

2013超低バックグラウンド素粒子原子核研究懇談会

2013/4/23-24 於富山商工会議所

MTD

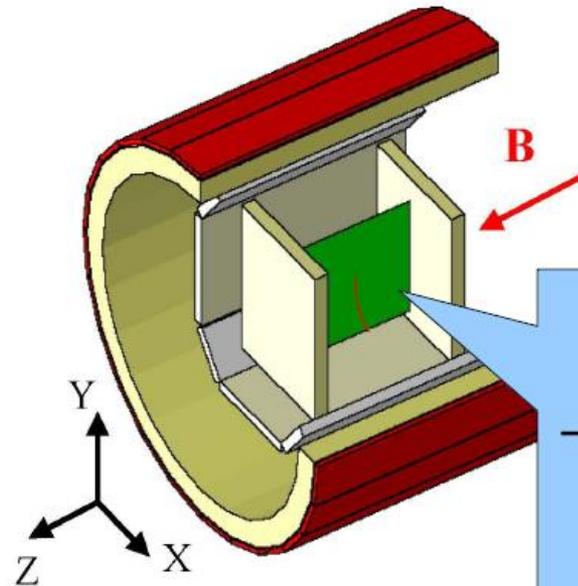
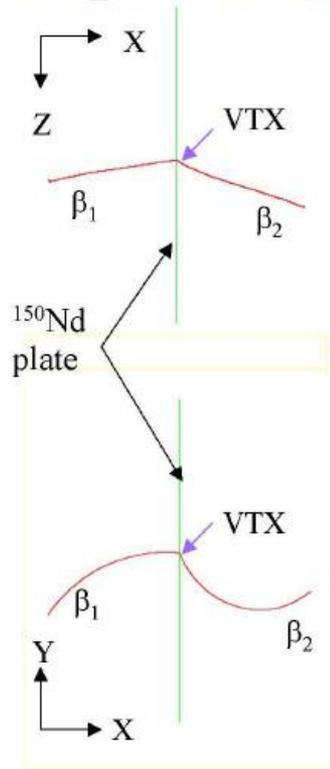
DCBA collaboration

岩瀬広 KEK

(1) 計画の現状

DCBA実験の原理

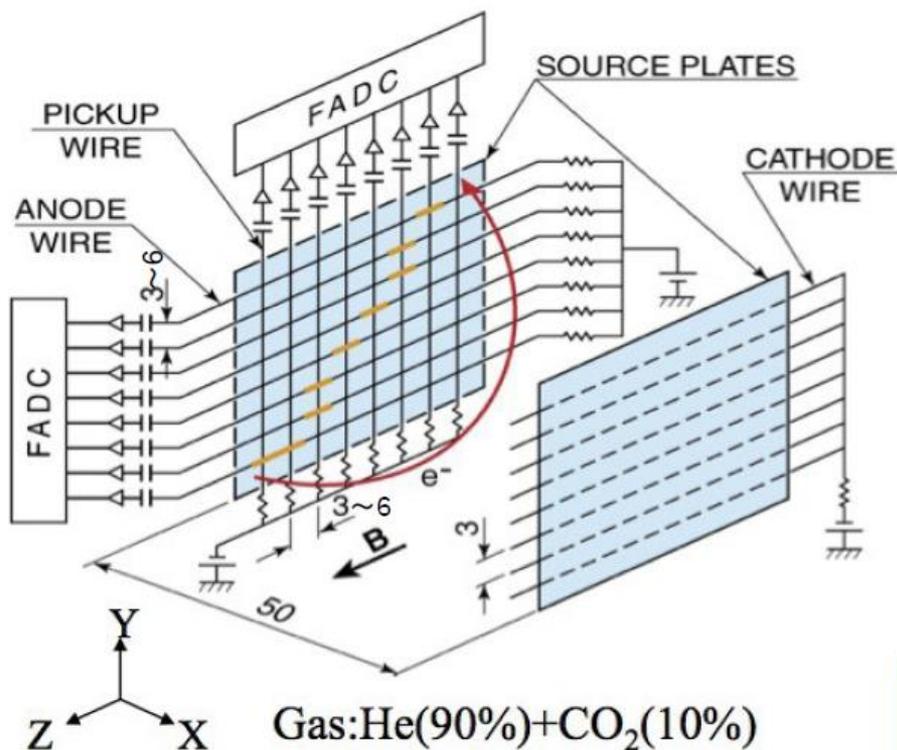
- 線源板をトラッキング領域中央部に設ける。
線源板: ^{100}Mo (将来的には ^{150}Nd)
- 2重ベータ崩壊により放出される2つの電子は、トラッキング領域内でらせん軌道を描く。
- 2つの電子の運動量を再構成し、エネルギーを計算する。



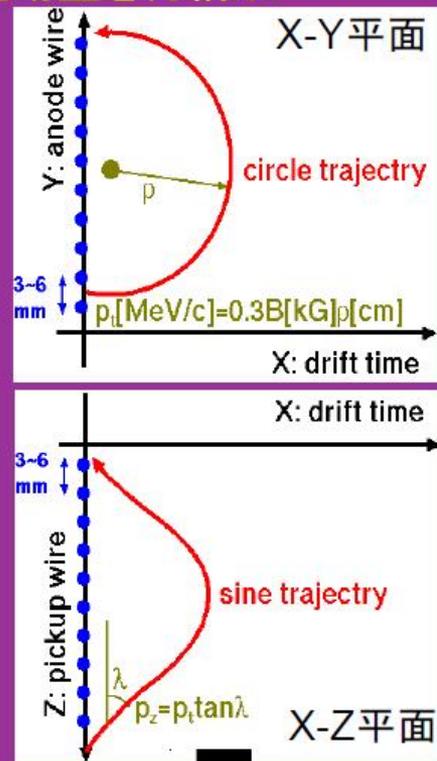
線源板を磁場に対して
平行に設置
→ 放出される電子が磁場に対して
大きな角度を持ち、
らせん軌道を描きやすい。

DCBA実験の再構成手法

以下の情報からヒット位置を再構成
 X: ドリフト時間
 Y: アノードワイヤーのヒット位置
 Z: ピックアップワイヤーのヒット位置



運動量を再構成

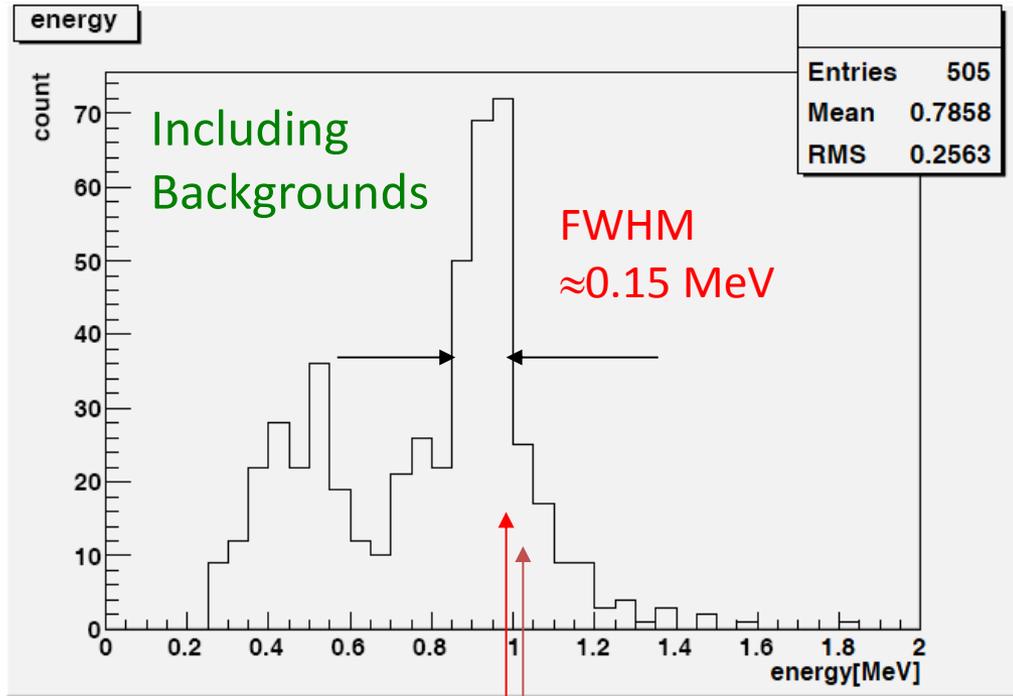


運動エネルギー(T)を計算

$$\begin{aligned}
 T &= \sqrt{p_t^2 + p_z^2 + m_e^2} - m_e \\
 &= \sqrt{(0.3B\rho)^2 (1 + \tan^2 \lambda) + m_e^2} - m_e \\
 &= \sqrt{(0.3B\rho)^2 / \cos^2 \lambda + m_e^2} - m_e
 \end{aligned}$$

