

# XMASS 実験



KOBE  
UNIVERSITY  
Graduate School of  
Science

神戸大学 細川佳志

for XMASS collaboration

平成25年度 宇宙線研究所 共同利用研究成果発表会

Dec. 20<sup>th</sup> 2013

# 目次

---

## ✓ XMASS実験

## ✓ コミッショニングランのデータを用いた物理結果

- 論文投稿済みx2, 投稿予定x2

## ✓ XMASS Refurbishment

- 再建の様子
- 現状とこれから

## ✓ まとめ

# 目次

---

## ✓ XMASS実験

### ✓ コミッショニングランのデータを用いた物理結果

- 論文投稿済みx2, 投稿予定x2

## ✓ XMASS Refurbishment

- 再建の様子
- 現状とこれから

## ✓ まとめ

# XMASS実験

## ✓ コミッショニングラン (2010年10月~2012年6月)

- 予期せぬBGが存在した。

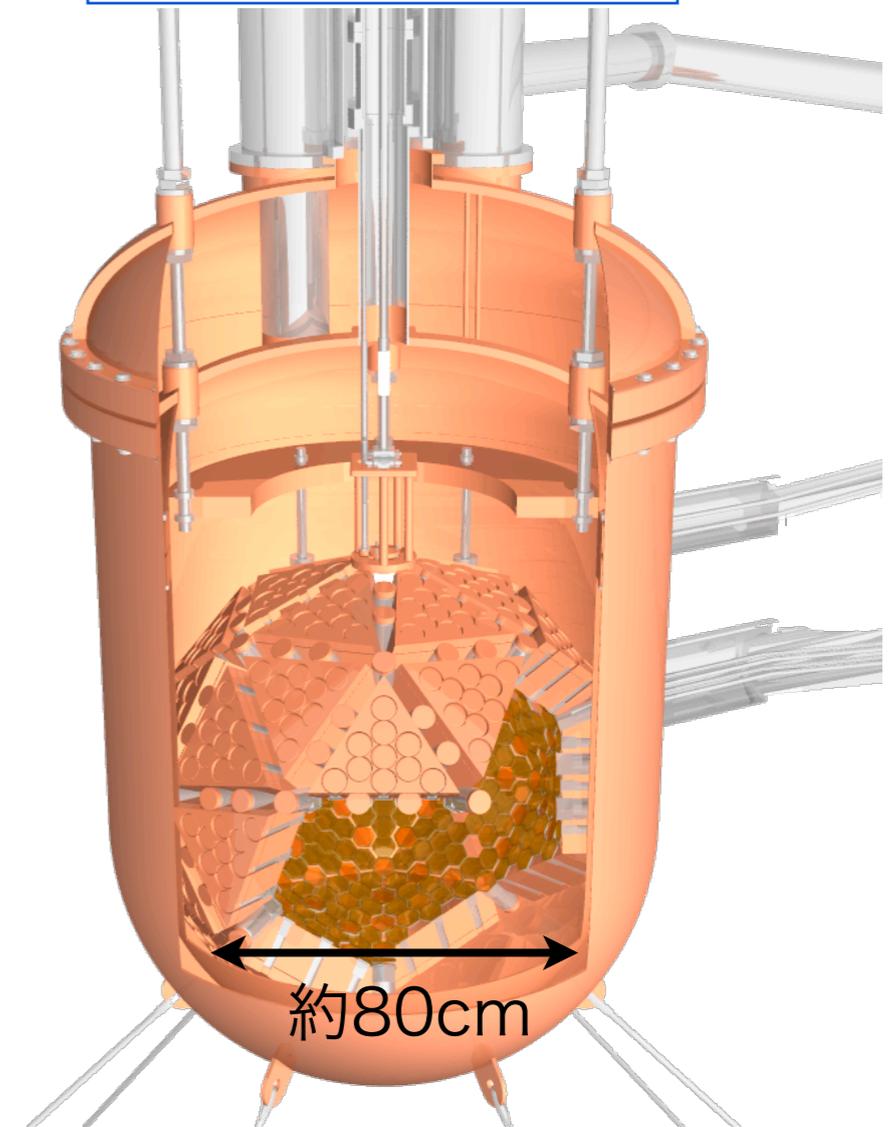
## ✓ 暗黒物質探索など (2013年10月~)

- ▶ 液体キセノン 835kg (PMTで囲まれた内部)
- BGの理解を確認し、削減するための検出器改造計画 "Refurbishment"が2013年10月に完了。観測を開始。

## ✓ 将来計画

- XMASS-1.5
  - ▶ 液体キセノン 5 tonでの暗黒物質探索
- XMASS-II
  - ▶ 24 tonの液体キセノンを用いて  
様々な物理を高統計、高精度で測定
    - $0\nu\beta\beta$  decay
    - pp-solar  $\nu$
    - 暗黒物質 etc...

## XMASS検出器



液体キセノン 835kg

PMT 642本

無酸素銅 (低BG) PMTホルダー

# 目次

---

✓ XMASS実験

✓ コミッショニングランのデータを用いた物理結果

- 論文投稿済みx2, 投稿予定x2

✓ XMASS Refurbishment

- 再建の様子

- 現状とこれから

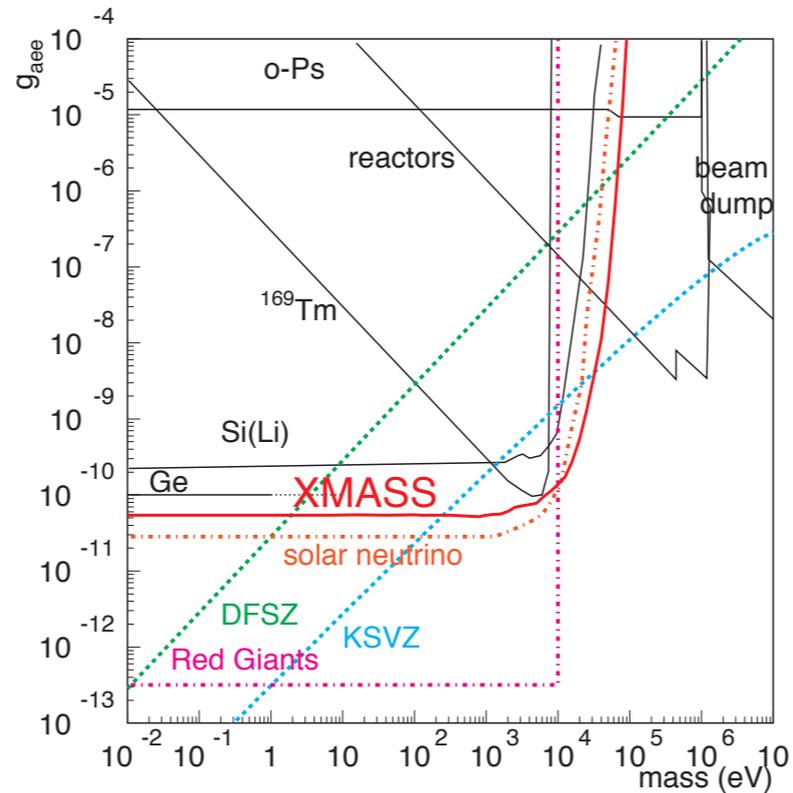
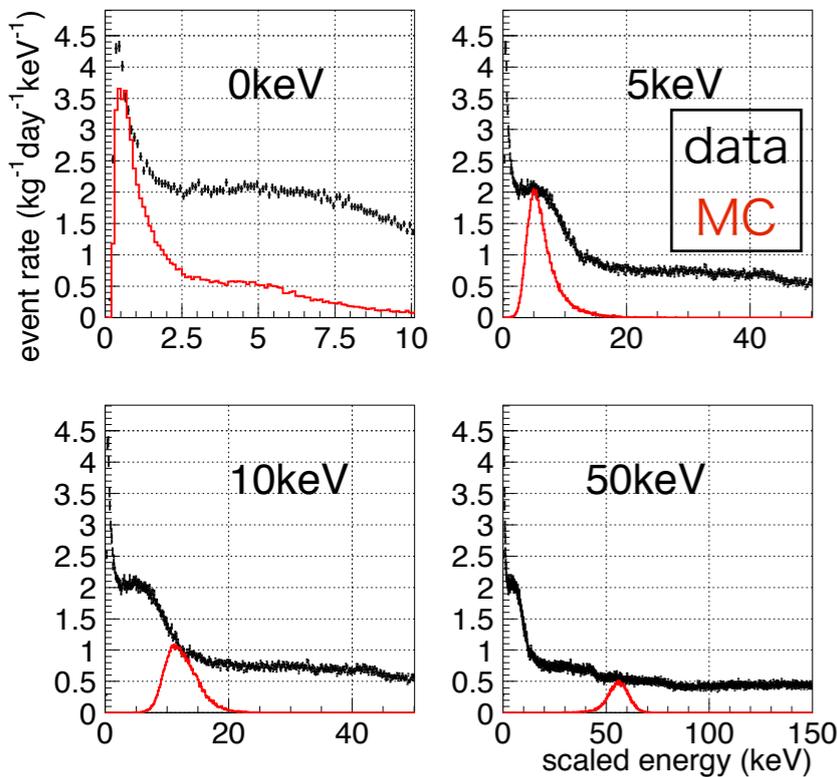
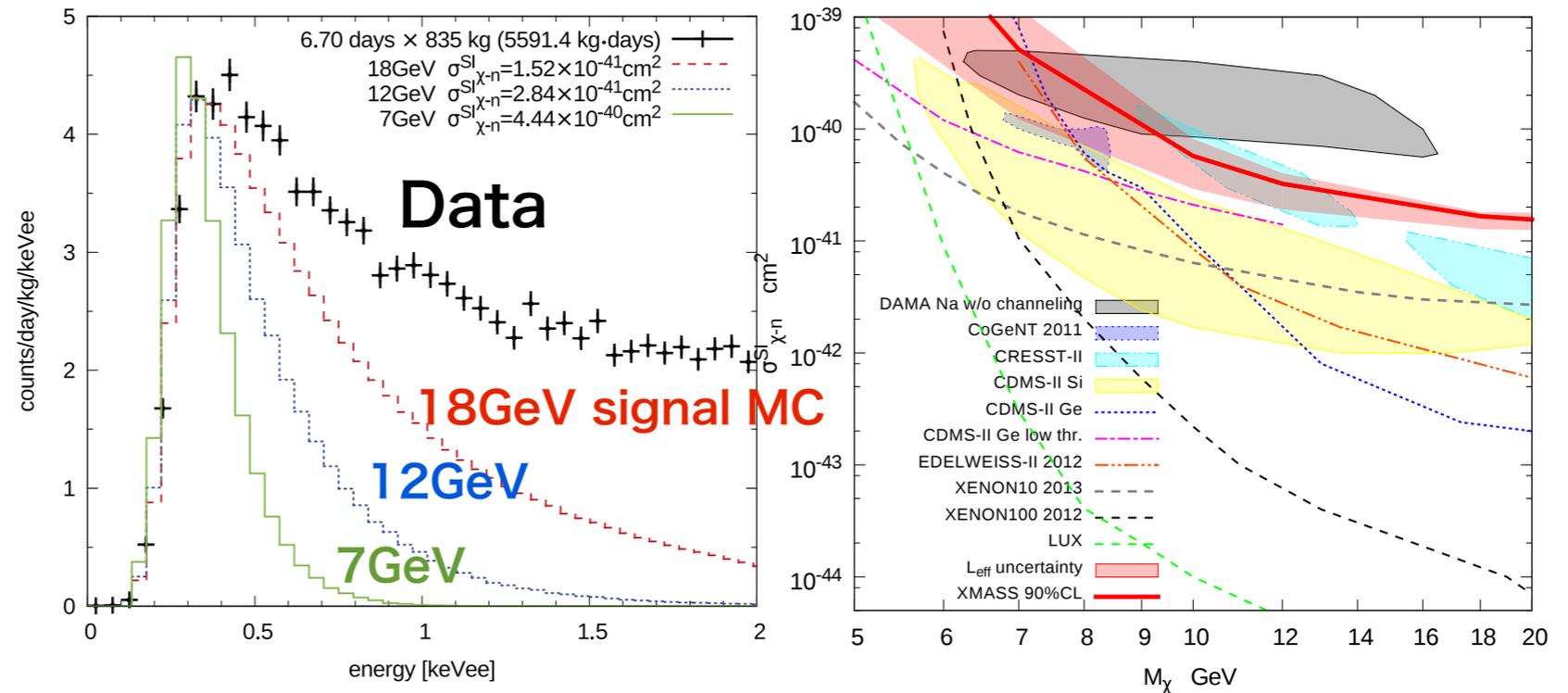
✓ まとめ

