

# o- $P_s$ を用いたCPの破れの探索(1)

～実験概要および磁場システムの設計～

東大素粒子センター

西原一幸, 東 裕也, 山崎高幸, 富島佑允,  
難波俊雄, 浅井祥仁, 小林富雄

日本物理学会 第62回年次大会 @北海道大学札幌キャンパス

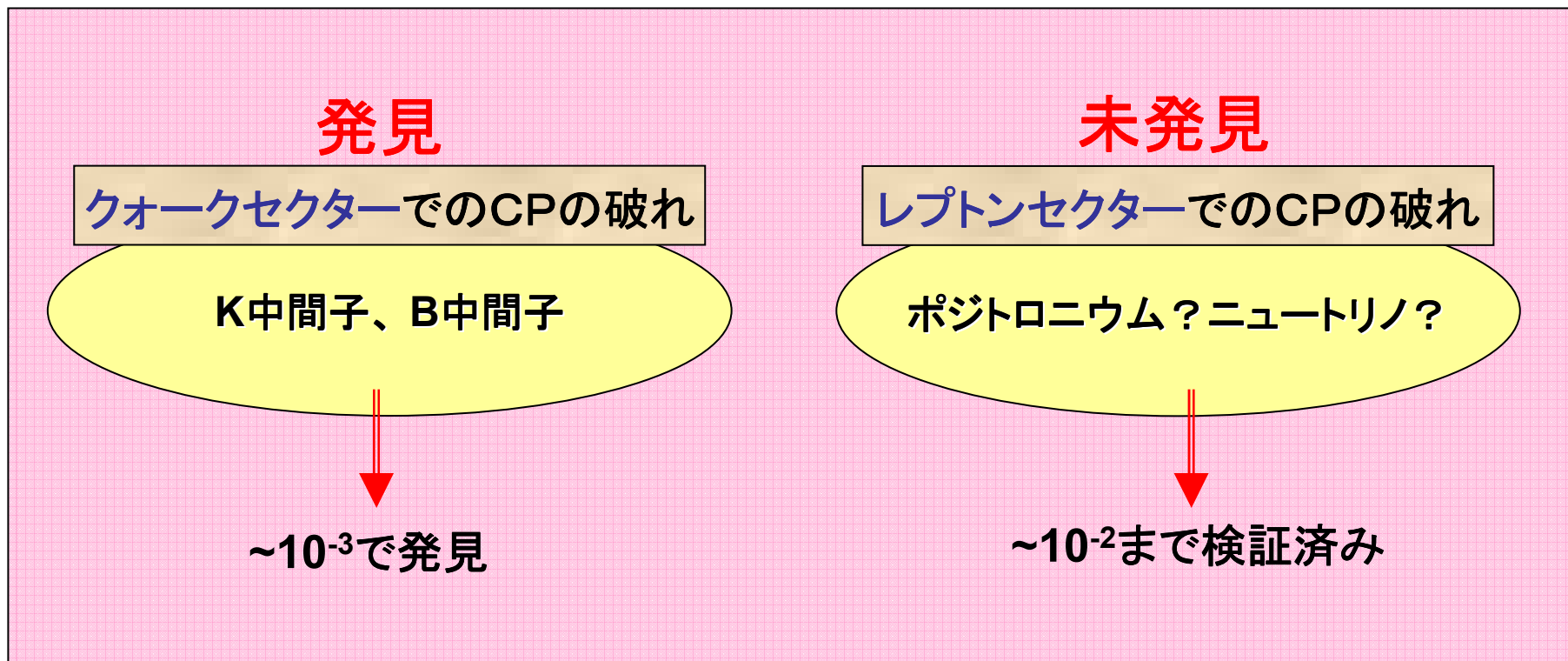
# Outline

- [1] イントロダクション
- [2] 実験概要
- [3] 磁場システムの設計
- [4] 磁場中でのPMT動作確認
- [5] まとめ

※データ取得システムの設計については次の東くんの発表で

# [1] イントロダクション

## レプトンセクターでのCP

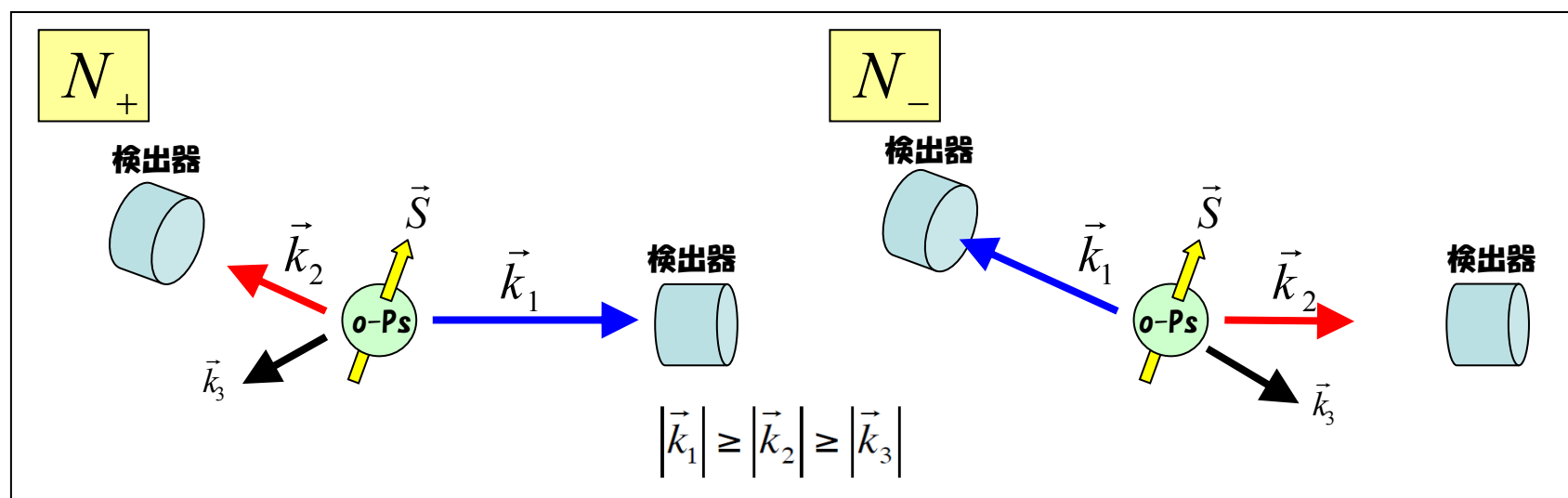


レプトンセクターでも精度を上げて、10<sup>-3</sup>で検証したい！

