

^{48}Ca の二重ベータ崩壊の研究

大阪大学核物理研究センター
梅原さおり

umehara@rcnp.osaka-u.ac.jp

CANDLES Collaboration

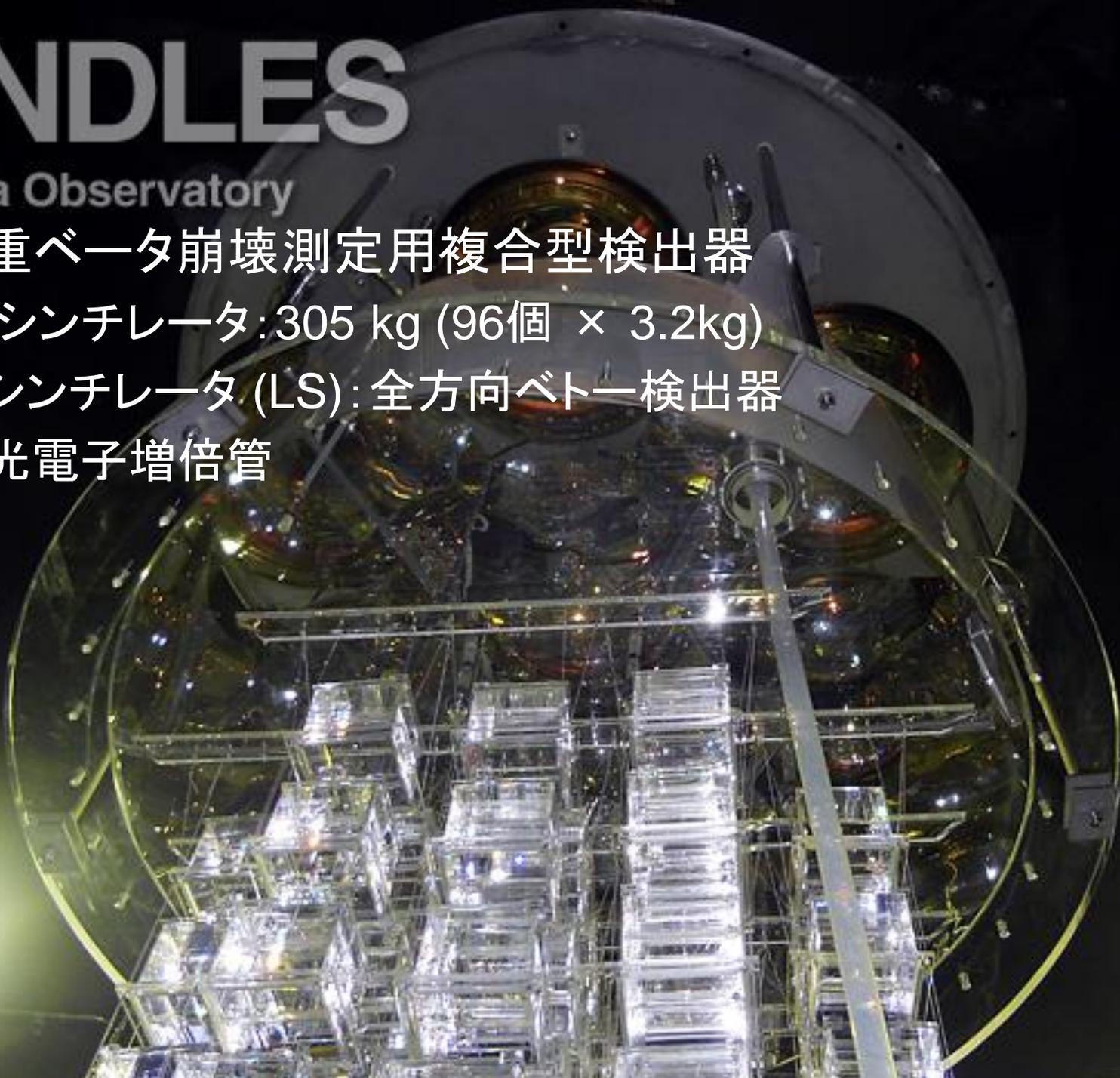
LIS Collaboration

- 二重ベータ崩壊測定装置: CANDLES
- 次世代二重ベータ崩壊測定装置開発

CANDLES

@Kamioka Observatory

- ^{48}Ca 二重ベータ崩壊測定用複合型検出器
 - CaF_2 シンチレータ: 305 kg (96個 × 3.2kg)
 - 液体シンチレータ (LS): 全方向ベータ検出器
 - 大型光電子増倍管