# 発表済み論文

## Light WIMP search

Physics Letters B 719 (2013) 78–82

- ✓ DAMA/LIBRA等で示唆される軽い暗黒物質探索
- ✓ XMASSで観測したevent rateを上回る領域を排除



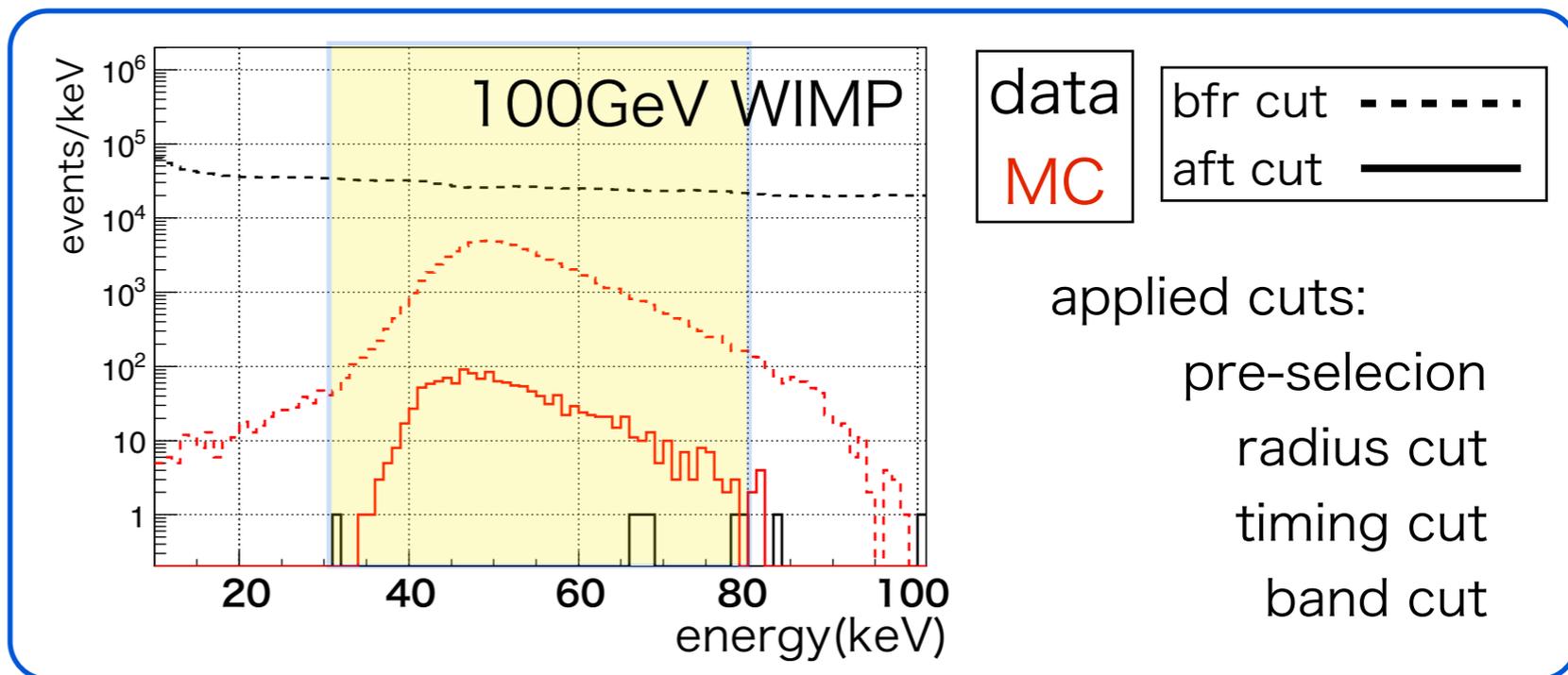
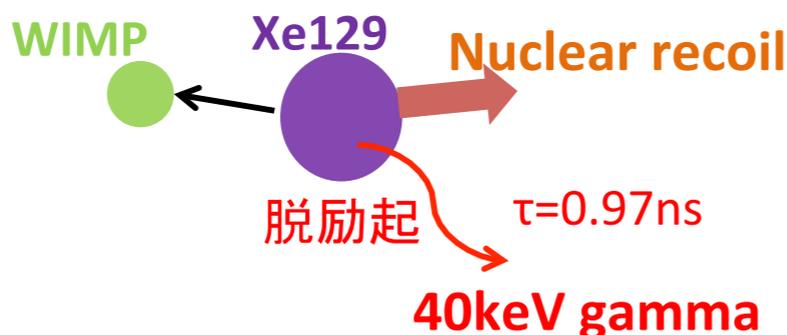
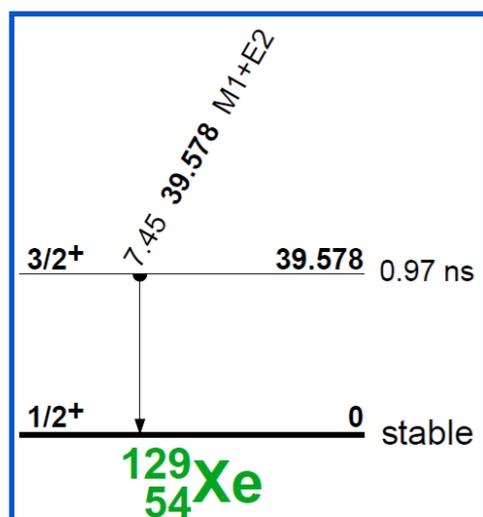
## Solar axion search

Physics Letters B 724 (2013) 46–50

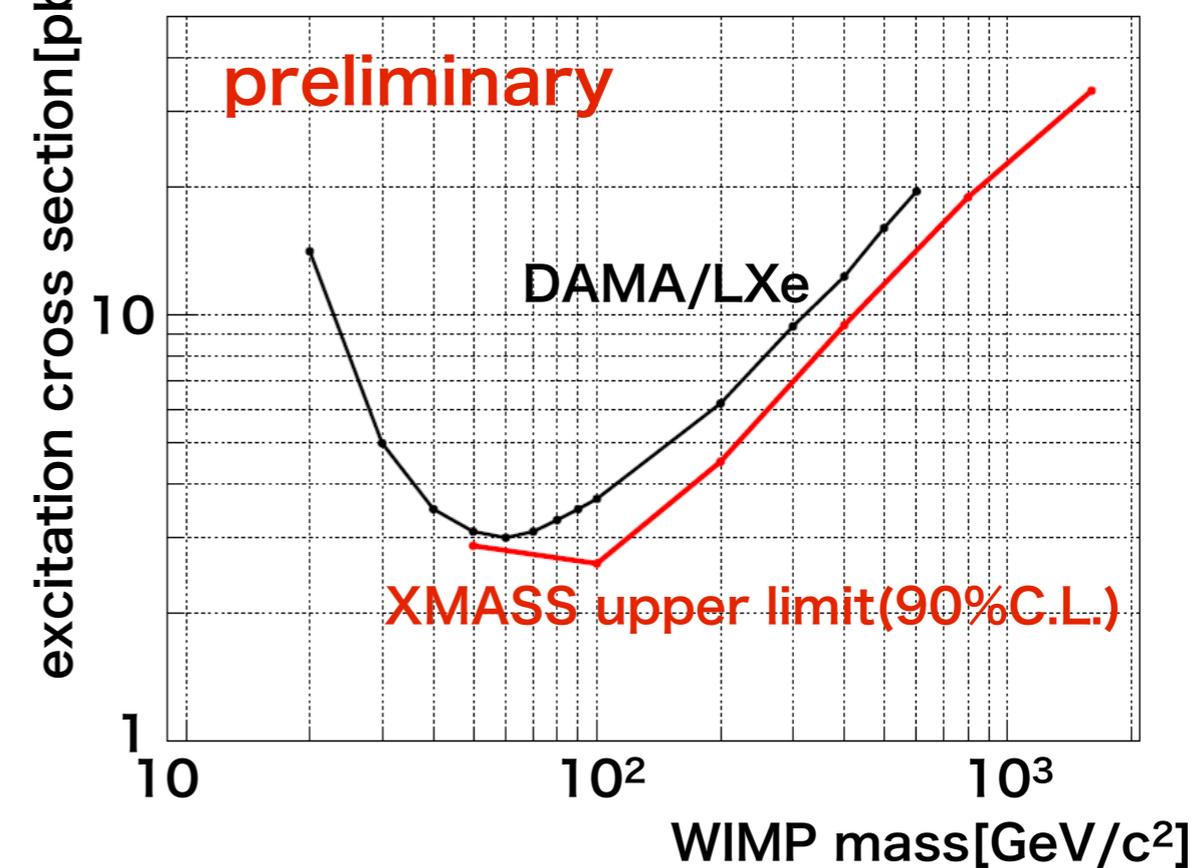
- ✓ 太陽中でelectronからaxionが制動放射されたり、Compton散乱によってaxionが放出される可能性。
- ✓ 実験的探索としては世界最高感度を達成

