



マイクロTPC (荷電粒子三次元微細飛跡検出器) の開発

Miuchi et al. proceedings of VCI2004

2004年3月27日

日本物理学会 第59回年次大会(九州大学箱崎キャンパス)

- 1 マイクロTPC
- 2 加圧ガスでの試験
- 3 応用
- 4 まとめ

身内賢太郎

谷森達, 窪秀利, 竹田敦, 永吉勉,
折戸玲子, 植野優, 高田淳史, 岡田葉子(以上京大理),
Oleg Bouianov (MIT), Marina Bouianov(Helsinki University of Technology)

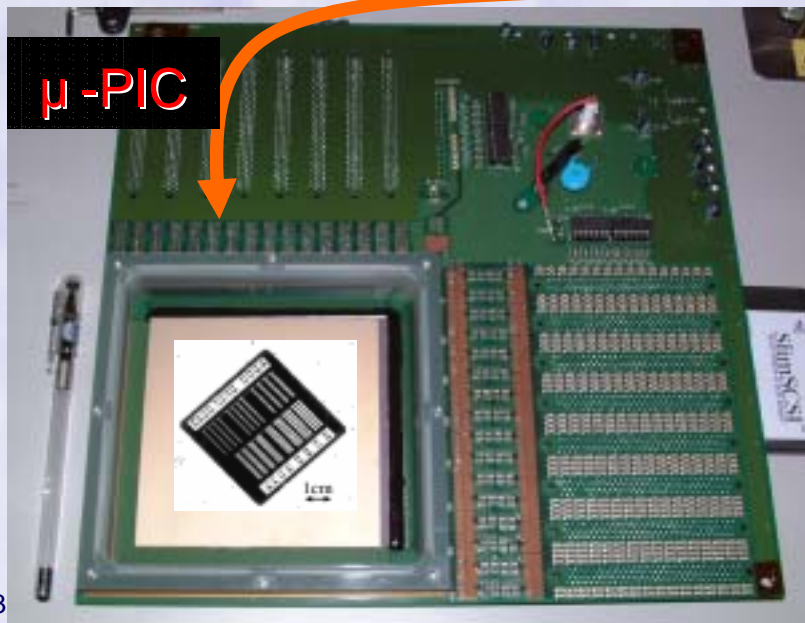
1、マイクロTPC

◆ 電子霧箱

- 荷電粒子の飛跡をサブmmの位置分解能で
- MIPまで捉えたい(アプリケーションに拠る)

ガス利得 > 10000での安定動作が必要

◆ μ -PIC (10 × 10cm²) + ドリフトケージ(8cm)

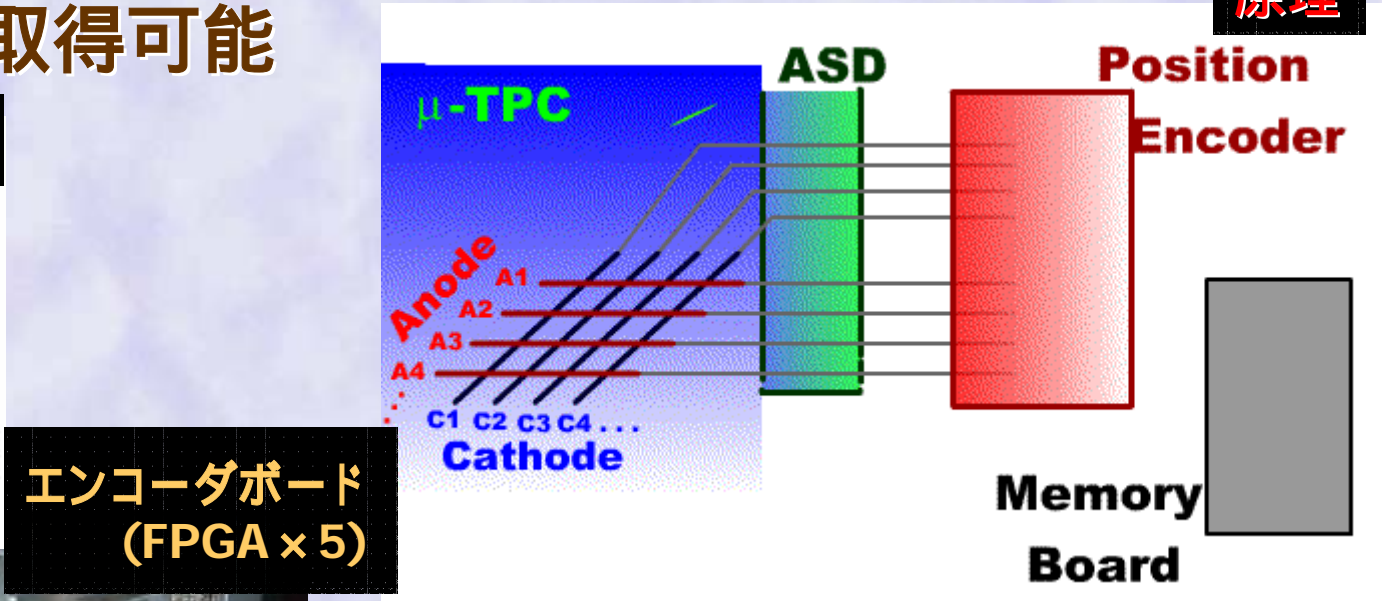
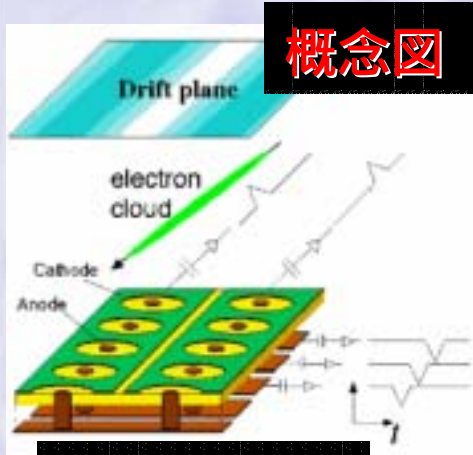