## o-Psを用いてどうやってCPを測るか？

o-Ps (スピンS=1) の3  $\gamma$  ( $k_1, k_2, k_3$ ) 崩壊を用いる

$$\text{CPを破る項: } C_{CP} (\vec{S} \cdot \vec{k}_1) (\vec{S} \cdot \vec{k}_1 \times \vec{k}_2)$$



$$A = \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_-} = C_{CP} \cdot f$$

( $f \sim 0.1$ : 実験のセットアップで決まる係数)

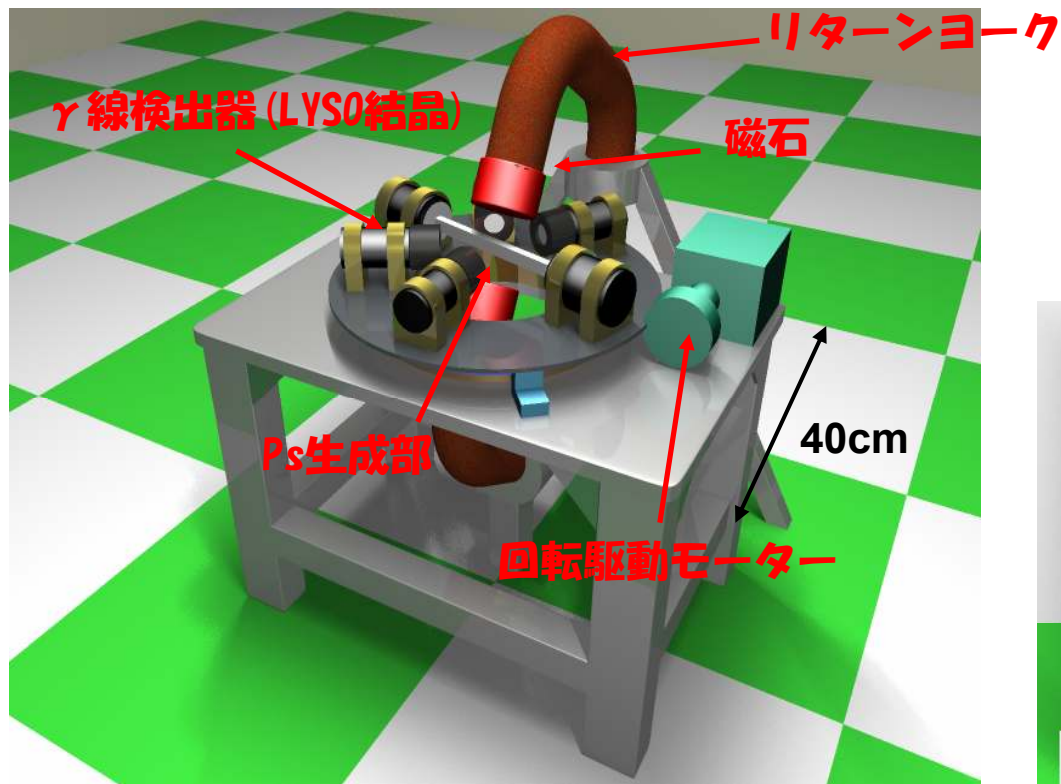
←  $N_+$ と $N_-$ のイベント数の差をみて  
 $C_{CP}$ が0でないかどうかを調べる