# $^{129}\text{Xe}$ Inelastic scattering

WIMP-Xe129非弾性散乱



## Excitation cross section

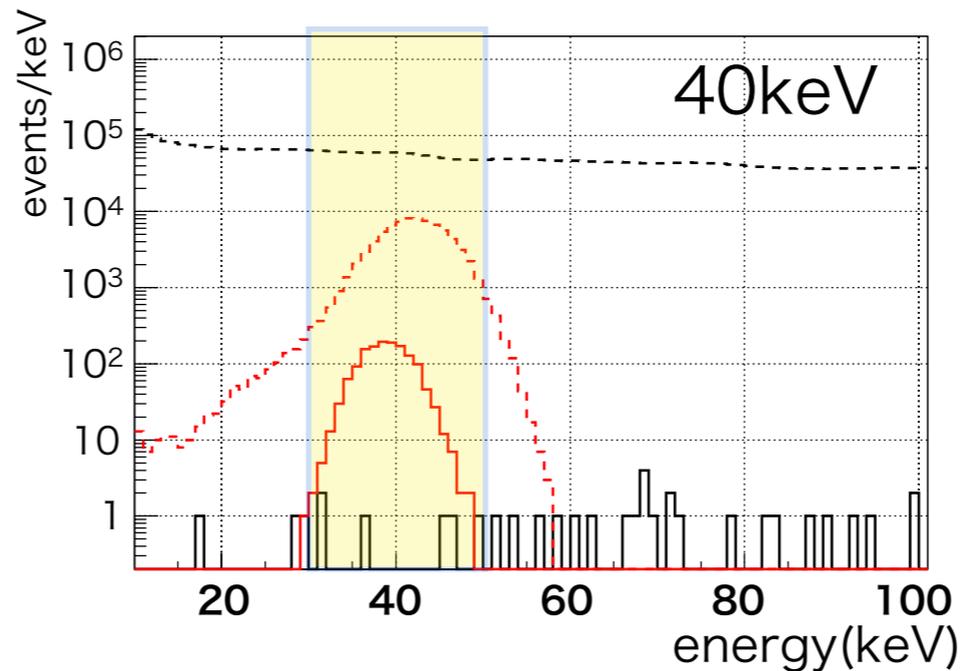
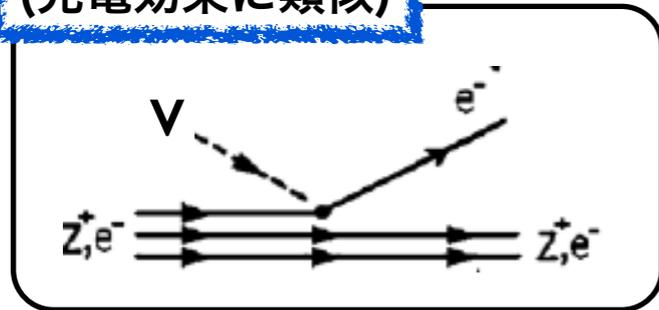


- ✓  $^{129}\text{Xe}$ 非弾性散乱事象の観測から暗黒物質を探索
- ✓ 30-80keVでS/N比が最大になるようにカットを最適化
  - 最適化には10-30, 80-100keVのデータを使用。
- ✓ DAMA/LXeと同程度のupper limitが得られた。
- ✓ 論文投稿予定

2013A JPS 内田

# Bosonic super-WIMPs

検出器での反応  
(光電効果に類似)



data

MC

bfr cut - - - - -  
aft cut ————

applied cuts:

pre-selecion

radius cut

timing cut

band cut

✓ Warm Dark Matter 候補

- Pseudoscalar, vector bosonを探索。

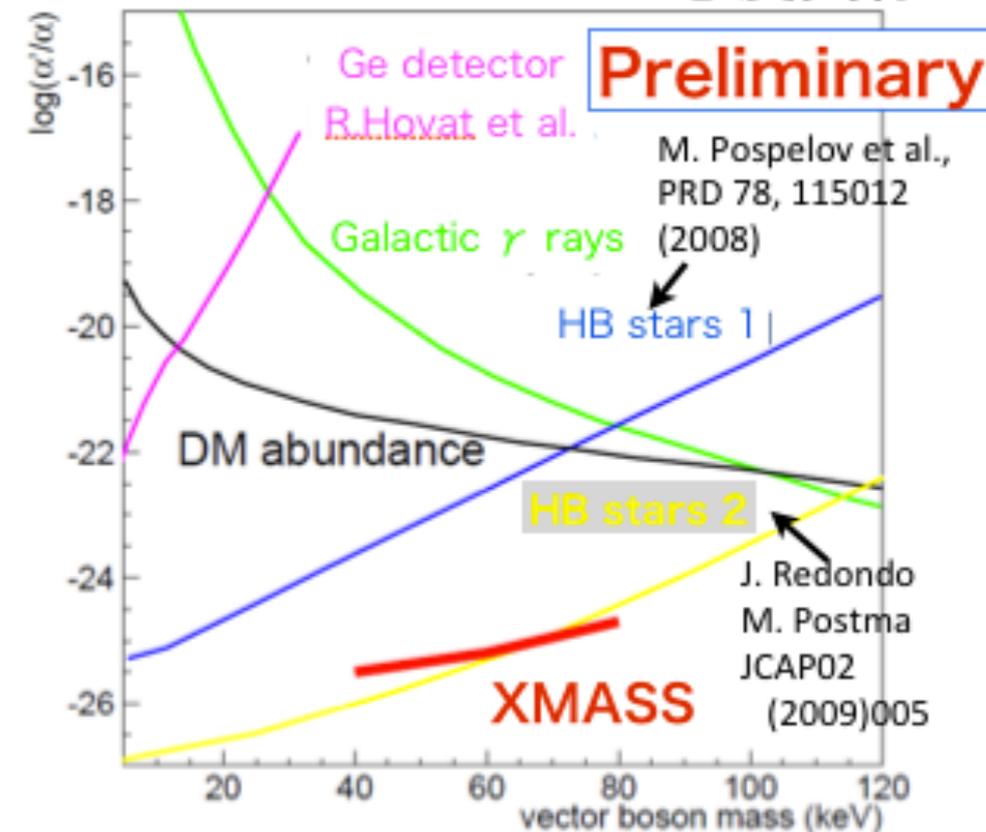
✓ mass毎にS/N比が最大になるようにカットを最適化

✓ 実験的に初めて制限を与えた。

- 同等の解析で Pseudoscalar boson への感度曲線も容易に得られる。

✓ 論文投稿予定

vector bosonへの感度曲線



2013A JPS 森山

# 目次

---

✓ XMASS実験

✓ コミッショニングランのデータを用いた物理結果

- 論文投稿済みx2, 投稿予定x2

✓ XMASS Refurbishment

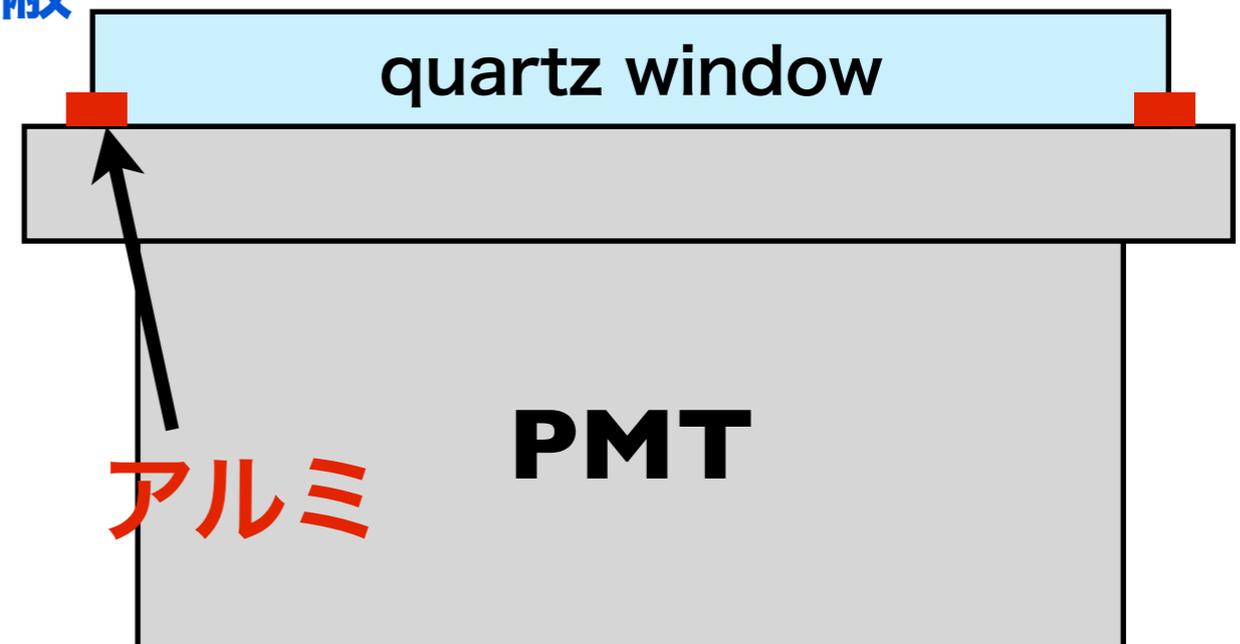
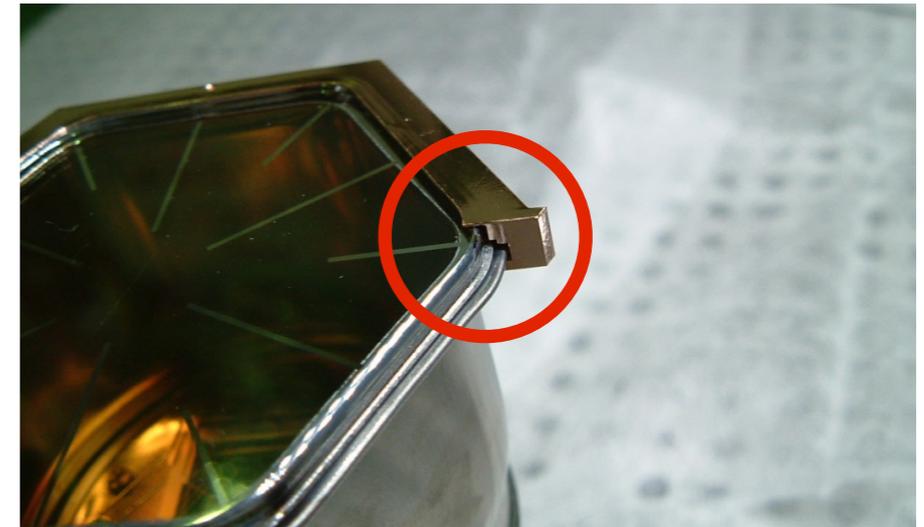
- 再建の様子
- 現状とこれから