ドリフトケージ

◆ マイクロTPC

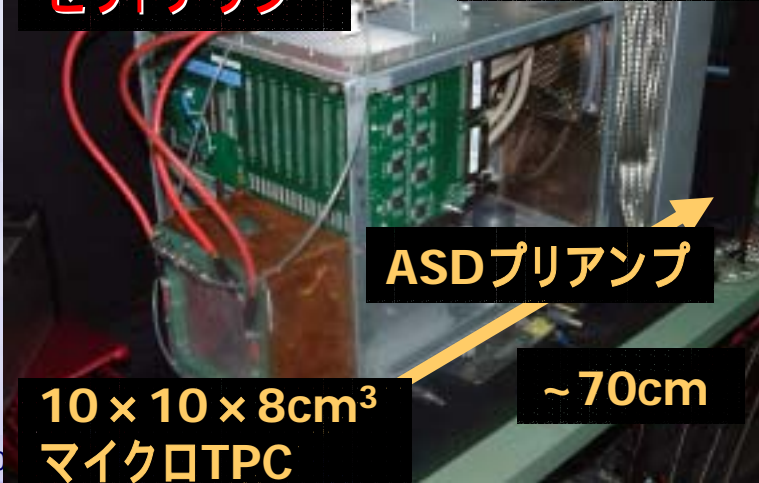
- 65536ピクセルをストリップ読み出し
512チャンネル 小型・高速なシステム
- 1飛跡は取得可能

原理



エンコーダボード
(FPGA × 5)

セットアップ



- デジタル処理 (LVDSレベル)
- パイプライン処理 (20MHz)
- X, Y, t, ID (32bit/event)
- 32チャンネルsumアナログ信号 (100MHzFADC)

◆ 最近の改良

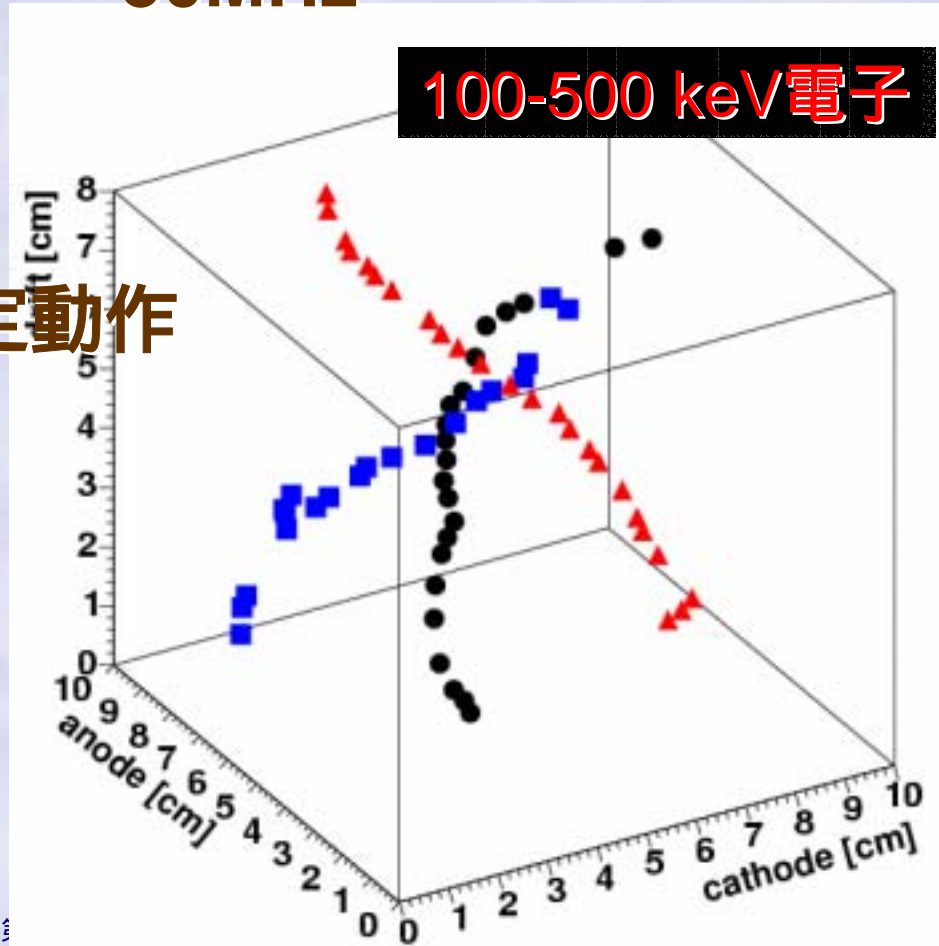
- 電極構造 ガスゲイン×3
- アンプの改良 S/N ×2
- DAQクロック 20MHz → 50MHz