目標到達感度  $\Delta C_{CP} \sim 10^{-3}$

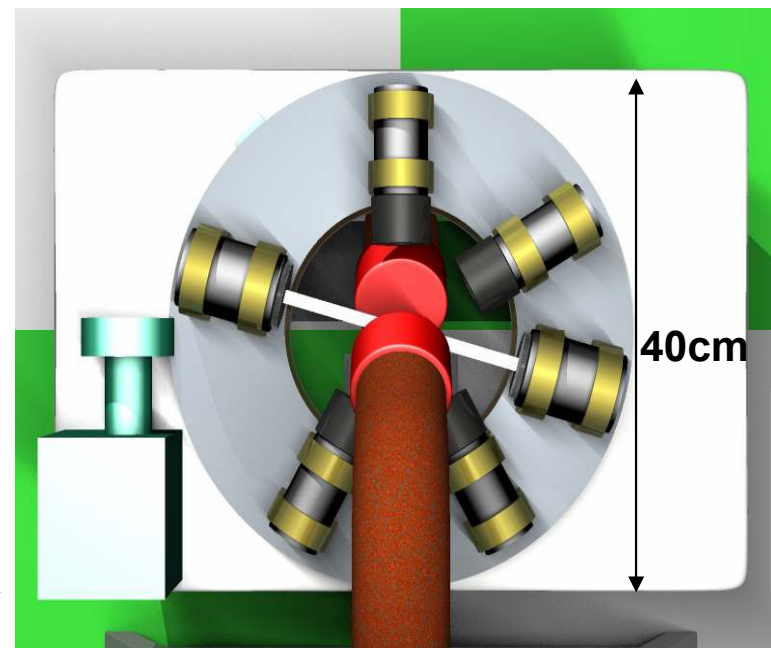
## [2] 実験概要

# 実験装置概観図

全体図



上から見た図



Ps生成をタグするためのPMT2つと  
 $\gamma$ 線検出のためにLYSO結晶装着のPMT4つを配置

## 設計コンセプト

### 1. “Zが大きく”、“短い減衰時間”

かつ“高いエネルギー分解能”の $\gamma$ 線検出器

→LYSO結晶の選択

(減衰時間~40ns, エネルギー分解能 10.5%@662keV)

### 2. 回転台を用意することで様々な磁場の方向で

データ取得可能

→線源や検出器の配置位置のズレからくる系統誤差をキャンセル

### 3. 数kgaussかつポジトロニウム生成部分で一様な磁場



↑ 実際に使用予定のPMT(H-8409-70)  
とLYSO結晶(φ 30mm × 30mm)



## **[3] 磁場システムの設計**

## なぜ磁場をかけるか？

### ★1つ目の理由・・・スピンの方向の決定

磁場でo-Psのスピンを揃え、スピンの方向を磁場の方向で同定

### ★2つ目の理由・・・ $m=0$ 成分の分離

邪魔な $m=0$ 成分は磁場をかけることで  
p-Psとmixingを起こし、寿命が縮まる (右図)

$m=\pm 1$ 成分

142ns ( $B= 0$ kgauss) → 142ns ( $B=3.5$ kgauss)

