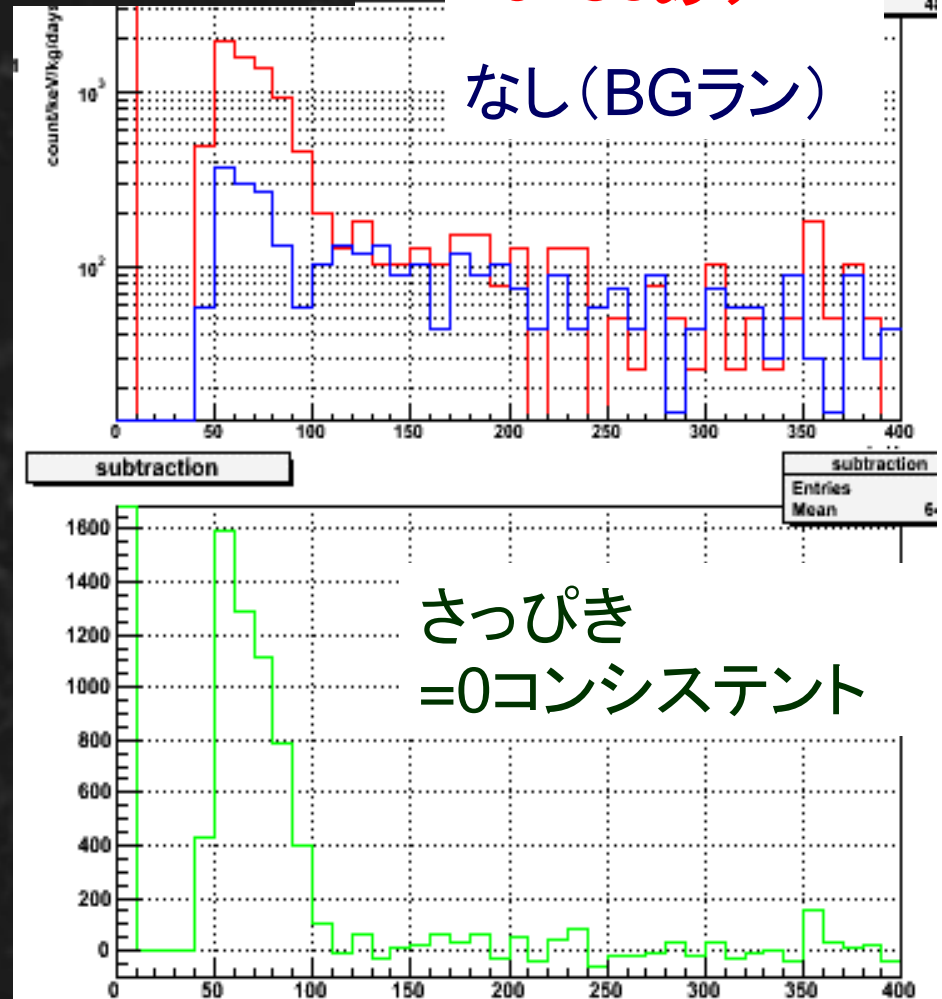
- ^{137}Cs からのガンマ線照射



スペクトル比較

137Csあり

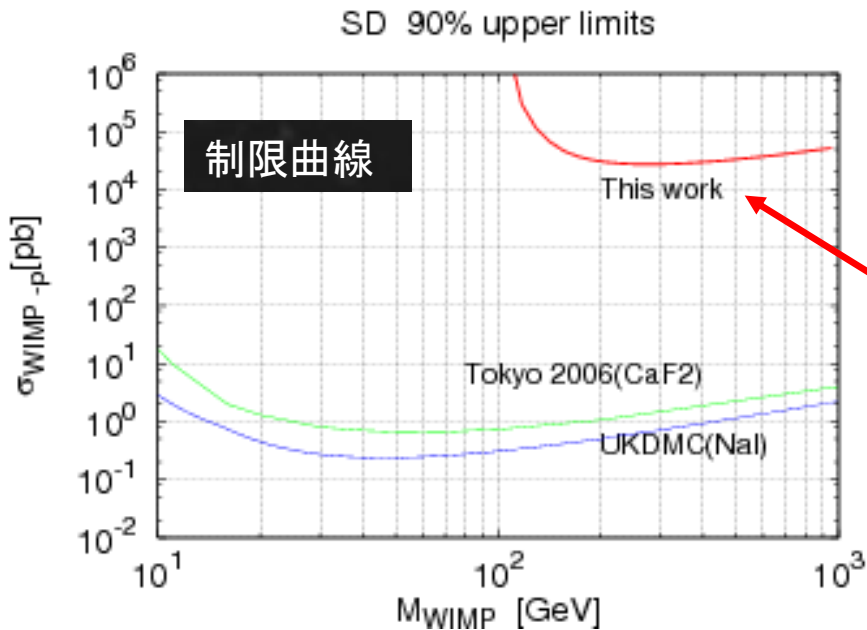