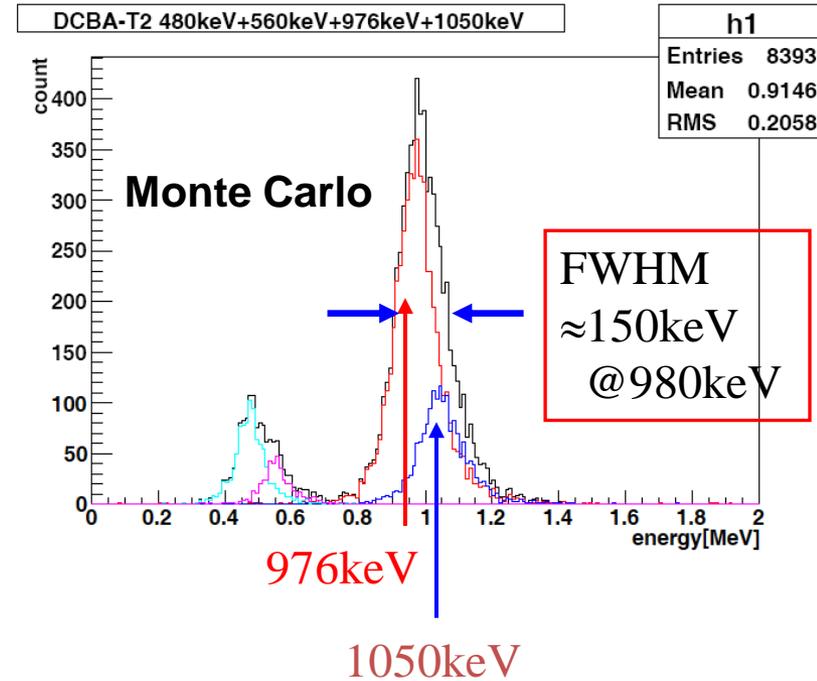
Energy resolution of DCBA-T2

Energy spectra of internal conversion electrons from ^{207}Bi



0.98 1.05
(7 : 2.4)

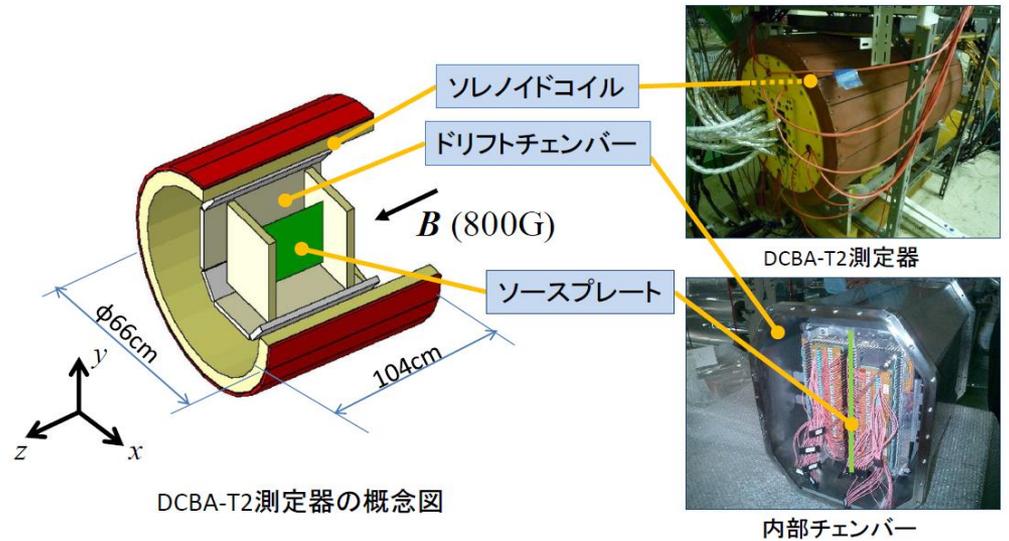
Expected $\Delta E/E$ at $Q = 6.3\%$ (FWHM) for ^{150}Nd



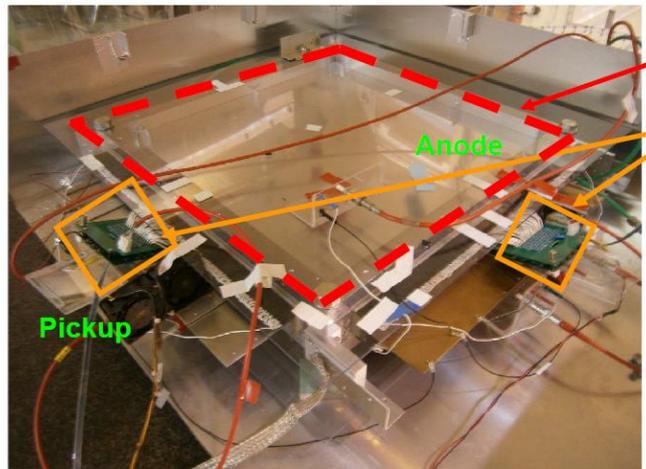
Chamber conditions
He(90%)+CO₂(10%) 1atm
B=0.8 kG
Wire pitch=6 mm

研究の現状

- 2005 ~ 2007 DCBA
- 2007 ~ 2011 DCBA-T2
- 2011 ~ 現在 DCBA-T2.5 測定中
- 2012 ~ 現在 DCBA-T3 開発中



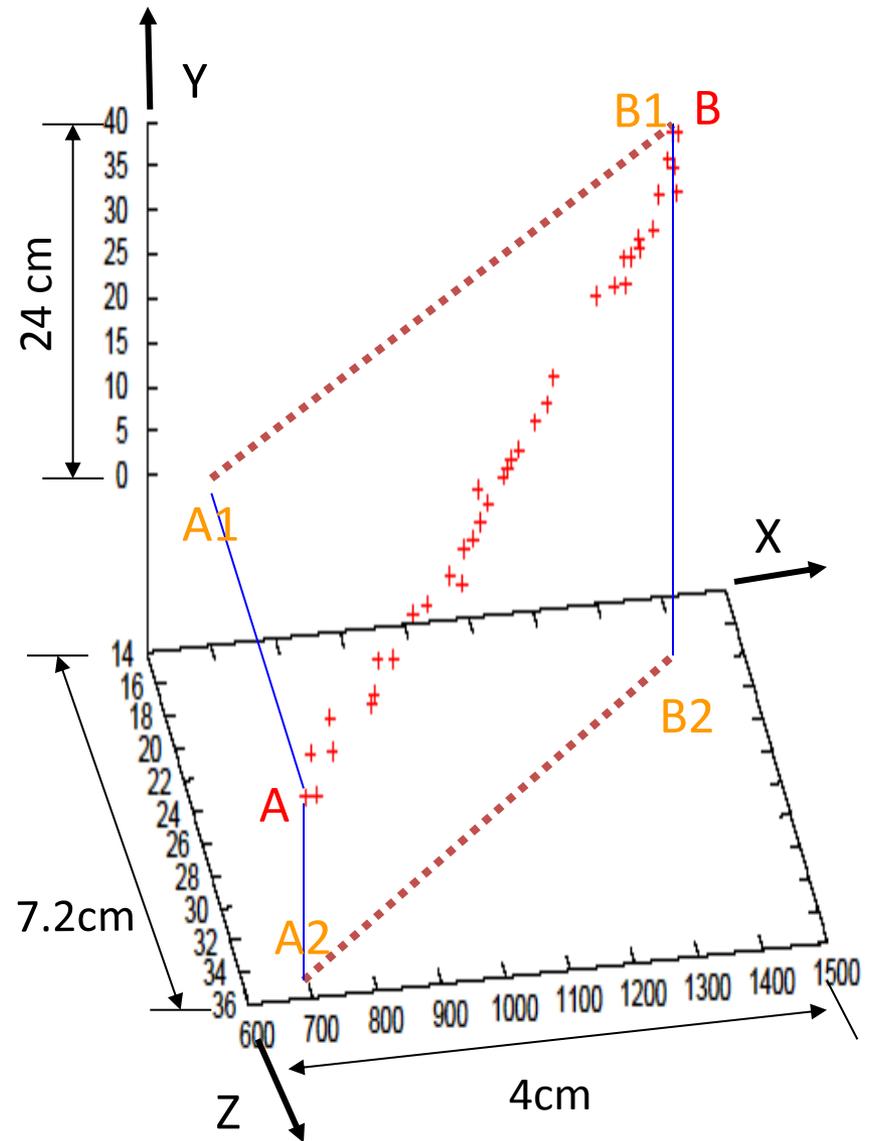
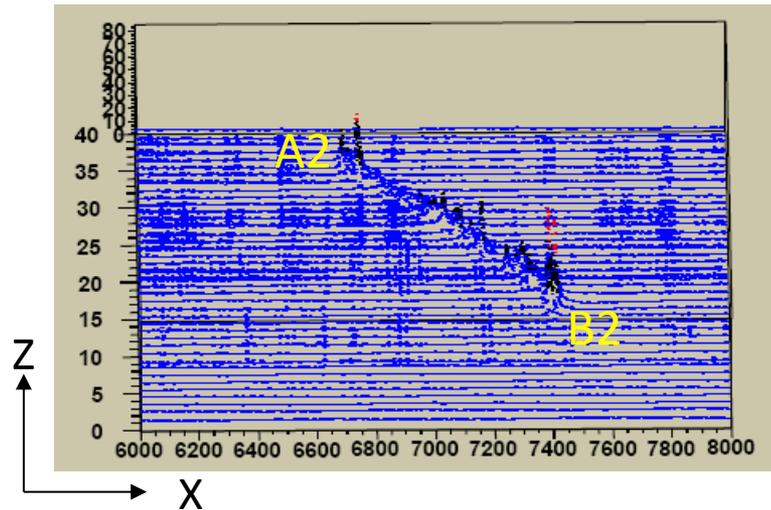
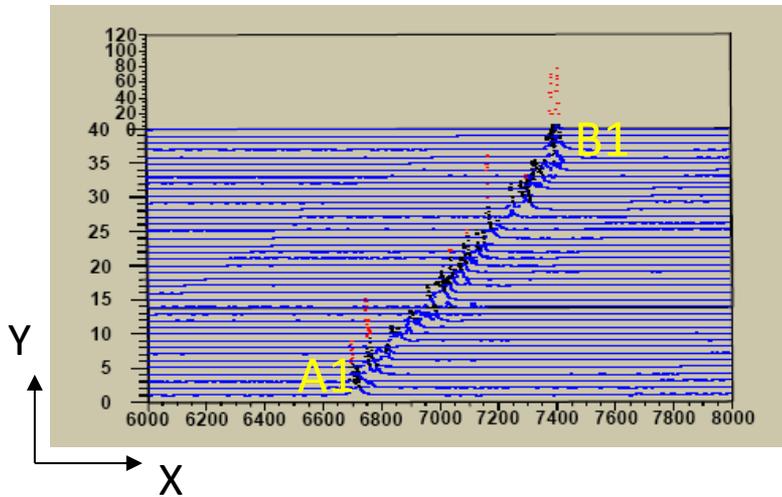
開発中のDCBA-T3用ワイヤーチェンバー