◆ 性能

- Ar-C₂H₆ガスフロー
- ガスゲイン6000で安定動作
- 電子の詳細な飛跡
(多重散乱が見える)
- MIPはまだ“歯抜け”

◆ MIPを見るために

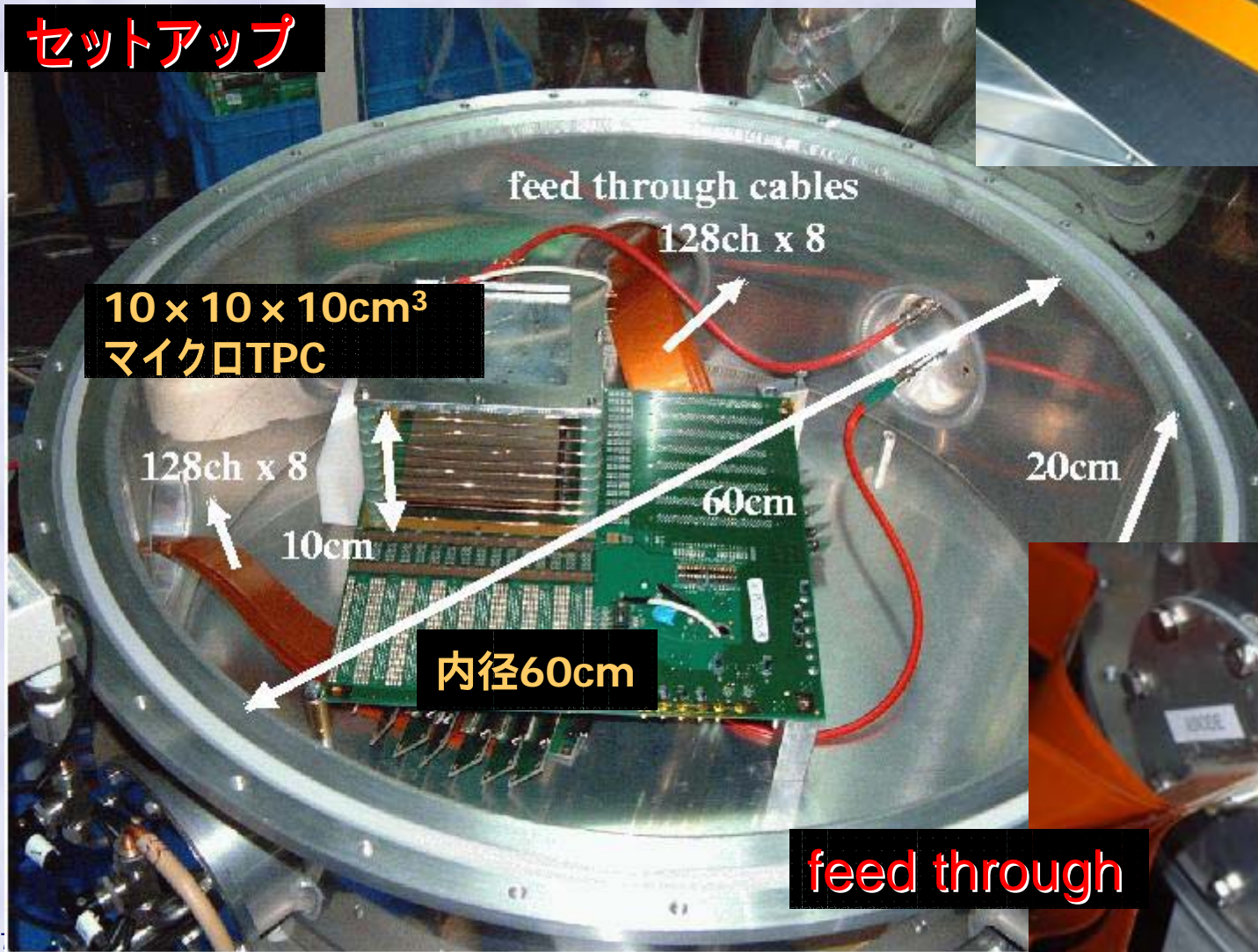
- ガス圧を上げる



2.加圧ガスでの試験

耐圧容器 (0~2atm)

