液体キセノン検出器を用いた暗黒物質探索

岸本康宏 for XMASS Collaboration
宇宙線研究所 共同利用研究発表会 2012/12/07

XMASSに関連した共同利用研究課題

- A13 液体キセノン検出器の較正に関する研究
- B01 XMASS検出器の構造改良研究
- B06 液体キセノン検出器を用いた暗黒物質探索
- B09 液体キセノンのシンチレーションの減衰時間の研究
- C01 キセノン中のガス不純物の微量測定
- C02 暗黒物質検出のためのエネルギー較正装置の開発・研究

- 旅費25万円

目次

- XMASS計画
- 2012年の活動報告
  - 物理の成果
  - 検出器の改良
- まとめ

目次

- XMASS計画
- 2012年の活動報告
  - 物理の成果
  - 検出器の改良
- まとめ

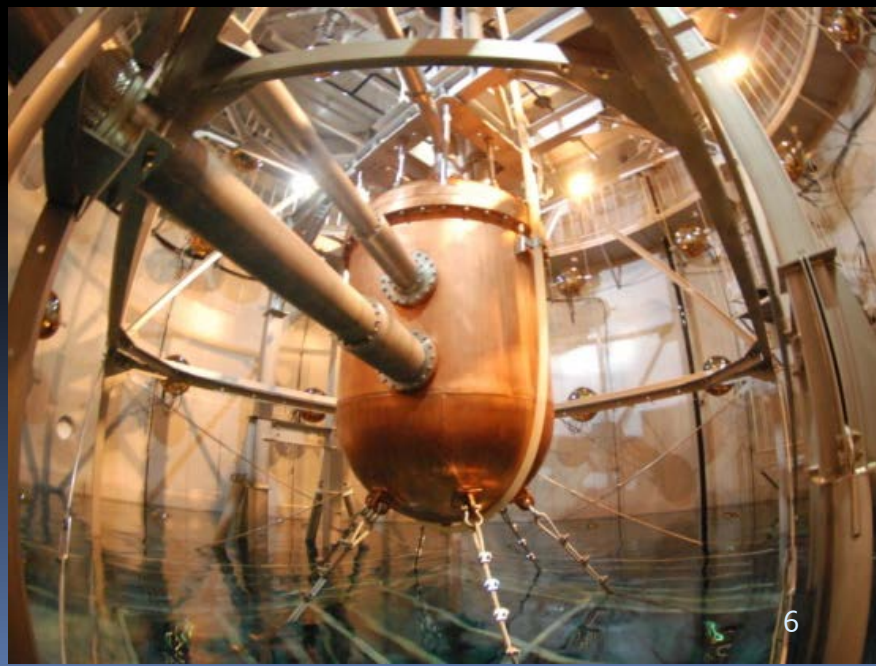
XMASS計画

- 液体キセノンを用いた多目的の検出器
  - *pp*-solar ν
  - Double beta decay
  - 暗黒物質
  - 等
- 現在はPhase-I:
  - 100kgのLxeを用いて，**暗黒物質“等”の物理を探索中**
- 標的質量1tのXMASS-1.5を経て，最終目標は10tスケール（XMASS-II）での様々な物理を高統計，高精度で測定

総量は835kg
有効質量100kg
直径80cm

2011年度まで

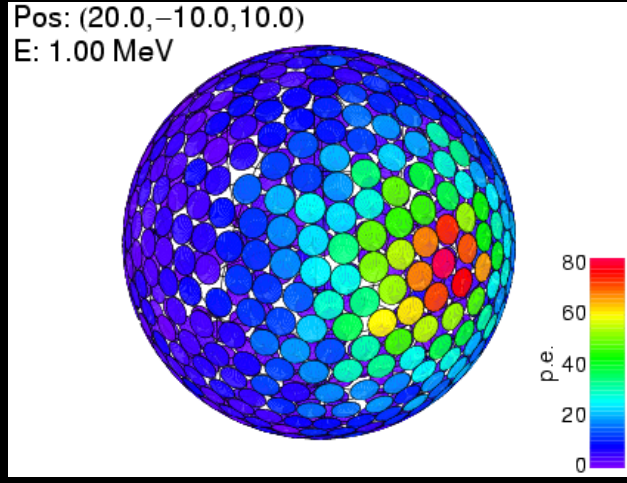
- 2010年9月に建設完了
- 2010年10月に液体キセノン導入
- 以後，コミッショニングラン