✓ まとめ

# XMASS Refurbishment

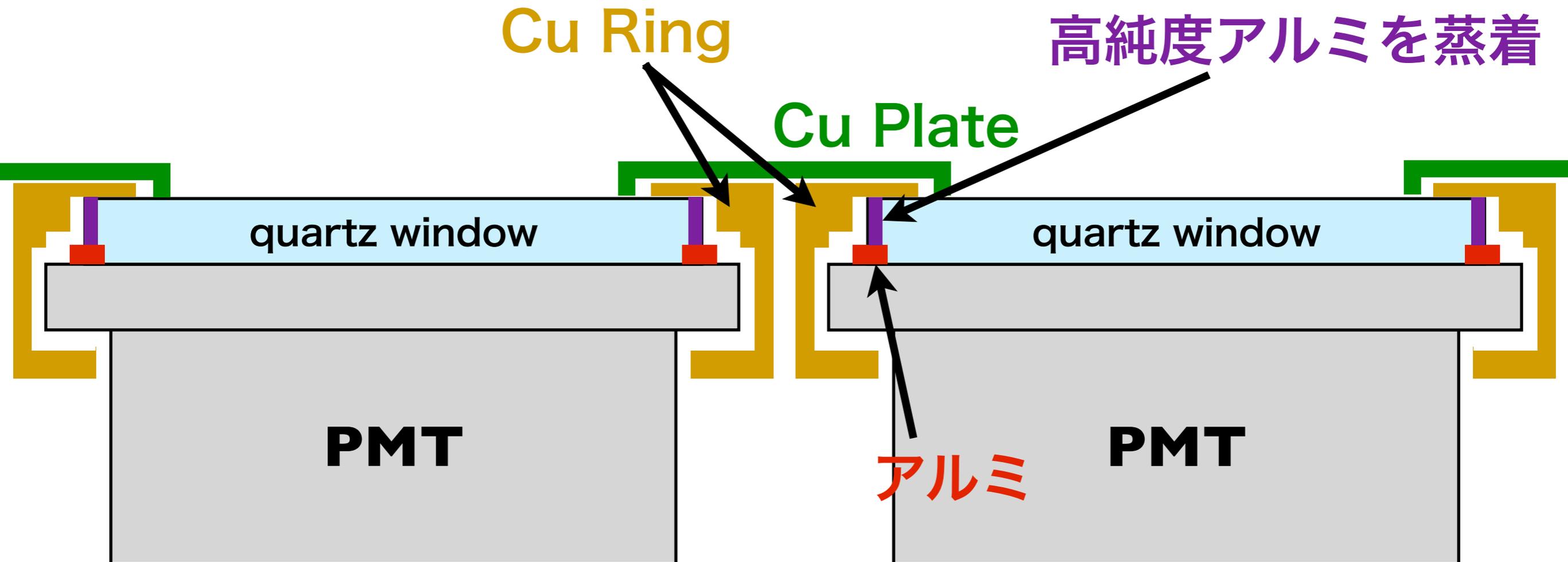
## ✓ 支配的なBGとその対処法

- **PMTのAl**に含まれる放射性不純物  
( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{238}\text{U}$ )
  - ▶  **$\alpha$ 線**と**低エネルギー $\beta$ 線**が放射され、アルミのすぐ近くで発光するBG事象が主要
- **銅リングとプレート**で  
光、 $\alpha$ 線、低エネルギー $\beta$ 線を**遮蔽**



# XMASS Refurbishment

- ✓ リングはPMTの隙間を埋めるように敷き詰める
- ✓ PMT窓横には高純度のアルミを蒸着して光漏れを遮断
- ✓ さらにプレートでリング間の隙間を覆う



# 目次

---

✓ XMASS実験

✓ コミッショニングランのデータを用いた物理結果

- 論文投稿済みx2, 投稿予定x2

✓ XMASS Refurbishment

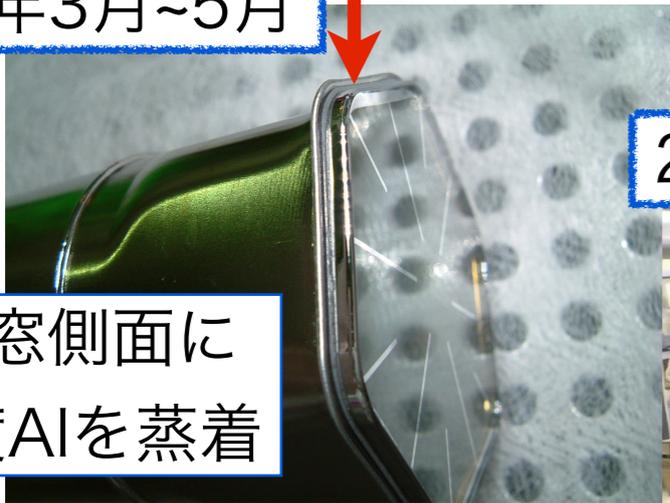
- **再建の様子**

- 現状とこれから

✓ まとめ

# RFB 検出器再構成まとめ

2013年3月~5月



PMT窓側面に  
高純度Alを蒸着

2013年7月1~8日

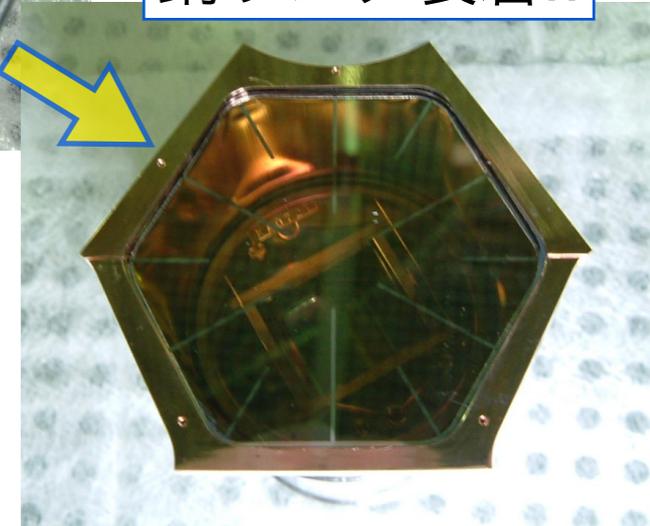


硝酸を用いた  
PMT窓洗浄

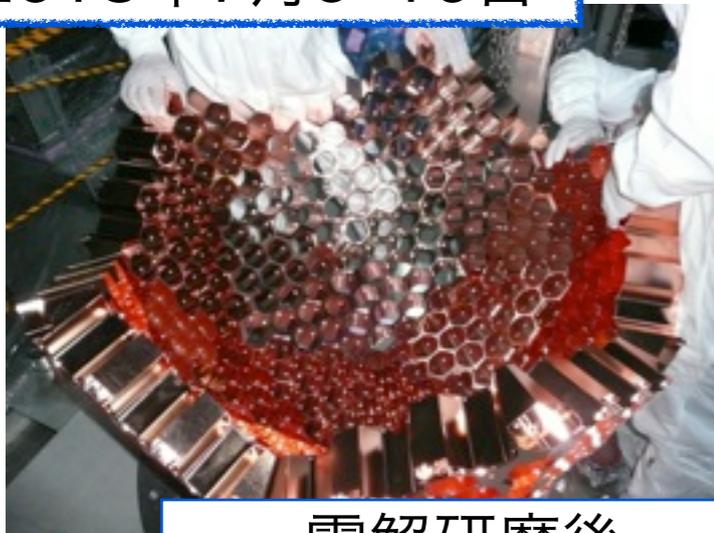
2013年7月11~31日



銅リング装着!!