結果

測定結果

高純度 $^{21}\text{CaF}_2$ 結晶の結果

	結果
$0\nu\beta\beta$ 検出効率	0.36($^{21}\text{CaF}_2$)
事象数(exp)	0
予想されるBG量	1.02
$0\nu\beta\beta$ 半減期	$>5.6 \times 10^{22}$ year
測定感度	2.8×10^{22} year

Phys Rev D, 103, 092008 (2021)

* 先行検出器ELEGANT VI

測定時間: 4947 kg·day(2年強)

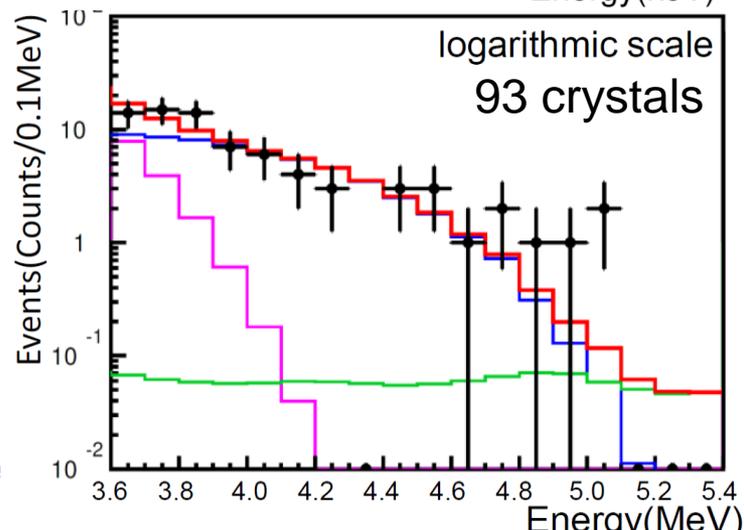
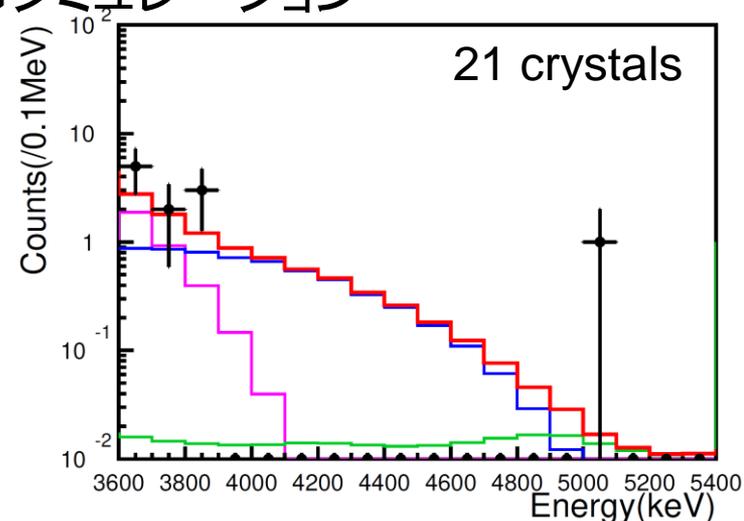
半減期 : $>5.8 \times 10^{22}$ 年