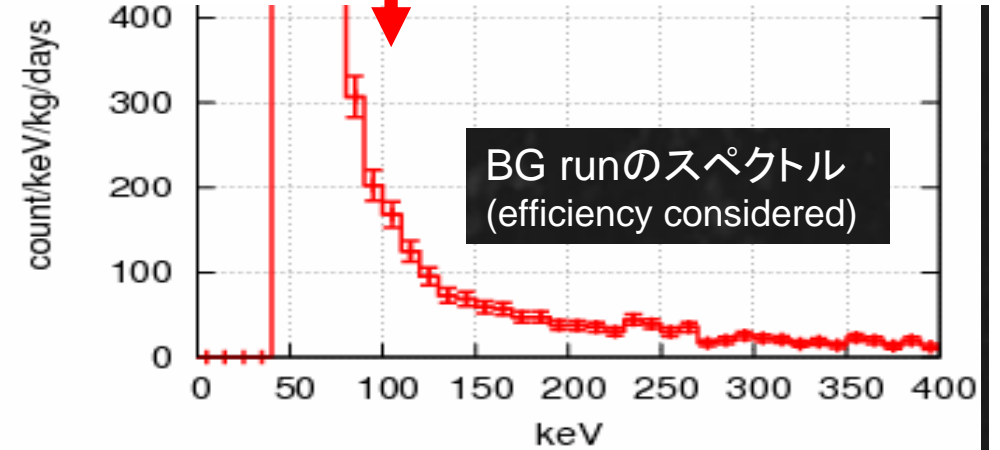
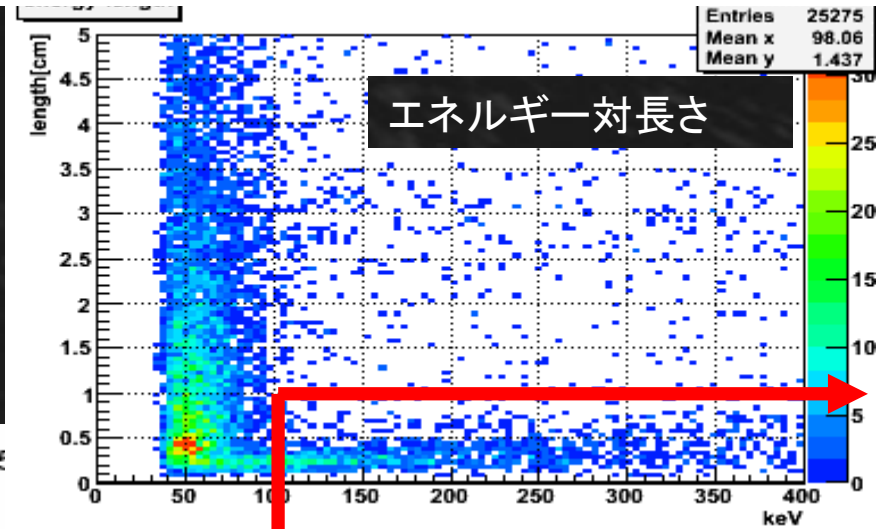
なし(BGラン)



- ガンマ線感度 $< 2e-4$ (統計で制限)