目次

- XMASS計画
- 2012年の活動報告
  - 物理の成果
  - 検出器の改良
- まとめ

2012年の活動



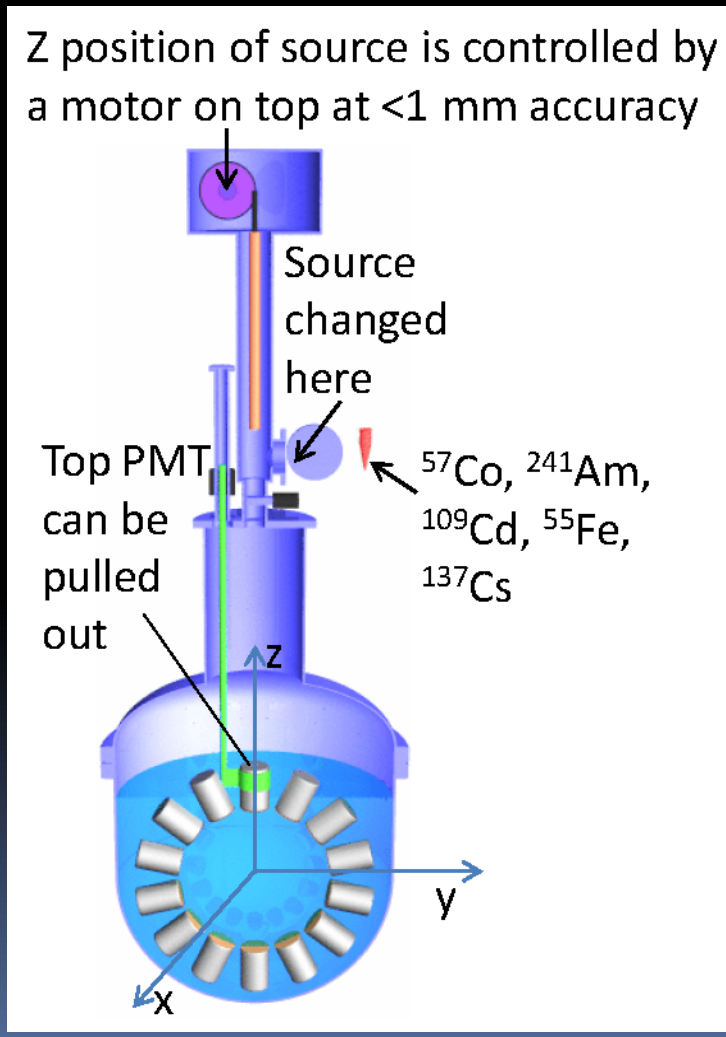
- 5月までコミッショニングランを継続
  - この後，液体キセノンの回収
- コミッショニングランでの成果をまとめ
  - 検出器の理解
  - 暗黒物質等の探索
- 同時に，6月からは装置の改良作業を開始

目次

- XMASS計画
- 2012年の活動報告
  - 物理の成果
  - 検出器の改良
- まとめ

検出器の理解(I)

- 様々な較正線源を用いて，エネルギー，事象点の再構成等の性能を評価
  - **非常に明るい！**
    - 14.7(1.2)p.e./keV
    - → **低閾値でデータを取得して解析（後述）**
  - 散乱長と吸収長が長いことが判明
- これらは，**XMASSの拡張性**を明示した，Encouragingな成果