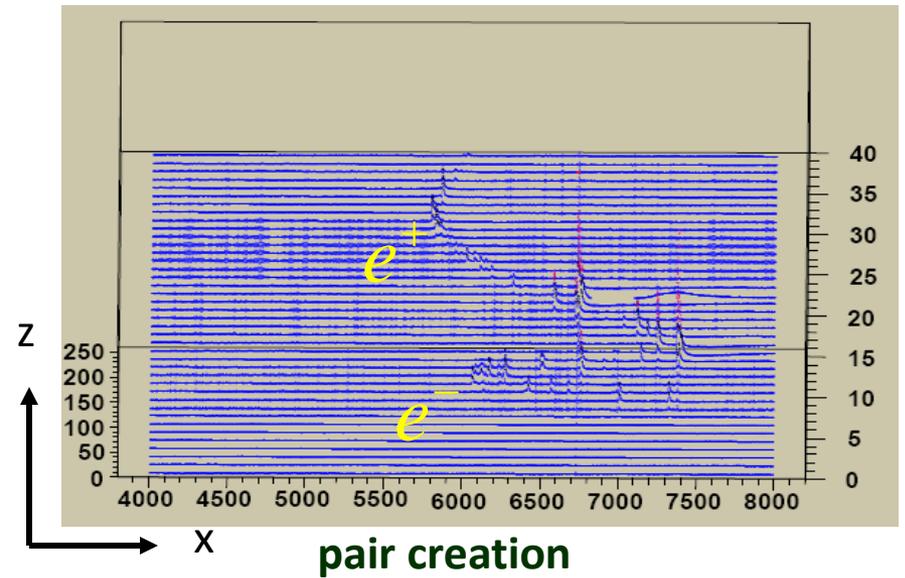
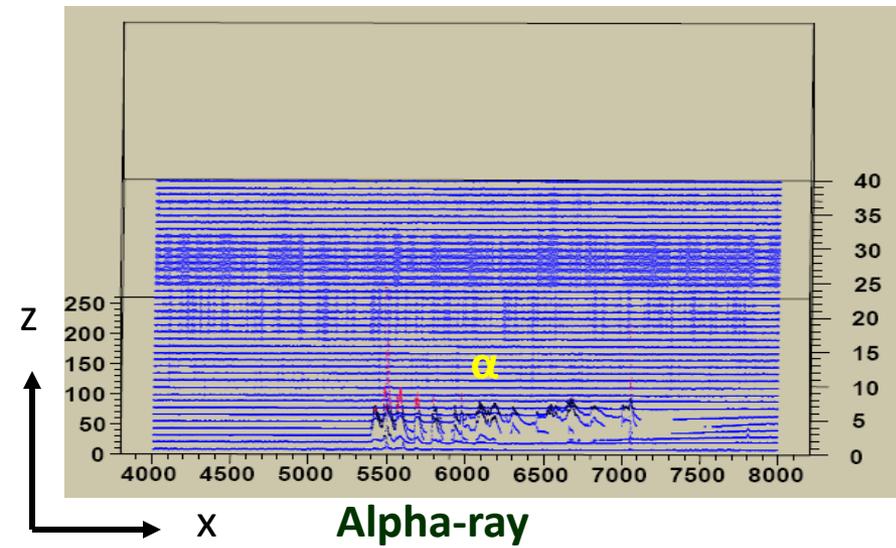
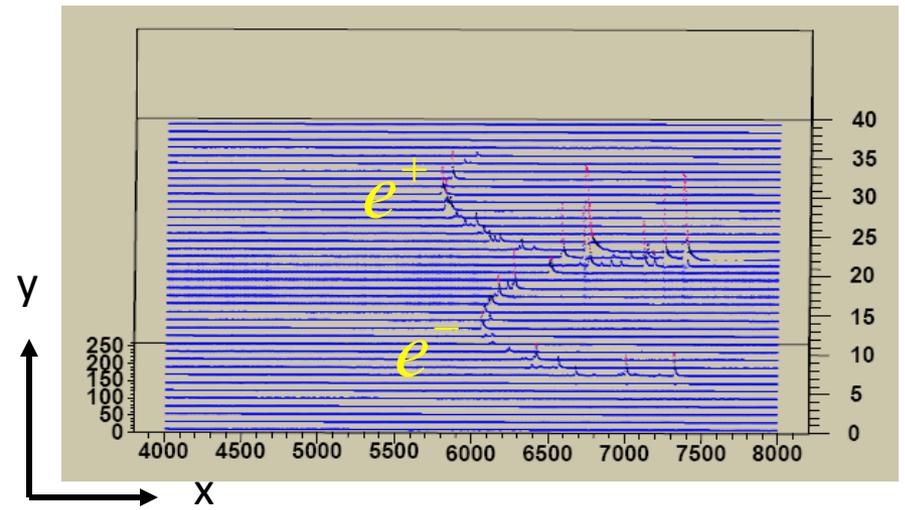
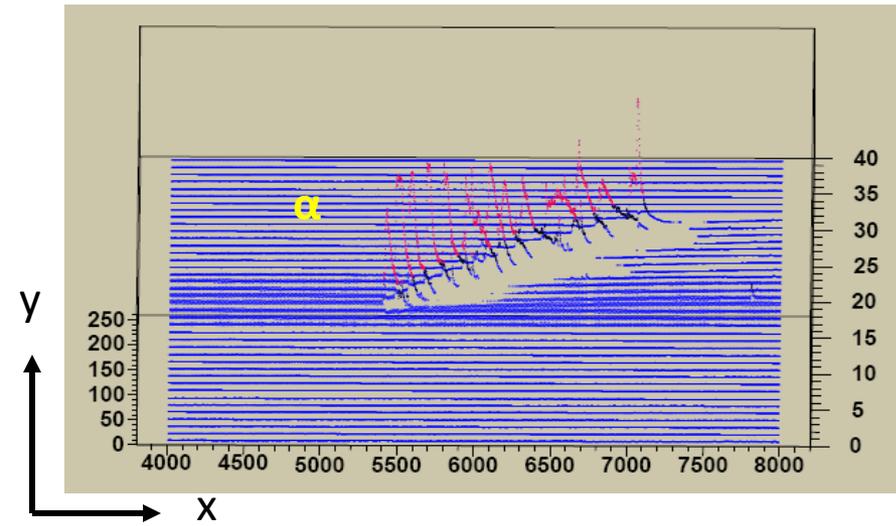
DCBA-T3超伝導マグネット



