

ポジトロニウムのHFS精密測定II

Zeemanを用いた方法のテスト実験の報告

石田明^A, 秋元銀河^A, 難波俊雄^A, 末原大幹^A, 浅井祥仁^A, 小林富雄^A,
齋藤晴雄^B, 久保聡^B,
吉田光宏^C, 小川勇^D, 小林真一郎^D, 出原敏孝^D

^A東大理・東大素粒子センター,

^B東大院総合文化,

^CKEK, ^D福井大遠赤センター

京都大学原子炉実験所専門研究会「陽電子科学とその理工学への応用」

2008年12月5日 於 京都大学原子炉実験所

概略

ポジトロニウムのHFS(203GHz)の精密測定 1つの方法として
Zeeman効果を用いてその分裂の準位差から焼きなおす。
そのためには 1. 磁場中で 2. RFをPsに加えて 測定する。
昔の実験の問題点として、

1. 磁場の非一様性 2. 物質の効果 が挙げられる。

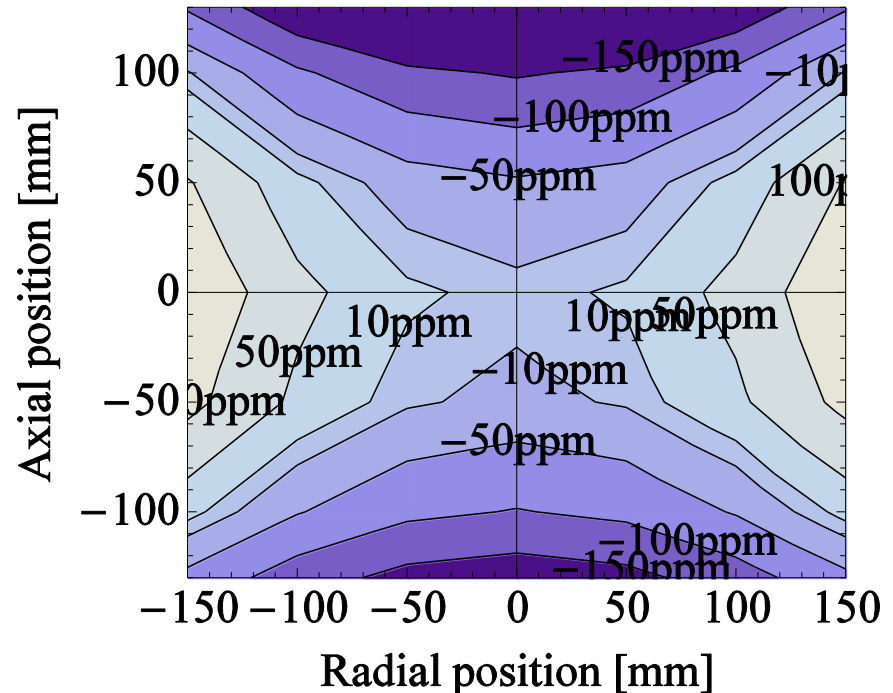
- 大型超伝導磁石 (磁場の一様性を得る)
- RF Cavity (Ps 生成とRFによる遷移)
- β -tagging System (時間情報 \rightarrow 物質の効果)
- ガンマ線検出器
- 新しい 2γ -taggingの方法
- 検出器全体の設計図
- テスト実験
- まとめと今後の展望

大型超伝導磁石

↓使用予定の磁石(KEK低温センター)。



大きなサイズで高い精度の磁場を得る。
現在、予備調査(下図)では10 cmの
広い領域で70 ppmの高い精度が
得られている。
今後の調整でppmの精度を目指す。



RF Cavity



TM110, 2.856 GHz RF Cavity

銅製

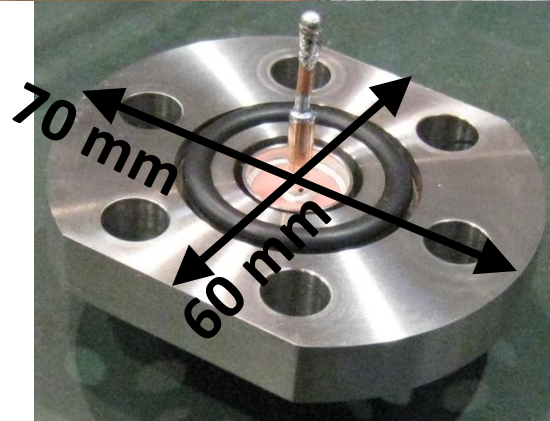
内径128mm, 深さ100mm

Q値~14000 (測定値)