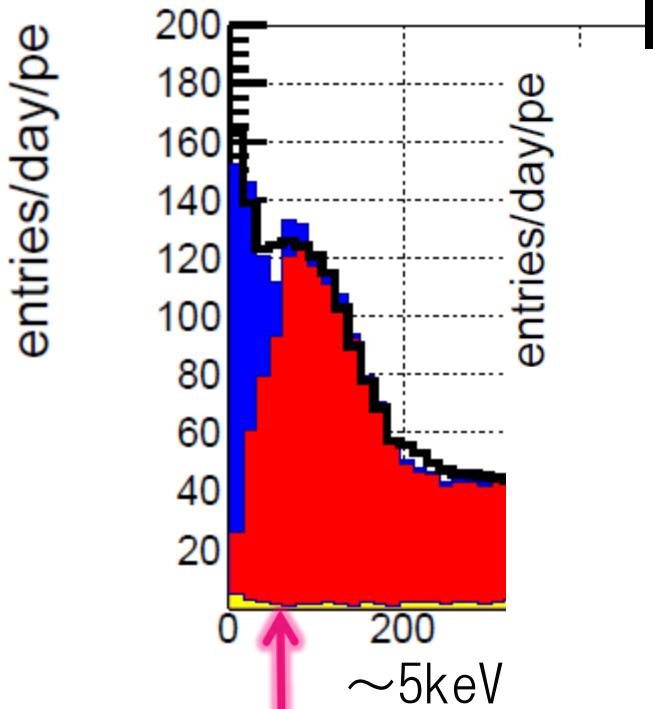


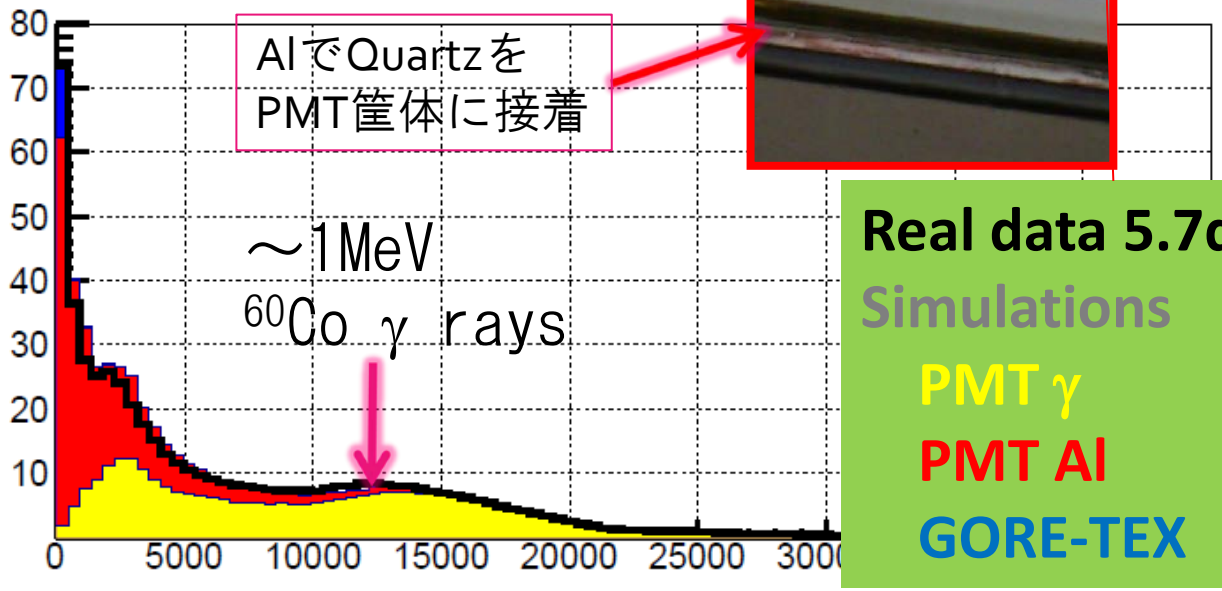
検出器の理解(II)

バックグランドについて詳細な理解

- 予期せぬ外部バックグランドが存在
  - PMTのAl中のU（E >5keV）
  - GORE-TEX中の^{14}Cの影響（E <5keV）
- 削減すべきBGを同定できたので，
  対策が打てる！ → 改造計画に反映

GORE-TEXは，PMT下に緩衝材として敷いた





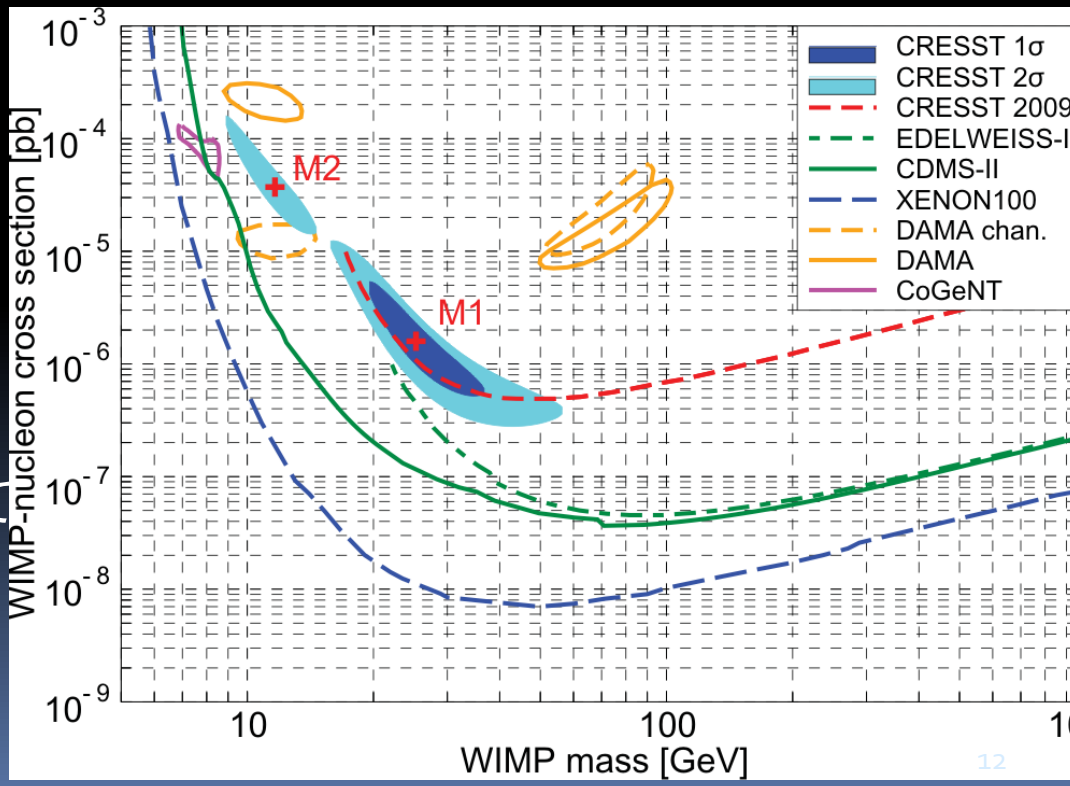
Real data 5.7d
Simulations
PMT γ
PMT Al
GORE-TEX