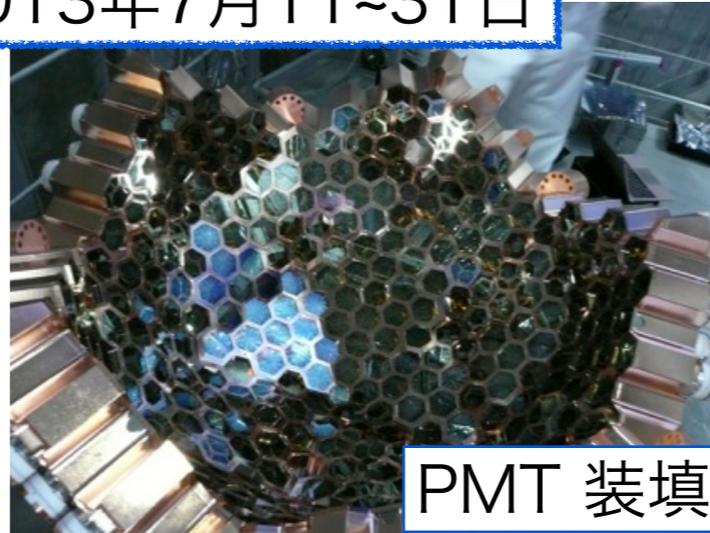


2013年7月9~10日



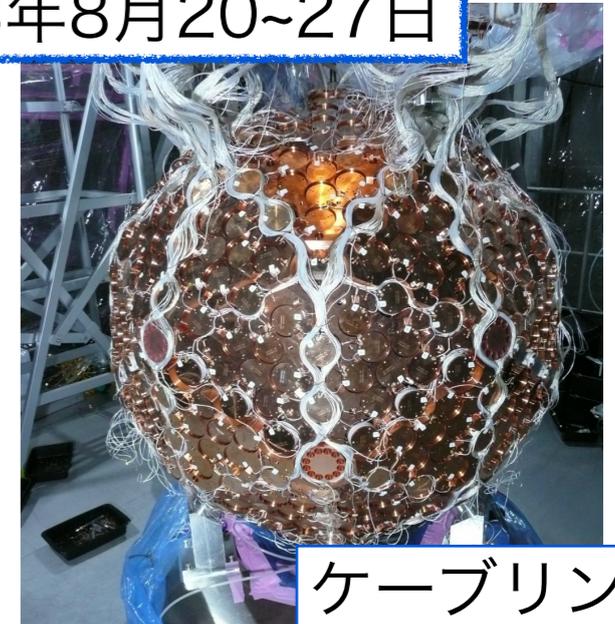
電解研磨後、  
PMT holder 組み立て

2013年7月11~31日



PMT 装填

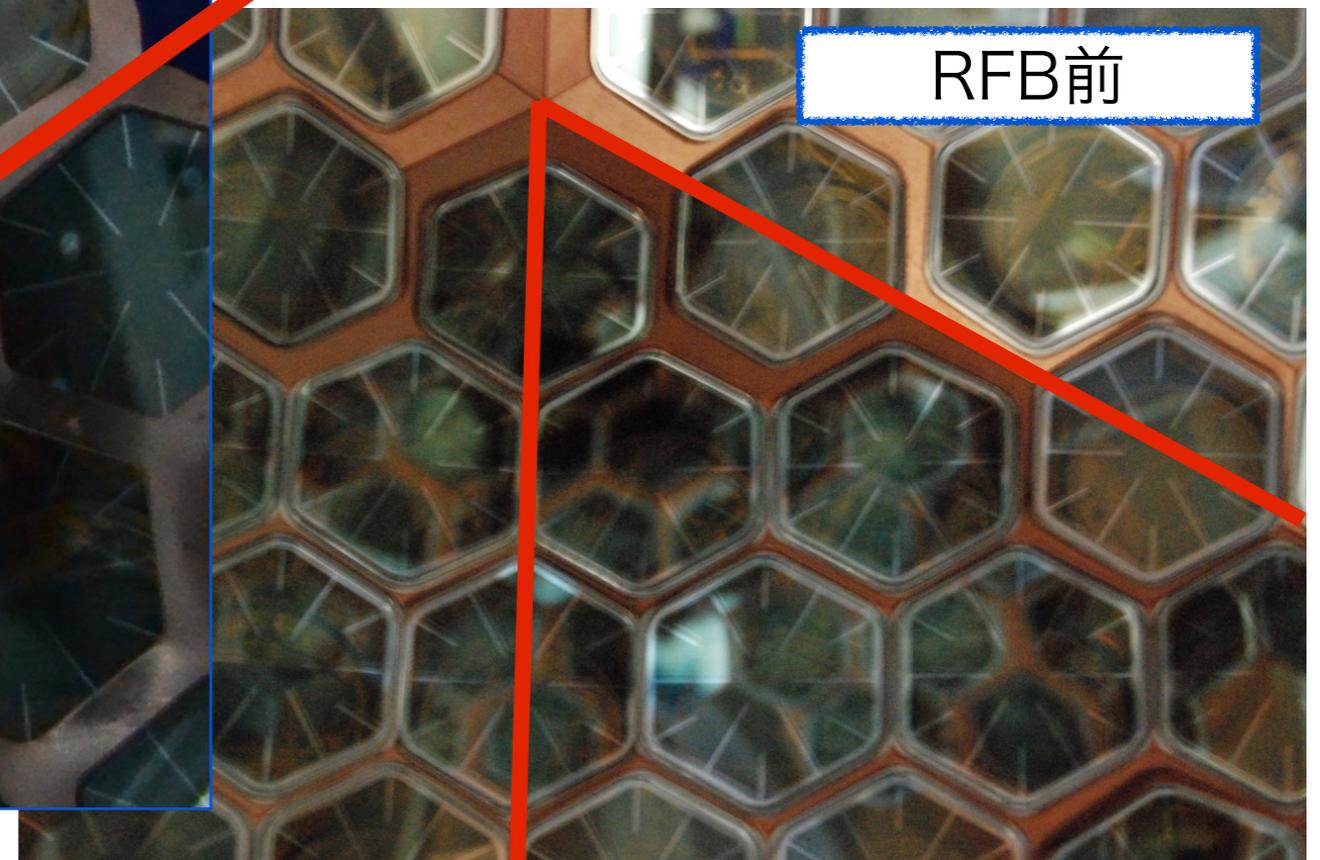
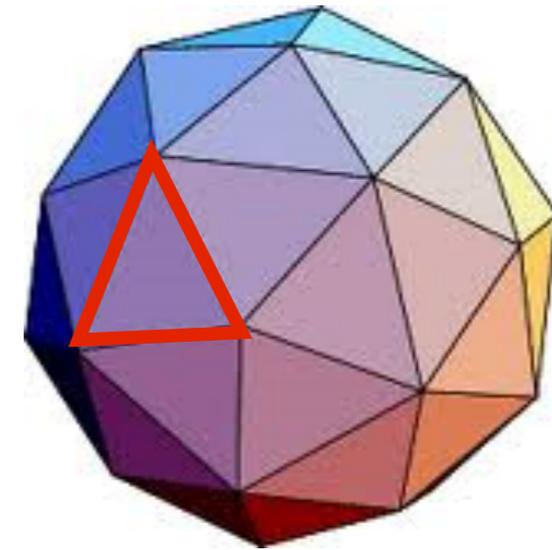
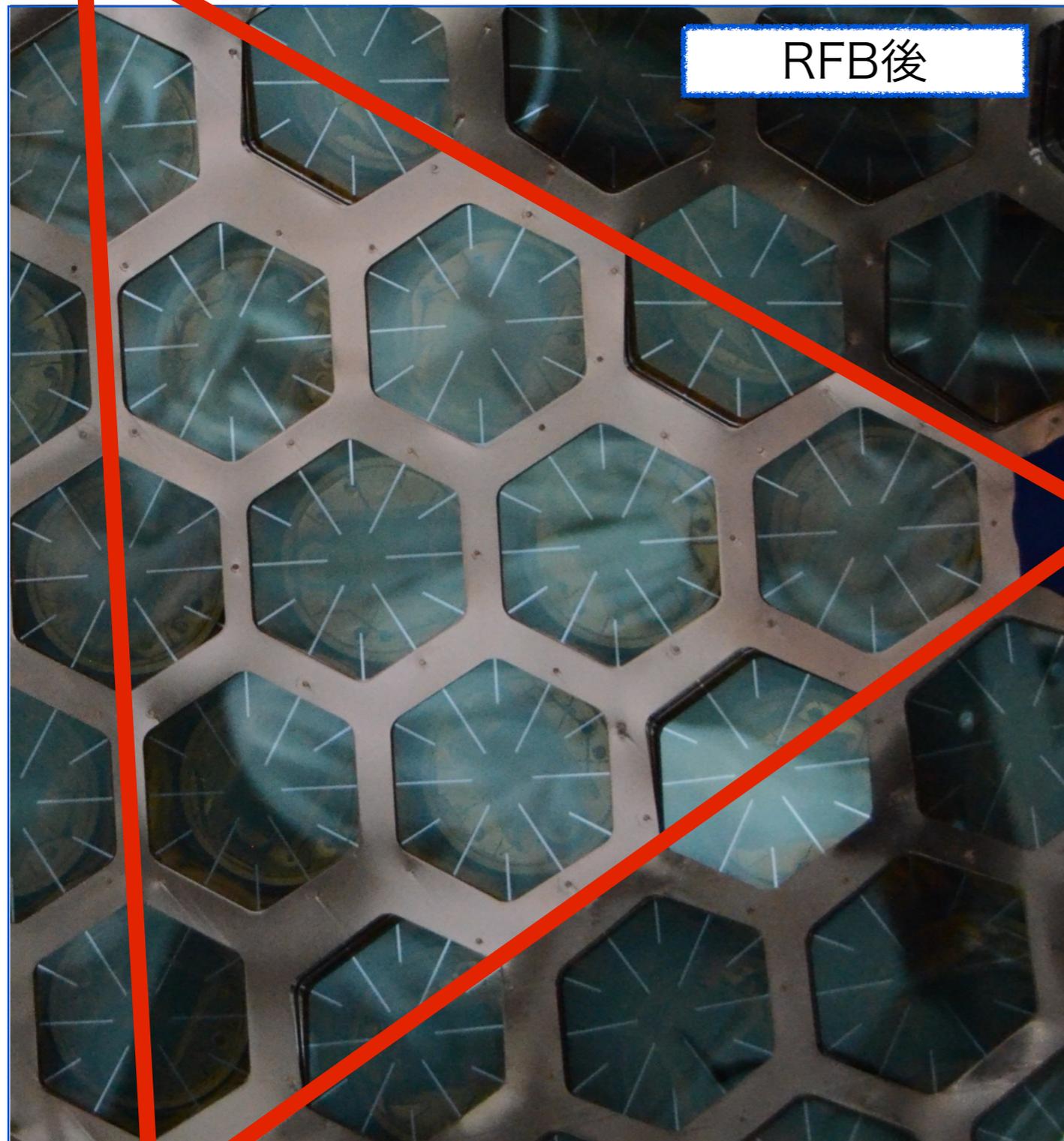
2013年8月20~27日



