PMU

71

BO1班報告

-高感度大型装置で推進する暗黒物質直接探索-

fratori Nazionali del Gran Sasso

2021/05/20 新学術「地下宇宙」2021年領域研究会

> 東京大学カブリIPMU 山下雅樹

Masaki Yamashita, Kavli IPMU, UTokyo















XMASS Status

• XENON Status

Activity for Future experiment

Masaki Yamashita, Kavli IPMU

XENON -高感度大型装置で推進する暗黒物質直接探索-









XMASS 実験

- ・1 相式 (scintillation only) 液体キセノン検出器
- ·神岡宇宙地下素粒子実験施設 Lab-C (~2700m.w.e.)に設置
- ・世界初のton class暗黒物質探索実験
- ·大光量~15pe/keV →低閾値 (~1keV)
- ・液体キセノンを使った"極低バックグラウンド多目的検出器"
- ・➡暗黒物質探索だけでなく、低エネルギーの色々な物理事象の研究が可能。
- ・2019年2月に観測完了



Masaki Yamashita, Kavli IPMU, UTokyo













2019-2021

Search for event bursts in XMASS-I associated with gravitational-wave events K. Abe et al. (XMASS Collaboration), Astroparticle Physics 129 (2021) 102568

- Development of low-background photomultiplier tubes for liquid xenon detectors
- K. Abe et al. (XMASS Collaboration), JINST 15(2020) P09027
- Search for exotic neutrino-electron interactions using solar neutrinos in XMASS-I
- K. Abe et al. (XMASS Collaboration), Physics Letters B 809 (2020) 135741
- Search for WIMP-129Xe inelastic scattering with particle identification in XMASS-I
- T. Suzuki et al. (XMASS Collaboration), Astroparticle Physics 110 (2019) 1–7
- Search for sub-GeV dark matter by annual modulation using XMASS-I detector
- M. Kobayashi et al. (XMASS Collaboration), Physics Letters B 795 (2019) pp. 308

Masaki Yamashita, Kavli IPMU, UTokyo

XMASSによる物理探索ハイライト









2019-2021

- Search for event bursts in XMASS-I associated with gravitational-wave events
- K. Abe et al. (XMASS Collaboration), Astroparticle Physics 129 (2021) 102568

Development of low-background photomultiplier tubes for liquid xenon detectors K. Abe et al. (XMASS Collaboration), JINST 15(2020) P09027

Table 9. RI comparison between the R13111 PMT and other PMTs used by other groups. The units are μ Bq/PMT.

µBq/PMT	²²⁶ Ra	²³⁸ U	²²⁸ Ra	⁴⁰ K	⁶⁰ Co
R13111 in 2015	$(3.8 \pm 0.7) \cdot 10^2$	$<\!1.6\cdot10^3$	$(2.9 \pm 0.6) \cdot 10^2$	$< 1.4 \cdot 10^{3}$	$(2.2 \pm 0.5) \cdot 10^2$
R13111 in 2016	$(4.4 \pm 0.6) \cdot 10^2$	$<\!1.4\cdot10^3$	$(2.0 \pm 0.6) \cdot 10^2$	$(2.0 \pm 0.5) \cdot 10^3$	$(1.3 \pm 0.4) \cdot 10^2$
R11410-21(XENON1T) [15]	$(5.2 \pm 1.0) \cdot 10^2$	$<\!1.3\cdot10^4$	$(3.9 \pm 1.0) \cdot 10^2$	$(1.2 \pm 0.2) \cdot 10^4$	$(7.4 \pm 1.0) \cdot 10^2$
R11410-10(PandaX) [3]	<7.2· 10 ²	_	<8.3· 10 ²	$(1.5 \pm 0.8) \cdot 10^4$	$(3.4 \pm 0.4) \cdot 10^3$
R11410-10(LUX) [19]	<4.0. 102	$<\!6.0\cdot10^3$	$< 3.0 \cdot 10^{2}$	$< 8.3 \cdot 10^{3}$	$(2.0 \pm 0.2) \cdot 10^3$
	μBq/PMT R13111 in 2015 R13111 in 2016 R11410-21(XENON1T) [15] R11410-10(PandaX) [3] R11410-10(LUX) [19]	μ Bq/PMT 226 RaR13111 in 2015 $(3.8 \pm 0.7) \cdot 10^2$ R13111 in 2016 $(4.4 \pm 0.6) \cdot 10^2$ R11410-21(XENON1T) [15] $(5.2 \pm 1.0) \cdot 10^2$ R11410-10(PandaX) [3] $<7.2 \cdot 10^2$ R11410-10(LUX) [19] $<4.0 \cdot 10^2$	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $

世界で最も極低バックグラウンドのPMTの開発に(再び)成功 次世代検出器に採用できる技術

Masaki Yamashita, Kavli IPMU

XMASS 極低バックグラウンド技術



3" R13111 Hamamatsu













www.xenonexperiment.org

- : https://twitter.com/XENONexperiment
- **1**: https://www.facebook.com/XENONexperiment
 - : https://www.instagram.com/xenon_experiment/

Masaki Yamashita, Kavli IPMU, UTokyo



XENON





XENON







XENONnT Status



Masaki Yamashita, Kavli IPMU, UTokyo

March-May 2020:

- commissioning cryogenic system

June-July 2020:

August-September 2020:

- installation nVeto and Calibration
- started filling cryostat with LXe

October-November 2020:

- completed filling of 8.6 t of LXe
- Muon Veto restoration

December 2020

January 2021 -> now

- commissioning PMTs ed electrodes in vacuum

preparation for installation of nVeto and Calibration installation of nVeto electronics in DAQ room Installation of the Rn distillation column ug