・新規データ解析導入中

・ CaF_2 結晶内部の放射性不純物がBG源
 ^{208}Tl 、 $^{212}\text{BiPo}$ 除去の新しい解析

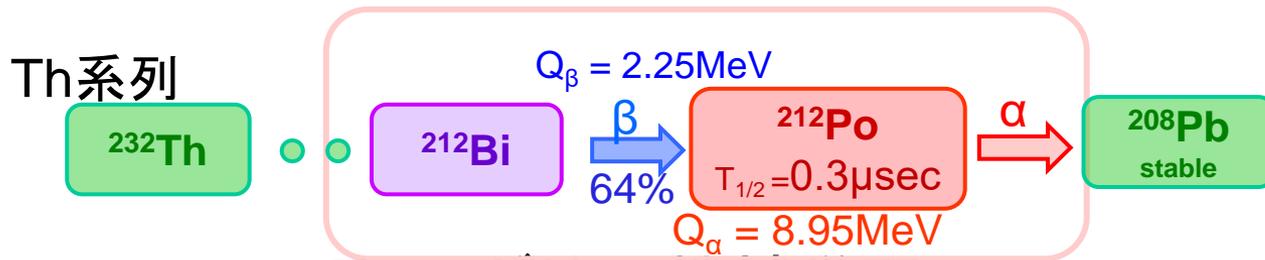
- データ
- 全Simデータ
- 中性子捕獲 γ 線
- 結晶内部不純物
- $2\nu\beta\beta$

エネルギースペクトルと
BGシミュレーション



機械学習による ^{212}Bi ^{212}Po 除去 Temuge Batpurev(博士論文) 阪井 俊樹(修士論文)

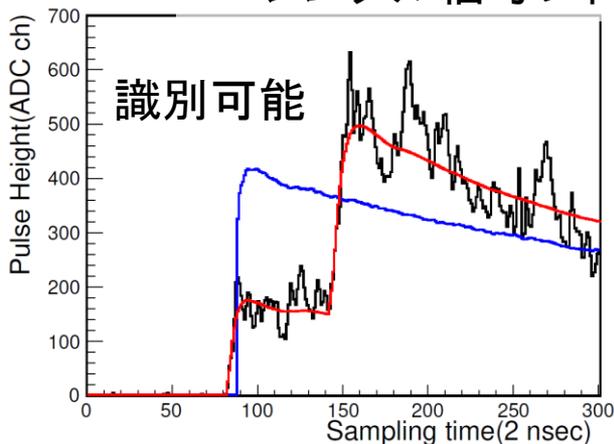
連続信号 $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{212}\text{Po}$ (パイルアップ事象: DP)



■ フィッティング法 → 機械学習

時間差~100nsecの波形例

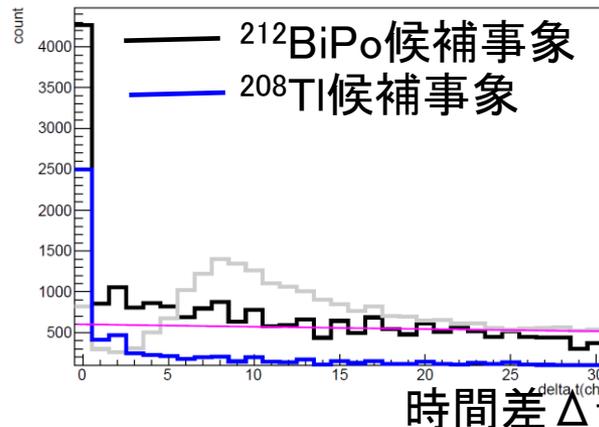
- 連続信号フィット
- シングル信号フィット



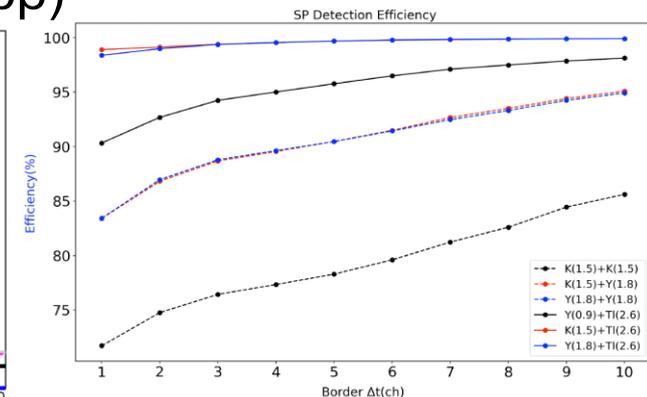
機械学習導入

時間差スペクトル

(3.3-5.2 MeV $0\nu\beta\beta \sim 2\nu\beta\beta$)