Straight track of a cosmic ray



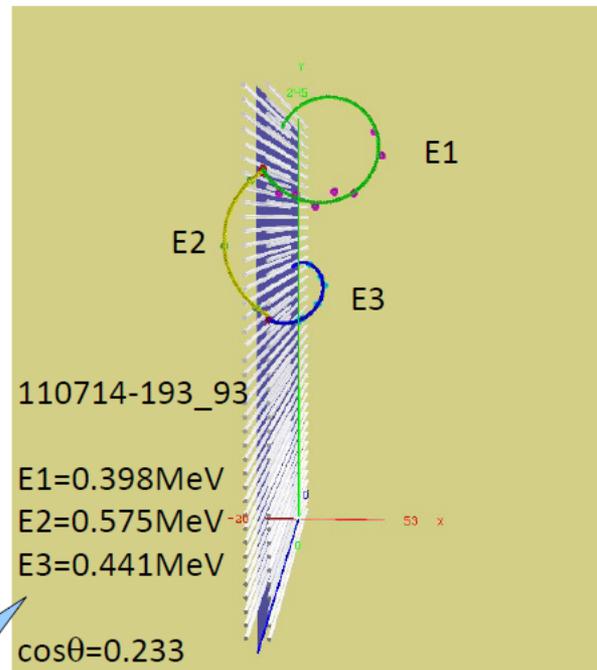
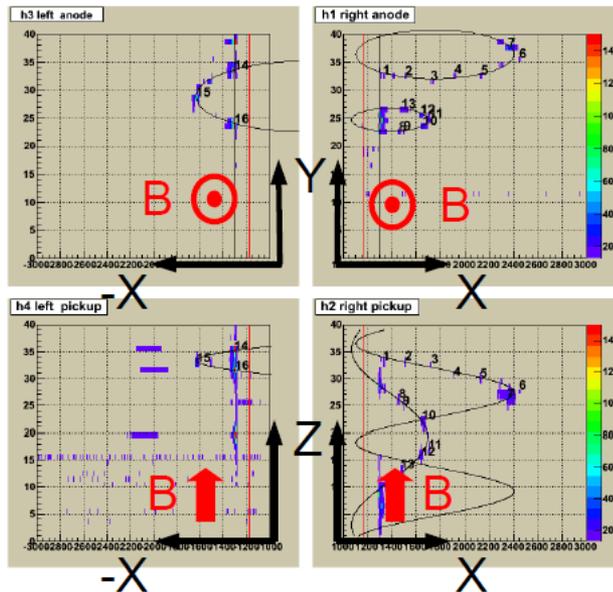
Other BGD events (1)



DCBA-T2.5 イベント

新しいツールによる信号事象候補

plotfil



自由に回転できる3次元的な表示
 → 視覚的に理解しやすい表示
 ↓
 事象のより正しい理解が可能。

Vertex point

	E1	E2
Y	206.5mm	205.5mm
Z	210.7mm	213.3mm

plotfil



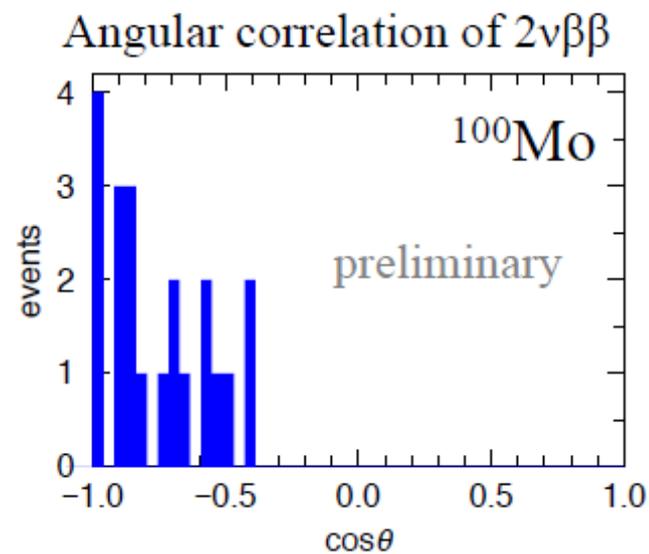
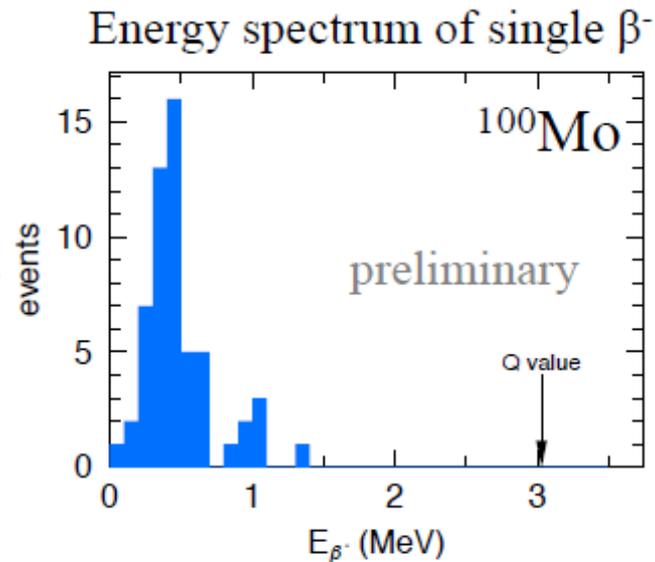
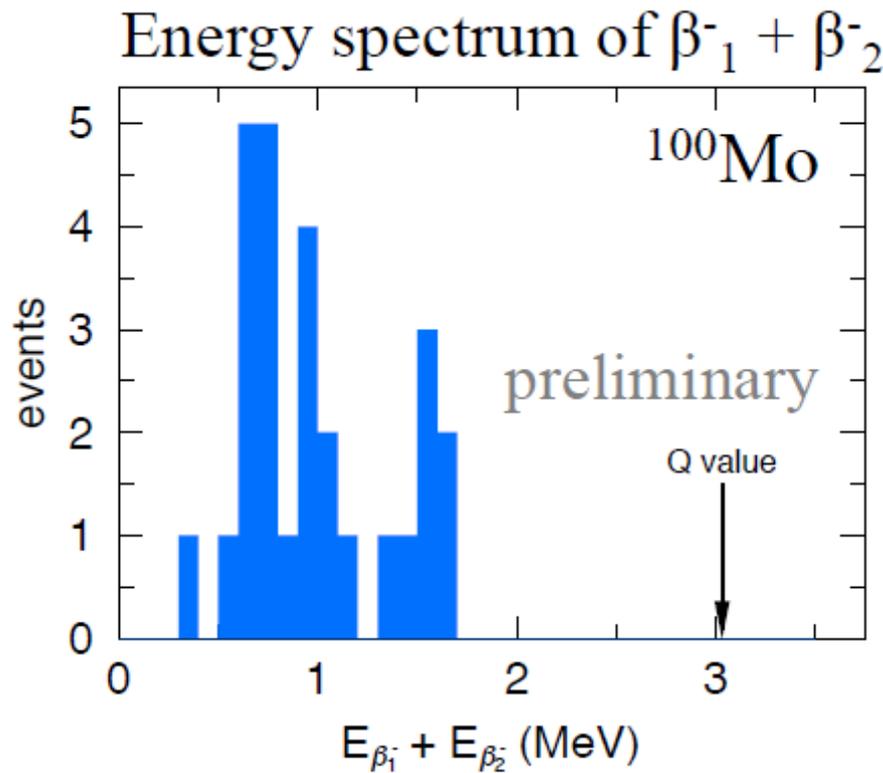
-1-3d2

plotfiles110: of 4 .png

plotfiles110: of 5 .png

plotfiles110: of 6 .png

Recent results by DCBA



DCBA event selector

フォルダ	未解析	候補	準候補	控え	却下	興味深い
110702	0	1	1	2	113	0
110714-1	0	0	0	2	168	1
110714-2	0	0	0	1	159	0
110714-3	0	1	1	10	112	1
110714-4	0	0	4	12	80	1
110717-1	0	0	0	4	131	2
110717-2	0	2	5	9	87	1
110717-4	0	1	2	14	135	0
110718-0-49	0	0	0	22	108	1
110718-100-149	0	1	0	19	86	1
110718-150-199	0	0	0	6	83	0
110718-50-99	0	0	0	11	85	0
110719-1	0	1	2	13	61	0
110719-2	0	1	0	28	71	2
110719-3	0	1	0	11	104	1
111100-2	212	0	0	0	0	0
111201-1	232	0	0	0	1	0
111201-2	249	0	0	1	2	0
111201-3	215	0	0	0	0	0
111201-4	191	0	0	0	1	0
111225-1	148	0	0	0	0	0
111225-2	170	0	0	0	0	0
111225-3	195	0	0	0	0	0
111225-4	218	0	0	0	0	0
100	6433	99	87	851	9435	25

目標感度

0.04 eV

MTD

ソース厚、massリミット、必要台数の見積もり

¹⁵⁰ Nd 濃縮度	厚さ	質量限界	エネルギー分解能	必要台数
50%	40 mg/cm ²	0.04 eV	3.4 %	10
nat.	100 mg/cm ²	0.15 eV	5 % (rough estimation)	1
nat.	100 mg/cm ²	0.1 eV	5 % (rough estimation)	2
50%	100 mg/cm ²	0.04 eV	5 % (rough estimation)	1

検出器デザインの概要

T3(プロトタイプ)→MTDへ

- ✓ 線源量60倍 (面積比)