ケーブルリング

✓ 2013年10月、XMASS Refurbishmentは事故なく完了。

# RFB前後の検出器表面



# 目次

---

✓ XMASS実験

✓ コミッシヨニングランのデータを用いた物理結果

- 論文投稿済みx2, 投稿予定x2

✓ XMASS Refurbishment

- 再建の様子

- **現状**とこれから

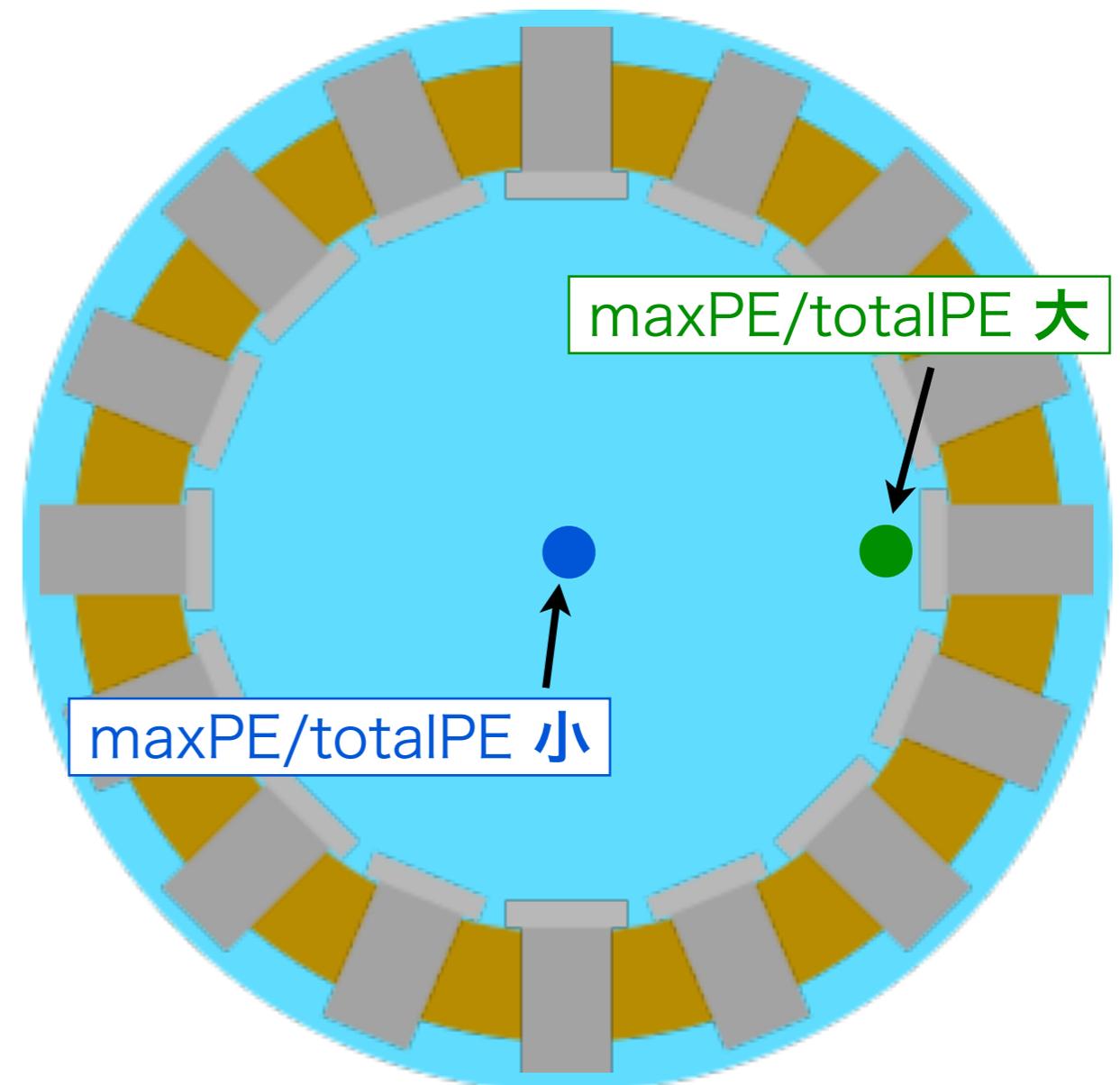
✓ まとめ

# RFBの成果を簡単にチェックしてみる

RFBの成果を簡単にチェックするためのパラメータ (内側、外側事象を切り分ける)

$$\text{maxPE/totalPE} = \frac{\text{(最も光量が高いPMTの光電子数)}}{\text{(全PMTが受け取った光電子数)}}$$

- ✓ 元々はPMT表面での事象識別の為に作られた。
- ✓ 基本的に  
検出器内部では小さく、  
検出器表面に近づくほど大きく。
- 再構成などを用いない簡単なパラメータで、  
内側と外側事象を切り分ける。



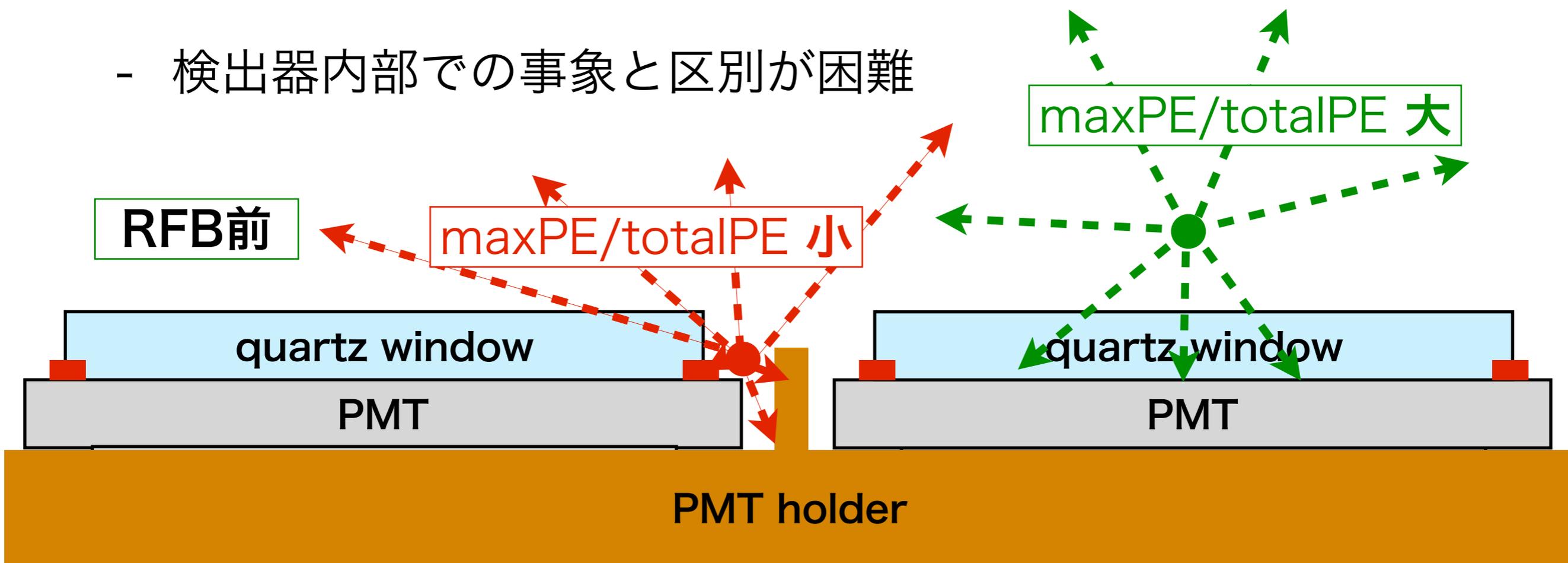
# RFBの成果を簡単にチェックしてみる

RFBの成果を簡単にチェックするためのパラメータ (内側、外側事象を切り分ける)

$$\text{maxPE/totalPE} = \frac{\text{(最も光量が高いPMTの光電子数)}}{\text{(全PMTが受け取った光電子数)}}$$

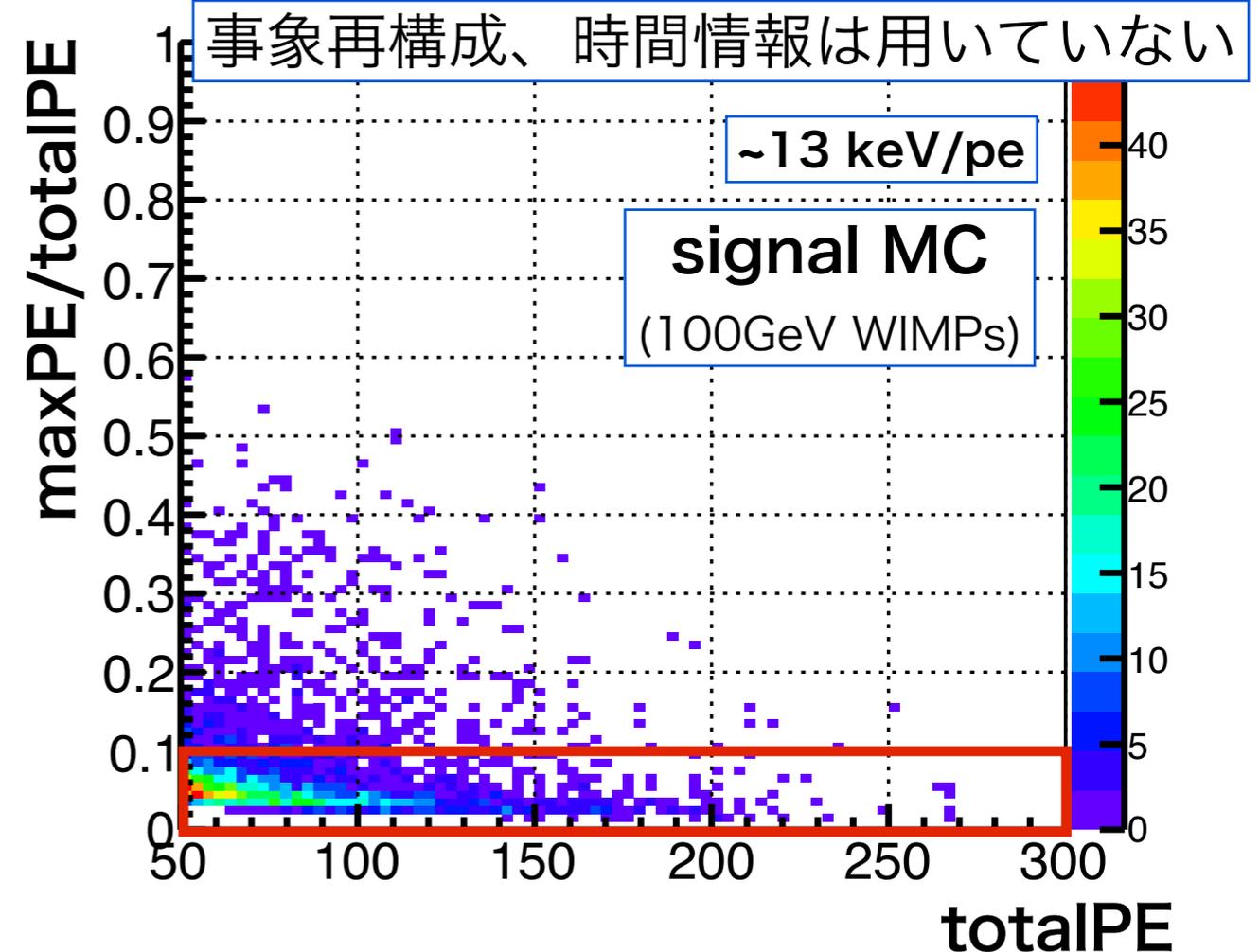
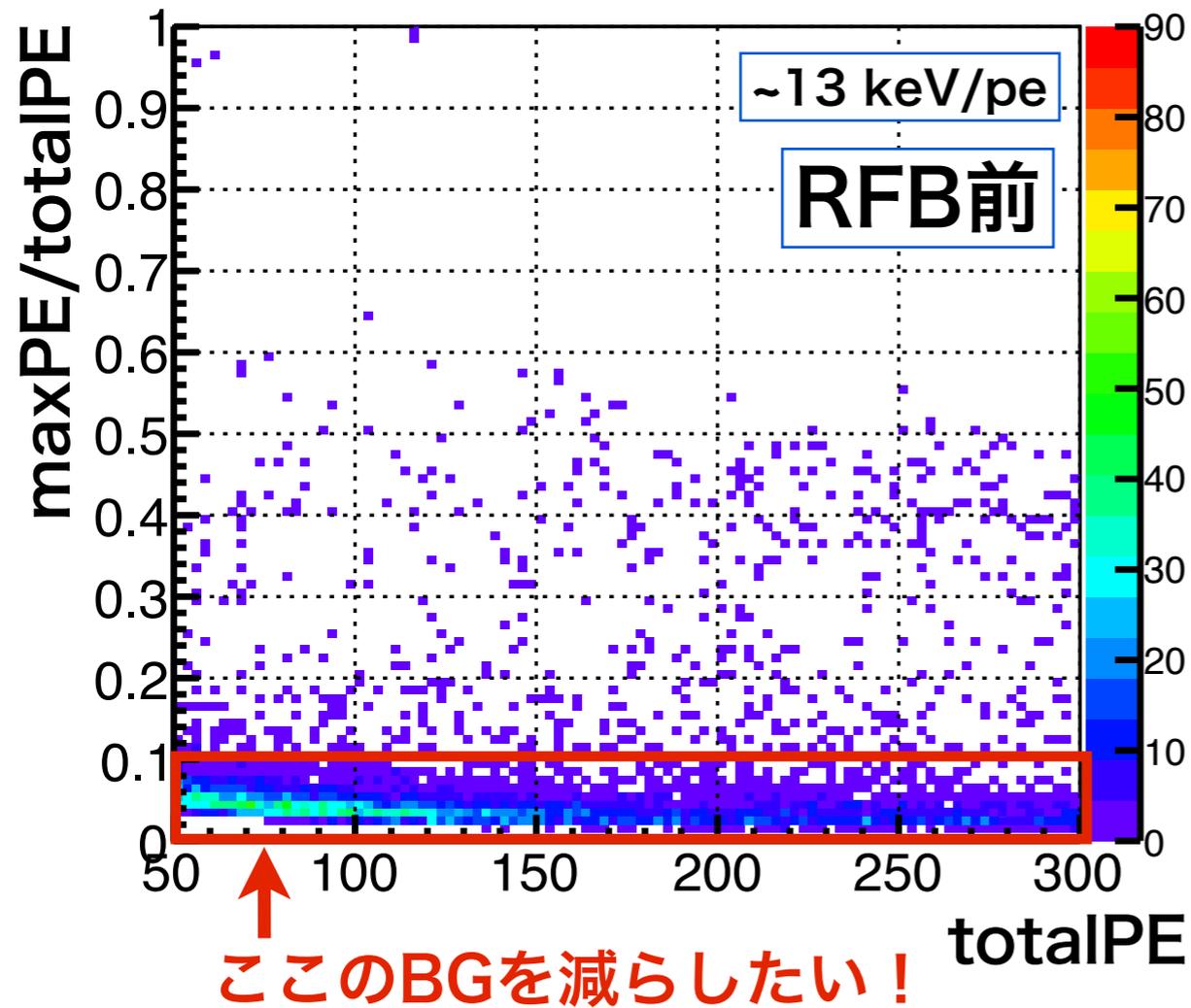
✓ 検出器表面の“ミゾ”では小さくなる。