$m=0$ 成分

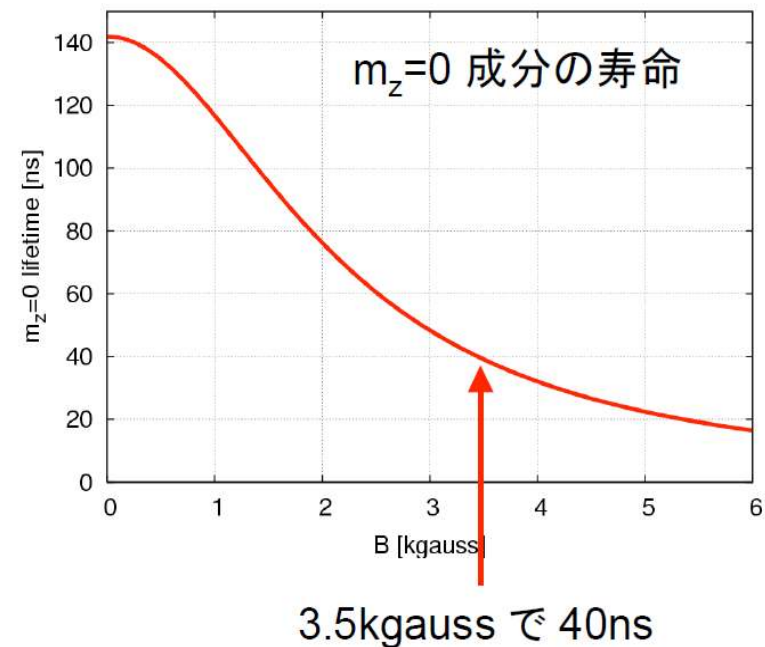
142ns ( $B= 0$ kgauss) → 40ns ( $B=3.5$ kgauss)

この場合

崩壊時間100ns～270nsのtiming window内では

$m=0$ 成分の混入を10%までに抑えられる

↓ 印加磁場と $m=0$ 成分の寿命との関係



## 磁場に必要な“強さ”および“一様性”

- $m=0$ 成分の分離
  - **中心磁場 3.5 kgaussの強さ**
- 台の回転による系統誤差の除去
  - **中心から 5mm以内の一様性**

磁場システムの設計は**磁場計算用ソフトウェア“ANSYS”**を用いて行なった

今回、本番用磁場システムの製作に先立ち、  
ANSYSの計算結果をチェックするために **プロトタイプを製作**

## プロトタイプの製作

プロトタイプ製作の主な目的:

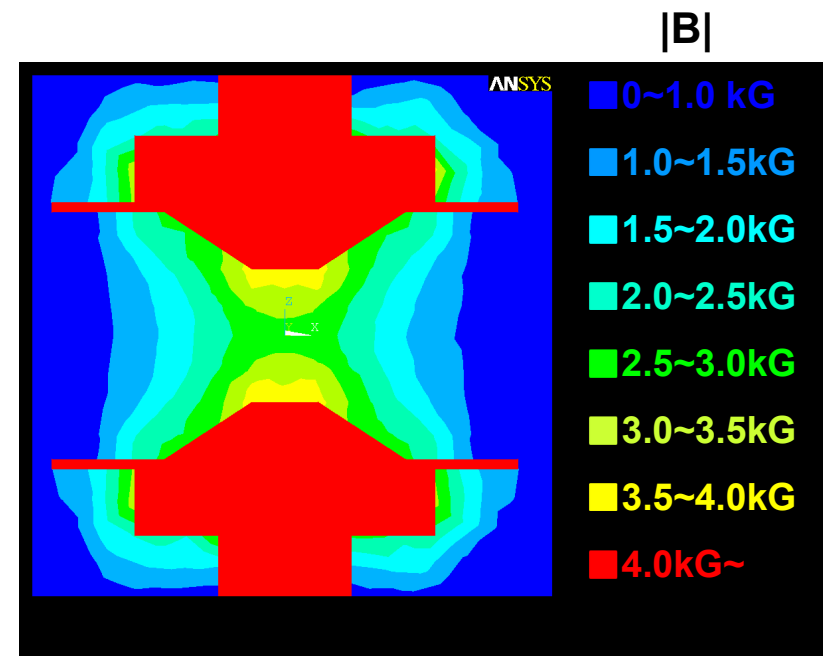
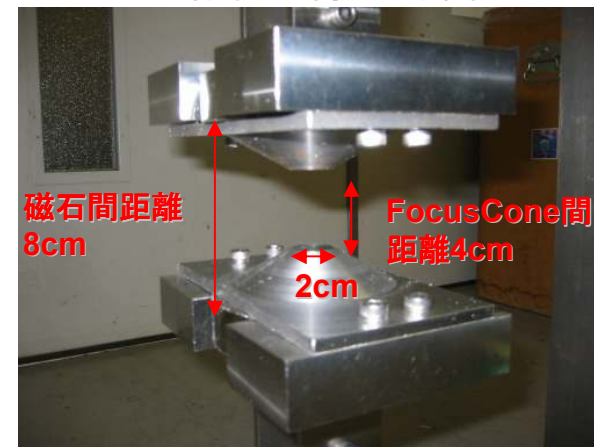
本番用設計のために用いた**磁場計算用ソフトウェア**  
**“ANSYS”**の有限要素解析結果と実測値の比較