MTD

- ✓ 一基あたり線源量 32kg → 30基で1トン相当
- ✓ 一基予算 2~4億円

目標値

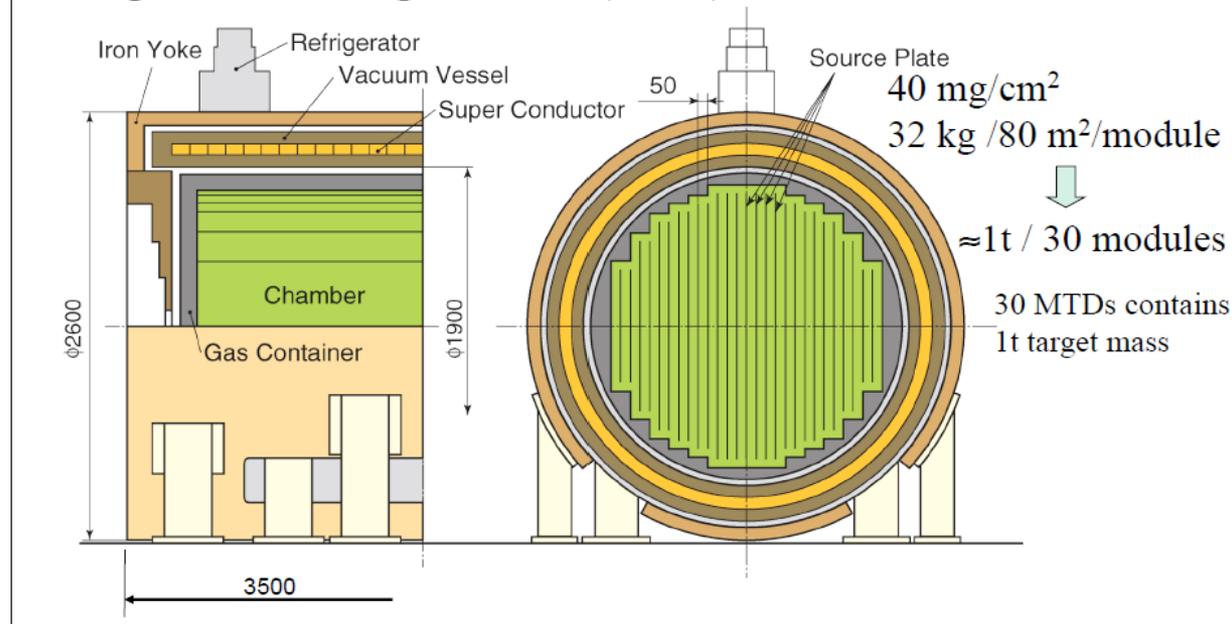
第一目標

Massリミット 0.05 eV
^{150}Nd
50%濃縮 100 mg/cm ²
分解能 ~5%
1基
5億

最終目標

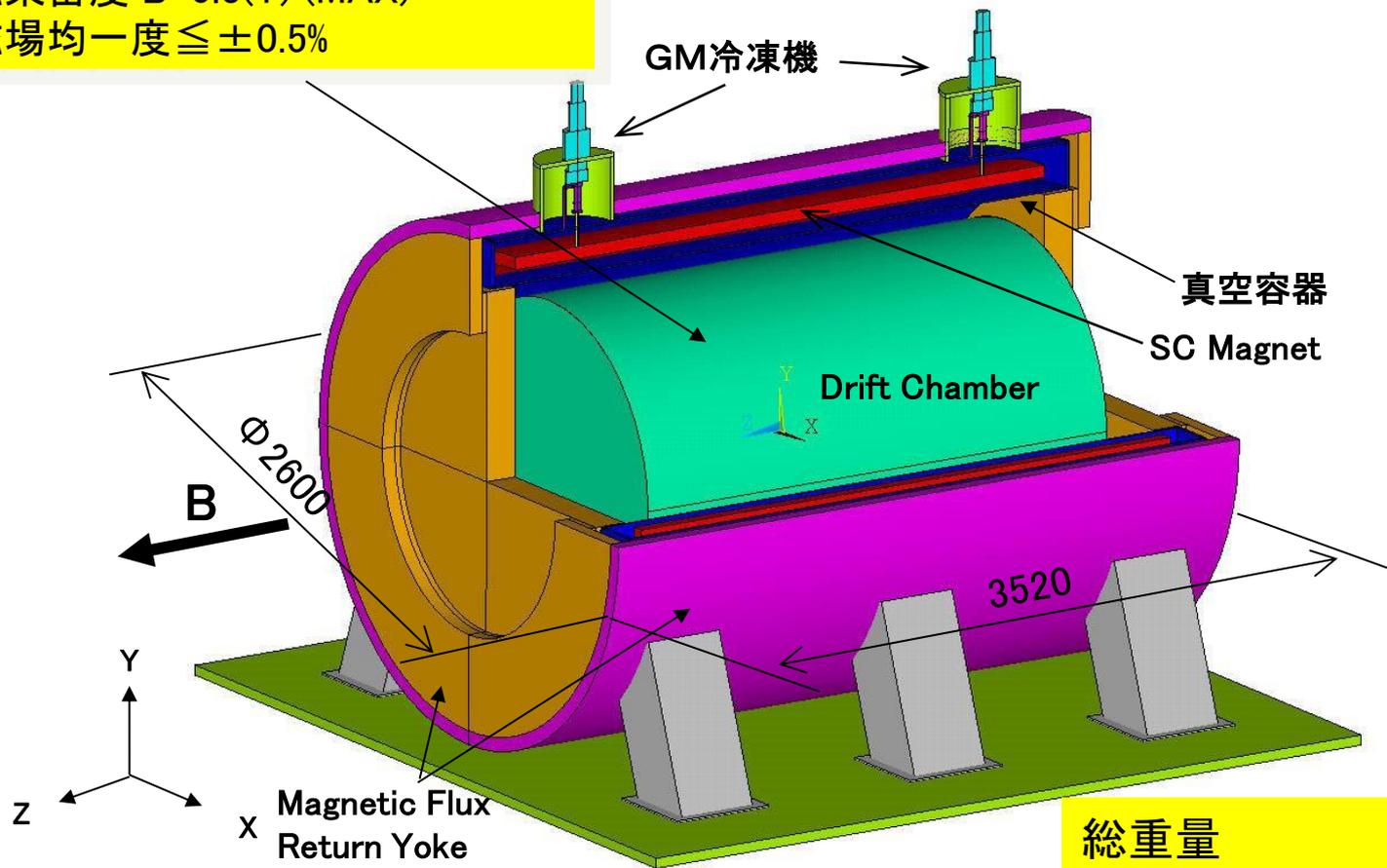
Massリミット 0.05eV
^{150}Nd
50%濃縮 40 mg/cm ²
分解能 3.4%
10基
50億