地上DM実験①

- 100keV以下でガンマの立ち上がり
- 100keV以上は中性子



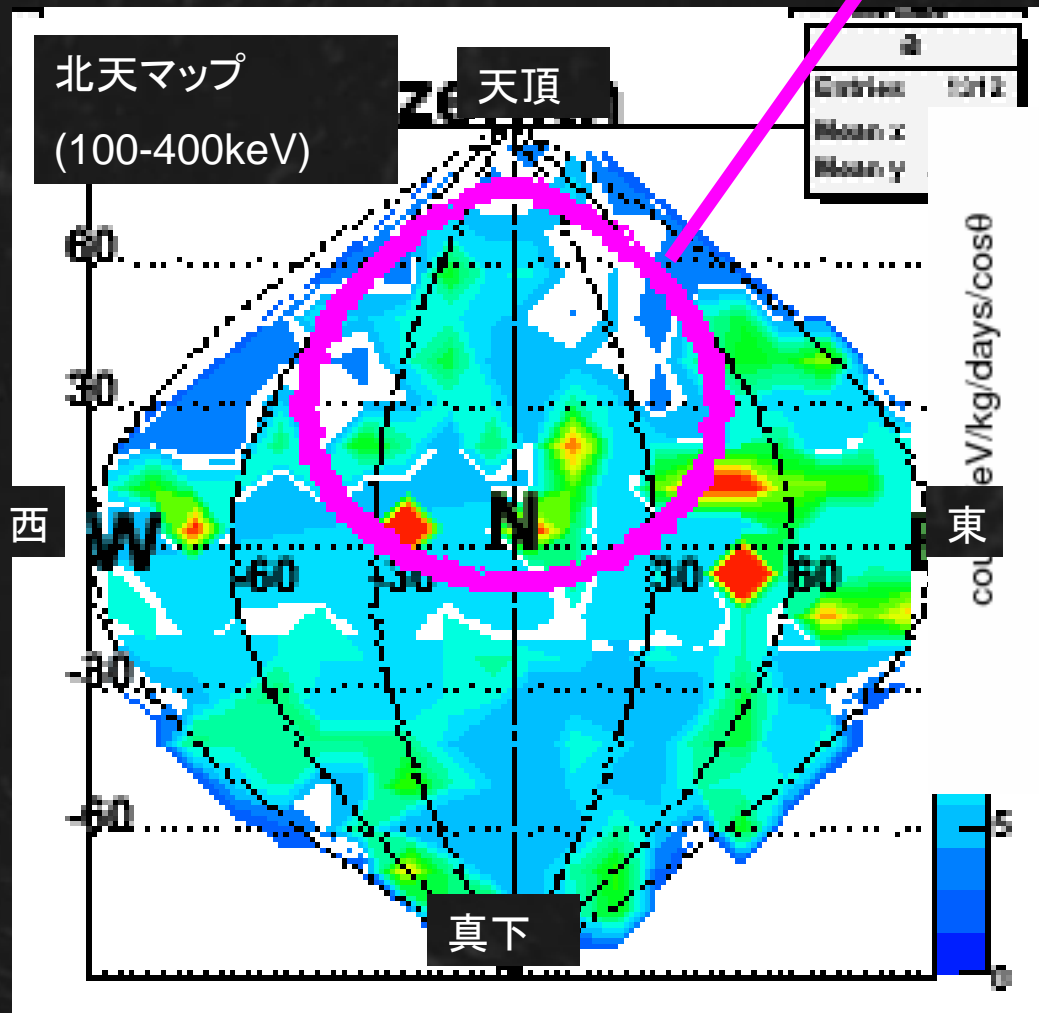
● いばれたもんじゃないけど limitです。
 閾値で1桁
 中性子 BGで3桁

地上実験②

- 方向に感度のある解析

DMの到来方向(1日1周)