^{212}Bi ^{212}Po 事象カット時の
シングル信号の検出効率



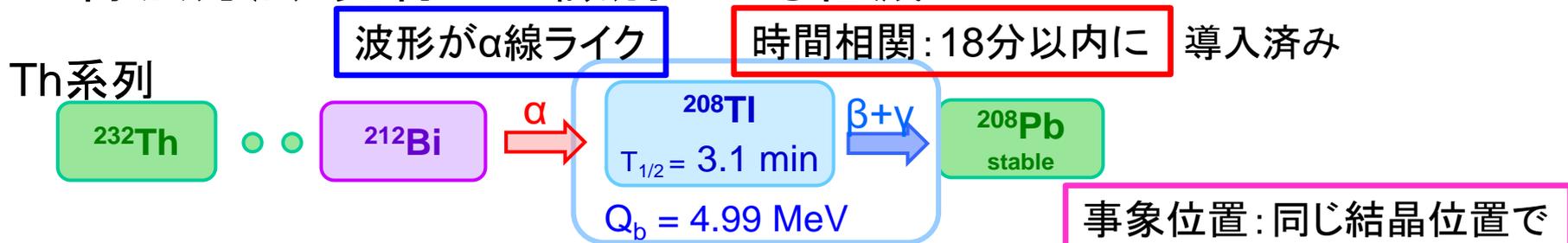
- 4.4MeV領域
- 4.1MeV領域

$0\nu\beta\beta$ エネルギー領域:

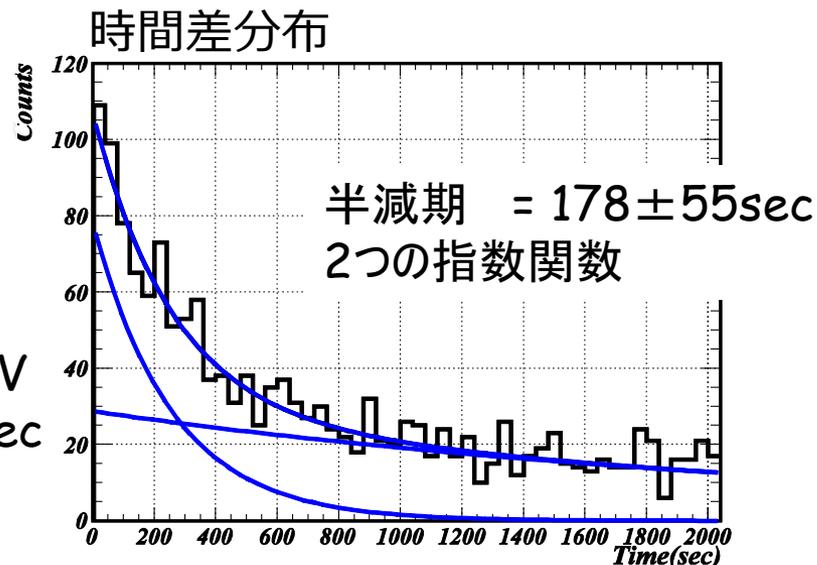
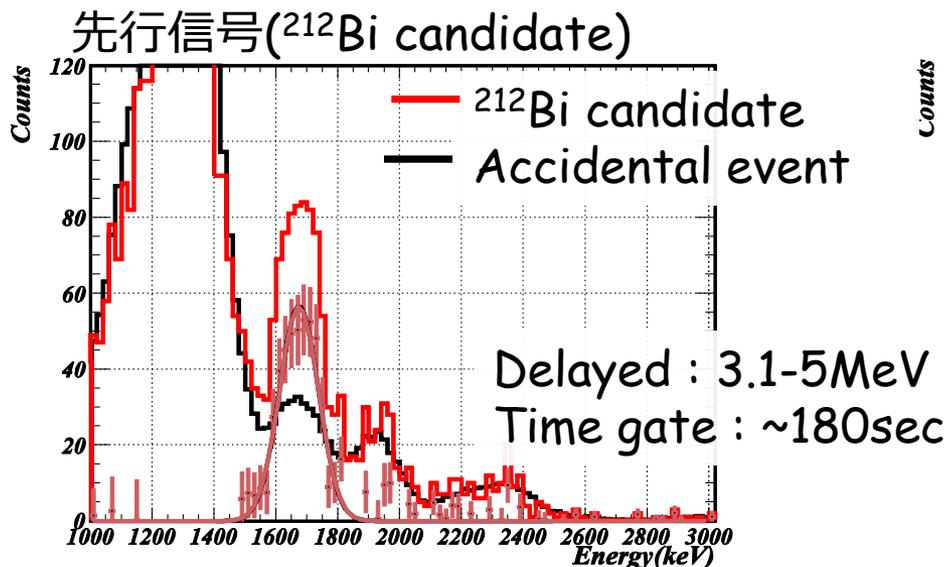
連続信号除去効率>99%、シングル信号効率>98%