Magnetic Tracking Detector (MTD) based on DCBA-T2&T3



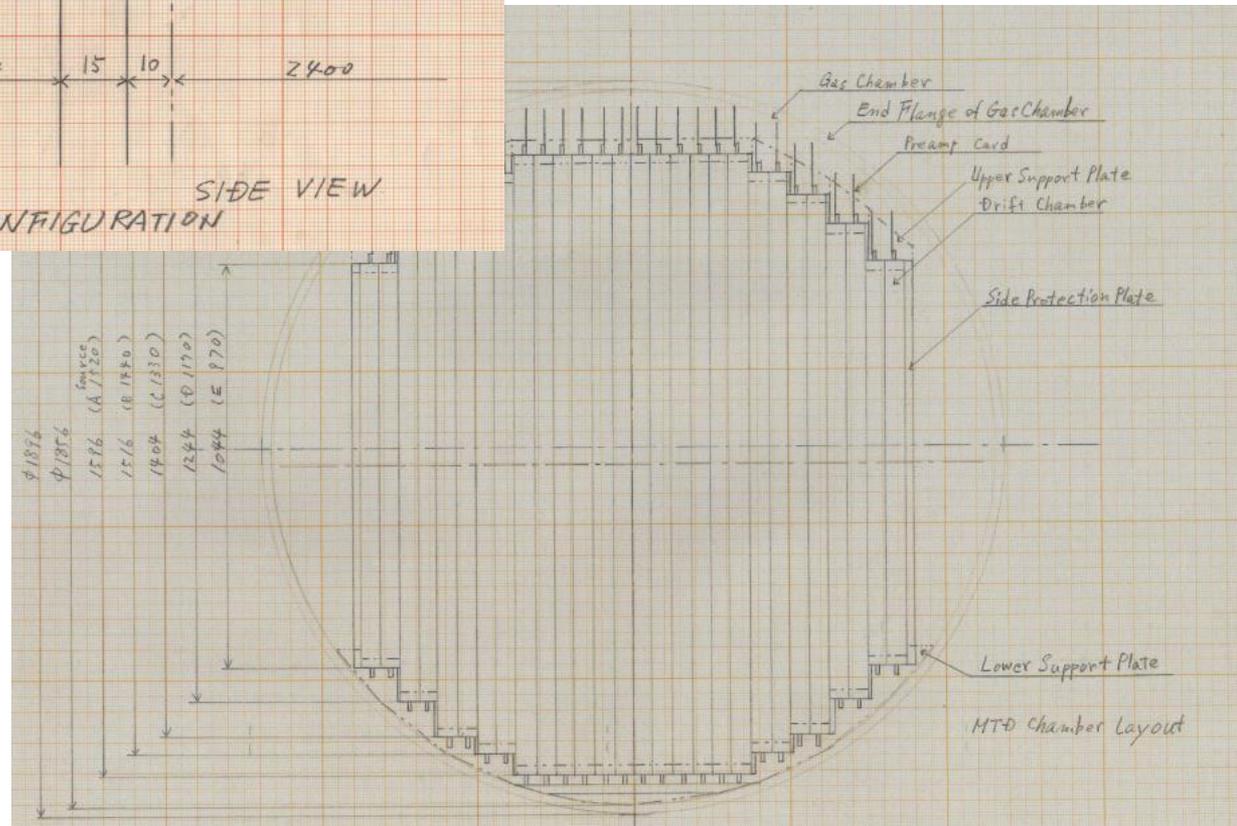
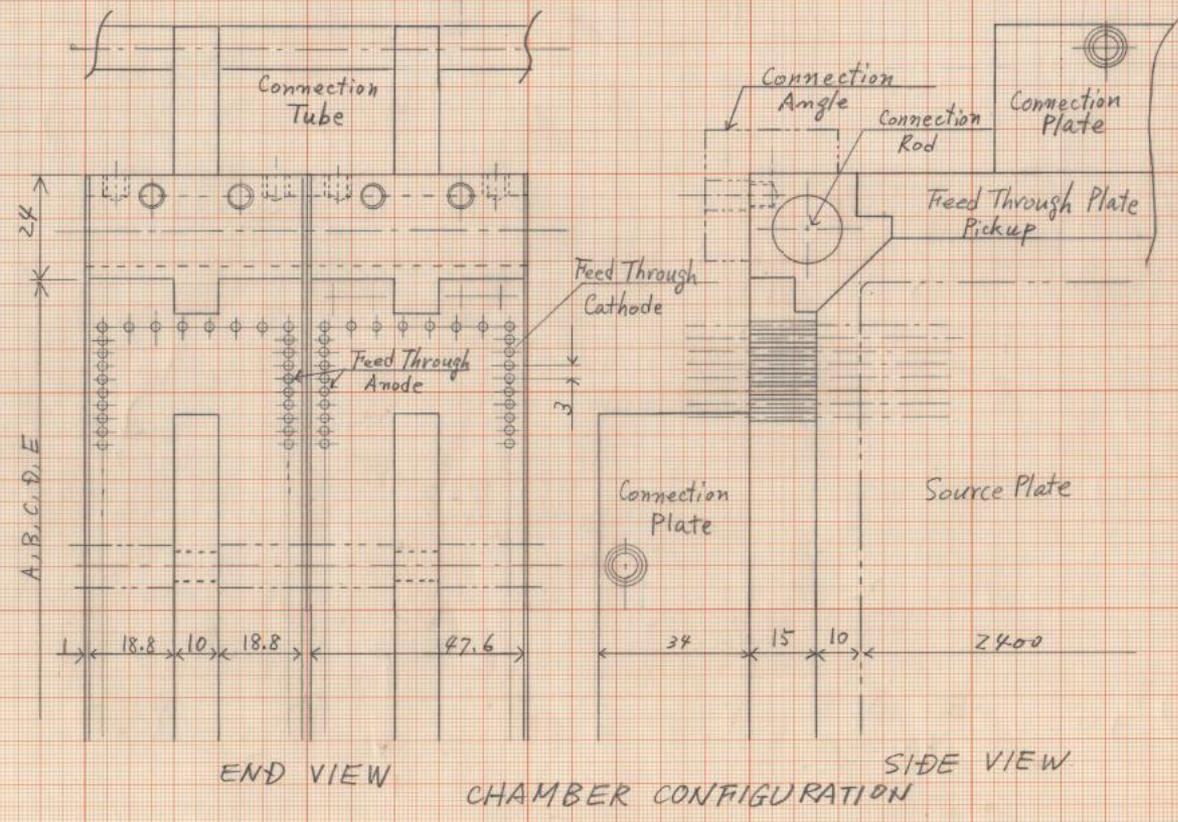
MTDデザイン

チェンバー領域($\phi = 1.7\text{m}$, $L=2.6\text{m}$)
磁束密度 $B=0.3\text{(T)}$ (MAX)
磁場均一度 $\leq \pm 0.5\%$



総重量
36.24(ton)
(Chamberは除く)

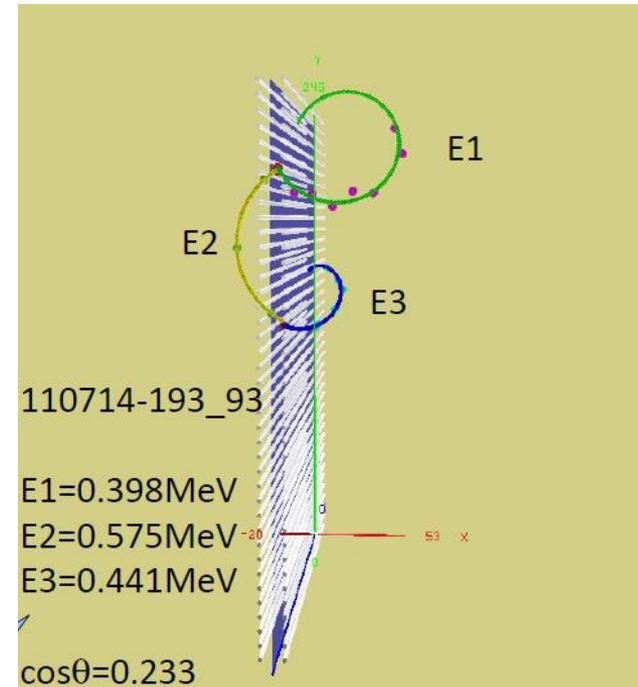
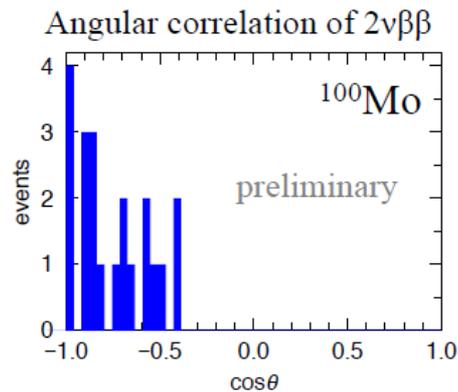
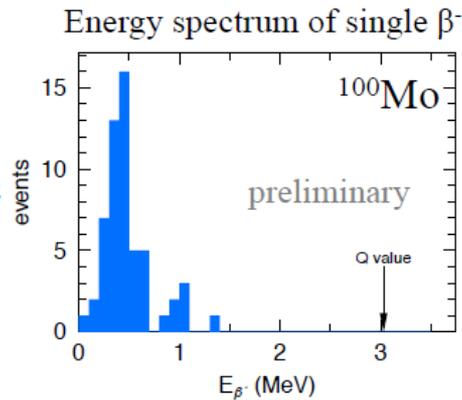
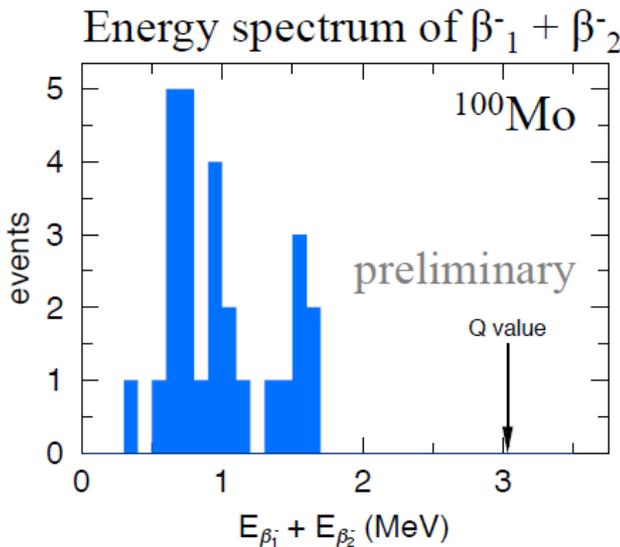
MTDチェンバー図面



国内外の実験と比較した場合の利点

- ✓ ソースを選ばない
- ✓ 環境ガンマ線に不感
- ✓ 電子、陽電子を選別したデータ解析
(粒子弁別ができる)
- ✓ 崩壊点と、各電子の運動量・放出角を測定できる

Recent results by DCBA



計画の将来的必要性、重要性

- ✓ トラッキングによる粒子識別
- ✓ $0\nu\beta\beta$ の微分量の測定ができる
- ✓ 他グループの追試ができる
(複数台、別線源の実験も可能)