磁場印加部での磁場分布(ANSYS計算結果) →

中心部分で2.9kgauss

↓ 磁場印加部拡大写真



# プロトタイプの実験結果

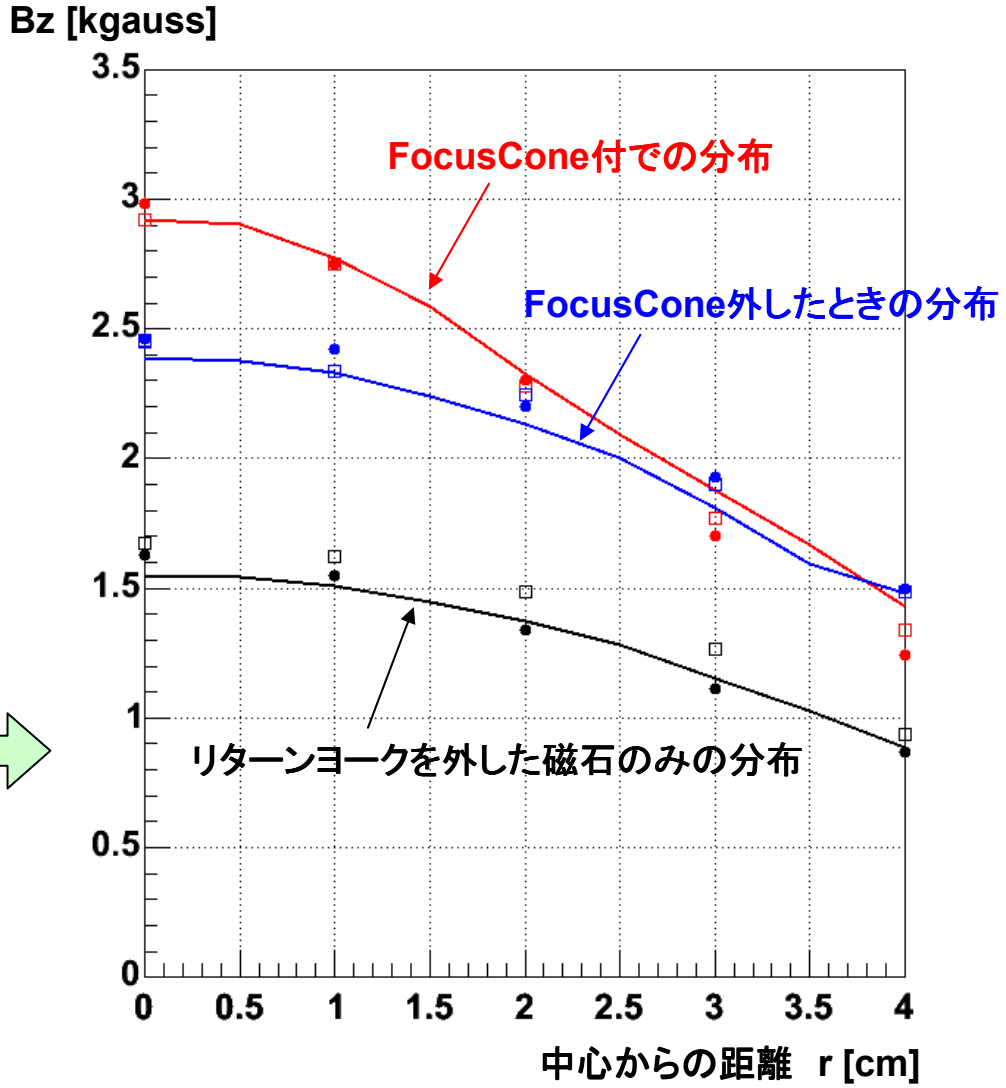
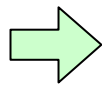
z=0平面でのBz分布を測定しANSYSの計算結果と比較した