Low mass WIMPs search (I)

Motivation:

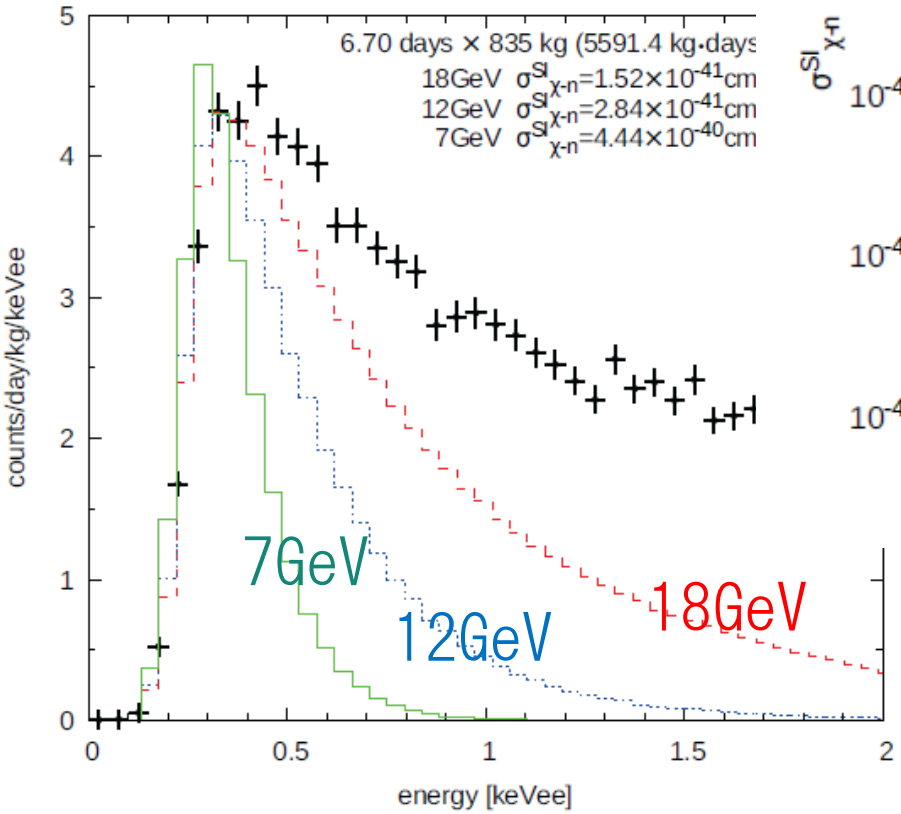
- Low massのWIMPsの存在を主張する実験が複数あり
  - DAMA/LIBRA, CoGENT, CRESST-II
- XENON100, CDMS-IIは否定
  - これら2実験では,
    原子核反跳と電子散乱を
    弁別して測定