セットアップ



128ch flexible cable



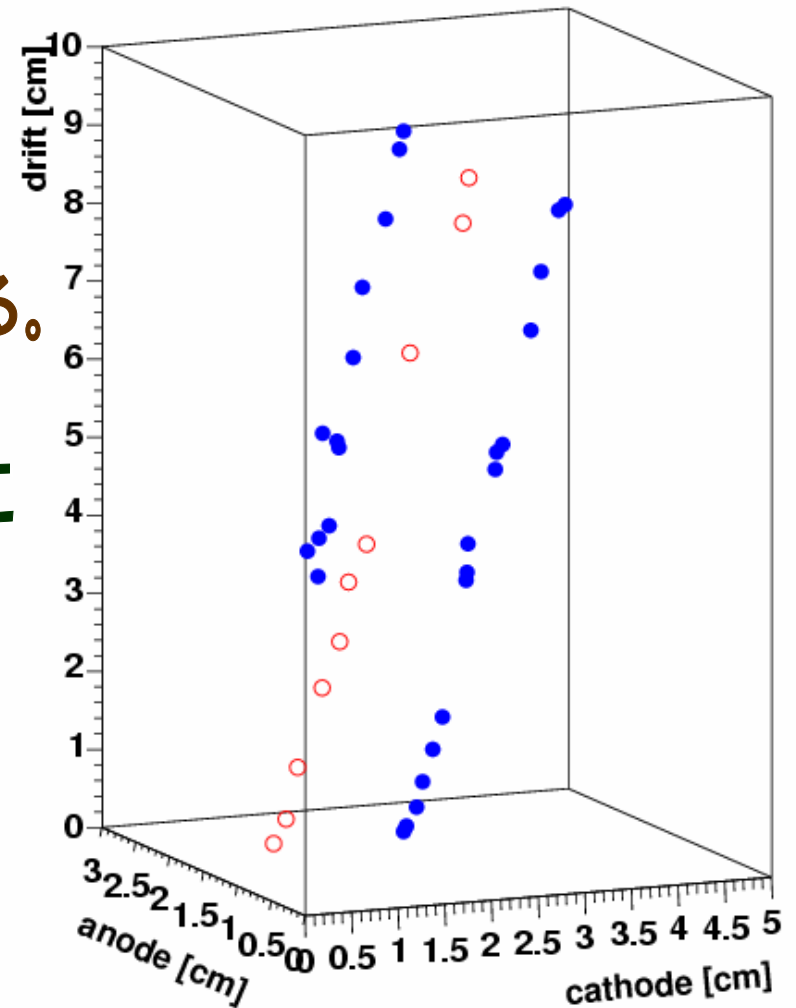
宇宙線 μ の飛跡

- Ar + C₂H₆ 2気圧で測定
- gain ~10000
- 飛跡検出
- gain \times 2程度で詳細な飛跡が期待される。

更に密な飛跡を得る為に

- 一様な電極構造:
動作ゲインを $\times 2$
or
- Xeガス:
 $dE/dx \times 3$

μ の飛跡



3. 応用~table top applications~

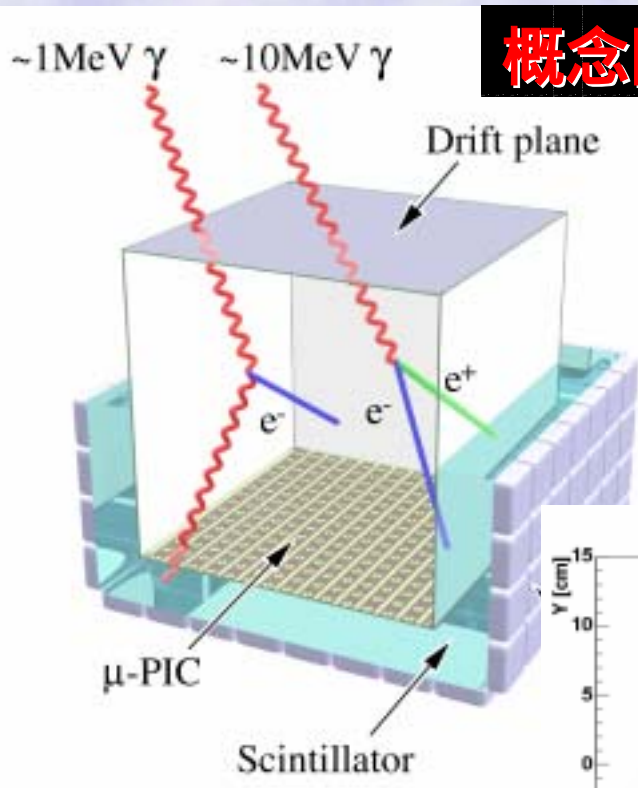
◆ ガンマ線カメラ

高田淳史 28aZK-1

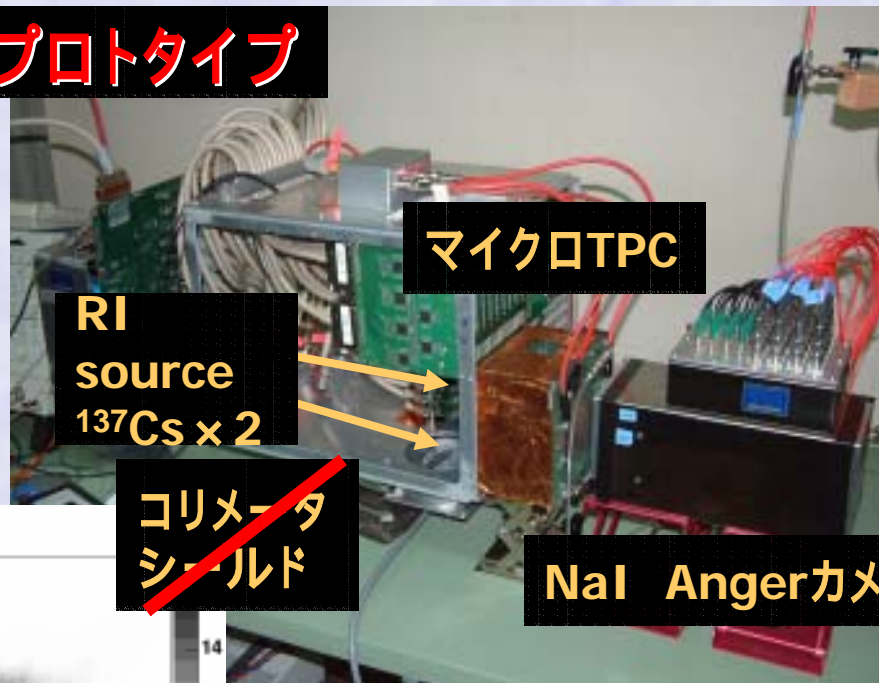
Tanimori et al. New Astronomy Rev. 48 (2004) 263

● マイクロTPC + シンチレータ

概念図



プロトタイプ