実線 ANSYSの計算結果  
● □ 実測値

※2種類の高スケーラで測定

ANSYS計算と実測とは  
~100gaussで一致

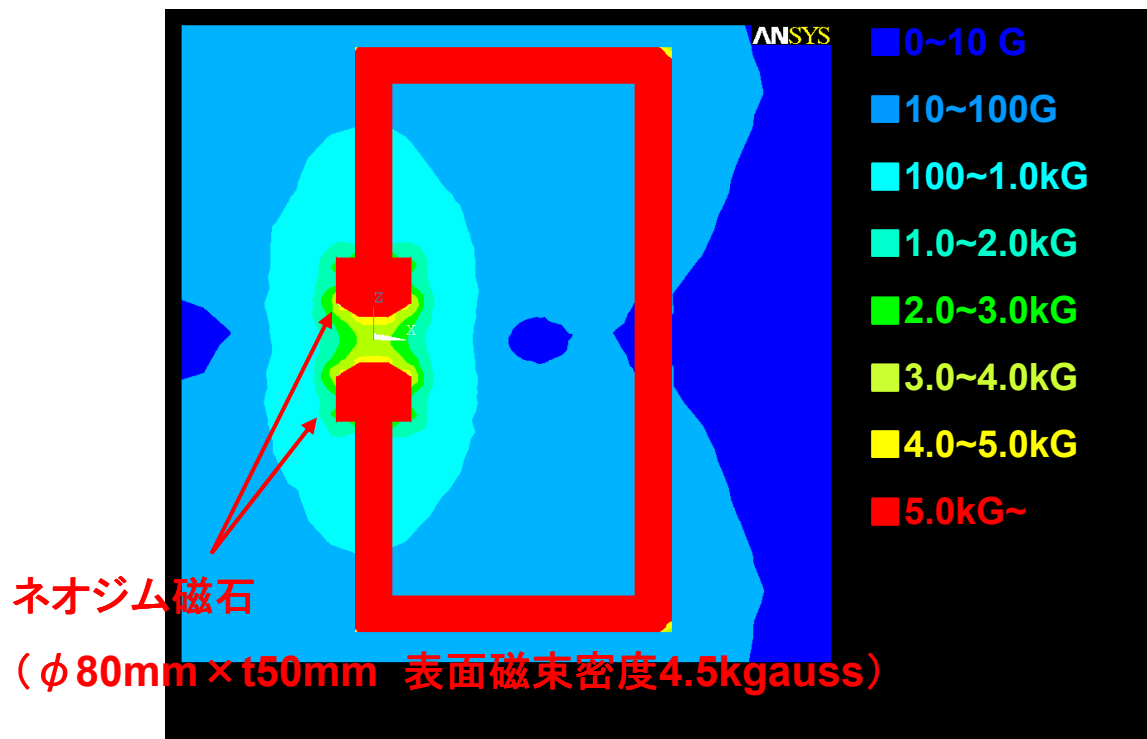


## 本番用磁場システム設計(進行中)

現在、細部の設計を進めている

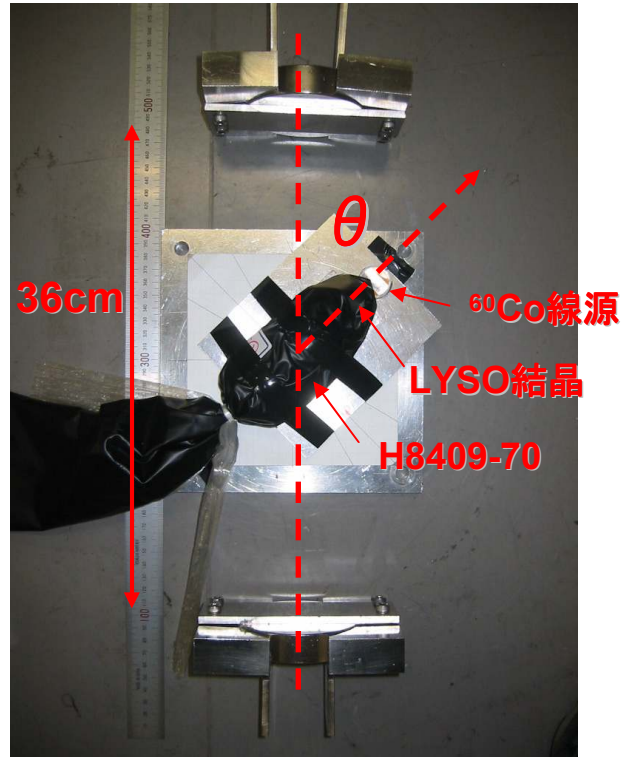
- ・Focus Cone(中心磁場の強さはOK、より高い一様性へ)
- ・磁石ホルダー部分
- ・より精度の高い軸出しおよび磁場測定
- ・傾け(鉛直方向から $30^\circ$ )のための支持台