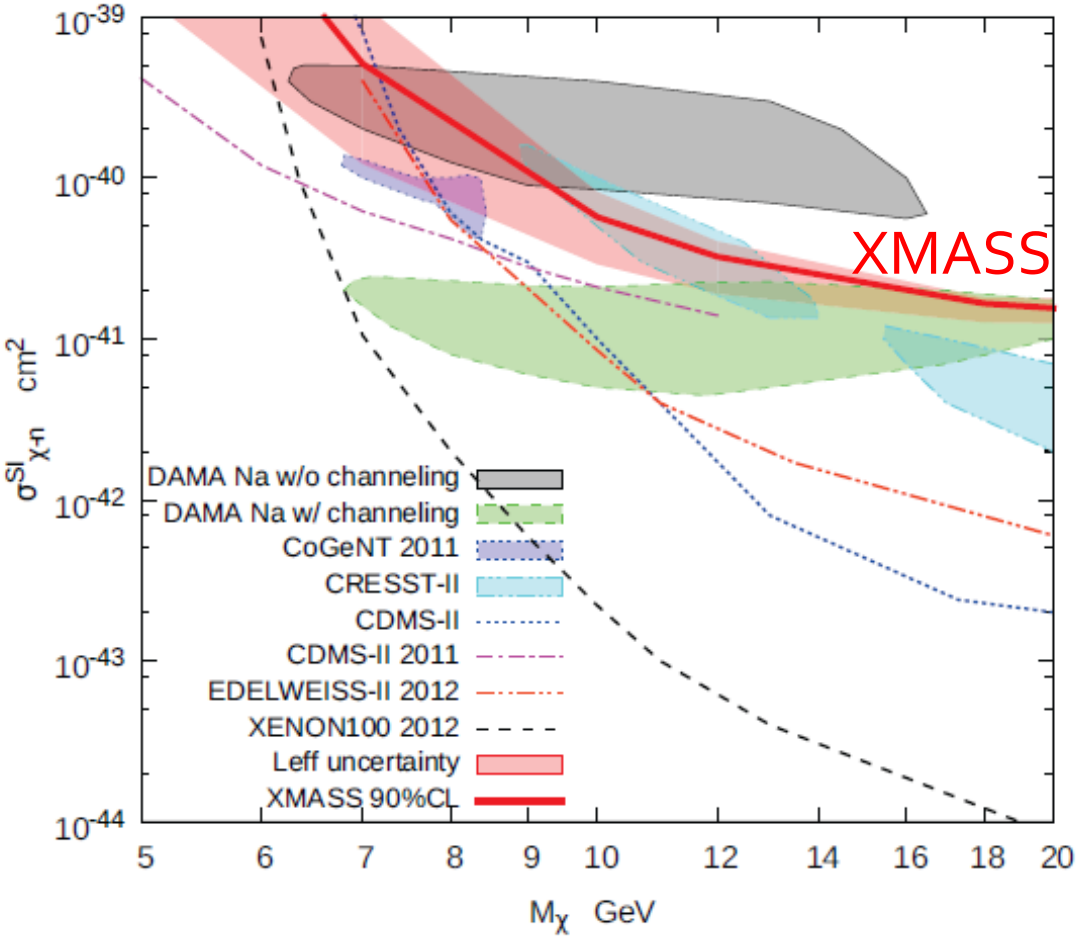
- XMASS：
  「予期せぬBGがある」
と言っても，実は他実験
と比較しもCompetitive！
  高統計，低閾値を生かして
  SimpleでRobustな解析で
  このDMを探索



Low mass WIMPs search (II)