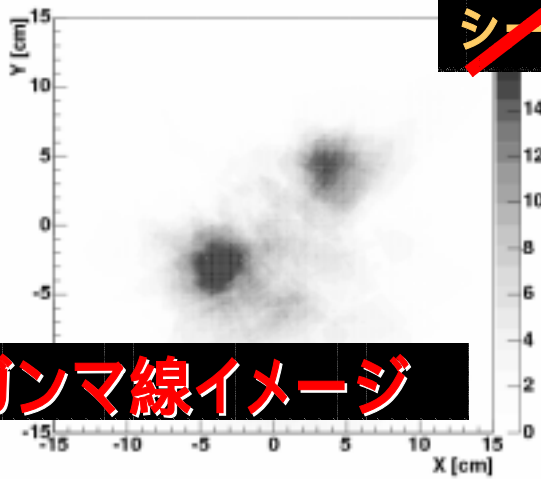
RI source
 $^{137}\text{Cs} \times 2$

マイクロTPC

~~コリメータ
シールド~~

NaI Angerカメラ

得られたガンマ線イメージ



概念実証。

宇宙利用とともに、医療への応用も検討開始。→ POST-PET(?)

◆ 時分割中性子検出器

● $n + {}^3\text{He}$ $p + t$ Tanimori et al. proceedings of PSND2004

● p, t両方の飛跡を取る

● ブラッグカーブで粒子識別

● 1~2気圧で動作：簡単な装置

◆ 原理実証試験

● $\text{Ar} + \text{CF}_4(20\%) + {}^3\text{He}(2\%)$

● 1.1atm

● ${}^{252}\text{Cf}$



セットアップ

${}^{252}\text{Cf}$

YAPシンチレータ
(即発ガンマ線でトリガー)