β -tagging Systemや冷却系、
ガス・RF導入部は
蓋(底面部)に集約。

ここに 500 W CW RFを
入れて、ポジトロニウムの
遷移を起こさせる。

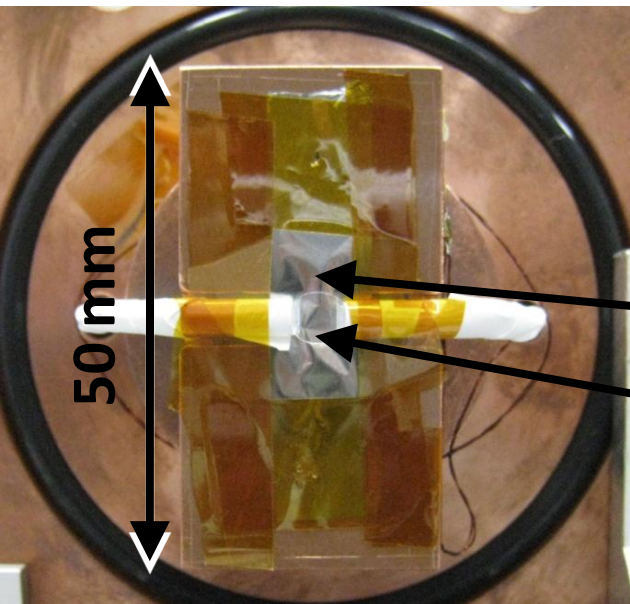
高磁場中のため全て
非磁性のもので製作。



←アンテナ ($\phi 2$)

β -tagging system

内側

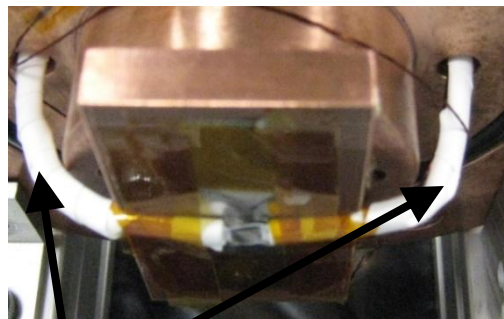


厚さ200 μm の
プラスチックシンチレータ
を用いて β 線をtag
->時間情報に用いる。

Ti ホイル (16 μm)の奥に ^{22}Na 線源
プラスチックシンチレーション
ファイバー(ϕ 2 mm)
(中央部は t 200 μm ,
 ϕ 4 mmに潰してある)