(2) 現状抱えている問題点

具体的に抱えている問題と 克服するための取り組みや解決の展望

- ✓ 予算と人が不足
 - ・4人 × 10%
 - ・科研費0

- ✓ T3やMTD開発のための技術 → 基本的に従来技術
 - ・ただし最近のデバイス(小型HV、新型回路)による製作

- ✓ 予算獲得に向けて
 - ・T2.5による測定と解析
 - ・宇宙線、環境放射線の感度評価
 - ・モンテカルロによる諸量評価

- ✓ 解析手法の改善
 - ・アイスキャン → パターン解析、(半)自動化 (必須)

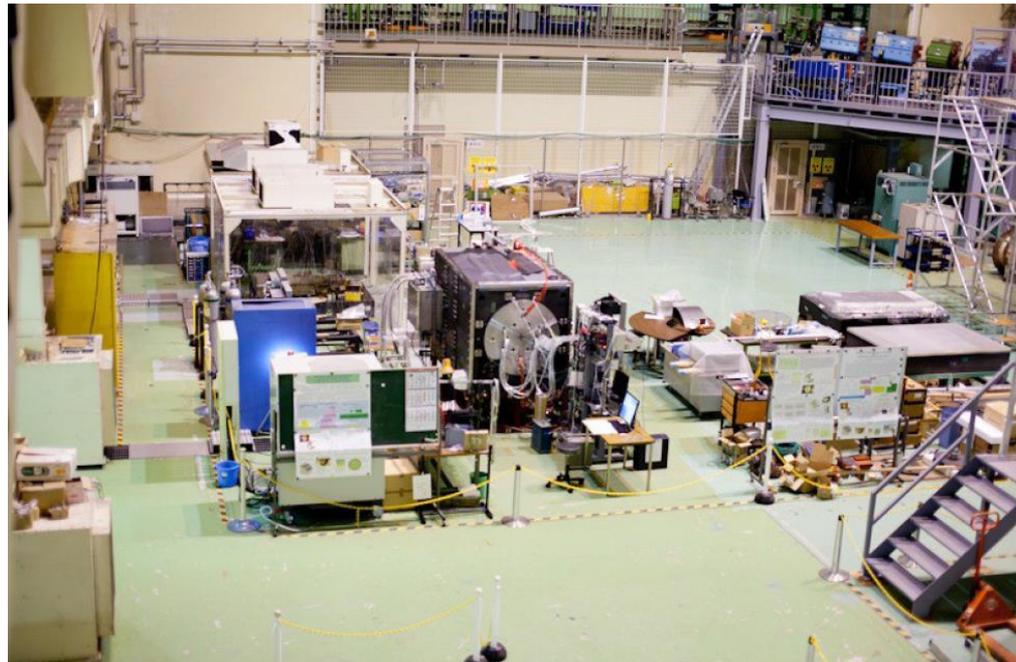
今後の研究で取り組まなければならない問題点

- ✓ MTDのR&D(特に大型化の部分)
- ✓ 解析手法の総合評価と確立
- ✓ 他グループとのコラボレーション
- ✓ 地下実験への取り組み
(ローカルメンテとリモートメンテ)

(3) 計画のタイムスケール

現在のプロトタイプ(T3)の評価はいつごろまでをめどに まとめる予定か

- ✓ 2016までにまとめる予定
 - 2013 T3ワイヤーチェンバー1号完成
 - 2014 T3動作試験、R&D
 - 2015 T3測定・解析
 - 2016 T3測定・解析・報告、MTDのR&D開始



その後の展開として次のステップ

✓ MTDのR&D

✓ T3による測定

- ^{150}Nd nat. (等)の2v 半減期測定
- Q値イベントが1つでも観測されれば、0v イベントの微分量による検討ができる

現在のプロトタイプの評価結果によって 今後の展開を具体的に（世界情勢によるオプションは）

- ✓ T3 → MTD は変わらない
- ✓ 狙う質量に応じてソース厚、台数が緩和される



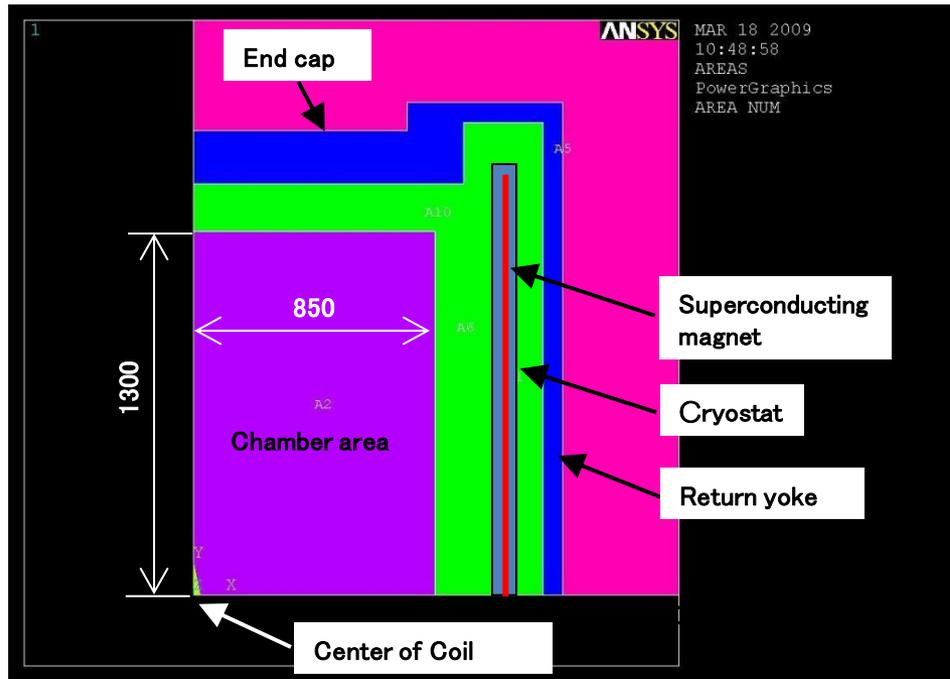
- backups

鉄リターンヨークの設計(1)

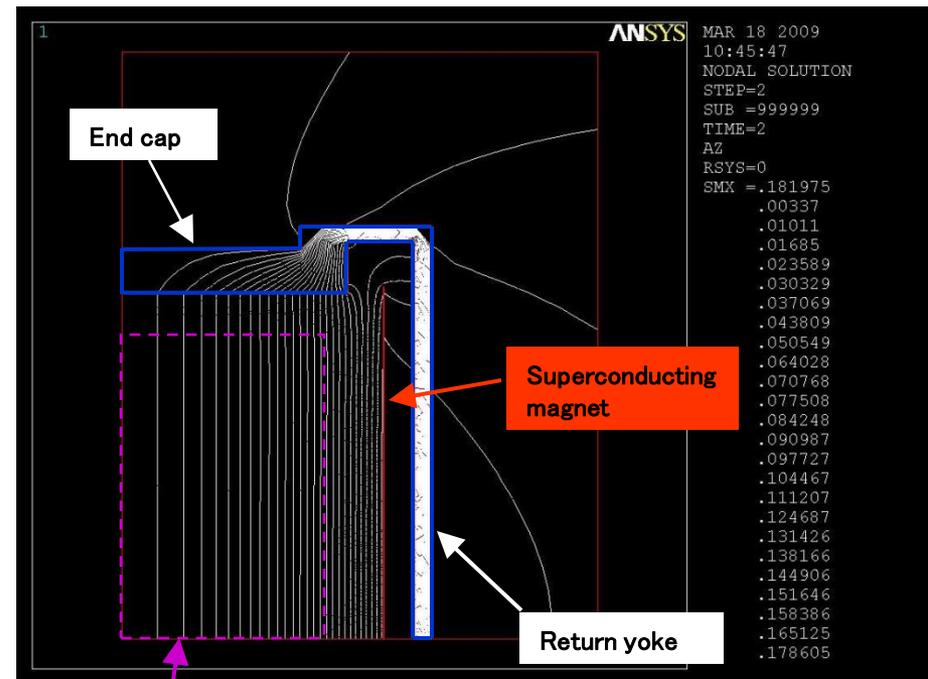
- チェンバー領域 ($L=2.6\text{m}, \phi=1.7\text{m}$)
磁束密度 $B=0.3\text{(T)}$ (MAX)
- 磁場均一度 $\leq \pm 0.5\%$ ($0.2985 \sim 0.3015\text{T}$)
- 漏れ磁場 $\leq 10\text{G}$
- 磁場均一度の制御
 - ✓ ヨークの形状
 - ✓ 有限要素解析コード ANSYSで磁場解析
 - 軸対象静的磁場解析

鉄リターンヨークの設計(2)