- 観測した計数率を逸脱するパラメータ領域を排除



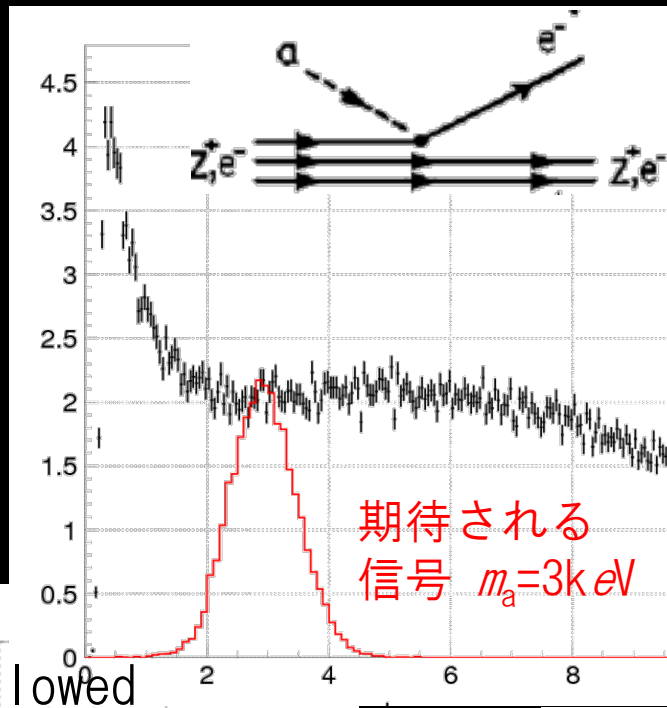


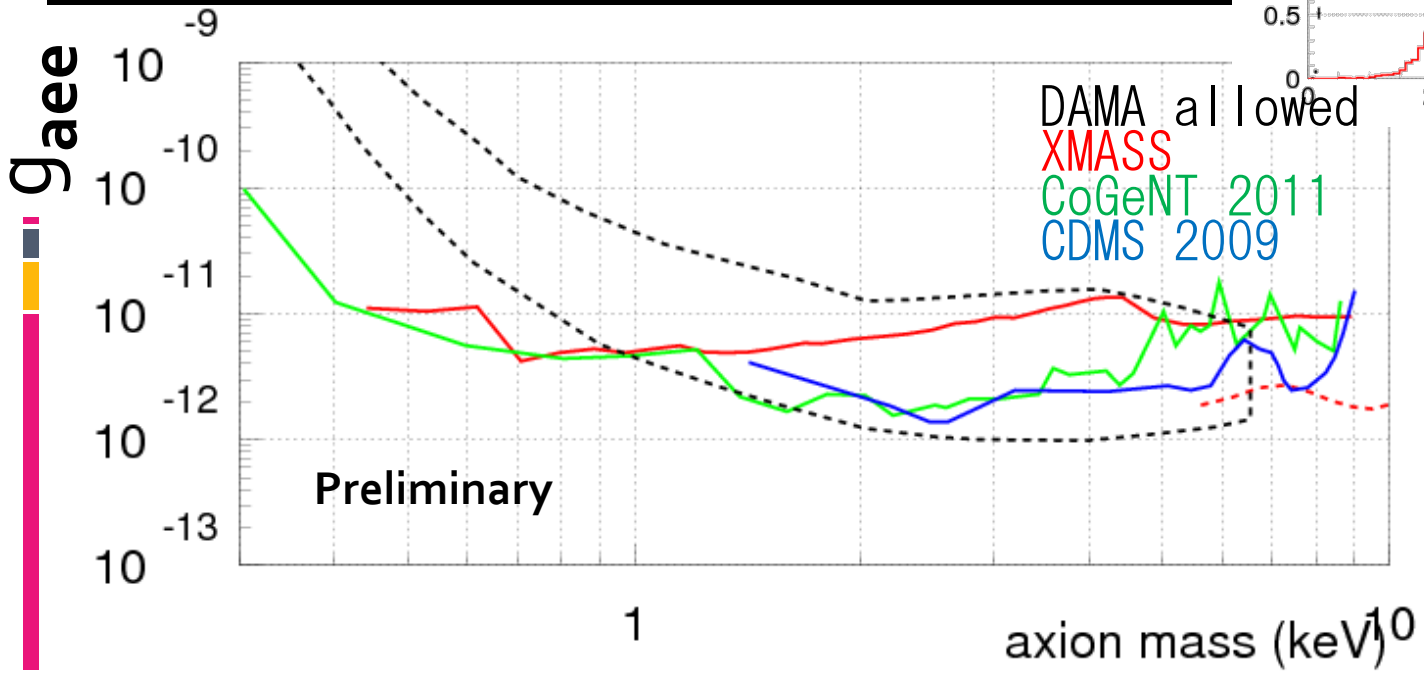
バンドは発光効率の誤差

http://arxiv.org/abs/1211.5404

Dark Matter Axion Search

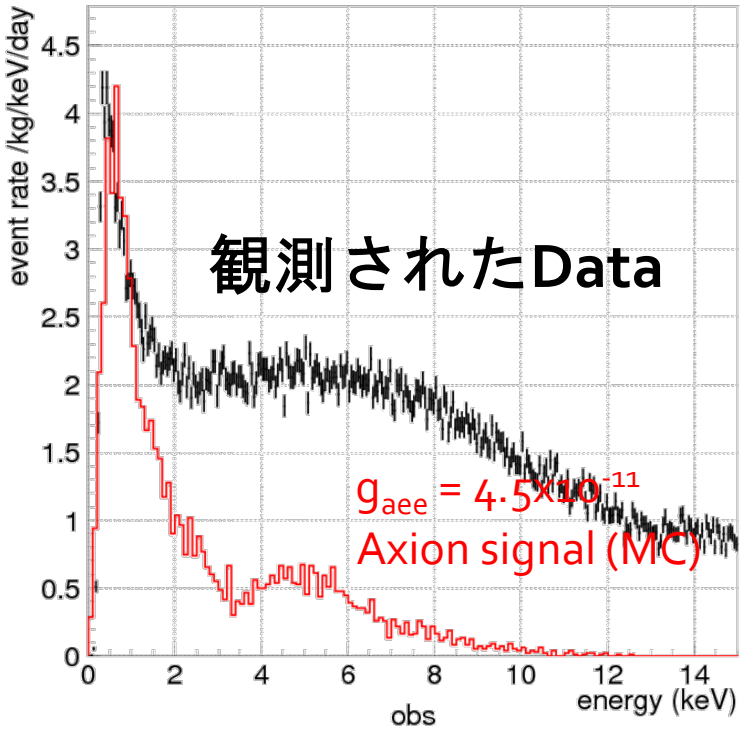
- Motivation
  - DAMA/LIBRAの観測している季節変動は，M ～o(1)keVのAxion由来であることが議論されている．
  - XMASSで観測した計数率を上回る領域を排除