208TI除去

□ 除去方法：先行²¹²Bi識別による低減



事象位置: 同じ結晶位置の場合



各²¹²Bi候補事象に対し18分のveto: veto時間~25%
隣の結晶での²⁰⁸Tl事象も識別を試みる。

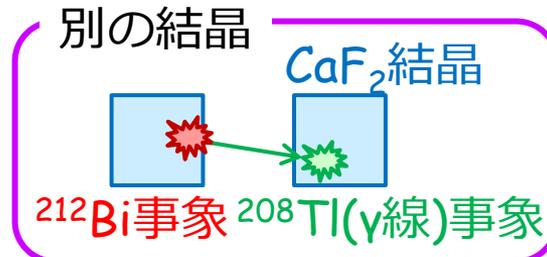
208Tl信号の位置差分布

三好剛、修士論文
南雄人(ICHEP2022)

□ ただし



除去できる

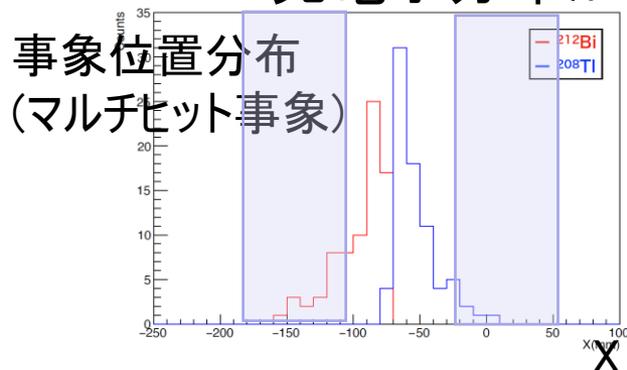


除去できない

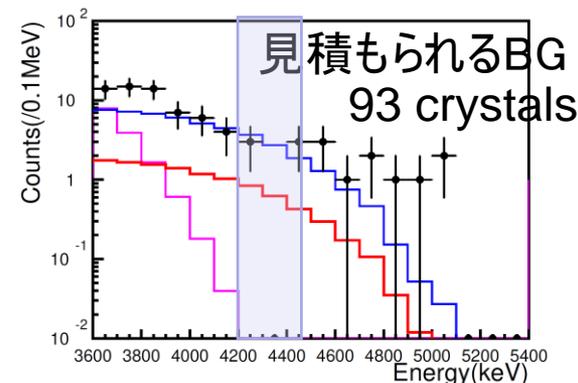
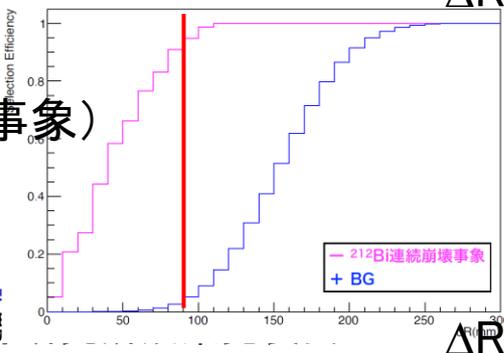
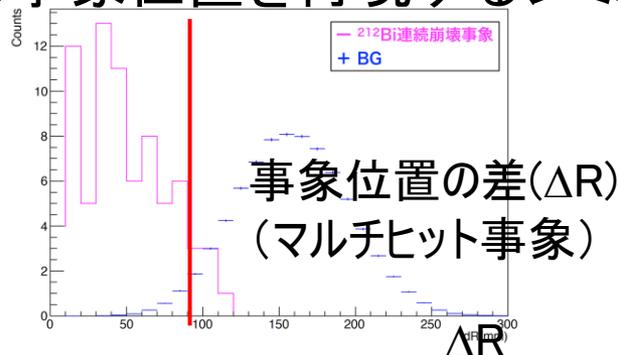
マルチ
ヒット