ここから出る光を
2つのPMTで検出

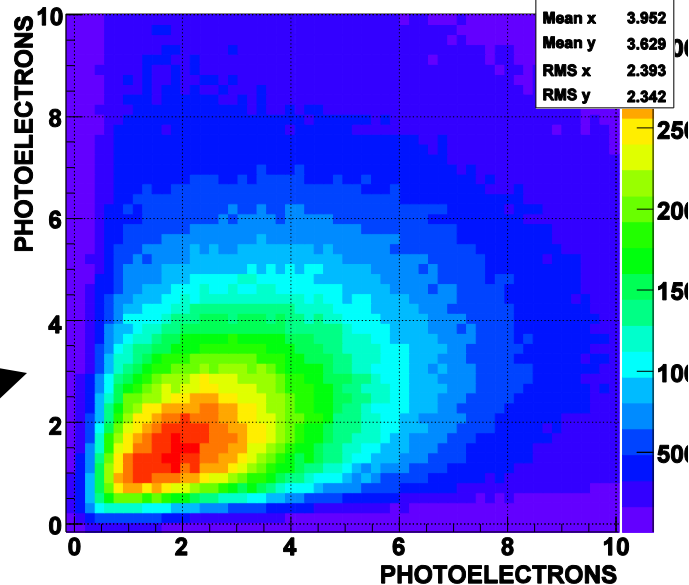
外側



90度曲げる

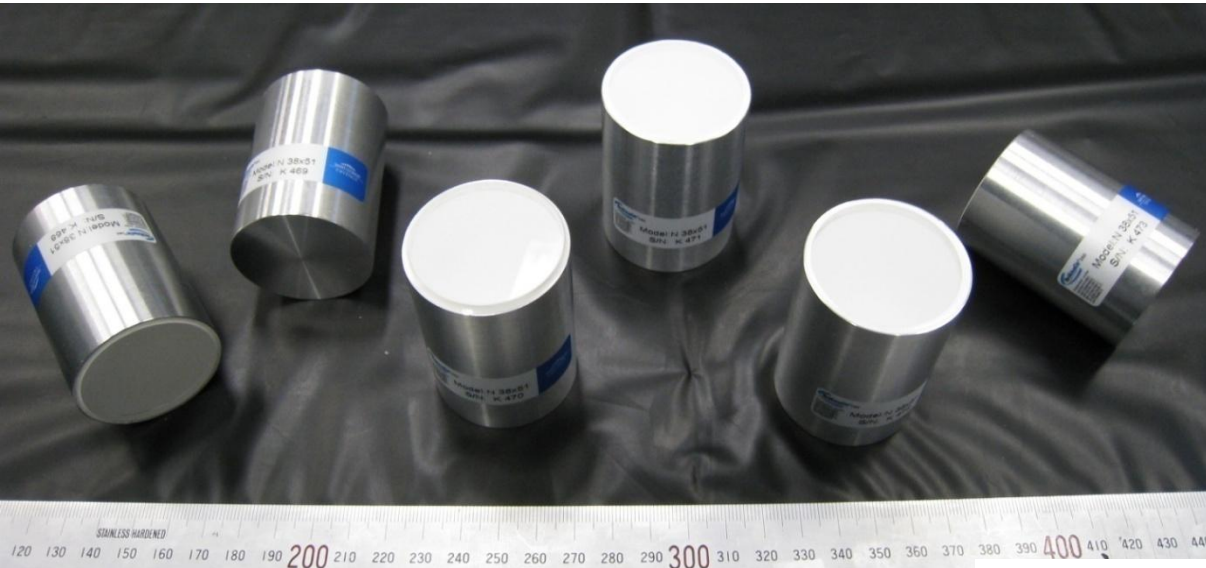
PMTで得られた光量の
2次元分布

PS PE 2D



ガス

ガンマ線検出器



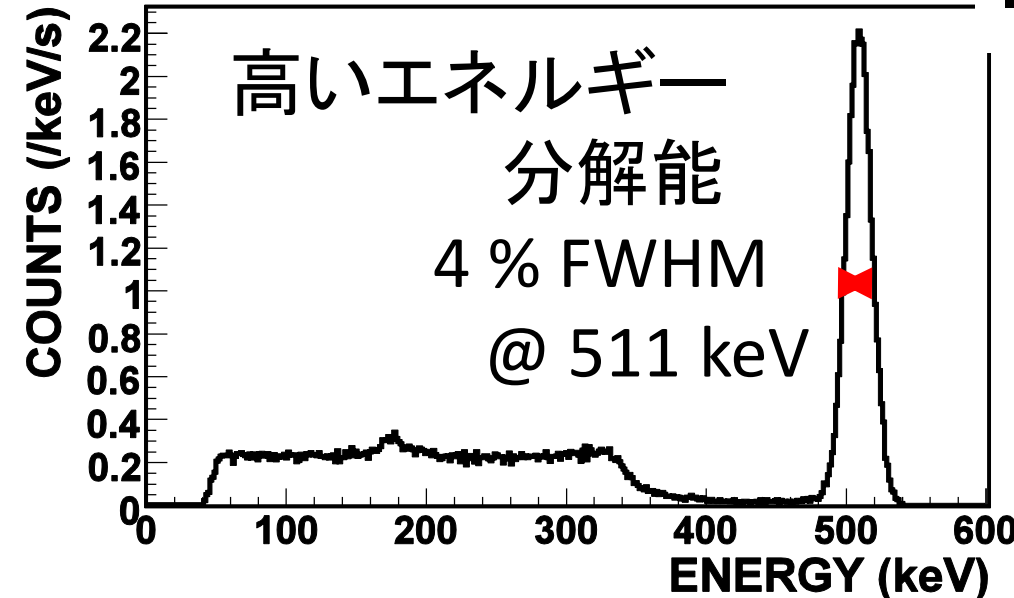
LaBr₃(Ce)シンチレータ
(直径1.5インチ、長さ2インチ)
を6個使用

磁場中でもPMTを磁場と
平行にすることで非常に
高い性能を発揮する
(6月にテストで測定した)。

ENERGY SPECTRUM

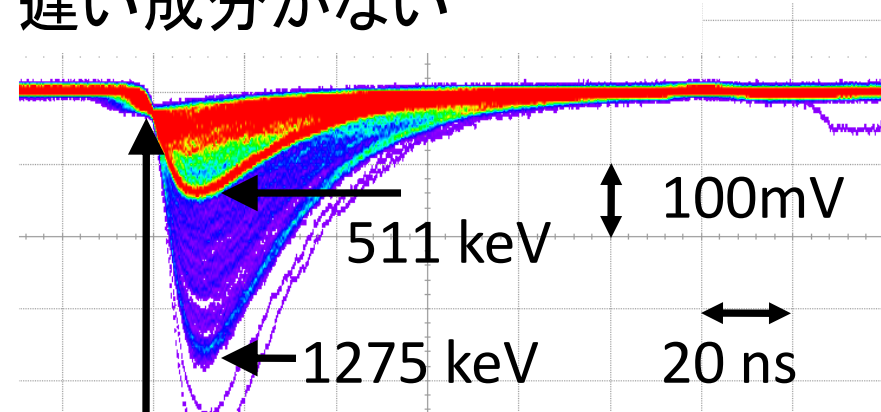
²²Na

高いエネルギー
分解能
4 % FWHM
@ 511 keV



- ・ 速い立ち上がり