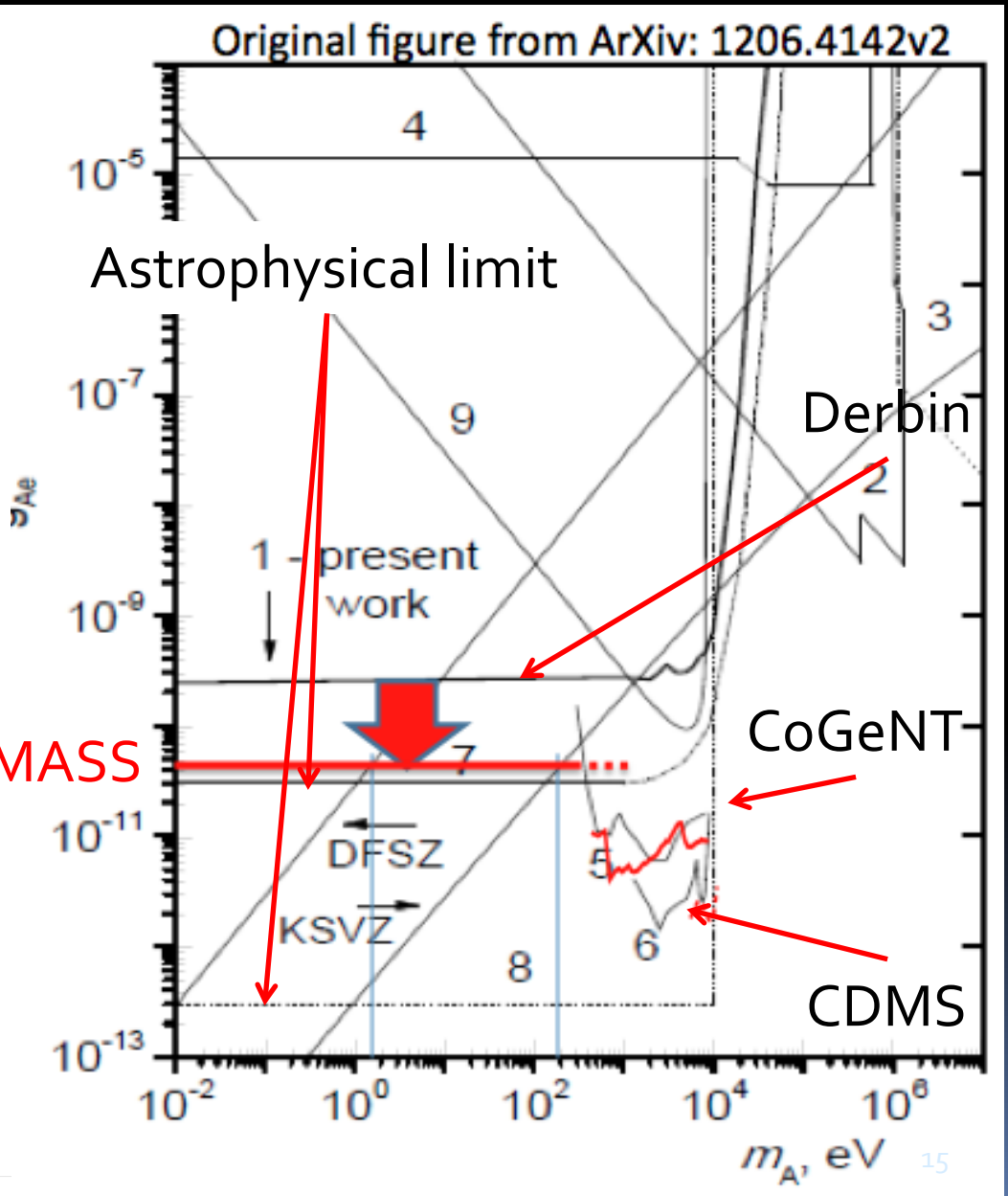




Solar Axion Search

- 太陽中で発生したAxionを探索
  - 発生過程はAxionの制動輻射，Compton散乱





更に進んだデータの解析

- **BGをCutした，暗黒物質解析**
  - Fiducial volume cutによるBGの削減
  - イベントトポロジーによるBGの削減
- **季節変動を用いた解析**
  - 暗黒物質の季節変動
  - Solar Axion（太陽からの距離変化の効果）
- などが進行中