□ 事象位置の差を使って識別

■ 光電子分布から事象位置を再現するシミュレーションを構築



除去効率
(マルチヒット事象)



マルチヒット事象
・CaF1位置の場合90mm
カットで95%以上除去

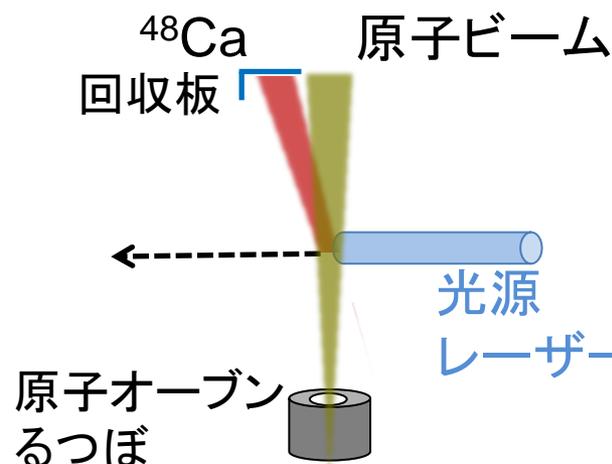
次世代検出器：濃縮

□ カルシウム48

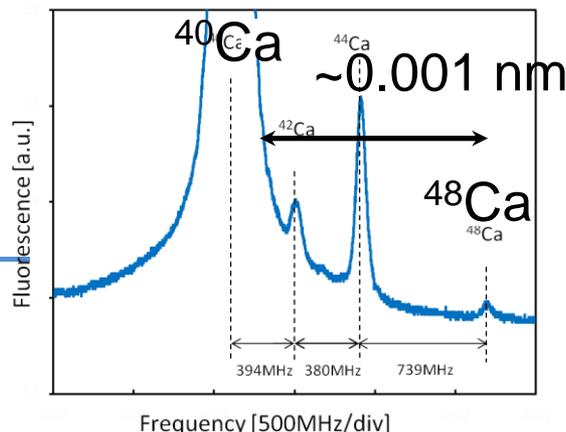
- 天然同位体比が低い:0.19 %
- 濃縮によって感度向上が可能

□ レーザー濃縮手法を開発

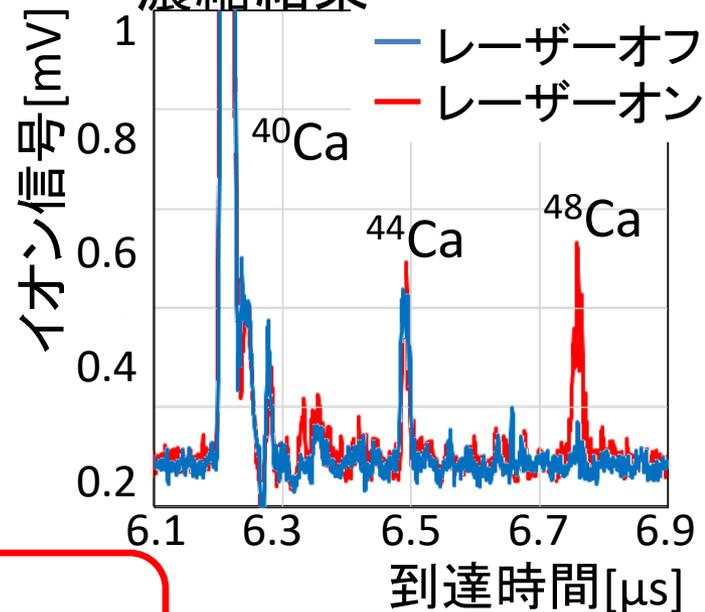
装置概略



Caの吸収波長スペクトル



濃縮結果



- ・偏向法による同位体濃縮を確認
→波長精度のよい高出力レーザーが必要
カルシウムビーム増加が必要

次世代検出器：濃縮(レーザー)

