# o-Psを用いた CP 破れの探索 ープロトタイプ装置での実験結果ー

#### 難波俊雄 西原一幸、山崎高幸、浅井祥仁、小林富雄 東大素セ、東大理

# イントロ CP の破れ

- ・世の中、CPの破れは必須
  反物質はどこへ消えた?
- クォークセクター (Charm/Beauty) で見つけては みたものの、全然小さい
  - → 何か他にも CP の破れがあるはず
- せっかくなので、ポジトロニムでも探しましょう
  目標: 10<sup>-3</sup> のレベル

(参考: Phys.Rev.Lett. 67(1991)1993 では 2%の 感度での探索→未発見)

# ポジトロニウム崩壊における角度相 関

 o-Ps が三本のガンマ線に崩壊する際の角度 相関を利用  $k_2$ o-Ps  $\left|\vec{k}_{1}\right| \geq \left|\vec{k}_{2}\right| \geq \left|\vec{k}_{3}\right|, \quad \hat{k} = \frac{k}{\left|\vec{k}\right|}$ <u>CP odd term!</u>  $(\hat{s} \cdot \hat{k}_1)(\hat{s} \cdot \hat{k}_1 \times \hat{k}_2) \neq 0$  if *CP* violation o-Ps のスピンの向き、崩壊ガンマ線 (k1、k2)の方向とエネルギーを正確に求める





磁石とリターンヨーク

- ネオジム磁石 × 2 個
- •中心磁場 0.35T
- ・o-Psのスピン選択に利用

見たいのは、m<sub>z</sub>=±1の成分

オルソ-パラミキシングによって、 不要な  $m_z=0$ の成分を取り除く



<sup>22</sup>Na 陽電子源 シリカエアロゲルの減速材 ベータ線タギングシステム

•線源強度1MBq

- 厚さ 0.1 mm のプラスチックシンチ
  レータによりベータ線をタグ
- ライトガイドを介して両側の PMT で コインシデンス

#### o-Ps creation & tagging system

- $\beta^+$  source: <sup>22</sup>Na ( $E_{end}$ =546keV), 1MBq
- $\beta^+$  stopper & e<sup>-</sup> supplier: Silica aerogel ( $\rho$ =0.1)
- Tag for the  $\beta^+$  emission: t=0.1mm plastic scintillator





ガンマ線検出器

- •4 個の (\$3cm×L3cm) LYSO シンチレータ
- ・ルテチウム: Z=71、ρ=7.1 →511keV のコンプトンの影響を減らす
- 150°の opening angle で放出された k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub>ペアを検出
- ・3 組のペアで統計を稼ぐ



- •系統誤差を無くすために使用
- ・詳細は次のトーク

# テスト実験のセットアップ









#### ただし、磁石の向きを変えて測定してみると、 10%程度の非対称性

- 最初の磁石の位置で一週間、磁石をひっくり返して一週間測定
- ターゲット領域の o-Ps イベントに 10% 程度の差

→CP 非対称性に直すと100% 超!

(もちろん、CP 対称性の破れではない。各検出器ペアで CP の破れの寄与の符号が異なるので、系統誤差とは明瞭に区別できる)

- - 磁石の向きを変える際の検出器の位置ズレ (100μm の違いが致命的な差を 生む)
  - o-Ps の生成レートの安定性 (磁石の位置を変更する際につけはずすので、どうしても生成レートが変わる)
  - →やっぱり回転台は必要ですね
  - 511keVの back-to-backの予期せぬコンタミ (アクリルのライトガイドをたたいた イベントが見える

→検出器の距離を離して見えなくする(検出効率の低下は2割程度で抑えられる)

# まとめと本実験へ向けて

- ポジトロニウム崩壊における CP 非保存を 10<sup>-3</sup> の感度
  で探す実験
- o-Ps のスピンと、崩壊ガンマ線の角度相関を利用
- 本実験とほぼ同様の測定系でテスト測定
  - 個別の検出器のデータは問題なし
  - 回転ステージ無いと安定性を出すのつらいよ
  - Bk-Bk 511keV BG → 入らない設計に
- ・ 回転ステージもできました (次トーク)
- とっととリターンヨークを作ってこの春に測定を開始します

## ortho-para mixing under the magnetic field

- $m_z$ =0 component of o-Ps mixes with p-Ps  $m_z$ =0 has shorter Lifetime
- $m_z = \pm 1$  component lifetime: no change





# Observed spectrum with the tagging system



<sup>22</sup>Na sourcePlastic scintillatorSilica aerogel

 Enough photoelectron collection for β<sup>+</sup> peak (25keV ~ 11 p.e.)

 Timing resolution: σ~0.85ns
 (for all coincidenced events)

#### γ-ray detectors

- Requirements for the γ-ray detector:
  - Large stopping power for ~500keV  $\gamma$ 's
  - Good energy resolution
  - Good timing resolution



- LYSO (Lu<sub>1.8</sub>Y<sub>0.2</sub>SiO<sub>5</sub>) scintillators are used for the detectors
  - Large Z, high density (Atomic number of Lutetium=71, ho=7.1)
  - $\Delta E$ =10% (FWHM) at 662keV
  - Short decay time 40ns
  - $\Delta$ T=150ps ( $\sigma$ ) at 511keV