目次

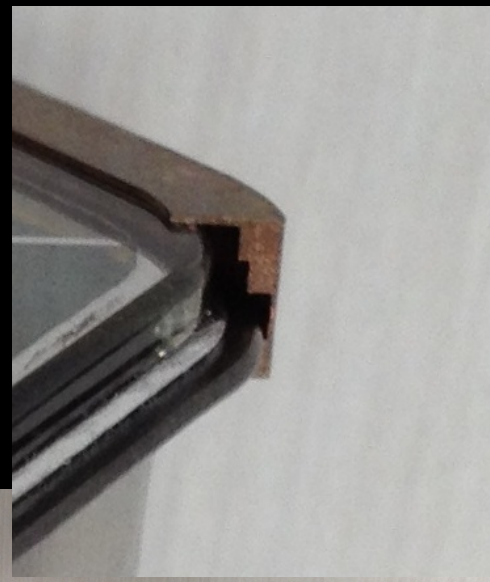
- XMASS計画
- 2012年の活動報告
  - 物理の成果
  - 検出器の改良
- まとめ

XMASSの改造作業

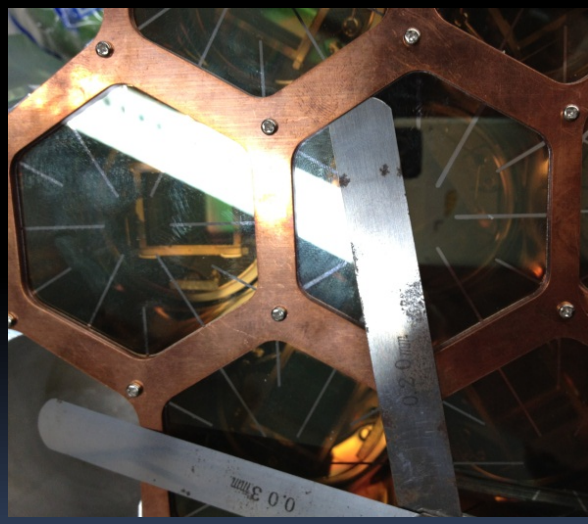
- 予期せぬバックグラウンドが存在したため，これを取り除き，高感度での測定を目指した改造が進行中（6月～）
  - **バックグラウンド源**
    - PMTのAlに含まれるRI
    - GORE-TEX
    - 表面に付着したRI（大気中の^{222}Rnが起源）
    - XMASSの表面構造
      - XMASS表面にGapがあり，そこでシンチレーションが生じると，PMTの死角になっているため，標的体積内で発生した低エネルギー事象と見間違うことが判明

バックグラウンド対策(I)

- PMTのAlに含まれるRI
  - ⇐ 対策：Cuで覆い隠す
    - ➢ 完全ではないが，E>5keVで～1/100
- GORE-TEX
  - ⇐ 対策：撤去
    - ➢ E<5keVのBG源の削除



バックグラウンド対策(II)



表面に付着したRIと表面構造

- 対策：
  - 洗浄によるRIの除去
    - Rn源を用いて効果を検証済み（Cu表面のEl など）
  - 品質管理の徹底
    - 洗浄後に大気に接触する時間を管理
      - 工程管理可能なレベルと推定されている
  - 電解研磨したCuの薄板で被覆
    - 単純な構造とすることで，SignalにMimicな事象を削減
    - PMTをMountした後で，短時間のうちにCu薄板を取り付け，Rnへの曝露時間を削減する効果もあり.

XMASS改良作業の様子

～9/30
ODの水抜き
OD PMT撤去

10/10～17
OVC/IVCを取り外し
PMT holderを地上に

Cu遮蔽の撤去 (11/8)

ケーブル外し (11/13)

PMTの取外し (11/28)

PMT holderの分解 (12/5)

来年春の再稼働目指して,
順調に改造作業が進行中

目次

- XMASS計画
- 2012年の活動報告
  - 物理の成果
  - 検出器の改良
- まとめ

まとめ

- XMASS実験は，宇宙線研の共同利用研究の1つとして研究を進めてきました.
- 2012年の活動として,
  - 物理の成果の発表
  - 検出器の改良

  を報告しました.