-鉄リターンヨーク磁場解析-



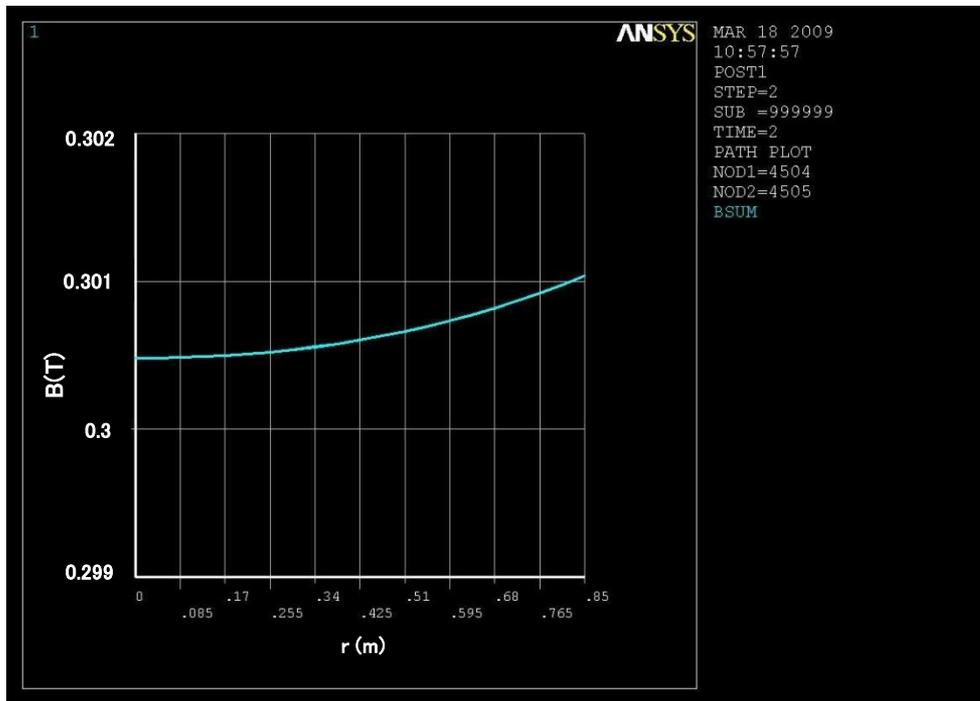
モデリング
軸対象静的磁場解析(1/4モデル)



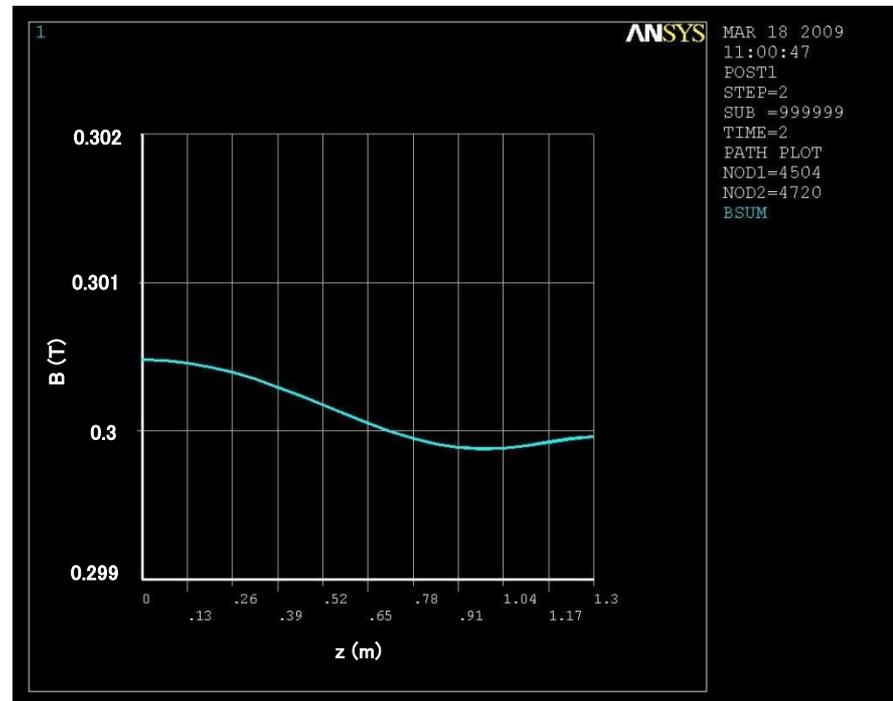
磁力線分布(ヨーク内全体)(1/4モデル)

鉄リターンヨークの設計(3)

-鉄リターンヨーク磁場解析-



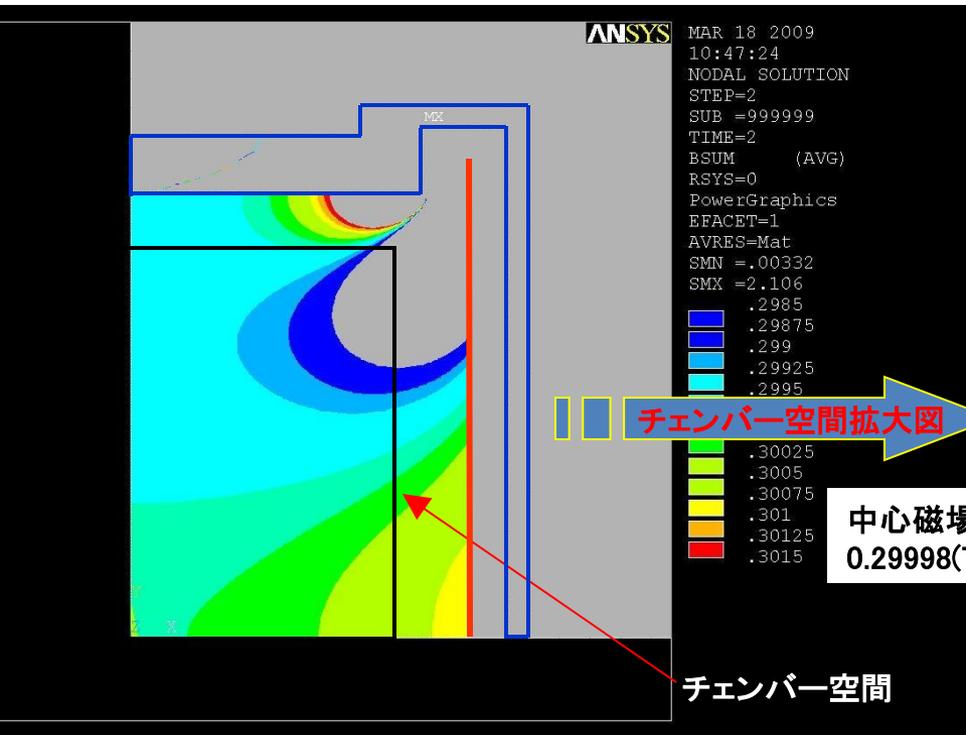
チェンバー空間の中心軸上磁場分布（径方向）



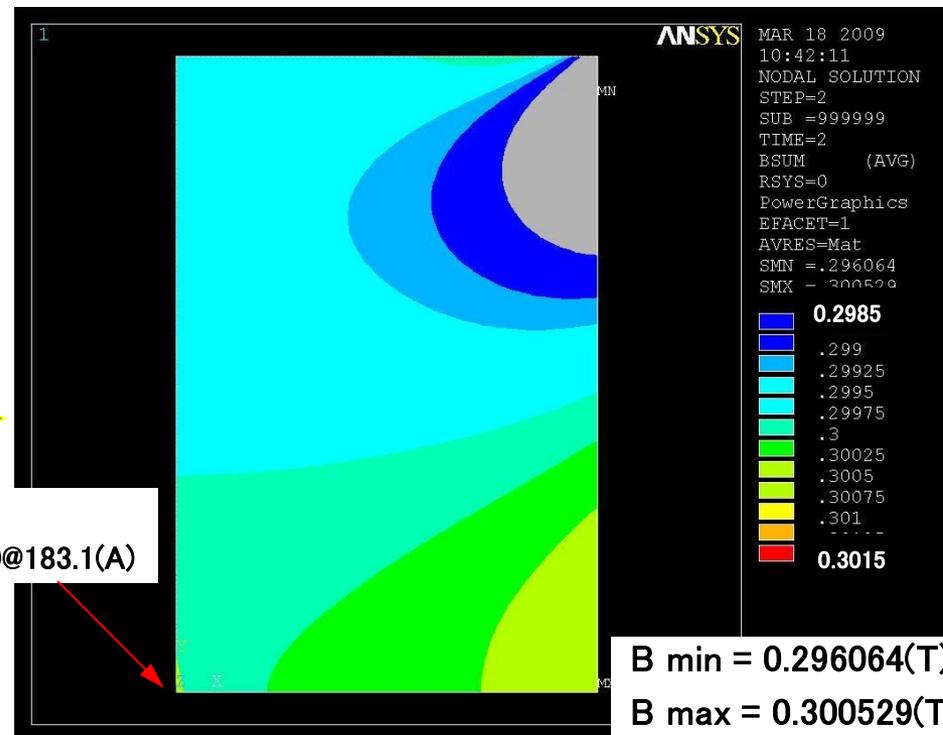
チェンバー空間の中心軸上磁場分布（軸方向）

鉄リターンヨークの設計(4)

-鉄リターンヨーク磁場解析-



磁束密度(コイル内全体)



磁束密度(チェンバー空間)

- ・ 磁場均一度 0.296064~0.300529 (T) (-1.312~+0.176 %)
- ・ 要求均一度 0.298500~0.301500 (T) (-0.500~+0.500 %)