- ・ 遅い成分がない

²²Na



高い時間分解能

200 ps FWHM @ 511 keV

新しい2 γ -taggingの方法

2 γ 崩壊と 3 γ 崩壊の比から、HFS を求める

→ 2 γ を正確に tag する必要 2つの方法

(1) Geometrical
(昔の方法)



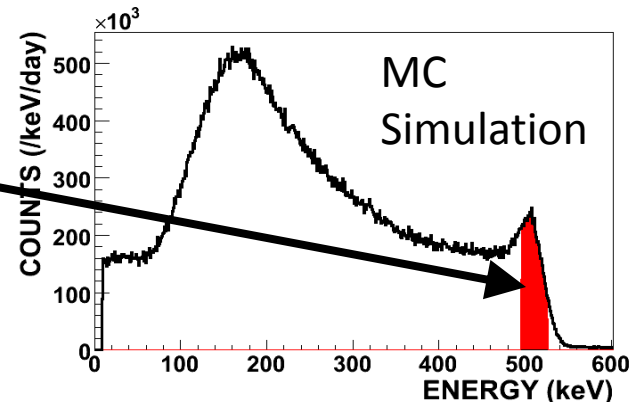
Back-to-back に検出器を置き、両方に 511 keV が入った場合を tag
(長所) S/N がよい (短所) Collection efficiency が小さい

(2) Energy
(新しい方法)

Energy information のみ から 511 keV を tag

(長所) **Collection efficiency が大きい**
(Self-trigger で count できる)