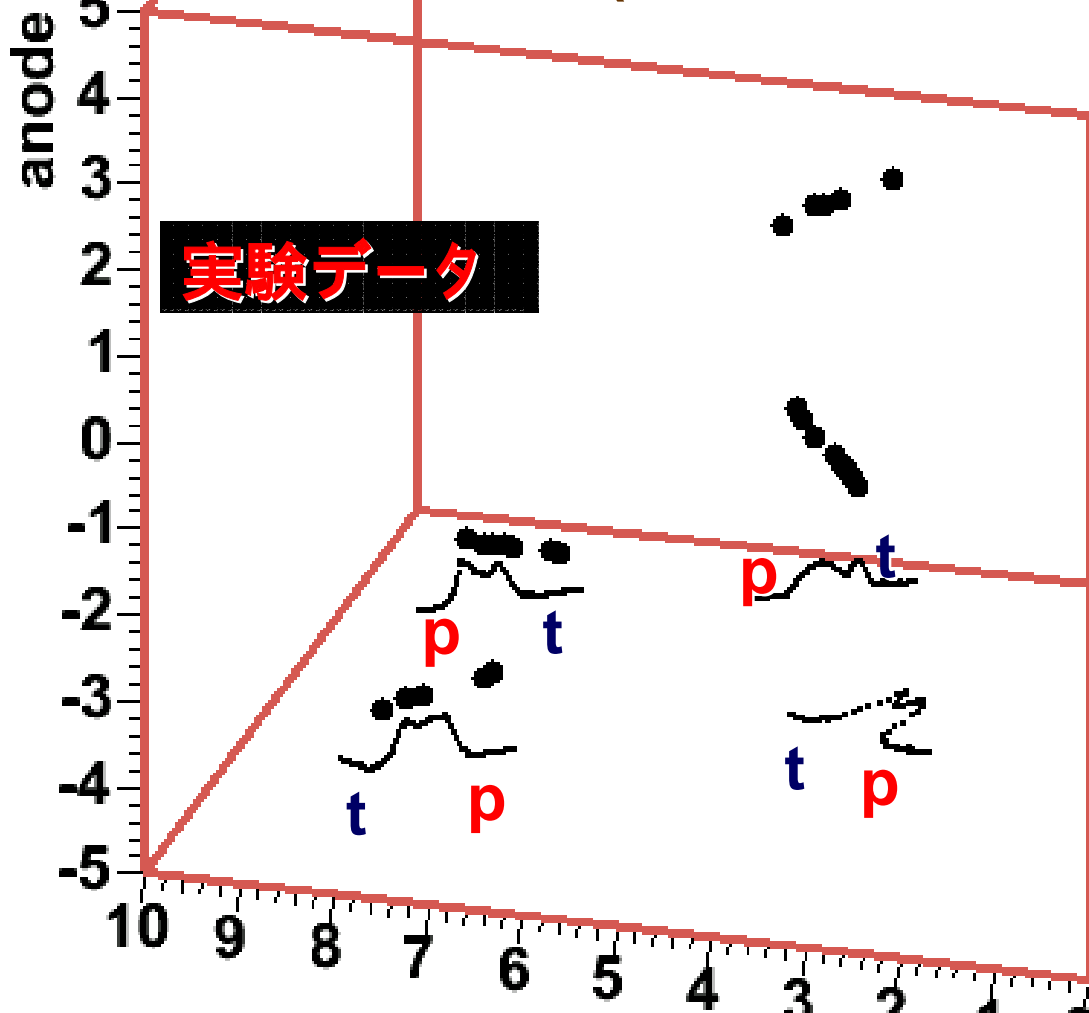
マイクロTPC

ASDプリアンプ

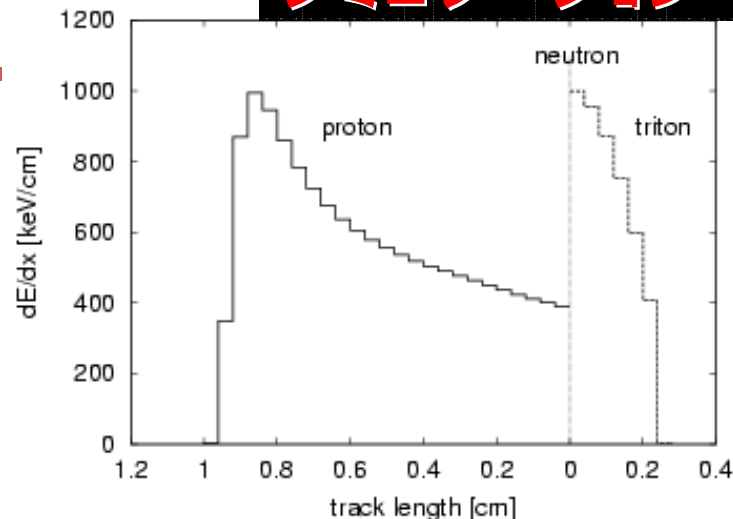
エンコーダ

結果

- 三次元飛跡 (デジタル信号)
- +
● ブラッグカーブ (アナログ和をFADC読み)