- PMT AIにより、支配的なBG事象
- 検出器内部での事象と区別が困難



# RFBの成果を簡単にチェックしてみる

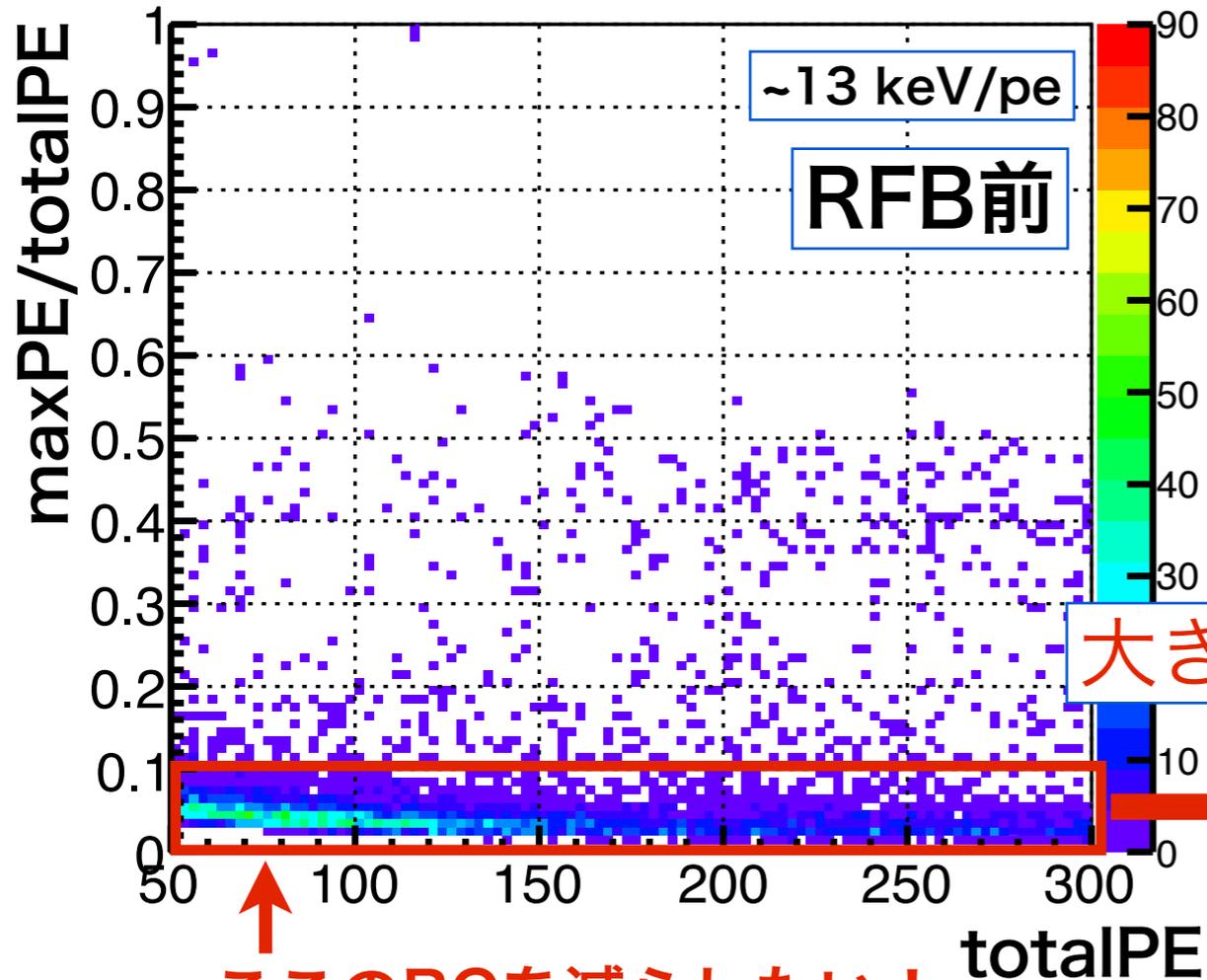
どちらもチェレンコフ事象をcut済み



- ✓ RFB前は、検出器の“ミゾ”でのPMT AIに起因する事象が支配的
  - 暗黒物質による信号で期待される領域に、BGが集中。

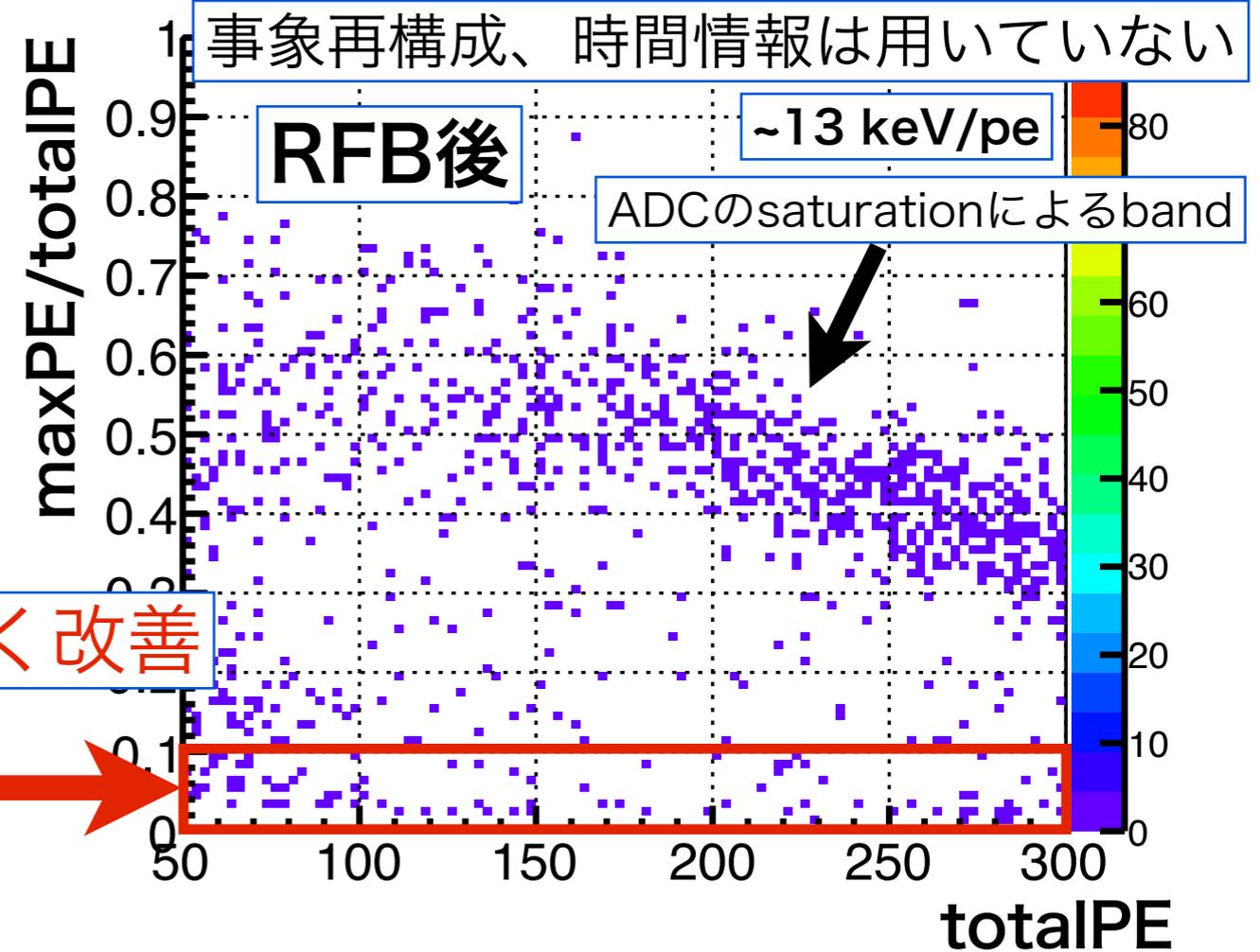
# RFBの成果を簡単にチェックしてみる

時間でnormalize



大きく改善

どちらもチェレンコフ事象をcut済み



- ✓ 期待通り、PMTの死角での事象が減少。
  - RFBによっておよそ一桁の“BGそのもの”の削減に成功 (50~100p.e.)
  - maxPEのカットがより有効になり、更に一桁削減が可能 ( $\text{maxPE}/\text{totalPE} < 0.1$ )
- ✓ 事象再構成、時間情報の活用でさらなるBG削減が可能。