- Started filling Water Tank with DeMi-water

started full commissioning of TPC, nVeto, MV - Rn column integration to the overall cryo system ... commissioning, commissioning, commissioning - preparation for the Gd purification plant





Masaki Yamashita











WIMP-nucleus Cross Section現在



Masaki Yamashita, IPMU UTokyo



XENON

APPEC report arXiv:2104.07634v1









WIMP-nucleus Cross Section現在



Masaki Yamashita, IPMU UTokyo

APPEC report arXiv:2104.07634v1









WIMP-nucleus Cross Section将来



Masaki Yamashita, IPMU UTokyo

XENON

APPEC report arXiv:2104.07634v1







Neutron Veto Status

Neutron Veto ePTFE Reflector

Neutron Veto Construction





Masaki Yamashita, IPMU UTokyo



3.4 t of Gd-Sulphate in Hall di Montaggio





Neutron Veto system in commissioning

Digitizers CAEN V1730: 2 ns sampling, 14 bit resolution All 120 PMTs and channels are working very well, with RMS of baseline <3.



Masaki Yamashita, IPMU UTokyo

ePTFE 反射率測定@神戸大



nVetoへの インプット

XENON-nT 反射率測定 透過率測定	
<u>2018.9.25~</u> 陳音勤 (東t ICRR)	



13

PMU

LXe Purification (liquid phase)

- 6 wks for cool down and filling through gas purifiers (high temperature getters)
- Started LXe circulation and electron lifetime measurements with dedicated purity monitor
- Initial purification of LXe volume with GXe purification system @ 60 slpm 2 LXe L/min
- Cryogenic LXe purification ~ 1000 SLPM
 - Started with a high-efficiency O₂ filter (copper on alumina support)
 - Electron lifetime went from 100 us to 5 ms in 5 days! 0
 - Continuous improvement with decrease in outgassing 0
 - Reached >10 ms after ~1 month of operation 0





 ~ 1







XENONnTでの電離信号(S2)に対する電子寿命の影響

電離電子信号は純度に大きく依存する。 (< 1ppb O2などのアウトガス)











液体純化装置はどのくらい物理結果にご利益があるのか?



Masaki Yamashita, Kavli IPMU



XENON

16



COVID-19状況下での活動

The New York Times

Will Coronavirus Freeze the Search for Dark Matter?



2020.4.7 The New York Times

Masaki Yamashita, IPMU UTokyo





昨年厳しい状況の中2ヶ月以上グランサッソに 滞在したメンバーにXENONメダルを贈呈



日本人では小林雅俊(コロンビアー>名古屋)、加藤伸行(東大)









R&D for Future



Masaki Yamashita, Kavli IPMU

- XENONnTよりも一桁以上良い感度
- Neutrino floor までの探索(SUSY, WINO)
- XENONnT, LZ ... でDMの兆候が得られた場合、その質量や 断面積の詳細を研究
- pp 太陽ニュートリノ精密観測(統計1%)
- Axion, Axion Like Particle ... (XENON1T ER excess)
- ¹³⁶Xe原子核を用いたOnββ探索
- コヒーレント散乱をもちいた超新星ニュートリノ観測など









R&D for Future





 β 線励起によるGXeのNIR発光スペクトル測定の実験系



LXeの近赤外領域での発光(横国大)

- 不純物による吸収が少ない
- ^{150 G/mm} 800 mm blaze レイリー散乱長が長い
 - SiPMで検出しやすい
 - 暗黒物質探索での粒子弁別の可能性

トリチウムBG 定量評価(東大) - XENON1T 電子反跳事象の超過

- XENONnT, Future DM 探索









R&D for Future

- ハーメチック型TPCの開発
 - (名古屋、東大)
 - Low Mass WIMP 探索
- **RnやO2**などの不純物を遮蔽

青山@名古屋大 P13ポスター



新しい光検出器の開発

- (名古屋、東大)
- 低dark rate SiPMの開発など
- ハイブリッドSiPM+PMT

Masaki Yamashita, Kavli IPMU





S12572 (Hamamatsu)





Beyond XENOnT 日本を含めた動き

- ・日本からも次世代暗黒物質直接探索実験DARWINに参加 (神戸、東大IPMU,名古屋,横浜国大)
- 2021年5月 XENON, DARWIN, LZ(米国)が次世代検出器に向けた活動に関す るMOUを議論。前向きに進めている。

Masaki Yamashita, Kavli IPMU









A.

WHITEHALL WHITEHALL

12×40, 13640

一个教育的操

B02

A01

Masaki Yamashita, Kavli IPMU



大型DM探索 **B01** XMASS キルスションションショー XENON - Gettin Next Generation





低BGPMT技術

D01





まとめ

• XMASS

- 観測終了後も物理結果、低バックグラウンドの論文を順調に出している。 - 全データセットを用いた解析、Ov4β、2vECECなど

XENON

- 建設が終了し、コミッショニングでサブシステムの運転が各々行われ、期待以上の性能が出ており、検出器のキャリブレーション なども行われた。

・次世代へ向けた活動

- ている。
- -XMASSでの成果(XIA アルファカウンター、極低バックグラウンドPMT)も貢献している。
- -XENON, DARWIN, LZでmeetingが行われ、世界で一つの検出器に向けた動きが出てきた。

各班との連携を強めながら遂行

Masaki Yamashita, Kavli IPMU

-XENONnTを一桁以上超える感度を目指し、光センサー、新しい液体キセノンTPC,シンチレーション光特性の研究などが進められ