- 最終目的の
Cos θ 分布



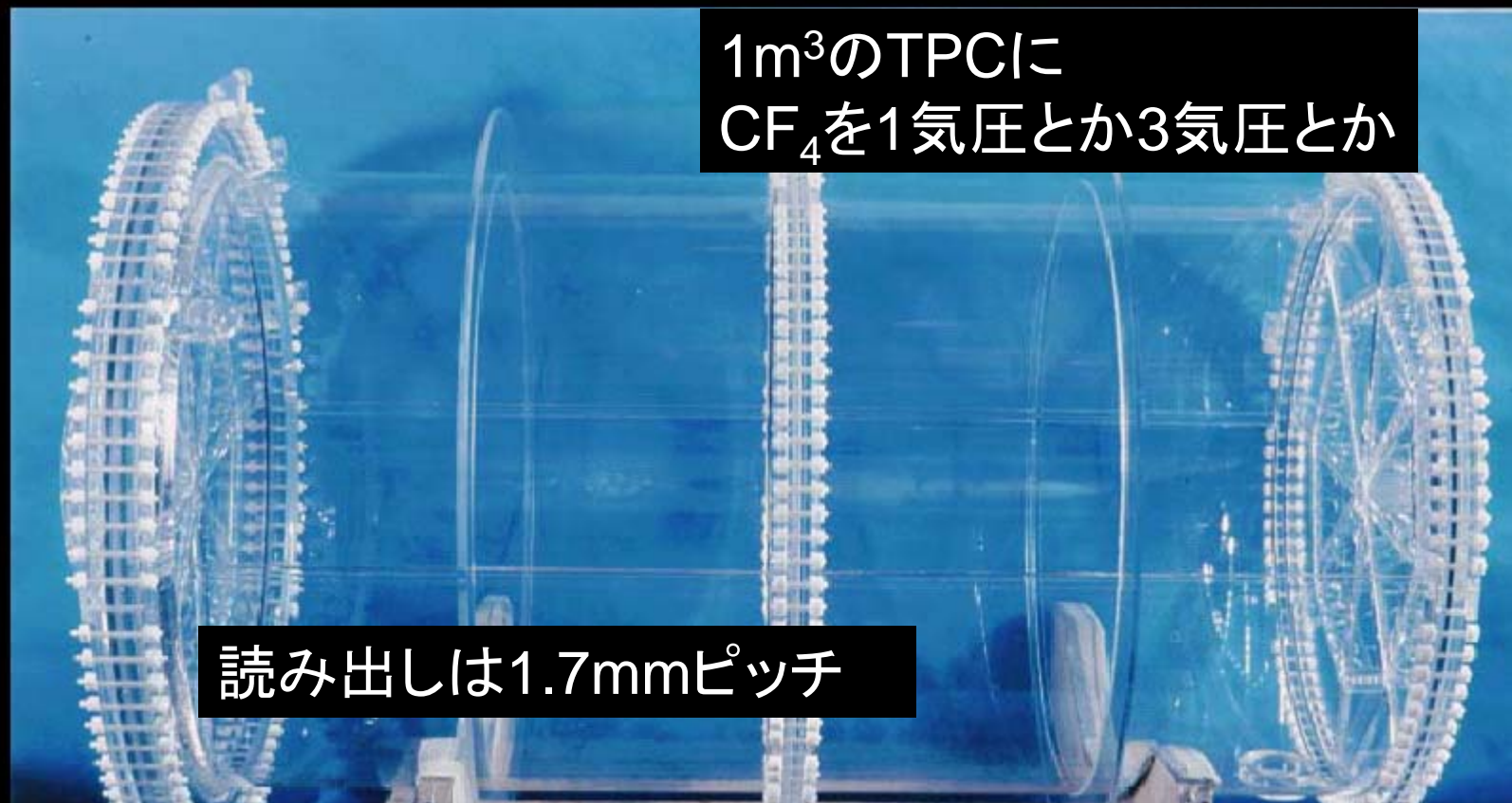
2 ニュートリノ磁気能率測定実験

$\mu\nu\mu$ ($\mu\nu$ by μ -TPC)

ニュートリノの質量や
majorana / Diracにつながる?

◀ MUNU実験を参考に

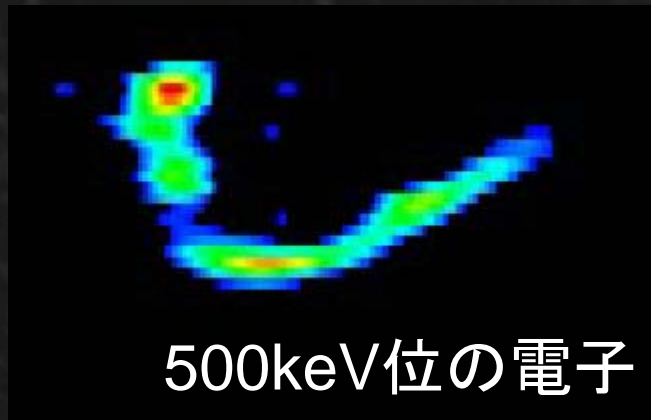
(PLB615(2005)153 及びneutrino2006 より)