シミュレーション



概念実証。

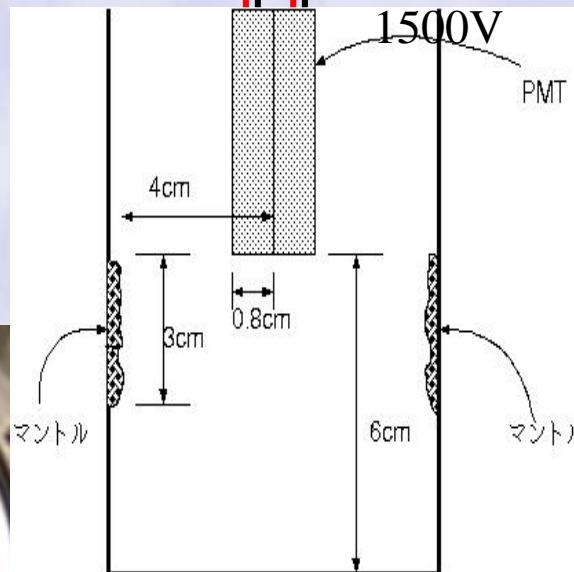
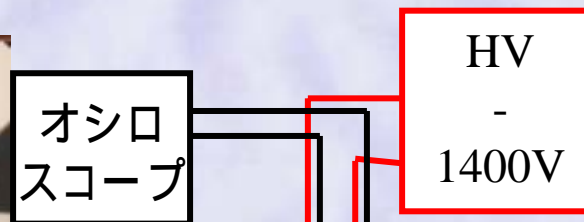
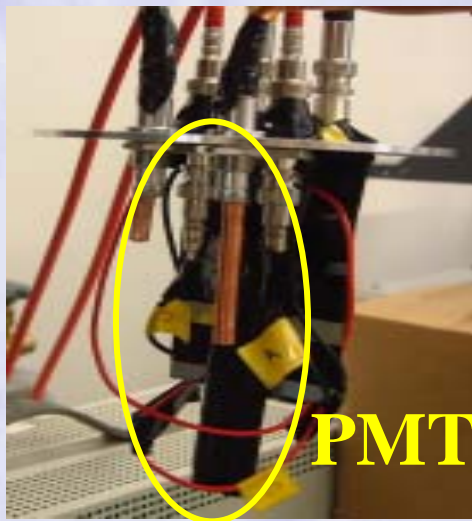
シンチレーション光を用いた“セルフトリガー”の研究を開始

◆ シンチレーション光によるセルフトリガー

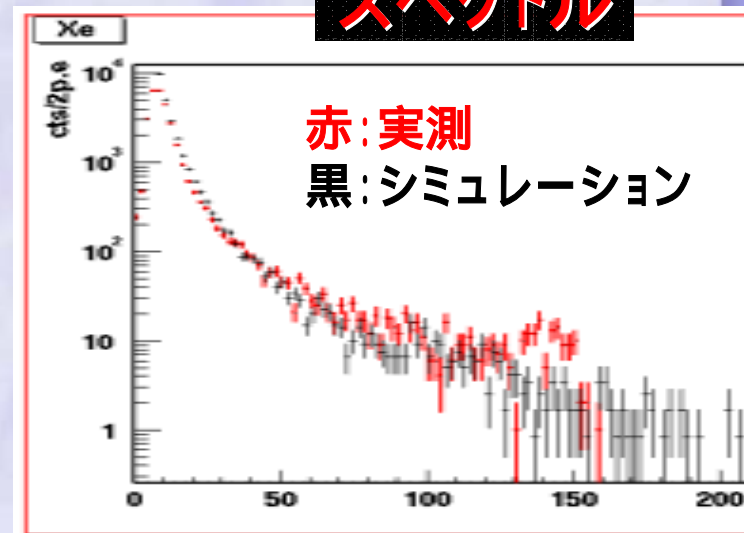
- Kr、Xeガス+ 8mm径PMT

H15年度卒業研究

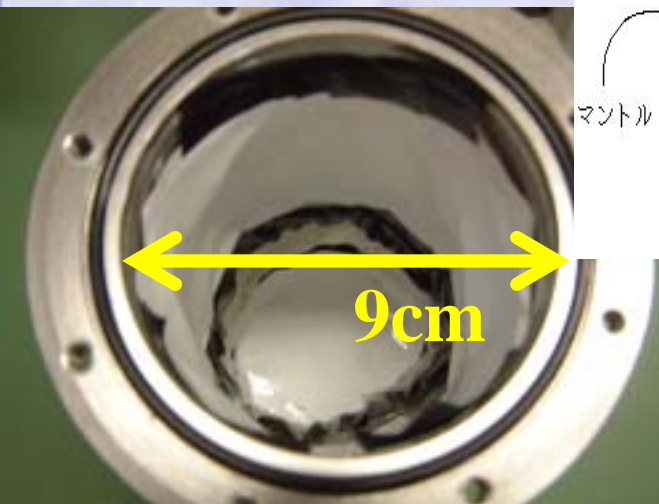
(穴田貴康 西村広展 湯浅翠)