(短所) S/N が悪い



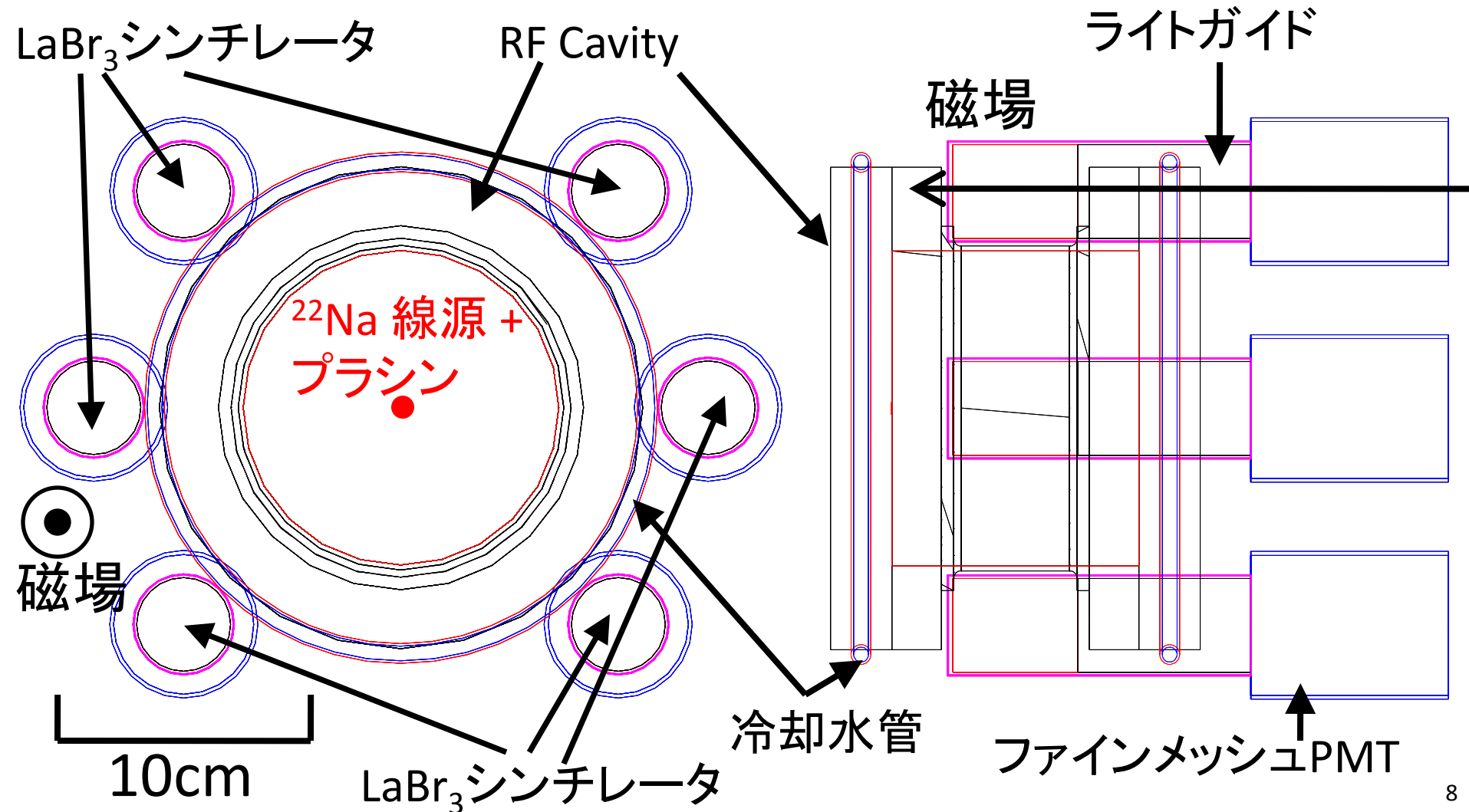
高いエネルギー分解能 (4 % FWHM @ 511 keV) をもつ

LaBr₃シンチレータを使うことで、Energy tagging が可能

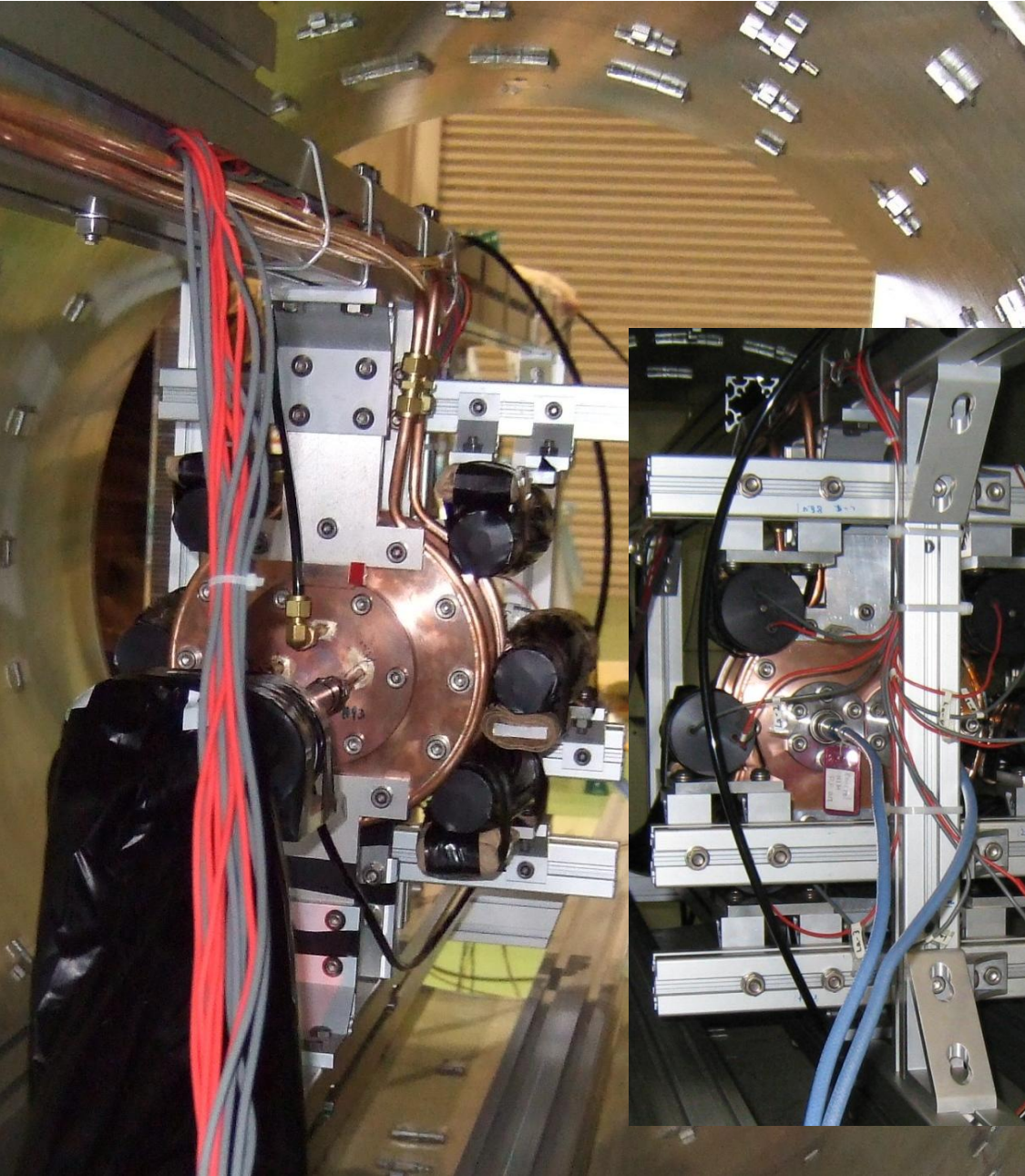
-> **約50倍高い統計** が得られる (S/N悪化は高々5倍)

検出器全体の設計図

ファインメッシュPMTを用いて、高磁場中での実験を可能にする。
PMTの分解能(エネルギー、時間)への磁場の影響を最小限に抑えるため、PMTは磁場と平行に設置。



テスト実験



11月半ばから、
KEK低温センターにて
テスト実験を開始。

写真は、
大型超伝導磁石の
中に測定器を挿入
したときの様子。

目下、データを取得
しながら解析を
並行して行っている。

まとめと今後の展望

- ポジトロニウムのHFS精密測定の一つとして我々はZeeman効果を用いた間接測定を行う。
- 大きなサイズでの磁場の一様性を高い精度で得るため、我々は大型超伝導磁石を使う。
- RF Cavity, β -tagging System, ガンマ線検出器の設計・製作と試験を行い、検出器全体の設計をした。
- 11月半ばからテスト実験を開始。
- 現在データを集め解析を行っている。
- 今後は磁場の精度をppmまで高めるとともに、ガンマ線検出器の設計を改善し、5月には0(ppm)の精度での測定を目指す。