↓ ANSYSでの本番用磁場システム設計



## **[4] 磁場中でのPMT動作確認**

## 磁場中でのPMT動作確認 (方法)

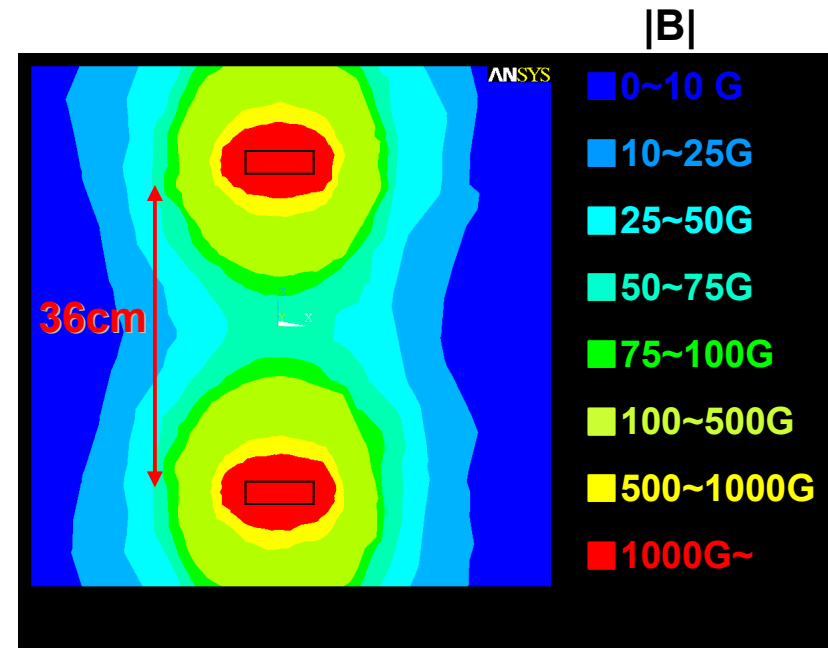
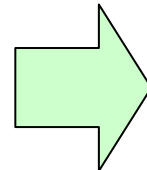


磁場—PMT間の角度 $\theta$ を色々変えて測定

プロトタイプ用の磁石を用いて、  
PMTの磁場中での動作確認を行なった

本番用磁場システムではPMT使用位置で**100gauss以下**  
になるように設計

磁場分布



PMTを配置した位置で50~100gauss →

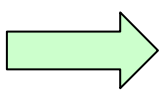
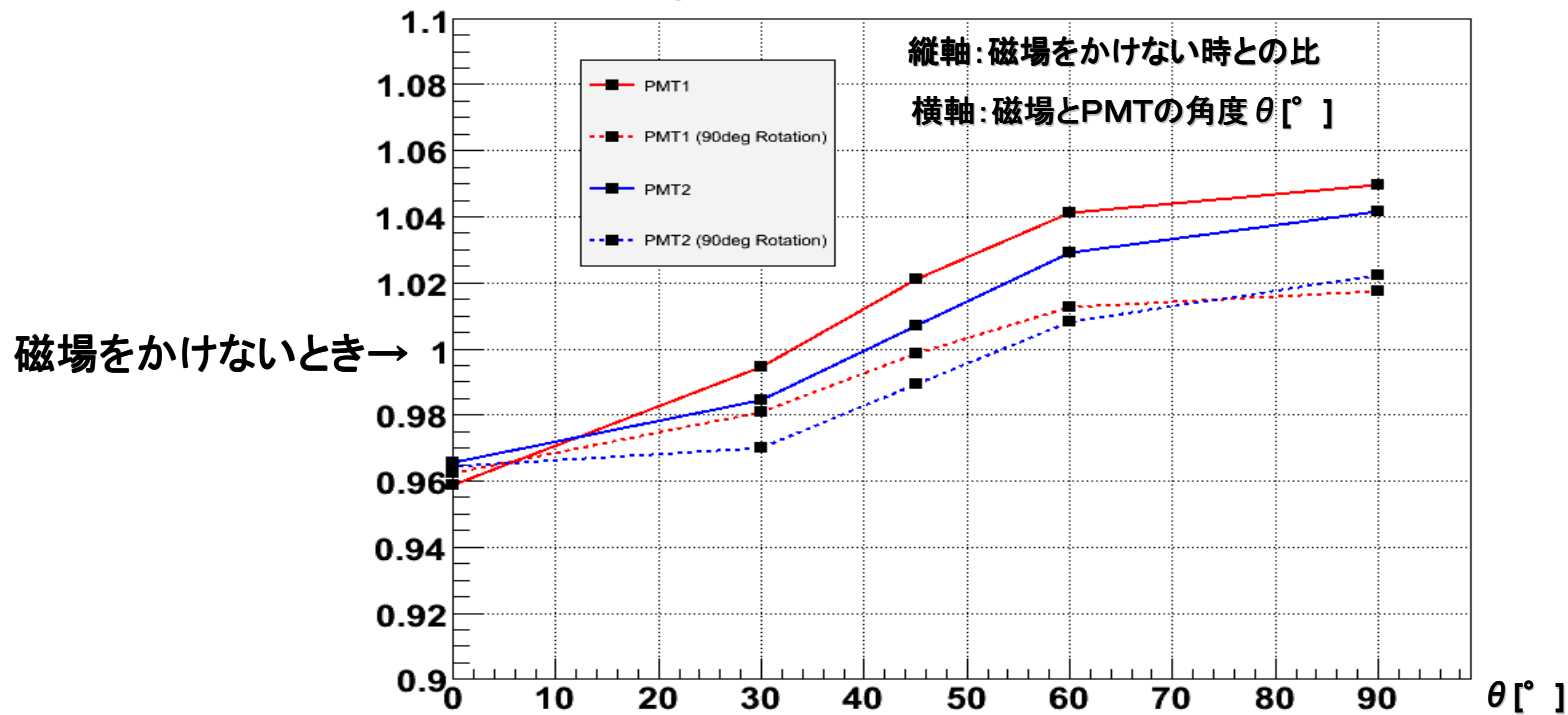