1m³のTPCに
CF₄を1気圧とか3気圧とか

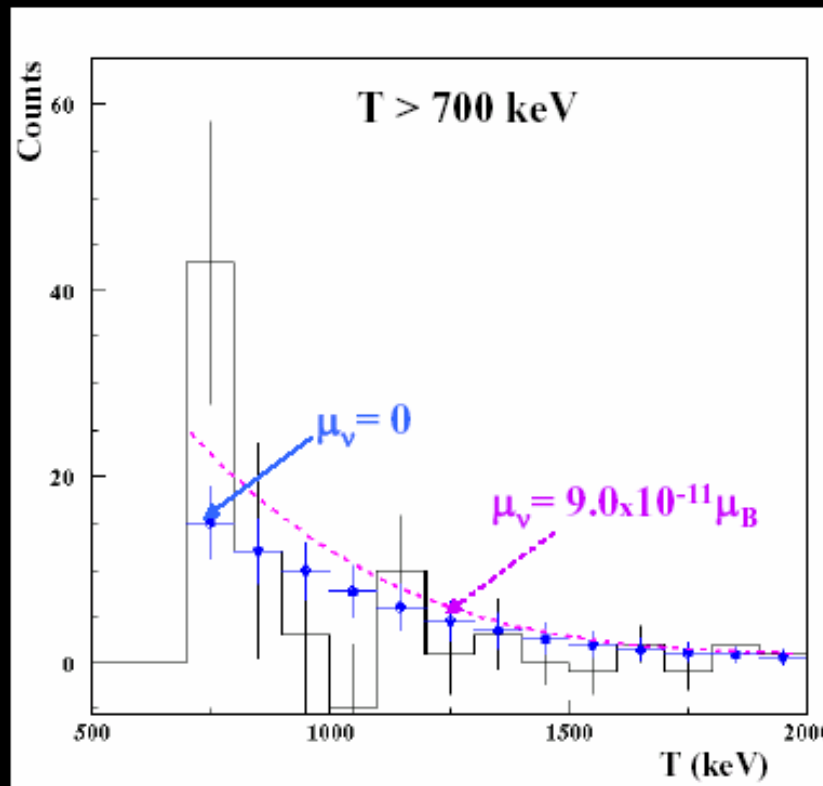
読み出しは1.7mmピッチ

- ◆ 原子炉 (フランス BUGEY)2800MWth
- ◆ 炉から18m 地下20m
- ◆ $10^{13}\nu/s/cm^2$
- ◆ エネルギーは8MeVまでの連続スペクトル
- ◆ $\bar{\nu}_e$ eの弾性散乱を見る:
 - 電子の飛跡を捉える(2MeV以下)
 - 磁気モーメントがあると、weak interactionに電磁の補正項が足される。: レートを計算値と比較。



- 前方散乱レートから後方散乱レートを差っ引いてリミットつける。(かなーりやばいことやってる。)

Energy distribution of the forward – NB electrons
66.6 d reactor-on



$T_e > 700 \text{ keV}$

measured : $1.05 \pm 0.36 \text{ cpd}$
 expected $\mu_\nu = 0$: $1.0 \pm 0.1 \text{ cpd}$

$\mu_\nu < 9.0 \times 10^{-11} \mu_B$ (90%CL)
 PLB 615 (2005) 153

70 events for 66.6 days
 $1.05 \pm 0.36 \text{ cpd}$

SMでは $10^{-20} \mu_B$ くらい

◆ そんなにマジではないけど、、、

◆ ピッチの細かさで × 2

◆ 刈谷はBURGEYの × 2

◆ 容積3m³ くらい作って × 3

で1桁統計upかなあ。

もっといいソースないかなあ。

まとめ

- ◆ 30cm角マイクロTPC完成・地下実験開始します
- ◆ DMラン、中性子ラン、検出器のBGおとしなどから大質量に。
- ◆ $\mu \nu \mu$ っつのも