# 目次

---

## ✓ XMASS実験

## ✓ コミッショニングランのデータを用いた物理結果

- 論文投稿済みx2, 投稿予定x2

## ✓ XMASS Refurbishment

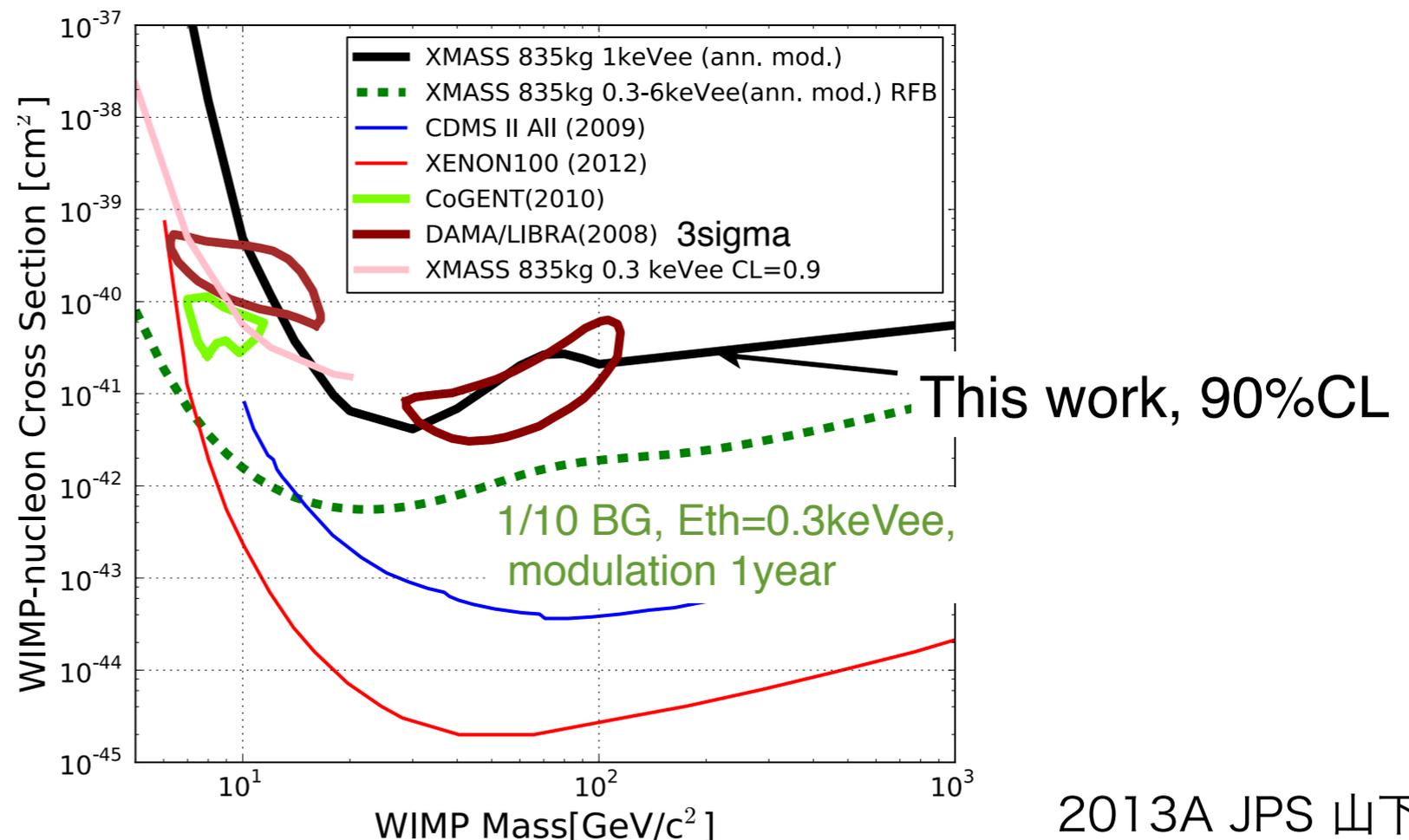
- 再建の様子
- 現状とこれから

## ✓ まとめ

# Seasonal modulation

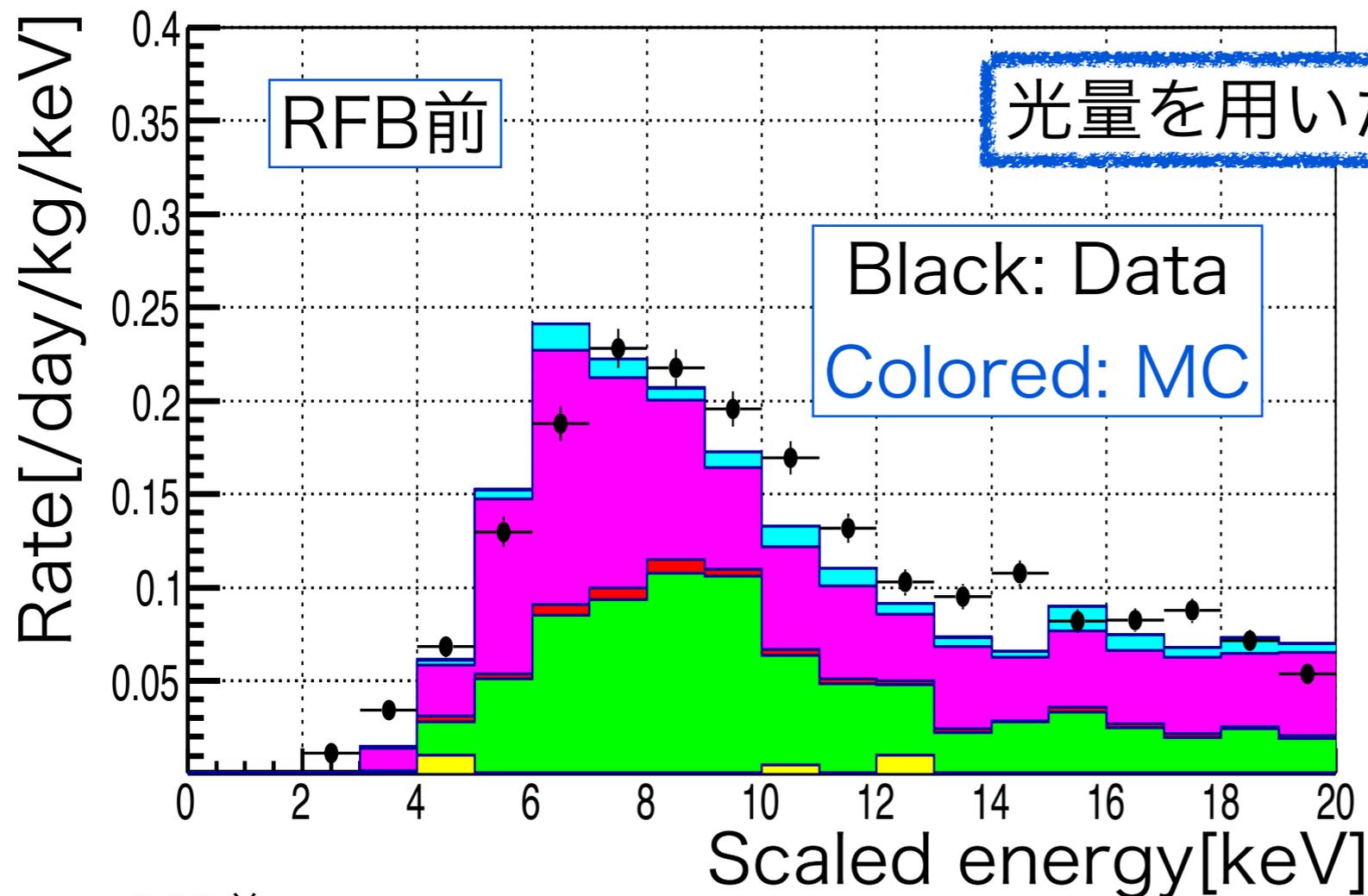
- ✓ 暗黒物質事象数の季節変動の解析を用いて、コミッショニングランでもDAMA/LIBRAと同程度の感度
- ✓ 季節変動を用いて、DAMA/LIBRA領域をカバーしている実験は現状なく、**XMASSなら短期間で同等の統計量を得る事が可能。**

- ✓ これから、**低エネルギー閾値で1年以上の安定したデータ取得**を行う。



2013A JPS 山下

# Fiducial volume analysis



(カット効率: 20%@5-6keV)

MC component

Surface  $^{210}\text{Pb}$

PMT Al  $^{235}\text{U}$ - $^{231}\text{Pa}$

PMT Al  $^{210}\text{Pb}$

PMT Al  $^{232}\text{Th}$

PMT Al  $^{238}\text{U}$ - $^{230}\text{Th}$

PMT  $\gamma$ -ray

2013A JPS 竹田, 小川

✓ RFB前

- 内壁に起因するものを含め検出器のBGはよく理解されており、MCはデータをよく再現している。

✓ RFB後

- RFBで表面BGが大幅に減少した。-> 理解が正しい事を大筋示せた。

- FV解析のBGの理解がさらに進み、FVを用いた暗黒物質の探索を行う。

▶ 当初の目標感度にせまる事を期待。

# 目次

---

✓ XMASS実験

✓ コミッショニングランのデータを用いた物理結果

- 論文投稿済みx2, 投稿予定x2

✓ XMASS Refurbishment

- 再建の様子

- 現状とこれから

✓まとめ

# まとめ

- ✓ コミッショニングデータを用いて、物理成果を発表している。
- ✓ XMASS検出器改修(Refurbishment)が完了し、運転を再開した。
  - 簡単なstudyで、目論み通りのBGレベルを確認。
  - 当初の目標感度にせまる事を期待。
- ✓ RFB後のXMASSでの観測と並行して、XMASS-1.5のデザインも進めていく。