スペクトル



赤: 実測
黒: シミュレーション

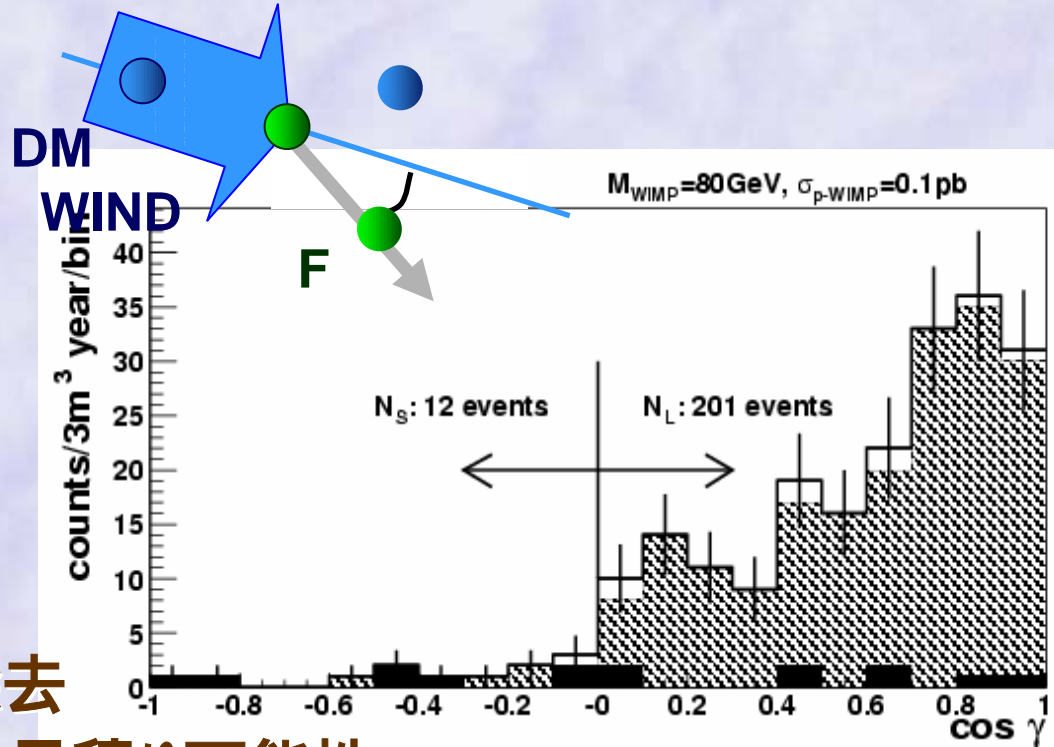
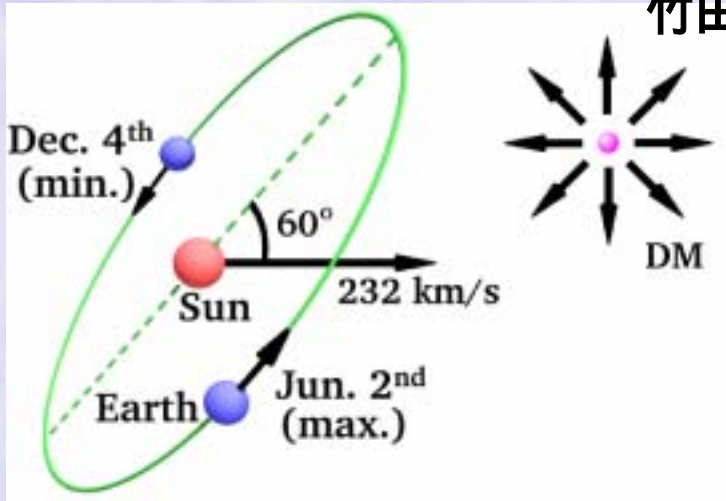


10%程度覆えばトリガー可能

◆ 暗黒物質探索実験へ

● 地球に吹き付ける「DMの風」の観測

竹田敦 28aZA-4, Tanimori et al. PLB 578 (2004) 241



- 反跳原子核は前方に走る
- dE/dx などでのガンマ線除去
- 新手法による中性子BGの見積り可能性
(中性子ターゲット(C^* , H^* や 3He)を混ぜて同じシステムティックで)

感度の見積もりを行った。

基礎試験を開始。

まとめ

- ◆ μ -PICを基にしたマイクロTPC
- ◆ 1気圧で電子の詳細な飛跡
- ◆ 2気圧でMIPの大まかな飛跡
- ◆ 各種応用

- ガンマ線カメラ
 - 中性子検出器
 - 暗黒物質
- } 原理実証。定量評価へ
- 基礎試験を開始