# 磁場中でのPMT動作確認 (結果)

**$^{60}\text{Co}$ からの1333keV  $\gamma$ 線光電ピークでGainを評価**

2つPMTでチェックを行った(赤・青) 90度回転させチェックを行った(実線・点線)

↓ Gainの変化



**PMTによらず50~100Gaussでも±5%のGain変動が見られる  
本番では回転で変化する“位置”によるGain補正をおこなう**

## [5] まとめ

- o- $P_s$ を用い、レプトンセクターにおけるCPの破れを探索したい  
→ 目標到達感度  $\Delta C_{CP} \sim 10^{-3}$
- 磁場システムを設計およびプロトタイプ製作  
→ ANSYSと実測の比較  $\sim 100 \text{ gauss}$ で一致
- 磁場中でのPMT動作確認  
→ 本番を想定した $50 \sim 100 \text{ gauss}$ の下でもGainが $\pm 5\%$ の変動  
回転で変化する“位置”によるGain補正をおこなう

※データ取得システムの設計については次の東くんの発表で

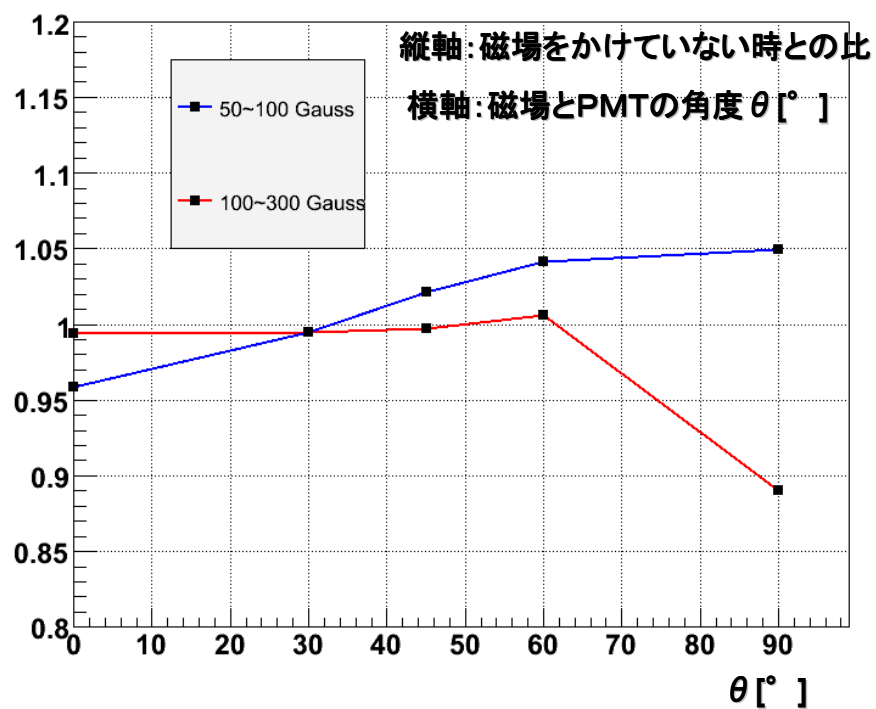
# Backup slides

## 磁場中でのPMT動作確認

50 ~ 100 gauss 中での動作確認 → 青

100 ~ 300 gauss 中での動作確認 → 赤

### ↓ Gainの変化



### ↓ Resolution(FWHM@1333keV)の変化