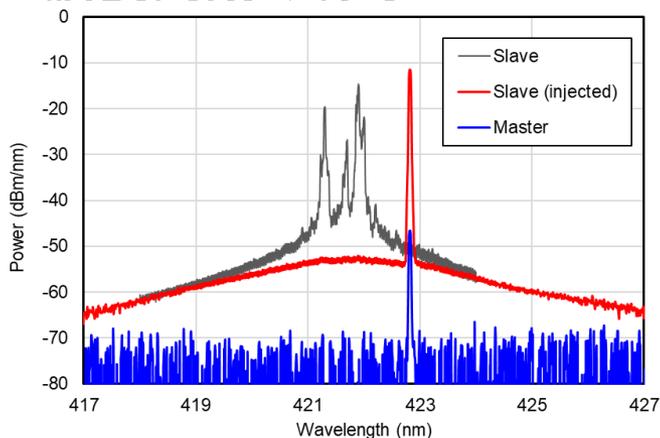
レーザー総研:宮永
大阪大レーザー研:時田

□ 注入同期システム：安価にレーザー出力を上げる

■ 多数のスレーブレーザーの波長

■ 一つのマスターレーザーを用いて合わせる

波長同期の様子

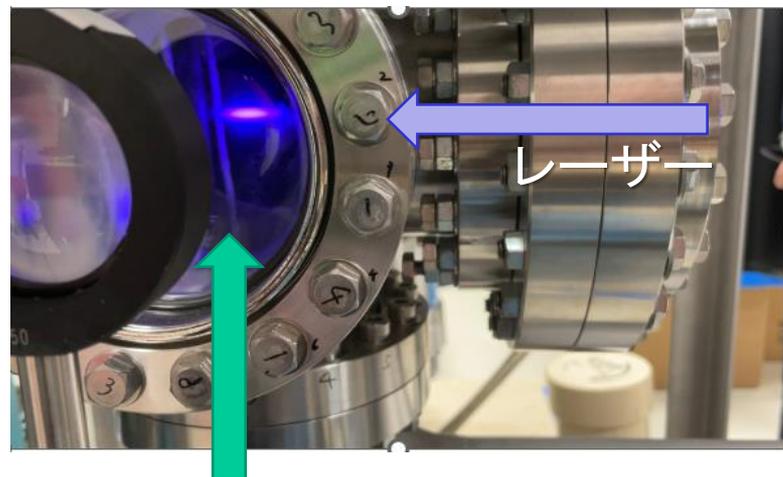


- マスターレーザー
- スレーブレーザー
- スレーブレーザー(同期)

□ レーザーシステム

■ 注入同期レーザー

レーザーカルシウム同期テスト

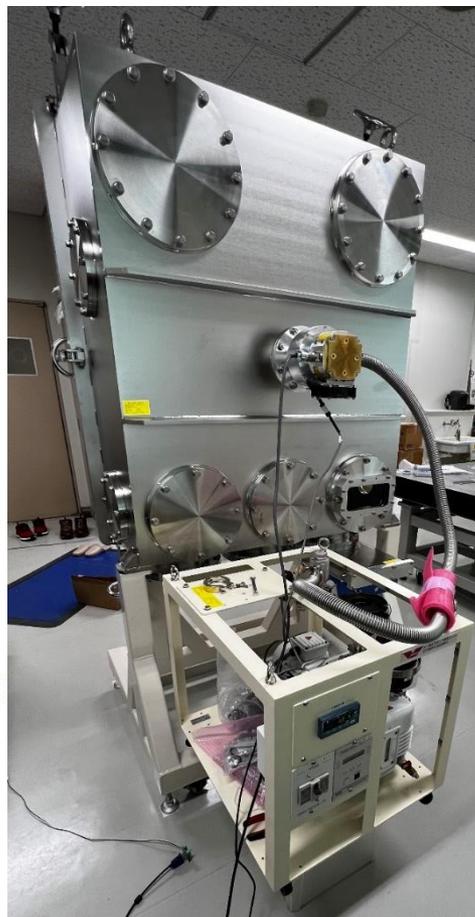
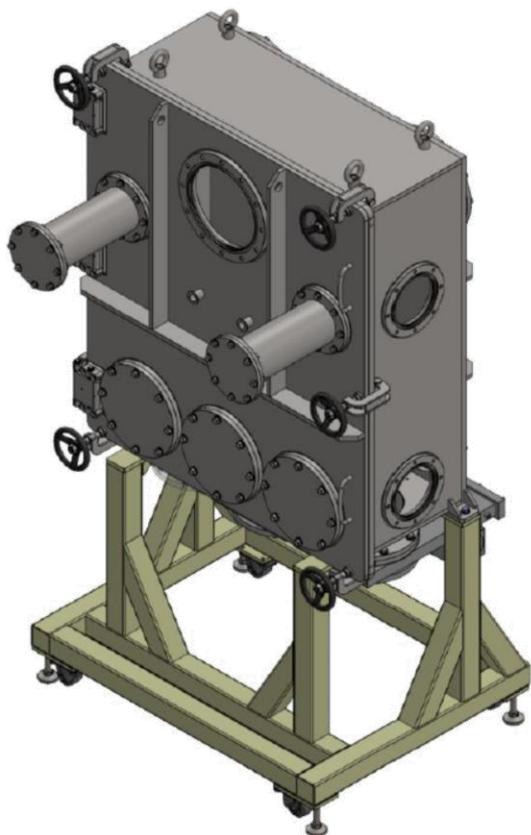


カルシウムビーム

注入同期システムによるレーザーを用いてカルシウム同期を確認

次世代検出器：濃縮装置

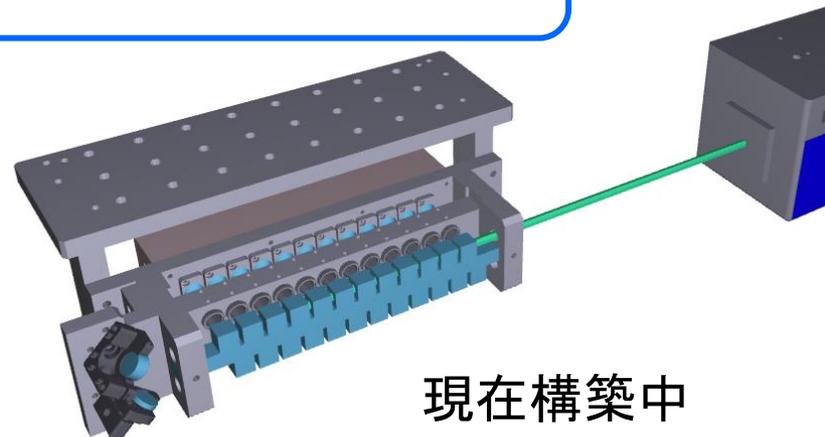
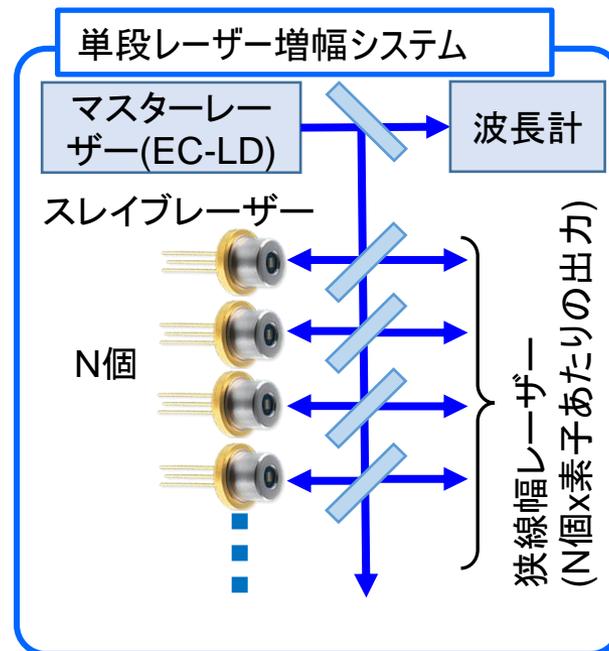
濃縮装置・2Wレーザーを構築中



濃縮チェンバー

現在TOFシステムを導入中

単段レーザー増幅システム概念



現在構築中

まとめ

- B14: ^{48}Ca の二重ベータ崩壊の測定
 - 2年のデータに新解析導入
 - 並行して次期検出器開発
 - 濃縮: 注入同期システム
 - 蛍光熱量計: 真空紫外発光
- 予算: 査定額
 - 共同研究費22万円
 - 神岡・柏への旅費
 - サポートありがとうございました。

* 来年度もよろしく願います。